



第四届 地球系统科学大会



会议日程及摘要集

2016年7月4~6日 上海

<http://www.cess.org.cn>

第四届 地球系统科学大会

2016年7月4~6日 上海

会议日程及摘要集

主办单位

中国大洋发现计划专家咨询委员会
国家自然科学基金委员会地球科学部
国际中国地球科学促进会 (IPACES)
同济大学海洋地质国家重点实验室

会议组织机构

学术委员会

主任：丁仲礼

副主任：陈骏、朱伟林、翦知潜

委员：王成善、周忠和、焦念志、张人禾、柴育成、林间

顾问：孙枢、汪品先

主办单位

中国大洋发现计划专家咨询委员会

国家自然科学基金委员会地球科学部

国际中国地球科学促进会（IPACES）

同济大学海洋地质国家重点实验室

会议秘书处

联系方式

拓守廷（注册）：136 0187 2997, cess@tongji.edu.cn

高小丰（注册）：150 2105 5616, cess@tongji.edu.cn

谢昕（展板）：138 1879 8432, cess@tongji.edu.cn

刘志伟（接待）：138 0164 8430, cess@tongji.edu.cn

秦顺生（宾馆后勤）：139 1607 9741, cess@tongji.edu.cn

刘传联（媒体科普）：139 1610 0898, liucl@tongji.edu.cn

杨守业（学术日程）：136 7187 9916, syyang@tongji.edu.cn

田军（总协调）：138 1610 1472, tianjun@tongji.edu.cn

联系地址：中国 IODP 办公室，同济大学海洋地质国家重点实验室
上海市四平路 1239 号（邮编 200092）

传真：021-6598 8808

网址：<http://www.cess.org.cn>

目 录

会场酒店及交通枢纽、会场位置图	i
欢迎辞	1
会议基本信息	2
注册	2
会议地点	2
会议就餐	2
交通	3
沪上游览	3
口头报告	3
展板报告及须知	4
专题设置及召集人	5
会议日程索引表	8
会议日程	9
会议摘要	45
赞助单位	494

上海市交通枢纽至会场交通图



- 地铁1号线 ■ ■
- 地铁2号线 ■ ■

上海火车站

- A. 地铁1号线至漕宝路站, 向西步行约800米. 约4元
- B. 出租车. 约45元

上海南站

- A. 地铁1号线至漕宝路站, 向西步行约800米, 约4元
- B. 出租车. 约20元

光大国际会展中心大酒店: 上海市徐汇区漕宝路66号

虹桥机场/虹桥火车站

- A. 地铁2号线至人民广场站, 转地铁1号线至漕宝路站, 向西步行约800米. 约4元
- B. 出租车. 约40元

浦东机场

- A. 地铁2号线至人民广场站, 转地铁1号线至漕宝路站, 向西步行约800米. 约7元
- C. 出租车. 约180元

田林宾馆

上勤假日酒店

光大国际会展中心大酒店
漕宝路66号

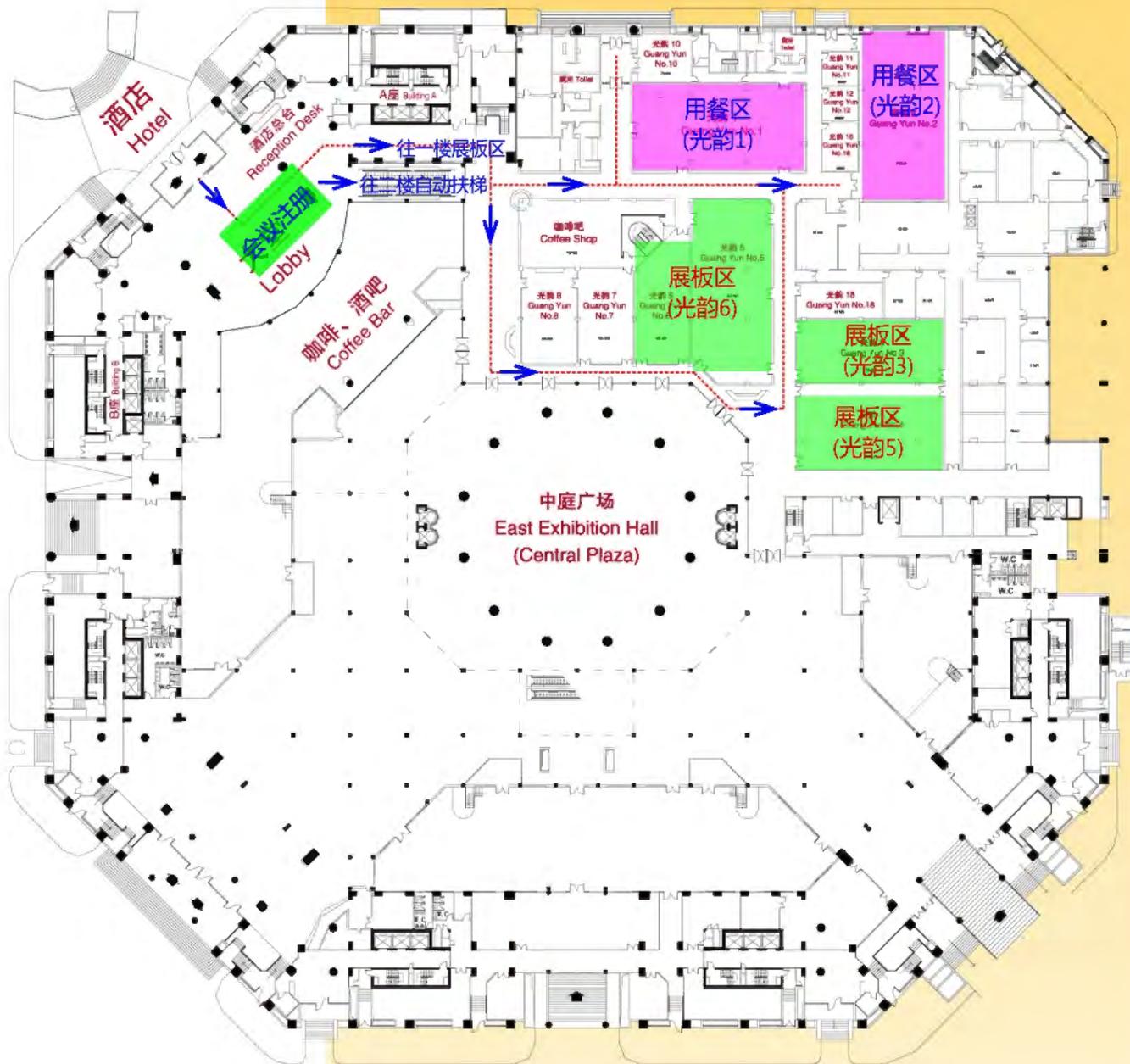
华夏宾馆

地铁1号线漕宝路站



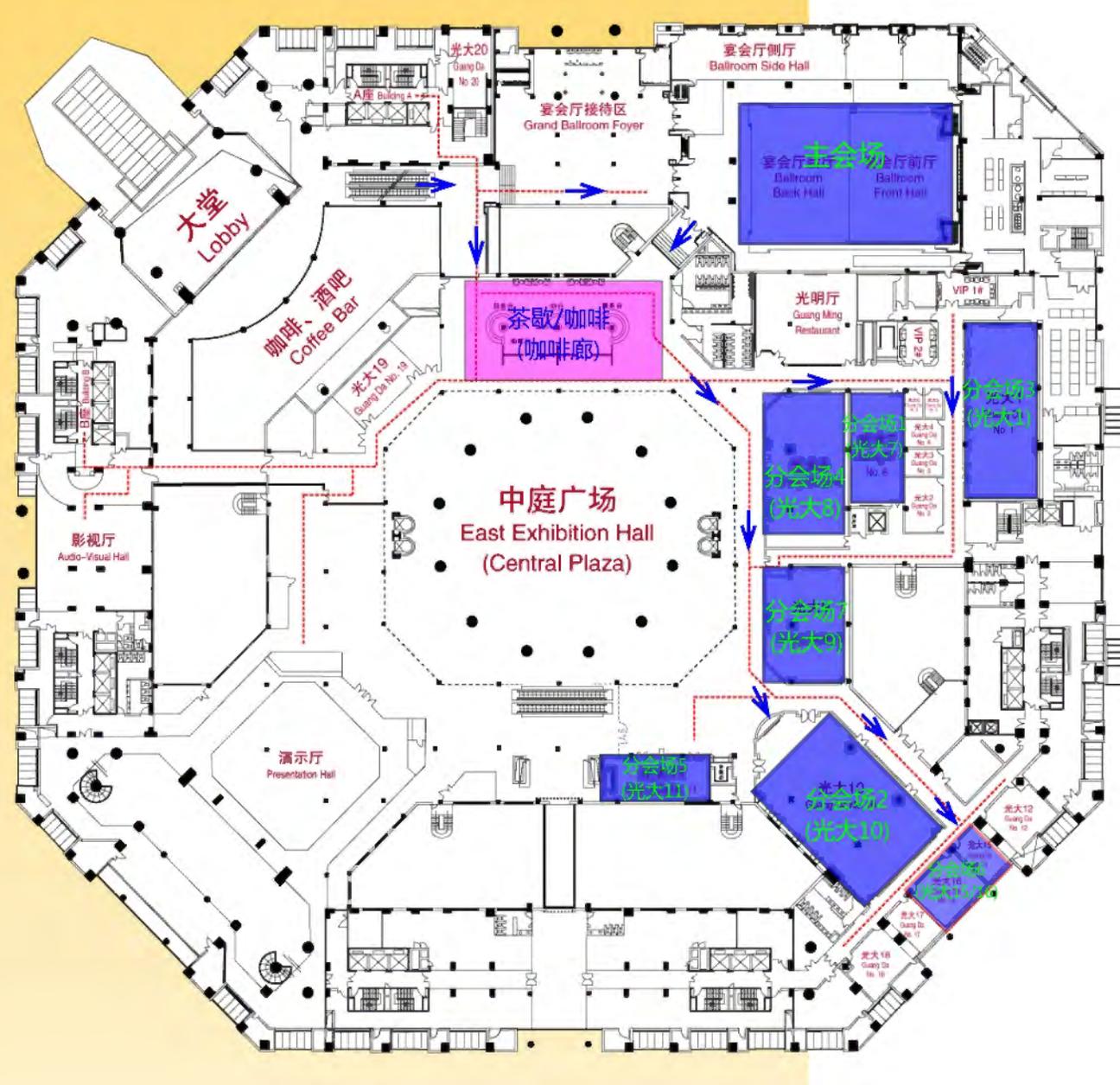
上海光大会展中心1层平面图

SHANGHAI EVERBRIGHT CONVENTION & EXHIBITION CENTER 1ST FLOOR PLAN



上海光大会展中心2层平面图

SHANGHAI EVERBRIGHT CONVENTION & EXHIBITION CENTER 2ND FLOOR PLAN



欢迎词

“地球系统科学大会”（Conference on Earth System Science, CESS）是以学科交叉为特色，两年一度的学术盛会。其目标在于促进学科交叉，横跨圈层、穿越时空，推动海陆结合、古今结合、生命科学与地球科学结合、以及科学与技术的结合。在当前我国地球科学、尤其是海洋科学快速发展的背景下，大会的宗旨在于提供“陆地走向海洋，海洋结合陆地”的学术交流平台。

“地球系统科学大会”的前身为“深海研究与地球系统科学大会”，前两届会议分别于2010年和2012年夏季在上海召开。为适应地球系统科学发展，同时应国内外学者要求，2014年7月召开的第三届会议改为现名。会议的规模一届比一届大，第一届有来自海内外86个单位近500位华人学者参加，第二届增加到125家单位800余位华人学者参加，第三届参加人数已经上千。

为适应我国地球科学蓬勃发展的形势，第四届大会将以更加前沿的主题、更为丰富的信息量和更具新意的形式，欢迎来自海内外的学者。秉承前三届会议的优秀传统，会议将继续使用汉语并辅以英语作为主要交流语言。会议最大的特点在于高度的跨学科性、强调并着重讨论，形式上从大会报告到展板到晚上另外组织的讨论及信息发布会。“第四届地球系统科学大会”除了一贯的科学主题，还将突出科普的重要性，将联合相关组织和个人举办系列海洋文化与艺术、地球科学教育等科普活动。

希望大家在这次会议中有所收获！

大会学术委员会
2016年6月27日

会议基本信息

注册

7月3日 12:00~22:00: 会议现场注册地点在“上海光大国际会展中心大酒店”大厅（上海徐汇区漕宝路 66 号）。已预付费的参会人员请前往领取会议资料和注册费发票。未预付费的参会人员请现场付费，接受各类信用卡刷卡和现金支付方式，并受新实行的“营业税改征增值税”影响，现场支付注册费可能无法在会议期间提供发票，请在现场注册时预留或将发票开具信息及有效联系方式发送邮件至会议秘书处，至迟 7 月中旬补送（寄）发票并通知查收。

7月4~6日 7:30~17:00: 会议现场注册地点在上海光大国际会展中心大酒店二楼“宴会厅接待区”。接受办理已预付费和现场付费的各类注册。

现场注册费：会议代表 2000 元，学生代表 1000 元，陪同人员 1000 元。费用包括：会议资料，会场租用，欢迎自助晚餐（7 月 3 日晚），工作午餐（7 月 4~6 日），会议自助晚餐（7 月 4 日晚），茶歇（7 月 4~6 日）；不包括：全部早餐，7 月 3 日除晚餐之外用餐，7 月 5-6 日晚餐，住宿费，和交通费等。

住宿及发票开具：由于参会人员较多，会议秘书处一般不直接提供酒店代订服务。会议秘书处与会场周边的几家宾馆协商，5 月 31 日之前预留了一定数量的房间，并提供会议特别优惠价，请与宾馆指定联系人预订房间（非指定联系人无法享受会议优惠）。未预订宾馆房间的参会人员请自行前往相关宾馆联系住宿，会议不承担现场预订宾馆工作。

因实行“营业税改征增值税”，若参会人员需增值税专用发票用于抵扣，则需提供与发票抬头对应的公司名称、纳税人识别号、地址、电话和开户行账号，并请尽量提前至酒店总台结算，避免会后集中开具而排队。

会议地点

会议地点在上海光大国际会展中心大酒店（上海徐汇区漕宝路 66 号），具体位置见附图。

会议就餐

欢迎自助晚餐（7 月 3 日），安排在“上海光大国际会展中心大酒店”一楼“光韵一”、“光韵二”。

会议的工作午餐（7 月 4~6 日）安排在一楼“光韵一”、“光韵二”，及“咖啡厅”。

工作自助晚餐（7月4日），安排在一楼“光韵一”、“光韵二”，“咖啡厅”，及二楼“光大10”。

会议用餐均凭餐券就餐（现场注册时领取）

由于就餐时间集中，预计将出现排队情况，请大家谅解和配合。

注：7月5-6日不提供会议晚餐，请自行安排。

交通

会议地点（上海光大国际会展中心大酒店）和会议建议宾馆都在5分钟步行路程范围内。从虹桥国际机场、浦东国际机场、上海火车站、上海南站等交通枢纽均有多种交通方式到达。附图提供了几种到达会议地点的交通方案及其费用，供参会人员参考。

注：会议不提供接站服务。若确实需要接站，请事先联系会议秘书。

沪上游览



“上海旅游电子优惠券平台”是上海市旅游局指导下，由本市各旅游景点、酒店、航空、商业单位等共同为来上海的游客提供的游惠平台，免费房券，免费门票，消费折扣，诸多礼品层出不穷。让您在四季上海，发现更多，体验更多。

口头报告

大会邀请报告：每个报告30分钟，包括25分钟演讲和5分钟答疑。请提前一天将PPT文件拷贝至会议注册处或会场的专用计算机内。

专题口头报告：根据各专题安排一般每个报告15~20分钟（包括演讲和答疑）。请提前一天将PPT文件拷贝至会议注册处或会场的专用计算机内。

展板报告及须知

展板报告时间：

7月4~6日，会议每日中午12:40-14:00为各专题安排专门的展板报告时间，会议间其他时段展板区将一直开放。

展板报告地点：

上海光大国际会展中心大酒店一楼光韵3、光韵5、光韵6。

展板报告须知：

展板规格：A0幅面，竖版（宽×高 = 841 mm × 1189 mm），报告人请自行打印海报。不便携带海报者可至周边图文打印公司（如会议酒店正对面“蔡洋图文”）进行打印。

作为本会议重要的学术交流形式，展板报告将提供报告人与参会人员直接互动平台。在本专题指定展板报告时间，报告人须站在各自展板前参加讨论和交流，时间不少于30分钟；会议将为报告人提供格式纸条，事先注明报告人站在展板前的时间段。展板时间专题召集人将逐一浏览展板。

全部展板于4日上午7:30起由报告人自行张贴至展板区指定位置（注意摘要的编号与展板的编号对应），会议将提供夹装夹具将海报固定于展架（对海报无损，便于海报再使用），报告人无需另带粘贴用品。全部展板于7月6日17:00撤离。

“优秀学生展板”：

学生展板辨识：

展板编号以“S”结尾者为学生展板。

“优秀学生展板”评选

会议学术委员会和专题召集人将评选出“优秀学生展板”，并在7月6日下午的“大会总结”中颁奖。评选基本要求：在指定的展板时间内等候在展板前参与讨论，出席全程会议（包括颁奖仪式）。

专题设置及召集人

会议共设置二十五个专题，具体专题及召集人如下：

专 题	召集人	单 位
一、陆地生态系统与地球环境的协同演化	周忠和	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所
	王 恽	中国科学院南京地质古生物研究所
	周浙昆	中国科学院西双版纳热带植物园
二、气候变化及人类演化和适应	郭正堂	中国科学院地质与地球物理研究所
	吕厚远	中国科学院地质与地球物理研究所
	高 星	中国科学院古脊椎动物与古人类所
	郑洪波	南京师范大学
	翦知潜	同济大学
三、南海珊瑚礁：从全球变化到岛礁[吹填]工程	余克服	广西大学
	汪 稔	中国科学院武汉岩土力学研究所
四、多尺度季风	张人禾	中国气象科学研究院
	郝青振	中国科学院地质与地球物理研究所
	王 斌	美国夏威夷大学
	汪品先	同济大学
五、冰期旋回的多样性	田 军	同济大学
	郭正堂	中国科学院地质与地球物理研究所
六、古大气 CO ₂ 重建及碳循环	于际民	澳洲国立大学
	王永栋	中国科学院南京地质古生物研究所
七、大陆边缘沉积：源汇过程与环境响应	杨守业	同济大学
	石学法	国家海洋局第一海洋研究所
	刘祖乾	台湾中山大学
	刘敬圃	美国北卡州立大学

专 题	召集人	单 位
八、气候变化中的高低纬相互作用	王汝建	同济大学
	刘晓东	中国科学技术大学
九、亚洲—太平洋地区过去 2000 年高分辨率气候变化	晏 宏	中科院地球环境研究所
	杨 保	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所
	谭亮成	中科院地球环境研究所
十、海洋碳汇对气候变化的响应与反馈	焦念志	厦门大学
	李 超	中国地质大学（武汉）
	王晓雪	中科院南海海洋研究所
十一、微生物驱动的元素循环：特征，速率与规模，以及机制探讨	王风平	上海交通大学
	张传伦	同济大学
	陆雅海	中国农业大学
	谢树成	中国地质大学(武汉)
十二、中国深海物理海洋和海沟生物地球化学交叉研究展望：科学问题与技术挑战	田纪伟	中国海洋大学
	张传伦	同济大学
	崔维成	上海海洋大学
十三、比较行星学	胡永云	北京大学
	季江徽	中国科学院紫金山天文台
	崔 峻	中国科学院国家天文台
	肖 龙	中国地质大学（武汉）
十四、地球与行星的内部组成及其动力过程	张 莉	北京高压科学研究中心
	林杨挺	中国科学院地质与地球物理研究所
	费英伟	美国华盛顿卡耐基学院
十五、地幔中的流体	夏群科	浙江大学
	杨晓志	南京大学
	章军锋	中国地质大学（武汉）
	王 勤	南京大学

专 题	召集人	单 位
十六、欧亚东部构造、西太平洋演化与洋—陆碰撞过程	林 间	美国伍兹霍尔海洋研究所
	李正祥	澳大利亚科廷大学
	牛耀龄	英国杜伦大学
	朱露培	美国圣路易斯大学
	李献华	中国科学院地质与地球物理研究所
十八、海底下的海洋—深海热液与冷泉	杨胜雄	广州海洋地质调查局
	周怀阳	同济大学
十九、南海的深水地貌与成因	朱本铎	广州海洋地质调查局
	钟广法	同济大学
	丁巍伟	国家海洋局第二海洋研究所
二十、亚洲大陆边缘深部结构及动力过程	李家彪	国家海洋局第二海洋研究所
	郝天珧	中国科学院地质与地球物理研究所
	李三忠	中国海洋大学
	丁巍伟	国家海洋局第二海洋研究所
二十一、南海：深海过程的天然实验室	林 间	美国伍兹霍尔海洋研究所
	翦知潜	同济大学
	戴民汉	厦门大学
二十二、跳出南海看南海	孙卫东	中科院广州地球化学研究所
二十三、中国陆架：构造演化、沉积建造、环境变迁及陆海联系	张训华	青岛海洋地质研究所
	李铁刚	国家海洋局第一海洋研究所
	郑洪波	南京师范大学
	刘 健	青岛海洋地质研究所
二十四、海洋科学与文化	刘传联	同济大学
	张建松	新华社上海分社
二十五、地球系统与地理教学	郑祥民	华东师范大学
	段玉山	华东师范大学
二十六、华夏山水的由来	汪品先	同济大学

会议日程索引表

		7月3日	7月4日	7月5日	7月6日	
8:30-10:00		分会场1	专题一 陆地生态系统与地球环境的协同演化(一)	专题五 冰期旋回的多样性(一)	专题七 大陆边缘沉积：源汇过程与环境响应(二)	
		分会场2	专题四 多尺度季风(一)	专题四 多尺度季风(四)	专题十四 地球与行星的内部组成及其动力过程(一)	
		分会场3	专题八 气候变化中的高低纬相互作用(一)	专题八 气候变化中的高低纬相互作用(四)	专题二 气候变化及人类演化和适应(三)	
		分会场4	专题十 海洋碳汇对气候变化的响应与反馈(一)	专题十一 微生物驱动的元素循环(一)	专题三 南海珊瑚礁：从全球变化到岛礁（吹填）工程(一)	
		分会场5	专题十五 地幔中的流体(一)	专题二十四 海洋科学与文化(一)	专题二十 亚洲大陆边缘深部结构及动力过程(一)	
		分会场6	专题十九 南海的深水地貌与成因(一)	专题二十三 中国陆架：构造演化、沉积建造、环境变迁及陆海联系(二)	专题十八 海底下的海洋—深海热液与冷泉(一)	
		分会场7	专题二十一 南海：深海过程的天然实验室(一)	专题十三 比较行星学(一)	专题九 亚洲—太平洋地区过去2000年高分辨率气候变化(二)	
10:00-10:20		茶歇				
10:20-11:50	会议报到 12:00-22:00	分会场1	专题一 陆地生态系统与地球环境的协同演化(二)	专题五 冰期旋回的多样性(二)	专题七 大陆边缘沉积：源汇过程与环境响应(三)	
		分会场2	专题四 多尺度季风(二)	专题四 多尺度季风(五)	专题十四 地球与行星的内部组成及其动力过程(二)	
		分会场3	专题八 气候变化中的高低纬相互作用(二)	专题二 气候变化及人类演化和适应(一)	专题二 气候变化及人类演化和适应(四)	
		分会场4	专题十 海洋碳汇对气候变化的响应与反馈(二)	专题十一 微生物驱动的元素循环(二)	专题三 南海珊瑚礁：从全球变化到岛礁（吹填）工程(二)	
		分会场5	专题十五 地幔中的流体(二)	专题二十四 海洋科学与文化(二)	专题二十 亚洲大陆边缘深部结构及动力过程(二)	
		分会场6	专题十九 南海的深水地貌与成因(二)	专题十六 欧亚东部构造、西太平洋演化与洋—陆碰撞过程(一)	专题十六 欧亚东部构造、西太平洋演化与洋—陆碰撞过程(二)	
		分会场7	专题二十一 南海：深海过程的天然实验室(二)	专题十三 比较行星学(二)	专题九 亚洲—太平洋地区过去2000年高分辨率气候变化(三)	
12:00-13:00		午餐				
12:40-14:00		展板	专题 1,2,4,5,10,14,15,22	专题 3,6,11,12,18,24,25,26	专题 7,8,9,16,19,20,21,23	
14:00-15:30		分会场1	专题一 陆地生态系统与地球环境的协同演化(三)	专题七 大陆边缘沉积：源汇过程与环境响应(一)	专题七 大陆边缘沉积：源汇过程与环境响应(四)	
		分会场2	专题四 多尺度季风(三)	专题二十二 跳出南海看南海	专题十四 地球与行星的内部组成及其动力过程(三)	
		分会场3	专题八 气候变化中的高低纬相互作用(三)	专题二 气候变化及人类演化和适应(二)	专题二 气候变化及人类演化和适应(五)	
		分会场4	专题十 海洋碳汇对气候变化的响应与反馈(一)	专题十二 中国深海物理海洋和海沟生物地球化学交叉研究展望	专题二十六 华夏山水的由来	
		分会场5	专题六 古大气 CO ₂ 重建以及碳循环	专题二十五 地球系统与地理教学	专题二十 亚洲大陆边缘深部结构及动力过程(三)	
		分会场6	专题二十三 中国陆架：构造演化、沉积建造、环境变迁及陆海联系(一)	专题十六 欧亚东部构造、西太平洋演化与洋—陆碰撞过程(二)	专题十八 海底下的海洋—深海热液与冷泉(二)	
		分会场7	专题二十一 南海：深海过程的天然实验室(三)	专题九 亚洲—太平洋地区过去2000年高分辨率气候变化(一)	专题九 亚洲—太平洋地区过去2000年高分辨率气候变化(四)	
15:30-15:50		茶歇				
15:50-17:20		主会场	大会报告	大会报告	大会总结（17:00 结束）	
18:00-21:00	自助晚餐 18:00-19:30		自助晚餐（18:00-20:00）			
		主会场	重大研究计划信息发布会（19:00-21:00）			
会议注册		主会场	展板区	午餐	晚餐	茶歇/咖啡
3日：酒店大堂 4-6日：宴会厅接待区		宴会厅	光韵3、5、6（一楼）	光韵1、2、咖啡厅（一楼）	3日：光韵1、2 4日：光韵1、2、咖啡厅、光大10	咖啡廊（二楼）
分会场1	分会场2	分会场3	分会场4	分会场5	分会场6	分会场7
光大7	光大10	光大1	光大8	光大11	光大15/16	光大9

第四届地球系统科学大会日程

7月4日 上午

专题口头报告 8:30-11:50

分会场 1 (光大7号厅)

7月4日上午

专题一 陆地生态系统与地球环境的协同演化(一) 主持人: 周忠和

8:30-8:45	朱敏	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S01-O-01 有颌脊椎动物崛起的格局与古地理、古环境背景 (邀请报告)
8:45-9:00	徐洪河	中国科学院南京地质古生物研究所	S01-O-02 新疆中-晚泥盆世早期森林研究
9:00-9:15	黄迪颖	中国科学院南京地质古生物研究所	S01-O-03 燕辽生物群和燕山运动
9:15-9:30	姜宝玉	南京大学	S01-O-04 火山成因湖泊中的化石特异埋藏机制
9:30-9:45	泮燕红	中国科学院南京地质古生物研究所	S01-O-05 索伦霍芬灰岩中鱼富集层的埋葬学研究
9:45-10:00	王博	中科院南京地质古生物所	S01-O-06 缅甸琥珀生物群: 一个白垩纪热带雨林世界

10:00-10:20 茶 歇

专题一 陆地生态系统与地球环境的协同演化(二) 主持人: 周浙昆

10:20-10:35	倪喜军	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S01-O-07 始新世-渐新世环境剧变是灵长类的“演化滤器” (邀请报告)
10:35-10:50	王旭	中国科学院地质与地球物理研究所	S01-O-08 中国南阳盆地古新世-始新世极热事件 (PETM) 时期环境变化研究
10:50-11:05	邓涛	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S01-O-09 青藏高原上新世哺乳动物在华北第四纪哺乳动物群中的取代作用
11:05-11:20	李强	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S01-O-10 青藏高原北部库木库里盆地新近纪小哺乳动物化石的发现及其古环境和古高度意义
11:20-11:35	吴飞翔	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S01-O-11 新生代鱼化石在青藏高原古高度重建中的作用
11:35-11:50	张弥曼	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S01-O-12 全身骨头变粗的伍氏献文鱼(Hsianwenia wui)见证了柴达木盆地的干旱化

分会场 2 (光大10号厅)

7月4日上午

专题四 多尺度季风(一) 主持人: 张人禾

8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	周天军	中国科学院大气物理研究所	S04-O-01 全球季风模拟研究国际计划(GMMIP): 科学目标与研究进展 (邀请报告)
8:55-9:15	杨修群	南京大学	S04-O-02 Probabilistic versus deterministic skill in predicting East Asian-Western North Pacific summer monsoon variability (邀请报告)
9:15-9:30	刘飞	南京信息工程大学	S04-O-03 Global monsoon precipitation responses to large volcanice rptions
9:30-9:45	周磊	国家海洋局第二海洋研究所	S04-O-04 中印度洋模态和印度夏季风的降水

9:45-10:00	郑彬	中国气象局广州热带海洋气象研究所	S04-O-05 南海夏季风准两年振荡相关的海气相互作用过程
10:00-10:20	茶 歇		
专题四 多尺度季风(二) 主持人: 王斌			
10:20-10:40	陈文	中国科学院大气物理研究所	S04-O-06 东亚冬季风变异与ENSO研究进展 (邀请报告)
10:40-11:00	吴志伟	南京信息工程大学	S04-O-07 On the Predictable Climate Dynamics of the East Asian Monsoon
11:00-11:15	管玉平	中国科学院南海海洋研究所	S04-O-08 季风对南海深海环流驱动能量供给的影响
11:15-11:30	吴波	中国科学院大气物理研究所	S04-O-09 Impacts of the Pacific-Japan and circum global teleconnection patterns on interdecadal variability of the East Asian summer monsoon
11:30-11:45	陈晓龙	中国科学院大气物理研究所	S04-O-10 气候敏感度和海温增暖型对南亚季风预估不确定性的影响
11:45-11:50	专题讨论		
分会场 3 (光大1号厅)			7月4日上午
专题八 气候变化中的高低纬相互作用(一) 主持人: 王汝建			
8:30-8:50	黄菲	中国海洋大学	S08-O-01 南北半球的环状模联合模态及跨半球遥相关 (邀请报告)
8:50-9:05	徐兆凯	中国科学院海洋研究所	S08-O-02 70万年来黑潮源区的东亚季风演化过程、驱动机制及其碳循环效应
9:05-9:20	徐利强	合肥工业大学	S08-O-03 晚全新世西沙群岛的生长: 来自14C的证据
9:20-9:35	孔德明	广东海洋大学	S08-O-04 中全新世以来南海北部长链烯酮重建海表温度的变化趋势对比
9:35-9:50	高玉娟	浙江大学	S08-O-05 European Hydroclimate Response to Volcanic Eruptions over the Past Nine Centuries
9:50-10:00	专题讨论		
专题八 气候变化中的高低纬相互作用(二) 主持人: 刘晓东			
10:20-10:40	王汝建	同济大学	S08-O-06 近2 Ma BP以来高、低纬度海域表层温度变化的对比研究
10:40-10:55	李文宝	内蒙古农业大学	S08-O-07 近2Ma以来南塔斯曼海底层水演化特征及全球对比
10:55-11:10	唐正	国家海洋局第一海洋研究所	S08-O-08 The Southern Ocean as a "control valve" of vertical $\delta^{13}\text{C}$ distribution in the West Philippine Sea during the last 700ka
11:10-11:25	武力	同济大学	S08-O-09 生产力指示的东南极普利兹湾更新世地层年代框架
11:25-11:40	韩喜彬	国家海洋局第二海洋研究所	S08-O-10 3万年以来南极罗斯海西部沉积环境变化研究
11:40-11:50	专题讨论		

分会场 4 (光大8号厅)			7月4日上午
专题十：海洋碳汇对气候变化的响应与反馈(一) 主持人: 焦念志			
8:30-8:40	焦念志	厦门大学	S10-O-01 从戈登科学前沿论坛看海洋碳汇研究动向——学科交叉、古今结合
8:40-9:00	谢树成	中国地质大学(武汉)	S10-O-02 2.5亿年前生物大灭绝期间碳循环与微生物之间的关系及其生态效应
9:00-9:15	马文涛	同济大学	S10-O-03 溶解有机碳假说与更新世碳同位素40-50万年周期
9:15-9:25	刘鹏	北京大学	S10-O-04 Boring Billion时期的大洋环流与海洋层结
9:25-9:35	石炜	中国地质大学(武汉)	S10-O-05 埃迪卡拉纪极端碳同位素负偏事件与海洋时空氧化：来自硫同位素的证据
9:35-9:45	常标	中国地质大学(武汉)	S10-O-06 埃迪卡拉纪极端碳同位素负漂事件与海洋溶解有机碳库的氧化：来自古温度的证据
9:45-9:55	韦雪梅	东华理工大学	S10-O-07 广西来宾蓬莱滩GSSP剖面G-L界线草莓状黄铁矿微晶粒径特征及其氧化还原条件的厘定
9:55-10:00	专题讨论		
10:00-10:20	茶 歇		
专题十：海洋碳汇对气候变化的响应与反馈(二) 主持人: 李超			
10:20-10:40	戴民汉	厦门大学	S10-O-08 边缘海中溶解有机碳的生产和碳在不同形态之间的分配
10:40-11:00	赵美训	中国海洋大学	S10-O-09 我国边缘海沉积有机质来源、年龄及其碳汇意义
11:00-11:15	余克服	广西大学	S10-O-10 南海珊瑚礁区的碳循环研究
11:15-11:30	翟惟东	山东大学	S10-O-11 海洋吸收人类排放二氧化碳的能力会达到饱和吗?
11:30-11:45	梁前勇	广州海洋地质调查局	S10-O-12 南海北部陆坡天然气水合物区海水甲烷含量分布特征及其影响因素探讨
11:45-11:50	专题讨论		
分会场 5 (光大11号厅)			7月4日上午
专题十五：地幔中的流体(一) 主持人: 夏群科			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	陈久华	北京高压科学研究中心	S15-O-01 下地幔矿物的储水能力(邀请报告)
8:55-9:15	陈立辉	南京大学	S15-O-02 大洋玄武岩不均一的镁同位素组成(邀请报告)
9:15-9:35	王勤	南京大学	S15-O-03 大洋岩石圈的蛇纹石化及其流变学效应(邀请报告)
9:35-9:50	王蓉	昆明理工大学	S15-O-04 滇东南八寨岩石圈地幔的含水性
9:50-10:00	专题讨论		
10:00-10:20	茶 歇		
专题十五：地幔中的流体(二) 主持人: 杨晓志、章军锋、王勤			
10:20-10:35	曾罡	南京大学	S15-O-05 地幔中岩浆—岩浆相互作用
10:35-10:50	罗青	中国科学院海洋研究所	S15-O-06 俯冲速率对Tonga-Kermadec岛弧岩浆作用的控制

10:50-11:05	帅康	南京大学	S15-O-07 关于名义上无水矿物水含量的定量化
11:05-11:20	李新阳	中国科学技术大学	S15-O-08 超级含水相B在高温高压下的弹性常数
11:20-11:35	侯俊涛	北京大学	S15-O-09 天然黝帘石和绿帘石的原位高压粉末和单晶X射线衍射研究
11:35-11:50	夏群科	浙江大学	S15-O-10 塔里木早二叠世原始玄武岩浆的高水含量
分会场 6 (光大15/16号厅)			7月4日上
专题十九 南海的深水地貌与成因(一) 主持人: 朱本铎			
8:30-8:45	朱本铎	广州海洋地质调查局	S19-O-01 南海地貌及其成因的初步探讨 (邀请报告)
8:45-9:00	宋海斌	同济大学	S19-O-02 内波与内孤立波的浅化和地形地貌的关系研究 (邀请报告)
9:00-9:15	孙启良	中国地质大学(武汉)	S19-O-03 南海北部珠江口盆地多期次海底滑坡的形成时间、控制因素和动力学特征
9:15-9:30	王大伟	中国科学院深海科学与工程研究所	S19-O-04 晚中新世红河断裂走滑反转事件的海底滑坡证据
9:30-9:45	陈端新	中国科学院海洋研究所	S19-O-05 珠江口盆地陆坡峡谷区的块体搬运沉积和流体活动
9:45-10:00	关成尧	中国地震局防灾科技学院	S19-O-06 南海海域构造地貌及其多期动力成因
10:00-10:20	茶 歇		
专题十九 南海的深水地貌与成因(二) 主持人: 钟广法			
10:20-10:35	阎贫	中国科学院南海海洋研究所	S19-O-07 东沙西南海区泥火山探查 (邀请报告)
10:35-10:50	关永贤	广州海洋地质调查局	S19-O-08 南海多波束地形调查的进展、发现与展望 (邀请报告)
10:50-11:05	王秀娟	中国科学院海洋研究所	S19-O-09 珠江口盆地流体运移和迁移峡谷对天然气水合物分布的影响
11:05-11:20	黄文星	广州海洋地质调查局	S19-O-10 南海海底平顶山\海台的分布特征及其意义
11:20-11:35	陈江欣	青岛海洋地质研究所	S19-O-11 南海西部麻坑、泥火山地貌特征及成因分析
11:35-11:50	王星星	浙江大学	S19-O-12 南海北部第四纪单向迁移水道地貌分类及其控制因素
分会场 7 (光大9号厅)			7月4日上午
专题二十一 南海: 深海过程的天然实验室(一) 主持人: 林间、翦知湔			
8:30-8:45	林间	中国科学院南海海洋研究所/美国伍兹霍尔海洋研究所	S21-O-01 南海大洋钻探与高精度深拖地磁研究
8:45-9:00	夏少红	中国科学院南海海洋研究所	S21-O-02 南海东北部磁静区地壳结构及其构造意义
9:00-9:15	赵明辉	中国科学院南海海洋研究所	S21-O-03 南海北部洋陆转换带IODP367-368钻探区三维结构探测与研究

9:15-9:30	赵西西	同济大学	S21-O-04 Paleomagnetic Characterization of Sedimentary Units in the South China Sea Basin
9:30-9:45	许鹤华	中国科学院南海海洋研究所	S21-O-05 海南地幔柱与南海新生代岩浆活动的动力学机制
9:45-10:00	张功成	中海油研究总院	S21-O-06 南海边缘海构造旋回控制深海油气成藏
10:00-10:20	茶 歇		
专题二十一 南海：深海过程的天然实验室(二) 主持人: 翦知湓、戴民汉			
10:20-10:35	杜川军	厦门大学	S21-O-07 南海海盆区营养盐的垂向通量
10:35-10:50	黄邦钦	厦门大学	S21-O-08 南海浮游植物群落结构变动及其生物泵效率研究
10:50-11:05	潘梦迪	中国科学院广州能源研究所	S21-O-09 南海北部东沙海域底栖有孔虫特征及其对甲烷喷溢的指示
11:05-11:20	王磊	厦门大学	S21-O-10 南海和西北太平洋真光层浮游植物的输出沉降研究
11:20-11:35	曹知勉	厦门大学	S21-O-11 南海钷稳定同位素组成特征及分馏机制
11:35-11:50	张武昌	中国科学院海洋研究所	S21-O-12 南海陆坡浮游纤毛虫垂直分布
12:00-13:00 午 餐			
7月4日 下午			
展板交流 12:40-14:00			
专题一（展板） 陆地生态系统与地球环境的协同演化			
S01-P-01S	鲍睿	南京大学	蜗牛壳体 $\delta^{13}\text{C}$ 与土壤有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 之间关系的探讨
S01-P-02S	郑大燃	香港大学	Age for the Middle-Late Devonian Hujier site Florain Xinjiang, NWChina
S01-P-03	王俊	香港大学	四川自贡大山铺蜀龙动物群年龄重新厘定
S01-P-04	刘涛	广西大学	红树林湿地扩张机制与泥沙沉积动力研究——以广西南流江河口红树林为例
S01-P-05S	王铎	中国地质大学（北京）	现代介形虫组合与水深的关系以及在重建湖泊古水深中应用的初探——以洞庭湖为例
专题二（展板） 气候变化及人类演化和适应			
S02-P-01	杨石霞	中国科学院地质与地球物理研究所	史前人类行为与气候、资源关系的初步解读——以三个史前遗址(群)的研究为例
S02-P-02S	姚凌	中国科学技术大学	淀粉粒研究反映的淮河中游地区7000年前后人类植物利用情况
S02-P-03S	何韬	南京师范大学	十三世纪上半叶蒙古高原气候变化特征与成因分析
S02-P-04S	郑邦	南京大学	东海泥质沉积区晚全新世以来植被变化的气候与人为因素
S02-P-05S	孙明照	南京大学	硅酸盐风化速率及其控制因素：来自九华山花岗岩小流域的研究
S02-P-06S	李汉杰	华南师范大学	川东北诺水河重金属含量季节变化与影响因素
S02-P-07S	邓肖敏	华南师范大学	北京市西南郊大气沉降中重金属元素季节变化特征及其来源分析
S02-P-08	侯光良	青海师范大学	青藏高原末次冰消期以来的植被演化和人类扩张
S02-P-09	余继峰	山东科技大学	山旺盆地：一个适于“深时”研究的时间胶囊

S02-P-10	刘斯文	国家地质实验测试中心	200年来巴丹吉林沙漠湖泊岩芯的环境变化及人类活动记录
S02-P-11	曹鸿兴	中国气象科学研究院	列序分析及其气候应用
S02-P-12S	杨艺萍	中国科学院南海海洋研究所	Temperature and salinity changes of the permanent thermocline recorded by <i>Globorotalia inflata</i> : implication for intermediate water changes in the Northern South China Sea since 20 ka
S02-P-13	旺罗	中国科学院地质与地球物理研究所	末次冰消期湖光岩玛珥湖硅藻生物多样性变化
S02-P-14S	周鹏超	兰州大学	中全新世快速气候变化事件与古文明演化的高精度万象洞石笋记录
S02-P-15	萧家仪	南京师范大学	湖北神农架大九湖盆地晚更新世山地古植被与古环境
S02-P-16	高春亮	中国科学院青海盐湖研究所	大柴旦盐湖沉积记录的早中全新世气候演化及其驱动机制研究
S02-P-17	杨晓燕	中国科学院地理科学与资源研究所	粟作和稻作农业形成过程中的自然选择
S02-P-18S	李东欢	中国科学院大气物理研究所	IAP/LASG CORDEX 试验模拟和预估的中国夏季温度变化
S02-P-19S	杨倩楠	东北师范大学	长白山区典型泥炭沼泽植物群落组成的主要环境因子分析
S02-P-20	李宜垠	北京大学	内蒙古呼伦贝尔岗嘎考古遗址点的孢粉记录及古植被定量重建
S02-P-21S	郭晓阳	内蒙古大学	基于湖泊表层沉积物现代过程的内蒙古辉腾锡勒和西海子粒度记录重建的全新世冬、夏季风变化
S02-P-22S	冯旭光	中国科学院海洋研究所	中国东部沿海大气粉尘组成特征和来源
S02-P-23S	刘佳	东北师范大学	长白山区泥炭沼泽土壤Hg和As的空间分布特征与地球化学行为
S02-P-24	常凤鸣	中国科学院海洋研究所	末次冰消期东海陆架区禾本科花粉粒径的变化
S02-P-25	马春梅	南京大学	长江中游地区的“中世纪暖期”和“小冰期”
S02-P-26	于严严	中国科学院地质与地球物理研究所	渭河流域自然和人为活动对陆地碳库的影响
S02-P-27	周鑫	中国科学技术大学	五大连池火山口湖沉积记录的过去7000年来风尘通量变化
S02-P-28S	洪荣昌	中国科学院青海盐湖研究所	柴达木盆地大柴旦盐湖末次冰消期以来的气候环境演变
S02-P-29	吴旭东	南阳师范学院	湖光岩玛珥湖全新世粒度变化特征及其反映的古气候意义
S02-P-30S	陈天源	中国科学院青海盐湖研究所	基于光释光测年的巴丹吉林沙漠湖泊及高大沙山演化研究
S02-P-32	戴璐	宁波大学	Patterns of vegetation and climate change in the northern South China Sea during the last glaciation inferred from marine palynological
S02-P-33	罗武宏	中国科学技术大学	食物还是杂草：新石器时代中期淮河中游地区稗属植物的微体遗存分析

专题四（展板） 多尺度季风			
S04-P-01	余少华	广州海洋地质调查局	Last glacial and deglacial pollen record in the northern South China Sea: New sight on the coastal-shelf paleoenvironment reconstruction
S04-P-02S	陈圣乾	兰州大学	山西公海湖泊记录的全新世粉尘演化历史研究
S04-P-03S	黄云	中国科学院南海海洋研究所	安达曼海全新世高分辨率印度季风演化记录
S04-P-04	高涛	中国科学院大气物理研究所	Changes of extreme precipitation in monsoon region over China and non-stationary and nonlinear influence from climate indices
S04-P-05	张江勇	广州海洋地质调查局	南海深海平原末次盛冰期以来UK37 -SST时间序列的建立
S04-P-06	王红丽	中国科学院地球环境研究所	Simulated climate sensitivity in global monsoon and arid regions attributable to dynamic vegetation
S04-P-07S	张文超	中国科学院地球环境研究所	末次冰消期以来大九湖泥炭的发育与气候变化
S04-P-08S	韩春风	南京师范大学	过去2000年亚洲夏季风降水百年尺度变化及其区域差异的模拟分析
S04-P-09S	黄超	中国科学院广州地球化学研究所	云南宝秀泥炭记录的印度夏季风在32.7~11.4 cal ka BP期间的演化
S04-P-10S	张文霞	中国科学院大气物理研究所	Wetting and greening Tibetan Plateau in early summer
S04-P-11S	李振宁	中山大学	Intensified deep convection heating over the Asian-Australian monsoon regions prolong the persistence of the El Niño and La Niña events
S04-P-12S	沙莹莹	中国科学院地球环境研究所	青藏高原边缘地形对亚洲气候的影响：以蒙古高原和云贵高原为例
S04-P-13S	杨再宝	中国科学院海洋研究所	南海西南部22ka BP以来孢粉记录及植被、气候演化的影响因素
S04-P-14S	杜文静	西安交通大学	石笋记录的印度东北部H4事件的全球区域精细对比
S04-P-15S	张照鹏	中国海洋大学	百年来近海不同泥质区沉积物记录的东亚季风差异
S04-P-16S	李普曦	中国科学院大气物理研究所	MRI模式对华南春雨气候态及年际变率的模拟：不同模式分辨率的比较
S04-P-17S	孟先强	南京大学	中国黄土中白云石和方解石的溶解四阶段模型指示季风降雨变化
S04-P-18S	陈云如	同济大学	晚第四纪间冰期南海周边植被组成与季风降水变化——南海沉积物中叶蜡碳氢同位素记录
S04-P-19S	李瀚瑛	西安交通大学	过去25ka南印度洋亚热带地区的气候变化
S04-P-20	康树刚	中国科学院地球环境研究所	黄土记录的晚全新世东亚冬夏季风强度千年-百年尺度上的变化
S04-P-21	罗传秀	中国科学院南海海洋研究所	Distribution and transportation of surface sediment pollen in the northeastern Indian Ocean and terrestrial area tracking
S04-P-22	黄伟	兰州大学	Physical Mechanisms of Summer Precipitation Variations in the Tarim Basin in Northwestern China

专题五（展板） 冰期旋回的多样性			
S05-P-01S	陈琳	华南师范大学	川东北石笋SI3的U/Ca值变化及其古气候意义
S05-P-02	张启锐	中国科学院地质与地球物理研究所	扬子地区南华系冰期次数与盆地的关系
S05-P-03	田军	同济大学	High resolution 9- Myr benthic foraminiferal ¹⁸ O and ¹³ C records at ODP Site 1143: Paleooceanographic and tectonic implications in the South China Sea
S05-P-04	张虎才	云南师范大学	阿加勒斯海流(Agulhas Current)对北大西洋洋流及印度洋能量平衡过程的影响——进展与评述
S05-P-05	李丽	同济大学	晚第四纪热带西太平洋地区水文演变的跨冰期旋回变化：烷烃链长指数证据
S05-P-07	孙晗杰	中国科学院海洋研究所	早更新世以来黑潮源区次表层水古温度变化特征及对西太暖池变动的指示
S05-P-08S	张帅	中国科学院海洋研究所	过去36万年来冰期旋回与类ENSO状态的对应关系
S05-P-09S	贾奇	中国科学院海洋研究所	70万年来西太平洋暖池北缘有孔虫氧碳同位素特征及其古海洋学意义
S05-P-10	吴淑玉	青岛海洋地质研究所	北黄海东部坳陷始新统米兰科维奇旋回分析
S05-P-11S	李华勇	云南师范大学	细菌脱镁叶绿素在兹格塘错沉积物中的发现及气候指示意义
S05-P-12S	朱梦姝	云南师范大学	洱海水质参数季节性变化
S05-P-13S	王娜	北京大学	南海北部400ka以来深层水溶解氧变化研究
S05-P-14S	刘晶晶	同济大学	A 16-Myr-long record of sea surface temperature changes in the cold tongue of the Eastern Equatorial Pacific
S05-P-15	贺娟	同济大学	倒数第二次冰期旋回中亚热带植被对气候变化的快速响应
S05-P-16	卓海腾	浙江大学	中更新世气候转型在南海北部陆架区的层序——沉积记录
专题十（展板） 海洋碳汇对气候变化的响应与反馈			
S10-P-01	高坤山	厦门大学	Marine Primary Producers under Global Change Stressors
S10-P-02	李绘	同济大学	A review on chromatographic methods based on different liquid chromatography columns
S10-P-03S	陈松泽	同济大学	Contrasting community structures of planktonic methanogens with changing salinity in the Pearl River Estuary: Implication for functional variation in methane production
S10-P-04S	马岑玲	同济大学	The distribution of archaeal intact polar lipids in the upper water column of the northwestern Pacific Ocean: Effect of cyclonic eddy perturbation
S10-P-05	李芯芯	美国德州农工大学	Compositional dynamics of organic carbon in surface sediments from the Lower Pearl River to the Coastal South China Sea
S10-P-06	常华进	湖北文理学院	早寒武世早期南华盆地存在硫化的水体

S10-P-07	曾振顺	中国科学院南海海洋研究所	分离自深海和浅海的假交替单胞菌的生物被膜形成差异与基因表达差异
S10-P-08S	杨芸兰	厦门大学	海洋酸化和光照对西太平洋寡营养海区病毒生产力和降解率的影响
S10-P-09S	王煜	厦门大学	海洋酸化对浮游细菌群落恢复力影响的微生物生态网络研究
S10-P-10S	周文楚	厦门大学	南海无机氮添加对微生物胞外酶活性及有机碳利用的影响
S10-P-11S	李百元	中国科学院南海海洋研究所	两株表层海水来源的假交替单胞菌的表型特征分析
S10-P-12S	高微	中国科学院海洋研究所	中尺度涡对大洋悬浮体分布的控制效应
S10-P-13S	王金祥	不来梅大学	珠江口水体中古菌和细菌四醚类化合物共生可能性的探讨
S10-P-14	裴绍峰	青岛海洋地质研究所	辽东湾夏季叶绿素a分布特征及初级生产力估算
S10-P-15S	郭威	中国科学院广州地球化学研究所	珠江口水体和沉积物有机碳的来源及其生物地球化学特征
S10-P-16	宋国栋	中国海洋大学	基于沉积物耗氧速率对黄东海陆架颗粒有机碳的简化收支评估
S10-P-17	刘延俊	山东大学	海洋环境模拟实验体系
S10-P-18	李鸿妹	中国科学院青岛生物能源与过程研究所	Nutrient, oxygen and pH characteristics and ecological evolution under long-time marine aquaculture in the Wei-hai coastal area, China
专题十四（展板） 地球与行星的内部组成及其动力过程			
S14-P-01S	郝识杰	南京大学	Retrieving Rayleigh wave from cross-correlation of synthetic seismic coda
S14-P-02S	王浩	英国伦敦大学	Moment tensor inversion of 1998 Aiquile earthquake
S14-P-03S	吕超甲	中国地震局地震预测研究所	甘肃东南地区温泉流体地球化学特征
S14-P-04S	黄丹	中国地震局地震预测研究所	高压下CaCO ₃ 的结构、压缩性及弹性性质的第一性原理研究
专题十五（展板） 地幔中的流体			
S15-P-01S	宗统	国家海洋局第二海洋研究所	卡尔斯伯格洋脊MORB岩浆的水：不相容行为及区域差异成因
S15-P-02S	俞恂	南京大学	Magmatic recharge buffers the isotopic compositions of continental flood basalts against crustal contamination
专题二十二（展板） 跳出南海看南海			
S22-P-01	梁光河	中国科学院地质与地球物理研究所	从大陆漂移探讨南海演化及台湾成因
S22-P-02	刘磊	中国科学技术大学	前寒武纪海洋演化特征：来自全球BIFs铁同位素和REY成分的约束
S22-P-03S	孙赛军	中国科学院广州地球化学研究所	西藏那曲中生代酸性侵入岩研究

S22-P-04S	张丽鹏	中国科学院广州地球化学研究所	阳春盆地石炭Cu-Mo矿床埃达克质岩及其地质意义
专题口头报告 14:00-15:30			
分会场 1 (光大7号厅)			7月4日下午
专题一 陆地生态系统与地球环境的协同演化(三) 主持人: 周忠和			
14:00-14:15	周浙昆	中国科学院西双版纳热带植物园	S01-O-13 季风气候的演变及其对生物多样性的影响 (邀请报告)
14:15-14:30	苏涛	中国科学院西双版纳热带植物园	S01-O-14 西藏东部中新世古海拔与古气候: 基于芒康植物群的化石证据
14:30-14:45	全成	吉林大学	S01-O-15 晚中新世北大西洋涛动与北极暖期
14:45-15:00	邓成龙	中国科学院地质与地球物理研究所	S01-O-16 云南晚新近纪沉积盆地磁性地层年代框架及沉积环境演变
15:00-15:15	王世骥	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S01-O-17 中国新近纪长鼻类生物年代—高分辨率陆相生物地层学的范例
15:15-15:30	张鹏	中国科学院地球环境研究所	S01-O-18 青藏高原东北缘晚中新世哺乳动物群磁性年代学研究及其对哺乳动物迁移和古环境的指示意义
分会场 2 (光大10号厅)			7月4日下午
专题四 多尺度季风(三) 主持人: 郝青振			
14:00-14:15	贾晓静	浙江大学	S04-O-11 The interdecadal change of the winter precipitation over China
14:15-14:30	何超	中国气象局广州热带海洋气象研究所	S04-O-12 全球变暖导致西太副高增强还是减弱?
14:30-14:45	孙咏	中国科学院大气物理研究所	S04-O-13 中上新世暖期东亚夏季风降水增强的热力和动力成因
14:45-15:00	孙炜毅	南京师范大学	S04-O-14 过去1500年中国东部百年干旱事件的模拟研究
15:00-15:15	赵绍华	同济大学	S04-O-15 Clay mineralogical responses to rapid millennial-scale changes of the East Asian summer monsoon during the last glaciation in the northern South China Sea
15:15-15:30	万荣胜	广州海洋地质调查局	S04-O-16 Surfer自动化技术在南海风场作图中的应用
分会场 3 (光大1号厅)			7月4日下午
专题八 气候变化中的高低纬相互作用(三) 主持人: 刘忠方			
14:00-14:20	陈志华	国家海洋局第一海洋研究所	S08-O-11 第四纪东南极大陆边缘古海洋学记录与若干全球变化记录的对比研究
14:20-14:35	黄梦雪	同济大学	S08-O-12 罗斯海西北陆架 (JOIDESBasin) MIS3 末期以来陆源沉积物的变化及其古气候意义
14:35-14:50	赵仁杰	国家海洋局第一海洋研究所	S08-O-13 15ka以来罗斯海陆架岩芯沉积学记录及古海洋学意义
14:50-15:05	方仔铭	厦门大学	S08-O-14 南极普里兹湾水柱中溶解态黑碳的分布

15:05-15:20	杨仲康	中国科学技术大学	S08-O-15 斯瓦尔巴群岛地区中晚全新世气候变化在伦敦岛海蚀凹槽沉积物中的记录
15:20-15:30	专题讨论		
分会场 4 (光大8号厅)			7月4日下午
专题十 海洋碳汇对气候变化的响应与反馈(三) 主持人: 王晓雪			
14:00-14:15	党宏月	厦门大学	S10-O-13 Ecological Characteristics and Biogeochemical Functions of Marine Particle- and Surface-Associated Microbiota
14:15-14:30	杨宇峰	暨南大学	S10-O-14 大型海藻龙须菜规模栽培的碳汇潜力及其环境修复效应
14:30-14:45	张永雨	中科院青岛生物能源与过程研究所	S10-O-15 海洋浮游植物与异养细菌互作关系及其对碳的微食物环传递的调控作用
14:45-15:00	梁彦韬	中科院青岛生物能源与过程研究所	S10-O-16 海洋超微型浮游生物的大尺度分布及其固碳潜力研究
15:00-15:15	谢伟	同济大学	S10-O-17 珠江口异养浮游古菌MGII的勃发及机制探究
15:15-15:30	专题讨论		
分会场 5 (光大11号厅)			7月4日下午
专题六 古大气CO ₂ 重建及碳循环 主持人: 于际民、王永栋			
14:00-14:15	李铁刚	国家海洋局第一海洋研究所	S06-O-01 MIS6期以来热带西太平洋表层pH和pCO ₂ 演变的气候-海洋控制 (邀请报告)
14:15-14:30	陈雪霏	中国科学院广州地球化学研究所	S06-O-02 珊瑚礁海水pH年代际变化: 生物活动对海洋酸化进程的影响
14:30-14:45	徐永生	中国科学院海洋研究所	S06-O-03 The Influence of Southern Ocean's Dynamics Processing on Deglacial Climate Change
14:45-15:00	陈璞皎	澳洲国立大学/华东师范大学	S06-O-04 末次盛冰期以来北太平洋环流的演化: 来自南海北部海水碳酸盐体系的证据
15:00-15:15	秦秉斌	中科院海洋研究所	S06-O-05 25万年以来热带西太平洋深部[CO ₃ ²⁻]演化: 来自浮游有孔虫壳体重量的证据
15:15-15:30	金章东	中国科学院地球环境研究所	S06-O-06 大地震或调控地质时间尺度的碳循环 (邀请报告)
15:30-15:45	张一歌	美国德州农工大学	S06-O-07 冰期-间冰期尺度上Alkenone-pCO ₂ 方法的验证 (邀请报告)
分会场 6 (光大15/16号厅)			7月4日下午
专题二十三 中国陆架: 构造演化、沉积建造、环境变迁及陆海联系(一) 主持人: 郑洪波			
14:00-14:05	专题介绍		
14:05-14:25	张训华	青岛海洋地质研究所	S23-O-01 Sedimentary Record and Environmental Implications since the Late Pliocene from the Core CSDP-1 in South Yellow Sea
14:25-14:45	刘健	青岛海洋地质研究所	S23-O-02 浙江近岸泥质区全新世沉积演化研究
14:45-15:00	王双	青岛海洋地质研究所	S23-O-03 黄渤海表层沉积物环境磁学特征分类及物源诊断

15:00-15:15	张晓华	中国海洋大学	S23-O-04 南黄海中部隆起中-古生代地层发育特征及含油气探讨
15:15-15:30	南青云	中科院海洋所	S23-O-05 全新世黄海暖流演化及其古气候响应
分会场 7 (光大9号厅)			7月4日下午
专题二十一 南海：深海过程的天然实验室(三) 主持人: 戴民汉、林间			
14:00-14:15	戴民汉	厦门大学	S21-O-13 南海碳循环通量、过程机理及其全球意义
14:15-14:30	王德利	厦门大学	S21-O-14 Estuarine source and transport of dissolved constituents in South China Sea: An case study of Pearl River estuary
14:30-14:45	钟立峰	中国科学院南海海洋研究所	S21-O-15 南海海山火成岩岩石成因：年代学与地球化学制约
14:45-15:00	赵玉龙	同济大学	S21-O-16 福尔摩萨峡谷下部深海流场的变化——等深流、潮汐及地形的相互作用
15:00-15:15	盖聪聪	中国科学院地质与地球物理研究所	S21-O-17 南海IODP349航次U1431D孔的磁性地层学研究
15:15-15:30	郑旭峰	中国科学院南海海洋研究所	S21-O-18 末次盛冰期南海底层洋流演变历史-磁学与暂态模拟实验证据
15:30-15:50	茶 歇		
大会特邀报告 15:50-17:20			
主会场 (宴会厅) 主持人: 丁仲礼			
15:50-16:20	王斌	美国夏威夷大学/南京信息工程大学	P-01 Global monsoon and its responses to external forcing and internal feedback processes: A modern perspective
16:20-16:50	陈发虎	兰州大学	P-02 末次冰消期以来东亚夏季风演化历史和及其高低纬度驱动讨论
16:50-17:20	李一良	香港大学	P-03 地球大气氧产生之前的生命
重大研究计划信息发布会 19:00-21:00 主持人: 柴育成 地点: 主会场 (宴会厅)			
19:00-19:40	朱日祥	中国科学院地质与地球物理研究所	克拉通破坏及其地球动力学意义
19:40-20:20	朱彤	北京大学	灰霾和大气复合污染重大研究计划
20:20-21:00	翦知潜	同济大学	大洋钻探和南海深部计划
7月5日 上午			
专题口头报告 8:30-11:50			
分会场 1 (光大7号厅)			7月5日上午
专题五 冰期旋回的多样性(一) 主持人: 田军			
8:30-8:45	郝青振	中国科学院地质与地球物理研究所	S05-O-01 MIS14北极冰盖有限发育与MIS15-13北半球超长间冰期

8:45-9:00	熊志方	中国科学院海洋研究所	S05-O-02 Rapid precipitation change in tropical West Pacific linked to North Atlantic climate during the last deglaciation
9:00-9:15	马小林	同济大学	S05-O-03 南极在上新世至更新世北半球冰期旋回中的作用
9:15-9:30	柳中晖	香港大学	S05-O-04 早中更新世的400k冰期旋回的再探讨
9:30-9:45	张虎才	云南师范大学	S05-O-05 南部非洲晚更新世环境变化——IODP361航次1477站位岩心研究进展
9:45-10:00	黄恩清	同济大学	S05-O-06 第四纪冰期旋回中的热带水循环变化
10:00-10:20	茶 歇		
专题五 冰期旋回的多样性(二) 主持人: 田军			
10:20-10:35	向荣	中国科学院南海海洋研究所	S05-O-07 基于现代过程的浮游有孔虫冬季替代指标及其应用
10:35-10:50	谭亮成	中国科学院地球环境研究所	S05-O-08 汉江上游过去750年降雨变化、影响及未来发展趋势
10:50-11:05	姚隽琛	中国科学院大气物理研究所	S05-O-09 Improved performance of High-Resolution Climate Models in simulating the East-Asian Summer Monsoon Rainbelt: Diagnosis of moist static energy and moisture budgets
11:05-11:20	董亚杰	中国科学院地质与地球物理研究所	S05-O-10 黄土高原蜗牛多样性对末次冰消期气候转暖的响应
11:20-11:35	刘斌	南京师范大学	S05-O-11 中世纪暖期南北半球气候变化特征与成因的模拟对比
11:35-11:50	程和琴	华东师范大学	S05-O-12 海平面上升背景下上海市长江口水源地供水安全模型和预警系统研究
分会 2 (光大 10号厅) 7月5日上午			
专题四 多尺度季风(四) 主持人: 王斌、汪品先、郝青振			
8:30-8:50	程海	西安交通大学	S04-O-17 石笋记录中的多尺度亚洲季风 (邀请报告)
8:50-9:10	许晨曦	中国科学院地质与地球物理研究所	S04-O-18 树轮氧同位素记录的印度夏季风近400年来的变化 (邀请报告)
9:10-9:25	谭明	中国科学院地质与地球物理研究所	S04-O-19 “东亚古夏季风”是热带季风还是副热带季风? ——兼议“气候学家为何不画‘EASM’箭头?”
9:25-9:40	史锋	中国科学院地质与地球物理研究所	S04-O-20 近千年来南亚夏季风变迁
9:40-9:55	王跃	同济大学	S04-O-21 Relative roles of land-and ocean-atmosphere interactions in Asian-Pacific thermal contrast variability at the precessional band
9:55-10:00	专题讨论		
10:00-10:20	茶 歇		
专题四 多尺度季风(五) 主持人: 郝青振、王斌、汪品先			
10:20-10:35	朱立平	中国科学院青藏高原研究所	S04-O-22 青藏高原纳木错深孔环境钻探的意义

10:35-10:50	王喜生	中国地质科学院地质力学研究所	S04-O-23 末次冰消期以来广东湛江湖光岩玛珥湖的磁-气候记录与亚洲夏季风演化
10:50-11:05	黄恩清	同济大学	S04-O-24 80万年以来道尔效应揭示的全球季风变化
11:05-11:20	严蜜	南京师范大学	S04-O-25 末次盛冰期的全球季风——多模式集合分析
11:20-11:35	石正国	中国科学院地球环境研究所	S04-O-26 天文尺度亚-非-澳季风演化的区域差异：基于数值模拟的探讨
11:35-11:50	专题讨论		
分会场 3 (光大1号厅)			7月5日上午
专题八 气候变化中的高低纬相互作用(四) 主持人: 陈志华			
8:30-8:50	刘忠方	同济大学	S08-O-16 过去千年PNA变化重建 (邀请报告)
8:50-9:05	沙龙滨	宁波大学	S08-O-17 Solar forcing of Holocene summer sea-surface temperatures in the northern North Atlantic
9:05-9:20	肖文申	同济大学	S08-O-18 Last Glacial to Holocene climate variability in the southeast Bering Sea
9:20-9:35	张强	中国科学院南海海洋研究所	S08-O-19 白令海南部4.3Ma以来的生产力特征及其影响因素：来自IODP U1340井位的证据
9:35-9:50	章陶亮	同济大学	S08-O-20 西北冰洋楚科奇边缘地区氧同位素5期以来冰筏碎屑记录及其指示的冰盖及表层洋流演化历史
9:50-10:00	专题讨论		
10:00-10:20	茶 歇		
专题二 气候变化及人类演化和适应(一) 主持人: 郭正堂、付巧妹			
10:20-10:35	付巧妹	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S02-O-01 古DNA分析探究末次冰期欧亚大陆人群对气候环境的响应情况 (邀请报告)
10:35-10:50	高星	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S02-O-02 真相与谬误：现代人起源研究的进展与思考
10:50-11:05	赵凌霞	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S02-O-03 中国古人类化石新证据与人类起源问题的思考
11:05-11:20	吴秀杰	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S02-O-04 安徽东至华龙洞发现的古人类化石及生存活动证据
11:20-11:35	杜水生	北京师范大学	S02-O-05 Excavation Report on the Longquandong Site in Luanchuan, Henan, China
11:35-11:50	吴文祥	中国科学院地理科学与资源研究所	S02-O-06 短尺度气候事件、条件限制与人类直立行走起源：一种新的解释
分会场 4 (光大8号厅)			7月5日上午
专题十一 微生物驱动的元素循环：特征，速率与规模，及机制探讨(一) 主持人: 王风平、谢树成			
8:30-8:45	张玉忠	山东大学	S11-O-01 Molecular insight into bacterial cleavage of oceanic dimethylsulfoniopropionate (DMSP) into dimethyl sulfide (DMS) (邀请报告)
8:45-9:00	张晓华	中国海洋大学	S11-O-02 海洋细菌密度感应对颗粒有机碳降解中的作用研究

9:00-9:15	李猛	深圳大学	S11-O-03 几类未培养海洋古菌利用有机碳的分子生物学机制 (邀请报告)
9:15-9:30	胡黔楠	中国科学院天津工业生物技术研究所	S11-O-04 微生物生化反应驱动的物质流信息化系统
9:30-9:45	李志勇	上海交通大学	S11-O-05 珊瑚礁海绵微生物组碳循环: 活跃的CO ₂ 同化细菌
9:45-10:00	官庆松	厦门大学	S11-O-06 河流—河口系统N ₂ O的排放特征——以九龙江为例
10:00-10:20	茶 歇		
专题十一 微生物驱动的元素循环: 特征, 速率与规模, 以及机制探讨(二) 主持人: 张传伦、陆雅海			
10:20-10:35	肖湘	上海交通大学	S11-O-07 嗜压细菌在菱面型白云岩形成过程中的作用 (邀请报告)
10:35-10:50	韩喜球	国家海洋局第二海洋研究所	S11-O-08 不同电子供体和碳源条件下细菌的硫酸盐还原作用对矿物形成的影响
10:50-11:05	刘芳华	中国科学院烟台海岸带研究所	S11-O-09 滨海河口过渡带铁循环微生物的多样性及分布规律 (邀请报告)
11:05-11:20	史大林	厦门大学	S11-O-10 Global reductions in nitrogen fixation by the dominant marine diazotroph Trichodesmium in an acidified ocean
11:20-11:35	贾国东	同济大学	S11-O-11 奇古菌在南海晚第四纪氮循环中的作用
11:35-11:50	唐甜甜	厦门大学	S11-O-12 对于微生物生态群落中单体分子稳定同位素行为特征的观测
分会 5 (光大 11号厅) 7月5日上午			
专题二十四 海洋科学与文化(一) 主持人: 刘传联			
8:30-8:45	孙立广	中国科技大学	S24-O-01 科学回归文化
8:45-9:00	张建松	新华社上海分社	S24-O-02 深度策划多方共赢——加强海洋新闻报道的实践与思考
9:00-9:15	周怀阳	同济大学	S24-O-03 深潜回来再读《海底二万里》感想
9:15-9:30	宁波	上海海洋大学	S24-O-04 关于海洋文化与大陆文化比较的再认识
9:30-9:45	袁岚峰	中国科技大学	S24-O-05 科学与文化
9:45-10:00	刘传联	同济大学	S24-O-06 学科前沿与大众文化相结合: 海洋科普的实践与思考
10:00-10:20	茶 歇		
专题二十四 海洋科学与文化(二) 主持人: 刘传联、张建松			
10:20-11:50	专题讨论: 科学家与媒体记者共话海洋科学普及与传播		
分会 6 (光大15/16号厅) 7月5日上午			
专题二十三 中国陆架: 构造演化、沉积建造、环境变迁及陆海联系(二) 主持人: 郑洪波			
8:30-8:50	邵磊	同济大学	S23-O-06 No Red River capture since the late Oligocene: Geochemical evidence from the northwestern South China Sea
8:50-9:10			
9:10-9:25	白旻	惠州学院	S23-O-08 南海沿岸海岸沙丘研究进展

9:25-9:40	类彦立	中国科学院海洋研究所	S23-O-09 不同壳质类型的钙质有孔虫对硅藻的摄食以及对有机碳移除率的探讨
9:40-9:55	张金鹏	广州海洋地质调查局	S23-O-10 南海南部巽它陆架的全新世地层
9:55-10:00	专题讨论		
10:00-10:20	茶 歇		
专题十六 欧亚东部构造、西太平洋演化与洋—陆碰撞过程(一) 主持人: 林间			
10:20-10:25	专题介绍		
10:25-10:40	朱露培	中国地质大学(武汉)	S16-O-01 Crustal and Upper Mantle Structure of Eastern China and Its Implications on Extension of Continental Lithosphere
10:40-10:55	周蒂	中国科学院南海海洋研究所	S16-O-02 晚中生代以来古太平洋板块过程及其对东亚构造演化研究的启示
10:55-11:10	许长海	同济大学	S16-O-03 南海北部及东海南部早侏罗世岩浆岩和岩浆锆石
11:10-11:25	梁光河	中国科学院地质与地球物理研究所	S16-O-04 中国东部中生代伸展构造动力机制及对成矿的影响
11:25-11:40	李学杰	广州海洋地质调查局	S16-O-05 西太平洋边缘构造与南海形成
11:40-11:50	专题讨论		
分会场 7 (光大 9 号厅) 7月5日上午			
专题十三 比较行星学(一) 主持人: 胡永云			
8:30-9:00	黄金水	中国科学技术大学	S13-O-01 金星热演化与金星表面更新: 相变影响的数值模拟
9:00-9:20	崔峻	中国科学院国家天文台	S13-O-02 Day-to-night transport in the Martian ionosphere
9:20-9:40	姜法宇	中国科学院国家天文台	S13-O-03 Titan 高层大气的甲烷逃逸研究
9:40-10:00	赵金锦	清华大学	S13-O-04 3D Simulations of Photochemical Escape from Early Mars
10:00-10:20	茶 歇		
专题十三 比较行星学(二) 主持人: 崔峻			
10:20-10:50	Adam P. Showman	美国亚利桑那大学	S13-O-05 系外行星的大气环流
10:50-11:10	杨军	北京大学	S13-O-06 冰星球的气候和宜居性随时间的演变
11:10-11:30	崔夺	清华大学	S13-O-07 On the Growth of Land Plants on Habitable Planets around M Dwarfs
11:30-11:50	胡永云	北京大学	S13-O-08 Kepler452的气候和宜居性
12:00-13:00	午 餐		
7月5日 下午			
展板交流 12:40-14:00			
专题三(展板) 南海珊瑚礁:从全球变化到岛礁[吹填]工程			

S03-P-01S	周洁	厦门大学	Incident Ultraviolet Irradiances Influence Physiology, Development and Settlement of Larva in the Coral
S03-P-02S	李小花	中国科学技术大学	Corals record long-term the Upstream Kuroshio Current variability
S03-P-03	黄荣永	广西大学	涠洲岛珊瑚岸礁可见光卫星遥感影像的水深和水底反射率反演方法研究
S03-P-04S	韩韬	中国科学院南海海洋研究所	西沙群岛珊瑚 $\delta^{13}\text{C}$ 记录的苏斯效应
S03-P-05	晏宏	中国科学院地球环境研究所	南海碎礁研究进展
S03-P-06	孟敏	广西大学	西沙群岛永乐环礁现代有孔虫的分布和多样性研究
S03-P-07	沈建华	中国科学院武汉岩土力学研究所	钙质砂小应变动力学参数实验研究
S03-P-08S	刘海峰	中国科学院武汉岩土力学研究所	礁灰岩嵌岩桩的模型试验研究
S03-P-09S	殷娟	中国科学院武汉岩土力学研究所	基于钙质砂颗粒破碎的力学特性研究展望
S03-P-10S	郭靖	广西大学	三亚湾珊瑚礁退化过程中的营养盐分布特征
S03-P-11S	王宁	广西大学	南海北部滨珊瑚骨骼中常量元素对近百年环境变化的记录
S03-P-12	梁甲元	广西大学	产海藻糖珊瑚共生微生物多样性及特征种属解析——以涠洲岛造礁石珊瑚为例
S03-P-13	李志勇	上海交通大学	造礁珊瑚共生虫黄藻的分布与多样性特征
S03-P-15S	张瑞玲	广西大学	南海近岸珊瑚礁区水体抗生素的残留水平、分布及生态风险
S03-P-17	王欣	广西红树林研究中心	广西珊瑚礁的空间分布及其种群特征
S03-P-18	赵美霞	中国科学院南海海洋研究所	鹿回头块状滨珊瑚种群动态模型指示珊瑚礁恢复潜能
S03-P-19S	王希杰	中国科学院广州地球化学研究所	西沙海域现代珊瑚的高分辨率Sr/Ca及碳氧同位素记录
S03-P-20	吕士展	中国科学院武汉岩土力学研究所	珊瑚礁吹填钙质土独特工程地质特性的微观机理初论
S03-P-21	黄雯	广西大学	广西涠洲岛珊瑚礁区底栖贝类的群落特征
S03-P-22	严宏强	中国科学院南海海洋研究所	西沙群岛永乐环礁夏季表层海水 pCO_2 分布和海-气界面通量
S03-P-23	陈天然	中国科学院南海海洋研究所	Sr/Ca and $\delta^{18}\text{O}$ in four scleractinian coral genera (<i>Favia</i> , <i>Platygyra</i> , <i>Pocillopora</i> and <i>Porites</i>) from the Pacific center
S03-P-24	姜伟	广西大学	The Response of rare earth elements in coastal seawater to climate change: Evidence from two century-long coral records in the northern South China Sea
S03-P-25	许慎栋	广西大学	Sr/Ca and O、C stable isotopic records of <i>Porites</i> corals mortality 4.0 ka BP in the northern South China Sea
S03-P-26S	廖芝衡	广西大学	涠洲岛底栖海藻和沉积物对珊瑚生长的影响

S03-P-27S	陈飏	广西大学	涠洲岛珊瑚及其共生虫黄藻对环境的适应性研究
S03-P-28S	王文欢	广西大学	快速退化中的涠洲岛珊瑚礁
S03-P-29S	李扬	广西大学	南海中、西沙海域珊瑚礁区营养盐分布特征
S03-P-30S	王璐	广西大学	中、西沙海域珊瑚礁区海水中溶解态重金属的分布特征
S03-P-31	韦雯雯	中国科学院南海海洋研究所	南海滨珊瑚骨骼密度带的季节性特征
S03-P-32S	王丽伟	广西大学	A Novel Low Temperature Gas Sensor Based on Pt-decorated hierarchical 3D SnO ₂ nanocomposites
S03-P-33S	乐远福	广西大学	南海北部珊瑚礁潟湖记录的晚全新世以来的古风暴潮活动
S03-P-34S	覃祯俊	广西大学	南海多纬度的珊瑚在强厄尔尼诺活动影响下表现出不同的白化敏感性
S03-P-35S	潘子良	广西大学	黄岩岛珊瑚及其共生虫黄藻研究
S03-P-36	黄学勇	广西大学	三亚鹿回头岸礁区工程建设对珊瑚礁的影响研究
S03-P-37S	王纪坤	广西大学	浅海岛礁多光谱遥感水深反演研究—以黄岩岛为例
S03-P-38S	李银强	广西大学	西沙群岛晚新生代的珊瑚藻组合特征
S03-P-39S	王毅	广西大学	Bioaccumulation and tissue distribution of heavy metals in horseshoe crabs (<i>Carcinoscorpius rotundicauda</i> , <i>Tachypleus tridentatus</i>) from the intertidal zone along the Beibu Gulf
S03-P-40S	杨华	广西大学	南海近海岸珊瑚礁区海水溶解态重金属的分布特征
S03-P-41S	张威	广西大学	广西北部湾海岸带红树林变化的遥感监测
S03-P-42S	姚秋翠	广西大学	海胆在珊瑚礁生态系统中的生态功能
S03-P-43	林昆勇	广西大学	南海珊瑚岛礁的探测历史与中国主权问题
S03-P-44S	曹娣	厦门大学	Seasonal variations in stable isotopic values of particulate organic matter from Luhuitou fringing reef, South China
S03-P-45S	容川	广西大学	海产养殖用抗生素氯化消毒副产物的生成与机理研究
S03-P-46	张乔民	中国科学院南海海洋研究所	再谈珊瑚礁现状评估和前途预测
S03-P-47	杜学斌	中国地质大学（武汉）	南海南部礼乐盆地中新统生物礁生长模式及分布规律
专题六（展板） 古大气CO ₂ 重建及碳循环			
S06-P-01S	王星辰	美国普林斯顿大学	南大洋表层营养盐与冰期-间冰期大气二氧化碳浓度变化
S06-P-02	于际民	澳大利亚国立大学	末次冰进期深海碳封存对大气二氧化碳的影响
S06-P-03S	郭景腾	中国科学院海洋研究所	浮游有孔虫B/Ca作为海水pH替代指标有效性的初布评估：生命效应和溶解作用
S06-P-04	李明慧	中国科学院青藏高原研究所	柴达木西部SG-1钻孔2.8Ma以来的盐类矿物及环境意义
S06-P-05S	李皎	中国科学院青藏高原研究所	柴达木盆地西部SG-1钻孔石膏形态变化及古环境意义

S06-P-06S	王春虹	中国科学院青藏高原研究所	柴达木盆地西部SG-1钻孔中伊蒙混层结构特征及环境意义
S06-P-07S	王星星	同济大学	末次冰期旋回中南海北部海气CO ₂ 交换在轨道尺度和千年尺度上的变化
S06-P-08S	胡莉莉	同济大学	南海1146站位和17957-2站位Δ[CO ₃ ²⁻]长时间尺度对比以及底栖有孔虫壳体中B/Ca比值对比
S06-P-09	苏翔	中国科学院南海海洋研究所	南海北部颗石藻钙化作用变化及其环境控制因素
S06-P-10S	杨文卿	中国科学技术大学	碎碟重建的南海过去七千年pH的变化及其探讨
专题十一（展板）微生物驱动的元素循环：特征，速率与规模，以及机制探讨			
S11-P-01S	王文秀	同济大学	真菌对锰氧化的特性及其对锰的胁迫反应
S11-P-02S	范习贝	上海交通大学	南海多位点古菌多样性分析
S11-P-03S	王东香	中国地质大学（武汉）	神农架大九湖泥炭地可溶有机碳三维荧光研究
S11-P-05S	刘红光	北京大学	海洋硅循环的生物驱动过程及硅质生物演化特征
S11-P-06S	余甜甜	上海交通大学	南海沉积物中深古菌(<i>Bathymarchaeota</i>)的丰度，多样性及其参与碳循环功能的研究
S11-P-07S	宋青伟	中国地质大学（武汉）	神农架大九湖泥炭地磷脂脂肪酸揭示的微生物群落对环境变化的响应
S11-P-08	姜明玉	中国科学院海洋研究所	海洋微生物对稀土富集成矿的作用机理探讨
S11-P-09S	焦娜	同济大学	The response of rare archaeal species to environmental changes in subtropical soil as revealed by co-occurrence network analysis
S11-P-10S	梁乐文	上海交通大学	Metagenomics and enrichment combining approach to understand the mechanisms of anaerobic methane oxidization (AOM) in South China Sea
S11-P-11	叶丰	中国科学院广州地球化学研究所	Isotope constraints on seasonal dynamics of dissolved and particulate N in the Pearl River Estuary, south China
S11-P-12S	谢娟娟	上海交通大学	Expression and analysis of archaea originated photosynthesis-related genes
S11-P-13S	侯佳林	上海交通大学	宏基因组学比较分析两个栖息于不同喷发状态的热液烟囱体表面的微生物群落
S11-P-14	李骁麟	厦门大学	黑潮溶解有机碳入侵南海北部的交换过程和降解机制
S11-P-15S	张琨	厦门大学	白令海与楚科奇海夏季新生产力研究
S11-P-16S	何丁	同济大学	Inverse relationships between salinity and ² H/ ¹ H fractionation in leaf wax n-alkanes from Florida mangroves
S11-P-17S	郑峰峰	同济大学	中国土壤bGDGTs化合物的季节变化特征及对MBT/CBT作为温度指标的影响
S11-P-18S	陈雨霏	同济大学	Tracking the signals of living archaea: A multiple reaction monitoring (MRM) method for detection of trace amounts of intact polar lipids from the natural environment

S11-P-19S	闫文凯	上海交通大学	对气候变化敏感的冰壳前沿土壤中细菌群落结构特点
S11-P-20	李雪英	同济大学	The spatial distribution of bGDGTs in a mesoscale subtropical watershed, Southeast China
S11-P-21S	赖登训	同济大学	Archaeal Community Composition Affected by Source Differentiation of TOC in the South China Sea
S11-P-22	王寅炤	上海交通大学	趋磁螺菌铁代谢比较基因组学分析
S11-P-23S	陈倩娜	厦门大学	白令海硝酸盐的氮、氧同位素组成
S11-P-24S	李明	华东师范大学	南海陆坡区有机质成分初探：以氨基酸对映体为例
S11-P-25	吕晓霞	中国地质大学（武汉）	长江口外上升流区沉积物中四醚膜酯（iGDGTs）的来源与分布
S11-P-26	崔小华	山西医科大学	奥氏酮生物标志物的环境稳定性
S11-P-27S	程着	同济大学	利用碳同位素探究东海表层沉积物中初级生产力与 <i>crenarchaeol</i> 之间的关系
S11-P-28S	张洪霞	中国科学院烟台海岸带研究所	滨海湿地土壤铁循环微生物多样性及分布特征
S11-P-29S	冯晓远	上海交通大学	Metabolic potentials of different lineages of the archaeal phylum Bathyarchaeota widespread in marine sediments
S11-P-30S	张亭亭	同济大学	Niche specificity of <i>Miscellaneous Crenarchaeotal</i> Group archaea in the surface sediment of Pearl River Estuary, China
S11-P-31S	任歌	中国科学院生态环境研究中心	新疆准噶尔盆地白杨沟泥火山地区甲烷循环微生物群落解析
S11-P-32S	吴伟艳	同济大学	The Effect of Sediment Maturity on Archaeal Lipid Distribution from the Deep Sediments in the South China Sea (SCS)
S11-P-33S	王锐诚	中国地质大学（武汉）	Communities of archaeal phylum <i>Bathyarchaeota</i> across different terrestrial settings with a salinity gradient
S11-P-34S	牛明杨	上海交通大学	南海琼东南冷泉区参与甲烷代谢微生物多样性和分布
S11-P-35S	韩昱	厦门大学	浅海热液系统光合细菌的发现与多样化代谢策略
S11-P-36S	丁建	上海交通大学	西南印度洋洋脊热液区微生物多样性和环境适应性研究
专题十二（展板） 中国深海物理海洋和海沟生物地球化学交叉研究展望			
S12-P-01	魏巍	中国海洋大学	马里亚纳海沟的细菌群落及活性
S12-P-02	范磊	Teledyne Marine	TeledyneGAVIA, 模块化AUV的海洋研究应用策略
S12-P-03S	黄金	中国海洋大学	长江口邻近海域间隙水营养盐扩散通量的探究
S12-P-04	罗敏	上海海洋大学	马里亚纳海沟南部海底古氧化还原条件变化：来自微量和稀土元素的证据
S12-P-05	管红香	中国科学院广州能源所	Composition and origin of lipid biomarkers in the southern Challenger Deep, Mariana Trench
S12-P-06	徐振华	中国科学院海洋研究所	中国东海内潮数值模拟

S12-P-07	徐洪周	中国科学院深海科学与工程研究所	Tidal energy flux and induced turbulent mixing in the world deepest trench
S12-P-08	邹立	中国海洋大学	马里亚纳海沟溶解有机物的迁移转化特征
S12-P-09	贾永刚	中国海洋大学	海底边界层原位综合观测系统开发与应用研究
S12-P-10	郝树青	中国矿业大学	反循环钻进技术深海取水合物岩心研究
S12-P-11S	郭磊	中国海洋大学	海底边界层动态变化过程原位长期自动观测技术研究
S12-P-12	骆迪	青岛海洋地质研究所	海洋短排列高分辨率多道地震速度分析精度数值模拟
S12-P-13	吕文超	广州海洋地质调查局	海底光谱探测技术在深海地质调查中的应用研究
专题十八(展板) 海底下的海洋—深海热液与冷泉			
S18-P-01S	刘晨晖	南京大学	原始硫酸盐-甲烷过渡带深度的定量重建方法
S18-P-02	黄瑞芳	中国科学院广州地球化学研究所	橄榄岩蛇纹石作用的实验研究:磁铁矿的形成
S18-P-03	张美	中国科学院广州能源研究所	南海北部AOM沉积环境的研究:来自沉积物自生矿物的证据
S18-P-04	邸鹏飞	中国科学院南海海洋研究所	Distribution and variation in gas composition of macro-seeps on the near-shore Lingtou Promontory, South China Sea
S18-P-05	胡钰	上海海洋大学	南海东沙海域沉积物记录的甲烷渗漏活动的地球化学响应特征
S18-P-06S	赖亦君	南京大学	孔隙水地球化学指标对区域天然气水合物的预测
S18-P-07S	叶鸿	南京大学	微生物驱动的陆坡浅表层沉积物稳定同位素分馏的孔隙水运移模型
S18-P-08	王钦贤	中国科学院广州地球化学研究所	西藏日喀则卡堆南白垩系冷泉碳酸盐岩特征及其地质意义
S18-P-09	周洋	广州海洋地质调查局	南海东沙海域含水合物钻孔440ka以来的沉积特征与水合物分解释放的有孔虫纪录
S18-P-10	张炜	中国地质图书馆	块状硫化物的形成、分布、经济价值及勘探开发潜力
S18-P-11	高红芳	广州海洋地质调查局	花东海盆和西菲律宾海盆西部地震层序地质时代厘定及其构造涵义
S18-P-12	吴仲玮	中山大学	现代海底多金属硫化物中“不可见金/银”的分布特征和赋存状态研究——以中印度洋脊Edmond热液区为例
S18-P-13	张辉	中科院广州能源研究所	海底冷泉活跃的影响因素
S18-P-14	芦阳	中山大学	自生钙镁碳酸盐矿物学特征对冷泉活动的记录
S18-P-15S	崔加梅	同济大学	非活动热液硫化物烟囱体的氧化性风化和微生物群落研究
S18-P-16	曹运诚	上海海洋大学	南海北部水合物发育区冷泉碳酸盐岩成岩过程
S18-P-17	林丽	成都理工大学	华南早寒武世牛蹄塘组Ni-Mo矿层中喷流岩的发现及意义
S18-P-18	林丽	成都理工大学	贵州瓮安下寒武统牛蹄塘组底部海绿石的发现及其意义
S18-P-19	林丽	成都理工大学	下寒武统牛蹄塘组Ni、Mo多金属矿中的生物成矿作用

S18-P-20	庄畅	广州海洋地质调查局	Light carbon isotope events of foraminifera attributed to methane release from gas hydrates on the continental slope, northeastern South China Sea
专题二十四 (展板) 海洋科学与文化			
S24-P-01	张伙带	广州海洋地质调查局	让海洋地质科普流行起来
S24-P-02S	袁桃	成都理工大学	白云岩镁同位素特征——关于白云岩成因研究的新启示
S24-P-03S	王敏	厦门大学	九龙江口红树林动态变化及其影响因素分析
S24-P-04	黄维	同济大学	海洋科学与艺术
S24-P-05	张建松	新华社上海分社	新华社记者与海洋
S24-P-06	于澎	同济大学	海洋绘画展
专题二十五 (展板) 地球系统与地理教学			
S25-P-01	郭祥云	中国地震局地球物理研究所	晋冀蒙交界地区构造应力场特征
S25-P-02	郭锋涛	华东师范大学	地球科学基础纳入中学课程可行性研究
S25-P-08	张新	上海市浦东教育发展研究院	用微视频再造地理课堂——中学地理微课开发与应用的思考
专题二十六 (展板) 华夏山水的由来			
S26-P-01	郑丽波	浙江省水文地质工程地质大队	四明山古夷平面遗迹特征与演化研究
S26-P-02	吴庆龙	南京师范大学	中国大陆地区河流上的巨大洪水事件
S26-P-03	吴庆龙	南京师范大学	黄河积石峡史前巨大洪水与中国传说大洪水的起源
S26-P-04S	郝秀东	同济大学	华南中新世中-晚期的古植被及古海拔重建: 来自台湾苗栗地区的孢粉学证据
专题口头报告 14:00-15:30			
分会场 1 (光大7号厅)		7月5日下午	
专题七 大陆边缘沉积: 源汇过程与环境响应(一) 主持人: 杨守业			
14:00-14:05	专题介绍		
14:05-14:20	李安春	中国科学院海洋研究所	S07-O-01 长江黄河物质在海洋的长距离运输与沉积
14:20-14:35	黎刚	中国科学院南海海洋研究所	S07-O-02 珠江沉积物在南海西北陆架的扩散研究
14:35-14:50	蔡明江	中国科学院海洋研究所	S07-O-03 High-resolution study on sediment provenance and paleoenvironmental change in the northern Okinawa Trough since the LGM
14:50-15:05	郑妍	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S07-O-04 近百年来长江下游沉积物源的环境磁学示踪以及对气候变化的指示
15:05-15:20	窦衍光	青岛海洋地质研究所	S07-O-05 末次冰消期以来冲绳海槽深水环境演变的地球化学记录
15:20-15:30	专题讨论		

分会场 2 (光大10号厅)			7月5日下午
专题二十二 跳出南海看南海 主持人: 孙卫东			
14:00-14:15	许志琴	中国地质科学院地质研究所	S22-O-01 陆-陆碰撞到洋-陆俯冲的时空转换效应: 南海的形成
14:15-14:30	邓江洪	中国科学技术大学	S22-O-02 菲律宾中部Cebu地区早白垩世埃达克岩与铜金成矿
14:30-14:45	孙卫东	中国科学院广州地球化学研究所	S22-O-03 跳出南海看南海
14:45-15:00	Abdul Shakoor Mastoi	中国科学技术大学	S22-O-04 Geological evolution and Geochemistry of granites from Nagarparkar Igneous Complex, Southeast Sindh Pakistan
15:00-15:15	亓华胜	中国科学技术大学	S22-O-05 印尼巴布亚新生代岩浆活动对斑岩型铜金成矿的控制: 以Grasberg斑岩型铜金矿床为例
15:15-15:30	江小燕	中国科学院地质与地球物理研究所	S22-O-06 海南岛白垩纪多期次花岗岩的成因及地质意义
分会场 3 (光大1号厅)			7月5日下午
专题二 气候变化及人类演化和适应(二) 主持人: 吕厚远			
14:00-14:15	吕厚远	中国科学院地质与地球物理研究所	S02-O-07 我国农业起源、发展与人类适应研究进展 (邀请报告)
14:15-14:30	杨玉璋	中国科学技术大学	S02-O-08 淮河上、中游地区史前稻-旱混作农业模式的形成、发展与区域差异 (邀请报告)
14:30-14:45	王伟铭	中国科学院南京地质古生物研究所	S02-O-09 东南地区史前稻作农业起始和发展的环境背景研究
14:45-15:00	靳桂云	山东大学	S02-O-10 海岱地区史前稻遗存研究
15:00-15:15	吴妍	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S02-O-11 植硅体视野下的稻作起源与传播
15:15-15:30	程至杰	中国科学技术大学	S02-O-12 淮河上游地区新石器时代植物性食物资源利用模式的演变过程探析
分会场 4 (光大8号厅)			7月5日下午
专题十二 中国深海物理海洋和海沟生物地球化学交叉研究展望 主持人: 田纪伟、张传伦、崔维成			
14:00-14:20	田纪伟	中国海洋大学	S12-O-01 马里亚纳海沟综合观测计划
14:20-14:35	张传伦	同济大学	S12-O-02 马里亚纳海沟水体生物地球化学研究初探
14:35-14:50	汪岷	中国海洋大学	S12-O-03 马里亚纳海沟浮游病毒垂直分布特征的初步分析
14:50-15:10	林间	中国科学院南海海洋研究所/美国伍兹霍尔海洋研究所	S12-O-04 马里亚纳海沟地球动力学研究
15:10-15:30	崔维成	上海海洋大学	S12-O-05 深渊科学技术流动实验室建设的挑战及当前进展
分会场 5 (光大11号厅)			7月5日下午
专题二十五 地球系统与地理教学 主持人: 郑祥民、段玉山			
14:00-14:15	汪品先	同济大学	S25-O-01 地球系统科学进课堂
14:15-14:30	杨士军	复旦大学附属中学	S25-O-02 例谈中学地理教师的学习和科研视角

14:30-14:45	王珏	洋泾中学	S25-O-03 中学地球科学教学的设计案例
14:45-15:00	张新	上海市浦东教育发展研究院	S25-O-04 加强中学地球科学教育的路径与策略
15:00-15:15	周义钦	上海财大附属北郊高级中学	S25-O-05 永恒的海洋洋流——中学地理教学中有关洋流系统及影响的案例研究
15:15-15:30	段玉山	华东师范大学	S25-O-06 国家课程中“地球科学基础”课程的设置
分会场 6 (光大15/16号厅)			7月5日下午
专题十六 欧亚东部构造、西太平洋演化与洋—陆碰撞过程(二) 主持人: 朱露培、徐敏			
14:00-14:15			
14:15-14:30	张涛	国家海洋局第二海洋研究所	S16-O-07 Mohns-Knipovich洋中脊新生岩石圈的磁化强度
14:30-14:45	张锦昌	中国科学院南海海洋研究所	S16-O-08 “地球最大火山”-大塔穆火山形态特征与地壳结构
14:45-15:00	范建柯	中国科学院海洋研究所	S16-O-09 Subduction of a buoyant plateau at the Manila Trench: Tomographic evidence and geodynamic implications
15:00-15:15	宋永东	中国科学院海洋研究所	S16-O-10 西太平洋雅浦海山区热流原位测量和分布特征
15:15-15:30	周志远	中国科学院南海海洋研究所	S16-O-11 俯冲板块正断层沿马里亚纳海沟的系统性变化及动力学机制研究
分会场 7 (光大9号厅)			7月5日下午
专题九 亚洲—太平洋地区过去2000年高分辨率气候变化(一) 主持人: 晏宏			
14:00-14:15	柳中晖	香港大学	S09-O-01 中国边缘海过去2000年的海温变化 (邀请报告)
14:15-14:30	宁亮	南京师范大学/马萨诸塞大学	S09-O-02 过去两千年不同典型暖期赤道太平洋海温梯度分析
14:30-14:45	陈天然	中国科学院南海海洋研究所	S09-O-03 中世纪气候异常期的热带太平洋海温状况
14:45-15:00	张永	中国科学院地理科学与资源研究所	S09-O-04 阿尼玛卿山地区过去2000年最高温重建
15:00-15:15	靳春寒	南京师范大学	S09-O-05 中国中世纪暖期温度年代际变化特征及成因分析
15:15-15:30	王晓青	南京师范大学	S09-O-06 过去2000年中国区域温度模拟与重建的对比分析
15:30-15:50	茶 歇		
大会特邀报告 15:50-17:20			
主会场 (宴会厅) 主持人: 陈骏			
15:50-16:20	刘勉	美国密苏里大学/中国科学院计算地球动力学重点实验室	P-04 印度-欧亚碰撞和印度支那逃逸: 气候变化、地壳变形、及地幔流之间的交互作用
16:20-16:50	周滕	上海交通大学	P-05 南海陆坡上表层与中深层生态系统之间的生物输运过程

16:50-17:20	刘志飞	同济大学	P-06 南海深海沉积动力过程观测
7月6日 上午			
专题口头报告 8:30-11:50			
分会场 1 (光大7号厅)			7月6日上午
专题七 大陆边缘沉积：源汇过程与环境响应(二) 主持人: 杨守业			
8:30-8:45	刘敬圃	美国北卡州立大学	S07-O-06 Recent Rapid Changes of the Mekong Delta: from constructive to destructive
8:45-9:00	范代读	同济大学	S07-O-07 Clay-mineral compositions of sediments in the Gaoping River-Sea system: implications for weathering, sedimentary routing, and carbon cycle
9:00-9:15	万世明	中国科学院海洋研究所	S07-O-08 日本海IODP U1430站记录的中新世以来亚洲干旱和周边火山活动历史
9:15-9:30	姚鹏	中国海洋大学	S07-O-09 差异化沉积动力过程对我国东部边缘海泥质区沉积有机碳保存的影响
9:30-9:45	李超	同济大学	S07-O-10 东亚河流和边缘海沉积物“源—汇”过程的时间尺度
9:45-10:00	李小聪	东华理工大学	S07-O-11 赣江流域河流沉积物物源示踪研究：来自碎屑锆石U-Pb年龄证据的约束
10:00-10:20	茶 歇		
专题七 大陆边缘沉积：源汇过程与环境响应(三) 主持人: 刘敬圃			
10:20-10:35	印萍	青岛海洋地质研究所	S07-O-12 中小河流入海水沙变化对人类活动响应特征
10:35-10:50	蒋富清	中国科学院海洋研究所	S07-O-13 中新世以来奄美三角盆地粘土矿物的来源、变化规律及其控制因素
10:50-11:05	苏妮	同济大学	S07-O-14 铀系同位素研究中国亚热带流域典型风化壳化学风化速率
11:05-11:20	王嵘	国家海洋局第二海洋研究所	S07-O-15 白令海北部陆坡沉积物中陆源物质来源和输运过程研究及对末次冰期以来陆海相互作用的启示
11:20-11:35	简星	厦门大学	S07-O-16 重矿物地球化学在沉积物源分析中的应用
11:35-11:50	李向东	昆明理工大学	S07-O-17 内蒙桌子山中奥陶统克里摩里组下段等深暖流沉积证据
分会场 2 (光大10号厅)			7月6日上午
专题十四：地球与行星的内部组成及其动力过程(一) 主持人: 林杨挺			
8:30-8:45	孙道远	中国科学技术大学	S14-O-01 Major Disruption of D" beneath Alaska
8:45-9:00	费英伟	卡内基研究所/北京大学	S14-O-02 Mobility and Composition of Metallic Liquids at High Pressure: Implications for Differentiation of Planetary Bodies
9:00-9:15	张飞武	中国科学院地球化学研究所	S14-O-03 基于原子尺度下的固体地球内部的理论计算研究进展
9:15-9:30	张莉	北京高压科学研究中心	S14-O-04 下地幔深部的地震波速异常及其矿物成因

9:30-9:45	孙宁宇	中国科学技术大学	S14-O-05 基于CaSiO ₃ -钙钛矿热力学参数的地幔岩模型性质讨论
9:45-10:00	张喜	中国科学技术大学	S14-O-06 铁氧化物铜-金 (IOCG) 矿床特征及其成因探讨: 综述
10:00-10:20	茶 歇		
专题十四: 地球与行星的内部组成及其动力过程(二) 主持人: 张莉、费英伟			
10:20-10:35	黄海军	武汉理工大学	S14-O-07 外地核环境下Fe-9Si物性研究
10:35-10:50	刘曦	北京大学	S14-O-08 矿物固溶体系列物理性质的非线性变化: 以(Mg _{1-x} Mnx)Cr ₂ O ₄ 尖晶石的体弹模量为例
10:50-11:05	张彦垚	北京大学	S14-O-09 Spinel and post-spinel phase assemblages in M ₂ TiO ₄ (M=Zn,Co,Mg) and their implications
11:05-11:20	邓力维	中国科学院地质与地球物理研究所	S14-O-10 Fe ₉₁ Si ₉ 高温高压声速实验研究
11:20-11:35	吴也	武汉理工大学	S14-O-11 Elasticity of single-crystal NAL phase at high pressure: A potential source of the seismic anisotropy in the lower mantle
11:35-11:50	侯明强	北京高压科学研究中心	S14-O-12 Probing the properties of lower mantle and Earth's core with a new resistive heating technique
分会 3 (光大1号厅) 7月6日上午			
专题二 气候变化及人类演化和适应(三) 主持人: 高星			
8:30-8:45	吴海斌	中国科学院地质与地球物理研究所	S02-O-13 末次冰盛期和全新世中期我国气候要素定量重建(邀请报告)
8:45-9:00	刘卫国	中国科学院地球环境研究所	S02-O-14 西北干旱区湖泊碳同位素与环境变化
9:00-9:15	姜大膀	中国科学院大气物理研究所	S02-O-15 末次冰盛期和全新世中期中国气候变化模拟
9:15-9:30	李保华	中国科学院南京地质古生物研究所	S02-O-16 冰盛期以来的海面变化与环境
9:30-9:45	宋照亮	天津大学	S02-O-17 植硅体及其同位素组成在气候变化研究中的应用
9:45-10:00	徐海	中国科学院地球环境研究所	S02-O-18 末次冰期云南腾冲泥炭发育及其与热带/亚热带泥炭发育及全球甲烷的联系
10:00-10:20	茶 歇		
专题二 气候变化及人类演化和适应(四) 主持人: 郭正堂、胡建芳			
10:20-10:35	李小强	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S02-O-19 末次盛冰期以来中国北方地区特征时期植被格局(邀请报告)
10:35-10:50	郑洪波	南京师范大学	S02-O-20 长江三角洲地区全新世海平面变化与人类适应——以余姚盆地为例
10:50-11:05	董广辉	兰州大学	S02-O-21 史前人类向青藏高原扩散过程及对不同海拔区域的适应策略
11:05-11:20	葛俊逸	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S02-O-22 中更新世冰期-间冰期环境演化与干旱区古人类活动: 来自大窑旧石器遗址的证据

11:20-11:35	关莹	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S02-O-23 我国细石叶工艺起源的年代及地理学视角
11:35-11:50	胡建芳	中国科学院广州地球化学研究所	S02-O-24 末次盛冰期以来中国南方C3/C4植被演化及影响机制
分会场 4 (光大 8号厅)			7月6日上午
专题三 南海珊瑚礁:从全球变化到岛礁[吹填]工程(一) 主持人: 余克服			
8:30-8:45	陈小燕	广西大学	S03-O-01 南海中、西沙群岛珊瑚礁生态现状及影响因素
8:45-9:00	李志勇	上海交通大学	S03-O-02 基于元转录组的海水酸化升温对造礁珊瑚共生微生物群落结构及功能影响 (邀请报告)
9:00-9:15	盛华夏	厦门大学	S03-O-03 珊瑚共生体中的固氮及其氮传输
9:15-9:30	韦刚健	中国科学院广州地球化学研究所	S03-O-04 生源要素同位素体系与珊瑚重要生物活动过程记录重建 (邀请报告)
9:30-9:45	林武辉	广西大学	S03-O-05 Can reef coral be a novel bioindicator for nuclear power plant?
9:45-10:00	张瑞杰	广西大学	S03-O-06 南海中西沙珊瑚礁区水体抗生素残留水平、分布及生态风险
10:00-10:20	茶 歇		
专题三 南海珊瑚礁:从全球变化到岛礁[吹填]工程(二) 主持人: 汪稔			
10:20-10:35	陶士臣	中国科学院南海海洋研究所	S03-O-07 珊瑚Sr/Ca记录的西沙海域1458AD以来SST变化 (邀请报告)
10:35-10:50	刘羿	中国科学技术大学	S03-O-08 近600年南海海表水pH值记录 (邀请报告)
10:50-11:05	黎广钊	广西红树林研究中心	S03-O-09 北部湾涠洲岛全新世珊瑚岸礁发育演变过程
11:05-11:20	易亮	同济大学	S03-O-10 南海西沙新近纪生物礁沉积的古地磁学研究
11:20-11:35	吴文娟	中国科学院武汉岩土力学研究所	S03-O-11 长期海洋环境作用下岸礁再造珊瑚混凝土服役性能研究
11:35-11:50	王胤	大连理工大学	S03-O-12 南沙典型珊瑚环礁岩盆盆沿相带工程地质特性研究
分会场 5 (光大11号厅)			7月6日上午
专题二十 亚洲大陆边缘深部结构及动力过程(一) 主持人: 李家彪			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	葛肖虹	吉林大学	S20-O-01 中国东部大陆构造的形成与演化 (邀请报告)
8:55-9:15	孙珍	中国科学院南海海洋研究所	S20-O-02 南海中北部陆缘的破裂机制研究 (邀请报告)
9:15-9:30	李丽	台湾师范大学	S20-O-03 南海东北端海域新生代构造演化史研究
9:30-9:45	董冬冬	中国科学院海洋研究所	S20-O-04 南海陆缘构造不对称性及动力学模拟初步研究
9:45-10:00	臧艺博	中国海洋大学	S20-O-05 东海陆架盆地与南海东北部新生代盆地群的统一性和差异性
10:00-10:20	茶 歇		

专题二十 亚洲大陆边缘深部结构及动力过程(二) 主持人: 李三忠			
10:20-10:40	田有	吉林大学	S20-O-06 长白山火山下方太平洋板块脱水与部分熔融作用的地震学证据 (邀请报告)
10:40-10:55	范小平	江苏省地震局	S20-O-07 郟庐断裂带中南段地壳介质散射强度
10:55-11:10	李细兵	江苏省地震局	S20-O-08 南海及其周边岛弧Pn波速度成像研究
11:10-11:25	孔祥超	中国海洋大学	S20-O-09 西太平洋冷、热俯冲系统: 现今热流约束
11:25-11:40	户盼盼	同济大学	S20-O-10 断裂控制地温场变化的流体包裹体分析——以辽东湾拗陷为例
11:40-11:50	专题讨论		
分会场 6 (光大15/16号厅)		7月6日上午	
专题十八 海底下的海洋—深海热液与冷泉(一) 主持人: 周怀阳			
8:30-8:45	杨胜雄	广州海洋地质调查局	S18-O-01 南海北部海马活动冷泉区的发现及其地质意义
8:45-9:00	陈多福	上海海洋大学	S18-O-02 马里亚纳弧前海底蛇纹岩泥火山顶部自生碳酸盐岩沉积特征
9:00-9:15	冯东	中国科学院南海海洋研究所	S18-O-03 海底冷泉系统微生物硫酸盐还原作用的地质记录
9:15-9:30	吴自军	同济大学	S18-O-04 富含甲烷海洋沉积物硫酸盐-甲烷转换带中无机碳 (DIC) 的来源与循环机制
9:30-9:45	陈江欣	青岛海洋地质研究所	S18-O-05 渤海海域海底冷泉活动特征初步研究
9:45-10:00	王钦贤	中国科学院广州地球化学研究所	S18-O-06 台湾国姓地区中新世自生菱铁矿的成因及其对产甲烷作用的指示意义
10:00-10:20	茶 歇		
专题十六 欧亚东部构造、西太平洋演化与洋—陆碰撞过程(三) 主持人: 朱露培、杨阳			
10:20-10:35	杨阳	中国科学院广州地球化学研究所	S16-O-13 洋脊-热点相互作用: Crozet地幔柱对西南印度洋脊玄武岩地球化学组成的影响
10:35-10:50	张锡林	广州海洋地质调查局	S16-O-14 高精度磁测解决南海扩张形成的关键技术
10:50-11:05	郭来银	同济大学	S16-O-15 俯冲带逆冲大地震对周边走滑断层应力的影响
11:05-11:20	刘守金	中国科学院南海海洋研究所	S16-O-16 东南印度洋中脊“冷点”AAD不整合带地区的岩浆发育与地球动力学研究
11:20-11:35	徐敏	中国科学院南海海洋研究所	S16-O-17 大西洋中脊Kane拆离断层北部海洋地磁极性反转边界调查
11:35-11:50	郑婷婷	同济大学	S16-O-18 东太平洋隆起, 加拉帕戈斯洋脊与大西洋中脊和转换断层系统的地震活动性特征
分会场 7 (光大9号厅)		7月6日上午	
专题九 亚洲—太平洋地区过去2000年高分辨率气候变化(二) 主持人: 谭亮成			
8:30-8:50	谭明	中国科学院地质与地球物理研究所	S09-O-07 “江南春雨”之雨量效应伴谬及其意义 (邀请报告)
8:50-9:05	段武辉	中国科学院地质与地球物理研究所	S09-O-08 中国季风区八个洞穴大气降水-洞穴滴水氢氧同位素的信号传输

9:05-9:20	陈琼	华南师范大学	S09-O-09 川东北地区岩溶水中U/Ca的季节变化及其意义
9:20-9:35	崔学品	中国地质大学(武汉)	S09-O-10 石笋钙同位素对近百年极端干旱事件的定量指示
9:35-9:50	周厚云	华南师范大学	S09-O-11 石笋 $\delta^{18}O$ 记录的相似性与差异性
9:50-10:00	专题讨论		
10:00-10:20	茶 歇		
专题九 亚洲—太平洋地区过去2000年高分辨率气候变化(三) 主持人: 杨保			
10:20-10:35	勾晓华	兰州大学	S09-O-12 树轮记录的中国西部不同区域干湿变化特征及其机制分析(邀请报告)
10:35-10:50	谭亮成	中国科学院地球环境研究所	S09-O-13 我国西南地区过去2300年降雨变化
10:50-11:05	满文敏	中国科学院大气物理研究所	S09-O-14 CMIP5过去千年模拟中全球季风对火山事件的响应
11:05-11:20	薛建涛	中国地质大学(武汉)	S09-O-15 龙感湖沉积物粒度和正构烷烃记录的长江中下游晚全新世气候变化
11:20-11:35	涂路遥	中国科学技术大学	S09-O-16 中国近海泥质区沉积物敏感粒度重建全新世东亚冬季风的研究进展
11:35-11:50	李向磊	西安交通大学	S09-O-17 石笋记录的165年以来亚洲季风降水的变化历史以及与太平洋区域的可能内在关系
12:00-13:00 午 餐			
7月6日 下午			
展板交流 12:40-14:00			
专题七(展板) 大陆边缘沉积: 源汇过程与环境响应			
S07-P-01S	李景瑞	中国海洋大学/国家海洋局第一海洋研究所	孟加拉湾中部表层沉积物粘土矿物分布: 物源及输运模式
S07-P-02S	彭娜娜	中国科学院海洋研究所	17000a以来冲绳海槽中部柱状样S10沉积学特征及其物源环境响应
S07-P-03S	赵彬	中国海洋大学	长江口-东海内陆架沉积有机碳的再矿化作用
S07-P-04	李栋	国家海洋局第二海洋研究所	东海内陆架典型区域沉积有机碳的保存和损失及其对不同沉积环境的响应
S07-P-05	密蓓蓓	青岛海洋地质研究所	东海内陆架泥质区的稀土元素组成及晚更新世以来的古环境变化
S07-P-06S	毕磊	同济大学	全新世以来长江流域硅酸盐岩化学风化及入海沉积物从源到汇过程
S07-P-07S	欧阳绪红	同济大学	南海北部大气和表层海水的花粉分布特征——追踪海洋花粉的源区及传播机制
S07-P-08S	赵云	同济大学	韩江沉积物元素地球化学特征及物源示踪意义
S07-P-09S	郭玉龙	同济大学	台湾河流沉积物风化过程与沉积“旋回性”
S07-P-10	李波	广州海洋地质调查局	花东海盆浊流沉积的磁性特征及其环境意义
S07-P-11	葛黄敏	上海海洋大学	中国东海过去1.4万年以来的沉积演化: 基于脂类标记物的古环境重建

S07-P-12	吴时国	中国科学院深海科学与工程研究所	Mixed Siliciclastic-carbonate Deposition in a Peri-platform Submarine Channel, Pearl River Mouth Basin: Process and Controls
S07-P-13	胡邦琦	青岛海洋地质研究所	Sr–Nd isotopic geochemistry of Holocene sediments from the Central Yellow Sea Mud: Implications for terrigenous supplies and chemical weathering
S07-P-14	赵利	广州海洋地质调查局	南海北部陆架区表层沉积物粒度特征与沉积环境
S07-P-15	黄湘通	同济大学	东海低氧区表层元素地球化学特征与研究意义
S07-P-16	曹超	国家海洋局第三海洋研究所	长江口水下三角洲、东海泥质区、南海北部陆坡区浅表层沉积物中甲烷-硫酸盐界面特征及其成因气体来源研究
S07-P-17	关进安	中国科学院广州能源研究所	区域环境演化对南海北部神狐海洋水合物系统动力学成藏的影响
S07-P-18S	董智	南京大学/国家海洋局第一海洋研究所	日本海中部风尘沉积记录及其环境指示意义
S07-P-19S	李文静	浙江大学	珠江口盆地白云地区SB12.5陆架边缘三角洲的沉积特征、展布及其成因类型
S07-P-20S	杨璐	浙江大学	重力流与底流交互作用对深水扇的控制作用：以南海北部白云凹陷13.8Ma深水扇为例
S07-P-21S	陈莉莉	同济大学	溶解氧对长江口沉积物氧化还原敏感元素释放规律影响的模拟实验研究
S07-P-22	孙美静	广州海洋地质调查局	珠江口盆地白云凹陷北坡第四纪陆架边缘沉积体系
S07-P-23S	邓凯	同济大学	河流沉积通量和原位 ¹⁰ Be指示我国物理剥蚀过程的时空特征
S07-P-24	杜晓琴	浙江海洋大学	闽江口外泥质区悬浮颗粒行为对碳运输的影响
S07-P-25	许云平	上海海洋大学	黄渤海近代沉积有机质的来源和保存研究
S07-P-26	王志兵	中国科学院广州地球化学研究所	珠江口水体 $\delta^{98/95}\text{Mo}$ 组成特征及其分馏机制
S07-P-27S	张凯棣	中国科学院海洋研究所	东海表层沉积物碎屑矿物组合分布特征及其物源环境指示
S07-P-28S	杨承帆	同济大学	LGM以来冲绳海槽物源变化及影响因素
S07-P-29	余凤玲	厦门大学	九龙江口沉积的有机地球化学特征及其所揭示的物源和沉积机制
S07-P-30S	蔡迪	同济大学	冲绳海槽中部热液活动区沉积物的元素地球化学特征及地质意义
S07-P-31S	虎贵朋	中国科学院广州地球化学研究所	粤北花岗岩化学风化过程中的硼同位素
S07-P-32S	苏晓玲	厦门大学	徐闻和三亚珊瑚礁海域N ₂ O分布及海-气交换通量
S07-P-33	魏晓	广州海洋地质调查局	长江口北支地貌演化的数值模拟研究
专题八（展板） 气候变化中的高低纬相互作用			
S08-P-01	李廷勇	西南大学	Termination of the Holocene Optimum period and twin-peak pattern of Heinrich event 1 inferred from an ewhigh-precision and absolute dated Chinese stalagmite

S08-P-02S	周菁俐	西南大学	The relationship between the annual $\delta^{18}\text{O}$ & δD variations of meteoric precipitation and the half-planetary scale meteoric circulations—A case study from Southwest China
S08-P-03S	张涛涛	西南大学	Influence of Antarctica temperature change on the evolution of the Asian Summer Monsoon during Marine Isotope Stage 4
S08-P-04S	蔡献贺	国家海洋局第三海洋研究所	楚科奇海陆架多环芳烃时空分布及风险评价
S08-P-05	张鹏	中国科学院地球环境研究所	Late Miocene–Pliocene Asian monsoon intensification linked to Antarctic ice-sheet growth
S08-P-06	周保春	上海自然博物馆（上海科技馆分馆）	末次冰期中大西洋暖水团在楚科奇海台一带缺失：来自介形虫化石群的证据
S08-P-07	陈亮	国家海洋局南海调查技术中心	东太平洋赤道海域沉积物中不同种类磁性矿物对气候变化的响应
S08-P-08S	王文杰	国家海洋局第三海洋研究所	楚科奇海北部陆架全新世以来环境磁学研究
S08-P-09S	李琦	厦门大学	Pathway and transit time of Pacific inflow in the Bering Sea and the western Arctic Ocean derived from radium and oxygen isotopes
S08-P-10	丁旋	中国地质大学（北京）	印度洋东经90°海岭更新世晚期的上层海水性质及其对中高纬度气候变化的响应
S08-P-11	王琳淼	中国科学院海洋研究所	全新世以来南黄海中部泥质区古环境变化沉积记录及其对气候变化的响应
S08-P-12S	龙盼盼	国家海洋局第二海洋研究所	30ka年来罗斯海西部柱状沉积物颜色反射率特征及其古气候意义
S08-P-13S	马浩阳	厦门大学	南海西部中层水体中 ^{210}Po 的亏损
S08-P-14S	刘玲	中国科学院南海海洋研究所	西北太平洋边缘海表层沉积物中放射虫的分布特征
S08-P-15	陈倩倩	安徽新华学院	海鸟生物传输对南极湖泊生态系统的影响
S08-P-16S	吴礼彬	中国科学技术大学	热带海鸟生态对气候变化和人类活动的响应
S08-P-17S	陶佳琪	同济大学	由BB02岩芯稳定氧、碳同位素及冰筏碎屑等所体现的挪威海千年尺度的古气候记录及分析
专题九（展板）亚洲—太平洋地区过去2000年高分辨率气候变化			
S09-P-01S	刘成程	中国科学院地球环境研究所	西沙群岛海域温度异常的ENSO效应
S09-P-02S	王峰	华东师范大学	长江中游近现代牛轭湖沉积物定年方法研究
S09-P-03	郑景云	中国科学院地理科学与资源研究所	华南地区的历史冷暖记载与过去500年冬季温度变化
S09-P-04S	赵景耀	西安交通大学	河南东石崖洞石笋氧同位素记录与现代监测对比
S09-P-05S	刘淑华	华南师范大学	中国中部石笋记录1997-1998年El Niño事件
S09-P-06S	曾巧	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所	西北地区树木径向生长机制监测研究——以寺大隆、靖远地区为例
S09-P-07S	李东	中国科学院地球环境研究所	我国季风区5 ka B.P.气候事件

S09-P-08	谭明	中国科学院地质与地球物理研究所	近千年气候格局的环流背景: ENSO态的不确定性分析与再重建
S09-P-09	李俊云	西南大学	Comparing AMS ¹⁴ C Dating with ²³⁰ Th/U Dating of Stalagmite XY07-8 from Xinya Cave
S09-P-10	杜恕环	中国科学院南海海洋研究所	Holocene sea surface temperature and salinity variation in the northern South China Sea as modulated by the Kuroshio Current intrusion
S09-P-11	晏宏	中国科学院地球环境研究所	过去千年典型时期(中世纪暖期-小冰期-现代温暖期)热带辐合带(ITCZ)变化的动力学机制
S09-P-12S	彭冬冬	中国科学院大气物理研究所	过去千年地表气温变化的检测与归因
S09-P-13S	梅衍俊	中国科学技术大学	Measurement of Sr/Ca ratio in Tridacna of South China Sea: Compared research of XRF and ICP-OES methods
S09-P-14	张会领	广东海洋大学	嘉靖云南大饥荒的气候成因链分析
S09-P-15	刘斌	遵义师范学院	青海湖沉积物生物硅记录的过去千年气候环境变化研究
S09-P-16	郝志新	中国科学院地理科学与资源研究所	不同纬度强火山喷发事件与中国冬季温度异常变化的格局对应关系
S09-P-17	段武辉	中国科学院地质与地球物理研究所	石笋层厚重建云南最近300年以来秋季降水
S09-P-18S	陈修康	暨南大学	湛江湖光岩玛珉湖沉积物粒度记录的2000年来热带风暴历史
S09-P-19	李涛	广州海洋地质调查局	Application of a self-organizing map and canonical corresponding analysis in modern benthic foraminiferal communities: A case study from the Pearl River Estuary, China
专题十六(展板) 欧亚东部构造、西太平洋演化与洋—陆碰撞过程			
S16-P-01	李双	桂林理工大学	皖南泾县乌溪金矿黄铁矿S-Pb同位素研究
S16-P-02S	查财财	中国科学院南海海洋研究所	超慢速扩张西南印度洋脊16°-28°E区域7Ma以来的洋壳演化特征
S16-P-03S	罗怡鸣	中国科学院南海海洋研究所	西北印度洋地壳构造变化以及与地幔热点相互作用
S16-P-04S	李红玉	同济大学	马里亚纳俯冲带构造演化机制研究
S16-P-05	仲秋	中国科学院南海海洋研究所	海洋-大陆转换断层的地震时空分布特征对比: 以东太平洋脊和圣安德列斯断层为例
S16-P-06	戴训也	防灾科技学院	新疆阜康断裂带泉泉子段晚第四纪古地震研究
S16-P-07	张广旭	中国科学院海洋研究所	雅浦海沟地球物理响应特征研究
专题十九(展板) 南海的深水地貌与成因			
S19-P-01	钟广法	同济大学	南海沉积波和超临界浊流底形研究进展
S19-P-02	黄文星	广州海洋地质调查局	南海海底峡谷的分布、发育特征及其意义
S19-P-03	殷绍如	国家海洋局第二海洋研究所	Morpho-sedimentary characteristics and tectonic control of submarine canyons on the northeastern South China Sea margin
S19-P-04S	耿明会	同济大学	南海北部东沙海域巨型水下沙丘的分布及特征

S19-P-05S	陈业伟	同济大学	水下沙丘上方边界层的反射地震研究
S19-P-06S	黄晞桐	同济大学	基于流体动力学数值模拟的海水层反射地震特征研究
S19-P-07S	田伟	中国地质大学（武汉）	南海西南海盆碳酸岩浊流韵律性产出机制探讨
S19-P-08	周娇	广州海洋地质调查局	南海西部大陆坡盆西峡谷的形态-充填特征
S19-P-09	韦振权	广州海洋地质调查局	西太平洋麦哲伦海山区采薇海山群基岩特征
专题二十（展板） 亚洲大陆边缘深部结构及动力过程			
S20-P-01	梁光河	中国科学院地质与地球物理研究所	新大陆漂移模型-全球构造动力机制探索
S20-P-02	张锦昌	中国科学院南海海洋研究所	西南次海盆反射莫霍面结构对南海大陆破裂和海底扩张机制的启示
S20-P-03S	于志腾	国家海洋局第二海洋研究所	南海西南次海盆南部地壳结构
S20-P-04	赵敏	四川省地震局	2013年4月20日芦山地震前后四川地区波速演化研究
S20-P-05S	程子华	浙江大学	马尼拉海沟海山俯冲数值模拟
S20-P-06	宫悦	四川省地震局	川东南地区地震视应力时空分布特征
S20-P-07	谢辉	广东海洋大学	白云运动动力学机制探讨
S20-P-08	谭雅丽	中国地震局地球物理勘探中心	太康Ms4.7震区浅层结构
S20-P-09	赵芳	中国科学院南海海洋研究所	Prolonged post-rift magmatism on highly extended crust of divergent continental margins (Baiyun Sag, South China Sea)
S20-P-10S	郭颖	中国石油大学（北京）	塔里木盆地和田古隆起构造演化及其成因探讨
专题二十一（展板） 南海：深海过程的天然实验室			
S21-P-01S	杨帆	中国科学院广州地球化学研究所	南海海盆洋脊玄武岩的橄榄石成分变化与地幔不均一性
S21-P-02S	刘小庆	同济大学	南海北部海盆晚第四纪深海碳酸盐的溶解历史
S21-P-03S	周辛全	同济大学	对南海深水盆地钙质生物颗粒沉积机理的初步探索
S21-P-04S	徐宋昀	同济大学	南海东沙海域内孤立波形态研究
S21-P-05S	刘思青	中国科学院南海海洋研究所	马尼拉海沟北段（21°N）深地震测线OBS2015-2下方的速度结构特征
S21-P-06	谢宋雷	中国科学院南海海洋研究所	南海基底形态的地球动力学对比研究
S21-P-07S	张洪瑞	同济大学	南海中部450kyr以来初级生产力与颗石保存状况
S21-P-08S	陈井双	同济大学	南海中央海盆更新世以来浊流沉积层的有孔虫记录及古环境研究
S21-P-09S	范朝焰	中国科学院南海海洋研究所	南海北部陆缘新生代喷出型岩浆活动特征及其规模
S21-P-10	吴琼	同济大学	南海中中新世底层水Nd同位素及其洋流演化指示意义
S21-P-11	黄文凯	广州海洋地质调查局	南海中南断裂的发育与海底扩张
S21-P-12S	吕璇	同济大学	南海早中中新世红层的形成机制：元素地球化学和全岩矿物学分析

S21-P-13	李前裕	同济大学	南海34Ma前的地质演变:U1435站的古生物与地化证据
专题二十三 (展板) 中国陆架:构造演化、沉积建造、环境变迁及陆海联系			
S23-P-02S	崔凯	中国海洋大学	波致海床液化引发异重层形成的室内试验研究
S23-P-03S	贺雪晶	中国石油大学(华东)	洪镇变质核杂岩区年代学调查
S23-P-04	陈珊珊	青岛海洋地质研究所	北黄海西部海域特殊形态麻坑的形成机制研究
S23-P-05	王忠蕾	青岛海洋地质研究所	山东半岛蓝色经济区海域活动断裂研究进展
S23-P-06	莫恭政	青岛海洋地质研究所	我国海洋地学调查研究新进展
S23-P-08	李杰	青岛海洋地质研究所	南黄海晚更新世以来孢粉记录的古环境变化
S23-P-10S	赵松	中国科学院海洋研究所	早全新世海平面快速上升事件与东海沿岸流的形成
S23-P-11	梅西	青岛海洋地质研究所	黄海暖流中更新世以来形成演化的生物标志物记录
S23-P-14	安佰正	青岛海洋地质研究所	现代浮游有孔虫在南海和西太平洋的分布和组成
S23-P-15	郑妍	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	全新世东海内陆架泥质沉积特征及环境变迁
S23-P-16S	段宗奇	中国科学院地质与地球物理研究所	南海IODP 1433A孔磁性矿物在冰期/间冰期存在差异的古环境意义
S23-P-17	杜文波	广州海洋地质调查局	关于南海西南海盆关键地质界面的认识
S23-P-19S	俞宙菲	中国科学院海洋研究所	近岸底层水盐度指标—— <i>Ammonia aomoriensis</i> 野外调查和实验室培养
专题口头报告 14:00-15:30			
分会场 1 (光大7号厅)			7月6日下午
专题七 大陆边缘沉积:源汇过程与环境响应(四) 主持人:刘敬圃			
14:00-14:15	汪亚平	南京大学	S07-O-18 海洋底部边界层的减阻效应:悬沙浓度的作用
14:15-14:30	熊吉连	南京大学	S07-O-19 Effects of waves on sediment transport on a tide-dominated offshore shoal in the southern Yellow Sea
14:30-14:45	易亮	同济大学	S07-O-20 渤海陆架演化的年代学研究
14:45-15:00	谢昕	同济大学	S07-O-21 南海北部晚第四纪全岩陆源碎屑矿物组分的解构与溯源
15:00-15:15	张强	中国科学院地质与地球物理研究所	S07-O-22 晚上新世北太平洋深海风尘沉积的环境磁学研究意义
15:15-15:30	杨守业	同济大学	S07-O-23 我国东部入海河流沉积地球化学组成及对地球圈层相互作用的指示
分会场 2 (光大10号厅)			7月6日下午
专题十四 地球与行星的内部组成及其动力过程(三) 主持人:张莉			
14:00-14:15	陈久华	北京高压科学研究中心	S14-O-13 水对橄榄石流变滑移体系的影响(邀请报告)
14:15-14:30	苑洪胜	北京高压科学研究中心	S14-O-14 研究铁对地球下地幔深部含水矿的组分、结构及稳定性的影响
14:30-14:45	王文忠	中国科学技术大学	S14-O-15 第一性原理计算含水瓦茨利石高温高压弹性:制约地幔过渡带含水量

14:45-15:00	杨大鹏	中国科学技术大学	S14-O-16 高温高压下Superhydrous phaseB 的弹性性质
15:00-15:15	高晓清	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所	S14-O-17 地壳中气体运动的大尺度特征
15:15-15:30	李岩	南京大学	S14-O-18 关于氟的电导效应的实验研究
分会场 3 (光大1号厅)			7月6日下午
专题二 气候变化及人类演化和适应(五) 主持人: 吕厚远			
14:00-14:15	金会军	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所	S02-O-25 20,000年来的中国多年冻土: 形成演化和变化趋势
14:15-14:30	李丰江	中国科学院地质与地球物理研究所	S02-O-26 黄土高原及周边地区间齿螺(Metodontia)种类的数量分布及其温度和降水量最适范围的定量估算
14:30-14:45	王鑫	兰州大学	S02-O-27 塔吉克盆地东北缘早新生界沉积序列古环境记录的初步研究
14:45-15:00	李世杰	中国科学院地球化学研究所	S02-O-28 末次冰期晚阶段以来青藏高原气候环境演化特征的地质沉积学证据
15:00-15:15	张凤菊	中国科学院南京地理与湖泊研究所	S02-O-29 Carbon burial in Hulun Lake over the past 150 years
15:15-15:30	章典	香港大学	S02-O-30 气候变化在人类灾难中扮演主要角色还是背景噪音?
分会场 4 (光大8号厅)			7月6日下午
专题二十六 华夏山水的由来 主持人: 汪品先			
14:00-14:05	专题介绍		
14:05-14:20	郑洪波	南京师范大学	S26-O-01 长江的诞生
14:20-14:35	黄奇瑜	中国科学院广州地球化学研究所	S26-O-02 台湾的由来
14:35-14:50	李家彪	国家海洋局第二海洋研究所	S26-O-03 东海如何从无到有
14:50-15:05	孟庆任	中国科学院地质与地球物理研究所	S26-O-04 华夏山水的由来 —— 秦岭
15:05-15:20	郭正堂	中国科学院地质与地球物理研究所	S26-O-05 华夏山水的由来 —— 季风与荒漠
15:20-15:30	专题讨论		
分会场 5 (光大11号厅)			7月6日下午
专题二十 亚洲大陆边缘深部结构及动力过程(三) 主持人: 孙珍			
14:00-14:15	徐行	广州海洋地质调查局	S20-O-11 南海西南次海盆的地热流特征 (邀请报告)
14:15-14:30	吴招才	国家海洋局第二海洋研究所	S20-O-12 南海海盆莫霍面深度结构及对洋陆过渡带的指示
14:30-14:45	郑祺亮	中国海洋大学	S20-O-13 北加里曼丹廷贾-西巴兰断裂与古南海海底扩张的关系
14:45-15:00	徐子英	广州海洋地质调查局	S20-O-14 中南-礼乐断裂发育特征初步认识
15:00-15:15	张勇	中国海洋大学	S20-O-15 弧后盆地转换断层成因: 以西太平洋边缘海为例
15:15-15:30	专题讨论		

分会场 6 (光大15/16号厅)			7月6日下午
专题十八 海底下的海洋—深海热液与冷泉(二) 主持人: 杨胜雄、周怀阳			
14:00-14:15	季福武	同济大学	S18-O-07 超慢速扩张洋中脊上一个年轻的热液活动系统
14:15-14:30	杨群慧	同济大学	S18-O-08 热液活动对西南印度洋表层沉积的影响
14:30-14:45	张旭博	同济大学	S18-O-09 近海底热液羽流的动力学特征
14:45-15:00	王虎	同济大学	S18-O-10 海底热液系统对海洋溶解态铁的贡献
15:00-15:15	周怀阳	同济大学	S18-O-11 热液成因黏土矿物的前世今身
15:15-15:30	王叶剑	国家海洋局第二海洋研究所	S18-O-12 中印度洋脊Kairei热液区热液产物的微量元素富集特征及其控制要素
分会场 7 (光大9号厅)			7月6日下午
专题九 亚洲—太平洋地区过去2000年高分辨率气候变化(四) 主持人: 徐海			
14:00-14:20	郑景云	中国科学院地理科学与资源研究所	S09-O-18 过去2000年中国气候变化重建与极端事件研究新进展
14:20-14:35	小林雄河	陕西师范大学	S09-O-19 1823年华东两次台风重建
14:35-14:50	张海伟	西安交通大学	S09-O-20 江西石笋记录的过去200年降水变化及其影响因素
14:50-15:05	蔡秋芳	中国科学院地球环境研究所	S09-O-21 我国东南季风区过去200年的温度变化
15:05-15:20	蓝江湖	中国科学院地球环境研究所	S09-O-22 亚洲中部帕米尔高原冰川湖泊记录的过去160年温度变化
15:20-15:30	专题讨论		
15:30-15:50	茶 歇		
大会总结 15:50 - 17:00 主会场 (宴会厅)			
主持人: 汪品先			
优秀学生展板颁奖仪式			
大会讨论: 地球系统科学论坛			
闭幕辞			
会议结束 17:00			

摘要集

P-1

Global monsoon and its responses to external forcing and internal feedback processes: A modern perspective

Bin Wang

Department of Atmospheric Sciences, University of Hawaii and Earth System Modeling Center, Nanjing University of Information Science and Technology

This talk is a discussion of an emergent concept of Global Monsoon (GM) and the origins of its interannual-centennial variability as well as its future change under green house gas forcing from a modern monsoon dynamics perspective. Monsoon precipitation is indispensable to life and civilization. Contrasting rainy summer and dry winter is a fundamental characteristic of monsoon. But why historically was monsoon defined by winds? How and why can we use rainfall to delineate monsoon domains? Are the monsoon domains defined by rainfall and winds consistent? How can we integrate the wind-based proxy (upwelling-induced productivity) and rain-based (rain-related $\delta^{18}\text{O}$) proxy data? What is GM? Why do we concern with GM? How important is GM in driving atmospheric general circulation (Intertropical convergence zone, Hadley and Walker circulation, desert and subtropical high) and global hydrological cycle? In the first part of my talk I will address these questions. In the second part of my talk I will

discuss how the GM will respond to increasing greenhouse gas forcing, what the differences are in the GM responses to greenhouse gas forcing and solar-volcanic forcing, and what determine the interannual-multidecadal variability of GM, in particular, to what extent the internal feedback processes can generate coherent variability of regional monsoons and what drive the recent trend in the Northern Hemisphere monsoon precipitation when both internal feedback and external forcing co-exist.

P-2

末次冰消期以来东亚夏季风演化历史和及其高低纬度驱动讨论

陈发虎*, 陈建徽, 刘建宝等

兰州大学西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000
*fhchen@lzu.edu.cn

探寻在可靠测年和可信代用指标基础上的现代间冰期东亚夏季风演变过程, 不仅有利于在更长时间尺度上深化对季风动力学的理解, 也能够为研究中华文明演化提供环境和气候背景, 因此历来受到研究者的重视。然而, 对于现代间冰期东亚夏季风是如何演化? 全新世东亚夏季风最强盛期究竟出现在早全新世、中全新世甚或晚全新世? 全新世东亚夏季风演化是否受到高纬冰盖的影响? 目前仍然存在争议。虽然目前以中国南方石笋氧同位素记录的观点较为流行, 但该指标是否能真实可靠地表达东亚夏季风强度变化正受到愈来愈多的挑战。本文根据最新的资料 and 认识, 首先对上述问题进行了评述性回顾, 建议以北方降水量作为衡量过去东亚夏季风强度的标准, 并据此标准探讨了中国南

方石笋氧同位素变化可能的古环境指示意义。区域对比显示出，东部季风区北方和南方降水在不同时间尺度均存在明显差异，这种差异与石笋氧同位素记录在空间上的相似性存在矛盾。观测和模拟资料均表明，中国南方石笋氧同位素代表的是降水氧同位素而非降水量的变化，不能代表东亚夏季风强度变化。最后，我们利用位于华北吕梁山的高山湖泊沉积岩芯，开展高精度年代学测试，利用我国现代表土孢粉数据库和高分辨率化石孢粉分析，首次定量重建了冰消期以来（距今 14.6 Cal ka BP）分辨率为 20 年的东亚夏季风降水变化历史，并结合数值模拟资料讨论了冰消期和全新世驱动东亚夏季风演变的可能因素。获得如下主要认识：1）、全新世东亚夏季风降水最大值出现在中全新世；2）、东亚夏季风的演化框架受控于北半球夏季太阳辐射变化，但高纬冰量导致的大西洋经向翻转环流变化对冰消期和早全新世的季风增强有明显的抑制作用，晚全新世季风的快速衰退还可能与低纬厄尔尼诺-南方涛动变化有关。

P-3

地球大气氧产生之前的生命

李一良^{*}，吕孔鹏

香港大学地球科学系

*yiliang@hku.hk

The rise of atmospheric oxygen ~2.4 billion years ago is the most important event after the origin of life on Earth that drove the emergence of aerobic respiration and the formation of an ultraviolet radiation (UVR)-filtering ozonosphere. In Archean before the formation of the ozonosphere, the short-wavelengthed UVR, including UVC (200-280 nm) and most of UVB (280-315 nm), penetrated the atmosphere directly that

jeopardized all organisms on the surface of Earth. This is the reason why chemolithoautotrophs of subsurface, such as the deep-sea hydrothermal vent, were proposed to be the earliest life because they do not need the solar radiation as the primary energy source. However, primitive photosynthetic microorganisms had to cope with this inhabitable surficial environment so as to harvest the solar energy. The surficial environment of the Archean Earth (3.8-2.5 Ga) was much different from the present one, where solar UVR flux reached Earth was higher and the ozonosphere that could filter UVC and 95% UVB was not formed yet. Under such circumstance, highly energetic UVC that causes damage on biochemical essential molecules such as proteins and DNA could penetrate the atmosphere and make the surface of early Earth inhabitable. However, lines of evidence suggest that photosynthesis, which rely on solar radiation for energy and have to cope with UVR, has originated not later than ~3.5 Ga and abundantly thrived in the early Proterozoic. It has been suggested that some cyanobacterial species have developed sheath pigment outside the cell to filter UVA (315-400 nm) as a living strategy. Here, we investigate the UVR absorbing property of some photosynthetic pigments and their stable derivatives including half-, oxidized- and reduced-structures. We find that some pigments and their derivatives have strong absorptions in not only UVA but also UVC, which suggests the very surface of the Earth could be habitable for the early Archean biosphere. This means that for vast marine environment that was considered the

predominant habitat for Archean life could thrive in the upper photic zone with more visible lights. We further propose that, with such ability, cells could have been able to colonize to the terrestrial environments much earlier than we previously expected. Those microbial cells and biomass could make microbial mats that provide shelters for chemolithotrophs and heterotrophs to make complex microbial ecosystem in Archean. As such, the Archean biosphere should have higher primary productivity and biological carbon cycling that previously estimated.

P-4

印度-欧亚碰撞和印度支那逃逸：气候变化、地壳变形、及地幔流之间的交互作用

刘勉

美国密苏里大学，哥伦比亚，MO 65211；中国科学院计算地球动力学重点实验室，北京 100049

新生代印度板块与欧亚板块的碰撞与汇聚造成喜马拉雅-青藏高原的隆升、印度支那及其他亚洲岩石圈地块的侧向逃逸、及亚洲气候的变化。虽然印-欧碰撞的运动学历史已由海底磁异常制约恢复，但碰撞过程中气候的变化、地壳变形、及地幔流之间的交互作用仍不清楚。以前认为青藏高原的隆起影响了 Hadley 大气环流或阻断了来自印度洋的潮湿空气，从而加剧了亚洲季风；但最近的研究结果表明，青藏高原在亚洲气候变化中的作用要复杂得多。青藏高原隆起的时空历史及地壳变形，虽经几十年的深入研究，许多基本问题仍不明了。早期的模型认为青藏高原向北逐步增厚扩大，但最近的研究发现许多藏北地壳在新生代早期缩短的证据。印度-欧亚碰撞造成的~2000 公里的地壳缩短，

由地壳增厚和侧向挤出所吸收，但碰撞带内岩石圈地幔的去向却不清楚。一些地震学证据表明青藏高原下岩石圈地幔发生减薄拆沉并大尺度横向流动，类似于在表面观察到的地壳运动；而有的地震数据却显示青藏高原岩石圈很厚，与印度板块俯冲到整个青藏高原下或亚洲岩石圈同时俯冲到青藏高原北部之下更加一致。印度支那是研究印-欧碰撞过程中气候变化、地壳变形、及地幔流相互作用的一个好地方。这里是逃逸构造的主要部分，而其地壳结构和运动学特征与地幔流向不尽相附，显示复杂的壳幔耦合。孟加拉湾和中国南海的沉积记录，为研究古气候和大陆演变提供了重要的约束。我将简要介绍印-欧碰撞过程中气候变化、地壳变形、及地幔流交互作用的一些关键问题，并介绍我们针对这些问题聚焦于印度支那的一个多学科研究计划。

P-5

南海陆坡上表层与中深层生态系统之间的生物输运过程

周朦^{1*}，陈作志²，张瑞峰³，杨成浩⁴，郑珊⁵，王新良⁶，张俊²，郑文静⁷，张武昌⁵，李忠义⁶，应一平⁶，王朝伟⁷，胡仔园⁵，徐鸣泉⁴，于杰²，朱一无¹，许学伟、张宇¹，鲁中明⁸，吴莹³，许东峰⁴，孙晓霞⁵，任景玲⁷、张桂玲⁷、徐俊¹、赵显勇⁶

1 上海交通大学

2 水产科学院南海水产研究所

3 华东师范大学

4 国家海洋局第二海洋研究所

5 中国科学院青岛海洋研究所

6 水产科学院黄海水产研究所

7 中国海洋大学

8 香港科技大学霍英东研究院

*meng.zhou@sjtu.edu.cn

海洋陆坡区域蕴藏着丰富的鱼类资源，同时也是通过物理和生物过程碳埋葬的热点

区域。国际研究结果表明中层鱼的生物量是现有全球渔业年捕捞总量的 10 倍以上, 许多国家都在探讨对中层鱼类的经济开发。科技部 973 计划项目“南海陆坡生态系统动力学与生物资源的可持续利用”聚焦于中层鱼在南海陆坡形成大型聚集区的两个关键科学问题: 支撑陆坡生态系统高生产力的物理、化学和生物机制, 和 中层鱼在陆坡生态系统食物网能量流动和稳定性中的作用。项目进行了二个航次, 2014 年 10 月秋季航次和 2015 年 6 月夏季航次, 针对南海北部陆坡上中层鱼的分布和习性进行了大尺度环境和中层鱼分布调查、中尺度中层鱼迁移习性研究、和垂直过程时间序列研究。航次的初步结果表明在南海北部陆坡的表层是一个天无飞鸟、海无水藻的海上沙漠, 但在表层下 50-1000 米有一个非常活跃的、生物量很大的中层生物圈: 1) 陆坡区域的初级生产力和陆架物质对陆坡的输送均达到 $400 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; 2) 浮游植物、浮游动物和中层鱼分别达到 2, 1 和 3 g C m^{-2} ; 50% 的中层鱼进行表层和 400-500 米之间的昼夜迁移。中国海洋年捕捞量为 0.12 亿吨湿重, 整个南海中层鱼量估计为 0.7-1.5 亿吨湿重; 南海碳通量在 100 米的估算量是 $4-15 \text{ mmol C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, 中层鱼向 400 米以深转移的颗粒碳估量是 $13 \text{ mmol C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 。所以中层鱼是我国未来的一个重大战略资源, 是向深海输送有机碳的主要机制之一, 也是深海生态系统的主要驱动力。

P-6

南海深海沉积动力过程观测

刘志飞¹, 张艳伟¹, 赵玉龙¹, 李建如¹, 王萌¹, 温珂¹, 林顺¹, 张晓栋¹, 徐景平²,
Christophe Colin³, Thomas Blattmann⁴,
Timothy I. Eglinton⁴

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100

3 Laboratoire Géoscience, Université Paris-Sud, Orsay
91405, France

4 Geological Institute, ETH Zurich, Switzerland
lzhifei@tongji.edu.cn

深海沉积是地球表层系统演化最重要的信息载体, 包括全球构造和环境变化事件等一系列重大发现多是首先在深海沉积的研究中得到印证。深海沉积学在近半个多世纪以来的快速发展, 以通过现场过程的原位观测、回答沉积物颗粒在深海环境中从搬运到沉降的现代过程和机理最为突出。南海作为西太平洋地区最大的边缘海, 每年接受数亿吨周边河流沉积物, 加之西太平洋深层水贯入的长期影响, 在南海深海形成复杂和活跃的底层海流搬运和沉积作用, 使南海成为开展深海沉积过程研究的理想场所。我们经过四年的努力, 在南海东北部建成全球先进的深海沉积动力过程综合观测系统, 由同步观测的 12 套沉积物捕集器海流剖面综合锚系和 1 套海底三脚架组成, 水深主要分布在 1500-3900 m 范围, 成为开展深海沉积学研究的理想野外实验室。通过长时间序列深海锚系观测, 证实等深流在南海北部海盆长期存在, 发现海表生成的中尺度涡能够穿透数千米水层, 与等深流共同对深海沉积物远距离搬运起到关键作用; 鉴别出高屏“活跃型”海底峡谷和福尔摩萨“被动型”海底峡谷的特征, 发现高屏海底峡谷频繁发育浊流或高雾浊沉积搬运作用, 是南海深海物质侧向搬运最重要的过程; 观测到南海北部陆坡发育稳定的深水雾状层, 对悬浮沉积物跨陆坡搬运具有一定作用; 综合观测东沙东南高速堆积体成因。这些研究是南海深水沉积过程观测实验的先驱性工作, 正在促成建立在过程观测基础上的深海沉积学在我国的发展。

S01-O-01

有颌脊椎动物崛起的格局与古地理、古环境背景

朱敏

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所

zhumin@ivpp.ac.cn

颌的出现使脊椎动物由被动的滤食生活转向主动的捕食生活方式，大大提高了脊椎动物的取食与适应能力。自此以后，有颌脊椎动物或有颌类迅速向更广阔的生态位辐射，演化出包括我们人类在内的各大类群，构成了现生脊椎动物物种数的 99.8%。志留纪和早泥盆世期间，有颌类的快速辐射演化直接促成了泥盆纪鱼类的登陆。

长期以来，志留纪有颌类化石极为稀少，即使有所发现也十分破碎，学界只能从这些能从这些一鳞半爪中“瞎子摸象”式地推测最早期有颌类的形态和演化。有颌脊椎动物崛起的格局始终笼罩在迷雾之中，相关研究举步维艰。随着近年来我国志留纪有颌类化石的系列发现与研究，中国南方已成为全球志留纪脊椎动物化石最重要的产出地区，有颌类起源与早期演化研究迅速成为学界高度关注的一个方向，譬如，志留纪鬼鱼的发现为深入探讨有颌类各大类群的相互关系提供了关键资料；宏颌鱼的发现促使研究者重新思考氧气含量变化与脊椎动物演化之间的关系；全颌鱼的发现为盾皮鱼纲与硬骨鱼纲之间的密切亲缘关系提供了强有力的证据，使得我们对有颌类崛起的格局有了更深刻的认识。云南潇湘脊椎动物群在世界上独一无二地完好保存了大量志留纪有颌类化石，为探索有颌类崛起的格局与古地理、古环境背景打开了一扇全新的窗户。志留纪潇湘脊椎动物群与早泥盆世西屯脊椎动物群之间演替过程的综合研究，将有助于揭示有颌类早期分化与

环境的协同演变关系。

S01-O-02

新疆中—晚泥盆世早期森林研究

徐洪河^{*}，王怿

中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学和地层学国家重点实验室，南京 210008

^{*} hhxu@nigpas.ac.cn

泥盆纪（距今约 4.2-3.5 亿年）是陆生植物起源与演化的早期阶段，也是陆地生态和景观发生显著改变的地质时期。到中泥盆世时，陆生植物多样性显著提高，除被子植物以外的所有植物类型在中泥盆世的化石记录中均已发现。在植物的生殖策略方面，营孢子生殖的植物首次出现了异孢生殖现象，出现了最早的种子植物，植物生长类型也发生多样性分化，既有多种多样的草本类型，也出现了具有两极生长的乔木类型，陆地景观中出现了第一片森林。目前的研究显示，最早的乔木型植物至少在三个类群中出现：1) 石松类；2) 早期真蕨类（枝蕨）；以及 3) 前裸子植物类。我国泥盆纪地层非常发育，分布广泛，产有多门类的植物化石，既有全球广布的代表性植物，亦有独特的地方性属种，在我国中泥盆世地层中已经出现了煤层。我国泥盆纪植物化石的材料类型非常全面，适合于开展多种多样的分析研究。构成最早森林的三种类型植物在我国的泥盆纪地层中均有化石记录，但是对石松类研究和报道较多，而对于其他的两种类群的研究仍相对稀少。最近在新疆北部中—晚泥盆世地层中，新发现了一种硅化保存的枝蕨类化石，该植物茎干的直径可达 70cm，具有明确的次生木质部，是构成早期森林中非常特殊的一种植物。这些植物化石及其所保存的独特地层对于研究早期陆生植物的起源、演化、古植物地理以

及系统分类均具有不可替代的重要意义，我国中泥盆世植物化石已经成为国际上早期陆生植物演化领域的研究中心之一。

S01-O-03

燕辽生物群和燕山运动

黄迪颖

中国科学院南京地质古生物研究所，现代古生物学和地层学国家重点实验室，南京 210008

dyhuang@nigpas.ac.cn

翁文灏先生 1926 年在东京泛太平洋科学大会上首次提出燕山运动，他指出从震旦系到侏罗系我国很多地区地层序列是整合的，在髫髻山岩系沉积之前曾发生过重大变形和剥蚀。对辽西北票地区地质考察后翁文灏先生对燕山运动产生了新认识，认为燕山运动在北票盆地以北票组和海房沟组之间的不整合面为代表，且仅为绪动时期。长期以来，京西九龙山组和辽西海房沟组被认为是对等的地层单位，而燕山运动发生于二者之下。

通过对内蒙宁城盆地的地层考察后发现道虎沟化石层（海房沟组）底部的砾岩段相当于京西龙门砾岩或海房沟砾岩，而道虎沟化石层之上，髫髻山组之下存在另一个不整合面。即侏罗纪的燕山运动，或燕山运动第一幕实际为两个不整合面，代表了两次相隔不久（约 4 Ma）的连续挤压。也就是说龙门组或海房沟组底部的同造山砾岩代表了燕山运动的绪动或序幕，而二者顶部和九龙山组-髫髻山组底部之间的角度不整合面/假整合面代表燕山运动的 A 幕/第一幕/火山幕。即九龙山组位于燕山运动第一幕之上，而海房沟组位于燕山运动第一幕之下，二者并不相等且是上下关系。

很多作者认为道虎沟生物群相当于玲珑塔生物群，也相当于燕辽生物群。通过岩石地层学、生物地层学、同位素年代学的综合

分析，道虎沟生物群位于燕山运动序幕和第一幕之间，代表燕辽生物群的早期（中侏罗世晚期—晚侏罗世早期）；玲珑塔生物群位于燕山运动第一幕之上，代表燕辽生物群的晚期（晚侏罗世早中期）。以侏罗纪燕山运动两个相隔不远的区域性不整合面为标志，可以识别并厘清相当于海房沟组的这段以往划分十分混乱的地层，对重新认识燕辽生物群有十分重要的意义。

河北省北部青龙县有多个侏罗纪中晚期特异埋藏生物群，如木头凳子镇的霸王沟和干沟乡的转山子，它们的时代并不相同。如南石门村的转山子产地，传统上认为这套地层为四海组（砾岩+碎屑岩+火山岩）或下花园组（砂岩+煤层+砾岩+碎屑岩），但也有人认为它相当于九龙山组或髫髻山组。实际上，这套地层的底部为同造山砾岩，顶部为髫髻山组之下的不整合面，相当于海房沟组，所蕴涵的生物群相当于道虎沟生物群，而霸王沟则为玲珑塔生物群。

S01-O-04

火山成因湖泊中的化石特异埋藏机制

姜宝玉

南京大学地球与科学学院生物演化与环境中心，
仙林大道 163 号，南京 210023

byjiang@nju.edu.cn

与其他类型的湖泊相比，火山成因湖泊沉积物中产出的化石不仅种类多、丰富数量，保存也特别精美，如冀北-辽西-内蒙古东南部地区中-晚侏罗世、早白垩世、美国科罗拉多州始新世、德国麦塞尔始新世、山东省临朐县中新世、日本盐原更新世湖泊等。这些沉积物中不仅产有大量的水生动物，还包含丰富的“外来”的陆生动物化石，如鸟类、非鸟类恐龙和哺乳动物等。

火山成因湖泊有利于化石特异埋藏的机制，如陆生生物是如何死亡，遗体是如何被完整地保存到湖泊中，软体组织如何被保存等问题，还没有得到很好的回答。保存于火山成因湖泊中的陆生动物化石及其赋存岩层直接记录了生物死亡时期的环境信息。本次研究以冀北—辽西—内蒙古东南地区中-晚侏罗世和早白垩世火山成因的古湖泊为例，通过对陆生动物化石及其赋存的岩层进行沉积学、埋藏学和地球化学的综合研究，探寻生物的死亡、遗体的搬运埋藏和化石化过程，探讨火山成因湖泊有利于化石特异埋藏的机制。

S01-O-05

索伦霍芬灰岩中鱼富集层的埋葬学研究

泮燕红¹, Franz Fürsich²

1 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 21008

2 德国埃朗根-纽伦堡大学, 埃朗根 91054

yhpan@nigpas.ac.cn

索伦霍芬灰岩以产出始祖鸟而闻名于世，但其化石产出的丰度较低。而 *Leptolepides sprattiformis* (鱼) 的产出方式是一个例外，通常密集出现在层面上，有时每平方米的密度可高达 300 多个体。通过对收藏在 Eischtäte 和 Solnhofen 两个博物馆的三个 *Leptolepides sprattiformis* 鱼化石集群的埋葬学研究，分别统计和分析了十个埋葬特征，包括平面分布长轴的方向，脊柱弯曲的方向和弯曲的程度，下颚的闭合程度，鱼鳍的闭合程度，脊椎的错位情况，骨骼的完整性等。揭示了它们集群死亡的原因和埋葬的过程，并讨论了当时的海水环境和气温。同时证实鱼化石中出现的脊柱后弯是一个死亡后的埋葬特征，并不能作为突然死亡而发生僵直反应的指示特征。最后与辽西热河生物群义县组狼鳍鱼化石集

群的埋葬特征进行了对比，讨论了造成埋葬差异的环境因素。通过对索伦霍芬 *Leptolepides sprattiformis* 鱼化石集群和热河生物群狼鳍鱼化石集群这两个案例的分析，证实对大量埋葬特征的统计分析，不仅可以解析化石死亡到掩埋所经历的过程，同时还可以提供丰富的古环境信息，例如，水深，水化学条件，水动力状态和气温等。

S01-O-06

缅甸琥珀生物群：一个白垩纪热带雨林世界

王博^{1,2*}, 张青青¹, 史恭乐¹

1 中国科学院南京地质古生物研究所, 现代古生物学和地层学国家重点实验室, 南京 210008

2 中国科学院动物研究所, 动物进化与系统学院重点实验室, 北京 100101

* bowang@nigpas.ac.cn

缅甸琥珀分布于缅甸北部密支那省，时代为晚白垩世赛诺曼最早期（约一亿年前），出产了白垩纪数量和多样性最丰富的琥珀生物群。美国学者 Cockerell 从 1916 年开展了缅甸琥珀内含物研究，描述了大量昆虫。迄今，缅甸琥珀生物群已经有百年的研究历史，超过 300 科的节肢动物以及大量植物被报道。尽管我国近代以来一直是缅甸琥珀最重要的集散地，但相关的科学研究却一直没有开展。基于野外实地考察和新收集的大量标本，我们对缅甸琥珀生物群进行了再研究。迄今，缅甸琥珀中已发现了昆虫纲（广义）和蛛形纲的几乎所有目级类群，并新发现了大量腹足纲、有爪类（栉蚕）、甲壳纲、唇足纲、多足纲、两栖纲、爬行纲、鸟纲代表以及大量的苔藓植物、蕨类植物、裸子植物和被子植物类群。同时，我们也首次从缅甸琥珀中报道了双尾纲、螳螂目、竹节虫目等昆虫类群以及蚰蜒、石蜈蚣、避日蛛、鞭蝎、短尾鞭

蝎、螃蟹、青蛙等动物类群。总体来说，昆虫无疑是缅甸琥珀生物群最丰富的类群，其中双翅目、鞘翅目、膜翅目和半翅目昆虫是中多样性最高的类群，但研究程度也最低。这些研究结果极大地拓展了我们对该生物群的认识。另外，我们也发现了一些重要的昆虫生态行为证据，例如育幼行为、社会行为、寄生行为、传粉行为等。这些行为学证据直接反映了昆虫、植物、脊椎动物之间复杂的生态关系，为我们重建白垩纪热带雨林生态系统提供了新线索和新见解。但目前缅甸琥珀中只有约 20% 的昆虫种类被描述，另有大量新的动物和植物高阶类群尚未报道，因此缅甸琥珀生物群的多样性还需要进一步研究。

S01-O-07

始新世—渐新世环境剧变是灵长类的“演化滤器”

倪喜军^{1,2*}，李强^{1,2}，李绿洲¹，毕丛山³

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044;

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101;

3 美国堪萨斯大学生态与演化生物学系，劳伦斯 KS 66045-7561

*nixijun@ivpp.ac.cn

环境变化是生物演化的主要动力，这一动力如何作用于生物的系统关系是较难检验的。灵长类是温度敏感性的哺乳动物，气候变化及与其相关的环境变化，对灵长类的分布起着控制性作用。新生代各主要转换时期，灵长类的多样性和地理分布都表现出明显的相关响应，但是灵长类具体的系统分支演化如何响应环境变化，尚未有深入研究。始新世-渐新世转换期的古气候环境变化是新生代发生的最为剧烈的变化。在这段时间里，南极的冰盖急剧扩大，海平面急剧下降，森林大面积消失，热带雨林退缩到低纬度地区，

干旱开阔的生境急剧扩展，地球由此从大“温室”变成了大“冰屋”。这一变化是全球性的，在欧洲被称为“大间断”，在亚洲北部则被称为“蒙古重建”。始新世—渐新世转换期的干冷气候导致灵长类大量灭绝。原来繁盛于北美、亚洲北部和欧洲的灵长类近乎完全灭绝。在非洲北部和亚洲南部仍然保留有热带丛林的区域，灵长类得以幸存，但灵长类动物群经历了显著的再组织过程。在非洲，狐猴型的灵长类在经历了始新世—渐新世转换期后几乎完全绝灭，只有少数小个体的种类生存下来，而类人猿的多样性急剧增加，占据了大多数的灵长类生态位。在亚洲的情况相反，狐猴型的灵长类几乎没有受到影响，但是类人猿的种类急剧减少，原有的大体型的类人猿都灭绝了。受迫于于古气候环境剧变的压力，动物演化支系发生了明显的再组织，我们把这种现象归结为“演化滤器”效应，以区别于通常所知的“瓶颈”效应。始新世—渐新世过渡期这个“演化滤器”，强烈影响了灵长类动物的宏演化，使之演化轨迹发生巨大改变，这一变化直接导致现生类人猿主要支系的产生。

S01-O-08

中国南阳盆地古新世—始新世极热事件 (PETM) 时期环境变化研究

王旭^{*}，陈祚伶，丁仲礼

中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

* xuking@mail.iggcas.ac.cn

PETM 事件是发生在古新世-始新世界线附近 (~55.5 Ma) 的一次极端碳循环扰动和快速变暖事件。该事件发生时伴随着碳同位素负漂移 (CIE)，全球温度升高 5~6°C，以及大规模生物灭绝、演替和迁徙现象。目前，PETM 事件的触发机制被认为是海底天然气

水合物大量释放所导致的温室效应。由于 PETM 时期温室气体的排放速率及排放量与工业活动水平相当, 研究该事件对未来增温趋势及其环境、生态效应有较大的指示性意义。然而, 有关 PETM 事件的研究多集中在海洋, 尚缺少对陆相沉积记录的研究, 致使我们无法全面了解事件发生时陆地不同区域的气候响应和环境特征。为此, 我们选取了南阳盆地古新世-始新世时期的一套陆相泥灰岩沉积地层, 开展了碳同位素、硫同位素、四醚膜类脂物 (GDGTs) 和元素与粘土矿物组成等多指标分析, 揭示南阳盆地的气候与环境变化。在碳同位素记录中, 有机碳和黑碳的 $\delta^{13}\text{C}$ 值均表现出较大的负漂幅度 ($\sim 6\text{‰}$), 可能与当时较高的大气 CO_2 浓度和湿度的增加有关。而微晶碳酸盐中方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值则记录了 $\sim 4\text{‰}$ 的 CIE, 反映了汇水盆地系统中同位素变化的平均状况, 与浮游有孔虫中观测到的 CIE 幅度相一致, 意味着海-气系统碳同位素负漂的真实幅度可能接近于 -4‰ 。同时, 基于 GDGTs 重建的陆地温度表明在 PETM 事件发生前存在一次 4°C 左右的升温, 并且在 PETM 事件发生过程中温度增加了 7°C , 温度变化方式和趋势均与 $\delta^{13}\text{C}$ 的变化相同步。这些结果与 CIE 前的增温现象共同表明温度增加的正反馈过程导致了巨量轻碳的释放, 暗示着这些轻碳可能来自于地表某一个或多个巨大的有机碳库。元素地球化学和矿物学分析结果表明 PETM 时期随着温度的增加碳酸盐 Mg/Ca 和 Sr/Ca 摩尔比均显著降低, 显示出降雨量的总体增加, 这与地层中白云石矿物的消失和高岭石矿物的出现相一致。同时, 化学风化指数 (CIA) 表现出增加的趋势, 伴随着高岭石的出现, 共同指示在温暖湿润气候的影响下周围汇水盆地成壤作用与硅酸盐风化的加强。碳酸盐晶格替代硫酸盐 (CAS) 硫同位素分析结果显示在 PETM 时期湖水中

SO_4^{2-} 含量总体较低, 硫同位素比值出现三次升高的阶段, 可能揭示湖水至少出现过三次显著分层的阶段。在水体分层时, 总有机碳含量出现明显降低, 可能指示水生植物生产力显著降低。

S01-O-09

青藏高原上新世哺乳动物 在华北第四纪哺乳动物群中的 取代作用

邓涛^{1*}, 王晓鸣^{1,2}, 李强¹, 曾志杰³, 侯素宽¹

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044;

2 Natural History Museum of Los Angeles County, Los Angeles, CA 90007, USA;

3 American Museum of Natural History, New York, NY 10024, USA

* dengtao@ivpp.ac.cn

虽然现代亚洲哺乳动物群具有组成和生态上的独特性, 但今天的喜马拉雅高山动物群的组成却非常相似于中国西北地区甘肃临夏盆地的早更新世龙担动物群。我们提出了一个取代假说, 由此通过动物群水平的分析解释上新世青藏高原哺乳动物在第四纪时期向华北地区的时空扩散。

喜马拉雅高山动物群和临夏盆地龙担动物群在灵长类、食肉类、奇蹄类和偶蹄类的组成上具有相同或相似的多样性, 其中食肉类具有最大的多样性, 分别在龙担动物群中有 16 个种, 喜马拉雅高山地区有 14 个种, 说明龙担动物群明显带有寒冷地区动物群的结构特点。在属级水平上, 龙担动物群中的猕猴 (*Macaca*)、旱獭 (*Marmota*)、河狸 (*Castor*)、鼢鼠 (*Myospalax*)、狐 (*Vulpes*)、狼 (*Canis*)、獾 (*Meles*)、斑鬃狗 (*Crocuta*)、豹 (*Panthera*)、猫 (*Felis*)、猞猁 (*Lynx*)、

马 (*Equus*)、猪 (*Sus*)、瞪羚 (*Gazella*) 和羚牛 (*Budorcas*) 是现生类型。在临夏盆地, 龙担动物群紧接于上新世的十里墩动物群, 但这两个动物群中仅有 4 个属是相同的, 而十里墩动物群中只有 7 个属(占动物群的 35%) 延续到第四纪。龙担动物群中的泥河湾披毛犀 (*Coelodonta nihowanensis*) 在临夏盆地找不到祖先类型, 相反, 十里墩动物群的无角犀种类林氏山西犀 (*Shansirhinus ringstroemi*) 在第四纪之前就绝灭了。另一方面, 已知最早的披毛犀——西藏披毛犀 (*C. thibetana*) 则发现于青藏高原札达盆地的上新世地层中, 距临夏盆地西南方向远至 1600 公里。

札达盆地位于西藏西南部阿里地区印度河支流萨特累季河上游的象泉河流域, 是青藏高原上已知产出哺乳动物化石最丰富的地点。札达动物群中的 17 个属(占动物群的 71%) 存在于华北地区的早更新世哺乳动物群中。札达盆地的上新世哺乳动物显示出寒冷适应性谱系的发端, 它们是第四纪冰期动物群的先驱。在随后的更新世冰期来临时, 随着全球变冷的背景和严寒环境的蔓延, 这些能够耐受严寒的物种开始扩散并取代了华北地区适应于上新世温暖气候的哺乳动物类型。我们的分析指示出青藏高原由此成为华北等地区第四纪哺乳动物群起源的摇篮。

S01-O-10

青藏高原北部库木库里盆地新近纪小哺乳动物化石的发现及其古环境和古高度意义

李强^{1, 2*}, 倪喜军^{1, 2}, 周新郢¹, 邓涛^{1, 2}, 付碧宏³

1 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所 北京 100044

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心 北京 100101

3 中国科学院对地观测与数字地球科学中心 北京 100094

*liqiang@ivpp.ac.cn

首次在青藏高原北部库木库里盆地发现了新近纪哺乳动物化石, 化石产自百泉河背斜北翼石壁梁组中, 除了一点破碎的大型哺乳动物(有蹄类)颊齿牙皮之外, 其余的化石均为小型哺乳动物, 计有 4 目 7 科 7 属 7 种, 分别为: 蒙古刺猬相似种 (*Erinaceus* cf. *E. mongolicus*)、棕蝠未定种 (*Eptesicus* sp.)、欧洲花鼠新种 (*Spermophilinus* sp. nov.)、中华小睡鼠近似属种 (cf. *Myomimus sinensis*)、三趾跳鼠未定种 (*Dipus* sp.)、林氏众古仓鼠 (*Democricetodon lindsayi*) 和鼠兔科属种未定 (*Ochotonidae* gen. et sp. indet.)。百泉河小哺乳动物组合具有典型的中国北方中中新世-晚中新世的仓鼠-睡鼠-跳鼠组合特色, 而关键性种类 *Spermophilinus* sp. nov.、*Dipus* sp. 和 *Democricetodon lindsayi* 的共同出现, 限定了该组合的生物年代为中中新世末/晚中新早期, 约为 12 Ma 左右。

百泉河小哺乳动物组合中的仓鼠、睡鼠和蝙蝠的现生亲缘类群生活于山地森林-灌丛中, 而地松鼠、跳鼠和鼠兔类则适应开阔灌丛-草原环境, 因此它们一起反映了山地森林-灌丛-开阔草原的混合环境。同一地点采集的孢粉化石中被子植物的栎粉 (*Quercoidites*)、白刺粉 (*Nitrariadites/Pokrovkaja*) 和青海粉 (*Qinghaipollis*) 占据绝对优势, 出现少量的刺三沟粉 (*Echitricolpites*)、柳粉 (*Salixipollenites*)、蒿粉 (*Atremisiaepollenites*) 和藜粉 (*Chenopodipollis*), 极少量的胡桃粉 (*Juglanspollenites*) 和桦粉 (*Betulaepollenites*), 以少量的裸子植物中的罗汉松粉 (*Podocarpidites*) 和麻黄粉 (*Ephedripites*), 也同样指示山地森林-灌丛-开阔草原的混合环境。动植物群落均表现出具垂直分带的山地森林-灌丛-草甸的特点, 明

显不同于库木库里盆地现今的高原高寒草甸和荒漠环境。根据小型哺乳动物及孢粉所代表的动、植物现代类型的共存海拔分析,推测库木库里盆地在中中新世末/晚中新世早期的古高度很可能不会超过 3000 m,远低于现代 4000 m 的平均海拔。

S01-O-11

新生代鱼化石在青藏高原古高度重建中的作用

吴飞翔

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所,中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室,北京

100044

wufeixiang@ivpp.ac.cn

青藏高原素有“世界屋脊”之称,地势高峻,幅员辽阔。它的隆升与新生代以来世界气候的变迁,特别是亚洲季风的兴起和盛行有着深刻的关联。然而长期以来学界对于高原隆升的时序、幅度与模式存在着激烈的争论。生物可以指示环境和气候,地势的高低变化,气候的冷暖干湿,必然会在生物的类型和分布上有所反映。脊椎动物,尤其是冷血且分布受水体严格限制的内陆鱼类,对环境气候的变化尤为敏感,与高原隆起所造成的水系格局的重组和水文条件的剧变更是直接相关,因此,演化中的青藏地区的新生代鱼类必然记录了高原的隆升过程及其对环境气候的影响,是较为可靠的高度计。

今天青藏高原及其邻区所特有的裂腹鱼类(分类上属于鲤科)因其形态特征的阶段性分化和栖息地的阶梯状分布与高原的阶段性隆升高度吻合,而被视为“系统演化与高原隆升并进”(“Ascent with modification”)的典型。裂腹鱼类可能起源于同属鲤科的某些鲃类。现代裂腹鱼类根据体鳞、口须和咽齿的减少程度,被划分为原始、特化和高度特

化三个演化等级,依次对应着它们在高原上由低到高的分布范围和高原隆升历史的不同阶段。寻找这三个等级的化石代表以及等级之间的过渡类型以及裂腹鱼类的鲃类祖先,可以了解这一独特类群随高原隆升而逐渐演化的历史,而据此反推各地质历史时期不同演化阶段的裂腹鱼类栖息地的古高度。目前高原上已报导的化石鱼类多半属于这一类或者与之相关的其他鲤科鱼类。这些鱼类来自高原东北部的柴达木盆地(早渐新世晚期-晚上新世)、昆仑山口(晚上新世),中部的尼玛、伦坡拉盆地(晚渐新世-早中新世)和西南部的扎达盆地(晚上新世)。除昆仑山口和扎达盆地晚上新世高度特化的裂腹鱼类或适应高海拔的高原鳅类之外均为咽齿较为原始的鲃类或系统位置较低的裂腹鱼类,对应着高原隆升历史的较早阶段,暗示晚上新世之前高原的大部分地区可能尚未隆升至现在的高度。

除了上述裂腹鱼类的化石近亲以及其他鲤科鱼类外,中国科学院古脊椎动物与古人类研究所科考团队在西藏中部的尼玛、伦坡拉盆地晚渐新世地层中新发现了众多保存完整的攀鲈类(鲈形目)骨架。现生攀鲈主要分布于南亚、东南亚和非洲中西部的热带平原,其余的少数种类分布于南非东南部的沿海平原。其生态习性非常独特:因为具有由第一对鳃弓部分骨骼特化而成的呼吸空气的迷鳃(labyrinth organ),且这一器官在很大程度上取代了鳃的功能,这些鱼类必须不时地冒出水面直接呼吸空气。它们偏好季节性缺氧的浅静水体,甚至某些种类可以在湿润的条件下离开水体在陆上“行走”。西藏的攀鲈化石保存精良,在电镜下甚至能窥得其迷鳃的残余结构,可知它与现代攀鲈有着相似的生态习性和栖居环境。攀鲈出现在古近纪末的高原中部,与同层的植物化石(如棕榈、栎

树、马蹄荷等)一起,显示高原腹地当时的气候非常温暖湿润,其海拔可能在 1000 米左右。

目前已知的青藏高原新生代鱼化石所指示的古高度及环境类型,与新近基于构造学、地球物理学和地球化学等方法重建高原古高度的结论反差很大。更多的化石类型,特别是对环境(尤其是古高度)指示性更强的鱼化石的出现,或可为补充和修正已有的高原构造隆升模型提供较可靠的独立证据。

S01-O-12

全身骨头变粗的伍氏献文鱼(*Hsianwenia wui*)见证了柴达木盆地的干旱化

张弥曼

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所,中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室,北京 100044

印度板块及亚洲板块的碰撞以及青藏高原的抬升在中国西部形成了一系列高原盆地,柴达木盆地是其中最大、最高的盆地,其上覆盖着广袤的草原,散布着盐湖(或称干盐湖,playas)。自新近纪以来,盆地经历了持续的干旱化,以往对干旱化过程的了解,主要是通过盆地中的蒸发岩和耐盐的无脊椎动物化石如介形类等。中国科学院古脊椎动物与古人类研究所及洛杉矶自然史博物馆的古哺乳动物学家自 1998 年起即到柴达木盆地寻找哺乳动物化石。出乎意料的是,他们却发现了非常丰富的鱼类化石。我们自 2002 年起便到青藏高原进行采集。在柴达木盆地中部偏西的鸭湖背斜轴部的上新统狮子沟组地层中采到了不少鱼类化石,根据形态学特征,我们把它鉴定为鲤科中的裂腹鱼亚科(*Schizothoracidae*)的一个新属新种,并将它命名为伍氏献文鱼(*Hsianwenia wui*)。采集的材料提供了相当数

量的形态特征,使我们有可能做一个简单的系统发育分析,结果表明,伍氏献文鱼是一个原始的裂腹鱼亚科鱼类,但还不是最原始的;裂腹鱼亚科鱼类是广义的鲃亚科(*Barbinae sensu lato*)中的一个单系类群;但一些鱼类学家称为狭义的鲃亚科(*Barbinae sensu stricto*)却不是单系类群。

最引起注意的是它们全身粗壮的骨骼。我们在现代世界淡水水域和海水都没能找到和伍氏献文鱼这样全身骨骼普遍增粗的情况。于是我们只得继续在化石鱼类中搜索,终于在地中海北岸西班牙、意大利、希腊等地中新世末期墨西哥干早期的蒸发岩(主要是碳酸钙和硫酸钙)中找到了一种全身骨骼增粗的小鱼,属于鲮科鱼类(*Cyprinodontidae*)的一种:厚尾秘鲮(*Aphanius crassicaudus*),由法国古鱼类学家 Gaudant 研究。秘鲮是一个多种的属,生活在环地中海地区,它们能适应各种不同的盐度。迄今为止,我们在世界上能够找到的全身骨骼增粗的鱼类,只有柴达木盆地狮子沟组的伍氏献文鱼和墨西哥干早期的厚尾秘鲮两个化石种。

许靖华 1970 年带领的《大洋深钻计划》第 13 航次在地中海钻探时发现:600 万年前,地中海曾是连接大西洋和印度洋的宽广海道,随着非洲和亚洲大陆的碰撞和中东的造山运动,来自大西洋和印度洋的水源被切断,地中海起初只剩下一系列大湖,之后,这些湖泊也几乎完全干涸,变成一个海平面以下 3000 m 的荒漠。海(湖)水蒸发的过程中,溶点较低的矿物(如碳酸钙、硫酸钙)首先沉淀在近岸的地区,溶点较高的矿物(如钠盐、钾盐、镁盐等)则在靠近水域中心的地区析出。厚尾秘鲮化石的产地恰恰在碳酸钙和硫酸钙沉积的近岸地区。

虽然伍氏献文鱼和厚尾秘鲮的时代不同(上新世和中新世末期),生活的环境也不相

同（湖水和海水或泻湖），它们却有许多相似的地方：二者全身骨骼均变粗，而且这种极度增粗的骨骼看来对于这两种鱼类的生活并无大碍；在两种鱼中，越大的鱼骨骼越粗；在大多数化石地点只有一种鱼，说明外界环境不允许多种鱼类生存；它们各自的现生代表均具有广盐性；二者均产自富含碳酸钙和硫酸钙的地层中。

因此我们认为，伍氏献文鱼和厚尾秘鳞全身的骨骼都变得很粗，是由于它们生活的水域的钙含量特别高（而不是其他元素如钠、钾、镁等含量很高）的缘故。钙是骨骼的组成部分，对于鱼类无害，至少不会致命。粗的骨骼不是先天遗传，而是后天环境造成的。

在采集伍氏献文鱼的鸭湖背斜的西北方向的鄂博梁背斜的轴部出露的是上油砂山组，其中发现的零散的鱼骨都是发育正常的，并没有变粗。在同一层位采集的孢粉样品香蒲属(*Typha*)占 82.9%，说明当时的水域应是淡水。上油砂山组向东南方向延伸到含伍氏献文鱼的狮子沟组之下。可以想像，当上油砂山组沉积时，当地尚为十分宽广的淡水水域。待到狮子沟组沉积时，水体已经缩小，水域中的钙含量已相当高，以至于生活其中的鱼类全身的骨骼都变得很粗。而狮子沟组之上的七个泉组中，鱼类化石已经绝迹，纯石膏层随处可见。从上油砂山组到狮子沟组到七个泉组的过渡，展示了晚新生代这一地区的逐渐干旱化。全身骨骼变粗的伍氏献文鱼可说是见证了柴达木盆地的干旱化，同时也成为这一地质事件的牺牲品。

S01-O-13

季风气候的演变及其对生物多样性的影响

周浙昆^{1*}，苏涛¹，黄永江²

1 中国科学院西双版纳热带植物园，勐仑 666303

2 中国科学院昆明植物研究所，昆明 650204

* zhouzk@xtbg.ac.cn

季风气候的特征是大气环流季节性反转所引起的干湿季交替，其形成、演变与青藏高原隆升密切相关。以冬春季干旱为特征的亚洲季风气候，必然会影响植物对水分的利用效率、从种子保存、萌发、幼苗生长等方面从个体水平影响植物的生长发育，植物也会因此产生适应、迁移或灭绝的响应，从而导致植物区系成分和植被类型的变化。古气候重建表明：新近纪云南的年均温，最热月均温和最冷月均温稍高于现在，但是降雨显著高于现在，而且降雨分布较为均匀，季节性小于现在，从中新世到现在，季风强度逐步增强。北美红杉，雪松和水杉的化石历史和种子生物学的研究表明，北美红杉和雪松在中国的灭绝和季风强度逐步增强，冬春季干旱加剧有显著关系。北美红杉是美国西海岸的特有种，而在中新世北美红杉在云南和东亚许多地区都有分布；现代北美红杉每年 10 月种子成熟，12 月份种子落地随即萌发，北美红杉现在的分布地是地中海型气候，冬春季是全年降雨最多的时期；在季风气候条件下，冬春季是全年最干旱的时期，我们推测季风气候逐步增强是北美红杉在东亚灭绝的原因，雪松灭绝的原因和北美红杉十分相似。孑遗植物分布区变迁过程也验证了上述假说，孑遗植物现在主要集中在冬春季降雨相对较为丰富中国中部和东部地区。

S01-O-14

西藏东部中新世古海拔与古气候：基于芒康植物群的化石证据

苏涛^{1,3*}，许贺^{1,4}，李仕虎⁵，邓成龙⁵，张世涛⁶，Robert A. Spicer⁷，丁林⁸，黄永江²，李树峰¹，黄健^{1,4}，周浙昆^{1,2,*}

- 1 中国科学院西双版纳热带植物园热带森林生态学重点实验室, 勐腊 666303;
 - 2 中国科学院昆明植物研究所东亚植物多样性与生物地理学重点实验室, 昆明 650201;
 - 3 中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学和地层学国家重点实验室, 南京 210008;
 - 4 中国科学院大学, 北京 100049;
 - 5 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029;
 - 6 昆明理工大学国土资源工程学院, 昆明 650093;
 - 7 Department of Earth and Environmental Sciences, Centre for Earth, Planetary, Space and Astronomical Research, The Open University, Milton Keynes, MK7 6AA, UK;
 - 8 中国科学院青藏高原研究所大陆碰撞与高原隆升重点实验室, 北京 100101.
- * sutao@xtbg.org.cn; zhouzk@xtbg.ac.cn

青藏高原隆升及其对环境变化和生物多样性演变的影响长期以来就是地质学家和生物学家们广泛关注的热点和难点问题。化石作为地质时期生物的遗迹, 其形态、分布等都与当时的环境密切相关, 因此是探讨青藏高原古环境变化的重要材料。青藏高原新生代沉积地层分布广泛, 但是受隆升的影响风化严重, 加之交通不便, 野外工作难度大, 该地区的化石植物群还鲜有报道和深入研究。我们通过近年来在西藏东部芒康县卡均村海拔约 4000 米的上中新统拉屋拉组采集到的大量植物化石进行深入研究, 发现该植物群(卡均植物群)种类丰富, 有裸子植物 4 个属, 被子植物 36 个形态种, 以常绿类青冈亚属(*Quercus* subgenus *Cyclobalanopsis*)植物为优势种, 兼有落叶类桦木科(*Betulaceae*)植物, 同时发现其他的伴生植物类群, 如扁柏属(*Chamaecyparis*)、胡颓子属(*Elaeagnus*)、山胡椒属(*Lindera*)、铁杉属(*Tsuga*)、莢迷属(*Viburnum*)、杜荆属(*Vitex*)等。从植物类群的组合上看, 代表了常绿落叶阔叶林植被类型。通过物种海拔共存区间分析, 并排除地质时期气候变化的影响, 该地区在晚中

新世已经达到 3000 米左右, 但是还不及现在的海拔高度。通过叶相-气候多变量分析程序(CLAMP)定量重建卡均植物群的古气候表明, 当时的年均温为 13.2 ± 1.3 °C, 远远低于该地区现在的 4.1 °C; 生长季节(月均温 ≥ 10 °C)长度为 8 个月, 生长季节降雨量为 485 ± 218 mm (现在为 431 mm); 另外, 降雨的季节性变化远不及现在。综合上述结果表明, 西藏东部自晚中新世以来经历了继续隆升的过程, 高原的隆升使得该地区气候逐渐转冷变干, 季风气候进一步增强。综上所述, 芒康县卡均植物群的发现, 对于认识西藏东部的隆升历史以及古环境变化提供了重要的化石证据。

S01-O-15

晚中新世北大西洋涛动与北极暖期

成全^{1*}, 刘裕生², 柳中晖³

- 1 吉林大学 东北亚生物演化与环境教育部重点实验室, 长春 130026;
- 2 德州农工大学普文分校 研究生院, Prairie View, Texas 77446;
- 3 香港大学 地球科学系, 香港

* quan@jlu.edu.cn

The meridional gradient of atmospheric pressure over the North Atlantic substantially affects regional and global climates. In particular, the North Atlantic Oscillation (NAO) is the most important atmospheric mode in the North Hemisphere that steers interannual to interdecadal climate variability of extratropics. The NAO is a large-scale air pressure seesaw between the subtropical high and the sub-polar low, by which conveying the heat and moisture poleward, especially in the winter. The state of NAO is described by the NAO index, typically calculated as sea-level air pressure anomaly between the Icelandic Low in the north and the

Azores High in the south during wintertime. When the low- and high-pressure centers are both intensified, NAO is subsequently in its positive phase represented by a NAO index higher than normal, whereas the NAO index turns to be lower when both pressure centers are weakened during its negative phase. In positive phases, the mid-latitude westerly winds across the North Atlantic to Europe are enhanced and shifted northward, pumping more heat and moisture to eastern United States and the Central–North Europe, meanwhile leading the Mediterranean Europe oppositely to a dry condition.

Assessing the condition of the paleo-NAO is therefore essential for understanding the global warming in both deep time and future. The late Hemphillian of the late Neogene, spanning 7–5 Ma according to the North American Land Mammal Stage, largely overlapping the Messinian (7.25–5.33 Ma) of the latest Miocene, provides a particularly exacting analogue for modern global changes.

Here we estimate the late Hemphillian NAO index by a new technique based on fossil plants from the Gray Fossil Site (GFS) of eastern Tennessee, southeastern USA. The GFS is critical in understanding the climate condition induced by paleo-NAO phases, as it is the only known late Hemphillian terrestrial locality in eastern North America, where the modern winter temperatures are substantially modulated by the condition of NAO. In GFS the positive relationship is rather evident and stable, with $r = 0.634$ and $p < 0.01$. The winter climate of the late Hemphillian GFS was reconstructed using the standard method of Mutual Climatic Range

(MCR). Our MCR result suggests that the late Hemphillian winter of the GFS is 4.6–5.9 °C, much warmer than the present of 3.0 °C. This result is corroborated by occurrences of alligators hereof. Applying the regression function between winter temperature and NAO condition, there suggests a predominantly positive phase of NAO, with index of 3.3–6.0.

S01-O-16

云南晚新近纪沉积盆地磁性地层年代框架及沉积环境演变

邓成龙*, 李仕虎, 朱日祥

中国科学院地质与地球物理所岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029

* cldeng@mail.iggcas.ac.cn

青藏高原东南缘的云南地区发育一系列新近纪断陷盆地, 盆地内产出一系列重要的陆地生物群, 特别是含禄丰古猿的哺乳动物群。因此, 该区的晚新生代沉积盆地在古生物地层学、生物演化(特别是古猿演化)与环境变化关系等方面具有重要意义。近年来, 我们对云南地区产出重要植物群和动物群的沉积盆地(包括昭通盆地、小龙潭盆地、大理盆地和文山盆地等)进行了高分辨率的磁性地层年代学研究, 建立了这些盆地的高分辨率磁性地层年代学框架和沉积环境演变序列, 厘定了若干重要生物群的时代, 为研究青藏高原东南缘地区生物演化与环境变化提供了准确的年代学制约。主要结果如下:

昭通盆地记录了 C3Br 负极性时到 C2An.1n 正极性时之间的沉积, 相应的地层年龄约为 8–3 Ma, 即中新世晚期到上新世晚期, 其中昭通盆地发现的禄丰古猿化石及其伴生哺乳动物群产于 C3An.1n 正极性时早期, 年代为~6.2 Ma; 大理盆地记录了 C4n.1r 负极性

时到 C2n 正极性时之间的沉积, 相应的地层年龄为 7.6–1.8 Ma, 即中新世晚期到更新世早期, 三营植物群产出于上新世地层中; 小龙潭盆地记录了 C5Ar.1r 负极性时到 C5n.2n 正极性时之间的沉积, 相应的地层年龄约为 12.7–10 Ma, 即中中新世晚期到晚中新世早期, 开远古猿的年龄为~11.6 Ma 或~12.5 Ma; 文山盆地记录了 C5Cn 正极性时与 C5Br 负极性时, 虽然不完整, 但记录了 C5Cn/C5Br 地磁极性倒转, 亦即早中新世与晚中新世界限 (15.97 Ma), 因此, 文山植物群产出于中中新世气候适宜期 (17–15 Ma) 地层中。

S01-O-17

中国新近纪长鼻类生物年代—高分辨率陆相生物地层学的范例

王世骥^{1,2*}, 邓涛^{1,2}, 叶捷¹

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 北京 100044;

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心, 北京 100101

* wangshiqi@ivpp.ac.cn

传统的生物地层学在确定地层年代方面的重要性正在受到多种高精度年学地层学手段的冲击, 特别是由于同位素年代地层学和磁性年代地层学的广泛应用。然而, 对于新近纪陆相地层, 哺乳动物化石在年代地层学中仍然具有不可替代的作用。同位素年代地层学和磁性年代地层学的测定取决于地层本身及岩性特征, 而哺乳动物年代地层学的测定取决于化石的保存情况。由于陆相地层的复杂性, 这些条件往往不能同时满足, 只有多种方法结合才能得到满意的年代地层学结果。

我们所开展的中国新近纪长鼻类生物年

代学研究可以成为高分辨率陆相生物地层学的一个范例。长鼻类在新近纪早期从非洲侵入欧亚大陆, 继而进入美洲大陆 (Shoshani and Tassy, 1996)。由于长鼻类具有强大的迁移能力和非常快的演化速率, 同一物种在不同地点的首先可以认为是等时的, 因此长鼻类在跨区域的陆相生物地层对比中往往具有标志的意义。然而, 长鼻类究竟具有多高的年代地层分辨率, 这个问题却从来没有系统的研究和明确的结论。

我们通过对中国长鼻类化石的深入研究表明, 大部分长鼻类化石种的延限带一般不超过一个 MN Zone (欧洲哺乳动物分期, Steininger, 1999)。一个 MN Zone 的时间跨度一般在 1~2 个 Ma, 因此, 长鼻类化石对地层的时间分辨率至少能达到 1~2 个 Ma, 而且应该更高 (原因是我们目前没有比 MN Zone 时间分辨率更高的年代地层框架)。具体研究结果按中国北方和南方分别介绍如下。

中国北方新近系的地层发育, 剖面连续, 长鼻类化石丰富, 研究条件好, 因此研究比较充分。依据中国陆生哺乳动物分期与欧洲分期的对比, 化石种类按欧洲哺乳动物分期列举如下: MN3 (20.5~18.0 Ma): *Torynobelodon dangheensis* (Wang and Qiu, 2002), 西水沟地点。MN4 (18.0~17.0 Ma): *Choerolophodon guangheensis* Wang and Deng, 2011 和 *Protanancus brevirostris* Wang et al., 2015, 大浪沟地点; *Stegolophodon hueiheensis* Chow, 1959, 下草湾地点。MN5 (17.0~15.0 Ma): *Choerolophodon* sp. nov., 虎家沟地点; *Protanancus tobieni* Guan, 1988, 黄家水、安湾地点; *Gomphotherium inopinatum* (Borissiak and Belyaeva, 1928), 甘池梁地点; *Gomphotherium connexum* (Hopwood, 1936) subspecies 1, 吊沟地点。MN6 (15.0~13.5 Ma): *Choerolophodon* cf. *chioticus* Tobien, 1980, 庙

儿岭地点; *Amebelodontidae* gen. et sp. nov., 马二嘴子沟地点; *Platybelodon tongxinensis* (Chen, 1978), 马二嘴子沟、沙台沟等地点; *Gomphotherium connexum* subspecies 2, 铁尔斯哈巴合地点; *Gomphotherium wimani* (Hopwood, 1936), 李二堡、泉头沟、南峪等地点; *Gomphotherium* cf. *subtapiroideum* (Schlesinger, 1917), 高坡地点; *Mammutidae* gen. nov. *gobiensis* (Osborn and Granger, 1932), 沙台沟地点。MN7 (13.5~?12Ma): *Platybelodon grangeri* (Osborn, 1931), 推饶木、夺勒布勒津、曾家、冷水沟、黑家沟等地点; *Gomphotherium* sp. nov., 朱家川、黑家沟等地点; *Mammutidae* gen. nov. *gobiensis*, 老沟地点; *Zygalophodon* cf. *turicensis* (Schinz, 1824), 冷水沟地点。MN8 (?12~11.1Ma): *Platybelodon* sp. nov. 和 *Mammutidae* gen. nov. *gobiensis*, “铲齿象坑”地点。MN9 (11.1~9.7 Ma): *Prodeinotherium sinense* Qiu et al., 2007, 班土地点; *Konobelodon rubustus* Wang et al., 2016 subspecies 1, 郭泥沟、仲马家地点; *Tetralophodon* aff. *xiaolongtanensis* (Chow and Zhang, 1974), 托素湖地点。MN10 (9.7~8.7 Ma): *Konobelodon rubustus* subspecies 2, 巴家、寺沟、山庄、双拱北等地点; *Tetralophodon* sp. nov., 吴忠建材厂地点。MN11 (8.7~8.0 Ma): *Paratetralophodon* cf. *hasnotensis* (Osborn, 1936), 水家嘴地点。MN12 (8.0~6.6 Ma): *Anancus exoletus* (Hopwood, 1936), 冀家沟地点; *Mammut* cf. *obliquelophus* (Mucha, 1980), 桦林三社、冀家沟等地点。MN13 (6.6~4.9 Ma): *Sinomastodon praeintermedius* Wang et al., 2015, *Mammut* cf. *obliquelophus*, *Stegolophodon licenti* (Teilhard and Tassaert, 1937), 榆社盆地马会组等地点; MN14 和 MN15 (4.9~4.2 和 4.2~3.6 Ma): *Anancus cuneatus* (Teilhard and Tassaert, 1937),

Sinomastodon intermedius (Teilhard and Tassaert, 1937), *Mammut borsoni* (Hays, 1834), *Stegodon zdanskyi* (Hopwood, 1936), 榆社盆地高庄组等地点。MN16 (3.6~2.6 Ma), *Anancus sinensis* (Hopwood, 1936), *Sinomastodon huananensis* (Chow and Zhang, 1974), *Stegodon zdanskyi*, *Mammuthus* sp., 榆社盆地麻则沟组等地点。

中国南方的新近系地层发育不全(上中新统和中中新统缺失), 剖面连续性不好, 化石和地层两方面的研究都不够充分。化石种类有: MN9 和 MN10: *Tetralophodon xiaolongtanensis*, *Zygalophodon* cf. *turicensis*, 开远小龙潭。MN11: *Mammutidae* gen. nov. *gobiensis*, 元谋芝麻。MN12: *Tetralophodon xiaohenensis* (Ji and Zhang, 2004), *Mammut* cf. *obliquelophus*, *Stegolophodon stegodontoides* (Pilgrim, 1913), 元谋小河、雷老; ?*Sinomastodon* sp., 禄丰石灰坝。MN13: *Sinomastodon praeintermedius*, *Mammut* cf. *obliquelophus*, *Stegodon zhaotongensis* (Chow and Zhai, 1962), 昭通水塘坝; MN14~MN6(上新世): *Sinomastodon* spp., *Stegodon* spp., 具体种类、时代和地点有待研究考证。*Choerolophodon* cf. *corrugatus* (Pilgrim, 1913), 盐井沟, 时代不明。

从以上结果可以看出, 长鼻类在新近纪中国地区具有很高的分异度和演化速率。长鼻类物种的周期一般在 1~2 Ma, 之后很快进化成新的物种或者原有物种被取代。反过来说, 如果在地层中发现保存良好的长鼻类化石, 能够鉴定到种一级的水平, 那么就可以把地层的时代确定在 1~2 Ma 之内, 从而达到相对比较精确的年代学确定。

这一研究也给出了一个清晰的中国地区长鼻类演化面貌: 在早中新世晚期到中中新世, 中国北方长鼻类以豕脊齿象科、铲齿象

科、嵌齿象科的成员为主，尤其是在早中新世晚期到中中新世早期这一段时间特别繁盛，而且形态上全部具有长颌型的乳齿象类的特点。到了晚中新世，长鼻类变得非常稀少，形态上也处于由长颌型的乳齿象类向短颌型乳齿象类转变的时期。而到了上新世，长鼻类又好像恢复了生机，但类群的面貌已发生了很大的变化，以嵌齿象亚科的中华乳齿象和互棱齿象、剑齿象科、玛姆象科为主，形态上也全部转变成了短颌型的乳齿象类。到了上新世的最晚期还出现了原始的高冠齿板为特征的真象（真象是更新世的代表类群）。长鼻类的这一演化面貌的转变又与新近系大的环境演化密切相关。长鼻类在早中新世晚期和中中新世的繁荣正对应于全球所谓的中新世气候适宜期（Zachos, 2008），全球气候以温暖湿润的林地其特征，特别适应于低冠长颌的乳齿象类生存。而晚中新世到来之时，正是处于中中新世气候适宜期结束，草原植被扩张，气候干旱化的时期（中国北方三趾马土红的出现），原有的长颌乳齿象类加速灭绝，短颌乳齿象产生。而晚中新世最晚期到整个上新世，有证据表明随着青藏高原隆起，东亚季风增强，使得中国北方呈现一时的湿润气候，长鼻类也再度繁盛（Wang et al., 2015），但形态上已由进步的短颌乳齿象取代了原来的长颌乳齿象。而中国南方在早中新世到中中新世由于地层缺失，长鼻类的演化情况不明，但晚中新世中国南方仍然保持着比较湿润的气候，长鼻类的种属比较丰富，一些晚中新世在中国北方灭绝的类群（如玛姆象科及豕脊齿象科的一些成员），在南方仍然存在，并且这种状态一直延续到上新世。

S01-O-18

青藏高原东北缘晚中新世哺乳动物群磁性年代学研究及

其对哺乳动物迁移和古环境的指示意义

张鹏¹, 敖红^{1*}, Mark J. Dekkers², Andrew P. Roberts³, 安芷生¹, 李永项⁴,

卢凤艳¹, 林杉^{1,5}, 李兴文^{1,5}

1. 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061;

2. Paleomagnetic Laboratory 'Fort Hoofddijk', Department of Earth Sciences, Faculty of Geosciences, Utrecht University, Budapestlaan 17, 3584 CD Utrecht, The Netherlands;

3. Research School of Earth Sciences, The Australian National University, Canberra 2601, Australia;

4. 西北大学大陆动力学国家重点实验室, 西安, 710069;

5. 中国科学院大学, 北京, 100049

* aohong@ieecas.cn

剑齿象是长鼻目真象科剑齿象亚科已灭绝的一属，在上新世和更新世的亚洲大陆最为繁盛。最早的剑齿象出现于晚中新世，最晚可以生存到晚更新世。目前对于剑齿象的起源存在两种观点：传统观点认为剑齿象起源于亚洲，而另外一种观点认为其起源于非洲。目前在我国有甘肃兰州盆地和山西榆社盆地 2 个地点产出了晚中新世的剑齿象化石，其中榆社盆地剑齿象化石通过磁性地层学确定其年代约 600 万年，而兰州盆地的剑齿象化石年代目前只受到伴生哺乳动物群的生物地层年代学制约，即只知道位于晚中新世，缺乏更加准确的年代。

本研究对兰州盆地蕴含剑齿象化石的邢家湾剖面开展了详细的岩石磁学和磁性地层年代学研究。岩石磁学结果表明，邢家湾剖面的河湖相沉积物中主要磁性矿物为赤铁矿和磁铁矿。我们以 20-50 cm 间距对剖面的样品进行了高分辨率系统热退磁工作，大部分样品或得了比较稳定的特征剩磁（占总样品

66%)。建立的邢家湾剖面磁性地层序列与晚中新世标准极性年表存在两种对比方案。一种对比方案表明邢家湾剖面记录了从 C5r.2n 到 C4n.1n 的极性带,剖面年代约为 11.6 - 7.6 Ma。邢家湾动物群位于 C5r.1r 和 C5n.2n 极性带的界线附近,其年代约 11 Ma。另外一种对比方案表明邢家湾剖面记录了从 C4An.2n 到 C3n.2n 的极性带,剖面年代约为 8.9 - 4.8 Ma。邢家湾动物群位于 C4r.1r 和 C4n.2n 极性带的界线附近,其年代约 8 Ma。

本研究表明邢家湾动物群蕴含的剑齿象化石年代至少 800 万年,也可能达到了 11 00 万年,这两个年代都比非洲的剑齿象出现的年代(约 700 万年)要早,是目前全球最早剑齿象化石。因此这为剑齿象起源亚洲的传统观点提供了新的年代学证据,而且剑齿象应该是从我国兰州盆地走出,逐步迁移到非洲的。此外,在邢家湾动物群的哺乳动物中既有森林型物种,也有草原型物种,这说明兰州盆地在晚中新世具有森林和草原混合的植被类型,与现今干旱-半干旱草原植被类型显著不同。

S01-P-01S

蜗牛壳体 $\delta^{13}\text{C}$ 与土壤有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 之间关系的探讨

鲍睿, 李成龙, 盛雪芬*

南京大学地球与工程科学学院, 南京 210023

* shenxuer@nju.edu.cn

蜗牛壳体 $\delta^{13}\text{C}$ 值主要受蜗牛所吃食物的碳同位素组成的影响,故一般认为壳体 $\delta^{13}\text{C}$ 值能够较好的反映当地的生态植被组成;蜗牛软体组织(即肉体部分)的 $\delta^{13}\text{C}$ 值能很好的反映食物的碳同位素组成特征,其 $\delta^{13}\text{C}$ 值能够反映其所消耗食物中的 C_3 和 C_4 植物的碳同位素组成,并且证实了蜗牛软体组织和食物之间的碳同位素组成的分馏值很小,一般

小于 1‰;但是,在利用蜗牛壳体的 $\delta^{13}\text{C}$ 值来反映栖息地的植被组成时往往需要假设蜗牛按照当地环境中的 C_3 和 C_4 植物分布的比例来食用环境中的植物,这就给以蜗牛碳同位素组成来反映植被组成造成了不确定性。到目前为止,蜗牛是食用某些特定的植物还是对生态系统中的植被不加选择的综合食用,还是很难判断的,也就是说有关蜗牛的食物组构的结论还有待进一步的考察,而土壤有机质是由植物残体积累降解而形成的,其有机碳同位素组成被认为与地面上的植被碳同位素组成有直接关系,是地表植被碳同位素组成状况的综合反映。所以若蜗牛的食物组成反映的是环境中综合植被的碳同位素组成,那么壳体与土壤碳同位素组成之间理应存在较好的相关性且具有稳定的差值,并且蜗牛肉体和土壤有机质之间的碳同位素组成理应比较接近,为此本研究着重对壳体 $\delta^{13}\text{C}$ 值和土壤有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 值之间的关系进行探讨,通过对中国东亚季风区域 17 个采样点蜗牛壳体 $\delta^{13}\text{C}$ 值、土壤有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 值以及对应蜗牛肉体部分的有机质的 $\delta^{13}\text{C}$ 值的分析发现, $\Delta^{13}\text{C}_{\text{壳体-土壤}}$ (壳体和土壤有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 值的差值)的范围为, 7.36‰~14.65‰,平均值为 11.94‰。其中,韶关和永定两点的数据出现异常,其 $\Delta^{13}\text{C}_{\text{壳体-土壤}}$ 的值分别为 7.36‰和 7.75‰, $\Delta^{13}\text{C}_{\text{肉体-土壤}}$ 的值分别为 4.61‰和 3.26‰;而其它 15 个点的 $\Delta^{13}\text{C}_{\text{壳体-土壤}}$ 的平均值为 12.53‰, $\Delta^{13}\text{C}_{\text{肉体-土壤}}$ 的平均值为 0.79‰,这说明韶关和永定两点的蜗牛较多的摄入了 C_4 植物,而其它点则几乎不受 C_4 植物影响。在除去韶关和永定两点后,我们作出了壳体和土壤有机质碳同位素组成之间的相关性图解,其关系式为 $y=0.5346x+0.6385$ ($R^2=0.4626$),土壤有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 值与壳体 $\delta^{13}\text{C}$ 值之间存在良好的相关性,因此我们可以大胆推断土壤有机质是野外陆生蜗牛食物组构很好的信息反馈体。故在研

究野外陆生蜗牛壳体碳同位素组成时，蜗牛所在区土壤具有积极的指导意义，对利用蜗牛来更好的反映当地植被组成有着积极的辅助说明作用。

S01-P-02S

Age for the Middle-Late Devonian Hujiersite Flora in Xinjiang, NW China

Daran Zheng¹, Honghe Xu², Jun Wang¹, Chongqing Feng¹, Haichun Zhang², Su-Chin Chang^{1*}

1 Department of Earth Sciences, The University of Hong Kong, Hong Kong Special Administrative Region, China

2 State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, 39 East Beijing Road, Nanjing 210008, China

*suchin@hku.hk

The Hujiersite Flora from the Hujiersite Formation in West Junggar, China has been identified as the typical Devonian Flora. This flora comprises abundant magaplant, megaspore and miospore fossils, represented in 251 Hill in the form of reverse fault. The age of the Hujiersite Flora in 251 Hill was previously considered to be Givetian based on various plant fossils. Although the importance of the Hujiersite Flora has been indicated, previous isotopic age constraint for this flora is absent. In this study, we collected two tuffaceous sandstone from 251 Hill. Detrital zircon from these samples were separated and analyzed by ICP-MS U-Pb dating at The University of Hong Kong. A youngest age 385 Ma (Givetian) is suggested for the hanging wall of the Upper Hujiersite Formation, while 380 Ma (Early

Frasnian) for the footwall, firstly giving a Givetian–Early Frasnian age for the depositional age of the Hujiersite Flora in Hill 251. This study also provides a criterion for the coeval floras.

S01-P-03

四川自贡大山铺蜀龙动物群年龄重新厘定-碎屑锆石 U-Pb 年龄制约

王俊^{1*}, 叶勇², 张素菁¹, 张海春^{3,4}, 郑大燃¹

1 香港大学地球科学系, 香港

2 自贡恐龙博物馆, 自贡 643013

3 现代古生物学和地层学国家重点实验室, 江苏南京 210008

4 中国科学院南京地质古生物研究所, 江苏南京 210008

* johnwanggeo@gmail.com

四川自贡地区中生代陆相红色沉积岩层中蕴藏着门类众多、数量丰富、保存完美的恐龙化石群，是全球侏罗纪恐龙研究最理想的地区。其中，以自贡大山铺地区为主要发掘地的蜀龙动物群是中国从三叠纪到白垩纪划分出的五个恐龙动物群之一（董枝明，1980；李奎等，1997），在恐龙演化史研究上填补了中侏罗世恐龙系统发育的缺失，在三叠纪禄丰蜥龙动物群和晚侏罗世马门溪龙动物群之间起到了承上启下的作用（彭光照等，2005）。因此，蜀龙动物群的主要分布地层-下沙溪庙组（J₂xs），一直以来都一致被认为是中侏罗世的代表地层。绝大部分无脊椎动物化石组合也基本支持这一观点（夏宗实等，1982）。

然而，对于该区的主要化石层位，目前为止并无确切的同位素绝对年龄报道。基于此，我们在自贡恐龙博物馆馆址下沙溪庙组采集了四个具有代表性的恐龙化石同层凝灰质砂岩样品，对其中分选出的锆石利用激光

剥蚀等离子质谱法 (LA-ICPMS) 进行测年, 获得了第一手的同位素年龄资料。四个样品中的两个样品的最年轻锆石年龄一致为 159 ± 2 Ma, 显示了地层的最大沉积年龄。考虑到该套地层中其他无脊椎动物化石主要支持中侏罗纪的观点, 并结合锆石的形态学和地球化学特征, 该年龄应该接近其沉积年龄。因此, 四川盆地下沙溪庙组及其赋含的蜀龙动物群应重新划归至晚侏罗世早期。

S01-P-04

红树林湿地扩张机制与沉积动力研究

刘涛

广西大学海洋学院/珊瑚礁研究中心, 广西 南宁,

530004

salanitana@sina.com

红树林一般发育在热带-亚热带地区的潮间带中上部, 对于海岸带生态平衡、减轻海啸和风暴潮灾害损失、防止海岸侵蚀具有重要意义, 最近历史时期以来, 主要由于人类破坏, 我国红树林面积大量减少, 而剩余红树林湿地在海平面上升和气候变化背景下的恢复能力和保持潜力是一个值得关心的科学问题。本项研究通过对于广西南流江河口一片红树林湿地的面积扩张历史、沉积与地貌特征、潮汐水文泥沙过程以及当地近 30 余年来的气候变化过程进行了综合研究, 分析了控制该红树林面积变化的主要因素及红树林湿地的泥沙沉积动力机制, 研究结果表明:

(1) 红树林的面积扩张并不是一个渐进过程, 而是集中发生于特定的历史时期。

(2) 滩面高程仅是红树林扩张的必要条件, 并不是决定性原因, 在林前光滩高程达到红树林幼苗存活条件近 30 年之后, 光滩才最终被红树林覆盖。

(3) 控制该红树林扩张的决定性因素是

气候条件, 红树林的显著扩张仅发生在夏季无台风登陆 (或登陆台风强度很弱) 且冬季无极端低温事件的连续时段 (持续时间三年以上)。

(4) 在正常天气状况下的潮汐过程中, 红树林湿地内部水流流速均低于 10cm/s, 再悬浮作用十分微弱, 林内沉积通量主要受河口浑水团的悬沙浓度和空间分布影响。

(5) 台风过程对于红树林泥沙输入具有重要意义, 红树林潮坪沉积物中风暴沉积的比重可超过 50%, 风暴频率和强度增大可以引起红树林湿地沉积速率的显著增加。

根据以上研究结果, 在全球变暖、海平面上升、未来风暴频率和强度可能增加的情况下, 该红树林湿地的面积扩张将会受到限制, 但其泥沙沉积速率则有可能增加, 这将有利于其在海平面加速上升的威胁下保持现有规模。

S01-P-05S

现代介形虫组合与水深的关系以及在重建湖泊古水深中应用的初探——以洞庭湖为例

王铎, 丁旋*

中国地质大学 (北京) 海洋学院, 北京 100083

*dingx@cugb.edu.cn

湖泊古水深的重建是古湖泊学的重要研究内容, 也为油气藏潜力的评估提供参考依据, 因此湖泊古水深的定量恢复一直是研究的热点与难点。介形虫作为淡水中常见的甲壳动物, 在湖水中各个深度都有分布且数量较多。介形虫对水深等环境因子的变化响应敏感, 且其钙质壳在地层中容易保存, 因此介形虫是研究湖泊古环境变化的理想材料。本研究选择介形虫来进行水深与生物组合的相关性研究。

研究材料取自于洞庭湖的表层沉积物，样方大小约 10cm x 10cm x 20cm，采样点的湖水深度范围为 2.2m 至 5.1m。在所采集的 37 个样品中共鉴定出 7 个种 6 个属的介形虫 (*Candoniella albicans*, *Candona vomerina*, *Cypria luminosa*, *Ilyocypris subbradyi*, *Ilyocypris gaoyouensis*, *Lineocypris jiangsuensis*, *Turkmenella lubrica*)，壳体个数共计 2768 个。对介形虫组合数据进行去趋势对应分析 (Detrended correspondence analysis, DCA)，根据分析结果的梯度长度结果 (小于 2) 进而选择冗余分析 (Redundancy analysis, RDA) 来研究介形虫与水深的关系。分析结果表明水深变化解释了 23.7% 的介形虫属种变化信息，并且介形虫组合与水深在 $p < 0.01$ 的水平显著相关，表明数据适合进行介形虫-水深转换方程的构建。运用 C2 data analysis 软件对结果进行转换方程构建，选取加权平均 (Weighted Averaging, WA)，加权平均偏最小二乘 (Weighted Averaging Partial Least Squares, WAPLS) 和偏最小二乘 (Partial Least Squares, PLS) 模型分别建立洞庭湖区介形虫组合与水深的转换函数模型，模型间互相对比并进行优化 (过程中采用 leave-one-out 方法进行交叉检验)，结果表明 PLS 模型的预测结果最佳，其标准误差 RMSE=0.42m，决定系数 $R^2=0.59$ 。在进行湖泊古水深重建过程中，若岩心样品介形虫属种组合与本研究样品中组合相近，则运用本次研究数据可以对古环境水深进行平均误差为 0.42m 的重建。

S02-O-01

古 DNA 分析探究末次冰期欧亚大陆人群对气候环境的响应情况

付巧妹

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所古 DNA 实验室, 北京, 100044
fuqiaomei@ivpp.ac.cn

末次冰期是是很多动物的末路，如猛犸象、披毛犀等都灭绝了，然而这个阶段也是人类进化的重要阶段。末次的盛冰期 (LGM，距今 26000-19000 年) 出现的极致环境影响了欧洲人群的活动范围。这时土地大面积被冰层覆盖，不适宜人类居住。这些冰层并不是均匀地覆盖北半球，有的冰层达 5 公里厚。在欧洲，它们主要影响中部和西北部地区。末次盛冰期时海平面大约 125 米，比今天低，海岸线比例不同。温度平均比现在低 10 至 12 度，气候也更干旱。耐旱草种和沙丘会占主导地位，北欧基本无人居住。在这个阶段南欧成为主要避难所。到了距今 1.4 万年后，气候出现强烈变暖湿，对人群影响不是很确定，但至少适宜人类生存的范围扩大。这几个过程中，代表这些文化的人群是什么关系一直以来都不清楚。这些不同文化人群是否体现了气候的响应，一直以来都是未解之谜。此外，相同文化人群是否为相近人群？这种文化相似的动力是什么？是由技术传播带来的还是人群迁徙带来？如此波动的气候对人类的影响是否如后期农业的出现后欧洲人群一样复杂？此类问题的研究意义深远。

我们通过研究 51 个末次冰期欧亚不同人群个体的基因组数据，在时空研究的时空框架探究冰河时期的欧亚人群是否有连续性，是否存在人群重组；揭示 8 千年到 4.5 万年不同区域的人群特点，是否相互关联，对现代人群有怎样的贡献。在该研究之前，全世界基因组范围的旧石器时代晚期现代人仅有几个，而我们研究了 51 个有基因组数据的欧亚个体 (时间涵盖 4.5 万年—8 千年)，大大拓展了研究对象。且与以前静态研究每一个体不同，我们首次展示了末次冰期人群动态转变。研究表明：1) 早期现代人中尼安德特人

的基因含量在不断下降，很可能是自然选择去除不利于现代人适应环境造成的结果；2) 欧洲存在一个早期现代人的重要群体，他们对后期人群影响很大。该地区有些群体在其间消失。这些在不同时空分布的 51 个个体不仅揭示出各自本身和所在群体的遗传信息，还反映了不同人群的相互关系，并在探讨已知的考古文化体系间的复杂关系方面具有重要作用。此外，有些人群结构的变化，很有可能是其对气候的响应。3) 末次冰期结束后的第一个强烈变暖事件对欧洲人群结构影响很大，欧洲人群在距今约 1.4 万年与近东人群出现了很强的联系。

S02-O-02

真相与谬误：现代人起源研究的进展与思考

高星

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044
gaoxing@ivpp.ac.cn

现代人起源问题是近 30 年来古人类学、考古学与遗传学研究的热点，围绕“多地区进化”与“非洲单一地区起源”两个假说形成针锋相对的学术阵营，发生着激烈的论辩。近年来，随着分子生物学对尼安德特人与丹尼索瓦人古 DNA 提取和测序的突破及不同古人群间基因交流证据的发现，“出自非洲说”在向“同化说”修正。新发现的古人类化石表明在早期现代人形成过程中不同地区存在不同的支系人群，早期现代人在 10 万年前既已出现在中国南方，强化了对东亚地区人类“连续进化附带杂交”观点的支持。考古学研究则表明现代人群演化、适应、迁徙、交流是一个复杂的过程与图景，用简单的模式很难加以概括，应该更多思考“区域性多样化”的人类演化格局。本报告将系统归纳有关现代人起源研究的证据、假说及其新进展，

对中国地区人类连续演化、现代人起源与演化及环境适应的多样性展开论述，并对相关研究及成果解释中存在的谬误、不确定性、问题及前景做出分析和前瞻。

S02-O-03

中国古人类化石新证据与人类起源问题的思考

赵凌霞

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044
zhaolingxia@ivpp.ac.cn

华南地区发现的大型类人猿化石，对于阐释早期人类起源及其环境背景有着重要意义。云南晚中新世的禄丰古猿、华南更新世巨猿和猩猩类的化石发现及其研究新进展，为探讨东亚地区早期人类起源问题提供了新证据。

最近几年先后在山西襄汾、贵州毕节、河南栾川等地新发现的古人类化石，为探讨东亚地区现代人起源的问题，提供了新的证据。

综合近年来中国古人类化石新发现及研究新进展，作者在此思考和探讨东亚地区早期人类起源和现代人起源的科学问题。

S02-O-04

安徽东至华龙洞发现的古人类化石及生存活动证据

吴秀杰*, 刘武

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所
*wuxiujie@ivpp.ac.cn

2014-2015 年，我们对位于安徽省东至县境内的华龙洞进行了发掘，取得了一系列重大发现，发现包括 1 件古人类头骨化石在内的 20 余件古人类化石，石器，三十余种哺乳动物化石和大量具有人工砍砸痕迹的骨片。

(1) 发现的古人类化石标本: 发现 1 件保存有眼眶和部分面部的头骨、1 件保存有眼眶上缘(眉脊部分)的头骨残片、3 件下颌骨残段(附带 4 枚牙齿)、1 件上颌骨残段(附带 1 枚牙齿)、3 枚单个牙齿、若干头骨碎片。根据对发现的古人类化石形态的初步观察并结合对动物群组成的分析, 可以确定在华龙洞发现的古人类化石属于直立人; (2) 发现 20 余种哺乳动物化石: 发现并采集了数量丰富的动物化石, 初步统计动物化石大约有 6000 余件; (3) 发现了古人类生存活动的证据: 在发掘及对发现的动物化石整理过程中发现, 一些动物骨骼呈现非自然性的断裂。此外, 大量动物骨骼表面具有切割、砍砸、破碎等痕迹。此外, 发现的动物骨骼大部分非常破碎, 不太可能完全自然形成。推测这些现象可能是古人类宰杀食用动物的证据。此外, 在发掘过程中, 从地层中发现若干古人类加工使用过的石器; (4) 对华龙洞的动物群组成和时代获得新的认识: 以往对华龙洞动物群的组成和地质时代有不同的认识。根据对 2006 年发现的动物化石的分析, 初步确定华龙洞动物群包括 20 余种动物。目前已确定的灭绝种类有剑齿象、巨獭、巴氏大熊猫、谷氏大额牛、肿骨鹿、小猪等种类。根据动物群的组成, 华龙洞古人类生存时代在更新世中期, 与安徽和县直立人年代接近或更早; (5) 初步掌握了华龙洞的化石资源及洞穴地质情况: 经过两次野外发掘, 我们对华龙洞地质及化石资源情况进行了初步调查。根据目前掌握的证据, 我们认为华龙洞是由一处古老的洞穴坍塌所形成。目前仍然蕴藏着丰富的化石资源, 具有很好的未来工作前景。华龙洞距离发现更新世中期人类化石的和县、巢县和南京汤山地点都很近, 这个地点目前还保存丰富的含化石地层堆积, 具有良好的工作前景, 因而在华龙洞发现的人类化石及相关材料对于

研究中国以及整个东亚地区人类演化具有很重要的科学价值。同时, 通过对华龙洞的发掘和多学科研究还将提供这一地区古气候和古环境方面的信息, 进而揭示古人类的生存环境和适应能力。

S02-O-05

Excavation Report on the Longquandong Site in Luanchuan, Henan, China in 2011

Shuisheng Du^{1,*}, Li Zhou², Haijiao Pang³

1 School of History, Beijing Normal University, 19

Xinjiekouwai Dajie, Beijing 100875, China

2 Luoyang Academy of Cultural Relics and

Archaeology, 232Kaiyuan Dadao, Luoyang 471000, China

3 Luanchuan Cultural Relics Administrative Institute,

55Xinghua Xijie, Luanchuan

* ssdu@bnu.edu.cn

The Longquandong site is a cave site in the early Upper Paleolithic Period, dating to 42,000-31,000 cal. BP. This site had three strata from early to late. Stratum 1 was modern deposit with breccia or isabeling silt soil; Stratum 2 was the main cultural layer in brownish red clay dating to 31,000-35,000BP; Stratum 3 unearthed a few cultural relics in yellow silt dating to 36,000-42,000BP. There were 512 pieces of lithic products unearthed, including 14 hammer knapping cores, 82 pieces of bipolar technique cores, 2 pieces of hammer knapping flakes, 58 pieces of bipolar technique flakes, 73 pieces of tools (including 34 scrapers, 2 points, 2 chisels, 1 drill, 3 carvers, 9 hammers and anvils, 22 fired stone), 58 pieces of fragments, 225 piece of blocks and a large number of debris unearthed, belonging to

simple core-flake lithic industry. In addition, there were 464 pieces of fauna fossils, including 159 pieces of teeth and 305 pieces of bones in 3cm or more. The animals included large-scaled herbivore animals such as rhinoceros, buffalos, wapiti, spotted deers, muntjacs, sheep, and large-scaled carnivore animals such as tigers, leopards, coursers. In addition, there were some small-scaled carnivore animals such as foxes, weasels, and omnivore animals such as pigs, bears and rodents and fishes. Moreover, there was a bone tool and two overlapped fireplaces discovered.

