第三届
地球系统科学大会

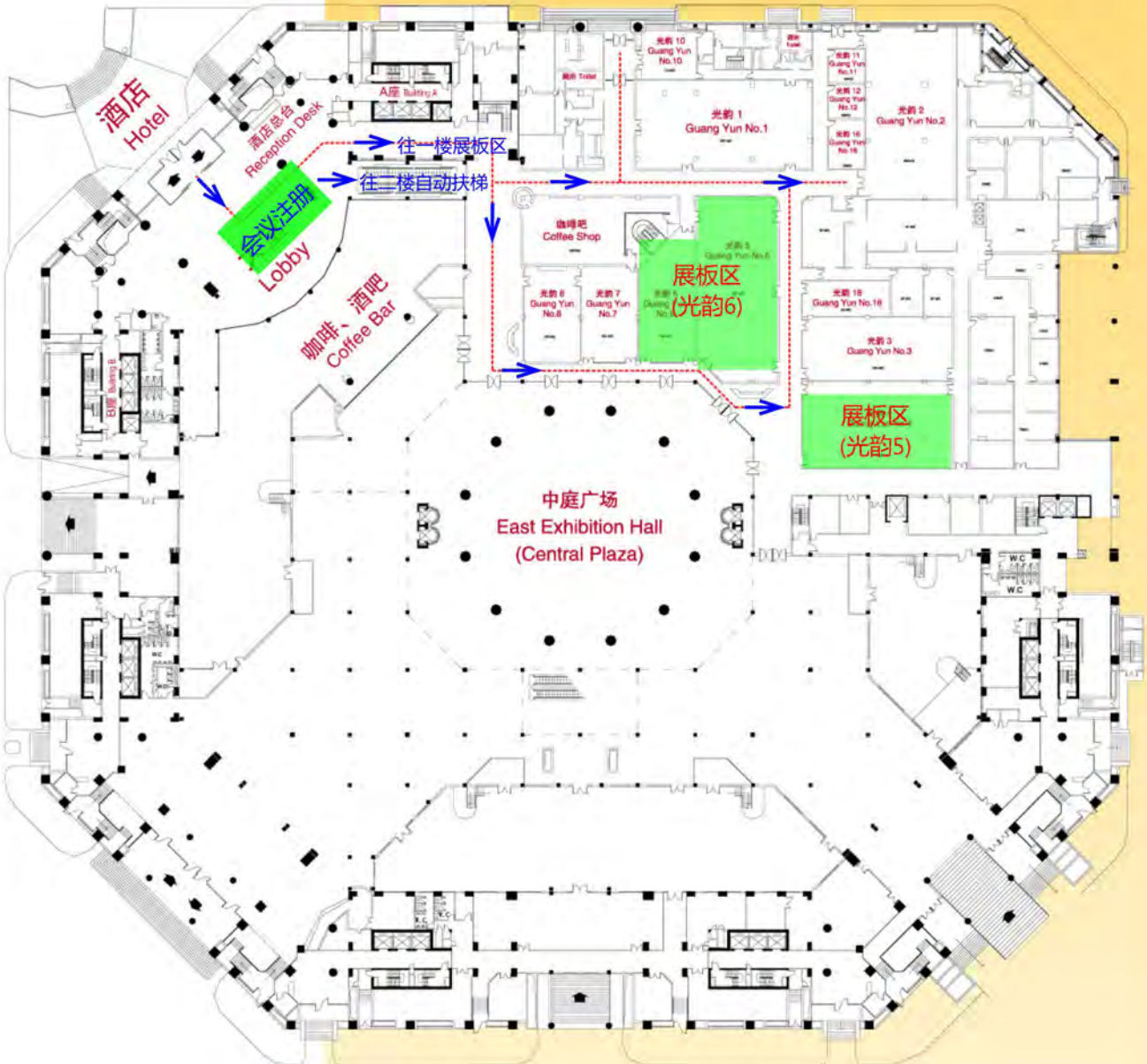
会议日程及摘要集

2014年7月2~4日 上海

http://www.cess.org.cn

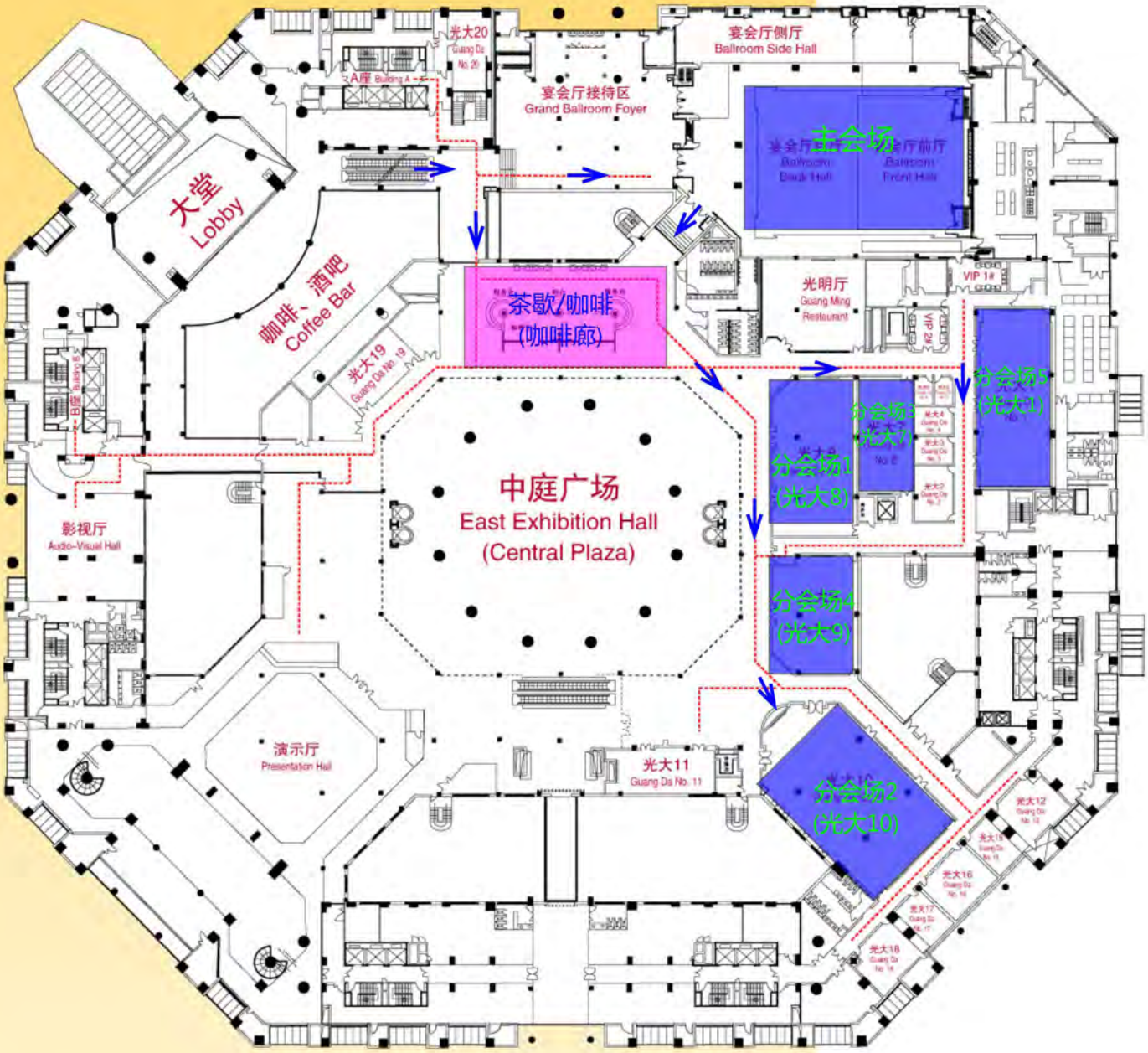
上海光大会展中心1层平面图

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



绿色会议　保护环境

珍爱地球村，守卫将来人

节约用水，爱惜资源
请带走您未喝完的矿泉水
用自助餐时
请按量取食，避免浪费

会议鼓励胸牌回收
您也可留存纪念
但请勿随意丢弃、污染环境

温馨提示

若需帮助，敬请联系注册处
会务组

第三届
地球系统科学大会

2014 年 7 月 2~4 日　上海

会议日程及摘要集

主办单位

中国综合大洋钻探计划专家委员会

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：孙　枢

副主任：汪品先、秦蕴珊、丁仲礼

成　员：陈　骏、周忠和、焦念志、柴育成、林　间、董树文、翦知湣

主办单位

中国综合大洋钻探计划专家委员会

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

刘志飞、杨守业、拓守廷、秦顺生、谢昕、沈夕希、陈源珊

联系方式

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

沈夕希（注　　册）：139 0194 1639, cess@tongji.edu.cn

谢　昕（展　　板）：138 1879 8432, cess@tongji.edu.cn

陈源珊（接　　待）：139 1648 0610, cess@tongji.edu.cn

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

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

刘志飞（会务负责）：138 1610 1893, lzhifei@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

旅行服务

指定“上海春秋国际旅行社（集团）有限公司”为本届会议的官方旅行服务代理机构，收取会议费用，出具会议有关发票。

目　录

欢迎辞.....1

会议基本信息.....2

注册.....2

会议地点.....2

交通.....2

口头报告.....3

会议就餐.....3

会议宴请.....3

会后参观.....3

展板报告及须知.....4

专题设置及召集人.....5

专题清单及报告时间分布.....8

会议日程索引表.....9

会议日程.....10

摘要集.....38

作者索引.....429

赞助单位.....451

会场酒店及交通枢纽位置图.....461

欢迎词

“地球系统科学大会”是地球科学领域以华语作为主要交流语言的大幅度跨学科交叉的学术会议，其前身为 2010 年夏季在上海召开的“第一届深海研究与地球系统科学大会”，当时有来自海内外 86 个单位近 500 位华人学者参加了会议。此后于 2012 年 7 月 2~4 日在上海举办了第二届会议，该次会议规模更大，学科交叉更趋热烈，共有来自海内外 125 家单位的 800 余位华人学者参加了会议。在该次会议上决定第三届会议继续在上海举办，并正式定名为“地球系统科学大会”（Conference on Earth System Science, CESS）。

秉承前两届会议的优秀传统，会议将继续使用华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，比如第一届研讨会的学术内容涵盖从现代海洋过程到前寒武纪地质记录的解释，从地幔柱上涌到太阳辐射量的周期变化，从深海微生物的碳循环到生物灭绝事件。第二届会议学科交叉的深度和广度进一步扩大，比如古生物与地球化学的结合，微生物与气候变化的结合；同一个季风，由现代和古代、海洋和陆地的研究者一同来讨论；同一个碳循环，从海水的酸化一直追到地球深部的碳储库。会议另一个显著特点在于热烈的学术交流与讨论贯穿整个会议期间，从大会报告到展板，到晚上另外组织的讨论会及研究计划信息发布会。这些特点密切相关：地球系统科学要求跨越时空的学科交叉，学科交叉迫切需要面对面的交流，而华语有利于交流、尤其是跨学科交流的深入。

本次大会的第一、二号通知发出后得到海内外学术界热烈响应，众多专家积极反馈意见和建议，现已有来自海内外 170 多个单位的近千位专家学者报名参会，会议报告近 600 个，相信这又将是海内外华人地球科学工作者的一次盛会！期望通过本次会议，能鼓励更多的地球科学工作者参与地球系统科学研究，进而构建高层次的中文学术交流平台，促进华语世界地球科学领域不同学科和学者之间的深度交流。

希望大家在这次会议中有所收获！

大会学术委员会

2014 年 6 月 27 日

会议基本信息

注册

7 月 1 日 8:00~22:00：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会议费发票。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。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，6 月 15 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。

7 月 2~4 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，招待冷餐会（7 月 1 日晚），工作午餐（7 月 2~4 日），会议宴请（7 月 2 日晚），工作晚餐（7 月 3 日），茶歇（7 月 2~4 日）；不包括：全部早餐，7 月 1 日所有正餐和 7 月 4 日晚餐，住宿费，交通费，会后参观费等。

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。

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。

注意：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。

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。

会议就餐

会议的工作午餐（7 月 2~4 日）安排在二楼“宴会厅”，凭餐券就餐（现场注册时领取）。

工作晚餐（7 月 3 日）安排在“上海光大国际会展中心大酒店”二楼光大 1、8、9、10。

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。

注意： 7 月 4 日不提供会议晚餐，请自行安排。

会议宴请

会议于 2 日晚 18:00 在 “上海光大国际会展中心大酒店”西馆二层宴请参会专家及陪同人员，凭餐券入场就餐（现场注册时领取）。

会议主会场至西馆二层将有路牌导引。

会后参观

会后参观安排在 7 月 5 日，两条路线价格均为 150 元/人，初步时间安排为：上午 8 点从光大会展中心乘大巴出发，约下午 5 点回到光大会展中心。

有意参加者可在网上注册时预报名，费用由报名参观人员在现场注册时直接向“上海春秋国际旅行社（集团）有限公司”支付并领取发票，会议不作代收。

路线一：上海崇明岛国家地质公园：现代地貌过程、鸟类保护区等。

路线二：上海临港新城（经东海大桥至洋山深水港，航海博物馆，滴水湖等）；因同济大学深海科普馆仍在建设，原参观计划取消。

费用包含：团体门票，往返巴士，参观导游解说，午餐（不含酒水）及旅游保险费。

展板报告及须知

展板报告时间：

7 月 2~4 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 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。会议注册处也将有打印公司为不便携带海报者提供有偿打印，若需要可至注册处予以联系。

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 2 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 4 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 4 日下午的“大会总结”会议议程中颁奖。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

会议共设置十九个专题，具体专题及召集人如下：

专　题	召集人	单　位
一、新生代东亚地形、水系与生物地理演变	郑洪波	南京师范大学
	郭正堂	中国科学院地质与地球物理研究所
	邓　涛	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所
二、大气和海洋氧化与地球早期生命演化	李　超	中国地质大学（武汉）
	储雪蕾	中国科学院地质与地球物理研究所
	朱茂炎	中国科学院南京地质与古生物研究所
三、地球历史上的暖期与地时（Earth Time）	万晓樵	中国地质大学（北京）
	胡修棉	南京大学
	王永栋	中国科学院南京地质古生物研究所
	贺怀宇	中国科学院地质与地球物理研究所
四、高低纬度气候环境的相互作用	翦知湣	同济大学
	李铁刚	中国科学院海洋研究所
	石学法	国家海洋局第一海洋研究所
五、深海遥感及中深层海洋对气候变化及气候断层的响应	严晓海	美国特拉华大学/厦门大学
	王卫强	中国科学院南海海洋研究所
	胡瑞金	中国海洋大学
六、南海珊瑚礁：从全球变化到油气勘探	余克服	中国科学院南海海洋研究所
	张光学	广州海洋地质调查局
	汪　稔	中国科学院武汉岩土力学研究所
七、海陆相互作用：海平面、气候与构造	王　强	天津地质矿产研究所
	康建成	上海师范大学
	刘　健	青岛海洋地质研究所

专　题	召集人	单　位
八、沉积动力过程：从河口到深海	刘志飞	同济大学
	徐景平	美国地质调查局/中国海洋大学
	高　抒	南京大学
九、风化、气候与沉积	方小敏	中国科学院青藏高原研究所
	徐志方	中国科学院地质与地球物理研究所
	季峻峰	南京大学
	杨守业	同济大学
十、海洋碳循环与碳汇：现代过程与地质演变	焦念志	厦门大学
	张传伦	同济大学
	谢树成	中国地质大学（武汉）
十一、深部生物圈：从种类、生理到地球化学功能	王风平	上海交通大学
	张传伦	同济大学
	方家松	美国夏威夷太平洋大学/同济大学
十二、深海洋中脊与海沟的地质、流体和生命过程	林　间	美国伍兹霍尔海洋研究所
	钱培元	香港科技大学
	陈大可	国家海洋局第二海洋研究所
	王克林	加拿大地质调查局
十三、比较行星学	胡永云	北京大学
	田　丰	清华大学
	钟时杰	美国科罗拉多大学
	肖　龙	中国地质大学（武汉）
十四、地球深部过程	刘　勉	美国密苏里大学
	宋晓东	美国伊利诺斯大学
	刘　曦	北京大学
十五、现代海底金属成矿及其古今对比	陶春辉	国家海洋局第二海洋研究所
	周怀阳	同济大学

专　题	召集人	单　位
十六、海底与海水的物质交换	吴能友	中国科学院广州能源研究所
	陈多福	中国科学院广州地球化学研究所
十七、海洋科学研究的新手段：先进技术和大数据管理	许惠平	同济大学
	王海黎	厦门大学
	连　琏	上海交通大学
	周云轩	华东师范大学
十八、从西太平洋与青藏高原看亚洲的构造演化	赵西西	同济大学
	黄奇瑜	中国科学院广州地球化学研究所
十九、南海深部结构与成因	李家彪	国家海洋局第二海洋研究所
	丘学林	中国科学院南海海洋研究所
	阮爱国	国家海洋局第二海洋研究所

专题清单及报告时间分布

No.	专题名称	召集人	口头报告时间	单元数	口头报告数	展板报告数
大会报告		学术委员会	2~4日下午	3	8	
专题一	新生代东亚地形、水系与生物地理演变	郑洪波、郭正堂、邓涛	2日上午、下午	3	16	15
专题二	大气和海洋氧化与地球早期生命演化	李超、储雪蕾、朱茂炎	2日上午、下午	3	15	14
专题三	地球历史上的暖期与地时（Earth Time）	万晓樵、胡修棉、王永栋、贺怀宇	2日上午、下午	3	17	3
专题四	高低纬度气候环境的相互作用	翦知湣、李铁刚、石学法	3日上午、下午	3	14	33
专题五	深海遥感及中深层海洋对气候变化及气候断层的响应	严晓海、王卫强、胡瑞金	3日上午	2	11	6
专题六	南海珊瑚礁：从全球变化到油气勘探	余克服、张光学、汪稔	3日上午	2	12	27
专题七	海陆相互作用：海平面、气候与构造	王强、康建成、刘健	2日下午、3日下午	2	12	31
专题八	沉积动力过程：从河口到深海	刘志飞、徐景平、高抒	2日上午、下午	3	16	24
专题九	风化、气候与沉积	方小敏、徐志方、季峻峰、杨守业	3日上午、下午	3	17	26
专题十	海洋碳循环与碳汇：现代过程与地质演变	焦念志、张传伦、谢树成	3日上下午、4日下午	4	21	27
专题十一	深部生物圈：从种类、生理到地球化学功能	王风平、张传伦、方家松	4日下午	1	6	13
专题十二	深海洋中脊与海沟的地质、流体和生命过程	林间、钱培元、陈大可、王克林	4日上午	2	12	6
专题十三	比较行星学	胡永云、田丰、钟时杰、肖龙	4日上午、下午	3	15	6
专题十四	地球深部过程	刘勉、宋晓东、刘曦	3日下午、4日下午	2	12	10
专题十五	现代海底金属成矿及其古今对比	陶春辉、周怀阳	2日上午、下午	2	11	13
专题十六	海底与海水的物质交换	吴能友、陈多福	4日上午	2	10	13
专题十七	海洋科学研究的新手段：先进技术和大数据管理	许惠平、王海黎、连琏、周云轩	/	0	0	11
专题十八	从西太平洋与青藏高原看亚洲的构造演	赵西西、黄奇瑜	4日上午、下午	3	16	9
专题十九	南海深部结构与成因	李家彪、丘学林、阮爱国	4日上午	2	9	14
主题七	地球系统科学与资源环境问题					32
合计				48	250	333

备注：专题的颜色与索引表颜色对应。

会议日程索引表

	7 月 1 日		7 月 2 日	7 月 3 日	7 月 4 日
8:30-10:00	会议报到 10:00-22:00	分会场 1	专题二 大气和海洋氧化与地球早期生命演化(一)	专题九 风化、气候与沉积(一)	专题十三 比较行星学(一)
		分会场 2	专题八 沉积动力过程：从河口到深海(一)	专题十 海洋碳循环与碳汇：现代过程与地质演变(一)	专题十六 海底与海水的物质交换(一)
		分会场 3	专题三 地球历史上暖期与地时(Earth Time) (一)	专题五 深海遥感及中深层海洋对气候变化及气候断层的响应(一)	专题十二 深海洋中脊与海沟的地质、流体和生命过程(一)
		分会场 4	专题十五 现代海底金属成矿及其古今对比(一)	专题六 南海珊瑚礁：从全球变化到油气勘探(一)	专题十九 南海深部结构与成因(一)
		分会场 5	专题一 新生代东亚地形、水系与生物地理演变(一)	专题四 高低纬度气候环境到相互作用(一)	专题十八 从西太平洋与青藏高原看亚洲的构造演化(一)
10:00-10:20		茶 歇			
10:20-11:50		分会场 1	专题二 大气和海洋氧化与地球早期生命演化(二)	专题九 风化、气候与沉积(二)	专题十三 比较行星学(二)
		分会场 2	专题八 沉积动力过程：从河口到深海(二)	专题十 海洋碳循环与碳汇：现代过程与地质演变(二)	专题十六 海底与海水的物质交换(二)
		分会场 3	专题三 地球历史上暖期与地时(Earth Time) (二)	专题五 深海遥感及中深层海洋对气候变化及气候断层的响应(二)	专题十二 深海洋中脊与海沟的地质、流体和生命过程(二)
		分会场 4	专题十五 现代海底金属成矿及其古今对比(二)	专题六 南海珊瑚礁：从全球变化到油气勘探(二)	专题十九(二) 南海深部结构与成因
		分会场 5	专题一 新生代东亚地形、水系与生物地理演变(二)	专题四 高低纬度气候环境到相互作用(二)	专题十八 从西太平洋与青藏高原看亚洲的构造演化(二)
12:00-13:00		午 餐			
12:40-14:00			展板交流		
14:00-15:30		分会场 1	专题二 大气和海洋氧化与地球早期生命演化(三)	专题九 风化、气候与沉积(三)	专题十三 比较行星学(三)
		分会场 2	专题八 沉积动力过程：从河口到深海(三)	专题十 海洋碳循环与碳汇：现代过程与地质演变(三)	专题十 海洋碳循环与碳汇：现代过程与地质演变(四)
		分会场 3	专题三 地球历史上暖期与地时(Earth Time) (三)	专题十四 地球深部过程(一)	专题十四 地球深部过程(二)
		分会场 4	专题七 海陆相互作用：海平面，气候与构造(一)	专题七 海陆相互作用：海平面，气候与构造(二)	专题十一 深部生物圈：从种类，生理到地球化学功能
		分会场 5	专题一 新生代东亚地形、水系与生物地理演变(三)	专题四 高低纬度气候环境到相互作用(三)	专题十八 从西太平洋与青藏高原看亚洲的构造演化(三)
15:30-15:50		茶 歇			
15:50-17:50		主会场	大会报告	大会报告	大会总结（17:00 结束）
18:00-20:00	招待冷餐会（光大 8,10）18:00-20:00		大会晚宴（西馆二层）18:00-20:00	工作晚餐（光大 1、8、9、10）研究计划介绍（主会场）19:00-21:00	

备注：

1、分会场口头报告的基本时间单元为 1.5 小时，有多个时间单元的专题分别用（一）、（二）等表示。

2、相同颜色的专题表示学科关联度较高。

主会场	分会场 1	分会场 2	分会场 3	分会场 4	分会场 5
宴会厅（二楼）	光大 8（二楼）	光大 10（二楼）	光大 7（二楼）	光大 9（二楼）	光大 1（二楼）
会议注册	展板区	午餐	晚餐		茶歇/咖啡
1 日：酒店大堂 2~4 日：宴会厅接待区（二楼）	光韵 5、光韵 6（一楼）	宴会厅（二楼）	2 日：西馆二层(2 日) 3 日：光大 1、8、9、10（二楼）		咖啡廊（二楼）

会 议 日 程

2014.6.27

7月2日　上午			
专题口头报告　8:30-11:50			
分会场 5 (光大 1)			
专题一 新生代东亚地形、水系与生物地理演变(一)　主持人: 郭正堂			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	郑洪波	南京师范大学	S01-O-01 长江的诞生——构造与地貌过程 (**邀请报告**)
8:55-9:10	葛肖虹	吉林大学	S01-O-02 青藏高原隆升对我国构造—地貌形成、气候环境变迁与古人类迁徙的影响
9:10-9:25	季军良	中国地质大学（武汉）	S01-O-03 柴达木盆地东北部大红沟剖面新生代磁性地层与构造隆升
9:25-9:40	王平	南京师范大学	S01-O-04 黄陵背斜的新生代剥露——来自江汉盆地西缘的沉积记录
9:40-9:55	苏怀	云南师范大学	S01-O-05 金沙江层状地貌面年代学研究新进展
9:55-10:00	专题讨论		
10:00-10:20	茶　歇		
专题一 新生代东亚地形、水系与生物地理演变(二)　主持人: 郑洪波			
10:20-10:40	邓涛	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S01-O-06 第四纪冰期动物群的青藏高原起源及其在全北界的扩散 (**邀请报告**)
10:40-10:55	敖红	中国科学院地球环境研究所	S01-O-07 兰州盆地晚始新世—早渐新世哺乳动物群的磁性地层年代学与环境演变
10:55-11:10	石承民	中国科学院动物研究所	S01-O-08 新生代环境变化的生态学后果：东亚钳蝎谱系生物地理学的启示
11:10-11:25	侯素宽	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S01-O-09 一种新的牙齿中磨痕方法(mesowear)在中国北方长颈鹿类化石中的应用
11:25-11:40	白艳	中国科学院青藏高原研究所	S01-O-10 青藏高原南部稳定同位素高度计
11:40-11:50	专题讨论		
分会场 1 (光大 8)			
专题二 大气和海洋氧化与地球早期生命演化(一)　主持人: 李超			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	张水昌	中国石油勘探开发研究院	S02-O-01 中元古代海洋化学结构和微生物群落的分子化石记录 (**邀请报告**)
8:55-9:10	李一良	香港大学	S02-O-02 地球生命起源和演化的矿物学记录
9:10-9:25	余振兵	中国地质大学（武汉）	S02-O-03 “大氧化事件”后海洋的氧化：来自华北克拉通古元古代滹沱群的证据
9:25-9:40	胡永云	北京大学	S02-O-04 冰雪地球融化后的极端炎热和干旱气候
9:40-10:00	肖书海	美国佛吉尼亚理工学院	S02-O-05 埃迪卡拉期海洋氧化事件与早期动物演化 (**邀请报告**)
10:00-10:20	茶　歇		

专题二 大气和海洋氧化与地球早期生命演化(二) 主持人: 储雪蕾			
10:20-10:35	李超	中国地质大学（武汉）	S02-O-06 庙河生物群的保存环境及其对埃迪卡拉纪海洋化学和生命演化的启示
10:35-10:50	樊海峰	中国科学院地球化学研究所	S02-O-07 埃迪卡拉纪海洋的氧化：来自铁同位素的证据
10:50-11:05	沈冰	北京大学	S02-O-08 桂北陡山沱组铁组分特征及其对于Shuram Excursion形成的启示
11:05-11:20	张世红	中国地质大学（北京）	S02-O-09 华南陡山沱组三段上部古地磁研究新结果及其古地理意义
11:20-11:35	王家生	中国地质大学（武汉）	S02-O-10 新元古代冰后期甲烷事件的地质记录及启示
11:35-11:50	专题讨论		
分会场 3 (光大 7)			
专题三 地球历史上暖期与地时(Earth Time)(一) 主持人: 万晓樵、贺怀宇			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	胡修棉	南京大学	S03-O-01 东特提斯海的关闭时间
8:55-9:10	吴怀春	中国地质大学（北京）	S03-O-02 地时中国：华南古生代—中生代之较高精度天文年代格架
9:10-9:25	黄俊华	中国地质大学（武汉）	S03-O-03 藏南白垩纪中期大规模甲烷释放与古海洋化学研究
9:25-9:40	李明松	中国地质大学（武汉）	S03-O-04S 华南早三叠世天文旋回地层学
9:40-9:55	李娟	南京大学	S03-O-05S 藏南古近纪碳酸盐古环境变化与古海洋事件
9:55-10:00	专题讨论		
10:00-10:20	茶 歇		
专题三 地球历史上暖期与地时(Earth Time)(二) 主持人: 王永栋			
10:20-10:40	万晓樵	中国地质大学（北京）	S03-O-06 地时中国：白垩纪多重年代地层
10:40-10:55	李罡	中国科学院南京地质古生物研究所	S03-O-07 我国晚中生代温室地球叶肢介古生物地理及古气候
10:55-11:10	瞿雪姣	吉林大学	S03-O-08S 松辽盆地火石岭组地层序列划分及时代归属探讨
11:10-11:25	张来明	中国地质大学（北京）	S03-O-9S 晚白垩世/古新世北半球中纬度地区陆相古气候
11:25-11:40	王强	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S03-O-10 江西萍乡晚白垩世恐龙蛋研究
11:40-11:55	杨德庭	中国地质科学院地质研究所	S03-O-11S 盘县动物群精时定年：对二叠纪末大灭绝事件后 生物群复苏和演化的制约
分会场 2 (光大 10)			
专题八 沉积动力过程：从河口到深海(一) 主持人: 刘志飞、 徐景平			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:50	徐景平	中国海洋大学	S08-O-01 南海北部现代沉积物的源汇过程
8:50-9:10	田纪伟	中国海洋大学	S08-O-02 南海深海动力过程 (**邀请报告**)
9:10-9:30	张艳伟	同济大学	S08-O-03 南海北部中尺度涡对深海沉积物的搬运过程 (**邀请报告**)

9:30-9:45	赵玉龙	同济大学	S08-O-04 南海北部等深流月际变化及沉积物搬运特征
9:45-10:00	刘志飞	同济大学	S08-O-05 南海东北部高屏海底峡谷深水浊流的锚系观测研究
10:00-10:20	茶 歇		
专题八 沉积动力过程：从河口到深海(二) 主持人: 徐景平、刘志飞			
10:20-10:40	王英民	中国石油大学（北京）	S08-O-06 对南海北部陆缘重力流与底流交互作用研究的回顾与展望 **(邀请报告)**
10:40-10:55	钟广法	同济大学	S08-O-07 南海东北部九龙海底峡谷及海底扇沉积体系
10:55-11:10	谢雨寰	台湾大学	S08-O-08S 奇美海底峡谷—深海冲积扇的形貌、构造与震测特征
11:10-11:25	王大伟	中国科学院海洋研究所	S08-O-09 琼东南盆地深水重力流沉积旋回
11:25-11:40	商志垒	中国地质大学（武汉）	S08-O-10S 南海琼东南盆地深水区岩浆底辟对中央峡谷的影响
11:40-11:50	专题讨论		
分会场 4 (光大 9)			
专题十五：现代海底金属成矿及其古今对比(一) 主持人: 周怀阳			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	陶春辉	国家海洋局第二海洋研究所	S15-O-01 中国大洋30航次西南印度洋硫化物勘探进展 **(邀请报告)**
8:55-9:15	梁光河	中国科学院地质与地球物理研究所	S15-O-02 综合地质地球物理资料研究印度洋区域演化过程 **(邀请报告)**
9:15-9:30	张佳政	中国科学院南海海洋研究所	S15-O-03S 西南印度洋热液A区成矿模式初探
9:30-9:45	邓显明	国家海洋局第二海洋研究所	S15-O-04 西南印度洋多金属硫化物合同区电法探测
9:45-10:00	徐义贤	中国地质大学（武汉）	S15-O-05 洋壳登陆:来自西准噶尔的实证
10:00-10:20	茶 歇		
专题十五：现代海底金属成矿及其古今对比(二) 主持人: 陶春辉			
10:20-10:35	李怀明	国家海洋局第二海洋研究所	S15-O-06 东太平洋加拉帕格斯微板块的热液地质作用
10:35-10:50	周磊	国家海洋局第二海洋研究所	S15-O-07 西南印度洋洋中脊附近的动力环境
10:50-11:05	王淑杰	中国海洋大学	S15-O-08S 南大西洋中脊15°S热液活动区多金属硫化物的 矿物学特征及成矿作用分析
11:05-11:20	任江波	广州海洋地质调查局	S15-O-09 富稀土磷酸盐对富钴结壳稀土元素的影响
11:20-11:35	周怀阳	同济大学	S15-O-10 从海底铁锰结核结壳生长看深海环境之演变
11:35-11:50	孙卫东	中国科学院广州地球化学研究所	S15-O-11 初探新特提斯洋闭合早期的地质相应
12:00-13:00	午 餐		

7月2日　下午			
展板交流 12:40-14:00			
专题一（展板） 新生代东亚地形、水系与生物地理演变			
S01-P-01S	何梦颖	南京大学	长江河流沉积物碎屑锆石U-Pb年龄及Hf同位素 物源示踪研究
S01-P-02S	陈少坤	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	动物地理揭示的三峡地区MIS 2时期古气候环境
S01-P-03S	王治祥	中国地质大学（武汉）	山东青州黄土成因的碎屑锆石证据
S01-P-04	褚忠信	中国海洋大学	河流决口改道与三角洲演化
S01-P-05	董欣欣	中国科学院地质与地球物理研究所	基于多剖面黄土—古土壤序列的粒度反演源区距离
S01-P-06	李超	同济大学	近30年季风降雨与人类活动对长江水循环的影响
S01-P-07S	章陶亮	同济大学	新疆罗布泊氧同位素5期以来的古环境研究
S01-P-08	谢曼平	云南师范大学	云南抚仙湖表层沉积物中的介形虫
S01-P-09	黄湘通	同济大学	长江流域宇宙成因核素^{10}Be与侵蚀速率估算研究进展
S01-P-10S	马小林	同济大学	15 Ma以来海陆记录的构造尺度东亚季风的演化以及西北内陆的干旱化
S01-P-11	梁美艳	中国地质大学（武汉）	陇西地区甘肃群物源的碎屑锆石U-Pb年龄研究
S01-P-12	郑妍	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	云南东北部晚中新世-上新世古环境变化—— 来自云南昭通盆地的环境磁学结果
S01-P-13S	张浩	同济大学	南海始新世海相地层分布及油气地质意义
S01-P-14	葛俊逸	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	上新世中期(~3.6 Ma)东亚重大环境转变及其可能原因探讨
S01-P-15S	赵梦	同济大学	古红河沉积物稀土元素特征及其物源指示意义
专题二（展板） 大气和海洋氧化与地球早期生命演化			
S02-P-01	储雪蕾	中国科学院地质与地球物理研究所	地球早期环境与生物协同演化的地球化学记录
S02-P-02S	赵汉卿	中国地质大学（北京）	华北中元古界下马岭组黑色页岩及含铁碳酸盐结核形成环境研究
S02-P-03S	季伟文	北京大学	地球古气候的气候变化研究
S02-P-04	沈文杰	中山大学	沉积地层中不同形貌黄铁矿硫同位素及其环境意义
S02-P-05S	袁余洋	中国科学院地质与地球物理研究所	早寒武世华南古海洋氧化还原状态的空间演化
S02-P-06S	张彦涛	中国地质大学（武汉）	陡山沱组磷块岩中AITs（环包裹体轨迹）的成因
S02-P-07S	卫炜	南京大学	成冰纪间冰期早期大洋氧化还原状态与N循环：来自华南贵州东北部大塘坡组底部N同位素和Mo含量的证据
S02-P-08	黄晶	中国科学技术大学	华南老堡组硅质岩的Cr同位素组成
S02-P-09S	杨晓婷	北京大学	冰雪地球简介
S02-P-10S	刘虎	广州地球化学研究所	新元古代末海相有机质保存机制的转变及其重要意义
S02-P-11S	金承胜	中国地质大学(武汉）	华南寒武纪早期(526-514 Ma)海洋化学时空演化及其与早期动物演化关系初探
S02-P-12S	魏广祎	南京大学	中国湘西会同地区早寒武纪牛蹄塘组的微量元素与有机碳同位素研究

S02-P-13S	曾晗	中国科学院南京地质古生物研究所	云南昆明地区红井哨组（寒武系第三阶）发现澄江型软躯体化石新组合
S02-P-14	石迎春	中国地质科学院水文地质环境地质研究所	黄土典型堆积区地层与地貌演化初步研究
专题三（展板） 地球历史上暖期与地时			
S03-P-01	曹鸿兴	中国气象科学研究院	全球增温及其系统论解释
S03-P-04S	马士萍	中国地质大学（北京）	X射线非相干散射和相干散射强度比与总有机碳含量关系研究 ——以松科一井嫩一段为例
S03-P-05	蒋宏忱	中国地质大学（武汉）	中国东部土壤GDGT分布特征及其气候指示意义
专题八（展板） 沉积动力过程：从河口到深海			
S08-P-01S	徐少华	中国石油大学（北京）	陆架三角洲至深海盆地沉积体系-以南海北部白云凹陷晚渐新世为例
S08-P-02S	拜阳	中国科学院地质与地球物理研究所	东沙海域内孤立波的地震海洋学研究
S08-P-03S	刘晓锋	中国海洋大学	琼东南盆地沉积物源环境演变的钻井岩芯重矿物和元素地球化学特征响应
S08-P-04	李向东	昆明理工大学	复合流沉积作用机制与沉积构造鉴别标志
S08-P-05	郝树青	中国矿业大学	南海神狐海域水合物成藏生物机制及地质模式探讨
S08-P-06S	王振豪	中国海洋大学	波浪作用下黄河口海床破坏的试验研究
S08-P-07S	王伟宏	中国海洋大学	海水盐度对沉降泥沙的固结过程影响研究
S08-P-08S	李博闻	中国海洋大学	黄河三角洲近底床沉积物原位检测研究
S08-P-09S	吴晓	中国海洋大学	黄河口叶绿素a浓度的年际波动和季节性变化：对大河汇入和海洋动力的响应
S08-P-10S	张少同	中国海洋大学	河口海岸沉积物再悬浮的“泵送作用”研究（I）
S08-P-11	胡邦琦	青岛海洋地质研究所	人类活动对黄河下游颗粒有机碳的来源，输送和通量的影响
S08-P-12S	梁慧迪	同济大学	未来海平面上升对中国海潮波的影响分析
S08-P-13	蔡观强	广州海洋地质调查局	南海海盆中部沉积物物质组成特征及其物源意义
S08-P-14S	汪威	同济大学	东沙西南陆坡微盆地的地震识别
S08-P-15S	吴锋	同济大学	一统暗沙附近海域晚中新世海底水道群地震地层分析及沉积演化
S08-P-16S	王萌	同济大学	中尺度涡对南海北部深层环流年际异常变化调控机制的模拟研究
S08-P-17S	Joussain Ronan	同济大学	孟加拉湾18万年以来的粘土矿物和地球化学研究及反映的喜马拉雅山脉剥蚀历史
S08-P-18	李传顺	国家海洋局第一海洋研究所	台湾河流沉积物的组成特征
S08-P-19S	王雪峰	同济大学	西沙海槽北部陆坡海底滑坡的地震识别及分布特征
S08-P-20S	殷绍如	同济大学	南海东北部台西南盆地演化的地震地层学分析
S08-P-21	何俊国	中山大学	三峡地区下寒武统碳酸盐结核内草莓状黄铁矿的特征及地质意义
S08-P-22S	刁宛	中国石油大学（北京）	珠一坳陷中中新世早期河海交互地区古水动力条件与砂体分布研究
S08-P-23S	赵绍华	同济大学	南海北部末次冰期以来陆源碎屑沉积通量及其源区变化的高分辨率研究
S08-P-24S	李平原	同济大学	南海北部区域风尘沉积研究综述

主题七（展板） 地球系统科学与资源环境问题			
S20-P-01	贾成玲	同济大学	温度及pH对热泉中H-GDGTs分布的差异性影响
S20-P-02S	刘春腊	中国科学院地理科学与资源研究所	区域生态补偿差异测度方法及运用
S20-P-03	何家雄	中国科学院广州地球化学研究所	中国近海盆地构造演化特点与油气分布富集规律
S20-P-04S	徐勇	中国科学院地质与地球物理所兰州油气资源研究中心	川东南地区志留系龙马溪组页岩孔隙结构特征与主控因素研究
S20-P-05S	张鹏	西北大学	西藏江孜J/K界线时期钙质超微化石及古海洋环境分析
S20-P-06S	朱祖浩	厦门大学	纳米二氧化硅和氧化锌对小球藻和球等鞭金藻的生物毒性效应研究
S20-P-08S	冯俊熙	中国科学院广州地球化学研究所	广州火烧岗垃圾填埋场自生碳酸盐岩的特征及对微生物活动的指示意义
S20-P-09S	谢志远	中国科学院南海海洋研究所	白云凹陷断裂活动与油气成藏耦合机制初探
S20-P-10S	王晓丹	同济大学	长江主要离子化学的季节性变化及对三峡蓄水的指示
S20-P-11S	俞天回	同济大学	珠江口盆地白云凹陷沉积演化及海平面变化研究
S20-P-12	于海英	上海市地震局	2012年4月2日上海徐汇区ML1.9级有感地震分析
S20-P-13	蒲晓强	广东海洋大学	陆相盆地页岩油储层测井沉积环境分析
S20-P-14S	刘芳明	中国科学院海洋研究所	Shewanella sp. NJ49 低温代谢烃类的机制研究
S20-P-16	唐学远	中国极地研究中心	东南极冰盖中山站-Dome A断面的冰盖结构与冰下环境
S20-P-17S	王甜甜	中国极地研究中心	东南极冰盖Dome A地区内部等时层定年及古积累率重建
S20-P-18	温燕林	上海市地震局	日本南海海槽发生罕遇地震情况下我国华东沿海的海啸危险性研究
S20-P-19S	梁丹	同济大学	过去20万年西太平洋暖池核心区颗石重量变化——海洋酸化程度的新指标
S20-P-20S	昌小莉	西华师范大学	基于ASTER GDEM的延河流域水系提取及面积高程积分研究
S20-P-21S	董丞妍	西华师范大学	基于DEM的清水川流域面积高程积分研究
S20-P-22S	张帆	中国地质大学（武汉）	新仙女木事件在湖北清江海螺洞石笋氧同位素中的记录
S20-P-23S	卢水淼	厦门大学	珠江口不同形态钼(Mo)的分布规律及其生物地球化学过程
S20-P-24S	张雪莲	厦门大学	九龙江河口区金属形态的分布规律
S20-P-25S	郑辰禾	厦门大学	微型生物痕量元素组成对环境变化响应
S20-P-26	李剑东	中国科学院大气物理研究所	大气模式估算的东亚区域人为硫酸盐和黑碳气溶胶辐射强迫及其时间变化特征
S20-P-27S	胡玉	中国地质大学（武汉）	大九湖表层泥炭腐殖化度的环境指示意义
S20-P-28	明镜	国家气候中心	高亚洲冰川与吸光性气溶胶
S20-P-29S	卢佳仪	中国地质大学（武汉）	青海湖沉积物及周边土壤的类脂物分布：对干旱地区古气候重建的启示

S20-P-30	李祥权	中国地质大学（武汉）	构造反转背景下的松辽盆地大规模T2多边形断层系统——以三肇凹陷为例
S20-P-31S	王利良	中国石油大学（北京）	珠江口盆地珠一坳陷中中新统河道沉积特征及地质意义
S20-P-32	莫杰	青岛海洋地质研究所	高新技术促进海洋地学科技发展
S20-P-33S	吕现福	西南大学	洞穴滴水微量元素对极端低温和强降雨天气事件的响应
S20-P-34S	段逸凡	西南大学	岩溶槽谷区地下水微生物污染特征及来源研究-以老龙洞流域为例
专题口头报告 14:00-15:30			
分会场 5 (光大 1)			
专题一 新生代东亚地形、水系与生物地理演变(三) 主持人: 邓涛			
14:00-14:20	贾国东	中国科学院广州地球化学研究所	S01-O-11 渐新世—中新世之交青藏高原伦坡拉盆地的古高度 (**邀请报告**)
14:20-14:35	翁成郁	同济大学	S01-O-12 中新世中—晚期华南高海拔山脉存在的花粉学证 据及其对认识中国地理格局变迁与生物演化的意义
14:35-14:50	唐自华	中国科学院地质与地球物理研究所	S01-O-13 塔里木盆地库车地区渐新世以来的孢粉记录
14:50-15:05	同号文	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S01-O-14 第四纪哺乳动物岛屿化
15:05-15:20	李刘昆	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	S01-O-15S 晚中新世瞪羚(Gazella)动物地理学与环境研究
15:20-15:35	孙博阳	天津自然博物馆	S01-O-16 南亚三趾马向中国的扩散及其环境背景
分会场 1 (光大 8)			
专题二 大气和海洋氧化与地球早期生命演化(三) 主持人: 朱茂炎			
14:00-14:20	张兴亮	西北大学	S02-O-11 寒武纪大爆发时期大气氧含量的升高控制动物门类的出现次序 (**邀请报告**)
14:20-14:35	冯连君	中国科学院地质与地球物理研究所	S02-O-12 硫酸盐对华南扬子地台寒武纪早期海洋氧化还原环境的控制
14:35-14:50	王丹	南京大学	S02-O-13S 华南扬子板块早寒武世黑色页岩的氮同位素研究及其环境指示意义
14:50-15:05	赵元龙	贵州大学	S02-O-14 凯里生物群水母状化石贵州拟轮盘水母Pararotadiscus化石共存现象的初步研究
15:05-15:25	陈代钊	中国科学院地质与地球物理研究所	S02-O-15 华南寒武系底部年代地层：来自新的高分辨率锆石SIMS U-Pb年龄约束 (**邀请报告**)
15:25-15:30	专题讨论		
分会场 3 (光大 7)			
专题三 地球历史上暖期与地时(Earth Time)(三) 主持人: 胡修棉			
14:00-14:20	沈延安	中国科学技术大学	S03-O-12 白垩纪OAE2中的碳、硫循环—来自藏南的证据 (**邀请报告**)
14:20-14:35	王永栋	中国科学院南京地质古生物研究所	S03-O-13 白垩纪温室气候与古大气二氧化碳变化趋势
14:35-14:50	黄永建	中国地质大学（北京）	S03-O-14 白垩纪松辽盆地嫩江组一段古湖泊变化：来自活性铁与硫同位素的证据

14:50-15:05	姜仕军	暨南大学	S03-O-15 始新世极热事件中轻碳释放量控制了海洋表层生态系统的走向
15:05-15:20	全成	吉林大学	S03-O-16 风从哪里来？——中新世欧洲大气环流转换
15:20-15:35	王天天	中国地质大学（北京）	S03-O-17S 晚白垩世大洋缺氧—富氧事件Fe同位素研究及其古海洋意义
分会场 2 (光大 10)			
专题八 沉积动力过程：从河口到深海(三) 主持人: 刘志飞、 徐景平			
14:00-14:15	宋海斌	中国科学院地质与地球物理研究所	S08-O-11 地震海洋学与沉积过程研究
14:15-14:30	王爱军	国家海洋局第三海洋研究所	S08-O-12 台湾海峡北部夏季沉降颗粒物的来源
14:30-14:45	罗传秀	中国科学院南海海洋研究所	S08-O-13 南海表层海水孢粉传播方式及其环境意义
14:45-15:00	黄文凯	广州海洋地质调查局	S08-O-14 海南三角洲发育特征及成因模型
15:00-15:15	李夏晶	同济大学	S08-O-15S 台湾物质主导了南海北部末次冰期以来深水细粒沉积物的组成
15:15-15:30	刘喜停	德国不莱梅大学	S08-O-16S 西印度洋陆源输入对全新世气候和海洋变化的启示
分会场 4 (光大 9)			
专题七 海陆相互作用：海平面、气候与构造(一) 主持人: 康建成、王强			
14:00-14:05 专题介绍			
14:05-14:20	康建成	上海师范大学	S07-O-01 1945-2010年东海黑潮区PN断面夏季温度年际/年代际变化
14:20-14:35	张琼	美国加州理工学院	S07-O-02S 海洋地形对小尺度湍流的作用
14:35-14:55	韩国奇	加拿大渔业和海洋部北大西洋渔业中心	S07-O-03 20-21世纪加拿大东岸海平面的变化 (**邀请报告**)
14:55-15:10	程和琴	华东师范大学	S07-O-04 长江口海平面上升对城市安全影响及应对关键技术
15:10-15:25	丁旋	中国地质大学（北京）	S07-O-05 新西兰东南岸外陆架—上陆坡~1Ma以来的氧同位素地层学及其古环境意义
15:25-15:40	卓海腾	中国石油大学（北京）	S07-O-06S 南海北部第四系陆架埋藏河道体系及其对古海平面、古气候变化的启示——来自三维地震的证据
15:30-15:50	茶 歇		
大会特邀报告 15:50-17:50			
主会场 (宴会厅)			
15:50-16:20	王成善	中国地质大学（北京）	P-01 松辽盆地白垩纪大陆科学钻探：温室气候条件下的陆地沉积
16:20-16:50	张培震	中国地震局地质研究所	P-02 东亚大陆新生代构造演化
16:50-17:20	姚檀栋	中国科学院青藏高原研究所	P-03 青藏高原与环境

17:20-17:50	程海	美国明尼苏达大学	P-04 亚洲季风与全球变化
招待晚宴 18:00-20:00　地点: 西馆二层			
7月3日 上午			
专题口头报告 8:30-11:50			
分会场 5 (光大 1)			
专题四 高低纬度气候环境的相互作用(一)　主持人: 翦知湣、李铁刚、石学法			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	袁东亮	中国科学院海洋研究所	S04-O-01 基于Argo剖面和西边界船测数据的太平洋热带—副热带交换 **(邀请报告)**
8:55-9:10	王跃	中国气象科学研究院	S04-O-02 岁差驱动的热带以外北太平洋模态及相关大气动力过程
9:10-9:15	专题讨论		
9:15-9:30	孙立广	中国科学技术大学	S04-O-03 北极冰盖影响下的东亚季风区全新世适宜期的经向扩张
9:15-9:30	李铁刚	中国科学院海洋研究所	S04-O-04 末次盛冰期热带西太平洋硅藻席沉积与碳、硅循环
9:45-10:00	徐兆凯	中国科学院海洋研究所	S04-O-05 晚第四纪来西菲律宾海的东亚季风演化及其古生产力效应初探
10:00-10:20	茶　歇		
专题四 高低纬度气候环境的相互作用(二)　主持人: 翦知湣、李铁刚、石学法			
10:20-10:35	王婷婷	同济大学	S04-O-06S 末次冰期旋回中热带西太平洋的CO_2源汇模式变化
10:35-10:50	张帅	中国科学院海洋研究所	S04-O-07S 西太平洋暖池核心区MIS10来SST变化
10:50-11:05	刘传联	同济大学	S04-O-08 南海第四纪颗石藻与古海洋学研究
11:05-11:20	向荣	中国科学院南海海洋研究所	S04-O-09 南海北部末次冰消期以来古黑潮阶段性演化记录
11:20-11:35	晏宏	中国科学院地球环境研究所	S04-O-10 海洋生物碳酸盐记录的南海北部过去2500年高分辨率气候变化
11:35-11:50	专题讨论		
分会场 1 (光大 8)			
专题九 风化、气候与沉积(一)　主持人: 方小敏			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	方小敏	中国科学院青藏高原研究所	S09-O-01 中国西部大陆剥蚀风化与青藏高原隆升 **(邀请报告)**
8:55-9:10	金章东	中国科学院地球环境研究所	S09-O-02 青海湖流域现代风化和沉积过程
9:10-9:25	李军	天津师范大学	S09-O-03 青藏高原湖泊小流域水化学组成及碳循环过程初步研究
9:25-9:40	刘小龙	天津师范大学	S09-O-04 青藏高原典型湖泊小流域水-气界面CO_2源汇效应及影响因素
9:40-9:55	杨一博	中国科学院青藏高原研究所	S09-O-05 西宁盆地新生代粘土矿物记录：化学风化与成岩过程

9:55-10:10	颜茂都	中国科学院青藏高原研究所	S09-O-06 云南新生代磁性地层年代研究
10:10-10:20	茶 歇		
专题九 风化、气候与沉积(一) 主持人: 方小敏			
10:20-10:40	万世明	中国科学院海洋研究所	S09-O-07 海洋沉积记录重建不同时间尺度大陆硅酸盐风化历史：问题与挑战 **(邀请报告)**
10:40-10:55	赵志军	南京师范大学	S09-O-08 5Ma以来祁连山侵蚀速率的宇生核素^{10}Be记录
10:55-11:10	胡凯	中国科学院青藏高原研究所	S09-O-09S 祁连山侵蚀速率的宇宙成因核素^{10}Be研究
11:10-11:25	王修喜	兰州大学	S09-O-10 西秦岭裂变径迹热年代学及新生代构造地貌演化
11:25-11:40	吴卫华	南京大学	S09-O-11 硅酸盐岩地区小流域化学风化及其控制因素
11:40-11:50	专题讨论		
分会场 2 (光大 10)			
专题十 海洋碳循环与碳汇：现代过程与地质演变(一) 主持人: 焦念志、张传伦、谢树成			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	焦念志	厦门大学	S10-O-01 跨越时空 古今结合同步研究生物泵和微型生物碳泵 **(邀请报告)**
8:55-9:15	汪品先	同济大学	S10-O-02 大洋碳循环长周期的溶解有机碳假说**(邀请报告)**
9:15-9:30	谢树成	中国地质大学（武汉）	S10-O-03 华北13~17亿年前有机碳同位素、氧化还原界面与微生物之间的关系
9:30-9:45	党宏月	厦门大学	S10-O-04 渤海沉积环境尿素水解细菌和古菌分子生态学研究
9:45-10:00	张锐	厦门大学	S10-O-05 海洋病毒与海洋碳循环
10:00-10:20	茶 歇		
专题十 海洋碳循环与碳汇：现代过程与地质演变(二) 主持人: 焦念志、张传伦、谢树成			
10:20-10:35	谢伟	同济大学	S10-O-06 珠江至南海北部边缘沉积物中古菌的分布及其生态功能变化
10:35-10:50	叶祁	华东师范大学	S10-O-07 长江口及邻近海域低氧区内外沉积物细菌和古菌多样性分析
10:50-11:05	刘欣春	成都理工大学	S10-O-08 上扬子地区石炭世碳、锶同位素地层学研究
11:05-11:20	候明才	成都理工大学	S10-O-09 塔西北柯坪地区郝兰特阶碳同位素漂移记录
11:20-11:35	周文凤	中国地质大学（武汉）	S10-O-10S 2.5亿年前微生物记录的海洋硫化和海—陆相互作用
11:35-11:50	专题讨论		
分会场 3 (光大 7)			
专题五：深海遥感及中深层海洋对气候变化及气候断层的响应(一) 主持人: 严晓海			
8:30-8:35	专题介绍		

8:35-8:50	张人禾	中国气象科学研究院	S05-O-01 季节内振荡在厄尔尼诺和拉尼娜对华南冬季降水不对称影响中的作用 **(邀请报告)**
8:50-9:05	王东晓	中国科学院南海海洋研究所	S05-O-02 南海深海涡旋观测 **(邀请报告)**
9:05-9:20	王卫强	中国科学院南海海洋研究所	S05-O-03 印度洋深层经向翻转环流变异及其与偶极子的关联
9:20-9:35	袁东亮	中国科学院海洋研究所	S05-O-04 印尼贯穿流在热带印太海域气候变率和可预报性中所扮演的角色 **(邀请报告)**
9:35-9:50	李炎	厦门大学	S05-O-05 基于SST昼夜温差的南海环流垂向通道遥感分析
9:50-10:00	专题讨论		
10:00-10:20	茶 歇		
专题五：深海遥感及中深层海洋对气候变化及气候断层的响应(二) 主持人: 王卫强			
10:20-10:35	严晓海	厦门大学	S05-O-06 中深层海洋对全球气候变化的响应和调控: 从中深层海洋遥感谈起
10:35-10:50	林明森	国家卫星海洋应用中心	S05-O-07 HY-2卫星的海洋观测结果
10:50-11:05	管玉平	中国科学院南海海洋研究所	S05-O-08 北太平洋风输入动能向海洋内部的传输及转化
11:05-11:20	江毓武	厦门大学	S05-O-09 吕宋海峡藻华及相关上升流机制研究—物理生态耦合模式研究
11:20-11:35	吴祥柏	厦门大学	S05-O-10S 基于深海遥感的西北热带太平洋热含量变化研究
11:35-11:50	耿旭朴	厦门大学	S05-O-11 星载SAR在海洋遥感中的应用
分会场 4 (光大 9)			
专题六：南海珊瑚礁：从全球变化到油气勘探(一) 主持人: 余克服、张光学、汪稔			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	刘羿	中国科学技术大学	S06-O-01 工业革命以来南海珊瑚礁海水的快速酸化及其控制机理 **(邀请报告)**
8:55-9:10	韦刚健	中国科学院广州地球化学研究所	S06-O-02 工业化革命以来西太平洋珊瑚礁海水pH的年代际波动及对海洋酸化趋势评估的意义
9:10-9:25	晏宏	中国科学院地球环境研究所	S06-O-03 南海西沙砗磲高分辨率Sr/Ca比值在古气候研究中的初步应用
9:25-9:40	陶士臣	中国科学院南海海洋研究所	S06-O-04 3.5-4.7 ka BP 珊瑚生长率的年际变化及其气候意义
9:40-9:55	张乔民	中国科学院南海海洋研究所	S06-O-05 世界珊瑚礁现状和保护管理及相关研究评述
9:55-10:10	王欣	广西红树林研究中心	S06-O-06 广西北部湾柳珊瑚种群多样性及分布研究
10:10-10:20	茶 歇		
专题六：南海珊瑚礁：从全球变化到油气勘探(二) 主持人: 余克服、张光学、汪稔			
10:20-10:35	李志勇	上海交通大学	S06-O-07 组学技术在揭示珊瑚共生体受海洋环境影响与其适应机制中的应用
10:35-10:50	杨红强	中国科学院南海海洋研究所	S06-O-08 强台风蝴蝶直击西沙永乐环礁对珊瑚生态造成的影响

10:50-11:05	朱长歧	中国科学院武汉岩土所	S06-O-09 南海海滩岩的细观结构及其基本物理力学性质研究
11:05-11:20	钟广见	广州海洋地质调查局	S06-O-10 西沙海槽盆地油气资源潜力
11:20-11:35	易海	广州海洋地质调查局	S06-O-11 南海北部陆缘西沙海槽盆地新近系层序地层分析及生物礁发育特征
11:35-11:50	吴时国	中国科学院海洋研究所	S06-O-12 南海中新世碳酸盐台地发育演化及控制因素
12:00-13:00	午 餐		
7月3日 下午			
展板交流 12:40-14:00			
专题四（展板） 高低纬度气候环境的相互作用			
S04-P-01S	俞宙菲	中国科学院海洋研究所	珠江三角洲晚全新世温、湿变化
S04-P-02S	邵达	中国科学技术大学	西沙砗磲记录的人类活动信息
S04-P-03S	周建宏	同济大学	2.5-3.3 Ma北极冰盖扩张期南沙ODP1143站高分辨率元素地球化学与浮游有孔虫记录
S04-P-05S	陈琼	华南师范大学	川东北石笋记录GIS4~5夏季风气候变化及与高纬度地区的联系
S04-P-06S	储著定	中国科学技术大学	沉积物全样放射性碳定年样品选择的有效方法
S04-P-07S	安佰正	中国科学院海洋研究所	50ka以来西太有孔虫标准化壳体重量的变化
S04-P-08S	杨文卿	中国科学技术大学	近海泥质沉积物敏感粒径作为冬季风强度指标的再研究
S04-P-09S	王娜	北京大学	MIS 3期南海浮游有孔虫种属分析所指示的溶解程度随深度的差异
S04-P-10	张兰兰	中国科学院南海海洋研究所	南海断面春季现代放射虫的生态分布及其环境意义
S04-P-11S	秦秉斌	中国科学院海洋研究所	25万年来热带西太平洋浮游有孔虫壳体重量变化及其影响因素
S04-P-12S	张健	中国地质大学（北京）	南亚高压与南半球中高纬度大气环流的关联
S04-P-13S	余恩晓	中国地质大学（北京）	晚白垩纪的厄尔尼诺现象：证据来自松辽盆地晚白垩系湖相细粒沉积物
S04-P-14S	陈井双	同济大学	500ka以来南海南部MD01-2392氧碳同位素反映的上层水体结构变化
S04-P-15	姜苏	中国极地研究中心	南极冰穹A地区DA2005冰芯中记录的过去2840年的火山活动
S04-P-16	苏翔	中国科学院南海海洋研究所	Lat晚第四纪热带西太平洋与南海海洋初级生产力差异
S04-P-17S	刘晶晶	同济大学	末次冰期以来南海北部植被和古气候变化——MD12-3433岩芯的初步证据
S04-P-18S	王倩	中国科学院海洋研究所	亚马逊冲积扇海域古盐度重建：浮游有孔虫Ba/Ca指标的应用
S04-P-19S	贾奇	中国科学院海洋研究所	700 ka以来西太平洋暖池北部边缘上层水体结构变化
S04-P-20	吴晓丹	中国科学院海洋研究所	基于生物碳酸盐硼同位素重建大洋古海水pH
S04-P-21S	郭景腾	中国科学院海洋研究所	海洋上层水体pH的替代性指标——浮游有孔虫B/Ca

S04-P-22	赵京涛	青岛海洋地质研究所	末次冰消期以来南冲绳海槽表层水体温度变化，及其对南北半球气候的响应
S04-P-23	南青云	中国科学院海洋研究所	末冰期以来热带西太平洋暖池基于浮游有孔虫Mg/Ca温盐特征研究glacial
S04-P-24	戴璐	同济大学	深海孢粉证据揭示的末次冰消期晚期南海北部的强夏季风
S04-P-25S	杜江辉	北京大学	早更新世（2.4-1.7 Ma）太平洋深层水环流
S04-P-26S	张洪瑞	同济大学	亚洲季风强度控制的南海北部末次冰消期以来初级生产力的变化
S04-P-27	胡利民	国家海洋局第一海洋研究所	黄、东海沉积有机质的分布、来源与输运:大河输入与动力沉积体系的控制
S04-P-28S	庞晓雷	中国地质大学（北京）	东帝汶海160ka以来上层水体性质变化及其环境意义
S04-P-29	黄宝琦	北京大学	早第四纪西太平洋沉积物中底栖有孔虫Favocassidulina favus的分布及其意义
S04-P-30	肖文申	同济大学	末次冰期以来白令海东南部生产力变化
S04-P-32	石学法	国家海洋局第一海洋研究所	西北太平洋边缘海晚第四纪古海洋与古气候研究：进展与展望
S04-P-33S	党皓文	同济大学	岁差周期上赤道西太平洋的水文气候循环 ——与南北半球夏季风的对比
S04-P-34S	范维佳	同济大学	重建末次冰期以来印度尼西亚穿越流的变化
S04-P-35S	万随	同济大学	晚第四纪南海深层水温度与氧同位素变化
S04-P-36	高晶	中科院青藏高原研究所	青藏高原南部冰芯氧稳定同位素揭示的1970年代末大气环流的突然波动
专题五（展板） 深海遥感及中深层海洋对气候变化及气候断层的响应			
S05-P-01	孙诚	中国科学院大气物理研究所	南北半球海温偶极子型及其对热带降水的影响
S05-P-02S	肖瑞	内蒙古农业大学	内蒙古中西部地区近60年来降水分布特征及调控因素
S05-P-03	朱凤芹	广东海洋大学	海洋与气候
S05-P-04	林鹏飞	中国科学院大气所	CMIP5模式模拟的全球增暖停滞及增暖加速
S05-P-05	徐洪周	中国科学院三亚深海科学与工程研究所	南极底层水向西北太平洋输运研究
S05-P-06	刘汾汾	中山大学	南海北部中尺度涡对浮游植物的影响
专题六（展板） 南海珊瑚礁：从全球变化到油气勘探			
S06-P-01	王英辉	广西大学	北部湾珊瑚礁生态环境研究与趋向展望
S06-P-02	孟庆山	中国科学院武汉岩土力学研究所	珊瑚礁结构特征与整体稳定性分析
S06-P-03	王新志	中国科学院武汉岩土力学研究所	南海粗颗粒钙质土的剪切特性
S06-P-04	吕士展	中国科学院武汉岩土力学研究所	南海中北部珊瑚岛礁台风灾害分析及对策
S06-P-05	张会领	广东海洋大学	利用珊瑚生长率重建西沙海域中晚全新世海温变化
S06-P-06	丘耀文	中国科学院南海海洋研究所	大亚湾珊瑚礁生态系统中汞的含量

S06-P-07S	刘国辉	中国科学院南海海洋研究所	西沙永兴岛黑皮海绵共生菌多样性
S06-P-08	陈天然	中国科学院南海海洋研究所	南海北部亚热带滨珊瑚Sr/Ca温度计的建立
S06-P-09	李淑	中国科学院南海海洋研究所	南海美济礁白化滨珊瑚骨骼中的微量金属元素异常
S06-P-10S	冯英辞	中国科学院南海海洋研究所	西沙群岛海域生物礁发育特征反映的古海平面及构造运动
S06-P-11	王义重	中国科学院武汉岩土力学研究所	MICP技术研究现状与发展前景
S06-P-12S	许莉佳	中国科学院南海海洋研究所	珊瑚共生虫黄藻密度和实际光合效率的种间差异性研究
S06-P-13S	刘守金	中国科学院南海海洋研究所	西沙群岛珊瑚礁区潜在地质灾害及其发育规律探讨
S06-P-14	王英民	中国石油大学（北京）	南海西北部碳酸盐台地的地震识别及分类
S06-P-15S	张新元	中国科学院海洋研究所	西沙海区中新世生物礁发育特征与控制因素
S06-P-16	赵美霞	中国科学院南海海洋研究所	鹿回头块状滨珊瑚的年龄结构及其生态指示意义
S06-P-17	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海水pCO_2日变化和海-气界面通量
S06-P-18	余克服	中国科学院南海海洋研究所	南海珊瑚礁的资源国土功能与科学应用策略
S06-P-19S	田洁	中国科学院海洋研究所	南海西北陆坡区中新世碳酸盐台地周缘水道体系沉积特征及分布规律
S06-P-20	涂广红	广州海洋地质调查局	重磁资料在海域火成岩分布特征研究中的应用——以北黄海盆地为例
S06-P-21	冯常茂	广州海洋地质调查局	南海西沙海槽盆地含油气系统分析
S06-P-22	钱星	广州海洋地质调查局	南海北部双峰南陆坡早—中中新世沉积充填特征及其影响因素分析
S06-P-24	曹文志	厦门大学	华南部分珊瑚海区的营养盐和其来源特征
S06-P-25S	陈雪霏	中国科学院广州地球化学研究所	生物活动对珊瑚礁海水中微量元素及碳酸盐体系组成的控制
S06-P-26S	朱晓军	同济大学	泥质烃源岩比表面特征及影响因素探讨
S06-P-27S	李颖莉	同济大学	泥质烃源岩中＜2μm组分的热稳定性特征研究
S06-P-28S	杨振	中国科学院海洋研究所	西沙海区新近系碳酸盐台地的古地貌研究
专题七（展板） 海陆相互作用：海平面，气候与构造			
S07-P-01	吴立	安徽师范大学	上海地区中全新世环境演变及其对人类聚落分布的影响
S07-P-02	陈双喜	中国地质调查局武汉地质调查中心	现代珠江三角洲地区晚第四纪海侵的微体古生物记录
S07-P-04S	陈艇	华东师范大学	早期还原成岩作用对长江三角洲南部平原SL67孔潮滩沉积物磁性特征的影响
S07-P-05S	陈维	同济大学	洪季长江口径流量与近海海平面上升的响应关系
S07-P-06	常凤鸣	中国科学院海洋研究所	近24 ka BP冲绳海槽北部海平面和季风驱动的陆源物质输入变化
S07-P-07	张兆祎	河北省地质调查院	华北平原海侵区外晚更新世以来古季风环境效应

S07-P-08	辛晓歌	国家气候中心	交互集合耦合模式系统在海-气相互作用方面的应用研究
S07-P-09S	韩钦臣	上海师范大学	吕宋海峡120.5°E断面水交换的月际变化特征
S07-P-10S	苗安洋	中国海洋大学	闽浙沿岸泥质区南部岩心粒度对三峡大坝的可能响应
S07-P-11S	梁玉蕾	中国海洋大学	黄河尾闾变动研究进展与展望
S07-P-12	边叶萍	国家海洋局第二海洋研究所	西太平洋地区全新世植被演化及海陆气候记录对比
S07-P-13S	赵亚楠	中国石油大学（北京）	孟加拉扇若开海域陆架峡谷-深水扇体系层序地层划分及沉积响应过程
S07-P-15	范代读	同济大学	长江水下三角洲全新世高分辨率地层记录的古洪水活动规律
S07-P-16S	万海清	中国石油大学（北京）	南海北部珠江口盆地珠一坳陷中新统陆架砂脊沉积特征及成因分析
S07-P-17	张启锐	中国科学院地质与地球物理研究所	雪球地球事件与超大陆旋回的关系 ——以皖南南华纪裂谷地层厚度分析为例
S07-P-18	石正国	中国科学院地球环境研究所	蒙古高原隆升对亚洲气候演化的影响：和青藏高原的对比
S07-P-19S	邵明明	浙江大学	中国近海陆架波时空特征初探
S07-P-20	黄恩清	同济大学	南海间冰期碳酸盐稀释事件：季风降雨成因还是海平面上涨引发的沉积事件？
S07-P-21	孙丰瑞	华东有色地球化学勘查与海洋地质调查研究院	长江三角洲北翼第一层硬黏土展布及其古地理意义
S07-P-22	顾成林	佳木斯大学	海洋生态系统碳循环的生物地球化学过程研究进展
S07-P-23	舒军武	中国科学院南京地质古生物研究所	钱塘江潮水对新石器文化兴衰的影响及其与人类生存策略的关系
S07-P-24S	朱炯	上海师范大学	台风SAOMAI桑美(0608)过境时海温变化过程的研究
S07-P-25S	董良	同济大学	海平面变化以及海洋原位自生支链GDGTs对有机生标重建陆地温度及土壤pH的影响
S07-P-26	刘宪光	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	浅谈江苏沿海第四纪海侵事件与长江古河道变迁
S07-P-27S	葛黄敏	同济大学	脂类标记物记录的中国东海过去1.5万年以来的沉积环境演化
S07-P-28	郑妍	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	东海沉积物中磁性矿物的时间和空间变化特征及其指示意义
S07-P-29	劳金秀	中国地质调查局南京地质调查中心	晚更新世以来江苏泰州—镇江地区河流旋回与海面变化
S07-P-30	谢叶彩	广东省地质调查院	珠江口江门—南沙地区晚更新世以来的海侵层序
S07-P-32	韩建辉	成都理工大学	碳酸盐岩台地边缘相对海平面变化与层序界面
S07-P-33	李安春	青岛海洋地质研究所	东海陆架区海陆相互作用的沉积矿物学记录
S07-P-34	付淑清	广州地理研究所	珠江口早全新世环境演变过程
专题九（展板） 风化、气候与沉积			
S09-P-01S	孟先强	南京大学	黄土中痕量白云石的FTIR定量研究
S09-P-02S	赵云	同济大学	台湾浊水溪JRD-S钻孔沉积地球化学及源区化学风化特征分析

S09-P-03S	张轩	中国科学院地质与地球物理研究所	青藏高原东部雅砻江流域主要离子地球化学特征和风化速率
S09-P-04S	贺海波	华南师范大学	川东北楼房洞水体微量元素季节变化与控制机制
S09-P-05S	郭玉龙	同济大学	东海周边河流流域的化学风化作用——沉积物矿物学与元素地球化学证据
S09-P-06	郭艳微	同济大学	近百年来长江下游重金属元素的沉积记录及其对人类活动的响应
S09-P-07S	丁晓东	厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室	末次冰消期台湾南部湖泊沉积物木质素生物标志物记录
S09-P-08S	李涛	南京大学	上新世暖期东亚季风降水重建
S09-P-09S	李皎	中国科学院青藏高原研究所	柴达木盆地五条河流水化学特征分析
S09-P-10S	李石磊	南京大学	物理剥蚀造成的硅酸盐风化过程$^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值的升高及其与新生代海洋锶同位素演化的关系
S09-P-11	杨守业	同济大学	东亚大陆边缘河流沉积物的源汇过程与环境示踪
S09-P-14	吴福莉	中国科学院青藏高原研究所	天水盆地喇嘛山组孢粉记录的晚上新世生态环境变化特征
S09-P-15S	鲍睿	南京大学	蜗牛Achatina cf. fulica壳体$\delta^{13}C$的实验研究及其环境意义
S09-P-16S	李兴文	中国科学院地球环境研究所	兰州盆地始新世至早中新世地层年代及构造和环境意义
S09-P-17	汪建君	国家海洋局第三海洋研究所	过去350年来台湾海峡古洪水记录恢复及气候背景讨论
S09-P-18S	米小建	华南师范大学	川东北地区MIS9阶段高分辨率气候记录
S09-P-19S	吴家望	荷兰乌特列支大学	全新世地中海高分辨率腐泥层记录
S09-P-20S	毕磊	同济大学	河流粘土沉积地球化学特征对中国流域典型风化机制的揭示
S09-P-21S	赵童	中国科学院地质与地球物理研究所	利用宇宙成因核素研究巴丹吉林沙漠岩石剥蚀速率和暴露年龄
S09-P-22	窦衍光	青岛海洋地质研究所	28 ka以来冲绳海槽南部沉积物源汇过程与底层水氧化还原状况演化:海平面和黑潮变化的区域响应
S09-P-24	肖国桥	中国地质大学（武汉）	黄土高原粉尘物源的时空变化
S09-P-25S	王志兵	中国科学院广州地球化学研究所	西江河水钼同位素季节性变化特征及其控制因素
S09-P-26	郑妍	中国科学院古脊椎动物与古人类研究所	150年以来长江下游环境和气候演化——来自扬中雷公嘴江心洲的环境磁学记录
S09-P-27S	张乐健	同济大学	椒江流域沉积物与悬浮物元素特征及分析
S09-P-29S	张鹏	中国科学院地球环境研究所	青藏高原东北缘兰州盆地始新世至早中新世河湖相地层磁化率各向异性分析及其构造意义
专题十（展板） 海洋碳循环与碳汇：现代过程与地质演变			
S10-P-01S	王映辉	北京大学	黄河河口表层沉积物中木质素特征的研究
S10-P-02S	陈雨霏	同济大学	过去6300年以来古水稻土壤中古菌四醚膜脂化合物组成变化
S10-P-03S	马岑玲	同济大学	崇明岛土壤中古菌膜脂化合物及基因丰度变化对含水率的响应
S10-P-04S	张鑫雨	北京大学	冲绳海槽中芘的来源与分布形式研究

S10-P-05S	郑峰峰	同济大学	电导率对黄河下游流域土壤四醚膜脂化合物分布的影响
S10-P-06S	陈松泽	同济大学	珠江口甲烷氧化菌群的丰度随盐度梯度的变化及生态功能意义
S10-P-07S	刘犟嗣	中国地质大学（武汉）	碳—氮同位素组成对泥盆纪-石炭纪之交生物大灭绝事件的响应
S10-P-08S	任睿	厦门大学	氮、磷元素对于海洋好氧不产氧光合细菌Dinoroseobacter shibae代谢葡萄糖的影响
S10-P-09	王鹏	同济大学	南海沉积物细菌群落空间分布受深部沉积过程的影响
S10-P-10S	陈云如	同济大学	东赤道太平洋U1337站位年龄模式建立
S10-P-11	汤凯	厦门大学	海洋微型生物的碳水化合物活性酶基因比较研究
S10-P-12	马文涛	同济大学	溶解有机碳和微生物生物群落对营养盐添加的模拟响应
S10-P-13S	冯振兴	南京大学	苏北盐沼有机碳含量对互花米草生物量变化的动态响应
S10-P-14	张永雨	中国科学院青岛生物能源与过程研究所	溶藻细菌在海洋碳循环中的作用不可小觑
S10-P-15	姚鹏	中国海洋大学	东海陆架沉积有机碳的来源、分布和成岩状态
S10-P-16S	张静静	国家海洋局第二海洋研究所	南海北部海盆中深层颗粒有机碳矿化及其对营养盐现存量的贡献
S10-P-17S	韦海伦	同济大学	东海沉积物有机质屑的特征和分布及其研究意义
S10-P-18S	曾翔	同济大学	对沙河街组海绵状无定形体的初步研究
S10-P-19	徐大鹏	厦门大学	放射虫类群主导南海深海原生生物群落
S10-P-20S	李栋	中国海洋大学	两百年来东海内陆架泥质区沉积有机碳输入的历史变化
S10-P-21S	王金鹏	中国海洋大学	长江口—浙闽沿岸沉积有积碳的水动力分选
S10-P-22S	郑丽端	中国地质大学（武汉）	我国东部季风区泥炭地植物正构烷烃和正构脂肪醇分布特征及其古环境意义
S10-P-23S	李芙嫣	同济大学	西藏热泉中支链四醚膜脂化合物的产生与分布与嗜热亚硝酸还原细菌之间的潜在联系
S10-P-24	方家松	同济大学/美国夏威夷太平洋大学	南海海水溶解有机碳(DOM)的分子结构特征
S10-P-25S	李骞	厦门大学	南海北部海盆及陆架区表层海水二氧化碳分压及海气界面二氧化碳通量的区域及季节变化
S10-P-26S	王金祥	美国佐治亚大学	珠江下游及珠江口表层水甲烷分布与通量:水体中古菌可能参与的甲烷生成
S10-P-27	杨楚鹏	广州海洋地质调查局	末次冰期以来南海北部下陆坡区沉积有机质地球化学特征及其指示意义
专题口头报告 14:00-15:30			
分会场 5 (光大 1)			
专题四 高低纬度气候环境的相互作用(三) 主持人: 翦知湣、李铁刚、石学法			
14:00-14:15	王汝建	同济大学	S04-O-11 北冰洋中部门捷列夫-阿尔法脊晚第四纪的陆源沉积记录
14:15-14:30	邹建军	国家海洋局第一海洋研究所	S04-O-12 末次冰期以来日本海南部郁陵盆地表层海水温度及有机质来源演化

14:30-14:45	张强	中国科学院南海海洋研究所	S04-O-13S 白令海南部上新世以来的古生产力变化：来自IODP U1340井位的生物硅记录
14:45-15:00	阮佳萍	北京大学	S04-O-14S 应用生物标志物IP25重建白令海北部12,000年以来的海冰变化
15:00-15:15	黄涛	中国科学技术大学	S04-O-15 晚全新世东南极企鹅生态记录与气候海冰变化的关联
15:15-15:30	专题讨论		
分会场 1 (光大 8)			
专题九 风化、气候与沉积(三) 主持人: 杨守业			
14:00-14:20	李高军	南京大学	S09-O-12 玄武岩风化受温度单独控制？(**邀请报告**)
14:20-14:35	王乃昂	兰州大学	S09-O-13 高湖面维持沙漠文明——巴丹吉林沙漠与地球系统科学
14:35-14:50	张文防	南京大学	S09-O-14S 第四纪以来黄土高原粉尘物源演化—Sr同位素证据
14:50-15:05	印萍	青岛海洋地质研究所	S09-O-15 长江口全新世中晚期古低氧事件有孔虫记录研究
15:05-15:20	武瑶	中国科学院地质与地球物理研究所	S09-O-16S 中国南北方大气降水化学组分对比研究
15:20-15:35	苏妮	同济大学	S09-O-17 中国亚热带流域不同岩浆岩风化剖面风化特征研究
分会场 2 (光大 10)			
专题十：海洋碳循环与碳汇：现代过程与地质演变(三) 主持人: 焦念志、张传伦、谢树成			
14:00-14:20	张传伦	同济大学	S10-O-11 珠江下游至南海北部水体中古菌的分布及其生态功能多样性对环境变化的响应
14:20-14:40	黄永松	美国布朗大学	S10-O-12 长链烷基酮和四醚类脂分析方法进展(**邀请报告**)
14:40-14:55	江宗培	浙江大学	S10-O-13 热带与亚热带海洋表层海水中碱度的变化及其与盐度的关系
14:55-15:10	王德利	厦门大学	S10-O-14 近岸水体元素钼的生物泵去除机制研究
15:10-15:25	吴自军	同济大学	S10-O-15 南海北部湾沉积物早期成岩作用及溶解无机碳(DIC)循环
15:25-15:40	张江勇	广州海洋地质调查局	S10-O-16 南海北部下陆坡至深海平原碳酸钙溶解作用及碳酸钙补偿深度环境中保存的钙质组分
分会场 4 (光大 9)			
专题七：海陆相互作用：海平面，气候与构造(二) 主持人: 刘健、王强			
14:00-14:15	王张华	华东师范大学	S07-O-07 长江口早全新世海平面快速上升及河口演变对海平面和古地形的响应
14:15-14:30	黎刚	中国科学院南海海洋研究所	S07-O-08 末次盛冰期以来南海西北大陆架沉积演化过程–基于物源和沉积层序研究
14:30-14:45	王中波	青岛海洋地质研究所	S07-O-09 东海外陆架MIS5以来的沉积地层及物源示踪

14:45-15:00	姚政权	国家海洋局第一海洋研究所	S07-O-10 渤海BH08钻孔磁性地层、天文年代标尺的建立与古环境意义
15:00-15:15	刘健	青岛海洋地质研究所	S07-O-11 黄河三角洲YRD-1101孔沉积相序及古环境意义
15:15-15:35	王强	天津地质矿产研究所	S07-O-12 中国东部沿海平原及近海差异构造沉降、堆积过程与对比 **(邀请报告)**
分会场 3 (光大 7)			
专题十四：地球深部过程(一) 主持人: 宋晓东			
14:00-14:05	专题介绍		
14:05-14:25	金振民	中国地质大学（武汉）	S14-O-01 西太平洋俯冲带滞留板块的物质组成及其动力学意义 **(邀请报告)**
14:25-14:40	吴忠庆	中国科学技术大学	S14-O-02 下地幔铁方镁石自旋转变可观测吗？
14:40-14:55	刘焰	中国地质科学院地质研究所	S14-O-03 俯冲洋壳的命运与启示：以西藏榴辉岩为例
14:55-15:10	熊志华	北京大学	S14-O-04S 镁硅钙石的高温高压研究
15:10-15:25	杨晓志	南京大学	S14-O-05 还原态的早期陆壳及其指示意义
15:25-15:40	欧阳龙斌	中国地质大学（北京）	S14-O-06S 利用背景噪声和双平面波层析成像联合反演长江中下游地区地壳和上地幔速度结构
15:30-15:50	茶 歇		
大会特邀报告 15:50-17:50			
主会场 (宴会厅)			
15:50-16:20	戴民汉	厦门大学	P-05 解析边缘海CO_2通量及其调控机理
16:20-16:50	徐义刚	中国科学院广州地球化学研究所	P-06 大火成岩省与地幔柱研究
16:50-17:20	钟时杰	美国科罗拉多大学	P-07 地幔对流对地球与行星大尺度时空演化的控制作用
17:20-17:50	李春峰	同济大学	P-08 南海大洋岩石圈演化与沉积环境变迁——IODP 349航次新成果
研究计划介绍 19:00-21:00 地点: 主会场 (宴会厅)			
柴育成：国家自然科学基金（NSFC）“十三·五”地学发展战略思考			
刘裕生：地史时期地球—生命系统转变研究：美国科学基金会地球科学部的新资助项目简介			
李廷栋：中国岩石圈研究进展			
周怀阳、翁正平：“蛟龙”号载人潜器应用性试验进展介绍			
7月4日 上午			
专题口头报告 8:30-11:50			
分会场 1 (光大 8)			
专题十三：比较行星学(一) 主持人: 钟时杰、肖龙			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:50	李一良	香港大学	S13-O-01 天体生物学
8:50-9:05	胡永云	北京大学	S13-O-02 红矮星宜居带内潮汐锁相行星的宜居性

9:05-9:20	王玉玮	北京大学	S13-O-03S 红矮星周围离心轨道的可适宜居住行星的不同气候模态
9:20-9:35	崔夺	清华大学	S13-O-04S 宜居系外行星的植物分布与观测
9:35-9:50	田丰	清华大学	S13-O-05 宜居系外行星的水含量
9:50-10:05	潘路	美国加州理工学院	S13-O-06S 火星北部平原区含水硅酸盐矿物的发现及意义
10:05-10:20	茶 歇		
专题十三：比较行星学(二) 主持人: 胡永云			
10:20-10:35	程子烨	中国地质大学（武汉）	S13-O-07S 火星——Atacama沙漠Salar Grande盆地的沉积及有机物记录
10:35-10:50	赵金锦	清华大学	S13-O-08 早期火星大气氧原子的光化学逃逸
10:50-11:10	Showman Adam	美国亚利桑那大学	S13-O-09 太阳系的巨行星 **(邀请报告)**
11:10-11:30	肖龙	中国地质大学（武汉）	S13-O-10 嫦娥三号着陆区地质及玉兔的足迹 **(邀请报告)**
11:30-11:50	专题讨论		
分会场 3 (光大 7)			
专题十二 深海洋中脊与海沟的地质、流体和生命过程(一) 主持人: 林间、王克林			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:50	林间	美国伍兹霍尔海洋研究所	S12-O-01 极地海洋的大洋中脊科学研究
8:50-9:05	张涛	国家海洋局第二海洋研究所	S12-O-02 大洋中脊的非对称地壳增生随岩浆量的变化：以北冰洋Mohns洋中脊为例
9:05-9:20	李伟	中国地质大学（武汉）	S12-O-03S 西南印度洋中脊(49.5°E)地幔熔融过程和岩浆演化：来自橄榄石和熔体包裹体的证据
9:20-9:35	杨阳	中国科学院广州地球化学研究所	S12-O-04 西南印度洋脊玄武岩的Os同位素组成：对超慢速扩张洋脊岩石圈结构的响应
9:35-9:50	邱燕	广州海洋地质调查局	S12-O-05 南海中央海盆陆洋转换带
9:50-10:05	林荣澄	国家海洋局第三海洋研究所	S12-O-06 西南印度洋中脊热液调查区底栖动物研究简述
10:05-10:20	茶 歇		
专题十二 深海洋中脊与海沟的地质、流体和生命过程(二) 主持人: 林间、王克林			
10:20-10:35	张国良	中国科学院海洋研究所	S12-O-07 南太平洋极薄沉积覆盖区流体活动与基底玄武岩蚀变
10:35-10:50	林晓光	中国科学院大学	S12-O-08S 地形效应和局部地质构造对计算同震形变的影响——以2011年日本东北大地震(Mw9.0)为例
10:50-11:05	张帆	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-09S 海洋板块在马里亚纳与马尼拉海沟受挤压后的弹性弯曲形变
11:05-11:20	周志远	同济大学	S12-O-10S 马里亚纳海沟俯冲板块上的正断层的产生：板块弯曲与重力滑动共同引导的结果
11:20-11:35	罗青	中国科学院海洋研究所	S12-O-11S 大洋岛弧火山岩地球化学特征对俯冲带过程的响应

11:35-11:50	杨小秋	中国科学院南海海洋研究所	S12-O-12 断层发震时应力释放的温度响应—以集集、汶川及Tohoku-Oki地震为例
分会场 2 (光大 10)			
专题十六：海底与海水的物质交换(一) 主持人: 吴能友、陈多福			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	冯东	中国科学院南海海洋研究所	S16-O-01 海底冷泉碳酸盐岩年代学：方法比较与结果对比 (**邀请报告**)
8:55-9:10	胡钰	中国科学院广州地球化学研究所	S16-O-02S 南海东沙东北部沉积物孔隙水地球化学特征：甲烷缺氧氧化作用及其对氧化还原敏感元素的影响
9:10-9:25	陈江欣	中国科学院地质与地球物理研究所	S16-O-03S 中建南盆地海底泥火山（底辟）与穹窿构造分析
9:25-9:40	孙启良	中国科学院海洋研究所	S16-O-04 南海北部深水区聚集型流体活动系统的地球物理响应
9:40-9:55	刘伯然	中国科学院地质与地球物理研究所	S16-O-05S 南海东北部陆坡冷泉系统的浅层剖面研究
9:55-10:00	专题讨论		
10:00-10:20	茶 歇		
专题十六：海底与海水的物质交换(二) 主持人: 吴能友、陈多福			
10:20-10:35	吴能友	中国科学院广州能源研究所	S16-O-06 运聚体系——水合物油气系统的血液和骨骼
10:35-10:50	苏明	中国科学院广州能源研究所	S16-O-07 侵蚀—沉积作用对南海北部陆坡区神狐海域天然气水合物聚集和分布的影响
10:50-11:05	曹运诚	中国科学院南海海洋研究所	S16-O-08 沉积速率对水合物成藏影响数值模拟研究
11:05-11:20	刘晨晖	南京大学	S16-O-09S 海洋沉积铁、硫组分化学提取方法研究进展和改进
11:20-11:35	梁帅	中国科学院广州能源研究所	S16-O-10 天然气水合物形成和生长的分子动力学模拟
11:35-11:50	专题讨论		
分会场 5 (光大 1)			
专题十八：从西太平洋与青藏高原看亚洲的构造演化(一) 主持人: 赵西西、黄奇瑜			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	林为人	日本海洋研究开发机构	S18-O-01 日本2011年9级大地震快速反应深海科学钻的应力测量结果及其意义 (**邀请报告**)
8:55-9:10	李学杰	广州海洋地质调查局	S18-O-02 新生代西太平洋边缘构造演化与南海形成
9:10-9:25	王英民	中国石油大学（北京）	S18-O-03 从孟加拉扇演化看青藏高原隆升,再看南海海盆演化
9:25-9:40	刘池阳	西北大学	S18-O-04 东海陆架盆地原盆面貌及其盆地类型
9:40-9:55	黄奇瑜	中国科学院广州地球化学研究所	S18-O-05 台湾东部活跃弧陆碰撞过程中弧前盆地动态沉积及形成现代弧前碰撞混杂岩对弧前背逆冲构造的响应
9:55-10:00	专题讨论		
10:00-10:20	茶 歇		

专题十八：从西太平洋与青藏高原看亚洲的构造演化(二)　主持人: 赵西西、黄奇瑜			
10:20-10:40	李锦轶	中国地质科学院地质研究所	S18-O-06　中国大陆主要变形系统 **(邀请报告)**
10:40-10:55	葛肖虹	吉林大学	S18-O-07　中国大陆构造格架的形成与演化
10:55-11:10	胡修棉	南京大学	S18-O-08　横过雅鲁藏布缝合带的沉积盆地演化：从特提斯俯冲到印亚大陆碰撞
11:10-11:25	丁继凯	中国地质大学（北京）	S18-O-10S　青藏高原渐新世康托组红层古地磁结果及其大地构造意义
11:25-11:40	李尚林	中国地质调查局西安地质调查中心	S18-O-11　藏北巴青县江绵一带上三叠统沉积特征及其意义
11:40-11:55	专题讨论		
分会场 4　(光大 9)			
专题十九：南海深部结构与成因(一)　主持人: 丘学林			
8:30-8:35	专题介绍		
8:35-8:55	李家彪	国家海洋局第二海洋研究所	S19-O-01　东亚大陆边缘的俯冲构造动力学与边缘海演化 **(邀请报告)**
8:55-9:15	赵明辉	中国科学院南海海洋研究所	S19-O-02　南海东部马尼拉海沟俯冲带(20°N)深部探测的重要科学意义 **(邀请报告)**
9:15-9:30	阮爱国	国家海洋局第二海洋研究所	S19-O-03　海底广角地震剖面揭示的南海地壳结构特点及存在的问题
9:30-9:45	吕川川	中国科学院地质与地球物理研究所	S19-O-04　南海西南次海盆及其陆缘从大陆张裂到海底扩张演化的综合地球物理研究
9:45-10:00	张鑫	中国科学院海洋研究所	S19-O-05　基于“发现”号ROV对冲绳海槽热液区和南海冷泉区的原位探测研究
10:00-10:20	茶　歇		
专题十九：南海深部结构与成因(二)　主持人: 阮爱国			
10:20-10:40	许长海	同济大学	S19-O-06　南海北部火山岩锆石U-Pb年龄及其意义 **(邀请报告)**
10:40-11:00	张健	中国科学院大学	S19-O-07　针对海南地幔柱对南海岩浆活动约束的初步热模拟
11:00-11:15	丁巍伟	国家海洋局第二海洋研究所	S19-O-08　南海礼乐滩区渐新世—中新世碳酸盐沉积及构造与沉积指示
11:15-11:30	许鹤华	中国科学院南海海洋研究所	S19-O-09　南海扩张过程中动力学机制的数值模拟研究
11:30-11:50	专题讨论		
12:00-13:00	午　餐		
7月4日　下午			
展板交流　12:40-14:00			
专题十一（展板）　深部生物圈：从种类、生理到地球化学功能			
S11-P-01S	郑艳玲	华东师范大学	潮滩湿地厌氧氨氧化活性研究
S11-P-02S	王龙	中国海洋大学	南极菲尔德斯半岛潮间带沉积物微生物群落结构及其对复杂环境的响应

S11-P-04S	陈萍	中国科学院微生物研究所	西南印度洋深海原核微生物及放线菌群落结构和生态功能研究
S11-P-05S	刘浩东	同济大学	南海北部水柱中氨氧化细菌和古菌基因丰度的变化及对海洋水团变化的响应
S11-P-06S	吴伟艳	同济大学	热泉中古菌脂类分布的地理特征及pH限定下的温度影响
S11-P-07	刘喜朋	上海交通大学	深部生物圈、生命起源和适应性进化：生化和结构生物学启示
S11-P-08S	程宏伟	同济大学	冲绳海槽中部过去16,000年以来有机温度指标的应用对于重建黑潮强度的指示意义
S11-P-09S	余甜甜	上海交通大学	一株分离自海洋沉积物的自养氨氧化细菌——Marinobacter sp.
S11-P-10	王风平	上海交通大学	“深古菌”门古菌的生物地球化学功能探讨
S11-P-11	王风平	上海交通大学	大西洋中脊西侧翼微生物群体含有活跃的铁氧化细菌
S11-P-12	李江涛	同济大学	西南印度洋洋中脊热液羽流的微生物分布特征
S11-P-13S	闫文凯	上海交通大学	东南极冰川下沉积物中受升温和添加氢气刺激的产甲烷菌活性研究
S11-P-14	管红香	中国科学院广州能源所	南海冷泉活动区碳酸盐岩的生物地球化学研究
专题十二（展板） 深海洋中脊与海沟的地质、流体和生命过程			
S12-P-01	王婷婷	同济大学	北大西洋24° -27°10'N 地壳厚度的时空分布研究
S12-P-02	韩喜彬	国家海洋局第二海洋研究所	阴阳太极思维与地球系统科学关系的初探
S12-P-03	刘镇盛	国家海洋局第二海洋研究所	西南印度洋热液口区浮游动物多样性研究
S12-P-04	汤民强	国家海洋局南海分局	沿日本、菲律宾和马里亚纳海沟的俯冲板弯曲变化特征
S12-P-05	廖远涛	中国地质大学（武汉）	东太平洋Cocos洋脊上晚中新世以来沉积过程研究
专题十三（展板） 比较行星学			
S13-P-01S	姜沣洋	北京大学	关于潮汐锁定行星陆地分布对洋流热量输送的影响的研究
S13-P-02	钟时杰	科罗拉多大学	利用GRAIL Love数确定月球地幔大尺度弹性结构
S13-P-03S	张程	北京大学	对潮汐锁定行星背阳面冰川厚度的研究
S13-P-04S	乐天昊	北京大学	太阳系外行星宜居性研究
S13-P-05S	吴兆朋	中国科学技术大学	基于MRO卫星数据和MCD模式数据对火星中层大气温度潮汐波变化和极区温度反转现象的研究
S13-P-06S	高知方	美国加州理工学院	金星硫酸云模拟
专题十四（展板） 地球深部过程			
S14-P-01	胡海英	中国科学院地球化学研究所	高温高压下碱性长石电导率的实验研究
S14-P-02S	黄川	中国科学技术大学	铁方镁石的自旋转变决定着下地幔超级地幔柱的结构
S14-P-03S	王霏	北京大学	橄榄石在高温高压下含水量的研究
S14-P-04S	徐弥坚	南京大学	利用地震学方法研究青藏高原东南缘的地壳结构
S14-P-05S	黄荣	中国地质大学（武汉）	中国大陆东南部地幔转换带结构及其对太平洋滞留

S14-P-07	尚尊洧	铁岭长天机电有限责任公司	浅谈空心地球的诞生和相关证据
S14-P-08S	黄鹏辉	中国地质大学（北京）	西准噶尔成矿带晚古生代花岗岩类岩浆活动及其构造
S14-P-09	高红芳	广州海洋地质调查局	南海海盆岩浆底辟作用及其地质意义
S14-P-10S	宗统	中国海洋大学	冲绳海槽岩浆作用的区域性差异分析
S14-P-11	陈林	中国科学院地质与地球物理研究所	青藏高原侧向生长的三维动力学数值模拟
专题十五（展板） 现代海底金属成矿及其古今对比			
S15-P-01	任江波	广州海洋地质调查局	大洋中脊热液硫化物热液通道：拆离断层
S15-P-02	任江波	广州海洋地质调查局	西南印度洋脊热液产物中金属元素地球化学组成及分布研究
S15-P-03S	陈升	吉林大学/国家海洋局第二海洋研究所	基于GIS的海底多金属硫化物资源评价方法研究
S15-P-04S	任梦依	中国地质大学（北京）	海底多金属硫化物资源定量预测评价流程方法研究
S15-P-05	章伟艳	国家海洋局第二海洋研究所	西南印度洋合同区典型海底热液硫化物品位特征
S15-P-06	赵宏樵	国家海洋局第二海洋研究所	西南印度洋脊热液产物中金属元素地球化学组成及分布研究
S15-P-07	王虎	同济大学	西南印度洋洋脊49.6°E热液羽流地球化学特征
S15-P-08S	李丽	中南大学	海洋钴结壳瞬变电磁探测技术研究
S15-P-09	韩沉花	国家海洋局第二海洋研究所	海底多金属硫化物矿的沉积物地球化学找矿方法研究初探
S15-P-10	韩沉花	国家海洋局第二海洋研究所	西南印度洋脊49.6°E热液区热液产物和玄武岩的地球化学特征
S15-P-11S	李洪林	北京大学	慢速扩张洋中脊热液成矿的洋陆对比及印度洋盆大地构造（矿产资源）编图研究
S15-P-12S	李瑞雪	中南大学	深海热液硫化物矿瞬变电磁响应三维正演模拟
S15-P-13S	周胜	中南大学	MTEM-08深海拖曳式瞬变电磁系统
专题十六（展板） 海底与海水的物质交换			
S16-P-01	杨睿	中国科学院广州能源研究所	神狐天然气水合物钻探区SH5站位水合物稳定带底界计算与钻探结果对比分析
S16-P-02S	乔少华	中国科学院广州能源研究所	迁移过程中烃类气体的变化及其对天然气水合物气源判定的影响
S16-P-03	陈端新	中国科学院海洋研究所	碳酸盐岩溶蚀垮塌与东沙运动
S16-P-04S	黄丽	中国科学院广州能源研究所	不同储集岩中天然气水合物产气潜力评价
S16-P-05S	张必东	中国科学院广州能源研究所	973-4站位高分辨率有孔虫碳氧同位素记录对南海北部冷泉区甲烷渗漏和古海洋的指示
S16-P-06S	耿明会	中国科学院地质与地球物理研究所	南海西部中建南盆地麻坑与冲沟研究
S16-P-07S	王钦贤	中国科学院广州地球化学研究所	台湾国姓地区冷泉碳酸盐岩岩石学及地球化学特征
S16-P-08S	刘颖	国家海洋局第二海洋研究所	苏北浅滩钙结核的特征及其环境指示意义
S16-P-09	郑国东	中国科学院兰州油气资源研究中心	南中国海北部海区与天然气水合物相关联沉积物的硫元素化学种

S16-P-10	邸鹏飞	中国科学院南海海洋研究所	南海北部莺歌海岭头岬烃类气体渗漏系统流体活动特征
S16-P-11	张辉	中国科学院广州能源研究所	海底冷泉渗漏系统的分布及其控制因素
S16-P-13S	胡钰	中国科学院广州地球化学研究所	南海西沙和东沙海底冷泉区生物地球化学反应速率及CH4和DIC在海底界面通量
S16-P-14S	李牛	中国科学院广州地球化学研究所	南海北部陆坡东沙海域沉积物中甲烷缺氧氧化作用的地球化学证据
专题十七（展板） 海洋科学研究的新手段：先进技术和大数据管理			
S17-P-01	陆慧敏	九州工业大学	深海观测系统的视频大数据并行处理
S17-P-02	余星	国家海洋局第二海洋研究所	海底岩石地球化学研究中的“大数据”工具 - PetDB
S17-P-03	欧阳威	中国科学院测量与地球物理研究所	直接非线性逆散射成像反演方法研究初探
S17-P-04	杨永	广州海洋地质调查局	太平洋海山声学底质分类研究
S17-P-05	王卷乐	中国科学院地理科学与资源研究所	国家地球系统科学数据共享平台数据分类与编码研究
S17-P-06	廖聪云	广东海洋大学	EdgeTech 4100P侧扫声呐系统及海上应用
S17-P-07	祁雅莉	广东海洋大学	SES-2000 Compact浅地层剖面仪探测综述
S17-P-08	郭黛黛	中国科学院广州能源研究所	海域天然气水合物资源勘查综合技术研究
S17-P-09	张文涛	中国科学院	基于光纤激光器的海底地震仪研制
S17-P-10	于新生	中国海洋大学	深海自主升降式底栖化学通量原位观测站的研究进展
S17-P-11	俞建成	中国科学院沈阳自动化研究所	电能深海滑翔机研制与南海试验
专题十八（展板） 从西太平洋与青藏高原看亚洲的构造演化			
S18-P-01	赵西西	同济大学	越南北部晚中新世沉积岩层的古地磁结果及其构造意义
S18-P-02	黄奇瑜	中国科学院广州地球化学研究所	加瓜海脊海洋地质初步研究: 花东海盆或西菲律宾海?为何于早中新世/晚渐新世呈现大规模下陷(~2000公尺)
S18-P-03	张翠梅	中国科学院南海海洋研究所	南海北部转换陆缘和被动陆缘背景下反转构造对比
S18-P-04	李前裕	同济大学	南海在33Ma前开始扩张的生物地层记录
S18-P-05S	余梦明	中国科学院广州地球化学研究所	花东海盆洋壳火山岩地球化学特征及其与菲律宾吕宋岛Isabela蛇绿岩的关系初探
S18-P-06	密文天	内蒙古工业大学矿业学院	西藏尼玛盆地北部坳陷古近系碎屑锆石LA -ICP-MS U-Pb年代学及其构造意义
S18-P-07S	Bhupati Neupane	中国科学院大学	青藏高原与尼泊尔喜马拉雅前陆盆地构造演化及其能源形成重要性意义研究综述
S18-P-08S	陈文煌	中国科学院广州地球化学研究所	海岸山脉南段东—西向剖面利吉混杂岩—泰源残留弧前层序时空差异：台湾斜向活跃弧陆碰撞弧前盆地构造与沉积特征
S18-P-09	李亚林	中国地质大学（北京）	青藏高原新生代构造变形与高原生长
S18-P-10	刘本培	中国地质大学	生物向光性与板块旋转探讨

专题十九（展板） 南海深部结构与成因			
S19-P-01	丘学林	中国科学院南海海洋研究所	南海西北部地壳深部结构特征与构造意义
S19-P-02S	宋陶然	同济大学	南海西南次海盆从张裂到漂移的转换
S19-P-03S	谢小玲	中国科学院南海海洋研究所	海底地震仪在南海东北部地震重定位中的作用
S19-P-04S	尤龙	吉林大学地球科学学院	越南Song Da带前新生界及莺歌海盆地前新生代基底特征研究
S19-P-05	徐子英	广州海洋地质调查局	中沙海台南部断裂发育特征及其构造样式
S19-P-06S	Le BaManh	同济大学	瑞雷面波在南海中央海盆传播的频散特征及其岩石圈结构反演的初步结果
S19-P-07	吴招才	国家海洋局第二海洋研究所	南海海盆区莫霍面分布特征
S19-P-08	雷超	中国地质大学（武汉）	南海北部陆缘大型拆离断层及其对深水盆地发育的控制
S19-P-09	邱宁	中国科学院南海海洋研究所	南海北部珠江口盆地深水区地壳综合地球物理分析
S19-P-10S	陈宏言	中国海洋大学	琼东南盆地构造演化特征分析及其油气勘探意义
S19-P-11S	万奎元	中国科学院南海海洋研	南海东北部台湾浅滩海域的深部地壳结构
S19-P-12S	曹敬贺	中国科学院南海海洋研究所	南海北部珠江口海域滨海断裂带的地震学特征研究
S19-P-13S	高金尉	中国科学院海洋研究所	南海中北部洋陆转换带
S19-P-14S	刘伟男	同济大学	巴拉望—苏禄海地区的深部结构及对南海扩张的影响
专题口头报告 14:00-15:30			
分会场 1 (光大 8)			
专题十三：比较行星学(三) 主持人: 田丰/Adam			
14:00-14:15	黄金水	中国科学技术大学	S13-O-11 金星的重力场与地壳厚度
14:15-14:30	李陶	中国科学技术大学	S13-O-12 火星赤道地区大气水冰云的半年变化的观测
14:30-14:45	李成	美国加州理工学院	S13-O-13S 2010年土星飓风模拟
14:45-15:00	张曦	美国亚利桑那大学	S13-O-14 褐矮星的大气动力学
15:00-15:15	闻新宇	北京大学	S13-O-15 使用浅水模式模拟木星大气的大红斑
15:15-15:30	专题讨论		
分会场 2 (光大 10)			
专题十：海洋碳循环与碳汇：现代过程与地质演变(四) 主持人: 焦念志、张传伦、谢树成			
14:00-14:15	黄春菊	中国地质大学（武汉）	S10-O-17 全球碳循环与全球变暖
14:15-14:30	吕晓霞	中国地质大学（武汉）	S10-O-18 中国近海羟基化类异戊二烯结构四醚膜脂(OH-GDGTs)的分布及其作为中低纬度边缘海古气候指标的研究
14:30-14:45	冉莉华	国家海洋局第二海洋研究所	S10-O-19 南海沉积物捕获器硅藻记录对南海古海洋环境研究的指示意义
14:45-15:00	刘丽华	中国科学院广州能源研究所	S10-O-20 南海北部陆坡早期成岩作用模拟研究

15:00-15:15	薛建涛	中国地质大学（武汉）	S10-O-21S 泥炭地现代植物叶蜡单体氢同位素的季节性变化特征及对泥炭沉积记录的启示
15:15-15:30	专题讨论		
分会场 5 (光大 1)			
专题十八：从西太平洋与青藏高原看亚洲的构造演化(三) 主持人: 赵西西、黄奇瑜			
14:00-14:15	李永祥	南京大学	S18-O-12 磁组构在识别沉积岩磁倾角浅化中的应用
14:15-14:30	张新昌	中国科学院广州地球化学研究所	S18-O-13S 台湾南部恒春半岛中新世增生楔中垦丁混杂岩的成因机制及构造意义
14:30-14:45	谌微微	中国地质大学（北京）	S18-O-14S 羌塘地块白垩纪火山岩和红层古地磁学和年代学新结果及其大地构造意义
14:45-15:00	郑丹	中国地质大学（北京）	S18-O-15S 利用远震P波接收函数、背景噪声面波层析成像、双平面波干涉法联合反演青藏高原东北缘三维S波速度结构
15:00-15:15	安慰	南京大学	S18-O-16S 藏南日喀则弧前盆地再论：物源区变化和日喀则蛇绿岩的起源
15:15-15:30	王博	南京大学	S18-O-17 大陆边缘演化与增生造山作用
分会场 4 (光大 9)			
专题十一：深部生物圈：从种类、生理到地球化学功能 主持人: 王风平、张传伦、方家松			
14:00-14:05	专题介绍		
14:05-14:25	张玉忠	山东大学	S11-O-01 南海深海细菌HSL家族GTSAGmotif亚家族的一种新型酯酶二聚体化及其催化酯类有机碳降解的结构基础 (**邀请报告**)
14:25-14:40	张晓华	中国海洋大学	S11-O-02 典型海域微生物群落结构及其生物地球化学意义
14:40-14:55	何莹	上海交通大学	S11-O-03 环境转录组和基因组揭示了来自深海瓜伊马斯热液环境的烟囱体内存在“加强”了的蛋白代谢和转录调控Guaymas Basin
14:55-15:10	林巍	中国科学院地质与地球物理研究所	S11-O-04 铁元素循环的微生物调控过程与机制——以趋磁细菌为例
15:10-15:25	张更新	中科院青藏高原研究所	S11-O-05 地下深部生物圈特征——以东海超深钻为例
15:25-15:40	罗海伟	美国佐治亚大学	S11-O-06 海洋不可培养微生物的基因组的进化多样性研究
分会场 3 (光大 7)			
专题十四：地球深部过程(二) 主持人: 刘勉			
14:00-14:20	费英伟	北京大学/美国华盛顿卡耐基研究所	S14-O-07 用高温高压实验模拟了解地球内部成分与结构 (**邀请报告**)
14:20-14:35	代立东	中国科学院地球化学研究所	S14-O-08 高温高压下矿物岩石电性和弹性研究的新进展
14:35-14:50	常琳琳	中国科学院大学	S14-O-09 $KAlSi_3O_8$ Hollandite的振动特性和热力学性质的第一性原理计算
14:50-15:05	夏晗	南京大学	S14-O-10S 从环境噪声互相关中提取三分的PKP震相

15:05-15:20	黄金水	中国科学技术大学	S14-O-11 D"层放射性生热对地球热演化影响的数值模拟
15:20-15:35	刘曦	北京大学	S14-O-12 林伍德石与地幔转换带陡地震波波速剖面的关系
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			
大会讨论：中国地球系统科学的展望 专　　家：汪品先、王成善、周忠和、焦念志、金振民、林间、钟时杰			
优秀学生展板颁奖仪式			
会议结束 17:00			

摘要集

P-1

松辽盆地白垩纪大陆科学钻探:温室气候条件下的陆地沉积

王成善

中国地质大学（北京）

chshwang@cugb.edu.cn

当前，由于逐渐升高的大气 CO_2 浓度驱使地球气候向另外一种状态发展，这促使国际地球科学界迫切希望更好的理解过去地球温室气候状态下的动力学机制。白垩纪是典型的“温室气候”时期，目前对于白垩纪气候的了解大部分来自于海洋记录，而陆地古气候记录非常少。受全球构造演化的控制，在这段温室气候时期内，我国大部分地区广泛发育却是陆相沉积和热河生物群，尤为重要的是当时我国已经处于现代人类生活的关键地区-北半球中纬度气候带，这就为我们开展温室地球气候与环境变化过程提供了重要的地域优势。

基于这一目的，实施了被 Nature 杂志称为“恐龙时代旅行”的“白垩纪松辽盆地大陆科学钻探”ICDP 项目，这也是中国科学家牵头所获得的第三个 ICDP 项目。该项目由松科 1 井（白垩系上部）和松科 2 井（白垩系下部）两部分组成。松科 1 井获取岩心总长 2485.89 米，取心收获达率 96.46%，并且在钻井技术、基础地质、科学发现等方面均取得了重要进展。2014 年开始的松科 2 井，设计井深为 6400 m，预计将于 2016 年完成钻探任务。

P-2

东亚大陆新生代构造演化

张培震，张会平，郑文俊，郑德文，王伟涛，张竹琪

中国地震局地质研究所 地震动力学国家重点实验室

peizhen@ies.ac.cn

东亚大陆的新生代构造演化受两大地球动力系统所控制：印度—欧亚板块的碰撞及陆内汇聚体系，西太平洋—印度尼西亚板块俯冲消减体系。二者既独立作用又相互影响，共同导演了东亚大陆丰富多彩的新生代地质构造演化。

碰撞前期（60-45 Ma） 从晚白垩纪到古新世期间，温暖宽阔的新特提斯洋分割着欧亚大陆和印度次大陆，并且向北俯冲消减于欧亚板块之下。俯冲消减带以南的欧亚板块南缘发育着安第斯型造山带，伴随着大量的岩浆侵入和弧后逆冲推覆作用。与此同时，太平洋板块继续向西俯冲消减于欧亚板块之下，随着俯冲速率的大幅度降低，俯冲边界发生海沟后撤（trench rollback），使得欧亚大陆东边界开始形成一系列北北东走向的弧后拉张盆地，例如日本海盆的扩张、华北盆地的裂陷、印度支那到印度尼西亚的一系列拉张盆地的形成。

碰撞及碰撞后早期（45-30 Ma） 尽管印度与欧亚大陆碰撞的起始时间仍有争议，但至少强烈碰撞或主碰撞发生在 55-45 Ma 期间。陆-陆碰撞及印度板块持续的楔入作用导致了新特提斯海的退出，青藏高原南部和中部的地壳增厚，并隆起形成“原青藏高原”。印度大陆北缘岩石圈形成向南逆冲的褶皱和

推覆构造，如以主中央推覆带为前缘形成“高喜马拉雅”构造带。青藏高原内部的构造变形则以倾向南的逆冲推覆构造及其控制的长条状压性沉积盆地为特征，空间上至少影响到羌塘地块。碰撞及其强烈的楔入作用还导致了青藏高原南部岩石圈块体向南东方向的大规模挤出。碰撞带正前方的拉萨地块、保山地块、兰坪—思茅地块和整个印度支那地块都被强烈地向南东方向挤出，班公湖—怒江—哀牢山缝合带似乎是南东向挤出的北部边界。青藏高原南部块体的挤出时间与西太平洋—印度尼西亚海洋俯冲消减带的加速后撤是一致的，表现为沿消减带上盘弧后盆地的快速拉张和裂陷，包括早新生代的安达曼到印度尼西亚系列弧后盆地、始新世-渐新世中国华北和东海-南海盆地、晚渐新世-早中新世的日本海等。

碰撞后中期（30-20 Ma） 随着青藏高原大规模南东挤出的减弱，碰撞和楔入引起了向北东方向挤压的增强，导致了青藏高原本身向南和向北东方向的扩展。向南，构造变形的前缘迁移到主边界逆冲推覆带，“小喜马拉雅”成为青藏高原的组成部分。向北，构造变形扩展到昆仑山断裂，导致了昆仑山及上驮的可可西里盆地快速隆升，同时造成柴达木盆地、河西走廊、陇西盆地弯折下沉开始接受新生代陆相沉积，形成青藏高原东北缘的大规模晚新生代沉积盆地群。向东，龙门山及其以西地区开始了第一次加速隆升，形成今日山脉的雏形。西太平洋-印度尼西亚板块的海沟后撤大幅度减速或停止，直接导致了日本海扩张的停止，华北盆地裂陷期终止进入整体热下沉阶段，中国东海和南海以及安达曼—印度尼西亚的盆地也都停止了快速拉张。

碰撞后晚期（15-8 Ma 以来） 东亚地区发生了一系列重要构造事件，奠定了今日的构造变形框架、山川地貌雏形和生态环境格局。青藏高原内部的高海拔地区晚中新世以来开始出现近南北向的拉张，形成一系列南北向裂谷以及北西向右旋和北东向左旋的共轭走滑断裂系。与此同时，青藏高原向周边生长扩展，祁连山快速隆起形成高原北边界，龙门山也第二次加速隆升，与四川盆地形成近 4000 米的地貌高差。青藏高原东北缘的晚新生代沉积盆地群发生消亡，形成由逆冲断裂控制的挤压“盆岭构造”。横贯青藏高原的巨型走滑断裂体系可能也是在这一时段形成的，但其作用不是导致大规模挤出，而是调节高原内部的不均匀地壳缩短。在东部，沿西太平洋—印度尼西亚板块俯冲消减带的运动开始加速，不仅弧后拉张作用停止，一些早新生代的拉张盆地还发生反转而遭受到挤压缩短作用，例如中国东北的松辽盆地；平行于板块俯冲消减带的巨大断裂早期具有很大的拉张分量，这时转换为具有强烈的挤压分量，例如中国东部的郯庐断裂带。

晚白垩纪—古新世期间，太平洋板块运动速率减弱而产生的海沟后撤导致了东亚东部的拉张作用及其相应沉积盆地的形成，与西部特提斯洋向北俯冲于欧亚板块之下的作用无关。印度与欧亚板块陆-陆碰撞后及其后的楔入作用形成了雄伟的喜马拉雅和青藏高原，碰撞东南部岩石圈块体的挤出不仅在时间上与东部海沟后撤加速是一致的，而且在挤出方向上与海沟后撤最快的部位一致，挤出的停息也与海沟后撤停止一致，二者似乎构成具有成因联系的“源—汇关系”，共同导致了新生代早期青藏高原的挤出。新生代晚期，高原内部的拉张作用、向周边的同步扩展以及走滑断裂的形成可能是青藏高原岩石圈地幔的对流剥离而形成的，但太平洋向西俯冲消减的加速对东亚大陆的挤压可能也起着重要的影响作用。

P-3

青藏高原与环境

姚檀栋

中国科学院青藏高原研究所

tdyao@itpcas.ac.cn

在青藏高原及其周边地区的现代环境变化和青藏高原冰川变化有密切关系。青藏高原拥有超过 10 万平方公里的冰川，是长江、黄河、恒河等十多条亚洲大江、大河的发源地，和地球上 20 多亿人口的社会经济活动密切相关。正因为如此，这一地区的冰川变化在全球受到高度关注。围绕政府间气候变化组织（IPCC）报告和印度科学家在 Science 冰川动态报道间的争论，将青藏高原及其周边地区冰川变化的全球关注度推向顶峰：IPCC 第四次评估报告提出，喜马拉雅冰川将于 2035 年甚至更早时间前消失，但印度科学家 Bagla 认为，喜马拉雅山冰川根本就没有变化。因此，揭示青藏高原及其周边地区冰川变化真相成为科学家们研究青藏高原环境时面对的一个紧迫问题，也成为国际冰川学界研究的热点。

但要真正解决青藏高原及其周边地区冰川变化争论的问题，需要遥感观测和实地观测的结合，特别需要实地观测资料匮乏区的冰川变化，进而全面评价青藏高原及其周边地区冰川变化的整体格局、幅度及其驱动因素。在中科院、基金委、科技部的支持下，中国科学加全面开展了青藏高原及其周边地区遥感与地面观测结合的综合冰川研究，研究成果在 Nature-C-C，PNAS 等国际高端科学杂志发表。研究发现：

第一，全球变暖是青藏高原及其周边地区冰川变化的主驱动力。在全球变暖影响下，青藏高原及其周边地区冰川呈整体退缩趋势。

第二，实地观测与遥感资料的点-面结合资料，从空间上全面揭示了青藏高原及其周边冰川状态的系统性差异。本成果利用遥感资料分析了七个代表区域内 7090 条冰川过去三十年的面积变化，同时结合 82 条冰川的末端变化实地观测及 15 条典型冰川的物质平衡实地观测，从冰川面积变化、末端进退、冰量损失三个角度分析了第三极冰川变化的空间格局。研究结果显示，喜马拉雅山脉呈现最强烈冰川萎缩，其特点是冰川末端强烈退缩、冰川面积急剧缩小、冰川物质平衡呈强烈负平衡。冰川萎缩程度从喜马拉雅山向高原内部递减，在帕米尔高原萎缩程度最小，其特点是冰川长度退缩较少、冰川面积减少不大、冰川物质呈微弱正平衡。

第三，综合集成了现有的物质平衡实地观测资料，揭示了青藏高原及其周边地区冰川近期冰量损失幅度及近二十年来的变化趋势。本成果以第三极计划框架下 11 条冰川的实地观测为基础，结合国外 4 条冰川近五年来的物质平衡观测资料，分别代表了喜马拉雅山东部、中部、西部，帕米尔-昆仑山西部、高原腹地及北部祁连山等七个区域的冰量变化，对比分析过去五年的空间变化。研究发现，整个高原冰川损失呈现从喜马拉雅山向高原腹地减小、并在帕米尔-西昆仑一带呈现正物质正平衡的特征。同时，三条长序列冰川物质平衡资料分析显示：从上世纪 90 年代起，高原冰川呈现加速亏损的趋势。

第四，在全球变暖和冰川退缩总趋势下的青藏高原及其周边地区冰川状态空间系统性差异的气候学机制，是两大环流对于青藏高原及其周边地区冰川变化的不同影响。也就是说，减弱的印度季风和加强的西风引起喜马拉雅地区降水减少和帕米尔地区降水增加，从而导致青藏高原及其周边地区冰川动态呈现空间差异。

第五，黑炭等其他因素也扮演着重要角色。

P-4

亚洲季风与全球变化

程海[1,2]，陈仕涛[3]，R. Lawrence Edwards[2]，Christoph Spötl[4]，Ashish Sinha[5]，Dominik Fleitmann[6]，Jon Woodhead[7]，Megan Kelly[2]，孔兴功[3]，汪永进[3]，Gayatri Kathayat[1]，宁有丰[1]，易亮[8]

1 西安交通大学全球变化研究院

2 Department of Earth Sciences, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota, USA.

3 南京师范大学地理科学学院

4 Institute für Geologie, Universität Innsbruck, Innsbruck, Austria

5Department of Earth Sciences, California State University Dominguez Hills, Carson, CA, USA

6 Department of Archaeology, University of Reading, Reading, UK

7 School of Earth Sciences, University of Melbourne, Melbourne, Australia

8 中国科学院三亚深海科学与工程研究所

cheng021@mail.xjtu.edu.cn

新获得的湖北三宝洞石笋氧同位素记录将已有的过去35万年的记录延长至65万年，这提供了一个绝对定年的和与地球轨道参数计算相匹配的年代精准度的长序列亚洲季风记录。记录揭示了亚洲季风在过去 65 万年中紧随着北半球夏季太阳辐射、以岁差为主导的轨道尺度的变化。在千年尺度上，弱季风事件（包括冰期终止事件）与北大西洋海洋记录中的冷事件对应；而亚洲季风的突变事件与两极冰芯记录的大气中甲烷和氧同位素变化对应。这些对应关系揭示了千年事件的相似之处，即弱季风事件常常伴随着北大西洋漂浮碎屑事件和海平面的上升；同时，北大西洋经向翻转环流处于减弱的状态，而与此相关的南大洋深水的形成则处于加强状态。其次，‘两极跷跷板’机制将导致南半球高纬地区升温，亚洲—北非季风减弱，南美季风加强；南北半球海水表层温度梯度变化；热带辐合带、南北半球西风带和南半球亚热带前锋南移或加强。而这些事件的发生，使得南半球中—高纬地区温度升高、海冰减少；海水分层被减弱；海洋环流改变，从而使得深海的 CO_2 得以由海洋上升流从南大洋释放到大气中，导致 CO_2。升高并产生正的反馈作用。

亚洲季风的千年尺度事件与南极冰芯记录的千年事件在过去 65 万年历史中具有一一对应的关系，且都表现出相似的以岁差为主的周期。这一发现可以更进一步深入理解所谓“100 ka problem” (Hays et al 1976 *Science* 194, 1121–1132)。此外，结合我们新获得的三宝洞 1.63—1.35 百万年之间的高分辨率记录和模拟实验结果，在细致对比中国黄土高原黄土记录的基础上，提出了两大亚洲季风地质记录的相互关系的新假说。

P-5

解析边缘海 CO_2 通量及其调控机理

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

2 香港科技大学环境学部和数学系

mdai@xmu.edu.cn

边缘海碳循环既受陆地影响，又与大洋关联，是海洋碳循环研究的难点和薄弱环节。基于已有观测数据的集成分析显示，目前在全球尺度上边缘海呈现为大气 CO_2 的汇；但是，各边缘海系统之间差异巨大，有些是汇，有些是源，且源汇格局的变化也可发生在同一系统的不同时间尺度上。时至今日，学术界依然不能解析为什么有些边缘海系统是碳汇，而有些是碳源。

从质量平衡角度视之，并根据溶解无机碳（DIC）/营养盐的来源特征及其主控的物理动力过程的不同，全球边缘海至少可以划

分为两大特征系统，即河流主控型陆架(RioMar)和大洋主控型边缘海(OceMar)。两类系统均存在外源的 DIC 和营养盐的输入，但输入的比例不同，相关的动力调控迥异，其固有的生物新陈代谢亦不同。RioMar 以表层输入为特征，受河流输入的浮力以及陆架环流所控制，并通常具有较高的营养盐通量和较低的 DIC/营养盐比值（也存在有机碳的输入，但其量级通常较 DIC 小，其被氧化的量亦可等同于 DIC），因而存在较强的生物泵过程，常常成为大气 CO_2 的潜在汇区。OceMar 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 和营养盐随后在真光层内被生物消耗，两者之间的“竞争”最终决定了边缘海的海—气界面 CO_2 通量。如果外源营养盐不足，生物泵过程较弱而导致 DIC 过剩，边缘海则向大气释放 CO_2。

本研究选取南海、加勒比海、美国西海岸 Oregon 上升流系统为 OceMar 案例以及东海长江冲淡水和南海北部珠江冲淡水区域为 RioMar 案例，结合水文物理条件，从 DIC 和营养盐的质量平衡解析海气 CO_2 的通量并与实测结果相比较，探讨调控边缘海 CO_2 源汇格局的基本过程与机理。

P-6

大火成岩省与地幔柱研究

徐义刚

中国科学院广州地球化学研究所

yigangxu@gig.ac.cn

强调研究地球系统整体的结构、特征、功能和行为的地球系统科学是当今地球科学的发展方向，要求科学家将地球上的大气、水、生物、岩石、地壳、地幔和地核等各个组成部分作为一个具有密切联系且相互作用的整体来研究。地幔柱系统是开展地球系统科学研究的最佳载体之一，因它不仅涉及地球深部动力学，而且由它引起的大规模、快速的火山喷发导致大气圈的变化从而影响生物圈的演化，因而是联系地球内部、岩石圈、生物圈和大气圈的纽带。本文简要介绍相关的研究进展。

一、在地幔柱动力学方面，最值得一提的是关于地幔柱存在与否的大辩论。自上世纪九十年代起，由于经典地幔柱模型预测的地质现象未被实际观察所证实，地幔柱假说广受质疑。在这一大背景下，学术界厘定了鉴别现代和古老地幔柱的方法，（a）大规模火山作用前的地壳抬升；（b）放射状岩墙群；（c）火山作用的物理特征；（d）火山链的年代学变化或者火山作用的时限；（e）产出岩浆的化学组成和下地幔组成。各国科学家利用各种手段对众多大火成岩省、大洋岛链、热点开展了多学科综合研究，发现了许多不曾观察到的现象，如峨眉山玄武岩喷发前的穹状隆起，McKenzie 岩墙群的同时性及其收敛点判断地幔柱头位置等，大大推动了地幔柱学说的发展。

深部地球物理探测和板块重建在这场辩论中也发挥了重要作用。深部地球物理探测发现地球核幔边界存在两个大低速异常区（LLSVP），一个在非洲，一个在西南太平洋。将通过古地磁研究获得的显生宙大火成岩省喷发时的古地理位置投影到两大超级地幔柱，发现几乎所有的大火成岩省在喷发时位于两大超级地幔柱的边缘。这说明两个低速异常区至少最近 5 亿年以来没有发生大的漂移，从而有力地支持了超级地幔柱的“固定”概念以及地幔柱的核幔边界来源的传统认识，也为大火成岩省的地幔柱成因提供了强有力的证据。人们还发现大洋玄武岩的 DUPAL 异常区几乎与超级地幔柱相重叠，不仅证明

DUPAL 异常的成因与地幔柱有关，反过来说明地幔柱成分的特殊性。

二、地幔柱活动是大规模的物质和能量由地球深部向地表迁移的过程，不仅导致大火成岩省的形成，且其岩浆演化导致了铜、镍、钛、铂、钯、银、金等战略资源的超常富集。对全球主要赋含钒钛磁铁矿的层状岩体和大型铜镍硫化物矿床的镁铁-超镁铁质岩体的统计表明，地幔柱成因的大火成岩省是形成岩浆铜镍硫化物矿床和钒钛磁铁矿床的主要场所。此外，Nb-Ta-Zr、Mn-Co、自然 Cu 矿是也被证明与地幔柱活动有着直接或间接的联系。地幔柱活动也可能对金的富集起到重要的影响。将重建的含金刚石的金伯利岩的古地理位置投影到两大超级地幔柱，发现全球 85%的金伯利岩落在两大超级地幔柱范围内，暗示金伯利的形成可能与超级地幔柱的活动有关，是地幔柱成矿体系中一个组成部分。

三、地幔柱影响地表系统是多途径的：（1）地幔柱活动导致大火成岩省的形成，规模巨大的火山喷发有两个效应，一是大量火山灰进入平流层，阻隔阳光到地球引发“火山冬日”效应，造成地球短期冰期；二是大量火山气体（SO_2、CO_2、H_2S）进入大气圈，导致后期温室效应等，并引发系列的连锁反应。两个效应均能对地表的生命系统产生重大影响。（2）地幔柱的动力上升会导致岩石圈的快速隆升，海平面变化和地表风化作用的加强影响到水圈，也会使原先具有海洋习性的生物感到不适应。例如，二叠纪是地球历史中岩浆活动最活跃的时期之一，包括 250-280 Ma 期间的三个大火成岩省（西伯利亚暗色岩系、峨眉山玄武岩和塔里木及中亚西段的大规模岩浆活动）。与~259Ma 峨眉山大火成岩省同时的瓜德鲁普世末生物灭绝事件相对应的是全球最大规模的海平面下降、地球磁场发生 Illawarra 反转事件和海水 Sr 同位素比值的巨幅降低。与~252Ma 西伯利亚暗色岩系同时，发生了显生宙以来最大规模的双生物灭绝事件，造成 95%以上的海洋生物和 75%以上的陆地生物灭绝，三叠纪初生命的发展历程一度回到了与前寒武纪末期可比较的原始状态。二叠纪地幔柱岩浆活动可能是诱发该时期地球深部系统和浅表变化的重要因子。

P-7

地幔对流对地球与行星大尺度时空演化的控制作用

Shijie Zhong 钟时杰

Department of Physics, University of Colorado, Boulder, Colorado 80309

szhong@colorado.edu

Earth and some other planetary bodies display significant long-wavelength (spherical harmonic degrees 1 and 2) structures at the surface and in the mantle. For example, the Earth’s mantle at present has displayed dominantly degree-2 structure as imaged from the seismic tomography (i.e., two major seismically slow anomalies under Africa and central Pacific that are separated by circum-Pacific seismically fast anomalies). The surfaces of Mars, the Moon, and Enceladus have revealed important degree-1 structures, including the crustal dichotomy and Tharsis Rise on Mars, nearside distribution of mare basalts on the Moon, and the active deformation and plume in the south-polar region of Enceladus. For the Earth, supercontinent Pangea that existed between 330 Ma and 190 Ma ago is also suggestive of a degree-1 structure during or before Pangea.

These observations raise some important questions. What are the mechanisms that lead to formation of these long-wavelength structures including degree-1 structures that are the longest wavelength on a planetary body. What control Pangea's assembly and breakup? Do we expect degree-2 mantle structure during Pangea time? Previous studies of mantle convection modeling that invoked a viscosity increase of a factor of ~30 between the upper and lower mantles could only produce long-wavelength structure that is equivalent to degree 6 structure for the mobile-lid convection, such as that applicable to the Earth. In the last several years, we have found that for stagnant-lid convection, a stronger lower mantle than the upper mantle leads to degree-1 structure formation, thus explaining degree-1 structures seen for Mars. For the Earth with mobile-lid convection, we discovered that a moderately strong lithosphere, together with a viscosity layering, i.e., a higher viscosity for the lower mantle, produces degree-1 mantle. We proposed that the Earth's mantle may have experienced a transition in dominant structure wavelengths from degrees 1 to 2, associated with Pangea assembly and breakup. This proposal may explain the first order results of the volcanism history. In addition to the long-wavelength structure and dynamics, I will also present our recent studies of mantle convection on regional scales including that for the North China Craton.

P-8

南海大洋岩石圈演化与沉积环境变迁—IODP 349 航次新成果

李春峰[1]，林间[2]，Denise Kulhanek[3]，IODP Exp. 349 Scientists

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，Woods Hole MA 02543；
3 Texas A&M University, College Station TX 77845‐9547
cfl@tongji.edu.cn

由中国科学家设计、建议、并主持的国际综合大洋发现计划（2013-2023）的第一个航次——IODP349 航次，于 2014 年 1 月 28 日从香港起航，在南海经过两个多月紧张忙碌的科学钻探工作后，至 3 月 30 日在基隆靠港，完成 5 个站位的取芯和 2 个站位的地球物理测井工作，钻探深度共 4317 米，其中沉积岩取芯 1503 米、基底玄武岩取芯 100 米，获得最大井深 1008 米。航次首次获取了南海深海盆的岩芯记录，来自 11 个不同国家和地区的 32 位科学家同舟共济，初步完成大量的地质、地球化学、地球物理、微生物等多学科测量和分析工作，实质性地推动了对南海深部过程的科学认识。2008 年提出国际大洋钻探科学建议书 735 号后，经过 5 年多反复的审议、修改、完善、讨论，最终在中国 70% 的经费资助下，通过了评审并确定为 IODP349 航次。航次的实施得到 IODP 中国办公室、同济大学、科技部、国土资源部、国家海洋局、中国海警等各个部门的通力协调与合作。

与 1999 年以研究亚洲季风的南海第一次大洋钻探（ODP184 航次）的科学目标不同，IODP349 航次的主要研究南海海盆大洋岩石圈演化以及深水沉积环境变迁，在南海

地质研究中获得多项重要发现：

一、成功实现对南海海盆洋壳玄武岩的钻探，在东部和西南次海盆分别穿透了近900 米的沉积岩，首次获得了南海基底的新鲜洋壳玄武岩样品。航次后科学家们将通过同位素定年、地球化学分析等综合研究，较精确地确定南海海盆的扩张年代与期次以及边缘海洋壳和地幔的增生与演化过程，将对中国的深海岩石学、地球化学、地球物理等交叉科学研究起到重要的推动作用。

二、发现多期次海山喷发形成的火山碎屑岩，为研究南海晚期火山历史和深部岩浆体系提供了完整研究材料。过去虽然获得过海山浅部的岩石样品，但是对其演化历史一无所知。现在可以通过在航次中获得的多层火山碎屑岩的化学特征以及沉积岩中的化石，构建较完整的海山演化历史、探讨其成因、以及研究残留洋中脊晚期停止扩张的地球动力学过程。

三、在南海深海盆依据微体古生物化石初步确定了南海海盆的年龄。过去南海年龄的认识主要依赖于间接的地球物理反演，缺少直接的岩石和化石证据。航次中发现超微化石、有孔虫、放射虫等互为补充，保存相对较好，在不同岩石层位的定年中起了重要作用。同时结合古地磁参数，初步标定了不同站位处的南海海盆洋壳的年龄。目前正开展对洋壳玄武岩的同位素定年，共同确定南海的演化历史。

四、成功获得南海深海盆扩张后完整的沉积记录，揭示了南海海盆的沉积演化序列和环境变迁的历史。发现了南海深海盆大范围、大规模的泥质和钙质浊流沉积，显示出南海海盆横向快速变化的沉积环境与物源条件。首次在三个站位的大洋玄武岩基底以上发现了数十米深海黄褐色泥岩，揭示了南海中央海盆沉积环境异常和可能的玄武岩—沉积岩界面的流体改造作用，为认识南海深海沉积环境和灾害、深部洋流作用与海平面变化等重要课题奠定了基础。

五、在南海洋—陆转换边界实现钻探，发现大套富含有机质的滨海-湖相砂泥岩组合，为认识南海深水区油气资源，南海早期扩张演化等重要课题开辟了新的研究途径。

六、在南海深海盆的 2 个站位成功实施了系统地球物理测井和岩芯地球物理属性分析工作，包括密度、速度、孔隙度、电阻率、温度、热导率、磁化率、古地磁参数等，这些参数的获得为南海相关地球物理资料的解释、区域地球动力学演化研究、深水油气资源勘探提供第一手重要资料。

七、开展南海深海盆的生物地球化学、洋壳流体与深部微生物活动的取样、观测与研究。微生物学家和地球化学家获得了大量相关的沉积岩和玄武岩样品，并在船上开展了微生物培养实验等。同时钻探也直接获得了化学通量、热流、井下水温等信息，将对认识南海极端生物圈、海底下面水热活动方面作出突出贡献。

IODP349 航次以我国科学家提出的科学目标为主导，有包括共同首席科学家等在内的 12 名中国科学家和 6 位华裔科学家参加，锻炼了中国深海科学家队伍，提升了中国科学家在深海地球与生命交叉研究领域的水平，形成了一只多学科交叉的高水平深海科学研究队伍，激发了不同学科的国际合作研究，为深入认识南海的地质演化和西太平洋、东南亚构造之间的联系提供了坚实的基础。

航次的网页介绍：

http://iodp.tamu.edu/scienceops/expeditions/south_china_sea.html

S1-O-01

长江的诞生——构造与地貌过程

郑洪波，王平，何梦颖

南京师范大学地理科学学院，南京 210023

zhenghb@njnu.edu.cn

自1907年Willis开展长江三峡地区的地质研究开始，中外科学家前赴后继,持续对长江的发育与演化进行专门研究，历时达百余年之久。尽管取得了丰富的认知，但学界对于“长江东流水系何时建立”（也就是俗称的长江的“诞生”）这一关键科学问题却一直存在重大争议，观点包括了第三纪早期、第三纪晚期、更新世早期和更新世晚期等，成为地学界一个著名的“世纪谜题”。对于长江东流水系形成的方式也有袭夺说、先成说等争议。

对长江中下游新生代盆地开展了沉积学与年代学研究。对南京地区（苏北盆地西南缘）长江砾石层（雨花台砾石层）玄武岩盖层和夹层的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 测年，获得长江砾石层的年代控制为中新世最早期。基于长江砾石层中的碎屑锆石 U-Pb 年龄谱和 Hf 同位素示踪结果，结合金沙江上游构造地貌与盆地记录分析，提出长江东流水系建立于渐新世/中新世之交的观点。

进入新近纪，亚洲东部岩石圈持续伸展减薄，西太平洋边缘海扩张，青藏高原地区岩石圈加厚，导致中国西高东低的宏观地形地貌格局最终建立，长江的演化正是孕育在这样的宏观构造地貌背景之下。长江东流水系的建立是新生代亚洲宏观地形格局和气候格局演化的综合结果，也是其最直观的表现，与青藏高原隆升和亚洲季风演化密切相关。

S1-O-2

青藏高原隆升对我国构造—地貌形成、气候环境变迁与古人类迁徙的影响

葛肖虹[1,2]，刘俊来[2]，任收麦[3]，袁四化[4]

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 中国地质调查局油气资源调查中心，北京 100029

4 防灾科技学院，河北三河 065201

对我国新生代以来构造-地貌形成的认识，必须建立新生代重大环境事件的年代序列，既需要不同地区构造变形、隆升年代学的依据，又需要宏观背景的把握。现今中国大陆构造—地貌格架及相关问题，诸如青藏高原的隆升、西部北西西向盆-山地貌和东部北北东向阶梯状盆—山地貌的形成时代、发育过程等，一直是地学界关注但尚未得到统一认识的一些重要科学问题。20 世纪 70 年代以来通过青藏高原隆升的研究、提供了大量隆升年代学和古高程信息的数据，使得对其开展定量分析成为可能。

青藏高原何时形成现今的高原面貌？这是国内外学者长期争议的科学问题。作者从上世纪 80 年代对柴达木盆地及其邻区开展了 20 余年研究，发现柴达木作为一个现今的高原盆地经历了青藏高原隆升的全过程，高原隆升和环境变迁的所有事件，在盆地的沉积、构造上都有比较完整的记录，因此它可以作为青藏高原隆升大阶段划分的最佳参考时空坐标，并依此提出古近纪期间（55-24 Ma）青藏高原整体并未隆升；青藏—闽粤高原的初次隆升发生在中新世早-中期（23-17 Ma），早更新世基本被夷平；形成现今高原面貌的末次快速隆升发生在早更新世晚期（0.9- 0.8 Ma）和中更新世之间。

新生代以来由于青藏高原的隆升和我国

构造—地貌格架的形成，直接影响了我国和全球气候环境的变迁以及古人类迁徙的路径，因此需要地质学家、古气候和古人类学家共同探索，对我国及亚洲新生代以来古地貌、古气候变迁的历史和我国古人类的发源与迁徙得出科学的结论。本文将通过青藏高原分阶段隆升依据的论证，阐明青藏高原隆升与我国构造地貌形成、气候环境变迁的关系，并探讨我国古人类迁徙的可能路径。

S1-O-03

柴达木盆地东北部大红沟剖面新生代磁性地层与构造隆升

季军良[1]，宋博文[2]，张克信[3]

1 中国地质大学地球科学学院，湖北武汉 430074
2 中国地质大学地质调查研究院，湖北武汉 430074
3 中国地质大学生物地质与环境地质教育部重点实验室，湖北武汉 430074
jijl@cug.edu.cn

柴达木盆地巨厚的新生代沉积蕴含着丰富的构造与气候变化信息，是认识青藏高原的形成演化及其气候环境效应的重要地质记录。我们对柴达木盆地大柴旦南约 80 km 的大红沟剖面进行了磁性地层学研究。该剖面沉积连续，露头好，地层厚度超过 5000 m，包含了柴达木盆地古-新近纪由老到新的所有地层，依次为路乐河组、下干柴沟组、上干柴沟组、下油砂山组、上油砂山组和狮子沟组。自路乐河组上部至狮子沟组下部厚约 4600 m 的地层共钻取古地磁定向样品 1470 余层位，所有样品经过系统热退磁后，1177 块样品用以建立该剖面磁极性柱。根据剖面中发现的大植物化石、特征介形虫化石以及前人在该地区发现的哺乳动物化石，并通过与标准磁极性柱（Ogg & Smith, 2004）的对比，建立了大红沟剖面约 52～7 Ma 的磁极性年代序列。路乐河组、下干柴沟组、上干柴沟组、下油砂山组、上油砂山组和狮子沟组的磁极性年龄依次为>44 Ma、44-28 Ma、28-19.5 Ma、19.5-14.7 Ma、14.7-8.1 Ma 和<8.1 Ma。根据深度-年龄线性关系计算的沉积速率在 38-33.3 Ma、24.5-18.7 Ma、14.5-12 Ma 和 9 Ma 明显增大，其中以 24.5-18.7 Ma 和 9 Ma 增幅最大。我们初步认为沉积速率的增大与剖面北侧的祁连山构造隆升有关。

S1-O-04

黄陵背斜的新生代剥露——来自江汉盆地西缘的沉积记录

王平[1]，郑洪波[1]，陈军[2]，陈琳[3]，徐颖风[3]，陈宇亮[3]，魏晓椿[3]，姚鑫雅[1]

1 南京师范大学地理科学学院，2100232 同济大学，海洋与地球科学学院，200092
3 南京大学地球科学与工程学院，210023
tigerwp@njnu.edu.cn

黄陵背斜位于四川盆地以东，江汉盆地以西，核部出露扬子板块最古老的基底岩石，并且被长江自西向东切穿，形成著名的三峡地貌奇观。关于黄陵背斜剥露的时间和机制，目前尚存在很大争议。大量的磷灰石裂变径迹模拟表明，基底花岗岩经历了至少两阶段的快速冷却。早期的快速冷却发生在 160～100 Ma，很可能与秦岭－大别造山带白垩纪向南的构造扩展有关（Hu 等，2006；许长海等，2010）；晚期的快速冷却发生在～40 Ma，且与磷灰石(U-Th)/He 年龄结果一致，一些学者将其解释为青藏高原隆升的远程效应，但它在时间上却远早于青藏高原周缘构造隆升的时间（～20 Ma）。还有一些学者将其解释为与江汉盆地伸展断陷同期的变质核杂岩，但是缺少拆离断层、以及同期的侵入岩等必要条件（Jin 等，2013）。Richardson 等（2010）

将黄陵背斜的剥露和长江贯通联系起来，认为古长江自东向西的溯源侵蚀造成了黄陵背斜的快速剥露，但这一解释还缺乏足够的地质、地貌证据。本文对黄陵背斜东翼，江汉盆地西缘的新生代地层进行了研究，发现新近系和古近系之间存在明显的角度不整合，不整合面之下为古近系湖相、河流相地层，粒度普遍较细，不整合之上为一套砂、砾岩层，又称为“长江砾石层”，被证明是长江贯通之后的沉积产物（Zheng 等，2013）。详细的碎屑成份分析表明，在新近系“长江砾石层”中含有大量的花岗岩砾石，通过岩性鉴定和锆石 U-Pb 定年，证明这些花岗岩砾石皆来自黄陵背斜核部基底的花岗岩。相比之下，在古近系中并未发现类似的花岗岩碎屑，暗示了黄陵背斜基底至少在中新世才暴露地表。另外，河流相砂岩的碎屑锆石 U-Pb 年龄谱还反映出，始新世车阳河组中包含了大量来自黄陵背斜前寒武系盖层的碎屑锆石组份，而新近系“长江砾石层”中基底花岗岩提供的锆石组份占据主要地位，暗示了长江贯通之前黄陵背斜基底尚未出露地表，而正是三峡的深度下切使得盖层快速剥露并最终导致基底出露。结合低温热年代学结果，认为长江贯通的过程很可能开始于始新世（～40Ma），而真正到中新世（～20Ma）才形成现今的长江。

S1-O-05

金沙江层状地貌面年代学研究新进展

苏怀[1]，明庆忠[1]，史正涛[1]，潘保田[2]， 董铭[1]，张文翔[1]，刘勇[1]

1 云南师范大学 高原地理过程与环境变化云南省重点实验室，昆明 650092

2 兰州大学 西部环境变化教育部重点实验室，兰州 730000

suhuai07@163.com

河流阶地、剥蚀面等层状地貌面是水系演化的重要地貌记录，建立它们的年代学框架对探讨区域地貌和水系演化历史具有重要意义。长期以来受当地自然条件的影响金沙江流域层状地貌面的年代学研究工作缺少完整序列，主要表现在早、中更新世河流阶地测年数据偏少，以及缺少剥蚀面的测年数据。

为了改善这种状况，研究组选择了金沙江河流阶地发育较好的金江街段作为研究区开展工作。调查结果发现金沙江金江街段至少发育 6 级阶地。OSL、$^{26}Al/^{10}Be$ 和 ESR 综合测年结果显示这些阶地的形成年代分别为：第一级阶地 46.6 ka（OSL）、第二级阶地 0.96Ma（ESR）、第三级阶地 0.46Ma（ESR）、第四级阶地 0.61 Ma（$^{26}Al/^{10}Be$）、第五级阶地 0.71 Ma（ESR）、第六级阶地 1.14 Ma（ESR）。金江街段的阶地序列是金沙江流域中目前已知年代标定较为完整的阶地序列。这些阶地的测年结果表明现代金沙江的形成时代不晚于早更新世晚期。

除了河流阶地外，工作组还对东川红土地剥蚀面进行沉积物的 ESR 年代测定，发现红土地剥蚀面的形成年代为 2.40－1.87 Ma，表明现代金沙江的形成时代不早于早更新世早期。结合河流阶地的测年数据，工作组认为，现代金沙江的形成时代为早更新世。

S1-O-06

第四纪冰期动物群的青藏高原起源及其在全北界的扩散

邓涛

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

dengtao@ivpp.ac.cn

哺乳动物对气候环境的变化非常敏感，因此其演化历史能够反映新生代时期，特别是自新近纪以来气候环境的重大变化。中国

在晚新生代的哺乳动物化石方面有着世界上得天独厚的优势，其研究结果表明，不同地区哺乳动物群的组成及特征具有明显的区域性差异，哺乳动物的分布与自然环境息息相关，生态环境的改变是动物群演替的重要驱动力。在新生代，中国既经历了全球性的气候变化，也经受了喜马拉雅运动，特别是青藏高原隆升的影响。所有这些变化，必然会对哺乳动物的分布和地理区系的演变产生影响，这些演变也会记录在埋藏的化石之中。因此，对哺乳动物化石的研究是进行自然环境恢复和古动物区系再造的重要手段。

第四纪冰期动物群以及现代青藏高原动物群长期以来被认为与更新世的全球变冷事件密切相关，其中的动物表现出对寒冷环境的充分适应。这些动物的起源和演化一直受到广泛的关注，它们曾经被假定是随着第四纪冰盖扩张演化而来，推断可能起源于高纬度的北极圈地区，但一直没有可信的证据。在西藏札达盆地上新世化石组合中发现的已知最原始的披毛犀、雪豹和北极狐等哺乳动物，证明冰期动物群的一些成员在第四纪之前已经在青藏高原上演化发展。岩羊的祖先也出现在札达盆地，在随后的冰期里扩散到亚洲北部；藏羚羊的起源可以追溯到青藏高原北部柴达木盆地晚中新世的库羊；分子生物学证据指示牦牛和盘羊各自有一个起源于亚洲中部的祖先。

冬季严寒的高海拔青藏高原成为冰期动物群的“训练基地”，使其形成对冰期气候的预适应，此后成功地扩展到欧亚大陆北部的干冷草原地带，一些后裔在全新世大暖期仍然生存于青藏高原和北极地区的严寒地带。适应寒冷气候的第四纪冰期动物群的起源，原来一直在上新世和早更新世的极地苔原和干冷草原上寻找。札达盆地的新发现显示，高高隆升的青藏高原上的严酷冬季在上新世已经为全北界的冰期动物群提供了寒冷性适应的早期阶段，由此推翻了“北极起源”假说，证明青藏高原才是它们最初的演化中心。

S1-O-07

兰州盆地晚始新世–早渐新世哺乳动物群的磁性地层年代学与环境演变

敖红[1*]，安芷生[1]，张鹏[1,2]，
Mark J. Dekkers[3]，李永项[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
2 中国科学院大学
3 荷兰乌特勒支大学
4 西北大学大陆动力学国家重点实验室
*aohong@ieecas.cn

The Lanzhou Basin at the northeastern margin of the Tibetan Plateau has abundant mammalian faunas in its Paleogene and Neogene fluvio-lacustrine strata. To precisely constrain the timing of the Oligocene and Miocene mammalian fossils, here we present a high-resolution magnetostratigraphy of 600-m thick Cenozoic fluvio-lacustrine deposits from the Duitinggou section that crop out in the southeastern Lanzhou Basin. Five mammalian faunas (i.e. Duitinggou Fauna, Zhangjiaping Fauna, Miaozuizi Fauna, Xiagou Fauna, and Nanpoping Fauna) are stratigraphically correlated to the Xianshuihe Formation in the Duitinggou section. The combination of biostratigraphy and magnetostratigraphic correlation to the geomagnetic polarity timescale indicates that the Duitinggou section records a geomagnetic polarity sequence that spans from C16n.2n to C5En, ranging from ca 36 to 18 Ma in age. This leads to precise age estimates of ca 19 Ma for the Duitinggou

Fauna, 20–21 Ma for the Zhangjiaping Fauna, 23–24 Ma for the Miaozuizi Fauna, 25–26 Ma for the Xiagou Fauna and 29–30 Ma for the Nanpoping Fauna. The chronological framework for the faunas together with the calculated proportions of mammals adapted in different environments indicates variabilities of grassland and woodland environments in East Asia from the Late Eocene to Early Miocene. Our magnetostratigraphy provides a chronological base for further studying the mammalian evolution and environmental changes in East Asia during the early Cenozoic.

S1-O-08

新生代环境变化的生态学后果:东亚钳蝎谱系生物地理学的启示

石承民，张德兴

中国科学院动物研究所，北京 100101
shicm@ioz.ac.cn

新生代气候条件经历了剧烈的变化，自然环境进行了大范围的重建。历史候环境变迁常常会导致生物在地理分布，多样性格局，群体结构，群体数量等方面的变化，而生物的这些变化常常会在其现生群体的遗传组成上留下‘烙印’。因此，通过检测这些遗传变化我们可以揭示历史环境变化的生态学后果，进而推断生物对环境变化的响应模式。东亚钳蝎（蛛形纲：蝎目）是一种重要的药用无脊椎动物，是我国的特有物种，广泛分布于暖温带地区。东亚钳蝎分布广，但扩散能力弱，是生物地理学研究的理想模型。运用线粒体 DNA 和细胞核 DNA 序列标记，我们对东亚钳蝎的历史地理演化、种内谱系分化、群体遗传结构和群体历史动态进行了研究，结果表明：1.东亚钳蝎起源于中亚地区，上新世末的气候环境变化驱动了其物种形成；2.东亚钳蝎存在明显的种内谱系分化和群体遗传结构，第四纪气候变化是塑造其谱系地理格局的主要因素；3.东亚钳蝎在末次冰期经历了明显的群体数量变化，群体在末次冰期后发生了明显的群体扩张；4.东亚钳蝎的现代遗传格局是适应历史环境变化的结果。这些研究结果表明历史气候变化对我国暖温带地区动物在不同的时空尺度上都产生了深远的影响。综合现代生物遗传学研究成果和地球科学研究证据可以加深我们对历史环境变化的认识，揭示生物响应环境变化的基本模式，从而提高应对未来环境变化的能力。

S1-O-09

一种新的牙齿中磨痕方法（mesowear）在中国北方长颈鹿类化石中的应用

侯素宽[1]，Nikos Solounias[2]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044
2 纽约理工大学骨科医学院，纽约
housukuan@ivpp.ac.cn

牙齿中磨痕（mesowear）是指牙齿釉质带表面的磨痕，可以应用于有蹄类食性的研究。反刍类臼齿的釉质被齿质部分分隔为四个釉质带，最靠近唇侧的被命名为釉质带-1，最靠近舌侧的被命名为釉质带-4，中间的分别为釉质带-2 和釉质带-3，因此上臼齿前尖和后尖由釉质带-1 和釉质带-2 构成。迄今为止，仅釉质带-1 被广泛应用于多种食性分析方法。最初的牙齿中磨痕方法（mesowear I）由 Fortelius 和 Solounias 在 2000 年提出，他们以第二臼齿的釉质带-1 为研究对象，基于唇侧的观察划分出两种形态变化序列：齿尖的形状（尖、圆、钝）和齿尖的高度（高、

低），在此基础上将齿尖的形态划分为四个类型，从而简单快捷地估计有蹄类食物中草及嫩叶的比例，将有蹄类划分为 browser，grazer 以及 mixed 三种类型。在此基础上，Mihlbachler 等人于 2011 年将齿尖的形态进一步细分为 0-6 序列，代表食物中草的含量的不断增加，这种方法被称作第二种牙齿中磨痕方法（mesowear II）。最新的牙齿中磨痕方法（mesowear III）则以第二上臼齿釉质带-2 的冠面为研究对象，这种方法较之前两种中磨痕方法可以更好的区分 browser 和 grazer。这里我们将 mesowear III 应用于中国北方长颈鹿类化石的食性研究，这也是该方法在化石类型中的首次应用。统计结果显示，在选取的属于古麟亚科（Palaeotraginae）的 6 个属种中，*Samotherium boissieri*，*Palaeotragus coelophrys* 和 *P. rouenii* 均为 mixed 类型。*Alcicephalus neumayri*，*S. sinense* 和 *S.* sp.样本数量较少，无法满足统计要求，但从单个样品的 mesowear III 数据来看，*S.* sp.和 *A. neumayri* 接近 mixed 类型，而 *S. sinense* 则更偏向于 grazer。*S.* sp.从形态上来看属于非常原始的 *Samotherium*。*Honanotherium schlosseri* 目前被归入步林兽亚科（Bohlinae），mesowear III 数据显示其食性应该为 mixed 类型。另外一件暂时被归于步林兽亚科的材料同样不具统计意义，但其 mesowear III 数据更偏向于 grazer。Schansitherium tafeli 和 Sch. Decipiens 属于哪个亚科尚不确定，其食性更偏向于 grazer。

S1-O-10

青藏高原南部稳定同位素高度计

白艳，方小敏，田茜，叶雨晴，刘晓明

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 10010

baiyan06@itpcas.ac.cn

青藏高原植物以及表土叶蜡正构烷烃氢同位素值 δD_{wax} 与高度关系的基础研究结果，发现降水同位素值的高度效应是控制这些山区 δD_{wax} 值高度变化的主要因素（Luo et al., 2010; Bai et al., 2011, 2014），即使在高原东北部部分地区，证明 δD_{wax} 值可以作为极具潜力的古高度定量指标。然而，不同地区同位素值分布及其高程递减率有明显差异，因此，在古高度重建中，需要建立当地的同位素-高度关系以获得更加客观准确的古高度。

高原南部水汽来源水汽来自孟加拉湾和阿拉伯海,并且主要从 85°~95°E 一带中的喜马拉雅山中部的某些有利地区涌上高原，以及从地势较低的高原东部和东南部地区的雅鲁藏布江河谷等地进入高原。本研究选取从喜马拉雅山南坡(5000 -1500 m)，以及藏高原的东南边缘察隅-波密-林芝-拉萨高度断面(1400-4800 m)，分别建立了各高度断面表土叶蜡正构烷烃 δD_{wax} 值及其高程递减率，获取准确同位素-高度关系空间分布特点，探讨途径点各气候参数、传输距离差异、纬度和降水量等对 δD_{wax} 及其高程递减率和表观分馏值 $\varepsilon_{wax\text{-}p}$ 的影响程度，使高原南部和中部地区古高度的估算建立在现代高度计标定结果为依托的基础上，更加严谨和客观。结果发现：从喜马拉雅山南坡，以及察隅到拉萨的研究区内，表土叶蜡正构烷烃 δD_{wax} 值呈现很好的高度关系，总体高程递减率为 2.1‰/100 m。而且，高程递减率在喜马拉雅山南坡大于察隅断面，大于尼洋到拉萨断面。在藏东南同等高度范围内，δD_{wax} 值在顺风坡和逆风坡皆呈现对称的高度效应。从察隅到林芝的低海拔处，由于纬向效应抵消了部分高度效应，高程递减率降低。这些高程递减率与高原东南部河水和降水氧同位素并不完全一致 (Yang et al., 2012；Wen et al., 2012)。结合高原表土 δD_{wax} 等其他研究中内陆湿气

循环和纬度效应等结果(Bai et al., 2012)，它们将为高原中南部古高度重建提供直接依据。

S1-O-11

渐新世—中新世之交青藏高原伦坡拉盆地的古高度

贾国东[1]，马永嘉[1]，孙继敏[2]

1 中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640,
2 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
jiagd@gig.ac.cn

青藏高原古高度一直是地球科学领域关注的热点问题，其中，氧同位素古高度计近年来得到了广泛应用。例如，Rowley and Currie (2006)对青藏高原中部的伦坡拉盆地用碳酸盐 $\delta^{18}O$ 方法重建了其古高度，认为该盆地在始新世即已达到目前的高度（>4600 m），并一直保持到现代。用相同方法在青藏高原其它盆地都得出了类似的研究结果。但是，最近对伦坡拉盆地的孢粉和哺乳动物化石的研究却不支持上述结论，认为该盆地在丁青组沉积时的晚渐新世-中新世期间，古高度约在 3000 m 左右。对上述矛盾结果的进一步澄清还需要从不同角度用不同方法来进一步的研究和解决。

叶蜡烷烃的碳氢同位素在重建山脉和高原古高度方面有潜在应用前景。我们运用这一方法对伦坡拉丁青组中下部泥岩样品进行了分析，重建了其在渐新世末至早中新世期间（25.5–19.8 Ma）的古高度。样品中的叶蜡烷烃 $\delta^{13}C$ 和 δD 的分析测试结果分别为 −29.8± 0.7‰ (n = 38) and −188±10‰ (n = 22) 。用早中新世南亚 Siwalik 沉积中土壤碳酸盐 $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$ 值为低海平面参照值，由上述叶蜡烷烃碳、氢同位素值可分别估算出丁青组沉积时盆地流域的平均古高度为 3040±560 m 和 2770±530 m，二者基本一致。同时这一结果还与孢粉和哺乳动物化石的结果一致。此外，由 $\delta^{13}C$ 和 δD 的时间序列记录，我们还发现，在 25.5–21.8 期间盆地的古高度有约 900 m 的降低，导致这一降低的原因（快速风化侵蚀或构造挤出作用？）还有待进一步的研究。

S1-O-12

中新世中—晚期华南高海拔山脉存在的花粉学证据及其对认识中国地理格局变迁与生物演化的意义

翁成郁[1*]，郝秀东[1]，黄奇瑜[2]

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640
*weng@tongji.edu.cn

现有理论一般趋向于认为，由于青藏高原的抬升，中国在渐新世—中新世（约 23 ma）之交发生了重要的地形转换，由东高西低向西高东低的现代格局转变。我们对从中-晚中新世保存于台湾海相地层（这时候的台湾尚未出露海面）的孢粉组合的分析发现，存在着大量寒冷环境中生长的云杉（Picea）、铁杉（Tsuga）与冷杉（Abies）等的花粉，这些植物目前只存在于台湾高山 2500 m 海拔之上，而当时的台湾还没有形成，华南地区也比现在温暖，使得这些花粉的来源成为一个疑团。一个可能解释是这些花粉是由长江等河流从上游较高海拔地区一路输送至此沉积。然而，从目前对于花粉现代传播机制与传播规律来看，如此数量的这类花粉的长距离传输的可能性极小。较为合理的解释是华南地区当时存在着海拔在 3000 m 以上的高山，而这些高山可能是中生代该地区由于板块活动激烈造成的较大抬升后所遗留的地势，也可能是在南海的张裂过程中造成的新的激烈抬升所造成。无论是这两种成因中的那一种，都显示当时的西高东低地势还没有完全

形成，东部仍然有一定的地形优势，但由于其局部性，可能并没有阻碍东部东亚季风的形成与向内地延伸。这一现象的发现提示我们，对于中国地势演变格局的步伐及这一时期南海的沉积环境及沉积物来源都需做深入的再思考。同时，这些山脉的存在，对于台湾地区植被及生物地理的演变也提供了许多启示，为一些问题的解决提供了新的思路。

S1-O-13

塔里木盆地库车地区渐新世以来的孢粉记录

唐自华[1]，黄宝春[2]，丁仲礼[1]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
2 北京大学地球与空间科学学院，北京 100871
tangzihua@mail.iggcas.ac.cn

欧亚大陆中纬度地区在新生代晚期经历了副特提斯洋退缩、青藏高原生长及内陆山体复活抬升等重大地质过程，同时逐渐形成了目前最大的中纬度干旱区。作为该干旱区的核心，塔里木盆地构造尺度环境演化历史依然知之甚少。我们对塔里木盆地北缘已知最长的陆相沉积记录——库车剖面进行了连续的孢粉分析。结果显示，30 Ma 以来，库车盆地植被持续以旱生草本麻黄、藜、蒿等为主，仅在中中新世木本孢粉栎、榆、桦等含量略有增加。我们数据表明，塔里木盆地的干旱状态至少在早渐新世晚期即已形成，之后气候干湿波动很小。

与天山北麓的孢粉记录比较发现，晚渐新世天山北麓以森林植被为主，说明这一时期天山南北的环境分异受局地因素主导。而中新世，天山南北的植被历史相近，表明二者共同受制于更大尺度的控制因素。古地理重建结果揭示，早渐新世以来，副特提斯海从塔里木盆地西部逐渐退出。但这一过程并未对库车地区干旱程度产生显著影响，暗示海陆分布变化不足以解释新生代晚期塔里木盆地干旱环境演化。但其他因素，如青藏高原生长、全球温度降低、大气 CO_2 浓度变化，对中亚环境演化的贡献尚需进一步研究。

S1-O-14

第四纪哺乳动物岛屿化

同号文

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
tonghaowen@ivpp.ac.cn

哺乳动物岛屿矮化(insular dwarfism)很早就引起人们注意，但其分布在全球范围十分有限，主要在地中海岛屿、菲律宾诸岛、马来群岛、日本列岛、阿拉斯加附近岛屿、美国洛杉矶附近岛屿及马达加斯加岛等；但至今在中国尚未见到有关岛屿矮化的报道。最常见的第四纪岛屿矮化动物有大象、水牛、河马、鹿类等，甚至包括我们人类自己。在这些岛屿矮化地点中，地中海中的岛屿和美国的海峡群岛（*Channel Islands*）及印尼的佛洛雷斯岛（*Flores Island*）上的长鼻类动物研究最为深入。岛屿矮化的原因及矮化的速度一直是争论的两大焦点；过去通常将岛屿矮化简单地解释为由食物短缺所引起，但奇怪的是岛屿矮化通常与岛屿巨型化(island gigantism)相伴随，即岛屿上有些小型动物的体形要比大陆上的同类大出好几倍，常见的巨型化动物有鼩鼱、鼠类及鸟类。但可以肯定的是，岛屿化肯定与岛、陆的隔离有关。此外，有些动物的矮化速度十分惊人，例如，有些大象的矮化在短短的几万年时间内就能发生。动物的岛屿化对推断海平面的升降应当有一定的参考价值。中国何以未出现动物的岛屿化现象，这主要是因为迄今在岛屿上发现的哺乳动物化石十分有限；而另一个原

因是这些岛屿都在近岸或者与大陆之间的水域较浅，与大陆未曾出现过长时期隔离。

S1-O-15S

晚中新世瞪羚（*Gazella*）动物地理学与环境研究

李刈昆 [1,2]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

2 中国科学院大学，北京 100049

liyikunivpp@gmail.com

瞪羚（*Gazella*）是中国晚中新世至更新世常见门类，也是三趾马动物群中的重要分子，现生以鹅喉羚（*Gazella subgutturosa*）为代表，分布于我国的甘肃、内蒙、新疆与西藏北部。中国目前已知最早 *Gazella* 化石记录对应于 MN10，包括甘肃临夏盆地以及陕西蓝田，甘肃临夏盆地的环境研究表明 *Gazella* 的生活环境可能为以 C3 植物为特征的相对湿润温带草原环境，有少量灌木丛为典型的食叶者食用，这样的环境不同于三趾马动物群通常被认为生活于以 C4 植物为特征的稀疏草原环境，在美洲、巴基斯坦、尼泊尔和非洲等地出现的 C4 植物扩散没有出现在中国，可能与青藏高原的隆升有一定的联系，目前已知最早的 *Gazella* 化石记录出现于非洲，了解早期 *Gazella* 的生活环境对于了解 *Gazella* 在各大洲之间的迁移路线有着非常重要的意义。

S1-O-16

南亚三趾马向中国的扩散及其环境背景

孙博阳

天津自然博物馆，天津 300201

bysxp@sina.com

Plesiohipparion, Proboscidipparion 是中国上新世至更新世的典型门类，也是旧大陆的特有属，其起源一直是古生物学家感兴趣的问题。近些年来的研究表明，*Plesiohipparion, Proboscidipparion* 很可能起源于南亚西瓦里克地区的 *Sivalhippus* 类群，而最近对中国云南地区三趾马化石的重新研究指出，中国境内存在 *Sivalhippus* 类群。种种迹象表明，南亚的 *Sivalhippus* 类群有可能向其东北方的中国地区进行过大规模的扩散和迁徙，而伴随这次大事件的是青藏高原隆升、全球气候骤变等一系列地质和环境变化。对这次迁徙事件的分析对于整个晚新生代哺乳动物群的研究有着重要的意义。

S1-P-01S

长江河流沉积物碎屑锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素物源示踪研究

何梦颖 [1]，郑洪波 [1]，贾军涛 [2]

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210046

2 中国石油大学地球科学与技术学院，青岛 266580

conniehe1216@gmail.com

长江发源于青藏高原，最终汇入东海，是亚洲最长的河流。作为连接青藏高原和亚洲季风系统的纽带，长江流域发育与贯通的时限一直是地质学家和地貌学家研究的热点。鉴于河流流域演化、流域构造活动和气候变化以及水系的调整等过程必然在沉积物中保存有重要的记录，因此，长江河流沉积物源汇过程的研究成为了解决长江地质历史演化等问题的核心与关键。同时，对长江沉积物物源示踪的研究对揭示河流沉积物剥蚀与搬运的机制，了解现代亚洲地貌格局的演变，以及探讨河流发育对构造隆升和季风演化的相应等均具有重要意义。

锆石是自然界最稳定的矿物之一，普通铅含量低，富含 U、Th 元素，封闭温度高，

是 U-Pb 同位素定年的理想对象。锆石 Hf 含量较高，Lu/Hf 比值很低，也是 Hf 同位素分析的理想矿物。对碎屑锆石 U-Pb 年代学及 Hf 同位素的综合研究，能够更准确的获取已经完全被剥蚀掉，或者经历了岩浆事件而未暴露于地表的沉积物的信息，指示沉积物物源、搬运以及再旋回的过程。

对长江流域 25 个现代沉积物样品进行碎屑锆石 U-Pb 年龄测试，并对其中的 10 个样品做原位 Hf 同位素分析，结果表明：长江河流沉积物的碎屑锆石多为岩浆成因。碎屑锆石 U-Pb 年龄主要有六组峰：2 .4-2.6 Ga，1.8-2.0 Ga，700-1000 Ma，400-600 Ma，200-300 Ma 和<65 Ma。其中 200-300 Ma 和 700-1000 Ma 为主要的两组峰。通过对长江沉积物碎屑锆石物源的研究，认为对干流贡献较大的支流是汉江、嘉陵江、湘江，以及干流攀枝花-2 到宜宾段；其次是大渡河和岷江；对干流贡献较小的支流是赣江和乌江；雅砻江和沅江的贡献较难确定。长江流域可能的物源区为松潘—甘孜褶皱带、秦岭—大别造山带、扬子克拉通和华夏地块。结合 Hf 同位素研究，可认为沉积物中 200-300 Ma 年龄的锆石主要来自松潘—甘孜褶皱带，少量来自秦岭造山带和华夏地块。400-600 Ma 的锆石主要来自秦岭-大别造山带。700-1000 Ma 年龄的锆石主要来自扬子克拉通和大别造山带，中下游沉积物该年龄段的少数锆石来自于华夏地块。古元古代—太古宙的锆石 Hf 同位素组成主要与扬子克拉通和华夏地块相近。

S1-P-02S

动物地理揭示的三峡地区 MIS 2 时期古气候环境

陈少坤[1,2]，庞丽波[1]

1 重庆中国三峡博物馆（三峡）古人类研究所，重庆 400015

2 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

cskcsk2000@163.com

迷宫洞是长江三峡地区晚更新世重要的古人类化石遗址，出土了大量哺乳动物化石。该遗址位于重庆市巫山县抱龙乡马坪村，地理坐标：N 30°58′23.1″，E 110°00′58.4″，海拔在 165~258 m 之间。此处地处巫山山脉北侧、四川盆地的东北缘，属中亚热带暖湿季风气候带。从动物地理学的角度来看，此地位于东洋界中印亚界华中区西部山地高原亚区四川盆地省的东部，与秦巴-武当省相邻。抱龙乡年平均气温 17℃，降水丰沛，辖区及周边岩溶发育，峡谷幽深，海拔多在 1000 米以下，山地面积超过 96%。

黄万波等（2000）曾经对该遗址的动物群进行过初步的报导，出土的化石种类除晚期智人外，还包括鱼类、爬行类、食虫类、翼手类、啮齿类、灵长类、食肉类、长鼻类、奇蹄类和偶蹄类，共计 47 种。C^{14} 测年法显示该遗址化石层年代为 13150±190 B. P.，恰好为 MIS 2 时期。

迷宫洞遗址发现的小哺乳动物化石全部属于现生种类，它们的分布型和分区分布参照张荣祖等（1997）和张荣祖（2011）。在标本数量上，东洋型（W）和南中国型（S）物种占大多数，反映了典型的东洋界动物群面貌；在物种数量上，横断山为主亚型（Hc）和阿穆尔或延展至俄罗斯远东地区亚型（Eb）物种也占有很大的比例，代表了较现代迷宫洞地区更低温的环境。与三峡地区晚更新世其它动物群相比，迷宫洞遗址中食虫类种类较多，啮齿类种类相对单调，并缺少常见的鼯鼠（Petaurisidae）、竹鼠（Rhizomyidae）等，说明当时森林相对稀少，灌丛相对发育。

迷宫洞遗址的大哺乳动物化石多为我国

南方中-晚更新世典型的“大熊猫-剑齿象”动物群成员，显示了比较浓厚的华南色彩。但其中古北界物种 Stephanorhinus kirchbergensis、Spirocerus sp.、Cervus (Elaphus) xanthopygus、Mustela putorius 和季风区型物种 Elaphurus davidianus 的出现，则反映了当时气候的干冷化和较强东亚季风的影响。遗址中缺乏我国南方晚更新世常见的 Elaphas maximus、Rhinoceros sinensis、Cervus unicolor 和 Muntiacus 等种类。这些种类生存于温暖湿润的环境之中，尤其是 Cervus unicolor 和 Muntiacus，它们主要取食新鲜的树叶和嫩枝，并且其数量在自然状态下是相对丰富的，也容易成为古人类的猎食对象。它们在迷宫洞的缺失，说明当时森林较稀少，气候相对干燥。

从迷宫洞遗址哺乳动物群的整体面貌和该区域地貌特征推断，在 MIS 2 时期，三峡地区气温季节性变化明显，冬季的温度较现代低，季节性的气温变化可能与现代华北南部地区更加相似；湿度较现代低，但比现代华北地区高；山间谷地比现代更宽阔，森林相对稀疏，林间灌丛和草地发育；东亚季风相对显著，在夏季能够带来较多降水。

迷宫洞独特的动物群构成表明，在 MIS 2 时期，发生了动物群的南迁事件。以往的古生物学者认为第四纪冰期-间冰期的交替没有或仅在很小程度上对我国西南哺乳动物群产生影响，迷宫洞动物群的发现改变了这一观点。

S1-P-03S

山东青州黄土成因的碎屑锆石证据

王治祥[1]，梁美艳[2*]，武建勋[1]，彭淑贞[3]

1 中国地质大学（武汉）地球科学学院，武汉 430074
2 中国地质大学（武汉）公共管理学院，武汉 430074
3 泰山学院旅游与资源环境学院，泰安 271021
*liangfan99@126.com

黄土高原连续的黄土沉积是研究新生代气候演化的重要陆相纪录之一，对其物源的研究不仅可以重建东亚地区新生代以来大气环流格局，而且能够更好地解释黄土中保存的各项气候指标。近年来众多学者运用不同的示踪方法对黄土高原黄土物源开展研究，取得了一系列进展，不仅揭示出黄土是一个多源区共同混合的产物，同时还发现黄土物源存在时空差异。然而，目前对于黄土高原以外地区黄土的成因机制、物源及其与黄土高原主体的物源联系等问题的研究仍较少。

中国东部的山东地区也普遍发育黄土，其中以堆积于鲁中山地北麓青州地区的黄土保存厚度最大。已有研究显示其底界年龄为 500 ka 前后，与长江下游地区的下蜀黄土起源年代接近。前人通过对这套黄土沉积的粒度和粘土矿物特征研究推断其物源主要来自沉积区以北的渤海湾陆架和黄泛平原松散堆积物，但缺乏直接的物源示踪研究。因此，本文通过近年来广泛应用的单颗粒碎屑锆石 U-Pb 年龄物源示踪的方法，对山东青州黄土两个层位的样品开展了碎屑锆石 U-Pb 年龄研究，并与前人已发表的黄土高原黄土、黄河冲积物以及该剖面所在的华北克拉通东部基岩的碎屑锆石数据进行对比，以期对青州黄土的成因机制及物源进行探讨。

青州黄土碎屑锆石 U-Pb 年龄结果显示，样品的主要年龄组成分布在 200~360 Ma 和 360~560 Ma 之间，500~1100 Ma 及 1600~2600 Ma 锆石也占有一定的比例。由于华北克拉通东部基岩中 360~560 Ma 以及 560~1100 Ma 锆石的相对含量少，因此可以推断青州黄土并非来自周边的基岩物质。同时，由于青州黄土的粒度与黄土高原粒度接近，因此也可以排除青州黄土通过远距离风搬运沉积的可能。但青州黄土的碎屑锆石

U-Pb 年龄组合与黄土高原黄土极其相似，表明二者在物源上有密切联系。对比青州黄土与黄河冲积物可以发现，二者的锆石年龄谱极为相似，因此我们推测，青州黄土可能来源于黄土高原的侵蚀物，之后被黄河搬运至华北平原的黄泛区，这些松散沉积物在中更新世全球气候变冷的背景下，经风力的吹扬搬运，在鲁中山地北麓的青州地区堆积形成现今的青州黄土。

S1-P-04

河流决口改道与三角洲演化

褚忠信

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

zhongxinchu@ouc.edu.cn

平原三角洲地区，受河流洪水、河流决口和相对海平面上升等因素的影响，易遭受灾难性淹没；同时，河口三角洲地区，是大陆泥沙从源到汇输运的主要枢纽，是陆海相互作用的典型地区。在河流进入蓄水盆地过程中，其尾闾段经常围绕一个空间位置决口改道，继而形成新的三角洲叶瓣，这一过程的不断重复，加之其他因素的作用，最终可形成河流三角洲体系。因此，开展河道决口机制研究，不仅在沉积学与地貌学方面有理论意义，还有益于预测河流决口地点与周期，为(入海、入湖和入水库)河流的防灾减灾和生态环境保护等提供科学依据。

黄河，因大量泥沙淤积，其下游河道逐年抬高，成为著名的“地上悬河”。黄河下游历史上曾“三年两决口，百年一改道”，给中华民族带来巨大的灾难；如今，黄河决口的威胁依然存在。黄河尾闾段，因河流决口改道频繁，形成近代以宁海为中心、现代以渔洼为中心并向东北呈扇形撒开的近现代黄河三角洲体系。黄河是典型的平原海岸河流，其尾闾段的频繁摆动为世界大型河流史上所罕见，使其成为研究河道决口的绝佳案例。

受国家自然科学基金“河流回水对黄河尾闾段决口的影响”资助，主要以黄河尾闾段为研究对象，基于观测资料与数值模拟技术，研究黄河河口段回水动力学与河床地貌动力学。这里在对平原河道决口理论进行总结与分析的基础上，主要介绍本项目阶段性研究进展。

S1-P-05

基于多剖面黄土—古土壤序列的粒度反演源区距离

董欣欣

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

xxdong@mail.iggcas.ac.cn

黄土高原一直以来都是东亚季风系统变化研究的核心地区之一。在黄土高原上对黄土-古土壤序列的众多研究中，沉积物粒度测试几乎是每个研究者的必备手段。尽管前人已经对黄土—古土壤序列的沉积物粒度变化进行了相当广泛的调查和研究，但是鉴于沉积物粒度变化受到季风强度、源区距离、地形地貌等多种因素的共同影响，在沉积物总体粒度变化或者某种特定组分变化到底指示哪一种气候环境变化这一重要问题上，国内外研究者至今仍然存在较大的分歧。

本研究从 Kenneth Pye (1987)提出的风力搬运粉尘颗粒的动力学机制出发，分析了其中的空气动力学条件、搬运距离和颗粒粒径三者之间的关系，通过理论推导得到了同一源区不同粒径的粉尘颗粒在同一时间内的空间分布规律，并基于这种分布规律，建立了一种利用多剖面黄土-古土壤的粒度序列反演各个地质历史时期沉积物源区距离的模型。然后，本研究选取了黄土高原各个历史

时期粒度等值线图上，最接近粒度梯度最大方向上的两个实测剖面环县剖面和白马铺剖面作为模型检验对象，利用实测黄土-古土壤样品中<50 μm 部分的众数组分粒径作为模型基础参数进行反演计算，得到了 250 ka 以来，自 S2 古土壤层之上的黄土-古土壤序列各个典型分段时期内<50 μm 众数组分所指示的源区距离变化曲线。

结果表明，（1）根据<50 μm 部分的众数组分粒径差值反演所得的源区距离变化，与北半球海平面变化曲线高度相似，体现出海平面对黄土-古土壤沉积物源区进退的控制作用。（2）反演所得的源区距离变化与<50 μm 部分的众数组分粒径变化，在特定阶段具有高度的相似性，这说明源区距离是影响沉积区颗粒粒径的主要因素之一，但并不能够单独控制沉积区颗粒粒径的所有变化。（3）反演所得的空气动力学条件变化与<50 μm 部分的众数组分粒径的变化，也在某些特定的阶段表现出相似性，同样说明空气动力学条件也是影响沉积区颗粒粒径的主要因素之一，但也不能够单独控制沉积区颗粒粒径的所有变化。（2）和（3）这两种分阶段的相似性恰恰表明，尽管大部分时期内，源区距离和空气动力学条件共同控制着黄土—古土壤序列中沉积物众数粒度的空间变化，但在特定时间内往往是变化较为剧烈的一种因素占据主导地位。据此就可以很好地理解，为何过去利用单一剖面的特定粒度组分作为某一气候环境因素的代用指标，应用在大区域上不同地区的时候容易出现自相矛盾的问题。

以上检验结果证明，利用多剖面黄土-古土壤的粒度序列反演各个地质历史时期沉积物源区距离的模型具有实际应用价值，这一模型的建立为利用多剖面黄土-古土壤序列沉积物的粒度序列进行古环境和古气候变化研究提供了一种新的思路和方法。

S1-P-06

近 30 年季风降雨与人类活动对长江水循环的影响

李超[1,2]，杨守业[1]，连尔刚[1]，杨承帆[1]，邓凯[1]

1 海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 同济大学长江水环境教育部重点实验室，上海 200092

cli@tongji.edu.cn

长江是我国第一大河，长江流域的地表水循环过程，不仅影响整个流域的生态环境，同时对长江口及东海的生物地球化学过程，都有重要的作用。长江流域，尤其是中下游地区，主要位于我国东部季风降雨区，其水循环过程受到了季风降雨的影响；同时，长江流域又是我国水资源最丰富的地区，长江上游不计其数的水利工程，对长江的水循环也产生了重要的影响；此外，长江流域作为我国工农业最发达的地区之一，各项工农业用水都对流域的水循环起着不可忽视的作用。

水体的氢氧同位素组成特征，对探索水体在自然界循环过程具有良好的指示作用。前人对长江流域地表水体的氢氧同位素组成已有不少报道，但这些研究主要偏重于长江水体氢氧同位素的时空变化特征，对其变化的根本原因和影响因素讨论不够。此外，传统调查往往依靠单次调查结果，缺乏长期观测，尤其是年际间的比较。

本研究系统收集了近 30 年来长江流域降水及河水的同位素季节性数据，通过比较发现：1）长江流域近 30 年来季风降雨同位素组成模式变化不大，季风降雨的同位素季节性变化特征决定了江水的同位素季节性组成；2）与降雨相比，江水的同位素组成变化范围较小，显示了长江的混合性和均一化效

果。80 年代江水同位素的季节性变化较季风降雨的变化要滞后 1 个月左右。而 2000 年以来，长江江水的同位素季节性变化较季风降雨延迟了 2 个月左右。我们推测这一变化主要是人类活动及大型水利工程（例如三峡水利工程）建设导致长江流域水循环减缓引起的。该研究成果表明，虽然近年来长江流域各种水利设施建设对长江水量影响并不明显，但长江的水循环过程，尤其是季节性变化特征已经发生了明显改变。这种变化对长江流域生态环境、气象规律及抗洪防汛所造成的影响，值得进一步探索和关注。

S1-P-07S

新疆罗布泊氧同位素 5 期以来的古环境研究

章陶亮[1]，王汝建[1]，赵越[2]，刘健[2]，肖文申[1]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
2 中国地科院地质力学研究所，北京 100093
ztl1989@hotmail.com

罗布泊位于新疆东南部，塔里木盆地的东端，是塔里木盆地的最低洼处，受西风带控制。地质历史时期，随着气候环境多次冷暖和干湿的变化旋回，罗布泊经历了多次扩张和缩小的演变过程，是研究西风气候环境变化的典型代表之一。本研究以罗布泊 KY01 孔沉积物为材料，研究了该地区 MIS 5 以来的古气候、古生产力以及高等植被的变化。

通过 AMS ^{14}C 和光释光测年数据，以及有机碳含量,有机碳 $\delta^{13}C$ 值,烷烃总量，中值粒径与葫芦洞，三宝洞石笋 $\delta^{18}O$ 对比，将 KY01 孔划分为 MIS 5-MIS 1 的沉积序列，底部年龄约为 130ka。利用 U_{37}^{k} 重建罗布泊晚 MIS 5-早 MIS 3、晚 MIS 1 春、秋季的古温度。MIS 5 以来罗布泊温度在 MIS 1 晚期最低，MIS 3 早期最高。罗布泊干湿变化的研究表明，MIS 5.5，MIS 5.3 早期至 MIS 5.1 晚期温暖湿润；MIS 5.1 晚期至 MIS 4 早期，罗布泊迅速干旱；在 MIS 4 为动荡环境；MIS 3 中晚期湿润；直到 LGM 迅速干旱；H1 事件之后罗布泊地区总体湿润，全新世在 6.5-5ka 达到全新世以来最湿润的时期；1ka 以来，罗布泊快速变干。

KY01 孔生源组分以及烷烃总量的研究表明在 MIS 5.5 以及 MIS 5.3-MIS 5.1 温暖湿润的环境，生物生产力较高，C4 植物含量增加；MIS 4-早 MIS 1 生物总生产力变化频繁；7ka 以来生物总生产力快速上升；直到约 1ka，生物生产力迅速下降。MIS 5 以来浮游动植物的变化表明浮游植物总量高峰主要出现在 MIS 5.4 中期、MIS 5.1 和 MIS 1，浮游动物含量的高峰出现于晚 MIS 5.4-早 MIS 5.1 以及中晚 MIS 1；MIS 4 浮游植物含量较低，浮游动物含量略有上升。MIS 3-MIS 2 浮游动植物总量较低；H1 事件后，B/A 暖期和早全新世暖期浮游动植物总量急剧增高；中-晚全新世罗布泊地区浮游动植物总量较高。

综合罗布泊 KY01 孔 MIS 5 以来古气候、古生产力以及古植被记录，并与我国西北地区其它湖泊沉积物对比，在 MIS 5.3-MIS 5.1 以及 MIS 1 早期，罗布泊生物总生产力高，浮游动植物繁盛，表现为温暖潮湿的大湖环境。这与现代西风带的控制下冷期湿润，暖期干旱的气候条件不一致，更接近于东亚季风区的特征。推测东亚季风的增强可能会影响到罗布泊的气候，使得罗布泊变得温暖潮湿。

S1-P-08

云南抚仙湖表层沉积物中的现代介形虫

谢曼平，刘姗姗，张云鹰

云南师范大学旅游与地理科学学院，昆明 650500

formelody@126.com

通过野外采集的抚仙湖表层沉积物及相关湖泊环境信息，描述该湖泊中现生介形虫种类及其生态特征。主要描述了抚仙湖中克氏瘤丽星介 *Physocupria kraelini*、非调和异星介 *Heterocypris incongruens* 此类介形喜欢浅季节性的水池和小的永久性的水体，在师大图书馆南面人工湖中也有发现，数量多。偏爱基质是粘土和缺乏大型水生植物的环境。此物种在富营养化程度高、低氧的池塘中大量繁殖（如云南滇池、），例如那些被水鸟产生的有机物质高度污染的水体。在小河和江的安静区域、稻田、有时在泉眼和地下水域也有发现；泽氏玻星介 *Candonocypris novaezelandiae* 此类介形与 *Fabaeformiscandona fabaeformis*（Fischer,1851）相似，大颚上都有羽状刚毛，但不同后者的是它较大的甲壳，高和长的比例基本相等，右壳比左壳长但较左壳窄。泽氏玻星介 *C. novaezelandiae* 尾叉在连接处有明显的三角结构，而豆形豆形玻璃介 *F. fabaeformis* 没有,前者终端三个爪子较短，并有一刚毛，刚毛长度为最长终端爪子的一半左右，后者只有两个相对较长的终端爪子，刚毛很短，不易注意到。行走足都有四节，每一节上都出现刚毛，但是刚毛的数量和长度有很大的差异；彭金兰鹤庆盆地新属种 *Parachinocythere reticulata gen. et* sp. nov.进一步充实云南地区现代介形虫的生态资料，目前的新属种与 *Chinocythere* 相类似，但是和它的甲壳，壳背后缘，和终端右侧的小三角形齿都是有所差异的。彭金兰鹤庆盆地新属种也和 *Neochinocythere* 相类似，但是和它右侧较强壮的端齿和左侧光滑的中脊也是不同的。此外，在目前的新属种里，第一个底部内收肌是次伸长状卵形和地步第三和第四内收肌的尺寸近乎是相等的。然而在湖花介科 *Limnocytheridae* 中，来自底部的第一个内收肌是小的近圆形的。

S1-P-09

长江流域宇宙成因核素 ^{10}Be 与侵蚀速率估算研究进展

黄湘通 [1]，郑洪波 [2]，John Chappell[3]，王平 [3]

1 同济大学 海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 南京师范大学地理科学学院， 南京 210046

3 澳大利亚国立大学地球科学研究院，堪培拉 ACT 0200

在构造地貌演化、岩石风化、沉积物搬运与沉积等一系列地质过程中，地表侵蚀起着非常重要的作用。因而，如何定量或半定量确定侵蚀作用的速率对于理解上述过程十分关键。二十世纪八十年代以来，随着加速质谱技术在地球科学的普遍应用，岩石和沉积物的宇宙成因核素 ^{10}Be 正逐渐成为估算岩石露头和流域平均侵蚀速率的主要方法。在总结自身工作和汇总国内外学者近年发表的 ^{10}Be 数据基础之上，我们在此对宇宙成因核素 ^{10}Be 在长江流域侵蚀速率估算方面的最新研究进展进行展示。现有的研究表明，长江流域侵蚀速率最高的区域发生在大渡河-岷江流域，年平均侵蚀速率可达 1 mm 以上；最小的区域发生在长江下游的洞庭湖流域。侵蚀速率与许多控制因素，诸如，降雨、地势、坡度等，呈现复杂的非线性关系。总体而言，长江流域侵蚀速率的差异主要与构造和地势因素有关，其中，大渡河—岷江流域的高侵蚀速率可能反映了是由于青藏高原差异隆升的结果。根据现有的侵蚀状况估算，长江中下游的沉积物直接来源于青藏高原的物质的可能性非常有限。

