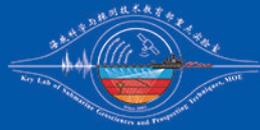


# 2016年度报告

2016 ANNUAL REPORT



海底科学与探测技术教育部重点实验室

KEY LAB OF SUBMARINE GEOSCIENCES AND  
PROSPECTING TECHNIQUES, MOE, CHINA



# 主任寄语

2016年，海底科学与探测技术教育部重点实验室9月顺利实现新老班子成员交替，工作迈入新征程，共谱新篇章。实验室全体成员围绕海洋沉积过程与环境、洋底动力过程及其效应与海底能源探测与信息技术三个方向继续开展各项工作，取得了丰硕的成果:1) 本年度共发表标注实验室的文章132篇，其中 SCI 源期刊论文72篇和EI 7篇，且刘鑫博士在JGR发表1篇AGU年度亮点文章，李广雪教授团队在JGR发表2篇(1篇封面成果文章)，实验室李三忠教授集中了全院和兄弟单位同仁的智慧，在有50多年历史的国际知名刊物Geological Journal (影响因子2.34) 出版“两洋一海”专辑一部，做出了大量创新成果，部分研究领域取得重要突破和进展; 2) 争取科研项目支持的能力稳步提升，新上科技部国家重点研发计划项目1项(王厚杰教授担任项目负责人)、参与国家重点研发计划项目2项、新执行国家自然科学基金重点项目1项等各类项目 103项，合同经费总额度 9162万元，实际到账10486万元; 3) 科研团队不断注入新力量，研究队伍科研素质不断提升，李三忠教授继2015年、2016年连续入选汤森路透全球高被引科学家名录之后，2016年度再次入选Elsevier中国高被引学者名录，新引进法国Ifremer的Louis Geli教授1人，绿卡工程教授Jahn Bor-ming教授1人，青年英才一层次教授2人(于胜尧、赵彦彦)，新晋升教授1名(乔璐璐)，副教授5名，高级实验师1名，引进师资博士后2名，团队结构进一步优化; 4) 学术合作与交流不断拓展,国际化发展战略日趋突出，实验室徐景平教授和王厚杰教授为组织委员会主席于2016年10月28~30日成功召开了《第三届海底观测科学大会》，来自全球各个顶尖涉海科研机构及院所的科学家，齐聚一堂，就共同关注的当今世界海底观测科学与技术开展了深入交流，汪品先院士、李家彪院士、美国Charles K. Paull教授、加拿大S. Kim Juniper教授、美国Thomas S. Bianchi教授、田纪伟教授、林间教授、王东晓研究员、戴民汉教授、柴扉研究员、刘保华研究员、陶军研究员等做了主题报告，实验室千人学者周华伟教授组织的《第二届地下储层和流体的地球物理成像》国际研讨会也于2016年7月2日~3日在青岛成功召开，美国科学院院士John Suppe等一批著名学者就地下流体的探测技术进行了广泛交流，推动了海底科技的全球合作; 5) 积极参与学校的“透明海洋”、“万米深海计划(马里亚纳深渊综合调查)”的实施，努

力为国家深远海发展战略提供支撑；6) 实验室积极参与国家实验室建设事业，协助组织了“中国大洋钻探船”论证会议3次，邀请全国各界院士近30名、中国地质调查局、青岛市等各级领导出席，有力推动了相关进程。

春华秋实，海底科学与探测技术教育部重点实验室的创新发展凝聚了实验室成员的汗水与心血，也承载着海洋地质界专家、同仁的期待和寄托，在此，真诚感谢各位专家、同仁对实验室发展给予的一如既往的关注和支持!

涵海励志，博古崇今;成绩已然取得，前方任重道远。“十三五”征程开启，诸位仍需同心协力，再攀高峰，为建设具有一流科研水平与服务“一带一路”国家战略的海底科学研究机构，推动中国海底科学事业的发展贡献力量。

李三忠

2016年12月25日 于崂山校区

## 目 录

主任寄语.....	1
实验室简介.....	1
亮点聚焦.....	3
➤ 亮点成果.....	3
➤ 重点合作.....	3
➤ 重大项目.....	4
➤ 国际合作.....	4
➤ 人才引进.....	4
项目经费.....	6
➤ 项目经费统计.....	6
➤ 新上重大项目简介.....	6
科研进展.....	7
一、海洋沉积过程与环境.....	7
1、中国东部陆架海“源—汇”过程.....	7
2、100年来尼日尔三角洲岸线演化.....	9
3、现代黄河水下三角洲地质成灾机制及其工程应用.....	11
4、渤海极端天气的生物物理响应过程及机制.....	12
5、黄河口叶绿素浓度变化及其控制机制.....	13
二、洋底动力过程及其效应.....	14
1、洋陆过渡带.....	15
2、西太平洋俯冲系统.....	29
3、边缘海盆地与地幔楔深浅部耦合.....	38
4、印度洋洋中脊构造-岩浆过程.....	62
5、原特提斯洋演化与超大陆重建.....	73
三、海底能源探测与信息技术.....	77
1、地震全波形层析成像与地震资料处理新方法.....	77

2、中国周边海域油气资源勘查.....	83
3、海洋大地电磁技术.....	85
4、壳幔结构的地球物理探测.....	87
5、海洋地震立体观测系统与数据处理方法.....	88
<b>学术成果.....</b>	<b>91</b>
➤ 论文.....	91
➤ 奖励.....	100
➤ 专利与软件著作权.....	101
<b>科学会议.....</b>	<b>102</b>
➤ 第二届地下储层和流体的地球物理成像.....	102
➤ 第三届海底观测科学大会.....	103
➤ 海洋地质专家讲坛.....	103
➤ 赫崇本海洋高端论坛.....	105
➤ 海外名师讲坛.....	106
➤ 博学讲坛.....	107
<b>交流合作.....</b>	<b>108</b>
➤ 项目合作.....	108
➤ 学术交流.....	109
<b>平台建设与开放.....</b>	<b>110</b>
➤ 平台开放.....	110
➤ 平台建设.....	112
<b>科普教育.....</b>	<b>112</b>
<b>人员与机构.....</b>	<b>115</b>
➤ 固定人员.....	115
➤ 流动人员.....	116
➤ 技术管理人员.....	117
➤ 学术委员会.....	118
<b>人才培养.....</b>	<b>121</b>



# 实验室简介

海底科学与探测技术教育部重点实验室（下简称实验室）获准成立于 2002 年，2007 年通过教育部建设验收，2009 年、2015 年连续获得优良的教育部评估结果。实验室主要从事海底科学与探测技术的基础与开发研究。现有科研人员 52 人，其中，杰出人才有院士 3 人，千人学者 2 位，国家杰出青年基金获得者 3 位，“973”首席科学家 1 人，泰山学者 3 位；教授 27 人（其中博士生导师 17 人），副教授 15 人，讲师 6 人，实验室技术管理人员 3 人；88% 具有博士学位。队伍结构以中青年业务骨干为主，50-40 岁研究骨干是实验室科研的中坚力量，40—30 岁研究骨干 13 人，30 岁以下博士后流动人员 12 人。

实验室以国家发展战略需求和研究领域前沿为导向，以海底科学与探测技术为总体研究方向，整合优势科技资源，建成国内外一流、设施优良、符合国际规范技术标准的科技平台，争取成为海洋科学与技术国家实验室创新体系的标志性实体之一，国内外有一定影响的海底科学与探测技术学科群，以及国际学术交流中心、高层次创新人才汇聚中心和满足海洋强国、21 世纪海上丝绸之路建设等国家急需和高端创新人才培养的重要基地。

实验室依托较完善的科研条件，通过科研人员的努力，2010-2015 年间，平台建设再次实现跨越式发展，海洋装备研发技术取得重大突破，填补了 2 项国内技术空白，围绕西太平洋、印度洋和中国边缘海的基础科学问题取得了有国际影响的研究成果，为国际同行大量引用和应用，不仅提高我国海洋地质领域的研究水平，而且也为国家海底科学与探测提供技术和理论支持。部分成果和专利不仅已成功应用于解决生产实际难题，成果转化效益超过 1244 亿元，推动了社会经济发展，而且在国家能源安全、海洋国土安全维护中起到了重要作用。

2010-2015 年实验室以地球系统科学理念为指导，主要研究领域涉及：1) 海洋沉积与工程环境，2) 洋底动力过程与资源灾害效应，3) 海底能源探测与信息技术等。2010-2015 年期间，实验室平台建设取得重点突破，如联合建造了 2600 吨级“海大号”地球物理调查船等，解决了平台建设瓶颈；也取得了一些具有国际影响力的理论成果，作

为重要单位参与获得国家自然科学二等奖和国家科技进步二等奖共 2 项、教育部自然科学二等奖 1 项，其它省级奖 4 项，作为第一单位在 Nature 子刊、Earth-Science Reviews, Geology, Precambrian Research, Journal of Geophysical Research, Earth and Planetary Science Letters 等国际权威刊物共发表论文 7 篇，SCI 论文总计 159 篇，EI 论文 37 篇。1 人入选 2015 年度 ESI 全球高被引科学家名录，1 人多次入选 ESI 全球 TOP 1% 科学家名录，在国际地学领域有重要学术影响；完成了多项国家重大任务，如独立承担单项 1.6 亿元国家重大专项 1 项，5 年累计科研经费近 5 亿元，体现了综合服务国家重大需求的能力和实力；培养了 2 位国家杰出青年、3 位泰山学者，引进了 2 位院士、2 位千人学者、1 位外籍教授等领军学术带头人，在沉积物“源-汇”效应与沉积记录、海底沉积过程与工程安全、海洋工程地质与环境评价、陆架—边缘海盆地动力学与成藏、洋-陆过渡带壳幔过程与灾害、海底资源环境调查—采样—监测—模拟技术、海洋地球物理勘探与信息技术、海岸带工程地球物理等方向在国内同行中具有显著优势。

# 亮点聚焦

## ➤ 亮点成果

1) 刘鑫博士 2016 年的国际知名刊物 Journal of Geophysical Research 文章被 AGU 选为亮点文章 (AGU Research Spotlight)，并在其 EOS 网站进行了相关报道 (<https://eos.org/research-spotlights/mapping-the-movement-of-energy-under-japan>)。JGR 主编点评为：“*The work provides one of the rare examples of joint inversions simultaneously of P- and S-wave travelttime data by taking into account anisotropic properties of the real earth account.*”(该文是极少的利用 P 波和 S 波走时联合反演各向异性构造特征的研究案例)。

2) 李广雪教授团队 2016 年发表在国际知名刊物 Journal of Geophysical Research 的成果，被 121 期 JGR 杂志选作封面成果刊出。

3) 2016 年度，围绕西太平洋-欧亚大陆之间的大陆边缘开展了系列创新研究，总共发表论文 46 篇，作为 Geological Journal (影响因子 2016 年为 2.338) “两洋一海” 专辑出版，并被 Wiley 出版社在其网站重点推介。该专辑成果以地球系统科学思想为指导，把西太平洋大陆边缘作为一个完整的系统开展多学科交叉研究。

## ➤ 重点合作

### 与青岛市地震局共建地震观测站

依托实验室，中国海洋大学与青岛市地震局签约共建“五子顶洞体地震观测站”，并于 2016 年 11 月 25 日在中国海洋大学图书馆第一会议室举行了签约仪式。通过该项目的建立，在提升中国东部地区地震观测能力的同时，也将促进学校地球物理和地质等相关学科的发展。

## ➤ 重大项目

### [国家重点研发计划“大型水库对河流-河口系统生物地球化学过程和物质运输的影响机制”获批立项](#)

项目负责人王厚杰教授，经费 2800 万元，项目起止时间 2016-2021 年。该项目拟选择受大型水库调控影响最为显著的长江、黄河及其河口为研究对象，开展大型水库对河流-河口系统生物地球化学过程和物质运输影响机制的系统研究。

## ➤ 国际合作

实现了我院首个外籍教授访问学者计划，聘请法国海洋开发研究所的 Louis Géli 教授在实验室工作半年。2016 年 5 月-9 月，Géli 教授面向实验室的青年教师和研究生开展系列讲座《大洋中脊、转换断层与俯冲带》，共计 52 个课时。期间完成合作文章 1 篇。

聘请台湾大学的 Bor-ming Jahn 教授在实验室工作 2 个月。2016 年 1 月-2 月，江教授面向实验室的青年教师和研究生开展英文科技写作和地球化学前缘系列讲座，共计 52 个课时。期间完成合作文章 1 篇。

## ➤ 人才引进

从中国地质科学院地质所引进青年英才一层次教授于胜尧。于胜尧教授主要从事造山带的变质作用和深熔作用研究。近年来，在大陆深俯冲板片俯冲和折返阶段的变质和深熔作用过程和机制，深熔作用与大陆地壳生长和分异的关系等普遍关注的热点问题的研究上取得一系列原创性研究成果。近 5 年来主持 2 项国家自然科学基金项目、1 项地质调查项目和 2 项中国博士后基金项目。迄今发表学术论文 60 余篇，其中以第一作者或通讯作者在 *Geological Society of American Bulletin*, *Precambrian Research*, *Gondwana Research* 和 *Lithos* 等地学期刊发表 SCI 论文 18 篇。

从中国科技大学引进青年英才一层次教授赵彦彦。赵彦彦教授主要从事沉积碳酸盐岩的地球化学研究。近年来，在中国华南埃迪卡拉纪陡山沱组碳酸盐岩的地球化学研究，

特别是碳酸盐岩的矿物类型、碳氧硫锶同位素组成、微量元素(包括稀土元素)含量以及微区稳定同位素组成和原位微量元素含量对古环境、古气候及生命演化等国际热点问题的研究,取得了一系列原创性的研究成果。近5年来,主持2项国家自然科学基金、1项安徽省自然基金和2项博士后基金项目。迄今发表学术论文20余篇,其中以第一作者或通讯作者在 *Chemical Geology*, *Precambrian Research* 和 *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 等地学期刊上发表SCI论文5篇,2016年作为第三作者在 *Nature Communication* 发表论文1篇。

总之,通过2015-2016年度人才引进工作,最终新引进国际学者 Louis Geli 教授1人,绿卡工程教授 Jahn Bor-ming 教授1人,青年英才一层次教授2人(于胜尧、赵彦彦)。此外,实验室成员2016年新晋升教授1名(乔璐璐),副教授5名,引进师资博士后2名。

# 项目经费

## ➤ 项目经费统计

2016 年实验室新上国家重点研发计划项目、国家自然科学基金、国家实验室项目等各类项目 103 项（主持），合同额 9162 万元，各类科研项目实际到账经费 10486 万元。承担的项目以纵向项目为主。

项目分类	项目数量	项目合同金额（万）	项目到校金额（万）
2016 新上项目	103	9162	2636
2016 在研项目	163	10666	7850
合计	266	19828	10486

## ➤ 新上重大项目简介

### 1、科技部重点研发计划“大型水库对河流-河口系统生物地球化学过程和物质运输的影响机制”

项目 2016 年获得批复，经费 2800 万元，起止时间 2016-2021 年。项目拟选择受大型水库调控影响最为显著的长江、黄河及其河口为研究对象，开展大型水库对河流-河口系统生物地球化学过程和物质运输影响机制的系统研究。将大河流域-河口作为系统的整体，以大型水库作用下关键界面生物地球化学过程和物质运输为主线，强化多学科交叉与融合，综合运用现场观测、沉积记录分析和数值模拟等多种研究手段，揭示大型水库上、下游及陆-海等关键界面之间的生物地球化学过程，阐明关键生源要素的组成、形态和输运通量变化及其对水库调控的响应模式；揭示水库调控对河口沉积动力过程和生物地球化学过程的控制机制；建立耦合物理-化学-生物过程的系统数值模式，揭示大型水库调控及气候变化等因素共同作用下流域物质输运与碳氮等主要生源要素的迁移转化过程，辨析大型水库对河口生物地球化学过程与生态系统的影响及机制，为改进和优化大型水库运行模式、实现流域-海洋协调发展提供重要科学支撑，同时凝聚和培养一支学术思想活跃、具有多学科交叉研究能力的中青年研究队伍，使我国在此领域的研

究进入国际先进行列。

## 2、XXXX 海域海底综合调查计划

项目 2016 年获得持续支持，经费 4600 多万元。项目累计获得近 3 亿元支持，为保密项目。

# 科研进展

## 一、海洋沉积过程与环境

### 1、中国东部陆架海“源—汇”过程

紧密围绕中国东部陆架海悬浮体“源—汇”过程开展研究，发表 SCI 文章 7 篇，其中二区 2 篇、三区 5 篇；发表核心期刊文章 4 篇。

#### (1) 揭示了黄河物质远距离搬运机制及关键断面物质通量

从“源”到“汇”物质搬运机制和通量是海洋地质学极其重要但又尚存争议的研究课题。基于关键界面季节性调查资料，尤其是重点考虑了、前人研究甚少的冬季大风对海流的影响，计算了渤海海峡年悬浮体净通量为 251.63 万吨，其中由渤海输往黄海的悬浮体约为观测期间黄河入海沙量的 4.27%。证明冬季风及波浪运输的黄河物质，对山东半岛外泥质区形成有重要贡献。该成果对渤黄海物质交换通量及机制研究有重要意义。成果发表在 *Ocean Dynamics* (3 区)、*Geological Journal* (3 区) 等国际前沿 SCI 期刊。

#### (2) 研究了冬、夏季南黄海中部悬浮体输运机制

南黄海中部泥质沉积区的形成与黄海环流有关：冬季，黄河（包括苏北老黄河口）物质经黄海沿岸流向南输运，再在冬季黄海暖流的捕获下向北输回泥质区；夏季，月大潮导致了南黄海冷水团西部的阶梯状衰退，由于近惯性震荡的存在，平均流速在 25mab 水深以上仍有部分层位存在流速高值层，近惯性振荡是控制该海域类矿物质悬浮体浓度

变化的关键因素。该成果丰富了边缘海泥质沉积体的成因理论，成果发表在 Journal of Geophysical Research (2 区)、Geological Journal (3 区) 等国际前沿 SCI 期刊。

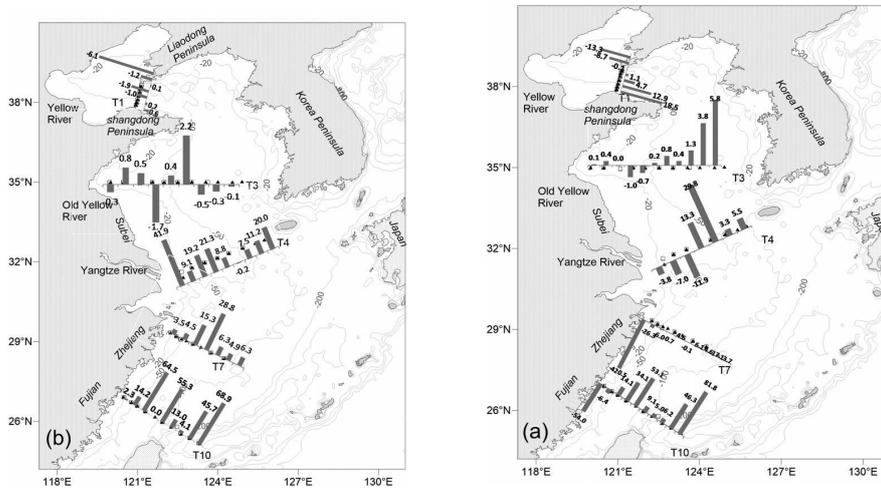


图 1.1 冬 (a)、夏季 (b) 关键断面悬浮体通量 ( $\text{g/s/m}$ )