Based on the analysis on remains from this site, Longquandong people changed the work mode on the quartz raw material from hammer knapping to bipolar technique. It explained the bipolar technique from the prosperous at Locality 1 to decline at Locality 15 in Zhoukoudian in some certain, also it supplied important material on studying periodization and subregions on the Paleolithic cultures in Northern China. This site could be obviously divided into activity zone and rubbish zone. And the people here could hunter large-scaled herbivore mature animals. In addition, they not only could efficiently control and manage the fireplace but also could heat food through the heated stones.

According to the analysis on the only one formal bone tool, this bone tool was regarded different from the knapped bone tools in early period, or the ground bone tools from Shandingdong and Xiaozhushan dating to the Upper Paleolithic Period, but similar with the bone tools from Fanchuandong in Fujian which was mainly produced by scraping technique. The emergence of this type of bone tools in

Africa, West Asia, Europe, normally marked the emergence of modern human being. Combined with the fossils of the modern human unearthed from Southern China, it was considered that the emergence of the modern human and their behavior in Southern China and Southeast Asia and the adaption mode might have been different from those in Northern China and Northeast Asia.

S02-O-06

短尺度气候事件、条件限制与人类直立行走起源：一种新的解释

吴文祥

中国科学院地理科学与资源研究所

wuwx@igsnr.ac.cn

Bipedalism is the key adaptation of the hominin clade and also a prerequisite for evolving into other important adaptations such as encephalization and tool use, thus marking a critical milestone in the human evolutionary history. However, its causal mechanisms have been remained a mystery. The adoption of any novel trait requires that it confer a survival and reproductive advantages to its bearers. However, the transitional bipedalism is not only slow but also unstable compared with quadrupedalism. How could pre-hominins with such a clumsy and inefficient locomotion mode outcompete those intra-specific and inter-specific feeding competitors and survive in the predator-ridden environment is a big problem. What are selective forces necessary to push prebipeds over the bipedalism transition barrier? More than forty-five distinct hypotheses have been put forward to explain its causal mechanism,

however, none has gained a more wide acceptance.

In this manuscript, an alternative hypothesis is offered based on current advances in palaeoclimatic reconstruction and application of principle of uniformitarianism to construct the shorter-term climate scenarios. Synthesis of the various palaeoclimatic records reveals a pronounced interval of climatic deterioration around 8-6Ma. Climatic anomalies during this period include the first appearance of dunes in the Sahara, global expansion of grasslands, diversification of succulent flora, occurrence of ice rafted debris symptomatic of sporadic glaciation in the Northern hemisphere, and a notable cold episode of SST from the North Pacific, North Atlantic, South Atlantic and Mediterranean Sea (Tzanova et al., 2015). Such a global climate deterioration coincides in timing with human divergence from that of chimpanzee lineage between ~6 and 8 million years ago as is indicated by the converging fossil and molecular evidence. Correlation does not necessarily mean a causation. Numerous climatically-related hypotheses such as pulsed turnover (Vrba, 2013), step increasing aridity (deMenocal, 2004), orbital-scale variability (Potts, 2013), and pulsed climate variability (Maslin et al., 2015) have noticed such coincidence, and made further attempts to explain the causal mechanisms between them. However, they failed to present convincing explanation. Possible reasons include: (1) failure to establish reasonable causal pathways between climate change and occurrence of bipedalism; (2) confusion with speciation with evolutionary novel traits; (3) vague in understanding of what

types of climate change can pose selective pressures. And all these reasons can also be partly attributed to the lack of high-resolution palaeoclimatic background. Currently, either the long climate trend hypothesis or orbital-scale climate variability hypothesis to explain the causal mechanisms deal with a mean climate change at a time scale larger than few thousand years, which are much longer than that of pre-hominin lifespan or even longer than the time interval needed to finish the evolution of bipedalism (i.e. contemporary evolution).

Abundant historical and modern climate impact and adaptation studies indicate that it is abrupt climate transitions, short-term climatic variability, and climate extremes that could result in resource stress and thus pose adaptive challenges to those organisms. Similar kinds of climate changes may also be the true climatic variables responsible for the emergence of bipedalism.

However, due to slow sedimentation rates and condensed deposition in conjunction with the bio-disturbance and higher uncertainties in dating, current palaeoclimatic reconstruction failed to reconstruct the climatic scenarios with temporal resolutions lower than millennial scale. In order to understand these short-scale climate scenarios, we must invoke the principle of uniformitarianism. i.e. the present is the key to the past to figure out the characteristic of shorter-term climatic variability.

Such an analogical methods have been widely applied in reconstruction of the behavior and ecology of primates and hominins. For example, the morphology and behavior of living primates (or other animals) whose behavior or

ecology appear similar to extant forms were used to understand those extinct pre-hominins, and the evolutionary theories (physical laws) established through the modern observations and/or experiments were used to explore the process and causes of human evolutions. However, up to now, rarely did researchers use the same principles to reconstruct the short-scale climate variability of remote period that cannot be reliably reconstructed by the current palaeoclimatic archives. During the past two decades, one of biggest breakthroughs of palaeoclimatic research is the establishment that large-scale climate change can occur abruptly. It could be then reasonable inferred by analog that similar abrupt climate transitions may have occurred during the 8-6Ma climate deteriorating period. Some physical laws that operate today may also have operated during the remote time period. One of such physical laws is about the causal relationship between mean temperature change and climate variability. It is self-evident that a depression of the mean temperature will produce a greater frequency of severe cold events if the variability, as measured by the variance, remained unchanged. We use reliable historical climate data from both China and European and highly-resolved palaeoclimatic data from Greenland ice-core to demonstrate the existence of such a causal relationship. Basing on above-mentioned analogical method, we suggest that during the general apparent global cooling interval around 8-6Ma the decrease in temperature may also produce a higher frequency of severe cold events. If these short-term events during some temperature-depressed periods are so closely

spaced or if their impact is sufficiently long-lasting that recovery from one event cannot occur before the next impact event, a longer period of recurrent or persistent resource stress may be entailed.

In such an environment with intermittent or consecutive long interval of resource stress, conspecific (within-group contest and within-group scramble) and heterospecific (between-group contest) feeding competition would intensify, and predation risk would increase, resulting in a high social stress milieu. In such environment, any behaviors that increase their survival and reproductive fitness will be selected for. Upright posture can provide several behaviors and thus increase their survival and reproductive fitness. These behaviors include weapon (wood or stone) throwing, weapon wielding, inter-specific and intra-specific threat displays, and especially standing-up fighting (Carrier, 2011). An added advantage of upright posture is the ability to scan for predators. In addition, large groups as result from defending predators can mob and intimidate predators, which in turn increase the time period of social memories and the ability of social learning, which are essential to maintenance the upright standing.

Another important factor that was necessary to the emergence of bipedalism is environmental or social circumscriptions. As is an established fact that behavior can also act as inhibitor to evolution of a novel traits by tracking the favorable environments or looking for alternative food resources by migrating to those less stressed environment. So a kind of either environmental or social circumscriptions

is needed to prevent mass migrations. During the global cooling interval around 8-6Ma, both the environmental and climatic induced social circumscriptions appeared. By natural environment, it is the appearance of dunes in the Sahara and expansion of grasslands which prevent large-scale migration of stressed pre-Hominins. By social environment, it is the highly predation risk posed by the vast open Savannah environment induced by the climate deterioration around 8-6Ma. In this way, our hypothesis would suggest that the initial bipedalism was established in a non-Savannah environment but rather in a forested environment though more probably in an edge environment, which is consistent with the current palaeoenvironmental reconstructions.

Compared with previous hypotheses, our testable model established plausible causal pathways between climate change and occurrence of bipedalism, was in accord with available environmental, paleontological, anatomical and behavioural evidence, was consistent with the current evolutionary theory (especially the theories about the role of behavior in the evolution of novel traits and contemporary evolution), and could explain more facts or phenomenon, such as not only the process and causal mechanisms, but also the timing of bipedalism evolution. Furthermore, our short-term climate event selection hypothesis could also be applied to explain several other human important adaptations, such as step-like hominin speciation and encephalization.

S02-O-07

我国农业起源、发展与人类适应研究进展

吕厚远

中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

Houyuanlu@mail.iggcas.ac.cn

最近一个冰消期, 在全球 3 个中心地区 (中国、西亚和美洲), 随着气候的转暖, 人类从原始的渔猎采集几乎同步进入到原始农业社会, 开创了人类控制和创造食物资源的新时代。气候环境变化对原始农业的起源起到了怎样的作用? 特别是于以农耕为主体的中华文明的发展, 是如何适应气候变化的? 国内外学者做了大量工作, 取得许多重要成果, 但由于受研究材料和研究方法的限制, 还存在着较多的演绎和推理。近年来在中国科学院战略性先导科技专项和国家自然科学基金重点基金等支持下, 通过多学科、多手段的联合攻关, 取得了一批新成果和新认识, 主要包括:

(1) 腐烂、灰化农作物化石鉴定方法的进展: 通过孢粉、植硅体、淀粉粒、生物标志物等研究方法和手段的创新, 建立了区分、鉴定腐烂、灰化农作物及其野生近缘种的可靠方法, 特别是建立了现代粟、黍、稗、稻、茶等典型农作物 (经济作物)-亲缘野生植物植硅体鉴定标志和图鉴, 明确了农作物-野生植物土壤中植硅体组合差别, 在关键农作物微体化石鉴定方法方面获得了突破;

(2) 植硅体年代学进展: 成功从沉积物中提纯植硅体, 利用植硅体包裹的原生碳进行加速器质谱 ^{14}C (AMS) 测年, 得了精确的年代数据, 为解决诸如早期考古遗址、黄土沉积等缺少传统测年材料的地层定年问题提供了新方法和新手段;

(3) 发现黍、粟大化石和微体化石埋葬

学差别：明确了黍、粟农作物大化石和微体化石埋葬学差别，在此基础上提出了我国东部早期（龙山文化之前）旱作农业的基础主要是黍的观点和证据，深化了对我国农业文明演化过程的认识；

(4) 揭示了末次冰消期以来旱作农业时间-空间的演化特征：早全新世，揭示了黄河流域农作物栽培-驯化过程开始于1万年以前，从栽培到驯化经历了数千年；发现1万年前稗与水稻共同被人类利用的证据，但稗最终没有被驯化。中全新世，发现裴李岗文化传统的旱作农业实际上是旱稻混作农业的证据，8000年前水稻已经广泛传播到黄河流域旱作区，可能与中全新世大暖期有关。论述了中国旧石器时代晚期到新石器时代植物利用进程和黍、粟、稻、麦等旱作农业变化特征，丰富了对黄河流域旱作农业时、空格局的认识；

(5) 揭示了农业演化-传播背景下史前人类生业模式特征：通过研究关中盆地新石器时代中期对软体动物的利用，最古老席子的发现与鉴定、黄河上游地区齐家文化时期农业状况，喇家遗址4000年面条的成分分析与复制，以及最古老茶叶的发现与鉴定，揭示了史前人类文明发展进程及传播历史；

(6) 气候环境变化及与人类活动关系研究：通过对全国考古遗址碳十四概率密度分析，重建4万年以来史前人口变化，发现人口扩张开始于气候变暖的9 ka BP、对应农业大发展期。全新世人口增长期与气候温暖期对应，锐减期与气候冷期对应。

我国农业起源、发展研究仍处在方法突破和材料快速积累的阶段，许多农作物演化、传播的过程目前还在探索阶段，对农业起源、发展与气候、环境、文化之间的关系并不了解，缺少对规律性总结和认识，缺少理论性的引导或突破。

S02-O-08

淮河上、中游地区史前稻—旱混作农业模式的形成、发展与区域差异

杨玉璋¹，程至杰¹，姚凌¹，李为亚²，罗武宏¹，张居中^{2*}

1 中国科学技术大学科技史与科技考古系，合肥，230026

2 莱顿大学考古学院科技考古系，莱顿，2333CC
*juzhzh@ustc.edu.cn

稻—旱混作是淮河上、中游地区史前农业发展的基本模式，现有资料显示，该模式在淮河上游地区最早出现于7.8~7.0ka BP的裴李岗文化中晚期，且至迟在5.0~4.0ka BP的新石器时代末期，成为淮河上、中游地区普遍流行的农业生产方式。然而，对于该农业生产模式在淮河上游地区出现后的发展过程，淮河中游地区的早期农业类型及其发展过程以及淮河上、中游农业模式是否存在区域差异等问题，目前皆不清楚。本文利用浮选法和淀粉粒分析方法，对淮河上、中游地区不同地域、不同阶段的8处新石器时代遗址的炭化及微体植物遗存进行了分析，结果显示，淮河上游稻—旱混作的农业模式自新石器时代中期后段（8.0~7.0ka BP）在裴李岗文化区出现后，经历了新石器时代晚期（6.8~5.0ka BP）的快速发展阶段，至新石器时代末期（5.0~4.0ka BP）完全确立了该模式在人类经济生活中的主体地位。与上游地区不同的是，淮河中游地区新石器时代中期（9.0~6.8ka BP）的原始农业为单一的稻作农业模式，但至新石器时代末期同样形成了稻—旱混作的农业模式，淮河上中游新石器中晚期农业模式的改变与研究区考古学文化的传播有较为直接的关联。此外，分析结果还显示，淮河上、中游地区新石器时代末期虽然同属稻—旱混作的农业模式，但水稻与粟、

黍在这一模式内部结构中的地位在上述两个地区之间存在明显差异。该研究结果对了解淮水上、中游地区史前农业的发展、演变过程以及新石器时代气候环境变化与文化变迁背景下的人类适应方式等问题具有重要科学价值。

S02-O-09

东南地区史前稻作农业起始和发展的环境背景研究

王伟铭*, 舒军武, 陈炜

中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008

* wmwang@nigpas.ac.cn

东南地区史前稻作农业多集中在长江下游地区, 已有的工作较好地揭示了稻作农业在我国长江中下游地区从起始到发展的总体发展过程。一些针对性的工作, 包括更新世末期以来的天然植被变化序列, 表土样品和新石器遗址点等研究, 较为全面地揭示了太湖稻作农业区全新世环境变化与人类活动的相互关系。此外, 杭州跨湖桥遗址及其周围地区沉积物孢粉和微体化石记录表明, 水稻栽培约始于 7750 cal. yr BP, 当地森林中的主导植物栎属 (*Quercus*) 和松属 (*Pinus*) 被针对性地焚烧后, 才得以开展农业生产。

世界范围内, 新石器时代农业生活一般在 12000 年到 10000 年前逐渐形成, 这与人类活动在旧石器时代晚期由山洞开始走向山麓和河谷阶地相一致。在整个旧石器时代, 人类渔猎和高度采集经济活动都具有强烈的迁徙性, 因此都以天然洞穴作为生活休息的场所。现有的考古资料反映, 长江三角洲地区新石器时代的早期先民, 主要聚集在地势较高的区域, 大多为晚更新世末期的古台地。因此, 当人类在适宜的气候条件下将活动范围从西部山地丘陵向平原地区扩展时, 这里便成为人们的首选居住地。

区内稻作农业的起始, 是以人类开始更多地选择低地平原定居为前提, 而末次冰期后的全球性气候变暖、促使野生稻的分布范围不断北移, 也是一个不可忽视的因素。此外, 随着人口的不断增加和气候变化的加剧, 食品的需求增加和存储需要可能是促成稻作农业发展的另一大原因。对东南地区不同研究点过去 21000 年的针对性钻孔研究工作, 从不同气候带揭示了全球性气候变化和突发事件的可能影响, 可为东南地区史前稻作农业的形成与发展, 提供重要参考。

S02-O-10

海岱地区史前稻遗存研究

靳桂云^{1*}, 刘江涛², 宿凯¹

1 山东大学历史文化学院, 济南 250100

2 赤峰学院, 赤峰 024000

海岱地区是中国史前文明的摇篮之一(高广仁等., 1984). 考古学研究表明, 像西亚两河流域及尼罗河流域一样(Trigger, 2003), 农业可能是海岱地区史前农业发展的重要基础(Chang, 1986). 但早期的研究因为受到资料的限制并没有提出海岱地区史前农业发展的明确认识。自上个世纪末开始, 科技考古方法在考古学中的应用不断增加, 越来越多的植物考古、动物考古等数据为我们系统研究海岱地区史前农业提供了坚实的基础。本文从系统搜集海岱地区史前稻遗存入手, 结合其他植物考古、动物考古、人骨同位素食谱等数据以及考古学文化研究结果, 对海岱地区史前农业发展过程进行全面论述。

分析显示, 海岱地区史前农业经历了低水平食物生产-农业初步确立其在生业经济中的地位-强化型农业形成三个主要发展阶段。

植物栽培开始于距今 9000 年前后, 但直到距今 7000 年前后, 仍然处于低水平食物生产阶段。这个阶段的显著特点就是狩猎采集

捕捞是主要的生计手段，但植物栽培已经开始，粟、黍栽培已经开始，稻在谷物中也占有比较重要地位，但其性质尚不清楚。

距今 7000-5000 年，可能是植物栽培和家畜饲养不断发展的时期，最终在距今 5000 年前后确立了农业在生业经济中的主导地位。这个过程中，与粟黍一起，稻也是谷物成员之一，但其性质和地位仍然不够明确。这种情况在不同局域环境下的也有差异，至少泰山以南的遗址中稻比较普遍，泰山以北还缺乏数据。

距今 5000-4000 年，以稻粟混作为特色的强化型农业为社会复杂化和早期文明的萌芽奠定了坚实的基础。

纵观海岱地区史前农业的发展，稻的利用与栽培一直扮演着重要角色，稻粟混作的农业特点与海岱地区地理位置及其与江淮地区有密切的文化交流有关。

S02-O-11

植硅体视野下的稻作起源与传播

吴妍

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所

稻作起源与扩散是学术界关注的热点问题。由于南方地区浮选得到的水稻大植物遗存数量较少，难以对这一重要科学问题进行广泛而深入研究。植硅体具有耐腐蚀和易保存性特征，可以大量保存在考古遗址和沉积物中，因此，水稻植硅体分析成为获取和鉴定稻作遗存的一个重要且有效的手段。本文选取浙江新石器早期的上山遗址、荷花山遗址、跨湖桥遗址和田螺山遗址，时间跨度为 12,000~7000 cal BP，统计分析了水稻双峰形植硅体三维参数和水稻扇形植硅体龟裂纹纹饰数量变化。研究表明，驯化特征水稻植硅体在上山文化层阶段出现，显示约 11000

BP 可能已有早期驯化稻存在，其水稻遗存更偏向于粳稻；随着时间推移，呈现是野生稻植硅体比率不断减少，驯化稻不断增多的趋势。更为重要的是野生稻向驯化稻过渡植硅体的大量存在，既反映了水稻驯化的中间过程，也显示了水稻驯化可能是一个长期的过程。上山文化的荷花山遗址(10,000 cal BP)最新研究显示，人类活动之前的生土层中发现有野生性状的水稻扇型和双峰型植硅体，显示 10,000 cal BP 以前研究区有野生稻分布，为稻作驯化和栽培提供了必备条件提供重要线索。此外，稻作农业南传特别是伴随着南亚语系和南岛语系的人群在内陆和东南亚地区的扩张一直是学界关注的焦点问题。因此海南岛这一独特的区域，可能在稻作农业南传及不同族群的引入过程中发挥了重要作用。遗憾的是，海南岛农业活动一直缺少相关研究。此次，通过植硅体分析发现 5000BP 时稻作农业扩散到海南，为稻作传播提供新的证据，也为南岛语族的起源提供新的线索。

S02-O-12

淮河上游地区新石器时代植物性食物资源利用模式的演变过程探析

程至杰，张居中*，杨玉璋，姚凌，罗武宏

中国科学技术大学科技史与科技考古系，合肥

230026

* juzhzh@ustc.edu.cn

淮河流域地处我国南北方的过渡地带，在气候环境、农业、考古学文化等方面具有鲜明的独特性。本文主要利用植物考古学方法，研究淮河上游地区新石器时代植物性食物资源利用的演变。选择淮河上游地区新石器时代不同时期的遗址，以浮选获取的大植物遗存分析为主，综合微体植物遗存证据，由点到面地总结各地区各时期的植食资源利

用状况。根据研究区域内开展的古环境研究和部分遗址开展的环境考古工作, 总结上、中游地区全新世气候环境变化。统计上、中游地区新石器时代各时期的遗址的位置、规模等信息, 总结新石器时代遗址的时空分布特征。在此基础上, 探讨植食资源利用、气候环境演变、考古学文化演变的相互关系。

总体来看, 淮河上游地区新石器时代的植食资源利用可以大致分为三个阶段:

(1) 8000 a BP 以前, 植食资源利用模式处于低水平食物生产阶段。新石器时代早期(12000-9000 a BP), 淮河上游先民已经对禾草类植物进行强化利用, 但尚未发现植物驯化的证据。裴李岗时代早期(9000-8000 a BP) 处于有驯化作物的低水平食物生产阶段, 农业种植获取的谷物在植食结构中比重远低于采集的野生植物, 采集是获取植食资源的主要方式。稻粟兼作农业形成并持续发展, 但其对先民生计的贡献尚处于较低水平。

(2) 8000-7000 a BP, 采集经济向农业经济过渡的重要阶段。谷物在植食结构中的贡献提高, 农业生产工具的数量和比例远超过采集和渔猎工具, 原始农业获得较大发展。

(3) 7000-4000 a BP, 原始农业快速发展, 进而稳定发展。7000-5000 a BP, 原始农业成为淮河上游先民获取植食资源的主要方式, 采集野生植物的活动虽然仍在继续, 但在植食结构中居辅助地位。粟、黍、稻构成稳定的作物组合, 稻粟兼作农业持续发展, 粟是农业种植的主体, 其作为优势作物一直持续到新石器时代末期。5000-4000 a BP, 原始农业持续稳定发展, 以多种作物种植制度的建立为新特点, 表明先民的农业生产水平进一步提高, 以适应性更强的种植制度应对多变的环境和不断扩大的人口规模。

S02-O-13

末次冰盛期和全新世中期我国气候要素定量重建

吴海斌^{1,2}, 郭正堂^{1,2}, 罗运利³, 李琴¹, 孙爱芝², 于严严¹

1 中国科学院地质与地球物理研究所, 新生代地质与环境重点实验室, 北京 100029

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 中国科学院植物研究所, 系统与进化植物学国家重点实验室, 北京 100093

* Haibin-wu@mail.iggcas.ac.cn

古气候要素的定量化一直是古气候学研究的核心目标之一, 对认识气候系统变化规律和预估未来气候变化趋势具有重要的意义。以往我国区域古气候要素定量重建, 主要基于孢粉-气候的转换函数、最佳类比、趋势面分析和共存分析等统计学方法。由于上述方法无法有效区分温度、降水和大气 CO₂ 浓度变化对植物生长的影响, 因而导致重建结果可能存在一定的不确定性。本次研究基于植物生理过程、新一代古气候定量重建的植被反演方法(IVM2.0), 详细区分环境因子对植被生长的影响; 在系统整理近年来新发表的孢粉序列基础上, 完善中国第四纪孢粉数据库, 定量化重建了我国末次冰盛期(18±2ka) 和全新世中期(6±0.5ka) 两个特征时段古气候要素空间格局。结果表明, 末次冰盛期, 我国年均温度相对现在低~5℃, 主要归因于冬季温度的降低; 年降水量比现在低~120 mm, 主要源于夏季降水的减少。全新世中期, 我国年均温度比现在低~0.5℃, 表现为南部和中部有较明显的降温, 而北部(尤其是青藏高原和东北地区) 有较明显的增温; 年降水量整体比现在多~70 mm, 主要是夏季降水增多所导致, 表现为东部地区增加显著。上述重建结果揭示, 全新世中期全球增温可能将有利于我国降水增加, 并导致温度空间变异加

大。本次重建的末次冰盛期时段我国降温幅度相对以往重建的降温幅度要小，全新世中期我国略有降温与以往重建的全国普遍增温有较明显差异。上述定量重建结果增强了与古气候模拟结果的对比性。

S02-O-14

西北干旱区湖泊碳同位素与环境变化

刘卫国*, 李祥忠, 王政, 王欢业

中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061

* liuwg@loess.llqg.ac.cn

湖泊沉积的碳同位素记录了过去历史时期陆地 C_4/C_3 植被等环境变化信息, 已经被广泛的应用到陆地生态系统和全球环境变化研究中, 在中国西北干旱地区湖泊古环境研究中也广泛应用。近年来, 随着研究程度的深入, 对于湖泊碳同位素地球化学所反映的环境意义注入了更多信息, 使得我们需要从多方面考虑湖泊碳同位素在环境变化示踪的解释。这里我们总结了过去几十年间西北干旱区湖泊碳同位素的研究结果, 讨论可能存在的碳同位素变化机制问题, 以为更好地将碳同位素地球化学应用于环境变化研究提供参考。

S02-O-15

末次冰盛期和全新世中期中国气候变化模拟

姜大膀*, 田芝平, 郎咸梅

中国科学院大气物理研究所

*jiangdb@mail.iap.ac.cn

从古气候模拟的角度, 课题组集中研究了末次冰盛期(或称之为末次冰期冰盛期)和全新世中期(或称之为全新世大暖期)中国和东亚气候变化。根据多模式试验, 末次

冰盛期中国年平均温度降低 2-7°C, 平均为 4.5°C; 中国年均降水和蒸发减少 5-40%, 平均分别为 20% (0.60mm/day) 和 21% (0.41mm/day), 有效降水平均减少 18%。与代用资料的比较显示, 气候模式能够模拟出中国年均温度变冷特征, 但幅度偏弱, 特别是在河西、华北和东北地区; 气候模式中的有效降水变化在中国东部、35-40°N 和 74-97°E 区域与湖泊记录一致; 在青藏高原东部地区, 气候模式中干燥的气候与花粉记录一致。多模式模拟的末次冰盛期中国季风区面积、季风降水和季风降水强度平均减小 8%、25%和 14%, 夏季经向温度梯度的增加以及纬向和经向陆地和海洋间热力对比的减小是其内在动力学机制, 海洋反馈有一定的抑制作用。综合而言, 末次冰盛期中国气候变化的主要外强迫因子是冰盖、地形和大气温室气体浓度变化, 地球轨道参数改变的影响有限, 气候系统内部的海洋和植被反馈起调制作用。

全新世中期中国暖季升温变湿, 冷季降温变干, 年平均有效降水增加 7%。中国季风区面积、季风降水及其强度分别增加 11%、19%和 7%; 东亚夏季风环流强度增加 32%。东亚季风降水变化与北半球其他陆地季风区降水同向变化, 但与南半球的反向, 这与东亚和南美石笋数据、北非和南非的沉积记录相符。多模式模拟的中国区域年和冬季变冷与地质记录所得的年和冬季变暖相悖, 现阶段还不清楚是模式、地质记录、还是两者都有不确定性; 模拟的大范围变湿格局在大部分地区与地质记录一致, 但在新疆、长江和黄河中下游地区与其有别; 中国季风区扩张和东亚夏季风加强与地质记录吻合。全新世中期中国气候变化的主要驱动因子是地球轨道参数变化所引起的北半球入射太阳辐射季节循环加强, 大气温室气体浓度改变的作用相对较弱, 气候系统内部的海洋和植被反馈

作用起调节作用但有不确定性。

S02-O-16

冰盛期以来的海面变化与环境

李保华^{1*}, 黄海军², 王晓燕¹, 刘燕霞², 郭启梅¹, 钟石兰¹

1 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008;

2 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

* bh-li@nigpas.ac.cn

对地质历史时期海面与环境的观测与重建, 是客观地认识和评价未来气候变化的重要基础。世界上超过三分之一的人口居住在距离现代海岸线 100km 范围之内, 二十世纪全球平均海平面以每年 1.7 毫米以及自上世纪 90 年代以来高达每年 3.3 毫米的速度上升, 引起了人们广泛的重视。过去几十年来全球不同剖面的详细分析与高精度测年资料的获得以及模拟研究结果, 揭示了末次冰期以来全球平均海平面 130m 的上升幅度、不同时期海上升速率的变化过程, 以及不同区域海平面变化曲线的差异与因素。我国学者自二十世纪七十年代以来, 开展了大量的海平面变化与海岸线演化调查, 深入探讨了盛冰期以来我国古海岸线、古海平面高度的演化过程, 然而一直还存在较大争议。研究通过对全新世大暖期~6kaBP 古岸线与海面变化资料的调查基础上, 对渤海西岸、苏北-长江三角洲、浙江沿岸和珠江三角洲进行了详细的古海岸线追踪调查, 结合精确的 AMS14C 测年、CORS 联网高程测量等新技术手段应用, 重建了 6kaBP 时期中国古海线位置及当时的海面高度, 为正确评估全球温度上升条件下对我国岸线变化影响提供基础资料。

S02-O-17

植硅体及其同位素组成在气候变化研究中的应用

宋照亮*

天津大学表层地球系统科学研究院, 天津 300072

*songzhaoliang78@163.com

植硅体是一种植物的硅质细胞, 具有很强的稳定性, 在植物组织腐烂后, 仍可以较好地保存数百年乃至数千年。利用植硅体进行同位素分析, 在一定程度上避免了研究对象在沉积过程中与周围环境发生交换, 从而能较好地反映出沉积时的气候环境; 并且, 植硅体还可以满足密集、连续采样的要求。因此, 植硅体是一种良好的研究气候变化的材料。

植硅体中的硅主要来自于根吸收土壤中的溶解硅, 其硅同位素分馏主要受蒸腾作用等因素控制。植物的硅矿化作用是硅循环中的重要环节, 研究植硅体硅同位素可以为解决农业和环境问题提供理论依据。另外, 根据植硅体的形态和硅同位素值, 可以重建过去的植被条件和气候状况。

植硅体中的氧有多种来源, 如土壤水、周围大气以及单硅酸中的水等。在控制相对湿度不变的条件下, 利用土壤中植硅体 ^{18}O 值可以精确地计算植物生长时的温度。植物中植硅体氧同位素值可以用来表征土壤水中同位素组成的变化。

植硅体中的碳主要来自于光合作用吸收的大气二氧化碳。植硅体固碳是一种重要的生物固碳机制, 可缓解全球气候的变暖。植硅体中稳定碳同位素组成可用于表征植被演化与气候变化。在不同气候梯度中, 土壤表面的植硅体稳定碳同位素值与 C_3 、 C_4 植物分布比例有很好的相关性。同时, 还可以利用植硅体进行 ^{14}C 测年。加速器质谱(AMS)技术

可以减少样品碳的需求量。然而，为保证¹⁴C测年的准确性，整个植硅体的提纯及处理方法还需改进。另外，对于不同类型的样品，处理方法也需要有所调整。

S02-O-18

末次冰期云南腾冲泥炭发育及其与热带/亚热带泥炭发育及全球甲烷的联系

徐海^{1*}，蓝江湖¹，盛恩国¹，刘斌¹，郁科科¹，刘勇²

1 中国科学院地球环境研究所，西安，710061

2 云南师范大学，昆明，650092

* xuhai@ieecas.cn

大气甲烷浓度变化及成因长期以来备受关注。冰芯记录表明全球大气甲烷存在显著的天文轨道尺度周期性变化规律，但历史时期全球大气甲烷波动的成因并未完全澄清。全球湿地甲烷排放通量约占全球大气甲烷年变化通量的20~40%，湿地甲烷通量变化可解释大气甲烷浓度波动的70%，因此被认为是大气甲烷最大的自然来源。全球泥炭地约90%分布在北半球中高纬地区（简称北方泥炭），仅约10%分布在热带/亚热带区域（热带/亚热带泥炭），而南半球泥炭（南方泥炭）所占比例更小。因此，长期以来北方泥炭被视为是全球大气甲烷的主要来源。然而，近20~30年来，大量观测数据及模拟结果表明，热带/亚热带泥炭湿地甲烷排放通量平均值远远大于北方泥炭，因而对北方泥炭在全球大气甲烷的主控地位构成质疑。

那么在全球的冰期（特别是冰阶）时期，在寒冷气候严重制约了北方泥炭生物量的情境下，对应时期热带/亚热带泥炭湿地发育如何？对全球甲烷的贡献如何？本研究以云南腾冲末次冰期泥炭湿地发育为例，并结合热带/亚热带泥炭发育及北方泥炭发育对比，探

讨了末次冰期热带/亚热带泥炭发育及其与全球甲烷的可能联系。我们的研究表明，云南腾冲盆地在寒冷的MIS-2和MIS-4期间泥炭发育良好，而在相对温暖的MIS-3和全新世泥炭发育停止或弱发育。这一泥炭发育模式与北方泥炭发育模式相反，而与热带/亚热带泥炭发育模式相似。我们推测，在冰期寒冷气候背景下，一方面海平面下降导致热带/亚热带近海面积增加，泥炭湿地面积增加。另一方面，降温有利于降低热带/亚热带土壤水分蒸发，导致土壤湿度（或者土壤水位）增加，湿地生物量增加且厌氧甲烷菌活性增强，因而热带/亚热带湿地甲烷排放通量也可能增加。因此，冰期热带/亚热带泥炭湿地甲烷排放对全球大气甲烷的贡献可能显著增加，甚至可能是主要贡献源。

S02-O-19

末次盛冰期以来中国北方地区特征时期植被格局

李小强^{1*}，周新郢¹，肖举乐²，徐清海³，赵超⁴，姜文英²，杨石岭²

1 中科院古脊椎动物与古人类研究所，

2 中科院地质与地区物理研究所，

3 河北师范大学，

4 中科院地理科学与资源研究所

* lixiaoqiang@ivpp.ac.cn

末次盛冰期以来气候环境经历了低温-升温和高温等诸多场景，成为评估未来气候变化的理想相似型。基于我国北方地区孢粉记录研究，将北方地区分为东北、华北和黄土高原3个重要地区开展研究，重建盛冰期和大暖期等特征时期植被格局，为未来气候环境变化影响下的生态环境格局提供依据。末次盛冰期（18 ka），东北地区以草原植被为主，山地存在寒旱型针叶林地，中南部平原地区存在森林草原。华北地区北部为草原植被，向南依次为温带落叶阔叶林、温带针阔混交

林和暖温带常绿-落叶阔叶混交林。黄土高原北部沙漠向南扩张，湖泊和绿洲大幅萎缩至消失，荒漠草原植被向东南扩张至兰州-固原-延安一线，干草原占领了黄土高原南部大部地区，森林向南部山地大幅退缩，植被盖度低。全新世中期（6 ka），东北中部平原区仍以草原-草甸为主，寒温性针叶林向北方退缩，暖温带阔叶林大幅度增加。华北北部为温带针阔混交林，南部出现草原植被，可能与早期农业影响有关。黄土高原塬面普遍发育灌丛草原，沟谷区发育针阔叶混交林，高原南部出现北亚热带植被类型，植物多样性增加。祁连山、六盘山、青藏高原东北部和黄土高原沟谷区的云杉林扩张。我国北方地区全新世暖期是植被发育最好时期，增温导致的夏季风降水增强，可能是北方地区植被和生态环境良好的主要原因。

S02-O-20

长江三角洲地区全新世海平面变化与人类适应——以余姚盆地为例

郑洪波^{1*}，胡竹君¹，杨青¹，周友胜¹，王颖颖¹，凌光久¹，马春梅²，周斌²

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210023

2 南京大学地球科学与工程学院，南京 210023

* zhenghb@njnu.edu.cn

长江三角洲地区是我国水稻农业文明的发祥地，新石器文化发达，但文化发展经历过多次兴盛-衰退的过程。理解文化兴衰与环境变化之间的关系是全球变化科学领域的热点。

长江三角洲地区在全新世时期经历了重大环境变迁，包括海平面上升、三角洲成陆、地貌演化、气候变化等，这些都对新石器文化发展带来不同程度影响。反过来说，新石器人类只有适应全新世环境变化才能不断发

展。

全新世海平面变化控制下的成陆作用为新石器人类提供了生产和生活空间，因此也是新石器文化发展的第一控制因素。因此，重建精细的海平面变化历史是理解新石器人类适应环境变化的关键一环。中国东部的全新世海平面变化历史长期以来存在争议。例如，1) 海平面何时达到最高？2) 全新世中期（约 7-6ka）是否存在最高海平面（高于现今）？3) 海平面上升（波动）的精细过程如何？出现争议的原因，可以归纳为：1) 缺乏高质量的沉积记录，主要是因为三角洲和濒海地区的沉积地层受潮流、河流影响，记录不连续且沉积相变复杂；2) 对海相地层和海相指标的辨识（例如是海侵还是咸潮入侵）存在争议；3) 测年问题；4) 区域构造沉降作用矫正问题。由于上述问题的存在，使得前人所建立的中国东部全新世区域海平面曲线之间无法对比，区域曲线与全球曲线之间也无法对比。

余姚盆地位于宁绍平原的东部，由于受周边山地的屏障作用，这里沉积环境稳定，沉积地层连续，沉积相变简单，沉积岩性单一，是开展全新世高分辨率海平面变化重建的优选地区。

本研究在余姚盆地（平原）开展了系统的高质量钻探取芯，在高分辨率 C-14 测年和岩芯 XRF 扫面基础上，结合硅藻、孢粉等综合指标分析，建立了余姚盆地的地层框架和沉积体系，确定了宏观沉积环境的变化序列，为建立精细的海平面变化曲线提供了基础。

分析余姚盆地的新石器文化发展脉络可以发现，不同时期的史前人类居住/生产于不同类型的地貌环境类型，包括了濒海、湖沼、漫滩、陆地等，而环境变化在不同地貌类型上表现不同，也决定了人类对不同类型环境变化的多样适应性。

S02-O-21

史前人类向青藏高原扩散过程及对不同海拔区域的适应策略

董广辉*, 陈发虎

兰州大学西部环境教育部重点实验室, 资源环境学院,
兰州 730000

*ghdong@lzu.edu.cn.

青藏高原是世界上海拔最高, 面积最大的高原, 是对人类生存最具挑战性的地区之一。史前人类向青藏高原扩散和定居的历史, 及其对不同海拔高度地区环境的适应策略, 是国际学术界关注的重要科学问题。我们通过对青藏高原史前遗址分布最为集中, 且海拔高度变化显著的高原东北部开展系统考古调查和重点遗址发掘采集样品, 对动植物遗存进行鉴定和精确测年, 提出史前人类向青藏高原扩散和定居的“三步走”模式。指出人类 2 万年前开始到青藏高原季节性游猎, 5200 年前由我国黄土高原大规模扩散并定居到青藏高原东北的河谷地带, 3600 年前在气候冷干背景下进一步永久定居至高海拔地区。进一步研究显示, 史前时代不同阶段人类在青藏高原适应环境的策略有明显区别, 旧石器人群在高海拔和低海拔地区进行季节性游猎, 新石器人群主要在海拔 2500 米以下地区种植粟黍, 而青铜时代, 不同海拔高度的人群采取不同的生计模式适应当地的环境, 包括粟黍种植为主、大麦种植为主、农牧混合经济和游牧生活方式等。本研究为深入理解史前人类向青藏高原扩散的过程和动力, 以及适应环境变化的策略, 提供了重要的数据支撑和研究视角。

S02-O-22

中更新世冰期—间冰期环境演化与干旱区古人类活动: 来自大窑旧石器遗址的证据

葛俊逸^{1, 2*}, 汪英华³, 陈福友¹, 冯兴武¹,
单明超³, 高星¹, 邓成龙⁴

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 北京 100044;

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心, 北京 100101

3 内蒙古博物院, 呼和浩特 010050

4 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029

*gejunyi@ivpp.ac.cn

中更新世时期, 全球气候变化的主导周期由 41ka 转变为 100ka, 冰期-间冰期的持续时间和变幅显著增加。在我国北方, 气候不稳定性增大, 干旱区及沙漠范围在发生大规模进退, 并伴随着异常强盛夏季风的出现。上述气候变化对我国北方中高纬地区古人类的生存演化及其向干旱区的迁徙扩散具有什么样的影响? 是一个值得深入研究的重要科学问题。

内蒙古大窑四道沟遗址是我国北方中高纬度干旱区内部重要的旧石器遗址之一, 被认为是古人类早期的石器加工场地, 对研究我国北方高纬干旱区古人类的迁徙活动及其与冰期-间冰期气候的可能联系等具有重要价值。但迄今对该遗址的年代仍存在重大争议, 并缺乏系统的古人类生存环境背景变化研究。我们利用磁性地层学、光释光测年和气候地层学结合对遗址开展了综合年代学研究, 通过沉积物粒度、磁化率、磁组构、孢粉等分析, 进行了详细的遗址沉积环境分析及气候环境背景重建。研究结果表明 (1) 遗址下部以流水作用为主, 上部为典型黄土-古土壤堆

积。其中砂砾石堆积与古土壤均指示了温暖湿润的气候环境；(2) 古地磁结果表明, 所有样品均位于布容正极性时内。结合光释光测试结果, 我们认为遗址下部红化层及砂砾层分别对应于第四纪黄土中的第二、三、四层古土壤, 推断该区早期人类活动时间始于 400 ka 前后；(3) 区域地貌演化和水文变化可能对于古人类的行为具有显著影响, 导致遗址区低处河流附近石制品原料的匮乏, 进而使得古人类的活动逐渐降低；(4) 该区古人类主要生活于温暖的间冰期, 古人类活动期间区域年均温和年均降水量分别较现今高 1.5-4.5 °C 和 150-300 mm；(5) 中更新世时期冰期-间冰期气候变化对我国北方中高纬干旱区古人类的迁徙活动具有显著控制作用, 间冰期东亚季风加强, 季风雨带北移使得河套平原成为古人类进入西北干旱区的重要通道, 而冰期时夏季风的减弱可能导致该通道的关闭, 阻碍了古人类进入北方干旱区, 只能停留在干旱区外围。

S02-O-23

我国细石叶工艺起源的年代及地理学视角

关莹, 高星

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京
100044

* guanying@ivpp.ac.cn

旧石器时代最后一个阶段, 我国华北地区的诸多旷野遗址中出现了细石叶类石制品的古人类文化遗产。这类石制品的制作以预制石核为核心工艺, 以细石叶、细石核、双面器、镑状器和以细石叶制作的工具为典型代表。这种以预制石核、压制剥片、以细石核制作双面器等为特色的技术被认为是古人群高流动性生存模式的响应。古人类在相对开阔的平原或河滩地带生存, 携带便于处理

的石料, 在远距离的狩猎采集过程中可以随时随地利用携带的石核等原料制作所需的工具。在我国华北, 含有细石叶技术痕迹的遗址年代约为距今 29ka 至全新世, 而在北亚、西亚等周边地区, 这类细石叶工艺遗址的年代要远早于我国, 这就使学术界对我国细石叶工艺的起源及扩散问题形成了不同的意见。

本文通过对我国具有明确年代学研究的细石叶文化遗址进行了梳理, 根据其年代学、地理学上的分布状态, 对这种特殊的石器技术的起源及扩散关系进行了讨论, 结果表明, 我国境内的细石叶技术并不是一次性起源(或传入), 而是在末次冰期最盛期发生了剧烈萎缩甚至消亡, 在末次冰期最盛期之后的暖期, 又重新起源(或传入), 而在此后的多次气候事件造成的低温时期并没有发生萎缩, 持续发展直至全新世。即, 我国细石叶的发展和演变经历了至少两个大大的阶段:

第一阶段, 29-24kaBP, 处于该阶段的主要有西施遗址、下川遗址、丁村(77: 01)遗址、龙王辿遗址、油房遗址、西沙河遗址, 这些遗址在北纬 34.5 度至 40.3 度之间均匀分布, 石制品技术形态也较为相似;

第二阶段, 20-全新世, 处于该阶段的主要有大地湾遗址、柿子滩遗址、薛关遗址、鸽子山遗址、水东沟 12 地点、虎头梁遗址群、金斯泰遗址、十八站遗址等, 这些遗址分布于北纬 35 度至 52.5 之间, 呈现出随时间推移, 所处纬度逐渐上升的显著趋势, 且新仙女木事件对这些遗址的分布并未造成影响。这阶段遗址内所发现的石制品技术特征明显有别于第一阶段, 显示出强烈的进步性和普及性, 指示了细石叶工艺在经历了末次冰期最盛期的萎缩和消亡之后爆发性的发展趋势。

S02-O-24

末次盛冰期以来中国南方 C3/C4 植被演化及影响机制

王旭¹, 胡建芳^{2*}, 崔琳琳¹

1 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

2 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640

* hujf@gig.ac.cn

植物是气候最灵敏的温度计, 陆地生态系统中植被类型及其更替直接受控于区域气候环境及其变化的影响。孢粉资料大致勾勒出了一定的环境条件下中国大范围的陆地植被宏观格局的轮廓, 但关于末次冰期以来中国特别是南方植被的微观格局以及植被格局的稳定碳同位素($\delta^{13}\text{C}$)记录是十分匮乏的, 这不利于我们全面了解不同气候环境下 C3 和 C4 植物竞争机制及与气候要素的关系, 也不利于我们评估未来季风气候变化对区域 C3/C4 植被的影响。同时区域尺度 C3/C4 植被变化对全球碳循环和农业生产也有着重要影响。因此, 重建我国南方 C3/C4 植被的演化历史并阐明气候变化对其影响机制显得尤为重要。我们选取了长江以南地区的湖光岩玛珥湖、龙感湖、鄱阳湖、东钱湖、白马湖、星云湖和泸沽湖等 7 个湖泊以及定南、威宁南屯、平果袍烈和梵净山九龙池等 4 个泥炭沉积记录开展了高碳数正构烷烃及其稳定碳同位素分析, 重建了末次盛冰期以来南方地区 C3/C4 植被的演化历史, 并试图探讨影响研究区 C4 植物丰度变化的气候要素。

这些剖面的高碳数 (C_{27} 、 C_{29} 和 C_{31}) 正构烷烃 $\delta^{13}\text{C}$ 重建记录的集成结果表明: 从末次盛冰期至全新世早期 C4 植物比例呈逐渐增加趋势, 从 20% 升高到 30%, 而到全新世中期 C4 植物比例显著降低, 最低达到 5% 左右。同时, C4 植物空间等值线结果表明: 在末次

冰盛期时我国南方地区 C4 植被比例总体上在 20-30% 左右, 而在全新世中期 C4 植被比例显著降低, 多地降至 10% 以下。研究结果表明: 在我国南方地区, 温度是 C4 植物消长的主控因素, 在温度合适条件下, 降雨的增多会降低 C4 对 C3 植物的竞争优势。因此, 温度与降雨的组合关系是决定我们南方 C3/C4 植被比例变化的重要气候要素。

S02-O-25

20,000 年来的中国多年冻土: 形成演化和变化趋势

金会军^{1*}, 何瑞霞¹, 罗栋梁¹, 吕兰芝¹, 常晓丽^{1,2}, 杨思忠^{1,3}, 易朝路⁴

1 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所 冻土工程国家重点实验室, 甘肃兰州 730000

2 湖南科技大学 建筑与城乡规划学院, 湖南湘潭 411201

3 GFZ German Research Centre for Geosciences, Telegrafenberg, D-14473 Potsdam, Germany

4 中国科学院 青藏高原研究所, 北京 100101

* hjjin@lzb.ac.cn

本文利用大量的古多年冻土遗迹和古冰缘现象, 并佐以古冰川、孢粉及动物化石等资料, 重建了 20,000 年来中国多年冻土演化进程。结果表明, 在末次冰期最盛期 (LGM, 或末次多年冻土最大期 LPM_{max}), 中国多年冻土面积达到了 $5.3 \times 10^6 \text{ km}^2 \sim 5.4 \times 10^6 \text{ km}^2$ (现今的三倍多), 而全新世大暖期 (HMP, 或末次多年冻土最小期 LPM_{min}), 中国多年冻土面积曾缩减至 $0.80 \times 10^6 \text{ km}^2 \sim 0.85 \times 10^6 \text{ km}^2$ (现今的约 50%)。按照古冻土遗迹的年代及分布等特征, 在确定 LGM 和 HMP 两个主要时段的冻土格局基础上, 将 20,000 年来中国多年冻土演化进程划分为七个阶段: 1) 晚更新世 LGM (20,000 ~ 13,000-10,800 a BP) 多年冻土强烈扩展, 达到 LPM_{max}; 2) 早全新世气候剧变

期(10,800~8,500-7,000 a BP)多年冻土较稳定但相对缩减阶段; 3) 中全新世 HMP (8,500-7,000~4,000-3,000 a BP)多年冻土强烈退化阶段, 多年冻土缩减到 LPMIn; 4) 晚全新世新冰期(4,000-3,000~1,000 a BP)冻土扩展阶段; 5) 晚全新世中世纪暖期(1000~500 a BP)多年冻土相对退化阶段; 6) 晚全新世小冰期(LIA, 500~100 a BP)冻土相对扩展阶段, 以及 7) 近代升温期(近百年来)多年冻土持续退化阶段。重建了各时段内古气候、古地理环境以及多年冻土分布范围和其他特征。在气候持续转暖背景下, 从 20 世纪末开始至今, 中国多年冻土已经转入区域性加速退化阶段, 致使现存多年冻土面积由 20 世纪 70 年代的 $2.15 \times 10^6 \text{ km}^2$ 缩减为 $1.59 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。各种预测结果表明, 未来 50-100 年内, 我国多年冻土退化速率仍有不断加强的趋势, 多年冻土面积继续缩小。其结果将导致寒区生态、水文、农业和人居环境等深刻变化, 并引发一系列社会经济问题。

S02-O-26

黄土高原及周边地区间齿螺 (Metodontia) 种类的数量分布及其温度和降水量最适范围的定量估算

李丰江^{1*}, 吴乃琴¹, 董亚杰^{1,2}, 吕厚远^{1,3}, 陈晓云⁴, 张丹^{1,2}, 张月婷^{1,2}, 黄林培⁵, 伍斌⁶

1 中国科学院地质与地球物理研究所, 新生代地质与环境重点实验室, 北京 100029

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心, 北京 100101

4 中国地质博物馆, 北京 100034

5 云南师范大学旅游与地理科学学院, 高原湖泊生态与全球变化重点实验室, 昆明 650500

6 中国环境科学研究院, 环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012

* fengjiangli@mail.iggcas.ac.cn

间齿螺 (*Metodontia*) 是我国现生陆生蜗牛的常见属, 也是黄土地层中常见的蜗牛化石, 汉山间齿螺 (*Metodontia huaiensis*) 和烟台间齿螺 (*Metodontia yantaiensis*) 是该属的两个常见种。我国现生间齿螺的地理分布调查取得了丰硕的成果, 为间齿螺化石作为夏季风气候变化的代用指标提供了依据, 但对现生间齿螺的数量分布和生态因子最适区域, 还缺少系统的研究, 限制了对间齿螺古生态古气候意义的深入理解。通过对黄土高原及周边地区 356 个表土蜗牛组合的研究, 揭示出间齿螺及其优势种的数量分布与气候参数的关系, 以及与经纬度和海拔高度的关系, 并利用加权平均方法定量估算了汉山间齿螺和烟台间齿螺的温度和降水量最适区域。结果表明, 在我们的研究区域内, 含量大于 20% 的间齿螺, 主要分布在年均温大于 11°C、年降水量 550~850mm 的地区, 36°N 以南、110°E 以东的地区, 海拔在 750m 以下的地区; 含量低于 10% 的间齿螺, 在年均温 5~15°C、年降水量 380~700mm 的地点都有分布, 主要分布在 33°~40.5°N、103.7°~117.5°E 范围内, 海拔在 2000m 以下的地区; 年均温低于 5°C、年降水量低于 380mm 的地区, 海拔 2000m 以上的地区, 基本上没有间齿螺生长; 汉山间齿螺和烟台间齿螺年均温度最适区域分别为 10.2~14.1°C 左右和 8.9~14.0°C 左右(实测值与推导值 $R^2=0.70$, 推导误差 RMSEP=1.99), 年降水量最适区域分别为 530~800mm 左右和 470~750mm 左右 ($R^2=0.81$, RMSEP=90.9)。上述结果为间齿螺的古生态古气候研究和物种多样性保护提供了基础生态数据。

S02-O-27

塔吉克盆地东北缘早新生界沉积序列古环境记录的初步研究

王鑫^{1*}, Kraatz B.², 孟津³, Carrapa B.⁴, Decelles P.⁵, Clementz M.⁵, Abdulov S.⁶, 陈发虎^{1,7*}

1 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 资源环境学院, 兰州 730000

2 Western University of Health Sciences, Pomona 91766, USA

3 American Museum of Natural History, New York 10024, USA

4 Department of Geosciences, University of Arizona, Tucson 85721, USA

5 Department of Geology and Geophysics, University of Wyoming, Laramie 82071, USA

6 Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology of the Academy of Sciences, Dushanbe 734063, Tajikistan

7 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心, 北京, 100101

* xinw@lzu.edu.cn; fhchen@lzu.edu.cn

新生代亚洲内陆干旱化的时空演化历史及其驱动机制是国际古环境研究的热点和重点。围绕中国黄土高原新近纪黄土-古土壤序列和西北内陆大型沉积盆地新生代沉积序列, 中外学者开展了大量卓越的研究工作, 在内陆干旱环境的形成和发展过程及其与青藏高原隆升、副特提斯海退缩、新生代全球降温等重大地质/气候事件的联系方面取得了一系列举世瞩目的研究成果。然而缺少直接来自于中亚干旱区的新生代记录。塔吉克盆地属亚洲中部的典型西风环流影响区, 新生代以来受副特提斯海退缩和帕米尔高原隆升的影响显著, 是开展中亚干旱区新生代古环境演化历史及其潜在影响因素研究的重要区域。

对塔吉克盆地早新生界沉积序列开展了

初步的年代学和沉积学研究 (Carrapa et al., 2015; 王鑫等, 2016)。现有结果表明, 该地区早新生界地层底部以副特提斯海沉积为主, 中部为厚层风成砂与河流砂交互沉积, 上部以风成黄土、砂黄土状堆积为主含河流相沉积, 顶部为河湖相沉积和风成黄土状堆积物交互沉积。对最高海相层顶部的火山灰 U-Pb 定年和下段地层初步的古地磁定年结果表明, 副特提斯海应于~39 Ma 自塔吉克盆地最终退出。岩性、沉积构造、粒度、扫描电镜、地球化学元素等系列证据表明, 副特提斯海沉积序列之上巨厚的陆源碎屑堆积物中含相当规模的风成物质, 可能意味着中亚干旱区早期的干旱环境从始新世晚期-渐新世已经开始。进一步深入验证这套地层的成因, 明确大规模风成物质开始堆积的年代, 能为认识早新生代中亚干旱区的古气候演化历史及其主控因素提供新的证据。

S02-O-28

末次冰期晚阶段以来青藏高原气候环境演化特征的地质沉积学证据

李世杰^{1,2}, 陈炜³, 金传芳³

1 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550081

2 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008

3 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 21000

末次冰期晚阶段对应于深海氧同位素 2 阶段 (MIS2), 在时间上大致介于 30kaBP 至 10kaBP 之间, 其时从全球来看冰川发育规模最大, 海平面最低时比今降低大约 120 米。从气候环境演化上又可再分为早期的冰进期、中期的冰盛期和晚期的冰消期, 之后进入温暖多变的全新世间冰期。然而, 在地处中、低纬度但海拔高耸的青藏高原这一巨大而特殊地域, 冰川、冻土、沙漠、湖泊同时并存, 其气候环境演化过程被这些地质载体有效地

保存并记录下来，通过对这些地质沉积载体的多环境指标的相互对比验证研究，揭示出青藏高原特殊的气候环境演化特征。

末次冰期晚阶段以来青藏高原气候与环境变化具有特殊的区域性特征。当末次冰期晚阶段全球处于冰川规模最大时，青藏高原的冰川规模反不如早期或倒数第二次冰期为大，但冰缘环境和多年冻土最为发育。而全新世间冰期其冰川也曾多次前进扩张，气候波动频繁，表现不稳定性。

综合冰川、冻土、湖泊等多方面记录可以看出，末次冰期晚阶段以来青藏高原的气候变化在千年尺度上表现出冷暖干湿多种组合模式：从末次冰期晚阶段早期（冰进期）的冷湿、到末次冰期晚阶段中期（冰盛期）的冷干、再到末次冰期晚阶段晚期（冰消期）的温干、再到全新世中期的暖湿，而后变为凉湿、再逐步演化为全新世晚期的冷干。这是由于我国季风(冬季风和夏季风)特征、海陆耦合以及青藏高原特殊下垫面共同作用导致水汽循环的变化所驱动的结果。

由于青藏高原特殊下垫面原因，使得一些地质载体记录与真实气候变化过程并不一致。研究结果必须要综合分析去伪存真。

S02-O-29

Carbon burial in Hulun Lake over the past 150 years

Zhang Fengju^{1,2}, Xue Bin^{1*}, Yao Shuchun¹, Gui Zhifan³

1 State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, 210008, China,

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China,

3 College of Urban and Environmental Sciences, Hubei Normal University, Huangshi, 435002, China

* bxue@niglas.ac.cn

Carbon burial in inland waters is an important component of the global C cycling, as they are active sites of carbon storage and mineralization. However, the extent to which burial rates vary across space and time is still poorly documented and understood. Here 15 sediment cores from Hulun Lake, the largest lake in northern China were analyzed to determine the spatial and temporal trends in organic carbon (OC) burial during the past 150 years, and the most plausible factors controlling carbon burial were also discussed. We found OC burial rates varied considerably both spatially and in time. OC burial rates varied from 8.43 g m⁻² yr⁻¹ to 73.98 g m⁻² yr⁻¹ among the studied sediment cores and presented an overall northwest-southeast gradient, with the higher rates in the northwest part of the lake. From a temporal perspective, the average whole-lake OC burial rate ranged from 9.52 g m⁻² yr⁻¹ before 1900, to 27.33 g m⁻² yr⁻¹ during the period of 1900-1950, and then to 35.68 g m⁻² yr⁻¹ after 1950. The ratios of post-1950 to pre-1900 and 1900-1950 were 3.53 and 1.68, respectively, indicating that whole-lake OC burial rate presented an increasing trend throughout the past 150 years. The pronounced shifts in the burial rate of OC in Hulun lake was likely linked to climate warming, while the impact of anthropogenic disruption was insignificant, implying that carbon buried by lakes will be increasingly important in the future as global warming proceeds.

S02-O-30

气候变化在人类灾难中扮演主要角色还是背景噪音？

Climate change- a major player or background noise in causing large-scale human crises?

章典 David D. Zhang, 李峰 Harry F. Lee

香港大学地理系 Department of Geography, University of Hong Kong

In 2004 *Quaternary International* published a special issue to discuss the role of climate change on human civilization and the summary from Editorial indicated it is still too early to say whether climate change played a major role or background noise in causing human societal crises (Editorial, 2004). Recent years, a great proportion of quantitative and qualitative studies concerning the relationships of climate change and human crises in the past have been published. Many researchers found that there is a strong association between climate change and war frequencies in history. Some of the research at local and regional levels shows that there is no correlation between climate change and wars. The authors carefully read these articles and found that the general disputes among these researchers are attributable to the different understandings in following five fundamental issues:

1. Researchers considered climate change in different ways, which led to diverse conclusions.

2. These researches also have various scale (spatial and temporal) approaches. The analyses at different scales would lead to different conclusion, because there are different truths at different scales.

3. The studies also took place in different geographical areas, where climate impact varies, depending on climate type (Pre-industrial era),

economic mode and institutional development (modern period).

4. Research philosophies for causality analysis among researchers with different disciplinary training are quite variable.

5. The human-centered or environmental-centered world view dominated directions of the researches.

Authors analyzed these disputes and discussed the disputes in terms of philosophical understandings and mentalities on natural phenomena. From these analyses and discussions the authors concluded that:

At global and continental scales, climate change has brought large scale warfare and population collapse in pre-industrial era. It is the major player in causing a series of long – term human crises.

In different region and countries, climate may play an important role, depending on climate condition, economic mode and institution development.

Short-term weather pattern changes also created impact on agricultural production. Such short-term change is particularly dangerous for the society with less adaptive capacity, no matter in pre-industrial era or modern societies.

S02-P-01

史前人类行为与气候、资源关系的初步解读——以三个史前遗址（群）的研究为例

杨石霞^{*1}, 侯亚梅², 常阳³, 岳建平², 邓成龙¹, 朱日祥¹

1 中国科学院地质与地球物理研究所, 岩石圈演化重点实验室, 北京 100029

2 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 北京 100044

3 中国文物咨询中心北京国文信文物保护有限公司, 北京 100009

*sxyang@mail.iggcas.ac.cn

根据近年来在华北及东北地区三个分别处于更新世早期、更新世中晚期及更新世末期的遗址(群)的考古学研究工作, 尝试探讨史前人类行为与气候、环境及资源之间的相互关系。首先是位于华北泥河湾盆地的更新世遗址群, 目前开展的研究工作体现了早期人类对适合打制的本地原料的开发和动植物资源的利用。位于汾河第三阶地的以 54:100 地点为代表的中更新世晚期丁村文化遗址群的研究, 很好地反映了当时人类对区域内资源分布的认知程度和开发利用能力。位于东北小兴安岭地区的桃山遗址, 体现了从未次盛冰期后到全新世区域内史前人类对资源环境适应情况的变化。在以上工作的开展中除依赖基本的考古学材料分析, 也尝试将地质学的基础研究手段(如: 实验模拟、地质调查、地化分析等)应用于史前人类行为的解读。上述工作均处于初始阶段, 随着工作的开展, 将尝试把更多的地学研究手段应用于考古学研究之中, 进而深入解读早期人类行为弹性, 及其对气候、环境的适应和对资源的开发和利用能力。

S02-P-02S

淀粉粒研究反映的淮河中游地区 7000 年前后人类植物利用情况

姚凌*, 杨玉璋, 张居中

中国科学技术大学, 合肥 230027

淮河上中游地区位于中国东部南北不同气候类型、文化传统和农业模式的过渡地带, 研究表明, 在距今 7000 年前的新石器时代中

期, 淮河上游地区已经出现稻-旱混作的农业模式, 且该类型原始农业已在人类食物结构中占据了比较重要的地位。与同时期淮河上游地区相比, 淮河中游地区新石器时代中期的农业类型与发展水平目前尚不十分清楚。本文通过对该地区双墩文化(7.3-6.5kaBP)的代表性遗址出土的石饼、石锤、石磨盘等 7 件石器表面植物淀粉粒残留物的提取与分析, 发现该遗址先民利用石器加工的可食用淀粉类植物包括小麦族(*Triticeae Dumort*)、稻属(*Oryza*)、薏苡属(*Coix*)、莲藕(*Nelumbo nucifera*)以及豇豆属(*Vigna Savi*)等五类植物。稻属植物淀粉粒的发现表明, 淮河中游新石器时代中期人类已经开始了对于水稻的利用与加工, 且其原始农业结构与淮河上游地区并不相同, 应尽可能存在单一的稻作农业模式。各类型淀粉粒的出现频率分析结果显示, 采集仍是该区域新石器中期人类获取植物性食物资源的主要方式, 农业在人类经济结构中的地位相对较低。值得注意的是, 在残留物样品中普遍观察到数量丰富的莲藕淀粉粒, 个别石器甚至存在有专一性加工莲藕的迹象, 反映莲藕这一水生植物在双墩遗址先民植物性食物资源的选择中具有非常重要的地位, 体现了居住在淮河岸边的史前人类对于遗址周边多水环境的适应性和依赖性。淀粉粒表面不同类型物理损伤特征及模拟实验分析结果显示, 双墩遗址古人类对于不同类型淀粉类植物加工工具及加工方式的选择具有明显差异。另外, 也发现粒食类谷物的加工, 包括通过石圆饼进行的碾压以及利用石锤、石磨盘组合进行的研磨两种方式, 而莲藕这类块茎植物则主要是通过石锤在一些表面较平的石磨盘上进行砸击粉碎处理, 并没有明显经过研磨的迹象。本文的研究结果, 为我们提供了有关淮河中游地区新石器时代中期阶段人类植物资源利用与农业发展状况的重要信息,

对重建淮河中游地区史前人类生业形式的演进过程、了解双墩遗址出土不同形态石质工具的使用功能及当时人类食品加工利用的方式等问题有重要的学术价值。

S02-P-03S

十三世纪上半叶蒙古高原气候变化特征与成因分析

何韬¹, 刘健^{1,2,3*}, 王志远¹

1 虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏省地理环境演化国家重点实验室培育建设点, 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023

2 江苏省大规模复杂系统数值模拟重点实验室, 南京师范大学数学科学学院, 江苏 南京 210023

3 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京 210023

* jliu@njnu.edu.cn

利用通用地球系统模式 CESM 的过去 2000 年气候模拟试验结果, 在与历史重建资料以及观测/再分析资料进行对比验证的基础上, 分析了蒙古帝国扩张时期, 即十三世纪上半叶蒙古高原气候变化的特征并初步探讨了其成因。结果表明: 蒙古高原地区在公元 1200 至 1250 年间气候较为温暖湿润。地表温度的变化全区一致增暖, 其变化在多年际尺度上主要受气候系统内部变率影响, 而在年代际尺度上主要受太阳辐射变化影响。降水量的变化同样呈现全区一致增加, 且由北向南距平值逐渐增大, 其主要受太阳辐射影响。适宜的气候条件使得蒙古高原地区水草丰盛, 有利于骑兵的组建与训练。而蒙古帝国的扩张主要依赖于骑兵作战, 从而影响了蒙古帝国首都的选址, 并为蒙古帝国的兴盛创造条件。

S02-P-04S

东海泥质沉积区晚全新世以来植被变化的气候与人为因素

郑邦¹, 周斌^{1*}, 王可², 郑洪波³

1. 南京大学地球科学与工程学院, 南京 210093

2. 东京大学地球与行星科学学院, 东京 200092

3. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023

* zhoubinok@163.com

中国东海内陆架上发育有斑状展布的泥质沉积体, 该沉积体主要来自长江物源供给, 与东亚季风、沿岸流以及人类活动等联系密切, 是研究早中全新世以来长江流域古气候环境与人类活动变化的高分辨连续沉积记录 [ENREF 2](#)。长江流域是中华农业文明的发源地之一, 人地气候环境关系紧密。全新世大暖期之后, 该区域气候发生了由暖湿到凉干的转型, 并在千年及百年尺度上呈现次一级的波动和突变。气候变化对该区域植被环境和人类活动可能均产生了重要影响, 而人类活动导致的土地利用方式改变进一步影响植被变化。然而, 由于受沉积记录, 测年的精确性等条件影响, 前人关于该区域植被变化的自然和人为因素的研究和讨论较少。本研究拟通过晚全新世以来东海泥质沉积物中的正构烷烃指标和碳同位素等有机地球化学记录对长江流域“过去气候—植被—人类活动相互作用”进行解读, 发现研究区过去 4500a BP 的古气候环境发生明显的阶段性性变化:

1. 东海泥质区 4500 年来沉积有机质以陆源高等植物输入为主; 其中 3200-1200aBP 陆源输入减少, 海洋性有机质输入略有增加, 与该阶段气候趋于冷干、沿岸流增强相关。

2. 以 3200a BP 和 1200 aBP 为时间节点, 正构烷烃等参数指示该区域植被呈现三阶段的波动变化, 早期和晚期草本植物相对增多,

中期木本植物相对增多的变化;但植被变化呈现次一级的波动,如隋唐大暖期草本增多,小冰期早期木本增多。

3. 1300 aBP 以来气候总体上继续凉干,但草本植物大量增多,表明人类活动土地利用方式的变化导致植被类型发生了变化。

S02-P-05S

硅酸盐风化速率及其控制因素:来自九华山花岗岩小流域的研究

孙明照, 姬翔, 吴卫华*

南京大学地球科学与工程学院, 表生地球化学教育部重点实验室, 南京 210093

*wuw@nju.edu.cn

地质时间尺度上, 硅酸盐风化是一个净的碳汇, 对地球的气候有着重要的影响, 被称为地球的“空调”。然而, 影响硅酸盐风化强度和速率的因素繁多且复杂。温度、降水、海拔、坡度、植被以及人类活动等都是硅酸盐风化的影响因素。为探讨这些因素对化学风化的影响, 对单岩性小流域的研究是一个重要的方法。

九华山位于安徽省池州市青阳县内, 主体为燕山期的碱性花岗岩。九华山区域属于北亚热带湿润季风性气候, 年平均气温 13.4°C, 年平均降水为 2100 mm 左右, 流域降水量主要集中在 5-9 月份。为了研究花岗岩流域的风化速率及其控制因素, 我们对流经九华山花岗岩的十条山间小流域(流域面积均仅为数平方公里)进行了采样和地球化学分析。溪水的 pH 为 6.34-9.69, 平均 7.27。水温为 5.7-27.2°C, 平均 16.5°C。固溶物总量(TDS)为 34.3-324 mg/l, 平均 57.4 mg/l, 略低于世界河流平均值(65 mg/l)。雨水 pH 值为 3.81-5.81, 平均 4.78, 表明即使在受人类活动干扰较小的山区腹地, 酸雨的影响也不容忽

视。

对河水主量离子的分析结果表明: 硅酸盐风化平均贡献了总阳离子的 48%左右。阳离子中, 大多数样品的 Na^+ 含量要高于 Ca^{2+} , Mg^{2+} 和 K^+ 的含量相对较低。尽管流域中岩性以钾长花岗岩为主, 但相比钠长石, 钾长石抗风化能力更强, 这也与河床沉积物中更高的 K_2O 含量相一致。阴离子中, HCO_3^- 含量最高, 一些样品中, SO_4^{2-} 和 NO_3^- 偏高。由于我们采集的几次农田水中这两种离子的含量均明显低于溪水, 而采集的雨水中它们的含量却较高。因此, 在九华山地区, 农业活动对河水中溶解质的影响较小, 而酸沉降却是一个重要的影响因素。利用正演计算的方法, 我们初步估算了九华山花岗岩小流域的平均硅酸盐风化速率约为 4.48 t/km² a, 此值与纬度相似的其他花岗岩流域的风化速率接近, 高于高纬度的加拿大地盾、西伯利亚流域, 而明显低于热带的一些花岗岩流域。

S02-P-06S

川东北诺水河重金属含量季节变化与影响因素

李汉杰¹, 陈琼¹, 周厚云^{1*}, 贺海波², 汤静³

1 华南师范大学地理科学学院, 广州 510631

2 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550081

3 广州气候与农业气象中心, 广州 511430

*hyzhou@gig.ac.cn

2011 年 7 月至 2014 年 8 月逐月对川东北诺水河采集了河水样品, 采用 ICP-MS 技术对河水中重金属元素 Zn、Cu、Ni、Cr、Pb、Cd 的含量进行了分析, 结果显示: (1) 川东北诺水河中重金属元素含量总体上较低, Zn、Cu、Ni、Cr、Pb、Cd 的平均值分别为 9.03μg/g、3.34μg/g、0.61μg/g、0.65μg/g、0.46μg/g、0.01μg/g, 均未超过国家地表水水质 I 类标准,

水质清洁；(2) 重金属元素含量都表现出明显的季节变化特征，但不同重金属元素之间的季节变化趋势存在差异，表明不同元素含量变化的影响机制存在差异，Zn、Ni、Cr 元素含量夏秋高、冬春低，可能受大气降水的影响，Cu、Pb、Cd 元素含量冬春高、夏秋低，可能受大气粉尘活动影响。川东北重金属元素季节变化可能主要受气候环境变化的影响。

S02-P-07S

北京市西南郊大气沉降中重金属元素季节变化特征及其来源分析

邓肖敏¹，周厚云^{1*}，陈琼¹，田立军²

1 华南师范大学地理科学学院，广东广州 510631

2 中国科学院地质与地球物理研究所新生代地质与环境重点实验室，北京 100029

*hyzhou@gig.ac.cn

2012年11月-2013年10月在北京市西南郊石花洞附近进行了为期1年的大气沉降采集，共采集大气沉降样品11个，使用ICP-MS对样品中Zn、Cd、Co、Cu、Pb、Ni、Mn、Sr等重金属元素含量进行了分析，结果显示：

(1) Zn、Cd、Co、Mn、Ni、Pb等重金属元素沉降通量季节变化基本一致，表现为秋季>春季>冬季>夏季；(2) Cu、Sr沉降通量季节变化总体表现为春季>秋季>夏季>冬季。富集因子分析表明，Co、Ni、Mn、Sr、Pb等元素主要受岩石风化和大气粉尘影响；Cu、Cd、Zn主要受人类活动和工业生产影响，其中Zn富集因子最高，可能主要反映了金属冶炼的影响。

S02-P-08

青藏高原末次冰消期以来的植被演化和人类扩张

侯光良

通过对青藏高原36个地点的化石孢粉记录整理，采用现代类比法和乔木花粉15%的等时线方法，重建了末次冰消期(16.5cal.kaBP)以来该地区植被的时空变化。结果表明：自~14 cal. ka BP以来高原草甸性草原植被替代了LGM期间沙漠主导的模式。青藏高原的植被带从南向北、从边缘到内地、从低海拔向高海拔移动和扩展。其最重要的扩展发生在14.11 cal. ka BP和8.6 cal. ka BP期间，在~6 cal. ka BP到达了最西部，在这之后开始向东撤退。与此同时，在~14 cal. ka BP，高原东北缘的人类活动开始繁荣，这也是高原人类活动最早的年代。在8.6 cal. ka BP期间植被的扩展驱使人类进一步到达腹地和西部地区，如可可西里和羌塘高原。另外，在东部地区的人类活动年代也早于腹地。所有的这些都显示了青藏高原的人类活动极大的受植被变化和扩展的影响。

S02-P-09

山旺盆地：一个适于“深时”研究的时间胶囊

余继峰^{1*}，赵刚²，梁明媚³，Jason Hilton³，齐向前²，付文钊¹，杨光朋¹，张杰¹

1 山东科技大学，青岛 266590

2 山东临朐山旺国家地质公园，临朐 261000

3 英国伯明翰大学，伯明翰 B15 2TT

* yujifeng05@163.com

1 关于“深时”研究

第四纪是离人类最近的地质时间段，它的气候变迁对于人类的影响最大，所以一直备受人们的关注。近几十年来科学界发展出深海沉积物、冰芯、陆地黄土沉积等多种古气候替代性指标，在高分辨率的古气候古环境研究方面已取得令人鼓舞的成果。但是第四纪气候毕竟只是代表了地球气候历史中非常局限的一部分。从时间来看，第四纪所持续的时

间仅占 0.04%,在此之前 99.96%地质历史时期的地球气候并不遵循第四纪气候整体寒冷、冰期—间冰期交替的变化规律。第四纪气候变化对于了解整个地球历史气候系统演化和人类活动对气候的影响程度是不够的,未来气候变化的趋势也表明,仅仅依靠第四纪气候研究结果进行未来气候预测是不够准确的。

鉴于上述问题,以美国 Oklahoma 大学 Soreghan GS 教授为代表的古气候研究学者提出了以地球表层系统为研究对象的“深时”(Deep Time)古气候研究计划,着眼于沉积记录研究前第四纪地质历史时期的地球古气候变化,为未来气候预测提供更可靠依据[1],因为前第四纪的气候变化只受自然因素控制,更能反映地球气候系统的规律。这是随着地球科学(地质学)不断向地球系统科学转变进程的深入,人类生存和发展向沉积学提出的新要求。“深时”研究会同“深空”(Deep Space)、“深海”(Deep Sea)和“深部”(DeepInterior)探测和研究计划一样,在人类发展路程上发挥重要的作用(孙枢、王成善,2006)。

2 独特的“时间胶囊”及其地质特征

2.1 时间胶囊的由来

深时古气候研究的关键不仅是要选好高分辨率、高连续性的古气候记录地质材料,而且地质材料的时限应当尽可能精确可靠。能很好满足这两个条件的沉积记录并不多见,尤其是沉积地层的精确时限不易确定。

Holden, Constanc 受邀在美国《科学》杂志 2001 年第 1 期上撰文介绍了山旺盆地,“大约 25Ma 年前中国山东省的一个湖泊停止了循环变成一粒时间胶囊。在几百万年的时间内大量动植物落入缺氧的湖水中被细粒沉积物覆盖埋藏。”该文还介绍了美国国家科学基金会的海洋地质学家比拉尔-哈克(Bilal Haq)1999 年来中国参会期间到山旺盆地考察的情

况,其化石的丰富程度令比拉尔-哈克难以相信,认为可以与德国著名的 Solenhofen 石灰岩中化石相媲美。比拉尔-哈克在中国科学院海洋研究所海洋生物学家郑守仪院士的帮助下,向国家及省政府有关官员发出保护化石产地的呼吁,同时,强调应从专业的角度和国家层面上对其进行科学研究。随后,掀起了山旺盆地研究热潮。

2.2 地质特征

山旺盆地位于山东省临朐县城以东 22 公里处,盆地面积不大,四周丘陵环抱。1935 年,杨钟健先生首开调查研究山旺盆地的先河,因其中的硅藻页岩发育、动植物化石门类众多、保存精美,被称为“万卷书”、“化石宝库”,并被中外专家誉为研究中新世的“综合实验室”。山旺国家地质公园于 2005 年 9 月 24 日揭牌开园后,2011 年被确定为国土资源部第一批野外科学观测研究基地。

山旺盆地的发展经历了完整的 3 个阶段,并相应地形成了它的 3 个结构层。在盆地接受堆积阶段,初期处于封闭环境,中、晚期为半封闭环境。虽与火山活动有关,但它不是一个简单的火山口盆地,种种迹象表明,它是一个玛珥湖(Maar Lake)盆地。

山旺盆地出露的地层具有一老一新的特点。老地层为太古界泰山群万家庄组,其代表性岩石为花岗质片麻岩,分布在该区西南部;新地层主要为新近纪基性火山岩及其沉积夹层。对于本区出露的新近系,现在人们多趋向于三分法,以山东区域地层表为代表,将本区地层自下而上分别划归牛山组、山旺组和尧山组。把尧山组作为上新世地层。牛山组和山旺组分别划归为早中新世和中中新世。

山旺组是一套发育于牛山组玄武岩基底之上的淡水湖泊沉积,也是本区最主要的化石产出层位。主要包括三个部分:下部为黄

色砂岩和凝灰质角砾岩, 仅在角岩山南麓等盆地边缘地带出现, 与牛山组不整合接触, 砂岩中曾发现中新世脊椎动物化石; 中部为灰白色硅藻页岩, 夹藻层凝灰岩、磷结核层和泥灰岩层, 硅藻页岩富产多种门类的化石(硅藻、孢粉、植物、昆虫、鱼类、两栖动物、爬行动物、鸟类和哺乳动物等), 上部为绿色泥岩、褐色碳质泥岩, 夹两层玄武岩, 顶部砂砾岩。

对山旺盆地的研究, 虽经历了近 80 个春秋, 在山旺盆地成因与演化、山旺组化石的分类与保存, 山旺盆地古地理、古气候等方面都有一定的研究成果, 古生物化石研究方面成果尤为突出, 但许多重要地质现象, 才刚刚被发现, “万卷书”中所蕴藏的丰富地学信息远没有被解读。特别是山旺组连续沉积含化石丰富的硅藻页岩段顶底均有玄武岩层界定, 为进行同位素测年提供了方便, 开展该段的深时古气候研究是可行的, 至少为该区高分辨率区域性古气候变化研究提供了可能。

3 深时古气候初探

3.1 时限的确定

关于山旺盆地持续的时间, 存在一些争议。金隆裕认为山旺组形成于 18.85—14.11Ma B.P.; 陈道公和彭子成认为形成于 18.87—10.60Ma B.P.; 而王方正则认为牛山组形成于 18Ma B.P. 左右, 山旺组中上部的火山岩形成于 9—10Ma B.P., 尧山组火山岩为 4Ma B.P. 左右(金隆裕, 1985; 陈道公等, 1985; 王方正, 1986)。本次研究对山旺组硅藻页岩段及顶底玄武岩层进行了密集采样和古地磁参数测量, 通过古地磁极性数据与国际标准古地磁极性年表相比对, 确定其记录了中新世 C5Cn.3n-C5Cn.1n 的极性带序列, 将剖面磁化率数据用中新世太阳辐射曲线进行调谐, 确定了其年代跨度约为 16.7-15.7Ma B.P.

3.2 古气候特征

用磁化率、Rb/Sr 值等古气候替代指标对其沉积时期的气候变化进行了研究, 结果表明, 山旺盆地硅藻土剖面沉积时期古气候变化可划分为以下几个阶段: 16.7-16.6Ma B.P. 和 16.6-16.51Ma B.P. 时段, 气候相对湿润寒冷; 16.51-16.44Ma B.P. 时段, 气候相对干旱寒冷; 16.44-16.32Ma B.P. 和 16.32-16.21 Ma B.P. 时段, 气候相对温暖干旱; 约 16.21-16.01Ma B.P. 时段, 气候相对温暖湿润; 16.01-15.72 时段, 气候相对湿润寒凉。

对研究层段顶底玄武岩进行了锆石分离, 绝度年龄测年数据有待补充。本文为国家自然科学基金资助项目(41472092)的部分成果, 大量研究工作正在进行。

S02-P-10

200 年来巴丹吉林沙漠湖泊岩芯的环境变化及人类活动记录

刘斯文^{1*}, 赖忠平², 陈天源³

1 国家地质实验测试中心, 北京 100037

2 中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074

3 中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810008

* siwenzliu@126.com

巴丹吉林沙漠发育了世界上独特的丘间永久湖泊群。沙漠湖泊被高大沙山环绕形成了相对隔绝、封闭的独特沉积环境。沙漠湖泊岩芯是记录沙漠地区环境、气候变化较为难得的研究材料。随着 19 世纪工业革命以来, 近 200 年来人类活动, 尤其是工业活动记录, 在全球湖泊沉积物、沼泽泥炭、冰芯等地质记录体中都有普遍发现, 而对全球广泛分布的沙漠湖泊记录报道则很少。

本文选择巴丹吉林沙漠东南部两类特征差异较大的典型丘间湖泊(沙漠东南缘、半封闭、淡水——微咸水湖泊宝日陶勒盖和沙

漠腹地的全封闭、咸水湖泊音德尔图)进行钻探,获取无扰动岩芯 BR-1 和 YD-1。利用核素 ($^{210}\text{Pb}_{\text{uns}}/^{137}\text{Cs}$) 测年获取了岩芯 120 的沉积年龄,基于岩芯下部稳定的沉积速率,依据平均沉积速率推算获取岩芯 BR-1 和 YD-1 约 200a 的沉积年龄。对岩芯开展了物理指标(粒度、磁化率)、元素指标(主量、微量)和金属同位素(^{208}Pb 、 ^{207}Pb 和 ^{206}Pb)分析。结果认为:(1)两类丘间湖泊沉积模式差异较大,半封闭性湖泊(BR-1)发育时间较短、20 世纪 30 年代以来曾出现较大的水位沉积波动,反映了风成沙沉积向湖相沉积过渡的过程。封闭湖泊发育时间较长,属静水沉积,反映了沙漠腹地较为稳定的湖泊沉积。(2)湖泊代用指标揭示了两类丘间湖泊 200 年来两类湖泊相反的水化学环境变化趋势,但反映了相似的湖泊水位波动趋势。近 50a 来两类湖泊水位较历史时期高。近 200 年来湖泊经历了多次波动,峰/谷值变化与沙漠附近的树轮 PDSI 指数记录、西北地区极端干旱事件记录具有很好的对应性,并与历史厄尔尼诺事件年份遥呼应。(3)丘间湖泊岩芯中的 Hg、Pb 沉积通量变化自 20 世纪 30 年代以来呈明显升高的变化趋势,并与全球大气 Hg、Pb 沉降的变化趋势一致,反映了 200 年来人为源大气沉降 Hg、Pb 在偏远沙漠地区的记录。尽管湖泊岩芯存在人为源输入,但湖泊岩心中 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 显示 Pb 来源其更接近自然源端,对岩芯中 Pb 沉积贡献微弱。(4)湖泊沉积记录显示在 1920 年左右,以及 1950 年左右呈剧烈变化,这一时期在沙漠边缘分别发生过里氏 7~7.3 级以及 8.5 级地震,是否是地震引起地下水系调整所致;以及建国后在沙漠周边的农业生产规模扩大等人类活动加剧,是否是影响湖泊沉积的因素,需要进一步的研究。沙漠湖泊岩芯沉积记录有其自身不可替代的沉积特征和指示意义,但由于

沉积过程复杂,已开展工作较少,因此,面临诸多挑战和问题,在未来的研究中沉积物中的微观证据和大尺度的宏观背景证据可能是值得考虑的问题。

S02-P-11

列序分析及其气候应用

曹鸿兴¹, 蔡秀华¹, 吕行², 吴永萍³

1 中国气象科学研究院, 北京 100081

2 University of Miami, Branch Coral Gables, FL 33124, USA

3 扬州大学物理科学与技术学院, 扬州 225002

在气候变化研究中经常使用相关系数来考察不同气候要素间的关系,在单要素气候变化的研究中则应用自相关系数。其基本概念是以统计样本来对总体进行估计。因此当小样本时,估计值与总体的结果必然差别大,研究结果可信度就会降低。

不同于计算相关系数,我们提出了列序分析的概念和方法,它的思路来源于变量序列间的几何形状的接近程度,几何形状接近的序列,度量其靠近程度的指数应大,反之就小。把这靠近程度大小按序排列,就得到变量序列间的联系程度的名次。这就是说,列序分析把问题限制在样本集内,即在已有采样数据的情况下,因变量与 m 个自变量中哪个自变量联系最密切?哪个又居其次?…应该说列序分析更切合实际需要。

从数学上证明了列序度与绝对值关联度、欧氏距离间的关系,由此论证了列序分析的数学根基。数学推导和数值计算都证实了列序分析的可用性,尤其在量测为小样本的情况下更有使用价值。本文从实用出发,针对不同性质的数据,提出了四种列序度计算方案。

选取了计算加权平方距离的方案对大气污染及其有关的气候要素序列进行了实例计

算。对计算结果进行分析,指出列序度与相关系数的异同,并与相关系数对照。对气候变化作列序分析可以更可靠地来使用某个气候要素制作预测。

列序分析可以应用在地学的各个学科,尤其在观测序列不长的问题的研究中。

S02-P-12S

Temperature and salinity changes of the permanent thermocline recorded by *Globorotalia inflata*: implication for intermediate water changes in the Northern South China Sea since 20 ka

Yiping Yang^{1,2}, Rong Xiang^{1*}, Muhong Chen¹, Fuchang Zhong^{1,2}

1 CAS Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 10039, China

*rxiang@scsio.ac.cn

The intermediate circulation is one of the crucial factors for seawater thermohaline changes. Due to the lack of some indicators, the research of the past intermediate water is very limited in the South China Sea (SCS). Especially, little is known on the thermohaline properties of the intermediate water. Here, we present paired Mg/Ca and $\delta^{18}\text{O}$ data on the planktonic foraminifera *Globorotalia inflata* from Core GHE27L in the northern SCS that provide records of temperature and $\delta^{18}\text{O}$ of seawater (residual $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$; a proxy of salinity) of the permanent thermocline waters, to tentatively investigate changes of the intermediate water in

the SCS since the Last Glacial Maximum. The results show that *Globorotalia inflata* in the SCS mainly growth within the water depth interval of 250-500 m over the past 20 ka. The thermohaline change of permanent thermocline is very remarkable, characterized by warm and fresh waters at the Last Glacial Maximum, then changed to warm and saline between 17.7 and 13.6 ka BP. It shows general high temperature and salinity with obvious millennial-scale fluctuations during 13.6-8.3 ka BP, after that it became cold and fresh during the Holocene. This suggest that temperature and salinity of the permanent thermocline waters in the SCS were mainly impacted by the North Pacific Intermediate Water (NPIW) during the Last Glacial Maximum (17.7-20 ka) in the northern SCS, and then the influence of the Antarctica Intermediate Water (AAIW) strengthened during the time interval of last deglaciation and Pre-Boreal period (17.7-8.3 ka), after that, it once again impacted by NPIW, but with obvious fluctuations.

S02-P-13

末次冰消期湖光岩玛珉湖硅藻生物多样性变化

李晶晶¹, 旺罗^{2*}

1 中国地质大学(北京), 北京 100083

2 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

* wangluo@mail.iggcas.ac.cn

末次冰消期全球开始转暖,并伴随两次大幅度的降温事件。这个时期的生物多样性经历怎样的变化是目前最受关注的问题之一。湖泊在全球生态系统中占据重要的地位,其中初级生产力的生物多样性对湖泊生态系统的功能起着非常重要的作用。硅藻是湖泊生

态系统中非常重要的组成部分，并且其对环境变化非常敏感，种类丰富，以及拥有易于保存的硅质壳体。这些特点为研究地质历史时期的生物多样性提供了有利条件。但是目前在研究地层中的生物多样性时，面临的一个关键问题是湖泊中单个钻孔的样品是否能代表整个湖泊中硅藻生物多样性。本文以湖光岩玛珉湖为研究对象，通过对比分析不同深度不同区域表层硅藻样品的生物多样性在空间上的变化，试图回答上述关键问题。进而研究末次冰消期硅藻的生物多样性，探讨硅藻生物多样性的变化过程。研究发现在空间上，湖光岩表层硅藻的生物多样性没有显著的差别，个别样品生物多样性的差异仅仅是由于地形因素造成。硅藻生物多样性在不同水深和不同水域基本相同，因此我们认为一个结构相对简单，并且具有一定混合度的湖泊，单个钻孔的沉积样品在生物多样性上具有很好的代表性。重建末次冰消期生物多样性的结果显示，随着气候的变化，硅藻生物多样性发生了显著的变化。多种生物多样性指标都显示冷期时硅藻生物多样性高，而暖期时硅藻生物多样性相对较低。结合现代表层硅藻生物多样性，以及前人有关该湖泊水体结构和营养变化的研究结果。我们认为冷期生物多样性高是因为温度低，风力强，水体循环强，湖泊的营养增加，导致硅藻多样性增高。而暖期由于温度升高，风力减弱，水体分层，营养减弱，引起硅藻种类减少，并且个别种类成为绝对优势种，导致硅藻生物多样性降低。

S02-P-14S

中全新世快速气候变化事件与古文明演化的高精度万象洞石笋记录

周鹏超^{1*}，高涛¹，余仁哲¹，白益军¹，张平中^{1*}，程海²

1 兰州大学地质科学与矿产资源学院和甘肃省西部矿产资源重点实验室，兰州 730000

2 西安交通大学全球环境变化研究院，西安 710054

* zhoupc10@lzu.edu.cn; pzzhang@lzu.edu.cn

作为全球最重要的亚洲季风系统以其剧烈的降水多变性强烈的影响全球大约 1/2 人类的生存和发展。近十几年，亚洲季风区洞穴石笋以其高精度²³⁰Th定年和高时间分辨率对过去 500ka 轨道和冰期千年尺度上的演变规律进行了详细制约。可是对于当代全新世冰期北高纬地区发生的最显著的 8 个世纪尺度上的剧烈降温事件仅仅局限于 9.2 ka 和 8.2 ka 事件。本文以黄土高原西部甘肃万象洞石笋 WXB07-4 顶部纹层清晰且致密无沉积间断的部分为研究对象，通过高精度²³⁰Th绝对定年和高分辨率氧同位素数据测定，建立平均分辨率 8a 和绝对定年误差仅仅 23a 的亚洲夏季风 5.4 ka 极端减弱事件变化的时间序列，确定事件的起止时间、持续时间和变化模式。研究表明，石笋 WXB07-4 顶部的 $\delta^{18}\text{O}$ 值时间序列显示出从 6420a BP 开始到 4917a BP 期间的逐渐变得偏重和沉积速率逐渐减小趋势，与亚洲季风区其它石笋记录一样指示了亚洲夏季风这期间跟随北半球太阳辐射的逐渐减小显示出亚洲夏季风强度的逐渐减弱和与之有联系的降水量减少。万象洞 $\delta^{18}\text{O}$ 逐渐偏重的长趋势能够显示出 3 相特征：在第 1 相的 6420 a BP~6172 a BP 期间， $\delta^{18}\text{O}$ 值显示出以波动幅度为 1.38 ‰的、在-11.25~-9.87 ‰之间(平均值为-10.41 ‰)波动的逐渐偏重趋势，在 6420a BP~6176 a BP 之间的平均沉积速率高达 0.057 mm/a，说明这期间具有较高的降水量，与较强的、以大幅度波动逐渐下降的季风强盛期有关；而在 6176 a BP 之后的在 6172 a BP~5698 a BP 期间的第 2 相，沉积速率突然发生变化，下降到 0.012 mm/a，并且 $\delta^{18}\text{O}$ 以

-10.39~-9.67 ‰之间小幅度波动(幅度 0.72 ‰)和平均值-10.05 ‰几乎等于整体平均值为特征,是夏季风突然变化到平稳波动的反映;最有趣的是 5683a BP~4917 aBP 期间的第 3 相, $\delta^{18}\text{O}$ 值波动在-9.99~-8.10‰之间(波动幅度达到 2.05‰),平均值仅仅-9.35‰,均低于整体平均,同时沉积速率出现几乎减少到 1 倍的、与降水量大幅度再次降低有关的大幅度下降,指示了夏季风在减弱期内存在大幅度极端变化。在第 3 相期间,以 5434a BP 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值-8.70‰极端偏重为主,显示出从第 2 相末期的 5727 a BP 开始到 5434 a BP 的逐渐偏正和从 5434 a BP 到 5080 a BP 逐渐偏负的波动趋势,指示了亚洲夏季风以 5434a BP 为节点时间的这段时期内夏季风经历 293a 的逐渐减弱然后经历 354a 的逐渐增强特征;同时也显示出以 5654a BPa BP、5546a BPa BP 和 5053 a BP 年代为主的小幅度季风减弱谷,和 5640a BPa BP 与 5499a BP 为主要年代的 2 次 $\delta^{18}\text{O}$ 小幅度偏负季风加强峰。

同时,石笋 WXB07-4 记录的在 6420-4917a BP 期间亚洲夏季风强弱与之相联系的降水变化,恰好覆盖了中晚新石器时代及青铜器时代初期以农业起源和社会文化形成特征的中华文明大爆发时期。以广泛分布于中国黄土高原西部及其周边的仰韶文化为代表,其中在以雨养干地农业普通粟类为特征的发育在 7000-6000 cal BP 之间的仰韶早期黄河-渭河谷半坡文化的遗弃主要对应于石笋 WXB07-4 记录的第 1 相亚洲夏季风降水由多到少的逐渐过渡期及其第 2 相早期季风降水平稳波动期,并连接着中仰韶文化前期向东沿黄河中下游地区大规模的扩散、人口的增长和高粱和小米的同时耕作,直至 5500 aBP 左右更耐旱重要作物荞麦 (*Fagopyrum*) 的出现和河南西部仰韶中期文化的衰落。这个时代恰好与 WXB07-4 记录的第

3 相中期的季风极端减弱谷年代 5434 aBP 相一致,这时黄土高原整体出现干旱,中国陕西关中盆地全新世古土壤在 6000- 5000a BP 被干旱和风尘沉积物所中断,高原湖水位降低。同时比中期文化更下游河南地区仰韶晚期文化的繁荣和停止、更上游大地湾第四类仰韶类文化在 4900 a 左右的消失,几乎对应于万象记录亚洲季风减弱期第 3 相后半部极端减弱谷之后亚洲夏季风降水逐渐的增多然后在 4917 aBP 左右突然的大幅度减少时期。而与仰韶文化在 5000a 左右大规模崩溃后向黄河中下游偏下游地区迁徙有关的、主要在河南南部及山东黄海平原重组的龙山文化,可能连接着亚洲夏季风降水的向东南收缩,其早期文化的遗弃与中国几个石笋记录的 4600a 左右亚洲夏季风减弱谷时代几乎一致,同时龙山晚期文化的兴起与崩溃同样与亚洲夏季风小幅度加强和剧烈减弱有关。我们最新和坚固的石笋同位素时间序列表明,亚洲夏季风的强弱及其导致的降水多少,直接决定着新石器时代华夏文明的发生、发展和迁徙,为当代人类活动对现代夏季风施加重要的影响下,我们如何减轻自然灾害的影响、更好的适应当代气候变化提供了重要科学依据。

S02-P-15

湖北神农架大九湖盆地晚更新世山地古植被与古环境

萧家仪^{1*}, 肖霞云², 张茂恒¹, 商志远¹, 陈晔¹, 尹建吉¹

1 虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023

2 中科院南京湖泊与地理研究所, 南京 210008

* xiaojiayi@njnu.edu.cn

大九湖盆地位于湖北西部神农架林区 (31° 29' 28.428" N, 109° 59' 39.84" E, 平均海拔 1670 m) 盆地底部发育着原生态的

泥炭沼泽和数十米厚的湖相、沼泽相沉积物。沉积物中富含孢粉，记录了神农架地区晚第四纪以来的植被演变和古气候演变。

盆地中获取 0-775 cm 连续的岩芯。本文孢粉研究的岩芯为 144-775 cm。144--450cm 的 AMS¹⁴C 测定约为 9.6- 38 cal ka BP, 650cm 氨基酸测年值为 64838±1356 a BP, 推测底部沉积物年龄为 83.4 ka BP。孢粉采样间距 1-2cm, 共分析样品 340 块, 鉴定出 121 个孢粉(科)属, 120647 粒孢粉。根据孢粉组合特征, 分为 5 个孢粉带。可划为五个大的古植被与古环境演变阶段:

阶段 1: 775-683 cm(约 69.7-83.4kaB.P), 古植被为冷杉-落叶阔叶树组成针阔混交林。气候偏凉偏湿, 年均温均值为 2-4℃; 年均降水量超过 1700mm。

阶段 2: 683-582 cm (约 69.7-55.9kaB.P.), 古植被为以冷杉为建群种的暗针叶林。气候寒冷湿润, 年均温低于 1℃; 年降水量超过 1900mm。

阶段 3: 582-405 cm (约 55.9-34.5kaB.P.), 古植被为阔叶树-冷杉组成针阔混交林。气候偏温偏湿, 年均温较阶段 1 偏高一点; 年均降水量可能较阶段 1 相似或略低。

阶段 4: 405-238 cm (约 34.5-17.7kaB.P.), 古植被与古环境与阶段 2 相似

阶段 5: 238-144 cm (约 17.7-9.6kaB.P.), 古植被为落叶阔叶林, 年均温为 3.9℃或逐步上升,; 年均降水量略降至与现代相似。

五个大的阶段中各有 3-4 次古气候次一级的波动。五个阶段中的古植被类型, 现今在神农架林区及周边的秦巴山地不同海拔地带原生态分布。

中更新世以来, 我国大陆地区气候特征, 与全球气候变化相似。基本上是寒冷与干旱、温暖与湿润的气候模式。我国黄土、石笋、湖泊沉积物、和青藏高原冰芯等多项气候代

用指标记录多是如此。从神农架地区现有的气象记录显示: 海拔 800 m 时, 年均降水量 1000 mm 左右; 海拔 2320 m 时, 年均降水量约为 2346 mm。海拔高度与年均降水量呈线性正相关。现代神农架林区海拔由高向低, 地带性的分布着暗针叶林-针阔混交林-落叶阔叶林-落叶、常绿阔叶混交林-常绿阔叶林。不同的植被类型生长于不同的海拔高度, 大九湖盆地五个阶段的古植被类型, 与现代中、高海拔地带植被类型类似。用以恢复过去古生态, 是完全可信的。神农架林区晚更新世五个古气候演变阶段的特点是冷湿、暖偏干的模式。可能的机制是冰期寒冷阶段冬季季风强盛, 我国北方环境干旱。但我国东南部毗邻大海, 海陆温度梯度形成的湿润气团, 易进入我国南方内陆地区, 秦巴山地对冬季风有一定的阻碍作用。使得在长江以南地带部分地区寒冷期时有一定的大气降水。另一可能原因是秦巴山地险峻, 沟壑丛生。湿润汽团易在山地形成地形雨。山地垂直地带气候水热配置, 明显与水平地带不同。再有的可能是冷湿气候特点与有效降水有关, 温度低地表蒸发量减少, 环境相对湿度; 反之相对偏干。

有研究支持我国和南方有些地区晚第四纪是冷湿与温干的气候配置, 如南京汤山石笋同位素研究、南岭山地的孢粉记录、江汉平原龙泉湖、江汉平原江陵地区等。

S02-P-16

大柴旦盐湖沉积记录的早中全新世气候演化及其驱动机制研究

高春亮^{1,2*}, 余俊清¹, 闵秀云^{1,3}, 成艾颖¹, 洪荣昌^{1,3}, 张丽莎¹

1 青海省盐湖地质与环境重点实验室, 中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810008

2 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 兰州
730000

3 中国科学院大学, 北京 100049

* gaochunliang2007@163.com

全新世又称冰后期, 是指第四纪最后一次冰期结束至今的时期。进入全新世以后, 气候波动尤为显著, 突发事件频发, 这种不稳定性及其干湿变化是区域性的还是全球性的, 成为学术界争论的热点。柴达木盆地处于西北干旱区、青藏高原区和东部季风区三大自然区的交错地带, 这里生态环境脆弱, 气候环境变化剧烈, 西风带气候和雨影效应致使该大型内陆盆地内极度干旱, 并成为响应气候变化最为敏感的研究区域。大柴旦盐湖 (37°46'~37°55'N, 95°02'~95°22'E) 是柴达木盆地北部次级山间盆地中的封闭湖泊, 在盛行西风的控制下, 湖区干旱少雨, 来自汇水盆地北部山地的降水的补给及其变化, 主导大柴旦盐湖水位和水化学组成及其变化, 并且能敏感地记录在大柴旦湖底沉积序列中。因此, 大柴旦盐湖沉积岩芯中保存的气候变化记录是研究青藏高原北部西风带气候变化的重要环境档案。

本研究选择大柴旦盐湖常年水体下部沉积剖面为研究对象, 基于 AMS ¹⁴C 年代学、烧失量分析 (LOI)、X-射线粉末衍射分析 (XRD) 以及粒度分析等研究方法, 旨在探讨大柴旦湖区早中全新世以来的气候变化。研究发现, 在早全新世 (9.9-8.4 ka), 大柴旦湖区处于相对冷湿期; 进入中全新世 (8.4-5.6 ka), 湖区经历了相对暖湿期, 然后过渡为相对暖干期。换言之, 大柴旦湖区在早中全新世阶段经历了冷湿—暖湿—暖干的古气候波动。这种早中全新世气候呈现出与西风模式完全不同的变化模式, 除了受太阳辐射驱动外, 在全新世不同时间尺度上高低海拔湿度变化可能存在差异性, 区域特定地形可能起了极大作用。

S02-P-17

粟作和稻作农业形成过程中的自然选择

杨晓燕

中国科学院地理科学与资源研究所

yangxy@igsrr.ac.cn

现在的农作物被称为“胜利者 (winner)”, 这些农作物的野生祖本赢得了人类的青睐, 被种植、驯化, 并在人类上万年的悉心培育下品种繁多, 领地广阔。研究农业的起源和传播, 人们关注更多的是这些被称为胜利者的植物, 人类选择某种植物进行驯化直至农业形成, 理所当然的被认为主要是人类有意或者无意的行为结果, 自然环境的变化被认为只是农业发生的“初始条件”之一。

植物的驯化过程, 包含了对这种植物的采集、专门化采集和种植三个阶段。已有研究表明, 在末次冰期的山西柿子滩遗址, 人类集中采集的植物不仅仅来自粟、黍所在的黍族 (Paniceae), 某些来自小麦族 (Triticeae) 的植物也同时被利用, 且居于主导地位; 但我们过去对华北距今万年左右的南庄头、东胡林和转年遗址的研究则发现, 黍族植物淀粉含量超过小麦族占据主要位置, 同时, 在长江下游距今万年的上山遗址, 稗 (*Echinochloa* spp.) 与稻 (*Oryza* spp.) 被一起利用的时间超过 1500 年。我们的研究还发现, 进入全新世最适宜期以后, 黄河流域考古遗址中小麦族淀粉粒出现概率急剧下降, 到距今 6000 年前后几近消失; 在长江流域, 稗属植物遗存也被归为杂草, 时有时无 (目前长江流域只有湖南八十挡遗址 (8.5-7.5ka BP) 和湖北屈家岭文化叶家庙遗址 (~5.0ka BP) 有发现) ——粟、黍和稻完全胜出, 粟作农业和稻作农业完全形成。

我们的研究表明, 发现在农业发生

初期, 粟、黍和水稻并不是人类确定进行驯化的植物, 人类对待驯化植物的选择, 没有明确的目的性而具有多样性。C3 和 C4 植物是陆地植被最主要的组成部分。在北方, 伴随着温度的升高, 植被类型也由末次冰期的 C3 植物居于主导转为全新世的 C4 植物更具优势。小麦族属 C3 植物, 黍族属 C4 植物, 气候变化导致的植被变化必然造成采集和种植种类的变化, 这可能是人类最终选择粟类作物的根本原因。现在, 作为农作物的稗 (*E. esculenta* 和 *E. frumentacea*) 被种植在偏凉偏干的地区, 而且, 随着抗寒抗旱水稻品种的出现, 稗的种植面积越来越小。全新世适宜期的黄河流域, 湿热的夏季和干冷的冬季虽然并不适合属于早熟禾亚科的小麦族植物生长, 但在暖湿的长江流域, 产量远远大于稗的水稻肯定更容易受到人类青睐。

S02-P-18S

IAP/LASG CORDEX 试验模拟和预估的中国夏季温度变化

李东欢^{1,2*} 周天军^{1*} 邹立维¹ 马双梅^{1,2}

1 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室 (LASG), 北京 100029

2 中国科学院大学, 北京 100049

*lidh@lasg.iap.ac.cn

本文按照 CORDEX 计划的试验设计要求, 利用中科院大气所全球模式 FGOALS-g2 的数据驱动区域气候模式 RegCM3, 针对 1986-2005 年历史气候和 2010-2065 年的 RCP8.5 情景下气候预估, 对东亚地区进行了 50 km 动力降尺度模拟。作者首先评估了 RegCM3 及其驱动模式 FGOALS-g2 对 1986-2005 年夏季中国地表气温和极端高温事件的模拟能力, 然后比较了两个模式在

RCP8.5 排放情景下对中国夏季地表气温和极端高温事件预估的变化, 重点分析了动力降尺度结果的增值。结果表明, 两个模式均能合理再现夏季中国地表气温和极端高温事件的大尺度气候态特征, 相对于全球模式 FGOALS-g2, 区域模式 RegCM3 由于水平分辨率较高, 能在刻画地表气温分布的细节上体现出增值。在 RCP8.5 排放情景下, 两个模式预估的三个地表气温指标均显著升高, 到 21 世纪中期 (2046-2065 年), 两个模式预估的全国平均地表气温增幅相当, 气温日较差均变化较小。在 FGOALS-g2 预估中, 到 21 世纪中期, 与当代相比, 三个地表气温指标的增幅相当, 气温日较差没有明显变化, 东北和青藏高原的地表气温增幅最大。在 RegCM3 预估中, 到 21 世纪中期, 与当代相比, 中国大部分地区日最高气温增幅大于日最低气温增幅, 气温日较差增加; 而在青藏高原西部, 日最高气温的增幅较之日最低气温偏低, 气温日较差减小。在 RCP8.5 排放情景下, 两个模式预估的极端高温事件到 21 世纪中期也显著增加, RegCM3 预估的极端高温事件全国平均增幅略高于 FGOALS-g2 的预估。在两个模式的预估中, TX_x、TX90p 和 WSDI 变化的空间分布特征与 tm_x 相似; 和当代相比 TX90p 增加了 60% 以上, 而 WSDI 增加了一倍以上。

S02-P-19S

长白山区典型泥炭沼泽植物群落组成的主要环境因子分析

杨倩楠^{1, 3}, 刘佳^{1, 3}, 赵红艳^{1, 2, 3*}, 李鸿凯^{1, 2, 3}, 王升忠^{1, 2, 3}

1 东北师范大学国家环境保护湿地生态与植被恢复重点实验室, 吉林 长春 130024

2 东北师范大学植被生态科学教育部重点实验室, 吉林 长春 130024

3 东北师范大学地理科学学院, 吉林 长春 130024

*hyzhao@nenu.edu.cn

长白山区地处东亚季风区，是气候变化的敏感响应区域。因此该区域环境演变对于东亚季风气候变化有着重要的指示意义。建立沼泽植物—环境因子的数量关系是反映区域气候变化的基础，而筛选影响沼泽植物群落组成的主要环境因子是其主要前提。本文拟通过多元统计分析的方法筛选影响沼泽植物群落组成的主要环境因子。

本文选取水中 pH、电导率、总磷、总氮、Ca、Mg 以及水位埋深作为沼泽植物群落组成的环境因子，在调查长白山区 75 个典型泥炭沼泽地 130 个植物样方的基础上，对植物群落盖度进行除趋势分析 (DCA)，发现第一轴上物种的梯度长度达 21.064，因此选用典范对应分析 (CCA) 探讨植物群落与环境因子的关系。通过 CCA 分析得知，7 个环境因子变量的方差膨胀因子均较小，变量间多元共线性不强，均可作为环境因子分析。结果表明，pH、电导率和水位埋深是影响植物群落组成的三大主要环境因子。考虑到电导率的膨胀系数较高 (2.5433)，因此筛选出 pH 和水位埋深作为主要影响植物群落组成的环境因子。这为定量建立沼泽植物—环境因子转换函数，并利用剖面植物大化石组合定量重建古环境奠定基础。

S02-P-20

内蒙古呼伦贝尔岗嘎考古遗址点的孢粉记录及古植被定量重建

李宜垠^{*}，许耀中

北京大学城市与环境学院地表过程分析与模拟教育部重点实验室，北京 100871

* lyy@urban.pku.edu.cn

岗嘎考古遗址是目前呼伦贝尔草原发现的规模最大的一处独木棺群，墓主人初步确

定为七至十世纪 (1350-950 yr B.P.) 的室韦人。这一发现为在呼伦贝尔草原探寻蒙古族源提供了最新的考古实证资料。根据考古遗址文化层和自然沉积剖面取样进行测年和孢粉分析，利用 REVEALS、LOVE 模型，我们重建了 1700 yr B.P. 以来的该地区的区域和局地 (考古点附件) 植被盖度。结果表明：岗嘎考古遗址的区域和局地植被变化比较相似，从 1700 yr B.P. 至今都以蒿 (Artemisia) 属植物占优势，植被盖度为 40~72%，并且在考古点蒿属植物的盖度更高。1700-1200 yr B.P.，菊科 (Compositae) 植物在区域和局地都占 29-55%，但此后菊科植物的盖度降低，到 900 yr B.P. 只占 15%。岗嘎考古地点禾本科 (Gramineae) 植物的盖度从 1200 yr B.P. 以后增加明显。这反映岗嘎地区 1700-1200 yr B.P. 的植被是丰富的菊科植物组成的草甸草原，1700-1200 yr B.P. 则是禾本科、蒿属为主的典型草原。室韦人生活时期 (1350-950 yr B.P.) 是一个气候在逐渐变干的转折期，植被由草甸草原演变为典型草原。

S02-P-21S

基于湖泊表层沉积物现代过程的内蒙古辉腾锡勒和西海子粒度记录重建的全新世冬、夏季风变化

郭晓阳^{1,2}，王维^{1,2*}，刘立娜^{1,2}，马玉贞^{3,4}

1 内蒙古大学环境与资源学院，呼和浩特 010021

2 内蒙古大学环境地质研究所，呼和浩特 010021

3 北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室，北京 100875

4 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室，北京 100875

*ndweiwang@imu.edu.cn

湖泊沉积物粒度组分分布及环境意义研究可为湖泊沉积物岩芯粒度的解译及古气候

的重建提供现代依据,对认识湖泊水文环境演化及气候演变具有重要意义。本文以内蒙古等地 70 个湖库共 193 个湖泊表层沉积物样品为研究对象,利用相关分析、排序分析和统计学方法,探讨湖泊表层沉积物粒度组分分布特征和环境因子(如,水深(De)、距湖岸距离(Ds)、距河口距离(Dr)、距岸距离/湖泊半径比(Ds/R)、湖泊半径/距河口距离比(R/Dr))的关系,揭示波浪作用、湖岸碎屑沉积、河流碎屑沉积和风力搬运作用过程对粒度分布的影响,进而揭示各组分的环境指示意义。

结果表明,利用组分拟合可将湖泊表层沉积物粒度分为 C1-C6 六个组分(0.4~1.9、2.0~12.0、13.0~58.0、70.0~150.0、170.0~500.0 和 >600.0 μm)。近湖心样品粒度组分以 C1、C2、C3 为主,近湖滨样品以 C5 主导,过渡带样品以 C2、C3 和 C4 为主。相关分析和排序分析结果显示,波浪作用造成的二次悬移再沉积(Ds/R)($p=0.0060$, $F=4.92$)是影响沉积物粒度空间分布的主导因素,造成了细粒组分向湖心迁移并导致近岸 C5 组分富集;受入湖河流影响水动力条件(R/Dr)($p=0.0240$, $F=3.78$)造成了 C2 组分在水动力条件较弱的近湖心区域富集和 C4 组分在水动力条件较强的近河口区域富集。箱线图统计分析结果显示,无入湖河流湖泊湖心、湖滨及过渡带中 C3 组分均大于有入湖河流,表明 C3 组分来源于风力传播的比重较大。综上,细粒 C1 和 C2 组分可以揭示湖泊大小以及岩芯位置距离河口的远近;C3 组分可以反映风力搬运强度,进而可反映冬季风强度。

依据上述结果,本文利用粒度组分变化重建了内蒙古辉腾锡勒和西海子全新世湖泊演化和风力强度变化序列。考虑到粒度代用指标对环境变化响应的非线性以及两个湖泊的沉积环境差异,二者重建的结果总体上具有相似性。具体而言,两个湖泊岩芯的 C2 组

分含量均表现出早全新世波动增加,中晚全新世维持较高水平,晚全新世中后期减少的趋势,表明东亚季风边缘区夏季风降水的高峰时段位于中全新世,而早、晚全新世夏季风降水略少;尽管 C3 组分可能会受到其它组分补偿递减效应以及流域水动力搬运组分的影响,但风力搬运占据优势的 C3 组分含量变化仍可以反映全新世冬季风强度变化,总体上冬季风变化呈现出早全新世以来逐渐减弱、中晚全新世维持弱勢的趋势。区域记录对比表明,粒度组分重建的区域降水和冬季风序列与我国北方季风边缘区湖泊记录具有较好的可比性。

S02-P-22S

中国东部沿海大气粉尘组成特征和来源

冯旭光^{1,2,3}, 蒋富清^{1*}

1 中国科学院海洋研究所,中国科学院海洋地质与环境重点实验室,山东 青岛 266071

2 中国科学院大学,北京 100049

3 河南理工大学资源环境学院,河南 焦作 454000

* fqjiang@qdio.ac.cn

我国中东部地区处于亚洲内陆干旱区的下风向,近年来频繁的沙尘暴和严重的雾霾天气,对人类生产和生活造成严重的影响;研究这些极端天气条件下,大气中颗粒物的组成和来源,对于研究颗粒物对空气质量的影响,形成的原因,以及制定相应的防治措施具有重要的意义。

为了研究中国东部沿海大气粉尘颗粒物的特征,我们于 2016 年春季在青岛市利用大流量粉尘采样器采集了大气粉尘样品,对颗粒物的粒度、碎屑矿物和粘土矿物组成进行了系统研究,分析了颗粒物来源及成因。粒度分析结果表明,在不同空气质量状况下,颗粒物粒径组成有明显不同。空气质量状况

良好时, 大气粉尘中颗粒物的含量较低, 范围为 75-93.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 且以 2.5-10 μm 的细颗粒为主, 平均含量占到 78%; 在空气质量较差时, 大气中的颗粒物含量明显增加, 范围为 137-320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 且以 10-100 μm 的粗颗粒物为主, 平均含量为 50.5%。我们推测在空气质量较差时的粗颗粒物主要为近源物质。对颗粒物进行 X-射线衍射和扫描电镜分析, 结果表明, 大气粉尘主要碎屑矿物有石英、长石、方解石和白云石, 石英含量最高, 含量为 21.01%; 长石次之, 含量为 16.84%。而次要碎屑矿物有海盐颗粒(石盐和重晶石)和石膏等, 分别占到 7.64%和 4.33%。石英、长石多以单颗粒形式存在; 石膏形态规则, 各晶面发育完整。分析发现, 石膏含量和方解石的含量具有明显的负相关关系, 说明石膏的形成和方解石有关; 石膏含量和 PM2.5/PM10 比值具有明显的正相关关系, 这说明石膏主要以细颗粒为主。

大气粉尘中的粘土矿物多以集合体形式存在, 通过粘土矿物 X-射线衍射图谱分析, 结合粘土矿物在扫描电镜下的形貌特征, 以及粘土矿物的化学组成, 我们识别出伊利石、蒙脱石、绿泥石和高岭石等四种主要粘土矿物。其中伊利石的含量最高, 平均为 76.4%, 绿泥石含量为 7%, 高岭石为 8.4%, 蒙皂石为 8.2%。伊利石的结晶度在 0.21-0.42 之间, 结晶度较好, 化学指数在 0.07-0.25 之间, 说明伊利石主要是在干旱、寒冷的气候条件下形成的, 是物理风化作用的结果。伊利石的结晶度和化学指数与中国黄土的相似, 结合亚洲沙尘暴预测模式, 我们推测出这些粘土矿物主要来自于中国中西部干旱区黄土和沙漠。上述研究为进一步深入开展中国东部沿海空气质量评价和进一步的综合治理提供了科学依据。

S02-P-23S

长白山区泥炭沼泽土壤 Hg 和 As 的空间分布特征与地球化学行为

刘佳^{1, 3}, 杨倩楠^{1, 3}, 赵红艳^{1, 2, 3*},
刘莎莎^{1, 3}, 汪祖丞^{1, 2, 3}

1 东北师范大学国家环境保护湿地生态与植被恢复重点实验室, 吉林 长春 130024

2 东北师范大学植被生态科学教育部重点实验室, 吉林 长春 130024

3 东北师范大学地理科学学院, 吉林 长春 130024

* hyzhao@nenu.edu.cn

Hg 和 As 潜在的毒性可通过食物链进入人体, 对人类健康造成危害。长白山区由于独特的气候、水文条件, 泥炭沼泽发育广泛, 且受人类直接活动的影响较小, 是不少学者获取自然环境变化信息的理想场所。但是关于该区泥炭沼泽中 Hg 和 As 元素的研究较少。本文采集了长白山区 91 个泥炭地表层土壤样品作为研究对象, 测定了表层土壤中的总 Hg、总 As 含量, 同时还测量了土壤表层总有机碳 (TOC)、总氮 (TN) 和 pH。主要结果如下:

泥炭地表层土壤中的总 Hg、总 As 含量范围分别是 0.0053-0.9995 mg/kg 、1.4226-32.8570 mg/kg , 平均含量分别为 0.1986 mg/kg 、10.9120 mg/kg , 均低于土壤环境质量二级标准, 无土壤污染危害风险。分析出总 Hg 和总 As 含量高值样点的地理位置可了解其空间分布的差异性, 因此对采样区总 Hg 和总 As 的含量做了区域等级分布划分。总 Hg 和总 As 的高值样点均在通化地区出现, 可能与此区有较多的矿源有关。总 As 的高值区出现在延边地区。相对通化与延边地区, 白山地区和吉林地区总 Hg 和总 As 的含量都相对较小。

(2) 利用单因素方差分析探讨不同营养类型沼泽中总 Hg 和总 As 含量分布的差异性。分析表明, 表层土壤总 As 的含量在不同沼泽

类型中排序为贫营养<中营养<富营养 ($p<0.05$), 而总 Hg 的含量差异不显著。

(3) 线性回归分析表明总 As 含量随 TOC 值的增加而减少, 随 pH 的增加具有增加的趋势。并且通过相关性分析得出总 As 与 TOC 有显著的负相关性($r=-0.381, p<0.01$), 与 pH 表现出正相关($r=0.286, p<0.01$)。总 Hg 随 TOC 的变化没有明显的趋势, 随 pH 的变化具有分段变化的规律。当 $pH<5$ 时, 总 Hg 含量随 pH 的增加而增加; $pH>5$ 时, 总 Hg 含量随 pH 的增加而减小。而分析结果显示总 Hg、总 As 含量随 TN 的变化均没有明显变化趋势。

通过对长白山区泥炭沼泽表层土壤总 Hg 和总 As 含量变化与空间分布特征及地球化学行为特征的研究, 了解到长白山区总 Hg 和总 As 含量的分布具有明显的地区差异性, 且总 Hg 与总 As 有不同的地球化学行为特征, 从而也为环境保护部门及相关研究人员提供基础数据。

S02-P-24

末次冰消期东海陆架区禾本科花粉粒径的变化

常凤鸣^{1,2*}, 李铁刚^{2,3}, 赵松^{1,4}

1 中国科学院海洋研究所 海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室, 青岛 266061

3 国家海洋局第一海洋研究所海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 青岛 266061

4 中国科学院大学, 北京 100049

* chfm@qdio.ac.cn

试图在东海陆架区查找末次冰消期可能的栽培水稻分布证据, 对舟山群岛海域 DC1 钻孔进行了孢粉分析, 并测量了禾本科大小。该孔 24.3-22.2m (13.3~11.9 ka BP) 以粉砂为主, 偶见软体动物和有孔虫, 指示低海平面

时期的河流-湖沼环境; 22.2-19.4m (11.9~7.8ka BP) 为粉砂及贝壳砂, 软体动物潮间带或近岸种丰富, 开始出现底栖有孔虫近岸浅海种, 代表海平面开始上升后的近岸滨海环境; 19.4-6.8m (7.8~0.5 ka BP) 为粉砂质粘土、粘土质粉砂, 底栖有孔虫、广盐度浅水介形虫、近岸浅海软体动物化石丰富, 为全新世高海平面时期的近岸浅海环境; 这也与末次盛冰期以来中国大陆东部海平面变化的记录基本一致, 即约 12 ka BP 左右东海海平面抵达水深 30 米左右。DC1 钻孔孢粉百分比含量的变化显示, 24.3-19.4m 之间禾本科最丰富, 而 $>45\mu\text{m}$ 禾本科花粉集中出现在 24.3-22.2m; 22.2-19.4m 禾本科所占比例明显降低, $>45\mu\text{m}$ 禾本科含量迅速降低, 19.4m 以上层位 $>45\mu\text{m}$ 禾本科零星出现。如果禾本科花粉的粒径大小可以指示栽培-驯化农作物的存在, 那么这一记录可能暗示末次冰消期气候转暖, 暴露的东海内陆架有栽培-驯化农作物的分布; 随着气候的进一步迅速回暖, 海平面急剧上升, 暴露的陆架区被淹没, 海进人退, 陆架区栽培农作物消失, DC1 钻孔仅有少量由内陆地区输入的禾本科花粉零星出现。

S02-P-25

长江中游地区的“中世纪暖期”和“小冰期”

马春梅^{1*}, 崔安宁¹, 方伊曼², 李亮¹, 贾玉连³

1 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210093

2 Department of Geography, Environment and Earth Sciences, University of Hull, Cottingham Road, Hull HU6 7RX, UK

3 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室, 南昌 330026

* chunmeima@nju.edu.cn

过去两千年包括工业革命前以自然变率为主的气候波动时期和工业革命后自然和人

为因素共同影响的气候变化时期，是距今最近的气候显著变化时期，同时也是历史文献资料与自然环境记录并存的时期。其中的中世纪暖期、小冰期和现代暖期是过去两千年内气候变化的特征时段，已引起广泛关注，但关于其起止时间、温湿配置及驱动机制的研究还有待深入研究。

本文以位于中国东南季风区的江西南昌附近的山地泥炭为研究对象，进行²¹⁰Pb、¹³⁷Cs和AMS¹⁴C年代测定，利用Bacon模型建立了准确的年代框架；通过沉积物粒度、泥炭腐殖化度、烧失量、XRF扫描元素测定，深入探讨沉积环境；在此基础上以1-2 cm间隔进行高分辨率孢粉分析，重建1.3 ka来的植被历史及其演替规律。中世纪暖期(800-1250 AD)期间，植被组合是以栎属(常绿类型)为建群种，间或有栲属、松属出现的栲栎林；林下旱生草本丛生，湖盆内部蓄水，局部高地势发育大量泥炭，为湿生草本的生长提供基础。孢粉及环境替代指标记录的中世纪暖期气候整体表现为暖湿，内部存在明显的次级波动，具体表现为：800-890 AD，温暖稍干；890-1050 AD，温暖湿润；1050-1125 AD，温暖稍干；1125-1250 AD，温凉湿润。小冰期(1340-1870 AD)期间，植被组合表现为以栲属为建群种的栲栎林，林下旱生草本繁盛。小冰期气候整体表现为冷干，内部存在明显次级冷暖波动，1750 AD以前温度冷暖变化较为剧烈，其中1340-1425 AD、1475-1575 AD及1625-1750 AD期间以冷干为主，1425-1475 AD和1575-1625 AD表现为温凉偏干；1750 AD之后气候转向湿润，温度稍有回升，1780 AD后湿润程度不断增加，温度稍有降低，其中1780-1870 AD是小冰期内部最后一次冷波动，表现为显著冷湿特征。整体来讲，小冰期期间温度方面呈现“四冷夹三暖”格局，湿度方面主要经历了由干旱逐渐转向湿润的演变

过程。

利用REDFIT 38对1.3 ka的PCA1和E/D值进行单变量频谱分析，结果显示PCA1和E/D均呈现出高置信水平(95%)的100-200a周期。在过去1.3 ka中，基于乔灌木组分的PCA1共记录了9次周期为150年的气候波动，ENSO事件发生频次及太阳活动指数都明显记录了这9次气候波动，且本研究的PCA1周期阶段相对于太阳活动和ENSO事件具有时间延时，可能是因为太阳辐射或者ENSO事件对东亚季风区植被组合的影响需要一定的时间。小冰期时段的~150年周期波动与历史文献记载的江西近500年来气温周期性振动相一致，其中~150年的太阳活动是引起小冰期内部气候波动的主要因素，火山活动可能产生叠加影响。19世纪之后，季风降水呈现出较大的波动性，与太阳活动变化几乎不存在相关性，本研究推断可能是人类活动发挥了主导作用。

S02-P-26

渭河流域自然和人为活动对陆地碳库的影响

于严严^{1*,2}，吴海斌¹，郭正堂^{1,2}

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

* yyy@mail.iggcas.ac.cn

自“人类世”概念提出以来，学术界对其的起始时间的一直存在广泛争议，争议的核心在于人类从何时开始显著影响地球环境，因此准确区分自然和人为过程对环境的影响是解决上述争议的关键。

渭河流域是黄河的最大支流，位于半干旱-半湿润气候的交错地带，其自然植被演化能敏感的反映季风气候变化，同时该流域为我国旱作农业起源与发展中心，具有丰富的

古人类活动信息，因此渭河流域可作为区分自然和人为过程研究的典型地区。

本研究针对自然植被演化与古人类土地利用对流域陆地生态系统碳库的影响，在系统整理黄土高原地区 86 个高分辨率全新世孢粉记录和渭河流域 5022 个考古遗址数据的基础上，一方面利用生物群区化方法和植被反演模型 IVM 恢复流域每千年时间尺度自然植被群区的空间分布，另一方面利用古土地利用时空分布模型 PLUM，重建流域 8-4 ka BP 人类土地利用的规模和空间分布。通过叠加上述空间分布重建结果，获得流域 8-4ka BP 实际土地覆盖的演变过程，并基于古碳循环模型 PCM 模拟上述过程导致的流域陆地碳库变化。

结果揭示全新世以来，渭河流域发育森林草原植被，并一直以草原植被为主，仅在全新世适宜期(6-5 ka BP)森林植被面积一度增加至 54%，之后森林面积不断减少，且以 3ka BP 以来降低最为显著。空间上，森林植被类型主要分布在流域西部山地，草原植被分布在流域东部黄土台塬区。8-4ka BP 的史前时期，流域人口数量持续增加，约 0.2%-12% 的流域土地面积被利用，从流域东南的平原地区逐步向西北部中上游扩张，表明人类活动在一定程度上改变了地表景观。上述自然和人为过程分别导致了约~0.76 Pg C 和~0.40 Pg C 陆地生态系统碳排放，揭示在东亚季风区主控下的渭河流域，全新世植被自然演化导致的碳排放大于人类活动对大气 CO₂ 浓度上升的贡献，自然过程仍占主导。

随着孢粉、考古等基础数据的不断积累，该研究方法具有推广应用到更大区域乃至全球尺度上的潜力，将为我们准确评价早期人类活动在全球变化中发挥的作用提供重要依据。

S02-P-27

五大连池火山口湖沉积记录的过去 7000 年来风尘通量变化

周鑫^{1*}，詹涛²，何小庆¹，马永法²，张俊²，姜本军²，邵达¹，涂路遥¹，刘孝艳¹

1 中国科学技术大学地球和空间科学学院，合肥 230026

2 黑龙江省水文地质工程地质勘察院，哈尔滨 150030

* xinzhou@ustc.edu.cn

风尘通量是黄土研究中的重要指标，一般被认为指示了源区干旱化程度。然而，由于材料分辨率等的限制，目前全新世高分辨率风尘通量变化的记录仍较为缺少。我们利用五大连池火山口湖沉积物~150 cm 的沉积柱进行研究，挑取 13 个样品（主要为植物种子和叶片）进行了细致的 AMS ¹⁴C 年代测试，确定了沉积柱的精确年代框架。通过 Sr-Nd 同位素和主量元素分析，发现沉积物中无机碎屑的 Sr-Nd 同位素与沙地和西北太平洋风尘堆积的同位素组成类似，沉积物一些特征元素含量比值也分布于黄土与沙地的范围中，表明这些碎屑物质主要为风尘沉积。这可能是由于该湖较浅，湖泊周围及浅水区域的植被较为茂密，阻碍了火山围岩进入湖心所致，沉积物高有机质含量也支持这一看法。进而，我们利用无机碎屑含量计算获得了过去 7000 年来风尘通量变化序列。结果显示，7000-1300 a BP 期间风尘通量总体呈降低趋势，其中 7000-5000 a BP 期间迅速降低，2300-1300 a BP 期间风尘通量最低；1300 a BP 之后风尘通量迅速增加。基于该区域现代沙尘暴后向轨迹反演结果以及与冬季风指标的对比，初步推测风尘通量的变化可能与冬季风演化有关。

S02-P-28S

柴达木盆地大柴旦盐湖末次冰消期以来的气候环境演变

洪荣昌^{1,2*}, 余俊清¹, 高春亮¹, 成艾颖¹, 张丽莎¹

1 中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810008

2 中国科学院大学, 北京 100049

* 15313111033@163.com

大柴旦盐湖位于柴达木盆地北部的次级盆地及祁连山系南缘的山间盆地中, 湖区及其汇水流域受西风带气候主控, 是一常年性水体, 湖水最大水深通常不足 1m, 干盐滩与湖表卤水共存, 湖区干旱少雨, 年平均降水量仅为 60-80mm, 而蒸发量高达 1800mm, 入湖淡水主要依靠汇水盆地北部山地的降雨和冰雪融水的补给, 无常年性河流入湖, 其湖底沉积物是探讨西风带气候演变的理想环境档案。

本文选择大柴旦盐湖沉积中心 (37°50'26"N, 95°15'48"E) 钻取的百米岩芯为研究对象, 系统测定了百米钻孔上部 46.49m (DCD100A) 中沉积物碳酸盐和有机质烧失量、矿物组成等各项沉积地层学指标, 结合 AMS¹⁴C 精确定年数据, 综合分析并重建了大柴旦盐湖末次冰消期以来的古气候演化序列, 探寻盐矿层形成时的沉积环境的改变及其与区域气候变化的关联。

研究表明, 沉积岩芯中的有机质、碳酸盐含量和岩性变化等指标可以较好地反映末次冰消期以来大柴旦湖的气候变化, 大柴旦盐湖百米岩芯上部 46.49m 可以分为截然不同的 2 个沉积阶段: 末次冰盛期和末次冰消期湖相沉积阶段, 全新世盐湖相沉积阶段。其中, 18.3 cal. ka BP 左右为末次冰盛期进入末次冰消期的界限, 10.2 cal. ka BP 左右蒸发盐类开始沉积, 发生在 15.3~14.1 cal. ka BP

和 13.7~12.4 cal. ka BP 之间的沉积物有机质和碳酸盐含量变化十分明显, 同晚冰期的博令(Bölling)和阿勒罗德(Alleröd)暖期气候特征有较好的对应; 晚冰期向全新世转换期间, 沉积物有机质和碳酸盐含量变幅较大, 指示气候波动十分频繁。末次冰消期以来大柴旦盐湖沉积记录的气候变化与邻区其他记录以及全球性气候变化事件具有一定的可对比性。

该研究得到了国家自然科学基金项目 (U1407206, 41471013, 41501052)、兰州大学西部环境教育部重点实验室开放基金及兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金 (lzujbky-2015-bt01) 和中国科学院“西部之光”西部博士资助项目的共同资助。

S02-P-29

湖光岩玛珉湖全新世粒度变化特征及其反映的古气候意义

吴旭东^{1*}, 沈吉²

1 南阳师范学院环境科学与旅游学院, 南阳 473061

2 中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊与环境国家重点实验室, 南京 210008

* wuxudong2013@aliyun.com

湖光岩独特的地理位置使其成为了古气候研究的热点, 有关湖光岩沉积物物源的问题更是引起了学术界的剧烈争论。Shen 等 (2013) 对湖光岩表层沉积物中来自流域径流输入和黄土高原风尘沉积 Ti 的比例做了估算, 确定了湖光岩沉积物物源为其小流域, 并提出全新世 Ti 元素含量变换反映了季风驱动下流域植被的变化。

粒度具有分析便捷、经济, 基本不受生物扰动和后期成岩作用影响等优势, 已被成功运用于多种类型沉积物的古气候研究中。尽管前人已经在湖光岩做了大量古气候研究工作, 但一直未见与粒度参数有关的文章发

表, 这可能与湖光岩的物源问题一直没有搞清楚有关。本文在明确湖光岩沉积物的物源的基础上, 通过将粒度参数与 550°C 烧失量和 Ti 元素含量对比后得到: 粒度频率特征曲线指示湖光岩玛珉湖沉积物的外源输入部分主要来自其小流域; 沉积物粒径的变化主要受降雨量, 而不是湖泊水位波动的控制; 较粗的粒径指示降雨量增加, 较细的粒径指示降雨量降低。湛江地区全新世早期季风强盛, 6085 a BP 以后, 季风显著减弱。湖光岩沉积物记录的全新世中期季风迅速减弱的时间与全球很多地质载体记录全新世中期季风迅速减弱时间都非常接近, 体现了湛江地区全新世季风演化的全球性。湛江地区 6085 a BP 以后的季风迅速减弱、气候转干很可能与 ENSO 活动增强有关。2000 a BP 以后, 粒度参数、550°C 烧失量和 Ti 元素含量的变幅明显增加与人类活动的影响有关, 是人类活动和气候因素共同作用的结果。

S02-P-30

基于光释光测年的巴丹吉林沙漠湖泊及高大沙山演化研究

陈天源^{1,2}, 刘斯文³, 赖忠平*⁴, 王振亭⁵, 韩凤清¹, 王懿萱^{1,2}

1 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008;

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 国家地质实验测试中心, 北京 100037

4 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074

5 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000

* zhongping.lai@cug.edu.cn

位于中国中部干旱半干旱区的巴丹吉林沙漠因其独特的高大沙山与湖泊并存的地貌现象而吸引诸多的研究者从地质构造、地下水、风沙地貌、古气候与环境变化等方面对其形成与演化机制开展研究。本文基于光释

光(OSL)测年技术, 结合野外实地考察与前人的研究成果认为巴丹吉林沙漠在早期构造基底的基础上, 在地下水和波动性气候共同影响下, 简单沙丘逐步汇聚并在地下水补给的湖盆之中, 强蒸发环境下湖泊的水分将沙粒粘合积累, 同时通过灰岩地层的深大断裂输送的富含钙质的地下水蒸发形成钙结层, 进一步减少了已经累积的物质的二次侵蚀。通过简单沙丘的多次合并, 在原先的湖盆之上逐渐形成一个具有庞大基底的复合型沙丘, 在这一基地上, 后期的气候波动和原先湖水的蒸发粘合下沙山进一步增高, 在冰期干冷气候下沙漠物源大量供给, 沙漠以横向扩展为主; 在间冰期湿润的气候下, 沙山以纵向生长为主。另一方面, 由于巴丹吉林沙漠地处季风边缘区域, 尤其是沙漠东南部的物质受到季风的往复作用影响, 进一步促进了沙山的纵向发展。本文在巴丹吉林沙漠及其边缘地区对不同类型的沉积物进行了 OSL 测年研究, 初步的测年结果显示巴丹吉林沙漠各类沉积物年代主要集中于气候较为湿润的末次间冰期和全新世阶段。这表明在气候干冷的阶段沙漠物质处于不断地侵蚀状态, 直到气候湿润时期堆积, 高大沙山的纵向发育也主要是在湿润时期进行的。巴丹吉林沙漠边缘古河道附近的全新世洪水的沉积物 OSL 年代分别为: $7.8 \pm 0.7\text{kaBP}$ 、 $7.0 \pm 0.5\text{kaBP}$ 、 $5.8 \pm 0.5\text{kaBP}$ 、 $4.8 \pm 0.4\text{kaBP}$ 、 $4.2 \pm 0.3\text{kaBP}$ 、 $3.6 \pm 0.2\text{kaBP}$ 、 $0.3 \pm 0.1\text{kaBP}$, 这表明至少在全新世内该区域气候的波动性, 而这种气候的波动性对高大沙山的生长具有重大影响。

S02-P-32

Patterns of vegetation and climate change in the northern South China Sea during the last

glaciation inferred from marine palynological records

戴璐^{1,2}, 翁成郁^{2*}, 毛礼米³

1 宁波大学建工学院地理系, 宁波 315211

2 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

3 中科院南京地质古生物研究所, 南京 210008

dailu2288@163.com

High-resolution marine palynological records from the northern South China Sea (SCS) provide new information concerning the regional history of vegetative and climatic conditions during the last glaciation (~70–19 cal ka BP). The preservation of rich pollen assemblages from tropical and subtropical broadleaf trees (largely composed of evergreen *Quercus*, *Castanopsis*, and Euphorbiaceae) suggests that a southern subtropical climate prevailed during the last glaciation, which includes the period of the Last Glacial Maximum. Relatively higher percentages of such pollen taxa occurred during Marine Isotope Stage (MIS) 3, when *Phyllocladus* pollen from the south also increased, indicating a warmer terrestrial climate and a strengthened East Asian summer monsoon relative to MIS 4 and 2. Moreover, the maximum percentages of such pollen occurred during the early MIS 3, implying an optimal climate prevailed in this period. The reconstruction of terrestrial climate corresponds well to marine evidence such as $\delta^{18}\text{O}$ values from planktonic foraminifer shell and records of sea surface temperature. This study confirmed that the regional terrestrial climate could be linked closely to changes in both global ice volume and the East Asian monsoon attributable to variations of earth's orbital parameters. Modern palynological

investigations and statistical analyses of the pollen percentages in the profiles indicate that *Pinus* pollen and spores are easily transported by water flow in the northern SCS. Their relative abundance peaks suggest that several wet intervals occurred during the last glaciation.

S02-P-33

食物还是杂草：新石器时代中期淮河中游地区稗属植物的微体遗存分析

罗武宏¹, 李为亚², 杨玉璋^{1*}, 张居中¹

1 中国科学技术大学, 合肥 230026

2 莱顿大学考古学院科技考古系, 莱顿 2333CC

* yzyang@ustc.edu.cn

稗属植物是现代水稻田主要的恶性杂草之一。然而, 有研究表明稗属植物和水稻一起早在距今 10000 年左右曾被长江下游地区先民加工和食用过, 而且这种现象可能一直延续到距今 7000 年左右的河姆渡文化时期。淮河中游是中国东部气候环境的过渡地带, 同时也是中国黄河、长江两大文化传统交叉、碰撞与融合的主要地区之一, 逐步形成了具有本地特色的史前文化序列和农业结构。该地区迄今为止发现年代最早新石器时代遗址是顺山集文化遗址, 主要包括江苏泗洪顺山集、韩井遗址, 年代约距今 8500-7000 年左右。相关植物考古研究显示, 该文化遗址先民早在距今 8500-7000 年期间一直存在水稻栽培和驯化行为。另外, 植硅体分析显示顺山集遗址文化层中同时存在稗属植物种子稃片的植硅体。那么, 稗属植物在新石器时代中期淮河中游地区是水稻的伴生杂草, 还是先民栽培利用的食物资源? 本研究分别对顺山集遗址地层 66 份, 以及韩井遗址地层、灰坑 50 份土样进行植硅体分析, 同时对韩井遗址出土 21 件石器、19 件陶器表面淀粉粒进行了

分析。种属鉴定与统计结果显示, 植硅体产量方面, 稗属植物与水稻相比含量极低, 同时在石器、陶器表面并没有发现任何来源于稗属植物的淀粉粒证据。由此可见, 新石器时代中期淮河中游地区先民可能并没有将稗属植物作为食物资源之一, 稗属植物是水稻伴生杂草的可能性更大。该研究结果可以为了解淮河中游地区新石器时代先民植物性食物资源利用情况提供资料, 同时为探讨长江下游与淮河中游地区新石器时代前期水“田”栽培管理系统的差异, 以及淮河中游地区稻作农业来源的路线等问题提供线索和旁证。

S03-O-01

南海中、西沙群岛珊瑚礁生态现状及影响因素

陈小燕^{1,2}, 余克服^{*1,2}, 王英辉^{1,2}, 黄学勇^{1,2}, 姚秋翠^{1,2}, 王文欢^{1,2}, 王纪坤^{1,2}, 廖芝衡^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

*kefuyu@gxu.edu.cn

2015年5-7月对南海中、西沙9个岛礁布设20个断面81个样条, 开展系统生态环境调查, 依据千年生态系统评估框架评估珊瑚礁生态系统健康状况。结果显示: 活珊瑚覆盖度范围为5~38%, 均值15.7%。近5年活珊瑚盖度相对稳定, 平均下降0.16%/a, 远低于2005-2009年的14%/a, 这可能得益于调节功能和支持功能的改善, 即长棘海星减少, 海表升温与酸化同时减缓。然而, 大型藻-珊瑚比值为0.02~4.5, 大型藻-珊瑚相邻度达0.3~0.7。永兴岛、华光礁和浪花礁已经处于以藻类为主导的状态, 其余岛礁亦不同程度地接近珊瑚-大型藻临界转换。生境结构和生物群落结构衰退成为制约珊瑚礁生态恢复的主要原因。以上研究表明中、西沙群岛珊瑚礁生态系统总体上处于亚健康状态, 在受人

类干扰较少的远岸礁区, 系统结构-功能之间的相互制约对珊瑚生态系统的影响程度也较大。

S03-O-02

基于元转录组的海水酸化升温对造礁珊瑚共生微生物群落结构及功能影响

李金龙, 李志勇*

上海交通大学微生物代谢国家重点实验室海洋生物技术研究室, 上海 200240

*zylis@sjtu.edu.cn

珊瑚礁生态系统是地球上生物多样性最丰富的生态系统。工业化进程所导致的温室气体排放, 造成了全球变暖以及海洋酸化, 严重影响了珊瑚礁生态系统的多样性与生态学功能。珊瑚的健康生长依赖者与其共生的微生物, 这些微生物为珊瑚宿主提供了碳水化合物及生长因子; 通过抗菌活性物质的分泌保卫宿主抵抗病原微生物的入侵。近些年来国内外对于珊瑚共生微生物群落结构的组成已进行了研究, 但是环境胁迫对其组成与功能影响的研究鲜有报道。本文以中国南海广泛分布的造礁石珊瑚 *Galaxea fascicularis* 及 *Acropora tumida* 为研究对象, 通过实验室模拟海水酸化升温, 利用 Illumina 高通量测序平台, 在转录水平上研究环境胁迫对珊瑚共生微生物结构及功能组成的影响。16S rRNA 结果显示两种珊瑚共生微生物在群落组成方面对环境胁迫有着不同的响应。例如: 对于 *G. fascicularis* 而言, 升温导致其微生物群落发生显著变化, 主要体现在来自 Deltaproteobacteria 的 *Desulfobacterales* 及来自 Firmicutes 的 *Clostridiales* 相对丰度增高; 而酸化/酸化升温并未导致群落结构出现显著变化。去除胁迫后, 升温组的珊瑚共生微生物群落结构无法恢复; 酸化升温组的珊瑚共生微生物

物群落结构出现显著变化, *Cyanobacteria* 的相对丰度增高, 成为主要优势细菌。而在 *A. tumida* 中, 所有处理均导致微生物群落结构出现显著变化: 酸化处理组来自 Gammaproteobacteria 的 *Moraxellaceae*; 升温处理组的 *Cyanobacteria* 以及酸化升温处理组的 *Cyanobacteria* 和来自 Gammaproteobacteria 的 *Vibrionaceae*, 其相对丰度均出现增高; 并且去胁迫后微生物的群落结构都无法恢复到对照组水平。基因表达分析表明, 海水酸化、升温影响珊瑚共生微生物在胁迫应激、光合作用、二氧化碳固定、微生物辅助-植物生长激素(吲哚乙酸)合成、细菌运动及致病菌粘附等相关基因的表达; 酸化升温胁迫去除后, 仍有相当部分基因无法恢复到正常表达水平, 这表明环境胁迫对珊瑚共生微生物影响的长效性。结合环境变化对微生物群落结构影响结果, 功能变化与微生物群落组成的变化具有相关性, 例如光合作用相关基因(在两种珊瑚中共生微生物中均来自 *Cyanobacteria*)的表达, 在 *G. fascicularis* 升温组中, 由于升温处理组中 *Cyanobacteria* 丰度相对于无显著变化, 其光合作用基因大多呈显著下调; 而在 *A. tumida* 升温组中, 由于 *Cyanobacteria* 丰度显著增高, 其光合作用相关基因表达出现上调。相反在去除升温胁迫组中, 即使蓝细菌丰度仍显著增高, 其光合作用相关基因表达为显著下调。同时, 在 *G. fascicularis* 中, 升温组致病菌粘附相关基因(主要来自于 Firmicutes)表达上调, 同其微生物组成中 Firmicutes 丰度增高相吻合, 表明该类细菌可能是外源致病菌。这些结果为了解珊瑚共生体对海洋酸化、升温的响应与适应机制提供了基础。

S03-O-03

珊瑚共生体中的固氮及其氮传输

盛华夏¹, 万显会¹, 杨位迪², 邵光贺¹, 高树基^{1*}

1 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361102

2 厦门大学海洋与地球学院, 厦门 361102;

*sjkao@xmu.edu.cn

珊瑚礁是热带海域标志性的生态群落, 是地球上最具生物多样性的海洋生态系统之一, 为全球约 5 亿人口提供了多种多样的生态系统产品和服务 (Kwiatkowski et al. 2015; Moberg and Folke 1999), 具有重要的经济价值。珊瑚礁通常生长在寡营养的海域, 然而其生产力却很高, 环境中的营养盐浓度远远不能支持生态学家所观测到的珊瑚生态系统的高生产力所暗示的氮需求, 这一现象被称为“Darwin's Paradox”。针对这一问题所提出的假说之一认为, 底栖的固氮能够在营养盐限制的条件下为珊瑚礁生态系统提供“新”氮 (Capone 1996; O'Neil and Capone 2008), 从而支持珊瑚礁生态系统“繁盛”的净初级生产 (Cardini et al. 2014)。本研究利用 ¹⁵N-N₂ 饱和溶液法测定了由尖枝裂孔珊瑚 (*Seriatopora hystrix*) 和一种壳状珊瑚藻 (crustose coralline algae, CCA) 所组成的人工珊瑚生态系统中各组分在培养过程中的固氮速率。结果显示, CCA 与珊瑚中共生的固氮微生物具有相近的单位生物量 (以含氮量计) 固氮速率, 约为 4 nmolN mgN⁻¹ d⁻¹; 而珊瑚共生微生物所固定的“新 N”能够传递给与珊瑚共生的虫黄藻和珊瑚细胞, 实现“新 N”在珊瑚共生体系中的再分配和利用。

S03-O-04

生源要素同位素体系与珊瑚重要生物活动过程记录重建

韦刚健, 陈雪霏, 邓文峰, 王志兵, 王希杰

中国科学院广州地球化学研究所同位素地球化学国家重点实验室, 广州, 510640

过去的三十多年, 珊瑚古气候重建研究取得了长足的发展, 应用多种地球化学研究方法在重建高分辨率的表层海水温度、降雨和海水 pH 等方面取得成功, 为深入了解热带海洋季节性、年际和年代际气候变化规律提供了许多重要的证据。除了温度、降雨和 pH 等这些重要气候环境参数外, 珊瑚的生物活动的演变过程则是了解珊瑚礁生态系统演化及其对气候环境变化的响应的重要证据。然而相对气候环境要素的记录重建, 对珊瑚生物活动过程的重建还非常困难, 主要是对生物活动的描述较为困难, 同时缺乏有效的研究手段反映生物活动的演变历史。

共生虫黄藻的光合作用与珊瑚虫的新陈代谢是珊瑚中重要的生物活动过程, 对碳酸钙的钙化有明显的影响。有机碳氮同位素组成的变化可以反映这些过程, 然而珊瑚骨骼中保存的有机碳氮含量极低, 难以准确分析, 极难用来提取历史时期珊瑚生物活动的信息。一些参与这些生物活动的金属元素可能在生物活动过程中发生同位素分馏, 并能记录在珊瑚的碳酸钙骨骼中, 因而这一类型金属的同位素组成有可能记录了历史上生物活动的信息。Ca 在叶绿体中有较高的含量, 并积极参与光合作用, Mo 则是固氮和硝化过程中重要的酶的不可缺少的组成。我们新近对珊瑚 Ca、Mo 同位素组成的研究发现, 珊瑚骨骼中的 $\delta^{44/40}\text{Ca}$ 和 $\delta^{98/95}\text{Mo}$ 比值存在明显的分馏, 其变化可能反映了光合作用对这些元素的利用程度, 进而可能反映光合作用的效率。通过对更多生源要素的同位素组成的深入研究, 有可能建立起能有效反映珊瑚生物活动历史的代用指标。

S03-O-05

Can reef coral be a novel bioindicator for nuclear power plant?

Wuhui Lin^{1,2*}, Yinghui Wang^{1,2}, Kefu Yu^{1,2*}, Xueyong Huang^{1,2}

1 Coral Reef Research Center of China, Guangxi University, Nanning, China

2 School of Marine Science, Guangxi University, Nanning, China

*kefuyu@scsio.ac.cn; linwuhui8@163.com;

⁹⁰Sr is one of most concerned artificial radionuclides and is widely measured in the environmental matrices. However, the investigation of ⁹⁰Sr in coral reef is seldom reported, which may be attributed to the spatial mismatching of coral reef (low latitude) and nuclear power plant (middle and high latitude). In this study, ⁹⁰Sr are comparatively represented for coral reef from the sea region near the nuclear power plant and the South China Sea. Gross β and γ spectrometry are also simultaneously investigated to obtain the dominant radionuclides in coral reef for the first time. The selective incorporation and high concentration factor of ⁹⁰Sr in aragonitic skeleton of coral reef may be beneficial to coral reef as a novel bioindicator for the nuclear power plant. The screening level of ⁹⁰Sr in coral reef is quantified to direct inferring ⁹⁰Sr from gross β without further radiochemical separation under nuclear emergency.

S03-O-06

南海中西沙珊瑚礁区水体抗生素残留水平、分布及生态风险

张瑞杰^{1,2}, 张瑞玲^{1,2}, 王英辉^{1,2}, 余克服^{*1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004;

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004;

* kefuyu@gxu.edu.cn

全球气候变化和人类活动被认为是影响珊瑚礁生态系统退化的两大主要因素。环境中的抗生素药物残留是人类活动的影响之一, 会对生物的正常生长产生影响, 破坏生态系统的微生物群落。为了了解我国南海中西沙珊瑚礁区水体抗生素药物的残留水平及分布特征, 2015年5-7月我们对南海中沙的黄岩岛、西沙的永兴岛、七连屿、东岛、北礁、浪花礁、华光礁等珊瑚礁区及湛江至黄岩岛航线和三亚至西沙的航线上进行了海水样品采集, 室内分析测定了氯霉素类、大环内酯类、磺胺类及磺胺增效剂共4类13种抗生素药物的含量, 分析了其分布情况, 并采用风险因子(RQ)法评估了这些药物的生态风险。结果表明, 13种抗生素中有9种在研究区域被检出, 其中大环内酯类的红霉素(ETM)和罗红霉素(RTM)的检出率最高, 达到100%, 其次是大环内酯类的克拉霉素(CTM), 检出率达72%, 结果显示上述三种抗生素在珊瑚礁区水体已经普遍存在。其余6种检出的抗生素为磺胺及其增效剂和氯霉素类的氟苯尼考, 检出率均不足50%, 大多在25%以下。9种检出抗生素的含量水平从无检测到8.1 ng/L。其中磺胺甲基异恶唑(SMX), 尽管只在3个点检出, 但其含量最高(1.3-8.1 ng/L), 其次是红霉素和氟苯尼考表现出较高含量, 均值分别为0.27 ng/L (范围0.06-3.9 ng/L)和0.26 ng/L (0.08-2.8 ng/L)。分布上, 较高含量

的抗生素主要是在靠近湛江和三亚湾等近海的3个采样点中检出, 且从近海至远海呈现降低趋势。除上述3个点外, 其次就是永兴岛礁区水体有相对高数量(5种)和高含量的抗生素检出, 其总含量约为三亚湾的17%, 表明受人类活动影响较大的珊瑚礁区, 其水体抗生素药物的残留也受到了较大的影响。风险评价表明, 三种抗生素(磺胺甲基异恶唑、克拉霉素和红霉素)在近岸的湛江港和三亚港表现出中等($0.1 < RQ < 1$)和低等风险($0.01 < RQ < 0.1$)。礁区水体中只有克拉霉素在多个礁区表现出低等风险, 其余化合物的风险因子均低于0.01。

S03-O-07

珊瑚 Sr/Ca 记录的西沙海域 1458 AD 以来 SST 变化

陶士臣^{1,2}, 余克服^{1-2*}, 严宏强¹, 陈特固¹, 张会领³, 施祺¹, 徐潇峰¹, 陈天然¹, 韦雯雯¹, 孟敏², 韩韬¹, 范天来², 黄忠洲³

1 中国科学院边缘化地质重点实验室, 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

2 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

3 广东海洋大学, 湛江 524088

* kefuyu@scsio.ac.cn

目前, 关于小冰期以来高分辨率的环境记录主要集中在中-高纬度的陆地, 因材料获取等原因在作为大气系统热力泵的热带海洋这方便的研究很少。生长在热带海洋的造礁珊瑚, 其骨骼 Sr/Ca 值主要受海水表面温度(SST)单一控制, 能够忠实地记录生长海区的 SST, 是开展高分辨率(月-季-年)环境记录重建的理想载体。我们选取西沙海域的6个滨珊瑚芯, 通过高精度 U-Th 测年以及年分辨率的珊瑚 Sr/Ca 值分析, 初步建立了 1458 AD 以来该海域的 SST 变化序列。结果显示, SST 变化主要划分为2个时段, 即 1458-1910 AD 以及 1910AD 以来, 前一阶段整体较低,

1910AD 以来逐渐上升,幅度为 $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。年际-十年际的低温时段主要出现在公元 1500, 1600, 1710, 1750, 1800 以及 1900 前后,最低的 10 年出现在 1704-1713AD, 20 世纪以来的海温为 1458AD 以来的最高时段。频谱分析显示, SST 变化存在 2~6 a, 12.1 a, 111 a 以及 186 a 等系列周期,其中 2~6 a 周期可能对应于 ENSO 周期,而 12.1 a 周期可能对应于 11 a 的太阳黑子活动周期。从长期变化趋势看,该海域的 SST 变化与太阳黑子活动较为一致,而 SST 快速下降时段与热带太平洋地区的火山爆发时间具有显著的对应关系。1910 AD 以来的持续且快速升温可能与人类活动密切相关。

S03-O-08

近 600 年南海海表水 pH 值记录

刘羿^{1*}, 余克服^{2,3}, 陶士臣^{2,3}

1 中国科学技术大学 地球和空间科学学院

2 广西大学 珊瑚礁研究中心

3 中国科学院南海海洋研究所

* gee@ustc.edu.cn

大气中 CO_2 浓度持续增高、海洋吸收 CO_2 的量不断增加而引起的海洋酸化,已被广泛确认为 CO_2 上升导致的重大环境问题。国际权威机构的模拟研究认为随着 CO_2 的继续排放,珊瑚将停止钙化并转为骨骼溶解,将导致地球上珊瑚礁生态系统的消失。然而与温度和降雨不同,器测 pH 记录极其有限,对工业革命前海水 pH 值自然波动的幅度和驱动因素认识极为有限。我们通过西沙造礁珊瑚²³⁰Th 定年和 $\delta^{11}\text{B}$ 分析,高精度地重建了公元 1450 年至今,近 600 年的连续的海水 pH 记录。发现在工业革命前自然背景下,西沙海水 pH 值在年代际尺度和百年尺度上分别呈现 0.1-0.2 和 0.4-0.5 单位的大幅波动,远远超

过了工业革命后人为驱动的 0.1 个单位的下降幅度。频谱分析进一步发现西沙海水水 pH 值同时存在 11 年、15.5 年、22.5 年、26 年和 175 年周期。其中年代际尺度的变化同 PDO 关系密切,而更为显著 11 年和 175 年的周期变化同太阳活动记录关系密切。当太阳黑子活动和太阳辐射增强时,西沙海水 pH 值趋于减小;当太阳黑子活动和太阳辐射削弱时, pH 值趋于增加。我们提出其背后的物理机制可能同亚洲季风、西太平洋背景气候以及西沙珊瑚礁区的生物地球化学的相互耦合过程有关。

S03-O-09

北部湾涠洲岛全新世珊瑚岸礁发育演变过程

黎广钊^{1,2}, 刘涛³, 梁文^{1,2}, 王欣^{1,2}

1 广西科学院广西红树林研究中心, 广西 北海 536000

2 广西红树林保护与利用重点实验室, 广西 北海 536000

3 广西大学 海洋学院, 南宁 530004

北部湾涠洲岛在全新世早期处于风化剥蚀阶段,形成火山碎屑岩台地,直到全新世中期距今 8000-7000aB.P.的大西洋期,全球气候转暖,导致冰后期海面迅速上升,产生普遍性的大规模海侵,环涠洲岛一带气候温暖,水温适宜,火山碎屑岩裸露于涠洲岛周边滨岸浅海海底,珊瑚开始在岩礁上生长、发育,当时海水淹没到涠洲岛沿岸现今海拔 6-7 m 标高位置。到了全新世中期距今 7000-6000aB.P.,海平面上升速度减慢,而趋于稳定,在涠洲岛北部波影区内开始发生沉积,陆源碎屑堆积速度减慢,繁殖造礁珊瑚和其他礁生物,在沿岸发育形成沙坝-泻湖沉积体系及珊瑚岸礁等。全新世中期以来,珊瑚等生物碎屑向礁前和礁后搬运,在该岛北

部堆积形成宽 250~400 m、厚 6~9 m 的海滩-沙堤珊瑚生物碎屑海滩岩及松散珊瑚生物碎屑砂砾层。据该岛北部、西北、东北部、东部、西南部沿岸共 20 个珊瑚碎屑海滩岩样品的 14C 绝对年龄测定结果, 并经校正后, 表明北部苏牛角坑-北港-后背塘沙堤中珊瑚碎屑海滩岩最老的年龄为距今 $7405\pm 92\text{aB.P.}$; 东部下牛栏、西北部西角珊瑚碎屑海滩岩最老的年龄分别为距今 $3147\pm 114\text{aB.P.}$ 、 $2877\pm 117\text{aB.P.}$, 东北部横岭-公山背沙堤中珊瑚碎屑海滩岩最老的年龄为距今 $1993\pm 203\text{aB.P.}$, 西南部竹蔗寮-滴水村沙堤中珊瑚碎屑海滩岩最老的年龄分别为距今 $1900\pm 130\text{aB.P.}$ 。经研究可知, 涠洲岛全新世珊瑚岸礁发育经历了三个阶段: 中全新世早期 $7500\text{a}-4000\text{aB.P.}$, 造礁珊瑚生物首先在涠洲岛北部苏牛角坑-北港-后背塘沿岸生长发育形成珊瑚岸礁; 随后, 中全新世晚期 $4000\text{a}-2000\text{aB.P.}$, 西北部西角和东部下牛栏沿岸开始发育形成珊瑚岸礁; 最后, 晚全新世 2000aB.P. 以来, 东北部横岭-公山背、西南竹蔗寮、滴水村沿岸才开始生长发育形成珊瑚岸礁。

S03-O-10

南海西沙新近纪生物礁沉积的古地磁学研究

易亮¹, 邓成龙^{2*}, 王振峰³, 朱日祥²

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029

3 中海石油(中国)有限公司湛江分公司, 湛江 524057

* cldeng@mail.iggcas.ac.cn

南海作为最大的亚洲大陆边缘海, 吸引了来自各研究领域的诸多目光。然而, 过去南海已开展的相关研究中, 年代学的研究一直是整个区域沉积学、构造学、古气候学等研究的薄弱环节。西沙群岛自中新世开始进

入成礁时期, 并在随后的 2000 多万年以来, 始终保持成礁环境, 形成了厚度达 1200 余米的礁相沉积物, 由于其在油气勘探、晚新生代古环境等工业和基础研究方面的重要性而备受关注。类似的情况, 西沙海域地层长期以来一直缺乏的比较精细年代框架。

综合分析磁滞回线、等温剩磁获得曲线及其反向场退磁曲线、矫顽力谱分析、一阶反转曲线等多参数的岩石磁学特征和表面磁性扫描, 结果表明, 西沙群岛西科 1 井孔新近纪生物礁相沉积物的磁性矿物主要是粒度较大的准单畴至近似多畴的磁铁矿颗粒。由于显微镜下未发现陆源碎屑矿物的存在, 而岩石磁学的结果又未指示这些颗粒较粗的磁铁矿呈现明显的生物成因特征, 结合样品的磁化率和天然剩磁较低的性质, 我们认为西沙群岛生物礁相沉积物中的磁铁矿颗粒主要来源于陆源碎屑, 且含量很低。磁性扫描的结果显示这些磁铁矿颗粒仅在样品的个别位置出现, 且呈现出明显的点状分布, 也证明了磁铁矿的含量极低。结合生物礁自身的生长特点, 我们认为西沙群岛生物礁相沉积中的微小颗粒磁铁矿主要来源于海水中悬浮的极少量陆源物质, 在生物生长过程中通过珊瑚体或其他寄生物对海水中少量陆源物质的吸附作用, 进而保存在生物礁相沉积中, 记录了当时的地磁场信号。

古地磁研究可辨识出多个正极性和负极性时段, 并与国际地磁极性年表进行了初步对比, 在新近纪内部获得了多个可靠的年控制点, 并对莺歌海组和黄流组的底界位置给出了重要制约。鉴于岩石地层学本身的特点, 在生物礁沉积中仅能提供组一级的地层单元的年龄制约, 在部分地层单元中可能获得段一级的年龄控制, 而仅有的少数几个年龄控制点显然无法满足区域地层对比对高分辨率年代地层学的需求。在未发现明显的火山灰

层的情况下，虽然受到样品保存与取心条件的制约，但是在现阶段的研究中，古地磁学研究是能为西沙群岛的生物礁相沉积提供更多独立的年龄控制点的有效方法。归纳起来，乐东组的年龄框架相对较为完整，而其他地层单元的年龄框架仍然存在很大的不确定性，需要在今后的研究中加强积累。

S03-O-11

长期海洋环境作用下岸礁再造珊瑚混凝土服役性能研究

秦月，吴文娟，汪稔，朱长歧，孟庆山

中国科学院武汉岩土力学研究所 岩土力学与工程国家重点实验室，武汉 430071

钙质砂是含钙量 90%以上，具有丰富孔隙、高棱角、高内摩擦角的砂土，其物理力学性质通常与颗粒性质有重要关系。现场和室内试验结果表明，黏粒级钙质砂在干缩和固结等方面往往表现出区别于粉粒、砂粒级钙质砂的特征。本文针对这一现象，对现有钙质砂现场和室内试验研究成果进行总结，分析了黏粒级钙质砂与粉、砂粒级钙质砂力学性质的异同，认为黏粒级钙质砂的颗粒特征和颗粒级配是其具有以上特殊性质的重要影响因素；此外，通过对国内外文献的分析，总结了黏粒级钙质砂的特殊工程性质，并据此提出适宜此类钙质砂的地基处理方法。

S03-O-12

珊瑚砂形状及表面孔隙对其水理性质的影响研究

王胤*，吴野，任玉斌，杨庆

大连理工大学近海和海岸工程国家重点实验室，大连 116023

* y.wang@dlut.edu.cn

珊瑚砂作为南海地区常见的岛礁填筑材料，其渗透性能很大程度上影响着土体的固

结和沉降，拖曳力系数是表征其渗透能力的一个重要参数，目前国内外对珊瑚砂拖曳力系数的研究十分有限。本研究采用一个三维形状系数 Ψ 对珊瑚砂的形状进行了定量的描述，该系数能够同时考虑颗粒三维球度 Φ 和二维圆形度 C 两个参量。通过摄像机拍摄单个珊瑚砂颗粒在液体中沉降过程的实验，获得颗粒沉降平衡速度 W_f 后，分别计算拖曳力系数 C_D 和雷诺数 Re 。实验结果发现在雷诺数相同的条件下，珊瑚砂的形状系数 Ψ 越大，拖曳力系数越小；表面的微孔隙发育情况对其拖曳力系数有一定的影响。最后拟合出包含 C_D 、 Re 及 Ψ 三个参数的珊瑚砂拖曳力系数关系理论模型，此方程将提高流固耦合数值计算中不规则形状岩土材料渗透性的预测精度，另外，对南海岛礁填筑工程中珊瑚砂固结和沉降的计算也具有重要意义。

S03-P-01S

Incident Ultraviolet Irradiances Influence Physiology, Development and Settlement of Larva in the Coral *Pocillopora damicornis*

Jie Zhou ^{1*}, Tung-Yung Fan ^{2,3}, John Beardall ^{1,4}, Kunshan Gao ^{1*}

1 State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361102

2 National Museum of Marine Biology and Aquarium, Pingtung 944, Taiwan

3 Institute of Marine Biology, National Dong Hwa University, Pingtung 944, Taiwan

4 School of Biological Sciences, Monash University, Clayton Victoria 3800, Australia

* ksgao@xmu.edu.cn

Ultraviolet radiation (UVR, 280-400 nm) is one of the potential factors involved in induction of coral bleaching, loss of the

endosymbiotic dinoflagellate Symbiodinium or their photosynthetic pigments. However, little has been documented on its effects on the behavior and recruitment of coral larvae, which sustains coral reef ecosystems. Here, we analyzed physiological changes in larvae of the scleractinian coral *Pocillopora damicornis* and examined the photophysiological performance of the symbiont algae, following exposure to incident levels of UVR and subsequently observed the development of coral larvae. The endosymbiotic algae exhibited a high sensitivity to UV-B (295-320 nm) during a 6 h exposure, showing lowered photosynthetic performance per larva and per algal cell, whereas the presence of UV-A (320-395 nm) significantly stimulated photosynthesis. UVR decreased chlorophyll a concentration only at higher surface temperature or at the higher doses or intensities of UVR. Correlations between UV-absorbing compound (UVAC) contents or UVR sensitivity and temperature were identified, implying that UVACs might act as a screen or antioxidants in *Pocillopora damicornis* larvae. Larvae reared under UVR exposures showed lower levels of survivorship, metamorphosis and settlement, with inhibition by UV-A being much greater than that caused by UV-B.

S03-P-02S

Corals record long-term the Upstream Kuroshio Current variability

Xiaohua Li, Yi Liu*

CAS Key Laboratory of Crust-Mantle Material and Environment, School of Earth and Space Science,

University of Science and Technology of China,
Hefei, China

*gee@ustc.edu.cn

The Kuroshio Current (KC), one of the most important western boundary current in the North Pacific Ocean, strongly impacts regional climate in East Asia and upper-ocean thermal structure. However, the responses of KC to regional and remote climate forcing are poorly understood owing to lacking of long-term KC observations. Here we demonstrate that the $\delta^{18}\text{O}$ records of annually-banded reef corals from the Southern Taiwan (22°N, 121°E) can be a promising index for inshore (offshore) migration of KC of east Taiwan. Inshore (offshore) migration of the KC, results in high (low) SST and thus low (high) $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$. Our new reconstruction reveals that the KC of east Taiwan displays broadly an inshore migration over the past five decades. On the interannual and interdecadal timescales, the migration index of KC of east Taiwan is related to the Pacific Decadal Oscillation (PDO). However, the relationship between the PDO and the KC is nonstationary and changes through time. For the period of 1957-1978, a significant negative correlation between the two time series appears. That is, cold phase of PDO are associated with positive $\delta^{18}\text{O}_{\text{coral}}$ and offshore migration of the KC. In contrast, for the period of 1979-2003, a significant positive correlation between the two time series appears. The nonstationary relationship between the PDO and KC may be related to the “1976/1977 shift” of North Pacific climate. The reconstruction of the KC described here can provide long-term insights into the interannual and decadal behaviors of the KC beyond the short period of instrumental

observations.

S03-P-03

涠洲岛珊瑚岸礁可见光卫星遥感影像的水深和水底反射率反演方法研究

黄荣永^{1,2}, 余克服^{1,2*}, 王英辉^{1,2}, 穆琳³, 王纪坤^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

3 广西大学复杂性科学与大数据研究所, 南宁 530004

* kefuyu@gxu.edu.cn

珊瑚礁是海洋中拥有最多物种和最高初级生产力的生态系统, 对人类社会和海洋生态环境的健康与可持续发展起着至关重要的作用, 故对珊瑚礁生态进行大范围的定量遥感监测具有重要的意义。然而珊瑚礁遥感不同于常规, 除大气作用外还受到更严重的水体作用, 剧烈的水体吸收、反射和散射等作用使得遥感影像能够记录的珊瑚礁水下信息微乎其微, 导致珊瑚礁生态的定量遥感技术的进一步发展受到影响。因此, 消除光谱在水体中传播受到的衰减作用是珊瑚礁生态定量遥感监测的关键环节。我们为此选择交通便捷, 易于进行现场实验的涠洲岛珊瑚岸礁为研究对象, 借鉴前人水深和水底反射率反演模型研究的经验, 进一步引入空间连续性和海陆交界约束条件, 利用大规模最小二乘和正则化方法等图像工程方法对可见光卫星遥感影像的水深和水底反射率方法进行研究和求解, 以期得到稳定可靠的水深和水底反射率反演效果, 消除辐射在水体中传播受到的衰减作用的影响, 为未来的珊瑚礁定量遥感监测技术的发展提供可靠的基础。本文成功将图像工程的方法引入水深和水底反射率反演的方法研究, 使得空间连续性和海陆交

界等固有约束条件能够应用于问题的求解, 而这正是其他同类研究所极少考虑的问题。最后涠洲岛资源三号遥感影像的实验结果则能够验证本文所提出的水深和水底反射率反演方法的正确性和有效性。

S03-P-04S

西沙群岛珊瑚 $\delta^{13}\text{C}$ 记录的苏斯效应

韩韬¹, 余克服^{1, 2*}, 陶士臣¹, 严宏强¹, 张会领³

1 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

2 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

3 广东海洋大学工程学院海洋工程系, 湛江 524008

* kefuyu@scsio.ac.cn

工业革命以来化石燃料燃烧等导致大气 CO_2 富集 ^{12}C 的过程即为苏斯效应。大气 CO_2 中 C 组成的变化会导致海洋无机碳库 (DIC) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 下降。分布在热带海洋的造礁珊瑚具有对环境变化敏感、年生长纹清晰、生长率高、易于定年等优点, 被广泛用于重建热带海洋的环境气候变化。大部分珊瑚骨骼的 $\delta^{13}\text{C}$ 都显示近百年来出现了快速下降的趋势, 反映了苏斯效应对海洋碳库的影响, 但变化趋势和下降速率的差异可能反映了苏斯效应和区域气候环境的组合效果。本文对南海西沙群岛永兴岛滨珊瑚 1851-2008 年骨骼 $\delta^{13}\text{C}$ 的研究发现, 珊瑚 $\delta^{13}\text{C}$ 有着良好的季节周期和明显的年际-年代际变化, 季节周期的产生主要是由于光照的季节性变化所致, 表现为光照增多, 骨骼 $\delta^{13}\text{C}$ 上升, 反之亦然, 可能是光照的变化导致虫黄藻光合作用变化引起骨骼 $\delta^{13}\text{C}$ 的改变。珊瑚 $\delta^{13}\text{C}$ 在 1851-1920 年呈现缓慢上升趋势, 1920 年之后急剧下降, 1900-1990 年间的下降速率达到 0.0176‰/a , 1960-1990 年间下降速率较慢, 仅为 0.0102‰/a , 这可能记录了苏斯效应导致南海

DIC的 $\delta^{13}\text{C}$ 下降过程。东亚冬季风与珊瑚 $\delta^{13}\text{C}$ 在年际-年代际尺度上表现出良好的对应关系,因此东亚冬季风可能是影响近百年来南海DIC $\delta^{13}\text{C}$ 变化的另一重要因素。东亚冬季风的变化会改变南海陆源营养物质的输入量,使得南海生物生产力出现变化,相应地导致南海DIC的 $\delta^{13}\text{C}$ 发生改变。近百年来东亚冬季风的减弱可能加速了南海 $\delta^{13}\text{C}$ 的下降,而其在1970年前后的突然增强可能是南海 $\delta^{13}\text{C}$ 在1960-1990年间下降速率变慢的原因。虽然光照在20世纪末由于气溶胶的缘故出现减弱,但对于整个记录时段而言,光照的作用仍主要局限在季节尺度。估计未来大气 CO_2 的持续增加,以及全球变暖背景下冬季风的减弱,会导致南海DIC的 $\delta^{13}\text{C}$ 加速下降。

S03-P-05

南海砗磲研究进展

晏宏^{1*}, 刘成程¹, 张文超¹, 邵达², 孙立广²

1 中国科学院地球环境研究所, 黄土与第四纪地质国家重点实验室

2 中国科学技术大学地球与空间科学学院

* yanhong@ieecas.com

砗磲是目前海洋中最大的双壳类贝壳,它的碳酸盐壳体具有清晰的年纹层,是一种理想的高分辨率古气候研究载体。但是砗磲古气候研究的潜力在之前很长一段时间一直没有得到充分的发掘。最近几年里,我们对南海砗磲开展了比较细致的研究并取得了一些新的进展。我们首先对南海现代砗磲进行了分析,查清了砗磲高分辨率氧同位素的气候意义,并首次建立了砗磲Sr/Ca与器测SST的校准方程,为利用砗磲Sr/Ca进行古温度重建奠定了基础(Yan et al., 2013 *Geochimica et Cosmochimica Acta*; Yan et al., 2014 *Chemical Geology*)。随后,在现代砗磲工作的基础上,我们对历史时期不同时间段的砗磲进行研究并

对这些时段的气候状态进行了重建和分析(Yan et al., 2014 *Chinese Science Bulletin*; Yan et al., 2014 *Acta Oceanologica Sinica*; Yan et al., 2015 *Quaternary Research*)。进一步的,我们对南海北部目前已报道的珊瑚和砗磲高分辨率古温度记录进行了综合集成,建立了该地区过去2500年的温度变化序列(Yan et al., 2015 *Earth Science Reviews*)。

近期,我们进一步在南海的多个珊瑚礁盘如西沙北礁、南沙渚碧礁、南沙安达礁采集了大量的砗磲样品。其中在西沙北礁采集到的化石砗磲样品有大约2000个,单个砗磲的年龄跨度大约为30-50年。我们选取其中年龄跨度较大的150个砗磲进行了测年,结果显示,这些砗磲基本全部存活于中晚全新世(大约距今5000年以来)。并且这150个砗磲的年龄分布较为均匀,大致可以建立从距今5000年到现代连续序列。基于这个砗磲序列,我们接下来将开展一系列的工作,利用砗磲对南海北部中晚全新世的海温、海水盐度、海水PH值、季风变率、ENSO活动变化等开展研究。同时也欢迎感兴趣的同行老师,跟我们联合起来,一起开展砗磲方面的相关工作。

S03-P-06

西沙群岛永乐环礁现代有孔虫的分布和多样性研究

孟敏^{1,2}, 余克服^{1,2*}, 秦国权¹, 陶士臣³, 王英辉^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

3 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

*kefuyu@scsio.ac.cn

珊瑚礁礁区有孔虫在不同沉积相带的分布及其与环境之间关系的研究具有重要的科学意义。我们选择西沙群岛永乐环礁的羚羊

礁、全富岛以及石屿三个礁体的表层沉积物，分析其有孔虫的分布特征，初步建立了有孔虫分布组合及其与环境、生物等控制因子之间的关系。共鉴定出有孔虫 74 属 188 种，以钙质有孔虫占绝对优势。有孔虫的丰度、简单分异度以及复杂分异度均表现出显著规律（羚羊礁：礁坪<潟湖坡<礁前<浅水潟湖底<深水潟湖底；全富岛：礁坪<潟湖坡<礁前<灰沙岛；石屿：礁前<礁坪<潟湖坡）。多元统计分析（聚类分析、相关性分析、去趋势对应分析）筛选出四个有孔虫沉积相：Amphisteginalobify 相，代表礁前区域，控制因子为生物习性、水深以及沉积物粒度；Calcarinahispida——Neorotalia calcar 相，主要出现在礁坪、潟湖坡区域和潟湖中的点礁处，控制因子为水动力、水深和生物结构；Quinqueloculinacrassasubcuneata 相，在浅水潟湖区域占优势，主要受底质类型和盐度的影响；Elphidiumadvenum——Floriluacostiforus——Reussellaspiculosa 相，代表深水潟湖区域，受水动力以及营养物质影响。此外，在礁前和浅水潟湖底个别站点出现大量 Cymboloporetasquammosa，Cymboloporettabradyi 以及浮游有孔虫，此特征可能与季风以及潮流作用等有关。

S03-P-07

钙质砂小应变动力学参数实验研究

朱初初，孟庆山，秦月，沈建华

中国科学院武汉岩土力学研究所

钙质砂为富含碳酸钙的特殊性砂土，普遍存在于我国南海各岛礁中，长期持续的受到波浪荷载的作用，研究其在动荷载作用下小应变范围内的动剪切模量-剪应变 ($G_d-\gamma_d$) 和阻尼比-剪应变 ($\lambda-\gamma_d$) 曲线变化特性对于岛礁建设以及钙质砂的深入研究具有推动作用。

钙质砂的 $1/G_d-\gamma_d$ 曲线在 10^{-4} - 10^{-3} 应变范围内呈折线形，Hardin-Drnevich 模型对 $G_d-\gamma_d$ 曲线拟合效果较差，而通过修正的 Hardin-Drnevich 模型拟合的归一化 $G_d/G_{max}-\gamma_d/\gamma_r$ 曲线效果较好。有效围压对 $G_d-\gamma_d$ 和 $\lambda-\gamma_d$ 曲线均有较大影响，而相对密实度、偏应力比和中主应力系数对两种曲线影响均较小，其中均等固结与非均等固结条件下的 $G_d-\gamma_d$ 曲线有一定差距。

S03-P-08S

礁灰岩嵌岩桩的模型试验研究

刘海峰^{1,2}，朱长歧¹，王星^{1,2}，吴文娟^{1,2}，翁贻令³，袁征³

1 中国科学院武汉岩土力学研究所，岩土力学与工程国家重点实验室，武汉 430071

2 中国科学院大学，北京 100049

3 广西大学，南宁 530004

援建马尔代夫马累大桥项目作为我国“一带一路”经济建设规划之一，其所处地基为与我国南海珊瑚礁岩土体结构极为相似的珊瑚礁。由于国内尚未开展过珊瑚礁嵌岩桩的设计，故需要通过试验方法获取珊瑚礁嵌岩桩的承载特性和相关数据。试验对取自援马尔代夫跨海大桥部分桩基位置所在岩层（BH2、BH13、BH14 和 BH30 钻孔）的礁灰岩岩心开展室内桩基力学特性试验研究。测得礁灰岩的密度、比重、饱和单轴抗压强度、三轴剪切强度等基本物理力学指标，结合对礁灰岩进行的嵌岩桩模型试验获得的结果，得到模型桩承载力随桩端位移的变化规律。结果表明：在低围压下，礁灰岩的侧摩阻力与饱和单轴抗压强度呈正相关关系；随着围压变化，侧摩阻力受围压影响较大。

S03-P-09S

基于钙质砂颗粒破碎的力学性质研究展望

殷娟^{1,2}, 汪稔², 胡明鉴²

1 广西大学 海洋学院, 广西 530000;

2 中国科学院武汉岩土力学研究所 岩土力学与工程
国家重点实验室, 武汉 430071

* 435824092@qq.com

我国南海海域是钙质砂广泛分布的地区, 其 CaCO_3 含量大多在 90% 以上。因此, 在南海海域建设基础工程, 必须充分研究钙质砂的成因与分布以及其力学性质。目前, 国内外对钙质砂的研究尚处于试验数据的处理和定性分析阶段, 由于海洋工程实践的需要, 钙质砂的力学特性已成为土力学的新兴研究方向。钙质砂微观结构和变形机理与陆源砂不同, 需采用适用于其特征的试验技术。随着南海国防建设的需要以及对南海石油、天然气资源的勘探、开采, 现代化工程数量及其规模将更大, 海底的钙质砂作为地基时所承受的应力水平很高, 产生的颗粒破碎也很可观。因此对钙质砂的力学特性研究就显得尤其重要, 实践证明影响其力学性质的主要因素是颗粒破碎, 要充分认识钙质砂的力学性质就需要对其颗粒破碎特性开展深入研究。

S03-P-10S

三亚湾珊瑚礁退化过程中的营养盐分布特征

郭靖^{1,2}, 余克服^{1,2*}, 王英辉^{1,2}, 许道全^{1,2},
黄学勇^{1,2}, 赵美霞³, 张瑞杰^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

3 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

* kefuyu@gxu.edu.cn

近几十年来的研究表明, 由于全球气候

的变化和人类活动的影响, 珊瑚礁生态系统遭遇了全球性的剧烈退化。许多研究指出, 人为的营养盐富集是威胁珊瑚礁的主要因素之一。本研究选取退化程度最严重的海南三亚鹿回头珊瑚礁区作为研究区域, 在该区域内进行了相关布点取样, 分析了各点位上覆水、间隙水及沉积物中的营养盐分布特征, 并对鹿回头珊瑚礁区的活珊瑚覆盖率进行了调查。研究结果表明: 总体来说, 营养盐浓度沿着三亚湾河口向外湾方向逐渐降低。其中, 上覆水中的营养盐浓度分别为无机氮 $2.49 \mu\text{mol/L}$, 磷酸盐 $0.27 \mu\text{mol/L}$, 营养盐含量较低并符合国家海水质量第一级标准。间隙水中的营养盐含量分别为无机氮 $10.84 \mu\text{mol/L}$, 磷酸盐 $6.49 \mu\text{mol/L}$; 表层沉积物中的营养盐含量分别为无机氮 160.54mg/kg , 磷酸盐 6.49mg/kg 。研究采用菲克第一定律计算了沉积物—海水界面的营养盐扩散通量, 发现所有点位的扩散量都是正值, 说明营养盐从沉积物间隙水向上覆水扩散。利用 NQI 指数法评估了三亚湾的富营养化状况, 结果表明三亚湾基本处于贫营养化状态。本次调查发现鹿回头珊瑚礁区的活珊瑚覆盖率为 9.52%, 与以往研究比较, 发现鹿回头珊瑚礁区仍处于退化阶段。通过时间尺度上的营养盐含量和活珊瑚覆盖率的相关性分析研究表明在 2002 到 2014 年这段时间内, 无机氮含量由 $1.89 \mu\text{mol/L}$ 上升为 $2.89 \mu\text{mol/L}$, 磷酸盐含量由 $0.1 \mu\text{mol/L}$ 上升到 $0.49 \mu\text{mol/L}$, 在此变化范围内, 营养盐的富集可能不是造成珊瑚礁退化的原因。

S03-P-11S

南海北部滨珊瑚骨骼中常量元素对近百年环境变化的记录

王宁^{1,2,3*}, 余克服^{1,2}, 王英辉^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

3 广西大学环境学院, 南宁 530004

* kefuyu@gxu.edu.cn

珊瑚骨骼中各类常量元素含量具有记录海洋环境变化的功能。我们对 Song YX 等 2014 年发表的海南三亚 1870-2006 年滨珊瑚骨骼中 Ba、Mn、Cr、Pb、Zn 等 5 种元素进行了再分析。结果表明, 存在两种原因分别主导着 Ba、Cr、Pb 与 Mn、Zn 的变化。珊瑚骨骼 Ba/Ca 记录了自清末到现代因人类对海南岛开发力度的加大而造成陆源输入增强的过程, 这与岛上人口数量和土地开垦面积的增长相符。Cr 与 Pb 变化同步, 在 1920-1940 年维持在高水平, 且在 1970s 之后增长显著; Cr 与 Pb 的变化与 Ba/Ca 相似, 但这两个时期突出显示加大的土地开发强度导致当地富 Cr、Pb 土壤入海进程加剧。Ba/Ca、三亚当地降雨量与 PDO 指数显示出相似的变化趋势, 表明 PDO 参与到了当地陆源输入的进程。Mn 和 Zn 基本维持在较低的水平, 但在 1900、1920 和 1960 左右异常高, 且在 1970s 后增长显著。1960 年左右的异常与三亚当地田独铁矿的开采记录相符合, 在 1960 年铁矿停产后, Mn 和 Zn 逐渐恢复到正常, 1900 和 1920 左右的异常可能也与当地的矿业开采有关。总体的, Ba、Mn、Cr、Pb、Zn 在 1970s 后的增长趋势与海南岛整体的开发有关, 包括基础建设、工业生产、机动车数量和旅游业等方面。

S03-P-12

产海藻糖珊瑚共生微生物多样性及特征种属解析——以涠洲岛造礁石珊瑚为例

梁甲元^{1,2}, 余克服^{*1,2}, 黄雯^{1,2}, 王英辉^{1,2}

1 广西大学海洋学院, 南宁 530004

2 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

珊瑚共生微生物是珊瑚礁生态系统中最为基础和活跃的组成成分, 是研究“珊瑚—微生物”共生体建立机制、珊瑚物种演替、珊瑚礁退化等热点科学问题的重要切入点。新的研究证实海藻糖作为一种化学引诱物 (Chemical attractant), 在珊瑚早期发育阶段介导珊瑚浮浪幼虫特异性选择和建立微生物共生体。然而, 在珊瑚成体当中其共生微生物的稳定以及替换是否还跟海藻糖有着必然的联系? 本研究以北部湾涠洲岛不同类型的造礁石珊瑚为材料, 基于合成海藻糖的功能基因特征性片段的高通量测序以及物种注释, 深入研究珊瑚共生体中产海藻糖功能微生物的组成结构, 以及发现不同宿主间特征性功能微生物种属。预期从功能微生物的角度解析珊瑚与微生物间建立共生体的潜在机制, 为研究珊瑚礁白化死亡机理提供科学依据和新的研究思路。

S03-P-13

造礁珊瑚共生虫黄藻的分布与多样性特征

巩三强, 李志勇*

上海交通大学微生物代谢国家重点实验室海洋生物技术研究室 上海 200240

* zyli@sjtu.edu.cn

珊瑚与虫黄藻共生关系对于珊瑚生长与功能维持非常重要。但是至今对于是生境还是宿主影响珊瑚共生虫黄藻的群落组成这个问题还不清楚。采用虫黄藻 ITS2 序列标签分析了全球珊瑚共生虫黄藻的分布与多样性特征。研究表明: 在全球尺度, 珊瑚共生虫黄藻主要分布于全球 28 个珊瑚礁区, 共包含 9 个 Clade(A-I), 119 个 OTU (“Species”)。其中 A/B/C/D/F 是五个优势虫黄藻类群。C1/C2/C3 是三个全球范围普遍存在的类群, 也是不同宿主共有的虫黄藻类型。虫黄藻主

要与刺细胞动物(69.1%, 珊瑚、水母、海葵), 同时发现 9%左右的珊瑚共生虫黄藻可以浮游的形式存在。B/D 型虫黄藻是两个地域性较强的物种, B 型虫黄藻主要分布于大西洋加勒比、墨西哥湾海域, D 型虫黄藻主要分布于太平洋中国南海、日本、泰国海域。D 型虫黄藻地域变化特征预示太平洋西部海域(中国南海、日本海、泰国海)珊瑚可能存在不利珊瑚生长的环境压力。具体到中国南海, 三亚、徐闻以及深圳大亚湾三个地域的珊瑚主要与 2 个 clade 的 12 个类型的虫黄藻共生。中国南海珊瑚共生虫黄藻在 Clade 内部呈现多样性。三亚珊瑚共生虫黄藻多样性高于徐闻和深圳大亚湾。D 型虫黄藻在三亚珊瑚中普遍存在, 其中在杯形珊瑚(棕色)以及盔形珊瑚中 D 型虫黄藻占有绝对优势。C1/C2r/C15/C161 型虫黄藻是南海三个海域共有的虫黄藻类型, 其中 C3b/C42/C21/C71/C115/C93/D1a/D17 是三亚海域珊瑚特有的虫黄藻类型。C2r 可能是中国南海普遍存在的所有珊瑚共有的虫黄藻类型。对三个海域共有珊瑚的虫黄藻多样性分析表明, 鹿角珊瑚、盔型珊瑚、扁脑珊瑚的虫黄藻呈现地域分布特征, 三个海域的滨珊瑚共生虫黄藻组成并没有显著的地域差异。对白化珊瑚共生虫黄藻的分析显示, 相对健康珊瑚, D 型虫黄藻在白化珊瑚中相对丰度显著升高。健康珊瑚组中丰度较低的未归类 OTU 类型在其白化后丰度有显著变化, 对其序列特征分析表明这些未归类 OTU 主要来源于同一条 ITS2 序列。分离培养后根据形态学及分子生物学鉴定, 该藻是一类具有细菌 FormII 型光合固碳酶基因的与珊瑚白化相关的新藻类群。该藻在健康鹿角珊瑚、盔形珊瑚、扁脑珊瑚、滨珊瑚、杯形珊瑚中以低丰度形式普遍存在, 但是在白化珊瑚中相对丰度显著升高, 预示这该藻类可能在珊瑚白化适应方

面发挥着重要作用。

S03-P-15S

南海近岸珊瑚礁区水体抗生素的残留水平、分布及生态风险

张瑞玲^{1,2}, 张瑞杰^{1,2*}, 尚谦^{1,2}, 王英辉^{1,2}, 余克服^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

* rjzhang@gxu.edu.cn

抗生素既可以用于水产品疾病的预防和治疗, 也可以作为饲料添加剂促进水产品生长。海水养殖业中抗生素的使用成为近海水体抗生素污染的一个直接来源。我国南海近岸水体不仅有着重要的海水养殖区, 而且在三亚鹿回头、深圳大亚湾、徐闻灯楼角和广西涠洲岛海域还分布有重要的珊瑚礁生态系统。为了了解我国南海近岸珊瑚礁区水体抗生素药物的残留水平及分布特征, 2015 年 8-10 月我们对上述四个珊瑚礁区以及涠洲岛靠近岸边和岛上地表水水体进行了样品采集, 室内分析了氯霉素类、大环内酯类、磺胺类及磺胺增效剂共 4 类 13 种抗生素药物的含量组成和分布特征, 并采用风险系数(RQ)法评估了这些药物的生态风险。结果表明, 13 种被测抗生素中有 12 种在研究区域中均有检出, 其中大环内酯类的克拉霉素、罗红霉素、红霉素的检出率最高, 为 100%; 其次是氯霉素类的氟苯尼考和磺胺类的磺胺嘧啶, 检出率分别为 97%和 93%; 磺胺类的磺胺二甲基嘧啶、磺胺甲基异恶唑及其增效剂甲氧苄嘧啶检出率也均在 50%以上。这些表明上述八种抗生素在近岸珊瑚礁区水体中已经普遍存在。12 种抗生素的含量从无检测到 213 ng/L。其中磺胺甲基异恶唑含量最高, 均值为 8.26 ng/L (0.24-213 ng/L), 其次是罗红霉素、红

霉素和氟苯尼考, 其平均含量介于 1.0-2.0 ng/L; 磺胺嘧啶、甲氧苄胺嘧啶、阿奇霉素和克拉霉素的平均含量介于 0.1-0.5 ng/L, 其余四种抗生素的含量水平均低于 0.1 ng/L。从分布上看, 12 种抗生素的总量总体上以徐闻灯楼角最高(均值 6.53 ng/L), 其次是深圳大亚湾(4.79 ng/L)、广西涠洲岛(4.17 ng/L)和三亚鹿回头(3.25 ng/L)。涠洲岛珊瑚礁区与岸边及岛上地表水相比, 抗生素的含量从陆上水体到岸边海水区再到珊瑚礁区呈逐步下降趋势, 这表明人类活动所导致的抗生素残留不仅影响到陆上水体和岸边海水区, 而且已经影响到近岸珊瑚礁区。风险评价表明, 涠洲岛部分地表水中磺胺甲基异恶唑、克拉霉素和红霉素表现出高等风险($RQ>1$), 而在近海珊瑚礁区中, 部分水域的磺胺甲基异恶唑和克拉霉素也表现出中等风险($0.1<RQ<1$), 抗生素污染不容忽视。

S03-P-17

广西珊瑚礁的空间分布及其种群特征

王欣, 梁文, 周浩郎, 陈骁

广西红树林研究中心, 广西红树林保护与利用重点实验室, 北海, 536000

2014 年底至 2015 年初, 在广西 908 珊瑚礁调查的基础上对广西珊瑚礁海域的珊瑚礁分布和种群特征进行了调查。在原有涠洲岛、斜阳岛和白龙尾海域之外, 新发现防城港市蝴蝶岭西南海域也有造礁石珊瑚分布。本次调查共布设 17 个断面, 25 个站位, 共发现造礁石珊瑚 10 科 22 属 39 种, 包含一个新记录属和新记录种, 柳珊瑚 4 科 12 属 14 种。涠洲岛海域珊瑚种类最多, 有 22 属 39 种, 其中滨珊瑚属为优势属, 其次是角蜂巢珊瑚属和蜂巢珊瑚属; 斜阳岛有 8 属 13 种, 优势属为角孔珊瑚属; 白龙尾 6 属 10 种, 优势属为

同星珊瑚属; 蝴蝶岭海域最少, 只有 2 属 2 种, 同星珊瑚属为优势。对每个珊瑚礁分布区域进行造礁石珊瑚覆盖度统计, 涠洲岛平均覆盖度由 2008 年的 17.6% 降到 10.1%, 其中北部和东北部覆盖度最大为 25.4 和 24.4%, 其他区域都未超过 20%; 斜阳岛由 4.7% 变为 4.4%, 其中白龙尾由 0.9% 升高到 5.9%, 蝴蝶岭为 7.3%。

经本次调查统计, 2015 年广西北部湾海域造礁石珊瑚分布面积为 2130.5 公顷, 柳珊瑚分布面积 852.5 公顷, 总面积 3060.5 公顷。

结合同时进行的水环境和生物调查, 根据《近岸海洋生态健康评价指南》对广西珊瑚礁生态系统进行健康评价。评价结果为涠洲岛珊瑚礁生态系统健康指数年平均由 2008 年的 83.7 降为 75.3, 斜阳岛由 85.8 变为 80.8, 白龙尾由 83.5 变为 83.9。其结果表明, 三个珊瑚礁生态区都处于健康状态, 涠洲岛珊瑚礁生态系统处于退化状态, 濒临亚健康, 斜阳岛、白龙尾珊瑚礁生态系统处于稳定状态。

S03-P-18

鹿回头块状滨珊瑚种群动态模型指示珊瑚礁恢复潜能

赵美霞^{1*}, Bernhard Riegl², 余克服¹, 施祺¹, 张乔民¹, 刘国辉¹, 杨红强¹, 严宏强¹

1 中国科学院南海海洋研究所, 广州 100871

2 Nova Southeastern University, Fort Lauderdale, 210093

* zhaomeix@scsio.ac.cn

海南鹿回头珊瑚礁在近 50 年经历了活珊瑚覆盖率明显下降、优势珊瑚由枝状珊瑚向块状珊瑚转变的衰退, 破坏性人类活动是导致珊瑚礁退化的重要因素。1990 年三亚国家级珊瑚礁保护区建立后, 各种破坏性人类活动得到有效限制, 块状滨珊瑚年龄结构的研究表明该珊瑚礁区处于早期恢复阶段。

本文利用 2007-2014 年鹿回头礁区的野外调查数据进行统计分析发现块状滨珊瑚种群以小尺寸群体为优势,大尺寸群体数量有增长趋势。依据野外调查数据建立的该种群动态变化模型,表明该种群属于开放型种群,受外部连接群落的幼体补充影响大。利用该模型对未来 100 年该种群的发展状况进行预测研究,研究表明无干扰情况下,该种群将不断增大,而且群体大小将由目前的小群体为主逐渐发展为以大群体为主,且活珊瑚覆盖率也将随之不断增大,珊瑚礁恢复态势良好。若收到 10-20 年间隔的随机干扰,该种群仍能保存,但活珊瑚覆盖率将保持较低水平。

S03-P-19S

西沙海域现代珊瑚的高分辨率 Sr/Ca 及碳氧同位素记录

王希杰^{1,2}, 韦刚健^{2*}, 邓文峰², 陈雪霏^{1,2}

1 中国科学院大学地球科学学院, 北京 100049

2 中国科学院广州地球化学研究所同位素地球化学国家重点实验室, 广州 510640

* gjwei@gig.ac.cn

南海位于西太平洋暖池的范围内,同时也处于东亚季风区,其年际-百年尺度气候主要受到 ENSO 和东亚季风的双重影响。ENSO 的活动及东亚季风的演变都会在南海沉积物和生物碳酸盐中留下记录,而提取这些记录中的气候信息对于揭示 ENSO、季风的规律和背后的控制因素以及重建有器测资料之前的历史气候具有重要作用。

珊瑚具有生长速度快、生长时间长、生长纹层明显、对气候环境变化非常敏感等特征,同时可以精确定年,是气候环境的良好载体,可以提供长时间的高分辨率气候记录。到目前为止,对南海珊瑚古气候方面的研究主要集中于海南岛-雷州半岛周边海域,但这些区域的珊瑚或多或少受到河流径流等陆源

因素的影响,使气候信息的提取复杂化,对重建历史气候也产生一定的影响。西沙群岛、南沙群岛由于离陆地较远,基本可以避免这种影响,但前人对这些海域珊瑚的古气候研究相对较少。

本文选取西沙海域的一个现代活珊瑚为研究对象,测定了该珊瑚两周至月分辨率的 Sr/Ca 以及 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$, 根据珊瑚纹层及数据的周期性,可知已有数据对应时间为 25 年 (1991-2015 年)。将最近约 10 年的 Sr/Ca 线性内插后与永兴岛器测 SST 数据进行回归分析,得到 Sr/Ca-SST 间的校正方程: $\text{Sr/Ca} (\text{mmol/mol}) = -0.0446 \text{ SST} (\text{°C}) + 10.038$, 其 $R^2=0.8175$ 。表明 Sr/Ca 与 SST 高度相关,在后续研究中可用 Sr/Ca 来重建两个世纪以来该海域的 SST 变化。 $\delta^{18}\text{O}$ 变化范围为 $-4.76 \sim -6.09\%$, 与 Sr/Ca 变化基本同步,二者之间的线性相关系数 $r=0.84$,表明温度对珊瑚 $\delta^{18}\text{O}$ 的影响比较大。将珊瑚 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化中由 SST 导致的部分扣除,得到剩余 $\delta^{18}\text{O}$ ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SW}}$), 其变化范围在 $-0.51 \sim 0.47\%$ 之间,与珊瑚 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化幅度接近。 $\delta^{13}\text{C}$ 的变化范围是 $-1.96 \sim -4.09\%$, 年周期非常明显,与 Sr/Ca 间的相关系数为 0.6,表明与温度相关的某个过程对 $\delta^{13}\text{C}$ 的影响比较大。一年之内 $\delta^{13}\text{C}$ 曲线形状大致为“W”型,中间的峰幅度大而两边的谷幅度小,其具体控制因素还有待进一步探讨。

S03-P-20

珊瑚礁吹填钙质土独特工程地质特性的微观机理初论

吕士展*, 王新志, 阎轲, 朱长歧, 汪松
中国科学院武汉岩土力学研究所, 武汉 430071

* lvshizhan0402@126.com

在工程地质视角下,珊瑚岛礁大规模吹填钙质砂土地基表现出具备咬合力、低渗透

系数、高持水能力以及自密实特点，超乎人们对吹填砂土地基的经验认识。我们认为导致其显著区别于常规硅质砂土的根源因素有两个：一是矿物成分不同，钙质砂主要成分为碳酸钙；二是颗粒表面形貌特征的不同，钙质砂因其独特的生物成因和赋存环境，比表面积远高于普通砂，颗粒表面形貌复杂，布满微小孔隙，粗糙度极高。而在碳酸钙矿物硬度及强度均显著低于硅质矿物的条件下，钙质砂土却在低应力水平下表现出许多明显高于硅质砂土强度的现象，这暗示钙质砂颗粒表面形貌的独特特征在其中起到决定性作用。

我们猜想颗粒表面形貌特征的影响主要表现在两个方面：一是，高粗糙度的表面使得颗粒之间的摩擦系数显著增大，颗粒间咬合嵌固成为可能，从而使得珊瑚礁钙质土表现出咬合力。二是，颗粒表面极其发育的微小孔隙使得珊瑚礁钙质砂比表面积远远高于同粒径的常规砂土。这意味着珊瑚礁钙质砂土的持水能力将远大于同粒径的陆源砂土，初步的对比试验结果证实了这一点。也预示钙质砂土的非饱和效应将显著强于同粒径常规砂土，而这又会在一定程度上强化粗糙度带来的嵌固咬合效应。

本文从对现象的思考出发，大胆提出猜想，初步探讨了珊瑚岛礁吹填钙质土独特工程地质特性的根源及控制因素，以期为后续更加深入系统地研究了解钙质砂土强度及渗流机理提供一种新视角。

S03-P-21

广西涠洲岛珊瑚礁区底栖贝类的群落特征

黄雯^{1,2}, 余克服^{1,2*}, 王英辉^{1,2}, 许铭本^{1,2}, 王文欢^{1,2}, 梁甲元^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁, 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁, 530004

* kefuyu@gxu.edu.cn

珊瑚礁生态系统是全球生物多样性最高的生态系统之一，而底栖贝类是该生态系统的主要组成类群。为了解广西涠洲岛珊瑚礁区底栖贝类的群落现状及特征，并试图据此反映该区域珊瑚礁生态系统的健康状况。我们于 2015 年 10 月采用截线样条法对涠洲岛珊瑚礁区的 6 个断面的底栖贝类进行了定性和定量的采集，并对群落的物种组成、优势类群、丰度、生物量、Shannon-Wiener 指数、物种丰富度指数和物种均匀度指数以及生物量/丰度比较曲线特征等进行研究。共获得涠洲岛珊瑚礁区底栖贝类 55 种，分别属于多板纲 1 科 1 种，腹足纲 13 科 27 种，双壳纲 11 科 27 种，优势种为粗衣蛤、舌骨牡蛎、刺荔枝螺、大马蹄螺和杂色牙螺。定量断面的平均生物量和平均丰度分别为 63.40 g/m² 和 0.52 个/m²，生物量最大的为舌骨牡蛎。Shannon-Wiener 指数、物种丰富度指数和均匀度指数的平均值分别为 3.52、3.73 和 0.72。其中第三断面的上述五项指数均高于其他断面。结合石珊瑚覆盖度数据分析，发现各断面底栖贝类的生物多样性指标与石珊瑚覆盖度存在显著的正相关关系。总的来说，涠洲岛的贝类资源趋于衰退，贝类的物种多样性、丰度和生物量都远远低于南海的珊瑚礁，这与涠洲岛珊瑚覆盖度的降低有密切关系。本研究提示我们在加强保护珊瑚礁的同时也要注意保护珊瑚礁的贝类资源，保证珊瑚礁生物的多样性，对维持生态平衡有重要意义。

S03-P-22

西沙群岛永乐环礁夏季表层海水 $p\text{CO}_2$ 分布和海-气界面通量

严宏强¹, 余克服^{1,2*}, 施祺¹, 谭焯辉¹, 林紫云¹

1 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

2 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

环礁是南海珊瑚礁最主要的珊瑚礁类型, 分布广泛, 南海的主要离岸珊瑚礁区包括东沙群岛、中沙群岛, 西沙群岛和南沙群岛的均主要由环礁组成。环礁具有封闭或半封闭的潟湖, 导致珊瑚礁潟湖海水与礁外大洋海水呈近乎隔离的状态, 潟湖海水的水化学特性受水动力作用较小, 是研究珊瑚礁生态系统对海水碳酸盐体系作用的理想区域。西沙群岛永乐环礁是半封闭的大环礁, 由 12 个大小不一的岛/礁组成, 其中羚羊礁是一个封闭度较高的小环礁, 是研究环礁的理想区域。

于 2013 年夏季海南西沙群岛永乐环礁大潟湖不同位点及羚羊礁小潟湖进行了海-气 CO_2 交换的连续观测。结果表明: (1) 永乐环礁羚羊礁海水 $p\text{CO}_2$ 存在明显的日周期, 日间下降, 夜间上升。(2) 计算了永乐环礁不同观测点的海水 $p\text{CO}_2$ 平均值, 发现羚羊礁潟湖 $>$ 永乐环礁大潟湖内观测点 $>$ 永乐环礁外侧观测点。(3) 在相对封闭的羚羊礁潟湖, 生物代谢是海水 $p\text{CO}_2$ 变化的主要驱动因素, 而水深较深的永乐大环礁潟湖或礁外, 水动力条件和生物代谢共同作用影响海水 $p\text{CO}_2$ 的变化。(4) 海-气 CO_2 交换通量显示永乐环礁是大气 CO_2 的源, 其海-气 CO_2 平均通量约为 $2.1 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, 而永乐环礁羚羊礁受珊瑚礁生态系统影响较大, 其海-气 CO_2 平均通量达到 $3.6 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 。

S03-P-23

Sr/Ca and $\delta^{18}\text{O}$ in four scleractinian coral genera (*Favia*, *Platygyra*, *Pocillopora* and *Porites*) from the Pacific center

Tianran Chen (陈天然)^{1,2*}, Kim M. Cobb^{2*}, Hussein R. Sayani², Pamela R. Grothe²

1 Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 164 West Xingang Road, Guangzhou 510301, China(中国科学院边缘海地质重点实验室, 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301);

2 School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia Institute of Technology, 311 Ferst Drive, Atlanta, GA 30332, USA;

* chentianran@scsio.ac.cn; kcobb@gatech.edu (K. Cobb)

Most coral-based paleo-climate reconstructions in the Indo-Pacific so far were utilized massive *Porites* genus. Developing alternative, ‘non-*Porites*’ species reconstructions could effectively increase the palaeoclimate data from fossil coral heads and reef cores. In this study, we assessed the paleoclimatic utility of three ‘non-*Porites*’ coral genera as archives of sea surface temperature (SST) and sea surface salinity (SSS) variability in the central Pacific. SST proxies including Sr/Ca and $\delta^{18}\text{O}$ were analyzed in the skeletons of four dominant scleractinian coral genera: *Favia*, *Platygyra*, *Pocillopora*, and *Porites* collected from Christmas Island. The paired Sr/Ca and $\delta^{18}\text{O}$ showed clearly seasonal variations consistent with the SST. For *Porites*, oxygen isotopes are more sensitive to the extension rate-related kinetic effects compared with Sr/Ca ratio. Growth rate-related kinetic effects are responsible for the inter-colony differences in the mean Sr/Ca and $\delta^{18}\text{O}$ values of *Favia* corals. Whereas, some other kinetic/metabolic effects rather than ‘growth rate-related’ likely act on $\delta^{18}\text{O}$ and Sr incorporation in *Pocillopora* and *Platygyra* skeletons, but the difference is that the kinetic/metabolic effects are relatively

constant within *Pocillopora* coral species, while they are responsible for the large offsets but inconsistent within *Favia*. Stacking of multiple records is a good way to minimize individual biases or noise referred to growth related “vital effects” or other kinetic/metabolic effects and eventually increase the accuracy of reconstructions. The three ‘non-*Porites*’, alternative coral genera are potential paleo-SST and paleo-SSS archives.

S03-P-24

The Response of rare earth elements in coastal seawater to climate change: Evidence from two century-long coral records in the northern South China Sea

Wei Jiang^{1,2}, Kefu Yu^{1,2,3*}, Yinxian Song^{3,4}, Jianxin Zhao⁵, Yuexing Feng⁵, Yinghui Wang^{1,2}

1 Coral Reef Research Centre of China, Guangxi University, Nanning 530004

2 School of Marine Sciences, Guangxi University, Nanning 530004

3 South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301

4 College of Environment and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098

5 School of Marine Sciences, The University of Queensland, QLD 4072, Australia

* kefuyu@scsio.ac.cn

To evaluate the response of rare earth elements (REEs) and other elements (e.g. yttrium) in coastal seawater to the climate change, we report annual-resolution trace element data for one *Porites* coral core (XL1-1) covering 137 years of continuous growth from a fringing reef at Xiaodonghai Bay, Sanya,

Hainan Island, and the other *Porites* coral core (YXN1-1) covering 205 years of continuous growth from Yongxing Reef ~330 kilometres away from the mainland. The total REEs contents ($\sum\text{REE}$) of XL-1 off Sanya display a generally rising trend despite fluctuations during the past 137 years, whereas those of YXN1-1 far away from the mainland show no such trend despite larger fluctuations during the past 205 years, possibly reflecting an increasing effect of terrigenous input on coastal seawater. We also discussed the differences in REE levels and patterns between the two corals, as well as among the different periods in the same coral. Results suggest the terrestrial runoff associated with the Pacific Decadal Oscillation (PDO)-controlled rainfall influences the input of REEs to surface seawater and the perceptible signs from REEs levels in the coral time-series are intensely distinct where the oceanographic phenomena (e.g. upwelling) are not active, such as Yongxing Island. However, the impacts of terrestrial inputs are partly obscured by the fluctuations of REEs levels in the coral time-series by the upwelling system driven by the East Asian Summer Monsoon (EASM) within the upwelling regime, such as Xiaodonghai, Sanya. We conclude that the REEs indices in the coral have the potential to offer an accessible source of hydrologic and climate information spatially and temporally, and the REEs geochemical characteristics in coastal seawater are under the influence of the oceanic and climatic processes, such as PDO and upwelling.