S1-P-10S

15 Ma 以来海陆记录的构造尺度东亚季风的演化以及西北内陆的干旱化

马小林

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
86_PaleoMa@tongji.edu.cn

构造尺度上东亚季风的演化以及西北内陆的干旱化一直是研究的热点。15 Ma 以来全球气候逐步变冷，~14Ma，中中新世适宜期（MMCO）结束，随后中中新世气候转型（MMCT）发生，南极冰盖扩张；之后经过一系列的阶段性降温事件（Mi3-Mi7），~7 Ma 北极冰盖开始发育；~2.7 Ma，北极冰盖完全形成，从此，地球气候进入以冰期-间冰期旋回为主的气候状态。同时我们综述了 35 个青藏高原东北缘和南缘的构造活动记录，发现高原北部 15-9 Ma 以祁连山东部构造较为活跃。东南部在 11-6 Ma 构造较为活跃，8 Ma 活动范围最广；南部在 10 Ma 出现了一次强烈的构造活动，整个高原有从北向东生长的趋势。在 10 Ma，青藏高原的构造活动在中中新世以来达到了一个最为活跃的时期。

在这样的全球气候和青藏高原构造活动的背景下，我们讨论了东亚季风以及西北内陆干旱化在构造尺度上的阶段性演化。15 Ma 以来构造尺度上东亚冬季风的演化分为 4 个阶段，15-11 Ma，11-8 Ma，8-4 Ma，4-0 Ma，逐渐增强，与全球降温的步调基本一致。亚洲夏季风演化分为 3 个阶段，15-11 Ma 强盛期，11-4 Ma 逐渐弱化，4-0 Ma 再次增强。中中新世以来由于天山对西风带来的水汽阻挡，在天山区域一些迎风坡形成完整的垂直植被带谱，而在背风坡形成干旱的植被面貌。内陆腹地由于西风以及亚洲夏季风带来的水汽很难到达，全球逐渐降温控制的空气中水汽含量的减少和逐渐弱化的季风，使西北内陆显示出逐渐干旱的趋势。我们推测在 11.16-7 Ma 青藏高原东北缘和西秦岭之间存在水汽通道，7-8 Ma 之后水汽通道可能全部关闭，加之全球变冷，夏季风较弱，西北内陆全面干旱。同时高原东北缘的隆升不仅加强了西伯利亚高压，以及东亚冬季风和西风的风速；而且青藏高原北缘的隆升也提供了粉尘物源，风尘开始大面积堆积。

S1-P-11

陇西地区甘肃群物源的碎屑锆石 U-Pb 年龄研究

梁美艳[1,2]，王治祥[2]，周森[2]，宗克清[3]，胡兆初[3]

1 中国地质大学公共管理学院，武汉 430074
2 中国地质大学地球科学学院，武汉 430074;
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
liangfan99@126.com

我国西北甘肃群的新近纪沉积包含风成和水成类型的沉积物，研究这些沉积物的物质来源对于揭示中新世时期的干旱区分布及大气环流格局以及区域构造和地貌演化具有重要意义。本文通过碎屑锆石 U-Pb 年龄物源示踪方法，分别对秦安 QA-III 风尘堆积剖面 18 Ma 处的黄土样品和天水窑店 11.5 Ma 处的河流冲积样品进行了研究，并与该区发源于西秦岭的两个现代河流冲积物、六盘山剥蚀物等近源物质以及来源于亚洲内陆地区的第四纪黄土的锆石 U-Pb 年龄特征进行了对比。结果显示：1）风尘堆积样品包含 200~360 和 360~560 Ma 两个显著的锆石谱峰，同时还包含来源于青藏高原的年轻锆石 (18.8 Ma)；2）窑店剖面的河流样品呈现非常单一的谱峰特征，峰值为 418 Ma，这与前人发表的六盘山南部花岗岩体的 SHRIMP 年龄接近，推断其可能来自六盘山南部出露的这

些岩体；3）该区两个现代河流冲积物样品显示出十分相似的锆石谱峰特征，二者都包含360~560 和 700~1000 Ma 两个明显的谱峰，但缺乏 200-360 Ma 区间的锆石；4）同已发表的洛川、西峰、渭南、西宁等剖面的第四纪黄土碎屑锆石年龄数据对比可以发现，甘肃群风尘样品的锆石年龄谱特征与第四纪黄土十分相似，均以 200~360 和 360~560 Ma 为主要谱峰，并且都包含来自青藏高原的新生代年轻锆石；5）风尘堆积样品与西秦岭及六盘山剥蚀物等近源物质的碎屑锆石年龄谱存在明显差别，这些近源物质均缺少 200~360 Ma 的谱峰，表明研究区的风成沉积物并没有受到这些近源物质的影响。上述结果表明：1）秦安中新世风尘堆积的物源与第四纪黄土-古土壤相似，因此进一步印证了前人提出的中新世时期的干旱区分布及大气环流的宏观格局与第四纪基本类似的观点；2）天水地区 11.5 Ma 的河流相沉积物的锆石年龄谱明显不同于西秦岭剥蚀物，而与其东部的六盘山一致，指示着六盘山可能早在 11.5 Ma 以前就存在隆升剥蚀，这一事件与陇西地区 11.8~7 Ma 期间普遍存在的构造事件年代一致，可能与该时期青藏高原东北部的扩展隆升相关。

S1-P-12

云南东北部晚中新世-上新世古环境变化——来自云南昭通盆地的环境磁学结果

郑妍[1]，邓成龙[2]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

2 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

zhengyan@ivpp.ac.cn

新生代初，随着特提斯洋关闭，印度板块北移并与欧亚大陆强烈碰撞，华南大陆向东南部离散，使陆块内某些地区强烈裂陷，形成一系列盆地。上新世期间，盆地中形成水面较宽阔的古湖。由于盆地基底起伏较大，使得湖泊沿岸曲折多变，湖中多岛屿和砂洲，湖滨地带水深可达 5 m 左右。上新世末，早更新世初，本区受青藏高原抬起的影响而地壳强烈抬升，首先大河干流开始下切形成深切峡谷，如现在所见的金沙江峡谷。云南昭通盆地是这样的构造背景和应力条件下形成的新近纪坳陷盆地之一。昭通昭通盆地含有巨厚的保存完好的沉积物，保留完好的上新世湖相沉积，是开展古气候和构造活动研究的理想地区。

2010 年在昭通盆地钻取岩芯（27.20ºN, 103.42ºE），岩芯长 120 m，岩芯顶部 63 m 是粘土和粉砂质沉积物，63-65 m 为褐煤层，65-72 m 为泥碳，72 m 以下为厚约 32 m 的褐煤层，其下为厚约 8 m 的粘土质沉积物，底部为二叠纪灰岩。以 6-12 cm 为采样间隔进行取样，共采集 724 块方块样品（72 m 以下的沉积物在采集中存在部分缺失，底部样品较少，仅采集 32 块样品；顶部 72 m 的沉积物，采集 686 块样品），进行系统的古地磁学测试，获得古地磁极性变化序列。根据对比分析得出沉积物为晚中新世-上新世的沉积物。在此年代学基础上，72 m 以上的沉积物（~2.7-6.7 Ma）开展详细的岩石磁学研究，采样间隔及密度与古地磁样品相同。

昭通盆地详细的岩石磁学结果指示出阶段性的变化特征。盆地中主要的磁性矿物为：磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿等，阶段 I 中没有菱铁矿，阶段 II-V 中没有赤铁矿。IV 和 V 段煤层的形成与沉积速率密切相关。不同阶段的沉积物具有明显的不一致性，可能是沉积环境和/或物源的改变所致。高沉积速率的阶段主要在~6 Ma 和~3 Ma，可能于青藏高原隆升所引起的构造抬升有关，因此阶

段性的大尺度磁学参数变化与构造活动密切相关。各个阶段内的磁学参数呈旋回性变化特征，可能反映了气候变化信息。总之，昭通盆地的环境磁学结果指示出该盆地的沉积物性质主要受构造活动控制，同时受气候变化的影响。

S1-P-13S

南海始新世海相地层分布及油气地质意义

张浩[1]*，邵磊[1]，张功成[2]，陈淑慧[1,3]，吴国瑄[1]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
2 中海油北京研究总院，北京 100027
3 中海油深圳分公司研究院，广州 510240
zhanghao1990330@163.com

采用古生态学及沉积学方法，对南海北部深水区 BY7-1-1 井及 L29 井特定层段进行细致研究。通过有孔虫分析、孢粉藻类分析及沉积学分析，发现南海北部白云深水区在晚始新世即出现滨浅海相沉积环境，确定了南海北部最早接受海相沉积的时间，认为珠江口盆地白云凹陷在恩平组时期开始接受海相沉积，海陆相沉积转换的初始时间为晚始新世。始新世海相地层在南海北部主要分布在台西及台西南盆地中，并在晚始新世扩展到珠江口盆地白云凹陷。在南部分布较广，曾母盆地、北康盆地、礼乐盆地及巴拉望盆地中均有始新世海相地层分布。南海始新世海相地层的分布受制于新南海扩张及古南海的消退，以晚始新世为时间节点发生显著变化，总体上分布范围增大，反映该时期南海拉张和断裂活动的加剧，全区海相地层分布范围总体上呈现为由以古南海为中心逐渐向以新南海为中心过渡的变化趋势。南海始新世海相地层具有良好的油气潜力，在部分盆地中形成了优质的烃源岩与储层，珠江口盆地白云深水区晚始新世海相地层主体为滨浅海环境的产物，含丰富的藻类及无定型有机质，具有形成优质烃源岩的物质基础，是未来南海深水海相油气勘探值得关注重要因素之一，对南海深水海相油气勘探具有积极的指导作用。

S1-P-14

上新世中期(~3.6 Ma)东亚重大环境转变及其可能原因探讨

葛俊逸[1]，戴英[2]，张仲石[3]，赵得爱[4]，李琴[4]，张岩[4]，易亮[4]，吴海斌[4]，Frank Oldfield[5]，郭正堂[4]

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研究所，北京 100101
3 中国科学院大气物理研究所，北京 100029
4 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
5 School of Environmental Sciences, University of Liverpool, Liverpool, L69 7ZT
gejunyi@ivpp.ac.cn

上新世中期~3.6 Ma 前后是全球和东亚季风环境发生重大变革的时期，同时也被认为是青藏高原发生强烈构造运动的时期。一些学者认为高原隆升是导致东亚冬、夏季风发生变化的原因，然而另一些学者认为，该时段季风变化可能与北极冰盖急剧增长有关。东亚季风系统在这一时段的重大转变，究竟是构造还是气候变化的产物，抑或是二者叠加产生的环境效应，是需要进一步探讨的重要科学问题。而解决问题的关键是，准确重建东亚冬、夏季风演化和亚洲内陆干旱化历史，通过与大气动力模式理论研究结果的对比分析，获取东亚季风环境变化的可能机制。我国北方新近纪风尘堆积对研究上述问题有独特优势。而近年来，我国西部黄土高原新发现的典型新近纪风尘堆积序列，为准确获

取东亚季风环境演化历史提供了关键的新纪录。

本文通过对西部黄土高原董湾、西和上新世风尘堆积序列和东部黄土高原西峰红粘土序列的粒度($CaO^*+Na_2O+MgO)/TiO_2$ 值、Na/Ka 值以及粉尘堆积速率等有效气候环境替代性指标的系统对比分析，重建了东亚冬、夏季风和亚洲内陆干旱化的演化历史，揭示出~3.6 Ma 以后黄土高原土壤成壤强度呈整体降低的趋势，粉尘颗粒明显变粗，沉积速率显著增加，表明该时段东亚夏季风减弱，而冬季风加强，内陆干旱化加剧。同时，我们对来自东亚及周边不同地区的多种意义较明确的海陆环境记录进行了综合分析，并与我们本次的重建结果进行了对比，结果表明二者具有很好的一致性，证实了我们的重建结果的可靠性。

过去大量的大气动力学模式理论模拟结果表明，青藏高原的隆升不但导致东亚冬、夏季风环流的同时加强，还造成东亚内陆地区的干旱化的加剧，由此我们的重建结果表明上新世中期的东亚季风环流变化可能并非由青藏高原隆升及其环境效应所导致，而可能是全球温度降低，尤其是北半球冰盖发展的结果。我们通过对上新世中期的数值模拟实验，发现该时期的全球显著变冷导致东亚冬季风的加强和内陆干旱的加剧，但会使得夏季风减弱，进一步证实了我们的推论。

S1-P-15

古红河沉积物稀土元素特征及其物源指示意义

赵梦[1]，邵磊[1]，梁建设[2]，乔培军[1]，向绪洪[3]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中海油研究总院，北京 100027

3 中国海洋石油有限公司深圳分公司研究院，广东广州 510240

87mengmeng@tongji.edu.cn

莺歌海盆地内的大量沉积物是验证与青藏高原隆升有关的河流流域变化争论的理想材料。因此，对南海西北部莺歌海盆地 6 口井沉积物样品进行了稀土元素分析，结果发现：(1)位于盆地中央轴部位的 N4、N5 及 N6 井沉积物自晚渐新世到更新世具 Eu 元素正异常的特征，显示其母岩应为红河流域内大量基性－超基性变质岩和火成岩；(2)位于盆地东侧斜坡带的 N1 和 N2 井沉积物以 Eu 元素负异常为标志，与海南岛上的花岗岩和沉积岩母岩特征相匹配；(3)位于盆地东南侧的 N3 井沉积物晚渐新世至晚中新世具有 Eu 元素正异常特征，明显受到基性物源的影响，但上新世开始，海南岛物源主控该井位沉积，沉积物具 Eu 元素负异常特征。红河流域的变质岩为莺歌海盆地提供了大量基性沉积物，造成盆地内沉积物具 Eu 元素正异常特征。与此同时，海南岛也是莺歌海盆地的重要物源，主导盆地东部区域的沉积，沉积物以 Eu 元素负异常为特征。越南中北部马江断裂带分布的中古生界变质岩及火成岩、Kontum 岩体以及景洪地区可能曾是古红河的一部分，之后由于哀牢山-红河断裂带所造成的位移，被隔断在现在的红河流域外。红河源区从晚渐新世一直到更新世时期流域内母岩类型基本保持稳定，没有大的流域母岩类型突变事件发生。因此，如果红河在其演化历史上发生过流域面积袭夺事件，应该发生在晚渐新世之前。

S2-O-01

中元古代海洋化学结构和微生物群落的分子化石记录

张水昌，王晓梅，王华建

中国石油勘探开发研究院油气地球化学重点实验室，北京 100083

sczhang@petrochina.com.cn

地球上的生命演化与海洋环境演化密切相关。元古代时期的大气和海洋的氧化作用使得海洋的化学组成发生明显变化，并深刻地影响着生命演化和生态史。元素和同位素为古环境重建提供了有力证据，而微生物早期演化和新陈代谢途径的证据更多地来自实体生物化石和分子化石。但元古代时期实体微化石的稀少甚至支离破碎或模棱两可，使得分子化石在其中扮演了至关重要的角色，它们所提供的微生物构成和环境演化的信息为揭示自然界有机生命体与海洋无机化学的协同演化机制搭建了一个重要桥梁。

我们近期在中国华北克拉通燕辽盆地 1.38 Ga 前沉积的下马岭组（XML）低成熟页岩中获得大量甾烷类、藿烷类以及色素类化合物。这些分别指征于真核生物、原核生物以及透光带氧化环境、硫化环境、氮化环境的分子化石，在不同沉积层段内的交替组合出现，指示了 XML 时期的海洋化学结构和相应的微生物群落。

包括 24-降胆甾烷、4-甲基-24-乙基-胆甾烷、甲藻甾烷和 24-正丙基-胆甾烷在内的 C_{26}-C_{30} 甾烷等指征真核生物的分子化石，在 XML 组二段（X_2）和四段（X_4）的出现，一方面说明了同期透光带氧化环境的存在，另一方面也证明真核生物的多样化至少可以追溯到中元古代中期，大大早于目前认为的新元古代末期。而 XML 组三段下部（X_3^1）甾烷类化合物的极低浓度，甚至缺失可能归因于当时真核生物可用有机氮的严重缺乏。同期超高浓度的藿烷以及 2-甲基藿烷、3-甲基藿烷和重排藿烷的组合出现，则体现了原核生物在乏氮环境下的优势地位，以及固氮细菌（如蓝细菌）对海水和大气中无机氮的固氮作用，对应着氮化环境。XML 组三段中部（X_3^2）甾烷类和藿烷类化合物的低浓度稳定共存，表明当时的海洋可能处于一个相对平静的时期，真核生物开始复苏，但氧含量仍较低。进入 XML 组三段上部（X_3^3），甾烷类和藿烷类化合物的含量均降至最低，而源于绿硫细菌的 2,3,6-三甲基苯基类异戊二烯化合物等色素类分子以较高的浓度出现，可能指示了同期海洋的硫化环境。

这些具有专属性环境和生源指征的分子化石在 XML 组地层中的交替组合出现，表明在中元古代中期，表层的氧化环境、亚表层的氮化环境、亚氧化环境（可能是铁化环境）以及透光带的硫化环境可能是共存的，并存在着幕式的演变。我们认为，正是这种动态演化的海洋化学结构导致了真核生物在元古代期间进化停滞。

S2-O-02

地球生命起源和演化的矿物学记录

李一良

香港大学地球科学系

yiliang@hku.hk

地球形成之时是一个充满有毒气体的高温环境。之后由于二氧化碳—水大气与超基性岩之间的强烈相互作用而快速地演化到一个宜居行星(Hao & Li, submitted)。在大约 38.5 亿年之后地球可能有其最早的生命。生物群落在生态环境中的代谢过程会影响环境的地球化学条件，从而影响在该环境中自生矿物的特征；反之，有可能根据地球或其它宜居行星的沉积岩中自生矿物的特征来识别是否在过去存在过生命过程(Li et et al., 2013b)。地球生物圈的最初 25 亿年是个微生物世界，其中厌氧和产氧光合作用微生物的代谢都氧化海洋中溶解的铁，从而在条带状硅铁建造中形成铁的氧化物的沉积；其中，赤铁矿可以保持其矿物特性为“原始沉淀”(Li et al., 2013c)，但磁铁矿则会在沉积期后

持续生长(Li et al., 2011; Li 2012; Li et al., 2013a,b; Li et al., 2014)。在元古代末期和寒武纪早期在中国西南有大规模的磷块岩沉积，可以被称为生命过程的岩石学记录(Xu & Li, 2014)。磷块岩中硫的同位素，丰富的有机质和化石作为一个特征组合明示曾经存在生命过程。我们发现在晚太古代的硅铁建造至中元古代黑色页岩，晚元古代磷块岩至上新世沉积物中生物循环的磷具有一致的矿物学特征，可作为微生物的磷循环的深时记录，具有天体生物学意义(Li et al., 2013b; Sun et al., 2014)，其矿物学和岩石学特征为火星生命的磷循环的矿物学记录提供了参考。我们发现在堪察加半岛的火山热泉中石膏和黄铁矿在晶体形貌和大小上都存在复杂性和多样性，而这种特征只有复杂多变的微生物生态环境才能提供其形成和保存的环境(Tang et al., 2014)。因此，考察同种矿物在同一环境中的复杂性可以作为生物过程的标志，为火星生命探索在化学探索阶段的仪器和科学方法上提供了有意义的参考。

S2-O-03

“大氧化事件”后海洋的氧化：来自华北克拉通古元古代滹沱群的证据

佘振兵[1,2]，杨凡燕[2]，刘伟[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，前寒武纪地球生物学研究组，武汉 430074

2 中国地质大学（武汉）地球科学学院，武汉 430074

zbsher@gmail.com

古元古代“大氧化事件”（~2.4 Ga）以后地球经历了海洋环境和生物地球化学循环的强烈扰动，并伴随出现叠层石爆发和全球性的磷块岩沉积，指示当时可能发生了海洋初级微生物的爆发事件（如，Papineau, 2010）。微生物爆发所产生巨量生物质的埋藏及其随后被大规模氧化可能导致了海洋碳循环的极端异常现象（如，Kump et al., 2011）。为验证这些假说，我们对华北克拉通古元古代滹沱群碳酸盐岩的沉积特征、地球化学和 C-O 同位素进行了系统研究，以此探讨大氧化事件后海洋的化学变化过程。

产出于华北克拉通中部带五台山区的滹沱群是一套厚度超过 10 km 的滨-浅海碎屑岩-碳酸盐岩沉积，局部夹玄武岩层，并经历了低绿片岩相变质作用（白瑾，1986）。滹沱群自下而上由三部分组成：下部为一套向上变细的裂谷碎屑沉积岩，中部为碳酸盐岩-泥质岩，叠层石很发育；上部为一套向上变粗的磨拉石沉积。对滹沱群中火山岩夹层和碎屑锆石的年代学研究表明，该套沉积时代介于 2.14–1.85 Ga，其中碳酸盐岩部分的沉积时代为 2.09–1.96 Ga。滹沱群碳酸盐岩中叠层石特别发育，形态各异，野外可见从小型穹窿状、锥状、柱状，到直径达 4m 的巨型叠层石礁，并且发育巨大核形石。

滹沱群碳酸盐岩剖面 $\delta^{13}C_{carb}$（碳酸盐）值显示向上降低的总体特征，可分为三段：下部 $\delta^{13}C_{carb}$ 介于 1.3 ‰至 3.4 ‰间，全为正值；中部 $\delta^{13}C_{carb}$ 显示明显的波动，介于-3.6 ‰ to 2.7 ‰；上部全为负值，最低达-5.6 ‰。大部分样品 $\delta^{18}O_{carb}$ 高于-10 ‰，且 $\delta^{18}O_{carb}$ 与 $\delta^{13}C_{carb}$ 不具有相关关系。结合多数样品具有低 Mn/Sr 比值（< 10）的特点，说明滹沱群碳酸盐岩 C 同位素体系未受到明显扰动。样品酸不溶物的 $\delta^{13}C_{org}$ 值主要在-30.9 ‰至-22.3 ‰范围内，平均值为-26.5 ‰，与蓝细菌光合酶 RuBisCO 固碳作用导致的 C 同位素分馏一致。

我们认为，滹沱群碳酸盐岩下部 $\delta^{13}C_{carb}$ 正异常可能与初级生物产生的有机质埋藏有

关，相当于 Lomagundi-Jatuli 碳同位素异常事件（2.22-2.06 Ga）的尾声。类似的低幅度 C 同位素正异常在华北克拉通其他几个同时代剖面也有报道，包括河南嵩山群(Lai et al., 2012)、辽东地区辽河群(Tang et al., 2011)。中部和上部的 C 同位素正负异常波动对应于 Fennoscandian 地盾 Zaonega 组(Kump et al., 2011)中报道的负异常事件，可能与海洋有机质的脉冲式氧化作用有关。

主量、微量元素地球化学显示大部分滹沱群碳酸盐岩未明显受到陆源物质输入的影响，因此可反映古元古代晚期的海洋化学组成。碳酸盐岩样品 Al_2O_3 含量一般低于 1%，总 REE（稀土）含量低于 20ppm。PAAS（后太古代页岩）标准化 REE 配分模式呈现平坦或轻度 LREE 亏损，并显示微弱的正或负 Ce 异常。碳酸盐岩具有低 U、Mo、Co 和 Ni 含量，并且从剖面自下往上显示 Mo、Co 和 Ni 含量的降低，指示海水氧含量的升高。

滹沱群变泥质岩总 REE 含量为 61 - 266 ppm，平均为 162 ppm，在页岩标准化图上显示平坦配分曲线和轻度正 Eu 异常 (Eu_{SN}/Eu^*_{SN} =1.22 ± 0.36)，但几乎不具 Ce 异常。Mo 含量普遍较低（平均 0.2 ppm），U/Th 比值介于 0.33 至 0.10 间，表明其沉积于基本氧化的水体中。

总的来说，滹沱群沉积岩记录了大氧化事件后浅海氧化还原状态的波动及其最终向氧化环境的转变。大氧化事件后大陆有氧风化作用导致的营养物质输入可能导致了海洋原始微生物的爆发(Papineau et al., 2013)，这一过程可能导致了海洋浅部的最终氧化。

S2-O-04

冰雪地球融化后的极端炎热和干旱气候

胡永云

北京大学物理学院 大气与海洋科学系，北京 100871

yyhu@pku.edu.cn

地质和地球化学证据表明在冰雪地球冰川残迹层之上有一层深厚的碳酸盐岩。现有的一些研究认为该层碳酸盐岩是冰雪地球融化后强风化反应导致的大气中高浓度 CO_2 的快速沉降形成的，并建议强风化反应是由于高温条件下的强降水造成的。使用大气环流模式与一个混合层海洋相耦合，我们模拟了冰雪地球融化后不同 CO_2 浓度条件下的气候态。我们的模拟结果表明，在高浓度 CO_2 条件下，加上大量水汽进入大气后形成的的强温室效应，地表温度确实很高。在 20000、100000、200000 和 400000 ppmv CO_2 条件下，全球平均地表温度分别是 32、53、61 和 74 °C，陆地表面温度高于海洋，最高地表温度分别高达 50、70、80 和 100 °C。但是，模拟的降水强度与现有研究预期的并不相符合，模拟的陆地降水只有大约每年 250 – 300 mm，只相当于现在半干旱气候区域的降水量，而且，陆地降水随 CO_2 升高而减弱。这说明风化反应速和大气中 CO_2 的沉降速度都比较缓慢，而不是像预期的那样快。进一步的分析发现，降水较弱的关键因素是大气层结比较稳定，尤其在热带海洋边界层形成了一个很强的逆温层，该逆温层随 CO_2 浓度的升高而增强，该逆温层导致大气对流运动很弱，进入大气的水汽较少，相对湿度很低，降水偏弱。我们还发现两方的因素造成了逆温层的出现，一是热带大陆的上升运动在相对较冷洋面形成下沉运动，另一因素是太阳辐射无法抵消高温条件下洋面强蒸发所产生的冷却效应。该逆温层得一个重要效应是有效地推迟了温室逃逸的发生。

S2-O-05

埃迪卡拉期海洋氧化事件与早期动物演化

肖书海

Department of Geosciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA 24061, USA

xiao@vt.edu

地球表面的氧化程度和生物演化事件有密不可分的关系：光合作用的出现最终导致了地球表面氧气的积累，同时大气和海洋中氧气的含量也在一定程度上制约宏体异养型生物特别是动物的演化。因此研究地球表面的氧化程度和生物演化事件的关系是地球生物学的重要课题之一。通常认为动物的生态学崛起是由于大气和海洋中含氧量增高而导致的生物演化事件。这是一个很有吸引力的假说，同时也是一个很难证明的假说，因为早期动物的化石记录很不完整且很难识别，其生理特征（比如新陈代谢速度和对氧气的需求）很难恢复，地球历史中特别是元古代时期大气和海洋中含氧量也很难确定。尽管如此，现有的系统发育学，古生物学，和地球化学证据显示构型复杂且生态学上比较活跃的宏体两侧对称动物，比如表栖活动的动物，能钻穴的动物，和捕食的动物，是在埃迪卡拉晚期才开始出现的。同时有地球化学证据表明，恰好在埃迪卡拉晚期整个海洋也逐渐地向显生宙的氧化还原结构转化。因而，埃迪卡拉晚期海洋中含氧量是制约新陈代谢比较活跃的宏体两侧对称动物的演化似乎是一个合理的假说。但是，海洋氧化事件和动物演化事件可能是互相影响的两个事件：虽然海洋中含氧量的升高可能消除了宏体两侧对称动物演化的一个生理学上的障碍，并对动物的行为和捕食方式有积极的促进作用，但是古生代早期动物的生态辐射也对海洋的氧化还原结构有重要的影响。从更广的尺度来看，动物的早期演化历史是由一系列的事件决定的，包括动物发育学和调控基因系统的形成，地球环境的变化包括海洋含氧 量的升高，以及生态学上的正反馈作用，都对动物的演化有重要的作用。同时，由于动物的出现，地球地表环境包括海洋的氧化还原结构，沉积系统，地球化学循环有了翻天覆地的变化。

S2-O-06

庙河生物群的保存环境及其对埃迪卡拉纪海洋化学和生命演化的启示

李超[1]，石炜[1]，张子虎[1]，周传明[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

chaoli@cug.edu.cn

湖北三峡地区庙河剖面埃迪卡拉系陡山沱组（635-551 Ma）顶部黑色页岩中保存有丰富完好的碳质压型化石，其中部分被认为是底栖多细胞真核藻类化石（如：Xiao et al., 2002）和可能的后生动物（如：Ding et al., 1996）。传统认识中这些化石的出现暗示了沉积环境的氧化。然而，Li et al.(2010)在距庙河剖面~20 km 的九龙湾剖面相应层位的 Fe-S-C-Mo 系统地球化学工作表明该层位地层沉积于高度缺氧硫化水体中。这一结论与庙河生物群中真核藻类和可能的后生动物的出现构成显然的矛盾。为解决这一矛盾和弄清庙河生物群保存的水化学环境，我们对庙河剖面保存有化石的黑色页岩及上覆未发现化石的硅质页岩开展了系统的 Fe-S-C 地球化学和岩相学的工作。作为对比，我们还对

距离庙河剖面~2 km 的九曲脑剖面的相应层位开展了相似的工作。我们的研究结果表明庙河生物群实际上保存于缺氧铁化的沉积环境，而上覆未发现化石的硅质页岩则沉积于缺氧硫化的水体中。此外，未见化石保存的九曲脑剖面相应的黑色页岩和上覆硅质页岩也都沉积于缺氧硫化的水化学环境中，这与 Li et al.(2010)在九龙湾剖面的观察一致。因此，我们的初步观察符合这些早期简单的真核生物可以出现在缺氧铁化但非硫化的沉积环境中的观点，这与 Li et al. (2010)对三峡地区陡山沱组海水化学与真核生物化石地层分布的对比结论相符。我们在庙河、九曲脑以及 Li et al. (2010)在九龙湾剖面的工作表明：（1）埃迪卡拉纪海洋化学可能具有高度的空间差异性，这种空间差异甚至可能出现在几公里的空间尺度内；（2）早期简单的真核生物和一些动物可能能够生存于低氧的水体环境；这与近来出现的早期动物生存环境的新观点一致(如：Mills et al., 2014)。

S2-O-07

埃迪卡拉纪海洋的氧化：来自铁同位素的证据

Haifeng Fan[1], Xiangkun Zhu[2], Hanjie Wen[1], Lianjun Feng[3]

1 State key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China fanhaifeng@mail.gyig.ac.cn

2 Laboratory of Isotope Geology, State Key Laboratory of Continental tectonics and dynamics, Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

3 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

The increase in atmospheric oxygen during the late Neoproterozoic Era (ca. 800-542Ma) may have stimulated the oxygenation of the deep oceans and the evolution of macroscopic multicellular organisms. However, the mechanism and magnitude of Neoproterozoic oxygenation remain uncertain. We present Fe isotopes, Fe species and other geochemical data for two sections of the Doushantuo Formation (ca. 635-551Ma) deposited after the Nantuo glacial episode in the Yangtze Gorge area, South China. It is highlighted that highly positive δ^{56}Fe values reflect a lower oxidation rate of $Fe(II)_{aq}$ under ferruginous conditions, and in turn near zero δ^{56}Fe values indicate oxidizing conditions. Our study suggests that during the deposition of the bottom of Member II of the Doushantuo Formation the shallow seawater was oxic, but the deep water was characterized by ferruginous conditions, which is consistent with a redox chemical stratification model. Subsequent anoxic conditions under shallow seawater, represented by positive δ^{56}Fe and negative $\delta^{13}C_{carb}$ excursions, should be ascribed to the upwelling of $Fe(II)_{aq}$ and dissolved organic carbon (DOC)-rich anoxic deep seawater. The oxidation of Fe $(II)_{aq}$ and DOC-rich anoxic deep seawater upon mixing with oxic shallow water provides an innovative explanation for the well-known negative $\delta^{13}C_{carb}$ excursions (ENC2) and positive δ^{56}Fe excursions in the middle of Doushantuo Formation. Meanwhile, the upwelling Fe $(II)_{aq}$- and DOC-rich anoxic deep seawater could increase photosynthetic activity. The balance between oxygen consumption and production was most important criteria for the oxygenation of Early Ediacaran Ocean and diversity of

eukaryotic organisms.

S2-O-08

桂北陡山沱组铁组分特征及其对于 Shuram Excursion 形成的启示

沈冰[1]，马浩然[1]，李超[2]，郎咸国[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（武汉）生物地质与环境地质国家重点实验室，武汉 430074

bingshen@pku.edu.cn;

埃迪卡拉纪早期的海洋从浅至深可能发展有氧化、硫化和铁化等多层海水，并且在深部海水中可能含有大量的溶解有机碳（DOC）。这一海洋地球化学特征与显生宙的氧化海水截然不同。因此，显生宙地球系统的建立必然经历了海水氧化过程。发生于埃迪卡拉纪晚期的被称之为 Shuram Excursion（SE）的碳同位素负漂移事件被认为是这一氧化过程的重要证据。在这一解释中，SE 被认为是深部缺氧海水中的有机碳库被氧化的结果，深部海水的氧化为宏观底栖生物（如埃迪卡拉生物）的演化提供了必要的条件。在这项研究中，我们对桂北的上地坪剖面和 37301 岩芯中的陡山沱组碳酸盐岩地层进行了铁组分分析。在埃迪卡拉纪，桂北地区处于华南板块的深水盆地沉积相区。在上地坪剖面，陡山沱组为一套中薄层含泥碳酸盐岩；而在 37301 岩芯中，陡山沱组下段由泥晶碳酸盐岩组成，上段则为粉砂岩沉积。铁组分数据显示陡山沱组中部发生了一次明显的变化：Fe_{py}/Fe_{HR} 显著下降，并且黄铁矿组分的含量与碳酸铁组分的含量表现出明显的线性正相关关系；但是总铁的含量(Fe_T)以及 Fe_{HR}/Fe_T 并未发生显著的变化。Fe_{py}/Fe_{HR} 的降低说明在陡山沱早期海水中可能存在一个硫化楔，其一直延伸到了位于桂北的深水盆地沉积相区；到了陡山沱晚期，随着硫化楔的减弱、消失，深水盆地沉积相区的深部海水变得完全铁化。我们认为造成硫化楔消失的原因并不是由于陆源输入的氧化剂（如 Fe^{3+}）的增加所造成的，因为 Fe_T 以及 Fe_{HR}/Fe_T 并没有随着 Fe_{py}/Fe_{HR} 的降低而发生显著变化。

硫化楔分布范围向浅水的退缩代表了一个海水氧化的趋势，这与三峡地区陡山沱组中的 SE 出现相一致。这说明 Fe_{py}/Fe_{HR} 在深水盆地沉积相区的降低可以与 SE 相对比。造成硫化楔减弱的另外一种机制可能是由表层海水中输出有机产量的减少，使得陆源输入的氧化剂存在富余，进而可以进一步氧化深部海水中的溶解有机碳，形成碳同位素的负漂移。我们认为由于陡山沱组中大型带刺疑源类在 SE 开始之前的灭绝，造成了由表层海水向下输出的有机物的显著下降。有机物输入量的减少，在一方面使得硫化楔分布范围的缩减，在另一方面由于用于消耗形成于表层海水中的有机物的陆源氧化剂的减少，富余的氧化剂可以用来氧化深部海水中的 DOC，进而形成了 Shuram 碳同位素负漂移。

S2-O-09

华南陡山沱组三段上部古地磁研究新结果及其古地理意义

张世红[1]，李海燕[1]，蒋干清[2]，David A.D. Evans[3]，董进[1,4]，吴怀春[1]，杨天水[1]，刘鹏举[4]，肖淇昇[1]

1 中国地质大学（北京）生物地质与环境地质国家重点实验室，北京 100083

2 Department of Geosciences, University of Nevada, Las Vegas, NV 89154-4010, USA

3 Department of Geology and Geophysics, Yale University, New Haven, CT 06520-8109, USA

4) 中国地质科学院地质研究所，北京 100037

shzhang@cugb.edu.cn

华南地块较完整地保存了新元古代 Rodinia 超大陆裂解、冈瓦纳大陆汇聚、雪球地球、Ediacaran 纪生命重大转折以及海洋氧化等一系列重大地质事件的记录，这一时期的古地理问题因而备受关注。以前不少作者将 Ediacaran 纪的华南地块置于赤道附近，其依据来自杨家坪剖面陡山沱组的古地磁结果（Macouin et al., 2004）。最近我们在宜昌九龙湾剖面开展了新的古地磁研究，否定了杨家坪剖面发表的古地磁结论和古大陆再造认识。

样品取自九龙湾剖面陡三段陡四段界线之下碳同位素负异常的地层中，计 23 个采点，191 个定向岩心。实验在中国地质大学（北京）和 Yale 大学两个古地磁实验室完成。全部样品经过系统退磁处理，大多数样品在低温、低退磁场阶段即可以分理出一个和现代地磁场一致的剩磁分量，解释为粘滞剩磁。147 件样品可以利用主成分分析方法确定出高温分量（HC），该分量通过了具有磁性地层学意义的倒转检验。另外 44 件样品利用重磁化弧分析方法确定了极性和方向，将其加入 HC 样品中综合统计，仍能通过倒转检验。新的古地磁数据剩磁磁倾角明显大于杨家坪报道的结果，有三个方面的判据说明后者是重磁化的：（1）九龙湾剖面首次获得倒转检验，杨家坪剖面只观察到一个方向的剩磁，后者和澳大利亚等大陆报道的同时期地磁场倒转特征矛盾；（2）九龙湾剖面揭示的古纬度介于南沱组和寒武系揭示的古纬度之间，从板块运动的角度更合理一些，杨家坪剖面的剩磁极缓，无法解释南沱期到陡山沱组早期巨大的纬度差；（3）九龙湾剖面古地磁极位置不与任何一个年轻极的位置相似，杨家坪剖面陡山沱组磁极位置和华南寒武纪、志留纪古地磁极一致，说明杨家坪剖面的剩磁是古生代重磁化的。

九龙湾剖面的结果填补了南沱至寒武纪 80 个百万年间古地磁数据的空缺。但是绝对年龄的约束仍是一个重要问题，如果我们将这个磁极和澳大利亚 Brachina 组或 Wonoka 组古地磁结果进行对比会得到差异很大的古地理关联模型。在 Ediacaran 纪，澳大利亚和北美都经历了显著的板块运动，但华南的数据不足于与其逐点对比。现有的数据支持华南作为一个孤立地块或与印度关系更为密切的古地理判断。

在新的古地理关系分析基础上，我们认为华南特殊的疑源类化石组合可能代表了特定的保存条件，或者指示华南曾是 Ediacaran 早期生命的发源地，由此（和印度）向南半球的大陆扩散演化。

S2-O-10

新元古代冰后期甲烷事件的地质记录及启示

王家生 [1,2]，王舟 [2]，胡军 [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，武汉 430074

js-wang@cug.edu.cn;

新元古代 Ediacaran 纪底部“cap carbonate”具有全球范围的碳稳定同位素负偏记录，华南地区广泛出露的陡山沱组“盖帽”碳酸盐岩中发现了低达-48‰ VPDB 的 $\delta^{13}C_{carb}$ 记录，被认为是“雪球”地球之后甲烷异常渗漏事件的关键地质证据。国内外迄今所报道的“盖帽”中极低碳同位素信号主要来自华南三峡地区，指示三峡地区的“盖帽”中极低碳同位素成因与甲烷厌氧氧化作用过程（AOM）有关。近来，新的具有明显低碳稳定同位素信号的“盖帽”剖面不断在华南地区被发现（$\delta^{13}C_{carb}$ ~ -31.89‰ VPDB），一些与 AOM 有关的微生物构造和自生矿物

等也不断被发现。“盖帽”中发育的扇形、枝状、花辨状重晶石扇被认为类似于现代海底冷泉区的重晶石成因。结合前人已报道的帐篷构造、层状裂隙、平顶晶洞等沉积构造，新元古代冰后期甲烷异常渗漏事件的地质记录被逐一认识。

“盖帽”中极低碳同位素信号的形成时间？新元古代冰后期的古地理和古海洋环境？异常甲烷渗漏事件对古海洋化学、古气候、古生态的影响作用？显生宙其它重大地史转折期，或地史重大冰期-间冰期转换时期的古海洋甲烷事件的地质记录？等等，已引起国内外学者的密切关注。新元古代冰后期甲烷事件的地质记录综合研究及其识别标志，将启示地史时期古甲烷事件的识别及其古环境、古气候和古生态的响应等研究，意义重大。

S2-O-11

寒武纪大爆发时期大气氧含量的升高控制动物门类的出现次序

张兴亮

西北大学地地质学系早期生命研究所，西安 710069
xzhang69@nwu.edu.cn;

寒武纪大爆发是指后生动物门类在埃迪卡拉纪至寒武纪过渡时期相对较短的地质历史时限内(560-520Ma)首次大量出现，并于早寒武世快速生态扩张，形成以后生动物为主导的海洋生态系统的生物与环境协同演化事件。 同时，还伴随着动物体型增大、形态复杂化和躯体骨骼化过程. 这一史无前例、绝无仅有的重大生物演化事件是长期受多学科领域关注的基础前沿课题。动物门类在化石记录上的首次出现时间并非同时，而是体现了一定的时间次序。结合已有的不同动物门类的缺氧反应灵敏程度数据，发现缺氧反应灵敏度较低的门类（例如：软体动物门和环节动物门）出现较早，紧随其后的是缺氧反应灵敏度中等的动物门类（例如：节肢动物门和棘皮动物门），而缺氧反应灵敏度最高的动物门类（例如：海生鱼类脊椎动物）出现较晚。同时，现有的地质和地球化学证据表明大气和海洋的氧含量在寒武纪大爆发时期呈现持续升高的趋势。因此，动物门类在寒武纪大爆发时期的出现次序很可能受控于氧含量的不断增加。

S2-O-12

硫酸盐对华南扬子地台寒武纪早期海洋氧化还原环境的控制

冯连君[1]，李超[2]，黄晶[3]，常华进[4]，储雪蕾[1]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
2 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;
3 中国科技大学地球和空间科学学院，合肥 230026
4 青海师范大学生命与地理科学学院，西宁 810008
ljfeng@mail.iggcas.ac.cn

多细胞动物演化对于氧气具有高度的依赖，因此重建古海洋氧化还原环境对于寒武纪早期的生态系统复杂化和生物多样化的研究至关重要。在本次研究中，我们对寒武纪早期扬子地台陆架边缘附近的杨家坪剖面的 Fe-Mo-C-S 化学进行了研究。还选取了另三个空间分布差异明显的剖面，它们同时具有较高的地球化学研究程度。三个剖面包括：内陆架的沙滩剖面，斜坡的松桃剖面和盆地内的龙鼻嘴剖面。上述四个剖面的铁组分和 Mo 含量数据表明寒武纪早期海洋的化学结构特征是一种“三明治”型海洋化学结构：水体中部为硫化，浅部水体为氧化，深部水体为缺氧铁化。这种海洋化学结构与之前埃迪卡拉纪时期的海洋结构相似，表明了元古代海洋的分层海洋结构可以持续到早寒武时

期。我们的研究包括 Fe 组分和 Mo 含量数据同时表明华南寒武纪早期的大规模海侵时期水体中硫化带广泛发育，而之后的海退时期伴随着的是陆架地区水体氧化和水体中部的硫化带逐渐消退。

深部水体沉积物中的额外富集高活性铁（Fe_{HR}）的特征表明了深部水体沉积物的铁组分受到热液的影响，这也与深部水体热液发育的地质和地球化学证据一致，与热液相关的二价铁离子同时也限制了硫化带向深部水体发育。另一方面，深部还原水体中高有机碳含量（TOC）与黄铁矿化铁与高活性铁比值（Fe_{PY}/Fe_{HR}）的弱相关关系（$R^2 \leqslant 0.22$）表明硫化环境受硫酸盐控制而非有机产量控制。另外，从空间分布上即由浅部到深部水体，黄铁矿的硫同位素呈现梯度富集 ^{34}S 的变化（0.2‰-21.0‰），表明了硫酸盐浓度的梯度分布或水体中硫酸盐硫同位素的梯度变化。我们据此推断河流和海洋两个不同的硫酸盐库源分别为近岸和远岸水体提供了细菌还原作用（BSR）所需要的硫酸盐。海退时期水体中部硫化带的缩减却直接与海洋硫酸盐库源的缺失有关，海洋硫酸盐库源缺失是因为之前的海侵时期剧烈的硫酸盐还原作用造成海洋硫酸盐库源的消耗。我们的结果支持了硫酸盐是控制寒武世早期水体中硫化带时间和空间分布差异的关键因素，而这个时期也恰恰是多细胞动物大发展的时期。

S2-O-13S

华南扬子板块早寒武世黑色页岩的氮同位素研究及其环境指示意义

王丹[1]，Ulrich Struck[2]，凌洪飞[1]，郭庆军[3]，Graham Shields-Zhou[4]，朱茂炎[5]，姚素平[1]

1 南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室，南京 210093

2 Museum für Naturkunde, Berlin 10115, Germany

3 中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101

4 Department of Earth Sciences, University College London, Gower Street, London WC1E 6BT, UK

5 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

njuwangdan@163.com

埃迪卡拉纪-早寒武世是地球早期海洋环境与生命演化的关键时期。海洋系统中的氮循环是生物作用主导下的全球性生物地球化学循环，其循环方式受海洋的氧化还原环境控制。本文选择湖南省三岔剖面（大陆架边缘）和袁家剖面（深水盆地）的黑色页岩为研究对象，通过分析全岩的氮同位素、有机碳同位素以及钼含量，探讨埃迪卡拉纪-早寒武世海洋的氮循环方式和氧化还原环境。结果表明，早寒武世第一阶（幸运阶）深水盆地相的黑色页岩全岩氮同位素较低($\delta^{15}N_{bulk}$ = -4~0‰)，有机碳同位素出现负漂移($\delta^{13}C_{org}$ < - 33‰)，表明分层性海水下部缺氧水体扩张，海水氧化还原界面上升，间歇性硫化水体进入透光层，缺氧事件导致固氮蓝藻的生物固氮作用增强，同时上升至透光层内的氧化还原界面为绿硫/紫硫细菌提供生存条件；同样的，早寒武世第二阶 $\delta^{15}N_{bulk}$ 和 $\delta^{13}C_{org}$ 表现出一致的负漂移趋势，且具有较高的 Mo 含量(>100 ppm) 和 Mo/TOC 比值(平均值~15)，说明透光层缺氧事件在扬子地区广泛存在，一直延续到早寒武世第二阶晚期；早寒武世第三阶早期则表现出相对高的 $\delta^{15}N_{bulk}$ 值(0~2‰)和 $\delta^{13}C_{org}$ 的正漂移，表明尽管生物固氮作用是氮循环的主要方式，但其他过程例如硝酸根同化吸收和反硝化作用也扮演了重要角色，说明此时海洋中存在较大的无机氮库（主要为硝酸根离子），且海水分层作用减弱；至早寒武世第三阶的中晚期，大陆架边缘相黑色页岩具有较低的 $\delta^{15}N_{bulk}$ 值 (~0‰)，深水盆地相黑色页岩表现出更低的 $\delta^{15}N_{bulk}$ 值(-3~0‰)和较高 Mo 含量

(>100ppm)、Mo/TOC 比值(平均值~16)，我们认为该时期缺氧水体再次扩张至透光层，但是透光层的硫化事件仅仅出现在深水盆地而未影响大陆架边缘水体。该阶段三岔剖面 $\delta^{13}C_{org}$ 相对较高，且稳定变化于-31~-30‰，可能是异养微生物繁盛产生大量粪粒的结果，而袁家剖面 $\delta^{13}C_{org}$ 表现出微弱的增长趋势（-33‰ ~ -31‰），可能是绿硫细菌大量繁盛的结果，该细菌在有机质合成过程中对碳同位素的分馏作用较小。此外，本次研究的样品受成岩作用影响较小，较高的 C/N 比值是高速率的反硝化作用和厌氧氨氧化作用释放了海洋系统中的氮所致。综合前人对云南和三峡地区氮同位素的研究成果，我们认为虽然深水盆地相的透光层缺氧和间歇性硫化事件持续到早寒武世第三阶，但浅水地台已经逐渐氧化，这种转变为三叶虫提供了生存环境。

S2-O-14

凯里生物群水母状化石贵州拟轮盘水母 *Pararotadiscus* (Zhao et Zhu, 1994)化石共存现象的初步研究

赵元龙[1]，程心[2]，朱茂炎[3]，杨兴莲[1]，彭进[1]，王平丽[4]，王铭坤[1]

1 贵州大学资环学院，贵阳 550003

2 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

3 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

4 山东科技大学，青岛 266510

zhaoyuanlong@126.com

许多重要的布尔吉斯生物群都含有丰富的软躯体水母状化石，澄江生物群有 *Eldonia* Walcott, 1911b, *Rotadiscus* Sun and Hou, 1987(孙卫国及侯先光，1987;侯先光等，1999;Zhu et al.，2002), 布尔吉斯页岩生物群有 *Eldonia* Walcott,1911b (Walcott, 1911b;Briggs et al.;994), 凯里群含有 *Pararotadiscus* （Zhao and Zhu,1994）(赵元龙及朱茂炎，1994;Zhu et al.;2002, 程心等，2009)，这些水母状动物都具有低矮圆盘状个体、发达的触手及消化系统，是一类已灭绝的类群动物，大部分学者认为水母状动物营浮游生活（孙卫国及侯先光，1987; Chen et al.,1995; 赵元龙及朱茂炎，1994;Zhu et al., 2002; 程心等., 2009），也有少数学者认为它们是底栖动物（Dzik et al.,1997;Wang et al.,2004,2009）。凯里生物群中的水母状化石 *Pararotadiscus*（Zhao and Zhu,1994）(赵元龙及朱茂炎，1994;Zhu et al.,2002;程心等,2009) 虽然只有 1 属 1 种，但标本数量非常丰富，几乎每个凯里生物群层位均有产出（Cheng et al.,2009）,具有罕见的复杂的化石共存现象（赵元龙及朱茂炎，1994; Zhu et al,1999; Wang et al,2004,2009;程心.,2009）。初步统计 2500 多件标本，有 60%左右的标本见有其他门类化石与之共存，其他门类化石包括 branchiopods, *Oelandiella* of Heleionellace from mollusca , trilobites and bradoriids of arthropods, *Globoeocrinus* and *Kailidiscus* of echinodermas, Alages, *Gordia* of trace etc.。这些化石与 *Pararotadiscus* 之间的共存关系可分为 4 种情况：

1、共生现象。包括 *Pagetia*,幼年的 *Globoeocrinus* 及 *Kailidiscus*。*Pagetia* 是小型的三叶虫，具有浮游能力，而幼年期的 *Globoeocrinus* 及 *Kailidiscus* 营浮游生活，他们常常与浮游的 *Paratotadiscus* 共同生活在一起，多在盘体的外环部分生活（图版Ⅰ，图 1、4、8）。在众多的化石标本中，只见幼体 *Kailidiscus*,*Globoeocrinus* 及完整贝壳的 *Pagetia* 就是很好的见证。

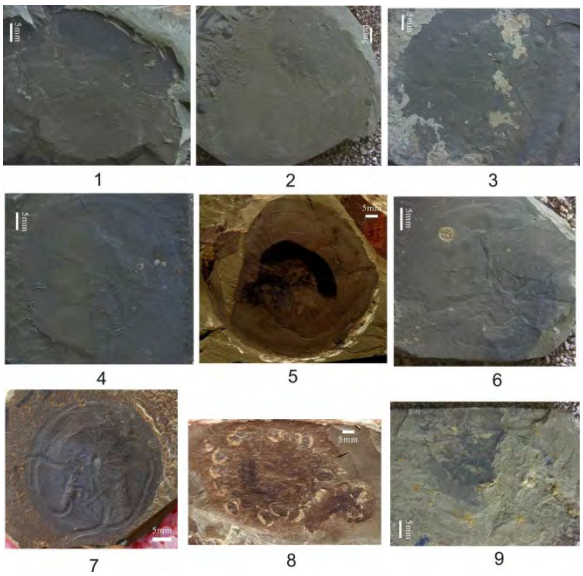
2、食尸现象。死亡后下沉入海底的

Paratotadiscus 因其体软、肥嫩，成为底栖生物很好的食物来源，底栖生活的腕足类（图版Ⅰ，图 3）、三叶虫、Oelandiella 是常见的食客，构成了凯里生物群食物链中重要的一环，它们死亡后或生活时被沉积物迅速掩埋，形成了很好的共存现象。

3、共埋现象。一些生物特别是三叶虫，拥有因大量的因脱壳产生的头甲、尾甲，这些零散的三叶虫外壳沉落于已死亡而沉于海底的 *Pararotadiscus* 盘体上，被沉积物迅速掩埋。共埋现象也可能和共生、食尸现象混在一起。有些 *Pararotadiscus* 盘体见有混杂堆放的三叶虫头甲及尾甲、*Oryctocephalus. indicus* 的头盖及腕足类，就是很好的见证（图版Ⅰ，图 2）。

4、与遗迹化石 *Gordia* 共存。60%的 *Pararotadiscus* 具有化石共存现象，其中又有一半的共存化石标本中化石为遗迹化石 *Gordia* 。这一类遗迹化石均有细长而弯曲的管状物分布在 *Pararotadiscus* 层面上（Zhu et al.,2002; Wang et al.,2009; 程心等,2009），经王约等长期研究，认为是造迹动物在 *Pararotadiscus* 尸体中穴居，并不断移动，后经脱水、压平、压实、矿化形成了不断弯曲的细管状的遗迹化石 *Gordia* 布满于 *Pararotadiscus* 层面上（图版Ⅰ，图 7）。

凯里生物群 *Pararotadiscusc* 层面上丰富的化石共生现象是 *Pararotadiscus* 复杂的生态现象和埋藏特征的主要内容，这种现象未见于澄江生物群及布尔吉斯页岩生物群众中的水母状化石，是凯里生物群水母状化石特有的现象，为进一步研究凯里生物群中的 *Pararotadiscus* 的生态及埋藏模式研究提供了重要的材料，也是凯里生物群生态复杂化重要窗口的又一例证。



图版Ⅰ 拟轮盘水母与其他化石的共存

图 1、4 与完整佩奇虫化石共存的拟轮盘水母

图 2 与腕足动物、佩奇虫尾甲和三叶虫头盖复杂共存的拟轮盘水母

图 3 与腕足动物共存的拟轮盘水母

图 5 具有触手和消化腔贵州拟轮盘水母.

图 6、9 与幼体凯里盘共存的拟轮盘水母

图 7 保存在在拟轮盘水母中的海洋线形迹

图 8 与大型双壳类节肢动物保存在一起的贵州拟轮盘水母.

S2-O-15

华南寒武系底部年代地层:来自新的高分辨率锆石 SIMS U-Pb 年龄约束

陈代钊[1]，周锡强[1]，付勇[2]，汪建国，严德天[3]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

2 贵州大学资源与环境工程学院，贵阳 550012

3 构造与油气资源教育部重点实验室，中国地质大学（武汉），武汉 300074

dzh-chen@mail.iggcas.ac.cn

埃迪卡拉纪–寒武纪转折期是一个关键的地质转折期，经历了巨大的生物、海洋环境、海洋化学以及大地构造的巨大变化，但

在华南埃迪卡拉系-寒武系界线还缺乏精确的年龄约束。为了对华南埃迪卡拉系—寒武系界线进行年龄约束，在此我们提供两组沉积于碳酸盐台地边缘斜坡至盆地的该界线地层（灯影组、留茶坡组和牛蹄塘组）中火山灰锆石的 SIMS U-Pb 年龄数据。在第一组的两个加权平均 U-Pb 年龄数据中，沉积于边缘上斜坡（湘西大庸杆子坪）的留茶坡组硅岩底部的年龄为 542.1 ± 5.0 Ma，沉积于盆地环境（黔东北铜仁坝黄）的留茶坡组中上部的年龄为 542.6 ± 3.7 Ma，这些数据对华南埃迪卡拉系—寒武系界线及相关地层对比提供了直接的年代约束，同时明确了留茶坡组地层的穿时性。第二组的两个年龄数据来自于黔东北盘门和坝黄两地上覆牛蹄塘组底部，年龄分别为 524.2 ± 5.1 和 522.3 ± 3.7 Ma，这一组数据进一步支持了第一组数据对埃迪卡拉系-寒武系界线的约束，同时也说明在华南广泛发育的牛蹄塘组沉积年代要晚于寒武系底界约 20 Ma。这些年龄数据为华南埃迪卡拉系—寒武系界线提供了新的年代格架和序列，将有助人们对埃迪卡拉纪-寒武纪转折期地质演化更准确的认识。

S2-P-01

地球早期环境与生物协同演化的地球化学记录

储雪蕾

中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
xlchu@mail.iggcas.ac.cn

地球今天的环境是 4.5 Ga 长期演化的结果，反映了地质与生物之间的相互作用。晚太古代以来地球环境的变化与生物演化有着紧密的关系。考虑当今环境与人口数量之间的密切关系，不难理解长期生命进化能够显著地改变地表的化学环境，反之环境的变化也必然影响生物演化（Knoll et al., 2012）。涉及生物圈的碳、氧、硫、氮、磷、铁、钼等生物元素的循环连接了地球环境的变化与地球生物学作用，是人们认识地球早期环境演变与生物进化的窗口。大气和海洋中的游离氧气显得尤为重要，它是支撑耗氧的真核生物多样化，包括大型动物诞生及多样化的基础。

尽管人们对最早的真核生物什么时候出现还有不同的认识，最早能够利用 CO_2 和 H_2O 通过光合作用释放 O_2 的蓝细菌在 2.7 Ga 之前已经存在。目前，比较一致的认识是在古元古代（2.4 Ga）和新元古代（0.8-0.6Ga）发生了两次大气氧增加事件。根据碎屑黄铁矿、沥青铀矿的消失和红壤出现等证据，Holland 提出了古元古代早期发生了“大氧化事件（GOE）”(Holland, 2002)，被流入海洋硫酸盐的增加、硫同位素分馏的增加、BIF 铁矿的减少等证据支持。GOE 真正被普遍接受还是发现地球上沉积物中硫同位素非质量分馏（MIF）消失是在 2.4 Ga 以后，表明大气氧的含量已经从原来小于 10^{-5} PAL(现在大气氧水平)上升到大于 10^{-2} PAL。到新元古代“雪球地球”（0.72-0.63 Ga）前后，海水硫同位素分馏超过了 46‰，这意味第二次大气氧增加。因为只有 H_2S 又被氧化，接着 S^0 岐化，才会造成超过 46‰——细菌硫酸盐还原的最大分馏值。黑色页岩中的 Mo、U 含量，以及 Mo 同位素的变化等也支持“雪球地球”之后大气氧明显增加，可能增加到接近现代的水平，因此出现了蓝田生物群、埃迪卡拉生物群和随后的“寒武纪大幅射”。两次氧增加事件与全球构造运动、两次大冰期或“雪球地球”，及两个碳同位素的最大摆动期是吻合的，可能深刻地反映前寒武纪环境与生命的协同演化。

1.8 Ga 以后，BIF 铁矿的消失究竟意味着什么？Canfield（1998）不同意深海氧化之

说，提出了全球海洋进入一个长达约 1.0 Ga 的“硫化海洋”时期，为之后的盆地沉积物中 Fe 组分（FePy/FeHR、FeHR/FeT 和 DOP）和硫同位素数据所证实。因此，Anbar 和 Knoll（2002）提出了“生物无机桥”假说，强调中元古代硫化海洋造成固氮酶缺乏 Mo、Fe、Cu 等官能团，无法合成蛋白质，使真核生物演化停滞。硫化海洋依据的是 GOE 事件之后流入海洋的硫酸盐增加，同时初级生产力增加和有机碳埋藏增多，致使 BSR 作用增强，导致海洋从富 Fe^{2+}的缺氧水体转变为含游离 H2S 的硫化水体。然而，通过对华南陡山沱组沉积岩的铁组分与硫同位素研究，我们与国外学者提出“氧化还原分层的埃迪卡拉纪海洋”模型（Li et al., 2010），并推广至中元古代海洋（Planavsky et al., 2011）。这意味着晚太古代以来，整个海洋以缺氧（含 Fe^{2+}）为主；且存在不同发育程度的硫化楔，到远洋消失；仅表层海水可能氧化。这个新的海洋化学动力学模型解释了元古代的碳、硫循环。

尽管如此，前寒武纪两次大气氧增加的实质仍尚未搞清，究竟是有机碳埋藏增加，还是初级生产力增加？例如，代表有机碳埋藏增加的 Lomagundi 事件（碳同位素正漂移）为什么发生在 GOE 之后？到前寒武纪-寒武纪过渡期深海还是缺氧，深海究竟什么时期氧化？更多的科学问题和细节还有待研究。无疑，基本未变质、出露完好并保有很好化石记录的中国中—新元古代海相地层是理想的研究场所，为我国及各国学者所瞩目。

S2-P-02S

华北中元古界下马岭组黑色页岩及含铁碳酸盐结核形成环境研究

赵汉卿，张世红*，李海燕

中国地质大学（北京）生物地质与环境地质国家重点实验室，北京 100083

*shzhang@cugb.edu.cn

前寒武纪古海洋的物理化学状态（氧化还原—硫化状态）是地学领域研究的热点。页岩一般形成于静水环境，被广泛用于研究古海洋的物理化学状态。在元古宙中期，燕辽盆地接受稳定沉积，其中有三套黑色页岩：串岭沟组、洪水庄组和下马岭组。前人曾认为元古宙中期（1.65～0.85 Ga）古海水处于“表层水体适度氧化，下层水体硫化”的分层状态。但最近 Planavsky et al. (2011)通过对包括华北古元古界串岭沟组（～1.65 Ga）在内的多个大陆黑色页岩的铁组分分析认为元古宙中期海水存在广泛的铁化现象。这一结论受到古大陆再造和 Nuna 超大陆沉积旋回分析的支持(Zhang et al.,2012)。

对河北怀来赵家山剖面下马岭组黑色页岩 22 个样品进行的铁组分分析，实验结果显示 16 个样品的 Fe_{HR}/Fe_T＞0.15，Fe_{Py}/Fe_{HR}＜0.8，初步认定下马岭组页岩形成于缺氧、贫硫、铁化的底水环境。虽然 19 个样品 Fe_{Py}%＜0.1%，Fe_{ox} 含量较高，指示样品很可能已遭受风化，但 Fe_{carb} 难以风化，根据 Fe_{HR}%与 Fe_{carb}%呈正相关，仍可说下马岭时期燕辽盆地古海水极可能处于铁化状态。

燕山地区下马岭组页岩中广泛含有大量的含铁白云石和菱铁矿结核。结核特有的封闭性使我们可以通过其矿物成分特征来获取早期成岩阶段海水物理化学状态的可靠信息。岩石磁学分析可以灵敏地检测出岩石中铁的硫化物的存在（李海燕和张世红，2006）。对北京西山地区下马岭组含铁白云石结核的磁学研究发现，这些结核在热处理过程中首先转变为磁赤铁矿/磁铁矿，最终转变为镁铁矿（$MgFe_2O_4$）。这一转变说明结核中不含铁的硫化物。最近，朱祥坤等（2013）对蓟县地区该层位中的菱铁矿结核的分析也支持这一

结论。

对下马岭组黑色页岩的铁组分分析和含铁白云石（菱铁矿）的矿物学和磁学分析支持下马岭组沉积期（1.38 Ga）燕辽盆地保持铁化的海水地球化学特征。

S2-P-03S

地球古气候的气候变化研究

季伟文

北京大学物理学院，北京 100871
jacksd233@gmail.com

有关冰雪地球（snowball earth）的猜想是指在大约 6-7 亿年前的新元古代时期，地球是否曾经被冰雪完全覆盖而成为一个“冰雪地球”？而本次研究的是在冰雪地球真的得以实现后，地球能否从冰封状态中解冻出来？以及地球在解封的过程中全球气候的变化情况。

我们希望能够模拟出能够使“冰雪地球”解冻的大气成分，在冰雪地球状态下的大气成分必然与当代有着极大差别，为了能够使冰层融化，大气中的二氧化碳成分必然要达到一个较高的临界值。一旦冰雪地球形成后，降水将大幅度减少，地球的碳循环将会收到破坏。大气中的二氧化碳也会随之增多，因此二氧化碳的条件理论上可以得到满足。而一旦冰层凯斯融化，水汽对于温室效应的正反馈作用将使“冰雪地球“的融化变得更加迅速。

同时我们还希望能够模拟出地球从开始融化到冰层数量几乎稳定这一段时间内全球气候的情况。地球冰层的融化会从赤道部分开始，我们将研究不同维度范围的冰层溶化后，地球的大气环流，水循环等气候特征。例如可以选择研究纬度-5~5 度的冰层溶化后的情况，然后是-10~10 度等等。可以选择做切片，例如研究同一纬度不同高度下的空气对流情况；也可以选择某一维度区间内研究大范围的大气环流情况，以及该区域的水循环。

最终目的是大致确认地球从冰封状态下解冻至稳定时全球气候的变化情况。

预期成果：

得出冰雪地球能够解封的原因，确定二氧化碳的浓度要求以及地球融化的大致时间。

分析冰雪地球在不同程度融化下的气候情况，模拟出区域大气环流，降水等要素的图像。

S2-P-04

沉积地层中不同形貌黄铁矿硫同位素及其环境意义

沈文杰[1,2]，周维丽[1,2]，林杨挺[3]

1 中山大学地球科学与地质工程学院广州 510275
2 广东省地质过程与资源探查重点实验室，广州 510275
3 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
shenwjie@mail.sysu.edu.cn

沉积地层中黄铁矿的形貌特征和硫同位素具有重要的环境指示意义。二叠系—三叠系界线地层中大量出现的黄铁矿指示了生物灭绝时海水呈现出较为严重的缺氧状态。但对于同一剖面不同学者给出了差异巨大的硫同位素测试数据，对生物灭绝时沉积环境的解释也存在较大争议。这种差异可能是由于地层中不同形貌及粒径黄铁矿具有不一致的硫同位素组成。基于此，我们对煤山剖面生物灭绝线的草莓状黄铁矿及毗邻块状自形晶黄铁矿进行了原位纳米离子探针硫同位素分析，分别采用 FC 和 EM 两种接收模式。测试结果发现两种方法得到的数据一致，草莓状黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值平均为-52‰，块状自形晶黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值平均为-10‰，二者有将近 40‰的巨大差异，反映了它们不同的形成过程和

机理。草莓状黄铁矿产生于沉积物顶部附近的氧化还原界面，由于下沉距离有限，部分草莓状黄铁矿生长而具有较大的粒径。随着沉积物的堆积，在局部受限的孔隙水中形成自形晶黄铁矿，部分在生长过程中包裹了草莓状黄铁矿。开放体系中形成的草莓状黄铁矿硫同位素存在较大的负偏，其含量在 8%以上时会使非草莓状黄铁矿与全岩黄铁矿硫同位素之间产生较大的偏差。因此，在解释包括 P-Tr 界线的沉积地层中全岩硫同位素数据时需要考虑到这些因素。

S2-P-05S

早寒武世华南古海洋氧化还原状态的空间演化

袁余洋[1]，蔡春芳[1*]，向雷[2]，汪天凯[1]，陈妍[1]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，油气资源重点实验室，北京 100029

2 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

*cai_cf@mail.iggcas.ac.cn

对沙滩剖面、底本剖面、李家坨剖面、渣拉沟剖面中硅质岩和黑色页岩进行了 TOC 及有机碳同位素组成、铁组分、黄铁矿硫、有机硫含量及同位素组成、有机氮同位素组成、草莓状黄铁矿粒径统计、微量元素的测定，综合运用这些地球化学参数，研究当时海洋化学随空间的变化，反推当时海洋的氧化还原条件与生物演化的关系。

300 个样品铁组分分析显示，FeHR/FeT>0.22，指示沉积环境都处在缺氧状态。所有的硅质岩、灰岩和大部分黑色页岩样品 FePy/FeHR<0.7，表明沉积环境缺氧含铁。另外，在内陆架沙滩剖面、外陆架暮阳乡剖面和古隆起渣拉沟、天柱剖面的少量样品 FePy/FeHR>0.8，表示硫化环境。并且在盆地深水环境的徐公坪、龙鼻嘴、李家沱、底本剖面都有短暂硫化事件的出现。

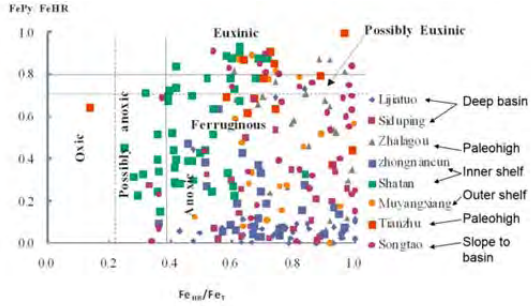


图 1. FePy/FeHR 和 FeHR/FeT 的交汇图（cai et al., 2012）

考虑到含铁水柱一般缺乏硫酸盐，且很少有 BSR 成因的 H_2S 生成，BSR 主要发生在缺氧含铁水柱下伏沉积物中。同样地，由于沉积物缺乏硫酸盐，硫酸盐还原作用比较彻底，沉积物以低总硫、低黄铁矿硫和有机硫、硫同位素值重，且接近于当时海水硫酸盐同位素值为特征。这一类沉积物的沉积环境为深水盆地，包括：龙鼻嘴、李家沱、底本剖面。黄铁矿硫和有机硫同位素值都以大于 10‰，干酪根与黄铁矿的硫同位素值接近。在早寒武世时期，硫化水柱主要出现牛蹄塘组沉积早期，相当于 Ni-Mo-PGE 矿沉积时期，在较浅水的碎屑岩内陆架（中南村）、碳酸盐台地（如肖滩）水柱为缺氧含铁，局部氧化，较深的碎屑岩内陆架（沙滩）、外陆架（暮阳乡）—斜坡—盆地环境（田坪、松涛），底水则富含 H_2S，更深的盆地环境（徐公坪、龙鼻嘴、李家沱、底本），水柱则为缺氧含铁，局部硫化。该水柱的化学分层分布特征与前寒武纪古海洋类似，但是，硫化水柱已经达到深水斜坡环境（图 2），远远超出了埃迪卡拉纪硫化楔的范围（Li et al., 2010）。

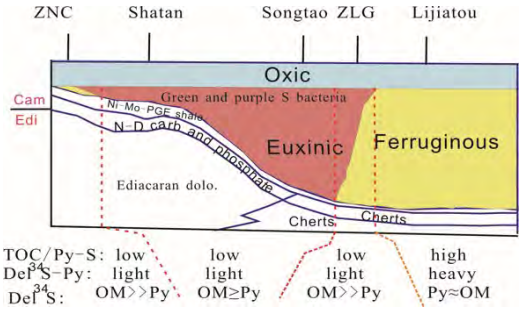


图 2. 华南早寒武世 Ni-Mo-PGE 沉积时期古海洋化学分层结构模式图

（ZNC-中南村；Shatan—沙滩； Songtao—松涛；ZLG—渣拉沟；Lijiatuo—李家坨

我们通过对不同环境下干酪根 $\delta^{15}N$ 进行对比（图 3），发现从浅水内陆架含铁环境松林、岩孔剖面，内陆架硫化环境的沙滩剖面和古隆起硫化环境的渣拉沟剖面，到盆地深水缺氧含铁环境底本和李家坨剖面，具有一些有规律的变化趋势。（1）Nemakit-Daldinian (N-D)时期，渣拉沟和底本剖面 $\delta^{15}N$ 值显示，$\delta^{15}N$>1‰，海洋 N 利用与现在大洋接近，往后则缺氧，海水缺乏硝酸盐，生物以固氮作用为主。而在渣拉沟剖面和底本剖面，到了 N-D 中晚期，以生物固氮作用为主，透光带甚至都已经缺氧了。（2）N-D 与 Tommotian 边界处为富磷酸盐的沉积层，岩孔和底本剖面，$\delta^{15}N$ 值都大于 1‰，当时的海水与现代正常海洋类似，生物以氮同化作用、固氮作用与反硝化作用平衡作用为特征。（3）Tommotian 时期，沙滩剖面则为透光带缺氧，而渣拉沟剖面则以生物利用氮作用为主，但也有一部分 $\delta^{15}N$>6‰，显示硝酸盐被彻底还原。底本剖面则以透光带缺氧为主，间夹生物固氮发育层为特征，显示海洋化学极端不稳定，古高地（渣拉沟剖面）海水仍含有 NO_3^-，而沙滩剖面和底本剖面则仍出现浅水缺氧。这一结果与沉积物中铁组分分析一致，也符合上述模式图。

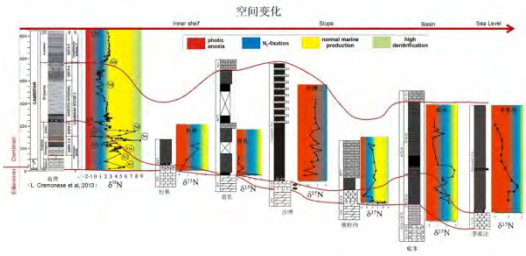


图 3 华南早寒武世有机质氮同位素值随水深的变化

通过对下寒武统黑色泥页岩、硅质岩的 Fe 组分、硫、氮同位素的分析显示，华南早寒武世古海洋化学性质和生物作用明显存在含氧层、硫化层和含铁层分层、分带的结构特征。揭示了华南早寒武世硫化事件空间分布的普遍性和不均衡性，比较好地解释了硫化事件与梅树村阶连续而快速的生物爆发之间不一致性。从同时期地层的横向对比来看，E-C 过渡时期整个华南深水盆地主体还是处在缺氧含铁的沉积环境中，但会有间歇性的硫化事件和氧化事件扰动深水区。E-C 过渡时期古海洋缺氧含铁的环境制约了后生动物在深水区的出现和演化，并且为我们充分认识“寒武纪生命大爆发”的时空顺序和过程提供了重要的参考。

S2-P-06S

陡山沱组磷块岩中 AITs（环包裹体轨迹）的成因

张彦涛 [1]，刘伟 [1]，余振兵 [1,2]

1 中国地质大学(武汉)地球科学学院，湖北武汉 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，前寒武纪地球生物学研究组，武汉 430074

zhangyantao2011@126.com

AITs(环包裹体轨迹)是产出于致密岩石中的一种有趣的微管状构造，因其在前寒武纪含化石硅质岩或磷质岩中出现而被认为与生命活动有关。本文通过岩相学观察、显微

拉曼光谱及环境扫描电镜分析研究了扬子地台东北缘保康县白竹磷矿陡山沱组磷块岩中大量产出的 AITs 的微形貌特征、赋存岩性及其与其他矿物的空间关系，讨论了 AITs 的成因。

AITs 主要赋存于陡山沱期高品位磷质岩中，直径从<5 μm 到>80 μm 都有，主要集中于 50-80 μm，长度可超过 1 mm，形态有直线型、弯曲型、弯折型和不规则型多种。AITs 尖端常见一与微管直径相当的矿物颗粒，具圈层结构，其成分为黄铁矿、褐铁矿或磷灰石与黄铁矿结合体。AITs 形态多样，其形貌特征取决于其赋存岩性和产出位置，密集发育于胶磷矿基质中，微管内部常充填方解石。

研究表明，浅埋成岩阶段 CO_2 气体推动黄铁矿在胶磷矿基质中运移形成 AITs，且胶磷矿的重结晶程度与黄铁矿密集程度、AITs 分布密度具有正相关性，硫酸盐还原细菌和甲烷氧化古菌以及蓝细菌等微生物活动对 AITs 起重要作用，隐晶质磷灰石脱碳酸根相变、有机质分解及天然气化合物厌氧氧化均可能为 CO_2 来源。在致密岩石中，气体积累到一定程度，随着 PH 改变、局部基质溶解，在压力作用下推动附近的硫化物颗粒形成运移轨迹，且易与胶磷矿中盈余的 Ca^{2+} 结合形成方解石充填于微管之中。AITs 形成和保存的有利条件为高 Ca 低 Mg、碱性还原的成岩环境，尽管 AITs 本身主要是成岩过程中物理化学作用的产物而非直接生物成因，其形成过程却离不开微生物的参与，因而它可作为一种潜在的生命活动指标（Biosignature）。

S2-P-07S

成冰纪间冰期早期大洋氧化还原状态与 N 循环：来自华南贵州东北部大塘坡组底部 N 同位素和 Mo 含量的证据

卫炜[1]，凌洪飞[1]，王丹[1]，李达[1]，陈曦[1]，魏广祎[1]

南京大学地球与工程科学学院，南京 210093
lightvv@live.cn

成冰系大塘坡组由于其沉积于 Sturtian 和 Marinoan2 个冰期之间而显得十分特殊。我们测试了贵州东北部道沱地区大塘坡组底部黑色页岩的 N 同位素以及 Mo 元素含量，以重建该时期大洋的氧化还原状态和氮循环。根据地层岩性以及地球化学数据，底部的黑色页岩可以分为四个部分：第一部分记录了最低的 $\delta^{15}N$ 值 (+5.0‰)，并且呈现明显上升的趋势；第二部分，$\delta^{15}N$ 值在+6.4‰ 和 +7.4‰（第一个峰值）之间变化；第三部分的 $\delta^{15}N$ 值比较稳定，在+6.0‰左右；第四部分的 $\delta^{15}N$ 值较高，在+6.7‰ and +7.8‰（第二个峰值）之间。随着地层的上升，Mo/Al 值从 5.68 下降到 0.26。这些数据表明，Sturtian 冰期之后，扬子地台斜坡相的大洋是分层的，较高的氧浓度使浅水氧化，但又不足以氧化硫化的深层海水。而在整个间冰期早期，次氧化带的氧浓度都比较低，反硝化作用占主导地位。在此期间，上层水体有过一次短暂的氧化状态。

S2-P-08

华南老堡组硅质岩的 Cr 同位素组成

黄晶，刘佳，秦礼萍

中国科学院壳幔物质与环境重点实验室，中国科学技术大学地球与空间科学学院，合肥 230026
hjmail@ustc.edu.cn

泗里口剖面位于广西三江侗族自治县，地层自下而上由埃迪卡拉纪的陡山沱组、老堡组以及早寒武世的清溪组组成，它们都是

深水沉积的产物。本研究主要对该剖面的老堡组硅质岩的 Cr 同位素组成（$\delta^{53/52}$Cr）进行了初步研究。我们发现老堡组硅质岩的 $\delta^{53/52}$Cr 变化相对较小，其值在-0.06‰到 0.17‰之间。Sc、Th、Zr 等元素与 Cr 元素含量并不具备相关性，证明这些硅质岩中 Cr 的含量并不受到碎屑物质的控制，其可能主要来自海水。然而，Sc、Th、Zr 等元素含量与 $\delta^{53/52}$Cr 却有一定的正相关关系，证明这些硅质岩中的 $\delta^{53/52}$Cr 却受到碎屑物质的控制，该硅质岩的 $\delta^{53/52}$Cr 不能直接指示同期海水的 Cr 同位素组成。经过计算除去碎屑物质的影响，我们初步将老堡组硅质岩沉积同期海水的 Cr 同位素组成限制在-0.1‰到 0‰之间，这与地幔来源的 Cr 同位素组成近似，小于现代海洋（包括深水和浅水）的 Cr 同位素组成，也远小于前人对新元古代某些浅水化学沉积物的研究值。我们认为，新元古代大气氧化会导致表层海水更加富集 ^{53}Cr，但这一变化对深部海洋的影响有限。到 Ediacaran 纪的末期，末期华南盆地深部海水的 Cr 同位素组成仍然保持较低的 $\delta^{53/52}$Cr 值，可能与热液输入有关。

S2-P-09S

冰雪地球简介

杨晓婷

北京大学物理学院，北京 100871
antliya@126.com

冰雪地球（snowball earth）是一种假说，主要内容为大约六亿五千万年前地球曾经历过完全或几乎完全的冰封状态。有证据表明，地球历史上经历了四次冰河时期，分别为卡鲁冰期、安第斯—撒哈拉冰期、成冰纪冰期和休伦冰期。其中，在成冰纪冰河时期中，出现了目前已知最大的冰期 Sturtian 冰期和 Marinoan 冰期，在这两个时期之中地球很有可能进入过前文所述的“冰雪地球”状态。

关于冰雪地球人们争论最多的问题之一是地球是否经历了完全的冰封或者在赤道处留有开放的洋面。相应地，人们将完全冰封的状态称为 hard snowball，而将存在开放洋面的状态成为 soft snowball 或 slushball。除此之外，人们依然在争论诱发这样巨大的冰川的机制，它们为什么会在历史上销声匿迹之后又重新出现，以及人类文明开始发展后冰川不再出现的原因。

冰雪地球的形成机制中，冰雪反照率的正反馈十分重要。冰雪的反照率强于陆地，陆地反照率又强于海洋。当冰川从极地开始向低纬度地带蔓延时，由于冰雪覆盖面积的增大，地球反射太阳能量增多，地球表面气温进一步下降，有利于冰川的进一步延伸。通过这样的正反馈机制，当冰川蔓延至一定的纬度时，正反馈效应将失去控制而形成冰雪地球。

这种假说刚刚提出的时候，人们以这种冰封状态会导致生物完全灭绝为由拒绝承认其真实性。然而，20 世纪 70 年代人们于海底温泉处发现了靠化学物质而非阳光生存的微生物。考虑到驱动并维持海底热泉的火山运动即使在地球处于冰封的情况下也不会停止，这种生命形式的发现使得人们再次考虑冰雪地球存在的可能性。

人们已经发现了一些可以证明冰雪地球存在的证据。比如，低纬度地区的远古冰川遗迹，说明冰盖曾一度推进至低纬度地区，甚至可能到达了赤道。碳同位素比例的负异常表明地球上的生命活动曾长时间中断。帽碳酸盐岩的出现说明在一个较短时期内二氧化碳的剧烈沉降。BIF 铁矿的出现证明大洋曾十分缺氧，而这可以归结为冰盖隔绝了海洋与大气之间氧的传输。

接下来产生的问题是地球如何解除这种

严重的冰封。在处于冰封状态的地球上，由于地表岩石被冰层覆盖，大气中的二氧化碳无法通过与岩石发生风化反应而沉降，而火山爆发又不断地向大气中补充着二氧化碳，这就使得大气中的二氧化碳浓度不断上升，且没有一种有效机制来控制二氧化碳浓度的攀升。众所周知，二氧化碳是一种温室气体，二氧化碳浓度的上升会导致温室效应的加重，这就为冰雪地球解除冰封提供了一种可能的机制。当冰川开始融化，反照率低的海水会扭转冰川的正反馈。开放的洋面越大，地球就能更有效地吸收太阳的能量，加速冰川的融化。同时，由于高温而大量蒸发的水蒸气也是一种强大的温室气体。温度越高，水蒸气蒸发越多，温室效应越强，这也是一种加速冰川溶解的正反馈机制。

研究表明，为了使地球完全脱离冰雪地球状态，所需的二氧化碳浓度极高。考虑如此之高浓度的二氧化碳出现的新问题是：冰川的消融需要的时间较短，约为一万年；然而为了使冰川融化而存在的大量二氧化碳通过风化反应等过程沉降的时间却很长，大约需要百万年的时间。在冰川消融之后，二氧化碳的含量恢复到一个较正常的水平之前，温室效应会使得地球在一段相当长的时期内十分炎热。

在本次课题中，我们将主要以大气中的二氧化碳含量为变量，主要研究在冰川消融之后的严重温室效应情况下、当大陆主要集中于低纬度地区时，地球表面的气温分布、湿度、降水以及大气环流。在具体分析当时地球大气的组成时，我们可能需要纳入考虑的因素是温室逃逸效应。温室逃逸效应是指，大气中的水汽吸收太阳辐射而升温，从而导致大气中水汽含量进一步上升。丰富的水蒸气使得大气中的水汽开始光解，生成氢气与氧气。较轻的氢气将逃逸到太空中而剩下的氧气将与地表岩石发生反应。金星上很有可能曾发生过这样的过程从而形成了现在的金星大气。由此可见，温室逃逸现象对大气组成有着重要的影响，所以我们将在自己的研究中将这种效应纳入考虑。我们希望能够得知什么条件下会发生温室逃逸现象，发生温室逃逸现象之后地表温度、湿度、降水以及大气环流又将受到什么新的影响。

S2-P-10S

新元古代末海相有机质保存机制的转变及其重要意义

刘虎[1,2]，廖泽文[1*]

1 中国科学院广州地球化学研究所，有机地球化学国家重点实验室，广东广州 510640

2 中国科学院大学，北京 100094

*liaozw@gig.ac.cn

研究表明，正构烷基脂类比类萜脂类亏损 ^{13}C 程度大约 1.5‰，同时单一来源的类异戊二烯脂类比正构烷基脂类更加富集 ^{13}C（Hayes, 1993）。然而，大量的前寒武纪海相沉积有机质抽提物均呈现了 $\delta^{13}C_{n\text{-}Alkyl} > \delta^{13}C_{Kerogen} > \delta^{13}C_{Isoprenoids}$ 的同位素分布模式，与显生宙以来的海相沉积有机质抽提物（$\delta^{13}C_{Kerogen} > \delta^{13}C_{Isoprenoids} > \delta^{13}C_{n\text{-}Alkyl}$）形成鲜明的对比。前寒武纪海相沉积有机质的稳定碳同位素模式被认为是沉积前同沉降改造机制的结果(Logan, 1995)，也即在新元古代及以前表层海的有机物在水体中缓慢下沉过程中普遍地受到了异养生物的改造作用。直到新元古代末，大洋表层浮游动物的出现，其粪粒的包裹作用使有机质在沉降过程中不再受到降解破坏，并加速其沉降。新元古代末海相有机质保存机制的转变最终导致了生物地球化学循环的改组。

新元古代末海相有机质保存机制的转变改变了氧气大量被保存在大洋表层的局面，

一方面大洋表层可以向大气释放更多氧气使大气氧含量增加，另一方面硫酸盐还原反应及异养作用向深海转移打破了原有的氧化还原绝对分层格局，出现深海氧化过程。海相有机质保存机制的转变最终导致了大洋底部的流通性增加，为寒武纪多细胞后生生物多样性的爆发营造了积极的海洋—大气环境。

本研究采用河北下花园地区新元古界青白口系（距今 900~873 Ma）下马岭组灰质页岩及新疆三塘湖盆地中二叠芦草沟组泥质页岩干酪根通过热模拟再现了各自热解产物的稳定碳同位素分布模式。结果显示，下马岭组干酪根碳同位素轻（-31.8‰~-31.5‰），排除的热解油碳同位素却更重（-31.4‰~-28.0‰）；芦草沟组干酪根碳同位素重（-28.5‰~-27.3‰），排除的热解油碳同位素较轻（-31.5‰~-28.8‰）。这就消除了多数学者对于前寒武纪有机质抽提物可能是外源污染的疑虑。与此同时，本研究拟将二者作为具有不同富集 ^{13}C 能力的两个端元，通过不同比例混合热模拟以得到同位素倒转模式消失的临界点。这对于研究新元古代末海相有机质保存机制的转变过程具有积极的意义。

S2-P-11S

华南寒武纪早期(约 526-514 Ma)海洋化学时空演化及其与早期动物演化关系初探

金承胜，李超*，崔豪，赵元龙

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

一般认为，环境的改变，尤其是深部海洋的完全氧化是埃迪卡拉纪—寒武纪转折期早期动物辐射的触发原因（例如：Canfield et al., 2007, Fike et al., 2006, Wang et al., 2012）。然而，一些学者则认为环境的改变（如海洋的完全氧化，硫酸盐浓度的变化等）却是这次重大生命事件的结果（例如：Butterfield et al., 2009, Lenton et al., 2014, Logan et al., 1995）。此外，寒武纪早期海洋化学及其化石记录间存在诸多矛盾：如深部水体的氧化记录与缺氧记录(例如：Canfield et al., 2008, Feng et al., 2014, Wang et al., 2012)，海洋硫酸盐库容量的高低记录（Canfield and Farquhar, 2009, Loyd et al., 2012），目前推测的海洋化学状态与古生物记录间的矛盾等。近来，埃迪卡拉纪高度动态分层的海洋化学结构较好解决了这一时期海洋化学自身及其与古生物化石记录间的矛盾（Li et al., 2010），为寒武纪早期上述矛盾的解决提供了新的思路。我国华南出露了相对完整的不同沉积相(近岸-远洋) 的寒武纪早期地层，此外，这些地层已进行了大量的岩石地层、生物地层、年代地层、化学地层等工作，不仅为这一时期的地层划分和对比提供基础，而且为海洋化学的时空波动性及其与生命演化间关系的调查提供可能。

我们研究和分析了华南寒武纪早期贵州内陆架金沙岩孔和外陆架瓮安朵丁地区铁-硫-碳-钼 (Fe-S-C-Mo)地球化学数据。近岸-远洋铁组分化学与 Mo 含量的数据表明，虽然华南寒武纪早期表层海洋已被氧化，但深部海洋依旧为缺氧铁化的环境，且楔状的硫化水体动态发展于陆架至斜坡地区。这一海洋化学结构已被证实存在于晚太古代（Kendall et al., 2010）、中元古代（Planavsky et al., 2011, Poulton et al., 2010）和新元古代（Li et al., 2010, 2012），表明前寒武纪这种分层的海洋化学结构特征可能已延续至寒武纪早期。此外，近岸—远洋黄铁矿硫同位素存在较大的梯度，表明这一时期海洋中硫酸盐

库容量较小。

通过对比华南寒武纪早期海洋化学的时空波动状态和化石的时空记录，发现以节肢动物为代表的化石群保存于氧化水体下的沉积物中，以海绵为主的动物化石群如牛蹄塘海绵动物群或小壳动物化石群化石保存于缺氧非硫化水体沉积物中，而硫化水体沉积物中未见到化石。因此，寒武纪早期动物可能能够生存于缺氧非硫化的水体，且其演化仅与当地的海洋化学条件相关，而与深部海洋的海洋化学状态无明显直接的关系。

S2-P-12S

中国湘西会同地区早寒武纪牛蹄塘组的微量元素与有机碳同位素研究

Guangyi Wei, Hongfei Ling

Department of Earth science and Engineering Nanjing University, Nanjing,210046

weiguangyiwudi@163.com

There are apparently geotectonic, geochemical and biological changes occurred during the terminal Neoproterozoic into the Early Cambrian. These changes are reflected in many geochemical indicators of seawater, recorded in a sedimentary succession on China's Yangtze Platform which is the perturbation of the redox condition in both seawater and atmosphere. In my research, I try to explore the redox condition of seawater during the transition from Ediacaran to Cambrian by trace element and organic carbon isotope. The sedimentary successions I choose is the Niutitang formation, early Cambrian of Songtao and Huitong sections in northeast Guizhou and west Hunan province which represents two different sedimentary facies: slope and basin.

Trace element (including REE) datas are used here to determine the palaeoenvironmental and diagenetic conditions during this Early Cambrian. redox sensitive element combinations Th/U<2, V/(V+Ni)>0.6 reflect the reduce environment and in REE elements, Y positive anomaly reflects marine facies; Ce negative anomaly is possibility made by the organic matter of surface seawater; Eu positive anomaly is possibility made by continuate hydrotherm whcih is relatively exact to determine depositional environment. Organic carbon isotope is used for stratigraphic correlation because there is a clear negtive $\delta^{13}C_{org}$ excursion called “BACE” at the bottom of the Cambrian in different sections，both China and other countries. The positive $\delta^{13}C_{org}$ excursions are attributed to enhanced marine primary productivity and subsequent burial of organic matter, which preferentially removed the light isotope 12C from the oceanic carbon reservoir and a negative $\delta^{13}C_{org}$ excursion is caused by upwelling of massive 12C-enriched deep waters into shallow waters which also indicates the palaeoenvironment of the ocean. In the further research，I will use more useful and exact indicators such as Fe speciation，Mo isotope which can be quantified for analysis.

S2-P-13S

云南昆明地区红井哨组(寒武系第三阶)发现澄江型软躯体化石新组合

曾晗[1,2]，赵方臣[1]，殷宗军[1]，李国祥[1]，朱茂炎[1]

1 现代古生物学与地层学国家重点实验室，中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008
2 中国科学院大学，北京 100049
hanzengnju@gmail.com

“寒武纪大爆发”发生在新元古代与显生宙之交，是地球生命历史中最关键的演化事件之一。世界范围分布的布尔吉斯页岩型化石群，以保存精美的软躯体化石为特征，记录了“寒武纪大爆发”中后生动物快速起源和演化独一无二的证据。近三十年来，在我国华南的寒武系中发现了一系列典型的布尔吉斯页岩型化石群，其中以云南的澄江化石库最受国际关注。

本次在云南昆明呈贡下庄地区的寒武系第三阶红井哨组下部，发现了一个新的软躯体化石组合，名为“下庄化石组合”。该组合以软躯体化石保存为主，包括节肢动物、腕足动物、鳃曳动物、叶足动物及一些疑难类群化石，其中节肢动物在物种多样性和个体数量上均占绝对优势。下庄化石组合的埋藏学和物种组成特征与云南东部地区广泛分布的澄江化石库十分相似，是一个典型的澄江型化石组合。除一些相似属种外，这一化石组合具有一些不同于澄江化石库中的新属种，为揭示后生动物的早期演化提供了新的信息。

下庄化石组合中的三叶虫化石组合表明，这个软躯体化石组合的时代应属于筇竹寺阶上部（寒武系第三阶），而非之前认为的沧浪铺阶。说明红井哨组是一个跨越筇竹寺阶上部和沧浪铺阶下部的岩石地层单位，改变了长期以来将其作为沧浪铺阶下部地层的认识。下庄化石组合位于澄江生物群的地层层位之上，相似的埋藏学与物种组成特征表明下庄化石组合是澄江生物群的时空延续。下庄地区典型的澄江型软躯体化石组合的发现，填充了澄江生物群和关山生物群之间缺失的中间环节，使云南东部成为世界上揭示寒武纪大爆发过程中动物早期演化与古群落更替的独一无二的研究地区。下庄新软躯体化石层位的发现，预示了其它地区寒武纪泥岩中具有发现更多软躯体化石的潜力。

S2-P-14

黄土典型堆积区地层与地貌演化初步研究

石迎春，郭娇，宋超，董秋瑶，陈洪云，王攀，石建省

中国地质科学院水文地质环境地质研究所，石家庄 050061
wanyuanzhichun@163.com;

在地质大调查项目“黄土堆积气候变化环境效应”的支助下，地科院水文所黄土项目组以陕北洛河流域为典型区域，利用“三重单动工艺，生物泥浆”技术，获得了 18 个深度从 90-200m 不等的钻孔黄土岩芯。这些黄土岩芯的总进尺达到 1900 米，从南到北涵盖了渭河阶地、台塬区、残塬区、梁、峁等不同地貌区，每个地貌区的钻孔数量分别为 1、2、8、4、3 个。以 2cm 为分辨率对渭河阶地钻孔 ZK19、残塬区钻孔 ZK18 和 ZK13、梁峁区钻孔 ZK04 为典型，进行了古地磁测量，并进行了全岩粒度与磁化率测量，对洛河流域堆积特征及其古气候意义进行了精细研究，得到以下初步结论。（1）位于渭河阶地上的蒲城钻孔（ZK19）上部为典型的风成沉积，从其下部的河流阶地相堆积地层识别出了至少 8 个洪水单元。（2）位于黄土残塬区的 ZK18 为典型的风成沉积，从其自上而下发育的 33 层黄土—古土壤旋回中识别出了 37 个气候突变事件和 3 个气候剧烈振荡期。（3）位于黄土梁峁区的 ZK04 下部湖相沉积物指示了“吴起古湖”在早更新世时期经历了 4 次主要的波动，经历了过渡阶段—高湖面阶段—低湖面阶段—湖面波动阶段，并最终于 0.78 Ma B.P.左右消失。

而且，结合流域内进行的基岩调查、物探等一系列其它工作，项目组建立了洛河流域黄土层基底空间结构图，并利用 ZK04 的分析结果，重新计算了“吴起古湖盆”的面积约 574 km^2。并采用流域高程分析法，定量研究了洛河流域的地貌演变，得出洛河流域地貌南北纵向区域差异明显，有其自身的分布规律。现代黄土层与基岩层大体上有一定的耦合关系，但不完全相同。现代黄土层的地势起伏程度远比基岩层的地势起伏度大，这在一定程度上说明，外力侵蚀对黄土堆积过程有着较大的影响。

目前，余下的黄土岩芯正在以 2cm 分辨率继续进行全岩的粒度与磁化率测试，在此基础上，希望讨论黄土不同沉降区的古气候一致性与差异性，识别具有普遍意义的区域气候突变事件并讨论影响因素。这些数据完成后将通过一定方式公开，希望为国内科研院所与大专院校提供比较全面的、分辨率一致的，测试数据等效的研究区内古气候代用指标基础数据库，推动我国黄土与古气候研究迈上新台阶，体现中国地质调查的区域性与基础性。

S3-O-01

东特提斯海的关闭时间

胡修棉[1]，Marcelle BouDagher-Fadel[2]，Eduardo Garzanti[3]，李娟[1]

1 南京大学地球与工程学院，南京 210093

2 Department of Geological Sciences, University College London, London WC1E 6BT, United Kingdom.

3 Department of Earth and Environmental Sciences, Università di Milano-Bicocca, 20126 Milano, Italy

huxm@nju.edu.cn

新特提斯海的关闭时间直接标志着特提斯洋的消失，喜马拉雅山脉隆升的起始。对于理解印度-亚洲大陆碰撞过程、喜马拉雅山脉的隆升及其导致的环境-气候变化具有重要的意义。

新特提斯海的关闭时间（通常通过研究海相地层的消失、最早陆相地层的出现来获得）长期以来存在很大的不确定性。这直接导致科学界对印度-亚洲大陆碰撞（定义为新特提斯洋壳的消失）初始时间的巨大争论。

雅鲁藏布缝合带标志着印度-亚洲大陆碰撞的缝合线。缝合线两侧零星分布了一些早新生代海相沉积的露头。自 1907 年 Hayden H. H. 报导了藏南岗巴地区始新世海相沉积以来，科学界长期笼统地把始新世作为东特提斯海关闭的时间，对这一重大地质事件的时间还缺乏更进一步的限定。由于政治、高海拔等原因，对西藏南部最高海相沉积的时间缺乏系统而详细的研究，尤其缺乏现代意义上的高分辨率的生物地层学的工作，这是导致该问题长期悬而未决的主要原因。

本次系统通过对藏南分布于雅江缝合带两侧的多个剖面的最高海相地层的研究，系统开展了底栖有孔虫和浮游有孔虫生物地层学的研究，在高密度采样基础上，系统建立了古近纪海相地层生物地层学；在此基础上建立了特提斯海关闭在时间-空间上的演化关系，探讨了空间上的关闭过程。我们的研究结果表明，缝合带北侧海相沉积消失的时间大致为~50 Ma（SBZ10），并且显示东边早（白垩纪末期）、西边晚（错江顶 SBZ5, 55-54Ma; 达金 SBZ6, 54-53ma; 达几翁 SBZ10, 50Ma; 列城附近 SBZ11, 50-49 Ma）；南部特提斯喜马拉雅定日-岗巴地区宗浦组碳酸盐缓坡相的顶界年龄在岗巴地区为 SBZ10, 定日地区为 SBZ12-SBZ13a; 在定日和岗巴地区，之上的恩巴组鲕粒灰岩夹层中发现了 P11-P12a 的浮游有空虫，指示海相沉积结束的时间为 43 Ma。

S3-O-02

地时中国:华南古生代—中生代之交高精度天文年代格架

吴怀春[1]，张世红[1]，Linda A. Hinnov[2]，蒋干清[3]，冯庆来[4]，沈树忠[5]，李海燕[1]，杨天水[1]

1 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室，北京 100083

2 Department of Earth and Planetary Sciences, Johns Hopkins University, Baltimore, USA

3 Department of Geoscience, University of Nevada, Las Vegas, NV 89154, USA

4 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室，湖北武汉 430074

5 现代古生物学和地层学国家重点实验室，中科院南京地质古生物研究所，江苏南京 210008

whcgeo@cugb.edu.cn

二叠纪发生了两次生物大灭绝事件，其中发生于二叠纪末期的(~252.2 Ma)为显生宙规模最大的一次，另一次发生于瓜德鲁普世末期(~260 Ma)。高精度的年代地层格架对于理解二叠纪生物大灭绝事件和其后复苏过程的物理、环境、生态、化学变化过程，以及触发机制都极为关键。近年来，华南瓜德鲁普世—中三叠世的生物地层学、化学地层学、磁性地层学和高精度放射性年代学方面均取得了重要进展，但仍然无法在所有重要剖面提供连续的高精度时间标尺来精细刻画所有重大地质、生物和环境事件的年代及持续时间。

旋回地层学方法将地层中由地球轨道力(偏心率、斜率和岁差)引起的米兰科维奇沉积旋回对比到天文理论曲线，所获得的天文年代标尺时间分辨率可达到 2 万年-40 万年，能够精确确定出各种地质事件和过程的年代和持续时间，是近年来地质年代学最重要的进展之一。本文对广西蓬莱滩瓜德鲁普统/乐平统界线剖面、四川上寺乐平统剖面、浙江煤山长兴阶剖面和湖北大峡口印度阶剖面进行详细的野外地层岩性观察，发现其具有显著的岩性旋回。对研究剖面进行厘米级采样，在实验室获得上万个磁化率、非磁滞剩磁等岩石磁学参数。以岩石磁学参数为古气候-古环境替代性指标，开展详细的频谱分析、小波分析，并结合已有的高精度锆石 U-Pb 年龄和牙形石化石带年龄(GTS2004 和 2012)，确定出地球轨道参数深刻地影响着二叠纪晚期-早三叠世的气候和沉积过程，且长偏心率、短偏心率、斜率和岁差的周期分别为 40.5 万年、10 万年、3.4 万年和 2 万年。根据 40.5 万年长偏心率沉积旋回建立了精确的瓜德鲁普世晚期-印度期的天文年代标尺，成功地完成国际地质年代表天文年代校正由中生代向古生代延伸；乐平世持续时间为 780 万年，印度期持续时间为 116 万年，实现对牙形石带和菊石带持续时间的年代标定；确定出煤山剖面二叠纪末期生物大灭绝事件主灭绝期持续时间为 8.3 万年，稳定碳同位素急剧负偏持续时间为 1.5 万年，为二叠纪末期生物大灭绝事件的灾变性质提供新的年代学证据；地层中鉴定出的 3.4 万年的斜率周期和 2 万年的岁差周期与天文理论模型一致，表明~2.5 亿年前地球自转一周时间（天）约为现在的 22 小时，公转一周时间（年）为 400 天；上寺剖面 40.5 万年长偏心率旋回表明天文学家 J. Laskar 所提供的第四种中生代天文模型最可靠，可以向古生代延伸。

S3-O-03

藏南白垩纪中期大规模甲烷释放与古海洋化学研究

黄俊华[1]，薛云松[1]，常标[1]，贾建忠[2]，万晓樵[2]，谢树成[3]

1 中国地质大学（武汉）GPMR 国家重点实验室，武汉 430074
2 中国地质大学（北京）生物地质与环境地质国家重点实验室，北京 100083
3 中国地质大学（北京）生物地质与环境地质国家重点实验室，武汉 430074
jhhuang@cug.edu.cn

处于极端温室气候条件下的白垩纪中期发生了多次大洋缺氧事件（OAEs），对缺氧事件的原因一直有着不同的观点。那么该时期海洋化学环境是怎么样的？甲烷释放事件规模如何？本研究利用多重地球化学手段，对西藏南部岗巴地区白垩纪阿普特晚期（OAE1d）以及赛诺曼/土伦期（OAE2）大洋缺氧事件进行了研究，发现了多期的甲烷释放证据，铁组分化学、微量元素、稀土元素等都指示了该时期海洋化学环境的变化。

西藏岗巴地区的岗巴东山组上部（Late Albian）、察且拉组下部（Late Albian）以及冷清热组（Cenomanian~Lower Santonian）地层中发育有多套冷泉碳酸盐岩结核，厚度从几十厘米到几米不等。冷泉碳酸盐岩具有极负的 $\delta^{13}C_{carb}$ 值（最低达-32.3‰）和相对正偏（$\delta^{18}O_{carb}$ 比围岩重约 10‰）的 $\delta^{18}O_{car}$ 值，是典型的气体水合物作用的结果。

一些微量元素指标和铁组分化学指标共同显示白垩纪中期阿普特晚期和赛诺曼/土伦界线西藏特提斯均发生了古海洋缺氧事件，分别与全球性的缺氧事件 OAE1d 和 OAE2 相对应。而两次缺氧事件前都有冷泉碳酸盐岩沉积，缺氧事件可能和甲烷释放密切相关。

整体来看，西藏强东剖面，海洋化学有铁化、硫化、氧化交替发生。，冷青热组和东山组的微量元素指示处于有氧像逐步向缺氧变化，中间部分时段有缺氧硫化的环境。

白垩纪中期缺氧事件（OAE1d、MCE、OAE2）之前均发生了甲烷渗漏，其中 OAE1d 与 OAE2 之前的甲烷渗漏的规模较大、时间较长。认为海底水合物分解释放的甲烷很可能作为白垩纪中期极热气候重要的温室气体，进而引发的“温室效应”一方面加速陆地化学风化作用和地表水循环，导致海洋营养元素的过剩输入，从而促进海洋生产力迅速提高，另一方面，“温室效应”容易引起洋流紊乱、和海水的静滞与分层，释放的甲烷将消耗大量海洋中的氧气，这些都将造成海水中溶解氧含量的降低，最终诱导大洋缺氧事件（OAEs）的发生。因此，海底水合物的分解引起的甲烷渗漏对白垩纪中期 OAE1d、MCE、OAE2 和温室气候发生具有重要的贡献。

S3-O-04S

华南早三叠世天文旋回地层学

Mingsong Li [1], Chunju Huang [1], James Ogg [1,2] Yang Zhang [1], Zhong-Qiang Chen [1], Linda Hinnov [3]

1 State Key Laboratory of Geobiology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Wuhan 430074
2 Department of Earth and Atmospheric Sciences, Purdue University, West Lafayette, IN 47907 USA
3 Department of Earth and Planetary Sciences, Johns Hopkins University, Baltimore, MD 21218, USA
limingsonglms@gmail.com

The rates of the end-Permian mass extinction and subsequent environmental excursions during the Early Triassic can be established from regular orbital-climate cycles recorded in continuous sedimentary sections, such as those in deeper water facies of South China. Analyses of multiple sections from this region have yielded a consistent astronomical time scale for the magnetostratigraphy, conodont zones and isotopic excursions through Early Triassic. This scale is consistent

with revised ID-TIMS U-Pb radio-isotopic ages and with independent cycle-magnetic scaling from the terrestrial succession in the Germanic basin. We applied these astronomical calibrations to the biozones and magnetozones to compile an integrated time scale of Early Triassic climate changes, geochemical fluctuations, sea-level changes and other significant events. The tortuous biota recovery from the end-Permian mass extinctions through the Early Triassic was affected by climate and ocean circulation oscillations governed by Earth's eccentricity-precession cycles, but also by its obliquity cycles during a major part of the Dienerian and Smithian substages.

S3-O-05S

藏南古近纪碳酸盐古环境变化与古海洋事件

李娟，胡修棉，姜禾禾

内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室，南京大学地球科学与工程学院，南京 210093

藏南定日—岗巴地区海相古近系碳酸盐沉积（宗浦组）是新特提斯海的最后记录，代表着西藏地区发现的最高海相层位。宗浦组为古新世 Danian 晚期-始新世 Ypresian 期，由厚 340~350 米的浅海碳酸盐岩构成，含丰富的浅海底栖生物化石，如底栖有孔虫、绿藻、双壳、腹足、介形虫、珊瑚等。本文对宗浦组碳酸盐岩进行了详细的微相分析和高分辨率碳氧同位素研究。依据颗粒类型、基质类型和生物化石组合在岗巴地区划分出 12 个微相和 3 个沉积环境类型，即含生物碎屑泥灰岩、钙扇藻泥粒灰岩、似球粒泥粒灰岩、Rotaliids-绿藻泥粒灰岩、*Alveolina-Orbitolites* 漂砾灰岩、*Lenticulina-Alveolina* 漂砾灰岩、*Alveolina* 漂砾灰岩为潟湖沉积；生物碎屑泥粒灰岩和 Rotaliids 颗粒灰岩为浅滩沉积；粗枝藻-Rotaliids 泥粒灰岩、Nummulitids 漂砾灰岩、*Alveolina-Nummulites* 漂砾灰岩为开放浅海沉积，在定日地区划分出 13 个微相和 4 个沉积环境类型即白云岩和白云岩化灰岩为潮坪相沉积；粟虫-绿藻泥粒灰岩、粟虫-团块泥粒灰岩、含 *Orbitolites* 的 *Alveolina* 漂砾灰岩、*Nummulites-Alveolina* 漂砾灰岩为潟湖沉积；钙藻颗粒灰岩、Rotaliids 颗粒岩为砂质浅滩沉积；绿藻-rotaliids 泥粒灰岩、Nummulitids 漂砾灰岩、*Alveolina-Nummulites* 漂砾灰岩、*Nummulites* 漂砾灰岩、*Discocyclina-Assilina* 漂砾灰岩、*Assilina-Discocyclina* 漂砾灰岩为开放浅海沉积。碳酸盐岩微相分析表明，宗浦组为碳酸盐缓坡型沉积，分别于古新世 Thanetian 期和 Ypresian 早期发生两次较大规模的海侵。两次海侵事件以古新世-始新世界线相隔，在岗巴地区岩性上表现为不整合并发育一套灰质砾岩层，而在定日地区仅表现为底栖大有孔虫种类的变化，岩性并无明显变化。以微相分析为基础，对藏南古近纪宗浦组碳酸盐岩缓坡演化做了进一步探讨，认为其发育古新世碳酸盐缓坡和始新世碳酸盐缓坡两个演化阶段，每个阶段的缓坡可进一步划分为内缓坡和中缓坡沉积。对藏南宗浦组碳酸盐岩样品进行了稳定碳氧同位素测试，建立了藏南古新世-早始新世稳定同位素演化曲线。在与欧洲同期碳酸盐岩对比基础上，发现古新世-早始新世至少三次碳氧同位素负向偏移事件即 Danian 末期事件(Latest Danian Event, LDE)、早古新世末期事件(Early Latest Paeocene Event, ELPE)和古新世-始新世极热事件(Paleocene-Eocene Thermal Maximum, PETM)，均具有良好的全球相关性。

S3-O-06

地时中国:白垩纪多重年代地层

万晓樵，吴怀春，席党鹏

生物地质与环境地质国家重点实验室（中国地质大学），北京 100083

wanxq@cugb.edu.cn

地层学是系统地球科学领域的基础学科之一，其研究伴随和服务地球科学，得到了迅猛发展，对关键地史转折期和重大地质事件的综合年代学研究已为世界瞩目。地层学正在依据自然规律和研究需要，构建地质学的时间单位谱，提供与人类社会接轨的时间单位和地质时间坐标。国际Earthtime（地时）计划正努力通过对不同定年方法和实验室产生的年龄数据进行校正和整合，逐步提高各种定年的技术和水平。“地时–中国”（Earthtime-CN）计划应运而生。其目的是在中国形成一个发展和应用高分辨率地质年代表的研究平台。在同位素定年之外，更强调生物地层、磁性地层、旋回地层、化学地层和定量地层学的联合攻关，进一步提高我国高精度地质年代学和定量年代地层学研究的水平和国际影响。另外，她将紧密配合“深时”研究，赋予地质历史以多维空间，使一系列有关重大地质历史转折期、重大地质事件、古生态-古气候-古环境突变等重要科学研究具有全球整合的渠道与框架，进而为系统地球科学研究做出应有贡献。

白垩系是“地时-中国”研究试点之一。海相地层在西藏地区发育良好。该区海相白垩系底界以菊石 *Spiticeras* 和钙质超微化石 *Nannoconus st. steinmannii -N. st. minor -Watznaueria barnesae* 组合的始现为标志，锆石 U-Pb 年龄得出该界线大致为 145Ma。在特提斯-喜马拉雅南带、北带和拉萨地块分别建立了以浮游有孔虫、放射虫、钙质超微化石为主的年代生物地层序列。在岗巴-定日盆地，大洋缺氧事件 1 (OAE1) 和大洋缺氧事件 2 (OAE2) 在地层中有良好记录，可与国际事件年代地层精确对比。

陆相白垩系以冀北-辽西地区和松辽盆地为代表。与日本海陆过渡相地层对比，我国陆相白垩系底界归于土城子组之内，与国际年代地层表 145 Ma 年龄一致，生物标志有待进一步确定。冀北—辽西早白垩世发育热河生物群和阜新生物群；松辽盆地晚白垩世可识别松花江生物群和明水生物群。多重地层研究识别出具年代含义的介形类、孢粉、轮藻、叶肢介等化石带；对生物界面做定量图形校准，使其能与国际白垩纪阶级单元对比；还揭示了同位素年代、磁性地层和定量地层等地层序列；利用旋回地层学分析显示出米兰科维奇旋回，将晚白垩世地层调谐至天文理论曲线 La2010 上，得出了分辨率为 0.4 Ma 的连续天文年代标尺。综合陆相白垩系多学科研究结果，建立了可与国际地层表对比的中国阶：下白垩统划分为冀北阶、热河阶和辽西阶，底界年龄分别为 145.5 Ma，130 Ma 和 119 Ma；上白垩统为农安阶、松花江阶和绥化阶，底界年龄分别为 100.5 Ma，86.1 Ma 和 79.1 Ma。

S3-O-07

我国晚中生代温室地球叶肢介古生物地理及古气候

李罡

现代古生物学及地层学国家实验室，中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

gangli@nigpas.ac.cn

叶肢介是一种淡水甲壳类动物,个体一般在几毫米到两厘米之间，最大者见于美国下二叠统，壳长可达 42 毫米。它们的软体像

虾，具有很多附肢，外裹一对几丁质壳瓣，形似蚌壳，因而它的英文名叫 clam shrimp。叶肢介从泥盆纪开始出现，到中生代其演化中心从欧洲迁移到了东亚，侏罗纪和白垩纪温室地球时期它们的分异和演化达到顶峰，到了新生代随着气候变凉则进入衰亡阶段。我国侏罗—白垩纪湖相地层中，叶肢介化石数量多、演化快、分布广泛，近年来已成为我国和邻区中生代非海相生物地层划分、对比和古环境再造的重要手段之一。按叶肢介古生物地理区系划分，早、中侏罗世我国南北具有统一的叶肢介动物地理区系，暗示了当时我国华南、华北一致的古气候特征：如早侏罗世早期的白田坝古渔乡叶肢介动物省，早侏罗世晚期的东方似渔乡叶肢介动物省；中侏罗世早期的自流井真叶肢介动物省。从中侏罗世晚期开始南北开始分异，在西南湖群发育了古狭叶肢介省，在北方发育了中国瘤叶肢介省。到了晚侏罗世，我国北方发育了假线叶肢介动物省，而南方西南湖群发育了滇中似东方叶肢介动物省，同期在柴达木盆地发育了青海－茫崖叶肢介省。进入早白垩世，我国西南湖群发育了直线叶肢介动物省；而我国北方和东南沿海地区发育了尼斯托叶肢介、东方叶肢介和延吉叶肢介动物省。晚白垩世在西南湖群发育了华美叶肢介动物省，在东北松花湖水系发育真瘤模叶肢介动物省，在华中和东南沿海云梦泽水系发育了薄壳叶肢介动物省。链叶肢介是联系它们相互对比的共同分子；晚白垩世早期的线叶肢介动物群则在上述 3 个区系都有分布，甚至在西北喀什地区的塞诺曼期海陆交互相沉积和美国德克萨斯州同期海相地层的陆相夹层中都有记录，它是将中国陆相白垩系与国际海相标准划分联系起来的重要证据之一。上述研究结果表明晚中生代温室地球时期叶肢介古生物地理区系分异指示了东亚当时古环境和古气候的分异。

S3-O-08S

松辽盆地火石岭组地层序列划分及时代归属探讨

瞿雪姣[1]，王璞珺[1]，高有峰[2]，万晓樵[3]

1 吉林大学地球科学学院，长春 130061

2 吉林大学古生物学与地层学研究中心，长春 130026

3 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室，北京 100083

quxuejiao2008@aliyun.com

从火石岭组沿革分析入手，以松辽盆地深层石油钻井，以及营城煤矿 226、50 孔层型剖面和盆缘野外剖面为对象，通过岩性和连井地震剖面综合对比研究，厘定火石岭组定义。通过对火石岭组岩石地层、生物地层、同位素年代地层等资料的系统总结分析，结合上覆营城组底界年龄，基于井间对比、沙河子组和火石岭组的沉积厚度和沉积速率，探讨火石岭组的时代归属。

火石岭组位于沙河子组之下、基底或二叠系之上，是东北地区及邻区断陷盆地群早期充填的一套局部以火山岩为主的充填序列。在平面展布上，火石岭组具有大范围分布、断陷间火山作用特征和时间差异性显著等特点。在纵向序列上，火石岭组分为 2 个岩性段，一段为深色泥质岩与灰色砂岩不等厚互层的正常沉积岩，断陷边缘多为粗碎屑沉积；二段以火山岩、火山碎屑岩夹沉积岩为特征，自下而上包含 5 个火山喷发旋回，分别为中性熔岩旋回、酸性火山碎屑岩旋回、中基性熔岩旋回、偏碱性的中性熔岩旋回、酸性熔岩旋回。

火石岭组产出植物化石较丰富，但对化石种属及其组合所代表的时代特征不同学者还没有统一的认识，甚至同一学者的观点前后也有出入，因而时代意义不明显。火石岭

组孢粉化石显示，低含量的 *Classopollis*、早白垩世代表分子 *Cicatricosisporites*、*Aequitriradites* 等出现，以及裸子类花粉以具气囊松柏类花粉为多等特征，指示火石岭组具有早白垩世的特征。特征大孢子分子 *Minerisporites* sp.又主要显示侏罗纪的特征。N-V 浮游植物群的缺失使火石岭组时代归属存有疑问。

火石岭组火山岩同位素年龄峰值主要集中于 125-135Ma 和 140-160 Ma 之间。前者可能代表了火石岭组之上火山岩年龄，也可能代表火石岭组晚期的火山活动，反映火石岭组在平面分布上的差异性。从数据的数量（19 套），盆内确切火石岭组测年结果（2 井 4 套年龄值），原始过剩的捕获 Ar 导致的 K-Ar、Ar-Ar 法年龄值的偏大等三方面来看，火石岭组的主体年龄介于 140-150 Ma 之间。

同位素测年结果表明，火石岭组上覆营城组大规模火山活动始于 130 Ma（沙河子组顶界年龄）。沉积厚度和沉积速率显示，沙河子组时间跨度在 10 Ma 左右，而火石岭组最小的时间跨度不小于 8 Ma。因此推算火石岭组的顶界年龄在 140 Ma 左右，底界年龄应在 150Ma 左右。

综合生物、同位素、时间跨度证据三个主要方面的结果，火石岭组具有跨时代的特征，主体年龄在 140-150 Ma 之间，对应于 Tithonian-Berriasian 期，可能上延至 Valanginian 期。松辽盆地侏罗系—白垩系界线（J/K 界线）可能存在于火石岭内部。

S3-O-09S

晚白垩世/古新世北半球中纬度地区陆相古气候

张来明[1]，王成善[2]，Benjamin Passey[3]

1 中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 100083

2 中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 10083

3 Department of Earth and Planetary Sciences, Johns Hopkins University, Baltimore, MD 21218

zlm2059@gmail..com

21 世纪温室气体的排放驱使地球逐渐向较温暖的气候状态转变，因此现代气候的变化情况促使人们去了解地球历史时期温室状态的气候。白垩纪时期是典型的“温室状态”时期，但是目前我们对于白垩纪气候的了解大部分来自于海洋记录，而对陆地古气候记录的研究非常少。陆地记录对解开白垩纪古气候变化具有着重要的作用，为了理解白垩纪温室状态下的气候，我们必须要将白垩纪陆相岩石和化石纳入研究中。

重建陆相古气候过程往往受到缺乏可靠替代性指标的限制，而最近飞速发展的碳酸盐岩团簇同位素地球化学（carbonate clumped isotope geochemistry）很好的填补了这一空白。使用这一方法，结合最新的年代地层学工作，我们对东北松辽盆地明水组和广东南雄盆地主田组、浈水组和上湖组的 K/Pg 界线处的古土壤钙质结核分别进行了古气候学研究，建立了古土壤团簇同位素温度和大气年平均温度的转换公式，首次在亚洲大陆获得晚白垩世/古新世陆相温度。研究表明，陆相松辽盆地和南雄盆地温度显示晚白垩世在 70Ma 发生了降温。此后在经历短暂的升温之后，在 K/Pg 处发生达到 8℃的突然降温，这一趋势与其他海相及陆相温度曲线相一致。根据松辽盆地和南雄盆地的古温度获得了晚白垩世/古新世北半球中纬度地区陆相纬向温度梯度，比现今梯度低 3.5℃，显示了晚白垩世地球处于较“温和”的温室气候环境，这一结论与其他海陆相温度梯度类似但略有不同。根据获得的温度修正了 pCO_2 计算公式，松辽盆地和南雄盆地 pCO_2 可相互对比补充。pCO_2 曲线与温度曲线变化总体趋势一致，显

示随着 pCO_2 逐渐下降，温度逐渐降低，但是在具体波动中并不具有明显相关性，可能说明存在其他温室气体影响温度变化。最后我们将 pCO_2、温度、德干玄武岩喷发事件、陨石撞击事件以及各个生物绝灭事件相对比，认为德干玄武岩的喷发造成了晚白垩世的 pCO_2 上升和短暂升温，不稳定的生态环境已经开始导致一些物种发生绝灭。最终陨石的撞击加速并且成为了绝灭的决定因素，陨石撞击产生的气体粉尘短时间遮蔽了阳光，造成了突然而急剧的降温以及后期的升温，导致了大量生物的绝灭。

S3-O-10

江西萍乡晚白垩世恐龙蛋研究

王强[1]，邹松林[2]，赵资奎[1]，汪筱林[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 萍乡市博物馆，江西萍乡 337000

wangqiang@ivpp.ac.cn

江西省是我国产恐龙蛋较为丰富的省份之一。自 20 世纪 60 年代在赣州地区发现恐龙蛋以来，目前已在全省 20 个大小不一，形态各异的中生代盆地中发现恐龙蛋。恐龙蛋的发现为相关盆地地层的划分与对比、古环境、古气候和古地理等研究提供了较为可靠的古生物证据。

萍乡地处江西省西北部，境内白垩纪红层分布在城区、白源镇和老关镇一带，厚度达 1300 多米。由于没有较为可靠的古生物，萍乡地区白垩纪地层的划分与对比长期以来存在着不同的认识。

2001 年，首次在萍乡发现了恐龙蛋，截止目前已在 13 个地点发现了成窝和零散的不同类型恐龙蛋近 200 枚，并于 2008 年发现恐龙骨骼。2008 年以来，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所同萍乡市博物馆合作，对萍乡发现的恐龙蛋进行系统的研究。

萍乡恐龙蛋类群具有独特的组合特征，尤其是一些特殊形态的恐龙蛋。2013 年，项目组对萍乡发现的部分恐龙蛋类型进行报道，包括萍乡唯一的一窝长形蛋类：彭氏波纹蛋（*Unadulatoolithus pengi*），蜂窝蛋类新属种：萍乡副蜂窝蛋（*Parafaveoloolithus pingxiangensis*）。在 2013 年恐龙蛋修复的基础上，项目组进行系统的分类学研究新建立了多个恐龙蛋类型，包括：安源大蜂窝蛋（新蛋属，新蛋种）（*Macrofaveoloolithus anyuanensis* oogen. et oosp. nov.）、萍实浙赣蛋（新蛋属，新蛋种）（*Zheganoolithus pingshii* oogen. et oosp. nov.）、星火昭萍蛋（新蛋属，新蛋种）（*Zhaopingoolithus xinghuo* oogen. et oosp. nov.）以及另外两种尚未定名的恐龙蛋。

萍乡恐龙蛋化石组合同我国其他几个主要的恐龙蛋化石组合进行对比可见，其恐龙蛋组成与浙江天台恐龙蛋化石群具有一定的相似性，区别于河南西峡恐龙蛋化石群、山东莱阳恐龙蛋化石群和广东南雄恐龙蛋化石群。其中，新建立的萍实浙赣蛋目前仅发现于萍乡和天台两地，蜂窝蛋类、长形蛋类在两地都有发现；而新建立的安源大蜂窝蛋目前仅发现于萍乡盆地。通过恐龙蛋组合的对比，可以认为萍乡地区含恐龙蛋地层的时代与天台恐龙蛋化石群时代相当，为晚白垩世早期。

S3-O-11

盘县动物群精时定年:对二叠纪末大灭绝事件后生物群复苏和演化的制约

杨德庭[1,2*]，王彦斌[1,2]，韩娟[3]，王立亭[4]，姚建新[1]，刘敦一[1,2]

1 中国地质科学院地质研究所，北京 100037，Email:sysudt@163.com；
2 北京离子探针中心，北京 100037；
3 核工业北京地质研究院，北京 100029；
4 贵州省地质调查局，贵阳 550005

中三叠世时期，贵州盘县动物群是二叠纪末大灭绝事件（P/T 事件）后海生爬行动物迅速辐射过程中最具有代表性的一个生物群落。近年来，在盘县动物群中发现了大量珍奇的海生爬行动物化石，并发表于 Nature、Science 和 Journal of Vertebrate Paleontology 等著名科学杂志，如具水生特征的初龙类混形黔鳄（*Qianosuchus mixtus*）、最原始的混鱼龙类分子盘县混鱼龙（*Mixosaurus panxianensis*）、最老的鸥龙类分子红果鸥龙（*Lariosaurus hongguoensis*）、第二老的幻龙科分子羊圈幻龙（*Nothosaurus yangjuanensis*）以及真正适应水生生活的原龙类东方恐头龙（*Dinocephalosaurus orientalis*）等。盘县动物群和欧洲发现的相似类群（如意大利 Monte San Giorgio 地区 Grenzbitumenzone 动物群）是中三叠纪时期栖息在 Pangea 大陆边缘浅海台地内的生物群，它们分别是该时期东、西特提斯洋生物群的典型代表，研究表明(Hao et al.，2006；Rieppel，1999)这两个生物群落具有很强的亲缘关系，是二叠纪末的古海洋生态系经历 P/T 事件后研究其复苏和演化的实证。

P/T 事件后，生物群落的复苏经历了多长的时间及其演化速率如何？一直是地层古生物学界的研究热点。大灭绝事件后，生物群的复苏和演化大多通过生物地层学来对比研究，但是加深研究不同沉积相区大灭绝事件后生物群的复苏和演化并作精时对比已成为探讨古生物群复苏和演化的关键。目前，盘县动物群的时代研究主要聚焦于牙形石生物地层对比（Sun et al.，2006；Li et al.，2004），而同位素地质年龄的缺乏阻碍了建立生物复苏阶段精确的时间框架，也不利于在全球二叠纪末生物大灭绝事件后与其他生物群的复苏和演化阶段作对比。我们对盘县动物群的含化石层位中的凝灰岩层进行了精细采样，并初步对最上部的凝灰岩层进行了高精度高灵敏度的二次离子探针定年（SHRIMP II U-Pb），获得的锆石 U-Pb 年龄为 244.0±1.3 Ma（Wang Yanbin，Yang Deting et al.，Geological Magazine，2014）。我们的研究表明，盘县动物群的时代约为 244 Ma，比之前通过牙形石证据而估算的年龄要早 14 Ma（Li et al.，2004）。通过对比，得知盘县动物群的时代比意大利 Monte San Giorgio 地区 Grenzbitumenzone 动物群（239~243 Ma；Stockar et al.，2012）要稍早或几乎一致，显示了东、西特提斯的生物演化在时间上具有先后或几乎一致的重要关系。

二叠纪末生物大灭绝时间约为 252 Ma（Shen et al.，2011），而我们获得的盘县动物群海生爬行动物化石层位凝灰岩的锆石 U-Pb 年龄约为 244 Ma，由此推算二叠纪末生物大灭绝到生态系统恢复到相对稳定的状态经历了约 8 Ma。至此，盘县动物群发展成既有丰富的海生爬行动物化石，又伴生有头足类、瓣鳃类和腕足类等海生无脊椎动物化石的存在完整、系统的捕食与被捕食关系的生态群（郝维城等，2006）。随着对三叠纪海生爬行动物化石研究的深入，建立全球性三叠纪海洋生物群落的全球演化模型还需要从东特提斯或其它地区含凝灰岩层的三叠纪海生爬行动物群中获取更多系统且高质量的同位素年龄数据。在深入探究这些动物群空间分布和组成的基础上，结合同位素地质年代学、古生物学和地球化学建立起的精确的年龄框架演化模型，将成为研究环境扰动和生物复苏响应的关系的必不可少的途径之一。

S3-O-12

白垩纪 OAE2 中的碳、硫循环—来自藏南的证据

张晓林[1]，张桂洁[1]，陈曦[2]，王成善[2]，高云佩[1]，沈延安[1]

1 中国科学技术大学地球和空间科学学院，合肥 230026

2 中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 100083

yashen@ustc.edu.cn

白垩纪发生过多次大洋缺氧事件，其中发生在晚白垩世Cenomanian–Turonian（C–T）之交的这次大洋缺氧事件被称为 OAE2（Oceanic Anoxic Event 2）。OAE2 的影响范围很广，达到了全球规模。在 OAE2 期间海相碳酸岩和沉积有机质的碳同位素（$\delta^{13}C$）发生了 2–4‰的正偏，反映了全球碳循环的扰动和环境的剧烈变化。另外，在 OAE2 期间还发生了有孔虫、钙质超微化石、放射虫、双壳类等海洋生物的灭绝与更替事件。据统计 C–T 界线附近的全球灭绝速率在科级、属级和种级分别达到 7%、26%和 33–53%。受到影响的主要是深海底栖动物和深水动物。因此，多数学者认为这次生物灭绝事件的发生可能主要与底层和深部海水的缺氧甚至硫化有关。

中国藏南定日地区的贡扎剖面很好的记录了 OAE2 这次大洋缺氧事件。贡扎剖面的碳同位素在Cenomanian晚期发生了2‰的正偏，与 OAE2 同期其它地区的沉积记录非常吻合。精细的生物地层学研究显示贡扎剖面 OAE2 期间的沉积地层中也同样记录了有孔虫和钙质超微化石的灭绝与更替事件。然而，与中特提斯、大西洋的经典剖面不同的是，贡扎剖面在 OAE2 期间缺乏富有机质的沉积物，这与典型的大洋缺氧事件的沉积特征不相符合。而且，最近的元素地球化学研究结果显示贡扎剖面在 OAE2 期间没有发生严重的缺氧，缺氧与生物的灭绝和更替不存在成因上的联系。很显然，这一假说挑战了传统的全球海洋缺氧理论，同时也促使我们重新思考和研究这次生物灭绝与更替的原因。

针对这一问题，我们采用碳同位素和沉积黄铁矿的多硫同位素方法对贡扎剖面 C–T 界线附近的沉积地层进行了进一步的研究。我们得到的碳同位素的变化曲线与之前的研究结果一致，证明贡扎剖面确实记录了 OAE2 这次大洋缺氧事件。另外，我们发现在 OAE2 期间贡扎剖面沉积黄铁矿多硫同位素的组成发生了多次显著的变化。这一特征表明贡扎剖面在 OAE2 期间古海洋的氧化还原等化学条件发生了多期剧烈的变化。通过与生物地层资料的对比我们还发现当时海水化学条件的频繁变化可能与海洋生物的灭绝和更替密切相关。

S3-O-13

白垩纪温室气候与古大气二氧化碳变化趋势

王永栋[1*]，黄成敏[2]，孙柏年[3]，全成[4]，吴靖宇[1,3]，林志成[5]

1 中国科学院南京地质古生物研究所，南京 210008

2 四川大学环境科学工程学院，成都 610065

3 兰州大学地质科学与矿产学院，兰州 730000

4 吉林大学古生物地层学研究中心，长春 130026

5 重庆科技大学油气工程研究所，重庆 401331

ydwang@nigpas.ac.cn

白垩纪是地球历史上典型的温室气候范例并发生了若干重大生物和地质事件而成为地史时期最引人注目的阶段之一。古大气 CO_2 是显生宙气候变化的主要驱动力，白垩纪古大气 CO_2 浓度变化的探究是国际地学领域关注的热点和前沿科学问题之一。利用替代指标重建古大气二氧化碳浓度变化对于理解白垩纪温室气候至关重要。在本项工作中，我们总结了基于古植物和地球化学数据重建

二氧化碳浓度的主要方法，并从全球角度出发，结合中国材料，采用古植物气孔指数、古土壤同位素并借助于地球化学模型等方法相互补充与印证，首次综合分析了早白垩世和晚白垩世各阶段古大气 CO_2 浓度变化特征。分析结果表明，白垩纪在整体上 CO_2 水平相对较高，但并非均一不变，而呈现出白垩纪早期较低、中期达到最高、到白垩纪晚期逐渐降低的变化趋势。这一结果不仅支持地球化学模型指示的整体 CO_2 变化趋势，更为重要的是，还进一步识别出在白垩纪巴列姆–阿普替期(Barremian–Aptian)，赛诺曼–土伦期(Cenomanian–Turonian)，以及康尼阿克–坎潘期(Coniacian–Campanian) 出现了几次显著的 CO_2 短期快速波动记录，部分波动的时间分辨率可达 1 个百万年尺度。研究结果显示，大气 CO_2 长期变化趋势和短期波动表明，白垩纪温室气候状态表现出短暂的不持续性，古气候并非之前所想象的那么稳定，而是发生了几次大规模快速气候扰动事件，并伴随着 CO_2 浓度的短期波动变化。这些变化与白垩纪中期发生的三次大洋缺氧事件(OAEs)、赛诺曼–土伦期极热事件(Thermal Maximum)、白垩纪–古近纪界限事件(KTB)、超静磁带以及大型火成岩喷发等重大事件存在密切的耦合与因果关系。这项成果质疑了整个白垩纪期间气候温度均匀分布且呈现单一稳定温室状态的观点。

S3-O-14

白垩纪松辽盆地嫩江组一段古湖泊变化:来自活性铁与硫同位素的证据

黄永建[1,2]，马士萍[1,2]，王思雯[1,2]，王成善[1,2]

1 生物地质与环境地质重点实验室，北京 100083

2 中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 100083

huangyj@cugb.edu.cn

白垩纪嫩江组沉积时期是松辽盆地最大的湖侵期之一，该时期发育的嫩江组一二段（K2qn1-2）主要由深湖相黑色泥岩-页岩组成，并夹杂部分钙质沉积，是大庆油田最主要的烃源岩之一。嫩江组一二段沉积期间的海侵事件以及当时古湖水性质的研究，一直都是松辽盆地研究的热点。“松科 1 井”的实施获得了连续的高分辨率沉积记录，为高分辨率的古环境、古气候重建提供了理想的研究材料。

近年来活性铁在阐述古海洋氧化还原演化中发挥了巨大的作用，但是在古湖泊变化研究中还应用较少。本文对嫩江组一段泥岩进行了活性铁分析，包括了碳酸铁（Fecarb）、赤铁矿（Feox）、磁铁矿(Femag)和黄铁矿(Fepy)等活性铁组分，表明绝大部分样品的总活性铁（FeHR，以上四种活性铁组分之和）与总铁含量的比值 FeHR/FeT>0.38，但是 Fepy/FeHR<0.8，表明底层水总体上处于铁化环境，个别层段局部达到硫化水平。对应 FeT/Al 的几个显著的峰值，活性铁出现两种形态类型，以 Fecarb 和 Feox 以及 Fepy 分别富集，对应铁化和硫化两种富集机制，这与黄铁矿形态学证据相一致。通过对嫩江组一段黄铁矿同位素组成的研究，发现嫩江组一段的黄铁矿 $\delta^{34}S$ 总体上普遍偏正，变化范围为-37.69~37.46‰，平均值为 10.96‰。黄铁矿 $\delta^{34}S$ 负值主要出现在嫩江组一段底部，表现在在极短的间距内呈现剧烈的波动，这与青山口组一段呈相对稳定的黄铁矿同位素组成不同。该时期黄铁矿同位素负值的出现层位与有孔虫赋存层位较一致，可能与海水的间歇性入侵有关。

S3-O-15

始新世极热事件中轻碳释放量控制了海洋表层生态系统的走向

姜仕军

暨南大学，广州 510632

jsgnaij@gmail.com

Latest Paleocene and early Eocene hyperthermals were geologically brief, profound environmental perturbations caused by massive additions of ^{13}C-depleted carbon to the ocean-atmosphere system, and therefore provide ancient analogs for understanding how marine ecosystem would respond to anthropogenic global warming. We documented population changes in calcareous nannoplankton across two hyperthermal episodes 53.6 million years ago (Eocene Thermal Maximum 2 (ETM2) and H2) in tropical Atlantic, and compared with those during the most severe Paleocene/Eocene Thermal Maximum (PETM). Across ETM2 and H2, species abundance and community composition changed significantly, and the reduction in eutrophic and mesotrophic taxa but increase in oligotrophic taxa suggest prevalent oligotrophy in tropical Atlantic surface waters. Nonmetric multidimensional scaling ordination further revealed that the surface marine ecosystem rapidly recovered to the pre-event state immediately after the ETM2 and H2 perturbations, but experienced a regime shift across the PETM and returned with one of fairly different state. This indicates that the PETM perturbation exceeded the resilience of the pre-PETM ecosystem and thus a certain threshold was crossed, underscoring the reality that modern surface marine ecosystem may undergo regime shift due to considerably faster change in the C cycle than during the PETM.

S3-O-16

风从哪里来？—中新世欧洲大气环流转换

全成[1]，刘裕生[2,3]，唐辉[4]，Torsten Utescher[5]

1 吉林大学古生物学与地层学研究中心，长春 130026

2 东田纳西州立大学生物系，约翰城，田纳西 37614

3 美国自然科学基金会地学部，阿灵顿，弗吉尼亚 22230

4 赫尔辛基大学地球科学系，赫尔辛基 FI-00014

5 波恩大学地质研究所，波恩，53115

quan@jlu.edu.cn

现代欧洲以南部的地中海式气候为标志，具有非常独特的气候格局。然而对于欧洲气候的早期发展及演化特征还所知甚少。本文根据年代控制准确的 76 个植物化石组合，重建了欧洲中新世托尔托纳期（Tortonian）的夏季气候特征。结果显示，托尔托纳期欧洲明显地以湿润型—半湿润型气候为主，未发现确切的干旱型气候。这表明地中海式的气候在此时还未在欧洲形成。此外，更重要的是，重建的夏季降水分布特征显示，托尔托纳期欧洲主要是受西风带的控制。这主要体现为大陆降水自西向东减少。托尔托纳期的西风格局与之前塞拉瓦尔期（Serravallian）的信风模式之间存在着巨大的差别，代表了中新世大气环流的一次重大转换。这一转换可能是因为全球变冷有关，是对极地附近冰盖和冰川不断增长以及大洋环流的重组等的响应。

S3-O-17S

晚白垩世大洋缺氧-富氧事件 Fe 同位素研究及其古海洋意义

王天天，何永胜，王成善

中国地质大学（北京），北京 100083
tianer1025@126.com

白垩纪大洋缺氧事件代表了白垩纪时期海洋中大量有机碳埋藏的短暂时期，并代表了全球碳循环的主要扰动。最极端的事件发生在 Cenomanian-Turonian（OAE2）界线时期，大致对应于中生代以来的最高温度时期，并表现为碳同位素正偏移和过量的生物碳埋藏。在这个事件之后全球古海洋发生了显著的变化，黑色页岩沉积被大洋红层（Cretaceous oceanic red beds，CORBs）沉积所替代。CORBs 为白垩纪时期沉积在海洋深水远洋、半远洋环境下,在富氧条件下形成的一套以红色-粉红色-棕色颜色为主的、有机质极低的沉积物。白垩纪古海洋沉积记录中“黑色-红色”这一显著的沉积转变涉及温室气候条件下全球海洋-气候系统波动和碳-氧循环等重要科学问题，因此已成为国际白垩纪研究领域新的重要方向。Fe 是地球上丰度最高的变价元素，并且与生命活动密切相关，广泛的参与各种地球化学和生物化学过程，在示踪古代和现代环境方面以及研究海洋的生物地球化学过程有其独特优势。因此，进行黑色页岩-大洋红层沉积物中 Fe 同位素的研究，对更好的理解白垩纪极端温室气候下古海洋-古气候的变化有重要的意义。

本文利用 MC-ICP-MS，选取了东西特提斯和北大西洋的三个剖面涉及黑-红转变层位的样品进行 Fe 同位素研究，这三个剖面分别是中国藏南床得剖面、意大利 Cotessa Quarry 剖面，ODP Leg103 Site641A 的岩心。测试数据结果显示，三个剖面的大洋红层与下伏黑色页岩的 Fe 同位素组成均显示有系统变化。大洋红层的 Fe 同位素组成相对均一。而代表大洋缺氧事件的黑色页岩的 Fe 同位素组成有相对较大的变化范围，随三个剖面不同的沉积位置和沉积环境的不同而不同。床得剖面与 Contessa Quarry 剖面的黑色页岩都富集 Fe 的重同位素，且 Fe/Al 比降低，表明黑色页岩中 Fe 氧化物或氢氧化物被生物或非生物过程还原，使得有富集 Fe 的轻同位素的 Fe 从沉积物中流失，导致剩余沉积物全岩 Fe 同位素偏重。结合元素地球化学特征，在黑色页岩沉积期间床得剖面处于弱氧化沉积环境，Contessa Quarry 剖面处于弱还原环境。ODP Site641 的黑色页岩的 Fe 同位素负偏，Fe/Al 比升高，结合微量元素数据，暗示该剖面形成于强还原环境的静滞海相。三个剖面黑-红过渡层段的 Fe 同位素组成变化范围大，且无规律，可能反映了水体环境的波动。

S3-P-01

全球增温及其系统论解释

曹鸿兴[1]，蔡秀华[1]，吴永萍[2]

1 中国气象科学研究院，北京 100081
2 扬州大学物理科学和技术学院，扬州 225002
caohx70@126.com

自 1860 年以来，地球系统的大气和海洋都呈明显的增温趋势，尤其自 1980 年代以后，增温趋势更显著。我国的增温在时间上偏后，1990 年后增温才显著。全球增温不但影响自然系统，如生命、生态和环境等；而且对人类社会也有重大影响。本文将从系统科学观点来分析全球增温，特别是从系统科学新分支—界壳论来探讨增温的物理成因。文中列述了自然界和人类社会中存在的若干界壳现象，简要地介绍了界壳论基本概念和原理，

在此基础上阐释了地球系统热平衡的新观点，把地球大气作为地球系统的（软）界壳，分析了由于地球大气中的二氧化碳的持续增加，改变了地球系统与外界宇宙环境的能量交换过程，导致全球增温，并由此观点来考察环境保护问题。

S3-P-04S

X 射线非相干散射和相干散射强度比与总有机碳含量关系研究——以松科一井嫩一段为例

马士萍 [1,2]，黄永建[*1,2]

1 生物地质与环境地质重点实验室，北京 100083
2 中国地质大学（北京），北京 100083
bjmashiping@gmail.com

在古湖泊研究中，总有机碳含量（TOC）是一个恢复和重建湖泊古气候信息的重要指标。XRF（X-ray Flourescense）是一种快速，无损的方法，瑞典 Cox 公司生产的 Itrax 岩心扫描仪器，不仅可以获取原位的高分辨率元素记录，而且具备样品图像分析、密度、磁化率分析的功能，但不能直接测量 TOC 含量。前人研究发现非相干散射/相干散射（inc/coh）与 TOC 含量具有一定的相关性，比如 Guyard（2007）年对 Bramant 湖（相关系数 R=0.83，斜率 k=0.30）的研究，Xiuju Liu（2014）对 Malawi（R=0.70，k=7.36；）和青海湖（R=0.89，k=2.36）的研究均有所体现，但不同研究区所得相关系数和斜率有所不同。

本研究实验采用的是松辽盆地大陆科学钻探一井嫩江组一段岩心（1021.86 m-1113.24 m，间隔 0.5 m 取样）184 个样品。通过对 Itrax 岩心扫描仪获得 inc/coh 比值和样品 TOC 含量进行多元统计分析，结果发现 inc/coh 与 TOC 具有良好的线性关系（R=0.73，斜率 k=8.24）。为进一步探究相关系数和斜率不同的原因，本文将 inc/coh 与 Itrax 岩心扫描仪所测元素含量进行了分析，发现 inc/coh 与元素 Al、Ca、Si、Sr、Sn、W、Zr、Cr、Rb、Ba 具有良好的相关性，进一步对这 10 种元素进行旋转因子分析可得提取出两个控制因素，分别是正相关因素（Al、Si、Zr、Ba、Rb、W）和负相关因素（Ca、Sr、Sn），这种现象可能是沉积区物源输入导致岩性变化造成的。inc/coh 比值取决于平均原子序数，沉积物的平均原子序数与岩性、密度和元素含量密切相关，具体关系有待进一步研究。经过校正 inc/coh 可以用来作为有机碳总量的定性和定量指标。

S3-P-05

中国东部土壤 GDGT 分布特征及其气候指示意义

蒋宏忱 [1]，吴霞 [2]，董海良 [2]，张传伦 [3]

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（北京）生物地质与环境地质国家重点实验室，北京 100083
3 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
jiangh@cug.edu.cn

随着环境气候问题的加剧，人们愈加关注当代和未来的气候系统及其对人类社会产生的影响。研究现代环境中的微生物群落对气候环境条件的响应，有助于我们利用相应结果重建古气候。来源于古菌和细菌的细胞膜脂甘油二烷基甘油四醚膜类脂（Glycerol Dialkyl Glycerol Tetraethers，简称 GDGTs）能记录环境条件变化，由其组成得出的有机地化指标近年来已成为生物地球化学领域的研究热点。现代过程中微生物类脂物对环境的响应研究是使其能够应用于古环境、古生态重建的前提和基础，土壤是陆地生态系统中一类十分重要的环境，且土壤中的微生物群落组成对环境变化十分敏感，因此研究现

代土壤中 GDGTs 的组成情况对重建古环境具有重要意义。本研究选取 30 个中国东部地区土壤样品为研究对象，进行地化参数、气候条件、分子生物学和 GDGTs 分布等综合分析，旨在研究微生物种群类型和环境因子对 GDGTs 成分分布的影响，从而探讨用 GDGTs 重建松辽盆地白垩纪古气候指标的可行性。

研究结果显示：1）首次发现 Deltaproteobacteria 可能是 bGDGTs 的主要生产者，细菌产生的 bGDGTs 的分布主要受控于气候条件（温度和降水），细菌群落结构主要受土壤养分的影响；而古菌产生的 iGDGTs 分布及古菌群落结构主要受土壤养分的影响。2）因此，细菌产生的 bGDGTs 对环境条件变化更为敏感，比古菌更适合用来恢复陆地古环境。CBT 指标得出的 pH 与实测土壤 pH 显著相关，MBT/CBT 指标得到的 MAAT 与实际值趋势一致， BIT 指标与土壤含水量呈正相关，表明这些指标或可用于古环境的重建。

S4-O-01

基于 Argo 剖面和西边界船测数据的太平洋热带—副热带交换

Dongliang Yuan[1], Zhichun Zhang[1,2], Bo Li[1,3], Lina Yang[1,3]

1 Key Laboratory of Ocean Circulation and Waves, and Institute of Oceanology Chinese Academy of Sciences, 7 Nanhai Road, Qingdao, China

2 State Key Laboratory of Tropical Oceanography, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guanzhou, China

3 Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, 14 Yuquan Road, Beijing, China

dyuan@qdio.ac.cn

The tropical-extratropical exchange in the northwestern Pacific Ocean is studied using the absolute geostrophic currents based on Argo Profiles and the observations of the western boundary currents (WBCs) during two cruises in the winters of 2010 and 2012. The absolute geostrophic currents are calculated using the P-vector method for the period of 2004 through 2011. The transport of the geostrophic currents is compared with the Sverdrup theory and found to differ significantly in several locations. Analyses have shown that errors of wind stress estimation cannot account for all of the differences. The largest differences are found in the area, where nonlinear activities are vigorous. It is, therefore, suggested that the linear dynamics of the Sverdrup theory is deficient in explaining the geostrophic transport of the tropical northwestern Pacific Ocean.

Previous studies suggest recharge and discharge of the tropical Pacific Ocean heat content through the interior circulation of the North Pacific Ocean, based on the Sverdrup theory, and that the WBCs play the role opposite to the interior ocean recharge and discharge anomalies. Using ocean observations from two cruises in a La Niña winter and a normal winter, it is suggested that the Kuroshio transport decreases significantly and the Mindanao Current transport increases significantly at the peak of 2010 La Niña, opposite to the prediction of existing theory. The anomalies of the western boundary current transport are found much larger than those of the meridional circulation in the entire interior of the North Pacific Ocean, the dynamics of which are suggested to be associated with the Kelvin wave propagation around the Philippine

islands. The results suggest that the WBCs dominate the interannual recharge and discharge of the western Pacific warm pool during the 2010 La Niña.

S4-O-02

岁差驱动的热带以外北太平洋模态及相关大气动力过程

王跃[1,2]，赵平[1]，翦知湣[2]，肖栋[3]，陈军明[3]

1 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室，北京 100081

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

3 中国气象科学研究院，北京 100081

163wangyue@163.com

利用 CCSM3 模式和中等复杂程度的 UViC_ESCM 模式分别进行瞬变加速模拟，同时结合 CESM 1.0.4 模式的平衡态模拟，我们识别出热带以外海—气耦合系统对轨道尺度上岁差太阳辐射量驱动的响应，并称之为北太平洋模态（the North Pacific mode，NPM）。对应于 22 ka 时冬季岁差辐射量增加、夏季辐射量减少（相对于 10-8ka），NPM 处于负位相期，11 月—4 月热带以外北太平洋 SST 呈西暖-东冷的纬向跷跷板格局。同时，10 月-5 月赤道太平洋 SST 也呈较弱的变暖格局，这样冬季西北太平洋 SST 和热带太平洋 SST 在岁差周期上同步变暖，可以用冬季岁差辐射量增加进行解释，这与现代气候中西北太平洋 SST 和 Nino3 区域 SST 反位相变化不同。

与 NPM 的负位相对应，冬季北太平洋阿留申低压减弱，西北太平洋上方的对流层出现异常反气旋环流（顺时针），构成了对流层扰动大气温度和位势高度的正压暖-脊结构。这种岁差辐射量驱动的响应结构与现代气候中 SST 暖异常驱动的下游对流层的正压脊结构类似，两者可能具有相似物理机制，并均与亚季节尺度的瞬变涡活动反馈关系密切。同时冬季表层降雨在东亚和西北太平洋区域呈增加趋势，东亚大陆表层南风增强，指示东亚冬季风减弱；而东北太平洋和北美西岸冬季降雨减少。

上述热带以外 NPM 负位相格局（特别是西暖-东冷的 SST 跷跷板、对流层暖-脊结构）是岁差辐射量驱动下的海—气耦合结果。如果没有动力大气，即便采用岁差辐射的完全季节循环异常作为驱动，也无法产生异常 SST 的纬向跷跷板格局；但如果只有大气本身，岁差辐射量也无法产生对流层的暖-脊响应。除了海-气耦合的关键作用外，夏季岁差辐射量减少对于热带以外北太平洋的纬向 SST 跷跷板异常（特别是东北太平洋 SST 的负异常）也十分重要，而冬季岁差辐射量增加则足以驱动冬季北太平洋对流层的暖-脊结构响应。

S4-O-03

北极冰盖影响下的东亚季风区全新世适宜期的经向扩张

周鑫[1]，孙立广[1*]，詹涛[2]，黄温[1]，周新郢[3]，郝青振[4]，何小庆[1]，赵超[3]，张俊[2]，乔彦松[5]，葛俊逸[3]，颜裴[1]

1 中国科学技术大学

2 黑龙江省水文地质工程地质勘察院

3 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所

4 中国科学院地质与地球物理研究所

5 中国地质科学院地质力学研究所

*slg@ustc.edu.cn

植被生态对北冰洋冰缘进退、太阳活动强度和 ENSO 的响应是正确认识全球气候系统驱动的关键问题之一。不同纬度上的生态响应在不同时间的位错反映了高低纬因素的影响程度。东亚季风区同时受高低纬气候因素的影响，是研究这一问题的理想区域。本文利用中国东北地区火山口湖沉积物重建了过去 14000 年来植被的相关指标序列，发现

该区域全新世适宜期开始于 5800 a BP 左右，显著晚于前人的研究结果。该区域植被演化序列在 8000 a BP 前与北极温度变化趋势一致，8000 a BP 之后与太阳辐照度和 ENSO 等过程相关。对比其它几个地区的研究结果，我们发现，季风区全新世适宜期开始时间自南向北由约 10600 a BP 逐渐变为 5800 a BP 左右。它是北极冰盖退缩、低纬过程影响范围逐渐扩大所致。本研究结果展示了东亚夏季风植被对高低纬因素的响应过程，首次建立了纬度与植被适宜期时空变化的线性关系，这对年代学指标的调谐和反演历史时期的生态变化和预测全球变暖情况下高纬地区生态变化有重要参考价值。

S4-O-04

末次盛冰期热带西太平洋硅藻席沉积与碳、硅循环

李铁刚[1]，熊志方[1]，翟滨[2]，常凤鸣[1]

1 中国科学院海洋研究所，青岛 26607

2 国土资源部青岛海洋地质研究所，青岛 266071

tgli@qdio.ac.cn

大洋成层化条件下，稀罕的大型硅藻（如 *Ethmodiscus rex*，*Rhizosolenia spp*. 和 *Thalassiothrix spp*.）在深部高叶绿素带（Deep chlorophyll maxima）中勃发或聚集，从而在（次）表层水中产生大规模的有机碳、硅生产和输出通量。然而，海洋大型硅藻在调控大气 CO_2 分压（pCO_2）冰期-间冰期旋回中的意义仍不清晰。我们在热带西太平洋发现的大规模硅藻席沉积为检验其在全球气候变化和碳、硅生物地球化学循环中的作用提供了良好素材。

研究表明发现于东菲律宾海帕里西维拉海盆的纹层硅藻席（LDM）主要沉积于末次盛冰期（LGM），且成席硅藻为“树荫种”的大筛盘藻 *Ethmodiscus rex*（Wallich）Hendey。LGM 时 *E. rex* 主要吸收风尘硅，并在风尘铁的刺激下，在成层化大洋中勃发，随后“秋季倾泻”而形成硅藻席。*E. rex* 勃发已完全利用尽了（次）表层水中的可溶硅，即对营养物硅而言，东菲律宾海在 LGM 与现代一样，也处于贫营养状态。*E.rex* 勃发时的初级生产力与现代高生产力的上涌海区可比，维持在较高的稳定状态，从而对大洋上层和深部水体碳的分配、转移和埋藏产生重要影响。从上层大洋看，*E.rex* 勃发对 CO_2 的吸收以及表层成层化对深部 CO_2 的封堵导致东菲律宾海表层 pCO_2 迅速减小，最终使东菲律宾海发展成弱的大气 CO_2 的汇，从而调控大气 pCO_2 的冰期-间冰期变化。从深部大洋看，*E. rex* 勃发导致的大规模有机质输出到海底，耗尽了溶解 O_2，从而形成了硫化缺氧的沉积环境和亚氧化的底层水条件，支持冰期太平洋深部可能存在盆地尺度的巨大呼吸 CO_2 库，从而调控大气 pCO_2 的冰期-间冰期变化。

上述发现表明海洋大型硅藻在 LGM 大气 CO_2 封存中起重要作用，支持有关将生物硅堆积作为冰期大气 CO_2 降低原因的假说，如“硅假说”和“硅质碱度泵假说”，但似乎不支持“硅溢漏假说”表明的从南大洋“溢漏”可溶硅供研究区 *E. rex* 勃发。现有资料也不支持“锋面作用”在研究区硅藻席的形成中起主要作用。

S4-O-05

晚第四纪来西菲律宾海的东亚季风演化及其古生产力效应初探

徐兆凯*，李铁刚，万世明，熊志方

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

zhaokaixu@qdio.ac.cn

基于 357 个层位中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）、常量元素（221 个）、稀土元素（212 个）、典型保守元素（60 个）及 Nd 同位素（65 个）组成特征，系统研究了西菲律宾海中—法合作航次高质量钻孔（MD06-3047）沉积物中碎屑组分的物质来源及其输运过程，进而初步探讨了晚第四纪来研究区沉积物中所记录的东亚季风演化特征、主要控制因素及其古生产力效应。

就粘土粒级组分而言，其矿物组合以蒙脱石（平均为 61%）和伊利石（平均为 23%）为主，而绿泥石（平均为 10%）和高岭石（平均为 6%）的含量则较低。基于粘土矿物组成进行的物源分析结果表明：蒙脱石主要来源于附近吕宋岛火山岩的风化蚀变；而伊利石则为风尘成因，主要来自于亚洲内陆的风尘物质输入。伊利石含量表现出明显的冰期—间冰期旋回特征，其含量变化最终受控于东亚冬季风演化，并在以较强冬季风为特征的冰期阶段中呈现出高值。而在间冰期阶段，增强的东亚夏季风和降雨量则引起了吕宋岛化学风化作用的加强，致使该岛为研究区提供了更多结晶度差的蒙脱石。

在可能影响所研究沉积物中常量元素、稀土元素和典型保守元素（如 Th、Sc、Zr）组成的主要控制因素中，物质来源的作用最大。基于典型保守元素三角图解（Th-Sc-Zr）和稀土元素物源判别函数进行的物源分析结果进一步表明所研究沉积物的碎屑组分主要来自于两个物源端元，其中以当地火山物质来源为主，而亚洲内陆风尘物质的贡献则相对较小。在冰期阶段，风尘物质对研究区碎屑组分的贡献明显增加。与之相反，当地火山物质的输入作用则在间冰期阶段显著加强。陆源风尘物质对研究区的输入作用在轨道时间尺度上很可能与东亚冬季风的强度及亚洲内陆地区的干旱程度密切相关；而在更短时间尺度上则可能受到了一些区域性因素的影响。这都与上述粘土矿物分析结论总体一致。特别是本研究工作成功地将之前在中纬度北太平洋地区建立起来的、基于稀土元素组成来定量估算陆源风尘物质贡献大小的方法应用至低纬度西太平洋海区，进而初步表明了东亚冬季风携带下的亚洲内陆风尘物质对西菲律宾海碎屑组分的贡献作用。

而对伊利石含量、风尘物质贡献大小定量估算结果及蒙脱石结晶度进行的频谱分析结果则分别表现出了东亚冬季风的强 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。

通过对该孔上部 20 万年来东亚冬季风演化典型替代指标（陆源风尘因子得分、伊利石/蒙脱石比值、陆源风尘物质定量估算结果及 εNd）、温跃层深度、输出生产力及邻近钻孔海水表层初级生产力间的细致对比，发现在轨道时间尺度上东亚冬季风驱动下的陆源风尘物质输入很可能是控制研究区古生产力演化的最主要因素，而温跃层深度则可能是另一个重要影响因子。特别是 20 万年来研究区陆源风尘物质输入和古生产力演化指标与南极冰芯 CO_2 含量间的反向变化，则可能表明冰期时增强的陆源风尘物质输入引起了包括研究区在内的低纬西太平洋古生产力水平的显著升高，进而增强了其储碳功能并最终促进了大气中 CO_2 含量的降低。而对本次研究区附近的东菲律宾海硅藻席的前期研究工作也已经证实了上述推论在末次盛冰期阶段的可信性。

S4-O-06S

末次冰期旋回中热带西太平洋的 CO_2 源汇模式变化

王婷婷，党皓文，翦知湣，乔培军

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
wangtingtingwendy@163.com

大气 CO_2 浓度及其温室效应是调控第四纪冰期旋回中温度变化的主要机制之一，而海洋碳储库和海-气 CO_2 交换是影响冰期旋回中大气 CO_2 浓度变化的重要因素。热带太平洋表层海水与大气的碳交换对现代全球海气碳收支贡献显著，尽管热带西太平洋与大气 CO_2 大致平衡，但热带东太平洋是全球最大的碳源之一。然而，在过去冰期旋回中，热带太平洋表层海水与大气之间的 CO_2 交换如何变化仍属未知。解决这一问题对于我们更好地理解冰期旋回中海洋对大气 CO_2 浓度变化乃至全球气候变化的作用具有重要意义。

本次研究选取南海南部（MD05-2896）、赤道西太平洋哈马黑拉海（MD10-3340）和翁通-爪哇海台（KX97321-2）的 3 个沉积柱状样，采用浮游有孔虫 *Globigerinoides ruber* 壳体的 $\delta^{18}O$、Mg/Ca 和 B/Ca 等指标计算表层海水的温度、盐度和 pH，进而估算末次冰期旋回中海水 pCO_2 的变化。尽管采用浮游有孔虫 B/Ca 指标重建海水 pCO_2 的计算精度还有待提高，本次研究对由计算方法不同引入的参数数值变化及由此造成的海水 pCO_2 估算结果的差异进行了认真分析，并得到以下研究结果：1）MD05-2896 柱状样的全新世、MIS5.1 期和 MIS5.3 期的海水-大气 CO_2 分压差（ΔpCO_2sw-atm）均为正值（分别为~+25 ppm、~+20 ppm 和~+5 ppm），反映南海是大气 CO_2 弱源，与现代海洋观测结果吻合；冰期ΔpCO_2sw-atm 为~-3 0ppm，指示南海为大气 CO_2 的汇。2）MD10-3340 柱状样的全新世ΔpCO_2sw-atm 为~0 ppm，与大气 CO_2 平衡，与现代海洋观测结果吻合；冰期ΔpCO_2sw-atm 为~-20 ppm，反映哈马黑拉海为碳汇；整个末次间冰期ΔpCO_2sw-atm 平均为~+20 ppm，为弱源，但在 MIS5e 达到极大值（~70 ppm），可能变成较强的 CO_2 源。3）KX97321-2 柱状样的全新世ΔpCO_2sw-atm 为~+150 ppm、为强 CO_2 源，与现代 La Niña 事件时的状态相似，反映与 ENSO 相关的赤道强上升流主控其表层海水 CO_2 体系；冰期时ΔpCO_2sw-atm 虽然降低但仍远高于大气（~+100 ppm），仍然是碳源。

因此，我们认为，晚第四纪热带西太平洋边缘海的碳源/碳汇模式存在明显的冰期旋回转换，对大气 CO_2 浓度变化的调控作用显著，这与以前零星研究依据现代观测认为热带西太平洋 pCO_2 始终与大气近平衡的预期有较大差异。同时，赤道太平洋的碳源效应在冰期时明显减弱，对冰期大气 CO_2 浓度的显著降低可能具有一定影响。

S4-O-07S

西太平洋暖池核心区 MIS10 来 SST 变化

张帅 [1,2]，李铁刚 [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
zhangshuai5@126.com

2013 年 9 月 27 日，政府间气候变化专门委员会（IPCC）发布的第五次评估报告（AR5）阐明：目前全球气候变化要比原来的认识更加剧烈。古海洋学为了解未来的气候走向提供了一把了解未来的“钥匙”。西太平洋暖池区作为全球重要的水汽和潜热的来源，在全球变化中发挥着巨大的作用，有必要了解其过去的变化。KX97322-4 孔

(00º01.7321' S，159º14.6625' E，水深 2362m)位于暖池核心区 Ontong Java 海台上，样长 630 cm，含丰富有孔虫壳体化石，底部可达 MIS10（约 360ka BP），分辨率约 400 年，为古海洋学研究提供了很好的条件。

本文通过对 KX97322-4 孔的浮游有孔虫 *G.ruber* 壳体的 Mg/Ca 分析重建了过去 360ka BP 来高分辨率的表层水体温度（SST）的变化，表现出四个完全的冰期-间冰期旋回。利用 Mg/Ca 计算公式得到顶部样品 SST 约为 29.14 ℃，而 LGM 时最低值比现在低 2.9±0.7 ℃，冰消期较迅速，SST 在整个 MIS9 表现出逐步降温的趋势。SST 冰期-间冰期之间变化约 3 ℃，在 TerminationⅠ和ⅡSST 最大温差约为 3.5 ℃和 3.6 ℃，MIS7/8 阶段温差为 3.4 ℃，MIS9 和 MIS10 之间 SST 相差达 4.4 ℃。

KX97322-4 孔 Mg/Ca 和 $\delta^{18}O$ 曲线之间具有很好的相关性，但是在 MIS6，SST 呈阶梯状上升趋势和 $\delta^{18}O$ 之间变化明显相反，可能和此时的日射率逐渐增强有关。暖池区 Mg/Ca 变化要早于 $\delta^{18}O$ 的变化，即暖池区 SST 变化可能超前于北半球高纬冰体积变化~2-3ka，热带太平洋海区在驱动冰期-间冰期旋回中可能起重要作用。在冰消期到达峰值的时间略早于南极古气温和大气 CO_2 变化，说明在冰期向间冰期过渡阶段，暖池区可能在全球气候变化中起着低纬驱动的作用，从而激发高纬度乃至全球进入间冰期阶段。

S4-O-08

南海第四纪颗石藻与古海洋学研究

刘传联，苏翔，梁丹，金晓波，王良，喻文晔，张洪瑞

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
liucl@tongji.edu.cn

近十年来，通过对南海大洋钻探钻孔和国际海洋全球变化（IMAGES）柱状样样品的分析，我们对南海第四纪颗石藻化石记录进行了较为系统的研究，并借此探讨了南海第四纪上层海水结构、初级生产力、海洋碳循环的变化以及东亚季风的演变机制。

首先，我们在研究方法上进行了积极的探讨和引进。成功引进了法国 Luc Beaufort 博士等开发的颗石藻自动鉴定系统（SYRACO），为获取大量的化石分析数据提供了保证。同时，我们还对颗石藻化石氧、碳同位素分析及元素分析等新技术、新方法进行了试验。

南海 ODP 1143 站 1.56 Ma 以来 *F lorisphaera profunda* 百分含量变化表明，营养跃层深度既有冰期－间冰期的变化，也有更为长期的变化，可分为 4 个阶段。而且在中更新世革命前后，营养跃层深度在冰期－间冰期的变化格局呈现相反的格局。伴随着营养跃层的变化，1.56 Ma 以来南海南部表层海水古生产力也呈现两种不同时间尺度的变化。一是随冰期—间冰期旋回而变化，间冰期时，表层海水生产力高，而冰期时则降低；另一种则是大约 40 万年的长周期变化，自 1.56 Ma 以来，可以分成四个大的旋回，每个旋回内表层海水古生产力又经历了从低到高再到低的变化。

南海 ODP 1143 站 2 Ma 以来颗石藻属种变化与底栖有孔虫碳同位素的对比则表明，两者有很好的对应关系。每次碳同位素重值事件都伴随着颗石藻属种的明显变化，而且频谱分析也表明颗石藻属种变化也具有 40-50 万年的周期。这表明，作为海洋初级生产力重要组成部分的颗石藻与海洋碳循环之间有密切的关系。

对南海西部 (MD05-2901)、北部（MD05-2904 ）和南部（MD05-2897)三个

IMAGES 柱状样晚第四纪高分辨率颗石藻的分析则进一步表明，南海南部和北部晚第四纪海水营养跃层深度和初级生产力有明显的冰期-间冰期旋回，而南海西部这种变化则不明显；正交函数分析（EOF）表明，东亚冬季风是控制南部和北部营养跃层和初级生产力变化的主要因素，而西部由于受到上升流的影响，冬季风的信号被掩盖。同时，发现南海 MD05-2904 柱状样颗石重量具有冰期-间冰期的变化趋势（MIS 7 除外），而且这些变化与海水碳酸盐化学如 pH, CO_3^{2-}，$HCO3^-$ 有很好的相关性。

S4-O-09

南海北部末次冰消期以来古黑潮阶段性演化记录

向荣，刘建国，陈木宏

中科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

rxiang@scsio.ac.cn

对南海北部东沙西南的沉积物柱状岩芯进行年代测试、氧碳同位素和 Mg/Ca 比测试，对该区上层海水 2 万年以来的结构变化进行了探讨。发现近 2 万年来该区表层海水温度和盐度呈现明显的阶段性变化。氧碳同位素记录了明显的 YD、H1 事件和全新世普林虫的低值事件。在 H1 事件中普林虫 *P.obliquiloculta* 的氧同位素明显变轻与 *G. ruber* 接近，可能表明该期间由于冬季风增强造成表层海水混合增强。*G. ruber* 记录的区域表层海水盐度（去除冰体积效应）2 万年来呈现出明显的阶段性波动：14-8.4 ka，表层海水盐度相对较低，8.4-5.7 ka 为盐度相对偏重阶段，2.5-5.7 ka，盐度又相对偏轻，达到全新世最轻值，2.5 ka 以来，表层海水盐度呈逐渐逐渐趋势。而普林虫记录的次表层海水盐度（去除冰体积效应）大体呈两段式变化，在 8 ka 以前盐度相对较高，而在 8 ka 以后盐度则较之前明显变轻。我们认为南海北部全新世这种明显的阶段性盐度变化可能受区域降水、黑潮分支对南海北部影响强弱变化以及海平面变化的综合影响。其中 8.4-5.7 ka 期间和 2.5ka 以来黑潮分支对南海北部的影响最强，而在 2.5-5.7 ka 相对较弱，相应的陆架水对研究区的影响增强，这也可能是导致该期间出现普林虫全新世低值事件的重要原因。

S4-O-10

海洋生物碳酸盐记录的南海北部过去 2500 年高分辨率气候变化

晏宏

中国科学院地球环境研究所黄土和第四纪地质国家重点实验室，西安 710075

yanhong@ieecas.cn

虽然目前在北半球中高纬陆地区域有大量基于树轮等的温度重建记录被报道，但是在热带地区，尤其是海洋区域，连续的晚全新世高分辨率温度记录还很少，这给我们全面了解地球气候变化规律、机制以及预测未来气候变化带来了很大的不确定性。具体到我国，从西北部到中东部目前都有高分辨率的晚全新世温度记录被报道，但是对于我国南部晚全新世的温度变化目前还不是很清楚。在本研究中，我们对南海北部已发表的珊瑚和砗磲高分辨率气候记录进行了初步集成，得到了过去 2500 年南海北部高分辨率海表面温度变化记录。结果显示，南海北部过去 2500 年的温度变化与西太平洋暖池、中国大陆以及北半球中高纬度地区的变化模式基本类似，均存在罗马暖期、中世纪暖期、现代温暖期、小冰期等特征气候时期，但是在具体的变化幅度等细节方面存在明显的差别。

此外，由于生物碳酸盐记录的高分辨率（月）特征，我们还对南海北部晚全新世期间的气候季节性特征等进行了分析，结果发现南海北部晚全新世期间的温度变化存在明显的季节不同步性，冬季温度的变化幅度大约为夏季的三倍。冬季温度和夏季温度的不同步变化可能与受控机制的不同有关，南海北部的夏季温度主要受西太平洋暖池控制，而冬季温度则主要受东亚冬季风的影响。

S4-O-11

北冰洋中部门捷列夫—阿尔法脊晚第四纪的陆源沉积记录

Rujian WANG[1], Wenshen XIAO[1], Leonid Polyak[2], Li WU[1], Yechen SUN[1]

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

2 Byrd Polar Research Center, Ohio State University, Columbus, OH 43210, United States

rjwang@tongji.edu.cn

Terrigenous components in three sediment cores from the Mendeleev-Alpha Ridge, central Arctic Ocean, have been investigated to reconstruct late Quaternary variations in sedimentation, ice-rafted detritus (IRD) provenance, and related climate changes. Established by a combination of variations in Ca and Mn content, color cycles, >63 μm fractions, foraminiferal abundance, AMS^{14}C dating and regional lithological correlation, the core stratigraphy extends back to estimated Marine Isotope Stage 17. IRD (>154 μm and 250 μm), fine sand fraction, mean and median grain sizes increased and decreased during the glacial/deglacial/stadial and interglacial/interstadial periods, respectively, providing evidence of rafting ice transport and IRD unloading to the Mendeleev-Alpha Ridge seafloor. The IRD events with high Ca content during the glacial/deglacial/stadial periods point to the source from the Canadian Arctic Archipelago with vast carbonate rock outcrops, and they can be used as reliable stratigraphic markers due to their wide occurrence, likely indicating the collapses of ice sheets, possibly in response to abrupt climate changes. Clay and silt fractions occur consistently at high proportions except for high IRD intervals, suggesting a relatively stable supply of fine-grained sediment. This indicates that glacial-interglacial environmental changes had insignificant influence on the fine-grained sediment input from primarily sea ice transport over the central Arctic Ocean.