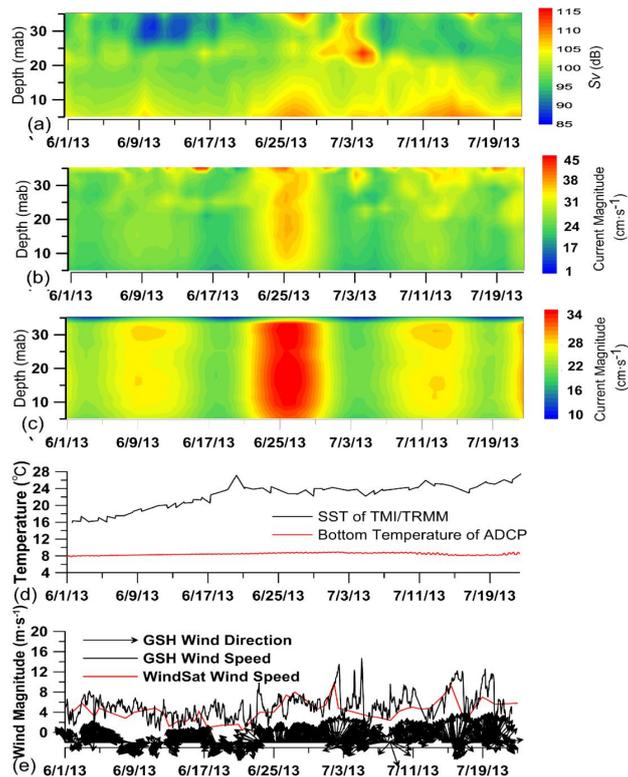


图 1.2 南黄海西部站点夏季多要素联合对比图。(a) 25 小时平均悬浮体的后向散射强度  $S_v$  (dB)，(b) 25 小时平均水平流速 ( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ )，(c) 25 小时平均潮流流速 ( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ )，(d) 底层温度及 SST ( $^{\circ}\text{C}$ )，(e) 风速 ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) 和风向 (箭头指向去向)。

### (3) 初步建立中国东部陆架海沉积动力学模式

东海物质跨陆架锋向外海输运路径与机制是学界研究热点，本研究揭示了东中国海域冬半年和夏半年的沉积动力学规律：冬季水体垂直混合较好，沿岸流是悬浮体输运、

沉积的重要通道；夏季温跃层限制了悬浮体向表层扩散，暖流阻挡了悬浮体向外海扩散。成果发表在国际知名刊物 Journal of Geophysical Research (2 区)，并被当期 JGR 杂志选作封面成果刊出。

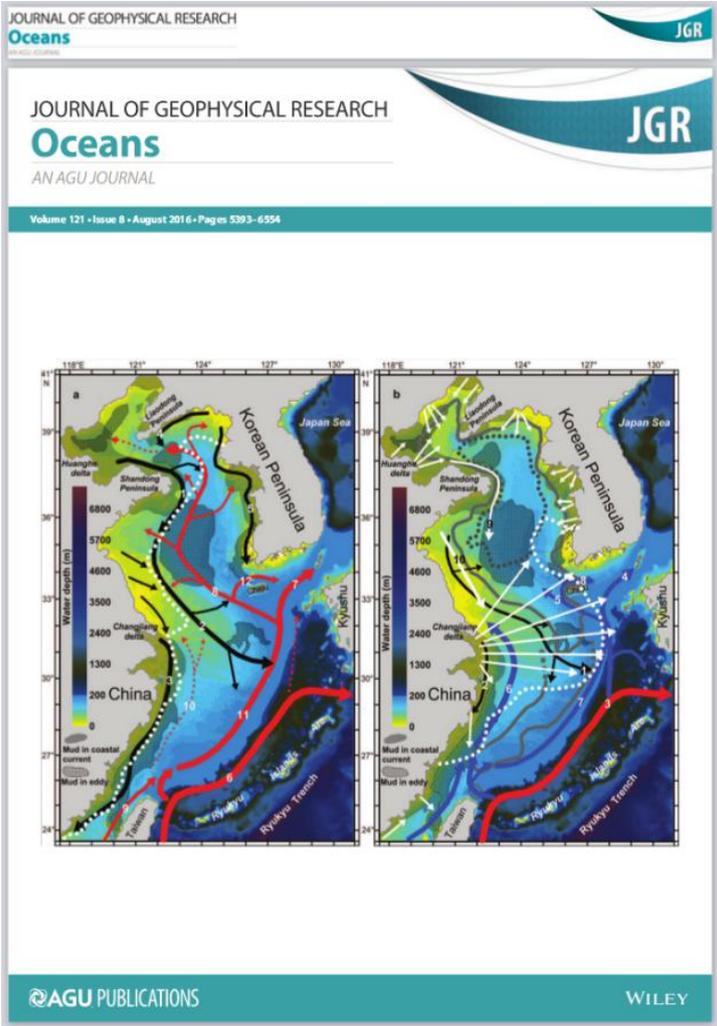


图 1.3 东中国海沉积动力学模式图（2016 年 121 期 JGR 封面）

## 2、100 年来尼日尔三角洲岸线演化

河口三角洲是由众多沉积环境构成的复杂沉积系统，密集分布着重要的经济基础设施、多样的生态系统以及高密度人口，同时极易受到全球气候变化的影响。位于北大西洋几内亚湾内的尼日尔三角洲，作为世界第三大三角洲和全球碳氢化合物（石油和天然气）产量最丰富的区域之一，具有上述典型的河流三角洲特征，目前对其进行海岸线变化和海岸动力学方面的研究较少。本研究基于尼日尔三角洲地区长时间序列的岸线数据（地形图、LandSat 卫星影像）、波浪和水文气象数据、降雨量和河流流量记录等，探

讨论了尼日尔三角洲地区岸线变化及其影响因素。成果发表在前沿 SCI 期刊 Journal of Marine Systems (3 区)、Continental Shelf Research (3 区) 等。

(1) 揭示了百年时间尺度尼日尔三角洲岸线演化

百年尺度上海岸线演化表现为两个不同阶段: 1) 1923-1987 年间海岸线后退时期(即 1987 年以前阶段); 2) 1987-2013 年间的海岸线向海推进时期(即 1987 年以后阶段)。1987 年以前阶段, 海岸线后退主要集中在三角洲海岸西部和三角洲中部向海凸出部分(年变化率为~-14 m/yr 到-64 m/yr), 而在 1987 年以后阶段, 整个三角洲海岸都发生向海的推进(年变化率为~0.06 m/yr 到 2.8m/yr)。

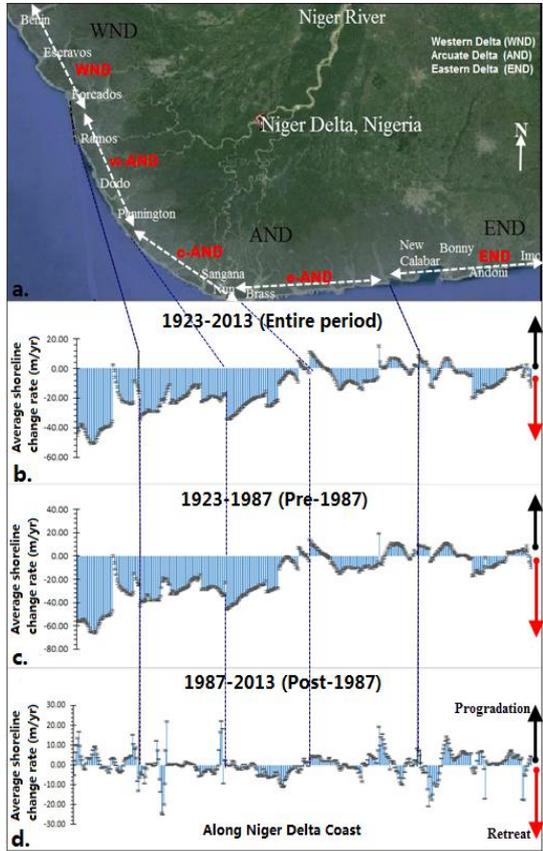


图 1.4 尼日尔河三角洲岸线演化

岸线演变主要受控于降雨量和河流流量的变化。上游大坝的建造和降雨量的减少, 导致近岸沉积物物源缺乏, 进而造成海岸线的侵蚀, 最终形成 1987 年以前时期内剧烈的海岸线后退的格局; 1987 年之后, 水动力作用(波浪及相应的沿岸沉积物输运), 以及大规模的尼日尔河流疏浚工程和其他人类活动, 如大规模的红树林砍伐, 加上巨量的负载沉积物的河流(洪水)输入等众多因素共同作用, 影响了海岸沉积物收支平衡, 导

致了 1987 年之后时期的尼日尔三角洲海岸线的向海推进。

## (2) 尼日尔三角洲海域悬浮体输运特征及机制

1921-1980 年，尼日尔三角洲的沿岸沉积物输运量的最大值、均值和最小值都具有降低的趋势，而 1981-2010 年，则极大地增加。最大的沉积物输运区域位于尼日尔三角洲西部和即中央扇形区，而最小值位于尼日尔三角洲东部海域，沿岸沉积物输运结果与波浪变化（波高、周期、波向）相一致。

## 3、现代黄河水下三角洲地质成灾机制及其工程应用

黄河水下三角洲快速演变的机制不搞清楚，油气开发的地面工程就难以长期使用，社会和生态环境也难以保全。项目组从理论研究切入，选择威胁安全生产的重大技术难题进行攻关，长期围绕现代黄河水下三角洲地质灾害成因机制开展研究，获发明专利 3 项，发表论文 110 篇，SCI/EI 收录 30 篇，代表性论文总影响因子 55 分，他引 221 次，其中被 SCI 论文他引 143 次。同时，关注理论研究成果应用于工程实践，联合企业，建立了理论→设计→施工→后评估的工程建设模式，创立了适合复杂多变海洋环境下的防灾减灾技术方法，为当地人民生活环境、生态环境和油田安全生产提供了技术支撑，创造间接经济效益 120 余亿元。获中国海洋工程咨询协会海洋工程科学技术奖二等奖。

### (1) 为黄河口快速堆积的复杂区块实现海油陆采的开发模式提供了理论依据。

在理论研究基础上，重点研究了复杂环境下泥沙的堆积范围、沉积速率及运移趋势，确定了陆岛合一开发模式的安全的岛屿延伸方向和距离，在青东 5-1 区块建设了大型的陆连人工岛工程，成功实现了海油陆采，解决了地质环境条件复杂的河口区油气开发难题。

### (2) 研究了废弃三角洲海底地质灾害发生规律和成因机制，建立了有效的海底工程评价体系，为平台-管道安全运行提供了技术保障。

废弃三角洲海底快速冲刷、土体液化、刺穿、滑坡等灾害是平台-管道采油模式安全生产的隐患。研究了废弃三角洲海底冲淤演化规律和灾害的发生机制；集成和研发了现场探测与监测技术，建立了海底工程安全评价模式，提出了防护建议，有效防止了海

底管缆的冲刷淘空及波浪作用导致的土体液化和滑坡的发生。

(3) 揭示了黄河三角洲岸线蚀退规律，预测了海岸防护堤坝侵蚀极限深度。

200 多 km 长的海堤是胜利油田滩涂油田的安全屏障，海堤掏空溃堤危险日益加剧。项目组提出了海堤侵蚀极限这一科学命题，在海底冲淤演变规律基础上，采用实测、物模和数模相结合的方法，计算了海底长期侵蚀和季节调整的速率，得出海堤提前淘空的极限深度，为海堤防护设计提供了科学依据。

#### 4、渤海极端天气的生物物理响应过程及机制

利用 2011 年台风“米雷”在山东半岛登陆期间，基金委黄渤海共享航次的观测数据，首次成功捕获到了极端天气事件（台风）影响下，渤海的生物物理过程的响应特征，揭示了台风影响下 Ekman 输运驱动北黄海水体向渤海输运，渤海底部水体温度降低，盐度增加，塘沽验潮站水文异常增高；台风过境期间渤海中部水体垂向混合加剧，混合层下降 5 米左右，垂向混合为上层水体提供了营养盐补给，短时间内显著提高了渤海初级生产力，相关工作“Bio-physical changes in the coastal ocean triggered by typhoon: A case of Typhoon Meari in summer 2011”发表在 *Estuarine, coastal and shelf science* 上。审稿人认为该工作“首次成功的捕获了台风过境期间渤海生物物理过程变化”，“对事件性天气影响下陆架浅海的生物物理过程的研究做出了极具价值的贡献”。

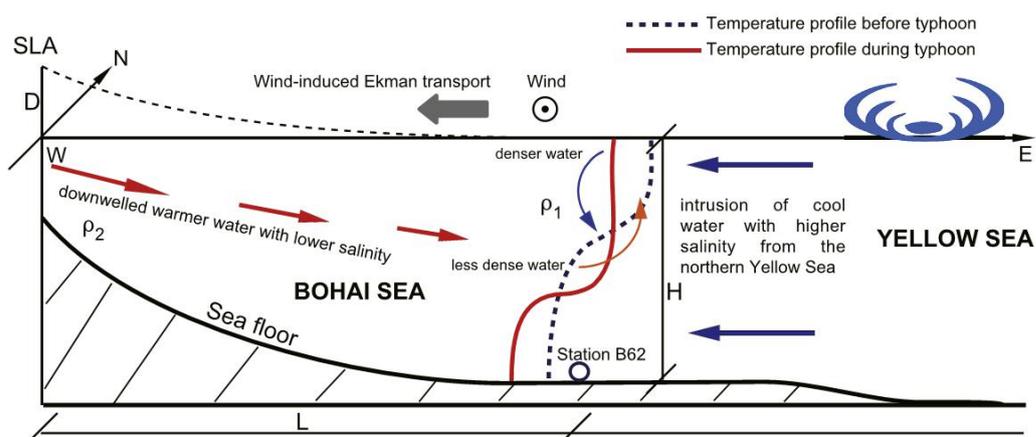


图 1.5 台风“米雷”影响下渤黄海水体变化

## 5、黄河口叶绿素浓度变化及其控制机制

利用 SeaWiFS 和 MODIS 卫星遥感反演的叶绿素浓度资料，揭示了 1997-2012 黄河口叶绿素浓度的年际和季节性变化特征，并探讨了黄河口叶绿素浓度变化的控制机制。研究表明，1997-2012 年黄河口叶绿素浓度波动强烈，与黄河径流、泥沙及悬沙粒径体现出了较好的相关关系（Pearson Correlation>0.54）；黄河口叶绿素浓度存在明显的季节变化，年内存在两个明显的峰值（2-5 月和 8-10 月），两个峰值对应不同的控制机制，2-5 月叶绿素浓度峰值主要受控于海洋动力的减弱、光照增加，8-10 月的峰值主要受控于黄河陆源营养要素的供给。建立的二元模型结果表明，黄河口叶绿素浓度的变化 59% 受控于黄河入海水沙通量的变化，其余 41% 受控于光照、温度及海洋动力等因素。相关研究结果“Interannual and seasonal variation of chlorophyll-a off the Yellow River Mouth (1997-2012): Dominance of river inputs and coastal dynamics”发表在 *Estuarine, coastal and shelf science* 上。

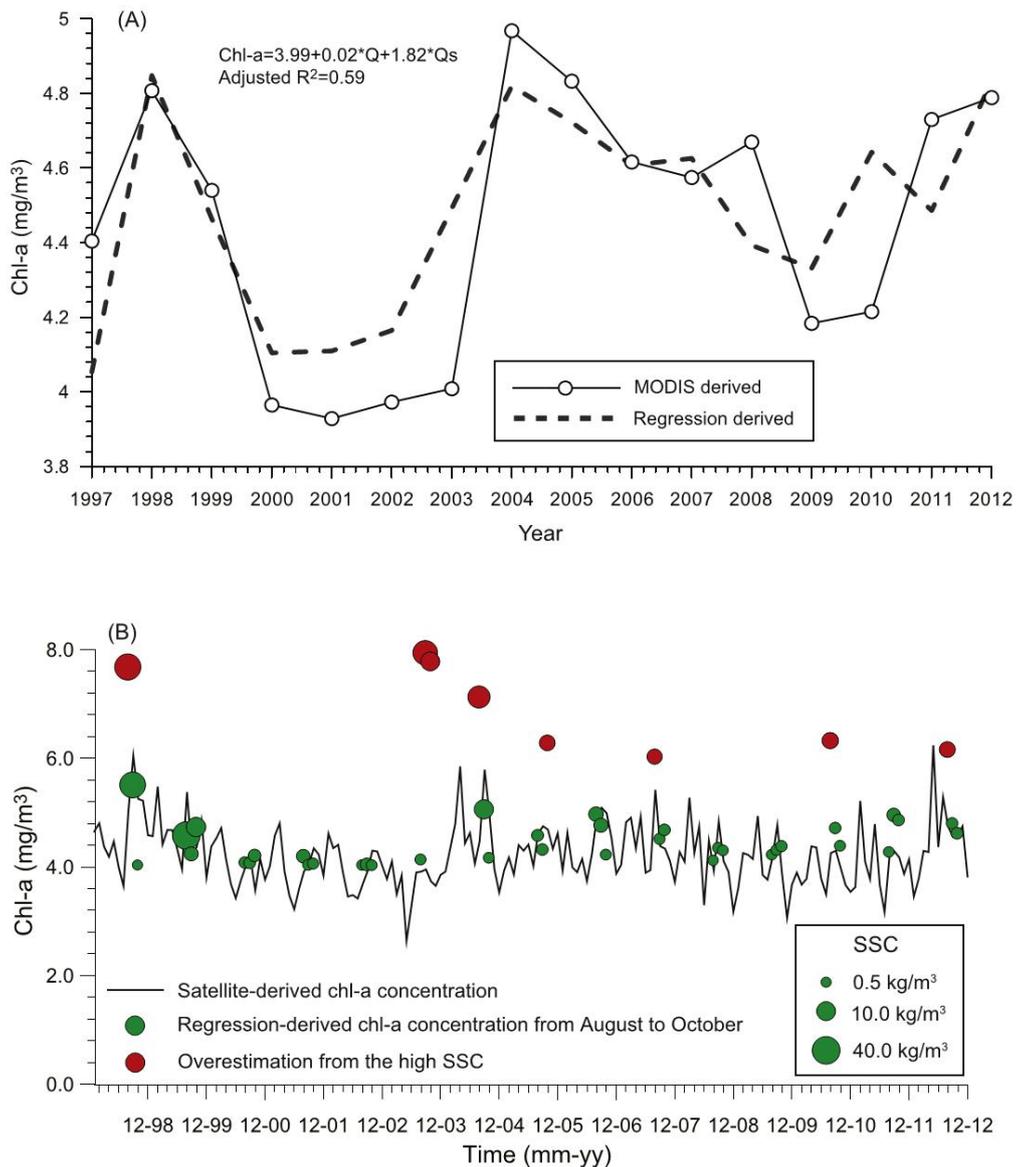


图 1.6 1997-2012 黄河口叶绿素浓度及悬浮体浓度变化

## 二、洋底动力过程及其效应

2016 年度，围绕西太平洋-欧亚大陆之间的大陆边缘开展了系列创新研究，总共发表论文 46 篇（见列表，图 1），作为 *Geological Journal*（影响因子 2016 年为 2.338）整体专辑出版，皆被 SCI 收录。该专辑成果以地球系统科学思想为指导，把西太平洋大陆边缘作为一个完整的系统开展多学科交叉研究。成果海陆对比、深浅对比、古今对比，内容涉及：异常气候变动与海底响应、深部动力过程与浅部地表系统响应、沉积搬运与海底地质灾害等等，分为 7 个部分：1) 表层系统与海底沉积和地质灾害过程；2) 东亚

陆缘的盆地动力学；3) 边缘海打开与演化；4) 边缘海转换断层与破碎带成因；5) 西太平洋大火成岩省与俯冲带；6) 印度洋洋中脊演化；7) 相关的全球构造与研究方法。

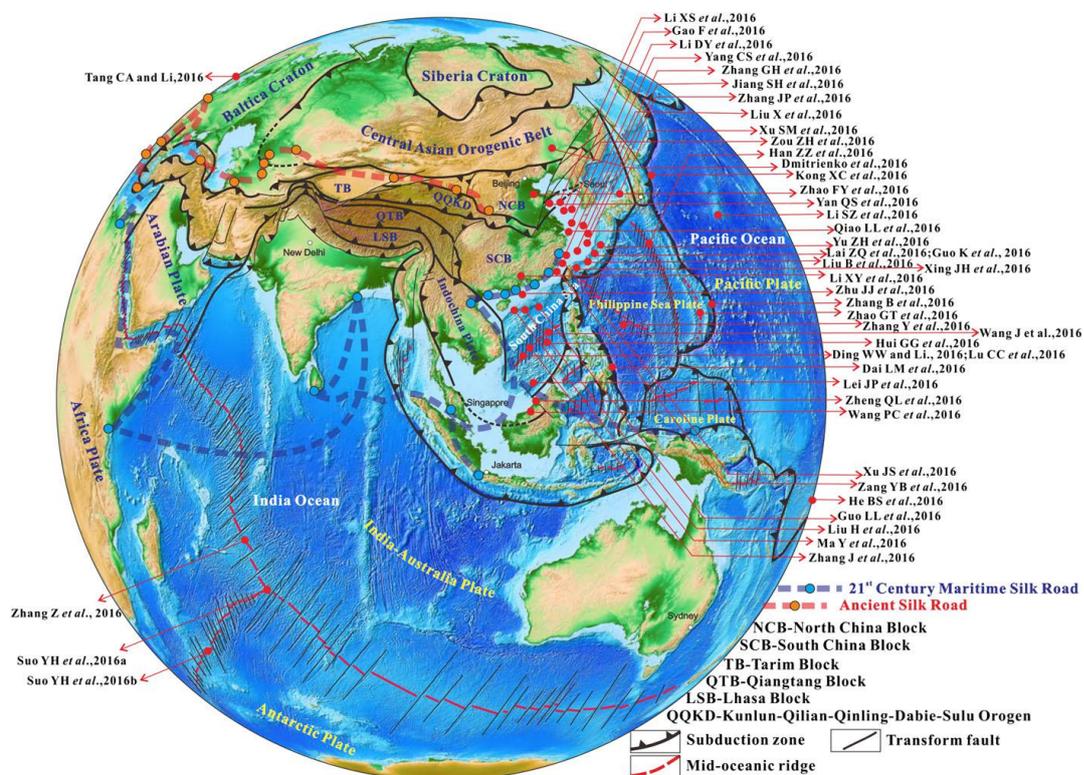


Figure 1. Map showing the distribution of plates and subduction zones in SE Asia and the geographic location of the areas discussed in the 46 papers in this Special Issue.