S03-P-25

Sr/Ca and O、C stable isotopic records of *Porites* corals mortality 4.0 ka BP in the northern South China Sea

Xu Shendong^{1,2}, Yu Kefu^{*1,2,3}, Tao Shichen³, Wang Yinghui^{1,2}, Jiang wei^{1,2}, Wang Shaopeng^{1,2}

1 Coral Reef Research Center of China, Guangxi University, Nanning 530004

2 School of Marine Sciences, Guangxi University, Nanning 530004

3 South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301

* kefuyu@scsio.ac.cn

Coral bleaching and reef degradation has become more and more serious under the background of global warming and occurrences of anomalously high sea surface temperatures (SST). However, the responses of coral reefs to generally warmer historical period (e.g. mid-late Holocene) was still unclear. Whether high temperature have resulted in coral mortality or even coral reef bleaching frequently at that time need to be proved through relevant geochemical signatures. In this study four *Porites* coral fossils (WC-42, WC-45, WC-92, WC-94) were collected in Wenchang fringing reef, Hainan Island, northern South China Sea and the U-Th dating results indicate they were grown and died 3800-4200 years ago approximately. Growth rate, Sr/Ca ratio, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ were analyzed, the main purpose is to discuss the responds of coral reefs to the relatively high SST and explore the cause of corals mortality in mid-late Holocene. Data results show that Sr/Ca-SST of mortality surfaces and growth discontinuity were close to or even higher than the maximum

temperature (32.4 °C) of July in study area. Skeletal $\delta^{13}\text{C}$ presented a negative bias prior to mortality surfaces and growth discontinuity means the reduced photosynthesis intensity of symbiotic zooxanthellae under high temperature conditions. Skeletal $\delta^{18}\text{O}$ lack a respond to majority mortality surfaces and growth discontinuity maybe implies it was not only controlled by high SST but also reduced kinetic effects accompanied by the reduced calcification rate, these two kinds of functions tend to offset each other and mask the skeletal $\delta^{18}\text{O}$ variability. This study demonstrates that high temperature maybe the main cause of coral mortality and growth discontinuity in mid-late Holocene. The variation of skeletal $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ could contribute to better understand the changes in physiological activities during coral mortality and they were likely to become powerful geochemical signatures for past coral mortality and coral reef bleaching. The coral reef bleaching maybe a common phenomenon under generally warmer climate in the historical period and not only the result of today's global warming.

S03-P-26S

涠洲岛底栖海藻和沉积物对珊瑚生长的影响

廖芝衡^{1,2,3}, 余克服^{1,2*}, 王英辉^{1,2*}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004;

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004;

3 广西大学林学院, 南宁 530004

* Kefuyu@scsio.ac.cn

由于人类活动的影响和自然环境的变化, 致使世界范围内活珊瑚覆盖度急剧下降, 而珊瑚礁区底栖海藻的覆盖度和生物量却呈现

快速增加的趋势。我们通过调查涠洲岛珊瑚礁，研究不同功能群类型的底栖海藻、泥沙沉积物与珊瑚边缘接触比例，分析底栖海藻、沉积物与珊瑚边缘的接触和竞争关系。结果表明，涠洲岛珊瑚礁区的底栖海藻覆盖度为 14.2%，草皮海藻 (turf algae) 为优势竞争功能群；活珊瑚覆盖度为 6.8%，优势属种是澄黄滨珊瑚 (*Porites lutea*) 和角蜂巢珊瑚 (*Favia* spp.)；草皮海藻与珊瑚边缘的接触占比高达 13.8%，大型海藻与珊瑚边缘的接触占比为 8.5%，泥沙覆盖珊瑚边缘的比例可高达 24.2%，其中通过草皮海藻富集的沉积物占 6.8%。草皮海藻、泥沙沉积物与珊瑚边缘接触后，珊瑚杯直径小的珊瑚更容易受到损害；底栖海藻、沉积物与珊瑚的接触比例不受珊瑚群落大小的影响；而表覆型或扁平外形的珊瑚相较于团块状的珊瑚更容易受到底栖海藻与沉积物的影响。随着底栖海藻覆盖度的增加和悬浮物浓度的升高，涠洲岛海域珊瑚与海藻的接触频度以及珊瑚边缘沉积物的覆盖面积也会逐渐增高，这不仅会影响珊瑚的健康状况，还会抑制珊瑚群落的恢复。

S03-P-27S

涠洲岛珊瑚及其共生虫黄藻对环境的适应性研究

陈飏^{1,2}，余克服^{*1,2}，王英辉^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西大学海洋学院，南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

相对高纬度海区很可能成为全球变暖背景下珊瑚的避难所，但相对高纬度海区通常处于珊瑚生存的边缘地带，靠近大陆与人类聚集地，受人类活动的直接干扰，因此研究相对高纬度海区珊瑚及其共生虫黄藻对环境的适应性具有重要意义。本文以相对高纬度的涠洲岛珊瑚及其共生虫黄藻为研究对象，

基于对珊瑚组织湿重、珊瑚组织厚度、虫黄藻密度与叶绿素含量指标的测定，结合研究区域深度的变化，分析这些指标的相关性与差异性。结果显示：(1) 与南海北部的其他岸礁不同，涠洲岛不同深度珊瑚共生的虫黄藻密度未显示明显差异 ($P > 0.05$)；(2) 珊瑚单位面积叶绿素含量随深度增加而增大 ($P < 0.05$)，而珊瑚单位面积湿重则随深度增加而降低 ($P < 0.05$)；(3) 在珊瑚发育情况较好的浅水区域 (3~4m)，珊瑚单位虫黄藻密度、单位面积湿重与单位面积叶绿素含量呈非常好的线性回归关系 ($R=0.716$)，而随深度的增加，组织厚度对单位面积叶绿素含量的影响也随之增加。进一步分析认为：(1) 涠洲岛虫黄藻的密度随着深度增加变化不显著，这可能是因为珊瑚采取了增加虫黄藻细胞体积或其他形式适应环境变化的策略，以保证珊瑚及其共生虫黄藻生存的能量需求；(2) 珊瑚可能通过改变自身 S/H (藻/宿) 比，形成对叶绿素含量的影响，进而作用于光合作用效率与能量供应。总体而言，涠洲岛珊瑚及其共生虫黄藻表现出与南海北部其他珊瑚礁区的珊瑚不同的适应策略，且具有部分远海珊瑚的特点，从而为珊瑚适应全球变暖、人类干扰以及珊瑚迁徙等提供了新的信息。

S03-P-28S

快速退化中的涠洲岛珊瑚礁

王文欢^{1,2,3}，余克服^{1,2*}，王英辉^{1,2}，黄学勇^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004

2 广西大学海洋学院，南宁 530004

3 广西大学林学院，南宁 530004

*Kefuyu@scsio.ac.cn

位于南海北部、相对高纬度海区的涠洲岛珊瑚礁，自 20 世纪 80 年代以来受到较多的干扰，平均活珊瑚覆盖率由 1991 年的 69% 下降到 2015 年的 6%。优势属种组合从块状

(蜂巢珊瑚、菊花珊瑚、扁脑珊瑚)、片状(牡丹珊瑚)和枝状(鹿角珊瑚)多类型的群体,演变为仅以块状(滨珊瑚和角蜂巢珊瑚)群体占绝对优势,鹿角珊瑚已完全退出优势属种。2015年涠洲岛珊瑚礁区以滨珊瑚属(重要值百分比分别为29.5%)与角蜂巢珊瑚属(24.0%)为优势类群。优势种澄黄滨珊瑚群体从低龄到高龄数量呈快速递减趋势,小于10年的澄黄滨珊瑚所占比重最大(55.7%),超过25年的澄黄滨珊瑚所占比重仅为3.5%,说明涠洲岛珊瑚礁群落衰退为珊瑚发育演变的初级阶段。造礁石珊瑚种类较多的东北部W5断面多样性指数H'、D、d最高,分别为1.09、0.90、4.09,多样性水平最高。东南部W6断面多样性指数H'、D、d最低,分别是0.59、0.68、1.73,石珊瑚多样性水平最低,各调查断面均匀度指数普遍较低(0.3<J<0.4)。涠洲岛造礁石珊瑚虽然处于相对高纬度区域,但气候变暖的大背景似乎并没有给涠洲岛的珊瑚礁带来明显的益处,反而呈现快速退化的趋势,这极有可能是由密集的人类活动影响所致。涠洲岛珊瑚礁作为相对高纬度海区中人与自然相互作用的天然实验室,具有独特的科学研究价值,值得高度重视与深入探索。

S03-P-29S

南海中、西沙海域珊瑚礁区营养盐分布特征

李扬^{1,2}, 余克服^{*1,2}, 王英辉^{1,2}, 张瑞杰^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

海水中的无机氮(DIN)、磷(P)、硅(Si)等营养元素是海洋生物生长繁殖不可缺少的成分,是海洋初级生产力的基础。本文以南海中、西沙群岛为研究对象,基于2015年

5-7月对南海中、西沙群岛珊瑚礁区表层水及部分底层水进行的调查和采样,室内分析了海水样品的亚硝酸盐(NO_2^-)、硝酸盐(NO_3^-)、氨氮(NH_4^+)、活性磷酸盐(PO_4^{3-})、硅酸盐(SiO_3^{2-})、总氮(TN)、总磷(TP)等营养盐指标。结果表明,硅酸盐浓度以玉琢礁最高(0.052mg/l),永兴岛最低(0.035mg/l);总磷浓度以浪花礁最高(0.0199mg/l),盘石屿最低(0.0107mg/l);硝酸盐浓度以永兴岛最高(0.061mg/l),七连屿和东岛最低(0.004mg/l);总氮浓度以东岛最高(0.326mg/l),其余岛礁以及其余指标无明显空间差异。各岛礁礁坪、礁坡、泻湖等不同珊瑚礁地貌带的营养盐浓度也无显著性差异。各岛礁总溶解性无机氮(DIN)浓度均低于一类海水水质标准(0.20mg/l),活性磷酸盐浓度均低于一类海水水质标准(0.015mg/l),表明该研究区域受到陆源输入的影响较小。对各营养盐指标和调查断面的盐度、水深、温度、浊度、pH等物理指标进行相关性分析,结果显示,氨氮(NH_4^+)和总氮(TN)与盐度呈现极显著地负相关($P<0.01$);活性磷酸盐(PO_4^{3-})与盐度呈现显著地正相关($P<0.05$),与水深呈现显著地负相关($P<0.05$);硅酸盐(SiO_3^{2-})与海水温度呈现极显著的负相关($P<0.01$);总磷(TP)与浊度呈现显著地负相关($P<0.05$)。除亚硝酸盐以外,其余指标都有从近岸到远海递减的趋势。珊瑚礁区硝酸盐、硅酸盐以及总氮的浓度远低于非珊瑚礁区,显示珊瑚礁区总体处于贫营养状态,且与活珊瑚覆盖度没有显著相关性。

S03-P-30S

中、西沙海域珊瑚礁区海水中溶解态重金属的分布特征

王璐^{1,2}, 余克服^{1,2*}, 王英辉^{1,2}, 张瑞杰^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

中、西沙海域珊瑚礁区是我国南海珊瑚礁的重要一块组成部分, 近年来随着海洋污染受到关注, 海水中重金属的含量、分布、归趋、转化及与其影响因素等已引起高度重视。2015 年夏季对我国南海西沙海域珊瑚礁和中沙黄岩岛进行了调查采样。采用溶剂萃取-石墨炉原子吸收法对采集的海水中溶解态重金属 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr 进行测定, 并采用原子荧光法测定 Hg、As 含量。测得的各重金属浓度水平如下: Cu $1.211 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, Pb $1.727 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, Zn $2.048 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, Cd $0.041 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, Cr $0.239 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, Hg $0.001 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, As $0.242 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。结果表明: 中、西沙海域 9 个岛礁, 除 Pb 元素外, 其余重金属浓度均低于国家一类海水标准, 重金属整体水平较低, 变化范围较小。Pb 元素含量高于一类标准, 且 Cu、Zn 元素浓度水平相对较高, 海水的受影响程度最高。各重金属的含量与开放大洋相比较有非常大的区别, 说明珊瑚礁区海水仍然具有近岸海水的特性。采用综合统计法, 运用 Spss 软件进行相关性分析, 发现重金属元素间分布变化趋势存在一定的相关性, 尤其是 Zn、Cd 的空间分布有很强的相关性 ($P < 0.05$), 可能与其迁移转化规律有关, 表明其有显著地同源性—大气沉降。总体分布, Cu 浓度最高的是黄岩岛 ($2.373 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), Pb 浓度以北礁最高 ($3.584 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), Zn 浓度以盘石屿最高 ($5.509 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) 和华光礁最低 ($0.452 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), Cd 与 Zn 分布大体相同。Cr、Hg、As 含量较低, 且在各岛礁区没有明显差异。从地理位置来看, 北礁, 盘石屿和黄岩岛更靠近海上交通要道, 可能更易受到海洋运输和沿岸陆源的污染。整体而言, 中、西沙礁区海水仍属于较清洁海域, 但是痕量重金属的浓度远高于开放大洋。

S03-P-31

南海滨珊瑚骨骼密度带的季节性特征

韦雯雯^{1,2}, 施祺¹, 陶士臣¹, 万阳³,
徐潇峰^{1,2}, 严宏强¹

1 中国科学院南海海洋研究所, 中国科学院边缘海地质重点实验室, 广州 510301

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 中国地质大学(武汉), 武汉 430074

滨珊瑚 (*Porites*) 广泛分布于全球珊瑚礁区, 在我国南海是造礁石珊瑚群落的优势种之一。滨珊瑚骨骼呈现清晰的密度条带, 相邻的高低密度条带构成年生长带。滨珊瑚骨骼还具有生长速率高, 生长持续时间长的特点, 能较好地记录生态、气候和环境等变化的相关信息。骨骼生长参数 (生长率、密度和钙化率) 以及地化指标 (Sr/Ca 、 Mg/Ca 、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{11}\text{B}$ 等) 被广泛应用于珊瑚礁生态及其对气候环境响应和高分辨率的记录重建研究。滨珊瑚的年生长带及其高低密度条带的季节性开展相关研究的重要基础。对全球多个珊瑚礁区的滨珊瑚骨骼密度带的研究发现, 滨珊瑚密度条带形成的季节不尽相同, 其中, 有的海区高密度带形成于冬季, 低密度带形成于夏季; 而有的海区高密度带形成于夏季, 低密度带形成于冬季; 即使同一海区也出现过密度条带形成于不同季节的现象。南海不同海区滨珊瑚骨骼的研究也显示出高低密度带季节性的差异。本文研究选取南海不同海区的活体滨珊瑚骨骼样品, 包括南部南沙群岛美济礁、中部西沙群岛南端的盘石屿和北端的永兴岛、北部海南岛文昌, 开展滨珊瑚密度条带的灰度和地化指标 (Sr/Ca) 的分析测试, 结合各地的海温 SST 数据, 以揭示南海滨珊瑚骨骼密度带的季节性特征。珊瑚骨骼的 X 光影像灰度可以指示骨骼的密度; 地化指标 Sr/Ca 则是 SST 的良好代用指标。研

究发现不同海区的滨珊瑚密度带的灰度和 Sr/Ca 序列都呈现出显著的周期性变化, 通过 Sr/Ca 和 SST 的对应关系, 构建灰度和 Sr/Ca 的时间序列, 计算出多年月平均分布状况, 结果发现位于南海北部文昌的滨珊瑚样品高密度带形成于夏季; 南海中部北端永兴岛的样品高密度带形成于秋季, 中部南端盘石屿的样品高密度带形成于冬季; 南海南部美济礁的样品高密度带形成于冬季, 初步显示出从北到南, 滨珊瑚高密度带形成季节由夏季向冬季过渡的变化。南海滨珊瑚骨骼密度带这种季节性变化特征可能更多地反映了区域海水环境的影响。

S03-P-32S

A Novel Low Temperature Gas Sensor Based on Pt-decorated hierarchical 3D SnO₂ nanocomposites

Liwei Wang,^{1,2} Yinghui Wang,^{*1,2} Kefu Yu,^{*1,2} Shaopeng Wang,^{1,2} Yuanyuan Zhang^{1,2} and Chaoshuai Wei^{1,2}

1 School of Marine Sciences, Guangxi University, Nanning, 530004, China

2 Coral Reef Research Center of China, Guangxi University, Nanning, 530004, China

* wyh@gxu.edu.cn; kefuyu@scsio.ac.cn

A novel gas sensor composed of Pt nanoparticles-decorated hierarchical SnO₂ nanostructures (Pt-SnO₂) was synthesized via a facile dipping-precipitation strategy. Pt nanoparticles with small sizes (avg. 4 nm) were successfully loaded onto our pre-synthesized 3D hierarchical SnO₂ nanoflowers supports using lysine as both capping and linking agents. The morphology, structure and composition of the as-prepared samples were characterized by

means of field-emission scanning electron microscopy (FESEM), X-ray diffraction (XRD), transmission electron microscopy (TEM) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Comparisons of the gas sensing performance between pure SnO₂ and Pt-SnO₂ nanocomposites revealed that after supporting Pt nanoparticles, the decorated sensor not only got an optimal working temperature of as low as 100 °C, but also exhibited faster response and recovery speeds and higher response than the pristine one at such low temperature. Moreover, good selectivity and excellent stability were also shown for the hybrid sensor. A sensing mechanism was illustrated to help explain the strong spillover effect of the Pt nanoparticles and the Schottky barriers at the interface of metal and semiconductor, both of which facilitated the low temperature sensing performance. The Pt-SnO₂ sensors are considered to be a promising candidate for trace environmental gas detections in practical use.

S03-P-33S

南海西沙群岛羚羊礁瀉湖沉积物记录的晚全新世以来的古风暴活动

乐远福^{1,2}, 余克服^{*1,2,3}, 陶士臣³, 张会领^{3,4}, 刘国辉³, 王宁^{1,2}, 王英辉^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

3 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

4 广东海洋大学工程学院海洋工程系, 湛江 524088

* kefuyu@scsio.ac.cn

我国沿海地区频繁遭受风暴潮为主的海洋地质灾害, 风暴潮给沿海经济发展和人民

生命财产安全带来巨大威胁，引起人们越来越多的关注并已成为全球气候变化研究的热点。然而现有的器测资料以及历史记录并不足以系统的了解风暴潮频率和强度的时空分布特征。我国南海西沙群岛作为风暴潮发源和途径的重要区域，为风暴潮研究提供了绝佳的场所。长时间序列的风暴潮记录，可以更好的了解风暴潮的活动规律，为今后风暴潮预报以及对沿海地区的风暴潮防灾减灾提供科学依据。本文在 8 个高精度 AMS¹⁴C 测年的基础上，对该地区长 550 cm 的羚羊礁瀉湖钻孔 (LYJ) 沉积物进行高分辨率粒度分析。年代数据推测该钻孔记录了该地区约 4100 cal a BP 以来的风暴潮历史。876 个样品的粒度组分 (< 1 mm, 1-2 mm 和 > 2mm) 表明，自中晚全新世以来，风暴潮活动呈现出 5 个变化阶段，其中 4100-3200 cal a BP 和 1800-200 cal a BP 的粗粒级组分指示了高频强风暴潮阶段，其变化趋势基本上与同时期西太平洋高海表温度相一致，这表明风暴潮频率和强度的增强/增加与气候变暖结果密切相关，同时小冰期 (LIA) 也表现出频繁的风暴潮，可能与沃克环流以及赤道辐合带 (ITCZ) 位置的南移相关。在 2700-1800 cal a BP 风暴潮活动频率以及强度都有所减弱，而 3200-2700 cal a BP 期间的 500 年和最近 200 年以来，粗粒级大幅减少，细颗粒珊瑚砂含量快速增加，表明该海域相对比较平静，水动力强度快速降低，风暴潮强度相对较弱，而最近几十年的又出现下降趋势 (粗粒级沉积物增多)，表明西沙海域的风暴活动有快速增强的趋势，这可能受当前大气温室气体浓度快速增加和全球气温快速上升影响，因此我国沿海地区须高度重视。

S03-P-34S

南海多纬度的珊瑚在强厄尔尼诺活动影响下表现出不同的白化敏感性

覃祯俊¹⁻³, 余克服^{1-2*}, 王英辉¹⁻², 黄学勇¹⁻³

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

3 广西大学林学院, 南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

造礁石珊瑚大量损失其共生虫黄藻造成的珊瑚白化，是全球变暖背景下珊瑚礁大面积死亡和退化的主要原因。但由于生存礁区环境的差异，不同地区的珊瑚在面对厄尔尼诺活动时表现出不同的白化敏感性。依托 2015 年 6 月至 8 月的南海中北部珊瑚礁调查航次，在西沙四个岛礁、三亚鹿回头、广西涠洲岛、广东徐闻和大亚湾 5 个纬度区域的 11 属 40 种珊瑚进行实地生态调查和采样，进行室内分析珊瑚共生虫黄藻的密度、虫黄藻与珊瑚宿主的共生率 (S/H ratio)、调查海域的水环境 (海表温度 (SST)、透明度、DIP、DIN) 情况，探讨这些礁区的珊瑚在海水温度异常升高影响下的白化敏感性。研究结果显示：(1) 礁区水环境与珊瑚虫黄藻密度密切相关，西沙珊瑚礁区的珊瑚生存于寡营养盐、高透明度环境中，其共生虫黄藻密度明显低于其他 4 个礁区，造成这一现象的原因主要为特定环境下珊瑚宿主的能量供求与共生虫黄藻数量的平衡关系；(2) 相对高纬度的徐闻、涠洲岛和大亚湾的珊瑚没有受到异常高温的影响，未发现珊瑚大量白化的现象。温度异常的升高导致三亚鹿回头出现大量珊瑚白化现象，发生白化的珊瑚损失共生虫黄藻达 70%~95%，而西沙礁区的珊瑚则没有发生这一现象，表现出西沙的珊瑚具有更高的温度耐受性；(3) 三亚鹿回头的珊瑚 S/H ratio 表明

珊瑚-虫黄藻共生率最高,造成珊瑚-虫黄藻共生率升高的主要与礁区营养盐环境相关。该礁区在异常高温的情况下发生大量白化,表明当珊瑚宿主细胞共生过量的虫黄藻时,反而增加其白化敏感性。

S03-P-35S

黄岩岛珊瑚及其共生虫黄藻研究

潘子良¹⁻³, 余克服^{1-2*}, 王英辉^{1-2*}, 覃祯俊^{1-2*}, 黄学勇^{1-2*}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

3 广西大学环境学院, 南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

黄岩岛是我国南海诸岛的重要组成部分,位于中沙群岛以东偏南,岛礁四周为距水面0.5-3米之间的环形礁盘,礁盘面积139平方公里,周缘长55公里,内部形成一个面积为95平方公里的泻湖,是周边数十万平方公里海域内唯一露出水面的大型环礁。为了了解黄岩岛珊瑚礁珊瑚群落的生存现状及特征,评估黄岩岛珊瑚礁生态系统的健康状况。我们于2015年5月对黄岩岛海域珊瑚礁进行了生态调查和采样,研究了群落的珊瑚物种组成、优势种群、覆盖度、组织厚度、叶绿素含量、共生虫黄藻密度等。初步识别了8科21属63种珊瑚,以鹿角珊瑚为优势属种,活珊瑚平均覆盖度约15%,珊瑚组织平均厚度为1.86 mm变化于(0.3-7.86 mm之间),叶绿素平均含量为0.6080 μg/L(变化于0.1470-2.2659) μg/L之间,共生虫黄藻总平均密度为 $3.33 \times 10^6 \text{ cells} \cdot \text{cm}^{-2}$ (变化于 $0.27 \sim 10.4 \times 10^6 \text{ cells} \cdot \text{cm}^{-2}$ 之间)。珊瑚组织厚度具有明显的种间差异,如块状滨珊瑚、蜂巢珊瑚大于枝状鹿角珊瑚;叶绿素含量则为块状滨珊瑚小于枝状鹿角珊瑚。不同珊瑚

属种之间共生虫黄藻密度差异明显,块状滨珊瑚、扁脑珊瑚、石芝珊瑚等具有较高的虫黄藻密度,其共生虫黄藻密度比枝状鹿角珊瑚高1倍多。

S03-P-36

三亚鹿回头岸礁区工程建设对珊瑚礁的影响研究

黄学勇¹⁻³, 余克服^{1,2*}, 王英辉^{1,2}, 张瑞杰^{1,2}, 潘子良^{1,2}, 王文欢^{1,2}, 廖芝衡^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

3 广西大学林学院, 南宁 530004

* kefuyu@scsio.ac.cn

随着全球经济和社会发展,人类对海洋和珊瑚礁资源的开发和利用不断地增加和扩大,如国防建设、滨海旅游、港口码头、核电站和油气开采等,不少发生在珊瑚礁区,对珊瑚礁产生了直接或间接的影响。直接影响表现为挖掘造成挖填区珊瑚死亡;间接影响有施工过程中产生的悬浮泥沙和水体污染抑制珊瑚体内虫黄藻光合作用效率、泥沙覆盖珊瑚窒息死亡、改变珊瑚群体的生长形态、降低珊瑚生长率、抑制卵的受精率以及幼虫的发育、存活、附着、变态等。本文以三亚鹿回头岸礁区工程建设为研究对象,通过GPS定位测算,得出帆船港码头工程建设直接挖掘的珊瑚礁面积为149006平方米,受损的活珊瑚面积约为27903平方米。工程所在位置及其附近活珊瑚覆盖度显著下降,所在位置下降为0;距离工程位置越远,下降越小,最远的位置略有恢复上升。2014年该岸礁区(不含被开发利用区域)活珊瑚覆盖率为9.52%。

S03-P-37S

浅海岛礁多光谱遥感水深反演研究—以黄岩岛为例

王纪坤^{1,2}, 陈正华^{1,2*}, 余克服^{1,2}, 王英辉^{1,2}, 黄荣永^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004;

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

*chen.zhenghua@163.com

开展多光谱遥感反演珊瑚礁区的水深信息, 对绘制浅海地形、研究珊瑚礁的水下地貌等具有重要意义。本文以黄岩岛为例, 在国内外遥感水深反演研究的基础上, 利用遥感影像辐亮度值与水深的相关性, 探讨了可移植性较高的波段比值法以及线性混合算法的反演精度, 并根据浅海岛礁特殊的地形地貌对 2 种模型进行了改进, 即用最小二乘优化算法, 得到多项式回归模型。本研究区建立的波段比值模型、线性混合模型、改进的波段比值模型、改进的线性混合模型四种水深反演模型的复相关系数分别达到了 0.96、0.9569、0.9833、0.979, 平均绝对误差分别为 0.56m、0.64m、0.39m、0.34m, 平均相对误差分别为 10.36%、13.75%、6.34%、6.08%, 均方根误差分别为 1.17m、1.21m、0.93m、0.86m。接着进一步对水深反演结果进行了分段研究。结果表明, 经过改进的波段比值算法比较适合 10 米以内的水深反演, 而改进过的线性混合算法则在反演 10~15 米水域水深的模型中效果最佳。除线性混合算法结果在 5~10 米水深范围内的平均绝对误差为 2.87 米、平均相对误差为 25.38% 之外, 其他各水深范围内两种方法的反演效果均较好, 平均绝对误差均控制在 1.5 米以内, 平均相对误差则控制在 15% 以内。

S03-P-38S

西沙群岛琛科 2 井珊瑚藻组合

李银强^{1,2}, 余克服^{1,2,3*}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

3 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

*kefuyu@scsio.ac.cn

通过对西沙群岛琛科 2 井地层中珊瑚藻的初步研究, 现已鉴定 3 科 5 亚科 11 属 6 种, 包括珊瑚藻亚科唇孢藻属 (*Cheilosporum*)、叉节藻属 (*Amohiroa*)、珊瑚藻属 (*Corallina*) 1 种 (*C. prisca*), 石叶藻亚科石叶藻属 (*Lithophyllum*) 6 种 (*L. alternicellum*, *L. pustulatum*, *L. Racemus*, *L. incrustans*, *L. nitorum*), 宽珊藻亚科呼叶藻属 (*Pneophyllum*)、宽珊藻属 (*Mastophora*)、石孔藻属 (*Lithoporella*), 无节珊瑚藻亚科中叶藻属 (*Mesopyllum*)、石枝藻属 (*Lithothamnion*), 抱石藻亚科抱石藻属 (*Sporolithon*)。对钻井中珊瑚藻的富集层段及该层段下的优势属进行整合, 按其生长形态将珊瑚藻划分为以下 6 种组合: (1) 枝状珊瑚藻组合 (*Corallinoid assemblages*), 878.21-665.07m, 表明该层段水体较浅; (2) 皮壳状、泥晶化珊瑚藻组合, 663.83-512.36m; (3) 皮壳状、白云岩化无节珊瑚藻组合 (*Melobesoid assemblages*), 494.07-413.00m, 可指示较深环境; (4) 皮壳状、微泥晶化珊瑚藻组合, 410.50-360.40m; (5) 枝状、泥晶化珊瑚藻组合, 355.58-335.48m, 可指示较深环境; (6) 皮壳状石叶藻组合 (*Lithophylloid assemblages*), 313.00-24.55m, 此组合藻体可伴随瘤状凸起, 可记录浅水、深水、低温等环境。此外, 红藻石在 432.00-408.00m、309.00-313.00m 和 213.00-215.00m 层段最为发育, 且多呈不规则的椭圆形, 可记录浅水环境, 但较枝状珊瑚藻组合水深。琛科 2 井珊瑚藻极为丰富, 其通过自身钙化, 绑结、盖覆生物残体、碎屑等, 与珊瑚协同建造具抵御强风浪的珊瑚礁体格架; 珊瑚藻为珊瑚礁体建造提供大量的钙质物源, 壮大了珊瑚

礁钙质体。

S03-P-39S

Bioaccumulation and tissue distribution of heavy metals in horseshoe crabs (*Carcinoscorpius rotundicauda*, *Tachypleus tridentatus*) from the intertidal zone along the Beibu Gulf

Wang Yi^{1,2}, Xu Daoquan^{1,2}, Guo Jing^{1,2}, Wang Yinghui^{1,2*}, Yu Kefu^{1,2}

1 Coral Reef Research Center of China, Guangxi University, Nanning, 530004

2 School of Marine Sciences, Guangxi University, Nanning, 530004

wyh@gxu.edu.cn

The concentrations and distributions of cadmium, copper, lead and zinc were measured in the various tissues including visceral mass, gill, carapace and muscle of horseshoe crabs (*Carcinoscorpius rotundicauda*, *Tachypleus tridentatus*) from the intertidal zone along the Beibu Gulf. The levels of heavy metals between *Carcinoscorpius rotundicauda* and *Tachypleus tridentatus* were very close. The highest mean concentrations (wet weight) of cadmium, copper and zinc were all observed in visceral mass, which were $1.16 \pm 0.54 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $35.28 \pm 10.12 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ and $86.87 \pm 25.26 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ for *Carcinoscorpius rotundicauda* and $1.40 \pm 0.73 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $19.55 \pm 14.44 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ and $58.45 \pm 10.98 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ for *Tachypleus tridentatus* respectively. However, the highest mean concentration of lead was observed in gill, which was $1.69 \pm 1.35 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ for *Carcinoscorpius rotundicauda* and $1.34 \pm 0.56 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ for *Tachypleus tridentatus*

respectively. The variation tendency of heavy metals in gill, carapace and muscle was in the order of zinc>copper>lead>cadmium, while that in visceral mass was in the order of zinc>copper>cadmium>lead. One-way ANOVO ($p < 0.05$) revealed that bioaccumulation of metals in different tissues was varied, visceral mass was the tissue of the highest cadmium, copper and zinc contents, gill expressed the highest enrichment of lead, and the bioaccumulation of metals was weak relatively in carapace and muscle.

S03-P-40S

南海近海岸珊瑚礁区海水溶解态重金属的分布特征

杨华^{1,2,3}, 张瑞杰^{1,2}, 王英辉^{1,2}, 郭送军³, 余克服^{*1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

3 广西大学环境学院, 南宁 530004

* kefuyu@gxu.edu.cn

全球气候变化和人类活动被认为是影响珊瑚礁生态系统退化的两大主要因素。重金属污染是人类活动的影响之一, 会影响破坏生物的正常生长。为了了解我国南海近海岸珊瑚礁区水体重金属的含量和分布特征, 2015年8-10月我们对南海的大亚湾、涠洲岛、雷州半岛灯楼角和鹿回头珊瑚礁岸区进行了海水样品采集, 室内测定了溶解态 Hg、As、Cu、Pb、Cd、Cr、Zn 等7种重金属元素的含量, 分析了重金属的来源、评估了这些珊瑚礁区的水质状况。

结果表明: 上述四个近海岸礁区水体重金属的平均浓度表现为 Zn 的浓度最高(范围 5.79~7.95ug/L, 均值 6.81ug/L), 其次分别为 Pb(范围 0.69~2.05ug/L, 均值 1.29ug/L)、

Cr (范围 0.48~1.06ug/L, 均值 0.86ug/L)、As (范围 0.58~1.25ug/L, 均值 0.78ug/L)、Cu (范围 0.33~0.59ug/L, 均值 0.50ug/L)、Cd (范围 0.12~0.22ug/L, 均值 0.18ug/L), Hg 的浓度最低 (范围 0.03~0.07ug/L、均值 0.05ug/L)。7 种重金属含量总体上以大亚湾最高, 依次是灯楼角、涠洲岛、鹿回头。具体到不同的元素以及不同的区域, 鹿回头 Pb 含量(2.05 ug/L)最高, 灯楼角 Pb、Hg 含量(1.62、0.07 ug/L) 最高, 除大亚湾与徐闻 Hg 含量偏高、徐闻与鹿回头 Pb 含量偏高外, 4 个区域的海水总体上基本为一类海水。通过相关性分析得出, Hg、Cr 与 As 呈显著负相关, Cr 与 Hg、Pb 显著正相关, 而 Zn 与 Cd 显著正相关。

S03-P-41S

广西北部湾海岸带红树林变化的遥感监测

张威^{1,2}, 陈正华^{1,2*}, 余克服^{1,2}, 王英辉^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

*chen.zhenghua@163.com

红树林湿地是一种自然分布在热带、亚热带海岸、海湾、河口的重要海岸带湿地类型, 是国际上生物多样性保护和湿地生态保护的主要对象, 有着重要的生态和经济价值。由于红树林分布于地势开阔平坦的潮间带浅滩、淤泥以及每日的涨落潮妨碍了研究人员的实地调查, 采用常规手段难以对其边界进行准确的定位和勾绘, 且工作量和劳动强度大、效率低。而卫星遥感具有覆盖面积广、时效性高、节省成本等优势, 利用卫星图像来提取红树林变化信息可以取得较好的效果。广西北部湾沿海是中国重要的红树林分布区, 掌握广西北部湾红树林的动态变化趋势对红树林生态系统的保护与利用具有重要意义。

为了定量分析广西北部湾红树林的变化情况, 本文选取了美国 Landsat 卫星数据, 以广西山口红树林自然保护区作为研究区域, 收集了 1978 至 2014 年间的遥感影像, 结合实地调查以及各项资源调查数据的整理和分析, 解译并统计了 1978、1983、1989、1995、2000、2005、2010 和 2014 年广西山口红树林保护区的红树林面积分别为 513.05、485.40、467.07、577.23、608.79、654.54、704.39 和 743.10hm²。结果表明, 从 1978 至 1989 年, 广西山口红树林面积急剧减少; 1989 至 2014 年, 广西山口红树林面积逐渐恢复。红树林面积的动态变化受自然因素和人类活动的双重影响, 自然环境因素包括海潮、极端天气对红树林的破坏以及海平面的上升等, 人类活动是影响红树林面积变化的主要原因。

S03-P-42S

海胆在珊瑚礁生态系统中的生态功能

姚秋翠^{1,2,3}, 余克服^{1,2*}, 王英辉^{1,2}, 胡宝清⁴

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

3 广西大学林学院, 南宁 530004

4 广西师范学院北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 南宁 530001

*kefuyu@gxu.edu.cn

海胆在珊瑚礁生态系统中扮演着食草动物、杂食动物、生物侵蚀者以及珊瑚捕食者的等重要的生态角色。随着海胆在珊瑚礁中密度的变化, 它对珊瑚生长、繁殖等有着不同的影响, 这些影响可概括为: (1) 当珊瑚礁生态系统中海胆密度很低时, 珊瑚在与大型藻类竞争生存空间和阳光时处于弱势, 导致整个珊瑚礁中珊瑚的覆盖度处于相对较低的水平, 如长棘海胆灭绝性死亡后整个加勒比海珊瑚礁的退化便是典型案例; (2) 当珊

珊瑚中海胆的密度适中时,能有效控制大型藻类的过度生长,从而为珊瑚新增幼虫及珊瑚的生长保障空间;(3)当海胆的密度过高时,海胆将对同时以海藻和珊瑚为食,妨碍珊瑚礁生态系统的发育。作为世界上保护程度最好的珊瑚礁,大堡礁的海胆密度为 3-21 个/100m²;未造成严重生物侵蚀、且珊瑚的覆盖度相对高的珊瑚礁区的海胆密度是 3-700 个/100m²;造成了严重生物侵蚀的珊瑚礁区的海胆密度为 300-2210 个/100m²。海胆的密度主要受以下几个方面的因素影响:(1)海胆的天敌,如鱼、龙虾、腹足类动物等,因此过度捕捞将可能导致海胆爆发;(2)水体的富营养化,充足的食物使得更多的以浮游植物为食的海胆幼虫成长为成年海胆,导致海胆爆发;(3)珊瑚礁栖息的基底结构的复杂性能为海胆提供躲避天敌的栖息地,因此珊瑚礁区海胆通常比较常见。

S03-P-43

南海珊瑚岛礁的探测历史与中国主权问题

林昆勇^{1,2}, 余克服^{1,2}, 王英辉^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

综合考察了中国对南海诸岛珊瑚礁的探测历史,认为“南沙群岛自古以来就是中国的”是有充分依据的。中国古代探测南海珊瑚岛礁的活动主要表现为东汉、晋代、南北朝、隋唐、宋代、元代、明代和清代等逐步深入地探测和认识南海珊瑚岛礁,具体包括珊瑚岛礁的地形地貌、类型类别等。文字记录可见于《扶南传》、《吴录》、《述异记》、《初学记》、《宋会要》、《岭外代答》、《岛夷志略》、《海槎余录》和《郑和海图》等中华古籍,尤其是以“父子相传”的“手抄本”和“口头传承”方式流传下来的《更路簿》,是中国渔民千百

年来探测南海珊瑚岛礁的经验总结,《更路簿》详细地记述了珊瑚礁地形地貌的“塘”(环礁)、“峙”(小沙洲)、“沙”(暗礁)、“线排”(珊瑚礁体)、“石”(珊瑚礁块)和“郎”(水下暗礁)等 10 种类型和环礁地形(塘、匡、筐)、洲岛地形(峙、岛、山马)、暗礁(沙、线)、礁头(石、岩)、暗沙(线排、沙排)、门(门、水道、凤、孔)、暗滩(廊、郎、榔、笼、栏)等 7 种类别。这些记录提供了中国发现、管理和开发南海岛礁历史的确凿证据,是中国拥有南海诸岛领土主权和领海权益的法理依据。

S03-P-44S

Seasonal variations in stable isotopic values of particulate organic matter from Luhuitou fringing reef, South China

Di Cao¹, Wenzhi Cao^{1*}, Gaojie Wu¹, Jingxin Yang¹, Kefu Yu^{2,3}

1 State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Key Laboratory of the Ministry of Education for Coastal and Wetland Ecosystems, College of the Environment and Ecology, Xiamen University, South Xiang'an Road, Xiang'an District, Xiamen City, Fujian Province 361102, China

2 South China Sea Institute of Oceanography, Chinese Academy of Sciences, 164 West Xingang Road, Haizhu District, Guangzhou City, Guangdong Province 510301, China

3 School of Marine Sciences, Guangxi University, 100 East Daxue Road, Nanning City, Guangxi Province 530004, China

* wzcao@xmu.edu.cn

Coral reefs have suffered remarkable declines worldwide. Nutrient over-enrichment is considered to be one of the local causes of coral decline. Luhuitou fringing reef, south of Sanya city, is a famous tourism spot and much

influenced by anthropogenic activities. This study reviews current nutrient status of fringing reef in South China and evaluates primary nutrient sources using stable isotopic method. Results indicate that nutrient enrichment loading in the reef has decreased the nitrogen limitation in seawater environment, meanwhile they still falling in the range of First Class Seawater Quality Standard of China. Carbon and nitrogen isotope values and C/N ratios of particular organic matter (POM) show strongly seasonal variations. In dry seasons (springs and winters), there are more terrestrials detritus and anthropogenic-derived nutrients; and in wet seasons (summers and autumns), there are more marine derived organic matter and nutrients. Overall, the $\delta^{13}\text{C}$ values suggest mainly marine derived carbon source. Organic carbon is a mixture of marine phytoplankton, marine benthic algae and terrestrial-derived plants. The $\delta^{15}\text{N}$ values suggest natural and anthropogenic nitrogen sources. In the presence of anthropogenic nutrient discharges, fringing reef areas are more vulnerable to the increasingly frequent human activities. These results provide some understanding of the declining coral reef ecosystem and efforts should be continuously made to have a stronger effective control of anthropogenic nutrient sources.

S03-P-45S

海产养殖用抗生素氯化消毒副产物的生成与机理研究

容川^{1,2}, 张媛媛^{*1,2}, 余克服^{1,2}

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 南宁 530004

* 8668370@qq.com

近年来, 我国海产养殖业发展迅速, 循环海水养殖系统在每季产品打捞后, 对利用过的水进行处理并循环使用, 减少了对海水和淡水资源的消耗, 已得到了广泛的应用。在此系统中为有效控制养殖疫病的暴发, 消毒是必不可少的环节。而在消毒剂杀灭病原体的同时, 难以避免的与水体中其他成分反应生成新的产物, 称之为消毒副产物 (DBPs)。这些物质多数具有致畸、致突以及致癌的特点, 因此近年来 DBPs 的研究引起了人们的广泛关注。

另一方面, 在海产养殖过程中, 大量的抗生素被添加到饲料中促进动物的生长发育, 提高产量, 而这些药物仅有 20%-30% 被鱼类等养殖产品吸收, 其余的 70%-80% 进入水中。因此, 抗生素作为环境中的一类新型污染物, 其研究及其控制方法也已成为了热点。而具有强氧化性的消毒剂大都会与抗生素发生化学反应, 生成特殊的副产物, 近年来, 也有研究学者对此方面进行相关的研究, 但有关抗生素的 DBPs 研究主要集中在饮用水里, 海产养殖用水由于水质成分与饮用水相差甚远, 如含相对高浓度的 Cl⁻、Br⁻ 并含有微量 I⁻, 产物也将不尽相同, 可能会生成溴代或碘代抗生素 DBPs。因此对于此类 DBPs 的分析研究及提出新型有效的控制办法具有十分重要的意义。

本研究通过对广西沿海钦州、防城港、北海等地的鱼虾半咸水混养塘进行取样分析, 在水体中均检测出有磺胺类 (磺胺甲基异恶唑、甲氧苄氨嘧啶等)、大环内酯类 (脱水红霉素、罗红霉素等) 以及喹诺酮类抗生素 (氧氟沙星和诺氟沙星等) 的药物残留。目前海产养殖水体主要采用氯化消毒方式, 包括液氯、次氯酸钠、漂白粉等, 也有少数使用二氧化氯及氯胺作为消毒剂。对此, 我们在实验室内参考实际海产养殖水的 Cl⁻ 和 Br⁻ 浓度,

研究了诺氟沙星 $C_{16}H_{18}FN_3O_3$ 在此条件下经 $NaClO$ 消毒后所产生的 DBPs, 并对氯化 DBPs 的毒性进行测试分析。

S03-P-46

再谈珊瑚礁现状评估和前途预测

张乔民

中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

qmzhang@scsio.ac.cn

关于珊瑚礁监测和现状评估。全球珊瑚礁监测网络(GCRMN)以破坏状况为基础和美国世界资源研究所(WRI)以威胁评估为基础 1998 年以来分别提出世界珊瑚礁现状系列评估报告, 认为人类活动和气候变化已经导致珊瑚礁全球性衰退, 受到中等及以上破坏或威胁的珊瑚礁现已经达到全球珊瑚礁面积的 54%(GCRMN, 2008)或 61%(仅局部威胁)或 75%(加上全球性气候变化威胁)(WRI, 2011)。各个地区之中东南亚问题最严重, 澳大利亚最轻微。

大堡礁珊瑚礁监测与现状评估。大堡礁是世界少有的人口稀少, 经济发达, 对礁资源依赖低, 健康状况和保护管理均位列全球最好。De'ath et al(2012)分析 1985-2012 年覆盖率由 28.0% 下降到 13.8%, 前景堪忧。2016-04-05 AIMS 网页报道, 礁数目和分区调整后 2012 年覆盖率为 16.6%, 2015 年为 19.8%。另外, 昆士兰州海岸线的快速工业化, 空前数量化石燃料输出港的开发, 世界遗产委员会威胁要把大堡礁列入 2015 年“濒危世界遗产”名单。2015-07 世界遗产委员会决定不列入名单, 但会将其放在未来 4 年的观察之列。

全球珊瑚礁监测保护宣传的新举措。2010 水下地球 Underwater Earth 和 2011 年 XL Catlin Seaview Survey 海景调查项目的出现, 历史上第一次使海洋的变化有目共睹和清晰

可见, 让 99% 的从来没有潜过水的人通过谷歌街景去真实地探索我们的海洋。创新的水下照片设备潜水调查效率和影像判读效率均可比传统方法提高约 50 倍。2012-09 到 2005-11 合计完成 25 个国家, 976km 路线, 33.6 万张全景照片。2016-06-03, 合计完成调查 1852km, 40 万张全景照片。

美国 NOAA 在 2015-10-08 确认 2015 第三次全球性珊瑚白化事件和科学界的响应。

美国 NOAA 珊瑚礁监视 (CRW) 项目 2015-10-08 宣布确认第三次全球珊瑚白化事件。国际珊瑚礁协会 (ISRS) 2015 年 10 月关于气候变化和珊瑚礁白化共识声明, “呼吁所有国家和谈判者在巴黎气候变化会议承诺限制大气 CO_2 浓度在短期不超过 450ppm, 长期不超过 350ppm。这使全球平均气温相对于工业革命前短期升幅小于 $2^{\circ}C$, 长期升幅小于 $1.5^{\circ}C$ 。这样才能阻止珊瑚礁生态系统崩溃。关于 $1.5^{\circ}C$ 的观点已经被气候大会决议作为远期目标。

S03-P-47

南海南部礼乐盆地中新统生物礁生长模式及分布规律

杜学斌¹, 裴建祥², 张道军², 段亮², 陆永潮¹, 李祥权¹, 张亚震², 李宸¹

1 中国地质大学 资源学院, 武汉 430074

2 中海石油有限公司 湛江分公司, 湛江 524057

生物礁具有良好的油气聚集能力, 故一直是石油地质学家关注的焦点。礼乐盆地具有优良的成礁条件, 但受限于资料品质, 生物礁的研究仅仅处在起步阶段。本文借助重新处理的 2D 地震数据, 利用地质-地球物理精细刻画技术, 对礼乐盆地 T70-T50 时期生物礁进行了精细解剖。研究认为, T70-T60 时期是礁体初始发育阶段, T60-T50 时期是礁体主发育阶段。盆内可以识别出断棱型和断垒

型两种礁体结构模型，其中断棱型又细分为多棱型和单棱型。断棱型是研究区的主要礁体构型。礁体的空间生长表现为侧向退积和垂向加积耦合过程。礁体结构可以细分为 6 期生长单元，前三期是加积慢退型生长，后三期为快退型生长。此外，礁体的空间展布形态与生长速度受海平面升降、可容纳空间变化和古地貌形态联合控制。

S04-O-01

全球季风模拟研究国际计划 (GMMIP): 科学目标与研究进展

周天军, 陈晓龙, 刘博, 吴波, 邹立维

中国科学院大气物理研究所, 北京 100029
zhoutj@lasg.iap.ac.cn

东亚夏季风环流自 1970s 末到 20 世纪末期间减弱, 使得中国东部降水出现南涝北旱的异常型。东亚夏季风环流的减弱, 主要来自与太平洋年代际变率 (PDO) 位相转换相联系的热带大洋增暖的影响。由于 PDO 自身多被视为海气耦合系统的一种自然变率型, 因此, 东亚夏季风环流的年代际减弱主要是自然的内部变率作用的结果。后续研究表明, 东亚夏季风的变化和全球陆地季风同步; 东亚季风发生在 1970s 年代末的转型, 实际上是北半球季风整体变化的区域体现。但是, 尽管 PDO 可以解释东亚和北半球夏季风环流减弱的很大方差, 但并不能解释其全部。除了内部变率 (PDO 和 AMO 等)、自然强迫 (太阳活动和火山活动) 外, 人为强迫 (温室气体和气溶胶) 对于全球季风的长期变化亦有显著影响。因此, 如何定量估算自然变率和外强迫变化对全球季风变化的影响, 是季风研究领域亟待回答的科学前沿问题之一。气候模式是理解季风变化机理的重要工具, 不过气候模拟结果尚存在不确定性, 多模式比

较是减少结果不确定性的有效途径。为推动季风模拟研究领域的国际合作, 促进关于全球季风变化机理的认知, 中科院大气所联合英国和美国学者发起了《全球季风模拟比较计划》(GMMIP), 该计划已经获得 CMIP6 委员会的正式批准, 有来自全球 20 余家国际前沿气候模拟机构参加, 这是 CMIP6 中唯一由中国学者发起和主持的计划, 也是 CMIP 国际计划实施 20 年来第一次由中国学者发起的科学计划。GMMIP 国际计划的成功实施将加深对季风变化机理的认识, 成果将直接支撑 IPCC 第六次评估报告有关内容的编写。本报告将概述 GMMIP 计划的科学目标和背景, 讨论近期研究进展。

S04-O-03

Global monsoon precipitation responses to large volcanic eruptions

Fei Liu^{1*}, Jing Chai¹, Bin Wang², Jian Liu³,
Xiao Zhang¹, and Zhiyuan Wang³

1 Earth System Modeling Center and
Climate Dynamics Research Center, Nanjing
University of Information Science and Technology,
China

2 Department of Atmospheric Sciences and
Atmosphere-Ocean Research Center, University of
Hawaii at Manoa, Honolulu, HI 96825 USA

3 Key Laboratory of Virtual Geographic Environment of
Ministry of Education, School of Geography Science,
Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China

* liuf@nuist.edu.cn

Climate variation of global monsoon (GM) precipitation involves both internal feedback and external forcing. Here, we focus on strong volcanic forcing since large eruptions are known to be a dominant mechanism in natural climate change. It is not known whether large

volcanoes erupted at different latitudes have distinctive effects on the monsoon in the Northern Hemisphere (NH) and the Southern Hemisphere (SH). We address this issue using a 1500-year volcanic sensitivity simulation by the Community Earth System Model version 1.0 (CESM1). Volcanoes are classified into three types based on their meridional aerosol distributions: NH volcanoes, SH volcanoes and equatorial volcanoes. Using the model simulation, we discover that the GM precipitation in one hemisphere is enhanced significantly by the remote volcanic forcing occurring in the other hemisphere. This remote volcanic forcing-induced intensification is mainly through circulation change rather than moisture content change. In addition, the NH volcanic eruptions are more efficient in reducing the NH monsoon precipitation than the equatorial ones, and so do the SH eruptions in weakening the SH monsoon, because the equatorial eruptions, despite reducing moisture content, have weaker effects in weakening the off-equatorial monsoon circulation than the subtropical-extratropical volcanoes do.

S04-O-04

中印度洋模态和印度夏季风的降水

周磊^{1*}, Raghu Murtugudde², 陈大可¹, 唐佑民¹

1 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012

2 美国马里兰大学大气与海洋科学系, 20742

* lzhou@sio.org.cn

印度夏季风降水关系到印度洋周边数十亿人的日常生活, 因此对印度夏季风降水的研究既有重要的科学意义也有重要的现实意

义。在较长时间尺度上, 人们已经广泛研究了印度夏季风和 ENSO 及印度洋偶极子等主要气候模态的关系。但印度夏季风降水其实以季节内变化为主, 而人们对这种较高频率变化的过程、模拟和预报都缺乏足够的认识。在本研究中, 我们定义了一个和印度夏季风期间季节内降水关系密切的模态。我们称其为中印度洋模态。该模态从季节内尺度的海表温度和低空风场中提取, 保留了印度夏季风期间海气系统在动力场和热力场的内在关联。同时, 该模态在中印度洋区域发挥着类似三通阀门的作用, 可以对从热带西印度洋生成的季节内振荡信号是向东传播还是向北传播进行调节。我们期待对中印度洋模态的合理利用可以有助于我们加深对印度夏季风期间季节内降水的了解, 并对提高季风降水的预报能力有所帮助。

S04-O-05

南海夏季风准两年振荡相关的海气相互作用过程

郑彬^{1*}, 卢峰^{1,2}, 魏红成^{1,2}

1 中国气象局广州热带海洋气象研究所/广东省区域数值天气预报重点实验室, 广州 510640

2 南京信息工程大学, 南京 210044

* zbin@grmc.gov.cn

每年爆发的南海夏季风 (SCSSM) 对华南地区的降水有重要贡献。同时, 通过波列可以影响东亚, 甚至北美地区夏季气候。SCSSM 具有从季节内尺度到年代际尺度的显著变化。特别的, SCSSM 在准两年尺度上的显著性仅次于其~4 年的 ENSO 周期。文章使用 NCEP/NCAR, ERA40 和 JRA25 再分析资料, NCEP 降水重建资料集, CMAP 和 GPCP 降水资料, Ersst v3 逐月海表温度资料和 Soda 逐月斜温层资料, 通过滤波和相关分析, 探讨 SCSSM 准两年振荡相关的海气相互作用

过程。结果表明：南海夏季风准两年变化相关的海-气相互作用在整个热带印度洋和太平洋都有表现。

热带北印度洋和中东太平洋的海温异常与南海夏季风在准两年尺度上各存在一个正反馈过程。对北印度洋来说，JJA(0)时都是正反馈过程，而主要的一个负反馈过程仅位于赤道西印度洋。因此，对于整个北印度洋，JJA(0)时的海温趋势是变冷的。到 SON(0)时，对流移至海洋大陆，此时的西部横向环流由西北印度洋的下沉气流和海洋大陆的上升气流组成，由于北印度洋在 JJA(0)时整体变冷，在 SON(0)时对流减弱，云量减少，从而有更多的太阳辐射进入海洋，使海面温度升高。但同时，蒸发-风反馈依然使海面温度降低，而沿岸风异常引起的斜温层变浅效应则减弱很多。因此，此时的 SSTA 将达到极值，而到 D(0)JF(1)时，负反馈机制开始使 SSTA 减小。相反，在 JJA(0)，中东太平洋的正反馈过程主要只有一个，而负反馈过程有两个。因此，JJA(0)时，与南海夏季风准两年变化相关的赤道中东太平洋 SSTA 达到极值。到 SON(0)时，对流移到海洋大陆，但是下沉枝则移到低纬的东南太平洋，赤道中东太平洋的异常下沉气流减弱。此时负反馈占优，最终使得热带中东太平洋的 SSTA 减小，但是依然可以维持直到 D(0)JF(1)。到 D(0)JF(1)，虽然负反馈机制占显著优势，但是东部的横向环流依然存在。因此，Niño3.4 区 SSTA 虽然有所减小，但是依然可以维持相当大的值。这也是为什么与南海夏季风准两年振荡相关的 Niño3.4 区 SSTA 在 JJA(0) 达到最大，而北印度洋 SSTA 则是在 SON(0)达到极值。

S04-O-06

东亚冬季风变异与 ENSO 研究进展

陈文

中国科学院大气物理研究所季风系统研究中心，北京 100190

chenw@mail.iap.ac.cn

作为北半球冬季最强的环流系统之一，东亚冬季风主导着东亚的冬季气候。强东亚冬季风往往给冬季东亚地区带来低温、寒潮、冷害、冰冻雨雪等灾害性天气或气候事件。当与冬季风相伴的冷空气沿着东亚沿岸继续向南涌入南海以及东南亚一带时，就会在南海以及东南亚地区形成冷涌事件，容易激发局地的对流运动导致东南亚地区的异常降水。此外，东亚冬季风的影响不仅仅局限在冬季，还会与来年中国北方春季的沙尘天气以及我国春夏的洪涝灾害存在着一定的关联。El Niño-Southern Oscillation (ENSO)是热带地区海气耦合系统年际尺度上最主要的模态，是影响东亚冬季风变异的最重要的一个外强迫因子。研究发现，在 El Niño 年的冬季，东亚冬季风往往偏弱，东亚地区偏暖，中国南方和日本南部降水偏多；而 La Niña 年的情况虽然和 El Niño 年不完全对称，但是总体也表现出东亚冬季风偏强，东亚偏冷，偏干的特征。

本报告将呈现最近一些年有关东亚冬季风与 ENSO 研究方面的进展。包括东亚冬季风年际变化与 ENSO 的关系的年代际变化，其中有太平洋年代际振荡 (PDO) 和热带太平洋两种不同类型的 ENSO 事件贡献。还将讨论东亚冬季风与后期夏季风之间的联系，以及 ENSO 和 PDO 的作用。针对 CMIP5 耦合模式模拟结果评估了东亚冬季风气候态和年际变化的模拟能力，以及模式中模拟的东亚冬季风与 ENSO 关系。最后提出了一些待研究的有关内容。

S04-O-07

On the Predictable Climate Dynamics of the East Asian Monsoon

吴志伟

南京信息工程大学, 南京 210044
zhiweiwu@nuist.edu.cn

东亚季风的季节预测是短期气候预测的热点和难点科学问题. 影响因素的多样性和物理过程的复杂性很可能是造成东亚季风难以预测的主要原因. 下面将从夏季风和冬季风两个方面分别对我们关于其季节预测研究的若干新进展进行回顾. 研究结果显示, 除了厄尔尼诺-南方涛动 (ENSO) 以外, 春季北大西洋涛动 (NAO) 是影响东亚夏季风年际变率的另一重要因子, 而与春季 NAO 相耦合的北大西洋三极子海温异常模态是联系春季 NAO 和东亚夏季风的关键纽带. 基于此, 我们利用春季 NAO 和 ENSO 建立了一个东亚夏季风经验预测模式. 经对比发现, 该模式具有和 14 个国际一流气候模式集合预报结果相当的预测能力. 除 ENSO 和 NAO 外, 青藏高原雪盖能在年代际尺度上调制东亚夏季风与 ENSO 的联系, 当高原雪盖减少时, 东亚和西北太平洋上空急流减弱, 有利于 ENSO 激发出的热带外 Rossby 波振幅加大并向西发展, 从而增强 ENSO 与东亚夏季风间的联系. 高原雪盖的这种年代际调制作用, 为利用 ENSO 预测东亚夏季风提供了新的物理依据. 关于东亚冬季风, 研究发现其变率为三个温度模态所主导. 第一模态呈北方型, 主要环流特征为东亚大槽向西偏移, 其主要可预报性来源为中西伯利亚雪盖异常. 第二模态呈南方型, 环流特征为东亚大槽向南加深, 前期 ENSO 和俄罗斯远东雪盖异常为其主要可预报性来源. 第三模态与 2008 年初中国南方持续性暴雪这一类冬季风异常

存在密切联系, 数值试验结果显示前期秋季北冰洋海冰异常, 以及北太平洋热带外海温异常是第三模态的主要可预报性来源. 研究还发现, 前期南半球环状模 (SAM) 异常对引发东亚冬季风变异同样起着不可忽视的重要作用.

S04-O-08

季风对南海深海环流驱动能量供给的影响

管玉平^{1,2*}, 崔超然^{1,2}

1 中国科学院南海海洋研究所热带海洋环境国家重点实验室, 广州 510301

2 中国科学院大学地球科学学院, 北京 100049

* guan@scsio.ac.cn

深海环流的驱动机制是物理海洋学最关注的科学问题之一. 风提供的机械能是维持深海环流的主要来源已被广泛接受. 南海深受季风控制和影响, 在此背景下, 由风提供给南海深海环流的能量及其变化仍缺乏了解. 我们用 SODA 和 OFES 等海洋数据计算风向南海的机械能输入及长期变化, 主要给出风向南海地转流的机械能输入及其变化, 动能与有效位能的转换. 这将有助于认识南海深海环流的动力机制. 结果表明, 其水平分布和变化趋势均与季风有关; 南海风输入给地转流的能量约有 21.5% 传递到 3000m 以下深海; 约有 83% 动能向有效位能的净转化量发生在南海 3000m 以下海域.

S04-O-09

Impacts of the Pacific-Japan and circumglobal teleconnection patterns on interdecadal variability of the East Asian summer monsoon

Bo Wu^{1,2*}, Tianjun Zhou^{1,2} and Tim Li³

1 LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, China

2 Joint Center for Global Change Studies (JCGCS), Beijing, China.

3 IPRC, and Department of Meteorology, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii, USA
wubo@mail.iap.ac.cn

Based on the 20th century reanalysis (20CR) dataset, the dominant modes of interdecadal variability of the East Asian summer monsoon (EASM) are investigated through a multivariate empirical orthogonal function analysis (MV-EOF). The first mode (EA1) is characterized by an anomalous cyclone centered over Taiwan and an anomalous anticyclone centered over the Bohai Sea. These phenomena are part of the meridional wave-like teleconnection pattern propagating poleward from the southern tropical western North Pacific (WNP), referred to as the interdecadal Pacific–Japan (PJ) pattern. The interdecadal PJ pattern is driven by negative anomalous convective heating over the southern tropical WNP, which is associated with the Interdecadal Pacific oscillation (IPO) and the interdecadal Indian Ocean basin mode (IOBM). The amplitude of the EA1 and its contribution to the total variance of the EASM decrease remarkably after the 1960s. The second MV-EOF mode (EA2) is characterized by cyclone anomalies extending from northeastern China to Japan, which are part of a circumglobal wave train. Given the spatial scale of the wave train in the zonal direction (wavenumber-5), as well as the fact that it possesses barotropic structures and propagates along the Northern Hemispheric jet stream, we refer to it as the interdecadal circumglobal teleconnection (CGT) pattern. The

interdecadal CGT pattern is associated with the forcing from the Atlantic multi-decadal oscillation (AMO). Though the interdecadal PJ and CGT patterns are derived from the 20CR dataset, they are carefully verified through comparisons with various observational and reanalysis datasets from different perspectives.

S04-O-10

气候敏感度和海温增暖型对南亚季风预估不确定性的影响

陈晓龙, 周天军*

中国科学院大气物理研究所 LASG 国家重点实验室, 北京 10029

* zhoutj@mail.iap.ac.cn

最新的 IPCC 第五次评估报告指出, 预估的南亚夏季风变化, 无论从环流还是降水上讲均存在很大的不确定性。了解导致不确定性产生的关键过程对准确估计未来区域气候变化至关重要。通过分析在 RCP8.5 预估情景下的 35 个 CMIP5 模式, 我们发现南亚夏季风环流的不确定性与模式中全球平均增暖的大小有关, 反映的是各模式气候敏感度的不同对预估结果的影响——气候模式对温室气体的敏感度越高, 预估的南亚季风环流就越弱; 但是, 预估的季风降水变化, 则和气候模式的敏感度联系不显著, 原因在于增暖引起的环流减弱和水汽增加对季风降水的贡献相互抵消。季风降水变化的不确定性很大程度上由赤道中西太平洋海温增暖幅度决定。中西太平洋增暖通过改变季风区上空对流层的纬向温度梯度从而最终影响季风降水的变化。预估的季风降水变化与全球平均增暖幅度不存在显著联系这一事实表明, 使用“空间型标度 (Pattern Scaling)”方法来评估温室气体强迫对区域水循环的影响具有很较大的

局限性。

S04-O-11

The interdecadal change of the winter precipitation over China

XiaoJing Jia¹, JingWen Ge¹ and Hai Lin²

1 ZheJiang University, Department of Earth Sciences, China

2 Atmospheric Numerical Weather Prediction Research, Environment Canada, Canada

jiaxiaojing@zju.edu.cn

The interdecadal change of the leading mode of the mean winter precipitation over China has been investigated using observational data for the period from 1960 to 2012. The leading empirical orthogonal function (EOF) mode (EOF1) of the winter precipitation over China displays a mono-sign pattern over southeastern China, accounting for 49.7% of the total variance in the precipitation. Both the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and the East Asian winter monsoon (EAWM) can impact EOF1. A positive (negative) EOF1 is accompanied by warm (cold) ENSO events and weak (strong) EAWM, and the latter can cause anomalous southerlies (northerlies) along the coast of southeastern China, accompanied by the transportation of water vapor from the Bay of Bengal and the South China Sea favoring a wet (dry) winter over southeastern China.

An abrupt transition of the EOF1 is observed around the mid-1980s. Therefore, the data are divided into two subperiods, i.e., 1960 to 1987 (P1) and 1988 to 2009 (P2). Significant differences in the large scale atmospheric circulation and sea surface temperature (SST) anomalies associated with EOF1 during these

two subperiods are observed. EOF1 is closely related to the mid- to high-latitude atmospheric circulation in P1, while its relationship to the tropics obviously increases during P2. The partial regression analysis results show that the interdecadal change of EOF1 is caused by both the interdecadal changes of the EAWM and ENSO around the mid-1980s. In P1, the lower-level anomalous southerlies along the coastal southeastern China accompanied by water vapor transportation that causes above-average precipitation are related to an anti-cyclonic system centered over the mid-latitude western North Pacific associated with EAWM. In P2, the influence of the EAWM is weaker, and the southerly anomaly over the coastal southeastern China is mainly caused by the anticyclone over Philippines, which is related to the ENSO.

S04-O-12

全球变暖导致西太副高增强还是减弱?

何超^{1,2*}, 周天军², 林爱兰¹, 吴波², 谷德军¹, 李春晖¹, 郑彬¹

1 中国气象局广州热带海洋气象研究所, 广州 510080

2 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

* hechao@mail.iap.ac.cn

西北太平洋副热带高压(西太副高)是影响东亚夏季气候的重要大气环流系统。随着人为温室气体排放导致的全球变暖, 未来西太副高的可能变化已经引起了东亚学者的广泛关注。尽管已有的一些研究认为西太副高将随着全球变暖而增强, 但变暖背景下位势高度的整体抬升可能干扰了预估研究的结论。使用第五轮耦合模式比较计划的三十余

个耦合模式，基于环流指标的预估结果表明，未来对流层中层的西太副高明显减弱但对流层低层的西太副高强度基本保持不变。在热成风关系的约束下，副高北侧经向温度梯度的减弱可以很好地解释对流层中层西太副高的减弱。而在对流层低层，预估的西太副高强度变化受控于热带印度洋-太平洋纬向海温梯度的变化。印度洋的海表面温度相对于太平洋增暖越强，则越有利于低层西太副高增强；反之有利于低层西太副高减弱。

S04-O-13

中上新世暖期东亚夏季风降水增强的热力和动力成因

孙咏¹，周天军^{1*}，Ramstein Gilles²，Contoux Camille³，张仲石^{4,5}

- 1 中国科学院大气物理研究所 LASG 国家重点实验室，北京 100029
 - 2 法国气候与环境科学实验室 LSCE, 巴黎 91191
 - 3 法国艾克斯-马赛大学，普罗旺斯 13006
 - 4 挪威皮克尼斯气候研究中心，卑尔根 5007
 - 5 中国科学院大气物理研究所 NZC, 北京 100029
- * sunyong@mail.iap.ac.cn; zhoutj@lasg.iap.ac.cn

中上新世(mid-Pliocene)是发生在 3Ma 前且为距今最近的一个地质暖期。该时期具有与当今接近的海陆分布、动植物群落、以及高于当今的大气 CO₂ 浓度、海平面高度和低于当今的格陵兰冰盖。该地质暖期气候通常被视为当今气候到 21 世纪末最可能出现的一个气候相似型。因此研究该时期气候变化有助于回答全球变暖背景下未来气候变化的可能性和不确定性。

围绕中上新世暖期东亚气候特征，重点关注东亚夏季风降水和环流变化，并将现代气候动力学方法运用到古气候模拟研究领域，理解中上新世暖期东亚夏季风降水增强的热力和动力成因。首先，基于水汽收支方程指出东亚季风降水增强源于大气中水汽含量对

中上新世地表升温的响应(热力成因)。接着，基于湿静力能方程，揭示了纬向热力对比加强东亚季风环流及与之相关的水汽输送，并经局地定常经向风辐合增加，因而使中上新世暖期东亚夏季风降水增加(动力成因)。

S04-O-14

过去 1500 年中国东部百年干旱事件的模拟研究

孙炜毅¹，刘健^{1,2,3*}，王志远¹

- 1 虚拟地理环境教育部重点实验室，江苏省地理环境演化国家重点实验室培育建设点，南京师范大学地理科学学院，南京 210023
- 2 江苏省大规模复杂系统数值模拟重点实验室，南京师范大学数学科学学院，南京 210023
- 3 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心，南京 210023

* jliu@njnu.edu.cn

本文基于地球系统模式 CESM 对过去 1500 年中国东部百年干旱事件的特征和机理进行了探究，结果表明：对比气候代用资料，在中国东部过去 1500 年中，百年干旱事件发生在 622-735 年(D1)和 1420-1516(D2)年。在 D1 时期，干旱发生在中国东部的北方地区和长江流域，而南方地区降水相对增多；在 D2 时期，整个中国东部地区降水减少。导致上述两个时期降水减少的直接原因是东亚夏季风的减弱，具体过程与印度-太平洋的海气相互作用紧密联系。在 D1 时期，降温中心发生在西北太平洋地区，导致下沉气流明显，沃克环流减弱，减少了向北的水汽输送，而中国东部南方地区上升运动明显，使得对流活动增强，降水增加。在 D2 时期，整个北印度洋降温明显，使得该地下沉气流明显，阻碍了对流层下层的越赤道气流，增强了印度-太平洋热带地区的西风，从而减少了向北的水汽输送，同时，中国东部地区表现为下降运动为主，导致整个中国东部降水减少。对

比印度-太平洋地区的海表温度发现, D1 时期海温异常主要受持续低值的太阳辐射影响, 而 D2 时期海温异常主要受持续低值的太阳辐射和频繁的火山活动的共同影响。

S04-O-15

Clay mineralogical responses to rapid millennial-scale changes of the East Asian summer monsoon during the last glaciation in the northern South China Sea

Shaohua Zhao¹, Zhifei Liu^{1*}, Christophe Colin², Yulong Zhao¹, Xingxing Wang¹, Zhimin Jian¹

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

2 Laboratoire Géoscience Paris Sud (GeoPS), UMR 8148 CNRS-Université de Paris-Sud, Orsay 91405, France

*lzhifei@tongji.edu.cn

High-resolution clay mineral assemblage combined with Nd and Sr isotopic compositions of Core MD12-3434 located in the northern South China Sea has been investigated to reconstruct rapid changes of the East Asian summer monsoon during the last glaciation. The clay mineralogical fraction is constituted by dominant smectite (25–53%) and illite (25–43%), moderate chlorite (16–27%), and minor kaolinite (2–12%). Clay mineralogical variations are mainly due to changes in the ratio of smectite, which derives from rapid chemical weathering of volcanic rocks in Luzon during intervals of strengthened summer monsoon rainfall, and illite and chlorite, which are eroded mainly from Taiwan and transported by deepwater currents. Therefore, the

smectite/(illite + chlorite) ratio is adopted to track the evolutionary history of the East Asian summer monsoon. During the last glaciation, variations of this mineralogical ratio is well correlated with the stalagmite $\delta^{18}\text{O}$ records of Hulu and Dongge caves. Higher smectite/(illite + chlorite) ratios imply stronger summer monsoon rainfall occurred during interstadial Dansgaard-Oeschger and Bolling-Allerod events. In contrast, lower smectite/(illite + chlorite) ratios indicate relatively weaker summer monsoon conditions happened during stadial Heinrich and Younger Dryas events. A compilation of clay mineralogical records located at different water depths along the northern margin of the South China Sea indicate that millennial-scale climatic changes are well documented by clay minerals in calm and stable sedimentary environments, while the existence of contour currents obscures the climatic signals. Our study highlights the prompt responses of East Asian monsoon system to rapid millennial-scale climatic changes occurred in high-latitude Greenland through contemporaneous chemical weathering of volcanic rocks in low latitudes, implying an atmospheric teleconnection from the North Atlantic to the Asian monsoon region.

S04-O-16

Surfer 自动化技术在南海风场作图中的应用

万荣胜*, 黄文星, 张伙带, 刘丽强

国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广州, 510760

*wanrsh@126.com

Surfer 是美国 Golden Software 公司开发

的科学绘图软件，具有强大的数据插值功能和 2D、3D 绘图功能，是用来处理 XYZ 数据的首选软件。该软件简单易用，非常容易上手，包含了十几种网格化方法，提供多种图形图像文件格式及 GIS 文件格式的输入输出，绘制的图件美观实用，可以轻松制作基面图、点位图、等值线图、趋势图、矢量图、三维表面图等，在气象、海洋测绘、地质等行业得到广泛的应用。

Surfer 软件自 1985 年推出 1.0 版本起不断的开发升级，到 2015 年底已发展到 13.2 版，功能不断增加和更新。从 Surfer7.0 版开始，Surfer 提供了对 Automation 技术的支持，为通过高级语言程序控制 Surfer 自动绘图提供了编程接口，这为批量化精确制图提供了极大的便利。

本文以编制南海风场图件为例，叙述如何利用 Surfer 的 Automation 技术来实现数据网格化，添加等值线图、矢量图和地理地图并叠合这些图层，修改坐标轴和文字标注等功能。实践证明，Surfer 自动化技术可以很方便的实现自动化、批处理编制系列图件的目的，很好的满足了生产中大批量、快速、统一制图的需求。

S04-O-17

石笋记录中的多尺度亚洲季风

程海

西安交通大学全球环境变化研究院，西安 710054
cheng021@mail.xjtu.edu.cn

亚洲季风包括印度季风和东亚季风，是一个巨大的气候系统。特别是亚洲夏季风，其主要路径南起于南半球印度洋的马斯克林高压区，向西北穿越赤道直到非洲东岸，再转向东北经过印度洋—印度次大陆进入中国东部，直到中国东北和日本。对于这样一个

庞大的气候体系，究竟什么样的地质代用指标能够较好地刻画其多尺度的气候变化？这首先涉及到亚洲季风的定义与内涵，目前尚缺乏共识。半个世纪以来，常用的亚洲季风代用指标基本上与一定地域的降水量有关，如黄土和湖泊的众多代用指标；而近十多年来，石笋氧同位素指标则在其物理意义或其代表的气候意义的不断的争议中变得逐渐清晰起来，即石笋氧同位素指示大空间范围总体（累积）降水效应、而非仅仅是洞穴石笋所在地的降水量，即从低纬度热带海洋到洞穴之间的水汽降水同位素分馏的总体效应或结果。也正因为如此，其在亚洲季风区（包括中国东部和印度地区）相比其它地域性降水量指标具有大的多的空间一致性。从本质上来讲，石笋氧同位素这种性质的指标相对地域性降水量的指标代表了更大范围的亚洲季风多尺度变化（特别是在轨道一千年尺度上），同时与相应的多尺度的全球变化的联系也更加密切。目前亚洲季风的石笋记录不仅涵盖了整个 U-系测年的时间范围（65 万年以来的时段），也已经拓展到 U-Pb 测年的范围（比如 1.5 百万年左右的石笋记录）。在另一方面，石笋记录也精细到了年—季节、甚至月份的分辨率。因此，石笋记录不仅能够揭示地球轨道—亚轨道尺度的亚洲季风变化，也能够刻画亚洲季风短到月份的变化。目前亚洲季风的石笋记录研究新进展颇多，这里着重介绍和阐述如何用具有精确年代的石笋记录来解析经典的“100 ka problem”和中国的“Chinese 100 ka problem”（即中国黄土记录和石笋记录在偏心率和岁差尺度上所呈现的不同特征）；冰期—间冰期尺度的石笋记录的新进展；65 万年以来亚轨道尺度亚洲季风变化及其与全球变化的关系；高分辨率石笋记录与太平洋十年际涛动（PDO）的关系、以及近现代的气候变化趋势的研究。

S04-O-18

树轮氧同位素记录的印度夏季季风近 400 年来的变化

许晨曦^{1*}, 佐野雅规², 中塚武², 史锋¹, 郭正堂¹

1 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

2 日本综合地球环境学研究所, 京都 6038047

* cxxu@mail.iggcas.ac.cn

印度夏季风作为全球重要的季风系统, 对人口密集的亚洲季风区的社会经济生活以及文化发展均具有重要的影响。由于器测数据较短以及近百年气候受到人类活动的影响, 很难获取印度季风在多年代际以及百年尺度的精确信息, 利用地质记录恢复古干湿变化以及季风历史, 研究印度季风在自然状态下的变化历史及规律, 为预估未来全球增温背景下印度季风的变化对具有重要参考价值。

代用记录显示过去几百年印度夏季风存在多年代际-百年尺度的振荡变化, 但季风区内不同地区的不同地质记录所揭示的印度夏季风过去几百年的变化趋势仍然不一致。这很大程度上是由于部分指标存在多解性, 无法准确反映夏季气候信息, 且能够与现代器测数据进行校正的指标仍然较少。本研究建立了喜马拉雅山南麓的树轮氧同位素变化序列, 发现该区域的树轮氧同位素与印度夏季风指数、全印度降水具有显著的负相关关系, 区域树轮氧同位素序列是印度夏季风的良好代用指标。周期分析表明研究区树轮氧同位素揭示的过去 400 年印度夏季风的变化主要以 2-7 年的年际变化为主, 且与赤道太平洋的海表温度显著相关, 主要是受到厄尔尼诺-南方涛动的影响。在百年尺度上, 印度夏季风体现在近 200 年来减弱的趋势, 其可能原因是赤道印度洋的海温近 200 年持续升高导致海陆热力差异减弱。

S04-O-19

“东亚古夏季风”是热带季风还是副热带季风? —— 兼议“气候学家为何不画‘EASM’箭头?”

谭明

中科院地质与地球物理研究所, 北京 100029

tanming@mail.iggcas.ac.cn

气候学家指出, 供给东亚季风区的夏季降水主要是由西南季风从孟加拉湾带来的水汽、东南季风从热带西太平洋带来的水汽以及跨赤道气流从南海带来的水汽所组成(黄荣辉等, 1998)。而且证明了东南通道的水汽输送强度只及西南通道的一半(田红等, 2004)。那么中外古气候学家在太平洋上画一个指向中国大陆的箭头, 标注为“东亚夏季风”或“EASM”, 似乎夏季的东亚水汽输送只来自太平洋, 显然不对了。问气候学家为什么不指出? 气候学家说, 知道古气候学家画得不对, 但说了得罪人, 除非古气候学家所说的东亚季风与现代季风是两码事。由此提出作为本文题目的问题。

气候学家已证明(Zhou et al, 1986), 东亚夏季风由热带季风(南海-西太夏季风, 即热带季风槽)和副热带季风(大陆-日本夏季风, 即副热带梅雨锋)构成。同时还指出, 热带季风槽和副热带梅雨锋的强度变化呈相反趋势(张庆云等, 1998)。十年前, 在青岛海洋大学举办的“东亚季风年代际变化研讨会”上, 我问来自夏威夷的王斌教授:“你们气候学家建立了几十个东亚季风指数, 请王教授告诉古气候学家, 应该用哪一个?”王教授说这个问题正在解决。此事反映了一个基本事实:正是由于中国境内存在两类夏季风, 变化趋势又相反, 所以反映在区域上, 就会表现为各地干湿不同步, 也因此任何一

个季风指数都不可能概括整个中国季风区的“风”/“雨”模式。那么，是不是可以问一下：古气候学家所说的东亚夏季风，到底指哪个季风？是热带季风还是副热带季风？还是二者兼有？

可再通过一个典型实例讨论这个问题：1998年，中国发生了包括长江全流域、嫩江、松花江全流域的特大洪涝灾害。在这些受灾区域如果找到地质历史时期的洪涝记录，古气候学家无疑会将其对应强夏季风年或时期。但在现代气候学家的季风指数序列中，1998年却是“东亚夏季风较弱年”（张庆云等，2003），似乎有些“别扭”。气候学家还进一步说明：东亚季风指数偏强年，长江流域降水都相对偏少，平均比正常年减少20%左右。季风指数偏弱年，长江流域降水都相对偏多，平均比正常年偏多30%左右（张庆云等，2003）。显然，这里的东亚夏季风指数是热带季风指数而非副热带季风指数，所以，即使听起来别扭也还是能理解。但很少见古气候学家讨论类似的事情，虽然古气候学家也许发现过类似的事实。例如全新世古夏季风极盛期的“穿时性”或适宜期在不同区域的不同时性问题（An et al, 2000），如果我们能够联系古今，基于对现代气候的认识，也许其本质可以作如下简单理解：

气候学家指出“西太副高和梅雨锋是东亚副热带季风的主要成员”（何金海等，2008），所以可以将西太副高在全新一万年的变化模态近似地看作东亚副热带季风的变化模态。根据模拟结果（王宁等，2015），西太副高自中全新世以来持续增强（或西脊点持续西伸），亦即副热带季风持续增强。如果热带季风与副热带季风反相位的环流组合在更长时间尺度也成立，那么可推论中全新世以来热带季风持续减弱。于是，受不同夏季风影响的区域其降水多寡的变化就有了先后。同时，也

就能够理解为什么中国石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 从南到北、从东到西所有序列自中全新世以来一致变重：因为它们共同反映了西太副高持续变强，从而为季风区带来越来越多的西太近源水汽，这是一幅环流效应而非雨量效应的图像（谭明，2016）。

综上所述，作为古气候学的一个科学术语，当提及“东亚古夏季风”时，需要阐明到底是指热带季风还是副热带季风，或者二者兼有，甚或与现代完全不同。如果所说的东亚古夏季风与现代季风具有不同的环流组合模式，即二者概念内涵不同，就应该提出证据，证明哪些方面不同，是全新世以前不同，还是全新世也不同。但如果其概念内涵与现代季风基本相同，那么就on应该严格按照现代季风的定义来分析、解释和标注。

S04-O-20

近千年来南亚夏季风变迁

史锋¹，方克艳^{2, 1}，许晨曦¹，郭正堂^{1*}，Borgaonkar H. P.³

1 中国科学院地质与地球物理研究所中国科学院新生代地质与环境重点实验室，北京 100029

2 福建师范大学地理科学学院，福州 350007

3. Indian Institute of Tropical Meteorology, 普纳, 印度
* ztguo@mail.iggcas.ac.cn

代用记录重建显示过去千年南亚夏季风存在年际到百年不同时间尺度的振荡变化，但不同时间尺度分量在季风变化频谱上的比重及变化机理仍是不清楚。这很大程度上是由于年分辨率的季风定量化重建结果很少，已有近千年南亚夏季风指数重建时缺少季风核心区的代用记录，其结果在空间代表性上存在明显不足所导致的。本文新增南亚夏季风核心区的印度境内8条树轮宽度年表，更新重建了过去1105年南亚夏季风指数。结果显示，季风变化最为显著的年际分量（占总体变化方差的47.9%）与厄尔尼诺南方涛动

(ENSO) 指数的关系从长期趋势上来看, 是从 14 世纪末期的弱正相关, 逐渐变为 19 世纪初期的显著负相关关系, 且其相关性存在明显的百年际变化。占 17.5% 季风年代际分量与太平洋年代际振荡 (PDO) 在 19 世纪末存在显著负相关, 而占 4.2% 的季风年代际分量与大西洋年代际振荡 (AMO) 在 19 世纪末却呈现很好的正相关。说明气候系统短周期振荡 ENSO, PDO 和 AMO 对南亚夏季风变化从年际到年代际进行由强变弱的不同程度的调制。重建的南亚夏季风百年尺度分量 (占 19.4%), 显示南亚夏季风强度从 13 世纪中叶开始逐渐减弱, 到 15 世纪中叶降到最低, 而后季风逐渐加强, 到 17 世纪初期达到顶点, 之后逐渐减弱。这一变化趋势在 19 世纪之前可利用太阳活动百年尺度演变引起的海陆差异的变化来解释, 但 19 世纪末南亚夏季风并未随着太阳辐射的升高而加强, 这可能与人类活动排放的气溶胶导致季风减弱有关。

S04-O-21

Relative roles of land- and ocean-atmosphere interactions in Asian-Pacific thermal contrast variability at the precessional band

Yue Wang^{1,2*}, ZhiMin Jian¹, Ping Zhao^{2,3}, Dong Xiao², JunMing Chen²

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, 200092

2 State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

3 Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, 210044

* 163wangyue@163.com

In a 250-kyr transient simulation of the Community Earth System Model (CESM), we identified a precessional forced seesaw of the summer middle-upper tropospheric eddy temperature between Asia and the North Pacific as the paleo-APO (Asian-Pacific oscillation). The paleo-APO variability is out of phase with the precession parameter. Corresponding to a positive paleo-APO phase, both the subtropical anticyclonic circulation over the North Pacific and the East Asian summer monsoon (EASM) strengthen. Summer anomalous sea surface temperature shows a western cold-eastern warm pattern over the extratropical North Pacific and a zonal positive-negative-positive pattern over the tropical Pacific. The variations in the simulated paleo-APO and East Asian southerly wind at the precessional band agree well with the geological proxies at the Dongge, Sanbao, Linzhu, and Hulu caves in China, which also implies that these proxies may well reflect the variability in the southerly wind over East Asia. Sensitivity experiments further reveal that the reduced precession parameter may enhance the positive paleo-APO phase and the associated EASM because of the response of the land-atmosphere interactions to the precessional insolation changes. The effect of the ocean-atmosphere interactions on the paleo-APO is secondary.

S04-O-22

青藏高原纳木错深孔环境钻探的意义

朱立平^{1,2*}, 王君波^{1,2}, Gerhard Daut³, Torsten Haberzettl³

- 1 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100101
 - 2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心, 北京 100101
 - 3 德国耶拿大学地球科学系, 耶拿 D-07743
- * lpzhu@itpcas.ac.cn

青藏高原具有巨大的面积和极高的海拔, 对上层大气具有强劲的动力和热力作用, 从而影响包括南亚和东亚等更大范围的天气气候。不同的全球气候背景下, 中低纬度西风 and 印度季风对青藏高原的影响程度发生改变, 进而影响青藏高原地表的水热组合及其热力作用。通过地质历史时期长时间尺度的环境变化重建, 不仅能够获知气候环境变化的规律, 也可以揭示大气环流与青藏高原地表水热组合之间的相互关系及其广域环境效应。尽管目前已经在青藏高原开展了诸多过去环境变化研究, 但已有的连续环境序列时间跨度相对较短 (主要集中在末次冰盛期以来), 较长尺度的环境历史研究大多存在着时间不连续的缺陷 (主要依靠地貌剖面 and 阶地研究), 极大地限制了对环境变化规律的理解。因此, 需要开展具有时间尺度长、连续性好的高分辨率环境重建研究, 深入探讨青藏高原环境变化与大气环流之间的关系和规律。

纳木错位于青藏高原中南部, 是一个位于念青唐古拉山北麓的构造湖盆, 目前处于印度季风和西风环流影响的过渡区。湖泊流域面积 10600km², 水面面积 2080km², 最大水深 93m。2005 年以来, 通过一系列的湖泊调查、监测和沉积环境重建研究, 获得了大量有关湖泊发育的基础资料。在湖泊的现代水质参数、沉积过程、气候条件等方面建立了数据库, 开展了末次冰盛期以来环境变化重建及其与大气环流的研究。最近的湖泊沉积物地震剖面调查发现, 该湖具有厚达超过 800m 湖相地层, 以监测的平均沉积速率计算, 接近 1.5Ma 的沉积历史, 为开展连续性多周期的环境重建以及与之相伴随构造活动等提

高了不可多得理想研究对象。通过进一步的地震剖面探测, 申请国际大陆钻探计划资助, 开展纳木错深钻研究, 将能够在青藏高原腹地建立时间尺度长、连续性好的气候环境记录序列, 进一步理解青藏高原环境演化与地球系统的关系。

S04-O-23

末次冰消期以来广东湛江湖光岩玛珉湖的磁-气候记录与亚洲夏季风演化

王喜生^{1*}, 储国强², 盛美³, 张淑芹⁴

- 1 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081
- 2 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029
- 3 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081
- 4 吉林大学古生物学与地层学研究中心, 吉林 130021

* xishengwang@yahoo.com

末次盛冰期以来的高分辨率地质记录多来自中国中部和北部地区, 而南方低纬度热带地区具有可靠年代控制的环境记录则相对较少。广东湛江湖光岩 (110°17'E, 21°9'N) 作为雷琼半岛晚更新世形成的标准玛珉湖, 近年来受到国内外学者的持续高度关注。虽然湖光岩蕴含了末次盛冰期以来丰富的古环境信息, 但在沉积物源和已有古环境代用指标的具体解释上仍存在较大的争议, 而查明湖泊沉积的物源并建立明确可靠的古环境代用指标是正确重建这一时期我国南方热带-亚热带地区末次冰消期以来古环境演化过程和亚洲季风在我国热带地区的活动特征及其驱动机制的关键。

2011年9月, 运用“芯杆活塞钻”在湖光岩成功钻取2支交叉长岩芯, 根据标志层、AMS ¹⁴C和²¹⁰Pb/¹³⁷Cs测年结果, 获得了完整的时间跨度为1.6万年的岩芯。详细的岩石磁学、环境磁学、孢粉、X射线衍射、有机和微

量地球化学测试分析结果显示:

1) 岩芯样品的磁化率值介于 $70.55 \times 10^{-8} \sim 784.28 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 之间, 平均值为 $402.58 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$; 周缘火山碎屑岩样品的磁化率介于 $140.53 \times 10^{-8} \sim 1220.93 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 之间, 平均值为 $407.20 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ 。由于岩芯样品的磁化率与中国黄土高原典型黄土样品相比明显要大许多, 甚至与土壤化程度最高的古土壤层 S_5 磁化率相比也明显偏大, 因此 Yanchewa et al. (2007) 主张的将来自亚洲粉尘源区的风成物质视为湖光岩沉积的主要物源显然不合实际。而湖泊岩芯和围岩磁化率数值较为接近, 暗示湖泊的大量铁质沉积可能主要来源于围岩的矿物, 如橄榄质拉斑玄武岩、亚铁磁性钛铁矿和钛磁铁矿等;

2) 对湖光岩湖泊沉积、围岩和中国典型黄土的稀土元素分配型式对比发现, 该湖泊沉积的稀土元素分配型式与围岩表现出很好的一致性, 唯一的不同是 Ce 元素在该湖泊中异常富集。Möller et al. (1993) 发现在碱性湖泊水中 Ce 元素相对富集, 而这一现象与 Ce^{3+} 氧化成 Ce^{4+} 后和 HCO_3^- 形成稳定的可溶性络合物有关。相比之下, 我国中新世以来风成黄土的稀土元素分配型式则呈明显的 Eu 亏损、轻稀土相对富集和重稀土相对平缓的变化特征, 与湖光岩沉积明显不同。可见, 湖光岩沉积与周缘火山岩在物缘上具有高度亲缘性, 而与中国北方干旱地区的风成堆积明显不同;

3) 岩心样品中的主要磁性矿物以亚铁磁性的磁铁矿和顺磁性的菱铁矿为主, 并可能含有少量的磁黄铁矿和黄铁矿等硫铁矿物; 磁化率、非磁滞剩磁 (ARM) 及饱和等温剩磁 (SIRM) 等磁浓度参数在总体上呈阶段性逐步下降趋势, 与有机质含量呈明显的反相关关系, 反映了沉积后还原条件和后生还原过程对磁性矿物的保存和溶解起了决定性作用。结合孢粉分析结果, 发现在全新世气候

最适宜期 (约 1,1500-6500 yr B.P.) 和 Bølling-Allerød 暖期 (约 14,700-12,700 yr B.P.), 热带和亚热带属种的浓度和百分含量最高, 同时总有机质和硫元素含量最高, 而 Ti 元素含量和磁浓度最低, 可能表明该时段磁性物质在还原环境下被大量溶解, 与该时段有效降雨量较大、湖面水位高和气候较为适宜的特征相一致; 而在新仙女木事件 ((YD) 和中晚全新世时期, 磁浓度和 Ti 元素含量较高, 有机质和硫含量显著降低, 表明该时段有效降雨量较小、湖面水位较低和气候较为干旱, 在这种相对弱还原环境下部分磁性矿物得以保存;

5) 将湖光岩 16 kyr B.P. 以来的古环境记录与我国南方石笋、极地冰芯、北方东亚季风区的古环境记录和北半球太阳辐射等对比发现, 湖光岩的古气候记录在总体上受北半球夏季太阳辐射所控制的同时, 还记录了末次盛冰期以来的主要气候事件, 包括 Bølling-Allerød 暖期、YD 冷事件和晚更新世-早全新世界限 (6500-5900 kyr B.P.)。此外, 湖光岩沉积还记录了全新世以来的 8 个冷事件 (对应于 9.2, 8.2, 6.5, 5.3, 4.2, 2.8, 1.4 和 0.4 kyr B.P.), 而且以上 8 个短尺度气候干冷事件与 Bond et al. (1997, 2001) 在北大西洋发现的冷事件完全可以对应。因而, 本研究认为, 末次冰消期以来湖光岩玛珥湖相沉积总体上反映了由太阳辐射控制并受到高纬度短尺度事件显著影响的亚洲夏季风历史。

S04-O-24

80 万年以来道尔效应揭示的全球季风变化

黄恩清*, 汪品先, 田军, 马文涛

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* ehuang@tongji.edu.cn

现代大气氧同位素比全球平均海水氧同

位素偏正~23.5‰, 这一同位素差异现象称为道尔效应(Dole Effect)。道尔效应是一系列过程的综合效果, 包括光合作用、呼吸作用和水循环过程(蒸发、降水、蒸散作用等)的同位素分馏(Bender et al., 1994)。在地质时间尺度上, 由于海水氧同位素组成经历过巨大变化, 因此道尔效应的计算需要校正这一因素。过去研究认为, 第四纪冰盖旋回是引起海水氧同位素变化的最重要因素, 因此常常利用冰盖体积涨缩引起的同位素效应来计算道尔效应。然而, 陆地降水的水汽最初来自表层海水。因此, 计算道尔效应时不应该只考虑冰盖旋回的同位素效应, 而应该考虑表层海水, 尤其是中低纬海区表层海水的同位素演化历史。事实上, 近来发现表层海水同位素变化固然相当大一部分由冰盖效应引起, 但是也存在许多独立的特征(Shakun et al., 2015)。因此本文利用重建的全球表层海水同位素记录, 重新估算了 80 万年以来的道尔效应。

新版本(考虑表层海水同位素的整体变化)和旧版本(只考虑冰盖效应)的道尔效应记录存在巨大差异。旧版本的道尔效应记录呈现出三个明显的特征: (1) 过去 80 万年以来, 道尔效应存在清晰的岁差周期; (2) 在最近的五次冰消期(即冰期终止期, Termination), 大气氧同位素值出现异常重值, 平均偏重约 0.5‰; (3) 80 万年的记录存在两段显著的长期趋势, 以 430 ka BP 为分界点, 大气氧同位素先变重再变轻。然而, 新版本道尔效应记录中没有出现第二和第三个特征。数据显示, 冰消期的重值现象和两段长期线性趋势事实上是低纬表层海水的特有演化信号, 通过水汽输送传导到大气同位素记录中。道尔效应本身不存在这些复杂的特征。

新版本的道尔效应记录只呈现出非常规则的岁差周期。与旧版本相比, 新的道尔效应记录与天文岁差曲线, 无论在振幅还是相

位上, 其吻合程度都有明显提升。并且 80 万年以来的道尔效应记录出现了两个明显的长偏心率周期。这说明即便在晚第四纪出现规模巨大的冰盖情况下, 道尔效应依旧受控于岁差周期, 而其它气候因素对道尔效应的干扰几乎可以忽略不计。

虽然有待于进一步的证实, 但学术界普遍认为道尔效应的岁差周期事实上是低纬水循环周期的体现。地球上陆地主要聚集在北半球, 当岁差低值引发北半球出现强季风时, 水汽输送过程同位素分馏加强, 导致降雨和蒸发作用产生的水汽同位素值偏轻, 最终导致道尔效应值偏小。岁差高值时, 热带辐合带南移, 但由于南半球缺少陆地, 大部分降水落到海洋, 一部分落在陆地上的降水由于输送距离短, 同位素分馏效应也不明显, 因此最终道尔效应值偏重。现今全球海陆分布格局导致了南北半球水循环的差异, 并导致道尔效应记录出现岁差周期。由于冰芯气泡中的大气记录是全球各个季风区信号的综合结果, 先前一个假设指出道尔效应可以被用来指示全球季风的强度变化(Wang et al., 2014)。本文的计算结果, 无疑支持这个假设。并且证实在全球尺度上, 季风和水循环强度受控于低纬太阳辐射量变化, 而不是冰盖旋回周期。体现了低纬水循环的独立性。

S04-O-25

末次盛冰期的全球季风—— 多模式集合分析

严蜜^{1,2}, 王斌^{3,4}, 刘健^{1,2*}

1 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023

2 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023

3 夏威夷大学大气系, 美国 HI 96825

4 南京信息工程大学地球系统模式中心, 南京 210044

* jliu@njnu.edu.cn

利用耦合模式比较计划发布的第五次模拟结果 (CMIP 5) 对末次盛冰期的全球季风变化情况进行了多模式集合分析。通过末次盛冰期试验与工业革命前控制试验的对比, 发现在末次盛冰期: (1) 年平均全球季风降水和全球季风区分别减少了 10% 和 5%; (2) 全球大部分季风区的季风强度 (即局地夏季降水与局地冬季降水之差) 减弱, 但澳大利亚季风区除外; (3) 局地夏季的季风降水较冬季减少更多; (4) 与其余季风区不同, 澳大利亚季风强度加强, 季风区范围有所扩大。

造成末次盛冰期全球季风发生上述变化的原因主要有 4 个, 包括冰盖范围、太阳辐射、温室气体浓度及海陆分布异常。温室气体浓度偏低, 加之北半球两大冰盖的存在, 使得全球性的温度降低、水汽含量减少, 从而造成全球季风降水减少以及全球季风区范围减小。南北半球太阳辐射的季节差异减小, 可能是全球季风强度减弱的一个重要原因。对于各子季风系统来说, 海陆分布的变化、北半球冰盖的存在以及较低的温室气体含量, 造成海陆热力差异及南北半球热力差异加大, 从而造成澳大利亚季风区独特的变化形势。

虽然本模拟研究结果与重建结果存在一定的一致性, 但是不同模式间还存在较大的不确定性, 尚需进行深入研究。

S04-O-26

天文尺度亚—非—澳季风演化的区域差异: 基于数值模拟的探讨

石正国*

中国科学院地球环境研究所, 西安 710061

* shizg@ieccas.cn

自上世纪八十年代 J. Kutzbach 提出岁差对季风气候的重要影响以来, 天文尺度全球季风演化受控于各自半球的夏季日射的观点

被广泛接受。虽然来自阿拉伯海等地的记录表明亚洲季风可能受到来自南半球日射的影响, 但全球季风系统, 尤其是季风降水变率中是否存在与相反半球日射同相的信号, 一直是古季风研究领域的未解之谜。本文基于数值模拟试验对亚—非—澳季风天文变率及其物理机制做一简单探讨。虽然由于地质记录有限, 目前仍缺乏大量记录支持, 但模拟结果清楚显示亚—非—澳季风变率具有显著的区域差异, 即在同一子季风区域内, 降水变率有明显差异甚至完全反相, 且不同子季风系统对应的物理机制存在差异。对于北半球热带季风, 季风降水变化同 ITCZ 在日射驱动下的南北摆动密切相关。对于北非季风, 由于存在大范围陆地, ITCZ 南北摆动明显, 导致该地区降水呈现南北反相变化, 偏北降水同北半球日射一致, 偏南降水则与南半球日射一致。对于印度和西北太平洋季风, 由于青藏高原大地形抑制以及较大海洋面积, ITCZ 不存在南北摆动, 使整个区域降水变化都与北半球日射同相。对于副热带东亚季风, 降水受到 Nino 海温的重要调制, 同样存在明显的南北反相变化, 其中华北降水变化同南半球日射一致, 华南降水变化同北半球日射一致; 对于澳大利亚夏季风, 虽然该地南北降水都与南半球日射相位相同, 但两地降水都受到来自东亚冬季风的斜率强迫的重要影响, 尤其在偏北地区, 降水变率中斜率信号显著变强, 甚至超过岁差。此外, 除了单纯降水强度外, 降水持续时间, 即雨季长短, 也对天文季风变率有重要影响。在亚洲, 阿拉伯海和华北地区的雨季长短对天文日射的响应敏感, 当北半球日射弱时, 虽然季风降水强度减弱, 但由于雨季持续时间增加, 导致雨季总降水增加, 这也可能会引起两区域降水与南半球日射变化同相。因此, 虽然模拟季风变率中出现的与相反半球夏季日射同

相的信号在物理上不一定源自于相反半球日射，但天文季风演化存在显著区域差异是完全可能的，简单把全球季风演化归因于各自半球日射的控制这一观点并不合理。

S04-P-01

Last glacial and deglacial pollen record in the northern South China Sea: New sight on the coastal-shelf paleoenvironment reconstruction

Shaohua Yu^{1*}, Zhuo Zheng², Fang Chen¹, Xia Jing¹, Xuechao Peng¹, Chixin Chen¹, Kangyou Huang², Yang Zhou¹, Huayang Gan¹

¹ Key laboratory of Marine Mineral Resource, Ministry of Land and Resources, Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, China

² School of Earth Science and Geological Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

*yuyushaohua@foxmail.com

This study presents a palynological record of Asia summer monsoon and sea level change from Last Glacial Maximum to the deglacial period in the northern South China Sea. A fossil core STD 235 (855 cm in length) and 273 surface sediment samples from the northern South China Sea has been conducted on pollen analysis to reconstruct the paleoenvironment of the continental shelf during the last glacial period. Result from surface and fossil pollen has showed that different source of marine pollen between the LGM and deglacial period as the sea level change. Concentration of all surface pollen taxa is extremely high in the estuary of Pearl River and pollen assemblages are well corresponded regional vegetation, whereas,

wind transport became more important in the deeper ocean. Concentration of total pollen between surface and fossil pollen samples has been compared in order to find out the possible source areas of the continent. Pollen concentration as high as >100 grains/g at the LGM suggested that a distance of paleo-shoreline was located less than 75 km, e.g. 1/3 shorten in comparison with modern situation. Consequently, pollen grains should mostly come from the exposed continental shelf. By contrast, pollen concentrations were rare during deglacial period and Holocene, which transported much longer distance from shoreline and windblown pollen deposit played more important role because the limitation of riverine input into deep ocean during high sea level periods. Such alternation of pollen flux and source distance should repeat during the glacial-interglacial cycles, reflecting closely the sea-level and climate dynamics. According fossil pollen assemblages from Core STD 235, we conclude that the wetland and/or grassland communities with scattered subtropical trees dominated the most part of exposed shelf in SCS during the LGM. Such scenery in LGM firstly imply the falling temperature as subtropical arboreal trees was down to continental shelf which suggesting the migration of vertical vegetation communities and secondly the dominated herbs indicating decreased precipitation was triggered by weak Asia summer monsoon. Same record of decreasing precipitation with dominated herbs has also presented in the coastal-shelf from records of Okinawa Through, East China Sea. That means the weakening summer monsoon

has showed synchronous in the higher and low latitude, triggered by significant falling sea level during LGM.

S04-P-02S

山西公海湖泊记录的全新世粉尘演化历史研究

陈圣乾¹, 王鑫¹, 刘建宝¹, 王宗礼¹, 强明瑞¹, 许清海², 陈发虎^{1*}

1. 兰州大学资源环境学院西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000

2 河北师范大学资源与环境科学学院, 石家庄 050024

* fhchen@lzu.edu.cn

亚洲粉尘的释放、传输和沉降深刻影响着下风向地区的气候、生态以及人类健康, 然而目前还缺少具有确切年代标尺的高分辨率全新世亚洲粉尘记录。山西公海是位于黄土高原东北部的高山封闭型湖泊, 地处亚洲风尘的主要传输路径之上, 是亚洲粉尘的天然收集器。Chen 等(2015)根据陆生植物残体建立了年代标尺, 根据化石孢粉和磁化率指标建立了末次冰消期以来东亚夏季风演化序列。本文在前期研究工作基础上, 围绕公海湖泊岩芯记录的亚洲粉尘演化历史, 对公海流域现代沉积样品开展粒度分析, 并利用不同的粒度分析方法分离湖泊岩芯记录中的风尘组分。得到以下初步认识:

1) 对现代湖泊表层沉积物、冰面粉尘和流域表土的粒度组分进行分析, 湖泊表层沉积物粒度由粘粒组分、细粉砂组分和粗粉砂组分等三个主要组分组成, 对比流域表土黄土样品、冰面粉尘和湖泊表层沉积物粒度空间变化说明, 粗粉砂组分是大气粉尘组分, 可以用来指示大气尘暴历史。

2) 经过对岩芯样品进行粒度组分的定理分离, 岩芯样品中普遍存在一个粗粉砂组分(19-78 μm), 该组分的粒度特征与黄土样品

中的粗粒组分和现代粉尘相似, 同时也是大气尘暴降尘的主要组分, 岩芯样品中纯石英颗粒的粗粉砂组分主峰更为突出, 其表面微形态也具有典型风成成因特征。因此, 泊沉积物中的粗粉砂组分应为粉尘沉积, 湖心位置的湖泊岩芯的粗粉砂组分可用来重建全新世大气粉尘的变化历史。

3) 粗粉砂组分粒径的变化指示中纬度亚洲的尘暴演化历史, 间接指示东亚冬季风(EAWM)强度的演化历史。结果发现, 在更新世-全新世转换过程中, EAWM 快速衰弱。早中全新世(11.5-5.3 ka) EAWM 强度较弱, 8.2 ka 冬季风突然增强可能和全新世快速气候变冷事件有关, 5.3 ka 左右 EAWM 快速增强并维持在较高的强度。在东亚夏季风最强大的中全新世, 几乎没有出现强尘暴事件。总体而言, 全新世期间 EAWM 强度总体呈增强的趋势。通过与全新世东亚夏季风(EASM)强度的对比, 我们认为 EAWM 和 EASM 强度的演变在全新世总体是呈反相关的。

S04-P-03S

安达曼海全新世高分辨率印度季风演化记录

黄云^{1,2}, 向荣^{1,*}, 杨艺萍^{1,2}, 刘建国¹

1 中科院边缘海重点实验室, 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

2 中国科学院大学, 北京 100049

安达曼海是研究印度季风变化的最佳海区之一。安达曼海沉积物输运主要受控于印度夏季风驱动下的季风环流。而大量的夏季季风降水对海区盐度有明显影响。本研究通过对安达曼海所获沉积岩芯进行了沉积物粒度、有孔虫 *G.ruber* 氧碳同位素和 Mg/Ca 比值测试, 建立了该海区沉积粒度和表层海水盐度变化两种不同替代指标, 分别用来反映印度洋夏季风强度变化对环流沉积物输运

粒度的影响以及印度夏季风降水量强弱变化对区域盐度的影响变化。当季风强度增强时,会引起海水表层环流加强,造成搬运沉积物粗粒径能力增加,反之亦然。当印度洋季风降水量增加时,会导致区域海水盐度下降。根据沉积物岩芯中对环境敏感的粒度组分的含量和平均粒径变化,该区全新世粒度变化可以划分为三个主要阶段: 1) 10.4-8.6 ka BP, 组分含量和平均粒径总体较低,表明早全新世阶段印度夏季风的风强度相对较弱, 2) 8.6-5.5ka BP, 组分含量和粒组平均粒径处于高值波动阶段,表明印度季风强度处于全新世最强盛时期, 3) 5.5-0ka BP, 粒组平均粒径和含量明显降低,指示了该时期印度夏季风的强度明显减弱。我们的粒度变化反映的印度季风变化与阿拉伯海上升流区的 TOC 含量反映的季风变化有非常好的一致性。表明两种指标变化可能受控于相同的机制。基于 *G.ruber* 壳体中 Mg/Ca 值和氧同位素重建了全新世安达曼海的表层海水盐度 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$) 变化,大致划分为三个阶段: a) 11-10.5 ka BP, $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ 整体较重,表明印度洋季风降水相对较少, b) 10.5-6.1 ka BP, $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ 总体为全新世最低,表明季风降水量在这一时期整体较大,并表现出明显的波动,其中 7.5-8.3 ka 季风降水明显减少; c) 6.1-0ka BP, $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ 又明显增加,表明季风降水量较前一阶段明显减小。由以上粒度和盐度重建的季风史对比可知,粒度和盐度两种替代指标重建的印度夏季风出现了明显的时间上的不同步变化,我们推测这可能是由于粒度和盐度分别反映了印度洋季风的两个不同侧面,其中早全新世季风强度的变化可能要明显滞后于季风降水量的变化约 2 千年。

S04-P-04

Changes of extreme precipitation in monsoon region over China and non-stationary and nonlinear influence from climate indices

Tao Gao^{1,3}, Huixia Judy Wang², and Tianjun Zhou^{1*}

1 State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

2 Department of Statistics, George Washington University, Washington D.C. 20052, U.S. A

3 Department of Resources and Environment, Heze University, Heze 274000, China

*zhoutj@lasg.iap.ac.cn

The El Niño–Southern Oscillation (ENSO), Indian Ocean Dipole (IOD), North Atlantic Oscillation (NAO), Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) and Pacific decadal oscillation (PDO) are well understood to be major drivers for variability of monsoonal precipitation extremes in China. However, studies on Chinese monsoon extremes associated with climate indices are limited. In this study, we examine spatiotemporal variations in extreme precipitation over monsoonal regions, and assess the time-varying influences of these climate indices by utilizing Bayesian dynamic linear regression and their combined nonlinear effects through fitting generalized additive models. Results suggest that annual total rainfall and extreme precipitation, for instance max 5-day precipitation (Rx5day) and precipitation on very wet days (R95p), exhibit significant increasing

trends over southern and southeast China. Simple daily intensity index (SDII) and precipitation on extremely wet days (R99p) show significant positive trends while the consecutive wet days (CWD) has a significant decline, indicating that the probability of occurrence of food-induced disasters may be dramatic in monsoonal domain. Moreover, almost all of the 12 precipitation indices display abrupt shift during 1990s, and the impacts of climate indices on monsoonal extremes exhibit inter-annual and inter-decade variations. In addition, the influences of IOD, ENSO and AMO on extreme and summer total precipitation are more significant in comparison with other climate indices, while the impacts are more apparent in the period of 1990s, which is consistent with the abrupt shifts in precipitation extremes during the 1990s, therefore, these three climate indices, including IOD, ENSO and AMO, play an important role in the abrupt changes in monsoonal precipitation extremes around 1990s. This provides momentous implications for improvements of climate model evaluations and projections of regional climate change.

S04-P-05

南海深海平原末次盛冰期以来 $U_{37}^{k'}$ -SST 时间序列的建立

张江勇^{1*}, 李丽², 黄恩清², 贺娟²,
马馨慧²

1 国土资源部广州海洋地质调查局, 广州 510760

2 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* zjy905@hotmail.com

用长链烯酮不饱和度 ($U_{37}^{k'}$) 重建晚第四纪南海表层海水温度 (SST) 方法得到广泛应

用, 但主要研究区是陆坡, 而深海平原古 SST 序列的文献是不多见的, 其实其它古海洋学研究手段在南海深海平原晚第四纪研究中也很少得到应用。这一局面是和南海深海平原难以建立深海氧同位素曲线有很大关系的, 南海深海平原古海洋学的推进需要发展有效地层方法, 本文利用深海平原柱状样 QD189 的 $U_{37}^{k'}$ 序列尝试建立古 SST 的时间序列, 从而达到地层划分的目的。

柱状样 QD189 总长 808cm, 取自水深 3950m 的南海深海平原 (117°36'E, 17°43'N), 本文报道上段岩芯 308cm 的 $U_{37}^{k'}$ 序列。从 $U_{37}^{k'}$ 随深度变化的曲线分析, QD189 的 0-308cm 层段的长链烯酮是末次盛冰期以来的产物, 这一推论初步得到 QD189 有机物和浮游有孔虫 AMS ^{14}C 年龄的支持。之所以将 ^{14}C 年龄的结论当作初步支持证据, 是因为用有机碳年龄数据建立年龄模式, 线形插值所得的末次盛冰期 (LGM) 年龄为 24.2 ka BP, 比 LGM 的真实年龄约老 3000 年, 而同一层位的有机质 AMS ^{14}C 对应的日历年龄比浮游有孔虫年龄 AMS ^{14}C 对应的日历年龄老 3000 年, 这意味着使用浮游有孔虫壳体获得的测年结果更能反映沉积年龄, 遗憾的是, QD189 处于一个碳酸钙溶解作用强烈的环境, 能保存下来的浮游有孔虫很少。

将有机碳 AMS ^{14}C 年龄对应的日历年龄减去 3000 年后重新建立年龄模式, 获得 QD189 的 $U_{37}^{k'}$ -SST 初始时间序列。在此基础上, 进一步将 QD189 $U_{37}^{k'}$ -SST 序列调谐到南海北部陆坡柱状样 17940 和 MD05-2904 $U_{37}^{k'}$ -SST 序列上获得了更加精确的年龄控制点, 17940 和 MD05-2904 都具备高密度浮游有孔虫 ^{14}C 测年资料, 借助于南京葫芦洞石笋精确的铀系测年标定的新仙女木事件、向 Bolling-Allerod 暖期过渡事件 (t-BA) 等气候事件, 对 17940 和 MD05-2904 的年代进行了微

调或确认。最终得到了南海深海平原柱状样 QD189LGM 以来的 $U_{37}^{K'}$ -SST 序列, 该序列包含明显的新仙女木事件。水深 1727m 的柱状样 17940 和水深 2066m 的柱状样 MD05-2904 LGM 以来平均沉积速率分别是 44cm/ky、35cm/ky, 而 QD189LGM 以来平均沉积速率约为 12cm/ky, 南海北部陆坡 LGM 以来平均沉积速率约为深海平原的 2-3 倍, 也即 LGM 以来南海深海平原平均沉积速率大约仅达北部陆坡的三分之一。

S04-P-06

Simulated climate sensitivity in global monsoon and arid regions attributable to dynamic vegetation

Wang Hongli^{1,2}, Qiu Linjing^{3,*}

1 Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710061

2 Shaanxi Radio & TV university, Xi'an 710119

3 School of Human Settlements and Civil Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049

* qiulinjing@mail.xjtu.edu.cn

Using the NCAR's Community Earth System Model, two modern simulations, one with dynamic and the other with fixed vegetation cover, are carried out. Based on simulations from numerical experiments, the climate change responses to dynamic vegetation in monsoon and arid regions are analyzed and compared. The results demonstrate that climatological precipitation mainly increases in the Northern Hemisphere (NH) and decreases in the Southern Hemisphere (SH) in response to dynamic vegetation, and the temperature variations show consistent reduction. The amplitude of precipitation change in monsoon

regions is larger than in arid regions, while the variation in temperature is opposite. It is suggested that the precipitation in monsoon regions is more sensitive to dynamic vegetation, while in arid regions temperature is more susceptible. It is also noted that the influence of dynamic vegetation acts to enhance the summer monsoon precipitation in the NH, but restrains it in the SH. At the regional scale, the precipitation and temperature changes are consistent with their hemispheric variation; and some disparity still exists, especially in the Asian monsoon region. The climatological annual mean precipitation and temperature differences tend to be out-of-phase in the NH but in-phase in the SH, in both the monsoon and arid regions. The inter-annual variation shows that the out-of-phase change mainly occurs in monsoon regions, while the arid regions are dominated by in-phase change. Comparing the consistency of the climatological and inter-annual phase changes, it is found that most of the synchronous changes fall in the arid regions, while the asynchronous changes are more evident in the monsoon regions. These findings suggest that the monsoon and arid regions of the NH and SH have their own response characteristics to dynamic vegetation at the climatological and inter-annual timescale.

S04-P-07S

末次冰消期以来大九湖泥炭的发育与气候变化

张文超^{1,2}, 晏宏^{1*}, 程鹏¹, 卢凤艳¹, 李明¹, John Dodson^{1,3}, 周卫健¹, 安芷生¹

1 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 伍伦贡大学 地球与环境学院, 澳大利亚 新南威尔士 2500

* yanhong@ieecas.cn

我国中部季风区全新世高分辨率气候变化的记录较少, 仅有几个石笋氧同位素记录, 且其记录的气候信号还存在一些争议。大九湖泥炭位于我国中部地区, 可以提供更多的全新世高分辨率气候变化信息。近十几年, 虽然有大量学者研究了大九湖泥炭对气候变化的响应, 但不同指标反映的气候变化特征不同, 而且不同采样点的同一指标的变化特征也存在很大差异, 这说明局部地质、水文条件对大九湖泥炭的发育有一定影响。因此, 在利用大九湖泥炭重建古气候变化之前, 有必要进一步弄清楚大九湖泥炭发育的历史和机制。

我们在大九湖盆地中部获得了深 205 cm 的泥炭剖面, 选取 8 个泥炭和孢粉样品进行了 AMS¹⁴C 测年, 并对 TOC、TON、Al、Ti 和 Rb/Sr 等指标进行了分析。结果显示: 受气候和局地水文地质条件的影响, 采样点附近的泥炭在 YD 期间发育缓慢, 进入全新世后 (除了 9.0-10.5 cal kaBP 和 1.5 cal kaBP 以来) 发育稳定, 对快速、大尺度的季风减弱事件有很好的响应。但中晚全新世东亚夏季风的长期减弱趋势并没有影响泥炭的发育, 这与相对稳定的温度变化有关。1.5 cal kaBP 以来 (表层 15cm) 可能受人类活动的影响, 有机质含量下降。但各个指标都显示 9.2 ka 左右化学风化减弱, 风成侵蚀加剧, 东亚夏季风 (EASM) 明显大幅度减弱, 可能是一次大范围的快速气候变化事件。对比我国季风区其他记录 (如青海湖、湖光岩、董歌洞等), EASM 在 9.2 ka 左右同样出现快速减弱现象, 而且在我国中部地区 9.2 ka 事件可能是全新世最大的一次快速气候变化事件。类似地, 印度季风区的石笋记录显示, 印度季风降水在 9.2

ka 左右也出现明显减少。这些季风区记录在年龄误差范围内与北大西洋冰筏沉积、格陵兰冰芯、中高纬地区湖泊、大气 ¹⁴C 产率、¹⁰Be 通量和低纬 ITCZ 变化等基本一致, 说明 9.2 ka 左右亚洲季风的减弱可能与太阳活动、淡水脉冲、低纬 ITCZ 等的变化有关。

S04-P-08S

过去 2000 年亚洲夏季风降水百年尺度变化及其区域差异的模拟分析

韩春风¹, 刘健^{1,2,3*}, 王志远¹

1 虚拟地理环境教育部重点实验室, 地理环境演化江苏省重点实验室, 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023

2 江苏省大规模复杂系统数值模拟重点实验室, 南京师范大学数学科学学院, 南京 210023;

3 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023

* jliu@njnu.edu.cn

利用通用地球系统模式 (CESM, 1.0.3 版本) 进行的多个过去 2000 年瞬变积分试验模拟结果, 初步探讨了亚洲夏季风及其子系统 (东亚夏季风、印度夏季风和西北太平洋夏季风) 降水百年尺度时空变化特征与成因。研究表明: 1) 亚洲季风区及其子区降水与温度的时间变化均基本同位相。亚洲夏季风降水存在准 100 年、准 150 年和准 200 年周期, 东亚夏季风降水存在准 200 年和准 100 年周期, 印度和西北太平洋夏季风降水均存在准 100 年的显著周期; 太阳辐射是影响各区域夏季风降水百年际周期的主要因素, 东亚和亚洲夏季风降水百年际周期还与火山活动有关。2) 亚洲夏季风降水标准化 EOF 第一模态的空间分布型为 100°E 以东由北向南呈“正-负-正-负”的条带状分布和在 100°E 以西的印度季风区呈西南-东北向的“正-负-正”分布, 该分布型主要受太阳辐射的影响; EOF 第二模态

呈现阿拉伯海东部、印度半岛南端和华北平原及其以东同纬地区与其他地方反相的分布型态, 该分布型主要受温室气体和气候系统内部变率的共同影响; 分析表明多因子间的非线性相互作用会放大对气候系统内部变率的影响。3) 亚洲夏季风三个子系统降水百年尺度第一模态空间分布与亚洲夏季风降水第一模态中对应区域的分布型态相似; 东亚夏季风降水主模态主要受太阳辐射和温室气体的共同影响, 印度夏季风降水主模态与太阳辐射有关, 西北太平洋夏季风主模态受除火山活动外的多因子共同影响。

S04-P-09S

云南宝秀泥炭记录的印度夏季风在 32.7~11.4 cal ka BP 期间的演化

黄超, 韦刚健*

中国科学院广州地球化学研究所, 同位素地球化学国家重点实验, 广州 510640

* gjwei@gig.ac.cn

东亚季风和印度季风是亚洲季风的两个子系统, 既相互独立又相互作用。两个季风在地质历史时期所表现出的一致性和差异性的演化关系, 可能反映这两个季风系统同时受控于全球和区域气候变化的影响。过去十几年, 在我国季风区开展了大量的研究, 然而有关全新世以来的东亚夏季风和印度季风的相位关系并未取得一致认识。一些学者认为, 两者在整个全新世期间存在广泛的一致性变化; 而另一些学者则认为, 两者在全新世变化不同步, 甚至在多个时间尺度上存在反向变化关系。而将时间尺度前推到末次冰期以来, 相关的研究甚少。

泥炭在古气候研究中是一种非常重要的地质载体, 我们在云南宝秀盆地获得一个长为 1.6m 的泥炭岩芯, ^{14}C 定年的结果表明岩

芯的时间跨度为 32.7~11.4 cal ka BP。地球化学指标和矿物学指标的综合分析表明, 泥炭岩芯中的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 、 K/Rb 、 La/Sm 、 $\text{Clay}/\text{Feldspar}$ 以及 TOC 含量可作为印度夏季风变化的代用指标, 而 $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOC}}$ 记录了温度的变化信息。因此, 泥炭岩芯记录的印度夏季风可分为三个阶段: 33-23 ka BP, 较强的印度夏季风时期; 23-18 ka BP, 对应于末次冰盛期(LGM), 印度夏季风处于最弱阶段; 18-11.4 ka BP, 对应于冰消期, 印度夏季风逐渐增强。

在轨道尺度上, 宝秀泥炭与阿拉伯海沉积物、云南泸沽湖孢粉等所记录的印度夏季风表现出广泛的一致性, 同时, 与葫芦洞石笋和源堡黄土所记录的东亚夏季风的变化趋势一致。东亚夏季风与印度夏季风在轨道尺度上的同步变化关系可能主要受控于北半球太阳辐射的变化。在千年尺度上, 宝秀泥炭记录了 4 次印度夏季风的突然减弱事件, 这 4 次弱季风事件在云南星云湖和阿拉伯海沉积物上都有很好的记录, 葫芦洞石笋和源堡黄土也记录到了 4 次减弱的东亚夏季风, 而且这 4 次弱季风事件与 YD、H1、H2 和 H3 事件一一对应。印度夏季风与东亚夏季风在千年尺度气候突变事件上的同步变化可能主要受控于 ITCZ 的影响。在 23-19 ka BP 期间, 宝秀泥炭记录的印度夏季风与石笋和黄土等记录的东亚夏季风表现出明显的反向变化关系, 这可能是受到 ENSO 系统的影响。

宝秀泥炭为探讨末次冰期印度夏季风与东亚夏季风的变化关系提供了良好的机会。在轨道尺度和千年尺度气候突变事件上, 印度夏季风和东亚夏季风表现出广泛的一致变化; 而在 23-19 ka BP 期间, 印度夏季风和东亚夏季风却呈现非常明显的反向变化关系。印度夏季风和东亚夏季风在各个时间尺度上的变化关系十分复杂, 需要开展较高分辨率、

更好年代控制的多种指标综合对比研究以及气候模拟研究。

S04-P-10S

Wetting and greening Tibetan Plateau in early summer

ZHANG Wenxia^{1,2}, ZHOU Tianjun^{1,3,4*},
ZHANG Lixia^{1,5}

1 State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Climate Change Research Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 10029, China

4 Joint Center for Global Change Studies (JCGCS), Beijing 100875, China

5 Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China

*zhoutj@lasg.iap.ac.cn

Different from the well recognized surface warming, precipitation changes over the Tibetan Plateau (TP) remain an ambiguous picture, while it plays an essential role in the hydrological cycle and livelihoods locally and in downstream countries. Here we found a significant increase in precipitation amount over the southeastern TP (13.46%/decade) in May, when the rainy season starts, for the period 1979-2014. Both precipitation frequency and intensity contribute to the increasing precipitation amount. The wetting trend over the TP is directly resulted from the earlier onset of the Bay of Bengal (BOB) summer monsoon, which has advanced by approximately 3 days per decade since the late 1970s. The earlier

onset of the BOB summer monsoon brings more sufficient southwesterly water vapor transport, and favors deep convection over south of the TP, thus leading to the local excessive rainfall in May. This wetting over the TP has further moistened the soil and animated vegetation activities throughout early summer, indicating profound impacts on the hydrological cycle and ecosystem.

S04-P-11S

Intensified deep convection heating over the Asian-Australian monsoon regions prolong the persistence of the El Niño and La Niña events

Zhenning Li^{1,2}, Song Yang^{1,2*}, and Xiaoming Hu^{1,2}

1 School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong, China

2 Institute of Earth Climate and Environment System, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong, China

*yangsong3@mail.sysu.edu.cn

Relationship between the deep convection heating over the Asian-Australian monsoon regions and the El Niño Southern Oscillation (ENSO) is investigated by using the NCAR Community Earth System Model (CESM). Results indicate that the stronger deep convection heating over the Asian-Australian monsoon regions has a strong link to the persistence of the ENSO events. Specifically, in the strong convection experiment, El Niño events and La Niña events persist 2.6 months and 2.3 months longer on average than those in

the control experiment. Surface wind analysis indicates that the stronger monsoon convection expands the equatorial westerlies in meridional direction, which causes a meridionally weaker zonal wind shear. The weaker shear weakens thermocline feedback via feeble recharge/discharge feedback, which in turn prolongs the persistence of the ENSO events.

S04-P-12S

青藏高原边缘地形对亚洲气候的影响：以蒙古高原和云贵高原为例

沙莹莹*, 石正国*

中科院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061

* shizg@iceccas.cn

青藏高原的阶段性隆升是晚新生代地球演化历史中最显著的构造活动之一, 其隆升被认为是众多地质记录所揭示的亚洲古气候长期演化的重要驱动因素。青藏高原是地球上最大的高原地形, 早期的研究就指出大地形的存在将会对现代北半球气候, 尤其是亚洲气候的形成产生非常重要的影响。由于青藏高原巨大的面积和海拔高度, 大多数研究主要关注青藏高原主体的气候效应而忽略了青藏高原周围中小尺度的山脉地形。事实上, 虽然边缘中小尺度地形在规模和高度上远远不及青藏高原主体, 其热源作用很难与之相比, 但得益于所处特殊位置, 很可能对某些气候系统产生重要影响。例如, 蒙古高原和云贵高原分别位于北半球冬季西风带和印度西南季风的核心区, 现代气象观测资料表明蒙古和云贵高原对其附近的大气环流场有显著的阻挡作用。为深入认识蒙古高原和云贵高原对亚洲气候系统的影响, 我们利用大气环流模式针对蒙古和云贵高原分别设计了有

山、无山的数值试验。结果表明, 蒙古高原的隆升对东亚冬季的气候系统有显著的加强作用, 包括东亚大槽的加深、高空西风急流以及东亚冬季风的加强。云贵高原对印度夏季风的作用与青藏高原主体的作用相反, 云贵高原的隆升减弱了印度季风环流和伴随的季风降水。可见, 除青藏高原主体外, 其周边的山脉地形对亚洲气候系统也有重要作用, 其影响大小和作用方式与边缘地形所处的地理位置密切相关。

S04-P-13S

南海西南部 22kaBP 以来孢粉记录及植被、气候演化的影响因素

杨再宝¹², 李铁刚^{134*}, 南青云¹

1 中国科学院海洋研究所, 海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061

4 岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室, 青岛 266061

* tgli@fio.org.cn

南海西南部低纬地区 CG2 孔 (110.1°E, 6.4°N, 水深 1239m) 的孢粉记录, 从下至上划分为 4 个孢粉组合带, 根据孢粉成分的变化, 重建了 22kaBP 以来植被、环境及气候演化的历史。研究结果表明: 22-18.5ka BP 期间, 研究区孢粉主要来自出露的巽他陆架, 植被类型以低地雨林为主, 海滨红树植物分布较广, 气温比现今略低, 无明显变干迹象。18.5-15ka BP 期间, 研究区海平面平稳上升, 木本植物花粉和蕨类孢子含量下降明显, 草本植物花粉增多, 气候变干趋势明显。15-9ka BP 期间, 低山和低地雨林花粉增多, 红树植物花粉减少, 表明气温有所回升, 也说明此时海平面迅速上升, 海滨红树林被破坏, 花

粉源区距离变远。9-0ka BP 期间,海平面上升到最高且较为稳定,花粉主要来源为婆罗洲及邻近岛屿,植被以低地雨林为主,并有大量喜湿、热的蕨类孢子,显示出与现今相近的湿热环境。但花粉浓度为全孔最低,表明花粉源区距离最远。蕨类植物的分布及其孢子的传播都主要受到降水的影响,所以选取 CG2 孔蕨类孢子的百分含量作为季风降水的指标。结果显示,CG2 孔蕨类孢子百分含量数据与本孔浮游有孔虫的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{seawater}}$ 值所揭示东亚夏季风强弱变化步调一致。自末次冰盛期开始,南海西南部地区,对流活动开始减弱,在距今大约 15ka BP 达到最小值,与 Heinrich 1 事件对应。在 Heinrich 1 事件之后,随着海平面的迅速升高,东亚夏季风逐渐增强,降水逐步增加。过去 22ka BP 南海西南部低位地区的植被及气候演化,主要受到南海海平面及季风降水的影响。

S04-P-14S

石笋记录的印度东北部 H4 事件的全球区域精细对比

许瑶¹, 杜文静^{1*}, 程海^{1,2}

1 西安交通大学全球环境变化研究院, 西安 710048

2 美国明尼苏达州大学地球科学系, 美国

* wenjingd@mail.xjtu.edu.cn

末次冰期存在千年尺度气候震荡,其中一系列气候突变事件(如 Heinrich 事件)已被广泛研究,然而事件的驱动机制仍存在争议。高精度定年和高分辨率石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的获取,有利于突变事件的精细对比,为进一步探索与确定气候突变事件机制提供重要的科学依据。

本研究利用来自印度东北部 Mawmluh 洞的石笋样品 MAW-D,重建了 Heinrich 4(H4)事件对应的印度季风强弱历史变化规律。所选样品具有高 U 含量(5~9 ppm),通过 U-Th

定年和稳定同位素分析,建立了高精度高分辨率的 MAW-D 石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录,结合格陵兰 NGRIP 冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $[\text{Ca}^{2+}]$ 记录、葫芦洞 MSD/MSL 的 $\delta^{18}\text{O}$ 记录、以及来自南极洲西部的 WD 冰芯的 CH_4 浓度和冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的分析对比,发现葫芦洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录和 MAW-D 记录在事件转型期较 NGRIP 冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $[\text{Ca}^{2+}]$ 记录变化更为缓慢,WD 冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 记录则显示整个过程中南极温度缓慢持续上升,且在最后北半球记录突变发生时,南极温度并没有出现显著变化,突变结束点对应于南极温度的最高点。分析结果表明:亚洲夏季风强度变化滞后于亚洲冬季风(或西风气候)变化,其主要原因在于两者受控因素不同,北半球高纬温度扰动可通过大气遥相关快速改变亚洲冬季(或西风)强度的变化,而亚洲夏季风则可能更多地受控于海陆热力差异,因而受到较为缓慢的海洋变化过程的调节而滞后;南极温度通过影响赤道流调节亚洲季风强度的机制并不能很好地解释 H4 事件期间缓慢上升的南极温度和缓慢增强(减弱)的亚洲夏(冬)季风强度之间的对应关系,以及 H4 事件结束时亚洲季风的相对突变。总之,围绕高分辨率和精确定年的亚洲季风的 H4 事件记录来看,北半球气候的影响仍是亚洲季风系统变化的主要控制因素。

S04-P-15S

百年来近海不同泥质区沉积物记录的东亚季风差异

张照鹏¹, 褚忠信^{1,2*}

1 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100

2 中国海洋大学海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛 266100

*zhongxinchu@ouc.edu.cn

近年来,我国海洋地质工作者尝试从渤

海、黄海、东海等边缘海的泥质沉积物粒度资料中，提取敏感粒度组分作为研究东亚季风的替代性指标，取得了大量有益成果。为了进一步探讨百年来近海泥质区沉积物敏感粒径用于重建东亚季风的可行性，我们从北黄海西部泥质区、南黄海中部泥质区和闽浙沿岸泥质区分别提取了岩心短柱沉积物敏感粒级组分，与东亚季风强度指数进行对比。结果发现，北黄海西部泥质区和南黄海中部泥质区沉积物敏感粒径与东亚夏季风关系不明显，而与东亚冬季风有正相关关系。闽浙沿岸泥质区敏感粒径与东亚夏季风指数呈正相关关系，而与东亚冬季风指数关系不明显。此外，为了明确近海不同泥质区沉积物记录的东亚季风差异的原因，进一步讨论了影响沉积物敏感粒径的河流输沙量、河流悬沙中值粒径、海洋动力等其他因素。

S04-P-16S

MRI 模式对华南春雨气候态及年际变率的模拟：不同模式分辨率的比较

李普曦^{1,2}，周天军¹，邹立维¹

1 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室 (LASG)，北京 100029

2 中国科学院大学，北京 100049

* lipx@lasg.iap.ac.cn

利用日本气象研究所 (MRI) 参加第五次耦合模式比较计划 (CMIP5) 中不同分辨率大气环流模式的试验结果，评估了其对华南春雨气候态和年际变率的模拟能力，同时考察模式分辨率的影响。结果表明，三种不同水平分辨率 (120 km, 60 km 和 20 km) 的模式均能再现北半球春季位于中国东南部的降水中心。相较于 120 km 模式，20 km 模式可以更好模拟出华南春雨位于南岭-武夷山脉的

降水中心。水汽收支分析表明，60 km、20 km 模式高估了水汽辐合，从而高估了华南春雨的降水强度。在年际变率方面，模式的不同分辨率版本均能较好地模拟出观测中 El Niño 衰减年春季的西北太平洋反气旋以及华南春雨降水正异常。较之 120 km 模式，60 km、20 km 模式模拟的降水正异常的空间分布和强度更接近观测，原因是 60km、20km 模式中 El Niño 衰减年春季华南地区的水平水汽平流异常更接近观测。研究表明，发展高分辨率气候模式是提高华南春雨的气候态和年际变率模拟水平的有效途径。

S04-P-17S

中国黄土中白云石和方解石的溶解四阶段模型指示季风降雨变化

孟先强¹，季峻峰^{1*}，Balsam William³，李石磊¹，何同¹，刘连文¹，陈骏¹，

1 南京大学地球与工程科学学院，表生地球化学教育部重点实验室，南京 210023

2 Department of Earth Sciences, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire, USA

* jijunfeng@nju.edu.cn

白云石和方解石从源区搬运到黄土高原沉积后，白云石只能被溶解而不是再沉淀形成，而方解石则能再结晶形成，但是它们的含量主要受季风降雨的控制，因此它们的含量变化可以估测过去的季风降雨变化。为此，我们研究了现代表层土壤与八个末次冰期以来的黄土剖面。发现现代表土的白云石在 650-600 mm 的降雨量下完全溶解，而方解石几乎于 700 mm 降雨量处消失。末次间冰期以来的八个剖面的白云石和方解石含量基本呈现从西北往东南逐渐降低，即随着降雨的增加它们的含量逐渐降低直至完全消失。对于末次冰期黄土层 (L1)，北部曹峴剖面白云石

含有平均值约为 3%，方解石约为 16%，而南部宝鸡剖面部分深度白云石完全溶解，平均值约为 0.4%，方解石约为 8%。而末次间冰期 (S1)，北部曹峴剖面只有在 MIS5e 阶段白云石有部分被完全溶解，其他深度都含有白云石和方解石，其含量分别为 2%和 15%；但是黄土高原中部平凉剖面白云石开始被完全溶解，其余南部剖面几乎不含白云石；中部的西峰剖面 S1 部分深度，方解石被完全溶解；到南部的灵台剖面，几乎完全被溶解且明显的往下层淋滤，其淋滤深度达到 2 m，而更南部的宝鸡剖面的淋滤深度更甚，达到 4 m。基于它们在八个剖面的含量变化，发现白云石最先溶解，方解石随后，最后碳酸盐都被淋失。因此我们建立一个碳酸盐溶解的四阶段模型去重建过去的降雨量：1、白云石和方解石共存指示非常弱的夏季风，年均降雨量 (MAP) 小于 610 毫米；2、白云石完全溶解但方解石还残留指示弱的夏季风，610 < MAP < 690 毫米；3、白云石和方解石都消失但是没有向下层淋失指示强的夏季风，690 < MAP < 725 毫米；4、白云石和方解石都消失且向下层淋失指示非常强的夏季风，MAP > 725 毫米。

S04-P-18S

晚第四纪间冰期南海周边植被组成与季风降水变化—南海沉积物中叶蜡碳氢同位素记录

陈云如^{1*}，黄恩清¹，Enno Schefuss²，Stephan Steinke²，Mahyar Mohtadi²，田军¹

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海，200092

2 MARUM-Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, 28359 Bremen, Germany

* 7yunruchen886@tongji.edu.cn

近十年来，植物叶蜡碳同位素作为植被类型的替代性指标被用于重建南海周边地区

末次冰盛期以来的植被变化。然而，到目前为止这种方法还没有被利用于研究这个地区长时间尺度的植被类型变迁与气候变化。叶蜡氢同位素作为一种全新的指标，被运用于研究水汽循环，但是在南海的应用还几乎为一片空白。由于叶蜡氢同位素记录了非常复杂的信息，所以我们对于这个指标的指示意义尚不明确。在本次研究中，我们获得了南海北部 GeoB-16602 站位 430 ka 以来间冰期期间的叶蜡正构烷烃碳、氢同位素记录，并以此重建晚第四纪以来华南地区的植被类型变迁以及季风降水变化。

叶蜡碳同位素数据显示自 MIS11 期以来华南地区 C₄ 植被的相对含量逐渐增加，反映华南地区的气候逐渐干燥，这种气候变化可能与 ENSO 变化有关。赤道太平洋从 MIS11 期以来拉尼娜状态逐渐减弱，降水中心由西太平洋地区逐渐转移到赤道太平洋中部，华南地区降水减少。这种与 ENSO 活动相关的长期气候湿度变化在其他的南海沉积物记录中也有发现，不过在叶蜡氢同位素记录和中国东部石笋记录中均没有体现。

叶蜡碳同位素记录显示在 Termination I、II、IV 和 V 期华南地区都出现了 C₄ 植被的迅速扩张。将其与南亚的植物叶蜡碳同位素记录对比，发现符合南北半球季风降水的“跷跷板”假说，因此我们猜想这是由 ITCZ 的迁移引起的。在这些冰消期期间，北极都发生了融冰事件，这可能会对 ITCZ 的纵向迁移造成影响，从而导致南亚地区气候湿润而华南地区气候干燥。说明赤道地区水汽循环过程对于太阳辐射的响应也会受到高纬作用的影响。

叶蜡氢同位素在非洲地区已有的研究中被认为是降水量的替代性指标。然而对比华南地区的现代观测数据，降水量与降水氢同位素记录之间并没有表现出强烈的相关性。而且本站的叶蜡氢同位素记录与很多南海北

部环境反映干湿度的替代性指标记录并不相符。所以，在华南地区“雨量效应”不足以解释叶蜡氢同位素的变化。

由叶蜡碳同位素记录得到的 ITCZ 迁移引起华南地区降水变化的猜想在叶蜡氢同位素记录中也得到了支持。冰消期时，叶蜡氢同位素值都偏重。此时 ITCZ 尚未北移，东亚夏季风与印度夏季风都较弱，而东亚冬季风盛行，华南地区接受更多来自北方陆地氢同位素较重的水汽而来自印度洋和南海氢同位素较轻的水汽在华南地区减少。这一现象同时揭示了华南地区水汽来源的变化对叶蜡氢同位素的影响。

S04-P-19S

过去 25ka 南印度洋亚热带地区的气候变化

李瀚瑛¹, 程海^{1,2*}, Ashish Sinha³, Christoph Spötl⁴, 宁有丰¹, Jayant Biswas⁵, R. Lawrence Edwards²

1 西安交通大学全球环境变化研究院, 西安 710049

2 明尼苏达大学地球科学学院, 明尼阿波利斯市 55455

3 加利福尼亚州立大学多明格斯山分校地球科学学院, 加利福尼亚 90747

4 因斯布鲁克大学地质学学院, 因斯布鲁克

5 国家洞穴研究保护中心, 赖布 尔 492001

* cheng021@mail.xjtu.edu.cn

印度洋亚热带地区在全新世的气候变化对亚洲人民的生产生活有着重要意义。通过对南印度洋罗德里格斯岛(后简称罗岛) La Vierge 洞穴(19°45'S, 63°22'E) 石笋 LAVI-4 和 Patate 洞穴(19°45'S, 63°23'E) 石笋 PATA-1 进行高精度的 U 系测年和氧同位素分析, 首次重建了该区域 1ka 至 25ka 以来高分辨率的降水变化记录。在南半球夏季(十二月-次年二月), 位于赤道南部的热带辐合带(ITCZ)为热带及亚热带地区提供了充沛的降水, 罗岛

的降水约三分之二集中于夏季, 降水氧同位素值偏负。当南半球秋冬季来临(三月-八月), ITCZ 逐渐北移, 罗岛南部的马斯克林高压在三至五月向西北跃进并逐渐加强, 高压控制下的罗岛降水逐渐减少, 降水氧同位素值偏正。这里我们将罗岛石笋氧同位素记录解释为南印度洋亚热带降水量变化, 它可能显示了印度洋赤道以南亚热带地区 ITCZ 和马斯克林高压在全新世的空间分布和强度变化。在末次冰盛期期间(25ka~19ka), ITCZ 位置偏南且强度较高, 罗岛地区降水较充沛; 在转型期(19ka-11.6ka)期间, ITCZ 的强度在 19ka 至 17ka 期间和 13ka 至 11.6ka 期间强度逐渐减弱, 在 17ka 至 13ka 期间 ITCZ 整体趋势表现为逐渐增强。马斯克林高压分别在 17-18ka, 16ka-16.15ka, 13.4ka-13.75ka 以及 11.6ka-12ka 处强度达到极大值点, 此时罗岛气候干旱。全新世期间(11.5ka-1ka), 降水量波动幅度大, 整体呈现 ITCZ 微弱减小且北移, 马斯克林高压缓慢增强的趋势。根据现代器测数据分析, 马斯克林高压有年代际尺度的变化周期, 罗岛氧同位素变化有 111 年, 60 年, 46 年和 36 年尺度的振荡周期, 较好的对应了马斯克林高压年代际尺度的变化。

S04-P-20

黄土记录的晚全新世东亚冬季风强度千年—百年际尺度上的变化

康树刚^{1*}, 王旭龙¹, Geoff A.T. Duller², Helen M. Roberts², 程鹏¹, 卢演涛¹, 安芷生¹

1 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安, 710061

2 Department of Geography and Earth Sciences, Aberystwyth University, Aberystwyth, Ceredigion, SY23 3DB, UK

* kshg@ieecas.cn

目前, 关于全新世东亚冬季风和夏季风

强度在不同时间尺度上的演化与相位关系还存在争议。尽管中国黄土被视为研究早于全新世尺度上东亚冬夏季风强度的良好载体，但是由于全新世黄土存在年代、扰动、分辨率等方面的限制，所以基于中国黄土的全新世千年-百年尺度上的冬夏季风强度记录并不多见。本研究中，我们对黄土高原南部一厚约 1.9 m 的晚全新世（3.3 ka BP 至今）高分辨率（可达年代际）黄土剖面进行了高密度光释光测年、磁化率和粒度指标测试，基于此，重建了晚全新世东亚冬季风和夏季风在千年-百年际尺度上的强度变化。在千年际尺度上，与东亚冬季风相反，夏季风表现为持续减弱；在百年际尺度上，东亚冬季风和夏季风频繁波动，呈反相位并表现出明显的约 700-800 年周期。我们认为北半球夏季太阳辐射和太阳活动分别控制了上述千年际和百年际尺度上东亚冬季风和夏季风强度的变化，而中间媒介可能是 ITCZ 年平均位置的南北移动，另外北大西洋经向翻转流的强度变化对百年际尺度上的变化亦有影响。

S04-P-21

Distribution and transportation of surface sediment pollen in the northeastern Indian Ocean and terrestrial area tracking

Chuanxiu Luo^{1*}, Chixin Chen², Huanhuan Peng³, Rong Xiang¹, Jianguo Liu¹, Muhong Chen¹, Jun Lu¹, Su Xiang¹, Qiang Zhang¹

¹ CAS Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, China

² Guangzhou Marine Geological Survey Bureau, Guangzhou;

³ Institute of Marine and Meteorology Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangdong, China;

*luocx30@126.com

In order to analyze the terrestrial area, thirty-three seabed surface sediment samples from the northeastern Indian Ocean were selected and thirty-one airborne pollen samples were collected from the study area for pollen analysis. It was found that high concentrations of 73 grains/g or more pollen in surface sediments are mainly distributed in the basin with water depths of less than 3000m. The pollen in this region was mainly from the island of Sri Lanka, while the islands of Sumatra and the Malay Peninsula are other contributing sources. Spores comprised the highest percentage, while the overall percentage of herb pollen was higher than that of tree pollen. *Microlepia* and *Pteris* comprise a high percentage of trilete spores. Polypodiaceae comprise the highest percentage of monolete spore. Nine samples on the east-west section were selected along the equator in this study. Utilizing the 90°E Indian Ridge as a dividing line, more *Microlepia* spores and herbaceous pollen were present on the west of the line, possibly originating in Sri Lanka and India. More Polypodiaceae spores and tree pollen (*Pinus* excluded) were present on the east of the boundary; therefore, it is inferred that the tree pollen may originate from Sumatra Island. Eight samples from the northwest and southeast sections were also selected. Utilizing the 90°E Indian Ridge as a dividing line, more *Microlepia* spores and herb pollen were present on the northwest side of the line, while more Polypodiaceae spores and tree pollen (*Pinus* excluded) were present on the southeast of the boundary, indicating that Polypodiaceae spores and tree pollen are mainly from Sumatra Island.

Based on PCA analysis, it was found that two main factors affect pollen percentage: northwestward ocean currents and the distance from landmasses around the study area. In the northeastern Indian Ocean, airborne pollen types and concentrations showed a close relationship with wind direction and distance from the sampling point to the continent.

S04-P-22

Physical Mechanisms of Summer Precipitation Variations in the Tarim Basin in Northwestern China

Wei Huang^{1,*}, Song Feng², Jianhui Chen¹ and Fahu Chen¹

1 MOE Key Laboratory of West China's Environmental System, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

2 Department of Geosciences, University of Arkansas, Fayetteville, Arkansas

*whuang@lzu.edu.cn

The Tarim basin (TB) in northwestern China is one of the most arid regions in the middle latitudes, where water is scarce year-round. This study investigates the variations of summer precipitation in the TB and their association with water vapor fluxes and atmospheric circulation. The results suggest that the variations of summer precipitation in the TB are dominated by the water vapor fluxes from the south and east, although the long-term mean water vapor mostly comes from the west. The anomalous water vapor fluxes are closely associated with the meridional teleconnection pattern around 508–808E and the zonal teleconnection pattern along the Asian westerly jet in summer. The meridional teleconnection

connects central Asia and the tropical Indian Ocean; the zonal teleconnection resembles the “Silk Road pattern.” The two teleconnections lead to negative height anomalies in central Asia and positive height anomalies in the Arabian Sea and India and in northern central China. The anomalous pressure gradient force, caused by these height anomalies, leads to anomalous ascending motion in the TB and brings low-level moisture along the eastern periphery of the Tibetan Plateau and water vapor from the Arabian Sea passing over the Tibetan Plateau to influence precipitation development in the study region.

S05-O-01

MIS14 北极冰盖有限发育与 MIS 15-13 北半球超长间冰期

郝青振^{1*}, 旺罗¹, Oldfield, F.², 郭正堂¹

1 中国科学院地质与地球物理研究所新生代地质与环境重点实验室, 北京 100029

2 School of Environmental Sciences, University of Liverpool, Liverpool L69 7ZT, UK

*haoqz@mail.iggcas.ac.cn

米兰科维奇经典理论认为在第四纪冰期-间冰期旋回中, 南北半球近似同步变化, 北半球高纬度夏季太阳辐射周期性变化是气候旋回变化的根本原因。深海沉积氧同位素和南极冰芯氩同位素记录显示最近 8 个冰期旋回以 10 万年周期为主, 间冰期最大长度约为 6 万年。然而, MIS 14 时期全球多个地区, 尤其北半球气候偏暖的现象暗示着北半球可能在 MIS15-13 期间存在超长间冰期, 但学术界对此没有提出系统认识。获取 MIS 14 时期北极冰盖演化的记录, 并进而获得该时期全球气候行为特征, 对认识冰期旋回的多样性、丰富和完善第四纪冰期-间冰气候基本理论具

有重要意义。

“在轨道时间尺度上，中国黄土粒度（反映冬季风）的快速增加与北极冰盖增长同步”原理的提出，为研究北极冰盖的变化提供了新的思路。我们对洛川和西峰驿马关剖面 90 万年以来的黄土-古土壤序列开展了粒度和磁化率分析，分别以 $>32\ \mu\text{m}$ 粗颗粒含量和频率磁化率作为亚洲冬季风、东亚夏季风的指标。同时开展了全球古气候记录集成研究，并系统对比了最近 90 万年以来不同冰期形成时期两极太阳辐射与轨道参数的配置特征，探讨冰期形成的驱动机制，具体认识如下：

1) 整个 MIS 14 期间黄土高原黄土粒度记录没有显示冬季风快速增加的现象，指示北极冰盖没有显著扩张过，这与其他冰期冬季风变化形成鲜明对比；经全球集成研究发现，自南半球低纬度地区到北极地区，MIS 14 呈现整体温暖的状态(最冷相当于间冰期内部的冰阶气候)，而南半球中、高纬地区气候则接近“典型冰期”状态。由此提出 MIS 15–13 期间，北半球出现“超级间冰期”，间冰期长度超过了 10 万年。该结果表明最近 100 万年以来的气候变化可能并非以简单的 10 万年准周期变化为主，而是存在超级间冰期。

2) 通过地轴斜率与两极夏季太阳辐射岁差周期变化的配置关系研究，发现 MIS 14 冰期为南极过程驱动所致。在 MIS14 初期，南极夏季太阳辐射与地轴斜率变化同时达到最低值，易于触发冰期；而在北极地区两者最低值显著不同步，不易触发冰期。类似的地球轨道参数配置出现在 MIS 10, MIS 18、MIS 20 等时期，显示南极驱动可能是触发这些冰期的重要因素，为 40 万年和 80 万年前后南极率先进入冰期提出了可能的理论解释。

3) 中更新世 MIS 15–13 北半球整体温暖的超级间冰期与阿舍利手斧从非洲向欧亚地区大规模传播和人类群体遗传学证据指示的

人类扩张在时间上一致。由于间冰期气候能够为早期人类适应高纬度环境提供适宜条件，因此该超级间冰期可能是古人类第二次大规模走出非洲的重要动因。

S05-O-02

Rapid precipitation change in tropical West Pacific linked to North Atlantic climate during the last deglaciation

Zhifang Xiong^{1,*}, Tiegang Li², Fengming Chang¹

1 Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China

2 Key Laboratory of Marine Sedimentology and Environmental Geology, First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China

* zhfxiong@qdio.ac.cn

The cause of rapid hydrological changes in the West Pacific Warm Pool (WPWP) during the last deglaciation remains contentious. In order to better understand the response of tropical hydrology in the WPWP to abrupt climate change events in the North Atlantic Ocean, the precipitation variations during the last deglaciation were extracted from the proxy records of chemical weathering and terrigenous input in Luzon, Philippines. The histories of chemical weathering and terrigenous input since 27 kyr were reconstructed by chemical index of alteration (CIA), newly proposed chemical weathering index (CWI) and K/Al, and TOC/TN, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$, Ti/Ca, terrigenous abundance and fluxes from the International Marine Global Change Study Program (IMAGES) core MD06-3054 in the western Philippine Sea

(WPS). The intensity of chemical weathering during the Last Glacial Maximum (LGM) was equal to or slightly higher than during the Holocene in Luzon. This unusual pattern of chemical weathering, not explained by low air temperature and decreased precipitation during the LGM, can be attributed to the reworking of unconsolidated shelf sediments along eastern Luzon during the LGM sealevel lowstands. The rapid changes on chemical weathering with high intensity during the Heinrich event 1 (H1) and Younger Dryas (YD) and low intensity during the Bølling-Allerød (B/A) were linked to rapid precipitation variations in the WPS during the last deglaciation. The high terrigenous input during the LGM relative to during the Holocene was controlled by the changes of sealevel rather than precipitation in the WPS. Terrigenous input shows long-term decreasing trends superposed by rapid changes with high value during the H1 and YD but low value during the B/A, due to gradually reduced sealevel and rapid precipitation changes in the WPS during the last deglaciation, respectively. The proxy records of chemical weathering and terrigenous input suggest high rainfall during the H1 and YD but low rainfall during the B/A offshore Luzon, consistent with rainfall characteristics from X-ray fluorescence derived $\log(\text{Fe}/\text{Ca})$ records offshore Mindanao. The pattern of rapid precipitation change in the WPS was not directly due to the migration of Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and state transform of El Niño Southern Oscillation (ENSO) during the last deglaciation. Based on the observations and modeling results we suggested that Atlantic meridional overturning circulation (AMOC)

controlled the rapid precipitation changes during the last deglaciation in the WPWP, by mediating heat distributions between northern high-latitude and equatorial oceans. Our findings highlight the driving role of North Atlantic Ocean in the tropical hydrologic cycle during the deglaciation.

S05-O-03

南极在上新世至更新世北半球冰期旋回中的作用

马小林*, 田军

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* 86_PaleoMa@tongji.edu.cn

上新世北半球冰盖的出现开启了地球从单极有冰到两极有冰的气候状态, 并且以强烈的冰期-间冰期旋回为特征。然而北半球冰盖出现的机制和两极冰盖之间的相互关系并不清楚。鉴于此, 本研究利用南海北部 ODP1148 站鱼牙化石 Nd 同位素、南海南部 ODP1143 站和东赤道太平洋 IODP U1337 站基于底栖有孔虫 B/Ca 比值重建的太平洋深部碳酸根离子浓度 ($[\text{CO}_3^{2-}]$), 综合太平洋及南大洋深海底栖有孔虫 $\delta^{13}\text{C}$ 、底栖有孔虫壳体 Nd 同位素、碳酸钙堆积速率、海水表层温度以及黄土的粒度数据, 研究南北半球冰盖体积的相对变化, 探讨上新世以来两极冰盖之间的相互关系。

研究表明, 自上新世以来, 长趋势上, 太平洋深部水体的 $\delta^{13}\text{C}$ 稳定在 -0.25‰ 左右, 而中层水的 $\delta^{13}\text{C}$ 从 4 Ma 到 1 Ma, 其值从 0.5‰ 逐渐下降到 -0.25‰, 导致太平洋中层水和深层水的 $\delta^{13}\text{C}$ 梯度逐渐减小; 同时深层水 Nd 同位素从 -4 逐渐下降到 -7。Nd 同位素二端元混合模型计算结果显示太平洋深部南

大洋来源水体在 4-1 Ma 期间增加了 41.8%，说明自上新世以来，南极冰盖扩张加剧了南大洋深层水的形成和向北的流动，太平洋经向环流得以增强，导致北太平洋中层水向南的流动也相应加强。轨道尺度上，在北半球冰盖扩张之前的氧同位素（Marine Isotope Stage）MIS G16 和 MIS G10 两个冰期当中，太平洋中层水和深层水的 $\delta^{13}\text{C}$ 梯度都比较小，黄土的粒度变细，南半球海水表层降温幅度比北半球明显，说明在这两个冰期全球冰盖的扩张以南极冰盖的扩张为主；而在北半球冰盖扩张之后的 MIS G6、MIS 104、MIS 82、MIS 78，太平洋中层水和深层水的 $\delta^{13}\text{C}$ 梯度增大，黄土粒度变粗，北半球相对于南半球强烈降温，表明在这几个冰期里，全球冰盖的扩张主要以北半球冰盖的扩张为主；而在 MIS 100、MIS 98 和 MIS 96 这三个超级冰期里，南极和北极冰盖都发生了显著的扩张。

基于底栖有孔虫 B/Ca 比值重建的太平洋深部 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 在上新世以来变幅较小，介于 0-30 $\mu\text{mol}/\text{kg}$ ，表明大洋深部碳酸钙饱和度相对稳定。但是，太平洋深部碳酸钙在约 3-2.8 Ma 期间快速增加，碳酸钙补偿深度也大幅加深，同时大气 CO_2 浓度下降约 150 ppm，可能表明在北半球冰盖扩张之前，南极冰盖扩张导致深层水形成和大洋分层加强，扣押了更多的大气 CO_2 ，并且以碳酸钙堆积的方式将吸收的 CO_2 移出海气系统。在 2.9-2.4 Ma，偏心率相对较低，并且 100 kyr 的周期并不发育，表明偏心率相对稳定，导致太阳辐射量的季节差异较小；在此期间，当斜率处在 41 kyr 周期的低值期时，夏季和冬季接收的太阳辐射量差异相对较小。偏心率和斜率都处在低值期的结果是冬季太阳辐射量相对较高，可以提供足量的水汽，有利于冰盖累积；夏季太阳辐射量相对较低，可以阻止冰盖融化，促进冰盖扩张。因此，我们提出晚上新世太阳

辐射量变化首先触发了南极冰盖扩张，降低了大气 CO_2 浓度，形成了正反馈机制，并最终触发上新世北极冰盖的扩张和全球变冷。

S05-O-04

早中更新世的 400k 冰期旋回的再探讨

柳中晖

香港大学地球科学系

大量的古气候记录显示冰期旋回在 $\sim 1\text{Ma}$ 时由 41k 转变成 100k 周期，并已提出了很多假说来解释此转变。而在 $\sim 1\text{Ma}$ 之前，叠加在主要的 41k 周期上的 400k 周期也显著可见，这是冰期旋回理论研究的另一难点。以前的工作基于对轨道参数和古记录进行频谱分析，认为对轨道参数的“截断”机制可解释 400k 周期。我们对三类代表性的古气候曲线，深海氧同位素，海表温度和黄土磁化率进行了仔细的对比研究，发现较强的 100k 周期出现于接近偏心率 400k 周期的最小节点上，任何轨道参数的“截断”机制并不能解释此现象。我们认为现行采用的轨道调谐年代模式需要微调以使较强的 100k 周期精确对应于偏心率 400k 周期的最小节点。而此强 100k 周期可用 2/3 个 41k 倾斜角周期的“捆绑”机制来解释。相似的机制已用来解释 1Ma 以来的 100k 周期。主要差异在于 1Ma 以来在较冷的平均气候状态下，此“捆绑”机制发生于偏心率的 100k 周期，而在 1Ma 之前的较暖的平均气候状态下，此“捆绑”机制发生于偏心率的 400k 周期。

S05-O-05

南部非洲晚更新世环境变化——IODP 361 航次 1477 站位岩心研究进展

张虎才

云南师范大学高原湖泊生态与全球变化实验室,昆明
呈贡, 650500

IODP36 航次 1477 该站位于南部非洲莫桑比克东侧水深 429 m 的大陆架,在该站位共获得 U1477A、U1477B、U1477C 3 个深度分别为 180.9 m、174.1 m 和 119 m 岩芯,根据船上研究结果,岩芯底部最老年龄在距今约 16 万年左右,新近获得的有孔虫稳定同位素结果也证明了船上的工作结果的可靠性。现有数据显示该点地层具有 1m/千年以上的沉积速率,使得年际分辨率气候重建成为可能,为探讨晚更新世以来非洲季风演化过程及南北半球气候变化同步-异步性、MIS5 气候稳定-不稳定性、MIS4-MIS3 人类走出非洲、神秘 MIS3 气候变化过程、晚更新世海平面和阿加勒斯洋流变化及其气候响应等一系列全球性问题提供珍贵的地质样品。

S05-O-06

第四纪冰期旋回中的热带水循环变化

黄恩清*, 田军

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* ehuang@tongji.edu.cn

冰芯大气氧同位素和石笋氧同位素记录显示,热带水循环变化主要受两万年岁差节律控制,这与晚第四纪冰期旋回的十万年周期截然不同。因此在轨道时间尺度上,热带水循环不应该被纳入冰期旋回的框架进行研究。然而,晚第四纪大冰盖对全球气候的强大扰动能力,导致低纬水循环过程的一些特征仍然与高纬气候过程存在紧密联系。目前记录显示,这种联系至少可以表现在以下两个方面:(1)千年尺度上的低纬水循环变化;(2)热带西太平洋水循环在不同冰期旋回中的差异性。

千年尺度上高低纬气候的一致变化已经

被许多记录证实,这里主要强调冰消期(Termination)气候变化的独特性。冰消期时北大西洋出现规模巨大的冰筏碎屑沉积事件。

中国南方石笋记录最早发现,冰消期石笋氧同位素记录出现异常重值,可能代表当地出现极端干旱现象。然而,石笋记录的气候意义存在不同解读。近来证据表明华南石笋记录不能代表当地降雨变化。我们通过分析南海海洋沉积物陆源烷烃的碳同位素记录,发现最近五次冰消期(Termination V-I),华南木本植物面积严重下降,被草本植被替代。因此,新的记录更确信地指明,中国南方在冰消期时的确出现了严重干旱。此外,通过分析印度-太平洋众多海洋沉积物钻孔,发现冰消期时表层海水氧同位素出现异常重值,正偏达到 0.4-1.2‰。由于赤道和华南的降雨水汽主要来自热带印度-太平洋,因此海水同位素的正偏可以在一定程度上解释华南和婆罗洲石笋在冰消期出现的异常重值现象。

西太平洋表层海水氧同位素记录(去除温度效应后)还呈现了一个独特的线性趋势,即过去 45 万年以来,海水氧同位素值在逐步偏轻。这个现象显然不能用极地冰盖体积涨缩导致的全球大洋海水同位素变化来解释。我们提出一个假设:这个同位素变化可能代表了淡水在陆地与海洋的分配比例变化。当热带地区更多淡水通过降水被扣压在陆地时,表层海水同位素变重;而降雨减少时,淡水回到海洋,表层海水同位素变轻。因此,45 万年以来表层海水氧同位素值的逐步偏轻,可能代表亚洲陆地接受的降雨在逐步减少。通过分析不同间冰期华南陆地的草本/木本植被构成比例变化,我们的确发现从 MIS11 到全新世,木本植被比例在逐步下降,代表陆地上的降雨在逐步减少。然而,这种现象的影响范围和出现原因,还有待于更多记录的证实。

S05-O-07

基于现代过程的浮游有孔虫 冬季替代指标及其应用

向荣, 陈木宏, 王东晓, 陈忠, 颜文

中科院边缘海重点实验室, 中国科学院南海海洋研究所, 广州

通过西沙海槽沉积物捕获器 2009-2012 年共三年样品中的浮游有孔虫通量季节性变化分析, 我们发现浮游有孔虫通量具有明显的年代际尺度变化, 在 2009.6-2011.6 厄尔尼诺期间, 有孔虫通量呈秋冬季单一峰态, 而在随后两年, 则呈现出冬季双峰态, 表明了浮游有孔虫对现代海洋环境变化有明显的响应。此外, 我们发现浮游有孔虫 *Globigerina bulloides* 虽然总体含量低, 但主要出现在冬季, 有作为冬季指标种的潜力。通过捕获器氧碳同位素测试, 该种记录的主要反映冬季表层水体变化信息。据此我们推测该属种可能在南海北部用来当作冬季表层水体变化的替代指标。对东沙西南的沉积物柱状岩芯 GHE27L 孔进行了 *G. bulloides* 的氧碳同位素测试, 结果发现该种的氧同位素总体上呈现出非常好的冰期-间冰期变化, 与 *G. ruber* S.S 的氧同位素变化在冰消期有明显的差异。*G. bulloides* 与 *G. ruber* S.S 的这种 $\delta^{18}\text{O}$ 差异与赤道太区发现的 *G. ruber* 镁钙温度和 UK37 温度之间的差异非常相似, 后者被解释为夏季表层海水温度与冬季表层海水温度差异。进一步表明 *G. bulloides* 在南海北部有较大潜力作为冬季表层水替代指标。GHE27L 孔表层 *G. bulloides* 镁钙温度结果也表明了其代表的是现代冬季表层海水温度。据此我们重建了南海北部过去 2 万年来的冬季 SST 变化, 用其来指示冬季风强度变化。重建的结果显示了全新世冬季风在 7-8ka 最强, 其后逐渐减弱, 在小冰期又有逐渐增强的趋势。我们的结果为前人提

出的东亚冬夏季风在中晚全新世同步减弱认识提供了有力证据。

S05-O-08

汉江上游过去 750 年降雨变化、 影响及未来发展趋势

谭亮成^{1*}, 蔡演军¹, 安芷生¹, 程海^{2,3}, 沈川洲⁴

1 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 中国科学院地球环境研究所, 西安

2 西安交通大学全球变化研究院, 西安

3 Department of Earth Sciences, University of Minnesota, Minneapolis

4 台湾大学地质科学系, 台北

*tanlch@ieccas.cn

汉江上游是南水北调中线工程的水源地, 也是目前陕西省正在建设的引汉济渭工程的水源补给区。研究这一地区历史时期降雨变化的特征、规律、影响及可能驱动机制, 预估未来变化趋势, 能为科学评估汉江水资源的可持续利用提供重要基础。我们基于汉中大鱼洞的石笋氧同位素记录, 重建了汉江上游最近 750 年平均分辨率为 1.3 年的季风降雨变化序列。石笋氧同位素记录和岩性变化特征一致表明小冰期时汉江上游降雨增多, 气候湿润, 显著不同于我国北方半湿润区的干旱“小冰期”。我们还发现大鱼洞内有近百处洞穴题词, 题词中清楚记载了最近 500 年古人有 7 次因天旱而进洞取水或求雨的场景, 年代分别为公元 1528、1596、1707、1756、1839、1891 和 1894。7 次干旱事件都对应于大鱼洞石笋的氧、碳同位素以及 Sr/Ca 比值的偏正变化, 支持大鱼洞石笋氧同位素和当地降雨的负相关关系。结合历史文献记录和石笋记录, 我们揭示历史时期干旱事件, 甚至是湿润气候背景下的短暂干旱, 能对当地人民造成了重要影响, 甚至影响到当地社会的稳定。另外, 我们进一步建立数学模型, 对石笋氧同

位素序列进行了模拟和趋势预测。初步结果显示，汉江上游地区未来的降水量可能低于过去 500 年平均值。由于这一地区是南水北调中线以及引汉济渭工程的水源区，也是许多珍稀动植物的栖息地，因此，我们建议政府及早建立适应策略，以因应未来可能的降水减少及干旱事件。

S05-O-09

Improved performance of High-Resolution Climate Models in simulating the East-Asian Summer Monsoon Rainbelt: Diagnosis of moist static energy and moisture budgets

Junchen YAO^{1,2}, Tianjun ZHOU¹, Yong SUN¹, Liwei ZOU¹, Zhun GUO^{1,3}

1 LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

3 CCRC, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

Simulating the East-Asian summer monsoon (EASM) rainbelt has proven challenging for climate models. In this study, significant improvements to high-resolution climate models in simulating spatial distributions and rainfall levels of the EASM rainbelt were revealed based on Atmospheric Model Intercomparison Project (AMIP) simulations from Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) models. The diagnosis of moist static energy (MSE) and moisture budgets was performed to understand the mechanisms behind the

improvements. The MSE budget analysis indicated that the positioning of the EASM rainbelt was mainly determined by stationary meridional eddy flows (v^*) in both observation and climate models. The moisture budget analysis showed that rainfall levels for the EASM rainbelt were mainly controlled by the convergence of stationary meridional eddy flows. Compared to the observations, the simulated v^* from low-resolution models exhibited a northward shift, which resulted in a northward-shifted monsoon rainbelt. The spatial distribution of simulated v^* improved in the high-resolution models, with a spatial pattern correlation of 0.85 (which was 0.55 for the low-resolution models). The high-resolution models were found to improve dry biases in the low-resolution models over the Meiyu front region. The results indicate that by improving the magnitude of stationary eddy meridional flow convergence (v^*), the high-resolution models enhance the moisture levels imported in the Meiyu front region, thereby increasing the monsoon rainfall levels. These improvements to high-resolution models highlight the importance of using high horizontal resolutions when simulating the EASM rainbelt.

S05-O-10

黄土高原蜗牛多样性对末次冰消期气候转暖的响应

董亚杰*, 吴乃琴*, 李丰江

中国科学院地质与地球物理研究所新生代地质与环境实验室, 北京 100029

*dongyajie@mail.iggcas.ac.cn; nqw@mail.iggcas.ac.cn

全球增温将对生物多样性产生怎样的长期影响尚无定论，了解过去地质历史时期较

今气候温暖时期的生物多样性变化是正确理解未来气候变暖对生物多样性影响的关键。最近 25ka 以来, 地球气候经历了从末次盛冰期、冰消期以及全新世大暖期的增温过程, 至全新世大暖期温度较今高~1-2°C, 是研究气候转暖与生物多样性变化关系最理想的类比场景, 也是学术界最为关注的时期。

对末次盛冰期以来黄土高原不同剖面的蜗牛化石记录研究显示, 末次盛冰期以来, 不同剖面蜗牛物种数 (S) 在 1-12 之间变化, 复合分异度 (H') 在 0.3-2.4 之间波动。末次盛冰期至全新世气候变化过程中, 蜗牛多样性显著波动。蜗牛种数和复合分异度呈现相似的变化趋势, 盛冰期物种数 (~2-7) 和复合分异度 (~0.3-1.2) 都较低, 全新世物种数 (~4-12) 和复合分异度 (~0.9-2.2) 均达到最高值。冰消期增温的过程中, 不同剖面呈现一致的变化趋势, 蜗牛的种数和复合分异度均在~15 ka 显著增加, 蜗牛多样性增加与冰消期增温开始的时间和过程有很好的吻合性。冰消期以来蜗牛多样性时间序列上的变化特征指示蜗牛多样性与气候变化具有密切的联系。

对比不同区域蜗牛多样性的演变过程显示, 黄土高原蜗牛多样性对冰消期转暖的响应具有明显的区域差异。末次冰消期以来, 西北地区的蜗牛多样性变化最为显著、增幅最大, 而东南部地区的多样性波动幅度明显较小, 变化幅度自西北向东南依次减小。在空间格局上, 25ka 以来黄土高原东南部地区的蜗牛种数和分异度始终高于西北部地区, 蜗牛多样性从西北向东南递增的空间分布格局至少在末次盛冰期就已形成。上述结果表明蜗牛多样性随气候变化响应敏感, 温暖湿润的地区蜗牛多样性多于寒冷地区的多样性, 冰消期增温过程有利于黄土高原特别是西北生态脆弱区蜗牛多样性的增加和生态群落稳

定性的提高。

S05-O-11

中世纪暖期南北半球气候变化特征与成因的模拟对比

刘斌¹, 刘健^{1,2,3*}, 王志远¹

1 虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏省地理环境演化国家重点实验室培育建设点, 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023

2 江苏省大规模复杂系统数值模拟重点实验室, 南京师范大学数学科学学院, 南京 210023

3 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023

*jliu@njnu.edu.cn

利用通用地球系统模式 CESM 过去 1500 年气候模拟试验结果, 对比分析中世纪暖期南、北半球气候变化特征及成因, 对认识南、北半球暖期气候变化规律及其与外强迫变化的关系有重要科学意义。结果表明: 中世纪暖期全球及南、北半球总体是变暖的, 但仍存在峰谷变化, 高纬地区增温幅度大于低纬地区, 北半球中世纪暖期比南半球更为明显, 其距平变幅也大于南半球。全球降水距平基本为正, 南、北半球降水变幅基本相当, 降水变化显著区域集中于低纬地区。太阳辐射是影响中世纪暖期全球及半球气温变化最显著的因素, 火山活动对北半球气温变化也有较显著的影响。从全球尺度来看, 降水由太阳辐射和火山活动共同影响, 其中太阳辐射影响最为显著, 但从半球尺度来看, 火山活动是影响半球降水的重要因素。

S05-O-12

海平面上升背景下上海市长江口水源地供水安全模型和预警系统研究

程和琴^{1*}, 塔娜¹, 周莹¹, 朱建荣¹, 阮仁良², 陈吉余¹

1 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062

2 上海市水务局, 上海 200050

* hqch@sklec.ecnu.edu.cn

随着海平面上升, 盐水入侵增强, 陈行、青草沙和东风西沙水库等上海市长江口水源地取水口均受到盐水入侵影响, 不可取水天数增加, 供水能力降低, 水资源供需矛盾加剧, 供水安全面临挑战。本文采用创建的 ECOM-si 模型和长江口水源地陈行、青草沙和东风西沙三大水库零维水动力与水质(氯化物)模型, 模拟计算分析长江大通站枯水期 90% 来水保证率下, 海平面上升对上海市三大水源地的陈行、青草沙、东风西沙水库取水口的取水保证率、最长连续不宜取水天数、取水水质和供水水质、取水水量和供水水量等 6 项指标的影响。同时, 采用需水量的系统动力学模型、水源地可供水量的 ECOM-si 模型和基于水资源供需平衡的城市水源地供水安全平衡风险评估模型, 计算分析人口增长、径流减少和海平面上升等三种风险因子叠加作用下 2030 年上海市长江口水源地供水减少量及供水安全风险, 提出了上海市应对未来海平面上升导致的原水缺口之策是合理规划上海市水资源可承载的人口数量, 降低单位经济增加值用水量, 开辟新水源。

而且, 在分析上海市水资源供需风险因子的基础上, 研究上海市水源地供水安全预警系统及其功能结构, 将上海市人均水资源量、供水保证率、万元 GDP 用水量、盐水入侵时上海市水源地不可取水天数作为上海市水源地供水安全的预警指标, 利用熵权模糊物元法计算 4 个预警指标的权重, 通过加权欧氏距离确定 2020 年、2030 年和 2050 年上海市水源地供水安全的预警等级, 并提出上海市水源地供水安全预警的对策、建议和措施, 为相关部门科学分析和有效保障上海市的供水安全提供决策依据。

S05-P-01S

川东北石笋 SI3 的 U/Ca 值变化及其古气候意义

陈琳¹, 黄嘉仪¹, 刘淑华¹, 陈琼¹, 杨亮¹, 贺海波¹, 米小建¹, 杨琰², 周厚云^{1*}

1 华南师范大学地理科学学院, 广州 510631

2 西南大学地理科学学院, 重庆 400715

* hyzhou@gig.ac.cn

末次冰期的一系列快速气候突变事件是目前古气候研究的热点问题。岩溶洞穴沉积物在近年来的古气候环境研究中发挥了重要作用。另外, 近期研究指出岩溶洞穴沉积 U 含量变化及其同位素组成与过去气候环境变化相关。为进一步探讨洞穴次生碳酸盐沉积 U 元素含量变化的气候环境意义, 本研究以川东北狮子洞一根生长于 53.2~45.8 ka 之间的石笋 SI3 为研究对象, 通过对 236 个 SI3 的 U/Ca 比值及当地大气沉降的现代监测数据进行分析发现, 石笋 U 含量变化具有很好的古气候环境指示意义。

在 53.2~45.8ka 之间, 狮子洞石笋 SI3 的 U/Ca 比值变化与其 $\delta^{18}\text{O}$ 记录、格陵兰冰芯 NGRIP 的 $\delta^{18}\text{O}$ 记录具有良好的对应关系, 这说明石笋 SI3 的 U/Ca 比值能较好地响应外界气候环境变化, 具有较好的古气候环境变化指代意义。当东亚夏季风增强时(如格陵兰冰芯所记录的 GIS12、13 和 14 事件), SI3 的 U/Ca 比值较低而其 $\delta^{18}\text{O}$ 记录偏轻, 反映在气候温暖湿润时, 土壤含水量较大, 植被较为发育, 有利于土壤偏向还原环境, 土壤中 U 的迁移受限, 导致岩溶水和石笋的 U 含量降低, 使得最终石笋的 U/Ca 值偏小。在东亚夏季风减弱(如 H5 事件)时, 气候相对冷干, 石笋 SI3 的 U/Ca 比值比较高, 对应石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录偏重, 反映在相对寒冷干旱的气候环境下降水量减少, 土壤含水量降低, 同时地表植被发育较少, 有机质含量降低, 可能使土

壤偏向氧化环境,有利于土壤中 U 的迁移和岩溶水中 U 含量上升。另外,川东北地区大气沉降的现代监测数据显示,该地区 U 的沉降通量冬季高、夏季低的季节性变化明显,这可能与大气粉尘活动有关,即冬季西风增强,大气粉尘活动增强,使得大气沉降中 U 沉降通量增加。这说明,冷干时期的大气粉尘活动增加可能也是使得冷干时期 SI3 的 U/Ca 值变大的原因之一。

S05-P-02

扬子地区南华系冰期次数与盆地的关系

张启锐

中国科学院地质与地球物理研究所

在新元古代出现了全球性的冰川作用,或称为雪球地球事件,认为整个地球被厚厚的冰层所覆盖。对于这个雪球地球假说引发了人们极大的关注,反对的意见也很多。雪球地球假说是否成立的一个验证办法,要求冰期的起始年龄和终结年龄具有全球的等时性。十多年前,其终结年龄(~635 Ma)的全球等时性已得到验证,近来其起始年龄(~716 Ma)的全球等时性也已初步得到验证。另一个广泛引起争论的问题是关于冰期次数。这方面的研究也初步得到突破,在我国已确认江口(Sturtian)冰期在不同地区包含了一次以上的冰期次数。经过数十年的研究,国内已基本明确,扬子地区在新元古代均为南华系/纪所涵盖,即自下而上分别为:下冰期沉积记录江口群(~716 Ma - ~659 Ma)、间冰期大塘坡组(~659 Ma - <654 Ma)、上冰期沉积记录南沱组(<654 Ma - ~635 Ma)。总的来说,下冰期持续时间长,约 57 Myr,上冰期持续要大于 19 Myr,间冰期最短,不足 5 Myr。

关于冰期次数,目前比较明确的有:上冰期比较连续,国内外都没有次一级冰期的

报道,但是在下冰期,无论国内外,都有多个次一级冰期的论述。究其原因,一方面,可能与一级冰期持续的时间长有关系,由于上冰期仅持续~19 Myr,而下冰期的持续时间长度接近于它的 3 倍。目前比较公认的次一级冰期,在下冰期在湘黔桂地区就有 2 到 3 次的争议。

另外,根据扬子地区实际冰期地层记录考察,沉积盆地的规模也可能是另一个重要影响因素。扬子地区就当前的地理分布看,东西长约 2000 km,南北宽约 1000 km。完整的南华系地层基本上分布在扬子地区的东南沿,其中皖浙赣地区和湘黔桂地区南华系地层保存比较完整,研究程度也比较高。湘黔桂地区(南华裂谷盆地)面积大致为 250 km²,而皖浙赣地区沉积盆地的面积大致为 60 km²,两相比较,后者不足前者的四分之一。两者的南华系地层厚度,根据贵州省岩石地层估计,南华系厚度>5500 m,而皖南黄山地区岩寺剖面厚约 900 m,两者的厚度差异在 5 倍以上。此外,皖浙赣地区只有两个冰期地层单位,分别对应于国际上的 Marinoan 和 Sturtian 两个冰期;说明扬子地区整体而言,经历了两个一级冰期。由此可以判断:湘黔桂一带虽然可以有三个冰期地层单位,即长安冰期(冰段)、古城冰期(冰段)、南沱冰期,但是整体而言,只能归并为两个冰期。为此,间冰期以下可以统称为江口冰期,包含了原长安冰期和古城冰期。在湖南省绥宁县龙家剖面还有一层冰川地层,有人称之为烂阳冰期(冰段)。考虑到这个冰川地层的地理分布十分局限,是否可以看做冰段还有待进一步研究;另外,在湖南省怀化地区的新路河剖面上,在间冰期大塘坡组之下,冰期记录十分特殊,从长安组到富禄组,包括两界河段和古城段,基本上都是连续的冰期地层,可以证明江口冰期是连续的一个冰期。

为此，根据新元古代南华系的沉积记录看，冰期的次数可能与冰期持续时间长短有关系，同时还可能与盆地规模的大小有关系，即盆地规模大，出现次一级冰期的次数就多，一次冰期的持续时间就比较短；若盆地规模比较小，出现次一级冰期就少。

S05-P-03

High resolution 9-Myr benthic foraminiferal $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ records at ODP Site 1143: Paleooceanographic and tectonic implications in the South China Sea

Jun Tian^{1*}, Xiaolin Ma¹, Jianhong Zhou¹, Wenjie Wang²

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

2 Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China

* tianjun@tongji.edu.cn

“We present astronomically tuned high resolution (3-4 kyr) benthic foraminiferal $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ records between 9 Ma and 5 Ma from Ocean Drilling Program (ODP) Site 1143 in the southern South China Sea (SCS). The benthic foraminiferal $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ records of the ODP Sites in the SCS reveal the late Miocene ocean carbon shift (LMOCS), which is linked with the late Miocene/early Pliocene “Biogenic Bloom” shown in the paleoproductivity records but with inconsistent timing. A prominent deep-water $\delta^{13}\text{C}$ gradient of the northern and southern SCS occurred between 6.5 Ma and 5.9 Ma, which is related to the significant difference in paleoproductivity. This $\delta^{13}\text{C}$ gradient indicates a rapid subsidence in the northern SCS at ~6.0

Ma and hints at the final formation of the Bashi Strait at ~6.5 Ma. Closures of the interarc water gates within the Bashi strait which happened at ~3.0 Ma and ~1.2 Ma further semi-enclosed the SCS basin, after which the paleoproductivity became the major factor leading to the marked reversed deep water $\delta^{13}\text{C}$ gradient of the northern and southern SCS between 1.2 Ma and 0.35 Ma.

S05-P-04

阿加勒斯海流(Agulhas Current)对北大西洋洋流及印度洋能量平衡过程的影响——进展与评述

张虎才

云南师范大学高原湖泊生态与全球变化实验室, 昆明 呈贡 650500

阿加勒斯洋流(Agulhas Current)是印度洋西侧一支重要的洋流，阿加勒斯洋流通过向大西洋溢漏(leakage)，可将赤道印度洋 70Sv (焦耳/kg) 的高温盐海水输入大西洋，从而直接影响大西洋经向翻转洋流发生变化，进而影响到北大西洋甚至更大范围的气候变化，同时，阿加勒斯洋流还直接影响非洲季风的变化。通过 IODP361 航次工作，我们对阿加勒斯洋流在全球变化中的作用有了进一步的认识：随着阿加勒斯洋流的变化和印度洋向大西洋的能量输送，印度洋能量的传输过程也会发生根本性的变化，即原来赤道印度洋能量自东向西输送并在印度洋西侧转向高纬输送，对高纬地区气候、特别是北半球印度洋季风的加强起到推动作用。但随着阿加勒斯洋流向大西洋的能量溢漏，这种过程将随之减弱，致使印度洋季风减弱，这也会导致东亚季风影响范围扩大，进而加强东亚季风通过西伯利亚—蒙古高压与北大西洋的遥相

关。理解这一过程，将对我们理解全球变化过程，即洋流传输与大气联动过程具有重要的意义，也会对亚洲季风区地质记录中一些特殊气候变化事件，如亚洲季风记录中 MIS13 阶段所谓的“大冰盖强季风”和 MIS5e“小冰盖弱季风”等与太阳辐射不一致性的解释和理解有所帮助。

S05-P-05

晚第四纪热带西太平洋地区水文演变的跨冰期旋回变化：烷烃链长指数证据

李丽，贺娟，董良，李建如，李前裕，汪品先

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海

植物叶蜡由于结构稳定，抗微生物、化学降解是地质环境中普遍存在的一类有机质分子。虽然叶蜡烷烃分子普遍以长链烷烃为主，但随气候、季节和植被类型差异，烷烃系列分子的分布也存在显著差异，如在高温、干旱地区或季节，植物倾向合成更多的长链烷烃以降低水份蒸发，叶蜡烷烃链长指数（n-alkane average chain length index，ACL）因此也被用来定性描述水文气候变化。南海西部过去 45 万年以来的记录显示烷烃含量呈明显的冰期高间冰期低的特征，冰期旋回变化幅度相似，而烷烃链长指数不仅表现出冰期高（相对偏干）间冰期低（相对偏湿）特征，而且在 42-27 万年呈整体相对偏低的特征，指示该阶段气候相对偏湿的特征，类似现象也见于西太平洋区域其他气候记录，可能与此阶段处于类 La Niña 气候状态相关，表明了晚第四纪热带西太平洋气候在冰期旋回特征上多样性。

S05-P-07

早更新世以来黑潮源区次表层水古温度变化特征及对西太暖池变动的指示

孙晗杰^{1*}，李铁刚²

1 中国科学院海洋研究所，青岛 266071

2 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266071

* tgli@fio.org.cn

本工作选取位于吕宋岛以东西菲律宾海区本哈姆隆起之上的 MD06-3050 岩心（15° 57.0943' N, 124° 46.7747' E, 水深 2967m）。岩心所在海区为北赤道流向北分支形成的黑潮源区，作为西太暖池的北部边缘，其水文条件受到暖池变动的深刻影响。该岩心的年代模式根据底栖有孔虫 *C.wuellerstorfi* 的氧同位素曲线同 LR04 标准氧同位素曲线进行对比而建立。对岩心 880-2322cm 之间 115 个层位，挑选 350-450 μm 粒径范围的浮游有孔虫次表层种 *P.obliquiloculata*，进行壳体 Mg/Ca 比测试。通过温度转换公式(Anand et al., 2003)，获得 1.7Ma-0.4Ma 之间次表层水体温度的变化历史。结果显示，该时期次表层水体温度变化范围为 17-23.5℃。自 1.7Ma 以来，次表层水体温度具有不断降低的趋势。其中，中更新世过渡时期，降低幅度较大，从 1.1Ma 左右的 23℃，快速降至 0.9Ma 左右的 18℃，下降幅度达到 5℃。随后，次表层水体温度又快速回升，但是回升的幅度相对较低。0.8-0.4Ma 之间，最高温度为 22℃，平均温度为 19.7℃。

MD06-3050 岩心中，次表层水体变化趋势与西太暖池区其他站位的表层水体温度(SST)变化差别较大。西太暖池区的 MD97-2140 岩心以及 ODP806 岩心中的 SST 记录，并未显示出不断降低的长期的变化趋势。此外，尽管 MD06-3050 岩心次表层水体温度也显示出较为明显的冰期-间冰期以及轨道尺度的变化，但是与其他两个西太暖池区岩心 SST 记录却存在较大的差别。看来次表

层水体温度与表层海水温度变化的控制机制不同。结合该岩心的浮游有孔虫表层种和次表层种氧同位素差值所指示的温跃层变动的特征,推测出中更新世前后,西太暖池发生了重大的变动。在中更新世转型之前,西太暖池范围较大,而在中更新世转型之后,西太暖池明显收缩。受到西太暖池变动的影 响,黑潮源区在中更新世转型后期,温跃层深度加深,且温度相对较低。

S05-P-08S

过去 36 万年来冰期旋回与类 ENSO 状态的对应关系

张帅^{1*}, 李铁刚², 常凤鸣¹

1 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

2 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061

* zhangshuai5@126.com

在当下全球变暖的共识下,由于 ENSO 现象的频繁发生及其对全球气候变化造成的重要影响,热带太平洋,特别是其海水表层温度(SST)的变化越来越受到人们的重视。为了加深对过去长尺度热带太平洋水文变化的了解,本文利用 Ontong-Java 海台沉积物岩心 KX97322-4(00°01.7321' S, 159°14.6625' E, 水深 2362m)孔中浮游有孔虫 *Globigerinoides ruber* 壳体的高分辨率的 Mg/Ca 和氧同位素记录重建了过去 36 万年来西太平洋暖池(WPWP)核心区的 SST 等水文变化。年龄模型基于底栖有孔虫 *Cibicidoides wuellerstorfi* 壳体的氧同位素与 LR04 标准曲线的对比及 5 个 AMS¹⁴C 测年数据。

通过 WPWP 核心区的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 Mg/Ca 重建的 36 万年的 SST 记录与 WPWP 南北边缘和赤道东太平洋冷舌区相应记录的对比,表明在 WPWP 核心区 SST 变化相对稳定的末次冰盛期(LGM)和其他的冰期阶段,热带太平洋主要呈现为类 La Niña 状态。同时,暖池核心区和暖池边缘对比重建的经向 SST 梯度

也相应变大,使得热带西太平洋上的 Walker 环流和 Hadley 环流同步增强,并表现出相同的变化周期(~5 万年)。而在 WPWP 核心区 SST 快速变化的阶段,如全球快速变暖的冰消期和间冰期随后快速降温的时期(112-124ka BP; 187-200ka BP; 235-240ka BP; 328-334ka BP),热带太平洋主要表现为类 El Niño 状态。鉴于东赤道太平洋冷舌区相对于 WPWP 对日射率变化更加敏感,通过南赤道流和赤道潜流等的能量交换,在气候快速变化阶段 WPWP 和东太平洋冷舌之间可能存在着一种互相制约的机制控制着纬向 SST 梯度变化并影响着全球气候变化。当赤道日射量增强时,WPWP 会加速冷舌区的升温,同时 WPWP 又会减缓自身的升温效率。而当日射量减弱时,WPWP 会通过赤道潜流输送暖水抑制冷舌区降温,同时冷舌区表层冷水的西传又会促进 WPWP 的降温。

S05-P-09S

70 万年来西太平洋暖池北缘有孔虫氧碳同位素特征及其古海洋学意义

贾奇^{1,2}, 李铁刚^{1*}, 熊志方¹, 常凤鸣¹

1 中国科学院海洋研究所 海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071

2 中国科学院大学, 北京 100049

*tgli@qdio.ac.cn

本论文以西太平洋暖池北部边缘的 MD06-3047B 孔为研究材料,该柱状样由中法合作执行的 Marco Polo 2 IMAGES XIV 航次取得,该孔位于吕宋岛东部的西菲律宾海本哈姆高原,位于 17° 00.44' N, 124° 47.93' E, 柱长 8.9 m, 水深 2510 m。本次研究利用该柱状样来研究西太平洋暖池北部边缘过去 70 万年来的古海洋学变化。在 MIS14-13 期,西菲律宾海由于受夏季风影响增强,可能存在上

升流活动;在冰期终止期 I、II、IV 和 V 期出现 *Pulleniatina obliquiloculata* $\delta^{13}\text{C}$ 极小值事件,表明在这几个冰期终止期来自南极的低 $\delta^{13}\text{C}$ 海水到达了西太平洋暖池北部边缘地区。次表层种 *P. obliquiloculata* 与表层种 *Globigerinoides ruber* 氧同位素差值恢复的温跃层变化具有冰期逐渐变浅,间冰期逐渐变深的特征。进一步将其与西太平洋暖池核心区 ODP805 站和赤道东太平洋 ODP847 站的次表层、表层有孔虫氧同位素差值进行对比,结果显示在过去 70 万年来西太平洋暖池效应逐渐加强,并且存在长时间尺度的类 ENSO 式变化,冰消期时表现为类厄尔尼诺状态。

S05-P-10

北黄海东部坳陷始新统米兰科维奇旋回分析

吴淑玉^{1, 2*}, 刘俊^{1, 2, 3}, 肖国林^{1, 2}

1 青岛海洋地质研究所, 国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛, 266071

2 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 山东青岛 266071

3 中国地质大学(武汉)资源学院, 湖北武汉, 430074

* hnwshuyu@163.com

米兰科维奇理论认为,地球轨道偏心率、地轴倾角和岁差三要素的周期性变化影响地球表层单位面积所接收到的日照量,日照量变化直接影响气候,气候的周期性波动影响海(湖)平面的规律性变化(Berger, 1988)。这些变化都记录在沉积地层中,表现在沉积结构、岩性、岩相、地球物理和地球化学等古气候指标的旋回性中表现出来(汪品先, 2006)。

地层定年有很多种方法,常用的是古生物、古地磁和同位素测年等资料(万晓樵等, 2014),但是它们的分辨率相对较低,纵向不连续,而且采样点之间有可能存在沉积间断,因此用这些资料确定的沉积速率总体上

小于或等于实际的沉积速率(张占松等, 1999)。而测井曲线纵向分辨率高,具有纵向连续的特点,测井曲线是识别米兰科维奇(简称米氏)周期的基础,对古气候变化有良好的记录,是反映沉积环境变化良好的替代性指标。本文以北黄海东部坳陷始新统为例, NYS1、NYS2 和 NYS3 井的 GR 曲线为主, SP 曲线为辅的基础上进行频谱分析,通过在频率域中寻找与米氏周期比率相等的沉积旋回周期,以判断米氏旋回的存在,并且计算北黄海东部坳陷井点始新统的沉积持续时间和速率,以构造运动和层序地层学理论为指导下,采用连续小波变换对始新统地层进行高分辨率的小层划分,以各个沉积体为独立窗口对 GR 曲线进行频谱分析,分别计算出各个阶段的沉积持续时间和速率,最后对地层进行高分辨率的沉积环境分析。

本文采用 Analyseries2.0.8 软件根据 J. Laskar (Laskar et al., 2011) 的解决方案计算了北纬 38° (北黄海东部坳陷) 始新世 36.5~53Ma 期间日照量、偏心率 (E)、地轴斜率 (O) 和岁差 (P) 变化的理论值,采样间隔为 1ka,对以上数据分别进行频谱分析后,获得了 4 个偏心率周期: 402ka (E4)、125ka (E3)、99ka (E2)、95ka (E1), 2 个斜率周期: 51ka (O2)、39ka (O1), 3 个岁差周期: 23ka (P3)、22ka (P2)、19ka (P1)。这些理论轨道周期之间存在的稳定比例关系,可作为本次研究中确定天文周期的基准。

NYS3 井的 1342—2593m 井段的 GR 和 SP 测井曲线进行频谱分析表明,该井段存在米氏旋回周期,GR 频率分别为: 0.0082, 0.0096, 0.02558, 0.02718, 0.0440, 0.0576; SP: 0.0080, 0.0096, 0.0240, 0.02718, 0.0440, 0.0576。对应的旋回厚度为 GR: 15.26, 13.03, 4.89, 4.60, 2.84, 2.17; SP: 15.64, 13.03, 5.21, 4.60, 2.84, 2.17。旋回厚度比为 GR:

1: 0.85: 0.32: 0.30: 0.19: 0.14; SP: 1: 0.83: 0.33: 0.29: 0.18: 0.14。而根据 J.Laskar 方案计算的天文周期: 125ka (E3)、99ka (E2)、51ka (O2)、39ka (O1)、23ka (P3)、19ka (P1), 之间的比率为: 1: 0.792: 0.312: 0.304: 0.184: 0.152。类似的方法, 对坳陷内部保存较完整的 NYS1 井和 NYS2 井中的始新统的 GR 和 SP 测井曲线进行频谱分析, 说明地层中的周期与天体轨道的变化周期之间均有良好的对应关系。

NYS1 井计算的持续时间为 5.998Ma 和 5.727Ma, 相对误差 4.73%, NYS2 井由 GR 曲线计算 1330—2277m 的沉积持续时间为 7.865Ma, 而由 SP 曲线计算 1330—2178m 的沉积持续时间为 6.839Ma, 则反推该井 2178—2277m 段的沉积持续时间为 1.026Ma, NYS3 井由 GR 和 SP 测井曲线计算的始新统的沉积持续时间为 9.98Ma 和 10.247Ma, 相对误差 2.49%。北黄海东部坳陷始新统沉积旋回基本存在 13.03~15.89m 的长周期, 3.7~5.21m 的中周期和 2.17~2.94m 的短周期。

近纪早期进入喜山运动, 地幔延续了晚白垩世总体上拱的特点, 北黄海盆地处于稳定隆起剥蚀状态, 因此缺失古新统沉积。到了始新世时期, 挤压作用基本停止, 盆地重新发生沉降, 湖盆沉积范围又开始扩大(张莉等, 2009), 区内降雨量较高, 气候湿润, 有充足的物源供给, 整体水体较浅, 浅湖相沉积分布范围较大, 局部为半深湖相沉积, 以砂泥互层为特征, 富含有机质的湖相泥岩, 厚度较大, 有机碳含量可达 7%, 含 I 型富无定形干酪根和 III 型干酪根的混合物(王立飞等, 2010)。在始新世末期, 受到喜山运动 I 幕的影响, 挤压构造运动引起北黄海地区第三次构造反转和沉积间断(龚承林等, 2009), 始新统地层和上覆渐新统形成不整合面, 以层序地层学为指导, 综合测井曲线、

岩心和地震数据等资料, 利用连续小波变换对 NYS1 井、NYS2 井和 NYS3 井对始新统地层进行划分, 得到高分辨率层序地层 6 期的四级层序 E₁—E₆, 以各个沉积体为单独窗口, 对 GR 测井曲线进行频谱分析, 得到对应米氏旋回周期分析的沉积持续时间和沉积速率, 由于研究层组相对厚度小, 得到的是与米氏旋回的地轴斜率周期和岁差周期相对应的旋回厚度, 显示良好的米氏旋回特征。

始新统地层是从高位体系域发育到低位体系域的过程, E₆ 期气候干燥, 湖盆低洼处 NYS3 井处开始发育滨浅湖相沉积, 沉积速率为 117.146m/Ma, E₅ 期气候由干旱向潮湿转换, NYS3 和 NYS2 湖盆开始扩张, 发育滨浅湖一半深湖相沉积, 沉积速率为 112—123m/Ma, E₄ 期气候潮湿, 湖盆扩张到最大湖泛面, 发育半深湖—深湖相沉积, 沉积速率为 91—108m/Ma, E₃ 期气候由潮湿转向温湿, 加上构造反转湖盆开始萎缩, 但物源供应充足, 主要发育扇三角洲前缘和前扇三角洲相沉积, 沉积速率为 120—134m/Ma, E₂ 期气候变暖, 发育粗粒的扇三角洲平原和扇三角洲前缘沉积, 位于盆地中心的 NYS3 井的沉积速率较高为 145m/Ma, 其它地方沉积速率为 100—111m/Ma, E₁ 期气候干燥, 湖盆大面积收缩, 在继承 E₂ 期的基础上发育粗粒的扇三角洲平原沉积, 沉积速率为 105—123m/Ma。

通过以上分析可以得出米兰科维奇进行旋回分析是一种有效的方法, 天文周期影响气候的变化, 从地层的旋回性分析, 发现气候对层序的控制是通过对降雨量、蒸发水量的影响, 进一步引起湖平面的变化而完成的, 气候对该区层序地层发育的控制过程主要有以下几个过程:

(1) 低水位体系域时期(E₆ 期) 气候干燥, 蒸发量大于降雨量, 湖盆水位较低, 湖

面积比较小, 只有位于湖盆中心的地层接受沉积, 沉积物以季节性的河流带来的粗粒的沉积物为主, 发育扇三角洲, 位于高地区为沉积过路或者沉积间断;

(2)湖泊扩张体系域时期(E5 和 E4 期), 气候逐渐变为潮湿, 沉积物的供应和水量不断增加, 湖平面扩张, 沉积地层呈退积式向盆地边缘上超, 到气候为潮湿时期湖盆达到最大湖泛面, 物源供应不足, 沉积速率有所下降, 主要发育近岸水下扇和浊积扇;

(3) 高水位体系域时期 (E3 期), 气候由潮湿向干旱转换, 湖水范围不再扩大, 湖平面基本保持不变, 地层主要以加积式准层序为主, 顶部以粗粒碎屑沉积为主, 发育扇三角洲;

(4)湖泊收缩体系域时期(E2 和 E1 期), 由于气候干燥, 蒸发量大于降雨量, 湖平面下降, 主要沉积大套的粗碎屑沉积, 直到湖泊消亡。

S05-P-11S

细菌脱镁叶绿素在兹格塘错沉积物中的发现及气候指示意义

李华勇¹, 张虎才^{1*}, 常凤琴¹, 季峻峰²

1 云南师范大学高原湖泊生态与全球变化重点实验室, 昆明 65050

2 南京大学地球科学系表生地球化学研究所, 南京 210093

* hucaizhang@yahoo.com

地处亚洲季风和西风带过渡区的兹格塘错是青藏高原中部的封闭湖泊, 流域内无现代冰川和古冰川发育痕迹, 水量平衡主要取决于流域降水和蒸发量, 因此是研究高原气候变化以及不同气候系统间相互关系的理想区域。兹格塘错也是中国为数不多的半混合型湖泊之一, 该类湖泊特有的性质能够使其

沉积物不易受后期扰动, 是气候变化记录的良好载体。在半混合型湖泊中, 厌氧光合细菌 (anoxygenic photoautotrophic bacteria, APB) 是生活在化跃层下部至下层滞水层中的一类细菌, 影响其生产力的主要因素是光照强度, 其次是还原硫浓度以及营养盐的输入。所以 APB 主要集中在有氧-无氧界面, 形成一个几十厘米厚的 APB 层, 在此层以下, 由于光照度减弱, APB 的浓度和生产力都会迅速降低。厌氧光合细菌在湖底经过沉积作用发生分解, 其中的细菌叶绿素 (bacteriochlorophyll- α 或 BChl- α) 部分转变为稳定的细菌脱镁叶绿素 (bacteriopheophytin α 或 Bph- α) 等衍生物。因而 ZGT2 孔中 Bph- α 值的变化主要反映了化跃层在温度控制下的移动过程, 其高值, 对应地表温度较高, 有氧-无氧界面光照强度较大的温暖时期, 低值对应化跃层变深 (或无明显温跃-化跃层) 的寒冷 (水位变浅) 时期。

本研究对在湖泊最深部位 (39 m) 钻取的一根长 1290 cm 沉积物岩芯 (ZGT2) 进行了分析, 并通过 AMS ¹⁴C 测年建立可靠的年代序列, 其底界年龄约为 17.3 ka BP。对沉积物进行漫反射光谱分析, 鉴定出 ZGT2 岩芯中含有细菌脱镁叶绿素, 通过计算 Bph- α 的相对含量, 得到过去 17300 年兹格塘错水体中厌氧光合细菌的生产力变化曲线。结果表明, 17.3-15.3 ka BP 兹格塘错沉积物中没有发现 APB, 指示青藏高原中部气候干冷, 湖泊水位较低而且完全混合; 15.3-13.0 ka BP (BA 暖期), 降水以及地表冰雪融水大量汇入兹格塘错, 上覆于下层高盐度湖水之上, 使兹格塘错由全混合型湖泊转变为半混合型, 该时期出现 5 次 APB 爆发事件; 13.0-11.9 ka BP (YD), APB 再次在沉积物中消失, 表明兹格塘错在干冷气候控制下水位降低并完全混合; 11.9 ka BP 至今 (Holocene), Bph- α 在沉积

物中连续出现, 表明兹格塘错在整个全新世都是半混合型湖泊, 此时 APB 生产力的变化清晰的表明早全新世 (11.9-8.2 ka BP) 为升温期, 中全新世 (8.2-4.0 ka BP) 为高温期, 晚全新世 (4.0 ka BP 以后) 有变冷的趋势。同时发现, 在整个全新世时期, 青藏高原中部气温与降水均呈反相位关系。表明北半球中高纬度冷空气活动频繁的时期, 也是低纬度季风加强的时期, 反之亦然。由于青藏高原的高海拔特点, 降水增多时云层增厚、覆盖面积和持续时间增长, 减弱了近地表有效太阳辐射, 使地表温度降低, 化跃层向下层移动, 同时湖水中透光层变浅, 最终导致 APB 层光照度降低, 生产力减弱。

S05-P-12S

洱海水质参数季节性变化

朱梦姝, 张虎才*, 常凤琴, 段立曾, 李华勇, 毕荣鑫, 陆志明, 吴汉

云南师范大学旅游与地理科学学院, 高原湖泊生态与全球变化实验室, 云南省地理过程与环境变化重点实验室, 云南昆明 650500

* hucaizhang@yahoo.com

湖泊现代过程研究有助于了解湖泊在自然和人类活动影响下的生态环境变化历程。高原湖泊水体物理参数季节性垂直分布特征的研究对于深入理解不同指标的环境指示意义并探讨高原湖泊生态系统的变化十分重要, 因此有必要开展长期连续的高原湖泊现代过程监测与研究。洱海位于云南省大理州大理市北部, 湖面面积 256.5 平方公里, 呈由北向南方向狭长状, 蓄水量 30 亿立方米, 平均水深约 10.5 米, 最深可达 20.9 米, 湖水停留时间约 2.75 年。作为当地人民生活用水、工农业用水、旅游与发电、维持流域小气候的重要水源地, 在地区发展中作用巨大。

洱海不同湖区水体的温度(Temp)、叶绿素 $a(\text{Chla})$ 、溶解氧(ODO)、pH 以及浊度的季节

性 (1 月、4 月、7 月和 10 月) 变化特征显著, 存在明显的空间异质性。对于监测数据分析结果表明: 气温是洱海水体最显著的环境变化因子, 冬季平均水温最低, 夏季最高, 垂向变化不明显, 受强大的风力作用影响, 湖水混合性很强。叶绿素含量夏季最高, 达到峰值后随着藻类的死亡逐渐下降, 较浅的南部水域叶绿素浓度高于中部及北部。水体的溶解氧季节变化不明显, 总体而言夏季相对较低, 随深度增加基本保持不变或略有降低, 表明湖水混合水平较高。洱海各季节的 pH 均在 8.5 附近波动, 较浅的南部水域 pH 较高。水体浊度季节差异较大: 藻类大规模爆发和死亡的夏秋季节浊度相对较高; 而藻类生物量较低的冬季浊度则最低。对于较浅的南部和北部湖盆, 受到藻类影响更大而浊度相比于中部湖盆更高。水体总磷(TP)和总氮(TN)浓度随深度增加有所降低, 湖下层有所增加; 总氮(TN)的浓度随深度的增加而变高。

S05-P-13S

南海北部 400 ka 以来深层水溶解氧变化研究

王娜*, 黄宝琦, 董轶婷

北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871

* anna-wn@pku.edu.cn

探究古海洋的溶解氧对于了解地质历史时期海洋环流运动、气候变化、生物灭绝原因及海洋生物体的演化有十分重要的意义。通过对南海北部 MD12-3412 (2125 m) 站位底栖有孔虫属种组合、初级生产力、底栖有孔虫溶解氧指数 (BFOI)、沉积物中指示氧化还原的微量元素 (Mo/Al) 进行分析, 恢复南海北部 400 ka 以来的深层水体溶解氧的演化。对比初级生产力的曲线与各个属种含量的变化, 发现初级生产力在平均值附近波动时, 高生产力的代表种 *Bulimina* 和 *Uvigerina* 含量

较高，而生产力达到极大值时，*Bulimina* 和 *Uvigerina* 的百分含量并没有随之增加，反而是更加耐贫氧的 *Chilostomella* 和 *Globobulimina* 百分含量增多。这可能是过量的有机质分解消耗过多的氧气，更低的溶解氧抑制 *Bulimina* 和 *Uvigerina* 的生长，使得贫氧种 *Chilostomella* 和 *Globobulimina* 占优势。BFOI 和 Mo/Al 作为氧化还原指标，两者在 40 万年以来相似的走势证实其共同反映海水中溶解氧的变化，海水溶解氧不具有明显的冰期-间冰期的变化特点。海水溶解氧不仅与生产力带来有机质的分解相关，还受到环流和外来水体的影响。在 MIS 3 期，BFOI 和 Mo/Al 的动荡幅度比生产力动荡幅度更大，氧含量较低，这可能是由海水层化增强、外来低溶解氧水体的加入而导致的。

S05-P-14S

A 16-Myr-long record of sea surface temperature changes in the cold tongue of the Eastern Equatorial Pacific

Liu Jingjing^{1*}, Tian Jun¹, Liu Zhonghui²

¹ State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, 200092

² The University of Hong Kong, Hong Kong, 999077

*5199liujingjing@tongji.edu.cn

Tropical climate processes like Walker Circulation have strong influence on global climate change. During 14.5–13.5Ma and 3.5–2.5 Ma, rapid increase in benthic foraminiferal (BF) $\delta^{18}\text{O}$ of Site U1337 (3°50.009N, 123°12.352W, water depth 4463m) indicates two cooling events. After the Miocene Climatic Optimum (at ~13.8Ma), global BF $\delta^{18}\text{O}$ had increased rapidly by ~1‰ within ~100Kyr, indicating the Eastern Antarctic Ice

Sheet expansion associated with the Mid-Miocene Climatic Transition (Tian et al., 2013). Before 3 Ma, the northern hemisphere ice sheet was smaller than that present. At ca. 2.7 Ma, tremendous ice rafted debris (IRD) occurred in deep sea sediments of high-latitude regions, indicating rapid expansion of the northern hemisphere ice sheet. Previous studies also showed that the SST of Eastern Equatorial Pacific decreased substantially at the same time. However, the BF $\delta^{18}\text{O}$ of Site U1337 fluctuated within a range of ~0.5 ‰ between 8.5–7 Ma when the early onset of the northern hemisphere ice sheet occurred.

Here we present some preliminary results of alkenone-based Sea Surface Temperature (SST) record at Site U1337 for the past 16 Myr with an average time resolution of 30 Kyr. We increased the time resolution of the SST record to as high as 5–6 Kyr for specific time periods such as 14.5–13.5Ma (East Antarctic Ice Sheet Expansion), 8.5–7 Ma (initial occurrence of the Northern Hemisphere Ice Sheet) and 3.5–2.5 Ma (final onset of the Northern Hemisphere Ice Sheet), aiming at revealing the phase relationship of changes in high latitude ice caps and low latitude tropical processes on orbital and longer time scales. $U^{K'}_{37}$ values range between 0.85 and 1.00 in the past 7 Myr, with much of cooling occurring after ~2.5 Ma. Overall, the $U^{K'}_{37}$ record appears to closely track $\delta^{18}\text{O}$ changes. Prior to ~2.5 Ma, the $U^{K'}_{37}$ record appears to display more variability than $\delta^{18}\text{O}$ does, notably cooling event at 6–5 Ma and 3–2.5 Ma. Alkenone content, indicating coccolithophora productivity, suggests extremely high productivity during some periods of the

Pliocene- Miocene in the EEP.