S4-O-12

末次冰期以来日本海南部郁陵盆地表层海水温度及有机质来源演化

邹建军，刘焱光，石学法，白亚之

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

zoujianjun@fio.org.cn

对日本海南部郁陵盆地 KCES1 岩心中的长链不饱和烯酮、古菌 GDGTs 含量，以及有机质 δ13C 进行了分析，恢复了过去 48 ka 日本海南部表层海水温度及有机质含量的演化历史。结果显示过去 48ka，$U_{37}^{k'}$与TEX_{86}^{H}所恢复的表层海水温度都呈现全新世高、冰消期快速增加的变化趋势，在末次盛冰期$U_{37}^{k'}$所恢复的表层海水温度呈现上升的趋势，而TEX_{86}^{H}则保持低值。与$U_{37}^{k'}$相比，在全新世，TEX_{86}^{H}所恢复的表层海水温度值要高于$U_{37}^{k'}$

的。这可能与$U_{37}^{k'}$主要记录表层海水温度，而TEX_{86}^{H}可能主要反映次表层海水温度有关。有机质 δ13C 结果显示，冰消期以来海源有机质贡献逐渐增加，而在 MIS3 期末期和 LGM 期海源有机质贡献迅速减小。海洋有机质贡献及$U_{37}^{k'}$、TEX_{86}^{H}温度变化明显受到对马暖流入侵日本海过程有关，其又受海平面的制约。

S4-O-13S

白令海南部上新世以来的古生产力变化：来自 IODP U1340 井位的生物硅记录

张强[1,2]，陈木宏[1]，张兰兰[1]，向荣[1]，胡维芬[1,2]

1 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
zhangqiang210@scsio.ac.cn

白令海是北太平洋北缘的半封闭边缘海，也是全球高硅质生产力海区之一。硅藻等硅质浮游生是该海区表层生产力的主要贡献者，其死亡后的骨骼物质保存在沉积物中，成为了生物硅的主要来源和重要组成成分，并以此记录了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 (BSi MAR) 的变化重建了白令海上新世以来的古生产力演变历史，结果表明：在 4.3-3.12 Myr 之间，该海区硅质生物异常繁盛，这与该时期受北大西洋深层水团 (NADW) 形成与加强的影响，全球高硅质生产力区主要位于高纬度地区 (如北太平洋亚极区、南大洋等) 的生态模式 (Cortese et al., 2004; Bolton et al., 2011) 相一致；3.12-2.79 Myr，受北半球冰川作用加强的影响，该海区生产力呈现降低的趋势，~2.79 Ma 之后又恢复至较高的水平，直到~1.83 Ma 再次下降。2.79-1.83Myr，白令海较高的生产力水平可能与该时期富营养 (Si, N, P 等) 的北太平洋深层水体向 U1340 井位所在的上升流发育区的输送有关。至 1.07 Myr 之后，受气候变化的影响，生产力水平发生频繁的波动变化，总体上冰期含量低，暖期含量高，与陆源输入量的变化相反，且存在 10 Ka 的周期旋回。MIS 5 以来，该井位的生物硅相对含量变化可以与深海氧同位素曲线进行较好的对比，依此进一步精细地厘定了该井位 MIS 5 期以来的地层年龄框架；同时，本文认为在钙质生物贫乏的白令海海区，生物硅含量曲线可以替代氧同位素曲线成为该海区晚更新世以来地层划分对比的有效工具。

S4-O-14

应用生物标志物 IP25 重建白令海北部 12,000 年以来的海冰变化

阮佳萍，许云平

北京大学城市与环境学院，北京 100871
yunpingxu@pku.edu.cn

海冰通过改变太阳辐照的反射率，影响着海洋和大气之间的水汽、热量交换，进而影响全球气候变化的速率；同时，海冰分布与（亚）极地海洋的生物地球化学循环密切相关（如温盐循环，初级生产力等）。因此，重建历史时期的海冰分布有助于我们更好地了解极地气候演化，提高预测未来气候的可靠性。然而，人类直接观测海冰的历史仅有 50 年，因此寻找能够准确指示海冰的代用指标就显得非常必要。IP25 是一种高支链类异戊二烯型烯烃化合物，它由 25 个碳组成，并含有一个双键。研究表明，IP25 是海冰硅藻的生物标志物，而且该化合物在环境中较为稳定，因此在重建海冰方面具有很大的潜力。然而，在运用 IP25 指标来重建海冰分布时，仍然存在着许多问题，例如 IP25 的定量分

析等。

前人的研究主要集中在高纬度北大西洋和邻近北极海域，而对西北太平洋及其邻近海域研究很少。本次研究，我们以白令海BR07(60°4.858'N, 179°59.7'W)孔为对象，分析了120个沉积物样品的IP25及其它生物标志物，重建12,000年以来白令海北部海冰分布的变化。在黄元辉等（2013）一文中，作者尝试利用BR07孔硅藻属种分析结果来重建近万年来白令海海冰变化历史，指出其中的3次冷事件和一次暖事件；而利用IP25这个指标可以将这个重建的结果从定性描述的程度推向半定量乃至定量分析，并结合反映浮游植物群落和表层海水温度的生物标志物指标，可以更好的反映（亚）北极的气候和环境演化。

S4-O-15

晚全新世东南极企鹅生态记录与气候海冰变化的关联

黄涛，孙立广*，王玉宏

中国科学技术大学地球和空间科学学院，合肥 230026

*slg@ustc.edu.cn

阿德利企鹅喜浮冰环境，对南极气候特别是海冰变化具有明确的指示意义。西福尔丘陵是南极企鹅重要的聚居地，已有该地区全新世企鹅生态变化的相关研究报道，但由于研究载体及样品量的不足，目前还缺少晚全新世以来的高分辨记录，限制了与海洋环境的深入联系。本研究在前期野外考察中获取了西福尔丘陵企鹅脱毛区具有较高分辨率的羽毛连续沉积序列DM3，AMS^{14}C年代结果显示为近3000年来的沉积剖面，在此基础上开展企鹅羽毛C、N同位素分析，初步讨论晚全新世以来东南极企鹅取食、生境等生态变化与区域海洋气候、海冰变化之间的联系。

C同位素组成主要反映企鹅的取食生境及受气候变化影响的食物链基线背景，而N同位素主要反映企鹅食谱组成的变化。DM3序列C同位素变化范围在-25.41‰ – -21.61‰，变幅3.80‰，均值为-23.31±0.71 ‰ (n=73)；N同位素变化范围在7.95‰ – 13.42‰，变幅5.47‰，均值为10.84±1.15 ‰ (n=73)。企鹅C、N同位素比值呈显著正相关关系 (r=0.62, p<0.01)，说明企鹅的取食、生境变化可能受某一共同的内在因素控制。近3000年来企鹅C、N同位素比值整体上呈波动亏损的变化趋势，而海冰密集度则相反呈增加的趋势，表明新冰期以来气候变冷、海冰扩展导致企鹅捕食较多低营养级的磷虾为食，与我们此前获取的结果一致；同时，海冰属硅藻增多，其偏负的C同位素信号也可能通过食物链传递到上层生物系统。具体到细节来说，DM3序列C、N同位素曲线表现出同步和错位的峰谷变化特征：在距今2900–1700 BP、~1500 BP和~1200 BP企鹅C、N同位素呈现相对应的峰值和谷值；而在距今950–900 BP和~550 BP C同位素比值处于谷区，N同位素谷区则在距今1100 BP和~450 BP，这些不同步变化指示企鹅除受到海冰变化影响其取食生境、食物组成外，气候变化对区域食物链C同位素比值基线背景的影响可能起到重要作用。因此，通过企鹅沉积有机同位素分析，结合海洋沉积记录，可以有效讨论晚全新世以来气候和海冰等环境要素变化对海洋生态系统上层企鹅的取食生态变化的影响机理，以及由区域食物链变化反映的海洋上层C、N循环过程与气候变化之间的联系，为深入理解南大洋气候、海冰和食物链之间的作用关系提供依据。

S4-P-01S

珠江三角洲晚全新世温、湿变化

俞宙菲[1,2]，李铁刚[1]，R. Nigam[3]，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 印度国立海洋研究所，印度 403004

tgli@qdio.ac.cn;

全新世东亚季风降雨的波动可能引起中国新石器文明的衰落(4000a BP 前后)和朝代的兴替，研究中国降雨格局变化对理解东亚季风演化意义重大，然而中国不同地区对东亚季风强度变化的环境响应存在差异和争议。因此，有必要发掘不同区域的季风降雨记录进行综合考虑，但现今南方的季风记录相对于北方还是很缺乏。

本文分析了珠江三角洲柱状样 ZJK03-Z（分辨率 23 a/cm）中浅水底栖有孔虫常见种 *Rotalidium annectens* 的平均初房大小、微球型/显球型比值和壳体 $\delta^{18}O$ 值，以及底栖有孔虫组合中瓷质壳的百分含量，探讨它们对由夏季风降雨引起的河口水体盐度变化的响应，得到了珠江三角洲 3114-1260a BP 季风降雨的强度变化，识别出了这期间 14 次季风降雨减少的偏干期。另外，*R. annectens* 微球型/显球型和右旋/左旋比值的相关系数为 r=0.62，反映珠江三角洲 3114-1260a BP 期间主要呈现暖干和冷湿交替的气候特征。

R. annectens 右旋/左旋比值所指示的温度波动与中国著名的竺可桢物候曲线，以及韩国 SSDP-I02 钻孔重建的 SST 记录均有着很好的对应性；也与恢复的距今 2000 年以来的北半球以及中国东部的气温存在良好的对应性。*R. annectens* 的初房等数据识别的 14 次偏干期与南美洲 Cariaco 海盆的钛含量记录对比一致表明，珠江三角洲晚全新世的东亚夏季风降雨与热带辐合带(ITCZ)的南北移动密切相关：夏季风降雨减少，对应于 ITCZ 纬度位置的南移。另外，将 *R. annectens* 的初房数据与 ENSO 强度对比，结果显示珠江三角洲晚全新世季风降雨的减少也可能与 El Niño 活动的增强有关。

S4-P-02S

西沙砗磲记录的人类活动信息

邵达，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

砗磲是地质时期以来最大的海洋双壳类，在亚太地区广泛分布。由于其具有坚硬的文石壳体，即使死亡后仍能长期保存，是长期气候记录和人类污染记录的良好重建材料。我们通过不同的分析手段分析了一个现代砗磲和一个化石砗磲（1960±30 cal yrs BP，处在罗马暖期）的多种元素指标。其测定结果表明：C、Ba 元素在古代砗磲中更高，一定程度上说明罗马暖期时砗磲的生物生产力要高于现在，从而从侧面反映温度比现代高；营养元素 N 在现代砗磲中明显高出古代砗磲，但 P 在两者中分布近似，表明西沙群岛两千年来受到富营养化影响，并可能受到大气氮污染物影响更大；一些污染元素如 As、Se、S、Ni、Ge、Br、Ni 等在现代砗磲中含量也明显偏高，表明人类活动已经影响到了西沙地区；此外，我们还发现砗磲外壳由于受到海气交换作用更为明显，因而其污染元素的含量也较内壳更高，这在古代砗磲上也有所体现。这项研究为选择性地应用砗磲研究人类活动对海洋环境的影响提供了依据。

S4-P-03S

2.5-3.3 Ma 北极冰盖扩张期南沙 ODP1143 站高分辨率元素地球化学与浮游有孔虫记录

周建宏，田军

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
1989zjh@tongji.edu.cn

晚上新世北半球冰盖扩大和形成，全球气候开始具有典型的冰期、间冰期旋回。为进一步研究南海南部在北极冰盖扩张期的古环境变化，尤其是南沙海区陆源输入以及上层海水变化反映的东亚季风变迁，选取了位于南沙海区的 ODP 1143 站合成深度 110 m-150 m 柱状样，天文调谐年龄为 3.5~2.4 Ma，通过 XRF 岩芯扫描获得此段样品的各元素相对含量，再参考传统 XRF 测试所得绝对含量数据经计算转换得到高分辨率元素地球化学记录，同时按 50cm 间隔取 81 个样进行浮游有孔虫属种统计分析，并在每个样品选取 6 个不同水层的代表性属种进行氧碳同位素测试以探究上层水体结构的变化。

高分辨率元素地球化学记录结果显示：（1）Al/Ti、K/Ti 与反应冰期旋回和冰量变化的底栖有孔虫 $\delta^{18}O$ 同步变化，在冰期 Al/Ti、K/Ti 低，气候干冷，陆地化学风化作用弱；在间冰期 Al/Ti、K/Ti 高，气候较温暖湿润，陆地风化作用强。由于受东亚夏季风控制的降水是东亚地区化学风化的主要控制因素，推测晚上新世北极冰盖扩张期东亚夏季风强度也存在着显著的冰期-间冰期旋回变化。（2）Ca 和 Ba 两种元素在海洋中通常被视作与生物成因密切相关，用 Ca/Ti, Ba/Ti 比值来指示表层生产力，结果显示，3.5-2.7 Ma 间, Ca/Ti，Ba/Ti 有着显著的减小趋势，是南海南部表层生产力对北极冰盖逐渐形成的响应，此外，两比值的冰期-间冰期旋回变化呈现同步性特点。(3) 高分辨率 $CaCO_3$、SiO_2、TiO_2、Al_2O_3 与反应冰期旋回和冰量变化的同站位同时期的底栖有孔虫 $\delta^{18}O$ 记录(Tian et al., 2002)对比，四种氧化物含量变化与冰量的冰期-间冰期变化表现出高度同步性，其中 SiO_2、TiO_2、Al_2O_3 三者在间冰期高，冰期低；而代表生源物质的 $CaCO_3$ 变化却与前者相反。（4）数据显示 1143 站的陆源组分 TiO_2、Al_2O_3 更接近湄公河，判断湄公河是南沙海区的主要陆源供给者。

浮游有孔虫属种组合显示，在 3. 5~ 2. 4 Ma 期间，浮游有孔虫温跃层属种的百分含量变化可分为三个阶段：3.5~3.3 Ma，在~60%的较高水平上变化；3.3~2.8 Ma 在~50%的较低水平变化；2.8~2.5 Ma 再次回到~60%的较高水平上。相反混合层属种百分含量则显示出完全相反的三个阶段，反映了温跃层从先前较深再变浅最后又加深的演化过程，且其变化表现出明显的冰期-间冰期旋回规律，即冰期时温跃层属种含量增加，间冰期时混合层属种含量增加。

反映上层海水结构变化的多属种氧碳同位素数据正在测试中。

S4-P-05S

川东北石笋记录 GIS4~5 夏季风气候变化及与高纬度地区的联系

陈琼[1]，贺海波[1]，刘淑华[1]，杨亮[1]，米小健[1]，朱礼妍[1]，黄颖[1]，童晓宁[1]，汤静[1]，沈川洲[2]，周厚云[1]

1 华南师范大学地理科学学院，广东广州 510631
2 台湾大学地质科学系，台湾台北 10617
chenqiong1117@163.com

对采自川东北仙人洞石笋 XR025 进行了高精度 230Th 定年和高分辨率氧-碳同位

素分析，重建 33~28 ka BP 的高分辨率夏季风气候变化历史。结果发现，XR025 清晰地记录 GIS4、GIS4.1 和 GIS5 等温暖事件和 H3 这一寒冷事件，而且这些事件的发生时间与格陵兰冰芯和我国其它石笋记录的一致。但 XR025 记录的 GIS4.1 事件的强度明显比 GIS4 和 GIS5 弱，这与格陵兰冰芯一致，却与我国的一些石笋记录存在差异。在从 H3 向 GIS4 的转化中，XR025 记录了夏季风逐渐增强的过程，这与北半球高纬度温度变化和我国其它石笋记录均存在明显差异，而与南极温度变化相似，显示可能受到了南极温度变化的影响。因此，南北半球高纬度地区的温度变化可能都对 33~28 ka BP 我国中部地区的夏季风气候变化产生了重要影响。

S4-P-06S

沉积物全样放射性碳定年样品选择的有效方法

储著定，孙立广*，黄温，黄涛，周鑫

中国科技大学地球与空间科学学院极地环境研究室，合肥 230026

* slg@ustc.edu.cn

精准的年代序列是古生态古环境变化研究的基础。南极菲尔德斯半岛格兰德谷在全新世时期是典型的峡湾沉积环境。为建立格兰德谷谷底 GA-2 沉积岩芯的年代序列，本文选择 20 个沉积物全样进行 AMS14C 定年。由于峡湾沉积环境复杂，沉积物容易受到扰动，同时有多个物质输入源，容易受到老碳物质的影响，20 个样品的定年结果混乱。为了正确选择可靠的定年结果，对 20 个定年样品的岩性描述、沉积物的烧失量（LOI）和粒度分布曲线进行分析，最终筛选出 5 个准确可靠点位的定年数据并建立年代曲线，通过沉积速率，地球化学指标和相对海平面变化等综合对比研究，验证了 GA-2 年代序列的正确性，最终确定了 GA-2 沉积芯的年代、为后续的生态地质学研究奠定了基础。本文总结了利用岩性描述和粒度分布曲线筛选南极峡湾海洋沉积物定年样品和定年结果的基本原则，这为南北极、高寒地区等复杂背景环境形成的沉积物定年样品的选择、定年结果的筛选提供了新的方法。

S4-P-07S

50 ka 以来西太有孔虫标准化壳体重量的变化

安佰正，李铁刚

中国科学院海洋研究所

an_baizheng@126.com

壳体重量最初是作为大洋深层水的碳酸根浓度的量化指标被提出和发展的。而室内培养实验显示出，提高碳酸根离子浓度可以提高钙化率和壳体壁厚度，使壳体重量变高。因此，海洋沉积物中保存完好的有孔虫化石被用来探讨过去表层水体的碳酸根浓度变化，并用来指示大气 CO_2 浓度。尽管壳体重量的研究还在发展之中，其仍是一个很有价值和潜力的古海洋学指标。当前不同的研究者使用不同的方法来获得壳体重量数据，这使得研究间的直接对比变得很困难。而从本质上来讲，使用壳体重量这个指标是为了阐明壳体壁的厚度（包括密度）的变化，并以此描述有孔虫的壳体受到的表层海水及深层海水的影响。壳体大小会因起生长时外界环境因素而有很大的差异，并掩盖壳体壁厚度信息，因而在进行壳体重量研究时，应降低壳体大小对壳体重量指标的影响。浮游有孔虫的标准化壳体重量（size-normalized weight, SNW），作为可以量化表达壳体壁厚度和密度的指标，具有阐明过去海洋碳循环的地质变化的潜在能力。

本研究中使用的实验样品为 MD06-3052

孔岩芯。MD06-3052 岩芯取自西太平洋暖池北部，菲律宾岛以东的比科尔陆架上（14°48.6042’N，123°29.3983’E），柱长 19.48m，水深 732 米。该岩芯以橄榄灰到灰色粉砂质粘土和粘土质粉砂为主，岩芯底部年代在 MIS 6 期。共获得了 G. ruber171 个层位、普林虫 184 个层位的标准化壳体重量（SNW）数据。其中 G. ruber 作为表层种，其标准化壳体重量在 150 ka 以来的地质历史时期中呈现出明显的冰期高、间冰期低的周期性变化，并与南极 vostok 冰芯中记录的大气 pCO_2 变化基本一致。而生活水深较深一些的普林虫，其也有冰期间冰期的标准化壳体重量变化，但主要在 MIS5e 和 MIS6 时期呈现出与南极 vostok 冰芯大气 pCO_2 具有明显的相关性。因此，在黑潮源区，浮游有孔虫主要的受到大气 pCO_2 的影响，并能够很好的记录这一变化信息。

S4-P-08S

近海泥质沉积物敏感粒径作为冬季风强度指标的再研究

周鑫[1]，杨文卿[1]，向荣[2]，王玉宏[1]，孙立广[1*]

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 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

*slg@ustc.edu.cn

中国近海泥质沉积物敏感组分粒径已被广泛用于重建东亚冬季风强度，然而，不同沉积柱重建的过去 2000 年冬季风强度变化趋势存在较大差异。本文首先利用闽浙沿岸泥质区中部的沉积柱计算了过去 2700 年来沉积物的敏感组分的粒径变化序列，分析证实该敏感粒径能够作为冬季风强度指标。进一步与前人重建结果进行对比发现，我们重建的序列与一些沉积柱重建的东亚冬季风强度序列变化趋势一致，但也与一些结果存在显著不同。产生这些异同的原因可能与定年误差以及研究站位距离河口的远近等因素有关，在距离河口较近的区域，河流输入物质可能直接影响到沉积特征，而距离河口较远的区域沉积物敏感粒径则主要为驱动沿岸流的冬季风控制。

S4-P-09S

MIS 3 期南海浮游有孔虫种属分析所指示的溶解程度随深度的差异

王娜，黄宝琦*，杜江辉

北京大学地球与空间科学学院，北京 100871;

*bqhuang@pku.edu.cn

深海沉积物中碳酸钙保存程度的变化在古海洋学中往往被认为与海水化学性质的变化以及碳循环有关。碳酸钙泵理论认为深海碳酸钙溶解程度的加深会增加海水的碱度并因此导致大气二氧化碳含量的降低。本次研究中我们借用浮游有孔虫种属分析对南海不同深度的两个站位 ODP 1144(2037 m)和 GIK 17924(3440 m)，在 MIS 3 期的碳酸钙溶解程度进行恢复。浮游有孔虫溶解指数(FDX)数据表明较浅的 ODP 1144 站从 65 ka 至 25 ka 间其溶解程度几乎保持不变，与此相反，较深的 GIK 17924 站则在此期间溶解程度显著加强。该结果表明南海不同深度的水团在 MIS 3 期中经历了不同的海水化学性质演化。这一方面可能与南海深层水的来源，西太平洋深层水结构的变化有关，也可能反映了南海内部过程的调整。GIK 17924 站溶解指标的变化与大气二氧化碳含量的变化有较好的对应关系，暗示碳酸盐泵在碳循环中有较重要的影响。

S4-P-10

南海断面春季现代放射虫的生态分布及其环境意义

张兰兰，胡维芬，陈木宏，曾丽丽，周伟华，陈荣裕，向荣，张强

中国科学院南海海洋研究所，广州，510301
llzhang@scsio.ac.cn

放射虫现代生态学知识是其古海洋环境应用的重要基础。南海是现代海洋和古海洋研究的热点区域。我们选择两条典型断面 18°N 和 113°E，采用浮游生物分层拖网取样和 Rose-Bengal 染色方法，首次揭示了南海断面春季放射虫活体和遗壳群的空间分布特征，探讨了其对环境的响应；比较放射虫遗壳群与海底放射虫化石群的相关关系。

放射虫活体丰度高值多数出现在 25~75 m 层，与叶绿素 a 和初级生产力最大值层有较好的对应；但在冷涡发育区丰度最高值出现 0~25 m 层，并在垂向上呈现随深度增加逐渐降低的趋势；发现在湄公河口外的冷涡发育区，受冲淡水的输入影响，盐度值大幅度波动，从而抑制了活体放射虫的繁盛；属种组成以热带-亚热带暖水种为主要优势种，发现了几个具有热带生态环境意义的指示种：活体 *Didymocyrtis tetrathalamus tetrathalamus* 是热带上表层水或混合层的指示种，且可以指示贫营养；活体 *Tetrapyle octacantha* 可作为热带海域温跃层、富营养的指示种；活体 *Acanthodesmia vinculata* 是一个热带表层、次表层水种；进一步指出 *T.octacantha* 和 *A．vinculata* 仅在外海海域对冷涡（上升流）有很好的响应，可指示热带上升流；推断活体 *Siphonosphaera polysiphonia* 喜营群居生活，其分布与暖涡密切相关；活体 *Cytopera laguncula* 和 *Cornutella profunda* 被发现能在热带海域上层水体甚至是在表层水中出现，表明它们用作中深水指示种的定义需要进一步商榷。

春季放射虫遗壳群比较丰富，其丰度一般呈现出随深度增加而增高的趋势，最高值主要出现在 75~300m 即位于叶绿素最大值层和活体高峰深度之下；发现遗壳丰度的深度分布受到海流的横向输运影响；春季水体和表层沉积物中放射虫属种组成和丰度分布的差异表明，除了现代放射虫具有季节性变化之外，海流的横向传输也是一个很重要的影响因素。在 150~300 m 水体中发现了冷水种 *Cycladophora davisiana* 壳体，推测由于受到径向翻转流的作用，从中深层水被带到了中上层水体中。

S4-P-11S

25 万年来热带西太平洋浮游有孔虫壳体重量变化及其影响因素

秦秉斌，李铁刚*，常凤鸣，熊志方，郝鹏

中国科学院海洋研究所, 青岛 266000
tgli@ms.qdio.ac.cn

作为海水[CO_3^{-2}]替代性指标，浮游有孔虫壳体重量对海洋碳循环研究具有重要意义。通过对热带西太平洋 WP7 孔和 MD06-3054 孔浮游有孔虫壳体重量的测定，分析传统壳体重量清洗方法的缺陷并提出改进，揭示了 250 ka 以来热带西太平洋暖池核心区和 27ka 以来热带西太平洋边缘区的浮游有孔虫壳体重量的变化特征及其影响因素。

超声清洗在壳体重量测定中能有效去除壳体内杂质，但是传统的去离子水超声清洗（40 kHz，8 s）方法的时间过长，导致壳壁薄重量轻的有孔虫破碎，最终壳体重量数据偏重，这一偏差在样品受碳酸钙溶蚀作用影响时加大。实验发现 2%六偏磷酸钠溶液的超声清洗效率远优于去离子水，将原清洗方法改进为 2%六偏磷酸钠溶液超声清洗（40 kHz，4 s），该方法不仅提高清洗效果，而且有效

避免有孔虫壳体在清洗中破碎，使壳体重量数据更加可靠。

重建热带西太平洋 WP7 孔 250 ka 以来表层浮游有孔虫 *G. sacculifer* 壳体重量，结果显示除了在 MIS1 和 4，壳体重量整体上响应大气 pCO_2 变化，主要受表层海水[CO_3^{2-}]调控。*G. sacculifer* 壳体重量与古生产力对比结果表明：过去 ENSO 事件可能影响 *G. sacculifer* 壳体重量的变化。由于海底 $CaCO_3$ 溶解作用可存在于溶跃面之上，250ka 以来该海域的溶解事件在 *G. sacculifer* 壳体重量数据中留下印记，说明 *G. sacculifer* 壳体重量整体受表层海水[CO_3^{2-}]的驱动，局部受底层海水[CO_3^{2-}]的影响。另外，不排除 *G. sacculifer* 壳体重量可能受到海水[CO_3^{2-}]以外的环境生物因素干扰。以上原因可能共同导致 *G. sacculifer* 壳体重量在 MIS1 和 4 期间异常。

重建热带西太平洋暖池核心区 WP7 孔 250ka BP 以来次表层浮游有孔虫 *P. obliquiloculata* 以及 *N. dutertrei* 壳体重量变化。*N. dutertrei* 壳体重量和南极洲冰芯 Vostok 中的 pCO_2 具有良好的反相关关系，该海域 *N. dutertrei* 钙化速率主要受大气 pCO_2 调控，*N. dutertrei* 壳体重量可以作为上层海水[CO_3^{2-}]替代性指标。*P. obliquiloculata* 壳体重量则还受到大气 pCO_2 以外因素影响。另外，MIS4 期间 *G. sacculifer* 与 *N. dutertrei* 壳体重量的异常低值表明当时 WP7 孔所在海底[CO_3^{2-}]降低至 60-70μmol/kg，原因可能是北太平洋深层水（NPDW）入侵热带西太平洋中深层水体。

27 ka BP 以来热带西太平洋 MD06-3054 孔浮游有孔虫 *G. sacculifer* 壳体重量在北半球快速变冷事件中偏高，表明此时表层海水 pCO_2 偏低，该海域受热带东太平洋富含 CO_2 冷水的影响减弱，热带太平洋处于类厄尔尼诺状态。

S4-P-12S

南亚高压与南半球中高纬度大气环流的关联

张健[1,2]，王成善[1,2]，郭衍游[1,2]

1 中国地质大学（北京）生物地质与环境地质国家重点实验室，北京 100083

2 中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 100083

janezhang8587@yeah.net

南亚高压是对流层上部的强大反气旋环流，夏季时其中心位于青藏高原上空南部。它的形成和维持与青藏高原的热力状况具有密切关系。在对流层上部，两极地区是气旋性环流，与南亚高压形成“三极型”，这表明南亚高压对气候的影响可能是全球性的。南亚高压与北半球大气环流之间的关系已被广泛研究，而其与南半球大气环流的联系较少被研究。热带地区最典型的气候特征是 ENSO，而描述南半球中高纬度气候的主要模态是南极涛动（AAO）。许多研究表明南亚高压和南极涛动都同 ENSO 有关。因此，本文主要研究北半球夏季时南亚高压与南极涛动之间的关联。

本文所采用的资料是 ECMWF 全球再分析的月平均资料（ERA-40，1958-2001）。定义了南亚高压指数和南极涛动指数并计算其相关性，结果表明其显著相关。在后 31 年（1971-2001），南亚高压和南极涛动不仅相关性强，而且都表现出增强趋势；当去线性趋势后，相关系数显著变小，进一步表明其变化是相关联的。根据南亚高压指数分别选择南亚高压正、负异常的年份分析南半球的大气环流。总体上，在正异常年，南半球的中高纬度上的海平面气压和纬向风速的变化与南极涛动的正相位类似：中（高）纬度压

强升高（降低），60°S 附近西风带增强；但地表温度的变化与南极涛动的正相位不同，根据初步的分析，其与南极大陆附近的异常气旋有关。

南极涛动与南亚高压分别位于南、北半球，它们之间的关联是两半球相互作用的体现，从而研究其相互作用和协同变化可为研究全球气候时空变化规律提供一定的参考和依据。

S4-P-13S

晚白垩纪的厄尔尼诺现象:证据来自松辽盆地晚白垩系湖相细粒沉积物

余恩晓，王成善

中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 yuenxiao8088@qq.com;

近年来有研究表明随着全球变暖，极端厄尔尼诺现象发生的频率升高，伴随其发生，全球出现极端的异常天气现象，对人类社会产生重要的影响。这也导致了人类更加观注厄尔尼诺在未来可能出现的温室气候条件下的变化趋势。白垩纪是地质历史上最典型的温室气候时期，本文通过沉积记录开展了白垩纪厄尔尼诺现象的研究。研究白垩纪时的厄尔尼诺可以为预测其未来演化提供参考和依据。

一般认为深湖相细粒沉积物可以较好保存沉积期的气候信息。中国东北部松辽盆地沉积了厚层的白垩纪沉积物，松科 1 井钻取了上白垩统连续的岩芯，为进行古气候研究提供了很好的基础资料。嫩江组一段沉积了大段的深湖相黑色泥岩和页岩，纹层发育，且保存很好，有利于用纹层开展高分辨率的古气候研究。本文选取嫩一段内 1096.12-1096.53 m（约 84.4 Ma），从岩芯上切取 14 块连续的样品，制作成岩石学显微镜下观察的薄片和用来做扫描电镜观察的光片。在 5 倍显微镜下观察、拍照，并把照片进行拼接。

镜下观察可见富粉砂的亮纹层以及富粘土的暗纹层交替出现，纹层间叠置关系的变化形成了 5 种不同的沉积构造，分别是：脉状层理、波状层理、透镜状层理、水平层理和块状层理。根据照片的灰度数据，富砂的亮纹层灰度值较高，富粘土的暗纹层灰度值较低，利用灰度的极低值对样品进行了纹层的识别。在五个不同岩相内纹层厚度分别为 58 μm、68 μm、81 μm、73 μm 和 127 μm。与该段平均沉积速率 135 μm/year 相比，两个纹层厚度与一年内沉积物的厚度相近，即两个亮暗纹层组成一个年纹层。扫描电镜下也观察到一个年纹层内由一个含较大颗粒的粉砂层、一个粉砂颗粒较小的粉砂层、一个含有较多粘土的粉砂层和一个富粘土层组成，这就意味着白垩纪一年内可能由两个较降雨较多的季节和两个降雨较少的季节组成。

对进行纹层调协后的灰度数据进行频谱分析，在年际尺度上，2.2－2.7 年和 3.5-6.1 年两个周期较显著，分别与现代气候中准两年涛动、厄尔尼诺周期对应。本文所识别的周期也与 Davis 在北极和美国西部海道的白垩纪海相沉积物内识别的周期吻合，说明白垩纪时就已经存在厄尔尼诺这种年际气候变化现象，且与现今厄尔尼诺现象相似：具有相当的周期；对气候的影响是全球性的。

S4-P-14S

500ka 以来南海南部 MD01-2392 氧碳同位素反映的上层水体结构变化

陈井双，李前裕

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

MD01-2392 孔（110° 12.64′ E，

09°51.13′N）位于南海南部湄公河三角洲岸外，水深 1966 m，柱长 43.13m。本次研究通过对 MD01-2392 孔 500ka 以来的表层浮游有孔虫种 *Globigerinoides ruber*（上层水体～50 m 深）和次表层种 *Pulleniatina obliquiloculata*（～50-200 m 深）进行氧、碳稳定同位素分析，探讨 MIS12 期以来上层水体的变化情况，与东亚季风气候之间的联系；同时通过与南海北部 MD05-2904 孔（260 ka）结果的对比，分析南海南、北部之间的浅层水体演变的差异及可能机理。

表层种 *G. ruber* 的 $\delta^{18}O$ 记录详细的冰期—间冰期旋回，$\delta^{18}O$ 值在-3.62‰至 1.29‰之间波动；其 $\delta^{13}C$ 值的变化趋势与此相反，在-0.17‰至 1.81‰之间波动。次表层种 *P. obliquiloculata* 的 $\delta^{18}O$ 记录也有冰期旋回的频率但变化趋势不同，$\delta^{18}O$ 值在-2.4‰至 0.68‰之间波动，其 $\delta^{13}C$ 值在 0.02‰至 1.47‰之间波动，并显示与表层种 $\delta^{18}O$ 基本一致的变化。在多个冰期_间冰期转折时期，表层种和次表层种存在明显的 $\delta^{13}C$ 低值事件，与其它南海站位的结果一致。

$\Delta\delta^{18}O_{G-P}$ 值表现为间冰期比相邻间冰期略大，尤其 MIS3 期以来更是如此。而 $\Delta\delta^{18}O_{G-P}$ 表现为：300ka 之前，总体呈负值；300ka 以来，总体呈正值，且间冰期比相邻冰期略高一些，主要由于 *G. ruber* 的 $\delta^{13}C$ 值明显偏重。解释这些现象的可能原因是：冰期时，受亚洲冬季风影响，该区域浅层水体混合明显，使得 *G. ruber* 和 *P. obliquiloculata* 的氧碳稳定同位素差异缩小。同时，向间冰期过渡时，湄公河的淡水输入加强，水体分层显著，陆源物质增多，使得该海域的营养盐来源增多，更有利于生物生长。

与南海北部 MD05-2904 孔的氧、碳同位素结果对比发现：MD01-2392 孔 的 *G. ruber* 和 *P. obliquiloculata* 氧、碳同位素变化较大，说明西南部海域的水体分层较北部明显，可能原因是：相比于北部 MD05-2904 海域，西南部 MD01-2392 海域存在低纬度效应，太平洋暖池的高温高盐水体，经季风传送在南部堆积，使得南部水体温度增加；同时，间冰期时湄公河流域的淡水输入和来自印度洋的季风降雨的增多，会使得南部海水表层发育高温低盐的淡水盖层，造成南部水体温跃层的加深；另外，较北部相比，南部缺少大洋通道，相对封闭，推测也是造成水体分层明显的原因之一。

S4-P-15

南极冰穹 A 地区 DA2005 冰芯中记录的过去 2840 年的火山活动

姜苏[1]，Jihong Cole-Dai[2]，李院生[1]，Dave G. Ferris[2]，马红梅[1]，安春雷[1]，史贵涛[1]，孙波[1]

1 中国极地研究中心，上海 200136

2 Department of Chemistry and Biochemistry, South Dakota State University, Brookings, South Dakota, USA

jiangsu@pric.gov.cn

2004/2005 年中国第 21 次南极科学考察队在南极冰盖最高区域——冰穹 A（或称 Dome A）地区钻取了一支长度为 109.91 米的冰芯（本文简称为 DA2005 冰芯）。将该支冰芯上部 100.42 米用于主要离子成分（包括 Na^+、NH_4^+、K^+、Mg^{2+}、Ca^{2+}、Cl^-、NO_3^-和 SO_4^{2-}）分析，并依据非海盐硫酸根含量随深度的变化序列，建立了 DA2005 冰芯中的火山活动记录。利用两个已知火山信号的水当量深度计算得出，该地区在 1260-1964 年间的平均积累率为 23.2 mm 水当量/年，这一结果与前人报道的该地区 1966-2004 年间的平均积累率一致。将这一平均积累率用于整支冰芯的定年，结果显示冰芯上部 100.42 m 记

录的年代序列为公元前 840 年到公元 1998 年，即过去 2840 年。依据冰芯定年结果，我们发现过去 2000 年内著名火山事件在 DA2005 冰芯中的年代与它们在冰芯中的预期出现时间非常接近，说明在相当长的一段时间内平均积累率23.2 mm水当量/年都具有代表性，也说明冰穹 A 地区在过去 2000 年内的积累率变化比较小。

在冰芯上部 100.42 m 共找到了 78 个火山信号，其中 12 个可能是具有全球气候效应的大型火山事件(VEI=7)。该支冰芯中最大的火山信号出现在公元前 425 年，其硫酸根通量大约是公元 1815 年 Tambora 火山事件的 9 倍。过去 2840 年内，DA2005 冰芯中记录的火山事件频率明显高于南极其它低积累率地区的冰芯。通过与已有的南极冰芯火山记录比较，证实了最近 2000 年内 DA2005 冰芯火山记录的准确性。在公元 1-1000 年期间，DA2005 冰芯中记录的一系列火山信号可以在其它几支南极冰芯中找到对应的信号，且其中 3 个大型火山信号很可能来自于低纬度地区的火山喷发，这是因为在几支格陵兰冰芯中都可以找到与它们对应的信号。但冰芯中记录的公元前 840-公元前 1 年间的火山信号还需要借助于具有准确定年结果的冰芯火山记录来验证。

S4-P-16

晚第四纪热带西太平洋与南海海洋初级生产力差异

Xiang Su[1,3,]*, Chuanlian Liu[1], Nicolas Barbarin[2], Luc Beaufort[2], Zhimin Jian[1]

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

2 CEREGE, CNRS/Aix Marseille Univ., BP80, 13545 Aix-en-Provence, France

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

*suxiang@scsio.ac.cn

Late Quaternary changes in oceanic primary productivity (PP) at the edge of the Western Pacific Warm Pool (WPWP) were reconstructed by quantitative changes in coccolith assemblages in piston Core MD01-2386 retrieved from the Halmahera Sea (the northwest coast of Papua Indonesia) out into the WPWP. The coccolith assemblages were analyzed using improved new SYRACO system, which is more realistic and precise than the previous versions. The PP in the western tropical Pacific during the last 200 ka demonstrates significant 30-, 23- and 17-kyr cycles, which are similar with the published records in the WPWP. Comparisons of PP records from the WPWP and the South China Sea (SCS) indicate significant spatial differences among these regions. The PP evolution in MD01-2386 is closely related to precession-controlled insolation with the WPWP records. Through Empirical Orthogonal Function (EOF) analyses on the PP records of the WPWP and SCS, two significant EOF modes are isolated. EOF-1 shows strong precessional cycles corresponding to the Northern Hemisphere summer insolation. EOF-2 reflected glacial-interglacial variations which might be a response to the dynamics of the East Asian Winter monsoon. The EOF results suggest that the controlling factors of PP could have been both thermocline fluctuations related with ENSO-like processes and the precipitation/eolian input associated with East Asian winter monsoon, and the former could

have been the primary factor in the WPWP, while the East Asian monsoon system may dominate in the SCS.

S4-P-17S

末次冰期以来南海北部植被和古气候变化——MD12-3433 岩芯的初步证据

刘晶晶，黄恩清，田军

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
5199liujingjing@tongji.edu.cn

近十年来，“石笋氧同位素的波动反映东亚夏季风降雨强弱变化”这一观点备受争议。数值模拟研究表明，中国石笋氧同位素可以受到了源区(印度洋地区)降雨同位素分馏过程或者太平洋水汽的影响，不能反映中国南方地区的夏季降雨量变化。然而，这些争论还未完全得到独立的地质记录的支持。由于季风降雨会影响到植被类型构成的变化，以南海北部的海洋沉积序列为研究材料，用分子生物标志物(即植物叶蜡中的正构烷烃)方法重建中国南部的植被类型的变化，继而推测夏季降雨量的变化历史。

末次冰期以来，长链正构烷烃含量具有明显的冰期高、间冰期低的趋势，表明南海北部正构烷烃的含量主要受海平面变化的控制。CPI(碳优势指数)在 1.5-4.5 范围内变化，显示出冰期高、间冰期低的趋势。CPI 的这种变化趋势同样发现于南海北部的 MD05-2905 和 MD05-2904 站位。我们猜测主要是因为全新世温度逐渐升高，降雨量也较高，致使雨水或河流对陆源化石烷烃的冲刷力升高，使得陆源化石烷烃的含量升高，从而导致 CPI 降低。

我们假设当 ACL=33 时(ACL 为正构烷烃的平均链长)，研究区域的植被分布全部是 C4 植被；当 ACL=25 时，研究区的植被分布全部是 C3 植被。按照这样的理论得到末次冰期以来 C4 植被丰度的变化：C4 植被的丰度维持在 40%-60%，%C4 的高值对应着冰期；%C4 的低值对应着间冰期。Wang et al.(2001)根据石笋氧同位素认为， 8ka B.P. 以来，东亚夏季风是逐渐减弱的。理论上讲，东亚夏季风减弱会导致 C3 植被丰度降低，C4 植被发生扩张。但是 MD12-3433 站位的研究发现，全新世期间，C4 植被丰度有逐渐降低的趋势。因而，我们的记录并不支持“石笋氧同位素的变化反映东亚夏季风降雨强度的变化”这一假说。全新世以来，中国南方的夏季风降雨应该是逐渐增强的。

S4-P-18S

亚马逊冲积扇海域古盐度重建:浮游有孔虫 Ba/Ca 指标的应用

王倩 [1,2]，常凤鸣 [1*]，李铁刚 [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

* chfm@qdio.ac.cn

温盐是古海洋学研究中的两个关键参数，其中盐度对环境的变化十分敏感，是区域蒸发、降水及淡水输入等的良好指标。然而与海水古温度相比，直接的盐度替代指标的缺乏严重阻碍了对区域环境和气候变化的准确估计。亚马逊盆地降雨受多种热带过程的影响和控制，同时又是热带生物多样性的典型地区。了解亚马逊冲积扇区域过去的水文条件变化有助于研究南美季风、热带辐合带（ITCZ）和 ENSO 等的演变，以及验证末次盛冰期“热带雨林避难假说”（Maslin et al., 2012）。依照 Weldeab et al., 2007 的方法，利用 ODP155 Site942 的 13 个样品检验了通过浮游有孔虫 Ba/Ca 重建表层海水盐度（SSS）

在亚马逊冲积扇海域的适用性。挑选浮游有孔虫 *G. ruber* (White), *G. sacculifer* 壳体进行 Ba/Ca 测试，依据亚马逊河口区域现代海水 Ba/Ca 与 SSS 的相关关系以及 Ba/Ca 在海水和有孔虫壳体之间的分配比例建立了区域浮游有孔虫 Ba/Ca 与 SSS 回归方程。据 *G. rube*(White)和 *G. sacculife* 的 Ba/Ca 测试值计算的近 4500 a BP 以来的 SSS 变化范围分别为 23.91-31.46 和 29.55-33.21；与 *G. sacculife* 相比利用 *G. ruber*(White) Ba/Ca 估计的 SSS 变化与南美大陆冰芯、石笋、湖泊沉积等的降水记录有良好的可比性，为进一步通过 *G. ruber*(White) Ba/Ca 重建末次盛冰期以来区域海水盐度，进而恢复淡水输入及降水量变化奠定了基础。

S4-P-19S

700 ka 以来西太平洋暖池北部边缘上层水体结构变化

贾奇[1,2]，李铁刚[1]，熊志方[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@ms.qdio.ac.cn

西太平洋暖池（以下简称西太暖池）是指年均海表温度超过 28 ℃的西太平洋海区，也是向大气输送热量和水汽的主要源区(Yan et al., 1992)。作为海-气交换最显著的区域，西太暖池通过 ENSO 驱动经向哈德利环流和带状沃克环流(De Deckker et al., 2009)，在气候信号的传播和放大中扮演重要角色(Abram et al., 2009)。西太暖池的热引擎和蒸汽源角色决定其上层水体结构和表层温度的较小变化很可能引起全球气候系统明显的反馈效应，因此研究西太暖池上层水体结构变化，对于认识其在全球气候变化中的重要作用至关重要。

选取 2006 年 6 月中法国际合作项目在西太平洋海域钻取的 MD06-3047B 柱状样。该孔位于西菲律宾海本哈姆高原西坡，西太平洋暖池北部边缘，水深 2510 米，柱长 8.90 米。对该孔 445 个样品进行底栖有孔虫 *C.wuellerstorfi*，以及 222 个样品的浮游有孔虫混合层种 *G. Ruber* 和温跃层种 *P. obliquiloculata* 进行氧碳同位素测试。

通过底栖氧同位素地层对比建立了年代地层框架，结果显示 MD06-3047B 孔记录了氧同位素 17 期以来约 690 ka 的沉积记录。底栖有孔虫 *C. wuellerstorfi* 、浮游有孔虫 *G.ruber* 和 *P. obliquiloculata* 的氧同位素均存在明显的冰期间冰期旋回变化。表层种和次表层种的氧碳同位素差值可以指示该海区的温跃层变化特征，结果显示温跃层表现出冰期浅，间冰期深的特征。此外，底栖有孔虫 *C. wuellerstorfi* 的 $\delta^{13}C$ 与浮游有孔虫 *P. obliquiloculata* 的 $\delta^{13}C$ 的差值可以指示表层海水古生产力变化，结果显示表层古生产力表现出间冰期低，冰期高的特征。总之，该孔底栖和浮游有孔虫氧碳同位素综合表明西太平洋暖池北部边缘 700 ka 来温跃层和表层古生产力变化具有明显的冰期间冰期旋回特征，与高纬地区冰体积的变化密切相关。

S4-P-20

基于生物碳酸盐硼同位素重建大洋古海水 pH

吴晓丹[1]，李铁刚[1]，熊志方[1]，南青云[1]，秦秉斌[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 中国科学院大学，北京，100049

xdwu@qdio.ac.cn

大气二氧化碳浓度(pCO_2) 变化在全球气候演化中起着重要的调节作用，大洋酸化

是大气 pCO_2 升高引发的全球性问题，pH 是衡量大洋酸化程度的关键参数。由于缺乏海水 pH 值长期连续性观测，研究大洋酸化问题实质是以“示踪剂”反演为基础的古海水高分辨 pH 重建过程。$B(OH)_3$ 和 $B(OH)_4^-$ 半径均与 CO_3^{2-} 相近，通过类质同象由海水进入海洋生物碳酸盐晶格，因此海洋沉积物中生物碳酸盐硼同位素（$\delta^{11}B$）良好地记录了古海水 pH 信息，被广泛认定为古海水的理想“pH 计”。本文系统回顾了其原理依据，研究现状和测定方法，发现：$\delta^{11}B$-pH 关系式的建立需假定，仅 $B(OH)_4^-$ 被生物碳酸盐吸收，嵌入过程中没有（或恒定的）硼同位素分馏，且现代海水 $\delta^{11}B$ 保持为 39.5‰。但实际应用中证实一定量的重同位素 $B(OH)_3$ 随 $Mg(OH)_2$ 沉淀掺入生物碳酸盐，且重建过程忽略了沉积物早期成岩过程中因溶蚀作用造成的硼同位素二次分馏现象。未来研究应着眼这些问题，结合外海调查和实验室模拟，利用表层沉积物、生物拖网和沉积物捕获器样品，对 $\delta^{11}B$-pH 关系式进行模型标定和参数修正，并对研究海区实现区域普适性评价与校准，构建研究靶区的古海水 pH 重建专属模型，为研究大洋酸化过程提供可靠依据。

S4-P-21S

海洋上层水体pH的替代性指标——浮游有孔虫 B/Ca

郭景腾

中国科学院海洋研究所，青岛 266071

Guojt625@163.com

利用浮游有孔虫表层和次表层种的 B/Ca 重建历史时期海洋上层水体 pH 是近年来发展起来的新方法。该方法的基本假设是海水中的 B 组分（$B(OH)_3$ 和 $B(OH)_4^-$）中只有 $B(OH)_4^-$ 被有孔虫吸收，基本原理是依据 $B(OH)_4^-$ 在海水和有孔虫碳酸盐壳体之间的分配（$K_D=[B/Ca]_{calcite}/[B(OH)_4^-/HCO_3^-]_{seawater}$）受海水 pH 控制。

目前，在恢复海洋上层水体 pH 及其它碳酸盐化学系统参数的基础上，该指标被广泛用于探讨上层水体碳酸盐化学系统变化与其它海洋环境参数（如溶解无机碳、营养物和生产力、水动力条件）的关联（Sanyal et al, 1997; Jimin Yu et al, 2013; Foster et al, 2008），进而阐明海洋在全球大气 pCO_2 冰期旋回中的作用。

然而，在利用浮游有孔虫 B/Ca 重建表层海水 pH 的过程中，其结果受到很多因素的影响。B 进入有孔虫壳体需要结构转化，温度可能通过影响转化速率来影响 B/Ca，并且温度还会影响恒定值 K_D。虽有研究表明温度与 $[CO_3^{2-}]$ 有协变关系，但二者对 B/Ca 的影响是分别控制还是协变控制，还有待研究。此外，不同的有孔虫种对 B 的吸收能力不同，并且生物过程（如共生光合作用、呼吸作用以及钙化率）可能会影响壳体对 B 的吸收。

尽管还存在争议，但是 B/Ca 确实响应于海水 pH。前人通过 B/Ca 重建的 pH 和 pCO_2 与大气的 pCO_2 良好的协变关系，证明了利用浮游有孔虫 B/Ca 重建 pH 的可行性（Jimin Yu et al，2007；Foster et al, 2008; Jimin Yu et al, 2013;）。进一步的研究应该加大探索上述浮游有孔虫 B/Ca-pH 方法中存在的问题，从而从理论、方法和技术上完善该 pH 的替代性指标。

S4-P-22

末次冰消期以来南冲绳海槽表层水体温度变化，及其对南北半球气候的响应

Jingtao Zhao[1], Jun Li[1], Chuanlun L. Zhang[2]

1 Qingdao Institute of Marine Geology , Qingdao 266071

2 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092
zhaojingtao113@163.com

We have generated two records of TEX86 (TEX_{86}^{H})- and foraminiferal Mg/Ca-derived sea surface temperatures over the last 17.3 ka BP for the core OKT-3 from the southern Okinawa Trough in the western North Pacific Ocean. The TEX_{86}^{H} - and foraminiferal Mg/Ca-derived temperatures of the core-top sample corresponds to the sea surface temperatures in warmer seasons. The lack of linear correlation between BIT index and TEX_{86}^{H} -based temperature indicates no significant influence of terrestrial organic matter input to down core TEX86 variability. During the last deglaciation, the sea surface temperatures in the southern Okinawa Trough display a two-step warming pattern from approximately 15-14 and 12.5-10 ka BP, with an overturning interstadial. In the middle and southern Okinawa Trough, the sea surface temperature increased from 15 ka BP, which could represent actual hydrological state related to Kuroshio Current during the last deglaciation compared to the northern Okinawa. The two sea surface temperature records show similar variations of apparent glacial-interglacial cycles over the last 17.3 ka, with lower values during the Heriench Stadial 1 and Younger Dryas periods separated by an decrease during the BØlling-AllerØd period. During the Heriench Stadial 1 and Younger Dryas periods, widespread melt and collapse of ice sheets, along with reduced Atlantic meridional overturning circulation and southward shifting of Intertropical Convergence Zone in the northern Hemisphere could be the key factor in spreading the millennial-scale cold signals to the subtropics. During the BØlling-AllerØd period, the decreasing event of sea surface temperature in the southern Okinawa Trough corresponds to the timing of the Antarctic Cold Reversal, which may be connected with Melt Water Pulse 1a.

S4-P-23

末冰期以来热带西太平洋暖池基于浮游有孔虫 Mg/Ca 温盐特征研究

Nan Qingyun[1], Li Tiegang[1], Chen Shuangxi[2], Yu Zhoufei[1]

1 中国科学院海洋研究所
2 中国地调院武汉地质矿产勘查研究所
nanqingyun@qdio.ac.cn

A high-quality sediment core MD06-3054, recovered under the western part of the North Equatorial Current (NEC) was used to analyse the long-time scale ENSO-like variations and the teleconnections between the low and high latitude climate changes by multi-approaches of chronology, micropaleontology, elemental and isotopic geochemistry. High precision AMS^{14}C dating method was carried out to establish the age model and the stratigraphy. Foraminifer shell Mg/Ca ratio together with carbonate oxygen isotope from both mixed layer and thermocline layer was used to reconstruct paleo-temperature and paleo-salinity. Combined with paleoproductivity index, the upper water structure and its variation history were reconstructed. Moreover, the organic geochemistry based multi-index records were

used to indicate the rainfall information from the neighbouring land. Integration of the marine and terrigenous records, the history of ENSO-like upper water structural variation and the related climatic evolvement since the Last glaciation has been reconstructed. The differences of temperature, salinity between the mixed layer and the thermocline and the variations of thermocline depth (DOT) reflect the history of ENSO-like variations for the last 38ka BP. During the warm periods (e.g. the Holocene and glacial millennial-scale warm events (such as the D-O cycles)), the ΔSST_{ML-TH} and $\Delta\delta^{18}O_{ML-TH}$ decreased combined with a deeper DOT, indicated the tropical western Pacific sustained in a La Nina-like state. While in cold periods such as the last glacial and post-glacial cold event (such as YD), the variations between the mixed layer and the thermocline had been enlarged, corresponded with a shallow depth of the DOT, indicated an ENSO-like status for the tropical western Pacific. The correspondence between the high latitudes Northern Hemisphere cold events and the ENSO-like variations in the western tropical Pacific suggests that the solar radiation may the governing factor, which cause a weakened equatorial trade winds resulted the eastern migration of tropical warm surface water, thus leads to an ENSO-like state. However, in the warm periods (such as the DO cycles as well as the Holocene warm period), a La Nina-like status was sustained in the tropical western Pacific, leading to increased rainfall in the western Pacific, resulted decreased surface seawater salinity but increased terrigenous material input. It is found that the high-resolution records from core MD06-3054 agree with the changes of the Kuroshio Current and paleoenvironment in the Kuroshio drainage area, which inferred a robust link between the KSR and the Kuroshio drainage area since 36.7ka BP. The high-frequency variations occurred in the Kuroshio drainage area were also recorded in the KSR, such as the Heinrich events, the Younger Dryas event (YD), the 8.2ka event, and the Holocene events comparable with the Bond events. What is more, the last degalacial broad $\delta^{13}C$ minimum event was also recorded, which is originated from the southern high latitudes. The results of this study are significant to understand the possible relationships between the low-latitude ENSO-like climatic variations and the high-latitude variations, which may provide quite important proof for the so called “Low Latitude Driving” theory.

S4-P-24

深海孢粉证据揭示的末次冰消期晚期南海北部的强夏季风

戴璐 [1]，翁成郁 [2]

1 同济大学生命学院，上海 200092

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

weng_cy@126.com

在南海北部，晚第四纪以来的古季风变化体现了高、低纬度间气候过程的交互，对冬、夏季风的重建为探索低纬气候过程在全球环境变化中的作用提供了重要的依据。

在本研究中，位于南海北部大陆坡处高速堆积体上的 MD05-2906 钻孔的上部岩芯被用于孢粉分析（共取样 156 个），以此来重

建周边陆地的古植被和古气候。首先，我们依据主要的孢粉类型对孢粉谱进行有序聚类分析，并进行分带。然后，在主要孢粉带的界限上挑取 8 个浮游有孔虫样品（混合 G. ruber and G. sacculifer）用于 AMS ^{14}C 年代测定。191-1439cm 段的 ^{14}C 年龄范围为 1650-18820 cal. ka BP。连续的沉积，完整的年代框架以及样品的高时间分辨率为探讨千年尺度上的气候（季风）波动提供了保障。

最近，海洋花粉传播与沉积机制方面的研究显示了海洋沉积物中的孢粉组合受到海平面与气候变化的共同影响。孢粉组合反映了三个主要的沉积阶段：末次盛冰期时受控于草本花粉的近源沉积，末次冰消期晚期时剧烈增加的孢粉输入以及中全新世后稳定的花粉沉积。根据主要孢粉的气候意义，我们认为：末次盛冰期晚期时南海北部仍然受控于南亚热带气候。在末次冰消期，孢粉组合平缓的变化反映了当时的孢粉传播以及陆缘植被组成是相对稳定的，气候转暖的过程是缓慢的，这与北半球中、高纬度地区明显气候波动的证据（如 Younger Dryas 事件）形成鲜明的对比。易于被水流（如珠江）传播的 Pinus 花粉和水生植物 Typha 花粉的数量在末次冰消期晚期/早全新世阶段相继出现峰值 (11.25-9.42 cal. ka BP)，指示了当时明显增加的陆地降水以及强夏季风。结果展示的强夏季风盛行时段对应于末次盛冰期以来北半球太阳辐射的最高值，也符合于广东湖光岩玛珥湖以及西藏东南部的古气候证据推断。

本研究表明了由太阳辐射驱动的热带辐合带的北移所带来的强降水对南海北部的植被组成与孢粉传播的影响是非常强烈的，在亚轨道尺度上南海北部的气候变化主要受制于低纬度的气候过程而不是来自于遥远的北半球高纬度地区。

S4-P-25S

早更新世（2.4-1.7 Ma）太平洋深层水环流

Jianghui Du, Baoqi Huang*, Liping Zhou

School of Earth and Space Sciences, Beijing 100871
*bqhuang@pku.edu.cn

New benthic isotope record in the early Pleistocene from deep Pacific site ODP 807 is generated and we find between 2.4−1.7 Ma the $\delta^{13}C$ of this site was consistently higher than the deepest Southern Ocean site MV0502-4JC. To unveil the deep water circulation pattern of this interval, we collect the benthic records of 15 Pacific and 10 Atlantic sites. Vertical structures of $\delta^{13}C$ suggest Southern Ocean below 3300 m was occupied by a low $\delta^{13}C$ (but high $\delta^{18}O$) water mass, reaching out to the bottom at equators in the Pacific and Atlantic. Otherwise water structure in the North Atlantic and North Pacific was similar to today. The $\delta^{13}C$-$\delta^{18}O$ plot and mixing model demonstrate the existence of a two end-member mixing regime in the studied interval but unlike today much of the deep Pacific was ventilated by the North Atlantic instead of the Southern Ocean. The model further confirms the Southern Ocean was chemical and physical stratified and it suggests the path North Atlantic Deep Water (NADW) entered the South Pacific was shallower (2000−2500 m at ~40ºN) than today. We believe such a circulation pattern was the result of the reversal of salinity gradient between NADW and Antarctic Bottom Water (AABW), and various evidences point out to the Northern Hemisphere Glaciation (NHG) as being responsible for the initiation of this

gradient change. The circulation pattern of this interval may also have wider implications for the carbon cycle and the continuous cooling trend of the Pleistocene.

S4-P-26S

亚洲季风强度控制的南海北部末次冰消期以来初级生产力的变化

张洪瑞，刘传联

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
hongruizhangno1@gmail.com

使用 MD12-3428 cq 钻孔中颗石藻群落的变化重建了南海北部末次冰消期以来的初级生产力的变化。我们发现初级生产力呈现了从末次间冰期到全新世逐渐降低的趋势。与之前研究不同的是初级生产力的变化不完全受东亚冬季风强度的控制：在 12ka 以来初级生产力与代表了冬季风强度的中国黄土粒度记录一致，而在 13ka 之前初级生产力与中国石笋的氧同位素记录存在协同变化，这表明南海北部的生产力可能受到夏季风强度调控。我们认为末次冰消期的低海平面状态下，珠江输入的营养盐变化对于初级生产力的调控作用较比冬季风更强，随着海平面逐渐上涨河口逐渐后退，在 12ka 之后冬季风对初级生产力的影响占主要地位。

S4-P-27

黄、东海沉积有机质的分布、来源与输运:大河输入与动力沉积体系的控制

胡利民[1]，石学法[1]，郭志刚[2]

1 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

2 复旦大学环境科学与工程系，上海 200433
hulimin@fio.org.cn

黄、东海是西北太平洋边缘典型的陆架浅海，它们陆架宽广，兼有长江和黄河等世界性大河携带巨量沉积物入海，同时太平洋西边界流和东亚季风控制了该区复杂的环流格局及其显著的季节变化，陆海相互作用强烈，生物地球化学过程复杂。本研究主要从大河输入、陆架沉积动力过程和“物质汇”作用相耦合的角度，利用沉积物中有机元素的组成、稳定碳同位素比值及有机分子标志物等特征指标，重点研究了黄、东海沉积有机质的地球化学分布特征、陆架运移过程、沉积埋藏记录及其环境指示意义。主要结果表明，长江河口及东海内陆架是长江入海细颗粒物质及其所吸附有机物质的主要“汇”。河口沉积物再悬浮和细颗粒物的沿岸输运过程对于有机质的埋藏具有重要作用。除了沉积动力环境过程的影响外，有机质较低的 C/N 比值和偏轻的 δ^{13}C 显示沉积有机质受到了微生物和土壤有机质的贡献。正构烷烃的组成特征和主成分分析的结果表明长江入海的陆源沉积有机质主要汇聚分布在沿岸泥质区，且陆源沉积有机质从北向南的优先运移；海洋源有机质的局部贡献也可能促进了内陆架陆源沉积有机质的进一步降解。黄海沉积物中有机碳、氮的空间分布特征与沉积物粒度具有较好的对应性，表明沉积水动力过程主导着本区沉积有机质的埋藏。北黄海和南黄海沉积物中氮的来源存在显著差异。农田土壤沉积有机质的输入和浮游植物贡献有机质的贡献可能导致了本区偏轻 δ^{13}C 值。正构烷烃分子组成特征和主成分分析的结果显示，黄海中部泥质区沉积有机质的陆源贡献明显，同时也受到了微生物沉积有机质的影响。黄海沉积水动力过程对河流输入的陆源沉积有机质在海洋环境中的选择性输运和优先埋藏保存等生物地球化学过程具有重要的控制性作用，首次概念性的提出了渤、黄海陆源沉

积有机质埋藏和运移模式。总之，这里不仅是沉积有机质汇聚埋藏的主要区域，受有机质组成和物理过程（如沉积动力条件、沉积环境）的影响，不同来源、不同类型有机质具有不同的分布和输运埋藏机制，这对于深入理解边缘海沉积有机碳的生物地球化学过程具有重要意义。

S4-P-28S

东帝汶海 160ka 以来上层水体性质变化及其环境意义

庞晓雷，丁旋*

中国地质大学海洋学院，北京 100083
dingx@cugb.edu.cn

热带过程是影响全球气候变化的重要因素，帝汶海位于热带印度—太平洋暖池区南部印度洋一侧，是印度尼西亚穿越流进入印度洋的主要传输通道，其表层水体性质和上部水体结构受到大气热量和水汽传输、暖池区强弱变化和印度尼西亚穿越流的影响。

本文研究了获取于东帝汶海区的 MD98-2172 岩芯沉积物，分析了浮游有孔虫表层水种 *Globigerinoides ruber* 壳体的氧同位素和 Mg/Ca 值，温跃层水种 *Pulleniatina obliquiloculata* 壳体的 Mg/Ca 值。恢复了过去约 160 ka 东帝汶海区的表层水温度、温跃层水温度以及上部水体温度梯度变化。并与极地冰芯气候记录、穿越流入口处的 MD06-3067 岩芯的水体温度记录以及全球海平面变化进行了对比。

结果显示，东帝汶海区表层水温度记录与南极大气温度变化趋势整体相一致，末次冰消期间表层水温度有两次显著的降温事件，可分别与新仙女木事件和海因里希事件 1 对应，说明热带海区与高纬度地区气候变化有着紧密联系。与穿越流入口处的 MD06-3067 岩芯水体温度记录对比显示，两位置处的表层水温度差异在冰期时增大，这一现象有可能指示暖池的范围和强度在冰期时减小和变弱；相比两位置处表层水温度较为明显的差异变化，温跃层水温度在变化幅度和频率上呈现出高度的一致性。

表层水温度与温跃层水温度差值（ΔT）与应用浮游有孔虫组合转换函数法计算出的温跃层深度变化总体相一致，证明了 ΔT 在研究区作为指示温跃层深浅变化指标的可靠性。ΔT 整体上呈现出较为显著的冰期-间冰期变化，与全球海平面高度的对比结果显示，在海平面相对较高的 MIS1 和 MIS5 期，帝汶海区的温跃层深度相对较浅，说明海平面升降变化是影响帝汶海区上部水体结构的重要影响因素之一。

S4-P-29

早第四纪西太平洋沉积物中底栖有孔虫 *Favocassidulina favus* 的分布及其意义

黄宝琦，陈萌莎，钮耀诚

北京大学地球与空间科学学院，北京 100871
author@163.com

现代的大洋环流承担着全球物质和能量的重新分配的重要作用，对气候变化意义重大。研究洋流在地质历史时期的变化，是认识过去全球气候变化的关键。不同的水团内生活着不同种类的生物。

底栖有孔虫是一类生活在海洋底层水与沉积物表面附近的一类单细胞原生动物。其生产和分布受到底层水的物理、化学性质的影响。现代太平洋表层沉积中底栖有孔虫的研究表明，底栖有孔虫属种 *F. favus* 为太平洋深层水特征属种，Jian and Wang 通过对南海该种的研究发现，该种只在南海末次冰期以浅的地层中出现，认为其在南海的分布与西太平洋底层水的扩张有关系。

本次研究通过对早第四纪（2500－1600 Ka）ODP 807、1143 和 1146 站位底栖有孔虫 *Favocassidulina favus* 含量变化的对比发现，在早第四纪，该种在西太平洋 ODP 806 站位中持续出现，且最高含量可以达到 15%；南海 ODP1143 和 1146 站位，早第四纪的沉积物中，该种的含量较少，在 7%以下，并有逐渐增加的趋势，且表现出“间断性”，即在 2500-1600 Ka 期间，南海沉积物中该种主要在冰期时“出现”，间冰期时缺乏，且在约 2100－1950 Ka 和 1830－1750 Ka 期间，未在南海沉积物中发现该种。根据对已有研究资料的分析和西太平洋 ODP 807、1146 和 1208 站位底栖有孔虫氧、碳同位素的对比发现，该种在南海的分布可能受到西太平洋北部来源的深层水（PDW）和南部来源的深层水（UCDW）控制范围变化的影响，即在该种进入南海的早第四纪冰期期间南部来的 UCDW 发展、扩大，其前锋最少可以影响到北纬 20 度，生活在 UCDW 中的 *F. favus* 可以随着 UCDW 的扩展进入南海，而在间冰期及 2100－1950Ka 和 1830－1750 Ka 期间，UCDW 的前锋在影响的范围可能在 20 °N 以南，而此时 PDW 的前锋可以象现在一样影响到赤道以南的海域，其海水性质不适应 *F. favus* 生存，而使该种在南海中消失。

S4-P-30

末次冰期以来白令海东南部生产力变化

Wenshen Xiao[1*], Rujian Wang[1], Rainer Gersonde[2], Xiaoguo Yu[3]

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

2 Alfred-Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven D-27568, Germany

3 Second Institute of Oceanography SOA, Hangzhou 310012, China

* wxiao@tongji.edu.cn

As a High Nitrate Low Chlorophyll (HNLC) area, the Subarctic North Pacific Ocean represents a key region modulating the surface ocean primary productivity and thus global carbon cycle. Sediment sequence recovered during the R/V Sonne INOPEX cruise from the Umnak Plateau, Southeastern Bering Sea, was studied for productivity and nutrient consumption changes since the last glacial. Precise core chronology was established by 11 AMS ^{14}C dating on planktonic foraminifera *Neogloboquadrina pachyderma*. The core extends back to 32 ka, covering the transition period from the most recent coldest climate state (Last Glacial Maximum: LGM) to the present warm interval (Holocene), marking the dramatic changes in global climate. The SE Bering Sea productivity shows significant similarity resembling the northern hemisphere climate record as presented in the Greenland Ice cores and East Asian Monsoon records at multi-centennial to millennial scale, suggesting strong coupling of Subarctic North Pacific and North Atlantic and low latitude Pacific Ocean. Differences in calcareous and siliceous productivity suggest different driving mechanisms of the two proxies. The elevated calcareous productivity responds to peak warming intervals such as Dansgaard-Oeschger events, Bølling-Allerød interval and early Holocene, resulted from glacial induced surface water stability. Whereas enhanced siliceous productivity corresponds to increased nutrient supply due to enhanced upwelling.

S4-P-32

西北太平洋边缘海晚第四纪古海洋与古气候研究:进展与展望

石学法，邹建军，姚政权，吴永华，王昆山，刘焱光

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 266071

xfshi@fio.org.cn

西北太平洋中高纬度海域发育了一系列具有典型特征的边缘海，如发育黑潮主流系的东海，海槛最高的日本海，常年发育季节性海冰覆盖的鄂霍次克海以及具有高生产力的白令海。这些边缘海具有较高的沉积通量并且对区域和全球气候变化响应十分敏感，其巨厚的沉积物记录了丰富的气候和环境变化信息，在全球变化研究中占有十分重要的地位。近年来通过对西北太平洋边缘海典型沉积断面岩心的分析，发现无论是东海、日本海、鄂霍次克海还是白令海，都记录了一系列的全球气候变化事件如轨道和千年尺度的变化事件，但各个海区之间也存在显著差异。对日本海南部 KCES1 岩心的纹层进行了高分辨率 XRF 原位扫描和地球化学分析，表明暗色及亮色纹层中沉积物成分存在明显变化，这与区域水文环境和东亚季风演化密切相关。鄂霍次克海东南部 OS03-1 岩心中的轻重矿物及坠石研究结果显示，在远离陆地的鄂霍次克海东南部，碎屑沉积物主要由海冰输运而来，且在 MIS6 期碎屑物质的源区与其他时期不同，这与北太平洋亚北极上空西伯利亚高压和阿留申低压的相对位置和强度有关。对白令海绿带区 B5-4 岩心的研究发现，绿带区生产力在冰消期显著增加，这与支持生产力勃发的条件形成有关，包括表层海水温度上升，深层水体上涌及与融冰过程相关的增加的可利用营养盐储库。但是，在这些海域及其邻近大洋仍然有许多重要的科学问题尚未解决，比如白令海峡开启/闭合的时限及其效应，北太平洋中层水的源区变迁及其通风演化，北太平洋亚北极海域海冰扩张/消退过程及其与该海域上空大气单元的耦合关系，黑潮和亲潮的相互作用区域及其变化等等；而由于这些海域缺乏钙质生物沉积，建立可信的年代地层框架成为制约该区古气候研究的最大难题。下一步的工作是要针对上述问题，通过实施广泛的国际合作，选择系列沉积断面采取高分辨率的沉积岩心开展深入研究。

S4-P-33S

晚第四纪赤道西太平洋的水文气候循环——与南北半球夏季风的对比

党皓文[1]，翦知湣[1]，Catherine Kissel[2]，Franck Bassinot[2]，王跃[1,3]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 Laboratorire des Sciencesdu Climat et del'Environnement, Laboratoire mixte CNRS-CEA, 91198 Gif-sur-Yvette, France

3 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室，北京 100081

danghaowen@126.com

轨道岁差周期上，季节太阳辐射量的异常演变是驱动地球表层气候系统的重要能量来源。作为中-低纬气候的响应特征之一，夏季风降水量变化与当地夏季岁差辐射量同步，南半球与北半球夏季风降水总体呈反相位变化，这已经得到多个石笋$\delta^{18}O$重建记录的证明；但具体到特定纬度（如赤道地区），由于局地气候的内反馈机制不同，岁差辐射量驱动的水文气候循环响应的相位关系仍有很大不确定性。特别地，赤道西太平洋是全球热量和大气对流活动中心，当地海表的蒸发-降水通量等水循环特征如何响应岁差辐射量变化，与南北半球夏季风降水的响应又有何

异同？

为重建晚第四纪赤道西太平洋的水文循环，本研究采用赤道西太平洋哈马黑拉海（印度尼西亚）高质量、高沉积速率的深海沉积物岩芯（MD10-3340 站, 0.5°S, 128.7°E, 1094 m 水深），应用 AMS ^{14}C 测年和有孔虫$\delta^{18}O$地层建立年代框架，以陆源输入沉积物的特征元素含量来指示当地降水-径流量，而用浮游有孔虫$\delta^{18}O$和Mg/Ca-SST换算得到的海水$\delta^{18}O_{sw}$指示表层海水的降水-蒸发通量变化。结果表明：1）MD10-3340 孔的陆源特征元素 Ti、Fe、Zr 等的含量清晰地呈现出冰期-间冰期旋回和岁差周期，其岁差演变滞后北半球夏至日（6 月 21 日）辐射量约 60°，反映赤道西太平洋的大气对流活动与 8-9 月太阳辐射量近于同步；这一发现与婆罗洲北部洞穴石笋的$\delta^{18}O$ 记录一致，可能代表 ENSO 异常导致 Walker 环流东-西向位移；2）$\delta^{18}O_{sw}$主要呈现岁差周期变化，其相位与北半球夏至日辐射量几乎反相（北半球夏季辐射量较高对应于$\delta^{18}O_{sw}$偏重，降雨-蒸发通量减少），这一特征与热带印度-太平洋及其边缘海的相应记录总体一致，可能反映整个热带大洋的降水-蒸发平衡变化的同步性。据此我们推论：1）岁差周期上赤道西太平洋的水文循环与南、北半球夏季风降水的相位并不一致，说明赤道大气对流活动与季风系统响应具有一定独立性；2）北半球夏季辐射量较高时，赤道海洋降雨增强，但蒸发也随之增强，蒸发-降雨通量增加，水汽输送至陆地，北半球夏季风降水较强、南半球夏季风降水较弱，反映了岁差辐射量变化对海-陆水汽分配的控制。上述假设不仅需要更精细的年龄约束作为基础，而且要求高分辨率数值模拟来检验解释。

S4-P-34S

重建末次冰期以来印度尼西亚穿越流的变化

范维佳 [1]，翦知湣 [1]，褚智慧 [1]，Franck Bassinot[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement, F-91198, Gif-sur-Yvette, France

fwj1983@163.com

印度尼西亚穿越流（Indonesian Throughflow，ITF）是低纬海区唯一的洋盆间的海水交换载体。受热带太平洋与印度洋之间压力梯度的驱动，ITF 将热带西太洋暖池的热量和淡水携入印度洋，对区域气候以及全球温盐环流都产生相当程度的影响，而重建末次冰期以来的 ITF 变化对于深入理解过去低纬海洋和气候演化有着十分重要的意义。望加锡海峡是上层 ITF 流入的主要通道，而且望加锡海峡洋流的垂向结构决定了 ITF 对东印度洋的热盐贡献。因此本研究主要通过该海峡南北 2 个高分辨率沉积物岩心的浮游有孔虫 Mg/Ca 和 $\delta^{18}O$ 分析以及表层样$\delta^{18}O$ 数据搜集，建立了海峡南北表层盐度差、温跃层温度差和上层海水密度差（压力差）等洋流替代性指标，从而重建了过去 3 万年来 ITF 表层流和次表层流的变化。研究表明，（1）南海南部卡里马塔海峡的开合对 ITF 表层流有着重要的调节作用，但在卡里马塔海峡关闭的末次冰期和冰消期早期，望加锡海峡南部仍旧可能在较多降水和河水输入的情况下形成“淡水塞”，导致 ITF 表层流较弱；（2）ITF 次表层流冰期弱而间冰期强，ITF 最弱发生在 12.6~18.6 ka BP，决定 ITF 次表层流强弱的主要因素是赤道太平洋平均态的变化，当赤道太平洋处于类厄尔尼诺态（El Niño-like）时，ITF 次表层流较弱，反之，在类拉尼娜态（La Niña-like）时 ITF 次表层流

较强，与现代赤道太平洋年际、年代际震荡上 ITF 的变化规律类似;(3)浮游有孔虫 $\delta^{18}O$ 在一定程度上能够反映海水密度的变化，从而在重建洋盆间上层海水密度差（压力差）和洋流强弱上具有一定的应用潜力。

S4-P-35S

南海晚第四纪深层水温度与氧同位素变化

万随，翦知湣，成鑫荣，乔培军

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
wansui1984@gmail.com

冰期旋回是第四纪地球气候最显著的变化特征，大气 CO_2 浓度的冰期—间冰期变化幅度可达~100 ppm。最新研究表明，深部水团重组与大洋环流演变所造成的深海碳储库与大气之间的交换，可能是造成大气 CO_2 浓度的冰期旋回变化的最主要因素。通过指标记录重建深部海水的温盐特征，可以提供有关冰期旋回中深部海水性质及其变化的重要信息，但迄今有关太平洋深部海水温盐变化的重建资料极其缺少。

本次研究主要基于南海北部 MD05-2904（水深 2066 m）和南部 MD05-2896（水深 1657 m）柱状样中底栖有孔虫 *Cibicidoides wuellerstorfi* 壳体$\delta^{18}O_b$及 *Uvigerina* spp.壳体 Mg/Ca 记录，尝试重建南海深层海水温度、海水$\delta^{18}O_{sw}$（指示盐度）在晚第四纪冰期旋回中的变化，进而探讨其影响因素及意义。重建深层水温度采用两种方法对照分析：① *Uvigerina* spp.壳体 Mg/Ca 直接估计；②基于$\delta^{18}O_b$与海平面（RSL）之间的转换函数，从$\delta^{18}O_b$扣除冰盖（或 RSL）信号间接估算。两种方法的结果均表明南海深层水温度在间冰期高、冰期低，存在~2-3 ℃的变化幅度；差别在于前者指示冰期时温度具有<2℃的波动特征，在盛冰期温度最低，而后者显示冰期温度稳定，波动微弱。这可能是由于利用$\delta^{18}O_b$ 提取温度记录是建立在假定太平洋$\delta^{18}O_b$ 及$\delta^{18}O_{sw}$ 是代表着全球大洋平均状态，不受区域环境的影响，且将 RSL 与冰量等参数之间关系简单化的基础上，或者其反映的是冰期平均态的缘故。

南海与西南太平洋基于 *Uvigerina* spp.壳体 Mg/Ca 的深层水温度在冰期旋回中具有相似的变化特征，并与环南极深层水（CDW）中南极底层水（AABW）和北大西洋深层水（NADW）相对比例的变化有良好对应性，表明太平洋及南海深层水温度主要受不同源区不同性质水团组成变化的影响。

若从$\delta^{18}O_b$ 扣除 Mg/Ca 估计的温度信号可获得南海深层水$\delta^{18}O_{sw}$及盐度记录，$\delta^{18}O_{sw}$冰期旋回变化幅度为~1.1‰，所对应的盐度波动幅度为~2‰。将$\delta^{18}O_{sw}$ 记录剥离全球平均$\delta^{18}O_{sw}$ 信号，所获得区域环境影响的$\delta^{18}O_{local}$ 成分，平均偏移幅度~0.25‰，表明南海$\delta^{18}O_b$及$\delta^{18}O_{sw}$在深部水团运移过程中可能经受区域环境的影响。此外，南海深层水温度信号，在冰期旋回中所占$\delta^{18}O_b$记录中的权重会发生变化，甚至可以贡献$\delta^{18}O_b$记录的~30-50‰变化。

S4-P-36

青藏高原南部冰芯氧稳定同位素揭示的 1970 年代末大气环流的突然波动

Jing Gao[1], Camille Risi [2], Tandong Yao[1]

1 Key Laboratory of Tibetan Environment Changes and Land Surface Processes, Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101

2 LMD/IPSL, CNRS, UPMC, Paris, France.

gaojing@itpcas.ac.cn

Ice cores from the Tibetan Plateau ice

cores provide high-resolution records of changes in the snow and ice isotopic composition. In the monsoon sector of southern Tibetan Plateau, their climatic interpretation has been controversial. Here, we present a new high resolution $\delta^{18}O$ record obtained from 2206 measurements performed at 2-3 cm depth resolution along a 55.1 m depth ice core retrieved from the Noijinkansang glacier (NK, 5950 m a.s.l.), and spanning the period 1864 to 2006. The data depict high $\delta^{18}O$ levels in the 19th century, in the 1910s, 1960s, a drop in the late 1970s and a recent increasing trend. The comparison with regional meteorological data and with a simulation performed with the LMDZiso general circulation model leads to the attribution of the abrupt shift in the late 1970s to changes in regional atmospheric circulation rather than to changes in local temperature.

S5-O-01

季节内振荡在厄尔尼诺和拉尼娜对华南冬季降水不对称影响中的作用

Renhe Zhang, Tianran Li, Min Wen

State Key Laboratory of Severe Weather (LaSW), Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China

renhe@cams.cma.gov.cn

The impacts of El Niño and La Niña on the rainfall over southern China in winter half year (November-April) are investigated diagnostically. It is found that positive rainfall anomalies with statistical significance appear over southern China in El Niño episode but no reversed significant rainfall anomalies in La Niña episode, although negative and positive convective anomalies with comparable intensity exist around western tropical pacific in El Niño and La Niña periods, respectively. In El Niño winter half year, a strong anticyclone anomaly exists in the lower troposphere over western North Pacific (WNP), which transports more water vapor to southern China and leads to more rainfall. But in La Niña winter half year, a weak cyclone anomaly appears and its effect on the rainfall over southern China is insignificant.

It is revealed that the asymmetric responses of rainfall anomalies over southern China and circulation anomalies over WNP to El Niño and La Niña are owing to the effect of the intraseasonal oscillation (ISO). The ISO over western tropical Pacific is significantly active in the La Niña episode, but inactive in the El Niño episode. In El Niño winter the interannual variation is dominant and the ISO is weak, and the strong interannual variation leads to a strong response of the anomalous anticyclone over WNP in winter half year. However, in La Niña winter the ISO is dominant and the interannual variation is weak, and the weak interannual variation results in a weak response of the anomalous cyclone over WNP. Therefore, the difference of ISO activities in El Niño and La Niña winter half year is responsible for the asymmetric responses of the rainfall anomalies over southern China to El Niño and La Niña.

S5-O-02

南海深海涡旋观测

陈更新[1]，王东晓[1*]，董昌明[2]，薛惠洁[1,3]，齐义泉[1]，陈慧[4]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301
2 南京信息工程大学海洋学院，南京 210093
3 美国缅因大学海洋学院，欧洛诺
4 中国地质大学资源学院，武汉 430074
dxwang@scsio.ac.cn

南海中尺度涡频发，被诸多学者关注。然南海深海涡旋（在表层几乎无体现）却鲜有观测与报道。中国科学院南海海洋研究所在南海西沙海域布置了多套深水潜标，对当地海流、海温、盐度等进行了长时间观测。观测表明，西沙海域 1000 m 以深存在一中尺度涡旋，该涡旋半径 21.3 km，传播速度 1.27 cm/s；涡旋导致当地 1000 m 以深等温线下沉 ~120 m，引起深层强流达 18 cm/s，而同深度平均流速仅为 3.4 cm/s。研究表明，该深海涡旋是被上层强流过海山所诱发。更多观测资料表明，此地深海涡旋并非单一偶然现象，其极大改变深层环流结构，诱发跨陆架强流，对该海域漂积体的形成亦可能存在重要贡献。

S5-O-03

印度洋深层经向翻转环流变异及其与偶极子的关联

Weiqiang Wang[1], Xiuhua Zhu[2], Chunzai Wang[3], Armin Köhl[4]

1 State Key Laboratory of Tropical Oceanography, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301
2 CEN, KlimaCampus, University Hamburg, Germany, 266003
3 NOAA/AOML, Miami, FL, USA, 33149
4 Institut für Meerskunde, CEN, Universität Hamburg, KlimaCampus Hamburg, Germany, 266003
weiqiang.wang@scsio.ac.cn

This paper uses the 42-year GECCO synthesis data to analyze and examine the relationship of the Indian Ocean deep meridional overturning circulation (DMOC) with the Indian Ocean dipole mode (IOD). Contributions of various dynamical processes are assessed by decomposing the DMOC into the Ekman and geostrophic transport, the external mode, and a residual term. The first three terms successfully describe the DMOC with a marginal residual term. Our analysis obtains the following conclusions. First, the seasonal cycle of the DMOC is mainly determined by the Ekman component. Exception is during the transitional season (March-April and September-October) in the northern Indian Ocean basin, where the geostrophic component dominates. Second, at the beginning phase of IOD (May-June), the Ekman component dominates the DMOC structure; at and after the peak phase of IOD (September-December), the DMOC structure is primarily determined by the geostrophic component in correspondence with the well-developed sea surface temperature anomalies, while the wind (thus the Ekman component) plays a secondary role south of 10°S and contributes negatively within the zonal band of 10° both sides of the equator. Therefore, there exists a surface-to-deep ocean connection, through which IOD-related surface wind and ocean temperature anomalies are transferred down to the deep ocean. Westward propagating signals are observed even in the deep ocean, suggesting possible roles of Rossby waves in transferring the surface signal to the deep ocean.

S5-O-04

印尼贯穿流在热带印太海域气候变率和可预报性中所扮演的角色

Dongliang Yuan

Key Laboratory of Ocean Circulation and Waves and Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, China

dyuan@qdio.ac.cn

The role of Indonesian Throughflow (ITF) in connecting the Indian Ocean interannual variability with those in the tropical Pacific Ocean is studied using lag correlations of observational data and dynamics studies based on numerical modeling. The significant lag correlation between the sea surface temperature anomalies (SSTA) in the southeastern tropical Indian Ocean (STIO) in fall and the SSTA over the Pacific cold tongue at the one-year time lag indicates potential predictability of ENSO beyond the period of one year. Significant correlations between the sea level anomalies (SLA) in STIO in fall and the equatorial SLA in the Indonesian seas and in the western Pacific Ocean suggest that ITF play an important role in connecting the Indian Ocean Dipole (IOD) with the Pacific ENSO one year later. Significant correlation between SSTA in STIO in fall with the subsurface temperature anomalies in the equatorial Pacific vertical section also support the oceanic channel dynamics of the two basins. Numerical simulations using a hierarchy of ocean models and climate coupled models have shown that the interannual sea level depressions in STIO during IOD force enhanced ITF to transport warm water of the Pacific warm pool to the Indian Ocean, producing cold subsurface temperature anomalies, which propagate to the eastern equatorial Pacific and induce significant coupled ocean-atmosphere evolution. The ocean channel dynamics of the two basins are found to persist through the spring barrier, suggesting the importance of ITF in the predictability of the ENSO events. The ability of the latest CMIP5 models to simulate and predict this inter-basin connection is assessed based on the above analyses.

S5-O-05

基于 SST 昼夜温差的南海环流垂向通道遥感分析

李炎，林锐，张彩云

厦门大学福建省海陆界面生态重点实验室，厦门 361005

liyan@xmu.edu.cn

海表面日增温(Sea surface diurnal warming)是对海表温度(Sea Surface Temperature, SST)白天比晚上高的日变动现象的一种量度，通常可近似地用遥感 SST 的昼夜温差 ΔSST 来表示。Kawai（2002）提出了 ΔSST 的经验回报模型，

$$\Delta SST = a(PS)^2 + b\left[\ln(U)\right] + c(PS)^2\left[\ln(U)\right] + d \quad (1)$$

式中 PS 为每日海表太阳辐射峰值, U 为日平均风速, a、b、c、d 分别为太阳辐射因子项、风速因子项、太阳辐射与风速耦合因子项和残余项的回归系数。利用 2003-2010 年 AMSRE 微波辐射计获取的南海月平均 ΔSST 场，以及同期的太阳辐射场与风速场等时序资料，采用最小二乘法对其进行 Kawai 模型拟合回归，可得到各回归系数的空间分布图。

残余项的空间分布图表征了扣除太阳辐射、风应力及其相互作用等海气界面下行贡献后剩余的海洋上行贡献。残余项为 0 时，ΔSST 全部由海气界面贡献，海洋环流的垂向分量很小或为下降通道；残余项为负值时，ΔSST 受日增温较低的下层水体抑制，是海洋环流上升通道的特征。

南海北部的残余项接近 0，ΔSST 受下层水体抑制的负影响较小，其中南海西北部陆架可能受制于相对宽浅的水下地形，吕宋海峡西侧则可能与进入海峡下层水体的下降有关。南海东南部海盆、南海西南部陆架的残余项偏负，表明海洋环流的上升通道广布于这片海山与珊瑚礁发育的海域。整个边缘海表现出北降南升的经向翻转特征。

S5-O-06

中深层海洋对全球气候变化的响应和调控:从中深层海洋遥感谈起

严晓海

中国厦门大学
美国特拉华大学
xiaohai@xmu.edu.cn, xiaohai@udel.edu

最近的研究表明，由于对全球气候变化的响应，大范围的全球海洋中深层水变暖。这可能是近几十年来海平面上升的重要原因，反过来它也会对全球气候进行调控。然而由于缺乏相关全球变化科学计划的深入研究，海洋中深层水低频变化的动力过程一直不是很清楚。近年来中深层水变异的速率及特征，以及相关翻转流的形态变迁受到重视并逐渐加入全球变化项目中。最近十几年来，海表温度变暖出现放缓的迹象，气候变暖趋势有所变化（Climate Hiatus/气候断层/气候转型），研究表明： 这可能是热量越来越多被中深层海洋吸收并存储所致。遥感不能直接观测海表以下，然而很多重要的海洋过程及现象存在于海表以下相当的深度内。由于深海可能对气候变化有响应并且比我们想像的更快，因此深海遥感的重要性也更加明显。本报告目的是对深海遥感相关研究的前沿领域进行综述，这些研究有助于我们了解海洋次表层及以下的动力过程，以及这些过程对东亚和全球气候变化及气候断层的响应与调控。我们也建议在全球变化研究中对深海遥感，中深海与气候变化的关系给予更多关注。

S5-O-07

HY-2 卫星的海洋观测结果

Jiang Xingwei, Lin Mingsen

National Satellite Ocean Application Service, Beijing, 100081, China

During 2011 and 2014, the HY-2 satellite is operating normally in space. HY-2A is an ocean dynamic environment satellite which was launched in August 2011 to obtain global marine dynamic environment parameters including sea surface height, significant wave height, ocean wind vectors, etc. Ocean observation data provided by HY-2A have been widely used by both domestic and international users in extensive areas such as ocean environment protection, ocean disaster prevention and reduction, marine environment forecast, ocean resource development and management, ocean investigations and scientific researches, etc.

S5-O-08

北太平洋风输入动能向海洋内部的传输及转化

黄茜 [1,2]，管玉平 [1*]

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

风通过其应力对海洋表面地转流做功向海洋输入动能，驱动并维持着海洋环流。不过风能输入到海洋后，并不直接作为重力位能在当地储存起来，而是经过 Ekman 层输送到其他区域然后再进入海洋内部存储。部分能量转化会在斜压不稳定的情况下转化为中尺度涡的有效重力势能，从而转化为涡动能。

结果表明，与风向全球大洋输入能量增加趋势相反，140 年来，风输入到北太平洋的能量整体上呈降低趋势；其主要减少区域为赤道区域；而黑潮区域的风能输入呈现东减西增的模态。由于全球变暖，Walker 环流减弱，使得输入北太平洋的风能减少。不过，由于 IPO 的调节作用，最近 30 年风输入到北太平洋的能量逐步增加。

当 IPO 正相位时，北太平洋的赤道区域的风应力逐渐增强，输入能量逐渐增加，在北太平洋中累积的能量也逐渐增加；当 IPO 负相位的时候，赤道区域风应力减弱，输入的风应力能量也逐渐减少，北太平洋中积累的能量会逐步减少。当 IPO 由正相位向负相位转化时，中纬度的西风将减小，黑潮延伸区的流速也减小，从而使得由黑潮及延伸区输入的风应力能量减小；当 IPO 由负相位向正相位转化时，中纬度西风增加，黑潮延伸区流速增加，从而使得由黑潮延伸区输入的风应力能量增加。因此，IPO 为正相位时输入到北太平洋的风应力能量大于在 IPO 冷相位时输入的风应力能量。

1993 年-2010 年间，北太平洋上的总涡动能与总的风能量输入有很好的相关性，相关系数达到 0.5150。黑潮区域涡动能不仅受到黑潮延伸区风能输入的影响，还受到赤道区域输入能量的滞后 2 年的信号的影响。但副热带区域的涡动能与局地的风能输入也并无明显的正相关性。不过，该区域的涡动能与 IPO 指数具有明显的正相关性。

S5-O-09

吕宋海峡藻华及相关上升流机制研究－物理生态耦合模式研究

Wenfang Lu[1,2], Xia-Hai Yan[1,2], Yuwu Jiang[1]*

1 State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen, 361005, China
2 College of Earth, Ocean and Environment, University of Delaware, Newark, Delaware, 19716, USA

In this paper, a coupled physical-biological model is built to study the mechanisms of the winter bloom in the Luzon Strait (referred as LZB) Based on a simulation for January, 2010, our results show that our model can reproduce some of the key features of the LZB, such as location, inversed-V shape, twin-core structure and bloom intensity. The simulation found that the LZB occurs in the relaxation period of intensified northeasterly winds, when the deepened mixing layer starts to shoal. Nutrient diagnostics show that vertical mixing can be responsible for nutrient supply to the upper ~40 m layer, while subsurface upwelling supplies nutrients to the region below the mixed layer. Hydrodynamic diagnostics of Arthur’s equation show that vorticity advection mainly contributes to the upwelling, when an offshore jet (associated with the northeasterly wind) transports through the relative vorticity field (decided by the ambient circulation).

S5-O-10

基于深海遥感的西北热带太平洋热含量变化研究

吴祥柏[1,2]，严晓海[1,2]

1 厦门大学海洋与地球学院物理海洋系

2 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室

xbwu@xmu.edu.cn

本世纪以来，全球气候变化出现增暖趋势减缓现象，该期间上层海洋热含量增加明显减缓，300 米以下的中深层海洋吸收热量的速率显著增加，热量出现向中深层海洋传递的趋势。西太平洋暖池与西北热带太平洋是全球海表暖水分布的最集中的区域之一。研究该区域海洋垂向热力结构的变化，可以进一步增进对该海域暖池变化与中深层海洋变暖之间关系的理解。卫星高度计数据包含了长时间序列的海洋热含量的信息,为深海遥感提供了可能。本研究结合卫星遥感资料（SST，SSH）和现场观测数据（Argo），在西北热带太平洋海区，建立基于海表温度异常（SSTA）与海面高度异常（SSHA）的次表层热力结构估算的多元线性回归方法，并通过 ORAS4 的数据对方法进行验证。研究结果显示，相比只用高度计数据，结合海表温度与高度数据能改进海洋热量的估算。

S5-O-11

星载 SAR 在海洋遥感中的应用

耿旭朴，严晓海

近海海洋环境科学国家重点实验室（厦门大学），厦门 361005

gxp331@163.com

1978 年，美国发射了世界上第一颗海洋遥感合成孔径雷达卫星——Seasat-A，开启了星载 SAR 遥感应用的先河。近十年来，世界主要航天大国相继发射了多颗功能越来越强大的 SAR 卫星，在海洋环境监测、渔业管理和海上目标的检测与识别等方面发挥着越来越重要的作用。加拿大在 2007 年发射了高分辨率商用雷达卫星——RadarSat-2。德国分别在 2007 年和 2010 年发射了 TerraSAR-X 和 TanDEM-X，两颗卫星编队飞行形成一台雷达干涉仪。意大利从 2007 年到 2010 年相继发射四颗 SAR 卫星，构建了 COSMO-SkyMed 雷达卫星星座。今年 4 月 3 日，欧空局在法属圭亚那欧洲宇航中心成功发射 Sentinel-1A，重点调查地球上的气候变化。我国也将在 2020 年前发射 8 颗海洋系列卫星（其中包含 2 颗雷达卫星），对我国全部管辖海域乃至全球海洋水色环境和动力环境进行遥感监测。

作为一种主动式微波遥感设备，SAR 具有二维高空间分辨率、多极化、穿透性强等诸多优势，可以不受天气和云层的影响全天时、全天候工作，为海洋灾害与环境监测提供了一种不可或缺的观测手段。星载 SAR 在海洋遥感中的主要应用如下：

（1）海浪、风场等信息反演：从 SAR 图像中可以反演出海浪的波长、波向以及波的折射和绕射等信息，根据 SAR 辐射定标后的后向散射系数可以反演海面风速。

（2）内波探测：星载 SAR 能获取大范围海域的长期观测图像，为研究海洋内波的时空特征和激发机制提供了一种有效手段。

（3）海冰、洋流监测：根据海冰与海水后向散射系数的差异，可以从 SAR 图像中检测出海冰，并评估冰情；利用 SAR 顺轨干涉（ATI）技术，可以检测海洋表面的洋流运动。

（4）浅海水深与水下地形测量：海底地形会改变海洋中的流场分布，进而影响海面的粗糙度，并通过后向散射系数的变化反应在 SAR 图像中。

（5）舰船检测与识别：SAR 能对海面舰船及其尾迹成像，获取舰船的位置、速度

和外形等信息，是海上舰船监测的最有效手段之一。

（6）海洋溢油、海水污染监测：油膜会使海面变平，降低雷达后向散射系数，海上溢油通常在 SAR 图像中呈现出暗斑。

（7）岸线变动与海洋资源调查：SAR 图像可以提供关于海岸线和岸带资源的丰富信息。

本文将对星载 SAR 在海洋遥感方面的主要应用进行总结，并进一步探讨 SAR 在深海遥感中的潜在应用。

S5-P-01

南北半球海温偶极子型及其对热带降水的影响

Cheng Sun and Jianping Li*

State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics (LASG), Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

*ljp@lasg.iap.ac.cn

Using different SST datasets, the variability of zonal mean SSTs is investigated. Besides the global warming mode, the variability is dominated by one equatorially symmetric mode and one antisymmetric mode. The former is most pronounced in the Pacific and dominated by interannual variability, corresponding to the ENSO signature. The latter features an inter-hemispheric dipole-like pattern and is referred to as the SST inter-hemispheric dipole (SSTID). The SSTID and Atlantic Multidecadal Oscillation are found to be related but distinct in the spatial pattern. Observational analysis shows that the SSTID significantly influences tropical rainfall and contributes to the north–south asymmetry of tropical precipitation on multidecadal timescales. The observed SSTID and its relation to the tropical rainfall are realistically reproduced in a control simulation with the UKMO-HadCM3 climate model. Results from the UKMO-HadCM3 simulation suggest that the SSTID is related to the variability of the global ocean northward cross-equatorial heat transport.

S5-P-02S

内蒙古中西部地区近 60 年来降水分布特征及调控因素

肖瑞[1]，李文宝[1,2]，王汝建[2]

1 内蒙古农业大学水资源保护与利用自治区重点实验室，呼和浩特 010018

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

15774711147@163.com

降水量变化是环境演化的重要影响因素之一，关系到人类生活与区域经济的发展。通过统计内蒙古中西部 26 个气象站近 60 年(1950-2010)的降水资料，同时结合太阳黑子数(SN)、亚洲-太平洋对流层热力差异指数(APO)、北大西洋涛动(NAO)、太平洋年代际振荡(PDO)等指数的变化，分析了该区降水量的分布特征与调控因素。1)内蒙古中西部降水量的分界线大致沿阿拉善左旗—杭锦后旗—锡林浩特—西乌珠穆沁旗分布。该界线以东以南区域主要受东亚季风环流影响(简称“季风区”)，以西以北区域主要受西风环流影响(简称“西风区”)。近 60 年来，季风区降水量呈现下降趋势而西风区降水量呈上升趋势。2)在季风区，APO、NAO 指数偏移主要在 2—3 a 或 4—5 a 的年际周期上与降水量存在明显相关，而 PDO 指数则主要在 8—11 a 的年代际周期上与降水量存在明显相关。值得注意的是，NAO 指数与降水量变化明显

相关性的周期长度正逐渐增加，且两者相位关系也由反相位逐渐转变为同相位。在西风区，在年际周期上，各大气环流指数偏移与降水量变化均存在阶段性相关，且降水量变化基本落后于各指数偏移；在年代际周期上，降水量变化与 PDO 指数的偏移呈正相位关系而与 NAO 指数呈反相位关系。推测内蒙古中西部降水量变化特征与西风环流增强导致东亚季风相对减弱(或边界位置的南移)有关，且区域降水量变化可能受各大气环流的特有周期性影响。

S5-P-03

海底沉积层声学特性及其研究方法

朱凤芹[1,2]，蒲晓强[1,2]，祁雅莉[1,2]，廖聪云[1,2]

广东海洋大学海洋与气象学院，湛江 524088
广东省近海海洋变化与灾害预警技术重点实验室，湛江 524088
14730281@qq.com

声波是目前能唯一在海水介质中进行远距离传播的有效载体，声波传播时会受到海底和海面的影响，对浅海声传播来说海底的影响远大于海面。在进行声呐低频远距离声传播实验时，海底沉积层的声学特性是预报声呐作用距离的一个重要参量，因此研究海底沉积层的声学特性对声传播的影响显得尤为重要。海底沉积层的密度、其中的声速以及衰减系数是沉积层重要的声学特性，也是决定声传播损失的三个重要的海底参数。

海底反射系数与沉积层密度和声速有关，并且是掠射角的函数。声纳距离预报中常用反射损失（反射系数的对数）表示海底的反射性能。如何预报海底反射损失，有些学者利用脉冲声源或水下定深炸弹对不同海底类型进行海底垂直反射损失实测，并给出了不同类型海底实测反射损失数据。由于声学测量耗资不菲，也可以采用已勘探的地质学数据，对不同类型的海底反射损失进行估计和推测，建立样品参数反射损失模型。大范围海域海底声学参数很难直接测量，声学参数反演被寄予厚望，随着近代信号处理和数值计算的发展，声散射场反演海底声学参数成为海洋声学领域研究的热点，研究者认为接收到的海洋散射信号包含了海底以下各层参数的信息。海底声学参数反演时以实测散射波为依据，反推海底表层声参数。

海底声学参数反演主要利用声传播、噪声和混响三类现象之一进行，利用声传播进行反演的技术包括匹配场处理、海洋声层析、以及地声反演技术。匹配场反演技术是近年来非常活跃的研究方法，其主要思想是在空间多个点测量声信号，同时数值计算不同海底声学参数对应的接收阵处的声压信号，通过比较数值计算与实验测量的声压信号可以获得海底声学参数，此方法不存在反演的不稳定性问题。地声参数反演是从声传播中进行逆推导，需要进行反演结果的唯一性和不确定性分析。环境噪声场的反演由于其操作简单，实施容易受到研究者的关注。尽管目前反演技术很多，反演结果亦都能给出反演参数的较好描述，然而，对海底衰减随频率的变化规律等一些问题尚有争议，还需要更多的实验数据支撑并与数值模型相结合。实际应用时可以根据不同的波导条件和反演参数选择其中一种或几种方法。

S5-P-04

CMIP5 模式模拟的全球增暖停滞及增暖加速

Yi Song[1,2], Yongqiang Yu[1,*], Pengfei Lin[1*]

1 State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics (LASG), Institute of Atmospheric Physics

(IAP), Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China
2 College of Earth Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
*yyq@lasg.iap.ac.cn

Under a warming background, the observed Earth's surface air temperature (TAS) exhibits hiatus or accelerated warming in some decades in the contemporary climate. The reproduction ability of hiatus and accelerated warming in the CMIP5 coupled models was accessed. The model-based globally averaged TAS has hiatus and accelerated warming decades, which corresponds decreasing and increasing trends of globally Earth's surface temperature. At decadal time scales, the trends in TAS were weakly indicative of changes in the net top-of-atmosphere (TOA) radiation, but trends in total ocean heat content (OHC) were strongly associated with by the net TOA radiation. During hiatus (accelerated) decades, there was a significant decrease (increase) in the Earth's surface temperature and upper OHC and a significant increase (decrease) of heat into the subsurface or deep ocean. Over the tropical Pacific, the hiatus (accelerated warming) decades can be connected to the strengthening (slowdown) shallow meridional overturning of the Pacific subtropical cell (STC), which were associating with the strengthened (weakened) trade winds. During hiatus (accelerated warming) decades, the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) and Antarctic Bottom Water (AABW) tended to weakening (strengthening) in most models. This implied the change in ocean circulation is important for global warming at decadal time scales.

S5-P-05

南极底层水向西北太平洋输运研究

Hongzhou Xu, Qubin Qin, Qiang Xie, Liang Yi

Sanya Institute of Deep-sea Science and Engineering, Chinese Academy of Sciences, Sanya 572000
hzxu@sidsse.ac.cn

In the abyssal depth, water mass transport of the Antarctic Bottom Water (AABW) from the Southern Ocean to the Pacific Ocean play import role for the global ocean circulation and substances distribution. In this study, we use historic observed data and simulated current by a global model to measure the volume transport and water characteristics of AABW to the Northwestern Pacific Ocean (NWPC) at the abyssal layer. We find the volume transport of AABW through the Samoan Passage shows significant inter-annual variation that further modulate its two branches flux when the flow pass over the Equator. The statistical analyses indicate that this inter-annual trend may have close relation with the strength of zonal wind stress of the Antarctic. Although our results show slight different range of northward volume transport of the lowered AABW with previous studies which may is due to the different layer depth choice, it will give reference for the further abyssal dynamic study of the NWPC.

S5-P-06

南海北部中尺度涡对浮游植物的影响

Fenfen Liu

School of Marine Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006
lfenfen@mail.sysu.edu.cn

Approximately thirteen years of mean sea level anomaly (MSLA) and chlorophyll (Chl) data in the northern South China Sea (NSCS) were analysed to investigate the influence of a nonlinear, mesoscale eddy on ecological and biogeochemical processes. Over two thousand mesoscale eddies were identified and tracked using a new sea surface height-based method and approximately 40% of these eddies were nonlinear. A westward co-propagation of Chl and MSLA signals at a speed of approximately 0.07 m s^{-1} was found to correspond well with the variability of Chl within cyclonic and anticyclonic eddies. The covariability relationships were different depending on the season. The results of a lagged cross correlation between MSLA and Chl, as well as Chl composite averaging within mesoscale eddies, showed that eddy advection dominates the Chl dipole structure within mesoscale eddies. This mechanism was further confirmed by the significant correlations of the west-to-east Chl differencewith background Chl gradient (R = 0.32 for cyclonic eddies and R = −0.20 for anticyclonic eddies) and eddy scale (R = 0.33 for cyclonic eddies and R = −0.21 for anticyclonic eddies). Moreover, the strong correlation (0.44) between the in-to-out Chl difference and amplitude for the cyclonic eddy implied that eddy pumping contributes to the high Chl levels near the centre of cyclonic eddy.

S6-O-01

工业革命以来南海珊瑚礁海水的快速酸化及其控制机理

刘羿[1]，彭子成[1]，余克服[2]，韦刚健[3]，游镇锋[4]

1 中国科学技术大学 地球和空间科学学院，合肥 230026
2 中科院南海研究所，广州 510301
3 中科院广州地球化学研究所，广州 510640
4 台湾成功大学 地球科学系，台南 10617
gee@ustc.edu.cn

由于器测 pH 记录极其有限，我们对人类排放的二氧化碳对海洋影响知之甚少。通过南海珊瑚硼同位素，定量的重建了南海两个关键暖期，中世纪（AD 1048-1079）和现代暖期（AD 1838-2001）海表水 pH 值。结果发现 1830 年到 1870 年期间南海水 pH 值与中世纪暖期这段记录相当，都处在 8.1 到 8.2 的高值阶段。而那之后，与大气二氧化碳含量增加相对应，出现明显下降趋势（两者线性相关，$R^2 = 0.63$, n =41, $p < 0.0001$）。1840 年后的 110 年内平均下降速率为-0.0011 ± 0.0003 pH $year^{-1}$；1950 年后下降速率增加两倍，达到-0.0029 ± 0.0013 pH $year^{-1}$。与此同时珊瑚 $\delta^{13}C$ 也呈现长期的下降趋势(-0.0037 ± 0.0010 $year^{-1}$)。以上特征表明南海确实大量吸收了大气二氧化碳，正在变酸。当大气 CO_2 含量控制南海海表水酸度的长尺度变化时，在年代际尺度上海水 pH 值 0.1-0.2 的大幅波动波动与亚洲冬季风强度关系密切。当冬季风偏弱时，珊瑚礁钙化和珊瑚礁生态系统的呼吸作用加强导致海表水 CO_2 堆积，海水 pH 值下降；反之，冬季风偏强，珊瑚礁海水同开放的海水交换加强，同时初级生产力加强导致海表水 CO_2 下降，海水 pH 值上升。这种机制同两周分辨的重建数据和观测资料完全吻合，风速越高，海水 pH 值越

高，反之亦然。由于高纬度陆地热容比低纬度海洋低得多，全球暖化下，海陆温差会继续减弱，从而消弱亚洲冬季风。偏弱亚洲冬季风也许会处于常态。随着大气二样化碳的继续排放和增加，全球暖化这一海洋酸化的“孪生双胞胎”，会加剧南海酸化的速度，对这地球上生物多样性最丰富的海域的生态系统，尤其是造礁珊瑚产生难以估量的影响。

S6-O-02

工业化革命以来西太平洋珊瑚礁海水pH的年代际波动及其对海洋酸化趋势评估的意义

韦刚健[1,2]，柯婷[1]，刘颖[1]，陈雪霏[1]，邓文峰[1]，曾提[2]，谢露华[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 中国科学院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室，广州 510640

gjwei@gig.ac.cn

海洋酸化是与工业化革命以来人类向大气排放的CO_2迅猛增加有关的全球环境问题，然而由于缺乏长期的海水 pH 观测结果，目前对于特定海域海水 pH 的演变历史、控制机制的了解极其欠缺，更加无从评估海洋酸化现状和未来发展趋势。理论上海洋酸化会降低海水中的碳酸盐饱和程度，以文石骨骼为基础构建的珊瑚礁将首当其冲地受其影响，因此珊瑚礁被认为是对海洋酸化最敏感的生态系统。而反过来，珊瑚骨骼的硼同位素组成又能重建高分辨率的海水 pH 演变记录，因而珊瑚礁在了解海洋酸化的历史、机制及其对海水 pH 波动的响应等方面研究具有不可替代的作用。

目前仅有的已发表的高分辨率海水 pH 重建记录均集中的西太平洋海域，其中包括珊瑚海（1708-1988，5 年分辨率）、澳大利亚大堡礁中部（1804-2004，5 年和年分辨率）和关岛（1940-2006，年分辨率）的结果，以及我们最新重建的南海北部海南岛龙湾的珊瑚礁的结果（1853-2011，年分辨率）。这些重建的 pH 记录虽然时间跨度和时间分辨率不尽相同，但均表现出大幅度的年代际波动特征，普遍存在与太平洋区域大气-海洋波动如 PDO、ENSO 和季风活动等相似的周期。其中澳大利亚东部的两个记录主要对太平洋年代际波动 PDO（或者 IPO）响应，而关岛的记录同时受 PDO 和 ENSO 的影响，海南岛东部的记录主要受季风活动控制，夏季风加强时，琼东上升流活动加强，输入更多的深层水的营养物质，促进珊瑚的生产力，从而提高海水的 pH。这些结果显示，在年代际时间尺度上珊瑚礁海水 pH 并非线性响应大气CO_2含量的变化，珊瑚礁生态系统自身的生物活动起到了重要的调节作用。

因此，在估算人类排放引起的海洋酸化的效应时应该考虑海水 pH 的自然波动。根据上述年分辨率的记录估算，大堡礁和海南岛海水 pH 下降速度分别是 0.00034 单位/年和 0.00039 单位/年，与全球模型估算的结果相当，而关岛的下降速度为 0.00093 单位/年，明显快于大堡礁和海南岛。另外，近 20 多年夏威夷和百慕大的现场观测的 pH 下降速度更快，这主要是由于现场观测以及关岛重建记录的时间跨度过短，受自然波动的叠加影响所致。而跨越多个 PDO 周期的大堡礁及海南岛的记录最大限度消除了自然波动的影响，其更能准确评估人类活动引起的海洋酸化的效应。

S6-O-03

南海西沙砗磲高分辨率 Sr/Ca 比值在古气候研究中的初步应用

晏宏[1,2*]，孙立广[1]，邵达[1]

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 中国科学院地球环境研究所黄土和第四纪地质国家重点实验室，西安 710075

yanhong@ieecas.cn

砗磲是海洋中最大的双壳类，它的碳酸盐壳体具有年纹层甚至日纹层，是一种理想的古气候材料。砗磲壳体的 $\delta^{18}O$ 很早就被证明在形成过程中与周围海水达成了氧同位素平衡，是一种可用的古气候指标。但是对于砗磲 Sr/Ca 比值的研究却很少，仅有的几项研究结果还存在明显的分歧。我们从南海西沙采集了一批现代砗磲样品，用 ICP-OES 和 LA-ICP-MS 分别对其进行了高分辨率的 Sr/Ca 分析，结果显示两者之间存在一些差别，这可能与砗磲纹层中夹杂的有机质有关，这些有机质的存在会影响 LA-ICP-MS 的测试结果。而 ICP-OES 测试得到的 Sr/Ca 序列具有很好的年周期特征，与 SST 的变化显著相关，可以作为 SST 的替代性指标。接着，我们又对砗磲 Sr/Ca 的种间差异和种内个体差异进行了分析，结果表明不同种类砗磲的 Sr/Ca 比值存在明显的种间差异，但是同种砗磲并不存在明显的种内个体差异。根据这一结果，我们认为同一种类的南海砗磲的高分辨率 Sr/Ca 比值可以作为 SST 的替代性指标在古气候研究中进行使用。在现代砗磲的研究基础上，我们随后对两个西沙化石砗磲的高分辨率 Sr/Ca 和 $\delta^{18}O$ 数据进行了分析，分别重建了 MCA 附近（AD 990±40）和 RWP 附近（AD 50±40）两个时间段的高分辨率海表面温度（SSTs），结果显示这两个晚全新世自然温暖期期间南海的海表面温度都比最近 50 年要高。

S6-O-04

3.5-4.7 ka BP 珊瑚生长率的年际变化及其气候意义

陶士臣[1]，余克服[1*]，沈川洲[2]，施祺[1]，刘国辉[1]，张会领[1,3]，陈特固[1]，吴忠哲[2]，张育维[2]，孙海龙[2,4]

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，广州 510301

2 台湾大学地质科学系，台北 10617

3 广东海洋大学，湛江 524088

4 中国科学院地球化学研究所，贵阳 550002

*kefuyu@scsio.ac.cn

4.2 ka 气候突变事件对史前文明产生了深远的影响，不仅是当时许多文明快速衰落的重要推手，也促进了中国第一个王朝夏朝的建立。然而，目前学术界还不清楚作为包括我国南方在内的许多地区的重要水汽来源地的南海海域是否也存在有关这一气候事件的记录以及这一时期的环境特征（e.g., ENSO, SST) 是否异常。生长在热带海域的珊瑚礁，是高分辨率（月—季—年）环境记录的重要载体。已有的研究也表明，珊瑚生长率与海水表面温度（SST）具有良好的正相关关系，是对以 SST 为主导的多种环境因素的综合反映。因此，具有高生长率（10-15 mm/a）和年生长纹层的大型橙黄滨珊瑚块是研究热带海域环境变化的极好材料。本文利用采集自海南岛东岸文昌等地的橙黄滨珊瑚芯样品并开展 U-Th 测年，获得了 3.5-4.7 ka（BP = 2013 AD）时段的连续样品。对这一时段的其中 91 支珊瑚芯柱开展了年生长率分析，共计获得了 10728 个生长率数据，进而重建了这一时段珊瑚年生长率的变化趋势。结果初步表明，在 3.72-4.18 和 4.32-4.5 ka 时段的生长率

为负相位变化；其余时段为正相位变化，其中在 4.0-4.1 ka 时段的负相位变化最为显著。红谱分析表明，在整个时段存在显著的 2~7 a 周期，可能与 ENSO 周期相对应；小波分析进一步表明，这些周期在 3.52-3.75, 4.2-4.3 以及 4.4-4.7 ka 时段非常活跃, 而在生长率相对较低的 3.75-4.2 和 4.3-4.4 ka 时段较为平静。然而，海南岛东岸的珊瑚生长率与 SST 是否也存在正相关关系以及能否用于重建这一时段的 SST 变化序列，目前正在开展进一步的分析。

S6-O-05

世界珊瑚礁现状和保护管理及相关研究评述

张乔民，余克服，施祺，赵美霞，王丽荣，李淑

中国科学院南海海洋研究所，广州 510301
qmzhang@scsio.ac.cn

本文对世界珊瑚礁现状和保护管理及相关研究的最新进展进行评述。随着对珊瑚礁关注和监测活动不断扩大,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%(WRI，2011)，或 75%(加上全球气候变化威胁，WRI，2011)。各个地区之中，东南亚问题最严重，澳大利亚最轻微。1998 年空前严重的白化事件损失全球珊瑚礁 16%，大于人类活动直接威胁累积损失总和的 11%，全球珊瑚礁保护战略重点由人类活动影响转移到全球气候变化威胁。若干模型研究预测本世纪末甚至中期海温异常会导致大部分珊瑚礁频繁严重白化而成为第一个因气候变化影响而趋于消失的大型生态系统。仍然存在监测资料不足和全球气候变化影响不确定性的问题，为珊瑚礁管理保护以及研究带来极大挑战。珊瑚礁保护管理已经得到全球性关注，也成为珊瑚礁研究的中心议题。1994 年美国等发起成立全球珊瑚礁倡议(ICRI)，成为目前最重要的珊瑚礁管理保护国际协调机构。美国 1998 年发布珊瑚礁保护总统令启动了一系列重大措施有力地推动了美国及世界的珊瑚礁保护管理工作；依据卫星实时监测的全球海水表面温度数据发布全球珊瑚礁白化预警已经成功运行十余年；2006 年率先建立大型远洋型珊瑚礁保护区。澳大利亚 1975 年建立大堡礁国家海洋公园，以面积大，保护好和状态健康而闻名；响应最新保护策略建议，2004 年把完全保护区(no-take areas)面积从 5％扩大到 33％；2005 年成立珊瑚礁杰出研究中心(CoECRS)，在珊瑚礁管理和可持续利用方面开展世界上最好的综合研究。位于世界物种多样性中心区的珊瑚三角区 6 国政府 2009 年正式签署关于珊瑚礁，渔业，食物安全的珊瑚三角倡议(CTI-CFF)，成为目前世界上最大和最重要的区域珊瑚礁保护行动。2004 年世界银行和全球环境基金启动以管理为目标的珊瑚礁针对性研究和能力建设项目(CRTR)，期望向珊瑚礁资源管理者“提供珊瑚礁响应人类干扰和气候变化方面最好的科学指导”。2012 年 7 月在澳大利亚召开第 12 届珊瑚礁国际研讨会，80 个国家近 2000 名代表参加，对气候变化，海洋酸化以及礁管理问题给与了特别关注。中国正在实施和启动一系列国家级珊瑚礁调查和研究项目，并力图为世界珊瑚礁保护管理作出贡献。

S6-O-06

广西北部湾柳珊瑚种群多样性及分布研究

王欣[1,2]，梁文[1,2]，黎广钊[1,2]，周浩郎[1,2]

1 广西科学院广西红树林研究中心，北海 536000
2 广西红树林保护与利用重点实验室，北海 536000
matcie@163.com

在广西 908 珊瑚礁资源调查的基础上对广西北部湾主要珊瑚分布区进行了柳珊瑚调查，调查区域包括涠洲岛、斜阳岛及珍珠湾白龙尾海域，其中涠洲岛布设 6 条断面，12 个站位；斜阳岛布设 5 条断面，5 个站位；白龙尾 3 条断面，3 个站位，共 14 条断面 20 个站位。调查结果为在涠洲岛 4 个站位，斜阳岛 5 个站位发现有柳珊瑚分布，白龙尾无柳珊瑚分布。

广西北部湾海域柳珊瑚分属全轴珊瑚亚目和钙轴珊瑚亚目，共 4 科 12 属 14 种，少于湛江徐闻海域的 7 科 14 属 16 种，多于厦门湾的 4 科 7 属 9 种和东山湾的 3 科 6 属 8 种。其中棒枝珊瑚科 *Clavulariidae* 为新纪录科，瘦枝珊瑚属 *Carijoa*、细枝珊瑚属 *Viminella* 为新纪录属，瘦枝珊瑚 *Carijoa sp.*、细枝柳珊瑚 *Viminella maculata* 为新纪录种。印马刺尖柳珊瑚 *Echinomuricea indomalaccensis* 只分布在涠洲岛，弯曲小尖柳珊瑚 *Muricella flexuosa* 和疣状柳珊瑚 *Verrucella umbraculum* 只分布在斜阳岛。

涠洲岛柳珊瑚共有 4 科 10 属 12 种，主要分布在东北至东南海域以及西南海域，总面积约为 717.5 公顷，分布水深 5 米至 15 米，主要优势种为长小月柳珊瑚 *Menella praelonga* 和小月柳珊瑚 *Menella kouare*，其重要值分别为 0.292、0.290，其次为块花柳珊瑚，重要值 0.177。西南海域柳珊瑚的平均密度为 9.75 株/㎡，显著高于东北至西南海域的平均密度 2.23 株/㎡。

斜阳岛四周海域均分布有柳珊瑚，共有 4 科 11 属 13 种，面积为 142.3 公顷，分布水深 10 米至 15 米。绝对优势种为长小月柳珊瑚，其重要值达到 0.527，其次为小月柳珊瑚和蕾二歧灯心柳珊瑚 *Dichotella gemmacea*，重要值为 0.161、0.142。斜阳岛海域柳珊瑚平均密度为 4.93 株/㎡，东南海域平均密度最高达到 10.45 株/㎡，东北海域平均密度最小仅为 2.15 株/㎡。

S6-O-07

组学技术在揭示珊瑚共生体受海洋环境影响与其适应机制中的应用

李志勇

上海交通大学生命科学技术学院 微生物代谢国家重点实验室，上海 200240
zyli@sjtu.edu.cn

珊瑚礁生态系统是地球生物多样性最丰富的生态系统之一，生活着海洋中 1/3 的生物种类，不仅包括珊瑚、海绵、海葵等众多大型海洋生物，还有丰富的微型生物，例如种类多样的藻类和微生物。珊瑚礁对全球气候、海洋环境，尤其是碳、氮等循环起着重要的调控作用。因此，珊瑚礁生态系统的保护对于保护地球生态平衡具有重要意义。

全球变暖、海洋酸化等会对珊瑚礁生态系统造成恶劣影响，例如珊瑚白化、疾病等造成的珊瑚死亡，以致于目前珊瑚礁正面临逐渐消失的危险。因此，如何保护珊瑚礁生态系统成为国际上最为关切的一个生态保护问题。

珊瑚及其所有类型的共生微生物组成的稳定的生物群落（community）称之为“珊瑚共生体”（coral holobiont），是目前海洋生物中具有代表性的海洋共生体之一。藻类是最早被认识的珊瑚共生生物。20 世纪 90 年代以来，采用不依赖于分离培养的分子技术（如

基因文库，DGGE，T-RFLP，FISH 和宏基因组文库等）在珊瑚的粘液层、上皮细胞、中胶层以及在石灰石中发现珊瑚也共生着数量庞大，丰富多样的微生物类群，并呈现出稳定、广泛分布和非致病等特性。目前已知的珊瑚共生微生物包括：细菌、蓝细菌、古菌、真菌等。在长期进化过程中，珊瑚与其共生微生物形成了紧密的共生关系。珊瑚共生微生物在营养、能量转化、化学防御等方面发挥作用，同时在珊瑚的健康、疾病及协同进化方面也可能具有重要的作用。

海水温度升高和酸化等气候与环境胁迫会打破珊瑚-微生物共生体长期建立的平衡，引起珊瑚共生微生物的结构与功能改变，从而影响珊瑚正常的代谢与功能，进而引起珊瑚白化和一些疾病，从而影响珊瑚的健康与存活。珊瑚适应性白化与珊瑚益生假说都假设珊瑚共生体可通过改变共生微生物、藻类的种群结构来快速适应环境与抵抗疾病。但是这两个假说还缺乏证据。因此，急需从分子、细胞、代谢水平开展深入的研究，揭示珊瑚共生微生物对海洋环境及气候变化对珊瑚共生体的影响及其适应的相关生态学与生物学机制。

由于大多数珊瑚中的共生微生物、藻类还不能或很难分离培养，因此传统的依赖于分离培养的技术方法很难揭示珊瑚共生体受海洋环境籍气候变化的影响及其适应机制。近年来兴起的组学技术为解决这一问题提供了可能。我们基于珊瑚共生体总 DNA 的分子生态学研究发现造礁石珊瑚与软珊瑚具有不同的微生物种群组成，同时检测到大量的具有氮循环功能的细菌。目前，我们已经在实验室初步建立了海水酸化与升温对珊瑚共生体影响的实验室模拟体系，采用元基因组学、元转录组学等现代组学技术对不同处理方式与时间的珊瑚共生体开展研究，将有望从珊瑚共生微生物、藻类的结构及功能变化两个角度，揭示珊瑚共生体受海洋酸化与升温影响及其适应的相关生物、生态学机制，从而为保护珊瑚礁生态系统提供科学依据。

S6-O-08

强台风蝴蝶直击西沙永乐环礁对珊瑚生态造成的影响

杨红强，余克服，赵美霞，施祺

中国科学院南海海洋研究所边缘海地质重点实验室
hqyang@scsio.ac.cn

2013 年 9 月 29 日，强台风“蝴蝶”自东向西直接袭击西沙永乐环礁，持续风力 45m/s（14 级），瞬时风力达到 58m/s(17 级)，是南海自 1945 年有台风路径记录以来台风中心路径直接经过永乐环礁的最高记录。强台风造成永乐环礁海域数十艘船只倾覆，62 名人员遇难；各个岛礁林木几乎损失殆尽。囿于地理位置和研究程度，远离大陆的永乐环礁珊瑚礁生态受台风的影响目前依旧鲜为人知。

在台风蝴蝶袭击前的同年 7 月份，对永乐环礁珊瑚礁生态开展了详细调查获得了丰富的数据。台风过境后的 10 天以内又及时对上述区域进行了对比调查。调查采用国际通行的截线样条法，水肺潜水员分别在调查点 2 m、10 m、15 m 的不同深度布设 50 米样条通过水下录像和拍照展开。利用台风前后详实的生态数据对位于台风中心路径珊瑚生态受台风影响的程度和特征展开研究。研究结果表明：台风激起的风暴浪对珊瑚直接掀翻和所携带的砾块对珊瑚的打击致珊瑚破损是造成珊瑚破坏的两个主要因素；在一些岛礁局部地区，台风的破坏是触目惊心的；在珊瑚岛的南侧、羚羊礁北侧、琛航岛南侧活珊瑚覆盖度降低较明显，台风破损珊瑚覆盖度所占比例大；台风对珊瑚的破坏与珊瑚的类

型密切相关，在浅水区域破坏的难易程度依次为叶片状、枝状、柱状、团块状、壳状珊瑚；在深水区域受到破坏的基本仅为叶片状的，偶尔有其它的也为滚落的砾块击中所致。即使在珊瑚破坏严重的区域，台风打断的珊瑚断肢大致呈随机的杂乱分布，总体上与珊瑚礁所处风向位置有一定的关系；被台风掀翻的珊瑚主要与它们的栖息习性有关，大部分生长在一定深度底质松散的海底区域。尽管强台风蝴蝶对西沙永乐环礁珊瑚生态影响是显著的，但珊瑚礁三维礁体保存依旧完好，未来珊瑚生态自我恢复的可能性比较大。

S6-O-09

南海海滩岩的细观结构及其基本物理力学性质研究

朱长歧[1,2]，周斌[2,3]，刘海峰[2]

1 中国地质大学（武汉）工程学院，武汉 430074

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

3 中建三局总承包公司，武汉 430064

cqzhu@whrsm.ac.cn

海滩岩为热带、亚热带地区砂质海滩上由碳酸钙胶结潮间带沉积物形成的一种海滩相沉积岩，为海滩相低温低压胶结成因的岩石，其广泛分布于我国南海的珊瑚岛礁及沿岸地带，对其岩土工程性质的研究必将对我国海洋权益的保护及国防建设有重大的理论意义。本文首次对取自南海不同岛礁及沿岸的海滩岩试样，采用宏观微观相结合的研究手段，力图找到控制海滩岩强度的主要参数，为下一步开展海滩岩的深入研究提供理论支持。研究表明，海滩岩具有低密度、高孔隙率，因而具有较大的渗透性；其胶结度介于弱胶结至中等胶结间，风干状态下的单轴抗压强度为 2.02~19.39 MPa，饱和会使海滩岩的强度有不同程度的降低，软化系数（Kd）达到 0.45~0.96，一般情况下，胶结度越低，软化系数越小。海滩岩的抗拉强度介于 0.64~2.52 MPa 间，风干状态下抗压强度与抗拉强度之比为 3.08~9.14，该值小于常规陆源岩石 8~12 的统计值，系不同成岩方式的反映。各参数间的相关关系分析表明，密度和胶结度是控制海滩岩强度的主要参数，单轴抗压强度随着密度及胶结度的增加而明显升高；孔隙率及颗粒粒径对单轴抗压强度的影响不明显，属次要因素。

S6-O-10

西沙海槽盆地油气勘探潜力

钟广见，冯常茂，涂广红，赵静，赵忠泉，金华峰

广州海洋地质调查局

当今世界油气增长主要来自深水区，南海北部陆坡发育一系列深水被动陆缘盆地，这些盆地发育有较厚的中、新生代沉积地层，与世界重要深水含油气盆地类似的特征。西沙海槽盆地是南海北部陆坡深水区的新生代沉积盆地之一，接受了 2000～8000 m 厚沉积，沉积层中部厚，南北薄，呈南北分带特征。西沙海槽盆地的构造变形以拉张断陷为主，伸展构造样式是该盆地最常见和最重要的构造样式，盆地发育经历了古新世-渐新世断陷和中新世-第四纪坳陷两个主要演化阶段，断陷阶段发育陆相河湖相沉积，坳陷阶段发育浅海-半深海沉积。盆地油气地质条件较好，共发育有始新统湖相烃源岩、渐新统及中新统海相烃源岩；圈闭条件良好，发育三种类型的圈闭：构造圈闭、岩性圈闭和地层圈闭。西沙海槽盆地新生界含油气系统形成的关键时刻为中中新世，各种油气成藏地质事件具有较好的匹配关系。新生界含油气系统可划分为 4 个油气运聚单元。

S6-O-11

南海北部陆缘西沙海槽盆地新近系层序地层分析及生物礁发育特征

易海，钟广见

广州海洋地质调查局，广州 510760

yihai72@189.cn

位于南海北部陆缘中部的西沙海槽盆地在古近纪由早期众多相邻的箕状断陷组成，中断陷内充填了陆相沉积；渐新世后随着南海扩张，西沙海槽盆地向统一的拉张伸展盆地转变，逐步形成现今的陆架、陆坡到深海盆的构造格局，海槽内充填了较完整的海相沉积序列。本文通过井震对比，以及各类侵蚀、上超、下超和顶超等地层接触关系，并结合地震相分析了西沙海槽盆地新近系的 III 级层序界面以及层序内的体系域发育特征。

从层序及体系域的分析结果显示：①在西沙海槽盆地，从早中新世到现今形成了早中新统（层序 D，T5-T6）、中中新统（层序 C，T4-T5）、上中新统（层序 B，T3-T4）和上新统-第四系（层序 A，T0-T3）共四个 III 级层序。②层序 D 顶界面 T5（16.5 Ma）、层序 C 顶界面 T4（10.5 Ma）和层序 B 顶界面 T3（5.5Ma）的形成时期都与全球海平面较大下降相对应，说明海平面的下降是层序界面形成的一个主要因素。③ 通过分析从陆架到深海盆区层序内部的沉积厚度和体系域内各类沉积体的沉积结构分析，相比于海平面升降幅度，构造沉降幅度是控制可容纳空间变化的更主要因素，而沉积物供给量及水流的能通量是控制沉积结构的主要因素。

中-晚中新世，在西沙海槽盆地西部地区广泛发育生物礁体。这些礁体主要发育于三个地区：①北部陆架边缘的碳酸盐岩台地之上；②盆地中心凸起的火山之上及其周缘；③盆地南部的古隆起上和其周缘。这表明中-晚中新世西沙海槽盆地西部处于远洋清水环境，适合生物礁的发育。

西沙海槽生物礁体发育具有以下几个特征：①一般具有丘状外形和较杂乱的内部结构，且具有较清晰的底面；②一些礁体边缘具有楔形的礁滩相裙边；③生物礁主要发育于 III 级层序内部的海侵体系域内，且可分为三个生长阶段：a)在海侵初期相对海平面缓慢上升阶段是生物礁发育最繁盛时期，形成发育面积广阔的堡礁；b)当进入到相对海平面快速上升阶段，由于海平面的上升速度超过礁体的生长速度，造礁生物为获得阳光向上快速生长，从而在堡礁上形成尖塔状的礁隆--我们称之为“生命之塔”；c)当海面到塔尖的深度最终超过阳光照射深度，尖塔状的生物礁隆停止生长。

由于生物礁发育于海侵时期，其上覆盖了高水位域的泥质碳酸岩层，从而形成了优良的储盖组合。因此发育西沙海槽盆地西部的生物礁体具有极高的油气勘探前景。

另外生物礁具有强烈的古地理环境指示意义（水深<50m），因此中-晚中新世西沙海槽盆地西部生物礁的发育亦具有明显的构造指示意义：即中-晚中新世时期，西沙海槽盆地尚未处于一个相对较浅的海相环境，并未形成现今的深海盆；直到上新世，西沙海槽盆地才开始大规模的快速沉降，形成现今的深海槽盆（海槽深度>2000 m），此时期除局部高地，其它地区不再发育生物礁（如北部陆架边缘）。

S6-O-12

南海中新世碳酸盐台地发育演化及控制因素

吴时国[1]，张新元[1,2]，吕福亮[3]，王大伟[1]，汪瑞良[4]，杨振[1,2]

1.中科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 中石油杭州地质研究院，杭州 310023
4 中海石油（中国）有限公司深圳分公司研究院，广州 510240
swu@qdio.ac.cn

南海中新世时广泛发育碳酸盐台地，对全球变化和油气资源勘探具有重要的研究意义。我们拟报告根据采用 2D/3D 地震资料，相干时间切片和 3D 振幅可视化等地球物理手段，对中新世碳酸盐台地的研究成果，并评述国内外在南海中新世碳酸盐台地分布规律和控制因素方面的研究进展。包括：（1）南海北部中新世碳酸盐台地的地震识别、结构和生物礁敏感属性（波阻抗）分析；（2）不同地区生物礁及碳酸盐岩的地震剖面的归纳总结，并与巴哈马台地对比研究，建立适用于南海的生物礁及碳酸盐岩的地震识别技术，建立南海碳酸盐台地的演化模式；和（3）碳酸盐台地控制因素研究：1）构造作用；2）海平面变化；3）古海洋因素（底流、重力流和陆缘物质输入）。

S6-P-01

北部湾珊瑚礁生态环境研究与趋向展望

王英辉[1,2]，张瑞杰[1,2]，郭送军[1,2]，陈正华[1,2]，余克服[1,3]

1 广西大学珊瑚礁研究中心，南宁 530004
2 广西大学环境学院，南宁 530004
3 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301
wyh@gxu.edu.cn

珊瑚礁是海洋中的绿洲，是对维护生物多样性和资源生产力有特殊价值的、生物活动高度集中的最大的海洋生态系统，同时也是环境健康的指示物。北部湾有我国国家级珊瑚礁自然保护区，从海南岛西岸的东方到广东徐闻西岸及广西的涠洲岛、斜阳岛都有造礁珊瑚生长。目前北部湾沿海地区正处于经济大开发阶段，社会经济与海洋生态系统保护协调发展显得尤为重要。本文综述了北部湾珊瑚礁生态环境状况、分布特征与优势种、珊瑚礁地貌与沉积环境等方面的研究进展，并提出了未来北部湾珊瑚礁研究的重点包括环境调控机理、生长动态过程、环境变化记录与响应、珊瑚礁生态修复以及可持续利用策略等方面，为北部湾珊瑚礁的生态保护与海洋环境变化预测提供科学依据。

S6-P-02

珊瑚礁结构特征与整体稳定性分析

孟庆山[1]，余克服[2]，汪稔[1]，朱长歧[1]，秦月[1]

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
qsmeng@whrsm.ac.cn

珊瑚礁是由造礁珊瑚及生物历经生物作用和地质作用共同建造的一种特殊地质体，无论是物质组成还是岩体结构均构具独特性。珊瑚礁在全球变化与海洋资源研究方面具有重要地位，随着海洋生物资源和油气资源的开发，珊瑚岛礁的地位变得越来越重要，并日益受到各国重视。目前国内研究焦点主要尚集中于珊瑚礁碎屑土(钙质砂)和礁灰岩的物理力学性质上，对珊瑚礁地层结构与环境影响间关系、珊瑚礁工程建设适宜性以及岛礁整体稳定性等方面的研究尚显不足。

通过在我国南海珊瑚环礁开展精细的工程地质钻探、原位测试和物探探查等工作，分析了矗立于 2000 m 海底的珊瑚环礁浅地

层结构及其礁体形态。研究表明，环礁礁体大致可以分为非胶结的松散碎屑沉积层和胶结的坚硬礁灰岩层。自潟湖中心至外礁坪位置，全新世松散沉积层厚度自 20 m 逐渐走向尖灭，依次为无胶结的潟湖堆积、弱胶结的粗中砂堆积和强胶结的砾块堆积（准礁灰岩），形成外硬内软的“岩盆结构”。准礁灰盆沿不但能阻挡外海强烈水动力对潟湖内松散堆积体的侵蚀，同时又吸收了台风浪自向海坡抛上礁坪的大量礁砾块，对岩盆内的锚泊船舰和构筑于于内礁坪的建筑物起着吸能屏障作用。

由于气候变化、构造运动、海洋水动力和海平面不均衡升降等共同作用，礁体向海坡在不同水深处均发育有水下阶地（平台），形成台阶状的“塔形结构”。自下而上，每一级平台都代表着珊瑚礁生长范围的缩小，也反映出珊瑚礁的生长方式从横侧向增生向垂直向增长的转变，或许还包含有珊瑚礁类型的变化。物探资料显示，珊瑚环礁向海坡上陡下缓，上部陡坡坡度可达 16°~36°，下部缓坡坡度为 4°~25°，阶地宽约 60-80 m，其上堆积了礁缘塌积物。到目前为止，人类尚未发现珊瑚礁体有整体失稳现象，但若发生大地震或在礁体边缘修建大型工程能否诱发触动陡壁的岩体滑移破坏，仍是一个值得深入研究的课题，对人类岛礁工程建设有着重要的指导意义。

S6-P-03

南海粗颗粒钙质土的剪切特性

王新志，朱长歧，孟庆山，汪稔

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试验室，武汉 430071

xzwang@whrsm.ac.cn

粗颗粒钙质土由于其颗粒形状不规则、易破碎、高孔隙率等特征，其力学性质较为特殊。本文采用自主研制的室内大型直接剪切试验设备，对取自南海珊瑚礁和三亚岸礁的粗颗粒钙质土进行了试验，研究了粗颗粒钙质土在不同含水量、不同密度和不同矿物组成条件下的剪切特性。结果表明，粗颗粒钙质土表现出和常规无粘性土截然不同的力学性质：①和石英砂相比，表观内聚力较大，内摩擦角较高，软化性较弱；②表观内聚力随着平均粒径的增大而增大，而内摩擦角随着干密度的增大而增大；③和峰值强度相比，土体剪切破坏后的残余强度的表观内聚力锐减而内摩擦角仅略有减小。因此，粗颗粒钙质土地基或边坡发生剪切破坏初期，可通过注浆加固的办法提高抗剪强度，从而达到加固地基或提高边坡安全系数的目的。该研究成果可为岛礁工程建设提供借鉴，也可为其他粗颗粒土的研究提供参考数据。

S6-P-04

南海中北部珊瑚岛礁台风灾害分析及对策

吕士展，朱长歧，汪稔

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

lvshizhan0402@126.com;

在气候变暖的背景下，极端天气现象出现的概率增加，热带气旋导致灾害的频率及强度有日益加剧的趋势。我国历来是遭受台风危害最为严重的国家之一，相关科研机构对登陆陆地的台风灾害开展了大量研究，但涉及南海珊瑚岛礁的研究较少。珊瑚岛礁由生物钙质岩土材料构成，使其区别于大陆和较大岛屿，在遭受台风灾害影响的特点和机理方面有其独特性，开展专门研究十分必要。

受地理纬度因素的控制，我国东沙、西沙和中沙群岛几乎每年都会遭遇台风等强热

带气旋过境，而南沙群岛由于靠近赤道，遭受强热带气旋影响的概率较低。笔者 2013 年在西沙群岛某珊瑚岛礁亲历了“蝴蝶”、“百合”以及 “海燕”等三个强台风过境，直观感受大自然威力之余，调查了强台风过境后珊瑚岛礁海岸、潮间带、人工构筑物以及岛生植物的变化情况。

台风的破坏力量体现在三个方面：强风、强降水和风暴潮，对珊瑚岛礁而言，危害主要来自强风和风暴潮。本文在现场调查的基础上，对这两方面因素的破坏机理及特点进行了分析，在此基础上，从工程及非工程措施两方面探讨了岛礁防台减灾的相关对策。

S6-P-05

利用珊瑚生长率重建西沙海域中晚全新世海温变化

张会领[1,2]，余克服[2]，施祺[2]，严宏强[2]，刘国辉[2]，陈特固[2]

1 广东海洋大学工程学院海洋工程系，广东 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

zhanghuiling0375@126.com

珊瑚生长率是记录海洋表层海水温度（SST）的重要指标之一。本文在测量西沙永兴岛海域 1 个现代滨珊瑚（*Porites lutea*）和4个中-晚全新世滨珊瑚样品生长率基础上，定量重建了中晚全新世五个特征时段的 SST：1887-2007a AD（27.27 ℃）、2031-1936a BP（26.73 ℃）、2985- 2904a BP（26.5 ℃）、4004-3962 a BP（26.8 ℃）、5514-5398 a BP（27.0 ℃）。这些结果表明 5.5-1.9 ka BP 西沙海域 SST 总体上呈下降趋势，与中国大陆的平均温度基本同步变化。西沙海域中晚全新世 SST 的降低趋势受东亚夏季风强度减弱的控制，也可能与这一时期逐渐活跃的 ENSO 存在一定的联系，而岁差引起的北半球太阳辐射量的减少可能是 SST 变化的根本驱动因素。

S6-P-06

大亚湾珊瑚礁生态系统中汞的含量

Yao-Wen QIU *

State Key Laboratory of Tropical Oceanography, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China

yqiu@scsio.ac.cn

The distribution of mercury in marine food webs has received considerable attention because of the tendency for mercury to bioaccumulate in organisms and the potential risk to the ecological environment and even human being. Coral reefs occupy a small part of the world’s oceans yet harbor a hugely disproportionate amount of its biodiversity. But reefs have suffered degradation from human activities associated with over exploitation and pollution. However, there is relatively few data on mercury levels in the different compartments in the coral reef ecosystem.

Daya Bay, which is adjacent to Hong Kong, is one of the most important economic development districts and aquaculture seawater areas. Non-reefal coral communities are patchily and sporadically distributed in the bay, with 34 species of hermatypic corals. In the present work, mercury concentrations in seawater, sediment, organism (phytoplankton, macroalgae, wild fish/shrimp/crab/shell, farmed fish and fish feed) and coral from the coral reef ecosystem of Daya Bay in South China were analyzed. Mercury bioaccumulation factors (i.e., lipid content and

size) were also discussed. Results further corroborated the hypothesis that mercury biomagnifies along marine food webs.

S6-P-07S

西沙永兴岛黑皮海绵共生菌多样性

刘国辉[1,2]，余克服[1]，施祺[1]

1 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;
sdlgbio@126.com

在全球气候和海洋环境剧变背景下，高生产力、生物多样性的珊瑚礁生态系统正面临着日趋严重的退化。我国南海珊瑚礁遭受诸多因素干扰，如气候变化、人类活动、疾病、台风、捕食压力以及生物竞争。黑皮海绵大规模爆发是造成我国西沙永兴岛造礁石珊瑚覆盖率骤降的主要原因之一。黑皮海绵（*Terpios hoshinota*）皮壳状、灰黑色、富含蓝细菌、覆盖在基质表面，通过空间竞争（overgrowth）方式杀死活珊瑚。本文用分子生物学方法获取黑皮海绵线粒体细胞色素氧化酶基因（CO1）片段序列，进行系统发育重构分析。结果显示黑皮海绵隶属于皮海绵科和软海绵科（*Suberitidae+Halichondriidae*）分支，与先前对其骨骼形态鉴定的分类结果一致。用 16S rRNA 基因与 ITS 序列为遗传标记，对黑皮海绵共生菌群多样性进行研究。结果显示黑皮海绵优势菌为蓝细菌，其含量达到 70% 以上。对永兴岛珊瑚礁不同位点，新、老海绵的菌群结构分析比对，显示菌群结构无显著差异，说明黑皮海绵菌群组成稳定。黑皮海绵包含两种共生蓝细菌：一种为聚球藻属蓝细菌（*Candidate synechococcus spongiarum*），是黑皮海绵优势菌；另外一种隶属集胞藻属蓝细菌（*Synechocystis*），为黑皮海绵稀有菌。Ca. *synechococcus spongiarum* 是目前海绵中分布最广泛也是最大的海绵特异性菌簇 SC（Sponge-specific clusters）。Ca. *synechococcus spongiarum* ITS 序列的系统发育分析显示西沙黑皮海绵形成一个新簇，命名为 clade N。生态型（ecotype）模拟软件 ES（Ecotype Stimulation）预测，表明西沙黑皮海绵中 Ca. *synechococcus spongiarum* 为新生态型，暗示其可能与其他海绵中聚球藻共蓝生菌有不同的生态功能特点。前人对日本和台湾黑皮海绵共生菌电镜研究，显示其共生蓝细菌形态上类似 *Aphanocapsa raspaigellae*，台湾黑皮海绵共生蓝细菌 16S rRNA 基因与原绿藻属（*Prochloron*）有最高序列相似性。我们对西沙黑皮海绵中这类稀有蓝细菌系统发育分析，显示其与台湾黑皮海绵蓝细菌共簇，形成新的海绵特异性簇 SC。它与来自海鞘中共生集胞藻蓝细菌聚类成一大簇，系统发育上明显与原绿藻属分支分离，说明来自西沙和台湾黑皮海绵的 *Aphanocapsa raspaigellae* 属于集胞藻属。

S6-P-08

南海北部亚热带滨珊瑚 Sr/Ca 温度计的建立

Tianran Chen (陈天然), Kefu Yu (余克服), Tegu Chen (陈特固)

Key Laboratory of Marginal Sea Geology, South China Sea Institute of Oceanology,
Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China
chentianran@scsio.ac.cn

Strontium to calcium (Sr/Ca) ratios in annual bands of Porites corals are commonly used as past sea surface temperature proxy in tropical oceans. Here we present a 50-year (1961–2010) near-fortnightly Sr/Ca record in two Porites lutea corals living near the northern limit of reef-building corals in the subtropical

northern South China Sea, where winter temperatures are extreme for hermatypic corals. The Sr/Ca time series shows a clear annual cyclicity, with marked sharp/narrow winter peaks. Comparison with an instrumental SST record indicates that this Sr/Ca record is chiefly modulated by SST. Two different methods are discussed for calibrating Sr/Ca with SST. The correlation between interpolated Sr/Ca and SST is significant, but the coefficient is relatively low, mainly attributed to extreme cold winter SSTs (< ~16ºC) which cause a significantly decrease or even cessation of coral skeletal extension. Another modified method using only annual low Sr/Ca values which could clearly be matched with the same features in the instrumental SST record is more reliable. The modified regression equation does not encompass SSTs below 24ºC. The fidelity of the coral-based Sr/Ca-SST calibration was assessed and the precision of the method is estimated to be 0.31 ± 0.62ºC based on the calibration-verification exercise. The modified method is suggested in marginal coral areas with extreme intra-annual SST variation (e.g., from 13 to 30ºC).

S6-P-09

南海美济礁白化滨珊瑚骨骼中的微量金属元素异常

Shu Li[1], Kefu Yu[1], Jianxin Zhao[2], Tianran Chen[1], Yuexing Feng[2]

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

2 Radiogenic Isotope Laboratory, School of Earth Sciences, The University of Queensland, Brisbane, QLD 4072, Australia

lishu@scsio.ac.cn

Coral bleaching caused by thermal stress is characterized by a significant loss of symbiotic zooxanthellae. The bleaching process may provide a unique opportunity to investigate the relationship between zooxanthellae variation and skeletal trace metal concentrations. Trace metals, including chromium (Cr), copper (Cu), molybdenum (Mo), manganese (Mn), lead (Pb), tin (Sn), titanium (Ti), vanadium (V), and yttrium (Y), were analyzed in two *Porites* corals collected from Meiji Reef, South China Sea (SCS), to assess differences in concentration related to bleached and unbleached bands. Mn, Cu, Sn, and Pb displayed distinct profiles in the bleached coral's 'tissue' layer, where Mn, Cu, Sn, and Pb showed very high levels, indicating an abnormal pattern of trace metal distribution. However, only Mn and Cu showed even moderately high levels in the tissue layer of unbleached coral. The different distribution of trace metals in *Porites* may be attributable to different selectivity on the basis of vital utility or toxicity. Ti, V, Cr, and Mo are discriminated against by both coral polyps and zooxanthellae, while Mn, Cu, Sn, and Pb are accumulated by zooxanthellae and only Mn and Cu are accumulated by polyps as essential elements. The marked increase in Cu, Mn, Pb, and Sn was associated with bleaching processes, including mucus secretion, tissue retraction, and zooxanthellae expulsion and occlusion. Trace elements (like Mn, Cu, Sn, and Pb) in coral skeletons can be used as potential tracers of short-lived bleaching events.

S6-P-10S

西沙群岛海域生物礁发育特征反映的古海平面及构造特征

冯英辞[1,2]，詹文欢[1]，姚衍桃[1]，孙杰[1]，刘守金[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，广州 510301

2 中国科学院大学，北京 100049

fengyingci@163.com

西沙群岛生物礁地层达 1251 m，蕴含丰富的古海平面和构造运动信息。本文利用在西沙群岛海域取得的单道地震剖面，对该区生物礁发育特征及其反映的古海平面和构造运动进行研究。西沙群岛随着南海扩张发生沉降，中新世开始并大规模发育生物礁，中新世晚期、上新世由于西沙群岛快速沉降进入环礁发育阶段。剖面上生物礁地层具有明显的丘状、杂乱等易于识别的反射特征。研究结果认为：西沙群岛海域中新世构造稳定，为生物礁大规模发育提供了适宜的环境；更新世构造运动剧烈，对西沙群岛生物礁发育产生重大影响。

西沙群岛地处热带，生物礁发育主要与相对海平面升降有关。西沙群岛高频率和大振幅的相对海平面升降导致生物礁呈多期发育特征，剖面上不同期次生物礁地层之间常具有较连续强反射界面。相对海平面变化除主要受古海平面波动和构造运动的影响，1251 m 的生物礁地层说明构造沉降对于生物礁发育纵向上起到主要作用。

西沙群岛剖面显示各区域构造具有不同活动性。该区东部、西部和南部边缘剖面均显示出张性构造环境，北部剖面显示挤压构造环境，印证了其阻碍了西沙海槽的进一步扩张造成的推测（施小斌等，2002）。渐新世西沙群岛北部受西沙海槽挤压产生强烈变形，并发育大量断层和褶皱变形，中新世以后有所减弱，但仍处于挤压环境，部分继承性断层现今仍具有活动性。西沙群岛发生过多期火山活动，影响整个西沙群岛，通过刺穿地层为生物礁地层还是沉积地层，火山活动造成的构造高地是否发育生物礁，可以判断其发生时代。剖面显示，该区中新世有火山活动并形成发育生物礁构造，更新世火山活动最强烈。西沙群岛东北部宣德环礁受挤压作用和更新世强烈火山活动的影响，原有礁盘受到严重破坏，广泛发育断层，是该区构造活动最强烈的区域。

S6-P-11

MICP 技术研究现状与发展前景

王义重，朱长岐，汪稔

北京大学地球与空间科学学院，北京 100871

author@163.com

为了改善砂土的工程性能，当前已发展出多种方法和工艺体系，这些方法在处理效果的均匀性，造价，环境影响，场地环境限制等方面各有优缺点，因此仍然需寻找新的方法，尤其是针对某一类特定条件的加固方法，这也是今后的发展趋势。微生物引导的方解石沉积技术（Microbially induced calcite precipitation）是一种使用自然界微生物的生物进程作为工程胶结手段来加固松散砂土的方法，这种方法使用了一种土壤中广泛存在的好氧细菌—巴氏芽孢杆菌来实现胶结。将这种微生物与添加了尿素及钙盐的培养液注入砂土样中，由细菌的生物代谢进程改变近源环境并释放碳酸根，实现碳酸钙的快速沉积和结晶，在基质材料的孔隙中形成较强的胶结，从而提高基质材料的力学性能。

微生物及其衍生产品已经在储层油采集

及提供井筒清洗上使用了将近 50 年，最初是在石油工业中进行应用，即使用细菌引导矿物沉积，封堵储油地层的孔隙，提高石油产出率。因此早期的研究主要集中在微生物引起的矿物沉积对多孔材料渗透性的影响上。

近年来，随着跨学科应用技术的深入发展，越来越多的人开始研究微生物在岩土工程领域的应用。而微生物引导的方解石沉积技术便是其中一个最具发展前景的方向之一。微生物引导的方解石沉积，主要通过以下两个因素发挥作用：

1、细菌呼吸作用以及分解环境中的尿素供能会在溶液中产生 CO2，同时分解尿素会释放出氨，升高近源环境 PH 值，实现基质材料孔隙溶液中的碳酸钙过饱和。2、细菌细胞膜净表面电荷为负，因此可以吸附溶液中的 Ca2+，提供异相成核条件，引导结晶的出现。

微生物引导的方解石沉积技术的发展对于海洋工程地质研究具有一定的意义，主要可以用在试样制备中，还原试样的天然胶结状态。这是因为要直接取得未经扰动的胶结钙质砂样是十分困难的且成本很高。同时，即使取得了原状样，在试样加工和制备过程中的微小应变都会破坏钙质砂的胶结，因而影响试验结果。对于胶结剂，目前使用较多的主要是石膏以及水泥。而自然的钙质砂胶结主要成分就是方解石，因此使用微生物引导的方解石胶结相比其他人工胶结剂更能准确还原自然状态的胶结。

目前这项技术还依然处于试验室研发阶段，在实际工程中的应用较少，但由于其绿色环保，且在其注入时，无颗粒且初始粘性很低，因此仅需要较小的注浆压力即可实现较好的注入，受场地环境限制较小。具有较好的发展前景和较大的发展空间。

S6-P-12S

珊瑚共生虫黄藻密度和实际光合效率的种间差异性研究

许莉佳[1,2]，余克服[1]，李淑[1]，刘国辉[1,2]，陶士臣[1]，施祺[1]

1 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

jiali1016@126.com

全球范围内珊瑚礁退化已是不争的事实，目前濒于灭绝的珊瑚礁占全球总珊瑚礁面积的近 1/3，处于健康状态的珊瑚礁仅占 46%。珊瑚礁退化的最主要原因是珊瑚白化，这种白化通常是指共生藻胁迫白化（Algae-stress bleaching），即珊瑚在遭遇较为强烈的环境胁迫时表现出共生藻密度降低或色素含量减少、遭受光抑制光合作用效率显著降低等。实验研究发现，珊瑚礁白化具有明显的种间差异，但具体原因仍不清楚。

本文以南海北部三亚和文昌两个海区的主要珊瑚优势种（文昌 5 种造礁石珊瑚—澄黄滨珊瑚、翘齿蜂巢珊瑚、粗糙菊花珊瑚、网状菊花珊瑚、指状蔷薇珊瑚；三亚 3 种造礁石珊瑚—澄黄滨珊瑚、松枝鹿角珊瑚、十字牡丹珊瑚）为研究对象，分析了秋冬两个季节珊瑚共生虫黄藻的密度和实际量子产量 Yield。结果表明：1) 不同属种之间珊瑚共生虫黄藻的密度存在不同程度的差异。比如文昌秋季，澄黄滨珊瑚虫黄藻密度为 5.52×10^6 cells/cm^2，与菊花珊瑚 5.45×10^6 cells/cm^2 相比差异不显著，但其显著高于指状蔷薇珊瑚 2.51×10^6 cells/cm^2；三亚秋季，澄黄滨珊瑚虫黄藻密度为 6.08×10^6 cells/cm^2，显著高于十字牡丹珊瑚 4.49×10^6 cells/cm^2 和松枝鹿角珊瑚 2.10×10^6cell s/cm^2。2) 两个区域的研究结果均显示，块状珊瑚共生虫黄藻的密度明显高于枝状珊瑚。如三亚秋冬两季，块状滨珊

瑚虫黄藻密度（6.08×10^6 cells/cm^2、3.25×10^6 cells/cm^2）均显著高于松枝鹿角珊瑚(2.10×10^6 cells/cm^2、2.33×10^6 cells/cm^2)，而枝状珊瑚易于白化，提示珊瑚的抗逆性与其共生藻含量可能具有密切关系。3) 不同属种之间珊瑚共生体的实际光合效率存在差异。秋冬两季的研究显示，在文昌采集的主要珊瑚优势种中，指状蔷薇珊瑚（为枝状珊瑚）的实际光合效率最高；在三亚采集的珊瑚优势种中，松枝鹿角珊瑚（为枝状珊瑚）的实际光合效率也为最高，提示枝状珊瑚的实际光合效率可能高于块状珊瑚。

S6-P-13S

西沙群岛珊瑚礁区潜在地质灾害及其发育规律探讨

刘守金[1,2]，姚衍桃[1]，詹文欢[1]，孙杰[1]，冯英辞[1,2]

1 中国科学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

liushoujin2007@163.com

海洋地质灾害会给海上石油钻井平台、通讯光缆等工程建构筑物、设施设备等造成严重的损坏，甚至会造成重大的人员伤亡，因而研究海洋地质灾害发育对于减小甚至避免损失显得十分必要。本文研究区为我国南海西沙海域，该区内的永兴岛被设为三沙市的行政驻地，海洋开发战略意义重大，相应的工程建设、资源开发等活动必然也随之增多。对于这一海域，前人在沉积学、地球深部构造、古环境、地球化学等方面进行了卓有成效的研究，然而在海洋地质灾害方面却缺乏较为精细的研究。因此，利用地球物理资料，分析该海域可能存在的海洋地质灾害类型与分布，并借助一定的海底地貌演化趋势研究方法，探讨与其相关的地质灾害的发育及演变，研究结果将对本区的工程选址和防灾减灾决策起重要参考作用。

本文所利用资料主要有国家 973 项目在我国西沙群岛海域所采集的两条（XI1、XI2）高分辨率单道地震数据资料，另有西永 1 井、西永 2 井、西石 1 井、西琛 1 井四口珊瑚礁区钻井资料，以及前人在西沙及其邻近地区地质地貌地层年代划分等研究成果资料。首先对剖面上的潜在地质灾害进行了有效识别，识别出该区存在断裂、滑坡、浅层气等潜在地质灾害，其次借助自仿射分形模型计算出西沙地区不同时代地质剖面线分维值，作出并比对了西沙地区不同时代地质剖面线空间频谱特点，通过以上两种手段联合定量定性分析了西沙地区构造地貌未来趋势。最后借助地理信息系统实现了空间定位，结合构造地貌发育趋势的研究结果，分析了西沙地区潜在地质灾害发育规律，并预测了其未来演变趋势。本文的主要结论有以下：

（1）西沙海区潜在的海洋地质灾害主要有断裂、浅层气、滑塌、浅埋礁等，其中断裂主要分布于西沙碳酸盐岩台地东南部，浅层气则在玉琢礁外围及西沙碳酸盐岩台地西南部有较多分布，滑塌等主要分布在碳酸盐岩台地东南部陡崖及斜坡上部地区，浅埋礁则主要分布在台地内部珊瑚礁区。

（2）自古近纪至今不同时代地质剖面线拟合的一维过渡分形函数表现为由古及今分维值呈总体增大、后期较稳定的趋势，表明内外营力对西沙海域地貌改造自古近纪以来总体呈现缓慢增加趋势，不同时代略有差异，后期基本趋于稳定。分维值及频谱比对结果显示 T50、T40、T30、THD 表现为低频段呈较高一致性，在一定程度也反映了中中新世以来西沙海区处于构造较稳定状态。据此认为西沙群岛珊瑚礁区潜在地质灾害受构造活动减弱影响，未来受内动力因素影响潜在地

质灾害总体发育规模程度等均向减弱方向发展，外动力因素在西沙地区潜在地质灾害发育的控制作用趋强；

（3）台地内部珊瑚礁区滑塌范围趋于缩小，礁区受水动力作用侵蚀范围亦将随生物礁范围的萎缩而缩小，因快速沉积而可能造成浅层气及天然气水合物类潜在地质灾害范围将向扩大趋势发展。碳酸盐台地边坡地区滑塌及台地东南部活动断裂区域在未来仍将是潜在地质灾害危险性地区。

S6-P-14

南海西北部碳酸盐台地的地震识别及分类

王英民[1,2]，何永垚[1]

1 中国石油大学(北京)地球科学学院，北京 102249
2 油气资源与勘探国家重点实验室，北京 102249
wym3939@vip.sina.com

据南海被动大陆边缘沉积演化规律，南海西北部拗陷期以来，在构造高部位应广泛发育碳酸盐岩沉积，但目前研究主要围绕梅山组丘状地震反射，其成因解释仍众说纷纭。到目前为止，尚未有人对该地区碳酸盐台地进行过详细的分类，利用目前区域二维地震资料，若能识别宏观的碳酸盐台地，将有利于解决本区生物礁识别难的问题，为深水区碳酸盐岩油气勘探提供依据。

碳酸盐台地的应用一直依赖于 Ahr、Wilson、Read、Tucker 等人提出的碳酸盐台地类型，直到 Bosence 于 2005 年，基于盆地构造背景提出新的 8 种碳酸盐台地类型，许多碳酸盐岩研究者意识到碳酸盐台地类型的多样性及其分类的重要性，尤其近 3 年来，国内学者对碳酸盐台地研究较热，重要文献不断涌现。深水探区因缺少钻井和露头，碳酸盐台地识别非常困难，其类型厘定又是寻找深水探区碳酸盐岩储层的关键。基于高分辨率三维、区域二维地震资料，利用古地貌分析，构造-沉积演化重塑，结合碳酸盐岩沉积学类比，建立了南海西北部碳酸盐台地地震识别标志，确定了其类型及展布，分析了其演化过程及主控因素。认为南海西北部中中新世开始发育碳酸盐台地，碳酸盐台地顶底界面地震反射终止方式，构造层序纵向演化及碳酸盐岩地层地震相响应是南海西北深水区碳酸盐台地地震识别的 3 个关键标志；据分类参数构造背景（Ⅰ级）和地理位置（Ⅱ级）首先将其划分为离岸碳酸盐台地（中中新世）和孤立碳酸盐台地（晚中新世）两大类，据分类参数镶边性（III 级）和台地边缘坡度（IV）进一步细分为：离岸台地镶边岛架、离岸台地缓坡、离岸台地陡坡等亚类；南海西北部碳酸盐台地经历了由西向东的迁移过程，古地貌和海平面变化是该地区碳酸盐台地生长、持续、消亡的两大主控因素，陆坡隆起控制碳酸盐台地发育范围、规模和迁移方向，凸起控制碳酸盐台地类型、相带和迁移速度，半地堑作为外源容纳空间和输出通道而保证了碳酸盐台地发育的“水清”环境，台地边缘形态决定碳酸盐台地高能相带的分布、类型和规模。海平面上升最终导致碳酸盐台地由西向东迁移，台地面积减小，环礁越成熟。

S6-P-15S

西沙海区中新世生物礁发育特征与控制因素

张新元[1,2]，吴时国[1]，姚根顺[3]，吕福亮[3]，王大伟[1]，田洁[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 中国科学院大学，北京 100049
3 中国石油杭州地质研究院，杭州 310023
nancy2710@163.com

南海作为西太平洋一个最大的边缘海，

其优越的地理位置（位于北纬 0—25°之间）和适宜的海水温度（17—28℃）非常适合生物礁的生长和发育。西沙海区位于南海北部，中新世之前是一个出露于地表的古陆地，晚渐新世海平面开始相对上升，周缘生物礁直接覆盖在前寒武纪变质岩基底之上开始发育，中新世早期开始整个西沙隆起淹没于水下并且海平面持续上升，使得生物礁大面积的生长并持续发育，呈现向上加积的形态，晚中新世开始收缩，随后大部分被淹没，仅在西沙群岛之上的构造高部位持续发育至今。在前人研究的基础上，通过西沙海区大量地震资料的精细解释，对研究区内生物礁进行了地震识别，并对其地震反射特征进行了总结：华光凹陷靠近台地边缘部位发育有大量的点礁群，表现为顶部强振幅的丘形反射，在横向及纵向上叠置为规模相对较大的点礁群；中建坳陷靠近台地陡坡边缘部位发育有大量的生物礁，表现为顶部强振幅的丘形反射，内部弱反射、亚平行，周围同相轴上超、顶部披覆，礁前斜坡发育滑塌堆积；西沙隆起上的生物礁分为发育在陡坡带的生物礁和台地内部的点礁；广乐隆起上的生物礁主要发育在台地边缘与斜坡上，表现为顶部强振幅的丘形反射，内部断续弱反射，沉积较厚的生物礁周围出现同相轴上超、顶部披覆，沉积薄的生物礁仅有一至两个同相轴反射。通过对西沙海区生物礁发育演化以及相应的构造活动研究证实，中新世时期生物礁分布规律明显受构造演化作用控制，相对海平面的升降对其生长和分布也有较大影响，这些认识对加强南海深水海域油气勘探和完善生物礁碳酸盐岩研究理论具有重要的意义和价值。

S6-P-16

鹿回头块状滨珊瑚的年龄结构及其生态指示意义

赵美霞[1]，余克服[1]，张乔民[1]，施祺[1]，G. Roff[2]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州，510301

2 School of Biological Sciences, University of Queensland, St. Lucia, QLD 4072, Australia

zhaomeix@scsio.ac.cn

本文利用海南岛鹿回头珊瑚礁调查到的 1857 个块状滨珊瑚群体其生长参数及实验室测得的该礁区块状滨珊瑚平均生长率，计算出块状滨珊瑚的生长年龄并对其年龄结构进行分析，得出该种群平均年龄 25.7yrs，最大年龄为 81yrs，而 95.4%的块状滨珊瑚群体小于 50yrs，其总体年龄结构具有正偏、尖峰分布。礁坪的块状滨珊瑚密度高于礁坡，而礁坡的块状滨珊瑚平均尺寸大于礁坪，但统计分析显示两个不同地貌带的块状滨珊瑚种群差异不显著，这表明鹿回头珊瑚岸礁的块状滨珊瑚总体均以年龄较小的小群体珊瑚为主。

鹿回头珊瑚礁受严重的人类活动干扰后，珊瑚群落处于群落演替早期阶段。在 60 年代初，该珊瑚礁分带明显，礁坪可划分为内礁坪的菊花珊瑚带和外礁坪的蔷薇珊瑚带，礁坡为鹿角珊瑚带，而今的礁坪由块状滨珊瑚 P.lutea 取代了原先的菊花珊瑚和蔷薇珊瑚带。结果显示 P.lutea 不仅在礁坪带发展迅速，在礁坡带同样如此。礁坪、2m 礁坡和 4m 礁坡上 1960 年前生长的珊瑚比率分别低于 1.5%、6.7%和 17.8%。尺寸小、年龄小的珊瑚群体比例是指示珊瑚礁恢复力的一项很好指标。鹿回头珊瑚礁的块状滨珊瑚年龄结构具有以年龄小的小群体为主的特点，可以指示该珊瑚礁被划入国家级珊瑚礁自然保护区以后出现的恢复迹象。三亚国家级珊瑚礁自然保护区建立后，各种过度开发利用活动被取缔，特别是挖礁和炸鱼等。我们的结果显示，保护区建立后礁坪、2m 礁坡和 4m 礁坡上新生长的 P.lutea 群体比例分别为 55%、18.4%和 6.1%。

S6-P-17

西沙群岛永乐环礁夏季海水 pCO_2 日变化和海-气界面通量

严宏强，余克服，施祺，林紫云

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

yanhq@scsio.ac.cn

南海珊瑚礁分布广泛，从近赤道的曾母暗沙（~4°N），一直到南海北部雷州半岛、涠洲岛（~20-21°N）以及台湾南岸恒春半岛（~24°N）都有分布，初步估计现代珊瑚礁的面积约 8000 km^2。但迄今为止，关于南海珊瑚礁区的 pCO_2 了解并不多，仅 Dai 等 2006 年春季对西沙永兴岛珊瑚礁坪进行了昼夜观测，认为海水 pCO_2 存在明显的日周期变化，表现为大气 CO_2 的弱源；Yan 等于 2008、2009 年夏季分别对南沙永暑礁、西沙永兴岛及海南三亚鹿回头岸礁的观测结果亦显示夏季南海珊瑚礁为大气 CO_2 的源。总体而言，对南海珊瑚礁珊瑚礁区海-气 CO_2 交换的了解还非常有限，需要更多的实测资料用于评估南海珊瑚礁区对大气 CO_2 的贡献。

于 2013 年夏季海南西沙群岛永乐环礁进行了海-气 CO_2 交换的连续观测。结果表明：（1）永乐环礁羚羊礁海水 pCO_2 存在明显的日周期，日间下降，夜间上升。（2）珊瑚礁区表层海水 pCO_2 日变幅较大，羚羊礁潟湖为 278~458 μatm，礁外表层海水则较低，永乐大环礁不同观测点结果显示，日变幅 27 μatm 和 95 μatm。（3）在水深较浅的珊瑚较礁坪，生物代谢是海水 pCO_2 变化的主要驱动因素，而水深较深的珊瑚礁潟湖或礁外，水动力条件和生物代谢共同作用影响海水 pCO_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 mmol CO_2 m^{-2} d^{-1}，而永乐环礁羚羊礁受珊瑚生态系统影响较大，其海-气 CO_2 平均通量达到 3.6 mmol CO_2 m^{-2} d^{-1}。

S6-P-18

南海珊瑚礁的资源国土功能与科学应用策略

余克服 [1]，孟庆山 [2]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 中国科学院武汉岩土力学研究所，武汉 430071

kefuyu@scsio.ac.cn

星罗棋布于南海的珊瑚礁几乎是我国在南海唯一的陆地国土类型，初步统计现代珊瑚礁的面积（亦即珊瑚礁海山山顶的面积）约 8000 km^2，但珊瑚礁碳酸盐台地的面积要大得多，正如山顶与山脚的关系。广泛分布的珊瑚礁在我国长期立足于南海的能力建设方面一直发挥着重要作用，分布于南海的工程设施无一例外地都依托于珊瑚礁。随着对南海开发的加速，南海珊瑚礁将不可避免地在各类工程建设中承担越来越重要的作用。但珊瑚礁本身是重要的生态资源，对于优化海洋生态环境、调节气候变化、资源供给等方面具有重要功能。因此，在以珊瑚礁为依托进行工程建设的规划和实施过程中，应该充分意识到珊瑚礁的多重功能以及深入研究珊瑚礁的结构特征，尽可能地减少对珊瑚礁的破坏，倡导“绿色工程”。

环礁是南海珊瑚礁最主要的类型，如中沙群岛的黄岩岛（礁）和南沙群岛的仁爱礁、半月礁等均为环礁。自环礁外缘向中心大体可分为礁前斜坡、礁坪、潟湖坡和潟湖盆底等 4 个生物地貌-沉积带，相应地也为 4 个工程地质带。有些环礁的礁坪上发育了灰砂岛，其上可进一步发育植被和淡水透镜体。南海珊瑚环礁厚逾千米，其结构总体来说是稳定的。从地层结构上看，现代珊瑚礁层（约 20

米厚）以下的晚更新世以前发育的珊瑚礁，都发生了成岩作用。顶层近 20 米厚的现代珊瑚礁层没有发生真正意义上的成岩作用，但其外礁坪因为珊瑚藻（红藻）的强粘结作用，岩层相当坚固，甚至好于礁灰岩。这种生物粘结作用向着潟湖盆底逐渐减弱，所以形成自潟湖中心向外礁坪松散层逐渐减薄的特征，而固结层则逐渐加厚、增宽的“岩盆结构”。

现有的生态研究成果显示，环礁外沿与外海接触的礁前斜坡带是珊瑚生长发育的最理想场所，而枝状珊瑚对环境的变化最为敏感。因此工程活动选址建议远离礁前斜坡带、远离枝状珊瑚发育的区域。优先选择灰砂岛和低潮出露、珊瑚生长少的区域，同时做好防护，保护珊瑚生长的水体环境。

S6-P-19S

南海西北陆坡区中新世碳酸盐台地周缘水道体系沉积特征及分布规律

田洁[1,2]，吴时国[1]，吕福亮[3]，王大伟[1]，张新元[1,2]，杨振[1,2]

1 中科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 中石油杭州地质研究院，杭州 310023

tianjie59707743@163.com

南海西北部陆坡区中中新世时广泛发育碳酸盐台地，由于台地的暴露剥蚀再搬运，台地周缘广泛发育碳酸盐重力流沉积，在碳酸盐碎屑搬运机制中，水道搬运是一种重要的搬运沉积过程。通过对大量高分辨率 2D/3D 多道反射地震数据的精细解释，发现南海西北部陆坡地层中广泛发育水道沉积。本文以西沙碳酸盐台地和广乐碳酸盐台地为研究靶区，采用 2D/3D 地震资料，利用相干时间切片和 3D 振幅可视化等地球物理手段，通过构造沉降校正等方法恢复古地貌，发现中中新世碳酸盐台地周缘的水道沉积。根据地震反射结构的差异性，结合碳酸盐台地的构造-沉积特征，在碳酸盐台地周缘识别出两种类型的水道。

I 型水道为成片发育的小型水道，这种水道具有一定的侵蚀能力，剖面上呈典型的“V”型形态，但侵蚀深度较小，被侵蚀的下部地层被进一步向下输送。单条水道宽 100~1500m，水道之间相互平行且连续性好，在相干体基础上做等时切片，通过构造沉降恢复古地貌，均可以看到水道在平面上构成“齿状”形态，横向上延伸宽度可达 15km。这些水道在垂向上没有明显的“继承性”特征，中中新世早期开始发育时，水道下切较浅，底部侵蚀界面明显，地震相表现为同向轴光滑较连续，到中中新世晚期水道规模变大，下切加深，底部侵蚀界面地震相表现为同向轴光滑，连续性差。

I 型水道主要分布于广乐碳酸盐台地周缘，包括广乐碳酸盐台地北部斜坡及南部斜坡处。两处水道均呈 SE-NW 向，是输送碳酸盐碎屑的主要通道。

II 型水道为单独发育的水道，这种水道的形成通常是一个连续而复杂的侵蚀-充填过程。根据水道内部侵蚀-充填特征的不同分为 II_1 型和 II_2 型水道。II_1 型水道为单一水道，具有明显的底部侵蚀界面，剖面呈宽缓的“U”型特征，此水道的形成主要包括侵蚀期和充填期。水道内部地震相表现为强振福、中频率、连续性好的反射特征。II_2 型水道为具有多期侵蚀-充填的复合水道，水道前段以侵蚀作用为主，剖面呈“V”型，水道中下部以垂向加积为主，不同位置的水道可划分不同期次的演化阶段，具有不同的内部充填特征。

古地貌显示在西沙碳酸盐台地与广乐碳酸盐台地之间发育一条近 NS 向的低洼带，

是 II 型水道的发育场所。低洼带中间高，向两侧变低，因此水道也顺势分为两支。其中南部的一支为 II_1 型水道，北部的一支为 II_2 型水道。西沙碳酸盐台地南部也发育一条规模较大的 II_2 型水道。

碳酸盐台地周缘的水道作为碳酸盐碎屑的搬运通道，使碳酸盐台地为深水区提供近源碳酸盐碎屑沉积。

S6-P-20

重磁资料在海域火成岩分布特征研究中的应用——以北黄海盆地为例

涂广红[1]，冯常茂[1]，黄松[2]，程日辉[3]

1 广州海洋地质调查局，广州 510760

2 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

3 吉林大学，长春 130021

tgh519@163.com

北黄海海域位于胶辽隆起与朝鲜半岛间，在构造上属中朝板块东南部，夹持于郯庐断裂与苏胶临津江造山带间，地质背景复杂。目前该海域已经开展了专项油气勘探工作，尚未取得重大油气突破，反映出该海域油气地质条件比较复杂，勘探难度较大，特别是部分火成岩在地震上也难以有效识别，因此本项研究尝试综合利用重、磁等资料分析勘探区火成岩的分布特征，为后期的勘探提供基础地质资料。

利用场源边界检测技术，通过理论模型试验和实测数据试验，寻找研究目标的边缘判别标志以及有利边缘技术组合，应用该技术对联合勘探区块的重、磁数据进行研究，预测了火成岩平面分布特征，并将结果与地震解释的 Rg 界面识别的火成岩进行对比分析，二者既有重叠的部分，也存在差异，两种结果相互印证、相互补充。

同时，利用重、磁异常欧拉反褶积计算火成岩体的顶面埋深，以及深部界面反演计算磁性基底埋深，同时通过地震解释结果获取沉积层埋深，建立进行重、磁、震剖面联合反演所需要的初始地质地球物理模型，通过多次人机交互反演，得到最终较为合理的地质地球物理模型，并将剖面反演的火成岩体的空间参数与平面预测结果相互反馈、相互约束。

根据火成岩同位素定年结果与钻遇火成岩统计分析，结合火成岩在平面及剖面上的分布特征，探讨了火成岩与研究区烃源岩的时空关系，认为燕山晚期的岩浆活动有利于上侏罗统和下白垩统烃源岩进入成熟阶段。

S6-P-21

南海西沙海槽盆地含油气系统分析

冯常茂，钟广见，赵静，赵忠泉

广州海洋地质调查局矿产所，广州 510760

fengchangm@163.com

西沙海槽盆地化探综合异常研究结果表明，该盆地海底表层沉积物化探指标出现异常，总共可以划分出 4 个油气化探异常带，说明该区域存在较强烈的油气渗漏活动，且地表油气显示较好，据此推测西沙海槽盆地可能发育了新生界含油气系统。该系统中始新统湖相、渐新统海相泥岩为主要烃源岩，下中新统海相泥岩为次要烃源岩；始新统滨湖相、扇三角洲、近岸水下扇砂岩及渐新统－中新统的滨海相、扇三角洲、斜坡扇砂岩为储层，覆盖于储层之上的上中新统－第四系泥岩为该区良好的区域盖层。

从含油气系统地质事件分析，自早渐新世以来，西沙海槽盆地即有烃源岩进入成熟门限，开始了油气的运移，并一直持续至今，其油气的运移、聚集时间跨度非常大；中中新世时期的“东沙运动”，使盆地内的各种圈

闭最终定型，并一直持续至今，且该期构造运动之后，调查区整体进入陆坡深水沉积环境，区域盖层逐步形成，对下部油气形成有力封盖，因此，中中新世是西沙海槽盆地新生界油气系统的关键时刻。

为了评价该含油气系统不同地区的油气资源前景，将含油气系统进一步细分为 4 个油气运聚单元，经过分析，认为盆地北部的油气运聚单元具有最好的油气勘探前景。

S6-P-22

南海北部双峰南陆坡早—中中新世沉积充填特征及其影响因素分析

钱星[1,2]，张莉[1]，易海[1]，韦振权[1]，帅庆伟[1]

1 广州海洋地质调查局，广州 510075

2 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510075

qian.xing@foxmail.com

深水陆坡沉积是近年来我国海域油气勘探关注的重点。利用二维多道地震剖面及周边钻井资料，以外部形态和内部结构相结合的方式对南海北部双峰南陆坡区早-中中新世地层进行地震相分析，识别出 S 形前积、丘状前积、席状杂乱、席状平行等地震相类型，不同的地震相分别代表不同的沉积体系类型。结合研究区古地理演化及其邻区同时期的构造-沉积演化分析，认为其主要发育了陆架边缘三角洲、斜坡扇及滑塌体 3 种典型的沉积体系，它们的形成与演化是构造运动、相对海相对平面变化及物源三方因素相互作用影响的结果。来自华南及古珠江为供源的三角洲体系是影响陆坡区沉积体系发育的最重要因素，是沉积体系发育的物质基础，构造运动和相对海平面变化为陆坡区沉积体系的发育提供了可容纳空间。

S6-P-24

华南部分珊瑚海区的营养盐和其来源特征

曹文志，曹娣

厦门大学环境与生态学院，近海海洋环境科学重点实验室

wzcao@xmu.edu.cn

Coral reefs have suffered a remarkable decline in the world. Nutrient over-enrichment is considered a majorcause of this decline because degraded coral reefs generally exhibit a shift from a coral-dominated to a macroalgal-dominated ecosystem. With the development of flourishing tourism around the Sanya National Coral Reefs Reserve (SNCRR) tract and a traditional fishing in the Xuwen National Coral Reefs Reserve (XNCRR) tract, this study presents a review of the current state of knowledge of coastal nutrient status in China and evaluates the primary sources ofnutrients into the nearshore coral reef ecosystems, whether natural or anthropogenic through the use of stable isotopes. Statistics indicate that concentrations of inorganic nitrogen at XNCRR are about 4.399-24.244μmol•L-1, while those are somewhat higher from 5.594μmol•L-1 to 42.900μmol•L-1 at SNCRR. SPR and silicon are in normal level of their routine. Isotopic signatures of δ15N, δ13C and C:N have successfully been used to identify the sources of anthropogenic nutrients in aquatic environments. Continuous nutrient inputs from near shore anthropogenic activities are potentially the causes of reef degradation and consequent overgrowth of macroalgal in the areas. And this provides good implications for the reserves and coastal resources

management.

S6-P-25S

生物活动对珊瑚礁海水中微量元素及碳酸盐体系组成的控制

陈雪霏，韦刚健

中国科学院广州地球化学研究所

chenxf@gig.ac.cn

海水中的微量元素能够以类质同象的形式进入珊瑚钙质骨骼中，从而其在海水中的变化会被珊瑚骨骼所记录。了解微量元素在海水中短时间尺度上的变化特征和控制因素有助于理解珊瑚重建的微量元素变化时间序列的地球化学含义。因此对珊瑚礁海水中的微量元素，以及溶解氧和碳酸盐系统等组成进行周日观测，有助于了解生物活动对这些微量元素的影响，及其作为海洋环境变化替代指标的意义。

本研究对三亚鹿回头珊瑚礁海水中的溶解态微量元素 V，As，Se，Mo，W 和 Y 进行了分析测定，同时也测定了海水的 DO，pH, DIC 等碳酸盐系统参数。其中珊瑚礁海水的 DO，pH，DIC 及$\delta^{13}C_{DIC}$均呈现出昼夜波动的情况，是生物光合呼吸作用和钙化作用共同调节的结果。同时，溶解态微量元素 V，W 和 Y 与 DO，pH 及 DIC 等呈同步的变化，意味着这些微量元素可能参与到珊瑚礁生物的光合呼吸作用过程，因而其在海水中的含量变化受到这些生物活动的控制。而溶解态微量元素 Mo，As 及 Se 呈现出不同的昼夜，亚昼夜波动变化情况，且与珊瑚礁海水的碳酸盐系统参数无明显对应关系。考虑到它们在固氮作用等新陈代谢过程的参与程度，测它们在海水中含量的变化可能受到其他营养同化作用或地球化学过程的控制，其细节还需要进一步的研究证明。海水中微量元素对生物光合呼吸作用在短时间尺度上存在响应，说明它们对海洋初级生产力变化十分敏感。这意味着它们在海水中含量的变化能够在一定程度上反应海洋初级生产力的变化情况。

S6-P-26S

泥质烃源岩比表面特征及影响因素探讨

朱晓军[1]，蔡进功[1]，宋国奇[2]，季俊峰[3]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中石化胜利石油分公司，山东东营 257000

3 南京大学表生地球化学教育部重点实验室，江苏南京 210093

superb.zxj@163.com

选取渤海湾盆地东营凹陷 S 井不同埋深的泥质烃源岩，并提取小于 2μm 的粘粒级组分，采用氮气吸附法（BET）和乙二醇—乙醚法（EGME）检测比表面积（SSA），同时开展 X-射线衍射的矿物成分检测，探讨泥质烃源岩的比表面特征及影响因素。分析结果表明：泥质烃源岩的比表面由内表面和外表面构成，且粘土矿物（尤其是蒙脱石）对烃源岩的内、外比表面积贡献最大，非粘土矿物基本只含外表面；成岩作用对矿物成分等的影响致使比表面积在纵向上呈分段性演化的特征，其中内表面积的变化更明显，且碳酸盐矿物含量大于 40%时对比表面（尤其是内表面）有较强抑制作用，并存在使外表面积稳定的碳酸盐矿物界限含量（20~40%）；烃源岩内、外比表面的配比以泥质粉砂岩更丰富，且外表面积大，泥岩的比表面积（以内表面为主）比砂岩（以外表面为主）的高。根据泥质烃源岩内、外比表面的差异性，分析得出了泥质烃源岩比表面受岩石类型、矿物成分以及成岩作用等因素的影响，这对泥质烃源岩有机质和烃赋存研究以及油气的勘

探开发具有重要意义，特别是在非常规油气的研究应用中值得关注。

S6-P-27S

泥质烃源岩中＜2 μm 组分的热稳定性特征研究

李颖莉*，蔡进功

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
liyingli369@126.com

泥质烃源岩是粘土矿物与有机质相互作用的重要场所。在成岩过程中，两者的相互作用及演化特征，值得关注。红外光谱技术是研究粘土矿物与有机质之间相互作用的有利手段，特别是漫反射升温红外分析，可以有效的获取矿物基团与有机质官能团随温度变化的动态信息。这为揭示泥质烃源岩成岩过程中粘土矿物与有机质的演化规律，提供了可行性。

作者选取东营凹陷古近系渐新统沙河街组（Es3，Es4）埋深 2200-3500 m 的泥岩，提取＜2μm 组分，运用漫反射红外光谱并结合 XRD，热解分析探讨泥质烃源岩在成岩过程中的有机无机相互作用及演化特征。

XRD 结果显示，由浅至深，所选样品的蒙脱石含量由 75%降低至 8%，伊利石含量由 14%升高至 91%，预示着蒙脱石向伊利石的转化，且 3100 m 之后迅速加快；热解分析表明，样品富含有机质，TOC 介于 1.37-6.75%，在 3100m 之后丰度明显增加；同时每个样品的漫反射红外谱图上同时存在粘土矿物的结构羟基振动峰以及甲基和亚甲基伸缩和弯曲振动峰。这些现象表明，在泥质烃源岩的成岩演化过程中，有机质主要通过与粘土矿物结合而富集，且随成岩作用的进行呈现分段性特征，由蒙脱石-有机质复合体逐渐向伊利石-有机质复合体转化。

另外，漫反射红外分析还揭示了粘土矿物吸附水的羟基伸缩和弯曲振动峰与甲基和亚甲基的振动峰同时出现。进一步对样品进行升温红外测试后发现，250 ℃时，上述有机质和吸附水的振动峰依然存在，且强度没有明显变化；而升温至 550 ℃时，则表现为同步的强度降低甚至消失；这说明泥质烃源岩中＜2μm 组分的有机质主要通过吸附水的结构羟基即“水桥”机制与粘土矿物结合在一起。

统计甲基和亚甲基的伸缩振动峰的面积（A2926+A2852）后发现，其随埋深逐渐增大，且在 3100 m 之后迅速增加。同时吸附水的弯曲振动峰在 3100 m 之后逐渐向低频方向移动（1635 cm-1 至 1620 cm-1），强度变弱。这表明 3100m 之后粘土矿物层间吸附水的是水合作用减弱，有机质更多的通过“水桥”被吸附在粘土矿物的外表面(Madejova 2003, Frost et al. 2008, 卢龙飞 et al. 2011)。因而推测＜3100m 的泥质烃源岩中，有机质通过粘土矿物层间吸附水分子与粘土矿物（主要是蒙脱石）相结合；而深度＞3100 m 的样品中，更多的有机质通过“被吸附在粘土矿物（主要是伊利石）的外表面。这对泥质烃源岩成岩演化过程中有机质赋存特征的研究，具有重要的意义。

S6-P-28S

西沙海区新近系碳酸盐台地的古地貌研究

杨振[1.2]，张光学[3]，吴时国[2]，姚根顺[4]，吕福亮[3]，王大伟[2]

1 中国科学院大学，北京 100049
2 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
3 广州海洋地质调查局，广州 510075
4 中国石油杭州地质研究院，杭州 310023
yangzhen011043@163.com

古地貌的构造格局控制了沉积体系的发

育，对其研究有助于分析物源体系和沉积体系之间的空间配置关系，有利于确定油气勘探目标。大量的研究表明：西沙海区新近系碳酸盐台地广泛发育，类型多样，然而由于古水深校正和去压实校正等问题的存在，对西沙海区新近系碳酸盐台地的古地貌研究相对较少。

本次工作，利用西沙隆起及周缘深水区新采集的地震数据，同时结合最新的钻井成果，恢复西沙海区新近系四期碳酸盐台地的古地貌，并对华光三维区的古地貌进行详细的刻画，取得了以下主要认识：西沙海区新近系碳酸盐台地的四期古地貌分别对应碳酸盐台地演化的初始发育期、全面发育期、衰退期、淹没期等四个时期。初始发育期(23.3 Ma)：西沙隆起和广乐隆起之上处于剥蚀阶段，其中广乐隆起南北两侧的斜坡坡度具有“北缓南陡”的特点，碳酸盐台地初始发育于隆起周缘斜坡的地形高点之上，受地形的限制，多为孤立的台地，规模较小。全面发育期(15.5 Ma)：整体的地形起伏继承了早期的地貌构造格局，两隆起周缘斜坡坡度增大，水体加深，隆起之上处于滨浅海环境，碳酸盐台地进入全面发育时期。此时期，以潮汐水道为主台地边界处于斜坡之上，中建海槽的存在为碳酸盐碎屑的沉积和搬运提供了场所。衰退期(10.5 Ma)：隆起之上处于浅海环境，斜坡处于浅海-半深海环境。此时期，台地主要发育于隆起之上，以断层陡崖为主的台地边界收缩至隆起边缘。随着水体的加深，早期出露于海面的火山逐渐演化为孤立的台地。西沙隆起之上地形的起伏导致了台内洼地的发育，而广乐隆起之上不发育洼地。淹没期(5.5 Ma)：隆起之上处于半深海环境，台地主要发育于西沙隆起之上的岛屿周缘，而广乐隆起之上水体较深，不利于台地的发育，在广乐隆起北部斜坡之上发育大型侵蚀水道，这与块体搬运沉积体系（MTDs）发育有关。

构造沉降速率计算结果表明：23.3 Ma 至 5.5 Ma 阶段，凹陷的构造沉降速率从 0.08 mm/yr 上升至 0.26 mm/yr，而隆起之上沉降速率从 0.05mm/yr 上升至 0.1 mm/yr. 这种差异的沉降速率使得隆起周缘斜坡的坡度逐渐增大，而各构造单元沉降速率的上升导致水体的加深，促使了沉积环境的变化，进而控制了台地的整体演化。

S7-O-01

1945-2010 年东海黑潮区 PN 断面夏季温度年际/年代际变化

康建成[1]，谭能志[1]，Guoqi Han[2]

1 上海师范大学 城市生态与环境研究中心，上海 200234

2 Fisheries and Oceans Canada, St. John’s NL, A1C5X1, Canada

使用 Ishii（1945-2010）海洋温度数据集和新的海洋地形数据库资料，选取夏季温度平均值、最大值和最小值等，不同的温度指标，分析东海黑潮 PN 断面 66 年夏季温度的时空变化特征及其原因，结果表明：

（1）从 1945 到 2010 年，PN 断面夏季的温度在 300 m 以浅显著增温，300-500 m 为过渡层，500 m 以深降温为主；2000 年以后，整个断面的极差在急剧扩大。其中对增温贡献最大的层是 50-100 m 层，对降温贡献较多的是 500-700 m 层。

（2）通过小波分析可以得出：PN 断面温度具有 2-5 年的主周期和 11 年的次周期。

（3）通过 PN 断面不同深度夏季温度特征值与 Niño3.4 区 SST 相位的相关分析可得：超前 13 个月的 ENSO 指数，与 PN 断面 0-50 m 层温度平均值、最大值的相关系数最高，达到 0.37 和 0.40，均超过了 98%的置信水平

检验，Niño3.4 区 SST 对 PN 断面的影响深度可能以 50 m 以浅为主。

（4）通过 PN 断面不同深度夏季温度特征值与 PDO 指数的相位的相关分析可得：超前 6 个月的 PDO 指数与 0-50 m 层的 PN 断面温度平均值、最大值相关系数最高，分别为 0.35、0.37，均通过了 98%的置信水平检验，PDO 对 PN 断面温度的影响深度可能主要在 50m 以浅。

（5） 通过 PN 断面不同深度夏季温度特征值与 NPGO 指数的超前滞后相关分析可得：超前 13 个月的 NPGO 指数与 100-200 m、200-300、300-500 层的 PN 断面夏季温度最大值相关系数最高，分别为 0.40、0.36、0.35，均通过了 98%的置信水平检验，NPGO 对 PN 断面温度的影响深度可能为 100-500 m。

S7-O-02S

海洋地形对小尺度湍流的作用

Qiong Zhang (张琼), Andrew F. Thompson, Andrew L. Stewart

Division of Geological and Planetary Science, California Institute of Technology Pasadena, CA, USA, 91125

qzh@caltech.edu;

在海底坡度较大的地区，海洋表面往往出现较大的垂直速度。在这一地区由于海底地形的作用，等密度面会弯曲朝向海底坡度，甚至与之平行。在海洋表面，小尺度湍流和由此产生的非地转平衡次级环流也会引发较大的垂直速度。南大洋绕极环流是一个很好的例子。最近的研究表明，温暖而盐分高的环极地深层水上涌至南极大陆架是造成南极冰盖加速融化的重要原因。在威德尔海地区，这一现象与南极大陆架上的涡动翻转流有关。然而关于海洋湍流与海底地形的关系至今仍没有系统的理解，这便是本研究的目的：在一个类似南极绕极环流的锋面地区，探索海底地形对海洋湍流的普遍影响。

本研究中，我们利用 MITgcm 高分辨率模拟大陆架上的风驱动锋面洋流。在一个周期边界条件的通道中，风驱动的平均翻转流和斜压涡动产生的翻转流达到平衡；海洋中的传输由二者之和，即剩余环流造成。在海洋表面，风应力驱动艾克曼传输并造成等密度面的倾斜。当势能积累到一定程度，斜压不稳地开始发展并引发相反方向的涡动翻转流。研究中我们利用涡动流函数诊断小尺度湍流，这一流函数的大小取决于等密度面坡度与海底地形坡度之比。此外，小尺度活动在大陆斜坡上表现出不同的空间分布。我们发现表面湍流的不均匀分布源于海底摩擦产生的位势涡度异常。海底地形与等密度面相交，海底艾克曼传输的辐合或辐散会改变等密度面之间的厚度从而引起位势涡度的变化。在海洋表面，这表现为罗斯比数的南北不对称分布。

S7-O-03

20-21 世纪加拿大东岸海平面的变化

Guoqi Han[1], Zhimin Ma[1,2], Huizhi Bao[1], Aimée Slangen[3*]

1 Northwest Atlantic Fisheries Centre, Fisheries and Oceans Canada, St. John’s, Canada

2 Memorial University of Newfoundland, St. John’s, Canada

3 Institute for Marine and Atmospheric Research Utrecht, Utrecht University, The Netherlands

Mean sea level is one of the most important indicators for climate variability and change. Here we use tide-gauge data and satellite altimetry measurements to examine past trends in the mean relative sea level (RSL)

along East Canada. We then combine model output and satellite observations to project sea level changes in the 21st century. The mean RSL trend based on historical tide-gauge data shows large regional variations, from 2-4 mm/yr (above the global mean RSL rise rate) in the southeast to -2 mm/yr in the northwest. This spatial difference can mainly be attributed to that in the vertical land motion measured by the Global Positioning System (GPS). The combination of altimeter-measured sea level change with the GPS data can approximately account for tide-gauge measurements at most stations over 1993-2011. When the GPS data are used, the projected mean RSL rise between 1980-1999 and 2090-2099 ranges from 38 to 63 cm in the southeast and smaller in the northwest. In spite of considerable uncertainties the ocean steric and dynamical effect is the dominant contributor (35-70 cm) to the RSL rise along the Canadian east coast. The land-ice (glaciers and ice sheets) melt contributes to the RSL rise by 10-15 cm at most stations. The effect of the vertical land uplift is large (40-50 cm) at stations in the northwest, significantly reducing the magnitude of the RSL rise there.

S3-O-04

长江口海平面上升对城市安全影响及应对关键技术

程和琴[1]，陈吉余[1]，陈祖军[2]，阮仁良[3]，徐贵泉[2]，顾圣华[4]，张先林[5]

1 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

2 上海市水务规划设计研究院，上海 200232

3 上海市水务局，上海 200050

4 上海市水文总站，上海 2000232

5 上海市规划和国土资源管理局，上海 200003

hqch@sklec.ecnu.edu.cn

从上世纪 90 年代起，海平面上升对沿海地区人类生存环境影响的研究热点，逐渐从全球绝对海平面上升研究转向区域相对海平面上升研究，其主要原因为在海平面上升影响严重地区相对海平面的上升速率可能是绝对海平面上升速率的数十甚至上百倍，对沿海地区经济发展的危害更为严重。本文研究上世纪 90 年代以来上海地区地面沉降、流域来沙减少导致的河口冲淤、河口工程导致的局域水位抬升对海平面上升幅度的贡献，评估长江河口区相对海平面上升对上海市防潮与供水安全标准、社会经济的影响以及应对策略和行动指南，以期为保障上海市城市安全和重大工程项目提供重要依据。

S4-O-05

新西兰东南岸外陆架－上陆坡~1Ma 以来的氧同位素地层学及其古环境意义

丁旋，吴莹莹，李稳，段莹

中国地质大学（北京）海洋学院，北京 100083

dingx@cugb.edu.cn

国际大洋钻探(Integrated Ocean Drilling Program) IODP 317 航次以“全球海平面变化和区域构造及沉积过程对大陆边缘沉积旋回控制的对比研究”为科学目标，在新西兰东南岸外的坎特伯雷盆地实施了钻探。本次研究针对IODP317航次在新西兰东南岸外陆架区和上陆坡区钻获的 U1354B（44°50.8367′S, 171°47.2069′E，水深 113.4m）、U1351B （44°53.0422′S, 171°50.4065′E，水深 121.7m）和 U1352B（44°56.2558’ S、172°1.3630’ E，水深 343.6m）三支岩心，通过对岩心沉积物样品中有孔虫壳体的

AMS^{14}C 年龄测试、底栖有孔虫 *Nonionellina flemingi* 壳体的氧碳稳定同位素分析，结合自然伽玛射线值、古生物地层年龄，与全球大洋底栖有孔虫氧同位素合成曲线 LR04、相邻 ODP 1119 站位已确定年龄的自然伽玛射线值变化曲线进行对比分析，建立了 U1354B、U1351B 和 U1352B 三支钻孔岩心~1 Ma 以来的年代地层框架，识别出至少四次沉积间断。

将陆架区 U1354 站位、U1351 站位和陆坡区的 U1352 站位底栖有孔虫氧同位素地层进行对比，发现它们有非常一致的变化趋势。令人感兴趣的是，这三支岩心由近岸向远岸，自陆架至陆坡，底栖有孔虫 $\delta^{18}O$ 的平均值增重大约 1‰（PDB），初步分析可能是受海水盐度变化的影响。

对 U1352B 孔~1 Ma 以来的浮游和底栖有孔虫 $\delta^{18}O$ 变化曲线进行频谱和小波分析，发现它们在~0.8Ma 以来有较好的 100 ka 和 23 ka 周期。

S7-O-06S

南海北部第四系陆架埋藏河道体系及其对古海平面、古气候变化的启示——来自三维地震的证据

卓海腾[1,2]，王英民[1,2]，李华[1,2]，陈维涛[3]，徐少华[1,2]，万海清[1,2]，王利良[1,2]，刁宛[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

3 中海石油（中国）有限公司深圳分公司，广州 510240

zhuohaiteng@hotmail.com

近些年，三维地震技术不断发展成熟，虽然主要是针对深部进行的采集，但是也同时获得了高精度的浅层地质信息，为第四系研究提供了绝佳的条件。目前为止，这些信息还没有得到第四系地质学家们的广泛运用。第四纪时期，全球普遍发育了高频的沉积物源演变、大幅的海平面升降及天文周期控制下的冰期——间冰期气候旋回等事件，而陆架沉积层是这些事件的忠实记录者，蕴含了第四纪海平面和气候演化的丰富信息。

本研究利用南海北部大范围的三维地震资料，对陆架区第四系层序地层及多期埋藏河道体系进行了研究，包括其平面和剖面形态、组合展布特征、岩性充填等方面。研究表明，南海北部陆架区第四系初步可识别出六个主要的层序界面（SB1-SB6），从而将整个第四系划分为五个三级层序（SQ1-SQ5），这恰好与五期埋藏河道发育具有良好的对应关系。高分辨率的地震切片显示，这些河道既包括具有层序边界意义的下切谷，也有正常的三角洲分流河道，其具有规模迥异（小于 100 m~大于 10 km）、形态多样（平直、蛇曲、辫状等）等特点。采用定量的手段，对识别出的 60 余条河道的地貌参数进行了测量和获取，主要包括河道宽度、河道带宽度、深度、宽深比、弯曲度、蛇曲波长等等。

同时，研究结合已有的浅层钻孔资料对各期次河道发育的时代进行了初步的界定，结果表明，大型的下切谷多数发育于布容-松山极性倒转（ca. 780 ka）以来，并且对应于几期最大幅的海平面下降。分析认为，这并不仅仅是时间上的巧合。由于南海北部气候很大程度上受到东亚季风的影响，以 900 ka 为界，南海北部发生了重要的气候事件——更新世气候转型，此后，冰期期间的冬季风强度明显强盛，气候更加干冷，为大幅的海平面下提供了气候条件，更加易于形成河道下切。研究还证实，河道的类型、规模与海平面所处的位置具有很大关系，只有在海平面下降到陆架坡折以下时才可能发育大型下切谷，其他情形下不发生下切作用，仅发

育小规模河流（例如本次研究中的 SQ3）。因此，本次研究表明，利用通过河道的类型及展布特征来推断其形成时期的古海平面和古气候特征是一种行之有效的手段。

S7-O-07

长江口早全新世海平面快速上升及河口演变对海平面和古地形的响应

王张华[1]，舒军武[2]，龙海燕[3]，斋藤文纪[4]

1 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

2 中国科学院南京地质古生物研究生，南京 210008

3 中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛

4 日本地质调查局，筑波

zhwang@geo.ecnu.edu.cn

本研究试图通过重建早中全新世相对海平面曲线和河口古环境演变，探讨海平面上升和古地形对长江口沉积地貌演变的作用，从而为应对未来海平面加速上升提供经验。根据获取与太湖南部平原末次盛冰期古河谷支流的 10 个钻孔全新世底部沉积物岩性、孢粉和微体古生物鉴定，识别盐沼等沉积微相，辅以 AMS ^{14}C 测年，重建了 7000-9500 cal yr BP 相对海平面变化曲线，并揭示 8500 cal yr BP 的海平面快速上升事件。同时运用大量钻孔资料重建末次盛冰期长江口古地形，揭示了在海平面上升和古地形的共同作用下，全新世早中期长江口从一个相对狭长的河口浸淹为短而宽的河口湾及浅海陆架环境。我们认为该过程控制了研究区全新世早中期沉积动力和沉积环境的演变。

S7-O-08

末次盛冰期以来南海西北大陆架沉积演化过程–基于物源和沉积层序研究

黎刚[1,2]，颜文[1]，钟立峰[1]，夏真[2]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

2 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

gangli@scsio.ac.cn

本研究通过对南海西北大陆架外缘残留沉积物的物源分析，构建南海西北大陆架在末次冰期最盛期时的古水系分布；并通过对内陆架泥质区的钻孔沉积层序分析，剖析珠江沉积物在南海西北大陆架的堆积过程。物源判定主要基于陆架周边主要水系的现代沉积物和外陆架残留区沉积物中电气石、角闪石和石榴子石的矿物化学组成。研究表明，末次冰期低海平面时期，陆地延伸至大陆架外缘的水系包括珠江、粤西漠阳江、鉴江和南海岛东部的万泉河，南渡江可能未进入粤西外陆架。大致于 4000 cal BP 以后珠江细粒沉积物才逐渐溢出古海湾，被粤西沿岸流搬运至内陆架堆积形成粤西内陆架泥质沉积带，其沉积速率小于 20cm/ka。

S7-O-09

东海外陆架MIS5以来的沉积地层及物源示踪

王中波[1,2]，杨守业[2]，王强[3]，张志珣[1]，张训华[1]，李日辉[1]，黄龙[1]

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 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

3 天津地质矿产研究所，天津 240293

my_zhongbo@163.com

东海外陆架钻孔 SFK-1 孔的传统沉积学、生物地层学、地震相地层、年代地层学分析揭示，东海外陆架自 MIS5 中期以来，随着海平面波动，形成了两期基本完整的海侵-海退层序地层，沉积过程基本连续，未见明显的地层缺失。陆架上分别发育了 MIS5 中期浅海-前三角洲和潮流沙脊沉积，

MIS5-MIS4 近岸河口-潮坪沉积，MIS4 潮坪-滨岸贝壳砂沉积，MIS3 浅海沉积和晚期的近河口滨海沉积，LGM 感潮河流-河口湾和晚期的潮坪沉积，全新世冰后期潮流沙脊和高海平面后的准潮流沙脊沉积。

长江和黄河流域单颗粒碎屑石榴石组成特征和 SFK-1 孔石榴石组合的综合分析，揭示出东海外陆架末次间冰期和末次冰期间物源组成发生重大转变。末次冰期沉积物石榴石高 Mn 低 Mg 特征，主要物源是黄河。末次冰期沉积物石榴石高 Mg 低 Mn，镁铝榴石占主要部分，主要来自长江。

SFK-1 孔岩心沉积物锆石组成主要是由中生代（65-250 Ma）、古生代（250-600 Ma）、古元古代（1800-2500 Ma）以及少量太古代岩浆锆石组成。对比长江和黄河流域源岩组成及锆石年龄组合，推断 MIS5a 潮流沙脊沉积物锆石主要由黄河物质提供，而 MIS2 冰消期和冰后期海侵发育的潮流沉积锆石受长江物质控制。此外，MIS4 晚期滨岸沉积物锆石年龄组成显示，该沉积物为潮流影响的混合沉积，既有长江源锆石又有黄河源锆石，整体组成表现为长江锆石特征。

东海陆架晚第四纪沉积物物源分布格局可能受浙闽隆起带等新构造活动控制。新构造运动继承了第三纪以来大面积的缓慢坳陷，但活动强度相对减弱。浙闽隆起带在 MIS5 时期还处于较高位置，阻滞了 MIS5 海侵，影响了海侵的强度，同时阻挡了长江物质向东部陆架输送，而黄河沿浙闽隆起区北部的低洼带进入陆架。MIS3 高海平面时，浙闽隆起带分布与现在基本一致，此时的海侵作用在太湖形成海相沉积，长江物质可直接影响外陆架。

S7-O-10

渤海 BH08 钻孔磁性地层、天文年代标尺的建立与古环境意义

姚政权 [1]，石学法 [1*]，刘青松 [2]，刘焱光 [1]，Juan Cruz Larrasoaña[3]，刘建兴 [1]，葛淑兰 [1]，王昆山 [1]，乔淑卿 [1]，李小艳 [1]，石丰登 [1]，方习生 [1]，于永贵 [1]，杨刚 [1]，段宗奇 [2]

1 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

2 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

3 Instituto Geológico y Minero de España, Unidad de Zaragoza, C/Manuel Lasala 44, 9B, Zaragoza 50006, Spain

*xfshi@fio.org.cn

本研究对取自渤海中部长度为 212.4 m 的钻孔 BH08 进行了详细的古地磁年代学研究。对岩芯以 2 cm 间距进行了系统交变退磁，结果显示大部分样品在 20-30 mT 就可以去掉次生剩磁而获得原生剩磁的方向，古地磁研究结果揭示了钻孔底部年代为距今约 1.06 Ma。为了建立该钻孔更高分辨率年代框架，我们对沉积物颜色参数红度（a*）进行了天文轨道调谐，建立了该钻孔过去 1 Ma 以来冰期-间冰期尺度年代标尺。沉积物红度（a*）可以与深海氧同位素在 40 ka 和 100 ka 周期上较好对比，显示了渤海地区地层在轨道尺度上是大致连续的。初步的沉积学研究揭示出该区主要以海相与河流相沉积交互为主要特征，显示了海面变化是控制该区沉积环境变化的重要因素。沉积速率自 750 ka 以来显著降低，可能与低海面时期沉积中心向下游迁移及可能的侵蚀间断有关。

S7-O-11

黄河三角洲 YRD-1101 孔沉积相序及其古环境意义

刘健 [1]，仇建东 [1]，王飞飞 [1]，王红 [1]，杜晓蕾 [1]，孙丽莎 [2]

1 青岛海洋地质研究所，青岛 266071
2 山东第八地质矿产勘查院，日照 276826
liujian0550@vip.sina.com

YRD-1101 孔位于现代黄河三角洲西部海岸带地区，孔深 200.30 m。对该孔钻孔岩心开展了沉积特征分析、有孔虫与介形虫鉴定、AMS^{14}C 和光释光（OSL）测年以及磁性地层学研究，揭示了其年代地层格架和沉积相序列。古地磁测试结果表明，早、中更新世界线即布容/松山期（B/M）界限位于该钻孔深 123.33 m，同时发现松山期中记录了不完整的奥尔杜威（Olduvai）极性亚时(191.78-200.30 m)，根据沉积速率推测该孔底部 200.30 m 的年代为 1.89 Ma。该孔沉积相研究表明，早更新世沉积以河流沉积为主，在早更新世末期海水入侵至钻孔位置；中更新世以来，研究区经历了潮坪—近岸陆架与河流环境的交替。该孔岩心氧同位素 3 期（MIS3）对应于滨岸—近岸陆架沉积，表明了 MIS3 时期渤海地区海侵层的存在。

S7-O-12

中国东部沿海平原及近海差异构造沉降、堆积过程与对比

王强*，肖国强

中国地质调查局天津地质矿产研究所，天津 300170
*tjwq1945@163.com

中国沿海平原与大三角洲发育在华北陆块、扬子陆块、华南陆块现代沿海部位，自北向南是不同规模的岬湾海岸与三角洲、河口冲积扇地貌—地质单元，在整体构造沉降背景下的充填过程中，既有构造背景的差异，又有陆—海相互作用和海-陆相互作用的交集，以及河流输沙对近海与陆架海的塑造。十余年来的陆、海钻探，使南-北海岸、海-陆第四纪对比不断深化，等时面与层序地层的研究归集到晚更新世以来的海面变化控制和海洋暖流影响，海域砂质、泥质沉积体的时空分布展示了中国大河流输砂对陆架海的贡献，沿海与大平原的衔接揭示了晚更新世以来古季风向中-东部平原内部的延伸和增强，造成海侵区外富有机质沉积层段出现，成为区域对比的标志。

北方滹沱河、滦河、潍河冲积扇演化显示了晚更新世以来构造-气候旋回的转型，近海与陆架海记录了河流输沙量的变化和洋流对陆源沉积物的改造，以及其中的古季风变化。

沿海岸线钻孔对比显示现代各河流皆存在着规模不等的末次盛冰期下切河谷、甚至再早的下切河谷，与之对应的是古河间地区域。渤海湾西岸与辽东湾、莱州湾、直至苏北沿海晚更新世以来三期面状大范围海侵层底板埋深接近，显示海侵对起伏地形的填平补齐作用，以及河流进积作用的同步性。自江苏盐城向南进入古河谷发育区，除局部有埋藏阶地外，大河谷区内低水位域沉积保存状况不一，甚至侵蚀殆尽，其埋深对比显示长江古河谷宽度确实达到了百余千米，且长江早已出现，其主泓曾有过大范围摆动，河口区 MIS5 以来沉积地层埋深在 100 m 上下，沿江断裂的影响尚在评估中。北方构造沉降沉降最大处在黄骅坳陷的南堡坳陷处。

近十年古地磁测试显示 0.78 Ma 的 B/M 界线埋深不大，个别地点 MIS5 以来 3 期海侵地层直接坐落在 B/M 界线之上。

S7-P-01

上海地区中全新世环境演变及其对人类聚落分布的影响

Li Wu[1, 2], Cheng Zhu[2], Chaogui Zheng[3]

1 Department of Geography, Anhui Normal University, Wuhu 241002

2 School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023
3 Geographic Information and Tourism College, Chuzhou University, Chuzhou 239000
jedi-wuli@163.com

Archaeological excavations and environmental archaeological studies over many years in the Shanghai Area have provided a wealth of information for Holocene environmental changes, growth and decline of human settlements and man–land interaction. Distribution of archaeological sites between 7000 and 3000 cal. yr BP indicates a regression process and a southward advance of the coastline in the study area. Temporal and spatial analyses of ^{14}C dates for archaeological sites, shell ridges, buried trees, and peat suggest that Holocene environmental changes may well have been a major cause of the rise and fall of human settlements and their civilization. A relative sea-level curve of the Shanghai Area was derived from dated shell ridges and peat, and correlates well with the reconstructed sea-level curves of the Yangtze Delta and East China. The development of human settlements was interrupted at least four times in the Shanghai Area, matching four periods of high sea-level, peat accumulation, and increase in shell ridges, after which Neolithic communities moved onto the plain and reclaimed their lowlands for rice cultivation. The Chenier Ridges played an important role in sheltering the Neolithic settlers. The collapse of Liangzhu Culture about 4000 cal. yr BP was followed by the less-developed Maqiao Culture. These studies suggest that extreme environmental and hydrological conditions such as terrestrial inundation caused by sea-level rise and heavy rainfall, contributed to the cessation of paddy exploitation and to the social stress that led to the Liangzhu Culture demise.