图 2.1 Geological Journal 组织的“两洋一海”专辑发表文章分布

这些文章虽然还有美中不足，但皆响应国家万众创新的号召，作了大量突破性创新，颠覆了原有的一些认识，给中国海洋地质界带来了新思想。比如，冷、热俯冲，边缘海转换断层成因可能不同于洋中脊转换断层成因的观点，中国东部地形台阶成因是深部动力过程的结果，陆架盆地的向东构造跃迁，等等，这些都是当前国际上关注的热点科学问题。需要今后收集更多资料，开展深入研究。

## 1、 洋陆过渡带

### (1) 南海大陆岩石圈的最终破裂和大洋岩石圈的打开

洋陆转换带 (Ocean-continent transition) 是大陆与大洋相互作用的关键区域，对于理解和认识大洋和大陆的地球动力过程、机制尤为关键，一直是处在国际地学研究的前沿。作为伸展陆壳和正常洋壳之间重要的过渡和衔接，洋陆转换带蕴含着丰富的地壳岩

石圈伸展破裂过程的信息。南海北部陆缘为一个离散、非火山型的被动大陆边缘，经历了，其洋陆转换带形成于一系列裂谷作用和海底扩张之后。本文选择从东到西分布的切过南海北部洋陆转换带的 3 条 OBS 剖面 and 3 条地震测线，对南海北部地区的洋陆转换带进行识别，并研究其深部结构及构造演化，进一步探讨岩石圈伸展破裂过程。研究表明，南海北部洋陆转换带以减薄的陆壳和下地壳高速体为特征，在地震剖面上从陆到洋可分为三个构造单元：裂陷区、火山作用带和海相掀斜断块带。下地壳高速体主要分布于南海北部的东段，但洋陆转换带分布范围内并不都有下地壳高速体，洋陆转换带的西段没有发现下地壳高速体。我们认为南海北部大陆边缘更符合纯剪切-简单剪切-岩浆作用的综合伸展破裂模式。在被动陆缘的裂谷作用下，首先以纯剪切伸展形成均匀分布的断陷盆地群，其后以简单剪切方式沿控盆断层变形，一旦断层面沿地壳底界面发育，地壳岩石圈被完全拆离消失，下伏地幔被剥离到海底，形成蛇纹石化地幔橄榄岩。洋陆转换带沿不对称伸展起始位置发育。

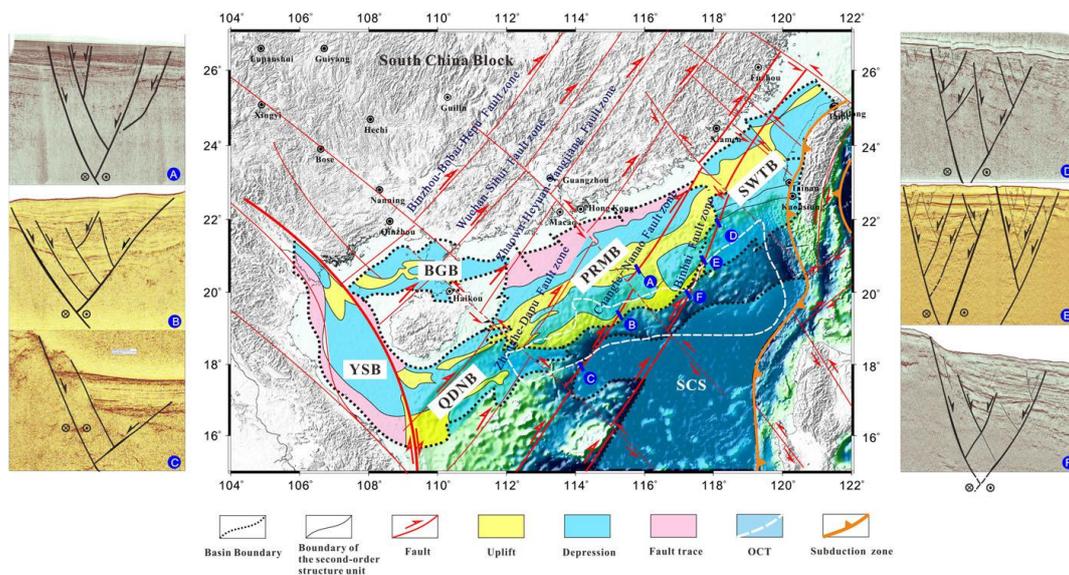


Figure 1. Regional tectonic map of the South China Sea. Dotted black line represents the boundary of the basins whereas a solid black line indicates the uplift and depression boundary in a basin. A dotted orange line represents the boundary of the OCT interpreted by Zhu *et al.* (2012b). A solid blue line with triangles indicates the eastward subduction beneath the Manila Trench. Yellow, blue and pink areas indicate the uplifts, the depressions and the fault trace in the northern slope, respectively. BGB: Beibu Gulf Basin, YSB: Yingge Sea Basin, QDNB: Qiongdongnan Basin, PRMB: Pearl River Mouth Basin, SWTB: Southwest Taiwan Basin. Seismic profiles A, B, and C indicate the tectonic association of the Changle-Nanhai Fault Zone, and D, E, and F indicate the tectonic association of the Binhai Fault Zone in the SCS.

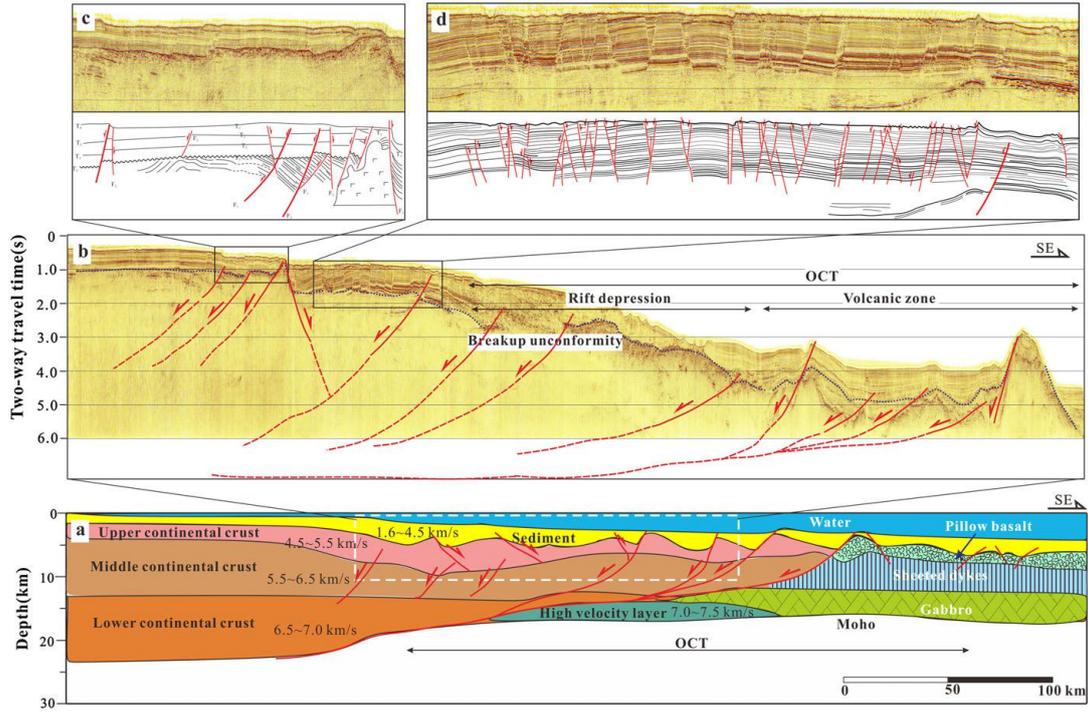


Figure 3. Multi-channel seismic reflection line S1 and the crustal structure along the Profile OBS2001. For locations of the profiles, see Figure 2. (a) The crustal structure along the Profile OBS2001 (modified from Wang *et al.*, 2006; Xia *et al.*, 2010; Xia and Zhao, 2014. Numbers denote the P-wave velocity. (b) The seismic reflection character of line S1. (c) Angular unconformity shown in line S1. (d) Shallow fault structure in line S1. Dense E-W-trending faults developed.

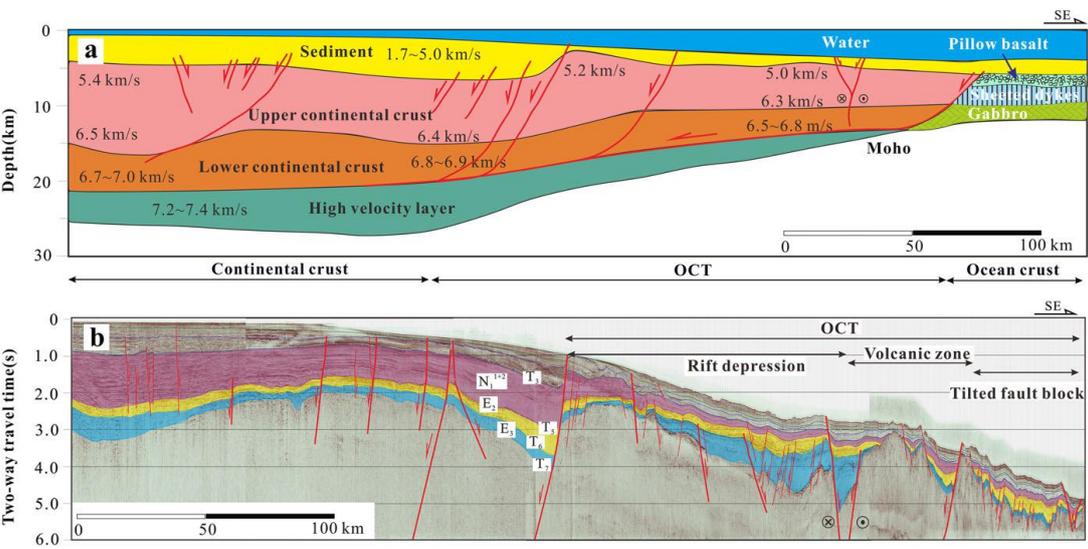


Figure 4. Multi-channel seismic reflection line S2 and the crustal structure along the Profile OBS1993. For location of the profiles, see Figures 1 and 2. (a) The crustal structure along Profile OBS1993 (modified from Yan *et al.*, 2001; Xia *et al.*, 2010; Xia and Zhao, 2014. Numbers denote the P-wave velocity. (b) The seismic reflection character of line S2.

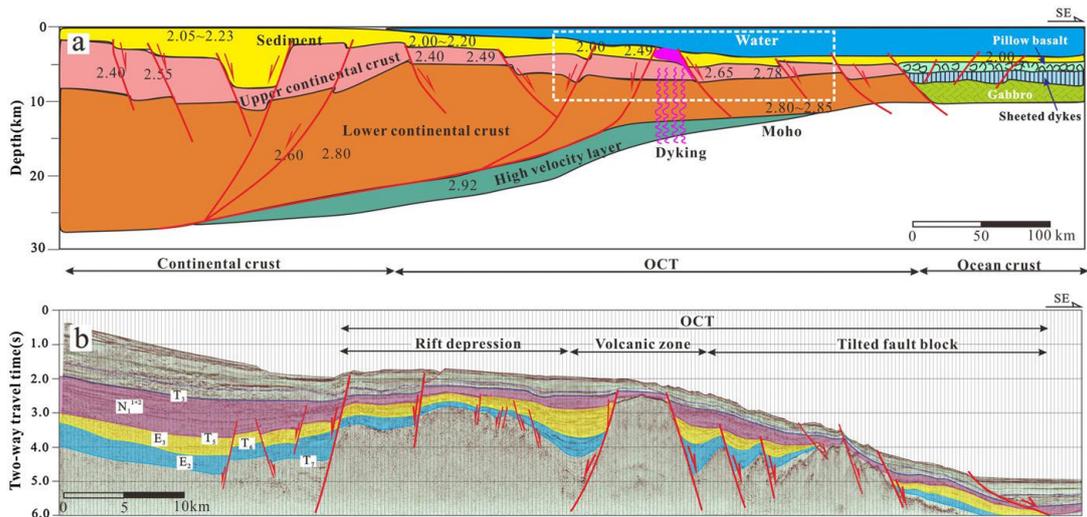


Figure 5. Multi-channel seismic reflection line S2 and the crustal structure along the density Profile DEN2008. For location of the profiles, see Figures 1 and 2. (a) The crustal structure along Profiles DEN2008 (modified from Hao *et al.*, 2008). Numbers denote the 2.5D density in g/cm<sup>3</sup>. (b) The seismic reflection character of line S3.

## (2) 东海陆架盆地与南海东北部新生代盆地群的统一性和差异性

南海北部珠江口、台西南等新生代盆地与东海陆架盆地是西太平洋大陆边缘重要的含油气陆架盆地。古新世至晚中新世期间，三个盆地地层基本可对比，岩相连续，主要为页岩层、砂岩层和泥岩层互层，且三者构造和沉积方面具有统一性：沉积相方面，三个盆地皆表现为古新世的海陆交互相和始新世-晚中新世末期的海相-湖相三角洲-河流冲击扇的沉积序列；构造事件方面，表现为统一的构造运动和期次；构造样式方面，古新世-始新世期间三个盆地皆为 NNE 和 NE 向的断裂控制，结构皆表现为“东断西超”或“南断北超”的半地堑盆地结构，早渐新世-中中新世期间为 NW 和 WNW 向的逆断层和反转褶皱，花状构造较为典型。晚中新世末期以来，三者构造和沉积出现明显差异：台西和台西南盆地始终为海相沉积，而东海陆架盆地由陆相沉积转为第四纪的广海相沉积；晚中新世以后东海陆架盆地南部整体进入沉降阶段、断裂活动停止，而台西和台西南盆地反转构造发育并于早上新世东沙运动结束后进入热沉降阶段。本文最终提出新生代南海陆架盆地与东海陆架盆地起初为一个盆地，晚中新世（6.5 Ma）菲律宾海板块的楔入将其分割成两个盆地，主要表现为吕宋岛弧与欧亚大陆边缘发生弧陆碰撞，台湾造山带形成。

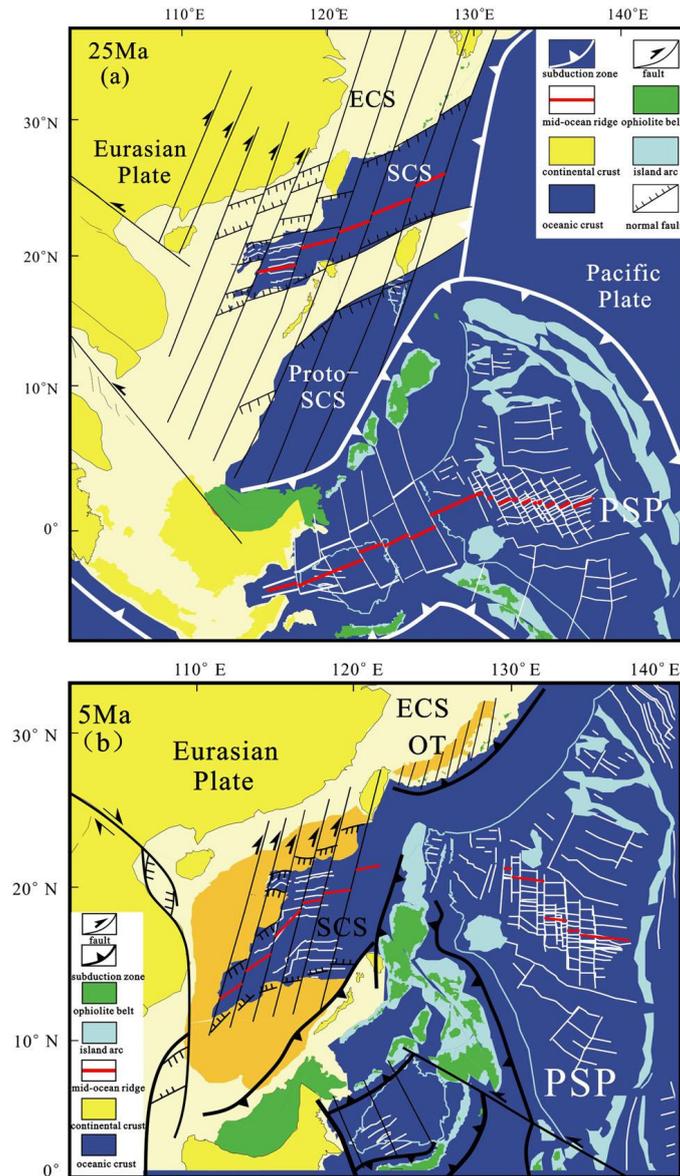


Figure 8. Tectonic evolution models of the South China Sea (SCS) and the East China Sea (ECS) (revised after Hall, 2002). (a) 25 Ma and (b) 5 Ma. Abbreviations: OT: Okinawa Trough, PSP: Philippine Sea Plate.