S05-P-15

倒数第二次冰期旋回中亚热带植被对气候变化的快速响应——南海北部脂类单体碳同位素记录

贺娟^{1*}, 贾国东¹, 李丽¹, 赵美训²,
汪品先¹

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 中国海洋大学海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 山东青岛 266100

* hj08@tongji.edu.cn

对南海北部海洋沉积物中叶蜡脂类单体碳同位素 ($\delta^{13}\text{Calk}$) 的分析结果显示, 陆源植被在倒数第二次冰期旋回中 (MIS 6-5) 发生显著变化。两个沉积柱中的 $\delta^{13}\text{Calk}$ 结果都显示冰期时的 $\delta^{13}\text{Calk}$ 值比间冰期时偏重约 3~4‰。指示冰期时 C4 植被较繁盛, 而间冰期时大幅下降。本次的 $\delta^{13}\text{C}$ 结果与前人基于孢粉研究得出的结论一致, 认为冰期时气候干冷, 利于源区内草本植物生长; 而间冰期时东亚夏季风增强湿度增加, 导致 C4 植物比例下降。Termination II 时, $\delta^{13}\text{Calk}$ 迅速变轻 ~5‰, 指示 C4 植被发生快速大幅收缩。但时间上, 叶蜡脂类 $\delta^{13}\text{C}$ 变轻比孢粉记录中草本花粉百分比降低落后了约 4kyr。我们推测孢粉和脂类 $\delta^{13}\text{C}$ 记录的这一植被变化的时间差异可能与 Termination II 时气候先暖后湿, 不同植物对气候变化的响应不同有关, 如一些温带 C3 草本比亚热带的 C4 植物先降低。

S05-P-16

中更新世气候转型在南海北部陆架区的层序—沉积记录

卓海腾^{1*}, 王英民¹, 何敏², 彭学超³, 陈维涛², 聂鑫³, 王星星¹

1 浙江大学海洋学院, 舟山 316021

2 中海石油 (中国) 有限公司深圳分公司, 广州 510240

3 国土资源部广州海洋地质调查局, 广州 510760

* zhuohaiteng@zju.edu.cn

中更新世气候转型是第四纪气候演化历史中的重要事件, 虽已被黄土和深海沉积物中获取的古气候替代指标所证实, 但是对其在陆架区的地质响应尚未开展过系统研究。本文以南海北部珠江口外第四纪陆架为例, 从层序—沉积响应的“视角”对中更新世气候转型开展了地质内涵的解读。基于三维地震数据及高分辨率单道地震数据的解释成果, 并结合陆架浅钻的年代标定研究, 首先建立起陆架层序旋回和气候旋回的年代耦合关系。进而, 通过提炼层序构型、陆架河道及三角洲体系内具有气候指示性意义的关键特征, 对中更新世气候转型前后的层序—沉积特征差异开展综合对比分析, 以期揭示气候旋回的周期、幅度、不对称性对于层序—沉积特征的控制机制。研究有助于我们更好地理解层序—沉积演化中气候、海平面等控制因素的综合效应, 同时对丰富中更新世气候转型本身的科学内涵也有一定意义。

S06-O-01

MIS 6 期以来热带西太平洋表层 pH 和 $p\text{CO}_2$ 演变的气候-海洋控制

李铁刚^{1*}, 郭景腾^{2,3}, 熊志方²

1 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061

2 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

3 中国科学院大学, 北京 100049

* tgli@fio.org.cn

热带大洋碳酸盐化学系统的变化对大气碳的转移、转化、输出和埋藏至关重要, 然而在气候变化中扮演重要角色。为了探索热带西太平洋表层 pH 和 $p\text{CO}_2$ 历史变化的控制

机理, 分析了西菲律宾海 MD06-3052 孔 MIS 6 期(15 万年)以来浮游有孔虫 *Globigerinoides ruber* 的 B/Ca 并定量估算了表层 pH 和 $p\text{CO}_2$ 。结果表明, MIS 6 期以来的表层 pH 和 $p\text{CO}_2$ 与有孔虫 $\delta^{18}\text{O}$ 和大气 $p\text{CO}_2$ 一样表现出冰期-间冰期的旋回特征, 冰期表层 pH 高, $p\text{CO}_2$ 低, 间冰期则相反。西菲律宾海表层 pH 和 $p\text{CO}_2$ 与大气 $p\text{CO}_2$ 的协变表明热带西太平洋表层碳酸盐系统主要受大气 $p\text{CO}_2$ 变化控制。然而, 表层与大气 $p\text{CO}_2$ 的差值显示西菲律宾海表层总体上表现为为大气 CO_2 的源, 并不处于 CO_2 的海-气平衡状态, 这表明除大气 $p\text{CO}_2$ 之外其它一些海洋-气候因素或过程打破了这种平衡。具体分析为, 冰期时, 初级生产力高, 浮游植物的生长对表层溶解无机碳 (DIC) 的利用增强, 导致表层 $p\text{CO}_2$ 降低, pH 升高; 间冰期时, 则相反。另外, El Niño 盛行时, 深部富 CO_2 的海水上涌到表层, 导致表层 pH 较低, $p\text{CO}_2$ 较高, 表现为较强的大气 CO_2 源; La Niña 盛行时, 则相反, 表现为弱的大气 CO_2 的源或汇。而在冷期向暖期过渡的四次碳同位素低值事件期间, 南极深部流通状况的加强, 通过南极中层水 (AAIW) 和亚南极模态水 (SAMW) 将富 DIC 的信号侵入到西菲律宾海表层, 导致表层 pH 的降低和 $p\text{CO}_2$ 的升高。总之, 热带西太平洋表层碳酸盐系统变化受多种气候-海洋因素控制, 除主控因子大气 $p\text{CO}_2$ 外, 营养物质、生产力、ENSO 式过程以及南大洋深部流通状况在特定阶段起重要作用。

S06-O-02

珊瑚礁海水 pH 年代际变化: 生物活动对海洋酸化进程的影响

陈雪霏, 韦刚健*

中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640

* gjwei@gig.ac.cn

珊瑚海水 pH 的变化十分强烈, 昼夜波动幅度可以高达 0.5~0.6 个 pH 单位, 这主要是受到珊瑚礁生物系统中强烈的生物活动影响, 即光合呼吸作用及钙化溶解作用。根据珊瑚 B 同位素所重建的海水 pH 变化历史也表明, 在过去数百年尺度上海水 pH 呈现显著的年代际周期波动特征, 其变化幅度也可以达到 0.2~0.3 个 pH 单位。百年尺度上珊瑚礁海水 pH 剧烈的波动远远大于工业革命以来海水 pH 下降的幅度 (~0.1), 但是我们对于这种海水 pH 年代际周期变化的控制机制却了解甚少。

我们利用采自海南岛东部的滨珊瑚岩芯对南海北部海水 pH 进行了重建, 其结果显示: 该区域海水 pH 呈现明显的年代际周期波动, 变化周期为~18 年和~5.6 年。通过低频滤波处理后, 我们发现海水 pH 的年代际变化与海水温度异常呈负相关, 而与夏季风强度呈现正相关。考虑到琼东地区在夏季存在显著的上升流, 我们认为这些相关性可能说明当夏季风增强时, 其引起的强烈上升流会带来较冷、但营养物质丰富的底层水到表层珊瑚礁海水中, 从而降低表层海水温度, 而较多的营养盐则能促进表层生产力的提高, 消耗更多的无机碳 (DIC), 使得海水 pH 升高。因此海水 pH 与表层海水温度异常呈现负相关的关系。同时, 这也说明, 在长时间尺度上, 珊瑚礁生态系统的生物活动对海水 pH 的变化也有重要的控制作用。

通过与西太平洋其它地区重建的 pH 记录相对比, 我们发现珊瑚礁海水 pH 变化均呈现明显的年代际周期变化, 并且这些变化在一定程度上都受到区域海气过程以及生物活动的影响。

S06-O-03

The Influence of Southern Ocean's Dynamics Processing on Deglacial Climate Change

Yongsheng Xu^{1,2,4}, Chao Huang^{1,2,3,4}

1 Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science, Qingdao 266071, China

2 Key Laboratory of Ocean Circulation and Waves, Chinese Academy of Science, Qingdao 266071, China

3 University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China

4 Laboratory for Ocean and Climate Dynamics, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, China

Over the last glacial-interglacial period, the proportion of atmospheric carbon dioxide increased rapidly, which is widely considered as the result of the upwelling from CO₂-enriched deep sea water, especially aged circumpolar deep water (CDW) in Southern Ocean. Diapycnal upwelling is an important process for deep ocean water to return to surface, whose flux controls the storage of heat, carbon and nutrients in the ocean interior, playing a significant role in the Earth's climate system. Based on the outcrop of density surface in southern ocean, we take advantage of widespread Argo (Array for Real-time Geostrophic Oceanography) floats to estimate the strength of mixing and then calculate cross-density upwelling of water from the deep to shallow cells of the meridional overturning circulation (MOC). We show that the intense mixing stimulates the upwelling from Antarctic deep water forming a local meridional overturning (AA-MOC) in ACC area, which

returns 50% of the cold water sinking to the lower overturning circulation; this mid-depth water pathway across the upper and lower cell of Southern Ocean overturning may play a crucial role in controlling the store and distribution of tracers in deep oceans further north, and need to be represented in numerical simulations of the global ocean circulation. This deep upwelling facilitates an internal overturning circulation near Antarctic, which was largely shutdown in glacial times. During deglaciation, the recovery of the deep upwelling brought up CO₂ sequestered bottom water, configuring a positive feedback via ocean-atmosphere interaction, which can explain the mechanism of fast deglacial carbon dioxide release.

S06-O-04

末次盛冰期以来北太平洋环流的演化:来自南海北部海水碳酸盐体系的证据

陈璞皎^{1*}, 于际民¹, 金章东², 谢昕³, 田军³

1 Research School of Earth Sciences, Australian

National University, Canberra, ACT 2601, Australia

2 中国科学院地球环境研究所, 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061

3 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

* pujiao.chen@anu.edu.au

南海作为西太平洋最大的边缘海, 通过巴士海峡与相邻的太平洋进行中/深层水(2500m 以上)交换。因此, 重建过去南海海水演化特征有助于我们更好地理解北太平洋环流及碳循环的演化历史。通过 MD05-2905 站(20.1°N, 117.4°E; 水深 1647m)底栖有孔虫 *C. wuellerstorfi* 和 *C. mundulus* 的 B/Ca 比值、氧碳稳定同位素同步分析, 利用有孔虫 B/Ca

比值与海水 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 的经验公式, 我们获得了 2.7 万年以来南海北部中层水 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 记录, 进而探讨了北太平洋环流的演化历史。数据显示, 海水 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 在末次盛冰期保持稳定($\sim 73 \mu\text{mol/kg}$), 在末次冰消期早期(18.5-16 ka)及新仙女木时期(13-11.5 ka)则表现为明显上升, 达到末次盛冰期以来的最高值。与此同时, 底栖有孔虫 $\delta^{13}\text{C}$ 也经历波动上升, 可能是由于该时期北部来源“较年轻且营养含量较低”的北太平洋深层水下沉至 2500-3000 m, 取代了南部来源“较老且富营养”的深层水而造成的。全新世时期, 南海海水 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 与末次盛冰期相比下降约 $10 \mu\text{mol/kg}$, 且经历多次快速升降波动, 而该时期底栖有孔虫 $\delta^{13}\text{C}$ 逐步上升至末次盛冰期以来的最高值, 反映了有孔虫 B/Ca 和 $\delta^{13}\text{C}$ 受控于不同的变化机制。总体上, 本项研究表明末次盛冰期以来, 北太平洋环流结构发生了明显变化, 反映了北大西洋-北太平洋深层水交替形成(“洋际跷跷板”)对大气 CO_2 及气候变化起了重要作用。

S06-O-05

25 万年以来热带西太平洋深部 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 演化: 来自浮游有孔虫壳体重量的证据

秦秉斌^{1,3*}, 李铁刚^{2*}, 熊志方¹, 常凤鸣¹

1 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

2 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061

3 中国科学院大学, 北京 100049

* tgli@fio.org.cn

研究提供新的现代西太平洋表层沉积物中浮游有孔虫 *Globigerina sacculifer*, *Pulleniatina obliquiloculata* 和 *Neogloboquadrina dutertrei* 的壳体重量- $\Delta[\text{CO}_3^{2-}]$ 校准公式。基于末次冰盛期(LGM)以来西太平洋 WP7 孔和 KX97322-4 孔的壳体重量结果, 认为 *G. sacculifer* 和 *N. dutertrei*

壳体重量可以反演过去太平洋深海 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 变化, 而 *P. obliquiloculata* 壳体重量明显受到其他环境因素的干扰。利用 WP7 孔中 *G. sacculifer* 和 *N. dutertrei* 壳体重量, 研究重建了过去 25 万年以来热带西太平洋深海 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 演化。结果表明 LGM 以来热带西太平洋深海 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 变化不大。而从 MIS 5c 至 MIS 3 晚期, 深海 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 整体呈上升趋势, 期间太平洋深海碳酸盐系统可能响应受海平面调控的珊瑚礁碳酸钙(CaCO_3)堆积速率变化(“珊瑚礁理论”)。深海 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 在 MIS 7 早期至 MIS 6 晚期上升了约 $25 \mu\text{mol/kg}$, 该变化反映了期间南大洋深层水 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 变化对太平洋的影响。Termination 2(MIS 6/5)和 3(MIS 8/7)期间深海 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 高值峰记录表明冰消期时深海向大气的碳转移导致沉积物中出现 CaCO_3 保存峰。另外, 深海 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 在 MIS 4 期间急剧下降, 结合同期其他大洋的 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 记录, 认为 MIS 4 期全球深海的碳储量增加, CaCO_3 溶解作用加强。综上, 研究表明浮游有孔虫壳体重量可以重建过去太平洋深海 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 演化, 并为理解过去太平洋碳循环提供新的依据。

S06-O-06

大地震或调控地质时间尺度的碳循环

金章东^{1*}, 汪进^{1,2}, 张飞¹, Robert Hilton², A. Joshua West³

1 中国科学院地球环境研究所, 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710075

2 Department of Geography, Durham University, Durham, DH1 3LE, UK

3 Department of Earth Sciences, University of Southern California, Los Angeles, California 90089, USA

* zhdjin@ieecas.cn

以青藏高原为代表的构造单元的隆升被认为是晚新生代大气 CO_2 变化和全球变冷的一个主因, 然而到底是构造带的硅酸盐风化

消耗大气 CO₂, 还是其高物理剥蚀埋藏有机碳, 或两者共同作用, 一直是争论焦点之一。现有的证据主要来自于海洋沉积或河流化学, 基本是间接的, 几乎没有构造事件前后碳收支的对比研究。

2008 年汶川特大地震为我们评估构造活动与碳循环的影响提供了一次绝佳机会。首先, 该地震震级高、恰发生于青藏高原东南缘; 其次, 该地震导致大规模的山体滑坡, 对地表物质侵蚀和风化有着显著的影响; 更为重要的是, 该地区有大量地震之前流域侵蚀速率和河水化学研究数据, 我们还在震区的多个水文站收集了地震之前河流悬浮物样品。自 2009 年底开始, 我们即在岷江流域开展了系统的野外考察和样品采集工作, 并在 4 个水文站连续收集河水和悬浮物样品。通过河水阴阳离子和 Sr 同位素、悬浮物中颗粒有机碳 (POC) 含量及其 ¹³C 和 ¹⁴C 同位素比值的分析, 结合水文数据, 首次量化了 2008 年汶川特大地震前后岷江流域硅酸盐风化碳消耗和有机碳埋藏通量变化, 进而评估了高强度构造事件对流域剥蚀-风化以及碳收支的影响强度、幅度和持续时间。

通过地震前后岷江河水化学的比较发现, 河水中硅酸盐组分和碱度及其引起的 CO₂ 消耗率均增加了近 4 倍, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比值增加了 0.000644±0.000146, 这些组分的增加主要是滑坡物质快速风化和地下水释放的结果。与此同时, 滑坡侵蚀造成河流中现代 POC 供给增加了 1.4-4 倍。模型模拟结果进一步表明, 即使在一个较高的氧化降解速率下, 来自于汶川地震滑坡破坏的植被和土壤的 POC 并不会在山坡中被氧化, 而大部分会被河流运输出去, 是一个很重要的碳汇过程, 可能在调节大气 CO₂ 和全球气候中起到重要的作用。重要的是, 研究还发现地震滑坡将在流域停留数十到数百年, 仅仅清空<25 mm 细颗粒即

需要 33±24 年, 粗颗粒将持续千年以上, 其持续时间与季风控制的高强度径流天数紧密相关。研究指出, 如果其他大地震也有类似效应, 那么地震将把构造活动与硅酸盐风化 (碱度)、侵蚀 (POC 埋藏) 和长时间尺度碳收支直接联系起来。

这些成果已以三篇系列论文的形式发表在《Geology》上, 其中一篇被选为“亮点论文”(Featured Articles)。

1 Jin Z D, West A J, Zhang F, et al. Seismically enhanced solute fluxes in the Yangtze River headwaters following the A.D. 2008 Wenchuan earthquake. *Geology*, 2016, 44(1): 47-50.

2 Wang J, Jin Z D, Hilton R G, et al. Earthquake-triggered increase in biospheric carbon export from a mountain belt. *Geology*, 2016, 44: doi:10.1130/G37533.1

3 Wang J, Jin Z D, Hilton R G, et al. Controls on fluvial evacuation of sediment from earthquake-triggered landslides. *Geology*, 2015, 43(2): 115-118.

S06-O-07

冰期-间冰期尺度上 Alkenone-*p*CO₂ 方法的验证

张一歌^{1,2*}, Ann Pearson², Albert Benthien³, 董良⁴, Jorijntje Henkeriks⁵, Peter Huybers², Mark Pagani⁶

1 Department of Oceanography, Texas A&M University, College Station, TX 77843, USA

2 Department of Earth and Planetary Sciences, Harvard University, Cambridge, MA 02138, USA

3 Alfred Wegener Institute, D-27570, Bremerhaven, Germany

4 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

5 Department of Earth Sciences, Uppsala University, SE-75 236 Uppsala, Sweden

6 Department of Geology and Geophysics, Yale
University, New Haven, CT 06511, USA

* yige.zhang@tamu.edu

The alkenone- $p\text{CO}_2$ method is one of the most widely used approaches to reconstruct atmospheric CO_2 in the Cenozoic. Based on the fractionation of stable carbon isotopes between dissolved CO_2 and phytoplankton biomarkers called alkenones, this relationship (known as $\epsilon_{\text{p37:2}}$) scales inversely with growth rate and cell size (collectively represented by the physiological parameter ' b '), and positively with CO_2 . Alkenone-derived CO_2 records for the late Pleistocene, however, are poorly correlated with ice core CO_2 records. Here we show that this is largely due to (1) improper estimates of b and (2) low sensitivity $\epsilon_{\text{p37:2}}$ to CO_2 changes at low growth, oligotrophic sites.

To validate the alkenone approach over glacial cycles, we present $\epsilon_{\text{p37:2}}$ records from two sites with adequate sensitivity from the South China Sea (SCS) and the tropical Atlantic Ocean, respectively. We back-calculated b to determine all possible b , using $\epsilon_{\text{p37:2}}$, ice core $p\text{CO}_2$ and proxy-based ocean temperature estimates, with the assumption of an overall CO_2 air-sea equilibrium at both sites. Then, the mean of all possible b were applied to obtain $p\text{CO}_2$ estimates. We also tuned the high-resolution temperature record from the SCS site to ice core $p\text{CO}_2$, to eliminate age model discrepancies. These efforts led to a composite $p\text{CO}_2$ record that replicates the entire 800-kyr ice core data considerably well. We further explored the relationship between coccolithophore cell size and growth rate using coccolith size measurements and back-calculated b , providing a potential proxy

to constrain phytoplankton growth rate over time and the history of b .

S06-P-01S

南大洋表层营养盐与冰期-间冰期大气二氧化碳浓度变化

王星辰^{1,2,3*}

1 普林斯顿大学地球科学系, 普林斯顿, 新泽西 08540, 美国

2 马克斯·普朗克化学研究所, 美因茨 55129, 德国

3 加州理工学院地球与行星科学系, 帕萨迪纳, 加利福尼亚 91125, 美国

* xingchen@princeton.edu

在现代南大洋, 浮游生物对于营养盐(硝酸盐与磷酸盐)的吸收不充分, 导致表层营养盐浓度很高。这些未被利用的营养盐随南极深水进入深海, 降低全球生物泵的效率并影响大气二氧化碳浓度。自 20 世纪 80 年代起, 就有人提出假说, 如果南大洋表层营养盐在冰期时被浮游生物充分利用, 就可以解释较低冰期大气二氧化碳浓度。三十余年来古海洋学家尝试用各种指标重建冰期时南大洋表层营养盐浓度, 但是并没有得到一致的结果。为了解决这个长期的难题, 本研究开发了一个新指标—深海珊瑚有机质的氮同位素—来重建南大洋过去表层营养盐浓度的变化。在这个报告中, 我将展示来自德雷克海峡和塔斯马尼亚南部的三个珊瑚氮同位素记录, 用这些新数据和模型计算出过去 4 万年南大洋的表层营养盐浓度并讨论其对大气二氧化碳浓度的影响。

S06-P-02

末次冰进期深海碳封存对大气二氧化碳的影响

于际民^{1*}, 陈璞皎¹, 金章东²

1 Research School of Earth Sciences, Australian National University, Canberra, ACT 2601, Australia

2 中国科学院地球环境研究所, 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061

* jimin.yu@anu.edu.au

冰芯记录显示冰期大气 CO₂ 浓度比间冰期低约 30%。由于冰期陆地生物圈碳储量减少, 深海碳储量的增加对冰期大气 CO₂ 的降低起了关键作用。然而, 现有指标所估算的深海碳储库变化仍存在不确定性。此外, 前人研究显示末次冰进期, 即深海氧同位素阶段 5a 到 4 的过渡期 (MIS 5a-4), 大西洋经向翻转环流与碳循环并不耦合, 且存在约 2500 年的时间差异。

为了加深对深海碳循环演化的理解, 我们对大西洋大区域不同站位的深层海水碳酸根离子浓度 ([CO₃²⁻]) 进行了定量重建研究。结果显示, 末次冰进期大西洋深海 (> ~3 km 水深) [CO₃²⁻] 下降了约 20 μmol/kg。由于末次冰进期海水全碱含量可能上升, 因此该时期深海 [CO₃²⁻] 的降低很可能反映了更多的碳被封存在大西洋深海, 进而导致末次冰进期大气 CO₂ 的降低。根据深海 [CO₃²⁻] 记录, 我们估算了末次冰进期大西洋深海碳储量所能增加的最小值, 结果显示其碳储量变化对冰期间冰期尺度的大气 CO₂ 变化起了重要影响。此外, 同一岩芯的深海 [CO₃²⁻] (底栖有孔虫 B/Ca) 与大洋环流 (Nd 同位素) 对比显示末次冰进期大西洋深海碳循环与大洋环流存在高度的耦合关系。因此我们认为, 尽管大西洋深海体积相对较小, 末次冰进期大西洋深海环流结构的变化对大气 CO₂ 的降低起了重要作用。

S06-P-03S

浮游有孔虫 B/Ca 作为海水 pH 替代指标有效性的初步评估: 生命效应和溶解作用

郭景腾^{1,2}, 李铁刚^{1*}, 于心科¹, 熊志方¹, 常凤鸣¹

1 中国科学院海洋研究所 海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071

2 中国科学院大学, 北京 100049

* tgli@qdio.ac.cn

浮游有孔虫 B/Ca 主要受控于海水 pH, 从而可作为海水 pH 值的替代性指标, 其在探索海洋对大气 pCO₂ 冰期旋回贡献作用的研究中广受关注。然而, 利用浮游有孔虫 B/Ca 重建海水 pH, 其结果的可靠性还受到温度、[CO₃²⁻]、溶解效应、生命效应 (共生光合作用、呼吸作用和钙化作用) 以及属种差异的制约。为评估生命效应和溶解作用对 B/Ca 指标有效性的影响, 测定了西太平洋暖池 MD06-3052 岩心特征样品的浮游有孔虫表层种 *Globigerinoides ruber* 和次表层种 *Neogloboquadrina dutertrei* 在不同壳体粒径、不同壳体厚度下的 B/Ca。结果表明, 除两个层位外, *G. ruber* 的 B/Ca 随壳体粒径的增大, 总体上呈增高趋势, 主要由钙化作用速率逐渐加快所致; 而两个特例层位分别表现为 B/Ca 随粒径变化不大和随粒径先不变后增加, 这可能是由钙化作用、呼吸作用与共生光合作用对 *G. ruber* B/Ca 影响的相反效应导致的竞争关系所致。*N. dutertrei* 的 B/Ca 随壳体粒径的增大, 总体呈降低趋势, 呼吸作用可能是导致该趋势的主要原因。另外, 同一层位相同粒径 *G. ruber* 和 *N. dutertrei* 的 B/Ca 也明显不同。这些相同种属不同粒径之间以及相同粒径不同种属之间 B/Ca 的差异综合表明生命效应通过表征的具体过程对浮游有孔虫 B/Ca 有重要影响。然而, 同一层位、相同粒径、不同厚度的 *G. ruber* 和 *N. dutertrei* B/Ca 各自相差不大, 表明溶解作用对浮游有孔虫 B/Ca 影响甚微。总之, 从生命效应和溶解作用角度看, 只要挑选优势粒径浮游有孔虫将生命效应对其 B/Ca 的影响降到最低, 浮游有

孔虫 B/Ca 是有效的海水 pH 的替代性指标。

S06-P-04

柴达木西部 SG-1 钻孔 2.8Ma 以来的盐类矿物及环境意义

李明慧^{1,2}, 方小敏^{1,3,4}, 王九一⁵, 张伟林^{1,4}

1 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100101

2 中国科学院青藏高原研究所环境变化与地表过程重点实验室, 北京 100101

3 中国科学院青藏高原研究所高原隆升与大陆碰撞重点实验室, 北京 100101

4 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心, 北京 100101

5 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037

柴达木盆地位于青藏高原北部, 沉积和储存了巨量的蒸发岩。其独特的地理位置、构造特征、盐类沉积和其它资源优势, 成为地学领域各方向学者关注的焦点。2008 年, 中德合作在盆地西部取得一个深 938.5m 的钻孔 (38°24'35.3"N, 92°30'32.7"E), 取芯率 95%。钻孔岩性表现为碳酸盐粘土层与盐层的交替, 盐层主要集中在上部 400m 和 708.8-723m, 单个盐层厚度为 0.05-1.3m。用 X 射线衍射仪分析矿物种类, 分析间距为 10-50cm, 阴离子含量为滴定法确定, 阳离子含量测试仪器为 ICP-OES。盐层矿物有石盐 (NaCl), 石膏 (CaSO₄·2H₂O), 芒硝 (Na₂SO₄·10H₂O), 无水芒硝 (Na₂SO₄), 钙芒硝 (Na₂Ca(SO₄)₂), 尤钠钙矾 (Na₄Ca(SO₄)₃·2H₂O), 杂卤石 (K₂MgCa₂(SO₄)₄·2H₂O) 和白钠镁矾 (Na₂Mg(SO₄)₂·4H₂O), 以石盐和石膏为主。除了常见的方解石、文石、白云石和铁白云石外, 粘土层主要盐类矿物也是石盐和石膏, 另有个别层位出现少量或微量重晶石 (BaSO₄)、碳酸钠钙石 (Ca₂Na₂(CO₃)₃)、钠钙矾 (Ca₂Na₃(SO₄)₃(OH))、苏打石 (NaHCO₃)、斜碳钠钙石 (Na₂Ca(CO₃)₂·5H₂O)、一水碳酸钠 (Na₂CO₃·H₂O)、含水碳酸钙镁盐

(Mg_{0.92}Ca_{0.08}CO₃·3H₂O) 和水硼镁石 (CaMg(B₃O₃(OH)₅)₂·6H₂O) 等。粘土层中存在不同形态的石膏单晶、双晶和集合体, 形成于次生浓卤水溶液, 晶体形状与生长速度、溶液性质和环境条件有关。单盐矿物石盐、石膏和无水芒硝从卤水中直接结晶, 复盐钙芒硝、白钠镁矾和尤钠钙矾则由单盐反应形成。尤钠钙矾为罕见的亚稳定矿物, 柴达木盆地和青藏高原其它地区的研究中尚未见报道, 该矿物形成温度远高于室温, 可能是由石膏或无水芒硝在富 Na-SO₄ 卤水溶液中反应形成。

根据矿物种类、组合和阳离子含量推断, 古卤水类型主要为 Na-Cl 型, 其次为 Na-Ca-SO₄、Na-SO₄、Na-SO₄-Cl、Na-Ca-SO₄-Cl, 少数层位为 Ca-SO₄ 和 Na-Mg-SO₄ 型卤水。石盐的连续出现说明 2.8Ma 以来古湖水盐度很高, 气候干旱。盐层主要集中在 2.2-2.0Ma 和 1.2-0.1Ma 期间, 指示这两个时期气候非常干旱。厚层盐层 (大于 45cm) 主要分布在: 0.12-0.17Ma, 0.19-0.24Ma, 0.28-0.31Ma, 0.33-0.39Ma, 0.41-0.45Ma, 0.54Ma, 0.57-0.59Ma, 0.61-0.63Ma, 0.66Ma, 0.7-0.71Ma, 0.74-0.76Ma, 1.1-1.2Ma, 2.05-2.06Ma, 2.09Ma, 2.15Ma, 2.17-2.2Ma 和 2.22Ma。盐层和碳酸盐粘土层的交替说明气候整体干旱, 但存在相对的湿润气候。0.6Ma 以后出现镁盐和碳酸钠盐, 干旱程度逐渐加剧, 0.1Ma 古湖完全干涸。

S06-P-05S

柴达木盆地西部 SG-1 钻孔石膏形态变化及古环境意义

李皎^{1,2*}, 李明慧^{1,3}, 方小敏^{1,4}, 王峥嵘⁵, 张伟林^{1,4}, 杨一博^{1,4}

1 中国科学院青藏高原研究所高原隆升与大陆碰撞重点实验室, 北京 100101

- 2 中国科学院大学, 北京 100049
3 中国科学院青藏高原研究所环境变化与地表过程
重点实验室, 北京 100101
4 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心, 北京
100101
5 纽约城市大学地球与大气科学学院, 纽约
NY10031
*lijiao@itpcas.ac.cn

位于青藏高原东北缘的大型封闭内陆盆地-柴达木盆地, 地处西北干旱、半干旱区, 是全球气候变化下的敏感地区。2008年, 中德合作在盆地西部取得深为 938.5 m 的 SG-1 钻孔, 其沉积年代为 2.77Ma-0.1Ma。石膏作为钻孔中第二大盐类矿物, 其沉积连续、时间跨度大、保存状况良好, 是进行干旱气候条件下湖泊沉积中石膏矿物形态学的理想材料。共挑选 201 个石膏样品进行形态学研究, 柱状、扁平状、透镜状、双晶及集合体等形态的石膏在钻孔中均有发现。柱状石膏主要分布在钻孔 723m 以上, 透镜状石膏基本都分布在 523m 以上, 扁平状石膏是钻孔中最常见的晶体形态, 而其他形态的石膏如双晶、花瓣状晶体等在钻孔中随机分布。柱状、扁平状及透镜状石膏的数量都随钻孔深度的减小而增加。

对出现于同一沉积深度形态特征不同的石膏对进行研究表明, 由于不同晶面的不同离子排列方式导致了不同离子(K^+ , Na^+ , Mg^{2+} 和 Sr^{2+})对晶面生长的选择性抑制作用不同(或毒化作用), 通过影响石膏的晶胞参数进而影响石膏的形态特征。对于自然环境中形成的石膏, 在晶体沉积过程中, 由于 K^+ , Na^+ , Mg^{2+} 和 Sr^{2+} 通常会同时进入石膏晶格, 因而晶胞参数和与离子种类之间呈现出较弱的相关性。不同种类的离子和浓度会对晶胞参数共同造成影响, 会使晶胞参数在各个生长方向上发生变化, 因此单一晶胞参数无法与晶体形态呈现简单的一一对应关系。

在本研究中, 察汗斯拉图古湖自半深水

的淡水湖演化至干盐滩的过程中, 盐度以及盐类离子(如 K^+ , Na^+ , Mg^{2+} 和 Sr^{2+})的变化, 是造成石膏形态变化的主要因素。自然条件下, 由于相同形态的石膏不仅可以在不同沉积环境下析出, 而且在同一沉积环境下也可以形成形态特征不同的石膏, 因此石膏的晶体形态特征与沉积环境之间的关系相比实验条件下形成的石膏更为复杂, 在利用石膏的形态学指示沉积环境时还需综合其他指标。

S06-P-06S

柴达木盆地西部 SG-1 钻孔中伊蒙混层结构特征及环境意义

王春虹^{1,2}, 李明慧^{2*}, 方小敏^{2,3}, 刘迎新¹, 颜茂都^{2,3}

- 1 中国地质大学(北京), 北京 100083
2 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100101
3 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心, 北京 100101
*liminghui@itpcas.ac.cn

本文运用 X 射线衍射(XRD)的方法分析了柴达木盆地察汗斯拉图地区 SG-1 岩芯(38°24'35.30"N, 92°30'32.70"E; 长 938.5 米)的粘土矿物组成, 重点讨论伊蒙混层结构的影响因素及其环境意义。样品取自非盐层中, 取样间隔为 2 m。伊蒙混层矿物中的伊利石晶层含量为 85%~90%, 为高度有序的伊蒙混层矿物。伊利石晶层间隔层数(n)有高类型(H)和低类型(L)。主要影响因素可能是盐度和温度, 盐度高的时候钾离子浓度也高, 并且离子间的交换作用强, 促进蒙脱石向伊利石的转化。因此, 盐湖环境下 H 型的出现概率普遍高于咸水湖环境。盐湖环境下(2.2~2.0 Ma 和 1.2~0.1 Ma)伊利石晶层的间隔层数高, 以 H 型为主, 咸水湖环境下(2.8~2.2 Ma 和 2.0~1.2 Ma)以 L 型为主。钻孔中 1.2~0.9 Ma

时期为盐湖环境，但 H 型出现概率却最低（4.94%），这与全球性的极冷气候有关。与粘土矿物种类相比，矿物结构的变化具有更微观的环境意义。

S06-P-07S

末次冰期旋回中南海北部海气 CO₂ 交换在轨道尺度和千年尺度上的变化

王星星^{1*}，翦知潜¹，万随²，王婷婷¹，党皓文¹

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中国科学院广州地球化学研究所边缘地质重点实验室，广州 510640

* wang_xingxing123@163.com

对表层海水 CO₂ 分压、表层海水 CO₂ 分压与大气 CO₂ 浓度的差值及其时空变化的精确重建可以为我们理解全球碳循环提供重要的信息。本次研究测试了南海北部陆坡上两个沉积柱状样中浮游有孔虫（表层种 *G. ruber* 和次表层种 *P. obliquiloculata*）的 Mg/Ca 和 B/Ca 比值来重建末次冰期-间冰期旋回中南海北部海气 CO₂ 交换在轨道和千年尺度上的变化。结果显示在轨道尺度上，南海北部在全新世和末次间冰期整体为大气 CO₂ 的源向大气释放 CO₂，而在末次冰期南海北部转换为大气 CO₂ 的汇从大气中吸收 CO₂。在千年尺度上南海北部的海气 CO₂ 交换也有一定的变化，在 Heinrich 事件和 YD 事件中南海北部的表层海水 CO₂ 分压降低~50ppm，因此南海北部的表层海水可以吸收更多的大气 CO₂，作为 CO₂ 汇的程度加强。大洋的表层海水温度、环流形式及生物地球化学过程是控制海气 CO₂ 交换的主要因素。本次的研究结果显示，无论在轨道尺度还是千年尺度上，混合层的温度和深度是南海北部海气 CO₂ 交换最重要的影响因素。而表层海水古生产力

主要在轨道尺度上影响南海北部的海气 CO₂ 交换，且其作用要弱于混合层的温度效应。南海北部的表观通风年龄在末次冰期和全新世差距较小，表明深海通风效应对南海北部的海气 CO₂ 交换影响较弱。南海位于东亚季风区，表层海水的性质主要受季风的控制。南海北部的海气 CO₂ 交换主要受混合层温度及生产力的影响，而表层海水 CO₂ 分压与大气 CO₂ 浓度的差值具有 19ka 的岁差周期且与北半球低纬夏季太阳辐射量的变化相似，表明南海北部的海气 CO₂ 交换受到东亚季风的控制。

S06-P-08S

南海 1146 站位和 17957-2 站位 $\Delta[\text{CO}_3^{2-}]$ 长时间尺度对比以及底栖有孔虫壳体中 B/Ca 比值对比

胡莉莉^{*}，翦知潜，党皓文

同济大学国家海洋重点实验室

16hulili_sense@tongji.edu.cn

根据对南海北部 ODP-1146 站位 (19°27.401'-27.403'N, 116°16.363'-16.385'E, 2091 m) 5 Ma 以来以及南海南部 17957-2 站位 (10°53.9'N, 115°18.3'E, 水深 2195 m) 1.4Ma 的底栖有孔虫 *Cibicidoides. wuellerstorfi* 和 *Cibicidoides. mundulus* 壳体微量元素分析，研究获得南海长时间尺度的底栖有孔虫壳体 B/Ca 比值，Mg/Ca 比值等多种元素分析结果。根据 B/Ca 比值可以换算出南海底层水 $\Delta[\text{CO}_3^{2-}]$ 的变化。过去 5Ma 以来底栖有孔虫中 $\Delta[\text{CO}_3^{2-}]$ 变化区间为 -40~40 $\mu\text{mol/kg}$ 。 *C. mundulus* 的数据结果与底栖有孔虫 $\delta^{13}\text{C}$ 的整体趋势基本一致，说明碳酸盐系统在长时间尺度上受到外界因素的统一影响，例如轨道驱动。 *C. mundulus* 虽然通常被认为是外生种，但是可能生活在海洋沉积物的上

层, 实验结果也显示了 *C. wuellerstorfi* 和 *C. mundulus* 在 $\Delta [\text{CO}_3^{2-}]$ 上的变化差异, 可能来自沉积物孔隙水的影响。1.6Ma 以来底层海水 $\Delta [\text{CO}_3^{2-}]$ 走低, 于 $\delta^{13}\text{C}$ 的变化趋势一致, 说明大洋碳储库发生重组。结合南北站位的数据结果, 两个站位均处于南海中层水中, 两个站位的 $\Delta [\text{CO}_3^{2-}]$ 结果差异不大。

S06-P-09

Changes of Coccolith Calcification in the northern South China Sea and their environmental controls

Xiang Su^{1,2}, Chuanlian Liu², Luc Beaufort³

1 Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China

2 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

3 CEREGE, CNRS/Aix Marseille Univ., BP80, 13545 Aix-en-Provence, France

suxiang@scsio.ac.cn

Coccolithophores are one of the most abundant and widespread groups of calcifying plankton and have attracted extensive study in terms of their likely response to ocean acidification. Because of the minuteness of coccoliths, it is difficult to estimate their amount of calcite. Here we applied SYRACO system (computational image analysis of smear slides) to analyzing the morphology and weight of coccoliths produced by the dominant coccolithophore groups. We obtained high-resolution coccolith weight records of *Emiliania huxleyi* and *Gephyrocapsa* spp. from sediment core MD05-2904 in the northern SCS over the past 200 ka. To compare with the climatic and environmental variables, the

carbonate chemistry parameters including pH, carbonate content and bicarbonate content of sea water were calculated using existed available data. The two sets of coccolith weight show different patterns since the last 200 ka. The weight of *E. huxleyi* is correlated with the seawater pH and pCO₂ variations while the weight of *Gephyrocapsa* is partly negatively related to the seawater pH variations. Both of the two time series show great changes during the last two glacial terminations which are characterised by quick increase in atmospheric CO₂ concentration. Our data reveals that temperature and salinity are not strongly correlated with coccolith weight. Similar to most previous culture studies, the increasing of pCO₂ has different impact on different coccolithophore species in nature. Coccolithophore calcification is thought to be affected by multiple factors, including nutrients content, insolation and carbonate chemistry, which have different influences depend on different period.

S06-P-10S

砗磲重建的南海过去七千年 pH 的变化及其探讨

杨文卿, 邵达, 梅衍俊, 孙立广*

中国科学技术大学地球和空间科学学院极地环境研究室, 合肥 230026

* slg@ustc.edu.cn

过去二百多年大气二氧化碳含量的快速上升不仅被认为是引起全球变暖的原因, 还带来另一个环境问题——海洋酸化。海水酸度的持续降低对热带珊瑚礁的存活及生长、海洋生态系统的平衡、海洋初级生产力以及全球碳循环造成显著且长期的影响。重建过

去古海洋酸度的变化并与其他气候和环境指标进行对比有助于我们理解海洋酸化的机理、过程及其潜在影响。目前古海洋 pH 重建的工作多是通过测定珊瑚、有孔虫中 ^{11}B 同位素的相对含量来得到过去海水的酸度。本研究根据这一对应关系,以采自南海西沙的砗磲为载体,恢复了过去这一地区海水 pH 的变化。所采砗磲的最老年龄距今约七千年,测得的砗磲 $\delta^{11}\text{B}$ 范围在 16–20‰,略低于珊瑚及有孔虫的 $\delta^{11}\text{B}$,可能与不同物种碳酸钙壳体形成过程中对 $\text{B}(\text{OH})_3$ 和 $\text{B}(\text{OH})_4^-$ 的吸收差异有关。选择 $\text{p}K_{\text{B}} = 8.597$ 、 $\alpha_{3-4} = 1.0272$ 作为参数,重建的南海 pH 的变化范围约为 7.9–8.2。过去四百年中该区域 pH 从 8.17 降至 7.9,表现出明显的下降趋势,表明大气 CO_2 含量的快速上升对海洋环境的影响。历史时期南海海水的酸度也存在大的波动,在距今 1 ka 和 3.5–4.0 ka 左右南海 pH 表现出了与现代南海相似的水平,说明在过去也存在海洋酸化的现象;而在 7.2 ka、6.0 ka、4.7 ka 及 3.5–4.0 ka,海水 pH 较高,接近 8.2。根据重建的 pH,我们用 CO2SYS 计算了过去大气 CO_2 的含量,由于温度、盐度、TA 和 DIC 等参数的变化,计算结果有进一步优化的空间。总之,我们目前的研究证明砗磲是重建过去海洋酸度变化的良好载体,而且历史时期南海 pH 存在明显的波动,这可能与当时气候的变化有关。

S07-O-01

长江黄河物质在海洋的长距离输运与沉积

李安春*, 卢健, 张凯棣, 董江

中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室,
青岛 266071

* acli@qdio.ac.cn

查明陆源物质向海洋的输运有助于认识陆海相互作用和源汇过程,有利于揭示和恢

复古气候和古环境。陆源物质向海洋的输运主要有两条途径,一条是以粉尘的形式通过大气环流向远海大洋的输运,距离可达数千千米;另一条途径主要是通过海流把河流入海物质向陆架和外海输运,输运距离也可达数百千米或上千千米(很细的物质也可能输运的更远)。河流入海物质向河口外的输运研究主要通过悬浮体、沉积物分布和模拟分析,现场观测研究还相对较少。

沉积学研究结果表明,陆源细粒物质在我国近海的输运主要是沿岸输运。主要在沿岸流携带下,自北向南输运,夏季自南向北的输运很少,另外还存在跨陆架横向输运和跨海域的长距离输运。现代黄河物质在渤南海沿岸流和山东沿岸流携带下可输运到南黄海中部和青岛近海,在南黄海西部不超过北纬 34 度,在山东半岛近海形成厚层泥楔沉积体,自近代黄河口到南黄海的输运距离可达 700 多 Km;长江入海物质在闽浙沿岸流携带下可达闽南近岸海域,沿途形成厚层楔状泥质沉积体,输运距离可达 800 余 Km。老黄河物质在冬季苏北沿岸流携带下,由于台湾暖流的顶托作用向济州岛西南海域输运,在那里形成泥斑沉积,输运距离近 700Km。上述泥质沉积的形成始于中晚全新世(7.3–7.6KaBP),可以推测现代的沉积物输运趋势始于那个时期。长江物质夏季有向北输运的趋势,冲淡水研究表明夏季长江物质可到达朝鲜半岛南部近海甚至进入日本海,距离达 800km 以上,而白云石的分布表明长江物质夏季可影响到山东半岛以南近海海域,输运距离达 550Km,最近观测到的浒苔运移路径也与此方向一致。东海除了沿岸输运还存在跨陆架横向输运,粒度、矿物、地球化学元素分布特征均表明,长江细粒物质存在自浙江近岸向中外陆架的扩散趋势,这些分布趋势与沿岸水团的锋面穿刺相一致。

跨陆架输运还可能与表层风生海流不无关系。除了沉积物记录外, 卫导漂流浮标观测结果显示冬季表层海流自闽浙沿岸能继续南下穿过台湾海峡、跨过南海北部陆架和陆坡外缘、绕过海南岛到达北部湾中西部的越南近岸, 距离长达 2000 余 Km。两个月的运移中平均移速在 39cm/s-73 cm/s 之间, 最大流速可达 200 cm/s, 如此强的流速足以携带细粒泥沙长距离输运, 但携带的沉积物量远不如近岸区那么大, 难以形成特有的沉积物类型或堆积体, 以一定比例作为外来组分参与到当地沉积物中, 这为解释南海北部陆坡区的长江黏土矿物信号提供了重要参考。

S07-O-02

珠江沉积物在南海西北陆架的扩散研究

黎刚*, 颜文, 钟立峰

中国科学院边缘海地质重点实验室, 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

* gangli@scsio.ac.cn

每年全球大约有 150-190 亿吨河流泥沙进入海洋, 大陆架是一个入海泥沙重要的“汇”。河流入海泥沙的通量变化和泥沙扩散对于大陆架沉积、陆架生物地球化学循环起到了重要的控制作用。珠江是进入南海西北部陆架最大的河流, 每年入海泥沙通量约为 87 百万吨。珠江现代泥沙通量约是进入南海西北陆架其他小河总入海泥沙通量的 25 倍。

为查明南海西北大陆架表层沉积物的物源构成, 判明主要河流水系沉积物在南海西北陆架的扩散区间, 对西北陆架沉积物就行了系统的全岩元素地球化学以及单矿物地球化学研究。对于应用元素地球化学方法进行物源判定, 为降低粒度效应和重矿物分选效应的影响, 采用元素对的回归分析, 结合元素的保守性, 提出保守元素对, 通过保守元

素的比值判定南海西北大陆架沉积物的物源信息。结合华南沿海基岩的全岩地球化学数据, 提取出具有区域物源示踪意义的两个元素对 Ti/Nd 和 Zr/Hf。南海西北陆架表层沉积物全岩元素地球化学元素对比值显示: 珠江沉积物具有高比例的花岗岩风化产物, 珠江沉积物主要分布在珠江口外东部陆架。电气石和角闪石是两种南海西北陆架沉积物中含量较为丰富的重要物, 矿物地球化学可以清晰区分来自变质岩和花岗岩的两种矿物。根据矿物地球化学的成因研究, 两种矿物同时指明珠江沉积物中具有高比例的花岗岩(岩浆岩)成分, 粤西其他小河都已富变质岩组分为特征。单矿物地球化学研究显示: 珠江沉积物主要分布在珠江口外东部陆架, 西部陆架主要以其他小河沉积物供给为主。变质电气石的变质类型判别显示粤西鉴江是最主要的沉积物供给源。

全岩元素地球化学和单矿物地球化学的物源研究结果表明: 1) 珠江沉积物在南海西北大陆架的空间部分并不与现代泥沙通量相适应; 2) 南海西北陆架表层沉积物中包含大量的再循环沉积物。

S07-O-03

High-resolution study on sediment provenance and paleoenvironmental change in the northern Okinawa Trough since the LGM

Zhaokai Xu^{1,2}, Mingjiang Cai^{1,3*}, Tiegang Li^{2,4}, Fengming Chang^{1,2}, Dhongil Lim⁵

1 Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071

2 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing
100049

4 Key Laboratory of Marine Sedimentology and
Environmental Geology, First Institute of
Oceanography, SOA, Qingdao 266061

5 South Sea Research Institute, Korea Institute of Ocean
Science & Technology, Geoje 656-830

* 329276232@qq.com

For this study, Sr-Nd isotopic compositions of AMS ^{14}C age-dated core sediments from the northern Okinawa Trough were investigated to reconstruct sediment provenance and transport process over the last 22.3 ka and further to trace the forcing mechanisms behind the provenance changes. The results clearly showed that large compositional variations of Sr-Nd isotopes occur in deposition, suggesting three-phases of changes in sediment source: paleo-Huanghe (Unit 3, 22.3–14.8 ka), East China Sea shelf-derived (Unit 2, 14.8–7.3 ka), and Taiwan-derived detritus stages (Unit 1, < 7.3 ka). Such provenance changes since the last glacial maximum may be closely correlated to sea-level fluctuation, the evolution of Tsushima Warm Current, as well as East Asian monsoon climate variation. At 22.3–14.8 ka, the paleo-Huanghe mouth was situated close to the study area, thus dominating sedimentation therein, especially during stronger winter monsoon periods. At the beginning of Unit 2 (14.8–12.8 ka), rapid sea-level rise and significant retreat of the river mouth overwhelmed enhanced continental weathering, leading to less detrital sediment supply from the paleo-Huanghe to the study area. Subsequently, the East China Sea shelf-derived matter dominated detrital deposition therein from 12.8 to 7.3 ka. Since 7.3 ka, the fully evolved Tsushima Warm Current has transported some detrital particles from

Taiwan to the study area, especially during the strengthening period at 7.3–5.1 ka. A prominent decline in Taiwan-sourced matter supply at 5.1–2.8 ka may have been caused by suppression of the Tsushima Warm Current, possibly associated with the *Pulleniatina* minimum event.

S07-O-04

近百年来长江下游沉积物源的环境磁学示踪以及对气候变化的指示

郑妍^{1*}, 杨守业², 邓成龙³

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京
100044

2 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

3 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

* zhengyan@ivpp.ac.cn

全新世气候变化与人类活动的关系是“过去全球变化 (PAGES)”研究中的重点和难点。工业革命以来, 人类活动对自然界的影 响 越 来 越 大 。 1988 年 , IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 政府间气候变化专门委员会) 成立, 其中一个方向就是评估气候系统和气候变化的科学问题。建立高分辨率环境演变序列, 分离气候信息载体中气候变化信号和人为干扰信息, 对于研究过去全球变化和预测未来气候变化走向有非常重要的意义, 是深入了解人类与气候变迁相互关系的重要手段。

河流沉积物是研究高分辨率气候环境变化的重要载体, 由于河流两岸是人类居住活动的重要地区, 因此河流沉积物是研究人与自然相互关系的理想地区。我们选择长江下游杨中市雷公嘴江心洲为研究对象, 剖面底部的 Pb210 年龄为 150 年。使用环境磁学方法分析百年以来的沉积物物源变化及气候响应, 进一步区分割面中自然和人为活动信息。

雷公嘴剖面中主要的携磁矿物是磁铁矿，并含有赤铁矿和针铁矿，不同层位中磁性矿物组合不同。磁铁矿在长江上游含量高，而长江中下游地区磁性矿物含量低，磁颗粒偏细。雷公嘴剖面的磁性变化特征反映了沉积物来源交替变化的特征。高磁化率指示了上游沉积物的贡献变化。沉积物中另一个物理指标，粒度粗颗粒层则是中下游洪水的替代性指标。由于百年以来历史文献中包含大量气候信息的记录，因此物理参数与历史记录的对比可以更好地了解长江流域气候发展历史。在年代误差范围内，磁化率与宜昌水文站（长江上中游分界）的径流量变化相似，沉积物粒度与大通水文站（长江中下游分界）以及长江中下游梅雨降雨量也呈现近似的变化情况。实际历史数据与沉积物物理指标的对比结果可以校正雷公嘴剖面的年代。校正后剖面底部的年龄为 130 年，计算的沉积速率变化曲线与长江流域洪涝灾害的变化趋势一致。磁化率频谱分析后，显示出 10-12 年和 5.5 年的周期性变化，与 ENSO 循环的周期一致。近 50 年来，磁化率呈线性增长趋势，与国家经济发展、人口增长正相关，说明近 50 年以来，长江沉积物受人类活动影响增加。我们的研究证明河流沉积物富含大量的气候学信息，环境磁学方法适合开展高分辨率的古气候学研究，并可以区分自然和人为活动的信息。

S07-O-05

末次冰消期以来冲绳海槽深水环境演变的地球化学记录

窦衍光^{1*}，杨守业²，石学法³

1 青岛海洋地球研究所，青岛 266071

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

3 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

冲绳海槽作为连接东海陆架与太平洋的半深海盆地，具有“边缘海-深水大洋”的典型

特征，其深层海水与北太平洋中层水（NPIW）和南海中层水（SCSIW）存在频繁的水体交换，在调节局部和区域气候变化中起重要作用。相对于研究较为成熟的表层环流，冲绳海槽深水环境演变研究目前还比较薄弱。

近年来，作者及合作者对东海周边入海河流（包括长江、晋江、闽江、九龙江以及台湾东西部河流等）、以及东海陆架表层沉积物 Fe-Mn 氧化物 Nd 同位素进行分析的基础上，对冲绳海槽中南部数个钻孔沉积物自生 REE、Sr 同位素，以及 Nd 同位素开展了系统研究，示踪了末次冰消期以来冲绳海槽与开放大洋之间的海水交换过程。

研究发现，相对于深水大洋，边缘海盆的深水流通研究并不能简单地进行海水 Nd 同位素值端元对比，有其独特性和复杂性。经过的长期的实验，本研究准确的测得了沉积物表层海洋自生组分痕量元素的含量，并富集其同位素，充分认识并评估陆架边缘元素“边界清扫”效应。由于陆源物质输入的影响，导致记录海水性质的沉积物表层 Fe-Mn 氧化物钕元素部分来自陆源，致使示踪元素在陆架边缘发生“边界清扫”效应。Fe-Mn 氧化物所记录的深水信号也因此受到干扰，与实际水源 Nd 同位素值偏离。根据 Sr 同位素端元对比的方式，对陆源贡献进行定量的估算，提取了真正记录冲绳海槽深层水流通的同位素信号。该研究结果与南海南极中层水（AAIW）以及琉球外海的底栖有孔虫 $\delta^{13}\text{C}$ 具有较高可对比性。本研究建立了一套可靠的海洋沉积物自生组分（Fe-Mn 氧化物等）提取程序；发现冲绳海槽中南部氧化还原状况与深水环流密切相关，末次冰消期深水流通加强，底层水相对富氧；全新世早期以来，黑潮加强，水体分层，底层水相对缺氧。冲绳海槽深水环境在全新世早期发生重大变化，与北太平洋中层水（NPIW）和南极中层水（AAIW）

彼此消长密切相关。本研究是在陆架边缘盆地进行 Nd 示踪研究的有益尝试,同时也是对 Alexander M. Piotrowski 和 Martin Frank 等代表的西方学者所主导的深水环流研究的重要贡献。

S07-O-06

Recent Rapid Changes of the Mekong Delta: from constructive to destructive

J. P. Liu^{1*}, X. Li^{1,2}, Z. Xue³, Y. Saito⁴, T. K. O. Ta⁵, V. L. Nguyen⁵, D. J. DeMaster¹

1 Dept. of Marine, Earth & Atmospheric Sciences,
North Carolina State University, Raleigh NC 27695,
USA

2 School of Geodesy & Geomatics, Jiangsu Normal
University, Xuzhou, Jiangsu Province, China

3 Dept. of Oceanography and Coastal Sciences, Center
for Computation and Technology, Coastal Studies
Institute (joint), Louisiana State University, Baton
Rouge, LA, 70803, USA

4 AIST Natl Inst Adv Ind Sci & Technol, Geol Survey
Japan, Tsukuba, Ibaraki 3058567, Japan

5 HCMC Institute of Resources Geography, VAST, 1
Mac Dinh Chi St., 1 Dist., Ho Chi Minh City,
Vietnam

*jpliu@ncsu.edu

The Mekong River, one of the largest rivers in Asia, used to discharge annually 160 million tons (Mt) to the sea, with a historical long-term rapid seaward delta growth rate (16 -26 m/yr), and resulted in forming a world's third largest delta in the western South China Sea. New shoreline analyses of 43-yr high-resolution satellite images (1973-2015) using ArcGIS tools indicate that the growth rate around the current Mekong river distributary mouths (from My Tho southward to Bassac) in the east (Zone-1) had been steadily decreasing

from 8.66 m/yr in 1970s to 4.5 m/yr during 2005-2015, the area accretion decreasing from ~2 to 1.15 km²/yr. Farther southward, from the Soc Trang Province to the tip of Ca Mau Peninsula (Zone-2), overall the shoreline had been constantly retreating from the year 1973 to 2015, with an increased erosional rate from -10.3 to -20.9 m/yr, and the land losing rate increasing from -1.39 to -1.71 km²/yr. In the western side of Ca Mau Peninsula (Zone-3), the coastline had kept growing, but the growth rate sharply decreased from 28.15 to 11.83 m/yr. The land area accretion rate also decreased from 2.82 to 1.64 km²/yr. In the Gulf of Thailand section from 9°N to 10°N (Zone-4), the delta had experienced a paradigm shift from accretion to erosion in early 1990s, the growth rate had been decreasing from 8.4 to 3.5m/yr from 1970s to early 1990s, then turned into erosional phase with rates ranging from -10 m/yr to -4.5 m/yr during 2005-2015. This area had stopped net gaining in late 1980s, and during 2005-2015 it had been losing land at a rate of -1.13 km²/yr. Overall, from 1973 to 2005, the entire Mekong Delta's net land gain had been slowing down with a gradually-decreasing rate of 4.3->2.6->1.9->1.0 km²/yr. Staring from 2005 to 2015, the MKD had turned from a constructive phase to a destructive phase, with a mean negative land gain rate of -0.05 km²/yr.

Furthermore, not only is the Mekong Delta gradually shrinking, our nearshore-offshore high-resolution CHIRP sonar profiling surveys off the Zone-2 coasts reveal that the subaqueous deltaic shore face is also under strong erosion. The sediment cores and radio-isotopic dates over the shoreface reveal

there has no modern fluvial sediment accumulation on the current seafloor off the Zone-2 area, which matches the rapid shoreline retreat. The offshore numerical modeling using ROMS also indicates that the current Mekong subaqueous delta is under a strong shear stress for erosion, particularly during the strong winter monsoon seasons. With the more planned dams, constant sand mining, delta subsidence, and sea-level rise, the Mekong Delta will turn from a constructive into a destructive phase, and keeps being eroded in both underwater shorefaces and coastlines.

S07-O-07

Clay-mineral compositions of sediments in the Gaoping River-Sea system: implications for weathering, sedimentary routing, and carbon cycle

Daidu Fan^{1*}, Yangyang Wang¹, James T. Liu²
Yuanpin Chang²

¹ State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

² Department of Oceanography, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung, 80424, Taiwan

* ddfan@tongji.edu.cn

The watersheds of small mountainous rivers (SMRs) have the highest denudation rate in the world, and their role in global sediment and carbon cycle has caught increasing concern in the past two decades. Of these active high-standing islands, Taiwan stands out for its extreme rates of uplift and denudation (5~7 mm yr⁻¹), a surpassing high sediment yield (~9,500 t km⁻² yr⁻¹), and the uppermost efficiency of sediment delivery from the mountain highest

(~4,000 m) to the ocean deepest sites (> 5,000 m). As the largest river in Taiwan (3,257 km²), Gaoping River (GPR) annually carries 7.4 km³ of water and 1,100 Mt of suspended sediment into the sea. Most of them are flushed on land and dumped into the Gaoping Submarine Canyon (GPSC) by the ways of episodic hyperpycnal flow and turbidity current, concentrating on a few hours or days during typhoon strikes in each wet season. Characterized by its huge amount and high efficiency of sediment delivery, Gaoping dispersal system has been extensively studied through multi-disciplinary methods in the recent decade to unravel the complex processes and mechanisms governing sediment transport from source to sink, and strata formation on the active continental margin. Here we present the results of clay mineral analyses on the surface and short-core sediments collected from the Gaoping river-sea system. The high consistency of clay-mineral compositions within the system mirrors weak weathering process and relatively homogenous parent rocks in the drainage basins. It is further attested by lower values of illite crystallinity and illite chemical weathering index, both denoting a weak chemical weathering regime. Besides the main sediment dispersal pattern along the submarine canyon, we reveal another important sediment-routing path, parallel to the contour line along the lower continental slope. It is further demonstrated that the contour-parallel sediment redistribution is controlled by the ocean circulations of SCS warm currents and Kuroshio branch currents. It is attested for the first time from the sedimentary records the decadal variability in

the Kuroshio intrusion.

S07-O-08

日本海 IODP U1430 站记录的中新世以来亚洲干旱和周边火山活动历史

万世明^{1*}, 沈兴艳^{1,2}, 赵德博^{1,2}, 张晋^{1,2}, 裴文强^{1,2}

1 中国科学院海洋研究所, 中国科学院海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071

2 中国科学院大学, 北京 100049

* wanshiming@qdio.ac.cn

日本海作为西北太平洋一个主要的边缘海, 其巨厚的海底沉积物不仅记录了海盆的古海洋演化信息, 而且可用以重建晚新生代东亚大陆古气候演变历史。由于正好处于亚洲粉尘向东传输的路径上, 日本海是亚洲内陆粉尘一个重要的沉积汇。此外, 周边火山岛弧的岩石风化和间歇性火山喷发也为日本海提供了大量火山碎屑物质。我们利用国际综合大洋钻探 IODP 346 航次于 2013 年在日本海西南部 U1430 站位钻取的 275 米连续长岩芯样品, 基于微体古生物和古地磁年代格架, 通过粘土矿物学、Sr-Nd-Pb 同位素地球化学、粒度等手段探讨了中新世以来亚洲干旱和周边火山活动历史。研究表明, 来自亚洲内陆、日本海、南海和西太平洋的风尘记录可以很好对比, 暗示了风尘传输在时空上的耦合性。自中中新世以来, 亚洲干旱程度逐渐增强, 尤其在约 12 Ma、8 Ma、3.5 Ma 左右发生阶段性增强, 亚洲干旱的长期演化紧密联系于全球变冷和青藏高原的隆起。火山物质对日本海的贡献相对风尘物质自 15 Ma 以来逐渐减弱, 但在 2 Ma 左右明显加强, 可能与日本海区域性构造活动增强有关。

S07-O-09

差异化沉积动力过程对我国东部边缘海泥质区沉积有机碳保存的影响

姚鹏^{1*}, 赵彬^{1,2}, 王金鹏^{1,2}

1 海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 青岛 266100

2 中国海洋大学化学化工学院, 青岛 266100

* yaopeng@ouc.edu.cn

边缘海是海洋中有机碳的主要沉积汇。很多研究均表明有机碳通常在细颗粒物中富集, 因此, 高含量的沉积有机碳主要分布在细颗粒物沉积的边缘海泥质区。对边缘海泥质区沉积有机碳的分布、来源和埋藏通量等已开展了大量研究, 但是对于其保存特点和控制机制了解还很少。本研究对我国东部边缘海获得的 155 个表层沉积物进行了粒级组成、比表面积 (SSA)、有机碳含量 (TOC) 和稳定碳同位素丰度 ($\delta^{13}\text{C}$) 等进行了分析, 在描绘沉积物和有机碳的基本特征基础上, 运用单位比表面积有机碳含量 (TOC/SSA) 参数考察了沉积有机碳的保存特点, 并对不同泥质区的沉积动力过程的差异对沉积有机碳保存的影响进行了讨论、分析。总的来说, TOC 和 SSA 在研究区内具有相似的分布特点, 高值主要分布在泥质区, 而在砂质沉积区含量较低。最高的 TOC (1.25%) 和 SSA (29.5 m^2/g) 均在南黄海泥质区发现。泥质区 TOC 的 $\delta^{13}\text{C}$ 普遍较高 (^{13}C 较富集), 表明有机碳主要来自于海源贡献, 特别是在济州岛西南泥质区。将 TOC 对 SSA 进行归一化, 得到的 TOC/SSA 比值的分布趋势与 TOC 和 SSA 的分布明显不同。在所有的站位中, 近三分之一的站位具有显著低的 TOC/SSA 比值 ($<0.40 \text{ mg m}^{-2}$), 大部分处在泥质区, 表明这些区域的沉积有机碳没有得到很好地保存。不同泥质区沉积有机碳的保存特点和机制可能是不一样的。在长江口和浙闽沿岸泥质区, 尽管

具有较高的陆源颗粒物输入和沉积速率,“移动泥”的存在加剧了其中有机碳的分解,难降解的陆源有机碳可能通过激发效应在易降解的海源有机碳分解的同时被有效分解,使得河口泥质区成为有效的“次氧化流化床有机碳反应器”。而在南黄海和济州岛西南这些离岸泥质区,则不存在移动泥的作用机制,陆源有机碳在沉积之前经过了长距离的运输,长期暴露在水体富氧条件下,在此过程中就已经被分解殆尽,因而其沉积有机碳体现的主要是海源特征。特别地,南黄海和济州岛西南泥质区的逆时针气旋式涡的形成机制更是延长了陆源颗粒在水体中的停留时间,促进了其中陆源有机碳的分解。

S07-O-10

东亚河流和边缘海沉积物“源—汇”过程的时间尺度

李超^{1,2*}, 杨守业¹, 郭玉龙¹, 毕磊¹

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092

* cli@tongji.edu.cn

近十几年来,世界范围内沉积物“源—汇”过程研究不断开展,“从源到汇”的研究思路逐步成为边缘海地质学研究中一种重要的指导思想。沉积物在源区风化剥蚀,到被河流搬运,再到边缘海的沉积,这一源汇过程的“时间尺度”,是沉积物“从源到汇”研究的核心问题之一,对于理解风化过程、气候变化、构造运动、地貌演化等都具有重要的意义。不同河流源汇体系的沉积物传输和在流域内滞留的时间有明显的不同。这一不同在早期“陆海相互作用”、“陆架碳循环”和“河流沉积物从源到汇”研究中往往被忽视或者缺乏定量化。最近几年不少学者和大型研究计划,如 NSF-MARGINS (S2S) 和 LOICZ-II 等,开始逐渐关注河流沉积物转换

(sediment transfer)及时空不均一性的定量研究,而以上问题,也是未来“长江—东海沉积物源汇系统”研究应该重点关注的一个方向。

根据铀系同位素不平衡理论,沉积物在地表“剥蚀—输运—埋藏”过程中由于 α 弹射所产生的反冲作用,沉积物中 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比值随沉积物搬运不断降低。通过测试沉积物样品的 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比值,结合沉积物颗粒的粒径分布特征,可以计算沉积物在地表复杂过程中的“搬运时间”(又称粉碎年龄),并进一步估算沉积物“从源到汇”的时间尺度。本研究初步分析了长江和台湾主要河流沉积物及冲绳海槽钻孔沉积物的搬运时间,比较世界性大河和岛屿河流沉积物在搬运时间上的差别和影响因素;在此基础上探讨了晚第四纪以来冲绳海槽地区沉积物搬运时间的变化过程,并进一步分析了长江和台湾两种不同河流源汇体系是如何主导冲绳海槽沉积物来源。研究结果显示长江沉积物的搬运时间约在40万年左右,而台湾浊水溪和兰阳溪沉积物的搬运时间只有不到10万年。两者之间的差别既与不同地区风化特征有关,又受流域地形控制,进一步分析揭示不同的风化特征对沉积物样品中 ^{234}U 的亏损具有不同的影响。另一方面,冲绳海槽钻孔沉积物在过去3万年以来也显示了不同的搬运时间特征,冰期时搬运时间较长而7千年以来搬运时间较短。这一结果与前人对冲绳海槽地区沉积物来源的研究相吻合,同时也印证了长江和台湾河流沉积物搬运时间的研究结果。

S07-O-11

赣江流域河流沉积物物源示踪研究: 来自碎屑锆石 U-Pb 年龄证据的约束

李小聪^{1,2}, 王安东^{1,2*}, 万建军^{1,2}, 林乐夫^{1,2}

1 东华理工大学核资源与环境省部共建国家重点实验
室培育基地, 南昌 330013

2 东华理工大学地球科学学院, 南昌 330013

* adw008@mail.ustc.edu.cn

赣江是江西省第一大河流, 也是长江八大支流之一, 位于华南板块腹地, 域北和域南分属于扬子地块和华夏地块。河流是构造与气候共同作用的产物, 河流沉积物携带了源岩剥蚀、搬运以及流域源区的信息。本文利用 LA-ICP-MS 分析技术, 对赣江流域水系沉积物碎屑锆石进行了 U-Pb 年龄研究, 旨在限定赣江的物质来源。

本次研究对赣江流域南昌段三个河砂样品中的 140 颗碎屑锆石进行 U-Pb 年龄测试, 获得有效测试点 123 个。结果表明: 锆石 U-Pb 年龄主要有 7 个年龄组段, 分别是 134-197 Ma、221-290 Ma、398-484 Ma、520-625 Ma、727-895 Ma、980-1110 Ma、2502-2861 Ma。分别与已知的构造-岩浆热事件相对应(燕山期、印支-海西期、加里东期、泛非期、扬子地块与华夏地块拼合期、格林威尔期造山运动、陆壳增长期)。其中最主要的年龄组段为 398-484 Ma(峰值为 433 Ma, 占总数的 43%) 和 134-197 Ma(峰值为 151 Ma, 占总数的 15%)。

王扬扬等对扬子地块东南缘与华夏地块进行对比研究发现, 华夏地块主要出露加里东期的岩体, 其次是燕山期和新元古代的岩体, 而扬子地块东南缘主要出露新元古代的岩体, 其次是燕山期岩体, 扬子地块缺乏加里东期的岩体和年龄数据。赣南爵山沟组和跳马涧组砂岩碎屑锆石年龄数据表明在新元古代有两个年龄峰, 分别为~1000 Ma 和~800 Ma, 在新太古代、加里东期和泛非期也都有年龄峰, 赣南崇义地区奥陶纪砂岩碎屑锆石也具有类似的结果, 均与本次实验结果一致, 因此可判断赣江河流沉积物主要来自于华夏地块。

S07-O-12

中小河流入海水沙变化对人类活动响应特征

印萍^{1*}, 康雪宁²

1 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

2 中国海洋大学, 青岛 266071

* pingyin@fio.org.cn

河流入海水沙通量对陆海物质循环与迁移具有重要的意义, 为海岸带地区提供重要的陆域物质来源, 是陆海相互作用的物质载体和纽带, 在全球生物地球化学循环中扮演着重要角色。在我国海岸带地区, 中小河流在数量上占大多数。虽然中小河流的入海泥沙通量明显低于黄河、长江和珠江三大主要河流, 但仍是我国漫长海岸带线上重要的沉积物来源, 对海岸带环境的塑造起着非常重要的作用。

近年来, 由于气候变化和人类活动的影响, 全球许多河流入海水沙通量都发生不同程度的变化。特别是上世纪 70 年代以后, 随着经济的蓬勃发展和世界人口的急剧增长, 人类活动(如水库堤坝建设、跨流域调水、土地利用方式改变等)强烈干扰了河流水文要素, 改变河流泥沙输运模式, 造成河流输入到海洋中的物质通量出现急剧减少的趋势, 严重影响了海岸带地区的地质地貌、生态环境。

本文对我国沿海代表性的入海中小河流多年入海水沙资料进行了整理, 结合各流域长序列年降水量资料, 利用趋势分析、功率谱周期分析和 Mann-Kendall 突变分析等方法分析降水量、径流量和输沙量的变化特征, 探讨了我国不同地理区域的中小入海河流水沙通量的变化规律, 重点解剖了人类活动对中小河流水沙变化的影响。

研究表明近 50 年中小入海河流域的年降水量水平相对稳定,变化较小, 主要受全球气候波动影响; 但径流量和输沙量的变化明显, 其中输沙量变化最为显著, 所有河流输沙量均呈减少趋势; 南方河流径流量变化较小, 但输沙量显著下降。功率谱分析表明, 入海河流的降水量和径流量具有 2~3a、7~8a、10a 等周期, 主要是由气候的周期性变化引起的。但是输沙量的周期性变化不明显, 特别是北方河流, 主要是受到人类活动的强烈影响。

Mann-Kendall 突变分析表明, 在 50 年中河流径流量和输沙量均有明显的突变点, 特别是输沙量的突变显著, 突变点是人类活动突然增强的表现, 对应水库的建设、土地利用方式改变等。从地域上来看, 北方河流水沙变化对人类活动的响应更为明显, 这与北方降水量少、用水量大、供需矛盾更尖锐有关。不同类型的水利工程对水沙变化的影响方式有差异。

S07-O-13

中新世以来奄美三角盆地粘土矿物的来源、变化规律及其控制因素

蒋富清^{1,2*}, 刘华华^{1,3}, 朱潇^{1,3}, 冯旭光^{1,3}, 周焯^{1,3}

1 中国科学院海洋研究所 中国科学院海洋地质与环境重点实验室, 山东青岛 266071;

2 海洋国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室, 山东青岛 266061;

3 中国科学院大学, 北京 100049

* fqjiang@qdio.ac.cn

源于亚洲大陆干旱区的粘土矿物是西北太平洋深海沉积物的重要组成部分, 同时也是研究亚洲大陆古气候的重要载体。位于太平洋西北部的奄美三角盆地是新生代以来形成的深水盆地, 中新世以来稳定的构造和沉

积环境使该区域成为亚洲大陆风尘物质重要的“汇”。从奄美三角盆地沉积物中识别、提取风尘信号, 对于重建中新世以来风尘源区—亚洲大陆的古气候变化规律及其控制因素具有重要意义。本文利用“国际大洋发现计划”(IODP) 351 航次在奄美三角盆地采集到的沉积记录连续的岩芯 U1438A&B, 对沉积物中粘土矿物的组成、来源、变化规律以及控制因素等进行了系统研究。结果表明, 中新世以来奄美三角盆地的粘土矿物主要由蒙皂石(~55%)和伊利石(~35%)组成, 绿泥石(~7%)和高岭石(~3%)含量较低。将 U1438A&B 孔粘土矿物的组合特征、结晶学和形貌特征与可能源区(如: 亚洲大陆、吕宋岛、西菲律宾海和四国海盆等)进行对比分析, 蒙皂石典型的自生形态和高含量表明其主要来自研究区周围火山岛弧物质; 伊利石的结晶度指数(平均 $0.3^\circ \Delta 2\theta$, 绝大部分都 $<0.4^\circ \Delta 2\theta$)和化学指数(平均值为 0.3, 绝大部分小于 0.5), 及其形貌特征指示其主要来源于亚洲大陆风尘; 绿泥石和高岭石的变化趋势与伊利石基本一致, 而且与伊利石呈现正相关性, 结合形貌特征以及含量变化, 表明这两种粘土矿物也主要来自于亚洲大陆风尘。

中新世以来四种主要粘土矿物的含量变化可以分为四个阶段: (1) 23-14.3 Myr, 粘土矿物以蒙皂石为主, 平均含量为 89%, 伊利石含量次之(9%), 绿泥石和高岭石很低(小于 2%), 各粘土矿物的含量相对比较稳定, 变化不大; (2) 14.3-9 Myr, 伊利石、绿泥石以及高岭石含量显著增加, 而蒙皂石含量显著减少; (3) 9-5.3 Myr, 伊利石、绿泥石和高岭石等含量降低, 在 7 Myr 左右降至一个极低值, 然后又增加, 呈现波动; (4) 5.3 Myr-至今, 伊利石、绿泥石和高岭石含量明显增加, 而蒙皂石的含量明显降低。粘土矿物上

述的变化规律与中新世以来全球和区域的气候变化, 以及构造演化密切相关。23 Myr 左右青藏高原隆升和亚洲西部沙漠的形成, 驱动了亚洲内陆的伊利石和绿泥石向奄美三角盆地的输入; 14.3-9 Myr 和 5.3 Myr 以来, 由于全球气候变冷, 东南极冰盖和北半球冰盖的建立和扩张, 驱动了亚洲内陆干旱、以及亚洲季风的增强, 因此来源于亚洲大陆的伊利石和绿泥石等粘土矿物含量明显增加。上述研究结果表明, 中新世以来奄美三角盆地粘土矿物对于全球和区域的气候变化, 以及构造活动有明显的响应, 可用于重建东亚大陆的古气候演变。

S07-O-14

铀系同位素研究中国亚热带流域典型风化壳化学风化速率

苏妮*, 杨守业, 李超

同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

* nsu@tongji.edu.cn

大陆风化作用是影响全球变化的一种重要表生地质过程, 也是联系地球各圈层物质循环的重要纽带。近年来, 国际上逐渐兴起运用铀系不平衡法定量研究化学风化速率的问题。本研究以福建典型花岗闪长岩球状风化壳为研究对象, 分析了化学风化过程中矿物组成、元素活动性和 Sr-Nd-U-Th 同位素的分馏特征。研究发现, 化学风化过程中 SiO₂、MgO、CaO、Na₂O、K₂O、P₂O₅、Sr、Y 和 Ba 等元素表现为大量淋失, Al₂O₃、Fe₂O_{3(T)}、MnO、V、Cr、Rb、Hf 和 Pb 表现为中等程度的淋失, 而 Ti、Zr、Nb、Ta、Th 和 U 基本不发生迁移。其中, 轻稀土元素较重稀土元素不易迁移, 表现为重稀土元素较强的化学活动性。从基岩到表层土壤, 随着化学风化作用的增强, Sr-Nd 同位素均表现出分馏现象:

ϵ_{Nd} 逐渐减小, $^{87}Sr/^{86}Sr$ 则逐渐增大; 铀 (U) 系同位素呈现放射性不平衡现象。通过 XRD 和 SEM-EDX 数据分析得到, 这些同位素的分馏主要是受到风化过程中矿物组成变化/分馏的影响。

硅酸盐风化速率可以为地表风化和剥蚀作用之间的动态平衡提供潜在的约束作用, 而铀系同位素 $^{234}U/^{238}U$ 、 $^{230}Th/^{234}U$ 和 $^{230}Th/^{232}Th$ 的比值可以用于确定化学风化速率。基于此, 进一步研究指出, 该球状风化壳 (厚 1m), 随着化学风化作用的增强, U 系不平衡现象明显: 基岩 $^{234}U/^{238}U$ 比值为 0.951, 而从底层风化土到表层土壤 $^{234}U/^{238}U$ 比值变化为 1.022~1.186。这表明在封闭系统中, U 系同位素组成遵循一阶段浸出 (累积) 模型, 可用于化学风化速率的定量计算。本研究依据地球化学质量平衡原理建立铀系同位素迁移模型, 探索硅酸盐岩化学风化速率定量研究的方法, 其结果预期可为东亚大陆边缘山溪性河流和大河流域风化过程的比较研究提供参考。

S07-O-15

白令海北部陆坡沉积物中陆源物质来源和输运过程研究及对末次冰期以来陆海相互作用的启示

Rong Wang^{1,2,*}, Hartmut Kuehn³, Rainer Gersonde³, Boris K. Biskaborn², Gerhard Kuhn³, Bernhard Diekmann²

1 国家海洋局第二海洋研究所, 国家海洋局海底科学重点实验室, 杭州 310007

2 Alfred Wegener Institute, Helmholtz Center for Polar and Marine Research, Potsdam 14473, Germany

3 Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Am Handelshafen 12, D-27570 Bremerhaven, Germany

* rongwang@sio.org.cn

根据白令海北部陆坡的两个具有规律 AMS ^{14}C 测年结果和高分辨率特征的沉积岩芯 (SO202-18-3 和 SO202-18-6) 粒度和黏土矿物变化特征, 结合沉积序列、千年尺度气候波动事件对比、全球海平面变化、研究区初级生产力变化等资料对岩芯进行地层划分和对比, 对 32 cal. ka BP 以来周边陆地对白令海陆源物质的来源和输入进行释读, 探讨末次冰期冰盛期以来陆地冰融水与白令海缺氧事件的关系。结果表明在末次冰期冰盛期, 白令海北部陆坡主要接受非本区域的远洋沉积物; 河流携带悬浮物指标和高岭石的最大值出现在 Heinrich 1 事件晚期, 是由阿拉斯加北部布鲁克斯山脉冰川融化的冰融水带入育空河, 从而携带大量泥质悬浮物到达白令海北部陆坡; 在随后的间冰期 Bølling-Allerød, 阿拉斯加北部冰川已经耗尽, 升高的气温融化降雪及动土, 冰融水供给从冰川-河流转变为河流供给, 持续的低盐度淡水注入白令海, 减弱该区域通风透氧层从而导致缺氧事件, 形成层状沉积物堆积; 到了全新世, 伴随海平面的上升, 岸线距离研究区域越来越远, 陆源物质较难到达, 白令海峡重新开通后白令海内的环流系统被激活, 较强的水动力带走细颗粒物, 留下以砂为主的粗颗粒沉积物。

S07-O-16

重矿物地球化学在沉积物源分析中的应用

简星

厦门大学海洋与地球学院, 厦门 361102

xjian@xmu.edu.cn

河流入海物质的组成及相关的演化规律是了解边缘海沉积源汇过程和海陆物质循环的关键, 也是海洋地质学领域的热点话题。与边缘海有关的河流沉积物源分析大多基于

细粒沉积物或悬浮物的粘土矿物学和全岩元素、同位素地球化学分析, 基于这些传统的沉积物源分析手段所获得的结果反映的是物源供给的平均效应, 当沉积物来源于多种不同类型的源区时, 这些方法具有一定的局限性。先进的原位分析技术手段使得单矿物地球化学分析变得简单而可靠, 沉积物中的碎屑重矿物地球化学研究一定程度上可以弥补上述缺陷。本文重点叙述沉积物中典型稳定重矿物 (如金红石、石榴石和电气石) 的地球化学分析在沉积物源研究中的应用、新进展以及面临的问题。特别是沉积物中的金红石, 虽然主要成分为 TiO_2 , 但其微量元素的含量, 尤其是 Cr、Nb、Zr 等元素, 对其母岩的形成条件和所经历的地质过程都具有重要的指示意义, 同时, 碎屑金红石在搬运、沉积过程中表现出极高的稳定性, 因而是物源分析的理想指针矿物, 有望成为未来重矿物地球化学物源分析方法的重点方向。

S07-O-17

内蒙桌子山中奥陶统克里摩里组下段等深暖流沉积证据

李向东*, 郇雅棋

昆明理工大学国土资源工程学院, 昆明 650093

*Lixiangdong614@163.com

鄂尔多斯盆地西缘中奥陶世达瑞威尔期为构造活动期, 其沉积环境主要为斜坡至深海盆地, 其岩性以薄层石灰岩、砾屑石灰岩、浊积细砂岩和泥岩为主, 并从达瑞威尔期开始发育等深流沉积。虽然前人对该地区等深流沉积的研究较多, 但都集中在等深流沉积的识别和沉积特征上, 而对该时期 (中、晚奥陶世) 等深流自身的特征几乎没有研究。

本文以详细的野外观察为基础, 结合薄层石灰岩碳、氧稳定同位素测定, 对内蒙古自治区桌子山地区中奥陶统克里摩里组下段

的等深流沉积进行详细的研究，以深水原地沉积确定沉积环境，以薄层石灰岩中的细—粗—细序列确定等深流沉积，同时对碳、氧稳定同位素测定数据进行严格的检验，以确保氧同位素测温数据的合理性和可用性。

结果显示，克里摩里组薄层石灰岩沉积时海水盐度正常；石灰岩与海水之间的氧同位素交换抵达平衡；成岩作用对氧同位素影响甚微，测试数据有效可用；沉积时深部水体温度范围分布一般在 22.2°C—30.7°C 之间，平均为 26.4°C。

因此，可以推测桌子山地区达瑞威尔期克里摩里组下段为斜坡环境等深暖流沉积，由于等深流盐度正常，温度较高，故可能为海洋表层环流，结合现今墨西哥湾流及大西洋暖流分析，可能为大洋表层环流中由风海流引起的较深水沉积（风暴浪基面以下）。该发现对于研究中、晚奥陶世大洋环流具有重要意义。

S07-O-18

海洋底部边界层的减阻效应： 悬沙浓度的作用

Drag coefficient reduction and shear stress saturation caused by tide-induced high suspended sediment concentration in the bottom boundary layer

Ya Ping Wang¹, Jin Li¹, Jingdong Chen¹, Shu Gao², Yan Li³, Yining Chen⁴, Aijun Wang⁵, Benwei Shi¹, Jianhua Gao¹, Yang Yang¹

1 School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China

2 State Key Laboratory for Estuarine and Coastal Studies, East China Normal University, Shanghai 200046, China

3 Fujian Provincial Key Laboratory for Coastal Ecology and Environmental Studies, Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen 361005, China

4 Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China

5 Laboratory for Coast & Ocean Geology, Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China

Having been discovered in both the atmosphere-ocean boundary and the ocean-bottom boundary for decades, drag reduction in the bottom boundary layer (BBL) has roused widely attention in both academic and engineering area and plays an essential role in the physical processes such as turbulent mixing and transport of mass, momentum and heat. Yet, no consistence has been reached regarding to its mechanism owing to the complexity and difficulty to test the proposed theoretical hypothesis practically. An explicit relationship has been proposed in this study that the bottom drag coefficient C_d increases with current velocity in the BBL until some certain turning points, over which C_d decreases inversely with the increasing velocity and the associated incrementing suspended sediment concentration (SSC). The *in situ* observations over an intertidal flat approved such a relationship, particularly indicating that drag reduction occurred and that turbulent diffusivity tended towards a constant as the current velocity reached 0.4-0.5 m s⁻¹ with a high SSC of 600-800 mg L⁻¹ in normal weathers with mild winds. This suggested that turbulence was damped as a result of the high SSC in the BBL, which serves as an isolated layer to damp/block the drag/turbulence. In contrast, the turbulence or mixing being induced by tough waves under

windy conditions turned out to be so intense as to penetrate the whole water column to reach the seabed. More supports of the formation of the high-SSC-resultant drag reduction layer came from the observations that drag reductions occurred in a series of environments with various sedimentary and hydrological dynamic conditions commonly at yet varied critical current velocities. The causal linkage of “high velocity - high SSC - weakened turbulence on the bottom - drag reduction” provides a promising and tangible start point, from which the mechanism of drag reduction and thus turbulence might be revealed hopefully.

S07-O-19

Effects of waves on sediment transport on a tide-dominated offshore shoal in the southern Yellow Sea

Jilian Xiong¹, Ya Ping Wang^{1*}, Xiao Hua Wang², Jingdong Chen¹, Benwei Shi¹, Jianhua Gao¹, Yang Yang¹, Qian Yu¹, Minliang Li³, Lei Yang³, Xulong Gong³

1 Ministry of Education Key Laboratory for Coast and Island Development, Nanjing University, Nanjing 210097, China

2 Sino-Australian Research Centre for Coastal Management, UNSW Canberra at the Australian Defence Force Academy, Canberra BC 2610, Australia

3 Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu, 210018, China

* ypwang@nju.edu.cn

An understanding of sediment transport mechanisms is of great importance in ecological studies, ecosystem management, and engineering of coastal regions. To study

sediment transport mechanisms and evaluate the effects of waves on a tide-dominated offshore shoal, we measured water depths, current velocities, suspended sediment concentrations (SSCs), wave parameters, and bottom sediment compositions on an offshore shoal in the southern Yellow Sea. These data were then used to calculate bottom shear stresses generated by currents (τ_c), waves (τ_w), and wave-current interactions (τ_{cw}). The τ_{cw} values were calculated according to the Grant-Madsen and Soulsby models, both of which yielded similar results, showing that swells cannot easily propagate into areas sheltered by large sand ridges and that waves can influence sediment movement only when winds are strong or during periods of slack (shallow) water, when waves readily interact with the seabed. Considering ripple effects, the maximum τ_w can increase by 3-5 times when wind was strong. It can also infer that strong wind promote the formation of ripples. A power spectral density analysis using a continuous wavelet transform further indicated that waves can increase the energy of turbulence. Our results show that SSCs exceed a particular value for most of the time, suggesting a certain background SSC level in the water column. Moreover, the background value during spring tides is higher than that during neap tides. Given that the minimum τ_c value and the current velocity in each tidal cycle are non-zero, and that background SSCs and τ_c values during spring and neap tides show a strong relationship, we suggest that background SSCs are likely maintained by tides. Periods of resuspension were observed during both flood and ebb stages. A depth-averaged suspended sediment equation

and a Fourier analysis showed that SSC movement was controlled by resuspension at three of four observation stations (d1, s1, d2), while advection was dominant at one station (s2). By combining synchronous variations of SSC and τ_{cw} , we determined temporal variations in the critical shear stress (τ_{cr}) at each station, showing average τ_{cr} values is 0.07–0.11 N/m² in the study area.

S07-O-20

渤海陆架演化的年代学研究

易亮^{1*}, 邓成龙², 于洪军³, 姜兴钰⁴, 田立柱⁴, 徐兴永³, 石学法³, 朱日祥³

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029

3 国家海洋局第一海洋研究所海洋沉积与环境地质重点实验室, 青岛 266061

4 中国地质调查局天津地质调查中心泥质海岸带地质环境重点实验室, 天津 300170

* yiliang@tongji.edu.cn

渤海是东海陆架的一部分, 其三面为陆地所环绕, 仅以狭窄的海峡与黄海相通。渤海盆地新近纪-第四纪拗陷时期所堆积的湖相、河流相、海相等厚达 2000~3000 m 的沉积地层, 为研究亚洲边缘海早期演化、东亚大陆边缘海陆相互作用、区域环境变化等重要问题提供了丰富的地质素材。

自上世纪六十年代以来, 渤海地区已布设的数千支研究和勘探钻孔较为全面地揭示了区域地质构造、水文过程、资源状况。这些成果又以晚第四纪以来的海侵研究最为瞩目。例如, 赵松龄等(1978)根据 71 个沿海平原钻孔的沉积学和海平面变化研究, 确立了晚第四纪以来中国东部三次海侵的基本框架。Wang et al. (1986) 和 Zhao (1986) 基于近百口钻井资料, 划分了三次主要海侵事件

的可能影响范围, 并提出第二次海侵事件的影响范围是最大的。上世纪九十年代以来, 发表的成果显著增多, 在沉积学上证实了晚第四纪三次主要海侵事件的广泛存在, 并对渤海早期海侵的特征进行了探讨, 为系统研究渤海地区海侵发生以来的陆架演化提供了良好的基础。但是, 不同研究中对于陆架演化研究的另一基础性问题——取自不同构造单元的钻孔、基于不同的年代学方法所获得的年代地层学结果有着明显的差异。

本研究回顾了过去渤海陆架演化研究的重要成果, 总结了不同年代学方法(包括 14C 测年、光释光测年、磁性地层学以及天文调谐等)在限定重要地质、环境事件发生时代的优势与挑战。在此基础上, 结合区域海平面定量重建的结果, 我们认为第二海侵层始于 MIS-5 期, 在 MIS-3 期尚有残余沉积保留的可能, 反映了第二海侵层内部两个次一级的海侵事件; 第三海侵层始于 MIS-7 期, 可能持续至 MIS-6 期, 同样对应了内部的两个次一级海侵事件。

对于渤海地区早期海侵事件和下伏陆相地层的年代, 由于缺乏标志性事件作为对比目标, 已发表的成果多为地层的埋深对比, 并且目前具有较好的磁性地层学结果的深孔多位于渤海湾西岸。为此, 我们尝试以盆地演化的不同阶段作为目标, 构建渤海地区晚新近纪以来的地层对比框架。我们基于 11 支新近获取的钻孔古地磁研究, 构建了莱州湾地区晚中新世以来的年代地层对比框架。在环渤海地层和年代学对比的基础上, 提出了渤海陆架演化的三阶段模式: ~3.7 Ma 之前的盆地快速沉降、3.7-0.3 Ma 的“渤海古湖”发育与庙岛古隆起相对地势较高、以及~0.3 Ma 以来“渤海古湖”消失与渤海陆架形成。

S07-O-21

南海北部晚第四纪全岩陆源碎屑矿物组分的解构与溯源

谢昕*, 杨阳, 巢前, 张成龙, 李艳丽

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* xiexin@tongji.edu.cn

南海北部在晚第四纪沉积大量的陆源碎屑物质, 是深海沉积物质的主体。它们主要是不同源区母岩风化形成的各类矿物, 由河流、洋流等不同介质, 由不同途径和方式经搬运与分选输入至南海沉积; 而不同的源区、运输介质或途径的贡献量随冰期/间冰期旋回而发生变化。如何从采集的沉积岩芯中, 揭示它们各自贡献的沉积矿物成份及含量变化?

对采自陆坡, 水深 2125 米, 底部年龄约到氧同位素 11 期的 MD12-3432 岩芯进行的全岩元素成分分析表明, K/Ti 与 Zr/Ti 在冰期旋回中呈现明显相反的变化, 而 K 与 Zr 是两类性质完全不同、分别主要赋存在轻、重矿物中的元素。对陆源碎屑的粒度数据进行端元分析发现, 全岩的陆源碎屑可分离出三个粒度端元, 其中敏感变化粒级为 2~6 μm 的 EM1 端元的变化与 K/Ti 基本同步, 而敏感变化粒级为 6~12 μm 的 EM2 端元的变化与 Zr/Ti 几乎一致。进一步尝试对全岩陆源碎屑进行矿物成分分析。利用沉降法, 将陆源碎屑分离成 <2 μm 、2~6 μm 、>6 μm 三个部分, 再分别利用 XRD 进行矿物成分的测试及计算。结果表明, <2 μm 的碎屑中主要为蒙脱石、伊利石、绿泥石等黏土矿物; 2~6 μm 中除伊利石等黏土矿物外, 主要为石英和长石; 而 > 6 μm 的碎屑中, 除石英、长石外, 可存在一系列的重矿物; 它们的含量随冰期旋回发生变化。因此, 结合全岩元素、粒度和矿物组成成分特征, 认为该岩芯的陆源碎屑矿物来源主要

包括由洋流输送的以含 K 的伊利石为代表的台湾细粒风化物质、珠江输入的含有锆石等标志性重矿物的华南风化物质, 以及南海北部陆架再搬运物质。这些源区和搬运介质的贡献量随冰期旋回发生变化, 导致沉积岩芯中不同陆源碎屑矿物组分发生相应变化。

S07-O-22

晚上新世北太平洋深海风尘沉积的环境磁学研究意义

张强, 刘青松*

中国科学院地质与地球物理研究所 岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029

* qslu@mail.iggcas.ac.cn

全球最大的风尘源区位于北半球的风尘带, 包括北非、中东、中亚、南亚, 直到中国, 中亚地区的风尘物质通过东亚季风和西风带分别被输送到中国黄土高原和北太平洋地区, 风尘的侵蚀、输送和沉降过程与源区的气候环境状况和搬运介质的风力条件密切相关。前人通过对亚洲内陆风尘沉积序列的系统研究在亚洲内陆干旱化和东亚季风演化方面取得了大量成果, 然而针对北太平洋的风尘沉积研究还较为薄弱, 深海沉积具有较好的连续性, 并且后期改造作用较弱, 因此北太平洋是研究亚洲风尘循环和西风环流的天然实验室。通过对北太平洋深海风尘沉积的研究可以将海洋和陆地的气候记录紧密联系起来, 同时对于研究东亚季风和西风带的相互耦合机制都具有十分重要意义。

前人对北太平洋深海风尘沉积的研究发现, 风尘通量的高低与地球冷暖期相对应, 然而具体的对应关系还存在争议, 例如 V21-146 孔的风尘的最大通量与冰期相对应, 而其他钻孔 (例如: RC14-105、V20-122 等) 并没有以上对应关系。北太平洋深海风尘沉积不仅与源区的供应量有关, 同时还受到西

风带风力大小和覆盖范围的影响。前人对北太平洋的深海风尘记录的研究也发现了西风带随着地球冷暖的变化发生了南北向迁移。由此可见中亚地区风尘的供应量、西风带的强度以及西风带主流风向的覆盖范围共同影响北太平洋深海风尘沉积的沉积模式。综合来看,对于北太平洋深海风尘沉积还需要更高精度的研究。

传统的风尘替代指标主要是石英的通量和粒径,然而该方法前处理非常耗时,而且不能分离火山颗粒的影响,尤其是距今 2.75 Ma 以来,北半球冰期加强,北太平洋深海沉积中除风尘之外,还有冰筏沉积和阵发性火山灰沉积,因此传统方法不能获得真正的风尘信息。相比于以上的非磁学方法,磁学方法更加灵敏,前人利用磁学方法分析了北大西洋、北太平洋和地中海地区深海风尘沉积的磁学特征,相关磁学参数以及参数比值能够精确地限定样品中磁性颗粒的种类、含量和粒径信息,而且磁学方法对样品没有破坏性,前处理简单,非常适宜于高精度研究。前人对含铝针铁矿和赤铁矿的性质进行了详细的研究,并对应用其磁学性质作为潜在的风尘信息指标提出了评判依据。

我们选取了沿西风带和垂直西风带分布的一系列北太平洋沉积钻孔,计划利用环境磁学方法和漫反射光谱技术追踪深海风尘沉积在晚上新世以来二维平面内的时空变化特征。最近的阶段性研究成果表明随着 2.75 Ma 北半球冰期加强以来,北太平洋深海沉积中赤铁矿的绝对含量显著升高,而且深海沉积物中赤铁矿通量与中国黄土高原风尘通量的变化具有较好的一致性,说明随着北半球冰期的加强,亚洲内陆源区的干旱化进一步加剧。初步分析认为用赤铁矿作为风尘替代指标具有一定可行性,下一步将对北太平洋深海风尘沉积中的亚铁磁性矿物和反铁磁性矿

物的磁性特征进行深入研究,以期重建高精度北太平洋风尘循环历史和西风带演化模式。

S07-O-23

我国东部入海河流沉积地球化学组成及对地球圈层相互作用的指示

杨守业

同济大学海洋地质国家重点实验室,上海 200092
syyang@tongji.edu.cn

我国东部不仅仅发育长江和黄河这样源自青藏高原的世界大河,也发育特色的台湾山溪性小河流,它们共同塑造了东亚的地形地貌;作为联系大陆与边缘海、大洋的纽带,河流沉积物源汇过程受构造—季风气候—海平面—海洋环流—人类活动等多因素控制,是研究地球圈层相互作用,包括大陆和岛屿的表生物质循环、流域风化、大陆边缘构造沉积、古环境演变和陆海相互作用的核心问题。

过去若干年,我们系统研究和收集整理了我东部入海河流沉积物的沉积学、矿物学和地球化学组成,拟通过河流沉积物源汇过程的系统研究,探究流域风化物质的形成和搬运过程,以及从河流下游、河口到开阔陆架的“沉积汇”的记录;揭示河流入海物质的“源”通量、组成特征及其时空变化的主要制约因素。从整体上把握东亚入海河流沉积物的源汇过程特征,有可能从理论到实际案例上都突破国际大陆边缘沉积研究(MARGINS S2S, RioMar, LDE, LOICZ 等)的主要框架和思路,突出东亚大陆边缘沉积和海陆相互作用的全球意义。

我们通过长江和黄河、台湾山溪小河这样两类不同河流体系的沉积地球化学组成系统比较研究,试图阐明发育于稳定大陆背景上的大河源汇体系,其剥蚀的沉积物在流域

具有不同于山溪性河流的截留效率 (trapping efficiency), 且沉积物从陆到海的输运速率 (sediment transfer rate) 和机制也不同。流域风化剥蚀物质并没有完全入海, 相当量的沉积物储存在中下游的河道、河漫滩、湖泊或水库中, 进入河口地区的沉积物又大量堆积形成三角洲, 只有部分沉积物被输运到陆架和开阔海。因此, 河流下游及河口地区可以既作为河流入海物质的主要沉积汇, 又是陆架和开阔海泥沙的主要来源。堆积在河流中下游及河口地区的沉积物发生进一步风化和成岩作用, 构成了非常复杂的河流入海沉积物源汇过程; 除了传统的地理地貌学方法, 最近发展的元素-同位素地球化学方法结合模拟分析, 是量化研究河流沉积物的旋回性的重要手段。近几十年强烈人类活动背景下, 河流入海泥沙通量及组成与自然因素为主驱动下的历史“自然背景值”明显不同, 因此需要深入认识不同时空尺度下的河流源汇体系的关键带过程, 为地球圈层相互作用研究提供更多约束。

S07-P-01S

孟加拉湾中部表层沉积物粘土矿物分布: 物源及输运模式

李景瑞^{1,2}, 刘升发^{2,3*}, 石学法^{2,3}, 冯秀丽¹, 方习生^{2,3}, 孙兴全¹, 叶文星¹

1 中国海洋大学海洋地球科学学院, 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛 266100

2 国家海洋局第一海洋研究所, 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 青岛 266061

3 青岛海洋科学与技术国家实验室, 海洋地质过程与环境功能实验室, 青岛 266061

*liushengfa@fio.org.cn.

粘土矿物广泛分布于海洋沉积物中, 是海洋沉积物的重要组成部分, 其颗粒微细, 结构、成分多变, 对海洋沉积环境和地质作用反映敏感, 对阐明海洋沉积环境、物质来

源和重建古环境、古气候特征等具有重要意义。粘土矿物是细颗粒沉积物的主要成分之一, 可以被搬运至离源区很远的地方沉积下来, 其间还可能经历再悬浮和重新搬运、沉积的过程, 粘土矿物可以随悬浮体长距离运移且保持入海前性质的特性使我们可以通过分析表层沉积物中粘土矿物特征辨识和追踪其物源及输运过程。

通过对孟加拉湾中部 110 个表层沉积物进行 X 射线衍射分析 (XRD), 揭示了研究区粘土矿物含量和分布特征, 结合周边入海河流沉积物粘土矿物组成定性判别了其来源, 在此基础上探讨了研究区细颗粒沉积物输运模式。研究区粘土矿物中含量最高的是伊利石, 绿泥石次之, 高岭石与蒙皂石平均质量分数相当, 平均质量分数分别为 52%, 22%, 14%和 12%。伊利石和绿泥石分布特征相似, 北部和中部含量较高, 南部含量较低, 蒙皂石则呈现近似相反的分布规律, 高岭石自北向南呈现高、低值“交替”式带状分布。基于研究区粘土矿物分布特征和聚类分析结果将研究区分为两个分区, I 区位于研究区西南部, 粘土矿物以伊利石为主, 但蒙皂石含量较高, 其沉积物主要由浊流和表层季风环流输运来自恒河-布拉马普特拉河的喜马拉雅源区物质为主, 另外东印度沿岸流输运的印度河物质对该区影响较大; II 区主要位于研究区中东部, 包含大部分站位, 粘土矿物以伊利石为主, 但蒙皂石含量仅有 I 区的一半左右, 沉积物主要为浊流和表层季风环流输运的喜马拉雅源区物质, 南部带状区域与 II 区大部分区域不同, 可能受 NE 季风流输运的印度物质影响。综合分析结果表明, 研究区水动力环境尤其是浊流和表层季风环流对研究区细颗粒物质的空间分布及输运起着重要作用。

S07-P-02S

17 000 a 以来冲绳海槽中部柱状样 S10 沉积学特征及其物源环境响应

彭娜娜

中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

基于 AMS¹⁴C 高精度定年, 本文对冲绳海槽中部陆坡区岩芯 S10 展开粒度、微量元素和黏土矿物分析, 分别从稀土元素和黏土矿物角度探讨冲绳海槽中部岩芯沉积物的物质来源。结果表明, 岩芯 S10 记录了冲绳海槽中部约 17 000 a 以来沉积物的物源变化, 沉积物主要由来自长江和黄河的陆源物质和火山物质组成, 不同时期各源区物质贡献程度不同。16 500~11 600 a, 长江、黄河陆源碎屑为主; 11 600~7 750 a, 海平面变化大, 长江、黄河物质为主; 7 750~6 450 a, 沉积物全岩样稀土元素显示火山物质为主要物源, 黏土矿物组成显示细粒沉积物以黄河碎屑为主, 说明粗粒物质主要为火山物质, 细粒物质主要为黄河碎屑物质; 6 450~3 900 a, 稀土元素显示沉积物在 4 000 a 左右受火山物质影响, 黏土矿物显示细粒沉积物以长江、黄河陆源碎屑为主, 台湾物质有一定影响; 3 900~1 900 a 岩芯碎屑物质主要来自长江和黄河, 台湾物质略有增多; 1 900 a 至今, 全岩样稀土元素显示黄河物质为主, 而黏土矿物显示细粒物质以长江碎屑为主, 台湾物质影响增强。本文利用稀土元素的物源判别公式 DF 计算得到长江、黄河、台湾和火山潜在物源的 DF 值, 长江、黄河陆源 DF 值记录并反映了 17 000 a 以来冬季风的演变情况, 可作为东亚季风强弱演化指标。黏土矿物中高岭石和蒙脱石形成条件独特, 物源区相对单一, 可将高岭石和蒙脱石含量做为东亚季风强弱演化的另一项指标。本文研究结果表明, 冲绳海槽

中部微量元素和黏土矿物研究可得到海槽 17 000 a 以来物源及东亚冬季风的演化情况, 对于重建全新世以来冲绳海槽内部沉积物物源及古环境的演变历史具有重要意义。

S07-P-03S

长江口—东海内陆架沉积有机碳的再矿化作用

赵彬^{1,2}, 王金鹏^{1,2}, 徐亚宏^{1,2}, 姚鹏^{1*}

1 海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 青岛 266100

2 中国海洋大学化学化工学院, 青岛 266100

* yaopeng@ouc.edu.cn

大河三角洲前缘河口 (Large-river delta-front estuaries, LDEs) 及其邻近陆架边缘海是有机碳的主要沉积区, 在全球碳循环过程中发挥着重要作用。本研究分别于 2012 年 7 月、2013 年 7 月和 2014 年 6 月在长江口—东海内陆架的 9 个站位进行了时间序列厌氧培养实验, 分析了培养沉积物的有机碳及其稳定同位素丰度 ($\delta^{13}\text{C}$), 间隙水中溶解无机碳 (DIC)、氧化还原敏感元素 (Fe^{2+} 和 Mn^{2+})、溶解无机氮 (NH_4^+ 、 NO_3^- 和 NO_2^-) 和常量离子 (K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 和 Cl^-) 等参数, 并结合非稳态的反应-扩散模型计算了沉积有机碳的再矿化速率, 讨论了该区域沉积有机碳的再矿化作用, 以更好地了解 LDE 系统沉积有机碳的源汇格局和变化规律。结果表明, 在培养的过程中, 长江口泥质区沉积物间隙水中 Fe^{2+} 随时间有较快增长, 而间隙水 Mn^{2+} 变化较小, 表明长江口泥质区较高的活性铁含量可能导致了强烈的铁还原作用。间隙水中 SO_4^{2-} 随时间显著减少表明 SO_4^{2-} 参与了有机碳的降解, 是研究区域重要的电子受体。不同站位沉积物间隙水中 DIC 和 NH_4^+ 具有相同的变化趋势, 在离岸站位沉积物中具有较快的增加, 而在近岸站位增加则较慢, 显示

沉积有机碳在离岸站位发生了较强的再矿化作用。研究区域平均的沉积物间隙水 DIC 产生速率为 $9.35 \text{ mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ，该速率明显高于北极和深海海洋环境，但显著低于热带河口移动泥区，如亚马逊河口和巴布亚湾等。相比近岸泥质区站位，离岸站位具有较高的 DIC 产生速率，其沉积物有机碳的 ^{13}C 较富集，表明离岸站位较高的海源有机碳含量可能导致了较强的再矿化作用。

S07-P-04

东海内陆架典型区域沉积有机碳的保存和损失及其对不同沉积环境的响应

李栋^{1,2*}，姚鹏^{2,3}，赵彬^{2,5}

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 中国海洋大学海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室，青岛 266100

3 海洋科学与技术青岛协同创新中心，青岛 266100

4 中国海洋大学海洋有机地球化学研究所

5 中国海洋大学化学化工学院，青岛 266100

* lidong@sio.org.cn

大河三角洲前缘河口是研究海洋环境中有机碳生物地球化学过程的关键区域。本研究以长江口及其邻近东海内陆架海域为研究区域，分别在长江口泥质区、浙闽沿岸泥质区和外海非泥质区采集三根沉积柱状样，通过分析柱状样沉积物中 ^{210}Pb 活度、粒度组成、有机碳、总氮、碳稳定同位素、木质素和沉积绿素的含量，以及沉积物间隙水中氧化还原敏感离子 (Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^- 和 NH_4^+) 的浓度，研究典型区域内不同沉积环境对总沉积有机碳以及不同来源有机碳保存和损失效率的影响。沉积物中 ^{210}Pb 活度和沉积绿素的垂向剖面表明，虽然长江口泥质区是沉积环境最不稳定的区域，但采样时间之前 2 至 3 年来未发生明显的沉积物扰动和混合事件，且整个研究区域内沉积物的扰动

程度和频率随着水深的增加而降低。基于蒙特卡洛模拟的三端元混合模型以及木质素参数研究结果表明，长江口泥质区具有最高相对百分含量的新鲜维管植物碎屑来源有机碳 ($10.7 \pm 2.9\%$)，而外海非泥质区具有最高相对百分含量的海源有机碳贡献 ($88.2 \pm 1.6\%$)，且非泥质区中沉积的陆源有机碳降解程度更高。利用沉积物中不同来源有机碳含量和比表面积可以计算不同来源有机碳的损失，结果表明长江口泥质区站位具有最低的海源有机碳损失率 ($23.4 \pm 12.7\%$)，浙闽沿岸泥质区最高 ($46.0 \pm 16.5\%$)，外海非泥质区次高 ($32.7 \pm 14.5\%$)，陆地土壤来源有机碳的损失率则为浙闽沿岸泥质区最高 ($56.7 \pm 16.6\%$)，长江口泥质区次之 ($46.6 \pm 18.9\%$)，外海非泥质区最低 ($29.9 \pm 16.0\%$)，陆地维管植物碎屑来源有机碳的损失率也是浙闽沿岸泥质区最高 ($61.3 \pm 17.0\%$)，长江口泥质区次之 ($52.6 \pm 17.5\%$)，外海非泥质区最低 ($28.5 \pm 15.7\%$)，整体而言，浙闽沿岸泥质区具有最高的沉积有机碳损失率，这与该区域剧烈的间隙水氧化还原敏感离子浓度变化相一致。通过发生于沉积物中成岩过程而再矿化掉的有机碳，其主要贡献者从河口区的陆源有机碳 ($\delta^{13}\text{C}=-25.1\text{‰}$) 为主逐渐过渡到外海非泥质区的海源有机碳 ($\delta^{13}\text{C}=-20.8\text{‰}$) 为主。造成上述区域性差异的原因可能为：1) 河口区域陆源有机碳较海源有机碳具有更高的相对百分含量，因而该区域陆源有机碳具有更大的降解潜力，而外海非泥质区中沉积有机碳几乎全部为海源有机碳，仅有的陆源有机碳也是呈高度降解状态，因而该区域损失掉的有机碳以海源为主；2) 由于易降解的海源有机碳则在初始的（约几年时间）成岩过程中便被优先分解掉了，而陆源有机碳降解较慢，因而控制着百年或年代际时间尺度上有机碳的降解；3) 近岸站位更高的陆源活性铁氧化物含量对海源有机

碳的保护作用更强。间隙水中氧化还原敏感离子垂向分布和研究参数的主成分分析均表明,泥质区中沉积有机碳的成岩过程较非泥质区更为强烈,沉积物粒径大小及其控制和影响下的不同来源有机碳含量、微生物活动等过程是影响整个研究区域内沉积有机碳的保存和损失的最重要因素。不同途径的成岩过程在不同区域沉积有机碳的降解过程中可能具有不同程度贡献。例如可能由于浙闽沿岸泥质区中存在的活跃反硝化细菌和硫酸盐还原菌活动,因而无机氮和硫酸盐参与的成岩过程对有机碳损失的贡献均较高,而外海非泥质区反硝化过程较硫酸盐还原过程更强。

S07-P-05

东海内陆架泥质区的稀土元素组成及晚更新世以来的古环境变化

密蓓蓓¹, 刘升发^{2,3}, 赵维娜¹

1 国土资源部青岛海洋地质研究所 海洋油气资源与环境地质国土资源部重点实验室, 青岛 266071

2 国家海洋局第一海洋研究所 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 青岛 266061

3 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋地质过程与环境功能实验室, 青岛 266061

陆架地区是陆地跟海洋相互作用最强烈的地区,同时也是河流入海物质的重要归宿地。研究表明,东海内陆架泥质区是东海末次冰消期高海面以来的堆积中心,是陆架的“物质汇”区域。成为近年来边缘海研究的热点。随着东海沿岸各河流的沉积物的稀土元素分析手段的进展,使得对东海内陆架的物质来源的及古环境意义的研究更加可行。

MZ02 孔 (121°53.40'E, 28°10.13'N)长 35.3 m, 取自于水深 32.4 m 的东海内陆架泥质区,粒度测试按 2cm 间隔取样,共计 388 个样品; REE 测试分析样品采用 10 cm 间隔

取样。分析结果显示稀土元素在柱状样的细粒沉积物中的含量变化较大,在 137.76 $\mu\text{g/g}$ 到 231.53 $\mu\text{g/g}$ 之间变化,平均含量约为 187.69 $\mu\text{g/g}$ 。(La/Sm)_{ucc} 和 (Gd/Yb)_{ucc} 的比值揭示了沉积物主要来源于长江,闽江以及台湾岛西部的一些山区河流。另外,选取了 13 个层位的有孔虫进行 AMSC¹⁴ 测年,建立了精确的年龄框架。

东海内陆架的沉积过程主要受控于以下几个因素:海平面变化,河流沉积物的输入,环流系统以及季风气候。所有这些因素都受控于全球及地区气候及海洋环境的变化。三个主要源区的陆源物质的贡献量主要受控于东亚季风驱动下的海平面变化以及台湾暖流(TWC)-中国沿岸流(CCC)系统。通过综合分析测试结果,将运输模式分为四个阶段:阶段 I (13000-9800 a B.P.),从晚更新世到全新世,属于沉积速率高的海进期,由于处于低海平面期,位置比较特殊,刚好处于前滨-临滨带上,沉积物的来源均匀的分布于长江、台湾西部河流以及闽江。阶段 II (9800-7300 a B.P.),此时期处于全新世早期,由于陆架边缘强烈的沉积物改造及侵蚀作用,增强的夏季的东亚季风使得闽江跟西部台湾河流的物质沿着东北向运移,成为东海浅海区最主要的细粒物质来源,而长江来源的物质所占的比例明显偏小。阶段 III (7300-3500 a B.P.),这一段时期内,持续增强的台湾暖流可能在东海内陆架沉积物质的扩散跟沉积发挥着重要作用,导致台湾西部山区的河流沉积物成为这一时期东海陆架沉积物的主要来源。阶段 IV (3500 a B.P.至今),东亚季风驱动下的中国沿岸流在逐渐增强,而台湾暖流却在不断变弱,这导致长江及闽江的来源物质所占的比例迅猛增加,台湾西部河流来源的物质减少。

S07-P-06S

全新世以来长江流域硅酸盐岩化学风化及入海沉积物从源到汇过程

毕磊, 杨守业*, 郭玉龙, 赵云, 梁小龙

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* syyang@tongji.edu.cn

大陆岩石化学风化在地球生物-地球化学循环中起着至关重要的作用, 不仅作为大洋可溶元素的主要来源, 而且通过消耗大气 CO₂ 影响着全球气候变化 (Berner, 1992; Gaillardet et al., 1999; Walker et al., 1981)。由于大陆硅酸盐岩化学风化受到岩性、构造背景以及气候等多重因素的控制, 针对一些关键问题的讨论, 例如硅酸盐岩化学风化是全球碳循环过程中的负反馈作用还是气候变化的驱动者? 两者之间的相互作用机制等问题仍然存在较大争议 (France - Lanord and Derry, 1997; Willenbring and von Blanckenburg, 2010)。研究大陆硅酸盐岩化学风化对地质历史时期气候变化的响应过程是解决这些争议的关键。

受到风化物源区迁移、搬运过程和沉积环境变化的多重影响, 陆上沉积记录的连续性较差并且缺乏准确的年龄控制, 替代指标的复杂性和多解性, 依赖陆上沉积记录对地质历史时期大陆化学风化过程及其控制因素进行重建非常困难 (Limmer et al., 2012)。特别是全新世以来, 人类活动开始对地球表生过程产生重大影响, 更是增加了研究百年一千年时间尺度大陆化学风化过程的难度 (Hu et al., 2013; Wan et al., 2015)。全新世全球海平面上升约 120 m, 在河口以及相邻陆架区形成巨大可容空间, 在随后 1 万年左右的时间里, 大量河流沉积物携带丰富的流域化学风化和古环境演变信息快速堆积于河口以及陆

架沉积区 (Schattner et al., 2010), 为讨论全新世大陆化学风化过程提供了连续、高分辨率的研究材料。然而利用东海泥质区高分辨率沉积记录讨论大陆 (长江流域) 硅酸盐岩化学风化强度对全新世强烈季风气候变化的响应机制却鲜有报道, 在这方面要落后于东南亚和南亚河流系统的研究 (Colin et al., 1999; Clift et al., 2008; Limmer et al., 2012; Lupker et al., 2013; Wan et al., 2015)。

长江口沉积物以及内陆架泥质区作为整个长江流域风化剥蚀产物的“汇”, 综合反映了整个流域经历的化学风化、物理剥蚀和人类活动等多种信息。末次冰消期晚期增强的印度季风, 增加了长江上游地区剥蚀量, 促进长江上游成为入海沉积物的主要物源区。早、中全新世, 在东亚季风非协同演化的驱动下, 长江入海沉积物物源区转移至中、下游地区。4.0 ka 左右印度夏季风控制区强烈的气候波动以及晚全新世东亚夏季风对长江上游地区影响力的加强, 导致长江入海沉积物源在 4.0 ka 开始再次向上游地区转移。全新世末期 (约 1.5 ka 左右), 逐渐增强的人类活动使得长江流域上游地区物理剥蚀增强, 大量长江上游物质进入河口地区。与长江入海沉积物物源大幅变化相比, 全新世以来内陆架泥质区物源相对稳定, 位于泥质区中部的 MD06 - 3040 孔在 10 ka 开始就已受到长江中、下游物质影响。由于 MD06 - 3040 孔近 7.0 ka 以来沉积物来自长江口沉积区再悬浮细颗粒物, 受到长江口“过滤器效应”的影响, 尽管长江入海沉积物物源在全新世以来随环境变化而迁移, 但 MD06 - 3040 孔物源始终稳定位于长江中、下游地区。

伴随着东亚季风的演化和全新世人类活动的干预, 在末次冰消期以来的不同阶段, 长江流域硅酸盐岩化学风化驱动机制也在发生着变化。末次冰消期至早全新世, 全球气

候转暖造成长江流域化学风化强度逐渐加强,但受限于较长的沉积物搬运时间,长江入海沉积物化学风化强度变化对快速气候波动并不敏感;中全新世高海平面期,长江沉积中心向流域内部迁移造成沉积物在流域内停留时间增加,加上长江流域在全新世气候适宜期(Holocene Climatic Optimum, HCO)温湿的气候条件,使得长江入海沉积物在HCO时期始终保持较高的化学风化强度;约4.0 ka以来长江泥沙在中、下游盆地和河谷大量淤积,东亚夏季风降雨减弱进一步降低了长江沉积物的搬运能力,更加充分的化学风化反应时间造成长江沉积物化学风化强度进一步加强;全新世末期,人类活动取代自然因素成为影响长江流域硅酸盐岩化学风化强度的主因,人类活动一方面造成大量上游弱风化物质被带到河口地区沉积;另一方面加快沉积物搬运速率,限制了化学风化反应的进行,导致流域硅酸盐岩化学风化强度降低。

S07-P-07S

南海北部大气和表层海水的 花粉分布特征——追踪海洋 花粉的源区及传播机制

欧阳绪红,翁成郁*,郝秀东,戴璐,程仲景,
李盛辉

同济大学海洋地质国家重点实验室,上海 200092

* weng_cy@126.com

南海地理位置独特,是西太平洋上最大的边缘海之一,其东部和南部被一系列岛弧围绕,西部和北部紧邻亚洲大陆,是一个近乎封闭的边缘海,其沉积物主要来自于周边地区,同时受亚洲季风的强烈影响。可以说,南海是进行现代花粉传播机制观测与研究绝佳的天然实验室。海洋沉积物的花粉主要来源于陆地,但是由于花粉的传播方式多样(如风传、河流、洋流等),加之海洋沉积物本身

也受到浊流、底层洋流等的影响,使得在解释海洋沉积物(如钻孔等)的花粉组合时,会出现一些不同的争议。因此,通过现代观测手段来了解花粉的源区及其传播沉积机制,对于正确的解析海洋沉积物花粉所蕴含的古环境信息变得非常重要。本研究拟通过对2013年9-10月基金委共享航次采集的南海北部22个空气样品、59个海水表层样品进行孢粉学分析,并根据其花粉组合的分布特征来追踪南海的花粉源区及其传播机制。结果表明:1)松属花粉的含量整体不高,可能与其花期有关。另外,松属在空气中含量很少,而在表层海水样品中,其高值仅出现在海南岛东部与珠江口附近,可能指示河流为其主要传播动力。2)热带亚热带成分在表层海水样品中呈现由近岸向深海含量急剧降低的趋势,主要属种为血桐/野桐、桃金娘科、常绿栎属、栲属、桑科、棕榈科及杨梅科等,较好的反映了周边流域范围内植被分布情况。3)温带成分(主要为桤木属和桦木属等)在表层海水样品含量极低,仅在海南岛东部海域及珠江口附近少量出现,其含量均不超过10%;但是在空气样品中却正好相反,呈现出越往深海含量越高的趋势,最高值达90%,说明这些花粉主要由空气传播。4)草本植物花粉(主要为禾本科、莎草科、蒿属、藜科及菊科等),在空气样品的结果中显示以禾本科和蒿属为主,莎草科很少;但在海水样品中,珠江口附近以禾本科和莎草科为主,蒿属、藜科及菊科有一定含量,在海南岛东部海域则以禾本科、蒿属和藜科为主,菊科和莎草科却很少。5)蕨类植物(主要为芒萁孢子)呈现显著的由陆地向深海浓度迅速降低的趋势,其高值出现在珠江口和海南岛附近,说明河流为其主要的传播动力。

S07-P-08S

韩江沉积物元素地球化学特征及物源示踪意义

赵云*, 杨守业, 梁小龙

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* yzhaogeo@foxmail.com

韩江是广东省第二大河流, 其入海口位于南海北部, 台湾海峡西南侧。韩江年径流量 26.3 km³/a, 年输沙量为 4.63Mt/a, 与福建第一大河流闽江相近。汛期 4-9 月, 伴随强降雨, 大量韩江物质入海, 受洋流影响, 夏季韩江入海物质可能会进入台湾海峡及浙闽沿岸泥质区。所以韩江沉积物地球化学特征研究对台湾海峡物质来源探讨具有重要作用。本研究主要目的在于通过对韩江河漫滩沉积物及悬浮物的沉积地球化学特征的分析, 结合与浙闽中小河流、台湾西部河流及台湾海峡样品的对比探讨韩江物质对于台湾海峡的影响。

为了更准确的识别沉积物源与提取环境信息, 本研究采用 1N 的 HCl 对 10 个韩江干流河漫滩沉积物及 11 个悬浮物进行处理, 之后分别进行酸溶态和残渣态物质的元素地球化学分析。初步研究表明韩江河漫滩沉积物与悬浮物的稀土元素及部分重金属元素分异明显, 而其他主微量元素差别不大。对于主量元素, 除 Fe、Ca、Mg 之外, 大部分元素富集于残渣态中; 对于微量元素, 河漫滩沉积物与悬浮物的盐酸淋出率差别不大, 且除可溶金属元素外大部分富集于残渣态物质中; 而对于稀土元素, 河漫滩沉积物与悬浮物的盐酸淋出率差异明显, 且主要富集于酸溶态物质中。物源判别研究结果显示, 韩江物质与台湾河流差异明显; 韩江物质主量元素与福建河流含量相近, 微量元素差异明显, 对

于判别台湾海峡物质来源具有指示作用。初步研究结果表明韩江物质在夏季向北最远可能搬运至台湾海峡中部九龙江、晋江河口附近。

S07-P-09S

台湾河流沉积物风化过程与沉积“旋回性”

郭玉龙¹, 杨守业¹, 李超^{1,2}, 毕磊¹, 赵云¹

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 同济大学环境与科学学院, 上海 200092

河流沉积物在“从源到汇”搬运过程中往往经历复杂的滞留、分选和再旋回过程。从长时间尺度看, 沉积岩与变质岩普遍经历过一次或几次的“风化-搬运-沉积-成岩-再风化”的旋回过程, 其遭受风化剥蚀产生的沉积物也相应地继承了一个或几个旋回过程的古风化历史。因此, 沉积的“旋回性”或“继承性”可能对沉积物地球化学组成有很大的影响。

我国东部海岸带地区发育两类陆源物质入海的河流源汇体系, 即以长江、黄河为代表的“大河—大三角洲—宽广陆架—强烈人类活动影响”的源汇体系, 和以台湾与浙闽沿岸山溪性小河流为代表的“小河流—瞬时大流量—极端气候影响—快速物质转换”的源汇体系。其中, 台湾主要流域岩石类型以沉积岩和变质岩为主, 流域物理风化作用极强, 岩石侵蚀后迅速搬运入海, 其沉积物很大程度上继承其源岩的地球化学组成特征。因此台湾河流是研究沉积物“旋回性”特征的理想场所。

本研究对台湾浊水溪表层沉积物进行了矿物学和元素地球化学组成测试, 分析“旋回性”对浊水溪沉积物组成的控制作用。前人利用源岩组成标准化来消除源岩“旋回性”的影响, 提出以 α 作为化学风化指标。而实

际上, 河流流域常有复杂的源岩类型, 不同的岩石在空间上的分布有很大的不均一性, 往往难以得到准确的源岩化学成分。 α 计算公式中的微量元素常富集于重矿物中, 因此 α 的计算受水动力分选影响很大, 这使得 α 指标在粗粒级沉积物的应用中受到限制。在沉积岩和变质岩的成岩旋回过程中, 石英作为稳定矿物富集, 寻找石英的“稀释作用”是研究沉积“旋回性”影响的有效手段。CIA, α^{AlE} 等风化指标不受石英稀释作用的影响, 而 WIP 值受石英稀释作用影响显著。CIA/ α^{AlE} /WIP- Al_2O_3/SiO_2 和 WIP-CIA 相关图可以反映沉积物在分选和再旋回过程中矿物组分的变化情况。结果显示, 台湾浊水溪沉积物的地球化学组成受沉积“旋回性”影响巨大, 风化指标很大程度上反映源岩的地球化学组成。

S07-P-10

花东海盆浊流沉积的磁性特征及其环境意义

李波^{1*}, 王艳², 钟和贤¹, 张江勇¹, 李顺¹

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局 广州 510075

2 广东省有色地质勘查院, 广州 510080

* libo_cug@163.com

对取自台湾东部花东海盆 GX168 孔的浊流沉积进行系统的岩石磁学研究, 揭示其沉积学和岩石磁学特征, 分析其物源和形成机制。研究表明, 剖面上共识别出 12 层浊流沉积, 其分布存在规律: 下部 350~700cm 发育 11 层浊流沉积, 而 0~350cm 仅出现 1 层浊流沉积。浊流沉积粒径明显较背景沉积粗, 石英、长石含量更高, 底部与下伏背景沉积呈突变接触, 顶部与上覆沉积呈渐变接触, 内部发育典型的正粒序韵律结构。浊流沉积和背景沉积具有相似的磁学特征: 两者均以

磁铁矿为主要载磁矿物类型, 且磁铁矿颗粒均以准单畴和多畴颗粒为主。同时, 两者也存在一定差异: 浊流沉积中磁铁矿较背景沉积更为富集, 磁化率和饱和等温剩磁更强, 磁铁矿粒径更粗, 这与浊流沉积原始沉积区更靠近物源区有关。花东海盆浊流沉积形成的诱发机制可能是末次冰期以来频发的海平面波动造成陆坡之上沉积物重力失稳, 导致陆坡沉积物向海盆搬运。

S07-P-11

中国东海过去 1.4 万年以来的沉积演化: 基于脂类标记物的古环境重建

葛黄敏^{1,2}, 张传伦^{1*}, Gerard J. M. VERSTEEGH³, 陈玲玲¹, 范代读¹

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 上海海洋大学深渊科学技术研究中心, 上海 201306

3 不莱梅大学海洋环境研究中心, D 28359, 德国

* archaeazhang_1@tongji.edu.cn

中国东海自末次冰消期以来, 经历了多次海平面快速上升的气候事件, 为了解这种频繁的海侵过程对中国东部大陆架海域的影响, 本文利用有机地球化学方法分析了位于长江口水下三角洲的柱状岩芯样品 (YD0903, 柱长约 60 m, 水深 36 m), 并据此重建了该区域过去 1.4 万年以来的沉积环境演化。总的来说, 本次记录反映了两种不同的沉积环境, 阶段 I (13.8-8 cal kyr BP) 以陆相环境为主, 具体表现在细菌支链甘油二烷基甘油四醚 (以下统一缩写为 brGDGTs) (平均浓度值约 143 ng/g 沉积物干重, 以下 GDGT 浓度单位统一缩写为 ng/g dsw) 的浓度明显高于古菌类异戊二烯甘油二烷基甘油四醚 (以下统一缩写为 iso-GDGTs) (平均浓度值约 36 ng/g dsw), 陆源输入指标 (Branched vs. Isoprenoidal Tetraether, BIT) 值接近陆相端元 (>0.78),

同时 GDGT-0/crenarchaeol ($R_{0/5}$) 的比值也在高值区间剧烈波动 (0.52-3.81)。阶段 I 还出现了短暂的气候变化事件, 分别跟新仙女木事件 (YD, 12.9-12.2 cal kyr BP) 和北半球冰融水事件 (MWP-1B, 11.5-11.1 cal kyr BP) 相对应。各项环境指标在 8-7.9 cal kyr BP 均发生了显著的变化, 以 BIT 值的快速下降 (<0.4) 和海洋古菌标志物 crenarchaeol 的优势丰度为特征, 进入海相沉积的阶段 II。此后, 各项参数保持相对平稳, 暗示该阶段处于稳定的高海平面的现代海洋沉积环境。BIT 指标在本次工作中得到极好的验证, 可以准确区分陆相和海相环境。

鉴于阶段 I 陆相环境的 BIT 高值, 由 TEX_{86} (TetraEther Index of tetraethers consisting of 86 carbons) 衍生的表层海水温度指标 TEX_{86} -SST 在阶段 I 未能真实地反映表层海水温度信息, 该指标在阶段 II ($21.6 \pm 0.9^\circ\text{C}$, $n=49$) 则反应了年平均的表层海水温度。基于 MBT/CBT (Methylation of Branched Tetraethers)/Cyclization of Branched Tetraethers) 的平均大气温度 (MAT) 在整个记录中呈现出缓慢下降的趋势 ($14.3 \pm 0.6^\circ\text{C}$, $n=68$), 跟长江流域中下游的年平均大气温度一致, 证实了 MAT 在该海域的适用性。

S07-P-12

Mixed Siliciclastic-carbonate Deposition in a Peri-platform Submarine Channel, Pearl River Mouth Basin: Process and Controls

Benjun Ma^{1,2,3}, Shiguo Wu^{2,4*}, Yi Zeng⁵, Thomas Lüdman⁶

1 Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China

2 Laboratory of Seabed Geo-resource and Geophysical Exploration, Institute of Deep Sea Science and Engineering, Chinese Academy of Sciences, Sanya 572000, China

3 University of Chinese Academy of sciences(UCAS), Beijing 100049, China;

4 Functional Laboratory for Marine Geology and Environment, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061, China;

5 Shenzhen Branch, China National Offshore Oil Corporation, Guangzhou 510420, China;

6 Institute of Geology, Centre for Earth System Research and Sustainability, University of Hamburg, Hamburg, Germany;

* swu@sidsse.ac.cn

A buried Middle Miocene submarine channel, are recognized in the deep-water Pearl River Mouth Basin (PRMB) by the means of high-resolution 3D seismic data, in combination with borehole data. The channel was roughly oriented N-S and was fed up with two sediment sources the Liuhua carbonate platform and shelf-margin Paleo-Pearl River delta, respectively. Two stages of channel-fill deposits were identified according to seismic facies and lithologic characteristics. Channel-fill deposits in stage I mainly consist of sandstones and thin mudstones. During stage II (18.5-17.5 Ma), the relative sea-level reached a third-order (timescale: c.a. 1 m.y) cycle highstand. Accordingly, productivity of the Liuhua carbonate platform factory increased resulting in a significant intensification of carbonate sediment export into deep-water slope areas. Carbonate sediments were redeposited in the channel and formed mudstone-limestone interbeds, representing punctuated mixed siliciclastic-carbonate sequences. Based on oxygen isotopes and planktonic foraminifers,

five fourth-order sedimentary cycles (timescale: 100 ka) could be identified in the Lihua carbonate platform during 18.5-17.5 Ma. The latter correspond well to the five limestone-mudstone interbeds in the channel. During fourth-order highstand periods, highstand shedding resulted in carbonate redeposition in the channel. Whereas, during fourth-order lowstand periods, mudstone deposits dominate the channel-fill. The channel depositional record not only provides the evidences to prove highstand shedding of paleo-carbonate platforms in the South China Sea, but it also illustrates highstand shedding still has a significant, previously unknown, impact on generally siliciclastic-dominated sedimentary environments. This has implications on the conceptual models describing mixed sedimentary systems.

S07-P-13

Sr–Nd isotopic geochemistry of Holocene sediments from the Central Yellow Sea Mud: Implications for terrigenous supplies and chemical weathering

Bangqi Hu^{1,2*}, Jun Li^{1*}, Helong Wei¹, Jintao Zhao¹, Liang Zou¹, Fenglong Bai¹, Xuebo Yin³, Gangjian Wei⁴

1 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey, Qingdao, 266071, China

2 Laboratory for Marine Mineral Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao, 266061, China

3 Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China

4 State Key Laboratory of Isotope Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

* bangqihu@gmail.com (Hu) &

junli741001@gmail.com (Li)

The Central Yellow Sea Mud (CYSM) is one of the largest muddy depositional areas on the Yellow Sea continental shelf, because of the large accommodation space and abundant sediment supplies. By identifying and characterizing the source areas of terrigenous material, detailed information can be obtained on the provenance and transport mechanisms, which are fundamental, but are under considerable debate yet. In this study, elemental geochemical and Sr–Nd isotopic signatures are used to decipher terrigenous sediments provenances and transport mechanisms in the Central Yellow Sea during the mid-Holocene.

Nd isotopic compositions is not significantly fractioned during the erosion/transport processes, and is therefore a robust proxy for tracing the Holocene sediment inputs from the Chinese and Korean rivers. Using the smectite/illite ratio as an additional constraint, we propose a simple scenario to explain the sediment provenances in the Central Yellow Sea Mud by a three-endmembers mixing model (i.e., the Changjiang, Huanghe, and Korean rivers). Applying the ϵ_{Nd} values and assuming the comparable Nd concentrations for the three-endmembers, the downcore variations of ϵ_{Nd} reflect the Huanghe is the major sediment contributor (~75%) to the study area before ~7.8 ka, whereas the Changjiang have become the predominant sediment source over

the past 7.8 ka, especially after 5.0 ka. In summary, three stepwise decreasing of ϵNd values of YSC-1, together with the smectite/illite ratio, reveal distinct changes in sediment supplies from adjacent rivers and regional marine circulation over the Holocene.

In marked contrast to the minor changes recorded by ϵNd values since 7.8 ka (-13 to -12.1), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of Core YSC-1 document relatively large variations (0.7175 to 0.7193). $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of Core YSC-1 varied synchronously with CIA and Rb/Sr ratios during the last 7.8 ka, which is opposite of the expectation of low $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio corresponding to increased chemical weathering (i.e., high values of CIA and Rb/Sr ratio). Consequently, we hard to explain our $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ data by a simple variations in chemical weathering intensity of sediments from a constant source. Therefore, we tentatively attributed the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios of Core YSC-1 during the last 7.8 ka to shifts of sediment mineralogy induced by changes in the erosion patterns on the Changjiang Basin, i.e., the relative sediment contributions from the upper and middle-lower reaches.

S07-P-14

南海北部陆架区表层沉积物粒度特征与沉积环境

赵利*, 彭学超, 钟和贤

广州海洋地质调查局, 广州 510700

* zhaoli666888.ok@163.com

对南海北部陆架沉积区 244 个表层沉积物样品进行了粒度组分分析, 参数计算以及多元统计分析, 进而探讨了其粒度分布特征及沉积环境差异。研究表明: 南海北部陆架区共分布 9 种沉积物类型, 粒度组成以砂和

粉砂为主, 砂含量占绝对优势, 沉积物主要粒级为 $0\sim 8\Phi$, 优势粒级为 $0\sim 4\Phi$ 。空间分布上, 研究区东北部海域, 粒径粗, 以中砂为主, 分选中等-好, 负偏, 峰态中等-平坦, 西南部大部海域粒径细, 以粉砂为主, 分选较差, 正偏, 峰态平坦, 中间过渡及陆架外缘海域, 粒径中等, 以细沙为主, 分选中等, 正偏, 峰态尖锐。南海北部陆架划分为 3 个不同的沉积环境区: 珠江口及粤东近岸沉积区 (I 区): 物质来源以珠江、韩江等河流输运物质及近岸基岩风化、岛屿剥蚀作用产物为主, 少量东沙群岛海底冲刷剥蚀产物, 水动力条件较弱; 混合过渡沉积区 (II 区): 物源复杂多样, 为珠江携带陆源物质、台湾浅滩物质以及东沙群岛附近海底剥蚀产物的混合沉积区域, 水动力条件中等; 台湾浅滩及古珠江三角洲残留沉积区 (III 区): 以晚更新世的残留沉积为主, 同时可能接受了少量现代沉积物质, 海洋水动力条件较强。

S07-P-15

东海低氧区表层元素地球化学特征与研究意义

黄湘通^{1*}, 杨守业¹, 高诗婷¹, 王锐²

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 同济大学环境与工程科学学院, 上海 200092

* xiangtong@tongji.edu.cn

长江口-东海海域已成为全球陆架区底层海水低氧最严重和面积最大的区域之一。海洋低氧的产生和变化与气候变化、海洋生产力以及人类活动等因素密切相关, 对认识和了解海陆相互作用、物质源汇过程以及生物地球化学循环具有重要的研究价值。我们尝试通过对长江口-东海海域表层沉积物无机和有机元素地球化学特征的分析, 揭示其空间分布规律以及控制因素, 选取对氧化还原条件敏感的元素来反映海水低氧现象对沉积物

的影响以及不同氧化还原条件下微量元素的富集/释放机制。本文的分析样品来自东海2013和2015年的样品,覆盖区域包括长江口、浙江岸外内陆架等区域。初步的分析表明,绝大部分无机元素受粒度效应的控制明显,是陆源物质输送、洋流作用混合的结果。沉积物中Fe/Mn比值与现代观测到的低氧区有较好的对应关系,反映出沉积物中Fe/Mn比值可能受控于底层海水的氧化还原条件。该发现具有两个方面的潜在研究意义:1)探讨Fe/Mn比值对长江口-东海海域低氧历史重建的可能,区分评价自然过程和人类活动对海洋低氧产生的影响;2)揭示沉积物中铁锰氧化物在不同氧化条件下对陆架区物质源汇过程的影响和释放机制。

S07-P-16

长江口水下三角洲、东海泥质区、南海北部陆坡区浅表层沉积物中甲烷—硫酸盐界面特征及其成因气体来源研究

曹超^{1*}, 蔡锋², 郑勇玲¹, 吴承强¹, 尹希杰¹, 霍云龙¹

1 国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005

2 国家海洋局海岛研究中心, 平潭 350400

* caochao@tio.org.cn

基于国家自然科学基金委、国家海洋局“908”专项、海洋保障工程专项等项目在南海北部陆坡、东海近岸泥质区以及长江口水下三角洲区域开展早期成岩作用、烃源岩成藏规律和天然气水合物成矿气体来源方面的调查研究,主要开展了沉积物的粒度、总有机碳(TOC)含量,碳、氮、氧、硫稳定同位素组分,顶空甲烷气体含量及其碳同位素组分,孔隙水主要阴阳离子和总溶解无机碳(DIC)含量及碳同位素组分,有孔虫碳氧同位素组分及壳体碳14测年,烃源岩有机质类

型、产气潜量、成熟度等评价指标的定量分析,结果表明:1)南海北部陆坡天然气水合物藏气体主要为混合气,即既有烃源岩热解气,也有生物成因气;浅表层游离烃类气体组分主要是甲烷,气体碳同位素显示亦为混合气,浅层沉积物的SMI界面在8~17 m之间,表明下伏地层中甲烷气体通量大,指示其气体主要来源于下伏水合物藏分解释放的烃类气体通过沉积层中的裂隙通道渗出浅表层,而浅层的生物成因气也有一定的贡献。2)东海近岸泥质区和河口区的浅层气类型与天然气水合物赋存区的浅层气有明显的区别,其甲烷气体主要来源于微生物(细菌)作用下降解陆源有机质产生的烃类气体,表层气体含量较大,但AOM作用深度较浅,SMI界面在5~10 m之间,气体含量的大小指示沉积环境中陆源有机质输入的多寡和氧化还原作用的强弱程度。这些研究丰富了早期成岩作用理论,为研究典型地貌体中(麻坑地貌)的生物地球化学过程和天然气水合物资源勘探提供了科学依据。

S07-P-17

区域环境演化对南海北部神狐海洋水合物系统动力学成藏的影响

关进安*, 梁德青, 武文志

中科院天然气水合物重点实验室,广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室,中科院广州能源研究所,广州 510640

* guanja@ms.giec.ac.cn

作为当前我国最具潜力的海洋水合物勘探靶区,弄清南海北部神狐区域水合物储层的动态成藏演化机制是准确评估该地的水合物资源,以及未来经济性开采这种新能源物质的重要步骤。海洋水合物系统由上部的海水、下部的沉积物、孔隙流体(溶解甲烷、

游离气或二者共存)和水合物共同组成,它是一个非常复杂的动态演化体系,根据热解气快速运移-水合物大量生成-体系外部环境改变-水合物分解-流体渗漏出海底的水合物动力学成藏模式,建立了一个耦合沉积层地质属性-流体流动过程-水合物反应动力学的流动-传输-反应模型,参考晚中新世以来南海北部区域的气候和地质构造变化资料,研究了该地的周围环境(海平面位置、海平面温度、海底热流及沉积速率)和反应常数等方面对神狐海洋水合物系统在水合物形成-分解变化中的动力学成藏影响关系,探讨了水合物在神狐海底沉积物内形成、聚集和分布的时空演化机制。这种基于地质资料拟合的模拟结果表明自晚中新世以来南海神狐区域的气候/地质环境变化是导致该地目前水合物赋存产状的最重要控制因素。

S07-P-18S

日本海中部风尘沉积记录及其环境指示意义

董智^{1,2}, 石学法^{2,3*}, 葛晨东¹, 邹建军^{2,3}, Sergey Gorbarenko⁴, 王成龙¹, 宗娴^{1,2}

1 南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室,江苏省海岸与海岛开发重点实验室,南京 210023

2 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室,国家海洋局第一海洋研究所,青岛 266061

3 青岛海洋科学与技术国家实验室,海洋地质过程与环境功能实验室,青岛 266061

4 俄罗斯科学院远东分院太平洋海洋研究所,符拉迪沃斯托克, 690041

* xfshi@fio.org.cn

对位于西风环流下风区的日本海中部LV53-23沉积岩心中的粒度进行了分析,沉积物以粉砂为主,具有典型的风尘沉积特征。采用粉砂组分中值粒径,用于重建日本海末次冰期以来的古环境演化。粉砂组分中值粒径在冰阶-间冰阶旋回中对西风具有良好的响

应。冰阶时,粉砂组分平均粒径增大,这与西风带位于青藏高原南部,西风风速增强,能携带更多蒙古戈壁-中国东北沙地风尘至日本海有关;间冰阶时,粉砂组分平均粒径减小,这与西风带位于青藏高原北部,携带更多塔克拉玛干沙漠风尘至日本海有关。末次盛冰期时粒径低值证实此时西风带明显南移,对日本海中部影响减弱。

S07-P-19S

珠江口盆地白云地区SB12.5陆架边缘三角洲的沉积特征、展布及其成因类型

李文静¹, 王英民^{1*}, 何敏², 陈维涛², 徐少华³, 陈晨³

1 浙江大学海洋学院,浙江舟山 316000

2 中海石油(中国)有限公司深圳分公司,广东广州 510240

3 中国石油大学(北京)地球科学学院,北京 102249
*wym3939@vip.sina.com

陆架边缘三角洲的研究可以用来确定陆架边缘的位置、研究源-汇关系及讨论四级层序划分方式等。本文探讨了南海北部陆架边缘三角洲的特征及展布,对该区的油气勘探具有一定的指导意义。研究区位于珠江口盆地白云凹陷和开平凹陷,目的层位为SB12.5之上的低位域(LST)及SB12.5之下的强制海退域(FSST)。研究采用Catuneanu的体系域划分模式,利用三维地震数据、二维地震测线及测井资料来研究陆架边缘三角洲的形态特征、展布及其成因类型。

在SB12.5之上低位域,陆架边缘三角洲主要分布在开平凹陷,前积体规模较大,高度达200m,平面展布达200km²,且发育顶积层,坡度达3°,在地震剖面上可以看到陆架边缘地区明显的向海向陆双向楔形体,测井曲线整体响应为代表三角洲前缘的向上变

粗的反旋回，且显示有三角洲平原的分布。开平凹陷的陆架边缘三角洲可以分为两期，早期为河控三角洲，在陆架边缘地区可以观察到明显的下切现象，地震反射特征为振幅杂乱无章，连续性较差，且与斜坡 MTDs 伴生；晚期三角洲为浪控三角洲，地震反射特征为规则的强弱振幅相间反射，连续性较强，且几乎无斜坡扇体发育。白云凹陷陆架边缘三角洲规模较小，主要为浪控的沿岸砂脊，反射振幅较强、连续性好。

在 SB12.5 之下的强制海退体系域，陆架边缘三角洲的特征与 LST 类似，区别在于地震剖面中 FSST 前积体不发育顶积层，其对应于测井剖面上表现在三角洲平原规模较小，主要是三角洲前缘发育。陆架边缘三角洲在开平凹陷及白云凹陷均发育明显。三角洲在白云凹陷主要分布于陆架边缘地区，平面展布达 800km²，为浪控型三角洲，地震反射表现为强振幅、高连续性，且沿主物源方向无斜坡扇体的发育。三角洲在开平凹陷展布达 200km²，同样为浪控三角洲。根据两个凹陷前积体的展布特征，可以推测两个区域主物源不同，但其均分布于研究区北部，且云开低凸起阻挡了两凹陷的沉积物运输。

综上所述，白云凹陷与开平凹陷陆架边缘三角洲发育存在一定差异。白云凹陷主要发育浪控陆架边缘三角洲，其特征为无下切现象、斜坡扇发育不明显。开平凹陷河控、浪控三角洲均有分布，河控三角洲的特征为下切现象明显，地震反射杂乱无章；此外，在开平凹陷，由于云开低凸起的发育，结合陆架边缘三角洲形成的良好储层，有利于形成上倾尖灭油气藏。

S07-P-20S

重力流与底流交互作用对深水扇的控制作用：以南海北部白云凹陷 13.8 Ma 深水扇为例

杨璐¹，王英民^{1*}，何敏²，陈维涛²，徐少华³

1 浙江大学海洋学院，浙江舟山 316000

2 中海石油（中国）有限公司深圳分公司，广东广州 510240

3 中国石油大学（北京）地球科学学院，北京 102249

* wym3939@vip.sina.com

近年来，深水扇系统作为全球石油产量与储量增长的主要沉积单元受到了国内外的广泛关注，但关于深水扇的成因目前尚无定论。本文以白云凹陷北坡 SQ 13.8（介于 SB 13.8-SB12.5 之间）低位域的两个深海扇朵体为例，主要利用三维地震数据、钻测井信息，通过均方根振幅属性、粉砂岩以上百分含量、体系域厚度、测井相特征等综合分析，探讨了重力流与等深流交互作用对深水扇成因的控制。

在本研究区该层段共识别出两个深海扇朵体，西（L1）、东（L2）两扇体面积分别为 200 km² 和 600 km² 左右，距陆架坡折带的垂向距离大致为 37 km 和 32 km，两扇之间距离约为 45 km。两扇均呈丘形，扇中振幅较强，连续性较差，扇体外缘处则振幅较强，连续性好。依据粉砂以上的砂岩厚度及百分含量平面分布图，L2 比 L1 更富砂，L2 的测井曲线上也呈现出下细上粗的反旋回特征。两扇体沿陆坡均有自西向东偏移的趋势，且自上陆坡向下，两扇体内部均有水道发育。通过对比发现 L2 水道面积比 L1 大，且物源主要发育在 L1 北侧陆架上。

SB13.8 是中中新世海平面快速下降的一个三级层序界面，在 SQ13.8 低位域时期，陆

架坡折迁移到白云凹陷北坡,是诱发重力流必要条件。同时,由于该时段沉积物供给充足,低位域三角洲在L1上方广泛发育,为重力滑坡提供了充足的物源。此外,L2下方多处气烟囱的发育,也在一定程度上促进并控制了海底滑坡的幕式发育。两扇体沿陆坡自西向东的偏移与该时期中层等深流的方向一致,同时L2外侧稳定分布的泥质也是等深流良好的沉积响应。重力流和等深流多期次交互作用塑造了SQ 13.8低位域两个深水扇最终的沉积分布特征。

S07-P-21S

溶解氧对长江口沉积物氧化还原敏感元素释放规律影响的模拟实验研究

陈莉莉, 杨守业*, 郭艳微

同济大学海洋地质国家重点实验室, 海洋与地球科学学院, 上海 200092

*syyang@tongji.edu.cn

工业革命以来,人类活动对气候和环境的影响日益增强,世界主要大河河口低氧严重,全球大洋含氧量也趋于下降,对海洋生态环境影响不容忽视。作为中国流域面积最大、流域内人口最多的一条河流,长江口外近年来低氧和富营养化明显,对该地区的生态系统及元素的生物地球化学循环可能具有重要影响。本研究选取长江口外低氧区内外表层沉积物,通过考察溶解氧(DO)的变化,即 $0 < DO < 1 \text{ mg/L}$ 、 $6 < DO < 9.5 \text{ mg/L}$ 、 $10 < DO < 20 \text{ mg/L}$ 三个条件,分析沉积物中重金属元素包括Cu、Fe、Mn、Cr、Zn元素的释放过程;结合沉积物矿物组成、元素含量、粒度、比表面积等基本性质分析,探讨溶解氧浓度对沉积物中元素释放规律的影响。

模拟实验结果显示,不同的溶解氧条件下,氧化还原敏感元素Cu、Fe、Mn、Cr、Zn

均会发生一定程度的释放,释放的百分比随着溶解氧浓度的增加呈增大的趋势,说明在还原环境中,重金属元素更容易富集在沉积物里。缺氧条件下,重金属离子由高价态被还原成低价态,金属离子或离子团被有机质或矿物颗粒吸附形成游离的金属络合物,硫化物或不溶的氢氧化物沉淀进入到沉积物中。计算沉积物的释放速率,结合BCR顺序提取法对沉积物的相态分析,沉积物中元素释放除受沉积物矿物组成等影响外,很大程度上还取决于元素在沉积物中的化学结合态。

S07-P-22

珠江口盆地白云凹陷北坡第四纪陆架边缘沉积体系

孙美静, 彭学超, 聂鑫

广州海洋地质调查局, 广州 510075

陆架边缘坡折带是“源—汇系统”的组成部分,控制着沉积物向深海的输送过程,记录了区域海平面升降、气候变化、构造活动等地质历史信息。23.8~21 Ma珠江口盆地白云凹陷陆架坡折带由南部隆起带附近跃迁到白云凹陷北坡,21 Ma以来则一直稳定分布,白云凹陷也由渐新世晚期的浅海陆架环境转为陆坡深水环境,现今陆架坡折带附近水深大约在400 m~1000 m。第四纪以来,珠江口盆地发生多次海进、海退,总体呈现海退的过程,气候旋回中海平面下降幅度达120m,导致珠江口海岸线位置大幅向海方向迁移约200 km。

利用2013年最新采集的高分辨率地震资料,结合前人对珠江口盆地已有的钻井岩心、测井资料的综合分析,对陆架边缘的沉积体系进行分析。白云凹陷北坡陆架边缘区发育典型地震相:席状平行—亚平行地震相、帚状前积地震相、透镜状前积地震相、谷状充填地震相。通过地震相及其组合的分析与对

比, 识别出大型陆架边缘三角洲沉积体和多期叠置的深切水道群, 它们构成沉积物经陆架—陆坡—深海盆输送的主要通道。第四纪以来由于海平面变化及陆架边缘坡折带的地形影响, 以及来自于古珠江的充足陆源物质供给, 对陆架边缘沉积体系的形成演化起到重要影响。对白云凹陷陆架边缘沉积充填演化的认识, 为陆架边缘沉积体系的油气勘探提供科学依据。

S07-P-23S

河流沉积通量和原位 ^{10}Be 指示我国物理剥蚀过程的时空特征

邓凯¹, 杨守业^{2*}, 黄湘通²

1 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

2 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* syyang@tongji.edu.cn

新生代以来, 印度—欧亚板块碰撞、太平洋板块俯冲以及东亚季风演化等一系列事件导致中国具有十分复杂的构造地形和气候水文特征。在周期性气候波动和构造活跃地区(青藏高原和台湾造山带)强烈隆升的背景下, 中国的物理剥蚀过程展现出极强的时空不均一性。深入了解中国物理剥蚀过程的时空演变, 有助于认识东亚大陆边缘沉积物的产生、输送和沉积过程, 并厘定东亚大陆边缘在全球碳埋藏过程中的角色转变。

河流沉积物蕴含着空间平均化的流域信息, 能够指示区域尺度的物理剥蚀过程。本文通过搜集已发表文献中中国河流的沉积物通量和原位 ^{10}Be 数据, 计算现代尺度和千年尺度上中国的物理剥蚀速率, 并探讨不同时间尺度物理剥蚀速率的差异及原因。现代尺度上, 不同流域的侵蚀速率存在以下规律: 大陆南部山溪性河流(海南岛和浙闽地区)、青藏北缘河流(祁连山地区)和珠江水系具

有较低的物理侵蚀速率(0.05-0.10 mm/yr)。大河体系如长江(~0.10 mm/yr)和黄河(~0.80 mm/yr)的侵蚀速率则相对较高。然而, 台湾的山溪性河流具有中国最高的侵蚀速率(~7.34 mm/yr), 且东部侵蚀速率明显高于西部。将流域侵蚀速率与地形水文参数进行对比, 指示出构造、黄土供应和地形是主要控制因素, 而气候因素与侵蚀速率的关系并不明显。千年尺度上, 青藏南缘河流(怒江和湄公河)剥蚀速率约为 0.15 mm/yr, 青藏东缘河流(长江及黄河上游水系)剥蚀速率约为 0.25 mm/yr; 大河体系如长江的剥蚀速率约为 0.06 mm/yr, 且上游支流剥蚀速率高于中游支流; 而台湾河流的剥蚀速率最高(~3.35 mm/yr)。千年尺度上, 剥蚀速率依然主要受控于构造地形因素。并且, 不同时间尺度物理剥蚀速率的对比指出, 现代尺度的侵蚀速率普遍高于千年尺度的剥蚀速率。综合考虑构造、气候和人类活动等影响因素, 推测现代尺度侵蚀速率的提高与人类活动的日益增强存在密切联系。

为进一步了解中国物理剥蚀过程的时空演变, 下一步的工作包括: 1、在千年尺度上(人类活动影响较小), 对比不同构造水文背景下的山溪性小河流, 深入了解物理剥蚀过程的控制因素; 2、提取东亚大陆边缘晚第四纪钻孔中的剥蚀记录, 揭示更长尺度的剥蚀速率演变。

S07-P-24

闽江口外泥质区悬浮颗粒行为对碳运输的影响

杜晓琴*

浙江海洋大学, 舟山 316022

* xiaoqdu@163.com

浙闽泥质区作为陆源悬浮物质近岸运输的主要沉积区域, 是进行沉积物源到汇研究

的重点对象之一。悬浮颗粒作为物质在生物链、水体和底床沉积物的重要环节，在生地化循环系统扮演至关重要的角色，其沉降和堆积模式在一定程度上影响了有机碳的运输和储存。

闽江口外陆架对水体中悬浮颗粒的观测并分析结果显示，大粒级悬浮颗粒的有效密度较低而有机碳、氮的含量较大。由于有机质的 C/N 比为 5.39~5.95，意味着悬浮颗粒携带的有机质主要来源于海洋环境。因此，大粒级悬浮颗粒参与生物活动的程度较高。然而，小颗粒的质量浓度在所有粒级中占绝对优势，尽管其有机碳含量最低，却有有机碳运输系统的主要角色。小粒级的悬浮颗粒的扩散和再悬浮主要受到风场和流场强度的控制，进而影响着碳输送。在夏季风作用下，闽江口外陆架的悬浮颗粒及其携带的有机碳进行椭圆形运动，且在一个潮周期内向偏北方向净运输。

S07-P-25

黄渤海近代沉积有机质的来源和保存研究

许云平^{1*}，肖文杰²

1 上海海洋大学海洋科学学院，上海 201306

2 北京大学城市与环境学院，北京 100871

* ypxu@shou.edu.cn

有机碳在海洋沉积物的埋藏是长时间尺度固持有机碳的重要途径，对一系列的海洋生物地球化学过程也产生了深远的影响。河口近海是全球海洋碳循环最为活跃的区域，其有机碳的埋藏量占了全球海洋的 80% 以上。然而目前我们对这一关键海区的有机碳来源、埋藏以及降解/保存机制仍然很不清楚。这种情况在大河控制的边缘海区尤为明显。我国东部发育了数条世界著名的大河，为研究河口近海有机碳循环提供了优良的场所。本研

究中，我们在黄海和渤海采集了七个短岩芯柱，分析了沉积物中总有机碳(OC)和氮(N)含量，碳/氮比值(C/N)，稳定碳同位素($\delta^{13}\text{C}$)以及陆源和海源生物标志物(如正构烷烃、脂肪酸、甾醇等)，以评估沉积有机碳的来源、降解和保存的时空变化。我们还计划通过重液浮选的方式，将沉积物按密度分级，通过全样和生物标志物的分析，了解不同形式有机碳(自由态、矿物结合态等)的分布规律。本研究将为深入揭示边缘海有机碳的降解和保存机制提供有价值的据。

S07-P-26

珠江口水体 $\delta^{98/95}\text{Mo}$ 组成特征及其分馏机制

王志兵^{*}，李杰，叶丰，韦刚健，马金龙

中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640

* wangzhibing@gig.ac.cn

Mo 同位素作为重要的古海洋氧化还原条件的代用指标是基于一个假设建立起来，即认为陆源输入 Mo 同位素值是恒定且接近于零。最近的研究表明全球河流河水中 Mo 同位素特征变化比较大 ($\delta^{98/95}\text{Mo}$: 0.15‰~0.24‰)，说明这个前提假设有待商榷。除了河流 Mo 同位素组成影响输入到海洋 Mo 同位素通量特征，河口中的过程可能也会影响输入到海洋 Mo 同位素通量特征。河口中的过程众多，包括一系列物理、生物、化学等过程，那么在过程中 Mo 的地球化学行为和同位素组成是否发生变化目前还不是很清楚。

为此我们对比研究珠江口冬季和夏季水体 Mo 含量和同位素组成从上游到下游(盐度梯度)的变化特征，同时结合悬浮物和表层沉积物以及污水 Mo 含量和同位素组成特征，来探讨冬季和夏季河口 Mo 同位素组成节的变化特征和差异的控制因素。结果显示珠

江口冬季水体 Mo 含量和同位素组成变化范围为 33.1 nM~97.2 nM, $\delta^{98/95}\text{Mo}$ 为 0.99‰~2.04‰, 而夏季水体 Mo 含量和同位素组成变化范围为 13.2 nM~96.9 nM, $\delta^{98/95}\text{Mo}$ 为 0.56‰~1.93‰。通过与海水和淡水二端元混合曲线对比发现, 珠江口上游水体 Mo 含量在混合曲线之上, 冬季相对夏季偏离更明显, 说明了上游 Mo 含量表现出富集的状态, 而 Mo 同位素组成在混合曲线之下, 同样也冬季相对夏季偏离更明显。导致河口水体 Mo 含量富集和 Mo 同位素组成偏低的过程主要有悬浮物释放和表层沉积物过程、人类排放、生物分解过程等因素可能会导致珠江口上游水体 Mo 富集。依据悬浮物释放和表层沉积物 Mo 随着盐度呈现递增的趋势, 以及污水 Mo 同位素呈现较高的特征推断出悬浮物释放、表层沉积物过程、人类排放过程不是导致珠江口水体 Mo 含量富集和同位素组成偏低的因素。最后根据珠江口水体叶绿素含量与 Mo 含量呈现正相关特征推测出生物分解过程是控制上游水体 Mo 含量富集和 Mo 同位素组成偏低的主要机制。

S07-P-27S

东海表层沉积物碎屑矿物组合分布特征及其物源环境指示

张凯棣^{1,2}, 李安春^{1*}, 董江^{1,2}, 张晋¹

1 中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071

2 中国科学院大学, 北京 100049

* acli@qdio.ac.cn

为进一步明确东海陆架区的沉积物物源及水动力环境, 对研究区表层沉积物的碎屑矿物进行了鉴定分析。东海陆架表层沉积物中共有 49 种重矿物, 其中普通角闪石含量最高, 绿帘石、片状矿物、碳酸盐矿物次之,

金属矿物、辉石排第三, 另外还有透闪石、石榴子石、楣石、锆石、橄榄石、海绿石、红柱石等。轻矿物共有八种, 其中长石含量最高, 其次是石英, 片状矿物(白云母+风化云母+绿泥石)排第三位, 方解石第四, 海绿石含量很少仅占 0.1%

研究区沉积物中重矿物质量百分含量平均值为 16.3%, 高值区位于研究区中部的中外陆架, 研究区西部(内陆架)及东北部(济州岛西南)含量较低。按其含量由高到低依次为: 角闪石类矿物, 主要分布在外陆架; 片状矿物, 主要分布在内陆架, 在 29° N 附近出现向东延伸的舌状高值区; 帘石类矿物与片状矿物分布趋势相反; 金属类矿物主要在闽浙沿岸和虎皮礁附近含量较高; 自生黄铁矿、海绿石、橄榄石仅出现在特定区域。

根据 Q 型聚类分析可将研究区划分为 3 个矿物区, 7 个矿物亚区。内陆架矿物区(I 区), 物质来源相对单一, 动力分选和物源是控制重矿物分布的主要因素, 陆源碎屑物质主要来源于长江其次是其他沿岸河流的输入, 值得注意的是人类活动的影响使得闽浙沿岸磁铁矿的含量出现异常高值。外陆架矿物区(II 区), 碎屑物质主要来源于古长江物质, 在台湾暖流、黑潮的长期冲刷下重矿物含量特别高, 碎屑矿物多已风化, 片状矿物、白云石等易风化和搬运的矿物含量较少甚至缺失。在 29° N 附近现代长江入海的细粒物质向东北方向扩散, 对外陆架矿物区碎屑矿物组成有一定影响。虎皮礁矿物区(III 区)物质来源、水动力环境复杂, 碎屑矿物组成与前两矿物区有较大差异。

I3 矿物亚区和 II2 矿物亚区的碎屑矿物特征表明在浙江近岸北部海域有现代细粒沉积物向外延伸的趋势, 这种趋势与沿岸水团锋面穿刺的水文现象不无关系, 表明东海内陆架的陆源沉积物不仅沿岸输运而且还存在跨

陆架的输运, 从重矿物、片状矿物和白云石的含量分布看可扩散至 125° E 以外的外陆架海域

S07-P-28S

LGM 以来冲绳海槽物源变化及影响因素

杨承帆, 杨守业*

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* syyang@tongji.edu.cn

冲绳海槽位于东海东南部, 琉球岛弧西北侧, 是东海大陆架与琉球岛弧的天然分隔, 地形、岩石学和地球物理等多方面的证据表明, 冲绳海槽是处于扩张初期的弧后盆地, 海槽最深处为位于海槽南部近 EW 向的中央洼地, 实测水深超过 2300 m。海槽内分布着数千米厚的中新世至全新世沉积层, 蕴含着晚第四纪以来区域及全球气候变化、物源转变的丰富信息, 是研究晚第四纪以来海陆相互作用、古环境演变的天然实验室。

末次盛冰期 (LGM, 21-19 ka) 海平面位于现在海平面以下 120-160 m, 古岸线位于现在陆架坡折处, 黄河入海口可能靠近冲绳海槽北部, 长江入海口可能靠近冲绳海槽中部, 大量的陆源碎屑物质直接堆积或在强劲的冬季风作用下输送到冲绳海槽, 其中冲绳海槽北部以黄河源物质为主, 海槽中部和南部以长江源物质为主, 但 Diekmann et al. (2008) 认为 28-19.5 ka 冲绳海槽南部沉积物主要来自于台湾西北部河流, 可能是通过基隆海峡输送的; 冰后期海平面上升, 古海岸线后退, 随着河口距冲绳海槽距离的增加, 大部分陆源碎屑物质沉积在陆架上, 但在波浪潮汐作用下, 同源的陆架沉积物也可再悬浮搬运到冲绳海槽 (Dou et al., 2010a), 因此这一阶段, 陆源碎屑物质 (长江、黄河沉积物) 仍为海槽沉积物主要来源; 大约从 15 ka 或者 14 ka

开始, 物源示踪结果出现了混乱, Xu et al. (2014) 认为 16-7.3 ka 冲绳海槽北部沉积物沉积物主要以陆架再悬浮物质为主, 而在海槽中部 DGKS9604 钻孔研究发现: 14-8.3 ka 海平面上升, 黑潮逐渐回到冲绳海槽, 随着长江口与冲绳海槽距离的增加, 长江源物质越来越少, 沉积物来源主要以陆架再悬浮沉积物和台湾源物质为主, 南部 1202 和 1202B 钻孔研究认为 15-11 ka 沉积物为陆架再悬浮物质, 11-9 ka 为物质转换期, 黑潮逐渐回到冲绳海槽, 出现台湾端元物质, 而这一时间也与前人研究路桥崩塌黑潮回流的时间相符, 因此黑潮回流或强盛时间成为该段时期物源变化的重要影响因素, 需要进一步深入研究。全球高海平时期以来, 陆架环流体系已建立, 冲绳海槽被黑潮水占据, 沉积物主要来源于台湾东北部河流 (兰阳溪), 可能还存在西部河流物质, 同时仍有大量的陆架沉积物通过近底层搬运的方式进入冲绳海槽。此外, 日本西部火山灰、热液物质、风成沉积也会对冲绳海槽物源产生影响。

S07-P-29

九龙江口沉积的有机地球化学特征及其所揭示的物源和沉积机制

余凤玲^{1,2*}, 程鹏^{1,2}, 陈能汪^{1,3}

1 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361102

2 厦门大学海洋与地球学院, 厦门 361102

3 厦门大学环境与生态学院, 厦门 361102

* fengling.yu@xmu.edu.cn

鉴于以往大型河口三角洲经济区的发展经验, 要实现人与自然的协调发展, 必须深入认识河口沉积物的组成、分布及其驱动机制。然而已有的相关研究在强潮型小河口的还不多。本申请以九龙江口为例, 拟综合两

个自然示踪指标总有机碳同位素 ($\delta^{13}\text{C}$) 和粒度组成, 探讨九龙江河口物质的物源组成、时空分布及其驱动机制。根据 2014-2015 年洪枯季航次的数据表明, 从河口的近河流端至近海端, 悬浮颗粒的总有机 $\delta^{13}\text{C}$ 随着盐度的增加, 表现出显著的增重趋势 (从 -26.5‰ 增加到 -20.5‰)。然而, 从近河流端至近海端, 表层沉积物的总有机碳 $\delta^{13}\text{C}$ 并没有表现出显著的空间变化梯度。十五个表层站位, 除两个站位 $\delta^{13}\text{C}$ 值 $> -23.0\%$ 外, 其它都 $< -23.0\%$ (范围为 -24.5‰ - -23.0‰) 表现出 C3 来源有机质为主的特征。从而, 提出该研究的科学问题, 即九龙江口物质的主要来源及其搬运过程如何。本研究将结合多次走航数据和 3 次时间序列沉积物捕获器的结果, 初步探讨九龙江口悬浮颗粒的来源及其输运过程。

S07-P-30S

冲绳海槽中部热液活动区沉积物的元素地球化学特征及地质意义

蔡迪, 邵和宾, 杨守业*

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* syyang@tongji.edu.cn

本文报告了综合大洋钻探计划 331 航次 3 个钻孔 (C0013, C0014, C0017) 沉积物的元素地球化学组成。C0017 孔沉积物由火山碎屑与典型的半深海沉积物组成, 几乎未受到蚀变影响。而 C0013 与 C0014 孔沉积物虽来源与 C0017 孔相似, 但受热液蚀变显著。对比研究表明, Zr, Hf, Nb 等元素在蚀变过程中相对稳定, 可反应其他元素的得失的总和。质量平衡计算结果显示, 除 Mg 外, 碱金属, 碱土金属在 C0013 孔与 C0014 孔沉积物中均呈现不同程度的淋失, 其中 Na 的淋失最为显著, 超过 90%, K 次之。相反地, Mg 的含量却增加了一倍以上, 初步推测是沉积物在绿

泥石化过程中吸收海水中的 Mg 所致。除 Mg 外, C0013 孔也表现出 Cu, Pb, Zn 等亲铜元素的富集, 这与该处热液成矿过程相关。但是, 在 C0014 孔, 这些元素的富集程度远不及在 C0013 处, 某些层位甚至亏损。我们推测这或许反应了这两孔之间热液强度或化学组成的差别。与大洋其他热液区的热液沉积物对比表明, 研究区的沉积物受热液直接影响更为显著, 表现为更彻底的 Na, K 淋失以及更明显的 Mg 富集。最后, 通过对比本研究区与洋中脊热液区的情形我们推测, 与热液发生反应的围岩 (或沉积物) 的地化特征显著控制着热液的离子浓度。但是, 热液的物理性质, 热液反应水岩比, 相分离过程等同样对热液化学组成具有明显的影响作用。

S07-P-31S

粤北花岗岩化学风化过程中的 B 同位素地球化学特征

虎贵朋^{1,2}, 韦刚健^{1*}, 马金龙¹, 王志兵¹, 陈雪霏^{1,2}

1 中国科学院广州地球化学研究所同位素地球化学国家重点实验室, 广州 510640

2 中国科学院大学, 北京 100049

*gjwei@gig.ac.cn

硼是自然界中具有强活动性、强不相容性的元素, 其由 ^{10}B 和 ^{11}B 两种同位素组成, 是同位素相对质量差较大的元素之一, 所以不同地质储库中的硼含量 [B] 及其同位素组成 $\delta^{11}\text{B}$ 具有显著的差异。近十年来, 已有大量研究报道了主要地质储库中 [B] 和 $\delta^{11}\text{B}$ 的分布范围, 在此基础上探讨了主要地质过程中 B 同位素分馏的控制机制。随后, $\delta^{11}\text{B}$ 已作为灵敏的示踪剂, 广泛应用于古海水 pH 重建、沉积环境识别、水体污染源示踪、矿床成因以及表生地球化学循环规律等研究。这些研究表明: 多种地质过程都伴随着硼同位素的

显著分馏，尤其是表生地球化学循环中，硼同位素的分馏更甚明显。作为表生地球化学循环的关键环节，地表岩石化学风化过程，可能伴随着硼同位素的显著分馏。因此，开展化学风化过程中的 B 同位素研究，有利于揭示 B 同位素分馏的控制机制，为表生地球化学循环科学规律的探讨提供重要的科学依据。

为了揭示花岗岩化学风化过程中硼同位素的分馏机制，本文选定了广东省清远市汤塘镇的典型花岗岩风化壳作为研究对象，对花岗岩及其上覆风化产物开展了高分辨率的 B 同位素地球化学分析，结果显示：（1）整个剖面上，硼含量介于 1.3-3.8ppm 之间；（2）整个剖面上 $\delta^{11}\text{B}$ 变化范围较大（介于 -20.61‰ 和 -11.65‰ 之间）；（3）剖面下部（39.80-22.75m 之间）呈现 $\delta^{11}\text{B}$ 负偏移的趋势， $\delta^{11}\text{B}$ 与 [B] 显示一定程度的正相关性（ $R^2=0.34$ ），且剖面 39.80-30m 之间的层位，其 $\delta^{11}\text{B}$ 与 [B] 呈现更显著的正相关性（ $R^2=0.52$ ），二者几乎同时变化；（4）剖面上部层位（21.25-1.0m） $\delta^{11}\text{B}$ 呈现出正漂移的趋势，但 $\delta^{11}\text{B}$ 与 [B] 之间的相关性不明显。

在对该风化壳进行矿物学、元素地球化学和 B 同位素地球化学综合研究的基础上，我们得出了以下几点认识：（1）在汤塘花岗岩化学风化过程中，硼并未大量迁出剖面；（2）原生矿物分解与粘土矿物形成过程很大程度上控制着硼同位素分馏；（3）粘土矿物具有独特的层状结构，具有良好的吸附性能和离子交换性能，其对硼的吸附和离子交换可能是控制该剖面上硼同位素分馏的主要机制：剖面下部（39.80-22.75 m 之间），钠长石、绿泥石先后发生了蒙脱石化和伊利石化，蒙脱石和伊利石优先吸附 ^{10}B ，相对而言 ^{11}B 随水流失，从而造成了剖面下部呈现 $\delta^{11}\text{B}$ 负漂移的趋势；剖面 39.80-30 m 之间的层位上 $\delta^{11}\text{B}$

与 [B] 具有显著的正相关（ $R^2=0.52$ ），二者几乎同时变化，这也暗示了蒙脱石和伊利石选择性吸附 ^{10}B ，造成了该层位的 $\delta^{11}\text{B}$ 负漂移；

（4）剖面上部（22.75-1.0 m）伊利石和钾长石先后发生高岭石化，高岭石可能同时吸附了原岩释放的硼和地表水下渗的硼，而地表水具有 $\delta^{11}\text{B}$ 值较大的特征，造成了该层位 $\delta^{11}\text{B}$ 呈现正漂移的趋势；（5）整个剖面上 $\delta^{11}\text{B}$ 与 [B] 的变化都显示一定的波动性，这可能与花岗岩各组成矿物中硼含量及其同位素组成不均一性有关。

S07-P-32S

徐闻和三亚珊瑚礁海域 N_2O 分布及海-气交换通量

苏晓玲，曹文志*，曹娣

厦门大学环境与生态学院，厦门 361102

* wzcaox@xmu.edu.cn

根据 2014-2015 年两年的 8 个季节，对徐闻县灯楼角珊瑚礁海区和三亚鹿回头珊瑚礁海区进行了调查，分析研究了珊瑚礁退化海区和相对健康海区不同季节表层海水中溶解态氧化亚氮（ N_2O ）浓度的分布水平和海气交换通量。结果表明：（1）徐闻和三亚珊瑚礁海域表层海水中 N_2O 浓度均值分别为 5.98 nmol/L 和 7.06 nmol/L，饱和度分别为 268.74% 和 347.48%，二者具有相似的季节变化，春秋季节较高，夏冬季较低。两个珊瑚礁海域大部分处于过饱和状态，是大气中 N_2O 的净源；（2）采用静态顶空气相色谱法分析两个珊瑚礁海域 N_2O 交换通量，通量变化范围很广，分别为 -60.11~73.88 和 -186.68~271.61 nmol/m²/h，平均值为 18.09 和 42.49 nmol/m²/h，同样是春秋季节较高，夏冬季较低的变化趋势。（3）初步估算徐闻和三亚珊瑚礁海区 N_2O 的年释放量为 10.04 和 36.19 t/yr。（4）两个珊瑚礁海域系统内部表层海水中 N_2O 处于不同程

度的过饱和状态，但由于徐闻和三亚珊瑚礁系统溶解态 N_2O 的浓度、饱和度以及珊瑚礁健康程度不同，从而影响系统内部氮素的迁移转化，进而影响到 N_2O 海-气交换通量。

S07-P-33

长江口北支地貌演化的数值模拟研究

魏晓¹，汪亚平^{2*}

1 广州海洋地质调查局，广州 510760

2 南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室，南京 210093

* ypwang@nju.edu.cn

通过 Delft3D 模型对北支河道的水动力进行数值模拟，并使用 2011 年 2-3 月获取的水位、流速、流向和悬沙浓度数据进行验证，建立起长江口北支地貌演化的长周期模型。同时针对长江口北支历史上的人类活动和河道变迁，设计了六种模拟方案分别进行模拟计算，并比较各方案中的流场、悬沙和底床的冲淤演化特征。结果表明：建闸和开渠都将对长江口北支的流场、沉积物运输和地貌演化产生显著的影响；建闸方案 2 和方案 3 以及开渠方案 5 能够有效的保证盐水不能沿河道上溯进入中上游；方案 3 能够保证较为广阔的航道；方案 5 能够使河道的潮差变小，使河岸出现险情的几率降低；方案 6 能够扩大北支供给的生产生活用水的使用范围，同时提升苏北的交通运输的便利性。

S08-O-01

南北半球的环状模联合模态及跨半球遥相关

樊婷婷，黄菲^{*}，王宏，许士斌

中国海洋大学物理海洋实验室，青岛 266100

* huangf@ouc.edu.cn

南北半球中高纬度大气环流各自的主要

异常模态分别是北半球环状模（或北极涛动）和南半球环状模（或南极涛动），通常赤道被认为是大气无形的边界“隔离”着地球上南北半球的大气运动，然而在特定的季节特定的通道内（越赤道气流）两半球大气存在着跨赤道的质量交换。本文通过对近 30 多年来南、北半球中高纬度海平面气压场的季节经验正交函数分解（SEOF）分析，发现南北半球中高纬度大气环状模存在两类主要的联合模态：南、北半球环状模的反相振荡模态和同位相振荡模态，这两类模态都具有很强的季节依赖性，且南半球的环状模强度要大于北半球的强度。第 1 主模态的方差贡献为 16.2%，空间上表现为南、北半球环状模的反位相振荡特征，时间上则表现为 1993 年前后由负到正的年代际转型，且该模态主要出现在北半球的春季，综合时空特征表明近 30 年来南极涛动由 1993 年以前的负位相转为 1993 年之后的正位相，同时北极涛动则由正位相转为负位相振荡，这种反相振荡现象主要发生在北半球的春季；第 2 主模态占总方差的 10.3%，空间上表现为南、北半球环状模的同位相振荡特征，即南极涛动处于正（负）位相振荡时北极涛动也处于其正（负）位相的振荡，时间上则主要反映了年际变化特征，且该模态主要出现在南半球的春季即北半球的秋季，另外该模态还包含了次强的发生在北半球春季的南北半球环状模反位相振荡模态，表明南北半球环状模的反位相振荡联合模态不仅表现为较强的年代际转型特征，还存在较强的年际振荡。

研究还发现，两半球的环状模可能主要通过纵贯太平洋中部的跨半球遥相关波列这一“大气桥”建立联系，该遥相关波列具有区域和季节的选择性，主要发生在北半球的春季和秋季过渡季节里，且主要出现在对流层上层的太平洋中部地区，这可能与特定季节里

太平洋季风区和信风区赤道东风异常存在的波射线南北方向跨赤道传播的通道有关。同时结构上看这种跨半球的遥相关波列在两半球的中高纬度具有相当正压结构，而在热带副热带地区则主要为上下层反位相变化的斜压结构特征。

S08-O-02

70 万年来黑潮源区的东亚季风演化过程、驱动机制及其碳循环效应

徐兆凯^{1,2*}, 李铁刚^{2,3}, 万世明^{1,2}, 于兆杰⁴, Clift D. Peter⁵, 常凤鸣^{1,2}, 唐正³

1 中国科学院海洋研究所 海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋地质过程与环境功能实验室, 青岛 266061

3 国家海洋局第一海洋研究所 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 青岛 266061

4 CNRS-Université de Paris-Sud Laboratoire GEOsciences Paris-Sud (GEOPS), Orsay Cedex 91405;

5 Louisiana State University Department of Geology and Geophysics, Baton Rouge 70803

* zhaokaixu@qdio.ac.cn

基于 357 个底栖有孔虫单种氧同位素曲线所构建的高质量年龄框架, 综合利用粘土矿物 (226 个)、稀土元素 (416 个) 及 Sr-Nd 同位素 (64 个) 这三种不同指标, 定量提取了黑潮源区岩芯 (MD06-3047) 沉积物中陆源碎屑物质的高分辨率输入记录, 进而探讨了 70 万年来研究区的东亚冬、夏季风演化特征、主要驱动机制及其碳循环效应。

三种不同的物源定量识别方法得出的结论非常一致, 均表明所研究沉积物中的碎屑组分主要来自于火山物质, 而风尘物质的贡献则相对较小。前者主要来源于附近吕宋岛火山岩的风化蚀变, 其贡献量大小具有冰期

低而间冰期高的特征, 其输入主要受控于东亚夏季风强度; 后者则主要来自于亚洲东部沙漠地带, 其主要输运动力为东亚冬季风而非西风带。对典型东亚冬、夏季风指标的频谱分析结果分别指示出东亚冬季风的强 10 万年周期特征及东亚夏季风的强 10 万年、3 万年和 2.3 万年周期特征, 进而可能分别指示着东亚冬季风的高纬 (冰体积) 驱动机制和东亚夏季风的高纬 (冰体积) —低纬 (热带太平洋) 联合驱动机制 (Xu et al., 2012)。我们通过高、低纬太平洋海区陆源风尘物质输入通量的系统对比, 发现它们在中一晚第四纪以来的变化非常一致, 几乎可以进行峰与峰间的一一对应, 尽管高、低纬太平洋海区风尘物质的来源和估算方法完全不同, 从而表明高、低纬太平洋海区风尘物质输入通量演化及其驱动力——冬季风的主控因素均为全球气候变化 (特别是高纬气候因子), 而区域性因素的影响很小 (Xu et al., 2015)。第四纪来低纬 ENSO 过程对东亚夏季风的控制作用也已得到了研究区邻近钻孔 (MD06-3050) 2.36 Ma 来粘土矿物记录的证实 (Yu et al., 2016)。

研究区 70 万年来东亚冬季风携带来的亚洲内陆风尘物质贡献、可溶态铁含量、生产力指标乃至南极冰芯所记录的大气二氧化碳浓度间随时间变化的一致性, 则可能指示着中一晚第四纪以来冰期阶段中亚洲内陆风尘物质输入的增加刺激了包括研究区在内的低纬西太平洋古生产力水平的提高, 进而将更多大气二氧化碳带入海底埋藏下来, 增强了其碳储功能, 从而表明低纬西太平洋地区对冰期时大气二氧化碳浓度降低的可能贡献 (Xiong et al., 2013)。

S08-O-03

晚全新世西沙群岛的生长：来自 ^{14}C 的证据

徐利强^{1,2*}, 刘晓东², 赵晋军¹, 吴礼彬²

1 合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥 230009

2 中国科学技术大学地球和空间科学学院, 合肥 230026

* xliq@hfut.edu.cn

西沙群岛成岛历史的研究对于南海岛屿的开发和保护具有重要意义, 而成岛历史的重建须建立在高精度定年的基础上。但对于珊瑚砂堆积而成的西沙群岛而言, 碳酸盐生物碎屑存在二次搬运的可能性, 其 ^{14}C 年龄可能与沉积年龄不一致, 受此限制, 全新世以来西沙群岛的成岛历史一直未能很好地重建。相比之下, 海鸟生物残体是较为理想的 ^{14}C 定年材料。基于此, 我们研究了西沙 8 个典型岛屿上含有海鸟遗迹的沉积剖面, 分别为甘泉岛 (GQ)、广金岛 (GJ3)、晋卿岛 (JQ)、琛航岛 (CH)、赵述岛 (ZS2)、北岛 (BD1)、中岛 (ZD1) 和南岛 (ND1)。8 个沉积剖面的岩性变化十分相似, 暗示了西沙岛屿生态系统发育的内在统一性。根据沉积剖面中的鸟骨 ^{14}C 定年和 Clam 模式年龄, 计算得到过去 2000 年以来各岛平均沉积速率分别为 0.44、1.31、0.57、0.80、0.96、1.34、0.68、1.62 mm/yr。在此基础上, 我们推测整个西沙群岛在晚全新世的生长速率为 0.97 ± 0.42 mm/yr, 明显高出此前所报道的值。

S08-O-04

中全新世以来南海北部长链烯酮重建海表温度的变化趋势对比

孔德明^{1,2}, 宗永强¹, 陈明德³, 柳中晖^{1*}

1 香港大学地球科学系, 香港

2 广东海洋大学海洋与气象学院, 湛江 524088

3.台湾海洋大学应用地球科学研究所, 基隆 20224

* zhliu@hku.hk

随着全新世重建海表温度 (SST) 记录的增加, 不同纬度和海域的 SST 变化被发现存在一些明显的差异。这些差异既可能来源于指标的选择, 也可能源于主导的气候驱动因素不同。本研究选取从南海北部珠江口近岸到离岸约 260km 的陆坡区沉积物柱状样进行长链烯酮饱和度 (UK'37) 分析, 重建了 8 千年以来高分辨的 SST 变化, 发现南海北部陆坡 SST 从 8 至 1 千年整体呈现上升趋势, 上升幅度约 2°C , 其中在 3.5-4 千年有一次约 0.5°C 的跃升。珠江口及近岸 SST 在 8-5 千年与开放海域变化趋势比较一致, 但在近 2 千年来存在显著的降温趋势, 且离岸越近降温越显著。通过与南海及其他海域 UK'37-SST 变化对比, 认为中全新世以来南海北部近岸 SST 变化趋势受冬季风影响, 即受高纬气候驱动主导, 而开放海域 SST 与热带西太平洋海温存在较好相关性, 并与低纬冬季太阳辐射强度趋势一致。该结果表明在研究同一海域气候变化时也需考虑不同水深和离岸距离可能受到不同的气候驱动主导。

S08-O-05

European Hydroclimate Response to Volcanic Eruptions over the Past Nine Centuries

Yujuan Gao, Chaochao Gao*

Department of Environmental Science, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang, China

* gaocc@zju.edu.cn

The hydrological responses of volcanic eruptions have been studied extensively in the tropical and monsoon regions, but for mid-latitude especially highly populated Europe

it's relatively rare. Here we analyze the European hydroclimate response to 31 tropical eruptions in boreal summer over the past nine centuries, using two newly published landmark reconstructions of global volcanism and drought Atlas for Old World Europe, coupled with the Superposed Epoch Analysis. Our results show a significant wetting trend (at 95% confidence level) for year 0 and year 1 after the tropical eruptions, when the Old World Europe is evaluated entirely. Spatially the wetting mainly occurs in the climatically moisture southern and northeast Europe, while a drying trend develops in central and northwest Europe in the next 2 or 3 years. Both the wetting and drying response increase with eruption magnitudes. In case of the 1815 Tambora eruption, the wetting trend in year 0-1 gradually turn into severe dry condition in year 3-5. In comparison, high latitude eruptions do not impose significant hydrological impact in Europe. These results indicate that tropical volcanic eruptions are likely to intensify the hydroclimate conditions in European during the following boreal summers, which may shed new light on the potential effect of stratospheric geoengineering in Europe.

S08-O-06

近 2 Ma BP 以来高、低纬度海域表层温度变化的对比研究

王汝建, 李文宝

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092
rjwang@tongji.edu.cn

现代研究已经证明南北极高纬地区特殊的地理位置, 及其海洋与气候系统的变化对全球气候变化产生重大影响。研究发现在冰

消期和中更新世气候转型期, 低纬表层水的温度变化与南极冰芯中大气 CO₂ 浓度的变化一致, 而与代表冰盖体积变化的 δ¹⁸O 的变化几乎同时或者略微超前。那么冰期旋回中高低纬区的变化是否一致? 两者如何联系? 高低纬之间是否存在所谓的“大气桥梁与大洋隧道”? 为了探讨高低纬不同时间尺度上的气候变化, 驱动因素及其对全球气候变化的影响, 需要重建高低纬气候变化事件的时空分布, 演化规律, 研究其相互作用过程及机制等。本研究试图通过近 2Ma BP 以来高、低纬度海域表层温度变化的对比分析, 探讨高低纬气候变化的关键影响因素, 驱动机制及其相互作用过程, 认识高低纬在全球气候变化中的作用。赤道太平洋(包括“暖池区”和“冷舌区”)与南太平洋和其与北太平洋之间的温度梯度的演化阶段及轨道周期响应明显不同, 各温度梯度(Δ SST)与 ETP 在 40-ka 斜率周期上都具有较高的相关性; 同时 ΔSST ODP846-1170 与 ETP 在 23-ka 岁差周期上同样存在明显相关性, 而 ΔSST ODP806-882 与 ETP 则在偏心率周期上存在明显相关性。大西洋高、低纬度海域的 SST 变化趋势以及温度梯度均明显的响应于岁差周期; 但是, 南、北大西洋温度梯度变化趋势并不一致, 温度梯度的变化出现过明显的波动, 特别是在 900 ka 之前, 出现了由负偏移向正偏移的大幅度变化, 即温度梯度出现增加, 且斜率及岁差周期信号明显。南大西洋与南太平洋之间的温度梯度不稳定; 虽然 ODP1090 与 ODP1170 站位的平均 SST 非常接近, 但是两个海域间的温度梯度却出现过约 ±8°C 的波动; 其次, Δ SST 1170-1090 的变化明显响应于偏心率和斜率周期。

S08-O-07

近 2 Ma 以来南塔斯曼海底层水演化特征及全球对比

李文宝^{1,2*}, 王汝建^{1*}, 刘传联¹

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 内蒙古农业大学水资源利用与保护自治区重点实验室, 呼和浩特 010018

* rjwang@tongji.edu.cn

"全球大洋温盐环流-THC"理论的提出, 显示了大洋底层水特征变化在全球或区域气候环境演变过程中的重要地位。而由于不同水团形成地点不同, 使得各自的碳同位素值出现差异, 这一差异也成为研究大洋底层水演化的重要手段。

在精确建立南大洋南塔斯曼海 ODP1170 站位近 2Ma 以来的地层框架基础上, 通过分析 ODP1170 站位的底栖碳同位素($\delta^{13}\text{C}_B$)变化特征, 结合南大西洋 ODP1090 站位, 北大西洋 ODP982、DSDP607、ODP659 站位, 东太平洋 ODP846、ODP 849 等站位 $\delta^{13}\text{C}_B$ 值的变化进行综合分析, 对全球大洋的底层水演化进行了初步分析, 结果显示: 1) 近 2 Ma 以来, 南塔斯曼海 ODP1170 站位的 $\delta^{13}\text{C}_B$ 平均值大约为 -0.14 ‰, 其中, MIS13 期的 $\delta^{13}\text{C}_B$ 值最重, 约为 0.7‰, MIS38 期的 $\delta^{13}\text{C}_B$ 值最轻, 约为 -1.10‰。相对地, 近 2 Ma 以来, $\delta^{13}\text{C}_P$ 平均值大约为 -0.21 ‰, 比 $\delta^{13}\text{C}_B$ 值偏轻。同时, ODP1170 站位的碳同位素之变化明显响应“中更新世气候转型-MPT”; 2) 近 2 Ma 以来, 南塔斯曼海表层生产力变化以及表层上与深层水间的交换过程等可能是引起 ODP1170 站位 $\delta^{13}\text{C}_P$ 平均值比 $\delta^{13}\text{C}_B$ 平均值偏轻的主要原因之一。当然, 环南极深层水(CDW)与南极区域底层水(如罗斯海形成的南极深层水等)的交换也是造成这一结果的可能原因之一; 3) 南塔斯曼海 ODP1170 站位和南大西洋

ODP1090 站位 $\delta^{13}\text{C}_B$ 值对地球轨道参数周期(特别是在偏心率周期和斜率周期上)的响应存在明显的同时性, 这显示南大洋深层水变化存在一致性。同时, 北大西洋底层水 $\delta^{13}\text{C}_B$ 值和东太平洋底层水 $\delta^{13}\text{C}_B$ 值在地球轨道参数周期上存在相反的变化趋势, 呈现“跷跷板”状变化特征, 即当东太平洋底层水加强时, 北大西洋地层水对全球温盐环流的影响可能出现一定程度的减弱。

S08-O-08

The Southern Ocean as a “control valve” of vertical $\delta^{13}\text{C}$ distribution in the West Philippine Sea during the last 700ka

Zheng Tang (唐正)^{1,2,3}, Tiegang Li (李铁刚)^{1*}, Zhifang Xiong (熊志方)²

1 Key Laboratory of Marine Sedimentology and Environmental Geology, First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China

2 Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science, Qingdao 266000, China

3 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao, 266061, China

* tgli@fio.org.cn

A build-up of carbon in the deep ocean has been shown to have occurred during the Last Glacial Maximum. The role of the Southern Ocean a "control valve" on ocean-atmospheric CO_2 exchange has been emphasized. However, the mechanisms responsible for the release of the deeply sequestered carbon to the SO surface and the atmosphere at deglaciation, and the relative importance of the deep SO

sequestration in regulating the vertical $\delta^{13}\text{C}$ distribution in low latitude ocean before the last glacial cycle, have remained unclear. Here we present new benthic and planktonic foraminifera $\delta^{13}\text{C}$ records from the relatively deep (2510 m) Western Pacific core that provide a reconstruction of the vertical $\delta^{13}\text{C}$ variation history, by inference, respired carbon storage through out the last 700ka. The anti-phase variation of the benthic and planktonic $\delta^{13}\text{C}$ data during each Termination, suggests that respired carbon was removed from the abyssal Southern Ocean, and delivered to low latitude via AAIW/SAMW, when atmospheric CO_2 concentration increased rapidly. Furthermore, our records show that observed co-variation between the benthic $\delta^{13}\text{C}$, SO export production and deep ocean ventilation through out most of the past 700ka. These findings demonstrate the SO played a consistent role in modifying atmospheric CO_2 concentration, and the vertical $\delta^{13}\text{C}$ distribution in low latitude ocean, via a synergy of both physical and biological processes.

S08-O-09

生产力指示的东南极普利兹湾更新世地层年代框架

武力¹, 王汝建^{1*}, 肖文申¹, 葛淑兰², 陈志华²

1 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

2 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061

* rjwang@tongji.edu.cn

高分辨率地层年代框架是古海洋学研究的重要部分和基础, 而在南大洋高纬度地区, 由于生物碳酸盐缺乏, 氧同位素地层学研究难以开展。本研究对采自东南极普利兹湾深

海区的三个重力岩心进行了磁化率扫描, XRF 地球化学扫描, 颜色反射率测试, 蛋白石测定以及 ^{14}C 定年。提取了优化的生产力指标, 将其与深海有孔虫氧同位素曲线对比调谐, 建立了研究区更新世以来地层年代框架。结果显示, 三个岩心跨越年龄 490-523 kyr, 沉积速率变化在 0.3-3.6 cm/kyr 之间, 平均 1.05 cm/kyr。沉积速率的变化主要决定于陆源碎屑的输入, 碎屑物质输入强弱变化具有 100 kyr 的周期性, 这种周期性与全球海平面的变化速率的 100kyr 成分同相位变化; 研究区生产力变化主要受到 Si 元素供应的调节。Si 的供应主要反映了南大洋深层水上涌的位置和强度。调节深层水上涌位置变迁和强弱变化的主导因素为南大洋西风强弱和冰川淡水注入量。从而推断研究区生产力变化模式主要反映了东南极西风带迁移和冰川排泄历史。

S08-O-10

3 万年以来南极罗斯海西部沉积环境变化研究

韩喜彬*, 龙盼盼, 唐灵刚, 初凤友, 许冬, 葛倩, 边叶萍

1 国家海洋局第二海洋研究所 国家海洋局海底科学重点实验室, 杭州 310012

* hanxibin@sio.org.cn

罗斯海是南太平洋扇区深入南极洲的大海湾, 是南极底层水的主要生成区, 对全球冷热循环和气候变化有着重要的意义。对位于罗斯海西部中央海盆 (Central Basin) 的 ANT31-JB03 柱状沉积物进行 AMS14C 测年、化学元素和有机分子地球化学等分析结果表明, 本区域 3 万年以来陆源碎屑在末次冰盛期和末次冰消期是增加的, 在全新世原来随着海平面的升高, 陆源碎屑影响减弱, 而有机碳含量在末次冰消期以来含量逐渐增加, 这可能与生物活动末次冰消期原来也比较活

跃有关。有机质主要为为海相藻类输入，生物降解作用较强，整体处于弱还原-氧化环境。有机质的成熟度随埋藏深度逐渐增加，部分层位进入生油门限。

S08-O-11

第四纪东南极大陆边缘古海洋学记录与若干全球变化记录的对比研究

陈志华^{1,2*}, 葛淑兰^{1,2}, 唐正^{1,2}, 刘合林^{1,2}, 黄元辉^{1,2}

1 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室, 青岛 266061

* chenzia@fio.org.cn

南极包括南极洲和南大洋，是地球表面最大的冷源，也是全球气候变化的重要驱动器和敏感响应器。作为地球系统的重要组成部分，南极系统包含大气、冰雪、海洋、陆地和生物等多圈层的相互作用过程，又通过大气和海洋环流的经向传输与低纬和北半球联系起来。本文初步分析和对比了东南极大陆边缘若干岩芯的古海洋学记录与南北半球若干古环境和古气候记录，以期作为南大洋地层学研究和对比的引子，并初步探讨了第四纪冰期-间冰期东南极大陆边缘冰-海-气相互作用与全球大洋温盐循环和气候变化的耦合关系。

S08-O-12

罗斯海西北陆架 (JOIDES Basin) MIS3 末期以来陆源沉积物的变化及其古气候意义

黄梦雪, 王汝建*

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* rjwang@tongji.edu.cn

罗斯海是南极大陆太平洋扇区的港湾，是 25% 的南极底层水的形成地。罗斯海形成的底层水对大洋传送带的海水起到一定的通风作用，此外，罗斯海的水团、冰盖、生产力等等通过大洋环流系统对全球海水产生影响，对全球气候变化产生重要影响。

中国第 31 次南极考察航次在南极罗斯海西北陆架上获得了 299 cm 的沉积柱状样 ANT31 - JB06，对该柱的含水率、粗组分和粒度进行了测量，并对粒度数据进行了端元分析。通过对比南极冰芯同位素数据，发现 JB06 沉积物的粗组分和粒度变化记录着罗斯冰盖进退以及 AIM 和 ACR 等千年气候事件。JB06 粒度的端元分析的最佳端元数目为 4，分别为洋流搬运、冰盖穹隆下沉积、冰筏碎屑和远源沉积。36.6 ka 至 LGM 结束，该孔处的罗斯冰架是没有触底的，沉积物以冰架穹隆下的沉积为特征，这种冰架穹隆下来源的沉积物 (EM2) 的得分变化说明此处为冰架增长的前缘，ACR 冷事件时期 EM2 得分增高印证了冰盖下穹隆沉积的来源。冰消期温度升高，冰架大面积崩解，大量冰山沿着陆架海槽向北漂移，给外陆架带来了 IRD。同样情景发生在 ACR 事件之后的气候回暖，IRD 含量达到一个新的顶峰。全新世沉积物以较细颗粒为主，分别代表着强和弱水动力环境，整体沉积环境水动力的较弱，冷事件时期水动力会加强，沉积物粒度增大。

每个南极同位素极大值 (Antarctic Isotopic Maximum, AIM) 对应着北半球的 DO 事件，这样的南北半球气候反向变化就是我们所谓的两极跷跷板现象 (Bipolar Seesaw)。通过南极罗斯海粗组分和粒度数据，对比南极冰芯同位素数据，探究南极陆架沉积物对两极跷跷板的响应。

S08-O-13

15 ka 以来罗斯海陆架岩芯沉积学记录及古海洋学意义

赵仁杰^{1,2}, 陈志华^{1,2}

1 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061

2 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 青岛 266061

* chenzia@fio.org.cn

通过对罗斯海 JB04 岩芯沉积物敏感粒级组分的提取和年代学综合分析, 发现不同时期影响研究区沉积物沉积的环境因素不同。在 11.5 ka.B.P.到 9 ka.B.P.期间占主导作用的是海冰, 而在随后的 1 ka 里, 情况相反, 冰山对沉积物的影响增大而根据对冰筏碎屑的研究表明, 罗斯冰架后退发生在 11.5 ka.B.P., 11.5~7ka .B.P.冰架发生消融, 在 7 ka.B.P.罗斯冰架位于现在的位置, 而在 4.5~3.5k a.B.P., 罗斯海存在气候适宜期。

S08-O-14

南极普里兹湾水柱中溶解态黑碳的分布

方仔铭, 杨伟锋*, 陈敏, 马浩阳, 李琦, 陈倩娜

厦门大学海洋与地球学院, 厦门 361102

* wyang@xmu.edu.cn

溶解态黑碳 (DBC) 是海洋难降解溶解有机质 (RDOM) 的重要组成部分, 即使在受人类活动影响较小的南大洋海域, 其含量也占到总溶解有机质 (DOM) 的 2%。然而目前对于开阔大洋尤其是极地海域溶解态黑碳的研究仍十分欠缺。本研究利用苯多羧酸标记法 (BPCAs) 测定了南极普里兹湾一经向断面水柱中的 DBC。总体上, 普利兹湾陆架区 DBC 的浓度要高于深海区, 主要缘自于夏季陆架区大量冰雪融化导致累积于冰雪中的

黑碳 (主要来自于大气沉降) 被释放到海水中。在上层海水 (100 米以浅) 和下层海水 (200 米以深) 中, DBC 和溶解有机碳 (DOC) 都具有显著的线性相关性, 但上层海水中相关性的斜率 (16.8) 明显低于下层海水的斜率 (34.2), 说明普里兹湾及其邻近海域上层海水和下层海水中 DBC 的受控因素存在差异。上层海水的 DBC 可能主要来自夏季冰雪融化, 而下层水中较高的 DBC 则可能是由于沉积物中的黑碳向上扩散所致。陆架底层水高 DBC 信号一直延伸到了陆坡中深层水体, 且整个断面中深层水体的 DBC 与盐度具有显著的相关性, 这说明陆架底层水沿陆坡向深海输送过程中 DBC 发生了保守混合。由于高密度的陆架水体是南极底层水的重要来源, 因此本研究结果暗示着陆架水体下沉过程将会携带着高浓度的 DBC 进入深海环流, 成为深海 DBC 乃至 DOC 一个潜在来源。

S08-O-15

斯瓦尔巴群岛地区中晚全新世气候变化在伦敦岛海蚀凹槽沉积物中的记录

杨仲康, 孙立广*

中国科学技术大学地球和空间科学学院极地环境研究室, 合肥 230026

* slg@ustc.edu.cn

北极地区对气候变化非常敏感, 并且在全球气候系统中也起着至关重要的作用, 然而, 恢复气候变化的指标在北极地区分布非常不均匀, 尤其是斯瓦尔巴群岛地区更少。在斯瓦尔巴群岛上, 小冰期时候的冰川是整个全新世时期最大的一次, 从而破坏了大量的沉积序列。而海蚀凹槽中的沉积物却是保存完好的, 沉积之后没再受过扰动。在本研究中, 我们利用伦敦岛上海蚀凹槽沉积序列恢复了该地区中晚全新世的气候变化。通过

分析沉积物中与气候变化密切相关的风化指标确定了该地区的风化历史。同时，我们利用 TOC 含量作为反映研究区域古气候变化的替代性指标，并且记录了几个突然的变冷事件，比如距今 4200 年冷事件和距今 2800 年冷事件等。沉积序列中记录的气候变化也与北大西洋的冰筏事件以及格林兰、冰岛和斯瓦尔巴群岛的冰川活动具有很好一致性。因此该研究提供了一个相对较长尺度的气候变化记录，也丰富了我们斯瓦尔巴地区中晚全新世气候变化的了解。

S08-O-16

过去千年 PNA 变化重建

刘忠方^{1*}，唐炎林²，翦知湮¹

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 20009

2 同济大学数学系，上海 20092;

* liuzf406@tongji.edu.cn

太平洋—北美型遥相关 (PNA) 是北半球中纬度地区大气环流变化的一种主要模式，它强烈地影响着北美地区的水汽传输、气温和降水。观测记录表明，自上世纪 50 年代以来，冬季 PNA 的发展趋于偏正的阶段，但由于观测记录较短，我们对长期的 PNA 变化及其影响机制知之甚少。本研究利用美北地区 25 个年分辨率的古记录指标重建了过去千年冬季 PNA 的发展，结果表明，PNA 在年际 (3 年) 和多个 10 年 (25 和 75 年) 尺度上有着显著的变化，最近正的 PNA 距平在过去千年是空前的。重建的 PNA 指数在 10 年尺度上和重建的北美西部干旱指数 (PDSI) 具有很好的一致性，表明 PNA 型的大气环流变化是驱使北美西部地区干旱和洪涝的主要因素之一。过去千年的 PNA 变化受到外部强迫的影响，除了太平洋表层温度 (ENSO 和 PDO) 之外，低的太阳辐射和强烈的火山爆发均会导致 PNA 向正的阶段发展。

S08-O-17

Solar forcing of Holocene summer sea-surface temperatures in the northern North Atlantic

Longbin Sha¹, Hui Jiang², Raimund Muscheler³, Svante Björck³, Marit-Solveig Seidenkrantz⁴

1 Department of Geography & Spatial Information Techniques, Ningbo University, 315211 Ningbo, China

2 State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, 200062 Shanghai, China

3 Department of Geology, Quaternary Sciences, Lund University, Sölvegatan 12, 22362 Lund, Sweden

4 Centre for Past Climate Studies and Arctic Research Centre, Department of Geoscience, Aarhus University, DK-8000 Aarhus C, Denmark

There is mounting evidence in proxy records suggesting that variations in solar activity have played a significant role in triggering past climate changes. However, the mechanisms for Sun-climate linkages remain a topic of debate partly because of difficulties in correlating well-dated solar forcing records with less chronologically well-constrained climate proxy records from the marine realm. Here we present a high resolution summer sea-surface temperature (SST) record of the last 9300 years from a site located at the present-day boundary between Polar and Atlantic surface-water masses. The record is dated via identification of 15 independently dated tephra markers from terrestrial archives, circumventing the marine reservoir age variability problem. Our results suggest a close link between solar activity and SSTs in the northern North Atlantic during the late Holocene. They indicate that the climate

system is more susceptible to the influence of solar variations during periods of more intense glaciation and larger sea ice extent. Furthermore, the high-resolution SST record indicates that climate in the North Atlantic regions follows solar activity variations on decadal to centennial time scales, which is not detectable in many of the presently available lower-resolution marine-based studies during the Holocene. This observation can elucidate the mechanisms for Sun-climate linkages as it helps to disentangle internally versus externally forced climate change.

S08-O-18

Last Glacial to Holocene climate variability in the southeast Bering Sea

Wenshen Xiao^{1*}, Rujian Wang¹, Xun Gong², Rainer Gersonde², Oliver Esper², Jian Ren^{2,3}, Hartmut Kuehn², Gerhard Kuhn²

¹ State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

² Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven D-27568, Germany

³ Second Institute of Oceanography SOA, Hangzhou 310012, China

* wxiao@tongji.edu.cn

The Bering Sea connects the Arctic and North Pacific oceans and sensitive to sea level fluctuations. The changes in productivity and sea ice cover have important implications on the global carbon cycle and the North Pacific ventilation changes. However, detailed investigations on these subjects are limited due to lack of high resolution, continuous record from this area. Based on a well dated sediment

record, we reconstructed millennial-scale climate variability in the southeast Bering Sea since 32 ka, covering the Last Glacial to Holocene climate transition.

Our reconstructions suggest increased Last Glacial productivity during intervals of intensified East Asian Summer Monsoon, ascribed to an enhanced northward heat transport inducing ice-melt and increased nutrient availability. Heinrich Stadials 2 and 1 are marked by colder than the Last Glacial Maximum conditions with the presence of perennial sea ice. An inhibition of Bølling/Allerød warming in the study area is characterized by a strong presence of seasonal sea ice. The deglacial sea level rise replenished iron to the study area by suspension from the flooded continental shelf, and established a direct connection between the North Pacific and the southeast Bering Sea since ~13 ka when the Unimak Pass was breached. The inflow of relatively warmer and fresher North Pacific water promoted a rapid warming and the establishment of stratification in the study area during the early Holocene. Belated from the opening of the Bering Strait, a persistent northward throughflow might have established only since ~9 ka due to continuous land-ice melting water into the Arctic Ocean during the early Holocene. Two cooling intervals at the core site were observed at 10-8 ka and 6-4 ka, related to atmospheric CO₂ drop, and low spring insolation, respectively.

S08-O-19

白令海南部 4.3Ma 以来的生产力特征及其影响因素：来自 IODP U1340 井位的证据

张强*, 陈木宏, 张兰兰, 向荣

中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

* zhangqiang210@scsio.ac.cn

白令海是全球典型的高硅质生产力海区之一, 生物硅作为该海区沉积物中的主要组分, 较好地记录该海区不同时期的古生产力特征。利用 IODP U1340 井位生物硅通量的变化重建了白令海上 4.3 Ma 以来的古生产力变化历史, 结果表明: 该海区的生产力从 4.3 Ma 到 1.9 Ma 存在一定的波动变化, 但整体水平较高; 1.9 Ma 至 1.1 Ma 生产力相对较稳定, 整体水平很低; 1.1 Ma 以来生产力水平冰期低, 间冰期高, 且存在~100 ka 的周期旋回变化。其中, 4.3-3.2 Ma 和 2.8-1.9 Ma 的高生产力特征分别较好地响应了全球晚中新世-早上新世的“生物勃发事件”以及生物硅生产中心向上流发育区迁移的事件, 而 1.1 Ma 以来白令海生产力水平的增加可能是区域现象。同时, 元素地球化学和粘土矿物学的分析结果表明, U1340 井位中 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 比值的高低可以较好地反映源自阿留申岛弧物质的含量变化, 进而可以作为反映阿拉斯加流强度相对变化的替代指标, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 比值的增加指示阿拉斯加流的加强。总体上, 白令海的表层生产力的变化与阿拉斯加流的强度密切相关, 阿拉斯加流的加强可能是不同时期白令海表层生产力升高的主要原因。

S08-O-20

西北冰洋楚科奇边缘地区氧同位素 5 期以来冰筏碎屑记录

及其指示的冰盖及表层洋流演化历史

章陶亮, 王汝建*, 肖文申, 段肖, 胡正莹, 梅静

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

*rjwang@tongji.edu.cn

西北冰洋楚科奇边缘地区沉积物来源较为复杂, 既有来源于加拿大北极群岛的富含碳酸盐的冰筏碎屑, 也有来源于阿拉斯加地区以及来源于欧亚大陆的沉积物供应, 同时, 太平洋水通过白令海峡, 也对该地区沉积物有一定的贡献。另外, 冰期-间冰期旋回影响着周围北美冰盖和欧亚冰盖的发育以及波弗特环流的位置与强弱, 对于该地区的沉积物来源也有很大影响。

为了更好地理解该地区沉积物的来源以及古环境指示意义, 通过对采集自西北冰洋楚科奇边缘地区的 ARC4-BN03、ARC3-P37 和 ARC4-MOR02 岩芯的多指标分析以及与邻近 6 个岩芯的对比, 发现在 MIS 5 以来, 北风脊地区可以识别出多次 IRD 事件, 其中都有加拿大北极群岛的贡献。在 MIS 3, 楚科奇海台和楚科奇深海平原较北风脊沉积速率更高, 其 IRD 事件除了加拿大北极群岛的贡献, 也可能有来源于欧亚大陆的输入。在 MIS 2, 楚科奇海台和楚科奇深海平原的沉积速率急剧降低甚至中止, 其 IRD 事件主要来源于欧亚大陆和东北冰洋边缘海, 而北风脊地区 IRD 事件仍来源于加拿大北极群岛。这可能是由于冰期时波弗特环流的流向和强度发生变化, 导致了其对于楚科奇地区影响的减弱; 此外, 冰期该地区可能受到一个冰盖的覆盖, 阻止了北美地区沉积物的输入。而此时北风脊地区正处于这个冰盖的边缘, 未被完全覆盖。在间冰期, 该冰盖消亡, 波弗特环流增强, 整个楚科奇边缘地区的 IRD 事件都有加拿大北极群岛的贡献。

S08-P-01

Termination of the Holocene Optimum period and twin-peak pattern of Heinrich event 1 inferred from a new high-precision and absolute dated Chinese stalagmite

Ting-Yong Li^{1,2,3*}, Chuan-Chou Shen⁴,

Hong-Wei Chiang^{4,†}, Ke Lin^{4,†}, Liang-Cheng Tan², Xiu-Yang Jiang⁵

1 School of Geographical Sciences; Southwest University, Chongqing 400715, China

2 State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, CAS, Xi'an 710075, China

3 Field Scientific Observation & Research Base of Karst Eco-environments at Nanchuan in Chongqing, Ministry of Land and Resources of China, Chongqing 408435, China

4 Department of Geosciences, Taiwan University, Taipei, 10617, Taiwan, China

5 College of Geographical Science; Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China

*cdlty@swu.edu.cn

† The present affiliation of Chiang H-W. & Lin K is the Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University, 639798, Singapore.

The global climate demonstrated dramatic fluctuation in the past years all around the world. It is important to know the details about the changes in different regions, including the timing, duration and transition among the climatic systems which might be the key to detect the contact and the mechanisms of global climate change. In this study, we proposed a conceptual model to determine the evolution of climatic changes. 956 stable isotope analyses in

total and 67 high-precision ICP-MS ²³⁰Th dating results for a 50 cm long high U concentration (ppm) stalagmite, from Furong Cave in southwest China were studied to reveal the history of Asian Summer Monsoon (ASM) during the past 37 kyrs. The stalagmite $\delta^{18}\text{O}$ records from Furong, Hulu and Dongge caves show similar pattern for the evolution of ASM. Counterpart abrupt climate events which recorded in North Atlantic ocean sediments and Greenland ice cores, such as Younger Dryas (YD), Bølling-Allerød (B/A), Heinrich (H) 1-3 and Dansgaard-Oeschger cycles (D-O) 1-7 can be identified in the record from Furong cave, matching well with the other records within age errors. Benefit from the ppm-level concentration of Uranium in our stalagmite, and combined with the weighted least-square method, RAMPFIT, series abrupt climate events can be constrained by higher precision dating results with minor age errors compared to previous reports. The beginning of YD can be identified from 12.88 ± 0.04 ka BP (BP, Before 1950 A.D) to 12.50 ± 0.04 ka BP, and the duration of H1, H2, and H3 were $14.56\pm 0.04\sim 17.59\pm 0.05$, $23.80\pm 0.10\sim 24.32\pm 0.07$, and $29.06\pm 0.10\sim 30.44\pm 0.11$ ka BP respectively. The high precise U-Th dating results of FR5 stalagmite proved the reliability of the GICC05 chronology with more precise ²³⁰Th dating results and provided new reference to constrain the chronology during the past 37 kyrs. The transition of Holocene Optimum period (HOP) is at 7.05 ± 0.05 ka BP, and the HOP ended at 5.73 ± 0.02 ka BP, consistent with the increasing of ENSO activity in the middle Holocene. In addition, twin-peak pattern of the H1, named

H1a and H1b, which recorded in Atlantic Ocean sediment, was firstly detected in Chinese stalagmite $\delta^{18}\text{O}$ records. We speculated that during the interglacial period, the change of solar insolation and sea surface temperature (SST) and SST gradient in the tropical Pacific (and Indian ocean?) primarily modulated the change of ASM, and during the glacial period, the climate change in north Atlantic gave more influence on the evolution of ASM.

S08-P-02S

The relationship between the annual $\delta^{18}\text{O}$ & δD variations of meteoric precipitation and the half-planetary scale meteoric circulations——A case study from Southwest China

Zhou Jing-Li¹, Li Ting-Yong^{1,2*}

1 School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China

2 Field Scientific Observation & Research Base of Karst Eco-environments at Nanchuan in Chongqing, Ministry of Land and Resources of China, Chongqing 408435, China

*cdlty@swu.edu.cn

The stalagmite $\delta^{18}\text{O}$ records have been widely used in the reconstruction of paleoclimate change during the past 20 years, but the climatic significance of this proxy in Asian Monsoon regions is still contentious. It is crucial to analyze the variation and mechanism of modern $\delta^{18}\text{O}$ & δD variations of meteoric precipitation in different time scales and reveal the evolution of meteoric circulations on half-planetary scale. In this study, we present the 6-years $\delta^{18}\text{O}$ and δD records of meteoric

precipitation from Southwest University, Chongqing, southwest China. Based on these data, the local meteoric water line (LMWL) has been set up as: $\delta\text{D}=8.33\delta^{18}\text{O}+19.42$. Comparing with the El Niño and Southern Oscillation (ENSO) situations, it presented that during El Niño scenarios, relative more vapor from closer moisture source (western Pacific) transport to south China and result in heavier stable isotope of precipitation in southwest China, and vice versa during La Nina conditions. In addition, there is a positive correlation between the $\delta^{18}\text{O}$ of precipitation in southwest China and the Northern Atlantic Oscillation Index (NAOI) during the positive phase of NAO (usually happened in winter-half year). At the interannual timescale, the $\delta^{18}\text{O}$ of precipitation in southwest China is more negative in the strong NAO years than that in the weak NAO years. We speculate that the north-south migrations for the position of the westerlies and the route changes of vapor transport correlated the $\delta^{18}\text{O}$ changes of precipitation in southwest China with the climate change around north Atlantic.

S08-P-03S

Influence of Antarctica temperature change on the evolution of the Asian Summer Monsoon during Marine Isotope Stage 4

Tao-Tao Zhang^{1,2,3}, Ting-Yong Li^{1,2,3,*}, Hai Cheng⁴, R. Lawrence Edwards⁵, Chuan-Chou Shen⁶, Hong-Chun Li⁶, Li-Yin Han¹, Jun-Yun Li¹, Chun-Xia Huang¹, Xin Zhao¹

-
- 1 School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China
 - 2 State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China
 - 3 Field Scientific Observation & Research Base of Karst Eco-environments at Nanchuan in Chongqing, Ministry of Land and Resources of China, Chongqing 408435, China
 - 4 Institute of Global Environmental Change, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China
 - 5 Department of Earth Sciences, University of Minnesota, Minneapolis, MN 55455, USA
 - 6 Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan
- *cdlty@swu.edu.cn

In this study, a 45-yr resolution stalagmite oxygen isotope record from Yangkou Cave, Chongqing, southwest China, has been used to reconstruct the centennial-millennial-scale changes in Asian Summer monsoon (ASM) intensity during the period of 58.0-79.3 thousand years before present (ka BP, before AD 1950). The Yangkou record exhibits four strong ASM periods concurrent with Dansgaard/Oeschger (D/O) events 17-20 and one weak ASM episode correlated with Heinrich event 6 (H6). This is the first time to identify the D/O 18 and H6 distinctly in Chinese stalagmite records. This consistency supports that the ASM change was a response to the climate changes in the north high latitudes. Moreover, similar millennial-scale climate events were also present in the records from the Arabian Sea, Cariaco Basin and Brazil, which may indicate that there was a strong connection among various climate systems around the world. Combined with the stalagmite record from Xinya Cave, Chongqing, the ages of D/O events 17-20 are accurately determined by

adjusting offsets of 0.6 to 1.5 thousand years for D/O 18-20 between cave and Greenland Ice Core records. Using ^{230}Th dates with age errors less than 0.3%, we also precisely defined the onset and recovery of the H6 event at 61.5 ± 0.2 ka BP and 59.4 ± 0.1 ka BP, respectively, consistent with the records from the mid-low latitudes of the Northern Hemisphere. During the termination of D/O 18, the temperature decreased rapidly in Greenland within 0.3 kyrs, whereas the intensity of ASM weakened gradually and lasted approximately 4 kyrs, reflected by the Yangkou and Xinya records, matching well with the trend of temperature change in Antarctica. We speculate that the change in ASM during the transition from D/O 18 to H6 may be modulated by temperature changes in the Southern Hemisphere and the migration of the Intertropical convergence zone.