S7-P-02

现代珠江三角洲地区晚第四纪海侵的微体古生物记录

陈双喜，赵信文，黄长生，曾敏，邵磊

中国地质调查局武汉地质调查中心，湖北武汉 430205
sxchen128@126.com

随着全球变暖的日益加剧，三角洲等低海拔地区将受到海平面上升及其导致的环境问题的严峻挑战，作为我国重要经济区的现代珠江三角洲地区也面临着同样的问题。现代珠江三角洲位于中国广东省中南部、南中国海的北岸，是由西江、北江、东江等河流在珠江河口湾内堆积形成的复合三角洲。对于该区第四纪海侵存在四次、三次、两次、一次等多种记录，根据海侵发生的时间，又可以分为中更新世、晚更新世和全新世三个时间段。然而，中更新世海侵的观点不被后来者支持；晚更新世海侵，根据三角洲的构造背景，很难发生于海平面较低的末次冰期，近期的研究也推测此次海侵更可能发生于海平面较高的 MIS 5 时期；尽管全新世海侵得到一致的认可，但在海侵发生的时间上仍存在较大的分歧。鉴于此，我们对取自珠江三角洲地区自北向南，依次靠近珠江入海口的三个钻孔岩心 GZK1、GZK4 和 GZK6，三个钻孔均打穿第四系，在粒度、颜色、沉积结构和构造等研究和 AMS^{14}C、OSL 测年的基础上，进行了有孔虫和介形虫微体古生物分析。有孔虫和介形虫化石均出现于三个钻孔岩心的上部，GZK1 孔 8.00~12.00 m，GZK4 孔 3.80~12.50 m，GZK6 孔 2.70~22.30 m。出

现的层位向海方向依次增加，初见位的海拔也依次降低，分别为－9.60 m，－11.74 m 和－22.18 m。钻孔岩芯中的微体古生物化石以滨海底栖有孔虫和介形虫为主，仅含少量浮游有孔虫，GZK1 孔中仅见零星浮游有孔虫；平面上，浮游有孔虫丰度具有明显的向陆递减的趋势，而底栖有孔虫和介形虫丰度向陆递减的趋势不明显，可能与风暴潮等的异地搬运有关，这也可能是微体古生物化石丰度垂向上出现较大变化的原因。结合沉积特征和测年数据，三个孔的有孔虫和介形虫记录显示，现代珠江三角洲地区晚第四纪以来海侵仅发育于海平面较高的全新世；晚更新世发育末次冰期的陆相沉积和风化层，该时期海平面较低，尚未发现海侵的迹象。

S7-P-04S

早期还原成岩作用对长江三角洲南部平原 SL67 孔潮滩沉积物磁性特征的影响

陈艇，王张华，李琳

华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062

mei.toumeilao@163.com

海岸带地区受海洋和陆地共同作用，其沉积物记录着丰富的古环境信息。环境磁学方法具有快速、简便、经济、样品可重复使用的特点，是古环境恢复的重要研究手段。海岸带地区沉积物磁性特征除受沉积物物源、沉积动力分选的控制外，还受早期还原成岩等沉积后作用的改造。早期还原成岩作用不仅可以通过还原溶解原始沉积的磁性矿物，还可通过次生铁硫化物（如，黄铁矿，胶黄铁矿，磁黄铁矿）的形成改变沉积物原始磁性特征，进而掩盖、替代由原生磁性矿物记录的气候、物源、沉积动力、沉积环境等信息。虽然已有较多的研究注意到早期成岩作用对海岸带地区沉积物磁性特征的影响，然而，对海岸带地区早期还原成岩作用是否发生在特定的沉积环境，以及其对原生磁性矿物记录的古环境信息改变的程度还需更深入的研究。这些问题的解决是利用环境磁学手段准确恢复海岸带地区古环境信息的重要基础。

2011 年 4 月我们在长江三角洲南部平原获得一全新世钻孔 SL67，孔深 15m。对 SL67 孔沉积物做了详细的矿物磁学分析，以检查在全新世期期间早期成岩作用对潮滩不同部位磁性特征的改变程度，以及胶黄铁矿出现的特殊层位。结合 SL67 孔沉积环境演化特征以及其 AMS^{14}C 定年结果，得到如下三方面结论：

1）饱和等温剩磁（SIRM），非磁滞剩磁磁化率（χ_{ARM}）和 SIRM/χ 显示盐沼环境中胶黄铁矿等次生铁硫化物特征显著，与盐沼环境中含较多陆生难分解的有机质、以及盐沼环境中硫酸根离子(SO_4^{-2})含量相对降低导致黄铁矿化过程受阻有关。海进体系的高潮滩也含极少量次生胶黄铁矿，该层胶黄铁矿存在的可能原因是: 沉积物粒度较细、有机质含量相对较高，易发生还原成岩作用，同时，该层沉积速率较高导致黄铁矿化作用还未完成，进而使胶黄铁矿就地埋藏。 另外，海退体系中，沉积物粒度较粗的低潮滩环境中也含少量胶黄铁矿，可能与此层沉积物含浅层气有关：下部地层还原成岩作用产生的 CH_4、H_2S 等气体上升，进而为该层段提供了早期还原成岩作用发生所需要的物质与环境。

2）χ，SIRM，软剩磁（SOFT）和硬剩磁（HIRM）等磁学参数显示，相对于末次冰盛期、全新世晚期的河湖相等沉积环境，SL67 孔全新世早中期潮滩沉积环境的磁性最强。因此，虽然受到后期还原溶解和次生铁硫化物的影响，潮滩环境中磁性矿物来源

丰富的特征未被完全掩盖。但是，由高潮滩、中潮滩到低潮滩磁性矿物颗粒粒径变粗的特征已被还原溶解和新的胶黄铁矿的形成所清洗。

3）在 8275±80 cal a BP 到约 8300 cal a BP（孔深 10.2-11.4m）高潮滩发育期间，SD 以及 PSD/MD 亚铁磁性磁铁矿/磁赤铁矿含量相对上下地层都显著升高，但是赤铁矿/针铁矿等高矫顽力不完整反铁磁性矿物含量却较低，且两者变化趋势相反。亚铁磁性磁铁矿/磁赤铁矿含量较多反应当时磁性矿物来源增多。赤铁矿等高矫顽力磁性矿物含量降低，可能反应该时段沉积物物源中赤铁矿等含量较低。进而认为该段磁性特征可能与此时处于 8.2ka 冷事件期间，长江流域物理风化剥蚀作用增强，而化学风化作用减弱有关。

S7-P-05S

洪季长江口径流量与近海海平面上升的响应关系

陈维，匡翠萍*，梁慧迪

同济大学土木工程学院水利系，上海 200092
cpkuang@tongji.edu.cn

根据 2007 年的政府间气候变化专业委员会(IPCC)气候变化评估报告，20 世纪全球海平面上升速率为 1.3~2.3 mm/a。海平面上升将引起一系列的自然环境灾害，对沿海地区人们的日常生活和生命安全构成威胁，已经引起了全球的高度关注。而根据 2012 年中国海平面公报，1980 年至 2012 年，中国沿海海平面平均上升速率为 2.9 mm/a，略高于全球平均水平，但其机理尚不清楚。本文以长江口为例，重点分析河口径流量与近海海平面上升的响应关系。

首先基于 1950~2011 年大通站实测洪季月均径流量资料，统计分析出大通站洪季发生频率 25%、50%和 75%对应的径流量以及多年月均径流量，分别为 43800 m^3/s、39600 m^3/s、35400 m^3/s 以及 23800 m^3/s。然后利用 MIKE21 建立了长江口杭州湾潮流数学模型。在利用实测潮位资料验证潮流数学模型的基础上，采用径流量 23800 m^3/s、35400 m^3/s、39600 m^3/s 和 43800 m^3/s 分别作为模型的河口输入边界条件，计算长江口杭州湾及其邻近海域潮位的变化，统计分析长江洪季径流量与长江口口内平均潮位和近海海平面变化的定量关系。

研究结果表明：（1）在长江口河口及近海区域，随着径流量的增加，其平均潮位将呈线性增长。河口内，径流量对平均潮位的影响是由上游到下游沿程逐渐减小的；近海区域，径流量对海平面的影响是南部大于北部。（2）长江口口内及近海的平均潮位与径流量呈线性关系，相关系数达 0.9878~1。河口内，平均潮位随径流量上升速率南支上段最大，北支下段最小，与北支分流比较小及北支主要为落潮通道有关。近海区域，受北港径流的影响，平均潮位随径流量上升速率横沙东滩附近区域最大；受北支分流比较小的影响，连兴港附近最小。（3）随着径流量的增加，海平面增幅线向外扩张，且增幅线与长江口河势有一定的关系。长江径流量为 43800 m^3/s 的情况下，杭州湾湾内大部分区域海平面增加 0.005~0.01 m。

S7-P-06

近 24 ka BP 冲绳海槽北部海平面和季风驱动的陆源物质输入变化

Fengming Chang[1], Qian Wang[1, 2], Tiegang Li[1]* and Zhaokai Xu[1]

1 Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
*tgli@qdio.ac.cn

Geochemical analyses of core PC-1 recovered from the Okinawa Trough in the northern East China Sea (ECS) provide insights into variations of terrigenous input associated with sea-level and climate changes over the past 24,000 years (ka). Based on high-resolution multi-proxy records, our results suggest the competing processes of sea-level and monsoonally-driven precipitation control terrigenous input to the northern ECS. Overall, terrigenous inputs were higher during the late Last Glacial Maximum (LGM) and early Deglaciation (20.5-14.7 ka BP) due to the retreat of the ECS coastline induced by the global sea-level lowstand. The progressive falling of sea-level to the LGM lowstand is well depicted by the gradual increase in terrigenous detrital proportion from 24.0-20.6 ka BP. A maxima in terrigenous matter abundance occurred at around 20.0 ka BP, likely indicating the timing of the local sea-level lowstand in the ESC during the LGM, which previous studies have not been able to constrain with certainty. In contrast, from 5.5 ka BP to present, biogenic components clearly increase in abundance and there is a uniform decrease in the amount of terrigenous organic matter which are inferred to reflect a continuously weakening East Asian Summer Monsoon (EASM) through the late Holocene when sea-level was stable. Abrupt events including the Heinrich-1 (H1) and 8.2 ka cold events are clearly marked in these records as pronounced minima of terrigenous input, and are interpreted to arise from associated jumps in sea-level and climatic deterioration. There is evidence that during the Bølling-Allerød (B/A) warm period, the effect of sea-level rise overwhelmed that of EASM precipitation resulting in reduced input of terrigenous detrital components from 14.7 to 12.7 ka BP, whereas terrigenous organic matter increased because of the enhanced supply of terrigenous C4 plant debris from the previously exposed shelf caused by the enhanced monsoon precipitation and reworking action.

S7-P-07

华北平原海侵区外晚更新世以来古季风环境效应

张兆祎[1]，王强[2]，王克冰[1]，王建武[1]，靳松[1,3]，胡建忠[1]

1 河北省地质调查院，石家庄 050081
2 中国地质调查局天津地质矿产研究所，天津 300170
3 中国地质大学（武汉）地球科学学院，武汉 430074
zzhaoyi@sohu.com

中国东部沿海平原晚第四纪海侵是海洋氧同位素暖期重大的古地理变迁事件，关系到海岸线变迁、海平面变化、古气候演变、差异构造沉降等重要内容，同时也是岩石地层单位划分的基础。当渤海湾西岸晚更新世大范围海侵发生时，随着海域向陆地的扩张，夏季风增强、降水增多，华北海侵区外在相应时段内暖气候期地层出现富有机质积水洼地沉积，甚至见大量淡水丽蚌 *Lamprotula* sp. 的湖泊沉积。由于现在丽蚌在华北已经绝迹，很容易据此判断为暖期沉积地层。

海侵区外富有机质沉积地层，已经从层序上得以判断为分支河道与河间洼地沉积类型，显示在暖期海侵发生之时，上升的海面导致河流发生滞水。从现有钻孔揭露及 ^{14}C 测年数据看，海洋和河流沉积的这一关系尚

可进一步得到区分；一种是在全新世早期海水突然发生上溯，这一过程中甚至可能有少量海相微体生物出现，抑或形成全新世底部有机质最富集的沉积地层，随后含极少海相微体生物的层位被进积的河流掩覆、或有机质积累逐渐减低；二是早全新世即有分支河道输送足够的泥质沉积抵御着海侵，直到 8 ka 前后海水才大规模侵入。就这两种情况看，在总体沉降背景下，8—10 ka 期间海面也不会有多高。随后发生的河流进积作用，使有机质逐渐减少的情况延续到 5 ka 中全新世变冷，随着河流沉积物的推进，东部沿海平原亦渐次成陆。

华北平原中部 60—70 m 深度以内的滞水分支河道层段，与滨海地带晚更新世海侵有很好的对比性，展示了晚更新世以来的古季风环境效应，以及后期的陆地掀斜作用。

S7-P-08

交互集合耦合模式系统在海-气相互作用方面的应用研究

辛晓歌[1]，薛巍[2]，张明华[3]

1 国家气候中心，中国气象局，北京 100081

2 地球科学研究中心，清华大学，北京 100084

3 大气和海洋学院，纽约州立大学石溪分校，纽约 11794-5000

xinxg@cma.gov.cn

清华大学地球系统科学研究中心与国家气候中心合作，在一个标准耦合模式（SC）的基础上建立了交互集合耦合模式系统（IE），该系统可以实现多个不同大气模式或者同一大气模式采取不同初值组成的多个分量集合之后与海、陆、冰模式进行耦合。本文利用同一大气模式七个不同初值分量与其它模式分量开展在线集合耦合试验，利用积分稳定之后 100 年的试验结果，分析了 IE 在减小海-气界面大气噪音的情况下，对北太平洋海表面温度（SST）变率和 ENSO 的模拟，并与 SC 模拟结果进行了对比。分析表明，IE 减小了北太平洋中高纬度 SST 方差的 85%以上，表明该区域 SST 变率主要受大气的影响，且主要是通过改变海表湍流热通量实现的。黑潮延伸体区和北太平洋中部副热带涡旋区域平均 SST 8 年左右的低频周期主要受来自大气内部动力过程的驱动。在集合耦合模拟中，无论是副热带涡旋区 SST 与 ENSO 的联系，还是 ENSO 与北太平洋中高纬度 SST 的联系都能模拟出来，而标准模式未能模拟出这些现象，意味着大气噪音过强将掩盖 ENSO 与太平洋热带外 SST 的联系。IE 对与 ENSO 关联的“太平洋-北美”(PNA)遥相关型的合理模拟，并通过湍流热通量对海表温度的影响，是其能够更好模拟 ENSO 与北太平洋中高纬度 SST 关系的重要原因。本文通过分析验证了所建立的交互集合耦合模式系统的合理性，揭示了该系统在海-气相互作用研究领域方面具有一定应用前景。

S7-P-09S

吕宋海峡 120.5°E 断面水交换的月际变化特征

韩钦臣[1]，康建成[1]，Han Guoqi[2]，朱炯[1]，刘亚盼[1]

1 上海师范大学城市生态与环境研究中心，上海 200234

2 Research Scientist Fisheries and Oceans Canada, St. John’s NL, A1C5X1, Canada1-709-772-4188

hqch2011@126.com

利用亚—印—太交汇区海洋再分析数据集(AIPOcean 1.0)，计算了南海与太平洋水通过吕宋海峡 120.5°E 断面的海水体积通量，分析了该断面水交换的月际变化特征。结果表明：8 月—次年 3 月通过该断面的海水主要由太平洋向南海输送，12 月水交换体积净通量达到全年最大值，该断面法向地转流净

输运量为 8.69×10^6 m^3/s；4 月—7 月通过断面的海水主要由南海向太平洋输送，6 月水交换体积净通量达到全年最大值，该断面法向地转流净输运量为 2.08×10^6 m^3/s；冬季水交换体积净通量由太平洋向南海输送，为全年最大值，秋季次之，夏季水交换体积净通量则由南海向太平洋输送。各层次来看，该断面次表层水交换体积净通量终年向西，由太平洋向南海输送；与次表层相反，中层水交换体积净通量终年向东，由南海向太平洋输送；表层和深层水交换变化具有一致性，10 月—次年 3 月水交换体积净通量由太平洋向南海输送，5 月—8 月由南海向太平洋输送。

太平洋水主要通过 19°N 以南和 20°N-21.5°N 之间进入南海，南海水主要通过 19°N-20°N 之间和 21.5°N 以北进入太平洋；太平洋水通过吕宋海峡流入南海的各月最大流速位置位于 20.36°N-20.82°N 之间的 5-75 m 范围内，其中 12 月的流速最大为 0.51 m/s，位于 20.36°N 处的表层；南海水通过吕宋海峡流入太平洋的各月最大流速位于 22°N-22.23°N 之间的 5-30m 范围内，其中 12 月的流速最大为 0.35 m/s，位于 22°N 处的 30 m 层。此外，还深入分析了海面高度场状况，进一步揭示了水交换的月际变化特征；探讨了风场的影响作用，南海与太平洋水交换体积通量的月际变化受季风的影响较大。

S7-P-10S

闽浙沿岸泥质区南部岩心粒度对三峡大坝的可能响应

苗安洋 [1*]，褚忠信 [1,2]，梁玉蕾 [1]

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
miaoanyang@sina.com

对闽浙沿岸泥质区南部岩心 DH8-1 进行了测年和粒度分析，并对其影响因素及所指示的沉积环境进行了分析。结果表明，DH8-1 孔沉积年代为 66 年（1946-2012），平均沉积速率为 0.65 cm/a。 DH8-1 孔岩心岩性较单一，以黏土质粉砂为主，粒度组成及参数变化呈“锯齿”型 。大约从 2003 年至今，岩心垂向粒度比底层明显偏粗，推测其可能是三峡大坝蓄水的一个响应，即三峡水库蓄水后，由于大量泥沙在水库淤积，三峡大坝下泄的相对清澈的河水冲刷中下游河道，引起入海悬沙粒径变粗，从而导致研究区岩心相应层位的粒度变粗。DH8-1 孔岩心在 7 cm、18 cm 处粒度变粗明显，认为与 1998 年和 1981 年长江大洪水相对应。用粒级-标准偏差法得到 DH8-1 孔沉积物敏感粒级组分为 7.3~50.8 μm。用其作为东亚季风强度变化指标显示 1960~1963 年敏感粒级含量增加，对应该时期冬季风强度较强。

S7-P-11S

黄河尾闾变动研究进展与展望

梁玉蕾，褚忠信，苗安洋

中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100
liang1182995729@live.com

百余来来，黄河尾闾决口改道 10 余次，新叶瓣快速发育，废弃叶瓣快速蚀退。因此，黄河尾闾摆动是黄河三角洲演化的主要因素；此外，黄河尾闾迁徙频繁，对黄河三角洲地区的人民生命财产和胜利油田正常生产发展产生巨大威胁。因此，研究黄河尾闾摆动的影响因素、过程、机制，对于理解平原河流三角洲的演化与保障黄河河口的安全稳定有重要意义。本文对黄河口河道的水文特征和黄河尾闾摆动的演替过程及机制进行了总结与分析，重新编绘了黄河下游与尾闾段摆动示意图，提出了将来一段时间需解决的问题。

S7-P-12

西太平洋地区全新世植被演化及海陆气候记录对比

边叶萍[1,2]，翦知湣[2]，李家彪[1]，初凤友[1]，褚智慧[2]，KUHNT Wolfgang[3]，叶黎明[1]

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

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

3 Institute of Geosciences, University of Kiel, Kiel, 24118, Germany

ping981201@163.com

全新世时期是人类文明发展的重要时期，详细研究全新世时期的环境和气候变化，可为全球气候模拟、预测等提供不可或缺的资料。近 20 年来，大量海陆沉积记录表明，西太平洋地区早中全新世气候温暖湿润，与当前全球升温下的环境特征相类似，但中全新世气候的不稳定性预示着未来全球气候系统有可能发生突变，这将对全世界各国应对未来气候突变提出了新的挑战。同时，陆地气候记录与古海洋记录在西太平洋地区的湿度变化等方面存在明显的不同。对此，本次研究利用苏拉威西海周边地区全新世以来高分辨率的海洋孢粉记录作为海陆气候记录的桥梁，通过区域性的海陆沉积记录对比，得到西太平洋地区连续完整的全新世植被演化图景，以及相对应的气候变化，为全新世快速气候变化的机制研究提供新的证据。

海洋孢粉记录显示，在全新世早期，大约 10.0-6 kyr B.P.，热带山地雨林花粉含量显著的下降，直至与现代相似，指示该时期研究区域的温度较高。而草本花粉含量较低，蕨类孢子含量较高，说明此时草本植被分布受限，蕨类植被则广泛发育，体现出气候较为湿润。到了中全新世时期，大约 6 - 4.5 kyr B.P.，热带高山雨林花粉含量存在一个峰值，红树林花粉含量明显下降。在 4.5 kyr B.P.之后，草本花粉含量有所上升，可能指示全新世中期气候有所偏干，或者是气候波动较为频繁。结合海南岛、台湾南部、柬埔寨、加里曼丹、苏拉威西等地的陆地孢粉记录，表明了全新世晚期相对于早期，温度和湿度都有显著下降。并且此结果与陆地石笋等气候记录较为相似。

将海洋孢粉记录与同一站位或同一地区的古海洋记录进行对比得到，海洋孢粉记录与古海洋记录中的温度变化模式类似，但是海洋孢粉记录所体现的降雨量变化与古海洋记录中的盐度变化存在显著差异。这种矛盾一方面可能是由于海陆记录对气候系统的响应程度有所差异；另一方面，不同海区的温度和盐度都有所不同，而在海平面波动以及气候变化过程中，各个海区的海水相互影响程度有所改变，可能会在古海洋记录中有所体现。因此，还需要更多的区域性资料进行综合研究。

S7-P-13S

孟加拉扇若开海域陆架峡谷—深水扇体系层序地层划分及沉积响应过程

赵亚楠[1 2]，王英民[1 2]，徐少华[1 2]，刁宛[1 2]

1 中国石油大学（北京）地球科学学院，北京 102249

2 中国石油大学油气资源与探测国家重点实验室，北京 102249

purezyn@126.com

陆架边缘峡谷至深水扇体系是沉积物从输入到最终卸载这一过程的沉积响应。本次研究综合利用 2D/3D 地震资料，建立了孟加拉湾若开海域从陆架峡谷到深水扇体系的统一的层序地层格架，进而研究这一由源至汇的沉积过程。

研究区从峡谷到深水，层序界面在不同位置特征各异：在强制海退的早期，峡谷和

上—中扇的侵蚀水道以沉积物过路为主，在下扇发生沉积。由此，识别出的地震层序界面由强制海退底界面、陆架边缘区的峡谷侵蚀下切面、深水扇水道侵蚀下切面以及相对应的整合界面组成。

若开海域深水峡谷底部侵蚀下切面为二级构造层序界面，在峡谷内部识别出了三个局部下切面，据此将峡谷内地层划分为 SQ1、SQ2、SQ3、SQ4 四个三级层序，各三级层序内部都具有底部强振幅杂乱反射向上变为弱振幅-透明反射的旋回特征，整体表现为向上变细的正旋回。峡谷对应的深水扇体系也相应的发育了四个三级层序，且在每个三级层序内也存在相似的旋回特征：以 SQ1 为例，层序底部为分支水道—朵叶复合体，上覆深水泥质沉积，向上变为水道—堤岸复合体，顶部为块状搬运复合体沉积。底部的分支水道—朵叶复合体以水道侵蚀下切面为特征，表现为中至强振幅反射，为强制海退期-低水位正常海退期发育的富砂沉积单元，水道内部的叠置样式受控于高频的海平面升降以及自旋回变化；深水披覆泥岩是饥饿期形成的凝缩层沉积，在地震上表现为薄层高连续性的反射单元；水道堤岸复合体，以低-中连续性为特征，在地震剖面上有典型的海鸥翼外形，为高位期发育的富泥质沉积单元；块状搬运复合体发育在海鸥翼的两翼之上，是由于水道堤岸复合体的快速堆积，沉积物失稳而形成的杂乱发射。这些沉积单元的垂向组合为一个完整的重力流沉积旋回。由此，建立了一个区域上由源至汇的沉积体系。

S7-P-15

长江水下三角洲全新世高分辨率地层记录的古洪水活动规律

范代读，陈玲玲

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

ddfan@tongji.edu.cn

长江水下三角洲全新世地层为比较均一的泥质沉积，厚达 20-30 米，年均沉积速率高达～2.5 cm/yr，是进行高分辨率古气候与古环境研究的重要载体。YD0903 孔（30°53.905′N，122°54.55′E）取自长江水下三角洲泥质沉积区，水深 36 m，进尺约 60 m，其中 0-44 m 连续取芯。沉积相和 AMS ^{14}C 测年分析表明，约 1.4 万前海侵到达研究区，在此之前沉积的是一套厚约 20 米的河流相沉积，上覆地层依次为受潮汐影响的河流相、河口湾相、浅海相和前三角洲相。

在距今约 8000 年左右，沉积环境趋于稳定，沉积了厚约 22 米的浅海相—前三角洲相泥质层。XRF-core scanner 连续（1 cm 间隔）的元素扫描结果分析表明，Zr/Rb 比值可作为粒度和陆源物质输入的替代指标。利用该元素比值探讨长江流域的古洪水事件发生规律，发现近八千年来流域至少经历了 16 次大洪水多发期。8000～5800 cal. yr BP，流域气候相对较温暖湿润，大洪水多发期发生在 7900 ~7600、7440~7210、6780~6590、6430~6240、6100~5840 cal. yr BP。5800～3900 cal. yr BP 进入一个相对较少大洪水事件的时期，仅记录到两次，分别为 4900~4640 与 4240~4380 cal. yr BP。3900～2000 cal. yr BP 又是一个大洪水多发期，包括：3900~3700、3460~3240、3000~2800 cal. yr BP，该时期具有洪水强度更大和持续时间更长的特点。近两千年来大洪水多发时段的持续时间变短，强度减弱，但发生频率明显增加。频谱分析表明，长江流域大洪水事件存在十年际到百年际尺度的周期性变化，其中约 500 年周期与太阳活动变化有关，约 40 年的周期与 PDO 相关，其它一些周期的控制因素还需进一步分析。

S7-P-16S

南海北部珠江口盆地珠一坳陷中新统陆架砂脊沉积特征及成因分析

万海清，王英民，李华，卓海腾，徐少华，刁宛，王利良

中国石油大学(北京)地球科学学院，北京 102249
manhaising@126.com

我国对陆架砂脊的研究已有 30 多年的历史，但国内对第四系以前的埋藏古砂脊研究的相对较少。利用高分辨率 3D 地震资料及钻井资料，在南海北部珠一坳陷中新统（距今 11.7-5.5 Ma）识别出了多期较为典型的埋藏古砂脊，这些砂脊分布在 4 个三级层序之中，高 60-80m，宽 20-30 km。在地震属性上，砂脊表现为一系列近似平行或是小角度斜交古岸线（北东—南西）的条带状振幅异常。在地震剖面上，砂脊底部通常具有冲刷面，表现为对下部同相轴的切割；冲刷面之上发育一系列具有 3-5°倾角的前积反射并伴有明显的振幅异常；砂脊顶部通常表现为上超面而被后期沉积物所超覆。砂脊形态具有明显非对称性，其向海一侧的厚度、前积反射角度均较向陆一侧大。横切砂脊的连井剖面表明，砂脊整体上为厚层砂岩，其顶、底部均突变为厚层泥岩。

研究区开始于中中新世的东沙运动造成东沙隆起的显著抬升，该隆起与珠江口盆地北部隆起带形成北东-南西向的海峡地形，研究区位于海峡南西一侧的出口处，具有类似于琼州海峡西浅滩的地形特征。该地形对穿越海峡向南西方向流动的风（东北季风）生海流、潮流以及沿岸流的水动力具备一定的放大作用。低海平面时期发育的古珠江三角洲体系，在相对海平面上升时受到从海峡传播的水动力改造，早期沉积物不断受到水流的冲刷、分选并被搬运至相对高处形成砂脊，这些砂脊随着水流流向从北东向南西逐渐增长、迁移。随着相对海平面进一步升高，当水深增加到一定程度时砂脊演化趋于完成，并被后期沉积物所掩埋而成为埋藏古砂脊。至距今 5.5 Ma 时，东沙运动结束，珠一坳陷内的海峡也被后期沉积物所充填而不再具备形成陆架砂脊的水动力条件，因此距今 5.5Ma 以后的地层中也不再发育陆架砂脊。

S7-P-17

雪球地球事件与超大陆旋回的关系——以皖南南华纪裂谷地层厚度分析为例

张启锐

中国科学院地质与地球物理研究所
qrzhang@mail.iggcas.ac.cn

雪球地球假说的提出，特别是把雪球地球事件与 Rodinia 超大陆的裂解阶段联系起来之后，雪球地球事件与地壳构造运动的关系就成为探讨雪球地球事件的一个重要方面。Hoffman (1999) 认为雪球事件是发生在 Rodinia 超大陆裂解之后、Gondwana 超大陆聚合之前。这期间冰川沉积主要出现在广泛发育的裂谷之中（Hoffman et al., 2002；Eyles and Januszczak, 2004；Eriksson et al., 2013）。Bleeker（2003）统计了太古代克拉通块体的聚集度，也发现低纬度冰期出现在克拉通块体聚集度最低，离散度最高的时期。这些都说明雪球事件与地壳构造运动关系十分密切。

但是冰川作用和地壳构造运动之间的具体关系还不是十分明确的。本人从皖南南华系地层沉积的研究成果中选择相邻的两个剖面，一个是正常地层剖面、一个则是有裂谷性质的地层剖面，经过对它们的分析比较，发现冰川作用和裂谷作用各自单独的作用都是比较弱的，不足以形成巨大的冰川地层厚

度；但是当两者同时作用就会产生放大作用，产生明显的地层增厚效应。而且，裂谷的出现与所处地理位置密切相关，只有当所处的位置是曾经在历史上出现过裂谷的，它在冰期期间才可能出现巨厚的冰川地层。这可能是由于地壳在巨厚冰盖的作用，重新激活了其下的裂谷构造，从而出现了继承性的冰川裂谷构造。

产生巨厚冰期地层的另一个重要因素是盆地的规模。对比皖浙赣盆地和湘黔桂盆地的冰期地层，其厚度差异十分明显。初步估算南华裂谷盆地的面积大致为 250000 km^2，皖浙赣盆地的面积却只有约 60000 km^2，即后者的规模不足前者的 1/4。湘黔桂地区南华系的最大厚度在 4000 m 以上，而皖浙赣盆地的最大厚度则为 700 到 900 m，也大致为前者的 1/4 以下。

总之，根据扬子地区的分析，新元古代全球冰期在世界各地出现的巨大地层厚度的原因，可以认为与构造历史背景和盆地规模有关。在历史上的裂谷地区有可能在冰期巨厚冰盖的作用下裂谷构造被重新激活，产生巨大的裂谷活动，从而形成巨厚的冰期地层；另一个重要因素是盆地规模，盆地规模越大，所形成的裂谷活动规模也越大，所形成的冰期地层厚度也越大。根据上述分析，冰川作用和构造运动二者是相伴出现的，但是主动力似乎来自冰川作用，构造运动是被动的。这个特点，与 Bleeker（2003）关于新元古代低纬度冰期出现在克拉通块体聚集度最低，离散度最高的时期，和 Hoffman (1999)；Li et al. (2013) 等关于雪球事件是发生在 Rodinia 超大陆裂解之后、Gondwana 超大陆聚合之前的说法也十分吻合。

S7-P-18

蒙古高原隆升对亚洲气候演化的影响：和青藏高原的对比

石正国[1]，刘晓东[1]，刘屹珉[2]，沙莹莹[1]，徐婷婷[1]

1 中国科学院地球环境研究所，西安 710075

2 中国科学院大气物理研究所，北京 100029

shizg@ieecas.cn

高地山系的构造隆升被认为是影响现代气候形成的重要因素之一。尤其在欧亚-太平洋地区，前人研究表明青藏高原大地形的出现可以维持北半球行星尺度波型、加强西风急流和亚洲季风系统，为新生代构造尺度亚洲气候变化提供了基本解释。然而，青藏高原虽然在规模和高度上具有统治性优势，但无法完全代表所有高地山系的贡献。蒙古高原作为亚洲大陆另一较显著地形，其可能的气候效应一直未得到足够重视。本文通过大气环流模式评估了蒙古高原对于亚洲气候的潜在影响，并对比青藏高原的相对贡献。结果表明，尽管蒙古高原地形远小于青藏高原，但其对北半球行星波以及北太平洋西风急流的影响非常显著，甚至超过青藏高原的贡献；对东亚冬季风的影响同样如此，蒙古高原极大加强了西伯利亚高压和冬季风环流。其气候效应主要得益于其所处高纬度地区，通过阻碍西风环流，蒙古高原使西风北支更偏北，有利于背风区冷空气南下，从而引发显著的温度平流，从而达到加强西风及冬季风的作用。与蒙古高原相比，青藏高原的贡献的比较有限。考虑到蒙古高原隆升时间晚于青藏高原，那么本结果将为解释上新世以来亚洲-太平洋地区出现的相关气候演化事件提供新的思路。

S7-P-19S

中国近海陆架波时空特征初探——基于 1975-1995 水位分析

邵明明[1]，廖恩惠[2]

1 浙江大学海洋学院，杭州 310058

2 厦门大学海洋与地球学院，厦门 361005

shaomingming@zju.edu.cn

陆架波是近海陆架上重要的动力现象之一。本文通过对 1975—1995 年中国近海 6 站水文数据的 EEMD 分析，确定了具有陆架波特征的 IMF 模态，并初步探究了陆架波冬夏季不同的季节分布特征，即陆架波冬季存在于中国近海沿岸，黄海东海波信号较强，出现时间早；南海波信号较弱，出现时间晚。陆架波夏季主要存在于南海东海附近，黄海较少，这是由台风或热带气旋的空间特征所造成。

此外，本文对 EEMD 分析得出的其它低频模态波动的物理意义给予一定探讨，并发现各站水文周期性年际变化特征与中国近海环流机制造成的流场年际变化特征相吻合。

之后本文通过对 1990 年 11 月 6 站水位的 EEMD 分析，探究了陆架波的空间特征。发现陆架波在空间上以不同模态从北向南传播，并在厦门和汕尾之间会有有较大折射或耗散，这主要是于当地的地形所致。并通过比较各个站点陆架波的频率、波速和水位相关系数确定了陆架波在黄海东海与南海性质的差异。

S7-P-20

南海间冰期碳酸盐稀释事件：季风降雨成因还是海平面上涨引发的沉积事件?

黄恩清[1]，田军[1]，谢昕[1]，钟广法[1]，乔培军[1]，万随[1]，杨文光[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 成都理工大学沉积地质研究院，成都 610059

ehuang@tongji.edu.cn

前人已对南海冰期-间冰期尺度上的碳酸盐旋回变化做过大量研究。然而，对间冰期或者冰期内部的碳酸盐次一级变化还未有过综合性的研究。本文通过收集南海大量高沉积速率的钻孔数据，发现在南海北部陆坡(从水深六百多米的上陆坡延伸到水深三千多米的下陆坡，从东沙群岛附近一直延伸到西沙海槽)，广泛存在一个早全新世的碳酸盐稀释事件。大量 ^{14}C 数据表明该事件发生在 10.8-8.5 ka BP 期间，沉积序列中碳酸盐含量急剧显著降低，线性沉积速率却突然增加了 1.5-2 倍。陆源物质的粒度数据表明，该事件期间细颗粒组份的百分含量上升，而粗颗粒组份的百分含量下降。在更长的沉积序列中，我们进一步发现该事件也存在于氧同位素 5.5 和 7.3 的早期，而类似事件在过去 26 万年以来的其他时段均无发现。

前人对早全新世的碳酸盐稀释事件曾提出一个假说，即认为早全新世时东亚夏季风降雨强度突然急剧增强，导致通过河流输入南海北部的陆源物质突然增多。该假说依据的前提是中国华南地区石笋氧同位素记录所指示的东亚夏季风强度变化。然而，石笋记录呈现出明显的岁差周期变化，为何在岁差周期较强的冰期，较强的东亚夏季风没有导致南海出现碳酸盐稀释事件呢？理论上冰期时海平面较低，陆坡离古河口位置更近，河流输入物的变化应该更容易被沉积钻孔所记录。况且，近来的研究表明，石笋氧同位素记录很可能并不代表中国南方的季风降雨强度。因此，该假说并不能解释观测到的地质记录。

在此，本文研究提出一个新的假说。由于碳酸盐稀释事件只发生在间冰期的早期，

因此，碳酸盐稀释事件应该与海平面上涨引发的沉积过程变化有关。我们推测冰期时，暴露的陆架(特别是相对于现在海平面，水深较浅的台湾海峡地区)经过长期风化，积累了大量松散沉积物。在早全新世的碳酸盐稀释事件期间，全球平均海平面从-50 米上升到-20 米。海侵事件导致陆架上的沉积物被侵蚀，悬浮物通过海流作用向陆坡搬运。搬运过程中发生分选，导致只有细颗粒组份最终到达陆坡并且沉降下来。由于碳酸盐稀释事件发生和结束的时间都十分迅速，我们猜测整个体系，即可供侵蚀的陆架堆积物和海平面水平存在一种阀值响应，只在海平面整个上涨过程的中后期，才发生陆架沉积物向陆坡地区的一次大规模转移。我们推测这样的模式同样适用于解释氧同位素 5.5 和 7.3 早期的碳酸盐稀释事件。

S7-P-21

长江三角洲北翼第一层硬黏土展布及其古地理意义

孙丰瑞[1]，王强[2]，胡利[1]，刘宪光[1]

1 江苏省华东有色金属地质勘查局地球化学勘查与海洋地质调查研究院，南京 210007

2 中国地质调查局天津地质矿产研究所，天津 30017

sunfr1985@163.com

末次盛冰期（LGM）时长江三角洲地区形成一层陆相黏土质沉积，习惯上称之为第一层硬黏土，该沉积层的普遍存在已被诸多研究所证实，其存留情况、展布形态、形成原因能够揭示沉积期长江三角洲地区的古地理环境，重建历史时期古气候。因此，第一层硬黏土的存在状态及其成因将关系到末次盛冰期长江三角洲地区、甚至中国东部沿海及大陆架地区的沉积分布格局、古季风及岩相古地理演变等重大问题。

根据二十余个钻孔揭露地层，对长江三角洲江苏省海安县以东、弶港以南、长江以北区域中的第一层硬黏土存在状态进行了初步研究，该地区包括了全新世最大海侵形成时三角洲北翼前缘古河间地和三角洲主体两个部分。南北向剖面显示：在古河间地 25-50 m 的深度范围内均存在第一层硬质黏土，层厚 3.5-6 m 之间；MFS 时三角洲主体区域北侧两个钻孔中也存在第一层硬黏土，其埋深在 52-70 m 之间，厚度明显较小，最厚处不足 2 m；剖面南端三角洲主体部位的海门孔未见该层黏土的存在，相应层位是粗颗粒河流相沉积层序界面，可能进入长江古河道区域。区域内东西剖面显示，该层黏土埋深于 35-50 m 之间，厚度 3-15 m，整体上西部浅，东部深，具自西向东的自然坡度，厚度上则呈现西厚东薄的趋势。

第一层硬黏土被认为是形成于末次冰期低海平面时期，后经改造、埋藏作用；硬黏土层内 ^{14}C 测年结果多在 25 000 —15 000 a B P 不等，属于 MIS2 范围之内，因此第一层硬黏土形成时间大致相当于 MIS3 海平面下降后至 MIS1 冰后期海侵之前的地层，即当时的古地面。

长江三角洲北翼前缘古地面基本呈现出西高东低，向海略倾斜；北部稍高，局部存在小型下切河谷，中部极平缓，南部全新世 MFS 时三角洲主体区域开始向古长江河道倾斜降低，可能为当时的河流阶地，至海门北部完全进入古长江河道，而区域内具体存在几级河流阶地还待进一步证明。

区域内第一层硬黏土的展布状况揭示了沉积期间的古地理环境基本状况，根据该层黏土存留情况可以推断当时古长江河道北岸的走向，进而得知其在区域内的流向；据第一层硬黏土的侵蚀情况还可推断晚更新世末期以来长江主河道在区域内摆动的基本范围。

由于研究区北部恰好是南黄海最大的辐射沙脊--弶港辐射沙脊，因此在解决上述问题的同时也将为弶港辐射沙脊群的物质来源问题提供重要参考。

S7-P-22

海洋生态系统碳循环的生物地球化学过程研究进展

顾成林[1,2]，康建成[1]

1 上海师范大学 城市生态与环境研究中心，上海 200234

2 佳木斯大学理学院资源与环境科学系，佳木斯 154007

562856392@qq.com

阐述了海洋生态系统碳循环生物地球化学过程研究的主要进展，包括海气 CO_2 通量的估算及海洋吸收 CO_2 的时空差异；溶解-颗粒碳的水平与垂直迁移转化过程、生物固碳与生物泵作用；海水沉积物碳通量及河口通量的生物地球化学过程。海气间 $p(CO_2)$差是 CO_2 海气交换的主要控制因子，而海水 $p(CO_2)$大小受到植物光合作用、洋流涌升、温度、盐度和 pH 值等众多因素影响。溶解-颗粒碳的海洋转化过程则是由海域的初级生产力所决定，真光层内浮游植物通过光合作用固碳，浮游动物在垂直分布过程中以及生物泵作用使碳进行垂直迁移。河口地带处在海水和淡水交界面，河流是陆地碳库与海洋碳库的联系纽带，河流携入的营养盐及含碳物质对海洋的影响是海洋碳循环的重要方面。并展望了海洋生态系统碳循环研究的未来发展趋势。

S7-P-23

钱塘江潮水对新石器文化兴衰的影响及其与人类生存策略的关系

舒军武[1]，蒋乐平[2]，王伟铭[1]

1 中国科学院南京地质古生物研究所 资源地层学及古地理学重点实验室，南京 210008

2 浙江省文物考古研究所，杭州 3110014

junwushu@126.com

［背景］全新世环境变化受自然变化和人类活动共同作用和影响，在全球化变暖的背景下，探讨自然灾害与人类社会发展是当今第四纪全球变化的主题和热点研究课题之一，对未来生态环境变化与经济可持续发展具有积极的借鉴和警示意义。

［内容］紧扣“全新世环境变迁与人类文化兴衰”这一科学主题，基于早中全新世海平面快速上升的背景下，探索“天下第一潮”—钱塘江潮水对浙江钱塘江流域近年来新发现的跨湖桥文化（距今 8000-7000 年）、楼家桥文化（距今 6500-6000 年）兴衰的影响。同时，揭示史前稻作农业文化为适应滨海平原、山谷平原不同环境下经济生存策略的响应。

1）萧山跨湖桥文化在距今约 7400 年前为海水淹没而消失，基于遗址中发现的牡蛎（*Ostrea*）、藤壶（*Chirona*）和蛏子（*Sinovacula*）等海相生物，推测在海平面上升的背景下，钱塘江特殊水文地貌环境造就的“钱江潮”起了推波助澜的作用，直接导致跨湖桥文化的突然消亡；

2）诸暨楼家桥遗址出现的 6000 年左右的“间歇层”直接导致文化层前后分期，根据这一段地层孢粉“异常”组合：高含量的松属（*Pinus*）、云杉（*Picea*）、冷杉属（*Abies*），特别是持续出现的海相刺甲藻（*Spiniferites*），指示当时钱塘江海潮水直接到达了离现在钱塘江口 130km 的楼家桥山谷腹地，导致遗址点淹没，表明当时高海面影响下，潮水上涌强度及波及距离相当惊人！

3）首次提出钱塘江流域内陆河谷区先民“刀耕火种”式稻作文化特征，而东部平原

湿地古人类“因地制宜”直接进行稻作生产，无需“刀耕火种”的模式假说，反映不同区域生态环境下稻作经济技术显著差异性特征。

S7-P-24S

台风 SAOMAI 桑美(0608)过境时海温变化过程的研究

朱炯[1]，康建成[2]，韩国奇[3]

1 上海师范大学 数理学院，上海 200234

2 上海师范大学 城市生态与环境研究中心，上海 200234

3 Fisheries and Oceans Canada, St. John’s NL, A1C5X1 Canada1-709-772-4188

zhujiong@shnu.edu.cn

海温是预报台风强度变化的一个极其重要的物理量。为了揭示海洋上层热力过程对台风强度的调控作用和响应机制，本文以2006 年发生的台风桑美(编号：0608)为例进行研究。根据已有 Argo 浮标等资料，首先还原出台风过境区域的海温数据，其次在不同时空尺度下分析了温度结构的变化过程和变化特征，尝试建立当台风过境时海温的空间结构变化与台风强度变化之间存在的关系。

结果表明：在水平方向上，台风过境前后，温度变化最为剧烈的区域不是台风中心位置。当中心最大风速为 15 m/s、23 m/s 时，在台风路径中心位置的西南方向发生明显的降温；当中心最大风速为 35 m/s、40 m/s 时，分别在台风路径中心位置的西北、西南方向发生明显的升温；当中心最大风速为 50 m/s 时，在台风路径中心位置的西北方向发生明显的降温。

在垂直方向上，不同的深度的温度变化不一致，其中在 5 m、10 m 深度的变化较为一致；在 20 m、30 m、50 m 深度的变化较为一致；在 75 m 深度变化均不同于之前变化；不同时间上的温度差异，分别在 30 m、75 m 深度变化最大。当中心最大风速为 23 m/s、35 m/s、40 m/s、50 m/s 时，抽吸作用较为强大，引发 0-50 m 深度的海温发生降温；而当风速为 35 m/s、50 m/s 时，在 50-200 m 深度的海温反而会上升。

S7-P-25S

海平面变化以及海洋原位自生支链 GDGTs 对有机生标重建陆地温度及土壤 pH 的影响

董良[1]， 李丽[1]，李前裕[1,2]，张传伦[1]

1 海洋与地质国家重点实验室，同济大学，上海 200092，中国

2 School of Earth and Environment Sciences, University of Adelaide, SA 5005, Australia

2009ldong@tongji.edu.cn

Branched glycerol dialkyl glycerol tetraethers (brGDGTs) are membrane lipids of bacteria, which have been used to develop organic proxies (MBT and CBT) for the reconstruction of terrestrial soil pH and mean annual air temperature (MAAT). However, mounting evidence shows autochthonous brGDGTs in marine environments. Here we provide a high resolution record of brGDGT distribution as well as branched and isoprenoid tetraether (BIT) index and MBT and/or CBT indices in the sedimentary core MD05-2896/7 from the southern South China Sea. Our results show that BIT and MBT and CBT varied systematically between glacial and interglacial cycles. The terrestrial input into the South China Sea was mainly controlled by sea level change, which not only determined the distance between paleo-river mouths and our sediment core site but also affected the relative contribution of brGDGTs derived from terrestrial input against those from in-situ

production. CBT alone appeared to be mainly impacted by continental temperature rather than pH that is commonly inferred from it. On the other hand, the combination of MBT and CBT, which is commonly used to infer continental temperature, might reflect the bottom water temperature or a mixture of temperature signals throughout the water column in the South China Sea. Our study demonstrates the complexity of brGDGT occurrence and distribution in the marine environment and raises concern about applying the combined MBT and CBT proxy in the open ocean for reconstruction of the terrestrial MAAT or soil pH.

S7-P-26

浅谈江苏沿海第四纪海侵事件与长江古河道变迁

刘宪光[1]，胡利[1]，孙丰瑞[1]，王强[2]，刘健[3]，程知言[1]，杨晋炜[1]

1 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，南京 210007

2 中国地质调查局 天津地质矿产研究所，天津 300170

3 中国地质调查局 青岛海洋地质研究所，青岛 266071

liuxgcugb@qq.com

第四纪以来，由于地壳升降运动较强烈，加上频繁的古气候周期性冷暖变化，使得江苏沿海地区发生了多次海侵和海退，经历了反复出现的海平面升降变化变化。可以通过分析有孔虫的生态环境并恢复古地理状况，划分地层形成时的环境及其所处的沉积环境，进而研究区域海侵旋回、海平面变化状况（李志勇，2005）。 根据前人多年来第四纪地质研究成果，沿海多个钻孔的微体古生物、孢粉及古地磁测量等资料的分析，发现江苏东部沿海平原第四系中至少发育 5 个海侵层，反映第四纪以来该地区至少发生过 5 次海侵（许世远等，1987； 陈吉余等，1988；李从先等，1983，1996，1998，1999，2000，2002；陈万里，1998；陈中原、王张华，2000，2003；李保华等，2002）。

通过近几年来在长江三角洲北翼（南通-弶港一带）的工作，并结合区内多家单位的研究成果发现在这一结果也不尽然。弶港三仓一带多达 4-5 次海侵记录，且分布时代略有差异。弶港地区有 5 次，分布在早更新世时期 1 次，晚更新世时期 3 次，全新世时期 1 次。南沈灶镇（三仓西北角 15 km 处）处同样出现 5 次海侵，中更新世时期 1 次，晚更新世时期 3 次，全新世时期 1 次。富安镇地区（三仓西南角 22 km 处）仅出现三次海侵，晚更新世时期 2 次，如皋地区出现 2 次海侵，晚更新世早期，晚更新世末期及全新世持续受海侵影响。新街镇、泰兴、岔河镇一带仅在全新世地层有大量有孔虫出现，整个更新世时期未见海相微体化石出现。南通地区海侵 4 次，出现在中更新世 1 次，晚更新世 2 次，全新世 1 次。

通过资料对比分析，弶港、三仓一带海侵记录较全，南通地区亦然。仅在该区域中部大多钻孔仅全新世时期有海侵记录。结合更新世沉积环境以河流相沉积为主，地层岩性特征：以含砾中粗砂、中细砂等粗碎屑为主，夹少量粉砂质粘土等硬粘土层。在主河道区上部粘性土常被侵蚀而缺失。该地区海侵层的缺失与河流冲刷作用有着很大关联。研究区南北两侧海侵层完整保留的一个原因是未接受河流剥蚀。因此，从某种角度上也验证了该地区在整个更新世时期做为长江古河道存在。

晚更新世末期，区域由北向南的掀斜沉降作用、科氏力效应及海洋与河流相互作用

下长江三角洲向前伸展作用，致使分流河道与分流间湾区内遍布，河床频繁摆动等一些列因素给长江河道向南迁移提供条件，逐渐确定为现今的河道格局。

S7-P-27S

脂类标记物记录的中国东海过去1.5万年以来的沉积环境演化

葛黄敏[1]，张传伦[1*]，Gerard J. M. Versteegh[2]，陈玲玲[1]，范代读[1]，董良[1]，刘晶晶[1]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 Heisenberg group on Marine Kerogen, Center for Marine Environmental Sciences (MARUM), Bremen University, D 28359, Germany

*archaeazhang_1@tongji.edu.cn

We provide the environmental evolution of the East China Sea since 15 ka BP based on glycerol dialkyl glycerol tetraethers (GDGTs) in a sediment core from the subaqueous Yangtze River Delta. Two primary phases are recognized. Phase I (15 - 8.3 ka BP) reflects a predominantly continental influence, showing distinctly higher concentrations of branched GDGTs (averaged 143.46 ng/g dry sediment) than isoprenoid GDGTs (averaged 36.06 ng/g dry sediment), high BIT (branched vs. isoprenoid tetreathers) values (> 0.79) and a fluctuating GDGT-0/crenarchaeol ratio ($R_{0/5}$, varied from 0.52 to 3.81). Within this interval, temporal increases of marine influence (ca. 14.5 - 13.8 and 12.0 - 11.2 ka BP) are attributed to induction by melt-water pluses (MWP) -1A and -1B. The prominent transition to phase II (8.3 ka BP - present) shows a sharp decrease to low BIT values (< 0.4), dominance of crenarchaeol and a slight decrease in the $R_{0/5}$. After this transition the proxies remain relatively stable, which suggests phase II as a shelf sedimentary environment with high-stand sea level. The TEX_{86} (TetraEther Index of tetraethers consisting of 86 carbons)-derived sea surface temperature (SST) is relatively higher (23.3 ± 2.3 °C, n = 19) in phase I than in phase II (21.6 ± 0.9 °C, n = 49), while the MBT/CBT (Methylation of Branched Tetraethers and Cyclization of Branched Tetraethers)-derived annual mean air temperature (MAT) decreases gradually until the end of phase II (16 ± 1.0 °C, n = 68). Our study demonstrates that the BIT works well as a marker for terrestrial influence and the MBT/CBT presents an integrated signal over the middle and lower Yangtze River drainage basin, with strong fluctuations in recent times reflecting e.g. flooding; whereas, the TEX_{86} varies strongly in response to the marine contribution but provides unrealistic temperature record. Overall, these findings indicate prosperous GDGT applications for a better understanding of the East China continental shelf evolution.

S7-P-28

东海沉积物中磁性矿物的时间和空间变化特征及其指示意义

郑妍[1]，邓成龙[2]，郑洪波[3]

1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

2 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

3 南京师范大学地理科学学院，南京 210046

zhengyan@ivpp.ac.cn

东海是西太平洋边缘海中唯一以陆架区

为主的边缘海，海洋环流复杂，海陆相互作用强烈，是亚洲东部陆源物质的汇集地，每年接收大量的沉积物，其沉积物来源包括河流搬运、海岸和海底侵蚀、大气降尘和海洋自生沉积物等几个方面。其中河流输入是沉积物搬运和堆积的主要来源。东海沉积物在陆架上的分布特征及其剖面上的变化可以全面了解沉积物搬运和堆积历史。2006 和 2009 年分别在东海陆架和长江口外水下三角洲分别获得全新世沉积物岩心，2013 年分别采集东海表层泥质沉积物及短柱样品（国家基金委科考联合航次）。分别对钻孔和表层沉积物进行详细的环境磁学研究，得到东海沉积物中主要磁性矿物为磁铁矿、赤铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿等。其中磁铁矿和赤铁矿主要为陆源搬运而来的碎屑沉积物，而磁黄铁矿和黄铁矿等含硫矿物则是沉积后矿物转化形成，是还原环境的重要指示矿物。

东海钻孔的环境磁学研究结果表明，低磁性矿物含量是低温低降水量的替代性指标。磁学参数的频谱分析结果表明，全新世以来的气候变化周期为 700-800 年和 220 年左右，与其他气候指示参数所反映的变化周期接近。

表层沉积物的研究发现，磁性矿物的含量与沉积物粒度成反相关，可能是陆架区底层流冲刷而留下粗颗粒物质中来自陆源的细颗粒物质较少所致。与早期的研究结果不同，沉积物的磁性矿物从北至南没有明显的趋势变化。东西向的变化均显示出近岸和远岸的样品中磁性矿物含量高，而泥质体中心部分磁性矿物含量相对较低。

钻孔和短柱样品表明，磁性矿物的含量和类型都随深度增加而变化。磁性矿物的类型受沉积环境的氧化还原态有关。近岸一侧的样品中磁性矿物在剖面上有明显的变化，而远岸一侧的样品中，磁性矿物的含量和种类随深度变化较小。钻孔样品的研究表明，磁性矿物的变化与沉积速度有关，因此短柱样品中磁性矿物的变化指示了近岸地区具有高沉积速率和远岸地区低沉积速率的特征。

通过表层和柱状样品的研究，全面了解东海沉积物中磁性矿物的空间和时间的变化特征。磁性矿物是古气候的重要指标，同时是研究环境变化的重要参数。

S7-P-29

晚更新世以来江苏泰州—镇江地区河流旋回与海面变化

劳金秀，杨祝良，于俊杰，蒋仁

南京地质调查中心，南京，210016

laojinxiu@126.com

对长江三角洲下切河谷研究表明，古河谷区由于海侵作用可以导致低水位域沉积遭到程度不同的侵蚀，甚至完全侵蚀掉。长江三角洲地区目前使用的第四纪地层系统，实际是延续了古河间地的工作方法，在古河谷区已不能准确地反映环境演变过程，为此本项目拟在前期工作取得初步认识的基础上，结合在三角洲前缘北翼与河口地区工作进展，以泰州 300 m 深基准孔为研究对象，在长江古河谷区上段开展晚更新世以来层序地层学研究，以 ^{14}C 测年解决浅部 80 m 以内地层时代，以 OSL 测定 80 m 以下地层年代，以粒度分析结果获得的平均粒度曲线验证测井曲线反映粒序变化的意义，以岩芯与测井曲线对比验证测井曲线在层序地层中研究的可行性，以微体古生物确定可靠的海侵层位，继而总结长江泰州河段横剖面钻孔低水位域沉积侵蚀及保存状况；在此基础上，建立古河谷区上段层序地层研究方法，继而向河口中部、河口地区推广，为完善整个河谷区研究奠定基础，同时丰富“源到汇”的内容。

S7-P-30

珠江口江门-南沙地区晚更新世以来的海侵层序

谢叶彩[1]，王强[2]，龙桂[1]，郑志敏[1]，黄雪飞[1]

1 广东省地质调查院，广东广州 510080

2 中国地质调查局天津地质矿产研究所，天津 300170

xieyecai@foxmail.com

依据珠江口江门—南沙地区二十几个标准孔岩心材料的 AMS^{14}C 测年、微体古生物有孔虫、介形类、硅藻分析，海相双壳类、腹足类鉴定，沉积构造、沉积物颜色特征，钻孔沉积层序，结合已经报道的万顷沙钻孔研究成果，确定该地两条东西向剖面揭露了末次盛冰期河间地与古河谷区两类古地貌单元。由于处在较闭塞的地理位置，下切河谷从 9 ka BP（^{14}C cal age）开始接受泥质沉积物充填，不同于长江三角洲和中国北方沿海平原古河谷充填的砂质沉积特征；大约 7 ka 出现最大海侵，导致在古河间地 LGM 风化层之上发生海侵超覆，随后三角洲开始形成。全新统下伏末次盛冰期杂色黏土层，在越南红河三角洲钻孔研究中，同样确定为古土壤层；杂色黏土层下伏富有机质黏土沉积，视为暖期古季风变化的环境效应，大多为无生物的哑地层，为分支河道或河口湾沉积，高采取率岩心显示该层段与下伏河流相砂层或高有机质的粘土层为连续沉积。显然微体生物在地层中的分布受水动力条件、其他古环境因素影响，其出现与否并非是判断海侵的唯一标准。按照河流层序与海面变化对应关系，没有发现海相微体生物的完整河流旋回应该对应 MIS3 海侵。30 余年来，研究区是否存在埋藏阶地一直未予解决，同时测年技术对这段地层无法取得突破。钻孔间对比显示，区域上自上而下第 2 厚层富铝质红色风化层属于低水位域沉积，似应归入 MIS4 时期；下伏见少量海相双壳类、腹足类的富有机质河口湾沉积单元可能属于 MIS5 晚期。研究区少见基底泥炭和层内泥炭，测年材料多集中在腐木、植物叶屑、贝壳，极易出现样品被污染又无从追索验证的情况，故而不宜为此纠缠。河流旋回与海平面变化的关系是值得关心的问题。古季风变化的环境效应不容忽略。

S7-P-32

碳酸盐岩台地边缘相对海平面变化与层序界面

韩建辉，傅恒，徐国强

成都理工大学能源学院，成都 610059

hanjianhui09@cdut.cn

海平面变化是影响碳酸盐岩台地边缘储层的重要因素。前人依据上超点迁移法、古生物方法、氧同位素方法、相序法恢复地质历史过程中的海平面变化，但是受地区研究资料限制以及该方法精度问题，海平面变化往往不能达到人们的需要，以至于很多时候海平面变化曲线仅仅作为层序划分之后的规律展示，而不是划分层序的依据。本文以四川盆地元坝气田为例，针对最为常用的相序法做了一系列改进，包括沉积间断面的精确识别、岩性序列的精确表述、横向沉积相序列的精确定位等，从而提高了海平面变化曲线的精度。以该曲线为基础，进行较高精度的层序地层学研究，划分不同级别单元的界面，进而研究不同级别的界面对碳酸盐岩储层的影响。

S7-P-33

东海陆架区海陆相互作用的沉积矿物学记录

李安春，周晓静，张凯棣，王佳泽

中国科学院海洋研究所，青岛 266071
acli@qdio.ac.cn

海陆相互作用不仅发生在河口和沿岸海域而且发生在广阔的陆架上，无论现代还是在冰期间冰期旋回中陆架上都发生广泛的陆海相互作用。这种作用控制着沉积物输运和沉积或“源汇”过程，作用于沉积物沉积和改造过程，因此作为沉积物结构和重要成分的粒度和矿物组成可有效地反映海陆相互作用中陆地和海洋作用的强弱。东海陆架宽阔而平坦，其上有丰富而持久的河流物质供应、强烈的海洋与陆地动力控制，海陆作用十分剧烈，这种相互作用的结果以物质和能量交换的形式表现出来而以沉积物的形式被记录下来。

东海陆架上最强烈的陆源作用是长江径流及其携带的大量泥沙和溶解物质奔流入海以及在冲淡水和季风作用下形成的闽浙沿岸流。它携带长江物质向南输运，在闽浙近岸形成长 800 余千米，宽 160 多千米的巨型楔式泥质沉积体。该沉积体粒度较细，以粘土和粉砂为主，粘土矿物成分伊利石含量较高，蒙皂石含量较低，方解石较低而白云石较丰富，具有明显的长江物源特征，其形成时代为中全新世（7.6-7.3Ka B.P.间）以来，与全新世高海面形成时期相一致。成泥以来沉积连续很好的记录了作为沿岸流驱动力的季风强弱变化，成为高分辨的全新世气候研究材料。而海洋作用主要来自黑潮、台湾暖流和风浪及潮流作用。台湾暖流对沿岸流起着阻挡作用，它限制闽浙沿岸流向外扩展和陆源物质向深水的扩散，将长江物质主要限定在 50 m–60 m 等深线以浅的内陆架范围内。台湾暖流继续北上对苏北沿岸流也起到了阻碍作用，迫使其在长江口北部转向东南，携带老黄河物质到达东海北部，在那里与黄海暖流相遇形成环流，由于动力减弱产生了泥斑沉积，该片泥质沉积物的粒度特征与闽浙沿岸泥质沉积相近似，但矿物组成具有富方解石，低白云石等黄河物源特征。受黑潮和台湾暖流的控制以及潮流的长期作用，中陆架和外陆架的现代沉积速率骤然降低，粒度变粗，代表陆源组分的长石、云母等矿物含量显著减少，而反映海洋和大气组分的方解石含量和 ^{210}Pb 浓度反而明显增加，同时重矿物含量，尤其是稳定矿物的含量向外陆架显著增加，反映了自内陆架向中、外陆架陆地作用逐步减弱。东海外陆架的大部分缺乏现代陆源沉积，保留了全新世以前的沉积，即残留沉积。外陆架区域由于陆源物质供应匮乏和海洋动力作用强烈沉积物受到强烈分选，成熟度增加。

此外，从沉积物类型和粒度组成以及矿物组分的分布可以看出，在北纬 27 度至 31 度之间，尤其是 29 度左右，内陆架细粒物质和片状矿物、石英长石及白云石等，比重轻易于搬运的组分呈舌状向外延伸，形成了粘土—粉砂—砂及粉砂质砂的混合沉积，比南北相同经度上的粒度明显偏细，显示沿岸细粒物质的外泄，这与 Yuan（2010）等报道的沿岸流穿刺现象十分吻合，说明冬季大风导致的沿岸流穿刺现象对陆源物质向深水的输运起着重要作用。风的作用可能发生在更广大区域，在冬季风作用下表层风海流对远距离细粒物质输运作用可能被低估了。以物源相对单一的高岭石含量作为指示冬季风演化的指标，通过与陆上气候指标的对比，从冲绳海槽岩芯记录中识别出全新世以来中国东部地区 5 个冬季风主要加强阶段，说明中国东部河流入海物质向海槽的输运可能与冬季风引起的环流有关。

S7-P-34

珠江口早全新世环境演变过程

付淑清，黄光庆，李平日

广州地理研究所，广州 510070

fsq519@163.com

全新世是人类社会发展的重要时期，是过去全球变化研究的重点时段。我国的学者已经对全新世气候变化做了很多比较深入的研究,并取得了丰硕的研究成果。其中，关于全新世大暖期，一般认为出现在全新世中期，但近年来又有多项研究发现，我国的全新世大暖期发生于全新世的早期，全新世中期季风已经开始减弱。

珠江三角洲濒临南海，是受季风气候影响最直接的区域之一。晚更新世期间，珠三角大部分地区露出水面，发育了标志沉积间断的风化层（花斑粘土），冰后期随着全球变暖和海平面的上升，才从南到北逐渐又被海水淹没，沉积了一套全新世地层。因此，珠三角平原的全新世地层并不全部都包含了完整的全新统，比如万顷沙地区仅见 6000 年以来的沉积。而关于该区域的第四纪研究，早期基本上以陆上钻孔为主，因此也就相对缺乏关于该区域早全新世的环境演变研究成果。

近期我们对珠江口南部香港水域的一个钻孔岩心进行了研究，综合地层岩性特征、碳同位素年龄（均校正为日历年）、硅藻及矿物指标分析认为，该区一万多年来均为近岸低盐的海湾环境，受全球变化和区域季风气候共同影响，全新世经历了以下环境演变过程：（1）全新世初期约 11 650~10 650 cal aBP 间，相当于前北方期，气候由冰期的寒冷转向温凉，海平面逐渐上升；（2）10 650~7 200 cal aBP，相当于北方期，夏季风增强，气候温暖但可能较为干燥，海平面的变化仍主要受海侵的影响，该期海水盐度最高；（3）7 200~6 000 cal aBP，气候温暖湿润，夏季风降水大幅增加，促使海面继续上升的同时，也降低了水体的盐度；（4）6 000 cal aBP 之后，夏季风减弱，海平面回落，气候可能又变为温干。

S8-O-01

南海北部现代沉积物的源汇过程

徐景平 [1]，刘志飞 [2]，刘祖乾 [3]

1 中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266100

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

3 台湾中山大学海洋科学系，高雄 80424

xujp@ouc.edu.cn

上世纪 90 年代的 IODP 184 航次开始了南海沉积学研究的新篇章，以该航次在南海北部的 5 个钻孔（最长达 800 米）为基础，科学家得以对前所未有的高精度序列样品进行多参数的地质、化学和物理分析，并与工业界大量的地球物理资料相结合，对南海北部的沉积历史获得了相当深入的认识。2014 年初刚结束的 IODP 349 航次获取的大量高质量岩芯（最长达 900 余米）毫无疑问地将会把南海的沉积历史和古环境研究推上一个新的台阶。

与上述的“古”沉积研究相比，南海现代沉积物的源汇及沉积过程研究要滞后很多。二十几年来我们对源的部分有了初步的了解：珠江的年平均沉积物入海量约 90 百万吨（Wei and Wu，2011）；台湾每年在洪季通过西南陆架的几条海底峡谷向南海北部输入大量沉积物（70 百万吨），仅高屏溪每年就输出泥沙约 36 百万吨（Milliman and Kao, 2005），其中 80%进入高屏海底峡谷往南海输送，浊流在此输运过程中扮演了主要的角色。另外，每年还有长江和浙闽沿岸的沉积物由台湾海

峡进入南海（Liu et al., 2008）。但是，我们对汇以及现代沉积物由陆架到陆坡、再到海盆的输运和沉积过程所知甚少。本文旨在于介绍我们近年来在南海现代沉积物源汇过程研究中的进展、初步成果和面临的挑战，并提出未来几年的工作设想和愿景以供讨论。

S8-O-02

南海深海动力过程

田纪伟

中国海洋大学
Tianjw@ouc.edu.cn

南海具有丰富的海洋动力过程，大尺度环流、中尺度涡、小尺度内波和微尺度混合。本文基于南海观测资料对深海不同尺度动力过程进行初步探究。取得若干有意义结果。

S8-O-03

南海北部中尺度涡对深海沉积物的搬运过程

张艳伟[1*]，刘志飞[1]，赵玉龙[1]，王文广[1]，李建如[1]，徐景平[2]

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
*ywzhang@tongji.edu.cn

中尺度涡不仅影响上层海水输运及生物地球化学元素收支平衡，而且越来越多的工作发现中尺度涡对深层海洋动力过程起着重要的调控作用。然而，中尺度涡在深海沉积物搬运过程中的影响还未得到充分地认识。近几年来，我们通过在南海北部下陆坡深水区布设全水柱锚系观测系统，连续两年的深水物理海洋和沉积动力学观测，在二千余米深处首次发现中尺度涡引起的深海沉积物搬运过程。两个影响深层、西向传播的中尺度涡分别在 2012 年和 2013 年的 1 月至 3 月期间经过我们的锚系观测站，多种锚系观测仪器记录到的高悬浮物浓度与中尺度涡引起的全水柱流速、温度变化高度相关。证据表明，这些深水悬浮沉积物是随着中尺度涡从台湾南部海域跨过深海海盆搬运至南海北部下陆坡海域。我们的研究估算了近底层沉积物通量，发现这两次中尺度涡引起的西向沉积物搬运总量可达百万吨的量级。本项研究第一次突显出海表层生成的中尺度涡在深海沉积物搬运过程中的显著作用。

S8-O-04

南海北部等深流月际变化及沉积物搬运特征

赵玉龙[1]，刘志飞[1]，张艳伟[1]，王文广[1]，李建如[1]，徐景平[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
2 U.S. Geological Survey, Santa Cruz, CA 95060, USA
yeoloon@tongji.edu.cn

本研究旨在通过潜标锚系所获得的数据，研究南海北部海区深层海水（1700 – 2100 m 水层，海底之上 0-400 m）流速流向的月际变化。此次研究所采用的数据由布放于东沙东南海区潜标上的声学多普勒流速剖面仪（ADCP）获得，观测时间为 2011 年 9 月-2013 年 4 月。通过 ADCP 回声强度的变化计算获得了所观测水柱相对后向散射系数，可间接估计沉积物分布和搬运特征。通过低通滤波将潮汐、惯性流等信号去除之后，可获得南海北部亚惯性流在 2011 年 9 月—2013 年 4 月间联连续的时间序列变化。结果显示，该海区亚惯性流的平均流速在 1-3 cm/s 之间，整体流向为西南方向。同时，在 2011 年 11 月、2012 年 2-3 月及 2012 年 8 月观测到数次平均流速高达 11 cm/s 的高流速事件。这些高流速事件之后往往都伴随着流场转向事件的发生，即亚惯性流的流向由西南向转变为东北向，且转向事件的持续时间与其之前的

高流速事件持续时间呈正相关关系。研究发现，高流速事件及随后的流速转向事件与中尺度涡的经过有关，如 2012 年 2 月发生的高流速事件恰好对应一个反气旋涡中心经过观测站位，而其后的流速转向则对应着中尺度涡边缘部分的经过。将亚惯性流进行坐标系旋转即可获得深水沿陆坡流（等深流）和向陆坡流的变化。结果显示，除 2012 年夏季（5-9 月）外，观测期间南海北部等深流的流向变化频繁，并不存在一个持续的单向等深流。然而，2012 年夏季持续的西南向深层海流恰好对应台湾南部河流的主要泄洪期，为将台湾河流所输送的陆源沉积物搬运至南海北部海区提供了潜在的动力条件。

S8-O-05

南海东北部高屏海底峡谷深水浊流的锚系观测研究

刘志飞[1]，张艳伟[1]，李建如[1]，赵玉龙[1]，杨挺[1]，徐景平[2]，刘祖乾[3]

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 台湾中山大学海洋科学系，高雄 80424
lzhifei@tongji.edu.cn

浊流作为海底碎屑沉积物搬运最重要的过程，由于其发生的突然性、巨量物质搬运的快速性、对海底和沉积环境的冲击性、以及其沉积层序对油气资源的高质量储存性而倍受海洋科学家的关注，成为深海沉积动力过程及其记录研究的热点议题。南海东北部由于构造作用活跃、海底地形陡峭、台风等极端天气影响频繁，是开展浊流研究的天然实验室，尤以台湾西南高屏海底峡谷的浊流研究为典型（J.T. Liu et al., 2012, 2013）。高屏海底峡谷起源于台湾西南陆架，连接高屏溪，向南延伸至近 5000 m 水深的马尼拉海沟。以往的研究曾在上陆坡峡谷内多次观测到浊流活动，发现都是受到台风降雨和地震引起的巨量沉积物搬运而触发的，但对深水峡谷的浊流活动却缺乏观测研究。

本项研究在高屏海底峡谷深水区布设一套沉积物捕集器和海流剖面仪综合锚系（TJ-G，水深 2050 m，位于峡谷一侧的谷堤上），该锚系装备两层沉积物捕集器、一台 ACDP-LR75、一台 RCM（含浊度、温度等传感器），以期捕捉深水浊流的搬运作用。经过为期一年的连续时间序列观测（2013-5-25 到 2014-5-11），我们获得了高质量的深层海流剖面和悬浮沉积物记录。除了间歇性深层海流流速变化和转向、沉积物浊度小幅度变化以外，我们发现为期一个多月的近底雾浊层中悬浮沉积物浓度快速且大幅度增长事件，从 2013 年 9 月中旬持续到 10 月中旬。我们识别出是四次连续的浊流活动事件，每次事件的海水浊度快速增加、然后缓慢降低；沉积物捕集器样品（距海底 30 m）在此时期几乎都是满瓶，是其它月份沉积通量的 5 倍左右。通过与同时期观测的海流剖面和近底层水温数据对比，并参照海面高度异常、表层海水温度、台风活动、高屏溪降雨量等水文和气象信息，我们认为这次连续一个多月的深水浊流事件不是受台风、高屏溪降雨和小尺度海洋活动的影响。然而进一步结合台湾南部和吕宋海峡区域的地震记录分析显示，本次所观测浊流期间有多次小型的本地地震发生，本项研究将就所观测浊流是否由频发的地震活动触发加以讨论。该项工作是南海深水区第一次浊流事件的观测研究，对深水浊流活动过程、沉积物搬动作用、以及深水浊流触发机制的研究具有重要意义。

S8-O-06

对南海北部陆缘重力流与底流交互作用研究的回顾与展望

王英民[1,2]，龚承林[1,2]，邱燕[3]，彭学超[3]，徐强[4]，徐上[1,2]，王海荣[5]

1 油气资源与探测国家重点实验室（中国石油大学（北京）），北京 102249

2 中国石油大学（北京）地球科学学院，北京 102249

3 国土资源部广州海洋地质调查局，广州 510760

4 中海油研究总院，北京 100027

5 中国地质大学（北京）能源学院，北京 100083

wym3939@vip.sina.com

Michele Rebesco、F. Javier Hernández-Molina 和 David Van Rooij 等国际著名的海洋地质学家在《Marine Geology》创刊 50 周年纪念专辑中指出：进入 21 世纪以来，伴随着 IODP 和 IGCP 等项目的实施，人类迎来了以“等深流和重力流与底流交互作用”为特色的第三次海洋地质学革命。在此谨对本研究团队围绕“重力流与底流交互作用”这一主题，在三个自然科学基金项目及 973 课题的支持下所开展的一系列探索做一个简要回顾。

在《南海北部深水陆坡体系侵蚀—沉积响应过程及其控制因素》（40572067，2006 至 2008）的支持下，研究认为在南海北部陆缘重力流沉积作用和底流沉积作用均很活跃，底流能够形成与重力流相比毫不逊色的底流沉积体系。在南海北部这两大作用机制具有差异的空间展布格局，具体来说台湾浅滩陆坡以重力流作用为主，而东沙陆坡、番禺陆坡和神狐陆坡段两种沉积作用均有发育，至于莺琼陆坡形成了两种沉积作用有序进退的时空格局。

在《深水重力流与底流交互作用的过程和响应，以台湾浅滩陆坡为例》（40972077，2010 至 2012）和 973 课题《南海深水区盆地远源碎屑岩沉积机理研究》（2009CB219407）的支持下，研究认为重力流和底流交互作用是深水陆缘上（如台西南盆地）除了重力流作用和底流作用之外的第三大作用机制。研究认为不发育堤岸且持续地向一个方向迁移的深水单向迁移水道内重力流（包括浊流）和底流（等深流、内波和内潮流）同时、同地存在，是重力流与底流交互作用有利的形成发育场所，及其典型的沉积响应类型。在深水单向迁移峡谷水道内识别出经由浊流搬运而来的沉积物受到持续稳定的底流的淘洗、分选和改造，形成储集性能优越的底流改造积砂。相关研究成果发表在 2013《AAPG Bulletin》上，并被《Marine Geology》创刊 50 周年纪念专辑以“插图引用”的形式，单篇引用达七次，在重力流与底流交互作用研究方面形成了自己的特色，为迎接第三次海洋地质学革命的到来做出了自己的贡献

在《深水单向迁移水道的成因机理及其内的浊流、内潮流与等深流交互作用研究》（41372115，2014 至 2017）的支持下，研究认为在缺少离心力作用的顺直的深水单向迁移水道内，流向水道迁移一侧（陡岸）的等深流能够驱动重力流以 2°～15°斜交陡岸，形成一横向环流。这一横向环流的高速涡流区出现在水道的陡岸，以侵蚀作用为主；而其低速涡流区出现在水道的缓岸，以沉积作用为主，该横向环流所伴生的“陡岸侵蚀—缓岸沉积”驱动水道及其所伴生的底流改造砂向参与其沉积建造的底流流向一侧持续、稳定地迁移、叠加。深水单向迁移水道内的经由沉积物重力流搬运而来的沉积物能够被内潮流、内波和等深流充分地分选、改造，形成储层物性优越的底流改造砂。

展望未来，本研究团队越来越深刻地意识到内潮流和内波在深水沉积物搬运—沉积

过程中的重要作用，这将是我们下一步重力流与底流交互作用研究的核心问题。

S8-O-07

南海东北部九龙海底峡谷及海底扇沉积体系

钟广法[1]，郭依群[2]，匡增桂[2]，王嘹亮[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海洋矿产研究所，广州 100871
gfz@tongji.edu.cn

利用高分辨率地震剖面结合海底多波束资料研究南海东北部九龙海底峡谷及海底扇沉积体系。该峡谷起源于水深约 300-400 米的上陆坡，由两条规模较大的分支峡谷及有关的沟谷汇集而成，这两条分支峡谷在水深约 1700 米处合并为单一峡谷，峡谷口位于水深约 2000 米处。峡谷口外发育有一小型海底扇，其上分布有 5 条分支水道。该峡谷及扇体的总长度约 80 km，峡谷谷底宽度从数百米到 5 km 不等，峡谷两侧堤岸间的宽度介于 2-12 km，海底扇的宽度超过 30 km。该峡谷弯曲度小，中泓线下切深度介于 200-800 米之间。根据地震反射特征，在该峡谷-海底扇体系内部识别出了峡谷轴部充填、谷底坝、滑坡、分支水道及叶状体、沉积波等沉积地貌单元。谷底坝上发育有逆流迁移的沉积波，解释为逆行沙丘，证明峡谷中存在超临界流。峡谷壁发育重力变形沉积波。此外，海底扇分支水道出口还见有波脊垂直于水道流向的沉积波，解释为非限定型浊流沉积产物。

S8-O-08S

奇美海底峡谷—深海冲积扇的形貌、构造与震测特征

Yu-Huan Hsieh (谢雨寰) and Char-Shine Liu (刘家瑄)

Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taiwan, 10617
luckyuki9@yahoo.com.tw;

The Chimei submarine canyon starts from the Hsiukuluan River estuary, runs eastward across the eastern flank of the submarine Coastal Range, and merges into the Hualien Canyon near the western end of the Ryukyu Trench. The Chimei submarine canyon can be divided into two parts: the upper section has a broad and flat canyon path running across the eastern flank of the submarine Coastal Range; the lower section meanders across a deep sea fan in the Huatung basin.

In this study, we use multichannel seismic reflection profile data together with high resolution bathymetry data to study the basement structures and seismic sequences along the canyon path and in the distal fan. The upper section of the Chimei canyon develops on the highly deformed Luzon arc basement, and runs across two N-S trending thrusts. Those thrusts affect the upper Chimei canyon path. Two stratigraphic sequences are recognized in the sediment strata above the basement. Acoustic basement and lower stratum are deformed and folded, and young sediments (upper stratum) cover the canyon floor smoothly. An east-vergent thrust fault lies at the foot of the eastern flank of the Luzon arc which separates the upper section from the lower section of the Chimei Canyon. The lower section of the Chimei submarine canyon flows over a submarine fan where eight seismic sequences are recognized. The two lower sequences show continuous, parallel to sub-parallel seismic strata which fill the

basement low. They are deposited in low energy open sea environment, thus are interpreted to be old deep sea sediment. The six upper sequences show chaotic and mounded seismic facies, and also transparent and continuous parallel seismic strata. We interpret those are characters of submarine canyon deposits which form the submarine fan. The northern half of the submarine fan has been eroded away already.

S8-O-09

琼东南盆地深水重力流沉积旋回

王大伟[1,2]，吴时国[1,2]，王英民[3]，姚根顺[4]

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 中国科学院海洋研究所海洋油气研究中心，青岛 266071；

3 中国石油大学（北京）地球科学学院 102249

4 中石油杭州地质研究院，杭州 310013

wangdawei@qdio.ac.cn

近年来的地质与地球物理调查发现，在位于琼东南盆地西部陆坡区，处于深水沉积环境的第四纪沉积地层中，发现重复性的、垂向上交替的块体搬运沉积体系和水道-堤岸体系。将这种交替出现的沉积体称为重力流沉积旋回，从早更新世以来，自下向上依次发育 3 套重力流沉积旋回，每套重力流沉积旋回中都包括了下部的块体搬运沉积体系和上部的水道—堤岸沉积体系。通过 3D 地震资料对 3 套重力流沉积旋回进行分析，总结了每套旋回中的块体搬运沉积体系与水道—堤岸沉积体系的地球物理特征，展现了每套旋回中包含了从块体搬运沉积体系向水道—堤岸沉积体系演化的过程。位于研究区西部的越南中部山区是重力流物源，山间河流是主要的输送途径，研究区西部的陡而窄的陆架以及陆架—陆坡区的快速沉积物堆积是形成重力流沉积旋回的基本条件，推测更新世偏心率长周期（400 - 500 ka）的全球海平面变化是重力流沉积旋回形成的主要机制。

S8-O-10S

南海琼东南盆地深水区岩浆底辟对中央峡谷的影响

商志垒，解习农，何云龙

中国地质大学构造与油气资源教育部重点实验室，武汉 430074

rzjmman@126.com

南海琼东南盆地沿中央凹陷带发育呈 NE 走向的中央峡谷，西起莺歌海盆地中央凹陷带，经琼东南盆地乐东凹陷、陵水凹陷、松南-宝岛凹陷及长昌凹陷，向东经西沙海槽最终汇入南海西北次海盆，全长 425 km，最宽处达 48.5 km。中央峡谷内充填可作为良好油气储层的浊流沉积，是近年来琼东南盆地深水区研究的热点。

运用高分辨率 2D-3D 地震资料，在琼东南盆地松南低凸起、松南—宝岛凹陷及长昌凹陷的中央峡谷两侧识别出 5 期共 10 个底辟体。它们与古潜山的特点不同。若古潜山离物源较近，地层将平直上超于古潜山；离物源较远以悬浮沉积为主时，古潜山两侧及之上的地层应等厚披覆。而我们在琼东南盆地发现的底辟之上均可见地层上拱并减薄，常见发育伴生正断层。另外，通过它们直接与盆地基底地壳相连排除其为泥底辟或流体底辟。因此判断这些底辟为岩浆底辟。根据地层接触关系、伴生断层影响的最年轻层位等综合判断它们分别发育于 T60（21 Ma）、T50（15.5 Ma）、T29（4.2 Ma）、T28（3.8 Ma）及 T20（1.64 Ma）时期，分别编号为 T60-1、T60-2、T60-3、T50-1、T29-1、T29-2、T29-3、T29-4、T28-1 及 T20-1，总分布面积达到 2810

km^2。

由于这些底辟的位置离中央峡谷非常近，因此对峡谷形成与充填演化造成深远影响。现按从东至西的顺序将底辟对中央峡谷的影响进行阐述。中央峡谷发育于 T40，受来自西部浊流的反复侵蚀切割形成。T60-1/2/3 底辟形成先于中央峡谷，位于长昌凹陷，与北部神狐隆起共同构成小型限制性轴向盆地，控制了该段峡谷走向，T60-1 和 T60-2 甚至直接充当该段的峡谷壁。T28-1 底辟发育于宝岛凹陷与长昌凹陷交界处峡谷北侧的陆坡底部，形成时直接喷出海底成为海山。由于其抬高了陆坡的原始地层，使得沉积物失稳，诱发 1 期块体流。块体流顺陆坡向下运动，绕过海山进入峡谷内充填。此后，该区北部陆坡发育的块体流遭受阻挡只能先绕过海山才能进入峡谷。T50-1 和 T29-2 两个底辟发育于松南低凸起附近的峡谷南侧。由于南部隆起的存在，该段峡谷原本已呈现北缓南陡态势，两个底辟抬高了地层，加强不对称形态，使该段峡谷充满时间从T28延迟至T27。T20-1 底辟恰好就位于松南低凸起附近的峡谷底部，在峡谷充填物内形成伴生正断层，一直沟通至 T20 时地层，这可能对峡谷内的油气藏造成破坏。

我们发现，每个底辟的走向平行峡谷走向，并且整体走向也与峡谷平行，沿中央凹陷带这个构造薄弱带展布。同时底辟仅分布在琼东南盆地中部至东部，西部未见。由此推测底辟成因与西沙海槽发育有关。西沙海槽即为长昌凹陷东部，为一新生代裂谷，经历早期裂谷雏形、中期稳定沉降阶段，晚期裂谷进一步发展渐趋形成阶段，形成时期从 36 Ma 一直持续到 0.17 Ma。其自东向西张裂，导致沿裂谷走向地壳厚度由西向东减薄，从大陆型地壳渐变成过渡型地壳，最后延伸到西北次海盆演变为大洋型地壳。正是在张裂过程中，诱发岩浆向上运动侵位，个别（T28-1）甚至喷出海底。由此看来，西沙海槽张裂可以向西一直影响至松南低凸起附近。

S8-O-11

地震海洋学与沉积过程研究

宋海斌[1]，杨胜雄[2]，关永贤[2]，拜阳[1,3]，刘伯然[1,3]，陈江欣[1,3]，耿明会[1,3]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，中国科学院油气资源研究重点实验室，北京 100029

2 广州海洋地质调查局，广州 510760

3 中国科学院大学，北京 100049

hbsong@mail.iggcas.ac.cn

地震学是研究固体地球的重要地球物理学科，地震海洋学则把地震学的研究对象拓展到流体地球－海洋。地震海洋学作为一门新兴的交叉学科，具有高横向分辨率、短时间内对整个海水剖面进行成像和已有巨量反射地震数据的优势，可望在物理海洋学、海洋地质学领域获得广泛应用，对海洋学发展产生深远影响。近十年来地震海洋学快速发展，目前一方面已给出了锋面、涡旋、内波等现象的高分辨图像，另一方面在内波波数谱、温盐结构反演、湍流耗散率估算、大洋环流流速估算等定量研究取得了重要进展。其发展潜力一方面是深化深海物理过程的认识，另一方面还可望直接对海底地质过程成像，可望在捕捉沉积物输运过程（如浊流、雾状层）和海底喷泉（冷泉、热液）等方面也作出相应贡献，提升海水层与海底的相互作用的认识。

我们建立完善了可揭示较清晰水层结构的地震海洋学处理流程，并对南海大量地震剖面（约 20000 km）和浅层剖面（约 9000 km）资料进行了数据处理和分析，结合多波束资料，对南海的海底界面过程进行了研究。研究发现，南海东北部东沙海域发育大量孤立波或孤立波群，地震海洋学给出了这些孤立

波的空间结构及其波数能量谱，这些孤立波或孤立波群对该区域上陆坡沉积物波的形成起控制作用。南海西部是大型麻坑发育区，这些麻坑直径达 3-4 km，这些麻坑的形成与海底流体活动与底流活动密切有关，地震海洋学给出了底流存在的直接观测证据。在南海大量水层地震剖面上可识别出雾状层，雾状层的维系与内波作用有关。在南海西南部发现 5 条大型深水水道，由重力流形成，是湄公河陆源物质搬运到南海西南次海盆的重要通道，这些深水水道的解译为南海深水油气勘探提供了地震沉积学研究的典型范例。对南海陆坡区冷泉系统进行了综合分析，南海西部冷泉系统的特色是海底发育麻坑和泥火山地貌，南海东北部冷泉系统的特色是浅剖剖面发育空白带-流体通道，少量浅剖剖面上水体还有异常。对海底冷泉系统上方的水体反射结构进行对比分析，发现一些冷泉系统上方存在特殊的垂向异常体-反射结构，初步推断与冷泉活动的影响有关。以上研究表明，地震海洋学已从早期的地震学与物理海洋学的交叉推进到地震学与海洋学的交叉，必将为揭示海底界面过程的奥秘做出重要贡献。

沉积过程与沉积动力学研究是当前海洋地质学研究的一个重点，应该指出的是，观测和定量模拟是认识过程、揭示机制的两大重要手段。就观测而言，无论是重力流、等深流、底流、雾状层等的观测，还是中小尺度物理海洋现象（如涡旋、内潮-内波-内孤立波、湍流混合）等在沉积搬运过程中的作用的探索，地震海洋学均因其全深度、快速成像、有大量历史数据的优势，可望做出重要贡献。如南海的沉积物波等现象，海洋地质学界在推断其沉积搬运过程中强调了流的作用，而现今的物理海洋过程的观测在南海东北部海区最明显的却是中尺度涡旋与潮汐作用引发的内波。我们的地震海洋学研究已表明东沙海区上陆坡的沉积物波的主要成因恰恰是内孤立波。沉积物由陆架向陆坡、深海盆的搬运过程中，沉积物再悬浮、雾状层的维系等也均与内波作用有密切的关系，地震海洋学已给出初步的观测证据。

S8-O-12

台湾海峡北部夏季沉降颗粒物的来源:再悬浮与河流输入

王爱军，叶翔，徐晓晖，尹希杰，徐勇航

国家海洋局第三海洋研究所 海洋与海岸地质环境开放实验室，厦门 361005

ajwang@163.com

悬浮颗粒物的沉降过程对于有机碳的垂向转移和埋藏具有重要意义。利用时间序列的沉积物捕获器在台湾海峡北部上升流区开展了连续 8 天的近底层（8 mab）沉降颗粒物的收集，对沉降颗粒物开展了颗粒有机碳与颗粒氮含量及其稳定同位素分析。观测结果表明，观测期间该海域悬浮颗粒物总沉降通量、POC 及 PN 沉降通量分别为 0.67~13.34 $g/m^2\cdot d$、4.2~90.9 $mg/m^2\cdot d$ 和 0.5~14.6 $mg/m^2\cdot d$，平均值分别为平均值为(7.96±3.32) $g/m^2\cdot d$、(51.1±23.3) $mg/m^2\cdot d$ 和 (7.9±4.0) $mg/m^2\cdot d$；沉降颗粒物 POC 和 PN 含量分别为 0.589~0.741%和 0.072~0.110%，平均值为分别为(0.646±0.044)%和(089±0.014)%；$\delta^{13}C$‰和 $\delta^{15}N$‰ 分别为 -20.74~-22.61‰ 和 4.63~6.57‰，平均值分别为(-21.45±0.58)‰和(5.18±0.62)‰；$\delta^{13}C$‰及 C/N 指示了观测期间沉降颗粒物以海源为主；观测期间沉降颗粒物中再悬浮贡献量为 50.5~77.9%，平均 64.5%；底部混合作用加强及温盐跃层的上移使得海底再悬浮颗粒物向上输运加强，从而使沉降通量增大。

S8-O-13

南海表层海水孢粉传播方式及其环境意义

罗传秀[1]，蒋春城[2]，陈木宏[1]，向荣[1]，刘建国[1]，张兰兰[1]，陆钧[1]，潘安定[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 广州大学地理科学学院， 广州， 510006

luocx30@126.com

南海是西太平洋最大的边缘海之一，因其具有相对封闭性、连续沉积且沉积速率高等特点，是研究高分变率古环境变化的重要地区。本文第一次在南海开展表层海水孢粉分析, 并与空气样品、表层沉积物样品孢粉组合进行对比，以了解海底沉积物孢粉传播的主要动力是什么。通过对 2010-2011 年采集自南海各海区的 44 个表层海水样品的孢粉特征进行分析，发现表层海水孢粉的分布深受海流和河流影响，尤其是在南海北部区域。表层海水孢粉的传播主要是受珠江、表层边界流以及黑潮分支流的影响。除此以外，南海表层海水孢粉数量跟采样季节关系不大，但是与沉积速率成正比，处于高沉积速率区域的表层海水样品其孢粉粒数远高于低沉积速率区域的样品中的孢粉数量。

在对南海空气孢粉进行分析时发现，空气孢粉数量和总浓度与采样季节、风向、采样位置以及沉积速率有很密切的关系。处于高沉积速率区域的空气样品其孢粉粒数显著高于低沉积速率区域的样品中的孢粉数量。

对于海底表层沉积物而言，其总的孢粉浓度与沉积速率没有很密切的关系。从不同季节空气孢粉与海水孢粉的对比来看，秋季空气孢粉的数量明显多于表层海水孢粉的数量，而冬季空气孢粉的数量与表层海水孢粉的数量一样少。据此可以得出初步结论：秋季，南海区域的孢粉传播动力主要是风力；而冬季，南海区域的孢粉传播动力可能同时包括风力与表层洋流。

S8-O-14

海南三角洲发育特征及成因模型

黄文凯，邱燕*，陈泓君，杨楚鹏

广州海洋地质调查局，广州 510760

zqiuyan32@hotmail.com

项目组在对海南岛西南面海域内单道地震测线进行精细解释中，发现一个晚更新世发育的死亡三角洲，命名为海南三角洲，其发育特点为年代新，时间短，规模大，物源单一。

根据钻井资料的 ^{14}C 与 OSL 测年结果，海南三角洲顶界面的年龄约为 33.2 ka，底界面的年龄约为 45.9 ka，对应于晚更新世，深海氧同位素 3 阶段（MIS3）。经粗略估算，该三角洲分布面积约 25849 km^2，体积约 10901×10^8 m^3（以 1600m/s 的声速计算）。根据区域地质背景和地震资料等综合分析推断其主要物源来自海南岛。

对地震资料进行精细分析，可将海南三角洲划分为东西两个部分，两部分具有各自的沉积中心且发育特征不同。另外，古三角洲两个部分古河道分布情况迥然不同，西部古河道纵横交错，而东部基本没有河道发育。最后，综合考虑海南三角洲前积结构特征、古河道分布特征、顶、底界面尖灭边界以及三角洲东西部的差异，本文提出一个初步的海南三角洲成因发育模型。

海南三角洲从形成到死亡所经历的时间仅为 12 ka，在这么短的时间内形成如此巨大的三角洲，强烈的构造运动、极端气候所促使的风化剥蚀、浅层气所导致的松散物源三者都是至关重要的因素。基于此，对三角洲

的形成过程、盆地动力学以及地质灾害事件的研究，海南三角洲和海南岛的近海及海岸带区域都是一个理想的关键对象。

S8-O-15S

台湾物质主导了南海北部末次冰期以来深水细粒沉积物的组成

李夏晶[1]，刘志飞[1]，Christophe Colin[2]，杨文光[3]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
2 Laboratoire GEOPS, UMR 8148 CNRS-Université de Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex, France
3 成都理工大学沉积研究院，成都 610059
adeline9705@gmail.com

鉴别深海陆源沉积物的来源及其物源区贡献时间序列的定量分析，是开展深水沉积动力学和深海沉积环境变化研究的重要内容。由于深海沉积物的多来源性及其相互混合和干扰，加之地质历史时期物源区的潜在变化、沉积物入海后受表层和深层洋流搬运的叠加作用，深海陆源沉积物来源的定量研究一直没有取得突破性进展。南海北部表层沉积物及其主要物源区（台湾、华南和吕宋）河流沉积物的矿物学对比，连同深水锚系现代海流和沉积物搬运的观测研究，成功地显示深海沉积物多物源区的有效鉴别及其搬运过程解释，为南海北部地质历史时期多物源区贡献时间序列的定量研究提供基础。本项研究选择 IMAGES 计划 MARCO POLO 航次（2005 年）在南海北部深水区采集的 MD05-2905（水深 1647 m，位于东沙东南侧沉积物高速堆积体上部）和 MD05-2904（水深 2066 m，位于东沙西南侧）岩芯，开展末次冰期 28 kyr 以来高分辨率陆源粘土矿物的定量分析。研究显示，台湾提供的陆源沉积物构成南海北部深水细粒沉积物的主体，平均达到 40-60%，而吕宋和华南的贡献平均分别为 20-40%和 15-25%。我们的定量研究结果发现，台湾对南海北部深水区东侧的贡献量自 28 kyr 以来一直维持在 60%左右，而对西侧的贡献量从末次冰期平均 40%增加到全新世的平均 55%，表明深水洋流的搬运作用在全新世时期显著增强。指示南海北部表层洋流搬运能力的吕宋贡献量在末次冰期较全新世时增强，但在末次冰消期 Henrich-1 事件时期（约 16 kyr）由于 ITCZ 南移而大幅度减弱，而此时华南河流沉积物的贡献量增强，这可能早受到末次冰期以来海平面变化和 ITCZ 南移形成的季风降雨变化影响。本项研究突显了台湾山区小河沉积物贡献和相对活跃的深水洋流搬运对南海深海沉积作用的重要影响。

S8-O-16S

西印度洋陆源输入对全新世气候和海洋变化的启示

刘喜停[1, 2]

1 德国不莱梅大学海洋环境中心(MARUM), 不莱梅，德国 28359
2 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室，武汉，中国 430074
xliu@marum.de

东非沿海地区在全新世经历了重要的气候和海洋环境变化，这些变化将会影响东非大陆架上的沉积动力学特征。但是，到目前为止，我们对该时期内西印度洋陆源输入的物源，转移和沉积过程都缺乏认识。本文通过来自坦桑尼亚沿岸的高分辨率海洋沉积物记录，揭示陆源物质输入对全新世气候和海洋变化的响应。

岩心共五米长，其中一半作为档案储存，一半用作采样。本文按照 2 厘米的分辨率进行采样，共获得 244 个样品。一部分样品用

激光粒度仪进行粒度测试，剩下的样品被冷冻干燥，然后碾成粘土级的粉末进行矿物和元素分析。其中粒度分析包括全岩样品的分析和陆源组分的分析。

本文按照沉积物粒度、矿物和地球化学组成的特征，将陆源沉积物主要分为两大类。第一类为粗粒的组分，主要包含石英和长石矿物，以富含硅元素为特征。这类矿物在8000 cal yr BP 以来快速的增加，这主要归咎于全新世早期快速的海侵。海平面上升过程中，导致原先暴露的陆架区被海水覆盖，重新改造在低水位期沉积的砂质的沉积物。第二类陆源沉积物主要包括各种粘土款物，富含陆源元素，例如铝、钾、铁、钛。此类沉积物来源于内陆地区的风化作用，被河流搬运到西印度洋。因此，此类沉积物与河流的径流量有关，能够反映东非内陆地区的降水强度。第二类陆源沉积物在早全新世含量最高，对应于非洲湿润期(AHP)。中全新世时期，此类沉积物渐渐减少（5500-3300 cal yr BP），该阶段对应于非洲湿润期的结束。我们的数据表明，早中全新世非洲湿润期到晚全新世干旱期是逐渐式的，这与西非地区快速的干旱化过程不同。造成这种差异的原因可能是印度洋和大西洋不同的海洋-气候系统以及气候-植被之间反馈效应的不同。

这是首次对西印度洋沿东非地区全新世沉积记录的研究，为进一步认识该地区古气候和古环境的演化提供了新的证据。

S8-P-01S

陆架三角洲至深海盆地沉积体系—以南海北部白云凹陷晚渐新世为例

徐少华[1,2]，王英民[1,2]，卓海腾[1,2]，赵亚楠[1,2]，赵千慧[1,2]，蔡长娥[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

xsh_xu@163.com

陆架三角洲至深海盆地的源—渠—汇耦合机制和沉积体系一直是世界备受关注的热点问题。本文以中国南海北部白云凹陷晚渐新世为例，利用岩心、钻井和测井等资料，对 10 口井进行沉积微相研究。在井-震结合的基础上，针对全区 2500 km^2 进行三维地震解释和振幅切片，将识别的 7 种典型地震相对应于 5 种不同的沉积环境（陆架三角洲、混合沉积、斜坡沉积、深水沉积环境和碳酸盐岩台地）。在沉积动力学基础上，以沉积学和层序地层学为指导，总结白云凹陷晚渐新世沉积过程和演化模式。

研究表明：垂向上白云凹陷晚渐新世沉积演化受控于持续的物源补给、相对海平面变化和生长断层。低位晚期和海侵体系域发育内陆架三角洲，高位域发育中陆架三角洲。该时期发育于陆架边缘的大型非对称三角洲，由于受强烈的南西-北东向的沿岸流影响，三角洲前缘改造的沿岸沙坝平行于陆架边缘呈条带状展布。陆坡之下的深水沉积体系以富泥的块体搬运复合体（MTD）和深水朵体沉积为主。在强制海退体系域，由于古珠江持续的物源供给和相对海平面的大幅下降，发育以河控三角洲为主的陆架边缘三角洲。深水沉积厚度明显增大，并发育鸥翼状水道堤岸复合体和富砂的 MTD。平面上晚渐新世沉积体系还受地形坡度的控制，NE-SW 方向的陆架坡折带分异了其上以牵引流为主的滨浅海沉积环境（地形坡度＜0.05º）和其下以重力流发育的上陆坡沉积环境（地形坡度＞6º）。最终建立了白云凹陷受三级层序控制的“源—渠—汇”沉积模式。

S8-P-02S

东沙海域内孤立波的地震海洋学研究

拜阳[1,2]，宋海斌[1]，关永贤[3]，杨胜雄[3]，刘伯然[1,2]，陈江欣[1,2]，耿明会[1,2]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
2 中国科学院大学，北京 100049
3 广州海洋地质调查局，广州 510760
bby1220@163.com

南海东北部是世界上孤立波（又称内孤立波，孤立子内波）最发育的海域之一，该处孤立波具有振幅强、出现频次规律等特点，因此在最近十几年对孤立波的研究中，南海东北部成为了其中的前沿和热点区域。对孤立波的研究无论是在物理海洋学方面，还是海洋地质学、海洋工程方面都有重要的意义。

通过长时间的探索和努力，我们终于在东沙海域附近的一些地震剖面中发现了孤立波结构，为研究其特征奠定了良好的数据基础。基于这些数据，我们对孤立波的多个性质进行了研究：第一，验证了第一模态孤立波振幅的垂向变化趋势随着深度为先增大后减小，并且在减小部分大体符合线性趋势，通过线性拟合的斜率可以得到减小率为0.216 左右。第二，通过孤立波垂直位移的水平波数谱与 GM 模型谱对比发现，孤立波在低波数段能量要比 GM 谱大一到两个数量级，特别是小于 10^{-3}cpm 部分，甚至可以大到两个数量级以上。第三，研究了涡旋与孤立波的相互影响，发现涡旋核心对所接触的孤立波具有一定的增幅作用，并且这种作用在两者分开之后仍可保留。第四，当海水深度较浅时，某些大振幅的孤立波可以影响到海底，通过观测发现海底对孤立波具有“切割”作用和“摩擦”作用，“切割”作用导致孤立波在近海底部分波形发生间断，“摩擦”作用导致近海底的孤立波之上相比较浅部发育有较多次一级尺度的波动，孤立波与海底之间的“摩擦”对海底的地貌形态也有一定的改造作用，如深海海底沙波的形成可能就是孤立波作用的结果，除了会对海底地貌产生影响之外，这或许能够为海底界面的沉积过程提供一些新的认识。第五，孤立波的垂向剪切力会对地震采集的拖缆造成一定的影响，导致数据中出现较强的垂向噪音。第六，孤立波包中各个孤立子的振幅整体是按照大小顺序排列；而宽度方面，首波的宽度一般是最大的，除此之外其他孤立子的宽度排列没有特别明显的规律可循。第七，孤立波在变浅作用中会发生相位倒转，研究发现在海底深度 130m 左右通常已完全转变为上抬型，并且此区域的上抬型孤立波最大振幅约为 50m；在 200m 深度左右有上抬型孤立波的存在，也有“混合型”。孤立波变浅作用中的相位变化具有垂向不一致性，同一个孤立波深部的波形通常先于浅部的发生变化。另外还研究了如何根据孤立波的视宽度进行校正以获得真实宽度。

S8-P-03S

琼东南盆地沉积物源环境演变的钻井岩芯重矿物和元素地球化学特征响应

刘晓锋[1]，翟世奎[1,2]，陈宏言[1]

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
xfliu2012@163.com

对琼东南盆地深浅水区 11 口钻井岩芯样品的重矿物组成和深水区 2 口钻井的元素地球化学特征进行了分析，提取了陆源稳定重矿物、ZTR 指数、自生重矿物、元素含量、特征元素比值和特征元素对等指标，综合分

析了盆地各地层单元的沉积物源和沉积环境演变。结果表明，盆地前古近系基底为陆相沉积，渐新世以来盆地整体水深不断增大，各地层沉积环境多变，物源复杂，在盆地南北两侧分别存在锆石、电气石、磁铁矿、白钛矿和 ZTR 的低值区，反映普遍发育南部永乐隆起和北部海南隆起两大区域性物源。在早渐新统崖城组地层中，特征元素比值波动变化明显且存在崖三段中部 4207 m（未知年龄，介于 33.9-31.5 Ma）和崖二段底界（31.5 Ma）两个一级突变界面，可能是对南海运动的响应。该时期沉积物源由近源火山物质（崖三段下部）突变为邻区陆源碎屑，沉积环境由早期海陆过渡环境演变为晚期滨浅海环境。在晚渐新统陵水组地层形成期间，受南海扩张影响，盆地全区发生海侵，达浅海环境，东北部神狐隆起物源逐步加入，影响至松东—宝岛凹陷一带。在三亚组地层底界（23 Ma），存在特征元素比值一级突变界面（元素比值在界面以下波动显著，以上趋于稳定），反映自早中新世三亚组地层形成初始，盆地进入裂后热沉降期，水深有所加大，达中—外浅海环境，神狐隆起物源逐渐萎缩，海南隆起物源影响范围扩大至中央坳陷带。在中中新统梅山组地层形成早期，盆地可达半深海环境，受南海中中新世海退事件影响，晚期水深有所下降，过渡为外浅海环境。此后，永乐隆起物源影响弱化，海南隆起物源占据主导地位。在晚中新统黄流组地层沉积晚期，西部红河物源开始大量加入，影响局限于中央峡谷区域，可能是受到了东沙运动导致盆地大规模海退的影响。自上新统莺歌海组地层发育起，红河物源逐渐退去，莺西物源在盆地西部有所发育，最终海南隆起物源成为盆地的最主要物源，沉积环境逐渐稳定为外浅海—半深海环境。

S8-P-04

复合流沉积作用机制与沉积构造鉴别标志

李向东

昆明理工大学国土资源工程学院，昆明，650093
Lixiangdong614@163.com

复合流由单向流和振荡流流体叠加而成，属于不同流体相互作用范畴，其研究起源于水槽实验中对复合流波痕的观察，一开始便和沉积学结合在一起。复合流广泛发育在具有复杂水动力条件的潮坪、河口湾、三角洲前缘、海滩、陆棚及大洋。复合流沉积对于复杂水动力条件下的沉积学研究具有非常重要的意义，是确定沉积岩沉积时流体相互作用的主要依据，也是造成目前深水沉积和浅水沉积争议的焦点所在。本文以已有复合流文献为基础，从复合流底床形态与垂向序列、细砂级颗粒的运动机制、复合流沉积特征分析、沉积构造鉴别标志、沉积效应与层理构造谱系和泥质底床上的层面构造谱系等 6 个方面进行了总结。取得的主要认识有：① 依据波动类型和振荡流、单向流叠加方式，可将复合流分为：对称共轴叠加、对称垂直叠加、对称斜交叠加、浅化同向叠加、浅化异向叠加、浅化垂直叠加、浅化斜交叠加、强浅化同向叠加、强浅化异向叠加、强浅化垂直叠加和强浅化斜交叠加 11 类；② 复合流总体上属于衰弱流（waning flow）悬浮沉积，其微观的沉积机制可分为 5 种：未到崩落点的喷射沉积、越过崩落点的喷射沉积、残余涡动沉积、垂直降落沉积和背流面的崩落沉积；③ 复合流沉积过程总体上受悬砂量和沉积时间的控制，垂向序列介于单向衰减流悬浮沉积（如鲍玛序列）和双向振荡流悬浮沉积（如风暴序列）之间；④ 复合流沉积构造鉴别标志主要有：复合流波痕、复合流层理、

爬升型复合流层理、不对称丘状交错层理、准平行层理和不能充分发育的浪成波纹层理与流水层理的频繁交替等 6 类；⑤ 复合流可对中砂、粗砂和砾石等推移载荷产生一定的流动效应。⑥ 对复合流沉积的研究，将是注重振荡流与单向流叠加过程在沉积学上表现的“中间状态”研究，从而有别于传统沉积学给不同沉积环境下理想的沉积模式的“端元研究”。

S8-P-05

南海神狐海域水合物成藏生物机制及地质模式探讨

郝树青*

中国矿业大学资源与地球科学学院 煤层气成藏过程教育部重点实验室，徐州 221116

* jdhsq@163.com

2007 年，广州海洋地质调查局在南海神狐海域首次钻获了天然气水合物样品，引发了对神狐海域水合物成藏生物及地质模式的研究热点。

南海是西太平洋最大的边缘海之一，位于欧亚板块、太平洋板块和印度洋板块的交汇处，具有独特的边缘构造循环。在东部南海板块沿马尼拉海沟向东俯冲，形成叠瓦状逆掩推覆的增生楔，北部、西部发生一系列的扩张裂陷、剪切、沉降作用，形成大中型沉积盆地，为有机质的富集提供了有利条件。本研究根据南海地质环境条件，从生物成甲烷气机理出发，研究不同类型有机质的生物产甲烷能力和特征，选择了代表性藻类、水生草本植物、陆生草本植物等 4 个样品进行生物成气实验研究，并结合运用甲烷碳同位素、二氧化碳同位素和天然气组分等数据进行多参数综合评判；进一步，从宏观上对甲烷气体在海底沉积相多孔介质中的运移规律进行多相多物理场耦合数值模拟，以期更接近南海神狐海域地质背景条件，从而获得研究海域地质条件下的水合物地质成藏模式。

S8-P-06S

波浪作用下黄河口海床破坏的试验研究

王振豪[1]，贾永刚[1,2]，张少同[1]

1 中国海洋大学环境工程与科学学院，青岛 266100

2 海洋环境与生态教育部重点实验室，青岛 266100

542340176@qq.com

作为油田等海洋工程集中的区域——黄河口，粉质土海床大量分布，海床沉积物所受动力主要为波浪循环载荷，在波浪循环荷载作用下海床沉积物中孔隙水压力和土体强度发生变化，海床的稳定性受到影响。而目前粉土的动力响应特性研究方面仍很薄弱，掌握粉土的动力响应特性正确评估波浪作用下海床稳定性有利于保障海洋工程的安全。因此需要对波浪作用导致的黄河口海床内孔压变化和强度变化进行分析，进而评价海床稳定性并对海床的滑动破坏进行研究。本文依托国家自然科学基金项目“风暴对黄河水下三角洲侵蚀控制与海床液化”(项目号：41072215)及国家自然科学基金项目“黄河口侵蚀再悬浮物海床内部输供及控制因素研究”（项目号：41272316）开展工作。

本文从以下方面分别进行研究：通过室内试验研究海床破坏过程及特点，并分析海床破坏过程中孔压响应情况；对波致黄河口海床破坏进行理论分析并对海床某个深度范围内土体的破坏情况进行初步判别。

试验于大水槽中进行，以黄河三角洲粉质土底床为研究对象，试验过程中，先后施加 5cm、10 cm、15 cm 波高的模拟波浪荷载，每个波高重复作用两次，观测土床的破坏过程以及特点，在试验过程中测量土床内孔压变化，并对土床进行贯入强度测试和不排水

抗剪强度测试。

研究发现：粉质土海床的破坏分为土体扩展和土体恢复两个过程；在破坏过程中，海床中出现排水排砂通道，在土床表层有极细颗粒的浮泥层，破坏边界呈圆弧形，整个破坏土体沿边界作周期性振荡运动；孔压的累积使强度包络线和莫尔圆都发生了移动，使土体向易于破坏的方向发展，当孔压比达到 0.5 以上，土体的抗剪强图以及贯入强度明显降低；破坏后在循环荷载的持续作用下，有类似滑坡复活的现象出现；基于极限平衡理论建立的表示抗剪强度和剪应力间关系的安全系数式可初步判断粉质海床某深度范围内土体破坏情况。

S8-P-07S

海水盐度对沉降泥沙的固结过程影响研究

单红仙[1,2]，王伟宏[1]，贾永刚[1,2]，刘晓磊[1]，张少同[1]，孙永福[3]*

1 中国海洋大学，环境科学与工程学院，青岛 266100

2 海洋环境与生态教育部重点实验室，青岛 266100

3 国家海洋局第一海洋研究所，青岛

* sunyongfu@fio.org.cn

黄河每年输送上亿吨泥沙入海，其中 80% 以上沉积在河口附近水下三角洲。受黄河入海径流量、气候、及海洋动力条件影响，黄河口海域海水盐度变化显著。目前，不同盐度海水环境下入海泥沙沉降形成的海床土，固结过程有何差异尚不清楚。本论文在黄河水下三角洲潮坪设计现场原位观测试验，取黄河河道中的新沉积土样，用现场配置的不同盐度的海水样模拟不同盐度的海水环境，将新沉积土与配备的水混合成含水率为 40% 的均匀流态泥浆样，然后在潮滩上开挖四个平行试坑，分别回填四种不同盐度的泥浆样，通过连续的轻型贯入测试与十字板剪切测试，记录和分析试坑中土体的贯入阻力和不排水抗剪强度变化，研究海水盐度对沉降泥沙固结过程的影响。研究发现：随着海水盐度增加，沉积物固结强度增大，盐度每增高 10‰，沉积物固结后强度可增加 3.5 倍；海水盐度对沉积物的固结速率的影响，在初始阶段表现不明显，在沉积物固结后期，盐度每增高 1‰，固结速率可增长 2.8 倍；海水盐度的增高，还加剧了沉积物固结强度的空间非均匀性。本研究的发现，促进了对河口区海底工程环境的认识。

S8-P-08S

黄河三角洲近底床沉积物原位检测研究

李博闻[1]，贾永刚[2]

1 中国海洋大学，青岛 266000

2 中国海洋大学，青岛 266000

1398849394@qq.com

黄河携带大量的泥沙入海，其中 70-80％以上的泥沙在三角洲近岸区域沉积，底床沉积物在波浪等水动力作用下会不断的发生再悬浮与输运。有关波、潮、流等水动力作用下黄河三角洲近底床沉积物的浓度变化规律目前的研究尚不清楚，而且，现有的监测手段也未能实现现场条件下近底床沉积物浓度剖面变化的实时自动监测。

本文是在国家 863 计划资助项目“风暴过程中沉积物再悬浮通量原位监测技术（No.2008AA09Z109）”研究的基础上，在国家自然科学基金项目“黄河口沉积物固结后再悬浮及输运过程研究（No.40876042）”和“风暴对黄河水下三角洲侵蚀控制与海床液化（No. 41072215）”的资助下开展的研究工作，旨在研究水动力作用下底床沉积物浓度的动态变化，将开发的原位实时自动监测系统应用于测定水体中的悬沙浓度并结合波潮

流等水动力因素对底床泥沙再悬浮与侵蚀淤积过程进行综合分析，为现场环境条件下海床沉积物再悬浮及输运过程的研究提供一种新的手段。

研究表明本系统能够准确监测海水涨落潮的变化，该测站涨落潮周期悬沙浓度的变化与潮水水位、流速表现出很好的一致性，一定水深处海水含沙量的总体变化趋势是涨潮过程中海水含沙量增加，落潮过程中海水含沙量降低。海床的侵蚀淤积与近底水流流速密切相关，水流流速低于 20 cm/s 时，水体泥沙落淤，底床淤积，大于 20 cm/s 时，底部泥沙受到冲刷，大量悬浮，新淤积的泥沙快速侵蚀。黄河三角洲海区悬沙浓度的垂向分布很不均匀，这与该区风浪较大有关。

S8-P-09S

黄河口叶绿素 a 浓度的年际波动和季节性变化:对大河汇入和海洋动力的响应

吴晓[1]，王厚杰[1,2]

1 中国海洋大学海洋地球科学，青岛 266100

2 海底科学与探测技术教育部重点实验室，青岛 266100

ouclesliewu@gmail.com

自八十年代中期以来黄河入海径流和泥沙变化剧烈，河口沉积环境和生态环境发生显著变化。根据 1997-2012 年 SeaWIFS 和 MODIS 卫星遥感时序数据，对黄河现行河口口门区域的叶绿素 a 浓度变化进行了研究，分析了研究区的年际波动和季节性变化特征。依据黄河下游利津站的径流量、输沙量以及悬沙粒径等水文、泥沙观测数据，结合 QuikSCAT 风场资料，探讨了黄河口叶绿素 a 浓度不同时间尺度变化的控制因素和影响机制。

研究结果表明：1）1997-2012 年期间黄河口叶绿素 a 年均浓度呈现小幅增加的趋势，年际变率较大，浓度最低值出现在 2001 年，为 3.93mg/m^3，最高值出现在 2004 年，为 4.97mg/m^3；2)黄河输入的营养盐是河口叶绿素 a 浓度变化的关键因子。入海水沙通量作为营养盐载体促进了河口叶绿素浓度的增加；悬沙粒径作为携带营养盐能力的指标，粒径大小与河口叶绿素浓度呈反比。叶绿素 a 浓度的年际波动约 60%归因于黄河入海物质通量（径流、泥沙、悬沙粒径）的变化；3）黄河口叶绿素 a 浓度具有明显的季节性特征，存在两个明显的峰值，冬末春初（2 月至 5 月）和夏末秋初（8 月至 10 月）。河流输入是夏秋季河口叶绿素 a 浓度变换的主控因素，而风浪导致的近岸再悬浮和强混合作用是春季和冬季叶绿素 a 浓度变化的主要驱动力。

S8-P-10S

河口海岸沉积物再悬浮的“泵送作用”研究（I）

张少同[1]，贾永刚[1,2]，王振豪[1]

1 中国海洋大学环境科学与工程学院，青岛 266100

2 海洋环境与生态教育部重点实验室，青岛 266100

Coastalboy@163.com

河流携带入海的泥沙，绝大部分在河口附近沉积，形成水下三角洲。已有研究表明，世界很多河流携带入海的泥沙在远离河口数百至上千公里的沿岸区域大量分布。河口海岸沉积物的再悬浮，对入海泥沙运距离输运发挥重要作用。目前，通常认为，再悬浮的沉积物来自波浪与海流对海床表面的冲刷侵蚀。本论文通过波浪水槽模拟试验，研究海底沉积物再悬浮的过程机制；发现再悬浮的沉积物不仅来自海床表面，还有相当大的部分来自海床内部沉积物向上“泵送”作用；后者所占再悬浮泥沙的比例与波高有关，本次试验得出：水槽内土床在一定波高作用下

的再悬浮量增长速率，与波高呈正相关，并且在波浪作用一定时间后达到稳定，达到稳定的时间与波高呈现负相关；水槽内再悬浮悬浊液不同深度的浊度在加波开始阶段相差较大，下部浊度明显大于上部，但该阶段很快变为相对均匀，某一时刻不同深度的浊度差异与不同作用时间的浊度差相比是小量；室内试验中，波浪作用下海床内部垂向输运量先增大后减小到极小值，总量达到稳定状态。前期“泵送”物质相比后期较细，平均粒径约为 21.620um-32.135um ；室内水槽试验的再悬浮总量不止包括停波后出现的浮泥，本次试验观测到的再沉积量可以佐证；再沉积量随时间变化基本持平，粒度大小也相对稳定，推测与底部高浓度推移质有关；5、10、15cm 波高下所占比例分别为 30.5%、43.8%、47.9%；这种“泵送”作用，是海床土在波浪作用下超孔隙水压力累积所致。

S8-P-11

人类活动对黄河下游颗粒有机碳的来源，输送和通量的影响

Bangqi Hu [1,*], Jun Li [1], Helong Wei [1], Naishuang Bi [2], Houjie Wang [2], Gangjian Wei [3], Liang Zou [1], Luhua Xie [3]

1 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China

2 College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China

3 State Key Laboratory of Isotope Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

* bangqihu@gmail.com

In order to reveal the sources, transport dynamics, and fluxes of particulate organic carbon (POC) from the Huanghe (Yellow River), we collected bimonthly water samples and more frequent samples during the Water and Sediment Regulation (WSR) Scheme over a one-year period at the outlet. We found significant negative correlations between POC% and water discharge and grain size, suggesting the Huanghe POC contents most likely controlled by the hydrological sorting and organo-mineral aggregates. Human activities have strongly influenced the transport mode of POC, especially during the late stage of WSR. Radiocarbon ($\Delta^{14}C$) and stable isotopic compositions (δ13C) were used to constrain the sources of Huanghe POC. Six samples have Δ14C values ranged from −681 to −552‰ (i.e. 9180~6460 14C year) during the WSR period. This demonstrates that fossil organic carbon (POCfossil) is a significant component of the Huanghe POC. Furthermore, the δ13C and POC% of suspended load and riverbed samples defined a binary mixing of two distinct end-members (fossil and non-fossil). It is also found that the non-fossil POC of Huanghe (POCnon-fossil) ($\delta^{13}C_{non\text{-}fossil}$=−27.5±0.8‰) is most likely sourced from C3-plants debris, with a long residence time (ca. 2173 years). Variations in POC compositions are tightly coupled with stream flow, with the fraction of fossil organic carbon (F_{fossil}) increased with higher water discharge until 2000 m^3 s^{-1}, and then fluctuated around 0.5 regardless of river flow variations. Using the discharge-weighted method, a total of 0.73 Tg yr^{-1} of POC was export by the Huanghe in 2012-2013, and about half of the total POC flux was contributed by the fossil-derived POC (0.35 Tg

yr^{-1}). Human-made flood event play a significant role in the POC export, with 28% of annual POC flux occurred within the short WSR period (6% of one year).

S8-P-12S

未来海平面上升对中国海潮波的影响分析

梁慧迪，匡翠萍*，黄洪城

同济大学土木工程学院水利系，上海 200092
cpkuang@tongji.edu.cn

近年来，随着温室效应的不断加剧，由全球变暖、极地冰川融化、海水热膨胀等因素引起的全球海平面上升越发受到各界关注。IPCC 报告指出：近十年全球海平面平均上升速度由上个世纪的 1.8 mm/yr 增长到 3.7 mm/yr，这预示着海平面经过几个世纪的震荡变化后开始加速上升。中国沿海地区地势低平，生态环境敏感，全球性海平面上升和区域性地面沉降将加剧中国沿海低地淹没、海岸侵蚀现象，削弱堤坝防护能力，进而影响沿海城市安全和生态平衡。所以准确认识未来海平面上升对中国海潮波的影响规律具有重要的科学价值和应用价值。

本文采用数值模拟方法对海平面上升 0.5 m、1 m、2 m 后的中国海潮波变化规律进行了研究，初步分析了区域半日潮、全日潮振幅和迟角的变化情况。模型范围主要包括东中国海、南海、泰国湾、苏禄海及部分西太平洋海域。采用 MIKE21 模型建立二维潮波模型模拟中国海潮波，为使模拟更精确，模型应用高精度的地形数据，变化的曼宁场和非结构网格。模拟的历史时期 M2、K1 分潮振幅与验潮站实测值的相关系数分别为 0.96 和 0.72，迟角的相关系数达到 0.98，模拟结果较好的反映了该海区的潮汐特征。

进一步运用验证好的模型对海平面上升 0.5 m、1 m、2 m 后的中国海潮波进行模拟，结果表明：1）随海平面上升，分潮振幅与迟角在空间变化上并不统一，海平面上升对潮波系统造成的影响主要集中在近岸海域，深海区域振幅和迟角变化很小，且半日潮较全日潮对海平面上升更为敏感。2）受海平面上升的影响，摩擦耗能减小，潮差增大，无潮点在北半球受柯氏力影响下逐渐东移。3）作为最受海平面上升影响的渤海湾地区、长江口和珠江口其潮波变化特征并不一致，渤海湾内无潮点分布较多，其振幅和迟角变动主要由无潮点的移动引起的；长江口由于其临近大陆架坡度较缓，随潮位的抬升，波能在传播过程中损耗变大，加之连云港附近无潮点向东移动的联合作用，使得振幅减小；而珠江口地形梯度变化均匀，海平面上升，潮波共振作用加强，使得振幅变大，潮波传播速度随水深增加而加快，潮位过程提前。总体来说，海平面上升对中国海潮波一定影响，但即使海平面上升 2 m，分潮的振幅和迟角的最大变化分别为 0.4 m 和 24°，极端潮波发生的几率较小。

S8-P-13

南海海盆中部沉积物物质组成特征及其物源意义

蔡观强，钟和贤，李顺

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
caiguanqiang@sina.com

南海是西太平洋最大的边缘海，是全球变化研究和边缘海沉积学研究的理想场所。然而，南海独特的地理位置和复杂的构造环境，决定了南海的沉积特征具有鲜明的区域性特点，其沉积物质来源具有丰富性和多样性。既有陆源物质源源不断地通过河流被输入到海洋中，又有部分周缘火山及海底火山

物质的贡献，也有大量的自生物质在海洋中生成。此外，南海位于亚洲东南部季风地带，常年受强大的东亚季风影响，造成其独特的海流流场，既有内部海流的互动与交换，也有来自周围海区洋流的输入与输出。这些因素的叠加，使得利用南海沉积物组成所建立的环境替代指标存在更多的不确定性。南海海盆是陆源碎屑沉积物最终堆积场所，也是南海陆源物质“源—汇”过程的终点，然而，有关海盆区沉积物质来源和沉积搬运过程的研究少有报道。本文利用广州海洋地质调查局近年来在南海中央海盆获取的 164 个表层沉积物，开展了矿物学、地球化学和古生物学研究，探讨了沉积物物质组成所蕴含的物源信息。结果显示，南海海盆中部沉积物的碎屑矿物中石英、硅质生物、微结核、火山玻璃和钙质生物含量较高，平均含量均大于 10%，角闪石和黑云母也较为常见，表明火山碎屑喷发物是沉积物重要的物质来源。粘土矿物以高蒙脱石、较高伊利石和低绿泥石、高岭石为特征，其组合为蒙脱石—伊利石—高岭石—绿泥石；另外，孢粉分析显示西南部具有较高的松属花粉和草本植物花粉，而北部和东部基本不含草本植物花粉。综合分析表明，南海中央海盆中部区域沉积物尽管仍以陆源碎屑物质供应为主，但是，火山碎屑物质的贡献明显比陆架和陆坡区高；沉积物的物质组成揭示研究区距离北部陆源较远，沉积物中记录的南部物源区特征更为明显，这些南部陆源输入物质在夏季盛行的西南季风作用下，被海流搬运至南海海盆中部区域，而来自南海北部大陆的物质贡献明显减小。

S8-P-14S

东沙西南陆坡岩浆型微盆地的地震反射特征

汪威[1]，钟广法[1]，王嘹亮[2]，王雪峰[1]，郭依群[2]，吴锋[1]，匡增桂[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海洋矿产研究所，广州 510760
5945will@tongji.edu.cn

微盆地是一种充填有沉积物的小规模的负地形，多分布在盐体和岩浆活动活跃的陆架和陆坡地区。笔者利用高密度高分辨率地震数据，在南海北部东沙群岛西南陆坡区识别出了多个构造成因型微盆地。这些微盆地的水深介于 1800~3200 m 之间。

在地震剖面上，微盆地外形呈下凹状，内部发育平行、发散、前积等层状反射结构，局部可见杂乱发射结构；盆地之间为基底隆起区分隔开，这些基底隆起与盆地下伏基底一样，表现为杂乱或透明反射结构，推测为岩浆侵入体或古海底火山，因此将这些微盆地解释为岩浆型微盆地。基底岩浆或火山活动导致局部隆起，而隆起之间的区域则发生相对沉降形成容纳空间，接受沉积物充填形成上述微盆地。综合基底埋深图和沉积等厚图，可以大致圈出微盆地的分布区域。统计表明，单个盆地的面积达 300~800 km^2，沉积厚度 350~800 m。地震层序分析表明，这些微盆地在渐新世至今的各个时期都有接受沉积。通过地震相分析，可在这些微盆地内识别出楔状发散相、透镜状杂乱相、席状平行相、平行上超充填相等多种地震相类型，分别解释为滑坡体、浊积扇、半远洋沉积和水道充填等沉积类型。

S8-P-15S

一统暗沙附近海域晚中新世海底水道群地震地层分析及沉积演化

吴锋[1]，钟广法[1]，王嘹亮[2]，汪威[1]，郭依群[2]，王雪峰[1]，匡增桂[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
1235108@tongji.edu.cn

深水水道是深水沉积体系的重要组成单元，也是油气勘探的重要目标。本文根据高分辨率反射地震资料，结合多波束测深及ODP1146 和 1148 测井数据，研究南海北部陆坡一统暗沙附近海域一组古水道的沉积充填特征及形成演化。在地震剖面上,水道横剖面呈“V”字形下凹状形态，两侧呈“海鸥翅”状，内部反射为层状或杂乱反射结构，水道的平均宽度约为 2 km，平均下切深度约为 70 m，主要分布于一统暗沙与陆架坡折带之间的上陆坡区域。地震层序分析表明，水道主要发育于晚中新世，与白云凹陷深水区水道同时期发育，但二者的流向、迁移规律及规模等方面存在较大差异。白云凹陷水道群主要位于古珠江峡谷东侧，其水道延展方向为 NE-SW(大致平行于陆坡倾向)，水道规模较大，且具有明显的自西向东单向迁移特征；而一统暗沙海域的水道群位于古珠江峡谷西侧，延伸方向为近东西向，水道规模较小，且无明显单向迁移特征。上述两个水道群最终均汇入古珠江峡谷。晚中新世以后，水道的分布范围急剧缩减，主要集中在白云凹陷深水区，在现今海底多波束图上仍能观察到海底峡谷；而一统暗沙海域古水道往西侧迁移，即远离古珠江峡谷发育。相比于白云凹陷的水道群，晚中新世时期一统暗沙水道发育期次较为明显，至少可以分出三个期次，水道在第二期发育最为活跃，其前后两期发育相对较少。一统暗沙邻近海域晚中新世水道群演化较为复杂，主要受沉积物供给、构造运动、海平面升降等因素的控制，同时也受到气候、科氏力等其他次要因素的影响。

S8-P-16S

中尺度涡对南海北部深层环流年际异常变化调控机制的模拟研究

王萌，张艳伟，刘志飞，赵玉龙，李建如

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
wmeng_21212@163.com

南海深层环流的变化特征及其控制机理是研究深水沉积物搬运过程的关键，而以往针对南海深层环流的研究大多关注吕宋海峡的“深水瀑布”和南海复杂地形的影响。我们根据近两年全水柱深水锚系观测系统获取的流场资料，发现南海深层流场具有年际内的流场强度增强、方向转向等异常变化特征，认为是表层中尺度涡对深水动力过程的调控作用造成的。考虑到中尺度涡在南海的多发性以及其复杂的垂向结构，认为这种深层环流的年际异常变化可能为深层环流提供了能量来源。本项研究结合锚系长期连续观测资料、ARGO 浮标及相应的卫星数据，提取南海北部深层流场对中尺度涡的响应信号，运用ROMS 模式模拟中尺度涡经过时南海深层流场的异常变化，讨论能量由表层中尺度涡向深层环流传递的路径和形式，为南海深层环流年际异常变化研究提供理论基础。

S8-P-17S

孟加拉湾 18 万年以来的粘土矿物和地球化学研究及反映的喜马拉雅山脉剥蚀历史

Ronan Joussain[1,2], Christophe Colin[1], Zhifei Liu[2]

1 Laboratoire GEOPS, UMR 8148 CNRS-Université de Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex, France
2 State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

ronan.joussain@gmail.com

Results of a high-resolution clay mineralogy study combined with grain-size analysis, major elements geochemistry and oxygen isotopes stratigraphy are reported for a deep-sea piston core collected 300 km off the Ganges-Brahmaputra Rivers estuary in the northern part of the Bay in Bengal.

Data show the contribution of Ganges-Brahmaputra Rivers, which drain the Himalayan range and the Indo-Gangetic plain. In this study, the top part (first 13.5 m) of Core MD12-3412 covers the last climatic cycle (last 180 kyr). This core reveals a monsoon-controlled chemical weathering and physical erosion history during the last 180 kyr in the Himalayan range and the Ganges-Brahmaputra Basin.

Clay mineral assemblages are dominated by illite and smectite, with lesser abundance of chlorite and kaolinite. Smectite/(illite + chlorite) and illite chemistry index are used as indices of chemical weathering rates. Furthermore, εNd obtained on the free-carbonated fraction on Core MD77-180 are used to trace the source of the terrigenous sediments. These analyses give us information about the material coming from Ganges-Brahmaputra Rivers system and, in turn, on the Indian summer monsoon intensity.

The illite chemistry index during interglacials decreases, proving that the clay fraction has a lower degree of alteration, as observed in the High Himalayan range. Our results show a more important (relative) contribution of the Himalayan range during interglacials than during glacials.

S8-P-18

台湾河流沉积物的组成特征

李传顺，石学法，刘焱光，邹建军，方习生，朱爱美，张辉，吕华华

国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266071
lichuanshun@fio.org.cn

台湾河流每年可以携带约 1.8~3.8 亿吨沉积物入海，是周围海域重要的物质来源。研究组对台湾河流进行系统采样并进行综合分析，发现台湾河流沉积物中的碎屑矿物主要以轻矿物为主，平均含量达到98.9%，重矿物含量较低，平均含量仅为 1.1%。其中轻矿物主要由石英（平均 37.6%）、斜长石（平均 27.4%）、风化云母（平均 21.8%）、钾长石（平均 7.5%）和风化碎屑（平均 2.4%）组成。台湾河流的粘土矿物组成主要以伊利石（~71%）和绿泥石（~26%）为主，几乎不含蒙脱石，高岭石含量也较低。其中台湾西北部淡水河粘土矿物组成以伊利石（73%）和绿泥石（24%）为主，含有少量高岭石（3%），不含蒙脱石；台湾西部浊水溪沉积物中粘土矿物由伊利石（75%）和绿泥石（25%）组成；台湾西南部高屏溪粘土矿物主要由伊利石（75%）和绿泥石（23%）组成，含有少量高岭石(2%),不含蒙脱石。台湾东部河流沉积物与西部河流相比具有不同的粘土矿物组成，其中花莲溪沉积物中绿泥石平均含量高达 48%，是台湾所有河流中绿泥石含量最高值。台湾河流沉积物化学元素组成中 SiO_2 含量介于 60%-78%之间，平均含量为 68%。Al_2O_3 含量与长江沉积物中 Al_2O_3 相似，平均含量为 13.6%，高于黄河沉积物中的 Al_2O_3 含量。相对黄河来讲，台湾河流沉积物样品中 CaO 含量较低，平均含量为 1.3%，而黄河中 CaO 含量高于 5%。另外，台湾河流中 Na_2O 的含量也低于黄河。台湾河流沉积物的

化学风化指数CIA值介于47.1到77.5之间，平均为 71.6。其中，除立雾溪河流沉积物的CIA 值为 47 以外，大多数河流 CIA 值在 65 到 76 之间，说明台湾地区的化学风化为中等强度。台湾河流沉积物中的稀土元素含量介于 122.29 ~323.08 μg/g 之间，平均含量为193.12μg/g，高于黄河与长江，但低于珠江。上地壳标准化的稀土元素显示重稀土亏损并伴随轻微 Ce 异常和中等强度的 Eu 异常，δCe 和 δEu 值分别为 0.98 和 0.66。台湾河流沉积物的矿物和地球化学组成特征主要与台湾岛内岩石类型和物理、化学风化强度有关，广泛出露的第三纪沉积岩，尤其是砂岩、页岩、板岩等在经过强烈的物理风化作用后形成丰富的石英、长石以及伊利石与绿泥石等粘土矿物。由于台湾雨量充沛，地形陡峻，使得这些矿物没有充足的时间进行化学风化作用便被河流快速搬运至出海口，并进一步随海流和波浪作用向其它海区扩散。

S8-P-19S

西沙海槽北部陆坡海底滑坡的地震识别及分布特征

王雪峰[1]，钟广法[1]，王嘹亮[2]，吴锋[1]，匡增桂[2]，汪威[1]，郭依群[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
2 国土资源部广州海洋地质调查局，广东 广州 510075
wxfyzu@126.com

根据高分辨率二维地震数据和海底多波束测深资料，研究西沙海槽北部陆坡的海底滑坡的类型、特征及其分布。在地震剖面上，海底滑坡的识别主要是通过陡壁、滑动面和滑移体这三种主要结构单元的识别实现的。根据地震反射特征，将本区海底滑坡分为三类，分别是蠕动型滑坡、滑塌型滑坡和复合型滑坡；以蠕动型滑坡最为常见，单个蠕动型滑坡的面积最大可达 865.5 km^2。通过对海底滑坡地貌参数测量可得到，大部分滑坡体的面积很小（0.5-54.4 km^2），滑移距离东部短（平均为 4.5km）、西部长(平均为 5.5 km)，推测可能受到陆坡坡度和沉积物流变性质的影响。地震层序分析表明，本区海底滑坡大规模的发育大致始于晚中新世陆架-陆坡形成时期，尤以第四纪以来活动最为频繁。本区海底滑坡主要分布在陡峭的陆坡坡折带附近、水道头部及两壁、火山周围和西沙海槽两壁处。

S8-P-20S

南海东北部台西南盆地演化的地震地层学分析

ShaoruYin[1], GuangfaZhong[1*], LiaoliangWang[2], YinqunGuo[2]

1 State Key Laboratory of Marine Geology, TongjiUniversity, Shanghai 200092, China, Email:yinshaoru@163.com
2 Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510075, China
*gfz@tongji.edu.cn

The Taixinan basin, located in the northeast South China Sea, recorded a complete Wilson cycle that begins with the formation of the South China Sea by continental breakup and ends with subsequent oceanic closure by collision (the Luzon arc-south China margin collision), and the collisional processes are still active. However, the regional seismic stratigraphy framework of the Taixinan basin has not been constructed, and the sedimentary response to tectonic activity is still unclear. Futher more, the timing of both the foreland basin onset and its following development stages has been very controversial. Aiming to overcome the

problems, we completed an interpretation of about 1900 km 2D high resolution seismic reflection profiles using the seismic stratigraphy analysis method. As a result, six main regional unconformities are indentified, which divide the strata into six megasequences. The unconformity MB1 (Early Eocene, 58Ma?) is the rift onset unconformity (ROU), which separates pre- and syn-rift strata. The unconformity MB2 (Early Oligocene, 33Ma?) is the continental breakup conformity (BU), which separates syn- and post-rift strata, merges seaward with the top of the igneous oceanic crust, often merges with the ROU to form a composite unconformity. The unconformity MB3 (Late Miocene, 10.5Ma) is the regional extensive thermal subsidence onset unconformity (TSOU), which separates the drift (seafloor spreading) and comprehensive thermal subsidence strata. The unconformity MB4 (Eary Pliocene, 4.5Ma) is the basal foreland unconformity (BFU), which separate the passive margin and foreland basin. The unconformities MB5 (Pleistocene, 2.5Ma) and MB6 (Late Pleistocene, 0.45Ma) are the rapid subsidence onset unconformities (RSOU1 and RSOU2) within the foreland unit, which separate the foreland basin into three episodes of development. By integrating analysis of seismic facies maps and muti-beam bathymetry data, we identify ten depositional elements in the megasequences, which are fluvial/estuarine point bar complex (PBC), marginal marine delta complex (MDC), confined channel complex (CCC), leveed channel complex (LCC), distributary channel/lobe complex (DCC), modified distributary channel/lobe complex (MDCC), mass transport complex (MTC), sediment wave complex (SWC), overbank deposition complex (ODC), drape complex (DC). During the development of rifting phase, the depocenter was loacated in the north depression, and the PBC and MDC dominated the deposition. Whereas the depocenter shifted to the south depression, and the CCC, LCC and DC characterized the deposition during the postrift subsidence phase. However, since the onset of the foreland basin, the depocenter has transferred to the east region of the basin, and the obvious MTC, DCC, MDCC, CCC, SWC and ODC controlled the deposition. Our study suggests that the Taixinan Basin experienced rifting , subsequent regional subsidence and latest three main rapid subsidence of the foreland basin. At the same time, the deposition changed from nonmarine delta and fluvial plain sediments to marine turbidity deposits, and latest active gravity flow deposits.

S8-P-21

三峡地区下寒武统碳酸盐结核内草莓状黄铁矿的特征及地质意义

何俊国 [1,2]

1 中山大学地球科学与地质工程学院，广州 510275

2 广东省地质过程与矿产资源探查重点实验室，广州 510275

eeshjg@mail.sysu.edu.cn

碳酸盐结核作为一种成岩作用的产物，记录了早期成岩过程及沉积环境等地质信息，在碳酸盐结核中往往发育草莓状黄铁矿，而草莓状黄铁矿的粒度分布被广泛应用于沉积环境中氧化还原条件的分析。

三峡地区下寒武统地层自下而上分为 5 组：岩家河组、水井沱组、石牌组、天河板组和石龙洞组。水井沱组厚度约为 24-100 m，分为两段，下段为黑色碳质页岩、黑色页岩夹碳酸盐结核或薄层灰岩，上段为灰黑色薄层灰岩与黑色灰黑色薄层板状泥灰岩含灰质页岩互层。水井沱组黑色页岩中含有丰富的碳酸盐结核，手标本上显示，碳酸盐结核通常显示透镜状、球状、椭球状或者不规则形态，最大直径从几厘米变化到几米，孤立地分布在黑色页岩中，部分结核连接在一起。碳酸盐结核内黄铁矿呈分散分布，呈现微晶到隐晶质结构，有时在结核边部呈现同心状条带或在结核中以不规则团块出现。矿物成分主要为方解石、白云石、黄铁矿和石英。偏光显微镜观察发现还有一些硅酸盐碎屑矿物、粘土矿物以及重晶石等。

从碳酸盐结核的中心、边缘取若干小碎片样品，并对样品进行喷处理，处理过程在中山大学测试中心完成。对喷金处理后的样品进行扫描电镜形貌分析，扫描电镜下显示，草莓体和粘土矿物以点—点接触、点—边接触或边-边接触，呈现粘土矿物常见的纸房结构。

黄铁矿是海洋沉积物硫酸盐还原作用的终端产物,而有机质可以对硫酸盐进行还原，黄铁矿的不同形态指示着不同的结晶生长过程和环境。保存在沉积岩中的草莓体的粒度分布常被用作反映古环境氧化还原程度的重要指标。将水井沱组碳酸盐结核中的草莓状黄铁矿的粒径平均值和标准偏差值投到 Wilkin 等（1996）提出的草莓状黄铁矿平均粒径对标准偏差的二元图解上，发现水井沱组碳酸盐结核中的草莓状黄铁矿都落在硫化环境范围内，指示草莓体形成在一个闭塞缺氧的硫化水体环境。镜下显示的草莓状黄铁矿是形成在硫化水体中然后掉进沉积物的过程，这和由粒度分布得出的结果相吻合。

水井沱组下段碳酸盐结核中保存完好的草莓状黄铁矿，其粒径范围为 2.30-13.24 μm，粒径平均值为 5.64 μm，标准偏差为 1.83 μm，偏斜度为 0.65。这些草莓状黄铁矿的粒径分布指示其在硫化缺氧水体中形成的。水井沱组黑色页岩是在缺氧硫化的底层水中形成。这同时指示早寒武世 Tommotian 期，鄂西台地西缘存在一个水体分层的海水，上层为氧化—次氧化水体，下层为滞留缺氧硫化水体。

S8-P-22S

珠一坳陷中中新世早期河海交互地区古水动力条件与砂体分布研究

刁宛[1,2]，王英民[1,2]，李华[1,2]，卓海腾[1,2]，赵亚楠[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

dw89znb@163.com

珠一坳陷在中中新世时期整体处于陆架浅水环境，发育大面积展布的三角洲沉积。三角洲处于河海交互地区，古水动力条件复杂，三角洲砂体类型、规模、平面形态和储层的非均质性都会因为水动力环境的不同而发生变化。为了更加深入的认识本区砂体展布模式，指导油气勘探，本次研究综合利用三维地震资料和钻测井资料，对本区各个时期的沉积相展布进行了刻画，并综合古地貌及水动力条件等，对不同位置三角洲砂体的特征和展布进行了预测。

研究认为，珠一坳陷在中中新世早期，自东向西在水动力场的影响下，依次发育波浪—沿岸流主控三角洲、河流—沿岸流主控三角洲、河流主控三角洲。研究区东部的惠州地区向西到番禺地区，河流注入的沉积物

受到波浪和沿岸流的淘洗改造，形成较为纯净的砂质沉积，砂体整体表现为沿着岸线的片状—条带状展布；同时，沿着岸线向西发育的沿岸流携带大量的沉积物，在到达番禺地区时，与河流作用交互，沉积物大量卸载，砂体表现为条带—朵装的展布形态；研究区更靠西的恩平地区，由于沿岸流被减弱的原因，展现出更多河流作用主控的特点，三角洲前缘砂体延伸方向与河流方向大致一致。此外，在三角洲沉积的远端，低幅度的古地貌凸起，使得在远离物源的地区，三角洲沉积物受到了更强烈的波浪、沿岸流等地质营力作用的淘洗改造，形成了较近物源地区更加纯净的砂质沉积，沿着凸起区，呈条带状展布。

水动力环境对本区三角洲砂体的发育和分布具有明显的控制作用，在较短的距离上，三角洲由于不同的水动力可以展现出完全不同的特征。古地貌在局部上影响了水动力场，从而形成了特殊的砂体特征和分布模式。

S8-P-23S

南海北部末次冰期以来陆源碎屑沉积通量及其源区变化的高分辨率研究

赵绍华，刘志飞，陈全，温珂，谢昕，王汝建，施江南

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
ZSH55228@126.com

本研究利用 2012 年中法合作“MD190-CIRCEA”航次在南海北部珠江口外陆坡位置采集的 MD12-3428（20°08.48' N，115°49.80' E，水深 903 m，全长 10.15 m）巨型方柱（CASQ）岩芯，开展高分辨率的粘土矿物组合和激光粒度分析，结合 AMS-C14 测年、干样密度、碳酸钙、有机质和蛋白石分析等工作，研究陆源碎屑物质的沉积通量自末次冰期以来的变化，以获得陆源碎屑物质输入的物源区及其贡献量变化的时间序列，探讨陆源碎屑输入与气候变化之间的相互作用机制。研究结果显示，MD12-3428 孔 70 kyr BP 以来陆源沉积物的平均粒径变化范围为 11.5 - 42.8 μm，有明显的冰期-间冰期变化趋势。冰期时，粒度频率分布曲线多为双峰形态，粗组分众数（40~60 μm）在末次冰盛期时占绝对优势，其来源可能与珠江所输送的粗组分以及北部陆架残留沉积的再搬运有关。研究站位沉积通量在 6.6 - 48.0 g/(cm^2*kyr)间变化，其中粘土矿物的沉积通量为 1.1 - 6.2 g/(cm^2*kyr)，沉积物各组分以及各种粘土的堆积速率均在末次冰盛期达到最大值。物源区分析结果指示，台湾和吕宋对研究区粘土粒级沉积物的贡献量在 70 - 25 kyr BP 间分别约 45%和 40%左右，珠江的贡献量则相对较少（~15%）；末次冰盛期以来，珠江贡献量上升为~25%，台湾和吕宋的贡献量则有不同程度的减少。各物源区的粘土矿物贡献主要受控于海平面变化影响，同时还可能受粘土矿物形成、季风降雨剥蚀、洋流搬运能力等多种因素影响。

S8-P-24S

南海北部区域风尘沉积研究综述

李平原，刘志飞

同济大学 海洋地质国家重点实验室
lpy19862006@126.com

风尘沉积是除河流沉积之外的一种重要的陆源沉积。南海靠近世界上重要的风尘源区之一亚欧大陆，但又远离风尘沉积的主要路径西风带，其是否会影响南海，其贡献量有多大，存在很大不确定性。本项研究通过文献调研，认为风尘沉积主要通过非沙尘暴时期湿沉降的方式影响南海及其周边区域。

通过大气气溶胶中铝元素的浓度来估算粉尘气溶胶的含量，是研究现代粉尘沉积的一个重要手段。气溶胶按组成成分可分为：沙尘、黑炭、海盐、生物质、硫酸盐和硝酸盐。只有沙尘气溶胶来自上地壳，含有 8%的 Al 元素。因此，若知道气溶胶中 Al 的浓度，便可获得沙尘气溶胶的含量。

Hus et al(2008)对台湾风尘气溶胶进行多年的观测发现：在沙尘暴发生时期 Al 的浓度明显升高，为平时的数倍，路径追踪显示沙尘暴的源地为中亚和我国的西北地区；在非沙尘暴时期，Al 的浓度在 5~10 月份夏秋季较低，11~次年 4 月份冬春季节含量较高。观测期间，沙尘暴及沙尘天气影响的时间仅占总观测时间的 1.89%，非沙尘暴时期占主导地位。香港地区沙尘气溶胶研究也相类似的特征(*Lee et al.*, 2010)。

沙尘气溶胶沉降形成风尘沉积有两种方式：干沉降和湿沉降。南海及其周边区域降水量丰富，主要以湿沉降为主，以厦门为例湿沉降占总沉降的70%左右(*Gao et al.*, 1997)。与西安、北京等中国北方地区以干沉降占主导地位有明显的差别(*张小曳*, 1994a; b)。

影响南海地区的沙尘气溶胶主要通过冬季风低空从东北方向穿越台湾海峡搬运而来；与之对比，黑炭气溶胶从中南半岛通过西风带远距离搬运而来(*Lin et al.*, 2013)。

综上所述：南海北部及周边区域，非沙尘暴时期风尘沉积在时间上占主导；沉降方式以湿沉降为主，搬运方式为冬季风低空搬运。

S9-O-01

中国西部大陆剥蚀风化与青藏高原隆升

方小敏[1*]，孙继敏[2]，徐志方[2*]，金章东[3]

1 .中国科学院青藏高原研究所，北京 100101

2 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

3 中国科学院地球环境研究所，西安 710075

*fangxm@itpcas.ac.cn

新生代青藏高原的隆起被认为是导致亚洲季风形成、剥蚀和风化作用增强、大气 CO_2 下降、并最终导致全球变冷的核心驱动力之一，然而其驱动过程和机制受到诸多质疑，更没有得到其立足地区我国西部高原隆升和剥蚀风化与气候生态环境变化的印证。2013 年我国首次在国家层面启动了国家重大科学研究计划项目“中国西部大陆剥蚀风化与青藏高原隆升和全球变化的关系”（2013CB956400）。本项目以气候-构造协同控制下地表岩石圈-水圈-生物圈-大气圈相互作用的大陆剥蚀风化与碳循环为主线，组织全国精干队伍，在我国西部通过野外台站网络观测与地层采样分析，开展中国西部近现代风化过程与碳循环、新生代剥蚀记录与有机碳埋藏、新生代硅酸盐化学风化历史与 CO_2 消耗通量、以及青藏高原隆升与剥蚀风化和全球变化相互作用等主要内容的研究，从不同时间尺度上揭示季风和西风气候条件下我国西部大陆剥蚀风化通量变化及其碳消耗变化规律，探讨高原隆升对全球变化的影响。

项目启动一年来瞄准高原及其周边地区大江大河流域现代风化侵蚀过程、青藏高原典型河湖体系水体物质来源与碳收支、青藏高原东北部现代构造与气候观测、青藏高原不同气候区新生代地层、构造与气候代用指标开展了大量卓有成效的工作。青藏高原河流季节性水化学进一步揭示了碳酸盐岩和硅酸盐岩风化在区域性上的差异，同时受到蒸发岩风化的影响，青海湖流域现代风化过程则清晰显示了硅酸盐风化速率对季节性气候的敏感响应；青藏高原小流域现代观测表明，河流表现为大气 CO_2 的消耗过程，而湖泊表现为 CO_2 释放过程；初步建立了高原北部及

邻区现代降水-表层水氧同位素和表土正构烷烃叶蜡氢同位素作为高度计的有效性；近现代侵蚀研究表明构造是控制侵蚀和风化通量的主控因子；捋清了青藏高原周边盆地整个新生代地层发育序列，并开展了晚新生代地层年代序列、东亚季风区和西风区的化学风化记录研究，初步揭示出岩石化学风化程度往往受控于气候因子的变化，如鹤庆钻孔近 90 万年流域风化强度与冰期-间冰期尺度下印度季风变化的同步性，而基于岩石化学风化程度和沉积通量的化学风化速率指标序列更多受控于侵蚀速率的变化。

S9-O-02

青海湖流域现代风化和沉积过程

金章东，张飞，肖军，万的军

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

zhdjin@ieecas.cn

流域风化—剥蚀过程和强度制约着水化学、海洋/湖泊沉积物的组成变化，也是全球物质（特别是碳）循环的关键性环节。然而，不同时空尺度地表风化行为和碳收支过程存在着巨大的区域差异，在全球物质循环中的作用存在很大的不确定性和争议。因此，示踪不同气候区、单一流域风化和沉积过程是表生地球化学的关键课题之一。

近 10 年来，我们选取我国最大的内陆湖泊–青海湖流域为典型对象，通过流域内岩石、土壤、黄土、河流悬浮物、粉尘、地下水、季节性河水等主要元素、Sr-Li-B 等同位素组成变化，系统评价了流域现代风化和剥蚀过程、强度及其控制因素，并估算了硅酸盐风化消耗 CO_2 通量。结果表明，流域岩石风化主要以碳酸盐岩风化为特征，主导了各类水体（包括地下水）的化学组成，且受季节性气候条件的明显制约；硅酸盐风化速率和 CO_2 消耗通量存在 2-3 个数量级的季节性差异；最重要的是，研究发现春季粉尘输入对河水化学组成有着不容忽视的贡献，并可能诱发了自生碳酸盐的沉淀。同时，通过湖泊表层沉积物和沉积物捕获器获取的季节性沉积物的研究，结合流域风化和剥蚀过程，解译了青海湖现代沉积过程及控制因素。结果表明，粉尘输入（包括经河流输入）是青海湖现代湖泊沉积物的最主要来源，河流输入和自生碳酸盐沉淀对现代沉积物的贡献基本相当；湖水化学主要受布哈河输入主导，而湖水特有的组成还受自生/生物碳酸盐沉淀的制约；自生碳酸盐沉淀作用将流域的无机碳直接转移到湖泊沉积物中，对大气 CO_2 没有直接的影响。这些过程的解译将有助于湖泊物质循环、环境效应和古环境重建的深入认识。

S9-O-03

青藏高原湖泊小流域水化学组成及碳循环过程初步研究

李军，王中良，刘小龙，张伟

天津师范大学天津市水资源与水环境重点实验室，天津 300387

lijun5931@163.com;

通过对青藏高原昂仁金错、蓬错、打加错三个河流——湖泊小流域不同水体系统采样，并分析了水样阴（HCO_3^-、Cl^-、SO_4^{2-}、NO_3^-）、阳（Na^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}）离子组成、D/^{18}O 同位素以及温室气体（CO_2）。结果显示：青藏高原河流、湖泊水体 D/^{18}O 同位素组成分别靠近全球大气降水线和流域湖水蒸发线，显示它们均来自大气降水，但受蒸发影响导致 D/^{18}O 同位素组成明显偏重；河流水体化学组成主要来源于碳酸盐岩风化，而湖泊水体化学组成主要受控于蒸发——重

结晶影响；河流表现为大气 CO_2 的消耗过程，而湖泊表现为释放过程。

S9-O-04

青藏高原典型湖泊小流域水—气界面 CO_2 源汇效应及影响因素

刘小龙，李军，王中良

天津师范大学天津市水资源与水环境重点实验室
liuxiaolong@inbox.com

CO_2 不仅是碳循环过程的关键环节也是重要的温室气体，虽然其温室效应潜能显著低于 CH_4 和 N_2O，但是由于其在大气中的含量显著高于其他温室气体而使其对全球温室效应的贡献过半。目前已有的研究多集中在土壤、草地、湿地系统 CO_2 的释放，对水生环境的关注不多，但是由于近年来一系列诸如水体富营养化、水质恶化等水生环境问题的加剧，水生系统尤其是水-气界面的 CO_2 释放通量引起了越来越多的关注。不仅如此，CO_2 也是风化作用的重要指标。青藏高原具有高海拔、气候特征、水文过程及植被覆盖的特殊性，所以其水生系统 CO_2 的释放也具有特殊性，开展湖泊—流域水—气界面 CO_2 扩散通量的研究一方面有助于准确估算我国高原地区碳释放水平，另一方面对于研究青藏高原风化剥蚀强度也具有重要的意义。

基于此，本研究在2013年夏季选择青藏高原昂仁金错、蓬错和打加错等典型湖泊及其支流为研究对象，分析和计算了其水-气界面CO_2的含量和释放通量。结果表明，夏季湖泊水-气界面均表现为大气CO_2的源，而三个湖泊的支流均表现为大气CO_2的汇。营养程度较高的昂仁金错具有最高的CO_2释放通量，蓬错和打加错次之。对比前人研究结果表明，三个湖泊可以代表不同营养级别和不同高度海拔湖泊CO_2释放水平。影响CO_2释放的主要因素为温度、风速、碱度、叶绿素以及湖泊碳通量及内部碳过程，海拔及植被等因素影响程度尚不明确，还需要深入开展工作。

S9-O-05

西宁盆地新生代粘土矿物记录：化学风化与成岩过程

杨一博[1]，方小敏[1,2*]，叶程程[1]，李明慧[1]

1 中国科学院青藏高原研究所，北京 100101
2 兰州大学西部环境教育部重点实验室/西部环境与气候变化研究院，兰州 730000
*fangxm@itpcas.ac.cn

我国西部新生代盆地沉积物记录了周围山地剥蚀风化以及全球性和区域性气候环境变化信息。但是盆地沉积中巨厚的砂砾岩等粗碎屑沉积，使得基于沉积岩化学成分的指标记录不适宜开展长时间尺度连续和高分辨率的古环境重建。粘土矿物的种类和含量对气候变化及化学风化过程敏感，其记载的盆地流域化学风化信息可以在沉积物中得以有效保存。通过对青藏高原东北缘西宁盆地谢家剖面（52-17Ma）一套红色冲积扇与盐湖石膏沉积的粘土矿物学研究发现：剖面粘土矿物主要类型有伊蒙混层、伊利石和绿泥石、蒙脱石和高岭石。绝大部分样品伊蒙混层与伊利石含量占粘土总量 80%之上，二者随深度呈现反相位变化；绿泥石含量较低，其变化与伊利石详尽；而蒙脱石和高岭石少量，部分层位缺失。伊蒙混层矿物是蒙脱石在成岩作用下向伊利石转变的产物，二者比例的变化反映了西宁盆地流域化学风化作用的强度。伊蒙混层与伊利石含量比值与深海氧同位素曲线呈现出良好的对应关系，指示了全球温度变化对于西宁盆地流域化学风化作用程度的控制。伊蒙混层中蒙脱石的比例在石

膏广泛沉积的样品中显著高于剖面其他层位以冲积扇远端沉积为主的样品，暗示了富钙的孔隙介质不利于蒙脱石向伊利石的成岩转变。上述结果表明粘土矿物组合可以有效示踪盆地流域长期的化学风化及古环境重建，而基于全岩或者细颗粒硅酸盐化学成分的指标记录需要考虑研究时段内粘土成岩作用变化的影响。

S9-O-06

云南新生代磁性地层研究

颜茂都，方小敏，张伟林，张大文

中国科学院青藏高原研究所，大陆碰撞和高原隆升重点实验室，北京 100101

maoduyan@itpcas.ac.cn

气候—构造相互作用研究日益成为当今地球动力学和全球变化研究最热门的前沿领域，探讨探讨青藏高原隆升和全球变化的关系是其中的热点之一。近年来，国家重大科学研究计划全球变化研究项目以及中国科学院战略性先导科技专项（B 类）围绕着这个热点分别启动了相关的项目，通过对青藏高原不同气候区新生代以来的风化剥蚀研究，开展青藏高原隆升与剥蚀风化和全球变化相互作用等方面的研究。

云南兰坪—思茅—剑川及周边盆地位于青藏高原的东南缘，地处欧亚板块与印度板块的拼合带，是青藏滇缅反 S 形构造体系的一个重要成员，是青藏高原东南部东南向大规模挤出部分，在高原隆升演化过程中扮演着重要角色；同时，该地区主要受印度季风控制，是典型的的印度季风区；受构造和气候相互作用，该地区内新生代地层广泛发育，最大累积厚度 5000 多米，是开展上述两个项目中印度季风区剥蚀风化、高原隆升和气候变化的代表性盆地。

开展上述研究的一个关键就是解决新生代地层的年代学问题。由于云南地区盆地群多、构造断裂发育、森林覆盖严重，缺少新生代连续的地层剖面，不同时代的新生代地层分布在不同的盆地中，并且许多盆地地层缺少哺乳动物化石和火山岩控制，地层命名和时代划定混乱，甚至同一个盆地的不同部位给出的地层名称也不尽相同。

磁性地层研究在青藏高原地区已经被广泛证明为行之有效的测年手段。本次研究选择兰坪－思茅、剑川盆地新生代地层出露良好的天然剖面，和部分出露较差层位的钻孔岩性，结合哺乳动物和孢粉等微体古生物化石地层年代学，建立新生代地层年代序列，保证剥蚀风化记录具有精确年代控制。

通过对含哺乳动物化石、火山岩和新开挖公路沿线连续剖面为考察重点，通过该区上述盆地地层中化石序列的厘定和构造地貌-地层发育序次关系的系统考察，确定可以代表该区新生代地层发育序列的地层为：古新世勐野井组、早—中始新世等黑组、中-晚始新世丽江组、晚始新世-早渐新世小屯组和蔡家冲组、渐新世勐腊群、晚渐新世-早中新世三号沟组、中-晚中新世双河组和小龙潭组、上新世剑川组或昭通组，以及第四系蛇山组和鹤庆盆地沉积等。

同时确定了开展这些地层组磁性地层年代研究的主攻剖面：在新挖公路发现了江城 1000 多米连续勐野井组和等黑组剖面，获得古地磁样品 600 多个；景谷盆地出露 3000 多米完全连续暴露的早新生代剖面古地磁样品 1500 多个；景谷出露良好的 1200 多米的三号沟组古地磁样品 600 多个；小龙潭煤矿小龙潭组 300 多米 100 多个古地磁样品；600 多米剑川剖面剑川-双河组 300 多个古地磁样品；蔡家冲 300 多米的小屯组和蔡家冲组连续钻孔岩芯样品。

对于上述剖面的磁性地层研究，已经初

步完成剑川剖面、江城剖面的磁性地层退磁分析，结合其它已有的古地磁结果：（1）通过鹤庆第四纪地层钻孔岩芯研究，获得了该钻孔精细磁性地层年代（0-2.7 Ma）（Shen et al., 2010）;(2)通过 3000 多米的洱源剖面，获得双河-剑川组初步精细磁性地层年代为晚中新世-早更新世（~7.6 – 1.8 Ma）(Li et al., 2013)；（3）通过对江城剖面勐野井组的磁性地层分析，该地层共记录了两个短的负极性带和三个长的正极性带。考虑到孢粉分析揭示的勐野井组的宏观年代大约在阿普特期-阿尔必期，凝灰岩样品的初步锆石年龄测定表明大致在 98 百万年左右；因此所获得磁性地层年代应该在白垩纪超静磁附近，这与早期划分该地层为古新世并不相同；（4）剑川剖面的所获得极性带基本为正极性，特征剩磁的携磁矿物主要为钛磁铁矿和磁赤铁矿等软磁性矿物，指示双河剖面沉积物受周边后期的火山活动影响发生了显著的重磁化现象，不能同来指示地层的准确年代。

下一步工作计划：完成这些剖面的古地磁样品的测试分析，结合哺乳动物和微体古生物化石年代以及火山岩年代，建立该地区新生代以来精细的磁性地层年代框架。

S9-O-07

海洋沉积记录重建不同时间尺度大陆硅酸盐风化历史：问题与挑战

万世明[1]，李安春[1]，Peter D. Clift[2]，李铁刚

1 中国科学院海洋研究所，青岛 266071

2 Department of Geology and Geophysics, Louisiana State University, USA

wanshiming@ms.qdio.ac.cn

自从 1992 年 Raymo 和 Ruddiman 教授在 NATURE 杂志发表“构造隆升驱动晚新生代气候变冷”假说以来，“风化”这一主题吸引了世界上无数科学家的研究兴趣。大陆侵蚀和风化通过塑造地球表面形态、控制沉积物和溶解离子向海输送通量、调节大气 CO2 浓度等物理化学过程，进而可以在地质时间尺度影响全球气候。构造活动、气候变化和大气组成等因素反过来又被认为可以控制硅酸盐风化速率。构造-气候-风化的交互作用因而也一直是国际地学研究热点。环绕喜马拉雅-青藏高原的亚洲边缘海接受了巨量的陆源风化剥蚀产物，从而存在用以重建过去陆地风化历史并探讨其控制机制的可能。但是，问题的关键在于海洋沉积记录中代用指标解释的复杂性导致可能误解了其时间变化意义。我们从现代河流入手，来看全球主要大河、亚洲主要大河、海南岛河流的风化侵蚀指标是如何响应温度和降水，从红河和珠江来源高分辨率全新世沉积评价百年-千年尺度风化侵蚀又是如何响应温度、降水（石笋记录）乃至人类活动。从南海 ODP 岩芯记录并结合其它周边地区的沉积记录探讨在轨道时间尺度（一百万年以来）-构造时间尺度（两千五百万年以来和五百万年以来）的亚洲大陆风化侵蚀历史的气候和构造控制。同一代用指标在不同时间尺度上的意义并非完全相同，尤其对于目前石笋还没有记录到的 0.5 Ma 以前的工作，这一点需要特别谨慎，综合对比各种指标是目前最有效的途径。以前用边缘海沉积物中矿物、化学组成等来指示季风降水的做法可能存在问题，至少在晚新生代百万年尺度上指示的是风化程度而非风化速率，是温度而非降水，化学风化程度的总体降低响应于全球变冷。硅酸盐风化速率并不耦合于风化强度，而耦合于物理侵蚀速率。虽然一些间接指标认为中新世以来物理侵蚀速度主要是对夏季风强度长期变化的响应，但寻找海洋沉积记录中有效的可指示硅酸盐风化速率的代用指标仍是目前最大的挑战。

S9-O-08

5 Ma 以来祁连山侵蚀速率的宇生核素 ^{10}Be 记录

赵志军[1]，张茂恒[1]，Darryl Granger[2]

1 南京师范大学地理科学学院，南京 210023

2 美国普渡大学地球大气科学系

zhaozhijun@njnu.edu.cn

构造运动、地表过程与气候变化之间的关系是地球系统科学研究的核心课题之一。地表侵蚀过程是明晰三者之间耦合关系的关键一环，获取长期侵蚀速率非常重要。

长时间尺度侵蚀速率可以来自：1、基于岩体中矿物的高低温热年代法；2、基于造山带邻近盆地的沉积物中矿物的裂变径迹年代法等。近年来，宇生核素被广泛用于揭示万年尺度的流域平均侵蚀速率，物源区侵蚀速率越慢，河流沉积物中的核素积累量越高，反之亦然。对于地质历史时期的河流沉积物，如果能确定其年代，其中的核素浓度就能进行放射性衰变校正，可以反映当时的流域侵蚀速率。

在古老河流沉积物中，通过加速器测量获得的核素积累量包括三个组分：一是这些沉积物在源区暴露过程中获得的核素，与源区侵蚀速率有关；二是在堆积区沉积后到上覆沉积物足够厚以遮蔽宇宙射线的这段时间里积累的核素，这段时间的长短与地层的沉积速率有关；三是近期出露地表积累的近期核素，与剖面近期暴露历史有关。因此，如果能扣除后面的两个组分，即可获得源区的侵蚀速率。基于这一认识，我们在祁连山北麓酒泉盆地晚新生代老君庙背斜剖面进行采样测试，获得了约 5 Ma 以来的祁连山侵蚀速率。

由于石油河深切，在老君庙背斜依次出露中新世到第四纪的地层，但在其间因不整合存在地层缺失。样品采自玉门砾岩和酒泉砾石层中。此剖面已有古地磁年代和宇生核素埋藏测年控制，可以提供剖面的沉积速率，即可获得沉积阶段积累的核素组分。在石油河两岸玉门砾岩和酒泉砾石层构成的陡壁高近百米，在现代河流侧向侵蚀陡壁形成的凹洞内采样，可以完全遮蔽现代宇宙射线的影响，因此可以规避近期暴露所积累的核素。经过沉积校正和放射性衰变校正后，获得了侵蚀速率数据：0-5 Ma 侵蚀速率一般在 100-300 m/Ma 之间，与祁连山区河流水文观测站监测的当代侵蚀速率值 20-200 m/Ma 基本吻合；但在 0.8-1.2 Ma 之间有一短期核素浓度低值期，对应侵蚀速率特别高值期（数十倍高），这些样品正处于老君庙背斜褶皱生长楔中，这一瞬时信号可能是由于背斜本身组成物质（玉门砾岩）在强烈褶皱隆起时被侵蚀，发生二次搬运产生的“稀释效应”的影响。

S9-O-09S

祁连山侵蚀速率的宇宙成因核素 ^{10}Be 研究

胡凯[1]，方小敏[1]，赵志军[2]，Darryl Granger[3]

1 中国科学院青藏高原研究所，北京 100101

2 南京师范大学地理科学学院，南京 210023

3 普渡大学，美国印第安纳州 47907

geohuk@gmail.com

侵蚀是塑造山脉地形的外营力，同时，侵蚀通过重新改变山脉的物质分布来影响构造内营力的表现形式，侵蚀物质在地表的风化作用可以通过改变大气二氧化碳的含量而影响全球气候，在构造—气候—地形三者的耦合中，它起着连接三者的核心枢纽的作用。因此，了解并定量计算山脉侵蚀速率并探讨影响侵蚀速率的主要因素有助于我们了解山脉的构造和地貌的演化，同时也是在区域和全球尺度范围内阐明构造—气候—地形相互

作用的前提。

本研究利用宇宙成因核素 ^{10}Be 的方法得到青藏高原东北缘祁连山地区在千年至万年尺度上的侵蚀速率，并结合前人研究，描绘整个高原东北缘的侵蚀图景，找出该区域侵蚀速率的宏观分布特征，分析该区域影响侵蚀速率的主控因素，并探讨侵蚀对于青藏高原东北缘构造-地貌演化的意义。

我们的研究发现，祁连山地区侵蚀速率整体呈北高南低的分布特征，通过对侵蚀速率与地形的对比分析，侵蚀速率与流域平均坡度呈非线性关系，地形陡峭度是祁连山地区侵蚀速率的主控因子。本文首次在该区域通过对比相邻流域侵蚀速率的差别来探索祁连山内部主要流域分水岭的可能移动方向，并且结合地貌特征上的观察，我们认为区域内主要流域分水岭在往南移以及在这一过程中已经发生和正在发生的分水岭移动和河流袭夺事件是区域地貌与水系响应构造应力的过程。祁连山地区侵蚀速率北高南低和主要分水岭往南移动的宏观格局，我们认为集中于祁连山北翼的持续或阶段式隆升是其背后的最原始动因。

S9-O-10

西秦岭裂变径迹热年代学及新生代构造地貌演化

王修喜[1]，宋春晖[2]，李吉均[1]

1 兰州大学西部环境教育部重点实验室&西部环境与气候变化研究院，兰州 730000

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

wangxiuxi@lzu.edu.cn

青藏高原形成不仅是目前地球上正在进行陆陆碰撞最典型例子，而且对亚洲地质地貌格局和环境变迁以及全球气候变化产生了重大影响。因此，青藏高原形成、演化及其环境效应研究一直是国际地学界研究的前沿课题。通过几十年中外科学家的共同努力，提出了许多重要、不同的观点或假说，对全球构造和全球变化研究作出了重要贡献。但是，关于高原隆起的过程及其机制等高原研究的核心问题仍然存在着极大的分歧。这就需要寻找合理地区、选择有关键控制能力的研究点位进行不同学科、不同角度的研究，获取大量、不同方面新生代长期连续完整的地质地貌证据，来支持和检验已有假说或观点，或者获得新的研究突破。

西秦岭位于青藏高原东北向扩展的最前缘，为一构造变形活跃，地壳缩短和左旋走滑断层作用强烈的地区。该区充填的相对完整的新生代沉积序列和现代河流沉积物以及山脉基岩、岩浆作用、变形构造、河谷地貌等都记录着印度-亚洲碰撞及高原隆升跨越西秦岭构造结向东部发展的过程和细节。因此，“发掘”和“解译”这些记录，不仅为认识西秦岭新生代构造变形过程提供地质约束，而且为深刻理解印度—亚洲碰撞汇聚的构造远程效应、评判和检验高原隆起过程观点、深入全面的认识高原东北缘隆起过程提供高原最东北缘关键位置的地质证据。但是，目前关于该区新生代构造变形过程和地貌响应等方面研究十分薄弱，尚无区域时空概念下的系统研究。鉴于此，我们在西秦岭地区开展了系统的磷灰石裂变径迹热年代学(AFT)研究，包括基岩和西秦岭北缘盆地有精确磁性地层年代控制的碎屑样品高密度研究。结合古水流、沉积—构造分析、地质地貌考察以及前人大量沉积学、年代学等研究成果，揭示西秦岭新生代重大构造事件序列和区域构造演变过程，取得主要认识如下：

①根据已有的新生代磁性地层学研究成果，我们在西秦岭北缘的贵德-陇中盆地开展了碎屑 AFT 研究。AFT 颗粒年龄组分的分析

结果显示，盆地沉积物源区地体为“地壳快速淬火”和“火山喷发”类型，表明该区发展演化主要受构造活动影响；该区对高原主体变形响应快速，新生代共发生了～43 Ma、～32 Ma、～20 Ma、～14 Ma、～4.6 Ma 共五次重大造貌事件，各事件的瞬时剥露速率都很高。并且根据对磷灰石颗粒形貌特征的分析发现个别事件伴随火山活动。

②通过盆地 AFT 年龄组分与盆地周缘基岩 AFT 对比分析，结合古水流及前人研究成果，确定贵德-陇中盆地新生代沉积物主要源区分布于西秦岭。在不同的构造演化阶段，对应着不同的构造活跃区域。

③通过对西秦岭的基岩样品的 AFT 研究发现，虽然该区不同构造部位岩体对高原的前期变形响应不同，但是最近期次的构造事件发生在 8-4 Ma，平均剥露速率成倍增长。这也验证了碎屑样品揭示出的最近期次构造事件的可信度。

④综合上述研究结果，并结合前期地质地貌考察和前人在青藏高原及该区开展的大量地貌学、沉积学、年代学等研究，我们尝试复原出西秦岭从始新世至上新世构造地貌演化过程。认为该区隆起跟高原主体隆升同步，具多期次、不等速的特点，现代地貌格局在上新世最终奠定。

S9-O-11

硅酸盐岩地区小流域化学风化及其控制因素

吴卫华[1]，郑洪波[2]，罗超[1]

1 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 210023

2 .南京师范大学地理科学学院，南京 210023

wuwh@nju.edu.cn

地球表面岩石的风化是表生地球化学的一个重要过程，其中的硅酸盐风化会消耗大气 CO_2，其在百万年的地质时间尺度上对全球碳循环及气候的变化有重要贡献。此外，硅酸盐风化产生的高放射性 Sr 通过河流搬运到海洋，是海洋 Sr 同位素演化的一个关键的影响因素。近年来对河流地球化学的研究主要采用了两种不同的方法：一是集中于大河流域，侧重于评价全球范围内大陆风化对碳循环和对海洋 Sr 同位素演化的贡献；另一个方法是对已知气候条件下流经单岩性的小河流进行小尺度研究，以评估岩性、气候、植被、地形和人类活动等控制因素对化学风化的影响，以更好的建立“风化—气候”模型。

长江支流浠水发源于海拔约 1600 m 的大别山南麓，全长 157 km，流域面积 2670 km^2。属于亚热带季风性气候，夏季平均温度为 29 °C，冬季平均温度 4 °C，年平均降水为 1350 mm 左右。浠水流域主要流经大别山早元古代变质带，主要以长英质片麻岩、变粒岩、斜长角闪岩等为主，并有榴辉岩和二长花岗岩等分布。

我们通过在夏季和冬季采集源水至下游的样品，来探讨主量离子含量的时空变化；分析大气输入、人类活动和岩石风化（硅酸盐岩、碳酸盐岩和蒸发岩）的不同贡献，计算流域中的化学风化及其对大气 CO_2 的消耗速率。研究结果显示：

浠水流域在夏季的主量离子含量除 Si 外，大部分都高于冬季，稀释作用的影响要小于风化作用、农业活动和酸雨加强的影响。大气输入的贡献冬季和夏季分别为 13.2%和 7.8%。人类活动的贡献分别为 2.4%和 4.2%，对河水中主量阳离子的影响较小。岩石风化中，硅酸盐风化的贡献占 52.1%和 48.7%，碳酸盐为 28.4%和 24.2%。因此，尽管碳酸盐岩的出露面积只占流域面积的不到 5%，但其对河水中总阳离子的贡献却较为重要。计

算得到的硅酸盐风化速率，冬季为 0.64-4.44 t/km^{2}y，夏季为 4.1-21.2 t/km^{2}y，为冬季的 5 倍左右。浠水流域的硅酸盐风化速率明显低于热带地区有着更高温度和径流量的小流域，但比温度更低径流量更少的西伯利亚和加拿大的一些小流域要高，表明气候可能是影响花岗岩类流域化学风化速率的最重要的因素。

S9-O-12

玄武岩风化受温度单独控制？

Gaojun Li

MOE Key Laboratory of Surficial Geochemistry, Department of Earth Sciences, Nanjing University, 163 Xianlindadao, Nanjing 210046, China

ligaojun@nju.edu.cn

The control of climate on the rate of silicate weathering and thus the associated consumption of atmospheric CO_2 provides a negative feedback to the changes of atmospheric CO_2 concentration (pCO_2) through the greenhouse effect of pCO_2 on climate. Such a climate-weathering feedback is believed to have maintained the long-term balance of exogenic carbon cycle and a homeostatic condition of the Earth's surface. The temperature dependence of weathering rate, as predicted by the chemical kinetics, has been observed by laboratorial experiments. However, field evidence on the temperature control of natural weathering rate is much complicated. Complexities mainly arise from the other factors that influence the weathering rate, of which many are correlated with temperature. These complexities include lithology, vegetation, geomorphology, and etc. Investigations on mono-lithology have been applied to reduce the complexities, and recent studies have highlighted the importance of basalt weathering due to its large weathering flux despite its limited coverage. A law of basalt weathering has been established according these investigations, which point out the controls of both temperature and runoff on the weathering rate. Here the law of basalt weathering is revised by compiling data of worldwide basaltic catchments and by providing new data of Chinese basaltic terrains. The weathering rate of basaltic rock seems to be purely controlled by temperature if the active and inactive volcanic fields are separated into different groups. The active volcanic fields show higher weathering reactivity possibly due to the higher reactive surface of young volcanic field. The active volcanic islands, which coincidently have high precipitation amount due to the oceanic climate condition, may have produced the previous cognition on the control of runoff. The lack of runoff control is probably because that the weathering of basalt is far from chemical equilibrium and the water-rock contacting surface is more or less the same between the basaltic terrains due to the buffering effect of the pedosphere and the similar structural nature of basaltic rocks. Since temperature and runoff has very different response to the greenhouse effect of pCO_2, this finding has important implication for understanding the operation of the exogenic carbon cycle.