### (3) 南海北部陆缘天然气水合物成藏及气源条件分析

南海北部陆缘 (NSCS) 在中生代末-新生代经历了连续的构造演化过程, 由早期的活动陆缘逐步转化为现今的稳定的被动大陆边缘, 其演化过程是古近纪-渐新世的伸展型地壳及裂解的共同结果。这种伸展及裂解环境下的沉积结果为大规模油-气田和天然气水合物的赋存提供了非常有利的条件。本文基于大量搜集的地球化学数据, 对其构造-沉积演化过程进行了初步分析, 初步的分析结果表明第三系原始的煤成气和深成气为热解型的天然气水合物提供了丰富气源; 而浅表层的水合物则源于浅层生物气。近年来, 随着南海北部陆缘油气的勘探和开发, 为进一步的研究提供了大量的 2 维和 3 维地震剖

面的解析发现，BSR-似海底反射界面是水合物赋存层位的底界，被作为地球物理资料中解释水合物的依据之一。同时，大量的深成油气，裂解气和有利的构造运移通道的发现，为水合物的勘探提供了更加有利的条件。BSR，在地震剖面上气烟囱和海底麻坑出现的地方，具有高振幅的特点。另外，游离气和水合物赋存区的底界也有明显的高振幅特征。地质和地球物理资料揭示新生代以来南海北部陆缘发育了大量的煤成气，对于水合物的形成提供了有利的气源条件。深成气的向上逸散和运移则通过深大断裂及新构造断层组合运移通道进行疏运；而浅部不同层位的生物气混合深成气，具有混合成因，勘探的过程要区分开采。文中还基于已探明的天然气水合物赋存区对比分析，圈画出了水合物赋存远景区，并对南海北部陆缘天然气水合物的成矿模式进行了总结。

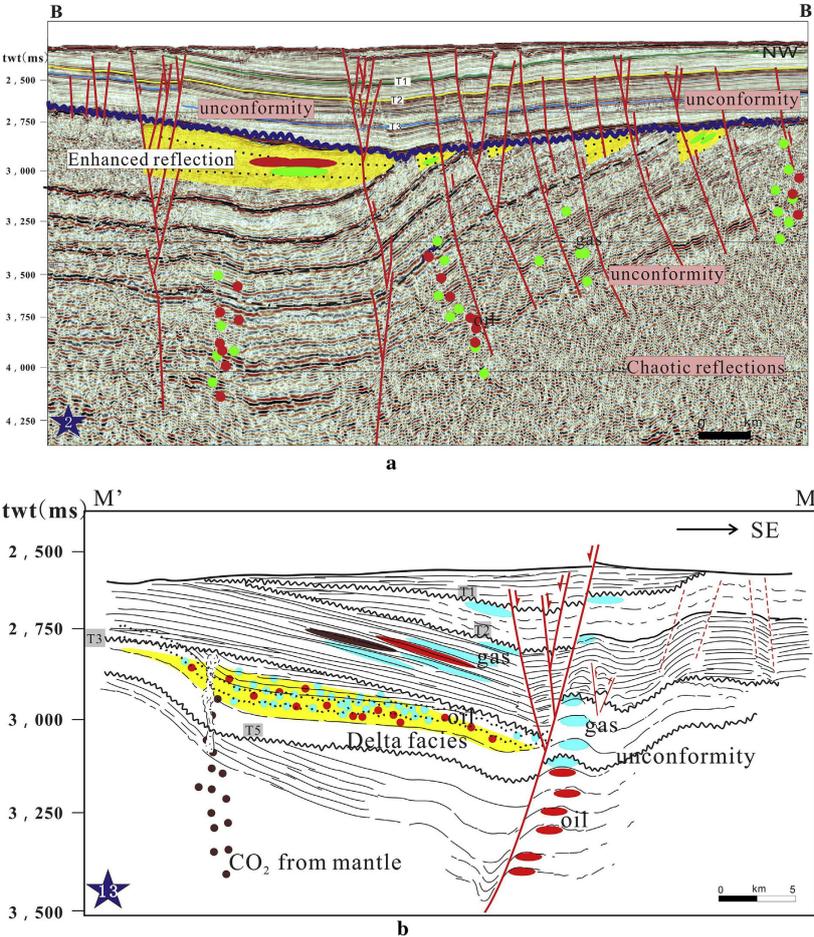


Fig. 7. a and b. Complex trap types (Fig. 7b) presents the rolling houses at the bottom of open anticline, fault traps and lithologic trap in the middle, in the axis of open fold easily to be fractured and to form slip faults, profile location seen line B-B' and line M-M' where gas from both breached reservoirs and detected from the source rocks in Paleogene. In profile 7a and schematic Fig. 7b both have a distinct angular unconformity on top to form the oil-gas trap. This section shows the general characteristics of the PRMB depression.

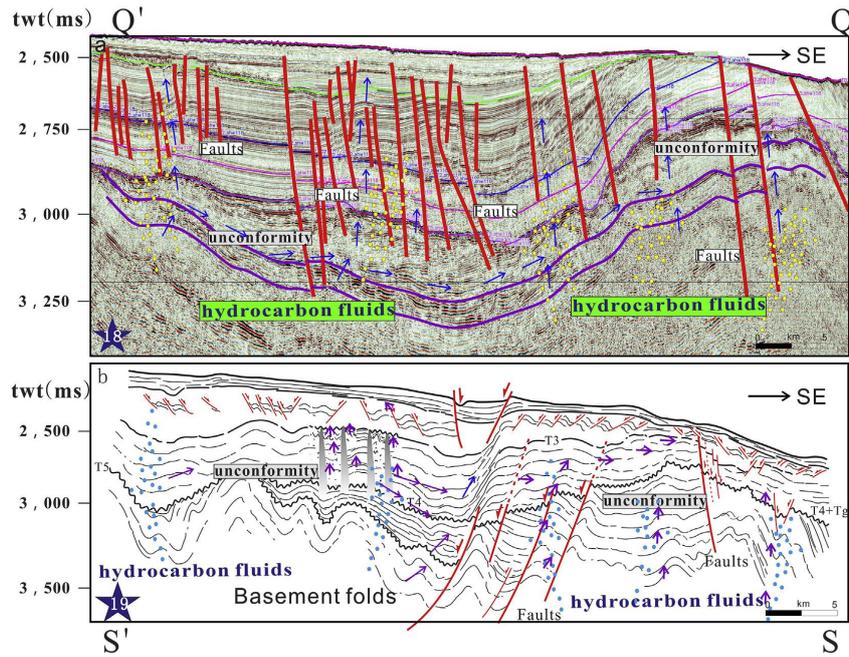


Fig. 12. It shows migration pathways (arrows) along channels and faults, the deep-seated gas migrated from the unconformity surfaces, then the hydrocarbon fluid upward migrate along the shallow faults.

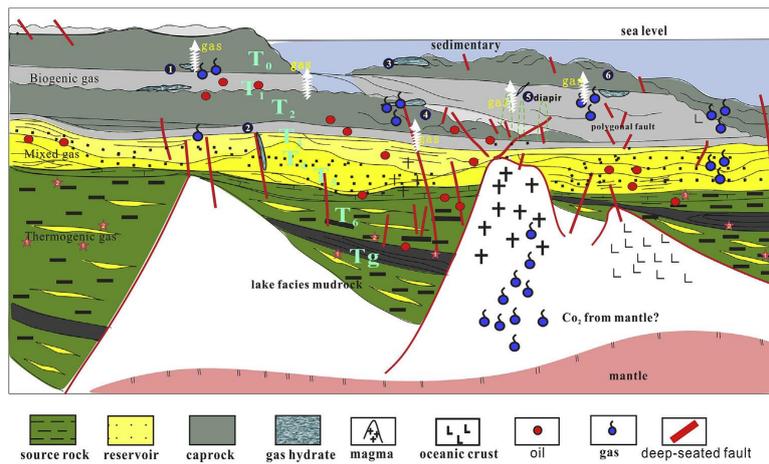


Fig. 17. Model of hydrocarbon accumulation and gas source migration within different reservoirs in the NSCS basins. T6–Tg represent the source rock (green part), and the hydrocarbon gas in the sandbody (yellow part) could be the reservoir, and Quaternary sediments as the seal. These white arrows are the hydrocarbon migration pathways. The migrating channels are consists of faults, diapirs, unconformities, channels and other fractures. Multi-formations shows several types of hydrate output such as vein, belt, thin layer, mass or nodular. The circled numbers (1–6) represent the positions of different gashydrate outcrop morphology. It's not only controlled by the deep-seated fault, but also the neotectonic fractures, the systematical traps and seals are a consummate concatenate both the deep and shallow. Numbered stars (1–3) represent different Fms of the source rock. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

#### (4) 南海及其周边新生代岩浆时空分布规律及其构造-岩浆演化

南海及其周边新生代岩浆岩主要为分布在洋盆扩张脊、北部陆缘的陆洋边界、雷琼半岛和中南半岛南部的玄武岩，多数是根据布设在南海及其周缘的地震剖面识别，一般来说，在前人的地球物理剖面上，浅部的玄武岩在深部对应地壳下部的小规模的高速异常体。按照新生代岩浆岩发育的时间，将南海岩浆岩划分为三期：扩张前期、同扩张、扩张期后岩浆岩。本文精细划分了南海新生代岩浆岩时空分布特征，并且对不同区域、不同时代的岩浆岩的形成机制展开了探讨，研究表明：南海北部始新世岩浆岩，形成在南海

扩张前期，主要岩性为双峰式火山岩、石英拉斑玄武岩和碱性玄武岩，主要分布在南海北缘一系列古近纪盆地内。岩浆岩的控制因素为南海北缘的系列 NNE 向右行右阶走滑断裂，断裂形成 NNE 向的拉分盆地，同时发育大量的岩浆岩，岩体多呈 NEE 向分布，统一于东亚大陆边缘新生代构造背景；南海西部中南半岛和马来半岛新生代的岩浆岩，形成在南海扩张前期，主要岩性为石英拉斑玄武岩和橄榄拉斑玄武岩，形成主要受印支地块东北部边界形成规模巨大的哀牢山—红河左行韧性走滑断裂带控制；南海西南、西北、中央海盆内的岩浆岩，为同扩张岩浆岩，岩性为大洋拉斑玄武岩，西北次海盆最先形成，其次中央海盆，最后为西南次海盆，其形成机制是 NNE 向断裂的右行右阶拉分；南海第四纪玄武岩，主要分布在南海的东部和北部，为南海扩张期后，岩体呈近 E-W 向展布，且不同区带被 NNE 向的走滑断裂分割。9Ma-6 Ma 南海东部的菲律宾海板块持续向 NWW 方向运动，造成吕宋岛弧、台湾岛弧与欧亚大陆弧—陆碰撞，且同时期 NNE 向的长乐—南澳断裂右行走滑，在两者共同作用下，台湾岛弧及南海东北部地区向 S 挤出，同时形成近 E-W 向岩浆岩和断裂。

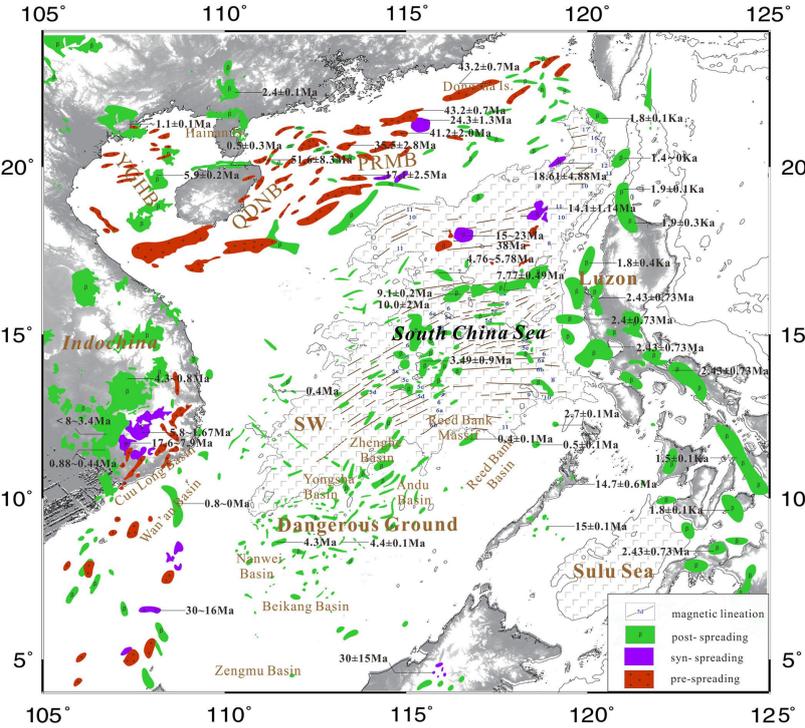


Figure 2. The distribution and ages of the Cenozoic magmatic rocks in the South China Sea (SCS) and adjacent areas. Green parts demarcate the post-spreading basalts, and purple and red represent the syn-spreading rocks and pre-spreading granite rocks, respectively.

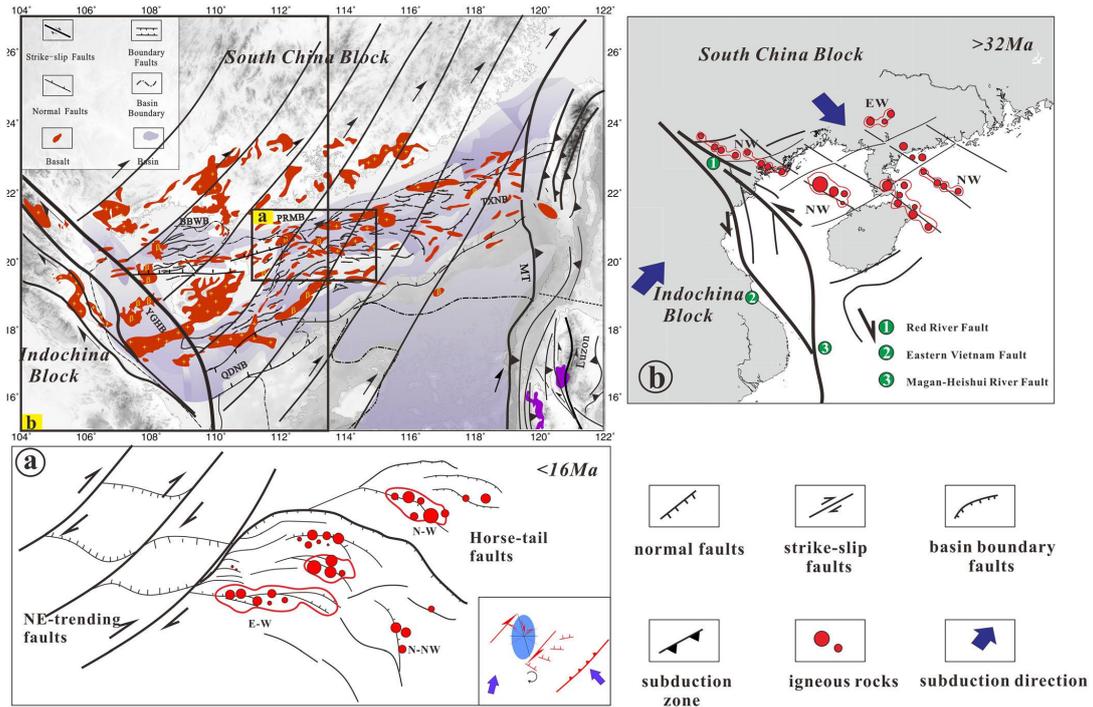


Figure 5. 2D distribution of Cenozoic volcanic rocks within the Pearl River Mouth Basin of the northern South China Sea and illustration of the granite rocks and the post-spreading (a) and pre-spreading (b) magma intrusions.

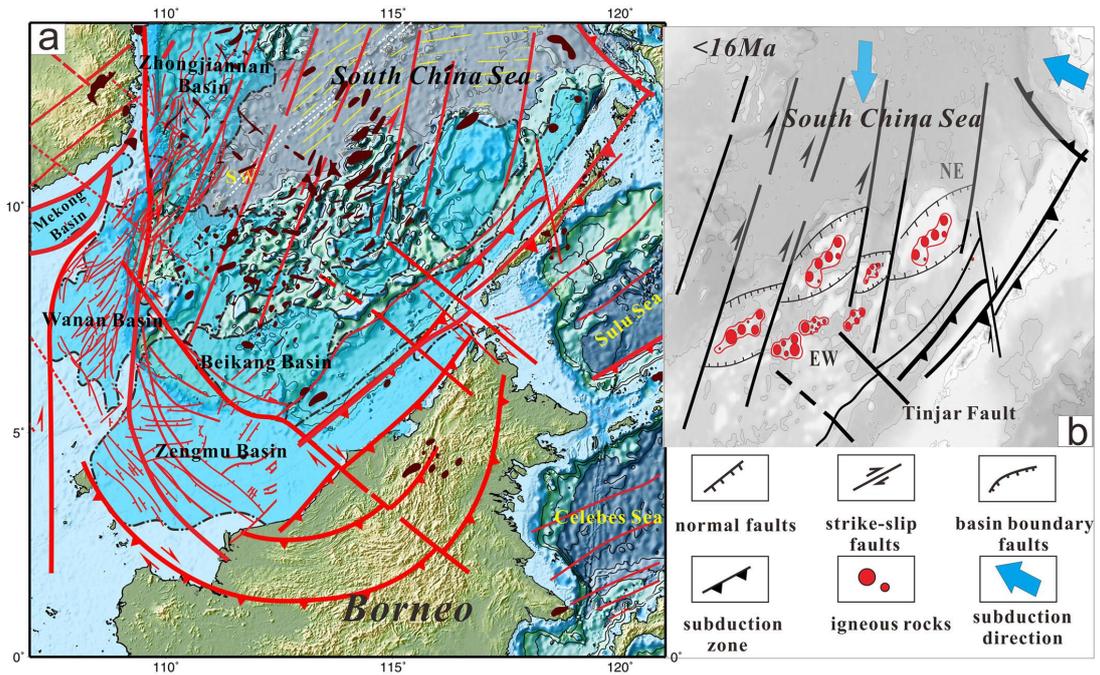


Figure 10. Tectonic features (a) and post-spreading volcanic rocks distribution (b) in the southern South China Sea.

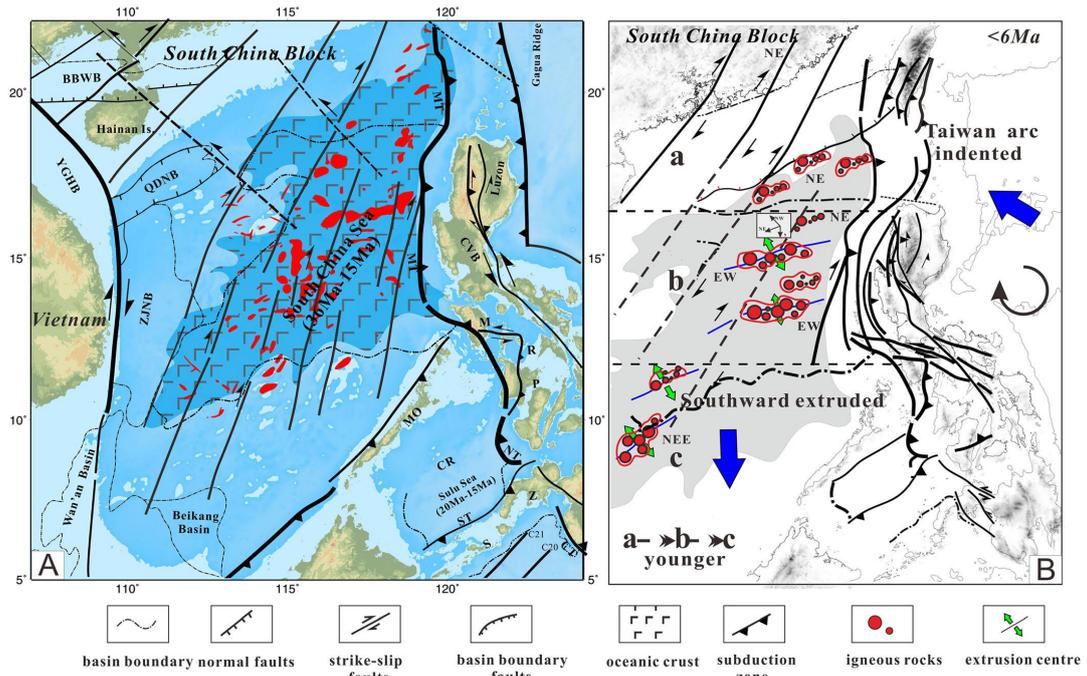


Figure 12. Tectonic features (A) and post-spreading volcanic rocks distribution (B) in the South China Sea Basin and the schematic of the NW- to NE-trending tectonic-magmatic evolution. Abbreviations: NT, Nansha Trough.