S08-P-04S

楚科奇海陆架多环芳烃时空分布及风险评价

蔡献贺^{1,2}, 汪卫国^{1*} 赵蒙维^{1,3}

- 1 国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005
 - 2 福建师范大学地理科学学院湿润亚热带生态地理过程省教育厅重点实验室, 福州 350007
 - 3 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100
- * wangwg@vip.162.com

本研究分析了楚科奇海陆架 4 个沉积柱样的 12 种多环芳烃(PAHs)的时空分布情况, 并探讨了其来源和评估了其生态风险。结果表明楚科奇海陆架沉积物总 PAHs 含量变化范围为 192-2280ng/g, 北部含量高于南部, 其中以 3 环 PAHs 为主, PAHs 但各组分萘的含量最高, PAHs 可能来自石油泄漏等自然源。楚科奇海陆架沉积物底部到表层 PAHs 含量

总体都处于较低水平，底部含量高于表层且与粒径大小不相关。百年来研究区 PAHs 含量一直处于较低水平。楚科奇陆架郝雷德浅滩北部中央水道附近沉积物底部 20cm (1897 年) 的骤然增加是由于葱的含量突然增大所致，研究区最北部靠近楚科奇海陆坡上层 1892~ 今段 PAHs 的逐渐增加推测可能是由于工业革命以来人类活动逐渐加强所致。风险评估结果显示楚科奇海陆架沉积物中 PAHs 总量以及 HMW-PAHs 含量和 LMW-PAHs 含量都低于 ERL 值，总体来讲沉积物中的 PAHs 对周边海洋生物潜在生态风险很小。但 PAHs 中单个组分化合物芘、葱在个别层位存在对生物产生毒副作用的可能性。

S08-P-05

Late Miocene–Pliocene Asian monsoon intensification linked to Antarctic ice-sheet growth

HongAo^{1*}, Andrew P. Roberts², Mark J. Dekkers³, Xiaodong Liu¹, Eelco J. Rohling^{2,4}, Zhengguo Shi¹, Zhisheng An¹, Xiang Zhao²

1 State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710061, China

2 Research School of Earth Sciences, The Australian National University, Canberra 2601, Australia

3 Paleomagnetic Laboratory 'Fort Hoofdijk', Department of Earth Sciences, Faculty of Geosciences, Utrecht University, Budapestlaan 17, 3584 CD Utrecht, The Netherlands

4 Ocean and Earth Science, University of Southampton, National Oceanography Centre, Southampton SO14 3ZH, UK

* aohong@ieecas.cn

Environmental conditions in one of Earth's most densely populated regions, East Asia, are dominated by the monsoon. While Quaternary monsoon variability is reasonably well

understood, pre-Quaternary monsoon variability and dynamics remain enigmatic. In particular, little is known about potential relationships between northern hemispheric monsoon response and major Cenozoic changes in Antarctic ice cover. Here we document long-term East Asian summer monsoon (EASM) intensification through the Late Miocene–Pliocene (~8.2 to 2.6 Ma), and attribute this to progressive Antarctic glaciation. Our new high-resolution magnetic records of long-term EASM intensification come from the Late Miocene–Pliocene Red Clay sequence on the Chinese Loess Plateau; we identify underlying mechanisms using a numerical climate-model simulation of EASM response to an idealized stepwise increase in Antarctic ice volume. We infer that progressive Antarctic glaciation caused intensification of the cross-equatorial pressure gradient between an atmospheric high-pressure cell over Australia and a low-pressure cell over mid-latitude East Asia, as well as intensification of the cross-equatorial sea-surface temperature (SST) gradient. These combined atmospheric and oceanic adjustments led to EASM intensification. Our findings offer a new and more global perspective on the controls behind long-term Asian monsoon evolution.

S08-P-06

末次冰期中大西洋暖水团在楚科奇海台一带缺失：来自介形虫化石群的证据

周保春¹, 王汝建^{2*}, 梅静², 段肖²

1 上海自然博物馆(上海科技馆分馆), 上海 200041

2 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* rjwang@tongji.edu.cn

基于对西北冰洋楚科奇海台 ARC3-P31 岩心 (77° 59.864'N、168° 00.716'W, 水深 435 m, 孔深 59 cm) 和 ARC6-R14 岩心 (78° 38.280'N、160° 26.820'W, 水深 740 m, 孔深 220 cm) 中介形虫化石群的研究, 复原了末次冰期以来该海域的古水团变迁史。介形虫化石在两个岩心中较丰富, 主要由多枝介 (*Polycope* spp.)、翼花介 (*Cytheropteron* spp.) 和克里特介 (*Krithe* spp.) 构成, 另有新鹿角足花介 (*Pedicythere neofluitans*)、有尾假花介 (*Pseudocythere caudata*)、中纹微花介 (*Microcythere medistriatum*)、北极白形介 (*Acetabulastoma arcticum*) 等几个种零星分布于不同层位。

在 ARC3-P31 孔中, 介形虫化石群属种构成以末次冰消期为界发生了显著翻转: 在全新世, 化石群表现为 *Cytheropteron-Krithe* 组合, 这两个属占介形虫总个体数的 79% 左右; 然而从末次冰消期至 MIS 3 期, *Krithe* spp. 的个体数比例大幅降低, *Polycope* spp. 取而代之, 群落更替为 *Cytheropteron-Polycope* 组合, 这两个属占了总个体数的 81% 左右。在 ARC6-R14 孔中, *Polycope* spp. 和 *Krithe* spp. 的个体百分比在全新世里大致相当, 前者平均 35%, 后者 34%; 然而在末次冰期有介形虫化石记录的层位段中, *Krithe* spp. 降至 10% 以下, *Polycope* spp. 则攀升至 57%-78%。

北冰洋现生介形虫分布数据 (Arctic Ostracode Database-2015 以及我们自己拥有的 223 个西北冰洋表层样数据) 显示, *Polycope* spp. 在北冰洋是中层水的指示者, 而 *Krithe* spp. 则主要分布在水深 400 m 至深海海盆中。据此可以推断, 在以上两个岩心的末次冰期段中 *Krithe* spp. 个体显著减少而 *Polycope* spp. 成为优势分子的原因是: 大西洋暖水团 (Atlantic Water) 从楚科奇海台一带退却, 其下方的北冰洋中层水 (Arctic Intermediate

Water) 上浮而占据了该暖水团的空间。

S08-P-07

东太平洋赤道海域沉积物中不同种类磁性矿物对气候变化的响应

陈亮*^{1,2}, Andrew P. Roberts², David Heslop²

1 国家海洋局南海调查技术中心, 广州 510300

2 澳大利亚国立大学, 堪培拉 2600

* randal34@163.com

太平洋东赤道区域为全球三大富营养、低叶绿素海域之一, 全世界海洋中约 20-50% 的生物生产力聚集在该海域。由于在高生产力区域的这种长期连续稳定的深海沉积, 使得东太平洋赤道区域成为了全球古气候研究的热点海域。为了深入分析东太平洋赤道海区域沉积物中磁性矿物对全球环境变化的记录和响应机制, 对采自该海域的 2 根岩心 U 型管样品进行了详细的古地磁及岩石磁学分析, 所有磁学参数测试分析在澳大利亚国立大学古地磁实验室内完成。

古地磁交变退磁利用 2G 公司生产的超导磁力仪进行测试, 退磁峰值依次为 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 125 和 150mT, 获取到各步骤退磁后的天然剩磁 (NRM), 随后进行非粘滞剩磁 (ARM) 及等温剩磁 (IRM) 的测试工作。磁滞回线、一阶反转曲线 (FORC) 图等利用震动磁力仪 (VSM) 测试后获取。

古地磁相对古强度 (RPI) 显示, 所获取岩心样品 RPI 曲线与标准曲线 (SINT-800) 变化基本一致, 完整记录了 78 万年以来的沉积历史。反应磁性矿物含量的饱和等温剩磁 (SIRM) 及非 ARM 等值记录了 9 个完整的沉积旋回, 均为间冰期升高和冰期降低的特征。

磁滞回线显示该岩心磁性矿物种类及含量较为稳定, 未发生大的变化, Day 图显示磁性矿物主要以单畴颗粒 (SD) 为主, 含部分似

单畴 (PSD) 颗粒。FORC 图也显示磁性矿物主要为由磁细菌主导的 SD 颗粒, 大多数样品 IRM 获得曲线显示, 磁性矿物组份主要分为 3 部分, 占比依次为 50%、40% 及 10%, 分别对应生物成因 SD 颗粒、碎屑成因 SD 颗粒以及高矫顽力组份。从 IRM 退磁曲线中获得的碎屑成因组份 (EM1) 与生物成因组份 (EM2) 磁性矿物也表现出显著的冰期降低、间冰期升高的旋回特征, EM2/EM1 则表现出间冰期降低, 冰期升高的特征。

S08-P-08S

楚科奇海北部陆架全新世以来环境磁学研究

王文杰^{1,2} 汪卫国^{1*} 赵蒙维^{1,3}

1 国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005

2 兰州大学资源环境学院西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000

3 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100

* wangwg@vip.126.com

楚科奇海对北冰洋和太平洋、大西洋之间的物质和能量交换起着重要作用, 在全球气候变化中扮演着重要角色。目前已有的楚科奇海沉积物柱样研究大多集中在东部、东北部阿拉斯加沿岸和西南部楚科奇半岛沿岸, 而楚科奇海北部陆架研究相对鲜见。在楚科奇海北部陆架获得沉积物柱样 ARC4-R09 (纬度 71° 57.80' N, 经度 168° 56.40' W, 长 264 cm, 水深 51 m), 对样品进行 AMS14C 测年、环境磁学和粒度数据的测量, 以期获得全新世以来沉积机制和环境演变信息。样品分析结果显示: 1) 柱样沉积速率表现为早全新世沉积速率高, 中全新世沉积速率低, 而近 4.3 ka 以来沉积速率又增高的特点。2) 柱样以 3.88 ka 和 8.36 ka 为界分为三段: I 0~3.88 ka、II 3.88~8.36 ka、III 8.36~9.38 ka。其中, 柱样 I、II 段磁性矿物颗粒主要以 PSD

为主, 含少量 SP 颗粒, 而 III 段含有 PSD、SP 和 MD 三种磁畴的颗粒; 柱样以软磁性矿物为主, 在 I、III 段硬磁性矿物含量有所增加; 三段柱样都含有磁铁矿, 且 I、II 段含有磁赤铁矿, III 段含有黄铁矿。3) 楚科奇海北部陆架自全新世以来, 沉积物磁性矿物含量呈增加的趋势, 沉积物粒径趋势则相反, 两者在 3.88~9.38 ka 之间存在一定的负相关性。4) 全新世 9.38~8.36 ka 水动力较强, 沉积物粒径相对较大; 8.36~3.88 ka 水动力减弱, 沉积物粒径相对减小; 3.88 ka 至今处于较稳定的气候环境。5) 育空河物质在整个全新世对楚科奇海北部陆架沉积物都有所贡献。在 8.36~9.38 ka 期间阿拉斯加沉积岩物质输入到研究区, 8.36 ka 以后亚洲大陆的物质通过西伯利亚流和阿纳德尔流输入到楚科奇海陆架。

S08-P-09S

Pathway and transit time of Pacific inflow in the Bering Sea and the western Arctic Ocean derived from radium and oxygen isotopes*

Qi Li¹, Min Chen^{1,2*}, Renming Jia¹

1 College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen 361102, China

2 State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361102, China

* mchen@xmu.edu.cn.

Seawater samples for ²²⁶Ra, ²²⁸Ra and stable oxygen isotope ($\delta^{18}\text{O}$) were collected in the Bering Sea and the western Arctic Ocean in 2014 summer. The fractions of meteoric water (f_{mw}) and sea-ice melted water (f_{sim}) were estimated from the mass balance of salinity and $\delta^{18}\text{O}$ with a three-end-member mixing model. Combined with the distributions of several

tracers, such as salinity, f_{mw} , f_{sim} , ^{226}Ra , ^{228}Ra and $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}_{A.R.}$, the characteristics of several major waters in the Bering Sea and the western Arctic Ocean were well defined, which was used to evaluate the major pathways of the Pacific inflow. A good negative linear relationship between $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}_{A.R.}$ and salinity for the Bering Sea and the Chukchi Shelf was observed, indicating an apparently conservative behavior of $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}_{A.R.}$. After correcting for the dilution by sea-ice melted water, a good positive linear relationship between ^{228}Ra and f_{mw} for the Bering Sea and the Chukchi Shelf was observed, suggesting that the river input was an important source of ^{228}Ra in these regimes. Here we construct the transit time for the Pacific water entering the Canada Basin. The calculated transit times of the water parcel from the Bering Shelf to the Chukchi Shelf were 0.5~6.4 years with an average of 3.2 years, while that from the Chukchi Shelf to the Canada Basin were 9.7~12.8 years with an average of 11.4 years. Therefore the whole transit times for the Pacific water entering the Canada Basin were 10.2~19.2 years with an average of 14.6 years.

S08-P-10

印度洋东经 90° 海岭更新世晚期的上层海水性质及其对中高纬度气候变化的响应

刘志学, 丁旋*

中国地质大学(北京)海洋学院, 北京 100083

* dingx@cugb.edu.cn

印度尼西亚穿越流 (Indonesian Throughflow, 缩写为 ITF) 是全球热盐环流中的重要环节, ITF 携带赤道太平洋暖水经印

尼多岛海输入印度洋, 对印度洋和太平洋之间的热盐交换起着重要的作用。然而, ITF 进入印度洋后的热传输机制迄今为止仍然不甚清楚。

本次研究选择位于赤道印度洋东经 90° 海岭的 MD77-151 岩芯, 通过对沉积物样品中的浮游有孔虫壳体的氧碳稳定同位素和 Mg/Ca 比值分析, 重建了赤道印度洋区更新世晚期的上层水体性质与结构的变化历史, 为全面理解印-太平洋区的热传输过程提供新思路。主要认识如下: 1) 赤道印度洋区更新世晚期与全球气候变化特征一致, 再次印证了在冰期间冰期尺度上, 地球轨道参数对全球气候变化的控制作用。2) 赤道东经 90° 海岭上层海水结构与 ITF 在印度洋入口处的东帝汶海区变化一致, 均呈现为冰期温跃层较深, 间冰期温跃层较浅的特征, 证实了 ITF 进入印度洋后其水体性质具有连贯性。3) 将暖池中心区与赤道东经 90° 海岭表层水温对比, 进一步分析了 ITF 在印-太平洋区热传输过程中的作用。

S08-P-11

全新世以来南黄海中部泥质区古环境变化沉积记录及其对气候变化的响应

王琳淼^{1,2}, 李广雪²

1 中国科学院海洋研究所, 海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266100

2 中国海洋大学海洋地球科学学院, 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛 266100

利用南黄海中部泥质区的 YS01 钻孔和 YSZ05 钻孔 2 根柱样 (以 YS01 钻孔为主), 采取沉积物粒度测试、XRF 地球化学分析、 U_{37}^K 古水温测试、生物硅测试和 AMS ^{14}C 测年等多种分析手段进行研究。YS01 钻孔 0~1110cm 提供了 9.69 ka 的陆架海泥质区沉积

记录, 共有 12 个测年点, 建立了南黄海地区目前为止最为详细、准确的年代标尺; 提供了南黄海地区目前最长历史的表层海水古温度记录, 并结合生物硅变化代表的海洋古初级生产力演化, 初步探讨了全新世南黄海地区古海洋环境变化对高、低纬地区气候驱动因素的响应, 得到以下几点结论:

1、南黄海中部泥质区沉积粒度记录与化学元素记录反应了相似的东亚季风演化阶段。7.3ka 以来东亚冬季风演化可以划分为四个阶段: 7.3~4.6 ka 东亚冬季风高频强盛期, 4.6~2.9ka 东亚冬季风稳定期, 2.9~1.4 ka 东亚冬季风较弱但高波动, 1.4~0 ka 东亚冬季风调整期。

2、东亚季风记录呈现出与太阳活动千年和百年尺度的相同周期, 分别为 1471 a, 420~490 a, 65 a, 40 a, 28 a, 21 a 周期, 说明该地区古气候演化受太阳活动的控制。10~3 ka, 高纬地区的温盐环流作为主要能量传送带, 对东亚季风起主要调控作用; 3 ka 以来, ENSO 频次突然大幅度增高, 热带海洋-大气系统对太阳辐射能量起到能量再分配的作用, 东亚季风系统受到来自 ENSO 的影响。因此我们认为全新世以来, 高纬驱动和低纬过程对东亚古气候的影响是一场谁强谁占上风的较量。同时也说明全新世古 ENSO 与古季风之间的类似现代的紧密联系 3 ka 以来才开始建立。

3、6.8~2.8 ka, SST 变化受到全球气候变化的影响; 2.8~0 ka, SST 变化主要受黄海暖流的控制。

4、影响南黄海古生产力的因素主要有营养盐、ENSO、东亚季风等。YSZ05 钻孔沉积速率较低, 陆源营养物质供应不足是该孔地区古生产力的主要限制因素。YS01 钻孔沉积速率高, 古生产力演化在千年时间尺度上受 ENSO 演化模式的控制, 在短时间尺度上东亚冬季风加强引起古生产力的提高; 3 ka 以来,

古生产力在现代强盛 ENSO 影响激发下, 其变化与 ENSO 演化模式、南黄海 SST 变化趋势一致。

S08-P-12S

30ka 年来罗斯海西部柱状沉积物颜色反射率特征及其古气候意义

龙盼盼^{1,2}, 韩喜彬^{1,2}

1 国家海洋局第二海洋研究所, 浙江杭州 310012

2 国家海洋局海底科学重点实验室, 浙江杭州 310012

罗斯海是南极系统的重要组成部分, 与全球冷热循环和气候变化保持着紧密的联系, 具有重要的科学研究价值。颜色是沉积物最明显的形态特征之一, 不同颜色的沉积物具有不同的光谱特征, 反映出不同的地质信息。针对罗斯海西部古气候研究要求, 我们获取了长 132cm 的柱状沉积物 ANT31-JB03(东经 170.6872°, 南纬 75.8167°, 水深 614 m), AMS¹⁴C 测年数据表明其代表近 30ka 年来的沉积记录。利用 Minolta CM2002 光谱光度计按照 1 cm 间隔测量了该钻孔沉积物的光谱特征, 通过一阶导数、因子分析等方法对获取的 400~700 nm 可见光范围内的颜色反射率数据进行分析研究。结果发现, 南极罗斯海在过去 30ka 年气候变化明显, 伴随着较高频率的冷暖波动。30~18 ka 年, 该海区气温较低, 期间发生了 4 次短周期的冷暖波动; 18~14 ka 年, 研究区整体温度虽有上升, 但寒冷气候仍是主流, 这一阶段发生了 5 次气候变化事件; 14~7 ka 年间, 海区气温相对稳定, 偶有波动; 7 ka 年后, 罗斯海气候进入了相对温暖期, 气温有所上升, 冷暖波动幅度小。

S08-P-13S

南海西部中层水体中²¹⁰Po的亏损

马浩阳^{1,2}, 杨伟锋^{1,2*}, 张润¹, 陈敏^{1,2}

1 近海海洋环境国家重点实验室, 厦门 361102

2 厦门大学海洋与地球学院, 厦门 361102

* wyang@xmu.edu.cn

²¹⁰Po-²¹⁰Pb 是 GEOTRACES 计划重点研究的同位素指标之一。本文研究了南海西部 3 个站位 1500 m 以浅水体中 ²¹⁰Po 和 ²¹⁰Pb 的地球化学行为。50 m 以浅水体, ²¹⁰Po 相对于 ²¹⁰Pb 表现为典型的亏损特征, 揭示了真光层 ²¹⁰Po 的快速迁出。真光层底部 100-200 m, ²¹⁰Po 与 ²¹⁰Pb 平衡。值得注意的是: 300-700 m 中层水体中普遍存在 ²¹⁰Po 亏损现象, ²¹⁰Po/²¹⁰Pb 活度比可低至 0.4, 揭示了中层水体较强的 ²¹⁰Po 清除和迁出作用。该水层悬浮颗粒物 (SPM) 浓度与真光层相当, 推测该水层颗粒物输出较强。基于 ²¹⁰Po 亏损, 中层水体 ²¹⁰Po 的输出通量 (90.76-157.85 dpm m⁻² d⁻¹) 明显高于真光层 (9.76-15.80 dpm m⁻² d⁻¹), 且停留时间 (0.31-0.81 yr) 比真光层 (1.07-1.22 yr) 更短, 反映了中层水体较强的颗粒动力学过程。中层水体 SPM 的输出通量介于 788-1107 mg m⁻² d⁻¹ 之间, 明显高于真光层输出通量 (97-154 mg m⁻² d⁻¹)。因此, 初步推断南海西部海域中层水体存在水平输送的颗粒物。上述研究结果揭示了可将 ²¹⁰Po/²¹⁰Pb 不平衡用于研究南海中层水体颗粒动力学过程。

S08-P-14S

西北太平洋边缘海表层沉积物中放射虫的分布特征

刘玲^{1,2}, 张强^{1*}, 陈木宏¹, 张兰兰¹, 向荣¹

1 中国科学院南海海洋研究所中国科学院边缘海地质重点研究室, 广州 510301

2 中国科学院大学地球科学学院, 北京 广州 100049

* zhangqiang210@scsio.ac.cn

北太平洋具有独特的环流系统及边缘海特征。浮游性放射虫生活于某些特定性质的水团中, 可随海流或大洋环流而迁移。本文通过分析西北太平洋的南海、东海、日本海、鄂霍次克海、白令海、菲律宾海盆以及西太平洋边界流等典型区域的代表性海底表层样品, 初步揭示了不同纬度带边缘海及开阔大洋中的放射虫动物群组成面貌, 阐明了不同海域的生物地理特征; 比较它们之间的区域性差异和共性, 并分析了高一低纬度不同边缘海沉积放射虫分布与大洋环流及水团之间的关系。结果显示: 西北太平洋各边缘海表层沉积物中的放射虫属种组成非常丰富, 共鉴定出 600 余种, 其中未定种超 100 种。高一低纬度各边缘海表层沉积物中的优势种组合类型, 总体上呈现为亚北极—北极、热带—亚热带气候的放射虫组合特征, 并与开放大洋有一定相似性, 其中楚科奇海、白令海和鄂霍次克海表层沉积物中优势种组合主要是亚北极—北极气候带放射虫组合, 日本海表层沉积物中优势种组合主要是介于热带—亚热带、亚北极—北极气候之间的过渡气候带放射虫组合, 东海、南海和菲律宾海表层沉积物中优势种组合主要是热带—亚热带气候带放射虫组合; 在西北太平洋各边缘海沉积物中, 放射虫丰度和分异度具有明显的纬向分布特征, 即低纬度各边缘海区中放射虫的数量和种类远比高纬度边缘海区丰富, 且在水深较大的海盆区分布最高, 但出现几个特殊分布高值区: 巴士海峡、冲绳海槽、对马海峡、宗谷海峡以及白令海阿留申群岛附近的海区; 放射虫在西北太平洋高一低纬度不同边缘海分布的差异性与温度、盐度、海流、生产力、水深、沉积速率等因素密切相关, 特别是受北太平洋黑潮暖流和亚北极寒流的影响; 同时本文还利用 Q 型因子分析划

分出了 8 组不同生物地理区放射虫组合，分别与菲律宾海、南海、东海、日本海、鄂霍次克海、白令海、黑潮区和阿留申群岛区有着很好的对应关系，并各自较好地代表着一定的海洋环境；文中还进一步指出与北太平洋西边界流（黑潮、对马暖流、赤道逆流、亲潮、勘察加流等海流）密切相关的 8 组放射虫组合。本文研究将有助于系统认识放射虫全球性生态与沉积的规律，并为深入揭示大洋古环流与边缘海古环境演变提供重要的证据与思路。

S08-P-15

海鸟生物传输对南极湖泊生态系统的影

陈倩倩^{1,2}, 刘晓东^{1*}

1 中国科学技术大学地球和空间科学学院, 合肥 230026

2 安徽新华学院土木和环境工程学院, 合肥 230088

生物传输作用对偏远地区生态系统的影响不可忽视，是控制生态系统安全稳定的重要因素之一。南极地区由于其特殊的地理位置和气候条件，对环境变化响应灵敏，是研究过去全球变化包括古气候古环境古生态的理想区域。企鹅是南大洋食物链的顶级捕食者，在南极地区分布广泛，聚居数量庞大，是联系海洋和陆地生态系统的关键生物。因此，企鹅生物传输作用对南极生态系统的影响不容忽视。

本研究以采自东南极罗斯海地区的两个沉积剖面 MB6、CL2 为研究对象，利用高效液相色谱-质谱联用的方法 (HPLC-APCI-MS) 测定了样品中沉积色素的含量，运用藻类色素分析软件 (CHEMTAX) 恢复了该地区湖泊藻类种群结构变化历史，并结合其他地球化学元素指标着重探讨了企鹅生物传输作用对湖泊生态系统的影响。结果表明，东南极罗

斯海地区的湖泊中分布着蓝藻、绿藻、硅藻、隐藻和甲藻等多个门类，其中，绿藻、硅藻和蓝藻为优势种群。企鹅标型元素（磷元素）和湖泊初级生产力指标（叶绿素 a）呈现明显的正相关关系，表明企鹅生物传输作用对南极寡营养湖泊的营养状态具有重要影响，是湖泊生产力的主要控制因素，企鹅活动为南极湖泊带来了大量的营养物质，促进湖泊中藻类种群的发展，提高湖泊初级生产力水平。结合其他地球化学指标的分析，我们发现 MB6 沉积剖面受到企鹅活动的影响较大，营养物质含量较高，海鸟粪便的输入在促进湖泊藻类总生物量增加的同时，尤其促进绿藻的生长，CL2 沉积柱受海鸟活动的影响较小。此外，主成分和相关性分析结果显示，企鹅生物传输带来的营养物质会引起不同藻类生长出现竞争，导致湖泊藻类群落结构发生显著变化，尤其促进绿藻和硅藻的生长，影响湖泊生态平衡。因此，企鹅生物传输作用对偏远的南极地区湖泊生态系统的影响研究具有重要的意义。

S08-P-16S

热带海鸟生态对气候变化和人类活动的响应

吴礼彬¹, 刘晓东^{1*}, 徐利强², 孙立广¹等

1 中国科学技术大学地球和空间科学学院极地环境研究室, 合肥 230026

2 合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥 230009

* ycx@ustc.edu.cn

在南海西沙群岛古生态的研究中，我们应用标型元素、反射光谱等方法恢复了多个岛屿 1000 年来海鸟数量变化。结果表明，在较为寒冷的小冰期（1400-1850AD），海鸟数量更多，而中世纪暖期（850-1200AD）和最近 100-200 年，海鸟数量很少。因此推测气候变化和人类活动极大的影响了低纬度热带海

鸟数量的变化。

另一方面, 稳定同位素生态学的研究结果表明, 在海鸟数量多的小冰期, 海鸟更多的捕食营养级稍高的鱿鱼。而在数量较少的中世纪暖期, 海鸟的食物组成以飞鱼为主, 鱿鱼为辅, 这 and 现代生态学的调查结果相一致。气候变化和人类活动通过改变捕食者和被捕食者的相对充裕程度, 改变了海鸟的捕食行为。

S08-P-17S

由 BB02 岩芯稳定氧、碳同位素及冰筏碎屑等所体现的挪威海千年尺度的古气候记录及分析

陶佳琪, 王汝建*

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* rjwang@tongji.edu.cn

通过对中国第五次北极科学考察北大西洋极区挪威海 BB02 孔样品进行岩性特征和颜色旋回分析、XRF 元素扫描、浮游有孔虫 *N. pachyderma* s. 稳定氧、碳同位素测定、筏冰碎屑 (Ice Rafted Detris, IRD) (>250 μ m、>154 μ m 和 >63 μ m) 含量统计、粒度分析和 AMS 14C 测年综合研究, 建立起本区域的地层年代框架, 其沉积物被划分为 MIS 1-MIS4 期。该点位沉积速率较高, 同时岩芯沉积记录也拥有极高的分辨率。根据各项数据指标的指示, 在岩芯 BB02 的古气候记录中能清晰地看出新仙女木事件 (Younger Dryas, YD)、Heinrich 事件 H1-H5 以及在 MIS2-3 期的一些冰融水事件 (例如 19 ka-Mwp)。通过对以上多种古海洋学指标进行分析, 试图揭示该海域千年尺度的古气候历史。

S09-O-01

中国边缘海过去 2000 年的海温变化

柳中晖¹, 姜一晴¹, 周鑫², 孔德明³, 何毓新⁴, 韦刚健⁵, 贾国东⁶, 孙立广²

1 香港大学地球科学系

2 中国科学技术大学极地研究室

3 广东海洋大学

4 浙江大学

5 中科院广州地球化学研究所

6 同济大学

从海洋沉积物里获取高分辨气候变化记录难度较大, 由于沉积物年代的误差及较低的沉积速率, 过去 2000 年的海洋气候变化记录整体来说有较大的不确定性。近年来, 由于其较高的沉积速率, 边缘海沉积物被更多地用来重建高分辨气候变化。我们报告近几年来在中国边缘海所作的高分辨海温变化工作。研究范围从北部的渤海到南海北部。海表温度主要基于不饱和长链烯酮指标。我们的记录显示, 相对于广海海温变化的一致性, 边缘海区域的海温差异性变化明显。有些区域和北半球近 2000 年来的温度变化较一致, 显示了自然的温度变化很大程度上受太阳辐射控制。另有其它区域和全球温度变化相反, 而这些区域又处于特定的海洋环境。我们认为东亚冬夏季风及洋流强度的变化都可对边缘海海温的变化发生深远的影响, 而边缘海海温的差异性变化为我们理解气候变化的过程提供了很好的机会。

S09-O-02

过去两千年不同典型暖期赤道太平洋海温梯度分析

宁亮^{1, 2, 3, 4*}, 刘健^{1, 2, 3}, 王志远^{1, 2, 3}

- 1 虚拟地理环境教育部重点实验室(南京师范大学), 江苏, 南京 210023
- 2 江苏省地理环境演化国家重点实验室培育建设点, 江苏, 南京 210023
- 3 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏, 南京 210023
- 4 马萨诸塞大学地球科学系, 美国, 安莫斯特 01002
* ningliangnu@126.com

通过使用美国大气科学研究中心的通用地球系统模式(CESM)在自然强迫、温室气体强迫、全强迫(自然强迫和人为强迫)驱动下的过去2000年的三组模拟试验,我们系统分析了在不同典型暖期下赤道太平洋地区海温梯度的变化及相关的机理。全强迫试验中,在现代暖期(1901-1999),赤道太平洋地区全区海温增加比副热带地区增加更为显著。这种海温梯度模态由两种不同模态组成:温室气体强迫下的类-厄尔尼诺模态和自然强迫下的类-拉尼娜模态。随后,我们通过两个敏感性试验:温室气体强迫下的现代暖期和自然强迫下的中世纪暖期(751-1250)分析了相关的机理。结果显示,温室气体强迫下,赤道东太平洋地区海温增加更为显著是由净表面辐射通量增加导致的,其中以短波辐射和潜热通量为主。在自然强迫下,赤道西太平洋海温增加更为显著是由于表面风场异常所引起的垂直热量输送所导致的。

S09-O-03

Tropical Pacific climate during the Medieval Climate Anomaly

Tianran Chen(陈天然)^{1,2*}, Kim M. Cobb^{2*},
Jean Lynch-Stieglitz², Pamela R. Grothe²,
Hussein R. Sayani², R. Lawrence Edwards³, Hai
Cheng^{4,3}, Kayla J. Townsend⁵, Yanbin Lu³

1 Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South
China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy
of Sciences, Guangzhou 510301, China (中国科学院

边缘海地质重点实验室,中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

2 School of Earth and Atmospheric Sciences, Georgia
Institute of Technology, Atlanta, GA 30332, USA

3 Department of Earth Sciences, University of
Minnesota, Minneapolis, MN 55455, USA

* chentianran@scsio.ac.cn (T. Chen);

kcobb@gatech.edu (K. Cobb)

The mean state of the Medieval Climate Anomaly (MCA) climate in the tropical central Pacific is recorded in Porites coral rubbles collected from Christmas Island. We stack together fossil-coral oxygen isotopic records to provide 3-15 year windows of tropical Pacific climate variability within the ~800-1300 AD. The records indicate a short-lived, ~50 years, warm period occur around 900 AD, comparable to the recent warming, probably resulted from increasing El Niño intensity. Apart from that, the MCA was a cold period related to a persistent La Niña-like mean state in the central Pacific, corresponding with an anomalous strong Pacific's zonal SST gradient. The MCA was not a uniform, but a more heterogeneous climate with episodes of both warm and cool SSTs in the Pacific center. The warmth since the late 20th century is indeed the most significant and longest duration feature during the last Millennium.

S09-O-04

阿尼玛卿山地区过去2000年最高温重建

张永^{1, 2*}, 邵雪梅^{1, 2}, 陈锋¹

1 中国科学院地理科学与资源研究所, 中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101

2 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心, 北京 100101

* zhangyong@igsrr.ac.cn

研究过去 2000 年气候变化特征, 对于深入理解地球系统多尺度运行规律、评估气候变化与人类活动的相互影响、预测未来数十年全球与区域气候环境变化具有重要科学意义。本文利用青藏高原阿尼玛卿山西北部森林上限的祁连圆柏样本, 建立了一条 2665 年的树轮宽度年表。相关分析结果显示该树轮宽度年表与附近气象站点 4-6 月的最高温变化显著负相关, 表明最高温是该区上限祁连圆柏生长的限制因素, 据此重建了阿尼玛卿山西北部地区自公元前 261 年以来当年 4 月到 6 月平均最高温变化, 转换方程的方差解释量为 37.9%。重建结果显示, 过去 2 千多年最高温变化具有明显的低频特征, 其中公元 5 世纪前后过去 2000 年中温度最低、波动幅度最大的时期, 而 990s-1040s 后期是整个重建时期最暖的、波动幅度也较为剧烈的时期, 研究区近 50 年来最高温处于偏暖阶段, 最暖/冷的 10 年分别是 910s 和 390s, 平均最高温分别为 14.96°C 和 12.41°C, 本世纪前 10 年 4-6 月月均最高温为 14.17°C, 比多年均值略高, 功率谱和小波分析显示过去 2 千年最高温周期以 126.33a、137.82a、252.67a 等长周期为主。与其他邻近区域和北半球温度重建序列的比较以及与区域气候数据的空间相关分析结果显示本重建序列具有较好的空间代表性, 可以很好的反映青藏高原地区, 特别是阿尼玛卿山地区 4-6 月的最高温的变化。

S09-O-05

中国中世纪暖期温度年代际变化特征及成因分析

靳春寒¹, 刘健^{1,2,3}, 王志远¹

1 虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏省地理环境演化国家重点实验室培育建设点, 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023

2 江苏省大规模复杂系统数值模拟重点实验室, 南京师范大学数学科学学院, 南京 210023

3 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023

* jliu@njnu.edu.cn

利用通用地球系统模式 CESM 的过去 2000 年气候模拟试验资料, 在与历史气候重建资料、观测/再分析资料及其他模式模拟资料进行对比验证的基础上, 分析了中国中世纪暖期 (Medieval Warm Period, 简称 MWP) 地表温度年代际变化特征并初步探讨了其成因。结果表明: 公元 801~1250 年是中国的中世纪暖期。在 MWP 期间, 在年代际尺度上, 中国地表温度 EOF 第一模态的空间分布为全区一致型, 并且北部的变率大于南部, 最大的变率中心位于中国东北部。EOF 第二模态反映出研究区内南北反向的空间分布特征。40°N 以北地区温度变化一致; 40°N 以南青藏高原-云贵高原-东南沿海地区与华北地区呈反相变化, 最大的变率中心位于青藏高原东部。中世纪暖期地表温度 EOF 第一模态主要归因于太阳辐射的影响, 火山活动也是影响因素之一; EOF 第二模态主要受气候系统内部变率的影响, 其他外强迫因子的影响较小。但是, 温室气体、土地利用/覆盖两个外强迫因子对气候系统内部变率具有一定的调制作用。在中国, 中世纪暖期太阳活动剧烈、火山活动较少, 下垫面吸收更多的太阳短波辐射, 地表净辐射通量增大, 是中世纪暖期形成的主要原因。

S09-O-06

过去 2000 年中国区域温度模拟与重建的对比分析

王晓青¹, 刘健^{1, 2*}, 王志远¹

1 虚拟地理环境教育部重点实验室, 地理环境演化江苏省重点实验室, 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023

2 江苏省大规模复杂系统数值模拟重点实验室, 南京师范大学数学科学学院, 南京 210023

3 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023;

*jliu@njnu.edu.cn

依据观测/再分析资料、过去 2000 年中国区域温度重建资料, 对通用地球系统模式 CESM 近 2000 年模拟温度进行时空变化的对比分析, 检验模式对中国区域温度的模拟性能。结果表明, 模拟温度较好地体现了中国区域年平均温度的空间分布型态以及近半个世纪以来的上升趋势; 也较好地模拟出了过去 2000 年重建资料反映的中国区域平均温度的年代际变化特征; 在百年尺度上, 模拟的中国区域温度的波动变化与重建资料也基本一致, 但华中及青藏地区模拟与重建有所差异。模拟的中国区域平均温度均显示了 0-540 年、800-1250 年、1901-2000 年三个暖期, 551-721 年、1400-1850 年两个冷期, 与重建结果具有一定的差异。而模拟与重建温度在中国区域的差异性可能与模式的分辨率、外强迫条件、次网格过程的参数化方案等不确定性有关。

S09-O-07

“江南春雨”之雨量效应伴谬及其意义

谭明^{1*}, 南素兰², 段武辉¹

1 中科院地质与地球物理研究所, 北京 100029

2 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室, 北京 100081

* tanming@mail.iggcas.ac.cn

Dansgaard 于 1964 提出月尺度降水 $\delta^{18}\text{O}$ 的降水量效应 (或称雨量效应), 之后在古气候研究中被广泛应用于解释古季风强度的变化以及重建降水量。但在具有复合水源的中国季风区, 这一应用遇到了困难, 即在很多情况下, 高降水量对应 $\delta^{18}\text{O}$ 高值, 可称为“雨

量效应伴谬”。笔者据此提出, 中国季风区还存在另外一种同位素效应: 环流效应。对于中国东部广大季风区来说, 临近的太平洋提供近源水汽, 而印度洋提供远源水汽。由于海洋和大气环流的变化, 如热带太平洋海温梯度的变化, 或西太平洋副热带高压的变化等, 可导致从太平洋和印度洋向中国季风区输送的近远源水汽比率发生变化, 从而导致了大气降水 $\delta^{18}\text{O}$ 变化: 无论降水量大或小, 如果水汽来自太平洋, 则降水 $\delta^{18}\text{O}$ 值偏高, 如果水汽来自印度洋, 则降水 $\delta^{18}\text{O}$ 值偏低。在分析降水同位素季节尺度的环流效应基础上, 并引用 SPR (江南春雨) 这个气候学概念, 成功地解释了 2012 年的降水量效应伴谬。降水稳定同位素的环流效应概念不仅对同位素气象学与气候学有参考价值, 也有助于我们理解作为古气候代用指标的 $\delta^{18}\text{O}$ 的信号意义。

S09-O-08

中国季风区八个洞穴大气降水—洞穴滴水氧同位素的信号传输

段武辉^{1*}, 阮骄阳², 罗维均³, 李廷勇⁴, 田立军¹, 曾广能³, 张德忠⁵, 白益军⁵, 李吉龙⁶, 陶涛¹, 张平中⁵, Andy Baker⁷, 谭明^{1*}

1 科学院地质与地球物理研究所, 北京

2 中国地质大学 (武汉), 武汉

3 中国科学院地球化学研究所, 贵阳

4 西南大学, 重庆

5 兰州大学, 兰州

6 南京师范大学, 南京

7 新南威尔士大学, 悉尼

* duanwuhui@mail.iggcas.ac.cn,

tanming@mail.iggcas.ac.cn

为了探讨我国季风区大气降水氧同位素比值 ($\delta^{18}\text{O}_p$) 的大区域气候主控因素及其与洞穴滴水氧同位素比值 ($\delta^{18}\text{O}_d$) 之间的信号

传输过程, 本研究在我国季风区选取了 8 个洞穴共 34 个滴水点, 进行了 3 个水文年的现代过程观测, 观测频率为 1-2 个月。

观测结果如下:

1、除了石花洞以外, 所有观测点月降水 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与当地月均温均表现出负相关关系, 即没有“温度效应”。此外, 尽管所有站点月降水 $\delta^{18}\text{O}_p$ 与月降雨量表现出一定的负相关关系, 但只有 3 个观测点通过了 95% 的显著性检验。这些观测事实表明: 由于我国季风区水汽源的多元性, 因此降水 $\delta^{18}\text{O}_p$ 不能简单的用“温度效应”或者“雨量效应”来解释。

2、根据洞穴滴水 $\delta^{18}\text{O}_d$ 的变化模式, 可以将 34 个滴水点分为 3 大类。其中 82% 的滴水点 $\delta^{18}\text{O}_d$ 在观测期间基本保持不变, 但它们的滴率却不一定恒定不变。说明我国季风区多数洞穴滴水 $\delta^{18}\text{O}_d$ 以及由它们补给而沉积的石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 都主要反映了当地多年际的气候信号。当然, 由于石笋的补给模式存在独特性, 它们的气候信号会在一定程度上受到季节性补给和潜在蒸发作用甚至个别极端降水事件的调制。此外, 12% 的滴水点 $\delta^{18}\text{O}_d$ 呈现季节性变化, 虽然它们的变化幅度远小于同时期的降水 $\delta^{18}\text{O}_p$, 但它们对大气降水 $\delta^{18}\text{O}_d$ 的季节性响应并没有被完全平滑掉, 个别滴水点 $\delta^{18}\text{O}_d$ 变化模式与同时期大气降水基本一致。这些滴水点可能主要受即时降水补给, 同时混有一些存储的“老”岩溶水的影响。因此, 由这些滴水点补给的石笋能够记录部分大气降水 $\delta^{18}\text{O}_p$ 的季节性信号。剩余的 6% 的滴水 $\delta^{18}\text{O}_d$ 变化模式介于前两种之间, 它们的 $\delta^{18}\text{O}_d$ 在雨季基本稳定不变, 但在旱季却表现出大的变幅和大的平均值, 可能反映了洞内蒸发作用的影响或它们的补给模式中存在一个阈值。因此, 由这些滴水点补给的石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 信

号中可能包含了过多的蒸发作用或者水文状况的噪音, 不适合直接用来探讨古气候。

总之, 虽然我国季风区多数石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 主要继承了当地大气降水多年际气候信号的平均态, 但由于补给模式存在独特性, 在讨论古气候意义时, 仍然需要考虑具体石笋的水文补给条件。

S09-O-09

川东北地区岩溶水中 U/Ca 的季节变化及其意义

陈琼¹, 周厚云^{1*}, 汤静², 贺海波³

1 华南师范大学, 广州, 510631

2 广州市气候与农业气象中心, 广州, 511430

3 中国科学院地球化学研究所, 贵阳, 550002

* hyzhou@gig.ac.cn

以往研究认为岩溶洞穴沉积中 U/Ca 反映了土壤湿度和有效降水的变化, 但是这种观点还没有得到现代洞穴监测证据的证实。本研究对川东北地区地表河水、部分洞穴内滴水、池水和地下河河水近三年(2011 年 7 月-2014 年 8 月)的监测结果显示: 所有水体中的 U/Ca 值具有明显的季节性变化, U/Ca 比值一般在冬春季节较高, 夏秋季节较低, 与区域季节性降水呈现明显的反相关关系。这一结果显示降水控制的土壤湿度和土壤氧化还原条件的变化是影响水体中 U/Ca 变化的主要因素, 因而, 岩溶洞穴沉积中的 U/Ca 比值变化确实是指示区域有效降水和夏季风强度变化的良好指标。

S09-O-10

石笋钙同位素对近百年极端干旱事件的定量指示

崔学品^{1,2}, 李秀丽¹, 胡超涌^{1,2}, 何栋¹

1 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 武汉 430074

2 中国地质大学(武汉)地球科学学院关键带演化实验室, 武汉 430074

洞穴石笋是进行高分辨率气候事件研究的优良载体。在石笋众多的古气候替代指标中, 石笋的主量元素碳、氧同位素的研究已相当广泛, 而作为主量元素的石笋钙同位素的研究还相对薄弱。石笋钙同位素是进行高分辨率干旱事件研究的新指标, 尤其适合对干旱程度进行定量评估。

本实验中石笋钙同位素数据全部由中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室的 MC-ICP-MS 检测。同时采用两种标样进行校正, 一种的是国际标样 NIST SRM 915b, 另一种是牛津大学提供的高纯 Ca 同位素标样 HPS。检测结果分别为 $\delta^{44/42}\text{Ca}=0.36\pm 0.08\text{‰}$ (2s, n=42), $\delta^{44/42}\text{Ca}=0.25\pm 0.07\text{‰}$ (2s, n=38)。同时, 我们采用一段石笋作为实验室内部标样 STM, 其 Ca 同位素值为 $\delta^{44/42}\text{Ca}=0.31\pm 0.07\text{‰}$ (2s, n=40)。我们拿这三种标样, 加上 6 个随机的石笋样品作为盲样, 与牛津大学进行实验室间对比, 测得结果都在仪器误差 (<0.1‰) 范围之内。

英国牛津大学的 Owen et al. (2016) 等已经对湖北清江和尚洞地区的现代钙同位素进行了系统检测, 并应用现代降雨量数据对极端干旱事件 8200 事件进行了定量评估。本研究主要对近百年 (1870-1976 年) 有器测降雨量记录的石笋进行了钙同位素检测, 并与同时段的该石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 、Mg/Ca、Sr/Ca、Ba/Ca 进行对比, 讨论其气候意义。同时, 将其应用于连续 5 年 (1899-1903 年) 的极端干旱事件的研究, 用于验证石笋钙同位素定量反映极端干旱事件降雨量变化的可靠性。结果表明, 在洞穴系统上覆土壤及围岩长期不变的情况下, 石笋钙同位素可以对极端干旱事件有效降雨量的减少程度进行定量响应。

S09-O-11

石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的相似性与差异性

周厚云*, 赵海霞, 刘淑华, 陈琼

华南师范大学地理科学学院, 广州 510631

* hyzhou@gig.ac.cn

岩溶洞穴沉积作为近些年来古气候环境研究领域最热门的方向之一, 最引人注目的特征是在岁差周期和千年尺度上不同石笋 (包括来自同一洞穴或不同洞穴的石笋) 之间氧同位素组成 ($\delta^{18}\text{O}$) 长期变化趋势具有高度相似性 (Li et al., 2014; Cai et al., 2015)。这种相似性, 或者称为重复性, 一方面常常被当作证明石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录可以用于古气候环境研究的重要证据之一 (即通过重复性检验证明石笋石在同位素平衡条件下发育的, 石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录才能重建雨水 $\delta^{18}\text{O}$ 和过去气候环境的变化); 另一方面, 其本身也显示了石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录与气候环境 (在季风区则主要与夏季季风气候) 之间的密切联系。

但石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的这种相似性近些年来遇到以下两个方面的挑战: (一) Dayem et al. (2010) 基于现代气象资料指出亚洲季风区内降水量变化只在有限的空间范围内 (~500 km) 具有协同性, 进而对亚洲季风区内石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的气候环境意义解读提出了质疑。(二) 一些研究发现, 在更短的时间尺度上 (例如年代际尺度、百年际尺度) 不同石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录之间未必具有相似的变化趋势, 如殷建军等 (2014) 指出最近 800 年来甘肃万象洞和陕西大鱼洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录之间存在相反的变化趋势。这种短时间尺度上不同的石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录变化趋势之间的差异性在其它研究中也发现 (杨亮等, 2016)。

这种差异性虽然还有待更多石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的验证, 但其意义无疑是值得关注的。如

果这种差异性确实存在,那么首先 Dayem et al. (2010)质疑的基础将不复存在;其次,在基于石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的古气候环境研究中经常使用的重复性检验方法也有必要重新审视。因此,我们建议在今后的研究中应该对此给予应有的关注。

S09-O-12

树轮记录的中国西部不同区域干湿变化特征及其机制分析

勾晓华*, 刘文火, 邓洋, 高琳琳

兰州大学西部环境教育部重点实验室, 兰州大学资源环境学院, 兰州 730000

* xhgou@lzu.edu.cn

气候变化及区域响应是过去全球变化研究的热点问题。气候变化导致的干旱对区域生态安全和社会发展有极其深刻的影响,其变化规律及驱动机制一直是地球科学领域的热点和难点问题。本研究通过利用树轮宽度重建中国西部不同区域的干湿变化历史,分析不同区域干湿变化的规律及差异,并探讨可能的驱动机制。

利用西北地区中、东部 137 个树轮宽度年表与温度和降水的相关关系,通过统计分析探讨了树木生长对气候的响应规律。结果表明,尽管树种不同,两个地区森林中下部的树木生长对气候的响应基本一致,树轮宽度年表均主要与前一年生长季后期和当年生长季早期的降水正相关,而与温度负相关,反映了树木生长受到相同季节的水分限制,表明两个地区的树轮降水重建或干旱重建结果具有可比性。

在此基础上,利用多条森林中下部的树轮宽度年表分别重建了西北地区中部和东部近 1000 年(1000~2000 年)来和近 400 年(1615~2006 年)来的降水变化历史,通过计

算两条重建序列之间的 41 年滑动相关系数(RC41),探讨了这两个地区降水的时空变化关系及其与亚洲夏季风和中纬度西风的关联。结果表明,近 400 年来,两条序列的相关系数呈波动变化,整体表现出正相关关系,约有 41.0%的滑动相关系数达到了 95%以上的置信水平。两个地区的降水变化在较为一致的时期,容易同时发生旱涝事件,特别是干旱事件。进一步的分析发现在弱季风和/或强西风时,两个地区的降水变化较为一致;相反,在强季风和/或弱西风时,两个地区的降水变化一致性较差。

此外,利用青藏高原东部地区已发表的 119 条树轮宽度年表,采用“点对点”面域气候重建方法,重建了该区域各格点 5-7 月的干旱变化历史。重建结果能够较好地反映区域干旱的时空变化特征。大致以 32.5°N 为界限,高原南北干旱变化存在明显差异。多窗谱分析结果显示,高原北部干旱变化序列中存在 205 年左右的显著周期,同时太阳活动极小期一般对应该区域干旱,小波交叉谱分析也显示干旱变化序列与太阳活动在世纪以上尺度上同相位变化,表明青藏高原东北部干旱变化在世纪以上尺度上可能受太阳活动影响。

S09-O-13

热带地区过去 2600 年降雨变化

谭亮成^{1*}, 沈川洲², Sakonvan Chawchai³, Ludvig Loewemark², 蔡演军¹, 程海^{4,5}, 安芷生¹

1 黄土与第四纪地质国家重点实验室,中国科学院地球环境研究所,西安

2 台湾大学地质科学系,台北

3 Department of Geology, Chulalongkorn University, Bangkok

4 西安交通大学全球变化研究院,西安

5 Department of Earth Sciences, University of
Minnesota, Minneapolis

* tanlch@icecas.cn

热带地区气候变化是全球气候变化的关键区域，其降雨不仅影响当地十几亿人口的生存问题，也对全球水文和能量循环有重要影响。我们通过泰国南部地区 Klang 洞的三支有重复时段的石笋样品，建立了过去 2600 年以来（-584 BC）平均分辨率为 2 年的氧同位素序列。研究发现，最近 100 年的石笋氧同位素记录和当地器测降雨记录和有很好的负相关关系。同时，我们的石笋氧同位素序列和中美洲的石笋记录也有很好的一致性，揭示其可反映整个北半球热带地区的降雨变化。我们的石笋记录显示，过去 2600 年以来，北半球热带地区的降雨变化总体呈现逐渐减少趋势，这和热带辐合带（ITCZ）的逐渐南移有关。我们的记录还揭示最近的现代暖期、中世纪暖期和罗马暖期时，热带地区都显著干旱。北半球热带地区降雨的减少主要和 ITCZ 位置的南移、火山喷发和 El Nino 事件有关。

S09-O-14

The Global Monsoon Response to Volcanic Eruptions in the CMIP5 Past1000 Simulations

Wenmin Man, Tianjun Zhou

LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese
Academy of Sciences, Beijing, China

We examine the global monsoon (GM) precipitation response to volcanic eruptions in the Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) past1000 simulations. The spatial patterns of precipitation exhibit drying in the monsoon regions in their respective warm season for years 1 and 2 combined following

volcanic eruptions. The cooling in the western Pacific is much stronger than that in the eastern Pacific. This zonal SST gradient across the Pacific induces lowering SLP in the EP where the two subtropical Highs straddle the equator. This will weaken the trades which transports and converges moisture into the eastern hemisphere monsoon regions, thereby leading to the reduced GM precipitation. The “cold land-warm ocean” and “cold NH-warm SH” mechanisms can also explain why the NH monsoon has a strong reduction, while only the “cold land-warm ocean” lead to a weak SH monsoon. The summer monsoon rainfall shows a general decreasing anomaly across the majority of the regional monsoon regions. In contrast to a weakened global summer monsoon precipitation, most arid and semiarid desert regions, located to the west and poleward of each monsoon region, show wetting anomalies. The water budget analysis indicate that the change of the dynamic and thermodynamic terms equivalently dominate the change of precipitation. The vertical component dominates the dynamic and thermodynamic bars, whereas the magnitudes of the horizontal component are much smaller than the vertical component.

S09-O-15

龙感湖沉积物粒度和正构烷烃记录的长江中下游晚全新世气候变化

薛建涛^{1,2}, 李婧婧³, 党心悦^{1,2}, 黄咸雨^{1,2*}

1 中国地质大学（武汉）生物地质与环境地质国家重点实验室，武汉 430074

2 中国地质大学（武汉）地球科学学院关键带演化实验室，武汉 430074

3 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210000
* xyhuang@cug.edu.cn

长江中下游地区旱涝灾害频繁发生, 非常有必要从古气候重建的角度来认识该地区古水文条件的变化规律。横跨安徽宿迁和湖北黄梅两县的龙感湖, 是长江两岸古彭蠡泽经解体后形成的残迹湖, 是研究长江中下游地区古水文变化的优良场所。2011年5月底我们在龙感湖采取了一段连续的湖泊沉积物岩心。通过对上部近4千年以来的样品进行粒度和正构烷烃分析, 重建该地区晚全新世以来的古气候变化。

我们用粒度的指标来代表龙感湖的干湿状况。降水增多的时候入湖的地表径流作用强, 携带的粗颗粒组分比例高; 降水少的时候入湖的地表径流作用弱, 细颗粒组分比例高。同样的我们用正构烷烃的 ACL 和 CPI 指标代表龙感湖的温度变化。温度升高的时候, 植物合成更多的长碳链正构烷烃使 ACL 值变高, 微生物活性强降解沉积有机质能力提高导致 CPI 的值变低。基于龙感湖沉积物的粒度分布、正构烷烃的 ACL 和 CPI 特征我们识别出晚全新世 3 个气候变化阶段: 第一阶段 4.0-2.1kaBP, 气候暖干; 第二阶段 2.1-0.7kaBP, 气候冷湿; 第三阶段 0.6kaBP 至今, 气候冷干。

第一阶段粗粉砂的比例降低, 粘土的比例升高, 说明龙感湖在此区间降水少, 地表径流水动力作用弱, 指示一个相对干旱的时期。植物的正构烷烃 ACL 高值和 CPI 低值指示了一个相对高温的环境。同时水生植物相对陆生植物贡献指标 Paq 比值揭示龙感湖沉积物正构烷烃主要由湖泊挺水植物及周边陆生植物贡献。相比于第一阶段, 第二阶段粗粉砂的比例增高, 粘土的比例降低, ACL 值降低, CPI 的值升高指示了第二阶段冷湿的环境。而在此阶段 Paq 值变化较小, 说明了龙感湖在这两个阶段的植被类型稳定。第三阶段粗粉砂比例缓慢降低, 粘土比例缓慢增高,

正构烷烃 ACL 达到最低值, 同比 CPI 值达到最高指示龙感湖冷干的环境。特别需要注意的是从第二阶段向第三阶段过度时粗粉砂比例和粘土比例出现了一个跳跃式的变化, 可能和龙感湖人类活动有关。人类活动的加强改变了龙感湖的地表径流的输入和输出及湖区周围的植被面貌。

龙感湖沉积物的物理指标和有机化学指标指示了龙感湖晚全新世湖泊的演化及气候变化特征, 这些气候变化的结果和前人在长江中游泥炭地及石笋记录的气候变化特征一致, 表明长江中下游湖泊沉积物也能很好的用来指示古气候的变化及中国东部夏季风的变化。

S09-O-16

中国近海泥质区沉积物敏感粒度重建全新世东亚冬季风的研究进展

涂路遥¹, 周鑫^{1*}, 程文瀚², 刘孝艳¹, 杨文卿¹, 王玉宏¹

1 中国科学技术大学地球与空间科学学院, 合肥 230026

2 渥太华大学生物学院, 渥太华 安大略省 K1N 6N5
* xinzhou@ustc.edu.cn

中国近海泥质沉积物敏感粒级的平均粒径已被广泛用于重建全新世以来东亚冬季风强度, 但是不同研究结果之间仍存在差异。本研究选取了选取中国近海泥质区 15 个沉积柱的敏感粒度(Sensitive Grain Size, SGS)变化序列, 分别在距今 8,000 年、3,000 年和 150 年三个时间尺度进行对比分析。结果发现: 在千年和数百年时间尺度上, 这些研究重建的冬季风强度序列中有些序列的变化趋势不一致。分析认为这些结果之间差异的可能原因包括年代的不确定性和 SGS 的提取方法不同。为研究不同的沉积动力条件下, 泥质区沉积

物敏感粒度的影响因素,我们将过去 150 年间,三个泥质区的钻孔沉积物的 SGS 与指示东亚冬季风强度的西伯利亚高压指数变化序列进行对比,结果发现:三条序列之间的变化趋势不完全一致,并且均与西伯利亚高压序列变化趋势不同。我们认为,泥质区沉积物的沉积特征受多种因素的影响;除了冬季风驱动的沿岸流,泥质区形成机制、河流径流和风暴沉积等导致的沉积环境的不同是影响一些泥质沉积物的粒度特征最关键的因素。在一些沉积环境较复杂的区域,尤其是北黄海和长江口泥质区附近,在利用泥质沉积物敏感粒级的平均粒径作为东亚冬季风强度的替代指标时需谨慎。

S09-O-17

石笋记录的 165 年以来亚洲季风降水变化历史以及与太平洋区域的可能内在关系

李向磊^{1*}, 程海², 班凤梅³, 谭明⁴

1 西安交通大学全球环境变化院, 西安 710049

2 西安交通大学全球环境变化院, 西安 710049

3 山西财经大学环境与经济学院, 太原 030006

4 中国科学院地质与地球物理研究所新生代地质与环境重点实验室, 北京 100029

lxl_7748@126.com

基于北京西山岩溶地区石花洞一根石笋 (XMG-1) 的精确 U-Th 定年和 686 个碳氧稳定同位素数据, 重建了中国季风区过去 165 年以来高分辨率的季风强度变化历史。通过与获取的中国境内 1901-2000 年平均降水量对比发现, 在年际以及年代际尺度上, XMG-1 的 $\delta^{18}\text{O}$ 轻重变化主要响应于亚洲季风水汽路径上的降水量变化的影响 ($r=0.58$, $P<0.05$), 指示了整个中国地区的夏季风强弱变化及其带来的降水量信息; $\delta^{13}\text{C}$ 的轻重变化则主要反映了地区降水或者干湿变化情况。谱分析

和连续小波分析指出, $\delta^{18}\text{O}$ 信号存在一个持续显著的约 30 年的周期, 与太平洋年代际涛动 (PDO) 具有一致的周期信号。根据这一分析, 在未来 5 年里, 夏季风强度还将进一步减弱。而与 $\delta^{18}\text{O}$ 信号的变化不同, 该石笋 $\delta^{13}\text{C}$ 的周期分析揭示了两个最显著的 7 年和 3.5 年类似 ENSO 信号的存在, 而相似的 ENSO 信号在 $\delta^{18}\text{O}$ 的也有所体现, 说明了太平洋海温变化以及海气耦合作用对亚洲夏季风强度以及降水变化在年际和年代际尺度上的调控作用。XMG-1 样品 $\delta^{18}\text{O}$ 值在近 100 年来的逐渐偏重变化可以利用“环流效应” (Tan, 2016) 得到相应的解释。

S09-O-18

过去 2000 年中国气候变化重建与极端事件研究新进展

郑景云, 郝志新, 葛全胜

中国科学院地理科学与资源研究所, 中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101

总结了新世纪以来过去 2000 年中国气候变化重建与极端事件研究的主要进展, 特征是近 10 年新增的高分辨温度、降水变化代用记录, 以及过去 2000 年中国温度变化序列重建与集成分析、降水及干湿序列重建与时空变化特征分析、极端气候事件及变化特征辨识等的新成果。这些研究加密了中国气候变化代用资料的空间覆盖度, 提升了 2000 年气候变化序列重建的定量化程度, 深化了对过去 2000 年中国气候在年代至百年尺度的变化特征的认识。主要结论有:

(1) 过去 2000 年, 中国温度变化的年代际变幅约 1.1°C , 百年际变幅为 0.6°C , 存在 4 个百年尺度的暖期 (约为公元 1-200、551-760、951-1320 年和 1920 年以后) 和冷期 (约为公元 201-350、441-530、781-950 和 1321-1920 年); 20 世纪只是过去 2000 年中最

暖的百年之一；其温度较公元 1-200 年间的最暖百年略高，与 550-760 年间的最暖百年一致，较 950-1300 年间的最暖略低，但在百年尺度暖期中，其升温速率在过去 2000 年可能是最大的。

(2) 在 1500-1900 年和 220-580 年等气候相对寒冷期，中国不但多次出现过较 1950 年以后所出现的极端冷冬更为显著的寒冷事件，而且其间的相对温暖时段也出现过日最高气温超过 20 世纪极端记录的炎夏。

(3) 在中国东部季风区，各地的干湿变化虽不完全同步，但均存在显著的世纪（80-150 年）、多年代（40-75 年）和年代际（10-35 年）等 3 个尺度的准周期波动。其中公元 301-400、751-800、1051-1150、1501-1550 和 1601-1650 年极端干旱多发；101-150、251-300、951-1000、1701-1750、1801-1850 和 1901-1950 年间极端大涝多发；1551-1600 年则是极端干旱与大涝并发最为频繁的时段。

(4) 在中国西部地区，降水变化因受复杂地形等下垫面因素影响而存在显著的局地差异；仅千年降水变化的长尺度变化特征存在一致性。其中在受西风带主控的中国西部及中亚干旱区，1000-1350 年间相对偏干，1500-1850 年降水偏多、气候湿润，近几十年气候则从暖干转为暖湿。而位于该区域东南部的祁连山东段、柴达木盆地东沿至秦岭西侧地区，11 世纪、13 世纪中叶、14 世纪、16 世纪后半叶至 17 世纪初、18 世纪后半叶、19 世纪后半叶以及 20 世纪后半叶气候湿润，其他时段气候干旱，其中过去千年中最干旱的 2 个时段分别出现 1480 年和 1710 年前后。而在西南地区，虽然 21 世纪初旱灾频发，但与 2006 年川渝特大干旱相仿的事件在史上也曾多次发生过。

S09-O-19

1823 年华东两次台风重建

小林雄河，潘威*

陕西师范大学西北历史环境与经济社会发展研究院
GIS 实验室，西安 710062

* panwei@snnu.ac.cn

中国 1823 年太湖东部地区的梅雨期因与春雨期连续，导致其开始时间不明显。梅雨结束时间为 7 月中旬，这些时间和降雨量都有所异常，导致了严重涝灾。日本当年台风灾害很少，西部发生大旱灾，火灾多发。朝鲜，当年为罕见的涝灾多发年。据上面情况可以推测，当年夏季日本西半部被较强的高压控制。高压会阻碍台风接近，导致日本附近台风活动少。

1823 年中国华东沿海明显的台风活动有 8 月 7 日和 13 日两次。8 月 7 日，第 1 次台风。重建路径为 8 月 7 日登陆于浙江东部，不久消失。朝鲜汉城府（今韩国首尔）8 月 3 日至 14 日皆为晴天，朝鲜半岛中部西岸没有受到台风的影响。8 月 13 日，第 2 次台风。重建路径为 8 月 13 日登陆于江苏东南部，渐渐西进，17 日消失于安徽境内。

器测时期华东沿海的台风一般从宁波以南地方登陆，8 月 13 日台风路径及登陆地点比这些台风偏北。8 月 13 日台风的路径及登陆地点可能受到了东海上高压的影响。但因台湾和琉球王国（今日本冲绳）两地天气及气象灾害记录不全，目前不能确定这一说。

当年中国华东地区春雨和梅雨的时间长，平地的积水没退完之前又遭遇了台风灾害。尤其是 8 月 13 日台风进入内陆，刺激附近锋面，在安徽、湖北、江西、河南、陕西等地引起了严重水灾。此时正好使农业无法应对，严重影响了这些地区的粮食生产。

S09-O-20

江西石笋记录的过去 200 年降水变化及其影响因素

张海伟^{1,2*}, 程海^{1,3}, Christoph Spötl⁴, 蔡演军², 晏宏², 谭亮成², Gayatri Kathayat¹

1 西安交通大学全球环境变化研究院, 西安 710054

2 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061

3 Department of Earth Sciences, University of Minnesota, Minneapolis, MN55455, USA

4 Institute of Geology, University of Innsbruck, Innrain 52, 6020 Innsbruck, Austria

* zhanghaiwei@xjtu.edu.cn

基于江西北部峨嵋洞一支正在生长具有清晰纹层的石笋, 重建了该地区过去 200 年季节分辨率的降水变化历史。结合 ²³⁰Th 定年和纹层计数, 确定了生长纹层为年层。峨嵋洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 变化与近 100 年来太平洋海温年代际振荡 (PDO)、南方涛动 (ENSO) 以及西太平洋副热带高压 (WPSH) 变化密切相关。在年际-年代际尺度上, 石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 偏正 (负) 时, 对应着 WPSH 偏南西伸而增强 (偏北东缩而减弱), PDO 处于暖 (冷) 相位和东太平洋海温呈现厄尔尼诺 (拉尼娜) 态。分析认为: 在拉尼娜年, WPSH 减弱, 来自于印度洋的水汽份额增大, 石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 值偏负; 在厄尔尼诺年, WPSH 增强, 来自于西太平洋的水汽份额增大, 导致石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 值偏正。这一结论与谭明 (2009) 提出的中国季风区石笋氧同位素短尺度上具有环流效应的观点一致。在年际尺度上, 研究区降水 $\delta^{18}\text{O}$ 变化与年降水量变化没有相关性, 而与夏季风/非夏季风降水量比值的变化具有较好的一致性。即降水 $\delta^{18}\text{O}$ 偏负时, 夏季风/非夏季风降水量比值增大, 反之则减小。由此提出, 在短时间尺度上, 江西石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 指示水汽环流变化的同时也能够指示该地区季节性降水 (夏季风/非夏季风降水量比值) 的变化。20 世纪 90 年代末, 石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 与 PDO 和 ENSO 的相位关系发生了变化, 可能与这一时期东太平洋 ENSO 活动减弱而中太平洋 ENSO 活动频繁有关。

S09-O-21

我国东南季风区过去 200 年的温度变化

蔡秋芳^{1*}, 刘禹^{*2}, 马永永¹

1 中国科学院地球环境研究所, 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710075

2 西安交通大学人居环境与建筑工程学院环境科学与技术系, 西安 710049

* caiqf@ieecas.cn; liuyu@loess.llqg.ac.cn

定年准确的树木年轮资料是延长现有器测气象记录、获取过去百-千年来高分辨率气候变化的主要资料来源之一。本研究利用马尾松、台湾松树轮样分别重建了我国东南季风区一条冬半年 (上年 11 月至当年 4 月) 的温度变化序列和一条生长季 (3-10 月) 温度变化序列。

1. 利用台湾松树轮宽度样本, 重建了江西三清山地区 1806-2009 年 3-10 月平均温度变化历史, 重建对观测时段温度的解释方差为 56.4%, 能够指示过去 200 余年我国东南季风区较大范围同期温度变化状况。2003-2009 是重建时段内最暖时期。研究区在 1806-1980 年区间温度有缓慢变冷趋势, 之后迅速升温。这一降温趋势与北半球近 2 个世纪来的持续升温趋势相反。分析表明, 三清山地区 3-10 月温度变化与北太平洋中部海温 (显著正相关) 和与之相关联的太平洋十年涛动变化有关。

2. 利用湖北宜昌 60 多个马尾松树芯样本的年轮宽度资料, 重建了研究区 1875 年以来冬半年 (上年 11 月至当年 4 月) 平均温度变化历史, 重建的解释方差为 55%。重建结果表明, 冬半年平均温度在 1958 年之前保持较低的水平, 之后异常升温明显。2001-2010 不仅是观测时段的最暖十年, 而且是 1875 年以来最温暖的十年。该重建与 Duan et al. (2012) 重建的我国东南季风区冬半年温度

十年尺度上变化较为一致，不同的是 1950 年代以来的冬季升温在我们研究区表现显著，说明我国东南季风区冬半年增温幅度在最近几十年可能存在区域差异；对比表明，冬半年温度重建序列与树轮重建的湖北麻城夏季（6-9 月）平均最高温度序列在年代际尺度上变化一致，说明东南季风区冬、夏季温度变化较为一致，然而最近几十年冬半年升温较夏季增温显著。

S09-O-22

亚洲中部帕米尔高原冰川湖泊记录的过去 160 年温度变化

蓝江湖^{1*}，严东娜^{1,2}，叶远达^{1,2}，徐海¹

1 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710061

2 中国科学院大学，北京 100049

* lanjh@ieecas.cn

帕米尔高原地处亚洲中部干旱核心区，是研究干旱区气候变化的理想区域。但该区域过去气候变化研究仅有为数不多的数十年——千年时间尺度记录，而缺乏年际高分辨率湖泊记录。本文以位于我国帕米尔高原的冰川湖泊喀拉库勒湖为研究对象，利用重力采样器获得 111cm 沉积岩芯；在 ¹³⁷Cs、²¹⁰Pb 定年的基础上，对湖泊沉积物岩芯进行 TOC、TN、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 等指标分析，并结合临近地区近 50 年的气象资料，重建了帕米尔高原过去 160 年年际分辨率温度变化记录。研究发现：(1) 喀拉库勒湖沉积物中 TOC 含量较低，处在 0.27~0.90% 之间（平均值约为 0.50%）；沉积物中 TOC、TN、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 随岩芯深度同步变化，并表现为显著的相关性。(2) 湖泊沉积物 TOC 含量主要受温度控制：随着温度上升，上游冰川融水量增加，引起随地表径流携带入湖的物质通量增加；但由于该湖处于高寒荒漠气候区，流域植被和土壤皆发育较弱，碳含

量较低；最终导致进入湖泊低含碳量的碎屑颗粒增加，而沉积物 TOC 含量降低。反之，随着温度下降，湖泊沉积物中 TOC 含量增加。

(3) 利用该湖沉积岩芯重建了帕米尔高原过去 160 年温度变化过程，结果与气象资料和巴基斯坦树轮温度重建结果有较好的一致性，也佐证了本文结果的可信性。

S09-P-01S

西沙群岛海域温度异常的 ENSO 效应

刘成程^{1,2}，晏宏^{1*}

1 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室，西安 710075

2 中国科学院大学，北京 100049

* yanhong@ieecas.cn;

ENSO 是目前热带太平洋地区海气系统年际气候变率的最强信号，也是全球气候年际异常的主要信号，因此了解 ENSO 的变化历史、规律及机制对于预测未来气候变化具有重要意义。目前 ENSO 的短期预报已经取得了一定程度的进展，但是对于长时间尺度、尤其是不同气候背景状态下（如全球变暖或者变冷）的 ENSO 变化趋势及动力学机制，我们的理解还非常有限。主要的限制性因素来自于 ENSO 记录的欠缺：ENSO 器测记录时间跨度较短，替代性指标重建记录分辨率和准确性欠佳。因此，怎样利用高分辨率的珊瑚、砗磲、树轮等替代性指标记录，准确定量重建过去 2000 年及更长时间尺度 ENSO 变化是当前热带气候变化领域的一个重要科学问题。

我国南海是西太平洋最大的边缘海，海域内有大量的珊瑚礁和砗磲可以为古气候重建提供丰富的高分辨率载体；同时现代器测资料分析显示南海的年际气候异常如气温、海温、降水、台风等都显著受到 ENSO 活动

的控制；因此，南海的珊瑚和碎碟有潜力被用来定量重建过去 2000 年甚至更长时间尺度的 ENSO 变化。目前，南海已有大量高分辨率的珊瑚和碎碟古气候记录被报道，其中也有一些工作利用这些高分辨率的古气候记录进行了 ENSO 变化的讨论，但目前的讨论基本局限于周期分析，甚少涉及定量重建。一个重要的原因在于南海的气候记录同时受到季节（如季风、ITCZ）、年际（ENSO）和年代际（PDO 等）气候信号的影响，从气候记录上并不能直观地观测到 ENSO 活动的变化。因此，怎样从复杂的气候记录中提取出 ENSO 信号，建立定量重建方法，是利用南海珊瑚、碎碟进行古 ENSO 定量重建中亟待解决的问题。

为探究南海温度对 ENSO 的响应情况，为利用南海高分辨率珊瑚、碎碟古温度记录定量重建过去 ENSO 活动提供可靠科学依据，我们对现代南海温度资料与 ENSO 各指数进行了分析，并建立了转换函数：

1、1958年-2005年西沙群岛永兴岛观测站逐月气温与多变量 ENSO 指数（MEI）比较分析显示：西沙群岛永兴岛观测站气温异常序列与 MEI 指数在滞后 4 个月时相关系数为 0.41 ($p < 0.01$)；西沙群岛气温正距平百分率积累值阈值能较好地响应 75.00% 的中等及其以上强度厄尔尼诺事件；西沙群岛气温负距平百分率积累值阈值能较好地响应 100% 的中等及其以上强度拉尼娜事件。

2、1866-2014 年南海海温与南方涛动指数（SOI）对比分析表明：南海海温异常与南方涛动指数（SOI）在滞后 6 个月时相关系数为 -0.5116 ($p < 0.01$)；南海海温正距平百分率积累值阈值能对 76.47% 的中等及其以上强度的厄尔尼诺有较好的响应；南海海温负距平百分率积累值阈值能对 79.41% 的中等及其以上强度的拉尼娜事件有较好的响应。

3、进一步分析 1982-2015 年 Niño1+2 区海表温度距平（SSTA）与南海海温距平（SSTA），并建立转换函数。对 Niño1+2 区 SSTA 与南海 SSTA 进行 1-10 年带通滤波处理后（消除季节与年代际振荡），两者相关系数为 0.68 ($p < 0.01$)，转换函数为：

$$\text{Niño1+2 (SST)} = 1.9475 * \text{Xisha (SST)} - 0.0047, r=0.68, p<0.01, n=390 (1).$$

由于 ENSO 的主要周期为 3-7 年，因此我们再次对 Niño1+2 区 SSTA 与南海 SSTA 进行 3-7 年带通滤波，得到两者更好的相关性 ($r=0.85, p < 0.01$) 并建立转换函数：

$$\text{Niño1+2 (SST)} = 2.485 * \text{Xisha (SST)} + 0.0068, r=0.85, p<0.01, n=390 (2).$$

根据转换函数（1）（2），我们即可利用南海珊瑚、碎碟等高分辨率古温度记录对 Niño1+2 的 SST 进行转换计算，从而实现过去 ENSO 变化的定量重建。

S09-P-02S

长江中游近现代牛轭湖沉积物定年方法研究

王峰¹，贾铁飞²

1 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

2 上海师范大学地理系，上海 200234

* wf8780067@126.com

沉积物的定年方法一直是古环境演变研究关注的热点，在近代高分辨率气候变化研究中尤显突出，而近百年沉积物的高分辨率定年又是年代学研究中的重点与难点。历史记录丰富、环境事件多发，沉积速率较快的长江中游牛轭湖沉积物是突破该问题的合适的研究材料。于 2012 年 11 月，利用重力采样器，分别在长江中游荆江段的天鹅洲（TE 孔，85cm）、中洲子（ZZ-2 孔，89cm）、尺八（CB-1 孔，91cm）牛轭湖湖心钻取沉积物柱

样。三个钻孔的沉积物柱样在现场按 1cm 间隔分样, 封装后运回实验室进行短寿命放射性核素 ^{210}Pb 比活度、粒度、磁学、常量元素测试分析。通过结合史志文献资料与沉积物理化特征指示的环境事件(河/湖转换、洪水), 提出牛轭湖沉积物年代学分析的方法: 首先, 根据 ^{210}Pb 比活度变化推算平均沉积速率并初步确定沉积物年代范围分别为 TE 孔 0.88cm/a、ZZ-2 孔 1.26cm/a、CB-1 孔 1.49cm/a, 并根据粒度与磁学特征辨别出沉积中的沉积事件, 如牛轭湖裁弯取直事件、洪水事件。第二步, 根据平均沉积速率和史志记载的裁弯取直年代推算出可能的沉积层位深度, 再结合沉积物粒度和磁学特征“就近”确定河/湖转换事件层, 以此沉积层为分界, 分别校核计算河/湖转换前(河流阶段)的平均沉积速率、河/湖转换后(牛轭湖阶段)的平均沉积速率, 所得结果为 TE 孔上段 0.63cm/a、下段 1.07cm/a, ZZ-2 孔上段 0.89cm/a、下段 1.85cm/a; 最后, 根据沉积物粒度和磁学特征指示的洪水事件层、史志记载的洪水事件时间, 结合经上述“第二步”校核计算后的沉积速率, 对各事件层的深度进行再校核, 最终得出年代序列。得出年代序列后对三个钻孔中的铅元素富集状况进行对比分析, 发现三个钻孔中的铅元素富集状况与我国铅污染历史相吻合, 证明了年代序列的可靠性。该方法通过利用环境事件的二次校核, 可以得出更加“逼近”真实情况的牛轭湖沉积物定年结果, 提升利用短寿命放射性核素进行短尺度范围湖泊沉积物年代学分析的精度。

S09-P-03

华南地区的历史冷暖记载与过去 500 年冬季温度变化

郑景云¹, 刘洋^{1,2}, 郝志新¹, 张学珍¹, 马翔¹, 刘浩龙¹, 葛全胜¹

- 1 中国科学院地理科学与资源研究所, 中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101
- 2 中国科学院大学, 北京 100049

收集整理了中国历史文献中记载的华南地区霜冻灾害及冰冻灾害南界、降雪南界及日数和初、终霜冻灾害日期记录; 并结合 1951 年以来器测气温序列, 分析了各类记录与华南地区 11~2 月平均气温的相关性, 揭示其对温度变化的定量指示意义; 发现: 华南地区的霜冻灾害南界、冰冻灾害南界、降雪南界和降雪日数与 11~2 月平均气温的相关系数分别达 0.524、0.689、0.553 和 0.512, 显著水平均超过 0.01, 可较好指示该区域的温度变化; 且 24°N 以南地区(包括广东、广西、台湾中南部和海南)的最早与最晚霜冻灾害日期对华南地区温度变化亦具有指示作用。其中霜冻灾害南界、冰冻灾害南界、降雪南界向南推进 1 个纬度, 华南 11~2 月平均气温分别约低 0.23°C、0.41°C 和 0.40°C; 南岭两侧 50km 范围内的降雪日数每多(少)10 天, 华南 11~2 月平均气温约低(高)0.22°C。据此重建了过去 500 年华南地区冬季温度变化序列; 结果显示: 1500-1530 年, 华南气候寒冷, 极端冷冬多发; 随后至 1560 年前后, 气候显著回暖; 此后至 1690 年, 气温虽存在显著的年际至多年代尺度波动, 但在总体上无显著趋势变化。自 1690 年前后至 1830 年前后, 气温在波动中逐渐下降; 此后至 1920 年前后, 又在波动中逐渐上升; 其中 1795~1895 年可能是过去 500 年中最寒冷的百年。1920 年前后至 1980 年前后, 华南冬季气温无显著趋势变化, 但自 1980 年前后起, 则迅速上升。

S09-P-04S

河南东石崖洞石笋氧同位素记录与现代监测对比

赵景耀¹, Hai Cheng^{1, 2*}, 杨琰³, Christoph Spötl⁴, 谭亮成⁵

1 西安交通大学,全球变化研究院,陕西 西安 710049

2 Department of Earth Sciences, University of Minnesota, Minneapolis, MN 55455, USA

3 西南大学 地理科学学院, 重庆 400700

4 Institut für Geologie und Paläontologie, Leopold – Franzens - Universität Innsbruck, Innrain 52, 6020 Innsbruck, Austria

5 中国科学院地球环境研究所, 陕西 西安 710049
*cheng021@mail.xjtu.edu.cn

基于 ^{230}Th 测年和纹层计数两种定年方法, 并结合东石崖洞石笋 DSY1201 的 $\delta^{13}\text{C}$ 季节信号, 建立中国南北交汇带近 300 年以来平均分辨率达季节的亚洲季风变化记录。石笋 DSY1201 的 $\delta^{18}\text{O}$ 平均值为 -8.36‰ , 变化范围 $-10.62\text{‰}\sim-5.61\text{‰}$, 变化幅度 5.01‰ , 与该区洞穴监测结果对比, 该区现生碳酸钙 $\delta^{18}\text{O}$ 平均值为 -8.18‰ , 变化范围 $-10.00\text{‰}\sim-5.02\text{‰}$, 幅度 4.98‰ , 石笋与监测结果基本一致。该 $\delta^{18}\text{O}$ 序列具有明显十年际波动信号, 变幅约 3.00‰ , 主要变化在 2-3 年间快速完成, 而且此种剧烈变化信号在 $\delta^{13}\text{C}$ 序列并不显著。初步分析认为, 十年际信号, 与太阳黑子活动及由此引发的季风与环流变换有关。其次, 近现代特别是 1950 年以来, 该地区 $\delta^{18}\text{O}$ 序列呈明显阶梯状偏重趋势, 但近 10 年 (2004 至 2012 年) 来, $\delta^{18}\text{O}$ 序列又呈现出回升趋势, 回升约 3.40‰ 。另外, 对比发现, 东亚季风区石笋偏重趋势, 具有相对一致性, 但内部结构存在时间差异。

S09-P-05S

中国中部石笋记录 1997-1998 年 El Niño 事件

刘淑华, 陈琼, 周厚云*, 赵海霞

华南师范大学地理科学学院, 广州 510631

* hyzhou@gig.ac.cn

在本研究中对采自中国中部秦巴山地的一支石笋 (SI2) 进行了年代学 (包括 ^{210}Pb

和 ^{230}Th 定年) 和氧同位素组成 ($\delta^{18}\text{O}$) 分析。年代测定结果显示石笋在 2004 年采集时仍在生长, 与野外观测结果一致。SI2 的顶部具有可见纹层, 使得重建最近约 20 年年际尺度的 $\delta^{18}\text{O}$ 变化成为可能。SI2 的 $\delta^{18}\text{O}$ 记录很清晰地显示了在 1997-1998 年的 El Niño 事件中明显偏正。这一事件也在 SI2 的生长速率变化上也有反映, 对应的 SI2 生长速率明显下降。这些现象与附近气象站点记录到的降水明显减少相对应。本研究结果与附近和尚洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录了最近 100 年南方涛洞指数 (SOI) 相对应, 显示中国中部的岩溶洞穴沉积的 $\delta^{18}\text{O}$ 变化可能具有研究过去 El Niño 活动的价值。

S09-P-06S

西北地区树木径向生长机制监测研究——以寺大隆、靖远地区为例

曾巧*, 杨保, 王章勇

中国科学院寒区旱区环境与工程研究所沙漠与沙漠化重点实验室

* zengqiao712@163.com

研究高时间分辨率下的树木径向生长动态, 对掌握树木生长与环境要素之间的关系十分必要。树木径向生长仪 (dendrometer) 对树木不具有破坏性, 一旦安装, 便可持续地记录树干的径向变化, 其测量值分辨率高, 并且仪器维护方便。由于生长季早期树木径向变化主要反映了树干水分的变化, 由树木径向生长仪的记录很难准确判断树木径向生长开始的时间。微树芯 (microcoring) 方法通过对树木的周期性采样, 在完成一系列实验后能够较为准确地推断出树木径向生长开始与结束的时间, 较为真实地反映树木径向生长过程。本研究基于树木径向生长仪与微树芯方法, 对寺大隆地区的祁连圆柏以及靖远地区的油松进行径向生长机制的监测。研究

发现, 生长季早期的温度对促发树木生长起着关键性作用; 6-7 月为树木径向生长的主要月份, 7 月末-8 月初形成层停止活动, 8 月木质部细胞逐渐成熟; 较长的生长季并没有对应较多的细胞数, 相比之下较高的生长速率会带来较多的细胞数。生长季早期树木径向变化受树干水分影响, 水分变化会影响对生长季开始的判断, 尤其在干旱半干旱地区, 树木径向生长量较小, 树干水分变化容易掩盖径向生长量的变化, 因此结合微树芯方法是十分必要的。

S09-P-07S

我国季风区 5 ka B.P. 气候事件

李东^{1,2}, 谭亮成^{1,3}, 安芷生¹

- 1 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061
- 2 中国科学院大学, 北京 100049
- 3 西安交通大学 全球环境变化研究院, 西安 710054

5.0 ka B.P. 前后全球普遍经历了一次快速的降温事件, 对世界范围内很多地区的环境产生了显著的影响。本文利用公开发表的有高精度年代控制的、高分辨率石笋和湖沼沉积记录, 系统回顾了 5 ka B.P. 气候事件在我国不同地区的降雨表现。这次气候事件在我国季风区不同区域都有记录。其中在季风区北方和青藏高原地区记录的最为清楚, 体现为显著的干旱; 事件起始于 5.6-5.5 ka B.P., 在 5.0 ka B.P. 左右达到峰值, 其后快速回升。5 ka B.P. 气候事件对我国新石器文化的发展产生了重要的影响。太阳辐射减少导致的赤道辐合带南移和大西洋经向翻转流减弱导致的亚洲夏季风减弱可能驱动了此次气候事件。然而, 不同地区、特别是南方地区的不同记录在此次事件的表现形式和开始时间有所差异。云南和湖北的泥炭记录显示此次事件为突变事件, 发生于 4.7-4.9 ka B.P., 不同于其他地

质记录的渐变状态。未来还需加强在南方地区, 特别是华东地区重建涵盖 5 ka B.P. 气候事件的有绝对定年的高分辨率可靠降雨记录。进一步厘清这些记录的差异是由于不同气候代用指标和记录分辨率的不同以及测年的误差导致的, 还是对气候事件的响应存在着区域差异。

S09-P-08

近千年气候格局的环流背景: ENSO 态的不确定性分析与再重建

谭明

中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029
tanming@mail.iggcas.ac.cn

综观对近千年海洋-大气环流变化的分析及其与区域气候格局关系的结论, 各家众说纷纭, 以致矛盾重重, 给区域乃至全球气候变化认识带来很大的不确定性。另一方面, 高精度 U-Th 定年的石笋氧同位素比值($\delta^{18}\text{O}$) 序列为中晚更新世古气候研究提供了较为精确的年代框架, 其间中国作者无一例外将中国石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 作夏季风指标解释, 这种解释反映在气候学家的应用和模型中就成了降水要素。但众所周知的事实是, 所有这些记录在低频趋势变化上具有很大的共同性, 而多数序列不能被器测记录所校准, 这样就更增加了中国区域乃至全球气候研究架构的不确定性。因此, 有必要尽早厘清矛盾的由来, 并降低研究中的不确定性。

在分析证明中国季风区石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 意义的基础上, 笔者尝试提出一个新的环流代用指标: 集成中国石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 序列重建近千年热带太平洋纬向海温梯度即大尺度 ENSO 态, 进而推测现代与中世纪虽然同为暖期, 却出现了不同的环流重组, 这个推论可以得到更长的末次盛冰期以来记录的支持。换言之,

中国石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 低频趋势大区域一致的归因分析表明, ENSO 态从不同时间尺度(从年际到百年以至更长尺度)控制了中国季风区气候变化, 而其中重要的环流桥梁是西太副高, 即西太副高本身除了年际、年代际变化以外, 还具有更长时间尺度的环流模态。比如, 我们可以讨论西太副高在整个全新世即半个岁差的变化。这些讨论也许不仅仅对于古气候, 而且对于现代气候研究也不无意义。

S09-P-09

Comparing AMS ^{14}C Dating with $^{230}\text{Th}/\text{U}$ Dating of Stalagmite XY07-8 from Xinya Cave

Jun-Yun Li^{1,2}, Hong-Chun Li^{2*}, Ting-Yong Li¹, Chuan-Chou Shen²

1 School of Geographical Sciences, Southwest University of China, Chongqing

2 Department of Geosciences, Taiwan University, Taipei 106, Taiwan

*hcli1960@ntu.edu.tw

Stalagmites XY07-8(22.0 cm in length), collected from Xinya Cave (30°45'N, 109°28'E) in 2006 which is located at Xinglong Town in Fengjie County of northeast Chongqing, was dated by AMS ^{14}C in the NTUAMS Lab and by ICP-MS $^{230}\text{Th}/\text{U}$ in the High-precision Mass Spectrometry and Environment Change Lab at National Taiwan University. The ^{14}C dating results show that stalagmite XY07-8 was continuously deposited through about 24.0 ka B.P based on 21 dates and all age uncertainties are in 1σ error. All ^{14}C age data are fitted by fourth power ($R^2=0.999$) and there is 624-year ^{14}C age for the modern deposition. It is implied that initial ^{14}C age of the seepage water above

Xinya Cave could be about 600 years. This initial age may be caused by dead carbon fraction (DCF) coming from the overlying vegetation, soil organic matter (SOM), open/close system of exchange between atmospheric CO_2 and dissolved inorganic carbon (DIC) during carbonate dissolution, and other chemical and physical conditions (e.g. pH, T) when seepage water passes through bedrock, etc. The DCF was relatively constant in stalagmite XY07-8, implying a constant source of the dripping water.

Three $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dates in the depth of 0, 4.1 cm and 8.2cm with large uncertainties due to low ^{238}U (82~106 ppb), high ^{232}Th (19710~88414 ppt) contents and low ratio of $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ (from 3 to 7×10^{-6}). Other two good $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dates of XY07-8 at the depth of 14.8 cm and 21.8 cm (the corrected age is 10277 ± 94 year B.P, 22788 ± 108 year B.P, respectively) are all younger than the AMS ^{14}C dates (11895 ± 145 year B.P and 23735 ± 390 year B.P) in the same layer. However, the $^{230}\text{Th}/\text{U}$ results generally agree with the AMS ^{14}C results.

Comparing AMS ^{14}C dates with $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dates, it is concluded that $^{230}\text{Th}/\text{U}$ dating on low U and high Th samples is difficult and AMS ^{14}C dating can fill the gap. Speleothem XY07-8 has grown continuously since 24.0 ka B.P and the results combining with high resolution $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ records enable us to reconstruct paleoclimate and paleoenvironment since LGM.

S09-P-10

Holocene sea surface temperature and salinity variation in the northern South

China Sea as modulated by the Kuroshio Current intrusion

Shuhuan Du, Rong Xiang, Jianguo Liu,
Muhong Chen

Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China
Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of
Sciences, Guangzhou 510301, China

Sea surface temperature (SST) and salinity (SSS) are the most fundamental parameters of ocean dynamics. High-resolution SST and SSS records were reconstructed using the Mg/Ca ratio and $\delta^{18}\text{O}$ values of planktonic foraminifera *Globigerinoides ruber*, in the 05E306 core from the northern South China Sea (SCS) where influence by the Kuroshio Current (KC) was first noted during the last ~ 7 ka. The results are summarized in three main points: (1) The $\delta^{18}\text{O}_{\text{ruber}}$ values and Mg/Ca ratio, Mg/Ca-based SST and SSS ($\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$) in 05E306 core between 5.7 and 6.3 ka reflect obviously high temperature and salinity. In combination with the highest percentages of *Pulleniatina obliquiloculata* (37.39%) around 6 ka, this indicates that the KC strengthened during this period in the study area. (2) In the northern SCS, the Pulleniatina Minimum Event (PME) occurred between 4.6 and 2.7 ka; Mg/Ca-based SST decreased by 0.4–1.1 °C and was associated with decreasing salinity ($\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$). This suggests a weakened KC caused by the PME. (3) The KC fluctuated significantly during the Holocene as reflected by the Mg/Ca-based SST, with high SST periods corresponding to KC strengthening, and vice versa. SSS changes in the northern SCS were affected mainly affected by ocean surface circulation patterns besides the KC.

S09-P-11

过去千年典型时期（中世纪暖期-小冰期-现代温暖期）热带辐合带 (ITCZ) 变化的动力学机制

晏宏^{1*}, Wei Wei², Willie Soon³, 安芷生¹,
周卫健¹, 柳中晖⁴

1 中国科学院地球环境研究所, 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061

2 The Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven 27570, Germany

3 Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, Massachusetts 02138, USA

4 Department of Earth Sciences, University of Hong Kong, Hong Kong, China

* yanhong@ieecas.com

热带地区的降雨主要发生在一条狭窄的辐合抬升带上（学名热带辐合带:ITCZ）。热带辐合带的位置和强度控制着热带地区降雨的时空分布。同时，通过水汽供给和气压梯度力的作用，热带辐合带还会对邻近大陆的季风强度产生重要影响。在长时间尺度上（轨道-千年），研究显示热带辐合带通常会出现整体位置的南北平移，这种平移通常会导致南北半球热带地区的降雨出现相反的变化。比如，当热带辐合带整体北移的时候，北半球热带地区降雨会增加，而南半球热带地区则会减少。

虽然长时间尺度热带辐合带的变化已经得到了清楚的认识，但是在与人类社会密切相关的短时间尺度（年代-百年），热带辐合带的变化模式和机制仍然不清楚。通过对亚洲-澳大利亚季风区古降雨记录的综合分析，我们发现亚洲夏季风和澳大利亚夏季风在最近的小冰期中（约公元 1400-1850 年）相对于中世纪暖期（约公元 800-1300 年）和现代温暖

期(约 1850 年以来)出现了同步撤退的现象。这种南北半球夏季风同步撤退的情况与长时间尺度上的反向变化(热带辐合带平移导致)完全不一样。研究团队提出了一种新的术语名为‘热带辐合带收缩’(ITCZ contraction)来解释这一现象。

通过进一步分析,研究团队认为热带辐合带的收缩可能与小冰期期间太阳能量输出的减弱有关。由于陆地降温比海洋快,小冰期太阳辐射的减弱会导致陆地-海洋的热力差减弱,从而减弱海洋向陆地的水汽输送能力。西太平洋地区的特殊格局(赤道地区为海洋,南北半球为亚洲大陆和澳洲大陆)条件下,则演变为热带向南北大陆水汽输送的减弱,从而出现热带辐合带收缩的现象。研究团队利用多个气候模式的模拟结果也证实了这一现象。

S09-P-12S

过去千年地表气温变化的检测与归因

彭冬冬^{1,2}, 周天军^{1,3}, 满文敏¹

1 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室(LASG), 北京 100029

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 中国科学院气候变化研究中心, 北京 100029

*pengdd@lasg.iap.ac.cn

本文基于CESM-LME过去千年气候模拟数据,利用最优指纹法对全球陆地过去千年地表气温的变化进行检测归因研究。从全球尺度到大陆尺度,太阳活动、火山爆发、温室气体、地球轨道参数、土地利用以及全部外强迫的结果都已进行分析。结果表明,在南半球和北半球以及欧洲、南极和北极大陆,都可以检测到全强迫的影响。在南、北半球以及北半球几乎所有大陆都可以检测到太阳活动和火山爆发的影响。土地利用的影响在

北半球所有洲都可以被检测到,但在南半球只能在南美洲被检测到。地球轨道参数的影响,可以分别在北半球各个洲被检测到,但是在整个北半球大陆却不能被检测到。无论是从半球尺度还是大陆尺度来看,温室气体的影响都很难被检测到。

S09-P-13S

Measurement of Sr/Ca ratio in *Tridacna* of South China Sea: Compared research of XRF and ICP-OES methods

YanJun Mei¹, Da Shao¹, Yuhong Wang¹, Zhongkang Yang¹, Wenqing Yang¹, Yuesong Gao¹, Shangming He², Yi Zheng², Aiguo Li², Nianzhi Jiao³, Rui Zhang³, Liguang Sun^{1*}

1 Institute of Polar Environment, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui 230026, China

2 Shanghai Synchrotron Radiation Facility, Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201204, China

3 State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China

*slg@ustc.edu.cn

Two different analysis methods of high-resolution Sr/Ca ratio profiles of a modern (live-caught) and four fossil (dead-collected) *Tridacna spp.* from South China Sea were analyzed. Generally, Sr/Ca ratios in *Tridacna* are measured by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) method. It needs off-line chemical pretreatments using variable acids and considerable amounts of sample, which were time consuming. The synchrotron radiation X-ray fluorescence (SR-XRF) technique can overcome these shortcomings, which requires little sample

preparation and allows rapid in situ analysis of solid-state samples at high spatial resolution (submicron scales). Otherwise, SR-XRF is characterized by non-destructive, high sensitivity, and multi-elemental distribution. The Sr/Ca ratio profiles derived from ICP-OES had clear annual cycles, while the Sr/Ca profiles derived from SR-XRF appeared to be daily variations. The differences were likely caused by different sampling lines and sampling methods, heterogeneous distribution across the shell. But the five significance level P-values derived from reasonable statistical correlation analysis are extremely significant (<0.05). The results suggest that the high-resolution SR-XRF derived Sr/Ca ratios of *Tridacna spp.* in the South China Sea, to some extent, could provide a good replacing for ICP-OES analyses.

S09-P-14

嘉靖云南大饥荒的气候成因链分析

张会领^{1*}, 余克服^{2, 4}, 覃嘉铭³, 陶士臣², 施祺²

1 广东海洋大学海洋工程学院, 湛江 524088

2 中国科学院南海海洋研究所边缘海地质重点实验室, 广州 510301

3 中国地质科学院岩溶地质研究所岩溶动力学重点实验室, 桂林 541004

4 广西大学珊瑚礁研究中心, 南宁 530004

* zhanghuiling0375@126.com

地球气候系统是一个复杂的强迫-响应体系, 导致气候突变的各物理因子之间构成了一个相互联系, 互为因果的气候突变成因链。各气候因子之间非线性的反馈-响应机制是人们认识和预测气候突变事件的核心问题。嘉庆云南大饥荒(1815-1817a AD)一次典型的低温突变事件诱发的灾难。本文以18世纪初的

低温事件为例通过古气候记录的对比来探究此次低温突变事件的气候成因链。太阳活动和火山喷发是地球气候系统重要外部驱动因子。18世纪初适逢太阳活动的Dalton极小期和火山集中喷发期。在此强迫下, 降温是这一时期地球气候系统最重要的特征: 北半球年平均温度降低, 赤道东、西太平洋SST出现负距平, 热带太平洋海域呈现El Nino态。受此影响, Walker环流减弱, 西太平洋副热带偏南西伸加强, 热带辐合带同步偏南, 中国西南季风区呈现低温、少雨气候态, 贵州龙泉洞、董哥洞石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 偏重, 董哥洞、犀牛洞石笋年层厚度降低; 在此气候背景下, 坦博拉火山的猛烈喷发(VEI=7)引起的气候效应, 再加上云南低纬度高原的地理位置, 最终导致了嘉靖云南大饥荒的发生。

S09-P-15

青海湖沉积物生物硅记录的过去千年气候环境变化研究

刘斌^{1*}, 盛恩国², 徐海³, 蓝江湖³, 郁科科^{3,4}, 叶远达³, 周慷恩^{3,4}

1 遵义师范学院, 遵义 563002

2 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550081

3 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061

4 中国科学院大学, 北京 100049

* wenbing1215@163.com

研究近千年以来气候变化对于理解全球气候变化动力学机制, 以及预测未来气候变化具有重要意义。研究表明, 最近1000多年北半球气候经历了若干百年尺度显著变化事件, 例如中世纪异常期(Medieval Climatic Anomaly)、小冰期(Little Ice Age)、以及近代变暖时期(Current Warm Period)。其中, 中世纪异常期因其变暖程度类似于近代变暖时期, 因而得到了广泛关注, 这对于理解当

前全球气候变暖中的人为和自然贡献具有重要意义。

湖泊沉积物作为记录区域环境和气候变化的良好载体,具有连续性好、分辨率较高、包含信息丰富等特点,在晚全新世短尺度高分辨率古气候重建方面起到了重要作用。生物硅(Biogenic Silica,简称BSi)是一种来源于硅藻、放射虫和海绵骨针等硅质生物的无定形硅。湖泊沉积物生物硅积累速率主要受控于水体硅质生物(主要是硅藻等浮游植物)生产力的时空变化,而后者通常与温度、降水及其相关联的营养盐输入等因素密切相关。因此,湖泊沉积物生物硅能较好地指示湖泊古生产力变化及古气候/环境变化,在国际古湖沼学研究中倍受青睐。

本研究在良好定年基础上,综合运用生物硅、TOC、粒度等多种指标,重建了最近1000多年以来青海湖地区气候环境变化历史。结果表明,最近1000多年来青海湖地区经历了显著的百年尺度暖湿-冷干变化,其中,若干典型气候事件(如中世纪异常期、小冰期和最近100~200年气候变暖时期)在青海湖沉积物中均有良好反映。通过青海湖沉积物生物硅指标与研究区树轮、冰芯记录对比,发现生物硅指标在长尺度上(千年尺度)与二者具有一致的变化趋势,暗示生物硅指标能够反映长期温度变化趋势。

S09-P-16

不同纬度强火山喷发事件与中国冬季温度异常变化的格局对应关系

郝志新*, 郑景云, 孙迪

中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

* haozx@igsnrr.ac.cn

根据1951年以来29次强火山(VEI \geq 4)喷发年表和中国气象局国家气象信息中心提

供的格点气温数据集,归纳了不同纬度强火山喷发后中国冬季温度变化异常的格局类型;同时利用美国国家环境预测中心发布的NCEP位势高度场再分析资料和美国国家大气研究中心(NCAR)发布的CESM模式输出资料,诊断了产生各类温度异常格局的动力机制。结果显示:赤道及中低纬的强火山喷发后我国冬季降温较为显著,达1 $^{\circ}$ C以上;每一纬度带内的强火山喷发后温度格局都可以归纳为以东北为降温中心、青藏高原为升温中心的第一类温度变化格局以及与之相反的第二类温度格局,其中赤道春夏两季以及高纬春秋两季强火山喷发后我国多形成第一类温度格局。强火山喷发前后500hPa位势高度差值显示中低纬地区的强火山喷发后乌拉尔山以东为大范围正距平区域,当东亚大槽增强时东北、东中部、东南地区降温;在高纬强火山喷发后中纬度纬向环流发展,冷空气不易南下,除长江流域外,我国大范围冬季增温。同时,CESM模式全强迫实验结果显示:赤道和中低纬地区强火山喷发我国各地降温显著,500hPa槽脊系统深厚,而高纬强火山喷发后位势高度场与赤道火山基本反向,青藏高原降温。此外,赤道地区强火山喷发后槽脊系统如何驱动地面温度变化的机制在位势高度差值图上表现的不明显。

S09-P-17

石笋层厚重建云南最近300年以来秋季降水

段武辉*, 谭明

中国科学院地质与地球物理研究所 北京;

* duanwuhui@mail.iggcas.ac.cn

旱/涝是云南最频发的自然灾害,因此,了解云南历史时期降水变化,对评估未来旱涝发生的概率有一定的帮助,而石笋可以弥补当地高分辨率气候重建序列长度上的不足。

洞穴观测表明降水越多，云南仙人洞石笋沉积速率越快，同时该洞穴石笋层厚与器测记录的当地秋季降水显著正相关，说明仙人洞石笋层厚可以用来重建当地秋季降水变化历史。

精确的铀系定年结果证实仙人洞石笋 XRD-5(沉积时段为公元 1676 年至 2001 年)致密/疏松的纹层大多数为年层，但个别部位存在多年层和缺层的现象。因此，本研究通过以下标准来建立 XRD-5 的层厚序列：1、两个定年点之间的相对年代与纹层计数一致的部分，说明纹层为年层，直接量取层厚；2、两个定年点之间的相对年代小于纹层计数的，说明存在伪年层，采用总层厚除以相对年代作为该时段的平均层厚；3、两个定年点之间的相对年代大于纹层计数的，说明存在缺层现象，该时段层厚空缺。

将 XRD-5 层厚序列标准化去趋势之后，我们发现在公元 1800 年至 1850 年之间层厚远高于平均值，说明该时段当地秋季降水远大于正常年份。《云南气候变化概论》统计的 1 级和 2 级洪涝灾害在该时段共出现了 19 次，为最近 500 年云南出现洪涝次数最多的 50 年。由此可见，XRD-5 层厚能够准确记录年代际的洪涝事件。此外，我们的记录还表明在公元 1745 年，1775 年和 1860 年前后出现了较为严重的旱灾。

本研究表明，由于石笋生长过程中可能会出现伪年层或者缺层现象，因此在利用石笋层厚重建年际分辨率的古气候历史时需要通过高精度的铀系定年加以甄别。将缺层剔除和多年层层厚平均后，石笋层厚序列仍然可以用来探讨年代际的气候变化。

S09-P-18S

湛江湖光岩玛珉湖沉积物粒度记录的 2000 年来热带风暴历史

陈修康¹，姜仕军¹，旺罗²

1 暨南大学生命科学技术学院/水体富营养化与赤潮防治广东高校重点实验室，广州 510632

2 中国科学院地质与地球物理研究所，新生代地质与环境重点实验室，北京 100029

粒度是重建古风暴和季风的直接指标。对采自湖光岩玛珉湖近 3 米长的沉积柱 HML2 进行了高分辨的激光粒度分析，根据 ¹⁴C 年代框架，单个样品时间分辨率约为 3 年。根据粒度端元模型理论，沉积物是由不同来源的沉积组分混合而成，或由不同搬运机制对不同时期的动力组分进行混合而成，因此沉积物中所有时间-空间上展示的粒度分布结构都可以用数学表达式进行线性分离和解析。利用粒度端元模型分析，将湖光岩沉积物粒度分布分解为 3 个端元组分，其中颗粒最粗、分选差的端元组分 II 只可能在强风大浪的时候才能被搬运到湖底沉积，因此是指示古风暴的直接指标，据此重建了过去 2000 年以来热带风暴的演变历史。发现 2000 年以来的气候暖期和冷期均出现热带风暴，主要的盛行时期有 AD 60-720、950-1280、1480-1520、1580-1600、1660-1840 和 1932-1966，并在现代暖期、小冰期和中世纪暖期与局部和全球温度协同变化，但在黑暗年代冷期主要受局部温度变化影响。这说明，全球或区域气温升高可导致热带风暴的频次增加。此外，与亚洲季风系统比较发现，热带风暴活动与东亚夏季季风存在明显的正相关，而与东亚冬季季风和印度夏季季风成负相关。

S09-P-19

Application of a self-organizing map and canonical corresponding analysis in modern benthic foraminiferal communities: A case study from the Pearl River Estuary, China

李涛^{1,2*}, 向荣³, 李团结²

1 广州海洋地质调查局, 广州 510760

2 国家海洋局南海工程勘察中心, 广州 510300

3 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

* lukelitao80@163.com

Benthic foraminiferal assemblages were studied in 327 surface sediments collected at water depths ranging from 2 to 100 m in the Pearl River Estuary and its adjacent continental shelf. A self-organizing map (SOM) was created to display the benthic assemblages based on species abundance, with six faunal assemblages identified. The distribution pattern of the assemblages on the SOM matched that of the sampling sites. The relationship between the benthic fauna and natural environmental parameters was investigated using a canonical correspondence analysis (CCA). The CCA Axis 1 (37% of the faunal variance) was primarily related to depth ($r = 0.88$), while CCA Axis 2 (11% of the faunal variance) was related to sediment texture ($r = 0.72$). We hypothesize that the salinity gradient derived from depth, along with substrate, are the most important factors controlling the distributions of the foraminiferal assemblages. This study verifies that the SOM is efficient in classifying the foraminiferal community and that benthic foraminifera are

valuable bioindicators reflecting ecological changes over long time scales.

S10-O-01

从戈登科学前沿论坛看海洋碳汇研究动向

焦念志*

厦门大学海洋与地球学院, 厦门 361102;

* jiao@xmu.edu.cn

今年 6 月 12-17 日举行的“戈登科学前沿论坛 (Gordon Research Conferences, GRC)”上, 来自世界近 30 个国际和地区的 180 多名科学家就海洋生物泵 (biological pump, BP)、微型生物碳泵 (microbial carbon pump, MCP) 以及碳酸盐泵 (carbonate counter pump, CCP) 等海洋储碳机制及其主要调控因子 (N、Fe、Si) 进行了深入研讨, 展现了该领域的最新研究进展和未来发展趋势。例如, 分子生物学新技术研究表明微型浮游生物 (pico-, nano-plankton) 对 BP 有重要贡献; 弱光层水体中异养细菌而非浮游动物主导了呼吸作用; 沉降有机质在海洋中层水中的矿化速率在不同纬度上的变化和海洋温度的分布有极大关系, 低纬高温水层活性有机质组分快速降解, 难降解组分被输送到海洋底部, 但在高纬低温水域降解较慢, 但可以持续到很深的水层。未来全球变暖情景下 MCP 相对作用增加。今后的深入研究更趋向与时间空间尺度上 BP 和 MCP 的耦合关系、以及通过“组学”手段更深入的了解不同生物类群之间相互作用如何影响有机质在海洋中的转化。全球碳循环有各种尺度, 在冰期和间冰期旋回中, 由地外地质及理化过程的驱动。在一个相对稳定的时期里, BP、MCP 等则对气候变化的影响举足轻重。微生物驱动的甲烷产生与释放可能是地球历史时期气候剧烈变化的重要因素; 甲烷厌氧氧化除了偶联硫酸盐还原, 还可以

偶联硝酸盐还原，铁/锰还原；厌氧氧化机理的解析：古菌可以直接将电子传递给共生的硫酸盐细菌，而不需要中间电子传递载体如 H₂ 等。硫酸盐对碳循环和海洋碳泵的影响还包括生物驱动的二甲基硫效应。“戈登科学前沿论坛之海洋生地化与碳汇永久论坛”将持续通过微观与宏观结合、古今链接、多学科交叉融合，深入系统地研究海洋碳汇的形成过程、对气候变化的响应与反馈、对生态环境的影响与调控。

S10-O-02

2.5 亿年前生物大灭绝期间碳循环与微生物之间的关系及其生态效应

谢树成*, 罗根明, 殷鸿福

中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 武汉 430074

*xiecug@163.com

2.5 亿年前的二叠系-三叠系界线是地质历史上的一条重要分界线，既是古生代与中生代之间的时间分界线，也是地球气候从冰室期向温室期转变的关键时期，在该界线附近还发生了显生宙以来最大规模的生物灭绝事件，随后生物经历了漫长和复杂的复苏过程。华南越来越多的证据显示，这次生物大灭绝表现出两幕式，并伴随两幕碳同位素负偏和微生物暴发，显示了碳循环、微生物与生物危机之间的密切关系。进一步的工作发现，第二幕的生物危机可能更加严重，表现在第二幕的生物危机破坏了存在约 2 亿年之久的海洋生态系结构，导致了以非移动型动物为主的古生代型生态系结构向以移动型动物为主的现代型生态系结构的重大转变。但目前对造成第二幕如此严重的生物危机的原因还不明朗。

通过对四川广元上寺剖面的生物标志化

合物研究发现，在第二幕碳同位素负偏和动物大灭绝时，出现了大量真核微生物和原核微生物的繁盛、水体分层、海水硫化（水体富含 H₂S）等现象，这些现象正好又对应于古大气温度的升高以及随后的古海洋酸化。因此，古温度升高可能导致古海洋分层，一些微生物繁盛加剧了海洋缺氧并进一步发展为硫化。当时，生物泵加强、异养呼吸作用加强，但微型生物碳泵的作用可能减弱，导致海洋出现酸化和碳同位素的负偏。以上记录说明，微型生物碳泵作用的减弱而生物泵的加强可能对 2.5 亿年前第二幕生态系统危机产生了极其重要的影响。

S10-O-03

Modeling 400–500-kyr Pleistocene carbon isotope cyclicity through variations in the dissolved organic carbon pool

Wentao Ma*, Pinxian Wang, Jun Tian

State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji

University, Shanghai, 200092, China

* wtma@tongji.edu.cn

The carbon isotope ($\delta^{13}\text{C}$) record from the Plio-Pleistocene shows prominent 400-kyr cycles during the Pliocene. The period extends to 500 kyr in the Pleistocene after ~1.6 Ma. The aim of this study is to test the dissolved organic carbon (DOC) hypothesis, which was proposed recently to explain this 400–500-kyr cycle in deep time. We used an intermediate complexity box model which incorporates sophisticated microbial processes, dividing the oceanic carbon cycle into a rapid and a slow cycle. The modeled results showed that refractory DOC (RDOC) concentration and the $\delta^{13}\text{C}$ of

dissolved inorganic carbon (DIC) is anti-correlated with riverine nutrient input. When more nutrients enter surface ocean waters, the rapid carbon cycle is more active, and relatively less RDOC is produced. The end result causes the release of lighter $\delta^{13}\text{C}$ from the RDOC pool leading to lighter $\delta^{13}\text{C}$ of DIC. The opposite sequence occurs with the slow carbon cycle; fewer nutrients lead to a more active slow carbon cycle, producing relatively more RDOC that enriches $\delta^{13}\text{C}$ of DIC. The deep time simulations produced a one-to-one correspondence between modeled and measured $\delta^{13}\text{C}$. This study supports the hypothesis that chemical weathering-induced variations in the dissolved organic carbon pool drive the $\delta^{13}\text{C}$ 400–500-kyr cycle.

S10-O-04

Boring Billion 时期的大洋环流与海洋层结

胡永云*, 刘鹏, 刘永岗

1 北京大学物理学院大气与海洋科学系, 北京 100871

* yyhu@pku.edu.cn

地质证据表明在 18-8 亿年前的 10 亿年间, 地球上没有记录到重要的气候变化事件, 尤其是没出现过永久性的冰川, 大气中的氧气含量一直维持在比较低的值, 没有大的增长, 生命虽然有一定程度的演化, 但也比较缓慢。相对于该时期之前的第一次大氧化事件 (GOE, 约 23.5 亿到 23 亿年前) 和全球性冰封事件、之后的冰雪地球 (Snowball Earth, 7-6 亿年前) 事件, 以及更后面的寒武纪生命大爆发 (约 5.4 亿年前), 18-8 亿年前这 10 亿年在各方面都显得相对平静和单调, 因此被称为“乏味的十亿年” (Boring Billion)。这

种单调的气候和生命演化状态在地球的历史上显得比较特殊: 气候如何在长达 10 亿年的时间里维持比较温暖的状态? 维持温暖状态的温室气体含量需要多高? 如此温暖气候状态下的海洋层结是否较现代海洋层结稳定、海洋环流较弱? 是否由于海洋环流较弱导致了深层海洋处于缺氧状态? 这是我们在本项研究中希望回答的问题。

使用海气耦合气候模式 (CCSM3), 太阳常数比现在弱 10%, 采用两种重建的古地形 (一种大陆偏近高纬度, 另一种大陆偏近热带地区), 我们进行了一系列的数值模拟试验。结果发现, 当二氧化碳的含量是现在的 20 倍 (7100 ppmv) 时, 对于近赤道和近极地两种地形, 全球平均温度分别是 19°C 和 20°C , 分别比现代全球平均温度高出 4°C 和 5°C , 而且两极都没有永久性的冰川存在。在这样温暖气候状态下, 高纬地区海洋最大混合层深度可分别达到 1190m 和 1218m, 垂直混合非常强。中高纬度的经向翻转流可到达 3000 m 的深度, 强度可达到 40 Sv, 海洋表层与深海物质能量交换效率比现在气候条件下高, 除了表层海洋, 海洋层结稳定性与现代海洋层结稳定性相当。当 CO_2 含量分别是现在的 10 倍 (3550 ppmv)、5 倍 (1775 ppmv)、2.5 倍 (887.5 ppmv) 时, 全球平均气温分别为 16°C 、 13°C 、 2°C 。这些结果表明, 1) 只有当 CO_2 浓度接近于现在的 20 倍时, 两极才不可能有永久性的冰川存在; 2) 即使 Boring Billion 时期气候较现在温暖, 但海洋层结并不比现在更稳定, 模拟的温盐环流强度甚至较现在的更强; 3) 深层海洋缺氧并不是由于动力原因造成的, 很可能与当时大气氧含量较低有关。我们现在还无法回答为什么 CO_2

浓度能够在如此长时期内维持这么高的浓度。

S10-O-05

埃迪卡拉纪极端碳同位素负偏事件与海洋时空氧化：来自硫同位素的证据

石炜 李超*

中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 武汉 430074

* chaoli@cug.edu.cn

晚新元古代全球大冰期之后的埃迪卡拉纪(635-541Ma)不仅是动物诞生的时代,而且记录了地质历史时期已知最大碳同位素负偏事件(低至-15‰)。目前,对于这一极端碳同位素负偏事件解释的一个重要假说是埃迪卡拉纪古海洋中存在一个大型溶解有机碳(DOC)库,随着埃迪卡拉纪古海洋的逐步氧化,这一大型DOC库也逐步氧化,释放出的同位素较轻的CO₂导致了这一强烈无机碳同位素负漂事件。如果这一假说正确,则古海洋应该从浅及深从始到终逐步出现重要氧化。为验证大溶解有机碳库假说和深入理解这一时期古海洋氧化特征及其与这一时期早期动物演化之间的关系,我们选择了华南樟村坪(内陆架)、九龙湾(内陆盆地)和四都坪(上斜坡)三条不同水深剖面陡山沱组极端碳同位素负偏及之前地层为研究对象,展开了高精度的硫同位素地球化学研究。依据前人对这一极端碳同位素负偏四个阶段(负偏开始前、负偏开始期、负偏持续期和负偏结束期)的对比划分和各剖面硫同位素变化特征,本文进一步定量模拟了各个剖面的海水硫酸盐含量。研究表明:从负偏开始前至负偏结束,海洋硫酸盐含量整体上经历了一次由低到高再降低的过程,并与 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 的整体波动耦合。在空间上,浅水-深水剖面的黄铁矿硫同位素组成($\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$)及其与碳酸盐晶格硫酸盐硫同

位素组成($\delta^{34}\text{S}_{\text{CAS}}$)之差($\Delta^{34}\text{S}_{\text{CAS-py}}$)虽然变化趋势相似,但波动幅度不一样,表明古海洋存在硫酸盐浓度梯度和空间差异性现象。定量模拟表明:在负偏开始前古海洋硫酸盐含量整体较低,浅水<1.4 mM而深海<0.2 mM,在负偏持续期在近岸地区(15.8 mM)已超过现代海水(28mM)的一半,而深海硫酸盐最大含量为4.5mM。以上研究表明在埃迪卡拉纪碳同位素组成出现强烈负偏时期,华南古海洋的确出现了重要的氧化,这一结论支持了大溶解有机碳库氧化假说。然而我们的数据也表明这次事件应该是一次区域性短暂的海洋氧化事件,古海洋特别是深部海洋并未彻底氧化。这一结果不仅与目前已有研究表明的这一时期大气-海洋整体氧化程度仍旧很低相符,而且支持早期动物的演化并不需要大气与海洋彻底氧化的假说。

S10-O-06

埃迪卡拉纪极端碳同位素负漂事件与海洋溶解有机碳库的氧化：来自古温度的证据

常标^{1,2}, 罗根明³, 黄俊华^{2*}, 李超^{1*}

1 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室, 武汉 430074

2 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 武汉 430074

3 中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074

* jhhuang@cug.edu.cn, chaoli@cug.edu.cn

晚新元古代全球大冰期之后的埃迪卡拉纪碳同位素记录有两个异常特征:(1)沉积碳酸盐碳同位素组成出现了强烈负漂(可达-15‰),其幅度范围远超地幔起源碳的同位素组成(-6~-7‰);(2)沉积有机碳同位素组成与碳酸盐碳同位素组成未出现同步变化。这两个特征都不符合稳态碳循环的基本特征。目前,对于这种非稳态碳同位素记录解释的一

一个重要假说是埃迪卡拉纪古海洋中存在一个大型溶解有机碳(DOC)库, 这一大型 DOC 库的氧化释放出的同位素较轻的 CO_2 导致了这一强烈无机碳同位素负漂移事件, 同时这一大型 DOC 库的存在也阻止了沉积有机质与碳酸盐碳同位素组成的同步变化 (e.g., Rothman et al., 2003, Fike et al., 2006, Swanson-Hysell et al., 2010)。然而, 尽管大溶解有机碳库假说能够较好地解释这些异常的碳同位素记录, 但是由于缺乏除碳同位素记录以外的独立证据, 因而这一假说也受到广泛的质疑和挑战 (e.g., Knauth and Kennedy, 2009; Derry et al., 2010; Schrag et al., 2013)。如果大 DOC 库假说正确, 那么我们理论上应该看到在 DOC 库氧化的同时, 埃迪卡拉纪地球表层温度应该升高; 相反, DOC 库积累时期, 埃迪卡拉纪地球表层温度应该降低。因此, 弄清埃迪卡拉纪地球表层温度与这一时期碳同位素记录之间的对应关系, 对于验证大溶解有机碳库假说, 进而对探讨埃迪卡拉纪极端碳同位素负漂事件的起源具有重要意义。

本研究中我们采用一个全新的温度代用指标——二元同位素温度计 (clumped isotope thermometer) Δ_{47} (指 CO_2 中质量数为 47 的 $^{13}\text{C}^{18}\text{O}^{16}\text{O}$ 丰度与其在随机分布状态下的差值)。通过分析我国华南保存良好的埃迪卡拉纪陡山沱组碳酸岩样品的 Δ_{47} 记录, 我们重建了埃迪卡拉纪无机碳同位素出现强烈负漂移及之前 (~635-551Ma) 的古海洋表层海水的温度变化。我们结果表明: 古海洋表层海水温度波动范围在 30-68°C。进一步, 与无机碳同位素记录的对比表明: 当无机碳同位素记录出现负漂时古海洋表层海水温度升高 (最低 50°C, 最高 68°C, 平均温度 55°C), 而当无机碳同位素记录未出现负漂时古海洋表层海水温度则较低 (最低 30°C, 最高 56°C, 平均温度 43°C)。这一结果符合大溶解有机碳库

假说的预期, 也符合已知的埃迪卡拉纪中期 Gaskiers 冰期 (~580 Ma) 的出现, 因而我们的研究为大溶解有机碳库假说提供了独立的地质证据。我们结果也表明古海洋碳汇, 特别是 DOC 库演化重要影响了地球气候的变化。

S10-O-07

广西来宾蓬莱滩 GSSP 剖面 G-L 界线草莓状黄铁矿微晶粒径特征及其氧化还原条件的厘定

韦雪梅*, 韦恒叶

东华理工大学地球科学学院, 江西南昌, 330013

* weixuemei2015@163.com

在瓜德鲁普统末期发生了一次大规模生物灭绝事件, 多类生物均遭受重创。关于此次生物灭绝事件成因, 有学者认为海洋缺氧是主要的直接原因之一, 但瓜德鲁普统一乐平统 (G-L) 过渡时期海洋的氧化还原条件的研究开展得较少, 缺少直接证据证明海洋缺氧和瓜德鲁普统末期生物灭绝的关系。草莓状黄铁矿粒径是指示沉积水体氧化还原条件的少数可靠的指标之一, 并已经得到了广泛的应用, 但尚未见有从微晶粒径大小来研究氧化还原意义的报道。由于微晶粒径大小与草莓状黄铁矿粒径大小反映沉积水体的氧化还原状态的原理一样, 其粒径大小都是与在氧化还原界面附近停留的时间长短有关: 时间越长, 粒径越大, 反之亦然。因此, 草莓微晶粒径大小同样也应该可以作为沉积水体的氧化还原的新指标。本文通过研究测量蓬莱滩剖面卡匹敦阶茅口组和吴家坪阶合山组下部如任何后期变化草莓状黄铁矿微晶粒径, 利用盒须图统计分析微晶粒径特征, 并与草莓状黄铁矿粒径所反映的氧化还原意义进行对比。研究结果表明蓬莱滩剖面茅口组和合山组微晶粒径最小值为 0.1 μm , 最大值为 3.3

μm , 多数分布在 0.4 至 1.2 μm 之间。草莓状黄铁矿粒径越大, 微晶的粒径越大, 两者之间存在良好的相关性 ($R^2=0.66$)。一般来说草莓状黄铁矿粒径是其内部微晶粒径的 10 倍。缺氧至硫化环境下草莓状黄铁矿微晶粒径平均值小于 0.67 μm , 氧化至贫氧环境中微晶粒径一般大于 0.86 μm 。反之, 利用草莓状黄铁矿微晶粒径的大小可以指示沉积水体的氧化还原条件。

S10-O-08

边缘海中溶解有机碳的生产和碳在不同形态之间的分配

戴民汉, 吴凯, 孟菲菲, 林建荣

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室

边缘海在海洋碳循环中扮演着重要的角色, 它连接陆地、海洋和大气碳库。全球河流每年输入至边缘海的溶解有机碳(DOC)通量约为~0.20 Pg C。此外, 由于河流和上升流携带大量的营养盐至边缘海, 边缘海往往呈现较高的生产力。研究显示边缘海 DOC 的净生产量达到~0.38 Pg C yr^{-1} , 占到新生产力的 20%。

在 2008 年 6-7 月, 我们调查了南海北部陆架区 DOC 的生产及新生产力在不同形态有机碳的分配情况。夏季, 南海北部陆架区主要受到珠江冲淡水和沿岸上升流的共同影响。为了了解冲淡水和上升流过程中 DOC 的动态变化过程, 本航次设计了两个重复观测航段。DOC 的分布受到珠江冲淡水和沿岸上升流的共同影响, 珠江冲淡水影响区域浓度较高, 而受上升流影响的近岸区域浓度较低。叶绿素和颗粒有机碳(POC)浓度在冲淡水和上升流影响区域较高, 说明输入的营养盐促进了浮游植物的生长和初级生产力。尽管航次中 DOC 的分布主要受物理过程调制, 我们仍可以观察到 DOC 生产的信号。为了估算冲淡水

和上升流中 DOC 的产率, 我们采用了三端元混合模型计算出由于水团保守混合下的 DOC 浓度, 其与现场观测 DOC 浓度的差值可以反应 DOC 的净生产情况。我们估算出冲淡水和上升流影响区域中 DOC 的净产率分别为 7.1 ± 7.0 和 $11.5\pm 6.9 \text{ mmol C m}^{-2}\text{d}^{-1}$ 。在冲淡水向外陆架输运的过程中, DOC 的生产逐渐增加; 而在沿岸上升流的输运过程中, 同时存在 DOC 的生产和消耗。航次中, DOC 的净生产与颗粒有机碳(POC)的浓度均与溶解无机碳和溶解无机营养盐的净消耗存在显著的正相关关系, 说明 DOC 与 POC 的生产与净群落生产力(Net community production, NCP)具有十分紧密的耦合关系。我们估算出 DOC 和 POC 的净生产在冲淡水中占到 NCP 的 19-27%和 14-18%, 而在上升流中占到 NCP 的 24-26%和 27%。通过质量守恒, 我们计算出冲淡水和上升流中大部分净生产的有机碳 (60-63%和 59%), 主要通过颗粒有机物的沉降、溶解有机碳的扩散和水平运输等过程被移除出水体。

S10-O-09

我国边缘海沉积有机质来源、年龄及其碳汇意义

赵美训^{1,2*}, 于蒙^{1,2}, 丁杨^{1,2}, Bao Rui, Timothy Eglinton

1 中国海洋大学 海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 青岛 266100

2 中国海洋大学 海洋有机地球化学研究所, 青岛 266100

*maxzhao@ouc.edu.cn

中国边缘海(渤海, 黄海, 东海, 不包括南海), 是陆源和海源有机质的重要碳汇, 而海沉积有机质的来源和分布在过去 60 年受到快速气候变化及人类活动的影响。总有机质指标和生物标志物的结果显示, 我国边缘海表层沉积物中陆源有机质高值集中在近岸

尤其是河口附近, 例如黄河口, 老黄河口及长江口; 海源有机质在陆架海盆处有高值, 受控于海洋生产力和沉积环境。总有机质和生物标志物 14C 含量测定则显示, 近岸表层沉积物有机质年龄高达 7000 年。利用多参数指标结合二端元或三端元混合模型对我国边缘海表层沉积物中不同来源和不同年龄有机质的贡献比例估算的结果显示, 我国边缘海的有机碳埋藏量约 13Mt/y 占全球边缘海沉积物有机质埋藏量 (~138Mt/y) 的~10%, 其中陆源有机质的碳埋藏量(4.5Mt/y)占全球边缘海沉积物陆源有机质埋藏量的~8%。若假定非现代有机质(陈化土壤有机质和古老有机质)主要是陆源物质, 则中国边缘海非现代有机质的埋藏量为 ~6 Mt/y, 占我国边缘海总有机质埋藏量的~46%, 与全球边缘海沉积物中陆源有机质的平均比例(44%)相当。这些表明我国边缘海在全球海洋碳循环中具有重要地位, 是现代和千年尺度重要碳汇。

S10-O-10

南海珊瑚礁区的碳循环研究

余克服^{1,2}, 严宏强³, 陶士臣³, 许莉佳³

1 广西大学珊瑚礁研究中心, 广西南宁 530004

2 广西大学海洋学院, 广西南宁 530004

3 中国科学院南海海洋研究所

珊瑚礁区是海洋中最主要的碳酸盐生产区, 其碳酸盐年产率达到全球海洋的 7-15%。因为高生产力水平、高 CaCO₃ 生产量、快速变化的生态特征和复杂的理化环境, 珊瑚礁区的碳循环过程虽然一直倍受关注, 但关于现代珊瑚礁究竟是大气 CO₂ 的“源”或“汇”的认识却一直存在较大的争议。南海珊瑚礁分布广泛, 我们对南海珊瑚礁的 3 种主要类型(岸礁、环礁、台礁)开展了夏季珊瑚礁区海-气 pCO₂ 的连续观测研究, 得出南海珊瑚礁夏季为大气 CO₂ 源的结论; 进一步针对海

南鹿回头岸礁进行了不同季节的现场观测研究, 发现鹿回头岸礁不同季节海-气 CO₂ 交换过程存在明显的季节差异, 生物代谢的季节变化是导致差异的主要因素, 海水温度和水动力的差异也对海-气 CO₂ 的季节性变化产生影响。海-气 CO₂ 通量的结果则显示, 不同季节鹿回头岸礁均表现为大气 CO₂ 的源, 生产力水平最高的夏季其“源”的作用最强。珊瑚是珊瑚礁区最主要的造礁生物, 其体内共生的虫黄藻密度和光合作用效率也显示出了明显的季节性, 珊瑚骨骼的钙化率和珊瑚礁碳酸钙的年产量也显示出阶段性分布的特征, 初步估计南海每年的 CaCO₃ 产量为 2.14 × 10¹⁰ kg。

S10-O-11

海洋吸收人类排放二氧化碳的能力会达到饱和吗?

翟惟东^{1*}, 赵化德²

1 山东大学海洋研究院, 济南 250100

2 国家海洋环境监测中心, 大连 116023

* wdzhai@126.com

海洋吸收了自工业革命以来人类因化石燃料使用和水泥生产所排放 CO₂ 的大约 41%, 对缓解大气 CO₂ 升高和全球变暖起到重大作用。然而, 一些研究结果表明, 海洋吸收大气中人为 CO₂ 的效率已经下降。显然, 如果海洋吸收人为 CO₂ 的能力趋于饱和的话, 全球碳循环的格局将发生重大改变, 进而威胁人类赖以生存的基本条件。因此, 这一问题理所当然地引起科学家们的高度关注。

海洋之所以能够大量吸收人为 CO₂, 主要由于温盐环流、生物活动, 以及上层海水的化学缓冲等机制。本研究根据覆盖全球大洋主要海区的表层碳酸盐体系数据集, 假设大洋环流和碱度分布在过去几十年都是稳定的, 从而计算出大洋上层海水单纯由于海-气

平衡而积累人为 CO₂ 的速率。结果表明, 大洋上层海水在 2000 年前后响应大气 CO₂ 升高而积累人为 CO₂ 的十年平均速率为 $0.40 \times 10^{15} \text{ g C year}^{-1}$, 占同期人类排放 CO₂ 量的 5.6%, 略低于之前根据少量数据估算的比例 (~8%)。过去 50 年中, 由于大气 CO₂ 加速升高, 通过这一机制储存人为 CO₂ 的速率提高了 46%, 然而, 如果换算到单位大气 CO₂ 升高, 则海表通过化学缓冲机制从大气移除人为 CO₂ 的效能在这 50 年中下降了 16%。本研究还显示, 当前人为 CO₂ 持续高强度排放造成海水化学缓冲物质迅速消耗, 海表碳酸盐体系吸收人为 CO₂ 的效能与工业革命前相比已损失 31%, 预计到本世纪末, 海表通过化学缓冲机制调节大气 CO₂ 的效能将进一步下降 55%, 接近枯竭。

本研究是高度理想化的, 然而与当前科学界热议的“海洋酸化”问题本质上是一致的, 并且所预测的人为 CO₂ 积累速率可与位于大洋的若干长期时间序列观测站的实测结果相比拟, 其基本结果可供学界参考。由于各种生命活动的进行都需要一定的化学缓冲环境, 因而这种海表化学缓冲容量的改变应该成为海洋生物泵和海洋微生物碳泵研究过程中需要考虑的一个因素。

S10-O-12

南海北部陆坡天然气水合物区海水甲烷含量分布特征及其影响因素探讨

梁前勇^{1,2*}, 赵静^{1,2}, 夏真^{1,2}, 杨胜雄^{1,2}, 梁金强^{1,2}, 陆敬安^{1,2}

1 国土资源部 海底矿产资源重点实验室, 广东 广州 510760

2 中国地质调查局 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760

* author@163.com

2011 年-2015 年对东沙和神狐水合物钻探区进行了连续 5 年 7 个航次的海上调查工作, 获取了大量研究区海水水文、水化学及溶解甲烷含量数据, 为天然气水合物勘查与试采环境评价提供了良好的基础数据及采前环境基线。调查期间, 研究区海水甲烷含量范围为 0~31.4 nmol/L, 平均含量为 6.7 nmol/L, 高于全球平均海水甲烷含量, 表明南海海水甲烷含量本底值高于全球平均水平; 研究区海水溶解甲烷含量及其分布特征不受区域海水水文特征、海水化学特征及季节等因素影响, 且表层海水-大气甲烷交换并非单一的汇或者源的关系, 而是根据时间的不同, 海水-大气甲烷交换存在汇源转换; 综合调查结果表明, 研究区甲烷渗漏对海水、大气甲烷含量没有明显影响, 且水合物钻探对区域环境没有明显的影响。

S10-O-13

Ecological Characteristics and Biogeochemical Functions of Marine Particle- and Surface-Associated Microbiota

Hongyue Dang*

State Key Laboratory of Marine Environmental Sciences, Xiamen University, Xiamen 361102

* DangHY@xmu.edu.cn

Surface colonization and subsequent biofilm formation and development support critical ecological and biogeochemical functions in the changing marine environment. The processes and mechanisms of colonization as well as key players among the particle- and surface-associated microbiota have been studied for several decades. Accumulating evidence indicates that specific cell-surface, cell-cell, and interpopulation interactions shape the

composition, structure, spatiotemporal dynamics, and functions of surface-associated microbial communities. Several key microbial processes and mechanisms, including (1) surface, population, and community sensing and signaling, (2) intraspecies and interspecies communication and interaction, and (3) the regulatory balance between cooperation and competition, have been identified as critical for the microbial surface association lifestyle. In this review, recent progress in the study of marine microbial surface colonization and biofilm development is synthesized and discussed, including,

(1) Marine particle- and surface-associated microbiota usually possess unique species composition, ecological processes and biogeochemical functions, which are generally different from their free-living counterparts. Particle- and surface-associated microbiota play important roles in nutrient regeneration, bioactive element (such as C, N, P, S and Fe) cycling, environmental pollutant biodegradation, and the flows of matter, energy and genetic information in marine food webs.

(2) The formation and development of surface-associated marine microbial communities generally follow successional patterns, in which certain marine microorganisms such as the *Roseobacter* clade bacteria are usually the early-stage pioneer colonizers, particularly in coastal waters. Complex interactions such as cooperation and competition are prevalent among surface-associated microorganisms, laying the foundation for the establishment of compositional diversity and functional

processes of the marine surface-associated microbiota.

(3) Surface-associated microbiota influence, via microbial respiration, the biodegradation of marine particulate organic matter (POM), and thus the remineralization depth of sinking POM, carbon sequestration efficiency of the biological pump, and ocean's modulation capacity of atmospheric CO₂ concentration and climate change. Furthermore, surface-associated microbiota prompt the regeneration of nutrients through POM biodegradation, thus enhance photosynthetic CO₂ fixation in the euphotic zone and chemolithoautotrophic CO₂ fixation in the twilight and aphotic zones. Therefore, particle- and surface-associated microorganisms play important roles in the modulation of global climate change and the ocean's environmental change.

S10-O-14

大型海藻龙须菜规模栽培的碳汇潜力及其环境修复效应

杨宇峰^{1*}, 邹定辉²

1 暨南大学生命科学技术学院

2 华南理工大学环境与能源学院

tyyf@jnu.edu.cn

海洋覆盖地球表面的 71%，是地球上最重要的“碳汇”聚集地。据测算，地球上每年使用化石燃料所产生的 CO₂ 约 13% 为陆地植被吸收，35% 为海洋所吸收，其余部分暂留存于大气中。当前气候变化讨论的焦点是减排、低碳，很大程度上忽视了海洋“碳汇”的重要作用。地球上约 93%（40 万亿吨）的 CO₂ 储存在海洋中，并在海洋中循环。值得一提的是，在覆盖不到海床 0.5% 的近海生态系统，

捕获和储存了海洋中碳的 70%，是非常引人注目的“蓝色碳汇”（蓝碳）。在近海环境中，大型海藻规模栽培作为高效碳汇的优选模式之一，是增强海洋碳汇的重要途径。2012 年，我国大型海藻栽培产量为 176 万吨（干重），换算为固碳量为 48 万吨/年。在规模栽培的大型海藻中，龙须菜具有非常重要的生态环境意义。龙须菜在生长过程中，与其它生物类群及 C、N、P 等生源要素相互影响，发生着复杂的生物地球化学过程。龙须菜在增加碳汇、降低 N、P 营养负荷、提高水体溶氧、控制有害藻华、维持海水养殖生态系统健康方面具有很重要的作用。龙须菜规模栽培是不可忽视的海洋“蓝碳”行动，其优势表现为：（1）龙须菜栽培技术相对简单，但发展态势迅速。龙须菜规模栽培虽然只有 10 多年的历史，但栽培产量已跃居全国海藻栽培种类中的第二位（海带产量第一）；（2）龙须菜栽培与其它大型海藻比较，规模栽培成本与风险较小，易于推广；（3）收获的龙须菜可生产琼胶、作为食品原料和动物饲料，具有良好的经济效益。综上所述，龙须菜是值得推崇的“蓝碳”生态环境材料，龙须菜规模栽培是增加碳汇和近海环境修复的重要生态对策。

S10-O-15

海洋浮游植物与异养细菌互作关系及其对碳的微食物环传递的调控作用

张永雨^{*}，唐丽丽

中国科学院青岛生物能源与过程研究所，青岛
266101

^{*} zhangyy@qibebt.ac.cn

海洋中浮游植物和异养细菌是海洋生物固碳/储碳功能的重要驱动者。浮游植物光合作用构成了“生物泵”固碳的基础。异养细菌等微生物代谢释放惰性有机碳成为“微型

生物碳泵”储碳的核心。自然环境中浮游植物和细菌密不可分，将“生物泵”与“微型生物碳泵”过程融为一体。浮游植物与异养细菌之间的互作关系错综复杂，包含共生、竞争、抑制或致死、信号通讯、基因转移等。浮游植物与细菌是海洋中丰度最高的生物有机体之一，它们之间的相互作用是驱动海洋中碳的食物网传递和生物地球化学循环的重要因素。

以往关于浮游植物与异养细菌关系的研究大多集中于甲藻、硅藻等赤潮藻与溶藻细菌等，由于微生物在赤潮消亡过程中可能发挥重要作用，“以菌治藻”被认为是一种较有潜力的赤潮治理的生物方式，并受到人们关注。然而目前对细胞体积与异养细菌相似，且在海洋中广泛而大量存在的聚球藻和原绿球藻等原核浮游植物与异养细菌的关系却极少了解。

本文中已两株聚球藻(*Synechococcus* sp. PCC7002 与 CCMP1334)为例，在实验室内构建了两株聚球藻的藻菌互作体系，发现高密度的聚球藻在自然海水菌群的影响下，可快速形成藻菌聚集体沉淀，并引起藻类死亡裂解。由于不同藻类生长过程中释放的 DOC 成分的不同以及其他未知原因，使得不同藻类裂解液中的菌群结构呈现出一定的宿主特异性特征。另外，虽然整个菌群的协同效应引起藻类聚集沉淀和死亡，然而其中真正起到抑制藻类生长作用的仅占 57%左右，近 7%的细菌又能显著促进聚球藻的生长，证明聚球藻与异养细菌间存在复杂的互作关系。同时发现聚球藻生长或释放过程中释放的 DOC 活性较高，能够快速被细菌等吸收利用，从而实现碳元素从浮游植物到异养细菌生物量的传递。浮游植物与异养细菌相互关系在海洋微食物环碳传递或分馏过程中起着重要的调控作用。

S10-O-16

海洋超微型浮游生物的大尺度分布及其固碳潜力研究

梁彦韬^{1*}, 张永雨¹, 焦念志²

1 中国科学院青岛生物能源与过程研究所, 青岛 266101;

2 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361102

* liangyt@qibebt.ac.cn

超微型浮游生物是海洋中丰度最高的生命体, 在海洋生物地球化学循环中具有重要作用。研究超微型浮游生物的分布特征及调控机制是微生物海洋学的基础研究内容之一。目前为止, 仍缺乏在环球尺度上对包括浮游病毒在内的海洋超微型浮游生物各类群的同步研究。作者利用流式细胞技术对覆盖太平洋、大西洋、印度洋、南大洋、南海、黄东海、渤海等海域海洋超微型浮游生物丰度的大尺度分布规律进行了研究。结果表面: 海洋上层浮游病毒、异养细菌、聚球藻、超微型真核藻类的在高叶绿素浓度的近海和大洋上升流区域丰度较高; 近海聚球藻春季出现低值, 推测可能受到异养细菌生长的竞争抑制; 海洋上层 (0-200 m) 和 中层 (200-1000 m) 浮游病毒丰度的变化主要受到自养、异养宿主丰度的影响; 深海 (>1000 m) 浮游病毒丰度变化不大, 其变化主要与非生物环境参数显著相关。

海洋超微型浮游植物对寡营养海区净初级生产力贡献超过 50%, 目前常用的初级生产力模型对超微型浮游植物净初级生产力的计算存在缺陷。作者利用基于生物量的初级生产力模型 (Carbon-based production model, CbPM) 实现了近海超微型浮游植物净初级生产力的估算, 并以渤海为示例, 估算了渤海春夏秋冬四个季节超微型浮游植物的净初级生产力。

S10-O-17

珠江口异养浮游古菌 MGII 的勃发及机制探究

谢伟¹, Senthil K. Murugapiran², Jeremy A. Dodsworth², 陈松泽¹, 罗海伟³, 孙颖³, Brian P. Hedlund², 王鹏¹, 方华英⁴, 邓明华⁴, 张传伦^{1*}

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 University of Nevada, Las Vegas, Nevada, 89154, USA

3 香港中文大学生命科学学院, 香港 999077

4 北京大学数学科学学院, 北京 100080

* archaeazhang_1@tongji.edu.cn

海洋浮游古菌主要分为自养类群 Marine Group I 和异养类群 Marine Group II。二者广泛分布于不同的海洋环境, 但后者在海洋有机碳循环过程中所起的作用明显低于人们对前者的了解。我们通过对在珠江口区域不同盐度站点的连续一年的观测发现, 在半咸水区域存在 MGII 持续勃发的现象。进一步对影响其勃发机制的探究发现, MGII16S rRNA 的量与该区域藻类的 23S rDNA 量存在很好的正相关, 表明其勃发与该区域营样盐输入带来的藻类生长有密切的关系。进一步研究发现, 不同的藻类组成与 MGII 相关系数和指数均不同。在以淡水种蓝细菌主导的环境下, MGII 与藻类的相关系数与指数均较小, 而硅藻、绿藻、隐藻、蓝藻混合分布的环境下, MGII 与藻类的相关系数和指数均最高, 表明 MGII 对不同藻类基质利用的差异性。除了藻类生长之外, 盐度、温度等因素对 MGII 的生长与分布均表现出一定的影响。同时, 我们通过生物信息学方法, 从该区域样品中宏基因组序列中分离得到一个完整度为 95%MGIIa 的基因组, 其进化位置与上述 MGII 季节性调查样品中丰度最高的 MGII 聚在一起, 表明该 MGIIa 有着对珠江口环境的

特殊适应性。该基因组与之前发现的 MGII 基因组相比有一个可以高效转运磷酸基团的转运蛋白 *pst* (high affinity phosphate transporter) 基因簇。*pst* 基因簇被认为是对低浓度磷酸盐环境适应性的重要基因之一，其进化位置与细菌聚为一簇，表明该基因可能是通过 MGII 基因水平转移获得。尽管该基因组还有其他的优势基因，考虑到珠江口的 P 限制环境特征，该基因的获得可能是其在珠江口勃发的重要原因之一。

S10-P-01

Marine Primary Producers under Global Change Stressors

Kunshan GAO

State Key Laboratory of Marine Environment Sciences
(Xiamen University)
ksgao@xmu.edu.cn

The oceans are taking up over one million tons of CO₂ per hr, but, have been acidified by 30% since the industrial revolution, and will be further acidified by 150% (pH drop to 7.8, IPCC A1F1 scenario) by the end of this century. Typical chemical changes associated with the ocean acidification (OA) are increased concentrations of pCO₂, H⁺ and HCO₃⁻ and decreased concentration of CO₃²⁻ and CaCO₃ saturation state, with different extents in different regions or waters. On the other hand, decreasing thickness of upper mixing layer, caused by global warming, leads to increased exposures of phytoplankton cells to UV radiation. Marine photosynthetic and heterotrophic organisms are being affected by the global ocean changes (Riebesell and Gattuso 2015)

When exposed to CO₂ concentrations

projected for the end of this century, natural phytoplankton assemblages in the upper surface layer of the South China Sea (SCS) responded with decreased photosynthetic carbon fixation and increased non-photochemical quenching (NPQ). The community composition of these experimental phytoplankton assemblages shifted away from diatoms, the dominant phytoplankton group encountered during our field campaigns. When diatom species were grown at different CO₂ concentrations under varying levels (5-100%) of solar radiation, above 22-36% of incident surface solar radiation, corresponding to 26-39 m depths in the SCS, growth rates in the high CO₂-grown cells were inversely related to light levels, and exhibited reduced thresholds at which PAR becomes excessive, leading to higher NPQ. In addition, photorespiration and mitochondrial respiratory carbon loss were also enhanced. Future ocean warming will cause a shoaling of upper mixed layer depths, exposing phytoplankton to increased mean light intensities. This, in combination with rising CO₂ levels, may cause a widespread decline in marine primary production (Gao et al. 2012).

Additionally, based on the data obtained from micro- and mesocosm experiments, OA has been shown to increase contents of phenolic compounds in phytoplankton and in zooplankton assemblages fed with OA-grown phytoplankton cells. The observed accumulation of the toxic phenolic compounds in primary and secondary producers can have profound consequences for marine ecosystem and seafood quality, with a possibility that fisheries industries could be influenced due to

progressive ocean changes (Jin et al. 2015).

While UV irradiances, depending the incident levels, can lead to inhibitive, neutral or stimulating effects on marine photosynthesis, combined effects of UV and OA treatment resulted in inhibition of calcification rates and that of photosynthesis, respectively, in calcifying algae. These results, also supported from shipboard experiments in the South China Sea, imply that calcifying algae may suffer from more damages caused by UVB when they calcify less and less with progressing ocean acidification (Xu and Gao 2015).

S10-P-02

A review on chromatographic methods based on different liquid chromatography columns

Hui Li, Fengfeng Zheng, Yufei Chen, Chuanlun Zhang

State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, China

lihuilh@tongji.edu.cn

Archaeal and bacterial glycerol dialkyl glycerol tetraethers (GDGTs) are widespread in marine and terrestrial environments, which provide important information on the biogeochemistry and climate change in modern and ancient environments. Protocols utilizing high performance liquid chromatography–mass spectrometry (HPLC-MS) for direct analysis of GDGTs have facilitated the identification and quantification of these compounds. However, traditional LC-MS methods with a cyano (CN) chromatographic column gave unideal results, such as incomplete separation of the

components from their derivatives or co-elution with isomers having different rings or methyl positions, which affect the accuracy of integration and cause analytical uncertainties. Improved LC-MS methods, hence, have been developed by using two or four chromatography columns, which could separate GDGT isomers substantially well and allow detection of novel isomers. Chromatographic resolutions of critical pairs in the GDGT chromatography via different methods have been compared. It has been demonstrated that the resolution is generally lower with the use of four silica columns compared with that of two silica columns in series, and much higher than two BEH HILIC amide columns in tandem. Both methods showed considerable chromatographic improvement relative to the conventional protocol with a CN column. Further improvements in separation can be expected by greater column length and smaller particle sizes of packing materials.

S10-P-03S

Contrasting community structures of planktonic methanogens with changing salinity in the Pearl River Estuary: Implication for functional variation in methane production

Songze Chen, Peng Wang, Wei Xie, Chuanlun Zhang

State Key Laboratory of Marine Geology (Tongji University)

songzechen@gmail.com

Methane, one of the principal greenhouse

gases, plays an important role in carbon cycle and climate change. Increasing anthropogenic activities in estuaries have resulted in high rate of biological methane production in the river mouth. However, the community structure of methanogens remains poorly characterized in this dynamic environment. In this study, samples were collected from the surface water and surface sediment in the upper river mouth (Site A) having 0‰ salinity and a down stream station (Site B) having 26‰ salinity in the Pearl River estuary. The methyl coenzyme M reductase (*mcrA*) gene was sequenced using 454 high-throughput sequencing. In surface water samples, the *hydrogenotrophic Methanomicrobiales* were predominant at Site A whereas the *acetoclastic Methanosarcinales* were predominant at Site B, indicating differentiation in metabolic pathways of methanogenesis between freshwater and more saline water. However, the sediment samples showed similar community structure between the two sites, perhaps reflecting on less dramatic changes in the sediment environment. Overall, the *mcrA* sequencing data indicated that methane may be produced in both sediments and the water column in the PRE, with the latter being differentiated in community structure caused by change in salinity.

S10-P-04S

The distribution of archaeal intact polar lipids in the upper water column of the northwestern Pacific Ocean:

Effect of cyclonic eddy perturbation

Cenling Ma, Songze Chen, Yufei Chen, Chuanlun Zhang*

Tongji University, Shanghai, China 200092

* archaeazhang_1@tongji.edu.cn

Intact polar lipids (IPLs) of dibiphytanyl glycerol tetraethers (GDGTs) are the building blocks of the majority of archaeal cellular membranes. Because the polar head groups hydrolyse quickly after cell death, IPLs can be used as biomarkers for the living cells.

In this study, samples of suspended particulate matter from surface water (2~5 m) and subsurface water (~50 m) of northwestern Pacific Ocean were collected, in which two sites were perturbed by cyclonic eddies. Three classes of IPL-GDGTs were detected, being monoglycosidic GDGTs (Gly-GDGTs), diglycosidic GDGTs (2Gly-GDGTs) and phosphomonoglycosyl GDGTs (PIG-GDGTs).

At the reference site, the relative abundance of these IPLs in surface water is 46%, 31% and 22%, respectively, showing the predominance of Gly-GDGTs; in subsurface water, however, PIG-GDGTs are dominant (55%). At the sites with cyclonic eddy perturbation, PIG-GDGTs are dominated in both surface and subsurface water (63%~86%). A previous study has indicated that PIG-GDGTs are less stable than mono- and diglycosidic GDGTs after cell death, making them more effective as a living cell signal. Based on this premise, our results suggest that more living archaeal cells are present in subsurface water at the reference site; whereas the cyclonic eddy perturbation may cause the

vertical mixing of the water column, homogenizing the distribution of PIG-GDGTs in both surface and subsurface layers.

S10-P-05

Compositional dynamics of organic carbon in surface sediments from the Lower Pearl River to the Coastal South China Sea

Xinxin Li^{1*}, Chuanlun L. Zhang², Terry L. Wade¹, Anthony H. Knap¹

¹ Geochemical and Environmental Research Group, Texas A&M University, College Station, TX, 77845, USA

² State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

*lixinxin125@tamu.edu

As the second largest river in China, the compositional dynamics of organic carbon (OC) from the Pearl River to the South China Sea (SCS) is poorly understood. This study aims to delineate the sources and the fate of sedimentary OC in the Pearl River from the Feilaixia Dam to the estuary and into the coastal SCS. Surface sediment was collected in January 2012 for organic carbon and nitrogen content, stable carbon and nitrogen isotopes and lignin phenol analyses. These data indicate that the composition of riverine OC, which in general reflects inputs of terrestrial vascular plants (higher C/N ratio and more depleted $\delta^{13}\text{C}$), can be complicated by in situ primary production (lower C/N ratio and more enriched $\delta^{13}\text{C}$) in the dam-created reservoir water body. The riverine OC, however, appears to regain its terrestrial signature before entering the estuary, which

then is in balance with marine primary production (lower C/N ratio and enriched $\delta^{13}\text{C}$). The terrestrial OC, as indicated by lignin-phenols values, confirmed the sediment OC dynamics that the proportion of terrestrial OC increased at the freshwater sites with distance from the dam, was relatively constant at the estuary and decreased significantly in the coastal sites. Besides the dilution effect downstream, integration of the published archaeal and bacterial data (Xie et al., 2014) and principal component analysis indicated that the soil and aquatic microbial community likely affected the terrestrial OC transportation to the SCS. Further studies need to track the microbial degradation of terrestrial OC in this highly dynamic system.

S10-P-06

早寒武世早期南华盆地存在硫化的水体

常华进^{1*}, 储雪蕾², 冯连君², 黄晶³

¹ 湖北文理学院管理学院, 襄阳 441053

² 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

³ 中国科学技术大学地球和空间科学学院, 合肥 230026

* changhj@163.com

埃迪卡拉纪-寒武纪过渡期是地球生命演化的关键时期。继埃迪卡拉生物群灭绝后, 地球上出现了阶段式的寒武纪生命大爆发。由于地球早期生命演化与地球大气成分及古海洋化学条件密切相关, 所以探讨古海洋氧化还原状态对进一步认识地球早期生命演化具有重要意义。南华盆地是地球早期生命演化的重要场所, 那一时期的古生物、海洋化学等信息记录在了华南保存良好的台地至深水相地层中, 这为相关研究提供了机遇。已

有学者利用华南保存的埃迪卡拉纪-寒武纪过渡期地层记录开展了古海洋氧化还原状态等研究,取得了丰硕的成果;然而,埃迪卡拉纪-寒武纪过渡期南华盆地是否存在硫化的水体依然令人疑惑。为此,我们开展了相关探索研究工作。

湘西柑子坪剖面保存了一套早寒武世早期(542–536 Ma)在陆架边缘沉积的硅岩。我们采集分析了柑子坪剖面留茶坡组硅岩样品中的铁组分和稀土元素,并结合已发表的黄铁矿硫同位素等数据以重建那一时期沉积水体的氧化还原特征。硅岩样品中 Fe_{HR}/Fe_T 比值均大于 0.38,指示了沉积水体是缺氧的;部分样品中 Fe_{Py}/Fe_{HR} 大于 0.80,指示了该缺氧水体常出现硫化。样品中稀土元素特征和黄铁矿硫同位素组成暗示热液活动和细菌硫酸盐还原过程(BSR)可能共同促成了南华盆地陆架边缘水体出现动态硫化的状态,“三明治”式的海洋化学结构可能从埃迪卡拉纪延续至早寒武世。

S10-P-07

分离自深海和浅海的假交替单胞菌的生物被膜形成差异与基因表达差异

曾振顺, 蔡兴盛, 王晓雪*

中国科学院热带海洋生物资源与生态重点实验室,中国科学院南海海洋研究所,广州 510301

* xxwang@scsio.ac.cn

海洋微型生物的碳吸收和碳释放过程对海洋有机碳循环具有重要的影响。惰性胞外分泌物的合成和转运是海洋微生物调节碳吸收与碳释放的重要方式。海洋微生物大多能通过分泌惰性的胞外物,如胞外多糖等促进气液生物被膜和固液生物被膜的形成。因此,研究海洋微生物的生物被膜形成过程有利于我们加深对海洋微生物有机碳的吸收与释放

过程的认识。

通过基因组测序及比对发现,分离于 1855 米深沉积物的 *Pseudoalteromonas* sp SM9913 和 4 米浅海与珊瑚共附生的 *Pseudoalteromonas* sp SCSIO 11900 鉴定为同一个种属的不同亚种。研究发现,SM9913 和 11900 都能够通过分泌丰富的多糖形成气液生物被膜和固液生物被膜。相对于 SM9913,11900 形成的气液生物被膜和固液生物被膜更为稳定,11900 在形成生物被膜的过程能产生胞外多糖发生变化的遗传突变株,菌落表型呈现透明以及褶皱。另外,11900 还具有更强的抗氧化胁迫能力,表明 11900 可能更适应于附着生活。相对于 11900,SM9913 在生物被膜的形成过程中能够产生更多的黑色素。另外,碳源利用实验表明,SM9913 能够利用几丁质和海藻糖等有机物作为唯一碳源,而 11900 则不能利用。通过基因组比较分析发现,SM9913 具有侧生鞭毛和极生鞭毛的基因簇,而 11900 基因组中只发现极生鞭毛基因簇,预示着 SM9913 可能更好的在沉积物环境中通过蠕动运动来获取碳源。通过转录组比较分析发现,SM9913 在形成生物被膜初期,转录水平差异大于 16 倍的有 194 个基因(187 个基因上调,7 个基因下调),而 11900 则仅有 90 个(79 个上调,11 个下调)。在生物被膜形成后期,SM9913 则有 167 个基因(152 个基因上调,15 个基因下调),11900 有 109 个基因(101 个基因上调,8 个基因下调)发生显著变化,表明 SM9913 在形成生物被膜时,对基因的转录调控更为复杂。进一步分析发现,SM9913 在生物被膜形成初期,编码侧生鞭毛的基因簇和几丁质酶基因都能明显上调。在 SM9913 中,*melA* 的基因转录水平显著高于 *hmgA*,因此可能是黑色素产生的重要原因,而 11900 则发现 *hmgA* 的基因转录水平高于 *melA*。另外,在生物被膜形成的初期

和后期, SM9913 中有 15 个和 12 个编码肽酶的基因表达显著上调, 而 11900 中则仅有个 1 个编码肽酶的基因表达上调, 表明多肽或蛋白的合成及调控可能是影响两株菌生物被膜形成差异的重要原因之一。

S10-P-08S

海洋酸化和光照对西太平洋寡营养海区病毒生产力和降解率的影响

杨芸兰^{1,2}, 张锐^{1,2*}, 焦念志^{1,2*}

1 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 福建厦门 361102

2 厦门大学海洋微生物与地球圈层研究所, 福建厦门 361102

* ruizhang@xmu.edu.cn; jiao@xmu.edu.cn

海洋酸化现象随着工业的发展日趋严重, 引起了全球的广泛关注。作为海洋生态系统中丰度最高的生命粒子, 病毒在海洋生态系统中扮演着重要的角色。病毒的生产力和降解率对分析病毒的动态变化具有重要的意义。海洋酸化对病毒的影响包括直接和间接的, 例如直接影响海洋病毒的颗粒结构、感染性等, 或者通过改变化学环境、能量流动、病毒-宿主间相互作用等对病毒产生影响。此外, 在自然环境下, 海洋酸化对病毒的影响并不是独立的, 可以通过协同其它环境因子发挥作用。为了进一步了解海洋酸化对病毒的影响, 本研究调查了海洋酸化和光照对西太平洋寡营养海区病毒的生产力和降解率的影响。研究结果显示, 在黑暗条件下 CO₂ 浓度升高对病毒生产力没有显著影响 ($p>0.05$), 然而在光照条件下, CO₂ 浓度升高促进病毒生产力的提高 ($p<0.01$), 说明在光照的协同作用下, 海洋酸化导致病毒生产力增加。无论 CO₂ 浓度是否升高, 光照对病毒的降解都具有显著影响 (低 CO₂ 浓度, $p<0.05$; 高 CO₂ 浓度,

$p<0.01$), 说明光照促进了病毒的降解。而无论在黑暗还是光照条件下, CO₂ 浓度升高对病毒降解率都没有显著影响 ($p>0.05$)。这一结果表明, 海洋酸化对病毒颗粒的降解没有直接影响, 而可能通过影响宿主或病毒-宿主间相互作用进而影响病毒的生产过程。

S10-P-09S

海洋酸化对浮游细菌群落恢复力影响的微生物生态网络研究

王煜^{1#}, 张锐^{1#}, 郑强¹, 邓晔², Joy D. Van Nostrand³, 周集中^{3*}, 焦念志^{1*}

1 厦门大学海洋微生物与地球圈层研究所, 近海海洋环境科学国家重点实验室, 福建厦门 361105

2 中国科学院环境生物技术重点实验室, 北京, 100085

3 Institute for Environmental Genomics and Department of Microbiology and Plant Biology, University of Oklahoma, Norman, OK 73019, USA

* jiao@xmu.edu.cn; jzhou@ou.edu, #相同贡献

日益严重的海洋酸化现象正成为一个严峻的全球生态问题。海洋生物, 如浮游植物等, 均受到海洋酸化的明显影响。然而, 作为海洋生地化循环过程中重要的组成部分, 海洋微生物群落如何受到海洋酸化的影响却并没有一个明确的定论。种群水平与物种水平研究结果的不同说明“群落”可能在决定微生物如何响应海洋酸化的过程中起到关键的作用。因此, 本研究借助系统进化分子生态网络 (pMEN) 分析方法及围隔培养方法, 研究北冰洋微生物群落间相互关系对海洋酸化的响应, 旨在探究海洋酸化如何影响海洋生态系统。之前的研究提出假设: 因为微生物有着很高的可塑性和适应能力, 所以升高的 pCO₂ 并不会影响由微生物所介导的生地化过程。本研究的主要结论与其一致, 即海洋酸化对于微生物群落的结构及相互关系的影响

并不显著。首先, 本研究通过针对微生物群落总 16S rRNA 基因进行高通量测序, 总共获得约 8,900,000 条序列, 平均长度约为 250bp。进一步分析发现微生物群落的组成和多样性在时间上有着显著的变化, 其中 *Proteobacteria* (49.09-56.45%)、*Bacteroidetes* (25.14-32.99%)、*Actinobacteria* (5.12-7.17%) 及 *Cyanobacteria* (4.57-8.26%) 等为优势类群, 但是在培养过程中其丰度有这明显的变化, 如 *Proteobacteria* 在培养初期占有较高的比例, 但随着培养而降低。整体上, 细菌群落的多样性指数 Chao 系数与 Faith's Phylogenetic Distance 则随着培养时间的增加而减少。但是, 群落组成及多样性在各个 pCO₂ 处理组中并没有明显的不同, 这一结果与之前来自同一实验的报道一致。其次, 尽管 pCO₂ 升高, 但是微生物群落 pMEN 中的点和链接数量并没有显著的改变, 并且点和连接的数量与 pCO₂ 并没有显著的关系。这一结果则说明 pCO₂ 升高并不会显著影响微生物群落的结构与演替, 并暗示微生物群落对 pCO₂ 升高具有一定恢复力。pMEN 的平均连接性在 3.737-5.833 之间, 说明不同处理组中细菌群落间关系的紧密性并没有随着 pCO₂ 梯度变化。此外, 本研究发现, 该环境中微生物间的关系以负相关关系为主, 同时不同处理组中的微生物群落也有着较高的模块化指数 (0.330-0.638)。进一步对每个 OTU 在 pMEN 中所扮演的角色进行分析, 发现不同 pCO₂ 处理组中作为 Connector 与 Module hub 的 OTU 数量均相对较少, 此外, 没有发现有 Network hub。这一结果表明, 微生物群落间普遍存在着竞争关系, 以及群落化的群落结构, 这两者可能为微生物群落提供了应对海洋酸化影响的恢复力。最后, 通过分析环境参数 (包括细菌生产力、叶绿素浓度、细菌丰度、盐度、温度、颗粒有机碳浓度、颗粒有机氮浓

度等) 与 pMEN 各指数的关系发现, pMEN 的主要参数与环境参数并没有显著的相关关系。同时也对不同微生物类群的连接性与环境参数的相关性进行分析, 发现大多数主要类群的连接性与环境的变化并没有显著的关系。但是发现 *Cyanobacteria* 在 pCO₂ 为 180 及 1,085 μatm 下与环境参数有显著相关, 此外 *Betaproteobacteria* 与 *Gammaproteobacteria* 在 675 μatm 下也与环境参数显著相关, 这暗示 *Proteobacteria* 或许对于环境变化更加敏感。这一结果说明, 环境的变化对于微生物群落间相互关系的影响并不明显, 也暗示着微生物群落通过其相互联系, 在群落水平来抵抗酸化的影响。因为其拥有的对环境变化的抵抗力以及其在生地化循环中的重要角色, 这一结果也进一步指出微生物在未来海洋环境中更加重要的生地化作用, 如在固碳和储碳方面的积极意义。本研究基于 pMEN 分析方法研究了不同 CO₂ 条件下微生物间的相互联系, 为我们进一步研究海洋酸化对于微生物群落的影响提供了新的视角。

S10-P-10S

南海无机氮添加对微生物胞外酶活性及有机碳利用的影响

周文楚¹, 刘纪化², 汤凯³, 焦念志^{4*}

厦门大学海洋与地球学院, 厦门 361000

* jiao@xmu.edu.cn

水体环境中只有非常小的一部分溶解有机物 (DOM) 能够直接被微生物利用, 大部分 DOM 及 POM 被胞外酶水解为小分子有机物后才能被利用。由此, 胞外酶在生态系统中起着重要作用, 胞外酶将大分子有机物降解为可直接利用的小分子化合物, 为微生物提供营养, 因此胞外酶活性可指示出微生物对营养元素的需求。本研究通过检测胞外酶

活性及 TOC 等指标研究了添加无机 N 对微生物利用有机碳的影响。在分别代表了富营养及寡营养环境的两个站位分别添加高浓度无机氮,发现两种环境中,添加无机氮组的 TOC 浓度均较培养前无显著下降,说明无机氮也许不是影响微生物利用有机碳的主要因素。

S10-P-11S

两株表层海水来源的假交替单胞菌的表型特征分析

李百元^{1,2}, 曾振顺¹, 王鹏霞¹, 王晓雪^{1*}

1 中国科学院热带海洋生物资源与生态重点实验室, 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

2 中国科学院大学, 北京 100049

* xxwang@scsio.ac.cn

假交替单胞菌作为一类典型的海洋异养细菌,在海洋环境中分布广泛。多数假交替单胞菌分泌大量的胞外多糖,并附着生长在生物体或非生物的表面,形成生物被膜。此外,假交替单胞菌属中的一部分菌株能够分泌色素等活性分子。我们通过 16S rRNA 序列及全基因组序列分析发现,分离于孟加拉湾表层海水的 SCSIO 6842 与分离自地中海的尼斯表层海水的 DSM 6842 同属于生产灵菌红素的 *Pseudoalteromonas rubra* 中的不同亚种。DSM 6842 对氧化胁迫条件下的抗性比 SCSIO 6842 强,而 SCSIO 6842 对氧化胁迫的趋避性更强并具有更强的鞭毛运动能力。灵菌红素作为海洋假交替单胞菌的次级代谢产物,既能影响其它假交替单胞菌菌株的生长,又能影响其它假交替单胞菌菌株的生物被膜的形成,具有重要的生态学意义。我们研究发现这两株菌株都能产生灵菌红素,但 SCSIO 6842 产生灵菌红素的过程更为复杂多变,存在与细菌密度感应诱导相关的过程。此外,SCSIO 6842 形成的生物被膜量虽明显低于 SCSIO 6842 但生物被膜的稳定性更高。

对这两株菌株的全基因组序列进行分析发现 SCSIO 6842 基因组中可移动遗传元件的数量和种类明显多于同种的 DSM 6842,其中 SCSIO 6842 包含一个大质粒和 61 个转座元件而 DSM 6842 只含有 27 个转座元件;同时也分析发现其中一个转座子在 SCSIO 6842 的生物被膜形成过程中被激活,插入到趋化基因的内部,促进了生物被膜内部菌群在遗传型和表型的分化,影响了灵菌红素的产生。我们推测两株菌的基因组中水平遗传元件的差异是导致两株菌的表现差异及环境适应能力的主要原因之一。

S10-P-12S

中尺度涡对大洋悬浮体分布的控制效应——以西太平洋帕里西维拉海盆区上层水体为例

高微^{1,2,3}, 王珍岩^{1,2*}

1 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

2 中国科学院海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071

3 中国科学院大学, 北京 100043

*通讯作者 王珍岩 Email: zywang@qdio.ac.cn

利用 2003 年冬季“科学一号”考察船在帕里西维拉海盆获得的 CTD 调查资料及现场采水后测得的悬浮体质量浓度数据,结合同一时间西北太平洋海区的卫星高度计观测结果,分析讨论了该海区上层水体中尺度涡的温盐结构特征及其对悬浮体分布特征的影响。结果表明:在调查期间,研究区海域曾同时出现冷、暖涡活动过程,影响深度均大于 200m;冷涡活动区位于研究区内 136°—138° E 之间的海域,沿北东方向延伸,在水平面上表现为低温中心,冷涡内水体的盐度在 100m 以浅高于周围水体,在 150m 以深则低于周围水体;暖涡活动区出现在 138.5°—139° E 之间,

暖涡活动特征在 50m 以浅水体中表现并不明显, 在 50m 以深的水平面上表现为高温中心, 其水体盐度在 100m 以深起初表现为低盐中心, 在 150m 以深逐渐转化为高盐中心。研究区悬浮体质量浓度平面上西高东低, 垂向上变化不大。中尺度涡对悬浮体分布有明显的控制效应。其中, 冷涡活动区内水体上涌, 使冷涡内部水体悬浮体质量浓度明显高于周围水体, 且冷涡中心逆时针的涡旋活动使其内部水体中悬浮体质量浓度由西南向东北逐渐减小; 暖涡活动区内上层水体下沉, 使暖涡活动区内部水体的悬浮体质量浓度明显低于周围水体, 但暖涡内部顺时针的涡旋活动并未对其内部水体的悬浮体造成明显影响。本文揭示了大洋涡旋对悬浮体分布的控制作用, 为以后研究大洋环流在现代沉积过程中的地质效应提供了理论指导和借鉴。

S10-P-13S

珠江口水体中古菌和细菌四醚类化合物共生可能性的探讨

王金祥¹, 张传伦²

1 不来梅大学海洋环境科学中心(MARUM), 德国 28359

2 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092
jxwang@uni-bremen.de

古菌和细菌的四醚类化合物(古菌 isoGDGTs, 细菌 brGDGTs)是生物地球化学和古气候学研究的重要工具。认识这类化合物的生物源和环境分布对于它们在生态和古环境应用上的解释至关重要。然而科学界对于 brGDGTs 的生物源了解甚少。本研究的目的是, 评价 isoGDGTs 和 brGDGTs 在珠江口和南海北部水体中处于颗粒吸附态和水体溶解态的季节性相互关系。样品收集于 2012 年冬夏两季的 0.7 μm 和 0.2 μm 滤膜上; 数据主

体是基于带磷酸基团的全极性脂(phospho intact polar lipids)。结果显示: 1) 冬夏两季中古菌全极性四醚膜酯(phospho IP-isoGDGTs)的在悬浮颗粒物上的浓度低于细菌(phospho IP-brGDGTs); 2) 溶解态细菌全极性四醚膜酯的浓度在夏季远低于冬季。尽管如此, phospho intact polar lipids 和 phospho IP-brGDGTs 在不同季节的悬浮颗粒物上均呈线性关系。这些结果显示, 细菌四醚膜酯在研究区域的水体中被大量产生且有季节性差异。分子数据显示珠江口的 isoGDGTs 可能主要来自水体中的产甲烷菌和(或)氨氧化古菌, 因此 isoGDGTs 和 brGDGTs 的线性关系可能暗示了 brGDGTs 的生物源在水体中与产甲烷菌和(或)氨氧化古菌有着共生的可能性, 或者二者的生长受控于同一环境因素。这一假设仍需要同位素地球化学(¹³C-GDGTs)和微生物学(CARD-FISH)证据的进一步验证。

S10-P-14

辽东湾夏季叶绿素 a 分布特征及初级生产力估算

裴绍峰^{1,2,3}, 张海波⁴, 叶思源^{1,2,3}, 刘海⁵, 袁红明^{1,3}

1 中国地质调查局 滨海湿地生物地质重点实验室, 山东 青岛 266071

2 青岛国家海洋科学技术实验室 海洋地质过程与环境功能实验室, 山东 青岛 266061

3 国土资源部 海洋油气资源和环境地质重点实验室, 山东 青岛 266071

4 中国海洋大学 化学化工学院, 山东 青岛 266100

5 江苏省有色金属华东地质勘查局 地球化学勘查与海洋地质调查研究院, 江苏 南京 210007

* peishaofeng@gmail.com

基于 2013 年夏季现场调查和 ¹⁴C 同位素示踪培养实验, 本文对辽东湾水文环境参数、叶绿素 a 浓度与分布、浮游植物初级生产力

进行了分析。结果表明,辽东湾夏季叶绿素 a 表层平均值约为 $6.10 \pm 0.41 \text{ mg/m}^3$ 。叶绿素 a 在局部出现显著的高值区和低值区,其中高值区可能存在藻华现象,初步推测小凌河口的石油污染和沿岸富营养化可能是主要诱因。叶绿素 a 低值区出现在双台子河的河口,主要原因是河水中过量泥沙悬浮物降低局部水体透明度,从而导致浮游植物生长受到光限制。六个典型站点总有机碳初级生产力最高值为 $212.49 \pm 17.17 \text{ mg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$,最低值为 $28.93 \pm 2.07 \text{ mg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$,平均值为 $79.14 \pm 28.36 \text{ mg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$,与中国近海观测值相当。局部区域的高浮游植物生物量可能是导致局部高生产力的直接原因。溶解有机碳释放率平均为 $3.42 \pm 0.94 \text{ mg}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$,占总有机碳生产力的 $4.94 \pm 0.59\%$ 。回归分析结果表明,叶绿素 a 含量对初级生产力的大小具有直接影响,而溶解有机碳的释放率也与颗粒有机碳的光合作用率具有显著的线性相关性,表明在辽东湾水域富营养化所导致的局部高生物量促进了水体藻类光合固碳效率,颗粒有机碳和溶解有机碳产率也同步增高。

S10-P-15S

珠江口水体和沉积物有机碳的来源及其生物地球化学特征

郭威^{1,2}, 叶丰¹, 贾国东^{1*}

1 中国科学院广州地球化学研究所,中国科学院边缘海地质重点实验室,广州 510640

2 中国科学院大学,北京 100049

* jiagd@gig.ac.cn

珠江口水体中存在的颗粒物有机碳 (Particulate organic carbon, POC)、溶解有机碳 (dissolved organic carbon, DOC) 是珠江口碳循环的一个重要组成部分,是我们了解珠江口河口碳循环的重要途径。20 世纪 80 年代的珠

江口水体有机碳可能主要来自于河流输送的陆源有机碳。与 20 多年前相比,珠江口水域环境在最近 10~20 年出现了变化,主要是 90 年代以后,珠江流域修建的大型水库拦截了大量的入海泥沙和悬浮颗粒物,导致陆源输入珠江口的有机碳含量减小。另外农业活动、工业生产、生活废水以及海水养殖等工农业活动的加强使得珠江口营养盐输入增加,促进了浮游植物的生长。

选取珠江口水体 POC、DOC、表层沉积物有机碳以及颗粒物和表层沉积物中生物标记化合物作为研究对象,结合流域水文数据和反映水体化学性质的参数,利用碳同位素和生物标记化合物的示踪作用,辨析了珠江口水体不同形态碳的来源和季节变化、及其在河口的生物地球化学过程。珠江口 POC 以水生浮游植物输入为主 (>80%), DOC 以陆源有机质输入为主 (>60%)。POC 和 DOC 分布表现出季节性差异,5 月份陆源有机质输入增加 (~76%); 珠江口 POC、DOC、以及颗粒物生物标记化合物具有一致的时空分布规律,上游河口受呼吸作用的影响,而下游河口主要受生产作用的影响;沉积物中的有机碳、生物标记化合物与颗粒物相比,都表现出陆源信号加强而浮游植物信号减弱的特征。其原因可能与自源有机质的降解作用(沉降过程中和/或沉积物中)有关。

S10-P-16

基于沉积物耗氧速率对黄东海陆架颗粒有机碳的简化收支评估

宋国栋^{1,2*}, 刘素美², 朱卓毅³, 翟惟东⁴, 张经³

1 中国海洋大学化学化工学院,青岛 266100

2 中国海洋大学海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 青岛 266100

3 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062

4 国家海洋环境监测中心, 大连 116023

* gsong@ouc.edu.cn

2010年4月到2015年5月, 在黄东海陆架5个航次调查共计23个站位使用密室整柱培养技术对沉积物的耗氧速率进行了测定。结果表明, 黄东海陆架沉积物耗氧速率(SOC)处于1.73-17.56 mmol O₂ m⁻² d⁻¹。黄东海沉积物的耗氧速率具有明显的空间分布特征, 即随着纬度的增加, 由东海到北黄海, 耗氧速率呈现降低趋势, 这种降低趋势是受温度影响的外在表现。利用 Redfield 比值和沉积物耗氧速率估算了黄东海沉积物的矿化速率, 并采用 Canfield et al (1993)的方法估算了不同的电子受体对黄东海沉积物有机碳矿化的贡献, 硫酸盐还原对沉积物有机碳的贡献处于53~76%, 是沉积物中有机碳矿化的主要途径。其次为有氧呼吸和反硝化对有机碳矿化的贡献, 而铁锰氧化物总的贡献仅占1%左右。垂直向上的简易收支模型评估表明: 上层水体初级生产大约有90%的颗粒有机碳在到达沉积物之前就已经在水体中矿化分解, 只有大约8%的能够到达沉积物, 而到达沉积物的这部分有机碳大约又有一半在表层沉积物继续矿化分解, 只有不足4%的颗粒有机物可以永久埋藏于沉积物中; 在东海, 上层水体中矿化的颗粒有机碳大约占初级生产力的70%左右, 而在沉积物中矿化的颗粒有机碳大约占到17%, 这样使得东海沉积物有机碳的埋藏效率高于10%(相对于初级生产力而言)。这表明在东海上层水体与沉积物之间在有机碳矿化和营养盐再生方面存在着紧密的耦合, 而对于黄海上层水柱中的再生生产力以及外源的非海源营养盐的输入对初级生产调控作用更为显著。

S10-P-17

海洋环境模拟实验体系

刘延俊^{1, 2*}, 贾磊^{1*}, 张募群², 丁洪鹏²

1 山东大学海洋研究院, 济南 250100

2 山东大学机械工程学院, 济南, 250061

* lyj111ky@163.com; jialei@sdu.edu.cn

海洋生态环境和气候变化是一个包括自然过程和人类活动的重大研究课题, 涉及复杂的科学问题和工程问题。目前, 针对海洋生态环境和气候变化的研究主要有两种途径: 船舶现场科学考察和实验室模拟实验。船舶现场科学考察费用过高, 可重复性差, 并且由于海洋洋流现象的存在, 所提供的模型参数边界范围太宽, 限定不足, 无法真正对海洋环境进行有针对性的长期过程机制研究。实验室模拟实验虽然精度高, 但容量小, 与反映真实海洋生态系统的差距较大, 实验结果的价值和可信度大打折扣。

当前, 海洋生态和环境变化相关过程与机制的研究重心, 正在从小微尺度向中大尺度转变, 从定性研究向定量研究转变。在此背景下, 建设参数可控的海洋环境模拟实验体系 (Marine Ecosystem/environment Experimental Chamber System, MECS) 大科学工程, 搭建中尺度的海洋生态水平上的环境模拟实验系统, 成为解决海洋生态和环境变化科学问题的理想实验平台。然而迄今为止, 国内外尚未有高度50米级、以模拟垂直过程为目的的大型实验水体。毋庸置疑, MECS的建成将填补这一国际空白, 并对国际海洋科学与技术研究及近海生态系统与环境改善产生重大和深远的影响。

MECS工程最终将建设6个直径8米, 高度50米的海洋生态系统环境模拟实验舱, 其核心功能是: 高精度控制海水成分和理化参数, 模拟海水温度、盐度、密度的时空分布及其变化, 实现海水温度跃层以及模拟海

水表面自然光照条件等，再现中尺度海洋生态系统环境。

MECS 不仅能够为海洋环境变化和生态工程研发过程中的重大科学理论和假设提供理想的实验模拟平台，而且能够对现代海洋环境面临的紧迫问题进行过程研究、对地球历史上重大事件进行反演模拟、对未来海洋可持续发展进行情景预测。MECS 的建成，将为国际海洋科学家提供绝佳的科研平台，成为国际海洋科学研究的新中心。

S10-P-18

Nutrient, oxygen and pH characteristics and ecological evolution under long-time marine aquaculture in the Weihai coastal area, China

Hong-mei Li¹, Yong-yu Zhang^{1*}, Ji-de Song²

¹ Research Center for Marine Biology and Carbon Sequestration, Shandong Provincial Key Laboratory of Energy Genetics, Qingdao Institute of Bioenergy and Bioprocess Technology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266101, China

² Weihai Marine Environmental Monitoring Center, Weihai, 264200, China

*zhangyy@qibebt.ac.cn

Marine aquaculture, both extensive and intensive, is one of the most important activities carried out in Chinese coastal areas. The Weihai coastal area is a representative aquaculture environment in China. In this study, the environmental effect of marine aquaculture was assessed by records of long term (2006–2014) monitoring of the dissolved inorganic and organic nutrients (nitrogen and phosphate), the N/P ratio, dissolved oxygen (DO) and pH in ambient water of the Weihai coastal area. The

results showed that the annual inorganic and organic nitrogen, and organic phosphate concentrations in surface water presented increasing trends during August between 2006–2014. The percentage of dinoflagellate cell abundance also enhanced during August yearly between 2011–2014, concurrently with the ascending N/P ratios. Seasonal nutrient variations were generally greatest during October, with lower levels in May and August of one year. The nutrient characteristics were impacted significantly by marine aquaculture activities in different cultivated bays, especially the kelp and shellfish cultivation. Additionally, the specific nutrient and oxygen concentrations were positively modified by two different aquaculture modes [i.e. an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) mode and a monoculture mode], implying that the IMTA mode could provide a more favorable environment than monoculture mode. Hence, the eco-health marine aquaculture mode should be advocated in coastal marine ecosystems, which could potentially avoid the occurrence of foreseeable eutrophication conditions, harmful algae blooms, hypoxia and ocean acidification in the future.

S11-O-01

Molecular insight into bacterial cleavage of oceanic dimethylsulfoniopropionate (DMSP) into dimethyl sulfide (DMS)

Chun-Yang Li^{1,2}, Peng Wang^{1,2}, Bin-Bin Xie^{1,2}, Xiu-Lan Chen^{1,2}, Yu-Zhong Zhang^{1,2*}

1 State Key Laboratory of Microbial Technology,
Shandong University, Jinan 250100, China

2 Marine Biotechnology Research Center, Shandong
University, Jinan 250100, China

* zhangyz@sdu.edu.cn

The microbial cleavage of dimethylsulfoniopropionate (DMSP) generates volatile dimethylsulfide (DMS) through the action of DMSP lyases and is important in the global sulfur and carbon cycles. When released into the atmosphere from the oceans, DMS is oxidized, forming cloud condensation nuclei that may influence weather and climate. Six different DMSP lyase genes are found in taxonomically diverse microorganisms, and *dddP* and *dddQ* are among the most abundant in marine metagenomes. *DddP* belongs to the M24 peptidase family as suggested by sequence alignment. Peptidases hydrolyze C-N bonds, but *DddP* is deduced to cleave C-S bonds. Mechanisms responsible for this striking functional shift are currently unknown. *DddQ* belongs to the cupin superfamily. Here, we examine the molecular mechanisms of DMSP cleavage by DMSP lyases, *DddP* and *DddQ*, from *Ruegeria lacuscaerulensis* ITI_1157. We determined the structures of *DddP* bound to inhibitory 2-(*N*-morpholino)ethanesulfonic acid or PO_4^{3-} and of two mutants bound to acrylate. The structures of *DddQ* bound to an inhibitory molecule 2-(*N*-morpholino)ethanesulfonic acid and of *DddQ* inactivated by a Tyr131Ala mutation and bound to DMSP were also solved. Based on structural, mutational and biochemical analyses, the molecular mechanisms for DMS production through DMSP cleavage by *DddP* and *DddQ* were proposed for the first time. *DddP* adopts a new ion-shift catalytic

mechanism to cleave DMSP, while for *DddQ*, Tyr131 undergoes a conformational change during catalysis, acting as a base to initiate the β -elimination reaction in DMSP lysis. Furthermore, we suggested the structural mechanism leading to the loss of peptidase activity and the subsequent development of DMSP lyase activity in *DddP*. Our study provides important insight into the mechanism involved in the conversion of DMSP into DMS, which should lead to a better understanding of this globally-important biogeochemical reaction.

S11-O-02

海洋细菌密度感应 在颗粒有机碳降解中的作用研究

苏颖, Abdul Nabi Jatt, 张晓华*

中国海洋大学海洋生命学院, 青岛 266003

* xhzhang@ouc.edu.cn

密度感应 (quorum sensing) 是微生物间的交流机制, 通过分泌信号分子, 调控基因表达及协调微生物的群体性行为。海洋中颗粒有机碳 (particulate organic carbon) 的沉降是碳从海洋表面运输到海底的重要过程, 颗粒有机碳中往往含有比周围海水更高的细菌丰度, 而这部分细菌被认为很可能具有密度感应系统。本研究利用细菌密度感应信号分子报告菌株及气象色谱-质谱技术, 从我国边缘海颗粒有机碳及其附着细菌中均检测到 AHL 信号分子的存在, 同时发现添加 AHL 信号分子及其淬灭酶均可影响颗粒有机碳附着细菌的胞外酶分泌, 说明细菌密度感应可能调控颗粒有机碳的降解, 在海洋食物网和生物地球化学循环中可能发挥重要作用。

S11-O-03

几类未培养海洋古菌利用有机碳的分子生物学机制

李猛¹, Greg Dick²

深圳大学高等研究院, 深圳 518060

美国密歇根大学地球与环境科学系, 安娜堡 MI 48109

* limeng848@szu.edu.cn

古菌作为海洋微生物的重要组分, 广泛分布于海洋的各个角落, 在元素的海洋生物地球化学循环过程中也扮演着极为重要的角色。尽管人们对海洋古菌的认识远落后于海洋细菌, 但随着高通量测序技术的快速发展, 人们对海洋古菌的科学认识也有了突破性进展。通过利用高通量测序技术, 结合 DNA 原位组装拼接 (*de novo assemble*) 和先进的四核苷酸频率聚类方法 (Emergent Self Organizing Maps, ESOM), 从海洋水体和沉积物中构建了 70 多个几乎完整的古菌基因组和转录组。进一步通过对这些重要海洋古菌的基因组和转录组开展系统分析, 发现这些广泛分布于海洋古菌具有降解和利用蛋白质和多糖等多种有机物的功能, 这些研究结果暗示海洋古菌对于碳的生物地球化学循环具有非常重要的贡献, 也为进一步认识海洋古菌在碳循环的生态功能提供了有力的科学依据, 并拓展古菌相关研究开辟了新方向。

S11-O-04

微生物生化反应驱动的物质流信息化系统

胡黔楠*, 涂伟忠, 邓喆, 吴玲, 丁邵珍, 刘辉, 廖小平, 袁乐

中国科学院天津工业生物技术研究所, 天津 300308

* hu_qn@tib.cas.cn

微生物生化反应和代谢途径在元素和物

质循环利用中起到了关键的作用。物质降解、生物质利用、环境污染处理、二氧化碳生物转化、农业产品的工业化生物制造、化工产品的生物合成等元素和物质循环过程都涉及到大量的生物合成途径、代谢网络、蛋白互作网络、基因调控网络、菌株资源、环境因素等大量的数据和多样化的信息。构建微生物驱动的元素和物质循环信息化系统具有非常重要的意义。我们集中多学科交叉的研究力量, 开展了微生物生化反应驱动的元素和物质流信息化研究系统。针对超过 20 多万篇微生物代谢和合成的文献, 我们召集了 100 多人的研究队伍, 人工收集了目前本领域最全面的生化反应数据库, 包含 100,000 多万条生化反应和数千个生化途径。开发了超过 10 种数据库信息化搜索工具, 初步构建了类似于有机合成领域 SciFinder 的生物合成领域数据和设计的工具 RxnFinder (www.rxnfinder.org)。

分子层次: 数万多个微生物可利用化合物 (搜索含有特定分子骨架的化合物); 数万个天然产物的生物活性网络药理数据和活性预测模型。

反应和酶发现层次: 最全面的生化反应数据库; 反应相似性搜索工具, 以及基于分子结构转化的酶发现工具; 广泛的酶和基因外部数据库链接。

途径层次: 基于全面生化反应的交互式途径搜索工具; 给定化合物 (或者特定分子骨架) 的生物合成潜力挖掘工具。

细胞模拟和优化层次: 大肠杆菌生物合成现状 (数千个反应、数千个代谢物、数千个酶、基因、数万篇参考文献); 基于大肠杆菌代谢网络和数万个生化反应的生物合成潜力挖掘方法以及途径优化计算。

S11-O-05

珊瑚礁海绵微生物组碳循环： 活跃的 CO₂ 同化细菌

冯国芳, 李志勇*

上海交通大学微生物代谢国家重点实验室海洋生物
技术研究室, 上海 200240

* zyli@sjtu.edu.cn

海绵是海洋珊瑚礁生态系统的重要组成部分。细菌在许多海洋生态系统的物质代谢和能量传输过程中扮演重要角色。海绵共生细菌具有丰度高、多样性复杂等特点, 与海绵宿主的营养代谢关系密切。海洋是 CO₂ 重要的汇, 人为 CO₂ 的排放活动对海洋化学平衡方面产生了深远影响, 而微生物可能在 CO₂ 的转移和转化过程中发挥重要作用。先前研究证实了某些海绵共生细菌可能为海绵宿主提供所需碳源。但对于细菌在宿主中参与 CO₂ 同化的活性、途径及参与 CO₂ 同化的细菌的多样性了解甚少。本研究以中国南海中广泛存在的隋氏蒂壳海绵 *Theonella swinhoei*、筒易扁板海绵 *Plakortis simplex* 和棕色扁海绵 *Phakellia fusca* 为研究对象, 并采用环境海水样品作对照, 在转录水平, 利用 16S rRNA 高通量测序和功能基因克隆文库相结合的方式, 揭示了海绵微生物中参与 CO₂ 同化的细菌群落结构及其参与的途径。16S rRNA 测序结果显示, 不同海绵共生细菌群落的组成和相对丰度存在显著差异, 且与环境海水中的存在显著差异。例如, 细菌在 *T. swinhoei*、*P. simplex* 中门水平和种水平的多样性远高于 *P. fusca*。同时 *T. swinhoei*、*P. simplex* 和 *P. fusca* 中的优势种群各不相同, 分别属于 Synechococcus、Caldilineaceae 和 Thiohalorhabdadales。基于 CO₂ 同化功能基因的分析发现, 这三种海绵中的细菌群落可能通过光能/化能自养型卡尔文循环、自养型还原性乙酰辅酶 A 途径以及自养/

异养型生物素羧化反应等策略参与 CO₂ 同化。例如, 参与的光能和化能自养型卡尔文循环的细菌类群分别属于 Cyanobacteria 和 Proteobacteria; 参与自养型还原性乙酰辅酶 A 途径的细菌类群属于 Proteobacteria、Bacteroidetes、Gemmatimonadetes、Firmicutes、Chloroflexi 和 Actinobacteria; 而参与自养/异养型生物素羧化反应的细菌类群则属于 Actinobacteria、Bacteroidetes、Chlamydiae、Chloroflexi、Cyanobacteria、Firmicutes 和 Proteobacteria。功能基因归类分析表明, 不同海绵中 CO₂ 同化细菌基因型存在显著差异。这些结果提示海绵中参与 CO₂ 同化的细菌群落结构深受海绵宿主影响。该研究促进了对海绵共生微生物特别是细菌在海洋碳循环过程中生态学功能的了解。

S11-O-06

河流—河口系统 N₂O 的排放 特征——以九龙江为例

官庆松, 曹文志*, 陈劲松

厦门大学环境与生态学院, 厦门 361102

* wzcao@xmu.edu.cn

N₂O 是一种长期高效的温室气体, 其温室效应是 CO₂ 的近 300 倍, 根据政府间气候变化委员会 (IPCC) 的估算, 全球地下水、溪流与河流中释放 N₂O 量占全球大气 N₂O 的 35%, 河流系统已成为大气 N₂O 的重要来源之一, 从这个意义来说, 河流系统 N 素的去除实际上是一种“污染替换”。

以九龙江河流—河口为研究对象, 同时利用同位素配对方法测定反硝化和 AAO (厌氧氨氧化) 速率。九龙江河流—河口系统四类水体水溶性 N₂O 饱和度均大于 100%, 均是大气 N₂O 的稳定源, 库区、干流、河口水体的 N₂O 排放潜力均高出支流 N₂O 排放潜力 30% 以上。九龙江沉积物—上覆水系统

$\text{N}_2\text{O-N}$ 的产生速率平均值是 $0.21 \pm 0.07 \mu\text{mol N m}^{-2} \text{h}^{-1}$, 占 N_2 、 N_2O 产生速率之和的比值是 $0.78 \pm 0.23\%$, 沉积物-上覆水界面 N_2O 年排放总量 (0.46 t a^{-1}) 小于水-气界面 $\text{N}_2\text{O-N}$ 的通量 (实测通量 14.54 t a^{-1} , 估算通量 4.42 t a^{-1}), 说明水体硝化作用产生的 N_2O 对河流-河口系统 N_2O 的排放有很大的影响。反硝化和 AAO 结果显示, 反硝化是去除氮素的主导过程, 与沉积物-水界面系统相比, 九龙江各类水体反硝化和 AAO 速率较小。在支流生态系统中, 沉积物-上覆水系统的反硝化速率远小于库区和河口, 但是更高比例的 N 素通过 AAO 途径生成 N_2 返回到大气, 减少了 N_2O 气体的排放, 因此, 支流对河流-河口系统 N_2O 的产生以及减源增汇具有重要的环境意义。

S11-O-07

嗜压细菌在菱面型白云岩形成过程中的作用

张宇¹, 闫文凯², 肖湘^{1*}

1 上海交通大学海洋研究院, 上海 200240

2 上海交通大学生命科学技术学院, 上海 200240

* xoxiang@sjtu.edu.cn

白云岩的形成是几个世纪以来地质学关注的热点问题, 微生物作用模式的提出为白云岩问题的解决提供了新的途径, 但是为何实验室微生物作用形成的白云岩形态与自然界存在的菱面型存在差异却不得而知, 该问题的研究有助于解决地质学上的“白云岩之谜”。

根据我们提出的微生物多因子抗性具有共同机制的假设, 并以此为指导在实验室利用细菌介导了首例微米级菱面形白云岩的形成。本研究中我们结合生理研究及蛋白质组学手段进行微生物在高镁、钙离子, 碱性及高压条件抗逆代谢分析, 解析菱面型白云岩

形成过程中微生物的作用, 探究早期地层中白云岩的大规模分布的原因。

通过生理特性研究我们发现介导菱面型白云岩形成的细菌 *Sporosarcina psychrophila* DSM 6497 具有嗜压的特性, 这也是在地表环境发现的嗜压菌的首次报道。在最适压力下, 细菌的生长温度范围, 盐度范围, 耐受 Mg^{2+} 的范围都比常压下有所扩展。通过对该细菌在高镁、钙离子的成岩条件下, 进行常压和高压下蛋白组数据比较分析发现, 高压使维持大分子稳定相关蛋白、促进 DNA 修复蛋白、缓解氧化损伤相关蛋白、涉及能量产生相关蛋白高表达。证明高压可以缓解高镁离子造成的细胞损伤 (损伤包括降低溶液中的水活性 (water activity), 增加渗透胁迫 (osmotic stress) 和增加离液性 (Chaotropicity)), 减轻细胞毒性。同时, 高压下细胞膜上的 NADH 脱氢酶高表达, 二价金属离子的协同转运相关蛋白高表达, 特殊膜蛋白高表达, 很可能是这些细胞膜上的过程增加了细胞表面局部的负电荷, 特别是促进了白云岩形成过程中水合镁离子脱水和与碳酸根离子的结合, 克服了白云岩形成的限速步骤, 在短时间内形成了菱面型白云岩。

本研究结合地表发现的嗜压菌的生理特点和成岩条件下蛋白组学分析, 发现了高压对高离液性造成细胞损伤的缓解作用, 验证了我们提出的微生物多因子抗性具有共同机制的假设, 部分解释了嗜压菌介导菱面型白云岩形成的过程机理, 为解决白云岩之谜提供了新的证据。

S11-O-08

不同电子供体和碳源条件下细菌的硫酸盐还原作用对矿物形成的影响

韩喜球^{1*}, Logan Schultz², 章伟艳¹,

朱继浩¹, 孟凡旭², Gill G. Geesey²

1 国家海洋局海底科学重点实验室&第二海洋研究所海底科学实验室, 杭州 310012

2 Department of Chemical and Biological Engineering, Center for Biofilm Engineering, Montana State University, Bozeman, MT59717-3980, United States

3 国家海洋局海洋生态系统和生物地球化学重点实验室&第二海洋研究所海洋生态与环境实验室, 杭州

4 Thermal Biology Institute and Department of Microbiology, Montana State University, Bozeman, MT59717-3520, United States

* xqhan@sio.org.cn

已有研究表明硫酸盐还原菌(SRB)对矿物沉淀具有促进作用,但是,微生物不同的电子供体(能量来源)和碳源对硫酸盐还原作用形成的矿物产生什么样的影响欠缺研究。我们根据南海冷泉区甲烷和硫酸盐转换带(SMTZ)孔隙水的水化学成分,配制人工孔隙水,开展了缺氧条件下硫酸盐还原菌(SRB) *Desulfovibrio alaskensis* G20 参与下的矿物沉淀实验,旨在研究在不同电子供体和碳源条件下,通过SRB的呼吸和生长作用所发生的矿物沉淀情况及其类型和特征。研究表明,当甲酸盐作为电子供体时有单水方解石和少量的方解石形成;当氢气作为电子供体乙酸盐和溶解无机碳作为碳源时沉淀了镁磷酸盐和方解石;当乳酸盐作为电子供体和碳源时有少量磁黄铁矿和单体硫形成。认为在微生物作用下所形成的矿物类型受微生物的代谢途径和生长所影响。实验未见冷泉活动区常见的碳酸盐矿物(如高镁方解石、文石和白云石等)沉淀,很可能是由于实验过程中为了满足细菌生长的需要加入过量磷酸盐有关,另一个原因可能与我们对冷泉活动区SRB所利用的电子供体类型不确定有关。

S11-O-09

滨海河口过渡带铁循环微生物的多样性及分布规律

张洪霞^{1,2}, 郑世玲¹, 王炳臣^{1,2}, 刘芳华^{1*}

1 中国科学院烟台海岸带研究所,海岸带生物学与生物资源利用所重点实验室,山东烟台 264003

2 中国科学院大学,北京 100049

* fhliu@yic.ac.cn

铁还原菌和铁氧化菌介导的铁循环过程,与碳、氮循环相耦合,在滨海河口过渡带生物地球化学循环过程中起着至关重要的作用。已报道的铁还原菌和铁氧化菌主要属于 *Proteobacteria*、*Firmicutes* 和 *Bacteroidetes* 等门,受盐度、酸碱条件、温度、植被轮作等生态环境条件的制约,在属水平上以不同群落结构的形式分布于湖泊、河流、海洋、温泉、湿地、沼泽、盐湖和稻田等生态系统。然而,在不同生态系统中,尤其是受陆海交互作用的滨海河口过渡地带中,铁还原菌和铁氧化菌群落结构、分布特征及其影响因素的比较研究还少有报道。因此,本研究采用16S rRNA高通量测序及环境因子测定的方法对黄河河口及近海6个位点18个沉积物样品中铁还原菌和铁氧化菌多样性、分布特征及其与环境变量的相关性进行了分析。结果发现,从黄河河口到渤海近海随着生态系统的演替,沉积物中铁还原菌和铁氧化菌丰度及多样性表现出明显的空间异质性。*Pseudomonas*、*Thiobacillus*、*Geobacter*、*Rhodospirillum rubrum*、*Clostridium* 和 *Azospira*、*Gallionella*、*Rhodobacter*、*Thermomonas* 分别为黄河口沉积物中占主要优势的铁还原菌和铁氧化菌;而近海沉积物中占主要优势的铁还原菌和铁氧化菌分别为 *Vibrio*、*Shewanella*、*Thiobacillus* 和 *Marinobacter*。近海生态系统中铁还原菌和铁氧化菌丰度和多样性显著低

于河口生态系统, 然而受河海交互作用的影响, 近入海口的河流和近海位点的沉积物样品中表现出最高的铁还原菌和铁氧化菌丰度和多样性。河口沉积物中铁还原菌和铁氧化菌丰度与 $\text{NO}_3\text{-N}$ 显著正相关, 与 $\text{NH}_4\text{-N}$ 显著负相关; 与之相反, 近海沉积物中铁还原菌和铁氧化菌丰度与 $\text{NH}_4\text{-N}$ 显著正相关, 与 $\text{NO}_3\text{-N}$ 显著负相关。本研究通过对典型滨海河口交互作用地带铁循环微生物多样性和分布规律的揭示, 为进一步认识海岸带区域驱动关键生源要素循环的微生物多样性, 及其对渤海生态系统的潜在影响具有重要的科学意义。

S11-O-10

Global reductions in nitrogen fixation by the dominant marine diazotroph *Trichodesmium* in an acidified ocean

张福婷, 沈容, 常思伟, 洪海征, 罗亚威, 史大林*

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361102

* dshi@xmu.edu.cn

Growth of the dinitrogen (N_2)-fixing cyanobacterium *Trichodesmium*, a potent provider of new nitrogen to the ocean, is often limited by the deficiency of iron in surface seawaters and also relies on energy demanding CO_2 -concentrating mechanisms (CCMs) for efficient carbon fixation at contemporary levels of CO_2 . How nitrogen fixation and iron utilization of *Trichodesmium* may respond to elevated atmospheric CO_2 remains largely unclear on a global scale. Here we use culture experiments, proteomic analysis, and a cellular

model to show that the net effect of ocean acidification on *Trichodesmium* growth and N_2 -fixation is negative, despite reallocation of iron to nitrogenase from other cellular pools. Energetic savings from CCM down-regulation at elevated CO_2 were offset by increased energy expenditure on stress responses caused by the accompanying decrease in pH. We applied the cellular model to projected global ocean CO_2 levels in 2100, showing that nitrogen fixation by the dominant marine diazotroph are likely to decline in a future acidified ocean.