S9-O-13

高湖面维持沙漠文明——巴丹吉林沙漠与地球系统科学

王乃昂，李卓仑，吕晓楠，宁凯，张洵赫

兰州大学资源环境学院，干旱区气候变化与水循环研究中心，兰州 730000

wangna@lzu.edu.cn

巴丹吉林沙漠以高大沙山、钙华泉水、湖泊群、鸣沙等自然景观，特别是水循环机制与地下水补给来源吸引着国内外学术界的长期关注和研究。通过近 5 年的实地考察和遥感影像解译，查明巴丹吉林沙漠计有常年积水湖泊 119 个。湖泊盐度具有“西北高东南低”的分带性规律，水化学类型差异明显。在年代尺度上，沙漠东南侧某些低盐度湖泊近数十年具有扩大和新生的特点。

通过对巴丹吉林沙漠腹地湖泊群的野外考察、高湖面测量及 ^{14}C 定年，在全新世气候适宜期湖面波动对气候系统变化的响应研究上，获得了高湖面与泛湖期存在的地貌学、沉积学、生物遗迹和文化遗存证据，并且对准扎罕吉林气候适宜期的水文特征与地下水补给取得了定量认识。水量平衡和能量平衡模型计算结果证明，在全新世大暖期沙漠腹地降水量约为 200～250 mm，在百年至千年尺度的气候变化上呈现暖湿组合的水热配置特征。有效降水增加的事实，揭示了沙漠腹地全新世中期具有相对湿润的气候，但这只是沙漠腹地高湖面形成的因素之一。其时，准扎罕吉林的地下水补给达到200万 m^3 量级，是高湖面与新石器时代沙漠文明得以维持的重要机制。

以雅布赖山东北—西南走向断裂为界的湖泊群北部地区，分布有大量不同时代的热成因钙华，进一步揭示湖泊水源可能主要受到深层承压水的补给。从地层破碎带涌出补给到湖泊群的地下水，利用 ^{14}C 测年法对其年龄进行测定，发现多数水样形成于全新世中期以前（即距今 6-10KaBP 的古水）。探寻这些数千年之前的古承压水来自于何处，以何种方式循环至此，其补给机制、更新性如何响应气候变化，是一个非常具有挑战性的课题，需要以地球系统科学为指导思想进行更深入的系统研究。

S9-O-14S

第四纪以来黄土高原粉尘物源演化—Sr 同位素证据

张文防*，陈骏，李高军

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 210046，

nic_langdi@163.com

中国黄土高原黄土和古土壤是研究古气候演化的良好载体。许多基于此建立的古气候指标均是以黄土高原黄土物源不变为前提。然前人研究发现黄土高原黄土在轨道尺度和构造尺度上可能均有物源的变化，但仍存在争议。黄土高原物源研究是古气候及构造演化研究的关键一环。

Nd 和 Sr 同位素在粉尘物源研究中已经得到了非常广泛的应用。本研究基于 28-45 μm Sr 同位素的组成详细研究了 2.7 Ma 以来黄土高原粉尘物源的演化过程。研究结果表明黄土高原物源在相邻冰期-间冰期没有发生改变，然在构造尺度上自第四纪以来逐渐从青藏高原北缘转向戈壁沙漠。最近几年黄土物源研究显示戈壁阿尔泰山和青藏高原北缘之间的阿拉善干旱区是黄土高原的主要物源。Nd-Sr 同位素结果表明阿拉善干旱区物质为二端元混合物质。该干旱区物质既接收北侧具有较高 Nd 同位素和较低 Sr 同位素组成的戈壁阿尔泰山，又接收南侧具有较高 Sr 同位素和较低 Nd 同位素组成的青藏高原北缘物质（Li et al., Geology, 2011)。因此，本研究中逐渐降低的 Sr 同位素组成可能反映了黄土高原物源逐渐由青藏高原北缘逐渐转换为戈壁阿尔泰山。

气候和构造均可能控制了物源的演变。

第四纪以来，逐渐扩展的北极冰盖使得全球气候逐渐变冷。位于阿拉善干旱区北侧的戈壁阿尔泰山可能会因为存在的冰盖产生更多的物质。另外，前人研究发现中亚造山带在5±3 Ma 前后发生过构造运动，相比于青藏高原隆升，该构造运动年代较迟。中亚造山带构造运动亦产生大量碎屑物质。冰蚀摩擦和构造运动产生的碎屑物质在逐渐增强的冬季风作用下到达阿拉善干旱区与青藏高原产生的碎屑混合后传输至黄土高原。本研究结果表明在应用基于黄土高原物源不变的古气候指标反演古气候变化时要格外谨慎。

S9-O-15

长江口全新世中晚期古低氧事件有孔虫记录研究

印萍[1]，蔡庆芳[2]，丁旋[3]

1 青岛海洋地质研究所，266071

2. 广州海洋地质调查局，510075

3. 中国地质大学（北京），10083

pingyin@fio.org.cn

世界各大河口、陆架的低氧现象引起海洋学家的高度关注，关于低氧现象形成机制的讨论涵盖物理海洋、海洋化学、海洋生物学和海洋地质学等多个领域，调查研究表明，低氧事件在地质历史时期也普遍发育，并随海岸带和河流流域人类活动的加剧而呈恶化的趋势。

长江口是我国河口陆架地区低氧现象发生面积最大、持续时间最长的海域。长江口低氧区的范围主要位于 28.5° N~33.5° N，122° E~124° E 海域内，每年夏季均有明显的低氧现象存在，近年来低氧区低氧环境持续的时间可能在变长，长江口南侧海域监测到的低氧现象的频率有增加的趋势。调查研究认为，低盐度的长江入海径流与高盐度的台湾暖流在长江河口外混合后形成小范围的上升流，但因表层水受长江冲淡水控制未到达表层造成水体层化，从而阻碍了表、底层水的溶解氧交换，进而导致了底层水低氧现象的产生。这一海洋水文机制在全新世的中期开始发育，并在全新世的晚期逐步稳定。

长江口古低氧事件的研究工作近年来得到广泛关注，基于长江口沉积柱的年代厘定和代用指标反演历史时期低氧事件演化的研究工作逐步开展。Li 等（2011）利用沉积中的木质素酚、底栖有孔虫组合等代用指标反演长江口外低氧事件的历史变异规律，研究发现耐低氧有孔虫组合（LOFA）在过去的 60 年来显著增加，尤其在上世纪 80 年代中期后，对应于 1990 年以来长江口外低氧事件的范围急剧增加。

本文分析了现代长江口低氧区及其邻近海域的海底表层沉积物中的有孔虫组合特征和个体形态特征，并与全球低氧区典型有孔虫组合进行对比，确定了以 *Epistominella naraensis*（奈良小上口虫）、*Bolivina* spp.（箭头虫诸种）和 *Bulimina* spp.（小泡虫诸种）为组合特征的长江口低氧区底栖有孔虫组合（LOFA）。一般区别于高氧环境中常见的圆形壳体、壳室多、瓷质壳的底栖有孔虫特征，低氧区有孔虫多具有体型小、扁平、伸长、薄壁壳体的特征。这一差异在长江口低氧核心区和邻近陆架海域表层沉积物中有孔虫的对比是显著的。

根据以上研究确定的长江口底栖有孔虫组合（LOFA），开展了长江口低氧区 YD-0903 钻孔和 DSDZ38、DSDZ38 两个柱状岩心的有孔虫分析。对 YD-0903 孔底栖有孔虫的 LOFA 指标、OFA 指标（瓷质壳）、有孔虫丰度、简单分异度和复合分异度等分析后认为，长江口低氧区全新世的古低氧现象大约以 8600 a BP 为界，8600 a BP 以前研究区明显无低氧现象，8600 a BP 以来出现低氧现象。

根据 LOFA 指标百分含量曲线，8600~3400 a BP 为次低氧期，到 3400 a BP 研究区低氧程度与现在的状态基本相似，相对持续稳定。根据 LOFA 指标和 OFA 指标百分含量，与地球化学指标 Cd/Al 曲线、YD-0901 孔 TN 曲线、和尚洞和董哥洞 δ18O 曲线以及红原泥炭 δ13C 曲线等进行对比分析，将 YD-0903 孔 3400 a BP 以来的低氧环境划分为 9 次事件，包括发生于约 3300~3200 a BP、2700~2100 a BP、1800~1400 a BP、800~300 a BP 和 100 a BP 以来的 5 次比较明显的强低氧事件，以及约 3200~3100 a BP、2100~1800 a BP、1400~1000 a BP 和 300~200 a BP 的 4 次比较明显的弱低氧事件。低氧强弱的主要控制因子是长江冲淡水和黑潮的强弱变化，长江冲淡水强、黑潮弱时，低氧程度增强，反之减弱。

DSDZ38、DSDZ38 两个柱状岩心的分析结果表明，近 100 a BP 以来，长江口低氧区的低氧化程度有逐步增强的趋势。特别是 1980‘s 以后，低氧有孔虫组合（LOFA）的丰度逐步增加，有孔虫的个体变小、壳壁变薄的特征更为明显，显示低氧环境的持续时间和低氧程度逐步加强。这与近 30 年来长江口夏季赤潮发生频率和持续时间不断加剧的观测记录是一致的。

S9-O-16S

中国南北方大气降水化学组分对比研究

武瑶，徐志方

中国科学院地质与地球物理研究所，工程地质与水资源研究室，北京 100029

wuyao1988819@yeah.net

酸雨是目前人类所面临的主要环境问题之一，中国已成为继欧洲和北美之后的世界第三大酸雨区。此外，我国大气降水化学成分有明显区别于世界其他地区的特点，即 Ca^{2+}与 SO_4^{2-}高度相关。同时，中国北方降水以其高离子浓度和高 pH 值的水化学特征显著区别于中国南方地区(Larssen and Seip, 1999)，这一现象得到众多学者的关注。以往的研究发现，在我国北方地区，碱性碳酸盐和土壤风化产生的颗粒物对雨水中的酸性物质起到了重要的中和作用；而在南方地区这一作用很微弱。但上述工作多仅限于对单个地点的降水进行研究，缺乏对南北方典型城市大气降水化学组分的系统对比分析。

本文在系统采样和分析的基础上，对北京和池州两地 2011-2012 年的大气降水化学组成进行了研究，分析对比了两地雨水酸碱物质的主要来源以及酸碱离子的中和作用。北京和池州的 pH 雨量加权平均值分别为 4.85 和 4.56；酸雨率分别为 47%和 97%。与之前的研究结果对比可知，北京地区雨水酸化问题有所加重，但雨水中酸根离子并未有明显增加，因此碱性阳离子 Ca^{2+}的减少是导致这一问题的可能原因。北京、池州降水中主要阴离子均为 SO_4^{2-}，主要阳离子为 Ca^{2+}和 NH_4^+。北京大气降水中 SO_4^{2-}含量约为池州大气降水中的 2 倍，但是池州的大气降水具有更低的 pH 值，这与北京大气降水中具有相对较高的 Ca^{2+}和 NH_4^+含量密不可分。通过 SO_4^{2-}、NO_3^-、Ca^{2+}和 NH_4^+的线性回归分析结果可知：北京雨水中约 92.5%的 SO_4^{2-}和 75.6%的 NO_3^-被中和；池州雨水中约 75.7%的 SO_4^{2-}和 26.8%的 NO_3^-被中和。结合雨水中 SO_4^{2-}和 NO_3^-的浓度，我们计算出北京和池州分别有 90.7%和 70.8%的酸被碱性离子中和。离子相关性分析显示，北京雨水中的 SO_4^{2-}和 NO_3^-与 pH 值几乎没有相关性，而在池州雨水中具有中等相关性。因此，北京雨水中 SO_4^{2-}和 NO_3^-可能主要来源于酸与碱性物质中和产生的硝酸盐和硫酸盐。以上分析结果

表明，北京地区大气降水中碱性物质的中和作用强于池州地区。本文选取 Na 作为海源来源的参考元素，Al 作为陆源参考元素，定量计算了北京和池州雨水中主要离子的非海源贡献。结果表明，两地降水中 SO_4^{2-}和 Ca^{2+}几乎全部来自于非海源，其中 SO_4^{2-}可能主要来自人为排放源，而 Ca^{2+}主要来自陆壳源。

综上所述，从大气降水的离子组成看，北京地区大气污染重于池州地区，但雨水酸度却低于池州地区，这主要是由于北京雨水中碱性物质（Ca^{2+}和 NH_4^+）的中和作用强于池州地区。同时，近年来北京地区雨水酸化问题有所加重，主要是因为雨水中 Ca^{2+}的含量有所减少，可以初步推测这与大气气溶胶中的沙尘输入减少所导致的碱性离子的输入量下降有关。

S9-O-17

中国亚热带流域不同岩浆岩风化剖面风化特征研究

苏妮，杨守业，张家正，王晓丹

同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092
nsu@tongji.edu.cn

岩石化学风化作用是地球表面重要的地质过程。以往研究关注了典型风化壳中矿物学和元素地球化学特征及演化，得到了丰富的研究成果。为揭示不同源岩与气候背景下化学风化的特征和差异，本文研究了福建仙游木兰溪流域（潮湿亚热带海洋性气候）晚白垩世花岗岩，以及长江中游湖南攸县和望城（潮湿亚热带季风性气候）早白垩世玄武岩和侏罗纪花岗闪长岩 3 类风化剖面，分析化学风化过程中岩土粒度、磁化率变化，矿物演化序列、pH 值变化，以及主量元素化学活动性等。从底部基岩往上至表层腐殖土，总体上，岩土颗粒由粗变细、磁化率增加；主要矿物学特征表现为长石、云母等原生矿物的蚀变和伊利石、高岭石等次生粘土矿物的增多；主要硅酸盐矿物相以大致相同的顺序风化，以 Ti 作为不易迁移元素，主量元素相对淋滤顺序表现为：$CaO>Na_2O>MgO>K_2O>MnO>P_2O_5>SiO_2>Al_2O_3>Fe_2O_3$，其中仙游和望城风化剖面 Ca、Na、Mg 淋失严重，攸县风化剖面整体元素淋失较弱。从烧失量（LOI）和化学蚀变指数（CIA）初步判断风化剖面的发育程度：福建仙游花岗岩>湖南望城花岗闪长岩≈湖南攸县玄武岩，推断气候背景和暴露时间可能是影响风化剖面发育程度和特征的关键因素。统计分析了全球主要气候类型环境下，不同母岩发育的风化剖面化学风化的差异，提取能反应这种差异的关键因子，尝试建立气候与风化之间的联系。在判断源区化学风化对溶解态及沉积物组分的影响时，应充分考虑气候影响下源岩的化学风化程度。

S9-P-01

黄土中痕量白云石的 FTIR 定量研究

孟先强，季峻峰，何同，刘连文

南京大学表生地球化学教育部重点实验室，地球与工程科学学院，南京 210046
jijunfeng@nju.edu.cn

碳酸盐矿物广泛分布于全球地表土壤、沉积物中，对表生气候变化具有很灵敏的反应。过去对于碳酸盐的研究只关注方解石，对白云石很少提及，白云石在表生沉积物中通常含量低（<1%wt）而难以精确定量。最近的研究表明傅里叶变换红外光谱（FTIR）是对碳酸盐很敏感并对深海冰筏沉积物的高含量白云石进行了精确的定量。但是对土壤中白云石定量还没有报道，主要原因是：1）由于方解石和白云石相似的化学物理性质，在很多测试方法中方解石会干扰白云石的信

号；2）土壤中白云石的含量很低；3）没有一个更好的方法能去除方解石而留下白云石。由于 FTIR 对碳酸盐基团特别灵敏，所以本文尝试用漫反射 FTIR 定量黄土的痕量白云石（trace dolomite）。白云石区别于方解石的红外特征峰主要有两个：一是前人研究使用的波数为 730 cm^{-1} 处，其优点是不受方解石信号的影响，缺点是检测限高而且容易受长石矿物干扰,很难鉴别出低含量的白云石（<1%）；二是使用的波数为 2626 cm^{-1}，这一波段对白云石矿物很敏感（其检测限达到 0.22%wt）,但是容易受到方解石信号的干扰，特别是对于低含量的白云石其特征峰会被方解石所掩盖。因此我们准备用后者来定量痕量白云石但需要用低浓度弱酸去除方解石。

本文选取黄土高原典型黄土的样品，通过一系列的化学条件实验获得其最佳条件，即用 0.5 g 样品放入 50 ml 的离心管中，当总碳酸盐含量为≤8% 8-14%、14-18%和≥18%wt 时，分别加入 0.05、0.1、0.2 和 0.5M/L 的稀醋酸能完全溶解方解石而尽可能的保留白云石，实验数据显示酸溶过程中去除的白云石可以忽略不计。为了消除基底效应对定量白云石的影响，我们使用已完全去除碳酸盐矿物的样品作为基底，添加已知含量的自然界较纯的白云石得到 2626cm^{-1} 处的面积并进行线性拟合，使用该拟合方程（R^2 为 0.98，n=9）得到黄土中白云石含量。通过上述方法，我们测定了黄土高原典型的八个剖面 130-kyr 以来的样品，发现在黄土层中几乎都有白云石且从西北向东南逐渐降低，在古土壤中西北剖面还存在白云石而东南剖面基本消失；每个黄土亚层也能在白云石含量变化中很好的识别，且白云石含量变化与磁化率及深海氧同位素曲线具有很好的相关关系，验证了该方法的可靠性。

S9-P-02S

台湾浊水溪 JRD-S 钻孔沉积地球化学及源区化学风化特征分析

赵云，杨守业，毕磊

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 200092
zhaoyun273@126.com

台湾位于欧亚板块-菲律宾板块碰撞带，具有典型的“山溪性小河流—瞬时大通量—极端气候影响”特征，是东海两大源汇体系之一，对东海沉积记录、物源、碳循环研究具有重要意义。本研究对台湾浊水溪口钻孔 JRD-S 进行元素地球化学及矿物学分析，试图揭示浊水溪流域的化学风化过程，为进一步研究 JRD-S 钻孔物质来源及浊水溪入海物质搬运打下基础。

本研究主要针对现代浊水溪三角洲钻孔 JRD-S 及浊水溪流域现代河漫滩沉积物酸溶态、残渣态分别进行 ICP-AES、ICP-MS 主微量元素测定及全岩 XRD 矿物分析。

JRD-S 钻孔各风化指标变化特征相似，对沉积相的变化反映明显。LGM 之前钻孔化学风化程度明显高于现代浊水溪河漫滩风化，且逐渐增大，其原因是干冷冰期中沉积物在流域内滞留时间长，经历较为充分的化学风化。LGM 之后各化学风化指针值迅速减小，并在 10-5.7 ka 期间存在突变，矿物含量（全岩除方解石外）在 4.8 ka 左右存在一个峰值，与粒度变粗相关，推测原因是 LGM 之后东亚季风增强—气候变为暖湿—降雨增强—净流量增大—快速搬运粗颗粒物质。此段时间内粘土矿物含量小于浊水溪流域平均值，是由于钻孔处被海水覆盖，细颗粒粘土矿物被淘洗搬运的结果。

A-CN-K 模式图中，JRD-S 钻孔样品整体变化趋势大致平行于 A-CN 线，略有右倾

趋势。大部分LGM之后样品CIA值小于65，平均值远小于世界河流平均水平，属于弱风化；LGM 之前样品 CIA 值全部大于 65，平均值接近世界河流平均水平，属于中等风化。LGM 之前 JRD-S 钻孔沉积物样品点分布更加分散。浊水溪现代河漫滩沉积物的风化趋势与 LGM 之后钻孔样品一致。

总的来说，各沉积地球化学指针与 JRD-S 钻孔沉积相的变化具有良好对应关系。JRD-S 钻孔沉积地球化学可反映晚第四纪台湾浊水溪流域的化学风化的变化特征。

S9-P-03S

青藏高原东部雅砻江流域主要离子地球化学特征和风化速率

张轩，徐志方

中国科学院地质与地球物理研究所，工程地质与水资源研究室，北京 100029

305678209@qq.com

自 Raymo 和 Ruddiman 等学者提出“构造隆升—风化模型”以来（Raymo, 1988; Ruddiman, 1992），青藏高原风化与气候变化的关系引起了学界的广泛关注。作为长江、黄河、布拉马普特拉河、恒河等众多大河的发源地，青藏高原流域风化研究对大陆风化-全球气候变化的认识具有重要意义。目前对青藏高原发源河流化学风化的研究主要集中在喜山南坡恒河—布拉马普特拉河和印度河（Galy et al.,1999; Krishnaswami et al.,1999; Hren et al.,2007）。对青藏高原东部河流流域化学风化特征及速率的研究，有助于深入研究和剖析整个高原的化学风化速率及影响因素，进而为风化与 CO_2 消耗及气候变化的关系研究提供一定的理论依据。

作者以青藏高原东部的雅砻江流域为研究对象，在海拔 4246 m（源头）到海拔 1005 m（汇入长江前）的流域范围内进行了系统采样，分析了流域的主要离子化学组成特征，初步辨识了河水离子组分的主要来源并估算了流域风化速率。雅砻江河水总体呈弱碱性（pH 变化范围 5.71~8.41），总溶解固体（TDS）变化范围较大（15.4~334.6 mg/l）。河水 Ca^{2+} 和 Mg^{2+}离子总和占到了阳离子总量（TZ^{+}）的 90%左右，在阳离子三角图中表现出向 Ca 集中的趋势。主要阴离子是 HCO_3^-和 SO_4^{2-}，呈现出 HCO_3^-＞$Si+Cl^-+SO_4^{2-}$的特点，在阴离子三角图上集中在 HCO_3^-这端。与此同时，（$Ca^{2+}+Mg^{2+}$）与 $HCO3^-$的当量浓度比值基本都在 1 左右，均值为 1.1；（$Na^{+}+K^{+}$）/TZ^{+}比值平均值为 0.08，变化范围为 0.029~0.24。说明雅砻江河水中的离子主要来源于碳酸盐岩的风化。SiO_2、Si/TZ^{+}、Si/（Na^{*}+K）等指标显示雅砻江流域的硅酸盐风化程度不高，其平均（Na^{*}+K）/TZ^{+}为 6.3%，反映出硅酸盐岩风化对河水中阳离子的贡献较少。此外，通过阴离子三角图和 SO_4^{2-}/Ca^{2+}比值，可初步断定河水中的 SO_4^{2-}主要来源于蒸发岩的风化释放，并且对河水主要离子水化学的贡献也不明显。研究区基本属于人类活动较弱的高原东部背景区。不考虑人类活动对河水中各离子的影响，在扣除了大气降水的输入之后估算出雅砻江流域硅酸盐岩化学风化对河水中阳离子总量的贡献范围是 4.98~21.43%（平均为 14.49%），流域风化速率为 0.85t $km^{-2}a^{-1}$。碳酸盐岩化学风化对河水阳离子总量的贡献范围是 42.52~93.14%（平均为 72.01%），流域风化速率为 2.13t $km^{-2}a^{-1}$。

S9-P-04S

川东北楼房洞水体微量元素季节变化与控制机制

贺海波 [1]，汤静 [1,2]，周厚云 [1,*]

1 华南师范大学地理科学学院，广州 510631

2 广州市气候与农业气象中心，广州 511430
hehaibo2050@163.com

洞穴监测对洞穴次生碳酸盐沉积蕴含的气候代用指标（如 Mg/Ca 等）的解释具有重要意义。为了研究石笋里微量元素对气候变化的响应机制，从 2011 年 7 月起对四省川巴中市通江县诺水河楼房洞展开了洞穴监测工作。野外实地测量获得了 SLPB、LZLY、HS 等三个样点空气 CO2 含量、气温、相对湿度、洞穴水体和河水的 pH 和电导率数据；对同时采集的水样，在西南大学地球化学与同位素实验室采用 ICP-OES 分析获得了水样的 Ca、Mg 元素含量数据，采用 ICP-MS 分析获得了 Sr、Ba、U、Al、Mn 元素含量数据。通过对数据的分析讨论，得出 以下结论：(1)楼房洞洞穴系统环境存在明显的空间变化和季节变化。洞穴内的空气温度变化幅度比洞穴外小,洞穴内夏季气温比冬季高出 3～5℃；在洞穴内，相对湿度在地下河附近小于在水池附近，显示了地下河对洞穴环境的显著影响；洞内监测点 SLPB、QCMY 的相对湿度与空气温度出现明显相反的变化趋势，显示主要受气温控制的特点。雨季期间 SLPB、QCMY 和 LZLY 处的 CO2 浓度出现峰值，是较强的生物呼吸作用、“泵”效应和较弱的通风效应等因素综合影响的结果。pH 值的变化趋势在洞穴内外各监测点一致，原因可能是夏秋季节基岩溶蚀较强所致。洞内各监测点的 EC 值也是夏秋季节高于冬春季节，反映了气候变化导致的化学溶蚀作用可能是影响离子含量的主要因素。(2)SLPB 和 HS 处 Ca、Mg、Sr、Ba、U 的元素浓度表现出明显的季节性变化，而 LZLY 处整体上季节性不明显。前者主要是受到岩性、水岩相互作用、碳酸盐先期沉积、稀释效应和大气粉尘活动等因素的影响，后者则受“化石”岩溶水影响。Al 和 Mn 的元素浓度在三个监测点表现的趋势存在较大差异，其控制机制还有待进一步研究。洞内外各监测点的 Mg/Ca、Sr/Ca 和 Ba/Ca 也存在着显著的季节性变化。SLPB 和 HS 处的 Mg/Ca 和 Sr/Ca 主要受控于水岩相互作用、碳酸盐先期沉积和强烈的大气粉尘活动，三个采监测点的 Ba/Ca 则主要受到物质来源的影响。洞穴中不同位置的水体微量元素变化机制可能存在差异，因此有必要加强对楼房洞的长期监测和取样，以便有利于更好的解释洞穴沉积物多种指示剂记录的环境信息。

S9-P-05S

东海周边河流流域的化学风化作用——沉积物矿物学与元素地球化学证据

郭玉龙，杨守业，李超，毕磊，赵云

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
837343175@qq.com

我国东部海岸带地区发育两类陆源物质入海的源汇体系，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—瞬时大通量—极端气候影响—快速物质转换”的源汇体系。为研究两种源汇体系下河流流域的风化作用及控制因素，我们采集了长江、浙闽中小河流以及台湾河流的代表性沉积物样品，分析了沉积物的矿物学和元素地球化学组成，结果显示气候、构造、地貌、基岩等因素对化学风化有着不同的控制作用。

结果显示，长江主要干支流悬浮物的 CIA 介于 65.8~77.6 之间，平均为 72.1，接近于世界主要河流 CIA 平均值，为中等强度化学风化。浙闽沉积物 CIA 值介于 62.6-89.2 之间，属中等-强化学风化，整体上看福建河流 CIA 值普遍高于浙江河流，悬浮物 CIA 值普遍高于表层沉积物样品。浙江河流中高岭

石占黏土矿物 8-25%，福建河流高岭石在黏土矿物中比重则大于 23%。台湾河流 CIA 值介于 57.1-67.7 之间，属于弱-中等化学风化，沉积物中高岭石含量也很低，占黏土矿物的 8%以下。

长江、浙闽河流流域的化学风化主要受气候条件控制。长江流域面积广大，源岩类型复杂，长江下游干流悬浮物是整个流域物质的混合，所以能反映整个流域综合的化学风化。浙闽中小河流流域面积普遍较小，岩石主要是中生代酸性火成岩，空间上从北向南近于平行分布，向南气温渐次升高，降水渐次增多。因此浙闽河流沉积物可视作同一源岩在不同气候条件下的风化产物。台湾河流的化学风化则更多受控于构造、地貌、基岩等因素，台湾岛构造活跃，地壳抬升速率快，台风和地震频繁发生，使得流水的机械作用直接冲刷岩石表层，并迅速剥蚀搬运入海，因此台湾地区物理风化较强，化学风化较弱。

S9-P-06

近百年来长江下游重金属元素的沉积记录及其对人类活动的响应

郭艳微，杨守业，展望

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
ywguo@tongji.edu.cn

随着全球经济的发展，由于人类活动导致大量的污染物排放到河流及海洋中，而重金属元素由于其毒性、持久性以及生物累计性，已经引起人们的广泛重视。沉积物作为重金属元素的汇，可以记录过去一定历史时间内自然以及人类活动对重金属元素沉积的影响等信息。长江作为中国第一大河流，平均每年向东海输送大量的泥沙及河水。近年来，随着长江下游经济的发展，大量的污染物质（重金属元素，有机物等）被排放到河流及河口地区，因此开展长江下游柱状沉积物中重金属元素的沉积记录，对于了解长江下游地区的重金属元素的累计以及评价人类活动影响具有重要的作用。本文以长江下游沉积物剖面样品（LGZ）作为研究对象，通过对其物理参数以及元素含量的分析，以其获得保存在沉积物中的重金属元素的含量变化信息，揭示自然以及人类活动的影响。

本研究中，LGZ 样品位于江苏省扬中市西北角长江主河道的江心洲上，地理坐标为 32°18.393 N，119°45.218 E，样品长 2.0m，以 1-2cm 间隔分样。主要开展的研究工作为 ^{210}Pb 测年，沉积物的粒度分析，XRF 岩芯扫描等。根据测年的结果，计算 LGZ 剖面的平均沉积速率为 1.34 cm/a，粒度分析表明沉积物的平均粒径为 9.2-45.3 μm。沉积物中重金属元素的含量随着深度的变化而明显不同，通过采用富集因子（*EF*）以及地累积指数（*I*geo）对 LGZ 中重金属元素的含量进行污染评价，结果显示，LGZ 剖面中重金属元素处于较低的污染水平。同时随着深度的变化，重金属元素的含量变化分为 5 个较为明显的阶段：1）基本不变的阶段（1949 年前）；2）快速增加（1950-1975 年）；3）相对稳定阶段（1976-1985 年左右）；4）减少阶段（1986-1998 年）；5）再次增加阶段（1999-2006 年）。

S9-P-07S

末次冰消期台湾南部湖泊沉积物木质素生物标志物记录

Ding Xiaodong, Wu Qiao, Bao Hongyan, Zheng Liwei, Kandasamy Selvaraj, Kao Shuh-Ji*

State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen, China
*sjkao@xmu.edu.cn

Lignin has been used as a biomarker for vegetation change in paleoclimate research over 30 years since it has been regareded as relatively resident to microbial degradation incomparison to other plant components. However, studies of modern lignin biogeochemistry have demonsttrated significant degradation and altteration of lignin as it is transported through the terrestrial biosphere due to multiple processes. Here we provide lignin biomarker records of sedimentary organic matter between 17000 and 9000 cal yr BP from Dongyuan Lake (22°10′ N, 120°50′ E, Southern Taiwan) to reconstruct paleovegetation and climate evolution of last deglaciation to early Holocene interval. Compositions of the alkaline CuO-oxidation products of lignin showed a significant change in terrestrial vegetation from woody-rich to nonwoody-rich plants during the cold intervals (Mystery Interval and Younger Dryas event). We also found that the acid:aldehyde ratios of vanillayl ((Ad/Al)v), as well as P/(S + V), both are indicators of the degradation extent of lignin, covaried with East Asian summer monsoon (EASM) records, with low values during stronger EASM period when precipitation is higher and vice versa. Likely the degradation extent of lignin may serve as a proxy for precipitation in subtropical region. Since summer rainfall controls erosion, we suggested that shorter residence time of terrestrial organic matter on surface soils in the catchments, which may lead to less extent of lignin degradation. Meanwhile, redox sensitive elements (Mo, Fe, Mn…) showed inconsistent pattern with lignin degradation, which excludes the high preservation efficiency after deposition during stronger EASM when hypoxia may occur. Thus we infer that the lignin degradation index in lake sediments are sensitive to the strength of EASM and therefore useful to trace climate changes, in particular, the precipitation in subtropical regions. To our knowledge, this is the first attempt to build up connection between lignin degradation index and paleo-precipitation. However, whether this is sutible for other regions may need futher exploration.

S9-P-08S

上新世暖期东亚季风降水重建

李涛，李高军

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，南京，210023

taoli.es.nju@gmail.com

全球变暖导致的水循环变化对于中国北方干旱和半干旱地区的生态环境具有重要的影响，研究地质历史上的类似暖期有助于我们深入理解全球变暖所带来的影响并为各种应对措施提供科学依据。上新世暖期是距今最近的一个持续温暖期，其大气 CO_2 浓度和全球温度都比工业革命前高，被视为全球变暖的一个地质相似型而得到的广泛的研究。由于缺乏成因明确的定量古气候指标，上新世暖期东亚季风区的气候特征还处于争论之中。

本研究基于黄土高原黄土－古土壤序列和红粘土中生物微钙体微量元素组成与降水量的转换函数关系(Li and Li 2014)，重建了5.2 Ma 以来黄土高原季风降水的变化，为讨论上新世暖期东亚季风区气候特征提供了依据。研究表明，重建的古降水量变化范围与

现代降水的年际变化基本一致，并显示出与冰期－间冰期旋回相应的周期性变化，这进一步明确了生物微钙体降水指标的可靠性。与以往认识不同的是，本研究发现上新世暖期黄土高原年降水量并不比最近的间冰期高，低于古气候模型的计算结果，但基本维持在一个较平稳的水平，可能反应了相对较弱的东亚夏季风。

结合上新世暖期的气候特征，本研究认为上新世暖期黄土高原季风降水主要受控于两个因素。一是上新世暖期高的大气 CO_2 浓度和全球温度使得大气保持水分的能力加强（饱和蒸气压增大），季风降水的来源减少并最终导致黄土高原季风降水减少。二是赤道太平洋永久性厄尔尼诺态的存在，将大量水汽运输到一定高度的动力减弱，使得黄土高原季风降水受控于水汽的来源且维持在一个较平稳的水平。本研究结果对于全球变暖背景下东亚季风降水变化具有重要的启示意义，但还有待气候模型计算的进一步佐证。

S9-P-09S

柴达木盆地五条河流水化学特征分析

李皎[1,2]，李明慧[1]，方小敏[1]

1 中国科学院青藏高原研究所，北京 100101

2 中国科学院大学，北京 100049

2012 年 10 月、2013 年 5 月及 10 月分别采集了柴达木盆地哈喇河、阿让郭勒河、柯柯里河、布哈河及党河的河水样品，通过离子化学成分分析，探讨了河水的化学成分特征及影响因素。结果表明：哈喇河 pH 值分布范围为 7.60~8.31，平均值为 8.01，TDS 值（总溶解固体）分布范围为 188.0~330.0 mg/L，平均值为 245.5 mg/L；阿让郭勒河 pH 值分布范围为 7.90~8.09，平均值为 7.97，TDS 值分布范围为 528.0~678.0 mg/L，平均值为 604.3mg/L；柯柯里河 pH 值分布范围为 7.69~8.15，平均值为 7.87，TDS 值分布范围为 236.0~506.0 mg/L，平均值为 312.5mg/L；布哈河 pH 值分布范围为 8.07~8.15，平均值为 8.11，TDS 值分布范围为 331.0~334.0 mg/L，平均值为 332.5mg/L；党河 pH 值分布范围为 7.80~7.92，平均值为 7.84，TDS 值分布范围为 236.0~309.0 mg/L，平均值为 272.8mg/L。河水整体呈弱碱性，不同河流之间 pH 值变化范围较小，TDS 值差异显著；河水 pH 值及 TDS 值均表现出丰水期大于枯水期的特征，年际变化不大。不同河流的水化学类型差异较大，哈喇河为 SO_4^{2-} • HCO_3^- • Cl^-- Ca^{2+} 型、阿让郭勒河为 Cl^- • SO_4^{2-}- Ca^{2+} • Na^+型、柯柯里河为 SO_4^{2-}- Ca^{2+} 型、布哈河为 Cl^- • SO_4^{2-}- Ca^{2+} 型、党河为 Cl^- • SO_4^{2-}- Ca^{2+} • Na^+型。研究区水体化学组成主要受岩石风化作用控制，阿让郭勒河与党河化学水化学组亦受成蒸发-浓缩作用的影响。河水整体受蒸发岩风化的影响较大，哈喇河与柯柯里河同时受到碳酸盐岩溶解的影响。哈喇河、阿让郭勒河、柯柯里河丰水期 TDS 值、$(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ / (Na^++K^+)、Cl^-/ Na^+ 、HCO_3^-/ Na^+ 高于枯水期，表明丰水期风化作用强于枯水期。

S9-P-10S

物理剥蚀造成的硅酸盐风化过程 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值的升高及其与新生代海洋锶同位素演化的关系

Shilei Li, Gaojun Li, Yang Chen, Junfeng Ji, Jun Chen

MOE Key Laboratory of Surficial Geochemistry, Department of Earth Sciences, Nanjing University, 163 Xianlindadao, Nanjing 210046, China

Shileigeo@gmail.com

In recent decades, the increase of Cenozoic oceanic $^{87}Sr/^{86}Sr$ have been frequently linked to the Cenozoic cooling by numerous studies, however the exact reason of it is still under debate. Enhanced weathering of continental silicate due to mountain uplift, more radiogenic $^{87}Sr/^{86}Sr$ inputs from silicate weathering in global cooler climate and introduction of radiogenic $^{87}Sr/^{86}Sr$ by eolian calcite deposition to the ocean have been suggested as the driving mechanisms of the Cenozoic oceanic $^{87}Sr/^{86}Sr$ increases. But none of them can explain the total amount of increases in the Plio-Pleistocene portion of the marine strontium isotope curve, so other underlying process should be explored

Because minerals entering the weathering zone end up with either dissolution by surficial and groundwater through chemical weathering or mechanical removal by physical erosion, in steadily eroding landscapes, a model describing the weathering rates of Sr-bearing minerals, i.e. biotite, plagioclase and K-feldspar, can be built based on a mass-balanced approach. We adopt the averaged elemental and strontium isotopic composition of these minerals in Chinese loess, which is thought to be a representative of the exposed upper continental crust (UCC), as our model parameters to evaluate the influence of enhanced physical erosion rates on the relatively weathering rates of the minerals and consequently on $^{87}Sr/^{86}Sr$ output from silicate weathering. Results from the model indicate notable variations of $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios with enhanced physical erosion rates. Under low denudations rates, all of weatherable minerals are depleted in chemical weathering before they can be physically eroded, and dissolved $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios from weathering equal to the value of the bulk rock. Then as physical erosion rate increase to a stage where plagioclase and K-feldspar can't be depleted weathered and are partly removed by physical erosion, silicate weathering outputs more radiogenic Sr because of elevated contribution from biotite weathering to total Sr flux. But with further increase in physical erosion, biotite are also partly removed by mechanical erosion, mineral abundance of each mineral in soil gradually becomes close to parent rock and physical erosion rates-dependent curve of $^{87}Sr/^{86}Sr$ flats due to steady relative weathering rate ratios of each mineral.

Our model suggests that relatively weathering rates of Sr-bearing minerals altered by enhanced physical erosion can result in a higher dissolved $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios in silicate weathering, which provides a new direct linkage between enhanced physical erosion due to mountain uplift and riverine and consequently oceanic $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios elevations in Cenozoic era.

S9-P-11

东亚大陆边缘河流沉积物的源汇过程与环境示踪

杨守业[1]，李超[1]，毕磊[1]，连尔刚[1]，赵云[1]，邓凯[1]，刘祖乾[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
2 台湾中山大学海洋科学学院，台湾高雄 80424;
syyang@tongji.edu.cn

由美国自然科学基金会（NSF）主导的大陆边缘研究计划（MARGINS Program）在

过去十多年取得显著成果，其中“从源到汇（S2S: Source to Sink）”是个核心子计划。该计划的核心科学目标是揭示地球圈层相互作用和地表物质循环机制，S2S 研究已经成为国际大陆边缘研究与海洋地质学的主流思路，且与 LOICZ-II 和 GeoTraces 等其他国际研究计划联系非常紧密。虽然 S2S 研究取得很多重要进展，但从多学科交叉研究角度，深化对大陆边缘边缘沉积物的“源”与“汇”的刻画，对沉积物转输机制及其时空变化尺度的定量研究，亟待加强。

东亚大陆边缘由于其独特的地质构造、气候和水文背景，发育全球罕见的活跃的沉积物输送和沉积体系，是开展沉积物 S2S 研究的理想地区，可以成为国际 S2S 研究的典型案例。东海作为西太平洋特征边缘海，不仅发育世界罕见的宽广大陆架和特色的沉积体系，具有复杂的海洋环流和强烈的河海相互作用，且接纳来自于世界大河长江（包括部分黄河）和山溪性岛屿小河流（如台湾）的大量陆源物质输入。晚第四纪东海沉积环境剧变，是研究大陆边缘沉积和物质循环、古环境演变的理想地区。东亚大陆边缘在新生代地质构造运动、季风气候与台风、与人类活动的多因素影响下，我国海区发育两类陆源物质入海的源汇体系，即以长江、黄河和珠江为代表的“大河—大三角洲—宽广陆架—强烈人类活动影响”下的源汇体系，和以沿岸中小河流为代表的“小河流—瞬时大通量—极端气候影响—快速物质转换”的源汇体系。围绕这两类源汇体系的主要研究内容包括：自然过程（构造—气候主控）和人类活动双重因素驱动下的流域物质风化产生、搬运和沉积的物理、化学和生物过程；第四纪尺度上入海河流物质通量变化及控制机理以及在边缘海的沉积响应。

以长江和台湾山溪性小河流为例，系统的河流沉积物矿物学、元素和同位素地球化学分析，揭示出东亚大陆边缘两类不同的地表物质风化和输运过程，它们基本主导了东亚大陆边缘沉积体发育和生物地球化学循环过程。目前还需要加强现场过程和基础数据的观测，提高模型预测的可靠性，及通过沉积记录来重建从源到汇过程的准确性。

S9-P-12S

临夏盆地有机碳同位素组成记录的早—中中新世气候环境演变

赵艳[1,2]，吴福莉[1]，方小敏[1]

1 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

2 中国科学院大学，北京 100049

zhaoyan@itpcas.ac.cn

深海氧同位素记录表明全球气候环境在中新世以来发生了巨大变化，在全球变化的背景下，陆地生态系统如何响应全球气候变化目前仍不十分清晰。临夏盆地位于青藏高原东北缘，盆地内沉积了一套厚层、连续的中新世以来的地层，是研究此期环境变化难得的载体。研究组选取黑林顶地区进行了钻探，精确的古地磁年龄表明底部深 477 m 钻孔地层形成时代为 23.3-12.3 Ma 之间。这套地层主要由河流冲积物及其上发育的古土壤层组成，有机质来源较为单一，是开展有机碳同位素组成（δ^{13}C-org）研究的理想材料。我们对这套岩芯样品按 2m 间距进行了 δ^{13}C-org 值的测定，结果表明其分布范围介于-24.67‰至-12.67‰之间，平均为-19.88‰，反映了其植被组成应主要为高等的 C3 植物，并且发现在 23.3-20.5 Ma 期间其值较低（均值为-18.82‰），20.5-17.2 Ma 和 16.1-14.4 Ma 期间其值明显增高（均值分别为-17.42‰和-18.28‰），两高值期之间存在相对低值期

17.2-16.1 Ma（均值为-21.39‰），14.4 Ma 之后再度降低（均值为-23.37‰）。有研究表明沉积物中 δ^{13}C-org 主要受控于植被类型的变化，被子植物较裸子植物含量丰富即气温偏高时其 δ^{13}C-org 值偏高（Chi et al.，2013），据此推测临夏盆地 δ^{13}C-org 值结果表明 23.3-20.5 Ma 期间该地区气温可能较冷，20.5-14.4 Ma 时期气温升高，但在其间的 17.2-16.1 Ma 期间有一显著低温期，至 14.4 Ma 后气温再度降低，这与全球氧同位素曲线可以进行很好对比，并且在 21.5、20、17.8、16.5 和 13.6 Ma 均出现明显的 δ^{13}C-org 低值，可与全球性的 Mi-1a、Mi-1aa、Mi-1b、Mi-2、Mi-3 冷事件相对应，揭示全球气候变化可能是临夏地区早-中中新世期间气候变化的主要驱动力。

S9-P-14

天水盆地喇嘛山组孢粉记录的晚上新世生态环境变化特征

吴福莉[1]，方小敏[1]，宋春晖[2]

1 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

2 兰州大学地球科学矿产学院，兰州 730000

wufuli@itpcas.ac.cn

黄土高原风成黄土—红粘土序列详细地记录了东亚季风的形成演化以及西北内陆干旱化的演化进程。但是对约 3.6 Ma 后东亚夏季风是与冬季风一样同时增强还是持续减弱目前仍未达成一致的见解（eg.安芷生等，1998；An et al.，2001；Sun et al.，2006；Ding et al.，1998、1999）。

黄土高原西侧的天水盆地沉积了一套湖相地层（李吉均等，2007），为灰绿色钙质泥岩夹灰白色泥灰岩，被命名为喇嘛山组，精确的古地磁年代分析表明其沉积年代介于晚上新世 3.6-2.6 Ma 期间（Wang xx et al.，2012），我们对其进行了详细的孢粉分析，以揭示晚上新世期间的气候变化特征，同时便于与黄土高原风尘沉积记录相互印证/对比。孢粉分析结果表明在此期间木本植物花粉含量占据优势，针叶树花粉平均含量为 52.4%，以松属（*Pinus*，平均 16.3%）、云杉属（*Picea*，平均 27.2%）、铁杉属（*Tsuga*，平均 4.6%）等植物花粉为主，阔叶树花粉含量平均为 18.7%，以榆属（*Ulmus*，平均 9.9%）、桦属（*Betula*，平均 2.3%）等为主，推测当时植被类型可能为针阔混交林。其中较为喜热的枫香树属（*Liquidambar*）、山核桃属（*Carya*）、栗属（*Castaneae*）、榉属（*Zelkova*）、罗汉松（*Podocarpus*）等属种都有一定数量的出现，对比现代的温带森林-草原环境，当时气候应较现在更为温暖湿润，可能暗示晚上新世时存在较强的东亚夏季风。

S9-P-15S

蜗牛 *Achatina* cf. *fulica* 壳体 δ^{13}C 的实验研究及其环境意义

朱莉莉，鲍睿，盛雪芬*

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

* shenxuer@nju.edu.cn

陆生蜗牛化石稳定同位素组成是一种良好的古环境信息载体，常被用于古环境古气候的重建研究，但由于缺少古环境因子对蜗牛壳体稳定同位素组成机理性的研究结论，因此越来越多的研究于侧重对现代蜗牛壳体的环境效应进行探讨，而野外采样研究很难分离出单独环境因素的贡献，实验室蜗牛饲养实验则可以通过控制环境因素来确定环境参数对壳体碳酸盐稳定同位素组成的影响程度，从而得到较为确切的结果。本研究利用

Achatina fulica 蜗牛进行实验室培育研究，结果表明，在相同的温湿度下，同种食物喂养的蜗牛壳体有非常稳定的分馏值，不同食物类型的结果有一定的差异，莴苣叶、玉米粉和饲料喂养的蜗牛壳体相对于食物的分馏值分别为 16.70‰±0.2‰，10.57‰±0.2‰，10.65‰±0.2‰,并得到两者之间的回归方程为：

$$\delta^{13}Cs=0.6665\ \delta^{13}Cv+6.2301。$$

另外，在 20~30°C 实验条件下，壳体 $\delta^{13}C$ 并不受环境温度的影响；而无机碳酸盐对 *Achatina fulica* 壳体文石 $\delta^{13}C$ 值影响也很少，因此食物是壳体 $\delta^{13}C$ 值的主要影响因素，同时大气 CO_2 也有一定的影响贡献，根据端元计算可以得到食物对壳体碳酸盐 $\delta^{13}C$ 值的贡献占 80‰±5‰，另外的 20‰±5‰是由大气中 CO_2 影响。

S9-P-17

过去 350 年来台湾海峡古洪水记录恢复及气候背景讨论

汪建君[1]，陈立奇[1]，张锐[2]

1 国家海洋局第三海洋研究所海洋-大气化学与全球变化重点实验室，厦门 361005

2 厦门大学，厦门 361005;

jjun@ustc.edu

台湾海峡闽江河口地区一只高分辨率的台湾海峡沉积柱记录了公元 1660 年至今约 350 年左右的沉积历史。表征陆源物质和海源物质输入比例的烷烃组分 C31/C17 在 1877 年和 1969 年左右的层位出现了两个高峰，指示陆源物质的大量输入，历史文献记录表明 1876 年和 1968 年闽江遭遇了百年罕见的特大洪水，是造成 C31/C17 峰值的主要原因。因此在河口沉积中 C31/C17 很可能和洪水记录有一定的关联，可应用于历史气候的研究。1876-1878 年闽江大洪水的同时中国华北大旱，发生长达四年的大饥荒，近千万人丧生。1877 年是强 El Nino 年，太阳活动亦处于低值，闽江的特大洪水是此气候异常背景下的区域响应之一。

S9-P-18S

川东北地区 MIS9 阶段高分辨率气候记录

米小建[1,2]，周厚云[1]，陈琼[1]，贺海波[1]，杨亮[1]，刘淑华[1]

1 华南师范大学地理科学学院，广州 510631

2 湛江师范学院地理系，湛江 524048

mixiaojian@126.com

洞穴沉积物能够很好的记录过去的气候变化，相比其他古气候替代指标具有以下优点：（1）在洞穴环境中连续生长数千年，保存的信息时间尺度可以从年际到百万年；（2）可以精确的 U 系定年。在理想的条件下年龄在>100 ka 时的误差可以在 1%以下；（3）有高精度的替代指标 $\delta^{18}O$ 和 $\delta^{13}C$； (4)广泛的分布在陆地区域，从热带地区到北极地区，从沿海到高海拔地区。洞穴沉积物可以直接的记录区域的气候和环境变化；（5）洞穴沉积物组成矿物成分单一（主要由方解石组成），同时受洞穴的保护免受外界侵蚀。

川东北地区目前盛行典型的亚热带季风气候，夏季盛行夏季风，高温多雨，冬季盛行冬季风，寒冷干旱。年均降水量在 1000~1200 mm，降水主要集中在夏季，年均气温~15 ℃。在冬季，伴随强盛的冬季风，这一地区大气粉尘活动强烈。

石笋中的 $\delta^{18}O$，在平衡分馏条件下，$\delta^{18}O$ 的变化取决于：滴水 $\delta^{18}O$ 和洞穴温度（控制水和方解石平衡分馏）。大量的研究表明，东亚季风区石笋 $\delta^{18}O$ 的变化主要反映了季风强弱，当 $\delta^{18}O$ 值偏重时，气候相对干冷，降雨量相对较少；$\delta^{18}O$ 值偏轻时，气候相对暖

湿，降雨量相对较多。

石笋中的 C，80-90%来至于洞穴上覆盖的土壤中植物的呼吸、有机质的分解等产生的 CO_2。C4 植物相对 C3 植物有较重的 $\delta^{13}C$（C4 植物约-12%，C3 植物约-25%）。研究表明石笋中 $\delta^{13}C$ 反映洞穴上陆地生物量的变化。当 $\delta^{13}C$ 偏重时，洞穴上陆地生物量相对小，C4 植物可能占优，气候相对干冷；当 $\delta^{13}C$ 偏轻时，洞穴上陆地生物量相对较大，C3 植物可能占优，气候相对暖湿。（C3 植物多为木本植物，C4 植物多为草本植物）

采集川东北地区宋家洞石笋 SJ5-6，宋家洞位置(107°10′45″E, 32°24′46″N)，海拔 680 m。石笋 SJ5-6 全长 61 cm，底部直径 14.5 cm，中部直径 12.5cm，经过 MC-ICP-MS 精确定年，确定生长时期为 334 Ka~321 Ka，高分辨率的 $\delta^{18}O$ 和 $\delta^{13}C$ 表明：川东北地区在 331Ka~324K 时期东亚夏季风相对较弱，气候相对寒冷干燥；324 ka~321 Ka 时期东亚夏季风逐渐加强，气候从寒冷干燥逐渐向温暖湿润过度。在同时期的三宝洞和林竹洞的石笋记录的古气候也有同样的表现（Cheng et al., 2008）。

S9-P-19S

全新世地中海高分辨率腐泥层记录

吴家望 [1], Gert De Lange [1], Katharina Pahnke [2], Philipp Böning [2]

1 Department of Earth Sciences–Geochemistry, Utrecht University, 3508 TA Utrecht, the Netherlands

2 Max Planck Research Group for Marine Isotope Geochemistry, University of Oldenburg, 26129 Oldenburg, Germany

j.w.wu@uu.nl

Organic-rich sedimentary units called sapropels have formed episodically in the eastern Mediterranean, at an astronomically determined cyclicity. A basin-wide synchronous formation of the most recent sapropel S1 has been reported (De Lange et al., 2008). Climate conditions during sapropel formation were relatively humid, which is associated to precessional minima, in contrast to more arid conditions otherwise. Such humid climate conditions not only must have resulted in enhanced riverine fluxes but also in reduced dust fluxes. Therefore, a significant change in the composition and quantity of detrital input is expected. Previous studies have shown this general pattern and determined paleoclimatic signals of riverine and eolian contributions by major elements (e.g. Wehausen and Brumsack, 2000) as well as Nd and Sr isotopes (e.g. Weldeab et al., 2002; Box et al., 2011). However, up to now studies characterizing sapropel versus non-sapropel deposition were done with rather limited time-resolution and no study exists for the central Mediterranean region.

Here, we present a high-resolution geochemical record of detrital input from a well-dated boxcore. Core CP10BC (34°33'N, 16°34'E; 1501 m water depth) was collected in the western Ionian Sea, where prominent effects of African monsoon controlled Saharan dust and Nile sediment, and of northern borderlands climate controlled deep-water formation and riverine inputs could be detected. The core was sampled with an average age resolution of ~65 yr, having age control with 4 AMS radiocarbon dates and 210Pb activity measurements for the core-top.

Similar to other reported Holocene eastern Mediterranean sediments, the sapropel S1 is

clearly identified by its enhanced Ba/Al and the manganese Marker Bed, which marks the end of S1 deposition. The accumulation rate for the sediments in this core is higher than usually found in deep Mediterranean deposits (4 vs. 2 cm/kyr). This may explain the advanced variability observed within the S1-sediments suggesting that climate and oceanography during that period was not as stable as is commonly anticipated. Such changes may be associated to variability in the N. African monsoon or northern borderland climate systems. While using reported and developed elemental and isotopic proxies for riverine and dust-related fluxes, we demonstrate that terrestrial fluxes and variability therein are predominantly influenced by Saharan dust but with a noticeable influence of another as yet not fully identified terrestrial flux. A few centennial events that are clearly represented in our core will be used as examples to illustrate climatic perturbation and the related change in amount and composition thus origin of terrestrial fluxes.

S9-P-20S

河流粘土沉积地球化学特征对中国流域典型风化机制的揭示

Lei Bi[1], Shouye Yang[1], Quan Wang[2], Chao Li[1], James T. Liu [3]

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

2 Engineering institute, The University of Tokyo, Tokyo 1138656, Japan;

3 Department of Oceanography, National Sun Yat-sen University, Kaohsiung 80424, Taiwan

bileigeo@gmail.com

The East China Sea is characterized by wide continental shelf and huge terrigenous input from the Changjiang (Yangtze River), one of the largest river in the world, and the small mountainous rivers, especially those in Taiwan Island. These two river systems dominate the sediment source-to-sink process in this marginal sea, and play important roles on land-sea interaction and sedimentary environmental changes during the late Quaternary. In this study, mineralogy and geochemistry of the clay sediments from typical rivers entering the East China Sea were analyzed with the major aim to investigate chemical weathering regimes in the watersheds. The provenance rock types and chemical weathering intensity in the watersheds primarily control the clay geochemistry. The clay sediment from the Minjiang River has undergone the strongest chemical weathering and, relatively enriches Al and Th, while the Taiwan-sourced clay is characterized by higher concentrations of K, Na and some high field strength elements but weaker chemical weathering although Taiwan has the highest monsoon rainfall and strongest tectonics. The moderate silicate weathering and complicated source rock types primarily constrain the clay geochemistry of the Changjiang River.

S9-P-21S

利用宇宙成因核素研究巴丹吉林沙漠岩石剥蚀速率和暴露年龄

赵童 [1]，徐志方 [1]，崔丽峰 [2]

1 中国科学院地质与地球物理研究所 100029

2 中国科学院地球化学研究所 550002

zhaotong19901990@163.com

人们对地貌演化的研究一直受限于缺少适当时间尺度的剥蚀速率数据，而陆地原生宇宙成因核素可以计算出地质时间尺度上，不同环境条件下的岩石剥蚀速率（10 cm/Ma—>1000 m/Ma）和暴露年龄，尤其适用于构造稳定的沙漠干旱地区（Fujioka and Chappell, 2011）。这些地区地貌演化缓慢，而宇宙成因核素（^{10}Be 和 ^{26}Al）能够计算时间尺度为 10^4—10^6 年的地表岩石剥蚀速率和暴露年龄，可以为沙漠地貌演化的研究提供有力手段。

前人利用宇宙成因核素对沙漠干旱地区的研究多集中在南半球，包括澳大利亚、非洲南部和南美洲(Bierman and Caffee, 2002; Matmon and Mushkin, 2013; Davis and Matmon, 2014; Van der Wateren and Dunai, 2001)。我国拥有超过 130 万平方公里的沙漠面积，却缺少相关数据和研究。本文对巴丹吉林沙漠花岗岩露头样品中宇宙成因核素 ^{10}Be 和 ^{26}Al 的含量进行了测试，结果显示由 ^{10}Be 和 ^{26}Al 含量计算得到的区域平均最大剥蚀速率一致，分别为 6.99±1.51m/Ma 和 7.30±1.80m/Ma，岩石最小暴露年龄为 52±5ky—153±15ky。^{26}Al/^{10}Be—^{10}Be 关系图显示雅布赖山两侧的样品落在稳定侵蚀岛下方，可判断岩石曾经历轻微埋藏过程，由于沙丘由西北向东南方向迁移，受雅布赖山阻隔，使山两侧花岗岩露头样品受到风成沉积埋藏；而沙漠东部岩石在整个暴露过程中基本处于稳定侵蚀状态，即在岩石暴露时间（87-109ky）内未曾遭到沙丘的覆盖。与世界上其它地区的对比发现，巴丹吉林沙漠岩石的剥蚀速率与有显著雾雨（fog precipitation）的纳米布沙漠剥蚀速率（5.07m/Ma）(Cockburn and Seidl, 1999)相当，却远大于降雨量更大的澳大利亚南部艾尔半岛（0.7m/Ma）（Beierman and caffee, 2002）。晚更新世以来，本地区虽未发现冰川记录，但受盛行西风和夏季季风影响，岩石剥蚀速率也可能受到干湿交替气候的明显影响。

S9-P-22

28 ka 以来冲绳海槽南部沉积物源汇过程与底层水氧化还原状况演化:海平面和黑潮变化的区域响应

窦衍光[1]，杨守业[2]，Peter Clift[3]，石学法[4]，李超[2]

1 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

2 同济大学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

3 Department of Geology and Geophysics, E235 Howe-Russell, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803, USA

4. 海洋地质与环境地质海洋局重点实验室, 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266061

douyanguang@gmail.com

冲绳海槽南部作为黑潮路径下一个高速沉降中心是中外学者研究沉积与古环境的重点靶区之一，其连续的沉积层记录了大陆气候变化、源区风化、海平面变动驱动下沉积物从源到汇的重要信息。ODP1202B 孔是位于冲绳海槽西南端、靠近宜兰海脊的高速沉积钻孔。过去 28 ka 连续沉积了 110 m，沉积速率平均达 3.93 m/ka，在整个东亚边缘海罕见。特别是在冰消期海平面快速上升时期，短短 4 ka 沉积了 37 m 厚沉积物（11~15 ka），平均速率接近 10 m/ka。如此高的沉积速率必定有充足的物质来源，由于冲绳海槽南部晚第四纪以来黑潮和海平面波动较大，导致该区域沉积物物源与底层海水演化的研究目前还存在较大争议。

采用浓度 1N 的高纯盐酸淋洗 ODP1202 孔碎屑沉积物样品，对沉积物中酸不溶相以

及酸溶相组分的元素组成、碎屑态 Sr-Nd-Pb 同位素进行了研究。研究发现，酸不溶相主要由硅酸盐碎屑组成，主要受沉积物物源控制。酸溶相元素组成显示中稀土富集，表明其组成主要由锰的氧化物控制，酸溶相中的 Ce 异常反映了底层海水氧化还原状况。Ce 异常的垂向变化显示，28~22 ka 期间冲绳海槽底层水为低氧环境，与冰期时表层海水生产力增强有关。在 LGM 时期相对富氧，表明北太平洋中层水或南海中层水在该期间可能侵入冲绳海槽。早全新世以来 Ce 异常值明显降低，黑潮的加强导致冲绳海槽水体分层，使得深水缺氧。另一方面，该孔酸不溶相中的稳定元素指示了海槽南部碎屑沉积物的物源：K/Ti 和 $(Gd/Yb)_{UCC}$，La/Sc 和 $(Gd/Yb)_{UCC}$，以及 Sr-Nd-Pb 同位素等参数的散点图表明，低海平面时期（28~9.5 ka 期间）冲绳海槽南部沉积物主要来自长江或东海陆架。早全新世以来海槽南部沉积物主要来自台湾东北部河流，早全新世黑潮重新进入冲绳海槽或者加强，将大量台湾东北部沉积物（主要由兰阳溪供应）搬运至冲绳海槽南部甚至中部。此外，化学风化与物源指标显示近 4 ka 以来台湾东北物理侵蚀作用加强，可能与加强的季风降雨有关。28 ka 以来冲绳海槽南部沉积物源汇过程与底层水氧化还原状况，反映了海平面变动、黑潮变化以及季风降雨对于中国东部边缘海古海洋环境的制约。

S9-P-24

黄土高原粉尘物源的时空变化

肖国桥[1]，宗克清[2]，李高军[3]，胡兆初[2]，Dupont-Nivet G.[4]，彭淑贞[5]，张克信[1]

1 中国地质大学（武汉）地球科学学院，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 南京大学地球与工程科学学院，南京 210093;
4 乌得勒支大学地球科学学院，荷兰乌得勒支 3584;
5 泰山学院旅游与资源环境学院，泰安 271021
xgqiaocug@gmail.com

对于黄土高原的粉尘物源，目前虽开展了大量研究，但仍存在较大争议。值得注意的是，在目前所有有关黄土物源的研究中，均暗含着一个共同的基本假设：将面积巨大的黄土高原作为化学组成和物质来源相同的一个统一整体来看待，即黄土高原不同地区的物源相同。那么这一基本假设是否真的成立呢？

本文通过近年来广泛应用的碎屑锆石 U-Pb 年龄物源示踪的方法，分别对黄土高原西部（西宁）、中部（西峰）、东南部（渭南）的冰期和间冰期样品开展了碎屑锆石 U-Pb 年龄研究，并与黄土高原北部和青藏高原东北部干旱区已发表的碎屑锆石数据进行了对比。结果显示：1）所有剖面的冰期样品均存在 200-360 Ma 及 360-560 Ma 两个明显的谱峰；2）间冰期样品中 200-360 Ma 锆石的比例从西向东逐渐增加，西宁、西峰、渭南依次为 3.7%，17.6%，23.9%；3）样品中存在一定含量的来自青藏高原的新生代锆石。上述结果表明：1）一些剖面（如西宁剖面）在冰期-间冰期旋回上存在较明显的物源差异，但在另一些剖面（如渭南剖面）这种差异表现不明显；2）黄土高原不同部位的粉尘物源存在空间差异；3）由于黄土高原北部的干旱区以 200-360 Ma 的谱峰占主导，而青藏高原东北部的松散沉积以 360-560 Ma 的谱峰占主导，任何单个干旱区均无法解释黄土样品的所有年龄谱峰，表明黄土来自多个源区物质的混合。

黄土物源的上述时空差异符合不同干旱区的碎屑锆石年龄分布特征以及冰期-间冰期的大气环流格局：间冰期时的西北风可将位于研究地点西北方向的物源搬运到该地，此时必然会导致黄土高原北部的物源贡献自

西向东逐渐增加；而冰期时西伯利亚高压显著增强，西风带南移，在这两种气流下，北部和西部的物源均可到达黄土高原；而对于黄土高原中部和东南部，其对大气环流格局的改变不敏感，因此其冰期-间冰期的物源差异不大。尽管黄土高原的粉尘物源存在时空差异，但由于来自大范围物质的高度混合，黄土的矿物和元素地球化学组成在空间和冰期-间冰期旋回上十分接近，并与上地壳的平均组成一致。

S9-P-25S

西江河水钼同位素季节性变化特征及其控制因素

王志兵，韦刚健，李杰，马金龙

中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640
wangzhibing@gig.ac.cn

在海洋中，钼同位素组成对氧化还原条件非常敏感，是非常重要古海洋氧化还原条件的代用指标。应用钼同位素指示或者反演古海洋缺氧历史时，存在着一个有争议的前提假设，即认为在地质时期，陆源输入的钼同位素值是恒定且接近于零。然后最近的研究表明这一假设并不成立，比如 Archer and Vance(2008)调查了全球几大河流河水中钼同位素特征，结果发现不同地区的河水中钼同位素组成差异很大，$\delta^{98/95}$Mo 从 0.15‰到 0.24‰。说明了陆源输入的钼同位素在空间上变化明显而且偏重。到目前为止，关于河水中钼同位素组成在时间尺度上是否有变化（如季节性变化）的研究几乎没有。我们在此报道西江桂平站和黄河利津站两个站连续一年的河水钼同位素组成的时间序列，来探讨河水中钼同位素组成随季节变化的特征和控制因素，同时，结合已有的长江河水钼同位素数据，对中国境内分布不同的三大河流（珠江，黄河，长江）水系钼同位素组成进行对比研究，分析它们的钼同位素特征异同及其原因。结果显示桂平河水 $\delta^{98/95}$Mo 从 1.56‰到 1.29‰，波动幅度为 0.27‰；黄河利津站河水 $\delta^{98/95}$Mo 变化从 0.34‰到 0.63‰，变化幅度为 0.29‰，都有明显的季节性波动，不过变化范围比较小。考虑到蒸发岩，硫酸盐类或者硫化物中富含钼，而且西江和黄河流域也有分布，因此钼同位素季节性变化特征可能是由于流域的这些类型岩石受到不同程度风化导致的。对比三大河流河水的钼同位素组成发现，西江（1.29-1.56‰）>长江（0.65-0.95‰）>黄河（0.34-0.63‰），形成了空间梯度差异特征。考虑到这三条河流分布在不同的气候类型区域，说明河水钼同位素组成特征可能与流域的气候类型有密切的关系。比如珠江流域处在亚热带温暖湿润气候区域，温度高和降水丰富，长江流域次之，而黄河流域处在干旱的温带，年均温度低和降水少，这样导致这三大流域化学风化和物理剥蚀强度逐渐减弱，从而引起河水中钼同位素组成特征差异。

S9-P-26

150 年以来长江下游环境和气候演化——来自扬中雷公嘴江心洲的环境磁学记录

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

河流是海洋和陆地之间重要的物质传输带，是海洋沉积物的重要物质来源，是地球系统中不可缺少的重要组成部分。河流沉积物的研究是全面地了解海洋沉积物来源及陆地环境的演化的重要材料。长江是中国河流

长度最长、流域面积最广阔的河流，是中国内陆与东海地区最主要的物质传输通道。东海陆架区的泥质沉积物主要来自于长江，在河流的搬运过程中，部分沉积物在长江中下游地区沉降，形成一系列的江心洲，最后形成陆地的一部分。雷公嘴江心洲是长江下游地区一系列江心洲之一，位于扬中市（32°18.4´N, 119°45.2´E）。历史文献记载，该江心洲最早出露于清朝同治年间（1862-1874 A.D.）。至 2008 年，该岛在长江的枯水期出露水面，岛上长有植物，洪水期被河水淹没。目前该江心岛长约 3 km，宽近 1 km。该剖面的粒度研究表明，沉积物中粗颗粒组分层与历史记录的洪水事件可以一一对应，误差仅 1-2 年，表明该江心洲是连续的沉积体，是开展 150 年以来气候和环境变化的良好载体。

长江下游地区雷公嘴剖面共采集样品 101 个，采样间隔 2 cm。所有样品进行系统的岩石磁学分析，根据磁性矿物类型及含量变化可以分成上下两部分。顶部 0.8 m 沉积物中，磁性矿物含量逐渐降低，磁性矿物包括磁铁矿、赤铁矿和铁的氢氧化物。在 0.8 m 左右，磁性矿物含量达到最低，赤铁矿含量最高，认为该层位对应着土壤剖面的淀积层。该磁学参数变化反映出沉积物在出露于水面后，顶部 0.8 m 的磁性矿物在植物和微生物的作用下，经历了溶解、淋滤及沉淀等成壤作用，形成了土壤剖面。0.8 m-2 m 的沉积物中磁性矿物以磁铁矿为主，受沉积后化学变化影响小，磁性矿物类型、含量、粒度等参数均呈波动性变化。对比百年来东亚地区各种气候指标的结果发现，1850-1950 年间，低磁化率对应着低温、弱夏季风、低降雨的年份。雷公嘴磁化率的变化与温度和降水有密切联系。

因此，磁学参数可以作为识别土壤剖面特征以及百年气候变化（温度、降水）的重要替代性指标。

S9-P-27S

椒江流域沉积物与悬浮物元素特征及分析

张乐健，杨守业，郭艳微，郭玉龙

同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092
lejianzhang@gmail.com

椒江是浙江省东部的主要入海河流，河口地区水体浑浊，即受到长江的影响，又受到潮汐活动的影响。近些年，由于椒江两岸经济的快速发展，椒江又受到人类活动的强烈影响。通过研究椒江元素的变化特征，可以揭示自然因素和人类活动对典型入海强潮型河流的影响。

本次研究采集了具有代表性的 6 个沉积物样品和 12 个悬浮物样品，进行粒度分析，用 1N/L 的盐酸对所有样品进行了形态分析，分为酸溶态和酸不溶态。通常认为酸溶态代表人为活动排放的那部分，酸不溶态代表自然风化沉积下来的那部分。通过上游到下游的折线图可以看出酸溶相中，Cd、Ba 是元素含量从上游到下游减小的趋势，其他的增大。Al、Fe、Cr、Cu 在下游有很明显的减小趋势。元素 Ti 在沉积物中含量大于悬浮物，Cd 和 Ba 非常的接近，其他元素都是悬浮物大于沉积物。酸不溶相中元素 Zn、Cd、Ba、Pb 曲线图很类似，在上游有增加然后减小的趋势，下游有增大的趋势。全样中，大部分元素都是从下游到上游含量增加的趋势，元素 Cd 则是减小的趋势，Al、Cu、Zn、Ba、Pb 变化不大。全样中增加了长江南通各元素 Al 归一化后的全年均值箱式图，可以看出几乎所有元素都比椒江河口的含量要小。通过各元素含量与粒度的二元线性相关图可以看出几乎所有元素，沉积物中的相关性都很高，

悬浮物的相关性很低。Cr、Co、Cd 与 Mg、Ti 都有显著的正相关关系，相关系数多数大于 0.8。

由于受到人类活动的影响，大部分元素从上游到下游呈现增大的趋势，元素 Cd、Ba 正好相反，推测为上游有相关的排污企业。通过数据分析结果，椒江上游十公里左右受到长江物质影响较大，验证了河流沉积物中元素的含量和粒度的相关性比悬浮物要高，揭示了 Cr、Co、Cd 与 Mg、Ti 有着相同的赋存形态和物质同源。

S9-P-29S

青藏高原东北缘兰州盆地始新世至早中新世河湖相地层磁化率各向异性分析及其构造意义

张鹏[1,2]，敖红[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 710075;

2 中国科学院大学，北京 100049

zhangpeng@ieecas.cn

新生代以来青藏高原的阶段性隆升对于亚洲乃至全球气候都具有重要影响，但是其隆升的时间还存在争议。青藏高原隆升的精确年代对研究高原隆升模式及其气候环境效应都至关重要。本研究对青藏高原东北部兰州盆地的始新世至早中新世河湖相沉积进行了详细的岩石磁学分析，在此基础上探讨该盆地构造应力的演化与青藏高原生长的关系。

磁化率随温度变化曲线在 585 ℃有显著降低，这表明磁铁矿的存在；在 585 ℃到 680 ℃之间也有一定降低，说明赤铁矿的存在。等温剩磁获得曲线在 300 mT 之前急剧升高也表明磁铁矿的存在，但在 300 mT 以后也缓慢增长，部分样本直到 2700 mT 还未饱和，因此高矫顽力的赤铁矿在样品中应该大量存在。磁化率各向异性（AMS）对于构造应力十分敏感，因此可以用来揭示构造应力的演化过程。磁化率各向异性度（Pj）不但与磁化率 Km 不存在相关性，而且与磁化率各向异性形状因子（T）的曲线也与磁铁矿的曲线显著不同，说明磁化率各向异性参数并不受与磁铁矿的形状各向异性的显著影响，因此可以用 AMS 来反映构造应力的演化过程。

AMS 椭球体类型与沉积组构不同，而与典型的褶皱逆冲带中的构造组构类似：最大轴 K1 分布于北北西和南南东两个方位并且近于水平，最小轴 K3 呈环带状分布，且此环带与 K1 方向垂直。这表明兰州盆地的受力方向为南西西—北东东，这一结果与全球定位系统（GPS）的观测到兰州地区位移结果一致。我们进一步对不同时段的 AMS 椭球体各参数进行了提取分析，结果表明，最小轴在 29 Ma 发生显著变化，由之前的团状变成条带状，并且分布呈南西西—北东东走向；T—Pj 图在 29 Ma 也表现出 AMS 椭球体从扁圆结构为主到棒状结构为主的改变。我们推测这标志着兰州盆地在 29 Ma 前后有一次构造应力增强的过程。

临夏盆地在 29 Ma 存在一次沉积加速的过程；热年代学和沉积速率分析也表明柴达木盆地南缘和北缘在 30 Ma 都存在着一次山体隆升事件。因此，兰州盆地在 29 Ma 的应力增强应该反映的是青藏高原东北缘柴达木盆地—临夏盆地—兰州盆地一线的隆升过程，而不是单独的构造事件。

S10-O-01

跨越时空 古今结合 同步研究生物泵和微型生物碳泵

焦念志

海洋环境科学国家重点实验室（厦门大学），厦门，361005
jiao@xmu.edu.cn

在全球变化的背景下，海洋升温将加剧海洋层化、减弱水柱混合，从而减少来自深水向真光层的营养盐补充，使得表层水更加贫瘠。在这种情况下，初级生产过程及其产品结构将发生变化，溶解有机碳（DOC）比例上升、颗粒有机碳（POC）比例下降。已有数据表明南极海区初级生产力的大部分以 POC 形式存在，而热带海区初级生产力的大部分流向 DOC。可见，气候变化引起的生物泵（BP）和微型生物碳泵（MCP）的变化可能是惊人的，气候变暖将削弱基于 POC 沉降的 BP，而基于惰性 DOC（RDOC）的 MCP 的相对重要性将增强。气候变暖和大气 CO_2 增加将会影响海水化学状况，进而对微型生物群落结构、多样性以及功能、以及海洋碳分馏的过程和通量。沿着水深梯度比较，在真光层 BP 的 POC 输出通量超过 MCP 的储碳通量，而在真光层之下 POC 迅速衰减、但 MCP 变化不大、RDOC 持续生成。 沿着营养梯度，从富营养到寡营养海域，BP 介导的 POC 输出效率逐渐降低，生物群落中占据主导地位的是蓝细菌、异养细菌以及古菌，初级生产力的很大部分以 DOC 的形式产出，其中的一部分会最终转化为 RDOC。因此，MCP 在寡营养体系中作用相对更重要。 当一个系统从较高的生产力转化为较低的生产力的时候，MCP 以及生物泵介导的 POC 输出之间的相对重要性也可能会发生改变。MCP 产生的 RDOC 可以在近海积累，也可以随海流输出到大洋，进入长周期储碳。总之，要全面认识海洋储碳过程与机制，必须开展不同环境中 MCP 与 BP 的同步研究。此外，必须开展贯穿时空环境尺度中微型生物介导的碳循环以及耦联的氮循环和硫循环等过程的相互作用研究。需要比较有氧呼吸和厌氧呼吸条件下有机质转化过程的差异，这既包括水柱环境（比如寡营养盐广海区的有氧环境与河口区高营养盐输入造成的低氧区甚至厌氧区环境的比较）也包括近代和古代沉积物环境（比如贫有机质环境中氧气主导的有机质降解与富有机质环境中的厌氧有机质降解的比较）。通过多学科交叉渗透、跨越时空的反演、将有可能形成对海洋碳循环乃至全球变化调控机制认识上的突破。

S10-O-02

大洋碳循环长周期的溶解有机碳假说

汪品先等

同济大学国家海洋地质重点实验室
pxwang@tongji.edu.cn

晚中生代以来大洋沉积最突出的特点之一，在于 40 万年的长周期，其中尤以碳同位素的记录最为明显。分析和模拟证明：当地球的轨道运动，每隔 40 万年处于偏心率长周期最低值的时候，太阳辐射量的周期性变化最小，因而地球表层的水文循环最弱；而在深海沉积中，无机碳稳定同位素比值却出现最高值，构成重值期（$\delta^{13}C_{max}$）。但是这种明显周期现象的发生机制并不清楚，水文循环如何驱动大洋碳储库、如何造成碳同位素重值期，至今缺乏合理的解释。

我们笼统地知道：大洋碳储库 $\delta^{13}C$ 的变化，取决于海洋有机碳和无机碳埋葬速率的比值；而大洋有机碳的埋葬，依靠浮游生物死亡后呈颗粒有机碳沉降而来，因而归因于海洋生物泵，但其中的具体机理属于未解之谜。近年来海洋微生物泵的发现，提供了新的研究途径。原来海洋的浮游生物，既可以通过“生物泵”产生颗粒有机碳（POC），也可以通过微生物的“微生物泵”产生溶解有机碳（DOC）。海水中的有机碳 90%以上是

DOC，而 90%以上的 DOC 又属于惰性溶解有机碳（RDOC），至少数千年不再参与大洋碳循环，因此 POC/DOC 的比值可以决定大洋碳储库的 $\delta^{13}C$ 值。换言之，大洋碳循环有个生物泵的快通道，又有个微生物泵的慢通道，两者的消长决定着海水 POC/DOC 的比值，进而改变 $\delta^{13}C$。偏心率长周期的低值期，地球表层水循环减弱，岩石的风化作用减慢，输入海水的营养元素减少，使得微生物泵相对作用加强，最终造成 $\delta^{13}C$ 的重值期。这就是大洋碳循环长周期的溶解有机碳假说。

偏心率 40 万年长周期被喻为地球的“心跳”，是地球系统运作的基本过程之一。但是 DOC 的分布受洋流控制，在第四纪里由于冰盖增大，巨型的南大洋深层碳储库形成，近 160 万年来大洋 $\delta^{13}C$ 的 40 万年长周期受到干扰。回顾地质历史，大洋 POC/DOC 的比值曾经大起大落，而未至今未被重视。生物演化影响着大洋的 DOC 储库，在前寒武纪缺乏真核类浮游植物、只有微生物的大洋里，大洋 $\delta^{13}C$ 动辄有>10‰的变化；随着各类浮游植物的演化产生，加强了生物泵对大气 CO_2 调控作用，使得 $\delta^{13}C$ 的变化幅度明显下降。当前的地球，正在又一次经历着偏心率最低值和大洋 $\delta^{13}C_{max}$ 期，认识其环境意义是我们的当务之急。

S10-O-03

华北 13~17 亿年前有机碳同位素、氧化还原界面与微生物之间的关系

谢树成，罗根明，黄俊华，李超，史晓颖

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

xiecug@163.com

在 13~17 亿年前，地球上发生了许多重大事件，包括 Nuna 超大陆的形成和硫化海洋的扩展。这一时期真核生物多样性很少发生变化，碳酸盐碳同位素组成也相当稳定，但有机碳同位素如何变化不是很清楚，它与环境条件、微生物组成的关系更不清楚。

我们对华北的工作发现，这一时期的有机碳同位素组成在-25‰~-34‰之间变化，而且与沉积环境变化有密切的关系。具体地说，在潮下带和更深的环境，有机碳同位素组成比较低而且稳定，大约-32‰。而且这一稳定值持续了大约 3.5 亿年。但在潮上带和潮间带，有机碳同位素组成变化很大而且总体偏高。总体上，有机碳同位素组成在浅水比深水大约偏重 6‰。有机碳同位素组成随沉积环境的这种规律性变化与当时存在很浅的氧化还原界面或者化跃层（chemocline）有关，化跃层进一步影响了微生物组成的变化和 DIC 垂直梯度的变化，从而导致有机碳同位素组成随沉积环境发生变化。

我们的研究还发现，碳酸盐碳同位素组成与Δδ（碳酸盐碳同位素与有机碳同位素的差值）存在很好的相关性，这暗示了这一时期有机碳埋藏分数很低，大约 5%，远比现代海洋的 25% 要低得多。当时经风化作用输入海洋的碳同位素也很高，大约是-1.8‰，比现代的-6‰要高得多。所有这些不同于现代环境的特点，均与这一时期的特殊环境条件密切相关，它直接决定了微生物组成的变化及其对碳同位素的影响，进而影响了当时的碳循环。

S10-O-04

渤海沉积环境尿素水解细菌和古菌分子生态学研究

党宏月[1,2,*]，周海霞[3]，王德利[1]，陈峰[4]，张志南[5]，焦念志[1,2]，Farooq Azam[6]

1 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

2 厦门大学海洋微型生物与地球圈层研究所，厦门 361102
3 中国石油大学化学工程学院，青岛 266580
4 University of Maryland Center for Environmental Science, Baltimore, MD 21202
5. 中国海洋大学海洋生命学院，青岛 266003
6. University of California Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, CA 92093
DangHY@xmu.edu.cn

尿素是海水溶解有机氮（DON）中含量最高的一种化合物，因其生物利用性很高，贡献于海洋氮循环。很多海洋浮游植物和细菌具有尿素酶编码基因，最近，在隶属于奇古菌门的氨氧化古菌（AOA）中也发现了尿素酶基因。由于缺少光照，海洋沉积物中的原核生物尿素酶比藻类尿素酶发挥着更重要作用。有文献报道，尿素水解贡献了高达 80%的海洋沉积物铵氮生产，其对沉积物-海水界面氮营养盐通量作用极为显著。然而，对海洋尿素水解微生物群落的研究目前开展的还非常少，对海洋沉积物中参与尿素转化和利用的古菌的研究目前尚未见报道。鉴于此，我们开展了渤海沉积环境 14 个站位携带尿素水解酶基因（*ureC*）的海洋细菌和古菌群落的分子生态学研究，同时，我们进行了沉积物中胞外、胞内及总尿素水解酶活性测定。我们共筛选到 166 个细菌 *ureC* 基因的 OTUs（0.05 蛋白序列差异水平），其主要隶属于 *Alphaproteobacteria*、*Gammaproteobacteria*、*Deltaproteobacteria*、*Bacteroidetes*、*Chloroflexi*、*Firmicutes*、*Poribacteria* 和 *Verrucomicrobia* 等细菌类群，携带 *ureC* 基因的细菌群落结构及生物地理空间分布主要受控于沉积物 Ni 和硫化物含量这两个环境因子。而对于 AOA，我们只筛选到 26 个 *ureC* 基因的 OTUs（0.05 蛋白序列差异水平），但大部分古菌 *ureC* 基因序列较为新颖，沉积物 As 与铵氮含量是影响携带 *ureC* 基因的古菌群落结构及生物地理空间分布的关键环境因子。沉积物胞内尿素酶活性与细菌和古菌 *ureC* 基因丰度呈正相关，统计分析还发现，渤海沉积环境胞内尿素酶活性可能贡献于微生物的硝化作用（亚硝氮生成及化能自养固碳作用），而胞外尿素酶活性可能贡献于沉积环境中铵的生成作用。该研究首次发现了海洋沉积环境胞内和胞外尿素酶可能在海洋氮循环中发挥着截然不同的生物地球化学作用（硝化作用与氨化作用之差）。

S10-O-05

海洋病毒与海洋碳循环

张锐 [1,2]，焦念志 [1,2]

1 厦门大学海洋微型生物与地球圈层研究所，厦门 361102
2 厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102
ruizhang@xmu.edu.cn

海洋浮游病毒是海洋生态系统中丰度最高的生命粒子，其丰度可达原核生物（细菌和古菌）丰度的 5～25 倍，其生物量也仅次于原核生物。病毒通过感染和裂解细菌/古菌细胞从而影响物质和能量在海洋微生物食物网中的流动。病毒的裂解使得原核生物生物量转化为溶解有机碳（DOC）进入水中，脱离了主食物链，形成“病毒环”（Viral loop）。“病毒环”改变了海洋碳流的方向和途径，减少了向上层营养级的碳的输送。同时，病毒裂解释放出组分复杂的细胞物质，如单体、寡聚体和多聚体、胶体物质和细胞碎片等，有相当一部分具有生物利用惰性特征，成为潜在的惰性溶解有机碳（RDOC）。更重要的是，病毒裂解直接影响着海洋微生物过程的主角—细菌/古菌。已有的研究表明，病毒通过感染和裂解细菌/古菌细胞来影响细菌/古菌生态类群的丰度、生产力、群落结构和多样性。同时，被感染宿主细胞的裂解产物作为营养物质，为生态系统中未被感染的细菌/

古菌所利用，进而影响这一部分微型生物类群的生态特性及生态功能。这两种作用的耦合决定着特定生态系统中病毒的角色和地位。

我们对西太平洋病毒丰度和裂解性侵染行为进行了系统研究。原核生物和病毒的丰度、生产力都随着海水深度的增加而呈显著降低趋势。表层海水中病毒丰度的变化范围为 0.36-1.05 × 10^{10} L^{-1}，而 2000 m 的病毒丰度降为 0.43-0.80 × 10^{9} L^{-1}；与此同时表层海水中病毒与原核生物的比例（VPR）变化范围为 7.21-16.23，而在深海 2000 m 处的比例变化范围为 2.45-23.40。西太平洋表层海水中裂解性病毒生产力的平均值为 1.03 × 10^{10} L^{-1} day^{-1}，深海 2000 m 的裂解性病毒生产力则降为 5.74 ×10^{8} L^{-1} day^{-1}。我们的研究同时发现在深海 1000 m 和 2000 m 处，病毒裂解的原核细胞死亡百分比相对较高。这表明深海病毒对原核细胞的死亡具有十分重要的贡献；浮游病毒在深海微食物环以及深海的生物地球化学循环中都起着不可忽视的重要作用。

S10-O-06

珠江至南海北部边缘沉积物中古菌的分布及其生态功能变化

Wei Xie[1, 2], Chuanlun Zhang[1,2], Xuedan Zhou[1], Peng Wang[1]

1 Sate Key Lab of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, 200092, P. R. China

2 Department of Marine Sciences, University of Georgia, Athens, GA 30602, USA

xiewei@tongji.edu.cn

Archaea have multiple roles in global biogeochemical cycles. However, we still have limited knowledge about how environmental factors affect the diversity and function of different archaeal lineages. The goal of this study was to examine the change in the abundance and community structure of Archaea in the sediments collected from the lower Pearl River (mainly North River tributary), its estuary and coastal South China Sea (SCS) in order to evaluate how archaeal ecological function might change along the salinity gradient. Pyrosequencing of the 16S rDNA gene of Archaea was performed on sediment samples from Feilaixia Dam on the North River tributary to Wanshan islands, which have a salinity range of 0.1‰ to 31.2‰. Consistent with the salt tolerance of cultivated representatives, methanogens in the genera *Methanoregula*, *Methanosaeta* and *Methanosarcina*, and *Nitrososphaera* within *Thaumarchaeota* of the ammonia-oxidizing Archaea (AOA) were abundant in freshwater sediments of the North River tributary, whereas the marine-associated genera *Methanococcoides* and *Nitrosopumilus* were the most abundant methanogens and AOA, respectively, in the estuary and coastal SCS. However, the percentages of total methanogens decreased and *Thaumarchaeota* increased with salinity, respectively. The phylum *Crenarchaeota* was largely represented by class-level lineages with no cultivated representatives, which collectively were more abundant in the estuary and coastal SCS in comparison to freshwater sites. This study indicates that salinity is the dominating factor affecting archaeal community structure and ecological function from North River tributary of the Pearl River, its estuary and coastal SCS, which is consistent with salinity control on

microbial diversity in other regions of the world.

S10-O-07

长江口及邻近海域低氧区内外沉积物细菌和古菌多样性分析

叶祁[1]，王晓娜[2]，朱卓毅[2]，吴莹[2]，张经[2]

1 华东师范大学河口海岸科学研究院，上海 200062
2 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室，上海 200062
qye@sklec.ecnu.edu.cn

随着全球变暖和环境污染的加剧，海洋中尤其是河口及近海的低氧区在全球范围内不断扩张，对海洋生态环境造成了极大的破坏，同时还影响了全球的生物地球化学循环。随着1999年8月发现在长江口外存在溶解氧(DO)小于 2mg/L 面积达到 15700km2 的低氧区，对长江口低氧区的研究已成为近年来海洋科学的热点领域。我们通过高通量测序平台 Illumina Miseq 和 454 平台分别对 2013 年 8 月采集于长江口及邻近海域低氧区内外沉积物样品中细菌（12 个站位）和古菌（10 个站位）16SrRNA 高变区进行了深度测序，根据对总共 202603 条细菌序列的分析， 我们发现变形菌门（*Proteobacteria*）是所有检测站位的优势菌群，尤以硫酸盐还原菌含量最为丰富， 并都含有一定数量的浮霉菌(*Planctomycetes*, 5-14%)，可能具有厌氧氨氧化的潜力；在与以 A3 站位(DO 约 1.5mg/L)为代表的低氧区细菌多样性比对后，非低氧区样品中，位于黄海冷水团范围内的 N6 站位含有 37%的拟杆菌(*Bacteroidetes*)，在降解高分子量有机物的过程中具有重要的作用，而位于 127° 以东的 A8 站位，有其他站位极少检测到的 candidate divisions OP8 菌群(9.1%)。同时根据对总共 17598 条古菌序列分析，Marine Group I(MGI)是包括 A3 和 N6 站位的 8 个研究站位优势古菌类群，而在 A8 站位中 MGI 仅占 2%，其优势菌群为 Miscellaneous_Crenarchaeotic_Group（MCG），有意思的是，在另一个发生在藻华的低氧站位 B2，其优势菌群是 Marine Benthic Group B（MBG-B）（45.7%），说明除了溶解氧外，多重因素控制了古菌菌群的组成。我们的结果说明细菌和古菌在长江口及邻近海域低氧区内外包括碳、氮、硫等生物地球化学循环中起着举足轻重的作用。未来我们将通过宏基因组、宏转录组和宏蛋白组等手段对微生物在典型站位的具体生态功能进行近一步的研究。

S10-O-08

上扬子地区石炭世碳、锶同位素地层学研究

刘欣春[1,2]，侯明才[1,2]，常晓琳[2]，邓敏[2]，刘元富[2]，晁晖[2]，黄志发[2]，张芮[2]，王嵩[3]，

1 油气藏地质及开发工程国家重点实验室，成都 610059
2 成都理工大学沉积地质研究院，成都 610059
3 成都理工大学能源学院，成都 610059
liuxinchun2012@cdut.cn

石炭世是地球地质历史时期生物演化和地质演化的一个重要阶段，同时石炭纪也是地质历史上气候变化最为频繁的一个时代，如早石炭世至早二叠世的三次冰期事件，维宪期的大规模海侵，谢尔普霍夫晚期的生物绝灭等等。尽管生物地层学及与此相关的生物与环境信息为研究这些事件与地球环境背景的变化提供了重要证据，但实际研究中常常受到如化石带不完整或缺失等因素的影响。鉴于锶同位素组成和碳同位素组成被广泛应用于地层划分与对比及生物事件的研究，特别是锶同位素组成作为全球壳幔活动及海平面变化的重要指标，以及同一时代全球海水

锶同位素组成上的均一性，海相碳酸盐岩的锶同位素组成及其演化，可以用来研究地球壳幔活动和海平面变化等与全球生物事件的内在联系。$\delta^{13}C$ 对生物事件及生态环境的灵敏响应，可以为研究不同地区生态环境及碳循环的变化提供依据。为此，笔者认为 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 和 $\delta^{13}C$ 能够很好的反映当时全球环境变化与生物量的改变，是地球-生物协同演化研究的一个重要手段。

纳水剖面位于贵州罗甸至望谟的公路旁，距罗甸县罗悃区罗苏村西南约 7km，具有连续并保存完整的石炭纪至二叠纪早期地层，全长约 690 米，笔者对该剖面进行了踏勘以及样品采集工作。其中 93 个样品被用作 $\delta^{13}C$ 分析，50 个泥晶灰岩样品用于 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 测定。

在完成基本数据测试和校正工作后，剖面 $\delta^{13}C$-$^{87}Sr/^{86}Sr$ 年代曲线得以建立，并对其进行了详细分析，得出以下结论：该曲线可根据 $\delta^{13}C$ 和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 变化情况分为 5 个阶段：（1）Visean 中、晚期曲线，$^{87}Sr/^{86}Sr$ 值持续下降，$\delta^{13}C$ 值具有同样的变化趋势。此时期为石炭纪第一次冰期结束阶段，由于有机碳埋藏的停滞，导致了 $\delta^{13}C$ 的负漂移变化，而锶同位素比值则是由于大量陆地被海水淹没，从而使进入海洋的陆源物质的量减少，引发了 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 的降低变化；（2）Visean 末期曲线，，$^{87}Sr/^{86}Sr$ 值持续下降，并出现了石炭纪的最小值，而 $\delta^{13}C$ 值则是一个持续上升的变化。可能与该时期的大规模海侵事件相关，海平面的上升会导致海洋初级生产力的升高，从而导致环境中大量 ^{12}C 被消耗和高 ^{13}C 的沉积以及陆源物质的减少；（3）Serpuhovian 至 Bashkirian 早期曲线，该阶段内 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 与 $\delta^{13}C$ 曲线均为上升的趋势。此时期正处于石炭纪第二次冰期阶段，那么两条曲线应该保持降低趋势。但明显结果并不是这样，这中间一定有其他的地质事件发生才会导致 $^{87}Sr/86Sr$ 与 $\delta^{13}C$ 曲线总体上升趋势的变化。首先，此时期是石炭纪产煤的一个重要时代，这一大量产煤事件的发生会导致 $\delta^{13}C$ 曲线的正漂移变化；其次，笔者认为由于该时期冰期尚未全球分布，大陆物质风化作用依然很强，以及全球洋流热动力模式的变化会导致更多的陆源物质进入大洋，从而促使了此次 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 正漂移变化；（4）Bashkirian 中期至 Kasimovian 中期曲线，$^{87}Sr/^{86}Sr$ 与 $\delta^{13}C$ 趋势相反，$\delta^{13}C$ 曲线先下降后升高，$^{87}Sr/^{86}Sr$ 曲线则先升高后下降。首先，对于前期 $\delta^{13}C$ 值降低和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值升高，是由于特提斯海在岗瓦拉大陆和欧洲大陆之间的洋流变化，导致了 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值的升高，而海洋内部环境的改变，会引发生态系统的变化，同时由于刚结束的冰期和 Serpukhovain 晚期生物绝灭事件的影响，海洋初级生产力依然处于一个降低的状态，所以会出现下降的变化趋势。之后，$\delta^{13}C$ 值升高和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值降低，则是因为此时已进入间冰期阶段，海平面开始恢复（即 Mosikovian 的海侵事件），温度回升，海洋环境开始进入绝灭后的生态恢复阶段，$\delta^{13}C$ 值开始升高，与此同时，部分大陆又被海洋覆盖，进入海洋的陆源物质减少，$^{87}Sr/^{86}Sr$ 值也随之降低；（5）Kasimovian 中期至石炭纪末期曲线，$\delta^{13}C$ 值和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值持续下降变化。与该时期泛大陆的形成有关，伴随着泛大陆的形成，地质活动十分活跃，以及泛大陆中央山脉的隆起，导致大量幔源物质进入海洋，同时伴有一次较大规模的海侵，同时伴随着构造运动的发生，大量 $^{12}CO_2$ 气体进入大气，并参与沉积，从而导致了 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值和 $\delta^{13}C$ 值持续快速下降的变化。

S10-O-09

柯坪地区郝兰特阶碳同位素漂移记录

侯明才[1,2*]，刘欣春[1,2]，常晓琳[2]，邓敏[2]，王嵩[3]

1 油气藏地质及开发工程国家重点实验室，成都 610059

2 成都理工大学沉积地质研究院，成都 610059

3 成都理工大学能源学院，成都 610059

Houmc@gmail.com

奥陶纪地层中有两次重要的全球碳同位素漂移记录，其中一次正漂移变化位于 Hirantian 底部，而另一次负漂移变化则位于 Hirantian 顶部，即奥陶纪—志留纪界线附近。此两次碳同位素漂移变化在美洲、欧洲和中国华南地区奥陶系均有记录，唯独少见塔里木奥陶系碳同位素研究的报道。而自 825Ma（±）Rodinia 超大陆裂解以来，塔里木板块一直就是中国大陆构造演化家族中的重要成员之一。究其原因，主要在于人们普遍认为是加力东构造运动造成了塔里木板块大量地层的缺失，而未保留有郝兰特的地质记录。可是，最新的岩相古地理研究认为，塔西北地区晚奥陶世-早志留世一直为混积陆棚环境，奥陶系/志留系连续沉积，现今的柯坪大湾沟剖面保留有晚奥陶世/早志留世的地质记录。基于此，笔者在该地区大湾沟剖面采集了 165 个样品，选择其中泥-微晶灰岩样品作为碳同位素研究对象，有 82 个样品进行了碳同位素测定和数据分析，其中 $\delta^{13}C$ 值位于 2.8‰至-3.1‰之间，在 206 m 至 215.4 m 区间处有一个正漂移变化，$\delta^{13}C$ 值从-1‰持续增长至 1.2‰，在 221.5 m 至 230.1 m 区间有一个明显的负漂移变化，$\delta^{13}C$ 值从 0.71‰降至-0.637‰，其后碳同位素值又开始持续上升，并于 234.3 处达到 0.733‰，之后处于振荡变化阶段，这两个碳同位素漂移及其后的碳同位素变化与全球其他剖面 Hiratian $\delta^{13}C$ 记录吻合。鉴于以上结果，我们可以确定在大湾沟剖面存在连续的 Hiratian 沉积，奥陶纪-志留纪界线大概位于 234.3m，即柯坪塔格组中段顶部区域。

S10-O-10S

2.5 亿年前微生物记录的海洋硫化和海—陆相互作用

周文凤[1]，Thomas J. Algeo[1,2]，阮小燕[3]，罗根明[1]，谢树成[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 辛辛那提大学地质学院，美国，辛辛那提 OH 45221

3 中国地质大学资源学院，武汉 430074

wenfeng4000@126.com

二叠纪—三叠纪之交（约 2.5 亿年前）发生了显生宙以来最大的生物灭绝事件，约有 90％种一级的海洋生物灭绝。海洋硫化作为此次生物大灭绝的诱发因素之一，是当前研究的热点。目前海洋硫化的证据主要是硫同位素组成特征、草莓状黄铁矿粒径变化、微量元素地球化学和地质微生物证据。需要注意的是，地质微生物直接接触外界环境，能够快速灵敏的响应环境变化，如绿硫细菌记录的二叠纪末透光带缺氧富硫化氢现象。

但目前报道微生物变化的剖面过少，难以进行华南乃至全球的对比研究。因此，我们选择了华南 5 条剖面和已发表的 7 条剖面（所有剖面水深不超过 500 米），进行地质微生物分析。结果发现在全球范围内，灭绝前海洋硫化仅限于中层水，浅水和深水剖面都没有出现硫化，说明灭绝前可能在沿海地区存在楔状的硫化区域。在灭绝后深水剖面才开始出现硫化的现象，反映了硫化楔的扩张现象。同时，我们发现硫化指标高值和陆源输入的相关性高达 0.72，因此我们推断，应该是由于二叠纪末期由于陆地系统崩溃、陆源输入增加，导致了海洋硫化区域增大。

同时在二叠纪末生物灭绝事件中，陆地生态系统约 70%科一级的脊椎动物发生灭绝，

90%以上种一级的裸子植物消失。而现有的对生物灭绝的研究，大都集中在海洋生态系统或陆地生态系统，但鲜少有将两者联系起来的报道。我们结合上寺剖面微生物记录的陆源指标和无机碳同位素，对比发现，在大灭绝前对应无机碳负偏层位，莫烷比值（陆源输入指标）也开始显著增高。所以我们认为，陆地生态系统崩溃，可能给海洋带来了大量营养物质，导致了特殊的微生物群繁盛，使海洋生态系统发生了转变，同时对整个海洋碳循环过程也有显著影响。

S10-O-11

珠江下游至南海北部水体中古菌的分布及其生态功能多样性对环境变化的响应

张传伦，谢伟，王鹏，周雪丹，郭文婷，杨春燕

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
archaeazhang_1@tongji.edu.cn

Archaea are widespread and play an important role in the global carbon and nitrogen cycles. However, we still have limited knowledge about how the function of Archaea changes in varying habitats. The current paradigm is that change in community structure causes change in community function. Thus the goal of this study was to examine the change in community structure of planktonic Archaea from the Pearl River to the northern slope of the South China Sea (SCS) in order to evaluate how archaeal ecological function changes along the salinity gradient. Pyrosequencing of the 16S rRNA gene of Archaea was performed on samples that had salinity ranging from 0.0 in the river water to >3.0% in the open ocean. The results showed that *Methanomicrobiales* and *Miscellaneous Crenarchaeotal Group* were abundant in the lower Pearl River, *Nitrosopumilus*-like species were abundant in estuary and shallow seawater, and Marine group II and III were abundant in deep seawater of the North South China Sea. *Methanomicrobiales* are known methane-producing organisms and *Nitrosopumilus* is known to oxidize ammonia and fix CO_2. Thus, the archaeal community appears to be able to perform methanogenesis in the freshwater and nitrification in the estuary and shallow sea with unknown function in the deep seawater. Furthermore, a metagenomic investigation of the plankton from Pearl River to the northern slope of SCS showed that the abundances of genes involved in 3-HP and reductive acetyl-CoA CO_2 fixation increased with salinity, indicating that these pathways may become more important from Pearl River to SCS. A detailed bioinformatic analysis is underway to evaluate the relative contributions of Archaea and Bacteria in the carbon metabolic processes in these settings.

S10-O-12

长链烷基酮和四醚类脂分析方法进展

Yongsong Huang, William Longo, James Dillon, Yinsui Zheng, Rafael Tarozo

Alkenones and tetraether lipids are now well established organic biomarkers for paleoclimate research. Recently, my research group has made a number of advances that significantly improve the analytical methods for these compounds. For alkenones, we have

discovered a new GC stationary phase that allows unprecedented separation of different alkenone compounds, and enabled us to identify new isomers of alkenones (Longo et al., 2013). The new stationary phase also reduce the need of saponification step to remove alkenonates (because these compounds now elute much earlier in the chromatogram and no longer coelute with alkenones), speeding up sample preparation. My research group also developed a new HPLC stationary phase that allows efficient isolation and separation of alkenones based on double bond numbers (Dillon et al., 2012, 2013). In this talk, I will report the full structural elucidation of novel alkenone isomers using these new chromatographic methods, and the resulting improvement for compound specific hydrogen isotopic analysis of individual alkenones.

I will also report our development of computing software aimed at automation of peak detection of tetraether lipids for paleoclimate research (Dillon and Huang, in prep). A number of powerful indices have been developed to reconstruct paleotemperatures based on the relative quantities of different branched or isoprenoid tetraethers. However, nearly all the quantification of tetraethers from HPLC/MS data is performed manually. This is mainly because automatic peak detection using manufacturer software (e.g., Chemstation for Agilent LC/MS) performs poorly in defining complex tatraether chromatograms. Our new software codes incorporate the latest development in chemometics, and are able to define the peaks accurately and reproducibly. I will demonstrate that our new automation software produce comparable results as manually picked peaks. Importantly, our automated peak integration greatly reduces data processing time, and eliminate analytical errors resulting from variable peak definition by different users.

S10-O-13

热带与亚热带海洋表层海水中碱度的变化及其与盐度的关系

Zong-Pei Jiang[1,2], Toby Tyrrell[1], David J. Hydes[1], Minhan Dai[3], Sue Hartman[1]

1 National Oceanography Centre, Southampton, University of Southampton, UK

2 Ocean College, Zhejiang University, China

3 State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, China

zpjiang@zju.edu.cn

The variability of total alkalinity (TA) and its relationship with salinity in the tropical and subtropical surface ocean were examined using data collected in various marine environments from a ship of opportunity. In the open ocean regions of the Atlantic, Pacific and Indian Ocean, sea surface TA variability was observed to be mainly controlled by the simple dilution or concentration (SDC) effect of precipitation and evaporation, and the measured concentrations of TA agreed well with those predicted from salinity and temperature. Non-SDC changes in alkalinity in ocean margins and inland seas were examined by comparing the salinity-normalized alkalinity (NTA) with that of the open ocean end member. Non-SDC alkalinity additions to the western North Atlantic margin, eastern North Pacific

margin and Mediterranean Sea were identified, which mainly resulted from river inputs and shelf currents. In contrast, removal of TA through formation and sedimentation of calcium carbonate was observed to be an important control in the Red Sea. The concentration of the river end member can only be reliably derived from the y-intercept of TA-S regression (TA_{S0}) in river-dominated systems such as estuaries and river plumes. In coastal regions where other processes (evaporation, shelf currents, upwelling, calcification etc.) are more influential, TA_{S0} can significantly deviate from the river water concentration and hence be an unreliable indicator of it. Negative values of TA_{S0} can result from non-SDC TA removal at the low salinity end (relative to the salinity of the oceanic end member) and/or non-SDC TA addition at high salinities (as occurs in the Mediterranean Sea).

S10-O-14

近岸水体元素钼的生物泵去除机制研究

Deli Wang

State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Xiamen University, Xiamen, deliwang@xmu.edu.cn

Dissolved molybdenum (Mo) is generally conservative in the ocean. Our study, however, demonstrated that dissolved Mo could be largely removed in coastal waters, e.g., in western Taiwan Strait. In cold seasons (October to March), the Min-Zhe coastal current brought in a substantial amount of nutrients from the East China Sea, while an algal bloom gradually developed during the monsoon transition period (April to May). We further observed that Mo could be strongly scavenged out of the water column along with the “biological pump”. In warm seasons, the scavenging of dissolved Mo decreased mainly as a result of the arrival of the South China Sea warm current. In addition, we observed groundwater discharges nearshore, and suboxic reduction of manganese oxides there probably released some extra amount of dissolved Mo within limited extent.

S10-O-15

南海北部湾沉积物早期成岩作用及溶解无机碳(DIC)循环

Wu, Z. J[1,2*]., Kowalski, N[2]., Dellwig, O[2]., Escher, P[2]. Zhou. H. Y[1] & Böttcher, M.E[2*]

1 School of Ocean and Earth Science, Tongji University, 210092 Shanghai,China

2 Institute for Baltic Sea Research Warnemünde (IOW), Geochemistry & Isotope Geochemistry Group, 18119 Rostock, Germany

*wuzj@tongji.edu.cn;michael.boettcher@io-warnemuende.de

The depositional environment of the Beibu Gulf is highly complex, and sediments are formed under dynamic changes in hydrodynamics and sediment sources. It is an ideal natural laboratory to study biogeochemical transformation processes and its responses to changes in hydrography and depositional conditions in a tropical shelf environment. In the present study, six sedimentary gravity cores were taken during a joint German-Chinese expedition SONNE219 in the Beibu Gulf with R/V SONNE (December 2011). These sampling sites are distributed into three different depositional

zones, namely Northern Coastal Beibu Gulf (Site 43) with sandy sediment, Delta Deposits Vicinity to Qiongzhou Strait (Site 45, Site 50) effected by strong currents, Central Beibu Gulf (Site 8, Site 23 and Site 26) with stable depositional environments. We measured the geochemistry and carbon isotope composition of pore-water and solid sediments to examine the early diagenesis cycling of DIC occurring in the study area. Isotope composition of pore-water DIC and solid phase organic carbon demonstrate that diagenetic process is dominated by terrestrial sources at Site 43 (-27.51‰), and that marine sources at other sites (-20.03‰ to -21.39‰). According the DIC and sulfate concentration profiles, sulfate reduction is the most important source of DIC for the anaerobic marine sediment in the study area. No noticeable correlation was observed between TOC% and sulfate reduction rates for all the depositional sites owing to the fact that it is the amount of metabolizable organic matter and not the total organic content which controls sulfate reduction. In the zone of the Central Beibu Gulf with high sedimentation rate, pore-water profiles exhibit the characteristic pattern describing the occurrence of AOM at Site 23 and Site 26: the $\delta^{13}C$- DIC minimum at the sulfate-methane interface (-26.53‰ PDB) is slightly more negative than that of the ^{13}C of the total organic matter found at those sites (~-21‰ PDB). Thus, the isotope signature indicates an additional source of light carbon to the pore-water. As the increase in DIC concentrations that results from the early diagenesis processes, pore-water becomes highly supersaturated with respect to carbonate minerals, which causes the precipitation of authigenic carbonate minerals. This can be further confirmed from a decrease in pore-water Ca^{2+} and Mg^{2+} concentrations with increasing depth, downcore profile of $CaCO_3$ content increase in the sediment cores and SEM-EDS observation.

S10-O-16

南海北部下陆坡至深海平原碳酸钙溶解作用以及碳酸钙补偿深度环境中保存的钙质组分

张江勇，周洋，陈芳，高红芳

广州海洋地质调查局，广州 510760

zjy905@@hotmail.com

本研究针对南海北部下陆坡和深海平原表层样开展碳酸钙溶解作用研究，有关溶解作用的机理尚待深入研究，但已初步发现一些重要的古海洋学现象。研究区碳酸钙百分含量含量变化范围为 0.39%～87.8%，其中下陆坡表层沉积物碳酸钙含量主要有浮游有孔虫丰度决定，深海平原表层样钙质超微化石主要由钙质超微化石丰度决定。浮游有孔虫和钙质超微化石的丰度和属种组成在水深 3000m 均发生了显著变化，水深小于 3000 m 的海底，浮游有孔虫丰度随水深增大而减小，钙质超微化石丰度随水深增大而增大；水深大于 3000 m 的海底，浮游有孔虫丰度明显减小，并且抗溶种所占比例增大，说明碳酸该溶跃面位于约水深 3000m 处，钙质超微化石丰度比浮游有孔虫丰度变化程度大，深海平原有些站位的丰度甚至与水深 2500 m 附近表层沉积物钙质超微化石相当。深海平原浮游有孔虫丰度和钙质超微化石丰度较高的区域主要分布在中沙群岛至珠江峡谷一线，这种现象可能与浊流的搬用有关，因为这两种

微体古生物的高丰度分布区位于地形变化剧烈的区域，这样的区域容易产生较强的水动力，从而产生浊流。在中沙群岛至珠江峡谷一线以西的西北次海盆，浮游有孔虫丰度已经很低，但依然含有丰富的钙质超微化石。南海北部深海平原表层沉积物钙质组分含量极少，浮游有孔虫和钙质超微化石的丰度也极少，表明该区域很可能已经处于碳酸钙补偿深度的环境，至少十分接近碳酸钙补偿深度。在这样的环境下，与钙质超微化石相关的絮凝体和浮游生物粪球在海底雾状层中已被充分破坏、分散（通过水动力作用和（或）絮凝体和粪球有机质保护膜被氧化），进而原絮凝体和粪球中的钙质超微化石绝大多数或全部被溶解；另一方面，上述现象同时说明南海北部深海平原表层沉积物钙质组分含量极少区的沉积速率较低，给浮游有孔虫在海底充分暴露于海水直至（绝大部分）被溶解提供了机会。由于碳酸钙补偿深度主要和海洋水体的化学性质有关，后者的分布在南海底层水团中的分布应该比较均一，而研究区深海平原水深比较相近，由此推测，碳酸钙含量高的区域（主要分布在下陆坡和海山附近）也处于一个碳酸钙补偿深度或接近碳酸钙补偿深度的环境，在这样的环境里，可以因为特殊的沉积作用，譬如浊流，使得钙质组分得以保存。本研究内容为理解深海平原南海 IODP 钻孔岩心富含钙质超微化石的现象提供了视角。

S10-O-17

全球碳循环与全球变暖

Chunju Huang

State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

huangcj@cug.edu.cn

Do you think man made global warming? Do you believe we have significant global warming now? Recent years, there is a debate whether the global warming caused by the increasing of the greenhouse gasses/carbon dioxide (CO2) concentrations. The basis thought there is more CO2 in the atmosphere when the climate is warmer, which is a scientific error. The astronomical theory of paleoclimates well explained the Earth's climates period variations that are recorded in deep-sea sediments, ice sheets and continental deposits at time scale of tens to hundreds of thousands of years. The studies of the time series for the Vostok ice core (Antarctica) suggested that the climate cycles of the CO2, CH4, δ^{18}Oatm and mid-June insolation at 65°N could correlate well with the air-temperature, which all show the glacial–interglacial climate cycles with about 20 kyr and 100 kyr astronomical cycles, however, CO2 levels could have lagged behind rising global temperatures by 200-1000 years, which could help us solve a global warming mystery that CO2 does not cause global warming but increases in CO2 follow global warming. The climate models studies also prove the origin of these climate cycles were driven by astronomically forced insolation changes in the latitudinal and seasonal distributions of the energy that the Earth receives from the Sun. So we could propose that the astronomical forcing is a main factor for the long-term variations of the concentrations of CO2 and the global climate changes. The variations of the δ^{13}C in the marine sediments have been documented directly linked to the biosphere and the global

carbon cycle that already used to calibrate the geological time scale. The time series analysis results of the collected global carbon isotope records over ~900 Ma show a strong ~10 Myr and ~40 Myr cycles that are similar with the modulation of the ~2.4 Myr long eccentricity cycles from Laskar solution (Laskar et al., 2004; 2011). The studies of the $\delta^{13}C$ negative excursion for the ocean anoxic global events and the biotic evolutions and mass extinctions suggested that there are ~2.4 Myr long eccentricity cycles. The long-term variations of the global carbon cycles and the climate changes are caused by the astronomical forcing although the Earth history paleoclimate system that was directly linked to the global carbon cycle.

S10-O-18

中国近海羟基化类异戊二烯结构四醚膜脂（OH-GDGTs）的分布及其作为中低纬度边缘海古气候指标的研究

吕晓霞[1,2*]，刘小雷[2]，Felix Elling[2]，杨欢[1]，谢树成[1]，宋金明[3]，李学刚[3]，袁华茂[3]，李宁[3]，Kai-Uwe Hinrichs[2]

1 生物地质与环境地质国家重点实验室，中国地质大学（武汉），武汉, 430074

2 Organic Geochemistry Group, MARUM Center for Marine Environmental Sciences, Bremen, Germany 28334

3 中国科学院海洋研究所，青岛 266071

luxiaox@163.com

羟基化类异戊二烯结构四醚膜脂（OH-GDGTs）是由海洋古菌产生的在一侧双植烷链上带有羟基基团的四醚膜脂化合物，其在海洋和湖泊环境中广泛存在。本项研究以从中国近海采集的 70 个表层沉积物样品（包括 16 个长江口表层沉积物样品）为研究对象，分析研究本海域样品中 GDGTs 和 OH-GDGTs 的组成和分布，进而分析其作为古温标的潜力。

在所研究的沉积物中，OH-GDGTs 与不带羟基的 GDGTs 的比值为 1.8%~12.8%，整体呈随纬度增加而升高的趋势。冗余分析表明海水表面温度（SST）是影响 OH-GDGTs 分布的主要因素，其中无环的 OH-GDGT（OH-GDGT-0）和带两个环的 OH-GDGT（OH-GDGT-2）与总 OH-GDGTs 的比值、以及 OH-GDGT 的环化指数和 SST 具有非常好的线性相关关系。在此基础上深入分析 SST 的季节变化与这些指数的相关关系，发现夏季和秋季温度呈现出较年均 SST 更显著的相关关系，且由回归分析得出的夏季和秋季的 SST 与卫星遥感获取的 SST 的误差很小，表明这些指标具有作为夏秋季古温标的潜力。另外，基于 OH-GDGTs 的这些指标在受陆源输入影响较大的长江口地区也能应用，表明 OH-GDGTs 主要来源于浮游古菌的输入。

S10-O-19

南海沉积物捕获器硅藻记录对南海古海洋环境研究的指示意义

冉莉华[1]，陈建芳[1]，WIESNER Martin G.[2]，李宏亮[1]，杨志[1]

1 国家海洋局第二海洋研究所生态与环境实验室，杭州 310012；

2 德国汉堡大学地质研究所，汉堡 D-20146

ranlihua1982@hotmail.com

对南海北部SCS-N站时间序列沉积物捕获器所收集到的颗粒物样品进行了详细的硅藻分析，了解了南海北部现代水体中的硅藻随季节，年际以及深度的变化情况。目前的研究结果显示南海北部硅藻的丰度随季节和

年际变化有明显的差异，冬季硅藻通量明显高于夏季和季风间期，且硅藻属种组成存在一定季节差异。在受厄尔尼诺事件影响的年份，南海北部硅藻通量显著低于正常年份，二者之间硅藻属种组成也存在显著差异。水柱中不同水深之间的硅藻通量存在差异，且出现深层水体中通量高于浅层的普遍现象，表明南海北部深层水体中存在侧向颗粒物运移。不同水深之间硅藻属种组成并没有明显的差异，然而捕获器中的硅藻属种组成与表层沉积物中的硅藻属种组成却存在巨大差异，表明南海北部硅藻属种组成结构最大的变化发生在海底沉积物水界面及埋藏过程中，而非其在水柱内的沉降过程中。对比厄尔尼诺年，非厄尔尼诺年以及表层沉积物的硅藻属种组成特征，发现沉积物中的硅藻属种结构与厄尔尼诺年硅藻属种结构更为类似，而与正常年份硅藻属种组成存在明显的差异。因此我们提出，是否南海北部沉积物中保存下来的硅藻更多的反映了厄尔尼诺事件影响下低生产力的南海海洋环境？

S10-O-20

南海北部陆坡早期成岩作用模拟研究

刘丽华[1]，Roger Luff[2]，吴能友[1]，邵亥冰[3]

1 中国科学院广州能源研究所

2 German Federal Office for Radiation Protection, Klosterstraße 103 D-24536 Neumünster, Germany

3 UFZ-Helmholtz Centre for Environmental Research, Permoserstrasse 15, 04318 Leipzig, Germany

liulh@ms.giec.ac.cn

海洋沉积物中的有机物要来源于陆地植物和海洋生物。经过搬运、沉淀等作用进入海底，沉积物中的有机质颗粒在系列氧化剂作用下分解产生甲烷、硝酸盐、铵、磷酸盐、二氧化碳等物质。这一系列有机质分解反应（及相关的次级反应）直接影响碳、硫、氮循环和几种元素通量变化，并且驱动了早期成岩作用，同时还将影响石油、天燃气、甲烷水合物等资源分布。因此，对于有机物分解引发早期成岩作用的研究对于区域碳循环、能源环境的研究具有重要的理论和现实意义。2014 年中德合作 SO-177 航次在南海北部陆坡进行了系统勘探，针对甲烷形成、分解及相关环境因素进行了深入研究。航次取得了多个连续沉积样品和碳酸盐样品，并对七个沉积柱的孔隙水样品进行了系统研究，尤其是对溶解甲烷、硫酸盐、硝酸盐、磷酸盐、硫化氢、总碱度等进行了准确测量。作者以航次报告及后续的研究结果为边界和初始条件，采用改良的反应-运移模型 C.CANDI 对于研究区域的早期成岩过程进行了模拟研究。模拟结果较好地吻合了实测化合物浓度剖面，同时厘定研究区域早期成岩作用的主要化学反应并且确定了化学反应速率范围。同时推断了区域上升流体通量、沉积速率、有机质分解速率及铵、甲烷、硫酸盐的反应速度。研究结果显示有机质大部分来源于陆地。研究结果进一步揭示，本区的早期成岩作用发育于较深层位，可能与深部的甲烷库有密切关系。

S10-O-21S

泥炭地现代植物叶蜡单体氢同位素的季节性变化特征及对泥炭沉积记录的启示

薛建涛[1,2]，郑丽端[1,2]，王新欣[1,2]，张志麒[3]，黄咸雨[1,2]，谢树成[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）地球科学学院地理系，武汉 430074

3 神农架大九湖国家湿地公园管理局，神农架 442417

泥炭地因其特殊的环境（酸性，缺氧，

营养物质缺乏），储存了大量的有机碳，是陆地生态系统中不可忽略的碳汇。泥炭沉积物中保存的含量高且种类丰富的脂类化合物是由泥炭地成碳植物后期埋藏与微生物降解等共同作用形成，记录了与泥炭环境相关的信息，在全球变化的研究中起着重要的作用。

位于湖北神农架的大九湖泥炭地是一个封闭的亚高山泥炭藓泥炭地，自全新世以来形成了稳定连续的泥炭堆积，是用于泥炭沉积的古生态古气候重建以及现代地球生物学的研究的优良场所，我们在大九湖泥炭地开展了一系列的现代过程监测来探讨泥炭地成碳植物和泥炭沉积的相互作用。

通过对大九湖泥炭地生长的主要三种草本植物的季节性监测数据显示，不同季节泥炭地植物叶蜡正构烷烃的分布模式没有发生显著变化，但是表征正构烷烃特征的参数平均碳链长度（ACL）表现出了明显的季节性波动，同大九湖泥炭地的大气温度有着一定的对应关系。同时，碳优势指数（CPI）在叶片整个生长过程中一直呈降低趋势，并且在新叶和老叶中正构烷烃 CPI 往往能达到 10 倍以上的差异，这些数据表明，当我们在进行全球植物样品对比过程中，要考虑植物生长季节的变化所带来的差异。

另外通过对这三种植物叶蜡正构烷烃的氢同位素测定，发现在整个生长过程中，叶蜡正构烷烃氢同位素逐渐偏负。对同一地点的泥炭表层沉积物进行分析，其正构烷烃氢同位素值与植物生长末期（老叶）的叶蜡正构烷烃的氢同位素值一致，这说明泥炭地沉积脂类化合物氢同位素记录的是植物叶片生长末期的叶蜡氢同位素特征，这为利用泥炭沉积柱脂类化合物氢同位素来探讨古水文古气候变化提供了重要的参考意义。

S10-P-01S

黄河河口表层沉积物中木质素特征的研究

王映辉，许云平

北京大学城市与环境学院，北京 100871

yinghui_w@pku.edu.cn

河口及陆架区的有机碳埋藏量占整个海洋的 90%，是揭示海洋中陆源有机碳“失汇”的关键区域。黄河作为世界上第二大输沙河流，多年的平均输沙量约为 10^{10}t，其中有机碳含量约为 0.16%~0.74%，占世界入海河流总有机碳的 0.4%~1.9%，因此黄河河口区域可以作为一个优良的天然场所来研究陆源有机碳在海洋中的生物地球化学过程。

木质素是陆地维管植物特有组分，其含量仅次于纤维素，木质素具有芳香单元的三维立体结构，化学稳定性高，抗微生物降解能力相对较强，因此被广泛应用于陆源有机碳的示踪和古环境的重建。

以黄河河口为主要研究区域，通过对河口及邻近海域表层沉积物中的木质素分析，并结合总有机碳含量、总氮含量和有机碳稳定同位素对表层沉积物中陆源有机碳的组成、来源和分布进行了评估。8 种木质素酚单体中，紫丁香基酚类与香草基酚类的含量比值 S/V (0.69±0.32)和肉桂基酚类与香草基酚类含量比值 C/V（0.24±0.12）反映出研究区陆源有机碳主要来自草本被子植物。较高的木质素酸/醛$(Ad/Al)_V$ 比值(0.51±0.12）表明陆源有机质的降解程度较高。利用稳定碳同位素值 $\delta^{13}C$ 和木质素含量 Λ8 相结合的土壤有机质-陆生维管植物-水生有机质三端元模型对陆源有机物的贡献的分析结果显示，土壤有机质、陆源维管植物和水生有机质的平均贡献分别为 59.87%±14.99%、7.32%±7.00%、32.81%±11.85%。土壤在陆源有机质中的贡

献占有绝对优势，可能与该区域沉积物的主要源区——黄土高原植被覆盖率低、土壤侵蚀严重有关。

S10-P-02S

过去 6300 年以来古水稻土壤中古菌四醚膜脂化合物组成变化

陈雨霏[1]，郑峰峰[1]，张传伦[1]，苏建强[2]，朱永官[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
2 中国科学院城市环境研究所，厦门 361021
cyfmolly@126.com

Paddy soils are the consequence of human activities, which have exerted significant anthropogenic impact on the global carbon cycle in recent Earth history. Isoprenoid glycerol dialkyl glycerol tetraethers (iGDGTs) are unique biomarkers for Archaea, which can be used to examine changes in climate and habitability during human evolution. The goal of this study was to evaluate the human impact on soil archaeal community structure during the development of two paddy soil profiles that recorded a cultivation history of over 6300 years in Zhejiang Province, southern China. The results show that the abundance of archaeol and isoprenoid GDGTs had similar trends with the highest abundance appearing in the long-term cultivated paddy soil and the lowest in the ash pit devoid of cultivation activity. The percentage of GDGT-0 (commonly produced by methanogens) exceeded 50% in ancient paddy soil but decreased to 32% in the modern soil. On the other hand, crenarchaeaol (a unique biomarker for Thaumarchaeota) was less than 10% in ancient paddy soil and reached 37% in the modern soil. These results suggest that the archaeal community structure has changed dramatically in the paddy soil for the past 6300 years, which may imply that earlier anthropogenic activities may have resulted in great methane emission from the paddy soil in southern China.

S10-P-03S

崇明岛土壤中古菌膜脂化合物及基因丰度变化对含水率的响应

马岑玲，王轶婕，郑峰峰，吴伟艳，贾成玲，谢伟，张传伦

同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092
cenling0106@gmail.com

Isoprenoid glycerol dialkyl glycerol tetraethers(iGDGTs) are fundamental components of membrane lipids in Archaea, which have been increasingly used to develop proxies for paleo-climate and –environment reconstruction in oceans and lakes. In this study, we analyzed soils from Chongming Island in order to determine the important environmental factors controlling the distribution ofiGDGTs in terrestrial environments. Crenarchaeol, a unique biomarker for ammonia-oxidizing archaea (Thaumarchaota), is the dominant archaeal lipid, which suggests that Thaumarchaeota are a major source of iGDGT production in Chongming soils. Among temperature, pH and soil water content (SWC), SWC demonstrates the best correlation with the distribution of iGDGTs, which positively correlated with the methane index (MI)($r=0.621;p<0.01$) and negatively

correlated with the ring index (RI) (r=-0.629;p<0.01) of archaeal lipids. The abundance of the archaeal*amoA* gene specific to Thaumarchaeota is negatively correlated with SWC (r=-0.323;p<0.05), suggesting that increasing water content may result in less available oxygen that is required for aerobic oxidation of ammonia performed by autotrophic Thaumarchaeota. Our results demonstrate that SWC is a major environmental variable controlling the distribution of iGDGTs and the abundance of Thaumarchaeota in Chongming soils. In addition, it suggests that MI and RI may be useful proxies for studies of paleohydrologyof the terrestrial environment influenced by climate change.

S10-P-04S

冲绳海槽中芘的来源与分布形式研究

张鑫雨，许云平

北京大学城市与环境学院，北京 100871
xinyu_zhang@pku.edu.cn

芘是一种由五个苯环稠合组成的多环芳烃化合物（PAHs）。它广泛分布在土壤、沉积物、水体、气溶胶以及大气悬浮颗粒物中。从分子结构角度芘存在平行于分子平面的离域π键，同时因其共振式稳定程度不同致使分子中碳-碳键不等长，因而芘在水体环境中具有一定溶解度，且具有一定的反应活性。同绝大多数因化石燃料燃烧、森林大火或工业等过程形成的多环芳烃相比，芘的形成与环境分布具有明显的不同：1、芘在大部分样品中的含量远高于其他多环芳烃类化合物，其在土壤、沉积物等环境样品中的浓度一般在 ppm 级而其他多环芳烃类化合物一般在 ppb 级或更低；2、芘在沉积物中的含量随着深度明显上升，而其他多环芳烃则显著降低。

关于芘的研究始于 1967 年，Orr 等人在南加州湖泊沉积物中首次发现芘。上世纪 70 年代至 90 年代，关于海洋沉积物中芘的来源、芘的地球化学意义以及全球分布等方面的报道陆续发表(M. I. Venkatesan, 1988; Aizensht Z. et. al., 1973; Laflamme R. E. et. al., 1978; Wakeham S. G. et al., 1979; Gschwend P. M. et al.,1983)。进入 90 年代，关于芘的研究进入了新的高峰，借助于稳定碳同位素（δ^{13}C）等示踪技术，有关芘的来源、时空分布以及环境意义的讨论层出不穷。同时，在不同的环境基质中均发现了芘的存在，包括河流(Liu et. al., 2008)，湖泊沉积物(Silliman, et. al., 2000; Silliman, et. al., 2001; Itoh, et. al., 2010(a); Itoh et. al., 2010(b), Itoh et. al., 2012)，海洋沉积物(Petrova et. al., 2000; Petrova et. al., 2001; Petrova et. al., 2008)，土壤(Wilcke et. al., 2003; Wilckc et. al., 2007; Bechtel et. al., 2012; Pontevedra et. al., 2012)以及木头化石(Marvnowski et. al., 2011; Marvnowski et. al., 2013)。

关于芘来源的讨论主要集中于陆源与水源两方面。支持芘来自水体的证据有三点：1、在海洋上升流地区的沉积物中发现高浓度芘；2、芘分布在高 TOC、低 C/N 比的样品中，暗示藻类活动较为旺盛；3、在富含硅藻的海洋沉积物中发现了芘，因此其有可能是硅藻代谢的产物(Orr et. al., 1967; Wakeham et. al., 1979; Hites et. al., 1980; Louda et. al., 1984)。而支持芘来自陆源输送的证据有：1、在沼泽地带同样发现了高浓度的芘，证明芘可以在陆地环境中产生与保存；2、芘与陆源高等植物的特征生物标志物如长链正构烷烃的 δ^{13}C 相近。因此，关于芘的来源、成因、转化机理等问题仍然存在争议。

在本工作中，我们分析了 IODP 1202B 钻孔（0-85 m），代表了过去 20000 年的沉积历史。利用 GC-MS 的选择离子模式（SIM）对样品中芘与长链正构烷烃（C27、C29、C31）进行了测定，绘制出这两类化合物沉积通量的高分辨率曲线，并对比海平面变化曲线。结果显示，芘与长链正构烷烃变化趋势一致（R^2=0.542），在距今 15000 年伴随着全球海平面的抬升，沉积通量出现台阶式增长，表明冲绳海槽地区芘的来源应以陆源物质输送为主。此外，对不同深度的十个样品中的正二十九烷和芘的单体稳定碳同位素分析（CSIA）显示，正二十九烷的 δ^{13}C 值为-30.3 ± 0.5 ‰，而芘的 δ^{13}C 值为-22.8 ± 0.6 ‰，比长江和台湾山地河流有机质的 δ^{13}C 值（-24~-25 ‰）偏正~2‰，据此推测冲绳海槽芘的可能来源为陆源真菌为主，可用于指示海洋中陆源有机碳的输入。

S10-P-05S

电导率对黄河下游流域土壤四醚膜脂化合物分布的影响

郑峰峰，陈雨霏，李芙嫣，张传伦*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
*archaea.zhang@gmail.com

Branched glycerol dialkyl glycerol tetraether lipids (brGDGTs) are unique bacterial lipids that occur ubiquitously in soils and peat bogs. The methylation and cyclization degrees of brGDGTs, expressed as MBT and CBT, respectively, are mainly controlled by mean annual air temperature (MAAT) and soil pH. Soil conductivity has been shown to affect the growth of bacteria in soils, yet it is unknown how it may impact the distribution of brGDGTs in soil. Here we report the MBT and CBT variations in soils from the lower drainage basin of the Yellow River, which had conductivity ranging from 0.08 ms/cm to 17.00 ms/cm and pH ranging from 7.66 to 9.39 with a MAAT of 12.6°C (The past 10 years). The results showed that MBT values ranged from 0.22 to 0.50 and CBT from 0.05 to 0.54. Log-transformed conductivity was significantly positively correlated with MBT (R^2=0.42, n=47) but not with CBT. Other parameters, such as soil water content, MAAT, soil pH, TN or TOC didn't show correlation with MBT or CBT. However, TOC, soil pH, and conductivity all affected the concentration of brGDGTs; in particular, brGDGT concentration decreased sharply with increased conductivity and soil pH, which are probably due to low availability of organic carbon in saline and alkaline soils for the metabolism of brGDGT-producing organisms. Our study shows that within a narrow range of MAAT, local soil chemistry plays an important role in controlling the distribution of brGDGTs in soils, which may help us to better understand the large variability in MBT/CBT-derived continental temperatures.

S10-P-06S

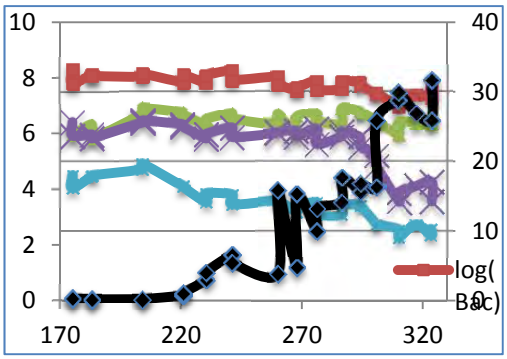
珠江口甲烷氧化菌群的丰度随盐度梯度的变化及生态功能意义

陈松泽，王鹏，谢伟，张传伦

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
songzechen@gmail.com

Methane is an important participant in the carbon cycle and a major greenhouse gas. Recent studies have identified estuary to be an active source of methane, which may help us to

improve our understanding of global carbon budget. Little is known, however, about factors controlling the abundance and distribution of methane metabolizing organisms in estuaries. In this study, qPCR and 454 high throughput sequencing were used to determine the abundance and community structure of the methanotrophs and methanogens in the Pearl River Estuary. Water samples were collected along a salinity gradient from lower Pearl River (salinity near 0 psu) to shallow South China Sea (salinity 32 psu) during the winter season when river discharge was low. Bacterial 16S rRNA gene abundance maintained at 10^8 copies per liter till the salinity exceeds 25 psu, at which a 5-8 orders of magnitude drop in gene abundance was observed toward the seawater salinity. Archaeal 16S rRNA gene abundance remained relatively constant (10^6-10^7 copies per liter) along the salinity gradient. The bacterial *pmoA* gene copies of methane-oxidizing bacteria dropped from 10^6 to 10^2 and the archaeal *mcrA* gene copies of methane-related gene (*mcrA*) from 10^4 to 10^2 along the salinity gradient. Our results show that total bacteria and total archaea as a whole community are more resistant to change in salinity than individual functional populations. This indicates that specific groups of organisms need to be better understood in order to decipher the impact of environmental change on the ecological function of organisms in the natural environment.



S10-P-07S

碳—氮同位素组成对泥盆纪—石炭纪之交生物大灭绝事件的响应

刘犟嗣[1]，罗根明[1,2]，郄文坤[3]，谢树成[1,2]

1 中国地质大学（武汉）地球科学学院，湖北武汉 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，湖北武汉 430074

3 中国科学院南京地质古生物研究所，江苏南京 210008

jiangsiliu@163.com

泥盆纪—石炭纪（D-C）之交“Hangenberg 事件”是显生宙以来重大生物灭绝事件之一，以生物的高灭绝率和低出生率为特征，海相约 21%属一级和 16%科一级生物在此事件中灭绝。许多研究表明此次生物大灭绝事件伴随着碳循环的显著异常，然而目前对这一时期碳循环异常的具体过程及其与此次生物大灭绝之间的因果关系还不是非常明确，进而也阻碍了对该生物灭绝事件原因的了解。

华南黔桂地区隆安剖面碳酸盐岩层位出露清晰，沉积环境为孤立碳酸盐台地，受陆源影响较小，是研究 D-C 之交 Hangenberg 事件的良好载体。本文试图通过对隆安剖面灭绝事件层附近的高分辨率碳-氮同位素组成分析，探讨这一重大转折期碳-氮循环异常的具体过程，进而分析其与 Hangenberg 事件之间的关系。

高分辨率的 $\delta^{13}C_{carb}$ 值表明在 Middle *Si. praesulcata* 带的中下部经历了一个约 2‰的负偏（从 0‰下降到-2‰，-6 m~-3 m），同时，$\delta^{15}N_{org}$ 值也有一个明显的下降过程，从 4‰急剧下降到 0‰左右（-3.5 m~-2.5 m），这与 Hangenberg 事件有很好的对应关系。之后，$\delta^{13}C_{carb}$ 在 Middle *Si. praesulcata* 带上部至 Upper *Si. praesulcata* 中部逐渐上升至 2‰左右，然后逐渐下降至 D-C 界线处的 0‰，这与冰期事件刚好耦合。Middle *Si.praesulcata* 带（事件层）的高分辨率碳氮证据显示在全球变冷事件之前可能还有一次重大环境变化事件，而这可能是导致此次 Hangenberg 生物事件的原因。

Middle *Si. praesulcata* 带同步的 $\delta^{15}N_{org}$ 和 $\delta^{13}C_{carb}$ 负异常可能与缺氧海水的上涌有关，进而说明海洋大范围的缺氧可能是 Hangenberg 生物灭绝事件的一个重要原因。

S10-P-08S

氮、磷元素对于海洋好氧不产氧光合细菌 *Dinoroseobacter shibae* 代谢葡萄糖的影响

任睿，胡晨，焦念志*

厦门大学海洋微型生物与地球圈层研究所，厦门 福建 361005

*jiao@xmu.edu.cn

氮、磷元素对于细菌代谢有机碳具有重要的影响。我们以好氧不产氧光合细菌的典型菌株 Dinoroseobacter shibae DFL12 为研究对象，考察了在四组不同氮磷营养盐条件下，D.shibae 菌株对葡萄糖的利用情况。已有的实验结果显示高浓度的氮磷元素可以显著促进细菌的生长及其对有机底物的利用：在 28 天的培养结束后，高氮磷组培养体系中剩余的有机碳仅为初始浓度的 6.6%，而在三个营养盐限制组中则仍有 78-81%的有机碳剩余。同时我们在高氮磷处理的实验组中也观测到 DFL12 菌株产生更多的有色溶解有机质。通过细菌叶绿素的指标显示：在营养盐限制的条件下，D.shibae 菌株会通过合成更多的细菌叶绿素以获取额外的能量。通过以上结果我们认为：氮磷元素可以显著提高 D.shibae 对于有机底物的利用效率，而好氧不产氧光合细菌由于具有细菌叶绿素的生理优势，可以在微生物介导的碳元素的生物地化循环中发挥独特的作用。

S10-P-09

南海沉积物细菌群落空间分布受深部沉积过程的影响

王鹏，陈松泽，谢伟，张传伦

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

pengwang@tongji.edu.cn

The ocean subsurface contains one of the largest pools of reactive carbon and nitrogen on earth, and thus serves as the largest realm for microbial life. However, the microbial communities that drive deep-subsurface geochemical processes are vastly unexplored. In this study, the bacterial diversity and community structure in the subsurface of the South China Sea were examined in sediment cores collected from shelf (water depth 667 m) to slope (water depth 3840 m). High-throughput sequencing of the bacterial 16S rRNA genes from the sediment samples resulted in a total of 270,000 sequences with each sample averaging about 10,000 sequences. In all samples, the bacterial community was dominated by Proteobacteria, Bacteroidetes, Actinobacteria, and Firmicutes. In most of the sediment cores, the Proteobacteria dominated surface sediment samples and decreased with

the increasing core-depth. The community structure showed no significant difference among the stations with different water depth, which indicated that the water depth is not a controlling factor for bacterial distribution in the sediment of SCS. However, stations along the transect from Pear River canyon to the deep SCS basin were grouped together in the cluster analysis, which indicates that bacterial distribution among these stations may be impacted by the sedimentary processes of the deep sea.

S10-P-10S

东赤道太平洋 U1337 站位年龄模式建立

陈云如，田军*

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
*tianjun@tongji.edu.cn

东赤道太平洋一直以来都是海洋学的一个热点区域。太平洋身为最大的海洋与新生代全球变化息息相关。赤道太平洋是高生产力海区，海气交换活跃。IODP320/321 航次在东太平洋打了 8 个站位（U1331-U1338），用于建立一个 50Ma 以来赤道太平洋的环境记录。但是展开一切研究问题的基础是解决年龄问题。

本实验采用 U1337（3°50.009′N, 123°12.352′W; 水深 4463m）上部 201.1m 共 2019 个样品，测试其底栖有孔虫的稳定氧、碳同位素（现已完成 704 个，合成深度 68.72m）。泥样用 63μm 筛子冲洗后烘干，挑选壳径在 0.3-0.36mm 之间的底栖有孔虫 *Cibicidoides Wuellerstorfi* 个体 2-8 枚。最后用 Finnigan MAT-252 型稳定同位素质谱仪进行稳定氧、碳同位素的分析测试。样品的准备和测试都在同济大学海洋地质国家重点实验室完成。

获得的氧同位素时间序列是很好的建立年龄模式的材料。我们选取已经建立的全球底栖氧同位素综合曲线 LR-04 作为目标曲线，调谐 U1337$\delta^{18}O$ 时间序列，得到一个轨道尺度上的年龄标尺。选择容易辨认的冰期与间冰期转折点作为年龄控制点，然后在$\delta^{18}O$ 变化速率最快的点之间进行线性插值，将时间序列相对于沉积深度的变化转化为相对于地质年代的变化。对比 LR-04 标准曲线后，将氧同位素曲线与同样位于东赤道太平洋的 ODP846 和 ODP849 的年龄模式进行对比，做细部调整。这一工作为接下来进行东太平洋 CCD（碳酸盐补偿深度）以及钙质生产力与碳酸盐溶解作用等海洋环境变化过程的重建打下了年代基础。

S10-P-11

海洋微型生物的碳水化合物活性酶基因比较研究

Kai Tang, Yingfan Lin, Wenchu Zhou, Nianzhi Jiao

State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Institute of Marine Microbes and Ecospheres, Xiamen University, Xiamen 361005, China
tangkai@xmu.edu.cn

Carbohydrates and peptides are major components of DOM in aquatic ecosystems, and their microbial assimilation is therefore an important driver of the carbon cycle. Enzymes involved in carbohydrate metabolism include carbohydrate esterases (CE), glycoside hydrolases (GH), glycosyl transferases (GT), and polysaccharide lyases (PL), commonly referred to as carbohydrate-active enzymes (CAZymes). They have a pivotal role in cleaving and decomposing and transforming

DOM. A comprehensive survey of CAZymes in marine bacterial genomes and the Global Ocean Survey (GOS) metagenome was presented. Bacteria with abundant GHs are degraders of the complex polysaccharides (including some semilable DOM) in marine system and are of great interest in diverse. For example, genomic and bioassays on pure cultures for *Gramella flavus* JLT2011^T revealed their capacity to degrade numerous polysacchride from phytoplankton.

S10-P-12

溶解有机碳和微生物生物群落对营养盐添加的模拟响应

马文涛

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
wtma@tongji.edu.cn

溶解有机碳（DOC）总量估计为 662 Pg C （Pg=10^{15} g），与大气 CO_2 总量相当，其在海洋碳循环中的作用也得到了越来越多的关注。DOC 库的变化可以调控大气 CO_2 和海水碳同位素（$\delta^{13}C$）。古海洋记录中，海水$\delta^{13}C$表现有 40 万年长周期变化，这种可能与 DOC 库的变化有关。为了验证 DOC 的储碳效应，利用中等复杂程度碳循环模型（GENIE）进行了敏感性实验，结果显示 DOC 增加 100 PgC， 大气 CO_2 减少 9.1 ppm，海水$\delta^{13}C$ 升高 0.06‰。

DOC 的产生和消亡过程与微型生物密切相关。高营养海区有机碳输出表现为颗粒有机碳（POC）的快速沉降与消耗，而低营养海区有机碳输输出表现为以 DOC 为主的慢速循环。为了研究营养盐对 DOC 和微型生物影响，设计了中等复杂程度的箱式模型。模型包含了光合自养（普通浮游植物）、光合固氮（固氮藻类）、异养，化能自养（氨氧化细菌、亚硝酸盐氧化菌，厌氧氨氧化）等过程。模拟结果显示微型生物对添加营养盐反应敏感，总量与垂向结构都发生明显变化。DOC 总量也有明显变化。微型生物碳泵是产生惰性 DOC 的关键环节，模拟结果显示有必要改进现有模型，加入微型生物碳泵优化模拟结果。

S10-P-13S

苏北盐沼有机碳含量对互花米草生物量变化的动态响应

冯振兴 [1]，高建华 [1,2,*]，汪亚平 [1]

1 南京大学 海岸与海岛开发教育部重点实验室，江苏 南京 210093；
2 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室，山东 青岛 266061

互花米草(C4) 作为外来物种，自 1982 年引种到江苏潮滩以来,几十年间，凭借极强的适应性和繁殖能力，已取代盐蒿成为当地优势物种，形成了大面积的互花米草盐沼湿地，并对盐沼生态系统产生了重要影响。植被种群的改变势必会引起盐沼土壤有机碳库的变化，互花米草引种改变了盐沼有机碳输入模式，极大地增加了盐沼有机碳的累积。然而，关于互花米草盐沼有机碳的累积机制，尤其是根、茎、叶及枯落物等不同植物组织，在盐沼有机碳埋藏和分解中的作用，尚缺乏深入研究。

本研究以江苏王港典型互花米草（Spartina alterniflora）盐沼湿地为对象，分析光滩及互花米草滩沉积物中有机碳的垂向和水平分布特征，了解互花米草生物量的季节动态变化，探讨二者之间的相互关系，在此基础上研究互花米草生物量分布和季节变化对沉积物中有机碳含量的影响。结果表明，在地下生物量集中分布的 0-20cm 深度内，沉积物中有机碳含量较高，互花米草来源的有

机碳含量与地下生物量之间存在良好的正相关关系，说明地下生物量是影响沉积物有机碳含量的重要因子。此外，表层沉积物有机碳含量及其中互花米草来源有机碳所占比例，均与互花米草枯落物的季节变化之间在形态上有着良好的一致性，但存在两个月的“相位差”，这与新增枯落物中有机碳快速分解需要两个月时间相吻合，说明枯落物是表层沉积物中有机碳的重要来源。互花米草生长季通过光合作用固定了大量的有机碳，并在体内完成季节性分配和转移。这些有机碳绝一部分通过潮水带到了外海，另一部分输入到沉积物中，提高了沉积物中有机碳埋藏通量。研究区互花米草盐沼湿地的固碳能力达到了 $1893 g \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$，是陆地生态系统一个重要的碳汇。以 2007 年为例，盐城互花米草盐沼湿地固碳总量相当于当地年碳排放量的 4.9%，为抑制大气 CO_2 的升高做出了巨大贡献。

S10-P-14

溶藻细菌在海洋碳循环中的作用不可小觑

张永雨 [1,2]，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 厦门大学海洋微型生物与地球圈层研究所，厦门 361005

zhangyy@qibebt.ac.cn

溶藻细菌是能够抑制藻类生长或杀死藻类、溶解藻细胞的细菌的统称，是海洋中浮游藻类群落结构的重要调控者之一，并在海洋赤潮的消亡过程中可能起着关键作用，近年来引起了广泛关注，然而以往研究大多集中于赤潮藻溶藻细菌的研究，而对海洋中广泛存在的海洋初级生产力的主体，如蓝藻（如原绿球藻、聚球藻等）及其它藻类的溶藻细菌却知之甚少。

我们前期研究发现，实验室内培养的每一种藻，都能较容易地在近海水体中筛选到其特异性溶藻细菌，暗示溶藻细菌可能在近海环境中广泛存在，并在很大程度上影响着浮游植物群落结构与功能。溶藻细菌裂解藻类等浮游植物后，释放出大量溶解有机碳(DOC)和颗粒有机碳(POC)，颗粒有机碳通过下沉至深层水体，可在一定时期内实现海洋储碳过程（即沉降生物泵），间接参与海洋碳循环过程。另外，溶解在水体中的 DOC 很大一部分可以被其他异养细菌吸收利用，从而进入到微型生物食物环，参与微型生物碳泵储碳过程。不过目前针对溶藻细菌裂解浮游植物释放 DOC 及其对海洋惰性有机碳库（RDOC）的潜在贡献却极少有人研究。

目前我们已在实验室建立了海洋溶藻细菌的快速筛选分离方法，并分离获得了多个海洋浮游藻类与其溶藻细菌的相互作用模式体系。同时对个别典型溶藻细菌的溶藻方式与机制进行了揭示，为下一步深入研究溶藻菌与浮游藻类相互关系以及弄清溶藻菌参与 DOC 释放与微型生物碳泵过程和机制奠定了前提基础。

S10-P-15

东海陆架沉积有机碳的来源、分布和成岩状态

姚鹏 [1,2,3]，赵彬 [1,4]，张婷婷 [1,4]，潘慧慧 [1,4]，王金鹏 [1,4]，李栋 [1,4]，雷蕾 [1,4]，高立蒙 [1,4]

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 海洋科学与技术青岛协同创新中心，青岛 266100

3 中国海洋大学海洋有机地球化学研究所，青岛 266100

4 中国海洋大学化学化工学院，青岛 266100

yaopeng@ouc.edu.cn

大河影响下的陆架边缘海（River-dominated Ocean Margins，RiOMars）

是陆源有机碳在海洋中的主要沉积汇。了解 RiOMars 系统中沉积有机碳（SOC）的来源、组成、分布和成岩状态对于更好地理解全球碳循环，特别是 RiOMars 在全球碳循环中的作用有重要意义。本研究分析了 2010 年 10 月在东海陆架采集的 53 个表层沉积物的粒度组成、比表面积（SSA）、密度、总有机碳（TOC）及其稳定碳同位素（$\delta^{13}C$）等全样参数与沉积色素和木质素等生物标志物，以探讨沉积有积碳的来源和成岩状态的空间分布特征及其影响因素。密度较小、SSA 较大的细颗粒物（粉砂和粘土）和 TOC 主要分布在长江口-浙闽沿岸和济州岛南的泥质区，东海陆架上的沉积物以砂质为主，密度较大，但 SSA 和 TOC 含量较小，显示水动力分选在河口-边缘海有机碳的散布过程中发挥了重要作用。来自 $\delta^{13}C$ 和木质素含量（Λ_8）的证据均表明，东海陆架上的 SOC 是多种来源的混合。长江口所输送的陆源有机碳主要沉积在长江口附近，并沿浙闽沿岸向南输运，少部分可向河口外陆架输运。济州岛南 SOC 的 $\delta^{13}C$ 相对富集（~-21‰），显示海洋浮游植物的贡献较多。浙闽沿岸外陆架上 SOC 的 $\delta^{13}C$ 相对也比较亏损（~-23‰），则可能是因为此处海源有机碳贡献较低，残余砂中的较古老陆源有机碳的贡献为主所致。木质素组成数据（如紫丁香基酚与香草基酚比值 S/V 与肉桂基酚与香草基酚比值 C/V 及木质酚植被指数 LPVI）表明木质素来源主要为被子植物木本组织，在济州岛南陆架上可能有来自被子植物草本组织的贡献。沉积色素的结果表明叶绿素及其降解产物主要分布在长江口外砂质区域和浙闽沿岸泥质区域，以及济州岛南的泥质区，显示这些区域的海洋初级生产较活跃。运用基于蒙特卡洛模拟的三端元混合模型区分了土壤、C_3 维管植物和海洋浮游植物对 SOC 的贡献，发现海源贡献均超过 50%，平均为 74%，最高在济州岛南泥质区，达 88%；富含木质素的 C_3 维管植物贡献主要集中在长江口附近，最高为 22%，平均只有 7%；土壤的贡献介于两者之间，平均为 19%，除了长江口较多之外，浙闽沿岸也有分布，显示贫木质素的土壤有机碳相比 C_3 维管植物能够被沿岸输运的更远，这与前者主要吸附在细颗粒物上，而后者主要赋存在较粗的颗粒物上有关，进一步说明了水动力分选在陆源有机碳的选择性输运方面发挥了重要作用。虽然长江口-浙闽沿岸泥质区和济州岛泥质区的 TOC 含量和 SSA 均较高，但这些区域的 TOC/SSA 比值均较低，显示有机碳的保存较弱，与此处较高的木质素降解参数（如酸醛比(Ad/Al)v、3, 5-二羟基苯甲酸（3, 5-Bd））和叶绿素降解产物（如脱镁叶绿甲酯酸（pheophorbide *a*）、焦脱镁叶绿素（pyro-pheophytin a）、甾醇绿素酯（SCEs）和胡萝卜醇绿素酯（CCEs））相对应，说明这些区域的 SOC 可能经历了显著的再矿化分解，显示泥质沉积在有机碳循环中发挥了重要作用。

S10-P-16S

南海北部海盆深层颗粒有机碳矿化及其对营养盐现存量的贡献

张静静，陈建芳，李宏亮，冉莉华

国家海洋局第二海洋研究所，国家海洋局海洋生态系统与生物地球化学重点实验室，杭州 310012

Zhangjingjing0604@hotmail.com;

海洋深层生源颗粒有机质的输出效率对人类来源 CO_2 的埋藏以及全球气候调节均起到至关重要的作用。本研究利用沉积物捕获器获得的南海北部海盆颗粒有机碳（Particulate Organic Carbon，POC）通量以及文献报道的真光层 POC 输出通量、水柱营

养盐浓度和水体滞留时间，估算了南海北部海盆 1000 m 层 POC 的输出效率，即 T_{eff} 值（transfer efficiency）、POC 通量衰减规律以及有机质矿化对水柱营养盐的贡献。结果表明，南海北部海盆年平均 T_{eff} 值为 10.79%。与 VERTIGO 研究结果对比发现，夏季南海北部海盆 1000 m 层 T_{eff} 值比 ALOHA 站高，但低于 K2 站，意味着南海北部海盆 100 m-1000 m 水柱中 POC 的衰减速率介于这两站位之间。同时，利用上述数据本文修订了适用于南海北部海盆的颗粒有机碳通量随水深增加而减小的幂次方程，结果表明其四季的衰减系数（b=-0.77~-1.20；平均-1.05）与太平洋等站位的研究结果相一致（b=-0.50~-1.38）。此外，基于上述数据本文利用南海北部海盆水柱中营养盐的积分平均含量，估算了对应水体滞留时间内不同水柱中颗粒有机质矿化后对营养盐现存量的贡献，其中 100 m-350 m 水柱中对 N 的贡献约为 25%，P 为 23%；350 m-1000 m 水柱中对 N 的贡献约为 16%，P 为 14%，而 1000 m 以深由于侧向运移作用的影响使得研究结果显著偏低小于 1%。

S10-P-17S

东海沉积物有机质屑的特征和分布及其研究意义

韦海伦，蔡进功

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
010weihailun@tongji.edu.cn;

东海宽阔的陆架是多条河流的会聚区，也是沿岸河流和黑潮的活动区，各种来源的有机质在此如何聚集、沉积和分布，对有机质的源和汇产生何种影响，都是人们长期关注的问题。为此，本文选取长江口和东海泥质区各 4 个表层样以及浙闽沿岸泥质区的 7 个柱状样，对沉积物全样以及通过筛选法和沉降法分离出的八个粒级（＞250 μm，250~125 μm，125~63 μm，63~25 μm，25~10 μm，10~5 μm，5~2 μm 和＜2 μm）样，进行孢粉相有机质屑特征的鉴定和统计，探讨东海区域内的沉积物全样及不同粒级有机质特征、来源与分布的差异。

对东海区域内沉积物全样的孢粉相分析对比发现，近陆地区木质、丝炭等结构有机质含量高，而离岸地区则以无定形为主。如长江口近河口的 F2 和 F3 站点的结构有机质含量分别高达 76.0%和 80.6%，而远离河口的 F4 和 F5 站点则无定形有机质分别含量高达 27.7%和 19.6%，充分展现了以河流控制为主的陆源与海源有机质分布的差异。在远离河口的东海各站点有机质总体上以无定形有机质为主，但分布仍有差异。如位于中陆架上的东 3 站点无定形含量高达 77.6%，这充分展现了海源有机质贡献的特征；而东海北部(近黄海)东 2 站点无定形含量降低为 62.5%，而木质和沟鞭藻增加了近 10%；在浙闽沿岸泥质区的东 1 和东 4 站点，其木质组分含量分别增高至 32.0%和 26.7%，这些特征可能与东海区域内的黑潮以及浙闽沿岸流的活动密切相关。对浙闽泥质区的浅柱状样孢粉相分析发现，有机质屑变化具有旋回性，如柱 1 和 柱 2 木质含量很高；柱 3 和 柱 5 以无定形为主；柱 4、柱 6 和 柱 7 以丝炭和黑团块为主。这可能有助于揭示浙闽泥质区沿岸流和沉积环境的变迁。

对东海各站点沉积物样和浅柱状样进行颗粒分级后的孢粉相分析发现，在＜ 2μm 粒级中无定形有机质富集（63.7%~100%）。在东 4，柱 6 和 柱 7 样中出现较多的丝状物有机质等；在＞2 μm 至＜63 μm 粒级中，无定形有机质与木质、丝炭和黑团块等结构有机质呈消长变化；在＞63 μm 粒级中结构有机质含量急剧增加且保存较为完好，但在 F4、

F5 和东字号各站点中较大颗粒的无定形含量增加；此外，东 2 站点中的沟鞭藻在各粒级中都有较高的比例。这些特征表明不同形态和特征的有机质的聚集、沉积和保存与不同矿物类型密切相关，如无定形有机质保存的最好载体是＜2 μm 粘粒组分，当然无定形聚集成较大颗粒也可以保存如＞63 μm 粒级中较大颗粒无定形的存在等；而结构有机质大量的保存于＞63 μm 粒级，或以细粒化而保存于＜63 μm 粒级，这是值得进一步探索的领域。

综合以上分析可知，东海地区有机质分布的差异与有机质陆源和海源相关，也与河流、黑潮和沿岸流变化和控制相关，并在沉积历史上会有一定的反映(如柱状样的旋回变化)，进而会影响东海作为有机质源和汇的地位的变化；东海沉积物不同粒级中有机质特征的差异，预示着不同类型有机质的聚集、沉积和保存方式的差异，也将决定了不同类型的有机质在碳循环中命运的差异，这对深刻认识和理解有机碳的循环具有重大的意义。

S10-P-18S

对沙河街组海绵状无定形体的初步研究

曾翔[1]，蔡进功[1]，边立曾[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
2 南京大学地球与工程科学学院，南京 210093;
2013zengxiang@tongji.edu.cn

根据对现代海洋碳汇的研究，生物泵是碳汇的重要途径之一。粪球粒和海雪是有机质由水体表面进入海底沉积物的最重要的两类有机颗粒。本文通过对渤海湾地区第三系沙河街组湖相烃源岩的研究发现，粪球粒沉积是当时当地有机碳赋存的最重要方式。

粪球粒沉积前人早有研究。例如，对北大西洋侏罗-白垩纪粪球粒沉积的研究等(Habib D.，1983)。粪球粒在古代碳酸盐岩中是经常发现的，特别是在泻湖海湾环境下常常十分丰富（彼得 A.肖勒等著，姚根顺等译，2010）。R. V. Tyson（1992）指出粪球粒是无定形体的重要组成。

本次工作对沙河街组泥页岩 235 个烃源岩岩石薄片和干酪根的观察研究发现，泥页岩烃源岩中原先定为海绵状无定形体的有机质绝大部分是粪球粒，岩石薄片中的粪球粒可与干酪根中粪球粒相互印证。研究发现，沙河街组烃源岩中粪球粒的形态包括：球形，椭球形，圆柱形，卵形，瓶形等。粪球粒的大小以圆柱状的为例，其宽为 50-800 微米，长为 250-1600 微米。巨大类型的宽为 1000-3000 微米，长为 5000-12000 微米。在岩石薄片中粪球斑块占到 65%以上时，TOC 较高，可达到 3%以上。粪球粒含量与总有机碳总体上表现为正相关关系。

S10-P-19

放射虫类群主导南海深海原生生物群落

Dapeng Xu[1,2], Nianzhi Jiao[1,2]

1 State Key Laboratory of Marine Environmental Science (MEL), Xiamen University, Xiamen, 361102 China
2 Institute of Marine Microbes and Ecosphere, Xiamen University (IME), Xiamen, 361102 China
dapengxu@xmu.edu.cn

The dark ocean serves as a key site for remineralization of organic matter and long-term carbon storage in the biosphere. However, knowledge of deep-sea food webs and carbon cycling is still in its infancy stage partially due to our limited understanding of microbial organisms living in this habitat. This is especially true for eukaryotic microbial life at abyssal depths which remains “uncharted

territory". Very few phylogenetic studies have been carried out on the abyssal plains, the largest benthic habitat on earth. In the present work, the diversity and community structure of marine protistan assemblages (microbial eukaryotes) at six locations in the South China Sea from surface to bottom waters were investigated by sequencing environmental 18S rDNA genes. A total of 1,079 partial-length protistan sequences were obtained, resulting in 195 distinct OTUs and 60% of the OTUs belong to Radiolaria, i.e. Polycystinea and Acantharea with unknown ecological function in the dark ocean which makes a point for further investigation. Sequences affiliated with Dinophyceae, Syndiniales groups I and II, dominated protistan community at euphotic zone (<800 m). Stramenopiles were also detected but much less abundant. In the abyssal depth, sequences belonging to Radiolaria significantly dominated the protistan community (accounting for ca. 64-97% of total protistan sequences and 40-74% of total protistan OTUs). Most OTUs were comprised of only one or two sequences suggesting a large but rare pool of protistan diversity. Many sequences had no close representatives in genetic database indicating novel diversity in this area. Our findings highlight the community structure of protists in South China Sea Abyssal Plain previously uncharacterized and more future investigations need to be done to reveal the roles that protists play in the deep-sea environment.

S10-P-20S

两百年来东海内陆架泥质区沉积有机碳输入的历史变化

李栋[1,2]，姚鹏[1,3,4*]，张婷婷[1,2]，赵彬[1,2]，潘慧慧[1,2]，王金鹏[1,2]，雷蕾[1,2]，高立蒙[1,2]

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，青岛 266100

2 中国海洋大学化学化工学院，青岛 266100

3 中国海洋大学海洋有机地球化学研究所，青岛 266100

4. 海洋科学与技术青岛协同创新中心，青岛 266100

*yaopeng@ouc.edu.cn

了解陆架边缘海系统中沉积有机碳来源的历史变化对更好地理解全球碳循环至关重要。加剧的人类活动已经显著改变了陆地径流所携带的陆源有机碳特征，对河口及沿海水生生态系统造成显著影响。为了更好地追踪人类活动的影响及陆架边缘海生态系统对其的响应，于 2011 年 6 月在浙闽沿岸泥质区使用重力管采样器采集了一根长 238 cm 的沉积柱状样，使用 ^{210}Pb 进行了沉积速率测定，确定其年代范围为 1785-2011，在此基础上，对沉积物样品的粒级组成、总有机碳（TOC）、总氮（TN）含量、稳定碳同位素（δ^{13}C）组成、木质素以及沉积色素进行了分析，重建了该区域在过去 225 年来沉积有机碳输入的历史变化。结果表明，沉积物中值粒径、粒级组成和 TOC 含量的变化不大，指示了 225 年来较为稳定的总有机碳输入和埋藏情况；木质素指标显示陆源木质素组织主要来自于被子植物且没有发生显著性变化。基于木质素含量和 δ^{13}C 并结合蒙特卡洛模拟建立了三端元混合模型，结果表明该海域沉积有机碳中以海源有机碳贡献为主（41~72%，平均为 58±0.06%），土壤有机碳贡献次之（12~33%，平均为 28±0.04%），而 C3 维管植物来源有机碳贡献最低（6~47%，平均为 14±0.06%）。在 1970 年前，不同来源有机碳的贡献基本保

持稳定，但之后由于长江流域剧烈的人类活动（例如筑坝）影响，陆源有机碳贡献逐渐降低，而海源有机碳贡献逐渐增加。针对沉积色素使用 Single-G 和 Multi-G 降阶模型进行拟合，结果表明大部分沉积色素的垂向分布与 Multi-G 降阶模型拟合曲线之间有较好的相关性（R^2>0.84），不同沉积色素的易降解和难降解部分的降解速率常数 *k* 分别为 0.11~0.16 yr^{-1} 和 0.0017~0.0029 yr^{-1}。去除降解作用影响后的沉积绿素（包括脱镁叶绿酸 a，脱镁叶绿素 a，焦脱镁叶绿素 a，甾醇绿素酯和胡萝卜醇绿素酯等）有效值变化与端元模型结果中海源有机碳贡献变化趋势较为一致，也与东海赤潮发生次数及灾害面积呈现较好相关性（R^2=0.21 和 0.80）。利用浮游植物特征色素，估算了硅藻、隐藻、裸藻、蓝藻和绿藻等浮游植物群落组成的变化，发现 1980 年后硅藻比例显著降低，裸藻和隐藻比例显著增加，这可能与长江径流、长江口及其邻近海域营养盐结构的变化有关。

S10-P-21

长江口—浙闽沿岸沉积有积碳的水动力分选

王金鹏[1,2]，姚鹏[1,3,4*]，潘慧慧[1,2]，张婷婷[1,2]，孟佳[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 化学化工学院，中国海洋大学，青岛 266100

3 海洋科学与技术青岛协同创新中心，青岛 266100

4 海洋有机地球化学研究所，中国海洋大学，青岛 266100

*yaopeng@ouc.edu.cn

从分粒级的角度研究长江口及其邻近海域沉积有机碳的水动力输送特征是深刻理解此区域有机碳的来源、散布和生物地球化学过程的关键。于 2013 年 3 月和 7 月采集了长江口和浙闽沿岸泥质区各 5 个站位的表层沉积物样品，采用水淘选方法进行了分级分离，分析了各级样品及未分级样品的有机碳含量和稳定碳同位素组成等参数，讨论了不同粒级沉积有机碳在输运过程中其来源、组成的时空变化规律和影响因素。结果表明，样品的质量回收率及有机碳回收率在 87-113%之间，实验操作造成的样品损失较小，具有较好的可信度。16-32 μm 粒级是所有沉积物样品中含量最高的粒级，除 3 月份长江口泥质区中心的站位外，其他站位的该粒级质量占据样品总质量的 60%以上。在 3 月份的样品中，16-32 μm 粒级的质量贡献率从北部长江口泥质区的 61%增加到南部浙闽沿岸泥质区的 84%，而在 7 月份的样品中，则是从 85%降低到 73%。这可能体现了长江口-浙闽沿岸的沉积物“夏储冬输”的季节输运模式。对于有机碳来说，随着粒径的增大各粒级有机碳的含量逐渐降低，说明较小的粒级容易结合有机碳，而较大的粒级结合的有机碳较少。各粒级有机碳的贡献率与各粒级沉积物的质量分布是一样的，也是 16-32 μm 粒级的贡献最大，且 3 月份从北向南逐渐升高（64-81%），而 7 月份逐渐降低（84-73%）。在 7 月份，各粒级和未分级样品的有机碳含量有明显从北向南逐渐降低的趋势，而在 3 月份，这种变化趋势不明显。这可能是因为冬季较强的浙闽沿岸流使沉积有机碳在输运过程中充分混和，而在夏季，有机碳主要沉积物在长江口附近，向南输运作用较弱，且混合不均匀。这一点也可以从有机碳的 $\delta^{13}C$ 和 N/C 比的分布特征上看出来。在 7 月份，小粒级的 $\delta^{13}C$ 较富集，大粒级的相对亏损，并且对于同一粒级来说，从北向南有逐渐亏损的趋势，而在 3 月份 $\delta^{13}C$ 没有显著的变化规律。7 月份 $\delta^{13}C$ 与 N/C 有很好的正相关性，而 3 月份 $\delta^{13}C$ 与 N/C 没有相关性，反映了 3 月份不同来源有机碳具有较好的混合，而 7 月份的有机碳

分选更明显。上述工作表明，水动力条件在决定不同来源沉积有机碳的在长江口的散布过程中发挥了重要作用。

S10-P-22S

我国东部季风区泥炭地植物正构烷烃和正构脂肪醇分布特征及其古环境意义

郑丽端[1,2]，薛建涛[1,2]，王新欣[1,2]，胡玉[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）地球科学学院地理系，武汉 430074

474605745@qq.com

东部季风区古气候变化一直是我国气候研究的热点之一。泥炭是第四纪（特别是中、晚全新世）一类重要的地质档案。由于其具有信息丰富、沉积序列长、沉积速度快、对气候变化响应灵敏且易于测年等优点，现已成为全新世古环境重建的重要载体之一。泥炭地因其特殊的环境保存了含量高且种类丰富的类脂物，这些类脂物指标已被广泛运用于古环境的重建中。然而，我们对类脂物参数响应环境变化的机理缺乏系统的认识。因此开展不同泥炭地植物类脂物的分布特征及其环境意义的研究具有重要意义。

对比东北长白山哈泥、川西若尔盖以及湖南城步十万古田泥炭地植物正构烷烃及正构脂肪醇的分布特征，结果表明：同一植物的不同组织（根和叶）在正构烷烃组成和含量上有明显的差异，这些差异有可能用来区分植物的根和叶对泥炭沉积过程中的贡献。不同泥炭地植物正构烷烃的平均碳链长度（ACL）和表征中等碳链长度正构烷烃（正构 C23 和 C25 烷烃）参数 P_{aq} 差异较小，而碳优势指数（CPI）存在较大的差异。其中，哈泥泥炭地植物正构烷烃 ACL 和 CPI 值均最小，但 P_{aq} 值最大。同一植物根和叶的正构脂肪醇分布差别不显著。酸性泥炭地植物正构脂肪醇平均碳链长度的平均值高于碱性泥炭地植物。

S10-P-23S

西藏热泉中支链四醚膜脂化合物的产生与分布与嗜热亚硝酸还原细菌之间的潜在联系

李芙嫣[1]，张传伦[1]，王尚[2]，陈雨霏[1]，孙驰骏[1,3]，董海良[2,4]，李文均[5]

1 海洋地质国家重点实验室，同济大学，上海 200092，中国

2 生物地质与环境地质国家重点实验室，中国地质大学，北京 100083，中国

3 地球与行星科学学院，西北大学，埃文斯顿，伊利诺伊州 60208，美国

4 地质与环境地球科学学院，迈阿密大学，牛津，俄亥俄州 45056，美国

5 云南微生物所，云南大学，昆明 650091，中国

fuyan121@126.com

Branched glycerol dialkyl glycerol tetraethers (bGDGTs) are produced by bacteria and originally identified from soils and peat bogs; recently, however, *in situ* production of bGDGTs in hot springs has been reported. Consequently, we designed this study to evaluate the linkage between the distribution of bGDGTs, their biological sources and inferred metabolic processes based on the distribution and abundance of bGDGTs, pertinent water chemistry and quantified bacterial *nirS* gene and available 16S rRNA(tag) gene pyrosequencing data from 37 Tibetan hot springs. The absolute and relative concentrations of intact polar and core

bGDGTs suggest that bGDGTs are predominantly produced *in situ* in these hot springs. Redundancy analyses revealed correlations between distribution of bGDGTs and concentrations of ammonia, nitrite, and nitrate and the abundance of *nirS* gene, which are better reflected in the core bGDGT fraction than in the respective intact polar bGDGT fraction. Our data suggest that some representatives of *nirS*-encoding nitrite reduction-capable bacteria tend to form bGDGTs that are more highly methylated. Reanalysis of published bacterial 16S rRNA gene sequences showed that the bacterial phyla *Proteobacteria* and *Bacteroidetes* correlated positively with a new methylation index ($R_{(III+II)/I}$) of bGDGTs, and some representatives examined in this study are capable of *nirS*-encoding nitrite reduction, suggesting that bGDGT synthesizing bacteria may be affiliated with these two phyla. Our study highlights the potential of linking bacterial nitrogen cycling and production of bGDGTs by the yet unknown organisms in Tibetan hot springs.

S10-P-24

南海海水溶解有机碳(DOM)的分子结构特征

Jiasong Fang[1,2], Jiangtao Li[1], Li Zhang[3], Jiani Wang[1], Bingbing Wei[1], Shamik Dasgupta[1], and William T. Cooper[4]

1 School of Earth and Ocean Sciences, Tongji University, Shanghai, China

2 College of Natural and Computational Sciences, Hawaii Pacific University, Kaneohe, HI 96744, USA

3 Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, China

4 Department of Chemistry & Biochemistry Florida State University, Tallahassee, FL 32306-4390 USA

jfang@hpu.edu

Water samples were collected at depths of 500, 800, and 1500 meters at three stations in the South China Sea (SCS) in 2012. A custom-built 9.4 Tesla (T) FT-ICR mass spectrometer, located at the National High Magnetic Field Laboratory in Tallahassee, Florida was used for molecular characterization of dissolved organic matter (DOM) in the SCS water samples. The FT-ICRMS produces mass accuracy of approximately $\pm$0.2 ppm up to m/z ~800, with average resolving power ($m/\Delta m_{50\%}$) > 700,000 at 400 Da. Our results suggest that DOM in the SCS water samples is (1) very similar in composition, regardless of depth, as suggested by elemental ratios (H/C and O/C) of formulas identified in the DOM; and (2) composed primarily of molecules with high H/C and moderate O/C ratios. Similarities in the composition of marine DOM at these sites are also evident based on the relative abundance of double bond equivalents in each molecular formula and comparison of formulas elemental content, including heteroatoms N and S. Taken together, these data suggest that DOM in these South China Sea samples is largely refractory and composed primarily of refractory carboxyl-rich alicyclic molecules, which likely represent a molecular "island of stability" (Lechtenfeld et al., 2014), or reactivity, of marine DOM. Further, our data address the chemistry “wing” of the PDPMC model (POM-DOM-Piezophilic Microorganism Continuum) (Fang et al., 2012, 2014).

S10-P-25S

南海北部海盆及陆架区表层海水二氧化碳分压及海气界面二氧化碳通量的区域及季节变化

李骞，戴民汉，翟惟东，郭香会，许懿

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

lipb@xmu.edu.cn

973 计划项目“中国近海碳收支、调控机理及生态效应研究”（CHOICE-C）执行期间，在南海北部海盆及陆架区（18°N 以北）进行了 6 个航次的走航观测，包括 2 次冬季航次（2008~2009 年和 2010 年）、1 次春季航次（2011 年）、2 次夏季航次（2009 年和 2012 年）和 1 次秋季航次（2010 年），获得了包括表层海水二氧化碳分压（partial pressure of CO_2, pCO_2）、海气二氧化碳通量（sea–air CO_2 fluxes）、表层海水温度（sea surface temperature, SST）和盐度（salinity, S）等参数在内的走航数据库。为便于对上述数据及其所指征的生地化过程进行深入分析与研究，将调查海域划分为 5 个区域，并据此得到了其区域与季节变化趋势。在粤闽沿岸海域（4.5 万平方公里），受珠江冲淡水等陆源输入的影响，表层海水温度及盐度在各个季节均较其它区域为低，且物理-生物地球化学过程较为复杂，使得其表层海水 pCO_2 数值变化较大（150~500 μatm），但其平均值（355 μatm）仍在所有调查海区中处于最低水平。在北部陆架海域（6.8 万平方公里），表层海水温度总体略低于纬度更低的北部海盆区，但盐度与海盆区已基本一致，这一区域内表层海水 pCO_2 数值在冬春两季主要受温度控制，而在夏秋两季物理混合及生物活动的影响则较为明显，总体在 190~440 μatm 之间波动，各季节平均值为 367 μatm。在北部海盆区（20.9 万平方公里），表层海水温度和盐度在调查海区中均处于最高水平，且表层海水 pCO_2 数值在各个季节均主要受控于温度的变化，呈现出典型的暖季高、冷季低的季节循环特征，其变化范围为 290~440 μatm，各季节平均值为 379 μatm。而在吕宋海峡以西海域（13.9 万平方公里）和海南岛以东海域（5.1 万平方公里），受事件性过程影响，表层海水 pCO_2 数值的控制因素较为复杂，变化范围也较大。在调查期间，较低纬度海区全年平均表现为大气二氧化碳的源，而靠近北部陆地的海区则表现为大气二氧化碳的汇。粤闽沿岸海域、北部陆架、北部海盆区、吕宋以西海域和海南岛以东海域全年平均海气二氧化碳通量分别为-0.87±1.16 mol m^{-2} yr^{-1}，-0.69±0.76 mol m^{-2} yr^{-1}，0.44±0.39 mol m^{-2} yr^{-1}，0.84±1.38 mol m^{-2} yr^{-1} 和 0.15±1.35 mol m^{-2} yr^{-1}，全部调查区域（共计 51.2 万平方公里）总体而言呈现为大气二氧化碳的弱源，每年可向大气输送$(3.1\pm1.9)\times10^{11}$ gC。

S10-P-26S

珠江下游及珠江口表层水甲烷分布与通量:水体中古菌可能参与的甲烷生成

王金祥[1]，张传伦[2]

1 佐治亚大学海洋系，美国 30602

2 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

jinxiang@uga.edu

Methane in the water column was widely accepted as release from sediments, but little is known about the biological sources from aquatic environment. The distribution of methane and archaeal lipids in the Pearl River Estuary and its drainage basin was investigated in the winter and the summer. The methane concentration in surface water was higher in the upper river, especially in the east river

(2731.2±3627.3 nmol L^{-1} in the water and 287.2 ±243.4 nmol L^{-1} in the summer), than that in the estuary (17.9±5.1 nmol L^{-1} in the winter and 20.9±10.2 nmol L^{-1} in the summer), which indicated that the dominant mechanism of surface methane formation might be positively related to biological production in water and external inputs of methane-rich freshwater. The methane concentration decreased rapidly from the upper rivers to the estuary, probably caused by the decrease in methanogen abundance, activity of aerobic oxidation of methane, diffusion across the air-sea interface and dilution of seawater during estuarine mixing. GDGT-0 and archaeol, characterizing the methanogens are most abundant in freshwater and decreased from the estuary to the coastal ocean, indicating that intact polar GDGT-0 and archaeol have the potential to be a proxy for the source of methane in the water column. Our study demonstrates that the Pearl River is not simply a channel to transfer terrestrially-derived methane to the northern South China Sea, but serving as a bioreactor to produce and consume methane as an important ecosystem.

S10-P-27

末次冰期以来南海北部下陆坡区沉积有机质地球化学特征及其指示意义

常晓红[1,2]，杨楚鹏[1*]，廖泽文[2]，李学杰[1]，姚永坚[1]

1 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510760

2 中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640

* gmgs_yang@foxmail.com

南海第四纪以来古气候环境、古海洋化学演化复杂，前人研究工作主要集中在河口、陆架以及陆坡区，对南海下陆坡区乃至深海平原的研究相对较少。该工作选取位于南海北部下陆坡—深海平原过渡带的典型沉积柱状样 N-1 和上陆坡的沉积柱状样 N-2 为研究对象，进行了高分辨率采样。通过对其沉积有机质的整体有机地球化学特征进行表征，包括沉积有机质的总有机碳（TOC）、总氮（TN）含量及其稳定同位素组成（$\delta^{13}C_{org}$、$\delta^{15}N$），探讨了南海下陆坡—深海平原区沉积有机质在冰期/间冰期旋回中的赋存状态、来源变化以及与古气候环境之间的相应关系。同时选取了 N-1 柱状样在不同时期的 10 个样品，针对其抽提物开展了系统的分子有机地球化学研究，检测出了正构烷烃、类异戊二烯烃、甾烷和萜烷等生物标志化合物，并对其分布特征进行分析。

通过以上研究工作，主要得到以下几点认识：

（1）TOC、TN 和 $\delta^{13}C_{org}$ 与冰期/间冰期旋回有明显的对应关系，冰期时对应高值，间冰期时对应低值；而 $\delta^{15}N$ 表现为全新世时其值偏低，末次冰消期其值偏高，与气候旋回没有相关性。

（2）N-1 柱状样 C/N 比值范围位于 6.66~14.43 之间，$\delta^{13}C_{org}$ 值位于-20.4~-24.5‰ 之间，两者均表明末次冰期以来南海北部下陆坡沉积有机质来源是陆相和海相的混源。TOC 与 TN 关系图中，数据点主要分布在海相来源的周围，长链正构烷烃的轻烃/重烃比值（$L/H=\Sigma C_{23}-/\Sigma C_{24}+$）为 1.05~4.20 之间，平均值为 2.30，两者均表明在末次冰期/间冰期尺度上沉积有机质主要以海相来源为主。C_{27}/C_{31} 位于 0.36~0.60 之间，平均值为 0.5，表明陆相来源中的草本植物对有机质的贡献大于木本植物。

（3）与南海北部上陆坡区选取的 N-2 沉积柱状样进行了整体有机地球化学特征对比，研究表明下陆坡 TOC 平均含量在全新世时为 0.69%，TN 平均含量为 0.09%；上陆坡 TOC 平均含量为 0.80%，平均含量为 0.11%，明显高于下陆坡区，而在全新世以前其变化不明显。且 TOC 和 TN 含量的变化与沉积速率有正相关关系。

（4）不同层段样品抽提物的有机地球化学研究结果表明南海北部下陆坡沉积有机质来源于海相和陆相的混源，以海相来源为主。并且定量得到末次冰期旋回中每克沉积物（干重）中正构烷烃总量为 2.33~7.47ug/g，平均含量为 4.05ug/g。

（5）样品中检出了丰富的三环萜烷和五环萜烷等生物标记化合物，且以 17α（H），21β（H）-藿烷为主峰。陆源有机质含量（Σ_{25-33}）高值对应于冰期，低值对应于间冰期；C_{31} 最高值对应于冰期，最低值对应于间冰期；L/H 的高值对应于间冰期，低值对应于冰期。这都表明陆源有机质在冰期的贡献较间冰期大。

S11-O-01

南海深海细菌 HSL 家族 GTSAGmotif 亚家族的一种新型酯酶二聚体化及其催化酯类有机碳降解的结构基础

Ping-Yi Li[1,2], Peng Ji[1,2], Chun-Yang Li[1,2], Yi Zhang[1,2], Guang-Long Wang[1,2], Xi-Ying Zhang[1,2,3], Bin-Bin Xie[1,2,3], Qi-Long Qin[1,2,3], Bai-Cheng Zhou[1,2], Xiu-Lan Chen[1,2,3], Yu-Zhong Zhang[1,2,3*]

[1]State Key Laboratory of Microbial Technology,
[2]Marine Biotechnology Research Center,
[3]Collaborative Innovation Center of Deep Sea Biology, Shandong University, Jinan 250100, China
*zhangyz@sdu.edu.cn.

Hormone-sensitive lipases (HSLs) are widely distributed in microorganisms, plants, and animals. Recently, it was also found that HSLs are widely distributed in marine microorganisms. Microbial HSLs have been classified into two subfamilies, a new subfamily and the GDSAG subfamily. Due to the lack of structural information, the catalytic mechanism of the new subfamily is still unknown. Based on sequence analysis, we propose to name the new subfamily as the GTSAG subfamily. A metagenomic library containing 10,652 fosmid clones was previously constructed from the surface sediment sample E505 from the South China Sea. We identified a novel HSL esterase E25, a member of the GTSAG subfamily, by functional metagenomic screening, and resolved its structure at 2.05 Å. E25 is mesophilic, salt-tolerant, slightly alkaline, and capable of hydrolyzing short-chain monoesters (C2-C10). E25 tends to form dimers both in structure and in solution. An E25 monomer contains an N-terminal CAP domain, and a classical α/β hydrolase fold domain. Residues Ser186, Asp282, and His312 comprise the catalytic triad. Structural and mutational analyses indicated that E25 adopts a dimerization pattern distinct from other HSL enzymes. E25 dimer is mainly stabilized by an N-terminal loop-intersection from the CAP domains and hydrogen bonds and salt bridges involving seven highly conserved hydrophilic residues from the catalytic domains. Further analysis indicated that E25 also has a catalytic mechanism different from other HSL enzymes. Dimerization is essential for E25 to exert its

catalysis activity by keeping the accurate orientation of the catalytic Asp282 within the catalytic triad. Our results reveal for the first time the structural basis for dimerization and catalysis of an esterase from the GTSAG subfamily of the HSL family. The novel esterase from the GTSAG subfamily of the HSL family might play important role in the process of SCS deep sea organic carbon biogeochemistry.

S11-O-02

典型海域微生物群落结构及其生物地球化学意义

刘吉文，张晓华*

中国海洋大学海洋生命学院，青岛 266003
*xhzhang@ouc.edu.cn

微生物是各种生源要素循环的主要执行者，它们在全球生物地球化学过程以及生态环境的自然修复中起着举足轻重的作用。对微生物多样性进行研究，探讨微生物群落的分布模式以及微生物的群落变化机制，有助于加深对生物地球化学循环的认识。本研究对中国近岸海域（渤海、北黄海、南黄海、东海北部和珠江口）以及南太平洋环流区的微生物群落结构进行了详细描述，分析了影响微生物群落变化的环境因素，并以中国近海复杂的沉积物微生物群落为基础，探索微生物种属之间的共存模式，为进一步理解微生物所介导的地球化学反应提供理论依据。

利用 454 高通量测序技术对中国近岸海域不同站位的水体和沉积物的微生物群落结构进行了研究。发现在珠江口，无论浮游细菌还是浮游古菌，所有水体样品根据群落组成均可分为相同的三簇：淡水区域样品、咸水区域表层水样品和咸水区域底层水样品，水体盐度、营养盐和溶氧是影响浮游微生物群落变化的最重要因素，溶解氧是影响淡水区域浮游微生物群落组成的重要因素。珠江口沉积物的微生物群落组成在淡水与咸水区域之间也存在明显差别，并且具有显著不同的指示类群。此外，淡水区域不同深度沉积物的微生物群落无明显区别。咸水区域表层沉积物的细菌群落组成与深层样品差别明显，而古菌则在不同深度呈现出一致性。相比于环境因子，地理距离对珠江口表层沉积物微生物群落变化的影响更为重要。在中国北部边缘海（渤海、北黄海、南黄海以及东海北部），4 个海区的表层沉积物分别具有自己独特的微生物群落组成，地理距离是影响其微生物群落变化的最重要因素。底层水温度和溶氧对微生物群落变化也具有显著的影响，而沉积物叶绿素 *a* 仅对古菌群落变化具有显著影响。基于上述沉积物的微生物群落组成，探索了我国近海沉积物中微生物群落的共存模式，发现硫酸盐还原细菌与硫氧化细菌之间、硫酸盐还原细菌与亚硝酸盐氧化细菌之间、反硝化细菌与固氮细菌之间均存在显著正相关，表明这些反应过程之间可能存在一定程度的耦合。此外，古菌 MG-I 类群与 MCG 类群呈显著负相关，表明二者之间可能存在潜在的竞争关系。

在南太平洋环流区，无论细菌还是古菌，其表层沉积物的群落组成与深层均具有明显的差异。此外，南太平洋环流区表层沉积物以绿弯菌门和浮霉菌门占据优势地位，而近海区域以 Gamma-变形菌纲和 Delta-变形菌纲为优势类群。无机营养是南太平洋环流区沉积物中细菌群落变化的主导因素。这些结果表明寡营养沉积物的细菌群落组成与近海沉积物具有显著区别并且受到显著不同环境因素的影响。

S11-O-03

环境转录组和基因组揭示了来自深海瓜伊马斯热液环境的烟囱体内存在“加强”了的蛋白代谢和转录调控

Ying He[1,2], Jing FangXiang[1,2], Xiao[1,2] and Fengping Wang[1,2]

1 State Key Laboratory of Microbial Metabolism, School of Life Sciences and Biotechnology, Shanghai, P.R. China;

2 State Key Laboratory of Ocean Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, P.R. China;

heying1982@sjtu.edu.cn

Deep-sea hydrothermal vent chimneys contain a high diversity of microorganisms, yet the metabolic activity and the ecological functions of the microbial communities remain largely unexplored. In this study, an integrated metagenomic and metatranscriptomic approach was applied to characterize the metabolic potential in a Guaymas Basin (GB) hydrothermal vent chimney and the roles of environmental factors have played. To characterize the features of high temperature environment, comparative analysis was conducted between a metagenome and metatranscriptome (together referred as a metaset) from a cold seep environment and the GB chimney. The GB metaset was significantly enriched in genes for protein biosynthesis, protein degradation and flagellar motility, highlighting the fact that high temperature may boost the protein metabolism and cell mobility. To investigate the transcriptional responses of microbes in hydrothermal vents, complete clustering of functional gene categories was performed it showed that this GB chimney metatranscriptome was significantly depleted in genes involved in DNA repair and recombination and significantly enriched in phenylalanine and ribosome metabolism, benzoate and toluene degradation, when compared to its own and two other hydrothermal vent chimney metagenomes. These observed differences between metatranscriptome and metagenome may due to a high-temperature driven regulation at the transcriptional level, which may also indicate that metatranscriptome can reveal the changes in metabolic pathways as microbes perceive the environmental signals and respond to them in gene expressions. This study will be the first to explore the metabolic potential of microbes from hydrothermal vent chimney at the transcriptomic level.

S11-O-04

铁元素循环的微生物调控过程与机制——以趋磁细菌为例

林巍[1,2]，潘永信[1,2]

1 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，北京 100029

2 中国科学院中-法生物矿化与纳米结构联合实验室，北京 100029

weilin0408@gmail.com

铁是地壳中含量第四的元素，也是几乎所有生命所必须的微量元素之一，在海洋和陆地生态系统中铁元素的生物地球化学循环具有重要作用。微生物是调控和驱动自然界铁元素循环的关键生物类群，其中发挥重要作用的包括铁氧化细菌、铁还原细菌和趋磁细菌等。趋磁细菌是一类能够感应外界磁场

并沿磁力线方向定向运动的微生物总称，广泛分布于海洋和湖泊环境中。趋磁细菌的重要特征是在从环境中获取铁离子，在细胞内严格控制矿化形成几十至数百个纳米级、链状排列的磁铁矿（Fe_3O_4）或胶黄铁矿（Fe_3S_4）磁性矿物，称为磁小体。由于磁小体的存在，趋磁细菌体内的含铁量比普通微生物高出至少 2 个数量级，因此在全球铁元素的循环中具有不可忽视的作用。此外，磁小体具有粒度均一、结晶程度高、磁性强（单磁畴颗粒）等特点，它们在细胞死后可以保存在沉积物中形成化石，这些化石磁小体不仅对沉积物的磁学性质有贡献，而且也为重构古环境和古气候提供了契机。

我们对北半球典型湖泊和海洋环境中趋磁细菌的种群多样性、地理分布特征和磁小体矿化机制进行了较为系统的研究。发现趋磁细菌在湖泊、河流、潮间带、红树林、浅海等沉积环境中广泛分布，且多样性较丰富，在系统发育上分别属于变形菌门（*Proteobacteria*）和硝化螺旋菌门（*Nitrospirae*），并综合利用分子生态学方法和岩石磁学技术对代表性细菌类群进行了深入分析和鉴定。在此基础上，对趋磁细菌大尺度地理分布格局及其驱动机制进行了研究，发现趋磁细菌的现代地理分布受环境异质性和地史过程共同驱动，其中环境因子较地史过程发挥更重要的作用。我们对全球趋磁细菌及其合成铁磁性矿物的能力也进行了初步估计。

最近，利用宏基因组学和比较基因组方法，首次获得了一株未培养硝化螺旋菌门趋磁细菌的基因组草图，识别出调控磁小体合成的完整基因簇，从基因水平揭示了该类细菌在单个细胞内矿化合成数百个子弹头状磁铁矿磁小体的分子机制。

S11-O-05

地下深部生物圈特征——以东海超深钻为例

董海良[1,2]，张更新[3]

1 中国地质大学（北京）

2 美国迈阿密大学地质系

3 中国科学院青藏高原研究所

zhangg@itpcas.ac.cn

利用地球化学，培养以及分子微生物学的方法研究了中国大陆钻探计划中超高压变质岩和深部流体中微生物的群落结构。钻孔位于中韩和扬子的汇聚板块边界的大别苏鲁超高压变质造山带的东部。微生物能够在大陆地下深部（深至 4500 米）存活，并在矿物和岩石的生物地球化学转换过程中起重要作用。从深度 4500 米的岩石样品中通过直接细胞计数和磷脂脂肪酸分析来鉴别微生物的活动，在此深度时，温度预计达到大约 130°C。微生物在地下的分布是连续的，并且微生物细胞的丰度与深度无关。然而，岩石 DNA 样品的 PCR 得到 16S rDNA 序列分析表明微生物多样性随深度增加而降低；随着深度增加，细菌从变形菌门主导的种群转变至厚壁菌门主导。从地表至 2030 米，大部分序列与硝酸盐还原有关，并处在喜盐、喜碱的环境下。从 2290 到 4500 米，大部分序列与厌氧、嗜热、嗜盐、嗜碱细菌有关。古菌的多样性很低。大部分古菌序列不和任何已知的已培养物种相关，但是和地下海洋环境中的环境克隆序列相关。我们从岩石和流体中得到了一些微生物的富集和分离，其中包括嗜热金属还原菌和嗜碱菌。嗜热铁还原菌以乳酸或氢气为电子供体并以固体矿物中的结构三价铁为电子受体，产生了大量的矿物转换。此类反应的一个重要例子就是嗜热金属还原菌促进了蒙脱石到伊利石的转换。其中一种厌氧，嗜碱的细菌被分离出来，其最适 pH 为 12，最适温度为 37°C。这种生物可以还原

铁以及过度金属如钒。因此，通过对岩石圈进行直接观测和研究，可以研究全球气候变化及环境变迁，探索地下微生物的分布及潜育条件。

S11-O-06

海洋不可培养微生物的基因组的进化多样性研究

Haiwei Luo (罗海伟)

University of Georgia, Department of Marine Sciences, USA

hluo2006@gmail.com

A vast majority of microbes remain uncultivated. This makes characterizing them by traditional genomic and microbiological techniques a challenge, which in turn, restricts our ability to elucidate their roles in ecological environments. Metagenomics is a culture independent technique that became popular for assembling genomes of uncultivated microbes, but this technique is limited in that it cannot differentiate strain variations. The recent advent of single cell genomics (single cell sorting, multiple displacement amplification, and genome sequencing) has provided one way to address these problems. In collaboration with Bigelow Single Cell Genomics Center, we obtained multiple genomes of single cells of marine Roseobacters and Thaumarchaeota. The Roseobacter single cells have streamlined and G+C-poor genomes, and evolutionary processes that shape these genomic properties are explained equally well by genetic drift as by the more frequently invoked explanation of natural selection. Analysis of Thaumarchaeota single cell genomes showed that some traits, including putative DNA photolyase and catalase genes that may be related to adaptive mechanisms to reduce light-induced damage, were found exclusively in the shallow water cells.