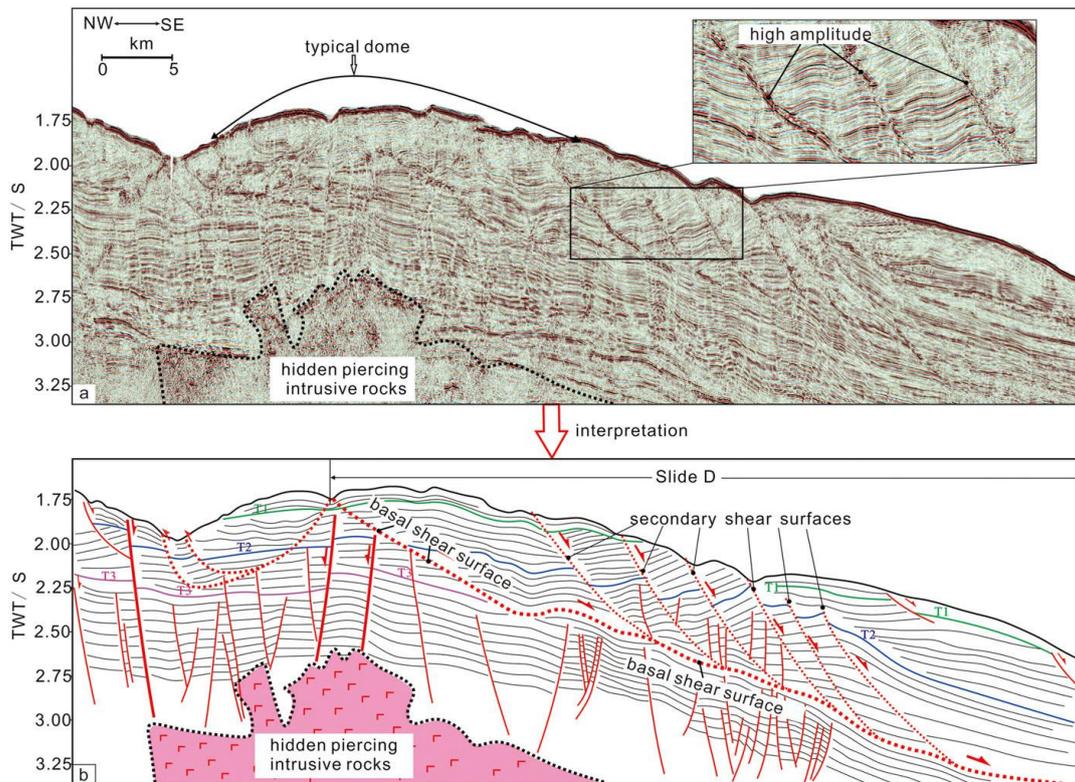


Figure 3. Seismic reflection of Slide D on Dongsha slope.

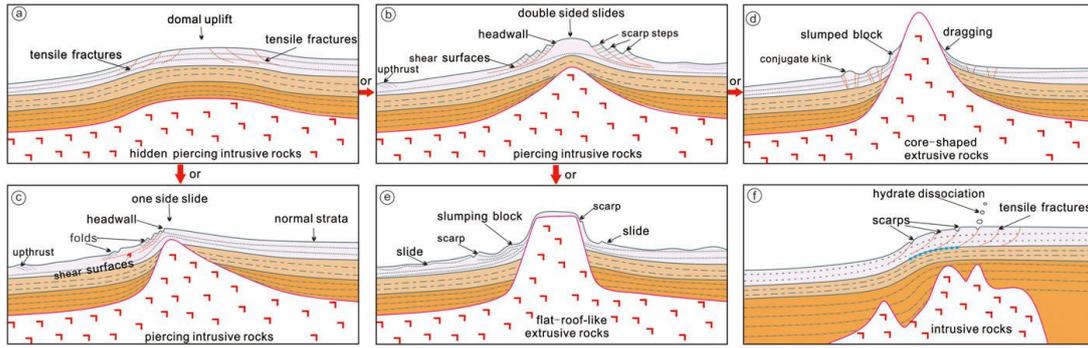


Figure 6. Genetic models of magma emplacement inducing slope failures.

### (5) 婆罗洲中生代增生造山过程及机制

婆罗洲增生造山带位于东南亚地区的中心位置，被长期向西俯冲的太平洋板块、向北俯冲的印度-澳大利亚板块和北部的欧亚被动大陆边缘围限。基于过去地层学、构造地质学和地球物理学方面的成果，前人建立了一系列婆罗洲增生造山带演化的构造模式，但是这些模式都不能完美的解释这个地区的地质事实，故本位开展后续研究。本文基于野外构造解析识别了婆罗洲岛内部的沙巴地区的4期构造变形：第一期变形为NNE走向的逆冲断层，对应23 Ma的沙巴造山运动第一幕，形成区域不整合面（TCU）；第二期变形构造为NW或者NW走向的逆冲断层，对应16 Ma的沙巴造山运动的第二幕，形成深部不整合面（DRU）；第三期变形构造为NNW走向的逆冲断层，第三期构造变形对应10 Ma的挤压逆冲时间，形成浅部不整合面（SRU）；第四期为NNE向的左行走滑断层和NW走向的右行走滑断层，可能对应着挤压逆冲变形之后的NW-SE向的伸展应力。沉积、岩浆岩数据揭示婆罗洲增生造山带是中、新生代持续活动的增生造山带，造山带的形成对应着古南海的演化，在这个过程中发育了拉让-克罗克弧前增生楔沉积、MORB型的蛇绿岩和钙碱性的岩浆岩。古南海在始新世-中新世持续向婆罗洲地块下俯冲，在中新世早期古南海关闭，在持续俯冲过程中，俯冲带的位置不断向NW方向迁移。现今的俯冲带在南沙海槽处，在南沙海槽处逆冲作用断层仍在持续的活动，南沙地块向洋壳属性的增生楔沉积下俯冲。在中生代-中新世古南海俯冲的过程中，伴随着婆罗洲的逆时针旋转，早先的NNE向断层在旋转过程中转变为了NW向，特别是分割沉积、岩浆和构造边界的廷贾断裂就是这样形成的。在廷贾断裂的NE，地层和岩浆岩是渐新世-早中新世，而在断裂的南西，地层和岩浆岩的时代为白垩纪-晚始新世。



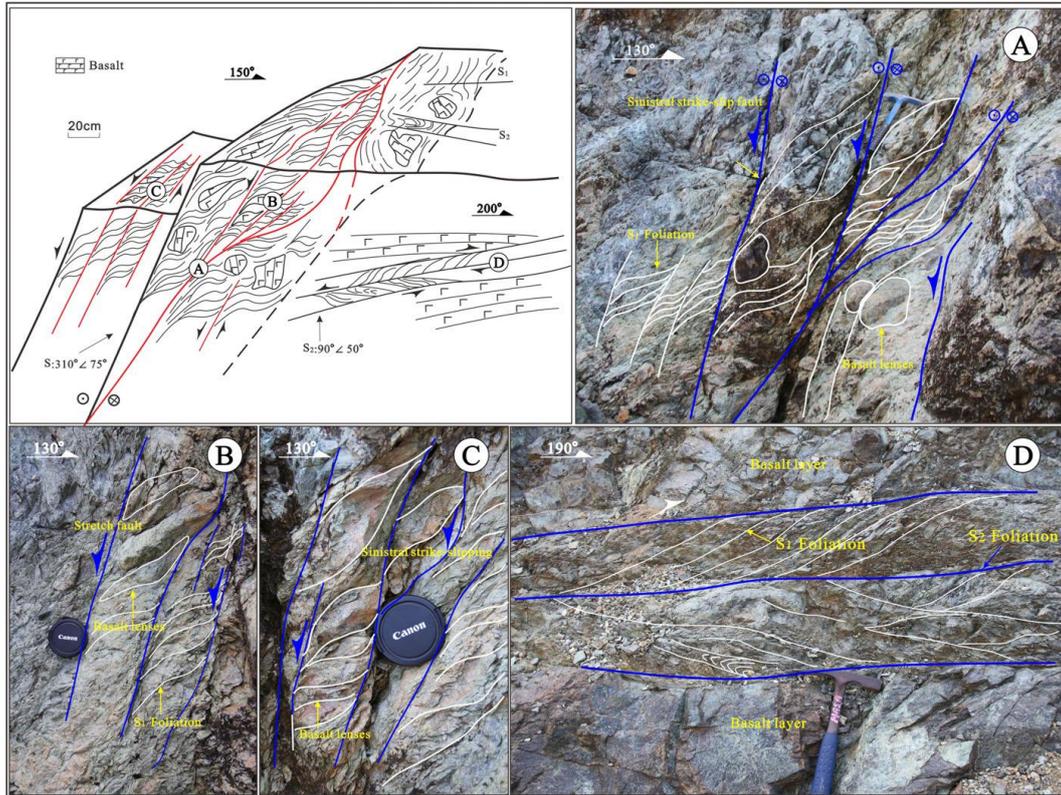


Figure 12. The NNE-trending sinistral strike-slip faults developed in Central Sabah. The locations of photos and field sketches are shown in Figure 5. There are two sections for one field sketch diagram. In the first 150°-trending section, the 'Z' pattern foliations and lenses are shaped by sinistral strike-slip faults. In the second 200°-trending section, a group of foliations is dipping to the east.

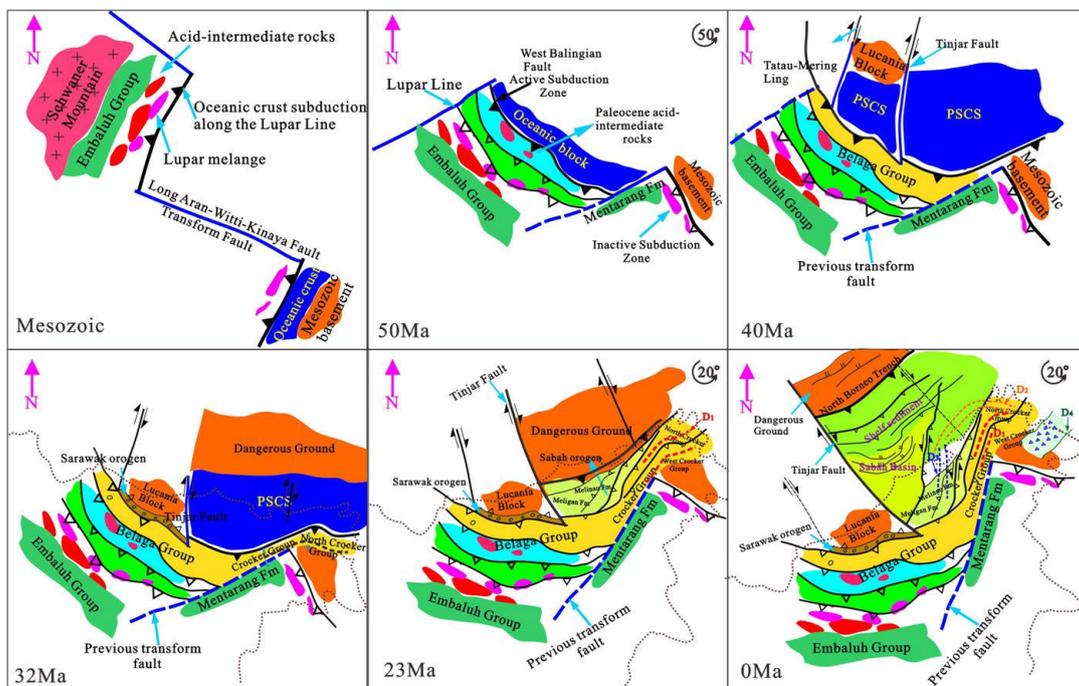


Figure 17. Simplified plate reconstruction model of the BAO (for an explanation, see the text).

(6) 北加里曼丹岛廷贾-西巴兰断裂带与古南海海底扩张的关联

Tinjar-West Baram Line 是一条位于 Kalimantan 北部的北西向深大断层，其中，西巴兰线是廷贾线的海上延伸部分。本文综合了现有对于 Tinjar-West Baram Line 两侧的地层、地壳厚度、重力异常和地块属性等特征的研究，以及基于古地磁的板块构造重建结果，以此来探讨 Proto South China Sea (PSCS)的扩张与消亡过程与 Tinjar- West Baram Line 的形成与演化的密切联系。(1) 构造特征研究表明，35 Ma 以前 Tinjar - West Baram Line、东亚陆缘广泛的 NE 向走滑断层与 Proto South China Sea Basin 的北东向转换断层具有广泛一致性。(2) 构造演化过程及地质特征说明，PSCS 的消亡和 South China Sea (SCS)的打开使得位于 SCS 北部的 Luconia Block 逐渐增生至 Tinjar-West Baram Line 西侧，使 Tinjar-West Baram Line 东、西两侧分别为具有洋壳性质的 Nansha Trough 和总体具有陆壳性质的 Luconia Block。因而，Tinjar-West Baram Line 两侧的地壳属性及厚度等特征显著不同。(3) 动力学分析显示，Tinjar-West Baram Line 两侧也存在明显差异性，其西侧的 Luconia Block 与 Kalimantan 发生 45—37 Ma 的碰撞造山过程，而东侧的 Nansha Trough 持续俯冲消减至 Kalimantan 之下，并且 Tinjar-West Baram Line 在 35—10 Ma 期间表现出右旋走滑的运动学性质。(4) 古地磁资料揭示，Kalimantan 在 25-10 Ma 期间逆时针旋转了 50°左右，使得 Tinjar-West Baram Line 由最初的北东向逐渐旋转至北西向，Tinjar-West Baram Line 最终呈现出现今的构造格局。因而，本文认为 Tinjar-West Baram Line 的最初形成是属于 PSCS 西部的一条北东向的转换断层在陆地的延伸，随着 Luconia Block 与 Kalimantan 的碰撞，Tinjar-West Baram Line 成为了 PSCS 的西部边界。

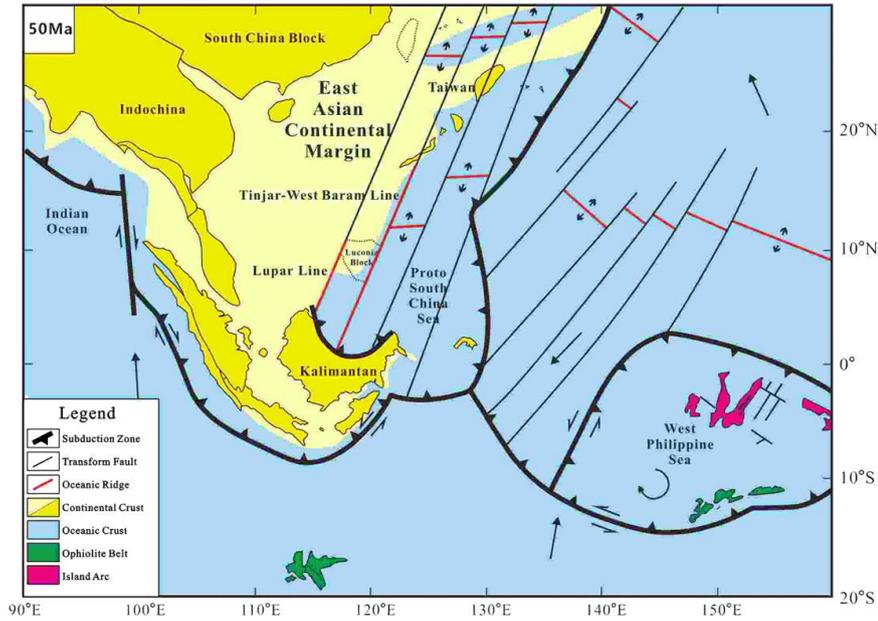


Figure 4. Plate reconstruction of the proto-South China Sea at 50 Ma (revised after Hall, 1996; Nichols and Hall, 1999).

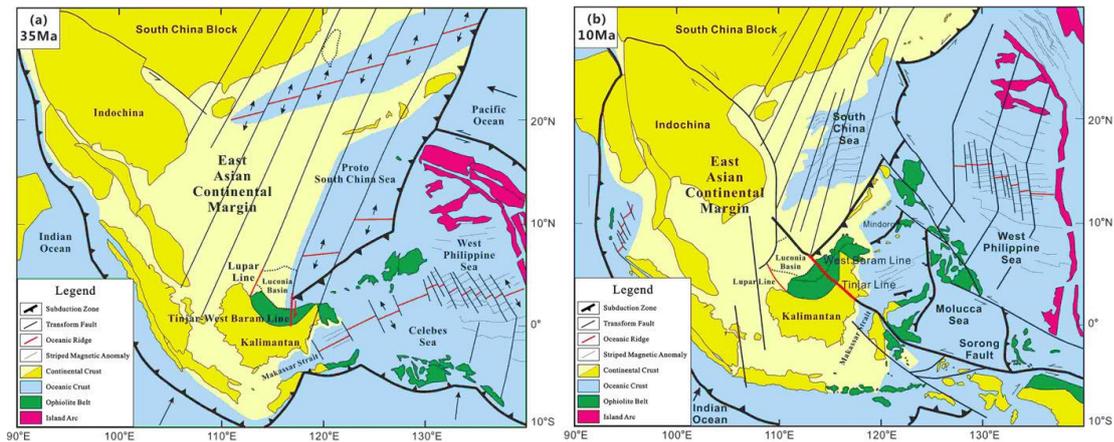


Figure 5. (a) Plate reconstruction of the proto-South China Sea at 35 Ma; (b) plate reconstruction of the proto-South China Sea at 10 Ma (revised after Hall, 1996; Nichols and Hall, 1999).