S11-O-11

奇古菌在南海晚第四纪氮循环中的作用

贾国东^{1,2*}, 董良¹, 李志阳²

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640

* jiagd@tongji.edu.cn

南海晚第四纪沉积物中的氮同位素 ($\delta 15\text{N}$) 在冰期-间冰期气候旋回中只有微弱的变化, 与东太平洋的反硝化记录截然不同, 可能反应了局地的氮生物地球化学过程。我们对位于南海南部的一根柱状样的氧同位素阶段 6 期以来的有机氮同位素 ($\delta 15\text{Norg}$) 和奇古菌 (铵氧化古菌) 标志物 Crenarchaeol 进行了分析, 试图揭示二者之间的可能联系。结果显示, $\delta 15\text{Norg}$ 尽管总体偏低 (生物固氮作用所致), 但呈现出间冰期低, 冰期高的特点。对应于间冰期 $\delta 15\text{Norg}$ 的降低, 泉古菌醇所反映的奇古菌贡献显示了升高的特点, [GDGT-2]/[GDGT-3] 比值则指示了深水古菌 (奇古菌) 贡献的增大。

奇古菌的一个重要特征是能够进行铵氧化作用, 将有机质矿化释放出的氨氧化为亚硝酸盐 (亚硝化作用), 为亚硝酸盐进一

步氧化为硝酸盐（硝化作用）提供基础。一些证据表明，相比于细菌，河口和海洋中奇古菌的铵氧化作用在氮的生物地球化学循环起着更重要的作用。铵氧化为亚硝酸盐不是百分之百的转化，总要有一些 N₂O 副产品产生并被释放至大气。已有数据表明，产生并释放的 N₂O 的 $\delta^{15}\text{N}$ 比铵的 $\delta^{15}\text{N}$ 偏重，于是在海水硝酸盐生物同化作用-有机质矿化作用-亚硝化/硝化作用的循环过程中，硝酸盐的 $\delta^{15}\text{N}$ 会呈现累积式逐渐降低。因此，本文数据中，间冰期奇古菌贡献的增大与 $\delta^{15}\text{N}_{\text{org}}$ 的降低趋势之间可能暗示了在间冰期南海海水中古菌铵氧化作用的加强。这一作用的加强不仅使得海水硝酸盐 $\delta^{15}\text{N}$ 降低，也导致了更多温室气体 N₂O 的向大气释放，从而对气候和海洋氮储库的变化起到了调控作用。

S11-O-12

对于微生物生态群落中单体分子稳定同位素行为特征的观测

唐甜甜^{1*}, Wiebke Mohr², Ann Pearson³, Peter Girguis³

1 近海海洋环境科学国家重点实验室（厦门大学），
厦门 361102

2 MPI for marine microbiology, Bremen, Germany

3 Department of earth and planetary Science, Harvard
University, Boston

* tiantian.tang@xmu.edu.cn

生源要素在复杂微生物群落中的迁移与转化，是正确认识其在与微生物过程紧密联系的生物地球化学循环中的重要环节。而微生物群落功能结构的复杂性决定了其内部代谢过程的复杂多样，进而影响到了碳等生源要素在微生物群落内部以及在不同界面上迁移的过程。

为理解这样一个复杂的过程，我们发展

了一种基于氨基酸和脂肪酸的单体分子稳定同位素比值的指纹识别技术，用以解释以下几个问题：1) 碳是怎样进入微生物群落；2) 碳是怎样在不同微生物过程中传递；3) 在传递过程中，碳是怎样从一个形态转化成另一个形态。在生物合成的过程中，碳的流动与代谢途径的不同造成所合成的氨基酸、脂肪酸等生物分子中碳的稳定同位素发生分馏。利用这样一个机制，特征微生物的代谢功能特征可以通过微生物中氨基酸等分子的碳稳定同位素相对比值的变化来辨别。而对于拥有复杂功能群落结构的微生物样品，其内部不同合成途径的微生物对碳在群落内部迁移与转化的贡献也可以通过这一手段来评估与解析。基于这种手段，我们判断来自于黄石公园热泉水体中的微生物毯样品的氨基酸单体分子碳稳定同位素行为，表现出以光合自养过程为主，辅以厌氧过程的微生物代谢过程。

此外，我们还研发了一套结合蛋白质稳定同位素和蛋白质组学技术于一体的蛋白同位素指纹识别技术。该技术通过双相色谱分离技术对复杂蛋白混合物进行分离，继而进行高分辨率的蛋白稳定同位素比值与蛋白组学的同步分析，复杂样品中碳的流动，类群鉴定和代谢功能可以通过结合高分辨率的组学与碳同位素数据而获得。

S11-P-01S

真菌对锰氧化的特性及其对锰的胁迫反应

王文秀¹, 魏士平^{2*}

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中国地质大学海洋学院，北京 100083

* weishiping@cugb.edu.cn

微生物对自然界中二价锰的氧化起着重要的作用，也是氧化锰矿物形成的主要动力

条件。本文从北戴河海洋沉积物中分离出的 120 株真菌中筛选得到一株锰氧化能力较强的菌株 PSA-107h。该菌株与 Ascomycota 中的菌株在 ITS 测序比较中显示出了较高的同源性。实验发现其对锰的氧化能力随着 Mn^{2+} 浓度的增高而逐渐增强,但在高浓度 Mn^{2+} 时,其生长会受到一定的抑制。另外,实验得到在 pH 5.0-9.0 范围内,PSA-107h 都能对锰进行氧化,且在 pH 6.0 时该菌株对锰氧化的程度较高。通过显微镜观察,发现 PSA-107h 对锰的氧化主要在胞间进行,且随着菌丝生长时期的延长,锰氧化程度逐渐升高。扫描电子显微镜(SEM)及其能谱分析得出氧化产物为锰的氧化物。透射电子显微镜(TEM)结果显示氧化产物包裹在菌丝周壁。真核 Denovo 转录组测序获得 PSA-107h 在氧化 Mn^{2+} 过程中胁迫表达的差异基因 528 个,GO 功能富集和 KEGG 富集结果发现差异表达基因主要以结合、转运功能的基因为主。本研究讨论了真菌在锰氧化过程中的细胞结构变化与基因表达,所得结果为研究锰的微生物矿化机理提供了有价值的参考。

S11-P-02S

南海多位点沉积物古菌微生物多样性分析

范习贝^{1,2,*}, 牛明杨^{1,2}, 王风平^{1,2}

1 上海交通大学生命科学技术学院

2 微生物代谢国家重点实验室和海洋工程国家重点实验室

* fenghuajingling@sjtu.edu.cn

海洋沉积物中的古菌在全球生物地球化学循环中充当重要的角色,深入了解沉积物中古菌结构及功能特征是探究海洋沉积物古菌生物地球化学和生态学功能的基础。南海不同海域古菌结构组成的差异及其与环境因子的关系,还有待细致解析。本研究采用高

通量测序的方法,分别对南海不同海域沉积物中古菌 16s rRNA 基因进行 Illumina Miseq 测序,发现南海沉积物中古菌的主要类群是 Thermoplasmatales (MBGD)、Bathyarchaeota、Thaumarchaeota (MBGB)、Thaumarchaeota 和 Woesearchaeota (DHVEG-6) 等,其中 Thaumarchaeota 主要分布在表层沉积物,在沉积物的次表层中还发现了甲烷代谢相关的古菌类群,主要为 ANME-1(1a 和 1b)、ANME-2 (2c) 等。甲烷代谢古菌的分布特征也从甲烷代谢保守功能基因 *mcrA* 的扩增中得到了验证和支持。同时,运用定量 PCR 技术,对南海的沉积物中的细菌和古菌进行定量,细菌的 16S rRNA 基因拷贝数为 10^7 /湿重,古菌为 10^6 /湿重, Bathyarchaeota 为 10^5 - 10^6 /湿重。古菌群体结构和多样性的细致解析是认识和理解古菌地球化学功能的起始,更多的环境因子相关性分析和代谢潜能解析尚在进行中。

S11-P-03S

神农架大九湖泥炭地可溶有机碳三维荧光研究

王东香¹, 黄咸雨^{1,2*}

1 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室,武汉 430074

2 中国地质大学(武汉)地球科学学院流域关键带演化实验室,武汉 430074

* 283225546@qq.com

全球气候变化是人类面临的共同问题,而泥炭地生态系统作为连接陆地和水域的一种过渡性生态系统,对于稳定全球气候变化具有重要作用。泥炭地只占全球陆地面积的 3%,却存储着全球土壤有机碳总量的 30% 以上。在泥炭地生态系统碳循环及与此相关的环境效应中,湿地土壤碳组分的变化起着关键作用。可溶性有机碳(DOC)是泥炭地碳循环中最活跃、最敏感的指标。DOC 既是微生

物的重要生物活性基质，又影响营养元素的生物地球化学循环过程，并且其组分含量和变化受温度、湿度等环境因子以及微生物、植被等生物因子及其相互作用的影响。

神农架大九湖泥炭湿地是长江中游地区最大的亚高山泥炭地，是良好的野外监测场所。本文通过野外调查与室内分析相结合，探讨了 2015 年度神农架大九湖泥炭沼泽地 DOC 含量及 PARAFAC 处理得到三维荧光组分的变化，以及荧光组分与环境参数的相关关系。主要认识如下：大九湖泥炭地 DOC 组分均为类富里酸；同一采样点不同深度的泥炭孔隙水 DOC 组分没有明显变化趋势；同一月份样品表层泥炭和湖水 DOC 组分差异显著，泥炭有五组分且荧光强度变化不同，湖水主要有三组分且荧光强度变化较小；全年表层泥炭样品组分处理后可得到均为五组分，并且总荧光强度与其中三个组分的荧光强度有很好的线性相关关系， R^2 最高为 0.93。

S11-P-05S

海洋硅循环的生物驱动过程及硅质生物演化特征

刘红光^{1, 2*}，刘波²

1 北京大学地球与空间科学学院，北京 100871

2 北京大学石油与天然气研究中心，北京 100871

* hgliu@pku.edu.cn

现代及古代海洋中均有大量硅质沉积物，在现代海洋沉积物中多表现为硅质软泥，在古代地层中表现为硅质铁建造、层状硅质、结核状硅质等。现代海水中溶解硅的浓度约为 10-15 ppm (Hesse, 1988; Tréguer, 1995)，而硅质软泥中的主要硅质成分 A 型蛋白石的溶解度约为 60-130ppm (Williams, 1985)，海水相对于硅质为不饱和状态，从不饱和的海水中沉淀出硅质的过程主要是由生物驱动的。硅质生物通过摄取海水中的硅质形成自

身的壳体，当生物死亡后，其壳体逐渐沉降到海底，在沉降过程中，壳体中的硅质大部分溶蚀返回海水之中，最终进入到沉积物中的硅质只有约 3% (Tréguer, 2012)。

在最近 10 亿年的地质历史中，沉积成因硅质的分布环境出现过两次主要的变化，两次转变均与主要的硅质生物的演化相关 (Maliva and Knoll, 1989)。根据地质历史时期硅质生物的演化特征，可将硅质的沉积演化划分为三个阶段和两个转变期。

第一阶段是晚元古代，该时期的硅质缺少生物成因的直接证据，硅质的沉淀过程可能是通过化学作用完成的，也有可能细菌参与到沉淀过程中。该时期海洋中由于缺少摄取硅质的生物，导致海水中硅质浓度总体较高，在台地或潮坪等浅海环境中硅质可以直接以化学沉淀的方式产出，从而出现硅质与碳酸盐岩共同产出的现象。

第一个转变期为寒武纪-奥陶纪。寒武纪时期，海绵开始出现，其可在浅水—深水相对广泛的环境中形成生物成因的硅质；奥陶纪时期，放射虫开始逐渐在硅质沉淀过程中占据主导作用，此时硅质的沉积环境也相对较为广泛。但整体来看，寒武纪—奥陶纪早期，硅质生物的丰度并不足以使得海水中硅质浓度降低太多，因而除了生物成因的硅质之外，仍存在直接化学沉淀的硅质，到了奥陶纪中后期，由于放射虫爆发并演化到一定程度，使得海水中硅质浓度明显降低，潮坪环境中非生物成因的硅质沉淀才逐渐减少 (Maliva and Knoll, 1989)。

第二阶段为志留纪—早白垩世，该时期硅质海绵和放射虫处于最为繁盛的时期，在低能潮下环境和远洋环境中产生大量硅质沉积物，环潮坪环境中的硅质沉积物相对较少。

第二个转变期为晚白垩世—古近纪。晚白垩世硅藻出现爆发，并开始逐渐取代海绵

和放射虫而成为硅质生物沉淀的主导因素。

第三阶段为始新世至今, 硅藻十分繁盛, 由于硅藻主要生存于远洋环境中, 而海绵可生活在浅水陆架-深水盆地环境中, 浮游的硅藻不断摄取表层海水中的硅质, 从而使得表层海水中硅质浓度迅速降低, 所以浅水的台地环境中硅质海绵减少, 深水环境仍有海绵存在, 因而台地及浅水陆棚环境中硅质的产出减少 (Knoll, 1975; Scholle, 2003)。

硅质生物的演化对于理解和研究地质历史时期硅质岩的成因及沉积环境具有重要意义, 尤其是现今观察到的硅质多为远洋深水沉积, 但在元古代及古生代, 在浅水环境中有硅质生物的存在, 因而不能依据沉积成因硅质的存在而判定为深水沉积环境。

S11-P-06S

南海沉积物中深古菌 (Bathyarchaeota) 的丰度, 多样性及其参与碳循环功能的研究

余甜甜^{1,2}, 牛明杨^{1,2}, 王风平^{1,2}

1 上海交通大学生命科学与技术学院微生物代谢重点实验室, 上海 200240

2 上海交通大学海洋工程重点实验室, 上海 200240

深古菌 (Bathyarchaeota, Miscellaneous Crenarchaeotal Group, MCG) 是海洋沉积物中的优势古菌类群, 具有很高的多样性 (至少超过 20 个类群) 和广泛的生境分布。由于缺少培养物, 有关它们的生理特征及在环境中发挥的作用, 目前的了解仍非常有限。南海是西太平洋最大的边缘海, 前期的调查研究发现深古菌也是南海沉积物中的优势古菌门类。本研究旨在探明南海沉积物中深古菌的丰度, 类群的组成和分布特征, 以及可能的生物地球化学功能。首先设计了新的深古菌特异的 16S rRNA 基因引物, 提高了引物对不同亚群

的覆盖度, 能更准确反应环境样品中深古菌的丰度。利用定量引物对采集自海东沙和神户海域的两根重力柱 (长度 4m 左右) 从表层至底部 (表层间隔 10cm, 底层间隔 100cm) 进行了细菌, 古菌和深古菌的丰度定量, 发现深古菌的丰度与沉积物中的总有机碳含量 (TOC) 显著相关 ($R=0.933$; $P<0.000$), 表明南海沉积物中的深古菌主要为异养代谢类型, 暗示其在南海沉积物有机质的降解中发挥作用。沉积物深度和硫酸盐浓度是影响古菌和深古菌亚群类型分布的两个最主要的环境因子; 亚群 Bathy-8 倾向于分布在沉积物深层和硫酸盐浓度低的环境中, 而亚群 Bathy-10 则趋向于分布在沉积物表层和硫酸盐浓度高的环境中; 表明不同的深古菌亚群具有不同的生态位和生理适应性, 它们的代谢和生态功能也很可能不同。

S11-P-07S

神农架大九湖泥炭地磷脂脂肪酸揭示的微生物群落对环境变化的响应

宋青伟^{1,2}, 黄咸雨^{1,2*}, 薛建涛^{1,2}

1 中国地质大学 (武汉) 地球科学学院关键带演化实验室, 武汉 430074

2 中国地质大学 (武汉) 生物地质与环境地质国家重点实验室, 武汉 430074

* xyhuang@cug.edu.cn

泥炭地在全球碳循环中充当着重要的角色。开展泥炭地微生物活动与碳动态及气候-环境条件之间的相互关系研究, 可以帮助我们更好的认识泥炭地短时间尺度碳动态变化过程及机制。磷脂脂肪酸 (PLFAs) 已被广泛地用来表征土壤中微生物群落的变化。磷脂脂肪酸是活体微生物细胞膜的重要组成部分, 随细胞死亡而迅速发生降解。磷脂脂肪酸只

存在于活体细胞，随微生物死亡迅速降解，不同种类的微生物会合成不同的磷脂脂肪酸，所以可以反映活体微生物生物量及群落结构等信息。此外，磷脂脂肪酸的碳与氢同位素组成可以用来指示微生物碳利用途径及生理代谢过程的信息，因而磷脂脂肪酸可以作为关键带监测中表征微生物群落及生理变化的重要手段之一。

神农架大九湖泥炭湿地是长江中游地区最大的亚高山泥炭地，是良好的野外监测场所。在 2014 年至 2015 年所有泥炭样品中均检测出 C14 至 C26 等二十九种主要的 PLFAs，以 C16 为主峰，存在偶碳优势，直链饱和 PLFA、直链单不饱和 PLFA 是主要贡献者，分别占总含量的 29.03% 和 28.49%。支链饱和 PLFA、10Me-PLFA 以及环丙基 PLFA 含量也较为丰富。不同月份 PLFA 绝对含量不同，变化范围从 36.74 $\mu\text{g/g}$ 至 101.94 $\mu\text{g/g}$ ，即 PLFA 所表征的微生物对外界环境因子的改变做出了响应，微生物发生了表型变化。将环境因子包括水位，酸碱度等与 PLFAs 做冗余分析 (RDA)，结果表明洪水发生时使好氧菌与厌氧菌生长均受到抑制，微生物生物量整体下降；微生物最大生物量存在于干湿适宜，无极端气候事件的月份。且在一定范围内，碱性环境使微生物生物量增多。目前正在开展的 PLFA 单体碳与氢同位素测试，表明与泥炭地 DOC 含量和溶解氧存在明显相关性，将进一步研究不同微生物群落生化合成途径和碳源利用情况。

S11-P-08

海洋微生物对稀土富集成矿的作用机理探讨

姜明玉^{1,2,*}，曹文瑞¹，萨仁高娃¹

1 中国科学院海洋研究所，海洋地质与环境重点实验室，青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室，海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071

* myj.1010@hotmail.com

日本研究者 Yasuhiro Kato 等人的研究发现太平洋海底沉积物中含有数量惊人的稀土资源，表层沉积物中 (< 2m in depth) 总稀土的平均含量也高达到 400 ppm (Kato Y. et al., 2011)。微生物广泛分布于各种地质环境中，它们几乎参与了从地球表面到地下深部岩石圈中所有的地质地球化学过程。前期研究表明淡水环境中的微生物对稀土元素的富集起到积极作用 (殷鸿福等, 1994; Takahashi Y. et al., 2005; Ginn B. R. and Fein J.B., 2008; Mingyu et al., CG, 2010; Jiang Mingyu et al., GCA, 2012)。然而，具体的关于海洋微生物对稀土的富集和矿化的研究报道较少，尤其相互作用过程和作用机理尚不明确。

本研究以稀土元素和从深海沉积物中分离的海洋微生物为研究对象，进行由海洋微生物引起的稀土元素成矿过程的实验室模拟研究。结合生物学、地球化学、光谱学、地质学的多种分析测定手段，对照非生物成矿过程，探讨深海沉积物中微生物对稀土元素富集、矿化的过程，并考察其作用机理。

实验室已经从不同区域的海底沉积物样品中成功分离纯化了 200 余株单克隆菌落，并初步筛选出了几种对金属元素有较强富集能力的海洋细菌。通过进行不同反应条件下微生物对稀土元素富集的实验室模拟实验，记录反应过程中元素浓度、反应条件的变化，分别研究每种微生物和稀土元素相互作用的化学动力学过程。综合实验结果显示，不同的海洋微生物对稀土元素有不同的吸附效率，吸附在微生物表面的稀土元素随着吸附时间的增长，元素的化学形态也发生变化。稀土元素在细胞表面由短期的快速吸附逐渐过渡到吸附点元素浓度增大形成过饱和状态从而形成稀土的矿物颗粒。通过扫描电镜、透射

电镜及 X 射线吸收光谱的检测分析, 初步认为单纯的实验背景条件下微生物对稀土元素富集形成的矿物以磷酸盐矿物为主。同时, 对比相同实验条件下微生物和深海沉积物的相互作用实验结果, 也表明微生物对沉积物中磷酸盐矿物的形成有一定的促进作用。尝试运用地球化学分析软件 Geochemist's Workbench 分析不同反应体系的化学平衡过程, 进一步解释稀土元素富集的动力学过程。同时对比不同微生物的作用过程和作用结果, 探讨深海地质环境中引起稀土元素富集的不同微生物的特性作用。

S11-P-09S

The response of rare archaeal species to environmental changes in subtropical soil as revealed by co-occurrence network analysis

Na Jiao¹, Wei Xie^{2*}, Cenling Ma², Sa Fang¹, Zhiwei Cao¹, Chuanlun Zhang², Ruixin Zhu^{1*}

¹ Department of Bioinformatics, Tongji University, Shanghai, 200092, China

² State Key Lab of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, 200092, China

* xiewei@tongji.edu.cn; rxzhu@tongji.edu.cn

In nature, one of the most familiar patterns in biodiversity is that only a few species are common, whereas most species are rare. The questions about the maintenance of rare taxa and how they contribute to the functioning of microbial-dominated ecosystems are raised owing to the progress of high-throughput sequencing technology. In this study, using co-occurrence network analysis, we investigated the change of those rare archaeal species in the context of environmental variables over a period

of 12 months in a subtropical soil on Chongming Island, China. The results showed that 68 OTUs representing 26.9% of total community were rare species, while 4 OTUs representing 70.4% were abundant species. Co-occurrence network analysis indicated that the significance of the OTUs was not correlated to their abundance. Especially, most rare methanogens showed higher significance-abundance ratio than thaumarchaeota, which was the most abundant phylum in the community, highlighting the activity of those rare methanogens in this barren grassland soil. We further found that those methanogens were positively correlated with temperature when performing co-occurrence network analysis coupling OTUs and environmental variables. This study indicates that the rare methanogens might contribute significantly to methane emission from soils, which might be the most overwhelming source of greenhouse effect in grassland soils.

S11-P-10S

Metagenomics and enrichment combining approach to understand the mechanisms of anaerobic methane oxidization (AOM) in South China Sea

Lewen Liang, Fengping Wang*

State Key Laboratory of Microbial Metabolisms, School of Life Sciences and Biotechnology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240

* fengpingw@sjtu.edu.cn

Methane is a highly effective greenhouse gas with greenhouse effect about 20 times higher than CO₂. Marine sediments are the

largest methane reservoir but very little methane is emitted from the ocean mainly because of anaerobic methane oxidation within the anoxic sediments. Anaerobic methane oxidization is mainly occurred in couple with sulphate reduction in marine environments. Meanwhile, accumulating evidences suggested that AOM in marine sediments may have divergent mechanisms, for example, apart from coupling to sulphate reduction, it may also associate with iron reduction. In addition to the common belief that AOM is conducted by ANME which belongs to the phylum Euryarchaeota, recent metagenome data showed that members of the archaeal phylum Bathyarchaeota (formerly known as the Miscellaneous Crenarchaeotal Group) also have the potential of methane metabolism. Since ANME or Bathyarchaeota are not yet culturable in the laboratory, it remains a big challenge to understand the mechanisms of methane oxidation in the ocean. Due to the fast development of metagenomics, now we can approach “the microbial dark matter” to understand their roles and mechanisms. Here we are planning to utilize a combined approach of enrichment and metagenome to understand AOM in the sediments of South China Sea (SCS). Our sample was collected from the Qiong Dong Nan area of SCS where AOM activities has been detected, and high abundance of ANME and Bathyarchaeota were found. We set a series of incubations using different substrates as well as different incubation conditions such as high pressure to enrich the AOM archaea. The processes are under investigation, and the enrichments will be sequenced to reveal the

metabolic pathways of AOM archaea, their environmental adaptation and evolution.

S11-P-11

Isotope constraints on seasonal dynamics of dissolved and particulate N in the Pearl River Estuary, south China

Feng Ye^{1,2}, Guodong Jia^{1,3,*}, Luhua Xie^{1,2}, Gangjian Wei^{1,2}, Jie Xu⁴

1 Key Laboratory of Marginal Sea Geology, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

2 State Key Laboratory of Isotope Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

3 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

4 State Key Laboratory of Tropical Oceanography, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China

Isotope measurements were performed on dissolved NO_3^- , NH_4^+ and suspended particulate total N along a salinity gradient in the Pearl River Estuary (PRE) to investigate the main N sources and its biogeochemical processing under the influence of monsoon climate. Our data revealed that domestic wastewater and decomposed soil organic N were the major sources of DIN in freshwater during winter and summer, respectively, whereas PN was mainly derived from phytoplankton biomass in both seasons. In low salinity waters (<2–3), nitrification was proved to be a significant NO_3^- source via NH_4^+ consumption, contributing 39.2±6.1% and 72.4±10.0% of NO_3^- to estuarine waters in summer and winter, respectively (calculated from $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$). The

larger contribution in winter most likely resulted from the higher relative utilization of NH_4^+ and the resultant significance to NO_3^- pool. In waters with salinity $>2-3$, the data identify that the intense sediment-water interaction and resuspension of sediments as important N cycling processes during winter when the estuary is well mixed. In summer, however, a strong coupling between assimilation and remineralization might be occurring, as reflected by the similarity of $\delta^{15}\text{N}$ signals for DIN and PN. Moreover, the greater increase in $\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3}$ than in $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ (up to 15.6‰) at high salinities in winter suggests that atmospheric deposition may exert a substantial influence on NO_3^- cycling processes. These results show the importance of seasonal variability in physical forcing on biological N sources and its turnover processes in large estuaries that impacted by anthropogenic activities, and have direct implications for budget the N fluxes exported to the ocean.

S11-P-12S

Expression and analysis of archaea originated photosynthesis-related genes

Juanjuan Xie, Fengping Wang*

State Key Laboratory of Microbial Metabolisms,
Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240

* fengpingwang@sjtu.edu.cn

Photosynthesis is the most important biological process on Earth. This process is carried out by plants on land, and in the oceans by algae and cyanobacteria. Up to now, photosynthesis has only been found in six phyla of bacteria including the cyanobacteria, purple

bacteria, chloroflexi, chlorobi, helicobacteria and acidobacteria. Generally, photosynthesis is regarded as most likely having evolved after the divergence of the archaeal-eukaryal and bacterial lineages, as no (bacterio)-chlorophyll ((B)Chl) has ever been detected in a member of the domain Archaea. Previously we detected a functional *bchG* gene in an uncultured archaeal genome (later assigned to Bathyarchaeota phylum, He et al, Nat Microbiol 2016), which was a marker gene for Bchl biosynthesis, and only detected in photosynthetic organisms (Meng et al. ISME J 2009). The finding of a gene encoding functional BchG protein from archaea make us reconsider the evolution of this protein family and the possibility that the origin of photosynthesis probably predates the divergence of bacteria and archaea.

Here we report our on-going study on archaea originated putative photosynthesis-related genes. We searched for photosynthesis-related genes, especially those putatively involved in BChl biosynthesis, in the genomes of Bathyarchaeota. Until now we have found some candidate Bchl biosynthesis-related genes such as *bchG*, *bchE* and *bchP* and are conducting heterologous expression and enzymatic activity assay of these candidates in *E.coli*. In vivo gene function analysis will also be carried out by introducing these genes into a series of *bch* gene knockouts in the photosynthetic bacterium *Rhodobacter sphaeroides*. Our work will shed new lights into understanding the origin, evolution, and divergence of photosynthesis and its related proteins.

S11-P-13S

宏基因组学比较分析两个栖息于不同喷发状态的热液烟囱体表面的微生物群落

侯佳林, 王风平*

上海交通大学微生物代谢国家重点实验室

*fengpingw@sjtu.edu.cn

为了更加全面和深入理解深海热液口生态环境在地球化学元素循环过程以及地球早期生命演化过程中所发挥的重要作用, 对栖息于该极端环境中发挥初级生产者功能的复杂微生物群落本身的物种组成、代谢特点以及其与周围物理化学因素不断剧烈变化的热液环境之间相互作用模式的研究就显得尤为关键。特别是由于烟囱体喷发状态改变而造成的微生物群落组成及代谢功能的转变, 对此我们所知甚少。因此, 我们利用宏基因组学方法对两个采集于 East Pacific Rise 的处于不同喷发状态的硫化物黑烟囱壁 (M vent 和 L vent) 生物样本中的微生物群落物种组成和物质代谢特点进行了深入的比较分析。同时也与其它深海热液系统、海水、沉积物以及酸性矿液等多种不同的环境基因组样本在整体微生物代谢潜能方面进行了全面的横向的基因组学比较。结果显示, 采集于活跃的高温 (271°C) L vent 生物样本的绝对优势微生物类群为 Epsilonproteobacteria, 完全不同于由 Gammaproteobacteria 主导的处于半熄灭状态的 L vent 样本, 说明两样本具有截然不同的群落物种结构。群落物种组成的差异也造成了两样本各自独特的能量结构和代谢特点: 在基因组水平, L vent 具有相对较为丰富的 rTCA 和反硝化代谢途径, 而 M vent 中脂类代谢以及感受运动性相关的基因含量丰富。此外, 我们还在两样中都发现了大量 SoxB 基因, 该基因所表达的 SoxB 酶在 Sox

系统中发挥着不可替代的作用, 说明 Sox 系统可能在热液口烟囱表面微生物群落的硫代谢过程中发挥重要作用。

S11-P-14

黑潮溶解有机碳入侵南海北部的交换过程和降解机制

李骁麟*, 谷帅, 吴凯, 陈薇, 张锐, 戴民汉

厦门大学 近海海洋与环境科学国家重点实验室, 福建 厦门 361102

* xlli@xmu.edu.cn

南海是太平洋最大的边缘海, 其北部盆地受河流输入影响较小, 水体的物理和生物地球化学性质主要与其与西菲律宾海进行的物质和能量交换所决定。Dai 等[2013]提出源自相邻西菲律宾海深层的溶解无机碳和营养盐的输入比例, 主要调控着南海海盆区 CO₂ 的源汇格局。而对于表层海水, 自赤道北部北上的黑潮经过西菲律宾海, 并通过吕宋海峡与南海北部进行水体交换。高温的黑潮水同时携带了较高浓度的溶解有机物(DOM)和较低浓度的营养盐, 若黑潮通过对流混合带入的 DOM 在南海北部降解, 将释放额外的营养盐和 DIC, 影响当地的生产力和生源元素的循环。本研究聚焦于黑潮入侵过程对南海北部表层水体溶解有机碳(DOC)分布的影响, 初步估算黑潮入侵南海的 DOC 通量, 评估这部分外源 DOC 在南海的降解过程及其对南海碳循环的潜在影响。

通过构建三端元混合模型, 本研究发现南海北部表层海水 DOC 分布受黑潮影响显著; 通过分析南海北部四个季节的 DOC 垂直分布, 发现南海表层 DOC 浓度常年低于西菲律宾海; 并通过水团交换通量初略估算由黑潮入侵通过吕宋海峡输入的 DOC 通量约为 $107.1 \pm 54.6 \text{ Tg C yr}^{-1}$ 。通过现场培养实验研究黑潮 DOM 在南海微生物作用下的降解过程, 发现

在 14 天内 DOC 由 80 μM 降至 77 μM , 细菌的丰度也在两天内上升两倍。将培养系统的营养盐添加至南海 100 m 水深的浓度水平, 发现细菌的生长和 DOC 的降解速率和程度都有更显著的增长, DOC 在 14 天内由 80 μM 降解至 72 μM , 生物可利用 DOC 约占总 DOC 的 10%。同时通过对固相萃取 DOM 的质谱分析和溶解态可水解氨基酸组分的分析, 发现南海和受黑潮所在的西菲律宾海表层 DOM 在分子组成上存在显著差异, 分子结构差异可能是维持二者 DOC 在表层积累的因素之一。最后初步估算黑潮引入的外源 DOC 在南海北部的降解可贡献 3 Tg C/yr⁻¹, 约占南海年 CO₂ 通量的 18%, 而这只是短时间尺度降解过程所得的下限值, 因此我们需要对外源 DOC 在南海的降解过程和降解机制需要更系统的研究。

S11-P-15S

夏季白令海与楚科奇海的氮生物吸收速率*

张琨¹, 陈敏^{1,2,*}

1 厦门大学海洋与地球学院, 厦门 361102

2 近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361102

*mchen@xmu.edu.cn

2014 年夏季中国第六次北极科学考察航次期间, 在白令海与楚科奇海的陆坡区和中心海盆采集了真光层以浅的海水样品, 利用 ¹⁵N 示踪法实测了研究海域 NO₃⁻和 NH₄⁺的生物吸收速率, 探讨研究海域氮生物吸收动力学的变化规律。结果表明, 白令海中心海盆、白令海陆坡区、楚科奇海中心海盆和楚科奇海陆坡区的 f 平均值 ($f = \frac{\text{NO}_3^- \text{吸收速率}}{\text{NO}_3^- \text{吸收速率} + \text{NH}_4^+ \text{吸收速率}}$) 分别为 0.12、0.10、0.53 和 0.32, 中心海盆的 f 比值要高于陆坡区。白令海中心海盆、白令海陆坡区、楚科奇海中心海盆和楚科奇海陆坡区 NO₃⁻的生物吸收

速率平均值分别为 0.07、0.25、0.01 和 0.86 mgC/m³/d¹, 表现为中心海盆明显低于陆坡区的特征。NH₄⁺的绝对吸收速率和比吸收速率均比 NO₃⁻的相应值来得高, 说明 NH₄⁺是白令海和楚科奇海浮游植物优先利用的无机氮形态。将研究海域营养盐、颗粒有机氮含量、NO₃⁻和 NH₄⁺的比吸收速率和绝对吸收速率、 f 比值与沿岸上升流、HNLC 海域进行比较后发现, 白令海中心海盆区是一个高营养盐、低生物量、低 f 比值、低新生产力的海域, 它与陆架区及沿岸上升流海区有明显不同的特征, 因此白令海中心海盆区应属于 HNLC 海区。

S11-P-16S

Inverse relationships between salinity and ²H/¹H fractionation in leaf wax n -alkanes from Florida mangroves

Ding He^{1,2,3,*}, S. Nemiah Ladd⁴, Julian P. Sachs⁵, Rudolf Jaffé^{1,2}

1 Marine Science Program, Department of Chemistry & Biochemistry, Florida International University, North Miami, FL 33181, USA

2 Southeast Environmental Research Center, Miami, FL 33199, USA

3 Department of Marine Sciences, University of Georgia, Athens 30602, USA

4 EAWAG, Surface Waters Research and Management, Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, Switzerland

5 School of Oceanography, University of Washington, Box 355351, Seattle, WA 98195, USA

The effect of salinity on hydrogen isotope ratios and hydrogen isotope fractionation of leaf wax n -alkanes was assessed in *Laguncularia racemosa* (white mangrove), *Rhizophora mangle* (red mangrove) and *Avicennia germinans* (black mangrove) along a 31 ppt

salinity gradient in the Shark River estuary, Florida, USA. Significant variations in hydrogen isotopic ratios were observed among the three species. In general, inverse correlations between leaf wax *n*-alkane hydrogen fractionation factors and salinity were found for all the three Americas-East Atlantic mangrove species, including for the previously unreported genus *Laguncularia*, in agreement with previous observations from Indo-West Pacific mangrove species. However, correlations between salinity and hydrogen isotope fractionation factors are significantly different among genus, and even within the same species *A. marina* growing in different environment settings. While the detailed mechanism of this interspecies variation remains unclear, it could be due to the different compatible solutes employed, different use of stored carbohydrates, or different biochemical mechanisms in response to increasing salinity among the three mangrove species. *Rhizophora* genus from both Indo-West Pacific and Americas-East Atlantic regions showed no significant difference in slope values of the negative linear correlations between $^2\text{H}/^1\text{H}$ fractionation of leaf wax *n*-alkanes and salinity, suggesting *Rhizophora* genus as a robust candidate for paleoreconstruction using its leaf lipids preserved in sediments. However, further studies are still needed to better constrain the factors affecting interspecies variability, which may provide a framework for quantitative paleosalinity reconstructions using mangrove sediments.

S11-P-17S

中国土壤 bGDGTs 化合物的季节变化特征及对 MBT/CBT 作为温度指标的影响

郑峰峰¹, 陈雨霏¹, 王永莉², 洪义国³, 张传伦¹

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 中国科学院地质与地球物理研究所油气资源国家重点实验室, 兰州 730000

3 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

支链甘油二烷基甘油四醚化合物 (branched Glycerol Dialkyl Glycerol Tetraether lipids, bGDGTs) 普遍存在于各类陆地环境中, 其在环境中的分布主要受到温度和土壤 pH 的控制。近年来, 已 bGDGTs 为基础的指标被广泛被用于定量恢复陆地古环境变化。新的证据表明土壤中 bGDGTs 化合物对温度的响应可能受到其他因素的影响。例如, 土壤含水率、TOC 等, 同时并不清楚在中国土壤中 bGDGTs 化合物对温度的响应是否存在季节性的偏差。为了验证这一问题, 我们对中国不同区域 (玛多、兰州、东营、上海、广州) 的偏碱性土壤 bGDGTs 化合物进行了为期一年的连续性采样分析。结果表明, bGDGTs 化合物浓度及组成均不存在明显的季节性变化特征。MBT/CBT 恢复的温度在玛多、兰州、东营、上海等地区基本接近年平均温度, 这与 Lei et al. (2016) 及 Weijers et al. (2010) 的观测相一致。而在广州地区, 我们发现 MBT/CBT 指标恢复的温度更接近于夏季温度。同时, 在较窄的 pH 变化范围内 (7.13-7.77), MBT 指标同样受到土壤 pH 变化的影响, 这表明相对于温度来说, bGDGTs 化合物对土壤 pH 可能存在更为敏感的反应。在我们的样品中, MBT 指标与年均大气温度之间存在着与 Yang et al. (2014) 不同的校正关

系, 表明了不同的样品来源及采样时间可能造成 bGDGTs 温度指标的偏差。

S11-P-18S

Tracking the signals of living archaea: A multiple reaction monitoring (MRM) method for detection of trace amounts of intact polar lipids from the natural environment

Yufei Chen^{1*}, Chuanlun Zhang¹, Chengling Jia¹, Fengfeng Zheng¹, Chun Zhu²

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

2 MARUM & Department of Geosciences, University of Bremen, D-28359 Bremen, Germany

* 15_cyfmolly@tongji.edu.cn

Isoprenoid glycerol dialkyl glycerol tetraethers lipids (iGDGTs) are specific biomarkers of archaea and the proxies of iGDGTs have shown use in paleoclimate reconstruction. Mounting research has focused on the proxies for paleoclimate reconstruction based on the core lipid iGDGTs (CL-iGDGTs). With the progress in analytical methods, information of archaeal community composition hidden in iGDGTs as intact polar lipids (IPL-iGDGTs) has been unveiled. The conventional indirect detection of IPL-iGDGTs only allowed the quantification of total IPL fractions; however, the specific head groups attached to CL-iGDGTs remained unknown. Several analytical methods have been established for detection of IPL-iGDGTs with improved chromatographical conditions and advanced mass spectrometry techniques. In this study, we have developed a multiple reaction

monitoring (MRM) method assessing IPL-iGDGTs in environmental samples using reversed phase liquid chromatography and triple quadrupole mass spectrometer equipped with an electrospray ionization (RP-LC-ESI-MRM). Compared to widely used selected ion monitoring (SIM) mode, the MRM method showed much higher sensitivity and lower detection limits, representing 10fold better than SIM. Furthermore, the repeatability test of TEX₈₆ measurement between SIM and MRM modes suggested that the MRM mode had better stability and repeatability than the SIM mode despite two levels of selections. Collectively, the RP-LC-ESI-MRM method can allow efficient fingerprinting of archaeal IPL-iGDGTs, particularly when they are in trace abundance in natural environments.

S11-P-19S

对气候变化敏感的冰壳前沿土壤中细菌群落结构特点

闫文凯¹, 马红梅², 孙波², 史贵涛², 肖湘³, 张宇^{3*}

1 上海交通大学生命科学技术学院, 上海 200240

2 中国极地研究中心, 上海 200136

3 上海交通大学海洋研究院, 上海 200240

* zhang.yusjtu@sjtu.edu.cn

冰壳前沿对气候变化非常敏感, 而极地冰下环境中微生物对全球地球化学循环的重要作用已经被认识到, 但是冰壳前沿处微生物的潜在代谢能力和对气候变化的敏感性还有待进一步研究。

本研究中, 我们选择东南极, 拉斯曼丘陵冰壳前沿处土壤作为研究位点。该处环境条件对气候变化引起的冰壳运动敏感, 是研究微生物群落结构对气候变化响应的理想地

点。沿着冰壳下、冰壳前的方向采集了五份土壤样品，对其细菌群落结构和理化参数进行了分析，研究潜在的代谢潜能变化。

采用 Illumina 公司的 Miseq 测序平台对 5 个位点中细菌 16s rRNA 基因多样性进行了分析，获得了 1.8×10^4 高质量的序列，发现了 95 个纲。对群落中的高丰度细菌类群和低丰度细菌 (rare bacteria) 类群进行比较分析发现，高丰度类群对整个群落结构的特点贡献更大，且不同位点中差异性也更大，高丰度细菌类群在 5 个位点中的变异系数为 0.886，显著大于丰度前 20 的低丰度细菌的变异系数 (0.159)。相比于土壤 pH、TOC 含量、含水量，冰厚对高丰度细菌群落结构影响更大。属于 Verrucomicrobia 的一类好氧异样细菌丰度与冰厚有显著的相关性 (pearson coefficient 0.9, p-value<0.05)。在对气候变化敏感的冰前环境中，高丰度细菌进行主要的地球化学循环，对理化参数的变化更加敏感；低丰度细菌通过保证物种的多样性，保持了群落的多种代谢潜能。这些结果可以为预测微生物群落结构对冰前环境变化的响应提供信息，并可加深对冰前极端环境下微生物群落结构对环境适应的理解。

S11-P-20

The spatial distribution of bGDGTs in a mesoscale subtropical watershed, Southeast China

Xueying Li¹, Fengfeng Zheng¹, Yufei Chen¹,
Wenting Guo¹, Tingting Zhang¹, Anyi Hu²,
Changping Yu², Chuanlun L. Zhang^{1*}

¹ State Key Lab of Marine Geology, Tongji University,
Shanghai, 200092, China

² Key Lab of Urban Pollutant Conversion, Institute of
Urban Environment, Chinese Academy of Sciences,
Xiamen 361021, China

* archaeazhang_1@tongji.edu.cn

Bacteria play an important role in global carbon and nitrogen cycles. Bacterial lipids, such as branched Glycerol Diacyl Glycerol Tetraethers (bGDGTs), are important biomarkers tracing change in bacterial community structure and biogeochemical processes in the natural environments. In this research, the spatial distributions of bacterial lipids in the soils on the Jiulong River (JR) banks, in the surface sediments of the Jiulong River and the Jiulong River estuary (JRE) were examined. In the soils, JR and JRE, bGDGTs was dominated by bGDGT-I (containing zero cyclopentyl ring) and bGDGT-II (containing zero cyclopentyl ring) with scarce bGDGT-IIc, bGDGT-IIIb and bGDGT-IIIc, and the core bGDGTs abundance were far higher than that of the polar bGDGTs. On the whole, the bGDGTs abundance showed the trends of river > estuary > soil for core bGDGTs and estuary > river > soil for polar bGDGTs and the PL/(PL+CL) value showed the trend of estuary > soil > river. bGDGTs in the JR may be predominantly derived from in situ production, whereas bGDGTs in the JRE mainly come from the terrestrial transporation of river, which suggested the faster degradation of polar bGDGTs to core bGDGTs in the river than eatuary. The fractions of bGDGTs show significant correlations with archaeal lipids (especially with GDGT-0, crenarchaeol and archaeol) in the soils, rivers and estuary. The distributions of bGDGTs may be effected by environmental factors (mainly by mean grain, silt, clay, NH_4^+ , TOC, TON) in the Jiulong river-estuary. There were good relationships between CBT derived pH and measured pH in

the soil and river, however poor relationship in the estuary, which indicated that the proxy CBT could be used in the soil and river but not the estuary environment in the Jiulong river-estuary.

S11-P-21S

Archaeal Community Composition Affected by Source Differentiation of TOC in the South China Sea

DENGXUN LAI, Peng WANG, Wei XIE, Fuyan LI, Jingjing LIU, Chuanlun ZHANG

State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji

University, Shanghai, China
pengwang@tongji.edu.cn

Archaea are widespread in marine sediments and play important roles in the cycling of sedimentary organic carbon. However, the archaeal distribution and relationship with sources of organic matter in marine sediments is not well understood. In this study, sediment samples were collected from the Pearl River Canyon (0.0 - 6.5 meters below seafloor), which acts as the main conduit for transferring terrestrial material towards the deep sea. Quantitative PCR and sequencing of the archaeal 16S rRNA gene were performed. The results showed that archaeal community composition was dominated by MBGB and MCG throughout the whole sediment column. However, the relative sequence abundances of Thaumarchaeota and MBGA were higher in the top 1 m depth, whereas Thermoplasmata, SCG (soil crenarchaeotic group) and SAGMEG were more prevalent below that. According to the ^{13}C of TOC and n-alkane data, the source of organic

carbon in the upper 1.0 m was marine origin while in the 1.0-6.5 m depth intervals it was markedly affected by terrestrial input. RDA analysis indicates that the ^{13}C and C: N ratio of the organic matter are critical factors influencing the distribution of the archaeal community. Overall, the consistent shifts in archaeal community composition and TOC indicates that archaeal distribution was influenced by the changing source of TOC. Our research sheds a light on the understanding of the microbial patterning in the sediments of submarine canyons in the South China Sea.

S11-P-22

趋磁螺菌铁代谢比较基因组学分析

王寅焯, 潘永信*

中国科学院地质与地球物理研究所地球与行星物理
重点实验室; 中国科学院中-法生物矿化与纳米结构
联合实验室, 北京 100029

*yxpan@mail.iggcas.ac.cn

一些微生物可以通过铁 (Fe) 氧化还原过程中的电子传递来获得能量, 维持细胞的能量代谢。同时, Fe 还可以作为必要的微量元素参与细胞的重要代谢过程, 如作为酶的活性位点。部分微生物还能进行 Fe 的生物矿化, 如趋磁细菌可以通过控制矿化在细胞内形成纳米级的磁铁矿或胶黄铁矿颗粒, 其细胞内的铁含量甚至能够达到细胞干重的 3%, 比大肠杆菌中的铁含量要高出 100 多倍。在合成磁小体的过程中, 趋磁细菌需要吸收和转运大量铁元素, 然而铁浓度过高对细胞会产生毒性, 因此, 细胞内铁离子的吸收和存储均受到严格的调控。趋磁细菌磁小体的合成是一个严格由基因调控的过程, 其合成机制在趋磁螺菌中已经研究的较为透彻。然而,

有研究证实在趋磁细菌的磁小体岛外还有很多的铁代谢相关基因, 这些基因也会显著影响趋磁细菌的磁小体合成。本研究利用实验室最近成功分离的一株趋磁螺菌(暂命名为 XM-1)进行了铁代谢比较基因组学研究。该新分离趋磁螺菌细胞长约为 $0.3 \pm 0.1 \mu\text{m}$, 每个细胞内含有约 10 个磁小体颗粒, 呈链状排列。16S rRNA 基因序列分析显示菌株属于 *Alphaproteobacteria*, 与 *Magnetospirillum* 属的亲缘关系很近。通过全基因组测序分析, 基于测序数据组装得到样品 XM-1 基因组大小为 4.99 Mb, GC 含量 65.67%, 共 2 个片段; 一个染色体序列和一个质粒序列。通过比较亲缘关系较近的趋磁螺菌 (*Magnetospirillum magneticum* AMB-1, *Magnetospirillum gryphiswaldense* MSR-1, *Magnetospira* sp. QH-2) 的铁代谢相关基因。我们发现, XM-1 基因组除包含完整的磁小体基因簇, 还含有大量与铁代谢相关的基因, 其中包括亚铁离子吸收基因 *feoAB*、*tpd* 和 *efeU*; 三价铁离子转运体系如 *tonB* 依赖的铁转运体系; 铁储藏蛋白基因 *bfr*; 以及铁调控相关的蛋白 *fur* 家族基因。同其他三株趋磁螺菌相比, 趋磁螺菌 XM-1 的铁转运体系基因数量相对较多, 与 AMB-1 和 MSR-1 的铁转运体系较为相似, 而 QH-2 的已知铁转运体系则相对较简单。

S11-P-23S

白令海硝酸盐的氮、氧同位素组成*

陈倩娜¹, 陈敏^{1,2*}

1 厦门大学海洋与地球学院, 厦门 361102

2 近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361102

* mchen@xmu.edu.cn

中国第 6 次北极科学考察期间(2014 年 7 月 19 日至 2014 年 9 月 9 日), 对白令海硝酸盐的氮、氧同位素组成进行了研究。结果

表明, 白令海盆表层水体硝酸盐的 $\delta^{15}\text{N}$ 值(‰, vs. N_2) 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值(‰, vs. SMOW) 均表现出高值, 分别为 17‰和 12‰, 对应于硝酸盐浓度的低值; 随着深度的增加, 硝酸盐 $\delta^{15}\text{N}$ 值和 $\delta^{18}\text{O}$ 值逐渐降低, 并在中深层水体趋于稳定, 硝酸盐 $\delta^{15}\text{N}$ 值稳定在 ~6‰, $\delta^{18}\text{O}$ 值稳定在 2-3‰。白令海海盆区硝酸盐 $\delta^{15}\text{N}$ 值、 $\delta^{18}\text{O}$ 值与硝酸盐浓度之间呈良好的负相关关系, 上层水体硝酸盐 N、O 同位素组成的变化主要由浮游植物同化吸收硝酸盐过程的同位素分馏主控, 根据 Rayleigh 模型计算出白令海海盆区浮游植物同化吸收硝酸盐导致的 N、O 同位素分馏系数 $^{15}\epsilon$ 和 $^{18}\epsilon$ 分别为 4.6‰和 4.3‰。白令海陆架区硝酸盐 $\delta^{15}\text{N}$ 值和 $\delta^{18}\text{O}$ 值的变化较大, 分别介于 6‰-20‰和 3‰-12‰之间, 它们主要受到生物同化吸收硝酸盐作用的影响, 但近底层水中可能同时受到硝化作用和反硝化作用的影响。

S11-P-24S

南海陆坡区有机质成分初探: 以氨基酸对映体为例

李明¹, 朱卓毅^{1*}, 许学伟², 吴莹¹, 刘素美³

1 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062

2 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012

3 中国海洋大学海洋化学理论与技术教育部重点实验室, 青岛 266100

*zyzhu@sklec.ecnu.edu.cn

氨基酸作为海洋有机氮的重要储库, 对于了解海洋溶解有机物(DOM)的成分及特征具有重要的意义。很多研究已经使用溶解态氨基酸的成分信息来认识海洋 DOM。本文对 2014 年秋季和 2015 年夏季南海陆坡的时间连续站海水样品剖面中溶解态氨基酸(THAA)进行了研究。结果表明: THAA 的垂直分布特征是由表层到底层逐渐降低; 海

水中 THAA 以中性氨基酸为主, 其次是酸性氨基酸和含羟基氨基酸; 海水 THAA 的优势性成分是甘氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸、丙氨酸。两个季节下, 中层样品中 D 型丙氨酸与溶解氧呈现较明显的负相关关系; 甘氨酸从表层到底层的百分含量有略微增加。高浓度的 D-丙氨酸、D-天冬氨酸暗示样品中肽聚糖的存在。氨基酸碳作为溶解有机碳 (DOC) 的呈现形式之一, 其碳量比重在不同季节差异较小。其中, 夏季 THAA 中的碳含量占 DOC 的 (2.8±0.7)%, 在秋季该比重为 (2.7±1.2)%。初步分析表明, 细菌微生物丰度与 D 型氨基酸之间没有简单的相关关系, 但在特定丰度范围, 两者之间存在显著正相关, 说明细菌微生物和 D 型氨基酸之间的复杂性。

S11-P-25

长江口外上升流区沉积物中四醚膜酯 (iGDGTs) 的来源与分布

陈加丽, 吕晓霞*, 胡鹏举, 李幸

中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 武汉 430074

* luxiaox@163.com

上升流是海洋环境中普遍存在的水文现象, 其对海洋生态环境乃至区域气候环境的变化都具有不同程度的影响, 因此, 研究地质历史时期上升流的强弱更替对研究区域气候与环境的变化具有重要意义。然而, 到目前为止, 还没有很好地能够指示上升流强弱更替的只是指标, 而阐明相应指标的指示机理是获取有效的指示指标的前提。基于此, 本文选取长江口外上升流区的表层沉积物及对应站位的悬浮颗粒物为研究对象, 分析其 iGDGTs 的组成和分布, 对比研究上升流区与非上升流区 iGDGTs 组成变化的规律; 在此基

础上探讨影响 iGDGTs 分布的因素, 辨析 iGDGTs 对上升流是否具有指示意义。结果表明: 上升流区表层沉积物中 iGDGTs 的分布模式与底层悬浮颗粒物中 iGDGTs 的分布模式接近, 可能归因于两个方面: 1. 在水深较浅水动力活跃的近岸海域, 受水动力的扰动, 底层悬浮颗粒可能主要来自于表层沉积物的再悬浮; 2. 表层沉积物中的 iGDGTs 主要来源于底层水体的有机质输入。与环境因子的相关性分析表明非上升流区悬浮颗粒物中的 iGDGTs 的分布与环境因子有较好的相关性, 而上升流区悬浮颗粒物则相反, 进一步表明上升流的扰动对水体中的 iGDGTs 的组成会产生一定的影响。

S11-P-26

奥氏酮生物标志物的环境稳定性

崔小华^{1*}, 赵春贵², 杨素萍^{2*}

1 山西医科大学基础医学院, 太原 030001

2 华侨大学化工学院生物工程与技术系, 福建 厦门 361021

* cuixiaohua80@126.com, yangsuping@hqu.edu.cn

Purple sulfur bacteria (PSB) mainly occur in anoxic aquatic and benthic environments and many PSB characteristically produce the unique keto-carotenoid, okenone, which was reported to only exist in 15 species of PSB. While by far the knowledge of okenone response to varied environmental factors was little known. In this study, purified okenone was obtained from halophilic purple sulfur bacterium *Machrichromatium* sp. 283-1. and characterized it, such as the effects of light, temperature, acid, alkali, metal ions, oxidizing agents, reducing agents, free radicals on okenone carotenoid. The results showed that okenone had better light

resistance heat resistance under in the dark or light of 1000 Lux at 4 °C, 30 °C and 50 °C conditions. Acids and bases affected the okenone stability. No significant effect of 0.01M H₂O₂, 0.01M Vc and 0.05M K⁺, 0.05M Na⁺, 0.05M Zn²⁺ and 0.05M Ca²⁺ on the stability of okenone, while 0.05M Fe³⁺, 0.05M Mg²⁺, 0.05M Al³⁺ and 0.05M Cu²⁺, especially 0.05M Fe³⁺ affected the stability of okenone. Okenone had a strong absorption to ultraviolet ray. [DPPH •] as a radical detection reagent could be used as determination of ability of okenone clearing [DPPH •] radical scavenging, the results showed that okenone had the anti-oxidation activity and EC₅₀ was 0.022 mg/mL.

Light resistance, heat resistance, radiation resistance, oxidation resistance and other properties of okenone allowed it to resist a variety of environment disaster and be preserved in the sediments. okenone and its fossil derivative, okenane, which was detected in Palaeoproterozoic sedimentary rocks, are widely believed to be specific biomarkers for PSB. Because the properties of okenone and the present-day ecological niches of PSB are anoxic or microoxic, sulfide-rich, aquatic and benthic environments that receive sufficient light to support photosynthesis, it is reasoned that okenone and okenane as valid tools are employed to study mechanism of environmental adaptation and paleoenvironment reconstruction.

S11-P-27S

利用碳同位素探究东海表层沉积物中初级生产力与 crenarchaeol 间的关系

程着, 谢伟, 张传伦

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

从古菌被发现以来, 已经在越来越多的环境中发现其存在古菌对全球碳循环的影响也越来越被学界所重视。古菌细胞膜类脂化合物甘油二烷基甘油四醚 (glycerol diacylglycerol tetraether, GDGTs) 作为古菌的生物标志物, 结构稳定, 广泛存在各种环境中, 常被用于指示沉积环境参数的变化。选用其中泉古菌醇 crenarchaeol 作为对象进行研究。叶绿素在各种研究中常常用作初级生产力指标, 但由于其极易被降解, 因而不能很好的保存在沉积物中。绿素 (chlorin) 是一种含有三个吡咯和一个二氢吡咯的芳香性杂环, 它是叶绿素的主要降解产物。在现代海洋研究中, 常常用作沉积物中初级生产力的主要指标。近年来的研究发现, 绿素与泉古菌醇在广海及湖泊环境中均有较好的相关性, 但是相关性背后的具体原因却仍有待研究。为了探究这背后的关系, 我们选用了东海表层沉积物共 64 个位点进行研究, 通过对比 crenarchaeol 与绿素的碳同位素, 验证两者是否在食物网中存在上下级关系。通过这项研究可以研究古菌与初级生产力间的关系, 从而为全球碳循环的探究做出贡献。

S11-P-28S

滨海湿地土壤铁循环微生物多样性及分布特征

张洪霞^{1,2}, 魏文超^{1,2}, 郑世玲¹, 王炳臣^{1,2}, 刘芳华^{1*}

1 中国科学院烟台海岸带研究所, 海岸带生物学与生物资源利用所重点实验室, 山东烟台 264003

2 中国科学院大学, 北京 100049

* fhliu@yic.ac.cn

铁是湿地环境中具有氧化还原活性的主要元素之一, 铁循环与土壤有机物的矿化、硝化、反硝化、甲烷产生、重金属迁移转化等环境过程密切相关。在热力学上, 铁还原菌介导的铁还原过程比产甲烷过程更容易发生, 因而能够抑制甲烷的产生, 减少温室气体排放。已有研究表明植物根际与铁还原菌和铁氧化菌作用有密切关系。然而, 湿地不同盐度带植物群落对土壤铁循环微生物多样性及分布的影响还未见有报道。因此, 本研究采用 16S rRNA 高通量测序及富集培养的方法对黄河三角洲滨海湿地 5 个不同盐度带典型植物群落 15 个表层土壤样品中铁还原菌和铁氧化菌多样性、分布特征及其环境影响因子进行了分析。结果表明, 黄河三角洲滨海湿地铁还原菌和铁氧化菌随不同盐度带植物群落的变化表现出不同的丰度变化和分布特征。表层土壤铁还原菌相对丰度和铁还原能力与植物带盐度呈负相关, 反之, 铁氧化菌相对丰度与植物带盐度呈正相关。*Geobacter*、*Clostridium*、*Desulfosporosinus*、*Anaeromyxobacter* 和 *Gallionella*、*Paracoccus* 分别为黄河三角洲滨海湿地较低盐度植物群落(白茅-芦苇, 芦苇)表层土壤中占主要优势的铁还原菌和铁氧化菌; *Shewanella*、*Desulfotomaculum*、*Bacillus*、*Vibrio*、*Clostridium* 和 *Marinobacter* 分别为高盐度植物群落(碱蓬, 怪柳)表层土壤中占优势的铁还原菌和铁氧化菌。对不同盐度带植物群落表层土壤铁还原菌和铁氧化菌丰度与环境因子做 RDA 分析发现, 土壤盐度和 Fe(III)含量是显著影响铁还原菌和铁氧化菌丰度的主要环境变量。本研究通过对典型滨海湿地不同盐度带植物群落表层土壤铁循环微生物丰度、多样性和

分布规律的揭示, 为进一步认识湿地植物群落带驱动关键生源要素循环的微生物多样性, 及其与植物根际的互营养关系具有重要的科学意义。

S11-P-29S

Metabolic potentials of different lineages of the archaeal phylum Bathyarchaeota widespread in marine sediments

Xiaoyuan Feng¹, Fengping Wang^{*1,2}

1 State Key Laboratory of Microbial Metabolism, School of Life Sciences and Biotechnology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, People's Republic of China.

2 State Key Laboratory of Ocean Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, People's Republic of China.

* fengpingw@sjtu.edu.cn

The archaeal phylum Bathyarchaeota is cosmopolitan and abundant in the energy-deficient marine sub-surface sediments. There are at least 19 subgroups in the Bathyarchaeota phylum with high inter-group diversities, most likely also corresponding to a high metabolic diversity. Recent genomic and enzymatic evidences indicate that members of Bathyarchaeota have variable metabolisms such as methane metabolism and acetogenesis. We conducted metagenome analysis of deep-sea subsurface sediments, recovered 27 bathyarchaeotal genomic bins. These bathyarchaeotal genomes could be assigned to at least seven lineages which provided us a chance to reveal and compare the metabolic potentials of different lineages of the

phylum.

Majority of the recovered bathyarchaeotal genomic bins contain most of genes for inorganic carbon fixation via the reductive acetyl-CoA (Wood-Ljungdahl) pathway. All the seven Bathy-groups investigated here contain the acetyl-CoA synthetase (ADP-forming, Acd) commonly used in Archaea for acetate metabolism, while only two groups have the Phosphate acetyltransferase(Pta) and acetate kinase(Ack) which are mostly used for acetate production/assimilation in bacteria. Besides, different lineages of Bathyarchaeota were shown to contain specific set of genes targeting a variety of organic substrates. Our analysis further demonstrated that this ubiquitous and abundant subsurface archaeal group has adopted a versatile life strategy to make a living under energy-limiting conditions, and different lineages of Bathyarchaeota subgroup have evolved specific physiological properties and adapted to distinct ecological niches.

S11-P-30S

Niche specificity of Miscellaneous Crenarchaeotal Group archaea in the surface sediment of Pearl River Estuary, China

Tingting Zhang, Peng Wang*, Songze Chen, Dengxun Lai, Wei Xie, Chuanlun Zhang

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* pengwang@tongji.edu.cn

Members of Miscellaneous Crenarchaeotal Group (MCG) have enormous diversity and are globally distributed in various freshwater and saline habitats. However, very little information

is available regarding the lifestyle and factors controlling the distribution of members of MCG in estuarine sediments. In this study, we applied quantitative PCR (qPCR), sequencing, RDA and network analysis for detection of MCG archaea in the Pearl River estuarine surface sediments sampled during a 10 month period. In general, community structure of the MCG subgroups showed significant shift from the upper Pearl River to the sea. MCG has highest abundance at the middle salinity sites. The analysis of phylogeny revealed distinct MCG subgroups in different habitats; specifically, MCG-6 preferred freshwater habitat, MCG-15 and MCG-17 saline environment, and MCG-8 relatively lower pH. These results suggest that different MCG groups might have developed a niche specific environment for growth in the Pearl River estuary.

S11-P-31S

新疆准噶尔盆地白杨沟泥火山地区甲烷循环微生物群落解析

任歌, 马安周, 庄国强*

中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085

* gqzhuang@rcees.ac.cn

泥火山是地下天然气夹带着水、泥、砂和岩屑等在压力作用下沿构造软弱带不断喷出地表形成的锥状沉积体。泥火山喷发的气体 90%为温室气体 CH₄, 使其成为估算气候变化中不可忽视的重要因素。因此越来越多的国内外学者开始关注泥火山地区的 CH₄ 循环过程和微生物代谢机制。新疆乌苏白杨沟泥火山群是亚洲最大的泥火山群, 孕育着独特的微生物资源。本研究采用 MiSeq 高通量测序技术, 分析了白杨沟泥火山群的古菌和

细菌群落组成。发现该地区古菌群论主要由产甲烷古菌 *Methanosarcinales* (54.3%), *Methanobacteriales* (4.8%), *Methanomicrobiales* (1.5%), 甲烷厌氧氧化菌 ANME-2D (17.7%)和嗜盐菌 *Halobacteriales* (12.9%) 组成。结果表明甲烷循环相关微生物在泥火山地区发挥着重要的作用。白杨沟泥火山的细菌群落主要为 *Proteobacteria* (78.1%), *Firmicutes* (6.3%), *Bacteroidetes* (4.0%) 和 *Chloroflexi* (2.8%)。随后, 本研究应用分子生态网络 (pMENs) 对白杨沟泥火山地区中微生物间的互作关系进行解析。结果显示, 整个分子生态网络中的优势种群同样为产甲烷菌 (>40%) 和甲烷厌氧氧化菌 (>5%), 表明这两种参与甲烷循环的微生物在该泥火山中占据着重要的生态位。进一步的互作网络分析揭示产甲烷菌和甲烷厌氧氧化菌呈现明显的正向互作关系, 表明二者在泥火山这种极端环境的下可能存在着互利共生或互养关系。综上表明, 甲烷微生物——产甲烷菌和甲烷厌氧氧化菌作为白杨沟泥火山地区的优势菌群在甲烷富集的泥火山环境发挥着重要的作用; 以二者为主的分子生态网络初步揭示了甲烷代谢过程中二者的协同互作关系。本研究为进一步揭示泥火山地区甲烷循环的功能种群、探讨甲烷氧化的分子机制提供了有力的微生物生态学依据。

S11-P-32S

The Effect of Sediment Maturity on Archaeal Lipid Distribution from the Deep Sediments in the South China Sea (SCS)

Weiyan Wu¹, Yang Xu², Suning Hou¹, Huanye Wang³, Zenghao Zhao³, Weiguo Liu³, Frederick

Cowell⁴, Chuanlun Zhang^{1*} and the IODP Expedition 349 Scientific Party

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2 State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3 State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China;

C4 EOAS, Oregon State University, Corvallis, OR

The TEX₈₆ has been widely used as a paleo sea surface temperature (SST) proxy based on isoprenoid glycerol dibiphytanyl glycerol tetraethers (GDGTs) from marine sediments. However, the effects of sedimentary processes on the application of TEX₈₆ remain unconstrained. In this study we investigated the influence of sediment maturity on the GDGT distribution and TEX₈₆ in the South China Sea (SCS) sediments collected at Site 1433 during the IODP 349 Expedition. Concentrations of total GDGTs ranged from 0.02 to 830 ng (g sediment dw)⁻¹, which were dominated by crenarchaeol and GDGT-0, similar to those commonly observed in the pelagic water, suggesting that these GDGTs may be primarily deposited from the water column. Relative abundances of GDGT-0 and GDGT-1 decreased with increasing depth down to 700 mbsf, followed by a rapid drop at 700-800 mbsf sediments. The relative abundances of GDGT-3, crenarchaeol and its region-isomer, however, showed the opposite trend, suggesting differential variation in GDGT composition. The relative abundance of GDGT-2 increased with depth down to 400 mbsf, then decreasing downward. As a result, TEX₈₆ increased with

depth down to 700 mbsf and decreased sharply below it to 800 mbsf. The TEX₈₆-derived SST decreased since ~9 Ma (above 700 mbsf), which is consistent with the global cooling trend. However, TEX₈₆- derived SST deviated considerably from the global SST pattern before 9 Ma (below 700 mbsf), which may be potentially due to the intensification of sediment maturity with increasing depth. Our results suggest that the application of TEX₈₆ may be severely compromised in sedimentary basins that have high maturity.

S11-P-33S

Communities of archaeal phylum Bathyarchaeota across different terrestrial settings with a salinity gradient

Ruicheng Wang¹, Xing Xiang¹, Hongmei Wang^{1*}

¹ State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geoscience, Wuhan 430074

*hmwang@cug.edu.cn

Since the first observation of MCG (MCG, recently assigned to a novel phylum Bathyarchaeota) via molecular sequencing in 2003, MCG have been detected in extensive marine and continental environment, especially various sediments and soils. High abundance and widespread distribution of MCG in marine environment has been recognized recently. However, geographic distribution pattern of MCG subgroups among terrestrial habitats remained largely unknown. On one hand, abundance and diversity of MCG subgroups in terrestrial settings were not elucidated very well.

On the other hand, previous results indicated that environmental factors may affect the structures of MCG communities across different terrestrial habitats.

Here we reported the abundance of member of MCG across different ecosystems and their correlation with environmental factors by constructing 16S rDNA clone libraries of peat sediments from Dajiuhu Peatland, Hubei province, P R China, coupling with bioinformatics analysis of 16S rDNA data available to date in NCBI database (till July, 2015). Totally, 1500 MCG 16S rDNA gene sequences from 28 studied sites affiliated with 6 different habitats (peatland, soil, hot spring, saline lake, estuary and mangrove) were subjected to Unifrac analysis based on phylogenetic distance and multivariate regression tree based on taxa. Both phylogenetic and taxon-based approaches showed salinity was demonstrated to significantly influence the distribution of MCG across terrestrial habitats. Divergent phylogeny of MCG was elaborated by low identity (75%) within 18 subgroups. Moreover, mangrove and estuary sediments harbored the highest MCG diversity, whilst soils had the lowest. By applying the ecological concept of 'indicator species', 9 indicator groups were identified among the 6 habitats investigated. The largest number of indicator groups observed in estuary sediments may suggest that estuary serves as one of the earliest habitats for MCG. Network analysis showed that members of MCG formed the "backbone" of archaeal communities and co-occurred with Methanomicrobia always. These results may infer MCG play an important ecological role

within archaeal communities via a potential symbiotic association with Methanomicrobia. Our results shed light on understanding about the biogeography, correlation with environmental conditions and potential functions of MCG in terrestrial settings.

S11-P-34S

南海琼东南冷泉区参与甲烷代谢微生物多样性和分布

牛明杨¹, 梁前勇², 范习贝¹, 王风平^{1*}

1 上海交通大学 生命科学与技术学院 微生物代谢国家重点实验室, 上海 200240

2 广州海洋地质调查局, 广州 510740

* fengpingw@sjtu.edu.cn

2015年3月, 海马 ROV 在南海琼东南海域发现活动冷泉区, 在沉积物表面有大量双壳类生物群、微生物菌席和气体渗漏。为研究琼东南冷泉区微生物的多样性和分布特点, 在冷泉区采集了两根沉积物柱。孔隙水地球化学参数显示 ROV1 沉积物柱具有明显的甲烷硫酸盐转换区 (SMTZ)。通过基于 16S rRNA 高通量测序, 对不同深度沉积物中古菌, 特别是参与甲烷代谢微生物多样性和分布检测, 发现古菌类群的多样性和分布随沉积物的深度变化具有明显的差异。在 SMTZ 区上部沉积物中 (0-260 cmbsf), 古菌类群主要是 Thermoplasmata 和 Bathyarchaeota, 分别占古菌丰度的 33-35% 和 25%-28%, MBG-D 是 Thermoplasmata 中的主要类群; 在 SMTZ 区 (350-450 cmbsf), 古菌类群主要是参与甲烷代谢微生物, 占古菌丰度的 21%-50%; 在产甲烷区 (500-780 cmbsf), 古菌类群主要是 Thermoplasmata 和 MBG-B, 分别占古菌丰度的 21-65% 和 25%-51%, 与 SMTZ 区上部沉积物中 Thermoplasmata 类群相同, MBG-D 是 Thermoplasmata 的主要类群。通过对沉积物

中参与甲烷代谢的古菌进行基于 16S rRNA 基因的进化分析, 琼东南冷泉区参与甲烷代谢的主要微生物为 ANME-1b, ANME-2ab, ANME-2c 和 Methanosarcinaceae 类群; 并且发现有南海特异的 ANME-1 类群, 暂命名为 ANME-1-SCS。发现不同的 ANME 类群在沉积物柱中的分布存在显著差异, ANME-2ab 主要在硫酸盐浓度较高的沉积物柱上层中丰度较高; 而 ANME-1 主要分布在硫酸盐浓度较低和硫酸盐缺乏的 SMTZ 和产甲烷区的沉积物中。这种微生物类群分布的差异主要受沉积物中可利用的电子供体和受体的影响, 暗示 ANME-1 和 ANME-2ab 可能具有不同的生态功能和代谢途径。

S11-P-35S

浅海热液系统光合细菌的发现与多样化代谢策略

韩昱*, 汤凯

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361005

* yuhan1019@foxmail.com

在浅海热液系统中, 表层海水由于热液与含氧海水混合而产生微尺度氧化还原梯度, 处于真光层内也为光合作用的存在提供可能, 同时浅海热液系统中还富含 S 元素, 具有众多还原性气体 (CO, H₂S, CH₄, H₂), 温度 (10-135°C)、pH (1.5-8.5) 范围较大等特点, 研究该海域细菌生理代谢将由浅海热液推演早期古海洋光合系统进化提供参考。本研究从台湾龟山岛浅海热液系统中分离到的一株 *Rhodovulum guishaninsula* P5 细菌, 通过其全基因组分析发现该菌株具有硫氧化、固碳相关基因, 完整的光合基因簇和叶绿素合成基因。能在微氧和好氧环境下生长, 但在寡营养条件下无明显的光合作用促进其生长, 推测其可能为好氧不产氧光合异养细菌

(AAPB) 的先祖, 该菌株的研究将为探索细菌异氧代谢、自养固碳及进化关系上有重要意义。

S11-P-36S

西南印度洋洋脊热液区微生物多样性和环境适应性研究

丁建, 张宇, 冷浩, 王寒, 肖湘*

上海交通大学微生物海洋学实验室, 上海 200240
Laboratory of Microbial Oceanography, Shanghai Jiao
Tong University, 200240, Shanghai

* xoxiang@sjtu.edu.cn

深海热液口分布于板块运动活跃的洋脊或海隆、弧后盆地、火山弧及活海山等区域。迄今, 全球共发现超过 300 多个热液喷口位点。深海热液喷口及其周边“生命绿洲”的发现, 促进了各国相继投入海底热液金属和生物资源的调查研究。在热液生态系统中, 微生物通过化能无机自养过程介导能量的转移, 将地热能流转化成更高的营养级, 支撑深海热液生态系统。对热液区高温烟囱区微生物多样性的研究已经超过 30 年, 但是对跨地区热液微生物群落特征, 及低温烟囱体和不活跃硫化物的相关研究才刚刚起步。

西南印度洋热液区是我国申请的多金属硫化物勘探区, 对该热液区的深入研究具有全球资源战略性意义。我们通过参加 2014-2015 年蛟龙号试验性应用航次(中国大洋 35 航次), 采集和保存了西南印度洋洋脊“龙旂”热液区 JL89、JL90、JL94、JL95 和 JL100 等黑烟囱体样本, 利用 Miseq 平台对黑烟囱宏基因细菌 16S rRNA V4 区和古菌 V4-V5 区进行深度测序(>26 000 条/样品), 并利用 Hiseq 平台对 JL90 和 JL100 烟囱样品进行宏基因组测序, 测序长度为 150 bp, 测序深度均超过为 40 G。进一步通过 QIMME 和基因注释的生物信息分析, 确定“龙旂”

热液区不同烟囱体的微生物组成和主能量代谢途径特征, 从而进一步分析热液区内和区间微生物多样性, 初步研究结果显示, 热液温度和化学组成能显著影响栖息其上的微生物群落组成和主能量代谢途径; 跨地区对比中发现, 处于不同扩展速度(快速、慢速或超慢速)洋脊的热液区同类型烟囱体上, 参与硫、氮代谢的主要菌群, 如 autotrophic epsilonproteobacteria 和氨氧化古菌 Thaumarchaeota 相对丰度差异较大。为了进一步研究深海低端环境微生物适应性机制, 我们利用深海环境模拟流动培养装置和超高温、超高压反应釜, 精确控制培养温度、压力和盐度等环境参量, 对热液样品进行长时间的不可逆定向环境参量流动培养。初步结果显示: (1) 该系统在寡营养培养基培养条件下能对深海热液微生物进行有效富集, 为后续分析提供充足的生物样本; (2) 在实验室培养条件下, 微生物组成和相对丰度与环境参量相关。我们将进一步通过环境蛋白组和病毒组等手段对富集样品进行深入的研究, 拟揭示热液微生物环境适应性和驱动 C、N、S 主要元素循环的机制。

S12-O-01

马里亚纳海沟综合观测计划

田纪伟*

中国海洋大学, 青岛 266100

* tianjw@ouc.com

深海海沟是地球上最后尚未被完全勘测的神秘区域, 我们目前对于海沟深处的认识知之甚少: 海沟的动力过程和气候效应, 海沟壳-幔结构特征与地震触发机制, 地震诱发海沟泥石流强度与浊流特征, 极端环境下(地震、俯冲等)物质输运过程, 海沟底界面物质与能量交换机制, 极端环境下生物特征, 海沟对全球碳平衡与碳循环的影响等科学问

题亟待解决。

自上个世纪 60 年代人类首次进行马里亚纳海沟探测以来，尘封了近三、四十年的深海海沟探测实验终于被重新开启。近期，美国、日本等国家针对海洋动力过程对马里亚纳海沟进行了海洋综合观测实验，取得重大的科学新发现，发现海沟对全球碳平衡与碳循环具有深层次影响，掀起了对深海海沟探测的新浪潮。随着国际上深海多学科交叉研究进程发展的日益纵深，我国深海长期连续综合观测能力的薄弱局面越来越突出，严重地制约了我国深海科学研究的步伐。针对这一现状，我们及时启动了马里亚纳海沟观测计划。其目的：构建马里亚纳海沟海洋科学综合长期连续观测科学试验场，实现海洋动力过程、地质过程与生物地球化学等过程同位同步长期连续过程，提升我国深海多学科交叉研究能力，开创国际上海沟海洋科学综合研究新局面。

S12-O-02

The “Marathon” Project at the Mariana Trench: Integration of physical, geological and biological approaches for exploring the hadal biosphere

J. Tian¹, H. Chen¹, M. Wang¹, H. Xu², Y. Zhang³, X. Zhang¹, C.L. Zhang^{4*}, and the “Marathon” Project party

1 Ocean University of China, Qingdao, China,
tianjw@ouc.edu.cn

2 Chinese Academy of Sciences, Hainan, China

3. Shandong University, Jinan, China

4. Tongji University, Shanghai, China

Archaeazhang_1@tongji.edu.cn

Hadal biosphere (below 6000 m water depth) is the least explored in marine

microbiology. We have established a team of physical oceanographers, chemists and microbiologists to study the biogeochemical processes in the Mariana Trench under the project “Mariana Trench Observation (Marathon)”. Our first expedition was in January 2016, which allowed us, for the first time, to collect large volumes of water (~100 liters) down to a depth of 8727 m using a specially designed CTD system. A suite of analyses were obtained on board the ship, which included temperature, pH, salinity, dissolved oxygen and nutrients (N, P, and Si); results are consistent with those of an earlier study in the Mariana Trench, which collected limited amount of seawater at different depths (Nunoura et al. 2015). Our sampling method will allow us to obtain metagenomes of the hadal microbial community, which is lacking at depth below 6000 m. Comprehensive chemical and microbiological analyses are underway, which will provide a better understanding of the biogeochemical processes in the deep Mariana Trench. Furthermore, sediment traps and a tripod, moorings, and earthquake monitors were deployed at the Mariana Trench, which will help better evaluate how the ecosystem functions in the dynamic hadal environment.

S12-O-03

马里亚纳海沟浮游病毒垂直分布特征的初步分析

汪岷*, 姜勇, 邵红兵, 夏骏, 宫政, 李中石

中国海洋大学海洋生命学院, 青岛 266000

* mingwang@ouc.edu.cn

马里亚纳海沟, 又称“马里亚纳群岛海沟”, 是目前所知地球上最深的海沟。一直以

来, 针对深海中浮游病毒的分布及其与生物、环境之间关系的研究非常缺乏, 而针对马里亚纳海沟这一特殊深海环境中浮游病毒丰度、生产力和多样性的系统性研究就显得极为紧迫。我们在 2015 年 12 月, 在马里亚纳海沟处设置 0-9000 米 6 个不同水深的垂直剖面, 借助流式细胞仪、宏基因组技术及病毒生产力稀释法等对浮游病毒及水体中潜在宿主和理化因子进行了研究, 以期了解浮游病毒的垂直分布特征及与环境关系。

结果表明, 马里亚纳海沟浮游病毒表层丰度(10^5 个/ml)明显高于深层(10^3 个/ml), 丰度从表层高值降至 1000 米处低值, 在 2000 米处有略微升高, 4000 米之后随深度增加丰度缓慢增加。生产力也呈现类似的垂直分布规律, 表层病毒生产力明显高于深层, 从表层高值骤降至 1000 米处达到最低值, 在 2000 米处有略微升高, 再在 5000 米处继续升高, 延续到 8000 米。

马里亚纳海沟微型浮游生物主要包括浮游异养细菌、微型真核生物及聚球藻, 其中丰度占主导的是浮游细菌, 而浮游病毒丰度及生产力的垂直分布与浮游细菌的垂直分布特征非常类似, 呈现极显著的回归关系 ($P < 0.01$), 证明浮游病毒垂直分布的主要影响因素应为浮游细菌。进一步分析发现, 浮游病毒丰度、生产力和浮游细菌丰度均与温度、盐度、磷酸盐、硝态氮等具有极显著的回归关系, 推测深层海水中营养物质先被细菌利用后, 再通过病毒侵染消解, 构成物质能量的循环。

宏基因组工作的现有结果表明, 表层海水中双链 DNA 病毒占了绝对优势 (98.92%), 其中有尾噬菌体为最主要的类群 (83.79%), 主要的病毒科为肌尾噬菌体 (63.66%), 短尾噬菌体 (10.34%), 长尾噬菌体 (8.07%), 藻 DNA 病毒 (6.25%) 以及拟菌病毒 (3.80%)。

其他深层海水中的多样性数据正在测序或整理中。

S12-O-04

马里亚纳海沟地球动力学研究

林间^{1,2}, 张帆^{2,3}, 周志远²

1 美国伍兹霍尔海洋研究所, 地质与地球物理系, 伍兹霍尔 MA 02543

2 中国科学院南海海洋研究所, 边缘海地质重点实验室, 广州 510301

3 香港中文大学, 沙田, 香港

This presentation provides an overview of new efforts in investigation of subduction zone plate bending, normal faulting generation, and relationship to earthquake processes, especially at the Mariana and Manila trenches. During subduction, the downgoing slab flexes, generating significant flexural stresses, normal faulting, zones of elastoplastic deformation, intraslab seismicity, and hydration of the slab. Moreover, normal faulting earthquakes at the outer rise region of a subduction zone could pose significant seismic and tsunami hazard. We have recently investigated the mechanisms of normal fault initiation and evolution in the subducting plates at the Mariana, Manila, and other trenches through bathymetry analysis and geodynamic modeling. We model the subducting plate as an elastoplastic slab subjected to tectonic forcing at the trench, including vertical load, bending moment, and horizontal tensional force. Our analysis revealed several key constraints: (1) Most of the normal faults are sub-parallel to the local strike of the trench axis, indicating that the normal faults were initiated by bending stresses in the

subducting plate and not by pre-existing seafloor abyssal tectonic fabrics. (2) The normal faults were likely initiated within the outer rise region and reached maximum throw toward the trench. (3) Systematic variations were observed both along single trenches and between trenches in tectonic variables including trench relief, axial tectonic loading, effective elastic plate thickness seaward and landward of the outer rise, and the characteristics of normal faulting. The Challenger Deep region of the Mariana trench is associated with the greatest trench relief and tectonic loading. We hypothesize that the observed significant variations in elastoplastic flexure and normal faulting are related to variations in tectonic loading and variables including plate subduction geometry, plate properties, and presence of seamounts in the subducting plate. The presentation will also provide an overview of new efforts in seismic experiments of the Challenger Deep region of the Mariana trench.

S12-O-05

深渊科学技术流动实验室建设的技术挑战及当前进展

崔维成*, 胡勇, 潘彬彬

上海海洋大学海洋科学学院深渊科学技术研究中心
(上海深渊科学工程技术研究中心), 上海 201306
* wccui@shou.edu.cn

国际海洋科学界通过初步的调查发现, 位于 6500-11000 米的深渊海沟 (Hadal Trenches) 内的生物与 6500 米以浅的生物有明显的不同, 因此, 把这个深度区间内的海沟命名为深渊区(Hadal Zone), 把专门研究深渊区内的海洋科学称为深渊科学 (Hadal Science)。由于对海洋高技术的依赖, 深渊区

是目前海洋科学中研究得最为薄弱的环节, 因此, 深渊科学也被认为是海洋科学的前沿。

要研究深渊, 需要有高技术装备予以支撑。目前国际上应用得比较广泛的海洋调查平台有深海拖体、着陆器、无人遥控潜水器、无人自治潜水器、水下滑翔机、复合型无人潜水器、载人潜水器等, 这些平台的布放和回收均离不开母船的支持。在所有的平台中, 技术上挑战性最大的当数载人潜水器, 因为其它平台中所涉及到的技术几乎全部覆盖在载人潜水器中。载人潜水器随着下潜深度的增加, 技术难度也成倍地增长。

地球上海洋深度最大之处位于太平洋的马里亚纳海沟, 最深点称为挑战者深渊。迄今为止, 能够下潜到马里亚纳海沟的载人潜水器已经建造了四艘, 他们分别是美国海军的“曲斯特”号、法国海军的“阿基米德”号、电影导演卡梅隆出资建造的“深海挑战者”号、英国维珍航空公司老板理查德·布兰森出资建造的“深海飞行式挑战者”号, 前 2 艘是上世纪五十年代建造的第一代无航行能力的载人潜水器, “曲斯特”号于 1960 年 1 月 23 日由加科所·毕卡第和唐·沃尔什驾驶下潜到了 10916 米的海底, “阿基米德”号因为种种原因没有下到挑战者深渊, 而是日本海沟的最深处, 其深度记录是 9500 米。后 2 艘是本世纪初建造的第三代单人探险型载人潜水器, “深海挑战者”号由著名电影导演詹姆斯·卡梅隆于 2012 年 3 月 26 日驾驶下到 10898 米的海底, “深海飞行式挑战者”号 2011 年建造成功后, 在海试过程中因为载人舱被大浪打坏, 随后又重新建造新的载人舱, 现在还在开展海试, 究竟是否能够下到挑战者深渊还有待观察。对于海洋科学家来说, 这两类载人潜水器都没有多大用途, 前者因为没有航行能力, 下去一次呆在原地可能发现不了什么。对于后一种单人式的, 要求科学家

同时具有驾驶员的能力，则需要很长时间的培训才能使用。因此，我们把能够在全海深开展海洋科学调查作业的载人潜水器定义为载人深渊器，它至少能搭载 2 人（即一名驾驶员和一名科学家），具有巡航和悬停能力，具有几千次下潜“万米深渊”的寿命，能够搭载较多的科学仪器设备。目前国际上正在开展设计或研制的载人深渊器有美国 DOER 公司的“深海研究”，美国三叉戟公司的“三叉戟 36000/3”，日本的“深海 12000”和中国的“彩虹鱼”。“载人深渊器”是目前海洋领域最有标志性且影响重大的高科技项目。

为了降低载人深渊器的研制和海试风险，提高载人深渊器的使用效率，我们在“蛟龙”号研制经验的基础上，又划分为三个台阶来攻关解决全海深的装备技术，首先，研制轻、中、重型的三台全海深着陆器，基本解决布放回收、水下灯光与摄像、水下抛载等关键技术，其次，再研制一台全海深的复合型无人潜水器，解决水下控制、水下推进、微细光缆、潜水器水动力、深海耐压结构、浮力材料、水声通信与定位等技术，同时单独攻关载人舱的设计与制造技术；最后再来研制全海深的载人深渊器。这么多作业装备必须专门配备一条 5000 吨级的科考母船，我们把整套系统称为深渊科学技术流动实验室。

选择这样一种配置可以获得两个方面的好处。一是高的使用经济性，它能充分发挥母船的最佳经济性能，无论白天和黑夜，科研人员都能开展深渊科学调查研究。每到一个新海区，无人潜水器将首先充当“探路者”的角色，完成大面积搜索，确定研究海域，并掌握该处海洋环境的基本参数；然后布放三个带诱饵的着陆器，拍摄和抓捕鱼类等浮游动物；最后，再派载人深渊器下去完成“手术刀式”的精细定点作业。白天，着陆器、无人潜水器和载人潜水器可以协同作业。夜

晚，仍可使用着陆器和无人潜水器进行海底作业。二是降低研制的技术风险。从技术发展角度来说，从着陆器到无人潜水器再到载人潜水器的技术发展途径，可以大大降低全海深载人潜水器的海试风险，着陆器和无人潜水器既是可以独立使用的科学调查装备，又是载人深渊器的关键技术的验证平台。通过 3 个着陆器和无人潜水器的马里亚纳海沟的海上试验，载人深渊器上除了载人舱以外的所有设备几乎都已进行过海上试验，而载人舱的安全性是通过压力筒的试验来保证的，这样可以大大减少载人深渊器在海试过程中的故障数量。另外，即使出现故障，全海深无人潜水器还可以作为载人潜水器海试时的“守护天使”。

本报告将全面介绍上海深渊科学技术研究中心在建设深渊科学技术流动实验室过程中所遇到的技术挑战以及采取的解决方法，报告在过去三年多时间内采用“国家支持+民间投入”“产、学、研互动”的创新模式来推进所取得的进展。

S12-P-01

马里亚纳海沟细菌组成及活性

刘吉文¹，刘宇阳¹，武彦宏¹，田纪伟²，张晓华^{1*}

1 中国海洋大学海洋生命学院，青岛 266003

2 中国海洋大学物理海洋教育部重点实验室，青岛 266100

* xhzhang@ouc.edu.cn

微生物是海洋生态系统中最重要生物组成部分之一，在生物地球化学循环过程中起到非常重要的作用。目前，人们对表层和深层海洋的微生物群落组成已有了较为全面的认识。超深渊海洋（hadal ocean）是指水深 6000 米以下的海洋，几乎全部分布于海沟区

域。受限于设备、时间和成本等因素，采集超深渊水体样品具有很大难度，因此限制了对其中生物群落的研究。马里亚纳海沟位于赤道西太平洋，是世界上最深的区域，最深处可达 11000 米。2015 年 Nunoura 等人使用 ROV 采集了马里亚纳海沟区域不同水层样品，发现 6000 米以下超深渊海洋中的微生物以异养微生物为主，与深渊海洋 (abyssal ocean) 具有显著差别。而这些异养微生物是否具有较高的活性不得而知。另一方面，对超深渊海洋中的微生物进行分离培养对发掘和利用该区域的微生物资源具有重要意义。

本研究所用样品依托中国海洋大学“马拉松计划”航次，于 2016.01 采集自马里亚纳海沟 Q3 站位 (142° 30' E, 11° 23.036' N)。航次共采集了来自 0, 1000, 2000, 3699, 5367 和 8727 米 6 个层次的水样。使用基于 16S rDNA 和 16S rRNA 的实时定量荧光 PCR 技术，对微生物的丰度进行分析发现，细菌和古菌的丰度基本随深度而降低，在 3699 米处有最小值，16S rRNA 和 16S rDNA 的比值表明三个深层样品的微生物（尤其是细菌）均具有较高活性，且超深渊海洋（8727 米）的细菌活性最高。此外，克隆文库结果显示，三个深层样品的总细菌群落更为相似，并与浅层样品具有显著差别。虽然它们的活性细菌群落各有不同，但均以隶属于变形菌门的交替单胞菌属 (*Alteromonas*) 为优势活性类群。采用 4°C 和 28°C 分别对 6 个层次的水体样品进行分离培养，发现 5367 和 8727 层的细菌菌落形成单位数显著高于其它层次。28°C 下共获得 10 个潜在新菌株（与已知细菌 16S rDNA 相似性低于 97%），全部来自于浅层水体；4°C 下在 5367 和 8727 米样品中各分离潜在新菌株一个，分别属于亚硫酸杆菌属 (*Sulfitobacter*) 和快速生长杆菌属 (*Celeribacter*)。两个深水样品中的可分离培养细菌类群以黄杆菌刚类群

为主，与其它层次显著不同。虽然可培养方法和克隆文库方法得到的微生物群落结构具有差别，这些结果对理解海沟内超深渊海洋的生物圈具有主要意义，为挖掘超深渊海洋的微生物资源提供了基础资料。

S12-P-02

Teledyne GAVIA, 模块化 AUV 的海洋研究应用策略

范磊^{1*}, Arnar Steingrímsson²

1 Teledyne Marine, 上海 200122;

2 Teledyne Marine, Falmouth, MA USA

* lfan@teledyne.com

作为海洋研究的一种重要平台，AUV（自主水下机器人）可以根据研究的需要，搭载不同的传感器自动进行原位和遥感测量，高效再现特定尺度的目标时空过程。由于在海洋中，信息密度分布的空间差异极大，所以不同阶段、不同尺度测量间存在相互矛盾的需求，同时多学科、多要素综合交叉的调查需要不同的任务载荷，在没有大量不同功能、不同级别 AUV 编队的前提下，单一传统 AUV 只能通过延长调查时间，增加测量误差和降低调查复杂度来解决以上问题。Teledyne Gavia AUV 作为一款成熟可靠的商业化 AUV，其模块化特性极大的扩展了海洋调查的“传感器-平台-策略”三维应用空间，通过增加策略和传感器类型的复杂度以优化调查流程，提高调查效率。比如在完成大范围海底成像或水体散射体/流场剖面搜索后，根据特定研究对象，快速更换不同的任务模块舱段组合和调查策略，实现小尺度高精度数据（如原位数据）的获取，极大的提高海洋研究技术手段的敏捷性和研究成果的迭代速度。在多 AUV 编队工作模式下，模块化为应用策略提供的效能空间将更大。

模块化结构的 Gavia AUV，最大工作深

度 1000m, 可以两人完成现场组装、布放与回收, 具有 INS/DVL、CTD、ADCP、声速剖面仪、侧扫声纳、多波束声纳、浅地层剖面仪、成像声纳、光学传感器、电池等标准化模块舱段, 和针对各种新概念应用的定制载荷模块舱段, 外壳上的标准安装孔阵列支持各种临时改装和加装。运输便捷性、任务灵活性和功能可扩展性, 在“传感器-平台-策略”三维应用空间中的体现, 有助于应对水下试验和研究中的各种突发事件, 抓住稍纵即逝的研究机会, 提升数据质量, 加速研究进程, 并扩展应用空间。

S12-P-03S

长江口邻近海域间隙水营养盐扩散通量的探究

黄金^{1*}, 刘素美²

1 中国海洋大学 海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 山东 青岛 266100

2 中国海洋大学 海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 山东 青岛 266100

* 1218005300@qq.com

通过 2011 年 11 月在长江口邻近海域的观测调查, 探讨了上覆水和间隙水营养盐组成特征; 运用成岩模型计算了沉积物-水界面营养盐的扩散通量, 分析了营养盐扩散通量的主要影响因子及其未来变化趋势。研究结果表明: 底界面 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 扩散通量分别为: $0.0218\sim 0.167$ 、 $-0.751\sim 0.178$ 、 $-0.00144\sim 0.0121$ 、 $0.34\sim 1.24 \text{ mmol/m}^2 \cdot \text{d}$; 长江口邻近海域上覆水和间隙水营养盐时空分布受到陆源输入、底界面生化作用、生物扰动和沉积类型等因素的共同影响; 长江口邻近海域各项营养盐扩散通量数值与其它地区比较处于中等水平。

S12-P-04

马里亚纳海沟南部海底古氧化还原条件变化: 来自微量和稀土元素的证据

罗敏¹, 石学法², 陈多福^{1*}

1 上海深渊科学技术研究中心, 海洋科学学院, 上海海洋大学, 上海 201306;

2 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061

* dfchen@shou.edu.cn

现代马里亚纳海沟表层水以贫营养、低初级生产力为特征, 加上该区底层水通风条件良好, 造就了当前马里亚纳海沟底水富氧的特征。但是, 在地质历史时期, 尤其是末次盛冰期以来, 马里亚纳海沟底水的氧化还原条件是否有发生变化? 本项研究通过对采集于马里亚纳海沟南部(位于太平洋板块上的海沟缓坡)水深介于 5289 米和 7118 米的三根重力柱样(GC03、GC04、GC05)和一个箱式插管样(BC11)进行主微量元素和稀土元素(REE)的测试分析, 旨在揭示过去马里亚纳海沟沉积环境, 尤其是氧化还原条件的变化, 并探讨其变化的可能机制。

邻近站位的 GC05 柱状样和 BC11 箱式插管样表层均发育有十多厘米厚的硅藻沉积, 镜下显示硅藻层主要由大型成席硅藻 *Ethmodiscus rex* 组成。所有沉积柱样全岩的 P/Al 与 REE/Al 的相关性较好, 表明生物或自生磷灰石是稀土元素的主要载体。REE 显示微弱中稀土(MREE)富集, 可能是铁锰氧化物优先吸附的 MREE, 在早期成岩过程中被还原释放进入孔隙水中, 进而被磷灰石所吸附。不含硅藻席的沉积层均以 Ce 负异常和氧化还原敏感元素(如 U、Mo、Cd、As)轻微或不富集为特征, 表明沉积物主要沉积在氧化的底水中。而在硅藻席沉积层中, Mo 和 U 均呈现中等程度富集, 且向着海水 Mo/U 比值

端元演化, 同时出现弱或者无 Ce 异常, 这些指标均说明硅藻席沉积于次氧化-弱还原的底水条件中。末次盛冰期的东菲律宾海也发育有这种大型硅藻席沉积, 可能是受到增强的亚洲风尘输入的影响, 硅藻大量勃发(Xiong et al., 2012a, Chem. Geol. 296: 103-118; Xiong et al., 2012b, Chem. Geol. 334: 77-91.)。在其死亡后沉降到海底并发生有机质的氧化作用, 引起底水由氧化向次氧化变化。因此, 末次盛冰期硅藻勃发可能是热带西太平洋包括海沟区的一个普遍现象, 其对于吸收和捕获大气 CO₂ 的能力可能比之前认为的要大的多。

S12-P-05

Composition and origin of lipid biomarkers in the southern Challenger Deep, Mariana Trench

Hongxiang Guan^{1*}, Duofu Chen², Min Luo², Shengyi Mao¹

1 Key Laboratory of Gas Hydrate, Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

2 Shanghai Engineering Research Center of Hadal Science and Technology, College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

*gvanhx@ms.giec.ac.cn

The Challenger Deep, located in the western equatorial Pacific, with a water depth of ~11 km, is the deepest ocean on Earth. In recent sediment of Mariana Trench from 5 000 m to 7 000 m, series of branched aliphatic alkanes with a quaternary substituted carbon atom (BAQCs) of 3-ethyl-3-methylalkanes (M/Z 85), 3,3-diethylalkanes (m/z 99) and 5,5-diethylalkanes (m/z 127) were detected in the sediments, and typically accompanied by

related series in relative lower abundance of 6,6-diethylalkanes (m/z 141) and 5-butyl-5-ethylalkanes (m/z 155). For each homolog of long-chain branched alkanes, molecules with only an odd or even carbon number were present in the sediment. These compounds have been identified in modern and Holocene microbial mats, ancient sediments and crude oils, but the source organisms for these compounds are not well constrained. Mycke et al. (1988) considered the “unknown branched alkanes” (5,5-DEAs) were relicts of Proterozoic bacteria. The BAQCs of sulfide deposits of the Rainbow Field (Mid-Atlantic Ridge at 36°N) were also attributed to sulfide oxidizing bacteria. Furthermore, the extant γ -proteobacterial, benthic, sulfide-oxidizing *Beggiatoa* and *Thioploca* were suggested to be modern equivalents to the Proterozoic microbes and that the geological record of sulfide-oxidizing bacteria extends to 1.64 Ga B.P. In report of Nunoura et al. (2015), the γ -proteobacteria was detected throughout the water column below 147 mbs to the trench bottom (0~10 257 m) in Mariana Trench, and psychrophiles (proteobacteria of α and γ subdivisions) were also reported in the Mariana Trench sediments in 1997. It means to say, the γ -proteobacteria probably are the source organisms of BAQCs.

S12-P-06

中国东海内潮数值模拟

畅航¹, 徐振华^{2*}, 曹圣山¹

1 中国海洋大学数学科学学院, 青岛 266100

2 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

* xuzhenhua@qdio.ac.cn

海洋内波是发生在密度稳定层化海水内

部的一种波动，其最大振幅出现在海洋内部，其波动频率介于惯性频率和 Brunt-Väisälä(浮性频率)之间。内潮是发生在层化海洋中，由正压潮流与底地形相互作用产生的潮频率内波。东海及其毗邻区是世界海洋中重要内潮形成地之一，本文把研究海域分布和能量上均为潮汐主体的 M2 分潮作为主要驱动，采用基于三维动力方程的 ROMs 模式模拟该海域的内潮分布，通过与 TPXO 数据比较，正压潮模拟与实际符合较好。数值试验结果表明东海内潮存在多源区，如琉球群岛，东海大陆架坡折区。M2 内潮波离开源地后发生波-波相互作用，并最终形成复杂的空间结构。源于大陆架坡折区的内潮在传播到近岸的过程中能量逐渐衰减，而琉球群岛的岛链内潮趋向于局地衰减。

S12-P-07

Tidal energy flux and induced turbulent mixing in the world deepest trench

Hongzhou Xu^{1*}, Yu Liu¹, Shiqiu Peng², Qiang Xie¹

¹ Institute of Deep-sea Science and Engineering, CAS, Sanya 572000, China

² South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou 510301, China

*hzxu@idsse.ac.cn

Turbulent mixing in deep ocean acts to determine the global transport of water mass, momentum, heat and substance, and it further affect the global ocean circulation and climate change (Munk and Wunsch, 1998). Earlier studies mostly focused on the mixing processes at the Atlantic Ocean by some experiments, like NATRE and BBTRE (Ledwell et al., 1993; Polzin et al., 1997; Ledwell et al., 2000). Their

results indicated weak turbulent mixing occurring above the flat basin but strong mixing processes above the mid-ridge. Succeeding studies also indicated the abrupt topographies, like seamounts and mid-ridges, are the key factors for creating strong deep-ocean turbulent mixing in global oceans (St. Laurent et al., 2003; Wu et al., 2011). However, the turbulent mixing in deep ocean with mesoscale concave topography were studies rarely. In this study, we use MITgcm model to investigate tidal energy flux and induced turbulent mixing in the world deepest trench - the southwestern Mariana Trench. Our results show that M2 tide is the most important component to generate baroclinic tidal energy in the trench. S2 tide is secondary to M2. It can be seen that baroclinic tidal energy was circled in the trench may indicating the to-and-fro reflection of baroclinic tide in the closed sharp topography of the Trench. Totally, about 0.42 GW and 0.16 GW baroclinic tidal energy were generated in the trench by M2 and S2 tide, in which they mainly propagate toward southwest of the trench. In vertical, they can propagate several hundred meters up from the bottom boundary layer. The turbulent diffusivity caused by baroclinic energy dissipation reach about $10^{-3}\sim 10^{-4}$ m²/s, that is close to the strength of diapycnal mixing in the upper ocean.

S12-P-08

马里亚纳海沟溶解有机物的迁移转化特征

邹立^{1,2*}, 王泽华¹, 陈洪涛³, 王旭晨³, 简慧敏³

¹ 中国海洋大学环境科学与工程学院, 青岛 266100

2 中国海洋大学海洋环境与生态教育部重点实验室, 青岛 266100

3 中国海洋大学海洋海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 青岛 266100

* zouli@ouc.edu.cn

为探究深海有机碳的生物地球化学过程, 本文于 2016 年 1 月采集马里亚纳海沟从表层到深层的海水样品, 分析其 CDOM 的吸收光谱和荧光光谱特征, 以及 POC、DOC 和 DIC 含量。研究表明, 表层 POC 和 DOC 含量较高, 分别为 5.63 和 58.3 μM , 2000 m 水层 POC 含量略高, 为 1.74 μM , 深层水 POC 和 DOC 含量较低并且较为一致。表层 DIC 含量低, 为 1848 μM , 深层水含量较为一致, 约为 2200-2300 μM 。CDOM 相对含量与溶解有机碳和 POC 相似, 但是其荧光组分的相对荧光强度表现出一定的差异。CDOM 荧光包括 3 种类腐殖质荧光和 4 种类氨基酸荧光。其中 4 种类氨酸和 M 的荧光强度表现出相似的分布特征, 2 种类腐殖质荧光强度整体与类氨酸和 M 的垂直变化特征相似。表层较高的有机碳含量和荧光强度, 表征了真光层活跃的生物生产活动, 2000 m 层的较高值可能与弱光层的微生物降解活动相关。

S12-P-09

海底边界层原位综合观测系统开发与应用研究

贾永刚^{1,2,*}, 郭磊^{1,2}

1 山东省海洋环境地质工程重点实验室(中国海洋大学), 山东 青岛 266100

2 中国海洋大学环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100

* yonggang@ouc.edu.cn

本文所研制的海底边界层原位观测系统, 以多功能底基三脚架为观测搭载平台、电阻率探杆为核心仪器, 结合海洋动力观测、沉积物孔隙水压力观测等仪器, 能够实现海底

边界层动态变化的原位、长期、实时、立体观测。其中, 自主研发的高密度电阻率原位观测系统能够实现从二极法到四极法、从单层到多层的电法探测方式。以此为基础, 建立了基于电阻率剖面的海底边界层数据分析方法, 包括: 基于变点分析理论的海床界面判定方法; 在实用盐标理论上推导得到电阻率与悬沙浓度的多参量计算方法; 基于 Archie 公式的沉积物孔隙度计算; 基于原位和基站观测数据的海床基动态沉降过程差分计算方法。最终获得海床基沉降校正后的海底边界层动态变化过程(包括近底层海水悬沙浓度剖面、海床界面动态变化过程、浅表层沉积物孔隙度剖面)。将海底边界层原位观测系统应用于营口白沙湾海域、黄河三角洲埭岛海域、胶州湾大沽河海域, 通过数据分析获得该地区的海底边界层动态变化过程, 为以上地区的海底工程地质稳定性研究及海底边界层动态变化过程机制研究提供数据支撑。

S12-P-10

反循环钻进技术深海取水合物岩心研究

郝树青^{1*}, 殷琨²

1 中国矿业大学资源与地球科学学院, 徐州 221116

2 吉林大学建设工程学院, 长春 130026

* jdhsq@163.com

潜孔锤反循环连续取心(样)技术集潜孔锤快速碎岩、流体介质反循环和钻探中连续取心三种钻探技术于一体。其突出的优点包括: (1) 冲击器和钻头设计采用中空式, 心管部件采用筒状, 为反循环提供通道。(2) 提高钻进效率, 可以最大限度地节省起下钻具的辅助时间, 增加纯钻进时间。(3) 利用专用的反循环钻头在孔底形成反循环, 不需要封堵装置或其他反循环辅助设备就能实现

全孔反循环取心(样)。(4)实现连续取心,提高取心质量与取心率。

贯通式潜孔锤反循环钻进的主要特点是返出孔外的流体介质沿钻具的中心通道上返,因此上返流速数倍提高,并且岩心也可在高速流体的悬浮下连续排出地表,大幅提高的钻进效率有利于保持水合物样品的保真特性。流体介质反循环,使孔底岩渣屑排除彻底;流体介质在排渣管引导下排出,解决了环境污染问题;孔壁与钻具的外环间隙无介质流动,既有利于孔壁稳定,又避免了岩渣屑对含水合物储层的污染,有利于保持水合物样品的纯洁性。实施潜孔锤反循环钻进的机具包括:双通道气水龙头、双壁钻杆、贯通式潜孔锤、反循环钻头、排渣管、旋流取心(样)器等附件。

虽然目前尚未有运用该技术进行深海取水合物样品的研究报道,但是,从其技术优势分析认为,这种方法极有利于实现深海取水合物样品,并具有保证样品纯洁度与保真特性的应用潜力。

S12-P-11S

海底边界层动态变化过程原位长期自动观测技术研究

郭磊², 文明征², 贾永刚^{1, 2}

1 中国海洋大学 海洋环境与生态教育部重点实验室, 山东青岛 266100

2 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东青岛 266100

海底边界层是指底床上覆海水水体活跃层与海洋动力影响作用下的沉积物底床深度范围内的相互作用剧烈带。在此交界带沉积物与海水发生着剧烈的物质交换与能量交换,对海底动力过程,尤其是海洋沉积物的侵蚀再悬浮及输运过程、近海底化学物质的输运以及其他物质与能量交换过程都发挥着至关

重要的作用。本文研制了一套基于高密度电阻率探杆的海底边界层综合观测系统,能够对海底边界层进行长期、自动、实时、原位观测。该系统能够同步观测底层流和浅表层沉积物的电阻率分布情况,通过数据反演能够得到底层海水的悬浮泥沙含量、海床的界面位置及海床面以下沉积物的固结状态等。在此基础上,研究团队进行了多种不同海床底质的现场原位长期观测试验,以验证仪器的可行性,并试图揭示海底边界层的动态变化过程,为沉积物再悬浮、沉积的机制研究提供支持。

S12-P-12

海洋短排列高分辨率多道地震速度分析精度数值模拟

骆迪¹, 蔡峰^{2*}, 吴志强³

1 国土资源部天然气水合物重点实验室 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛 266071

* caifeng0532@163.com

海洋短排列高分辨率多道地震探测技术采用大能量电火花震源,震源主频高,频带宽,具有分辨率高、探测精度高、灵活性强、适应区域广等优势,在浅海地质研究,特别是在海洋天然气水合物调查研究中取得了较好的应用效果。但是,在排列长度较短的情况下,提供速度分析所需的旅行时差信息较少,使速度谱能量团聚焦性变差,速度分析精度较低,因此,对短排列多道地震探测技术的速度分析精度能否达到天然气水合物探测实际应用的要求目前仍存有疑问。

本文以天然气水合物底界BSR为例,通过数值模拟,探讨了海洋短排列高分辨率多道地震技术速度分析精度问题,结果表明,较高的主频和较小的采样间隔在提高了地震

分辨率的同时，也可以弥补短排列动校正时差信息不足的缺陷，提高速度分析精度。因此，这种短排列高分辨率多道地震探测技术不仅可以提高浅层地震分辨率，更清晰的显示水合物沉积层和 BSR 的特征，而且可以提供分辨率较高的速度谱，提高速度分析精度，满足天然气水合物勘探的需求。

S12-P-13

海底光谱探测技术在深海地质调查中的应用研究

吕文超*, 刘丽强, 朱本铎, 张伙带, 韩冰, 陈奇

国土资源部海底矿产资源重点实验室, 中国地质调查局广州海洋地质调查局, 广州 510760

*lvwenchao01@163.com

海底光谱探测技术具有实时、原位、高效的优点，在未来的深海地质调查中将发挥重要的作用。本文在综合现有研究的基础上，系统介绍了海底高光谱仪、水下激光拉曼光谱仪、水下激光诱导击穿光谱仪、水下红外吸收光谱仪等四种海底光谱探测仪器的工作原理及目前国内外应用情况，并指出了海底光谱探测仪器在大洋固体矿产的勘探调查、海底沉积物探测、天然气水合物探测及油气资源探测等方面的应用将是今后海洋地质调查研究的热点。

S13-O-01

金星热演化与金星表面更新：相变影响的数值模拟

黄金水^{1*}, 杨安²

1 中国科学技术大学地球和空间科学学院, 合肥 230026

2 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

* jshhuang@ustc.edu.cn

金星在起源、大小、质量、密度等方面

都与地球接近；但与地球不同，金星现今没有活动的板块构造运动，而表现为单一板块下地幔对流。同时，尽管来自潮汐波 K_2 的分析显示金星可能有液核，但金星没有内生磁场；金星的地形起伏与地球相近，但重力与地形强相关，且具有很高的导纳值（大地水准面与地形比值）；金星表面布满均匀正态分布的撞击坑，分析显示其表面年龄基本一致，大约 5 亿年，这暗示着金星发生过快速的表面更新。金星为什么没有板块构造运动？其表面快速更新的机制又是什么？这是金星地幔动力学研究中的热点与难点问题。

我们借助三维有限元数值模拟的方法，研究了金星地幔的对流模式，试图探讨金星的热演化过程以及相变对这个过程的影响。数值模型中假定金星地幔为牛顿流体，粘度与温度压力相关，这样有利于产生一个板块的对流模式。模型中包含放热和吸热相变，由于缺少观测约束，相变强度是模型的一个重要变量。

数值模拟结果显示：（1）如果金星类似于火星，表现为单一板块下常粘性地幔的对流模式，当模型不包括相变时，结果与已有研究类似，模型地形和大地水准面具有很强的相关性和很高的导纳值。但模型结果给出的地形和大地水准面在低阶项太弱，地幔具有太多的上升和下降流结构，与金星观测不符。（2）如果金星类似于地球，存在软流圈，数值模拟显示这可以增大地幔的对流结构，从而减小对流模型中上升和下降流结构的个数，但当不包含相变时，模型的导纳值太小。

（3）相变可使地幔对流趋于长波结构，这种影响与 Rayleigh 数、Clapeyron 斜率相关。当瑞利数和 Clapeyron 斜率都很大时（如 $Ra=4 \times 10^8$, Clapeyron 斜率为 ± 5 MPa/K 时），模型的地幔对流以 1 阶为主，这也与金星观测不符。大量计算显示，与金星观测较一致

的模型的瑞利数为 4×10^8 , 岩石圈下地幔粘度为 $10^{21} \text{Pa}\cdot\text{s}$ 左右, 相变的克拉贝通斜率为 $\pm 3 \text{MPa/K}$ 。(4) 数值模拟显示, 金星地幔具有独特的对流模式, 以热柱模式为主, 缺少类似于地球的软流圈可能是金星没有活动板块构造的原因, 但所有模型都显示, 上下地幔物质流动速率的时间变化不大, 即相变难以在短期内造成大量岩浆喷发。金星表面的快速更新机制仍是开放的课题。

S13-O-02

Day-to-night transport in the Martian ionosphere

Jun Cui*

National Astronomical Observatories, Beijing 100012, China

The nightside Martian ionosphere is thought to be contributed by day-to-night transport and electron precipitation, of which the former has not been well studied. In this work, we evaluate the role of day-to-night transport based on the total electron content (TEC) measurements made by the Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionospheric Sounding (MARSIS) onboard Mars Express (MEx). This is accomplished by an examination of the variation of nightside TEC in the time domain rather than the traditional solar zenith angle (SZA) domain. Our analyses here, being constrained to the northern hemisphere where the effects of crustal magnetic fields can be neglected, reveal that day-to-night transport serves as the dominant source for the nightside Martian ionosphere from terminator crossing up to time in darkness, TD, of $\sim 5.3 \times 10^3 \text{ s}$, beyond which it is surpassed by electron precipitation. The observations are

compared with predictions from a simplified time-dependent ionosphere model. We conclude that the solid body rotation of Mars is insufficient to account for the observed depletion of nightside TEC but the data could be reasonably reproduced by a zonal electron flow velocity of $\sim 1.9 \text{ km s}^{-1}$.

S13-O-03

Titan 高层大气甲烷的逃逸研究

姜法宇^{1*}, 崔峻¹, 徐寄遥²

1 中国科学院国家天文台, 北京 100012

2 中国科学院空间科学与应用研究中心, 北京 100190

* jiangfayu@nao.cas.cn

大气逃逸长久以来一直是行星物理学界关注的热点问题, 这是由于逃逸是决定行星系统长期演化的重要因素之一。与逃逸现象相关的区域主要包括强碰撞下的热层部分, 以及无碰撞下的逃逸层部分。原则上, 对逃逸现象的研究既可以利用流体力学的方法从热层出发, 也可以利用粒子动力学的方法从逃逸层出发。然而对于 Titan 而言, 之前分别在流体力学和粒子动力学两种理论框架下进行的研究工作得到的 CH_4 逃逸率并不统一。我们考虑了气体泄漏对粒子密度的影响对 Cassini 离子与中性粒子质谱仪 (INMS) 近百个飞越轨道的数据重新进行了校准, 并对 Titan 高层大气的 CH_4 逃逸现象进行了进一步研究。为了获得两个不同理论框架对 CH_4 逃逸的自洽解决方案, 我们分别采用了两种不同的逃逸面速度分布函数形式 (Kappa 分布和双麦克斯韦分布), 并通过与 CH_4 热层扩散方程所得到的逃逸率相比较来限制粒子速度分布函数中自由参数的大小。

S13-O-04

3D Simulations of Photochemical Escape from Early Mars

Jinjin Zhao^{1*} and Feng Tian^{1,2}

1 Center for Earth System Science, Tsinghua University, Beijing 100084

2 Joint Center for Global Change Studies (JGCS), Beijing 100875

*zhaojj15@mails.tsinghua.edu.cn

Atmospheric escape is an important aspect of the climate evolution of Mars and dissociative recombination (DR) reactions are one important mechanism to produce O and C atoms energetic enough to escape Mars. DR-induced escape is called the photochemical escape. In this work, we construct a 3-D Monte Carlo model to study the photochemical escape processes on early Mars. DR reactions of O_2^+ , CO_2^+ , and CO^+ under 1, 3, 10, and 20× present solar XUV conditions are considered the sources of energetic O and C. The enhanced XUV conditions correspond to solar activity levels at 2.5, 3.8, and 4.1 Gyrs ago. Collisions between primary energetic atoms and thermal atoms in the environment can lead to formation of secondary energetic particles, which are also considered in the model.

The calculations show that the total O escape rate increases from $3 \times 10^{25} \text{ s}^{-1}$ at 1×present solar XUV condition to $8 \times 10^{25} \text{ s}^{-1}$ at 3×XUV, levels off between 3× and 10×XUV, and decreases to present solar XUV condition at 20×XUV. In contrast, the total C escape rate increases from $2 \times 10^{24} \text{ s}^{-1}$ at 1× XUV to $3 \times 10^{25} \text{ s}^{-1}$ at 10×XUV, and levels off. The leveling off of the photochemical escape rates of O and C

can be explained by the increased column densities of background species at high XUV conditions, which can trap energetic particles through collisions more efficiently. The time-integrated O and C photochemical escape is equivalent to 1 meters of H_2O and 0.2 bar of CO_2 escaping early Mars.

S13-O-05

系外行星的大气环流

Adam P. Showman (萧丹)

目前为止人类已发现三千多颗系外行星。其中有许多行星围绕恒星运转的轨道很近，所以它们受到强烈的恒星辐射和潮汐作用。强烈的潮汐力引发同步锁定旋转（自转周期和公转周期相同），所以在这种行星上，一个半球永远是白天，另一半球永远是夜晚。最容易观察的是质量和大小与木星相当的巨行星。由于它们离恒星很近，温度很高，因此就被称为“热木星”。近年来很多望远镜观测显示热木星有剧烈的大气环流。这些观测对于大气成分、温度结构、日夜半球的温度差和大气环流提供了强有力的约束条件。观测和三维模拟显示这种行星通常有几个急流带，包括赤道的超自转，风速可达几公里每秒，同时日夜温差范围可达两百到一千多度。为了解释这些观测性质，最近的三维模拟已经展现出美好的前景。理论显示白天到夜晚的辐射差别引发大尺度的罗斯比和开尔文波；这些波的相互作用把角动量从温带转移到赤道，导致了超自转的产生。此外，这些波还有调整温度结构的作用。近来的理论认为，热木星日夜半球的温度差可由辐射强度和波动调整效率之间的竞争来控制。总体而言，热木星的大气体现出很多与地球的大气相似的物理原理和机制，但因为质量、成分、自

转速率、吸收的恒星光等条件差异而产生不同现象。研究系外行星拓宽了我们对这些原理和机制的了解，从而帮助我们加深对地球的认知。在这个报告里，我首先总结关键的观测，然后讲述这些行星大气环流的原理机制。

S13-O-06

冰星球的气候和宜居性随时间的演变

杨军^{1*}，丁峰²

1 北京大学物理学院大气与海洋科学系，北京 100871

2 芝加哥大学地球物理科学系，伊利诺伊州 60637;
* junyang@pku.edu.cn

一颗星球（行星或卫星）的气候主要取决于恒星的辐射强度和这颗星球与恒星之间的距离。距离恒星比较远的星球将处于全球都被冰雪覆盖的极端寒冷气候状态（如果其表面有水的话），如现在的 Europa, Triton, Enceladus 和 Pluto，它们的表面都被厚厚的冰雪覆盖。由于恒星的辐射强度随时间不断增加，这些星球上的冰雪将在未来某一时期融化。冰雪融化之后，这些星球是不是就变得和地球一样适合生命居住呢？答案是否定的。

使用三维的全球气候模式 CAM3，我们模拟和分析了冰星球的气候随时间演化的过程。结果表明，当这些星球从全球冰封状态逃离出来之后，将立刻进入一种极端炎热的气候状态，甚至出现失控的温室效应（即：地表温度不断升高，海洋中的水不断蒸发到大气中，并在相对较短的时间内逃离出大气层）。这种极端炎热的气候同样不适合生命的生存和演化，因此冰星球在恒星系统演化的整个过程中都不存在适宜生命居住的时段。这项研究结果同时说明在搜寻宜居的太阳系外行星时，应该重点关注那些相对年轻的恒

星系统，因为相对年长的恒星系统已经不存在宜居行星了。

S13-O-07

On the Growth of Land Plants on Habitable Planets around M Dwarfs

Duo Cui¹, Feng Tian^{1*}, Yuwei Wang²,
Changshen Li³, Chaoqing Yu¹, Le Yu¹

1 Ministry of Education Key Laboratory for Earth System Modeling, Center for Earth System Science, Tsinghua University, Beijing, 100084;

2 Laboratory for Climate and Ocean-Atmosphere Sciences, Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, School of Physics, Peking University, Beijing 100871 China

3 Institute for the Study of Earth, Oceans, and Space, Morse Hall, University of New Hampshire, Durham, NH 03824, USA

* tianfengco@tsinghua.edu.cn

After the confirmation of the habitability of exoplanets, these planets will become the main targets for the search of exoplanet life. One of the signatures of life on the Earth is the vegetation red edge (VRE) signal. M dwarfs are thought to be the 'fast-track' for the search for habitable exoplanets. But habitable planets of M dwarfs are likely to be tidally locked, which potentially limits the distribution of plant. In this work we study the growth of plant on exoplanet GJ667Cc by using the climate data of an exoplanet GCM model in the Denitrification and Decomposition model (DNDC) model. Earth present terrestrial distribution is configured in climate and biomass distribution simulation. Earth vegetation reflectivity and exo-vegetation reflectivity spectrum considering photosynthesis evolved with M dwarf spectrum

are both used to calculate Earth vegetation and exovegetation red edge signal respectively. The observation time of vegetation red edge (VRE) is taken into account cloud distribution. We find that biomass distributed on substellar point region in $p=1$, but coastal region in $p=1.5$. Observation time is 17 days and 24 days for earth VRE and exo-VRE under cloudy case in $p=1$. But Earth VRE and exo-VRE are nearly not detected under cloudy case in $p=1.5$. Observation result would be optimistic if assumption of inland region is covered by vegetation in $p=1.5$, observation time~41 and 100 hours for earth VRE and exo-VRE respectively. We also analyze the limitation of planet temperature and moisture environment factor and nitrogen on VRE, we conclude that biomass increased with accumulated temperature, biomass is reduced in lack of rainfall region if water demand increase, but biomass is not be affected by water demand increase in sufficient precipitation region. Biomass suffers nitrogen stress and biomass would be double if nitrogen stress eliminated by stronger nitrogen fixation.

S13-O-08

Kepler 452 的气候和宜居性

胡永云, 王玉玮, 刘永岗

北京大学物理学院大气与海洋科学系

Kepler 452b 的发现是寻找系外宜居行星的一个里程碑。这颗位于类太阳恒星宜居带的行星半径比地球半径大大约 1.6 倍, 接收到的恒星辐射是太阳常数的 1.1 倍。虽然简单模式预估 Kepler 452b 位于太阳的宜居带内, 但其气候环境状态仍需要详细的研究。使用修正的地球气候海气耦合模式, 并且假定 Kepler

452b 是一个海洋星球, 我们进行了模拟试验来研究 Kepler 452b 在不同 CO₂ 浓度条件下的气候状态。我们的模拟结果表明, 在类似大气成分的条件下, Kepler 452b 确实是宜居的, 并且较地球温暖。即使在极弱温室效应的条件下, Kepler 452b 仍然是宜居的。可是, 当温室气体浓度足够高时, Kepler 452b 很容易进入湿温室气候状态

S14-O-01

Major Disruption of D" beneath Alaska

孙道远¹, Don Helmberger², Meghan S. Miller³, and Jennifer M. Jackson²

1 中国科学技术大学, 地球和空间科学学院, 合肥, 安徽

2 Seismological Laboratory, California Institute of Technology, Caltech, Pasadena, CA 91125

3 Department of Earth Sciences, University of Southern California, Los Angeles, CA 90089

D" represents one of the most dramatic thermal and compositional layers within our planet. In particular, global tomographic models display relatively fast patches at the base of the mantle along the circum-Pacific which are generally attributed to slab-debris. Such distinct patches interact with the bridgmanite (Br) to post-bridgmanite (PBr) phase boundary to generate particularly strong heterogeneity at their edges. Most seismic observations for the D" come from the lower mantle S wave triplication (Scd). Here, we exploit the USArray waveform data to examine one of these sharp transitions in structure beneath Alaska. From west to east beneath Alaska, we observed three different characteristics in D": 1) The western region with a strong Scd, requiring a sharp $\delta VS = 2.5\%$ increase; 2) The middle region with no

clear Scd phases, indicating a lack of D" (or thin Br-PBr layer); 3) The eastern region with strong Scd phase, requiring a gradient increase in δV_s . To explain such strong lateral variation in the velocity structure, chemical variations must be involved. We suggest that the western region represents relatively normal mantle. In contrast, the eastern region is influenced by a relic slab that has subducted down to the lowermost mantle. In the middle region, we infer an upwelling structure that disrupts the Br-PBr phase boundary. Such an interpretation is based upon a distinct pattern of travel time delays, waveform distortions, and amplitude patterns that reveal a circular-shaped anomaly about 5° across which can be modeled synthetically as a plume-like structure rising about 400km high with a shear velocity reduction of $\sim 5\%$, similar to geodynamic modeling predictions of upwellings.

S14-O-02

Mobility and Composition of Metallic Liquids at High Pressure: Implications for Differentiation of Planetary Bodies

费英伟^{1,2}

1 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871

2 Carnegie Institution of Washington, Washington DC 20015

fei@gl.ciw.edu

Widespread differentiation in the early solar system is supported by extensive studies of meteorites and asteroids. Differentiation of large planetesimals and small planetary bodies at early stage of the planet formation is an

important process to redistribute materials and energy in the interiors, leading to the formation of metallic cores. The metallic core usually contains iron-nickel (Fe-Ni) alloy with light elements such as sulfur (S), oxygen (O), and carbon (C), based on cosmochemical constraints and element solubility in metallic liquid. Its final chemical composition depends on the bulk composition, core formation environments, and element partitioning during metal and silicate separation. The liquid core could be further chemically stratified by formation of immiscible liquids or crystallization of an inner core. In order to understand the compositional variation of iron meteorites and the cores of small planetary bodies, it is essential to determine the melting relations in the multi-component systems containing core-forming elements and the percolative behavior of molten metal alloys including immiscible metallic liquids. In this study, we examine melting behavior and composition of immiscible liquids in the Fe-Ni-S-O-Si system. We have also investigated the percolative behavior of immiscible Fe-Ni-S-O-Si metallic liquids in San Carlos olivine matrix up to 6 GPa. The experiments were conducted in the piston-cylinder and multi-anvil high-pressure devices. The recovered samples were analyzed with an electron microprobe and imaged with a SEM/FIB instrument. The 3D imaging provides information of connectivity of metallic liquid in the silicate matrix and precise measurements of the true dihedral angle. The metallic liquids in the run products were collected at the triple junctions of the olivine crystal grains. The dihedral angles have been determined as a

function of pressure and composition. The metal liquid contains some Ni and C in addition to the Fe-S-O starting composition. We have observed two immiscible liquids (C-rich and S-rich liquids). The S-rich liquid controls the percolation in this case. The S-rich liquid forms the interconnected network between the grain boundaries at pressures below 3 GPa. The relationship between the C-rich and S-rich liquid and the wetting ability among the two immiscible liquids and the crystalline phase are further explored. The compositions of immiscible liquids have been only investigated in relatively simple systems such as the Fe-S-O, Fe-S-Si, and Fe-S-C systems, at high pressure. The composition of the metallic liquid in this study is more complex. The new data are coupled with the study of liquid mobility in silicate (olivine). The integrated approach to study the chemistry and mobility of liquids has the advantage of directly mimicking the differentiation in a natural system, providing fundamental experimental data for understanding the early differentiation and core formation of the small planetary bodies in the solar system.

S14-O-03

基于原子尺度下的固体地球内部的理论计算研究进展

张飞武^{1, 2, 3*}

1 中国科学院地球化学研究所, 矿床地球化学国家重点实验室 贵阳 550002

2 Curtin University, Perth, Western Australia, 6000

3 苏州科技大学, 苏州 15009

* feiwu80@gmail.com

使用超级计算机开展原子水平的高性能

矿物物理化学的理论计算方法, 已经被广泛而成功的应用在物理, 化学, 材料, 地球科学和分子生物学等各个学科。对矿物材料的计算模拟可以在不同理论水平程度上开展。其中基于量子力学密度泛函理论(DFT)的从头算方法具有非常高的准确度, 而基于经典力学的力场模拟方法的精确度则取决于力场参数的拟和与选择。应用理论计算方法, 我们可以从原子尺度上对地球内部开展原子水平的计算机模拟研究, 例如: (a) 高温高压下的元素分配理论及计算, 它是理解地球和行星内部元素分布与演化历史的关键。我们以下地幔条件下, MgSiO₃ 钙钛矿和后钙钛矿为例, 研究了下地幔铁的赋存状态和磁性变化, 计算了微量金属元素的分配系数, 我们发现只有铁元素会从钙钛矿中转移到后钙钛矿中去。(b) 高温高压下固体中元素和同位素的扩散以及形成的同位素动力学分馏是一个新的前沿研究方向, 我们在地学领域, 从第一性原理分子动力学角度研究了 Li 同位素在橄榄石中扩散分馏的细节。模拟了由于 6Li 和 7Li 的质量差异所造成的动力学分馏。这种研究方法可以应用到各种其它矿物里面的同位素扩散分馏中。(c) 另外地幔矿物的流变机制也是地学的主研方向之一。我们发现当矿物中出现杂质时, 这些杂质倾向于富集在矿物的剪切错位面上, 从而可以通过错位中心快速扩散和迁移。(d) 极端条件下, 矿物结构的预测。我们首次计算了内地核条件下 Fe_xSi_y 和 Fe_xO_y 系统的结构, 所使用的结构预测方法 (USPEX) 现在已经被广泛应用在极限条件下, 物质结构预测领域。(e) 地幔矿物含水机制和性质是国内外研究的热点。我们研究发现了橄榄石中的结构水的赋存机制随压力变化的规律以及 Fe 元素在橄榄石中扩散时伴随着的自旋变化规律。

S14-O-04

下地幔深部的地震波速异常及其矿物成因

张莉*

北京高压科学研究中心, 北京 201203

* zhangli@hpstar.ac.cn

地震波观测结果显示下地幔底部三分之一范围内存在大规模的低剪切波速区(LLSVPs), 在核幔边界往上 200-300 千米存在明显的不连续边界, 被成为 D''层, 而在与地核交界的地幔最底部 5-40 千米深度零星分布着超低波速区(ULVZs)。这些地震波速异常的机理依赖于高温高压矿物物理的知识。应用激光加温的金刚石压砧技术, 我们用同步辐射 X 光衍射可以在高温高压条件下就位观测矿物的结构相变和元素配分, 为地球深部矿物组成模型提供直接证据。在 85-120 GPa 以及 2200-2500 K 的温度压力范围内, 我们从实验上观测到下地幔最主要组成矿物 $[(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_3]$ 钙钛矿分解为无铁的钙钛矿和富铁的六方结构新相(简称为 H 相)(I)。这一发现为地幔深部的大规模低剪切波速区提供了合理的矿物成因, 富铁矿物聚集的区域可呈现出低剪切波速的特征。另外地球深部含水矿物的存在也可改变地球深部矿物的元素配分(2), 而我们的最新实验数据表明, 在含水体系中铁元素的介入促发了崭新的矿物物理现象。总而言之, 高温高压矿物物理研究的新发现为解释下地幔深部复杂的地震波速异常现象提供了直接证据, 改变了我们原有的地球观。

S14-O-05

基于 CaSiO_3 -钙钛矿热力学参数的地幔岩模型性质讨论

孙宁宇^{1*}, 毛竹^{1,2}, 闫帅¹, 巫翔³, 林俊孚⁴

1 中国科学技术大学 地球与空间科学学院, 合肥 230026

2 蒙城国家地质考察站, 安徽 233500

3 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 武汉 430074

4 德州大学奥斯汀分校 地质科学系, 奥斯汀 德克萨斯 78712

*ningyu@mail.ustc.edu.cn

地震学观测对我们了解地球深内部的结构、物质组成具有重要意义。高温高压矿物学实验为理解地震学观测, 确定地球内部的物质组成提供重要的实验依据。我们的研究集中在利用高温高压实验手段, 为描绘下地幔的密度和速度结构提供更为准确的实验数据。

该项研究的对象是下地幔最为重要的矿物之一—— CaSiO_3 -钙钛矿。 CaSiO_3 -钙钛矿在下地幔的含量约为 8 vol.%。我们的研究重点是确定 CaSiO_3 -钙钛矿在下地幔温压条件下的热力学方程, 克服之前研究中高温高压原位实验研究的缺乏, 致使我们无法准确获取温度对热力学状态方程影响的信息 (Noguchi et al, 2013; Shim et al 2000; Kawai et al, 2014)。实验样品采用的是 CaSiO_3 -硅灰石粉末为起始样品。样品加入 5 wt%高纯 Pt 粉作为定压以及传热物质。混合好的 CaSiO_3 -硅灰石粉末压制成厚度为~15 微米的薄片, 并置于两片 NaCl 或 KCl 传导和绝热介质间。根据不同的压强需求, 我们采用配置 200、150/300、100/300 微米直径大小金刚石的顶砧进行高压试验。实验的温压条件控制在 1200 K-2600 K 以及 30 GPa-150 GPa, 覆盖了整个下地幔的温压范围。实验结果表明, CaSiO_3 无论是在俯冲板片还是在下地幔温压条件下, 均以立方体结构存在。同时, 利用 Mie-Grüneisen 公式, 我们获得了 CaSiO_3 -钙钛矿的体积模量(K_0), 体积模量对压强的倒数(K'), 单位晶胞体积 (V_0), 德拜温度 (θ_0), Grüneisen 常数 (γ_0) 以及体积修正参数 (q)。

利用得到的 CaSiO_3 -钙钛矿热力学状态方程,并结合前人关于布立基曼石与铁方镁石的热力学状态方程的研究结果,我们建立了下地幔密度和体波波速图像,并分析了矿物组成变化对下地幔密度和体波波速图像的影响。该项研究对我们深化下地幔的物质组成和速度结构具有重要意义。

S14-O-06

铁氧化物铜-金 (IOCG) 矿床特征及其成因探讨: 综述

张喜, 杨晓勇*

中国科学技术大学地球和空间科学学院, 合肥

230026

* xyang555@163.com

20世纪70年代在澳大利亚探明的奥林匹克坝超大型铜-铁-金-铀矿床(Roberts et al., 1983; Scott, 1987), 其为一种富铁氧化物矿床, 具大量角砾岩筒控矿、形成于元古代, 但其独特性又很难将其归为某一已知矿床类型。随着研究的深入, 随后发现的美国密苏里(Missouri)东南部的铁矿省、加拿大育空地区的韦尔内克(Wernecke)山和大熊(Great Bear)矿区、中国的白云鄂博以及瑞典的基鲁纳(Kiruna)矿床与奥林匹克坝矿床对比, 可以看出它们最基本的共同点是富含铁氧化物矿物组合, 把它们归纳为一个矿床类型中(Hitzman et al., 1992)。

Hitzman 认为基鲁纳型铁矿和铁氧化物铜-金矿床是一个连续系列的2种端元, 且它们相互间有成因联系。由于此类矿床都具有很大的经济价值, 因此近几十年在国际上得到了充分的关注与重视, 在矿床学研究和勘探中掀起了一个新的高潮。虽然最初其成矿时代限定为元古代(Hitzman et al., 1992), 随着研究发现, 此类矿床从太古代到中生代、新生代都有分布, 而且, 除 Fe、Cu、U、Au、

REE 外, 有些矿床还不同程度地含有钴、银、铋、钼、氟、碲、硒, 甚至锡、钨、铅锌和钡等元素(Niiranen, 2005, Williams et al., 2015)。目前, 对此类矿床统一使用的名称为铁氧化物-铜-金型矿床 (Iron Oxide Copper-Gold deposits), 简称为 IOCG 型矿床。基鲁纳型铁矿仅包含铁或铁-铜元素, 被认为是 IOCG 型矿床的一个端元组成。

IOCG 型矿床最初被定义为由热液成因形成的贫硫化物的低钛磁铁矿和(/或)赤铁矿的多金属矿床(Cu、Au、Ag、U、REE、Bi、Co、Nb、P), 主要呈角砾状、脉状、层状、透镜状产出, 与深成侵入岩及同时期活动的断裂体系有密切的关系。根据矿床形态、赋存围岩岩性和构造特点, 矿床可分为以下几种类型: 脉状、热液角砾岩型、沿层交代层状(mantos)、矽卡岩型和前面全部(或部分)的复合型。其形成时代主要前寒武纪, 而大洋活动边缘带的矿床主要形成在显生宙。矿床的形成环境主要为(a)俯冲板块边缘盆地闭合期; (b)非俯冲造山带盆地闭合期; (c)非造山带陆内拉张环境。矿床的形成通常伴随有钠质、钙质和钾质或复合性的蚀变作用, 从侵入岩体向上或向外, 蚀变分带从磁铁矿-阳起石-磷灰石变成镜铁矿-绿泥石-绢云母, 含有矿化元素 Cu-Au-Co-Ni-As-Mo-U-LREE, 可以见到矽卡岩围绕闪长岩体接触带展布。矿床的成矿流体来源及其形成机制主要有三种观点: 岩浆流体成因、地表或盆地流体成因和变质流体成因, 前者被称为岩浆成因理论, 后两者被称之为非岩浆成因理论。两种观点均认为岩体与成矿有密切的联系, 前者强调岩体的能源和物质源, 后者则强调岩体的能源。不同地区不同矿床具有不同流体来源, 既有岩浆流体也有非岩浆流体, 也有几种流体的混合。

笔者重点对安徽沿江地区铁-铜矿床和徐

淮地区铁-铜-金的产出环境、地质特征和成矿作用进行了对比分析，认为他们应该属于 IOCG 型矿床。

S14-O-07

外地核环境下 Fe-9Si 物性研究

黄海军^{1*}，费英伟²，冷春蔚¹，王青松³

1 武汉理工大学高压物理与新材料研究中心，武汉 430070

2 Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington, Washington, DC 20015

3 中国工程物理研究院流体物理研究所，四川 绵阳 621900

* hjhuang@whut.edu.cn

液态地球外核的主要成分是 Fe，同时含有约 10wt% 的轻元素，例如 C, H, O, S, Si 等。尽管这些轻元素的含量很少，却对外地核释放的热量，地球磁流体发电机运行的机制等有着重要的影响。但是目前有关主要轻元素的种类和含量仍存在争论。根据地球物理、地球化学、宇宙化学和高温高压实验研究表明，Si 有可能是外地核中的主要轻元素之一，含量变化范围为 0–20 wt%。

为了比较准确限定外地核中 Si 元素的含量，在 2GPa、800 摄氏度合成了致密、大块 Fe-9Si 样品，应用二级气体炮在 300GPa 范围内测量了高温高压下的状态方程和声速。根据在冲击状态下测量的冲击波速度 D 与粒子速度 u 的关系，Fe-9Si 在 55GPa 由 bcc 结构完全转变为 hcp 结构。在 55~240GPa 压强范围内 Fe-9Si 的冲击波速度 D 与粒子速度 u 的关系 $D=4.65(0.13)+1.48(0.05)u$ 。根据可加性原理和 Fe 及 Fe-9Si 的 Hugoniot 状态方程，我们同时计算了 Fe-3.8Si 的状态方程，与实验测量的 Fe-3.8Si 和 Fe-4Si 的状态方程非常一致。这为限定内地核中 Si 的含量提供了实验数据。应用反碰法和光分析技术，在

300GPa 范围内测量了 Fe-9Si 体系的纵波声速和体波声速。在相同密度下，纵波声速与静高压室温下测量结果非常一致，这说明在实验测量误差范围内，温度对纵波声速的 Birch 定律影响很小。考虑到材料刚开始发生熔化时剪切波声速并不等于 0，在 SCG 模型的基础上我们提出了新的计算剪切波速的模型，计算结果与 Fe 和 Fe-9Si 的实验测量结果非常一致。这为依据剪切波限定内地核中轻元素的含量提供了有效方法。在冲击状态下，Fe-9Si 的纵波声速在 260GPa 完全转变为体波声速，即发生了完全熔化。依据能量守恒，计算的平衡熔化温度为 4800K。以此点为参考点，根据林德曼熔化定律外推到 330GPa 下，Fe-9Si 的熔化温度为 5300K。根据纯铁熔化温度和 Fe-9Si 的熔化温度，地球内外核界面温度范围为 5300K~6000K。在此温度和压强范围内，我们计算了 Fe-9Si、Fe-3.8Si、Fe 在地球内外核的密度和声速。在误差范围内，Fe-9Si 体系的密度和声速与外地核的 PREM 模型非常一致；Fe-3.8Si 的密度、纵波声速、剪切波声速与内地核的 PREM 模型非常一致。这说明外地核中约含有 9wt% 的 Si，而内地核中 Si 的含量约为 4wt%。

S14-O-08

矿物固溶体系列物理性质的非线性变化：以 $(\text{Mg}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ 尖晶石的体弹模量为例

刘曦*

北京大学地球与空间科学学院，北京 100871

* xi.liu@pku.edu.cn

无论是从化学成分还是从晶体结构来讲，地学的重要矿物如橄榄石、辉石、石榴石、角闪石、尖晶石、云母、长石、磷灰石等都是复杂的矿物固溶体，它们的物理性质可能

与成分之间有着非常复杂的关系。要厘定这种关系，人们通常需要进行大量的实验。然而，由于实验技术及从业科学家的有限性，对于大多数矿物固溶体而言，这种关系在短期内没有可能得到精确测定。因此，在有关矿物热力学模型建立过程中、地球内部波速结构探讨过程中，成分的影响要么被忽略、要么被假设为线性。在本研究中，我们以 $(\text{Mg}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ 尖晶石固溶体系列的体弹模量为例，证明成分对矿物固溶体的物理性质不仅可能很重要，而且其影响可能是非线性的。

我们在 1 atm、1200°C、48 小时的条件下合成 $(\text{Mg}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ 尖晶石固溶体系列，有关实验细节及产物表征见 Wang et al. (2012)。在本研究中，我们利用 DAC + synchrotron X-ray 技术，研究了这一尖晶石固溶体系列的体弹模量。实验结果表明， MgCr_2O_4 尖晶石与 MnCr_2O_4 尖晶石的体弹模量在实验误差范围内可以说是一致的，分别为 198.2(36) 和 199.2(61) GPa；随着 Mg 被 Mn 替代、或者 Mn 被 Mg 替代， $(\text{Mg}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ 尖晶石固溶体的体弹模量都减小，比如当 $x = 0.61(2)$ 时，体弹模量仅为 168.7(52) GPa。这种成分与体弹模量之间的显著的非线性关系与 $(\text{Mg}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ 尖晶石固溶体的微观结构演化有很好的对应关系。另外，我们也发现， $(\text{Mg}_{1-x}\text{Mn}_x)\text{Cr}_2\text{O}_4$ 尖晶石固溶体的热膨胀系数与成分之间的关系也是非线性的。

这种相关物理性质与矿物固溶体成分之间的显著的非线性关系可能广泛存在，需要科学家们广泛关注并重视。

S14-O-09

Spinel and post-spinel phase assemblages in M_2TiO_4 (M =

Zn, Co, Mg) and their implications

YANYAO ZHANG^{1,2,*}, XI LIU^{1,2}, SEAN R. SHIEH³, XINJIAN BAO^{1,2}

1 Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, Ministry of Education of China, Beijing 100871, China

2 School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

3 Department of Earth Sciences, University of Western Ontario, London, Ontario, N6A 5B7, Canada

*YanyaoZhang@pku.edu.cn

The common phases for the composition M_2TiO_4 (M = Zn, Co, Mg) are 4-2 inverse spinels. They are conventionally considered as low-*P* analogues of the Mg_2SiO_4 spinel (Millard et al. 1995; Wang et al. 2002), the most abundant mineral in the lower part of the mantle transition zone (Ringwood and Reid 1968; Irifune and Ringwood 1987; Ita and Stixrude 1992; Frost 2008), so that its high-*P* behavior may shed light on our understanding about the high-*P* behavior of the Mg_2SiO_4 composition. Extant investigations have suggested that for the Mg_2SiO_4 composition, the stable phase assemblages are forsterite (Fo), wadsleyite (Wd), ringwoodite (spinel-type Mg_2SiO_4 termed as $\text{Mg}_2\text{SiO}_4\text{-Sp}$ hereafter), bridgmanite (perovskite-type MgSiO_3 termed as $\text{MgSiO}_3\text{-Pv}$ hereafter) + periclase (rocksalt-type MgO termed as MgO-Rs hereafter), and post-perovskite ($\text{MgSiO}_3\text{-PPv}$) + MgO-Rs as pressure increases from the surface to the core-mantle boundary of the Earth (Ringwood and Major 1966; Suito 1972; Liu 1976; Ito 1977; Murakami et al. 2004; Oganov and Ono 2004; Tsuchiya et al. 2004). What phase assemblage this composition attains at still higher pressures

is currently largely unknown due to the present unavailability of highly reliable experimental techniques at multimegabar pressures, which, however, may have important application to the extrasolar planets with masses up to 10 times that of the Earth (Valencia et al. 2006; Swift et al. 2012; Wagner et al. 2012). In this respect lies the interest of the current study about the high- P behaviors of the compositions M_2TiO_4 ($M = Zn, Co, Mg$).

Although the high- P behaviors of the M_2TiO_4 ($M = Zn, Co, Mg$) compositions are potentially very useful, inadequate effort has been paid on this topic so far. At ambient P , both the Mg_2TiO_4 and Zn_2TiO_4 compositions form two substances, one adopting a tetragonal structure (space group $P4_122$) and stable at low T while the other attaining a cubic structure (space group) and stable at high T (Delamoye et al. 1970; Millard et al. 1995). At ambient T , some in situ X-ray diffraction and Raman spectroscopic data suggested that the Zn_2TiO_4 -Sp is stable up to ~ 23.7 GPa and transforms to an orthorhombic phase with the $CaTi_2O_4$ -type structure at higher P (Zn_2TiO_4 -CT; space group $Cmcm$; Wang et al. 2002). At simultaneously high- P and high- T conditions, some experimental data exist for the compositions of Mg_2TiO_4 , Fe_2TiO_4 and Co_2TiO_4 (Akimoto and Syono 1967): at $P < \sim 1-4$ GPa and high T like 1473 K, the stable phase assemblage for these three compositions is the Mg_2TiO_4 -Sp, Fe_2TiO_4 -Sp and Co_2TiO_4 -Sp, respectively; at higher P , these titanate spinels all break down to the phase assemblage of $MTiO_3 + MO$ ($M = Mg, Fe$ and Co , respectively), with the $MTiO_3$ phase attaining

the Ilm structure and the MO phase adopting the Rs structure. Therefore, it can be seen that the information about high pressure and high temperature phase transitions of M_2TiO_4 ($M = Zn, Co, Mg$) compositions are fragmentary.

In this study, our high- P synchrotron X-ray diffraction experiments (ambient T) of the Zn_2TiO_4 -Sp and Co_2TiO_4 -Sp were conducted with a symmetrical diamond-anvil cells performed at the beamline X17C, National Synchrotron Light Source, Brookhaven National Laboratory. On the other hand, our first-principles simulations of the compositions M_2TiO_4 ($M = Mg, Zn, Co$) were completed with the CASTEP code using Density Functional Theory (DFT; Hohenberg and Kohn 1964; Kohn and Sham 1965) and planewave pseudopotential technique (Payne et al. 1992). Our experimental results are in consistent with our theoretical results, which have enriched the information of the high pressure phase transitions of the titanate spinels. Furthermore, the equations of state of the post-spinel phases of M_2TiO_4 ($M = Zn, Co, Mg$) compositions have been explored. Why do these 4-2 inverse titanate spinels with similar structures transfer to different but specific post-spinel structures at high pressure? How do these phase transitions relate to those of ringwoodite in the extrasolar planets? These questions are awaiting us to answer.

S14-O-10

Fe₉₁Si₉ 高温高压声速实验研究

邓力维^{1*}, Yoshio Kono², Guoyin Shen²

1 地球与行星物理重点实验室,中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029, 中国

2 High Pressure Collaborative Access Team (HPCAT), Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of Washington, 9700 S. Cass Ave., Argonne, Illinois 60439, USA

* dengliwei@mail.iggcas.ac.cn

月球的核可能由铁和少量轻元素（例如硫，硅等）组成，研究铁-轻元素体系的高温高压声速对于认识月球核组成及其演化历史具有非常重要的意义。顽火辉石球粒陨石极可能是行星的最初起源物质，其金属部分（通常被认为是行星核组成）含有大量硅和镍。基于月球形成大撞击理论，硅可能是存在月核中的轻元素。目前，针对月核温压条件开展的 Fe-轻元素高温高压声速实验极为有限。Lin 等（2003）利用核共振非弹性 X 射线散射（NRIXS）方法得到了室温条件下固相 $\text{Fe}_{92}\text{Si}_8$ 高压纵波（ V_p ）和剪切波（ V_s ）速度。然而，温度对声速影响未知。在本文中，我们利用超声干涉结合 X 光影像学方法在 Paris-Edinburgh 压机上直接测量 $\text{Fe}_{91}\text{Si}_9$ 合金的高温高压（1-8GPa, 25-1000 $^{\circ}\text{C}$ ）声速，拟合得到等温弹性模量 $K_0=196\text{ GPa}$, $V_0=23.2\text{ \AA}^3$ 。我们的数据显示：室温条件下，硅的加入使得 V_p 和 V_s 升高；高压条件下， V_p 和 V_s 随温度升高而降低。与 Lin（2003）结果一致。根据 Birch 定律拟合得到 $V_p=-3.62+1.23 \times \rho$ （300-1154K）， $V_s=-9.56+1.59 \times \rho$ （300-1173K）。我们首次提供了高压条件下 $\text{Fe}_{91}\text{Si}_9$ 合金 V_p 和 V_s 随温度变化规律。基于我们实验结果计算得到月球内外核边界处（5GPa, 1800K） V_p 和 V_s 分别是 5 和 2.2km/S。我们的研究为准确限定月核组成提供了基础实验数据。

S14-O-11

Elasticity of single-crystal NAL phase at high pressure: A potential source of the seismic anisotropy in the lower mantle

Ye Wu^{1,2}, Jing Yang³, Xiang Wu^{2,4}, Maoshuang Song⁵, Takashi Yoshino⁶, Shuangmeng Zhai⁷, Shan Qin², Haijun Huang¹, Jung-Fu Lin^{3,8}

1 School of Sciences, Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei 430070, China

2 School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

3 Department of Geological Sciences, Jackson School of Geosciences, The University of Texas at Austin, Austin, TX 78712, USA

4 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China

5 Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

6 Institute for Study of the Earth's Interior, Okayama University, Misasa, Tottori 682-0193, Japan

7 Key Laboratory of High-temperature and High-pressure Study of the Earth's Interior, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China

8 Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research, Shanghai 201900, China

The new hexagonal aluminous phase, named the NAL phase, is expected to be stable at depths of less than 1200 km in subducted slabs and believed to constitute 10~30 wt % of subducted MORB materials together with the CaFe_2O_4 -type aluminous phase. Here elasticity of the single-crystal NAL phase is investigated using Brillouin light scattering in conjunction with diamond anvil cells, up to 20 GPa at room temperature. Analysis of the results shows that the substitution of iron lowers the shear modulus of the NAL phase by ~6 % (~7 GPa),

but does not affect the K_S significantly. The NAL phase exhibits high seismic anisotropies with an AV_P of 14.7 % and an AV_S of 15.12 % for the Fe-bearing phase at ambient conditions. The high AV_S of the NAL phase mainly results from the high anisotropy of the faster V_{S1} (13.9~15.8 %), while the slower V_{S2} appears almost isotropic (0.1~2.8 %) at ambient and high pressures. The AV_P and AV_S of the NAL phase decrease with increasing pressure, but still have large values with an AV_P of 11.4 % and an AV_S of 14.12 % for the Fe-bearing sample at 20.4 GPa. Furthermore, these values are larger than seismic anisotropies of silicate perovskites (bridgmanite and Ca-Pv) at lower-mantle conditions. The NAL phase in subducted basalts may thus contribute to the observed seismic anisotropy around subducted slabs in the lower mantle, especially in the high shear wave splitting.

S14-O-12

Probing the properties of lower mantle and Earth's core with a new resistive heating technique

Mingqiang Hou^{1*}, Yingwei Fei², Li Zhang¹, Zhixue Du², Liuyang Yang¹

1 Center for High Pressure Science and Technology
Advanced Research, Shanghai 201203, China

2 Geophysical Laboratory, Carnegie Institution of
Washington, 5251 Broad Branch Rd. NW,
Washington, DC 20015, USA

* mingqiang.hou@hpstar.ac.cn

High pressure and high temperature are essential to study the properties of lower mantle and Earth's core, especially for high temperature. There are mainly three heating techniques for DAC experiments: laser heating,

external resistive heating, and internal resistive heating. Only laser heating and internal resistive heating can achieve temperature higher than 3000 K, however, laser heating has large temperature gradient and is not capable in some special experiments, e.g. transparent sample, electrical conductivity measurement. Here we presented a new internal resistive heating technique which can be employed to heat transparent samples and measure electrical conductivity of metal and nonmetal. The temperature gradient of the hot spot is $\sim 2\text{K}/\mu\text{m}$ which ensures a homogenous temperature distribution.

S14-O-13

水对橄榄石流变滑移体系的影响

陈久华^{1*}, Jennifer Girard²

1 北京高压科学研究中心, 长春 130012

2 Yale University, New Haven, USA

* chenjh@hpstar.ac.cn

橄榄石 (Olivine) 是上地幔的主要矿物, 橄榄石的流变性质主导地球上地幔的动力学特征。例如橄榄石晶体流变滑移体系会在地幔对流过程中导致的晶体的择优取向 (LPO), 而大规模的晶体的择优取向则会引起地震波传播的各向异性。因此上地幔顶部 (浅于 220km) 的地震波传播的各向异性被普遍归因于橄榄石晶体的择优取向。然而上地幔顶部地震波各向异性在 220km 深度后迅速减弱, 成为一个至今未解之谜。尽管我们早期的实验证明压力会引起橄榄石晶体主要流变滑移面由 [100] (010) 到 [001] (010) 的转变, 但其转变压力 (8GPa) 远高于 220km 深度所对应的压力 ($\sim 6\text{GPa}$)。

我们利用同步辐射成像及 X 射线衍射研

究了水对单晶橄榄石流变的影响，高压流变实验是在 D-DIA 压机上，对分别易于沿[100] (010) 和[001] (010) 滑移的两个晶体同时进行的，以减少实验结果比较时的系统误差。结果表面在水存在的环境下，橄榄石晶体主要流变滑移面由[100] (010) 到[001] (010) 的转变压力会由 8GPa 减小到 6GPa，因此水的存在成为揭开 220km 地震波传播各向异性衰减之谜的关键。实验细节及结果解释将在报告中进一步讨论。

S14-O-14

铁对地球下地幔深部含水矿的组分、结构及稳定性的影响

苑洪胜*, 张莉

北京高压科学研究中心

* Hongsheng.yuan@hpstar.ac.cn

由于间隙水、结晶水和结构水可以显著地改变地幔矿物的物理化学性质，因此，研究地球深部的水循环及存储对更好地理解地球的演变和动力学过程起着至关重要的作用。以往的理论分析和实验研究表明，瓦兹利石 (wadsleyite) 和尖晶橄榄石 (即林伍德石, ringwoodite) 存在于距地表 410-660 km 深的地幔过渡带内。最近，加拿大研究员 Pearson 在巴西捷那 (Junia, Brazil) 发现了含水林伍德石包裹体的金刚石，证明了地幔过渡带至少是局部含水的，含量大约为 1 wt%。含水的地幔过渡带对于大陆岩浆作用和板块构造的发生起到了关键作用。高分辨的地震层析成像结果表明一些俯冲板块下沉到了下地幔深处。随着地幔对流和板块俯冲，含水矿物或熔体被运输到下地幔甚至核幔边界处。技术上，我们还无法直接获得地球下地幔的矿物样品。而水是否能以结构水的形式 (羟基)，像地幔过渡带的含水林伍德石那样储存在下地幔深部的矿物中呢？近几十年来，通过

实验模拟下地幔的高温高压条件，相关研究者们对一些潜在含水矿的稳定性进行了探究并得到了一系列有意义的成果。镁硅酸盐为下地幔最主要组成矿物，对含水 $\text{MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 体系的高温高压实验研究表明： $\text{Mg}_{10}\text{Si}_3\text{O}_{14}(\text{OH})_4$ (超含水相 B 或相 C)， $\text{MgSi}_2\text{O}_4(\text{OH})_2$ (相 D) 和 $\text{MgSiO}_2(\text{OH})_2$ (相 H) 可以在下地幔不同的深度条件下存在；然而，这些含水硅酸盐只能稳定于“凉的”下沉板块中，在“热的”下沉板块或典型的地幔地温线条件下发生了分解。 $\delta\text{-AlOOH}$ (相 δ) 可以稳定存在于整个下地幔。Ohira 发现相 δ 与相 H 可以形成 $\text{MgSiO}_2(\text{OH})_2\text{-AlOOH}$ 固溶体，此固溶体与后钙钛矿在 (128 GPa, 2190 K) 近核幔边界深度条件下被合成。铁和铝为下地幔的重要组成元素。铝的加入可以显著提高含水镁硅酸盐的稳定性。铁具有多样的物理性质，如价态、配位、自旋。探究铁对下地幔深部含水矿的成分，结构及稳定性的影响对地球深部水循环及存储过程有着重要意义。我们对 60 mol% $\text{MgSiO}_3\text{-30 mol \% Al}_2\text{O}_3\text{-10 mol \% Fe}_2\text{O}_3$ 含水初始样品进行了原位高温高压衍射实验，我们发现了后钙钛矿与含水相在 108 GPa, 2050 K 共存。通过进一步的高压就位晶体结构分析，原位穆斯堡尔谱测量，以及卸压样品的透射电镜-元素能谱分析与晶体结构分析可获得更加详实的结构和化学组分信息。

S14-O-15

第一性原理计算含水瓦兹利石高温高压弹性：制约地幔过渡带含水量

王文忠, 彭焱, 吴忠庆*

中国科学技术大学地球和空间科学学院, 地震与地球内部物理实验室, 合肥 230026

* wuzq10@ustc.edu.cn

地幔过渡带的含水量对了解地球内部动力学和地球的演化等过程具有非常重要的意义,但一直以来都有争议。第一性原理计算能提供地幔温压下的橄榄石和过渡带含水矿物的弹性数据,对我们约束地幔过渡带含水量极其关键。在本研究中,我们利用第一性原理计算了含水瓦茨利石在高温高压弹性性质。含水能够有效地降低瓦茨利石的密度和波速。我们的计算结果与目前已有的实验数据非常符合。结合已有的第一性原理的不同铁含量下的橄榄石和瓦茨利石的高温高压弹性数据[1,2],我们讨论了地幔过渡带在多种可能因素下含水量的问题。因为含铁和含水都能一定程度上降低相关矿物波速,但含铁和含水对矿物的密度却具有相反的效应,通过同时匹配 410 公里的波速和密度跳变,地幔过渡带含水量可以被约束在一定的范围内。同时,这种约束下的地幔过渡带含水量还与上地幔橄榄石的量有关。

S14-O-16

高温高压下 Superhydrous phase B 的弹性性质

杨大鹏, 吴忠庆*

中国科学技术大学地球和空间科学学院, 合肥
230026

chinaydp@mail.ustc.edu.cn, wuzq10@ustc.edu.cn

水对地球内部的物理和化学性质以及动力学过程具有较大影响,俯冲过程可能会输运大量的水到地幔过渡带中(Hirschmann 2006),包括 Superhydrous phase B 在内的一系列稠密的含水的硅酸镁相被认为是输运水到地幔过渡带的主要载体, Superhydrous phase B 可以在过渡带以及下地幔顶部稳定存在,它可以存贮高达 5.8%的水,因此,大量的水可能会通过 Superhydrous phase B 传输到过渡带和下地幔顶部中(Rosa 2015)。尽管高压

实验与第一性原理计算都对 Superhydrous phase B 在高压下的弹性性质做了较为系统的研究并解释了一些地球物理观测上的异常(Rosa 2015; Mookherjee 2015),但由于在实验上难以同时实现高温高压,第一性原理计算在考虑温度效应时的计算量又非常大, Superhydrous phase B 在高温高压下的弹性性质还没有被详细研究。

本文采用 Wu 和 Wentzcovitch (2011)提出的计算弹性的新方法来计算高温高压下 Superhydrous Phase B 的弹性性质,该方法的计算量不及常规方法的十分之一,为详细研究 Superhydrous Phase B 在高温高压下的弹性性质提供了可能,主要计算结果概述如下:

(1) 利用新方法获得的 Superhydrous phase B 的热力学特性与弹性特性跟已有的实验结果一致,再次表明新方法保持计算精度,同时首次获得了 Superhydrous phase B 在高温高压下的弹性性质。

(2) Superhydrous phase B 在地球内部相关温压下的波速低于地幔过渡带主要矿物的波速,可能会对一些地震的低速异常产生作用。

(3) Superhydrous Phase B 在地球内部相关温压下的密度比地幔过渡带其它矿物的密度都低,在俯冲板块中存在 Superhydrous Phase B 会对俯冲板块向下运动产生阻碍作用。

(4) Superhydrous phase B 在高温高压下的各向异性并不强,不是导致过渡带中各向异性的主要原因。

S14-O-17

地壳中气体运动的大尺度特征

高晓清^{1*}, 汤懋苍¹, 郭维栋², 杨丽薇¹ 惠小英¹, 丁小谨⁴

1 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所/中国科学院寒旱区陆面过程与气候变化重点实验室, 兰州 730000

2 南京大学大气科学学院, 南京 210093

3 宁夏回族自治区气象局, 银川 750002

* xqgao@lzb.ac.cn

地壳内流体的运动与地球动力学、地震、地球排气及气候变化等密切相关。本文利用我国 239 个气象站 0-3.2 m 地温资料, 用 3 种方法计算了地气界面的年平均热通量, 发现 30°N 以南的低纬地区表现为地热的净积累, 30°N 以北的中高纬地区为地热净放散, 其量值达到 2 W/m², 表明在岩石圈中有热量从低纬输向高纬, 形成地气环流。岩石圈裂隙中地下流体(地气)的运行速度要达到 10-30 cm/s 才可完成热量的纬向输送。本文统计了 2003-2007 年中国大陆地热流的逐月移动速度, 发现以 300-600 km/month (10-20 cm/s) 为最多。

S14-O-18

关于氟的电导效应的实验研究

李岩, 杨晓志*, 于津海, 蔡元峰

南京大学地球与工程科学学院, 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京 210023

* xzyang@nju.edu.cn

氟是地幔中非常重要的一种挥发性元素。一般认为, 氟主要存在于地幔的金云母、角闪石和磷灰石等副矿物中, 但近年来的实验研究表明橄榄石、辉石、瓦兹利石、林伍德石等地幔名义上无水矿物中也有可能溶解一定量的氟。过去的几十年间, 人们通过地球化学和高温高压实验对地幔物质中氟的性质进行了一些研究, 并发现了一系列非常有意思的成果, 比如: (1)氟在岩浆(尤其富钾岩浆)的形成和演变过程中扮演着重要角色; (2)氟的存在可以促进矿物中碱性元素的相互扩散,

并可以显著增强熔体中一些离子的扩散速率; (3)氟还可以显著影响岩石体系的熔点、液相线、部分熔融等性质。其主要原因在于, 氟的离子半径和电价与 OH⁻相似, 有可能具有与 OH⁻(或矿物中的结构水)类似的物理化学性质, 这使得氟成为近年来地学挥发分研究中继氢之后的另一个热点。然而, 已有的工作主要围绕氟的一些地球化学性质(比如溶解度、分配等), 而对其地球物理学效应的研究明显不足; 特别是, 氟可以显著增强矿物的电导率, 但至今尚未有关于氟对矿物电导性质影响的研究。

我们选择两颗成分均匀、晶型完整且纯净度良好的天然金云母巨晶作为初始材料, 原位测定了高温高压下金云母垂直于(001)、(010)和(110)三组晶面方向上的电导率。实验所用的设备是一台活塞-圆筒压机和一台 Solartron-1260 阻抗分析仪, 实验条件是 1 GPa 和 200-900 °C, 实验中样品舱内的氧逸度通过 Ni-NiO 氧缓冲体系控制, 阻抗谱测定过程中的频扫范围是 0.1-10⁶ Hz。样品的化学成分使用电子探针测定, 实验前后样品的水含量使用 Bruker Vertex 70V 红外光谱仪 + Hyperion 2000 红外显微镜进行了测定, 发现实验过程中金云母没有发生明显的脱水。电导率测定结果表明: (1)金云母的电导率随温度升高而增加, 电导率与温度间的关系符合阿伦尼乌斯公式, 活化焓~134-204 kJ/mol; (2)金云母沿不同方向的电导率具有显著的各向异性, 相同温度下垂直于(001)和(010)方向的电导率相近, 与垂直于(110)方向的电导率存在显著差异; (3)金云母具有非常高的电导率, 温度为 700 °C 时其电导率为~0.1 S/m, 比已有研究中其它常见含水矿物的电导率可高出 3 个数量级以上, 比无水橄榄石的电导率高出~3-5 个数量级。

金云母异常高的电导率, 很可能并不是

由较高的水含量造成的，而是与其较高的F(2.7%)含量有关。金云母是氟的一种重要载体，在上地幔中，金云母有可能在局部地区富集，从而产生较高的电导率，这就为上地幔中电导率异常的成因提供了一个新的解释。此外，如果氟能显著增强矿物的电导率是一种普遍的现象，那么考虑到地幔的橄榄石、辉石、瓦兹利石、林伍德石等主要构成矿物中都可能含有一定量的氟，这些矿物的导电性质可能需要重新认识(前人研究从未考虑氟可能对这些矿物电导率的影响)，这对正确认识地幔的电导结构可能有重要意义。然而关于氟的电导效应之前并未获得关注，相关研究还处于起步阶段，进一步系统的工作还很有必要。

S14-P-01S

Retrieving Rayleigh wave from cross-correlation of synthetic seismic coda

Shijie Hao, Benjun Wu*, Tao Wang

Institute of Geophysics and Geodynamics, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210046, China

* benjunwu@126.com

Numerous examples have shown that the elastic response between two stations can be evaluated by correlation of seismic noise(Weaver 2005), which avoids the limitations of major earthquake events. The correlations of ambient noise records have been widely used to extracted surface wave and tomography(Shapiro, Campillo et al. 2005). However, surface wave imagine from coda wave correlation is limited(Campillo and Paul 2003). The origin source of energy for surface wave is still not fully revealed. The aim of this

study is to investigate the contribution of reverberation to extracting surface wave. Using the direct-solution method (DSM) (Kawai, Takeuchi et al. 2006) with one-dimensional Preliminary Reference Earth Model (PREM) (Dziewonski and Anderson 1981), we get theoretic seismograms for simulated earthquakes and stations. And then we extract empirical Green's function by cross-correlating simulated coda waves, which following the basic steps in Bensen (2007). We successfully retrieve Rayleigh wave from synthetic earthquake coda correlation. The dispersion curves of Rayleigh waves from synthetic coda correlation have a good fit to that of theoretic dispersion calculation. Therefore, reverberation is an important contributor to surface wave extraction.

S14-P-02S

Moment Tensor Inversion of the 1998 Aiquile, Bolivia Earthquake Using Long-period Surface Waves

Hao Wang

department of Earth Science, University College London

On 22nd May 1998 at 04:49(GMT), an earthquake of magnitude $M_w = 6.6$ struck the Aiquile region of Bolivia, causing 105 deaths and significant damage to the nearby towns of Hoyadas and Pampa Grande. This was the largest shallow earthquake (15 km depth) in Bolivia in over 50 years, and was felt as far Sucre, approximately 100 km away. In this report, a centroid moment tensor (CMT) inversion is carried using body waves and

surface waves from 1998 Aiquile earthquake with 1-D and 3-D earth models to obtain the source model parameters and moment tensor, which are the values will be subsequently compared against the Global Centroid Moment Tensor Catalog(GCMT). Also, the excitation kernels could be gained and synthetic data can be created with different earth models. The two method for calculating synthetic seismograms are SPECFEM3D Globe which is based on shear wave mantle model S40RTS and crustal model CRUST 2.0, and AxiSEM which is based on PREM 1-D earth Model. Within the report, the theory behind the CMT inversion was explained and the source parameters gained from the inversion can be used to reveal the tectonics of the source of this earthquake, these information could be helpful in assessing seismic hazard and overall tectonic regime of this region. Furthermore, results of synthetic seismograms and the solution of inversion are going to be used to assess two models.

S14-P-03S

甘肃东南地区温泉流体地球化学特征

吕超甲, 刘雷, 周晓成*, 杜建国, 易丽

中国地震局地震预测研究所, 北京 100036

* zhouxiaocheng188@163.com

根据氢、氧、氦同位素与水化学组分资料, 讨论了甘肃东南地区温泉水的来源、地球化学变化及其与2008年汶川MS8.0地震的关系。测定结果表明: 样品的溶解性固体总量(TDS)范围为241.7~2372.1 mg/L。采集的7处温泉(通渭汤池河温泉、清水地震台、天水地震台、武山地震台、武山22号井、成县地震台、武都地震台)水样可归为四种化

学类型: Na•Ca-SO₄、Ca•Mg-SO₄、Na-HCO₃•SO₄、Ca•Mg-SO₄•HCO₃。地下热水的化学类型和裂隙深度以及围岩的岩性有关, 离子浓度和断裂深度基本成正相关。通渭汤池河温泉和武都地震台的 $\delta^{18}O$ 和 δD 值分别在-11.4‰~-7.6‰和-85.7‰~-57.1‰的范围内, 样品中 $^3He/^4He$ 的值分别为 0.4×10^{-7} 和 12.7×10^{-7} 。氢、氧、氦同位素组成特征表明温泉水源于大气降水, 在循环过程中经历了水岩反应, 且可能有地表水的混入。2008汶川MS8.0地震发生后, 研究区域内温泉水中K⁺、Ca²⁺含量总体上升, SO₄²⁻、Cl⁻含量总体下降, Na⁺含量变化不明显; 热水循环深度受地震改造发生变化。本文确定了甘肃东南地区温泉来源、水化学类型成因及其与汶川MS8.0地震的关系。

S14-P-04S

高压下CaCO₃的结构、压缩性及弹性性质的第一性原理研究

黄丹*, 刘红, 吕超甲

中国地震局地震预测重点实验室, 中国地震局地震预测研究所, 北京 100036

*liuhong_2006@hotmail.com

本文采用基于密度泛函理论的第一性原理计算方法, 以碳酸钙高压相结构: 文石、后文石及辉石型结构为研究对象, 研究了在它们的结构、压缩性及弹性性质。通过使用最小二乘法拟合三阶Birch-Murnaghan状态方程, 得到它们的体积模量及其对压力一阶导数, 其中文石为 $= 66.09\text{GPa}$, $= 4.64$; 后文石为 $= 81.93\text{GPa}$, $= 4.49$; 辉石型结构CaCO₃为 $= 98.89\text{GPa}$, $= 4.44$ 。压缩性研究表明, 文石轴向压缩率由大到小为 $c > b > a$, 后文石为 $a > b > c$, 辉石型结构CaCO₃为 $b > c > a$, 呈

现出各向压缩异性。在结构优化使结构达到稳定后,采用“应力-应变”法计算得到它们的弹性常数,从而获得它们的体积模量、剪切模量及声速。通过对比后文石、辉石型结构 CaCO_3 与地幔及地核的密度,猜测俯冲的碳酸盐可能稳定存在下地幔且碳酸盐俯冲可能终止于核幔边界。

S15-O-01

下地幔矿物的储水能力

陈久华^{1*}, Martha Pamato², Toru Inoue³, 杨斌¹, 林杨挺⁴, 刘冰冰⁵

1 北京高压科学研究中心, 长春 130012

2 Bayerisches Geoinstitut, Bayreuth, Germany

3 Ehime University, Matsuyama, Japan

4 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

5 吉林大学, 长春 130012

* chenjh@hpstar.ac.cn

布里奇曼石 (Bridgmanite) 是下地幔的主要矿物, 约占下地幔体积的百分之七十以上, 水在布里奇曼石中的溶解度主导下地幔的储水能力。布里奇曼石的形成压力高 (>23GPa), 给实验研究布里奇曼石中水的溶解度带来很大难度。过去的实验研究普遍认为布里奇曼石中水的溶解度极低 (少于 100 ppm), 下地幔因而被认为是地幔中与上地幔及过渡带相比最为干燥的部分。我们进行了一系列高温高压含水布里奇曼石中的合成实验, 合成温度为 1900°C, 合成压力为 26GPa、28GPa 和 33GPa。合成初始原料为 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 Al_2O_3 及 SiO_2 , 成分为含 5 mol % Al_2O_3 及 15 wt % H_2O 的 MgSiO_3 , 合成后样品的结构、成分分别用 X 射线衍射和电子探针测量, 样品的含水量由 secondary ion mass spectroscopy (SIMS) 及 Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) 标定。实验结果表明在下地幔顶部的压力条件下, 含 2 wt% Al_2O_3 的布里奇曼石中水的溶解度可高达 0.13 wt%。而

且随着压力的升高, 水在布里奇曼石中的溶解度还会进一步上升。这一实验结果完全改变了过去对下地幔储水能力的观念, 如果按压力对溶解度的影响为 260ppm/GPa 来估算, 整个下地幔的储水能力将超过地表海洋总水质量的十倍。

S15-O-02

大洋玄武岩不均一的镁同位素组成

陈立辉^{1*}, 钟源¹, 王小均¹, 张国良², 谢烈文³

1 南京大学地球与工程科学学院, 南京 210023

2 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

3 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

* chenlh@nju.edu.cn

镁是地幔的主要元素之一。目前对地幔捕虏体和海洋玄武岩的分析表明地球的地幔具有相对均一的平均镁同位素组成, $\delta^{26}\text{Mg}$ 为 -0.25 ± 0.07 (2SD), 部分熔融和结晶分异不会导致镁同位素的分馏。这里我们报导了来自夏威夷洋岛玄武岩和 Louisville 海山玄武岩的镁同位素数据, 以重新评估大洋玄武岩的镁同位素不均一性。新数据表明这些板内玄武岩的镁同位素不均一性还是非常有限的, $\delta^{26}\text{Mg}$ 平均为 -0.287 ± 0.032 (2SD), 但确实比洋中脊玄武岩更不均一。结合已经发表的数据, 我们发现 OIB 镁同位素数据与部分熔融相关的参数相关, 碱性玄武岩总是比拉斑玄武岩具有更轻的镁同位素组成, 说明玄武岩的镁同位素组成可能与其部分熔融程度相关。然后, Louisville 海山玄武岩似乎是一个例外, 在一定的熔融程度下, 它总是具有更轻的 Mg 同位素组成, 说明洋岛玄武岩的 Mg 同位素组成不仅与部分熔融程度相关, 还与源区不均一性相关。

S15-O-03

大洋岩石圈的蛇纹石化及其流变学效应

王勤*

南京大学地球与工程科学学院, 南京 210046

* qwang@nju.edu.cn

根据大洋钻探的岩心记录、蛇绿岩剖面和岩石的地震波性质, 大洋的壳幔边界定义为发生塑性变形的上地幔橄榄岩和下地壳基性-超基性层状侵入体的岩石学边界。但是, 地震学定义的壳幔边界为超基性上地幔和基性下地壳的化学分界面。蛇纹石化橄榄岩是大洋岩石圈低温热液变质作用的重要产物, 也是将流体从浅部带往深部的起点。对大洋岩石圈蛇纹石化程度的估计对研究地球内部水的循环具有重要意义。前人发现蛇纹石化可导致橄榄岩的波速和密度显著降低, 并提出蛇纹石化可导致大洋核杂岩(oceanic core complex)的折返。根据蛇纹石矿物的相图, 低于 300 °C, 蛇纹石化橄榄岩主要受纤蛇纹石和利蛇纹石控制, 而 300-600 °C 是叶蛇纹石的稳定域。因此, 大洋岩石圈主要受低温蛇纹石化的影响, 而俯冲带中的蛇纹石化橄榄岩可将水带到 150-200 km。

纤蛇纹石的密度和波速都显著低于叶蛇纹石和利蛇纹石, 导致蛇纹石化橄榄岩的密度和波速显著降低, 甚至与辉长岩近似。蛇纹石化橄榄岩的泊松比显著升高应归因于纤蛇纹石, 而不是叶蛇纹石和利蛇纹石。根据高温高压下的岩石波速, 蛇纹石化的程度将影响地震 Moho 面的锐度和反射特征, 可导致 Moho 面出现弥散性反射, 或者双重反射。根据岩石的地震波性质、典型大洋蛇绿岩的剖面和大洋钻探获得的地震波速剖面, 本文估计了不同扩张速率下大洋岩石圈的蛇纹石化程度和含水量, 并探讨了蛇纹石化对大洋岩

石圈地幔流变学性质的影响。

S15-O-04

滇东南八寨岩石圈地幔的含水性

王蓉*, 朱萌, 范爱玲, 谢志鹏, 张志发, 李峰

昆明理工大学国土资源工程学院, 昆明 650093

*gemmjewel@gmail.com

众多研究表明, 上地幔岩石圈的水含量存在大尺度的横向及纵向不均一性, 不同的构造环境其含水性差异巨大。本研究选取特提斯域造山带岩石圈地幔为研究背景, 对滇东南马关八寨地区岩石圈地幔含水性进行研究, 为揭示特提斯域上地幔的结构、成分、演化过程等提供新的证据。八寨橄榄岩包体成分单一, 以尖晶石二辉橄榄岩为主, 橄榄石(Ol) Mg#为 89.2 ~ 90.6, 单斜辉石(Cpx)与斜方辉石(Opx)中 Mg#都与 Al、Ti 等主要元素呈现大致的负相关, Cpx 中与 Cr 呈现正相关的 (Y- Yb) N 与 (Ti- Yb) N 标准化曲线显示绝大部分样品熔融程度低于 5%, 为低度熔融后的地幔橄榄岩。作为橄榄岩全岩微量元素(除 Ti 外)主要载体的 Cpx 稀土配分模式表明, 显著亏损轻稀土元素(LREE), 中、重稀土元素(HREE)趋于平坦, (La/Yb)N=0.26-0.69, 随着元素不相容程度的增加, 从 Lu 至 La, 元素含量平滑降低。微量元素配分模式具明显的 Zr、Nb、Ti 负异常, 富集大离子亲石元素。以上证据显示, 该研究区地幔交代作用不明显, 总体上体现为饱满型地幔的特征, 橄榄岩包体保留了源区信息, 为原始地幔经历不同程度部分熔融的残余。八寨橄榄岩包体中 Ol 的水含量为 2 ~ 7ppm, Opx 的水含量为 95 ~ 174ppm, Cpx 水含量为 141 ~ 600ppm, 包体中 Cpx 和 Opx 的水含量表现出良好的相关性, 表明水在各矿

物之间的分配达到平衡。根据矿物体积百分含量计算得到八寨橄榄岩全岩水含量为 37~115ppm, 暗示地幔中水含量的不均一, 其原因可能为: 初始地幔源区水含量的不均一, 或者早期部分熔融及之后的演化过程造成水含量变化。综上所述, 八寨早期的原始地幔因上涌软流圈减压熔融, 受到不同程度部分熔融及熔体抽取, 从而形成新增生的岩石圈地幔(亏损的), 之后经历了硅酸岩熔体的交代与改造作用, 部分难熔亏损的地幔组分再富集, 导致部分地幔橄榄岩逐渐从亏损难熔的特征向饱满肥沃转变。

S15-O-05

地幔中岩浆与岩浆相互作用

曾罡*, 陈立辉, 俞恂, 刘建强, 徐夕生

南京大学地球与工程科学学院, 南京 210093

近年来, 研究认为在地幔深度发生的岩浆与岩浆之间的相互作用过程能够作为解释板内玄武岩组成不均一性的机制之一 (Herzberg, 2011)。然而, 迄今为止并没有十分有力的地球化学证据支持这一模式。本次研究选择中国东南部福建龙海地区的小规模溢流玄武岩作为研究对象, 通过元素和同位素地球化学研究, 解释了在地幔深度碱性玄武岩岩浆和拉斑质岩浆之间的相互作用过程。龙海玄武岩主要由拉斑玄武岩组成, 含少量碱性玄武岩, SiO_2 含量变化相对较小 (49.0–52.8 wt.%), 但全碱含量显著变化 ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 2.3\text{--}6.4$ wt.%)。依据玄武岩的演化程度, 我们将其划分为低钛 (演化程度低, $\text{TiO}_2/\text{MgO} < 0.25$, 为拉斑玄武岩) 和高钛 (演化程度高, $\text{TiO}_2/\text{MgO} > 0.25$, 主要为碱性玄武岩, 含少量拉斑玄武岩) 两类玄武岩。对低钛玄武岩的原始岩浆计算发现, 其具有低的 CaO 含量和高的 FeO/MnO 比值, 并且相图上落在了 4 GPa 下与斜方辉石、单斜辉石

和石榴子石相平衡的区域, 暗示其源区主要岩性为辉石岩。但是, 这些玄武岩的 Sm/Yb 比与 Ti/Gd 、 Zr/Hf 比之间呈现很好的线性关系, 暗示低钛玄武岩源区经历了两端元混合过程。另一端元具有低的 Ti/Gd 比和高的 Zr/Hf 比, 表明其源区另一种岩性为碳酸盐化的橄榄岩。高钛玄武岩具有与低钛玄武岩几乎一致的 $\text{Sr}\text{-Nd}\text{-Pb}\text{-Hf}$ 同位素组成, 暗示他们具有相似的成因。但是, 随着高钛玄武岩 Sm/Yb 比值的增加, 其表现出显著的石榴子石效应。这一组成特征, 以及其稀土元素的交叉配分特征, 可以用单斜辉石和石榴子石的分离结晶来解释。而高钛玄武岩在相图上同样落在了石榴子石—辉石区域, 也支持其曾经与石榴子石和单斜辉石相平衡。由于石榴子石的分离结晶通常深度大于 70 km, 要大于研究区的岩石圈厚度, 因此该分离结晶过程应该发生在软流圈。而硅饱和的拉斑质岩浆 (起源自辉石岩) 与硅不饱和的碱性岩浆 (起源自碳酸盐化的橄榄岩) 在地幔深部相遇, 就能够诱发该分离结晶作用:

富硅拉斑质岩浆 + 贫硅碱性岩浆 → 富硅碱性岩浆 + 石榴子石 + 单斜辉石

基于上述观察, 我们提出高钛玄武岩形成于拉斑质岩浆与碱性岩浆之间的相互作用及其伴随的深部岩浆演化过程。

S15-O-06

俯冲速率对 Tonga-Kermadec 岛弧岩浆作用的控制

罗青¹, 张国良^{1,2*}

1 中国科学院海洋研究所, 海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室, 海洋地质实验室, 青岛 266071

* zhangguoliang@qdio.ac.cn

岛弧俯冲体系是地球上最活跃的构造单

元, 岛弧岩浆作用也是板块构造框架之下大洋中的重要产物之一。大洋板块在俯冲带返回地幔的过程中脱水/熔融, 从而直接影响了岛弧岩浆的组成和作用机制。地幔楔、俯冲板块的组成以及俯冲过程都被认为是影响岛弧岩浆作用的要素, 然而辨别这些影响长期以来存在困难, 并有较大争议。板片俯冲速度直接影响单位时间内进入俯冲带的物质总量以及俯冲带的温度结构, 是影响岛弧岩浆作用的潜在因素。

Tonga-Kermadec 岛弧体系具有从南向北逐渐增加的俯冲速度 (从最南端的~50 mm/yr 到最北端的~80 mm/yr), 因此是了解俯冲速度对俯冲过程影响的理想区域。本研究收集和分析了沿该岛弧分布的 14 个火山岛/海山的火山岩地球化学数据, 探讨了岛弧岩浆地球化学组成变化与俯冲速率之间的耦合关系。

整体而言, 对于具有相同的 SiO₂ 含量的样品, Tonga 岛弧的火山岩比 Kermadec 岛弧更亏损 TiO₂ 和 HFSEs (如 Nb、Ta、Zr、Hf), 并具有更高的 Ba/Th、U/Th、Rb/Nd 比值。这些表明, Tonga 岛弧的岩浆作用受到较强的板片释放的流体的影响, 以及俯冲板片残余金红石的影响, 从而造成岛弧岩浆中有更多的 LILEs (如 Ba、U、Rb)、以及相对较弱的高场强元素 (HSFEs)。这些亲流体组成的纬向变化与从南向北逐渐增加的俯冲速率呈现出良好的耦合关系。

我们推断, 大洋板块的俯冲速率控制了 Tonga-Kermadec 岛弧岩浆的亲流体元素的分布。其中, 更高的俯冲速率形成了俯冲带更低的温度, 使得俯冲板片在经历脱水的同时难以发生熔融, 导致了大洋板块俯冲过程对岛弧岩浆的贡献以脱水为主, 从而产生岛弧岩浆更高的“LILE/HFSE”比值。

S15-O-07

Clay-mineral compositions of sediments in the Gaoping River-Sea system: implications for weathering, sedimentary routing, and carbon cycle

Daidu Fan^{1*}, Yangyang Wang¹, James T. Liu²
Yuanpin Chang²

¹ State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092

² Department of Oceanography, Sun Yat-sen University, Kaohsiung, 80424, Taiwan;

* ddfan@tongji.edu.cn

The watersheds of small mountainous rivers (SMRs) have the highest denudation rate in the world, and their role in global sediment and carbon cycle has caught increasing concern in the past two decades. Of these active high-standing islands, Taiwan stands out for its extreme rates of uplift and denudation (5~7 mm yr⁻¹), a surpassing high sediment yield (~9,500 t km⁻² yr⁻¹), and the uppermost efficiency of sediment delivery from the mountain highest (~4,000 m) to the ocean deepest sites (> 5,000 m). As the largest river in Taiwan (3,257 km²), Gaoping River (GPR) annually carries 7.4 km³ of water and 1,100 Mt of suspended sediment into the sea. Most of them are flushed on land and dumped into the Gaoping Submarine Canyon (GPSC) by the ways of episodic hyperpycnal flow and turbidity current, concentrating on a few hours or days during typhoon strikes in each wet season. Characterized by its huge amount and high efficiency of sediment delivery, Gaoping dispersal system has been extensively studied

through multi-disciplinary methods in the recent decade to unravel the complex processes and mechanisms governing sediment transport from source to sink, and strata formation on the active continental margin. Here we present the results of clay mineral analyses on the surface and short-core sediments collected from the Gaoping river-sea system. The high consistency of clay-mineral compositions within the system mirrors weak weathering process and relatively homogenous parent rocks in the drainage basins. It is further attested by lower values of illite crystallinity and illite chemical weathering index, both denoting a weak chemical weathering regime. Besides the main sediment dispersal pattern along the submarine canyon, we reveal another important sediment-routing path, parallel to the contour line along the lower continental slope. It is further demonstrated that the contour-parallel sediment redistribution is controlled by the ocean circulations of SCS warm currents and Kuroshio branch currents. It is attested for the first time from the sedimentary records the decadal variability in the Kuroshio intrusion.

S15-O-08

关于名义上无水矿物水含量的定量化

帅康, 杨晓志*

南京大学地球科学与工程学院, 南京 210023

* xzyang@nju.edu.cn

自上世纪 90 年代以来, 名义上无水矿物中的结构水吸引了众多学者广泛的兴趣并成为近十几年来地球科学研究中的热点领域之一。如果说早期工作只是从矿物学出发, 是为了调研矿物中结构水的存在与否, 那么近

些年来名义上无水矿物中的水已经成为了矿物学、地球化学和地球物理学领域的主要分支, 并被广泛用于变质交代作用、地震活动、板块构造运动、地球内部结构和行星性质及演化等重大问题中。在这些研究中, 矿物结构水含量的准确测定是探讨其相关性质和效应的重要前提。

傅里叶变换红外光谱 (FTIR)、拉曼 (Raman)、离子探针 (SIMS)、弹性反冲探测分析 (ERDA) 和核磁共振 (NMR) 等方法都可以进行名义上无水矿物中结构水含量的研究, 但其中最常用的是红外光谱。这是因为在已知的各种方法中, 红外光谱对结构水最为敏感, 可区分不同形式的水(比如羟基、分子水和流体包裹体等), 并可以对结构水在矿物中的结构位置进行解析; 此外, 红外光谱具有很高的分辨率, 可进行快速、无损和原位分析, 并且在校正系数具备的前提下很容易对结构水定量化。

然而, 使用红外光谱准确测定光学上各向异性矿物(如橄榄石、辉石和长石等)的含水量, 需要使用偏振光测定矿物三个光学主轴方向的红外吸收。这就要求预先对矿物颗粒进行定向, 但在多数情况下, 由于仪器和样品限制, 晶体光学主轴的确定十分困难(特别是对很多较小的天然样品或高温高压合成样品来说), 并且相关测定工作费时费力。早期的理论工作提出, 可以通过对矿物颗粒任意三个互相垂直方向的红外偏振分析准确获取其结构水含量。但由于缺乏足够的实验验证, 该方法未得到广泛认可和应用, 并且有不少学者对其准确性持怀疑态度。

针对这一问题, 我们首先从理论上进行了推导, 发现: 在二维尺度下, 对任意矿物任意切面来说, 任意两个相互垂直方向的吸光度之和都是不变的; 在三维尺度下, 三个光学主轴方向的总吸光度与任意三个垂直方

向的吸光度之和相等。在此基础上,我们对一系列具有不同水含量不同晶系矿物(包括橄榄石、斜方辉石、单斜辉石、正长石和钠长石)进行了系统性的实验测定。所用样品为天然矿物和高温高压合成矿物,涵盖正交、单斜和三斜晶系,其结构水类型包括羟基(OH)、分子水(H₂O)和铵根离子(NH₄⁺)等多种形式。对晶体定向后,我们测量了所有样品沿三个主轴方向的红外吸收以及任意三个互相垂直方向的红外吸收。通过对比各样品主轴方向的总吸光度与任意三个垂直方向的吸光度之和、垂直主轴切面上主轴方向与任意两个垂直方向的吸光度之和,并对谱图和吸光度随角度的变化进行分析,我们发现三个主轴方向的总吸光度与任意三个垂直方向的吸光度之和相等。这意味着沿任意三个垂直方向测量结构各向异性矿物含水量的方法是可靠的,为矿物中结构水含量的快速量化提供了重要基础。该方法最大的优势是无需晶体定向,操作上简单快捷,可同时准确测定矿物中结构水的类型和含量。

S15-O-08

超级含水相 B 单晶在高温高压下的弹性常数

李新阳¹, 毛竹^{1*}, 孙宁宇¹, 廖一帆¹, 翟双猛², 王毅¹, 倪怀伟¹, 王景赞¹, Sergey N. Tkachev³, Jung-Fu Lin⁴

1 中国科学技术大学地球与空间科学学院, 合肥 230026

2 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002

3 芝加哥大学先进光源辐射中心, 伊利诺伊 60637

4 德克萨斯大学奥斯汀分校地球科学系, 奥斯汀 78712

* zhumao@ustc.edu.cn

水广泛分布在地球表面。通过俯冲板片下沉, 地表的水可由含水矿物作为载体被带入到地球内部。2014 年, 加拿大 Pearson 在

Nature 上撰文指出, 在巴西 Rio Aripuana 河东部发现的金刚石包裹体中, 发现了含水~1 wt.%的林伍德石, 为地幔含水提供了证据。

在过去 10 年, 高温高压实验发现并合成了大量高密度含水镁硅酸盐(DHMS)。这些高密度含水镁硅酸盐含水量高达 10%以上, 可稳定存在于俯冲板片相对较低的温度环境中。例如, 超级含水相 B(Mg₁₀Si₃O₁₄(OH)₄) (Shy-B), 可稳定存在于 18-30 GPa, 1300-1500 K, 并被认为可能是将水输送进入地幔过渡带的重要载体。在该项研究中我们利用了布里渊散射结合同步辐射 X-光衍射和外加热的金刚石压砧, 对超级含水相在 0-12GPa 和 300-700K 下的弹性常数进行了测量。利用得到的弹性数据, 分别沿着热的和冷的俯冲板块地温曲线对 Shy-B 的各向异性进行了建模, 模型结果显示, Shy-B 的各向异性相较于在地幔中的主要矿物没有显示出较大的异常, 所以认为不可能是在地幔相应深度引起一个地震学可以观测到的各向异性。

对 Shy-B 的横波和纵波建模显示, 在地幔过渡带底部位置, 横纵波波速皆显示出一个较小的正的速度异常。当 Shy-B 进入到上地幔顶部, 将会展现出一个 5-10%的负的速度异常。所以我们认为, 如果在俯冲板片俯冲的过程中, 有一部分的 Shy-B 在上地幔的顶部富集, 那么对解释上地幔顶部所发现的低速带将会有非常大的帮助。

S15-O-09

天然黝帘石和绿帘石的原位高压粉末和单晶 X 射线衍射研究

侯俊涛¹, 刘琼^{1*}, 牛菁菁¹, 高静¹, 苏星瑶¹, 李雪凯², 巫翔¹

1 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871

2 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京
100083

* qiong.liu@pku.edu.cn

绿帘石族矿物是高压、超高压变质岩石中常见的含水矿物相, 可以在高压条件下保持稳定, 因此被认为是俯冲带区域水进入地球深部的重要载体。绿帘石族矿物参与的变质脱水反应是俯冲洋壳释放流体的主要过程之一。本族矿物还是重要的含 Fe^{3+} 及微量元素矿物相, 可反映岩石的氧化还原状态, 并且对 La、Ce、Sr、Th 等微量元素的分配行为具有关键的控制作用(Poli and Schmidt, 2004; Schmidt and Poli, 2014)。通过高压实验准确测定矿物的状态方程参数对于热力学模拟计算高压相平衡关系是必不可少的。然而目前已发表的研究结果关于铁含量影响绿帘石族物体积模量的规律存在矛盾, 常用的内恰热力学数据库(Holland and Powell, 1998; 2011)中的状态方程参数与实验值仍存在显著偏差, 有待修正。

本研究采用金刚石压腔(DAC)结合同步辐射光源, 对完全不含铁的天然黝帘石单晶 $[\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})]$ 和相对富铁的绿帘石粉晶 $[\text{Ca}_2(\text{Al}_{2.14}\text{Fe}_{0.86})\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})]$ 样品分别进行了室温下的原位高压 X 射线衍射(XRD)研究。单晶衍射实验在上海同步辐射装置(SSRF)完成, 传压介质为甲醇乙醇 4:1 混合溶液, 利用金的状态方程标定压强(Fei et al., 2007), 最高压强达到 11.2 GPa; 粉晶衍射实验在北京同步辐射装置(BSRF)完成, 传压介质为硅油, 利用红宝石荧光光谱标定压强(Mao et al., 1986), 最高压强达到 42.1 GPa。在两个实验的压强范围内, 均未观察到相变或分解。以二阶 Birch-Murnaghan 状态方程(与热力学数据库相同)拟合得出绿帘石样品在零压下的晶胞体积 $V_0 = 458.9(9) \text{ \AA}^3$, 等温体积模量 $K_0 = 171(6) \text{ GPa}$, 显著大于热力学数据库使用的值(123 - 134 GPa)。黝帘石单晶样品的高压 XRD 实验

数据正在处理中。

根据本研究获得的新的实验结果, 结合前人关于绿帘石族矿物的高压实验数据, 探讨铁含量对绿帘石族矿物状态方程参数的影响, 为热力学相平衡计算提供必需的可靠数据以及合理的固溶体成分-活度模型。

S15-O-10

塔里木早二叠世原始玄武岩浆的高水含量

夏群科^{1*}, 毕垚², 李佩¹, 田伟³, 位荀⁴, 陈汉林¹

1 浙江大学地球科学学院, 杭州;

2 中国科技大学地球和空间科学学院, 合肥;

3 北京大学地球与空间科学学院, 北京;

4 中国科学院海洋研究所, 青岛

* qkxia@zju.edu.cn

As the main constituent of large igneous provinces (LIPs), the generation of continental flood basalts (CFB) that are characterized by huge eruption volume ($>10^5 \text{ km}^3$) within short time span ($<1-3 \text{ Ma}$) is in principle caused by an abnormally high temperature, extended decompression, a certain amount of mafic source rocks (e.g., pyroxenite), or an elevated H_2O content in the mantle source. These four factors are not mutually exclusive. There are growing evidences for high temperature, decompression and mafic source rocks, albeit with hot debate. However, there is currently no convincing evidence of high water content in the source of CFB. We retrieved the initial H_2O content of the primitive CFB in the early Permian Tarim large igneous province (NW China), using the H_2O content of ten early-formed clinopyroxene (cpx) crystals that recorded the composition of the primitive Tarim

basaltic melts and the partition coefficient of H₂O between cpx and basaltic melt. The arc-like H₂O content (4.82±1.00 wt.%) in the primary early Permian Tarim basalts provides clear evidence that water, in addition to the temperature, pressure and source lithology, plays an important role in the generation of continental flood basalts. Furthermore, when high water content is considered, abnormally high temperature and extended decompression that are two critical factors in the widely accepted mantle plume model⁶⁵ are not always to be prerequisites in the generation of CFB (and LIPs).

S15-P-01S

卡尔斯伯格洋脊 MORB 岩浆的水：不相容行为及区域差异成因

宗统^{1,2}, 韩喜球^{1*}, 王叶剑¹, 邱中炎¹, 陈阳^{1,3}, 刘吉强¹

1 国家海洋局第二海洋研究所海底科学重点实验室, 浙江杭州 310012

2 中国海洋大学海洋地球科学学院, 山东青岛 266100

3 浙江大学地球科学学院, 浙江杭州 310058

*xqhan@sio.org.cn

卡尔斯伯格洋脊北起欧文断裂带, 向南延伸至赤道附近与中印度洋脊相连, 是印度板块与索马里板块的分界线。该洋脊全扩张速率为 24~26 mm/a, 是典型的慢速扩张洋脊。5 条大型转换断层将卡尔斯伯格洋脊划分为 5 个一级洋脊段。笔者对卡尔斯伯格洋脊 2°N~8°N 脊段(脊段 II - V) MORB 玻璃的主量、微量元素和水含量进行了测定分析, 探讨了 MORB 形成过程中 H₂O 的地球化学行为及其区域差异。在研究区所采集的样品均为典型的 N-MORB ($0.63 \leq (La/Sm)_N \leq 0.77$), 玄武

岩玻璃中 H₂O 的相对含量为 0.140~0.288 wt%, 且随着(La/Sm)_N 比值的增大而增大, 表明 H₂O 在 MORB 形成过程中的地球化学行为与 La 和 Ce 等不相容元素相似, 这主要受控于水在熔融过程中的分配系数。相对不相容性分析表明在卡尔斯伯格洋脊地幔熔融过程中, H₂O 的不相容性小于 La 和 Ce。H₂O/Ce 和 H₂O/La 比值变化范围分别 173~161 和 496~817。在脊段 II 至脊段 V 之间, H₂O/Ce、H₂O/La 和 (La/Sm)_N 比值存在明显变化, H₂O/Ce 和 H₂O/La 比值自脊段 II 至脊段 V 逐渐增大, 而(La/Sm)_N 比值逐渐减小, 反映了 MORB 的 H₂O/Ce 和 H₂O/La 比值的区域差异。H₂O/Ce 和 H₂O/La 比值与地幔熔融程度(TiO₂ 指示)呈正相关, 与(La/Sm)_N 比值呈负相关, 这表明造成 H₂O/Ce 和 H₂O/La 比值变化的因素主要是地幔熔融而非源区地幔组成。

S15-P-02S

Magmatic recharge buffers the isotopic compositions of continental flood basalts against crustal contamination

Xun Yu, Li-Hui Chen^{*}, Gang Zeng

State Key Laboratory for Mineral Deposits Research, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China

*chenlh@nju.edu.cn

Isotope systematics of continental flood basalts are essential to understand the genesis of this type of large-scale mantle-derived magmatic rock. Because of potential crustal contamination, it is problematic whether these basalts record primitive isotopic signals of their mantle sources or represent crustal contaminated signatures. This study examined the compositions of radiogenic Sr, Nd, Hf, and

Pb isotopes of basalts from a late Cenozoic small-scale continental flood basalt field in southeastern China. Unusual positive correlations between $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, and negative correlations between $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ and $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ are observed for basalts which underwent magmatic recharge, deviating from the normal arrays of crustal contamination. These lava samples formed by elevated magmatic recharge recorded the obvious signals of recycled sediments in the mantle sources, which are characterized by moderate Ba/Th (91.9–106.5), excess $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ relative to $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, and excess $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ relative to $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$. Thus, we propose that magmatic recharge buffers the original isotopic compositions of magmas against crustal contamination, providing a valid basis for utilizing the isotope systematics of continental flood basalts to trace their mantle sources.

S16-O-01

Crustal and Upper Mantle Structure of Eastern China and Its Implications on Extension of Continental Lithosphere

Lupei Zhu^{1,2,*}, Rong Huang¹, and Yixian Xu¹

¹ China University of Geosciences, Wuhan, China

² Dept. Earth & Atmos. Sci., Saint Louis University, USA

We used teleseismic P-wave receiver functions and the H-kappa stacking method to obtain crustal and mantle transition zone (MTZ) thicknesses beneath 121 permanent stations in southeastern China, using nearly 700 teleseismic events in 2009 and 2010. We then combined them with results of previous work to

map detailed Moho and MTZ geometries in the area. We also combined the results with seismic velocity variation to estimate temperature and water content variations in the MTZ. The results show that in addition to overall thin crust of 30 km in thickness throughout southeastern China, there are two NS-oriented narrow zones of extensive crustal thinning in the region. Seismic tomography and receiver function CCP images show a cold and dry stagnant slab in the MTZ beneath eastern China, resulting from a retreating western Pacific subduction since late Mesozoic. We suggest that water released from the subducting slab hydrated and weakened the cratonic mantle lithosphere above the slab and the ocean-ward trench migration caused extension and thinning of continental lithosphere in eastern China.

S16-O-02

晚中生代以来古太平洋板块过程及其对东亚构造演化研究的启示

周蒂*

中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

* zhoudis@scsio.ac.cn

古太平洋即泛大洋 (Panthalassa), 指欧亚大陆、冈瓦纳大陆以及特提斯洋以东的一个长期发育的开阔大洋。古太平洋包括若干现已消失的大洋板块, 如 Farallon, Phoenix, Izanagi, Kula, Aluk and Bauer, 至少在 J/K 时期就存在。古太平洋的板块过程以如下三个特征显著区别于特提斯洋: 1) 古太平洋是一个由多个大洋板块组成、无陆块参与的“干净”大洋; 2) “洋壳板块在 RRR 三连点产生 → 洋底扩张 → 洋陆/洋洋俯冲消亡”是主要构造演化过程; 3) 古太平洋周缘大部分被俯冲

带环绕, 发生长期的(至少可追溯到晚二叠世)俯冲消亡过程; 仅南缘例外。古太平洋的这些特征都被今日的太平洋所继承。

根据 Seton et al. (2012) 对 200 Ma 以来古太平洋构造演化的回溯, 在 190Ma、~147 - 143 Ma、~120 Ma、~80 Ma、晚始新世发生了重要的板块重组事件, 其中晚始新世(60~50 Ma 或 53~47 Ma) 板块重组包含了太平洋运动方向和 Farallon-Pacific 扩张方向的改变、塔斯曼、珊瑚海、库拉板块扩张停止、沿 Izu-Bonin-Mariana 和 Tonga-Kermadec 的火山弧开始形成等重要事件。

晚中生代以来在古太平洋西北缘先后有 Izanagi 和 Pacific 板块向东亚陆缘俯冲, 两者的转换标志是 Izanagi-Pacific (I-P) 扩张脊的俯冲。活动扩张脊的俯冲是古太平洋中的多发事件, 会造成上板块中板片窗的形成和热-构造-岩浆活动的异常。根据日本南-中部和朝鲜半岛安第斯型花岗岩基活动的停止和高热异常的出现, 一些作者提出 I-P 扩张脊的俯冲发生在晚始新世, 并且是该时期太平洋板块重组的重要原因。

但是, 晚中生代以来东南亚由主动陆缘向被动陆缘转化的最重要构造变革发生在白垩纪中期, 而不是在晚始新世。根据残存在现今太平洋板块内的与 Izanagi 板块相对应的磁条带, 推测 Izanagi-Pacific 扩张脊的走向与东亚陆缘呈小角度斜交, 扩张脊的南段有可能比北段更早进入俯冲带, 因此 I-P 扩张脊在中国东南部和东南亚的俯冲时间及其响应(热-构造-岩浆活动和成矿)值得进一步研究。在这些部位, 古太平洋西缘超级俯冲带被后期侵位的菲律宾海板块所破坏和复杂化, 增加了相关研究的难度。

S16-O-03

南海北部及东海南部早侏罗世岩浆岩和岩浆锆石

许长海^{1*}, 张璐, Calvin G. Barnes², 施和生³

1 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

2 德州理工大学地球科学系, 卢伯克 TX 79409-1053

3 中海石油(中国)有限公司勘探部, 北京 100010

* xchxch@tongji.edu.cn

与晚侏罗世至早白垩世相比, 华南早侏罗世岩浆活动要弱得多(e.g., Zhou & Li, 2000; Zhou et al., 2006), 它们主体沿着武夷山、南岭-云开两地块分界处呈NWW-SEE向分布(e.g., Yu et al., 2010), 形成了辉长岩-正长岩-花岗岩、玄武岩-流纹岩组合(e.g., Li et al., 2003, 2007; He et al., 2010), 它们或被认为形成于俯冲引发的伸展环境(e.g., Zhou et al., 2006; Wang et al., 2013), 或与 breakup of a flat-subducted oceanic slab(e.g., Li & Li, 2007; Li et al., 2012)有关。我们在南海北部和东海南部发现了早侏罗世岩浆活动记录, 包括低钾拉板玄武质奥长花岗岩和石英闪长岩以及高钾钙碱性花岗闪长岩, 它们与台湾Talun花岗岩(e.g., Yui et al., 2009)一道, 构成了沿华南东南部呈NE-SW向展布的Nb-Ta成分亏损岩浆弧带, 在东海西南部古新统沉积岩中也发现了早侏罗世碎屑岩浆弧锆石存在。这一NE-SW向岩浆弧带的形成, 推测与华南东缘早侏罗世洋壳板块斜向俯冲作用(e.g., Engebretson et al., 1985; Maruyama et al., 1997)有关。

S16-O-04

中国东部中生代伸展构造动力机制及对成矿的影响

梁光河

中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029
中国科学院矿产资源研究重点实验室, 北京 100029
lgh@mail.iggcas.ac.cn

中国大陆东部中生代伸展构造十分显著, 表现为大量发育的变质核杂岩、同构造岩浆岩、韧性拆离断层带等伸展成因的穹隆和地堑-半地堑盆地。这些伸展构造是怎样形成的, 其动力机制是什么?

本文从伸展构造的基本概念出发, 以拉分盆地的物理模拟为基础, 用花状断裂系统解释了拉分盆地的成因机制。中国东部存在两条带状的伸展构造发育区, 一条以郯庐断裂为主线的拉分盆地, 另一条从黄海、东海到南海北部的近海沉积盆地为主线。这些盆地大多是新生代沉积盆地或者基于中生代沉积盆地基础上发育起来的沉积盆地。其产生的动力机制可以从新的大陆漂移模型进行合理解释, 那就是从欧亚大陆自白垩纪开始从泛大陆裂解后向东漂移, 后又受到印度板块向北漂移与欧亚大陆碰撞并产生向东南挤出的逃逸构造影响, 加上北美板块向北西漂移对欧亚板块产生的软碰撞力, 在这些力的综合作用下, 在中国东部表现为伸展-拉张环境。海南岛、日本和朝鲜半岛原位于中国东部大陆边缘, 在这些运动过程中发生了裂解漂移。本文通过大量的石油地震勘探资料和重磁物探资料说明了这个过程。最终说明大西洋裂解、印度板块、北美板块综合作用于欧亚板块造成了中国东部的裂解。中国东部中生代拉分盆地富集油气, 是我国目前的主要产油气区域。秦岭大别-胶东-朝鲜地块恢复后属于同一金矿成矿带。本研究将为中国东北构

造动力学环境及成矿过程研究提供一新思路。

S16-O-05

西太平洋边缘构造与南海形成

李学杰, 姚永坚, 高红芳, 杨楚鹏, 王哲

广州海洋地质调查局

南海是西太平洋的最大的边缘海, 在大地构造上, 位于西太平洋两条海盆链: 鄂霍次克海、日本海、冲绳海槽和南海组成北东向海盆链与南海、苏禄海、苏拉威西海和班达海组成北北东向海盆链的转折处。

南海的形成与演化, 颇受关注, 先后提出了多种模式, 其中最有影响的挤出说和古南海板片牵引说, 但这些模式均存在不同的问题, 使得对南海的成因认识依然充满争议。

纵观西太平洋边缘, 晚白垩世以来, 西太平洋边缘经历一系列的俯冲碰撞以及拉张、裂谷至海底扩张的事件, 形成一系列边缘海及岛弧、俯冲带, 构造独特的板块边界。

新生代西太平洋边缘海盆相继张开, 使得巽他板块东半部呈扇形。第一个张开的是古南海, 其时代推测为白垩纪/古近纪。其他小型盆地没有达到洋壳阶段, 北部湾盆地和巴拉望海槽在古近纪张开于南海的两侧。苏拉威西海张开于中始新世 (47 Ma), 之后是南海, 张开于渐新世 (33~15 Ma), 日本海张开于渐新世末-中中新世 (24~14 Ma), 苏禄海于早中新世晚期 (18Ma); 再往南, 北班达盆地在晚中新世张开, 南班达盆地上新世 (6.5~3.5 Ma)。

西太平洋边缘构造, 从北往南, 其特征明显不同, 大致可以分为几段。台湾以北, 主体呈北东向, 是典型的沟-弧-盆体系, 太平洋板块、菲律宾板块向西北俯冲, 致使其后千岛海盆、日本海及冲绳海槽形成弧后扩张。台湾的弧-陆碰撞是转折点, 往南的菲律宾岛弧, 呈近南北向, 为双俯冲带。该

段构造带经历复杂的后期改造，南海、苏禄海和苏拉威西海的形成与演化均存在很多的争议。以马鲁古海峡为界，往南为北西西的新几内亚岛弧，该段既有剪切边界，又有俯冲边界，剪切作用明显，带有剪切拉张盆地。

东南亚，巽他东部地区至华南，新生代演化相当复杂。但总体来看，大致经历以下阶段：1) 晚白垩世—古新世以挤压应力为主，古太平洋安第斯型的俯冲消减。2) 早始新世至渐新世广泛发育裂谷盆地，包括北部湾、珠江口、巴拉望海槽盆地等。3) 晚渐新世至早中新世，许多盆地裂谷作用停止，盆地开始反转。4) 中中新世之后，主要为区域热沉降。

可以肯定，南海的形成与西太平洋边缘有关，是西太平洋演化的一部分。西太平洋边缘的演化、印度—欧亚碰撞导致中南半岛的挤出、澳大利亚板块的北移及古南海的关闭可能均与南海形成有关，但菲律宾海的形成与演化可能是理解西太平洋构造演化的关键，也是理解南海形成的关键。Hall et al. (2001) 对古地磁进行综合的研究，认为新生代菲律宾海板块旋转不连续；50 (或 55) Ma 至 40 Ma，顺时针旋转 50°；40~25 Ma，没有明显旋转；25~5 Ma，顺时针旋转 34°；5~0 Ma，顺时针旋转 5.5°。南海的形成可能与菲律宾海停止旋转、应力松弛有关。

S16-O-07

Mohns-Knipovich 洋中脊新生 岩石圈的磁化强度

张涛^{1,2*}，吴招才^{1,2}，高金耀^{1,2}

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012

* Tao_zhang@sio.org.cn

由于磁条带具有指示地壳年龄的作用，垂直洋中脊的磁场变化已经得到了较高度

的研究。与之相对应，沿洋中脊的磁场特征及其起源却仍然存在较大的争论，如观测磁场来源于喷出玄武岩（层 2A），还是其与辉长岩（层 3）和蛇纹岩化橄榄岩的共同作用？在本文中，我们利用最新采集的沿 Mohns-Knipovich 洋中脊的磁力、水深和重力等数据，分析新生岩石圈磁场特征及其与水深、地幔布格重力异常（MBA）、层 2A 厚度和岩石地球化学成份的关系。Mohns-Knipovich 洋中脊位于北大西洋冰岛以北（纬度 71-70° N），扩张速率为 14-18 mm/yr。沿 Mohns-Knipovich 洋中脊，基于均一厚度（500 m）磁性层反演的磁化强度呈现出不同波长的变化特征。在长波长上（大于 100 km），Mohns 洋中脊的磁化强度比 Knipovich 洋中脊高 40 A/m，并且与水深、MBA 呈现明显的相关性。根据岩石采样中总铁与磁化强度的经验公式，Mohns 和 Knipovich 洋中脊岩石地球化学成份不同引起的磁化强度差仅为 15 A/m，其它部分推测为磁性层厚度变化的结果。在中脊段尺度的短波长上（20-80 km），磁化强度呈现幅值为 5-20 A/m 的变化，并且与水深变化正相关。这与扩张速率相近的西南印度洋的磁场特征类似。磁化强度的变化与 OBS 确定的层 2A 而非层 3 厚度呈正线性正相关，表明层 2A 是磁场的主要来源。但是在 OBS 确定的层 2A 消失的区域，其磁化强度仍然可以达到 10 A/m，表明层 2A 本身没法完全解释此尺度上的磁场变化。进一步定量的正演结果表明，层 2A 厚度变化以外的其它因素引起的磁化强度可以占到变化幅值的 1/3，可以用磁化强度为 2A/m 的层 3 来拟合得到。变厚度的磁化强度反演表明，中脊段末端的磁化强度大于中脊段中央，可能是中脊段末端的岩浆分异程度较低或者蛇纹岩化橄榄岩增多的原因。基于以上观测，我们认为，在 Mohns-Knipovich 洋中脊，

层 2A 是沿洋中脊磁场变化的主要来源,但是具有一定磁化强度的层 3 也起到了重要作用。

S16-O-08

“地球最大火山”-大塔穆火山形态特征与地壳结构

张锦昌^{1*}, William W. Sager², Jun Korenaga³, William J. Durkin⁴

1 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

2 Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Houston, Texas 77204, USA

3 Department of Geology and Geophysics, Yale University, Connecticut 06520, USA

4 Department of Geology and Geophysics, Texas A&M University, Texas 77843, USA

* jzhang@scsio.ac.cn

西北太平洋沙茨基海隆 (Shatsky Rise) 区内的大塔穆火山 (Tamu Massif) 近年来被证实是“地球上最大的火山”,是洋中脊三连点和地幔柱相互作用的产物,其形态特征与地壳结构一直是关注焦点。最新采集的高精度多波束测深数据结合以往数据揭示了大塔穆火山的形态特征。大塔穆火山是一座中心辐射状的盾形火山;火山中心最高,朝着各侧向下倾斜,但侧坡坡度很缓 (~0.5°)。火山整体轮廓不是正圆形,而是沿着北东-西南方向略有拉长,其成因可能受到洋中脊扩张过程影响。火山侧坡上可以观测到若干倾向周边盆地、切穿基底的正断层;这些断层看上去与当地磁条带异常走向不一致,但是可能与大火山后期沉降有关系。在大火山表面还观测到上百个小海山,它们形态各异而且随机分布在各处,体现了大火山形成后仍存在着活跃的后火山活动。此外,在火山侧面还观测到众多的水道,很可能是由于沉积重力流所造成;火山上覆沉积物在火山顶峰剥落,然后顺着侧坡向下流动。

最新采集的多道反射和广角折射地震数

据揭示了大塔穆火山的地壳结构。在多道地震剖面上观测到大火山周边正常洋壳的莫霍面几乎水平展布,埋深约为海底以下 7 公里;在火山两侧的莫霍面朝着火山中间向下倾斜 (倾角从 ~0.5-1° 逐渐增加到 3-5°),埋深可见达约海底以下 17 公里;但是在火山中间,反射莫霍面没有探测到。在折射地震剖面上观测到火山中间的折射莫霍面结构,展示了一个深达海底以下 30 公里的地壳根。通过联合折射和反射地震数据,使得火山中间的折射莫霍面和火山两侧的反射莫霍面拼接起来,构建起穿过整座火山的完整莫霍面结构剖面。该联合地震剖面首次精细刻画了大火山底下的地壳根部结构特征,并发现与艾力重力均衡补偿假设基本一致。基于地震探测得到的地壳厚度信息,结合艾力均衡假设,可以获得火山区内的地壳厚度分布图,从而更精确地估算大火山的面积和体积,为进一步理解大塔穆火山的形成演化提供更完善的依据。

S16-O-09

Subduction of a buoyant plateau at the Manila Trench: Tomographic evidence and geodynamic implications

Jianke Fan^{1,2,*}, Dapeng Zhao³, Dongdong Dong^{1,2}

1 Key laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China

2 Laboratory for Marine Geology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266061, China

3 Department of Geophysics, Tohoku University, Sendai 980-8578, Japan

* fanjianke@qdio.ac.cn

One conspicuous feature in the Manila Trench is the collision between the trench with a

buoyant plateau southwest of Taiwan. The subduction of the buoyant plateau is considered to be the origin of the Central Ranges in Taiwan, and may have caused the subduction of the Eurasian Plate at a shallow angle, the sharp bend in the trench axis, and the complicated deformation pattern on the overriding plate, including significant variations among the volcanoes in the Luzon Arc. We apply seismic tomography to study the deep velocity structure of the region. Our present results provide new constrains on the subduction of the buoyant plateau, the plate interactions and arc magmatism, in particular, the formation of Taiwan Island, the transition from subduction to collision, and the tectonic evolution of the study region.

We determined P-wave tomographic images by inverting a large number of arrival-time data from 2,749 local earthquakes and 1,462 teleseismic events with the seismic tomographic method of Zhao et al. (1994) for the local and teleseismic joint inversion, which are used to depict the three-dimensional morphology of the subducted Eurasian Plate along the northern segment of the Manila Trench. An initial model derived from CRUST1.0 and IASP91, and a 3-D grid model with the intervals of $0.6^{\circ} \times 0.6^{\circ}$ in the longitudinal and latitudinal directions and 15-100km in the depth direction are adopted in the inversion. A checkerboard resolution test with the grid spacing of 0.6° is conducted, and the results show that most of the study area has good resolution, implying the main features of the tomographic results are credible. After inversion, the root mean square of travel-time

residuals is reduced from 0.938s in the initial model to 0.65s in the final model.

Dramatic changes in the dip angle of the subducted Eurasian Plate are revealed from the north to the south, being consistent with the partial subduction of a buoyant plateau beneath the Luzon Arc. Slab tears may exist along the edges of the buoyant plateau within the subducted plate induced by the plateau subduction, and the subducted lithosphere may be absent at depths greater than 250 km at $\sim 19^{\circ}\text{N}$ and $\sim 21^{\circ}\text{N}$. The subducted buoyant plateau is possibly oriented toward NW-SE, and the subducted plate at $\sim 21^{\circ}\text{N}$ is slightly steeper than that at $\sim 19^{\circ}\text{N}$. These results may explain why the western and eastern volcanic chains in the Luzon Arc are separated by ~ 50 km at $\sim 18^{\circ}\text{N}$, whereas they converge into a single volcanic chain northward, which may be related to the oblique subduction along the Manila Trench caused by the northwestern movement of the Philippine Sea Plate. A low-velocity zone is revealed at depths of 20-200 km beneath the Manila Accretionary Prism at $\sim 22^{\circ}\text{N}$, suggesting that the subduction along the Manila Trench may stop there and the collision develops northward. The Taiwan Orogeny may originate directly from the subduction of the buoyant plateau, because the initial time of the Taiwan Orogeny is coincident with that of the buoyant plateau subduction.

S16-O-10

西太平洋雅浦海山区热流原位测量和分布特征

宋永东*, 马小川, 刘贤三, 阎军

中国科学院海洋研究所, 青岛 266000

*ydsong@qdio.ac.cn

海底热流测量是研究海底构造活动的一种重要的地球物理方法。早期由于受探测设备的限制,热流数据来源主要是通过大洋钻探和陆架区的油气钻井获得。随着热流探测技术进步,人们开始使用探针式热流计直接进行海底热流测量,通常先测量沉积物的温度梯度,再测量在探针位置所取的沉积物样品的热导率来获得热流数据,但这样测得结果误差较大,不能实现热流原位(*In-situ*)测量。为了解西太平洋雅浦海沟区俯冲带及岛弧两侧的海底热流分布情况,2015年1-3月,“科学”号科考船在执行西太平洋雅浦海山科考航次中,中国科学院海洋研究所研究人员利用最新一代 Lister 型热流探针首次在该地区进行了海底热流数据采集,实现了真正意义的热流原位测量,获取了宝贵的第一手资料。本文对此次热流测量获得进行了处理了,并对西太平洋雅浦海沟区俯冲带及岛弧两侧的海底热流值分布特征进行了初步分析。

雅浦海山位于西太平洋东南端,呈北东走向,其西侧是雅浦岛弧和帕里西维拉海盆,东侧为卡洛琳板块,北与马里亚纳海沟相连,南与帕劳海沟相通,属于全球板块俯冲构造活跃地区。本次热流测量设备是由德国 FIELAX 公司和不来梅大学共同研制的最新一代 Lister 型热流探针 HF-Probe,在研究区进行了 10 个站位,累计共 22 次插入沉积物,共获得了 8 个站位的 19 个有效数据。这些热流站位沿 NW-SE 向分布,横跨雅浦海沟—岛弧系统,其中 2 个站位位于雅浦海沟内,1 个站位位于雅浦岛弧之上,其余站位都分布在帕里西维拉盆地中。

众所周知,海底热流值是海底沉积物的温度梯度和沉积物热导率的乘积。深海底层水的温度不随季节变化,表层沉积物温度基本稳定,所以在洋底测定热流值,探针插入数米即可,而且海底沉积物的热传导率(k)

可以看成是各向同性的。根据热流值计算公式,结算结果借助于数据分析软件 Matlab 10.0 模块得出。

热流计算结果表明,该地区地温梯度的变化范围为 $0.011\sim 0.137\text{Km}^{-1}$,平均 0.089Km^{-1} ,热导率的变化范围为 $0.58\sim 1.32\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$,热流值则在 $14.4\sim 118.85\text{mWm}^{-2}$ 之间,平均为 68.02mWm^{-2} 。为了客观地描述雅浦海沟区域热流值的分布特征,将本次测得的热流值做成横跨海沟的热流剖面,通过大致的热流拟合曲线发现靠近雅浦岛弧热流值相对偏高,热流值在 80mWm^{-2} 以上,高热流值基本处于距岛弧轴约 70km 以内的范围,即雅浦海沟俯冲系统中岛弧是相对高热流区域,自雅浦岛弧向两侧热流值逐渐降低,低热流区主要分布在帕里西维拉海盆。

S16-O-11

俯冲板块正断层沿马里亚纳海沟的系统性变化及动力学机制研究

周志远^{1,2*}, 林间^{2,1}

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海地质重点实验室, 广州 510301

2 美国伍兹霍尔海洋研究所地质与地球物理系, MA 02543, USA

*zyzhou@scsio.ac.cn

板块在俯冲过程中发生弯曲,产生顶部的拉张应力和底部的挤压应力,而正断层就产生于板片上部的拉张应力场。研究表明,板块弯曲造成的正断层在俯冲过程中起着重要的作用,包括俯冲板块上地幔的蛇纹石化、板内地震、板片流体、由浅层正断层引发的海啸等。我们研究了俯冲板片正断层特征沿着马里亚纳海沟的变化。研究区域聚集在海沟三个具有高精度多波束地形数据的区块:

(1) 南部区域在 $140.8\sim 144^\circ\text{E}$,地球上最深

点挑战者深渊 (Challenger Deep) 就在该区块中心位置。此区几乎无正在俯冲的海山; (2) 中部区域在 14.7–16.8°N, 具有正在俯冲中的海山; (3) 北部区域在 18–21.2°N, 也具有正在俯冲的海山。针对每个研究区块, 我们计算了正断层的参数以及偏差, 包括走向、垂直断距、密度以及相对海沟轴处的距离。我们将二维地球动力学建模方法 FLAC 用于研究俯冲板片弯曲产生正断层的过程。模型假设在俯冲板片在海沟轴部受到三种构造应力的加载: (1) 垂直加载 V_0 , (2) 弯矩 M_0 , (3) 水平拉张力 F_0 。我们结合非均衡地形与正断层特征的双重约束, 得到三个研究区的受力状态分别为: (1) 马里亚纳海沟南部: $V_0 = 5.8 \times 10^{12}$ N/m, $M_0 = 9.6 \times 10^{16}$ N, $F_0 = 3.6 \times 10^{12}$ N/m, 其中水平拉张力与垂直加载的比值 F_0/V_0 约为 62%; (2) 马里亚纳海沟中部: $V_0 = 2.4 \times 10^{12}$ N/m, $M_0 = 7.7 \times 10^{16}$ N, $F_0 = 4.8 \times 10^{12}$ N/m, 其中水平拉张力与垂直加载的比值 F_0/V_0 约为 200%; (3) 马里亚纳海沟北部: $V_0 = 1.9 \times 10^{12}$ N/m, $M_0 = 7.7 \times 10^{16}$ N, $F_0 = 6.0 \times 10^{12}$ N/m, 其中水平拉张力与垂直加载的比值 F_0/V_0 约为 310%。综合研究表明, 马里亚纳海沟各处受到与垂直加载相同量级的水平拉张力, 我们推测该水平拉张力可能为来源于俯冲板片在深部产生的负浮力传导至俯冲板片浅部的结果, 同时与太平洋板块的向东后撤极其关系。我们进一步通过三维地球动力学建模方法 COMSOL, 探讨海山加载对俯冲板片正断层特征的影响。初步结果表明, 海山的大小和形状均会影响海沟附近区域的正断层走向。

S16-O-13

洋脊-热点相互作用: Crozet 地幔柱对西南印度洋脊玄武岩地球化学组成的影响

杨阳^{1*}, 赵太平¹, 周美夫², 邓希光³

1 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640

2 香港大学地球科学系, 香港

3 广州海洋地质调查局, 广州 510760

* yangyang@gig.ac.cn

板块构造和地幔柱是促使地幔对流的两大相互独立的动力学体系。然而, 当上升地幔柱靠近洋中脊时, 两者之间不可避免地发生相互作用, 从而使得受影响的洋脊段表现出一系列异常的地球物理和地球化学特征。几十年来对洋脊-热点相互作用的研究通常把 E-MORB (富集的大洋中脊玄武岩, 如 $(La/Sm)_N$ 通常大于 1) 作为识别洋脊-热点相互作用的必要不充分条件。然而本研究提出同位素富集的 N-MORB (亏损的大洋中脊玄武岩, 如 $(La/Sm)_N < 0.7$) 同样可能是洋脊-热点相互作用的结果。

前人研究发现, 西南印度洋 46°E-52°20'E 洋脊段表现出一系列的地球物理异常, 尤其是在 50°28'E 位置 (前人划定该位置附近为洋脊段 27) 发现了异常厚的洋壳 (~10km), 而 Crozet 地幔柱位于该段洋脊南部约 900km 处。然而, Crozet 地幔柱是否与该段洋脊发生了相互作用, 一直存在争议。主要原因是在该段洋脊处并未发现指示地幔柱贡献的 E-MORB。本研究对大洋一号采自 46°E-52°20'E 的 47 件 MORB 样品进行了系统的主微量元素及 Sr-Nd-Hf-Pb 同位素的分析测试工作, 其中有 15 件样品来自于具有异常厚洋壳的洋脊段 27。地球化学结果显示, 所有的样品均为 N-MORB, 并没有发现 E-MORB。大部分的样品与已发表的样品结果相一致, 然而, 本次研究在洋脊段 27 处发现一种特殊的 N-MORB, 亏损不相容元素却具有较富集的 Sr-Nd-Hf-Pb 同位素组成。计算显示该类 MORB 的源区除了正常的 N-MORB 源区还需 Crozet 热点的富集地幔物质。因此, 我们提出, 该类 MORB 形成于 Crozet 地幔柱的二次熔融,

由于洋脊-热点距离较大, Crozet 地幔柱物质在向西南洋脊运移的过程中, 由于岩石圈厚度逐渐减薄造成的降压会使其发生小程度的部分熔融, 从而变得亏损, 然而熔融提取过程在短期内并不会明显改变地幔的同位素组成, 因此, 当其最终运移到洋脊下再次发生减压熔融时, 就会形成在洋脊段 27 处所发现的同位素富集的 N-MORB。综合全球发表的 MORB 数据显示, 具有同位素富集特征的 N-MORB 附近(最远约 1000km)均存在地幔柱。因此, 我们提出, 同位素富集的 N-MORB 也可以作为判断洋脊-热点相互作用的地球化学依据之一。

S16-O-14

高精度磁测解决南海扩张形成的关键技术

张锡林

国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广州 510075

南海形成与演化的探讨已经历了近半个世纪, 南海地质、地球物理调查始于上世纪 60 年代。关于南海的形成演化, 早在 1980 年, Taylor 和 Hayes 在研究了南海东海盆磁异常后, 首先识别出了磁异常条带及其编号, 提出了南海的海底扩张说; 1983 年又发文进一步阐述了对磁条带重新认识, 认为南海是经海底扩张形成的; 这一观点现已被多数研究南海的地质工作者所接受。上世纪 90 年代后, 对于南海海盆的形成, 经许多科学家的深入研究, 比较一致的看法是由于礼乐-东北巴拉望地块从华南陆缘分离并向南运动, 又与加里曼丹-西南巴拉望地块碰撞, 在其后面发生海底扩张而形成南海海盆。对南海海底扩张, 在时间和方式方面却有不同看法, 争论的焦点是: 南海是一次海底扩张形成的, 还是两次海底扩张形成的? 第一次海底扩张发生在

什么时候? 西南次海盆的年龄如何?