S11-P-01S

潮滩湿地厌氧氨氧化活性研究

Yanling Zheng[1], Lijun Hou[1], Min Liu[2], Junliang Zhou[1], Hui Zhao[3], Xunliang Cheng[1], Fengyu Deng[1] and Fei Chen[1]

1 State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai, China;

2 College of Resource and Environmental Science, East China Normal University, Shanghai, China;

3 Research Center, Shanghai Botanical Garden, Shanghai, China.

yanling0325@163.com

A combination of molecular and isotope-tracing techniques was used to investigate the biogeochemical behavior of anammox bacteria and their quantitative importance in nitrogen cycling in intertidal marshes. Phylogenetic analysis showed the detection of *Scalindua sorokinii*, *Scalindua wagneri*, and *Kuenenia stuttgartiensis*. A great change in anammox communities was observed with sediment depth. The abundance of anammox 16S rRNA genes were detected between 3.37×10^6 and 1.60×10^7 copies g^{-1} dry sediment. Anammox rates ranged between 0.16 and 0.61nmol N g^{-1} h^{-1}, and contributed 7.3 - 21.3 % to the total nitrogen loss. It was estimated that about 1.16×10^5 t N yr^{-1} could be removed by anammox from intertidal marshes of the Yangtze Estuary. Furthermore, the coexistence of denitrification, DNRA, and

nitrification was firstly detected in intertidal marshes, and each of these N-cycling processes might be predominant in nitrite providing for anammox bacteria in different sediment depth separately.

S11-P-02S

南极菲尔德斯半岛潮间带沉积物微生物群落结构及其对复杂环境的响应

王龙，刘晓收，史晓翀，张晓华*

中国海洋大学海洋生命学院，青岛 266003
*xhzhang@ouc.edu.cn

菲尔德斯半岛位于南极乔治王岛南端，后者是南设得兰群岛中最大的一个岛屿。这里四周环海，具有南极洲海洋性气候特点，被称为南极洲的“热带”，平均气温和降水量远高于南极大陆，加之处在南极半岛与南美大陆间的多气旋地带，天气变化剧烈，冰雪的年积累量和消融量都较大，多种极地动物（海豹、企鹅、多种鸟类）栖息地分布于此，为多样化的微生物群落结构的形成创造了条件。以往有关这一区域的研究多着眼于陆地土壤，然而对潮间带沉积物微生物群落结构的研究罕有报道，本研究对于加深这方面的了解具有重要意义。

本研究选取菲尔德斯半岛沿岸 18 个站位的表层潮间带沉积物，采用 454 焦磷酸测序技术进行微生物群落结构研究。在该区域，我们共发现 29 个门的细菌，其中变形菌门、拟杆菌门和放线菌门在所有站位中都占支配地位，三者之和占细菌总数的近 90%。与其它地区潮间带沉积物微生物群落相比，拟杆菌门和放线菌门比例明显偏高，而绿弯菌门和酸杆菌门明显偏少。在 18 个采样站点中，有 12 个站点位于东海岸（E1-E12），6 个位于西海岸（W1-W6），两组站点微生物群落结构有显著性差异（P=0.002）。由于菲尔德斯半岛西海岸面向外海，并分布有多处海豹栖息地，受到洋流、季风和海豹活动的综合影响，微生物群落结构不同于东海岸的站点，变形菌门细菌较多，而拟杆菌门细菌较少。基于 OTU（97%相似度）构建的 PCA 图显示，这些站位共聚成四簇，除了上述东西海岸两组，E1 和 E2 聚成的一簇以及 E9 站分别从东海岸站位中独立出来。基于 OTU（97%相似度）构建的多样品相似性树状图得到了相同的结果。由于 E1 和 E2 两个站位分别位于玉泉河和酒泉河河口，受到冰川融化淡水冲海水的影响，拟杆菌门较其它站位少，而放线菌门、酸杆菌门和 TM7 明显多于其它站位；Armatimonadetes 仅在这两站位被发现。E9 站位于中国长城站污水处理排放口附近，ε-变形菌纲和厌氧绳菌科细菌远远高于其它站位，由于 ε-变形菌纲细菌多为人类肠道共生菌，厌氧绳菌科细菌多出现在烷烃污染区域，证明人类活动对周围环境微生物群落结构产生了影响。另外，W2 和 W4 站位是海豹的聚集地，沉积物有机质含量最高，厚壁菌门细菌所占比例也最大，而其它类别微生物多样性较低，这与此前的研究相符。E7 站位是企鹅栖息地，但是未发现该区域微生物群落结构与其它站位存在显著差异。

作为南极大陆与南美大陆的中间区域，菲尔德斯半岛具有较南极大陆复杂的生态环境。本研究通过对其沿岸 18 个站点的研究，首次完整展现了该地区潮间带沉积物微生物群落结构及其对自然和人类影响因素的响应。

S11-P-04S

西南印度洋深海原核微生物及放线菌群落结构和生态功能研究

陈萍，张利敏，郭晓璇，郗丽君，王剑，黄英*

中国科学院微生物研究所微生物资源前期开发重点实验室，北京 100101

*huangy@im.ac.cn

深海生态系统中的微生物群落在地球化学循环中扮演者重要角色，但迄今为止，深海微生物的多样性程度，生物地理学分布特征和特定的生理生态功能仍很不明确。同时，研究影响深海微生物多样性形成和分布的主导因素是一个重大的挑战。放线菌(actinobacteria)是一大类具有活跃次级代谢和生态功能的重要原核微生物，其生物多样性丰富，生境分布广泛。

本研究首次同时采用高通量测序技术和培养技术调研西南印度洋深海原核微生物的群落结构和生物地理学分布特征，并重点关注了其中的放线菌类群。对西南印度洋深海的九个样品（1662 -4000 m）分析发现，沉积物样品的微生物多样性高于水体，包括 32 个门，78 个纲，约 700 个属；同时发现了较多的未知微生物类群，占各样品的 4.9-27.4%；有 13 个门存在于所有的样品中，但相对丰度不同，其中 *Crenarchaeota*、*Actinobacteria*、*Firmicutes*、*Planctomycetes*、*Proteobacteria* 是优势门类。放线菌门（*Actinobacteria*）的丰度占各样品的 1.2-9.1%，包含 17 个已知的目和至少 52 个属以及较多的未知放线菌类群。同时通过设计不同的培养基和分离方法，获得了近 200 株深海放线菌，分属于 9 个目、18 个科、29 个属；其中考克斯菌属 (*Kocuria*) 和微杆菌属(*Microbacterium*)为主要类群，有 1 个目、5 个科、14 个属在高通量测序中并没有检测到。

沉积物样品中原核微生物的群落结构较为相似，但热液区的沉积物样品 M8 与其他沉积物样品的相似度较低，与同一位点的上覆海水样品 M9 的群落结构也明显不同。对各样品中放线菌的群落结构分析也呈现同样的结果。发现样品根据微生物群落结构聚类的结果与根据环境参数聚类的结果非常相似，提示环境因子与群落结构有密切关系。进一步的统计分析表明，原核生物以及放线菌群落在属（94.5% OTU）和种（97% OTU）的水平都与钙、pH 和总磷显著相关（相关系数 r 均大于 0.5，p 值均小于 0.05）。原核微生物群落结构在属的水平还与硫相关，放线菌群落结构还与总氮相关，与所测定的其他环境参数包括地理因素无显著相关性。

菌株生理功能研究表明，深海放线菌具有良好的有机质降解能力，且 47%的菌株具有较好的三价铁还原能力，24%的菌株具有还原针铁矿的能力；菌株在高盐、pH8 及 28 mM SO_4^{2-}条件下的铁还原能力较强，显示了对海洋环境较好的适应性。

本研究表明西南印度洋深海的原核微生物，特别是放线菌具有较高的多样性和生物地理学分布特征，并可能对深海碳和铁的化学循环具有重要贡献。

S11-P-05S

南海北部水柱中氨氧化细菌和古菌基因丰度的变化及对海洋水团变化的响应

刘浩东，杨春艳，陈松泽，谢伟，王鹏，张传伦

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

archaea_liu@163.com

Recent advances in marine microbial ecology have shown that ammonia-oxidizing Archaea (AOA) are more abundant than ammonia-oxidizing bacteria (AOB), although total Bacteria are more abundant than total Archaea in marine environments. This study aimed to examine the spatial distribution and

abundance of planktonic archaeal and bacterial 16S rRNA- and *amoA* genes in the northern South China Sea. Water samples were collected at different depths at three stations （maximum depth ranging from 1800 m to 3200 m）with one located in the northern slope and the other two near the Bashi Strait. Quantitative PCR of the 16S rRNA- and *amoA* genes was used to estimate the abundance of total Archaea, total Bacteria, and AOA and AOB, respectively. At all three stations, bacterial 16S rRNA gene is 2-36 folds higher than the archaeal 16S rRNA gene with both genes showing peak values slightly below sea surface (5-50 m depths). The archaeal *amoA* gene had similar variations with the archaeal 16S rRNA gene, but was 1-2 orders of magnitude lower, except for the surface water which was 4 orders of magnitude lower than the archaeal 16S rRNA gene. Bacterial *amoA* gene was below the detection at all three stations. Our results also show the difference in depth profiles between the northern slope and the Bashi Strait, which may be caused by the difference in water movement between the two regions. The non-detection of bacterial *amoA* gene indicates that ammonia-oxidizing Archaea are the dominant functional group of microorganisms in nitrification of the South China Sea, which is consistent with observations in other regions of the ocean.

S11-P-06S

热泉中古菌脂类分布的地理特征及pH限定下的温度影响

吴伟艳[1]，张传伦[1*]，李芙嫣[1]，谢伟[1]，Eric Boyd[2]，Julienne J. Paraiso[3]，王慧[1]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海，200092

2 Department of Chemistry and Biochemistry, Montana State University, Bozeman, Montana 59717, USA

3 School of Life Sciences, University of Nevada, Las Vegas, Las Vegas, NV 89154-4004, USA

*archaeazhang_1@tongji.edu.cn

Glycerol dialkyl glycerol tetraethers (GDGTs) are fundamental membrane lipids of Archaea, which facilitate these organisms to adapt to diverse and extreme habitats. Current studies on archaeal GDGTs in hot springs from different regions have shown that temperature and/or pH exerted major impacts on the GDGT distribution. Here we combined GDGTs data from 113 hot springs in Yellowstone (USA), Nevada (USA), Tengchong (China) and Tibet (China), to evaluate the major factors controlling the GDGT distribution in these environments. Clustering analysis defined three major groups of GDGTs, which showed geographic patterning. Group 1 was extensively composed of hot springs from Tengchong and Yellowstone and Group 2 mainly composed of hot springs from Nevada. On the other hand, Group 3 was completely (predominantly) composed of hot springs from Tibet. Analysis of whole data showed no significant correlations between GDGTs and temperature or pH. However, strong positive correlation existed between the degree of GDGT cyclization and temperature when the pH value is constrained between 7 and 8, implying that the role of temperature in controlling the distribution of GDGTs in terrestrial hot springs becomes important when pH stays relatively consistent. This is consistent with observations of temperature

control on GDGT distribution in global oceans in which pH remains stable.

S11-P-07

深部生物圈、生命起源和适应性进化：生化和结构生物学启示

袁慧，张艳，王婧，刘建华，刘喜朋*

上海交通大学 微生物代谢国家重点实验室，上海 200240

*xpliu@sjtu.edu.cn

深部生物圈生存着种类丰富的生命体，包括古菌、细菌、甚至少量真核生物。深部生物圈生命在全球物质循环，特别是碳氮循环中，起着重要作用。深部生物圈生命体是研究生命起源与进化的良好材料。除了细菌，在深部生物圈还生存着各种古菌，包括广古菌、泉古菌、初古菌、纳古菌、深古菌等不同门类古菌。深部生物圈生命体物质代谢，特别是遗传信息代谢机制的异同将有助于追溯地球生命起源，认识古菌、细菌、真核生物间的进化关系。

DNA 复制和基因突变是生命进化的两个必要条件，二者共同作用保证了环境生存优势生命体的快速繁衍。目前认为，在进化关系上真核生物更接近于古菌，二者在进化历史上很早就与细菌界分离。虽然已有生化和结构生物学数据表明古菌与真核进化同源，特别是在遗传信息代谢方面；但真核生物来源于哪一支古菌的证据很少。事实上，泉古菌和广古菌在遗传信息代谢方面存在较明显的差异，且二者与真核生物的分子亲缘关系也不同（表 1）。

表 1 古菌与真核生物 DNA 复制蛋白主要异同

细胞种类 / 蛋白种类	古菌		真核生物
	泉古菌	广古菌	
复制型 DNA 聚合酶	PolB1,B2,B3	PolD,PolB3	Polδ, polε, Polα
单链 DNA 结合蛋白	SSB	RPA	RPA
增值细胞核抗原（PCNA）	PCNA 异源三聚体	PCNA 同源三聚体	PCNA 同源三聚体
基因组 DNA 结合蛋白	碱性小分子蛋白	Histone	Histone
RecJ 超家族核酸酶	1-2 个	4-8 个	CDC45
复制型解螺旋酶 MCM	同/异源三聚体	同/异源三聚体	异源六聚体

为了能够进一步认识古菌和真核生物的进化关系，基于广古菌和泉古菌的上述差异，我们对泉古菌和广古菌 DNA 复制和损伤修复机制，特别是 RecJ-like 蛋白的结构功能，进行了一些比较研究。其中 RecJ-like 蛋白是一大类核酸酶，一般具有由 3 个氨基酸 DHH 构成的高度保守基序。RecJ-like 核酸酶参与细胞内众多核酸代谢过程，包括 DNA 复制、DNA 损伤修复、以及 RNA 再循环利用等。在真核生物中 RecJ 进化同源物 CDC45 与 GINS、解螺旋酶 MCM 形成蛋白复合物，在 DNA 复制中负责解链基因组双链 DNA。我们围绕 RecJ 超家族核酸酶进行了全面深入的生化酶学以及结构研究。结果表明泉古菌编码的 1 个 RecJ-like 蛋白具有 3’外切酶活性，可能参与细胞内的 DNA 错配修复或同源重组修复。广古菌编码的 6 个 RecJ-like 蛋白的核酸酶活性有所差异，它们都可以降解单链 DNA，但各自的水解极性又各具特点：或为 3’→5’外切酶，或为 5’→3’外切酶，或二者兼而有之。广古菌的 RecJ-like 核酸酶可能参与细胞内 RNA 引物合成错误校正、DNA 修复、RNA 降解及循环利用、RNA 分子加工成熟等。

另外，我们对古菌 DNA 复制的其它代谢过程也进行了研究。生化实验结果表明泉古菌编码的 B 型和 D 型 DNA 聚合酶均具有聚合酶和外切酶活性，广古菌的 RPA 蛋白和组蛋白分别具有单链 DNA 和双链 DNA 结合活性。尿嘧啶 DNA 糖苷酶等 DNA 损伤修复蛋白参与修复极端环境对古菌基因组造成的损伤。

这些研究结果将进一步认识古菌的

DNA 复制和损伤修复机制，并为认识各支古菌门类与真核生物间的进化关系提供线索。

S11-P-08S

冲绳海槽中部过去 16, 000 年以来有机温度指标的应用对于重建黑潮强度的指示意义

程宏伟 [1]，董良 [1]，王慧 [1]，李军 [2]，赵京涛 [2]，胡邦琦 [2]，张传伦 [1]

1 同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092

2 青岛海洋地质研究所，青岛 266071

chenghongwei000@gmail.com

The modern Kuroshio Current (KC) generally moves toward northeast across the Okinawa Trough, playing an important role in transporting heat and moisture from the western Pacific warm pool to the high latitudes. While local solar radiation and the source of KC could both impact the local thermal condition, most studies focus on the former in addressing sea surface temperature (SST) variation with little knowledge about the role of the latter. Furthermore, few paleo-records established the evolution of the strength of KC. Here we address these issues by using $U^{K'}_{37}$-and TEX^{H}_{86}-derived SST records for the past 16, 000 years in the middle Okinawa Trough (core OKT-3; 125.28ºE, 26.02ºN; water depth 1790 m). $U^{K'}_{37}$-derived SST varied between 24ºC and 29ºC from glacial to the late Holocene and the TEX^{H}_{86}-derived SST fluctuated between 23ºC and 28ºC, which are consistent with the previous published modern tropical annual SST (~29ºC) but higher than the local annual mean SST (~25ºC), indicating that our records mainly reflect the thermal characteristics of the source of KC. In addition, these two temperature records presented opposite relationships with the local annual insolation, which also supports that the thermal characteristics of this region is controlled by the KC transportation rather than the local solar heat flux. The difference between $U^{K'}_{37}$-derived and TEX^{H}_{86}-derived SST varied between 0 and 2ºC, which indicate changing sources of KC in the upper water structure. These results also implied variation in KC strength with low values indicating enhanced KC, especially in the early Holocene. Our results may shed new lights on the connection between paleo-physical oceanographic processes and paleo-climate change.

S11-P-09S

一株分离自海洋沉积物的自养氨氧化细菌——*Marinobacter* sp.

余甜甜 [1,2]，牛明阳 [1,2]，梁炳鑫 [1,2]，何莹 [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

氨氧化过程在全球环境中的氮循环过程中发挥重要作用，是硝化过程的关键及限速反应，氨氧化微生物是其过程的主要驱动者。本研究通过用不含有机物的培养基富集培养并纯化，最终从南海北部湾沉积物样品中分离得到一株氨氧化细菌，命名为 NGSCS-1。通过 16S rRNA 基因相似性分析，菌株 NGSCS-1 属于 *Marinobacter* 属，与菌株 *Marinobacter salsuginis* SD 14B^{T} 相似性为 99.38%。*Marinobacter* 属的菌株在海洋中广泛分布，其生境包括远洋深海及沿海中的海水和沉积物、热液系统、海洋玄武岩等。菌

株 NGSCS-1 具有自养氨氧化功能，氨氧化速率为 125μmol/day，这是目前第一株公开报道具有自养氨氧化功能的 *Marinobacter* 属的菌株。另外，据报导许多 *Marinobacter* 属的菌株具有反硝化能力。*Marinobacter* 属细菌是海洋环境中广泛分布的细菌，本研究暗示该属的细菌可能在海洋氮循环过程中扮演了重要的角色。

S11-P-10

“深古菌”门古菌的生物地球化学功能探讨

王风平

上海交通大学生命科学与技术学院

fengpingw@sjtu.edu.cn

海洋沉积物中含有大量未培养的古菌类群，如海洋底栖古菌类群 B、D（Marine benthic group B、D：MBG-B，MBG-D），Miscellaneous Crenarchaeota Group (MCG). 近期对 MCG 古菌的系统分类研究表明 MCG 古菌在系统发育上处于一个深的分支，代表了一类自然界较古老的古菌，显著不同于目前分类已确定的所有古菌门类，提议将其归类于一个全新的门类，命名为深古菌门（Bathyarchaeota）。“深古菌门” 是目前在古菌界提议的第 7 个门的分类（1990 年 Woese 等提出了泉古菌门和广古菌门；1996 年 Barns 等提出初古菌门；2002 年 Huber 等提出纳古菌门；2008 年 Brochier-Armanet 等提出奇古菌门；2011 年 Nunoura 等提出曙古菌门）。目前“深古菌”门古菌的生物地球化学功能还有待确定，有限的单细胞基因组和元基因组，以及初步的基因表达功能验证等工作暗示“深古菌”们古菌可能参与了海洋沉积物中难降解有机质的降解。

S11-P-11

大西洋中脊西侧翼微生物群体含有活跃的铁氧化细菌

Xin-Xu Zhang, Feng-Ping Wang

School of Life Sciences and Biotechnology, Shanghai JiaoTong University

Here, the microbial abundance and activity assays of the sediment-buried crust from ‘North Pond’ (NP) with relatively young and cold basaltic basement on the western flank of Mid-Atlantic Ridge, are reported. The NP crust contains ~10^4-10^5 cells/g basaltic rock. A series of incubations with ^{13}C and ^{15}N labeled substrates including sodium carbonate, acetate, methane, ammonium chloride and sodium nitrate, have been set up onboard. Significant cell growths were observed only when nitrogen substances were supplemented, either alone, or in combination with carbonate or acetate. Bacterial strains within Marinobacter (most abundant in the host rock) with iron-oxidizing capabilities were significantly enriched, and isolated from the cultures. The NP oceanic crust was demonstrated to contain large number of active neutrophilic iron-oxidizing bacteria.

S11-P-12

西南印度洋洋中脊热液羽流的微生物分布特征

Jiangtao Li[1], Huaiyang Zhou[1*], Yannan Sun[1], Jiasong Fang[2], Xiaotong Peng[3], Zijun Wu[1]

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

2 Department of Natural Sciences, Hawaii Pacific University, Kaneohe, USA

3 Sanya Institute of Deep-Sea Science and Engineering, Chinese Academy of Sciences, Sanya, China
jtli@tongji.edu.cn

Hydrothermal plumes are widely distributed throughout the global spreading ridges, yet few of them are microbiologically explored. A suite of water column samples at different depths including both hydrothermal plumes and ambient seawater were collected from the Southwest Indian Ridge in 2010. In this study, we use molecular approaches such as clone libraries, denaturing gradient gel electrophoresis and quantitative PCR to reveal microbial community compositions and their spatial variability within the hydrothermal plumes and ambient seawater. Phylogenetic analysis showed that plume layers were dominated by members of γ-, α-Proteobacteria and marine group I Crenarchaeota. Compared with archaeal communities, bacterial compositions were remarkably distinct and heterogeneous within the hydrothermal plumes at different depths with the support of ANOSIM and S-LIBSHUFF statistical analyses. Moreover, several lineages identified as Mn(II) oxidizers were found to be abundant and even predominant within the plume bacterial communities, implying that geochemical process of microbially mediated oxidation of dissolved Mn probably was crucial to sustain hydrothermal plume microbes booming. DGGE band patterns showed that there was no significant separation of microbial compositions between hydrothermal plumes and ambient seawater. Under these circumstances, taken together with the fact that most of microbial components in the plumes were common in seawater environment, it was inferred that microbial communities in the SWIR hydrothermal plumes were sourced from ambient seawater rather than from seafloor vent-derived niches. This is the first report on the characteristics of microbial communities in hydrothermal plumes and ambient seawaters on the Southwest Indian Ridge.

S11-P-13S

东南极冰川下沉积物中受升温和添加氢气刺激的产甲烷菌活性研究

闫文凯[1]，张宇[1]，肖湘[1]，孙波[2]，窦银科[3]，马红梅[2*]

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 200240
3 太原理工大学，太原 030024
* mahongmei@pric.gov.cn

极地冰下无光、低温、寡营养的环境被认为是有产甲烷活性的生境，产生和释放的温室气体甲烷对于全球气候和碳通量的影响是巨大的。目前已经有关于极地冰川下产甲烷菌多样性的报道，但是由于在极地取样和培养方面的困难使得对于此处产甲烷活性的研究仍有欠缺，尤其是在特定环境条件下的活性研究更少。本研究尝试结合体外模拟培养和分子生物学技术研究东南极冰川下产甲烷菌活性和群落结构对温度和底物的响应。

对来自东南极拉斯曼丘陵处冰下的沉积物样品分别添加乙酸钠、氢气+二氧化碳或不添加底物后在 1 度、4 度和 12 度下培养，检测产甲烷速率，同时利用 Q-PCR 技术检测培养过程中产甲烷菌数目的变化。原始样品中的古菌多样性和产甲烷菌多样性分别通过构建古菌 16s rRNA 基因文库和 McrA 基因（产甲烷菌标记基因）文库进行评估。

结果表明，产甲烷活性在培养三个月后

可以被检测到，反映了该处样品中微生物在保藏后需要较长的恢复和适应期。培养 8 个月后，12 度下添加氢气+二氧化碳组检测到了最高的产甲烷速率，226pmol/day/gram 土，约是添加乙酸组的产甲烷活性的 2 倍，预示着氢气+二氧化碳是该处产甲烷菌类群更喜好的底物。未添加底物组显示出了温度对产甲烷速率的正影响，在 1 度，4 度，12 度下分别为 23.3, 24.8, 131 pmol/day/gram 土。Q-PCR 结果显示产甲烷菌数目在培养 2 个月后开始增长，培养物的 pH 在培养 6 个月后开始明显升高，显示了微生物与环境的彼此影响作用。古菌 16s rRNA 基因文库和 McrA 基因文库都显示了低的产甲烷菌多样性，主要是利用氢气产甲烷的 methanmicrobiales 和 methanocellales 类群。这些结果为后续研究极地碳通量和甲烷产生释放与温度的关系提供了重要的参考数据。

S11-P-14

南海冷泉活动区碳酸盐岩的生物地球化学研究

Hongxiang Guan [1]*, Dong Feng[2]*, Nengyou Wu [1] and Duofu Chen [2]

1 Key Laboratory of Gas Hydrate, Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

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

*guanhx@ms.giec.ac.cn

Anaerobic oxidation of methane (AOM) at cold seeps often leads to formation of authigenic carbonates close to the seafloor. The AOM is conjointly operated by consortia of anaerobic methane-oxidizing archaea (ANME) and sulfate-reducing bacteria (SRB). The composition of AOM communities has been found to vary in response to environmental conditions including flux of methane and sulfate availability, these parameters, on the other hand, affect the mineral composition of the associated carbonates. Thus, a correlation between the composition of AOM communities and carbonate minerals is expected. Lipid biomarkers and their stable carbon isotope compositions among carbonate samples that are dominated by aragonite (sample Bio-1), high-Mg calcite (HMC; sample Bio-9), and a mixture of aragonite and HMC (samples Bio-4 and Bio-13) from Formosa Ridge (or Site F, 22°06.922N; 119°17.130E; 1120 m water depth), an active cold seep from the northern South China Sea (SCS) have been examined. This study aims to examine the relationship between mineral formation conditions and the AOM communities involved. High contents of lipid biomarkers diagnostic for archaea (δ13C values as low as -133‰ VPDB) and SRB ($\delta^{13}C$ values as low as -119‰) were found. Crocetane, characteristic lipid biomarker of ANME-2 archaea, accounts for 67% of hydrocarbons and with sn-2-hydroxyarchaeol/archaeol about 2.9, suggesting the prevailing of ANEM-2/DSS during the precipitation of Bio-1. A mixture of ANME-2/DSS and ANME-1/DSS consortia were found in Bio-4 and Bio-13 and predominated by ANME-2/DSS. Interestingly, Bio-9 had extremely low (< 1%) concentrations of AOM-associated lipid biomarkers and no preservation of crocetane. Long-chain n-alkanes contributed with 6% of the hydrocarbon fraction in Bio-1. In contrast, high content of long-chain compounds in

hydrocarbons in Bio-4 and Bio-13 indicates that a considerable amount of allochthonous sources contributed to the carbonates. The long-chain n-alkanes account for 62% of hydrocarbons in Bio-9. Taking the favored environments for specific AOM consortia and formation conditions for aragonite and calcite together, the factors selecting for specific AOM communities appear to be constrained by the methane flux. If applied with caution, this supposed relationship can be used as a first approximation of methane seepage intensity.

S12-O-01

极地海洋的大洋中脊科学研究

林间

美国伍兹霍尔海洋研究所
jlin@whoi.edu

More than 76% of the world's oceans are deeper than 3,000 m, but much of the inner space of our blue planet is still unexplored. The deep ocean is linked to some of the most pressing global science issues of our time, ranging from the role of deep waters in climate change, to diversity and conservation of deep-sea ecosystems, to geo-hazards from deep-trench earthquakes and tsunamis, and to the sustainable use of deep-sea resources. The deep ocean science issues have strong links to polar research in both the Antarctic and Arctic regions. It is imperative for us to understand the role of the deep ocean as a major part of the Earth system and its interaction with the polar changes.

Up to now, perhaps the most active area of deep ocean exploration has been the international, interdisciplinary research of the global mid-ocean ridge system. Encircling the globe for more than 60,000 km, it is the largest single volcanic feature on Earth and in the solar system, playing an essential role in the renewal of the surface of our planet. Nearly 75% of Earth's total heat flux occurs through oceanic crust, much of it at mid-ocean ridges through complex hydrothermal interactions between the lithosphere and oceans. The study of chemosynthetic life at deep-sea hydrothermal vents and the sub-seafloor biosphere bears direct implications on understanding the origin of life on Earth. The Circum-Antarctic Ridge (CIR) system, which accounts for one-third the total length of global mid-ocean ridges, is composed of four linked spreading systems of the Pacific-Antarctic Ridge (PAR), America-Antarctic Ridge (AAR), Southwest Indian Ridge (SWIR), and Southeast Indian Ridge (SEIR). Meanwhile, the Gakkel Ridge, which lies directly beneath the Arctic Ocean, is one of the slowest spreading ridges on Earth.

The international progress in deep ocean exploration is aided by major collaborative initiatives including the InterRidge < www.interridge.org > program, which coordinates and promotes international ridge-crest research, reaching more than 2,500 individual researchers in 60 countries and regions including many in Asia. InterRidge has an active working group on Circum-Antarctic Ridges, focusing on active scientific themes for which the program's coordination could make a significant difference. InterRidge also played a pivotal

role in promoting and facilitating the first international explorations of the Gakkel Ridge under the Arctic Ocean, the remote Southwest Indian Ridge, and the deepest spreading center on Earth – the Cayman Trough. Recognizing that scientific exploration and the increased commercial interests in mining sulfide deposits could create anthropogenic impacts to the unique ecosystems of deep-sea hydrothermal vents, InterRidge developed the "Statement of commitment to responsible research practices at deep-sea hydrothermal vents" and encouraged researchers to follow six voluntary "code of conduct" guidelines. These principles can also be applied to scientific exploration of the ocean ridges in polar oceans.

Global deep ocean exploration is now entering a period of unprecedented opportunity thanks to the rapid development of deep-sea vehicles, ocean and seafloor observatories, ocean drilling technologies, and a new generation of physical, chemical, biological, and geological sensors. Among today's most advanced deep-sea technologies are those developed by researchers of the Asian countries. This presentation will highlight these progresses and opportunities and advocate the strengthening of collaboration between deep-ocean and polar research in China and at the regional and international levels.

S12-O-02

大洋中脊的非对称地壳增生随岩浆量的变化：以北冰洋 Mohns 洋中脊为例

张涛[1]，林间[2]，高金耀[1]

1 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

2 美国伍兹霍尔海洋研究所地质地球物理系，美国马萨诸塞州伍兹霍尔 02543

zhangtaosio@gmail.com

非对称的地壳增生广泛存在于全球洋中脊系统。在快速或者慢速扩张的洋中脊的中央段，强岩浆活动往往造成对称的海底地形和洋壳厚度。然而在慢速扩张洋中脊，构造活动经常致使转换断层的"内角"区域的海底隆升以及地壳减薄。我们研究了北冰洋 Mohns 洋中脊从 30 Ma 以来的演化历史，发现其岩浆供应量与地壳的构造作用经历了三个演化阶段。第一阶段：从 30 Ma 开始，Mohns 洋中脊与冰岛热点逐步靠近，冰岛热点导致了 Mohns 洋中脊的地壳厚度（由重力反演得到）超过 6 km。热点效应使得 Mohns 洋中脊西侧的岩浆活动更强，其升高的地形基本符合 Airy 均衡模式。第二阶段：从 15 Ma 开始，Mohns 洋中脊逐渐远离冰岛热点，水深逐渐变深，地壳逐渐变薄，但仍然较为强烈的岩浆活动（地壳厚度 5 km）使得洋中脊两侧地形和地壳厚度相对对称。第三阶段：从 10 Ma 开始，热点效应进一步减弱，Mohns 洋中脊北部（73.5-74.5°N）的构造作用开始控制洋中脊的形态。断层在洋中脊西侧的活动相对活跃，导致其地形的升高以及地壳的减薄，而构造作用较少的东侧基本保持均衡状态。分析结果表明，当地壳厚度薄于 4.0-4.5 km 时，构造作用开始控制洋中脊的地形和地壳厚度的非对称性。我们进一步发现，在最近的 5-10 Ma，构造作用长时间集中在洋中脊的西侧。这种构造作用的集中可以用扩张中心（岩墙）向岩浆增生一侧不断跃迁来解释。目前，地幔布格重力异常的最负值（显示地幔温度最热或者地壳厚度最厚）的位置偏向 Mohns 洋中脊的南东侧，可能显示了下一步洋中脊跃迁的位置。

S12-O-03S

西南印度洋中脊（49.5°E）地幔熔融过程和岩浆演化：来自橄榄石和熔体包裹体的证据

李伟[1]，任钟元[2]，李怀明[3]，金振民[1,4]

1 中国地质大学（武汉），地质过程与矿产资源国家重点实验室，武汉 430074

2 中科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

3 国家海洋局第二海洋研究所,海底科学重点实验室，杭州 310012

4 中国地质大学(武汉),地球科学学院，武汉 430074

lwttkl89@126.com

熔体包裹体是岩浆演化过程中被结晶矿物所捕获的微量岩浆珠滴。对熔体包裹体的研究能够提供岩浆源区物质组成、形成条件及演化过程等重要信息。橄榄石作为较早结晶的矿物相，其捕获的熔体包裹体通常被用来推断原始岩浆的组成。因此，研究熔体包裹体及寄主橄榄石斑晶地球化学组成对认识上地幔部分熔融和岩浆演化具有重要意义。本文研究报道了西南印度洋中脊（49.5°E）玄武岩中熔体包裹体及寄主橄榄石斑晶的地球化学组成，结合该样品及洋脊段内的其它玄武岩全岩地球化学，提供了对该区段洋脊上地幔物质组成、岩浆形成及演化过程的新认识。

本文研究样品(Wb-16-a)为拉斑玄武岩，采自西南印度洋中脊 Indomed 和 Gallieni 转换断层之间，与 49°39′E 发现的活动热液区隶属同一区段，热液区附近广泛出露亏损型 N-MORB。样品中橄榄石斑晶 Fo 含量变化范围为 82.3~89.7，表明岩浆经历了不同程度的结晶分异。此次研究共分析获取了 101 对熔体包裹体和寄主橄榄石斑晶组成。对其中 64 个高 Mg# 橄榄石斑晶（Fo >87.0）中的熔体包裹体主量元素分析推断得出：原始岩浆可以由原始上地幔（PUM）在 19 ± 2 kbar 压力条件下发生高程度部分熔融（F= 20 ± 2 %）形成。其中编号为 Wb-16-a-1-39 的熔体包裹体具有最原始的熔体组成，其成分为：48.47 wt% SiO_2, 0.73 wt% TiO_2, 15.33wt% Al_2O_3, 8.91 wt% FeO, 0.12 wt% MnO, 11.73 wt % MgO, 12.95 wt% CaO, 1.58 wt% Na_2O, 0.03 wt% K_2O, 0.07 wt% P_2O_5，与寄主全岩（MgO=8.96 wt %, CaO/Al_2O_3 =0.70）相比具有更高的 MgO 含量和 CaO/Al_2O_3 比值，可以近似代表原始岩浆组成。结合熔体包裹体主量元素特征及 COMAGMAT 结晶模拟推断得出原始岩浆在地幔深度经历了单斜辉石的结晶过程。根据结晶压力模型估算出高 Mg# 橄榄石斑晶（Fo>87.0）中的熔体包裹体的平均结晶压力为 7.5 ± 2.8 kbar，对应大洋上地幔深度约为 23 km。而区段内的玄武岩结晶压力落在 2-8 kbar 范围内。在综合岩相学观察及模拟计算的基础上，推断岩浆的结晶序列为：橄榄石→单斜辉石→斜长石→钛铁矿。

本文研究的熔体包裹体主体具有 N-MORB 型岩浆特征，主量元素含量变化范围较大（14.4-18.2 wt % Al_2O_3, 47.4-51.3 wt% SiO_2, 10.4-14.8 wt% CaO, 1.5-3.2 wt% Na_2O）。对比全球不同扩张速率洋脊橄榄石中熔体包裹体组成，我们发现快速扩张（例如东太平洋海隆）和中速扩张洋脊（例如胡安·德富卡洋脊）的熔体包裹体化学组成变化较小，超慢速扩张 Gakkel 洋脊熔体包裹体也具有较小的成分变化，而超慢速扩张西南印度洋中脊与慢速扩张的大西洋中脊相似，其熔体包裹体主量元素含量变化较大，表现出明显的包裹体多样性特征（即单个样品中熔体包裹体化学成分变化）。

当校正到 Mg#=72，这些熔体包裹体比该洋脊段内的玄武岩具有较宽的 Ca_{72}, Al_{72}, Na_{72} and K/Ti_{72} 变化范围，揭示了玄武岩的原

始岩浆来源的复杂多样性。研究中我们发现一组具有 E-MORB 型（K_2O >0.16 wt %, K/Ti >0.19）的熔体包裹体，其 K/Ti_{72} 比值与 46-47°E 的玄武岩相似，进一步表明该区段洋脊地幔源区组成具有不均一性。在洋脊段的构造尺度上，幔源物质的不均一性既与本文熔体包裹体所记录的两种不同的岩浆类型（即 N-MORB 和 E-MORB 型岩浆）现象吻合。此外，它与 Indomed 和 Gallieni 转换断层之间出露不同类型玄武岩（49.5-52°E，N-MORB；46-47°E，E-MORB）也具有成因联系。

S12-O-04

西南印度洋脊玄武岩的 Os 同位素组成：对超慢速扩张洋脊岩石圈结构的响应

杨阳[1]，太平[1]，周美夫[2]，邓希光[3]，王桂琴[1]，李杰[1]

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

大洋中脊玄武岩（MORB）的 Sr-Nd-Pb 同位素组成常用来反映地幔源区同位素的特征，因为一般认为在 MORB 岩浆上升过程中可能遭受的洋壳混染作用并不会显著影响其 Sr-Nd-Pb 同位素组成。然而，与 Sr-Nd-Pb 同位素系统不同，MORB 的 Re-Os 同位素系统容易遭受到蚀变洋壳混染的影响。来自于快速扩张洋脊的东太平洋洋隆的洋壳样品具有低的 $^{187}Os/^{188}Os$ 及 $^{187}Re/^{188}Os$ 比值，而来自于超慢速扩张的西南印度洋脊的洋壳样品则具有高的 $^{187}Os/^{188}Os$ 及 $^{187}Re/^{188}Os$ 比值。因此，来自于不同扩张洋脊的 MORB 可能具有不同的 Re-Os 同位素特征。但是，目前发表的超慢速扩张洋脊 MORB 的 Os 同位素资料只有三个样品（Escrig et al., 2004; Gannoun et al., 2007）。因此，无从判断是否洋脊扩张速率会显著影响 MORB 的 Os 同位素组成。

本研究对大洋一号采自超慢速扩张的西南印度洋脊的 N-MORB 样品进行了 Re-Os 同位素的分析测试工作。研究表明，西南印度洋脊 N-MORB 的 Re-Os 同位素组成变化很大（$^{187}Os/^{188}Os$: 0.1295-0.3023），且部分样品 $^{187}Os/1^{88}Os$ 比值随 MgO 减小而增加，明显指示了同化混染和结晶分异过程（AFC）对于 Os 同位素组成的影响。定量模拟结果表明 3%-11%的洋壳混染可以解释其 Os 同位素组成。综合前人已发表 N-MORB 的 Re-Os 同位素数据，显示 N-MORB 的 $^{187}Os/^{188}Os$ 比值变化范围与洋脊扩张速率呈反相关关系，来自于超慢速扩张洋脊的 N-MORB 明显具有更加富集的 Os 同位素组成。这一特征是与该类洋脊独特的岩石圈结构所造成的。因为在超慢速扩张条件下，拉张型正断层及裂隙广泛发育，有利于海水/热液流体对洋壳的蚀变作用，导致蚀变洋壳中 Re 含量变高，而且热液作用会在蚀变洋壳中沉淀出具有非常富集 Os 同位素组成的硫化物。而由于其扩张速率慢，洋中脊附近的洋壳年龄可达~2.5Ma。因此，该类具有高 Re/Os 比的洋壳经历较长时间的衰变会具有较富集的 Os 同位素组成。而又由于超慢速扩张洋脊下并不存在稳定的岩浆房和岩浆运移通道，因此岩浆在上升过程中与蚀变洋壳发生相互作用的比例较大，形成具有较富集 Os 同位素特征的 N-MORB。

本研究首次在西南印度洋脊发现了具有富集 Os 同位素特征的 N-MORB，并提出 Os 同位素特征随扩张速率的变化趋势，为超慢速扩张洋脊下独特的岩石圈结构对 MORB 化学成分的影响提供了同位素的制约。

S12-O-05

南海中央海盆陆洋转换带

邱燕，汪俊，黄文凯，杜文波

广州海洋地质调查局，广州 510760
zqiuyan32@hotmail.com

南海中央海盆是因海底扩张而形成的洋壳区，这一点已经勿容置疑。但是有关陆壳区和洋壳区之间的陆洋转换带特征目前却研究甚少。基于最新调查所获得的多道地震、重磁和水深资料，南海中央海盆两侧的陆洋转换带得到进一步的认识。

中央海盆南北两侧的陆洋转换带有所不同，而且东部次海盆与西南次海盆的陆洋转换带也具有各自的特征。东部次海盆南北两侧地壳明显减薄的地带均发现存在小型的内裂谷和外裂谷，两个裂谷之间被一个非火山脊的构造高相隔。内裂谷是一个小型地堑盆地，外裂谷发育一系列断层面朝洋壳区倾斜的铲式正断层，是典型的半地堑盆地。但是除上述特征以外，南北两侧外裂谷的发育却有显著区别，南部边缘的外裂谷凹凸部位被沉积层填平补齐，裂后沉积非常平缓；而北部边缘外裂谷的裂后沉积似乎经历了某种构造变动，沉积层朝洋壳海盆倾斜且呈楔状外形。

西南次海盆两侧的陆洋转换带不发育内裂谷和外裂谷，边缘带火山活动比较发育。但是北部边缘的火山活动弱于南部，两侧的转换带特征有显著的区别。

南海中央海盆的扩张机制和扩张模式是边缘海形成演化争论的焦点，陆洋转换带的研究可望有助于为南海的形成演化提供新的证据。

S12-O-06

西南印度洋中脊热液调查区底栖动物研究简述

黄丁勇，王建佳，林荣澄*，曾千慧

国家海洋局第三海洋研究所，厦门 361005
*linrongcheng@tio.org.cn

自 2005 年中国“大洋一号”第一次环球航次中首次在西南印度洋中脊进行深海热液硫化物调查开始，在此后的近 10 年中，我国先后组织的六个大洋科考航次都在此区域进行了热液硫化物区综合调查，其中包括深海热液生物群落和多样性的调查研究。本课题组从历次在西南印度洋中脊热液调查区采集的沉积物样品及生物样品中分离鉴定出多个类群的底栖动物，包括：小型底栖动物 12 个类群，主要为线虫、猛水蚤和多毛类；大型底栖动物 14 个类群，主要为多毛类、等足类、端足类和猛水蚤；巨型底栖动物 14 个类群，主要为铠甲虾、多毛类、软体动物、海葵、海蛇尾、海绵和珊瑚等。对其中的铠甲虾、海蜘蛛进行了较为详尽的研究，已发现三个新种，即曼晴刺铠虾 *Munida manqingae* Liu, Lin & Huang, 2013，巴氏澳海蜘蛛 *Austrodecus bamberi* Wang, Huang, Lin & Zheng, 2013 以及正在描述中的海蜘蛛新种 *Cilunculus indiansis* sp. nov.。随着调查研究的深入，有更多的深海热液生物新物种将被发现。

S12-O-07

南太平洋极薄沉积覆盖区流体活动与基底玄武岩蚀变

张国良[1]， Christopher Smith-Duque[2]

1 中国科学院海洋研究所，青岛 266071
2 南安普顿大学国家海洋中心，南安普顿，英国
zhangguoliang@qdio.ac.cn

海水（流体）在洋壳内循环对大洋水圈-岩石圈之间物质交换过程中起到重要作用（e.g. Staudigel and Hart, 1984; Alt and Teagle, 2003; Paul et al., 2006）。由于洋壳最终会在俯冲带俯冲至地幔，蚀变洋壳也会对岛弧岩浆活动和地幔组成造成影响。然而，关于控制

流体循环导致的洋壳蚀变程度和持续时间的因素一直未得到解决，尤其是，沉积物覆盖的隔绝效应对洋壳蚀变的影响一直存在争议。IODP 钻探（U1365，年龄~100Ma; U1368，年龄 13.5Ma）在南太平洋极薄沉积区（71m、9.6m）获得了洋壳玄武岩。本研究通过这些玄武岩的矿物和化学组成，探索洋壳在极薄沉积区内随时间的演化过程。U1365 站均由席状熔岩流组成，U1368 站由席状熔岩流和枕状熔岩流互层组成。尽管 U1365 站具有较低的孔隙度，这里的玄武岩蚀变程度却明显高于 U1368 站玄武岩，且蚀变主要发生在熔岩流的边界处，显示蚀变过程受到孔隙度的控制。相比而言，U1365 站比 U1368 站明显具有更多的流体脉，如碳酸盐脉、绿磷石脉，更高的流体脉宽度，这表明洋壳内流体循环可能在在>13Ma 的洋壳内可能仍在继续。极薄沉积物覆盖区的玄武岩蚀变均表现为氧化性蚀变，如蚀变的玄武岩都有明显的 Fe^{3+}/Fe^{2+}升高。基于对这些玄武岩新鲜-蚀变样品对的主量和微量元素分析，结果表明，随着蚀变程度增加，两站位玄武岩的 K_2O, Fe^{3+}, LOI, Rb, Cs, Ba 和 U 都有明显的升高。不同的是，Th 在 U1365 随着蚀变具有明显的降低，而在 U1368 没有明显的变化；两个站位玄武岩 Pb，随着这蚀变既有升高，也有降低。蚀变过程也使得轻稀土/重稀土的比值有了明显的升高。将 TiO_2 作为不活动元素，对比两个站位的结果表明，U1365 站玄武岩 Fe_2O_3/TiO_2, K_2O/TiO_2, LOI/TiO_2, Rb/TiO_2, Cs/TiO_2 和 Ba/TiO_2 明显高于 U1368 站玄武岩。U1368 站玄武岩蚀变程度与以往的 IODP/ODP/DSDP 钻孔相似，而 U1365 蚀变程度则明显高于这些钻孔。以上结果显示，蚀变程度除了与熔岩流结构/孔隙度有关以外，在沉积物极薄的南太平洋区，沉积物不足以隔绝流体循环，使得流体能在>10-15Ma 的玄武岩洋壳中循环并产生持续的洋壳蚀变作用。

S12-O-08S

地形效应和局部地质构造对计算同震形变的影响——以 2011 年日本东北大地震（M_w9.0）为例

林晓光*，孙文科

中国科学院计算地球动力学重点实验室，中国科学院大学地球科学学院，北京 100049

linqi1301@126.com

自从 **Steketee** 把位错理论引入地震学后，许多地震学家针对不同的地球模型和断层类型发展了不同的位错理论，使得计算地球同震形变场的解析法和半解析方法得到不断发展。其中，1）**Okada** 总结了前人的研究结果，并给出了在均匀半无限空间下断层错动引起的地表及内部形变，它已经成为计算半无限空间介质地球模型的经典方法，被广泛应用；2）对地球内部介质的进一步认识使地震学家认识到地球介质并不是完全弹性，其粘弹性也不容忽视。大地震后不仅有断层错动的弹性响应，即同震形变；还有在更长的时间尺度上地球介质的粘性松弛效应，即震后形变。同时地震导致的物质变迁和构造形变同样会引起地球内部质量的重新分布，这必然会在地表产生相应的重力变化。**Wang et al** 基于上述因素将位错理论拓展到分层粘弹性地球模型。其相应的程序可以计算弹性体、Maxwell 体、Kelvin 体及标准线性体等不同模型下的同震、震后形变及重力变化，使得研究结果相对于真实情况更加精确，其计算程序也越来越多的被地学工作者所使用；3）为了考虑更精确的地球模型及探讨地球曲率和远场形变，**Sun** 在球坐标系下得到了以球对称、自重、层状、完全弹性的地球模型

为基础的球体位错理论，该理论不仅解决了弹性球体内地震位错产生的引力位和重力变化问题，同时还解决了同震形变、大地水准面变化及应变变化等问题，以此理论为基础的研究已扩展至地球自转、断层反演及火山地震等研究领域。

值得注意的是，上述所有位错理论的有效性和实用性只针对于简单且几何形状规则的地球模型，它们没有并且从理论上不能考虑实际地球表面的地形和局部地质构造等物理因素所产生的影响。由于地形的复杂性及横向不均匀和局部地质构造的锐变，从理论上无法利用上述位错理论加以解决；所以，上述规则形状地球模型的位错理论根本不能用来计算考虑地形和真实横向不均匀构造下的地震形变问题。其对计算同震形变会产生多大影响至今仍然并不清楚，亟待解决。有限元作为数值模拟方法中应用最广泛的工具之一因其可以很方便地利用各种类型单元构建比较真实的地球模型及对材料参数的便利处理，在计算同震形变时得到广泛的应用。

地球表面上的地形大体上分为两种，一种是高于海平面的山脉、高原等，另一种是低于海平面的位于俯冲带的海沟等。**Lin et al** 以汶川地震为例，研究了青藏高原东缘地形对计算汶川地震同震形变的影响，发现地形的影响最大可达 9%。由于地形效应取决于所研究区域的地形高低与状态分布，相对于青藏高原东缘大约 300 m 起伏的地形构造，日本海沟的地形起伏更大，其地形影响预期也将更大，同时局部地质构造的影响也不容忽视。因此，本研究选取日本东北部海沟处为研究区域，采用双节点技术来探讨地形及局部地质构造对计算日本东北大地震的同震形变的影响。

文中构建了 3 类几何结构模型。1） 模型 A：均匀半无限空间模型；2） 模型 B：根据 PREM 模型参数设定的水平分层模型；3） 模型 C：考虑了地形效应和局部地质构造的影响。首先根据 Okada 关于弹性半无限空间模型下地表位移理论解析式的计算结果，对利用有限元模拟断层错动引起的地表位移结果进行对比，两者的结果完全吻合证明了程序的正确性。随后在此基础上探讨日本俯冲带区域的地形效应、水平层状构造和局部地质构造等物理因素对计算同震形变的影响。计算结果表明：地形效应的影响在水平和垂直方向上分别为-1.25～1.31 m 和-0.89～0.44 m，其百分比分别为 26%及 55%。若同时考虑水平层状构造和地形效应，同震水平位移和垂直位移分别有-2.73～0.3 m 和-0.87～0.48 m 的差异，其百分比分别为 54%和 47%；而局部地质构造和地形效应的影响在水平和垂直向上分别为-1.78～0.8 m 和-1.4～0.64 m，其百分比分别为 34%和 92%。上述结果显示，在相同的添加地形模型的情况下，虽然水平层状构造对同震形变有很大影响，但局部地质构造的影响（模型 C）更大，所得结果也更接近真实情况。这些结果表明，世界上最大海沟的地形效应远远大于青藏高原东缘 9%的地形效应。它们对同震形变产生如此大的影响，均能被现代大地测量技术（如 GPS、InSAR 等）观测到。因此，在计算同震形变或进行断层反演时应该加以考虑。

S12-O-09S

海洋板块在马里亚纳与马尼拉海沟受挤压后的弹性弯曲形变

张帆 [1,2,3]，林间 [3]，詹文欢 [1]

1 中国科学院南海海洋研究所

2 中国科学院大学

3 美国伍兹霍尔海洋研究所

zhangfan@scsio.ac.cn

本文以位于西太平洋的马里亚纳（Mariana）海沟以及位于南海的马尼拉（Manila）海沟为研究对象，定量地分析了海沟处洋壳的弹性挠曲变化。为了更好地显示俯冲板片受力后的形变特征，我们首先从原始的地形数据中剥蚀去除多种可以定量化的地形因素，包括（1）沉积物厚度（sediment thickness）；（2）基于重力模型计算的均衡地形面（isostatic topography）；（3）与板块年龄有关的一维的热沉降效应（thermal subsidence）；以及（4）剩余的短波长地形（short-wavelength features）。最终得到的非均衡地形面（non-isostatic topography）可以较好地显示俯冲板片受海沟处的挤压力后的三维的弯曲面。沿着马里亚纳及马尼拉海沟，我们分别抽取了 750 及 210 条与海沟走向垂直的长剖面。我们将每十条剖面作为一组，进行了板片弹性弯曲模拟分析，得到了每组剖面形变的最佳模拟曲线以及最符合弹性弯曲理论模型的拟合参数。分析结果显示，沿着马里亚纳海沟的各组剖面中，由应力造成的海沟深度的变化范围为 0.9 到 5.7 公里，板块在海沟处所受垂直荷载（$-V_0$)的变化范围为-0.73×10^{12} 到 3.17×10^{12} N/m，而在海沟处所受弯矩（$-M_0$）的变化范围为 0.1×10^{17} 到 2.7×10^{17} N。在海沟前缘隆起处（outer rise）向海的一侧，各组剖面的板块有效弹性厚度（T_e^M）的变化范围为 45 到 55 公里；而在向海沟轴一侧，板块有效弹性厚度（T_e^m）的变化范围为 19 到 40 公里， 因此由最大到最小弹性厚度的减小发生在距离海沟轴处（x_r) 70 到 120 公里处，减小的程度约为 21%到 61%。我们同时发现，板块有效弹性厚度的减小通常发生在海沟前缘隆起处，并伴随着大量正断层开始发育在靠海沟轴的一侧。沿着马里亚纳海沟，挑战者深渊（Challenger Deep）处的海沟最深，在海沟处所受垂直荷载最大。而在被海山覆盖的区域，海沟较浅，所受垂直荷载较小，而所受弯矩较大，前缘隆起处较高。总的来讲，海洋板块在马尼拉海沟的受力形变比在马里亚纳海沟要小。沿着马尼拉海沟，由应力造成的海沟深度的变化范围为 0.8 到 2.2 公里，海沟处所受垂直荷载（$-V_0$）的变化范围为-0.41×10^{12} to 1.21×10^{12} N/m，海沟处所受弯矩（$-M_0$）的变化范围为 0.05×10^{17} 到 0.6×10^{17} N。在马尼拉海沟前缘隆起处的向海一侧，有效弹性厚度（T_e^M）的变化范围为 30 到 40 公里；在向海沟轴一侧，有效弹性厚度（T_e^m）的变化范围为 11 到 29.5 公里,。因此，由最大到最小弹性厚度的减小发生在距离马尼拉海沟轴处（x_r) 50 到 120 公里处，减小的程度约为 26.3%到 63.2%。马里亚纳与马尼拉两个海沟之间所受垂直荷载、弯矩及有效弹性厚度有明显不同，可能与所处构造环境及板片年龄有关。

S12-O-10S

马里亚纳海沟俯冲板块上的正断层的产生:板块弯曲与重力滑动共同引导的结果

周志远 [1,2]，林间 [1,2]，Mark D. Behn[2]，Jean-Arthur Olive[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，MA 02543, USA
3 美国麻省理工学院/伍兹霍尔海洋研究所联合培养项目，MA 02543, USA
1210807@tongji.edu.cn

研究表明海洋俯冲板块上正断层的产生与演化对地球动力学过程起着重要的作用，它会直接影响俯冲板块的上地幔蛇纹石化程度、触发浅层大地震和海啸、控制海洋地壳中的流体活动等。然而目前对其具体的产生机制还了解甚少。我们从马里亚纳海沟的海底地质与地球物理的观测出发，通过高精度

多波束地形和其他资料研究其南北各区的正断层特征，并通过数值模拟方法来探索正断层的产生机制。我们首先模拟了俯冲板块上由于板块弯曲产生正断层的过程，定量化地研究各种地质构造参数对于正断层区形态的影响。模拟结果表明仅仅考虑板块弯曲的机制，无法解释实际观测到的正断层特征：主要区别表现为实际观测正断层区比模拟结果宽、垂直断距比模拟结果大，且离海沟越近差异越明显。考虑到海沟区巨大的地形落差可能会引起较大的重力滑动作用，我们定量计算了潜在的重力滑动作用在俯冲板块上部产生的应力场。结果表明在离海沟较近的地区，在板块上层由重力滑动产生的拉张应力有可能与板块弯曲产生的应力为同等量级。结合板马里亚纳海沟的实际观测，我们提出俯冲板块上的正断层演化的新机制：（1）在板块弯曲的作用下，正断层首先产生于外侧隆起（Outer-rise）区，并随着板块移动逐步向海沟靠近；（2）当板块进入离海沟几十公里的大坡度地区时，在重力滑动的作用下，正断层继续发育，其断距不断增大。

S12-O-11S

大洋岛弧火山岩地球化学特征对俯冲过程的响应——以 Tonga-Kermadec 为例

罗青[1,2]，张国良[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. 中国科学院大学研究生院，北京 100049

zhangguoliang@qdio.ac.cn

俯冲带是元素在不同地壳和地幔储库之间分馏的最重要的场所，也是地壳物质返回地幔的地方（Hofmann & White 1982; Hart 1988; Dickin 1995; Tatsumi & Kogiso 2003）。大洋火山岛弧形成于俯冲带上方，其基底通常为薄的铁镁质地壳，不易发生硅铝质地壳的混染（Wilson 1989），因此对大洋岛弧玄武岩的地球化学研究有助于判断元素如何通过地幔楔在不同储库之间进行运移，以及确定岛弧玄武岩形成的受控因素。

在俯冲过程中可能影响岛弧火山岩组分的俯冲要素包括：俯冲速率、俯冲板片年龄、俯冲板片地貌特征，以及俯冲板片的物质组成等。岛弧玄武岩在地球化学特征上明显区别于那些远离俯冲带喷发的岩浆，通常具有亏损高场强元素（e.g. Nb, Ta, Zr, Hf, Ti 以及 HREE），富集大离子亲石元素元素（e.g. K, Rb, Ba, Sr, Th, U 以及 LREE）的特征，这可以解释为来自板片的“俯冲组分”加入地幔楔源区的结果（Pearce 1983; Woodhead et al. 1993; Hawkesworth et al. 1994; Pearce & Peate 1995）。

本研究以 Tonga-Kermadec 俯冲体系为例，探讨大洋岛弧火山体系在地球化学上对不同俯冲要素的响应。Tonga-Kermadec 岛弧位于西南太平洋，长约 2600 km，其最北端具有地球上最快的俯冲速率，可达到 240 mm/a（Bevis et al 1995）。Tonga-Kermadec 岛弧下部的俯冲板片形成于正在垂直向海沟俯冲的已停止的 Osbourn Trough 快速扩张脊，研究推断洋壳年龄自扩张中心分别向南和向北约为 85~144 Ma（Billen 2000）。在 25.4° S 附近，Tonga-Kermadec 海沟被 Louisville 海脊分割，在地形上表现为一个向西的凹痕。向海沟俯冲的太平洋板块上覆盖了厚约 200m 的远洋沉积物，并且沿 Tonga-Kermadec 岛弧从北向南，来自 New Zealand 的陆源物质有增加的趋势。本研究搜集了该区大量地球化学数据，包括 Tonga-Kermadec 岛弧自北向南共 20 个火山岛（Ewart et al, 1977; Turner & Hawkesworth, 1997; Wendt 1997; Ewart et al, 1998; Peter 2012; Turner 2012; Barger

2013）、Tonga-Kermadec 海沟东侧拖网岩石样品（Castillo 2009）、Louisville 海山链（Beier 2011），以及 DSDP-Site 204 钻孔沉积物（Burns et al. 1973; Turner et al. 1997; George et al, 2005）。另外对 ODP-Site 841 的火山岩样品及 IODP-Site 1365 的沉积物和玄武岩样品进行了分析测试。通过对上述数据的分析对比总结不同俯冲元素对岛弧岩浆作用的影响/控制。目前根据对岛弧岩浆岩样品主微量元素数据的初步分析显示，Tonga-Kermadec 南北两段在化学组分上存在差异，具体影响因素还需进一步研究。

S12-O-12

断层发震时应力释放的温度响应—以集集、汶川及 Tohoku-Oki 地震为例

杨小秋[1]，施小斌[1]，徐子英[2]，王晓芳[1]，许鹤华[1]，曾信[1]

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，广州 510301

2 广州海洋地质调查局，广州 510760

yxq2081@scsio.ac.cn

断层发震过程中，摩擦阻力决定了断层失稳条件，并控制着滑动速率和最终滑移量。因此，摩擦系数是研究断层发震机制的基础参数。而同震温度响应导致的温度异常，可在震后钻孔测温中获得并识别，为摩擦特性和发震机制等基础研究提供了非常独特的思路和有效手段。

目前，普遍认为摩擦生热是同震温度响应的唯一机制。并据此对不少断裂带开展了摩擦特性和发震机制等基础研究。如近年来，美、日、希腊及中国，先后在发震的 San Andreas 断裂带[Scholz, 2002]、Nojima 断裂带[Ando, 2001; Yamano and Goto, 2001]、日本海沟俯冲带[Frederick M Chester et al., 2012; Fulton et al., 2013]、Aigion 断裂带[Cornet et al., 2004; Sulem, 2007]、车笼埔断裂带[Kano et al., 2006; K-F Ma et al., 2006; Tanaka et al., 2006]和龙门山断裂带[Li et al., 2013; JJ Mori et al., 2010]上进行钻探，并通过钻孔测温获取震后各发震断层滑移面附近的温度异常分布情况，根据 $\Delta QF=\tau \cdot d=\mu \cdot \sigma n \cdot d$，估算摩擦热和动摩擦系数等基础参数，进而开展发震断层摩擦特性和发震机制研究。

然而，断层发震，应力瞬间释放，实际上也是绝热减压过程。据固体力学绝热减压原理可知：应力瞬间释放，势必会引起断层内能减小、温度降低。同时，实验室岩石样本应力加/卸载与温度响应试验、以及台湾车笼埔断裂带和日本海沟俯冲带震后钻孔测温数据及数值模拟初步结果，都证实了断层发震时，不仅会因摩擦生热而引起滑移面附近温度升高，同时也会因同震应力释放而导致温度降低，而且其范围比摩擦生热引起的温度升高反应要宽很多。因此，虽然摩擦生热能量密度达到 10~30 MJ m-2，但其只分布在极薄(通常只有 1~10 mm 厚)的断层滑移层内[Frederick M Chester et al., 2012; Frederick M. Chester et al., 2013; Fulton et al., 2013; L-W Kuo et al., 2011; L W Kuo et al., 2009; Li et al., 2013; Sibson, 2003; Song et al., 2007]，然后再慢慢扩散开来；而同震应力释放导致的温度降低虽然只有 0.020~0.100℃（也即 20~100 mK），但其对应的区域可能是断层滑移面上下几十米至百米，则其等效到单位面积内的能量密度还是非常可观的、不可忽略的。比如当岩石的体积比热容取均值(ρc)=2.5 MJ m-3 K-1，应力释放导致的温度降低范围取均值 2D=100 m，则温度负异常 ΔTS =0.020~0.100℃时，其等效到单位面积内的能量密度就达到 5~25 MJ m-2，与摩擦生热

的能量密度 10~30 MJ m-2 在同一数量级。这也提示着我们，利用震后钻孔测温数据估算摩擦热、摩擦系数时，不能再忽略同震应力释放导致的温度降低效应。

由此可知，断层的同震温度响应机制，不仅有摩擦生热导致温度升高效应，还应有同震应力释放导致温度降低效应。这两种效应共同控制着断层的同震温度异常。若忽略后者，则利用震后钻孔测温数据估算的摩擦热和摩擦系数将偏低。

因此，深入研究断层同震温度响应机制，准确区分摩擦热导致的温度正异常和同震应力释放导致的温度负异常，并确定各自的范围和大小，将有利于准确获取断层摩擦热和摩擦系数等基础参数，对断层摩擦特性和发震机制等基础研究具有重要意义。

S12-P-01

北大西洋 24°-27°10'N 地壳厚度的时空分布研究

Tingting Wang[1], Jian Lin[1, 2*], Brian Tucholke[2]

1 State Key Laboratory of Marine Geology, School of Ocean and Earth Sciences, Tongji University, 200092, Shanghai, China

2 Department of Geology & Geophysics, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA, 02543, USA

wdt@tongji.edu.cn

We use detailed high-resolution multibeam bathymetry, shipborne gravity, side-scan sonar images, and magnetic anomaly data that were collected on the conjugate ridge flanks out to ~28 Ma crust to investigate the crustal evolution and structure of the slow spreading Mid-Atlantic Ridge at 24°-27°10’N. Substantial variations both along- and across-isochron have been observed. Within segments, there are distinct differences in seafloor morphology and crustal thickness between inside and outside corners. The inside corners are associated with shallow depth and thin crust while outside corners are deeper and have thicker crust. Across-axis variations show layered timescales, with a longer timescale of tens of million years overlaid by a shorter timescale of 2-3 m.y.. These variations are caused by temporal changes of melt input which might be related to mantle composition heterogeneities. A significant portion of the crust shows asymmetries in crustal thickness and tectonic structure between conjugates. For areas with relatively high melt supply, the two conjugate sides tend to have symmetrical crustal thickness and structure features, including seafloor depth, fault patterns, and volcanic features. However, for areas with low melt supply, strong across-axis asymmetries are observed in both crustal thickness and seafloor morphology. The flank with thinner crust exhibits elevated, blocky topography with little volcanic features and are associated with large, long-lived, irregular faults. These faults take a large part of tectonic extension and magnify crustal thickness asymmetries on conjugate flanks.

S12-P-02

阴阳太极思维与地球系统科学关系的初探

韩喜彬，李家彪，初凤友，金翔龙，唐灵刚

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

“阴阳”，是中国古人“近取诸身，远取诸物”，观察天、地、日月运行规律，对宇宙天地万物生发、成就原理的高度总结。所谓“一阴一阳之谓道”（易经），是指阴阳之气相互交感，成就物质世界万事万物。“阴阳者，天地之道也，万物之纲纪，变化之父母，生杀之本始，神明之府也”（黄帝内经•阴阳应象大论）。“阴阳”是宇宙物质世界的基本状态，相对、相依、相存、相互转化。太极函阴阳，阴阳函太极，如同 $E=mc^2$ 一样对质能转换的完美表达一样，太极图也是阴阳的完美表达，也是一个系统作用的完美呈现，太极图曲线流畅的阴阳双鱼表现了阳极生阴、阴极生阳、阴阳互化、周而复始、无始无终的状态，揭示了系统内阴阳平衡、阴阳消长、自我转化、自我调整的自然规律。阴阳太极思维不仅是中国传统哲学和古代的科学物质观，而且作为现代系统科学一种重要思维方法和技术手段被应用到大到宇宙大爆炸理论和太阳系演化，小至 DNA 和强子内部结构等的研究。地球作为一个系统，是由大气圈、水圈、陆圈（岩石圈、地幔、地核）和生物圈（包括人类）组成的有机整体，具有多时空尺度，包含许多嵌套子系统。地球系统科学就是研究组成地球系统的这些子系统之间相互联系、相互作用中运转的机制，与阴阳太极思维有着异曲同工之妙，也可以说太极图是对地球、现代地理的蓝图、缩影（秦贵森）。

随着自转，地球产生昼夜，昼夜相互转化，更替循环，特别是在晨昏线两侧更是黑白分明，如同太极图中阴阳两仪，相依相伴，相互转换。太阳辐射在地球表面的非均匀分布生成大气环流，包括全球尺度的东西风带、三圈环流(哈得来环流、费雷尔环流和极地环流)、定常分布的平均槽脊、高空急流以及西风带中的大型扰动等。哈得来环流是指在近赤道地区空气受热上升，在高层向北运行逐渐转为偏西风，在 30°N 左右有一股气流下沉，在低层又分为两支，一支向南回到近赤道，形成低纬度的正环流，进行热量、水分、角动量等物理量交换以及能量交换，冷热气流交互形成环流，互为消长，相互转化，周而循环，且冷热环流在空间也存在着接触面，就形成一个太极图，有阴阳两仪，并有太极图中的黑白界限，这样看来，在阴阳太极图中不仅是形态过程的表现，也存在着热量、水分、角动量及能量的运移和转换。大气下面的海洋水体的温度由表层到海底逐渐降低，也是一个由“阳”到“阴”转变的过程，阴阳互变的过渡带出现温跃层区域，且随着季节变迁，在冬季海水中温跃层也会消失，水体上下融合，阴阳互变达到融合的平衡状态（关万春，2013），随着外在条件的变化，阴阳均衡，形成“混沌”；随着夏季的来临，温跃层出现，“混沌”破裂，从“一生二，二生三”，也就是说子系统会随外在条件变化，阴阳也会变化甚至消失。全球表层大洋由于温度、密度的差异形成暖流和寒流，暖流、寒流相互转换，互为消长，形成多个环流子系统，环流子系统就表现为阴阳太极。不仅如此，全球大洋环流中的南极底层水在北印度洋和北太平洋上升为表层流，表层海水在南极附近的威德尔海冬天被强烈冷却，由于大量结冰，使其盐度升高达 34.66，从而使其密度大增，遂下沉至海底，并沿海底向北传布，呈扇形展开流入三大洋盆地，影响所及可达大西洋的 40°N 和太平洋的 50°N，对各大洋的总热量至关重要。那么大洋底层流和表层流就形成了阴阳互动的太极图系统，且南极底层水在地质历史时期是变化的，其变化影响着全球的气候和环境的变化。也就是说在地球系统中一个子系统中阴的变化导致阳的变化，如果超出子系统的范畴，必然导致

子系统作为上一级系统阴或阳的变化，进而导致上一级太极图系统的变化，所谓的“蝴蝶效应”吧。地球系统中的陆地与海洋想接，如同阴阳相依相伴；大陆内有包围着海洋（如地中海、北冰洋等），海洋内环绕着陆地（如新西兰岛、南大洋包围的南极洲等），阳中有阴，阴中有阳。根据威尔逊旋回，大陆岩石圈由崩裂开始、以裂谷为生长中心的雏形洋区渐次形成洋中脊、扩散出现洋盆进而成为大洋盆，而后大洋岩石圈向两侧的大陆岩石圈下俯冲（见俯冲作用）、消亡，洋壳进入地幔而重熔，从而洋盆缩小；或发生大陆渐次接近、碰撞，出现造山带，遂拼合成陆，如同太极中阴阳互为消长，互相转化，沧海桑田，海洋隆升为陆，陆地也会沉降为海。没有海洋，显现不出陆地增减，没有陆地，洋盆也显示不出变化，阴阳互根，所谓“孤阴不生，独阳不长”。洋壳和陆壳的交汇就是太极图中的黑白界限。不仅如此，洋壳的生成过程，海底的扩张过程也呈现出阴阳太极的模式，地幔物质沿大洋中部穿透岩石圈的裂缝或裂谷上涌、侵入和喷出而形成新的洋壳，随着这个作用不断进行，新上涌侵入的软流圈物质把原已形成的洋壳向裂谷两侧推移扩张，致使洋底不断新生和更新，并不断向外推移，及至海沟岛弧一线，便受阻于大陆而俯冲下插于软流圈，熔融形成新的岩浆，洋壳和软流圈在这个子系统中就表现为太极图，阴阳相依、互为消长、互相转化，循环不止。进而推知，在地球内部上地幔与下地幔、下地幔与外核及外核与内核之间必然存在着接触面，存在着过渡带，存在相互转化，存在着阴阳，存在着太极图系统。综上所言，地球系统的多个嵌套子系统从表层到深部都表现出阴阳太极的形态、构成和变化。因此，阴阳太极思维对地球系统科学来说是一种重要的思维方法和手段，对作为自组织、自相似和耗散系统的地球系统中的嵌套子系统进行阴阳构成分辨、阴阳互为消长机制探讨研究，探究手段未及的地方或令人迷惑的问题有着十分重要的意义。

S12-P-03

西南印度洋热液口区浮游动物多样性研究

刘镇盛[1,2]，孙栋[1,2]，邵倩文[1,2]，杜明敏[1,2]

1.国家海洋局海洋生态系统与生物地球化学重点实验室，杭州 310012

2.国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

zsliu2012@163.com

根据 2013-2014 年西南印度洋调查航次 Bioness 浮游生物网采集的浮游动物样品，对西南印度洋多金属硫化物合同区热液口海域浮游动物群落结构和物种多样性进行研究，揭示西南印度洋多金属硫化物合同区热液口海域浮游动物群落结构、物种多样性、浮游动物丰度和生物量的分布特征。结合同步调查的海流、水温、盐度、溶解氧、营养盐等环境因子的研究结果，探讨热液口区海域浮游动物群落结构和多样性与环境关系。为构建西南印度洋多金属硫化物合同区生物基线、多金属硫化物资源勘探和环境影响评价提供科学依据。

S12-P-04

沿日本、菲律宾和马里亚纳海沟的俯冲板弯曲变化特征

汤民强[1,3]，林间[2]，施小斌[3]，张帆[3]

1 国家海洋局南海工程勘察中心，广州 510300

2 伍兹霍尔海洋研究所，美国麻省

3 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

tangminqiang@smes.gz.cn

We conducted a detailed analysis of flexural bending of oceanic plates near the

Japan (JT), Philippine (PT), and Mariana (MT) trenches in the western Pacific Ocean. For each subducting plate, we obtained a 3-D interpreted flexural deformation surface by removing from the observed bathymetry the effects of (1) sediment loading, (2) isostatically-compensated topography based on gravity modeling, (3) age-related lithospheric thermal subsidence, and (4) residual short-wavelength features. Results revealed significant inter- and intra-trench variations. The Mariana trench has the greatest variability in trench relief (w_0, up to 5.7 km), trench-axis vertical loading ($-V_0$, up to 3.17 ×1012 N/m), axial bending moment ($-M_0$, up to 2.70 ×1017 N), and outer-rise bulge (wb, up to 620 m). The maximum relief of the Japan and Philippine systems is about 74% and 70%, respectively, of the Mariana system. Across-trench profiles can be modeled by flexural bending of a thin plate with two effective elastic thickness values: Seaward (T_eM, 34-55 km) and trench-ward (T_em, 15-40 km) of the outer-rise, respectively. The Mariana, Japan, and Philippine trenches have reduction in effective elastic thickness (1 - T_em/T_eM) of up to 61%, 55%, and 60%, respectively. The trench relief in general increases with trench-axis vertical loading, while the outer-rise bulge height increases with axial bending moment. Within each trench system, the trench relief also shows weak positive correlation with slab age, dip angle, and convergence velocity, but with significant scattering.

S12-P-06

东太平洋 Cocos 洋脊上晚中新世以来沉积过程研究

廖远涛，郭禹希

中国地质大学资源学院，武汉 430074

ytliao@cug.edu.cn

来自世界大洋中的远洋、半远洋沉积物提供了解晚中生代和新生代地球环境演化的重要信息。然而，远洋沉积记录的条件会受各种因素影响，如果沉积物被长距离侧向搬运、混合，沉积记录可能就受到影响，从而导致无法获取可靠的古海洋学信息。长久以来，学者们多比较关注化学成岩作用，生物扰动的混合作用。然而，物理沉积过程影响效应的研究经常被严重忽略，我们很少知道沉积过程本身是如何影响古海洋记录的，也很少知道沉积过程的变化是如何被记录的。

位于 Panama 盆地内的 Cocos 洋脊是全面了解深海沉积过程的理想场所，具有横向上水深变化大、沉积物保存相对完整等特点。本文结合 MV1014 航次新获取的高精度地球物理、岩心及地球化学等资料及已有认识，运用深海地震地层学、地貌分析、物理海洋学等理论技术，对 Cocos 洋脊调查区晚中新世以来沉积物空间分布样式及其演化规律、潜在的沉积过程进行了研究。研究结果表明，Cocos 洋脊调查区上沉积物平均厚度为 196m，从洋脊顶部至侧翼盆地中心厚度分布不均。在 11.2-8.7 Ma 期间（LM3-LM2），调查区尽管位于赤道附近且位置比较浅，但沉积物堆积速率（MAR）比较低（平均 1.5g/cm^2/ky），显示了碳酸盐崩塌效应（carbonate crash）在整个东太平洋地区的重要影响。在 8.7-4.1Ma 期间（LM2-LM1、LM1-P2），尽管调查区逐渐向北东方向迁移，离开赤道地区，但调查区 MAR 逐渐增高，并达到最大，与区域上

的生物繁盛事件（biogenic bloom）对应。从 4.1 Ma 至现今，MAR 逐渐下降并达到最低（平均 0.95g/cm^2/ky）。板块的持续北东向迁移一方面导致调查区远离赤道高生产力区，同时导致与中美大陆边缘逐渐接近，潮汐能量显著增强。上述因素共同作用下，该时期洋脊上沉积物具有明显的分异现象，沉积物从洋脊顶部向北侧盆地显著迁移，导致在年轻的沉积层中具有明显的沉积物聚集（sediment focusing）现象。

S13-O-01

天体生物学

Yi-Liang Li

Department of Earth Sciences, the University of Hong Kong
yiliang@hku.hk

Are we alone? Is our Earth, the pale blue dot in this infinite Universe the only harbor for life? This fundamental question frequently appears in scientific fictions and now becomes a science. Astrobiology studies the origin, evolution and destiny of life on Earth and elsewhere in the Universe. The emergence of this science is the natural outcome of breakthroughs in astronomy, biology and Earth sciences in the past a few decades. The development of molecular biology has revealed the unitary origin and DNA-coding of all life on Earth despite the great diversity after a long Darwinian evolution. Geologists dated the origin of life back to almost 3.8 billion years ago. Planetary explorations in our solar system have indicated abundant life-building materials being stored in the planetesimal zone. The recent detection of hundreds of earth-like exoplanets has practically extended life exploration to the deep space. The astrobiological studies can be at cosmic, planetary, ecosystematic scales on a space dimension and, stellar and interstellar evolutions, chemical evolution of pre-life and development of ecosystems in deep time. Stellar nucleosynthesis and the evolution of galactic chemistry tell us about the formation of life-essential elements such as H, C-O-N-S-P and Fe-peaked transition metals. So the elements in our body are much older than Earth! Scientists begin to develop techniques to examine the atmospheric signature of life on nearby exoplanets. A body of liquid water, enough carbon and a silicate crust on a planet or satellite in the habitable zone are enough to support life, as we know it. We now understand that the deep evolution of biospheres has exquisitely fine-tuned the surface spheres of Earth. We wonder that the great events happened on Earth, such as the starting of plate tectonics, the rise of atmospheric oxygen, the appearance of ice ages, planet-wide precipitate of iron have both stimulated the evolution of life, and resulted in mass extinction. Now the human civilizations are on a fast lane going forward but have an unpredictable future. How long can our Gaia last? Can our offspring find next oasis beyond earth? Astrobiology cannot answer these questions but shall provide you some clues to think about.

S13-O-02

红矮星宜居带内潮汐锁相行星的宜居性

胡永云

北京大学物理学院 大气与海洋科学系, 北京 100871
yyhu@pku.edu.cn

自 1995 年第一颗太阳系外行星（简称系外行星）被发现到 2014 年 3 月 28 日为止，已有 1779 颗系外行星被确认，其中的 20 颗被认为是有可能适宜生命存在的宜居行星。因为红矮星是宇宙数量最多的恒星（大约占恒星总数量的 75%），所以，人类有可能最先在红矮星附近发现宜居行星。在诸多决定生命存在的因素中，液态水的存在是一个关键性的因素。因此，确定一颗太阳系外行星是否是宜居的，其首要条件是该行星的表面温度是否能够保证液态水的长期存在。由于红矮星的宜居带距离恒星较近（0.1 AU 左右），因此，红矮星系的宜居行星很可能是潮汐锁相的，亦即该类行星的一面永远面对恒星，较为温暖，而另一面永远背对恒星，极端寒冷。极低的温度有可能导致大气成分和水分完全冻结在背阳面，并导致行星不适宜生命存在。

为验证这些问题，我们使用修改的地球气候模式模拟了大气和海洋环流能否输送足够多的热量到背阳面，并加热背阳面，从而避免大气和水分的完全冻结在潮汐锁相行星的背阳面。我们的模拟结果表明：1）海洋和大气环流能可以输送足够多的热量到背阳面，从而避免大气坍塌现象和水分完全冻结的现象发生，2）在海洋热量输送的作用下，如果大气温室效应足够强，即使背阳面的海冰都能够完全融化，3）如果该类行星确实是海洋星球，其宜居的范围比传统预估的一句带要窄，4）模拟的气候空间模态对未来探测宜居行星具有重要的理论意义。

S13-O-03S

红矮星周围离心轨道的可适宜居住行星的不同气候模态

王玉玮[1]，田丰[2]，胡永云[1]

北京大学物理学院大气与海洋科学系，气候与海-气实验室，北京，100871
清华大学地学研究中心，北京,10084

红矮星周围的可适宜居住行星因距离红矮星较近，受到强烈的潮汐力的作用，逐渐演化为潮汐锁相的运动状态，即一面永远正对着恒星，另一面永远背对着恒星。三维的气候数值模拟表示，这种运动状态的行星所形成的是眼球状态气候模态，即全球除了太阳直射点附近有开阔洋面外，其余都被冰雪所覆盖。然而当有偏心率存在时，行星的运动状态不一定是同步自转。对于非同步自转的运动状态，三维数值模拟显示有可能存在另外一种气候模态——条带状气候模态：中低纬地区都被开阔洋面所覆盖，冰雪仅存在于高纬地区。在文章中我们建立了偏心率和最可能的气候模态之间的联系。这两种气候模态可以通过热红外的相位曲线观测到。

S13-O-04S

宜居系外行星的植物分布与观测

崔夺[1]，田丰[1]，王钰玮[2]，喻朝庆[1]，李长生[3]

1 地球系统数值模拟教育部重点实验室, 清华大学地球系统科学研究中心，北京 100084;
2 北京大学物理学院大气与海洋科学系，北京 100871;
3 新罕布什尔大学地球海洋与空间研究所，Durham NH, USA 03824
cuid12@mail.tsinghua.edu.cn

宜居行星是指表面可维持液态水长期稳定存在的类地行星。宜居行星为类似地球生命的存在提供了可能。目前一般认为最可能首先在红矮星周围发现宜居行星，因此探索植物在红矮星宜居行星上的生长情况有重要意义。此外，模拟宜居行星上的植物生长和

分布为探测宜居行星的生命信号提供帮助。植物的生长主要依赖于水热条件及营养物质，因此地球上的植物生长与气候带分布密切相关。同理推断，行星上不同的气候模态也会影响行星上植物分布。利用 3D GCM 模型对围绕红矮星的宜居行星进行的气候模态模拟发现，根据行星自旋轨道自转-公转共振参数状态（spin-orbit resonance number）的不同可表现为两种不同气候模态，即:眼球模态（eyeball pattern）和条带模态（striped ball pattern）两种模态。

DNDC （ denitrification-decomposition model）模型是依据生物地球化学原理设计的描述地球生态系统中碳、氮循环过程的计算机模拟模型。 这里我们将 3 维 GCM 计算得到的温度、降水、风速、辐射和湿度等气象数据作为DNDC的输入参数研究宜居行星上的气候对植物生物量和分布的影响。初步研究结果如下：

1、眼球气候模态下的生物分布呈现眼球状，而条带气候模态下的生物分布也呈条带状。

2、在 DNDC 输入的营养参数设为全球一致的情况下，宜居行星上不同地区的生物量差异主要与降水、蒸发、淋溶作用和温度相关，尤其与降水减蒸发的差值相关，相关系数达到 80%以上。

3、随着时间的推移，宜居行星上的生物量呈现不断增加的趋势。在条带气候模态下，第一个地球年模拟出的宜居行星南北纬 23°间的生物量为 223.4 克/平方米・年，南北纬 23° 到 51° 间的平均生物量为 141 克/平方米 •年而第四个地球年的为 593.25 克/平方米・年和 234 克/平方米・年。相比于地球热带雨林地区的生物量为 2000 克/平方米・年，温带草原为 500 克/平方米・年，宜居行星上的生物量远小于地球生物量。此宜居行星上的植物生长可能在较长时间尺度内持续增加，直到达到其生物量的潜在最大值后而稳定。我们将计算红矮星宜居行星的稳定植物量和植物分布，并根据这些信息计算该宜居行星的行星反射率随时间的变化。这些工作将为未来的宜居行星生命探测提供理论基础。

S13-O-05

宜居系外行星的水含量

田丰[1]，井田茂[2]

1 地球系统数值模拟教育部重点实验室，清华大学地球系统科学研究中心，北京 中国 100084

2 地球生命研究所, 东京工业大学, 日本

迄今为止, 地球是太阳系中已知的唯一存在生命和表面海洋的行星。长久以来行星表面海洋被认为是类似地球的生命能够发生和发展的必要条件；近年来海底热泉生命等极端生命的发现使得人们开始更多地考虑表面不存在海洋的行星（如火星）或卫星（如木卫二、木卫三、土卫二、土卫六等）上是否存在生命的可能性；但水的存在仍然被科学界广泛接收为生命的必要条件。

自 1995 年第一颗正常恒星周围的太阳系外行星被发现至今，已经有超过 1700 颗系外行星被发现，还有更多的系外行星候选体等待确认。随着系外行星总数的增加，位于所谓宜居带（指恒星周围能够满足类地行星表面液态海洋长期稳定存在的区域）的系外行星也逐渐增多，目前已经有十多颗，但都还有待确认。

从行星形成的角度来说，行星的水应该有两个来源：1）直接从原始星云获得；2）从位于“雪线”之外的含水/冰天体（如小行星、彗星等）获得。行星形成模拟对这两种过程都有比较好的工作，但都没有关注行星形成过程中的大气逃逸过程对宜居行星的含水量的影响。本工作将结合行星形成模拟和

大气逃逸模拟来研究在行星形成和早期演化阶段类地系外行星水(冰)含量的变化。我们将报告从理论工作的角度对已知小质量系外行星的分布特征的解释，并探讨不同类型恒星周围的宜居系外行星的演化历史。

S13-O-06S

火星北部平原区含水硅酸盐矿物的发现及意义

潘路 [1]，Bethany L. Ehlmann[1,2]

1 California Institute of Technology, 1200 E California Blvd, MC 150-21

2 Jet Propulsion Laboratory

lpan@caltech.edu

火星南半球均为古老的高地，而北半球属于年轻的平原区，南北的强烈对比不仅体现在高程和地表年龄，地表化学成分也明显不同。在南半球广泛分布的含水硅酸盐矿物很少在北方平原区探测到，直到近些年才在北部平原区内大型撞击坑附近探测到基性矿物和含水硅酸盐矿物的近红外光谱信号，开始让我们了解北部平原区的地质历史。

我们使用火星勘测轨道飞行器（MRO）上的小型成像光谱仪（CRISM）的数据探测到 Acidalia 平原内丘陵区地表存在含水的 Fe-Mg 片状硅酸盐以及非晶质氧化硅。Fe/Mg 片状硅酸盐发现在小山丘的斜坡上，是南部高原最常见的含水矿物，因此该丘陵区很可能是南部高原被侵蚀遗留下的地貌 。非晶质氧化硅在山丘周围的平台上被探测到，为第二期水环境的风化产物，可能形成于酸性气体风化，淋滤作用，或者短期存在的地表水或者地下水造成地表硅酸盐矿物的风化。这些相当局限分布的矿物光谱信号并不支持北部平原曾载有海洋的假说，但这些含水矿物的发现对了解火星北部平原区的地表风化历史以至于火星整体的地表环境有重要意义。

除此之外，大型撞击坑能够发掘上十公里深部的地层，因此是另一个研究北部平原区地质历史的直接途径。近年来在北部平原区的撞击坑中不仅探测到广泛分布的橄榄石和辉石，还发现了 Fe/Mg 蒙脱石，绿泥石，葡萄石等含水的及低温变质的矿物组合。我们也将在北部平原区的调研中将两方面的数据整合起来，经过撞击坑直径和挖掘深度的正比关系，可以推断矿物来源的深度，从而建立火星北部平原区的地层剖面。

研究表明，火星北部的平原区的含水 Fe/Mg 硅酸盐矿物很可能属于前诺亚纪或者诺亚纪。Acidalia 平原区地表发现的 Fe/Mg 含水硅酸盐或许是两分线附近南方高原区被侵蚀留下来的残余地貌，而撞击坑的中央山上的信号来自于北部平原的深部。在诺亚纪基底之上有广泛分布的未经变化的橄榄石，代表赫斯珀利亚纪火山活动。而这些都被亚马逊纪时期岩浆和沉积物所覆盖，因此造成了两个半球的地表特征的显著差异。尽管有假说北半球可能曾出现过海洋，但光谱数据记录的北部平原区的水过程与南部高地相似，有着从诺亚纪到亚马逊纪含水化学风化过程逐渐减弱的历史。

S13-O-07S

火星——Atacama 沙漠 Salar Grande 盆地的沉积及有机物记录

Ziye Cheng, David C. Fernández-Remolar*, Long Xiao

Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

kernnunnos@gmail.com

The southern highlands on Mars contain ancient deposits of chlorides that were likely precipitated from hypersaline brines. The

chlorides formed during the evaporation of solutions have a great potential for preservation of very labile molecules encoding essential information of its biological origin. This is the case of DNA and RNA that have been detected in very ancient materials as the 419 Ma saline deposits of the Silurian of the Michigan Basin. To this regard, the Atacama Desert (Chile) is considered as the driest place on Earth that hosts modern and ancient hyperarid lacustrine system like the Salar Grande. This is composed of a homogeneous halite body, which has remained unaltered for thousands of years. The chloride-bearing deposits were likely formed in strong hyperarid conditions emplaced during the Pleistocene that promoted high evaporative conditions, which shows a close analogy to those that promoted the formation of the chloride-bearing terrains in Terra Sirenum, Mars.

The sedimentary and geochemical analyses of borehole samples collected at different locations of the Salar Grande identify two different sedimentary units —a lower unit with a higher concentration in clays and detrital minerals but accompanied with sulphates and few nitrates, which is followed by an upper level composed of chlorides. The Ion Chromatography (IC) analyses of subsurface samples are consistent with the mineralogy determined by XRD analyses. However, we also note that there are some phosphates and fluorides at the bottom of the sedimentary successions in the lower unit. In addition, the IC analyses of the borehole samples detected a high concentration of oxalates at 7 m deep.

The Atacama Desert has been exposed to hyperarid conditions over the last 10 Ma. Concretely, the Salar Grande experimented oversaturation of chloride- and sulphate-rich solutions by a progressive formation of endorheic basins. It promoted the saturation of solutions with a high content in chlorides and sulphates sourced in the subsurface through geothermal activity of the high Andes. The geochemical and mineral results are consistent with a high tectonic instability and exposed to hyperarid conditions that started with the production of detrital to sulphate materials, and ended with chloride rich deposits, which record the progressive emplacement of an endorheic basin in the area. Under these conditions, the water activity has dropped below 0.76 (halite saturation), which promotes the preservation of organics at a concentration that is high enough to be detected by geochemical sensors. Furthermore, the presence of nitranite also suggest a very extreme aridity with less mature solutions precipitating in some cases under a water activity lower than 0.6. Such a low conditions for water availability can favor the preservation of organics as the oxalates at the upper level of the salty sequence. As a next step, we plan to analyze the occurrence of oxalates and molecular biomarkers of the salt body to evaluate its preservation potential under the terrestrial hyperarid conditions that are mimicking the palaeoenvironmental conditions producing the Mars chlorides.

S13-O-08

早期火星大气的光化学氧逃逸

赵金锦，田丰

地球系统数值模拟教育部重点实验室，清华大学地球系统科学研究中心，北京 100084
rosalind0109@163.com

火星大气逃逸是火星演化研究的重要部分，在行星演化历史早期尤为关键。一般而言大气逃逸的机制有热逃逸、大气溅射过程、碰撞侵蚀过程和离子的太阳风侵蚀等。因为火星质量小，离子的离解复合过程所产生的原子有足够的能量可逃逸，简称光化学逃逸。这一光化学逃逸过程是今天火星大气逃逸的重要组成，针对今天火星高层大气情形下的光化学逃逸已有较详尽的研究。早期太阳的极紫外辐射（XUV）流量与今天太阳相比可高约数十倍甚至上百倍，因此早期火星高层大气高度膨胀，热逃逸速率较大，目前关于早期火星大气光化学逃逸的研究还比较缺乏。针对早期火星高层大气开展光化学逃逸模式计算可以增进我们对早期火星演化的理解。

本文基于 Tian et al. (2009)的早期火星大气热层模型，借鉴 Fox and Hać (2009) 对今天火星大气中氧原子光化学逃逸的研究方法，建立一维蒙特卡洛模式以定量计算早期火星大气的光化学氧逃逸。我们发现尽管氧气离子的离解复合反应发生率总值随太阳极紫外辐射量的增加而近线性增长，这一过程所导致的氧逃逸率是非线性变化。对模式计算结果的分析表明这一结果对氧气离子和背景氧原子随太阳极紫外辐射量增加的不同变化有关。在未来的工作中，我们将建立三维蒙特卡洛模式以检验这一结果。

S13-O-09

太阳系的巨行星

Adam P. Showman （萧丹）

University of Arizona
showman@lpl.arizona.edu

太阳系的巨行星（木星、土星、天王星与海王星）是气态行星，为我们深入了解行星形成、内部结构、大气环流和化学提供了重要信息。在这个报告里我总结这四个行星的关键大气物理和化学过程，以及内部结构，重点讲述最新进展和未解决的问题。它们大气的主要成分是氢气，并包含一定数量的水蒸气、氨气、甲烷等。在云层的顶端，大气环流形成速度很高的大气急流和涡旋,风速范围为木星上的 100 米/秒到海王星上的 300 米/秒。理想模拟显示这些急流是大气湍流和星球的自转相互作用产生的。为了解释所有四个行星的急流细节，最近的三维模拟已经显现出美好的前景。但我们在内部对流和大气湍流的相对重要性，以及湍流来源等其他方面仍然知之甚少。急流在星球内部的深度是未知的。 理论上有多种可能性：一个观点是急流仅限于表面，另外一个观点是急流贯穿千万米深。美国航空航天局（NASA）的朱诺（Juno）和卡西尼（Cassini）任务会分别为木星与土星解决这个问题。目前重力观测分析表明天王星和海王星的急流是大气现象，限制在行星质量最外层的 0.2%。这四个行星均有很多涡旋（比如木星的大红斑）、飓风等，不仅揭示涡旋动力学，而且提供有关大气温度和风结构的信息。另外，木星、土星、天王星和海王星都具有复杂的化学循环过程。大气中的甲烷、氨气等气体经过光化学反应，产生很多复杂的化合物。 有些光化学产物凝结，形成雾霾，为云层提供颜色。此外，我会总结类木行星的内部结构。因为是气态行星，木星、土星、天王星和海王星没有实体表面。随着深度的增加，气体就渐渐过度为液态。木星、土星与海王星辐射的热通量是从太阳吸收的两倍左右，表明这些星球还在失去它们形成时的原始热能。对流把热能从内部传输到外面。天王星是个例外，吸收的跟辐射的能量通量是相当的。内部的对流在所有四个星球产生很强的磁场，包含

关于内部结构关键的信息。这四个星球中心是否存在岩核是个主要未解决的问题。岩核的存在和质量对于行星形成与演化理论是一个强有力的约束条件。总体而言，巨行星体现出很多与地球相似的物理、化学原理和机制，但因为质量、成分、自转速率、吸收的太阳光等条件不一样而产生不同的现象。研究巨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。最后，我会讲述太阳系的巨行星如何为系外行星与褐矮星提供理解的基础。

S13-O-10

嫦娥三号着陆区地质及玉兔的足迹

肖龙，赵健楠，乔乐

中国地质大学行星科学研究所，武汉 430074
longxiao@cug.edu.cn;

嫦娥三号是 1976 年以来第一个成功实施的月球软着陆科学探测计划，也是中国的第一次在地外天体上的软着陆。嫦娥三号成功着陆于雨海北部的月海地区（340.49E,44.12N），着陆器和月球车玉兔共同完成了一系列科学探测，获得了大量月表探测数据，加深了对月球地质的认识。

着陆区所在的雨海北部，在以着陆点为中心的约 660km^2 区域内，地形相对平坦，高差小于300米，最高点位于南部，高程为-2610米，最低点为西北部的一个撞击坑，高程为-2560 米。除撞击坑边缘外，80%区域的坡度小于 5°。该区域分布的撞击坑都小于 2km，但形态多样，反映其形成时间的和受到后期改造程度的不同。区内还有五个皱脊，形态各异，记录了月球的收缩构造变形事件。尽管全部区域都被厚度不等的月壤覆盖，但是仍然可以识别出两种不同性质的月岩/月壤。大部分区域为中钛含量的月壤，北部为低钛月岩/月壤，它们分别形成于埃拉托欣纪和雨海纪。

着陆点所在位置相对高差不大，但是布满了大小不等的撞击坑，嫦娥三号就着陆在一个直径约 450 米的撞击坑边缘，也是着陆点附近较大的撞击坑之一。

玉兔于 2013 年 12 月 15 日走下着陆器后，利用两个月昼的时间，行走了约 100 米，完成了一个似“D”形路线的行走和探测。玉兔所搭载的立体相机、测月雷达、红外光谱仪和 X 射线光谱仪对沿途进行了摄影测量、成分探测和地下结构的探测。根据初步的探测数据分析，着陆点之下具有多层结构，包括月壤层、连续撞击溅射毯、两类月海玄武岩等。

S13-O-11

金星的重力场与地壳厚度

黄金水，杨安，魏代云

中国科学和技术大学地球与空间科学学院，合肥 230026
jshhuang@ustc.edu.cn

地壳是类地行星的表层结构，对地壳结构的认识可以帮助我们了解行星的演化。一般来说，地壳很薄，占行星的体积比很小。由于地壳是地幔部分熔融的产物，其厚度是地幔物质熔融程度的一个直接度量，因而是地球动力学研究的一个重要物理参量。金星上因为没有地震观测，计算金星地壳厚度依赖于其地形和重力场观测。现有研究显示，现今金星的岩石圈可能很厚。金星的重力（或大地水准面）和地形之间的导纳比较大、相关性也很高，在金星上的火山隆起地区的大地水准面地形比（GTR）和视补偿深度（ADC）都非常大，这些都表明金星内部动力学作用明显，火山隆起区域下方可能存在类似于地球上夏威夷下方的地幔热柱作用。

我们利用Magellan任务确定的金星地形和重力场模型资料，在分析了金星的地形和大地水准面特征的基础上，结合金星地幔对流数值模拟，提出一种扣除动力学地形影响的方法，即假定金星长波长的地形和重力场是由地幔对流和地壳均衡共同作用的结果，动力学地形和重力场的关系可根据数值模拟得到，同时根据艾利均衡理论可建立均衡部分地形和重力场的关系。依据扣除动力学影响后的金星重力场和地形我们计算了金星地壳厚度。结果显示扣除动力学影响前计算的地壳厚度的特征基本与地形相一致，但扣除动力学影响后的地壳厚度更能反映金星的动力学特征。金星地壳厚度变化范围主要集中在 28~70 km 之间，Ishtar 高地以及 Aphrodite 高地西部的 Ovda 和 Thetis 高原是金星地壳最厚的区域（大于 50km），该区的高地形主要与地壳均衡相关，这与其是古老陆地残留的推测一致。在 Beta、Themis、Dione、Eistla、Bell 和 Lada 高地地壳厚度较薄，且不再与地形明显相关。特别是在 Aphrodite 高地东部的 Atla 和 Imdr 区域，地壳厚度与周围区域地壳厚度基本一致。这种特征与这些区域的高地形主要是由热柱的动力学过程引起的相一致。

S13-O-12

火星赤道地区大气水冰云的半年变化的观测

Tao Li[1] and Yuk L. Yung[2]

1 CAS Key Laboratory of Geospace Environment, Department of Geophysics and Planetary Science, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui, China

2 Division of Geological and Planetary Sciences, California Institute of Technology, Pasadena, CA, USA

litao@ustc.edu.cn

Using the vertical profiles of water ice opacity and temperature observed by the Mars Climate Sounder onboard the Mars Reconnaissance Orbiter between September 2006 and July 2013 (Mars Year 28.35 to ~33), we find a significant semiannual variation in the tropical nighttime zonal mean water ice abundance near 0.1-0.01 hPa. There is a clear seasonal asymmetry in water ice abundance, with much higher maximum of water ice opacity at the Northern fall equinox than at the Northern spring equinox, and much lower minimum at the Northern summer solstice than at the Northern winter solstice, is likely due to the hemispheric asymmetry in the Martian topography and partially due to increased dust forcing in Southern summer.

S13-O-13S

2010 年土星飓风模拟

李成，Andrew P. Ingersoll

美国加州理工学院，加利福尼亚州，帕萨迪纳 91106

cli@caltech.edu

2010 年 12 月 5 日，在土星的北纬 33 度的急流核心处发生了一次行星尺度的大型飓风。成熟期的飓风直径超过 1.5 万公里，相当于一个半地球的大小。这种行星尺度的飓风在对土星 150 年的观测中总共被观测到 6 次，两次飓风的平均间隔是 30 年，此次飓风是有史以来规模最大、观测最详细的一次。围绕土星观测的卡西尼探测器（Cassini）捕捉到了该飓风的形成、发展和湮灭的整个过程。

飓风的核心由一个逆时针旋转的反气旋构成，该反气旋在飓风所在的纬圈内由东向西运动，运动速度超过了飓风所处的急流核心的速度。反气旋在其尾部形成湍流状的巨型云系，云系中氨气含量呈不饱和状态。当

气旋围绕整个土星运动一圈后，飓风活动强度减弱，直至消亡，历时 6 个月。

本研究课题由两部分组成。1）对于土星大气的热力学分析显示，当土星对流层处于高温状态时，强对流系统会被水汽的重力负荷所抑制。土星在此期间积累对流潜能（convective available potential energy）。大约 30 年后，当对流层温度冷却至一临界点后，水汽重力负荷减弱，对流抑制消除，巨型雷暴系统从水云处得以发展。由于 30 年间所积累的对流潜能特别巨大，潜能被释放后会导致行星尺度的大型飓风。这种水汽重力抑制机制需要土星上的水汽含量超过 1%（约为太阳 O/H 比例的十倍）。2）我们开发了一个简单的轴对称静力平衡数值模式来模拟发生强对流后的土星大气。数值模拟的结果显示，强对流导致了飓风中的上升气流冲出对流层顶进入平流层，在随后的地转调整（geostrophic adjustment）过程中，氨气凝结后以液体形式降落，所以反气旋过境后的尾部大气呈卡西尼所观测到的高亮温、低饱和度的状态。数值模式还显示，当土星大气中水汽含量约为 1.3%时，反气旋尾部的不饱和氨气延伸到了大约 5 bar 的位置，风暴过后的反气旋风速大约为 30 m/s，飓风导致的大尺度升温约为 2 K。这些数值都与卡西尼的观测相符。

S13-O-14

褐矮星的大气动力学

张曦，Adam P. Showman（萧丹）

美国亚利桑那大学月球与行星实验室

xiz@lpl.arizona.edu

褐矮星（brown dwarf）是一类介于行星与恒星之间的天体，体积与木星相仿，高温，快速自转，且一般不围绕恒星旋转。褐矮星的大气是近年来新兴并快速发展的天文方向。越来越多的观测表明此类大气呈现出令人惊异的性质，例如前所未见的大幅度光强变化，昭示着其谜一般的大气构成和动力系统，且向目前的大气动力理论提出了挑战。在此我们追问：此类天体是否可能存在快速的大尺度纬向急流，如同木星，或者潮汐锁定的系外行星比如热木星的大气？亦或是被各种小尺度的涡流和湍流所主导？三维的深度大气非弹性模式研究表明，此类大气的大尺度动力现象在很大程度上被其快速自转所决定（Showman & Kaspi 2013）。最新的全球尺度二维浅水模式显示，气态行星与褐矮星的大气系统也许可以被统一到一个简单的动力框架之内（Zhang & Showman 2014）。我们认为，纬向急流的存在与否，关键在于对流层的可用位能（Available Potential Energy）输入以及辐射冷却的强弱程度。在较强的行星内部热能和较弱的辐射情形下，纬向风场会在湍流和快速自转的相互作用下自然产生；反之，在可用位能输入较弱以及辐射较强的情形下，新激发的湍流会很快衰减，以至于来不及自组织并形成急流，从而导致大气呈现出各种小尺度的涡流和湍流。大多数较热的褐矮星可能属于第二类。另外，我们的模型提供了一个研究行星和褐矮星光变曲线的有力工具。本褐矮星模式可以成功解释最新观测中近红外波段光变曲线的幅度以及其在时间演变中的不规则变化。对褐矮星大气性质的研究极大地拓展了普适性大气理论的研究范围。在比较行星学的意义上，也对气态行星的形成及演化提供了另一种思考的角度。本文由美国亚利桑那州 Bisgrove 学者项目资助。

S13-O-15

使用浅水模式模拟木星大气的“大红斑”

闻新宇，梁文癸，贾喆

北京大学物理学院大气与海洋科学系，北京 100871
xwen@pku.edu.cn

木星大气的主要特征是中低纬度的纬向急流和南纬 22 度的超级风暴“大红斑”（Great Red Spot，以下简称 GRS）。其中 GRS 最早由伽利略用望远镜发现，是一个已存在 400 多年的、超长寿命的、巨型反气旋风暴。一般认为 GRS 是由众多小尺度、对流性风暴，通过反串级（小尺度到大尺度的串级）过程不断汇入 GRS 中心，来维持其形态和寿命的。同时，这样的串级过程又受到 Rhines 效应的影响，使得小尺度风暴在赤道地区更易转换为急流。这样的假设在多大程度上是合理的？对参数的敏感性如何？是值得研究的问题。

本文开发并使用北大浅水模式，采用 Showman（JAS, 2006）的参数配置，再现了长寿命的木星大红斑 GRS（位于南纬 34 度）和赤道急流风系。通过对多参数的敏感性测试，了解了包括模式 Domain 和分辨率、自转速度、风暴强迫源/汇项在内的多种参数对 GRS 的形成和维持的影响。作为初步结果，我们的模式结果中可成功再现 GRS 的形成和维持，但不能模拟出赤道地区的超级旋转西风急流。

我们愿意把现有浅水模式的木星版本的代码提供给华人世界的行星大气研究社区，以帮助更多的科学家使用浅水模式来研究类木行星（巨行星）的大气环流特征。与此同时，我们也正在尝试开发三维 AGCM，希望可更好地研究那些浅水模式尚无法再现的木星大气特征，以及其它太阳系巨行星的大气环流。

S13-P-01S

关于潮汐锁定行星陆地分布对洋流热量输送的影响的研究

姜沣洋

北京大学物理学院，北京 100871
jiangyiyang666@163.com

在探索宇宙的过程中，太阳系外是否存在适宜生命存在的星球一直是人类不断思考和探索的问题。自 1995 年第一颗太阳系外行星被发现到 2014 年 3 月 6 日为止，共有 1780 颗系外行星被确认（另有数千颗有待进一步确认），其中的 12 颗被认为是有可能适宜生命存在的，称为“超级地球”（Super Earth）。目前，公认的适宜类似地球生命存在的最关键条件是液态水，而这取决于行星的表面温度是否允许液态水长期稳定存在。

因此，我们主要考虑对红矮星附近的行星进行研究。这是因为红矮星是宇宙中数量最多的恒星，其拥有宜居行星的概率较大；另外，该类恒星的辐射温度较低（3500 K 左右），其宜居行星距离其母星较近，易于被探测到。为保证液态水可以长期稳定存在，我们需要研究的行星须在红矮星的一定距离范围内，此范围被称为“宜居圈”（habitable zone）。而在这样的范围内，行星将被“潮汐锁定”，即自转周期与公转周期相等，行星的一个面永远是白昼，另一个面永远是黑夜。红矮星的宜居圈一般处于潮汐锁定半径所划定的范围内。由于潮汐锁定，行星背阳面极端寒冷，很容易使水冻结。2013 年 Kristen Menou 对多种模型进行了研究，发现在行星表面水量不够充足的情况下可能使水几乎全部冻结在背阴一侧（nightside），并称这种现象为 water-trapped[arXiv:1304.6472]。同时他指出，在他的模型中并没有考虑洋流对热量的传输和海陆分布对气候的影响。

针对这一问题，胡永云老师和杨军老师在 2014 年发表的一篇文章中，首次将动力海洋纳入了考虑 [*PNAS*, 111, 629-634, doi:10.1073]。文章中假设行星表面被水覆盖，

由于潮汐锁定，在背阳面液态水将被冻结。模拟结果给出，当不考虑海洋热量输送时，行星的朝阳面只有部分区域存在液态水，其它区域均为海冰所覆盖。即使增加温室效应（将 CO_2 从 355 ppmv 增加到 0.2 大气压），开放海域的面积也没有增加太多，并且背阳面地表温度仍然在-60 ° C 以下。而如果考虑海洋流动，开放海域不再是圆形，而是呈现楔状（355 ppmv），液态水区域将一直延伸到背阳面。当 CO_2 浓度增加到 0.2 大气压时，全球温度都高于 0 ° C，背阳面的海冰也全部融化。即在考虑动力海洋输送热量的情况下，上述问题将得到解决。

当然，上述模型考虑的是最简单的情形，即行星表面全部由水覆盖，而没有考虑陆地。在实际情况中，我们应当将行星表面的陆地分布纳入考虑，而陆地对洋流的运动将产生极大的影响。比如，若在赤道处存在一块南北走向的长形陆地，将严重阻碍上述模型中的洋流运动，热量输送效率将大大降低，导致行星表面液态水和海冰产生新的分布。因此，我们希望对不同的陆地在行星不同位置所产生的影响进行模拟，并寻求一种统一的解析表达方式，以得出更接近于真实情况的行星表面的液态水分布。

由于海陆分布会对行星两个面之间的热量交换和气候条件产生可观的影响，我们期望在本研究中得到不同于先前的结果，并对这些结果进行分析，从而对行星表面的气候环境得到更加深入的认识。

S13-P-02

利用 GRAIL Love 数确定月球地幔大尺度弹性结构

Chuan Qin, Shijie Zhong, and John Wahr

Department of Physics, University of Colorado, Boulder, Colorado 80309

chuan.qin@colorado.edu

The Moon displays a number of long-wavelength or nearside-farside asymmetrical features. For example, 1) the farside topography is much higher than that of the nearside, 2) The KREEP terrane on the nearside has much higher concentration of incompatible and heat-producing elements than other areas, 3) the mare basalts erupted predominantly on the nearside from ~3.9 to ~3 Ga. Moreover, deep moonquakes, detected by Apollo seismic stations, are located mostly on the nearside at depths of ~700 to 1200 km. While the near-surface features suggest long-wavelength lateral heterogeneities in the early Moon's thermochemical structure, deep seismicity reflects the current state of the lunar interior and its largely nearside distribution suggests that the long-wavelength mantle structure may have survived to the present day. The GRAIL (Gravity Recovery and Interior Laboratory) mission provides lunar gravity field data at unprecedented precision. Recently, the JPL and GSFC analysis groups determined Love numbers at different spherical harmonics, i.e. k_{20}, k_{21}, k_{22}, and k_3, based on GRAIL Primary Mission measurements, and there are ~1% to 3% differences among k_2 values with uncertain-ties of ~0.1% to 1%. It is well known that for a spherically symmetric planet degree-2 Love numbers should be identical, while different k_2 values for different degree-2 harmonics may occur for laterally heterogeneous lunar structure due to mode-coupling effect, according to our recent studies. The reported differences among the $k2$ Love numbers are unexpected for 1-D lunar mantle but may pose important constraints on

3- D lunar mantle structure. In this study, we seek to invert the GRAIL k_2 values for plausible 1-D and long-wavelength laterally varying (i.e., 3-D) structures of the Moon, using a perturbation method we newly developed. We will present three possible inversions to illustrate how our method may help invert for lunar mantle structures. However, the inverted 3-D structure may depend on the assumed 1-D reference model. We expect that improved k_2 and k_3 Love numbers solutions from GRAIL's Extended Mission should help greatly for our future modeling.

S13-P-03S

对潮汐锁定行星背阳面冰川厚度的研究

张程

北京大学物理学院，北京 100871
isbnqwe@live.com

人们从很早以前就开始探索宇宙，而最令人感兴趣的问题之一就是能否找到另一个和地球类似的适于生命存在的星球。银河系中最常见恒星是红矮星，人们根据红矮星的辐射特点在其周围划定了一个轨道范围，称为“宜居圈”（habitable zone）。在这个范围内的行星其表面温度可以允许液态水存在。绕红矮星行星的另一个常见特点是“潮汐锁定”，即自转公转周期相等，行星的一个面永远是白昼，另一个面永远是黑夜。容易发生潮汐锁定的范围由“潮汐锁定半径”描述。红矮星的宜居圈一般处于潮汐锁定半径所划定的范围内。截止到 2014 年 3 月 6 日，有 1780 颗系外行星被发现。2013 年研究经人员计算发现，超过 6%的红矮星拥有和地球类似的行星。人们对潮汐锁定行星表面环境特征的兴趣日益浓厚，这也是我们将其设为研究对象的原因。

过去我们研究的模型为便面完全由海洋覆盖的潮汐锁定行星（aquaplanet）。2013 年 Kristen Menou 对多种模型进行了研究，并对 aquaplanet 的情况下冰川的分布及厚度做了理论分析和数值模拟，发现在行星表面水量不够充足的情况下可能使水几乎全部冻结在背阴一侧（nightside），并称这种现象为 water-trapped[arXiv:1304.6472]。同时他指出在他的模型中没有考虑洋流对热量的传输和海陆分布对气候的影响。

胡永云老师 2014 年发表的一篇文章中，将动力海洋纳入了考虑[*PNAS*, 111, 629-634, doi:10.1073]。文章仍是对 aquaplanet 进行研究，并发现在考虑动力海洋的情况下，不论所假设的二氧化碳浓度如何，几千米厚的冰川是不可能出现的。

在 Menou（2013）的文章中，除 aquaplanet 外的模型海陆分布和地球的情况是类似的。但是这些模型都只考虑到海洋的热学性质而不考虑洋流对热量的输送。我们希望同时考虑动力海洋和海陆分布的影响。我们将从简单的海陆分布情况入手，如初始时向阳面（dayside）全部为海水背阴面（nightside）全部为陆地，分析冰川形成的可能性及其分布情况。除了模拟，我们还计划寻找描述冰川分布的解析表达式。通过对简单情况的描述和分析，抓住问题中的主要矛盾，以更好地理解不同因素对行星表面冰川分布会产生何种影响。

由于海陆分布会对行星两个面之间的热量交换和气候条件产生可观的影响，我们期望在本研究中得到不同于先前的结果，并对这些结果进行分析，从而对行星表面的气候环境得到更加深入的认识。

S13-P-04S

太阳系外行星宜居性研究

乐天昊

北京大学物理学院，北京 100871

happysky19@gmail.com

在太阳系外，是否还有其他适宜生命存在的星球一直是科学家们很关心的问题。而对于一颗适合人类居住的行星而言，其大气的组成是有苛刻的要求的。

行星凌星法是一种通过观察凌星现象来搜寻外星行星的方法，当凌星现象发生时，恒星的光芒因被遮挡而减弱。天文学家通过恒星的亮度变化可以确定系外行星的轨道倾角，进而确定它的质量。这种方法同时也可以用来帮助我们了解行星的大气结构。

在凌星时，由于行星大气中的某些化学物质，部分恒星光谱将被吸收，经过光谱的比较分析后，可以分析出其大气的部分化学组成。光谱分析法可使我们获得遥远行星大气的基本参数，从而发现那些拥有含氧大气的行星。

而由于就目前的航天状况而言，并没有多少航天器离开了太阳系，所以对于科学家，在观测太阳系外行星光谱基本是靠地球轨道附近的望远镜所实现的，这样得到的光基本是以掠入射的方式通过行星大气的。所以本项目希望通过一些理论计算，给出在得到掠入射光的光谱后，与之前恒星光谱的比较，从而得出行星大气构成的模型。

本项目准备先从 VPL 模式入手，先了解简单的模型，最后再反演到分析行星光谱上。

S13-P-05S

基于 MRO 卫星数据和 MCD 模式数据对火星中层大气温度潮汐波变化和极区温度反转现象的研究

吴兆朋，李陶

中国科学技术大学地球和空间科学学院，合肥 230026

ustcwzp@mail.ustc.edu.cn

研究火星大气（1）是研究火星过去的关键（2）能帮助我们类比研究其他的行星如地球（3）对未来探测器登陆火星甚至人类移居火星提供预测保障。近年来，人们通过卫星发现在火星高纬极区附近发现存在有强烈的温度反转现象，其比当时大多数模式数据强很多，这可能是因为当时模式对于大气气溶胶的辐射驱动作用或是重力波破碎及行星尺度波的作用估计不足所致。本文使用搭载于 MRO 卫星上的 MCS 探测器采集的气压、温度、沙尘等数据及由火星模式得到的数据库 MCD 提供的数据对火星大气环流及热驱动进行探讨。研究得到，火星上的沙尘对火星大气潮汐有着重要的驱动作用。对于极区温度反转，本文主要讨论准静止波的作用，最后发现其可以通过两种方式影响温度分布：一是其直接对反转的温度有贡献，二是其通过影响南向的径向风从而影响能量传输使得温度异常。但两种解释都需要卫星数据进一步研究。

S13-P-06S

金星硫酸云模拟

Peter Gao[1], Xi Zhang[1], David Crisp[2], Charles G. Bardeen[3], Yuk L. Yung[1]

1 美国加州理工学院，帕萨迪纳，加利福尼亚州 91125

2 喷气推进实验室，美国加州理工学院，帕萨迪纳，加利福尼亚州 91109

3 美国国家大气研究中心，波尔得，科罗拉多州 80301

pgao@caltech.edu

金星是距离地球最近的行星，因其大小及质量与地球相近，被称为地球的“姐妹星”。但是他们也有很多的不同之处。比如，地球大气的主要成分是氮气和氧气，而金星大气的主要成分是二氧化碳；地球上的云由水蒸气组成，而金星上的云则由高浓度的硫酸组成。研究行星间为什么存在这些不同，不仅可以帮助我们理解因细微演化过程不同所带来的行星的多样性，而且也向我们展示了地球大气演化的各种可能性。

在本研究中，我们侧重介绍金星上的硫酸云及其形成和演变的过程。这些云已被很多空间飞行器和地基台站所观测。研究表明金星大气在高度上被分为三层，并且云粒半径呈双峰或者多峰分布。这些颗粒至少部分含有硫酸，但也有可能包含其他物质成分。研究金星云粒的大小分布及其随时间的变化至关重要，是由于云层的存在影响了金星的大气辐射，而且云层是金星大气中主要化学成分的来源。

我们使用 CARMA 模型来模拟金星云层及其上面的雾霾层。该模型可用于计算云及雾霾颗粒的成核、凝结、蒸发、沉淀和扩散过程，并计算平衡密度常数和粒子的密度分布。研究表明，光化学反应过程产生了硫和硫酸，硫形成了云的凝结核，气态硫酸在凝结核上凝结形成金星云粒结构。由此产生的云粒可以解释最小模态的云粒尺寸分布。这些云粒既会扩散到云层之上形成雾霾，又会下沉到中下云层并通过湍流作用长大。这些过程会继而形成较大模态尺寸的云粒。而在云层之下，云粒蒸发后释放所含的硫酸，然后这些硫酸会扩散返回到云端继续进行云粒生长过程。

此外，我们发现最近空间飞行器观测到的上层雾霾异常可能是由于云层上方突然上升的气流将大的云粒吹入雾霾里。最后，我们的模型显示了云粒尺寸在中层和下层云层的周期振荡，即小的云粒长成大的云粒，下沉到较低的高度，原来高度的云粒会被更小的云粒所占据。这从本质上描述了硫酸“雨”的循环，其周期大概是 6 个地球月。最近金星快车的观测显示云层密度变化有类似的时间尺度，但目前还不清楚是否与硫酸“雨”有关。

S14-O-01

西太平洋俯冲带滞留板块的物质组成及其动力学意义

金振民，张艳飞，王雁宾，吴耀

中国地质大学（武汉）地质过程与矿产资源国家重点实验室，武汉 430074

zmjin@cug.edu.cn

地震层析成像研究在环太平洋地区、墨西哥南部和南美地区的地幔转换带和下地幔均发现了广泛分布的高速异常（P 波速度比正常地幔高约 1-2%），由于这些地区与俯冲带密切相关，因此这些高速异常被认为是滞留在地幔转换带中的俯冲大洋板块物质（Fukao et al., 2013）。通常地幔深部的俯冲板块可分为三种类型：（1）俯冲板块经地幔转换带，直接进入下地幔（比如印尼俯冲带）；（2）俯冲板块进入地幔转换带时，滞留在转换带底部（比如伊豆-小笠原俯冲带）；（3）滞留在转换带底的俯冲板块，随着时间的推移，逐渐下沉进入下地幔（比如汤加俯冲带）。已有的研究表明，影响板块是否滞留的因素主要包括：后尖晶石相变的克拉伯龙斜率，海沟后退的速度、俯冲的角度、*660* 上下的粘度变化（Torii and Yoshioka, 2007）。一般而言，660 上下的粘度变化越大、海沟后退的速率越大、后尖晶石相变的克拉伯龙斜率的绝对值越大，越有利于板块的滞留，俯冲角度越小越有利于板块滞留。除此以外，浮力

对板块的滞留也有很大影响，在粘度对板块滞留其主导作用时，若板块受到向上的浮力作用，则即使后尖晶石相变的克拉伯龙斜率为零，板块也能发生滞留。

在中国东部地幔转换带，层析成像研究发现了广泛分布的高速异常（向西延伸至鄂尔多斯地块下部，横向延伸长度超过 1000 km），这被认为是滞留的西太平洋俯冲板块（Huang and Zhao, 2006; Li and van der Hilst, 2010）。其它地震学研究方法(接收函数法和反射波叠加法等)也显示中国东部地幔转换带底部也存在复杂的速度不连续面，本项目研究认为这些复杂的速度不连续面与滞留太平洋板块有密切关系（Zhang et al., 2013）。通过高温高压实验和矿物物理学方法研究俯冲板块物质在地幔转换带中的相变和物理性质，对于认识滞留板块的物质组成和物理性质，及其与转换带底部复杂速度不连续面之间的关系具有重要意义。

高温高压实验研究表明，滞留玄武质洋壳主要由超硅石榴石（~90%）和斯石英（~10%）组成。方辉橄榄岩是俯冲大洋岩石圈的重要组成部分，然而目前对方辉橄榄岩的矿物物理学和高温高压实验研究还十分缺乏。为此，我们利用中国地质大学（武汉）的 1000 吨多面砧压机，开展了天然方辉橄榄岩的高温高压相变实验研究（14.1-24.2 GPa，1473-1673 K）。研究结果表明：（1）在转换带上部方辉橄榄岩主要由瓦兹利石、石榴石和单斜辉石组成；（2）在转换带底部方辉橄榄岩主要由林伍德石，石榴石，秋本石和斯石英组成。（3）利用三阶高温 Birch-Murnaghan 状态方程计算了俯冲带方辉橄榄岩的密度变化，结果表明方辉橄榄岩的密度比正常地幔高约 0.1-0.2 g/cm^3，这为大洋板块的俯冲提供了重要的驱动力；（4）在转换带底部方辉橄榄岩的密度低于周围地幔，这为板块的滞留提供了浮力作用，随着滞留板块厚度的增加，板块所受重力逐渐增加，并最终在自重的拖动下进入下地幔；（5）Voigt-Reuss-Hill(V-R-H)表明，俯冲方辉橄榄岩的 P 波速度比正常地幔高约 3-6%，S 波速度比正常地幔高约 4-8%，这意味着俯冲方辉橄榄岩是地幔转换带高速异常的重要来源。

S14-O-02

下地幔铁方镁石自旋转变可观测吗?

吴忠庆 [1]，Renata Wentzcovitch[2]

1 中国科学技术大学地球与空间科学学院，合肥 230021

2 明尼苏达大学化工材料系，美国

wuzq10@ustc.edu.cn

铁方镁石是下地幔主要矿物之一，含有相当可观的铁。这些铁原子的磁距如何随深度变化，以及它对矿物性质会带来什么样的影响，并进一步如何影响地幔特性是地球科学的一个基本问题。2003 年 Badro 等人首次观测到铁方镁石（Mg1-xFexO）中的铁在高压下从有自旋磁矩转变到无自旋磁矩，掀起了自旋转变对矿物物性包括弹性影响的研究热潮。但由于测量弹性的困难，高压弹性的实验结果仅局限在室温，且剪切模量行为存在分歧，Crowhurst et al 显示剪切模量象体模量一样也会反常降低，但随后另一工作[2]则没有观察到剪切模量这种变化。我们通过第一性原理计算获得了整个地幔温压下的铁方镁石弹性特性，从理论上指出自旋转变会显著降低纵波波速，但类似的现象不会在横波中发生，这是由铁方镁石的立方对称性决定的。

受限于高温高压实验条件和测量技术，必须将实验测量的波速数据外推到更高压强和温度才能讨论下地幔的成分等关键问题。

2012 年 Murakami 等人借助于这种外推得出了下地幔主要是钙钛矿(>93%)组成的结论，与以往高温高压研究所得的地幔岩（pyrolite 模型，~80%钙钛矿）结论完全不同。我们的第一性原理计算发现 Murakami 等人的外延过程引入大的误差，计算表明地幔岩是下地幔很好的组分模型。

自旋转变是一个相对缓慢的过程,并不会导致波速跳变，因此似乎是地震学不可见的。然和我们的研究发现，尽管自旋转变不会导致下地幔波速跃变，但它会对波速横向变化产生可观测的不同寻常的效果，例如它会导致 P 波波速在~1750 公里深度对温度变化不敏感，其中的一个后果就是起源于深部的地幔柱 P 波成像图会在~1750 公里深度中断，这样的现象已经在夏威夷等地多个热点下的地幔柱 P 波成像图中观测到。相信自旋转变也会象橄榄石系列相变、后钙钛矿相变一样有力的促进我们对地球内部结构的认识。

S14-O-03

俯冲洋壳的命运与启示:以西藏榴辉岩为例

刘焰，苑婷媛

大陆构造与动力学国家重点实验室，中国地质科学院地质研究所，北京 100037

yanliu0315@126.com

俯冲洋壳的研究至少已持续四十余年了，取得了大量的研究成果，极大地深化了人们对地球本身的认识程度。例如，人们已认识到俯冲洋壳在俯冲通道内将发生含水矿物脱水，脱水之后的残余洋壳将相变为含水较少的榴辉岩。在俯冲通道内新生成的流体将诱发上覆地幔楔的部分熔融，形成岛弧岩浆（例如，Ernst et al., 1997；Kelley and Cottrell, 2009）。尽管俯冲洋壳的研究历史非常悠久，仍然还有许多事关人类生存与可持续发展的关键科学问题却长期模糊不清，至今仍吸引人们为之不懈地努力。其中一个关键科学问题是：碳、硫等相对较轻的元素能否从俯冲洋壳中释放出来？如果这些元素能从俯冲洋壳中释放出来，控制它们释放的机理是什么？它们又是以何种方式进入上覆地幔楔？它们对岛弧岩浆的形成与火山喷发到底有何影响？

实验岩石学研究（例如，Dasgupta et al., 2004；Thomsen and Schmidt, 2008）与热力学数值模拟研究（Connolly, 2005）表明，随洋壳俯冲的沉积碳酸盐岩在 100 公里深度范围内很难发生脱碳作用，主要原因是洋壳俯冲时的温度还太低，不足以让碳酸盐矿物发生热分解、发生部分熔融等作用。那么岛弧火山中大量的 CO_2(例如，Fischer, 2008; Butterfield et al., 2011; Resing et al., 2011)又来自何方？值得特别关注的是硫元素。1815 年人类历史上有记载的最大一次火山喷发：Tambora 火山喷发，当时就造成了重大人员伤亡。在短短 24 小时之内，Tambora 火山还将巨量的含硫气溶胶释放到大气圈之中，直接导致了 1816 年的“全球变冷”，这就是历史上著名的“无夏之年”，中国人用“六月飞雪”这个成语来描述它。大批农作物因超低温冻害而绝收，随后数年内全球范围的饥荒蔓延。人们已饱尝了 Tambora 火山大喷发所带来的苦果。现在已经认识到印度洋洋壳北向俯冲于亚洲板块之下诱发了 Tambora 火山的大喷发（例如，Stothers，1984）。然而，至今也不清楚，为何 Tambora 火山能将巨量的含硫气溶胶排放到大气圈中，巨量的硫又是来自何方？今后是否还有类似 Tambora 式的火山再次喷发？这些问题是人类生存与可持续发展必须面对的关键科学问题，但却是长期以来还没有得到深入认识的科学问题。这些科学问题，就是“俯冲洋壳命运”研究瞄准的科

学问题。

众所周知，在大洋中脊，由地幔发生部分熔融作用之后所形成的新生高温洋壳，在海底扩张阶段，不可避免地持续遭受水化与氧化等作用，导致地球表面的水和氧气进入新生洋壳，将其变成氧化、水化的冷洋壳，在海沟等汇聚边缘地区，氧化水化的冷洋壳再俯冲下去，随后发生了脱水以及再次发生部分熔融等作用，来源于地表附近的物质再循环进入地球深部，即洋壳俯冲过程充分展现了地球内部与地表之间物质的交换。现在已认识到青藏高原是古、新特提斯洋相继闭合，印度陆块持续北向与亚洲陆块汇聚之产物，因此青藏高原内部保存有非常丰富的古洋壳俯冲与消亡的记录，是开展俯冲洋壳命运研究的天然实验室。

目前在藏北羌塘和藏南松多一带发现了榴辉岩，系古特提斯洋壳俯冲之产物（例如，杨经绥等，2006；李才等，2006; Zhang, et al., 2006），因此可用它们示踪俯冲洋壳的变质演化过程。在这些榴辉岩周边，广泛发育大量以碳酸盐脉为主的各类脉体。精细的岩相学观察发现这些榴辉岩经历了三期变质事件。第一期变质组合以含三价铁矿物，如霓辉石、绿帘石、磁铁矿等矿物、硫酸盐，如石膏等矿物为主，石榴石成分以富钙、贫镁和铁为特征。第二期变质矿物组合中石榴石成分转变为以富镁、贫钙为特征，出现绿辉石，绿帘石中三价铁含量下降。在第三变质阶段，早期三价铁矿物，如霓辉石、绿帘石、磁铁矿等矿物消失，代之以新生的富铁贫镁、贫钙的石榴石、阳起石、黄铁矿和方解石等矿物。岩相学观察充分反映西藏榴辉岩经历了非常强烈的氧化-还原反应，绿帘石等含三价铁和水矿物在脱水时被还原，形成新生富铁石榴石。热力学计算表明，第一阶段变质温、压及氧逸度分别为：T = 590°C, P = 2.48GPa, fo_2 = -13.0；第二阶段，T =625°C, P = 2.25GPa, fo_2 = -14.5；第三阶段，T = 620°C, P = 2.15GPa, fo_2 = -20.5。从第一阶段至第三阶段，岩石首先经历一个升温、降压过程，再经历近等温降压，再降温的过程。在此过程中，氧逸度值快速下降，反映岩石经历了一个强还原过程，在此过程中，早期的三价铁、六价硫分别还原为二价铁与负二价硫，并同时生成了以水、CO2 和 H2S 为主的流体。该流体进入上覆地幔楔，可诱发岛弧火山喷发，水、碳与硫等元素再次进入地球表层。氧化还原反应控制了碳、硫等元素在地球内、外之间的交换过程。

S14-O-04S

镁硅钙石的高温高压研究

Zhihua Xiong[1,2],Xi Liu[1,2],Sean R. Shieh[3],Qiang He[1,2],Sicheng Wang[1,2]

1 Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, MOE, Peking University, Beijing, 100871, People’s Republic of China

2 School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing, 100871, People’s Republic of China

3 Department of Earth Sciences, University of Western Ontario, London, Ontario, N6A 5B7, Canada

ablebear@163.com

Merwinite ($Ca_3MgSi_2O_8$) was synthesized at 1.2 GPa and 1273K for 24 hours using a piston-cylinder apparatus. Its thermal elastic behavior was investigated from room *T* to 1273K with powder X-ray diffraction technique at ambient pressure, within the investigated *T* range, no first-order phase transition was demonstrated and its thermal expansion coefficients were obtained. Using the planewaves and pseudopotentials approach to density functional theory, we study

structures of merwinite in the pressure range from 0 to 8Gpa. Fitting to the third-order Birch-Murnaghan equation of state yields bulk modulus value of 104Gpa for GGA and 101 for LDA when K' fixed to 4.0. The high-pressure structural properties of merwinite also were also investigated using Raman scattering techniques in a diamond anvil cell up to 13Gpa at room temperature. The frequencies of most bands shift continuously to 13Gpa showing no evidence of a structure transition. Combined with the bulk modulus, Grüneisen parameters of merwinite were given. With the parameters obtained in this study, we calculated the density trend of merwinite with increasing temperature and pressure and compared it with other Ca-rich minerals and PREM, indicating it's hard for merwinite to subduct directly into the interior mantle, and it should generate where subducted carbonated oceanic crust to produce a Ca-rich and Mg and Si-depleted environments.

S14-O-05

还原态的早期陆壳及其指示意义

杨晓志 [1]，Fabrice Gaillard[2]，Bruno Scaillet[2]

1 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室，南京大学地球科学与工程学院，南京 210046

2 Institut des Sciences de la Terre d'Orléans, Université d'Orléans, 45071 Orléans cedex 2, France

xzyang@nju.edu.cn

研究表明，地球是在约 45 亿年前形成的。长期以来，很多学者都认为：(1)地球的壳-幔系统在其形成的早期经历了相对比较还原的阶段，(2)还原性的氛围对地球早期大气圈的组成和生命的起源有重要的影响。事实上，这种处于还原态的地球一般被看作是早期岩浆海(magma ocean)假说的一种伴随产物或者早期地球增生的必然结果，同时很多关于早期地球组成和性质的高温高压实验研究也大都是在比较还原的条件下开展的。然而，对天然地质样品的地球化学研究却发现，浅部地幔可能至少在 44 亿年前就达到了目前比较氧化的状态，且一直以来也从未发现关于地球的壳-幔系统在早期比较还原经历了从早期还原态到目前氧化态过渡的直接证据。

对壳源火成成因锆石微量元素组成的研究表明：形成于约 44-38 亿年前(冥古宙)的古老锆石具有显著偏低的 Ce 异常，其记录的氧逸度可低至 QFM-6；随着时间演化，锆石的 Ce 异常和氧逸度逐渐增加，在约 38-36 亿年前达到了当前水平。这为早期地球的浅部层圈经历了还原态阶段提供了最直观证据。造成这种早期还原性质的主要原因可能是与地球后增过程(late veneer)中陨石所携带的富碳组分有关——陨石撞击过程中，这些含碳组分受热发生变质并形成石墨，从而产生了极为还原和高度分异的中酸性岩浆。还原性岩浆经去气作用产生大量的 H_2 和 CO 等还原性气体，使得早期大气圈的组成相对比较还原。进一步的研究表明，高温高压下还原态的镁铁质(地幔)岩浆由于去气作用产生的气体以 H_2 和 CO 等为主，而还原态的中酸性(地壳)岩浆在冷而湿的条件下由于去气作用可以产生 CH_4。因此，地球形成初期影响有机细胞形成和进化的 CH_4 并不一定非要由外来的陨石直接带来，这对于认识地球早期生命的起源和演化具有重要意义。

S14-O-06S

利用背景噪声和双平面波层析成像联合反演长江中下游地区地壳和上地幔速度结构

欧阳龙斌，李红谊，李信富，郑丹

中国地质大学（北京）地球物理与信息技术学院，北京 100083

Ouyang10108326@126.com

本文通过联合背景噪声和双平面波层析成像方法对长江中下游地区地壳上地幔速度结构进行研究。本次研究区域主要包括华北克拉通的东南部，秦岭-大别-苏鲁造山带，扬子克拉通的中东部以及华夏板块的东北部，由于长江中下游位于该区域的中心，所以本研究区域被称为长江中下游地区。研究区域内包含了五个大盆地，分别是江汉、河淮、苏北、合肥和南阳盆地，其中苏北、江汉和南阳盆地含有丰富的油气资源。长江中下游成矿带位于研究区域的中心，它是我国东部重要的多金属成矿带和矿物资源基地。研究长江中下游地区的地壳和上地幔速度结构，对于加深我们对这些盆地的认识以及成矿带的深部构造背景和岩浆活动机制的了解有重要的意义。

研究中所用的数据包括 2012 年 7 月至 2013 年 8 月的连续垂直分量背景噪声数据和 219 个远震数据，这些数据是由中国地震局区域数字地震台网和中国地质大学（北京）布设的流动宽频地震台站所记录到的。通过背景噪声层析成像，我们获得了 5 s 到 42 s 的瑞利波群速度和相速度。然后，我们对远震瑞利波数据进行了双平面波层析成像，获得了 20-143 s 的瑞利波相速度频散。通过将这两种方法的频散结果联合起来，我们反演了 5-143 s 的瑞利波速度结果，获得了长江中下游地区从地表到 250 km 深度范围内的三维 S 波速度结构。研究结果表明：在 6 km 深度，盆地地区均表现为低速特征，且河淮、苏北和江汉盆地表现出比南阳和合肥盆地更低的速度，这可能是由于南阳和合肥盆地具有相对较薄的沉积层；大别-苏鲁造山带和华南褶皱带表现为高速特征，这些高速可能是由于这些地区广泛存在中生代岩浆岩和非常浅的基底而导致的；在 26 km 深度，大别造山带表现为低速特征，这可能是由于在岩石圈拉张背景下造山带山根的坍塌而引起的。在上地幔，长江中下游成矿带下方 100 km 到 200 km 深度范围内存在一个明显的低速区，且从西南的九瑞矿集区到东北的宁芜矿集区，这个低速区深度逐渐变浅，且速度表现出更低，这与长江中下游成矿带岩浆活动峰值年龄从西南到东北逐渐年轻的趋势相一致（148-125 Ma）。该低速区可能代表由于古太平洋板块熔融或者古太平洋的西向俯冲引起的地幔熔融而产生的热的上地幔物质，然后这些幔源岩浆上涌从而导致了在长江中下游成矿带形成大量的花岗岩和丰富的矿床。

S14-O-07

用高温高压实验模拟了解地球内部成分与结构

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

Terrestrial planet formation starts with small dust grains and ends with differentiated bodies like the Earth with a metallic core. The central question to be address is the chemical composition of the core which links to the temperature and physical state of the core. The constraints on the composition of Earth’s core come from seismic observations and cosmochemicl processes led to the formation of the core. High-pressure experiments provide crucial data necessary to interpret these observations. In this talk, I will present new measurements of density, sound velocity, and

melting temperature of core materials under extreme conditions using static and dynamic compression techniques. The combined dataset over a wide pressure and temperature range provides tight constraints on the range of core compositions that fit to the geophysical observations. I further examine processes related to the core formation including mantle-core differentiation and liquid metal percolation during core formation to understand the link between the core composition and process lead to the core formation. This integrated approach will yield a maximum amount of data from laboratory simulations, resulting in a more complete understanding of the composition of planetary cores and the core formation process.

S14-O-08

高温高压下矿物岩石电性和弹性研究的新进展

代立东[1, 2, 3*]，李和平[1]，胡海英[1]，Shun-ichiro Karato[2] and Kei Hirose[3]

1 中国科学院地球化学研究所地球内部物质高温高压实验室，贵阳，贵州 550002

2 Department of Geology and Geophysics, Yale University, New Haven, CT 06511, USA;

3 Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro, Tokyo 152-8551, Japan

dailidong@vip.gyig.ac.cn

原位的高温高压下矿物岩石电导率和弹性波速是地球科学家探索地球与行星内部物质组成、结构构造、温度分布、部分熔融、水含量、氧化还原状态、点缺陷化学、化学元素迁移、电子自旋态转变等提供极为重要的信息。

多年以来，中国科学院地球化学研究所地球内部物质高温高压实验室李和平研究员课题组一直致力于该方面的研究工作，并取得重要研究进展。最近，该课题组代立东研究员等以地壳和上地幔典型矿物岩石：富含铁铝榴石 ($Alm_{82}Py_{15}Grs_3$)、单晶 San Carlos 橄榄石及花岗岩，及下地幔矿物：钙铁酸盐相 ($Na_{0.4}Mg_{0.6}Al_{1.6}Si_{0.4}O_4$ 的 NAL 和 CF)为例，在该实验室、美国耶鲁大学地质与地球物理系及日本东京工业大学地球与行星科学学院，采用多面顶大压力机和金刚石压腔高温高压设备，结合世界最大同步光源国家实验室的日本 SPring-8 和双面 CO_2 镭射激光加热条件下，对电导率和布里渊散射弹性波速进行原位测量，发现压力、氧分压、相转变对矿物物理学性质有重要影响，该成果可为地球深部物质的电导率—深度和弹性波-深度等剖面的建立提供重要的实验结果和科学依据。

S14-O-09

$KAlSi_3O_8$ Hollandite 的振动特性和热力学性质的第一性原理计算

Linlin CHANG[1], Xi Liu[2], Tao SUN[1]

1 College of Earth Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049

2 School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing, 100875

llchang@ucas.ac.cn

$KAlSi_3O_8$ hollandite is regarded as an important potential reservoir for large lements and incompatible large-ion lithophile elements. Holl-I and Holl-II are polymorphs of $KAlSi_3O_8$ stable at low pressures and high pressures, respectively. We use first principle calculations based on density functional theory to study the vibrational and thermodynamic properties of $KAlSi_3O_8$ polymorphs. The static transition

pressure is determined to be ～ 20 GPa, in agreement with experimental observations. Phonon dispersions and vibrational density of states (VDoS) of Holl-I and Holl-II are calculated as a function of pressure up to 150 GPa using density functional perturbation theory. The predicted zone center phonon frequencies, as well as their pressure dependence, are in close correspondence with existing experimental Raman data. The calculated VDoS of Holl-I and Holl-II are then used in conjunction with the quasi-harmonic approximation to compute the Helmholtz free energy and thermodynamic properties.

S14-O-10S

从环境噪声互相关中提取三分的 PKP 震相

Han Xia[1], Xiaodong Song[2,1*] , Tao Wang[1]

1 Institute of Geophysics and Geodynamics, School of Earth Science and Engineering, Nanjing University, China

2 Department of Geology, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA

*xiao.d.song@gmail.com

Ambient noise correlation method has been widely used to extract surface waves and tomography. The extraction of body waves has been very limited, but recent reports have suggested promises for deep incident waves. Here we report our first observations of triplicated PKP phases and confirm observations of other body-wave core phases from noise correlations. We use dense seismic arrays in South America and China Regional Seismic Networks at distances from 145° to the antipode. We can clearly observe different PKP branches (df, bc, and ab) in stacks of the station-station correlations. The major source of noise responsible for the correlated energy in the core phases are likely from the coda generated by large earthquakes. This does not depend on earthquake focal mechanisms or focal depths. However, earthquakes away from the stations contribute more to the convergence of the body waves. The observation of triplicated PKP phases provides a new type of data for studying the Earth's core and lowermost mantle.

S14-O-11

D″层放射性生热对地球热演化影响的数值模拟

程华冬，黄金水

中国科学和技术大学地球与空间科学学院，合肥 230026

jshhuang@ustc.edu.cn

地表热流是了解地球热演化最重要的物理参数，研究显示地表总热流大约为 44TW。大家普遍接受的观点是扣除地壳放射性生热，从地幔散失的热量大约是 35 TW。这 35 TW 包括地幔的冷却、地幔放射性生热和来自地核的热量流入。如何理解这 35 TW 的能量来源，将直接影响我们对地球演化历史的认识。Turcotte 和 Schubert 认为，这 35 TW 的热量中大约有 7 TW 来自地幔冷却，忽略核幔边界热流，28 TW 的能量大约相当于地幔具有 7.38×10^{-12} W/kg 的放射性生热效率。但来自天体化学和地球化学的研究显示，地球地壳和地幔（BSE）的平均生热率才 5×10^{-12} W/kg；扣除地壳后地幔的生热率约为 2.5×10^{-12} W/kg，大约相当于 10 TW 的能量；而地球化学得到的大洋中脊玄武岩（MORB）源区地幔或亏值地幔的生热率更是低于 1×10^{-12} W/kg。这就导致近来有关地幔冷却速率和核

幔边界热流、甚至地核是否含有放射性 K 的争论。

液核对流产生磁场需要地核具有足够的热量散失到地幔。如果核幔边界热流太小，液核对流就会停止，单纯依靠化学组分分异和内核固化将无法维持地核发电机的运转。高的核幔边界热流有利于地核发电机的运转，但高的核幔边界热流也意味着地核的快速冷却，从而导致内核生长过快。Buffett 研究显示，当前的热流估算能维持地核发电机，但与 3Ga 以前的热演化历史不符，进而他指出，解决分歧有两个办法，增加 D″层的放射性生热率或者在地核中增加放射性热源。目前没有足够的证据证明，地核中会大量含有放射性生热元素。但 Buffett 要求 D″层内具有能产生 11 TW 的放射性生热元素，也极大地偏离目前的估值。

早期根据热柱分布对核幔边界的热流的估算约为 2.4-3.5 TW，这意味着地幔底部加热很小，热柱在地幔对流中所起的作用也小。近来，根据核幔边界温度差异的估算，核幔边界热流可达 5-13 TW。同时，动力学数值模型计算也证实，早期依据热柱对核幔边界热流的估算偏小，主要原因包括一部分核幔边界热流已用于加热俯冲岩石圈、有一些小的热柱可能永远也无法到达地表从而没有计算在内、有一些热柱进入软流圈在地形上不可见等。同时，绝热效应和冷却效应等也使得热柱在上升过程中，在不同深度所反映的浮力不同，从而影响热流的估算。综合这些因素的影响，新的估算值可以达到 7 TW 或者更高（8-12 TW）。来自数值模拟的结果显示，核幔边界热流可达 13.4 TW 或 7-15 TW。

一般而言，D″层由于其体积小，内生热元素总体含量不大，没有作为重要参量在地球热演化中进行考虑。Buffett 提出 D″层的生热元素对地核发电机可能产生影响，但因其要求的含量太大，而被认为可能性很小。但正如 Davies 指出的，D″可能是俯冲进入地幔的海洋地壳的堆积物，数值模拟也证明了这点，因而其放射性生热率可能很高。本研究将试图通过数值模拟的方法，研究 D″层内的生热对地球热演化的影响，特别是对核幔边界热流的影响。本研究通过三维数值模拟的方法研究了 D″层放射性生热元素含量变化对地幔热演化的影响。计算中采用广义 Boussinesq 近似流体力学方程组，地幔粘性与温度和压力强相关。结果显示，D″层不同放射性生热率对地幔热演化的影响不显著，与前人结果基本一致；但 D″层不同放射性生热率对核幔边界热流具有显著影响，这将对地核演化产生重大作用。

S14-O-12

林伍德石与地幔转换带陡地震波波速剖面的关系

刘曦

北京大学地球与空间科学学院，北京 100871
xi.liu@pku.edu.cn

According to the seismic reference models such as the PREM (Dziewonski and Anderson, 1981) and AK135 (Kennett et al., 1995), the mantle transition zone (MTZ) of the Earth has rapidly increasing seismic wave velocities with depth. Although this characteristic can put constraints on the mineralogical model of the Earth, it remains as an unresolved issue. Some have speculated that it could be explained by a chemical gradient (Duffy and Anderson, 1989) whereas others have referred to a pyroxene- and garnet-rich bulk composition (piclogite) for the MTZ (Anderson and Bass, 1986). Pyrolite is a well accepted composition model for the upper mantle (Jackson and Rigden,

1998; Irifune and Isshiki, 1998), but its potential to explain the steep seismic wave velocity profile in the MTZ has not been demonstrated (Irifune et al., 2008). Here we integrate the high-P phase equilibrium data of anhydrous ringwoodite in the pyrolitic bulk compositions with its elastic properties, and calculate its sound velocity features. We have found that the compositional variation of the anhydrous ringwoodite with P can explain the steep seismic wave velocity profile of the lower part of the MTZ.

S14-P-01

高温高压下碱性长石电导率的实验研究

胡海英[1]，李和平[1*]，代立东[1]，单双明[1]，朱成明[1]

中国科学院地球化学研究所，贵阳 550002

huhaiying1028@163.com

在压力 1.0 GPa 和温度 873-1173 K 条件下，利用交流阻抗谱法在 YJ-3000t 高压设备上对碱性长石固溶体系列的电导率进行了原位测量。阻抗谱测量的频率范围为 0.1-10^6 Hz。实验结果显示：碱性长石固溶体的电导率随着温度的升高而增大，电导率对数和温度倒数之间的线性关系符合 Arrhenius 方程；在恒定的温度下，固溶体的电导率随着样品中钠含量的增加而增大。在 1.0 GPa 下，固溶体的活化焓对成分有明显的依赖性，而当样品中钠的含量低于钙的含量时，活化焓出现一个明显的突变，从 0.87 eV 增加到 0.96 eV。根据电导率对温度和活化焓对成分的依赖性，碱性长石固溶体的导电机制被认为是本征离子导电，即碱性长石中的 K^+和 Na^+为载流子，在交流电场下进行间隙迁移。对于样品 Or60Ab40， 由 Na^+转变成 K^+成为主导载流子，对活化焓的突然增大给予了合理解释。根据本实验结果，给出了碱性长石固溶体的电导率随温度和成分变化的一般拟合公式。此外，利用 Nernst–Einstein 方程，钾长石和钠长石中的钾离子和钠离子的扩散系数分别通过它们的电导率数据进行了理论计算，并和已有的实验扩散数据进行了详细地比较。同时，利用有效介质模型，我们计算了在高温和 1.0 GPa 下碱长花岗岩、石英碱长正长岩和碱长正长岩的电导率随矿物成分和碱性长石成分的变化，这些计算的结果和前人的实验结果基本一致的。

S14-P-02S

铁方镁石的自旋转变决定着下地幔超级地幔柱的结构

黄川，冷伟，吴忠庆

中国科学技术大学地球和空间科学学院，合肥 230026

hchuan@mail.ustc.edu.cn

The super plume beneath Africa is one of the two greatest structures of lower mantle in our current knowledge, which is 1200-1500 km high with sharp boundaries and accompanying a decrease of seismic velocity. It is now generally be considered as a chemical origin. Several geodynamic models has been adopted as explanations of this, but whether the changed buoyancy number or forced plate velocities can hardly explain the most outstanding signatures (broad, high, sharp, long lasting time) of the structure. Currently, the most plausible model provided by Tan requires each composition has a unique bulk modulus which is unknown at present. These situations remind us a new mechanism may be required in mantle convection. One of these possibilities

is spin transition of Fe.

The Fe^{2+} in ferropericlase could be transformed from high-spin to low-spin under the temperature-pressure conditions which are comparable with the lower mantle. During this transition, the unpaired *d* electrons of Fe^{2+} will decrease gradually from four to zero which results in the nature of ferropericlase be altered. This transformation process may have notable influence on the properties of mantle or even geodynamics, and enhanced vigor of plumes has been observed in numerical simulations of pure thermal convection. Here we discussed potential effects on thermochemical convection caused by spin cross. Huge chemical blocks which were lifted up to middle of lower mantle will emerge in our models.

We found that if the decreased thermal expansion coefficient is following a factor of 2 or 3 and excessive density contrast between chemical and background compositions is around 2.2 %, there would alway be super plumes formed. The new emerged super plumes have a height of ~1200 km with steep boundaries and a lasting time beyond 200 Ma which is greatly similar to the one under Africa. Our results show that spin crossover has the ability to control super plumes, and this may provide a truly existed physical explanation for super plumes of Earth.

S14-P-03S

橄榄石在高温高压下含水量的研究

王霏，唐俊杰，刘曦，何强

北京大学地球与空间科学学院，北京 100871
wangfei1049@gmail.com

水（OH-）对上地幔的地球物理性质，以及地球化学演化有着重要作用。橄榄石是名义上不含水矿物（nominally anhydrous minerals），但在其晶格缺陷中会存在有结构水。而橄榄石也是上地幔的主要组成矿物，由于其所处的环境通常为高温高压环境，因此定量测定橄榄石在高温高压下结构水的含量能够使人们进一步理解橄榄石的物理化学性质，并有助于我们了解上地幔的物理化学性质。本研究使用六面顶大压机模拟高温高压环境，利用天然橄榄石粉末加水合成水含量饱和的橄榄石颗粒。随即利用傅立叶变换红外光谱（FTIR）对高温高压条件下形成含水量饱和橄榄石的水含量进行分析测定。证实在温度恒定时，橄榄石含水量随压力升高而增加；而压力恒定时，在 700-1100℃温度区间内橄榄石含水量随温度的升高而增加。

S14-P-04S

利用地震学方法研究青藏高原东南缘的地壳结构

徐弥坚[1,2*]，王良书[1,2]，黄周传[1,2]

1 南京大学地球科学与工程学院，南京 210046
2 南京大学地球物理与地球动力学研究所，南京 210046
gomijianxu@gmail.com

50 Ma 以来，青藏高原在印度板块－欧亚板块陆陆碰撞的影响下迅速隆升，地壳发生强烈变形，向东挤出的物质受到四川盆地的阻挡，在青藏东南缘形成了复杂的地壳结构与变形特征。对于青藏东南缘的构造运动与变形机制有不同的模式，Tapponnier et al. (1982)提出欧亚板块大陆岩石圈沿一系列大型走滑断裂被挤出，而 Clark and Royden (2000)认为青藏高原东南缘中下地壳存在软弱物质的通道流。已有地震学研究和大地电磁测深结果反映出青藏高原东南缘尤其是川

滇菱形块体及周边存在明显的低速、高导层，为下地壳流模式提供了有力的证据。但低速层的分布与变化特征、研究区主要边界断裂对地壳结构和低速层分布的影响有待进一步研究。

本研究选取中国地震科学台阵探测项目(ChinArray)的 104 个宽频带流动台站和 3 个固定台站的地震记录，计算了 4566 个接收函数，经过共转换点叠加(CCP)计算获得了沿 24.5°N 东西向和沿北西-南东向的两条 CCP 叠加剖面，显示出不同构造单元的地壳结构有明显差异，主要的边界断裂对低速层的分布起到重要作用。

东西向剖面结果显示：华南造山带下方 Moho 面深度较浅，向西逐渐变深，至川滇菱形块体可达到 50 km，经过红河断裂 Moho 面发生突变，向西转而逐渐变浅。在川滇菱形块体内以及小江断裂下方地壳内出现了明显的负震相，可能预示低速层的存在，且红河断裂和小江断裂限制了壳内低速层的横向分布，使低速层主要分布在川滇菱形块体内。

北西—南东向剖面从北西向南东穿过川滇菱形块体，结果显示：Moho 面总体向南变浅，但在北纬 26.5°附近（丽江-小金河断裂以南）出现突变，北部 Moho 面深度约为 65 km，南部突变为约 50 km。在川滇菱形块体地壳内普遍出现了明显的负震相，反映了地壳中广泛存在低速层，但低速层横向分布并不连续，在丽江—小金河断裂两侧低速层的深度不同，川滇菱形块体北部出现在约 50 km 深度范围，而川滇菱形块体南部出现在 20-30 km 深度。

本研究主要认识：1) 红河断裂和丽江—小金河断裂作为扬子克拉通的西边界，不仅体现在地表，而且影响到深部，断裂两侧 Moho 面深度发生突变，壳内震相特征不同，表示地壳内速度结构明显存在差异。2) 在川滇菱形块体内较普遍地存在壳内低速层，但分布并不连续。红河断裂和小江断裂限制了低速层的横向分布；丽江—小金河断裂切割了壳内低速层，羌塘地块的低速层深度明显大于扬子克拉通内低速层深度。在印度－欧亚板块碰撞造成物质向东南挤出的过程中，羌塘块体在丽江—小金河断裂附近很可能受到与扬子克拉通的阻挡，造成局部的应力集中。

S14-P-05S

中国大陆东南部地幔转换带结构及其对太平洋滞留板片中水运移的意义

黄荣[1,2]，徐义贤[1,2]，罗银河[1,2]，姜小欢[2]

1 中国地质大学（武汉）地质过程与矿产资源国家重点实验室，武汉 430074

2 中国地质大学（武汉）地球内部多尺度成像湖北省重点实验室，武汉 430074

rhuang0624@gmail.com

地幔中的水在地球动力学及其演化过程中起着至关重要的作用，这是由于其对地幔的粘度，固相线温度，和岩石相变都有影响。地幔转换带（MTZ）位于 410 km 和 660 km 不连续面之间，是一个较强的储水能力的区域，这主要是因为瓦兹利石和尖晶橄榄石具有较高的储水能力（2-3wt.%）。据估计，地幔转换带（MTZ）的储水能力可以达到全球地表水的 3.9 至 6.2 倍，然而，其实际的水含量至今仍处在争议之中。而富含水的洋壳通过板片俯冲的形式被认为是最有可能将水带入地幔中的一种模式。

迄今为止，在全球不同地区对地幔转换带中的滞留板片的研究，主要是通过层析成像所获得的 P 波和 S 波速度异常来进行确定。由于地震波的速度取决于各种因素（如温度，成分，水含量等），所以对滞留板片中的水含

量的直接测量仍然存在困难。而通过一些地震学的观测，例如对 410 km 和 660 km 不连续面的深度变化进行探测，则有利于我们对地幔转换带中水含量的估算。

我们利用在中下扬子板块及周边地区 121 个固定宽频地震台站的三分量地震波形数据，从地震目录中选取从 2009 年 1 月至 2010 年 12 月间的 692 个震级大于 5 的远震事件，震中距都在 30°到 95°之间。对截取的三分量数据（P 波直达波到达之前 30s 至到达之后 90s）进行时间域的迭代反褶积计算，获得了所有台站下方的远震 P 波接收函数。通过筛选，最终获得了约 23,300 个质量较高的接收函数，从最少每个台站 39 个接收函数到最多每个台站 392 个接收函数。并利用远震 P 波接收函数共转换点（CCP）叠加方法获得了中国大陆东南部下方 410 km 和 660 km 不连续面的起伏情况，然后结合全球最新层析成像的 P 波和 S 波速度模型估算了研究区内地幔转换带中温度异常和水含量变化。所获得的 660 km 深度的不连续面信息清晰的刻画出了中国东南部下方太平洋滞留板片的形态，结果揭示滞留板片的西界和南界的位置分别位于 113°E 和 28.5°N，综合地幔转换带中滞留板片的形状和地表地质构造，说明了中国东部新生代拉张与西太平洋的俯冲以及俯冲带向东迁移是息息相关的。计算结果表明滞留板片区域的温度和水含量都要低于周边区域，这个结果说明“冷”的俯冲板片中大部分的水在进入地幔转换带中之前已经释放在上地幔中。

S14-P-07

浅谈空心地球的诞生和相关证据

尚尊洧

辽宁铁岭 112000

zunweishang@163.com

在大约 35 亿年前，太阳系内的一颗小行星与一颗直径比它大一倍左右的大行星突然相撞。在这次大撞击中，小行星将大行星撞穿，并引起了大行星的大爆炸。这颗小行星就是月球的前身——此后称为“东林小行星”，这颗大行星就是地球的前身——此后称为“东飞星”。

东林小行星与东飞星相撞的位置位于东飞星的北极附近。相撞后，东飞星的北极表壳连同其表面上的海水也被一起撞进了东飞星。海水进入东飞星后，立刻与东飞星体内的高温岩浆混合，并产生了大量的高温、高压蒸汽。在东林小行星的撞击和高温、高压蒸汽的作用下，东飞星随后发生了大爆炸。随着东飞星表壳的炸开，东林小行星与东飞星的北极表壳从东飞星体内飞出。东林小行星从东飞星体内飞出后，速度大大降低，无法逃脱地球引力的束缚，只能绕着地球飞行直至今日，这就是地球唯一的一颗天然卫星——月亮；东飞星的北极表壳从东飞星体内飞出后，直接落在了地球的南极，这就是如今的南极大陆；东飞星大爆炸后，外径增大了近一倍，内部形成了空心，这就是今天的地球。

南极大陆与北极大洋（大陆缺口）的对应关系表明地球南极大陆来源于北极；全球高原、山脉的走向反映了东飞星表壳初始裂纹的形状；太平洋海沟和火山地震带记录了东林小行星从太平洋冲出的历史；喀斯特地貌和月面环形坑是东飞星表面水混入高温岩浆的最佳证据。特别是南极大陆的双构造基底，它告诉我们南极大陆是一块地质结构上下颠倒的地壳，这为南极大陆来自于北极提供了一份非常重要的地质学证据。还有地震波速度曲线上的突变点，它明确地标出了空心地球的壁厚，等等。

东飞星大爆炸后，表壳碎片形成了今天

的地球大陆;表壳碎片之间的高温岩浆和上地幔出露并冷却后,形成了今天的大洋洋壳。因此，将现有的地球大陆重新拼在一起，我们就可以得到一个完整的东飞星（表壳）。

S14-P-08S

西准噶尔成矿带晚古生代花岗岩类岩浆活动及其构造意义

黄鹏辉[1,2]，陈宣华[2*]，王志宏[2]，叶宝莹[1]，李学智[3]，杨屹[3]

1 中国地质大学（北京），北京 100083

2 中国地质科学院，北京 100037；

3 新疆地质调查院，乌鲁木齐 830000

1370506845@qq.com

我国新疆北部的西准噶尔成矿带，是中亚成矿域西部环巴尔喀什成矿带的东延部分，是一个重要的晚古生代构造－岩浆－成矿带。中亚成矿域也被称为中亚造山带，是西伯利亚板块与塔里木－中朝板块之间受古亚洲洋演化控制的一个广泛的古生代构造－岩浆－成矿带。中亚成矿域西部经历了古生代古亚洲洋多阶段俯冲、地壳增生和侧向生长的造山历史和活动大陆边缘构造－岩浆－成矿作用的演化过程。古生代地壳双向增生的过程及动力学背景是研究新疆北部构造演化与成矿作用的关键。在初始 Nd 同位素成分的基础上，大陆地壳一般可以分成地幔来源的新生地壳和至少有部分古老地壳来源的进化地壳；前者具有正 ε_{Nd} 值，类似亏损地幔来源；后者具有负 ε_{Nd} 值，类似古老地壳来源。包括新疆北部西准噶尔地区在内的中亚造山带，从早古生代以来可能就是地球上大陆地壳生长最显著的地带。古生代－中生代花岗岩类 Sm-Nd 同位素研究表明，中亚造山带发育大规模正 ε_{Nd} 值花岗岩，并且随着时代逐渐变新，花岗岩的 ε_{Nd} 值逐渐降低。上地幔来源的新生物质在中亚造山带显生宙花岗岩的来源中占压倒优势，大量的地幔源物质通过花岗岩定位到陆壳中，导致新生陆壳的大规模生长，一直延续到晚古生代及其之后的后碰撞阶段。

花岗岩类是探索地壳深部化学地球动力学的窗口，对研究由于壳－幔相互作用而引起的大陆地壳生长与演化具有重要指示意义。中亚造山带西部的西准噶尔地区广泛发育晚古生代花岗岩类，它们普遍以具有正 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 和低$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 值为特征，其形成与陆壳生长过程密切相关，是晚古生代地壳显著生长与大规模成矿的重要地区。基于花岗岩类的研究，前人对西准噶尔地区晚古生代的构造环境提出了一些不同的认识，主要有后碰撞岩浆活动、洋内俯冲的岛弧、不成熟岛弧、岛弧增生、洋脊俯冲或板片窗等观点。本文采集了中亚造山带西部的西准噶尔成矿带哈图－别鲁阿嘎希及其附近地区 11 个岩体共 33 个花岗岩类样品，进行了岩石地球化学与同位素示踪、岩浆活动的构造环境判别等研究，进一步厘定了该地区晚古生代岩浆活动的特点与大地构造环境，并与哈萨克斯坦境内的巴尔喀什成矿带晚古生代岩浆活动进行了对比。研究表明，哈图地区晚石炭世花岗岩类主要为后碰撞伸展构造环境 A 型花岗岩类，别鲁阿嘎希等地区存在洋内俯冲与岛弧环境的埃达克岩，显示了西准噶尔晚古生代构造环境时空变化的复杂性。哈图－别鲁阿嘎希地区花岗岩类岩体 $\varepsilon_{Nd}(t)$值均较高，具有亏损地幔组分特征，为古生代新生地壳，反映了中亚造山带西部西准噶尔成矿带早古生代以来的新生大陆地壳的生长。在晚古生代，别鲁阿嘎希地区仍有具埃达克岩特征的 I 型花岗岩侵入，说明可能还存在洋壳板片俯冲的构造环境。由此说明，晚古生代石炭纪晚期，西准噶尔地区构造环境比较复杂，即有后碰

撞花岗岩类产出的环境，也有未完全关闭的小洋盆俯冲环境的存在。推测西准噶尔整体进入后碰撞构造环境的时限为二叠纪，可能与巴尔喀什成矿带在二叠纪整体进入后碰撞岩浆活动阶段相一致。

西准噶尔地区广泛发育的左行走滑断裂，提供了一个重要的构造动力学背景，对花岗岩类岩体的形态与分布具有重要的制约作用。该地区花岗岩类 $\varepsilon_{Nd(t)}$值较高，具有中亚造山带花岗岩类的共同特征，为古生代增生的新生陆壳，其源区与亏损地幔组分具有亲缘关系，类似于中亚造山带的天山、阿尔泰和巴尔喀什等地区。结合其他的地质构造证据，推测西准噶尔成矿带与巴尔喀什成矿带在晚古生代为一个连续的同一东西向构造－岩浆－成矿带，具有东西方向上以巴尔喀什中央断裂为界的构造环境变化特征，并由于成吉斯－准噶尔断裂的右行走滑而错断。在此基础上，本文提出了西准噶尔哈图地区成矿预测与找矿方向新观点。

S14-P-09

南海海盆岩浆底辟作用及其地质意义

高红芳[1]，姜涛[2]，蔡观强[1]，徐子英[1]

1 广州海洋地质调查局

2 中国地质大学资源学院

南海海盆中岩浆底辟作用发育，尤其在西南次海盆和东部次海盆南部更为活跃。海盆底辟作用以隐刺穿为主，主要分布在中新世层位中，少量分布在中新统至上新统层位中。其产出产状主要为圆锥状，大部分以串珠状呈近东西向或近南北状分布，链状特征明显，显示出底辟作用受到系统的控岩构造限制。底辟岩体上部围岩呈明显的龟背状上拱，发育发射状断裂，上隆构造发育于上中新统到第四系层位中。根据底辟岩体与围岩的接触关系推断底辟作用主要发生于中中新世到第四纪时期，可分为三期：中中新世早期，晚中新世、上新世到第四纪，说明南海海盆扩张作用停止后岩浆活动依然十分活跃。岩浆底辟作用是由于重力不稳和侧向挤压导致岩浆垂直上升向上顶托侵位、穿刺围岩的构造作用，海盆中沉积物厚度不大，分布较为均匀，重力不稳引起的构造变动一般不太发育，引起底辟的主要原因为侧向挤压应力。而海盆南部底辟作用明显比海盆北部活跃，揭示出南海海盆扩张末期及扩张结束后多个时期，海盆南部经受了大范围的侧向挤压力，这种侧向挤压既是岩浆底辟作用形成的动力，可能也是海盆停止扩张的原因所在。

S14-P-10S

冲绳海槽岩浆作用的区域性差异分析

宗统[1]，翟世奎[1,2*]，于增慧[1]

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

*zhaishk@public.qd.sd.cn

冲绳海槽位于西太平洋活动大陆边缘，是一个目前正在活动的、年轻的弧后盆地。海槽中火山岩具有双峰式特征，即主要存在玄武岩和中酸性浮岩两种岩石类型，玄武岩分布极为局限，仅出露于中部和南部的局部区域，表明冲绳海槽仍处于弧后扩张的早期阶段。为深入了解冲绳海槽的岩浆作用及冲绳海槽中部和南部岩浆活动的差异及其成因，本文搜集并进一步分析前人对冲绳海槽及其邻域岩浆岩研究的相关数据资料，探讨冲绳海槽岩浆作用的区域性差异。冲绳海槽-琉球岛弧体系火山岩 Pb 同位素组成特征表明冲绳海槽及其所在的沟弧盆体系之下的地幔属于印度洋型地幔，Nb/Yb、Nb/Ta

等元素比值表明中部和南部地幔源组成比较相近，南部玄武岩来自地幔更高程度的熔融。在大致垂直海沟的方向上，地幔源区从海槽向琉球岛弧渐趋亏损，反映了在俯冲板片的拖曳下地幔从海槽向岛弧方向的流动和不断萃取。琉球岛弧中部样品的Ba/Yb、Th/Yb 比值明显高于冲绳海槽中部样品，冲绳海槽南部玄武岩的 Ba/Yb、Th/Yb 高于 KBS 和 SBS 玄武岩，冲绳海槽南部玄武岩浆受俯冲影响程度高于中部，说明该沟-弧-盆体系大部分火山岩受到俯冲组分的影响，但不同构造部位的火山岩受到俯冲影响的程度不同，根据它们所处的构造位置，推测影响因素主要应该是贝尼奥夫带深度（南部：~150 km；中部：~200 km）；只有少部分属于 MORB 型，被认为是冲绳海槽海底扩张的证据。

S14-P-11

青藏高原侧向生长的三维动力学数值模拟

陈林[1]，Taras Gerya[2]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
2 Institute of Geophysics, ETH Zurich, Sonneggstrasse 5, 8092 Zurich, Switzerland
sinica.lin@gmail.com

印度与欧亚大陆新生代的碰撞造就了地球上最大、最高的高原—青藏高原(Yin & Harrison, 2000)。尽管青藏高原的平均高程高达 5023 m,然而高原内部却相当平坦(Fielding *et al*., 1994)。相对于地形平缓的高原腹地而言，环青藏高原的周缘在地形梯度上却显示出了明显的差异性。其中，四川盆地邻接的青藏高原东缘（以龙门山为界）、塔里木盆地邻接的青藏高原北缘（以西昆仑为界）以及青藏高原南缘（以喜马拉雅为界）显示出了十分陡峭的地形梯度。例如，在小于 50 km 的水平距离内，位于藏东缘的龙门山相对四川盆地抬升了近 5000 m，显现出了令人瞩目的地形变化。然而，GPS（Chen *et al*., 2000; Gan *et al*., 2007）和地貌（Densmore *et al*., 2007）观测结果都显示龙门山地区地表会聚速率很小（小于 3 mm/yr）。地质观测结果也表明该地区晚新生代以来大尺度的地壳缩短并不显著（Burchfiel *et al*., 1995；王二七和孟庆任，2008）。在上地壳没有发生显著缩短的前提下，龙门山的隆升通常被解释为来自青藏高原中部的下地壳流遭遇到四川盆地的阻挡，在龙门山下方聚集膨胀进而动力抬升地表的结果（Royden *et al*.,1997; Clark & Royden, 2000; Meng *et al*., 2006），四川盆地与青藏高原之间巨大的地形以及地壳厚度差异被认为是下地壳发生东向流动的主要驱动力（Clark *et al*., 2005）。这就是被广泛称道下地壳流模型。因为该模型假定地壳的缩短增厚主要发生在地壳的中下部，所以它无需显著的上地壳缩短就可以解释陡峭地形的生长（Burchfiel *et al*., 2008）。

近年来研究人员在藏东缘获取了一些新的观测资料，对下地壳流模型提出了挑战。Wallis 等（2003）首次在龙门山中部发现了约 65 Ma 的巴罗型(Barrovian-type)变质带，峰值变质条件为~8 kbar 和 ~700°C。这一发现预示着龙门山地区的地壳在印度与欧亚板块碰撞之前已经相当厚，无需后期的下地壳流来增厚藏东地壳。Hubbard 与 Shaw (2009) 利用平衡剖面方法估算了数条横跨龙门山的地震剖面的地壳缩短量，结果表明在龙门山山前后侏罗纪期的地壳缩短与地形生长强烈相关，因此提出脆性上地壳缩短是龙门山隆升的主要驱动力。最近，在青藏高原东缘开展的地震研究揭示了藏东与四川盆地下方的地壳及岩石圈在结构或速度上存在重大差异（Li *et al*., 2006; Wang *et al*., 2007; Zhang *et*

al., 2009; Zhang *et al*., 2010; Robert *et al*., 2010; Xu *et al*., 2010; Lei & Zhao., 2009; 李志伟等，2011；Li *et al*., 2012）。具体表现为：地壳厚度从藏东下方的~60 km 减少至四川盆地的~40 km，在龙门山下方存在一个 15 至 20 km 的 Moho 面台阶（Wang *et al*., 2007；王椿镛等，2008；Zhang *et al*., 2009; Robert *et al*., 2010）。接收函数的结果显示藏东岩石圈底界（LAB）明显比四川盆地下方浅，同样也是在龙门山下方存在一个 LAB 的错断（Zhang *et al*., 2010；Hu *et al*., 2011）。此外，地震层析成像结果显示：藏东岩石圈地震波速度偏低，推测它较热；而四川盆地岩石圈存在高速带，因此可能较冷（Li *et al*., 2006; Xu *et al*., 2010; Li *et al*., 2012）。类似的地壳/岩石圈结构或速度差异同样存在于藏北与塔里木盆地的邻接带上（李秋生等，2000；高锐等，2002；肖序常等，2002；Zhao *et al*., 2010）。

青藏高原与其邻接的克拉通盆地（如四川盆地、塔里木盆地）之间这种地壳/岩石圈结构或热状态上的显著差异很可能在山脉隆起之前就已经存在，而这种差异将产生重大的重力均衡再调整，因此它们对陡峭地形的形成具有重要作用或影响。然而，以往的研究对这种固有的横向差异未给予足够的重视(Royden *et al*., 1997; Clark & Royden, 2000; Copley & McKenzie, 2007)。为此，我们采用三维岩石-热力学程序 I3VIS (Gerya, 2010)开展数值模拟实验，从青藏高原与周边块体包括克拉通盆地之间的相互作用来考察高原的向往生长过程与机制，探讨陆内会聚带岩石圈在结构和物性上的横向差异以及克拉通阻挡对高原生长样式的影响，所获得的结论与认识将深化人们对陆内会聚带陡峭地形形成机制、青藏高原侧向生长过程与方式等科学问题的理解，同时对于我们理解其他地区同类型边缘或高原的成因机制与过程也具有借鉴意义。

S15-O-01

中国大洋 30 航次西南印度洋硫化物勘探进展

陶春辉，李怀明，邓显明，周建平

国家海洋局第二海洋研究所，浙江杭州 310012
taochunhuimail@163.com

2011 年 11 月，中国大洋矿产资源开发研究协会与国际海底管理局签署《西南印度洋多金属硫化物资源勘探合同》，这表明我国正在从洋中脊多金属硫化物资源调查阶段过渡到资源勘探阶段。大洋 30 航次是我国进入到多金属硫化物资源勘探阶段后的第一个勘探航次。

2013 年 12 月 8 日大洋 30 航次从三亚起航，期间 3 次停靠毛里求斯路易港，2014 年 5 月 26 日返回青岛，共经历 4 个航段，历时 179 天。本文将主要介绍大洋 30 航次第二、第三航段的调查进展和最新认识。调查工作区位于西南印度洋脊 Indomed 和 Gallieni 转换断层之间，该区域涵盖了西南印度洋多金属硫化物矿区 70%的面积。

1.依据多金属硫化物资源勘探阶段，结合中国大洋调查航次技术装备现状，提出西南印度洋多金属硫化物勘探思路。

2.尝试建立旨在解决多金属硫化物空间分布问题的立体勘探方法。利用近底瞬变电磁法、近底磁力法、近底深拖高清照相/摄像等方法对龙旂热液区开展详细调查。

3.在西南印度洋硫化物合同区新发现多处热液区和热液异常区。

4.通过水下机器人和高清海底照相/摄像资料拓展了龙旂热液区和断桥热液区的硫化物和热液异常分布范围，获得了硫化物和热液异常分布资料和样品。

S15-O-02

综合地质地球物理资料研究印度洋区域演化过程

梁光河

中国科学院地质与地球物理研究所 中国科学院矿产资源研究重点实验室，北京 100029

lgh@mail.iggcas.ac.cn

印度板块是一个活化了的克拉通板块，其强劲地向北漂移碰撞到欧亚板块，引起了新生代以来全世界地质和地理甚至气候格局的剧烈变化。但印度板块这个克拉通为什么会活化？当前其处于一个什么受力状态？推动印度板块运动的动力机制是什么？非洲大裂谷的成因机制是什么？这一系列科学问题都和印度洋区域的演化历史密切相关。本报告通过分析解译该区域的地球物理资料（包括磁异常、重力异常、地震勘探资料）结合海洋钻探资料对这些问题给出一个合乎逻辑的综合解释，结果表明印度板块向北漂移的动力机制并不是海底扩张，而是依靠板块深部的热力不平衡驱动的。其在北漂过程中伴随着左旋，当前仍在强劲左旋中，印度板块由于长期滑行在南大西洋洋中脊上从而造成了克拉通板块的活化。最后梳理了非洲板块的运动历史和轨迹，给出了非洲板块当前的受力状态模型，解释了非洲大裂谷和红海的成因机制。

S15-O-03S

西南印度洋热液 A 区成矿模式初探

张佳政[1,3*]，赵明辉[1]，丘学林[1]，阮爱国[2]，王建[1,3]，贺恩远[1,3]

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，广州 510301

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012；

3 中国科学院大学，北京 100049

zhangjz005@163.com

目前，洋中脊海底金属成矿模式主要有两种：一种是与热点或地幔柱相关的“热点”成矿模式，热点与洋中脊之间发生物质和能量交换时可能会导致一些成矿作用；另一种是与大洋核杂岩（OCC）相关的“湿点”成矿模式，大洋核杂岩会导致地幔出露地表，强烈的断裂作用使得海水下渗，地幔岩发生蛇纹石化放热，从而形成海底热液系统和发生热液成矿作用。作为慢速-超慢速扩张洋中脊的独特构造模式，大洋核杂岩可能为慢速-超慢速洋中脊海底金属成矿提供了重要构造背景。西南印度洋洋中脊（SWIR）是超慢速洋中脊的代表，具有地幔橄榄岩直接出露地表、斜向扩张和缺失转换断层等特征，引起了广大科学家的极大兴趣。近十几年来，在 Inter Ridge、IODP 和 ODP 等的大力推动下，SWIR 已经成为研究岩浆活动、构造运动和热液活动等相互关系的最佳场所，其热液活动一直是国际上关注的热点。特别是 2007 年的中国大洋 19 航次第 1、2 航段期间，我国在 SWIR 发现了热液活动 A 区（49°39′E），其热液喷口（龙旂喷口）是目前在 SWIR 发现的首个活动的热液喷口—龙旂热液喷口，而且利用同期近海底磁力仪数据的研究结果发现，该区可能蕴含丰富的硫化物矿产资源，因此，热液 A 区为研究超慢速 SWIR 热液喷口的形成机制，以及其成矿模式提供了良好契机。

2010 年的中国大洋 21 航次第 6 航段期间，由我国多单位组成的科考队伍成功对 A 区开展了三维（3D）海底地震仪深地震探测实验，获得了“海量”震相清晰、高信噪比的地震数据。通过走时层析成像方法获得该区深部地壳/上地幔速度结构后，将能够从根源上揭示喷口形成的动力学过程，并有望解决超慢速洋中脊的成矿模式。A 区主要包括左、右两个水深地形区，右侧区域主要包括洋脊

段 27，该区缺失中央裂谷，分布着大量平顶火山，说明其岩浆作用活跃，但尚未发现热液喷口；左侧区域是本文的重点研究区，主要包括沙漏状裂谷中部的洋脊段 28 和龙旂 OCC，热液喷口位于龙旂 OCC 西北角陡崖上，水深 2760 m。3D 和 2D 地震层析成像结果显示：1）洋脊段 28 的岩浆供应集中于洋脊段中心。以 6.4 和 7.0 km/s 速度等值线为界，洋脊段 28 中心的地壳最厚可达 7.0~8.0 km，向两侧末端逐渐减小至 3.0~4.0 km，这种减薄趋势主要发生于下地壳。2）龙旂 OCC 范围自南边破裂带（BA）到北边终止带（T）之间，在速度模型中表现为高速异常和地壳厚度减薄，结合 MAR 上 OCC 地震速度结构和钻探、拖网资料等，推断龙旂 OCC 的岩性为辉长岩或辉绿岩。3）龙旂热液喷口位于南侧断层崖上，即龙旂 OCC 的 T，并靠近新火山洋脊下方与其走向平行的低速异常区（LVZ），说明该低速体和 ODF 可能分别为喷口的长期活动提供了热源和通道。

龙旂活动热液喷口的形成主要与 ODF 和 LVZ 有关，LVZ 为热液喷口提供了热量来源，而 ODF 为热源与喷口之间开辟了通道，说明热液 A 区的成矿模式可能与“湿点”相关。实际上，由于 SWIR 大多数区域缺乏岩浆供应，特别是在斜向扩张的非火山区，分布着大量大型 ODF，ODF 对热液活动区的形成往往起到重要的控制作用。然而，大尺度的水深地形、重力和地震层析成像结果均显示，热液 A 区还受到其南侧 Crozet 热点的影响，并不排除热液 A 区的成矿模式与“热点”相关。综上可知，热液 A 区的成矿过程极有可能是“湿点”和“热点”相互作用的结果。

S15-O-04

西南印度洋多金属硫化物合同区电法探测

邓显明[1,2,3]，陶春辉[2,3*]，席振株[4,5]，周胜[4,5]

1 中国地质大学（北京）海洋学院，北京 10083
2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012
3 国家海洋局海底科学重点实验室，杭州 310012
4 中南大学海洋矿产探测技术与装备研究所，长沙 410083
5 长沙五维地科勘察技术有限责任公司，长沙 410205
taochunhuimail@163.com

海底多金属硫化物是热液成矿作用的主要产物，富含 Fe、Cu、An 等金属元素。2011 年我国同国际海底管理局签订了 10000 km^2 的《西南印度洋多金属硫化物勘探区的勘探合同》。目前所面临的主要任务即是开展大量的探矿与勘探工作，为 2021 年前完成 75% 面积的区域放弃做准备。瞬变电磁和自然电位是较为有效的两种电法探测方法，结合综合摄像及传感器探测并进行地质取样验证，可以成为海底硫化物勘探的有效手段。

2014 年 2 月 13 日至 3 月 31 日，中国大洋 30 航次第二、三航段在西南印度洋多金属硫化物合同区开展了电法探测工作。其中在 49.6° E 热液活动区及周边完成了 3 条累积长约 25 km 的瞬变电磁（TEM）测线和 1 条长约 12 km 的自然电位（SP）测线，在 50.5° E 非活动热液区完成了 1 条长约 6 km 的瞬变电磁测线。在 49.6° E 热液活动区开展了相同测线的搭载有 MPAR、化学传感器在内的综合摄像探测工作。

在 49.6° E 热液区的 TEM 探测初步探测结果初步显示出 3 个明显的相应剖面异常，SP 测线也探测到了自然电位异常。TEM 和 SP 的探测结果与综合摄像探测的结果和 MAPR、化学传感器等的探测结果具有较强的一致性，结合地质取样结果表明 TEM 和 SP 联合测量可以较好的揭示热液活动区的分布范围和垂直分布。

S15-O-05

洋壳登陆:来自西准噶尔的实证

徐义贤[1,2,3]，刘营[1,2,3]，王国灿[3,4]，Timothy Kusky[3], 朱露培[2]，陈超[2]，李永涛[2]

1 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室
2 中国地质大学(武汉)湖北省地球内部多尺度成像重点实验室
3 中国地质大学(武汉)全球构造研究中心
4 中国地质大学(武汉)地球科学学院
xyxian@cug.edu.cn

西准噶尔位于西伯利亚，哈萨克斯坦和塔里木三个大陆板块的交汇处，由早古生代类似南中国海的多岛洋聚合形成，地质学家认为其地壳主体由古生代洋岩石圈残片、古活动陆缘杂岩、以及侵入其中的晚石炭纪至早二叠纪的花岗岩和暗色岩墙组成。西准噶尔现存构造主要方向为北东-南西向，主要构造线包括托里断裂、哈图断裂、达拉布特断裂及克拉玛依-乌尔禾断裂。该区已发现具有重要经济价值的金属矿床，如哈图金矿、萨尔托海金矿和铬铁矿、包古图斑岩型铜矿等。西准噶尔以发育多条蛇绿混杂岩带而为地质学家所关注。从北西往南东依次为伊尼萨拉蛇绿混杂岩带（早奥陶世～早泥盆世）、达拉布特蛇绿混杂岩带（中志留世～中泥盆世）及克拉玛依蛇绿岩带（中奥陶世～晚泥盆世）。蛇绿混杂岩带中的变质橄榄岩均为方辉辉橄岩，局部可见二辉橄榄岩团块，岩石已部分或全部蛇纹石化，常以构造岩片的形式产出，厚度变化大，最厚者约 2000 m。关于达拉布特蛇绿混杂岩带产出的构造环境，前人已经提出了多种观点，包括弧后盆地环境、大洋环境、弧后盆地或大陆边缘洋扩张脊构造环境、不成熟的弧后盆地等。

我们在该区部署了 3 条北西向大地电磁测深和重磁综合剖面（自北往南依次编号为 I、II、III 线，线距约 25 km）及物性研究工作。综合研究表明，出露的高阻杂岩体之下普遍分布曾经遭受大规模水化而退变质的地幔橄榄岩，因此西准噶尔现今地壳内保留了较为完整的古生代洋壳和晚古生代俯冲带。构造线和大量基性岩脉排列方向在 III 线经过的克拉玛依西侧和 I 线经过的百口泉附近发生转折，指示 II 线和 I、III 线对应的俯冲带环境存在差异。I 线经过的萨尔托海豆荚状铬铁矿形成于 PTG 系列蛇绿岩带，与板片窗环境吻合。III 线经过哈图金矿北侧，其东南段发育大量基性岩脉，与洋中脊转换断层俯冲相对应。II 线保留了完整的洋壳向岛弧下的俯冲带，它与 I、III 线之间由转换断层隔开，转换断层构成现今克拉玛依-乌尔禾隐伏断裂的一部分。

该晚古生代洋壳登陆并得以保存，说明准噶尔地区自晚古生代以来未发生大的构造-热事件，这与西准噶尔盆地发育自晚古生代至第四纪连续沉积是一致的。由于 3 条宽频大地电磁测深剖面的长度均不超过 100 km，未能揭示西准噶尔靠塔城一侧的深部地质结构，因此该带西部为弧后盆地抑或另一古老海沟需要进一步研究。

S15-O-06

东太平洋加拉帕格斯微板块的热液地质作用

李怀明[1]，于增慧[2]，张国堙[1]，陈升[1]，陶春辉[1]

1 国家海洋局第二海洋研究所，浙江杭州 310012
2 中国海洋大学 海洋地球科学学院，山东青岛 266071
3 吉林大学地球探测科学与技术学院，吉林长春 130026
huaiming_lee@163.com

宝石山热液区位于东太平洋加拉帕格斯

微板块微板块南缘的 Deitz 海山上，DY115-21 航次的第 III 航段在该区探测到大范围活动的热液活动，这为研究加拉帕格斯三联点区域的热液系统及其岩浆构造活动提供了机会。本文从三个角度探讨了该区的热液地质作用：热液沉积物来源和成因机制、羽状流分布特征和热液区底质类型及分布。

1.宝石山热液沉积物存在自然硫和黄铁矿球粒、Fe-Mn 氧化物/氢氧化物和绿脱石三种不同形成条件下的矿物组合，前者与后两者应形成于不同期次热液活动之中。铁锰质沉积主要代表早期、远端热液羽状流扩散过程中颗粒的逐渐沉淀及其对海水的清扫，而绿脱石样品可能来自早期形成硫化物或 Fe-Mn 氧化物/氢氧化物的低温蚀变。