## 2、西太平洋俯冲系统

### (1) 西太平洋冷、热俯冲系统：现今热流约束

太平洋板块的冷热俯冲是板块热结构的相对概念，热流作为板块冷热俯冲的结果，可用来反推俯冲过程的初始状态是热俯冲还是冷俯冲。本文基于国际热流协会（IHFC）发布的热流数据，利用 GIS 的方法预测了西太平洋区域内表面热流值，据这些预测的热流值，探讨了关于冷热俯冲在地震深度和分布、弧后盆地的活动性、脱水、脱碳、火山活动等方面的差异性。区域内的热流统计对比，揭示了大约小于  $50 \text{ mW/m}^2$  的菲律宾板

块、太平洋板块分别与冲绳海槽中部、千岛海盆西部的高热流相对应，因此，推测这两个海盆热活动强烈的区域与对应的冷俯冲有关，而靠近日本南海海槽、大于 70 mW/m<sup>2</sup> 热的菲律宾板块，可能是引起日本西南部火山稀少的一个原因。同时，结合地震数据，本文还揭示了由于浅部 (<60 km) 低程度的蛇纹石化，冷俯冲板块附近展现了密集的浅源地震，并且冷俯冲板块能够将水带到更深处，它很容易在中深度 (60-300 km) 形成无震带或者双震带。理论上，冷俯冲板块可以在不同的深度脱碳，终止于最大蛇纹石化的深度，而热俯冲由于在浅部释放了大部分水和以二氧化碳或碳酸盐形式存在的碳后，剩余碳量可能通过控制板块的熔融温度来决定深部的俯冲进程。

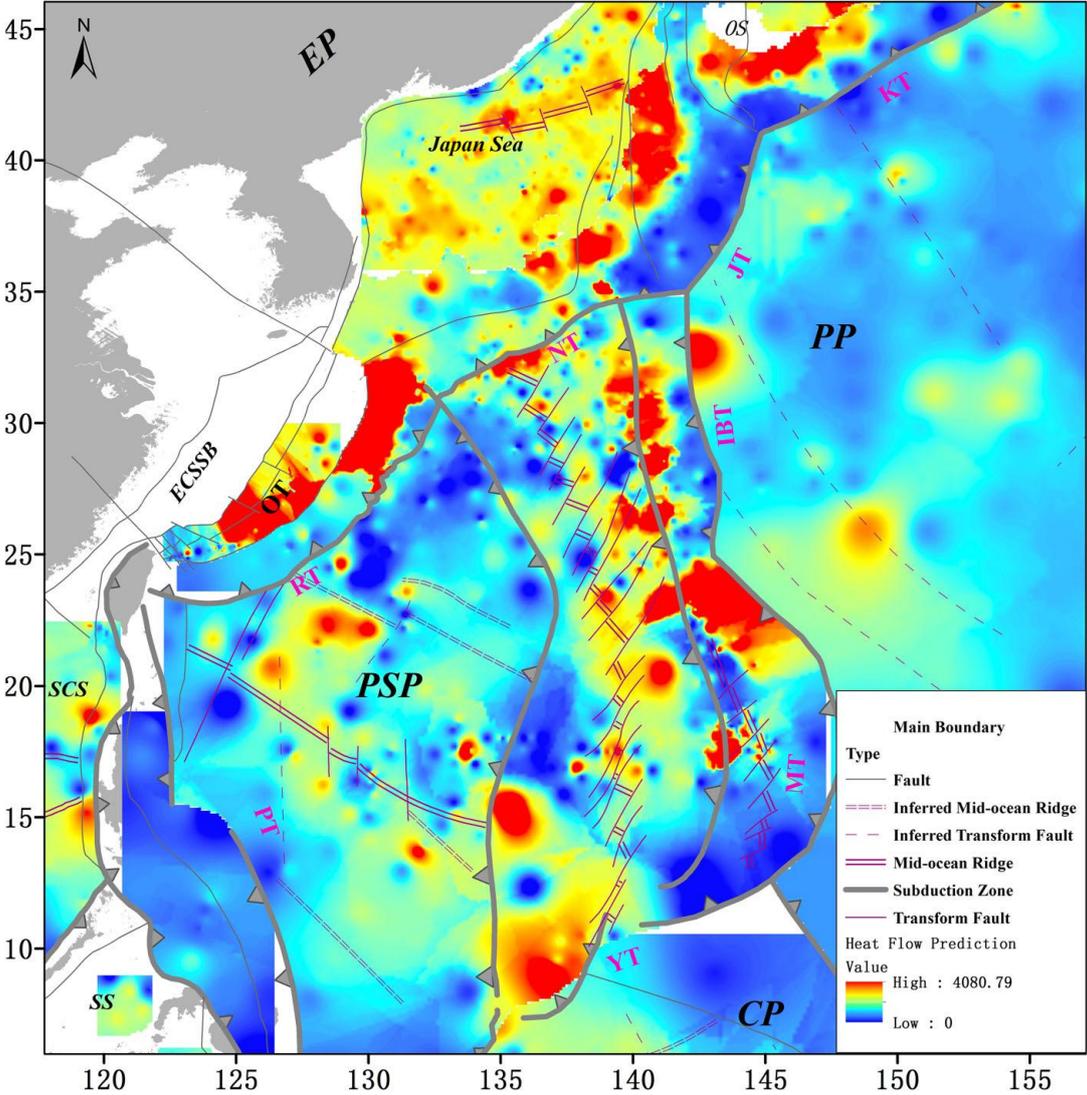


Figure 2. The calculated result by the IDW interpolation method of different tectonic units in the Western Pacific range. EP, Eurasian Plate; PSP, Philippine Sea Plate; PP, Pacific Plate; CP, Caroline Plate; ECSSB, East China Sea Continental Shelf Basin; OT, Okinawa Trough; SCS, South China Sea; SS, Sulu Sea; PT, Philippine Trench; RT, Ryukyu Trench; NT, Nankai Trough; JT, Japan Trench; KT, Kuril Trench; IBT, Izu-Bonin Trench; MT, Mariana Trench; YT, Yapu Trench.

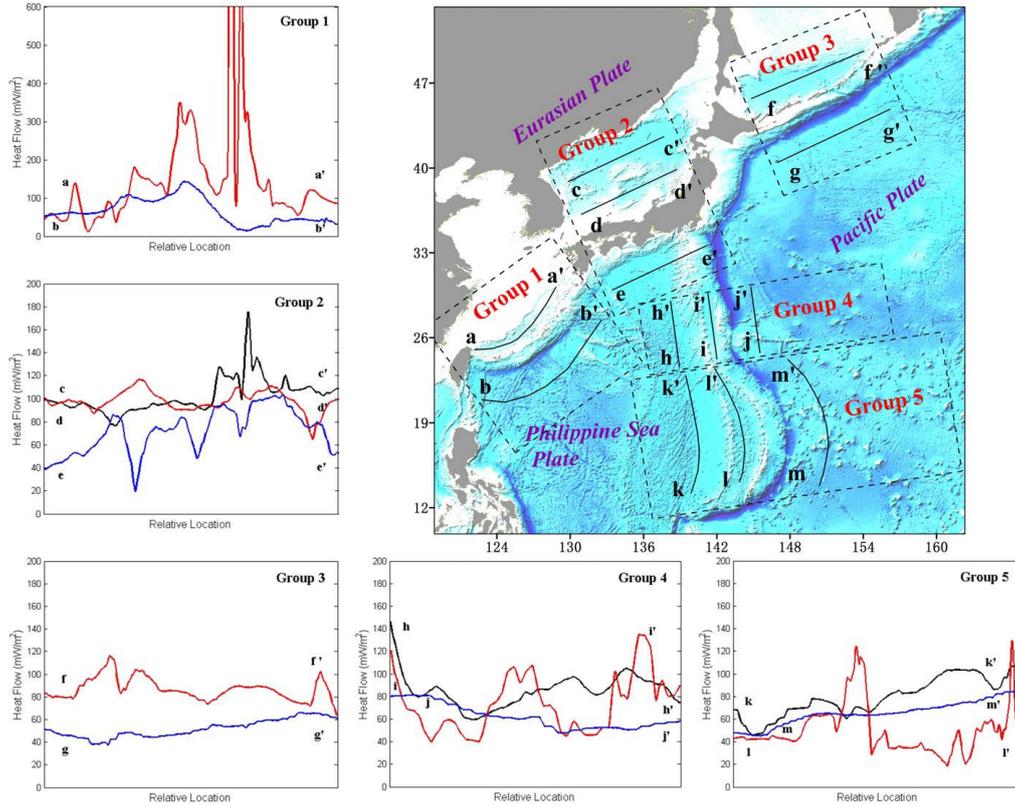


Figure 4. Five groups of contrasting profiles are presented. The X-axis is a relative location that means that the regional location of a basin corresponds to the location of an ocean slab, and the Y-axis is surface heat flow. The blue line represents surface heat flow values of the oceanic slab, Red and black lines represent surface heat flow values of marginal basins. There are two high peak values in the red line of group (1), which are  $>3500 \text{ mW/m}^2$ . (a-a', Okinawa Trough; b-b' and e-e', Philippine Sea Plate; c-c', Japan Sea; d-d', Tsushima-Yamato Basin; f-f', Kuril Basin; g-g', j-j' and m-m', Pacific Plate; h-h', Shikoku Basin; i-i', Bonin Trough; k-k', Parace Vela Basin; l-l', Mariana Trough).

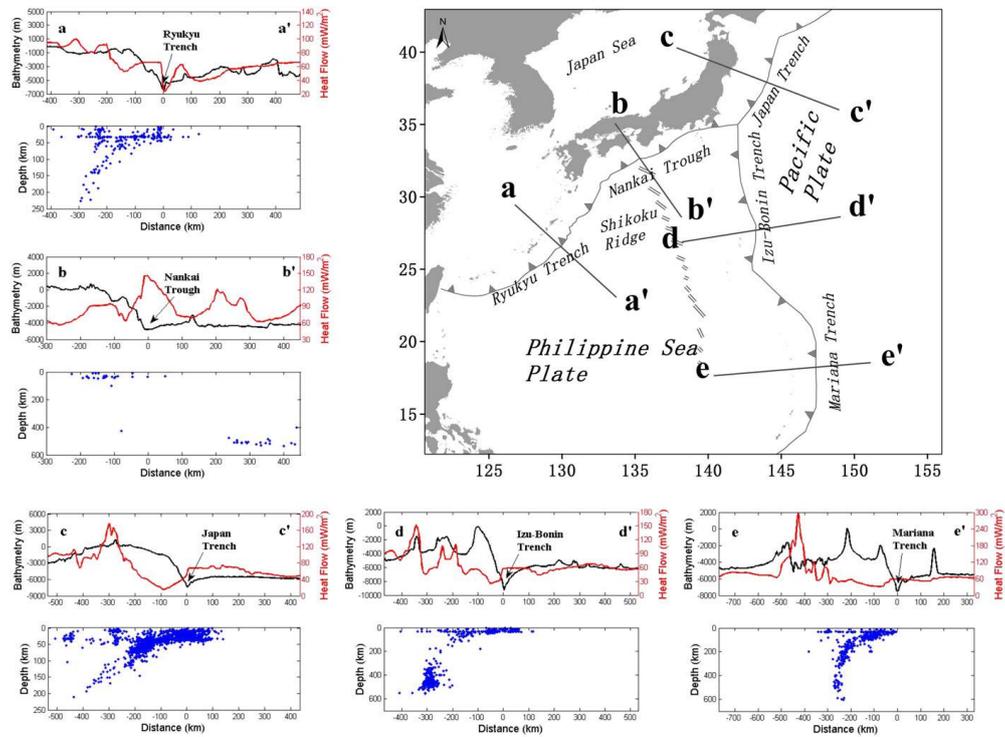


Figure 5. The map shows five profiles (a-a', b-b', c-c', d-d' and e-e') perpendicular to a subduction zone in the Western Pacific Ocean. The black line represents bathymetry or altitude, and the red line represents an interpolated curve of surface heat flow values. Blue points represent earthquakes that are derived from 1973 to 2015 earthquake data sets of United States Geological Survey (USGS) (earthquakes.usgs.gov), whose magnitude of earthquake is more than Mw3.

## (2) 华南内陆晚三叠纪构造垮塌与太平洋俯冲板片后撤

早中生代时期是东亚地区由特提斯构造域向太平洋构造域转变的重要时期。在此期间，华南地区经历了印支期陆内造山挤压到后造山伸展的构造过程。华南印支期的构造动力学过程研究仍然存在很多问题。因此，我们结合湖南道县地区镁铁质麻粒岩捕虏体的岩石学和地球化学特征以及雪峰山地区的构造特征的综合研究，提出了华南内陆地区晚三叠纪构造演化模型。湖南道县地区位于雪峰山基底隆起区的东部。道县镁铁质捕虏体原岩形成于晚三叠纪，具有高 Mg# 值、MgO 含量、低 SiO<sub>2</sub> 含量的特征。具有平坦的 REE 特征及正 Eu 元素异常、富集 Rb、Ba 元素、亏损 Th、U、Nb、Zr 和 Hf 元素。这些捕虏体是由镁铁质岩浆经历辉石和长石堆晶后形成的产物。这些镁铁质岩浆来源于软流圈地幔熔融产物，随后底侵到下地壳的底部。在雪峰山隆起带，晚三叠纪地层的不整合具有从东向西由高角度不整合、低角度不整合到假整合变化。雪峰山隆起带底部的拆离层显示了北西向的逆冲断层切穿了晚古生代地层。我们认为晚三叠世华南内陆下部构造垮塌作用及其随后的软流圈上涌和岩石圈伸展作用导致了华南内陆不同的岩浆-构造特征。在华南中部地区地幔岩浆底侵到下地壳底部，随后影响了深部地壳。从华南中部到西部，地层不整合变化的减弱与岩石圈伸展作用减弱有关。在华南中部和东部地区，构造垮塌作用、软流圈上涌作用都可能与随后的古太平洋板块后撤有关。

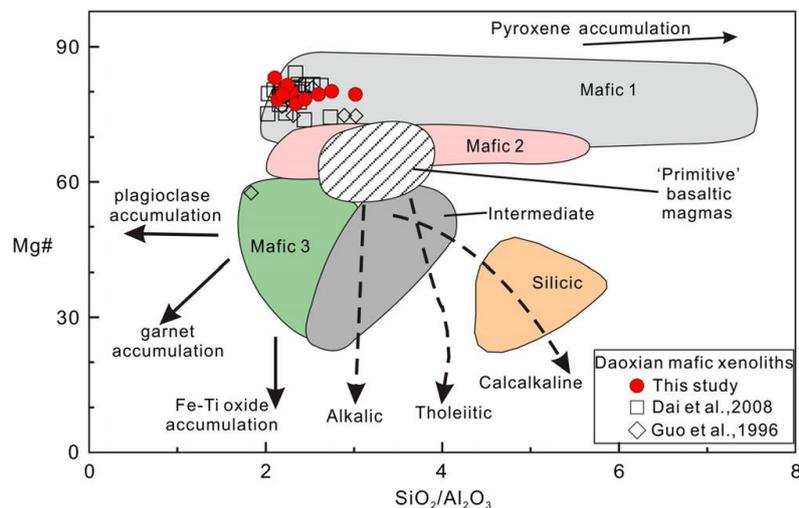


Figure 10. Mg# number vs. SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diagram for Daoxian mafic (granulite) xenoliths. Definition of fields from Kempton and Harmon (1992). Data source for other Daoxian mafic granulite xenoliths from Guo *et al.* (1996) and Dai *et al.* (2008). This figure is available in colour online at [wileyonlinelibrary.com/journal/gj](http://wileyonlinelibrary.com/journal/gj) [Correction added on 17 May 2016, after first online publication: Location of data source for other Daoxian mafic granulite xenoliths from other studies and this study has been changed].

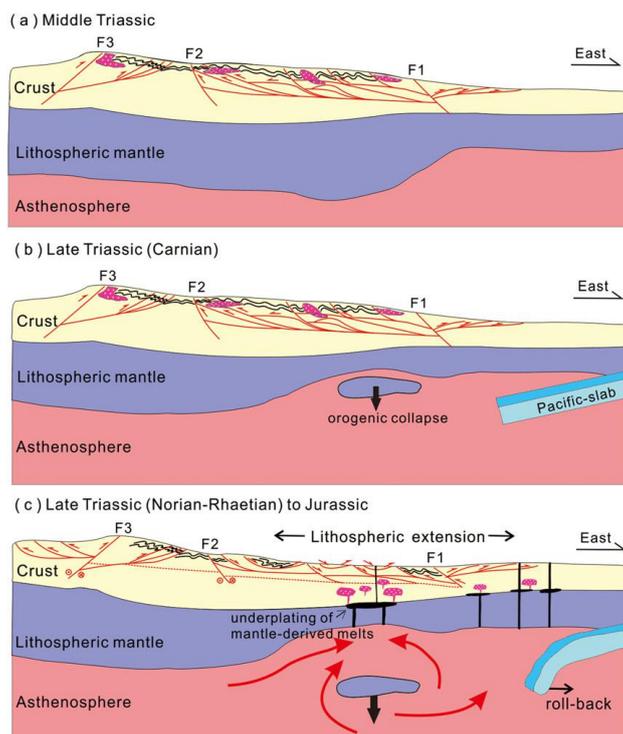


Figure 11. Schematic diagram showing geodynamic processes beneath the central South China Block. The distribution of regional folds, faults and thrusts modified after Jin (2010). F1 = Chenzhou–Linwu Fault, F2 = Chengbu–Xinhua Fault, F3 = Anhua–Xupu Fault. This figure is available in colour online at [wileyonlinelibrary.com/journal/gj](http://wileyonlinelibrary.com/journal/gj)

### (3) 华南三峡地区 Ediacaran 纪陡山沱组碳酸盐岩和共生硅质岩的岩石学和地球化学研究

中国华南三峡地区 Ediacaran 纪陡山沱组碳酸盐岩沉积地层中含有多种硅质岩相。为了更好的了解硅质岩形成的成岩条件，我们对晓峰河剖面陡山沱组碳酸盐岩进行了岩石学和地球化学的相关研究。结果表明晓峰河剖面共发育六种碳酸盐类型和五种硅质岩类型，其中碳酸盐岩主要包括围岩(C1)、亮晶组成的方解石结核(C2)、硅质结核周围的碳酸盐岩(C3)、硅质中分散的方解石胶结物(C4)、细粒团块状方解石胶结物(C5)和方解石脉(C6)组成。而五种硅质岩主要包括分散的微晶石英(S1)、硅质结核中的微晶石英(S2)、中粗粒的石英(S3)、交代方解石胶结物的微晶石英(S4)和纤维状燧石(S5)。岩相学特征表明了硅质组分 S1-S5 和碳酸盐岩组分的 C2-C5 都是在埋藏成岩的早期形成的，记录了早成岩期的流体来源和地球化学特征。

硅质组分和碳酸盐组分的同位素记录表明，碳酸盐岩和硅质岩之间的同位素已经不平衡，代表了硅质岩是在碳酸盐矿物形成后的沉积后流体中形成的。根据碳酸盐岩的氧同位素组成，陡山沱组 II 段沉积时，海水的氧同位素组成为 $-6\sim 0\text{‰}$ ；陡山沱组 III 段沉积时，海水的氧同位素组成为 $-4\sim 0\text{‰}$ ；陡山沱组 IV 段沉积时，海水的氧同位素组成

为-2~0 ‰。硅酸盐岩的稀土配分特征表现为：LREE 亏损，La、Eu 和 Gd 正异常，Ce 负异常以及 Y/Ho 较高，指示了沉积后流体主要是海水。硅酸盐岩的氧同位素组成表明成岩温度为 27~60 °C，如此低的成岩温度下，碳酸盐岩的原始 REE+Y、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{Carb}}$  和  $\delta^{34}\text{S}_{\text{Py}}$  值都不会受到明显影响。

#### (4) 东海陆架盆地反转构造与油气成藏

通过对东海陆架盆地各二级构造单元内反转构造的梳理与分析，认为盆内新生代反转构造以形态各异的背斜为主，伴有逆断层发育。主要存在瓯江运动(T80)、玉泉运动(T30)、花港运动(T20)和龙井运动(T12)4期构造反转，在时间和空间上具有明显的差异性。在时间演变上:西部拗陷带构造反转从瓯江运动(T80)到花港运动(T20)有相对减弱的趋势，龙井运动(T12)特征不明显;东部拗陷带构造反转从玉泉运动(T30)、花港运动(T20)到龙井运动(T12)有相对增强的趋势。在空间演变上:东部拗陷带西湖凹陷和钓北凹陷龙井运动(T12)构造反转具有显著的自北向南减弱的趋势。东海陆架盆地新生代构造反转强弱分布、迁移演化 是太平洋板块与欧亚板块、印度板块与欧亚板块之间汇聚俯冲速率和方向的变化在盆内叠加的局部响应。

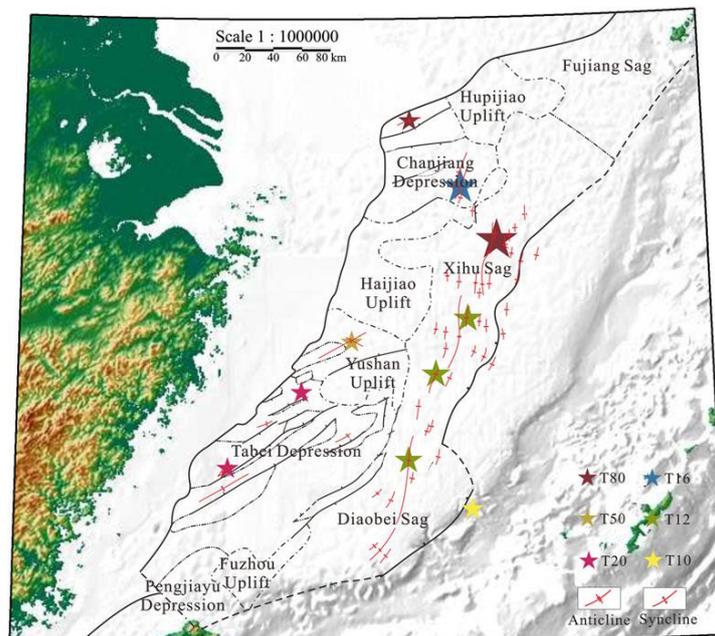


Figure 6. Distribution of different stages of reversal folds in the East China Sea Shelf Basin (revised after Xu, 2012).