2014 年在中国南海海域开展的 IODP 349 航次首次突破软性的沉积岩, 在南海东西两大海盆都获得钻取到了海底扩张期形成的硬性玄武岩并给出了其岩石年龄。由此, 可精确确定海盆扩张时代与岩浆活动过程。

但从目前资料显示认为的南海各扩张中心平面展布来看, 南海各扩张中心区存在水深大、海盆窄、沉积物厚、磁条带少和以往船载磁测的局限性等原因, 所获得的“海盆磁异常记录”并不太好, 其各次海盆扩张年代和扩张历史的认识存在诸多不确定性和多解性, 导致南海区域演化的运动学和动力学过程还是没有得到十分统一的认识。

为了更好地利用最新 IODP 349 大洋钻探成果, 建议在钻井附件开展高精度磁测工作, 以点带面对南海的形成与演化给出更接近实际的结论。

高精度海洋磁测主要是指: 采用最新的勘探手段在靠近海底作可控姿态拖拽并具有水下定向等功能的地磁测量, 结合工作区地磁日变等同步观测进行精细化数据处理, 以获取到能提供扩张中心附近条带磁异常展布地磁调查数据。进而开展关键区域的磁条带对比, 研究南海海盆扩张过程及演化历史。

开展相应区域高精度磁测是较为经济、快捷的获取南海形成与演化史平面资料的好办法。利用最新钻孔资料做控制, 开展重点区段的磁测工作, 将能解决南海形成演化中的许多悬而未决的问题, 如扩张中心两侧磁异常条带的追踪、年代对比及确定等。

S16-O-15

俯冲带逆冲大地震对周边走滑断层应力的影响

郭来银¹, 林间^{1,2,3*}

1 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

2 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

3 伍兹霍尔海洋研究所, 美国 02543

* jlin@whoi.edu

俯冲带的逆冲地震是破坏力最强的事件, 且常引发海啸, 诸如 2004 年 Mw9.2 的苏门答腊, 2010 年 Mw8.8 智利和 2011 年 Mw9.0 日本大地震。先前的研究表明, 在逆冲大地震的前后, 俯冲带附近地区的正断层和逆断层地震的数量可能发生系统性变化 (Lay et al., 1989)。Lin and Stein (2004) 研究了由逆冲地震引起的俯冲带附近地区库仑应力的系统性变化。他们发现逆冲大地震后, 在俯冲带外隆区 (outer rise) 的拉张型地震以及在俯冲带中层深度的挤压型地震的个数都可能会增加, 并且地震位置都趋向于库仑应力变化为正的区。本文中, 我们研究了太平洋和印度洋的逆冲大地震与附近走滑断层地震之间的库仑应力相互作用。我们首先从 Lay et al. (1989) 文章中数值化得到主要俯冲带附近的近 1000 个地震的震源机制解, 并且统计分析了地震参数。其次, 我们建立了一系列的三维库仑静态应力传递模型, 揭示俯冲带地震的应力如何传递到附近的走滑断层。然后我们分析苏门答腊俯冲带和阿留申俯冲带逆冲大地震对于附近走滑断层与余震的应力作用, 并且研究区域地质构造对于应力传递的影响。最后我们比较研究逆冲主震对于走滑断层以及正断层余震影响的异同点。

S16-O-16

东南印度洋中脊“冷点”AAD 不整合带地区的岩浆发育与地球动力学研究

刘守金¹, 林间^{1,2*}, 周志远¹

1 中国科学院边缘海重点实验室, 广州 510301

2 美国伍兹霍尔海洋研究所, Woods Hole MA 02543

* jianlin@scsio.ac.cn

东南印度洋中脊全扩张速率为 7.2-7.6 cm/yr, 为中速扩张洋中脊。位于东南印度洋的澳大利亚—南极洲不整合带 (Australian-Antarctic Discordance, 简称 AAD) 对研究地球上地幔与海洋岩石圈耦合具有特殊意义, 具体表现为: (1) 相对于较常见的地幔上涌“热点”而言, AAD 地区为是全球唯一的大规模的“冷点”, 表现出多种地形、地球物理与地球化学异常。(2) AAD 地区及附近发育有超过 30 个的大洋核杂岩 (Oceanic Core Complexes, 简称 OCC), 沿洋中脊方向非均匀分布。全球已发现的 OCC 绝大多数出现在慢速洋中脊, 但在 AAD 为中速扩张的环境下, OCC 也能发育。这为研究控制其发育演化因素提供了理想场所。(3) AAD 地区是印度洋地幔与太平洋地幔汇聚区。分析该区的地球物理、地球化学、水深等明显异常为研究地幔动力学, 以及上地幔与岩石圈的相互作用提供了重要约束。

本文研究了 AAD 及邻近地区浅部岩浆供应量的变化以及 OCC 发育规律。定量分析了洋中脊岩浆供应量与地壳厚度、水深、地球化学异常的关系。我们定量计算了研究区内的洋中脊岩浆注入比率 M 值, 定义为洋中脊扩张中岩浆注入量占总扩张量 (包括岩浆注入加正断层位错量) 的比例。我们发现 AAD 地区相对其临近区域表现为以下特点: (1) 洋中脊较深; (2) 对应于较高的剩余地幔布格重力异常 (Residual mantle Bouguer gravity anomaly, 简称 RMBA), 反映该区域地壳较薄; (3) 较高的 Na8.0 值与较低的 Fe8.0 值, 反映地幔熔融量较少、熔融深度较小; (4) 我们分析得到 AAD 地区的平均 M 值较低, 反映了洋中脊的岩浆注入量较少。

研究区内的大洋核杂岩 OCC 主要分布在两个区域: (1) AAD 内位于 Warriga 与 Birubi 转换断层之间 (124°–127°E); (2) Zone C 的

西部区域 (115°–117°E)。通过定量分析 OCC 区的水深、RMBA、M 值以及与整个研究区域对比发现: OCC 发生区的岩浆注入量系统偏少、地壳偏薄、水深变化幅度大,反映了较强的构造作用。

S16-O-17

大西洋中脊 Kane 拆离断层北部海洋地磁极性反转边界调查

徐敏^{1*}, M. A. Tivey², 林间^{1,2}

1 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室, 广州 510301

2 Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA, USA 02543

* mxu@scsio.ac.cn

近海底地磁测量是海洋地球物理调查方法之一,它基于海底下岩层具有不同的磁性并产生大小不同的磁场为原理。海洋磁场测量发现了海底条带状磁异常,为板块学说提供了重要依据。根据磁异常场的特征及其分布规律可以了解海底岩石磁性不均匀性,进而推断海底地表结构和构造,洋底生成和演化历史。但是,关于海洋下地壳(辉长岩和橄榄岩)是否跟上地壳(玄武岩)一样有着记录磁场的的能力一直存在着争议。本研究使用近海底地磁测量数据调查研究了大西洋中脊 Kane 拆离断层北部转换断层区域的海洋地磁极性反转边界的存在和几何形状。

1992 年的 Kanaut 远征航次利用法国海洋开发研究所的载人深潜器 Nautile 测量了 Kane 大洋核杂岩北部边缘沿着 Kane 转换断层的近海底地磁数据。我们利用这些近海底地磁资料定义了一个地磁反转边界的横截面几何形状以及出露于 Kane 断裂带的上地壳的垂直方向上的磁性变化。在 3.3 到 2.1 个百万年之间, Kane 大洋核杂岩通过低角度的拆离断层滑移

使得下地壳和上地幔的岩石出露于海底地表。地磁极性反转边界的几何形状就是通过近海底地磁资料反演得到的地壳磁性特征定义的。反演结果显示,地磁极性反转边界沿着 Kane 转换断层的陡坎往远离大西洋中脊的方向偏转。在浅层地壳(< 1 公里),偏转角度往西约 45 度。在深层地壳,偏转角度变小,约为小于 20 度。我们观测到的地磁极性反转边界是海底条带状磁异常 C2r.2r/C2An.1n,大约形成于 2.581 个百万年。这个边界的存在也说明下地壳的辉长岩和上地幔的橄榄岩都能够记录并保存一个连贯的磁场信号。在该区域并没有发现令人信服的磁化结构和岩性分布之间的关系,因此我们排除了磁性反转边界仅仅是由于岩性变化的可能性。我们的研究结果支持原有的结论,即下地壳的辉长岩通过其居里温度冷却而得到磁性,并且反转边界代表的是一条冻结的等温线和等时线。我们还测试了这条等温线结构和拆离断层下盘旋转的影响,并且发现,地磁极性反转边界的几何形状的解释并不对这些变化敏感。

S16-O-18

东太平洋隆起,加拉帕戈斯洋脊与大西洋中脊和转换断层系统的地震活动性特征

郑婷婷¹, 林间^{1,2,3*}, 仲秋³

1 同济大学海洋地质国家重点实验室,上海 200092

2 美国伍兹霍尔海洋研究所地质与地球物理系,伍兹霍尔 MA 02543

3 中国科学院南海海洋研究所,边缘海地质重点实验室,广州 510301

* jlin@whoi.edu

国际科学家团队于 1996-2002 年和 1999-2003 年间分别在东太平洋和大西洋布放了海底水听器阵列 (hydroacoustic arrays) 来记录海底地震的特征。本文通过分析该时

间段内的水听器地震数据以及近 50 年的全球台站远震数据, 研究了快速扩张的东太平洋隆起 (East Pacific Rise - EPR, 10°S-12°N) 区域, 中速扩张的加拉帕戈斯洋脊 (Galapagos Ridge - GR, 2°S-6°N) 区域和中大西洋洋中脊 (Mid-Atlantic Ridge - MAR, 15°-37°N) 区域的洋中脊-转换断层系统的地震特性。首先通过古登堡-雷克定律定量来分析水听器数据, 发现 EPR 转换断层上的地震发生率比 GR 高出 124%, 比 MAR 高出 228%, 而 EPR 转换断层上记录到的远震发生率比 GR 低 62%, 而比 MAR 高出 298%, 同时 EPR 水听器地震的震级衰减速度也是最快的。其次, 通过研究洋脊段两侧的地震不对称, 发现所有 EPR 洋脊段 (segments), 83% 的 GR 洋脊段以及 68% 的 MAR 洋脊段的内角 (inside-corner) 地震都比外角 (outside-corner) 地震多。此外, 对地震群 (cluster) 的研究表明, EPR 洋中脊转换断层系统上有约 13.4% 的地震以地震群的形式集中发生, GR 区域有约 2.2% 的地震群, MAR 上有约 5.0% 的地震群。另外, 通过三维库伦应力模拟, 分析了研究区内三种类型的主震-余震触发机制: (1) 转换断层上的走滑主震触发走滑型余震; (2) 转换断层上的走滑主震触发附近洋中脊上的正断层型余震; (3) 洋中脊的正断层主震触发正断层型余震。

S16-P-01

皖南泾县乌溪金矿黄铁矿 S-Pb 同位素研究

李双¹, 杨晓勇^{2*}, 孙卫东^{3*}

1 桂林理工大学地球科学学院, 广西隐伏金属矿产勘查重点实验室, 桂林 541004

2 中国科学技术大学地球和空间科学学院, 合肥 230026

3 中国科学院广州地球化学研究所, 中国科学院矿物与成矿重点实验室, 广州 510640

* xyayang@163.com; weidongsun@gig.ac.cn

乌溪金矿位于扬子地台江南古陆北侧, 江南大断裂与东西向周王断裂交汇部位的南侧, 北北东向汤口断裂束分支在区内通过。矿区内出露地层主要为志留系粉砂岩、泥质粉砂岩和泥盆系石英细砂岩; 矿区内主要发育近南北向主干断裂构造及受其控制的北东向次级断裂构造。矿区内大量发育花岗斑岩脉, 同时深部钻探结果表明矿体深部主要岩浆岩为蚀变花岗斑岩。乌溪金矿的主要富矿围岩椰桥岩体位于该矿区东南部, 为燕山期花岗闪长岩体。

来自乌溪矿床的 15 个黄铁矿样品的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ 值为 2.49‰~9.04‰, 平均值为 6.65‰。该值位于花岗岩 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ 值范围内(-5‰~11‰)。除一个样品外(ZK7301-44), 14 个黄铁矿样品的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ 值比较集中, 为 6.04‰~9.04‰, 说明黄铁矿中硫具有单一的源区。

来自乌溪矿床的 7 个黄铁矿样品的铅同位素测试结果如下: 其 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 18.119~18.190, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 15.516~15.583, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为 38.160~38.368。7 个黄铁矿样品的铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值变化范围比较小, 说明具有单一的铅源区。

来自乌溪矿床的黄铁矿硫同位素值位于花岗岩 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ 值范围内(-5‰~11‰)。同时该矿床的赋矿岩体为隐伏的乌溪花岗斑岩, 说明硫来自该花岗斑岩岩体。同时采用 Ohmoto and Goldhaber (1997) 建议的硫化物- H_2S 平衡同位素分馏因子得到乌溪矿床成矿流体的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{H}_2\text{S}}$ 值为 1.13‰~7.68‰, 平均值为 5.29‰。因此可以认为乌溪矿床的成矿流体来自该矿床的赋矿岩体, 即乌溪花岗斑岩岩体, 同时硫来自于花岗斑岩岩浆。乌溪矿床的黄铁矿铅同位素在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解中投点在造山带中, 说明铅具有造山带源区。而在 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解中铅同位素投点于

造山带和上地幔源区之间, 因此推断乌溪矿床的成矿物质具有造山带和上地幔混合源区。

S16-P-02S

超慢速扩张西南印度洋脊 16°-28°E 区域 7 Ma 以来的洋壳演化特征

查财财¹, 林间^{1,2}

1 中科院南海海洋研究所, 边缘海地质重点实验室, 广州 510301

2 伍兹霍尔海洋研究所, 地质与地球物理系, 伍兹霍尔 MA 02543

* jlin@whoi.edu

本文分析了西南印度洋脊 16°-28°E 区域的多波束水深, 重力异常以及地磁异常数据来研究其 7 Ma 以来的洋壳演化特征。首先本文计算了剩余地幔布格重力异常 (RMBA): 从自由空气重力异常中减去海水/洋壳, 壳/幔界面的重力效应, 同时去除了板块冷却的重力效应。根据海底地貌特征和地磁条带的错动, 我们将多波束和地磁数据覆盖较好的区域 (16.5°-24°E) 划分为 5 个子研究区。研究区的大洋中脊轴包含了 9 个岩浆新生带, 被非转换不连续带 (non-transform offsets) 隔开。区域 1 的东边边界距离 Du Toit 转换断层约 80 公里。区域 2 属于斜向扩张。除了区域 1 外, 其他区域内非转换不连续带的位置在过去 7 Ma 都相对不稳定, 反应了一个随时间变化的洋脊分段演化特征。本文计算了该段洋脊的平均扩张速率: 其中洋脊南翼平均扩张速率为 7.4 mm/yr, 而北翼平均扩张速率为 6.0 mm/yr。5 个区域的平均 RMBA 值呈现一个向东逐渐增加的趋势: 在 500 公里的长度上往东大约增加了 30 mGal, 而理论模型计算的 Du Toit 转换断层重力效应在 80 公里, 说明 500 公里长的东西梯度可能另有原因。洋脊两翼沿着地磁条带的平均 RMBA 值显示了

系统性的南北不对称性, 其中南翼比北翼要偏正 2-16 mGal, 并且所有子区域沿着地磁条带的平均 RMBA 值都显示了一个自 7 Ma 以来逐渐偏正的过程, 显示地壳厚度可能缓慢变薄。研究还发现了两个大洋核杂岩 (OCC), 其中一个位于 16°30'E, 52°06'S, 距离洋脊大约 15 公里; 另一个位于 27°10'E, 52°42'S, 终止于脊轴处。地形和重力的对比分析结果显示, 研究区内小尺度的地形特征基本上都是由岩石圈板块内的应力造成的。以上的分析结果揭示了超慢速西南印度洋脊的洋壳增生过程中的重要的时空变化规律。

S16-P-03S

西北印度洋地壳构造变化以及 与地幔热点相互作用

罗怡鸣¹, 林间^{1,2*}, 朱健², 周志远¹

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海地质重点实验室, 广州 510301

2 美国伍兹霍尔海洋研究所地质与地球物理系, 伍兹霍尔 MA 02543

* jlin@whoi.edu

本文通过定量分析海底地形、重力异常和其他海洋地质学和地球物理资料, 探索研究西北印度洋海底地质的构造特征以及与地幔热点的相互作用。西北印度洋的扩张型板块边界主要包括亚丁湾 (Gulf of Aden)、卡尔斯伯格脊 (Carlsberg Ridge) 和中印度洋洋中脊 (Central Indian Ridge), 而莫克兰海沟 (Makran Trench) 是此区域最主要的俯冲区域, 其汇聚速率为 3 厘米/年。我们计算了西北印度洋地区的地幔布格重力异常、剩余地幔布格异常以及相对地壳厚度模型。分析结果显示, 地壳厚度在沿着卡尔斯伯格脊和中印度洋洋中脊相对均匀, 但沿着亚丁湾轴向向西逐渐增厚, 可能反映了阿法尔热点 (Afar hotspot) 的影响。在卡尔斯伯格脊和中印度

洋洋中脊外地壳年龄小于约 50 百万年的地区,地壳厚度相对均匀,但在年龄大于 50 百万年的地区,地壳相对较厚,可能反映了早期卡尔斯伯格脊和中印度洋洋中脊与德干—留尼旺热点 (Deccan-Reunion hotspot) 岩浆的相互作用。

S16-P-04S

马里亚纳俯冲带构造演化机制研究

李红玉^{1*}, 林间^{1,2*}

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 美国伍兹霍尔海洋研究所地质与地球物理系, 伍兹霍尔 MA 02543;

* jlin@whoi.edu

马里亚纳海沟由太平洋板块俯冲到马里亚纳板块之下形成,属于洋壳-洋壳俯冲系统。海沟南端有卡罗琳洋脊 (Caroline Ridge) 向下俯冲,海沟上盘从东到西分别是马里亚纳岛弧 (Mariana Arc), 马里亚纳海槽 (Mariana Trough) 和西马里亚纳海岭 (West Mariana Ridge)。本文根据多波束数据、自由空气重力异常以及其它地球物理资料计算得到地幔布格异常和剩余地幔布格异常,并进一步反演得到地壳厚度和非均衡地形。综合分析结果表明马里亚纳海槽最南端 (13°N) 岩浆较多,有比较明显的扩张脊以及较负值的地幔布格重力异常。越往北岩浆逐渐减少,构造变形分布更加广泛。马里亚纳海槽东西两侧岛弧,即马里亚纳岛弧和西马里亚纳海岭,在海槽南端分开一定距离,到海槽北端汇聚到一起。从形态上看海槽内部扩张中心两侧不对称,西侧比东侧扩张得多,海槽南端与海沟斜交。

地幔布格重力异常在两侧岛弧和卡罗琳洋脊显示为低值,海槽内部值偏高,最高值在海沟向海外侧。海槽最南端 (13°N) 地幔布格重力异常值相对海槽内其他区域值偏低,

表明该地区地壳较厚,岩浆产量相对较多。海槽内部剩余地幔布格异常存在两个高值区,分别位于中南部和北部,反演得到的地壳厚度显示这两个地区地壳厚度较薄,可能是由于构造拉张起主导作用,这与地形上观测到的形态相符。非均衡地形剖面上可以看出海沟处于非均衡状态,表明海沟受到构造力的作用。马里亚纳岛弧也处于非均衡状态。马里亚纳弧前南部在非均衡地形上偏高,表明俯冲带上盘可能受到下盘的挤压。

S16-P-05

海洋-大陆转换断层的地震时空分布特征对比: 以东太平洋脊和圣安德列斯断层为例

仲秋^{1*}, 林间^{1,2}, 郑婷婷³

1 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

2 Woods Hole Oceanographic Institution, MA 02543 U.S.A.

3 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* qiuzhong@scsio.ac.cn

地震时空分布特征研究可以帮助探索地震的触发机制及断层附近的构造和地球动力学问题。本研究以快速扩张洋中脊——东太平洋脊 (East Pacific Rise) ——的转换断层和其以北的大陆转换断层——圣安德列斯断层 (San Andreas Fault) 为例, 定量化对比和分析大陆和海洋转换断层的地震时空分布特征。

我们分析了 1996 年 5 月至 2002 年 10 月间布放在东太平洋脊 (EPR) 的水听器记录的地震数据, 及美国地调局 (USGS) 网站公布的圣安德列斯断层 (SAF) 地震目录数据 (1984 年至 2011 年), 并结合全球震源机制解 (GCMT) 数据, 重点分析了: (1) 震级 $M_w = 5.6 \sim 6.0$ 的 5 组圣安德列斯断层主-余震序列; (2) 震级 $M_w = 5.5 \sim 6.1$ 的 39 组位于 EPR 转换断层的主-余震序列。按照主震的震

级大小我们将这些地震序列成 3 组, 并比较其余震个数: 组 1 ($MW = 5.5-5.6$), EPR 转换断层的余震个数为大陆转换断层 SAF 余震个数的 5% 至 99% (平均 50%); 组 2 ($MW = 5.7-5.9$), 大多数 EPR 主震的余震的数量比 SAF 的小 (5-60%)。然而, 两个发生在 Siqueiros 和 Wilkes 上的主震其余震个数为大陆转换断层 SAF 地震余震个数的 120-270%; 组 3 ($MW = 6.0-6.1$), 所有的 EPR 转换断层上的余震个数均少于大陆转换断层 SAF (约为其 5-30%)。我们推测在 Siqueiros 和 Wilkes 转换断层上大量涌现的余震并不能代表转换断层的地震, 而可能是转换断层附近其他构造原因, 例如转换断层的主震触发了位于转换断层内扩张中心 (inter-transform spreading centers) 的正断层地震 (Siqueiros) 或微板块新构造活动 (Wilkes)。应用古登堡-里克特定律我们计算了这些余震序列的 b 值, 平均而言, 大陆转换断层 (SAF) 的余震序列其 b 值较海洋转换断层 (EPR) 大。库仑应力变化计算结果表明, 对于相同震级的主震, 大陆和海洋走滑断层其余震均主要发生于库仑应力变化大于 0.1 bar 的区域内。

S16-P-06

新疆阜康断裂带泉泉子段晚第四纪古地震研究

戴训也¹, 沈军¹, 吴传勇²

1 防灾科技学院, 河北 065201

2 新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 830011

新疆阜康断裂带是北天山北缘博格达弧形推覆构造一条重要的地质-地貌构造分界线, 该断裂带全长 140km, 由多条次级逆断裂斜列组成, 晚第四纪以来活动强烈 (栾超群等, 1998a; 尤惠川等, 2003; 柏美祥等, 1997; 栾超群等, 1998b; 尤惠川等, 2002; 罗福忠等, 2006; 吴传勇等, 2010), 沿断裂多处分

布有清晰的古地震形变带, 显示出断裂具备发生强震的能力。本文在对阜康断裂带泉泉子段进行野外地震地质调查与测量的基础上, 开挖了一个大型探槽, 采集了一系列的光释光测年样品。探槽光释光测年样品揭露了 7 次古地震事件, 发生的年代分别距今 (50.48 ± 4.09) ~ (54.11 ± 2.96) ka、(24.09 ± 1.49) ~ (28.21 ± 1.71) ka、(23.22 ± 1.25) ~ (24.09 ± 1.49) ka、(18.88 ± 0.91) ~ (23.22 ± 1.25) ka、(6.24 ± 0.32) ~ (6.88 ± 0.32) ka、(4.64 ± 0.24) ~ (5.54 ± 0.32) ka、(1.90 ± 0.14) ~ (3.47 ± 0.17) ka, 通过古地震法及断层滑动速率法求得古地震平均复发间隔为 2.24~2.36ka。

S16-P-07

雅浦海沟地球物理响应特征研究

董冬冬, 张广旭*, 钱进, 范建柯, 王秀娟, 陈端新, 李翠林

中国科学院海洋研究所, 青岛 266071;

* zgxu86@gmail.com

雅浦海沟位于西太平洋菲律宾海板块的东南边界, 是菲律宾海板块、太平洋板块和卡罗琳板块之间交汇的一个复杂构造区。海沟最北部与马里亚纳海沟的西南端在 [$11^{\circ} 10' N, 139^{\circ} 00' E$] 处相交, 向南延伸至 $7^{\circ} 15' N$ 转为 NWW 向, 与帕劳海沟在 $7^{\circ} 30' N$ 处相交, 整体呈“J”字型, 全长超过 700km。雅浦俯冲系统是西太平洋为数不多的处于早期俯冲阶段的系统, 对它的结构开展研究观测有助于认识俯冲的早期动力学过程, 丰富俯冲工厂的理论体系。

中国科学院海洋研究所“科学”号考察船于 2015 年 1 月至 3 月及 2016 年 4 月至 5 月两次在雅浦海沟海域开展综合地球物理调查观测。采集数据包括多道地震、热流、重

磁、多波束和浅地层剖面等多种综合地球物理数据,共完成约 1100km 多道地震测线、5000km 重磁多波束等测线、42 个热流重力取样站位以及 7 台 OBS 数据等大批观测调查数据。利用多种地质地球物理手段完成了对雅浦海沟浅层以及深部结构全方位 3D 调查观测。

通过浅地层剖面仪对雅浦海沟表层沉积物进行观测,多波束调查对海底地形进行精确刻画,多道地震进行浅部构造成像,综合完成雅浦海沟浅部地球物理结构精细刻画;利用 OBS 收集的天然地震数据、重磁数据以及热流数据进行反演研究雅浦海沟区的岩石圈结构。综合利用“科学”号航次在雅浦海沟进行的综合地球物理观测对研究西太平洋海山系统的深部地质过程,通过海底构造地质学、岩石学、沉积学和地球化学的综合调查观测,对于认识海山的结构和成因,揭示海山系统深部流体物质循环及其对大洋基底内外物质交换的影响,揭示雅浦俯冲带的岩石圈结构和演化特征,深入认识雅浦海沟的俯冲特征有较大的意义。

S18-O-01

南海北部海马活动冷泉区的发现及其地质意义

付少英,方允鑫,杨胜雄,梁金强,陆敬安,匡增桂

广州海洋地质调查局

冷泉系统是一种广泛分布于全球海域的自然现象,由富含天然气的流体渗漏至海底而形成,由于其与天然气水合物、生命的起源与演化及潜在的环境效应等问题相关引起了各国政府和学术界的广泛关注。冷泉系统研究是现代海洋地质学的前沿研究领域和国际大陆边缘海底研究的热点,涉及冷泉系统成因、冷泉流体演化和冷泉生态系统演化等

一系列科学问题。活动冷泉往往伴生近海底表面的渗漏型天然气水合物,因此活动冷泉系统的发现对于天然气水合物勘探具有非常重要的意义。

自 2002 年我国第一个天然气水合物勘查国家专项设立以来,广州海洋地质调查局在南海北部开展了大量的地质地球物理调查研究工作。神狐邻近海域天然气水合物调查研究发现该区存在海底丘状体、指示气体向上疏导的同相轴上提、强的 BSR 反射现象等地震反射特征,指示强烈的海底甲烷渗漏。2015 年,广州海洋地质调查局利用我国自主研发的 4500 米级深海作业系统(海马号 ROV)在该海域发现了巨型活动冷泉渗漏分布区——海马活动冷泉区。该冷泉区存在大量的活体冷泉生物,包括褐色贻贝、管状蠕虫和白色的海底毛瓷蟹,伴随大量以死亡贻贝为骨架结构沉淀的冷泉碳酸盐岩。同年 5 月和 10 月,通过重力取样在该冷泉区的两个甲烷渗漏点(QH-CL1H-2015 和 QH-CL2H-2015,水深分别为 1400m 和 1380m)多次获取浅层天然气水合物样品,其中一个天然气水合物矿体最浅处距离海底仅 15cm。这是中国南海天然气水合物调查继神狐海域和珠江口盆地东部海域后,在新的海域发现天然气水合物,是我国天然气水合物调查研究的又一里程碑事件。

海马冷泉区天然气水合物分解气体组成和同位素分析表明,两个冷泉站位形成天然气水合物的气体组成均以甲烷为主,占 99.5% 以上,甲烷/乙烷值高于 200,存在痕量的丙烷;甲烷碳同位素值分布于 -60.1% ~ -51.0% ,推测其以生物成因气为主,存在热成因气的贡献,热成因气很可能来源于陵水-乐东凹陷渐新统海陆过渡相煤系地层。拉曼光谱分析表明,该浅层渗漏型天然气水合物为结构 I 型水合物,以甲烷水合物为主,存在 H_2S 水合物。冷泉碳酸盐岩负偏的碳同位素值和正

偏的氧同位素值揭示其来源于天然气水合物分解。海马冷泉区柱状沉积物和海底碳酸盐岩胶结的贻贝、管状蠕虫等生物碎屑 AMS-¹⁴C 测年结果显示, 该冷泉区自四万年以来存在至少 5 期甲烷喷溢事件。对海马活动冷泉区深入研究, 有利于探讨被动大陆边缘活动冷泉系统的形成驱动机制和浅层渗漏型天然气水合物的形成控制因素, 对我国南海北部天然气水合物勘探具有重要的指导意义。

南海北部伴生浅层天然气水合物的海马活动冷泉区的发现, 是我国天然气水合物调查研究新思路新技术新装备在新海域的成功实践, 标志着我国天然气水合物勘探思路和勘探方法体系日益成熟, 已经跻身世界一流水平。

S18-O-02

马里亚纳弧前海底蛇纹岩泥火山顶部自生碳酸盐岩沉积特征

佟宏鹏^{1*}, Patricia Fryer³, 陈多福^{1;2}

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海地质重点实验室, 广州 510301

2 上海深渊科学技术研究中心, 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306

3 SOEST/HIGP, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii 96822

* tonghp@scsio.ac.cn

马里亚纳俯冲带北段弧前海底发育一系列由蛇纹岩组成的泥火山成因大型海山, 海山由泥-粉砂质蛇纹石基质胶结蛇纹岩、超基性岩及变质岩的角砾组成, 是深部富含流体的蛇纹岩泥浆及角砾沿断层以火山喷发形式形成。蛇纹岩泥火山顶部常发育低温(约 2 °C)、富甲烷和氢气、强碱性(pH 值 9.3-12.5)流体渗漏活动。其中的 Concial 和 Quaker 蛇纹岩泥火山分别位于距离马里亚纳海沟轴线

约 90km 和 68km 的弧前地区, 顶部发育低温流体渗漏及自生沉积, 自生沉积呈大小不等的烟囱状, 手指状或盖帽状, 烟囱状自生沉积可高达 10m 以上。流体活跃区域自生沉积呈雪白色, 具疏松多孔结构, 流体活动停止区域的自生沉积物相对质密, 呈乳白色, 并且烟囱体表面发育黑色锰氧化物。该二个泥火山顶部自生沉积均主要由文石和方解石组成, 并有少量菱镁矿和镁硅酸盐矿物。扫描电镜结果显示发育球型或棒状的镁硅酸盐和碳酸盐混合物, 指示其形成可能与微生物活动有关。二个泥火山的自生碳酸盐岩均显示富集 ¹⁸O 的特征 (Conical: $\delta^{18}\text{O}$ 值=0.6~6.3‰; Quaker: $\delta^{18}\text{O}$ 值=0.9~5.5‰; V-PDB), Conical 泥火山自生碳酸盐岩具有相对贫 ¹³C 的特征 (Conical: $\delta^{13}\text{C}$ 值=-1.8~2.6‰; Quaker: $\delta^{13}\text{C}$ 值=-7.0~0.4‰; V-PDB), 说明其形成与具有富集 ¹⁸O 特征的深部蛇纹岩化流体及幔源碳有关。U/Th 定年结果显示, Conical 蛇纹岩泥火山烟囱状自生碳酸盐岩形成于 3070~1623yBP; Quaker 蛇纹岩泥火山自生碳酸盐岩烟囱主要形成于 11081~10542yBP、5857~5583yBP、781~164yBP 三个时间段。年龄结果说明, 马里亚纳弧前蛇纹岩泥火山顶部的流体渗漏活动呈间歇性特征, 二个泥火山顶部流体活动活跃时间的不同可能反映了局部区域性对流体活动的控制。

S18-O-03

海底冷泉系统微生物硫酸盐还原作用的地质记录

冯东^{1*}, 胡钰², 陈多福²

1 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

2 上海海洋大学, 海洋科学学院, 上海深渊科学技术研究中心, 上海 201306

* feng@scsio.ac.cn

与甲烷厌氧氧化耦合的微生物硫酸盐还

原作用是冷泉系统最重要的生物地球化学过程之一,该过程孕育了独特的冷泉生物群落,还促使了冷泉碳酸盐岩的形成。然而至今,有关冷泉系统微生物硫酸盐还原作用的研究仅限于对活动冷泉表层沉积物中的孔隙水或者冷泉重晶石来进行。由于许多现代冷泉都是不活动的,也不发育重晶石,因而无法开展深入研究,导致对冷泉系统硫酸盐还原作用这一至关重要的生物地球化学过程缺乏足够的了解。而自生碳酸盐几乎在每个冷泉系统都有发育,其中均含有微量的硫酸根离子,为研究冷泉系统微生物硫酸盐还原作用提供了绝佳的载体。通过保存在冷泉碳酸盐岩中的 CAS 含量及其硫、氧稳定同位素的测定,并综合冷泉碳酸盐岩矿物、岩石及同位素地球化学等交叉融合研究,确定冷泉碳酸盐岩中 CAS 研究微生物硫酸盐还原的方法,探索冷泉系统微生物硫酸盐还原作用在碳酸盐岩中的记录,为深入认识冷泉系统硫的生物地球化学过程开辟一个新的视角。

S18-O-04

富含甲烷海洋沉积物硫酸盐-甲烷转换带中无机碳 (DIC) 的来源与循环机制

吴自军*, 周怀阳

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* wuzj@tongji.edu.cn

甲烷厌氧氧化作用 (AOM) 是富含甲烷沉积物内部发生的一个重要的生物地球化学过程,并导致在沉积物一定深度的层位中形成明显的硫酸盐-甲烷转换带 (SMTZ)。目前,有关沉积物 SMTZ 中无机碳的来源及其碳循环过程仍是一个争议的话题。以往众多研究认为沉积物 SMTZ 中的无机碳全部来自 AOM 过程,或来自氧化有机质的硫酸盐还原作用和 AOM 驱动的硫酸盐还原过程,并借助孔隙

水的硫酸盐消耗和 DIC 产生的比值线性分析,评估富含甲烷海洋沉积物 SMTZ 中硫酸盐还原的两种途径的相对贡献程度大小。但近些年来地球化学与微生物交叉研究结果显示海洋沉积物 SMTZ 中 DIC 循环是一个极为复杂的过程。一方面,沉积物底部的产甲烷过程释放大量的 DIC,可通过扩散作用进入 SMTZ,成为该活跃反应带中一个不可忽视的碳源;另外一方面,AOM 过程产生的 DIC 又有可能在微生物的作用下进一步产生甲烷 (methanogenesis),导致在沉积物 SMTZ 中发生 AOM 和甲烷产生反复循环的过程。本文结合近些年来国内外最新研究进展,并联系作者在南海珠江口及北部湾等区域的开展的初步研究,综述富含甲烷海洋沉积物(包括水合物区和正常近海沉积物) SMTZ 中 DIC 的来源与循环机制,试图探讨哪些因素制约沉积物孔隙水中硫酸盐两种消耗途径的相对比例大小?如何识别 SMTZ 中 DIC 来源及其转化途径?如何定量估算 SMTZ 中各种来源的 DIC 的贡献大小?以期深刻理解富含甲烷海洋沉积物中的 DIC 循环模式,为沉积物碳硫循环、水合物资源评估及其环境效应等方面提供有益的学术借鉴。

S18-O-05

渤海海域海底冷泉活动特征初步研究

陈江欣^{1,2*}, 侯方辉^{1,2}, 李日辉^{1,2}, 温珍河^{1,2}, 宋海斌³

1 国土资源部油气资源和环境地质重点实验室, 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

2 海洋国家实验室, 海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室

3 海洋地球科学学院, 同济大学, 上海 200092

* jiangxin_chen@sina.com

渤海为一半封闭的内海,三面环陆,沿岸有辽东湾、渤海湾、莱州湾,东部以渤海

海峡与黄海相通,“三湾一峡”围绕着渤中洼地,平均水深 18m。本研究区位于渤海湾盆地海域部分,主要包括渤海中西部海区内的渤海湾、莱州湾以及渤中和辽东湾海域的中西部区域,为我国海洋油气资源最多的地区。利用高分辨率地震测网(探测深度不超过 1 km),对渤海海域的冷泉活动特征,主要指海底流体渗漏活动特征进行总结,并对其形成机制进行初步讨论,可供海洋地质灾害研究、钻井平台安全控制、环境评估以及油气资源勘探等方面提供重要参考。

渤海海域冷泉在冷泉渗漏羽状流、海底渗漏地貌特征、浅层流体逸散结构、流体来源和活动模式方面具有独特的特征。由于地震资料频率在几百赫兹,地震资料还不足以对冷泉渗漏活动进行成像,但是水体存在强振幅反射地震异常,推测为冷泉渗漏引起的海底淤泥和粉沙淤泥悬浮。与冷泉渗漏地貌特征相联系,可以对其活动性进行初步判定,有些冷泉正在活动,而有些则处于停滞状态。研究区冷泉具量少但大范围分布渗漏特征,主要以小孔隙渗漏麻坑为主,多在厘米级别;同时还存在海底小丘状凸起和凹坑。地震资料揭示,地层内部大量流体在海底渗漏进入水体,这些流体一部分来自于浅层,主要来源于晚更新世末次冰期古河道、古三角洲等沉积体,生物成因为主,并主要通过最新发现的一种“气株”流体逸散通道和广泛发育的渗漏结构在海底逸散。一部分来自于深部,主要是通过气烟囱和底辟构造浅部成藏或海底逸散,热成因为主,可能主要是深部油气的渗漏和逸散。

资料解释揭示,渤海在晚期热沉降阶段,晚更新世以前构造活动还很活跃,发育大量高角度断层,岩浆活动、底辟活动以及流体活动。至晚更新世期间活动渐趋稳定,相对而言,晚更新世与全新世构造活动相对减弱。

结果导致大量断层和底辟等构造成晚更新世以前地层内部流体随着盆地沉降向浅部迁移的重要通道,大量流体通道(如气烟囱)与断层相伴生,主要在晚更新世高孔隙度和高渗透率的地层富集,形成浅层气囊、亮点(Bright Spot)等浅层气地震特征,而全新统底部泥炭层成为重要封盖层,但是由于盖层并不稳定,仍然导致大量流体突破全新统地层封盖渗漏逸散,形成大范围的冷泉渗漏活动。

S18-O-06

台湾国姓地区中新世自生菱铁矿的成因及其对产甲烷作用的指示意义

王钦贤¹, 陈多福²

1 中国科学院广州地球化学研究所, 中国科学院边缘海地质重点实验室, 广州 510640

2 上海海洋大学海洋科学学院, 上海深渊科学技术研究中心, 上海 201306

qinxianwang@gig.ac.cn; dfchen@shou.edu.cn

同烃类物质渗漏有关的自生碳酸盐岩很好地记录了过去地质流体的信息。早期成岩的碳酸盐岩—菱铁矿(FeCO_3)很少被发现于与冷泉有关的沉积物中,其相关成因亦鲜有论述。台湾国姓地区中新世自生菱铁矿为探讨该问题提供了很好的案例。野外观察显示该菱铁矿以不连续透镜体平行散布于泥页岩中;紧邻的下伏和上覆地层泥页岩含大量以方解石和白云石为主要碳酸盐矿物的冷泉碳酸盐岩结核。菱铁矿的碳同位素值为 -4.7% 至 $+0.1\%$,显著高于下伏/上覆冷泉碳酸盐岩(低于 -45.0%)。这表明下伏/上覆冷泉碳酸盐岩形成于甲烷缺氧氧化带,其碳源为甲烷;而菱铁矿形成于产甲烷带,其碳源很可能是产甲烷带中的 CO_2 、海水、少量甲烷的混合

物。基于上述分析,笔者建立了台湾国姓地区中新世冷泉流体活动的时空演化模式:甲烷缺氧氧化带—产甲烷带—甲烷缺氧氧化带三者依次出现。

S18-O-07

超慢速扩张洋中脊上一个年轻的 热液活动系统

季福武,周怀阳*,杨群慧

同济大学海洋地质国家重点实验室,上海 200092

* zhouhy@tongji.edu.cn

与以往的认识有所不同,最近十年对西南印度洋洋中脊和北冰洋洋中脊热液活动的调查表明,这些超慢速扩张洋中脊上的热液活动比以往预测的要多得多(Pedersen等,2010),其主要原因就是因为在超慢速扩张洋中脊上发育有大量的深大断裂,能够十分有效地提取深部来源的热到海底地表。西南印度洋洋中脊(SWIR)49.6°E龙旂热液区位于拆离断层在地表的出露位置,该断层为热液流体运移上升提供了通道(Zhao等,2013)。我国大洋35航次利用“蛟龙号”载人潜水器对龙旂热液区的S区和M区进行了考察和取样。所取得的热液流体样品的分析测试结果显示,运移至龙旂热液区S区和M区的热液流体在地下正在进行相分离,相分离后的两相分别从不同的喷口喷出地表。S区和M区相分离后液相流体端元组分十分相似,表明龙旂热液区可能具有统一的热液流体来源,热液流体在地下的运移因受拆离断层的影响而沿不同的通道上升。龙旂热液区热液流体成分特征还揭示了该热液区的基性基底岩石蚀变程度较低,没有经历过长时间的水岩相互作用。正在发生相分离以及较为新鲜的基底,反映了该区域的热液活动历史不长,是一个年轻的热液活动系统。

S18-O-08

热液活动对西南印度洋表层沉积的影响

杨群慧,潘安阳,周怀阳*

同济大学海洋与地球科学学院,上海 200092

* zhouhy@tongji.edu.cn

2007年我国在超慢速扩张的西南印度洋洋中脊首次发现活动的龙旂热液场。热液活动对于西南印度洋表层沉积的影响如何?迄今了解甚少。作者通过对西南印度洋中国多金属硫化物资源合同区的正常深海沉积、受到不同程度热液活动影响的含金属沉积物、低温热液沉淀物等不同类型表层沉积开展矿物学、元素地球化学和生物标志物的研究,揭示受到热液活动影响强烈的表层沉积中含有蛋白石、针铁矿、绿脱石等矿物,且铁、锰、铜、锌等金属元素含量较高,稀土元素呈现Eu的正异常;且可检测到正常深海背景沉积物中所没有的藿烷、二酰基甘油醚(DAGEs)、大环双醚类(Macrocyclic Diether, MD)、archaeol和GMGTs等生物标志物。相对远离热液喷口的中性热液羽流对于海底沉积有机质未造成明显影响,这可能与热液羽流中的化能合成微生物在死亡沉降过程中受到海水中大量生物的稀释作用影响有关。铁、锰、铜、锌等元素是很好的识别热液活动影响的指标,这些无机金属指标对于热液活动的记录比类脂生物标志物更为敏感。

S18-O-09

近海底热液羽流的动力学特征

张旭博^{1,2},林间^{1,2,3},蒋后硕²

1 同济大学海洋与地球科学学院,上海,中国

2 伍兹霍尔海洋研究所,伍兹霍尔,美国

3 中国科学院南海海洋研究所,广州,中国

我们利用 PIV (粒子图像示踪法) 定量地分析了深潜器拍摄的热液羽流录像, 研究洋中脊上近海底热液羽流的动力学特征及其控制因素。选中的录像片段被分解为连续的图帧, 其中相邻图帧的时间间隔为 1/24 秒或 1/30 秒。PIV 通过追踪羽流中湍流团的运动, 提供羽流运动的全局瞬时及平均速度场。研究结果显示洋中脊上热液羽流的速度和通量在空间和时间上都存在显著的变化: (1) 每一个上升的热液羽流都是由一系列不同尺寸的湍流团组成, 湍流团的尺寸为几厘米。(2) 在热液羽流的上升过程中, 通过与相邻的湍流团合并以及与周围海水相互作用, 湍流团的尺寸迅速增大。(3) 在某些时刻, 由于下部羽流的速度大于上部羽流的速度, 羽流呈现“蘑菇云”形态, 表明喷口速度存在短周期的变化。(4) 热液羽流的横截面在近海底几十厘米的范围内迅速增大, 表明羽流与周围海水之间强烈的夹卷作用。(5) 近海底处, 相邻喷口的羽流会发生相互作用, 并在上升一定高度后, 汇合成一个羽流。通过对比不同洋中脊上热液羽流的速度, 我们发现快速扩张洋中脊东太平洋脊上 V Vent 的羽流速度系统性地大于中速扩张洋中脊胡安德富卡脊上 Main Endeavour Field 区域的羽流速度。

S18-O-10

海底热液系统对海洋溶解态铁的贡献

王虎*, 周怀阳, 杨群慧, 季福武

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092
wanghu@tongji.edu.cn

海洋中铁元素的主要来源包括河流输入、大气沉降、沉积物再悬浮以及洋中脊热液系统的喷发等。有关海底热液系统是否是海洋中溶解态铁的重要来源, 一直存在着争议。长期以来, 人们认为热液口喷发进入海洋中

的二价铁氧化过程为一速率很快的化学氧化过程, 二价铁可迅速被氧化形成氢氧化铁(III)颗粒物, 并在喷口附近沉降下来进入沉积物中, 因此热液输入至海洋中的溶解态铁微不足道。

通过对西南印度洋“龙旂”热液羽流中铁元素的相态分析, 表明部分羽流样品中溶解态铁占总铁的比值可达 50%以上, Fe(II)氧化速率培养实验研究结果也表明所采集的两个站位羽流水体中 Fe(II)氧化过程的半衰期分别为 1.8 和 1.6 h, 远大于理论计算值。因此热液喷出的铁并没有立即被氧化并沉淀, 而是可以较长时间存在于溶解相中, 羽流中 Fe(II)氧化过程并不是单一的化学氧化过程, 也可能受到有机物和微生物的共同作用。通过对溶解态中的铁进行形态和扫描电镜-能谱分析, 表明溶解态中的铁可能部分以胶体态的铁硫化物和氢氧化物形式存在。

结合近期国际上有关羽流中铁的同位素和相态的研究结果, 海底热液系统可能是深海溶解态铁的重要来源之一, 热液系统喷出的铁可能会对全球的生态系统具有深远的影响。

S18-O-11

热液成因粘土矿物的前世今生

周怀阳

同济大学海洋与地球科学学院

有序或无序呈层状结构的粘土矿物是地球表层最丰富也是最多样性的矿物类型之一。人们相信, 粘土矿物是在有水条件下, 通过继承、新成或转化等三种不同的机制形成于不同的地球表层环境中。相对于风化、沉积与成岩过程, 海底热液成因的粘土矿物的研究是最薄弱的。本报告试图在文献调研基础上, 结合西南印度洋隆起热液区样品的实例,

对海底热液成因的粘土矿物的来源、形成途径、物理化学条件及其可能的地质意义等方面的研究现状进行小结。

S18-O-12

中印度洋脊 Kairei 热液区热液产物的微量元素富集特征及其控制要素

王叶剑^{1*}, 韩喜球¹, Sven Petersen², 邱中炎¹, Matthias Frische²

1 国家海洋局第二海洋研究所海底科学实验室, 杭州 310012

2 GEOMAR, Helmholtz Centre for Ocean Research
Kiel, Kiel Germany 24148

* yjwang@sio.org.cn

超镁铁岩型热液成矿系统是现代海底热液成矿作用研究的重要研究对象。作为中印度洋脊最早发现的活动热液区, Kairei 热液区在喷口流体化学和成矿作用等方面均表现出典型的超镁铁岩型热液成矿系统特征。本文通过激光剥蚀-电感耦合等离子体质谱(LA-ICP-MS)对 Kairei 热液区富 Zn 硫化物烟囱体、富 Cu 块状硫化物等样品开展了微区分析, 以揭示各成矿阶段典型矿物的元素富集和赋存形态时空演化特征, 探讨了热液成矿过程中的元素富集规律及其控制要素。研究取得了以下认识:

(一) 黄铁矿主要富集 Co、As、Ni、Mn、Au、Mo 等微量元素。其中, 胶状黄铁矿比自形黄铁矿更富集 Mo、As、Pb、V 和 U, 暗示这些元素主要源自海水, 并指示较低的成矿温度; 半自形黄铁矿的微量元素中 Au 和 Tl 含量最高, 表明 Au 的富集主要发生在低温成矿阶段。此外, Co、Ni、Se 和 As 主要以类质同像的形式赋存在黄铁矿晶体中, 而三种类型黄铁矿中均富集 Co, 可能暗示 Co 的富集不受成矿温度所控制, 而与成矿流体富集

Co 有关。

(二) 黄铜矿具有富集 Se、Co 和 Te 等特征, 其中 Co 和 Te 含量最高的黄铜矿来自于一次高温成矿事件 (56.6 ka), Co 和 Te 含量较低的黄铜矿来自于的低温成矿事件 (96 ka), 表明 Se、Co 和 Te 的富集主要受控于温度。Co 和 Se 以类质同像替代 Fe 进入黄铜矿晶格, Te 和 Se 呈显著正相关, 暗示了 Te 与 Se 共同进入黄铜矿晶格。

(三) 闪锌矿以显著富集 Cd、Pb、Sn、Co、Ga、Ge、Ag、Sb 和 As 为特征。Cd、Ga、Ge 分别以类质同像进入闪锌矿晶格。Ag 和 Pb 呈显著正相关, 表明 Ag 主要赋存在闪锌矿中的方铅矿包裹体内。作为超镁铁岩硫化物矿床特征指示元素, Sn 与 Fe 呈显著正相关, 暗示了 Sn 以 Sn²⁺进入富 Fe 闪锌矿晶格中, 反映了其低氧逸度的沉淀环境。

(四) 斑铜矿则相对富集 Se、Te、Bi 和 Co, 但原生斑铜矿 Co 和 Bi 的含量远高于次生斑铜矿。原生斑铜矿的微量元素 (Co、Se、Bi 和 Te) 延续了与之共生的黄铜矿元素富集特征, 而次生斑铜矿中的 Co、Bi 和 Te 相对亏损, 指示其成矿环境 (如温度、氧逸度等) 发生了明显变化。

S18-P-01S

原始硫酸盐-甲烷过渡带深度的定量重建方法

刘晨晖^{1,2,*}, 蒋少涌¹, 苏新², 杨涛¹, 叶鸿¹

1 南京大学 地球科学与工程学院 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京 210093

2 中国地质大学(北京) 海洋学院, 北京 100083

* cliu8304@qq.com

“原始硫酸盐-甲烷过渡带”(“paleo-SMTZ” or “fossil SMTZ”)这一术语最先是由 Rodriguez et al. [2000]基于现今硫酸盐-甲烷

过渡带(SMTZ)之下的层位中发现自生碳酸盐碳同位素强烈负漂移记录提出的;之后,为了探寻在现今 SMTZ 之上出现的自生重晶石沉淀的成因, Dickens [2001]基于菲克定律(Fick's laws of diffusion)的非稳态状态解决方案,数值模拟证实甲烷通量突然降低之后 SMTZ 随时间逐渐向下移动的过程。遗憾的是,无论是碳酸盐还是重晶石,在晚期成岩作用的深部埋藏阶段,均无法保持不变(e.g.,发生交代或溶解),由此导致作为原始 SMT 记录的它们也不可避免地在沉积/埋藏过程中逐渐消失。在此之后,一个有趣的现象被逐渐发现并且引起关注,即在甲烷厌氧氧化(AOM)稳定出现过的层位,通常会聚集富集 ^{34}S 的含铁硫化物[Jørgensen et al., 2004; Liu et al., 2011; Borowski et al., 2013; Liu et al., 2014; Lin et al., 2016 [ENREF 4](#)]。与碳酸盐和重晶石的化学性质完全不同,含铁硫化物在孔隙水硫酸盐贫乏的漫长埋藏过程中几乎始终保持稳定状态。因此,在沉积物深层发现的富集 ^{34}S 的含铁硫化物可以作为指示原始 SMTZ 曾经稳定出现层位的标志[Liu et al., 2011; Peketi et al., 2012; Borowski et al., 2013; Liu et al., 2014; Lin et al., 2016]。尽管如此,从这一关系中也仅能获知原始 SMTZ 曾经出现过的层位,但是却无法得知在这些硫同位素偏重的含铁硫化物形成之时,SMTZ 在沉积物中的深度信息。

本研究基于对扩散、平流、灌溉和化学反应的一维稳定状态运移-反应模型的构建,以来自布莱克海岭(Blake Ridge)的 ODP 第 164 航次 994 和 995 站位作为应用实例,首次提出并且完成对原始 SMTZ 深度插值方法的建立和验证。基于对包括有机碳初始年龄(a_{mi})、AOM 速率常数(k_{AOM})、含铁硫化物产生率(f_{SR-PIs})和硫同位素分馏系数($^{34}\alpha_{SO_4-SHS}$)在内的与模型假设有关的参数的约束,实现硫酸盐、硫化氢和含铁硫化物之间硫元素和同位

素之间的定量转化。在此基础上,对于任一给定的 SMTZ 深度,均可以采用模型运算得出与这一 SMTZ 深度相对应的含铁硫化物硫含量和硫同位素组成分布。选取 AOM 速率最大值所在深度的含铁硫化物硫含量(或 SMTZ 中间深度的含铁硫化物硫含量)和硫同位素组成模拟值分别代表其 SMTZ 深度位置的 X 和 Y 值,完成 SMTZ 深度(Z 值)等值线图的绘制。将 994 和 995 站位各个层位的含铁硫化物硫含量和硫同位素组成投点到 SMTZ 深度等值线图上,即可以得到原始 SMTZ 深度的插值结果。在过去的 100 ka 内,原始 SMTZ 并未抬升至 994 和 995 站位 15 mbsf 之上,这一结论与 Dickens [2001]基于现今 ca. 15 mbsf 之上并未观察到自生重晶石沉淀所得出的结论完全一致,即 SMTZ 基本处于稳定状态。另外,在距今 400 ka 之前,原始 SMTZ 可能位于沉积物中较浅的层位,然而到目前为止,尚缺乏相关的研究结论支持这一推断。

S18-P-02

橄榄岩蛇纹石作用的实验研究:磁铁矿的形成

黄瑞芳^{1,2*}, 孙卫东¹, 丁兴³, 宋茂双³

1 中国科学院广州地球化学研究所,矿物学与成矿学重点实验室,广州 510640;

2 中国科学院南海海洋研究所,边缘海地质重点实验室,广州 510301;

3 中国科学院广州地球化学研究所,同位素地球化学重点实验室,广州 510640

* rfhuang@gig.ac.cn

蛇纹石化作用主要是指超基性岩(例如,橄榄岩和科马提岩)的一种水热蚀变,产物包括蛇纹石、(±)磁铁矿以及(±)滑石等。蛇纹石化广泛分布于地球上多种构造环境中,例如,洋底、慢速扩张洋脊和俯冲带。近年来,在火星上也发现了蛇纹石,这可能是火星上有水的证据之一。研究蛇纹石化的重要性在于:

蛇纹石化改变了大洋岩石圈的物理、化学性质，橄榄岩完全发生蛇纹石化时其密度降低了~40%，强度也大大降低；蛇纹石不仅富 H₂O，也富集 B、Sr 和 Ba 等大离子亲石元素，对俯冲带元素循环有重要影响。尤为重要的是，橄榄岩发生蛇纹石化作用时，橄榄石和辉石中的 Fe²⁺被氧化形成 Fe³⁺，同时形成氢气。海底热液区周围的微生物依赖氢气等得以存活，海底热液区的酸性和高温环境与地球早期类似，这表明蛇纹石化可能与地球早期生命起源密切相关。

磁铁矿的形成机理备受争议。Bach et al. (2006)通过对蛇纹石化纯橄榄岩的显微镜观察，认为蛇纹石化过程分为两个步骤进行：首先形成富铁水镁石和贫铁蛇纹石，随着蛇纹石化反应的进行富铁水镁石分解形成磁铁矿。但是，橄榄岩蛇纹石化过程中几乎无水镁石的形成。尤其是富铁水镁石或蛇纹石在 200°C 时稳定，橄榄岩发生蛇纹石化作用后不形成磁铁矿 (Seyfried et al., 2007; 黄瑞芳等, 2015)。另外，Evans (2010)认为磁铁矿的形成与 Fe、Mg 在橄榄石中的扩散有关。

本研究通过一系列水热实验探讨 300°C、3 kbar 时橄榄岩、橄榄石蛇纹石化过程中磁铁矿的形成。结果表明，橄榄岩蛇纹石化初期形成富铁蛇纹石，仅橄榄石蚀变后有零星的磁铁矿；随着反应的进行，橄榄石发生蛇纹石化作用后形成的蛇纹石铁含量降低，由辉石蚀变形成的蛇纹石铁含量仍与辉石相当。这说明，磁铁矿主要是由橄榄石发生蛇纹石化作用后形成。与之对比，橄榄石蛇纹石化形成的蛇纹石铁含量远低于橄榄石。以上表明，辉石的加入阻碍了橄榄岩蛇纹石化过程中磁铁矿的形成。

S18-P-03

南海北部 AOM 沉积环境的研究:来自沉积物自生矿物的证据

张美^{1,2*}, 陆红锋³

1 中科院天然气水合物重点实验室, 广州 510640

2 中国科学院广州能源研究所, 广州天然气水合物研究中心, 广州 510640

3. 中国地质调查局 广州海洋地质调查局, 广州 510075

* zhangmei@ms.giec.ac.cn

冷泉是指广泛发育于大陆边缘，来自海底沉积界面之下与海水温度相近，以甲烷等碳氢化合物为主的流体在海底渗漏活动。事实上，海底普遍存在的甲烷厌氧氧化作用 (AOM) 和硫酸盐还原作用消耗大量的甲烷气体，有效阻止沉积物产生的甲烷进入大气圈。另一方面，与 AOM 过程相耦合的硫酸盐还原作用同时导致硫酸盐与甲烷共消耗，产生无机碳和挥发性硫，最终以硫化物和碳酸盐岩的形成保存，故也对海洋系统碳和硫的生物地球化学循环产生重要影响。

近年来，越来越多的研究表明甲烷厌氧氧化过程中沉积环境可能存在变化，如：冷泉碳酸盐岩中存在 Ce 的正异常和负异常；Hu 等(2015)利用 Fe 元素也证实了冷泉环境中存在氧化环境；Lin 等 (2016) 通过研究沉积物中石膏和黄铁矿组合的 S、O 同位素变化，也证实了沉积环境中氧化还原条件是可变的。

本文对南海北部神狐海域 2 个柱状沉积物中自生矿物 (黄铁矿和石膏) 产出的层位，含量，矿物形貌和 S 同位素值进行研究，结果表明自生矿物以黄铁矿和石膏为主，黄铁矿与 TOC 含量随深度的增加而增加，但深部黄铁矿含量增加远大于 TOC，产出形貌主要呈长条状，由草莓状黄铁矿组成，微晶形态主要为八面体，S 同位素介于 -33.7‰~ +61.2‰ 之间，说明深部黄铁矿以 AOM 驱动的细菌硫

酸盐还原作用成因为主，石膏呈球形和椭球体，由片状石膏晶体叠加而成，还可见石膏-黄铁矿共生体，S 同位素为-20.7‰，说明石膏是在还原大环境中，AOM 耦合的硫酸盐还原作用形成局部微环境中的硫化物氧化成硫酸跟离子与钙离子形成的。另外，在自生黄铁矿矿物表面也发现很多氧化物，甚至有黄铁矿已经被氧化成磁铁矿了，说明其环境中存在氧化剂，在沉积物浅部主要以 O₂ 等为主，而在深部厌氧环境，可能与存在 Fe³⁺, Mn⁴⁺ 等氧化剂有关。因此，柱状沉积物中这些自生矿物成因以及同位素特征可以记录 AOM 过程中沉积环境的变化，为水合物探勘提供指导意义。

S18-P-04

Distribution and variation in gas composition of macro-seeps on the near-shore Lingtou Promontory, South China Sea

DI Pengfei¹ FENG Dong¹ CHEN Duofu^{1*,2}

¹ Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510301, China

² Shanghai Engineering Research Center of Hadal Science and Technology, College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

*cdf@gig.ac.cn

Natural hydrocarbon seeps in the marine environment are one of the important contributors to greenhouse effect gases in the atmosphere, including methane, which is significant to global carbon cycling and climate change. Four hydrocarbon seep areas, the Lingtou Promontory, the Yinggehai Rivulet Mouth, the Yazhou Bay and the Nanshan

Promontory, occurring offshore of the Yinggehai Basin delineate a near-shore gas bubble zone. This study surveys the gas composition and geochemistry of venting bubbles and the spatial distribution of hydrocarbon seeps on the near-shore Lingtou Promontory. The gas composition of venting bubbles, which is mainly comprises CO₂, CH₄, N₂, O₂ and minor amounts of non-methane hydrocarbons, differs from the gas composition of sea surface bubbles. The difference in the bubbles' composition is a possible consequence of gas exchange during bubble ascent. The seepage gases from the seafloor are characterized by a high CO₂ content (67.35%) and δ¹³C_{VPDB} values (-0.49-0.86‰), indicating that the CO₂ is from inorganic sources. The CH₄ content (23%), heavy δ¹³C_{VPDB} values (-34.43 to -37.53‰) and high C₁/C₁₋₅ ratios (0.98 to 0.99) resemble thermogenic gases, originating from the source rock of the Meishan Formation in the central depression of the Yinggehai Basin. The hydrocarbon seeps on the 3.5 Hz sub-bottom profile display a linear arrangement and are sub-parallel to the No. 1 fault, suggesting that hydrocarbon seeps may be associated with fracture activity or weak zones and that the seepage gases migrate laterally from the central depression of the Yinggehai Basin. The near-shore Lingtou Promontory is an ideal place for research into the activity characteristics and formation mechanisms of hydrocarbon seeps.

S18-P-05

南海东沙海域沉积物记录的甲烷渗漏活动的地球化学响应特征

胡钰¹, 冯东², 梁前勇³, 陈琳莹¹, 夏真³, 陈多福^{1*}

1 上海海洋大学 海洋科学学院 上海深渊科学工程技术研究中心, 上海 201306

2 中国科学院 南海海洋研究所边缘海地质重点实验室, 广州 510301

3 广州海洋地质调查局, 广州 510740

* dfchen@shou.edu.cn

冷泉沉积物中的各种地球化学信号有助于恢复过去甲烷渗漏的活动特征。本文对采自南海东沙海域水合物钻探区的三根重力沉积物柱状样品 (D-F, D-8 和 D-7) 进行了详细的碳、硫及微量元素分析, 并结合沉积物中粒度分析和浮游有孔虫壳体 AMS¹⁴C 定年, 揭示沉积物中记录的甲烷渗漏活动。D-7 中 1.5 m-2.0 m 段发育的自生碳酸盐岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值低于 -49‰, 表明其碳源为生物成因甲烷, 为甲烷缺氧氧化 (AOM) 的产物, 同时具有高的 S/C 比值及 Mo 的富集, 但还原性硫 (CRS) 含量低、 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CRS}}$ 值很负, 显示存在冷泉渗漏甲烷的 AOM 作用。D-8 和 D-F 中无机碳的 $\delta^{13}\text{C}$ 接近于 0 值、S/C 比值和 CRS 含量低、 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CRS}}$ 值很负, 而且没有微量元素的异常, 表明它们属于背景沉积。

三根柱样沉积物与先前报导的孔隙水所指示的 AOM 信息并不一致, 反映了甲烷渗漏活动的强弱变化。D-7 柱样 1.5 m-2.0 m 段低 CRS 含量、 $^{34}\text{S}_{\text{CRS}}$ 极端亏损以及 Mo 的富集特征被认为反映了一次持续时间较短的甲烷渗漏事件。通过 D-7 中孔隙水和沉积物地球化学特征及 AMS¹⁴C 结果, 可以推断出 ~6.5 ka BP 以来发生过短暂的甲烷渗漏活动, 并且古硫酸盐-甲烷转换带 (SMTZ) 深度应该位于

小于 ~2.0 m 的位置, 在快速形成这些碳酸盐岩后, 甲烷渗漏活动变弱, SMTZ 向下迁移到了目前更深的位置。本文的研究表明沉积物中 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CRS}}$ 和 Mo 的指标能够有效用于限定地质历史时期记录在沉积物中的甲烷渗漏活动特征。

S18-P-06S

孔隙水地球化学指标对区域天然气水合物的预测

赖亦君, 杨涛, 蒋少涌

内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 地球科学与工程学院, 南京大学, 南京, 210093

南海协同创新中心, 南京大学, 南京, 210093

*yangtao.nju@gmail.com

孔隙水是沉积物沉积时, 底层海水进入沉积物间隙中形成的。随着早期成岩过程中各种物理、化学及生物地球化学反应, 孔隙水的组分特征发生变化。这种变化是对沉积物成岩过程的响应, 因区域、沉积物、沉积环境的不同而不同。我们可以通过不同区域的孔隙水组分特征, 反推目标区域的沉积环境, 判断区域天然气水合物的赋存潜力。

天然气水合物是在合适的温度、压力条件下, 由充足的甲烷来源与水聚合而成。由孔隙水地球化学异常判断甲烷的通量以及区域生气的潜力, 可以推断出区域天然气水合物的赋存可能。比如碘离子、营养盐及 DIC 含量, SMI 深度等。前三者都由有机质的分解产生, 因此区域有机质的沉积量越大、活性越高, 碘离子、营养盐及 DIC 的梯度也就越大, 浓度越高。SMI 是硫酸盐-甲烷过渡带中硫酸盐与甲烷共同耗尽的界面, 在确定 AOM 的基础上, SMI 深度越浅, 则表示下方的甲烷通量越大。这两者都通过反应天然气水合物赋存的必要条件是否充分来预测区域

赋存潜力。通过对南海北部神狐海域区域的孔隙水指标分析,绘制了区域等值线图,发现各个指标指示的区域天然气水合物赋存可能性比较一致,并且与 GMGS1 钻探结果相一致,充分说明了这些指标预测的适用性。

S18-P-07S

微生物驱动的陆坡浅表层沉积物稳定同位素分馏的孔隙水运移模型

叶鸿, 杨涛, 刘晨晖, 朱国荣, 蒋少涌

内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 地球科学与工程学院, 南京大学, 南京, 210093
南海协同创新中心, 南京大学, 南京, 210093

微生物在海洋浅表层沉积物成岩过程中扮演着举足轻重的角色。尤其在半深海陆坡区, 含丰富有机质的沉积物被微生物利用, 促进了海底浅表层区带中的元素循环。这其中, 自生矿物的产生与微生物活动密切相关, 后者对参与反应的元素同位素造成较大分馏。本文主要考虑由微生物驱动的碳-硫稳定同位素分馏在孔隙水中的模型表现。碳同位素分馏发生在有机质发酵产生甲烷过程中, 其反应产物之一甲烷亏损重碳同位素。如果生物成因的甲烷完全经过微生物厌氧氧化(AOM)而转化为溶解无机碳(DIC), 那么至少在硫酸盐-甲烷转换带(SMT)处, 孔隙水溶解无机碳应表现为亏损重碳同位素。另一方面, 硫酸盐自身亦被有机质或甲烷还原为硫化氢, 后者在存在铁的前提下进一步被微生物利用生成黄铁矿, 从而使孔隙水富集重硫同位素。我们的模型仅考虑 SMT 附近微生物驱动的碳-硫稳定同位素分馏, 及其在孔隙水环境中的运移规律。尽管本模型是理论探索, 它仍然有助于理解海洋浅表层沉积物中的元素循环和同位素分馏机制, 并且可用来验证微生物

地球化学反应过程。

S18-P-08

西藏日喀则卡堆南白垩系冷泉碳酸盐岩特征及其地质意义

张文进¹, 佟宏鹏², 王钦贤¹, 陈多福^{1,3*}

1 中国科学院广州地球化学研究所, 中国科学院边缘海地质重点实验室, 广州 510640

2 中国科学院南海海洋研究所, 中国科学院边缘海地质重点实验室, 广州 510301

3 上海海洋大学海洋学院, 深渊科学技术研究中心, 上海 201306

*dfchen@shou.edu.cn

冷泉碳酸盐岩是海底天然气渗漏系统的重要标志, 记录了地质历史时期的甲烷流体的渗漏活动。为探究西藏日喀则卡堆南白垩系冷泉碳酸盐岩的成因, 笔者采用野外观察、矿物学、岩石学、同位素地球化学方法对其展开研究。野外观察显示该区冷泉碳酸盐岩呈结核状产出于白垩世日喀则弧前盆地 Cenomanian 期深水浊流沉积地层中。该自生碳酸盐岩的碳酸盐矿物主要由方解石组成。自生碳酸盐岩碳同位素值最低可达-34.0‰, 这指示其碳源以热解成因的甲烷为主。⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值(0.7062~0.7068)显著低于同期全球海水值, 指示流体来自深部地层或受火山源物质影响。稀土元素配分模式经 La 异常校正后显示无真 Ce 异常特征, 指示还原性的沉积环境。

S18-P-09

南海东沙海域含水合物钻孔 440 ka 以来的沉积特征与水合物分解释放的有孔虫纪录

周洋*, 陈芳, 吴聪

国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广州 510760;

* zhouyang@hydzn.cn

GMGS2-16 钻孔是 2013 年在东沙海域开展天然气水合物钻探 (GMGS2) 时所获取的取芯率相对最为完整且钻获水合物的钻孔, 本文对该钻孔岩心沉积物开展较高分辨率的有孔虫群落结构、壳体保存状况和氧碳同位素值研究, 结合沉积物岩性、自生碳酸盐的分布特征等综合探讨了钻孔所在区域自中更新世以来的甲烷释放过程, 并尝试探讨了水合物分解及甲烷释放过程对区域沉积环境稳定造成的影响。相关研究有助于深入理解东沙海域水合物成藏的时空演化过程, 并为后续水合物的勘探开发等相关研究提供较为可靠的基础依据。

研究表明, GMGS2-16 钻孔浮游有孔虫 *Globigerinoides ruber* 和底栖有孔虫 *Uvigerina peregrina* 的氧碳同位素值波动变化频繁, 冰期和间冰期旋回性较差, 推测与该区域高甲烷溢出形成的泥底辟造成的沉积紊乱有关; 浮游和底栖有孔虫 $\delta^{13}\text{C}$ 值在冰期 MIS 12 和 MIS 2-1 期出现显著负偏现象, 最低分别偏负至 -8.40‰ 和 -5.68‰V-PDB , 而对应层位的 $\delta^{18}\text{O}$ 值显著偏正, 最大值分别为 -0.36‰ 和 4.07‰V-PDB ; 体式显微镜和扫描电镜下观察发现 $\delta^{13}\text{C}$ 值负偏和 $\delta^{18}\text{O}$ 值显著偏正层位有孔虫壳体发生自生碳酸盐附生和壳体充填增厚现象, 对应层位沉积物中出现大量的自生碳酸盐颗粒, 而浮游有孔虫壳壁孔隙中充填自生碳酸盐现象更为严重, 指示后期成岩作用是引起有孔虫壳体保存状况和碳氧同位素发生显著偏移的主要原因, 有孔虫壳体埋藏后明显受到甲烷缺氧氧化过程影响。

结合沉积物中出现的自生碳酸盐和甲烷渗漏指示生物双壳类和蛤的出现, 推测 GMGS2-16 钻孔所在区域自 440 ka 以来至少经历过 2 次较大的水合物分解释放过程, 而

最近的一次甲烷释放过程发生在自 8 ka 以来, 推测海平面的快速下降是导致水合物分解的主要诱因, 而水合物的分解导致区域地层失稳滑塌, 岩心中发育多期浊流等异地沉积, 对应沉积物中出现大量底栖有孔虫再沉积种。

S18-P-10

块状硫化物的形成、分布、经济价值及勘探开发潜力

张炜*

中国地质图书馆 (中国地质调查局地质文献中心),
北京 100083

* zhangwei@cgl.org.cn

1979 年, 在太平洋发现了热液喷口, 一种叫做块状硫化物的含金属硫化物正在发生沉积。现已知, 块状硫化物遍布全世界。虽然, 至今发现的块状硫化物的总量没有钴结壳和锰结核多, 但一些矿床中铜、锌、金和银含量相当高。巴布亚新几内亚海岸外的采矿最快可以在 2016 年开始。

块状硫化物位于板块边界处。地质学家们区分出了 4 种不同的热液喷口及与之相关的块状硫化物分布区: ①洋中脊; ②岛弧火山; ③弧后盆地; ④板内火山。至今, 已经发现了大约 187 个发育有块状硫化物的活动热液喷口, 还有 80 个已知的热液喷口不再活动, 但在那里发现了过去形成的块状硫化物。此外, 还有 30 个地方存在高温热液, 但未形成块状硫化物, 也许其下可能发育着硫化物矿床。所以, 现在已知的热液喷口或块状硫化物矿床有大约 300 个。其中, 58% 位于洋中脊, 26% 位于弧后扩张区, 16% 位于岛弧火山, 1% 位于板内火山。

根据最近几十年采集的大量底质样品分析, 一些学者坚信为数不多的几个热液喷口处的块状硫化物矿床中含的铜、金等有价值金属量已可满足商业开采。此外, 很多区域

的地面高低不平, 不适合采矿设备工作。

相比于数以十亿吨计的锰结核和钴结壳, 估算的块状硫化物的数量要少很多, 只有几亿吨。然而, 估算总量是非常困难的, 因为至今只发现了一小部分的矿点。此外, 据推测, 500~1000 个大矿点中并非所有矿点都有经济价值。东太平洋海隆以及大西洋洋中脊部分区段的块状硫化物矿点主要是铁硫化物, 并没有什么经济价值。

在国际水域中, 因为勘查和开采均由国际海底管理局集中管理和协调, 所以尚未有类似的进展。中国和韩国已经获得了印度洋中一些区域的许可证, 法国和俄罗斯获得了大西洋中脊中一些区域的许可证。其他国家近期已经递交申请或即将申请勘探许可证。国际海底管理局将首先处理这些申请。但是, 总体来说, 块状硫化物矿床和钴结壳、锰结核采矿预期很可能发生相同的情形, 国际海域采矿不会马上开始; 而个别国家对相关资源的开采将领先一步, 首先在自己的专属经济区开始采矿。例如, 巴布亚新几内亚对于海底采矿兴趣很高, 因为其专属经济区的块状硫化物矿床内金和银的品位很高。

S18-P-11

花东海盆和西菲律宾海盆西部地震层序地质时代厘定及其构造涵义

高红芳, 李学杰, 孙美静, 周娇

根据磁异常条带特征, 以及 DSDP 第 31 和第 58 航次钻遇的洋壳枕状玄武岩钾-氩法和氩-氩法的测年结果, 大多数学者认为西菲律宾海盆扩张时期为 60(55?) Ma—35(30?) Ma (Hilde and Lee, 1984; Tamaki 等, 1991)。但关于菲律宾海盆西部的花东海盆的形成时代则一直存在很多争议, 该海盆目前还没有钻井, 它的磁异常条带相对不太明显, 海盆

内也没有发现古扩张中心。按照 Hilde and Lee (1984) 的分析和对比在海盆中北部可见 C17、C18、C19 磁异常条带, 推测主要扩张期为始新世时期。但是 A. Deschamps 等 (2000) 对“维玛号”调查船 V3609 航次在花东海盆东侧近加瓜海脊的 RD20 测站 (21.49° N/122.69° E) 和吕宋岛弧东部 1980 年 RD19 测站 (20.40° N/121.47° E) 取得的岩石拖网样品重新进行了分析测试, 经镜下显微鉴定为辉长岩, 通过 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 激光探针法测年, 结果 RD19 测得两个样年龄分别为 116.2±4.2Ma 和 121.2±4.6 Ma, RD20 测站两个样测得年龄分别为 124.1±2.5Ma 和 114.7±4.0 Ma, 时代属于早白垩世的中一后期。综合以上各项分析可知, 花东海盆的形成时代及其与西菲律宾海盆的关系是个历史难点, 其地震层序特征反映出的地层构造信息与磁条带和岩石拖网样品也存在矛盾之处。本文通过对岩石拖网样品详细分析对比、花东海盆与西菲律宾海盆之间加瓜海脊隆升过程研究、邻区钻井-地震剖面联合分析, 对花东海盆和西菲律宾海盆地震层序进行了初步厘定, 探讨了主要不整合界面对应的构造事件, 揭示了其地质意义。认为花东海盆与西菲律宾海盆地震层序具有对应关系, 在前人认为声波基底界面实际为西菲律宾海盆扩张结束的界面, 是一个从 35Ma-25Ma 长期构造隆起的界面, 分割了扩张期和扩张后的沉积, 并且可以和台湾地区的埔里运动相对比。在该强反射界面之下, 发育一套扩张期构造层, 受扩张结束期 (35Ma-25Ma) 大量岩浆活动的影响, 大部分区域地层被破坏较严重。

S18-P-12

现代海底多金属硫化物中“不可见金/银”的分布特征和赋存

状态研究——以中印度洋脊 Edmond 热液区为例

吴仲玮^{1,2,4}, 孙晓明^{1,2,3*}, Xu Huifang⁴, Hiromi Konishi⁴, 王琰⁵

1 中山大学海洋科学学院, 广州 510006

2 广东省海洋资源与近岸工程重点实验室, 广州 510275

3 中山大学地球科学与地质工程学院, 广州 510275

4 美国威斯康星大学麦迪逊分校地球科学系, WI 53706, USA

5 国家海洋局南海分局, 广州 510310

* eessxm@mail.sysu.edu.cn

现代海底热液硫化物矿床中贵金属元素的矿化潜力及其重要经济价值早已引起国内外海洋地质学家的广泛兴趣和高度关注, 开发前景十分诱人。多年以来, 有关全球各大洋热液产物中发现显微可见自然金的零星报道不断见诸文献 (Herzig et al., 1993; Hannington et al., 1995; Murphy and Meyer, 1998; Moss and Scott, 2001)。但一般认为, 这些伴生的贵金属元素主要呈超显微副矿物包体、固溶体或(晶格)化学结合态等所谓的“不可见”形式存在, 仅通过传统光学显微镜和低分辨率扫描电镜往往难以识别、确认其赋存状态。此外, 相比于研究程度较高的太平洋和大西洋热液成矿系统, 迄今为止前人对印度洋热液硫化物中金、银的分布规律与富集机制了解甚少。

本次研究与美国威斯康星大学开展国际科研合作, 借助高分辨率扫描透射电镜等一系列原位微区分析手段, 对采自中印度洋脊 Edmond 热液活动区的典型矿石样品进行微纳米尺度上的系统观察和精确表征, 首次在闪锌矿-黄铜矿-硫盐矿物共生组合中发现有大量亚微米级-纳米级自然金、银金矿、自然银以及自然铜产出于原生硫化物粒间、外缘或内部发育的微孔隙附近 (Wu et al., 2016)。这些超显微金银矿物包体的成分、产状及其

载体矿物相的结构特征 (例如含有高密度面缺陷的载金闪锌矿), 可视为热液产物对海底成矿流体演化与后期蚀变、表生过程的微观地球化学响应, 从而为进一步揭示纳米尺度下金、银在印度洋中脊块状硫化物矿床中的再活化迁移、次生富集作用提供了直接证据。

S18-P-13

海底冷泉渗漏系统的控制因素

张辉¹, 苏正¹, 吴能友²

1 中国科学院广州能源研究所, 中国科学院广州天然气水合物研究中心, 广州 510640

2 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

* zhanghui@ms.giec.ac.cn

上世纪 70 年代在板块构造理论向我们展示地球演化不同阶段的同时, 海洋底部热液和冷泉的发现改变了人类对板块内部深海海底的看法, 为我们重新和深入认识海底的流体运动以及地球深部的圈层与海洋甚至大气层进行物质和能量的交换打开了一个窗口, 也拓宽了海洋科学和生命科学的范围。

应用地震等观测的方法可发现海底这两种渗漏系统活动时向海洋输送含有气体、矿物质等的流体。海底的碳酸盐岩矿物结壳和烟囱状构造以及依赖流体活动进行化能反应而生存的特殊生物群落都预示着海底冷泉活动对海洋与固体圈层物质交换和海底生态系统的重要意义。研究已揭示了硫酸盐、甲烷厌氧氧化对碳酸盐岩形成中的重要影响; 以及微生物在这一生物地球化学过程中的重要作用。地质历史上的急剧气候变化也可能是水合物中的甲烷以冷泉方式周期性地大量释放导致的。海底冷泉应被纳入到气候模型中, 其没有被 IPCC 的报告涉及是科学研究中的重大缺陷。因此有关海底冷泉的研究成为海

洋和地球科学的前沿。

通过统计发现,高纬度浅海大陆边缘发现的大量冷泉活动主要控制因素为底水温度、海平面变化。不同时间尺度上可能有不同的响应机制。如海洋底水温度随季节 1-2 度的变化可能引起水合物的形成和分解导致;而最近几十年由于人类活动造成的全球变暖使得海水升温也可能是水合物分解的原因;伴随气候变化的海平面变化引起水合物稳定带的此消彼长则可能在更长的时间周期上对冷泉的形成有着重要的作用。而目前在深海 600-1700m 发现的大量冷泉,其流体喷溢活动时间尺度短(小时-周)可能与潮汐的微小压力改变有关;更多的冷泉可能是由于在更长的时间尺度上深部流体或气体的聚集形成的超孔隙压或滑坡、冰期快速碎屑沉积导致的压力变化引起。

S18-P-14

自生钙镁碳酸盐矿物学特征 对冷泉活动的记录

芦阳¹, 孙晓明^{1,2,3*}, 林志勇², 徐莉^{1,3*}, 宫俊丽², 陆红锋⁴

1 中山大学海洋学院, 广州 510006

2 中山大学地球科学与地质工程学院, 广州 510275

3 广东省海洋资源与近岸工程重点实验室, 广州 510275

4 广州海洋地质调查局, 广州 510760

* eessxm@mail.sysu.edu.cn; xu-bluesky@126.com

冷泉发育于全球大陆边缘的海底,至今依然在活动(Suess, 2010)。甲烷等烃类不断地被冷泉从沉积物中输送至海底,其中一部分在合适的条件下形成天然气水合物(Makogon et al., 2007),还有一部分会进入大气,影响全球气候(Boetius and Wenzhöfer, 2013)。所以,对冷泉状态的示踪有重要的意义。甲烷厌氧氧化作用(AOM)利用海水来源的硫酸盐消耗冷泉中的甲烷(Boetius et al.,

2000),产生大量重碳酸根,形成文石和从低镁方解石(LMC)到白云石的钙镁碳酸盐。冷泉状态的变化改变沉积环境,使自生碳酸盐发育不同的特征,为我们示踪冷泉状态提供基础。前人已揭示自生碳酸盐的地球化学(例如 Ge et al., 2010)和生物标志化合物(例如 Feng et al., 2014)等特征与冷泉状态的关系,并指出了文石相对高镁方解石(HMC)对应的冷泉活动(Roberts et al., 2010),本文将研究钙镁碳酸盐系列的矿物学特征并推测与冷泉活动的关系。

自生碳酸盐岩来自南海北部的神狐海区和台西南盆地,由广州海洋地质调查局的“海洋四号”采得。显微镜下观察到细粒棕色组分胶结石英等硅酸盐碎屑颗粒和少量生物碎屑。在透射电镜的扫描透射模式下可分辨棕色细粒组分中的碳酸盐颗粒,它们呈 1 微米左右的微晶,颗粒之间填充着粘土矿物,神狐海区的碳酸盐颗粒为半自形至它形,而台西南盆地的碳酸盐主要为它形。用微钻在样品内部和不同分带取样,通过 X 射线衍射(XRD)发现两海区钙镁碳酸盐的组合有明显差异,神狐海区的主要钙镁碳酸盐相为白云石和少量 LMC 和 HMC,台西南样品从外至内 3 个分带的钙镁碳酸盐相分别为 HMC、LMC 和白云石、HMC。从两海区样品中挑选主要的高镁碳酸盐相,利用透射电镜获得其[010]方向的衍射花样,神狐海区样品的超结构衍射点与标准白云石的接近或者稍弱,而台西南盆地样品的超结构衍射点明显较弱,表明 MgCO₃ 含量越来越低的原白云石。神狐海区的碳同位素分布在-45 ‰左右,台西南样品的碳同位素与分带相应地变化,从外至内先降低后升高,在-20 ‰和-30 ‰之间变化。

XRD 结果显示,神狐海区钙镁碳酸盐的(104)面间距整体低于台西南盆地样品的,并且两海区各相的(104)面间距都有较大的变化

范围,说明钙镁碳酸盐之间具有 MgCO_3 含量连续变化的趋势,整体上神狐样品中各钙镁碳酸盐相的 MgCO_3 含量高于台西南盆地的。在现代的“文石海”中,当达到碳酸盐的过饱和条件时,形成的碳酸盐相主要为文石和 HMC (Hardie, 1996),然而,在冷泉区却能形成多种 MgCO_3 含量的 LMC、HMC 和(原)白云石。一般认为,AOM 对硫酸盐的消耗 (Greinert et al., 2001) 以及所释放的硫化氢帮助 Mg^{2+} 的脱水 (Zhang et al., 2012) 使钙镁碳酸盐得以形成,进一步推测,越活跃的冷泉喷发支持越剧烈的 AOM 作用,可形成越多 MgCO_3 含量越高的钙镁碳酸盐。因此,我们可以根据钙镁碳酸盐相来推测沉积时的冷泉状态。与台西南盆地的样品相比,神狐海区样品中含有更多 MgCO_3 含量更高的钙镁碳酸盐,碳同位素也整体更负,暗示较活跃的冷泉喷发作用。台西南盆地的样品从外至内钙镁碳酸盐相和碳同位素的变化趋势都表明冷泉活动经历了弱-强-弱的演化过程。

S18-P-15S

非活动热液硫化物烟囱体的氧化性风化和微生物群落研究

崔加梅, 李江涛*, 吴自军, 耿坤, 周怀阳

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* jtli@tongji.edu.cn

当热液停止供给,海底硫化物烟囱体就会停止活动,并受到氧化性风化作用的影响,然而,目前人们关于非活动烟囱体的氧化性风化作用、微生物群落结构及其演化过程的研究却十分有限。2010年,我们从胡安·德富卡 Main Endeavour 地区采集到了非活动硫化物烟囱体和处于早期形成阶段的硫酸盐烟囱体。我们观察了烟囱体表面的氧化产物的超微结构发现了大量具有指示意义的显微结

构,这些结构具有非常明显的形貌特征,如螺旋状丝带体、树枝状分叉体、管状鞘体和不规则的丝缕体等,指示了嗜中性铁氧化菌类群对非活动硫化物烟囱体的氧化性风化作用具有重要影响。基于细菌 16S rRNA 基因的微生物群落结构分析表明这些铁氧化菌隶属于 *Gallionella* 属和 ζ -*Proteobacteria* 纲的微生物。另外,我们还在显微结构中发现由铁氧化菌形成的超微结构上存在大量由非生物过程沉淀的富 Fe 的次级结构,表明非活动热液硫化物所经历的氧化性风化作用受生物氧化和无机化学氧化双重控制。基于 16S rRNA 基因的微生物群落结构分析表明在非活动硫化物烟囱体中的细菌群落结构主要是 α - δ -和 γ -*Proteobacteria*, 古菌则主要包括 *Halobacteriales*, *Thermoplasmatales*, *Methanobacteriales*, *Methanopyrales* 以及 *Thaumarchaeota* 的 MGI 类群。经对比发现,非活动烟囱体中 TOC 含量很高,表明非活动烟囱体中仍然栖息着较高的微生物量,这些微生物参与了一系列的生物地球化学过程,包括铁的氧化作用、硝化和反硝化、氨的氧化以及甲烷产生等过程。微生物群落结构随烟囱体的逐渐生长而不断发生演化,热液烟囱体从形成早期的硫酸盐阶段到逐渐成熟的硫化物阶段再到最后停止活动时分别具有不同的微生物演化特征。另外,我们还发现不同地理位置、不同地质背景下的非活动硫化物烟囱体却具相似的细菌类群,这归因于它们具有相似的低温体系、微生物代谢有机物和经低温海水改造的矿物组成。我们的研究对于理解在热液活动停止后微生物参与的氧化性风化作用和非活动热液硫化物烟囱体的微生物演化具有重要的参考意义。

S18-P-16

南海北部水合物发育区冷泉碳酸盐岩成岩过程

曹运诚, 胡钰, 陈多福*

上海深渊科学技术研究中心, 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306

* dfchen@shou.edu.cn

冷泉碳酸盐岩对研究流体渗漏活动、碳酸盐岩形成机制、海底碳循环具有重要意义。但是现有研究主要侧重对成岩后的冷泉碳酸盐岩研究, 缺乏原位碳酸盐岩的生成过程、成岩类型及速率的研究。神狐海域 SH-W22 站位重力柱长约 7.6m, 利用 SO_4^{2-} 离子浓度剖面拟合的硫酸根-甲烷界面深度为 13mbsf。根据该站位重力柱孔隙水地球化学, 建立了硫酸根氧化甲烷(有机质)和碳酸盐岩生成的数值模型。模型考虑了 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、溶解无机碳(DIC)和 SO_4^{2-} 四种离子的流体对流、扩散及生物地球化学反应, 包括原位甲烷生成、硫酸根氧化有机质及甲烷、碳酸盐岩沉淀等。

模拟表明, SO_4^{2-} 浓度剖面受到硫酸根氧化甲烷速率的控制, 其中硫酸根氧化甲烷的速率约为 $0.016\text{mol}/\text{m}^2\text{-a}$ 。基于产甲烷过程中释放的 DIC, 升高 DIC 浓度, 利用实际的 DIC 剖面反演了产甲烷的生成速率约为 $10^{-5}\text{mol}/\text{m}^3\text{-a}$, 与 Blake Ridge 的计算值相近。

沉积物孔隙水的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 浓度受碳酸盐岩生成及生成的碳酸盐岩 Mg/Ca 比值控制。当碳酸盐岩的 Mg/Ca 比值为 0.66 时, 模拟的 DIC、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 浓度与实测值吻合。推测神狐 SH-W22 站位浅层现今生成的碳酸盐岩 Mg/Ca 约为 0.66(化学式 $(1.2\text{Ca}, 0.8\text{Mg})\text{CO}_3$), 应该为白云石。

同时模拟表明, 碳酸盐岩的生成主要集

中在 SMI 附近 10-13mbsf 之间生成, 其消耗 DIC 的速率为 $0.01\text{-}0.02\text{mol DIC}/\text{m}^3\text{-a}$ 。深度大于 13mbsf 时, 碳酸盐岩生成速率迅速降低(小于 $10^{-4}\text{mol DIC}/\text{m}^3\text{-a}$)。这主要是由于 SMI 界面处硫酸根氧化甲烷, 生成大量 DIC。但是 SMI 附近 10-13mbsf 范围内消耗 DIC 的速率约 $0.007\text{mol DIC}/\text{m}^2\text{-a}$, 明显小于硫酸根氧化甲烷生成 DIC 速率 $0.016\text{mol}/\text{m}^2\text{-a}$ 。代表在 SMI 界面硫酸根氧化甲烷生成的 DIC 约 44% 沉淀为碳酸盐岩, 剩余 DIC 则向海底扩散进入水体。

S18-P-17

华南早寒武世牛蹄塘组 Ni-Mo 矿层中喷流岩的发现及意义

林丽¹, 朱科宇², 马叶情³, 马莉燕⁴, 李秀华¹, 周玉华⁵, 任才云⁵

1 成都理工大学沉积地质研究院, 成都 610059

2 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059

3 甘肃工业职业技术学院, 天水 741025

4 桂林理工大学院, 桂林 541004

5 贵州瓮福磷矿, 福泉 550508

* linli@cdut.edu.cn

中国南方下寒武统黑色岩系以富含 Ni、Mo、V、U、PGE、REE 等元素而备受矿床学家和地球化学家们的关注。同时, 早寒武世是显生宙的第一个时期, 也是地史时期生物演化最为重要的阶段之一。在这个时期突然出现的大量后生动物这一生物事件引起了地学界的广泛重视。地质学家从古生物和沉积学、地球化学和矿床学等方面来寻找当时的黑色岩系中矿床的成因及与这段时期有关的生物事件的起因, 形成了对这一时期地球系统演化的前沿研究。有关 Ni-Mo 硫化物多金属层的成因是争论的焦点。Lott 等(1999)、Steiner 等(2001)、罗泰义等(2003)、曹双林等(2004)、杨瑞东等(1999, 2005, 2007a,b)、

Orberger et al. (2007); Yang et al. (2008)、Jiang et al. (2007,2008), 蒋少涌等, 2008; 李胜荣等 (1995, 2000)、Chen 等 (2009) 分别从古生物学、沉积学、地球化学和矿床学方面论证了早寒武世早期沉积的这套含矿的黑色岩系是与海底热水沉积作用有关, 而 Mao 等 (2002) 却认为是与上升洋流有关。Lehmann 等 (2007) 从 Mo 同位素数据上提出了这套硫化物矿层是在海洋环境中的低氧—缺氧的海洋环境中形成。范德廉等 (2004) 认为是与缺氧环境、上升流作用和海底张裂带热水喷溢物质的带来有关。Long 等 (1994) 在江西钒矿床所发现的钒冰长石岩肯定了海底喷流沉积的重要性。尽管对下寒武统牛蹄塘组底部这套多金属层的成因众说纷纭, 仍然在争议之中。

华南早寒武世牛蹄塘组镍钼矿层的下部发现了层状和透镜状的重晶石岩, 这些重晶石岩中有大量的大小不一的重晶石斑晶, 代表了喷流岩的岩石学特点。重晶石岩的 Ba 的含量高达 5.52%。重晶石岩的稀土元素配分模式表现为 LREE 富集, 明显的 Eu 正异常, 轻微的 Ce 负异常的特征, 分别与 SER 地区的黑白烟囱的稀土元素的配分模式相似。这些岩石学和地球化学的特征说明了镍钼矿层为海底热液喷流沉积。

S18-P-18

贵州瓮安下寒武统牛蹄塘组底部海绿石的发现及其意义

林丽¹, 朱科宇², 董正阁¹

1 成都理工大学沉积地质研究院, 成都 610059

2 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059

* linli@cdu.edu.cn

早寒武世是重要的地质和生物演化的转折时期。在这时期, 不仅有大量的带壳的后生动物的出现, 同时, 也是多金属矿床的形

成阶段。扬子板块东南缘广泛分布的早寒武世的牛蹄塘组就是这一时期的重要含矿层位。有关其沉积环境和沉积相存在着争议。主要有几种观点: 1) 上部氧化底部缺氧的江南页岩的局限深水盆地(Lehman et al., 2007; Xu et al., 2013); 2) 深水陆棚; 3) 浅海陆棚。海绿石是一种富钾、富铁的含水层状铝硅酸盐矿物。大量的研究表明, 现代海绿石主要形成在陆架边缘和大陆斜坡的上部, 水深范围为 50~500 m, 一般为 100~200 m 的沉积缓慢的区域。贵州瓮安地区牛蹄塘组底部发现厚薄不均匀的海绿石岩。海绿石岩的沉积岩石学特征研究表明海绿石为低钾 K₂O (< 4%) 的原地海绿石。牛蹄塘组底部的海绿石特征表明它们的沉积环境是一个沉积速度缓慢、弱氧化还原、水深在 50~500m(近 200m)外陆棚环境。

S18-P-19

下寒武统牛蹄塘组 Ni、Mo 多金属矿中的生物成矿作用

林丽¹, 朱科宇², 周玉华¹

1 成都理工大学沉积地质研究院, 成都 610059

2 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059

* linli@cdu.edu.cn

早寒武世是重要的地质和生物演化的转折时期。在这时期, 不仅有大量的带壳的后生动物的出现, 同时, 也是 Ni、Mo 多金属矿床的形成阶段。扬子板块东南缘广泛分布的早寒武世的牛蹄塘组就是这一时期的重要含矿层位。1) 化石研究表明, 在牛蹄塘组的镍钼矿层中, 主要有蠕虫状化石组合、硅质海绵骨针、软舌螺类以及大量的菌藻类化石等。2) 牛蹄塘组镍钼矿层的下部发现了层状和透镜状的重晶石岩, 代表了喷流岩的岩石学特点。重晶石岩的稀土元素配分模式表现为明显的 Eu 正异常, 分别与 SER 地区的黑白烟

卤的稀土元素的配分模式相似。其次，矿石的微量、常量和稀土元素地球化学参数分析表明，华南地区寒武系底部的多金属含矿岩系普遍存在明显的水热沉积。3) 华南牛蹄塘组镍钼多金属矿层有机碳含量普遍偏高，平均值为 7.5%，最高达 19.45%，并且有机碳与镍钼多金属元素含量之间呈正相关关系。4) 镍钼矿石的生物标志化合物分析表明，华南地区早寒武世初期存在微体古生物群落，该群落以低等古菌类中的生甲烷菌和极端嗜盐菌的繁盛为特征，同时还有大量的原核类微生物细菌和蓝藻细菌以及少量真核藻类生物。这种微体生物群落特征与现代海底热水喷口/黑烟囱处发现的微体生物群落具有相似性。5) 华南牛蹄塘组镍钼矿层中，不仅见有大量的宏体化石，而且还有含有大量的菌藻类生物，这些生物及衍生的有机质与金属元素含量之间呈正相关的关系，由此说明生物和有机质在镍钼多金属矿层的形成过程中起了重要的作用。

S18-P-20

Light carbon isotope events of foraminifera attributed to methane release from gas hydrates on the continental slope, northeastern South China Sea

Zhuang Chang*, Chen Fang, Cheng Sihai, Lu Hongfeng, Cao Jun, Jin Xia

(庄畅*, 陈芳, 程思海, 陆红锋, 曹珺, 荆夏)

Key Laboratory of Marine Mineral Resources, Ministry of Land and Resource, Guangzhou 510075, China; Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510075, China

* zhchdatou@126.com

The foraminifer research in the gas hydrate geological systems of the South China Sea (SCS) began considerably later, due to the lack of investigation equipment, sampling techniques and significant samples. During June to September 2013, the China Geological Survey and Guangzhou Marine Geological Survey, incorporating with the international companies FUGRO and GEOTEK, conducted the second Chinese gas hydrate expedition (GMGS2) aboard the M/V *REM Etive*. Thirteen sites were drilled on the rises situated in the central Taixinan Basin, close to the eastern Pearl River Mouth Basin, in water depths from 664 to 1420 m. In addition, five of the sites were cored for further analysis, while the deepest coring depth reached 213.55 m. The gas hydrates are deposited mainly in the form of laminations, veins, nodules and as disseminated or massive bodies. The saturations of gas hydrate are in the range of approximately from 45 to 100%, with methane content being over 99%. This program provides us with a rare opportunity to research the stable isotopic characteristics of foraminifer in gas hydrate geological systems.

Within the drilling area, Site GMGS2-08 is selected for the stable isotopic analysis of foraminifera present in the boreholes in order to reveal the carbon isotopic characteristics of the foraminifera and their response to methane release in the gas hydrate geological system. Our results show that the methane content at Site GMGS2-08 is extremely high, with headspace methane concentrations up to 39,300 $\mu\text{mol L}^{-1}$. The hydrocarbon $\delta^{13}\text{C}$ values, ranging from -69.4 to -72.3% PDB, distinctly indicate biogenic generation. Based on the δD analytical

results (−183 to −185‰ SMOW), headspace methane is further discriminated to be microbial gas, derived from CO₂ reduction. By isotopic measurement, foraminiferal δ¹³C values are apparently lower than the normal variation range found in the glacial-interglacial cycles of the SCS. Scanning electron micrograph (SEM) studies show that foraminiferal tests have experienced post-depositional alteration, infilled with authigenic carbonate, and the diagenetic mineralization is unlikely related to the burial depths. The correlation calculation suggests that the anaerobic oxidation of organic matter has only weak influences on the δ¹³C composition of benthic foraminifera. This means that the anomalous δ¹³C depletions are predominantly attributed to the overprinting of secondary carbonates derived from the anaerobic oxidation of methane (AOM). Furthermore, the negative δ¹³C anomalies, coupled with the positive δ¹⁸O anomalies observed at Site GMGS2-08, are most likely the critical evidence for gas hydrate dissociation in the geological history of the study area.

Five gas hydrate dissociation events have been recognized in the boreholes obtained from Site GMGS2-08. Separately, Event V is likely incomplete, as it is towards the bottom of the sampling boreholes. Event IV, probably the strongest methane emission event, is documented by a mass of bioclastic limestones, breccia carbonates and porous breccia limestones (with δ¹³C values of −43.05 to −50.50‰ PDB and δ¹⁸O values of 2.97 to 5.66‰ PDB) in the corresponding interval of 08F. Combined with the biostratigraphic timescale, the Last Occurrence (LO) of pink

Globigerinoides ruber, corresponding to an age of ~0.12 Ma in the Indo-Pacific regions, is situated at 67.7 mbsf. Thus, we presumed that Event IV occurred in the early MIS 5 period, as likewise supported by U/Th dating (0.11–0.13 Ma BP) measured from the carbonate in the overlying layer. In addition, rapid δ¹³C negative excursion events that occurred during the penultimate deglacial period were also found at ODP-1144 and core 08CF7 in the northern SCS, and core NS93-5 in the southern SCS. This suggests that a large-scale seabed methane emission took place on both the northern and southern SCS slope during this period. The driving mechanism may be climatic factors that induce sea-level changes. Alternatively, the inflow current from the West Pacific warm pool, which triggered the warming of sea-bottom waters during the MIS 6–5 transitional period when the pathways connecting the SCS with the West Pacific were opened completely. Event III is characterized by a long-lasting anomaly, with δ¹³C values varying frequently and in large amplitudes, indicating transient methane escape events. Events II and I are marked by extremely negative δ¹³C excursions of foraminifera as low as −15.85 and −5.68‰ PDB for benthic *Uvigerina peregrina* for planktonic *Globigerinoides ruber*, respectively, which were likely affected by the authigenic carbonate nodules present in the corresponding horizons. It remains unclear as to whether the depletion and variability observed in the foraminiferal δ¹³C values are related to the strength of the venting.

S19-O-01

南海地貌及其成因的初步探讨

朱本铎

国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广州 510760

海底地貌形态受内营力和外营力的共同作用而形成。内营力主要是地质构造、岩浆活动等因素, 塑造区域的地貌格局; 外营力主要是沉积物冲填、水流冲刷、浊流沉积、生物作用等因素, 影响局部地貌形态。南海处于欧亚板块、太平洋板块和印度—澳大利亚板块之间, 板块在不同时期相互作用强烈影响南海的构造地貌。此后南海地貌受到多种外营力的长期作用, 形成现今纷繁复杂的地貌形态。

南海是西太平洋边的缘海之一, 面积近 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$, 俯视形态呈菱形, 大致北东—西南向延伸。南海地形从周边向中央倾斜, 水深逐渐增大, 发育的一级地貌单元依次为陆架和岛架、陆坡和岛坡、边缘海盆地、大型海沟(马尼拉海沟)。这些大型地貌单元是外营力和内营力共同作用形成。陆架和岛架坡折线水深一般在 200m~250m 之间, 总体地形平坦, 其上发育有水下浅滩、河口三角洲、海底谷和水下阶地等地形单元。这些二级地貌单元是外营力对南海地貌改造的直接体现。

南海陆坡和岛坡地形高差起伏大, 水深范围大致在 200~3800m 之间, 受板块活动、海底扩张等作用影响, 发育有陆坡斜坡、海台、海岭、海槽等地貌。边缘海盆地即为南海中央海盆, 地貌以深海平原和海山群、海山链为主。深海平原的水深范围大致在 4000~4500m 之间, 总体地形平坦, 是南海海盆扩张后沉积物冲填所形成。海山群和海

山链为高差悬殊的海山、海丘所构成, 海山的最大地形高差超过 3000m。海山的形成可能是岩浆活动的结果, 也可能与海底扩张有关。

南海还发育大量海谷、峡谷群、麻坑群、深海沙波等特殊地貌, 指示着南海地貌及其成因极为复杂, 值得我们进一步探讨。

S19-O-02

内波与内孤立波的浅化和地形地貌的关系研究

宋海斌^{1*}, 关永贤², 杨胜雄², 拜阳¹, 耿明会¹, 王亚龙¹, 黄晞桐¹, 陈业伟¹

1. 海洋地质国家重点实验室, 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092;
2. 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广州 510760

* hbsong@tongji.edu.cn

研究地形地貌对海水多尺度运动与沉积过程的影响, 对中小尺度海洋动力学、深海沉积学等的发展具有重要意义。地震海洋学以 CT 的方式探测近海底海水层, 识别雾状层, 揭示中小尺度(涡旋, 内波, 混合)物理过程对海洋地质过程的重要作用。对特殊地形地貌区地震海洋学资料综合研究, 重点处理、分析沙丘区、海山区、峡谷区、陆架坡折带的地震剖面, 获得反映细结构变化信息的典型地震剖面, 结合已有的流体力学实验和前人成果, 开展小尺度地球物理流体动力学数值模拟, 进行进一步研究, 可深化地形地貌与流体运动、沉积搬运过程密切关系的认识。

内波与内孤立波在全球边缘海与近岸海洋广泛分布。内波、内孤立波从深海盆到陆坡陆架传播过程中, 会发生浅化作用。陆架陆坡区内波的破碎与耗散对混合具有重要的意义, 改变了层结, 增强了生物生产率和沉积物悬浮、输运, 颗粒物、营养物质的跨陆架

陆坡输运, 地形地貌的塑造等均具有重要作用。内孤立波是能量最强的内波。它们诱发的强流导致下方底边界层的不稳定, 是一种重要的耗散机制, 沉积物再悬浮的重要动力源。在水柱的内部, 内孤立波的剪切不稳定提供了波场耗散的重要机制, 导致热量和营养物质的垂向混合。浅化内波形成孤包, 驱动沉积物和高密度流体向上坡方向流动。内孤立波破碎被分成垮塌型和跃进型破碎等类型。这导致整个水柱的混合。内孤立波破碎可通过下凹型波的后侧流动分离和涡旋脱落进入水柱内部。很多研究表明破碎内波对特定位置的生物生产率提高有贡献。野外观测表明陆架陆坡区的内波场很复杂。理论工作, 数值模拟和实验室实验关注简单的几何假设和孤立的过程。有必要开展更实际层结和更复杂几何条件的数值模拟, 深化实际海洋中发生的物理过程的认识。

我们基于多波束水深数据, 多道地震数据、遥感数据以及数值模拟结果对南海东沙海域的内波、内孤立波浅化过程进行研究, 并着重探讨地形地貌与内波浅化的关系。具体阐述以下问题: (1) 陆坡坡度与临界陆坡; (2) 浅化过程中内波、内孤立波波形的变化; (3) 浅化过程中的不稳定; (4) 浅化过程与沉积物的悬浮; (5) 浅化过程与颗粒物输运; (6) 浅化过程中的底边界层; (7) 浅化过程与上陆坡沙丘。

S19-O-03

南海北部珠江口盆地多期次海底滑坡的形成时间、控制因素和动力学特征

孙启良^{1,2*}, 解习农^{1,2}, David J.W. Piper³, 吴静⁴, 吴时国⁵

1 中国地质大学构造与油气教育部重点实验室, 武汉 430074

2 中国地质大学, 资源学院海洋科学与工程系, 武汉 430074

3 Natural Resources Canada, Geological Survey of Canada (Atlantic), Bedford Institute of Oceanography, P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia, B2Y 4A2, Canada

4 中海油深圳分公司, 广州 510240

5 中国科学院三亚深海科学与工程研究所, 海南三亚 572000

* sunqiliang@cug.edu.cn

根据高精度三维地震资料, 在南海北部珠江口盆地荔湾凹陷识别出三期海底滑坡。滑坡在海底主要表现为高约 30-120 米的陡坎; 其内部地震反射特征非常复杂, 以杂乱反射为主, 并且可见残留块体、挤压褶皱和叠瓦状逆冲断层等构造; 其底部是一个强烈剪切面, 且发育线性的侵蚀沟槽构造。根据滑坡内部的地震反射特征和底部的侵蚀构造可以发现海底滑坡的运动方向为从西北向东南方向运动。在局部地区, 例如第二个海底滑坡的头部, 滑动物质会向西南方向滑动。通过连井 (ODP1146) 地震剖面 and 地震合成记录, 对研究区内的三期滑坡的形成期次进行了厘定。第一期 (最早) 海底滑坡大约发生在约 1.59 百万年以前; 第二期海底滑坡发生在大约 0.50 百万年; 最新一期的海底滑坡发生在距今约 0.19 百万年以前。保守估计, 研究区内的残存的滑塌沉积物约 37.88 立方千米。根据巨大的海底陡坎判断, 实际发生滑塌的沉积物体积应该远远大于残存在研究区的沉积物的体积。另外, 研究发现海底滑坡的陡坎与之下的基底隆起之间存在着密切的关系。陡坎往往发育在基底隆起的西部斜坡或者基底隆起的顶点西部。说明海底滑坡的发育受到基底隆起构造的控制。本研究将会极大地促进南海北部海底滑坡的研究, 并对该区域海底地质灾害的评估也具有很大的帮助。

S19-O-04

晚中新世红河断裂走滑反转事件的海底滑坡证据

王大伟^{1*}, 吴时国¹, 李春峰², 姚根顺³

1 中国科学院深海科学与工程研究所, 三亚 572000;

2 浙江大学海洋学院, 舟山 316021

3 中石油杭州地质研究院, 杭州 310013;

* wangdawei@idsse.ac.cn

晚中新世 (~5.5 Ma), 琼东南盆地深水区发育面积约 1,8000 km²、最大沉积厚度达到 930 m 的大型海底滑坡。大型海底滑坡具有明显的地震相特征, 头部发育正断层, 侧向边界形成陡崖, 底部形成强剪切面, 内部地震反射杂乱, 被平行-亚平行的连续地震相所围限, 呈现从南向北的主体搬运方向, 主要物源来自于位于中南半岛以东、广乐隆起以北的琼东南盆地南部区域。在区域上, 晚中新世红河断裂发生走滑反转, 中南半岛的隆升和侵蚀加剧, 南海西部的沉积速率突然加速, 这些事件为大型海底滑坡的形成提供了基本条件与触发机制。大型海底滑坡的发现提供了晚中新世红河断裂走滑反转构造事件的沉积学证据, 并通过海底滑坡顶界面地质时间的约束, 推断红河断裂反转过程中最剧烈的构造活动发生在 ~5.5 Ma。

S19-O-05

珠江口盆地陆坡峡谷区的块体搬运沉积和流体活动

陈端新^{1*}, 王秀娟¹, 吴时国², 李清平³

1 中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071

2 中国科学院深海科学与工程研究所深海地球物理与资源研究室, 三亚 572000

3 中海油研究总院深水工程技术中心, 北京 100027

* chenduanxin07@qdio.ac.cn

珠江口盆地陆坡峡谷区是南海陆缘物质向深海搬运的重要通道, 重力流沉积发育广泛, 流体活动也十分活跃, 油气和天然气水合物资源储量丰富。但对于该区块体搬运沉积的类型、分布和触发机制以及大量流体活动现象的成因解释还不够系统和清楚。

本研究借助基本覆盖珠江口盆地陆坡峡谷区的高分辨率三维地震资料, 依据头部(侧部)陡崖、滑移面、内部连续性等反射特征分别在陆架坡折带附近、峡谷脊部、峡谷出口下部识别了滑动、滑塌和碎屑流性质的块体搬运沉积体, 描述了其分布规律, 对其形成机制进行了阐述。海平面变化引起的孔隙压力变化和高沉积速率是引起滑动型块体搬运沉积的重要原因; 峡谷脊部较大的坡度是滑塌型块体搬运沉积形成的主要原因; 碎屑流沉积的产生与复合水道和气烟囱引起的流体活动和断层活动密切相关。

研究中识别了气烟囱、泥底辟、麻坑和天然气水合物等流体活动形成的沉积构造。其中气烟囱和 BSR 分布范围最为广泛, 且两者叠置发育。这说明气烟囱是形成天然气水合物的流体来源的重要通道。晚中新世末期的东沙运动很可能诱发了超压流体释放。

S19-O-06

南海海域构造地貌及其多期动力成因

关成尧^{1*}, 漆家福², 张厚和³

1 防灾科技学院地震科学系, 河北三河 065201

2 中国石油大学地球科学学院, 北京 102200

3 中海油研究中心规划研究室, 北京 100027

* gcywww@126.com

南海的地貌类型涉及到海底地貌和地层地貌两大类, 海底地貌类型涉及到古隆起地貌、火山地貌、珊瑚礁地貌、沉积地貌、转换切割地貌、冲刷海谷地貌、堆积地貌、深

海平原、轴脊裂谷等地貌。地层地貌类型涉及到继承性古隆起地貌、挤压挠曲地貌、基底差异沉降地貌、挠曲压陷地貌、挤压冲断地貌、火山拖曳地貌等类型。

在宏观地貌分布方面,南海西部和北部等外围为沉积控制地貌,受五大水系控制,南海腹地构造控制地貌。南海海域围绕着郑和隆起存在继承性古隆起地貌,并大范围分布有挤压挠曲地貌,成为南沙地层地貌格局的主体。南沙海域呈现火山和盆地相间的构造特别突出,成为南沙海底地貌的主体,火山拖曳地貌也较为常见,火山地貌受控于断裂的分布。在靠近中央海盆,尤其西南次海盆的两侧则主要是伸展导致的断阶地貌,并存在以北西向走滑控制的转换切割地貌,在此切割地貌基础上形成水下浊流冲刷地貌。中西沙海域以断阶和“断切块”地貌最为显著,挠曲沉陷地貌分布在南沙海槽,挤压冲断地貌主要分布的婆罗洲北部的逆冲推覆带。在晚期的西部沉积地貌的方面,南海存在三个向南海腹地突出的沉积覆盖地貌,南沙占两个,是继承性隆起控制的沉积地貌。

在时间次序方面,经历了继承性古地貌演化期、裂陷地貌期、切割-断阶地貌期、中部挤压-冲断地貌期、火山地貌期等时序。在南沙区域,构造地貌是整体宏观控制,火山地貌是突出表现,而沉积地貌是局部的内涵所在。在表层覆盖方面,五大水系是的加积进积地貌的主要控制因素。

在各个阶段动力学方面,裂陷地貌期产生中业-永登裂陷槽、南沙大陆边缘盆地等沉积体系,在 39Ma-17Ma 之间,南海以中央及西南次海盆的扩张为主,产生断阶地貌和 NW 向转换切割地貌,在中中新世产生类挤压褶皱地貌,而在晚中新世则产生火山的大范围喷发,形成扩张后的“火山侵入幕”,之后,南海的大体地貌基本定型,之后是沉积地貌

的逐步改造阶段。

S19-O-07

东沙西南海区泥火山探查

阎贫*, 赵旭, 王彦林

中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

* yanpin@scsio.ac.cn

多道反射地震和 Chirp 浅地层剖面显示,在南海东沙群岛西南陆坡和白云凹陷东部陆坡之间的深水(500-1000 m)陆坡上矗立着一系列高出周围海底 50-100 m 的丘形地质体。这些地质体顶面为强反射,海底声波屏蔽严重,内部地层发生明显褶皱形变、断裂,反射波呈现杂乱和空白。浅地层剖面还显示丘状构造区有进入水体的气体羽状构造,高达 50 m。通过相邻测线对比,这些丘形地质体呈现单一和复合叠加的复杂形态,呈带状沿 NWW、NW 方向分布,长度超过 10km,单个宽度达 2km。通过箱式海底沉积取样获得的海底样品包含丰富的冷水珊瑚和生物成因的致密碳酸盐结核、烟囱。可以推断东沙西南的丘形地质体就是泥火山带,且可能是一个重要的水合物潜在区。

地震剖面对比显示,调查区具有明显的双层地震地层结构,上层为厚度普遍小于 1 km 的新生界,下层为遭受挤压隆升的中生界。上述泥火山构造的形变和空白带深达 5.5 km,形成泥火山的气源层可能是中生代沉积层或者更深岩层。

S19-O-08

利用多波束研究南海北部与西部的麻坑分布特征

关永贤¹, 陈江欣², 宋海斌³, 刘胜旋¹, 拜阳³

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 中国地质调查局广州海洋地质调查局, 广州 510760

- 2 国土资源部油气资源和环境地质重点实验室, 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071
- 3 海洋地质国家重点实验室, 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

南海是东亚大陆边缘最大的边缘海, 是重要的油气资源产区。早期由于勘探程度较低以及地形地貌资料分辨率不足的原因, 麻坑以及泥火山并没有被发现和研究; 自 20 世纪 90 年代后期开始, 随着国内多波束声学测深系统的应用与推广, 麻坑和泥火山等海底地貌才逐渐在高分辨率的地形地貌资料中被发现和研究。本文基于高分辨率的多波束地形资料, 发现了南海北部和西部多处麻坑发育区, 同时结合已有的南海北部与西部区域的相关研究, 总结了麻坑在南海北部与西部区域的分布位置、大小和形态等分布特征。

本文主要利用 1990 年代后期以来广州海洋地质调查局在南海广大地区进行的多波束水深测量所得的 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 的高分辨率网格化水深数据, 对南海北部和西部的麻坑进行分析和研究。

1 台西南盆地区域

台西南盆地区域鲜有麻坑发现。

2 珠江口盆地区域

珠江口盆地位于南海北部陆架与陆坡区, 面积广阔, 新生代沉积厚度超过 10 km 。在此区域发现了大量的油气藏与天然气水合物的分布 (王建桥等, 2005; 梁劲等, 2013)。该区域流体渗漏体系较为发育, 气烟囱、泥底辟等流体渗漏通道发现较多, 然而出露于海底的麻坑海底地貌发现却较少 (Sun et al., 2012)。少量麻坑在珠江口盆地西部坡折带以及陆架区域被发现。

3 琼东南盆地区域

琼东南盆地中央盆地区并没有发现海底麻坑, 而在盆地北部陆架区域有一处麻坑发育区位于海南岛南部陆架区域, 地形平坦, 水深约 170 m 。该区域共约有 13 个圆形以及

椭圆形麻坑, 有的为彗星形麻坑, 麻坑最小直径约为 400 m , 最大直径约为 1200 m , 最小坑深约 4 m , 最大约有 18 m ; 总体而言, 多数麻坑直径在 600 m 左右, 坑深在 10 m 左右。

4 南海西部区域的麻坑

莺歌海盆地的麻坑主要分布于莺歌海盆地中央坳陷带和莺东斜坡带。该处麻坑大多为圆形或者椭圆形, 直径约 $0.5\text{--}26\text{ m}$, 深约 $0.5\text{--}6.7\text{ m}$, 属于小麻坑发育区。

西沙海台区域位于西沙群岛西北部。该处麻坑发育区位于海台顶部平坦地区, 总体上形态比较规则, 大部分成圆形, 少量为椭圆形, 海台顶部水深约为 $550\text{ m--}600\text{ m}$, 麻坑直径最小约为 300 m , 坑深不超过 10 m , 直径最大的约为 1000 m , 坑深约为 40 m 。大部分麻坑直径分布在 600 m 左右, 坑深 $20\text{--}30\text{ m}$ 。虽然该区域麻坑分布比较广泛, 但是并没有发现泥火山。

西沙群岛西部区域发育圆形以及椭圆形麻坑, 有些呈不规则状; 该处水深约为 800 m , 麻坑直径多在 $1000\text{ m--}2000\text{ m}$ 之间, 有的甚至超过 2000 m , 坑深在 $100\text{ m--}200\text{ m}$ 之间; 该发育区北部为海底软沉积物变形区, 其间发育有海底峡谷, 其宽度约为 3000 m , 深度约有 300 m 。

广乐隆起北部区域, 地形比较平坦, 水深约为 470 m 。地形图中可以看出, 该区域普遍发育有十几处圆形麻坑, 形状比较规则, 直径普遍在 $500\text{--}1000\text{ m}$ 之间, 深度在 $20\text{--}50\text{ m}$ 之间。

中建南盆地北部, 广乐隆起以南和以东区域, 发育有椭圆形、长条形麻坑所形成的串珠状麻坑、圆形麻坑、月牙形麻坑、长条形麻坑以及不规则形状麻坑, 并伴有大范围的海底沉积物变形。该处水深约超过 800 m , 主要有四处明显的串珠状麻坑, 长度

从 10-30km 不等，麻坑直径 1500-2500 m。

中建南盆地中部偏北处，地形起伏，麻坑发育区以及沉积物变形区主要分布在比较明显的地形隆起区域，该区域海底沉积物变形严重，有几处比较明显的麻坑。麻坑主要为圆形以及近似椭圆形，其余呈不规则形状，水深约 160 0m，麻坑的规模普遍较大，直径普遍在 2000-3000 m 之间，深度在 100-200 m 之间，个别超过 200m。

分析：麻坑作为流体渗漏体系的重要标志，一方面能够说明某些区域油气等流体的大量渗漏与逸散，另一方面也能够说明某些区域持续构造活动有利于该区域深部流体的重新聚集与分布，是重要的油气聚集区域。南海北部与西部的麻坑主要分布在大陆架近坡折带和大陆坡区域，而这正是 10 Ma 以来活动构造最为活跃的地带，也是沉积较为薄弱的地带。而麻坑的分布特征很大程度上受到这些构造活动、构造断裂带和新生代后期沉积的影响。新生代后期，尤其是近 5Ma 新构造活动期以来，南海北部区域构造活动，自东向西影响逐渐减弱，在此背景下，台西南盆地的泥火山发育最为广泛，规模也较大。而珠江口盆地、琼东南盆地的麻坑、泥火山沿陆架近坡折带和大陆坡区域发育。南海西部区域受到红河走滑断裂带持续活动的影响，莺歌海盆地泥底辟发育数量多，规模大，而出露的泥火山较少，由于沉积层较厚，麻坑发育较少，规模较小；而西沙群岛西部区域与中建南盆地北部区域，由于新生代沉积较薄，受断裂带构造活动的影响，海底沉积物变形复杂，麻坑、泥火山发育数量较多，规模较大，流体活动剧烈。

S19-O-09

The impact of fluid advection and migrating canyons on Gas

hydrate distribution in the Pearl River Mouth Basin, northern slope of South China Sea

Xiujuan Wang^{1, 2*}, Jin Qian^{1, 2}, Duanxin Chen^{1, 2}, GuangXu Zhang^{1, 2}, Shengxiong Yang³, Yiqun Guo³, Pibo Su³

1 Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071, China

2 Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao, 266071, China

3 Guangzhou Marine Geological Survey, MLR, Guangzhou, 510075, China

*wangxiujuan@qdio.ac.cn

The concentrated gas hydrate has been identified from core samples, downhole wireline log (DWL) and three-dimensional (3-D) seismic data collected in the Pearl River Mouth (PRM) Basin, South China Sea. The base of gas hydrate stability (BGHSZ) was calculated from a model using the inverted P-wave velocity and subsurface temperature data. The gas hydrate phase boundary varies significantly in areas of focused fluid flow, high erosion and sedimentation, suggesting a dynamic hydrate system. The relic BSR was identified in the ridge of canyons and anomalous BSR shifts in this region. The sea level change and temperature during the Last Glacial Maximum may cause the anomalous BSR shift in the study area. The calculated BGHSZ and the interpreted BSR identified from the 3D seismic data were compared to show warm fluids ascending through gas chimneys from deep sediments. Furthermore, the migrating canyons make good BSRs on the north side of ridge and poor or no BSR on the south side of the ridge due to the migration direction of canyon is from southwest

to northeast. The top boundaries of enhanced reflections terminate just at the observed BSR or at the approximate depth of BGHSZ indicating the present of free gas.

S19-O-10

南海海底平顶山\海台的分布特征及其意义

黄文星^{1*}, 朱本铎¹, 周怀阳²

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广东广州 510760

2 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092
* jackyhwxing@163.com

南海的沉降史研究一直是南海研究的热点和难点之一。前人对南海周缘各主要沉积盆地的沉降史进行了研究, 但研究方法相对单一, 主要是基于地震剖面利用一定的数学模型, 进行定量半定量的估算, 估算的结果受模型选择、剖面选取、层序划分方案以及其他相关参数设定的影响较大, 不同人在不同区域的研究成果无法进行对比研究。近年来, 一些学者开始通过南海周缘发育的淹没碳酸盐台地来研究南海的沉降史, 由于南海的碳酸盐台地多与生物礁有关, 而生物礁又能极好地指示古海平面, 另外, 生物礁地层较为丰富的化石为地层年代的测定提供了便利, 因此, 很大程度上提高了沉降估算的精度, 但目前这些研究仅限于南海周缘少数的几个沉积盆地中。

本研究基于高精度的多波束水深资料, 在南海陆坡和海盆均识别出大量的海台和平顶海山, 这些海台和平顶海山的建造可能与生物礁有关, 将可以为我们的研究整个南海的沉降史开辟新的窗口。

初步的统计结果显示: 南海共发育平顶海山/海台 50 座; 其中面积大于 5 平方千米的有 23 座; 水深最大 838m, 最小 136m, 平均

水深 502m。在区域上这些平顶海山/海台主要集中分布于西沙海底高原、中沙北海岭、盆西南海岭和中央海盆; 在南海北部陆坡和南沙海域也有少量分布。

S19-O-11

南海西部麻坑、泥火山地貌特征及成因分析

陈江欣^{1,2*}, 宋海斌³, 关永贤⁴, 杨胜雄⁴, 刘伯然⁵, 拜阳³, 耿明会³

1 国土资源部油气资源和环境地质重点实验室, 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

2 海洋国家实验室, 海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室

3 海洋地质国家重点实验室, 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

4 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广州 510760

5 国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005

* jiangxin_chen@sina.com

南海西部为走滑大陆边缘, 研究区位于中建南盆地中北部区域, 主要受控于越东走滑断裂带的控制, 在新生代经历了中一晚始新世至晚渐新世的裂陷期, 晚渐新世——中中新世的坳陷期以及晚中新世以来的热沉降期, 是新生代形成的走滑——拉张复合型沉积盆地。自上新世约 5.5 Ma 新构造活动期以来, 盆地构造——流体活动活跃, 发育了大量盆地流体逸散活动, 海底冷泉活动活跃, 海底地形地貌复杂, 其中主要以千米量级的麻坑和泥火山(群)为主。

研究区海底麻坑属于千米量级规模的巨型麻坑, 形态呈现圆形、椭圆形、长条形、彗星形、新月形和不规则形态特征, 复杂多样; 有多个麻坑一起形成复合麻坑, 有的呈串珠状、链状, 有的则成群出现。多道地震资料解释揭示这些麻坑往往与地层内部具有强振幅特征的断层、管道等流体逸散通道相

连,有的则与气烟囱、底辟等构造相连,表明海底麻坑的产生原因主要是盆地流体逸散所造成,但成因复杂。最新研究结果显示,该区域独特发育的新月形麻坑的产生是超压流体逸散、重力滑塌和浅部砂体侵入的共同作用所产生的,形成过程复杂。但这也未能解释相比较其他海域(如西非、墨西哥湾、北海等),这里的麻坑为何规模如此巨大。研究区海底泥火山同样具有千米规模,孤立或成群发育,有的与麻坑相伴生。地震资料揭示,海底泥火山具有与通常泥火山(如地中海海域)相异的火山通道,该通道下半部分具有细长的管道特征而上半部分具有发散状的渗漏通道特征,可能表明了不同深度流体来源,相比较常规管道可能更加复杂的水、气体等混合组分。

地震地层学分析表明,南海西部巨型麻坑、泥火山(群)的产生受控于近 5.5 Ma 新构造运动的影响,其中泥火山发育具有 2 期发育特征,而麻坑主要发育形成于晚期。然而,其地貌塑造过程受到构造背景、沉积作用、海流以及流体活动等多方面的影响,其具体成因和相互之间的区别和联系还未可知,值得进一步探讨,这对于古地貌恢复、环境变化研究具有重要借鉴意义,也可对海洋石油平台安全、冷泉生物地球化学研究、深水油气勘探等方面提供重要基础参考。

S19-O-12

南海北部第四纪单向迁移水道地貌分类及其控制因素

王星星¹, 王英民^{1*}, 何敏², 陈维涛², 卓海腾¹

1 浙江大学海洋学院, 浙江舟山 316000

2 中海石油(中国)有限公司深圳分公司, 广东广州 510240

* wym3939@vip.sina.com

南海北部陆坡所发育的单向迁移水道(UMDCs)目前已得到大量研究,但鲜有研究对其进行成因分类。本次研究主要基于三维地震资料,对南海北部陆坡的第四纪单向迁移水道的地貌特征分类及其控制因素进行了探讨。结果表明,虽然这些水道总体上均表现出北东向单向迁移的特征,但其间仍表现出一定的地貌差异,可进一步将其分为三种不同类型,即 UMDC1、UMDC2 及 UMDC3。

UMDC1 与其上倾方向的陆架边缘三角洲直接相连,水道头部表现出明显的滑塌特征,且水道上一中段之间发育有显著的坡折点; UMDC2 与陆架坡折的距离相对较远,未与陆架边缘三角洲直接相连,UMDC2 表现出更为光滑的水道头部和逐渐变缓的、相对光滑的纵剖面; UMDC3 靠近构造活动相对活跃的东沙隆起并远离陆架坡折,其发育揉皱的水道头部、崎岖的水道纵剖面和较大的水道宽/深比。

通过对不同水道的地貌特征进行对比分析表明,这些水道的相似性主要受控于持续存在的底流(本研究区主要是指 NPIW)。NPIW 可以对细粒沉积物进行搬运,这些被底流所搬运的悬浮沉积物可以被陆坡水道所捕获并进一步形成浊流,底流所搬运的沉积物还可在水道缓坡一侧形成侧积的泥质披覆体,这些泥质披覆侧积体可迫使后期的浊流沿着水道陡岸一侧搬运,进而促使水道逐渐向北东向迁移。由于浊流和底流的流体能量一般具有较大的差异,只有二者能量相当时才可以发生交互作用。不同类型的水道地貌差异主要受到浊流类型的控制。UMDC1 主要受陆架边缘三角洲前缘滑塌所触发浊流的控制,该类型浊流幕式发育、起始能量较强并在经过坡折点后发生沉积; UMDC2 主要发育海洋动力作用所触发的浊流,如潮汐、风暴潮等,该类型浊流发生频率相对较高,其能够频繁

的冲刷侵蚀水道使得水道纵剖面相对更为光滑; UMDC3 远离陆架坡折, 主要发育开阔陆坡滑塌所触发的浊流类型, 开阔陆坡滑塌作用使得水道纵剖面较为崎岖。

S19-P-01

南海沉积波和超临界浊流底形研究进展

钟广法^{1*}, 王嘹亮², 匡增桂², 郭依群²

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 广州海洋地质调查局, 广州 510075;

* gfz@tongji.edu.cn

南海海底沉积波非常发育, 其波长一般为数百米至数千米, 波高数米至数十米; 波形对称、不对称或无规律; 沉积波的成因尚存在分歧, 主要有浊流、底流、浊流-底流联合作用及沉积物失稳等多种观点。多波束和反射地震资料表明, 南海东北部陆坡发育多个沉积波分布区, 每个波区由数列至十多列沉积波组成, 单个沉积波横剖面形态多呈不对称状, 波脊逆坡迁移; 波脊延伸方向与陆坡等深线方向一致; 主要分布于峡谷右岸及峡谷口外扇体之上。结合岩心资料分析认为, 其成因可能与超临界浊流有关。

超临界浊流是深海最常见的一种佛劳德数大于 1 的高速流体类型, 它们沿海底斜坡流动, 可以塑造出大量的大型侵蚀和沉积底形, 包括逆行沙丘、流槽-冲坑及周期阶坎 (cyclic steps)。这些底形的最大波长可达近 10km, 最大波高逾 80 米, 波长/波高比值高 (一般>20)。越来越多的证据表明, 很多大型深海沉积波实质上是超临界浊流底形。我们根据多波束和反射地震资料, 在南海东北部沿台湾浅滩南及西澎湖两条峡谷底部各发现了一条大型周期阶坎波列, 每个波列中底形的个数多达 19 个, 波列长度分别超过 100km 和 60km。综合分析认为, 南海晚第四

纪存在强劲的超临界浊流活动。可以预见, 随着研究程度的深入, 将会有越来越多的超临界浊流沉积底形被发现和报道。

S19-P-02

南海海底峡谷的分布、发育特征及其意义

黄文星*, 朱本铎

国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760

* jackyhwxing@163.com

海底峡谷是陆架物质往深海盆地输送的重要通道, 对海底地貌的塑造具有重要作用, 另外, 埋藏海底峡谷、水道还是未来深水油气勘探的重要目标, 因此研究海底峡谷水道的演化过程具有重要意义。

本研究基于高精度的多波束水深资料, 利用 GIS 方法自动识别提取了南海陆坡发育的峡谷。发现南海的峡谷集中分布于南海北部陆坡的的澎湖峡谷群、神狐峡谷群、一统峡谷群、西沙北峡谷群, 另外, 在南海西部陆坡的陆坡坡折带、西沙海底高原东坡, 以及南海南部巽它陆架坡折带都有分布; 峡谷发育水深多集中于 200~1000 m 的上陆坡和 2500~4000 m 的下陆坡段。此外, 本研究还提取了南海不同区域海底峡谷的纵剖面、横剖面、以及相应的流域几何参数, 并结合区域地质背景探讨了不同峡谷形态特征参数的地质意义。

S19-P-03

Morpho-sedimentary characteristics and tectonic control of submarine canyons on the northeastern South China Sea margin

Shaoru Yin^{1*}, Guangfa Zhong¹, Liaoliang Wang², Yiqun Guo²

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, 1239 Siping Road, Shanghai 200092, China;

2 Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510075, China;

Multibeam bathymetric data and multichannel seismic profiles were used to investigate the geomorphic and sedimentary characteristics and tectonic control of the submarine canyons on the South China continental margin, northeastern South China Sea. Totally 10 relatively larger submarine canyons were identified. The submarine canyons on the South China margin are slope-confined, trending perpendicular to the strike of the hosted continental margin, and characterized by concave-upward longitudinal profiles, and varying downstream from W-, V- to U-shaped transverse profiles, indicating important influences of the passive margin itself. Spacings of the canyons decrease eastward, indicating that the distribution intensity of the canyons increase to the east, showing an influence from the tectonic activities of Taiwan orogeny zone on the Taiwan margin to the east. Thick canyon fills and the abundant canyon-related sedimentary features including levees, sediment waves and supercritical bedforms have been identified on the submarine canyons and associated environments on the South China margin. It is suggested that the submarine canyons on the margin formed in an overall aggradational environment of positive accommodation space. In summary, the distribution, morphology and sedimentary characteristics of submarine canyons on the

South China margin are controlled by both the hosted passive margin setting and the westward advancing of the Taiwan orogenic wedge.

S19-P-04S

南海北部东沙海域巨型水下沙丘的分布及特征

耿明会¹, 宋海斌^{1*}, 关永贤², 拜阳¹, 刘胜旋², 陈业伟¹

1 海洋地质国家重点实验室, 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

2 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广州 510760

* hbsong@tongji.edu.cn

利用广州海洋地质调查局提供的多波束测深数据, 同时结合部分反射地震剖面, 研究发现东沙海域水深 230 -830 m 范围内发育的水下沙丘呈斑块状分布, 水流冲蚀带呈条状, 二者间隔分布。在多波束测深图上可以明显看出, 研究区海底表面发育了三种明显的地貌特征—水下沙丘、不规则洼地和陡坡。研究区的深水沙丘波长范围 55-510 m, 波高 1.5 -20 m, 按照 Ashley (1990) 分类方法大部分属于大型或巨型水下沙丘。在多波束地形图上其表面形态表现为波状起伏, 脊线略有弯曲, NE-SW 向展布, 基本平行等深线。地震剖面上则表现为海底反射同相轴呈现波状起伏, 其下的同相轴多为平的, 并不随海底反射起伏, 表明水下沙丘仅是水流影响形成的海底底形特征, 与地层构造无关。除沙丘以外, 研究区还发育三条与沙丘间隔分布的水流冲蚀条带, 冲蚀带内发育了许多形状不一的洼地和陡坡, 多波束地形图上可以看出洼地表面形态不规则, 有椭圆形、线状等, NW-SE 向延伸, 与等深线近似垂直。陡坡在地震剖面上表现为海底层状反射呈现断崖式的缺失, 有些陡坡的坡脚下方还会发育一个下切的深沟, 呈“地震形, 表明该区域沉积

物受水流冲蚀严重。

水下沙丘脊线 NE-SW 的展布、冲蚀条带中陡坡 SE 倾向以及不规则洼地 NW-SE 的延伸方向都表明该区域受 NW-SE 向水流作用, 水流冲蚀海底表面, 并且将悬浮沉积物带向东南方形成水下沙丘。水下沙丘的波高、波长是与现代沉积物供应和水动力相适应的结果。这些水下沙丘的特别之处在于: (1) 水深范围 230 -830 m, 既不在潮汐影响范围内, 也不受深层环流影响; (2) 属于大型或巨型沙丘, 比前人在南海北部陆架区发现的沙丘尺寸要大; (3) 呈块状与冲蚀条带间隔分布, 沙丘指数曲线随波长减小趋势比全球沙丘统计趋势要缓, 表明该区沉积物供给充足、水动力强。由于太平洋海水通过吕宋海峡, 与地形相互作用形成内孤立波, 孤立波向西向北传播, 最终在南海北部大陆边缘破碎, 因此推断是东沙海域 NW 向传播的内孤立波引起了这种 NW-SE 向的优势流动, 冲蚀海底表面沉积物, 形成了水下沙丘。

S19-P-05S

水下沙丘上方边界层的反射地震研究

陈业伟¹, 宋海斌¹, 关永贤², 耿明会¹

1 海洋地质国家重点实验室, 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

2 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广州 510760

如同海气界面, 海底作为重要的圈层间(水圈与固体圈/岩石圈)的大间断面, 必定是重要的界面, 研究海底的界面过程应该是非常有意义的, 而海底边界层沉积物再悬浮问题是海洋沉积动力学的核心问题。海床沉积物受海洋水体的影响形成海底边界层(bottom boundary layers, BBLs), BBLs 内海水层与下部沉积物发生着复杂的相互作用,

直接影响海底沉积物侵蚀、再悬浮与堆积过程。BBLs 沉积物再悬浮原位观测是研究 BBLs 沉积物再悬浮最基础的手段之一, 而利用海洋多道反射地震方法对海水层进行成像是一种新的海洋调查手段, 与物理海洋常规观测和采集不同, 反射地震方法能够对整条断面经行成像, 尤其海底界面一般实测仪器较难到达处, 并具有较高的横向分辨率, 且具有不干扰流场的特性。

研究发现在上陆坡位置发育深水沙丘(subaqueous sand dunes), 在沙丘上方显示特殊反射地震特征, 反射同相轴自海底呈倾斜椭圆状排列, 连续性偏低, 并与海底呈一定斜交角度, 在沙丘的背流面发育, 椭圆的长轴倾斜于海底水流的来源方向。振幅与周围海水层相比较强, 视频率适中或偏高, 随着离海底高度的增加, 反射振幅逐渐减弱并与周围海水趋同, 毛发披覆状排列, 垂向厚度约有几十米至一两百米, 我们将这种特殊的反射结构特征称之为披毛状反射。在海底边界层上依次显示: 涡动分离, 错断上浮, 悬浮三个状态。在沙丘的背流面, 由于速度场的骤变, 引起沉积物的局部起动, 并因此出现分离。由于刚离开海底, 还受粘性剪切力, 容易发生错断, 但是随着高度的增加湍流剪切力也开始起作用, 使得沉积物有远离的趋势, 即向上的力大于重力, 呈现准上浮状态。再随着高度的增加到达湍流外层, 以及自由流面, 浮力等于重力时, 呈现悬浮状态, 流速趋于稳定, 到达自由流面剪切力逐渐降为零, 同相轴与周围海水层趋同。

另外本文还关注到, 在沙丘区的左右会发育非沙丘区。非沙丘区上方发育更为特殊的反射地震特征, 发育湍流混合层, 反射特征与常规海水层反射明显异常, 反射较弱, 连续性差, 平均厚度约为几十米。由于水流在经过沙丘区后, 再与海底地形作用, 形成

混合作用很强的湍流混合区。此外,在海底附近还发现类似于地质断层和断层泥的海水水跃和水跃释放区,可能为内波和地形的综合影响形成。

沙丘上方的边界层研究是海底边界层重要的一部分,必将为揭示海底界面过程的奥秘做出重要贡献。

S19-P-06S

基于流体动力学数值模拟的海水层反射地震特征研究

黄晞桐*, 宋海斌*

海洋地质国家重点实验室,同济大学海洋与地球科学学院,上海 200092

* hbsong@tongji.edu.cn

地震海洋学是利用多道反射地震研究海水层结构的新手段,这种方法可以获得较高分辨率的整个海水断面图像。在不同深度的海洋中,存在多种尺度海水运动,流场非常复杂。在海底边界层,由于地形与海水运动的相互作用,还可能受到冷泉热液活动、生物和沉积过程多变的影响,海水结构形态特征、尺度差异较大。反射地震剖面是这些过程的综合反映,并受到测线布设与崎岖地形等的影响,这些因素造成近海底海水层地震解释非常困难。流体动力学模拟是物理海洋研究海水运动的常用数值方法,通过地形和流体建模能得到特定条件下流体运动情况。用经验公式对模拟流场数据进行速度、密度计算,转换为波阻抗数据,再与地震子波褶积,可以获得海水运动影响因素可控情况下的反射地震图像,与实际反射地震数据结合就能分析特定海水运动的反射地震图像特征。

我们利用流体动力学数值模拟方法研究内波浅化与地形的相互关系。设置不同的陆坡陆架地形(包括设置沙丘底形),进行内孤立波浅化过程的模拟。并把数值模拟结果转

换为反射地震数据,与实际观测处理获得的反射地震数据进行对比,分析近海底海水层几何形态,反射结构等特征。初步分析表明,实际与模拟地震剖面上沙丘背风坡上方均存在毛发状反射同相轴,间断地覆盖于海底界面之上。这些反射同相轴视频率较周围海水层偏高。随距离海底高度增加,振幅减弱。这些一致性表明海底边界层中这种特殊地震相成因与内孤立波在存在沙丘的陆坡浅化过程密切相关。通过设置不同参数,进行内孤立波在陆坡浅化的数值模拟,并通过合成地震记录方法获得不同情形下的反射地震剖面,可以合理解释地震海洋学数据,深化内孤立波浅化过程的认识。

油气勘探、天然气水合物勘探等获得的大量多道地震资料的充分利用,提供了沙丘区、海山区、峡谷区等重点区域的现代过程观测的关键信息,结合流体动力学数值模拟手段可望快速推动地形地貌对多尺度海水运动、深海沉积过程的影响这一关键科学问题的破解进程。地震海洋学与流体动力学数值模拟的联合研究必将深化地形地貌与海水运动相互关系的认识。

S19-P-07S

南海西南海盆碳酸岩浊流韵律性产出机制探讨

田伟, 黄春菊

中国地质大学(武汉)地球科学学院, 武汉 430070
tianv7@126.com

2014年1月在南海完成的IODP349航次的1433站位,位于南海西南次海盆靠近残余洋中脊的位置。该站位主要沉积黑灰色粘土,在244.15-747.93 mbsf层段发育有大量的碳酸盐岩浊流,其与粘土层呈现出较好韵律性发育的特征。针对1433站位的碳酸盐岩浊流韵律性产出的沉积特征,引发了我们对于碳酸

盐岩浊流的来源及形成机制的研究兴趣。这些碳酸盐岩浊流的韵律性发育是受控于海平面的变化还是其他驱动机制，这是一个值得探索的科学问题。

通过对自然伽马能谱数据（GR）的天文旋回分析，发现其深度域的频谱图中的峰值具有接近 4:1 的比例关系，据此推测该站位的地质沉积过程可能受米兰科维奇旋回控制。通过利用 405-kyr 长偏心率旋回对 1433 孔的 GR 数据序列进行分析，建立 1433 站的浮动天文年代标尺，在此时间序列上分析发现碳酸盐浊流和粘土层组成的旋回具有明显的 100 kyr 周期性，推测这可能是受控于冰期和间冰期的海平面变化的控制。当海平面降低，浅水区域碳酸盐沉积物受到侵蚀，未固结的碳酸盐岩被搬运到深水区再沉积；当海平面上升，该站位沉积的主要是远洋的粘土矿物，这样由于海平面的周期性变化导致了碳酸盐岩浊流和粘土矿物层的韵律性出现。因此，我们认为，100 kyr 的天文轨道周期驱动了海平面的周期性变化，海平面的周期性变化又驱动了碳酸盐岩浊流和粘土层的周期性发育。

S19-P-08

南海西部大陆坡盆西峡谷的形态—充填特征

周娇^{*}，罗伟东

广州海洋地质调查局，广州 510760

^{*} 464946523@qq.com

海底峡谷是海底窄而深的长条形负地形，常发育在大陆边缘的大陆架中部和坡折带—上陆坡区，其两坡陡峭，谷壁多岩石，谷底向下倾斜，横剖面呈“V”或“U”字型，峡谷口常为缓斜的海底扇地形。近年来，中国南海中建南盆地一系列的海洋区域地质调查，勘探程度不断提高，揭示了盆西峡谷的存在。盆西峡谷跨越三个三级构造单元：中建南盆

地、中-西沙隆起区、西南次海盆。海底峡谷是具有危害性的地质灾害之一^[1-2]，同时又是沉积物及有机质搬运的重要通道^[3]，也是油气资源潜在的储藏区^[4]。

根据中建南盆地深水区单、多道地震资料的解释，对中建南盆地东南部盆西峡谷的形态特征和内部充填结构进行了描述和分析，可以将其分为三个区段：第一段是峡谷的头部，发育在起始位置，NW 向伸入中建南盆地里呈 V 型，水动力强、物源足，侵蚀作用强，沉积作用也强，主要表现为重力流快速沉积；第二段位于峡谷的中间，呈 NS 向，处于盆西海岭和盆西南海岭之间呈复合型——下 V 上 U，以侵蚀作用为主，由于坡度变陡，下切作用强烈；第三段是峡谷的末端，呈喇叭状 NW 向伸入西南次海盆，峡谷形态为 U 型，坡度减缓，以侵蚀-沉积作用为主。盆西峡谷在不同区段表现出来的形态特征差异，可能跟构造活动、古地貌特征的差异、水动力作用、后期沉积物改造能力的差异等多因素造成的；对海底峡谷形态特征及成因进行研究，可为深入了解沉积物的搬运模式提供科学依据。

S19-P-09

西太平洋麦哲伦海山区采薇海山群基岩特征

韦振权^{*}，邓希光

国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州海洋地质调查局，广州 510075

^{*} wei_zhenquan@163.com

采薇海山群主要包含两个相对独立的平顶山，规模较大的主体海山为采薇平顶山（(Pallada Guyot)），规模较小的附属海山为采杞平顶山，两者相距 10.2 km。该海山群位于西太平洋东马里亚纳海盆东北缘，与 Vlinder、Loah、Ita Mai Tai（维嘉海山）等海山构成整体呈 NW 向链状分布麦哲伦海山区。

整个海山区属大型断块状隆起，延长近 1200 km，海山区的海山年龄在 80 Ma~100 Ma(Epp, 1984; Lonsdale, 1988; Wessel 等, 1997)。采薇海山群蕴含丰富的大洋矿产资源（主要是富钴结壳），中国大洋协会富钴结壳合同区的一半面积即位于采薇海山群。在我国富钴结壳合同区签订前后，我国对采薇海山群进行了多个航次的科学考察，截至 2015 年已在该海山群实施逾百个浅钻测站，在该海山群获取大量珍贵的基岩和富钴结壳样品。

采薇海山群浅钻测站主要分布于海山平顶边缘，水深范围 1387~2803m。这些测站中钻获基岩样品（部分测站同时获得结壳样品）约占 80%，其中，超过一半测站的基岩为碎屑岩，包括火山成因的火山角砾岩和凝灰岩，以及滑塌成因的角砾岩。基岩为碳酸盐岩的测站约占 16%，主要为生物碎屑礁灰岩。基岩为玄武岩和磷矿岩的测站分别占 20%和 9%。基岩为粉砂岩或固结的泥岩的测站很少，仅占约 4%。总体上，采薇海山群平顶边缘的基岩主要以碎屑岩为主，玄武岩和碳酸盐岩也是较为常见基岩类型，而磷块岩和粉砂岩/泥岩则相对不发育。

对采薇海山群基岩的镜下鉴定结果表明，碎屑岩主要以角砾岩为主，砾石主要是玄武岩，其次为灰岩，磨圆较差，绝大部分为棱角状或次棱角状，分选差，胶结物主要是碳酸盐；一些角砾岩的胶结物已经磷酸盐化。碳酸盐岩主要为生物碎屑灰岩，生物碎屑主要是有孔虫壳体、双壳类壳体、藻类等，生物碎屑之间多为亮晶方解石；部分站位的灰岩已经大部分磷酸盐化。玄武岩通常有一定的蚀变，致密块状，部分样品有气孔或由方解石、玉髓等矿物充填形成的杏仁构造；斑状结构，斑晶主要包括橄榄石、辉石以及斜长石，斑晶矿物多见伊丁石化以及绿泥石化而呈假象；基质多为间隐结构或间粒间隐结

构，板条状的微晶斜长石形成的格架中充填有玄武玻璃以及少量不透明副矿物。磷块岩多由生物碎屑灰岩和火山碎屑岩发生磷酸盐化而形成；少数磷含量高者转化为磷块岩。

对采薇海山群玄武岩地球化学特征初步分析表明，多数样品在 TSA 图解上落在了碱玄武岩，碧玄武岩、粗面玄武岩及玄武质粗面岩区，里特曼指数 δ 介于 4~11，说明采薇海山群玄武岩以玄武岩属碱性-过碱性玄武岩；岩浆固结指数 SI 介于 5~19，反映采薇海山群玄武岩岩浆分异程度高，是由幔源岩浆经过分异或同化作用形成的；构造判别图上多数样品落在了板内洋岛玄武岩区。上述地球化学特征表明，采薇海山群玄武岩可能是在盾形火山建造之后，由比盾形岩浆演化阶段更小程度的部分熔融而产生的碱性岩石顶盖。

S20-O-01

中国东部大陆构造的形成与演化（摘要）

葛肖虹^{1,2}，刘俊来²，杨振宇³

1 吉林大学 地球科学学院，长春 130061

2 中国地质大学（北京），北京 100083；

3 首都师范大学，北京 100037

上世纪 60 年代提出的“威尔逊旋回”以关闭洋盆两侧板块的碰撞作为板块运动旋回的终结，然而板块构造学说“登陆”二十多年来的实践说明这种认识是不全面的。大陆弥散而宽广的陆内变形说明洋盆闭合两侧板块的碰撞并未终止板内构造作用。古亚洲大陆形成后中国东部中-新生代广泛发育的板内构造变形、岩浆活动、克拉通内盆地的形成都和古亚洲大陆南、北，印度洋和北冰洋洋脊的持续扩张、西太平洋和菲律宾洋壳的俯冲相关。本文拟厘清中国东部中-新生代大陆构造形成与演化的重大事件、构造性质、形成背景及其时空展布：(1)晚海西-印支期古特

提斯洋关闭陆块拼合碰撞古亚洲大陆锥形形成；(2)晚侏罗-早白垩世蒙古-鄂霍茨克海闭合，西伯利亚与南部大陆块陆-陆碰撞古亚洲大陆形成，北部中亚造山带成为向南突出的弧形高原，挤压逆冲推覆构造在陆内变形中形成高潮，西太平洋伊佐奈岐洋壳板块的斜俯冲从南向北叠加了自东而西的影响；(3)早白垩世晚期-古近纪加厚地壳-岩石圈减薄、转型，幔源岩浆侵位，在北部弧形高原以南，陆内伸展变形达到高潮，变质核杂岩广泛发育，大陆克拉通准平原、泛盆地化，NNE 向左行陆缘走滑达到高潮；(4)始新世晚期-早中新世(40-23Ma)太平洋板块运动转向，对东亚大陆 NWW 向的挤压和印度洋脊扩张印-澳板块对古亚洲南部陆-陆碰撞挤压的叠加，形成中国东部新生的构造地貌——NNE 向盆-山结构和青藏-闽粤初始高原；(5)中-上新世-早更新世受东亚-西太平洋巨型裂谷系和印度洋中脊扩张的叠加影响，中国东部岩石圈地幔隆升、地壳减薄，陆缘、陆内伸展变形相继形成边缘海、岛弧、裂谷型盆地、剥蚀高原地貌和中国西南陆块的右行旋转；(6)早更新世晚期(0.9-0.8Ma)-中更新世之间青藏高原快速隆升，中国东部大陆轮廓成型；(7)晚更新世末(0.01 Ma)中国东部大陆构造地貌基本形成。

S20-O-02

南海中北部陆缘的破裂机制研究

孙珍^{1*}, Larsen H-C², 林间¹, 庞雄³, 邱宁¹

1 中国科学院南海海洋研究所边缘海与大洋重点实验室, 广州 510301

2 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

3 中海石油中国有限公司深圳分公司研究院, 广州, 510420

* zhensun@scsio.ac.cn

全球深部地震探测揭示, 被动大陆边缘

伸展-破裂过程中根据岩浆参与程度可划分为富岩浆型和贫岩浆型。前者常发生在地幔柱或热点附近, 表现为破裂前后大量洪泛式岩浆对大陆岩石圈的熔断特点, 而贫岩浆型陆缘则表现为较少或有限的岩浆参与, 岩石圈破裂可根据流变结构的分层差异表现出五种不同的破裂方式。关于南海北部陆缘的结构、属性和张裂-破裂机制的认识一直存在诸多疑问和冲突, 尤其是南海东北部陆缘, 其厚度最大达 12 公里的下地壳高速体引起较多争议, 因为高速体的底侵成因与陆缘伸展-破裂过程中较少的岩浆活动不一致。结合珠江口盆地长缆剖面, OBS 剖面和三维地震剖面, 我们开展了南海北部陆缘洋陆过渡带的结构和变形特征的分析与模拟工作, 发现自北向南白云-荔湾区域表现为贫岩浆型的超伸展特征, 断层由陆架区的高角度断裂为主逐渐转变为陆坡和洋陆过渡带的拆离断层主控特征, 并伴随沉积中心的快速迁移, 洋陆过渡带更表现为基底圈层的剥露, 具有低幅的磁异常特征, 特征与伊伯利亚-纽芬兰陆缘的地幔剥露特征较为相似。根据反射界面的延伸特点和叠加反射速度特征, 剥露圈层可能为下地壳, 或蛇纹岩化上地幔。但其成因及其所指示的伸展-破裂机制尚待钻探和定年结果的检验。

S20-O-03

南海东北端海域新生代构造演化史研究

李丽*, 叶孟宛

台湾师范大学地球科学系, 台北 11677

* 80344003S@ntnu.edu.tw

新生代以来亚洲大陆边缘的地质面貌和海陆分布发生了很大的改变, 那么这些洋陆板块是怎么互相作用, 应力场是如何进退消涨, 亚洲大陆边缘的深部结构如何? 带着这些疑惑, 本次研究在欧亚大陆与南海、西太

平洋板块的交汇处，即南海东北端海域采集了震测剖面。基于震测解释结果，运用平衡剖面技术重建了研究区的构造演化史。

根据二维重建结果、断裂发育特征和盆地结构分析，新生代南海东北端海域地层的演化可以划分为 3 个发展阶段：1. 古新世—始新世 (65~32 Ma) 陆缘断陷期，在中生代基底上发育了由东北西南走向、向西倾斜的深大断层控制的半地堑；此时正为神狐运动时期，由于西太平洋海板块东撤，东亚陆缘由压缩转为伸展环境，形成一系列独立的地堑和半地堑盆地，本研究区的成盆时间、地理位置和样式与此事件形成的断坳吻合；始新世中期起，由于重力均衡作用还造成研究区整体抬升，局部地方遭受了风化剥蚀。2. 渐新世 (32~23 Ma)，最西侧局部区域发生构造反转，但与东沙隆起无关，与南海扩张产生的左行压扭应力有关；此时张裂速率减小，为构造应力过渡/转换期；研究区继续遭受抬升剥蚀。3. 早中新世 (23~16.5 Ma) 经历短暂而快速地第二次裂陷，扩张轴为近 N-S 向，与南海扩张有关；中中新世 (16.5 Ma) 起，沉积速率陡增，研究区以热沉降为主，沉积中心迁移至西北区，且海底流改造强烈。

S20-O-04

南海陆缘构造不对称性及动力学模拟初步研究

董冬冬^{1*}, Marta Pérez-Gussinyé², 白永良¹

¹ 中国科学院海洋地质与环境重点实验室, 海洋研究所, 青岛 266071

² Center of Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Bremen, Germany 28359

* dongdongdong@qdio.ac.cn

南海共轭陆缘的地壳结构具有不对称性，对它的研究有利于深刻揭示陆缘演化的历史和成因机制，具有重要的科学意义。南海海盆

由东向西呈现渐进式扩张，因此南海共轭陆缘既存在南北向的差异，也具有东西向的差异。近年来，南海共轭陆缘结构不对称性的研究也引起了国内外学者的关注。

基于多道地震数据、水深数据、OBS 数据及其他地球物理资料开展了南海共轭陆缘构造不对称性的对比研究，认为南海陆缘在速度结构，洋陆过渡带特征和张裂模式等方面均存在不对称性。采用全吻合重建方法，考虑华南陆缘裂陷期间的陆壳基底伸展，以此恢复裂陷初始阶段的地壳形态，得到华南陆缘裂离的位置。结果显示，在南海扩张之前，陆缘西部体积比东部大，需要发生更大的伸展才能导致岩石圈裂离，因而，洋中脊最初形成在东部，海底扩张逐渐向西延伸。在西北次海盆形成期间，海底扩张沿西沙海槽延伸，但是大陆地壳的裂离却沿着中沙西沙的南侧发生，原因很可能是此处的岩石圈强度比西沙海槽更弱。提出差异伸展模式来解释南海陆缘在空间上差异，可能拆离断层在南海新生代演化过程中发挥了重要的作用。

数值模拟方法在研究不对称共轭陆缘的形成机制方面具有很大的优势。考虑黏弹塑性模型，利用有限元方法通过求解热-力学方程，对南海陆缘张裂结构的不对称性开展了动力学模拟。结果显示，地壳厚度、流变学结构和沉积速率都会影响下地壳的流动、温度场的演化以及上地壳断裂的发育，从而控制了陆缘的宽度及形态，会在共轭陆缘两侧形成不对称性。针对南海的全动力学数值模拟尚需进一步深入研究。

S20-O-05

东海陆架盆地与南海东北部新生代盆地群的统一性和差异性

臧艺博^{1,2}, 李三忠^{1,2,3*}, 索艳慧^{1,2}, 张勇^{1,2}, 郑祺亮^{1,2}

1 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100

2 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛 266100

3 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质功能实验室, 青岛 266061

南海北部陆架盆地(主要是珠江口、台西南)与东海陆架盆地是西太平洋大陆边缘重要的新生代含油气盆地。在地理位置上, 这两个盆地被台湾岛所分隔开, 一直以来被看作是两个盆地; 在地质特征上, 近年来大量学者认识到两个盆地可进行对比并存在一致性。

古新世至晚中新世期间, 三个盆地(南海北部的台西、台西南和东海陆架盆地)地层基本可对比, 岩相连续, 主要为页岩层、砂岩层和泥岩层互层, 且三者构造和沉积方面具有统一性: 沉积相方面, 三个盆地皆表现为古新世的海陆交互相和始新世-晚中新世末期的海相-湖相三角洲-河流冲击扇的沉积序列; 构造事件方面, 表现为统一的构造运动和期次; 构造样式方面, 古新世-始新世期间三个盆地皆为NNE和NE向的断裂控制, 结构皆表现为“东断西超”或“南断北超”的半地堑盆地结构, 早渐新世-中中新世期间为NW和WNW向的逆断层和反转褶皱, 花状构造较为典型。晚中新世末期以来, 三者构造和沉积出现明显差异: 台西和台西南盆地始终为海相沉积, 而东海陆架盆地由陆相沉积转为第四纪的广海相沉积; 晚中新世以后东海陆架盆地南部整体进入沉降阶段、断裂活动停止, 而台西和台西南盆地反转构造发育并于早上新世东沙运动结束后进入热沉降阶段。本文最终提出新生代南海陆架盆地与东海陆架盆地起初为一个盆地, 晚中新世(6.5 Ma)菲律宾海板块的楔入将其分割成两个盆地, 主要表现为吕宋岛弧与欧亚大陆边

缘发生弧陆碰撞, 台湾造山带形成。

S20-O-06

长白山火山下方太平洋板块脱水与部分熔融作用的地震学证据

田有*, 朱洪翔, 刘财, 冯晖, 刘廷, 马锦程

吉林大学地球探测科学与技术学院, 长春 130026

* tianyou@jlu.edu.cn

长白山火山是中国大陆现存的三大活火山(东北的长白山、五大连池和云南的腾冲火山)之一, 最近的一次喷发发生在1702年。近年来的研究表明长白山火山是具有潜在喷发危险的火山。长白山火山区地壳和地幔深部精细速度、地幔转换带结构及地震学特征的研究, 对于了解该区深部岩浆房的特征及火山的起源具有十分重要的意义。

本研究通过布设于长白山火山附近的70个流动台和固定台数据, 采用共转换点叠加方法获取了长白山火山区域高分辨率地幔转换带结构, 即精细的410, 520和660 km间断面横向变化。结果表明在在长白山火山正下方及其东部200 km范围内, 410 km间断面表现为明显变深, 对应的660 km间断面明显也明显变深, 而520 km间断面显著变浅。结合Clapeyron斜率, 推断冷的、俯冲的太平洋板块在该区导致660和520 km间断面附近温度降低, 从而导致520 km间断面变浅、660 km间断面变深。410 km间断面大范围变深, 显然表明在该区存在高温异常。地震层析成像结果显示在410 km间断面异常区附近存在大范围的低速异常, 低速异常可能表明该区存在大范围的部分熔融物质, 所以高温的部分熔融物质导致了该区的低温异常, 似的410 km间断面变深。

最近选取从2009年到2013年间85个震中距在30~85°范围内且震源深度大于200 km

的深源远震数据资料对长白山火山区上地幔三维衰减结构进行了研究,表明长白山火山下方存在着深达 400 km 左右的大范围的高衰减异常,与低速异常体规模大体一致。综合上述研究成果,结合大地电磁测深、地球化学研究成果推测中国东北上地幔中存在大量的部分熔融体。2002 至 2006 年为长白山火山型地震活跃期,而在该地震活跃期之前,于 1999 年 4 月与 2002 年 6 月分别发生两次七级以上的深震,水平向距离长白山火山 316 km,表明中国东北地区的深部地震活动可能控制或影响着浅部火山的活动。基于以上研究,推测西太平洋板块或/和古老俯冲板块的深部脱水作用及板块俯冲导致的上升物质促使在东北地幔 410 km 深度附近就产生了大范围的部分熔融;俯冲板块的脱水方式可能与深部地震相关:板块俯冲之前在 *outerrise* 区域的正断层错动保存大量的海水,俯冲以后断层闭合,海水被带入地幔转换带内,又以地震(断层重新活动)的方式释放。

S20-O-07

郯庐断裂带中南段地壳介质 散射强度

范小平*, 何奕成, 王俊菲, 杨云

江苏省地震局, 南京 210014

* nj_fxp@163.com

郯庐断裂带是中国东部发育规模最大的断裂构造,郯庐断裂带中南段(鲁苏皖段)因其复杂的地壳结构,强烈的构造活动以及活跃的地震活动,使得郯庐断裂带成为地学界关注和研究的热点。针对郯庐断裂带中南段开展了大量的探测与研究,如地壳速度结构研究、断裂活动性研究、电性结构研究以及深部综合地球物理场研究等,前人的研究结果从不同角度(速度、或密度、或电阻率)均揭示出郯庐断裂带中南段地壳介质呈现强

烈的横向非均匀性,但这些成果对介质非均匀性的描述基于介质物性参数,如速度、密度、或电阻率等,这些参数虽可以揭示介质非均匀性分布特征,但却不能反映介质非均匀性的强弱程度。地壳介质散射强度是通过研究地壳介质对同一入射波响应程度的差异性来量化介质非均匀性强弱程度,融合了地壳介质速度扰动和非均匀体尺度信息,将研究介质物性问题转化成一种地震波的现象来认识。

研究运用远震扰动场方法,利用 134 个数字地震观测台记录的 10 次远震记录对郯庐断裂带中南段地壳介质散射强度进行研究。结果表明,研究区上、下地壳介质散射强度呈现强烈的横向非均匀性特征,上、下地壳介质散射强度空间分布特征基本一致,散射强度高值区主要分布在华北断块区及秦岭-大别褶皱系,散射强度低值区主要分布在下扬子断块区,散射强度峰值区主要分布在六安、莒南、嘉山、烟台等地。地壳介质散射强度与构造块体具有较强的相关性,构造块体不同,地壳介质散射强度则存在一定的差异;沿郯庐断裂带地壳介质散射强度呈现分段性特征,可分为潍坊至临沂段、临沂至嘉山段以及嘉山至九江段三段;地震活动与地壳介质散射强度有较强的相关性,地震多发生在地壳介质散射强度梯度带上,郯庐断裂带的潍坊至临沂段、嘉山至九江段地壳介质散射强度梯度较大,此段中小地震活动较强,而临沂至嘉山段地壳介质散射强度梯度小,中小地震活动相对较弱。地壳介质散射强度与构造块体、断裂构造及地震活动之间的相关性,除反映了深部介质物性可能存在差异外,也可能与深部介质物理形态、物质运移以及深部应力应变环境的变化有关。

S20-O-08

Pn tomography of South China Sea, Taiwan Island, Philippine Archipelago, and adjacent regions

Xibing Li^{1,3}, Xiaodong Song^{2,4,*}, Jiangtao Li²

1 School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210010

2 Department of Geology, University of Illinois, Urbana, IL 61801, United States

3 Earthquake Administration of Jiangsu Province, Nanjing 210014

4 School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430079

*xiaod.d.song@gmail.com

The South China Sea (SCS) and its surrounding areas are geologically highly heterogeneous from the interactions of multiple plates in Southeast Asia (Eurasian plate, Indian-Australian plate, Philippine Sea plate, and Pacific plate). To understand the tectonics at depth, here we combined bulletin and hand-picked data to conduct Pn tomography of the region. The results show distinct features that are correlated with the complex geology at surface, suggesting a lithosphere-scale tectonics of the region. Low Pn velocities are found along a belt of the Western Pacific transpressional system from the Okinawa trough and eastern East China Sea, across central and eastern Taiwan orogeny, to the island arcs of the Luzon Strait and the entire Philippine Islands, as well as under the Palawan Island, and part of the continental margin north of the Pearl River Basin. High velocities are found under Ryukyu subduction zone, part of the Philippine subduction zone, part of the Eurasian

subduction beneath the southwestern Taiwan, and the continent-ocean boundary (COB) between the South China and the SCS basin. The Taiwan Strait, the Mainland SE coast, and the main SCS basin sea are relatively uniform with average Pn values. Crustal thicknesses show large variations in the study region, but also coherency with tectonic elements. The Pn and crustal thickness patterns in Taiwan show linear trends of surface geology and suggest strongly lithosphere scale deformation of the young Taiwan orogenic belt marked by the collision boundary under the Western Foothill and the Western Coastal Plain at depth. Our observations are consistent with rifting and extension in the northern margin of the SCS, but are not consistent with mantle upwelling as a mechanism for the opening and the subsequent closing of the SCS. The Philippine island arc is affected by volcanisms from both the Asian and Philippine Sea subductions in the south but mainly from the Asian subduction in the north and under the Luzon Strait.

S20-O-09

西太平洋冷、热俯冲系统：现今热流约束

孔祥超^{1,2*}, 李三忠^{1,2,3}, 张勇^{1,2}, 臧艺博^{1,2}, 郑祺亮^{1,2}, I.D. SOMERVILLE⁴

1 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100

2 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛 266100

3 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质功能实验室, 青岛 266061

4 UCD School of Earth Sciences, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland

* kxc_ouc@163.com

太平洋板块的冷热俯冲是板块热结构的

相对概念, 热流作为板块冷热俯冲的结果, 可用来反推俯冲过程的初始状态是热俯冲还是冷俯冲。本文基于国际热流协会 (IHFC) 发布的热流数据, 利用 GIS 的方法预测了西太平洋区域内表面热流值, 据这些预测的热流值, 探讨了关于冷热俯冲在地震深度和分布、弧后盆地的活动性、脱水、脱碳、火山活动等方面的差异性。区域内的热流统计对比, 揭示了大约小于 50mW/m^2 的菲律宾板块、太平洋板块分别与冲绳海槽西中部、千岛海盆西部的高热流相对应, 因此, 推测这两个海盆热活动强烈的区域与对应的冷俯冲有关, 而靠近日本南海海槽、大于 70mW/m^2 热的菲律宾板块, 可能是引起日本西南部火山稀少的一个原因。同时, 结合地震数据, 本文还揭示了由于浅部 ($<60\text{km}$) 低程度的蛇纹石化, 冷俯冲板块附近展现了密集的浅源地震, 并且冷俯冲板块能够将水带到更深处, 它很容易在中深度 ($60\text{-}300\text{km}$) 形成无震带或者双震带。理论上, 冷俯冲板块可以在不同的深度脱碳, 终止于最大蛇纹石化的深度, 而热俯冲由于在浅部释放了大部分水和以二氧化碳或碳酸盐形式存在的碳后, 剩余碳量可能通过控制板块的熔融温度来决定深部的俯冲进程。

S20-O-10

断裂控制地温场变化的流体包裹体分析——以辽东湾坳陷为例

户盼盼^{1,2}, 杨风丽^{1,2*}, 胡虞杨^{1,2}, 王玮^{1,2}

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

*yangfl@tongji.edu.cn

断裂附近地温场的变化不仅对油气的生成和聚集起着重要的控制作用, 而且还可以为我们了解盆地构造热演化历史提供科学的

依据和约束 (邱楠生等, 2007)。因此, 这项研究近些年来已逐渐得到高度的重视, 并成为地学界的研究热点之一。虽然前人基于钻井测温资料, 利用数值模拟方法对此已进行了初步的探讨, 获得了一些推论性成果和认识 (Maarten Vanneste 等, 2002; Jeffrey Poort, 2004)。但是, 由于缺乏对断裂控制地温场变化实测资料的系统分析, 以及忽略了断裂性质在其中的影响作用等, 导致认识还不够全面。

本文以辽东湾坳陷为研究对象, 基于坳陷内最新三维大连片地震解释资料选取了三条性质不同的主干断裂, 其中两条为伸展性断裂, 一条为走滑性质的断裂。在距离三条断裂 80m 至 3000m 不等的井中采集了 60 余砂岩样品, 取样层位主要为古近系沙河街组及东营组, 取样深度变化范围为 $1395\text{m}\sim 3615\text{m}$ 。最后对样品中流体包裹体进行岩相学观察和均一温度测试。

研究表明: 1、热流体活动会导致断裂附近出现局部异常高温, 越靠近断裂, 异常高温越显著, 并随距离的增加, 从 135.72°C 迅速降低到 0°C 左右; 2、热流体活动对局部异常高温的影响范围有限, 大约在距离断裂 1km 以内; 3、不同性质的断裂对热流体活动的控制作用存在差异, 并影响了断裂附近地温分布情况, 断裂距离小于 1km 时, 走滑性质断裂附近异常高温变化区间为 $135.72\sim 100.61^\circ\text{C}$ 、伸展性质断裂附近为 $87.835\sim 34.7^\circ\text{C}$, 距离大于 1km 时, 两者异常高温均趋近于 0°C ;

S20-O-11

南海西南次海盆的地热流特征

徐行, 彭登, 姚永坚

国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质
调查局, 广州 510075

MLR Key Laboratory of Marine Mineral Resources,
Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou
510075

gz_xuxing@163.com

通过对南海西南次海盆海域地热流资料稀疏区域的 30 个地热流测点的数据采集、测试及其研究工作, 丰富了南海海盆的地热流资料。参考近期的地质-地形地貌资料及其地热流实测资料, 对早期地热流资料进行甄别和校正工作。结合研究区内的地形地貌、地球物理资料和构造地质资料, 对西南海盆及其邻区的 87 个地热流数据的分析研究表明:

(1) 西南次海盆两侧的陆洋过渡带热流密度值比较高, 特显了海盆洋陆过度带中各个位置的构造的多样性、复杂性及其热传导中的特殊性; (2) 西南次海盆中热流密度平均值比两侧陆缘的要高的多, 从洋盆的扩张中心向两侧的地热流测点的数据没有遵循洋盆中的热流-年龄经验曲线的规律变化 (Parsons 和 Sclater, 1977), 而且海盆中的离散点数据大小变化差异比较大。反映了海盆中“热”损失原因是一方面是洋盆比较狭窄, 朝海盆两侧流失; 另一方面是海盆中裂隙发育, 地下水热循环起了作用。(3) 西南次海盆中地热流数据分段分析中发现, 沿着西南次海盆的洋中脊自东北向西南方向, 海盆内测点的热流密度平均值在增高, 这反映了洋盆扩张过程是一个自东北向西南方向渐进式的海底扩张过程。

S20-O-12

南海海盆莫霍面深度结构及对洋陆过渡带的指示

吴招才, 高金耀, 丁巍伟, 沈中延, 张涛, 杨春国

国家海洋局第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012

wuzc@sio.org.cn

利用南海海盆及周边最新的重力, 经过海底地形、沉积层的重力效应改正, 并采用岩石圈减薄模型的温度场公式, 校正了从张裂边缘到扩张海盆的热扰动重力效应。通过研究区的地震剖面 and 少量声呐数据得到的莫霍面深度点作为约束, 采用基于“起伏界面初始模型”的深度修正量反迭代公式, 反演、计算了研究区的莫霍面深度及地壳厚度。结果表明, 海盆区莫霍面深度在 8~14 km 之间, 地壳厚度在 3~9km 之间; 东部海盆和西南海盆残留扩张中心沿 NNE 向展布向西南延伸至 112° E, 莫霍面深度超过 12km, 地壳厚度在 6 km 以上, 而西北海盆没有明显的增厚扩张中心; 在西南海盆北缘的中沙地块南侧, 存在一个近 EW 向地壳减薄带, 地壳厚度在 9~10km。

对比该区莫霍面深度和地壳厚度的计算结果, 可以看到, 莫霍面深度 14km 的等深线和地壳厚度 9 km 的等值线和前人划定的 COB 位置基本一致。为了方便描述, 我们在南海东北部 COB 几个关键转折点将其命名为 A、B、C 点, A 点和国际大洋发现计划 (IODP) 南海 349 航次 U1435 钻井位置一致, B 点在东沙斜坡南侧的 117.5° E, 19.5° N, C 点在笔架海山东南的 119.1° E, 19.4° N。在 B 点和 C 点之间, COB 近 EW 走向, 区别于其北侧笔架海山地区的近 NW 向地形地貌、磁异常特征; C 点以东 COB 转为近 NE 走向 (方位角 43°); 在 A 点和 B 点之间, COB 也是近 NE 走向 (方位角 43°); 在 A 点以西 COB 转为近 EW 走向进入西北海盆。在西北海盆南北边缘 COB 基本沿莫霍面 14km 的等深线展布, 只是在南缘向北收窄为沿 15km 等深线。绕过中沙地块后, COB 以近 NNE-SSW 走向 (总体方位角约 40°) 沿西南海盆北缘展布, 其间以中沙群岛、盆西海岭为间隔依次出现“凸-凹”相间分布特征; 在西南海盆南缘,

COB 同样表现出以礼乐滩、中业群礁为间隔的“凸-凹”特征，礼乐滩以西部分总体方位角约 64° 。在礼乐斜坡以北部分，前人划定的 COB 在此差异较大，莫霍面深度 14km 的等深线在礼乐地块东北侧向东南方向陆侧凸出，再往东沿礼乐斜坡呈近 NE 走向延伸至马尼拉海沟。Franke 等 (2011) 在礼乐斜坡上圈出了西北巴拉望微陆块，并和南海北缘的东沙块体共轭。由此可以推测南海南缘的沿礼乐斜坡海侧近 NE 走向的 COB 和北缘 A 至 B 点之间的 COB 对应，礼乐斜坡以东近 EW 走向的 COB 已俯冲于海沟之下。

近年来，随着对非火山型大陆边缘最终破裂和初始扩张的深入研究，发现许多特征和慢速扩张产生的洋壳相似，比如常出现低幅值、不连续的弱磁异常条带，难以区分正常扩张洋壳磁条带的陆侧边界；地壳速度在莫霍面处没有突变；地震剖面上莫霍面反射信号通常减弱或缺失。这些现象多被解释为地壳拉伸到海底扩张的过程中，出露地幔岩的蛇纹岩化，缺少地壳岩石 (Minshull, 2009)。南海非火山型大陆边缘，最近的研究也强调了拆离断层在大陆最终破裂到初始扩张的作用，以及在洋陆转换带中出露蛇纹岩化地幔岩 (Savva, et al., 2014; Franke, et al., 2014) 的重要性。Franke 等 (2011) 根据磁异常数据和多道地震剖面，发现在地震特征明显指示为陆壳和具有最老磁条带的洋壳之间还存在 $\sim 80\text{km}$ 的过渡区。Pichot 等 (2013) 根据横穿西南海盆南北边缘 1000km 长的 OBS 剖面，在西南海盆边缘观测到了高速体，尚未确定是上地幔橄榄岩还是蛇纹岩，北侧宽 60km，南侧宽仅 30km。所以在这类边缘 COB 是有一定宽度的区域。Minshull (2009) 在定义非火山型大陆边缘洋陆转换带 (Continent-Ocean Transition Zone, COT) 时认为其向陆侧边界是指具有明显减薄的陆壳。据此定义雷超等

(雷超, 等, 2013) 讨论了南海北部 COT 内的珠江口盆地和琼东南盆地与深度相关的变形发育机制。朱俊江等 (2012) 通过对比以前南海北部采集的反射地震数据和折射地震波速度模型，圈定了南海北部 COT 的分布范围，其宽度在南海东北部、中部和西北部分别为 225 km, 160 km, 110 km。高金尉等 (2015) 依据地震剖面和重力数据，总结了南海南北共轭边缘的 COT 的陆侧和洋侧边界特征，认为北部 COT 宽约为 223~273 km，南部宽度大于 42km。

如果以莫霍面深度为 21 km，地壳厚度为 17km 的等值线作为明显减薄陆壳的陆侧边界，那么可以将南海海盆周边地壳分为减薄地壳区 (莫霍面深度大于 21 km，地壳厚度大于 17km)，过度减薄地壳区 (莫霍面深度在 21~14 km 之间，地壳厚度在 17~9 km 之间) 和洋壳区 (莫霍面深度小于 14 km，地壳厚度小于 9 km)，过度减薄地壳区可以看作是 COT 的分布。从图 10 和图 11 中可以看出，南海东北部陆缘是整个南海周边地壳减薄程度最高的区域，在垂直主要 NE 构造走向方向上，最大宽度可达 200 km。该区被认为存在与下地壳高速层对应的“磁静区” (高金耀, 等, 2009)，或存在古洋壳 (夏戡原, 等, 2004; Yeh, et al., 2010)，或仅是存在中生界地层的减薄陆壳 (李春峰, 宋陶然, 2012)，或是夭折裂谷带 (McIntosh, et al., 2014)，充分说明该区地壳性质的复杂性，而其南缘礼乐地块只有减薄地壳，厚度大于 21 km。在西南海盆南北边缘，地壳减薄程度接近，但南缘的过度减薄区宽度明显宽于北侧，且过度减薄区只限于礼乐地块以西地区。

S20-O-13

北加里曼丹廷贾-西巴兰断裂与古南海海底扩张的关系

郑祺亮^{1,2,*}, 李三忠^{1,2,3}, 索艳慧^{1,2},
姜素华^{1,2}, Ian Somerville⁴

1 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100

2 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛
266100

3 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质功能实
验室, 青岛 266061

4 UCD School of Earth Sciences, University College
Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland

*zhengqiliang291@189.cn

廷贾-西巴兰断裂是一条位于加里曼丹北部的北西向的深大断层, 其中, 西巴兰断裂是廷贾断裂的海上延伸部分。本文基于古地磁的板块重建结果, 并综合廷贾-西巴兰断裂两侧的地层、地壳厚度、重力异常和地块属性等特征的研究, 来探讨古南海(PSCS)的扩张与消亡过程与廷贾-西巴兰断裂的形成与演化的关系。

(1) 廷贾-西巴兰断裂两侧的地壳属性不同: 古南海(PSCS)的消亡和南海(SCS)的打开使得原位于南海北部的 Luconia 板块逐渐增生至廷贾-西巴兰断裂西侧, 使廷贾-西巴兰断裂东、西两侧分别为具有洋壳性质的南沙海槽和总体具有陆壳性质的 Luconia 板块。

(2) 构造特征研究表明, 35 Ma 以前, 廷贾-西巴兰断裂、东亚陆缘广泛的北东向走滑断层与古南海海盆的北东向转换断层具有走向一致性, 推测应该属于同一构造背景下的同一套断裂体系。

(3) 廷贾-西巴兰断裂两侧构造过程存在明显差异性: 其西侧的 Luconia 板块与加里曼丹在 45-37 Ma 发生碰撞造山过程, 而东侧的南沙海槽持续俯冲消减至加里曼丹岛之下。断裂两侧的构造运动差异导致廷贾-西巴兰断裂在 35-10 Ma 期间表现出右旋走滑的运动学性质; 同时, 古南海洋中脊部分俯冲至加里曼丹之下, 导致廷贾-西巴兰断裂也表现为一

条转换断层。

(4) 古地磁资料揭示, 加里曼丹岛在 25-10 Ma 期间逆时针旋转了 50°左右, 使得廷贾-西巴兰断裂由最初的北东向逐渐旋转至北西向, 表现为一条北西向的左行走滑断裂; 之后继续发展演化, 廷贾-西巴兰断裂最终呈现出现今的构造格局。

因而, 本文认为廷贾-西巴兰断裂的最初形成是属于 PSCS 西部的一条北东向的转换断层及其在陆地的延伸, 随着 Luconia 板块与加里曼丹岛的碰撞, 廷贾-西巴兰断裂成为了古南海洋盆的西部边界。

S20-O-14

中南—礼乐断裂发育特征初步认识

徐子英*, 汪俊, 高红芳, 孙桂华, 孙美静, 聂鑫

国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质
调查局, 广州 510075

ziyingx06@scsio.ac.cn

中南-礼乐断裂, 是协调西北次海盆与东部次海盆北部之间及西南次海盆与东部次海盆之间的磁异常差异及相对运动的大断裂, 它记录了南海海盆多期次扩张及磁异常发生分叉转折的重要信息, 在南海形成演化的动力学机制中起了关键性作用。由于海盆调查程度低, 重、磁、震资料质量欠佳, 导致对中南-礼乐断裂的具体位置、延伸方向, 延伸长度及其性质的认识仍不是很清晰, 存在较大争议。

近年来, 笔者利用最新采集的覆盖全海盆的高精度地震剖面及重、磁资料研究中南-礼乐断裂时, 发现中南-礼乐断裂由北至南具有明显的分段性, 而且宽度和走向都存在差异。1) 北段分布在西北次海盆及东部次海盆北部之间, 磁力异常平面图上该断裂表现为

沿 115.5° E 附近 NS 向分布, 断裂平面图上表现为一条窄的断裂带, 地震剖面图上, 海山两侧断裂发育深而陡, 推测海山就是沿该断裂带发育的。2) 中段分布在西南次海盆及东部次海盆之间, 该段断裂带发育特征非常明显。断裂平面分布图上, 在西南次海盆与东部次海盆之间存在宽约 50~80 km 的断裂破碎带, 由 116.5° E 向 115.5° E 呈 NNW 展布, 磁异常图上也显示在两次海盆之间存在宽约 80 km 的磁异常过渡区, 即断裂破碎区。地震剖面图上, 断裂密集发育, 倾角较大, 近于垂直, 垂直断距小, 在断裂带的凹部存在窄且深的垂直沉积楔, 推测为早期玄武岩基底断块间的沉积充填。3) 南段主要是礼乐滩以南区域, 重磁震分析工作正在进行中。北段和中段地震剖面都显示断裂断穿基底深达双程走时达到 6~7 秒, 甚至更深; 且该断裂带在磁异常不同高度的向上延拓结果均表现显著; 姚伯初(1995)通过海盆地壳结构分析, 发现在西北次海盆及东部次海盆北部之间地壳结构厚度相差 2 km; 阮爱国等(2015)通过 OBS 探测, 发现在西南次海盆与东部次海盆之间的上地壳存在低速异常区; 故笔者推测该断裂至少是一条地壳断裂, 甚至可能是岩石圈级的断裂。

下一步工作拟基于最新采集的地震剖面、重力、磁力及高分辨率多波束地形地貌数据等资料, 系统地中南-礼乐断裂内部构造变形特征、空间展布特征及断裂性质进行系统性的剖析, 确定其断裂性质及空间展布特征; 最后基于上述地质认识, 利用物理模拟方法对该断裂的发育机制进行研究, 探讨该断裂在南海扩张过程中所起的影响。这将有利于我们清楚地认识南海扩张方式及其构造演化史, 也有助于更好地认识南海“张裂—破裂—漂移-俯冲碰撞-停止”过程中南北陆缘共轭发育特点。

S20-O-15

弧后盆地转换断层成因: 以西太平洋边缘海为例

张勇^{1,2*}, 李三忠^{1,2,3}, 索艳慧^{1,2}, Ian Somerville⁴, 臧艺博^{1,2}, 郑祺亮^{1,2}

1 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100

2 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛 266100

3 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质功能实验室, 青岛 266061

4 UCD School of Earth Sciences, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland

*yongzhy@163.com

弧后盆地转换断层是揭示边缘海盆地演化的一把钥匙, 但其成因机制一直都是地质科学研究的难点和热点。基于高分辨率构造地貌研究、重磁异常、磁条带型式、地震剖面、盆地几何学结构、古地磁等资料对比, 并结合区域地质背景、板块重建、动力学来源分析, 本文重新厘定了西太平洋边缘海盆转换断层和邻区走滑断层的分布, 尤其是其走向, 重点对南海、四国-帕里西维拉海盆、西菲律宾海盆、冲绳海槽这四个边缘海盆开展了工作, 将它们的转换断层统一为 NNE 向。另外, 从转换断层走向的角度入手, 提出了边缘海盆扩张的新模式, 并在此基础上对前人的新生代东亚大陆边缘及西太平洋的板块重建方案进行了修正。关于边缘海盆 NNE 向转换断层, 可能有以下三种成因。(1) 南海海盆: 继承邻区裂解陆缘走滑断层方位的模式, 南海真正的转换断层方向应该是 NNE 向, 并不是 NW 向。NNE 向转换断层实际上就是在南海陆架中广泛分布的 NNE 向大型右行走滑断层, 也是华南大陆 NNE 向右行走滑断裂在海上的自然延伸, 进而提出一些转换断层成因继承了邻区陆地上的走滑断层走向。冲绳海槽扩张动力学机制与之类似, 其转换断

层也是 NNE 向。这种模式中的转换断层可以不垂直于扩张中心，发生斜向扩张。(2) 四国-帕里西维拉海盆：伊豆-小笠原-马里亚纳海沟 NNE-NE 向俯冲后撤模式。伊豆-小笠原-马里亚纳海沟 NNE-NE 向俯冲后撤，在上覆板块产生 NNE-NE 向水平拉张力，导致九州-帕劳海岭裂解，进而控制四国-帕里西维拉海盆扩张方式，形成 NNE-NE 向转换断层。转换断层也不垂直于扩张中心，是一种斜向扩张。(3) 西菲律宾海盆：晚期菲律宾海板块整体旋转模式。西菲律宾海盆晚期扩张形成了 NW 或 NWW 向的转换断层和与之正交的扩张中心。25 Ma 之后，西菲律宾海盆随菲律宾海板块整体发生约 50° 的顺时针旋转，早期扩张形成的近 N-S 向的转换断层旋转成了现今我们看到的近 NE-SW 向，晚期扩张形成的 NW-SE 向或 NWW-SEE 向的转换断层旋转成了现今我们看到的近 N-S 向。西菲律宾海盆转换断层基本与扩张中心正交，类似于正常洋中脊扩张行为。

S20-P-01

新大陆漂移模型——全球构造动力机制探索

梁光河

中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
中国科学院矿产资源研究重点实验室，北京 100029
lgh@mail.iggcas.ac.cn

大陆板块存在大规模水平漂移是普遍现象，但其漂移的源动力是什么？传统的观点是海底扩张，但深海钻探和地球物理观测发现很多证据与此相悖。本文根据超深钻等结果结合热力学原理给出了大陆漂移新模式，即大陆板块可以在热力驱动下发生漂移，动力机制是大陆板块运移划开洋壳引起岩浆不断上涌，在陆块后面冒泡，巨大的岩浆热力推着板块往前跑。逻辑很简单：大陆板块

运动中其前面处于挤压环境，地下深处的岩浆无法外泄，其后面处于开放环境，地下深处的岩浆上涌，推动大陆板块向前运动。洋中脊是大陆板块相互旋转带动洋壳产生的裂缝，转换断层也同时产生。大陆漂移后因深部处于部分熔融状态，在剪切力作用下大陆板块下部可能会产生拆离断层，从而造成拆沉，在大洋中形成拆沉古板块，这些板块缓慢下沉，造成深源地震。

任何一种合理的地壳动力学或地球动力学假说至少要满足以下一些条件（马宗晋等，2003）：

- (1) 能对全球的构造特征及其空间分布规律和构造演化过程作出解释；
- (2) 所依赖的动力因子既有足够的能量，其作用方式又能合理说明构造变形场的特征；
- (3) 符合物理学的基本原理和地球内部物质的物理-化学性质。

以上新的大陆漂移模式可以完全满足这 3 个条件。本文通过印度板块向北漂移的特征与新大陆漂移模型进行了对比，并通过美国在印度洋最新的地震勘探剖面印证了该模型。

S20-P-02

西南次海盆反射莫霍面结构对南海大陆破裂和海底扩张机制的启示

张锦昌^{1,2*}，阎贫¹

- 1 边缘海地质重点实验室，中国科学院南海海洋研究所，广州 510301
- 2 海底矿产资源重点实验室，国土资源部广州海洋地质调查局，广州 510075

* jzhang@scsio.ac.cn

跨越南海海盆的莫霍面结构反映了从大陆破裂到海底扩张的地壳结构演化机制。西南次海盆作为南海最晚打开的次海盆，南北大陆边缘相距最近，是研究跨越海盆构造的

最有利区域。以反射莫霍面为成像目标,通过对跨越海盆 NH973-1 多道反射地震测线的重新处理,获得了之前研究没有揭示的西南次海盆反射莫霍面结构信息。我们发现:1. 莫霍面结构以洋盆中央裂谷为中心,呈现较好的对称性;2. 洋盆中间莫霍面的埋深约 2 秒双程旅行时,相当于约 7 公里厚地壳;3. 越靠近洋陆过渡带莫霍面埋深越浅;4. 当接近到达北部洋陆过渡带的时候,莫霍面埋深变浅至 1 秒,约等于 3.5 公里厚地壳;5. 当到达南部洋陆过渡带的时候,莫霍面埋深很浅,地壳可能变薄至零;6. 南部洋陆过渡带存在两条低角度深大正断裂,切穿莫霍面到达上地幔。从上述观察得到的启示包括:1. 西南次海盆呈现洋壳对称扩张和洋陆过渡带地壳对称变薄;2. 海底扩张过程在中央裂谷两侧生成正常厚度的洋壳;3. 大陆破裂过程使得靠近洋陆过渡带的地壳剧烈减薄,甚至可能出现上地幔出露;4. 岩石圈在陆过渡带上的高度拉伸形成切穿地壳深达上地幔的正断裂。

S20-P-03S

南海西南次海盆南部地壳结构

于志腾^{1,2}, 李家彪^{1,2*}, 丁巍伟², 张洁², 阮爱国², 牛雄伟²

1 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

2 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012

* jbli@sio.org.cn

南海作为西太平洋最大的边缘海之一,有着复杂的构造演化历史,许多学者提出了不同的观点(Barckhausen et al. 2014; Briais et al. 1993)。其中西南次海盆南部海盆内的地壳结构,由于缺乏足够的地球物理资料和岩石样品,其研究程度与南海北部陆缘区域和洋陆转换带相比,研究还较少。Pichot et al. (2014)在西南次海盆南部区域布设的 OBS 测线,虽

然穿越了共轭的陆缘区域,但是其海盆区域只布设了 2 台 OBS,海盆区域的地壳结构仍是不够清晰。本文利用西南次海盆两条能够反映海盆区域的 OBS 测线(OBS973-1 和 OBS973-3),截取其位于海盆区域的 12 台 OBS,通过正反演获得其地壳速度结构。整条剖面长约 311 km,地壳平均厚度为 6.71 km。莫霍面相对平直,深度在 10-12 km。没有下地壳高速体的存在,只有在残留扩张中心和北部的洋陆转换带(COB)区域下地壳底界,发现了两个很薄的高速异常层(~7.3 km/s)。从最终模型中的 1-D 速度深度剖面与 1-127Ma 大西洋的标准地壳结构相比,研究区海盆区域显示出典型的洋壳特征。

同区域获得的高分辨率的多道地震测线(NH973-1)显示出研究区的沉积厚度从陆缘侧向残留扩张中心处增厚,残留扩张中心处最厚,达到~3 km, P 波速度达到 4.36 km/s。由于 IODP Site 1433 在西南次海盆获得了打穿基底的岩心数据, Li et al. (2015) 对西南次海盆沉积层序进行了重新的划分。我们在此基础上,认为研究区更新世的沉积厚度更厚,中新世和渐新世分界面(Tom)只出现在靠近南沙地块的洋陆转换带区域。研究区北部更新世和上新世的界面(Tpp)比南部更深,指示出北部更快的沉积速率和更丰富的物源供给。

通过对比测线南北两侧的构造属性,我们认为研究区南北两部分显示出不对称的特征,这种不对称不仅表现在长度上的不对称,也表现在:在南侧发育了许多倾斜断块,且断层数量更多,而北侧则只有一个火山块体,断层也相对较少。同时,南北两侧的 COB 也呈现出不同的特征。我们认为这可能是由于岩浆供给从东到西渐进式扩张时逐渐减少导致的。研究区南北两侧并不是垂直扩张中心,靠近北侧的岩浆供给更多。与其他 OBS 测线

得到的地壳速度结构对比后,我们认为南部陆缘(礼乐滩和南沙地块)下地壳厚度比北部陆缘(南沙群岛)的更厚,北部陆缘的地壳减薄更为强烈。从而也说明,南海在扩张后期可能存在着南北两侧陆缘不对称的扩张过程,其有可能是由发育的大型拆离断层(Ding et al., 2015)导致的。

S20-P-04

2013年4月20日芦山地震前后四川地区波速演化研究

赵敏^{1,2}, 易桂喜^{1,2}, 龙锋^{1,2}, 宫悦^{1,2}

1 四川赛思特科技有限责任公司, 成都 61004

2 四川省地震局, 成都 610041

2008年5月12日汶川8.0级地震后,已有研究人员根据环境噪声获得了地震前后龙门山断裂带介质属性变化的观测事实。而汶川地震后仅仅间隔5年,随即在龙门山断裂带南段发生了2013年4月20日芦山7.0级地震。那么芦山地震前,震源区附近介质是否存在趋向于“临界”的时间演化过程?芦山地震之后是否可以观测到期望中的断层愈合过程?本文通过收集分布在四川地区的数字地震台网记录到的连续波形资料,采用近年来获得快速发展的背景噪声成像方法,分析芦山地震前后四川地区的波速演化过程。

本研究选用四川地震台网2011年1月-2013年12月期间60个固定台站的连续波形资料(25°-35°N,97°-109°E)的垂直分量,提取了四川地区各台站对的经验格林函数,反演了芦山地震前后四川地区10~20s的瑞利面波群速度结构,该频段瑞利面波群速度反映了10~20km深处中上地壳介质物性。数据处理过包括:首先进行重采样、去仪器相应、去均值、10s~20s 巴特沃思滤波器、绝对滑动平均时间域归一化等预处理之后,分别计算两两台站对单天的互相关系数,最后,对

长时间的互相关系数进行叠加,得到信号较稳定的互相关系数;根据得到的稳定的互相关系数叠加后的波形的峰值确定的台站到到作为参考走时。最后采用层析成像方法,通过层析成像方法反演得到2011-2013年的面波背景速度结构(3年窗长)和2011-2013年期间不同时间相同时间窗长的面波波速演化图(6个月窗长)。

检测板测试表明,大部分地区的分辨率都可以达到0.75°×0.75°。层析成像结果显示:

(1) 2011-2013年的面波背景速度结构显示,自2011年以来不同地区的地震波速度大部分在2.7km/s~3.2km/s之间波动,变化小于0.5km/s;其中,2012年期间的平均波速与其他时间段相比明显偏高。沿着龙门山一线的波速基本存在一个明显的界线,而且这个界线和四川盆地基本不随时间变化或者变化不大,而变化的是除了四川盆地的周边山区或高原区。也就是说,下地壳物质流动在龙门山构造一线受到了比较一致的影响,形成了一条波速梯度界线,而且四川盆地刚性块体受到的影响较小,所以波速随时间变化不大。

(2) 2011-2013年期间不同时间相同窗长的面波波速演化显示,不同时期四川地区的面波波速结构整体较为一致的,但在局部区域仍然会发现其波速的具有波动性:乡城-九龙-康定-江油-松潘-马尔康-道孚区域在2012年下半年波速整体升高并且形成了一个大范围的高波速异常区域,该异常区域位于龙门山断裂带西北侧。李传友等(2013)对芦山地震发震构造研究发现,芦山7.0级地震中,沿着芦山附近的断裂发生了向SE的逆冲运动,导致芦山所在块体的抬升。在2012年下半年出现在芦山地震发震前的大面积波速上升的现象,可能青藏块体向东运动,挤压龙门山断裂带造成应力累积所导致的波速上升。

S20-P-05S

马尼拉海沟海山俯冲数值模拟

程子华¹, 丁巍伟^{2*}

1 浙江大学地球科学学院, 浙江 310027

2 国家海洋局第二海洋研究所, 浙江 310012

*wwding@sio.org.cn

1. 背景

南海东部是欧亚板块和太平洋板块或菲律宾海板块的交汇地带, 其东侧为马尼拉俯冲带, 与典型的沟—弧—盆体系不同, 马尼拉海沟东向俯冲形成独特的海沟—增生楔(恒春海脊和高屏斜坡)—弧前盆地(北吕宋海槽和西吕宋海槽)—火山弧(吕宋岛弧)的构造组合。其形成在南海扩张停止扩张 16Ma 之后, 受菲律宾板块 NW 向运动影响, 南海洋壳俯冲到吕宋岛弧下形成。其构造样式复杂, 构造活动强烈, 地震、火山活动频繁, 为研究南海的板块运动及演化, 与太平洋板块之间相互作用的重要对象。

在南海残留扩张脊上, 有一系列海山发育, 一旦海山进行俯冲, 它将会给上覆板块的地形、构造变形, 弧前区域的垂直运动带来明显影响。前人对海山俯冲数值模拟研究表明, 海山在俯冲过程中, 由于岩石圈强度和年龄不同, 海山在增生楔处会出现 4 种模式: 即俯冲、前缘增生、基底增生和底侵^[1]。我们同样采用 2D 数值模拟的方法研究马尼拉海沟处海山或海脊俯冲过程中对增生楔发育和上下板块的构造形变的影响; 菲律宾板块仰冲对南海海盆的断裂发育的影响; 探讨马尼拉俯冲带动力学过程。

2. 数值方法与模型设置

近年来新发展的但被广泛接受的 I2VIS 代码, 运用有限差分法和、错网格划分以及 mark-in-cell 技巧联合求解不可压缩的流体力学连续性方程, 以及 Stokes 方程和能量守恒

方程^[2]。与全球其他相关代码功能方面不同的是, 本代码结合了在一定温压变化范围内岩性变化的岩石力学实验数据库, 考虑了俯冲过程中可能发生的流体迁移和地幔含水等相互作用过程。我们模型从预设一个薄弱带使洋壳俯冲开始, 由于菲律宾板块仰冲到南海板块上, 所有模型设置以仰冲为主, 计算了 3 组对比实验:

1 改变俯冲海山及洋壳岩石圈年龄 40Ma 和 80Ma 及俯冲角度。

2 俯冲速度方向变化, 即正常洋壳俯冲和陆壳仰冲。

3 海山岩性的成分改变, 即密度与流变学性质变化。

3. 结果

通过对比 3 组 2D 模型结果有以下结论:

1 在仰冲模型中, 年轻的洋壳岩石圈 (40Ma) 会在俯冲 11Ma 后拉断岩石圈, 而老的 (80Ma) 模型则不会出现, 推测年轻的岩石圈强度相对较弱的影响。同时, 俯冲角度设置影响初始俯冲板片的方向, 而不影响最终结果。

2 俯冲速度方向变化, 影响增生楔发育的规模。陆壳仰冲模型中, 增生楔的形变只发生在前端俯冲处, 表现出上下板块低耦合关系; 洋壳俯冲模型中, 增生楔发育范围较大, 并整体发生形变, 为强耦合关系。

3 低强度的海山俯冲时, 对带入较大增生楔沉积进入俯冲通道, 同时当俯冲到一定程度时, 表现出难以俯冲, 类似基底增生模式, 推测低密度海山有相对较大的浮力有关。

S20-P-06

川东南地区地震视应力时空分布特征

宫悦^{1,2}, 易桂喜^{1,2}, 龙锋^{1,2}, 赵敏^{1,2}, 王宇玺¹

1 四川省地震局, 成都 610041

2 四川赛思特科技有限责任公司, 成都 61004

川东南地区位于四川盆地川东南拗褶带, 靠近盆地边缘, 横跨川东高陡构造带以及川南中低缓构造带, 构造位置上属于川东南陡褶带和川南低陡褶带, 属于少震、弱震的人口密集区和工业重镇。2006 年开始, 由于盐矿井加压注水影响, 该区域出现了 4 级以上中强震频发的现象, 2008 年 5 月 12 日汶川 M8.0 级地震之后频发的态势并没有减弱, 并造成了一定的人员伤亡和财产损失。该区域在汶川地震后持续出现的中强震频发除与当地工业活动有关外, 或许还与汶川地震的发生导致区域应力场调整有关。

本文利用四川区域数字地震台网记录的波形资料, 选择 2008 年汶川地震后川东南地区 129 次 $M_L 3.0$ 级以上地震, 使用震中距在 200km 以内的台站所记录的清晰、信噪比较高的波形数据求取震源参数参与平均值。分别得到了视应力、应力降与震级之间, 震级和地震矩之间, 以及地震矩和视应力之间的定标关系。并通过扣除震级影响, 计算了归准化视应力值的时空变化特征。研究结果显示: ①视应力有随着震级增大而增大的趋势, 这也意味着地震越大, 单位地震矩所释放的地震能量越多, 反映出大地震比小地震具有更高效率的地震能量辐射体, 而这种现象, 可能暗示着大地震与小地震在破裂速度 v 等方面有比较大的差异, 因为破裂速度 v 和破裂能有关系, 而破裂能量又决定着破裂的动力学; ②应力降同样具有随震级增大而增大的趋势, 与 Nutti (1983) 提出的应力降模型 (ISD) 吻合, 即板内地震应力降随地震增大而增加; ③视应力有随地震矩增大而增大的趋势, 由于视应力随地震矩的变化关系复杂, 受诸如破裂过程、滑动类型等因素影响, 故理论上视应力随地震矩的变化应该不显著。川东南地区出现的这种视应力随着地震矩增

大而增大的趋势, 可能与该区域发震断层规模比较小, 震源破裂的方式比较单一有关, 也可能反映了人类活动是该区地震频发的主要因素; ④时间进程图显示, 研究区 4 级以上地震频发时段刚好对应了视应力值变化较显著的时段, 而该时段当地工业采矿注水活动强烈, 故该区域视应力水平或许反映了工业活动对区域应力场的影响; ⑤空间分布图显示, 自贡隆昌一带存在震级偏大、视应力反而偏小的现象, 这种现象可能反映该区域构造应力水平偏低; 与此同时, 我们也发现川东南地区整体视应力值略低于四川盆地其他地区的平均水平, Abercrombie 等 (1993) 研究认为, 非自然的环境局部影响原来位置所处的应力水平, 从而导致诱发地震可能发生在比自然地震更低的构造应力地区, 考虑到该区域处于工业活动区, 盐矿井注水活动比较频繁, 该区域的中强地震频发可能与工业活动有密切相关。

S20-P-07

白云运动动力学机制探讨

谢辉^{1*}, 周蒂², 庞雄³, 李元平³

1 广东海洋大学广东省近海海洋变化与灾害预警技术重点实验室, 湛江 524088

2 中国科学院边缘海地质重点实验室, 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

3 中国海洋石油(中国)有限公司深圳分公司, 广州 510240

* xiehuihaoba@163.com

白云运动是影响珠江口盆地白云深水区最显著的一次构造运动, 但目前对其影响范围和动力学机制还不清楚。通过假三维回剥分析发现: 白云运动在沉降型式上表现为镜像变化特征, 即早期 (23.9-23.3 Ma) 表现为在白云-荔湾凹陷之间发育一条 NE-SW 向的隆起带, 而其南部和北部却发育快速沉降, 尤其是番禺低隆起, 最大沉降速率可达 600

m/My; 之后在 23.3-19.8 Ma, 白云-荔湾凹陷之间发育快速的沉降, 沉降中心跃迁到白云凹陷南部, 沉降速率最大超过 300 m/My, 而其南部和北部沉降速率较低。这种镜像变化跟南海扩张脊向南跃迁的时间 (25-23 Ma) 非常吻合, 沉降中心的向南跃迁也与此相呼应。另外, 白云运动造成的构造沉降超过千米。检验发现岩浆底侵、动力地貌和下地壳流等模型都无法完全解释白云运动的这种表现, 在这种下地壳粘滞系数非常低, 地壳厚度变化很大的白云深水区, 上地幔次生对流模型是最为合理的解释。因此, 我们认为白云运动可能是由于南海海盆扩张脊向南跃迁导致的白云深水区下部的上地幔次生对流突然消失形成的。

S20-P-08

太康 Ms4.7 震区浅层结构

谭雅丽*, 杨卓欣

中国地震局地球物理勘探中心, 郑州 450002

* 754951@qq.com

已有的地质和地球物理研究结果表明, 发生在 2010 年 10 月 24 日河南省太康县 Ms4.7 级地震, 是和许昌-太康断裂有直接的关系。太康 Ms4.7 级地震序列未在地表留下任何构造痕迹, 为了研究该区隐伏活动断裂的地壳浅部结构、断裂的空间展布、断裂活动性, 2015 年 10 月, 在太康县发震地区跨许昌-太康断裂完成了 3 条共计 24 km 的浅层地震反射剖面。其中一条测线沿省道 213 从北向南布设 17km, 在完成的这条测线上我们共发现了 5 个断层, 从北向南依次用 FP1, FP2, FP3, FP4, FP5 表示, 位于测线北部的 FP1 断层呈现南倾态势, 中深部同相轴错断比较大, 在 FP1 错断过程中产生一个次级断层, 次级断层呈现向北倾斜形态。而位于测线南部的 4 个断层间距比较近约 1-2 km, 均呈现向北倾斜,

同相轴错断较小。这 5 个断层可分辨的上断点在地面上的垂直投影点分别位于剖面桩号 3096 m, 10066 m, 12084 m, 13116 m, 13938 m 附近, 对应上断点埋深约为 100 m, 110 m, 75m, 145m, 95m。

在已探测的断层东边分别布设了两条约 3.5km 的 X018 和 LGY 测线以精确定位断层走向, X018 测线解释了 1 个断层, 该断层倾向南, 上断点埋深约为 110 m, 在断裂过程中还产生了 1 个次生断层。该断层特征和 S213 北部断层 FP1 一致, 应是 S213 北部断层向东的延续, 但是断裂的强度明显变弱。LGY 测线上解释了 1 个断层, 该断层倾向北东, 特征和 S213 南部断层具有一致性, 应是 S213 测线南部断层向东的延伸。

根据探测的三条测线反射波组特征可以看出, 反射波能量较强, 波组丰富, 断裂强度北强南弱, 断层向南东延展逐渐变弱。250 米以上反射层基本上呈近水平形态展布, 大约 250~1250 米深度, 地层总体呈现南低北部略高的态势, 深度约在 1250m 出现一个较强反射层, 根据已有地震资料判断, 应该是新近系底界。

九十年代石油在太康探测的 311 测线和本次探测的 S213 比较接近, 石油剖面反应的中深层特征和 s213 剖面揭示的断裂具有上下一致的对应关系, 再次证明本次浅层地震勘探方法是可靠的。本项研究不仅可进一步提高对太康发震地区构造的认识, 而且研究中所采用的方法技术对其他地区的探测研究也有借鉴意义。

S20-P-09

Prolonged post-rift magmatism on highly extended crust of divergent continental margins (Baiyun Sag, South China Sea)

Fang Zhao^{1*}, Shiguo Wu², Wei Li³, Qiliang Sun⁴

1 CAS Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China

2 Institute of Deep-Sea Science and Engineering, Chinese Academy of Sciences, Sanya 572000, China

3 Institute for Geosciences, University of Kiel, Kiel 24188, Germany

4 Key Laboratory of Tectonics and Petroleum Resources, China University of Geosciences, Ministry of Education, Wuhan 430074, China

*iocaszhaofang@outlook.com

Three-dimensional (3D) seismic, borehole and geochemical data reveal a prolonged phase of post-rift magmatism on highly extended crust of the Baiyun Sag, South China Sea. Two volcanic complexes are identified and described in the context of continental rifting and diachronous continental breakup of the South China Sea. Biostratigraphic data from exploration wells BY7-1 and BY2, complemented by K-Ar datings from core samples, confirm that magmatic activity in the Baiyun Sag occurred in two main stages: (1) a first episode at the base of the Miocene (23.8 Ma); and (2) a second episode occurring at the end of the Early Miocene (17.6 Ma). The relative location of volcanic complexes in the Baiyun Sag, and their stratigraphic position, reveal prolonged magmatism inboard of the ocean-continent transition zone during continental breakup. We suggest that magmatism in the Baiyun Sag reflects progressive continental breakup in the South China Sea, with the last volcanic episode marking the end of a breakup sequence representing the early post-rift tectonic events associated with the continental breakup process.

Seismic and borehole data from this breakup sequence records diachronous magma emplacement and complex changes in depositional environments during continental breakup.