2.宝石山热液区的水体异常主要分布在西南部，这与目前已经发现的热液喷口不符。推测在研究区的南侧还发育着可能的热液喷口。在热液沉积物广泛分布的研究区西部并没有探测到明显的水体异常。

3.利用多波束声参数反演宝石山热液区的底质类型与分布，认为热液沉积物主要分布在当前喷口的西侧区域，在喷口周围主要是基岩和碎石为主。

4.宝石山热液区热液地质作用以大规模、多期次为特点。

S15-O-07

西南印度洋洋中脊附近的动力环境

周磊，王渊

国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012
lzhou@sio.org.cn

利用器测资料和再分析资料，我们研究了西南印度洋硫化物矿区的动力环境和热力环境。在大尺度动力场方面，利用 P 矢量法，我们不仅重现了西南印度洋大尺度流场，而且还计算了几千米深处的水平流场。比较不同深度的流场会发现，水平流场随深度的变化非常明显，特别是在 3000 米深处有一支较强的西向的海流，几乎与海表的东向海流正好相反。强的垂向剪切流会增强整个水柱的不稳定性。在中小尺度动力环境方面，利用锚系资料和 ADCP 资料，我们确定了西南印度洋矿区的潮汐以半日潮为主，主要包括 M2、S2、N2 等分潮。潮流主轴的方向为西北-东南向，与当地洋中脊走向基本垂直，这种动力环境有利于当地混合率的增强，从而增强当地物质的扩散范围和扩散强度。对西南印度洋矿区物理环境和动力环境的详细了解，为海洋资源的利用提供了必要的基础。

S15-O-08S

南大西洋中脊 15°S 热液活动区多金属硫化物的矿物学特征及成矿作用分析

王淑杰[1]，翟世奎[1]，于增慧[1]，李怀明[2]

1 中国海洋大学：海底科学与探测技术教育部重点实验室，海洋地球科学学院，青岛 266100

2 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

jie017jie@163.com

本文首次报道了“大洋 26 航次”（2012）在南大西洋中脊 15°S 新发现的热液活动区所采到热液多金属硫化物的矿物学特征，并对该热液活动区的热液成矿作用进行了成矿阶段划分，初步分析了研究区的矿物沉淀机制和热液成矿模式。对采自 3 个站位的硫化物样品和 1 个站位的玄武岩样品分别进行了镜下观察、X 射线衍射（XRD）分析、电镜及电子探针分析、X 射线荧光光谱（XRF）分析等。

研究结果表明：热液硫化物主要组成矿物为黄铁矿、黄铜矿、方黄铜矿和闪锌矿，

其次有少量的白铁矿、磁黄铁矿、方铅矿及细硫砷铅矿，部分闪锌矿中 Fe 含量较高，可称为铁闪锌矿。根据样品中主要矿物所占的比例，可将样品分为富 Fe 型硫化物、富 Fe-Cu 型硫化物和富 Zn 型硫化物。富 Fe 型硫化物中以黄铁矿为主要矿物，其次是黄铜矿；黄铁矿分为两个世代，第一世代黄铁矿为自形-半自形晶，粒径大小不一，第二世代黄铁矿呈胶状产出。富 Fe-Cu 型硫化物以方黄铜矿、黄铜矿和黄铁矿为主，含有少量的磁黄铁矿和（铁）闪锌矿，后者呈细小颗粒被包裹于黄铁矿中。富 Zn 型硫化物样品中矿物种类较多，主要矿物为闪锌矿和黄铁矿，且闪锌矿以镶嵌边的形式围绕黄铁矿生长，形成树枝状、仙人掌状和熊掌状等形态。方铅矿和细硫砷铅矿仅在一个样品中出现，呈颗粒状零散分布在矿物集合体边缘，粒径约 10μm。样品中没有发现硬石膏、重晶石和非晶质 SiO_2 等低温热液热液阶段的沉积矿物。根据矿物组合及其结构构造特征，将热液成矿作用分为 3 个阶段：高温富 Cu 热液流体成矿阶段、中温富 Fe 热液流体成矿阶段和低温富 Zn 热液流体成矿阶段。

S15-O-09

富稀土磷酸盐对富钴结壳稀土元素的影响

任江波，傅飘儿，邓希光，朱克超，何高文

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

dourjb222@163.com

富钴结壳是生长在海底高地势基岩上的“壳状”沉积矿产，富含铁、锰、钴、铂、稀土等资源，同时也是研究新生代海洋和气候的重要载体。稀土在富钴结壳中含量高，它们是地球化学性质及其相似的一组元素，这些元素的相对含量在地质环境和过程中很难改变，因此具有很好的示踪作用。已有研究认为稀土在铁锰结壳中主要赋存于 δ-MnO_2 相或无定形的铁氧化物/氢氧化物中，北美页岩标准化后表现为显著的 Ce 正异常和 Y 负异常；发生磷酸盐化的结壳稀土元素受到显著影响，稀土含量有所增加，且出现明显的 Y 正异常。

磷酸盐化作用是结壳发育期间重要的成岩事件，西太平洋海山上的富钴结壳普遍发生磷酸盐化，特别是底部的老壳层。磷酸盐化结壳的标志是结壳中的 P 含量高，常常发育碳氟磷灰石矿物。磷酸盐可以发育在结壳的基底、核心或者呈团块、夹层状、细脉状、侵染状等产状产出于结壳中。结壳中大多数成矿元素因磷酸盐化作用品位降低，可以理解成磷酸盐组分的稀释作用。稀土元素在发生磷酸盐化的结核、结壳中都会增高，任向文（2011）从理论上计算出 MK 海山富钴结壳磷酸盐化作用对稀土贡献高达 42%~88%。然而，从结壳中剔选出的磷块岩的∑REY 都低于结壳。如果将磷酸盐化结壳视为磷酸盐组分和结壳组分的混合，那么∑REY 应介于两者之间，理论上磷酸盐化结壳中应该存在“富稀土磷酸盐”组分。本研究利用 XRF 和 ICP-MS 分析了马尔库斯-威克海山和中太平洋海山富钴结壳的主量元素和 REY，结合前人研究成果对比了磷酸盐化及未磷酸盐化富钴结壳的 REY 特征。结果显示：P 含量低的结壳具有相对低的∑REY，北美页岩标准化后显示 Ce 正异常和 Y 负异常；磷酸盐化后的结壳具有相对高的∑REY，并表现出 Ce 正异常和显著 Y 正异常。磷酸盐化结壳中存在“富稀土磷酸盐”组分，特别是对 Y 具有重要贡献。将磷酸盐化结壳视为磷酸盐组分和结壳组分的二元混合，模拟结果显示富稀土磷酸盐组分具有海山磷块岩的 REY 配分模式，但是其∑REY 达到普通磷块岩的 10

倍或以上。考虑到水柱中 Ca^{2+}等碱金属离子和 REY^{3+}均可以与 PO_4^{3-}结合在一起，而海洋中钙质沉积物丰富，大量 PO_4^{3-}不同程度地交代碳酸盐等钙质物质，容易形成贫稀土磷酸盐。而伴随结壳缓慢的成矿过程，部分 PO_4^{3-}的加入受到钙质沉积物的影响较小，它们能够形成富稀土磷酸盐分散存在于结壳中。尽管富稀土磷酸盐中 P 主要仍是与 Ca 结合在一起，但 REY/Ca 比值得到较大提高，这种稀土富集模式可能是深海非钙质沉积区普遍的地质过程。

S15-O-10

从海底铁锰结核结壳生长看深海环境之演变

周怀阳

同济大学海洋地质国家重点实验室

Zhouhy@tongji.edu.cn

除了在板块分离边界等非常局部的环境中是由热液活动直接提供富集的铁锰沉淀之外，在约 10%的全球海底广泛分布的铁锰结核和结壳主要是海底上下水体中的溶解态金属通过化学、物理甚至微生物等多种复杂作用逐渐聚集形成的。主要由海底界面以上的海水提供铁锰等金属形成的铁锰结核和结壳被称为水成型，由海底界面以下的沉积物间隙水物质供应形成的则称为成岩型。水成型结核和成岩型结核可以各自出现于不同的区域，也可以在同一个区域内相伴存在。甚至在同一结核上的不同部位，海水来源和沉积物间隙水来源都分别有过不同程度的贡献。在海山等出露硬岩上生长的铁锰结壳几乎都是水成型。铁锰结核结壳的生长速度十分缓慢，一般比周围沉积物的沉积速率小三个数量级。一个半径几厘米的结核或厚几厘米的结壳往往经历了几百万~几千万年的生长历史。反过来说，理论上可以根据结核结壳在空间上或时间上的变化反映深海环境的差异和历史演变。

根据现有大量的调查研究资料，结核结壳对深海环境的指示作用可分为全球性、盆地性和局地性三个层面。特别是最近越来越多对其局地性指示意义的认识，反映出控制结核结壳的存在与否、控制结核结壳的结构构造、矿物成分、元素和同位素成分等时空差异的深海环境变化的复杂性仍远远超出人们目前的认识程度。而局地性环境影响的甄别直接关系到人们对地球系统中全球性或盆地性深海环境变化事件意义的认识。

S15-O-11

初探新特提斯洋闭合早期的地质相应

孙卫东，丁兴，凌明星，李聪颖，李贺

中国科学院广州地球化学研究所

weidongsun@gig.ac.cn

中国位于特提斯构造域、太平洋构造域和中亚构造域交汇的地区，其中，新特提斯构造域主要影响青藏高原至台湾的广大地区。对特提斯洋闭合的研究有利于厘定青藏高原、华南在 125 Ma 以来的构造演化，对于揭示南海形成、演化机制和动力学背景具有重要的意义。本文简要介绍我们课题组近期的相关工作，重点关注新特提斯洋闭合早期对中国乃至整个欧亚大陆东南缘的影响。在 100 Ma 左右，新特提斯构造域发生了一次重要地质事件，自西向东，在伊朗至青藏高原西段发生了大规模的蛇绿岩侵位事件，在青藏高原东段的冈底斯形成了大规模的埃达克岩和埃达克质紫苏花岗岩，在青藏高原东缘至东南沿海发生了一次大规模的挤压运动，出现近同时的沉积间断。这种巨大

的差异可能与新特提斯洋自西向东喇叭口式的闭合历史有关。新特提斯洋的闭合与印度洋的打开是耦合的，均起始于 130-125 Ma 的科桂伦大火成岩省。其西面的伊朗至青藏高原西段和东面的青藏高原东缘至台湾两区段的闭合要晚于印度洋区段。在稍早于 100 Ma 时，印度板块与欧亚大陆之间的洋脊发生了俯冲，形成了一系列的埃达克岩，同时由于板片窗的高温作用，形成了埃达克质紫苏花岗岩。与此同时，在西段有大量的蛇绿岩侵位。可能是俯冲初始阶段的产物，合作是洋脊后盘板片没有俯冲下去而是仰冲造成的；东段则出现了大规模的挤压，伴随着区域整体抬升而形成的不整合面。

S15-P-01

大洋中脊热液硫化物热液通道：拆离断层

邓希光，于淼，杨永，王海峰，任江波

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

dengxg68@163.com

热液硫化物作为深海继多金属结核、富钴结壳资源之后的第三种资源，富含铜、铅、锌、金、银、锰、铁等多种金属元素，常与海底扩张中心热液体系相伴生。通常认为热液硫化物的形成是海水沿裂谷带张性断裂或裂隙向下渗透，被新生洋壳加热，形成高温(可达 350～400 ℃)海水，高温海水从玄武岩中淋滤出大量多种金属元素，当它们重返海底时与冷海水相遇，导致黄铁矿、黄铜矿、纤锌矿、闪锌矿等硫化物及钙、镁硫酸盐的快速沉淀。高温热液自喷口涌出，矿物快速结晶，堆积成烟囱状。

针对洋壳中存在大量铲形正断层及垂直洋中脊的大量线理(如大西洋中脊的窗棱构造)等现象，科学家提出了拆离断层(Dick et al.,1981；Karson and Dick, 1983； Mutter and Karson,1992；Tucholke and Lin, 1994)。洋底的拆离断层是 1981 年 Dick 等首次在大西洋中脊凯恩（Kane）转换断层附近发现了的，该拆离断层作用形成了弯隆状的亚特兰蒂斯丘（Atlantis Massif）大洋核杂岩(Dick et al.，1981；Karson and Dick，1983)。随着对洋中脊调查程度的深入和调查规模的扩大，洋中脊存在拆离断层以及由此产生的大洋核杂岩（OCC）逐渐被接受和扩展，目前在大西洋中脊、西南印度洋中脊、加勒比海-北美洲洋脊、澳洲一南极不整合段(AAD)、菲律宾海的帕里西维拉海脊等分布有大洋核杂岩（Whitney et al.，2013）。在大西洋中脊，大洋核杂岩占一些洋脊段的 50%–60%（Smith et al., 2006, 2008；Escartín et al., 2008），而在澳洲一南极不整合段(AAD)大洋核杂岩占一些洋脊段的 70%（Okino et al., 2004）。从目前的研究成果看，大洋核杂岩主要分布慢速扩张洋脊和超慢速洋中脊，在快速洋中脊没有报道。

从已经报道的大洋核杂岩来看，往往有热液硫化物的形成，如 TAG、Logatchev 等，这说明拆离断层为热液硫化物的形成提供了热液通道。拆离断层为热液硫化物提供热液通道的机制是流体沿拆离断层面循环，引起围岩中成矿元素逐渐被交代到流体中，当这些流体喷出海底时遇到冷的海水以硫化物的形势快速沉淀形成硫化物矿床。我国申请的多金属硫化物勘探区，地质背景以及已调查成果显示可能存在大量的拆离断层以及大洋核杂岩，从而产生比较大的多金属硫化物矿床，特别是在 49.6º 和 50.5º 附近。

S15-P-04S

海底多金属硫化物资源定量预测评价流程方法研究

任梦依[1,2]，陈建平[1,2]，方捷[3]，邵珂[1,2]

1 中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 100083

2 中国地质大学（北京）国土资源与高新技术研究中心，北京 100083

3 南京地质调查中心，南京 210016

renmengyi@163.com

海底多金属硫化物资源具有巨大的开发潜力和远景，2011 年我国刚刚获得西南印度洋中脊 1 万平方千米区域多金属硫化物资源的勘探权，2021 年仅能保留 25%的区域。然而对于海底热液硫化物矿床的调查勘探我国仍处于刚刚起步的阶段，如何快速、准确探查海底多金属硫化物资源已成为首要任务。本文在总结了海底多金属硫化物资源分布特征及勘探现状的基础上，依据成矿预测的基本理论，首次系统提出了海底多金属硫化物资源定量预测评价流程，并划分为如下三个层次：

1、大区域海底多金属硫化物资源定量预测

层次一是在调查精度较低，研究程度较少的大区域范围内，以小比例尺的矿产资源资料为基础，基于可获取数据的归纳统计，形成大区域海底多金属硫化物找矿有利条件组合。根据已知多金属硫化物矿床的分布情况，采用相应的成矿预测方法，筛选出具有找矿潜力的多金属硫化物勘探远景区，并确定中国专属区初步的保留范围。

2、远景区海底多金属硫化物资源定量预测

层次二是在全面系统分析海底多金属硫化物典型矿床的基础上，进一步总结成矿地质条件和找矿标志，结合远景区调查数据，分析多金属硫化物矿床的成矿机制与成矿规律，建立远景区定量预测阶段的找矿预测模型，并采用相应的成矿预测方法，挑选出海底多金属硫化物资源找矿靶区，划定专属区最终的保留范围。

本文将海底热液多金属硫化物找矿模型的建立分为三个步骤：

（1）在相似类比和勘查工程认识的指导下，以“地质异常”为突破口，归纳热液多金属硫化物控矿因素，并建立研究区的找矿概念模型。

（2）在找矿概念模型基础上，对比分析远景区内数据资料，将地质特征转换为对应的定量模型，建立热液硫化物数据找矿模型。

（3）统计分析数据找矿模型中成矿预测因子，提取成矿有利信息，归纳变量（异常）取值范围，建立海底热液多金属硫化物矿床找矿预测模型。

3、海底多金属硫化物找矿靶区优选与评价

层次三是在找矿靶区已圈定的前提下，通过对海底热液硫化物矿床成矿过程的数值模拟，将数据模型与知识模型结合应用于靶区的优选工作，更加深入地了解海底硫化物成矿过程的作用机制和演化规律，验证靶区圈定的正确性，提高靶区优选的准确性，并为确立勘探范围提供依据。

本文建立的海底多金属硫化物资源定量预测评价流程，在成矿预测工作中逐步缩小勘查区域范围，提高了找矿准确性，减少了不必要的勘查工作。该方法流程将为我国洋底多金属硫化物资源的勘探开采工作提供资料依据，对于我国海底多金属硫化物勘查的不同阶段均具有指导意义。

S15-P-05

西南印度洋合同区典型海底热液硫化物品位特征

章伟艳[1]，李振清[2]，赵宏樵[1]，张松柏[2]，邱磊[1]，张富元[1]

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

2 中国地质科学院矿产资源研究所，北京

zwy885@163.com

我国自 2005 年以来开展多个航次的远洋调查，在西南印度洋、东太平洋中脊和大西洋中脊先后发现了多个热液硫化物区，在热液硫化物的研究方面取得了显著的进展。2011 年，我国在西南印度洋国际海底区域获得了 10000 km^2 具有专属勘探权的多金属硫化物资源矿区，并与国际海底管理局签订了多金属硫化物矿区《勘探合同》。深海热液硫化物调查难度大，勘查程度低、数据资料有限，这些都为海底热液硫化物的资源评价带来了极大的难度。热液硫化物包括 Cu、Pb、Zn、Ag、Au 等多种有用金属元素，矿体厚度变化大，选择何种参数指标进行硫化物资源评价是一项重要研究内容。

西南印度洋合同区表层硫化物样品的 Cu 含量 3.12%、Zn 含量为 14.98%，Au 含量为 0.193 ppm、Ag 为 22.99 ppm。西南太平洋的 Solwara1 矿区表层硫化物样品 Cu 含量为 11.57%、Zn 含量为 7.16%、Au 19.330 ppm、Ag 14.0 ppm，鹦鹉螺公司根据采矿成本和后期处理成本评估获得 Solwara1 矿区硫化物边界品位是 Cu 4%或 Cu 等量品位（Cu_{Eq}）2.6%（根据矿产资源的运输和处理成本、结合 Cu、Au 和 Ag 三个有用元素的回收率及价值比进行核算，即 Cu_{Eq}=0.915Cu+0.254Au+0.00598Ag）。西南印度洋合同区的硫化物样品的 Cu、Au、Ag 含量低于 Solwara1 矿区的硫化物品位，但 Zn 含量是其二倍，二者的 Cu_{Eq} 分别为 2.98%和 10.59%，相差近 4 倍。

西南印度洋合同区典型热液区有出露型和隐伏型两类，有用金属元素主要分布于硫化物和热液氧化物中。各种类型样品分析结果如下：（1）出露型热液区的硫化物 Cu、Zn、Au、Ag 的含量分别为 2.36%、10.10%、0.240 ppm、7.97 ppm，Cu_{Eq} 为 2.22%；热液氧化物的 Cu、Zn、Au、Ag 的含量分别为 0.55%、0.12%、0.027 ppm、0.05 ppm，Cu_{Eq} 为 0.03%。（2）隐伏型热液区的硫化物 Cu、Zn、Au、Ag 的含量分别为 4.53%、16.59%、0.075 ppm、38.76 ppm，Cu_{Eq} 为 4.33%；热液氧化物的 Cu、Zn、Au、Ag 的含量分别为 0.72%、0.33%、0.082 ppm、0.05 ppm，Cu_{Eq} 为 0.17%。从矿石类型看，热液氧化物的有用元素含量较低，有用金属元素基本上富集于硫化物中。从出露形态看，出露型比隐伏型热液区的金属元素品位低，前者约为后者的 1/2，出露型热液区硫化物的金属元素品位与 TAG 区热液硫化物的品位（Cu、Zn、Au、Ag 的含量分别为 2.20%、25.62%、0.459 ppm、5.71 ppm，Cu_{Eq} 为 2.42%）分布极为相似。

合同区的硫化物品位与 Solwara1 矿区的有差别，尤其是 Zn 品位是其二倍，直接引用 Solwara1 矿区的 Cu_{Eq} 指标或许并不合适，通常陆地原生硫化物矿的 Cu 边界指标为 0.2～0.3%，伴生矿的 Zn 为 0.4%、Au 为 0.1ppm、Ag 为 1 ppm，合同区海底热液硫化物的 Cu、Zn、Au 和 Ag 的品位远高于陆地原矿的伴生有用金属的含量，应综合考虑合同区有价值的金属元素主要为 Cu、Zn、Au 和 Ag，建立适合于西南印度洋合同区品位评价指标。

S15-P-06

西南印度洋脊热液产物中金属元素地球化学组成及分布研究

赵宏樵，章伟艳，雷吉江，陶春辉

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，浙江省杭州市 310012

zhaohongqiao@126.com

西南印度洋多金属硫化物的地球化学，采用不同类型硫化物样品进行化学分析和 X 衍射的矿物鉴定。结果显示：硫化物样品中元素间含量变化较大，含量变化随多金属硫化物样品类型及矿物成分的变化而变化。硫化物样品与球粒陨石相比，低于球粒陨石的元素 Co、Ni、Pb，分别是球粒陨石的 0.56 倍、0.009 倍、0.16 倍；高出球粒陨石的元素 Au、Ag、Mn、Fe、Cu、Zn，分别是球粒陨石的 1.22 倍、78 倍、3.25 倍、1.22 倍、207.5 倍、216 倍。烟囱体样品内部主要以黄铜矿为主，含有少量黄铁矿和闪锌矿；样品中 Au、Ag、Zn、Pb 元素的含量，从烟囱外壁向通道内部有着低高低的特征，而样品中 Cu、Co 元素含量则相反，从烟囱外壁向通道内部有着逐步升高；样品中 Fe、Ni 元素的含量关系相对明显。XRD 定性分析显示，20V-S32-TVG14a，20V-S32-TVG14g 样品主要以黄铜矿，黄铁矿，氧化的氢氧化铁和氧化的氢氧化锰组成，这两个样品主矿物相似，次要矿物 20V-S32-TVG14G 样品更为复杂；20V-S32-G14b，20VII-S10-G8a 样品，主要以黄铁矿，白铁矿，黄铜矿，闪锌矿，纤维锌矿组成，前者 20V-S32-G14b 还含有少量方锑矿和钙钛矿，后者 20VII-S10-TVG8a 样品还含有少量方解石。20VII-S24-G20b 样品为蛇纹岩，主要矿物含蛇纹石，方解石，水钠锰矿，针镍矿等四种矿物组成。

依据矿物组合特征及矿石结构构造,判断热液区硫化物矿石形成至少经历两个矿化阶段：I.富 Zn 硫化物阶段，矿物组合以闪锌矿—黄铁矿—黄铜矿为主，沉积过程中流体温度相对较低；II.富 Fe 硫化物阶段，矿物组合以黄铁矿—白铁矿—闪锌矿—等轴古巴矿为主，沉积过程中，流体温度相对较高。阶段 II 对阶段 I 沉积物堆积体进行了叠加改造。

S15-P-07

西南印度洋洋脊 49.6°E 热液羽流地球化学特征

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

zhouhy@tongji.edu.cn

在中国大洋 21 航次和 30 航次西南印度洋环境调查航段，对西南印度洋洋脊 49.6°E 热液区羽流的地球化学特征进行了调查研究，并首次对热液羽流中 H_2 进行了现场分析。

在研究区获得的 8 个羽流区样品中测到了 H_2，其深度位于 2600 米层位上下，测定的最高浓度达 15.8 nM，而且 H_2 浓度最高值的层位与浊度最大值层位相吻合。羽流样品中 CH_4 浓度最高达 22.1 nM，各站位 CH_4 气体浓度最大值也位于 2600 米层位上下。所采集样品在羽流区中的位置和当地洋流的作用可能是控制 H_2 和 CH_4 气体浓度的重要因素。

羽流样品中总铁的浓度最高可达 277.4nM，在部分羽流区样品中，溶解态铁占总铁的比例超过 80%。在 30Ⅳ-CTD2 站位 2585 米层位的羽流样品中，发现溶解态铁中约 41%为胶体态铁。与铁不同，进入羽流中的锰主要以溶解态形式存在，研究区取得的羽流样品中溶解态锰的浓度最高可达 10.4 nM。由于热液流体中含有大量的铁锰等金属元素，而且多数热液流体具有高温、酸性、还原性的特征，当其与低温、碱性、富氧的

海水混合后，立即引起二价铁的氧化和沉淀，因此一般认为大部分铁元素会在热液口附近沉淀下来，进入水体中的溶解态铁可以忽略不计。但我们的研究结果表明，热液喷发出来的铁可能并没有如人们预期的在热液口附近即沉淀下来，有相当一部分溶解态铁进入深层海洋，热液系统可能是深海溶解态铁的重要来源之一。

S15-P-08S

海洋钴结壳瞬变电磁探测技术研究

席振铢，李丽，王鹤，李瑞雪

中南大学海洋矿产探测技术与装备研究所，长沙 410083

454841579@qq.com

大洋富钴结壳的厚度是评价海洋富钴结壳储量的重要参数，富钴结壳厚度的连续性检测有利于采掘剥离破碎和提高采收率。因此，研究一种精确的连续厚度检测方法具有重要的实际意义和学术价值。通过分析深海钴结壳的电性和物性特征，建立探测深海钴结壳的地电模型；运用瞬变电磁全空间理论计算方法，模拟计算深海钴结壳瞬变电磁响应为深海钴结壳瞬变电磁探测反演提供依据。计算结果表明：钴结壳瞬变电磁响应和其厚度成正比关系，随着厚度的增大异常响应也增大，且分辨达到了 cm 级别，验证了此方法的可行性；拖曳高度严重降低了钴结壳的瞬变电磁响应幅值；

S15-P-09

多金属硫化物矿沉积物地球化学找矿方法研究初探

韩沉花，武光海，王振波

国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

hanchenhua0127@163.com;

海底热液活动区热液沉积物有两种，一种是简单混合了来自热液流体或热液柱的硫化物微颗粒和 Fe、Mn 氧化物微颗粒的热液含金属沉积物，表现为相对普通深海沉积物富集 Fe、Mn、Cu、Pb、Zn、Au、Ag 等；另一种则是热液沉积物经后期氧化作用形成的或者是混合了硫化物氧化产物微颗粒形成的热液蚀变沉积物。根据 Bostrom（1973）提出的判断含金属沉积物的 Al、Fe 和 Mn 的组合指标（Fe/(Fe+Al+Mn)>0.5，Al/(Fe+Al+Mn)<0.3，(Fe+Mn)/Al>2.5），可以判断较新鲜的热液含金属沉积物。然而，对于已经发生蚀变的热液沉积物因 Fe、Mn 等元素的再迁移而不适用。本文利用 X 射线荧光法和 ICP-MS 等方法对采自西南印度洋的 30 个沉积物样品进行了元素地球化学特征的统计学分析研究。根据未受到热液影响样品的元素含量范围，统计出沉积物的背景值范围，将大于该背景值高值的样品视为受到热液活动影响的样品。通过 TFe（>0.75%）、FeO（>0.23%）、MnO（>0.86‰）、Cu（>23 ppm）、Pb（>20 ppm）、V（>12 ppm）等单个元素含量的组合指标作为判断热液蚀变沉积物的依据。利用这种沉积物单元素含量组合指标判断热液沉积物（包括热液蚀变沉积物）的方法，一方面验证了以往航次发现的热液区和热液异常，譬如：63.9ºE 和 50.5ºE 非活动热液区获得的沉积物，属于已发生蚀变的热液沉积物；另一方面初步定量判断新的调查区是否受到热液活动的影响，譬如：47.96ºE、55.6ºE 和 58.36ºE 的沉积物地球化学异常均属于新发现的可能沉积物热液异常，这一结果有待于进一步验证。

S15-P-10

西南印度洋脊 49.6°E 热液区热液产物和玄武岩的地球化学特征

王振波，武光海，韩沉花*

国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012
*hanchenhua0127@163.com;

大洋 19、20 和 21 航次分别在超慢速扩张的西南印度洋脊（SWIR）49.6°E 热液区获得了几块珍贵的热液产物和玄武岩样品。利用 X 射线荧光法和 ICP-MS 等方法对这些样品进行了元素地球化学特征分析研究。结果表明:（1）与亏损型洋中脊玄武岩（N-MORB）相比，研究区玄武岩样品的主量元素组成显示其偏碱性，而微量元素对比表明该区玄武岩明显富集元素 Pb;（2）对热液产物的综合分析表明这些样品多为 Fe-Si-Mn 氧羟化物且都为热液来源;（3）热液产物的 ΣREE 含量介于玄武岩和海水之间，经球粒陨石标准化的稀土元素（REE）分布模式均表现出 Eu 正异常和轻稀土（LREE）富集的特征。另外，本研究还表明，利用玄武岩和热液产物地球化学指标不仅能够模拟以热液喷口为中心的元素地球化学晕，而且能反映出热液活动的影响范围，进一步为该研究区域提供围岩属性、岩浆活动及成矿环境等基础地质资料。

S15-P-11S

慢速扩张洋中脊热液成矿的洋陆对比及印度洋盆大地构造（矿产资源）编图研究

李洪林，李江海，张华添，李维波

北京大学地球与空间科学学院，北京 100871
lihonglin.1988@163.com

慢速扩张洋中脊是目前洋底金属资源勘探的热点区域，印度洋作为典型的慢速-超慢速扩张洋盆，更是我国深海资源勘探的重点区域；本工作在绘制印度洋盆及其周缘大地构造及矿产资源分布图基础上，结合古地磁手段恢复印度洋盆演化历史，认识印度洋盆的大地构造特征及资源分布；考察并筛选我国陆上保留的地史时期热液硫化物矿床，结合国外研究资料，对比现今洋中脊热液硫化物矿床，以期为印度洋中脊金属资源的勘探提供帮助。

陆上保留的地史时期热液硫化物矿床，其考察和研究较现代洋底资源的勘探更为容易，因此可作为现代洋底金属矿床研究的参考；为此，本工作考察了我国六处地史上的热液硫化物矿床：青海德尔尼铜矿、青海东沟铜矿、青海阴凹槽铜矿、河南大河铜矿、河南桑树坪重晶石矿-铅锌矿、河南上庄坪金矿-铅锌矿-重晶石矿，取得硫化物矿石、围岩等样品，其构造背景包括洋中脊、弧后盆地等；并重点对青海德尔尼铜矿进行构造特征、矿物组合、成矿背景等方面的研究，结合国外陆上保留的地史上热液硫化物矿床（以超级性围岩为主）进行对比；研究发现青海德尔尼铜矿为典型慢速扩张洋中脊背景下以超基性岩为围岩的热液硫化物矿床，并与现代洋中脊发现的典型慢速扩张洋中脊热液硫化物矿床（Rainbow、Logatchev 等）有很好的可对比性。

为了更好地研究印度洋中脊的构造特征及成矿背景，综合了国际开放地球物理数据库（全球洋底地形数据、全球洋底磁异常数据等）、海底资源数据库、地质资料（世界地质图、大洋钻探计划（DSDP/ODP/IODP））以及前人文献，系统地绘制了印度洋盆及其周缘大地构造和矿产资源分布图，并利用古地磁恢复了印度洋盆张开过程历史，研究印度洋盆构造特征及大地构造演化特征，为印

度洋资源调查提供理论研究基础。

S15-P-12S

深海热液硫化物矿瞬变电磁响应三维正演模拟

李瑞雪[1]，席振铢[1]，王鹤[1]，陶春辉[2]，邓显明[2]

1 中南大学海洋矿产探测技术与装备研究所，长沙 410083

2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

liruixue0911@163.com

近几十年，深海热液多金属硫化物矿这一海洋矿产资源的巨大经济价值日益受到重视，其探测成为地球物理勘探研究领域的热点和难点问题。在众多的地球物理勘探方法中重叠回线瞬变电磁系统是探测深海热液硫化物矿的最有效途径之一：发送线圈与接收线圈重叠，仅需操作一套水下设备组件，适于航测；仅观测二次场，分辨率高。

深海环境下瞬变电磁响应正演模拟是瞬变电磁数据反演和观测资料解释的关键。深海热液硫化物矿为三维目标体，三维正演计算是模拟深海热液硫化物矿床瞬变电磁响应的有效手段。采用矢量有限元法进行深海热液硫化物矿的三维瞬变电磁响应模拟，将自由度赋给单元棱边，无需强加散度条件，不产生伪解；便于在电性分界面及模型边界强加边界条件，易于处理电磁场的奇异性。

基于上述优点，采用平行六面体对地电模型进行剖分，较好地拟合海底地形及异常体形态，利用二次电场的矢量波动方程作为控制方程，采用伽辽金法推导矢量有限元方程，求解深海热液硫化物矿的三维瞬变电磁响应。计算结果表明：深海热液硫化物矿的瞬变电磁响应具有明显区别背景场的异常幅值；响应形态与矿体模型拟合准确，很好地反映出矿体位置。

S15-P-13S

MTEM-08 深海拖曳式瞬变电磁系统

周胜[1,3]，李波[2]，陶春辉[4]，宋刚[3]，邓显明[4]，席振铢[1*]

1 中南大学海洋矿产探测技术与装备研究所，长沙 410083

2 中国大洋矿产资源研究开发协会，北京 100860

3 长沙五维地科勘察技术有限责任公司，长沙 410205

4.国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

MTEM-08 深海拖曳式瞬变电磁系统是针对海底热液多金属硫化矿“快速、有效、便于实施”的探测要求研发而成。整个系统主要包括甲板控制系统、水下仪器舱拖体单元和水下发射及接收天线拖体单元三个主要部分。系统工作最大水深 6000 米，海底拖曳高度 50 米，最大探测地层深度 250 米，工作航速 2～4 节，最长连续工作时间 8 小时，拥有 625K 采样率、24 位分辨率、130dB 动态范围高性能采集系统，可搭载 720P 摄像机进行近海底高清摄像作业，可搭载超短基线进行高精度海底测点定位。

系统历经大洋第 22、26 航次和 30 航次的试用，有望成为我国深海热液硫化矿勘探的重要装备之一，可广泛应用于探测深海富钴结壳厚度，研究海底活动断层，预测海底地震等科学领域。另外，本仪器也适合浅海作业，探测海底输油管道、输电电缆以及通信光缆等；也可探测浅海域海底断层、岩溶以及地层结构等，甚至可以探测沉船、潜艇，对国防建设具有重要意义。

S16-O-01

海底冷泉碳酸盐岩年代学:方法比较与结果对比

冯东[1]，陈多福[2]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301
2 中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640
feng@scsio.ac.cn

冷泉碳酸盐岩是冷泉渗漏活动的标志之一，也是天然气水合物可能存在的重要证据。因此，针对冷泉系统特别是发育天然气水合物冷泉系统碳酸盐岩开展年代学研究具有重要意义。基于此，自发现冷泉碳酸盐岩以来，科学家们便藉由各种纪录环境变化的物质来解读冷泉碳酸盐岩年龄“档案”，以求探索过去并预测未来。然而到目前为止，国际上现代冷泉碳酸盐岩的年龄数据极其有限，公开发表的数据不超过 200 个。可以说，冷泉碳酸盐岩年代学是一个研究热点，同时也是研究的难点。至此，成功应用于现代冷泉碳酸盐岩年代学研究的方法包括 ^{14}C 法和 U 系法。由于无法确定冷泉碳酸盐岩中来自渗漏流体的碳和海水碳混合的比例，以碳酸盐岩为测试对象得到的 ^{14}C 年龄不能代表其真实年龄。只有以碳酸盐岩中胶结的生物壳体为测试对象获得的 ^{14}C 年龄并通过校正方能反映冷泉活动的真实时间。但 ^{14}C 法的应用范围不超过 5 万年且生物壳体极易受到胶结物的污染。U 系法较好的弥补了 ^{14}C 法的缺陷，测年的范围扩大到 50 万年，并且广泛使用的 ICP-MS 使得定年的精度有了很大的提高，而且测试所需要的样品量也越来越少，使得微区取样进行分析成为可能。但是 U 系法只有对比较纯净的冷泉碳酸盐岩进行测试方能获得有效的年龄数据。事实上，绝大多数冷泉碳酸盐岩样品中都含有一定量的陆源碎屑物质，极大的影响了测试的精度。因此，实际工作中，需综合利用 ^{14}C 和 U 系法进行冷泉碳酸盐岩年代学研究。在对比冷泉碳酸盐岩年代学方法的基础上，本次报告着重分析近年来获得的墨西哥湾北部、南海北部、黑海、刚果深水扇大量年代学数据，解析这些区域冷泉流体活动的时间，结合地质背景讨论了研究区域冷泉演化历史及可能的控制机制，为系统调查冷泉提供基础数据和研究思路。

S16-O-02S

南海东沙东北部沉积物孔隙水地球化学特征：甲烷缺氧氧化作用及其对氧化还原敏感元素的影响

胡钰[1,3]，梁前勇[2]，夏真[2]，汪宏斌[2]，陈多福[1*]

1 中国科学院 广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室，广州 510640
2 广州海洋地质调查局，广州 510740;
3 中国科学院大学，北京 100049
*cdf@gig.ac.cn

大陆边缘广泛发育有烃类渗漏活动，但这些渗漏的还原性流体对海水中氧化还原敏感元素的影响，到目前却并不清楚。通过对东沙东北部四根沉积柱样孔隙水（DS08，DS05，DS07，F）SO_4^{2-}、Mg^{2+}、Ca^{2+}、Sr^{2+}、溶解无机碳（DIC）含量、$\delta^{13}C_{DIC}$、铁锰含量及氧化还原敏感元素含量随深度变化的研究，揭示了与硫酸根消耗有关的生物地球化学过程及其对氧化还原敏感元素（Mo、U）的影响。孔隙水 SO_4^{2-}浓度变化趋势、$\delta^{13}C_{DIC}$ 值及 $(\Delta DIC+\Delta Ca^{2+}+\Delta Mg^{2+})/\Delta SO_4^{2-}$ 比值显示柱样 DS08 硫酸盐消耗主要与有机质的硫酸盐还原（OSR）有关，而柱样 DS05、DS07、F 的硫酸盐消耗除与 OSR 有关外，还与甲烷的缺氧氧化(AOM)密切相关。DS05、DS07、F 柱样孔隙水的 Ca^{2+}浓度均随深度明显降低，而 Mg^{2+}浓度略微降低，主要与自生碳酸盐矿物沉淀有关。Mg/Ca 和 Sr/Ca 随深度变化表明正在形成的自生碳酸盐矿物主要为高镁方解石。F 柱样 AOM 作用最为强烈，根据孔隙水硫酸根浓度梯度外推计算的硫酸根-甲烷界面（SMI）埋深约 7 m，甲烷向上扩散的

通量约为 0.035 $mol \cdot m^{-2} \cdot yr^{-1}$。四根柱样孔隙水U含量随深度变化表明U含量在浅表层铁锰氧化还原带已经降到很低浓度，受 AOM 影响有限。四根柱样孔隙水 Mo 随深度变化特征显示 AOM 作用控制的向下硫酸盐通量直接控制 Mo 从孔隙水中清除的通量，表明冷泉环境在全球海洋 Mo 地球化学循环过程中是一个重要的潜在汇。这对于用氧化还原还原敏感元素来识别冷泉环境中相关的生物地球化学过程具有重要的指示意义，同时可能是水合物发育的一个指标。

S16-O-03S

中建南盆地海底泥火山(底辟)与穹窿构造分析

陈江欣[1]，宋海斌[1]，关永贤[2]，杨胜雄[2]，拜阳[1]，耿明会[1]，刘伯然[1]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
2 广州海洋地质调查局，广州 510760
cjx@mail.iggcas.ac.cn

利用高分辨率海底多波束数据，在中建南盆地北部 800 m-1300 m 水深处发现了大量孤立发育的泥火山和泥火山群。最大的泥火山直径约 3 km，350 m 高，其中 2 座泥火山直径约 2 km，超过 200 m 高。泥火山群中的泥火山直径普遍在 1 km-2 km 之间，高度在 100m-200m 之间。该处泥火山均呈现近似圆锥体形态，有些可以观察到明显的泥火山喷口以及环泥火山壕沟。大量直径为 2 km-3 km，高度为几十米的海底穹窿构造在盆地北部近 3 km 水深处被发现，最大的直径近 5 km，高度约有百米。地震剖面显示，孤立发育的泥火山通道内部反射杂乱，通道近乎垂直并呈管状，流体沿通道周围高渗透地层或断层等运移通道有横向运移特征。泥火山群周围发育有大量泥底辟，其流体通道近乎垂直并具有发散状，通道内反射杂乱。大量流体在浅部地层形成浅层气藏，流体活动复杂而剧烈。穹窿构造区域新生代沉积较厚，水深较深；深部流体刺穿沉积地层形成近垂向反射杂乱特征的运移通道，其大部分聚集在不同时代的地层中成藏，少部分沿断层等运移通道逸散。大量流体聚集区域以及深部底辟隆起区域顶部对应形成规模较大的平面呈圆饼状的海底穹窿构造。

海底多波束地形显示穹窿构造附近发育有大型海底火山，通过地震剖面分析，其深部流体活动被认为是深部岩浆活动引起的热流体逸散，在超压以及浮力作用下强烈刺穿地层而形成的。地震剖面内的复杂逸散通道和特征显示，与常规泥火山喷发物为主要为泥质流体不同，该流体应该具有更多的水、气体以及各种矿物等成分，密度更小，更易聚集穿透地层形成通道或浅部成藏，亦可沿地层、断层等通道渗漏和逸散。泥火山深部对应有不同规模的泥底辟构造，并有通道相连，除部分具有高泥质的流体特征外，泥火山群以及大量底辟均具有穹窿构造深部流体活动的运移特征。

中建南盆地位于南海西缘走滑大陆边缘越东断裂带附近，是新生代形成的走滑-拉张复合型沉积盆地，经历了中—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。晚中新世以来的热沉降期容易造成地层压力增大，流体逸散活动活跃，而在此期间的大量火山活动催化并加速了此类活动。海底地形和地震剖面显示，未有明显多期喷发特征的泥火山（底辟），海底的巨型麻坑和规模较大复杂的沉积物变形均表明泥火山（底辟）以及海底穹窿构造是晚中新世以来盆地热沉降期内的新构造运动的产物。中建南盆地北部新生代沉积较薄区域的复杂海底地貌是异常活跃的深部流体在近5.5 Ma的时期内快速聚集或

逸散，而造成浅层欠压实地层的剧烈沉积物变形而形成的。

S16-O-04

南海北部深水区聚集型流体活动系统的地球物理响应

孙启良*，吴时国

中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室，山东青岛 266071

* sunqiliang@qdio.ac.cn

流体活动系统（focused fluid flow system）因其在深水资源、工程和环境方面的重要意义而成为海洋地质科学研究的前沿热点问题。流体活动系统是指流体沿着局限的高渗带发生运移/逃逸的过程及疏导体系。它一般发育在封盖性能良好的地层中（低孔隙度低渗透率），在局限的范围内提供流体垂向或亚垂向快速运移的通道。目前国内一般习惯称之为流体渗漏（seepage）系统。

南海北部诸深水盆地沉积了巨厚的沉积物，并且拥有丰富的油气和天然气水合物资料。这为流体活动系统的形成提供了良好的条件。根据现有的地震资料，我们在南海北部深水区识别出了多种类型的广泛分布的流体活动系统。这些流体活动系统主要包括多边形断层、构造断层、泥火山、泥底辟、气烟囱、管状通道、砂岩侵入体和碳酸盐岩溶蚀通道等多种类型。我们在地震上都发现了与这些构造现象相关的气体地震反射异常（反极性、强振幅或杂乱反射或空白反射）。说明它们是良好的流体运移通道。每种流体活动系统具有自己独特的地震反射特征，我们可以从高精度的地震反射剖面及平面属性、相干体和应用地质统计学的方法将它们区分开来。其中泥火山、泥底辟、气烟囱和管状通道由于具有比较相似的地震反射特征而容易混淆。对它们加以区分主要是依据：1）是喷出构造还是侵入构造；2）是否具有上超、底超和被动褶皱；3）是否有固体物质（泥质等）发生运移；4）延伸高度与宽度的比值等。流体活动系统的形成受多种因素的影响，其中构造（及其形成的构造高点等）、油气生成及沉积（沉积物类型、水道发育等）等对南海北部的流体活动系统具有重要的影响。

流体活动系统在深水资源勘探（油气和天然气水合物）、深水安全和深水环境评估方面具有重要的意义。流体活动系统的存在是沉积盆地内油气系统活跃的一种标志。但是，大量流体活动系统的存在，也会对盖层的完整性造成破坏，从而导致成藏的油气发生逸散，为勘探带来风险。逸散的油气可能在浅层再次成藏，形成浅层气或浅层油气藏；也有可能在水合物稳定带处聚集形成天然气水合物。另一方面，如果油气逸散到海底，会导致营化能反应的生物大量繁殖，形成独特的深水生态系统。这些生物通过厌氧氧化作用在东沙隆起东部形成大面积的自生碳酸盐岩沉积。

另外，陆坡区的流体活动对海底沉积物稳定性具有重要的影响。流体活动容易造成海底及浅层的沉积物变形，如麻坑、沉积物塑性流动等。并且，在逸散流体的参与使沉积物更加的塑性，更容易产生滑动等。这种由流体活动所导致的沉积物变形发生的可以很快，如泥火山可以在几个小时内形成。所以在深水施工过程中需要加以注意和规避。

S16-O-05S

南海东北部陆坡冷泉系统的浅层剖面研究

刘伯然[1,2]，宋海斌[1]，关永贤[3]，拜阳[1,2]，陈江欣[1,2]，耿明会[1,2]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

2 中国科学院大学，北京 100049

3 国土资源部海底矿产资源重点实验室，广州 510075
liuboran@mail.iggcas.ac.cn

冷泉，是海底地层中的低温流体（相对于海底热泉），以喷出或渗漏方式释放到海水中的现象。冷泉和与冷泉关联的海底地层中流体的聚集和运移，伴生的生物群落，改造的海底地貌和沉积物等组成一个完整的冷泉系统。

作者通过对南海东北部陆坡浅地层剖面资料的分析整理，结合横跨陆坡区的长地震测线，给出了该区域浅层气聚集、海底流体运移和冷泉活动相关的特征。研究显示该区存在广泛的浅层气聚集，表现为浅剖剖面中大面积的浊反射、增强反射等特征。声学空白带是研究区最显著的特征，表现为浅剖剖面中反射缺失或振幅明显减弱的条带。研究区声学空白带，分为窄空白带和宽空白带两种形态。结合浅剖剖面、地震剖面和研究区准三维地震解析的海底地形图，分析了声学空白带的成因，认为窄空白带很可能对应海底流体运移的通道，而宽空白带则可能由沿地层分布的浅层气引起。研究区是 SO177 中德联合航次发现的冷泉碳酸盐岩（命名为“九龙甲烷礁”）区之一，自生碳酸盐岩体散落分布也是造成声学空白的一种可能。研究区水体中发现柱状声学异常体，推断为冷泉羽状流，可能因海底释放出的天然气气泡引起。结合研究区广泛的浅层气聚集，存在大面积的冷泉碳酸盐岩，认为研究区历史上和现在存在较活跃的冷泉释放。联合浅剖剖面、地震剖面和海底地形图，在研究区确定了泥火山存在，在地震剖面中可见泥火山物质运移通道，及其对该区域 BSR 连续性的破坏。

本研究显示浅地层剖面不仅能够探测浅层气和海水层内的声学异常体，而且对于研究地层中流体运移，沉积物物理性质变化，都有很好的应用，适合冷泉系统的研究。南海东北部陆坡区 BSR 广泛发育，浅剖剖面上与冷泉系统相关的特征明显，区域地形复杂、构造多样，有利于开展冷泉系统、天然气水合物成藏模式等方面研究，值得进一步的调查分析。

S15-O-06

运聚体系——水合物油气系统的血液和骨骼

吴能友[1,2]*，苏明[1,2]，苏正[1,2]，梁金强[3]，杨睿[1,2]，乔少华[1,2,4]，沙志彬[3]，苏丕波[3]，匡增桂[3]

1 中国科学院广州能源研究所，广州 510640
2 中国科学院广州天然气水合物研究中心，广州 510640
3 广州海洋地质调查局，广州 510075
4 中国科学院大学，北京 100049
* wuny@ms.giec.ac.cn

近年来，世界范围内天然气水合物的科学钻探和国家级资源调查的成果极大地推动了水合物形成富集规律和成藏机制的研究，特别是在墨西哥湾水合物联合工业计划中，首次将“含油气系统”的理论运用到水合物的勘探中，进而提炼出“水合物油气系统”（*Gas hydrate-petroleum system*）的概念。水合物油气系统由 6 个要素所组成：①水合物稳定条件；②气体组分和来源；③孔隙介质中水的有效性；④含气流体的运移；⑤沉积条件；⑥埋藏演化时间。一方面，水合物油气系统考虑了水合物形成所需要的物理条件（如水深、温度、压力、地温梯度等），并将其用于水合物稳定带深度和稳定带厚度的估算；另一方面，这种研究思路和工作方法更注重描述实际的地质背景，特别是气体的组分和来源、有利的沉积体类型和特征、潜在的运移通道等。因此，对于研究程度较低的区域，水合物油气系统可以作为一种全面而

快速的综合评价方法，从而对该区域水合物的存在潜力进行综合的评价。

然而，通过对已知水合物赋存区（如布莱克海台、水合物脊、南海海槽和墨西哥湾等）水合物油气系统的总结和对比，可以发现，对于分布范围有限的水合物靶区而言，水深、温度、气体来源等可能变化不会太大，表现为较为均一的特征；而深水沉积体的类型、成因机制、分布和演化，以及含气流体运移通道，则会表现出差异性。而这种差异性与靶区内水合物“不均匀性”的分布有着密切的关联。因此，我们提出了“水合物运聚体系”这一概念，其研究思路强调将水合物的赋存和分布放置于富集区的实际地质背景之中，重点研究流体的运移通道和有利沉积体的空间展布，突出从构造学上的运移通道识别和沉积学上的储集空间刻画来研究水合物的富集规律和成藏机制。

如果将水合物的形成、聚集和分布比喻为一个有机的整体，那么“运”和“聚”就构成了这个系统的“血液”和“骨骼”，它们是控制富集区内水合物不均匀性分布的关键因素，可以作为水合物站位选择的重要标志。同时，运聚体系的研究与水合物的饱和度、含水合物层的厚度和分布面积有直接的关联，从而为富集区内水合物资源的评价提供重要依据。此外，运聚体系是对前期水合物成藏理论的系统总结，强调直接针对富集区的实际地质表征和水合物的“不均匀性”分布，显示出在水合物成藏理论体系方面的发展和延续。

南海北部陆坡区是天然气水合物发育的理想场所，具有深-浅-表层的地球物理、地球化学、地质和生物等天然气水合物存在的证据。2007 年和 2013 年我国分别在神狐海域和东沙海域进行了 2 次海域水合物的钻探，成功获取了水合物的实物样品。神狐海域水合物运聚体系研究的结果显示，高角度断裂体系、气烟囱构成了含气流体的运移通道，与气烟囱沟通的断层扩大了流体运移的影响范围，沉积物失稳中的滑脱断层可能是甲烷气体向海底逸散的通道；北部上陆坡沉积物经过侵蚀—再搬运的作用，在钻探区内再次沉积下来，可能具有相对较好的储集性能，从而为水合物的形成提供有利空间。含气流体的运移和有利沉积体的分布，直接影响了 8 个站位的水合物钻探结果，是神狐海域水合物“不均匀性”分布的关键控制因素。

神狐海域水合物运聚体系的研究成果将为东沙海域的水合物相关研究提供借鉴，在这两个区域开展水合物运聚体系的研究，是解决钻探区内水合物“不均匀性”分布最为迫切和直接的需求，为建立具有区域代表性的实际地质背景控制下的水合物成藏机制打下坚实的基础。同时，将钻探区内水合物运聚体系的研究经验应用至南海北部陆坡的其它水合物潜力区，进行类比和对比，是从已知向未知扩展的最佳方式，也能够为今后南海北部陆坡区的水合物勘探和站位选择提供依据。因此，针对南海北部陆坡区开展水合物运聚体系的研究既显示了实际的迫切性，又强调了理论的重要性，相关的研究成果将为实际的勘探服务，而钻探结果将对水合物运聚体系的进一步完善提供实际支撑。

S16-O-07

侵蚀-沉积作用对南海北部陆坡区神狐海域天然气水合物聚集和分布的影响

苏明[1,2]，沙志彬[3]，乔少华[1,2,4]，梁金强[3]，杨睿[1,2]，吴能友[1,2]，丛晓荣[1,2]

1 中国科学院广州天然气水合物研究中心，广州 510640

2 中国科学院广州能源研究所天然气水合物成藏机制研究实验室，广州 510640
3 广州海洋地质调查局，广州 510760
4 中国科学院大学，北京 100049
suming@ms.giec.ac.cn

南海北部陆坡区的神狐海域是我国首个海洋天然气水合物获取的区域。然而，受海底峡谷群侵蚀作用的影响，地层对比和沉积相识别的难度较大，对该区域典型地震相-沉积相描述、成因机制分析、空间匹配关系的缺少精细的研究，特别是第四纪以来的沉积演化较少涉及，对该区域水合物“不均匀性”分布的关键控制因素尚不明确。基于对2D/3D 地震资料的解释和钻井岩心粒度特征的分析、海底地形特征的描述和构造-沉积格架的对比，本次研究在神狐海域第四纪以来的沉积充填中识别了 6 种典型的地震相类型并分析了对应的沉积体类型：进积型的陆坡、第四纪早期发育的小型浊积水道、沉积物波、海底峡谷、沉积物失稳和峡谷口部到盆底的沉积物堆积。通过沉积单元的空间匹配关系，可以划分出3个具有成因关联的侵蚀-沉积事件，即浊积水道侵蚀-沉积物再沉积、陆坡进积-变形相关的沉积物波、海底峡谷的侵蚀-充填。

北部小型浊积水道将侵蚀下部的沉积物并将其向南输送，在神狐海域的中陆坡处再次沉积下来，形成了薄层的透镜状形态和杂乱反射的再沉积沉积物。根据神狐海域东部区域地震测线中的地震相变化特征，可以确定出再沉积沉积物的南部沉积边界。受侵蚀-再搬运和再沉积作用的影响，这些沉积体具有相对较好的储集物性条件，SH2、SH3 和 SH7 站位中含水合物层的沉积物粒度特征也证明了这种推测。因此，当甲烷气体沿着气烟囱向上运移，进入到该套沉积体当中时，可以导致水合物的形成。受北部沉积物供给和海底地形的影响，变形作用相关的沉积物波在钻探区广泛发育。这些粒度较细、连续性反射特征明显的沉积体可以作为区域性的盖层，阻碍了含气流体的运移，从而导致沉积物中甲烷的浓度过低而无法形成水合物。因此，位于再沉积沉积物分布范围之外的站位并没有获取到水合物的实物样品。神狐海域大量发育的海底峡谷群及伴生的沉积物失稳，将会侵蚀和破坏有利沉积体，使其由“带状”的平面分布变化为现今的“补丁状”分布特征，进而影响了水合物的分布。

因此，神狐海域第四纪以来的沉积演化，特别是识别出的侵蚀-沉积事件，是神狐海域钻探区内水合物“不均匀性”分布的关键控制因素。这一区域的研究成果表明，对于南海北部陆坡区而言，除了描述水深、温度和压力特征，以及圈定地球化学和地球物理异常之外，沉积相的识别、沉积过程的认识、沉积演化的重建、沉积单元的划分以及有利沉积体的分布，将会帮助我们更好地理解海域天然气水合物的富集分布规律和成藏机制，同时也将为今后水合物的勘探提供重要的指示。

S16-O-08

沉积速率对水合物成藏影响数值模拟研究

曹运诚，陈多福

中国科学院南海海洋研究所边缘海地质重点实验室，广州 5100301
cyc@scsio.ac.cn

海洋环境水—水合物二相水合物体系受甲烷供给及沉积等作用控制。根据甲烷的质量守恒，建立了海洋环境孔隙水对流作用和溶解甲烷扩散作用及微生物原位产甲烷作用供给甲烷生成水合物及沉积埋藏分解水合物的数值模型，模拟计算不同方式供给甲烷生

成水合物的速率和相应比例及水合物饱和度随时间的演化。在对 ODP1247 和 ODP997 站位水合物进行了模拟，计算表明该二个站位天然气水合物的生成主要是通过孔隙水对流作用和溶解甲烷扩散作用向水合物稳定带供给甲烷，微生物原位生成甲烷的供给比例≤2%。根据 ODP1247 站位 1 Ma 以来相对稳定的沉积速率计算的水合物饱和度约<3%，并已达到稳定状态，与钻探确定的水合物饱和度（平均 2%）相一致。ODP997 站位沉积速率变化显著，由 1.8 Ma 之前 1.33×10^{-4} m/a 降到 4×10^{-5} m/a。利用平均沉积速率及现今孔隙水通量计算的天然气饱和度显著小于实际值。而要达到实际的天然气水合物饱和度 1.8Ma 之前的孔隙水通量须为现今的两倍。因而在沉积速率变化显著的天然气水合物发育区，天然气水合物的成藏演化需考虑沉积速率及孔隙水通量变化。

S16-O-09S

海洋沉积铁、硫组分化学提取方法研究进展和改进

刘晨晖[1]，蒋少涌[1]，苏新[2]，丁海[1,3]，李达[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

3 安徽省煤田地质局勘查研究院，合肥 230088

cliu8304@gmail.com

在海洋早期成岩作用过程中，沉积铁组分主要以(氢)氧化物、硅酸盐、碳酸盐和硫化物等矿物形式存在，并且伴随有机质的分解过程和氧化还原条件的改变而发生溶解、迁移和固定(Roberts and Weaver, 2005)。另一方面，海洋沉积硫组分可以划分为 3 种类型，即还原态无机硫、氧化态无机硫和有机硫。其中，还原态无机硫包括各种硫化物和元素硫，氧化态无机硫主要为硫酸盐。在不同氧化还原沉积条件下，受碎屑含铁矿物的活性程度(即在硫化条件下的溶解、还原速率)和硫酸盐还原速率的共同约束，铁、硫将以不同的矿物和/或化合物组合形式和含量特征存在于沉积记录中(e.g., Canfield et al., 1992; Aplin and Macquaker, 1993; Poulton et al., 2004)。因此，对沉积物和/或沉积岩中各种铁、硫组分的地球化学研究可以在一定程度上恢复和重建地质历史时期的沉积环境及其演化过程(e.g., Raiswell and Canfield, 1998; Ferreira et al. 2007; Canfield et al., 2008; Poulton et al., 2010; Planavsky et al., 2011; Ding et al., 2014)，而实现这一研究目的的前提条件即是对铁、硫组分化学提取方法的不断改进和完善。

基于对已经普遍应用的各种提取方法的分析、筛选、改进和重组，本研究实现一系列铁、硫组分化学提取的实验设计和方法建立，并且进一步提出对部分提取组分的验证和判别方案，其主要过程如下：

1、将修正后的活性铁提取法(Poulton and Canfield, 2005)与黄铁矿铁的选择性提取法(Lord, 1982; Huerta-Diaz and Morse, 1990; Huerta-Diaz et al., 1993)相结合，按照含铁矿物在不同酸性条件下的溶解性和稳定性差异，实现对 6 种铁组分的顺序提取，包括：醋酸钠缓冲溶液提取的碳酸盐相关铁(Fe_{carb})、羟胺胺-盐酸和醋酸提取的易还原氧化物铁(Fe_{ox1})、连二亚硫酸钠缓冲溶液提取的可还原氧化物铁(Fe_{ox2})、草酸铵缓冲溶液提取的磁铁矿铁(Fe_{mag})、氢氟酸混合硼酸提取的硅酸盐铁(Fe_{sil})和浓硝酸提取的黄铁矿铁(Fe_{Py})。

2、将有机溶剂溶解法(e.g., Cornwell and Morse, 1987; Huerta-Diaz et al., 1993; Duan et al., 1997; Canfield et al., 1998; Backlund et al., 2005)、热盐酸蒸馏法(Cornwell and Morse, 1987)、铬还原蒸馏法(Canfield et al., 1986,

1998; Cornwell and Morse, 1987)、盐酸溶解法(e.g., Bates et al., 1993; Backlund et al., 2005)和熔融法(e.g., Bates et al., 1993; Backlund et al., 2005)相结合，按照含硫矿物和/或化合物的溶解性、可还原性和稳定性差异，实现对5种硫组分的顺序提取，包括：元素硫(S_{ES})、酸可挥发性硫化物硫(S_{AVS})、黄铁矿硫(S_{Py})、酸可溶硫酸盐硫(S_{ASS})和有机硫(S_{OS})。除此之外，考虑到石膏可能属于海洋沉积物中氧化态无机硫的主要组成，因此对其亦可以采用水溶解法独立提取，即水可溶硫酸盐硫(S_{WSS})。

3、根据矿物磁学(e.g., IRM@0.9T/χ)对磁性含铁硫化物存在与否和存在类型的指示结果，可以对 Fe_{carb} 和 S_{AVS} 含量提取的可靠性进行验证；Fe_{Py} 与 S_{Py} 之间的线性回归分析可以用于判别其是否均来源于黄铁矿；S_{ASS} 与 S_{WSS} 之间的相关分析或差值可以用于判别仅溶于酸的硫酸盐含量，或者当不存在仅溶于酸的硫酸盐时，可以用于验证含量提取的可靠性；S_{WSS} 与水可溶钙之间的线性回归分析可以用于判别其是否均来源于石膏；Fe_{ox1}+ Fe_{ox2} 与 S_{WSS} 之间的相关分析可以用于判别石膏的成因，即当全部数据点均集中分布于斜率为1 (atomic Fe:S = 1:1)的直线下方时，则无法排除石膏属于 S_{AVS} 氧化产物的可能性，反之无规则分布的数据点则表明石膏应该属于原位自生形成。

S16-O-10

天然气水合物形成和生长机理的分子模拟研究

梁帅

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

liangshuai@ms.giec.ac.cn

天然气水合物是甲烷等小分子被包裹在水分子形成的笼状结构中形成的非化学计量性晶体物质，主要分布在海底及永久冻土区，是一种具有重大商业前景的新型替代能源。运用分子动力学模拟的手段，我们开展了天然气水合物的成核及晶体生长、有限尺寸空间内水合物的相转变行为、水合物晶体中的特殊物质传递及热传递行为机理等研究，并且发展了天然气水合物分子动力学模拟模型及方法，设计和编写了其分子动力学计算软件，在天然气水合物生长过程中间隙水扩散机理、水合物结晶速率的控制因素、固体矿物质表面存在下天然气水合物形成的分子机理等方面取得了创新成果。

天然气水合物一般在水/天然气界面形成，其随后的晶体生长过程需要水分子扩散至水合物/天然气界面，或者天然气分子扩散至水合物/水界面。长期以来科学界关于天然气水合物结晶的机理一直存在争议，争论的焦点在于是水分子的扩散还是气体分子的扩散对于晶体生长起主导作用。通过对天然气水合物的分子模拟，我们首次提出了间隙水分子的扩散机理，证明水分子在天然气水合物中具有较高的活动性，水分子扩散对于天然气水合物的生长动力学起主导作用。这项研究揭示了天然气水合物晶体的分子生长机理，提出的理论在美国化学会志发表之后已经被成功用于解释 NMR 等实验信号。

固体矿物质表面对天然气水合物形成的影响对于理解自然界水合物的分布及稳定性至关重要，但是之前的研究大多是针对水合物的均相模拟。我们进行了水合物在有限空间晶体生长的分子动力学模拟，研究了固体二氧化硅表面对于水合物晶体生长的影响。我们发现二氧化硅表面附近的气体水溶液的热力学和动力学性质界于固相和液相之间，这层独特的分子能够合理解释实验上发现的固体矿物质对天然气水合物结晶动力学的加

速行为。该该研究揭示了二氧化硅存在下水合物形成和生长的分子机理，表明二氧化硅表面可能聚集甲烷分子，提高甲烷水合物在二氧化硅表面附近的成核和生长速率。。

S16-P-01

神狐天然气水合物钻探区SH5站位水合物稳定带底界计算与钻探结果对比分析

杨睿[1,2]，苏明[1,2]，乔少华[1,2]，吴能友[1,2]，丛晓蓉[1,2]，梁金强[3]，沙志彬[3]，郭攀[4]

1 中国科学院广州能源研究所，广州 510640

2 中国科学院广州天然气水合物研究中心，广州 510640

3 国土资源部广州海洋地质调查局，广州 510710

4 陕西天地地质有限责任公司，西安 710054

yangrui@ms.giec.ac.cn

天然气水合物是在一定条件（合适的温度、压力、气体饱和度、水的盐度、PH 值等）下由水和天然气在中高压和低温条件下混合时组成的类冰的、非化学计量的、笼形结晶化合物。它是 20 世纪科学考察中发现的一种新的矿产资源。天然气水合物形成的主控因素是区域的温度压力条件与气源供给。由于海底，尤其是大陆边缘地区，甲烷气体渗漏现象的普遍存在，水合物形成的气源因素在陆缘地区往往具有普适性，因此，温压条件的考虑就显得更为重要。20 世纪 80 年代以来，在各国政府的高度重视下，天然气水合物的研究得到快速发展，美、日、俄、加、英、德等国及欧盟均相继投入巨资进行海洋天然气水合物调查研究，印度、韩国等发展中国家近年也取得了长足的进展。中国从 1999 年起开始对可燃冰开展实质性的调查和研究，2007 年 5 月 1 日凌晨，中国在南海北部神狐海域的首次采样成功，证实了中国南海北部蕴藏丰富的天然气水合物资源，标志着中国成为继美国、日本、印度之后第 4 个通过国家级研发计划采到水合物实物样品的国家。

南海北部陆坡是我国现阶段水合物重点勘探区，已探明的资料显示，区内海底甲烷气体渗漏现象普遍存在，且水深符合水合物形成条件。神狐海域位于南海北部陆坡东南部，是目前我国水合物勘查最为详实的区域之一。根据区内的高分辨率 3D 地震资料对水合物矿体进行了多种地球物理属性的识别及可信度、可行性论证，最终在神狐海域优选了 8 口钻探井位。这些井位均位于多种地球物理属性的叠合区域，即兼具目前已知的天然气水合物地球物理反射异常特征，包括 BSR、空白带、极性反转、速度倒转等。然而，钻探结果却显示，8 口钻井中，仅有位于西北部的 3（SH2，SH3，SH7）口取得了高饱和度水合物样品，其余站位均未钻遇水合物。前人的研究表明，其它井位未钻遇水合物的原因可能与两个因素有关：(1).热流值异常；(2).沉积因素。本文以水合物稳定带计算为切入点，以区内 SH2 井位和 SH5 井位为例进行了水合物稳定带底界计算，并与钻探结果进行了比较。结果显示，SH2 钻位的计算结果与钻探结果存在少许误差；而 SH5 站位由于未获得水合物样品，所以仅能进行假设性推断，其结果对于分析 SH5 钻位未获得水合物样品具有积极意义。

S16-P-02S

迁移过程中烃类气体的变化及其对天然气水合物气源判定的影响

乔少华[1,2,3]，苏明[1,2]，杨睿[1,2]，沙志彬[4]，苏丕波[4]，匡增桂[4]，梁金强[4]，吴能友[1,2]*

1 中国科学院广州能源研究所，广州 510640

2 中国科学院广州天然气水合物研究中心，广州 510640；

3 中国科学院大学，北京 100049
4 国土资源部广州海洋地质调查局，广州 510710
*wuny@ms.giec.ac.cn

浅部微生物降解气和深部干酪根裂解气是天然气水合物油气系统的气源要素。由于微生物气和热成因气形成过程中的碳同位素分馏效应以及产物化学组成的差异，因此Whiticar（1986）利用 $\delta^{13}C_{CH4}$ 值和 C_1/C_{2+}值判定烃类气体的生成机制。微生物成因气主要成分为甲烷（C_1/C_{2+}>1000），且甲烷以贫 ^{13}C（--85‰ ＜ $\delta^{13}C$ ＜ -60‰, PDB）。热成因气以 CH_4 为主，包含相当含量的 C_2-C_4（C_1/C_{2+}<100），且-55‰ ＜ $\delta^{13}CH_4$ ＜-25‰。作为判定天然气水合物甲烷成因的重要指标，$\delta^{13}C_{CH4}$ 值和 C_1/C_{2+}被广泛应用于世界范围内水合物气源分析，如墨西哥湾、水合物脊、布莱克海台、阿拉斯加北部陆坡以及南海北部陆坡神狐海域等。

深部热成因气通常需要经过长距离的运移过程才能成为浅部水合物的气源。近十年越来越多的实验室实测数据和数值模拟数据显示，运移过程可能会导致烃类气体在化学组成上和碳同位素上产生变化。不同碳数的烃类气体分子体积和质量存在差异，因此各自的扩散能力有所不同，即热成因气在迁移过程中会发生“分异作用”，导致 C_1/C_{2+}值随迁移距离的增加而增大。由于 $^{12}CH_4$ 和 $^{13}CH_4$ 在吸附能、解吸附能以及溶液析出能存在差异，“分馏效应”将会在漫长的地质年代和长距离的扩散迁移过程中变得十分明显。随着迁移距离的增大，残余甲烷更加趋于贫 ^{13}C，即 $\delta^{13}CH_4$ 逐渐变小，进而表现出微生物成因气特征。实验室模拟研究证实了这种分馏效应的存在，并认为分馏程度与甲烷运移机制和距离、温度-压力条件以及介质有关。甲烷运移速度越小，介质渗透率和温度越低，则扩散过程中甲烷同位素分馏程度越高，特定条件下可达 5-10‰。

浅层天然气水合物矿藏与深部油气田的关联一直水合物成藏机制研究的科学问题之一。作为水合物赋存的重要标志之一，似海底反射（Bottom Simulating Reflectors，BSRs）在墨西哥湾的分布与深部的油气田存在一定关联，且部分含水合物沉积物取样的顶空气和水合物分解气的地球化学分析数据显示 $\delta^{13}CH_4$ >-45‰、C_1/C_{2+}<50，表现出明显的热成因气特征。水合物脊和东日本海上越盆地的水合物勘探研究也表明了深部烃源岩对浅层水合物矿藏的贡献。因此，如果存在合适的流体运移通道，深部烃源岩生成的热成因气可以成为高甲烷通量背景下水合物矿藏的重要气源。

神狐海域位于珠江口盆地珠二坳陷白云凹陷南部，是我国水合物勘探研究的重点区域之一。区域内分布的文昌组和恩平组烃源岩可能为水合物提供良好的气源条件，广泛发育的底辟构造或气烟囱、高角度的断裂大多沟通了深部烃源岩和浅部水合物稳定带。水合物钻探结果表明，神狐海域属于“低甲烷通量”水合物矿藏，且甲烷为微生物成因（$\delta^{13}CH_4$ <-60‰，C_1/C_{2+}>1000）。神狐海域与墨西哥湾、水合物脊和上越盆地有着相似的烃源岩和运移通道条件，但浅部甲烷具有不同的地球化学特征。因此，我们认为神狐海域深部热成因气在长距离（4000-5000 m）的运移过程中可能发生了分异-分馏作用。低甲烷通量背景下的长距离运移过程，随着运移距离的增加，热成因烃类气体可能更加趋于干燥（C_1/C_{2+}增大），且趋于表现出微生物成因气的特征（$\delta^{13}CH_4$ 减小）。烃类气体运移过程中的分异-分馏效应有助于重新认识深部热成因气对浅层水合物矿藏（如墨西哥湾地区、水合物脊地区以及神狐海域等）的贡献。

S16-P-03

碳酸盐岩溶蚀垮塌与东沙运动

陈端新[1]，吴时国[1]，赵淑娟[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 中国海洋大学海洋地球科学学院，青岛 266003

chenduanxin07@qdio.ac.cn

东沙隆起带早中新统地层发育了大规模的碳酸盐台地，最大厚度超过 600 多米（刘军等，2007），上覆巨厚固结—弱固结泥岩层。基于三维地震数据，在碳酸盐岩台地上部地层中发现了由溶蚀垮塌作用形成的数量众多、规模巨大的椭圆形的碳酸盐岩溶蚀垮塌群（灰岩坑）。垮塌体直径一般为 200-700 m，最大超过 900 m，深度 10-90 m。灰岩坑在地震反射上表现为碳酸盐岩顶部垮塌，并导致上覆泥岩地层塌陷，塌陷或终止于泥岩地层内部，或终止于上新统底部不整合面上下。灰岩坑一般沿NWW向断层分布，这些NWW向断层切割中新世碳酸盐岩地层和上覆海相泥岩地层，绝大多数终止于上新统底部的不整合面。

晚中新世末期，由于板块碰撞作用，在东沙隆起带发生了剧烈的构造活动，形成了不同规模的 NWW 向断层，之后基底隆升并发生暴露剥蚀，该构造构造活动被称为东沙运动（Li and Rao, 1994; Yao, 1999; Lüdmann and Wong, 1999）。综合分析东沙海区构造和沉积过程认为：发生在晚中新世末期的东沙运动形成了 NWW 向张扭性断层，为酸性流体提供了运移通道和物质交换场所；东沙运动伴生的基底岩浆活动可能产生了酸性热液流体；东沙运动末期发生强烈构造抬升和大规模海底暴露，造成地表水沿断层注入，加快了碳酸盐岩的溶蚀速率。在台地底部珠海组砂岩层的高压流体，地表水和岩浆活动可能产生的酸性热液流体的共同溶蚀作用下，碳酸盐岩地层内部产生溶洞，并且越来越大，最终顶部无法承载上覆巨厚泥岩而发生垮塌，形成灰岩坑。流花碳酸盐台地灰岩坑的形成不是简单的暴露溶蚀，而是构造活动影响下深埋藏溶蚀作用的产物（陈端新等，2012）。

S16-P-04S

不同储集岩中天然气水合物产气潜力评价

黄丽[1,2,3]，苏正[2,3]，吴能友[2,3]*，乔少华[1,2,3]，张必东[1,2,3]

1 中国科学院大学，北京 100049

2 中国科学院广州天然气水合物研究中心，广州 510640

3 中国科学院广州能源研究所，广州 510640

* wuny@ms.giec.ac.cn

全球天然气水合物广泛地分布于永久冻土带和海洋地区，其开采潜力日益成为学者研究重点。无论是实验室模拟研究，还是数值分析探讨，目前对天然气水合物开采潜力的评价还局限于开采工艺的研究上。但深究天然气水合物形成机理可知，无论采用何种开采工艺，对储藏本身蕴含天然气水合物量都无影响，只会影响开采效益和产出利用量。然而，正是合理正确地选取试采藏重点区域才是水合物开采利用的前期核心工作。

笔者从天然气水合物的“资源潜力金字塔”的水合物藏模式出发，将水合物藏储集岩石按照地质标准划分为粘土岩（<0.005 mm）、粉砂岩（0.005-0.05 mm）、砂岩（0.05-2 mm）和砾岩（>2 mm）四大类。这简单的分类量化涵盖了储集岩所有储集类型。在一给定水合物藏基本物性参数条件下，在已知天然气水合物饱和度时，根据 Kozeny—Carman 方程，我们可以得到不同类型储集岩石对应的渗透率。在此条件下，笔者使用目前公认

为开采效益最好的降压法，利用垂直单井模拟开采这四类不同沉积物粒度的天然气水合物藏。发现对于不同储集岩性水合物藏，当利用降压法垂直单井开采时，在开采初期水合物藏产气速率就存在明显差异，产气速率减小的快慢程度依次为：粘土岩 < 粉砂岩 < 砂岩。并且在开采中后期，乃至整个开采周期来看，储集岩为砂岩的水合物藏的天然气产气速率与产气量明显高于粉砂岩和粘土岩，储集岩为粘土岩的天然气水合物产气潜力效益最低。这是由于粒度最粗的岩石形成储集岩时颗粒堆积预留空间较大，较大的储集空间不仅对天然气水合物形成提供了有利生长空间，还对开采时压力降的传递和天然气的运移提供了良好的保证。笔者模拟结果也更好地佐证了天然气水合物“资源金字塔”，为今后科学合理地选取天然气水合物藏钻探开发区域提供了理论数据支撑。

S16-P-05S

973-4 站位高分辨率有孔虫碳氧同位素记录对南海北部冷泉区甲烷渗漏和古海洋的指示

张必东[1,2]，邬黛黛[2]，吴能友[2]，黄丽[1,2]

1 中国科学院大学，北京 10049

2. 中国科学院广州能源研究所，广州 510640

zhangbd@ms.giec.ac.cn

第四纪、晚更新世、早白垩纪、侏罗纪均发现了甲烷水合物渗漏活动。圣巴巴拉盆地、墨西哥湾和日本领海等均报道了有孔虫 $\delta^{13}C$ 对甲烷渗漏的记录。研究表明甲烷渗漏引起的孔隙水 DIC 变化是有孔虫 $\delta^{13}C$ 偏负的主因；底栖内栖种有孔虫 *Uvigerina* 不易受到海水有机物分解造成的海水 DIC 变化的影响。

973-4 站位采样点位于 118°49.0818’E，21°54.3247’N，水深 1666 m，采用重力活塞取样。取样总长度为 1375 cm，分为 19 段，每隔 2 cm 取一个样，实采 657 个样。本文挑选 973-4 站位优势浮游有孔虫 *Globigerinoides sacculifer* 和底栖内栖有孔虫 *Uvigerina spp.*，每隔 20cm 选一个样分别挑选 8 颗和 3 颗壳体进行测试得到的高分辨率 $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{13}O$ 数据，结合各样品中 *Uvigerina spp.*数量，揭示南海北部甲烷水合物渗漏期次，并运用深海同位素阶（MIS）划分地层年龄、确定历史沉积速率。本站位 458～582cmbsf （20～40 ka B.P.）有孔虫生产量突增和 973-5 站位 20～35 ka B.P.的沉积间断（曲莹，2013）记录了间冰期到末次盛冰期之间强劲的大洋底流活动。

S16-P-06S

南海西部中建南盆地麻坑与冲沟研究

耿明会[1]，宋海斌[1]，关永贤[2]，陈江欣[1]，拜阳[1]，刘伯然[1]

1 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029

2 广州海洋地质调查局，广州 510760

gengminghui5591788@163.com

麻坑是流体运移活跃的标志，与下部流体运移通道相联系，不仅指示了天然气的聚集和运移，同时使得海底沉积结构不稳定，造成沉积层坍塌、海底滑坡等地质灾害。由此可见麻坑及其下部流体运移通道的研究可以为油气成藏提供重要依据，同时对于海底稳定性以及环境方面也意义重大。

南海北部深水区是重要的油气和天然气水合物远景区。利用地球物理方法已经在莺歌海盆地中央凹陷区和莺东斜坡带、西沙隆起、珠江口中南部发现有麻坑的存在，其中，西沙隆起附近还发现有麻坑组成的不成熟水道。

中建南盆地位于南海西部被动大陆边缘

陆架陆坡区，面积超过 11 万 km^2，水深 50-3800 m 之间；盆地沉积厚度极大，达到 8500 m，地温梯度高有利于有机质转化，因此烃源岩发育；盆地内主要发育正断层和张扭性断层，局部构造发育、圈闭类型丰富多样，烃类的运移和聚集条件良好，是良好的油气远景区。近年，广州地质调查局在中建南北部开展了多道反射地震和多波束水深资料的调查，这些调查数据的分析表明中建南北部地区发育巨型麻坑、冲沟等地貌特征。麻坑的形成与海底含天然气流体渗漏相关，因此在地震剖面上通常与浅层气、断层、岩浆侵入体、管道等流体运移通道联系在一起：游离气会使得沉积层强度减小，波速降低、波阻抗下降，在地震记录上产生声浑浊、亮点等地震异常；一些倾斜断层在地震剖面上表现为不连续的透明或半透明的反射带，含天然气的流体沿倾斜断层运移至海底表面渗漏形成麻坑，因此沿断层面有时会存在强振幅反射特征；岩浆侵入体本身不是高渗透率的岩体，但其与围岩的接触带以及侵入过程形成的断层都为流体运移提供了通道。麻坑形成之后，在海底底流运动及海洋环境作用下，经历四个阶段，逐渐拉长加深、相互联合成熟形成冲沟。

S16-P-07S

台湾国姓地区冷泉碳酸盐岩岩石学及地球化学特征

王钦贤，黄奇瑜，陈多福

中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640

分布于全球的海底冷泉渗漏已经引起了广泛的注意。台湾国姓地区冷泉碳酸盐岩以类似于现代冷泉碳酸盐岩烟囱状或者块状结构产出于中新世樟湖坑组泥页岩中，其碳酸盐矿物为泥晶或者微晶的白云石或者方解石。最低达到-47.6‰的碳同位素值，可能是原始的碳信号，指示了生物成因甲烷的碳来源。而 1.3‰的氧同位素显示了蒙脱石伊利石转换过程或者天然气水合物分解释放的 ^{18}O 来源。多数样品的锶同位素为 0.7087~0.7090，显示了正常海水 Sr 来源。稀土元素的 Ce 显示轻微的正异常，配分模式显示中稀土略富集，指示了弱还原的沉积环境。

S16-P-08S

苏北浅滩钙结核的特征及其环境指示意义

刘颖，韩喜球*，刘杜娟

国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

*xqhan@sio.org.cn

对采自苏北浅滩的钙结核样品进行了岩石学、矿物学和碳氧同位素的分析。样品富含石英和长石砂屑，碳酸钙胶结，其碳和氧同位素组成分别为-8.38‰~-8.19‰ V-PDB 及 -5.23‰~ -5.03‰ V-PDB。根据样品的氧同位素组成，利用碳酸盐-水体系氧同位素方程，结合现今底层水温度，并考虑可能存在的温度变化，计算得到古沉淀流体的 $\delta^{18}O$ 水范围为 -4.72‰~ -4.52‰ V-SMOW，较正常海水偏负，认为钙结核的形成可能受到了淡水影响。根据结核中碎屑矿物的成分及其成熟度，判断其包含的碎屑矿物源自古黄河，认为这些结核样品可能形成于海陆交互环境，形成时间可能约为 7~6.5 ka BP 左右，当时古海平面高度比现今低 10 m 左右，古黄河河道位于苏北浅滩附近。

S16-P-09

南中国海北部海区与天然气水合物相关联沉积物的硫元素化学种

郑国东[1]，吴能友[2]，陈多福[3]，赵屹东[4]，梁明亮[1]，杨睿[2]

1 甘肃省油气资源研究重点实验室，中国科学院地质与地球物理研究所兰州油气资源研究中心，兰州 730000
2 中国科学院广州能源研究所 再生能源于天然气水合物研究重点实验室，广州 510640
3 中国科学院广州地球化学研究所 边缘海地质研究重点实验室，广州 510640
4 中国科学院高能物理研究所 北京同步辐射试验装置，北京 100049
gdzhbj@mail.iggcas.ac.cn

作为特殊的地质流体，海底烃类物质的渗漏并形成天然气水合物的过程将会导致沉积物元素、微生物、自生矿物和碳酸盐岩地球化学等许多方面的异常，这些异常对海底浅表层天然气水合物的形成和产出具有直接或间接的指示作用，可以用来反演渗漏型天然气水合物的形成和保存条件。当然，这些矿物学和地球化学指标之间既有区别又有关联，需要因地制宜地给予分析和判别，包括矿物组成、元素含量和化学赋存状态、微生物作用等多方面的综合研究。

南海北部神狐海区 site4B 柱状沉积样品硫元素化学种的测试结果显示，与一般的海洋沉积剖面相比，site4B 沉积物的氧化还原条件变化非常特殊，0-95 厘米以相对较粗粒的粉沙沉积为主，硫酸根相对含量几乎都近于 100%，揭示氧化条件。95 厘米向下，沉积物以很细的粘土为主，并且粘度很高，其中的硫酸根与硫化物的相对含量出现频繁的消长变化特征，显示氧化还原条件的多次、高频、激烈变化。如此特殊的氧化还原条件变化很有可能是由于海底泥火山间歇性喷发条件下，硫酸盐还原菌繁盛与衰减交替作用造成的。在海底泥火山喷发期间，大量嗜甲烷菌和硫酸盐还原菌协调繁盛，导致硫化物大量沉淀，沉积物显示强烈的还原条件。而在泥火山间歇，由于缺乏甲烷的供给，嗜甲烷和硫酸盐还原菌活动减弱，硫化物生成速度降低，沉积物富含硫酸根，显示氧化条件。另一种可能是硫酸根与甲烷之间的相互作用，伴随泥火山活动，深处喷发的甲烷气体与硫酸根发生氧化还原作用产生硫化物，并沉淀在海底沉积物中。而在喷发间歇期，缺少这样的相互作用，硫酸根则保留在沉积物中。当然，这些变化过程，演变历史需要进一步深入研究，包括沉积物定年，以及其他类型的地球化学标志之间的匹配关系。Site5B 和 site6A 硫元素剖面与 site4B 明显不同，呈现相对正常的海洋沉积物特征，site6A 呈现出典型的氧化还原前缘（redox front）以及相对宽缓的变化特征，显示正常海洋沉积物硫元素化学种的变化。

S16-P-10

南海北部莺歌海岭头岬烃类气体渗漏系统流体活动特征

邸鹏飞[1,2]，冯东[1]，陈多福[1,2,3]*

1 中国科学院边缘海地质重点实验室，南海海洋研究所，广州 510301
2 中国科学院三亚深海科学与工程研究所，三亚 572000
3 中国科学院边缘海地质重点实验室，广州地球化学研究所，广州 510640
*cdf@gig.ac.cn

烃类气体渗漏系统是海洋环境中广泛分布的自然现象，在全球几乎所有的大陆边缘都有发育[Judd，2003]。海底烃类气体渗漏是甲烷从沉积圈中进入到水圈和大气圈的重要方式。甲烷是强烈的温室效应气体，其温室效应是相同质量二氧化碳的 20 倍以上，是全球气候变化的一个重要的影响因子[Etiope et al., 2008]。目前，每年通过这种方式释放到海洋水体及大气中的甲烷的量是非常惊人的，初步估计约为 20Tg yr^{-1}[Judd, 2004]，大约占全球陆地和海洋释放甲烷通量的一半(40-60 Tg yr^{-1}）[Etiope et al.,2008;]。因此，准确测定烃类气体系统释放甲烷的量与认识烃类气

体系统的流体活动特征对其在全球气候变化中的作用及全球碳循环有着重要的科学研究意义。

沿海南岛西部沿岸分布的海底烃类渗漏喷口在海面形成了一个近岸气泡带，然而其释放甲烷的量及其变化规律和影响因素尚未开展研究。岭头岬渗漏区位于距岸约 300 m、水深约 3-5 m 的海底。在约 580×160 m^2 的观测区内发育 20 多个烃类渗漏喷口，渗漏喷口有连续的气泡冒出，且单个气泡直径约为 1-2cm，同时在渗漏喷口处有底栖生物发育。潜水员于 2012 年 4 月 22 日将 GFM（海底冷泉渗漏天然气原位流量在线观测装置）放置在渗漏区的一个渗漏喷口上（18°41′15.7″N，108°41′37.0″E），用 4 个铁锚固定，于 5 月 21 日回收。由于电力问题，仅获得了 420 小时的气体流量数据和海底温度、压力、盐度数据，及 3 天的溶解甲烷浓度数据。

连续 420 小时的原位在线测定的天然气流速在 22-77 L/h 之间变化，平均为 53.4L/h，是先前估算的天然气流量的 52-258 倍（280-430 ml/小时）[Huang et al., 2009]。天然气流量随时间呈梯形变化，与测定的喷口水深变化明显呈负相关。420 小时的观测数据时间序列分析清晰显示周期分别为 5.4 小时，4.6 小时和 2.4 小时的三个主要潮汐分量是天然气渗漏通量变化的主要原因，高潮深的水深期间天然气渗漏流速低，低潮浅的水深期间天然气渗漏流速高，水深每增加 1 m 导致天然气流速降低 20-30 L/h 或 35-56%，表明潮汐作用是控制天然气流量变化的主要因素。水深变化引起静水压力变化可能影响了沉积物孔隙道或裂隙渗漏天然气活动，从而控制烃类气体渗漏流量变化。

烃类渗漏喷口溶解的甲烷浓度为 26-74 nmol/L，与渗漏喷口海底温度和水深呈负相关，与天然气流量呈正相关，而与盐度无相关性。高流量对应于高甲烷浓度，这是由于更多的气泡在穿过水体时会使更多的甲烷溶解。在 4 月 27 日 9:00-15:00 时，记录的甲烷浓度并非真实值，可能是在甲烷传感器膜前水流紊流。在 4 月 28 日，溶解的甲烷浓度出现了两个高峰值，均达到了 2500 μm/L，是正常海水甲烷浓度的 900 倍左右，可能是向上渗漏的天然气气泡进入到了甲烷传感器中。

单个渗漏喷口在测定时间内释放天然气的量约为 30.5 m^3，每年约释放天然气的量为 600 m^3。因此，在岭头岬 580×160 m^2 的区内，分布的 20 多个渗漏喷口释放到大气中的甲烷通量约为 0.807×10^4 - 1.14×10^4 m^3/yr。莺歌海近岸浅海分布的 120 多个渗漏喷口释放到大气中甲烷通量约 4.84×10^4 – 6.84×10^4 m^3/yr。

S16-P-11

海底冷泉渗漏系统的分布及其控制因素

张辉，刘丽华，吴能友

中国科学院广州能源研究所，广州 510640
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 ℃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 600-1700 m 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。

S16-P-13S

南海西沙和东沙海底冷泉区生物地球化学反应速率及 CH_4 和 DIC 在海底界面通量

罗敏[1]，胡钰[1]，陈琳莹[2]，曹运诚[2]，冯东[2]，陈多福[1,2*]

1 中国科学院广州地球化学研究所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边缘海地质重点实验室，广州 510301

*cdf@gig.ac.cn

冷泉系统中的 CH_4 主要通过对流和扩散的方式向海底运移，在运移至浅表层沉积物中，CH_4 会与海水中向下扩散的 SO_4^{2-} 发生甲烷缺氧氧化作用（AOM），转化为溶解无机碳（DIC）。一部分 DIC 通过自生碳酸盐矿物的沉淀被消耗，剩余的可能继续向海底运移进入水体。此外，海底浅层沉积物中的有机质氧化和硫酸盐还原作用（OSR）也是 DIC 通量的主要贡献值之一。海底界面的 CH_4 和 DIC 通量对于海水 CO_2 乃至海水—大气 CO_2 体系的影响有重要意义。

利用化学反应-传输模型对西沙海底麻坑区和东沙水合物区沉积柱样 TOC、SO_4^{2-}、CH_4、Ca^{2+}、DIC 的早期成岩过程进行数值模拟计算，结果显示西沙海域海底麻坑区在末次冰期以来有机碳通量及活性均有明显增加，导致表层 1 m 左右沉积物中 TOC 和 SO_4^{2-} 含量迅速降低。非稳定状态模拟计算的二个麻坑 C9 和 C14 中 OSR 速率分别为 272 mmol C m^{-2} yr^{-1} 和 216 mmol C m^{-2} yr^{-1}，而 AOM 速率分别只有 3 mmol C m^{-2} yr^{-1} and 12 mmol C m^{-2} yr^{-1}，显示了约有 90%的 SO_4^{2-} 均被 OSR 消耗。自生碳酸盐矿物沉淀速率分别为 39 mmol C m^{-2} yr^{-1} 和 48 mmol C m^{-2} yr^{-1}，两柱样的 DIC 在海底—海水界面的通量均约为 90 mmol C m^{-2} yr^{-1}，表明有相当一部分 OSR 生成的 DIC 通过沉积界面进入海水水体。

东沙水合物区三根柱样 DS05、DS07 和 DSF 表层均未显示类似于西沙麻坑区柱样表层强烈的 OSR 的特征，利用稳定状态模拟计算 OSR 速率分别为 12 mmol C m^{-2} yr^{-1}、10 mmol C m^{-2} yr^{-1} 和 8 mmol C m^{2-} yr^{-1}。AOM 速率均高于西沙麻坑区柱样，分别为 16 mmol C m^{-2} yr^{-1}、20 mmol C m^{-2} yr^{-1} 和 25 mmol C m^{-2} yr^{-1}，大部分 SO_4^{2-} 均被 AOM 消耗。自生碳酸盐矿物沉淀速率分别为 8 mmol C m^{-2} yr^{-1}、8 mmol C m^{-2} yr^{-1} 和 6 mmol C m^{-2} yr^{-1}。三柱样的 DIC 在海底-海水界面的通量分别为 17 mmol C m^{-2} yr^{-1}、20 mmol C m^{-2} yr^{-1}

和 25 mmol C m^{-2} yr^{-1}，明显低于西沙麻坑区 DIC 在海底界面的通量。

西沙海底麻坑区和东沙水合物区的 CH_4 在海底-海水界面的通量均接近 0，表明 AOM 消耗了绝大部分从下伏沉积物中运移来的 CH_4。两个区域目前均并未发现有流体对流的证据，尽管东沙三个柱样均位于水合物区，但仅通过扩散作用运移的 CH_4 几乎是无法穿过甲烷—硫酸盐转换带（SMT）而进入海水。

S16-P-14S

南海北部陆坡东沙海域沉积物中甲烷缺氧氧化作用的地球化学证据

李牛[1,2]，梁金强[3]，王宏斌[3]，陈多福[1]*

1 中国科学院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室，广州 510640

2 中国科学院大学, 北京,100049;

3 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

*cdf@gig.ac.cn

洋沉积物中甲烷硫酸盐转化带附近的甲烷缺氧氧化（AOM）和硫酸盐还原作用对大气甲烷储库和海洋碳循环具有重要影响。因此，对于沉积物中的甲烷缺氧氧化作用的识别和了解地质历史时期甲烷排放和天然气水合物勘探具有重要意义。我们通过对南海北部陆坡东沙海域的一根长 12.5 米的重力活塞沉积物样品的无机碳，有机碳，总硫和主、微量元素的分析，研究发现 0-4 米、6-7 米、8.5-10 米和 11.5-12.5 米之间样品的无机碳，有机碳，总硫和主、微量元素含量都很低，代表了整根柱子的沉积背景值。而 4-6 米处有机碳从 0.5%突然上升到 0.8%左右，相应的总硫从 0.1%上升到 0.5%，Mo 的含量也上升，最大值达到 3 ppm，代表了生产力提高或者有机质保存良好的环境，总硫主要来自于有机质的氧化作用。7-8.5 米处总硫含量又达到 0.5%，而相应的有机质含量没有什么变化，接近整根柱子的背景值，推测该处可能受到 AOM 作用的影响，硫酸盐氧化作用造成沉积物中硫的富集。10-11.5 米处，有机碳和无机碳没有变化，而总硫，Mo，Fe/Al 比值急剧升高，最高值分别达到 2%，6ppm 和 0.005，推测该段受到甲烷缺氧氧化的强烈影响，总硫来自于海水硫酸盐的甲烷缺氧氧化作用，孔隙水中出现 H2S 造成 Mo 的富集，Fe 的富集主要来自甲烷缺氧氧化作用中形成的黄铁矿。在 9-10 米之间的沉积物中的 Mg/Ca 和 Sr/Ca 不同于整段沉积柱，推测该处可能存在甲烷缺氧氧化作用形成的自生碳酸盐岩。结合地质背景、天然气水合物发育和年代格局，推测 11.5-12.5 米处的甲烷释放事件可能是末次冰期的海平面下降造成的水合物分解引起。

S17-P-01

深海观测系统的视频大数据并行处理

陆慧敏[1]，芹川圣一[2,3]

1 日本学术振兴会，日本东京 1020083

2 九州工业大学电气电子工学系，日本北九州 8048550

3 九州工业大学机器人实用化研究中心，日本福冈 8048550

luhuimin@ieee.org

随着工业化进程的加速发展，各国对矿产资源的需求将日益增加。资源紧缺已日益显现，可以预见，资源短缺问题将是未来世界亟待解决的难题之一。目前，人们已经充分利用了现有的陆地资源，而对海洋资源的开发才刚刚开始。众所周知，海洋占地球表面积的 71%左右，蕴含有丰富的渔业资源，生物资源，及能源矿产资源等。大力发展海洋产业是一项刻不容缓的工作，也是未来强

国富民的必经之路。

在开发深海资源的过程中，水下成像设备已成为人们探知海洋必不可少的工具之一。目前，深海探测主要利用声呐和音波相机等设备。水声传播的低速性，水介质的不均匀性，载体运行的不稳定性等因素严重制约了声学设备的成像质量，使得声学图像分辨率低，可视性差，可读性不高。因此，采用新一代水下光学相机能有效地克服上述问题。本研究提出利用现代图像处理技术来解决深海观测系统或深潜器取样时因卷起的大量的泥沙而造成的视频质量下降，以及由于光的水中传播特性所导致的图像颜色失真等难题。同时，利用基于 Hadoop 分布式文件系统平台搭建的大规模视频帧并行处理机制，在针对每一帧图像处理时选用高效图像缩放策略，从而提高视频信号处理速度。所研发的并行实时视频处理系统已在日本海洋研究开发机构南海海沟探测实验数据库中得到了成功试验。本研究将为人类探知神秘的海洋提供了可靠的技术支持。

S17-P-02

海底岩石地球化学研究中的“大数据”——PetDB 及其应用

余星 [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

zjuyuxing@gmail.com

PetDB 是目前海洋科学及地学领域最重要的基础数据库资源之一，是海底岩石地球化学数据库的旗舰，它为海洋地质和岩石地球化学专业人员提供了最好的“大数据”支持。PetDB 综合了全球海底岩石、矿物和包裹体等的元素化学数据、同位素数据和矿物学数据，数据收录全面、完整、更新快，数据格式规范、统一，数据组织结构清晰，数据查询、输出方便快捷，用户体验感强。将面向国内同行详细介绍海底岩石地球化学“大数据”工具－PetDB 数据库，包括 PetDB 的设计理念、使用方法和应用特色，旨在抛砖引玉，倡导基础数据的及时积累和整理，为建立自主的研究型数据库奠定基础，为迎接“大数据”时代的到来做好充分的准备。

随着计算机技术和网络技术的发展，数据存储、处理、统计分析和共享能力日益增强，海量数据的综合集成成为可能，这预示着“大数据”时代已经到来。大数据使我们不再依靠单一的或小部分的样本数据，而是使用可以代表全局的所有数据来探寻相关关系，挖掘出更多、更直观、更有价值的信息。大数据引发了第二次数据革命，它改变了传统的基于样本的科学研究范式，成为继实验科学、理论推演和计算机仿真这三者之后的第四种科研范式－数据密集型科学。在地学和海洋科学领域，各种观测数据、实验数据、理论数据、统计数据、模拟数据等已汇集成各类的专题数据库或数据集，广泛应用于科研、生产和社会实践中。这表明地学海洋领域的“大数据”时代已然悄悄降临，PetDB 就是其中一个范例。

PetDB 集成了海量的海底岩石数据，并正在不断更新扩容，可以为海底岩石地球化学研究提供全方位的“大数据”支持。在个体样本数据不断增加、空间覆盖不断加密的现实条件下，个体数据的重要性变得越来越小，除了人类从未涉足的新领域或新地域。如何有效地综合分析、消化吸收已积累的数据资源，即合理使用“大数据”工具是新时代科学研究的新挑战。PetDB 的成功指明了岩石地球化学研究新的发展方向，研究对象由点发展到面，从表层深入到地核地幔，研究意义由局部扩展到区域或全球，体现了地

球系统科学的特点，这也是“大数据”时代的显著特征。当个体数据积累到一定阶段，各领域或地域均有数据覆盖时，“大数据”就形成了。一旦“大数据”形成，个体数据的重要性就会变得越来越小，除非技术的进步拓展了人类新的认知领域或地域。大数据可以代表全局，揭示出全局特有的宏观信息，这些信息是单个数据或单批数据难以挖掘的。PetDB，GEOROC，PANGAEA，GANSEKI，MetPetDB 等数据库已经清晰地勾勒出了岩石地球化学的“大数据”趋势，未来它们将进一步融合，形成从陆地到海洋、从地表到地下各岩类全覆盖的全球岩石地球化学“大数据”，离“数字地球”、“玻璃地球”的目标将更进一步。不同行业的数据积累也都朝着“大数据”方向发展，并且在时间和空间体系内相互关联，至此地球系统科学的框架将逐渐明朗。

我国在海洋科学和地质学领域的科研成就有目共睹，但数据库建设工作重视和投入仍显不足。前人做过很多尝试和努力，但发展仍然缓慢，这可能与数据共享机制以及数据开放度有一定的关系。中国地质科学院曾建立有火成岩数据库、矿物数据库和同位素地球化学数据库等，但存在数据比较分散，未作系统地关联等问题，且可能由于经费问题，更新比较缓慢，推广仍有待加强。中国科学院广州地球化学研究所也“十五”期间的“中国岩矿地球化学数据库”的基础上开发了地球化学研究数据库，包括常量元素地球化学数据、微量元素地球化学数据和稀土元素地球化学数据等。数据库为国内外地球化学工作者、在校师生及生产部门专业人员提供了良好的数据平台，为科研项目提供了科技服务。不过与 PetDB 等国外主流数据库相比，数据总量仍有待提升。

身处“大数据”时代，我们必须紧跟世界的脚步，谁掌握了“大数据”谁就能主导下一个未来。国内外岩石地球化学数据库建设的差距，对我们既是机遇，更是挑战。若今天我们出卖数据，不注重数据积累，明日我们将需花重金赎回它们，个中利害不言自明。PetDB 为我们建立地学和海洋科学领域的数据库提供了参考，指明了方向。对于自主获得的特色数据，应组建自己的数据库，并不断更新和积累，为实现“大数据”而努力，为“数字地球”建设奠定基础。对于国际上已比较成熟的数据库，则应学习借鉴其建库方法和数据管理方法，消化吸收已有的数据，建立适合自身需求的数据库，掌握数据自主权。数据库建设贵在积累与坚持，需要不断地投入，不断地维护，与时俱进。

S17-P-03

直接非线性逆散射成像反演方法研究初探

欧阳威，毛伟建，栗学磊，李武群，许茜如

中国科学院测量与地球物理研究所，计算与勘探地球物理研究中心，大地测量与地球动力学国家重点实验室，武汉 430077

ouyangwei@whigg.ac.cn

在地震勘探中，寻找复杂地质条件下油气资源已成为研究的主要目标之一。地震波参数反演是这个主要目标的核心任务，其原因在于它不仅能够对地下结构进行几何成像，而且还可以同时对地下介质的物理属性进行重建。由于地震波参数反演具有非线性性，直接有效地求解此类反问题的方法还尚不清楚。为了获得物性参数反演解的表达式，人们通常利用线性化（Born、单散射近似）的反演方法求解。

对实际地震资料反演的另一困难在于记录的地震数据具有不完整的频率和振幅信息。用这样的数据进行反演计算，直接会导致反演参数值的严重失真。从这点出发，人们往

往关心的是物性参数的不连续性以及在不连续处的跳动。Beylkin（1985）的文章中首次提出符合这种要求的逆散射反演策略（真振幅反演），其主要利用了拟微分算子、广义 Radon 变换等数学工具，并且在散射场的 Born 近似下将散射位势的反演问题转化为求解广义 Radon 变换的逆变换。

继 Beylkin 之后，许多学者对真振幅反演方法展开了广泛的研究。虽然取得了一些成果，但大多数都是以地震波场的 Born（单散射）近似为假设前提。然而，Born（单散射）近似只适合于介质的小扰动情形。 本文将在地震波场的二阶 Born 近似下考虑真振幅非线性反演。直接求解二阶 Born 近似下的反演问题依然是比较困难的。我们提出一种近似处理二次散射问题的方法，认为二次散射的能量贡献主要来自一次散射点的局部区域附近， 使得地震波场的二阶 Born 近似可以表示为关于二次散射位势的广义 Radon 变换。利用 Beylkin 的方法，我们就能得到散射位势的非线性二次反演公式。为了检测非线性二次反演公式的可行性和有效性，我们利用典型的水平层状模型做测试。数值结果表明线性反演方法只适合速度扰动在 10%以内的情形，而二次反演方法可以对 40%的大扰动情形依然有较好的保幅性，为进一步的复杂介质模型成像反演研究提供了保证。

S17-P-04

太平洋海山声学底质分类研究

杨永，何高文，朱克超，姚会强，马金凤，杨胜雄，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

yong0913029@163.com

2013 年 4 月 29 日中国大洋矿产资源研究开发协会与国际海底管理局签订了国际海底富钴结壳矿区勘探合同，合同区位于西太平洋海山区的采薇、采杞、维嘉和维偕海山，未来 15 年，我国将在该区域进一步开展富钴结壳资源评价等工作，并在 10 年内完成勘探区面积 2/3 的区域放弃，保留 1000 平方公里的优先开采权的矿区。在此形势之下，利用先进的勘探技术更好的服务于富钴结壳资源评价显得更为迫切和重要。

富钴结壳主要赋存在中、西太平洋海山区，生长在水深 400~4000 m 的海山山顶边缘和斜坡位置，其中 1000~3000 m 水深范围内最为富集。海山沉积覆盖影响海山结壳的宏观分布，钙质远洋沉积、碳酸盐岩沉积及重力作用引起的滑塌沉积是海山山顶和斜坡的主要沉积类型，它们是影响海山富钴结壳分布的重要地质因素。随着海洋地球物理勘探技术，特别是海底声学探测技术（如多波束、侧扫声呐等）的不断发展，越来越多的学者开始利用声回波强度进行海底底质类型研究，并初步应用于多金属结核、富钴结壳和海底热液硫化物勘探方面（Kuhn,2012; Usui and Okamoto,2010; 张国堙,et al., 2012）。

本文在国内首次提出了海山声学底质分类（SASC，Seamount Acoustic Seabed Classification），并利用中国大洋 23、27 航次获取的 EM122 多波束测深和回波强度资料对中太平洋潜鱼海山进行了底质类型研究，利用 Triton 软件 Geocoder 模块对回波强度数据进行了 TVG 校正、几何校正和条幅拼接等处理，并利用 Arcgis 软件空间分析工具进行了监督分类，最终分析得出了四种底质类型，即富钴结壳、钙质远洋沉积、碳酸盐岩基底及碎屑流沉积。这几种底质类型具有不同的回波强度特征，其中富钴结壳区表现为均一的回波强度高值特征，平均值在-20 dB 左右；钙质远洋沉积区为均一的回波强度低值，平

均值在-40 dB 左右。结果显示潜鱼海山山顶仅局部发育钙质远洋沉积，大部为碳酸盐岩基底出露区，富钴结壳分布于山顶边缘及侧翼山脊处。研究结果表明声学底质分类能够应用于海山底质类型研究，在富钴结壳资源评价方面有广阔的应用前景，海山回波强度数据精细处理、海山底质类型分析及富钴结壳回波强度特征分析是海山声学底质分类未来研究的主要方向和重点。

S17-P-05

国家地球系统科学数据共享平台数据分类与编码研究

王卷乐[1]，陈二洋[1,2]，刘鹏[1,2]，宋佳[1]，林海[1,3]，周玉洁[1,2]，王末[1,4]，赵宏伟[1,4]，卜坤[5]

1 中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室，北京 100101
2 中国矿业大学（北京）地球科学与测绘工程学院，北京 100083;
3 国家自然科学基金委员会，北京 100085;
4 中国科学院大学，北京 100049;
5 中国科学院东北地理与农业生态研究所，长春 130102
wangjl@igsnrr.ac.cn

国家地球系统科学数据共享平台自 2002 年创建以来已集成了海量的地球系统科学数据资源，并于 2011 年正式进入运行服务阶段。面向大数据时代，如何通过数据分类组织管理好已汇集和未来不断汇集的地球系统科学资源、如何通过编码实现数据的永久标识是其面临的现实挑战。本研究提出一种以地球系统科学圈层结构为内核，以本平台数据资源的学科领域特征为羽翼，兼顾数据共享服务用户需求的组配式分类体系；建立一种包括两级数据平台标识代码、数据发布时间和数据来源机构标识的组合编码方案。基于此，实现对国家地球系统科学数据共享平台 1800 余条数据目录的分类与编码，并将该分类结构展现在国家地球系统科学数据共享平台门户（www.geodata.cn）中，面向用户开展数据导航和检索服务。同时，基于已完成的数据分类编码结果，对国家地球系统科学数据共享平台的数据资源布局进行初步分析，并提出其未来数据资源建设方向的建议。

S17-P-06

EdgeTech 4100P 侧扫声呐系统及海上应用

廖聪云[1,2]，祁雅莉[1,2]，蒲晓强[1,2]，朱凤芹[1,2]

1 广东海洋大学海洋与气象学院，湛江 524088
2 广东省近海海洋变化与灾害预警技术重点实验室，湛江 524088
lccy325@126.com

侧扫声纳又称旁侧声呐或海底地貌仪，基于海底地物对入射声波反向散射的原理来探测海底形态，能不受水体可见度的影响而快速覆盖大面积水域探测水下情况，可直观的获得水底表面声学图像，迅速的地确定水下障碍物的概略位置和高度。近年来随着人们对海洋开发和水下探测需求的不断提高，拥有高速、高分辨率、三维成像和自动识别的侧扫声呐为研究海底地形地貌、海底沉积物运移和物质运动过程、寻找沉没于水下的武器残骸、飞机、舰船，进行水下考古，铺设海底管线，实施水下构筑物的就位、安装等一系列工作提供了可靠的手段，已逐步成为海上目标探测的主要设备。根据声学探头安装位置的不同，侧扫声呐可以分为船载和拖体两类，本文以 EdgeTech 公司的 4100P 型拖曳式侧扫声呐系统为研究对象，说明其在海上探测中的应用。

EdgeTech 4100P 侧扫声纳系统由具有先进数字图像处理功能的 560P 甲板单元和稳

定可靠的 272T 系列侧扫声纳拖鱼组成。系统集成了 EdgeTech 的模拟控制接口技术，操作界面友好，可为用户提供个性化的操作选择，如工作频率的选择（100 KHz 或 500 KHz）、调色板的选择和拖鱼深度的显示等功能，内置的方位传感器的准确度从原来的 5°升到 0.5°，姿态传感器的准确度从原来的 3°升到 0.5°，作业深度最大可达 1000 m，侧扫量程最大可达 500 m。

本文结合实地操作中遇到的问题和取得的经验，对 EdgeTech 4100P 侧扫声呐系统的技术参数和操作流程作了简洁、清晰的规范总结，以期为以后工作和相关人员提供一些经验和借鉴。现场实验结果表明，浅水区调查时的船速要稍小于深水区，保持船速均匀；在不同的水深条件下，浅水区的分辨率明显高于深水区；为了得到高清晰度的地貌图，建议选择 500 KHz 的频率；要提高地貌图的清晰度，除了要选择高频以外，还必需选择合理的量程，量程太大，则清晰度不够，量程太小，则可能因为覆盖宽度太小而看不到目标物。

S17-P-07

SES-2000 Compact 浅地层剖面仪探测综述

祁雅莉[1,2]，廖聪云[1,2]，蒲晓强[1,2]，朱凤芹[1,2]

广东海洋大学海洋与气象学院，湛江 524088
广东省近海海洋变化与灾害预警技术重点实验室，湛江 524088
qiyali1122@foxmail.com

浅地层剖面探测是利用声波在海水和海底沉积物内传播和反射的特性来探测海底浅部地层结构和构造的。浅地层剖面测量仪采用走航式测量，成本低，工作效率高，在海洋地质调查研究中常用的探测手段。传统声学探测主要是采用线性调频声呐技术，转换器大、波束开角大、易受风浪影响，因而地层探测分辨率低。为了克服线性调频声呐的不足，已将参量阵原理引入浅地层剖面仪换能器的开发生产。

本文以德国 Innomar 公司 SES-2000 COMPACT 便携式参量阵测深浅地层剖面仪为研究对象，与传统声学探测技术相比下，仅由一个主机就能完成数据采集及后处理等全部工作，非线性发射源和线性接收机在同一换能器上，小巧轻便，方便使用。换能器系统利用介质中的非线性作用得到的低频，具有很强的穿透性（最大 40 m，和沉积物类型及频率有关），发射波束角很小（±1.8°（0.22*0.22）m^2），进行海底浅部地层详细情况的浅地层剖面勘探和精确水深测量（精度满足国际 IHO 标准），具有很高的分辨率。由于探测结果受到仪器本身性能、海底地质特征、外界声源信号产生的噪声、船只摆动等因素影响，SES-2000 利用高性能 DSP 来提高图像的信噪比和穿透力，同时提供同步定位数据和支持运动传感器的涌浪补偿数据输入的串口，对探测数据进行校正。

SES-2000 浅地层剖面仪适应于水深小于 400 米的浅水作业，广泛应用于近岸和河道的地质调查：如水下地质结构调查、浅地层精细结构测量、海洋工程选址、水下掩埋物体探测、底部泥沙运动规律研究、航道工程等。由于探测过程受到一些外界因素的影响及其图像判读的多解性，在实施浅剖仪的探测过程中和侧扫声呐、钻孔、重力数据等相结合，来提高人工判读的准确性，可以有效并正确地识别海底状况，利于发现区域的内在地质关系。因此，浅地层剖面数据与地球物理多源数据的集成模型与技术的选择与开发，多源数据集成的三维可视化展示是一个重要的研究趋势。

S17-P-08

海域天然气水合物资源勘查综合技术研究

邬黛黛[1]，吴能友[2]

1. 中国科学院广州能源研究所，广州 510640
2. 中国科学院广州能源研究所，广州 510640
wudd@ms.giec.ac.cn

天然气水合物作为理想的未来替代能源，引起世界各国尤其是发达国家和能源短缺国家的高度重视。调查研究表明，我国南海北部陆坡具有丰富的天然气水合物资源，具有巨大开发前景。2011 年，国土资源部启动了“我国天然气水合物勘查与试采工程”，提出在 2020 年实现南海北部天然气水合物试采的目标。因此，开展天然气水合物资源勘查动态调研，了解国内外天然气水合物资源勘探开发进展，掌握地质、地球物理、地球化学及微生物等水合物资源勘查综合识别技术具有重要研究意义。

海域天然气水合物资源勘查地球物理识别技术主要有：利用海域天然气水合物调查区二维、三维地震资料，开展针对天然气水合物矿体的地震资料处理及特殊处理，并进行储层解释；利用水合物钻探、测井及地震数据，开展以测井约束处理为核心的天然气水合物测井—地震联合检测技术研究；在测井分析基础上，结合二维、三维地震资料，开展有井约束的反演方法研究。

海域天然气水合物资源勘查地球化学识别技术主要有：沉积物孔隙水中氧同位素、阴、阳离子组分等地球化学指标识别沉积物中天然气水合物藏的技术研究；综合碳酸盐类、硫酸盐类、硫化物类等自生矿物及其碳、氧和硫同位素特征，建立天然气水合物资源勘查识别的沉积物自生矿物及其碳、氧和硫同位素标志研究；冷泉碳酸盐岩中特殊生物标志物种类、含量比值研究，评价海底渗漏流体和喷出气体的变化和种类识别天然气水合物资源研究。

天然气水合物资源勘查综合技术研究对于水合物钻探站位优选，水合物资源评价具有重要意义。

S17-P-09

基于光纤激光器的海底地震仪研制

张文涛，黄稳柱，王兆刚，罗英波，李芳

中国科学院半导体研究所，北京 100083
zhangwt@semi.ac.cn

基于海洋科学研究对海底观测的迫切需求，近年来发达国家纷纷提出海底观测计划，并投巨资建设本国的海底观测网络。海底观测网由于其具备现场、实时、快速、自主工作等特点，决定了其可以通过多传感器组网对局部海域的海流、磁场、振动、温盐深等物理量进行长时间快速的连续测量，任何异常变化或是缓慢变化信息均可通过海底观测网的实时监测得到。国家高技术研究发展计划重点项目“海底长期观测网络实验节点观测技术”已于 2010 年完成测试，为我国建立海洋观测网络奠定了重要基础。

本文针对海底观测网络的具体需求，提出了基于光纤激光的海底地震仪技术方案。采用光纤激光器作为敏感元件，为了提高系统的最小可探测信号，对光纤激光器进行增敏封装。研制出了本底噪声由于 0.5μg/√Hz@100 Hz 的高性能地震传感器。在信号解调方面，利用相位产生载波（PGC）解调算法减少谐波失真，并解决了反正切函数有限的值域限制解调算法动态范围的问题，实现了动态范围大于 120 dB 的信号解调技术。

本文采用波分/空分混合复用的组网技术对三分量光纤海底地震计进行组网。对于

大规模光纤地震波探测网络，首先，通道之间的光功率均衡将会对网络的性能产生巨大影响，如果过大会导致光饱和，过小将不足以实现探测所需的分辨率，因此采用功率均衡技术来保证传感网络的每一节点的正常工作；其次，通过高性能波分复用模块抑制各通道传感器之间的串扰。目前已经实现了单根光纤可串联三个三分量地震仪，海底地震仪探头直径小于 300 mm，重量小于 20 kg。基于光纤激光器的海底地震仪研制，有望为我国海底观测网络提供一种全新的、可靠的观测手段。

S17-P-10

深海自主升降式底栖化学通量原位观测站的研究进展

于新生[1,2]，赵广涛[1,2]，孙剑[1,2]，张晓东[1,2]

1 中国海洋大学海洋地球科学学院，山东 青岛 266100

2 海底科学与探测技术教育部重点实验室，山东 青岛 266100

xsyu@ouc.deu.cn

海洋的平均深度为 3700 米，水深超过 1000 m 的海域占 78.5%，但是目前人类对水深超过 1000 米海底过程的实时观测非常有限。海底是沉积颗粒、化学物质和有机质频繁直接交换的界面，包含着复杂的物理、化学、生物作用，化学组分通量是评估界面物质交换速率和生物地球化学作用强度的重要参数。沉降在海底的有机质的降解和再循环对调节海洋氮循环和碳循环都起着重要作用，但是开展深海海底界面的物理、化学和生物变化过程的原位实验和观测一直是深海研究面临的挑战。传统的科考船进行深海海底观测与采样的方法存在着观测资料的空间及时间尺度上的不连续性，无法满足了人类对深海海底连续变化过程观测的需求，限制了对边界层的物理、生态、化学及地质等复杂变化过程对全球海洋环境及气候变化研究正确了解。

过去几十年内，随着传感器与计算机材料技术的快速更新，各种不依赖于船舶调查方式的深海观测技术有了极大的发展，为拓宽海洋观测时空尺度，开创深海研究的新时代奠定了基础。在空间尺度上，水下遥控航行器（Remote Operated Vehicle，ROV）、自航式观测技术((Autonomous Underwater Vehicle，AUV)、水下滑翔机（Gliders）等可以将观测范围拓宽至数百至数千公里，利用其自身的巡航模式实现对特定的海域进行观测，海底锚定潜标观测系统提供了水柱体剖面的秒至年的高频率连续观测数据。但是 AUV 由于受体积，携带电源等因素的制约，其在水下连续工作时间一般是两天至三天时间；ROV 采用光纤电缆将水下观测系统与调查船连接，由船上通过电缆提供电源和数据资料的双向传输，为水下观测系统上的传感器及测量仪器提供了供电保障，但是受海况及科考船等因素影响，ROV 一般难以对某一特定地点进行长达几十天以上的连续观测；Gliders 具备水下长期续航能力，可以连续工作几个月甚至 1 年，但是 Gliders 的工作水深有限通常不超过 3000 m，其次由于 Gliders 缺少动力推进系统，因此其所能搭载的传感器负载有限。深海潜标系统可以实现水下长达 1-2 年的连续观测，但是由于潜标的锚系通常采用较大的锚系重块，所悬挂的观测传感器距海底之间需要保持 2-8 米距离，因此潜标系统适于获取水柱体剖面空间的动态资料，但是难以获取底部边界层（Benthic Boundary Layer，BBL）的动态变化过程资料。

近年来，通过在海底布设通讯电缆，在电缆旁边建立海底观测传感器节点，从陆地传输电能，利用海底接驳盒将采集的观测数

据实时传输到陆地岸站，实现了深海海底边界层及水体的长期观测数据和数据的实时采集。譬如，美国于 1998 年启动了“NEPTUNE”计划，在太平洋的胡安·德富卡（Juan de Fuca）板块区铺设了长达 3 公里长的宽带海底主光缆，围绕着海底主光缆可建立 50 多个原位观测节点，每个观测节点可连接水下观测仪器设备或作为深海 AUV 的充电及数据回放停泊点。随着美国的“NEPTUNE”计划之后，一些发达国家相续启动了深海海底多节点观测网的建设计划，譬如日本建设的海底实时观测网 ARENA(Advanced Real-Time Earth monitoring Network in the Area)和用于地震和海啸监测的 DONET(Dense Ocean-floor network System for Earthquakes and Tsunamis)观测网，欧州 14 个国家也制定了欧洲海底观测网计划 ESONET(European Seafloor Observatory NETwork)及深海微中子望远镜观测网 KM3Net(Cubic kilometer Deep Sea Neutrino Telescope)、加拿大布设了 VENUS(The Victoria Experimental network Under the Sea)实验网并参与了 NRPTUNE 加拿大局部网的建设。我国也在“十一”期间启动了深海观测网计划，在南海开展应用试验。但是深海海底观测网络系统需要铺设专用深海海底通讯电缆或利用遗弃的海底通讯电缆，其铺设工程造价昂贵，而且一旦海底网络系统布设完毕，其结构是永久性的，缺少更换观测区域的灵活性；并且各节点的维护需要依赖于 ROV 的支撑，系统的维护费用非常高。

自主升降式底栖观测站(Lander)是一种可在水面投放，自由降落在海底并实施连续观测与原位实验，完成观测任务后在科考船上发射声学释放指令脱离重块返回水面进行回收的观测系统。底栖自主升降式原位观测站搭载多种探测传感器、电源和数据采集/控制系统，在海底形成了一个独立的水下综合测量或实验室，具有长期、连续、自容式原位观测及定植培养实验的功能。该系统可根据观测实验布设在不同区域，并根据实验要求重复投放，具有观测地点便于调控的操作简单、灵活机动性强、可以搭载阵列传感器实现沉积物表层及上覆水的垂直梯度连续观测等特点，提供了一种低成本、快速便捷、灵活性强的获取深海底栖变化过程资料的互补手段。Lander 在美国、欧洲等国家获得了广泛的应用，为区域性的深海底栖海洋地球化学通量与生物资源观测、海底沉积物搬运过程等方面做出了巨大的贡献；目前国内除了中国海洋大学研制深海 Benvir（Benthic enviromental Lander）的原位剖面测量传感器观测站，在深海底栖化学通量观测站的研究报道有限。介绍了基于底栖原位培养实验箱的和基于微电极传感器的海底化学组分通量原位观测的两种坐底式底栖通量观测站的发展现状及技术特点，展望了海底化学组分通量原位观测的未来发展趋势，希望推进 Lander 技术在我国深海观测中的应用和发展。

S17-P-11

电能深海滑翔机研制与南海试验

俞建成，金文明，黄琰

中国科学院沈阳自动化研究所，沈阳 110016
yjc@sia.cn

深海滑翔机是一种依靠浮力驱动的新型海洋环境观测平台，将在海洋环境高时空密度立体观测中发挥重要作用。中国科学院沈阳自动化研究所研制的电能深海滑翔机系统采用模块化设计技术，设计了独立的科学测量载荷单元。科学测量载荷单元可以根据科学家的观测任务需求，有针对性的定制搭载各种探测传感器。电能深海滑翔机主要驱动

机构包括俯仰调节装置、浮力调节装置和航向控制装置，其中航向控制装置采用了小型垂直舵控制方式，具有良好的航向控制能力，适合于各种复杂海流环境。电能深海滑翔机最大工作深度 1000 米、最大航行速度大于 1 节、续航时间 1-2 个月。2014 年 3-4 月，电能深海滑翔机在南海开展了为期 1 个多月的海上试验，累计完成海上工作时间 16 天，共获得 102 个 1000 米深的剖面观测数据，累计航程达到 500 公里。

S18-O-01

日本 2011 年 9 级大地震快速反应深海科学钻的应力测量结果及其意义

林为人

日本海洋研究开发机构 / Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

lin@jamstec.go.jp

The 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki, Japan earthquake produced a maximum coseismic slip of >50 m near the Japan Trench in Miyagi-Oki region and caused a huge tsunami. To understand why the coseismic slip was so large, the Japan Trench Fast Drilling Project (JFAST) carried out by Integrated Ocean Drilling Program (IODP) Expedition 343 drilled through the plate boundary fault zone that ruptured during the Tohoku-Oki earthquake. The JFAST project drilled three boreholes at Site C0019 which is located ~93 km seaward from the epicenter of the Tohoku-Oki earthquake mainshock, and ~6 km landward of the trench axis. Hole C0019B penetrated ~850 meters below seafloor (mbsf) in a water depth of 6890 m. Borehole wall resistivity images indicate the formation of drilling induced borehole breakouts from ~46 – 813 mbsf (Lin et al., 2013). Breakouts are reliable as indicators of the orientations of current maximum and minimum horizontal stresses (S_{Hmax} and S_{hmin}) and can be used to constrain stress magnitudes. Hole C0019B penetrated through a fault around 820 mbsf which has been identified as the principal slip zone of the 2011 earthquake.

The S_{Hmax} azimuth and its variability differ markedly in the shallow and deep parts of the borehole. In the shallow portion (Logging Unit I slope facies and Unit IIa wedge sediments), the S_{Hmax} azimuth is highly variable. Such diverse breakout orientations have not been previously recognized at subduction zones. One explanation could be that S_{Hmax} and S_{hmin} are close in magnitude and the scattered distribution of horizontal stress orientations result from localized perturbations. This result might suggest that the co-seismic release of tectonic stress in the shallow portion of the frontal prism was nearly complete. The S_{Hmax} azimuth in the deep portion (Unit IIb wedge sediments) had a preferred orientation of northwest – southeast (mean ± standard deviation: 139 ± 23° or 319 ± 23°). This stress orientation is consistent with the plate convergence direction of 292°, and also roughly consistent with stress orientations at Ocean Drilling Program sites 1150 and 1151 (drilled in 1999 prior to the 2011 earthquake).

The horizontal principal stress magnitudes (S_{Hmax} and S_{hmin}) in two depths where both breakout width and unconfined compressive strength are available were constrained; and the vertical stress (S_V) was calculated from

sediment density profile derived from the logging data. Assuming Andersonian stress states (having a vertical principal direction), S_{Hmax} and S_{hmin} at 720 mbsf are approximately the maximum, intermediate and minimum principal stresses (σ_1, σ_2 and σ_3), respectively. At 812 mbsf, however, there is some uncertainty whether S_{Hmax} is necessarily less than S_V; the constrained stress state is close to the boundary of the normal faulting and strike-slip faulting regimes. Overall, these results indicate that the post-earthquake stress states in the frontal prism are either in or close to the normal faulting stress regime.

On the basis of the determined post-earthquake stress states and the inferred pre-earthquake compression stress state, a clear in-situ horizontal stress decrease during the earthquake was concluded. This interpretation is consistent with increase in coseismic displacement during propagation of the rupture to the trench axis. The stress change suggests an active slip of the frontal plate-interface consistent with coseismic fault weakening and a nearly total stress drop.

S18-O-02

新生代西太平洋边缘构造演化与南海形成

李学杰

广州海洋地质调查局

xuejieli@yeah.net

西太平洋边缘，白垩纪以来，经历一系列的俯冲碰撞以及拉张、裂谷至海底扩张的事件，形成现在东南亚大陆边缘构造特征。西太平洋边缘，从北往南，形成一系列的边缘海，北段呈北东向排列，包括鄂霍次克海、日本海、冲绳海槽、南海，南端呈近南北向，包括南海、苏禄海、苏拉威西海、马鲁古海和班达海等。

新生代西太平洋边缘海盆相继张开，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（18 Ma）；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（包括菲律宾海）与欧亚及澳大利亚之间为复杂的构造边界。台湾以北，台湾以北，是典型的沟－弧－盆体系，呈北东向，太平洋板块、菲律宾板块向西北俯冲。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。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。

菲律宾海板块四周以海沟俯冲带为界。新生代经历复杂的构造演化，被认为块是理解西太平洋构造演化的关键。Hall et al. (1995) 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；25~5Ma，顺时针旋转 34°；5~0 Ma，顺时针旋转 5.5°。

新生代西太平洋边缘海扩张主要有 3 形成时期：1) 始新世，西菲律宾海盆和苏拉威西海盆形成；2) 渐新世－中新世，日本海、南海、苏禄海、望加锡海以及四国盆地和帕里西维拉盆地形成；3) 晚中新世－第四纪，冲绳海槽、马里亚纳海槽以及安达曼海形成。

太平洋西缘边缘海大致可分为几种类：

洋壳板块正面俯冲形成的弧后扩张盆地，如：冲绳海槽和马里亚纳海槽；俯冲剪切形成弧后剪切拉张盆地，如安达曼海和俾斯麦海。此外如日本海和南海，洋壳呈三角形，可能是斜向碰撞（俯冲）形成拉张盆地。结合菲律宾的演化，作者认为，南海可能是菲律宾海向北漂移旋转过程，不旋转期间，应力相对松弛，导致拉张形成的。

S18-O-03

从孟加拉扇演化看青藏高原隆升,再看南海海盆演化

王英民[1]，赵亚楠[1]，刁宛[1]，徐少华[1]，姚根顺[2]，范国章[2]，邵大力[2]

1 油气资源与探测国家重点实验室（中国石油大学（北京）），102249

2 中国石油勘探开发研究院杭州分院，310023

wym3939@vip.sina.com

作为世界第三极之青藏高原的隆升历史，因对全球气候和全球构造起着至关重要的作用而举世瞩目，数十年来，众多专家学者潜心钻研获得了极其丰硕的成果，但结论却分歧很大。有人认为是单调递增的，有人认为只有一个顶峰期，多数人认为有多个顶峰期，但对顶峰期年代的认识却相差甚远。至于各时期的高程更是众说纷纭。产生分歧的首要原因是专家们观察的角度和所利用的资料不同。例如，有根据古生物、有根据热年代学、有根据黄土高原的形成历史、有根据岩浆活动、有根据板块运动史重建、有根据青藏高原周边盆地的沉积响应等等，正所谓“横看成岭侧成峰，远近高低总不同”。产生分歧的另一重要原因在于青藏高原存在着强烈的时空差异性，不同部位的隆升历史差异很大，用不同部位研究的结论来说明青藏高原的隆升历史难免得出很不相同的结论。正所谓“不识庐山真面目，只缘身在此山中”。

在高原隆升历史恢复诸方法中，从其周边盆地的沉积响应反推高原隆升历史无疑具有特别重要的意义。尽管该方法难以确切地反演出青藏高原的古高程，但却可以相当精准地反映高原隆升的期次、时代和相对强弱。在青藏高原周边盆地中，孟加拉湾盆地面积最大，达 217 万平方千米，与青藏高原面积相近。其物源主要来自雅鲁藏布-布拉马普特拉河和恒河，流域盆地多半位于喜马拉雅山脉，面积近百万平方千米，其形成的孟加拉海底扇面积巨大，作为深水沉积遭受的改造最少，故为根据沉积响应反演青藏高原隆升历史的最佳场所。

利用地震资料和石油钻井资料，并结合大洋钻探结果，对东北孟加拉扇进行了层序地层划分对比和沉积相研究。识别出 4 个重要的区域不整合面。最下面的是典型的断拗转换面，结合区域背景资料推测其为冈瓦那破裂不整合（125Ma），其下为侏罗纪断陷沉积，其上为白垩纪碳酸盐台地沉积。在其上发育有一个在整个孟加拉湾可以广泛追踪的超覆不整合面，根据 DSDP217、218 钻探结果，为始新统与古新统之间的区域不整合（59 Ma），其上从浅海转变为深海，孟加拉海底扇开始大规模发育，与印度板块与亚洲板块软碰撞形成喜马拉雅隆起相对应。在其上识别出两期重大的海底峡谷下切区域不整合面，每个界面之上都发育海底扇从强烈推进到衰减的完整旋回。其中上面那个不整合面的下切和 MTC 尤其发育，根据石油探井的古生物定年结果大约为 3.6 Ma，与印度板块与亚洲板块的近期的最大硬碰撞和强烈隆升相对应。其下那个不整合面目前没有钻井资料标定，推测是由中新世/渐新世之间的一次硬碰撞造成的，至于具体是 23 Ma 还是 21 Ma,亦或是其它年代,尚有待于即将进行的石油钻井来揭示。

由于印度洋板块对欧亚板块碰撞历史以及由此产生的青藏高原的隆升历史对南海的形成演化有着极其重要的影响,故将所确定出的这3次青藏高原隆升期的时代,即59Ma、23 Ma~21Ma左右和3.6Ma,与南海演化的关键时刻加以对比，且作为一个地球动力学系统整体分析，搞清其内在联系，揭示其运动时期的同步性和延迟滞后性，将为解开南海深部过程演化提供重要的启示。

S18-O-04

东海陆架盆地原盆面貌及其盆地类型

刘池阳[1]，田建峰[2]，郭真[1]，赵俊峰[1]，邓煜[1]

1 西北大学含油气盆地研究所，陕西 西安 710069

2 西安石油大学地球科学与工程学院，陕西 西安 710065

lcy@nwu.edu.cn

东海陆架盆地东隔钓鱼岛隆起与冲绳海槽盆地相望，西与中国东南大陆闽浙隆起相连，面积约 $25\times10^4km^2$，为中国近海最大的新生代沉积盆地。对该盆地的类型及其形成的区域动力学环境，看法颇多，莫衷一是。如有聚敛型陆缘盆地、主动大陆边缘弧后伸展盆地、弧后前陆盆地等认识。

笔者根据大量地质、地震、钻井等资料，对东海陆架盆地主要演化阶段的原始沉积面貌进行了恢复。在此研究结果的基础上，重新构建了盆地的演化过程和盆地类型。

在晚中生代，中国东部岩浆活动强烈，且此反应深部动力环境的现象，具明显的自西向东迁移特征。进入晚白垩世，在今东海盆地及西邻广阔地区发生陆内裂陷，沉积了厚度变化较大的晚白垩世—古新世—早始新世地层。在始新世中期，盆地结构开始向坳陷型转变，具断坳过渡特征，盆地的沉积西界和沉积—沉降中心始向东转移。到始新世晚期平湖期，沉积—沉降中心完全转移到西湖坳陷及其以东东，今盆地西部坳陷带的沉积厚度明显减薄，部分地区缺失沉积并遭受不同程度的剥蚀。西湖坳陷在平湖期总体属坳陷型沉降—沉积结构，沉积环境稳定，沉积相带和厚度平面变化较小，沉积范围广阔。钓鱼岛当时尚未隆升，平湖期沉积的东界大致可达琉球和今冲绳海槽，东海盆地进入了鼎盛发育阶段。此时，可总体代表东海盆地沉积-构造特征的大西湖坳陷，并不具弧后扩张盆地裂陷构造、断层控制沉积和火山活动强烈的典型特征。始新世末发生的区域抬升运动，使包括苏北—南黄海盆地（三垛运动）、东海盆地（玉泉、钱塘运动）西部坳陷在内的广阔地区缺失渐新世沉积，始新世地层并遭受剥蚀；东海盆地东部西湖坳陷渐新世早期缺失沉积。由此可见，当时东海盆地所在地区与今中国东南大陆地区动力学环境的统一性或密切关联。

晚渐新世花港期，东海盆地东部西湖坳陷又复沉降，广覆式沉积了花港组、早中中新统龙井组和玉泉组下段地层，沉积西边界向西有所扩展。从中新世早中期，今钓鱼岛隆褶带开始抬升，其上沉积地层减薄、缺失并使古近系上部地层遭受剥蚀。中中新世晚期，菲律宾海板块的运动方向有北北西转为北西—北西西，持续正向向西俯冲，弧后冲绳海槽裂陷扩张，向西的挤压力和深部岩浆上侵使钓鱼岛隆褶带快速隆升伴有较强剥蚀，同时造成西湖坳陷前期沉积地层发生褶皱断裂，出现构造反转，中中新统玉泉组上段仅在褶皱低洼处沉积。钓鱼岛之东的前期巨厚沉积，随冲绳海槽的扩张沉降，倒挂式存留在海槽西部或西缘。可见，板块俯冲引起的弧后扩张导致了东海盆地遭受挤压改造并走向衰亡，并不是盆地形成的动力环境。

在上新世—第四纪，东海盆地及周邻广阔地区整体发生区域沉降，呈现为角度极小的东倾缓坡陆架结构，广覆式沉积的地层与钓鱼岛隆起上的同期沉积厚度相当。独立沉降的东海盆地不复存在。

东海盆地鼎盛时期，亦即主烃源岩平湖组沉积期属陆缘坳陷型盆地,此可作为盆地类型的代表。

S18-O-05

台湾东部活跃弧陆碰撞过程中弧前盆地动态沉积及形成现代弧前碰撞混杂岩对弧前背逆冲构造的响应

Chi-Yue Huang[1,2], Yen-Jun Lin[2], Chiou-Ting Lin[1, 3], Yu-Huan Hsieh[4], Wen-Huang Chen[1,5], Char-Shine Liu[4], Ron Harris[6], Yi Yan[1], Zhifei Liu[7] and Wei-Dung Sun[3]

1 Key laboratory of Marginal Sea Geology, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

2 Department of Earth Sciences, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan

3 CAS Key Laboratory of Mineralogy and Metallogeny, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

4 Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

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

6 Department of Geology, Brigham Young University, Provo, UT, USA

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

huangcy@mail.ncku.edu.tw

The North Luzon Arc on the Huatung Basin/Philippine Sea Plate is obliquely colliding with the Eurasian Continent in eastern Taiwan. The oblique collision has been propagating southward since 6.5 Ma. The most characteristic geological feature in the modern incipient oblique collision zone off SE Taiwan is forearc backthrusting. In the northern part of the modern subduction zone, the North Luzon Trough (NLT) forearc sequences experience double-vergent thrusting. They are thrusting westward over the accretionary prism along the high-angle arc-prism boundary in the west and are simultaneously backthrusting to the east along the low-angle west-dipping arc backstop in the east. Consequently, forearc strata are uplifting as a pop-up structure to form the embryonic Huatung Ridge in the western NLT. Young syn-orogenic sediments in the east immediately lap westward onto the eastern side of the pop-up structure.

Northward along orogenic strike towards the incipient oblique collision zone, backthrusting propagates eastward rapidly and involves all of the forearc strata deformed into the well-developed, N-S-trending Huatung Ridge north of 21°30’N. Diachronic clockwise-rotation between the Lutao and Lanyu volcanic islands offsets the Huatung Ridge by left-lateral strike-slip faulting. South of the strike-slip fault, the late deformed Huatung Ridge in the east is uplifting as a bathymetric barrier (HTWL) for the transport of modern sediments southward via submarine channels in the north. Therefore, these modern sediments are either dumped in the over-nourished remnant forearc basin north of the HTWL or are redirected eastward to the back-arc basin east of the Luzon Arc. The depositional detour temporarily shuts off the sediment supply to the starved remnant forearc

basin south of the HTWL. However, this temporarily-starved basin will be finally filled by young sediments derived eastward from the Southern Longitudinal Trough (SLT) collision suture basin by flows over the Huatung Ridge when the SLT has been filled up by fluxoturbidites eroded from the Central Range accretionary prism to the west.

In the advanced stage of the collision north of 22°40'N, the Luzon arc and forearc basin are obducting westward over the accretionary prism of the Central Range to form the modern southern Coastal Range. During the Middle Miocene initiation of subduction of the South China Sea ocean basin, new supra-subduction zone (SSZ) lithosphere formed as the NLT forearc and Luzon arc basement in the upper plate. During the obduction in the last 1 Ma, arc-forearc crust and upper mantle blocks of the SSZ lithosphere were emplaced westward into the early backthrust embryonic Huatung Ridge as the modern-forming forearc collisional Lichi Mélange of the Coastal Range.

Detailed stratigraphy study on obducted forearc sequences shows that tectonic processes of forearc backthrusting during the development of the Coastal Range in Pliocene-Pleistocene time are analogous to what is observed today in the modern incipient collision zone off SE Taiwan. Forearc sequences in the Coastal Range include the highly sheared Lichi Mélange with exotic SSZ blocks in the west and the remnant normal flysch forearc sequence in the east. Active arc-continent collision in Pliocene time resulted in forearc backthrusting and uplifting of the remnant forearc flysch sequence between two diachronic clockwise rotated volcanic islands at ~3.0 Ma. Eastward-propagated backthrusting modifies the forearc topography and subsequently controls the dynamic forearc sedimentation temporally and spatially. In an E-W transect across forearc basin structure, old forearc strata occur always in the west (now the Lichi Mélange; 6.5-3.3 Ma) and younger sequences (3-1 Ma) appear only in the east (remnant forearc basin); whiles in a N-S longitudinal transect along the forearc basin axis, young strata (3-1 Ma) are only deposited in the over-nourished (Suilien) remnant forearc basin in the north and the temporarily starved (Taiyuan) remnant basin in the south, respectively, but not the uplifted (Loho) remnant forearc basin (3.3-3.0 Ma) between two diachronic clockwise rotated (Chimei in the north and Chengkuangao in the south) volcanic islands.

S18-O-06

中国大陆主要变形系统

李锦轶[1]，张进[1]，刘建峰[1]，曲军峰[1]，李亚萍[1,2]，孙桂华[1,3]，朱志新[1,4]，冯乾文[1,5]，王励嘉[1]，张晓卫[1]

1 中国地质科学院地质研究所，北京 100037
2 中国地质调查局发展研究中心，北京 100037
3 国土资源部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，广东广州 510760
4 新疆维吾尔自治区地质调查院，新疆乌鲁木齐 830011
5 中国科学院新疆生态与地理研究所，新疆乌鲁木齐 830011
jyli2003@126.com

地壳中的构造变形是已有岩石在地质应

力作用下发生结构构造和空间位置变化的产物，因而是资源勘查开发和地质灾害防治不可忽视的重要地质现象。然而，地壳中的构造变形能否像岩石及岩石组合一样,也可以为一个地区的地质历史重建提供约束，在已有文献中没有系统的论述。文中针对这一问题,在系统研究了全球不同地球动力学环境构造变形特征的基础上，提出了变形系统的概念，将其定义为在一定区域范围内、同一地球动力学背景下同时形成的、具有不同几何学和运动学特征的各种构造变形的集合，并根据其产出的地球动力学环境，将其划分为 11 种类型。基于这一认识,在系统收集研究了中国大陆已有构造变形资料的基础上，简要介绍了中国大陆古生代以来的 14 个变形系统，探讨了中国大陆构造分区和构造演化的几个问题。根据与全球典型变形系统的对比,基于中国大陆古生代以来主要变形系统的时空分布，笔者提出：(1)中国东部新生代伸展变形系统的成因主要与澳大利亚板块向北运动有关；(2)中国东部海域可能隐伏有中生代晚期弧陆碰撞带；(3)中国东部白垩纪地球动力学环境可能类似于现今北美西部科迪勒拉型大陆边缘；(4)秦岭山脉南北两侧晚侏罗世至早白垩世挤压构造变形可能是蒙古鄂霍茨克造山带陆缘碰撞的远程响应；(5)敦煌阿拉善地块在早古生代期间是中国大陆独立的第四大古陆块体；(6)西准噶尔和西天山北部属于哈萨克斯坦古板块北部增生边缘,准噶尔吐哈盆地基底及其以北的东准噶尔和阿尔泰山属于西伯利亚古板块古生代增生边缘；(7)小兴安岭和张广才岭东侧的原黑龙江群是大兴安岭地区西伯利亚古陆古生代增生边缘的向东延伸，不是侏罗纪增生杂岩或早古生代碰撞带的残片；(8)中国北方及邻区古生代至中生代期间经历了多次碰撞造山。中国大陆古生代以来变形系统的初步研究，表明变形系统的研究可以为大陆构造单元划分、构造演化和古地球动力学环境的重建提供重要的约束。

S18-O-07

中国大陆构造格架的形成与演化

葛肖虹

吉林大学

gxhbj2004@163.com

中国是亚洲复式大陆的核心，由不同地壳结构、生物地理区系和演化历史的陆块在 2 亿年以来相继拼合而成。在确认中国大陆构造格架、划分构造单元时，除了前寒武纪基底、南华－印支期生物地层格架以外，不能不考虑中－新生代以来重大的陆内变形事件对印支与前印支期大陆构造格架大幅度的改造。

中国大陆构造格架的形成经历了如下事件：(1)晚海西-印支期古特提斯洋关闭陆块拼合碰撞；(2)晚侏罗－早白垩世蒙古－鄂霍茨克海闭合，陆-陆碰撞古亚洲大陆形成；(3)早白垩世晚期－古近纪加厚地壳-岩石圈减薄、转型，陆内伸展变形达到高潮，大陆克拉通泛盆地、准平原化；(4)始新世晚期-早中新世(40-23 Ma)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，形成中国新生的构造地貌；(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、裂谷型盆地和剥蚀高原地貌；(6)早更新世晚期（0.9-0.8 Ma）－晚更新世末（0.01 Ma）中国大陆构造地貌基本形成。

S18-O-08

横过雅鲁藏布缝合带的沉积盆地演化:从特提斯俯冲到印亚大陆碰撞

胡修棉[1]，安慰[1]，王建刚[2]，E. Garzanti[3]，李娟[1]，M. BouDagher-Fadel[4]

1 南京大学地球与工程学院，南京 210023

2 中科院地质与地球物理研究所，北京 100029

3 Department of Earth and Environmental Sciences, Università di Milano-Bicocca, 20126 Milano, Italy

4 Department of Geological Sciences, University College London, London WC1E 6BT, United Kingdom.

huxm@nju.edu.cn

科学界长期以来对特提斯俯冲、印度-亚洲大陆碰撞过程缺乏精细的刻画，一个重要的原因在于对与俯冲和碰撞紧密相关的沉积盆地缺乏精细的研究。

近年来，本课题组系统对横过雅鲁藏布缝合带的沉积盆地开展了研究（印度北缘的特提斯喜马拉雅南带的定日—岗巴盆地、北带的江孜—萨嘎盆地；亚洲南缘日喀则—仲巴盆地；缝合带之上的柳区和大竹卡第三系砾岩盆地），包括系统的野外地质调查和地层学、沉积学、物源区分析、构造沉降、沉积盆地的性质以及盆地的大地构造背景等研究，获得了一些新的认识：

（1）初始俯冲与最后裂离：新特提斯洋俯冲开始于白垩纪 Aptian 时期（~117 Ma），以出现日喀则弧前盆地最早期的深海碎屑沉积为标志。冲堆组放射虫硅质岩直接整合接触于日喀则蛇绿岩套内的枕状玄武岩，并逐渐过渡到海底扇的浊流沉积，说明日喀则蛇绿岩的枕状玄武岩为弧前盆地的基底。与此同时，在印度板块北缘，发生了强烈的板内火山作用（卧龙组、日朗组），代表着印度北缘的拉伸作用。印度从东冈瓦纳大陆的最后裂离时间大体为 Albian 晚期（~102 Ma），出现指示裂解后构造沉降、海侵沉积环境的海绿石砂岩和远洋泥灰岩、灰岩。

（2）特提斯洋的收缩：Albian 晚期到 Santonian 期，印度板块快速向北漂移，特提斯喜马拉雅广泛沉积了一套远洋—半远洋沉积（岗巴村口组）。受德干大火成岩的影响，特提斯喜马拉雅广泛出现一套早期向上变浅（遮普惹山坡组、宗山组和基堵拉组）、晚期向上变深（宗浦组）的地层序列。在亚洲南缘，日喀则弧前盆地被快速充填，大致 Santonian 早期深水环境消失，弧前盆地进入浅水充填阶段。俯冲增生楔在白垩纪 Campanian 早期后不断发展，由于亚洲碎屑物质的不断输入，发育了海沟盆地和海沟斜坡盆地。

（3）初始碰撞与特提斯海的关闭：印度—亚洲大陆初始碰撞时间一直存在争论，众多证据表明这一事件大致发生于 55±5 Ma。一个最直接的证据来自始新世早期（~50 Ma）朋曲组（定日—岗巴）、桑单林组和者雅组（萨嘎），这些沉积于特提斯喜马拉雅的沉积接受到来自亚洲大陆冈底斯的剥蚀物质。在亚洲大陆，大致在古新世中期（58 Ma）出现角度不整合，并出现曲下组砾岩沉积。特提斯海的最后关闭时间取决于最高海相沉积的时间。在亚洲大陆南缘，加拉孜组结束的时间为古新世末期（~55 Ma）。在特提斯喜马拉雅，最高海相层为定日-岗巴地区的朋曲组，其时代争论较大(50-35 Ma)。最新的数据表明朋曲组海相沉积至少延续到始新世中期（~43 Ma）。

（4）喜马拉雅早期隆升：始新世晚期-渐新世柳区砾岩见证了喜马拉雅的早期隆升。这套砾岩的物源区有日喀则弧前盆地、雅鲁藏布江蛇绿岩带、朗杰学群和特提斯喜马拉雅。柳区砾岩中同时存在来自印度大陆(特提

斯喜马拉雅)和拉萨地体(日喀则弧前盆地)的碎屑物，这意味着喜马拉雅造山带的隆升至少始于始新世中期；这一时期，雅鲁藏布江缝合带和日喀则弧前盆地已经隆起，遭受剥蚀。

S18-O-10S

青藏高原渐新世康托组红层古地磁结果及其大地构造意义

丁继凯[1]，张世红[1]，谌微微[1]，李海燕[1]，吴怀春[1,2]，杨天水[1]，张均红[1]

1 中国地质大学（北京）生物地质与环境地质国家重点实验室，北京 100083

2 中国地质大学（北京）海洋学院，北京 100083

djikai@126.com

印度板块和欧亚板块发生碰撞之后，印度板块和西伯利亚之间发生 3000 km 左右的缩短量，其中拉萨地块和印度板块之间发生 1800 km 左右的缩短—“大印度”。“大印度”消失的过程是我们关心的问题。喜马拉雅地区发育多条逆冲断裂（如主中央逆冲断裂、主边界逆冲断裂等），他们主要在渐新世之后开始活动；这是否意味着拉萨地块和印度板块之间的缩短主要发生在渐新世之后？古地磁可以确定特定时间地块所处的古纬度，并且可以通过各时期地块之间的古纬度差来确定他们之间的缩短量。拉萨地块的古地磁数据主要集中在拉萨附近的林周盆地，这些数据对印度板块和欧亚板块的碰撞时间给予了很好限定，但是这些数据主要集中在白垩纪—始新世期间，所以他们不能衡量渐新世以来拉萨地块和印度板块之间的缩短量。为定量约束渐新世以来拉萨地块和印度板块之间的缩短量，以及拉萨地块至西伯利亚板块的缩短量，我们迫切需要一个精确的渐新世古地磁数据；因此，我们对拉萨地块最北缘改则盆地渐新世康托组进行古地磁研究，为我们理解青藏高原的缩短提供定量约束。

此次研究采集了 37 个采点，共 700 块样品。退磁结果显示，大多数样品具有双分量；低温分量在 300 ℃之前获得，为现代地磁场方向；高温分量在加热到 655~690 ℃解阻，并显示双极性。特征剩磁方向在等面积投影图中呈明显的东西向拉长分布，这种分布意味着可能存在倾角浅化，因此用 E/I 方法进行倾角校正。倾角校正后，在 95%置信水平下高温分量可以通过褶皱检验和 B 级倒转检验，特征剩磁方向为 Ds=340.3°, Is=44.2°, k=54.9, α_{95}=3.3°；对应的极为 71.7° N，340.7° E，A_{95}=2.5°，对应的古纬度为 25.9° N。校正后的极和羌塘地块同时代（35.0±3.0 Ma）乌兰乌拉湖地区火山岩及纳丁错组火山岩的极（Lippert et al., 2011）相比不存在明显的差别，意味着渐新世以来拉萨地块和羌塘地块之间不存在显著的纬向运动。

本研究得到的结果和东亚地块（西伯利亚地块、华北地块、华南地块等）、欧洲、印度等地块同时期的古地磁结果相比：（1）拉萨地块和东亚地块之间不存在明显的纬向运动。（2）用稳定欧洲同时代的古地磁结果(Besse and Courtillot, 2002)得到改则地区期望的古纬度比实际观察到的古纬度高 8.0±5.0°。（3）用印度板块同时期的古地磁结果(Besse and Courtillot, 2002)得到改则地区期望的古纬度比观察到的古纬度低 4.6±5.2°，这意味着渐新世以来，拉萨地块和印度克拉通之间存在~506±572 km 的缩短量，这些缩短量可能主要被喜马拉雅造山带吸收。

S18-O-11

藏北巴青县江绵一带上三叠统沉积特征及其意义

李尚林，计文化，罗彦军，马中平，张海迪

中国地质调查局西安地质调查中心，陕西 西安 710054
shanglinli888@163.com

在藏北巴青县江绵一带发现与滇西他念他翁山、藏东昌都地区相似的上三叠统东达村组、“甲丕拉组”和“波里拉组”。沉积相研究表明东达村组和“甲丕拉组”总体上构成一套向上变深的海侵序列。东达村组自下而上为冲积扇泥石流沉积、无障壁碎屑滨岸沉积和浅水碳酸盐台地潮坪相沉积。“甲丕拉组”为干热气候条件下的碳酸盐台地潮坪沉积、障壁砂坝沉积和滨外沉积，其中有地震事件记录。“波里拉组”为碳酸盐台地滨浅海沉积，发现震积岩、海啸岩以及背景沉积组成的地震-海啸-背景沉积、地震-背景沉积、海啸-背景沉积的事件沉积序列。

本区东达村组和“甲丕拉组”与澜沧江带以东的他念他翁、盐井、德钦、昌都等地区同期地层的东达村组、石钟山组、甲丕拉组岩性特征和沉积环境接近，而与西藏羌塘境内同期地层，如羌塘中央隆起带的肖茶卡组、南羌塘的日干配错组的碎屑岩复理石沉积有很大的差别，与保山地区的弯甸坝组、南梳坝组也很不同。这就说明冈瓦纳北缘与扬子地块南缘的北羌塘于印支期的拼合、转换最早发生在巴贡一索县分区。

在滇西北 1:20 万兰坪幅的洱源发现上三叠统上兰组不整合于浅变质的二叠系之上；在 1:20 万盐井幅、芒康幅的芒康宗西乡发现上三叠统不整合于中二叠统之上；在赤布张错幅的北部查明了上二叠统拉卜杳日组与上覆上三叠统甲丕拉组—侏罗系为角度不整合接触。该区内东达村组与下伏地层的角度不整合关系，再次说明巴青地区印支运动的确存在，从而判断印支运动从滇西至南北羌塘应是普遍存在的。

“波里拉组”的震积事件形成的震积岩与藏北（茶布、双湖和肖茶卡等地）的裂谷玄武岩同为晚三叠世。藏北裂谷玄武岩喷发可以被看作是特提斯洋进一步扩张的前兆和古大陆裂解的标志，也是古大陆裂解的响应。“波里拉组”中的震积事件沉积也可能与板内地震事件和古大陆裂解有一定的联系，至少为碳酸盐台地上的震积—海啸岩提供了十分重要的地质信息，值得进一步研究。

该区“波里拉组”发育良好的地震事件沉积从一个侧面说明了上三叠世藏北裂谷盆地的存在，也可以帮助恢复裂谷盆地的空间格架以及更合理的划分对比地层。同时，藏南、藏东、滇西以及藏北等地，晚三叠世是盆地构造运动的活跃时，“波里拉组”地震事件沉积的发现也为进一步寻找上三叠统其他地区及地层的地震事件沉积提供了一个新的线索。

S18-O-12

磁组构在识别沉积岩磁倾角浅化中的应用

李永祥[1]，王世朋[1]，付少英[2]，焦文军[1]

1 南京大学地球科学与工程学院，南京 210046
2 广州海洋地质调查局，广州 510760
yxli@nju.edu.cn

沉积后压实作用是沉积岩形成过程中的必经阶段，通常被认为是导致沉积岩剩磁磁倾角浅化的一个重要原因。尽管理论模型中常将磁组构（扁圆组构）与压实程度以及磁倾角的浅化量联系起来，然而在野外实例中却很少有报道这样的定量的、一一对应关系。所以，用磁组构在识别沉积岩磁倾角浅化问题中可能导致误判或磁倾角矫正过量。这是因为沉积岩中磁倾角开始浅化所对应的扁圆磁组构的强度，即各向异性度阈值，尚不明确。本文对取自南海北部陆坡的两个约 6 米长的柱状样 GHE24L 和 GHE27L 开展了详细的古地磁研究和磁组构分析。本研究旨在分

析正在经受着沉积压实过程的沉积物中剩磁倾角和磁组构随深度（即压实强度增大）的变化，并探寻这两个参数之间的联系。

研究结果表明，扁圆组构在大于 2 米深度的沉积物中广泛发育，而且，总体上，扁圆组构的各向异性度随深度的增大而增强；磁倾角浅化仅出现在 GHE27L 柱样的大于 5 米的沉积物中，而且磁倾角浅化程度与磁组构强弱总体上有较好的对应关系，显示出磁组构强度与磁倾角浅化程度之间有因果联系。对比分析两个柱样的磁倾角和磁组构随深度的变化发现，磁倾角开始浅化所对应的磁化率组构（AMS）强度的阈值为 1.04，剩磁组构(AAR) 强度的阈值为 1.10。用磁组构对未浅化的磁倾角进行矫正，结果发现对于 AAR 强度小于 1.10 的沉积物，对其磁倾角的过量矫正可以忽略。但是，如果载磁矿物颗粒的各向异性度小于 1.4，那么过量矫正可达 10°。本研究为基于磁组构的磁倾角矫正理论模型提供了有力的野外支持证据，是对该理论模型的有益补充。另外，本研究识别出的磁倾角浅化所对应的 AMS 和 AAR 强度的阈值可以用来判别以磁铁矿为主要载磁矿物的沉积岩是否受到了磁倾角浅化的影响，并矫正浅化的磁倾角，从而有助于评价沉积岩剩磁记录的准确性。

S18-O-13S

台湾南部恒春半岛中新世增生楔中垦丁混杂岩的成因机制及构造意义：反演马尼拉海沟的俯冲过程

张新昌 [1,2]，黄奇瑜 [1,3]，闫义 [1]，陈多福 [1]

1 中国科学院广州地球化学研究所，边缘海地质重点实验室，广州 510640

2 中国科学院大学，北京 100049

3 台湾成功大学，地球科学系，台南 701

*huangcy@mail.ncku.edu.tw

垦丁混杂岩出露于台湾南部恒春半岛中新世增生楔内，长约 20 km，宽最大可达 1 km，呈西北—东南向狭长带状分布。垦丁混杂岩大致平行于马尼拉海沟北段，其分布特征类似于与俯冲板块边界相关混杂岩的特征，因此其成因对于了解台湾造山带结构及构造演化历史具有重要意义。

通过野外观察，垦丁混杂岩呈现明显的构造剪切破裂。依据构造剪切破裂程度，可将垦丁地区岩层分为四种不同程度的破裂相: a)岩层连续无破碎的正常沉积相；b) 岩层轻度破碎的过渡相；c) 岩层高度破碎无层理，但不含基性—超基性或火山角砾的外来岩块的破碎相；及 d)岩层破碎无层理，夹有基性—超基性或火山角砾外来岩块的混杂岩相。垦丁地区破碎相及混杂岩相的泥质基质普遍发生强烈的剪裂作用，鳞片状节理大量发育。混杂岩相中夹杂大小不一的火成岩外来岩块，主要包括枕状玄武岩、安山质集块岩、尖晶岩等，未见有辉长岩、橄榄岩、蛇纹岩等典型海洋下地壳—上地幔蛇绿岩块。此外，在垦丁混杂岩泥质基质中还发现香肠状砂岩块、玄武岩内部的高压泥脉充填、玄武岩表面的网状破裂及砂岩表面的高压水压破裂等构造现象。以上构造现象通常发生在增生楔的底部，并受到一定的高压及构造应力剪切作用，因此垦丁混杂岩应为形成于中新世台湾增生楔底部。

为了进一步确定垦丁混杂岩的形成古温度压力，对恒春半岛增生楔、上新世-更新世的斜坡盆地沉积物、垦丁地区不同破裂相及位于台湾中央山脉和海岸山脉之间的弧前盆地碰撞利吉混杂岩进行镜质体反射率测量和对比。测试结果显示垦丁混杂岩的镜质体反射率数值(Ro:0.9~1.1%)明显高于其它地质单元(增生楔、斜坡盆地的沉积物及垦丁地区的过渡破裂相：Ro:~0.72%, 利吉混杂岩

Ro:~0.55%)。假设地表温度为 10 °C,平均地温梯度为 35°C, 推测垦丁混杂岩形成的古温度深度分别为 150-160 °C 和 4.0-4.3 km，垦丁混杂岩原埋藏深度更深，可能是增生底部物质的折返作用所致。

对垦丁混杂岩泥质基岩进行浮游有孔虫化石研究,结果显示靠近上新—更新世斜坡盆地层序的垦丁混杂岩泥质基质中包括晚中新世化石和少量的上新世—更新世化石，而远离恒春断层的样品中只发现晚中新世化石,表明上新世—更新世斜坡盆地层序也被牵引入垦丁混杂岩，成为垦丁混杂岩组成物质的一部分。台湾南部海域的震测剖面中可见清楚的板块俯冲通道、叠瓦状的逆断层以及连接地表浅处至俯冲板块边界的脱序断层，构造背景十分类似于日本南海海槽俯冲体系，因此垦丁混杂岩体应类似日本 Mugi 混杂岩，原形成于增生楔底部，之后随同卷入的外来岩块及连续沉积地层块体一起沿着马尾逆断层出露于地表浅部，代表南海洋壳向东俯冲于菲律宾海板块之下形成的与板块边界相关的构造混杂岩。

垦丁混杂岩的构造演化主要分为五个阶段：1)中新世时沉积于南海东北坡被动大陆边缘外陆棚—陆坡浊流层序，于晚中新世时随着南海海洋岩不圈向东俯冲于西进的花东海盆/菲律宾海板块之下，被刮积入台湾增生楔；2)南海中洋脊于中中新世张裂停止后形成的火山随着南海俯冲也被铲刮入台湾增生楔；3)于增生楔 4-6 公里深度俯冲管道内，晚中新世浊流层在高压流作用下受剪切构造形成垦丁混杂岩；4) 6.5 Ma 弧陆碰撞开始,增生楔受挤压更加变形而抬出海平面并接受侵蚀,堆积于上新世浅海斜坡盆地内不整合于变形强裂之中新世增生楔之上；5)更新世斜坡盆地层序被马尾断层所牵引至垦丁混杂岩内部。

S18-O-14S

羌塘地块白垩纪火山岩和红层古地磁学和年代学新结果及其大地构造意义

谌微微[1*]，张世红[1,2]，丁继凯[1]，张均红[1]，朱利东[3]，杨文光[3]，赵西西[4,5]，杨天水[1,2]李海燕[2]，吴怀春[2,6]

1 中国地质大学（北京）地球科学与资源学院，北京 100083

2 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室，北京 100083

3 成都理工大学沉积地质研究院，成都 610059

4 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

5 美国加利福尼亚大学，圣克鲁斯 CA95064

6 中国地质大学（北京）海洋学院，北京 100083

sww841204@126.com

青藏高原腹地的羌塘地块来自冈瓦纳大陆北缘，其白垩纪以来与拉萨块间的拼合作用、地块间的旋转以及由此所致的构造环境制约着印度与欧亚大陆碰撞前后地质事件的发生与发展。班公湖-怒江缝合带是羌塘地块与拉萨地块的分界线，其构造性质标志着中特提斯洋的存在。目前，关于班公—怒江缝合带的性质、闭合时间和方式等问题仍是地学界争论的焦点。此外，白垩纪以来欧亚大陆内部的构造缩短量和陆块旋转模式等热点问题均存在争议。因此，羌塘地块白垩纪期间的古地理位置成为研究板块运动和中特提斯洋演化的重要窗口。然而羌塘地块有价值的白垩纪古地磁资料缺乏，广阔的中部地区无参考数据；所有结果均来自红层，不能排除倾角偏缓现象的影响；再者，羌塘地块上发育着大量逆断层，可使周边区域地块发生旋转。因此要获得羌塘地块白垩纪期间可靠的古地理位置，仍需要在羌塘地块开展更多的古地磁研究。

本文对羌塘地块改则地区的红层和火山岩开展了系统的古地磁及年代学综合研究。

火山岩样品U-Pb测年结果为103.8±0.46 Ma，结合退磁结果约束上覆红层年龄为103.8-83.5Ma。经过系统热退磁，14 个火山岩采点的特征剩磁方向为 Ds=348.0°，Is=47.3°，ks =51.0，a_{95}=5.6°。火山岩高温特征剩磁分量在 95%置信水平下通过 McFadden (1990)褶皱检验，并且 VGP 散度期望值为 13.6°，介于期望值（10.1~15.4）（McFadden et al., 1991），表明其结果平均掉了地磁场长期变化的影响。红层中获得的特征剩磁呈东西向拉长分布，且与火山岩结果相比，倾角偏缓了 13.0°。为了保证数据的可靠性，我们对参与统计的 174 块红层样品高温分量进行 E/I 分析。红层倾角经过 E/I 校正后为 48.4°（95%的置信区间为[44.2, 54.8]），校正前的磁倾角（34.2°）落到了置信区间之外，其校正后的结果与火山岩一致，表明红层的特征剩磁受到了压实作用的影响。经过 E/I 校正后，22 个红层采点的特征剩磁方向为 Ds=312.6°，Is=47.8°，ks =92.5，a_{95}=3.2°。火山岩和红层对应的古地磁极分别为 79.3°N，339.8°E，A_{95}=5.7°和 49.5°N，2.6°E，A_{95}=3.6°。

结论：（1）羌塘地块南缘 104-83.5 Ma 期间位于~29° N；（2）104-83.5 Ma 期间，羌塘地块南缘与拉萨地块北缘之间存在~580 km 的构造缩短，表明羌塘与拉萨地块 100Ma 以来沿班公-怒江缝合带发生了显著的构造缩短。结合地质资料和拉萨地块白垩纪期间的古地磁结果，推断班公—怒江大洋中西段很可能于 104Ma 前后闭合，中西段俯冲时间晚于东段，支持班公湖—怒江大洋盆呈剪刀闭合方式由东向西消亡；（3）为探讨青藏高原腹地中西部白垩纪以来旋转模式提供一个可靠数据，支持中西部发生逆时针旋转。不同区域由于走滑断层的发育导致旋转量的有所差异，旋转的主要动力来自印度-欧亚大陆的剧烈碰撞。

S18-O-15S

利用远震 P 波接收函数、背景噪声面波层析成像、双平面波干涉法联合反演青藏高原东北缘三维 S 波速度结构

郑丹，李红谊，谭静，欧阳龙斌

中国地质大学（北京）地球物理与信息技术学院，北京 100083

18810919325@163.com

青藏高原的东北缘位于青藏高原的前缘地带，具有复杂的地形地貌和强烈的活动构造，是研究青藏高原隆升和变形机制的关键区域。本研究区域包括秦岭、祁连、东昆仑造山带，柴达木盆地，松潘甘孜以及羌塘地块。研究中使用的数据来自于中国地震局区域数字地震台网、ASCENT 和 NETS 实验于青藏高原东北缘布置的台站记录的三分量连续地震数据。通过远震 P 波接收函数方法获得了研究区域的 Moho 深度、Vp/Vs 值；通过双平面波和背景噪声面波成像方法获得了研究区域不同周期的瑞利面波频散分布特征；然后通过联合接收函数、双平面波和背景噪声面波成像，获得了研究区域地壳和上地幔的三维 S 波速度结构。

通过对布设在研究区域的 238 个台站记录的 843 个远震波形数据进行接收函数分析，结果表明：除柴达木盆地以外，青藏高原东北缘地壳厚度呈现自西向东减薄的趋势，西北祁连造山带 Moho 平均深度为 65 km，东南祁连平均深度为 55 km，柴达木盆地平均深度为 50 km，秦岭造山带平均深度为 45 km，松潘甘孜地块平均深度为 70km。高原东北缘的 Vp/Vs 值整体呈现自西向东递减的趋势，松潘甘孜地块西部、西北祁连造山带、羌塘地块 Vp/Vs 均值约为 1.8，其余地区 Vp/Vs 均值约为 1.75。

我们利用双平面波干涉法从 100 个远震波形数据中获取了研究区域 25s 到 143s 等 11 个周期的瑞利波相速度频散分布，背景噪声面波成像获取了研究区域 8s 到 45s 之间 38 个周期的瑞利波相速度和群速度分布。然后我们通过联合接收函数、双平面波和背景噪声面波成像结果，反演了研究区域地表至地下 200 km 的 S 波速度结构。在地壳浅部（<10 km），拥有较厚沉积层的柴达木盆地表现为明显的低速特征，而非盆地区域表现较高的速度特征；在 20 km-55 km 深度范围，柴达木盆地和秦岭造山带表现为高速特征，而松潘甘孜地块、羌塘地块、西北祁连造山带均表现为明显的低速特征；在 55 km-70 km，羌塘地块和松潘甘孜地块仍表现为低速特征，西北祁连造山带不再表现低速特征；柴达木盆地依旧表现为高速特征；在 70 km-110 km 深度，羌塘地块、松潘甘孜地块、秦岭、东南祁连造山带表现低速特征；在 110 km-170 km 处，低速区域主要集中在东昆仑断裂、秦岭造山带。

我们研究的结果可能表明：柴达木浅部厚达 10km 的沉积盖层导致了盆地在浅部明显的低速；而羌塘地块和松潘甘孜地块中下地壳的低速层和较厚的 Moho 可能导致其中下地壳的明显低速特征，且该地区较高的 Vp/Vs 值现象以及上地幔顶部的低速区可能与上地幔的物质上涌和部分熔融相关联；西北祁连造山带中下地壳存在的低速区可能为加里东造山时期祁连地区的地壳在挤压方向上的缩短、破碎、增厚所引起；东昆仑断裂和秦岭造山带 Moho 面以下的低速带可能与东昆仑断裂错断及其附近深部物质运移有关。

S18-O-16S

藏南日喀则弧前盆地再论：物源区变化和日喀则蛇绿岩的起源

Wei An[1], Xiumian Hu[1], Eduardo Garzanti[2], Marcelle K BouDagher-Fadel[3], Jiangang Wang[4], Gaoyuan Sun[1]

1 State Key Laboratory of Mineral Deposits Research, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing, 210029, China

2 Department of Earth and Environmental Sciences, Università di Milano-Bicocca, Milano, 20126, Italy;

3 Department of Earth Sciences, University College London, London, WC1E 6BT, UK

4 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029, China

awarajm@163.com

Our new stratigraphic, sedimentological and micropaleontological analysis, integrated with basalt geochemistry, sandstone petrography and detrital zircon U-Pb and Hf isotope data, suggests the revision of current models for the geological evolution of the Asian active margin during the Cretaceous. The Xigaze forearc basin began to form in the late Early Cretaceous, south of the Gangdese arc, during the initial subduction of the Neo-Tethyan oceanic lithosphere under the Lhasa terrane. Well-preserved stratigraphic successions document the classical upward-shallowing pattern of the forearc-basin strata and elucidate the origin of the associated oceanic magmatic rocks. The N-MORB geochemical signature and stratigraphic contact with the overlying abyssal cherts (Chongdui Formation) indicate that the Xigaze Ophiolite formed by forearc spreading and represents the basement of the forearc sedimentary sequence. Volcaniclastic sedimentation began with thick

turbiditic sandstones and interbedded shales in the late Albian-Santonian (Ngamring Formation) followed by shelfal, deltaic and fluvial strata (Padana Formation) with final filling of the basin by the Campanian age. Forearc sandstones do not show the classical trend from feldspatho-lithic volcaniclastic to quartzo-feldspathic plutoniclastic compositions, indicating limited unroofing of the Gangdese arc prior to collision. U-Pb age spectra of detrital zircons are unimodal with a 107 Ma peak in the lower Ngamring Formation (104-99 Ma), bimodal with a subordinate additional peak at 157 Ma in the middle Ngamring Formation (99-88 Ma), and multimodal with more abundant pre-Mesozoic ages in the upper Ngamring and Padana formations (88-76 Ma). These three petrofacies with distinct provenance document the progressive erosional evolution of the Gangdese arc with uplift of the central Lhasa terrane and expanding river catchments to include the central Lhasa terrane during the Late Cretaceous.

S18-O-17

大陆边缘演化与增生造山作用——塔里木北缘—南天山构造演化的启示

王博[1*]，舒良树[1]，M. Faure[2]，D. Cluzel[2,4]，J. Charvet[2]，Y. Chen[2]，BM Jahn[3,5]

1 南京大学地球科学与工程学院，南京 210093

2 Institut des Sciences de la Terre d'Orléans, UMR 7427 - CNRS/ Université d'Orléans, 1A, rue de la Férollerie, 45071 Orléans cedex 2, France

3 台湾大学地质学系，台北 10617

4 Pôle Pluri-disciplinaire de la Matière et de l'Environnement-EA 3325, Université de la Nouvelle-Calédonie, BP R4, 98851 Noumea cedex, New Caledonia

5 台湾中央研究院地球科学研究所，台北

bwang@nju.edu.cn

作为中国三大板块之一的塔里木块体，是中亚巨型造山带的西南边界，在欧亚大陆形成与演化过程中发挥了重要作用。塔里木板块的北缘与南天山构造带相接，其现今的构造格局是古生代洋陆增生和中新生代陆内地壳缩短变形的结果。这一漫长而复杂的多期构造作用过程起始于早古生代古亚洲洋构造域的演化。

长期以来，国内外学者普遍认为，塔里木北缘发育的震旦纪-石炭纪浅海-陆缘相沉积物代表塔里木早古生代被动大陆边缘，而南天山则是一个大型俯冲增生楔，由古亚洲洋的分支南天山洋向北（现今地理方位）朝哈萨克斯坦的长期俯冲作用形成的。经过近10年的研究，越来越多的基础地质资料和数据表明，(1)南天山构造带多期构造变形中，早期以顶朝南的推覆剪切为主，后期以朝南的逆冲推覆为主；(2)南天山蛇绿岩属于SSZ型，形成于晚志留-早泥盆世洋壳俯冲带上盘的弧后伸展洋盆，与南天山高压变质带原岩的开阔大洋—海山环境存在明显差别；（3）中天山早古生代岛弧岩浆岩向西可延伸到南天山，塔里木北缘也发现存在早古生代岛弧岩浆作用；（4）塔里木北部的地震剖面上，广泛存在上奥陶统和下石炭统之间的角度不整合面；（5）中天山存在与塔里木非常相似的新元古代结晶—变质基底。

因此，根据最新的研究，塔里木北缘在早古生代期间经历了活动陆缘环境，中天山和塔里木北缘早古生代岛弧岩浆岩可能是南天山洋向南朝塔里木板块俯冲形成的。在晚志留—早泥盆世，岛弧岩浆作用减弱，弧后伸展形成南天山弧后洋盆，将中天山从塔里木北缘分离。晚古生代，南天山洋持续俯冲

消减，南天山弧后盆地随之关闭，在南天山形成复杂的增生造山带。

随着资料的不断积累，早古生代塔里木北缘活动陆缘和南天山向南的俯冲作用已被大量地质事实所证实。对于晚古生代南天山洋的俯冲方向及南天山构造演化问题，目前还有不同认识，包括俯冲极性、碰撞时代等，仍需更多精细的研究来验证不同构造模式。

S18-P-01

越南北部晚中新世沉积岩层的古地磁结果及其构造意义

赵西西[1]，刘志飞[1]，赵玉龙[1]，Dong Pha Phan[2]，Nick Ogasa[3]，Khanh Phon Le[4]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 Institute of Marine Geology and Geophysics, Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi Vietnam

3 Department of Earth and Planetary Sciences, University of California Santa Cruz, USA

4 Department of Marine Geology, Hanoi University of Mining and Geology, Dong Ngac - Tu Liem, Hanoi Vietnam

xzhao@tongji.edu.cn

现存的一些构造模式认为印度 - 欧亚板块的碰撞以及随之而来的构造挤压形成了哀牢山—红河断裂带（RRF）。有研究表明哀牢山—红河断裂在渐新世和中新世期间呈左旋剪切拉伸并至少有500至600公里的位移。为了帮助理解地质构造事件与区域地质之间的因果关系，我们对越南北部富寿和银白两省3个盆地中的晚中新世地层进行了古地磁学和岩石磁学研究。所有采样点显示出类似的古地磁特征。逐步热退磁首先除去类似于目前地磁场方向的低温分量。该低温分量通不过褶皱检验。高温分量是特征剩磁方向，具有正负磁极性，并在高水平的信任度上通过局部褶皱检验。我们新获得的晚中新世古地磁数据表明，采样区域在晚中新世时已经到达今天的位置，并一直保持基本稳定。新的数据表明，由红河断裂左旋剪切引起的构造变形没有影响越南晚中新世岩石的古地磁方向。哀牢山 - 红河断裂活动终止在晚中新世之前。我们在越南中新世岩石中成功分离原始特征剩磁表明，越南和印度支那其他的第三纪岩石也可能保存着这样的古地磁记录，可用于亚洲地区的古地理重建。

S18-P-02

加瓜海脊海洋地质初步研究：花东海盆或西菲律宾海?为何于早中新世/晚渐新世呈现大规模下陷(~2000 公尺)

黄奇瑜[1]，刘家瑄[2]，闫义[1]，吴时国[3]，张国良[3]，杨胜雄[4]，李学杰[4]，陈多福[1]

1 中国科学院广州地球化学研究所,边缘海地质重点实验室，广州

2 台湾大学海洋研究所，台北

3 中国科学院海洋研究所，青岛

4 国土资源部广州海洋地质调查局，广州

huangcy@mail.ncku.edu.tw

花东海盆位于台湾东侧海域,介于海岸山脉与西菲律宾海之间(120-123°E), 两者以加瓜海脊(Gauga Ridge)为界。过去地质学界对花东海盆海洋地质研究是忽略的,总把花东海盆认为是菲律宾海板块的一部分(Karig, 1970; Shih, 1980; Hilde and Lee, 1984)。而菲律宾海板块是亚洲大陆新生代边缘海之一,因此地质学界也认为花东海盆也是新生代海洋地壳(古地磁异常条带 16-19,或始新世 41-36 Ma;依 Cande and kent, 1995 年龄模式; Hilde and Lee, 1984)。二十世纪末期展开的海洋地质调查报导花东海盆海洋地壳为早白垩纪(120-125 Ma; Deschamps et al., 2000),使得花东海盆的来源必须重新详细研究。花东

海盆海洋地壳年龄的是推测花东海盆来源及构造演化的基本要件。目前更多的花东海盆地壳年龄测年及地球化学研究正进行中(余梦明等本会议摘要)。

加瓜海脊界于花东海盆与西菲律宾海之间,沿东经 123 度南北走向,从吕宋岛东北角到琉球海沟,绵延长达 300 公里,宽约 20 至 30 公里,高出两侧海床 2000 至 4000 公尺不等(Liu et al., 1998)。于北纬 23 度以北隐没入琉球弧沟系统(Schnurle et al., 1998)。自加瓜海脊已捞获岩样包括粗粒玄武岩,辉长岩,层状辉长岩,堆晶辉长岩, 角闪岩, 蛇纹石化角闪岩,片麻岩(Mrozowski et al., 1982; Evans and Lewis (1984; Deschamps et al., 1998)。可以确认加瓜海脊不是火山岛弧, 而是具走滑断层的非(-贫)震海脊。至目前加瓜海脊年代不详,导致加瓜海脊究竟属予花东海盆(白垩纪?)或西菲律宾海(始新世),尚未明瞭。由重力、磁力及详细海底地形调查,一般认为加瓜海脊为一个主要断裂带(fracture zone; Hsu et al.,1998; Deschamps et al., 1998)。

采自加瓜海脊三件岩样。样品 1 (22°00.32’ N /122°56.91’E, 水深-2223 m)为台湾大学海洋一号研究船 1992 年 OR-I-316 航次以重力岩心取得 50 公分厚岩样，上部 10 cm 为有孔虫壳砂，下部 40 cm 为砾—粗粒玄武质火山角砾岩(Huang et al., 2001)。样品 2 (22.0647^{o}N/122.90234^{o}E; 水深-2137 m)为珊瑚礁石灰岩;样品 3 (22.04868^{o}N /122.947464^{o}E; 水深-2776 m)为棕色火山角砾岩,含球形锰结壳及微体化石。这三件采自水深-2100~-2700 m 岩样，均含原地浅海珊瑚礁相底栖化石及早中新世/晚渐新世热带海洋浮游微体化石，显示加瓜海脊海洋地壳老于晚渐新世，并且于早中新世时下陷了至少 2000 公尺。加瓜海脊既非火山岛键，为何会呈现如此大规模下陷？可能与花东海盆/西菲律宾海板块间走滑拉张构造有关。花东海盆自早白垩纪以后之构造演化—沉积历史、加瓜海脊之地质角色，及两者与台湾岛、古南海(或新特提斯洋)及吕宋岛地质关系,甚值得后续研究。

S18-P-03

南海北部转换陆缘和被动陆缘背景下反转构造对比

张翠梅，孙珍，孙龙涛

中国科学院南海海洋研究所，广州 100871
cmzhang@scsio.ac.cn;

南海北部陆缘沉积盆地在新生代均经历了先伸展后挤压的构造反转，不同盆地的反转程度，反转时间和动力学背景存在较大的差异。目前揭示的南海北部陆缘反转构造与板块碰撞或汇聚事件密切相关，如印藏碰撞导致红河断裂走滑在莺歌海盆地和琼东南盆地西部形成反转，以及菲律宾板块在晚中新世沿 NW 方向与欧亚板块汇聚形成的反转。对于被动陆缘演化过程中形成的反转研究几乎没有。本研究基于丰富的地质和地球物理资料，结合地震地层分析，识别了南海北部被动陆缘在裂陷-漂移的过渡期出现的反转构造，揭示了反转构造特征，并与南海西部转换陆缘背景下与红河断裂走滑相关的反转褶皱进行对比，进一步揭示了南海北部被动陆缘反转构造的成因机制。

新识别出的反转构造主要分布于琼东南盆地东部和珠江口盆地，位于现今洋陆过渡带（OCT）附近；地层遭受显著挤压，但未出现逆断层，推断反转程度轻微；褶皱轴向呈 NE-NEE 向展布，平行于裂陷期相关伸展断层方向；反转在珠江口盆地形成于 32 Ma，结束与 23.8 Ma，在琼东南盆地发育于 21 Ma，并持续很短时间结束。也即反转的形成时间与南海北部陆缘破裂不整合面（BU）的时间

一致，并具有穿时性，形成时间东早西晚，且东部持续时间长于西部。南海西部转换陆缘背景下的反转构造分布在红河断裂带附近，出现在莺歌海盆地，琼东南盆地西部的乐东凹陷和西南部华光凹陷；褶皱轴向呈 NNE 向，与红河断裂带 NW 走向斜交，推断是在红河断裂左旋走滑应力作用下产生；反转时间在莺歌海盆地为 30-16.6 Ma，在琼东南盆地乐东凹陷为 30-25.5 Ma，在华光凹陷西部为 25.5-21 Ma，东南部为 21-15.5 Ma，因此，转换陆缘背景下的反转褶皱形成也具有穿时性，发生时间上北部早，东南晚，指示了红河断裂活动向南东传播的特征。

被动陆缘背景和转换陆缘背景下的反转褶皱在空间延伸、褶皱轴向、形成演化上显著不同，因此，珠江口盆地和琼东南盆地东南部 OCT 附近发育的反转褶皱机制与红河断裂走滑无关，其应力应该来源于 SE 向。结合反转发生在陆缘裂陷-漂移的过渡期或海底扩张早期，推测反转作用与南海海底扩张相关，由海底扩张初期新生洋脊向两侧产生推力，遭遇刚性的欧亚大陆地块阻挠而形成。该反转构造的识别对于被动陆缘的形成和演化具有重要意义。

S18-P-04

南海在 33Ma 前开始扩张的生物地层记录

李前裕[1]，吴国瑄[1]，舒誉[2]，张丽丽[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092
2 中海石油深圳分公司，广州 510240

最近一篇文章分析亚洲东部两个最重大构造跳跃迁移事件：40Ma 和 25Ma (Suo et al., 2014, JAES)，代表欧亚大陆—西太平洋边缘的汇聚速率明显增高的两个时期。由于印度—欧亚板块碰撞和太平洋-菲律宾板块俯冲后的回转，构造活动由西向东迁移，造成东亚构造沉积事件年龄西老东新的现象。但是，南海区域性构造事件，特别是初始开裂—扩张、扩张加快（轴变）和扩张停止似乎并不完全符合自西向东迁移的特点，而是叠加有自东北向西南演变的历史，这些可以从生物地层记录中演绎出来。

40 Ma 和 25 Ma 事件在南海北部的陆架/陆坡盆地都有较好的地层记录，不过由于向东和向西南的构造迁移，地层记录的构造年龄在不同区域有变化，这种年龄不一致情况往往造成不同的观点和争论。据分析，40 Ma 事件可能延伸至晚始新世（~34 Ma）；而 25 Ma 事件可能延伸至渐新世/中新世交界（23 Ma）或者更晚。40 Ma 事件的有关记录由于陆相沉积的定年手段有限而往往不完整，年龄控制较好的是台湾地层的中晚始新世的地层间断，指示破裂不整合 (Huang et al., 2012, CSB). ODP1148 站和 IODP1435 站的正常海相沉积记录起始于 33 Ma，也表明南海初始开裂-扩张发生在 33 Ma 之前(Expedition 349 Scientists, 2014)。早于 33Ma 的海相记录只出现在南海的东北即台湾及其邻近海区，向西南变晚，是引起南海扩张的构造活动由东北向西南迁移的基本特征。25-23 Ma 事件在这两个站位都表现有地层缺失，与扩张轴转向西南及扩张加快有关。

S18-P-05S

花东海盆洋壳火山岩地球化学特征及其与菲律宾吕宋岛 Isabela 蛇绿岩的关系初探

余梦明[1,2]，闫义[1*]，黄奇瑜[1,3]

1 中国科学院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室，广州 510640
2 中国科学院大学，北京 100049
3 成功大学地球科学系，台南 701
yanyi@gig.ac.cn

自 Deschamps et al.(2000)对花东海盆基底辉长岩样品（RD19 和 RD20）进行角闪石 Ar^{40}/Ar^{39} 测年获得早白垩世年龄后，花东海盆被确认为西太平洋地区现存的众多边缘海中唯一的中生代海盆，因此它将成为研究东南亚中生代海洋岩石圈的天然实验室。近年来对花东海盆开展了大量的地球物理研究，重磁数据虽能了解花东海盆的岩石圈内部结构，但对海洋岩石圈的性质解释较间接、且具多解型。我们对 Deschamps et al.(2000)的辉长岩样品和位于吕宋火山岛弧东侧的另一玄武岩（RD17）进行了全岩主量和微量元素地球化学分析。此外，菲律宾保存有大量的白垩纪蛇绿岩，其中 Deschamps et al.(2000)认为位于吕宋岛东部的Isabela蛇绿岩可能是花东海盆的陆上延续，但至今从未对二者进行过有效的对比研究，我们在分析花东海盆洋壳自身特征的同时将其与 Isabela 蛇绿岩（数据摘自 Queano, 2006）进行对比，旨在探讨二者的亲缘关系，以期开展海陆对比，进一步认识花东海盆。

（1）在火山岩 TAS 图解中辉长岩 RD19 和 RD20 落入亚碱性区域，玄武岩 RD17 则落入碱性区域，Isabela 蛇绿岩的枕状玄武岩碱性和亚碱性都有；为了避免玄武岩蚀变的影响，在 Nb/Y- Zr/TiO2 图解(Pearce, 1996)中所有样品都落入亚碱性区域。

（2）花东海盆样品 $Mg^{\#}$较 Isabela 蛇绿岩高（花东海盆 $Mg^{\#}$=0.39-0.52，Isabela 蛇绿岩 $Mg^{\#}$=0.15-0.46）。

（3）REE 球粒陨石标准化(Sun and McDonough, 1989)配分模式图上，花东海盆样品RD17呈显著的右倾型（(La/Sm)N=1.99；(La/Yb)N=5.18；∑REE=85.4ppm），轻重稀土分异明显，介于E-MORB和OIB之间，RD19 相对平坦（(La/Sm)N=0.88；(La/Yb)N=1.36；∑REE=9.74ppm），RD20 呈现微弱的右倾型，轻重稀土分异不明显（(La/Sm)N=1.36；(La/Yb)N=2.81；∑REE=38.08ppm）。此外，RD19 和 RD20 具 Eu 正异常，其中 RD17 的∑REE 明显低于 N-MORB(39.11ppm, Sun and McDonough,1989)。相比之下 Isabela 蛇绿岩的玄武岩整体表现出相对平坦的 REE 配分模式（(La/Sm)N=1.16-1.57；(La/Yb)N=1.49-3.36；∑REE=39.54-67.22ppm），类似于 E-MORB，仅一个样品类似于 N-MORB。

（4）在不活动元素配分图解上(Pearce, 2014)花东海盆样品 RD17 和 RD20 较 Isabela 蛇绿岩呈现出 Nb、Ta 和 Ti 强负异常，表明受俯冲流体影响强烈，而RD19类似于Isabela蛇绿岩具较低的 Th/Nb 比值，此外，花东海盆样品均呈现出明显的 Zr、Hf 和 Y 负异常，明显区别于 Isabela 蛇绿岩（具微弱的 Zr、Hf 和 Tm 负异常）。

（5）按 Pearce (2014)蛇绿岩构造环境识别步骤，在 Nb/Yb-Th/Yb 图解中仅 RD17 和一个 Isabela 蛇绿岩样品（PAL-10）落入大洋岛弧-大陆岛弧区域内，其中 RD17 落在大洋岛弧边界而 PAL-10 落入大陆岛弧边界，除此之外其他样品均落入 MORB-OIB 地幔区域，且集中于 N-MORB 和 E-MORB 之间。进而，之前落入 MORB-OIB 地幔区域的样品在 Nb/Yb-TiO_2/Yb 图解中 RD19 落入 OIB 范围，而 RD20 落入 N-MORB 范围，表明 RD19 熔融深度和熔融程度比RD20都要大，与$Mg^{\#}$结果一致；Isabela 蛇绿岩样品在 Nb/Yb-TiO_2/Yb 图解中 N-MORB 和 E-MORB 都有。之前落入大洋岛弧-大陆岛弧区域内 RD17 和 PAL-10 在 Ti/V 图解中落入 MORB-IAT 边界位置。对于其他样品，RD19 落入玻安岩区域，RD20 落入 IAT 区域，Isabela 蛇绿岩样品均落入 MORB 区域。

整体上，花东海盆洋壳火山岩样品介于

N-MORB 和 OIB 之间，类似于 IAT，均呈现出 MORB-like 的 Nb、Ta 强负异常，表明具有相同的岩浆源区且受俯冲作用影响强烈。此外，花东海盆洋壳火山岩具有与 Isabela 蛇绿岩玄武岩相似的微量元素（包括 HFSE 和 REE）配分模式，其中远离洋盆基底的 RD17 和位于洋盆基底且靠近加瓜海脊的 RD20 与 Isabela 蛇绿岩在很大程度上相似；RD19 位于马尼拉海沟弧前盆地位置，其白垩纪年龄表明花东海盆洋壳为吕宋火山岛弧的基底，超低的∑REE 可能源于样品中 REE 赋存矿物少。因此，花东海盆海洋岩石圈与菲律宾吕宋岛 Isabela 蛇绿岩有很好的可比性，二者具有相同的来源。

S18-P-06

西藏尼玛盆地北部坳陷古近系碎屑锆石 LA -ICP-MS U-Pb 年代学及其构造意义

密文天[1,3]，朱利东[2]，杨文光[2]，

1 内蒙古工业大学矿业学院，呼和浩特 010051

2 成都理工大学沉积地质研究院，成都 610059

3 中国地质大学（武汉）地质过程与矿产资源国家重点，武汉 430074

miwentian1982@163.com

利用 LA-ICP-MS 技术，对尼玛盆地北部坳陷古近系牛堡组进行砂岩碎屑锆石 U-Pb 年代学研究。年龄数据集中在 2300~2500 Ma、1700~2100 Ma、1000~1200 Ma、700~900Ma 四个主要年龄组及 163~246 Ma、105~134 Ma 两个较小的年龄组，一颗锆石核部获得 2.5 Ga 的年龄值。样品物源可能为羌塘地体。1700~2100 Ma 年龄与 Columbia 超大陆汇聚事件有关，950 Ma 峰值年龄验证了羌塘、特提斯喜马拉雅地体及印度克拉通有成因上的联系，950-1250 Ma 是对 Rodinia 超大陆碰撞—拼合事件的响应；700-900 Ma 对应着 Rodinia 超大陆裂解事件年龄，528 Ma、591 Ma 等对应泛非事件年龄；163-246 Ma 的年龄与班公湖—怒江洋盆的打开有关；~170 Ma 年龄对应着班公湖—怒江洋壳向南俯冲的时代；酸性流纹质熔结凝灰岩及碎屑锆石的年龄结果显示，班公湖—怒江带尼玛盆地的火山活动为早白垩世火山事件的产物，火山活动发生于 110-130 Ma 之间，与冈底斯带中北部同期火山活动可对比，可能与班公湖—怒江带洋壳向南俯冲有关。

S18-P-07S

青藏高原与尼泊尔喜马拉雅前陆盆地构造演化及其能源形成重要性意义研究综述

Neupane Bhupati,Ju Yiwen, Sun Ying

Key Laboratory of Computational Geodynamic, Chinese Academy of Science, University of Chinese Academy of Science, College of Earth Science, Beijing, 100049

bhupati.neupane@yahoo.com

The youngest and the most spectacular of Tibetan plateau and the Himalayan region was formed over the past 55- 50 million years (Ma), as a result of the continent- continent collisional belts on Earth is the Himalayan-Tibetan orogen, occupying the east-west trending, high-altitude Himalaya and Karakorum ranges in the south and the vast Tibetain plateau to the north of central Asia. Structural and tectonic histories of evolution of Tibet seems to be began, during the Paleozoic to Cenozoic, as the Himalayan mountain system including of the Nepal Himalaya, evolved in a series of stages 30 to 50 Ma ago and are still active and continue to rise today, as the Indian plate moving north- east at the

rate of 5 cm per year. The major thrust controls in Tibet- Nepal Himalaya, including the three Mesozoic suture zone; Kunlun, Jinsa, and Bangong suture and the Main Central Thrust (MCT), the Main Boundary Thrust (MBT) and the Main Frontal Thrust (MFT) respectively.