东海陆架盆地位于欧亚板块东南缘，处于华南陆块（包括西部的扬子地块和东部的华夏地块）之上。其基底是华夏地块在东海陆架的延伸，也是西太平洋大陆边缘构造

域的重要组成部分。从全球板块构造格局分析，东海陆架盆地处于西太平洋三角带区域，是印度—澳大利亚板块和太平洋板块与欧亚板块巨型汇聚的地带，也是全球汇聚中心，其东西两侧分别与特提斯和西太平洋构造域演化息息相关。总体来说，东海陆架盆地是“欧亚板块与太平洋板块之间的碰撞、俯冲、弧后扩张，印度—澳大利亚板块与欧亚板块之间的汇聚、碰撞、楔入的远程效应，以及地球深部动力学作用”共同叠加、复合作用形成的弧后盆地。其形成机制符合被动扩张模式，向东的地幔流和软流圈下降流是导致弧后扩张的主要地球深部动力来源。

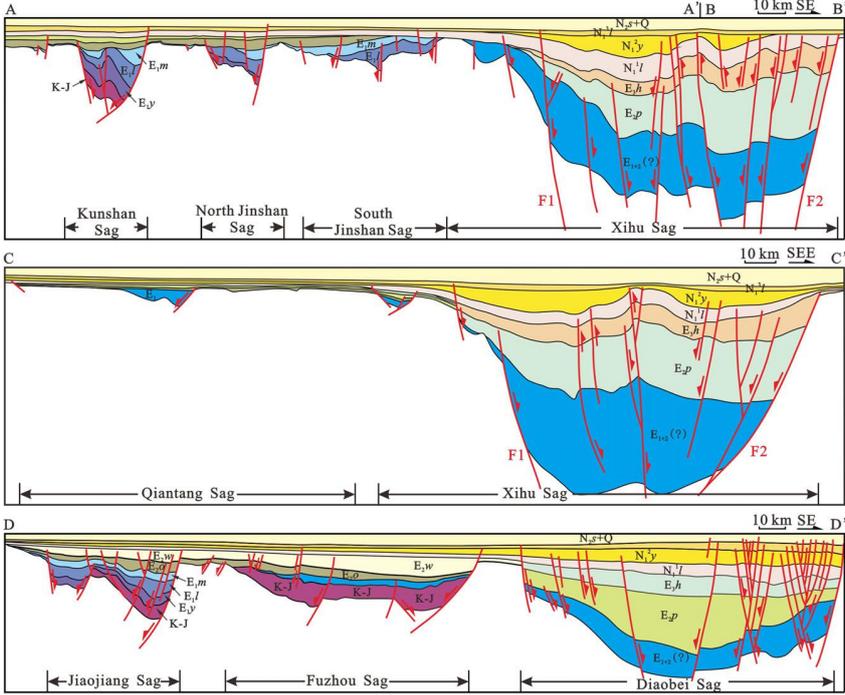


Figure 2. Typical geological profiles in the direction of NW-SE across the East China Sea Shelf Basin (profile positions shown in Fig. 1).

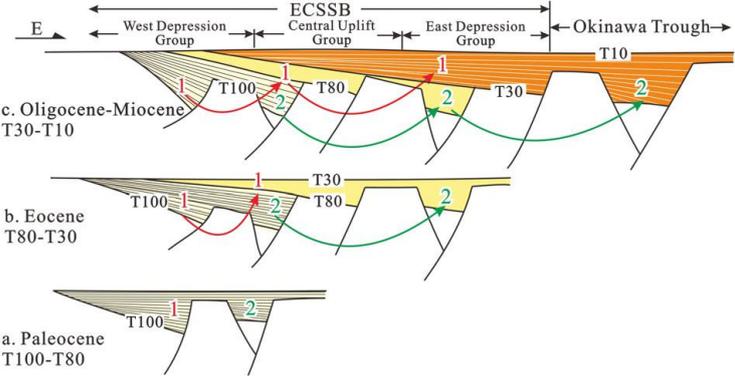


Figure 3. The tectonic model of basin migration in the East China Sea Shelf Basin (after Suo *et al.*, 2015). 1—Half graben; 2—graben.

为了探讨东海陆架盆地油气运聚的规律，以西湖凹陷为例，运用 IES PetroMod 盆模软件，在地质建模的基础上，通过分析油气成藏的动力过程，结合地震和钻井资料，对西湖凹陷的沉积埋藏史、热演化史及生烃史、排烃史及运聚史进行模拟。模拟的结果

表明：（1）构造格架经历了从拉伸或张扭断陷构造、后期挤压反转或压扭反转构造的演化过程；（2）西湖凹陷平湖组 and 花港组现今仍然处在生油-生气高峰阶段，西湖凹陷是晚期仍继续大量生排烃型的凹陷；（3）油气从东西两个次凹沿断层及纵向往高部位运移，形成砂层—断层—砂层呈总体向上的“阶梯”状运移方式，最终在合适的圈闭中聚集，即对西湖凹陷而言，断层作用与势能状态对构造带的油气输导运移起到很重要的作用。这对认识该盆地的油气运聚规律和降低油气勘探风险具有指导意义。

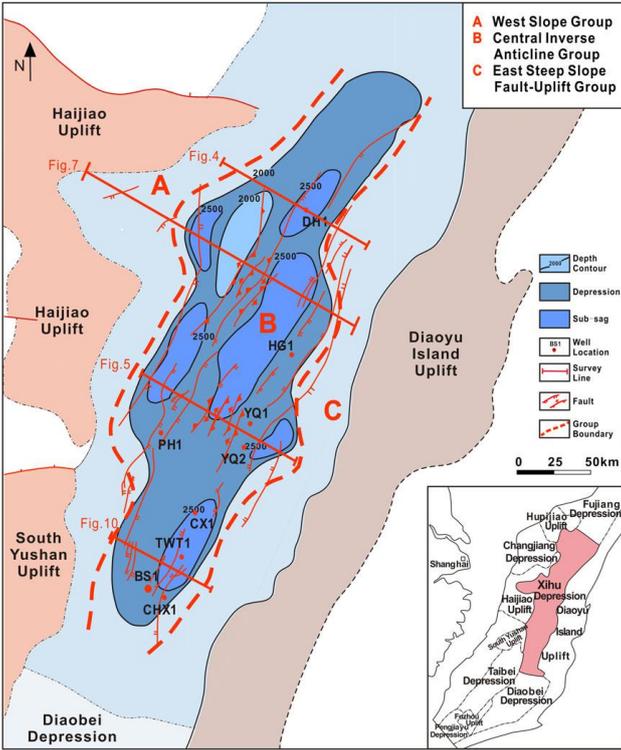


Figure 1. Simplified structural map showing the position of the tectonic units and drill holes in the Xihu Depression, within the East China Sea Continental Shelf Basin (see inset map). Also shown is the orientation and position of survey lines of two-dimensional seismic profile (Fig. 4), two-dimensional geological cross-section (Fig. 5), structural evolutionary profiles (Fig. 7) and profile showing maturity at different stages in the Xihu Depression (Fig. 10).

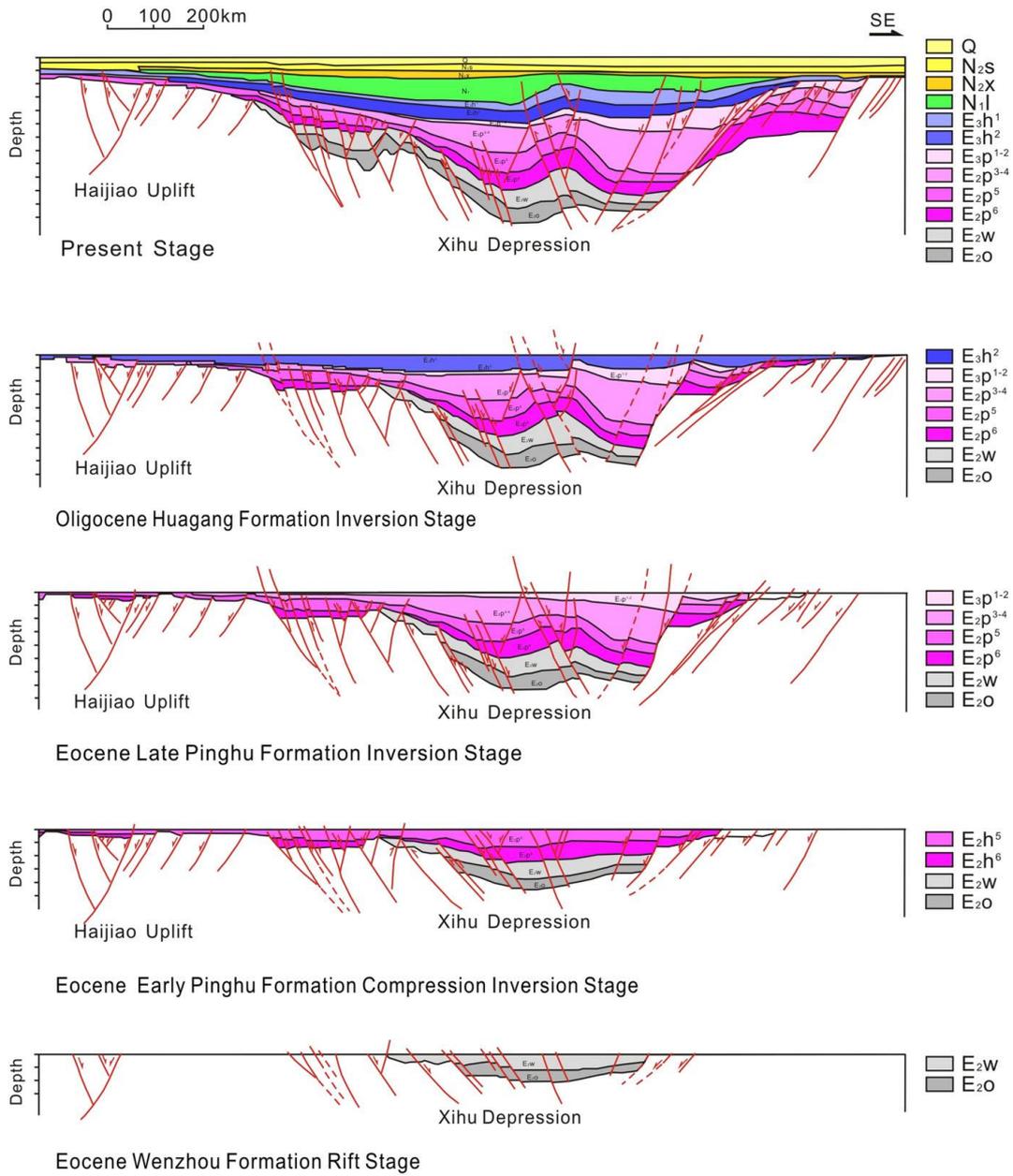


Figure 7. Structural evolutionary profiles or balanced cross-sections across the Xihu Depression (see Fig. 1 for location).

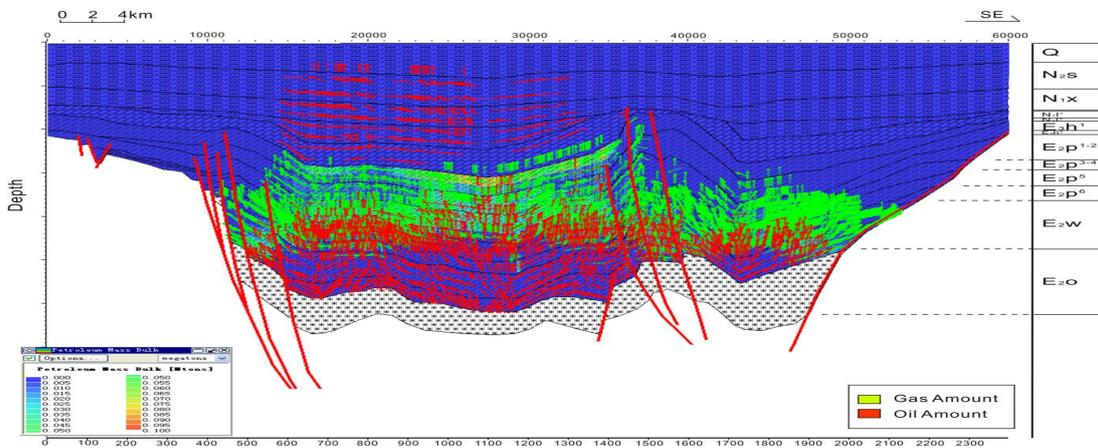


Figure 13. Oil-gas migration path profile across the Xihu Depression.

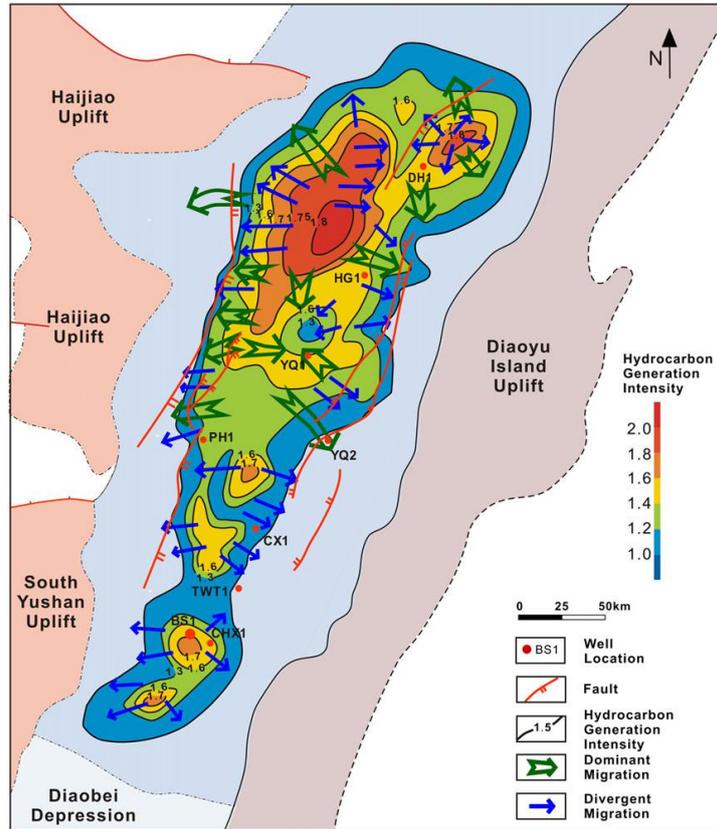


Figure 14. Sketch map showing hydrocarbon generation intensity and oil-gas migration paths in the Pinghu Formation of the Xihu Depression.

### 3、边缘海盆地与地幔楔深浅部耦合

#### (1) 冲绳海槽地质属性及其动力学机制

西太平洋的动力学演化一直是地质研究的难点和热点，特别是对其边缘海盆地或弧后盆地的地质属性、演化过程和形成机制始终不明朗，并存在巨大争论。而冲绳海槽作为一初始且正在活动的弧后盆地，探讨其地质属性和构造演化，对研究边缘海盆地或弧后盆地的形成和发展具有重要的科学意义。本文对冲绳海槽的地壳厚度、热流、热液活动以及断裂构造特征进行系统分析，并结合前人的研究成果，来厘定冲绳海槽的地质本质及其动力学机制。将冲绳海槽的地壳基底厚度与全球被动大陆边缘及西太平洋边缘海盆地的初始洋壳基底厚度进行对比，表明冲绳海槽中段和南段的岩石圈已破裂，新的洋壳已出现在扩张中心，处于海底扩张的早期阶段。而北段为极度减薄的陆壳，处于大陆张裂的成熟阶段。冲绳海槽广泛发育有 NEE-NE 和 NNE-NS NW 向断裂。NEE-NE 向断裂占据主导地位，与海槽现代张裂活动有关，控制着整体沉积和构造格架。NNE-NS 向断裂次之，表现为右行张扭，致使冲绳海槽的轴部地堑发生进一步拉伸裂陷，至岩石圈

破裂出现洋壳时就演变为转换断层。东亚大陆边缘新生代构造（包括冲绳海槽）自西向东跃迁，指示着欧亚大陆深部地幔流向东蠕动或者是西太平洋板块俯冲后撤可能为本区主要动力来源。由于菲律宾海板块的斜向被动俯冲，冲绳海槽的构造演化可分为三个阶段：第一阶段为弧后伸展初始裂解；第二阶段为 NNE-NS 向右行右阶走滑断裂拉分引起弧后被动扩张；第三阶段为新生洋壳挤出，进行初始海底扩张。

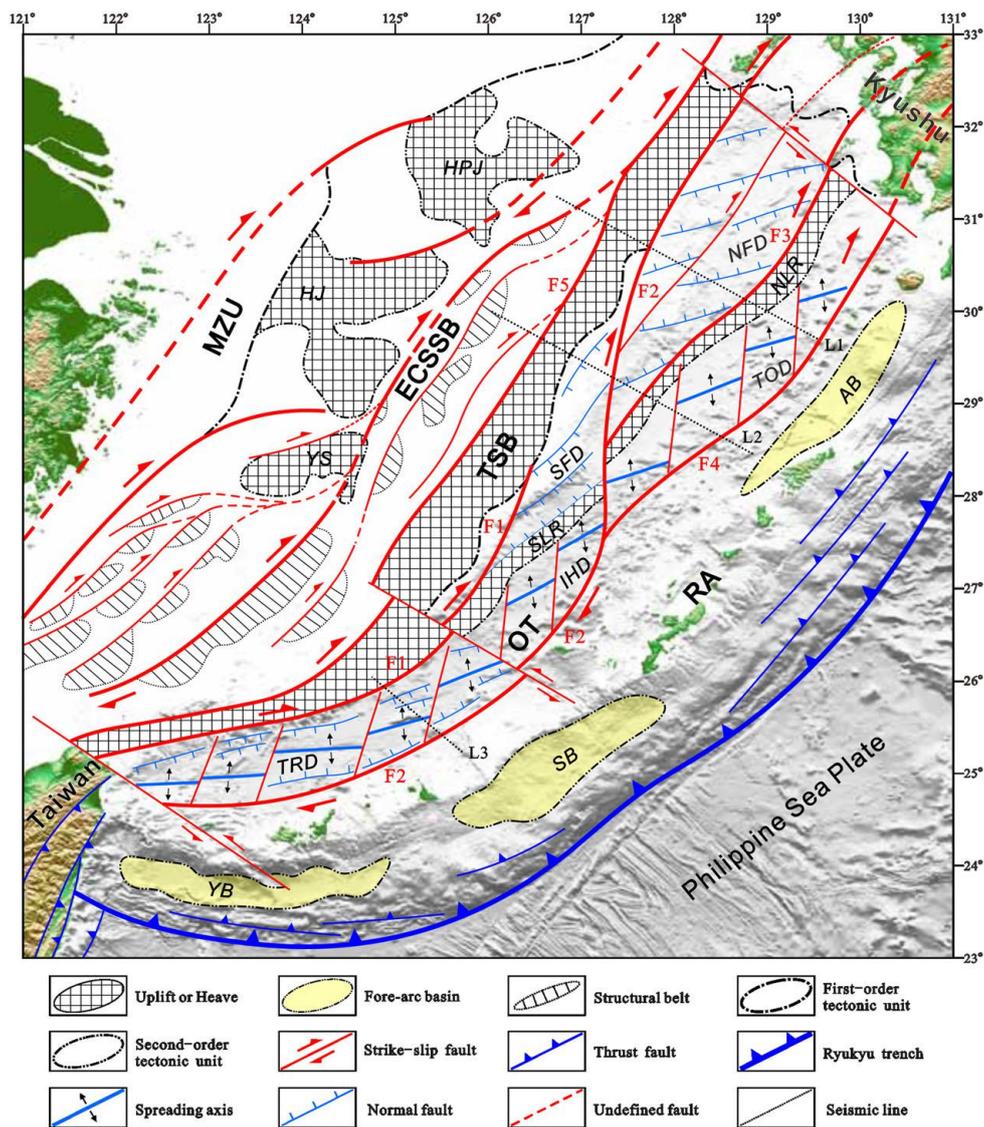


Figure 1. Sketched structural map of the Okinawa Trough and adjacent regions. MZU, Min-Zhe Uplift; ECSSB, East China Sea Shelf Basin; TSB, Taiwan-Sinzi Belt; OT, Okinawa Trough; RA, Ryukyu Arc; HPI, Hupijiao Heave; HJ, Haijiao Heave; YS, Yushan Heave; NFD, northern Frontal Continental Shelf Depression; SFD, Frontal Continental Shelf Depression; NLR, northern Longwang Ridge; SLR, southern Longwang Ridge; TOD, Tokara Depression; IHD, Iheya Depression; TRD, Trough Depression; AB, Amami Basin; SB, Shimajiri Basin; YB, Yaeyama Basin.