S20-P-10S

塔里木盆地和田古隆起构造演化及其成因探讨

郭颖^{1,2*}, 汤良杰^{1,2}, 陈刚^{1,2}

1 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249

2 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249

* guoy9991@163.com

和田古隆起是塔里木盆地南缘重要的消亡型隆起构造, 同时也是了解盆地形成演化与区域构造变形的重要窗口。论文通过野外露头、钻测井资料和地震剖面, 对和田古隆起及其邻区不整合结构样式和规模进行了分析; 利用旋回分析法研究了古隆起的隆升强度和迁移规律; 借助平和剖面技术复原了古隆起发育区关键构造变革期古构造格局; 并结合塔里木及其周边陆块构造格局的变化, 对其成因机制进行了初步探讨。

研究表明, 塔里木盆地和田古隆起是自前寒武纪基底就已存在的古隆起, 其演化过程可以分为基底隆起阶段、早中寒武世同沉积隆起阶段、晚寒武世-奥陶纪继承发展阶段、志留-中泥盆世强烈隆升阶段、晚泥盆世-二叠纪初始消亡阶段、中-新生代彻底消亡阶段。进一步研究显示, 加里东早、中期隆起高部位位于塔西南山前凹陷, 为 NW 或 NWW 走向; 海西早期古隆起迁移至塘古巴斯凹陷及其周边地区, 为近 EW 走向鼻状凸起; 海西晚期和田古隆起开始被埋藏, 隆起特征逐渐消失, 至喜马拉雅期彻底消亡。和田古隆起具有总体继承型发展、局部挠曲迁移的

特征，由早及晚隆起范围和隆起幅度逐渐增强。

盆地周缘构造事件、基底先存构造、滑脱层和区域构造反转作用共同控制了和田古隆起的形成和演化。早古生代盆地西南侧西昆仑洋洋盆闭合、板块碰撞和造山带隆升产生的挤压应力是和田古隆起形成的主要动力来源，阿尔金洋的闭合俯冲是古隆起局部挠曲迁移的必要条件；基底先存断裂控制古隆起的位置和规模，使古隆起始终发育在塔里木盆地西南部，并呈NW或近EW向展布；中寒武统膏岩层系作为区域性滑脱层，调节了古隆起不同阶段的转向迁移和变形差异；区域构造反转作用以巴楚隆起南缘断裂为枢纽，促使古隆起在新生代埋藏消亡。

S21-O-01

南海大洋钻探与高精度深拖地磁研究

林间^{1,2,3*}，李春峰^{2,4}，孙珍³，徐行⁵

及大洋钻探 349 航次科学家

1 美国伍兹霍尔海洋研究所地质与地球物理系，伍兹霍尔 MA 02543

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

3 中国科学院南海海洋研究所边缘海地质重点实验室，广州 510301

4 浙江大学海洋学院，舟山 316021

5 广州海洋地质调查局海洋地质勘查技术方法所，广州 510760

* jlin@whoi.edu

The South China Sea (SCS) is the largest low-latitude marginal sea in the world. Its formation and evolution are linked to the complex continental-oceanic tectonic interaction of the Eurasian, Pacific, and Indo-Australian plates. Despite its relatively small size and short history, the SCS has undergone nearly a complete Wilson cycle from

continental break-up to seafloor spreading to subduction, serving as a natural laboratory for studying the linkages between tectonic, volcanic, and oceanic processes. The last several years have witnessed significant progress in investigation of the SCS through comprehensive research programs using multidisciplinary approaches and enhanced international collaboration. In January-March 2014, International Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 349 drilled and cored five sites in the SCS (Expedition 349 Scientists, 2014; Li, Lin, Kulhanek et al., 2015). Three drill sites cored into oceanic basement near the fossil spreading center on the East (Site U1431) and Southwest Subbasins (Sites U1433 and U1434), respectively, whereas Sites U1432 and U1435 are located near the northern continent/ocean boundary of the East Subbasin (Fig. 1). The expedition successfully obtained the first basaltic rock samples of the SCS relict spreading center, discovered large and frequent deep-sea turbidity events, and sampled multiple seamount volcanoclastic layers. Shipboard biostratigraphy based on microfossils preserved in sediment suggests that the cessation age of spreading in both the East and Southwest Subbasins is around early Miocene. Post-cruise ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of basement basalt further suggests that the East Subbasin stopped spreading around 15 Ma, while the Southwest Subbasin terminated spreading around 16-17 Ma (Koppers et al., 2014). In 2012 and 2013, high-resolution near-seafloor magnetic surveys were conducted in the SCS with survey lines passing near some of the 2014 IODP drilling sites. The deep-tow surveys revealed detailed

patterns of the SCS magnetic anomalies with amplitude and spatial resolutions several times better than that of traditional sea surface measurements (Li et al., 2014; Lin et al., 2014). Inversion results reveal several episodes of magnetic reversal events that were not recognized by sea surface measurements. Together the IODP drilling and deep-tow magnetic survey results confirmed, for the first time, that the entire SCS basin might have stopped seafloor spreading at similar ages in early Miocene, providing important constraints on marginal sea geodynamic models.

S21-O-02

南海东北部磁静区地壳结构及其构造意义

夏少红*, 陈金虎, 孙金龙, 范朝焰

中国科学院南海海洋研究所, 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室, 广州 510301;

* shxia@scsio.ac.cn

南海东北部是一个构造特征极为复杂的区域, 其不仅具有较为强烈的岩浆活动, 而且保留有较厚的中生代沉积地层甚至还可能有古洋壳、古俯冲带的存在, 发育有多个NE向相互平行的构造带, 如高磁异常带、潮汕拗陷、北倾断裂带及磁静区。磁静区具有很清晰的分区特征, 靠近陆侧表现为低负值异常, 靠海侧为正值磁异常。由于南海东北部复杂的地质特征, 关于南海东北部磁静区的成因一直是众多学者关注的问题, 其形成原因需结合多方面的地质地球物理信息。因此深入认识和理解南海东北部的地壳结构和构造属性是探讨南海张裂演化和海底扩张过程不可回避的重要议题。

我们通过2014年在南海东北部开展的广角地震探测, 获取了磁静区详细的地壳结构,

并结合前人已有的研究成果圈定了下地壳高速体的范围, 发现磁静区与下地壳高速体的分布在位置上具有较好的对应性。从地壳结构特征上可以明显发现磁静区对应地壳急剧拉张减薄区, 莫霍面埋深只有13-20km左右。南海东北部陆缘的磁异常是由具有磁性的中生代中酸性岩体产生, 在高磁异常带所处的地壳厚度很大(大于25km), 而且该中酸性岩体位于中地壳上部, 距离高速层大于10km, 岩浆底侵作用虽然能引起磁性岩体发生熔融并消磁, 但高速层和中生代磁性体两者的空间位置使得底侵作用无法构成对磁性体的重熔消磁, 不仅如此, 对应中地壳的向上隆起说明引起高速层的岩浆底侵作用由于受到上覆较厚地壳的压力而不能继续向上运移, 只是对地壳有一定上推作用从而最终导致中生代磁性体向上抬升, 这不仅没有达到消磁作用, 反而使得磁异常在地面表现得更强烈。而对于磁静区而言, 由于其所在的地壳厚度和莫霍面深度, 其效应与高磁异常是相反的, 莫霍面抬升处由于地壳快速变薄, 上覆压力变小, 岩浆底侵作用更易于向上运移, 导致此处的高速层增厚, 同时导致了该区域的居里面抬升, 而在此处高速层与处于中上地壳中的磁性体距离大大缩小, 且地表地貌调查显示磁静区表层海山极为发育, 说明磁静区下地壳底侵的岩浆穿越地壳从而喷出地表的体积要更为庞大, 对地壳的整体改造和影响也应该更为强烈, 岩浆活动对磁性体的重熔消磁作用可能效果更明显, 使磁层厚度减薄。

S21-O-03

南海北部洋陆转换带 IODP 367-368 钻探区三维结构探测与研究

赵明辉¹, 曹令敏¹, 孙龙涛¹, 张佳政¹, 刘思青^{1,2}, 丘学林¹

1 中国科学院南海海洋研究所, 中国科学院边缘海地质重点实验室, 广州 510301

2 中国科学院大学, 北京 100049

mhzha@scsio.ac.cn

南海北部洋陆转换带 (COT) 的深部速度结构, 包含大陆岩石圈张裂与破裂的重要信息, 是认识南海陆缘形成演化模式的重要基础“骨架”。南海北部陆缘 COT 极为特殊。前期探测结果发现, 南海陆缘盆地中破裂不整合面由东向西逐渐变新, 具有穿时现象 (孙珍等, 2011; Song & Li, 2015), 而且在北部陆缘发育有下地壳高速层, 区别于典型的贫岩浆型张裂陆缘特征 (Zhao et al., 2010)。南海北部陆缘 COT 另一个独特性, 在于其空间范围非常有限。最新的地球物理探测研究表明, 在减薄陆壳至正常洋壳之间的 COT 范围内, 地壳属性变化异常迅速 (赵明辉等, 2016), 原本认为是 COT 的位置却具有洋壳属性 (OBS1993, OBS2001, OBS2006-3 等); 多道地震剖面中也很好地显示了这一特征 (Ding et al., 2011; Savva et al., 2013; Cameselle et al., 2015), 这说明南海北部陆缘 COT 宽度非常窄, 甚至小于 10 km。在宽度上完全不同于典型的 Iberia-Newfoundland 张裂边缘。那么, 南海北部陆缘 COT 本质属性是什么? COT 是否存在? 是否仅仅表现为 COB? 南海北部陆缘 COT 可能是一种新的端元模式? 回答这些问题对于张裂陆缘形成演化理论意义重大。为了解决上述科学问题, 选择南海第三次大洋科学钻探区域, 以 IODP367-368 航次的 4 个钻探井位为中心, 开展三维深部地球物理探测; 重点研究: (1) 南海北部陆缘 COT 边界及其地质属性; (2) 南海北部陆缘张裂-破裂机制问题。该深部研究与 IODP 钻孔数据相互支撑、相互融合, 必将提升南海第三次大洋科学钻探成果。

S21-O-04

Paleomagnetic Characterization of Sedimentary Units in the South China Sea Basin

Xixi Zhao¹, Qingsong Liu², Zongqi Duan²,
Congcong Gai², Weiwei Chen¹, and Wei Yuan¹

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, 200092, P.R. China

2 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029, P.R. China
xzhao@tongji.edu.cn

International Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 349 investigated the tectonic and oceanographic evolution of the South China Sea (SCS). Expedition 349 drilled five sites in the deep basin of the SCS. Paleomagnetic results show that sediments and basement rocks from the sites drilled by Expedition 349 contain both reversely and normally magnetized samples. Our post-expedition paleomagnetic study revealed that stable characteristic remanent magnetization (ChRM) components are observed throughout the studied cores, following removal of a low stability drilling-induced remanence. Paleomagnetic directions can be used to construct magnetostratigraphy for dating sediments. The similarity of results between Holes U1431A and U1431D for the upper 30 m strongly attests to the fidelity of the paleomagnetic records. In order to examine the origin of the ChRM, supportive rock magnetic experiments on the same samples used for magnetostratigraphy of the drill sites were also conducted. There is an excellent correspondence between the low-field magnetic susceptibility variations of the SCS cores and the marine oxygen isotope record at glacial-interglacial cycles, indicating that these

proxies are sensitive to the paleoclimatic changes since the last ~0.9 Ma. Low values of magnetic parameters correspond to the interglacial, and vice versa. During the interglacial periods, the dominant magnetic minerals are magnetically soft and have relatively coarser grain sizes, while high coercivity minerals of finer grain sizes dominate during glacial period. This strongly indicates that the sources of the magnetic minerals have dramatically changed between glacials and interglacials. Anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) results for Sites U1431 and U1433 indicate that most of the studied sediments display a normal sedimentary fabric, suggesting the ChRM and magnetic susceptibility records can be used for establishing magnetostratigraphy. Our new magnetostratigraphic work helps to refine the ages of sedimentation events and tectonic activities within and beyond the South China Sea basin.

S21-O-05

海南地幔柱与南海新生代岩浆活动的动力学机制

许鹤华, 施小斌

中国科学院边缘海地质重点实验室, 南海海洋研究所,
广东广州 510301

近年来, 南海深部结构研究取得了很大进展, 其中一个重要发现是南海西北部海南岛下方存在明显的柱状低速异常结构。层析成像结果显示, 该低速带向下可能穿越地幔过渡带, 延伸到下地幔或者核幔边界层。该低速异常结构被许多专家称为“海南地幔柱”, 可能是现今 12 个起源于核幔边界的地幔柱之一。南海海底扩张停止后的板内火山活动是

南海构造的重要特征, 主要分布在海底扩张之后在洋盆扩张脊、北部陆缘的陆洋边火山界附近等海域。在南海的拉张过程中岩浆供应不丰富, 在陆缘未形成大规模的侵入和喷出岩。南海海盆范围内晚第三纪—第四纪火山活动范围比较集中的地区是南海海盆扩张脊, 大部分火山顶部仅有很薄的沉积, 一些火山出露至海底形成海山。根据 K-Ar 法所测定在南海中央海盆的海山上采获了晚中新世以后的玄武岩同位素年龄为 13.95 Ma (玳瑁海山)、9.7 Ma (黄岩岛-珍珠海山)、3.5 Ma (中南海山), 南海新生代玄武岩的年龄变化主要在 13.95~3.5Ma, 对应形成时代为晚中新世—上新世, 形成于海底扩张之后。在西南次海盆以西的陆坡区、礼乐滩北缘及其北面的海盆内拖网也获得玄武岩, 年代 0~3Ma。表明南海海盆在海底扩张结束后, 仍受到岩浆活动的影响。

南海新生代玄武岩的地球化学研究表明, 在玄武质岩浆的深部地幔演化过程中, 海南地幔柱可能起到重要的作用, 本研究建立动力学和热力学耦合模拟研究地幔柱活动及对南海新生代岩浆活动的控制作用, 数值模拟结果表明, 由于洋脊的抽吸作用, 地幔柱流向南海洋中脊, 在此过程中发生减压熔融, 形成火山, 在洋盆停止扩张后这些侧向侵入的岩浆和洋中脊下的残存岩浆共同作用下控制了南海海盆新生代的岩浆活动, 由于这种独特的构造作用南海洋脊的南北两侧海底火山分布不同, 并且北部热流相对较高。

S21-O-06

边缘海构造旋回控制南海深水油气成藏

张功成*

中海油研究总院, 北京 100028

*zhanggch@cnooc.com.cn

南海边缘海构造旋回包括古南海形成与萎缩及新南海形成与萎缩两个旋回。边缘海构造旋回控制南海深水区盆地分布与性质,南海北部为被动大陆边缘裂谷盆地,南沙地块区盆地为漂移裂谷盆地,南部为复合型活动大陆边缘挤压盆地,西部为转换大陆边缘剪切拉张盆地,东部为俯冲大陆边缘增生楔盆地,深水区盆地主要分布在陆坡区和南沙地块上。边缘海构造旋回控制南海深水区主力烃源岩发育与类型,南海北部大陆边缘深水区发育始新世陆相、渐新世早期海陆过渡相、渐新世晚期海相三套烃源岩;南沙漂移裂谷盆地发育晚白垩世-早渐新世海相一套烃源岩;南海南部大陆边缘深水区发育渐新世、早中新世和中中新世三套海陆过渡相烃源岩;南海西部大陆边缘深水区发育渐新世、早中新世、中中新世三套海陆过渡相烃源岩。边缘海构造旋回控制南海深水区大型储集体,南海北部深水区发育4套储集体以深海扇为主,南沙地块发育2套储集体以三角洲与生物礁为主,南海南部以深水扇和生物礁为主;在大河入海口前缘的区域形成大型水道砂体等碎屑储集体,在隆起区形成生物礁滩。边缘海旋回控制深水区储盖组合,南海北部大陆边缘深水区油气成藏组合主要为渐新统-上新统,南沙地块区主要为始新统-渐新统下部,南海南部大陆边缘深水区成藏组合在渐新统-上新统,南海西部大陆边缘深水区成藏组合在渐新统-中新统;南海深水区主要油气藏类型与构造圈闭、深水扇及生物礁相关。南海深水区成盆、成烃、成藏特征受控于边缘海构造旋回,油气勘探潜力巨大。

S21-O-07

南海海盆区营养盐的垂向通量

杜川军,戴民汉,刘志宇

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室

海洋新生产力主要由下层输入真光层的营养盐维持,新生产力则通过输出生产力将有机营养盐输出真光层,从而维持上层海洋的物质平衡并驱动海洋生物泵。因此,下层输入的营养盐最终调控海洋吸收大气CO₂的能力。基于2012年夏季在南海北部海盆SEATS站(116°E, 18°N)硝酸盐(NO₃⁻)和湍动能耗散速率的高频、高分辨率的周日观测,计算了上层450 m NO₃⁻的湍流扩散通量。结合一维对流-扩散模型计算垂向对流速度,进而计算了NO₃⁻的对流通量;湍流扩散通量与对流通量之和为NO₃⁻的垂向通量。

SEATS站上层50 m的NO₃⁻垂向通量仅为(1-50)×10⁻⁴ mmol m⁻² d⁻¹,显示由下层输入的NO₃⁻量几乎可以忽略,而内源再循环的氮是上层生产力的主要营养盐来源。NO₃⁻垂向通量的最大值出现在70 m,为0.118±0.02 mmol m⁻² d⁻¹,对应较弱的层化和较大的NO₃⁻垂向梯度。输入真光层(75 m)的NO₃⁻通量为0.104±0.02 mmol m⁻² d⁻¹,可以支持0.69±0.14 mmol C m⁻² d⁻¹的新生产力,为基于²³⁴Th/²³⁸U不平衡法估算输出生产力(5.8±0.9 mmol C m⁻² d⁻¹)的11%。分析表明观测期间真光层内NO₃⁻的储量处于非稳态,是引起新生产力和输出生产力不一致的主要因素。根据氮、磷、硅垂向通量的比值推测,南海的氮限制应发生在上层50 m,硅限制可能发生在50-85 m。相较于高频、高分辨率的连续测量,离散样品由于垂向空间覆盖率较低,会对通量的估算造成0-40%的误差。

S21-O-08

南海浮游植物群落结构变动及其生物泵效率研究

黄邦钦^{1,2*}, 王磊^{1,2}, 谢聿原^{1,2}, 蔡平河²

1 滨海湿地生态系统教育部重点实验室, 厦门大学
环境与生态学院, 福建 厦门 361102

2 近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门大学 海洋
与地球学院, 福建 厦门 361102

通过近年来在南海开展的近 20 个航次的现场观测, 采用高效液相色谱法结合 CHEMTAX 对浮游植物生物量和群落结构进行分析, 并与颗粒有机碳输出通量 (POC Flux) 结合进行不同类群生物泵效率 (ThE) 的分析。同时, 通过过程航次的研究对南海中尺度涡影响下的物理-生物耦合过程进行了分析。

南海浮游植物群落结构和生物量存在较大的时空变化。南海中北部海区秋、冬季 Chl *a* 生物量较高, 而夏、春季较低, 但在近岸区, 尤其是夏季珠江冲淡水 and 近岸上升流影响区域, 四季都有较高的生物量; 浮游植物群落结构在春、夏季相似, 具有较高的聚球藻、原绿球藻的比例, 但春季定鞭藻-8 型也较高, 而夏季较低; 秋、冬季主要以硅藻和定鞭藻-8 型为优势, 秋季青绿藻明显高于其它季节。

中尺度涡对南海浮游植物群落结构有显著影响。(1) 南海西部的冷涡中心叶绿素最大层抬升明显, 并呈现硅藻--定鞭藻_8 型--聚球藻三种不同的分布模式。表层生物量增加了 2.6 倍, 主要是由聚球藻增加所致。在冷涡中心-边缘间不同的营养盐涌升强度是影响浮游植物群落结构的主要因素, 由于群落结构的改变, 同样会引起生物泵效率的变动。(2) 对于南海中部海盆 3 个暖涡来说, 水柱积分叶绿素 *a* 生物量无明显差异 (17.647~18.868 mg m⁻²), 但暖涡边缘生物量 (20.822±3.026 mg m⁻²) 分别高出暖涡中心和不受暖涡影响区 1.3 和 1.6 倍。暖涡边缘的高生物量主要由定鞭藻和原绿球藻增加所贡献。硅藻虽然不是优势类群, 但在暖涡边缘仍然有 2.5 倍的生物量增加, 然而这一增加并未带来边缘生源硅输出通量的增加, 反而是在暖涡中心生源硅输出通量更高。这主要是由于暖涡由边缘向

中心的平流运输所致。因而, 在生物泵中起主要作用的类群在暖涡中心、边缘和非暖涡影响区分别为硅藻、定鞭藻_8 型和原绿球藻。

南海生物泵效率同样存在季节变化, 冬季呈高生物量、高初级生产力、低生物泵效率 (<10%), 而夏季则呈低生物量、低初级生产力、高生物泵效率 (>20%)。在近岸和陆架区域, 颗粒有机碳输出通量与硅藻百分比呈现显著的正相关性; 而在海盆区, 颗粒有机碳输出通量与硅藻百分比显著负相关, 而与定鞭藻-8 型百分比显著正相关, 这说明南海近岸-陆架-海盆的生物泵过程受到浮游植物生物量、初级生产力、群落结构、浮游动物摄食和中尺度涡等过程综合作用的影响。

S21-O-09

南海北部东沙海域底栖有孔虫特征及其对甲烷喷溢事件的指示

潘梦迪^{1, 2}, 张必东^{1, 2}, 邬黛黛^{1*},
吴能友^{3, 4}

1 中国科学院天然气水合物重点实验室, 中国科学院
广州能源研究所, 广州 510640

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 国土资源部天然气水合物重点实验室, 青岛海洋地
质研究所, 青岛 266071

4 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功
能实验室, 青岛 266071

* wudd@ms.giec.ac.cn

南海北部东沙海域是我国已圈定的几个高甲烷含量异常区之一, 是天然气水合物赋存的有利区域, 也是典型的冷泉活动区。本文选取东沙海域甲烷异常区的 973-2 及 973-4 岩心样品开展底栖有孔虫群落及同位素分析研究。两个岩心均位于九龙甲烷礁附近, 前者位于 118°45.5638', 21°58.6594', 水深 1120 m, 样品长 6.73 m; 后者位于 118°49.0818', 21°54.3247', 水深为 1666 m, 柱长 13.75 m。

岩心中均有较为丰富的底栖有孔虫化石样品,且自下而上群落特征及同位素表现出明显差异。经对比,与周边非冷泉活动区底栖有孔虫群落有较大差别,可以作为甲烷喷溢事件的良好标志。

研究共鉴定 973-2 岩心 25 个样品的底栖有孔虫,分属 47 属 97 种及未定种,底栖有孔虫连续分布,但下部整体偏少。其下部有孔虫丰度和分异度较之上部均偏低,自下而上,内生种百分含量明显增加。岩心下部有孔虫壳体同位素出现偏负现象。973-4 岩心选取 63 个样品进行底栖有孔虫属种鉴定统计,分属 54 属 88 种及未定种。岩心中优势属种突出,群落特征变化明显。通过结合该岩心有孔虫壳体碳氧同位素数据及 AMS¹⁴C 定年资料,识别了三个底栖有孔虫演化阶段。对比分析 973-2 及 973-4 两个岩心中底栖有孔虫群落特征、底栖有孔虫氧指数 (BFOI) 及定年数据等,推测研究区自 MIS3 期以来发生了多期次的甲烷喷溢事件,973-2 记录了甲烷喷溢后期活动影响,973-4 记录了自 MIS3 期以来更多期次的甲烷喷溢活动。甲烷喷溢事件主要集中在末次冰期,指示海平面下降是其主要诱因,释放的甲烷以及发生的甲烷氧化还原过程进一步影响有孔虫群落丰度、分异度、BFOI 及碳氧同位素等参数,底栖有孔虫属种以耐低氧、耐 H₂S 及 CH₄ 环境的内生属种为主。LGM 后,随温度升高,海平面上升,沉积物上覆静水压力抑制了水合物的分解喷溢,甲烷释放逐渐减少,底栖有孔虫群落及同位素特征显示了与甲烷喷溢时期完全不一样的特征。

S21-O-10

南海和西北太平洋真光层浮游植物的输出沉降研究

王磊^{1, 2, 3}, 黄邦钦^{1, 2*}, 吴文学⁴,

王飞鹏^{1, 2}, 高树基²

1 滨海湿地生态系统教育部重点实验室, 厦门 361102

2 近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361102

3 国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361102

4 台湾大学海洋研究所, 台北 10617

* bqhuang@xmu.edu.cn

浮游植物是海洋生态系统最主要的初级生产者,其通过光合作用固碳并通过食物网和微食物环、形成聚合物或自身沉降等方式在海洋生物泵过程中起到极为关键的作用。为了研究真光层浮游植物向弱光层中的沉降,分别于 2010 年 1 月在南海海盆 SEATS (116.00°E, 18.00°N)、2015 年 4 月在西北太平洋 B9 (146.88°E, 29.82°N) 和 B1 (147.02°E, 37.88°N) 三个测站进行剖面采样,采用高效液相色谱仪分析真光层和弱光层浮游植物光合色素,通过高通量测序分析了表层、叶绿素最大层和弱光层微微型真核生物多样性,并对弱光层样品进行了扫描电子显微镜分析。结果表明,在南海海盆的 SEATS,真光层浮游植物 TChl *a* 最大值出现在 50 m,通过分粒级原位泵采样可以看出,1~10 μm TChl *a* 浓度 (0.165 μg/L) 远高于 1~10 μm 和 >53 μm;对于弱光层而言,三个粒级在 200 m 深度处都会出现一个 TChl *a* 的小峰值,可能由于经陆架向海盆区的水平输运引起,也有一部分可能来自于真光层内的浮游植物沉降所致。在群落组成上,1~10 μm 粒级真光层水柱主要以 Nano-为优势, Pico-次之, Micro-最少;真光层以深 Micro-比重略有增加,但在 500 m 深度, Pico-粒级占比重最高。另外两个较大粒级在真光层都是以 Micro-为绝对优势,但自 200 m 到 500 m 深度, Micro-比重逐渐降低,而 Pico-级比重增加。这说明小粒级的浮游植物通过打包和聚集物形成以及粪球颗粒中未被消化的部分等多种形式向下沉降,可见 Pico-和 Nano-级浮游植物在南海海盆区的

颗粒有机碳输出起重要作用。

在西北太平洋中纬度海区, B9 和 B1 的真光层 TChl *a* 最大值分别出现在 65 m (0.559 $\mu\text{g/L}$) 和 50 m (0.165 $\mu\text{g/L}$)。B9 真光层群落结构上主要以定鞭藻-8 型 (42.8%) 为优势, 硅藻次之 (19.8%), 定鞭藻-6 型和青绿藻也各自贡献约 10% 的生物量; B1 真光层群落结构上主要以青绿藻 (56.8%) 为优势, 定鞭藻-8 型、硅藻和隐藻也各自贡献约 10% 的生物量。这种群落结构上的差别主要由于黑潮和亲潮锋面的水团差异所造成。对于弱光层来说, 色素组成上与真光层差别并不明显, 但从弱光层特征色素与叶绿素最大值层色素比值上来看, 在 500 m, 硅藻和定鞭藻-6 型特征色素比值明显高于青绿藻和其他类群。这一方面说明硅藻和定鞭藻-6 型可能是真光层向弱光层沉降输出的主要浮游植物组分; 另一方面也说明在沉降过程中, 硅化和钙化的浮游植物相对于青绿藻等微型真核浮游植物沉降速率更快、色素降解速率更慢。但通过高通量测序的微型生物多样性和扫描电子显微镜结果可以看出, 弱光层同样大量存在着青绿藻和定鞭藻-8 型等微型浮游植物。总体而言, 在西北太平洋海区, 真光层的浮游植物群落结构部分决定着真光层浮游植物向弱光层的沉降, 但如 B1 站以青绿藻为绝对优势的情况下, 可能以形成聚合物的形式沉降的青绿藻组分并未体现出相对于硅化和钙化浮游植物在沉降上的优势。

S21-O-11

南海钡稳定同位素组成特征及分馏机制

曹知勉^{1*}, Christopher Siebert², Ed C. Hathorne², 戴民汉¹, Martin Frank²

1 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361102, 中国

2 亥姆霍兹基尔海洋研究中心(GEOMAR), 基尔 24148, 德国

* zmcao@xmu.edu.cn

钡是海洋中的“类营养盐”元素, 其溶解态分布与硅酸盐类似, 表层浓度低, 深层浓度高; 而次表层水和中层水中往往形成颗粒钡的极大值, 主要缘于沉降有机颗粒物降解过程中产生的过饱和微环境利于重晶石的沉淀。因此, 钡是现代海洋学和古海洋学中示踪水团混合、营养盐循环和生物生产力的重要指标, 但其生物地球化学行为的具体控制机制仍不清晰。近年来, 质谱分析方法的日趋完善已实现精确测量钡稳定同位素比值, 探讨其在海水中的分布和变化有望加深对海洋钡循环及相关生物地球化学过程的理解, 为示踪海洋学过程提供新指标。

本研究首次测定了南海北部外陆架至海盆区域海水溶解钡和悬浮颗粒物超额钡的钡稳定同位素 (分别表示为 $\delta^{137}\text{Ba}_{\text{DBa}}$ 和 $\delta^{137}\text{Ba}_{\text{Baxs}}$), 发现上层水体 $\delta^{137}\text{Ba}_{\text{DBa}}$ 显著重于深层水和相应悬浮颗粒物钡同位素组成, 大体呈现“营养盐型”分馏模式。整个调查区域 150 m 以浅水体的 $\delta^{137}\text{Ba}_{\text{DBa}}$ 和 $\delta^{137}\text{Ba}_{\text{Baxs}}$ 值分别稳定在 +0.9-1.0‰ 和 +0.2‰, 指示了空间上高度一致的钡同位素分馏效应。以 300 m 水深处的溶解钡浓度和同位素组成作为初始条件, 结合瑞利分馏模式和稳态分馏模式计算分馏系数 (fractionation factor) 分别为 $-0.6\pm 0.2\text{‰}$ 和 $-0.7\pm 0.2\text{‰}$, 与 $\delta^{137}\text{Ba}_{\text{Baxs}}$ 和 $\delta^{137}\text{Ba}_{\text{DBa}}$ 之间的表观差值 $-0.7\pm 0.1\text{‰}$ 吻合。另一方面, 溶解钡浓度与硝酸盐、磷酸盐和硅酸盐浓度的分布不耦合, 颗粒超额钡浓度与颗粒有机碳、颗粒有机氮和颗粒生源硅的分布亦呈现显著差别。据此推测, 轻质量钡同位素优先被颗粒物吸附应是造成南海北部上层水体溶解态钡同位素组成偏重、颗粒态偏轻的主要机制, 而表层生物生产力的作用可能不重要, 即浮游植物不会直接吸收钡而产

生分馏效应。但是，钡稳定同位素能否成为海洋输出生产力的新指标，还有待于对全水柱和沉积物中载带钡的特定颗粒相（如重晶石）的同位素组成进行分析和验证。

S21-O-12

南海陆坡浮游纤毛虫垂直分布

王超锋, 赵苑, 张武昌*

中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

* wuchangzhang@163.com

海洋浮游纤毛虫是微型浮游动物的重要类群, 他们是 pico 生物的摄食者, 同时被桡足类等摄食, 因此是连接海洋浮游微食物网和经典食物链的中间环节。浮游生物的垂直分布是浮游生态学的重要研究内容。海洋浮游纤毛虫与叶绿素最大层 (DCM) 的关系在陆架和热带和亚热带远洋是不同的: 在陆架, 浮游纤毛虫丰度在表层和次表层最大, 在 DCM 丰度不出现峰值; 在远洋, 浮游纤毛虫丰度在 DCM 和表层有两个峰值。我们假设从远洋到陆架, 这两种分布模式交汇的地方是陆坡区。为验证这个假设, 我们在 2014 年 10 月和 2015 年 6 月在南海陆坡区进行调查, 浮游纤毛虫丰度范围为 0-1353 个/L, 生物量范围是 0-2.36 ugC/L, 两种垂直分布模式共同存在, 在 DCM 层出现纤毛虫丰度峰值的站位主要分布在远洋深水站位, 结果与假设相同。砂壳纤毛虫不同的种类有不同的垂直特点, 本论文在调查海区发现砂壳纤毛虫的垂直分布类型可以分为 4 种: 0-100 m 分布, 50-200 m 分布, 100-500 m, 各层均有分布。

S21-O-13

南海碳循环通量、过程机理及其全球意义

戴民汉¹, 曹知勉¹, 郭香会¹, 甘剑平²

1 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门, 361102

2 香港科技大学环境学部和数学系, 香港

边缘海碳循环受海-陆-气相互作用的影响, 是全球碳循环不可或缺但又最复杂的环节之一, 属全球变化科学热点和前沿领域。但时至今日, 对边缘海碳循环过程与机理的认识依然有限, “为什么一些边缘海是大气 CO₂ 的源而另一些却是汇”这一基本问题仍然悬而未决。延伸而言, 向大气释放 CO₂ 的边缘海, 其 CO₂ 究竟从何而来? 若吸收 CO₂, 这些 CO₂ 又将由何而去?

南海是北太平洋最大的边缘海, 北部宽广的陆架受珠江等大河输入影响显著, 属河流主控型陆架 (River Dominated Margin, RioMar), 总体上是 CO₂ 汇区; 而其盆地与太平洋发生复杂、动态的交换, 属大洋主控型边缘海 (Ocean Dominated Margin, OceMar), 总体上是 CO₂ 源区; 通过物理-生物地球化学耦合分析和定量计算, 初步认定南海海盆所释放的 CO₂ 可能源自相邻西北太平洋深部, 是外源的。由此, 我们提出了 OceMar 系统碳循环概念框架。OceMar 系统通过至少二维的过程与相邻开阔大洋进行物质交换, 并通过后续在边缘海内部的涌升和垂直混合向真光层输送 DIC 和营养盐; 这些外源 DIC 和营养盐随后被生物消耗, 两者之间的“竞争”最终决定了边缘海的海-气界面 CO₂ 通量。如果 DIC 过剩, 将会导致边缘海向大气释放 CO₂。

在南海碳循环研究的基础上, 本研究选取若干典型的 OceMar 和 RioMar 系统 (以加勒比海、阿拉伯海、美国西海岸 Oregon 上升流系统为 OceMar 案例, 以东海长江冲淡水区和亚马逊河冲淡水区域为 RioMar 案例) 开展了 CO₂ 通量及其控制机理的解析研究, 以期揭示南海碳循环框架的全球意义。

S21-O-14

Estuarine source and transport of dissolved constituents in South China Sea: An case study of Pearl River estuary

Deli Wang^{*}, Shuimiao Lu, Minhan Dai

State Key Laboratory of Marine Environmental Science,
Xiamen, 261102

*deliwang@xmu.edu.cn

The Pearl River carries a substantial amount of materials into South China Sea. Particularly, the Pearl River estuary, the largest estuary in China, suffered extensive human perturbation with anoxia at the upper part all through the year. Our study here showed that the riverine particles continuously sequester anions including molybdate from tidally intruded seawater. These Mo-enriched particles experienced further enrichment and partial releases of dissolved constituents including Fe and Mn, and Mo during precipitation. These processes were highest in the low salinity anoxic estuarine waters, and only during Summer high river discharges were high levels of reduced species flushed outwards into the middle and lower parts of the estuary. Particularly, we observed the trace amount of transient reduced Mo and extremely high levels of dissolved Fe outside the anoxic zone in Summer coinciding with the high abundances of picophytoplankton (mainly as *Synechococcus*) and heterotrophic bacteria, respectively. The results observed in this study provide clear evidence that anoxic estuaries serve as an important sink of Mo, and particularly newly produced Mo and Fe species in natural waters,

while high river discharge during Summer play a key role in flushing dissolved constituents out, and triggering the growth of specific marine phytoplankton and bacteria along the estuarine outflow respectively.

S21-O-15

南海海山火成岩岩石成因：年代学与地球化学制约

钟立峰^{1, 3*}, 蔡观强², 谢安远³

1 中山大学海洋科学学院, 广州 510006

2 广州海洋地质调查局, 广州 510075

3 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

* zhonglf@scsio.ac.cn

岩相学观察表明获得的南海海山岩石样品均为火成岩, 其中一个站位的样品岩性为斜长花岗岩, 其余为气孔或杏仁状玄武玢岩。在此基础上, 挑选出新鲜的岩石进行年代学和地球化学分析。Ar-Ar 同位素年代学分析揭示南海海山火山岩喷发年龄为 6.67~11.58 Ma 之间, 并且全岩年龄明显比玄武岩基质年龄老, 可能斑晶的加入导致年龄偏大, 说明玄武玢岩中斑晶可能在喷发之前的岩浆房中就已结晶。另外, 获得斜长花岗岩两个 Ar-Ar 坪年龄, 分别为为 28.92±1.94 Ma 和 32.28±0.51 Ma, 这很可能是南海洋壳的形成时间。岩石地球化学方面, 元素地球化学分类图解指示南海海山火山岩均为碱性玄武岩, 其固结指数都小于 40, 可能反映这些岩石在岩浆演化过程中分离结晶程度较高, 是堆晶作用之后的产物; 特征微量元素比值指示火山岩类似于 OIB, 而斜长花岗岩类似于 MORB, 从微量元素蜘蛛图上看, 火山岩总体显示出递变亏损的分布模式, 但有 5 个样品出现明显的 Sr 的正异常, 而斜长花岗岩总体显示出递变富集的分布模式, 但与玄武岩相比, 明显亏损大离子亲石元素。两类岩石都不存在

Nb、Ta 的异常,可能反映出岩浆形成过程中未受到俯冲组分的影响;火山岩稀土元素总量较高,在 72.8~232 $\mu\text{g/g}$ 之间,而斜长花岗岩稀土元素总量较低,为 86.1 $\mu\text{g/g}$,由于稀土元素特别是重稀土元素受海水蚀变、热液交代或后期变质作用的影响甚微,因此,稀土分配型式能较好的反映岩浆形成时的特点,在球粒陨石标准化配分图上,南海海山玄武岩显示为轻稀土富集的右倾负斜率的分配型式,并具 OIB 稀土元素地球化学特征,表明它们可能来自较深的富集地幔;而角闪花岗岩显示轻稀土元素稍亏损的平坦分配型式,并具有 N-MORB 的稀土元素地球化学特征,暗示它可能来自较浅的亏损地幔;应用地球化学方法进行岩石的构造环境判别,发现南海海山火山岩为形成于板内的碱性玄武岩,这与岩石地球化学分类的结果一致;而角闪花岗岩为形成于洋中脊的亏损型钙碱性岩石。

S21-O-16

福尔摩萨峡谷下部深海流场的变化——等深流、潮汐及地形的相互作用

赵玉龙*, 张艳伟, 刘志飞

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* yeoloon@tongji.edu.cn

本次研究通过对布放在南海东北部福尔摩萨峡谷下部的 TJ-F 潜标锚系在 2014.05-2015.05 间所获得的数据进行分析,研究深水等深流、潮汐作用以及深海峡谷地形对该海区深海流场的影响。TJ-F 站位水深 2800 m,其所搭载 300 kHz 声学多普勒流速剖面仪(ADCP)布放在距海底 100 m 处,观测其下 50 m 水层中流速流向的变化。研究发现,该海区深海海流的流速变化主要受潮汐作用的影响,最大流速可达 20 cm/s。通过低通滤波去除潮汐作用和地转偏向力的影响,

获得亚惯性流。亚惯性流流速约为 1-5 cm/s,主要沿西至西南向流动,推测主要受南海北部深海等深流活动的控制。该海区海流的流向变化则受到潮汐作用和深海峡谷地形的双重影响。观察发现,在每月望日之后,研究站位海流的主要流向转变为东至东南向,同时海水温度降低。由于该站位处于深海峡谷中,峡谷西侧的谷壁上下高程差达到 400 m,故西向海流在到达谷壁时必然与谷壁发生碰撞产生回流。由于每月望日之后天文大潮的影响,使得流经 TJ-F 站的回流速度超过后续的西向海流速度,从而产生流向反转。流向反转时期,推测由于谷壁处海水与更深层海水在流向翻转过程中发生强烈混合,导致海水温度的降低。深海海流与谷壁长期碰撞所产生的侵蚀对深海峡谷地形的塑造作用,可能是解释福尔摩萨峡谷西侧谷壁陡峭而东侧谷壁平缓的主要因素。

S21-O-17

南海 IODP349 航次 U1431D 孔的磁性地层学研究

盖聪聪¹, 刘青松^{1*}, 赵西西²

1 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029

2 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* qslu@mail.iggcas.ac.cn

为进一步理解南海海盆大洋岩石圈演化和深水沉积环境的变迁,IODP 349 航次在南海选择 5 个站位进行钻探,共钻取 1524 米沉积物以及 78 米洋壳玄武岩,首次获得了南海基底的玄武岩样品及上覆完整的沉积记录。为了构建精确的年代标尺,我们采用古地磁学及岩石磁学的手段对 U1431D 孔的沉积物样品进行了磁性地层学研究。

U1431D 站位位于南海东部次海盆残余扩张洋脊附近。在水深 4240.46 米处钻得 D

孔沉积物 (15° 22.54' N, 117° 00.00' E), 钻井深度达 617.0 米, 取样长度 402.11 米, 取芯率为 65%。该孔沉积物的主要岩性为粘土、粘土质粉砂, 含有超微化石软泥夹层的粉砂以及火山灰。初步的岩性地层学分析显示, 该孔沉积物广泛发育钙质浊流沉积。

U1431D 孔的主要载磁矿物为准单畴磁铁矿, 是记录剩磁的良好载体。通过对全部 1022 块离散样品的磁化率各向异性分析和交变退磁分析, 确认大部分样品均为正常沉积组构, 并根据这部分样品的特征剩磁倾角变化建立了倾角随深度的极性序列。结合船上 20mT 退磁数据以及识别出的 37 个生物事件年龄, 将实验所得极性序列与地磁极性年表 GPTS2012 对比, 建立了 6.5 Ma 以来的磁性地层年代框架。其中, 布容/松山、松山/高斯与高斯/吉尔伯特界限分别定在 45.84 mbsf、134.75 mbsf 和 243.42 mbsf。晚中新世的沉积物累积速率为 8.42 cm/ka, 与船上由生物地层限定计算得出的 14 cm/ka 差距较大, 上新世和更新世的沉积物累积速率分别为 6.54 cm/ka 和 4.67 cm/ka, 与船测分析结果 5 cm/ka 基本一致。我们认为, 沉积速率的变化可能是沉积环境和/或物源的改变所致。

在此年代学基础上, 下一步工作拟通过对本孔沉积物环境磁性参数进行环境信息的反演, 以期进一步了解 6.5 Ma 以来的环境变化。

S21-O-18

末次盛冰期南海底层洋流演变历史——磁学与暂态模拟实验证据

郑旭峰¹, 高树基², 陈忠¹, 杜岩³, 万世明⁴, 晏宏⁵, 柳中晖⁶, 郑立伟², 李大伟², 张旭⁷

- 1 中国科学院南海海洋研究所边缘海地质重点实验室, 广州 510301
 - 2 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361005
 - 3 中国科学院南海海洋研究所热带海洋环境国家重点实验室, 广州 510301
 - 4 中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071
 - 5 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710061
 - 6 香港大学地球科学学院
 - 7 Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Am AltenHafen 26, 27568Bremerhaven, Germany
- * zxf@scsio.ac.cn

深水环流演变对于全球气候具有举足轻重的作用。相比大西洋, 太平洋深水环流的历史仍不清楚。吕宋岛“深水瀑布”, 作为北太平洋深水环流的一个分支, 影响南海海盆的深层通风。本次研究通过测量和分析南海东北部陆坡沉积物柱状样的沉积磁学组构参数和暂态模拟实验, 以重建南海深水环流, 厘清南海与太平洋深水环流之间以及千年尺度气候变化的耦合关系。磁组构结果显示: 深水环流强度和方向具有明显的千年尺度的波动。相比全新世, 末次盛冰期深水环流具有相似或稍微较强。底层洋流加强最显著的时期是 Heinrich 1 (H1), 其次是 Younger Dryas (YD)。冰消期的暂态模拟实验结果显示: 南海东北部地区深水环流在 H1 和 YD 时期的加强, 与北太平洋深水的形成的加强有关, 支持了太平洋-大西洋深水环流跷跷板效应的假说。磁组构信息也显示南海深水环流早全新世的加强, 这与这个时期卡里马塔海峡的开启及其随着增强深层通风有关。

S21-P-01S

南海海盆洋脊玄武岩的橄榄石成分变化与地幔不均一性

杨帆^{1,2}, 黄小龙¹, 徐义刚¹, 任钟元¹

1 中国科学院广州地球化学研究所, 同位素地球化学
国家重点实验室, 广州 510640

2 中国科学院大学, 北京 100049

南海位于欧亚板块, 印度-澳大利亚板块和太平洋-菲律宾板块的汇聚区域, 是西太平洋低纬地区最大的边缘海之一。海水及深海巨厚沉积物的覆盖导致长期以来采样困难, 有关南海海盆扩张期的岩石地球化学工作几乎停滞不前, IODP349 航次获得了南海中央海盆和西南次海盆最晚阶段洋中脊玄武岩样品, 为探讨南海的形成和演化提供了难得机会。

玄武岩中的橄榄石作为岩浆早期结晶矿物, 能够示踪早期岩浆成分并制约源区物质组成特征。本研究对南海中央海盆和西南次海盆 MORB 中的橄榄石进行了系统的电子探针成分分析, 结合全球不同构造背景的已有橄榄石成分数据, 探讨其地幔源区性质。本研究发现, 西南次海盆的橄榄石相对中央海盆具有较低的 Ni, 较高的 Ca、Mn, 它们的 Fe/Mn 比值变化范围都比较大, 但明显不同。两个次海盆 MORB 中橄榄石的成分差异并非由岩浆演化的结果, 而很可能反映了它们的地幔源区差别。本研究推断, 相对于中央海盆, 西南次海盆的地幔源区的“洋化”程度较低, 因而具有更多的亏损橄榄岩组分。两个次海盆地幔源区的这种成分差异可能最终导致了玄武岩地球化学性质的差别, 并为解释南海次海盆之间在海盆水深、磁异常条带分布及强度等方面的差异提供信息。

S21-P-02S

南海北部海盆晚第四纪深海碳酸盐的溶解历史

刘小庆, 翦知潜

同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

作为地球表层碳储库的最大组成部分, 深海碳储库对于解释冰期大气 CO₂ 的下降尤为重要, 尤其是其碳酸盐系统的变化。本次工作以南海北部 MD12-3437 柱状样 (18°23.34'N, 116°27.41'E, 水深 3840 m) 为材料, 采用溶解作用的多种替代指标, 包括底栖有孔虫 *Cibicidoides wuellerstorfi* 壳体的 B/Ca 比值、碳酸盐百分含量、浮游有孔虫丰度、粗组分、浮游有孔虫碎壳率及底栖有孔虫比例, 重建了南海北部晚第四纪深海碳酸盐的溶解历史及古 CCD 的变化。

距今 200 ka 以来南海北部 MD12-3437 柱状样的 CaCO₃% 与粗组分、浮游有孔虫丰度具有一致的变化趋势, 而与浮游有孔虫碎壳率、底栖有孔虫比例的变化趋势相反, 说明 MD12-3437 柱状样的碳酸盐旋回主要是由溶解作用控制的。南海北部晚第四纪深海碳酸盐的溶解作用总体上冰期弱、间冰期强, MIS4-5 期为南海碳酸盐的强溶解期, 冰期到间冰期的转变阶段 (MIS6/5 和 MIS2/1 交界) 出现碳酸盐的保存峰值。

根据南海北部 5 个 CCD 界线附近的站位在深度断面上的 CaCO₃% 数据, 我们重建了最近 100 ka 以来南海北部古 CCD 的变化: 南海北部 CCD 在全新世之前明显加深, 大致位于 3800 m 深度, 而且在 MIS4 期晚期至 MIS3 期早期、中期 (34-64 ka)、MIS2 期晚期到末次冰消期 (12-22 ka), CCD 加深至 >3800 m 的深度; 至全新世, 南海北部 CCD 变浅至与现代 CCD 相当。根据南海南部 4 个 CCD 界线附近的站位在深度断面上的 CaCO₃% 数据, 我们重建了最近 60 ka 以来南海南部古 CCD 的变化: 全新世南海南部 CCD 达 3800 m 水深, MIS2 期晚期到末次冰消期 (12-22 ka)、MIS2 期早期 (30-25 ka) 南部 CCD 加深至 >4200 m 的深度; MIS2 期中期 (22-25 ka) 及 MIS3 期, 南部 CCD 变浅至 4000-4100 m。

总体而言,南海海盆的 CCD 冰期加深、间冰期变浅,其中全新世最浅;南部的 CCD 总体上比北部 CCD 深 300-400 m。

根据底栖有孔虫壳体 B/Ca 比值重建的南海北部与南部深水 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 具有一致的变化特征,总体而言末次冰期 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 较高、间冰期 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 较低,冰消期出现 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 的峰值, MIS4-5 期深水 $[\text{CO}_3^{2-}]$ 的冰期-间冰期变化并不明显,这与南海深水 CaCO_3 含量曲线及古 CCD 的变化相吻合,说明底栖有孔虫壳体 B/Ca 比值可以很好地指示深水碳酸盐溶解作用的强弱。

S21-P-03S

对南海深水盆地钙质生物颗粒沉积机理的初步探索

周辛全¹, 刘传联^{1*}, 张洪瑞¹, 金晓波¹,
IODP349 船上科学家

¹ 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092
* liucl@tongji.edu.cn

国际大洋发现计划第 349 航次获取了南海中央海盆自形成以来连续的沉积记录。其中一个重要的发现是,在水深超过 4200m 的西南次海盆(U1433 站位)的晚中新统地层中出现了大规模钙质软泥层,而该站位位于现代碳酸钙补偿深度以下。航次初步研究表明,这些钙质软泥层多为钙质超微化石软泥(白垩)。我们需要回答的问题是:为什么在南海深水环境下会出现如此大规模的钙质软泥层?可能的原因有:表层海水具有钙质壳体的生物发生大规模勃发,造成生物钙质颗粒的输入量大幅增加;底层海水的化学性质发生变化,碳酸钙饱和度升高;特定沉积过程导致的快速堆积。我们首先对 U1433 站位晚中新统的钙质超微化石进行了精细分析,发现在该站位钙质超微化石是常见的生物颗粒,并且是主要的碳酸钙贡献组分。钙质软

泥层中的超微化石丰度普遍较高,随着成岩作用程度的加深,丰度降低,且过度生长现象更加严重。在一些深水环境的远洋粘土层中,超微化石丰度同样较高,这些层位的化石组合指示了高营养盐的表层水体环境,与前人总结的“晚中新世生物勃发”时期相一致。结合沉积相特征与超微化石含量特征,我们初步认为粘土层与钙质软泥层中的超微化石具有不同的沉积机理。此外,钙质软泥层中的底栖有孔虫属种,以及较老年龄的再沉积超微化石属种,能够为软泥层的异地搬运成因提供证据。基于大洋钻探计划 1143 站位晚中新世的古环境记录,与南海晚中新世的构造活动纪录,我们可以初步构建南海深水盆地晚中新世钙质生物颗粒的沉积模式,这种模式对于全球边缘海的碳酸盐沉积模式具有一定的指示意义。

S21-P-04S

南海东沙海域内孤立波形态研究

徐宋昀¹, 许惠平¹, 关永贤², 耿明会¹

¹ 海洋地质国家重点实验室, 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

² 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州海洋地质调查局, 广州 510760

南海北部陆架陆坡区域内波现象发生频率高,是国际公认的优良的天然内波试验场。尤其是在东沙海域,能观测到大量的大振幅内孤立波,这些孤立波多数以孤立波群的形式传播。在东沙海域不同位置观测到两种典型的波群:一种是波形有序的孤立波群,包含了多个波形完整的孤立波,波形相似、类型一致。这些孤立波群是由东南部深海盆向东沙台地传播的内孤立波演变而来的,多存在于东沙岛礁的东部。另一种是更复杂的波群,包含了多个波长,波形无序、不规则变

化,多存在于东沙岛的西北部。两种波群的传播方向几乎一致,同存在于南海北部的陆架陆坡区域,可以认为发源于同一区域,但孤立波形态差异巨大,需要探究是什么原因造成了两种波群内孤立波形态的差异。

通过 MODIS、SAR 等多源遥感资料,可以直接观测到两种波群在海面上表现出的不同信号,进一步用经验模态方法和傅里叶变换处理波群的遥感灰度剖面图,从中分解出孤立波信号,得到孤立波群的一组波长和波向。波形有序的孤立波条纹清晰,波峰线有序排列,波长依次减小,波向一致;复杂的波群中孤立波条纹纵横交叉,波长和波向都无规则变化。反射地震数据能从垂直方向上研究每个孤立波的形态,用地震数据的反射同相轴信息可以计算得到每个孤立波的振幅、宽度等特征参数。分析地震海洋学图像及特征参数,发现波形有序的波群中孤立波形状完整清晰,形状都为“钟形”,从首波开始振幅依次减小,这些孤立波都属于下沉型波。复杂的波群整个波形复杂,由多种波形叠加而成,上抬型与下沉型波共同存在,而且每个孤立波形状差异大,波长和振幅无序变化,还发现了一种与“钟形”孤立波完全不同的形状,这种孤立波的波谷处非常平坦,如同平顶建筑。为了更好地研究这种特殊的孤立波,可以使用数值模型中的二阶 KdV 方程来描述波形,通过调整方程的两个非线性系数,发现两个系数的比值对孤立波振幅大小有限制,当振幅增大到一定值,波形就会是“平顶形”。此外,通过拼接多幅遥感图像来研究孤立波的整个传播过程,特别是东沙海域的遥感图像能清晰地观测到孤立波遇到东沙岛时的情况,并结合海底地形数据分析地形在孤立波传播中的影响。

经研究认为,波群形态的差异可能与海底地形、东沙岛、波-波相互作用相关。波形

有序的波群自产生之后,在向东沙台地的传播过程中,海底地形为起伏不大的海盆区域,局部的海山会对个别孤立波波形产生影响,但对整个波群形态影响不大,在传播过程中波群形态几乎不变。更复杂的波群出现在从东沙台地向陆架传播的过程中,地形变缓,海底深度变浅,一些波由于深度的变化,处于向上抬型波过渡阶段,所以两种类型的孤立波共同存在。此外,东沙岛对孤立波群的传播产生了阻碍,孤立波会被东沙岛反射、衍射,甚至有的内孤立波会破碎,之后被分成两段的波又相互作用,使得波群变得极为复杂。波形有序的波一般存在于未遇到东沙岛之前的传播过程中,更复杂的波群一般存在于遇到东沙岛之后,认为这两种波群可能是孤立波从深海向陆架的整个传播中的两个阶段,波形有序的波群在被东沙岛阻碍后,受到各种复杂作用,转变成更复杂的波群。

S21-P-05S

马尼拉海沟北段 (21° N) 深地震测线 OBS2015-2 下方的速度结构特征

刘思青^{1,3}, 赵明辉¹, 徐亚², 孙龙涛¹, 黄海波¹, 张佳政¹, 丘学林¹

1 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

2 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

3 中国科学院大学, 北京 100049

lsq13140307@126.com

马尼拉海沟是南海现今惟一的俯冲汇聚边界,是南海完整的威尔逊旋回的顶点。马尼拉海沟北段输入板块的沉积物厚度和基底起伏存在明显不同,相应地,陆壳的张裂减薄和深部的岩浆活动也存在时空差异(陈传绪等,2014)。在该区域开展二维 OBS 探测,迫切需要获得马尼拉海沟俯冲带前缘深部速度结构特征,与典型陆壳、洋壳进行对比分

析, 确定俯冲带输入板块的物质是什么, 获得马尼拉海沟俯冲带的地质模型。

2015年7-8月期间, 国家基金委南海北部地球物理航次通过搭载中国科学院南海海洋研究所的“实验2号”科考船, 在马尼拉海沟俯冲带的前缘成功完成一条广角反射/折射深地震测线 OBS2015-2, 测线位于台湾岛以南, 纬度为 21° N 的位置, 测线长 190 km。本次实验总共投放和回收 9 台短周期海底地震仪 (OBS), 回收率达到 100%, 同时还记录到了长 190 km 清晰可靠的单道地震数据, 激发有效炮共 1994 炮。数据处理结果表明, 除 OBS02 台站存在数据问题, 其余 8 台数据质量良好, 记录了清晰的 Pg、PmP、Pn 等震相; 结合已经拾取的 8 台 OBS 台站的震相走时信息, 通过 rayinvr 软件正演模拟, 获得了精细速度结构模型; 并运用 Tomo2d 软件进行反演, 发现反演得到的与 rayinvr 正演得到的两种速度结构模型非常相似, 说明 OBS2015-2 测线下方的速度模型较为可靠。

在马尼拉海沟俯冲带前缘范围内 (模型 0-190 km), 8 个台站共拾取 18705 个走时, Pg 和 PmP 震相十分丰富, Pn 震相只在 OBS01 台站下方拾取到; 较少的 Pn 震相说明该区的地壳结构属于陆壳, 不同于具有较多 Pn 震相、较少 PmP 震相的洋壳。速度结构模型的卡方值为 2.2。沉积层速度 1.8-4.5 km/s, 厚度 1.2-4.5 km; 上地壳速度 5.0-6.4 km/s, 下地壳速度 6.4-6.9 km/s, 上地幔顶部速度 7.8-8.05 km/s。模型 Moho 界面埋深自西向东大体呈减薄趋势 (19-14 km), OBS01 下方 Moho 埋深最大, OBS08 与 OBS09 下方 Moho 埋深最小, 地壳厚度 10-15 km。由于受到垂直向下的剪应力和水平挤压应力, OBS09 台站下方发生了明显的挠曲, 这是俯冲前缘的典型特征。根据该速度模型的特征, 并结合周边的研究结果, 认为该区域的地壳属性为高度拉伸的

陆壳为主。

S21-P-06

南海基底形态的地球动力学对比研究

谢宋雷^{1*}, 林间^{1,2}, 周志远¹

1 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

2 伍兹霍尔海洋研究所, 美国

* xiesonglei@scsio.ac.cn

早期南海海盆扩张过程的认识几乎全部依赖磁异常条带, 认为南海海盆扩张开始于~32 Ma 和结束于~17 Ma [Taylor & Hayes, 1980; 1983]。第一次南海大洋钻探 ODP 184 航次于 1999 年在南海北部边缘上取得了 33 Ma 来的沉积记录 (图 1), 但对于海盆扩张的始末本身却缺乏反映[Wang et al., 2000; Li et al., 2006]。第二次大洋钻探 IODP 349 航次于 2014 年初在南海海盆打了 5 口钻井 [Li et al., 2013; 2014; 2015]。首次精确测定南海扩张结束的年代, 东部次海盆和西南次海盆海底扩张的结束时间分别为~15 Ma 和~16 Ma; 通过大洋钻探岩心和深拖磁异常的综合分析得出南海东北部的初始扩张时间为~33 Ma \pm 1-2 Ma; 通过深拖地磁探测推断 23.6 Ma 时东部次海盆发生一次向南的洋中脊跃迁, 与此同时西南次海盆开启扩张 [Li et al., 2014]。但是, 南海在扩张过程中的地球动力学过程研究和南海西南次海盆和东部海盆的打开过程中的不一致性的地球动力学过程研究相对较少。

为了解答以上的非一致性问题, 进一步深入的了解南海的扩张和演化过程, 我们选取了穿南海洋中脊的 SO49-17 和 N973-1 两条地震剖面, 利用 IODP349 航次得到的地层速度信息进行时深转换, 从而分别得到穿过中央次海盆和东部次海盆的基底形态特征。在综合分析该深度域的基底形态特征的基础上, 将其结果与其扩张速率稍慢的西南印度

洋脊和稍快大西洋脊进行分析对比。通过对比结果不难发现,西南次海盆的裂谷的宽度和深度与大西洋和西南印度洋脊相当接近,但是在海底丘陵的高度和间距方面具有较大差异。为了分析这些差异产生的主要原因,本文利用快速拉格朗日分析方法对三个区域的基底形态进行地球动力学模拟,从岩浆供应量、地壳厚度和扩张速率三个方面来综合分析中慢速洋中脊的裂谷和海底丘陵特征,最终完成南海扩张过程中的地球动力学观测和模拟研究。

S21-P-07S

南海中部 450 kyr 以来初级生产力与颗石保存状况

张洪瑞*, 刘传联, 周辛全

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* 103443_rui@tongji.edu.cn

通过研究 IODP 349-U1433A 钻孔(水深 4300 m)的钙质超微化石,重建了南海中部 45 ka 以来海洋表层初级生产力与底层碳酸钙保存状况的变化。使用测井颜色反射率与碳酸钙含量识别出 U1433A 上部 120 m 存在 4 次较为明显的浊流事件(沉积厚度>30 cm)。由于该钻孔缺乏有孔虫,本次研究使用 3-8 微米钙质超微化石氧同位素结合生物地层进行定年。初级生产力使用颗石 *Florisphaera profunda* 相对含量与颗石碳同位素进行重建。碳酸钙保存状况使用颗石堆积速率与不同保存状况的 *Gephyrocapsa oceanica* (GoI) 作为指标。谱分析显示初级生产力没有显著的冰期间冰期变化,而具有 23 ka 的岁差周期。颗石绝对丰度与堆积速率 100 ka 的周期更为明显,并且呈现出逐渐升高的趋势,可能指示了底层水碳酸盐化学的改变。

S21-P-08S

南海中央海盆更新世以来浊流沉积层的有孔虫记录及古环境研究

陈井双, 李前裕

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

chenjingshuang66@126.com

研究材料来自 IODP 349 航次 U1433 站,位于西南次海盆残留扩张脊,水深 4390 m。岩芯上部 0~300 m 主要由泥质、砂质及钙质软泥层组成,具明显的深海浊流沉积特征。结合古生物、古地磁和颜色反射率的年龄框架指示,本段岩芯包含氧 1-85 同位素期,相当于 0-2230 ka。本次研究主要围绕的科学问题包括:位于 CCD 以下上千米的 U1433 站为何还能钻取大量钙质软泥和碳酸盐沉积?这些沉积物究竟从何而来?我们能否利用有孔虫特征来反映深海浊积过程及其环境意义?

结果显示,不同沉积层相对应的有孔虫特征(如丰度和保存情况)也不同,而浊流层的有孔虫组合特征十分显著,可用以识别研究站位不同的浊流沉积事件。具体表现在:1、大多数有孔虫均小于 150 μ m,壳径相当,明显受控于浊流沉积的筛选;2 部分层位出现较老的浮游有孔虫,主要是渐-中新世属种 *Cassigerinella chipolensis*、*Tenuitella gemma*、*Globigerina ciperoensis*、*Chiloguembelina cubensis* 和 *Pulleniatina primalis*;3、部分层位发现浅水陆架底栖属种,主要以 *Elphidium* 为代表;4 有孔虫在不同浊积层都是由多变少,体现浊积旋回。根据这些有孔虫特征,我们共识别出 17 个浊流层组,包括以砂层为基底的浊流层组 I、III、IV、VII、VIII、X、XI 和 XII 及以钙质软泥层为基底的浊流层组 II、V、VI、IX、XIII、XIV、XV 和 XVI。

研究站位的浮游有孔虫含量较高的有

Globigerinoides rubescens、*Turborotalita quinqueloba*、*Neogloboquadrina dutertrei*、*Tenuitella* 和 *Globigerinita*, 底栖有孔虫含量较高的有 *Bolivina*、*Bulimina*、*Cassidulina*、*Epistominella* 和 *Gyroidina*。无论是浮游种, 还是底栖种, 百分含量均不具有明显的冰期旋回特征。尽管冰期旋回特征不明显, 但间冰期浊流沉积似乎更甚于冰期。这些结果不仅证明南海深海沉积物与正常大洋沉积的不同, 也说明第四纪南海深水环境动荡与冰期旋回和区域性底流变迁密切相关。

关于浊积物的来源, 目前尚不能给出明确的定论。作者认为潜在的物源区, 包括婆罗洲-巴拉望岛地区、南海东北部陆源区、南沙群岛靠近南海一侧的生物礁附近区域等。作为远端浊流沉积, U1433 站更新世含有渐新世-中新世浮游有孔虫化石本身就表明它们与老海相地层关系密切, 而已知的渐新世-中新世海相地层主要出现于南海东北部。因此, 可以推测, U1433 站的更新世浊流沉积物, 至少部分原产于东北部, 可能以中尺度涡的方式被搬运到西南次海盆。

S21-P-09S

南海北部陆缘新生代喷出型 岩浆活动特征及其规模

范朝焰^{1, 2*}, 夏少红¹, 孙金龙¹, 曹敬贺¹,
陈金虎^{1, 2}

1 中国科学院边缘海地质重点实验室, 中国科学院南海海洋研究所, 广东 广州 510301

2 中国科学院大学, 北京 101408

* fancy@scsio.ac.cn

南海北部陆缘发现的海山、高磁异常带、磁静区及下地壳高速体, 指示该区域存在较活跃的岩浆活动, 但岩浆活动的规模及空间分布范围目前了解尚不充分, 这极大限制了对南海北部被动陆缘构造属性、深部动力学

过程及垂向物质运移的认识。

以 15" 分辨率的海底地形数据(GEBCO 提供)为基础, 结合前人在该区域开展的多道和 OBS 测线, 识别出南海北部陆缘出露海山共 63 座。通过椭圆锥体拟合, 估算南海北部陆缘海山出露地表的体积总量达 $1.29 \times 10^{13} \text{m}^3$ ($\delta = 1.93 \times 10^{12} \text{m}^3$)。与南海中央海盆海山链的研究对比(中央海盆出露体积 $1.21 \times 10^{12} \text{m}^3$ ($\sigma = 0.99 \times 10^{12} \text{m}^3$)) [Zhang et al., 2014], 北部陆缘海山具有单体小, 分布密, 体积总量大的特点, 表明北部陆缘新生代岩浆活动频繁, 总体规模较大。

海山分布特征显示, 56 座海山(占 89%) 分布于北部陆缘东段的下陆坡区, 该区地壳向洋快速减薄, 莫霍面快速抬升, 与下地壳高速层(HVL)的平面分布在位置上具有较好的一致性, 指示下地壳高速层与南海东北部陆缘海山发育可能具有内在联系。统计海山椭圆底面, 其长轴方位角总体介于 $45^\circ \sim 90^\circ$ 之间, 与洋陆转换带的走向($59^\circ \sim 74^\circ$)较一致, 表明岩浆通道的走向与南海扩张方向垂直, 推测地幔岩浆沿张裂环境形成的断层通道上移至地表形成海山。

海山的分布特征及喷出体积为进一步探讨南海北部深部结构与地表海山关系、陆缘构造属性与岩浆活动关系提供了空间参考和数值对比。

S21-P-10

南海中中新世底层水 Nd 同位素及其洋流演化指示意义

吴琼^{1*}, 刘志飞¹, Christophe Colin²

1 同济大学海洋与地球科学学院

2 Laboratoire Géosciences Paris-Sud, Université de Paris-Sud

* wuqiong06@hotmail.com

大洋深层环流演化与气候变化以及区域

构造变迁紧密相关,南海作为西太平洋的边缘海,其海盆的扩张与闭合对其内部洋流结构有着重要影响。本次研究通过分析南海中央海盆IODP349航次U1433站位(12°55.13' N, 115°02.85' E; 4379 m)鱼牙化石和鱼骨碎屑的Nd同位素成份,探讨中中新世(12-16 Ma)南海深水洋流的演化。研究结果显示,中中新世南海底层水Nd同位素比值变化范围为-4.1 ±0.2 ~ -5.7 ±0.2,介于现代南北太平洋深层水Nd同位素比值。中中新世早期,南海底层水Nd同位素较为稳定(-4.4 ~ -4.8),与现代西北太平洋深层水Nd同位素值相近;中中新世中期,南海底层水Nd同位素值呈现明显降低趋势,最负低至-5.7,说明南大洋深层水在该时期侵入增多;随后的中中新世晚期,Nd同位素值逐渐升高,与中中新世早期相当。研究结果表明,南海在中中新世底层水洋流结构发生明显变化,其水团组成由西北太平洋深层水为主,变成南大洋深层水影响显著,再恢复到以西北太平洋深层水为主导的演化过程。

S21-P-11

南海中南断裂的发育与海底扩张

黄文凯, 邱燕*

广州海洋地质调查局, 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州 510075

* zqiuyan32@hotmail.com

发育在南海中部的最大断裂当属SN向的中南—礼乐断裂。该断裂大约南起礼乐滩之南,往北成为东部次海盆和西南次海盆的分界,通常将发育在洋盆中的断裂称为中南断裂。本文通过高分辨率地形图,重力、磁力异常图,莫霍面深度图初步确定中南断裂位置。并对分布于南海中央海盆各处的若干条高精度多道地震剖面进行精细解释,对中

南断裂带的精确位置、发育特征、构造性质等进行研究,并对其分支断层分布及发育时间进行分析。确定中南断裂带发育于中央海盆中部115°-116°E之间,大致呈南北向延伸,是西南次海盆、西北次海盆和东部次海盆之间的界线。组成中南断裂的部分断层成“Y”字型发育,断层性质多为正断层。同时断裂南部以伴随玄武岩海山链的发育为特征,海山两旁断层活动明显,而北部无岩浆伴生。同时南部断裂发育区两侧沉积厚度较大,且存在差异,而北部并无此反映。认为中南断裂带具有作为转换断层的特征,其在整个中央海盆扩张期所起的作用不容忽视。

S21-P-12S

南海早中中新世红层的形成机制:元素地球化学和全岩矿物学分析

吕璇, 刘志飞*

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* lzhifei@tongji.edu.cn

国际大洋发现计划IODP349航次在南海中央海盆U1433站位(12°55.14'N, 115°02.83'E)钻取了位于洋壳玄武岩基底之上的红层样品。根据生物地层和古地磁的数据推测红层形成开始于早中新世(18.4 Ma),于中中新世(12 Ma)结束。为了进一步了解研究红层的形成机制和潜在的古海洋学意义,对这一段43.5 m的红层沉积序列进行了元素地球化学(ICP-MS、XRF)和全岩矿物(XRD)的分析。基于主量元素含量(CaO-Al₂O₃-SiO₂)判断该站位的红层都属于泥质大洋红层,微量元素V/(V+Ni)的数值在0.3-0.67之间,小于0.84, U/Th的数值在0.1-0.2之间,小于0.75,指示了红层形成于氧化的远洋沉积环境。通过球粒陨石校正后的稀土元素Ce存在明显的负异常,在氧化的环境中,Ce会从可溶性的Ce³⁺转化为不

溶于水的 Ce^{4+} 沉降到沉积物中, 因此红层 Ce 负异常指示了该氧化环境是由外来富氧的水团传输到南海深海盆所致的。全岩矿物分析发现叶蜡石在红层的样品中随机出现, 无一定的规律性, 叶蜡石作为一种热液成矿的特殊矿物, 表明部分红层沉积结束后还受到了热液的影响。因此, 我们推测 U1433 站位的早中中新世红层是在富氧的水团环境下形成的, 在沉积后又有一部分红层发生了热液蚀变。

S21-P-13

南海 34Ma 前的地质演变: U1435 站的古生物与地化证据

李前裕*, 邵磊, 蒙安会, 崔宇驰

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* qli01@tongji.edu.cn

南海 34Ma 前的地质演变, 是以一期大规模海侵为主要特征, 标志着海底扩张的伊始。这一事件较为完整的记录, 来自南海北部下陆坡 IODP 349 航次 U1435 站古生物与地球化学的研究成果。U1435 站岩芯可分 3 段: Unit 3 (275.54-300 mbsf) 为中始新世黑色泥岩, Unit 2 (77.6-275.54 mbsf) 为晚始新世深色砂岩, Unit 1 (0-77.6 mbsf) 为渐新世-更新世正常海相沉积。其地层年龄主要依靠浮游有孔虫 (渐新世) 和碎屑锆石 (始新世) 以及区域对比。中始新世黑色泥岩不含海相化石, 元素变化不大, 与华南大陆的元素组合一致。晚始新世砂岩含少量近岸浅水有孔虫化石, 但元素变化仍然不大, 反映物源输入仍以华南大陆为主。早渐新世 (36.04-77.65 mbsf) 则为外陆架-上陆坡富钙质沉积, 含丰富有孔虫和超微化石, 元素组合变化较大。这些古生物-地化证据表明, 中始新世时期本区主要发育河湖相环境, 是华南大陆的延伸; 在晚始新世逐渐演变到近岸三角洲和海湾环境,

有大量来自华南大陆的沙泥堆积。最明显的变化发生在 34Ma 附近, 也即始新世/渐新世分界, 区域性下沉加速, 海水骤然增深, 在 1435 站从 0-5 m 迅速增深到 200-300 m, 至 33-32 Ma 可达 1000 m 或更深。海水加深的主要证据是出现大量的浮游有孔虫和钙质超微化石, 特别是浮游有孔虫与底栖有孔虫比值 (P/B) 从 0 快速增加到 50-80% 以及深水底栖种的相似增速。这些结果表明南海初始开裂-扩张发生在 34 Ma 前的始新世/渐新世分界。

S22-O-01

陆-陆碰撞到洋-陆俯冲的时空转换效应: 南海的形成

许志琴^{1, 3, 4}, 李忠海^{2, 1}, 黄学猛¹, 王勤³, 马绪宣¹

1 中国地质科学院地质研究所

2 中国科学院大学

3 南京大学地球科学与工程学院

4 中国地质大学 (北京)

* mg0929053@sina.com

在自然界中所有的会聚大陆板块都有侧向边界, 并与周围的大洋板块或其他大陆板块相邻, 例如喜马拉雅陆-陆碰撞造山带向东南亚的洋-陆俯冲带的过渡。印度-亚洲碰撞 (~55Ma) 导致喜马拉雅山脉的崛起、青藏高原的生长、两倍于正常地壳厚度的巨厚陆壳体, 以及大量青藏高原腹地的物质沿着大型走滑断裂朝东、东南、西方向的逃逸。印度-亚洲碰撞如何造成板块汇聚边界由挤压到走滑的构造转换, 以及印度-亚洲碰撞到印度洋对东南亚大陆的俯冲的构造转换和南海形成的关系, 对认识大陆岩石圈向大洋岩石圈变形机制的转换具有重要意义。

通过总结喜马拉雅造山带及青藏东南缘 ~55Ma 以来的构造、变质、岩浆记录, 发现高喜马拉雅的挤出起始于始新世加厚的喜马拉雅造山带中-下地壳的部分熔融, 受控于渐

新世以来同期发育的向南逆冲和平行造山带的韧性伸展,并建立了高喜马拉雅“三维挤出”构造模式。晚始新世以来,羌塘地块和拉萨地块的物质通过“岩石圈横弯褶皱和壳内解耦”的运动学机制,围绕东构造结发生顺时针旋转并向青藏高原东南缘逃逸。结合东南亚板块重建的资料,我们认为青藏高原东南缘的挤出主要发生在 35 Ma; 东印度洋向东南亚的俯冲开始于 55 Ma, 主要活动时间为 30-23 Ma (Hall, 2002; Susilohadi et al., 2005)。东印度洋向东南亚的俯冲造成的弧后扩张为青藏高原物质向东南的逃逸提供了自由空间。是印度-亚洲主碰撞带的挤压到青藏高原东南缘走滑转换的根本原因。东南缘的逃逸构造是印度-亚洲碰撞驱动和东印度洋向东南亚之下的俯冲共同作用的结果。

青藏高原东南缘的 NW-SE 向哀牢山-红河断裂的研究表明,早期 (35-17 Ma) 开始经历近东西向挤压下的左旋剪切相关的转换挤压,后期为受近北向或北北西向的水平挤压作用的右旋相关的转换伸展,根据哀牢山的构造隆升特征,构造转换的时代为 17-13 Ma。研究表明,莺歌海和 Phu-Kang 伸展盆地与哀牢山-红河断裂 35 Ma 开始活动有关;南海的主要扩张期 (32-16 Ma) 与哀牢山-红河断裂的活动有关。

尽管南海扩张的其它原因如:(1)与古南海向 Borneo 俯冲的板片拖拽(Taylor and Hayes, 1980, 1983; Holloway, 1982; Huchon et al., 1994; Hall, 2002; Morley, 2002)和(2)西太平洋-印度尼西亚俯冲系统的后撤相关(Royden et al., 2008; Burchfiel and chen, 2012)的认识已经提出,但是我们认为印度/亚洲陆-陆碰撞到东印度洋/东南亚大陆的洋-陆俯冲的时空转换效应起着主要的作用。

针对这种洋-陆空间转换的俯冲-碰撞效应的三维问题,我们设计了沿走向的差异性

俯冲碰撞数值模型,揭示:(1)在大洋俯冲一侧,海沟持续的后撤,伴随着俯冲大洋板片的脱水,以及地幔楔的水化和部分熔融作用;同时,大洋海沟的后撤产生了弧后的伸展以及边缘海盆地的拉张。(2)在大陆碰撞一侧,大陆俯冲碰撞后,与之相连的大洋岩石圈发生断裂,并推动了俯冲大陆地壳的折返,并且造山带的地形起伏可达 5-6km; (3)上覆地壳物质从大陆碰撞一侧向大洋俯冲一侧运移。模型结果显示沿走向的强烈的变形以及物质的侧向挤出,与喜马拉雅造山带东缘的挤出构造具有相似的构造背景和动力学特征,为南海的形成提供了时空和成因机制的条件,从而揭示洋-陆空间转换俯冲碰撞对喜马拉雅主碰撞带和东缘及东南亚大地构造和动力学的控制作用。

S22-O-02

菲律宾中部 Cebu 地区早白垩世埃达克岩与铜金成矿

邓江洪, 杨晓勇*

中国科学技术大学 中国科学院壳幔物质与环境重点实验室, 合肥 230026;

* xyyang555@163.com

菲律宾岛弧系统是由大陆岛弧以及大洋岛弧的合并拼贴而成。菲律宾群岛四周被现今仍活动的俯冲带所环绕,南海、Sulu 海、Celebes 海、菲律宾海板块分别从东西向的俯冲,该区绝大多数的岩浆活动都与俯冲事件有关。白垩纪以来,该区岩浆活动十分活跃,在新生代达到顶峰,形成了一系列岩浆岩带。埃达克岩在菲律宾群岛有着广泛的分布,主要集中在 Luzon 岛弧、Negros、Camiguin 和 Mindanao 等地,主要产于新生代。位于菲律宾中部的 Cebu 岛,发育一套早白垩世火山岩组合以及埃达克岩。火山岩组合主要包括一套玄武岩、玄武安山质火山碎屑岩以及安山

玢岩,局部穿插辉绿岩墙,其锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄主要分布在 126-118 Ma;埃达克岩则主要为闪长岩,是该区 Atlas 大型斑岩铜矿的含矿岩体,前人研究显示其同样形成于早白垩时期,形成时代集中在 109-108Ma。

研究区位于 Atlas 铜矿北部外围,其中的闪长岩侵入于早期火山碎屑岩中,并在接触带部位伴随有铜矿化。该区闪长岩为闪长岩锆石 U-Pb 年龄为 $112.5 \pm 1.5\text{Ma}$,与邻区 Atlas 斑岩型铜矿赋矿闪长岩体的形成时代相近。同时他们也具有相似的地球化学特征,说明他们岩浆源区及岩石成因的关联性。该闪长岩具有典型的轻稀土富集、重稀土亏损的特征,同时具有典型的高镁埃达克岩特征:具有高 Sr/Y、La/Yb 比值以及低 Y、Yb 含量,高 MgO 含量及 Mg#。其低的 K_2O 含量以及低的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值以及 Sr/Y-La/Yb 脱耦等特征指示他们属于典型的岛弧埃达克岩,来源于俯冲洋壳部分熔融。闪长岩强烈亏损的 Sr-Nd 同位素特征指示其源区主要为 Pacific MORB 型的俯冲洋壳,不含或含有少量的俯冲沉积物组分。此外其低的 Nb/Ta 比值以及中等低的 Yb 含量指示其源区物质的熔融条件为角闪岩相-角闪榴辉岩相。结合该区的新生代以前的构造演化史,我们认为 Cebu 地区这套典型岛弧火山岩系列与埃达克岩组合形成于古太平洋板块向古菲律宾板块的俯冲以及后撤过程。根据埃达克岩中锆石稀土元素配分型式并结合其高的 Eu/Eu* 值以及较高的 $\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}$ 显示其岩浆具有较高的氧逸度,有利于铜金成矿。结合野外区域地质调查,我们判断该区具有形成大型斑岩型铜金矿床的潜力。

S22-O-03

跳出南海看南海

孙卫东,张丽鹏,胡永斌,丁兴

中国科学院广州地球化学研究所

南海位于太平洋、澳大利亚、印度洋和欧亚板块的交汇部位,是目前全球最大的边缘海,其成因存在很多不太清晰的认识。我们的工作模型认为新特提斯的俯冲消亡是控制南海形成的关键,而其洋脊的俯冲消亡则是整个该区构造转折的关键。其中,古南海是新特提斯洋北翼洋壳俯冲的产物,属于正常的洋壳俯冲形成的弧后盆。这里正常俯冲指的是俯冲的前端是老洋壳,后端是年轻洋壳。其结果是,俯冲的角度较大,相应地,弧后盆靠近俯冲带。随后洋脊开始俯冲,形成挤压和平板俯冲。此时俯冲板片的前端年轻,后端老,俯冲属于平板俯冲。我们对新特提斯西段的洋脊俯冲进行了限定,其起始时代应该发生在 100 Ma 左右,后撤时间在 85Ma 左右结束。我们最新东段的洋脊俯冲的时间与西段基本一致。根据现有资料,大约在 100-110 Ma 时,新特提斯洋脊被俯冲下去。在南海及周缘形成了一系列的挤压构造,在阳春盆地等地形成了埃达克岩。在 80 Ma,俯冲洋脊的南翼开始后撤,形成了 A 型花岗岩。由于此时太平洋-澳大利亚-印度洋整体向北运动,俯冲带的挤压并未随板块后撤而消失。到 50 Ma 左右,俯冲角度趋于正常,形成弧后拉张。这是南海形成的主要拉张动力。

S22-O-04

Geological evolution and Geochemistry of granites from Nagarparkar Igneous Complex, Southeast Sindh Pakistan

Mastoi Abdul Shakoor^{1,2}, Xiaoyong Yang^{1*}

1 Key Laboratory of Crust-Mantle Materials and Environments, School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China

2 Centre for Pure and Applied Geology, University of
Sindh, Jamshoro 2034, Pakistan
* xyyang555@163.com

The Nagarparkar Igneous Complex (NPIC) granites are located near the Mithi District at Tharparkar, Southeastern Pakistan. NPIC mostly consists of granites, hosted by basic to ultrabasic rocks. Chemical analyses were conducted, and samples were chosen for dating and isotope investigation. LA-ICPMS U-Pb dating of magmatic zircons yielded weighted mean $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages ranging from 820 ± 10 Ma for gray granites and 737 ± 4 Ma for A-type pink granites from NPIC, suggesting that these granites were formed by at least two periods of magmatic events. Geochemical and isotopic signatures can distinguish these granites into two types: gray granites as normal granites, and pink granites as A-type granites. For the gray granites, LILEs such as Rb, Ba, and Sr show positive anomalies, whereas HFSEs show positive anomalies of Zr and Hf and negative anomalies of Nb. Pink granites are dominated by peralkaline rocks with the involvement of crustal material, which led to the enrichment of some incompatible trace elements such as Zr, Nb, and Ce and the depletion of Sr and Ba due to feldspar fractionation. Peralkaline magma is generated by the extension and thinning of the continental lithosphere. The role of continental crust in the evolution of granite from the Nagarparkar Complex is supported by high concentration of incompatible elements and low Sr contents. Extensional tectonic regime may responsible to generate heat by rising basaltic magma from the mantle to promote melting of the lower crust. The gray granites were formed in the lower continental crust prior to the rifting

time of 750 Ma, whereas the pink granites were formed in the upper continental crust during crustal thinning caused by Gondwana rifting. The occurrence of these two types of granites indicates the tectonic setting of the Nagarparkar area, which was transformed from a passive continental margin to a rift setting from ca. 820 to 737 Ma during the breakup of the Gondwana super-continent.

Recently, researchers have correlated NPIC granites with the Malani igneous suite (MIS) (ca. 757 Ma) on the basis of the ages relationship, felsic intrusions and mafic rocks present at the NW Indian shield, where Neoproterozoic NPIC granites are connected with the western-most exposed portion of the Indian shield. The age of Malani igneous suite is approximately 750 Ma, which is comparable with that of the NPIC granites on the basis of the formation ages from the various cratons that compose Gondwana. In the present work, based on U-Pb age dating and Lu-Hf isotopes, we correlate NPIC as a contiguity of Malani igneous suite.

S22-O-05

印尼巴布亚新生代岩浆活动 对斑岩型铜金成矿的控制:以 Grasberg 斑岩型铜金矿床为 例

元华胜, 杨晓勇*

中国科学技术大学地球和空间科学学院, 合肥
230026

* xyyang555@163.com

Grasberg 斑岩铜金矿床位于新几内亚岛西巴布亚地区, 是全球著名的铜金矿床, 为已发现的高品位斑岩型铜金矿床之一 (Cu >1%wt, Au >1g/t), 铜金储量规模巨大。

该地区自新生代以来一直处于活动大陆边缘和岛弧环境,其大地构造位置欧亚板块-印度-澳大利亚板块和太平洋板块的结合部位,板块间的汇聚、碰撞、俯冲和拆离、扩张等地质作用形成了复杂的沟-弧-盆体系,也形成了该地区复杂的构造系统,概括为增生岛弧地体、巴布亚移动变质带、巴布亚褶皱带、Fly地台四个构造单元。由于缺少对 Grasberg 斑岩型铜金矿床成矿母岩浆地球化学属性的深入研究,其成因机制和构造演化存在诸多争论。本文对该复式岩体开展地球化学研究,以期探索巴布亚新生代区域岩浆岩演化和铜金成矿作用。

Grasberg 斑岩铜金矿床的复式岩体主要为二长岩到石英二长岩类,岩体锆石 U-Pb 定年结果显示,与斑岩铜金矿成矿密切相关的石英二长斑岩成岩年代较新,为 2.87~3.21Ma,形成于晚渐新世,寄生锆石中有 1.8Ga 的古老年龄记录。岩石富碱,属于钾玄岩系列-高钾钙碱性系列。铝饱和指数 $A/CNK > 1$,属于过铝质系列岩类。样品的球粒陨石标准化稀土配分曲线为右倾型,轻稀土元素富集,重稀土元素强烈亏损。平坦的 HREE 分配型式说明 LREE 与 HREE 之间发生了强烈的分异,可能受源区角闪石、石榴石残留相的影响; δEu 平均值为 0.99,负异常不明显,说明岩浆源区无斜长石残留。岩石富集大离子亲石元素(LILEs),亏损高场强元素(HFSEs),并伴随着明显的 K、Ba、Sr 正异常以及 Nb、Ta、Ti 负异常,其微量元素表现出的与埃达克质岩石特征一致。同位素地球化学研究结果显示, $^{87}Sr/^{86}Sr$ 组成为 0.706~0.708, ϵNd 值比较亏损,分布在 -10~-15,全岩放射性成因 Pb 同位素组成较高。表明岩浆可能主要来自古老地壳物质源区。

地球化学证据表明,Grasberg 岩浆岩及铜矿成因可能是俯冲洋壳与古老陆壳物质的混

染,在深部发生部分熔融,由于洋壳成分的加入,产生富水的氧化性岩浆,并在深部交代富铜金的地幔楔中的硫化物,从而携带大量铜金成矿物质,随着温度、压力或者氧逸度的降低,岩浆上升至浅部富集成矿。此外,巴布亚褶皱带中还分布着一系列大型斑岩型矿床,都与 3Ma 左右岩浆活动紧密相关。此后的岩浆活动及构造演化造就了现今西巴布亚地区构造格局。

S22-O-06

海南岛白垩纪多期次花岗岩的成因及地质意义

江小燕^{1*}, 李献华¹, 孙卫东²

1 中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029

2 中国科学院广州地球化学研究所,广州 510640

* jxy@mail.iggcas.ac.cn

南海在新生代处于欧亚板块、太平洋板块和印-澳板块的交汇区,并且在地质历史上又受到古特提斯和古太平洋板块演化的制约,经历了复杂的地质演化历史。海南岛位于南海西缘,其白垩纪岩浆活动记录了新生代南海张开前的重要地质信息,对于准确认识南海的形成演化历史具有重要意义。

海南岛白垩纪岩浆岩分布广泛,花岗岩岩体大都分布在岛南,主要岩石类型为二长花岗岩和钾长花岗岩。系统的年代学工作识别出三个阶段的岩浆岩:ca.118 Ma、ca.101-93 Ma 和 73 Ma。结合地球化学特征,各阶段的花岗岩特征如下所述:1) ca.118Ma 的花岗岩含有角闪石和榍石,为 I 型花岗岩。均为弱过铝质高钾钙碱性,全岩锆饱和温度为 689~746°C。其 $\epsilon_{Hf}(t)$ 值为 -2.6 至 5.9, $\delta^{18}O$ 值为 6.2‰ 至 8.0‰,表明源区有年轻组分的贡献;2) ca.101-93Ma 的岩体为海南岛白垩纪岩体主体部分,多为高硅花岗岩($SiO_2 > 73wt\%$),准铝质到弱过铝质,均为高钾钙碱性系列,全岩

锆饱和温度为 645–744°C。总体的锆石 Hf-O 同位素变化范围 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值为 1.1 至 -7.2 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 6.7‰ 至 9.0‰，源区以古老地壳物质为主。尽管无特征矿物，但其较低的 P_2O_5 含量 (<0.12wt%) 和与 SiO_2 呈明显的负相关关系，为高分异 I 型花岗岩的特征；3) 识别出一个 ca. 73Ma 的花岗岩岩体， SiO_2 变化范围 68wt% 到 77wt%，多数高于 73wt%，均为弱过铝质高钾钙碱性， P_2O_5 与 SiO_2 的负相关关系符合高分异 I 型花岗岩的特征，全岩锆饱和温度计计算结果为 672 – 744°C。锆石具有较均一的 Hf-O 同位素组成， $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值为 0.8 至 -5.0 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 6.9‰ 至 8.3‰，表明几乎没有年轻幔源组分的参与。

综上所述得出以下几点结论：1) 海南岛白垩纪花岗岩均为高钾钙碱性 I 型花岗岩，较低的全岩锆饱和温度 (< 750 °C) 暗示源区有水的加入，锆石 Hf-O 同位素组分表明地幔为花岗岩形成提供热量的同时也有物质贡献；2) ca. 120 Ma 的花岗岩填补了华南大陆 125-115 Ma 的“岩浆间歇期”，暗示海南岛未受到导致华南此期岩浆空白的因素的影响；3) ca. 73 Ma 的花岗岩为华南中生代最年轻的花岗岩，代表华南燕山期岩浆活动的结束；4) 多期次的白垩纪花岗岩可能暗示白垩纪时期古太平洋的俯冲存在多次前进和后撤的构造转换交替。

S22-P-01

从大陆漂移探讨南海演化及台湾成因

梁光河

中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
中国科学院矿产资源研究重点实验室，北京 100029
lgh@mail.iggcas.ac.cn

关于南海的成因机制前人提出的成因模式包括：“碰撞-挤出”模式；洋中脊扩张模式；地幔柱模式；陆缘伸展扩张模式等。每个模

式都能找到主要依据，但也存在与实际不符的地方。台湾岛的成因在地质学界有两种看法。一种看法认为，台湾是东亚岛弧中的一个环节。另一种看法是，台湾地层与大陆属于同一结构，本是大陆的一部分。本报告基于最新成果结合最新证据对南海及台湾的成因机制的给出一个合乎逻辑的解释。

德国超深钻和全球地热地温梯度数据表明地球深处是渐变升温，陆壳平均地温梯度 30 °C/Km，意味着 40 Km 之下温度可达 1200 °C。大洋地温梯度远高于大陆，为 40~80 °C/Km。作者给出了大陆漂移新模式，大陆板块可以在热力驱动下发生漂移。动力机制是大陆板块运移划开洋壳引起岩浆不断上涌，在陆块后面冒泡，巨大的岩浆热动力推着板块往前跑。逻辑很简单：大陆板块运动中其前面处于挤压环境，地下深处的岩浆无法外泄。其后面处于开放环境，地下深处的岩浆上涌，推动大陆板块向前运动。洋中脊是大陆板块相互旋转带动洋壳产生的裂缝，转换断层也同时产生。

南海的演化受控于印度-欧亚碰撞及周边地块的运动，结合新的大陆漂移模型，可以合乎逻辑地解释南海周边各个陆块的运动状态和时间序列，欧亚-印度板块 65 Ma 发生软碰撞，地壳流被同步挤出。驱动印支地块及前面的婆罗洲地块、菲律宾等地块，菲律宾地块在 24-16 Ma 受到南来的澳大利亚地块碰撞发生转向。之前南海受到这些周边地块的作用力表现为拉涨走滑（即“开”），之后由于菲律宾向 NNW 运动和婆罗洲地块的转向，南海表现为挤压（即“合”）。只有抛弃海底扩张假说才能给出更合理的推论，也更符合实际观测结果。本文从地形地貌、地质、地震勘探、重力异常、GPS 和板块运动产生的尾迹等大量证据，说明台湾岛经历了漫长的旅程，旅行路线为近 U 字弧形，其中还有停

顿,最后一站是从菲律宾群岛拉蒙湾分离漂移到当前位置的。

新大陆漂移模型可合理解释南海及台湾的成因机制。65 Ma 随着印度板块与欧亚板块的碰撞,菲律宾、婆罗洲、印支地块被先后挤出并发生漂移。约 2 Ma 台湾岛被推覆到现今位置,目前仍在向 NW 方向漂移并伴随着右旋。

S22-P-02

前寒武纪海洋演化特征:来自全球 BIFs 铁同位素和 REY 成分的约束

刘磊*, 杨晓勇

中国科学技术大学地球和空间科学学院, 合肥
230026

* liu01@ustc.edu.cn

前寒武纪岩石记录了地球 40 亿年前的历史,但是,由于缺少前寒武纪海水的直接样品,人们对前寒武纪的海洋演化缺乏认识。目前有限的认识往往是基于对当时的海水中沉淀物的研究,其中,条带状铁建造(Banded Iron formations, BIFs)是有效且分布较广泛的前寒武纪海相化学沉积物。它们的分布时代为 3.8-1.8 Ga 和 0.8-0.6 Ga,主要分布于 2.7-2.4 Ga,它们的出现与消失本身就说明了前寒武纪海洋一直在演化。

基于 BIFs 的铁同位素成分和 REE+Y(简称,REY)特征反映了 BIFs 形成时的海洋氧化还原状态和化学成分,我们汇编了全球不同时代,不同地区,各种类型 BIFs 的铁同位素和 REY 数据,发现了以下趋势:(1) 3.8-1.8 Ga,全球 BIFs 的最高铁同位素值($\delta^{56}\text{Fe}$, 归一化为相对 IRMM-14 标准参考物)随时间逐渐降低,同时,最小 $\delta^{56}\text{Fe}$ 值主要集中在 2.5-2.4 Ga 之间,新元古 Rapitan 型 BIFs 的铁同位素主要以正值为主;(2) 大部分的 BIFs 没有表现 Ce

的负异常(定义为 $(\text{Ce}/\text{Ce}^*)_{\text{SN}} < 0.95$,且 $(\text{Pr}/\text{Pr}^*)_{\text{SN}} > 1.05$),下标 SN 代表页岩均一化,使用的页岩参考 McLennan (1989)),但是,新元古代晚期(0.7-0.6 Ga)的 BIFs 表现出明显的 Ce 负异常;而明显的正 Ce 异常则出现在 2.0-1.8 Ga 的 BIFs 中;(3) 除了新元古代 BIFs 没有正 Eu 异常(定义为 $(\text{Eu}/\text{Eu}^*)_{\text{SN}} > 1$),其他 BIFs 都表现出明显的正 Eu 异常,但是程度有所区别,其演化趋势与 $(\text{La}/\text{La}^*)_{\text{SN}}$, $(\text{Gd}/\text{Gd}^*)_{\text{SN}}$ 和 $(\text{Y}/\text{Y}^*)_{\text{SN}}$ 的演化趋势基本一致;(4) 所有时代 BIFs 的 LREE 相对 HREE 都是亏损的 $((\text{LREE}/\text{HREE})_{\text{SN}} < 1)$,但是 $(\text{LREE}/\text{HREE})_{\text{SN}}$ 随着时间的变化而变化,反应了海水轻重稀土分异的演化,这也反映在具有相似演化趋势的 $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{SN}}$, $(\text{Sm}/\text{Yb})_{\text{SN}}$, $(\text{Pr}/\text{Yb})_{\text{SN}}$ 和 Ce/Y 比上;(5) 不同时代平均的 Y/Ho 比值集中在 25-40 之间,反应了海水对 BIFs 的贡献。

以上 BIFs 的地球化学特征,不仅是研究前寒武纪海洋演化特征所必须要考虑的前提,也可以约束不同时代 BIFs 的形成机制。

S22-P-03S

西藏那曲花岗岩类锆石 U-Pb 年龄及其地球化学特征

孙赛军^{1,2}, 孙卫东^{1,3*}, 张丽鹏^{1,2}, 章荣清¹, 李聪颖¹, 张红⁴, 胡永斌¹, 张兆荣⁵

1 中国科学院广州地球化学研究所,矿物学与成矿学重点实验室,广州 510640

2 中国科学院大学,北京 100049

3 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心

4 西北大学地质系,大陆动力学国家重点实验室,西安 710069

5 福建省闽西地质大队,厦门 361004

* weidongsun@gig.ac.cn

青藏高原自古生代以来经历了冈瓦纳大陆与劳亚大陆间特提斯洋的发育、俯冲闭合以及后期印度-欧亚大陆碰撞,是全球典型的俯冲碰撞造山带。作为亚洲大陆最南缘的拉

萨地块，记录着大量的俯冲碰撞构造演化信息，是研究青藏高原汇聚板块边缘重要的部分之一。尽管前人对于拉萨地块进行了众多的地质研究，但是，仍存在着许多不同的认识和争议，如拉萨地块的来源与基底问题、构造演化、岩石成因及深部动力学问题等。本次我们研究拉萨地体北部那曲地区早白垩世晚期酸性侵入岩的岩石矿物学、同位素地球化学 (Hf-O) 及年代学 (锆石 U-Pb)，以期揭示~110 Ma 岩浆大爆发事件的成因及构造背景。

位于拉萨地体北部的那曲岩浆岩体形成于早白垩纪晚期，由侵入岩黑云母花岗岩、黑云母二长花岗岩和火山岩安山岩、流纹英安岩及流纹岩组成。拉萨地体北部那曲地区早白垩世侵入岩 U-Pb 年龄为~112 Ma，属于拉萨地体中北部早白垩世晚期岩浆爆发的产物。两种岩性的地球化学特征较为相似，为高钾钙碱性至钾玄岩系列，弱至中等过铝质特征。它们富集碱性元素，Rb、Th、K、U 和轻稀土元素，亏损 Nb、Ta、Ti、P 元素，具有高 Al₂O₃ 含量(12-16 wt.%)、Rb/Sr 比值(1.3-33)和低 Mg 指数(15-39)的特征。同时原位 Hf-O 同位素显示样品具有较负的变化大的 $\epsilon_{\text{Hf}}(t) = -25.9 \sim 0.5$ 和正的 $\delta^{18}\text{O} = 7.9-11.5\text{‰}$ 。侵入岩的以上特征指示了源区可能为陆壳沉积物质与幔源物质相互作用，并经历了不同程度的分离结晶作用的结果。那曲侵入岩是拉萨地体中北部约 120-100 Ma 早白垩世晚期岩浆爆发事件产物之一。此次岩浆爆发事件在岩体成分上具有很大的变化特征 (玄武岩、流纹岩、安山岩、闪长质包体，黑云母二长花岗岩和黑云母花岗岩)，前人研究认为其构造背景可能为班公-怒江洋岩石圈南向俯冲引起的板片断裂。我们推断可能与新特提斯洋闭合有关，特别是新特提斯洋脊俯冲，造成板片窗打开软流圈上涌熔融形成，并且

对拉萨地体北部新生地壳的增长有着重要的贡献。

S22-P-04S

阳春盆地石炭 Cu-Mo 矿床埃达克质岩及其地质意义

张丽鹏^{1,2}，孙卫东^{1,3,*}，胡永斌¹，梁金龙⁴

1 中国科学院广州地球化学研究所，中科院矿物学与成矿学重点实验室，广州 510640

2 中国科学院大学，北京 100094

3 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心，北京 100101

4 成都理工大学，成都 610059

*weidongsun@gig.ac.cn

华南以大规模的岩浆活动和多金属矿化事件而闻名。除了大规模的 W, Sn, Sb, Nb, Ta, U, 和 REE 矿化，华南南部还有一系列的 Cu 矿。位于阳春盆地的石炭 Cu-Mo 矿床是一个大型斑岩-矽卡岩型矿床。石炭岩体的岩性以花岗闪长岩和石英闪长岩为主，两者都属于高钾钙碱性系列，其中 SiO₂ 含量为 64.5-67.4 wt.%，MgO 1.66-2.52 wt.%，高 Al₂O₃ (15.4-16.6 wt.%)和 Sr (>400 ppm)含量，具有低的 Y 和 Yb 含量。除了个别样品具有略高的 Y 和 Yb 含量，大部分样品具有典型埃达克岩的特征。LA-ICPMS 锆石 U-Pb 定年显示石炭岩体形成于约 105 Ma，略早与辉钼矿 Re-Os 年龄~102 Ma，反映出成矿事件与石炭岩体的密切关系。石炭岩体的具有高的锆石 Ce(IV)/Ce(III)和 Eu_N/Eu_N*比值，表明了岩浆的高氧逸度，高氧逸度的岩浆往往与俯冲作用相关。地球化学和矿物学特征进一步说明石炭岩体很可能来源于俯冲板片的部分熔融。在地质历史时期中，华南曾受东部太平洋构造域和南部特提斯构造域的影响，根据古太平洋板块的漂移和转向历史，太平洋板块很难在此发生熔融和形成埃达克质岩石。而南部的特提斯洋壳距离石炭也较远，正常的

俯冲可能也不能形成石炭埃达克质岩石。在晚白垩世新特提斯洋脊的俯冲在冈底斯带已经被发现, 这可能也是造成石炭埃达克质岩石和铜矿化的机制。全岩 Sr-Nd 同位素和主微量元素表明, 石炭岩浆在上升过程中可能与 EMII 型富集地幔和上部陆壳物质发生了混染。

S23-O-01

Sedimentary Record and Environmental Implications since the Late Pliocene from the Core CSDP-1 in South Yellow Sea

Xunhua Zhang¹, Xi Mei¹, Qingsong Liu² and Quanhong Zhao³

1 Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao, China,
Email xunhuazh@vip.sina.com

2 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

3 Tongji University, Shanghai, China

As the linkage between continent and ocean, sediments from the continental shelf bear abundant geological signals of sea-level fluctuations, environmental-climatic variations as well as local tectonic movements. A series of compositive investigations including sedimentology, micropalaeontology, systematic rock magnetism and paleomagnetism were carried out on the 300.1-m long core CSDP-1 that has been the longest core so far in the South Yellow Sea.

Some predominant conclusions were obtained. (1) The Matuyama-Brunhes boundary (B/M: 0.78 Ma) of the core was determined at depth of 73.68 m, and the ages of the sediments at 122 m and 155 m is about 1.0 Ma and 1.8 Ma

respectively. The bottom of Quaternary system in the Yellow Sea is firstly uncovered, and the corresponding depth in the core is 227.16 m. The bottom age of the core was inferred to be about 3.5 Ma. (2) Sea water firstly reached the core site in the time about 1.6 Ma B.P.. Subsequently, two shorted-lived transgressions occurred to the position in about 1.44 Ma B.P. and 1.02 Ma B.P. respectively, and then it had been exposed until ~ 0.84 Ma B.P. when a transgression lasting about 60 thousand years occurred again. The evolution of sedimentary environment in the South Yellow Sea should be controlled by both climatic variations and regional tectonic movements.

S23-O-02

浙江近岸泥质区全新世沉积演化研究

刘健*, 仇建东, 王红, 王飞飞, 徐刚, 孔祥淮

中国地质调查局青岛海洋地质研究所

* liujian0550@vip.sina.com

对浙江近岸海域约 5000 km 高分辨率浅地层剖面、3 个钻孔岩心、多个柱状样和海底表层沉积物的综合分析表明, 研究区全新世沉积自下而上可划分成 3 个沉积单元: 1) 全新世早期 (11.7-10 ka BP) 的海侵体系域: 河口湾、滨岸-陆架沉积; 2) 全新世早-中期 (10-7 ka BP) 的海侵体系域: 潮流沙脊-沙席沉积; 3) 全新世中-晚期 (7-0 ka BP) 的高水位体系域: 滨岸-陆架泥质沉积, 其主体主要形成于全新世晚期, 可能受控于长江三角洲的发育演化。全新世沉积序列中有机质来源在上述 3 个沉积单元中发生明显的变化。研究结果表明, 海平面、沉积动力和物源变

化是控制浙江近岸全新世沉积序列的主要因素。

S23-O-03

黄渤海表层沉积物环境磁学特征分类及物源诊断

王双^{1,2*}, 王永红³

1 国土资源部青岛海洋地质研究所, 海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛 266071

2 海洋地质过程与环境功能实验室, 青岛海洋科学与技术国家实验室, 青岛 266071

3 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100

* wangshuangqing@163.com

黄渤海是我国东部陆架的重要组成部分, 其中渤海是一个近封闭的内海, 物源主要为渤海周边河流携带的泥沙, 黄河带来的沉积物绝大多数在河口及三角洲地区沉积, 成为渤海沉积物的主要来源; 而黄海则是一个半封闭陆架浅海, 其表层沉积物为陆源碎屑物质, 局部地区有残留沉积。

本论文基于黄渤海 130 个表层沉积物样品详细的环境磁学研究, 探讨了磁学特征并进行了磁学特征分类及物源探索。研究发现黄渤海表层沉积物的磁学特征由磁铁矿主导, 在南、北黄海泥质区及渤海西北泥质区磁性矿物颗粒主要以较细的单畴和准单畴为主, 而其他区域, 则主要以较粗的准单畴和多畴为主。

按照黄渤海表层沉积物样品的 S_{300} 、 $SIRM/\chi$ 与 $SIRM$ 磁性参数特征, 将研究区表层沉积物分为 4 个类型: 类型 1 磁性矿物含量较高, 亚铁磁性矿物含量中等, 磁性矿物颗粒中等, 与黄河物质磁学特征极为相似, 这里沉积动力中等, 为中等水动力黄河沉积区; 类型 2 磁性矿物含量中等, 亚铁磁性矿物含量中等, 磁性矿物颗粒细, 与长江及黄河物质磁学特征较为相似, 水动力环境较弱, 为弱水动力黄河-长江混合沉积区; 类型 3 磁

性矿物含量较低, 亚铁磁性矿物含量较低, 磁性矿物颗粒中等, 主要是该海域存在的残留沉积, 水动力中等, 命名为中等水动力残留沉积区; 而类型 4 磁性矿物含量高, 亚铁磁性矿物含量高, 磁性矿物粒级粗, 与长江沉积物具有相似的磁学特征, 沉积动力强, 命名为强水动力长江沉积区。以上四类沉积物具有不同的环境磁学和沉积环境特征, 从而可以帮助识别黄渤海沉积物的分布及物源信息。

S23-O-04

南黄海中部隆起中-古生代地层发育特征及含油气探讨

张晓华^{*1, 2}, 吴志强^{2, 3}, 张训华^{2, 3}

1 中国海洋大学, 青岛 266003

2 青岛海洋科学与技术国家实验室, 青岛 266071

3 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

* bysshe6@163.com

南黄海盆地及中部隆起经历了多年的勘探研究, 但由于南黄海钻遇海相中-古生界地层的井较少, 尤其对中部隆起的研究, 一直以来, 由于缺乏钻井资料约束, 中部隆起的地震层序划分和地层属性的推测都存在较大争议。

2014 年南黄海中部隆起 CSDP-2 井的钻探, 成功获取 2000 米岩心, 为研究中中部隆起中-古生代地层发育特征及含油气预测提供了直接资料。钻井岩心显示, 南黄海中部隆起存在中-古生代海相地层, 并在中-古生代海相碳酸盐岩首次发现油气显示。本研究利用 CSDP-2 井岩心、测井数据及 XQ09-2 测线最新处理的多道地震资料, 在对 CSDP-2 井合成地震记录标定基础上, 对中部隆起中-古生代地层进行了重新解释, 确定了中生代下三叠系青龙组, 古生代上二叠系大隆、龙潭组, 下二叠系栖霞组和古生代石炭系船山组、黄

龙组层序界面。为研究南黄海中部隆起中-古生代含油气性,对 XQ09-2 测线进行了地震多属性分析,优选出频率类属性;在频谱分析基础上,对 XQ09-2 测线进行了时频分析,通过频谱剖面 and 频率道集分析,对中部隆起中-古生代地层含油气性进行了预测,初步认为中部隆起海相碳酸盐岩有利储层发育。

该研究明确了南黄海盆地中部隆起的地层分布,中-古生代海相地层的层序标定将极大推动区域沉积环境及构造运动等科学问题的研究;同时在海相地层中发现了有利的油气储集层显示,对指导油气勘探具有重要的实际意义。

S23-O-05

全新世黄海暖流演化及其古气候响应

南青云^{1*}, 李铁刚², 于心科¹

1 中国科学院海洋地质与环境重点实验室, 青岛 266071

2 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266071

* nanqingyun@qdio.ac.cn

全新世以来受海平面升降和陆架区域独特环流体系共同作用,黄海陆架区域形成了一系列的泥质沉积。在高精度年代标尺控制下,源于这些泥质沉积的高分辨率古海洋记录的重建有助于探索区域海平面变化、全球快速气候变化事件对于中低纬度陆架海区古海洋环境变化的影响。不仅如此,基于古海水温度、古海洋生产力等记录的研究也为探索区域特征环流体系的形成演化提供直接的证据。本研究基于分布于黄海南、北部的沉积柱状岩芯(Z8和BY14),在AMS14C高精度年代框架控制下,综合分析沉积粒度特征、Uk'37古海水温度组成以及有机地球化学记录,重建了黄海区域古海水表层温度记录、陆源有机质输入历史记录以及海洋特征生物

生产力演化记录。探讨了全新世以来黄海陆架区域古海洋环境变化对区域海平面演化、区域特征环流体系形成演化以及东亚季风强弱响应特征。

研究发现,区域海平面变化是控制黄海陆架区沉积环境和环流体系演化的主要因素之一:9.8-9.0cal. kyr BP期间,黄海陆架区环境受快速海侵控制(对应于MWP-1C),全新世海侵开始影响整个北黄海陆架的时间可能在8.9cal. kyr BP之后,而在6.0cal. kyr BP之后海平面变化对沉积环境的影响很小;古海水温度阶段性演化很可能指示了黄海暖流的形成演化过程:黄海暖流初始形成时间可能在7.0 cal. kyr BP左右,并在7.0-5.5 cal. kyr BP期间得到持续的加强,而在5.5 cal. kyr BP之后,现代黄海暖流体系最终形成;全新世黄海高分辨率古气候记录与区域季风变化存在着很好的一致性。千年尺度上,黄海陆架区陆源物质输入与夏季风的强弱相关。叠加在这种长周期趋势上的百年尺度的快速气候波动则很可能反映了东亚冬季风的强弱变化;太阳活动可能是控制区域气候变化的主要内在因素,千年尺度上,全新世暖期以来持续减弱的太阳辐射量影响了夏季风的强度,造成物源区夏季风降雨的减少,从而影响了陆源物质的整体输入。百年尺度上,减弱的太阳辐射量很可能增强了东亚冬季风强度,进而影响区域海洋环境。

S23-O-06

No Red River capture since the late Oligocene: Geochemical evidence from the northwestern South China Sea

Meng Zhao¹, Lei Shao^{1*}, Jianshe Liang², Qianyu Li¹

1 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

2 China National Offshore Oil Corporation Research Institute, Beijing 10027, China

* lshao@tongji.edu.cn

Rare earth elements (REE) in the sediment samples of six industrial wells from the Yinggehai-Song Hong Basin in the northwestern South China Sea were analyzed and compared with the detrital zircon U-Pb data from earlier studies to extrapolate sediment provenance. The results reveal that the Red River (Song Hong River), Hainan Island and Central Vietnam have been the main provenances of the Yinggehai-Song Hong Basin since the late Oligocene. The Red River has been supplying sediments with positive Eu anomalies from basic-ultrabasic metamorphic and volcanic parent rocks to most parts of the basin, while Hainan Island has delivered sediments with negative Eu anomalies from granitic and sedimentary parent rocks to the eastern slope area of the basin. The progradational downlap structures in the seismic profiles also support the finding that the sediment supply is mainly from the Red River and from Hainan Island. The metamorphic rocks, which are widespread within the Red River drainage, not only provided high volumes of sediments to the basin but also contributed to the positive Eu anomalies observed. Because their REE and U-Pb signatures are similar to those of the Red River source, the metamorphic and igneous rocks of the Song Ma Suture Zone, Kontum Massif, and Jinghong area were probably parts of a large basic provenance region before being separated by strike-slip movements along the Ailao Shan-Red River

shear zone. Furthermore, our results indicate that the Red River drainage area has been relatively stable since the late Oligocene. Therefore, if a drainage capture from the Red River occurred, it is likely to have taken place before the late Oligocene.

S23-O-08

南海沿岸海岸沙丘研究进展

白旻^{1*}, 尹辉¹, 张甜¹, 叶远达²

1 惠州学院地理综合实验室, 惠州 516007

2 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710075

* baiyang@hzu.edu.cn

综述了国内对南海沿岸海岸沙丘在风沙地貌学方面的研究成果。发现研究方法主要有遥感影像分析、粒度分析、颗粒表面扫描电镜分析、探地雷达技术、光释光测年技术、¹⁴C 测年技术等, 研究角度主要包括海岸沙丘沉积与侵蚀两方面。认为南海沿岸海岸沙丘形成于中全新世以来, 发育于沙源丰富且风况与地形适宜的海岸带, 受环境变化与人类活动影响, 随植被的变化, 大部分海岸沙丘经历了从移动沙丘-半固定沙丘-固定沙丘的过程, 其中一部分海岸沙丘在被固定之后继续反复经历了活化与固定的过程。海岸沙丘的沉积与侵蚀受季风、风暴潮、植被的综合影响, 形态与内部结构较内陆沙丘复杂。随着人类历史的变迁, 南海沿岸的海岸沙丘曾经造成风沙灾害, 也曾经被人类控制, 在海岸带开发与资源开发中被破坏, 而其自身的形成规律与形成条件又促使海岸沙丘趋于再形成, 继而对人类工程造成损害。目前在旅游、房地产开发等方面, 海滩沙与海岸沙丘被视为珍宝, 固定与美化海岸沙丘成为新的研究方向。

S23-O-09

不同壳质类型的钙质有孔虫对硅藻的摄食以及对有机碳移除率的探讨

类彦立¹, 李铁刚^{2*}

1 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071;

2 国家海洋局第一海洋研究所海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室, 青岛 266061

* tgli@fio.org.cn

钙质底栖有孔虫 *Ammonia beccarii* (Linnaeus, 1758) 和 *Quinqueloculina seminula* (Linnaeus, 1758) 是潮间带和陆架浅海沉积物中常见的种类, 是玻璃壳和瓷质壳类典型代表。因活体培养的困难, 国际间对有孔虫基础生物学研究甚少。本工作成功对二种有孔虫建立了室内培养, 采用食物移除法测定其对硅藻的摄食率, 探讨了温度和食物浓度对其房室生长和摄食率的影响。实验显示 *A. beccarii* 成体每次繁殖可产生约 50-100 个子代幼体, 2 个月左右完成 2 个壳圈 (约 15 个房室) 的房室生长, 达到成体的 3-4 个壳圈 (20 个房室以上) 约需 3-5 个月。此外, *A. beccarii* 的房室生长受不同培养温度的影响, 20°C 下房室长径和短径的增长皆快于 15°C, 温度较低时壳体生长呈常见的椭圆形体态, 温度升高壳体较大且胖圆。*Q. seminula* 成体每次繁殖约 80-150 个子代幼体, 起处的 3 个初房室增长约 1-2 天, 达到中等体长约 15 天, 达到成体体长约 2 个月左右。

在温度为 12、15、18、21、24°C 和硅藻浓度 200~1000 cells mm⁻² 的培养条件下, 二种钙质有孔虫的摄食率对硅藻浓度的响应模型各参数均有统计显著性, 在所有实验温度条件下, 二种钙质有孔虫摄食率 (*I*) 大约都在

50~100 diatoms foram.⁻¹h⁻¹ 范围内, 并且摄食率 (*I*) 与食物浓度呈双曲线关系, 但显现不同的温度对策: 当实验温度从 12°C 升到 24°C, *A. beccarii* 的最大摄食率先从 1401.89 diatom ind.⁻¹ h⁻¹ 降低到 21°C 的 503.46 diatom ind.⁻¹ h⁻¹, 后微升至 24°C 的 703.54 diatom ind.⁻¹ h⁻¹, 而 *Q. seminula* 个体最大摄食率 (*I_{max}*) 先从 842.40 ± 179.79 增长到 1647.58 ± 479.73 SE cells foram.⁻¹ h⁻¹, 18°C 降至 315.64 ± 54.14 SE cells foram.⁻¹ h⁻¹。推测 12-15°C 可能为 *A. beccarii* 的最适温度范围, 而 18°C 可能为 *Q. seminula* 的最适温度范围。此温度也与野外调查黄、东海陆架表层沉积物中二种底栖有孔虫的丰度分布高值时的环境温度区间相符, 并解释二种有孔虫不同的季节变动特点。根据黄东海底栖硅藻的丰度, 估计活体底栖有孔虫群落约 1-24h 可清除一代硅藻, 本研究结果显示钙质底栖有孔虫在海洋底栖生态系统中对摄食藻类具有重要的生态学功能, 且不同种类的摄食选择具有不同的生物特性。

S23-O-10

南海南部巽它陆架的全新世地层

张金鹏^{1, 2*}, 朱本铎^{1, 2}, 陈洁^{1, 2}, 张伙带^{1, 2}, 韩冰^{1, 2}, 黄文星^{1, 2}, 吕文超^{1, 2}, 刘丽强^{1, 2}, 万荣胜^{1, 2}

1 中国地质调查局广州海洋地质调查局, 广州市黄埔区广海路 188 号 510760;

2 国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州市黄埔区广海路 188 号 510760;

* jinpengmgs@sina.com

南海南部的巽它陆架面积宽广, 为世界上主要的宽阔陆架之一, 也是低纬度地区最大的陆架。在第四纪冰期--间冰期气候波动背景下, 南海南部具有频繁的海平面升降特征, 是研究气候与环境变化的有利地区。有限的地质调查工作发现南海南部我国管辖范围内

的巽它陆架海域全新世厚度相对较薄。以古巽它河为界,在其东侧与曾母暗沙、北康暗沙之间全新世地层厚度一般约为 2 - 3 m, 粉砂、粘土含量高, 靠近暗沙砂含量增多。西侧陆架表层沉积物整体偏粗, 以砂含量高为特征, 全新世厚度较薄, 仅在陆架外缘增厚至 5 m 左右。在古巽它河靠近纳土纳群岛一侧全新世厚度约数十厘米至一米左右, 地层以粉砂含量高为特征。单道地震资料显示, 全新世地层厚度向陆架外缘有增大的趋势, 且在古巽它河河流地带的陆架外缘厚度最大; 向岛屿、礁石、暗沙一侧(纳土纳岛、北康暗沙、南康暗沙等)厚度减薄。

南海南部巽它陆架的全新世地层分布差异, 体现出在冰后期快速海平面上升的大背景下, 陆架内部沉积物堆积更多的是与物源供给和冰期时的地形特征相关。陆架东部靠近加里曼丹岛和北康暗沙等岛礁滩, 陆地输入的物质贡献了物源。陆架西侧虽然靠近湄公河口, 但是沉积物偏粗, 说明湄公河径流输入的泥质物质并没有大量输运过来; 相反, 推测湄公河携带的物质除了大量堆积在河口区外, 细粒物质可能输运至万安滩北侧的陆坡深海。古巽它河在冰期时为下切河谷, 靠近纳土纳岛(古河流中上游)附近上覆全新世较薄推测与海平面上升后远离物源密切相关; 而靠近古河道下游(陆架外缘)上覆的全新世厚度较大, 表明谷状地形提供了充足的容纳空间。

通过南海南部巽它陆架全新世地层的探测, 我们认为西侧和东侧陆架砂含量高, 具有资源开发的潜力, 可以为岛礁工程提供原材料。东部陆架可以作为古气候变化研究的有利区域, 来分析热带海陆相互作用及热带岛屿气候变化。而在古巽它河地区, 通过浅表层取样即可探测到冰期时的古河流沉积记录, 陆架外缘厚层的全新世沉积物更加有利

于高分辨率古环境记录研究。

S23-P-02S

波致海床液化引发异重层形成的室内试验研究

崔凯¹, 贾永刚^{1,2}, 刘晓磊^{1,2*}, 王振豪¹, 文明征¹

1 山东省海洋环境地质工程重点实验室(中国海洋大学), 青岛 266100;

2 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋地质过程与环境功能实验室, 青岛 266100

* xiaolei@ouc.edu.cn

异重流是存在于海底的一种重要的泥沙输运形式, 在黄河口水下三角洲广泛发育, 不仅对海底管道、光缆安全造成严重威胁, 而且对水下三角洲沉积构造的形成演变具有重要影响。

本文通过室内水槽模拟试验, 采用黄河三角洲粉质土制备试验土床, 先后施加波高分别为 6、10、14、18cm 的波浪荷载, 通过在水槽中布设垂向高分辨率浊度剖面仪和孔隙水压力仪, 分别实时测量近底面垂向海水的悬浮泥沙浓度、海床面以下不同深度沉积物孔隙水压力的变化, 研究海床沉积物在不同波高波浪荷载作用下异重层形成的过程与特征, 探讨波浪导致海床液化过程引发异重层形成的机理。

室内试验结果表明, 随着波浪荷载的持续累积作用, 土床中部上层土体首先开始液化。液化现象开始发生时, 近底水体约 2 cm 高度范围内, 液化区与非液化区的悬浮泥沙浓度存在较大差异, 非液化区悬浮泥沙浓度小于 4.00 g/L, 液化区浓度则在 4.50 g/L 左右, 即存在高浓度(与非液化区相比较)的含沙水层——异重层; 随着波浪荷载增加, 液化范围持续加大、液化深度持续加深, 异重层泥沙浓度逐渐升高; 在 18 cm 最大波高波浪荷载的持续作用下, 最终达到液化深度 36cm,

液化区域近似呈“弓形”，此时最大深度处孔隙水压力值为 10.37 kpa，异重层悬浮泥沙浓度达 9.50 g/L；对液化过程中孔隙水压力和异重层悬浮泥沙浓度做分析，发现两者存在明显的同步增长关系；对液化前后水体中悬浮泥沙粒度用激光粒度仪进行颗分试验，分析发现，液化后含沙水体中泥沙的中值粒径比液化前减小，这是粉质土床液化后细颗粒析出所导致。

通过室内模拟试验，本文初步探讨了海床沉积物在不同波高波浪荷载作用下异重层形成的过程与特征，通过建立沉积物孔隙水压力与悬浮泥沙浓度的对应关系，得出波致海床液化对异重层的形成有着重要的作用。研究结果对海床沉积物的波浪动力响应及海底异重流的深入研究具有一定的指导意义。

S23-P-03S

洪镇变质核杂岩区年代学调查

贺雪晶

中国石油大学（华东），青岛 266580

white-angle@qq.com

位于下扬子地区的洪镇“变质核杂岩”，是区域伸展活动的产物。这一伸展构造内，董岭杂岩与上覆未变质沉积盖层之间呈现为总体平缓的韧性拆离剪切带。其中面理优势走向为北西-南东，而矿物拉伸线理向南西倾伏，上盘向南南西运动。本次野外工作的重点是调查北东向脆性正断层，在野外观测了白垩纪断陷盆地的控盆正断层及董岭杂岩的边界正断层，对断面与擦痕进行了系统的测量。通过应力场的反演，得出早白垩世断陷盆地控盆正断层与董岭杂岩旁侧正断层形成时的应力场一致，皆为区域北西-南东向拉张的产物，说明两者为同期活动的伸展构造。依此推断董岭杂岩与两侧未变质沉积盖层之间正

断层的形成时代也为早白垩世。利用锆石 U-Pb 定年方法，工作中获得了董岭杂岩的原岩年龄以及热液交代锆石年龄。该变质杂岩的原岩年龄指示属于扬子盖层的底部，而非以往认为的变质基底。热液交代锆石年龄与早白垩世洪镇岩体年龄相近，显示了岩体侵位中热流体的广泛影响。综合以上信息及前人相关研究成果，本文认为董岭杂岩与两侧未变质沉积盖层之间的北东走向、倾向相背的正断层，在早白垩世北西-南东向拉张中发生活动，同时伴生洪镇岩体的侵位，从而使得其间的变质杂岩以地垒构造形式发生隆升，属于地垒式伸展穹窿，而不应是北北东-南南西向拉伸形成的变质核杂岩。

S23-P-04

北黄海西部海域特殊形态麻坑的形成机制研究

陈珊珊^{1,2*}，陆凯^{1,2}，孙启良³，陈晓辉^{1,2}，李日辉^{1,2}

1 国土资源部 海洋油气与环境地质重点实验室，青岛海洋地质研究所，青岛 266071

2 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室，青岛 266071

3 中国地质大学（武汉）海洋学院，武汉 430074

* yangfan662001@163.com

麻坑的研究在油气资源、环境和工程等方面有着重要意义，一方面麻坑是流体活动的重要证据，可以指示油气资源；另一方面流体渗漏的存在，极易造成浅部地层失稳，引发地质灾害。北黄海盆地为我国目前唯一未有工业油气流产出的边缘海盆地，是我国油气勘探的远景区。随着未来海底管线的铺设及资源勘探的发展，海上工程设施日益增多，麻坑的研究对于该海区的油气勘探、地质灾害评估具有重要的现实意义。

北黄海是我国东部陆架海的一部分，位于山东半岛、辽东半岛和朝鲜半岛之间，水

深为 20~60 m, 此区域鲜有发现麻坑的报道。2011 年青岛海洋地质研究所在北黄海西部海域进行的多波束水深测量中, 发现了在长山群岛以南的陆架堆积平原上近两千平方公里的海底成群密集分布着一种特殊形态的麻坑。麻坑大小不一, 长轴直径为 0.7-4 km, 短轴直径为 0.4-1 km 不等。单个麻坑整体呈中间突起四周洼陷的环状, 麻坑的边缘处为凹槽, 平均凹槽深 0.5 m, 中心发育鼓包状突起。中心突起部分有的地势比边缘凹槽外的平均海底低 0.2m 左右, 有的却高出海底 1 m 左右, 剖面形态为不对称的“W”型。而以往发现的麻坑一般为地势低于周围海底的洼陷, 剖面形态为对称或非对称的“U 型”或“V 型”。根据麻坑的平面和剖面特征以及在地震上的解释, 初步认为这是一种与浅层气相关的未成熟的麻坑, 是流体渗漏形成麻坑的初始阶段的产物。

本研究从形成海底麻坑的这六个基本要素来探讨研究区的麻坑形成机制, 并通过地震资料解释, 对流体、流体通道及麻坑进行精细的刻画, 建立这种特殊形态麻坑的形成演化模式。其中, 麻坑形成的基本要素为: ①下部地层具有充足的流体/气体; ②欠压实或非压实的松散沉积物可以作为储层; ③上覆的海底地层是细粒的沉积物可以作为良好的盖层; ④地层间的断层/裂隙可以作为流体/气体的运移通道; ⑤流体/气体超压体系; ⑥底流对麻坑的后期改造。

S23-P-05

山东半岛蓝色经济区海域活动断裂研究进展

王忠蕾*, 侯方辉

青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

* wzh12010@sina.cn

郯庐断裂和张家口—蓬莱断裂是影响半

岛蓝色经济区地质构造演化发育的重要断裂, 也是该区域构造活动研究的重点和热点(万天丰, 2004; 王洪聚, 2011;)。NNE 走向的郯庐断裂从南到北穿过整个华北地块的东部, 是中国东部的一条巨型断裂带; 并具有长距离的左旋走滑的特征, 其最大错距达 730 km (徐嘉炜等, 1992), 最小也使苏鲁超高压带错断 350 km (万天丰, 1996)。大量地质、地球物理资料表明, 郯庐断裂带是一条纵贯中国东部的区域性深断裂带, 而且有长期的、复杂的活动历史。张家口—蓬莱断裂带西起张家口附近, 向东南经北京、天津、渤海, 东南段沿山东半岛北缘、烟台和威海及沿海海域延伸, 是一条走向近 NWW 向的活动断裂带。陆域的研究表明, 张家口—蓬莱断裂带是一条左旋走滑断裂带。

在海域, 各类构造均被第四系或海水所覆盖, 成为隐伏构造, 除极少数以外, 绝大多数隐伏构造的最新活动均不清楚(邓起东, 2002)。李西双等(2010)利用在渤海最新获得的浅层地震资料, 发现在渤海海域发育大量晚更新世-全新世断裂和褶皱, 对其分布、浅层结构、运动学性质和活动性进行了研究, 绘制了渤海海域活动断裂分布图。王志才等(2008)利用声波反射剖面, 分析了南黄海北部海域晚第四纪断裂活动性差异, 认为千里岩断裂的晚更新世活动段长度 >100 km, 具有发生 6.5 级左右地震的。陆凯等(2012年)利用大量新采集的单道地震剖面对黄、渤海研究区的活动断裂进行了初步研究。发现, 渤海海域的活动断裂明显多于黄海, 这可能与郯庐断裂及其派生断裂新构造期的活动有关。

近年来, 中国地质调查局在我国管辖海域先后实施了 1:100 万和 1:25 万海洋区域地质调查以及大陆架科学钻探等项目, 获得了大量海区地质地球物理实测资料, 可以根据

反射波同相轴或波组的错断情况对地震剖面上的断层进行识别, 根据已有的钻孔测年资料对剖面进行地层划分, 然后根据地层和断层的切割关系对断层活动时代进行判断, 进而对山东半岛蓝色经济区海域断裂活动性与地震危险性进行分析与研究。

S23-P-06

我国海洋地学调查研究新进展

王文海¹, 莫杰², 彭娜娜³, 徐承德¹, 张德玉¹

1 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛, 266061;

2 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛, 266071

3 中国科学院海洋研究所, 青岛, 266071

* hdmj@163.com

本文概述了2009~2015年我国海洋地学在海岸带、近海与管辖海域、大陆架边缘海和深海大洋开展海洋地质构造、矿产资源、环境灾害和探查技术及仪器设备等方面调查、研究和研究所取得的一系列新进展、新突破和新成果。

海洋对于世界人口第一、多种战略矿产资源相对短缺的中国尤为重要。对海洋地质工作而言, 海洋权益与国家安全、能源安全和经济发展, 区域基础地质调查、矿产资源勘查评价、环境地质与灾害地质和海岸带区域开发等, 是海洋地质工作任务的重点领域。

S23-P-08

南黄海晚更新世以来孢粉记录的古环境变化

李杰, 梅西, 李日辉*, 蓝先洪, 张训华

国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

*qglrhui@cgs.gov.cn

依据南黄海 DLC70-3 孔 71.2m 长沉积序列的孢粉记录, 结合测年数据, 有孔虫和粒度等环境指标, 揭示了研究区晚更新世以来的古环境变化。钻孔孢粉组合可以反演南黄海陆缘区植被面貌, 其中草本孢粉在整个剖面占绝对优势, 具有超代表性, 而木本花粉代表性低。除冰盛期沉积缺失之外, 孢粉等指标在 MIS5 阶段以来变化显著: MIS5 和 MIS3 的亚间冰阶及 MIS2/1 (冰消期) 阶段, 阔叶树种和盐生草本比例较高, 沟边藻、有孔虫含量也较高, 气候偏暖, 属沉积动力相对稳定的浅海或滨海环境; 而 MIS5 及 MIS3 阶段的亚冰阶和 MIS4 阶段, 针叶组分或冷杉含量增加, 中-水生草本含量相对较高, 而有孔虫含量极低或消失, 气候偏冷, 属沉积动力相对复杂的滨岸湖泊或沼泽等陆相环境。同时, 对比周边地区其他孢粉记录, 结果表明, 在冰期-间冰期旋回过程中孢粉组合中针叶-阔叶组分含量此消彼长, 草本含量的相对变化可指示滨岸局域植被的演替, 且一定程度上可以反映海平面的升降。

S23-P-10S

早全新世海平面快速上升事件与东海沿岸流的形成

赵松^{1,3}, 常凤鸣^{1,2*}, 李铁刚^{2,4}

1 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

2 青岛海洋科学与技术国家实验室, 青岛 266061

3 中国科学院大学, 北京 1000493

4 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061

* chfm@qdio.ac.cn

利用东海内陆架的 DC1 钻孔(29°40'11"N, 122°30'48"E, 28 米水深), 重建了东海北部沿岸内陆架区由早全新世海平面变化控制的沉积体系演变。底栖有孔虫组合和岩性变化明显地揭示出了一个三段式沉积序列: 冰后期海侵之前受潮流影响下的残留沉积(13.2-11.6

ka cal. BP)、末次冰消期海平面上升中的潮间-潮下带沉积 (11.6-7.6 ka cal. BP)、全新世最大海侵后的近岸陆架沉积 (7.6-0 ka cal. BP)。沉积相的转换清晰地记录了早全新世三次主要的冰融水脉冲事件 (MWP-1B, MWP-1C 和 MWP-1d), 分别在 11.6-11.3 ka cal. BP、9.6-9.2 ka cal BP 及 7.9-7.6 ka cal. BP 间导致沉积物粒度的突变和底栖有孔虫群落的快速变化。除此之外, 8.6-8.4 ka cal. BP 间细粒端元比例的剧增清楚地指示了可能与北美冰前湖 Agassiz-Ojibway 淡水末次外泄有关的海平面快速上升事件。该次海平面快速上升导致的 8.2 千年冷事件, 在 DC1 孔中表现为粒度的突然增大, 可能与其间东亚季风降水减弱导致的细颗粒物供给显著减少有关。东海沿岸流 (ECSCC) 的出现与早全新世海平面的阶段式上升密切相关; 底栖有孔虫内陆架种丰度、河流细粉砂端元以及分选性粉砂的变化一致表明在 7.6 ka cal BP 左右海平面达到中全新世最高后, 现代 ECSCC 完全形成。

S23-P-11

黄海暖流中更新世以来形成演化的生物标志物记录

梅西^{1*}, 李日辉¹, 张训华¹, 刘青松², 王中波¹

1 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

2 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

黄海暖流是黄海唯一的一支输运外海高温高盐水的海流, 是黄海最主要的热量和盐分供应者, 它的形成及强弱变化对黄海海域的海洋环境和沉积体系都存在重要影响, 前人的研究主要集中在全新世以来黄海暖流形成演化的方面, 而在更长时间尺度的研究还鲜有报道。本研究对采自南黄海北部的钻孔 (DLC70-3, 孔深 71.2 m) 进行了高分辨磁性地层学研究, 揭示 B/M (布容/松山界限) 极

性转换界线位于该钻孔的 59.08 m, 沉积物底部年龄为 MIS 21, 三个厚的海相地层分别对应 MIS5-MIS9、MIS11-MIS17 和 MIS19-MIS21 高海平面时期的沉积。DLC70-3 钻孔沉积物中长链不饱和烯酮含量在 MIS5e-MIS9 和 MIS19-MIS21 高海平面时期的层位出现高值, 指示了黄海暖流的存在。进一步通过海源生物标志物 (长链不饱和烯酮, 菜籽甾醇, 甲藻甾醇) 和陆源生物标志物 (长链正构醇), 结合有机碳同位素, 重建了黄海暖流存在时期的海/陆源有机质的沉积历史, 并与前人对全新世黄海暖流的研究结果相对比, 发现海源和陆源有机质含量的变化都主要受控于黄海暖流及环流的强度, 结果表明在 MIS5e-MIS9 期黄海暖流最强, MIS21 到 MIS19 期间黄海暖流有一个明显减弱的变化。

S23-P-14

现代浮游有孔虫在南海和西太平洋的分布和组成

安佰正^{1*}, 李铁刚², 刘健¹

1 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071

2 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266000

* an_baizheng@126.com

对南海南部和西太平洋 18 个站位 90 个拖网样品中的浮游有孔虫进行种属鉴定统计, 共识别出 27 个种属。南海和西太平洋的浮游有孔虫群落的优势种属主要为 *Globigerinoides sacculifer* 和 *Globigerinoides ruber*, 分别占样品总数的 44.87% 和 24.89%, 其他的相对含量较高的种属有 *Globigerinella calida*, *Globorotalia menardii*, *Globigerina bulloides*, *Globigerinella siphonifera* 和 *Pulleniatina obliquiloculata*, 相对百分含量分别为 7.195%, 6.787%, 2.092% 1.82% and 1.752%。西太平洋区域的浮游有孔虫整体上

表现为北赤道流附近海域丰度低、黑潮附近海域和棉兰老流附近海域丰度高的基本格局。而南海区域则呈现出丰度高低变化较快的斑状分布格局。*G. sacculifer* 和 *G. ruber* 具有相似的分布格局,但在大多数站位 *G. ruber* 的丰度低于 *G. sacculifer* 的丰度值。*G. ruber* 在温暖季节比寒冷季节丰度相对偏高。*G. sacculifer* 和 *G. ruber* 作为混合层种,在较深水体中(150m 以下)也亦有含有蛋白质成分的个体出现,这可能是浮游有孔虫个体死亡后在沉降过程中被浮游拖网捕获导致的。*G. bulloides* 在西太平洋区域表现出对高营养盐海域的响应,但在南海区域我们无法做出这样的推断。*G. menardii* 在南海和西太平洋区域呈现出不同的垂直分布规律,其在西太的 S18 站位 50m~150m 水深出现大量的幼体,*G. menardii* 在西太区域可能受控于叶绿素之外的其他环境因素。*P. obliquiloculata* 主要出现在 50~150m 深度,表现为次表层种的分布特征。该种主要在黑潮附近海域和棉兰老流附近海域出现高丰度值。*P. obliquiloculata* 高丰度的出现可能与营养跃层的变浅有关,但还需要更多实验的验证。

S23-P-15

全新世东海内陆架泥质沉积特征及环境变迁

郑妍^{1*}, 郑洪波², 邓成龙³

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044

2 南京师范大学地理学院, 南京 210093

3 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 200092
* zhengyan@ivpp.ac.cn

东海位于欧亚大陆和太平洋之间,气候主要受冬、夏季风控制。陆架区每年接收大量来自于长江带来的沉积物。赤道太平洋北上的黑潮将东海陆架与太平洋分隔开,陆架

上环流复杂,使得陆源泥质沉积物仅在内陆架堆积。因此,东海内陆架区是研究沉积物在海洋中的搬运特征和研究东亚古气候演化历史的最理想地区。

全新世东海泥质沉积体由底部向上呈现粗砂-细砂-粉砂-泥的堆积过程,记录了海平面上升过程中沉积相的变化。泥质沉积体的堆积过程是由中间向外侧逐渐堆积,在泥质体靠近远洋一侧存在明显的沉积间断,呈阶段性的垮塌堆积。泥质体中心部分均匀沉积,没有明显的沉积间断。全新世以来,泥质沉积物的物理化学指标没有明显变化,表明沉积体的物源没有明显变化。然而沉积物中磁性矿物组合在不同的层位具有不同的组合特征,指示了沉积环境的变化,旋回性的磁性矿物含量变化则反应了古气候演化。

东海表层沉积物中主要的载磁矿物是磁铁矿,并含有赤铁矿,主要为碎屑来源的磁性矿物。向下磁性矿物粒度变细,磁性矿物类型没有明显变化。在向下磁铁矿含量减少,细颗粒磁铁矿几乎消失,出现黄铁矿等铁的硫化物。磁性矿物的阶段性变化只是了沉积环境从氧化到还原环境变化的几个阶段,磁学参数测量是识别氧化还原环境变化的良好指标。中国边缘海地区其它几根岩芯的磁化率对比结果表明,在水深和有机质的供应一定时,沉积物发生成岩作用的深度与沉积速率呈反相关。

虽然 MD06-3040 中的磁性矿物受早期还原成岩作用影响,仍然保留了古气候的信息。0.45-0.6(LIA)、1.4-1.7(DA)、2.9-3.1、4.4-4.7、5.3-5.7、5.9-6.1 和 8.2-8.4 ka 的低磁性矿物含量和高矫顽力事件与东亚夏季风减弱事件对应,反映长江流域低降水量和低径流量的特征。频谱分析结果显示了 500 年和 210-240 年的周期性变化特征,表明全新世的气候变化与太阳活动相关。

S23-P-16S

南海 IODP 1433A 孔磁性矿物在冰期/间冰期存在差异的古环境意义

段宗奇¹, 刘青松^{1*}, 盖聪聪¹, 赵西西²

1 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100871

2 同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092

* qslu@mail.iggcas.ac.cn

对南海 IODP 1433A 钻孔沉积物进行详细的岩石磁学分析, 结果显示剩磁的主要载磁矿物可以分为两类: 一类以胶黄铁矿为主, 另一类以(钛)磁铁矿为主。在系统的交变退磁过程中, 大部分样品含有在打钻过程中产生的剩磁叠加, 其通常在~30 mT 左右可以被清洗掉。在随后的退磁过程中, 载磁矿物以磁铁矿为主的这类样品可以得到稳定的倾角方向, 而以胶黄铁矿为主的样品在~60 mT 后产生旋转剩磁 (gyromagnetic remanent magnetization)。根据倾角和偏角的变化, 松山-布容地磁极性倒转界线(~0.773 Ma)记录在~184 m 深处。胶黄铁矿及其携带剩磁形成的机制需要进一步的深入研究。结合生物年龄和航次上取得的结果, 我们发现磁学参数的变化和深海氧同位素曲线的变化具有极高相关性。在间冰期, 磁性矿物的含量较低, 以磁铁矿为主; 冰期时, 磁性较强, 以细颗粒的胶黄铁矿为主。导致冰期/间冰期磁性矿物差异的机制可能是: 冰期时, 海平面下降, 陆架裸露, 西南区域的海洋通道关闭, 沉积环境偏还原, 同时输入的陆源物质也可能随之增加, 这些因素有利于磁铁矿的溶解, 进而发生胶黄铁化; 反之, 间冰期的沉积条件比较有利于磁铁矿的保存。该孔磁性矿物的复杂变化指示在该区利用环境磁学进行古气候研究需要以系统的岩石磁学为基础, 以免错误解读古气候信息。

S23-P-17

关于南海西南海盆关键地质界面的认识

杜文波¹, 邱燕², 聂鑫³

广州海洋地质调查局, 广州 510075

superdwb@outlook.com

南海西南海盆位于南海中沙、西沙地块和南沙地块之间, 在 115° E 附近与南海中央海盆相连, 平面形态总体呈一个往北东开口的似三角形盆地。海盆长轴北东向, 总长约 600 km, 最宽处约 400 km, 水深 3000 m~4000 m。海盆的地壳厚度仅 10 km~12 km。海盆底部相对平坦, 其上分布着大小不等的海山或海丘。

本文根据 IODP 349 航次的过井地震剖面资料, 再结合 1000 km 的高精度多道地震, 通过分析关键井的测井曲线、古生物定年资料、岩性资料等, 识别出主要的地质界面, 再根据层序地层学, 沉积学等理论上结合地层拉平等技术的基础上进行等时地层对比, 建立起了南海西南海盆的精细等时地层格架。通过分析海盆区识别出 7 个主要的地质界面, 而在陆坡区识别出 9 个主要的地质界面。在建立的地层格架的基础上, 对海底扩张过程中的关键界面进行分析, 总结各个界面的地质意义, 进而揭示出这些地质事件。通过对南海扩张历史中的重大不整合界面 (破裂不整合面、扩张结束不整合面、洋中脊跃迁不整合面和陆架坡折跃迁不整合面等) 及其区域分布特征的分析, 将有助于确定南海扩张开始、结束及洋中脊跃迁等重大构造事件的时代和位置。通过对南海西南海盆新生代发生的各种地质事件研究, 建立包容这些事件的边缘海盆形成演化模型, 从而进一步揭示南海西南海盆地壳结构特征与构造演化的关系, 为解释南海边缘海成因提供全新

的思路和理论框架。

S23-P-19S

近岸底层水盐度指标—— *Ammonia aomoriensis* 野外调查和实验室培养

俞宙菲^{1*}, 类彦立¹, 李铁刚^{1,2,3}

1 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071

2 国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266061

3 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室, 青岛 266061

* yuzhoufei5@126.com

对南黄海近岸青岛湾潮间带底栖有孔虫的优势种 *Ammonia aomoriensis* 活体进行了连续一年(2014年5月至2015年5月)的野外季节研究, 并对其进行了系列实验室培养实验, 建立了 *A. aomoriensis* 的初房值 MPS (mean proloculus size) 与水体盐度的关系式。野外调查得 *A. aomoriensis* 的初房与盐度显著负相关: $MPS = 214.7030 (\pm 20.7783) - 5.4215 (\pm 0.6902) S$ ($r = -0.6979$, $p < 0.0001$), 盐度 29 ~ 31; 培养实验中繁殖 *A. aomoriensis* 幼体的初房对盐度的灵敏度较低: $MPS = 65.2737 (\pm 4.3334) - 0.3357 (\pm 0.1468) \times S$ ($r = -0.3908$; $p = 0.0297$), 盐度 24 ~ 33。相对于实验室培养, *A. aomoriensis* 在野外出现三型现象导致了更陡的斜率。因此, 培养方程更适用于没有出现微球型的稳定适宜的环境, 而野外方程更适用于三型共同存在的动荡环境。另外, 温度对 *A. aomoriensis* 的初房没有影响。

S24-O-01

科学回归文化

孙立广

中国科技大学

美国哈佛大学和麻省理工学院完成的调查引起了经济学家的广泛兴趣, 由此引出王

军的一篇文章:“科学进步靠奖励还是葬礼”, 我赞成这篇文章的一些观点, 但是我想补充的是, 科学进步要靠的东西太多了, 要靠党、靠政府、靠国家繁荣, 但是, 最关键的一点是: 科学进步要靠先进的优秀文化。法西斯文化浸染出的科学会把做爆仗的火药变成卢沟桥的枪弹, 在《黄河大合唱》、《义勇军进行曲》的旋律中, 才会催生出西南联大的大师辈出和科学文化的繁荣, 而那是一个江山破败的悲壮年代。

文化是什么? 有许多关于“文化”的定义, 我给出的定义是:“文化是那些由人类创造的、影响人的思维方式和行为方式的东西”。每一个时代的文化都有自己的特点, 都影响了那个时代人的思维方式和行为方式, 因此每一个人都或多或少地留下了属于自己那个时代的烙印。正是这两种方式, 决定了一个特定时代人群的标志性特质。在民国和文革成长的青年人是不一样的, 这两类青年到了老年也会是不一样的, 不仅仅是衣物的不同, 更多的是气质的不同。我常常说, 我喜欢刘东生和施雅峰那一辈的人, 那一辈的人大多比现在的人单纯、从容和书生气, 看得出是文化人。

如果钱学森之问不是伪命题, 那么就是我们的文化在什么地方出了问题。寻找当代文化的缺陷是一件出力不讨好的事, 但实在是一件需要做的事。我们在茶余饭后和微信群中听到、看到了不少的文化堕落和粗痞, 在教师、医生和法官这三个我以为是代表人类良心的职业上, 我们不断地看到道德的溃败, 这代表我们的文化底线已经失守, 虽然, 在有些人的眼中, 也许这只是千里大堤中的几个管涌或几段破圩, 但是, 在代表道德制高点的职业和群体中出现污浊的时候, 不能不让人产生唇亡齿寒的伤感。

习近平总书记主持召开并发表了在文艺

座谈会上的讲话，充分表明中央重视文化对社会和科学进步的巨大影响力；先进文化作为“三个代表重要思想”的一部分，也表明“文化”始终在领导者心中占有重要的位置。从而推动了我国科学与文化的进步与繁荣。但是，我以为，自辛亥革命以来我国还没有出现过可以与欧洲文艺复兴运动比拟的文化繁荣时期，虽然不时地有过短暂的爆发，比如五四时期的新文化运动。

欧洲在晦暗的中世纪结束前，出现了颠覆宗教长夜的文艺复兴运动，从而导致了17世纪的英国资产阶级革命。哥白尼的“天体运行论”是文艺复兴的代表作，它仅仅悄悄地把地球换作太阳放入宇宙中心，让地球绕太阳运动，就撼动了整个欧洲的秩序，从而扰动了地球的轨迹，驱动了科学的革命。在这里，哥白尼的天文学是文艺复兴时代的杰作，科学与文化交相辉映，它同时证明了科学是文化的一部分！

然而不知从什么时候开始，在人们的眼中，甚至在科学家的眼中，科学与文化这杯文明的奶茶突然变成层次分明的鸡尾酒了。从根本上来看，科学是文化的一部分，科学是深刻地影响人们的思维方式和行为方式的东西。

追寻科学与文化渐行渐远的路径，可以追溯到“文化大革命”这场史无前例的浩劫，它让科学家失去了精神与品质的追求，从而丢掉了教养；它让科学家从担当道义和责任转而成为驯服的工具；它把海阔天空的自由的思想关进了鸟笼，淘汰了腾飞的翅膀。没有了教养、没有了责任、没有了思想的自由，哪里还会有科学，哪里还会产生真正的科学家！没有文化，充其量，只能产生工匠，而且是劣等的工匠。回顾1978年代那个科学的春天，那是一个值得怀念和思考的年代，那是一个全民向善的时代，那是一个文化与科

学复兴的时代。我的“中国梦”就是科学回归文化，文化回归到那个充满理想与梦想的时代，并再次开始起步，迈向更光明的未来。

S24-O-02

深度策划 多方共赢--加强海洋新闻报道的实践与思考

张建松

新华社上海分社
13311669691@163.com

地球是人类赖以生存的唯一家园。在这个家园里，71%面积是海洋，只有29%面积是陆地。海洋为人类可持续发展提供了巨大的接续空间和丰富资源。纵观人类历史，向海而兴，背海而衰。党的“十八大”以来，我国提出了“建设海洋强国”的宏伟目标。加强海洋新闻报道、提升全民海洋意识，记者责无旁贷。与“浩如烟海”的陆地新闻相比，海洋新闻十分稀少，这其中的原因很多，在“全民记者”时代，绝大多数人都很难到海上去，也是原因之一。大海汪洋，对于许多人来说，还是充满了陌生、神秘、好奇的“新闻未知领域”。

作者多年来专注于海洋新闻报道工作。从2007年至今，到海上采访时间加起来近700天。不仅乘坐过我国的“雪龙”号极地科学考察船、中国海监50号、中国海监137号、中国渔政206号、中国海警2506号、东方红2号，还登上过美国的“决心”号、巴布亚新几内亚的“兰金”号。采访的对象不仅有船员、南北极考察队员、中外科学家、在校学生，还有我国的海监、渔政、海警在海上一线的执法人员。航行过的海域有南大洋、北冰洋、东海、太平洋、西南印度洋。总结多年实践，作者认为做好海洋新闻报道，要进行前期的深度策划，追求多方共赢。

S24-O-03

再读《海底两万里》的感想

周怀阳

同济大学海洋与地球科学学院

如果说科学是指引人类文明进步的明灯的话，想象则是帮助人类飞翔的翅膀。在已有科学知识基础上，加以无限的想象，并用艺术的手法创作的优秀的科幻小说是人类文明宝库中的瑰珍。

自法国作家凡尔纳的《海底两万里》发表 140 多年以来，世界科学技术已取得了翻天覆地的进步，科技知识的传播与普及也已十分迅速而广泛。然而，相对而言，人类对海洋的了解仍十分肤浅。加上《海底两万里》几乎穷尽了当时人们已有的海洋生物、地质、地理、气象、物理、化学等各方面丰富的知识，语言生动，结构巧妙，悬念迭起，该小说至今仍是世界范围内广大读者十分喜爱的科幻小说。至今已有十多次被搬上银幕和改写成各种儿童读物，在我国则被推荐为中学生必读的世界名著。

经广大科研人员艰苦努力，我国研制成功了能够下潜 7000 多米水深的载人潜水器“蛟龙号”，我们有机会可以搭乘“蛟龙号”遨游真实的深海海底。深潜回来，再读《海底两万里》，依旧是思绪万千。真实的海底也许与小说幻想的有这样或那样的差异，但是，对未知世界的不断研究、探索自然能力的不断提升、对人性真善美的不懈追求，将永远是人类文明进程的主旋律。

S24-O-04

关于海洋文化与大陆文化比较的再认识

宁波

上海海洋大学海洋文化研究中心，上海 201306

海洋世纪的兴起，使海洋文化与大陆文化的比较成为热门话题。普遍观点认为海洋文化比较开放，大陆文化比较保守。海洋文化是以西方为代表的西方文化、蓝色文明，大陆文化是以中国为代表的东方文化、农耕文化和黄色文明。因此，关于海洋文化与大陆文化的比较，其核心是东西方文化孰优孰劣的问题。然而，是保守还是开放，与是否是大陆文化还是海洋文化没有必然关联。大陆文化构成人类文明的主体内容，其主旋律是开放而进取的。海洋文化在发展中也不乏保守、落后的内容。事实上，保守的根源在于是否形成特权文化，而与是否大陆文化还是海洋文化无关。当前发展海洋经济，不应将海洋文化与大陆文化在比较重对立，而应辩证地看待两者之间的关系，积极构建海洋文化与大陆文化协调发展的格局，实现互惠共赢，共同发展。

S24-O-05

科学与文化

袁岚峰

中国科技大学

科学应该成为人类文化的核心成分。历史状况与这个理想状况相去甚远，现在才有了向理想状况趋近的可能性和紧迫性。

爱因斯坦说：“西方科学的发展以两个伟大的成就为基础：希腊哲学家发明形式逻辑体系（在欧几里得几何学中），以及发现通过系统的实验有可能找出因果关系（文艺复兴）。在我看来，人们不必对中国的贤哲没有走出这两步感到惊奇。人类居然作出了这些发现，是令人惊奇的。”任何一个文明或星球，不发展出科学才是默认值。科学在地球上的出现在很大程度上是偶然事件，是全人类最大的幸运。要感谢古希腊思想家的孤军突进。一颗种子，两次发芽，第二次终于开花结果，

席卷全球。

科学从萌芽到爆发的过程是一个惊险的过程，不绝如缕。但近代爆发之后，就对其他竞争者取得了压倒性的优势：科学对占星术、巫术、炼金术、宗教、冥想、灵修、道德修养、社会组织等，西方文明对其他文明。从此以后，任何文明、国家、民族要想取得成功，都必须在科学上取得成功。

中国传统对科学不够重视，技术曾经辉煌灿烂，科学有成果但不系统，科学方法论几乎付之阙如，终于导致全面落后。我们现在并不是要恢复想象中的古代领先地位，而是要第一次真正把科学技术内化到中华文化的血液中，让中华文化脱胎换骨，打开无限的上升空间。

费米悖论：为什么还没有观察到外星文明？大滤网假说：文明发展到一定程度，就会遇到一个严重的障碍，大多数星球都过不去。我们现在是已经过了大滤网，离大滤网还远，还是正面临着大滤网？最合理的推测：可控核聚变就是我们面临的大滤网。从工业革命以来，能源回报率不断下降，现在许多能源的回报率已经降到了农业社会的水平。如果不能发展出可控核聚变，移民外星球，人类就只能在地球上困死。

人类被科学带进了一个以前不可思议的现代世界，而这个世界的进步乃至维持都是建立在科学不断进步的基础上的。逆水行舟，不进则退。健康水平、生活水平和教育水平的极大改善，使科学第一次成了大多数人都可以接触的事。把科学作为人类文化的核心，从未像现在这样接近过，也从未像现在这样紧迫过。

呼吁各国政府和企业对科研增加投入，有条件的人捐款给科研事业。作为一个长远目标，中国的研发经费占 GDP 的比例应该从现在的 2% 出头提高到 4% 以上，达到韩国的

水平。

S24-O-06

学科前沿与大众文化相结合： 海洋科普的实践与思考

刘传联，黄维，刘雨萌

同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

同济海洋学科的特色是深海研究。从“大洋碳循环长周期假说”到“热带海洋在全球气候中的引擎作用”，从“南海深部过程研究”到“南印度洋中脊的薄洋壳”，这些研究成果都是同济海洋人对深海研究的贡献。但是我们的深海研究成果还更多地局限于学术层面和学术界，如何让更多的社会大众理解和认识我们的研究，普及海洋知识、宣传我们的研究成果是我们面临的新任务，也是我们面临的新机遇。因此，近年来同济大学海洋与地球科学学院和海洋地质国家重点实验室投入了大量人力和物力着力打造“海洋科普”这一特色平台。

“面向中、小学生、面向社会大众，宣传海洋、普及海洋知识，增强海洋意识”，这是“海洋科普”平台建设的目的与初衷。

“海洋科普”这一平台的建设已经取得了广泛的社会影响和效果。除了建立海洋探索馆，我们还组织人员编写海洋科普读物、举办不同层次的海洋科普讲座、对重要学术会议和重要科研活动进行报道和宣传。这些科普活动的受众对象包括从幼儿园小朋友到小学生、中学生、大学生，还包括普通社会公众和政府机构。例如，从 2009 年建立的深海探索馆 1 期“Undersea”到 2014 年建立的深海探索馆 2 期，我们就接待了数万人进行参观。深海探索馆成为沪上海洋科学普及的基地之一，并受到从中央到地方各种媒体的广泛关注与报道。再如，2013 年由同济大学海洋地质国家重点实验室发起，由厦大、海大、

华师大等许多单位的教师参加，首次编辑出版了《十万个为什么》的海洋卷。这本由汪品先担任主编、彭晓彤、黄维担任副主编的科普书籍，力求将学术前沿与知识趣味相结合，既反映出当代海洋、尤其是深海科技的进展，又从启发青少年求知欲与好奇心着眼，是我国海洋科普中一枝新秀。

国际大洋钻探是世界深海探索的“旗舰”项目，而同济的海洋地质国家实验室作为中国大洋钻探的研究和联络基地，承担着在中国普及大洋钻探知识、宣传大洋钻探活动的重任。设在同济的中国大洋钻探办公室每年都不定期出版“中国大洋钻探通讯”，同时还在“地球科学进展”杂志上开辟专栏，报道大洋钻探的最新进展。2014年2月26日至3月30日在南海实施的国际大洋发现计划349航次是新十年大洋钻探的首航。同济共有7名科学家参加航次。在船上紧张科研工作的同时，他们也把大洋钻探科普工作做为自己的一项重要内容。在短短的2个月中，349航次的中外科学家利用现代传播媒体工具，开展了60余次船岸互动活动（ship to shore event，简称S2S），向中国、美国、法国、英国、西班牙、澳大利亚、菲律宾、巴西等国进行科普宣传，对象包括下幼稚园的小朋友，上至中科院院士，每场次的观众最少2人，最多达300多人次。船上的7名来自同济的科学家积极参与了这些科普活动，主持了13次面向中国的船岸互动，并且在同济大学网页上开辟了专栏，通过博客的形式发回航次最新的发现，一共撰写了19篇短文，实时、迅速地报道了航次的最新进展。这些短文又被多家新闻媒体转载或编发，一时间南海大洋钻探349航次成了家喻户晓的新闻。

海洋科学普及工作和海洋意识传播，已经正式列入了同济大学海洋学院和国家重点实验室的工作计划。我们已经成立了专门的

科普宣教小组、设立了专门的科普工作岗位来开展此项工作。除了继续做好深海探索馆的运行开放工作以外，我们还将编写更多的海洋科普读物、建设更多的海洋科普课程、举办更多的海洋科普讲座，多层次、多角度地宣传海洋、普及海洋科学技术知识，力争把同济大学海洋地质国家重点实验室建成上海市重要的海洋科普基地、建成在中国有特色的深海科普基地。

S24-P-01

让海洋地质科普流行起来

张伙带^{1,2}，朱本铎^{1,2}，吴庐山^{1,2}

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510760

2 中国地质调查局广州海洋地质调查局，广州 510760

z183514387@126.com

海洋和陆地不一样，我们能直观地观察到陆地的地形地貌和岩石，但无法直观地观察到海底的地形地貌和岩石，因为几十米到几千米深的海水阻断了我们与海底之间的直接接触。因此，海底是神秘的，但正是因为它神秘，才让人更加好奇去揭开它的面纱；同时不断涌现的海底新技术慢慢地将海底解密。新技术与海底新认识，成为了海洋地质科普的强大推动力。

近年来，我国在管辖海域和国际海域利用新技术新方法开展了大量的海洋地质地球物理调查，获取了丰富的资料，取得了可以刷新民众眼球的新认识，成为海洋地质科普活动能流行起来的内因。

让海洋地质科普流行起来，还需要海洋地质科技人员积极推动。作为中国地质调查局的海洋地质调查单位，广州海洋地质调查局和依托广州海洋地质调查局的国土资源部海底矿产资源重点实验室近年积极开展了一系列的海洋地质科普活动，取得了热烈的反

响。仅在 2016 年,就连续开展了 3 次的海洋地质科普活动。2016 年世界地球日以海底资源“可燃冰”为主题进行科普,邀请了市民代表、学生代表和多家媒体参加,活动被广泛报道,扩大了科普对象的范围。2016 年“科技活动周”以“深海矿产资源和技术”为主题进行科普,活动获得中山大学学生的热烈支持并被报道。随后,深圳大鹏半岛国家地质公园主动联系,热情邀请广州海洋地质调查局和重点实验室于 2016 年 6 月 8 日到深圳举办科普活动。

作为海洋系统的一部分,海洋地质的科学普及,能让民众全方位了解海洋,进一步增强海洋意识。

S24-P-02S

白云岩的镁同位素($\delta^{26}\text{Mg}$)特征——关于白云岩成因研究的启示

袁桃^{1,2}, 伊海生^{2,3}, 兰叶芳⁴, 李启来³, 杨嘉宝¹

1 成都理工大学地球科学学院, 四川成都 610059

2 成都理工大学油气藏地质及开发工程重点实验室, 四川成都 610059

3 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都 610059

4 贵州工程应用技术学院矿业工程学院, 贵州毕节 551700

yt886439520@163.com

近些年来,随着非传统稳定同位素的发展和测试技术的不断进步,镁同位素研究在地球主要储库的镁同位素组成和不同地质过程研究取得了显著的进展。目前关于镁同位素研究主要应用于:1)古海洋环境的示踪;2)风化作用;3)石笋的形成;4)岩浆作用;5)生物活动;6)热扩散;7)宇宙事件的探索。从研究内容上来看,主要包括水圈和生物圈的镁同位素组成以及镁同位素分馏机理等的研究,而关于沉积岩类中白云岩

镁同位素组成的研究,尤其是镁同位素是否可以解决白云岩成因这一国际难题的研究相对较少。由于流体化学性质的复杂且瞬时多变以及成岩环境的不同,使得白云岩沉淀模式和动力学机理的研究变得十分复杂,且一直倍受争议。而且常规分析中,实验室条件下很难将白云石和方解石等其他碳酸盐矿物分开,测定的碳氧同位素值并不能完全保证是某一碳酸盐矿物的值,往往是“混合型”碳酸盐的碳氧同位素值。白云岩成因的关键是镁离子的来源,有研究证明, Mg 在海水中停留时间较长(约 14Ma),表明其存在于海水中是经充分混合并达到均一程度的,故而可以认为,镁同位素可以指示成岩环境。其次镁元素作为白云石的主量元素,在一定程度上,由于系统性误差和偶然性误差对结果造成的影响必定要优于诸如 Sr 等微量元素。本文总结概况了国内外关于白云岩镁同位素研究等诸多成果,主要包括岩石学、矿物学、地球化学等,建立了不同沉积成岩环境形成的白云岩镁同位素组成范围,期以为镁同位素在白云岩成因的系统性研究贡献更多的基础理论和数据资料。

S24-P-03S

九龙江口红树林动态变化及其影响因素分析

王敏, 曹文志*, 杨晶鑫, 苏晓玲, 燕怡云

厦门大学环境与生态学院, 厦门 361102

* wzcao@xmu.edu.cn

选择九龙江口为研究区,以 1994, 2004 和 2014 年三期 TM 影像为数据源,采用阈值法提取了以福建省九龙江口红树林省级自然保护区为重点的九龙江口过去 20 年红树林面积和分布的变化信息。结果表明,选取 2014 年高空间分辨率影像 Pleiades(0.5m)和实测样点作为验证数据,红树林的总体分类精度可

达 96%。1995-2014 年，红树林面积存在明显的增长趋势，表现为大幅度增长（1995-2004）和缓慢增长（2004-2014）两个阶段。增加的红树林主要集中在甘文农场和浮宫附近的小岛上。人工造林是驱动该地区红树林面积增长的最主要因素。此外，互花米草的入侵和海平面上升是后期（2004-2014）红树林在潮间带扩张缓慢的重要原因。

S25-O-01

地球系统科学进课堂

汪品先

同济大学

在我国，对地球系统科学的理解并不一致。有人把各门地球科学加起来，就叫做地球系统科学，这种说法在国内比较流行，也进了大学的课堂。但我们这里说的是作为国际学科发展新方向的地球系统科学。经过二百年的发展，地球科学已经从分头描述，进入到整合归纳、揭示机理的新阶段，于是将地球作为整体、研究圈层相互作用的地球系统科学应运而生。看起来发生在美洲西岸的厄尔尼诺，原因却在西太平洋暖池；发生在地球表面的地壳升降，根子却在地幔深部。原来地球是个整体，牵一发而动全身。这种地球系统科学的前景，是要找出地球科学自己的理论。

地球系统科学的特点是横穿时空尺度、跨越圈层界限，换一副眼睛来看地球现象。就演变历史来说，研究社会历史不能只看帝王将相、而要看经济基础，地球历史也不能只管恐龙、鳞木，而要从能量物质转移着眼，分析地球系统的运行机制。研究中国历史要参考外国史，地球科学也要借鉴比较行星学。从这种角度研究地球科学，那就和侦探破案一样，步步追原因、处处有玄机。

把这种精神带进课堂，无论是大学的地

球科学、还是中学的地理课程，都会充满启发性，从描述到机理、从背诵到争论，使课堂面目一新。不过为难的是老师，因为既没有合适的教材，又缺乏可借鉴的先例。在中文学术出版物里，就缺了由学术大家写给行外人、年轻人看的作品，在科学前沿和科普之间出现了鸿沟。其实与其他学科相比，地球科学有着很强烈的文化成分，我们期望地球系统科学的提倡，最终将成为架筑在这鸿沟上的桥梁。

S25-O-02

中学地理教师的学习和研究视角

杨士军

复旦大学附属中学

时下，基础教育改革进入攻坚克难时期，教育信息化浪潮进程加快，教师专业发展需要与时俱进，教师的学习和研究就是教师发展的必由之路。而中学教师少学习研究或者放电多于充电的现实的确普遍存在。本报告旨在通过结合自身的实践经验，对于地理教师的主动学习和研究的视角进行一定的提示，从而引导教师在注重师德立身与专业发展兼长的过程中，能不断在学习中研究，在研究中提升。对于地理教师的学习，我们需要关注：1、培训与教研-激发地理教师的兴趣志趣；2、阅读与行走-地理教师成长的主要路径；3、课标与教材：地理教学不玩“噱头”。教而不研则浅，对于地理教师的研究，我们需要关注：1、创新性：开拓新领域、提出新观点、寻找新角度；2、可行性：从自己的优势中、成功处、关注点选题、突破；3、实践性：研究实践中的问题、反思实践中的得失、总结实践中的经验。

学无止境，研无止境，教学的发展无止境，但教师的积累和提升是前提，如此，我

们也许就能在合适的“季节”收获到合适的“作物”。

S25-O-06

高中地理课程标准前沿解读

段玉山

华东师范大学地理科学学院, 上海 200241

高中课程标准是指导高中教学、评价的纲领性文件。新的高中地理课程标准将于2016年底颁布, 当前, 高中地理课程标准的修订工作已经进入最后阶段, 新课程标准的框架、内容基本确定。相比较于2003版的课程标准, 此次地理新课标有以下突出特点: 强调地理学科的育人价值, 落实“立德树人”根本任务; 突出学科核心素养, 将地理实践力作为地理学科核心素养之一; 丰富课程类型, 设置必修、选修 I、选修 II 三类课程; 制定不同层级的学业质量标准, 为教学、评价提供依据。高中地理课程标准颁布以后, 相配套的教科书与评价体系将会迅速推广, 教师的教学方式, 学生的学习方式将会产生深刻变革, 这些变化必将影响我国下一个十年的高中地理教学。

S25-P-01

晋冀蒙交界地区构造应力场特征

郭祥云

中国地震局地球物理研究所

利用基于 P 波初动和振幅比反演震源机制解的 HASH 方法, 得到晋冀蒙交界地区 2008 年 1 月~2015 年 12 月共 1280 个 $M_L \geq 2.0$ 以上地震的震源机制解。选取结果较为可靠的 1068 个地震的震源机制解, 将研究区域划分为 $1^\circ \times 1^\circ$ 的网格, 采用阻尼区域应力反演方法 (MSATSI 软件) 获得了晋冀蒙交界地区

的更小尺度平面的应力分布和应力状态分布随深度的变化。

晋冀蒙交界地区大多数中小地震震源机制解以走滑和正断为主, 有少量的逆冲和过渡型。2.5 级以下地震震源机制参数有一定的离散性, 有一定数量的震源机制解与背景构造应力场相比, 产生偏转、反向或者是倾向滑动。可能是因为 2.5 级以下地震震级小, 震源体积也小, 所释放的能量也少, 较多地受局部因素的作用, 携带的局部因素的信息较丰富, 不能象大地震那样能够有效的反映区域地壳应力场的基本状况, 尤其在各个盆地内部, 震源机制解节面受盆地边界的断裂走向控制。太原盆地震源机制解最为复杂, 剪切拉张为主, 少量逆冲型和过渡型地震在盆地内成带分布, 呈现出不同于山西地堑带的局部应力场特征。忻定盆地处山西带中北部, 盆地内部中小地震震源机制解以剪切拉张为主, 与区内主要活动断裂有云中山、五台山和系舟山山前断裂的活动性相一致, 表明该地区除了有显著的正断层活动之外, 还有走滑断层在活动。忻定、太原盆地间的石岭关隆起存在少量逆断层地震, 可能与大型右旋走滑断裂带岩桥区所特有的一种推挤构造相关。区域应力反演结果该区是一个正断层的应力状态, 这与以前在忻定盆地的地质调查不太一致, 但与 GPS 的结果一致, 忻定盆地只有明显的拉张, 没有剪切分量。大同盆地地处山西带北部, 单个地震震源机制解和浅部基于多个地震震源机制解区域应力反演结果均表明该地区呈现出走滑的应力状态, 只在局部地区表现为拉张。区内主要活动断裂有阳高-天镇, 口泉、六棱山、恒山, 这些具有走滑分量的正断层活动断裂控制着该地区的地震活动, 使得该区域表现出与忻定盆地和太原盆地不同的区域应力状态, 呈现走滑为主正断层的应力状态。大同盆地西部邻

区内蒙古、和林格尔一带，震源机制解类型仍以正断和走滑为主，震源机制解的节面走向大体与边界主要断层走向相一致，节面由西部的近东西向，向东逐渐变为北东向。

P轴方位角集中分布在NE、NEE向，T轴方位角为NNW-SSE向，P轴约60%倾角集中分布在0~30°，T轴倾角集中分布在0~30°，表现出比P轴更好的一致性，表明晋冀蒙交界地区存在着一个统一的NNW向拉张应力场。太原盆地、忻定盆地，大同盆地，主应力轴存在NE的优势方向与剪切波分裂结果相一致等，基本平行于区域内主要活动断裂的走向，与之正交的T轴NW优势分布。

晋冀蒙交界地区整体呈现NW-SE向拉张的应力性质，局部地区呈现走滑的应力性质。主压应力方向从南部的近EW偏转为NE向与区域活动断裂基本平行。不同深度的应力状态场是以拉张为主导，应力方向一致。只是在山西带北部大同附近局部地区存在一定的差异，应力状态随深度的变化发生了一定的改变，浅部呈现剪切拉张应力状态，深部呈现拉张的应力状态，验证了大同盆地拉张构造区的应力环境。

单个震源机制和阻尼区域应力反演均表明该地区应力性质主要表现为拉张，只在局部地区有走滑的应力性质。应力格局呈现NE-SW方向压缩与NW-SE方向拉张，基本继承了新生代以来的运动方式。其动力来源一方面来自青藏高原NE向的推挤，另一方面，NWW向的太平洋板块通过伊豆-小笠原俯冲边界向整个华北地区产生SW的挤压作用，来自两个不同方向的力源联合，以及太平洋板块俯冲回卷形成的引张力，地幔柱引起的软流圈上涌形成一个侧向的拉张，共同造就了晋冀蒙交界地区现在的应力场格局。

S25-P-02

地球科学基础纳入中学课程可行性研究

郭锋涛，段玉山*

华东师范大学地理科学学院，上海 200241

* ysduan@126.com

近年，随着经济的高速发展，资源、环境、灾害等问题日益突出。我国基础教育阶段，与这些问题相关的“地球科学基础”教育相对薄弱。本研究主要通过对全国大学、中学、教材出版机构进行问卷调查、专家听证会、国际课程横向比较、国内课程纵向比较等方法，论证“地球科学基础”纳入地理课程的可行性及策略。研究得出，“地球科学基础”能培养学生发展所需的系统思维、循环思维、大时间尺度思维、时空同步思维、立体思维等素养；由于高考、减负等因素制约，“地球科学基础”单独设“科”存在困难；“地球科学基础”相关内容可纳入中学地理课程；改进教材内容设计，开发数字化的课程资源；在中学地理教学中大力推广田野调查法等。

S25-P-08

用微视频再造地理课堂—— 中学地理微课开发与应用的思考

张新

上海市浦东教育发展研究院，上海 200125

pudongzhangxin@163.com

微课、翻转课堂、慕课等一系列新名词的出现，使得上海的基础教育涟漪不断。“上海市中小学（幼儿园）中青年骨干教师团队发展计划”的地理微课工作室的主持人张新和他的团队成员，也在地理学科教育教学领

域里思考着、尝试着。

本论文在介绍微课发展现状、厘清“微课”及相关概念的基础上,具体分析地理微课在设计、制作中还存在的问题,重点扫描了地理微课的选题、设计方法、制作技术等方面的培训现象。同时通过介绍微课作品展示、课堂教学整合展示或说课活动,感受微课与传统地理课堂的整合与应用,通过介绍“微课的利与弊”为主题的微型模拟辩论及研讨活动,引发对微课开发应用的深入思考。

S26-O-01

长江的诞生

郑洪波*

南京师范大学地理科学学院,南京 210023

* zhenghb@njnu.edu.cn

长江,通俗意义上起点于四川省宜宾市,而地理意义上的长江其实还包括了金沙江。徐霞客于 1638 年考察金沙江,发现“金沙江是长江的正源,而非岷江”。这是徐霞客在地理学上的最重大发现,他因此完成了专门的科学论文—《江源考》。

1914 年,中国现代地质学之父丁文江考察金沙江元谋段。他发现“现在的龙川河的水量很小,不能冲出如苴宁平川这样的宽谷。足见得在地质史上苴宁平川不是龙川河所独有的谷。我的意见是从川边来的鸦砦江,与龙川河、红河本来是从北向南的一条大江。以后鸦砦江的水被自东向西推进的扬子江抢了去了。于是鸦砦、龙川、红河就变成了三条不相通的江”。这是金沙江“南流说”的由来,也自此开启了一个世纪的长江演化历史研究。

百余年来,中外科学家包括李四光、李春昱、巴尔博、任美镔、李吉均等相继对长江演化问题进行过专门研究,取得了丰硕的成果。但是,对于“长江东流水系何时建立”

这一关键科学问题的回答却一直存在重大争议,计有前第三纪、第三纪早期(古近纪)、第三纪晚期(新近纪)、更新世早期和更新世晚期等多种观点,成为地学界一个著名的“世纪谜题”。

本文对长江中下游新生代盆地开展了沉积学与年代学研究,基于碎屑锆石物源示踪结果,结合上游构造地貌与盆地记录,提出长江东流水系建立于中新世之前的观点。

中、新生代,中国东部岩石圈伸展减薄、边缘海形成与西部岩石圈挤压加厚,导致宏观地形地貌格局发生了“倒转”,长江的演化正是孕育在这样的宏观构造地貌背景之下。构造运动是控制大河演化的最重要的控制因素,它塑造了大陆规模的地貌地形格局,并因此控制着大河的发育、走向、大小以及生命周期。长江的演化是新生代亚洲宏观地形格局和气候格局演化的综合结果和直观表现,与青藏高原隆升和亚洲季风演化密切相关。

S26-O-02

台湾的由来

黄奇瑜^{1,2*}

1 中国科学院广州地球化学研究所边缘海重点实验室,广州 510640;

2.台湾成功大学地球科学系,台南 701

* huangcy@mail.ncku.edu.tw

台湾岛的由来与周围海洋地质息息相关,为华夏陆块东缘自中生代晚期以来的活动年轻造山带。今日在台湾东北部存在 NE-SW 走向的琉球海沟,花东海盆晚侏罗-早白垩纪海洋岩石圈向北俯冲于张裂的欧亚大陆之下,在台湾西南存在 N-S 走向的马尼拉海沟,晚渐世-中新世南海海洋岩石圈向东俯冲于花东海盆之下。自新生代晚期以来,台湾北(东海)、西(台湾海峡)、西南(南海)为亚洲被动大陆边缘,东北(上新世-现代冲绳海槽弧后张裂盆地)、

东(花东海盆; 130-125 Ma 中生代残留古洋)、南(马尼拉海沟俯冲系统)为活动大陆体系。台湾岛地质以梨山-荖浓断层(板界缝合线,代表 6.5 Ma 弧陆碰撞前马尼拉海沟原始位置)为界可划分为西侧的被动大陆边缘(包括海岸平原、西部麓山带及雪山山脉),及东侧的活动大陆边缘(含中央山脉-恒春半岛增生楔)及海岸山脉(弧前盆地及火山岛弧)。中央山脉与海岸山脉间的台东纵谷为碰撞缝合线,形成于最近 1 Ma。被动大陆边缘部份为研究东海南段-南海东北段最佳地质窗口,而活动大陆边缘部份则为研究东南亚中生代特提斯洋关闭及亚洲新生代边缘海消亡最佳窗口。

台湾岛的由来为中生代及新生代两次相反方向的俯冲构造结果。中生代晚期花东海盆(特提斯残留古洋)向西俯冲于张裂的欧亚大陆之下,形成台湾中生代增生楔及相关弧沟体系(现已强烈变形及变质为中央山脉太鲁阁带及玉里带),于新生代早期加附为欧亚大陆的一部份。于新世-始新世早期在此大陆基盘之上产生断陷盆地(与亚洲东缘一样),堆积由华夏大陆经由闽江-九龙江等河系侵蚀搬运来的物质,沉积于河流相、三角洲到浅海环境的古近纪同张裂盆地,不整合覆盖于中生代前张裂变质基盘之上。断陷构造于 39 Ma 结束,经过破裂不整合面(39-32 Ma)上覆渐新-晚中新世三角洲-海陆过渡相后张裂层序。破裂不整合面结束时间标记南海中洋脊开始张裂。南海海洋岩石圈于 18-20 Ma 沿马尼拉海沟向东俯冲于花东海盆之下,并形成恒春海脊增生楔及北吕宋海槽弧前盆地及火山岛弧。原来沉积于被动大陆边缘的层序及海山被刮积入增生楔,因构造侵蚀形成垦丁混杂岩。增生楔于 6.5Ma 出露于海平面之上,成为鷓形台湾岛,向西供应为前陆盆地层序,向东供应为弧前盆地层序。随后火山岛弧与俯冲的下板块欧亚大陆碰撞,使弧前盆地及火山岛弧于最

后 1 Ma 向西仰冲于中央山脉增生楔之上,形成海岸山脉。原来在马尼拉海沟西侧的浅海被动大陆边缘层序被直接推覆逆冲为梨山-荖浓断层以西的雪山山脉和西部麓山带。马尼拉海沟遂由梨山荖浓断层位置向西迁移,并转化为推覆构造前缘断层。台湾海峡(形成于 6.5 Ma 以后)代表今日的前陆盆地,也是残留尚未造山的被动大陆边缘体系。

在早中新世南海俯冲早,北吕宋海槽弧前盆地因张裂构造形成的短暂洋壳或火山岛弧下地壳-上地幔的岩石,于最后 1Ma 仰冲构造发生时,侵位入弧前盆地层序形成利吉混杂岩。同时恒春海脊增生楔的形成及吕宋火山岛山口自北而南关闭,直接影响了西太平洋深层水进入南海中央海盆的通道,造成南海古海洋的变化。

S26-O-03

东海如何从无到有

李家彪*

国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012;

* jbli@sio.org.cn

东海是中国最大的陆架海,其形成演化一直受到地学界的关注。随着 200 海里以外大陆架划界研究的兴起,东海更成为全球关注的焦点。东海源自哪里又如何形成、发展,这个古老又充满遐想的科学问题,一直激励人们探索与东海相关的未经全部证实的新的地质演化历史。

根据现有的研究,目前地理意义上的绝大部分东海大陆架可能源自太平洋上的一个微大陆(或海底高原),新生代初期它向西俯冲过程中与我国东南沿海挤压型(安第斯型)岛弧岩浆-隆褶带碰撞拼贴,俯冲带迁移至其东部的钓鱼岛隆褶带;46Ma 后受印亚碰撞的影响,东海进入弧后拉张、扩张阶段,东海大陆架发育西、东两个拉张盆地;2Ma 以来

俯冲带进一步后撤，冲绳海槽形成，轴部岩浆热液强烈活动，开始初始扩张。琉球岛弧进入持续与大陆分离的地质演化阶段。

S26-O-04

华夏山水的由来—秦岭

孟庆任*

中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

* qrmeng@mail.iggcas.ac.cn

秦岭是位于中国大陆中部的一座巨大山脉，向东和向西分别与大别山和阿尼玛卿山相连，它是中国南北自然地理及气候的重要分界线。秦岭山脉是如何形成的呢？这是地质学家一直在研究的问题。目前的研究结果证明，在地质时期的晚古生代至早三叠世，华北和华南，或称为华北板块和华南板块，曾是两个独立的大陆块体，它们之间存在一个被称为秦岭洋的大洋盆地。该大洋地壳向华北陆块之下不断俯冲和消减，最终在中-晚三叠世完全消失，导致华北和华南两个地块发生碰撞并最终结合为一体。华北和华南陆块的碰撞导致其拼合部位的地壳发生强烈变形和隆升，形成了早期的秦岭山脉或秦岭造山带。因此，秦岭山脉最初的形成是华北与华南陆块碰撞的结果。在中生代晚期（晚侏罗世-白垩纪），华南陆块由于受到南部外来地块的推挤而发生顺时针旋转，使得其北侧的秦岭山脉进一步变形，造成山脉的一些部位变窄、一些部位变宽，从而奠定了秦岭山脉现今的平面形态。秦岭山脉目前的地貌格架主要形成于新生代，其强烈的隆升与北侧汾渭地堑大幅沉降同时发生，是地壳发生大规模伸展的结果。

S26-O-05

华夏山水的由来：季风与荒漠

郭正堂

中国科学院地质与地球物理研究所

“大漠西风飞翠羽，江南八月看桂花”两句诗较好地描述了今天华夏南北的自然环境。但就在不久前的古近纪，江南却是黄沙起，大江涛涛尽西流。如此大的变化是什么时候发生的？为什么？这是我国几代科学家自上世纪 70 年代就开始努力破解的疑团。

如果没有海陆分布和高山，地球的大气会在太阳和地球自转偏向力的作用下形成“三圈环流”，亦称“行星风系”。南北两半球信风交汇形成的热带辐合带(ITCZ)会随季节在低纬地区摆动，形成热带季风。而广大的亚热带地区则处于副热带高压的笼罩之下，气候干旱少雨。古近纪的东亚大陆即是如此。当时我国的地势可能为东高西低，长江和黄河并不东流入海。干旱气候使南方就像今天的大西北一样黄沙滚滚，低洼地区则发育着盐湖。那时的沙漠和盐湖沉积今天在南方的许多地区依然随处可见，见证了地球气候历史的大变革。

大约 5500 万年前，板块运动使印度大陆和欧亚大陆碰撞，并在约 2200 万年前导致青藏高原的大幅度隆升，改变了原来东高西低的地形，大江从此东流入海。同时，高耸的青藏高原在太阳辐射的作用下就像空中的一块加热板，加大了海陆热力差异，导致强盛亚洲季风的出现。季风从低纬海洋带来大量水汽，使干旱的江南变的湿润多雨。相反，西北地区则由于青藏高原-喜马拉雅的阻挡及对大气环流的改变而变得更加干旱，形成荒漠。

山地隆升和季风加强使岩石强烈侵蚀和风化，物质被东流的江河带到下游，形成我国广袤的东部平原；而沙漠产生的部分粉尘被西伯利亚寒流带到黄河中游，形成黄土高原；另一部分被西风带到北太平洋，给海洋生物提供了营养，导致生产力的提高。岩石的化学风化、海洋生产力的增加都吸收大气

中的 CO₂，可以使地球的气候变冷，或许是两极冰盖增大的原因之一。还有人认为，变冷的气候又会加剧高原的侵蚀去顶、促进山地隆升，形成“鸡生蛋、蛋生鸡”的循环。这些环节组合在一起形成一条完整的动力链(高原动力链)，依然调节着我们今天赖以生存的环境。任何一个环节受到干扰都会影响系统的运作，甚至导致“崩溃”。

S26-P-01

四明山古夷平面遗迹特征与演化研究

郑丽波¹，陈立辉²，戴雪荣³，张欢¹，许锐²，朱立新¹

1 浙江省水文地质工程地质大队

2 南京大学地科系

3 华东师范大学地理系

121837499@qq.com

四明山古夷平面遗迹是余姚四明山地质公园最有科学与观赏价值的地质遗迹。本文通过系统的野外调查，并采集了 5 个古风化壳 16 个层位，7 个现代风化壳 20 个层位的风化壳样开展粘土矿物分析，以及 20 个玄武岩样品的 K-Ar 年龄测试分析，确认了四明山地区发育有二期古夷平面，第一期古夷平面的形成时间为 (65-32 Ma)，解体和保存时间为 (32-21 Ma)，第二期古夷平面的形成时间为 (21-10 Ma)，解体和保存时间为 (10-3 Ma)，由两次火山活动引起的地壳抬升叠加形成。四明山古夷平面是浙东甚至是华东地区唯一保留下来的渐新世 (E3) 古夷平面，为研究华东地区的新生代地貌演化提供了重要信息，为中国东部在渐新世和中上新世被夷平提供了重要证据。

四明山古夷平面在地貌形态上表现为古风化壳和玄武岩二者的叠加，遗迹的分布范围可以理解为玄武岩的分布范围。第三纪时

期，浙江东部发生过两次玄武岩喷发事件，一次发生于 21-32 百万年的玄武岩喷发，一次是发生于 3-10 百万年的嵊县组玄武岩。发生于始新世末到中新世初的第一次有规模的喷发的玄武岩主要分布于余姚四明山地区 (海拔 400~745 m)，面积约 16.79 平方公里。发生于中上新世 (10-3 Ma) 的第二次玄武岩 (嵊县组) 主要分布在主要分布在嵊州-新昌 (海拔 20~630m) 宁波平原 (-70~-80 米)、宁海和天台等地区，面积约 721.8 km²。

得益于该地区两次火山活动喷发的玄武岩盖层的保护，古风化壳保留了古近纪的气候环境的重要信息，根据粘土矿物测试分析数据，古风化壳的粘土矿物特征以蒙脱石为主，且蒙脱石与其他粘土矿物含量之间相关性很强，指示当时的气候环境以季节性暖湿和干冷为特点。现代风化壳的粘土矿物特征以伊利石为主，且伊利石与其他粘土矿物含量之间相关性很强，指示现代气候环境以干冷为主。

四明山古夷平面遗迹露头广泛出露，剖面结构典型、景观多样。表现出古夷平面和玄武岩堆积面二者的叠加的复合地貌面特征，以及新、老风化壳出现在同一剖面构成的“双风化壳”特征。四明山古夷平面遗迹空间展布完整，剖面特征清晰，保存完整，是观察古夷平面特征的最佳地区。

S26-P-02

黄河积石峡史前巨大洪水与中国传说大洪水的起源

吴庆龙^{1*}，等

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210023

* w_wendell@163.com

根据中国早期文献的记述，史前中国曾发生一次严重的大洪水，这场洪水的成功治理导致了夏王朝的建立，亦即中国文明的开

始。然而长期以来，并未发现大洪水的任何科学证据。

上世纪 90 年代，工程地质学家注意到黄河上游积石峡的古堰塞湖沉积（彭建兵等，1997）。我们根据 2007-2008 年的工作，曾提出这一堰塞湖的溃决洪水很可能是下游官亭盆地喇家遗址毁灭的主要原因（吴庆龙等，2009）。但是，此后多个研究团队（赖忠平等，2012；张志刚等，2013；Dong et al, 2014；Zhang et al, 2015）根据积石峡古堰塞湖沉积的光释光年龄和总有机质碳十四年龄结果，认为积石峡古堰塞湖形成于大约 8000 年前，消亡于大约 5500 年前，与史前喇家遗址（约 4300-3900 年前）不存在关系。

我们进一步的研究表明，积石峡古堰塞湖的规模远远大于早先的估算（吴庆龙等，2009），其实际滑坡坝体的高度达到了大约 200 m，而不是此前认为的 85 m；其最大蓄水量和溃决时的下泄水量均超过了 10^{10} m^3 ，而不是 10^9 m^3 左右；其溃决洪水的洪峰流量达到了 $1-3 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{s}$ ，是黄河上游历史最大洪水的 10-30 倍，是黄河中下游历史时期最大洪水的 3-10 倍。根据堰塞湖生命过程和水动力学的基本原理，可推断积石峡古堰塞湖在其形成几个月后必然发生了溃决，形成流量巨大的洪水。根据坝体及堰塞湖沉积物上覆黄土的厚度以及黄河上游全新世黄土的堆积速率，这一古堰塞湖及其溃决洪水的发生年代应该不早于 5000 年前。而根据测年原理和沉积物来源可知，OSL 测定年龄和总有机质测定的碳十四年龄并不能代表其真实年龄，可能远远大于堰塞湖的实际年龄。因此，可以推断，积石峡古堰塞湖的溃决洪水与喇家遗址的年代存在重合。我们由此推测，这场洪水很可能是史前喇家聚落毁灭的重要原因。此外，由于喇家遗址的毁灭时代（约 4000-3900 前）与传说大洪水的发生时代（约

4000 年前）存在重合，而积石峡古洪水的规模十分巨大，历史时期的中国未曾有类似规模洪水的记载，因此，我们推测：黄河积石峡大洪水可能就是中国大洪水传说的起源。

S26-P-03

中国大陆地区河流上的巨大洪水事件

吴庆龙^{1*}，赵志军¹，苏怀²，史正涛²，白世彪¹

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210023

2 云南师范大学旅游与地理科学学院，昆明 650500

* w_wendell@163.com

自 2008-2009 年发现黄河积石峡全新世中期的巨大洪水以来，我们还在大渡河、金沙江、雅鲁藏布江等大型河流上发现并推断了多次巨大的史前洪水事件。在大渡河上，这样的巨大洪水至少发生了 3 次；其中 2 次发生在中更新世或晚更新世，1 次发生在晚更新世或全新世早中期，还有 1 次发生在晚更新世晚期至全新世中期；其中一次洪水的流量在 50 万立方米每秒以上，另外两次则可能达到了 200 万立方米每秒以上。在金沙江上，巨大洪水发生了至少 6 次，估计时代在中更新世至全新世早期，其流量亦大约在 50-200 万方每秒之间。在雅鲁藏布江，巨大史前洪水事件估计至少有 6 次，时代大约在更新世晚期至全新世早中期；推测其最大流量可能达到甚至超过 300 万方每秒，相当于长江历史最大洪水的 30 倍。粗略的估计表明，在中国大陆地区，流量几十万方每秒的大洪水的发生频率可能为几千年 1 次，而流量在 100 万方以上的巨大洪水的发生间隔很可能为数万年，甚至更长。鉴于巨大洪水的研究具有重要的科学意义与现实意义，建议对巨大洪水开展系统的研究工作，包括：

(1) 巨大洪水的动力与沉积过程，巨大

洪水沉积相的判定标准的建立；(2) 中国大陆地区巨大洪水的期次的核实；(3) 巨大洪水的流量估算及演进；(4) 巨大洪水事件的年代学；(5) 巨大洪水事件发生频率；(6) 巨大洪水事件的成因；(7) 巨大洪水事件在河流地貌演化中的作用；(8) 未来中国巨大洪水灾害的预防。

S26-P-04S

华南中新世中—晚期的古植被及古海拔重建：来自台湾苗栗地区的孢粉学证据

郝秀东¹，翁成郁^{1*}，黄奇瑜^{2,3}，欧阳绪红¹

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中科院广州地球化学研究所边缘海地质国家重点实验室，广州 510640

3 成功大学地球科学系，台湾台南 7012

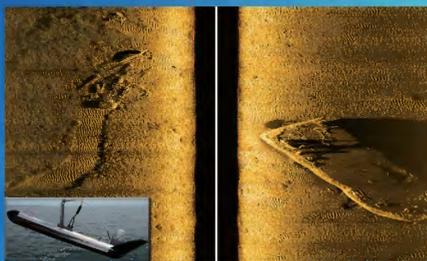
* weng_cy@126.com

自中中新世开始，南海海洋岩石圈向东俯冲于菲律宾板块之下，将原来沉积在南海北坡被动大陆边缘的层序铲刮变成增生楔，再经 6.5 Ma 以来的斜向弧陆碰撞，最后出露形成了今天的台湾岛 (Huang et al., 2012)。因此，在台湾岛出露之前，实际上就是“出露的南海或东海”。本研究选取具有较好有孔虫及钙质超微化石年代学控制的台湾西北部苗栗地区出磺坑剖面进行孢粉学分析，揭示并重建了中国东南部中新世中-晚期 (~14.4-5.5 Ma) 的古植被、古海拔演变。孢粉结果显示，针叶类花粉 (平均 59.5%，下同) 和蕨类孢子 (38.8%) 的含量最高，依次为温带阔叶类 (17.9%)、热带亚热带阔叶类 (15.3%) 和草本花粉 (7.2%)。需要特别强调的是，出现了大量的高山针叶类花粉，如铁杉 (1.49-38.5%，平均 18.0%) 和云杉 (0-11.3%，平均 3.4%)，并伴有少量的冷杉花粉 (0-2.33%，平均 0.23%)。目前，云杉和冷杉只存在于台湾中央山脉海

拔 >2500 m 的高山，而在华南地区云杉和冷杉已经灭绝，仅在部分高山有铁杉分布。据 Zachos et al. (2001) 的结果，中新世中-晚期的气候要比今天还要温暖，而当时的台湾还没有形成，那么，这些花粉是从哪里来的呢？猜测一：这些花粉是由古长江等河流从上游较高海拔地区长途一路输送至海洋，再通过沿岸流等洋流的搬运，最后沉积在台湾苗栗出磺坑地层的。Zheng et al. (2013) 的研究结果显示，古长江在 23 Ma 开始贯通，但其入海口应在今天崇明岛的更北约 250 km 的苏北-南黄海盆地附近 (个人交流)。现代沉积物调查发现，长江的物源最远可以达到台湾海峡的中部 (Liu et al., 2007)，但是其含量不足长江沉积物的 5% (个人交流)。因此，如果长江在中新世开始贯穿，其搬运至研究区的物源应低于 5%。此外，最近的一些青藏高原中新世的孢粉研究表明，云杉花粉在青藏高原中部伦坡拉盆地早中新世的含量为 0-7.2% (Sun et al., 2014)，东北部循化盆地中新世含量为 0-6.73% (Xu et al., 2015)，以及东南缘昭通盆地晚中新世含量为 0-10.8% (Chang et al., 2015)，这些同时期的云杉花粉含量均低于本研究区的含量。因此，排除了云杉花粉由长江从上游较高海拔地区长距离传输的可能性。猜测二：这些花粉会不会是由冬季风从北方内陆吹过来的呢？Dai and Weng (2011) 在西北太平洋海域进行的冬季现代花粉观测结果显示，冬季风是西北太平洋海域孢粉传播的重要动力，且其主要成分为蒿属和藜科花粉，并没有发现云杉和铁杉花粉。但在本研究中，蒿属和藜科花粉的含量却极低，平均分别为 0.26% 和 1.12%，反而，云杉和铁杉的花粉含量较高。加之云杉和铁杉的花期在 4-5 月，基本上也排除了冬季风从北方内陆气传过来的可能性。猜测三：云杉和铁杉花粉会不会就直接来自于对面，即华东南沿岸山脉呢？

现代表土孢粉结果表明, 云杉花粉在云杉纯林里面的含量可高达 20-80%, 但是, 一离开云杉纯林, 其含量锐减 (500m 以外即可降至 1%), 甚至缺失(Jonassen, 1950; Li, 1991; Weng et al., 1993; Yan et al., 2004; Lu et al., 2008)。据此, Sugita (1993) 和 Liu et al. (1999) 提出孢粉组合中云杉花粉含量超过 10%, 即可证明附近有云杉林的存在。本研究云杉花粉 (0-11.3%, 平均 3.4%)和铁杉 (1.49-38.5%, 平均 18.0%)的大量出现, 似乎暗示了中新世中-晚期在华南地区分布着云杉纯林或云杉-铁杉林。如果是这样, 依据云杉林的现代生态分布来看, 那华南地区在中新世中晚期势必存在着的海拔在 2500 m 以上的高山, 此外, 加上中新世中晚期比今天普遍温暖的气候条件, 其海拔应该比这个估算结果还要高。因此, 依据大量出现的云杉和铁杉花粉, 我们提出在中新世中晚期华南地区存在海拔 2750 ± 250 m 高山的假说, 这要比今天的海拔要高出 1000-1500 m。那么, 现在问题来了, 在中新世中-晚期华南地区是否具有存在高山的可能呢? 最新的 2014 年实施的 IODP 349 航次表明, 南海东部次海盆扩张的终止年龄约为 15 Ma (Li et al., 2014), 这是否意味着在研究区附近, 中新世中-晚期并没有发生较为明显的构造抬升? 由于有效的构造信息的缺乏, 我们只能认为, 这些高山的出现并不是构造抬升的结果, 而是中生代该地区由于板块活动激烈造成的较大抬升形成的“中国东部高原”所遗留的地势。夏国清等 (2012) 利用晚中生代中国东部高原北缘的气孔状玄武岩进行古高程定量研究的结果表明, 晚中生代时期中国东部地区的确存在一个地理海拔较高的古地貌, 并认为高原的隆升幅度甚至达到了 5000 m 左右。此外, 陈丕基 (1997) 依据现代浙闽山地的平均高度加上剥蚀下来的磨拉石堆积厚度, 再考虑成岩过程中体积

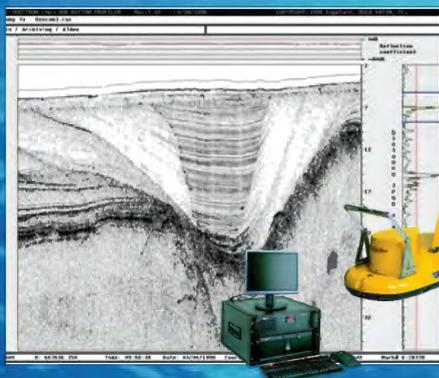
的压缩, 指出在晚白垩世早中期中国东南沿岸存在着一条巨大的沿岸山系, 海拔为 3500-4000 m, 东西宽度近 500 km。也就是说, 中国的古地形是东高西低, “一江春水向西流”。现有的理论一般趋向于认为, 这种东高西低的地形至少保持到了渐新世/中新世之交 (~23 Ma), 后来, 由于青藏高原的抬升, 加之由于南海张裂所造成的东部地区的下陷, 使得地形发生了重大的倒转, 即由东高西低向西高东低的现代格局转变 (汪品先, 1998, 2005)。但是, 发生倒转后 (尤其是在中新世时期) 的华南地形究竟有多高, 至今仍鲜有报道。本研究基于大量出现的云杉和铁杉花粉, 提出了华南沿岸存在高山的假说, 并认为在中新世中晚期东部仍然具有一定的地形优势, 但由于长期的构造和剥蚀作用, “中国东部高原”的优势已经荡然无存, 取而代之是残存的一些孤峰, 已经无法阻止东部东亚季风的形成及其向内地扩展延伸的步伐了。尽管如此, 这一现象的发现仍然对于我们重新认识和理解中国地势格局的演变, 以及台湾植物区系 (尤其是云杉) 的溯源提供了一些新的思路。当然, 要验证此假说的成立, 进一步的研究是必须的, 应加强在陆地 (如福建等地) 和海洋 (南海北部及东海陆架区) 进行中新世高分辨率的古环境研究。



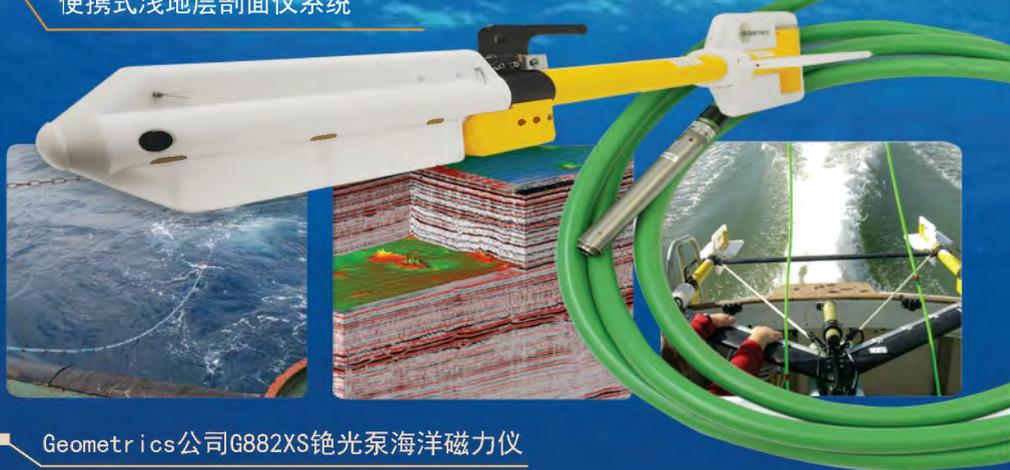
EdgeTech公司4200-MP
高科技数字双模式高分辨率侧扫声纳系统



Micro-g LACOSTE公司
MGS-6海洋重力仪



EdgeTech公司3200XS
便携式浅地层剖面仪系统



Geometrics公司G882XS钽光泵海洋磁力仪

海洋多道数字地震固体拖缆



公司概况

青岛斯八达分析测试有限公司是一家集分析方法研究和对外测试为一体的第三方检测机构，具有实验室资质认定证书，可向社会出具公正性数据。

公司依托国家海洋局第一海洋研究所、青岛海洋地质研究所和中国科学院海洋研究所等海洋和环境监测机构，聘请知名专家进行技术与数据监控，为地质、矿产、海洋、环境等行业科研及生产单位提供元素测试、矿物分析鉴定、实验定制及过程分析等分析测试服务。



&仪器设备&

公司配备专门洁净分析实验室，同时购置包括 ICP-MS, ICP-OES, XRD, XRF, 离子色谱仪, 最新型样品消解系统等国内外先进仪器设备，能够满足不同分析测试的需要。

&团队建设&

现拥有一支由博士、硕士组成的经验丰富，富有创新精神，认真负责的研发测试团队，能够根据客户要求快速准确的完成分析测试工作。

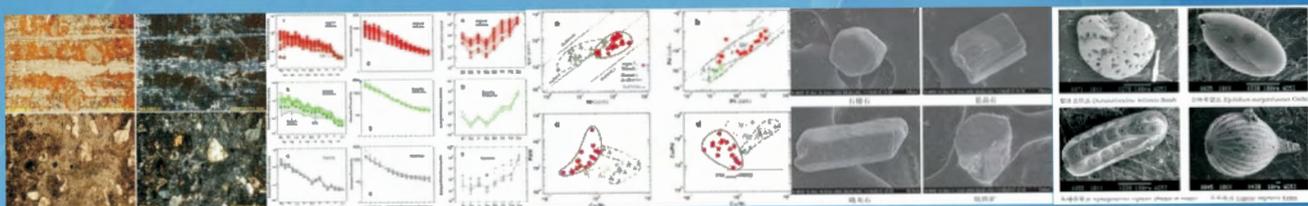
&公司业绩&

现已为数十所科研机构承担来自国家自然科学基金项目，部委专项，国家“973”重大专项，青年基金项目，各省市科研与环境监测项目等的分析检测任务。



服务项目

- ◎元素全分析
- ◎微量与超微量元素分析
- ◎同位素分析
- ◎海水参数
- ◎古生物与矿物鉴定
- ◎铀系不平衡测年
- ◎方法研发
- ◎定制实验



地址：青岛市市南区贵州路1号(青岛商务学校院内)
 电话：0532-82655844
 网址：<http://www.qdspt.com>

邮编：266002
 邮箱：qdspt2014@163.com
 QQ：1937180666 1599454555

2016亚洲大洋洲地球科学学会

BETA实验室专场

诚邀莅临参与

2016年8月2日下午5点 ● 国家会议中心206室

Tel: 4000-365-965 Website: www.radiocarbon.cn



扫描二维码了解更多详情

主要议题:

- ✓ 碳14定年基本理论
- ✓ 可能存在的污染物定年结果的校正
- ✓ 样品可能存在的问题
- ✓ 一般定年流程概述



YOU ARE CORDIALLY INVITED TO ATTEND

AOGS

13th Annual Meeting
Asia Oceania Geosciences Society
31 Jul to 5 Aug 2016, Beijing



真诚欢迎您的到来



RADIOCARBON DATING

Consistent accuracy
Delivered on time

德国美诺Miele全自动清洗消毒机 分析级实验器皿处理专家



引领全球清洗技术115年，助您从繁重的劳动中解脱出来，安心专注于核心研究工作。

- 食品领域专用、痕量多组分清洗程序
- 重金属/痕量分析检测，均能达到PPB级
- 清洗结果可复制，处理过程可验证

世界范围内，德国美诺Miele高品质清洗消毒机赢得了100,000多家用户的信赖，欢迎您加入体验行列：

4006 306 306

www.mymielesolution.com.cn



北京德严科技有限公司

北京德严科技有限公司坐落于有中国硅谷之称的北京上地高新科技园区，秉承“德于行、严于己”的经营理念，以实现“特种钻探科技领导者”为企业愿景。

浅层取样轻便钻机

地质工具特种装备

蚀变矿物快速鉴定分析仪器

> > > 重点推荐产品

单人背包式（浅层取样） 岩心钻机



背包式取样钻机是一种适用于崇山峻岭、交通不便缺乏水资源和地区而精心设计的小型轻便化取样钻孔设备。可代替传统的槽探井，物化探异常验证。大量减少对植被的破坏，是**区域地质填图、物化探取样、古地磁取样、地质灾害预防**等浅层地质勘查工作中不可缺少的技术手段。

钻机特点：

携带简便：一套3米标配全部重量不超过16公斤

操作灵活：易拆易装，快速取芯

高效耐用：特殊配方的金刚石钻头，进速度快，使用寿命长

加拿大维克便携式 声波钻机



• **世界领先的浅底泥沙层、软土层钻探取样新技术！**

• **无扰动取样！每分钟进尺可达1.5米！**

维克钻机采用高频振动方式进行钻进，而不是传统的旋转和冲击方式，钻进时不需要用水，能够快速钻进含水软土层和淤泥沉积物等。

应用领域：

- 1) 水域沉积物调查
- 2) 海岸带地质调查
- 3) 湿地环境调查
- 4) 尾矿库、池调查
- 5) 水文水井钻探
- 6) 环境钻探
- 7) 岩土工程勘察及施工

钻机特点：

- 1) 钻进速度快，能够达到每分钟1.5米
- 2) 组件少，安装快捷，易操作
- 3) 样品保真度好，环境污染少
- 4) 适用领域广，水陆两用
- 5) 性能可靠，油耗低，成本低

近红外光谱矿物分析仪 oreXpress



自带软件，可以分析500多种矿物类型！
带有GPS定位、照相、录音功能的手机电脑！
整机重量3.3公斤，配有背负系统，适合野外工作环境！

背全光谱近红外矿物分析光谱仪，可用于地质勘探预查、普查阶段的实时野外矿物分析、快速圈定靶区；详查勘探阶段的岩心矿物分析。野外精准的矿物分析可节省大量勘探成本，提高找矿的效率。有效地指导现场勘探工作，是地质学家，尤其是从事野外偏远地区地质勘探的地质工作者不可或缺的工具。

产品特点：

- 1) 小巧、结实，便携，适合野外使用
- 2) 350-2500nm全谱高信噪比
- 3) 实时矿物分析准确、快速
- 4) 专业DARWin SP光谱采集软件
- 5) 专有EZ-ID矿物识别软件，可自定义矿物库
- 6) 小型可视掌上终端，有GPS、拍照、罗盘，语音记录等功能
- 7) 手枪式接触探头，耐刻划蓝宝石窗口
- 8) USB和蓝牙通讯连接



地址：北京市海淀区上地三街9号嘉华大厦A座504
邮编：100085
邮箱：sales@deyankeji.com
网址：www.deyankeji.com
微信公众号：DeyanTech

更多前沿产品可致电咨询：

010 — 82780599



品钻科技



便携式岩芯取样钻机

企业理念:

企业品牌化, 产品品质化, 服务人性化

企业定位:

为客户提供钻机的一站式服务, 达到多、快、好、省的效果

主要业务:

钻机研发、钻机生产、钻机定制、钻机销售、技术培训、钻机租赁、项目承接、钻机维修

主要产品:

便携式钻机、中型钻机、重型钻机及其配套设备

应用领域:

地质、能源、矿山、工程、科研等领域

DC381钻机



✔ 动力强劲

✔ 取芯速度快

✔ 古老岩层、硬质岩层中钻探取芯之必备

北京品钻科技有限公司

北京市昌平区沙河镇青年创业大厦B座1609室
传真/Fax: 86-10-61778988

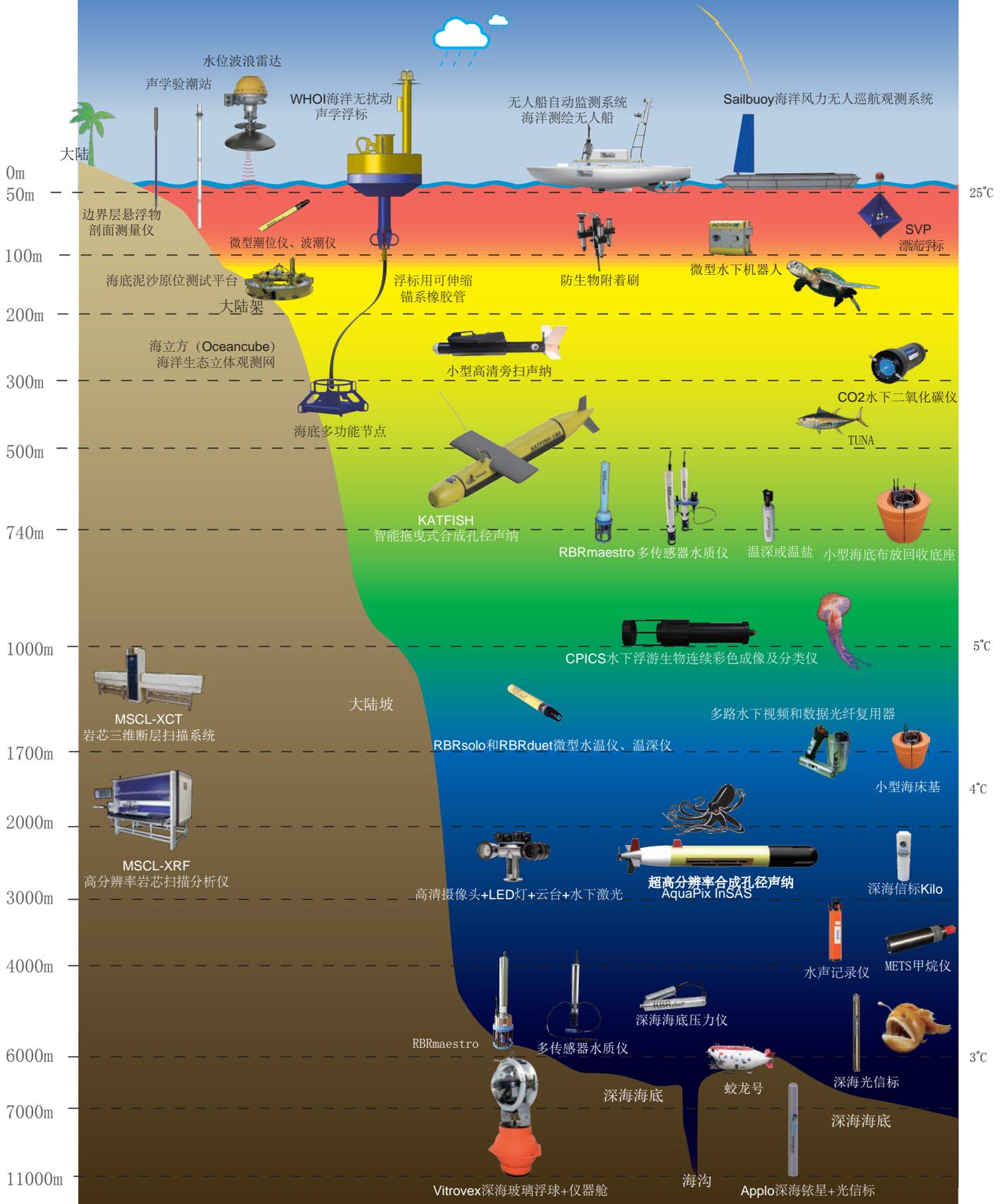
电话/Tel: 86-10-57176102 57176101 57176100
邮箱/Email: sales@thebestdrill.com 网址/Web: www.thebestdrill.com



LinkOcean, your link to the ocean
领海，带来世界领先的海洋仪器

www.linkocean.cn

How deep can you go?



青岛领海海洋仪器有限公司 (LinkOcean Technologies Ltd.) 地址: 266061, 青岛市秦岭路18号国展财富中心1-206室
电话: 0532-80999236, 7, 8, 9 传真: 80999238 www.linkocean.cn info@linkocean.cn



LinkOcean, your link to the ocean
领海，带来世界领先的海洋仪器

国际领先快速 高精度 无损伤元素分析技术



Itrax CoreScanner 芯体密度X-光扫描成像与元素分析系统

- 目前世界最先进的海洋湖泊沉积岩芯及地球岩芯分析系统，广泛应用于环境科学、海洋科学、地球科学等研究
- 高解析度、非接触和无损伤扫描
- 高检测效率，10分钟即可完成1米样品的扫描分析
- XRF元素分析技术：Al-U，ppm级
- X-光密度扫描及光学扫描成像技术：分辨率可达20微米

Sci-Trace实验室LIBS元素分析系统

- 全部元素同时探测、样品无须预处理、非接触式准无损伤测量
- 自动2D元素制图
- 可方便进行双激发、多激发、辅助LIFS、LAMMAN等扩展分析
- USB组件即插即用扩展
- 反应室气体自动控制系统，范围0-1300mbar
- 统一软件控制全部组件，数据自动捕获及分析



X-Trace原位遥测LIBS元素分析系统

- 遥测距离20米以上，即时分析
- 便于车载，坚固耐用

北京易科泰生态技术有限公司

北京总部
公司地址: 北京市海淀区中关村东路89号恒兴大厦19A/B
联系电话: 010 82611269/1572
电子邮件: sales@eco-tech.com.cn info@eco-tech.com.cn

邮政编码: 100190
联系传真: 010 62536325
公司网址: [Http://www.eco-tech.com.cn](http://www.eco-tech.com.cn)