Evolution of Tibet- Nepal foreland basin thinks to be a quite similar; Eocene – recent, sedimentary sources and the similar sedimentary rocks of them are directly affected by large scale geological structures. Complicated and strange structure and the collapsed of large Tethys sea between Tibet-Nepal regions is the most probable region for deposition of Conventional energy resources. Number of potentially petroliferous basins of Tibet- Nepal, are filled with marine sediments. However, the Qiangtang Basin, Mesozoic marine sedimentary foreland basin, of Tibet is the great potential reserve for gas hydrate in permafrost regions. In this review, the example of evolution of Tibet- Nepal, foreland basin and energy resources between them is used to illustrate in different approach. Various Techniques, as petrography, heavy mineral, XRF and Sr–Nd studies; single grain dating by Ar–Ar, U–Pb and fission track methodologies, and single grain Sm–Nd and Pb isotopic analyses, are described.

S18-P-08S

海岸山脉南段东—西向剖面利吉混杂岩—泰源残留弧前层序时空差异:台湾斜向活跃弧陆碰撞弧前盆地构造与沉积特征

陈文煌[1,2]，黄奇瑜[1,3*]，闫义[1]，陈多福[1]

1 中国科学院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室，广州 510640

2 中国科学院大学，北京 100049

3 成功大学地球科学系，台南 701

*huangcy@mail.ncku.edu.tw

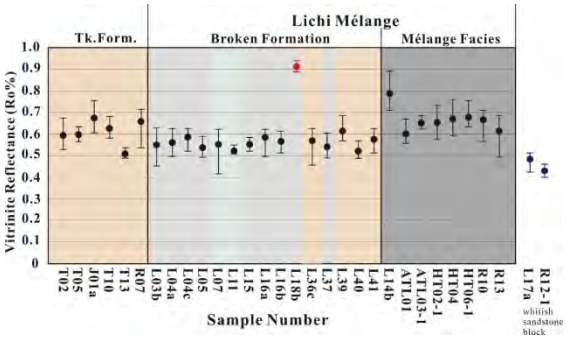
在台湾岛及其南侧海域俯冲和碰撞的不同阶段正在由南而北同时发生。在洋-洋俯冲与初期弧陆碰撞过渡带，地震剖面资料显示北吕宋海槽弧前盆地西侧层序同时受双向逆冲断层的控制，西侧形成向上拱生的初生花东海脊，该地形高区上不再接受沉积。而向北至初期弧陆碰撞带，随着背逆冲断层的向东迁移，北吕宋海槽内早期沉积的弧前层序几乎被完全抬升变形为花东海脊，并在花东海脊东侧发育残留弧前盆地，此盆地内继续沉积正常层序。 因此，在东西向弧前盆地剖面上显示，西侧的花东海脊层序老于东侧的残留弧前盆地。这种弧前盆地构造控制沉积的地质过程，是否也存在于已出露的海岸山脉弧前盆地？ 海岸山脉西南侧的利吉混杂岩被认为是花东海脊的向北延伸。如果上述地质过程确实存在，利吉混杂岩的沉积年代应该老于其东侧的残留弧前盆地，而且利吉混杂岩中的沉积层序应未经历显着的埋藏作用。为验证这些问题，本研究运用微体化石以了解利吉混杂岩的沉积年代，并辅以镜质体反射率了解利吉混杂岩和残留弧前盆地的埋藏历史与构造关系。

对利吉混杂岩的野外地质观察与微体古生物定年主要沿都銮山断层西侧的木坑溪剖面开展。该剖面主要出露破裂地层相，以剪切强烈的泥质基质与剪切微弱、层理相对连续的浊积层序交替出现为特征；少部分为混杂岩相，含若干基性—超基性岩块，都銮山断层东侧为正常层序的泰源残留弧前层序(Horng and Shea, 1996)。浮游有孔虫及钙质超微化石分析显示，大部分泥质基质与浊积层序的沉积年代可从晚中新世延伸至早上新

世 (N17A-20; 8.6-3.4 Ma)， 根据野外产状及化石组合，可划分为年龄上由老到新的三个独立单元。此外，该剖面中还存在部分沉积于晚上新世(下部 N21 带 3.4-3.0 Ma)的富板岩屑浊积层序，其年代及岩性皆类似于都銮山断层东侧的泰源残留弧前盆地(3.4-1.2 Ma，Horng and Shea， 1996)下部层序。在海岸山脉，位西侧的利吉混杂岩老于东侧的残留弧前盆地，此地层展布特征类似于北吕宋海槽的花东海脊—残留弧前盆地。因此，利吉混杂岩中以破裂地层相为主的泥质基质及浊积层序(8.6~3.4 Ma)相当于早期沉积、变形的花东海脊，并记录了活跃于 3.4 Ma 以前的背逆冲构造运动。此背逆冲构造于 3.4 Ma 后逐渐停歇，位于东侧的残留弧前盆地得以沉积正常层序。成熟期弧陆碰撞阶段（~1 Ma 以来）花东海脊被进一步向西剪切成利吉混杂岩，残留弧前盆地及火山岛弧向西仰冲于利吉混杂岩之上，在此过程中部分残留弧前层序(3.4~3.0 Ma)被卷入利吉混杂岩中。

镜质体反射率测试结果显示，残留弧前盆地正常层序介于 0.5% ~ 0.7% (平均 0.61%)，而利吉混杂岩中破裂地层相与混杂岩相分别为 0.5% ~ 0.6% (平均 0.56%)与 0.6%~0.8% (平均 0.66%)。总体上，利吉混杂岩的镜质体反射率明显低于恒春半岛垦丁混杂岩(0.8%~1.0%，平均 0.94)，说明利吉混杂岩的埋深明显浅于形成于恒春半岛增生楔底部俯冲通道的垦丁混杂岩，二者具有不同的构造背景。利吉混杂岩破裂地层相的镜质体反射率近似甚至稍低于年轻的残留弧前层序，显示这套破裂地层并未经历显著的埋藏作用，也证明了它在沉积不久后旋即遭受构造作用的抬升。而混杂岩相镜质体反射率值略高于破裂地层相，推测混杂岩相来源于弧前盆地较深处，并在成熟期弧陆碰撞阶段伴随弧前基底蛇绿岩套侵位至地表，可能受到埋深与断层摩擦加热作用的影响。

综合分析显示，目前发生于北吕宋海槽弧前盆地的地质过程也曾发生于海岸山脉，造成了利吉混杂岩与残留弧前盆地的时空差异，显示了活跃弧陆碰撞构造对弧前盆地沉积的控制以及斜向弧陆碰撞构造演化的穿时性。



（Broken Formation 中绿色单元沉积于 8.6-6.6Ma，灰色单元沉积于 6.6-5.5Ma， 橙色单元沉积于 3.4-3.0 Ma）

S18-P-09

青藏高原新生代构造变形与高原生长

李亚林，王成善

中国地质大学（北京）青藏高原地质研究中心，北京，100083

liyalin@cugb.edu.cn

喜马拉雅—青藏高原面积超过 250 万 km^2 、平均海拔大于 5000 m 被认为是印度-欧亚大陆碰撞造山的产物 (图 1) (Molnar and Tapponnier, 1975; Harrison et al., 1992; Ratschbacher et al., 1994; Yin and Harrison, 2000; DeCelles et al., 2002; Li et al., 2012, 2013; Meng et al., 2013; Wang et al., 2008)，在过去的几十年里，对于高原隆升及其动力学机制一直是高原研究的热点问题，尽管不同研究者提出了许多模式，但对于其隆升方式、过程及其动力学目前仍然存在较大争议。构造变形过程和高原无疑有着密切的联系，如何通过构造变形及其演化过程约束喜马拉雅

—青藏高原形成机制和过程成为高原构造研究的关键，通过近年来对高原白垩纪-新生代构造变形和构造热年代学研究结果综合分析，我们对高原变形与隆升过程进行了探讨。

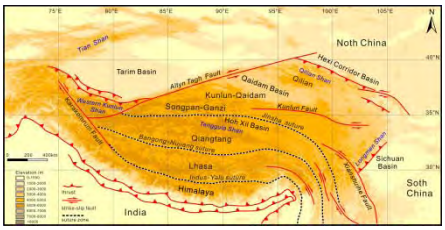


图 1 喜马拉雅—西藏高原构造单元与地貌特征

遍布高原的逆冲构造是高原最为显著地变形样式，记录了高原地壳缩短、增厚和演化历史。通过对喜马拉雅-西藏高原逆冲构造时空分布及其运动学研究，将其分为中部逆冲系（拉萨—羌塘）、北部逆冲系（松潘-甘孜—祁连山）、南部逆冲系（雅鲁藏布江缝合带-主前缘断裂）和东部逆冲系（理塘—龙门山）。这些逆冲带活动时限表明，高原地壳缩短经历了由中部向外扩展过程，其中可分 4 个阶段，即：前始新世、始新世-渐新世、中新世和上新世以来。变形分析表明喜马拉雅-西藏高原自晚白垩世以来南北向缩短了 3000 km，其中喜马拉雅地区发生了 900-1100 km 缩短、拉萨地体 290 km、班公湖-怒江缝合带 250 km、羌塘地体>520 km、松潘-甘孜地体和东昆仑 200 km 以及祁连山 350 km；其中 2200 km 主要被大型逆冲断裂吸收，这些逆冲断裂导致了地壳缩短和增厚。构造热年代学分析表明，这些逆冲断裂同时导致了高原的隆升，高原中部在 40 Ma 已经达到现今高度，并且受逆冲断裂的制约，表现出向外生长的特点。结合区域构造演化，我们认为白垩纪晚期由于拉萨-羌塘地体拼合导致高原中部隆起，新生代以来随着印度-欧亚碰撞（55-50 Ma)，高原由中部向四周扩展，并且经历了>55 Ma、55–23 Ma、23–10 Ma 和 10–0Ma 4 个主要生长期，现今高原周边逆冲断层和山脉代表正在生长的高原；同时喜马拉雅和西藏高原现今活动的 N-S 向裂谷具有不同的动力学机制，并非高原隆升塌陷的产物。

S18-P-10

生物向光性与板块旋转关系探讨

刘本培[1]，田友萍[1]，蒋子堃[2]

1 中国地质大学地球科学和资源学院，北京 100083
2 中国地质科学研究院，北京 100037
liubp@cugb.edu.cn

营光合作用的生物在其生长过程中具有向光性（**phototropism**）特征，是大众的常识。但其在地球系统科学跨学科研究中的重要科学意义和广阔应用前景，尚未得到应有的关注。作者近年通过华北地区中生代原位直立硅化木年轮形态和元古代叠层石生长特征，探讨其与华北古板块旋转方位之间的关系，得出一些初步的认识。特此向多学科学术同行汇报、敬请批评指正。

陆生树木生长有向光性特征，已纳入中学的教材内容。我国特种兵的“不使用指南针定位”特技，就是合理运用了树干“南大北小”原理。古地磁学者研究认为中生代以来华北板块先后发生过大幅度（43°）逆时针旋转和随后的顺时针旋转。本文根据北京、武汉、云南部分现生树桩的年轮形态观察，发现平原区在正常条件下（无山坡地形、挡光、近水、树根分支等干扰因素）树木年轮最粗大（向光性）的方向为 SSW210°±5°。北疆东准噶尔将军庙附近盛产侏罗纪硅化木，作者观察到直立硅化木树桩的向光性方向与现代一致，证明准噶尔地区自侏罗纪以后没有发生地块旋转。北京延庆侏罗纪硅化木世界地质公园中，保存有二个原位直立硅化木层位。受后期燕山运动强烈构造作用的破坏，

目前仅在下层位中观察到个别硅化木的向光性方向为 SW235°，符合华北板块晚侏罗世的旋转方位（刘本培等，2013）。目前需要有更多地点、层位和数量的实际资料予以检验。

华北中、新元古代海相地层中目前已经有发现铁岭组上部 S 型叠层石及其 C 轴倾向的报道(屈原皋等，2004)，但在国际学术界引起了叠层石有无向阳性（heliotropism）的质疑（Williams et al.,2007）。作者在蓟县剖面的相同层位中实测到不同的数据，在成因解释和如何与已有的古大陆图研究成果(Zhang et al.,2012)相验证方面，需要进一步复查。在《叠层石》（曹瑞骥、袁训来，2006）专著中，附有新元古代淮北地区燧石化叠层石中指示光源方向的清晰照片。如果通过定向标本、定向切片复查，以及开展现生叠层石（北美巴哈马台地、黄石公园和西澳鲨鱼湾）向光性方向的比较研究，有望在确定华北板块元古代不同时期古方位研究领域获得多学科验证的宝贵资料。在全球元古代古大陆再造中，可以发挥一个独立方面的特殊作用。

S19-O-01

东亚大陆边缘的俯冲构造动力学与边缘海演化

李家彪

国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012
jbli@sio.org.cn

亚洲受控于印度洋和太平洋双向俯冲和澳大利亚的碰撞，是欧亚、太平洋和印度—澳大利亚三大板块的集中汇聚区，无论是从印度洋、太平洋和南大洋洋脊的扩张到东南亚东西两边的俯冲带和其南北的陆块缝合拼接，还是正在发生的岛弧、造山运动和边缘海盆演化也体现了东亚的深部汇聚作用，地壳深部的物质在此汇聚。

然而正是东亚这一全球最大的汇聚中心，也是板块俯冲、碰撞最密集的地区，却形成了全球最大量的边缘海。这种在高度挤压应力背景下同时发生大规模的张裂活动，是全球构造研究中的奇观，说明东亚板块俯冲带还具有其他地区所没有的机制和动力学特征。

由于周边板块对东亚的俯冲和碰撞，火山、地震及海啸和台风的活动强度和密度是全球最高的，是海洋灾害的汇聚区。此外，俯冲碰撞带造成了青藏高原的隆升和亚洲大陆的地形垂向落差大，该区域降雨量多、巨大的温差以及季风影响，大量的陆源物质通过河流和大气被输运到这里，引发了世界上最大的“源—汇”体系，并最终在埋藏在海洋沉积物中，造成了东南亚陆源物质的汇聚，是油气资源和固体矿产形成的主要场所。

S19-O-02

南海东部马尼拉海沟俯冲带（20°N）深部探测的重要科学意义

赵明辉[1]，徐亚[2]，游庆瑜[2]，孙龙涛[1]，黄海波[1]

1 中国科学院南海海洋研究所， 广州 510301
2 中国科学院地质地球物理研究所，北京 100029
mhzhao@scsio.ac.cn

南海是我国走向深海研究的重要突破口[汪品先, 2009]，具有南北张裂型、东侧俯冲型和西侧剪切型三种典型大陆边缘；其东部边界，由于南海洋壳沿马尼拉海沟向东俯冲至吕宋岛弧之下，由西向东，形成了由南海海盆、马尼拉海沟、增生楔、弧前盆地（吕宋海槽）和火山弧（吕宋岛弧）组成的马尼拉海沟俯冲体系[Ludwig et al., 1979；李家彪等, 2004]；作为南海惟一的俯冲汇聚边界，马尼拉海沟俯冲带是南海完整的威尔逊循环的终点，在解决南海的形成与构造演化科学问题中是至关重要的不可回避的环节[汪品

先, 2012]。

南海东北部的马尼拉海沟，地震活动频繁，北与台湾碰撞带相连，东部有台湾-吕宋又火山链，构造演化极为复杂。台湾学者曾识别了磁异常条带（c17-c15），推断南海最早海盆扩张可能是 37.8 Ma[Hsu et al., 2004; Tsai et al., 2004; Yeh et al., 2010]，这与以往的南海最早扩张年龄是 32Ma[Taylor & Hayes, 1980; Briais et al., 1993]的结论提出异议；最近 TAIGER 计划探测结果表明，此处地壳性质属于强烈拉伸的陆壳[McIntosh et al., 2013; Wu et al., 2014；Eakin et al.; 2014]；那么南海东北部是否存在 E-W 向磁异常条带？此处地壳本质是什么？这涉及到南海海盆最早打开的时间问题及洋陆边界问题。南海除了地质构造复杂，其最大的独特性是海盆内海山众多，分布广泛。而海山是认识深部岩浆的窗口，记录着南海演化及相关深部过程的重要信息[徐义刚等, 2012]。马尼拉海沟俯冲带涉及到海底高原（海山）俯冲的科学问题，如：古扩张脊-黄岩海山链的俯冲挤入[陈志豪等，2009]，海山俯冲对俯冲带的方向与角度产生何种影响？是否影响周边地震的震级大小？均是国内外科学界关注的热点科学问题。同时，马尼拉海沟俯冲带是研究俯冲工厂的重要窗口，是地球表层物质与地幔深层物质进行循环的主要场所。俯冲带的结构，特别是壳幔物质相互作用及流体运动路径的深部结构特征，是理解俯冲带形成演化及地震带发震机制的重要基础[Stern, 2002]，同时是我们在 21 世纪需多学科、多种技术手段共同努力完成的、整个地球科学共同面对的巨大挑战！

基于上述科学问题，迫切需要开展地球物理探测，揭示马尼拉海沟俯冲带内部结构。但以往的研究均建立在孤立的二维结构探测基础上，不能解决此处马尼拉海沟俯冲带（19-21°N）在三维空间上的变化，因此，开展大规模的三维海底地震仪（OBS）探测非常必要。然而，深地震探测方法只能解决俯冲带的速度结构问题，却不能提供俯冲带内部的流体聚集、脱水深度及运移路径等方面的信息，为此，需开展 OBS 与海底电磁（OBEM）联合探测技术，以获取俯冲带的深部速度结构和电性结构，力求解决上述科学问题。

S19-O-03

海底广角地震剖面揭示的南海地壳结构特点及存在的问题

阮爱国[1]，李家彪[1]，丘学林[2]，赵明辉[2]，吴振利[1]，卫小冬[1]，牛雄伟[1]

1 国家海洋局第二海洋研究所，海底科学重点实验室，杭州 310012

2 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301

南海形成演化有三个问题还有待解决或进一步明确，一是海底扩张的年龄、中央海盆与西南次海盆的扩张次序，二是海底扩张成因，构造逃逸？板块俯冲？或是混合模式？其中红河断裂、海南地幔柱和马尼拉海沟的作用如何？三是南海海盆的关闭与消亡问题。这些问题依赖于磁异常测量、岩浆与岩石学证据和地壳结构探测。

近年在海南南北陆缘和中央海盆用海底地震仪（OBS）完成了一系列广角地震剖面，揭示了南海南北陆缘和海盆部分区域的地壳结构，在南海的构造演化和动力学方面取得了一些新的认识：(1) 南海北部陆缘东段和西段有较大差异，北东段为火山型，其下地壳存在高速层（>7.2 km/s）,特别是在东沙隆起高速层较厚，可解释为侵入岩浆体，而西段为非火山型，没有发现高速层；（2）南海南沙地块的中部和东部具有相似的构造性质，

陆缘地壳厚 20km 左右，洋盆地壳厚 5-6 km 左右，没有发现下地壳高速层，礼乐滩可能与中沙块体互为共轭；（3）南海中央海盆为典型的洋壳，沉积层厚 1-2 km,速度 2.2 km/s，地壳厚 5 km 左右，结晶基底起伏剧烈，小型火山分布较为密集，莫霍面埋深 10-10.5 km。对震相的分析表明，中沙以南存在破碎带或大的断层，验证了前人的看法，其下方莫霍面轻微抬升。

但我们对上述认识还存有疑问。（1）在北部陆缘东北段地壳结构研究中，主要是依靠地震射线追踪和反演确定下地壳有高速层，在震相上并没有特别肯定的证据，表层没有找到向海反射层，所以说该区域是否是火山型还不好说。（2）海盆中央东西向 OBS 测线缺失（只完成一条，只有 200 km）， 不利于东部次海盆与西南次海盆地壳结构的对比，难以确定两者之间破碎带的确切位置。这是一个非重要的关键点，因为南海一个最显著的现象就是以“中南断裂”为界，西南次海盆与中央海盆的磁异常和扩张脊方向发生了明显的变化，116°E 附近从北东向转为近东西向。它隐含着海底扩张机制、次海盆扩张年代和次序、岩浆活动与扩张脊跃迁等问题。（3）根据北缘 OBS2006-1 剖面与 OBS973-2 的对比认为礼乐滩与中沙块体互为共轭，实际上也只是从地壳厚度和莫霍面起伏变化上解读的，没有速度变化或岩性的细致对比。

S19-O-04

南海西南次海盆及其陆缘从大陆张裂到海底扩张演化的综合地球物理研究

吕川川 [1]，郝天珧 [2]，林间 [3]，丘学林 [4]

中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029
美国伍兹霍尔海洋研究所，美国 02543
中国科学院南海海洋研究所，广州 510301
clu@iggcas.ac.cn

针对南海地质演化中的关键问题之一：大陆张裂和海底扩张模式开展了地球物理研究工作。但是过去由于受制于仪器的束缚，很久以来南海都没有一条完整的穿越洋盆的海底地震探测剖面。由于大部分的 OBS 探测剖面集中于南海北部,影响了我们深入认识海底扩张、大陆张裂过程以及南海的形成与演化。本研究利用国产海底地震仪器研制成功后的第一条深海地震测深剖面数据,开展了南海西南次海盆深部结构的广角地震探测研究工作，为认识该区的地质演化历史提供了地球物理证据。

首先，对首条穿越南海洋盆的海底地震仪广角地震剖面数据与空间重力异常数据进行了处理与反演，得到了西南次海盆及其陆缘地区的地震 P 波速结构和密度结构模型。经过不确定性分析，认为反演结果的分辨率可以实现研究目标。在此基础上结合 2009 年- 2011 年 OBS973 剖面的多道地震数据处理，开展了地球物理的解释工作，并结合反射地震、折射地震和重力数据共同完成综合地球物理反演，弥补了单一方法在洋壳陆壳过渡区反演结果存在多解性的不足。北部陆缘的下地壳速度横向变化较大。最大 P 波速度在 6.9 kms^{-1}，表明大陆张裂的大规模岩浆底侵并不存在；莫霍面的深度在西南次海盆洋壳区 为 11 km，北部陆缘的陆壳-洋壳转换带地区达到了 22 km，南部陆缘为 25 km，显示出西南次海盆陆壳破裂与岩石圈的拉张具有非对称性。在讨论分析南海西南次海盆及其陆缘的地球物理证据时，不仅综合地震地层学和重力反演的结果，讨论了西南次海盆在海底扩张前的张裂模式和扩张后的物质的横向变化，还提出了南海西南次海盆从大陆拉张到张裂、再到海底扩张六个阶段的演化模式，这为南海大陆边缘经过多期次拉张

减薄并转换到海底扩张的模式的讨论提供了新的地球物理证据。本研究认为：西南次海盆在经过多期次拉张减薄后，其下地壳屈服强度持续降低，导致岩石圈的上地幔先于地壳发生减薄；而其减薄中心的持续移动造成了海底扩张前的大陆张裂为非对称性，并推测随后发生的海底扩张也很有可能呈现非对称性。

S19-O-05

基于“发现”号 ROV 对冲绳海槽热液区和南海冷泉区的原位探测研究

张鑫，王传波，陈婷婷，吴岳，赵张南，阎军

中国科学院海洋研究所，青岛 266071

xzhang@qdio.ac.cn

本论文主要介绍了 4500 米级科考型 ROV 机器人“发现”号对冲绳海槽热液区和南海冷泉区的首次探索性原位探测研究进展。“发现”号作为定制的科考型作业级 ROV 潜器，是我国新一代海洋综合考察船“科学”号大科学工程的主要船载探测设备。

在 2014 年 3 月对“发现”号 ROV 进行 2000 米级海上测试验收过程中，探索性的原位探测了台湾南部冷泉区的近海底物理、化学环境。在航次中首先通过“科学”号安装的船载全海深多波束测深系统对冷泉区及其临近区域方圆 400 平方公里的范围内开展了精细化海底地形扫描，获得了分辨率为 20 米的海底地形和地貌，为“发现”号 ROV 下潜完成了基础地质条件调查。随后在“发现”号 ROV 机器人的 6 次下潜过程中，获得了该冷泉区大量的深海高清图像，近海底的原位 CTD、溶解氧、浊度、甲烷、二氧化碳和 pH 等物理、化学环境参数以及大量的沉积物、岩石、水体和生物样品，对其化学和生态环境的系统性研究正在积极开展。

在 2014 年 4 月对冲绳海槽热液区的中国科学院海洋先导性专项航次中，使用“发现”号 ROV 机器人发现了活动的高温热液喷口及多个低温热液渗流区，并对热液喷口及临近的渗流区的近海底理化环境开展了原位探测研究。研究中首先基于“科学”号船载的 SeaBeam 3012 全海深多波束测深系统获得了分辨率为 20 米的冲绳海槽热液区靶定海域 50*50 公里的精细海底地形地貌，并通过对地形地貌的现场分析确定了 ROV 的下潜精确坐标。在随后的 6 次 ROV 下潜过程中，获得了热液喷口及其临近海域的高清图像资料，同时原位探测了热液喷口及其周围近海底的 CTD、溶解氧、浊度、甲烷、二氧化碳和 pH 等物理、化学环境参数，采集了大量的活动的烟囱壁、硫化物、沉积物、岩石、水体和生物样品。

本论文还将对冲绳海槽热液喷口及南海冷泉口周围近海底原位理化环境及浅表沉积物的孔隙水海洋地球化学研究工作进行初步报道。

S19-O-06

南海北部火山岩锆石 U-Pb 年龄及其意义

许长海[1]，阙晓铭[2]，张向涛[2]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 中海石油(中国)有限公司深圳分公司，深圳 518067

通过对南海北部钻遇火山岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年分析，包括 SCSV1 井玄武-安山岩和玄武岩及 SCSV2 井流纹质岩四个样品 162 分析点，获得了大量前古近纪和部分古近纪年龄数据，古近纪数据 62.5±2.2 Ma 和 42.6±0.7 Ma 可能代表南海海盆扩张前的两期岩浆活动。前古近纪锆石

以环带状岩浆型继承锆石为主体，表现出壳源锆石的稀土特点。与华南基底年龄记录类似，南海北部火山岩中获得了新太古代至中元古代的锆石 U-Pb 年龄记录，包括 SCSV1 样品中的 2518~2481 Ma、1933~1724 和 1094~1009 Ma 及 SCSV2 样品中的 2810~2718 Ma、2458~242 1Ma 和 1850~1008 Ma。SCSV2 中的两组年龄 927.0±6.9 Ma、781.0±38 Ma 时间上与华夏拼合扬子块体以及 Rodinia 超大陆裂解事件一致。SCSV1 和 SCSV2 火山岩中获得的 439.9±9.5 Ma 和 437.0±15 Ma 记录，表明南海北部与华南大陆同经过加里东期造山作用。印支期和燕山期不但是华南中生代两个重要的岩浆活动期，也是南海北部构造演化的重要时期，相关记录包括 SCSV1 样品中的 5 组平均年龄(266.5±3.5 Ma 、240.2±5.9 Ma、184.0±4.2 Ma、161.3±3.8 Ma 和 103.5±2.5 Ma)、以及 SCSV2 样品中的 4 组平均年龄(244.0±15 Ma、158.1±3.5 Ma、141.0±13 Ma 和 96.3±2.1 Ma)。南海北部火山岩中的继承锆石 U-Pb 年龄分布与华南多期构造演化存在对应关系，包括从基底形成演化、华南加里东造山作用到印支期、燕山期岩浆强烈改造作用，它们是识别华南南延的重要证据。

S19-O-07

针对海南地幔柱对南海岩浆活动约束的初步热模拟

孟林[1,2]，张健[1,2]

1 中国科学院大学地球科学学院，北京 100049

2 中国科学院计算地球动力学重点实验室，北京 100049

zhangjian@ucas.ac.cn

根据高分辨率地震层析成像资料可知，海南热点之下存在一个直径约为 80 km，因大范围地幔对流作用影响而向南东方向倾斜的“海南地幔柱”(Lei et al., 2009)。大约 32 Ma 前，地幔柱头抵达岩石圈底部；随后，地幔柱流一部分沿岩石圈底部裂隙溢出地表形成热点，另一部分沿岩石圈与软流圈分界面向海底扩张中心运移，连同扩张中心处上升流体一块沿裂隙溢出地表。在大尺度区域地漫流作用下，岩石圈之下的地幔柱部分向扩张中心倾斜，引起靠近地幔柱处的岩石圈内部温度升高，从而产生熔融现象，流体随局部裂隙溢出并在地表形成海山。溢出地表的地幔柱物质将岩石圈向两侧推移，并融入周边岩石圈，导致地壳增厚、岩石圈减薄、海水层变浅等现象。沿岩石圈与软流圈分界面运移的地幔柱流体在岩石圈底部产生指向扩张中心的拖曳力，从而导致了南北非对称扩张现象。约 22.9 Ma 前地幔柱柱头露出地表，紧随其后或者直至 15.5 Ma 的海底扩张之后地幔柱开始“消亡”，周围温度随之降低，海底岩浆活动陆续停止。然而，地幔柱由地表向深部逐渐失去活力呢，还是相反情形？这一疑问直接关系着现今地表最新岩浆活动时间，即最新岩浆岩石年龄分布，我们将用热模拟的手段对该问题进行探讨。

我们建立模拟地幔柱“消亡”过程的二维模型，计算地幔柱头 15 Ma 内沿其通道由 100km 深处上升到地表，以及其后 23 Ma 地幔柱逐渐失去活力导致自由冷却过程中的温度演化。根据地幔柱头到达岩石圈底部和出露地表的年龄分别为 32 Ma 和 22.9 Ma，可大致得到地幔柱物质向上运移的速度大约为 0.7 cm/yr。模拟结果表明：(1)在地幔柱失去活力后温度变化幅度逐渐减小，最初温度变化达 50 ^{o}C/Ma，而到 7 Ma 时减小为不足 3°C/Ma，可以认为此时的温度分布已基本达到稳态；(2)靠近地幔柱处温度不断降低，而远离地幔柱处温度不断升高，但后者的升温幅度远小于前者的降温幅度；(3)降温范围由

地幔柱处向远处波及，从 21 Ma 到 7 Ma 期间的地表降温范围由距地幔柱 16 km 扩展至 46 km；(4)就各时刻的温度变化分布来看，降温幅度由靠近地幔柱处向远处逐渐减小，说明地幔柱“消亡”过程也是由近及远，由浅及深。距离地幔柱的远端尚且处于升温阶段，前期已发生的岩浆活动应在增温效应结束后方才停止。也就是说，从 21 Ma 至 7 Ma，岩浆活动有从地幔柱近端向远端逐渐停止的趋势；靠近地幔柱处岩浆活动势必减弱，但远离地幔柱处非但没有减弱，受地幔柱附近残留高温影响还有微弱增强的趋势。

在南海及其周边地区，地幔柱与扩张中心相互作用(Lei et al., 2009)。海南地幔柱位于扩张中心以北，在地幔柱推挤力及地幔柱流对岩石圈底部的拖曳力作用下，扩张中心被向南推移，形成如今扩张速率北快南慢的局面。在地幔柱不断“消亡”的过程中，扩张中心最北侧在降温最快，扩张中心处降温较慢，甚至受扩张中心活动影响仍处于升温阶段，从而导致地表岩浆活动由北向南依次停止的趋势。在海山岩石年龄上表现为从最北端的尖峰海山链到扩张中心处的珍贝–黄岩海山链玄武岩岩石年龄依次变新。

S19-O-08

南海礼乐滩区渐新世—中新世碳酸盐沉积及构造与沉积指示

DING Weiwei*, LI Jiabiao, DONG Congzhi, FANG Yinxia

The Second Institute of Oceanography, State OceanicAdministration, China

*wwding@sio.org.cn

In this study, we present two high-resolution multichannel seismic profiles across the Reed Bank area of South China Sea. With geological interpretations and tectonic subsidence analysis, we place some constrains on the understanding of the carbonate depositions in this area. This includes seismic characteristics of carbonate platform and different types, the interplay between tectonics, sea level change and depositional rates that results in a complicated platform geometry, and evolutional model. The main goal of this work is to present an overview of carbonate platform development since Late Oligocene in the Reed Bank area.

Seismic reflections and drilling works show regional distributed carbonates in forms of platform carbonates and reefs, which can be traced by a striking sequence boundary with strong and continuous reflectors (T60). T60 is also a regional unconformity separating the rifting infill from draping deposits in our study area. We set a timing of ~20 Ma for T60. With a 3-4 m.y. hiatus, it may represent the cessation of seafloor spreading (17 Ma) in the South China Sea. Plenty of reefs developing on some structural highs could continue up to Middle Miocene. Drilling and dredging works proved most of the carbonated started their forming since the Late Oligocene, thus a time consistent existed between the development of these shallow water carbonates and the South China Sea’s opening, e.g. the Reed Bank area has been in shallow water condition for more than 10 m.y.. This indicates a tectonic subsidence delay with theoretical subsidence expected from the observed crustal thinning and resulting isostatic response. Reconstruction of the tectonics subsidence proved this slow subsidence rate during the drifting stage (32 -

17 Ma) compared with the syn-rifting one (~65 - 32 Ma). The rate accelerated again after the end of seafloor spreading and continued to 15 Ma, indicating a quick thermal subsidence and a sharp change of sedimentary environment.

We explain the slow tectonic subsidence after the break up and the following ~10 m.y. as reflecting a period of minimal lithospheric growth, probably due to the secondary mantle convection under the rift of the Reed Bank area. Major mantle convection under the oceanic basin and the lateral temperature gradients under the continental margin might have triggered this mantle convection under the continental margin. We exclude the possibility that mantle sepentinization during rifting, or magmanism at subcrustal level, which has been used in many magma-poor continental margin, for the slow tectonics subsidence rate was not permanent.

A gentle rise of relative sea level, and the relative stable tectonics during Late Oligocene and Early Miocene both favor the development of the carbonates. While continued rising sea level and a quick subsidence after Early Miocene make the carbonate platform die, except some reefs continued their life upon some structural highs, even to recent, such as the Reed Bank.

S19-O-09

南海扩张过程中动力学机制的数值模拟

许鹤华

中国科学院边缘海地质重点实验室，广州 510301
xhhcn@scsio.ac.cn

南海是西太平洋边缘海中最大的海盆之一，处于欧亚板块、印度－澳大利亚板块与太平洋－菲律宾板块相互作用的构造交汇区域，构造演化受三大板块运动共同控制，地质现象丰富多彩与构造复杂。南海从其构造发育史看，它具有其独特的发育模式，是通过大陆裂离和扩张而形成的边缘海盆，同时其构造演化又与周缘的各地质单元具有密切关系。

对于南海新生代的构造地质活动及其形成演化，国内外许多学者根据资料进行过很多有意义的研究。Taylor and Hayes(1980;1983)最早分析了中央海盆的磁异常并首次对比出 5d－11 号东西向磁异常条带，由此计算出它是在晚渐新世到早中新世(32～17 Ma)期间通过南北向海底扩张而形成。Briais 等(1993)对南海磁异常分析建立了系统的南海海底扩张模式，南海海底扩张活动主要发生在 32～15.5 Ma。

南海中央海盆的扩张脊在 24－21 Ma 之间发生了向南的跃迁，这一过程伴随着一个老扩张脊的消亡和新的扩张脊的诞生，这一扩张的动力学机理是什么，在两个扩张脊之间发育的大量新生代的火山活动与洋脊跃迁有何关系？这些都是值得关注的一些重大科学问题。本研究认为洋中脊可能是由于热点的发育引起的，根据这个模型模拟了南海这一过程的热效应和岩浆发育模式，模拟研究表明在这种模式下，南海海盆温度场在新老洋脊间呈现双峰分布，扩张停止后在两个洋脊间残留有大量的岩浆发育，这可能就是南海在张裂停止后，在新老洋脊间有密集的火山活动的主要原因。

S19-P-01

南海西北部地壳深部结构特征与构造意义

丘学林[1]，赵明辉[1]，黄海波[1]，阮爱国[2]，吴振利[2]

1 中国科学院南海海洋研究所，广州 510301
2 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012
xlqiu@scsio.ac.cn

南海西北部地质构造复杂、油气资源丰富，其中蕴含有南海形成演化的重要信息，这里发育有西北次海盆、西沙中沙微陆块、西沙中沙海槽、珠二珠三凹陷和琼东南盆地等构造单元，是研究陆壳减薄、盆地裂陷、陆缘张裂、海底扩张等伸展构造的理想场所，也是地壳深部结构探测和研究的重点区域。

南海西北部早在 1985 年中美合作进行过双船扩展剖面探测（ESP-W），首次揭示了南海西北陆缘从陆架、陆坡到西沙海槽的地壳结构特征，出现有零星的下地壳高速体。后来的中德合作完成横跨西沙海槽的 OBH1996-4 测线，获得了更精细的结构剖面，总体结构特征与 ESP 剖面相似，但不同的是下地壳没有发现高速体的存在。新的科学问题是：在南海西北部，下地壳高速体是否存在？是局部现象还是普遍现象？与南海其它陆缘有何异同？

2006 年海洋局二所和中科院南海所合作，在南海西北次海盆完成两条测线（OBS2006-1、OBS2006-2），获得了海盆洋壳及周边陆缘的深部结构特征，地壳剖面显示正常的下地壳速度结构，没有高速体的出现。2011 年两单位再度合作，在西沙琛航岛南北两侧完成两条测线（OBS2011-1、OBS2011-2），并在岛上架设流动地震台同步观测，首次获得了跨越西沙地块的深地震剖面，初步研究结果显示，西沙地块中部地壳厚度约 25 公里，向南北两侧地块边缘莫霍面略有抬升，地块内部属减薄型陆壳，未见有下地壳高速体的出现。最新的探测资料（OBS2013-1 和 OBS2013-3），以及 OBS2006-2 测线 OBS03 和 OBS06 两个站位数据的重新解读和处理，有望获得更多更好的模型结果。

南海西北部普遍缺少下地壳高速层，推测这里陆壳减薄和陆缘裂解过程中缺少岩浆底侵的作用，其构造属性可能是非火山型的被动大陆边缘。而南海东北部陆缘则发育较明显的下地壳高速层，有些地方高速层厚度达 10 公里以上，因而有人推测这里是火山型或准火山型的被动陆缘，进一步的纵横波速比和泊松比研究显示这些高速层是岩浆底侵成因，而不是上地幔的蛇纹石化成因，还有一些学者认为岩浆底侵作用是发生在海底扩张停止以后，因而这里仍属非火山型的被动陆缘。南海南部的最新研究结果显示南沙地块属减薄型陆壳，地壳厚度在 20-24 公里之间，下地壳没有明显高速层存在。因而我们推测南海北部陆缘的西段与南部陆缘共轭对接，海底扩张主要以北西向为主，南海北部陆缘东段的地壳结构特征与南部陆缘差别较大，没有相对应的共轭区段，其南部对应部分可能已被后期南海海盆向东俯冲的构造作用而破坏消失。这一观点得到其它地质地球物理资料的支持，如中央海盆多波束地形地貌显示北西向构造发育，陆缘沉积盆地破裂不整合面具有穿时性等。

S19-P-02S

南海西南次海盆从张裂到漂移的转换

Taoran Song, Chun-Feng Li*

State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai, 200092, PR China
* cfl@tongji.edu.cn

One of the major unsolved questions of the opening of the South China Sea (SCS) is its opening sequences and episodes. To constrain the timing and cause of major tectonic events, we focus on the rifting-to-drifting transition of the Southwest Sub-basin. By carefully

interpreting rifting structures and carbonates platform and reefs, we distinguished two major unconformities, i.e., the breakup unconformity (BRU) and the Mid-Miocene unconformity (MMU), in the two conjugate margins of the Southwest Sub-basin. We carried out pre-stack depth migration of a recently acquired multichannel reflection seismic profile to reveal complex subsurface structures and strong lateral velocity variations associated with a 3.5 km thick syn-rifting sequence developed at the continent-ocean boundary (COB) of the Southwest Sub-basin. This syn-rifting sequence is bounded landwards by a large seaward dipping fault, and tapers out seaward. Erosional truncation occurred at the top of this sequence, representing the mid-Miocene unconformity landward but the older breakup unconformity on the seaward side. The overall transitional deformation style from the rifting to drifting suggests a successive episode of rifting, faulting, compression, tilting, and erosion at the COB during crust thinning and mantle upwelling. We further discuss the opening sequence and model of the Southwest Sub-basin. The age of the BRU in our study area are about at the Oligocene/Miocene boundary (23 Ma) or older. Localized thick syn-rifting deposition and early deposition beneath the BRU in the oceanic domain exist only at the seaward concave part of the COB, indicating discrete rifting and seafloor spreading prior to the buildup of a unified spreading center for the entire sub-basin.

S19-P-03S

海底地震仪在南海东北部地震重定位中的作用

谢小玲[1,2]，夏少红[1]，孙金龙[1]，徐辉龙[1]

1 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

xlxie@scsio.ac.cn

地震定位的精度一直是地震学家关心的一个重要的研究方向，特别是近年来海底地震引发的多次自然灾害使得地震学家将目光投向了海底地震的精确定位。南澳外海域是多条断裂带的交汇处，该处大震多发小震频发，构造活动强烈，本文选取的重新定位地震位于南澳岛的南面海域，发震时间为 2012 年 7 月 5 日，震级为 ML2.8。本文将利用三组不同的数据对该地震进行定位，其中包括海底地震仪（Ocean Bottom Seismographs，OBS）记录到的数据，这也是国内首次利用 OBS 联合陆上地震台网对天然地震进行定位的实例，本文还将对这三次定位得到的结果进行对比分析，探讨有无 OBS 数据对定位结果的影响。

S19-P-04S

越南 Song Da 带前新生界及莺歌海盆地前新生代基底特征研究

尤龙[1]，王璞珺[1]，岳军培[1]，孙晓猛[1]，郎元强[1,2]，沈怀磊[3]

1 吉林大学 地球科学学院，长春 130061

2 四川省地质工程勘察院，成都 610000；

3 中海油研究中心，北京 100027

youlong1990@gmail.com

通过越南西北部 Song Da 带野外地层、构造、变质岩和岩浆岩的考察及补充填图，依据岩石组合特征和区域不整合，将 Song Da

带前新生代地层划分为前震旦纪结晶基底、寒武系-上三叠统下部及上三叠统上部-白垩系 3 个构造层。在对各构造层构造属性分析的基础上，与扬子-华南板块前新生代地层进行区域对比，结果显示，Song Da 带前新生代各构造层与扬子-华南板块具有相似性，表明 Song Da 带属于扬子—华南板块。

Song Da 带向海域的延伸部分—莺歌海盆地新生界沉积厚度大、基底顶面埋深 2 km-17 km，在 9.87 万 km^2 范围内钻遇基底井迄今仅 10 口，因此长期以来对其前新生代基底特征仍缺乏准确认知。把盆缘露头与盆地基底钻井及区域重磁震资料相结合，综合研究莺歌海盆地前新生代基底的构造层序、岩性组合和分布规律。基于盆地西北缘 Song Da 构造带 18 个剖面点地层序列、166 件岩石样品密度和 2800 套磁化率测量结果，建立密度-磁化率交汇图版，约束盆内地震剖面和重磁异常的地质解释，通过海陆结合的方法填制出盆地基底地质图。

莺歌海盆地与 Song Da 带具有相同的前新生代基底构造层。它们沿红河断裂呈北西向分布，且中间老（前震旦纪中—高级变质岩）两侧新，向西为中生代沉积岩、向东为古生代浅变质岩、灰岩。

该成果为基地特征与成盆—成藏作用、陆缘构造演化等相关研究，提供了新的基础资料。

S19-P-05

中沙海台南部断裂发育特征及其构造样式

徐子英，高红芳，汪俊，孙美静

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

ziyingx06@scsio.ac.cn

根据最新地震剖面和重磁资料研究表明，在中沙海台南部发育有 4 组深大断裂，断裂具有阶梯状组合特点。平面上，断裂数量不多，但延伸较长，长达 150～200km，断裂走向与中沙海台的形态基本一致，西侧呈近 EW 向发育，东侧呈 NE 向发育；剖面上，断裂断距大,且由下向上断距逐渐变小，断裂控制了晚渐新到中中新世的沉积发育，随后对沉积控制作用逐渐减弱。断裂主要为南倾正断层，由北向南明显表现阶梯状展布。断裂活动时间长，大都持续到上新世末才停止活动。根据断裂剖面发育特征及其对沉积的控制作用，推测该组断裂主要发育于晚渐新世到中中新世时期，晚中新世为继承性活动期，到上新世末就基本停止活动。中沙海台南部构造样式主要是伸展构造样式，以堑垒构造样式为主，局部发育半地堑。根据中沙海台南部与中央海盆东部的断裂发育特征及重磁异常特征的相似性，推测中沙海台南部断裂发育成因与中央海盆东部近 NS 向的扩张有关。

S19-P-06S

瑞雷面波在南海中央海盆传播的频散特征及其岩石圈结构反演的初步结果

黎伯孟，杨挺

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

87manhlb@tongji.edu.cn

南海中央海盆的残留洋脊代表了全球洋中脊系统中的一个极端状况：扩张停止的洋中脊。这种洋中脊的一个典型特征是岩浆活动在其扩张停止后依然长时间的持续并形成海山链。目前，对于这种特殊类型洋中脊的岩石圈结构和演化缺少来自地球物理尤其是地震学上的认识，因而其岩浆活动特征和上覆海山链的形成机制仍然不清楚。 2012 年，我们在南海中央海盆残留洋脊的两侧布放了

一个被动源海底地震仪（OBS）观测台阵，收集了超过 7 个月的全球地震的观测数据。为了利用地震面波反演 OBS 台阵覆盖区域的岩石圈结构，我们选取了超过 50 个、面波震级大于 5.0、波形质量较高的全球地震，对其所产生的瑞雷波进行了频率-时间分析（FTAN）。我们的初步分析发现，穿过南海海盆的瑞雷波在 20 s 到 70 s 的周期范围内，呈现出非常明显的频散特征。来自不同方向的瑞雷波呈现出不同的频散曲线，而且与其他构造环境下的面波传播的频散曲线存在着较大差异。因为这一周期范围的瑞雷波速度取决于岩石圈深度范围内的横波速度结构，这些观测特征表明了南海海盆的岩石圈速度结构存在着较大的横向变化，而且与其他岩石圈结构（如大陆和古老海洋岩石圈）差别很大。我们正在利用这些瑞雷波的频散特征进行南海中央海盆岩石圈结构的相速度结构反演。

S19-P-07

南海海盆区莫霍面分布特征

吴招才，高金耀，杨春国，沈中延，张涛，王威

国家海洋局海底科学重点实验室 国家海洋局第二海洋研究所，杭州 310012

wzc_dh@163.com

为研究南海海盆及周边洋陆过渡带的陆缘区地壳结构特征，本文通过对南海 111°E~120°E，9°N~22°区域的水深、沉积和重力数据的整合，利用地震、声纳浮标等所得到的莫霍面深度资料为控制，反演了研究区的莫霍面深度分布。我们首先从自由空间重力异常中扣除海底地形、沉积层的重力效应，并采用 McKenzie（1978）的岩石圈减薄模型的温度场公式分析从张裂边缘到海盆的热结构重力影响，由此计算得到地壳厚度变化的剩余地幔布格重力异常。在用 Parker-Oldenburg 方法（1974）反演时，我们根据正演公式中各参数的物理意义，推导了基于已知莫霍面深度点控制的初始界面的界面修正量反演迭代公式，改进了“平面初始模型”反演模式在但范围内的莫霍面起伏变化大时遇到的困难。计算结果显示，南海海盆区的洋壳范围基本可由莫霍面深度为 13km 的等深线，或地壳厚度为 9 km 的等厚线所围限，莫霍面深度大多在 8~12 km 之间，地壳厚度在 4~8 km 之间。西北海盆莫霍面深度在 11~12 km 之间，中部扩张中心特征不明显；中央海盆和西南海盆之间存在一条明显的 NW 向分界，分割了两个海盆的扩张中心，同时两个海盆都表现出扩张中心北侧地壳厚度略厚于南侧 1 km。中央海盆北部莫霍面深度多在 11km 左右，变化平缓，而在其南部在则没有类似的大面积平缓变化的莫霍面分布。假定初始地壳厚度为 32 km，以地壳拉伸因子为 1.8 为岩石圈拉伸发生初始熔融形成增生地壳的临界因子，对应的减薄因子为 0.44，相应的地壳厚度为 18 km，莫霍面深度为 20 km；由莫霍面深度为 13 km 和 20 km 等深线围限的范围，基本反映了南海海盆周边洋陆过渡带的特征。在中央海盆南北两侧边缘的洋陆过渡带无论是宽度还是长度，南侧的都比北侧要小很多，在海盆的东北角，地壳厚度在 10~16 km 之间，且往东北方向宽度逐渐加大，而在南侧则没有类似地壳结构存在，南北两侧边缘对称共轭特征不明显。但是在西南海盆，其南北两侧边缘变化特征则呈现沿扩张中心较好的对称性。

S19-P-08

南海北部陆缘大型拆离断层及其对深水盆地发育的控制

雷超[1]，施和生[2]，庞雄[2]，任建业[1]，杨林龙[1]，韩晓影[1]，林子[1]

1 中国地质大学资源学院，武汉 430074

2 中海石油(中国) 有限公司深圳分公司，广州 510240

chao.lei@hotmail.com

世界范围内深水油气勘探证实深水区盆地结构构造、层序和沉积体系等特征与陆架或陆内断陷盆地具有显著的差别。本论文在调研世界其它被动陆缘深水盆地拆离盆地和阿尔卑斯造山带内保存的中生代特提斯洋陆缘深水拆离盆地露头的基础上，基于南海北部深水油气勘探开发中积累的丰富的地质和地球物理资料，对南海北部深水区盆地开展了构造-地层详细研究，对比和分析了陆架盆地和深水盆地结构、构造、充填样式和演化过程，发现南海北部岩石圈在经历伸展、减薄、剥露和洋壳形成的过程，在下陆坡及其靠洋区域范围内发育了大型拆离断层及其所控制的拆离盆地，如控制鹤山凹陷、荔湾凹陷的南倾拆离断层,控制白云凹陷的南部复杂北倾拆离断层系等。这些大型的拆离断层倾角多小于 20 °，其控制的断层上盘基底断块发生了强烈旋转并控制了一套与拆离断层活动相关的沉积充填，显示出与传统裂谷系迥异的构造地层结构特征。通过详细的构造地层分析在 T70 界面以下古新世和始新世地层中识别出拆离断层初始活动和结束活动的响应界面 SD 和 PD,区域地层初步对比结果，认为 SD 界面的年龄可能在 38 Ma 左右，而 PD 界面的年龄可能是 32 Ma 或更早一些。

拆离断层发育时期深水盆地区可能以湖相或者海陆过渡相沉积为主，并蕴含有比陆架区断陷湖泊更丰富的烃源岩。拆离断层及其所控制的拆离盆地是南海北部陆架深水区盆地构型的新发现，不仅对于南海北部陆缘岩石圈的伸展演化过程分析提供新的视角，同时有可能进一步拓展该南海北部深水区油气勘探领域，并为科学评价深水或超深水盆地勘探潜力提供新思路。

S19-P-09

南海北部珠江口盆地深水区地壳综合地球物理分析

邱宁[1,3]，孙珍[1]，李元平[2]

1 中国科学院 南海海洋研究所边缘海重点实验室，广州 510301

2 中国海洋石油有限公司 深圳分公司研究院，广州 510420;

3 同济大学 海洋地质国家重点实验室，上海 200092

ningqiu@scsio.ac.cn

南海北部珠江口盆地发育于前新生代基底之上的新生代，作为南海被动大陆边缘一部分，记录了南海北部裂陷盆地结构及其演化，盆地基底结构和岩石组成及前新生代构造对研究深水盆地的结构、演化和沉积沉降过程都有着重要的影响。我们利用最新钻井、反射地震、重力等资料，特别是对穿过南海北部陆缘的珠江口盆地几条长电缆深反射地震剖面，结合重力和磁力异常特征，分析新生代盖层和结晶地壳结构，建立盆地地层结构模型。(1)深反射地震剖面(TWT 2~10 s)的层速度变化范围在 1.5~8.5 km/s；(2)根据速度分析和时深转换，把地壳分为坳陷期沉积和裂陷期地层、上地壳和下地壳进行分析;(3)利用重磁模拟识别出可能存在的下地壳塑性流动或岩浆底辟、残余洋壳或地壳高速体(速度> 7.0 厚度约 2 km)等分布。尝试讨论其与南海扩张过程的关系，为研究新生代凹陷发育特点和发育历史的分异性提供深部信息。

S19-P-10S

琼东南盆地构造演化特征分析及其油气勘探意义

陈宏言[1,2]，翟世奎[1,2]，刘晓锋[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
hongyan1025@live.cn

琼东南盆地是我国南海北部典型的大陆边缘盆地，受到南海北部动力学背景的影响，具有独特的盆地演化模式。盆地的构造环境复杂，具有多样的断裂组合，形成了各具特色的盆地凹陷，这对于油气富集具有重要的意义。本文通过对琼东南盆地地震资料的构造-地层解释，对盆地断裂特征和盆地典型凹陷的构造特征分析，对琼东南盆地构造演化进行重新厘定分期，将盆地构造演化分为断陷期（断陷作用期和断坳活动期）和坳陷期（热沉降期和加速沉降期）两个大阶段：断陷期沉积的地层（T60-T20）特征是断裂不发育，地层厚度变化不大，极少有明显的上超和削截，局部地区发育了有利于油气储集的“三角洲沉积体系”。坳陷期沉积的地层（T100-T60）内部层序结构主要为楔状或近平行状，具有明显的上超和削截，地层沉积厚度较大，断裂明显并导致地层错断。琼东南盆地构造演化的不同阶段对盆地油气成藏起到了不同的作用：断裂活动剧烈的断陷期形成多样的伸展构造样式有利于发育分离不整合，同时延伸到上部地层的基底断裂有利于油气运移；沉降作用明显的坳陷期伴随着基底断裂作用为油气储藏提供了合适的空间。

S19-P-11S

南海东北部台湾浅滩海域的深部地壳结构

万奎元[1,2]，夏少红[1]，孙金龙[1]，徐辉龙[1]

1 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
kywan@scsio.ac.cn

南海东北部陆缘是研究南海形成演化的一个重要窗口。该区的台湾浅滩海域地处菲律宾海板块、华南地块与南海洋壳区之间，构造位置独特，重磁异常特征突出，地震活动活跃，其研究对于了解南海陆缘的张裂模式与构造演化具有重要意义。然而由于此前缺少深地震调查，导致该区的深部结构、重磁异常成因和构造演化等方面一直缺乏详细的工作，并影响到了该区下地壳高速体、洋陆转换壳和陆缘构造属性的研究。为此，我们于 2012 年 6-7 月在最东北部台湾浅滩海域布设了一条 OBS 广角地震剖面（OBS2012-2），该剖面穿越台湾浅滩海域，长 230 km，NW-SE 走向，共投放海底地震仪 12 台。本研究旨在通过 2D 射线追踪正演和反演方法拟合出速度结构模型来探明洋陆转换带的位置，莫霍面的凸起，高重、磁异常带的分布，以期为南海东北部陆缘演化研究提供深部构造方面的约束。初步的 OBS 数据和多道的处理结果表明：该区沉积层较薄，最大厚度仅 3 km。没有明显的康拉德界面。洋陆过渡带莫霍面有 2-3 km 的抬升，推断其形成机制和东沙古隆起相似，即：洋陆过渡壳俯冲后，在上覆板片及增生楔载荷的作用下，以转换壳和陆壳结合部为轴发生弯曲所致。初步处理结果得到了多方面的有用信息，为下一步深部地壳结构的解释打下良好的基础。

S19-P-12S

南海北部珠江口海域滨海断裂带的地震学特征研究

曹敬贺[1,2]，夏少红[1]，孙金龙[1]，徐辉龙[1]

1 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
caojh@scsio.ac.cn

滨海断裂带位于南海北部陆缘海陆过渡区域，是南海北部陆缘地震带重要的控震构

造和发震断裂，沿滨海断裂带在珠江口海域存在一个潜在的强震震源区，目前对珠江口海域滨海断裂带的几何学、运动学特征及潜在强震区的深部结构的研究知之甚少。利用 2010 年珠江口海域实施的海陆联合广角地震与多道地震数据，探明了滨海断裂带在担杆岛南 12km 处发育，在反射地震中表现为宽约 20 km 的高角度正断层，控制了其两侧的沉积物分布；正、反演模拟均揭示该断裂带为一切至莫霍面的低速破碎带，速度比其两侧低约 0.2-0.3 km/s，莫霍面埋深由其陆侧的 29km 抬升至其海侧的 27 km。同时获得了珠江口地区从陆到海连续的二维精细地壳结构变化特征，以滨海断裂带为界，华南陆区表现为典型的陆壳结构，莫霍面埋深 30-32 km，滨海断裂带南部的陆架区表现为拉张减薄型的陆壳结构特征，综合滨海断裂带内部及其两侧浅部沉积与深部地壳结构的诸多差异，以及滨海断裂带的发震特征和其两侧的地壳运动特征，认为滨海断裂带是华南地块与南海地块的块体边界。在华南沿海和海陆过渡带位置探测到壳内低速层的存在，在陆区厚约 3 km，埋深 15-18 km，壳内低速层是地壳中的力学软弱带，具有应力均衡调节作用，与 NEE 向滨海断裂带和 NW 向断裂带共同构成了该区地震活动的孕震构造。

S19-P-13S

南海中北部洋陆转换带

Jinwei Gao[1,5],Shiguo Wu[1*],Kirk McIntosh[2] ,Lijun Mi [3] ,Bochu Yao[4] ,Zeman Chen[1,5] ,Liankai Jia[1,5]

1 Key Laboratory of Marine Geology & Environment, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China

2 Institute for Geophysics, University of Texas at Austin (R2200), 10100 Burnet Road, Austin, Texas 78758-0000, USA

3 Exploration Department, China National Offshore Oil Corporation Ltd., Beijing 100010, China

4 Guangzhou Marine Geological Survey Bureau, Ministry of Land and Resources, Guangzhou 510075, China

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

swu@qdio.ac.cn

The northern margin of the South China Sea (SCS) has particular characteristics compared with typical passive margins. Several tectonic movements and volcanic activities have happened in the SCS and resulted in diverse structures along its northern margin. Based on several crustal-scale, high-resolution, multi-channel seismic reflection profiles and satellite gravity data across the northern SCS margin, this paper analyses the structures, volcanoes and deep crust of the continent-ocean transition zone (COT) at the mid-northern margin of the SCS to study the pattern and extension model of the SCS.

Gravity modelling revealed that a stepped crustal thinning occurs across the COT and a High Velocity Layer (HVL) with 0.8-6 km thick is located in the slope below the lower crust. Results show that the COT close to the Dongsha uplift is characterized by a syn-rift depression and structural highs with igneous rocks bounded by volcanos seaward. Farther west, the COT shows a zone including syn-rift depressions, structural high with igneous sills, volcanic zone, and tilted fault blocks bounded by normal fault seaward. Reflector T60 may represent an important unconformity in Pearl River Mouth Basin indicating a delayed rift in the northern SCS margin related to a ridge jump in 23.8 Ma.

Our study delineates an extent of HVL

just located in the eastern portion of the northern SCS margin based on the geophysical data. The non-coupling of the spatial extent between HVL and COT shows that the HVL may not be a necessary sign of the COT at the northern SCS margin. The magmatic intrusions and HVL may result from post-rifting underplating due to the partial melting from lithospheric extension and the passive mantle/asthenospheric upwelling.

This study proposed an intermediate rifting mode to explain the mid-northern margin of the SCS which is closer to the magma-poor margins than volcanic margins.

S19-P-14S

巴拉望-苏禄海地区的深部结构及对南海扩张的影响

Wei-Nan Liu[1], Chun-Feng Li[1,*], Jiabiao Li[2], Derek Fairhead[3], Zuyi Zhou[1]

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

2 2nd Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, Zhejiang, PR China

3 Getech, Kitson House, Elmete Hall, Elmete Lane, Leeds LS8 2LJ, United Kingdom

cfl@tongji.edu.cn

Compared to the northern South China Sea continental margin, the deep structures and tectonic evolution of the Palawan and Sulu Sea and ambient regions are not well understood so far. However, this part of the southern continental margin and adjacent areas embed critical information on the opening of the South China Sea (SCS). In this paper, we carry out geophysical investigations using regional magnetic, gravity and reflection seismic data. Analytical signal amplitudes (ASA) of magnetic anomalies are calculated to depict the boundaries of different tectonic units. Curie-point depths are estimated from magnetic anomalies using a windowed wavenumber-domain algorithm. Application of the Parker–Oldenburg algorithm to Bouguer gravity anomalies yields a 3D Moho topography. The Palawan Continental Block (PCB) is defined by quiet magnetic anomalies, low ASA, moderate depths to the top and bottom of the magnetic layer, and its northern boundary is further constrained by reflection seismic data and Moho interpretation. The PCB is found to be a favorable area for hydrocarbon exploration. However, the continent-ocean transition zone between the PCB and the SCS is characterized by hyper-extended continental crust intruded with magmatic bodies. The NW Sulu Sea is interpreted as a relict oceanic slice and the geometry and position of extinct trench of the Proto South China Sea (PSCS) is further constrained. With additional age constraints from inverted Moho and Curie-point depths, we confirm that the spreading of the SE Sulu Sea started in the Early Oligocene/Late Eocene due to the subduction of the PSCS, and terminated in the Middle Miocene by the obduction of the NW Sulu Sea onto the PCB.

S20-P-01

温度及 pH 对热泉中 H-GDGTs 分布的差异性影响

贾成玲[1]，张传伦[1]，谢伟[1]，王金祥[1,2]，李芙嫣[1]，王尚[3,4]，董海良[3,4]，李文均[5]，Eric S. Boyd[6]

1 同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

2 Department of Marine Sciences, University of Georgia, Athens, GA, 30602;
3 中国地质大学（北京）生物地质和环境地质国家重点实验室，北京 100083
4 Department of Geology and Environmental Earth Science, Miami University, Oxford, 45056
5 云南大学微生物研究所，昆明 650011
6 Department of Microbiology and Immunology and the Thermal Biology Institute, Montana State University, Bozeman, Montana 59717
cljia@tongji.edu.cn

H-shaped glycerol dialkyl glycerol tetraethers (H-GDGTs), also called glycerol monoalkyl glycerol tetraethers (GMGTs), are a unique group of membrane lipids that have been identified in several lineages of *Euryarchaeota* and *Crenarchaeota*. The function of H-GDGT lipids in these taxa, however, is not well understood. Here we show the presence of H-GDGTs in both core lipid and polar lipid fractions recovered from microbial biomass sampled from hot springs in Tibet, China (21.9 to 80.0°C; pH 7.0 to 9.1), Tengchong, China (55.1 to 93.6°C; pH 2.5 to 9.4) and Yellowstone National Park (YNP), USA (16.3 to 86.7°C; pH 2.1 to 9.6) using high performance liquid chromatography-mass spectrometry. The number of cyclopentyl rings of H-GDGTs ranged from zero (H-GDGT-0) to six (H-GDGT-6) in both lipid fractions in Tengchong and YNP and from zero to four (H-GDGT-4) in those from Tibet. While H-GDGT-0 is the most abundant H-GDGT in Tibetan springs, H-GDGT-4 is predominant in Tengchong and H-GDGT-6 predominant in YNP resulting in higher ring indices in the latter springs. While pH appeared to be the most important factor affecting the variation in the relative abundance and the average number of cyclopentane rings of H-GDGTs from YNP communities, both temperature and pH appeared to be important controls on the abundance of H-GDGT lipids in Tengchong communities whereas neither pH nor temperature appeared to influence the abundance or average number of cyclopentane rings in H-GDGTs from Tibetan spring communities. Furthermore, the relative abundance of H-GDGTs to total iGDGTs is greater in hot springs with acidic pHs, particularly those from YNP. This finding coupled with taxonomic profiling of archaeal 16S rRNA genes recovered from these same YNP springs indicate that H-GDGTs in acidic springs may be synthesized from members of the archaeal order *Thermoplasmatales*, which are adapted to acidic pH.

S20-P-02S

区域生态补偿差异测度方法及运用

刘春腊

1 中国科学院地理科学与资源研究所，北京 100101
2 中国科学院大学，北京 100049
3 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室，北京 100101
liuchunla111@163.com

区域生态补偿是生态补偿的重要方面，与区域发展、生态建设密切相关。区域生态补偿的差异性研究也一直是学者们关注的重点。

阐述了测度区域生态补偿差异的理论框架，提出了区域生态补偿差异测度的方法。以2004-2011年中国各省域的统计数据为例，运用变异指数法、艾肯森指数法和基尼系数法，探讨了中国省域生态补偿时间序列的差

异、生态补偿的细微差异以及差异形成的驱动机制等问题。研究结果表明：（1）虽然中国省域生态补偿差异总体呈扩大趋势，但在个别年份也存在缩小的情况，变异指数反映出 2006 年和 2009 年中国省域生态补偿差异有所缩小，基尼系数反映出 2005 年、2007 年和 2011 年的差异有所缩小，而艾肯森指数反映的差距缩小却出现 2007 年、2008 年和 2011 年。（2）在整个时间序列变化曲线中，短期的分析结果表明各个指数的差异程度存在不一致；但从长期变化趋势看，三个指数反映的情况基本接近；在探究区域生态补偿差异时，应以长期的变化趋势作为分析的基础。（3）通过虚拟基尼系数的计算发现，生态资源的经济价值在中国省域生态补偿差异中起决定性作用，其对省域生态补偿差异的贡献在 73%以上，其次是环境污染物治理成本，其贡献率也达到了 19%以上，环境污染治理投入对省域生态补偿差异的影响非常小，不足 8%。本文测算的中国省域生态补偿量及其差异情况均符合实际情况，研究结果可供决策者参考。

S20-P-03

中国近海盆地构造演化特点与油气分布富集规律

何家雄[1]，张伟[1]，颜文[1]，祝有海[2]，张景茹[1]，龚晓峰[1]

1 中国科学院边缘海地质重点实验室，广东广州 510640

2 中国地质科学院矿产资源研究所，北京 100037

hejx@gig.ac.cn

中国近海盆地处在欧亚、印度—澳大利亚及太平洋三大板块相互作用之新生代最活跃区域，其中南部近海海盆地尚受南海裂解扩张作用等多种因素的深刻影响，故形成了具有断坳双层结构不同类型伸展型或伸展、走滑、挤压复合型盆地，沉积充填了古近纪断陷裂谷早期中深湖相地层及其烃源岩、古近纪断陷晚期煤系地层及烃源岩、新近纪坳陷期海相地层及其烃源岩，为油气形成奠定了雄厚的物质基础。由于受区域地质背景影响，中国近海盆地地壳性质及厚度从陆缘区到深海洋盆区具有逐渐递变减薄的特点；盆地沉降沉积中心亦逐渐向深海洋盆迁移，故导致其大地热流及地热场向洋盆区逐渐升高增强，加之与晚期新构造运动和烃源供给系统时空上的相互耦合配置，进而最终控制影响和制约了近海盆地油气分布富集规律。

S20-P-04S

川东南地区志留系龙马溪组页岩孔隙结构特征与主控因素研究

徐勇[1,2]，吕成福[1]，陈国俊[1]，杨巍[1,2]，仲佳爱[1,2]，薛莲花[1]

1 中国科学院油气资源研究重点实验室，兰州 730000, Email:xymjjx@163.com;

2 中国科学院大学，北京 100049

页岩储层的孔隙结构对页岩气资源评价和勘探开发具有重要意义。通过高压压汞法、低温氮气吸附法对川东南地区志留系龙马溪组页岩孔隙结构进行了研究，获得了孔隙结构参数，分析了孔隙结构主控因素。研究表明，页岩孔隙主要为中孔，存在一部分的微孔和大孔，孔隙形态主要为狭缝孔。比表面比常规油气储层大，微孔和中孔提供了大部分孔容和比表面。页岩排驱压力比较高，孔隙分选差，退汞率极低。TOC 是页岩孔隙结构主控因素，矿物成分的影响不甚明显，有机质是微孔的主要载体。

S20-P-05S

西藏江孜 J/K 界线时期钙质超微化石及古海洋环境分析

张鹏

西北大学地质学系，西安 710000
zp13@foxmail.com;

侏罗系—白垩系界线的确定是国际地层学界研究的重要课题之一，也是百年来都未能很好解决的世界性难题。由于缺少真正的地层记录，因而使得侏罗—白垩纪界线的研究仍然是世界中生代生物地层学研究关注的焦点之一。藏南地区是我国侏罗系和白垩系海相地层的代表性分布区，侏罗系/白垩系连续沉积的地层在北喜马拉雅北带和南带广泛出露，分布面积广，含化石丰富，在江孜地区保存有连续的甲不拉沟界线剖面。通过对西藏江孜地区 J/K 界线时期的钙质超微化石进行研究，可以提高晚侏罗世－早白垩世的地层研究程度，为国际地层标准提供我国海相侏罗系/白垩系界线的资料，建立我国的侏罗系/白垩系界线。西藏江孜地区处于东特提斯，特提斯洋在地球环境的演化历史中扮演着重要的作用。通过对江孜地区 J/K 界线时期的沉积地层进行古海洋学研究分析，可以更好的了解这一时期东特提斯洋的古海洋环境变化。

本研究选取西藏江孜地区甲不拉沟剖面为研究对象，将甲不拉沟剖面划分为 21 层（含 116 个样品 Jz01-Jz115）进行生物地层学和沉积地球化学方面的研究。

将 116 个样品制样后，通过高倍显微镜下观察，发现了保存较为完整的钙质超微化石，共鉴定出钙质超微化石 8 属 15 种，发现了 Nannoconus steinmannii steinmannii，Biscutum constans 早白垩世贝利阿斯期的标准带化石，还发现了许多属于全球性分子和洲际分子类型的钙质超微化石如 Manivitella pemmatoidea，Cyclagelosphaera deflandrei，Polycostella senaria，Speetonia colligata，Calcicalathina oblongata，Watznaueria barnesae 等白垩纪早期的化石。其中在 Jz-34（第 7 层）中出现了 Polycostella senaria 这一化石所属时代为 Tithonian-Berriasian，在 Jz-35（第 7 层）中出现了 Watznaueria ovata，Speetonia colligate 这两种化石，所属时代为分别为 Berriasian-Maastrichtian 期，Berriasian-Hauterivian 期，同时在 Jz-72（第 10 层）中发现了 N.steinmannii steinmannii，Jz-73（10 层）、Jz-86（第 11 层）中发现 Biscutum constans 这两种化石所属时代为 Berriasian 是早白垩世贝利阿斯其的标准带化石，从而可以推断出甲不拉沟剖面的 J/K 界线有很大的可能位于第 7 层附近。

通过对甲不拉沟剖面的岩性进行分析从中选取了具有代表性的 17 个样品进行了地球化学分析。选取样品进行地化分析时，优先选取含有钙质超微化石的样品。通过对 δCe 值，Zr/Y 值，Na/K 值进行地球化学分析，得出西藏江孜地区在侏罗/白垩纪界线时期处于滨海环境，古海洋呈还原环境，这一时期内海平面的相对深度发生了由浅-深-浅-深的变化。

S20-P-06S

纳米二氧化硅和氧化锌对小球藻和球等鞭金藻的生物毒性效应研究

朱祖浩，马春宇，郑爱榕*

厦门大学海洋与地球学院，厦门 361102
*arzheng@xmu.edu.cn.

纳米材料由于其独特的物理化学性质使得其被广泛应用于诸多行业，同时其对生态系统的污染也令人堪忧，在生产、运输及应用过程中，纳米材料将不可避免的泄露至海洋对浮游生物产生毒理效应，从而影响整个

海洋生态系统。本文通过选取应用较多的纳米 SiO_2 和 ZnO 对海洋中典型存在的小球藻和球等鞭金藻的培养实验，测定受试藻的叶绿素 a、丙二醛（MDA）及超氧化物歧化酶（SOD）生化指标，初步探讨了两种纳米材料对受试藻的生物毒性效应。结果表明：（1）小球藻在粒径为 30 nm 和 60 nm 纳米 SiO_2 中 48～120h 内的平均生长抑制率分别为 34.7%和 41.7%，而球等鞭金藻为 23.1%和 30.1%；在粒径为 30nm 和 90 nm 纳米 ZnO 中同时段的平均生长抑制率小球藻为 74.4%和 81.1%而球等鞭金藻为 45.8%和 48.6%；说明纳米 ZnO 对小球藻和球等鞭金藻的生长抑制作用明显强于 SiO_2，且纳米材料粒径越小其抑制作用越明显。（2）小球藻和球等鞭金藻在浓度为 15～100 mg/L、粒径为 30 nm 的纳米 SiO_2 以及在浓度为 5～50 mg/L、粒径为 30 nm 的纳米 ZnO 的平均抑制率随纳米材料浓度的上升呈线性增加。（3）对培养时间在 72～120h 内纳米材料对受试藻的 EC_{50} 和 EC_{100} 的计算表明，纳米 SiO_2 对受试藻的毒性小于纳米 ZnO，且小球藻对纳米 SiO_2 和 ZnO 的耐药性大于球等鞭金藻，但球等鞭金藻的 EC_{100} 大于小球藻，表明球等鞭金藻对纳米 SiO_2 产生了抗性。（4）受试藻暴露于 30 mg/L 和 50 mg/L 纳米 SiO_2 以及 15mg/L 和 30 mg/L 纳米 ZnO 后，其 MDA 浓度和 SOD 活性均大于对照组，表明受试藻受到了由纳米 SiO_2 和 ZnO 带来的氧化损伤而启动自身的防御机制。

S20-P-08S

广州火烧岗垃圾填埋场自生碳酸盐岩的特征及对微生物活动的指示意义

冯俊熙[1,2]，陈多福[1]

1 中国科学院广州地球化学研究所边缘海地质重点实验室，广东广州 510640

2 中国科学院大学，北京 100049

垃圾填埋场的自生碳酸盐岩是微生物调控的早期成岩作用的产物，对它的研究可以很好的揭示其形成时的生物地球化学过程、碳的来源以及沉积环境。对广州火烧岗垃圾填埋场渗滤液收集系统自生碳酸盐岩进行了形貌特征描述、显微结构观察、矿物组成、碳氧稳定同位素及元素地球化学等研究。结果显示自生碳酸盐岩的矿物成分包括低镁方解石和高镁方解石，发育与微生物活动有关的沉积组构，包括叠层石、团粒、凝块、葡萄状胶结物和草莓状黄铁矿等，并且存在可能是钙化微生物的球状、丝状和棒状体。碳酸盐矿物的 $\delta^{13}C_{V\text{-}PDB}$ 值为+7.34‰～+18.21‰，$\delta^{18}O_{V\text{-}PDB}$ 值为-8.64‰~-4.76‰，表明碳酸盐的碳主要来自微生物产甲烷作用残余 CO_2，流体主要来自大气降水。厌氧微生物活动将有机质逐渐降解为 CH_4 和 CO_2，产生高碱度并提高水溶液的 Ca^{2+} 浓度和 pH 值，使得方解石晶体在细胞表面成核并最终沉淀。草莓状黄铁矿可能是产甲烷过程中微生物硫酸盐还原作用的产物，高镁方解石的出现以及碳酸盐岩 $\delta^{13}C$ 值的变化指示渗漏流体的 Mg/Ca 比和碳同位素值逐渐升高。自生碳酸盐矿物的 Ce/Ce*值经 La 异常校正后显示无 Ce 异常和真 Ce 正异常，表明它们形成于还原环境，而重稀土富集的特征可能是微生物及其代谢产物优先结合重稀土元素的结果。火烧岗填埋场自生碳酸盐岩记录了厌氧微生物对自生碳酸盐岩的沉积学、矿物学和地球化学特征的影响，为认识自生碳酸盐岩形成的生物地球化学机制提供了新的视角。

S20-P-09S

白云凹陷断裂活动与油气成藏耦合机制初探

谢志远[1]，李元平[2]，孙珍[1]，孙龙涛[1]，杨建民[3]

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，广州 510301

2 中海石油（中国）有限公司深圳分公司，广州 510240

3 中海石油（中国）有限公司天津分公司，天津 300452

xiezhiyuan1990@hotmail.com

近些年来，随着深水油气勘探的不断开进，位于南海北部陆缘深水区的白云凹陷的油气成藏研究备受瞩目，然而作为油气成藏重要内容的断裂及其与成藏的关系方面的研究仍较为薄弱。通过断裂活动性及构造分析，认为该凹陷断裂较为发育，其对油气的运聚成藏具有重要意义，始新世至早渐新世的初始断陷活动控制烃源岩的沉积，晚渐新世至中中新世的断层活动控制储层的分布，晚中新世后的断层活化则控制盖层和圈闭的展布。综合考虑泥岩涂抹作用和断裂活动性分析，结合最新勘探研究成果，运用盆地模拟方以两条过井剖面为切入点进行研究，认为白云凹陷断裂活动期次与排烃期次形成了较好的耦合关系，主要的耦合期为 23.8—16.5 Ma 和 13.8—10.5 Ma；生烃增压作用增强了 18.5 Ma 时断裂活动强度；活动断裂处于开启状态，是良好的垂向运移通道，平静期的断裂倾向于封闭，对垂向运移贡献小；泥岩涂抹作用相比单独考虑断裂活动性更能反映静止期断层的封堵特性；白云深水区南部断裂发育的区域较北坡相比，具有更好的成藏条件，易形成大型油气藏。

S20-P-10S

长江主要离子化学的季节性变化及对三峡蓄水的指示

王晓丹，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

自然河流上大坝的修建为人类的生存提供了许多便利，但同时也极大程度地改变了河流水体的原生状态，影响到水库下游与相邻海区的沉积过程、物质循环和生态环境。作为长江流域也是迄今世界上最大的水利枢纽工程之一，三峡大坝自计划之日便引起学界和公众的广泛关注，目前已经开展了不少水沙过程和生态环境等相关地学研究。

三峡大坝的存在显著改变了长江上游和中游河段对于下游的物质供应模式。一些研究揭示，大坝延长了长江三峡地区水体的滞留时间，导致其中的浮游生物主导种类发生了大幅转换，进而改变了营养盐如溶解硅等的消耗模式；长江入海水体中颗粒态和溶解态无机碳的含量也较建坝前产生了显著变化，颗粒态无机碳含量降低，而溶解态无机碳则表现出了明显的秋季降低，春季升高的季节变化；大坝的“沉积物滞留效应”导致建坝后长江入海的沉积物通量和悬浮物含量产生大幅度的减少，而且造成了坝区上游河道的淤积和下游河道的严重冲刷；三峡大坝“蓄清排浑”的季节性调节原则也改变了长江上游的径流量下泄模式。迄今，对于建坝前后的长江中下游干流水化学组成特征缺乏深入研究。

我们选择长江下游干流大通水文站，开展了超过一整个水文年的河流水化学的季节性取样研究。结果显示，相对于三峡大坝建成前，三峡蓄水后的主要离子组成表现出明显的季节性变化，Ca^{2+}、Mg^{2+}、Na^{+}、K^{+}这些主要阳离子的浓度都不同程度地高于建坝前。河水离子浓度的变化受相应径流量的稀释影响很大，径流量大时离子浓度低，反之则离子浓度相对较高。三峡出库水量对大通站的径流量贡献巨大，显著影响大通站的离子组成。研究揭示，三峡大坝的季节性流量调控行为可能是导致河流主要离子化学显著季节性变化的主要原因，而三峡水库蓄水对长江

中下游干流的水循环，及河口近海地区生物地球化学循环与生态环境的影响值得后续深入研究。

S20-P-11S

珠江口盆地白云凹陷沉积演化及海平面变化研究

俞天回，李前裕

同济大学海洋与地球科学学院，上海 200092
yth329@126.com;

南海北部海平面变化问题一直是十分重要的课题，而珠江口盆地的海平面曲线有些特别，中新世以来有三次二级旋回。因此，拟通过古生物资料深入分析划分三级至四级海平面变化曲线，结合沉积、测井和地震资料，改善并解决珠江口盆地海平面曲线的对比问题。此外，珠江口盆地白云凹陷番禺低隆起珠江组与珠海组界线时代以及珠海组的时代归属问题一直有比较大的争议，早先多将珠海组归入古近纪的渐新统，近年来通过分析实验有将其地质时代定为早中新世，年龄从 21 Ma 至 24 Ma。番禺低隆起地处珠一坳陷与珠二坳陷之间，从北往南，珠江组与珠海组的上部受海侵的影响越来越明显。随着勘探逐渐向南部迈进，正确认识珠江组与珠海组界线的重要性和迫切性日益清楚地显现出来。

本课题意在采取地质与地球物理综合研究的方法，开展渐新世以来沉积物古生物定量分析工作，提取新的能够准确反映海平面变化的技术参数，为准确建立该地区海平面变化曲线提供直接证据；同时从沉积学等角度，结合地震剖面解释，对南海北部陆架-陆坡沉积岩组成、沉积充填特征以及沉积环境和沉积相开展系统分析研究，探讨海平面变化、构造活动、物源变迁以及沉积环境的改变等对盆地沉积作用及沉积体系的影响。在上述课题工作的基础上，结合已有研究成果，进行对比总结，从古生态演变、沉积环境变迁以及沉积物成分演变的角度对南海北部地区渐新世以来海平面变化特征进行综合研究，编制研究图件等。

S20-P-12

2012 年 4 月 2 日上海徐汇区 M_L1.9 级有感地震分析

于海英，温燕林

上海市地震局，上海 201203
haiyingyu@hotmail.com

上海地区自有地震记录（公元 1475 年）以来至1949年的500余年间，据不完全记载，遭受过 160 余次中强地震袭击，本文将对 2012 年 4 月 2 日发生在徐汇区的 M_L1.9 级有感地震进行全面的分析和讨论。

上海地区软土层厚和强震记录的峰值加速度大

上海及周边地区有着约 300 米厚的软土覆盖层，众所周知，地表软土土覆盖层对地震波有放大作用，而且震级越小放大作用也越大。对于该地震，秦皇山的基岩峰值加速度不到 1 GAL，而白莲泾的地表却记录到了超过 100 GAL，放大倍数达 100 多倍。世博台和徐汇台加速度峰值达到了 50GAL，对于如此大的峰值加速度值，震源附近的居民感觉很明显是显而易见的，而其它离震源稍远一点的上海的强震台站记录到的加速度峰值都在小于 1 GAL 左右，人们已经感觉不到地震波了。

与断层方向的联系

上海市区发生的地震大多与罗店—大场—周浦断层有关，97 年也在这条断裂上周浦发生过 1.0-1.7 级的地震。该断层通过市区，长约 70 km，总体看该断层走向是 NNW 向，其实是不太连续，地质时代为中更新世。本

次地震估计是该断裂附近的小断层的量能释放引起的。小断层能量释放时，如果强震台站位置与小断层破裂方向及波传播的方向正好一致时，记录得到的数据放大很多是正常的，但用土层反应计算就没法得到那么大的值；如果强震台在该断层的两侧，断层有隔震作用，一侧可能大，另一侧可能很小。所以对于有感地区的人们可能正好处在这些小的断裂带上。

结论与讨论

本文分别从精确定位、震源深度、软土层厚对地震的放大作用、地震发生时间以及其它社会因素等几个方面分析了发生在上海徐汇区 M_L1.9 级地震有感的原因，本人认为地震震源浅、上海软土层对小地震的放大作用是该次地震有感的主要原因。

S20-P-13

陆相盆地页岩油储层测井沉积环境分析

蒲晓强[1,2]，姜在兴[3]，祁雅莉[1,2]，廖聪云[1,2]，朱凤芹[1,2]

1 广东海洋大学海洋与气象学院，湛江 524088

2 广东省近海海洋变化与灾害预警技术重点实验室，湛江 524088

3 中国地质大学（北京），北京 100083

173443575@qq.com

目前泥页岩油气藏的工业性开采，已成为全球油气勘探开发的新亮点。随着页岩气理论研究的深入及勘探开发的迅速发展，页岩油资源也在近年内受到了广泛的关注和高度的重视，我国中新生代陆相泥页岩层系中的页岩油资源具有巨大的开发潜力。泥页岩油气藏评价与常规油气层评价存在明显差异，如何快速而直观地识别泥页岩储集层是测井技术评价页岩油气藏的关键。

在陆相盆地页岩油储层的勘探研究过程中，利用测井曲线计算地层有碳含量等参数，应用于层序地层学分析具有不可替代的优势。可解决泥页岩地层岩性变化不明显导致的层序边界划分困难等难题，从而为泥页岩地层的层序地层边界划分、地层格架的建立、盆地发育史的恢复、有利区带的预测等工作提供依据。泥岩中高含量的有机质及烃类会增大岩石的电阻率和声波时差，因此可用电阻率及声波时差数据来计算泥岩中有机质的含量。本研究以沾化凹陷罗 67 井沙三下地层为例，以罗 67 井岩心分析有机碳含量为刻度数据，通过改进的ΔLogR 方法，利用测井曲线计算了罗 67 井目的井段湖相泥页岩中有机质的含量。以机质含量的变化为依据，对深湖~半深湖环境下沉积的泥岩进行了层序地层学分析，并对沉积环境变化特征的判别进行了探讨。

由测井数据计算的碳酸盐含量、粘土矿物含量和硅质含量、有机碳含量、以及 GR 能谱测井曲线，这几种数据对沉积环境通常具有特定的指示意义，通过对上述数据各自所反映的沉积环境信息的综合考虑，对罗 67 井的水深及沉积环境变化进行了分析。发现罗 67 井目的井段由深到浅经历了如下几个沉积环境时期：（1）浅水干热蒸发环境；（2）相对封闭的浅水氧化环境；（3）水深逐渐增加，氧化还原电位由氧化到还原；（4）水位维持相对高位并震荡，气候逐渐变的暖湿，陆源物质的输入有所增加；（5）相对开放的浅水氧化环境。由测井曲线计算的泥页岩有机质含量能够反映水深的变化，结合其它的分析数据和测井数据，可以分析地层在不同地质时期的沉积环境特征，在泥页岩地层层序地层学分析及沉积环境分析中具有重要的参考价值。

S20-P-14S

Shewanella sp. NJ49 低温代谢烃类的机制研究

刘芳明[1,2,3]，缪锦来[1]，肖天[2]

1 国家海洋局第一海洋研究所，青岛 266101
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
laufangming@163.com

低温细菌通过系统性响应来应对环境温度降低所带来的威胁。低温时，细菌通过产生适冷酶、表面活性剂、色素和胞外多糖等物质，调整膜酯组成降低膜的流动性，合成抗冻蛋白、冰核蛋白等抑制冰晶，当环境温度波动大时，低温菌还会合成冷激蛋白来适应环境的变化。低温菌利用一系列独特的生理特性适应环境并促进常温环境下无法进行的地球化学过程，改变地球表面环境的物理、化学性质。本文以前期筛选自南极海洋中的一株可降解烷烃和芳香烃的嗜冷菌 *Shewanella* sp. NJ49 为研究对象，对其进行全基因组测序，通过对测序结果的分析，鉴定了多种不同的烃类降解基因和关键酶系统，阐明了低温菌降解烃类物质的代谢途径，这对于研究低温环境下烃类物质的生物地化循环过程有深远意义，同时显示了低温细菌在极寒环境石油污染的生物修复中极具潜力。

S20-P-16

东南极冰盖中山站-Dome A 断面的冰盖结构与冰下环境

唐学远，孙波，王甜甜，崔祥斌

中国极地研究中心国家海洋局极地科学重点实验室，上海, 200136
tangxueyuan@pric.gov.cn

基于南极冰盖近期表面冰流速，使用第 21 次中国南极科学考察(CHINARE 21, 2004/05)期间获取的东南极中山站- DT401（据 Dome A 130 km）冰盖断面（长 1083 km）车载冰雷达数据。首次揭示了该断面的冰盖内部环境要素-内部等时层结构，显示出沉积不同深度上的古冰盖表面的几何特征。对整个断面冰盖内部的连续层、断裂层和信号空白区（Echo Free Zones,EFZ）进行了识别及分类，给出其空间分布。发现，在整个断面表面以下 200-300 m 的深度范围内，内部等时层是光滑连续的，并近似平行于表面高程，连续层的厚度几乎不随纬度的升高而变化。在 300 m 以下内部等时层的几何结构和 EFZ 的宽度受到表面流速和底部地形的影响：表面流速大和底部地形变化显著的区域具有相对较大的内部等时层扰动与断裂不连续性以及较大的 EFZ 宽度。另外找出了 2 个环境特殊区域：1、距离断面起点 60-70 km 的表面深达 200 m 的凹陷区；2、650-950 km 甘布尔采夫山脉（Gamburtsev）边缘的兰伯特冰川（Lambert）区域是一个显著的快速冰流区，雷达系统未能获取到底部的回波信号，其内部等时层被剧烈扰动、断裂，EFZ 的上边界在深度上存在较大梯度的变化，EFZ 的最大垂向宽度可能超过 2000 m。

S20-P-17S

东南极冰盖 Dome A 地区内部等时层定年及古积累率重建

王甜甜[1,2]，孙波[2]，唐学远[2]，庞小平[1]，崔祥斌[2]，郭井学[2]，王慧[2]

1 武汉大学中国南极测绘研究中心，武汉 430072
2 中国极地研究中心，上海 200136
wangtian890320@163.com

通过对 2004/05 年度中国 21 次南极考察队在 Dome A 获取的冰雷达探测数据分析，示踪出内部等时层结构特征，结合国际冰盖 DOCO 航空雷达探测数据和 Vostok 冰芯年代资料，得到 Dome A 地区六个等时层位上的

深度—年代关系。将深度—年代关系作为输入，使用 D-J 冰流模式，计算出 Dome A 晚更新世以来 6 个不同阶段的古积累率，揭示了 Dome A 地区在相应历史时期的古积累率时间与空间变化。结果显示，Dome A 最高点 30 公里范围内，古积累率有着均一性的分布特征，且过去 35.556ka、39.522ka、45.780ka、92.868ka、121.943ka、160.431ka 这六个晚更新世的不同时期，Dome A 核心区域的平均积累率较低，分别为 2.09cm •a^{-1}、2.29 cm •a^{-1}、2.37 cm • a^{-1}、1.73 cm • a^{-1}、1.91 cm • a^{-1}、1.67 cm • a^{-1}。此外，沿着 Dome A 中心区域向其外围积累率的空间变化也进行了分析研究。

S20-P-18

日本南海海槽发生罕遇地震情况下我国华东沿海的海啸危险性研究

温燕林[1,2]，赵文舟[1]，李伟[1]，薛艳[3]，于海英[1]

1 上海市地震局，上海 200062

2 同济大学 海洋与地球科学学院，上海 200092

3 中国地震台网中心，北京 100045

wenzhengyi@sina.com

2011 年发生在日本海沟的 M_W9.0 地震启示日本地震学界对其南海海槽的地震危险性重新进行评价，其可能引发的海啸危险也引起了我国民众的关注。西南日本太平洋海域存在着所谓的“南海海槽”俯冲构造带，历史上 8 级左右地震反复发生，此前日本一直预报但迟迟未发生的震级可达 8 级的“东海地震”就位于该构造带东北段。经过对发震能力的重新评价，日本地震调查研究推进本部认为南海海槽如果全部发生联动性破裂，则具备发生最大震级可达 M_W9.1 级的能力。

据统计日本南海海槽每隔 100-150 年左右就会发生 8 以上巨大地震，每次都引发大海啸，而且影响到我国沿海，我国地方古籍中对此多有记载。从前人发掘整理出的有较为详细记载的 1498 年、1707 年、1854 年 3 次历史海啸事件分析，初步评估发生在日本南海海槽的巨大地震海啸对我国华东沿海区域的最大影响规模 m 不超过 1 级（m 为 Imamura-Iida 海啸规模级别）。

为定量评估潜在的日本南海海槽地震海啸对我国华东沿海地区的影响程度，对南海海槽发生 M_W9.1 罕遇地震情况下的海啸进行了数值模拟研究。结果表明，该地震可引发初始波幅约 10 m 的海啸，6 h 后传至浙江沿海，近岸各处波幅为 1-2 m；8 h 后靠近上海海岸线，最大波幅约 2 m，受地形影响局地爬高到近 3 m；11 h 后抵达苏北黄海沿岸，预计波幅普遍在 1 m 左右。海啸的上岸高度与海岸附近的海深和海岸线的形态密切相关，我国近岸海域地形变化复杂，海湾众多，对海啸波有放大作用，模拟结果可能比实际传播到近岸时偏小，因此综合评估日本海啸影响我国华东地区的规模可达 m=1-2 左右。一旦日本南海发生罕遇地震则对我国的影响不可忽视，尤其是遇上风暴潮和天文大潮叠加，则可能造成一定程度的海啸灾害。

S20-P-19S

过去 20 万年西太平洋暖池核心区颗石重量变化——海洋酸化程度的新指标

梁丹，刘传联

同济大学海洋地质国家重点实验室，上海 200092

liangdan861012@163.com

海洋酸化是工业化革命以来人类大量排放 CO_2 所带来的重大环境问题。随之而来的是海水 pH 值降低，海水碳酸盐系统的平衡被打破，这些环境的变化将严重影响海洋钙

质生物的生长和钙化。本文利用颗石重量分析软件（Particle Analyser）对西太平洋暖池核心区 200 ky 以来优势颗石属种的重量进行测量，发现 Noelaerhabdaceae 科颗石的平均大小和重量变化一致。对比可知颗石重量的变化主要受碳酸盐系统的改变影响，CO_2 和 pH 值可以通过控制颗石的生长和钙化影响颗石的碳酸钙产出量。随着 CO_2 升高，pH 值降低，颗石的平均重量减小，反之，CO_2 降低，pH 值升高，颗石的平均重量增加。虽然不同属种对 CO_2 升高的响应有所差别，但是全种的平均碳酸钙产出量是减少的。因此我们认为，颗石的重量可以作为过去海水碳酸盐系统的变化指标而应用于古海洋学研究。

S20-P-20

基于 ASTER GDEM 的延河流域水系提取及面积高程积分研究

昌小莉，周杨，罗明良

西华师范大学国土资源学院，四川 南充 637000
991344756@qq.com

面积-高程积分(Hypsometric Integral HI)是由美国地貌学 Strahler 于 1952 年提出的一种具有明确物理含义与深刻地貌学意义的宏观地形指标，对于指示流域地貌的发育阶段具有重要作用。本文以延河流域为例，基于 ASTER GDEM 对流域采用图解建模方法提取沟谷并进行面积高程积分（HI）分析。结果表明，汇流累积阈值越大上游汇水面积越大，集水区个数越小，则沟壑数目越小，并且沟壑总长度和密度随之呈持续不断减小的趋势。本文汇流阈值以 1000 开始并以步长为 200 累计计算，当阈值为 6200 时，沟壑密度为 0.28，并趋于稳定，表明最佳汇流阈值为 6200。对延河最佳汇流阈值进行河网分析，采用 Strahler 分级方法，将延河河流分为五个等级。其中一级河流共 584 条，总长为 131.78 km；二级河流 150 条，总长为 63.67 km；三级河流 27 条，总长 26.27 km；四级河流 3 条，总长 11.70 km；五级河流 1 条，长 16.39 km。数据显示，河网等级越高，数目就越少，一、二、三级河流数目多，占整个河网长度的 88.8%。根据定量的面积高程积分值 S 方法，将地貌发育分为三个阶段：当面积高程积分值 S>0.6 时，为幼年期地形；当 0.35<S<0.6 时为壮年期地形；S<3.5 为老年期。本文求出最佳汇流阈值的 HI，结果表明，HI_{max} 为 0.6293；HI_{min} 为 0.1444；HI_{mean} 为 0.4570。HI 分析结果表明，延河流域的大多数区域处于发育壮年期且处于发育幼年、壮年和老年期的面积大约占总面积的 0.20%、98.5%和 1.25%。

S20-P-21S

基于 DEM 的清水川流域面积高程积分研究

董丞妍，罗明良，张颖

西华师范大学，四川南充 637009
chengyan0214@yeah.net

面积高程积分是通过统计流域地表的高程组合信息，从而来反映地貌流域被侵蚀的程度，是反映流域的发育阶段的一种地学模型，也是揭示流域地貌形态与发育特征的重要指标。Strahler 结合戴维斯地貌循环理论并将其定量化，划分为以下三个阶段：HI 大于 60%属于未均衡的幼年期地形；HI 位于 35%到 60%之间的属于均衡的壮年期地形；而 HI 小于 35%的属于老年期的残丘地形。本文主要是以清水川流域的 DEM 数据为基本信息源，运用 ArcGIS9.3 的水文分析，研究了不同汇流累积量下，分割的小流域数目及面积高程积分值的变化，以及面积高程积分值随河网等级变化的情况，以研究清水川流域的

地貌发育阶段。

研究表明：1）随着汇流累积量成线性关系 $y=500x+1000$ 增加时，所获取集水区的数量则按乘幂函数 $y=588726x^{-0.991}$（$R^2=0.9782$）而减少。2）当阈值≦2000 或在 7500-10500 间取值时，HI 均值会随着阈值变大而变大；而阈值在 13500-15000 或 19500- 20500 间取值时，HI 均值会随着阈值变大而变小；当阈值在 2000-4500，5500-7500，11000-13500，16500-19000 取值时，HI 均值分段趋于平稳，其中 16000-19000 段，稳定性最显著，HI 均值保持 0.4996 不变。因此，就 HI 均值而言，在清水川流域范围内，HI 受汇流累积量大小的影响并不明显。3）清水川流域内 1 级河网区，各个汇流阈值下的 HI 值均大于 0.6，属于幼年阶段；清水川流域内 2 级河网区，各个汇流阈值下的 HI 值均处于 0.5-0.6 之间；清水川流域内 3 级河网区，各个汇流阈值下的 HI 值均处于 0.4-0.5 之间，因此其地貌发育属于壮年阶段；同一河网等级的 HI 大致相近；不同等级之间存在一定差异：河网等级越高，HI 值越小。

总体上，清水川流域内的地貌类型绝大多数为壮年期，部分为幼年期向壮年期发展的过渡性地貌，少部分为幼年期地貌。研究从多个角度统计清水川流域面积高程积分组合情况，为研究清水川流域的地貌发育阶段提供了基础参考。

S20-P-22S

新仙女木事件在湖北清江海螺洞石笋氧同位素中的记录

张帆，黄俊华，张宏斌，金伟衍

地质过程与矿产资源国家重点实验室，中国地质大学，武汉，430070

317967397@qq.com

新仙女木事件（YD 事件）是末次冰期向全新世过渡时期快速升温过程中一次急剧的降温事件，该事件是全球记录最为详细的一次冷事件，在北大西洋深海氧同位素记录和格陵兰冰芯氧同位素记录中都有明确表现，但是对于 YD 事件的起因及其发展过程的研究还存在一定的争议，而这主要由于不同研究载体年代和代用指标的不确定性所导致的。石笋氧同位素记录的作为重要的陆相古气候代用指标，具有年代准确和高分辨率的双重优势，为重建第四纪环境和气候变化提供了与冰芯氧同位素记录同样可靠的依据。在对世界各地的石笋研究的过程中发现，YD 事件在石笋氧同位素记录中同样有明确表现。

本文选取位于东亚季风区的湖北清江海螺洞样品 HL31，采用铀-钍同位素定年法测定样品年龄在 14.4-11.6 ka BP ，碳氧同位素测试数据显示碳氧同位素含量总体变化趋势相同。我们通过石笋氧同位素记录和定年数据重建了 14.4-11.6 ka BP 该地区气候变化记录，对 YD 时期（12.9-11.5 ka BP）的记录进行了详细的对比研究。

海螺洞石笋 $\delta^{18}O$ 值从 12.92 ka BP 开始正偏，之后又出现几次小的负偏，对比发现这与亚洲其他石笋氧同位素记录变化趋势一致。近年来对于中国南方石笋氧同位素记录研究发现，石笋氧同位素记录可以很好地反映亚洲季风的变化，因此，海螺洞石笋氧同位素记录同样反映了该地区季风强弱的变化。

在 YD 早期，$\delta^{18}O$ 值正偏，YD 事件中期，石笋 $\delta^{18}O$ 值出现 3 次百年尺度的明显负偏，通过与格陵兰冰芯记录对比发现，格陵兰冰芯氧同位素记录有同样的波动记录，邻区域的其他石笋记录也显示出类似的波动，同时期快速的海气交互作用可能是这些百年尺度气候事件的主要控制因素。东亚夏季风增强时，海气交互作用以大气影响海洋为主，在千年至百年时间尺度上，中低纬度大陆季

风变化和北半球高纬度气候变化可能有相同的驱动机制，YD 早期的 $\delta^{18}O$ 值正偏反映亚洲夏季风增强，大气对海洋的影响占主导地位，季风对海洋温度变化反馈调节，这可以作为 YD 事件的触发机制是北大西洋温盐环流的变化的证据。

在整个 YD 时期，亚洲夏季风和冬季风的变化呈现反相位关系，该地区气候变化主要受东亚夏季风强度变化的影响。东亚夏季风经历了增强—减弱—增强—减弱—增强—减弱三次循环并最终趋于稳定。

S20-P-23S

珠江口不同形态钼(Mo)的分布规律及其生物地球化学过程

卢水淼，王德利*，夏微微

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室, 厦门 361102

*deliwang@xmu.edu.cn;

根据 2012 年夏季和冬季珠江口航次数据，研究水体中 Mo 的分布及其形态的变化规律。结果表明在珠江口，溶解态 Mo 由淡水端至海水端逐渐升高(夏季，6.2→ 96.2 nmol/L；冬季，19.2 → 103.0 nmol/L) 其分布受淡水和海水的混合过程主导。溶解态 Mo 大体呈现保守行为，局部地区出现不保守行为。比如，虎门上游，溶解态 Mo 存在添加，其原因可能是有源的输入；中河口 (最大浑浊带)，溶解态 Mo 有去除现象，尤其是夏季底部，可能与颗粒物吸附有关。颗粒态的 Mo（3.0→0μg/g)及沉积物中的 Mo(2.9 → 0.2 μg/g)从上河口往外逐渐降低，这主要原因是淡水中颗粒吸附 Mo 的能力较强，而海水中颗粒吸附 Mo 的能力十分弱。在虎门附近(DO<2mg/L)存在还原态的 Mo(V)，占总溶解态 Mo 的 1-3%。Mo(V)含量虽然非常少，但却和一些生物参数有一定的对应关系，如细菌，Pico 藻类的丰度，Mo(V)还可能参与生物固氮过程。原核生物如蓝藻可能更加倾向于吸收 Mo(V)，真核类的藻类由于更加进化则更倾向于吸收氧化态的 Mo（VI）。

S20-P-24S

九龙江河口区金属形态的分布规律

张雪莲[1*]，卢水淼[1]，王德利[1]，陈能汪[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 厦门大学环境生态学院，厦门

*630295880@qq.com

本研究是通过离子交换法对九龙江河口区（福建省经济发展活跃的地区，周边有龙岩、漳州、厦门等城市，且温盐变化、纳潮量大）不同盐度下的金属形态（Cu、Mo、V）的分布规律进行调查研究，进一步探讨金属形态是如何控制金属在生物生长代谢中所起的作用。经 0.22 μm 的滤膜后的水样，分别依次通过 Chelex-100 和 C-18 树脂富集后，就可以分离出游离态金属中的活性态(Labile)、非活性有机态(refractory organic)和惰性态(inert)金属。作图可以发现 Cu、Mo、V 总溶解态在九龙江河口区呈现相对保守的性质，但它们的活性态和非活性有机态却呈现不保守的规律，非活性有机态金属在河口上游和厦门西港附近比较高，对于 Cu、Mo、V 不同金属形态所占的比例大小，大致是这样的结果：Mo、V：活性态>非活性有机态，Cu 非活性有机态>活性态。并且通过与其他国家河口区的金属形态进行比较，九龙江河口区中铜的含量特别高（约 100 nM 左右，其他区域约 30-50 nM 左右），分别是惰性态>非活性有机态>活性态。

有机态金属的形成可能有两种可能，一

是附近存在大量有机物排放，这些有机物与金属发生络合反应；二是生物生长如藻华等产生有机物，这些有机物与金属结合，形成有机态金属。本研究认为第一种情况可能导致较多的有机态金属，特别是隋性态有机金属；而第二种情况可能是导致较多非活性态有机态金属的原因。

S20-P-25S

微型生物痕量元素组成对环境变化响应

郑辰禾*，张雪莲，王德利，汤凯，李书慧，杨玉洁

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室，厦门 361102

* 961259154@qq.com

众所周知，常量元素钾、钙、钠和镁在生物生长的各个方面发挥着重要作用，而除此之外的其他金属元素均属于痕量元素。从微型生物到人，它们都是生长所必须的痕量营养盐，虽然在生物体内含量很少，但生物的蓬勃生长却少不了它们的帮助。同时，在广袤无垠的海洋中，从生产者浮游植物到分解者细菌，各种微型生物也在海洋物质转化、能量传递等方面扮演着重要的角色。将二者结合，我们不禁产生许多有趣的问题。这些痕量元素在微型生物中的组成如何?当外界环境变化时，特别是当环境变化引起微型生物代谢改变时，痕量元素组成会改变吗？不同类型的微型生物的痕量元素组成一致吗？本研究以这些问题为起点，主要以厦门大学汤凯老师首次发现于东南太平洋深层水的一种兼性自养型硫化菌(*Thiobacamonas.altus*)为研究对象。研究发现在环境改变造成代谢状态改变的情况下，硫化菌的痕量元素组成是不同的，其对大部分的痕量元素均有吸收，且在自养状态下对痕量元素的需求相较异养状态更大，而其在两种代谢状态下对不同痕量元素的需求差异又不尽相同。本研究还将硫化菌与其它细菌、藻类等不同类型的微型生物的痕量元素组成进行对比，发现不同类型微型生物间痕量元素组成也不同。本文通过分析数据进一步探讨产生这些差异的原因，并据此推测硫化菌所特有的化能自养过程相较光合自养过程可能特别需要以某些痕量元素为核心的酶，而与之相关的新陈代谢过程也在化能自养中更占优势。利用元素组成，我们除了能较为直观地了解各种痕量元素在微型生物新陈代谢活动中的参与度，同时由于微型生物在海洋中的广泛存在，通过探究钼等痕量元素被微型生物吸收的情况又能对研究它们的海洋学意义提供帮助。在现有研究的基础上，待结合相关蛋白质等生物学数据，并继续将硫化菌数据与更多细菌、藻类进行对比，希望进一步探究微型生物对痕量元素的吸收利用机制，以及痕量元素在不同历史阶段海洋中的生物地球化学行为。

S20-P-26

大气模式估算的东亚区域人为硫酸盐和黑碳气溶胶辐射强迫及其时间变化特征

李剑东

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）

lijd@mail.iap.ac.cn

气溶胶对气候系统有重要影响，为此本文利用大气环流模式及大气化学模式所得气溶胶资料，估算了人为硫酸盐和黑碳气溶胶引起的全球及东亚区域辐射强迫，重点分析其在东亚区域的季节和长期变化特征。结果表明，估算的当前全球年平均人为硫酸盐在大气顶的直接和云反照率强迫分别为−0.37和−0.98 W m^{-2}，黑碳气溶胶对大气顶和整层

大气的辐射强迫值为 0.16 和 0.47 W m^{-2}；中国东部区域是目前上述气溶胶辐射强迫最强的区域，硫酸盐的直接和间接辐射强迫分别超过−2.0 和−4.0 W m^{-2}，黑碳对大气顶和整层大气的正直接辐射强迫分别可达 2.0 和 5.0 W m^{-2}；估算东亚区域上述气溶胶辐射强迫仍在不断增强，峰值预计出现在 2010s 时段，而且中国东部较强的辐射强迫还可能维持至 2030s 左右。在未来中、高排放情景下，东亚区域这两种气溶胶将对全球气溶胶辐射强迫预计有更大的贡献。本文分析还表明，除受质量浓度影响而外，夏季东亚区域较强的水汽会增强吸湿性硫酸盐气溶胶的直接辐射强迫，云的作用一方面可能强化东亚区域全天空条件下大气顶黑碳的辐射强迫，另一方面会影响硫酸盐气溶胶间接云反照率强迫的季节变化；上述气候特征的差异使得东亚区域的气溶胶辐射强迫表现出与欧美区域有所不同的特征。本文结果说明改进气候模式中气溶胶过程和气象场的模拟将有助于减小区域气溶胶辐射强迫估算的不确定性。

S20-P-27S

大九湖表层泥炭腐殖化度的环境指示意义

胡玉[1]，王新欣[1]，薛建涛[1]，赵红艳[2]，黄咸雨[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，湖北武汉 430074

2 东北师范大学地理科学学院，吉林长春 13002

yuhugeo@gmail.com

在泥炭古气候重建中，腐殖化度是一种应用非常广泛的古环境代用指标。然而，泥炭腐殖化过程复杂且影响因子众多，如温度、湿度与微生物等；腐殖化度的测试方法亦不尽相同，这些因素无疑会对腐殖化度的空间对比以及长尺度时间序列的古气候解译造成一定困难。本文首先开展条件实验从而优化腐殖化度的测试方法。进而研究神农架大九湖泥炭腐殖化的现代过程，探讨腐殖化度值（用吸光度来表征）与植被类型（分为苔藓类、草本类与木本类）、水位、及水化学条件（主要是电导率、氧化还原电位、pH 等）环境因子的关系。研究表明，在实验方法上，加热时长与加热温度对碱提取溶液的吸光度值没有明显影响。对于分解程度较低的表层泥炭样品，采用短波长（400 nm），可提高不同样品之间的区分度。对采自神农架大九湖泥炭地的表层样品，通过主成分分析方法，初步探讨了碱提取溶液吸光度值与植被类型、水位及水化学参数之间的关系。从初步结果来看，泥炭藓含量相对较高的样品通常表现为较低的吸光度值。下一步还需要加强模拟实验来探讨温度对泥炭样品腐殖化度的影响。

S20-P-28

高亚洲冰川与吸光性气溶胶

明镜[1,2]

1 国家气候中心，北京 100081

2 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰冻圈科学国家重点实验室，兰州 730000

petermingjing@hotmail.com

高亚洲冰川分布于南起喜马拉雅山脉、北至阿尔泰山，西起辛都库什、帕米尔高原，东至青藏高原东部边缘等广大地区，是亚洲多数居民的“水塔”。当前，有研究认为，黑碳气溶胶是除二氧化碳等温室气体外，导致高亚洲冰川退缩的主要原因。这些研究中，模式计算结果为这一结论提供了主要支持。然而，通过在高亚洲冰川实地观测冰川表面辐射特征和反照率、观测雪的微观物理特征、采集表层雪和冰芯样本并分析其中的吸光性组分（包括黑碳和矿物粉尘），结果认为高亚洲冰川表面黑碳浓度分布依次受到海拔分布、

夏季消融、局地排放的影响。区域变暖导致的积雪消融是最为重要的因素，矿物粉尘的大量沉降对反照率的影响在大多数情况下超过黑碳，而黑碳气溶胶的沉降对高亚洲冰川能量平衡的总体影响最轻，总体平均在 5%以内。南亚排放的黑碳进入青藏高原腹地以雅鲁藏布大峡谷为主要通道（大气河），以季风动力翻越为次要途径。

S20-P-29S

青海湖沉积物及周边土壤的类脂物分布:对干旱地区古气候重建的启示

卢佳仪，杨欢，李婧婧，谢树成

生物地质与环境地质国家重点实验室，中国地质大学(武汉)

531508591@qq.com

为了追踪土壤-河流-湖泊系统中类脂物的运移，本研究选取青海湖中的湖泊沉积物、青海湖周边土壤及青海湖入湖河流的河流沉积物为材料，检测来自于植物叶片表皮腊脂的生物标志物正构烷烃及其单体稳定碳同位素以及来自于微生物的生物标志物古菌和细菌细胞膜脂 GDGTs，讨论这些生物标志物在整个系统不同环境中的差异，探索陆源和湖泊自生类脂物在系统中的运移及对干旱区湖泊古环境古气候重建的启示，为后续利用这些类脂物重建古环境提供现代过程的支持。青海湖湖泊沉积物及周边土壤,河流沉积物中的正构烷烃主峰碳为 C_{31}，表明在青海湖地区表层土壤中的有机质以草本植物为主。湖泊沉积物、河口沉积物、土壤中正构烷烃 C_{31} 单体碳同位素对比正构烷烃 C_{31} 单体碳同位素从土壤经河流到湖泊的过程中呈现出正偏的趋势，说明在该过程中正构烷烃发生了降解。所有样品的 iGDGTs>bGDGTs,但河口沉积物细菌 bGDGTs 含量明显高于湖泊沉积物与土壤中的细菌 bGDGTs;青海湖的 GDGTs 由周围土壤和河流输入的 GDGTs 以及湖泊原生的 GDGTs 两部分组成。河流中贡献了大量的细菌 GDGT-I，使得湖泊中 GDGT-I 占总 bGDGT 的相对含量比土壤高。

S20-P-30

构造反转背景下的松辽盆地大规模 T2 多边形断层系统-以三肇凹陷为例

李祥权[1,2]，全夏韵[1,2]，任建业[1,2]

1 中国地质大学(武汉资源学院海洋科学与工程系，武汉 430074

2 中国地质大学（武汉）构造与油气资源教育部重点实验，武汉 430074

lxq@cug.edu.cn

松辽盆地青一段发育大量密集分布的小型张性断层系，其成因一直以来颇受争议。本文选取松辽盆地三肇凹陷为研究区，通过新连片三维地震剖面精细解释及沿层相干切片分析等手段，详细描述了三肇凹陷青一段密集张性断裂系统的剖面和平面特征，提出：①青一段张性断裂系主体为非构造成因的多边形断层，其成因可能是由青山口组青一段泥岩超压幕式排烃破裂所导致，同时盆地构造反转活动对断层的发育特征具有重要的影响；②凹陷内多边形断层主要发育于嫩江组末期，明水组末期盆地强烈的构造反转致使早期形成的多边形断层再活动，且对部分多边形断层的发育进行改造；③多边形断层起到沟通青一段烃源岩和分别位于其上部与下部的葡萄花、扶杨 2 个油气储层的作用，是凹陷内油气成藏的重要运移通道；④嫩江组末期，超压使油气通过多边形断层从青一段短距离向下部扶杨储层“倒灌”运聚成藏。明水组末期，超压导致油气沿重新开启的多边形断层向上部葡萄花储层或向下部扶杨储

层运移聚集形成油气藏，同时垂向延伸较长的多边形断层对下部扶杨油藏可能具有一定的破坏作用。

S20-P-31S

珠江口盆地珠一坳陷中中新统河道沉积特征及地质意义

王利良，王英民，李华，卓海腾，徐少华，刁宛，万海清

中国石油大学（北京）地球科学学院，北京昌平 102249

wlhonest@163.com

本文利用高精度三维地震资料和钻测井资料在珠江口盆地珠一坳陷恩平地区进行了地震地貌学研究，在珠江组顶部和下韩江组提取若干沿层振幅切片，发现了大量河道和下切谷沉积体。地震切片与剖面相结合，清楚展示了河道及下切谷的规模，外部形态和内部结构。

河道的规模和形态与沉积物载荷类型、河道的侧向稳定性、水流能量有一定的相关关系，可根据平面形态分析其形成环境和沉积物类型。通过对河道的宽度、弯曲度、横向迁移程度等参数的定量研究，将本区河道分为高弯度型和低弯度型。高弯度河道宽度多在 200 m 至 500 m 之间，曲率大于 2.0，无明显的侧积。高弯度河道形成时的水流能量较低，以悬浮载荷为主，河道稳定，形成于高可容空间时期的三角洲平原。此类沉积体规模小，粒度细，油气储层意义较小。低弯度河道的曲率为 1.1~1.3，宽度 1~3 km，有明显的侧积现象或具有树枝状分叉，形成于低可容空间时期的三角洲平原或前缘。此类河道以底载荷为主，河道稳定性差，沉积物较粗，是良好的潜在油气储层。

下切谷是河流体系响应于相对海平面下降，切入上一旋回的高位沉积体中而形成的深切水道，它继承了先期河道的形态，表现为顺直形或蛇曲形，内部由多期河道充填，规模远大于单期河道。下切谷的存在指示了较大幅度的海平面下降。本地区的下切谷宽度最大可达 7.8 km，在地震剖面上表现为顶平底凸的谷形下切或强振幅异常。下切谷规模大，内部为砂质充填，上部覆盖海侵时期的泥岩沉积，可以形成良好的岩性圈闭。

S20-P-32

高新技术促进海洋地学科技发展

王蛟[1,2]，莫杰[1,2]

1 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 青岛海洋地质研究所，青岛 260071

wjwal@sohu.com

20 世纪 80 年代以来，世界海洋高新技术的发展与广泛应用，促使海洋科学得以全面发展，并取得重大成果。当今海洋地学领域新理论、新学说的产生，海底地质构造调查研究与矿产资源勘查取得重要突破和成果，在很大程度上是由于采用了高新技术及其各种高分辨、高性能、高精度探测仪器的结果。显然，高新技术大大促进了海洋地质科学的发展。如海洋地学的海底扩张学说/板块构造理论，沉积作用与浊流，海底地震及火山成因，古海洋学，全球变化，现代海底成矿理论，极端环境与生物群落，地下生物圈假说等等。

本文综述了国内外全球定位系统、海洋立体测绘新技术、海底地质采样技术、深海探矿/采矿系统、深海运载技术和我国深海技术的发展概况。并就海洋地质科技的发展，提出要形成一整套立体探测技术、矿产资源勘查开发技术、深潜运载技术和海底采样技术等综合系统。

S20-P-33S

洞穴滴水微量元素对极端低温和强降雨天气事件的响应

吕现福[1,2]，刘子琦[1,2]

1 西南大学 地理科学学院，重庆 400715；
2 西南大学 地球化学与同位素实验室，重庆 400715
athena_lily@163.com

全球气候变暖与变冷争议无处不在，全球气候变化日渐成为当今人类最为关注的重大社会问题，与人类的生存环境密切相关。岩溶作用对全球变化的反应迅速敏捷，岩溶作用保留了多方面全球变化特别是环境变化和气候变化的信息。其中洞穴沉积物由于其分辨率高，连续记录，高精度定年成为古气候和古环境研究的重要地质载体，记录了丰富的古气候和古环境信息，拥有诸多代用指标。目前，$\delta^{18}O$ 应用较为广泛和成熟，微量元素研究由于其来源多样和影响因素复杂使其应用范围受一定局限。但微量元素记录了洞穴水对外界环境的响应以及在岩溶含水层的运移过程，对微量元素的在洞穴系统的运移研究可以为解译洞穴沉积物记录的环境信息提供科学依据。本研究以贵州省安顺市西秀区石将军洞为主要研究场所，对石将军洞大气温度、降水量、洞穴 CO_2 浓度等进行长期监测，并收集洞穴滴水，分析样品中的 Ca、Mg、Ba、Sr 的浓度、Mg/Ca、Sr/Ca、Ba/Ca 和 Mg/Sr 比值以及其他地球化学指标对地表环境变化的响应。以研究土壤化学组成和植被对洞穴水地球化学组成的影响为重点内容，分析石将军洞洞穴滴水的微量元素变化特征对 2011 年 1 月极端低温(冻雨)事件和 2012 年春季干旱夏季强降雨天气的响应，初步得出了如下结论：洞穴滴水元素及其比值变化受洞穴上覆土壤和基岩厚度以及地下水在基岩中的运移方式、路径和距离等因素影响，滴水元素浓度及其比值差异对的极端干旱和强降雨天气的响应不同。石将军洞滴水 Ca、Mg 浓度对 2011 年 1 月极端低温(冻雨)干旱天气的响应较明显。2011 年 1 月-3 月石将军洞洞穴滴水 Ca 浓度降低幅度大 2011 年 4 月以后，随着气温回升，降水增多使地下水对基岩的溶解增强导致 Ca 浓度微升，Mg 浓度则因气温升高使溶解度增大而增加。石将军洞洞穴滴水 Ca、Mg、Sr 对 2012 年的春季干旱夏季强降雨天气的响应较明显。2012 年 4-7 月洞穴滴水的 Ca、Mg、Sr、Ba 浓度增加，但 Ca 的增加幅度比 Mg、Sr、Ba 大，Mg/Ca、Sr/Ca 比值变化不大，Ba/Ca 比值先增加后降低，同样是因为降水增多，对基岩的溶解增强。2012 年 7 月以后，Ca、Ba、Sr 浓度降低，Mg 浓度增加，其中 Ca 降低趋势最明显，其原因很可能是 5 月以来强降雨带来丰富降水，降水量增多使地下水水量增多，稀释作用增强，稀释了 Ca 浓度。

S20-P-34S

岩溶槽谷区地下水微生物污染特征及来源研究——以老龙洞流域为例

段逸凡[1,2]，贺秋芳[1,3]，刘子琦[1,2]，张远瞩[1]，张弘[1]，赵瑞一[1,2]

1 西南大学 地理科学学院，重庆 400715
2 西南大学 地球化学与同位素实验室，重庆 400715
3 西南大学地理科学学院，三峡库区生态环境教育部重点实验室，重庆 400715
qianzhiweinong@yeah.net

重庆市南山老龙洞流域属于典型岩溶槽谷区，近年来该流域地下水污染严重。本文选取老龙洞流域 10 个地下水点采集样品，分析水样中的水化学指标和三种重要微生物指标，以了解城市化进程对老龙洞地下河流域水质的影响，探究该地区微生物污染的主要

来源。本文结合岩溶区独特的地质水文背景，利用粪大肠杆菌（FC）与粪链球菌（FS）比值法，初步分析得到该地区微生物污染程度和污染来源。老龙洞流域地下水存在严重的微生物污染，地下水总细菌数、大肠菌群远超过国家地下水标准规定分别是国家地下水标准规定的 2.3×10^{2}~5.5×10^{4} 倍、0.8×10^{4}~0.9×10^{6} 倍，粪大肠菌群数量为 100~4.38×10^{6} $CFU\cdot L^{-1}$。FC/FS 比值法表明：4#，6#微生物污染主要来源于温血动物；1#、7#、8#地下水受城市化进程的影响大，微生物污染主要来源于人类粪便，同时 SO_4^{2-}、PO_4^{3-}、NO_3^-含量高且与微生物污染相关性密切，说明生活污水引起的次生微生物污染较严重。2#、3#、5#、10#受生活污水和禽畜粪便影响较小，属于单纯的 NO_3^-农业污染型地下水，微生物污染较轻。

作者索引

Adam P. Showman 310, 313
Aimée Slangen 166
Andrew F. Thompson 166
Andrew L. Stewart 166
Andrew P. Ingersoll 312
Armin Köhl 133
Ashish Sinha 41
Bai-Cheng Zhou 278
Bangqi Hu 207
Bao Hongyan 232
Baoqi Huang 125
Benjamin Passey 93
Bethany L. Ehlmann 308
Bin-Bin Xie 278
Bingbing Wei 275
BM Jahn 387
Bo Li 101
Bochu Yao 409
Böttcher, M.E 255
Brian Tucholke 301
Bruno Scaillet 322
Camille Risi 131
Catherine Kissel 129
Chao Li 240
Chaogui Zheng 171
Charles G. Bardeen 317
Char-Shine Liu 195, 377
Chen Shuangxi 123
Cheng Sun 138
Cheng Zhu 171
Chiou-Ting Lin 377
Chi-Yue Huang 377
Christoph Spötl 41
Christophe Colin 200, 210
Christopher Smith-Duque 295
Chuan Qin 315
Chuanlian Liu 119
Chuanlun L. Zhang 122
Chuanlun Zhang 249
Chun-Feng Li 403, 410
Chunju Huang 89, 257
Chun-Yang Li 278
Chunzai Wang 133
D. Cluzel 387
Dapeng Xu 271
Darryl Granger 221
Dave G. Ferris 118
David A.D. Evans 70
David C. Fernández-Remolar 308
David Crisp 317
David J. Hydes 254
Deli Wang 255
Dellwig, O 255
Denise Kulhanek 44
Derek Fairhead 410
DING Weiwei 401
Ding Xiaodong 232
Dominik Fleitmann 41
DONG Congzhi 401
Dong Feng 290
Dong Pha Phan 388
Dongliang Yuan 101, 134
Duofu Chen 290
Dupont-Nivet G. 242
E. Garzanti 380
Eduardo Garzanti 87, 386
Eric Boyd 285
Eric S. Boyd 410

Escher, P.....255
Fabrice Gaillard.....322
FANG Yinxia.....401
Farooq Azam.....247
Fei Chen.....282
Felix Elling.....258
Fenfen Liu.....140
Fengming Chang.....174
Fengping Wang.....280
Feng-Ping Wang.....288
Fengyu Deng.....282
Franck Bassinot.....129
Franck Bassinot[2].....130
Frank Oldfield.....63
G. Roff.....158
Gangjian Wei.....207
Gaojun Li.....224, 234
Gaoyuan Sun.....386
Gayatri Kathayat.....41
Gerard J. M. Versteegh.....187
Gert De Lange.....239
Graham Shields-Zhou.....73
GuangfaZhong.....212
Guang-Long Wang.....278
Guangyi Wei.....85
Guoqi Han.....165, 166
Haifeng Fan.....69
Haiwei Luo.....282
Han Guoqi.....176
Han Xia.....325
Hanjie Wen.....69
Helong Wei.....207
Hongfei Ling.....85
Hongxiang Guan.....290
Hongzhou Xu.....140
Houjie Wang.....207
Huaiyang Zhou.....288
Hui Zhao.....282
Huizhi Bao.....166
IODP Exp. 349 Scientists.....44
J. Charvet.....387
James Dillon.....253
James Ogg.....89
James T. Liu.....240
Jean-Arthur Olive.....298
Jiabiao Li.....410
Jian Lin.....301
Jiang Xingwei.....135
Jiangang Wang.....386
Jianghui Du.....125
Jiangtao Li.....275, 288
Jiani Wang.....275
Jianping Li.....138
Jianxin Zhao.....153
Jiasong Fang.....275, 288
Jihong Cole-Dai.....118
Jing FangXiang.....280
Jing Gao.....131
Jingtao Zhao.....122
Jinwei Gao.....409
John Chappell.....60
John Wahr.....315
Jon Woodhead.....41
Ju Yiwen.....392
Juan Cruz Larrasoaña.....170
Julienne J. Paraiso.....285
Jun Chen.....234
Jun Li.....122, 207
Junfeng Ji.....234
Junliang Zhou.....282
Kai Tang.....266
Kai-Uwe Hinrichs.....258
Kandasamy Selvaraj.....232
Kao Shuh-Ji.....232

Katharina Pahnke 239
Kefu Yu 152, 153
Kei Hirose 324
Khanh Phon Le 388
Kirk McIntosh 409
Kowalski, N 255
KUHNT Wolfgang 178
Lei Bi 240
Leonid Polyak 108
LI Jiabiao 401
Li Tiegang 123
Li Wu 171
Li WU 108
Li Zhang 275
Liang Yi 140
Liang Zou 207
Lianjun Feng 69
Liankai Jia 409
LiaoliangWang 212
Lijun Hou 282
Lijun Mi 409
Lin Mingsen 135
Lina Yang 101
Linda A. Hinnov 88
Linda Hinnov 89
Linlin CHANG 324
Liping Zhou 125
Long Xiao 308
Luc Beaufort 119
Luhua Xie 207
M. BouDagher-Fadel 380
M. Faure 387
Marcelle BouDagher-Fadel 87
Marcelle K BouDagher-Fadel 386
Mark D. Behn 298
Mark J. Dekkers 49
Megan Kelly 41
Min Liu 282
Min Wen 132
Mingsong Li 89
Minhan Dai 254
Naishuang Bi 207
Nan Qingyun 123
Nengyou Wu 290
Neupane Bhupati 392
Nianzhi Jiao 266, 271
Nick Ogasa 388
Nicolas Barbarin 119
Nikos Solounias 50
Peng Ji 278
Peng Wang 249
Pengfei Lin 139
Peter Clift 241
Peter D. Clift 220
Peter Gao 317
Philipp Böning 239
Ping-Yi Li 278
Qian Wang 174
Qiang He 321
Qiang Xie 140
Qi-Long Qin 278
Qiong Zhang 166
Quan Wang 240
Qubin Qin 140
R. Lawrence Edwards 41
R. Nigam 111
Rafael Tarozo 253
Rainer Gersonde 128
Renata Wentzcovitch 319
Renhe Zhang 132
Roger Luff 259
Ron Harris 377
Ronan Joussain 210
Rujian Wang 128

Rujian WANG 108
Sean R. Shieh 321
Shamik Dasgupta 275
ShaoruYin 212
Shiguo Wu.....409
Shijie Zhong.....43, 315
Shilei Li.....234
Shouye Yang 240
Shu Li.....153
Shun-ichiro Karato.....324
Sicheng Wang.....321
Sue Hartman.....254
Sun Ying.....392
Tandong Yao.....131
Tao Li 312
Tao SUN.....324
Tao Wang 325
Taoran Song 403
Taras Gerya 333
Tegu Chen 152
Thomas J. Algeo.....252
Tianran Chen.....152, 153
Tianran Li.....132
Tiegang Li 174
Timothy Kusky.....337
Tingting Wang 301
Toby Tyrrell.....254
Torsten Utescher 98
Ulrich Struck.....73
Wei An.....386
Wei Xie 249
Wei-Dung Sun.....377
Wei-Nan Liu.....410
Weiqiang Wang 133
Wenchu Zhou 266
Wenfang Lu.....136
Wen-Huang Chen.....377
Wenshen Xiao 128
Wenshen XIAO 108
WIESNER Martin G. 258
William Longo 253
William T. Cooper 275
Wu Qiao 232
Wu, Z. J 255
Xi Liu 324
Xi Liu[1] 321
Xi Zhang..... 317
Xia-Hai Yan..... 136
Xiang Su.....119
Xiangkun Zhu..... 69
Xiaodong Song..... 325
Xiaoguo Yu..... 128
Xiaotong Peng..... 288
Xin-Xu Zhang 288
Xiuhua Zhu..... 133
Xiu-Lan Chen..... 278
Xiumian Hu 386
Xi-Ying Zhang..... 278
Xuedan Zhou 249
Xunliang Cheng..... 282
Y. Chen 387
Yang Chen 234
Yang Zhang 89
Yanling Zheng 282
Yannan Sun..... 288
Yao-Wen QIU 151
Yechen SUN 108
Yen-Jun Lin 377
Yi Song..... 139
Yi Yan..... 377
Yi Zhang..... 278
Yi-Liang Li..... 305
Ying He 280
Yingfan Lin 266

YinqunGuo.....212
Yinsui Zheng.....253
Yongqiang Yu.....139
Yongsong Huang.....253
Yu Zhoufei.....123
Yuexing Feng.....153
Yu-Huan Hsieh.....195, 377
Yuk L. Yung.....312, 317
Yuwu Jiang.....136
Yu-Zhong Zhang.....278
Zeman Chen.....409
Zhaokai Xu.....174
Zheng Liwei.....232
Zhichun Zhang.....101
Zhifei Liu.....210, 377
Zhihua Xiong.....321
Zhimin Jian.....119
Zhimin Ma.....166
Zhong-Qiang Chen.....89
Zhou. H. Y.....255
Zijun Wu.....288
Ziye Cheng.....308
Zong-Pei Jiang.....254
Zuyi Zhou.....410
沈川洲.....143
安佰正.....113
安春雷.....118
安慰.....380
安芷生.....49, 245
敖红.....49, 245
白亚之.....108
白艳.....51
拜阳.....197, 202, 349, 350, 359
鲍睿.....237
毕磊.....229, 231, 235
边立曾.....271
边叶萍.....178
卜坤.....368
蔡春芳.....79
蔡观强.....208, 332
蔡进功.....163, 164, 270, 271
蔡庆芳.....226
蔡秀华.....99
蔡长娥.....201
曹娣.....162
曹鸿兴.....99
曹敬贺.....408
曹文志.....162
曹运诚.....353, 363
曹知勉.....41
曾晗.....85
曾丽丽.....115
曾敏.....172
曾千慧.....295
曾提.....142
曾翔.....271
曾信.....300
昌小莉.....420
常标.....88
常凤鸣.....103, 105, 115, 120
常华进.....72
常晓红.....277
常晓琳.....250, 252
晁晖.....250
陈超.....337
陈代钊.....75
陈端新.....358
陈多福347, 348, 353, 360, 361, 363, 364, 383, 393, 414
陈二洋.....368
陈芳.....256
陈峰.....247
陈更新.....133
陈宏言.....202, 408

陈泓君.....199
陈洪云.....86
陈慧.....133
陈吉余.....167
陈建芳.....258, 269
陈建平.....342
陈江欣.....197, 202, 349, 350, 359
陈井双.....117
陈军.....47
陈军明.....102
陈骏.....225
陈立奇.....238
陈林.....333
陈琳.....47
陈琳莹.....363
陈玲玲.....179, 187
陈萌莎.....127
陈木宏.....107, 109, 115
陈能汪.....422
陈萍.....284
陈琼.....112, 238
陈全.....215
陈荣裕.....115
陈少坤.....55
陈升.....337
陈仕涛.....41
陈淑慧.....63
陈双喜.....172
陈松泽.....263, 265, 284
陈特固.....143, 151
陈婷婷.....399
陈艇.....173
陈维.....174
陈维涛.....168
陈文煌.....393
陈曦.....81, 96
陈宣华.....331
陈雪霏..... 142, 163
陈妍..... 79
陈宇亮..... 47
陈雨霏..... 261, 263, 274
陈云如..... 266
陈正华..... 149
陈祖军..... 167
谌微微..... 381, 384
成鑫荣..... 131
程海..... 41
程和琴..... 167
程宏伟..... 287
程华冬..... 325
程日辉..... 161
程心..... 74
程知言..... 186
仇建东..... 170
初凤友..... 178, 301
储雪蕾..... 72
储著定.....113
褚智慧..... 178
褚忠信..... 57, 177
丛晓荣..... 352
丛晓蓉..... 356
崔夺..... 306
崔豪..... 84
崔丽峰..... 240
崔祥斌..... 418
代立东..... 324, 327
戴璐..... 124
戴民汉..... 41, 276
戴英..... 63
单红仙..... 205
单双明..... 327
党皓文..... 105, 129
党宏月..... 247
邓成龙..... 62, 187, 243

邓凯 58, 235
邓敏 250, 252
邓涛 48
邓文峰 142
邓希光 294, 339, 341, 367
邓显明 334, 336, 347
邓煜 376
邸鹏飞 361
刁宛 168, 178, 180, 214, 375, 426
丁海 354
丁继凯 381, 384
丁兴 340
丁旋 127, 167, 226
丁仲礼 53
董昌明 133
董丞妍 420
董海良 100, 274, 281, 410
董进 70
董良 185, 187, 287
董铭 48
董秋瑶 86
董欣欣 57
窦衍光 241
窦银科 289
杜江辉 114
杜明敏 303
杜文波 295
杜晓蕾 170
段逸凡 427
段莹 167
段宗奇 170
范代读 179, 187
范国章 375
范维佳 130
方捷 342
方习生 170, 211
方小敏51, 216, 218, 219, 221, 234, 236, 237
费英伟 323
冯常茂 147, 161
冯东 347, 361, 363
冯俊熙 414
冯连君 72
冯乾文 378
冯庆来 88
冯英辞 154, 156
冯振兴 267
付少英 382
付淑清 191
付勇 75
傅恒 189
傅飘儿 339
甘剑平 41
高红芳 256, 332, 405
高建华 267
高金耀 292, 406
高立蒙 268, 272
高有峰 92
高云佩 96
葛黄敏 187
葛俊逸 63, 102
葛淑兰 170
葛肖虹 46, 379
耿明会 197, 202, 349, 350, 359
耿旭朴 137
龚承林 194
龚晓峰 412
顾成林 184
顾圣华 167
关永贤 197, 202, 349, 350, 359
管玉平 135
郭娇 86
郭井学 418
郭景腾 122

郭攀.....356
郭庆军.....73
郭送军.....149
郭文婷.....253
郭香会.....41, 276
郭晓璇.....284
郭衍游.....116
郭艳微.....232, 244
郭依群.....195, 209, 212
郭禹希.....304
郭玉龙.....231, 244
郭真.....376
郭正堂.....63
郭志刚.....126
韩沉花.....345, 346
韩国奇.....185
韩建辉.....189
韩娟.....94
韩钦臣.....176
韩喜彬.....301
韩喜球.....360
韩晓影.....407
郝鹏.....115
郝青振.....102
郝树青.....204
郝天珧.....398
郝秀东.....52
何高文.....339, 367
何家雄.....412
何俊国.....213
何梦颖.....46, 54
何强.....328
何同.....228
何小庆.....102
何莹.....287
何永胜.....99
何永垚.....157
何云龙..... 196
贺恩远..... 335
贺海波.....112, 230, 238
贺秋芳..... 427
侯明才..... 250, 252
侯素宽..... 50
胡邦琦..... 287
胡晨..... 265
胡海英..... 324, 327
胡建忠..... 175
胡军..... 71
胡凯..... 221
胡利..... 183, 186
胡利民..... 126
胡维芬.....109, 115
胡修棉..... 87, 90, 380
胡永云..... 67, 305, 306
胡玉..... 274, 424
胡钰..... 348, 363
胡兆初..... 61, 242
黄宝春..... 53
黄宝琦.....114, 127
黄成敏..... 96
黄川..... 327
黄丁勇..... 295
黄恩清..... 120
黄光庆..... 191
黄海波..... 396, 402
黄洪城..... 208
黄金水.....311, 325
黄晶..... 72, 81
黄俊华..... 88, 247, 421
黄丽..... 358, 359
黄龙..... 169
黄鹏辉..... 331
黄奇瑜.....52, 360, 383, 390, 393
黄茜..... 135

黄荣 329
黄松 161
黄涛 110, 113
黄温 102, 113
黄文凯 199, 295
黄稳柱 370
黄咸雨 259, 274, 424
黄湘通 60
黄雪飞 189
黄琰 372
黄英 284
黄颖 112
黄永建 97, 100
黄长生 172
黄志发 250
黄周传 328
计文化 381
季福武 344
季军良 47
季俊峰 163
季峻峰 228
季伟文 78
贾成玲 261, 410
贾国东 52
贾建忠 88
贾军涛 54
贾奇 121
贾永刚 204, 205, 206
贾喆 313
翦知湣 102, 105, 129, 130, 131, 178
姜沣洋 314
姜禾禾 90
姜仕军 98
姜苏 118
姜涛 332
姜小欢 329
姜在兴 417
蒋干清 70, 88
蒋宏忱 100
蒋乐平 184
蒋仁 188
蒋少涌 354
蒋子堃 395
焦念志 245, 247, 248, 265, 268
焦文军 382
解习农 196
金承胜 84
金华峰 147
金伟衎 421
金文明 372
金翔龙 301
金晓波 106
金章东 216, 217
金振民 293, 318
靳松 175
井田茂 307
康建成 165, 176, 184, 185
柯婷 142
孔兴功 41
匡翠萍 174, 208
匡增桂 209
匡增桂 195, 209, 212, 351, 356
郎咸国 70
郎元强 404
劳金秀 188
乐天昊 317
雷超 407
雷吉江 344
雷蕾 268, 272
冷伟 327
黎伯孟 405
黎刚 169
黎广钊 145
李安春 190, 220

李波.....347
李博闻.....205
李超58, 68, 70, 72, 84, 231, 235, 241, 247
李成.....312
李传顺.....211
李春峰.....44
李聪颖.....340
李达.....81
李栋.....268, 272
李芳.....370
李芙嫣.....263, 274, 285, 410
李罡.....91
李高军.....225, 233, 242
李国祥.....85
李海燕.....70, 77, 88, 381, 384
李和平.....324, 327
李贺.....340
李红谊.....385
李宏亮.....258, 269
李洪林.....346
李华.....168, 180, 214, 426
李怀明.....293, 334, 337, 338
李吉均.....222
李家彪.....178, 301, 396, 397
李骞.....276
李建如.....192, 193, 210
李剑东.....423
李江海.....346
李皎.....234
李杰.....243, 294
李锦轶.....378
李婧婧.....425
李娟.....87, 90
李军.....217, 218, 287
李丽.....185, 345
李琳.....173
李明慧.....218, 234
李宁.....258
李牛.....364
李平日.....191
李平原.....215
李前裕.....117, 185, 390, 416
李琴.....63
李日辉.....169
李瑞雪.....345, 347
李尚林.....381
李书慧.....423
李淑.....144, 155
李顺.....208
李涛.....233
李陶.....317
李铁刚103, 105, 111, 113, 115, 120, 121, 220
李维波.....346
李伟.....293, 419
李文宝.....138
李文均.....274, 410
李稳.....167
李武群.....366
李夏晶.....200
李祥权.....425
李向东.....203
李小艳.....170
李学刚.....258
李学杰.....277, 374
李学智.....331
李亚林.....394
李亚萍.....378
李炎.....134
李一良.....65
李刈昆.....54
李颖莉.....164
李永涛.....337

李永祥 382
李永项 49
李元平 407, 415
李院生 118
李长生 306
李振清 343
李志勇 145
李卓仑 225
栗学磊 366
连尔刚 58, 235
梁炳鑫 287
梁丹 106, 419
梁光河 335
梁慧迪 174, 208
梁建设 64
梁金强 351, 352, 356, 364
梁美艳 56, 61
梁明亮 360
梁前勇 348
梁帅 355
梁文 145
梁文癸 313
梁玉蕾 177
廖聪云 139, 368, 369, 417
廖恩惠 182
廖远涛 304
廖泽文 83, 277
林海 368
林间 44, 291, 292, 297, 298, 303, 398
林荣澄 295
林锐 134
林巍 280
林为人 373
林晓光 296
林杨挺 78
林志成 96
林子 407
林紫云 159
凌洪飞 73, 81
凌明 340
刘本培 395
刘伯然 197, 202, 349, 350, 359
刘晨晖 354
刘池阳 376
刘传联 106, 126, 419
刘春腊 411
刘杜娟 360
刘敦一 94
刘芳明 418
刘国辉 143, 151, 152, 155
刘海峰 147
刘浩东 284
刘虎 83
刘吉文 279
刘佳 81
刘建峰 378
刘建国 107, 199
刘建华 286
刘建兴 170
刘健 59, 170, 186
刘犟嗣 264
刘晶晶 120, 187
刘俊来 46
刘丽华 259, 362
刘连文 228
刘鹏 368
刘鹏举 70
刘青松 170
刘姗姗 59
刘守金 154, 156
刘淑华 112, 238
刘伟 66, 80
刘曦 326, 328
刘喜朋 286

刘喜停.....200
刘宪光.....183, 186
刘小雷.....258
刘小龙.....217, 218
刘晓东.....181
刘晓锋.....202, 408
刘晓磊.....205
刘晓明.....51
刘晓收.....283
刘欣春.....250, 252
刘亚盼.....176
刘焰.....320
刘焱光.....108, 129, 170, 211
刘屹珉.....181
刘羿.....141
刘营.....337
刘颖.....142, 360
刘勇.....48
刘裕生.....98
刘元富.....250
刘镇盛.....303
刘志飞191, 192, 193, 200, 210, 215, 388
刘子琦.....427
刘祖乾.....191, 193, 235
龙桂.....189
龙海燕.....169
卢佳仪.....425
卢水淼.....422
陆慧敏.....364
陆钧.....199
罗超.....223
罗根明.....247, 252, 264
罗敏.....363
罗明良.....420
罗青.....299
罗彦军.....381
罗银河..... 329
罗英波..... 370
吕川川..... 398
吕福亮.....149, 157, 160, 164
吕华华.....211
吕士展..... 150
吕现福..... 427
吕晓楠..... 225
吕晓霞..... 258
马岑玲..... 261
马春宇..... 413
马浩然..... 70
马红梅.....118, 289
马金凤..... 367
马金龙..... 243
马士萍..... 97, 100
马文涛..... 267
马小林..... 61
马永嘉..... 52
马中平..... 381
毛伟建..... 366
孟佳..... 273
孟林..... 400
孟庆山..... 149, 150, 159
孟先强..... 228
米小建..... 238
米小健.....112
密文天..... 392
苗安洋..... 177
明镜..... 424
明庆忠..... 48
缪锦来..... 418
南青云.....111, 121
宁凯..... 225
宁有丰..... 41
牛明阳..... 287
牛雄伟..... 397

钮耀诚 127
欧阳龙斌 385
欧阳威 366
潘安定 199
潘保田 48
潘慧慧 268, 272, 273
潘路 308
潘永信 280
庞丽波 55
庞小平 418
庞晓雷 127
庞雄 407
彭进 74
彭淑贞 56, 242
彭学超 194
彭子成 141
蒲晓强 139, 368, 369, 417
齐义泉 133
祁雅莉 139, 368, 369, 417
钱星 162
乔乐 311
乔培军 64, 105, 131, 182
乔少华 351, 352, 356, 358
乔淑卿 170
乔彦松 102
郄文坤 264
芹川圣一 364
秦秉斌 115, 121
秦礼萍 81
秦月 149
丘学林 335, 397, 398, 402
邱磊 343
邱宁 407
邱燕 194, 199, 295
瞿雪姣 92
曲军峰 378
全成 96, 98
全夏韵 425
阙晓铭 399
冉莉华 258, 269
任建业 407, 425
任江波 339, 341
任梦依 342
任睿 265
任收麦 46
任钟元 293
阮爱国 335, 397, 402
阮佳萍 109
阮仁良 167
阮小燕 252
沙莹莹 181
沙志彬 351, 352, 356
商志垒 196
尚尊洧 330
邵达 111, 143
邵大力 375
邵亥冰 259
邵珂 342
邵磊 63, 64, 172
邵明明 182
邵倩文 303
佘振兵 66, 80
沈冰 70
沈川洲 112
沈怀磊 404
沈树忠 88
沈文杰 78
沈延安 96
沈中延 406
盛雪芬 237
施和生 407
施江南 215
施祺143, 144, 146, 151, 152, 155, 158, 159

施小斌.....300, 303
石承民.....50
石丰登.....170
石建省.....86
石炜.....68
石学法.....108, 126, 129, 170, 211, 241
石迎春.....86
石正国.....181
史贵涛.....118
史晓翀.....283
史晓颖.....247
史正涛.....48
舒军武.....169, 184
舒良树.....387
舒誉.....390
帅庆伟.....162
宋博文.....47
宋超.....86
宋春晖.....222, 237
宋刚.....347
宋国奇.....163
宋海斌.....197, 202, 349, 350, 359
宋佳.....368
宋金明.....258
苏怀.....48
苏建强.....261
苏明.....351, 352, 356
苏妮.....228
苏丕波.....351
苏翔.....106
苏新.....354
苏正.....351, 358
孙柏年.....96
孙波.....118, 289, 418
孙博阳.....54
孙驰骏.....274
孙栋.....303
孙丰瑞.....183, 186
孙桂华.....378
孙海龙.....143
孙继敏.....52, 216
孙剑.....371
孙杰.....154, 156
孙金龙.....404, 408
孙立广.....102, 110, 111, 113, 114, 143
孙丽莎.....170
孙龙涛.....389, 396, 415
孙美静.....405
孙启良.....350
孙卫东.....340
孙文科.....296
孙晓猛.....404
孙永福.....205
孙珍.....389, 407, 415
太平.....294
谭静.....385
谭能志.....165
汤静.....112, 230
汤凯.....423
汤民强.....303
唐辉.....98
唐俊杰.....328
唐灵刚.....301
唐学远.....418
唐自华.....53
陶春辉.....334, 336, 337, 344, 347
陶士臣.....143, 155
田丰.....306, 307, 309
田纪伟.....192
田建峰.....376
田洁.....157, 160
田军.....112, 120, 182, 266
田茜.....51
田友萍.....395

同号文 53
童晓宁 112
涂广红 147, 161
万的军 217
万海清 168, 180, 426
万奎元 408
万世明 103, 220
万随 131, 182
万晓樵 88, 91, 92
汪宏斌 348
汪建国 75
汪建君 238
汪俊 295, 405
汪品先 246
汪稔 149, 150, 154
汪瑞良 149
汪天凯 79
汪威 209, 212
汪筱林 94
汪亚平 267
汪永进 41
王爱军 198
王博 387
王成善 .38, 93, 96, 97, 99, 116, 117, 394
王传波 399
王大伟 149, 157, 160, 164, 196
王丹 73, 81
王德利 247, 422, 423
王东晓 133
王飞飞 170
王霏 328
王风平 287, 288
王桂琴 294
王国灿 337
王海峰 341
王海荣 194
王鹤 345, 347
王红 170
王宏斌 364
王厚杰 206
王虎 344
王华建 64
王慧 285, 287, 418
王佳泽 190
王家生 71
王建 335
王建刚 380
王建佳 295
王建武 175
王剑 284
王金鹏 268, 272, 273
王金祥 276, 410
王婧 286
王卷乐 368
王克冰 175
王昆山 129, 170
王立亭 94
王丽荣 144
王励嘉 378
王利良 168, 180, 426
王良 106
王良书 328
王嘹亮 195, 209, 212
王龙 283
王萌 210
王铭坤 74
王末 368
王娜 114
王乃昂 225
王攀 86
王鹏 253, 263, 265, 284
王平 46, 47, 60
王平丽 74
王璞珺 92, 404

王倩.....120
王强.....94, 169, 171, 175, 183, 186, 189
王钦贤.....360
王汝建.....59, 138, 215
王尚.....274, 410
王世朋.....382
王淑杰.....338
王思雯.....97
王嵩.....250, 252
王天天.....99
王甜甜.....418
王婷婷.....105
王威.....406
王伟宏.....205
王伟铭.....184
王伟涛.....38
王文广.....192
王晓丹.....228, 415
王晓芳.....300
王晓梅.....64
王晓娜.....250
王欣.....145
王新欣.....259, 274, 424
王新志.....150
王修喜.....222
王雪峰.....209, 212
王彦斌.....94
王雁宾.....318
王义重.....154
王轶婕.....261
王英辉.....149
王英民157, 168, 178, 180, 194, 196, 201, 214, 375, 426
王映辉.....260
王永栋.....96
王玉宏.....110, 114
王玉玮.....306
王钰玮.....306
王渊.....338
王跃.....102, 129
王张华.....169, 173
王兆刚.....370
王振波.....345, 346
王振豪.....204, 206
王志兵.....243
王志宏.....331
王治祥.....56, 61
王中波.....169
王中良.....217, 218
王舟.....71
韦刚健.....141, 142, 163, 243
韦海伦.....270
韦振权.....162
卫炜.....81
卫小冬.....397
魏代云.....311
魏广祎.....81
魏晓椿.....47
温珂.....215
温燕林.....416, 419
闻新宇.....313
翁成郁.....52, 124
邬黛黛.....359, 370
吴锋.....209, 212
吴福莉.....236, 237
吴国瑄.....63, 390
吴海斌.....63
吴怀春.....70, 88, 91, 381, 384
吴家望.....239
吴靖宇.....96
吴能友259, 351, 352, 356, 358, 359, 360, 362, 370
吴时国149, 157, 160, 164, 196, 350, 358

吴伟艳 261, 285
吴卫华 223
吴霞 100
吴祥柏 137
吴晓 206
吴晓丹 121
吴耀 318
吴莹 250
吴莹莹 167
吴永华 129
吴永萍 99
吴岳 399
吴招才 406
吴兆朋 317
吴振利 397, 402
吴忠庆 319, 327
吴忠哲 143
武光海 345, 346
武建勋 56
武瑶 227
郗丽君 284
席党鹏 91
席振株 336
席振铢 345, 347
夏少红 404, 408
夏微微 422
夏真 169, 348
向雷 79
向荣 107, 109, 114, 115
向绪洪 64
肖栋 102
肖国强 171
肖国桥 242
肖军 217
肖龙 311
肖淇昇 70
肖瑞 138
肖书海 68
肖天 418
肖文申 59
肖湘 289
谢露华 142
谢曼平 59
谢树成 88, 247, 252, 258, 259, 264, 425
谢伟 .. 253, 261, 263, 265, 284, 285, 410
谢小玲 404
谢昕 182, 215
谢叶彩 189
谢志远 415
辛晓歌 176
熊志方 103, 115, 121
徐贵泉 167
徐国强 189
徐辉龙 404, 408
徐景平 191, 192, 193
徐弥坚 328
徐强 194
徐上 194
徐少华 168, 178, 180, 201, 375, 426
徐婷婷 181
徐晓晖 198
徐亚 396
徐义刚 42
徐义贤 329, 337
徐颖风 47
徐勇航 198
徐兆凯 103
徐志方 216, 227, 230, 240
徐子英 300, 332, 405
许鹤华 300, 402
许莉佳 155
许茜如 366
许懿 276
许云平 109, 260, 262

许长海.....399
薛惠洁.....133
薛建涛.....259, 274, 424
薛巍.....176
薛艳.....419
薛云松.....88
闫文凯.....289
闫义.....383, 390, 393
严德天.....75
严宏强.....151, 159
严晓海.....135, 137
阎军.....399
颜茂都.....219
颜裴.....102
颜文.....169, 412
晏宏.....107, 143
杨安.....311
杨承帆.....58
杨楚鹏.....199, 277
杨春国.....406
杨春艳.....284
杨春燕.....253
杨德庭.....94
杨凡燕.....66
杨刚.....170
杨红强.....146
杨欢.....258, 425
杨建民.....415
杨晋炜.....186
杨亮.....112, 238
杨林龙.....407
杨群慧.....344
杨睿.....351, 352, 356, 360
杨胜雄.....197, 202, 349, 367
杨守业58, 169, 228, 229, 231, 232, 235, 241, 243, 244, 415
杨天水.....70, 88, 381, 384
杨挺..... 193, 405
杨文光.....182, 200, 384, 392
杨文卿.....114
杨小秋..... 300
杨晓婷..... 82
杨晓志..... 322
杨兴莲..... 74
杨阳..... 294
杨一博..... 218
杨屹..... 331
杨永..... 341, 367
杨玉洁..... 423
杨振..... 149, 160, 164
杨志..... 258
杨祝良..... 188
姚根顺.....157, 164, 196, 375
姚会强..... 367
姚建新..... 94
姚鹏..... 268, 272, 273
姚素平..... 73
姚檀栋..... 40
姚鑫雅..... 47
姚衍桃..... 154, 156
姚永坚..... 277
姚政权..... 129, 170
叶宝莹..... 331
叶程程..... 218
叶黎明..... 178
叶祁..... 250
叶翔..... 198
叶雨晴..... 51
易海..... 148, 162
易亮..... 41, 63
殷宗军..... 85
尹希杰..... 198
印萍..... 226
尤龙..... 404

游庆瑜 396
游镇锋 141
于海英 416, 419
于俊杰 188
于淼 341
于新生 371
于永贵 170
于增慧 332, 337, 338
余恩晓 117
余克服141, 143, 144, 146, 149, 151, 152, 155, 158, 159
余梦明 390
余甜甜 287
余星 365
俞建成 372
俞天回 416
俞宙菲 111
喻朝庆 306
喻文晔 106
袁华茂 258
袁慧 286
袁四化 46
袁余洋 79
苑婷媛 320
岳军培 404
斋藤文纪 169
翟滨 103
翟世奎 202, 332, 338, 408
翟惟东 276
詹涛 102
詹文欢 154, 156, 297
展望 232
张必东 358, 359
张彩云 134
张程 316
张传伦100, 185, 187, 253, 261, 263, 265, 274, 276, 284, 285, 287, 410
张翠梅 389
张大文 219
张德兴 50
张帆 297, 303, 421
张飞 217
张富元 343
张更新 281
张功成 63
张光学 164
张桂洁 96
张国 299
张国良 295
张国堙 337
张海迪 381
张浩 63
张弘 427
张宏斌 421
张洪瑞 106, 126
张华添 346
张辉 211, 362
张会领 143, 151
张会平 38
张佳政 335
张家正 228
张健 116, 400
张江勇 256
张进 378
张经 250
张景茹 412
张静静 269
张均红 381, 384
张俊 102
张凯棣 190
张克信 47, 242
张来明 93
张兰兰 109, 115, 199
张乐健 244

张丽丽.....390
张利敏.....284
张莉.....162
张茂恒.....221
张明华.....176
张培震.....38
张鹏.....49, 245, 413
张启锐.....180
张强.....109, 115
张乔民.....144, 158
张芮.....250
张锐.....238, 248
张瑞杰.....149
张少同.....204, 205, 206
张世红.....70, 77, 88, 381, 384
张帅.....105
张水昌.....64
张松柏.....343
张涛.....292, 406
张婷婷.....268, 272, 273
张伟.....217, 412
张伟林.....219
张文防.....225
张文涛.....370
张文翔.....48
张曦.....313
张先林.....167
张向涛.....399
张晓东.....371
张晓华.....279, 283
张晓林.....96
张晓卫.....378
张新昌.....383
张新元.....149, 157, 160
张鑫.....399
张鑫雨.....262
张兴亮.....72
张轩.....230
张雪莲.....422, 423
张洵赫.....225
张训华.....169
张岩.....63
张彦涛.....80
张艳.....286
张艳飞.....318
张艳伟.....192, 193, 210
张颖.....420
张永雨.....268
张宇.....289
张育维.....143
张远瞩.....427
张云鹰.....59
张兆祎.....175
张志南.....247
张志麒.....259
张志珣.....169
张仲石.....63
张竹琪.....38
张子虎.....68
章陶亮.....59
章伟艳.....343, 344
赵彬.....268, 272
赵超.....102
赵得爱.....63
赵方臣.....85
赵广涛.....371
赵汉卿.....77
赵红艳.....424
赵宏樵.....343, 344
赵宏伟.....368
赵健楠.....311
赵金锦.....309
赵京涛.....287
赵静.....147, 161

赵俊峰 376
赵美霞 144, 146, 158
赵梦 64
赵明辉 335, 396, 397, 402
赵平 102
赵千慧 201
赵瑞一 427
赵绍华 215
赵淑娟 358
赵童 240
赵文舟 419
赵西西 384, 388
赵信文 172
赵亚楠 178, 201, 214, 375
赵艳 236
赵屹东 360
赵玉龙 192, 193, 210, 388
赵元龙 74, 84
赵越 59
赵云 229, 231, 235
赵张南 399
赵志军 221
赵忠泉 147, 161
赵资奎 94
褚智慧 130
郑爱榕 413
郑辰禾 423
郑丹 385
郑德文 38
郑峰峰 261, 263
郑国东 360
郑洪波 46, 47, 54, 60, 187, 223
郑丽端 259, 274
郑文俊 38
郑妍 62, 187, 243
郑志敏 189
钟广法 182, 195, 209, 212
钟广见 147, 148, 161
钟和贤 208
钟立峰 169
周斌 147
周传明 68
周海霞 247
周浩郎 145
周厚云 112, 230, 238
周怀阳 340, 344
周建宏 112
周建平 334
周磊 338
周美夫 294
周森 61
周胜 336, 347
周维丽 78
周伟华 115
周文凤 252
周锡强 75
周晓静 190
周新郢 102
周鑫 102, 113, 114
周雪丹 253
周杨 420
周洋 256
周玉洁 368
周志远 298
朱爱美 211
朱成明 327
朱凤芹 139, 368, 369, 417
朱炯 176, 185
朱克超 339, 367
朱礼妍 112
朱利东 384, 392
朱莉莉 237
朱露培 337
朱茂炎 73, 74, 85

朱晓军.....163
朱永官.....261
朱长岐.....154
朱长歧.....147, 149, 150
朱志新.....378
朱卓毅.....250
朱祖浩.....413
祝有海..... 412
卓海腾.....168, 180, 201, 214, 426
宗克清..... 61, 242
宗统..... 332
邹建军.....108, 129, 211
邹松林..... 94

Chinese Science Bulletin

Published online

[www.springer.com/scp]

IF 2012 1.319 IMPACT FACTOR

《科学通报》是中国科学院和国家自然科学基金委员会共同主办的自然科学综合性学术刊物，力求及时报道自然科学各领域具有创新性、高水平和重要意义的研究成果。中文版被《中国科学引文数据库》、《中国科技论文与引文数据库》、《中文核心期刊要目总览》等检索系统收录。

Chinese Science Bulletin (《科学通报》英文版) 被SCI, CA等检索系统收录。

荣获第一、二、三届国家期刊奖，第二、三届出版政府奖，全国百强科技期刊。

- 每10天出版一期，发表周期短
- 重视交叉科学领域，可读性强
- 提前在线出版（Online First）
- 报道地球科学、生命科学、化学、物理学和材料与工程科学等领域的创新性成果
- 栏目：进展、评述、快讯、论文、社论、观点、争鸣、简报、科学新闻、科学访谈、书评

■ 在线投稿、审稿，方便快捷，请登录

http://csb.scichina.com

国内用户可登录 http://earth.scichina.com Free Download

主管：中国科学院 | 主办：中国科学院 国家自然科学基金委员会 | 出版：《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS

www.scichina.com | www.springer.com/scp

中国科学：地球科学（中文月刊）

SCIENTIA SINICA Terrae

CN 11-5842/P
ISSN 1674-7240

- 1950年创刊，见证中国科学发展历程
- 院士平台办刊，把握办刊方向
- 编委会制度化运行，严把学术质量关
- 英文版全球发行，网络传播方便快捷
- 中文版被《中国科学引文数据库》等收录
- 英文版被SCI等数据库收录

CN 11-5843/P
ISSN 1674-7313
eISSN 1869-1897

SCIENCE CHINA Earth Sciences（英文月刊）

严格规范的编辑加工 | 专业周到的出版服务

主 编：郑永飞

副主编：万卫星 吴福元 陈 凌 陈发虎
郭正堂 焦念志 穆 穆

《中国科学：地球科学》编辑部
地址：北京东黄城根北街16号 (100717)
电话：010-64015883
E-mail：geo@scichina.org

Advances in Earth Science

《地球科学进展》月刊

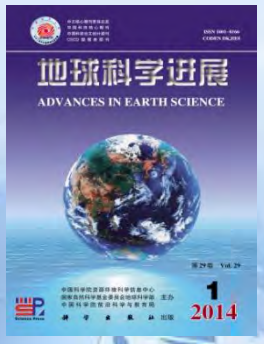
国际标准刊号：ISSN 1001-8166　　国内统一刊号 CN 62-1091/P

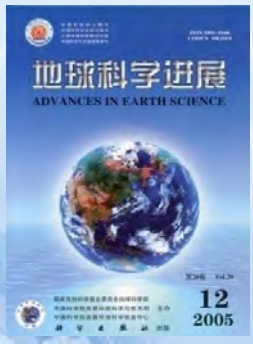
主办：中国科学院资源环境科学信息中心
国际自然科学基金委员会地球科学部
中国科学院前沿科学与教育局

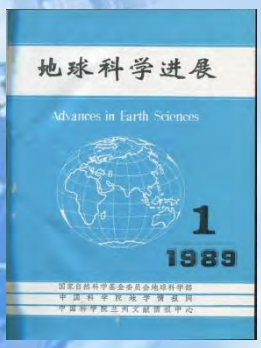
主　　编：程国栋
主管单位：中国科学院
出版单位：科学出版社

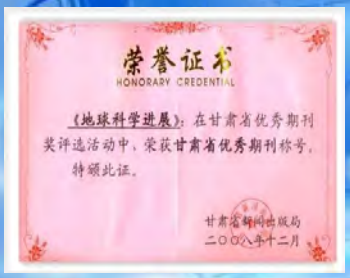
《地球科学进展》（月刊）创刊于1986年。创刊以来 已经形成了综合性、前沿性、创新性、权威性、指导性和及时性的刊物特色，成为国内地球科学界唯一的评述、报 道国内外地球科学进展状况的综合性学术刊物。

主要栏目有：院士论坛；发展战略论坛；973项目研究进 展；综述与评述；研究论文；IODP研究；学科发展与研究；探索与争鸣；全球变化研究；可持续发展研究；生态学研究；新学科•新发展•新技术；基金项目管理与成果介绍；研究简报等。









被美国《化学文摘》、俄罗斯《文摘杂志》、日本科学技术振兴机构中国文献数据库、美国《乌利希期刊指南》等4种国际重要数据库和《中国期刊全文数据库》、《中国科学引文数据库》（CSCD）、《中文科技期刊数据库》等21种中文检索刊物检索数据库收录。连续3届入选“RCCSE 中国核心学术期刊（A）”，2012年和2013年连续2年入选“中国最具国际影响力学术期刊”。

地址：甘肃省兰州市天水中路8号
联系电话：0931-4968256　　网址：www.adearth.ac.cn　　E-mail:adearth@lzb.ac.cn

《海洋学报》中文版
Acta Oceanologica Sinica (AOS)

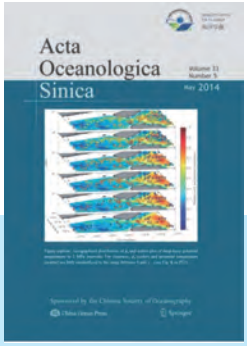
《海洋学报》是由中国科学技术协会主管、中国海洋学会主办、海洋出版社出版的海洋科学技术综合性学术期刊。期刊紧密结合我国海洋科研事业的需要，主要刊登海洋物理、海洋化学、海洋地质、海洋生物四大学科及海洋交叉学科和海洋工程环境等基础研究和应用基础研究方面具有创造性、代表我国海洋科学技术高水平的原创文章。

被CA,中国科技论文统计源期刊（中国科技核心期刊）；中国期刊全文数据库（CJFD）全文收录；中国科技期刊精品数据库等国内外重要检索机构收录。

《海洋学报》中文版
1979年创刊，月刊，中文核心期刊
投稿网址：http://www.hyxb.org.cn

Acta Oceanologica Sinica (AOS), the official journal of the Chinese Society of Oceanography, founded in 1982, monthly, is a comprehensive academic journal, providing a forum for important research and achievements of the marine scientific community, and reflecting information on a worldwide basis. It has been indexed in SCIE since 2003, and distributed globally by Springer-Verlag since 2010.*Acta Oceanologica Sinica* was awarded the Highest International Impact Academic Journal of China Prize in 2012 and 2013.

Indexed in SCI-E, SCOPUS, CA, AJ, CSA, INSPEC, et al.



《海洋学报》英文版 (AOS)
Monthly, founded in 1982
Online submission: http://mc03.manuscriptcentral.com/actaos

欢迎大家投稿！

两 刊 主 编：潘德炉院士
编辑部主任：高英
编辑部地址：北京市海淀区大慧寺路8号 100081
编辑部电话：010-62179976
编辑部邮箱：admin@hyxb.org.cn(中文版)，hyxbe@263.net(英文版)

SMT™

北京赛迪海洋技术中心

北京赛迪海洋技术中心是一家国内知名海洋仪器供应商。自1996年成立以来先后与国内近百家从事物理海洋、地质勘探、水文调查和水文气象等领域的公司及科研机构保持密切合作，并且得到了良好的口碑。

提供的产品：

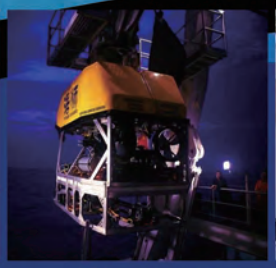
海流计、玻璃浮球、仪器舱、水下机器人、水下自动潜器（AUV）、水听器、信标、释放器、侧扫声呐、浅地层剖面仪、水下定位系统、各类传感器、海底特种电缆、浮标系统、声速测量仪、以及多参数水质仪（CTD）等设备。

挪威AANDERAA公司海流测量仪

www.seismicmarine.com.cn

美国KLEIN公司侧扫声呐

法国IXBLUE公司水下声学定位系统



加拿大ISE公司
缆控水下机器人（ROV）

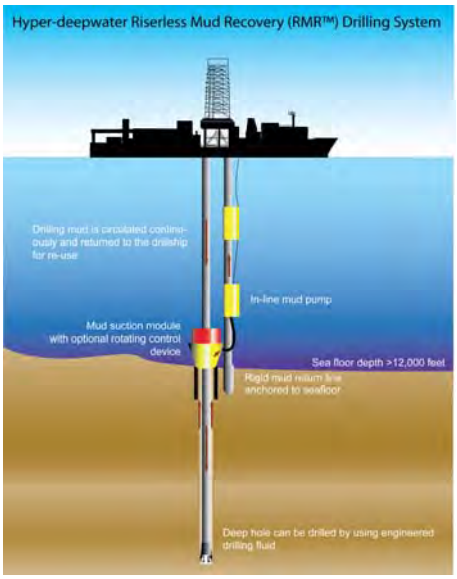
加拿大ISE公司
水下自动航行潜器（AUV）

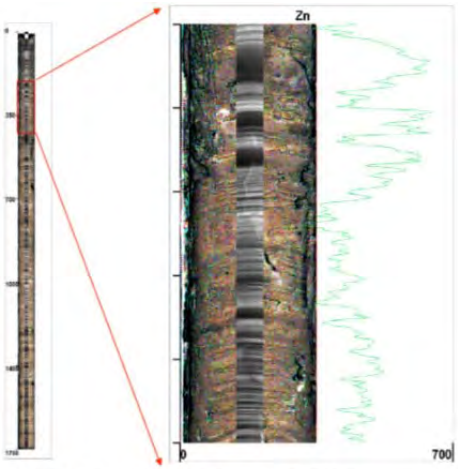
地址：北京海淀区曙光花园中路 11 号北京农科大厦 B 座 215-216 室　　邮编：100097
电话：010-88876983　　传真：010-88879252
网址：www.seismicmarine.com.cn　　邮箱：info@seismicmarine.com.cn

ItraxCoreScanner 芯体元素分布与密度扫瞄分析系统——在海洋勘测中的应用

技术特点:

- 高解析度、非接触和非损伤性扫描分析;
- XRF 元素分析技术——海洋湖泊沉积岩芯等芯体常见的元素浓度分布分析包括 Al、Si、S、Cl、K、Ca、Ti、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、Br、Rb、Sr、Zr、Ba 和 Pb 等，精度可达 ppm 级;
- X-光扫瞄及光学扫瞄成像技术——结构显微分析，分辨率可达 20 微米。





An example of combined data generated from the ITRAX Core Scanner showing the zinc variation over a small section of a lake sediment. With courtesy of Prof. P. Francus, University of Quebec, Canada

应用领域及案例:

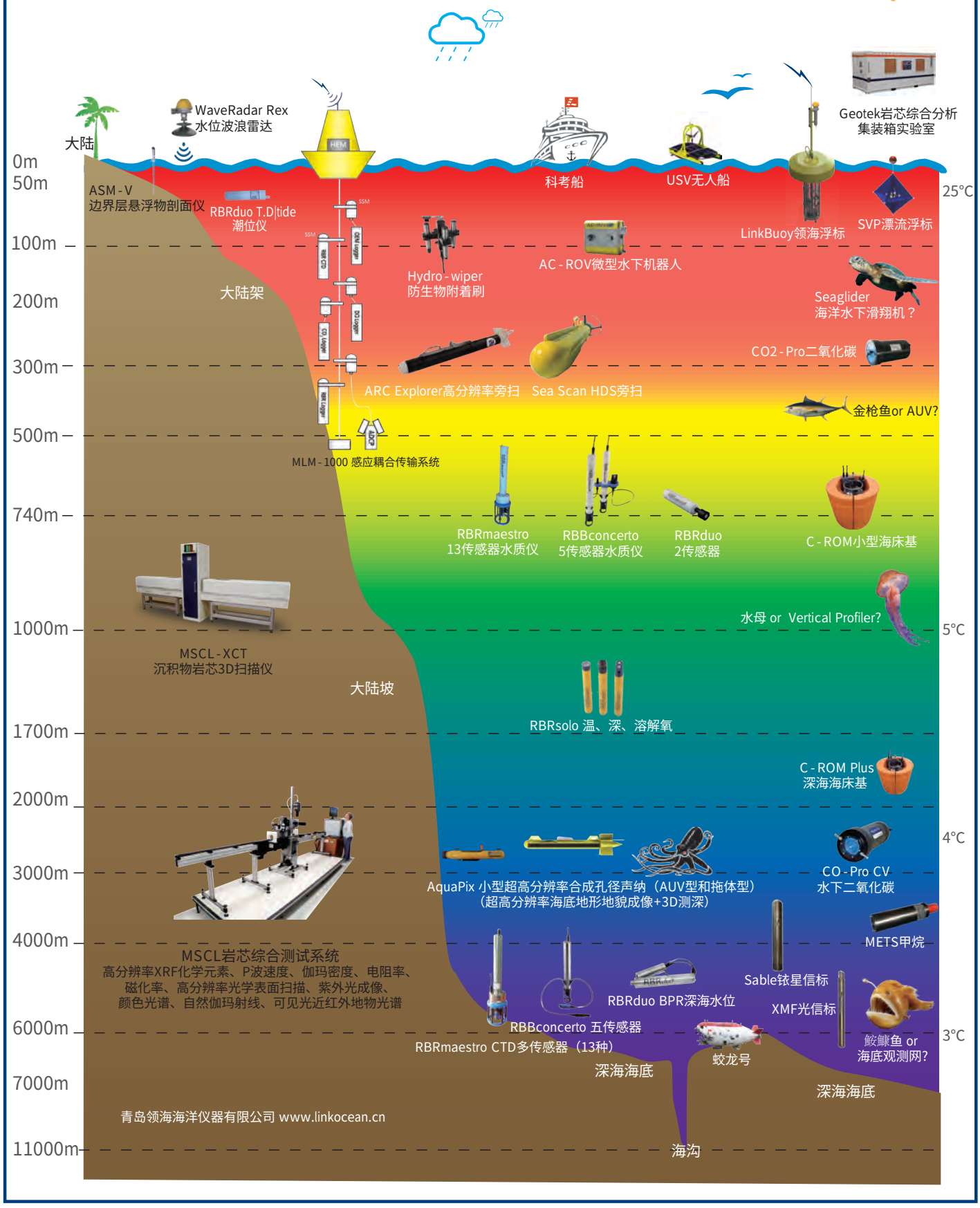
- 英国海洋沉积岩芯研究机构（British Ocean Sediment Core Research Facility, BOSCORF）。
- 由美国、日本、欧洲和中国等国合作实施的“国际大洋发现计划”(International Ocean Discovery Program，IODP)，已发现从本世纪一直到三叠纪 2.27 亿年以前的深海岩芯。
- 德国地质科学研究中心（German Research Center for Geosciences）利用 Itrax CoreScanner 历时 6 周时间对 350 米长的深海沉积岩芯进行了每秒 1mm 解析度的扫瞄分析。
- 印度、韩国等也配备了 Itrax CoreScanner 直接安装在海洋勘测船上用于海洋沉积勘测研究。
- 目前，中国科学院青藏高原研究所、中国地质大学、国家海洋局第一、第二海洋研究所、中国地质科学院均已安装此仪器开张相关研究工作。
- Itrax CoreScanner 是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、海洋湖泊科学、地球科学等研究及资源勘测。

北京市海淀区中关村东路 89 号恒兴大厦 19B Tel.: +86 10 82611269/1572 Fax: +86 10 62536325

Http://www.eco-tech.com.cn Email: sales@eco-tech.com.cn info@eco-tech.com.cn

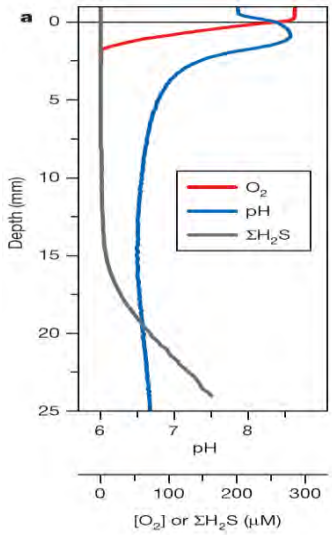
LinkOcean,Your link to the ocean
领海，带来世界领先的海洋仪器

How deep can you go?



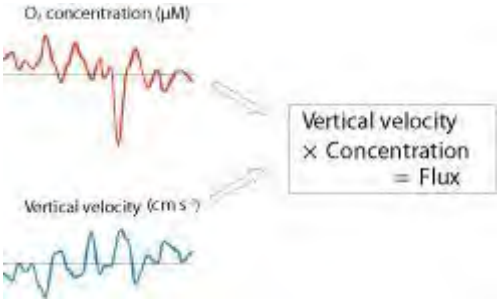
丹麦 Unisense 公司----------全球唯一水下原位测量沉积物孔隙水中理化参数剖面

水-沉积物界面分析系统



工作水深：0 - 6000 米
沉积物穿刺深度：10 - 20cm
测量参数：O2、H2S、pH、氧化还原电位、N2O、H2、温度

水底涡动相关系统



研究水-沉积物界面 O2 通量、H2S 通量。**测量速度：15 分钟 –30 分钟/位点。**
充分考虑水流对沉积物的影响，测量处在真实的条件下且沉积物未受扰动。
可以根据底泥污染程度建立起预测水体环境污染程度的模型，从而进行定量预警。

水底原位箱培养系统

测量参数：O2、H2S、H2、N2O、pH、电位、温度、盐度、深度、浊度。（根据需要选择）
用途：水土界面物质交换反应机理，评估物质的收支平衡，污染物的迁移转变，界面输入输出速率、通量、机制。
可编程按时间顺序自动采集沉积物上覆水。
扣在沉积物上测量上覆水变化，同时搅拌。

实验室和野外沉积物剖面测量系统

实验室微呼吸系统

测量水中细菌、微藻、卵、微型动物的呼吸速率。

中国总代理及技术服务中心
上海谓载商贸发展有限公司 021-66110810，66110819
地址：上海市大宁路 701 号歌林商务大厦 502 室

公司简介

北京世纪浅海海洋气象仪器有限公司(Beijing Century Shallow-Sea Marine and Meteorological Instrument Ltd.)，专业从事提供各类水体的监测、检验、分析以及大气观、探测的海洋、气象仪器。浅海公司位于北京中关村高新技术核心区，是美国浅海技术开发有限公司和香港浅海技术有限公司在中国大陆的技术支撑单位。浅海公司自成立至今，本着一切从客户角度出发的态度，不仅向用户提供各类世界先进产品、设备的选型、采购，系统解决方案及集成，并向用户提供市场信息、安装调试、技术培训、售后技术支持等一整套服务。因此成立短短几年时间，我公司得到了国内海洋、气象界专家的广泛好评，并已成为国内领先同行、用户首选的海洋、气象设备供应商之一。

联系我们：

网址：www.shallow-sea.com

北京世纪浅海海洋气象仪器有限公司：

地址：北京市海淀区西三环北路50号院6号楼豪柏大厦502
邮编：100081
电话：010-62179137
传真：010-62179137
联系人：于玲
邮箱：yl@vipsstd.com

天津办事处：

地址：天津市河东区十一经路万隆太平洋大厦823室
邮编：300171
电话：022-24309553
传真：022-24309593
联系人：张琦
邮箱：zq@vipsstd.com

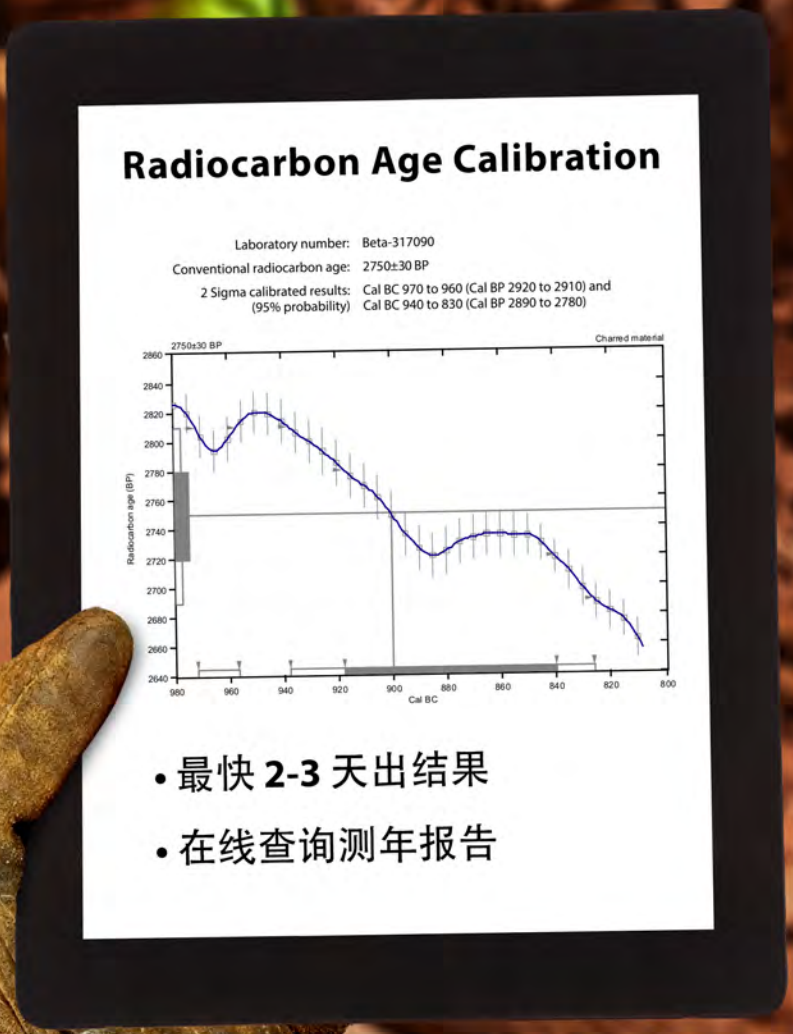
随时查询碳测年报告 即便您正身处野外

关于BETA实验室
ISO17025认证的BETA实验室是全球唯一一家拥有此标准的放射性碳定年实验室，我们提供的标准碳定年服务只需14个工作日，加速的服务可在2到3个工作日完成。所有测试均由全职的测试人员在迈阿密实验室进行，确保结果及时并准确交付。我们的服务人员遍布全球，确保提供良好的服务；测试结果可全天候在线查询。此外，BETA实验室还在全球拥有多个样品转送点，国内送样只需送往北京。

放射性碳定年服务

服务类型	测试时间	测试方法
标准服务	14 个工作日或更少	AMS加速器质谱
优先服务	6 个工作日或更少	AMS加速器质谱
快速服务	2-3 个工作日	AMS加速器质谱
标准服务	25 个工作日	*辐射定年方法

* 这是一种针对大样品量的粒子测试方法，价格较低



BETA

Beta Analytic
放射性碳定年实验室
www.radiocarbon.cn

欢迎关注BETA实验室微信

联系我们：info@radiocarbon.cn TEL:+010 84181950/ 4000 365 965

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
柳州路
田林东路
钦州路
华石路
漕宝路
习勤路
夷健路
15
10

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

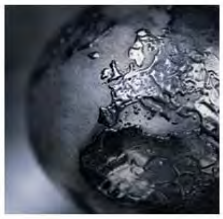
A. 地铁2号线至人民广场站，转地铁1号线至漕宝路站，向西步行约800米. 约4元

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

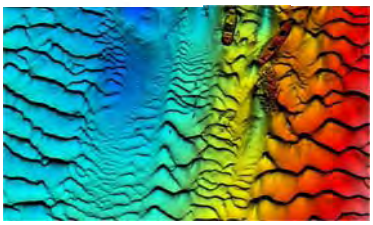
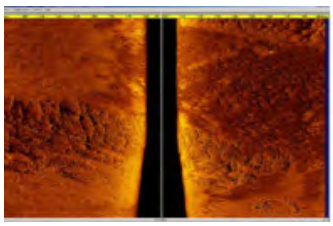
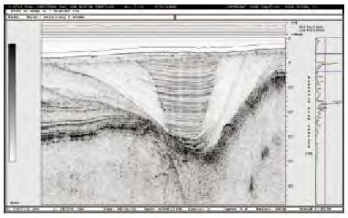
C. 出租车. 约180元



劳雷工业公司长期致力于海洋调查及地球物理仪器的应用研究，系统集成，新产品开发，市场营销，售后技术服务及工程技术咨询服务。长期活跃在科学调查，资源勘探，工程检测和环境保护领域，在北京、上海、香港、美国均设有分公司/代表处/及维修站。用最先进的科学技术手段和最新的应用科学方法为市场和客户提供完整的技术方案，推动前沿学科的快速发展是公司的战略方针。劳雷工业公司成功地向市场推出了许多首创的勘探调查仪器系统,帮助支持成百上千的用户完成了许多重大国家科学项目和工程项目。

本公司经营的主要产品包括：

- 海洋水文、海洋地球物理、海洋测绘、海洋科学研究、水下工程调查仪器设备：多普勒海流计、温盐深剖面仪、高频海流测量系统、测波浮标、侧扫声呐、浅地层剖面仪、多波束测深仪、重力仪、磁力仪、地震数字拖缆、光纤罗经/运动传感器、全球声学定位系统；
- 勘探地球物理、开发地球物理、工程质量检测仪器设备。

SBE911*plus*CTD　　TRDI ADCP　　DOE 多要素连续自动测定系统　　Wave Glider

北京办公室：

北京市朝外大街乙 12 号昆泰国际大厦 1807-1810 室

邮编：100020

电话：010 5879 0099

传真：010 5879 0989

E-mail: laurel@laureltech.com.cn

http://www.laureltechnologies.com

上海办公室：

上海市龙吴路 777 号新媒体产业园 7 号楼 202 室

邮编：200232

电话：021 6119 6200

传真：021 6119 6210

E-mail: laurelsh@laureltech.com.cn

成都办公室：

四川省成都市青羊区蜀金路 1 号金沙万瑞中心 C 座 2109 室

邮编：610091

电话 Tel: (028) 6133 8015

传真 Fax: (028) 6133 8025

E-mail: laurelcd@laureltech.com.cn