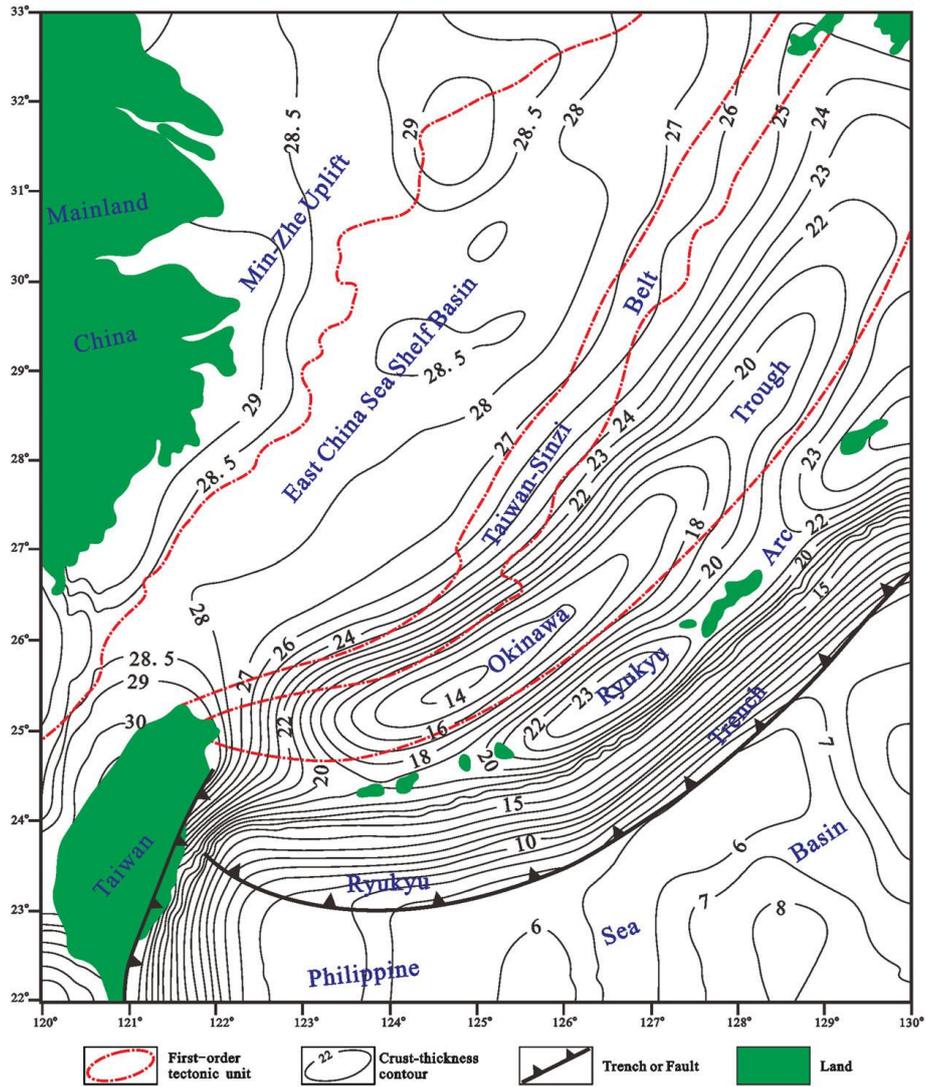


Figure 2. Crust thickness map of the Okinawa Trough and adjacent regions (unit: km, revised after Han *et al.*, 2007).

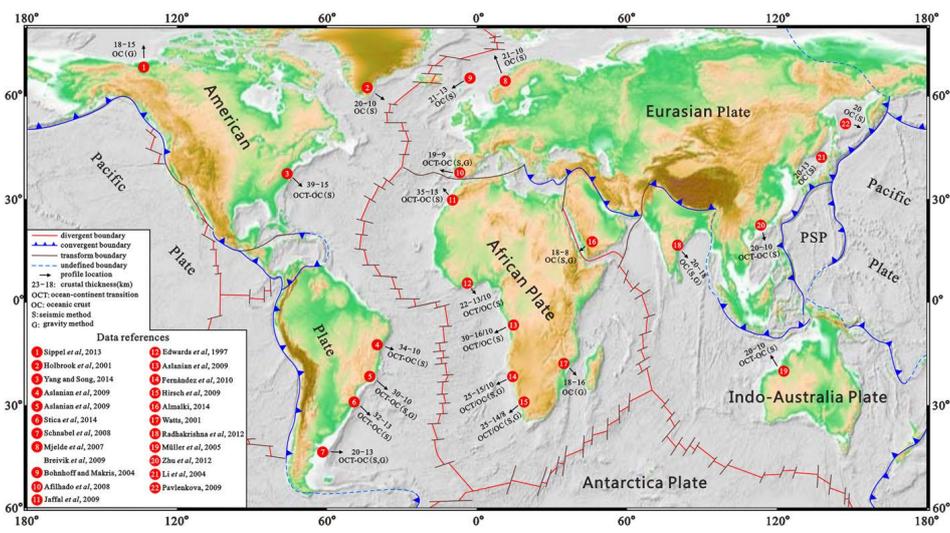


Figure 5. Thickness statistics of initial oceanic crusts of global passive continental margins and marginal basins in the West Pacific. PSP, Philippine Sea Plate.

基于新分析的马里亚纳海槽 7 个玄武岩样品的 Sr、Nd、Pb 同位素数据，结合前人

资料，系统对比了马里亚纳海槽和冲绳海槽玄武岩的岩石地球化学特征。冲绳海槽和马里亚纳海槽的岩浆活动产物均表现出类似岛弧火山岩的特点，即与 N-MORB 相比，明显富集大离子亲石元素而亏损高场强元素，这是俯冲组分参与弧后盆地岩浆起源的直接证据。玄武岩的 Sr、Nd、Pb 同位素组成约束了两个海槽岩浆源区呈现 N-MORB 和 EMII 的二元组分特征。二元混合模拟方法计算结果表明，从 SOT→MOT→NMT→MMT（伴随弧后扩张程度的增强），俯冲组分对弧后盆地岩浆过程的影响程度逐步减弱，其平均混入比例依次为 16%→14%→7%→4%。这表明，俯冲组分参与弧后岩浆起源显然与弧后系统的构造演化过程紧密相关，其参与比例似乎可以作为是弧后盆地性质或弧后扩张系统发展阶段的风向标。

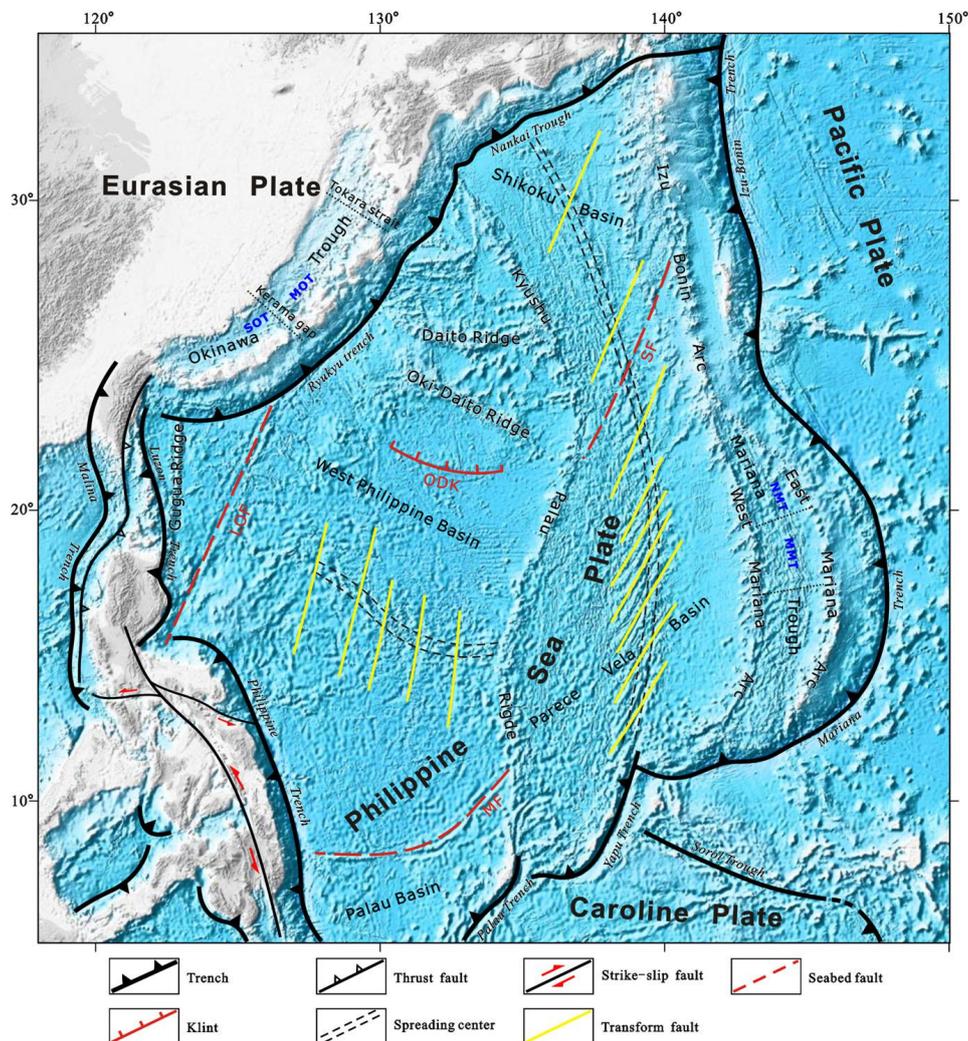


Figure 1. Geological map of the Mariana and Okinawa troughs (Wu *et al.*, 2013; Arculus *et al.*, 2015). MOT, middle Okinawa Trough; SOT, southern Okinawa Trough; NMT, northern Mariana Trough; MMT, middle Okinawa Trough; SF, Sofugan Fault; MF, Mindanao Fault; ODK, Oki-Daito Klint; LOFZ, Luzon-Okinawa Fracture Zone. This figure is available in colour online at [wileyonlinelibrary.com/journal/gj](http://wileyonlinelibrary.com/journal/gj)

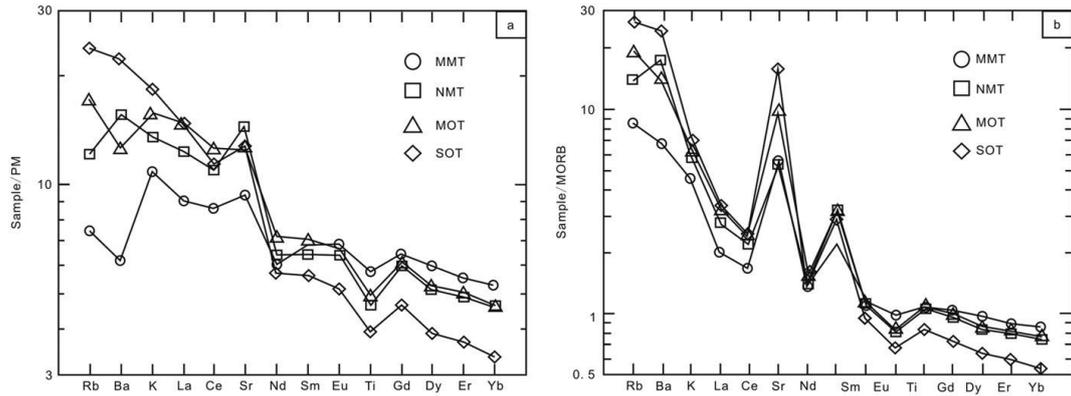


Figure 3. Trace elements patterns of basalts from the Mariana and Okinawa troughs. The data sources are as in Figure 2. (a) Primitive-mantle-normalized patterns (after MacDonough *et al.*, 1991) and (b) N-MORB-normalized patterns (after Hofmann, 1988).

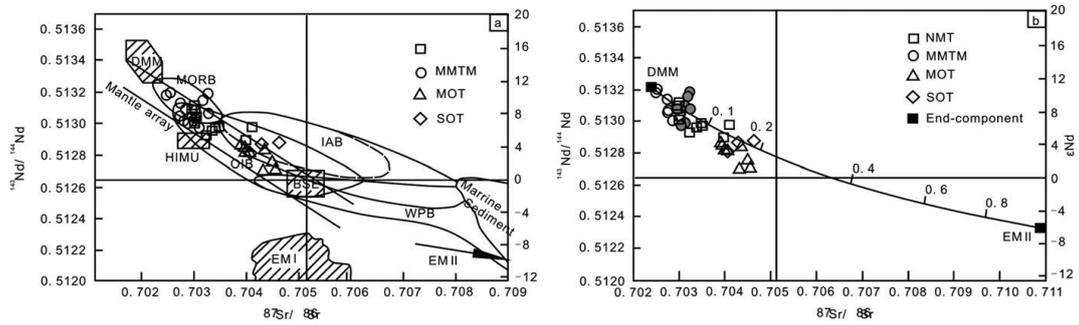


Figure 4. Sr-Nd isotopic diagrams of basalts from the Mariana and Okinawa troughs. (a)  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  versus  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  diagram (after White and Hofmann, 1982; Zindler and Hart, 1986; Gribble *et al.*, 1998, 1999; Shinjo *et al.*, 1999; Chen and Wang, 2004). (b) Proportion of mixed subduction components calculated from Sr-Nd isotopic compositions (after White and Hofmann, 1982; Zindler and Hart, 1986; Miyashita *et al.*, 1995; Zhai and Gan, 1995; Gribble *et al.*, 1998, 1999; Lee *et al.*, 1997; Shinjo *et al.*, 1999; Tian *et al.*, 2003, 2005; Ma *et al.*, 2004; Chen and Wang, 2004).

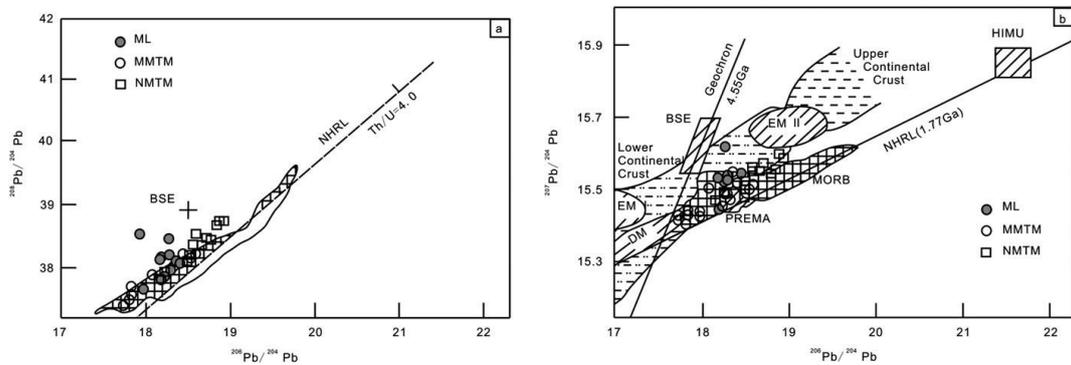


Figure 5. Lead isotope diagrams of basalts from the Mariana and Okinawa troughs. (a)  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  versus  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  diagram (after Hart, 1984; Allegre *et al.*, 1988; Rollinson, 1993). (b)  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  versus  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  diagram (after Hart, 1984; Rollinson, 1993).

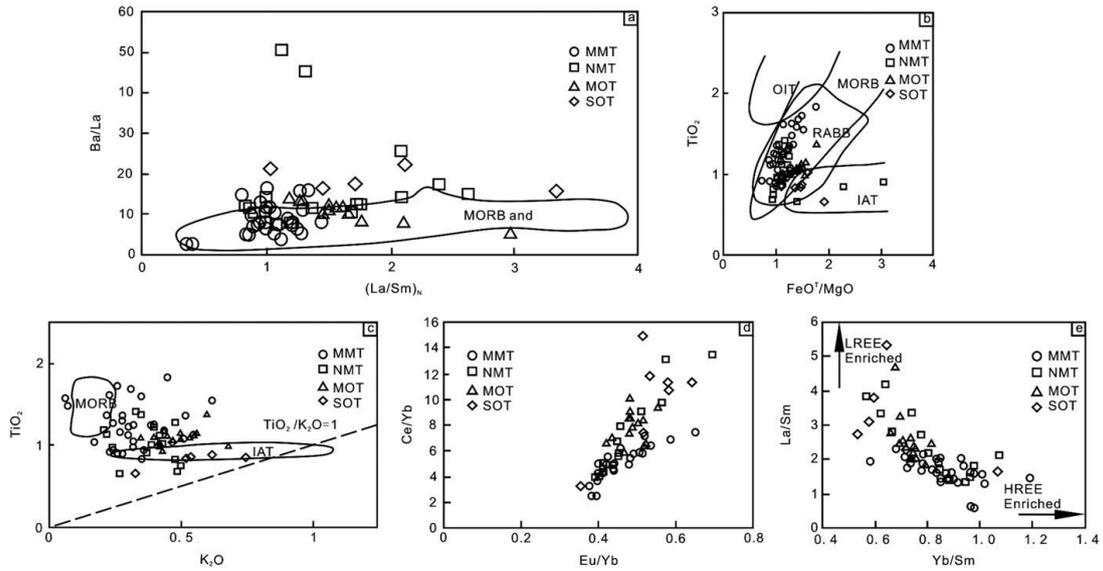


Figure 6. Trace element and minor element plots of basalts from the Mariana and Okinawa troughs. (a)  $(La/Sm)_N$  versus Ba/La diagram (after Hofmann, 1988; Zindler and Hart, 1986; Shuto, 1988; Miyashita *et al.*, 1995; Zhai and Gan, 1995; Gribble *et al.*, 1998, 1996; Lec *et al.*, 1997; Elliott *et al.*, 1997; Shinjo *et al.*, 1999; Tian *et al.*, 2003, 2005; Ma *et al.*, 2004; Chen and Wang, 2004). (b)  $FeO_7/MgO$  versus  $TiO_2$  diagram (after Hofmann, 1988; Zindler and Hart, 1986; Shuto, 1988; Miyashita *et al.*, 1995; Zhai and Gan, 1995; Gribble *et al.*, 1998, 1996; Lec *et al.*, 1997; Shinjo *et al.*, 1999; Tian *et al.*, 2003, 2005; Ma *et al.*, 2004; Chen and Wang, 2004). (c)  $K_2O$  versus  $TiO_2$  diagram (after Hofmann, 1988; Zindler and Hart, 1986; Shuto, 1988; Miyashita *et al.*, 1995; Zhai and Gan, 1995; Gribble *et al.*, 1998, 1996; Lec *et al.*, 1997; Shinjo *et al.*, 1999; Tian *et al.*, 2003, 2005; Ma *et al.*, 2004; Chen and Wang, 2004; Shuto, 1988; Miyashita *et al.*, 1995; Zhai and Gan, 1995; Gribble *et al.*, 1998, 1996; Lec *et al.*, 1997; Shinjo *et al.*, 1999; Tian *et al.*, 2003, 2005; Ma *et al.*, 2004; Chen and Wang, 2004). (d)  $Eu/Yb$  versus  $Ce/Yb$  diagram (after Hofmann, 1988; Zindler and Hart, 1986; Shuto, 1988; Miyashita *et al.*, 1995; Zhai and Gan, 1995; Gribble *et al.*, 1998, 1996; Lec *et al.*, 1997; Shinjo *et al.*, 1999; Tian *et al.*, 2003, 2005; Ma *et al.*, 2004; Chen and Wang, 2004). (e)  $Yb/Sm$  versus  $La/Sm$  diagram (after Hofmann, 1988; Zindler and Hart, 1986; Shuto, 1988; Miyashita *et al.*, 1995; Zhai and Gan, 1995; Gribble *et al.*, 1998, 1996; Lec *et al.*, 1997; Plank and Langmuir, 1998; Shinjo *et al.*, 1999; Tian *et al.*, 2003, 2005; Ma *et al.*, 2004; Chen and Wang, 2004).

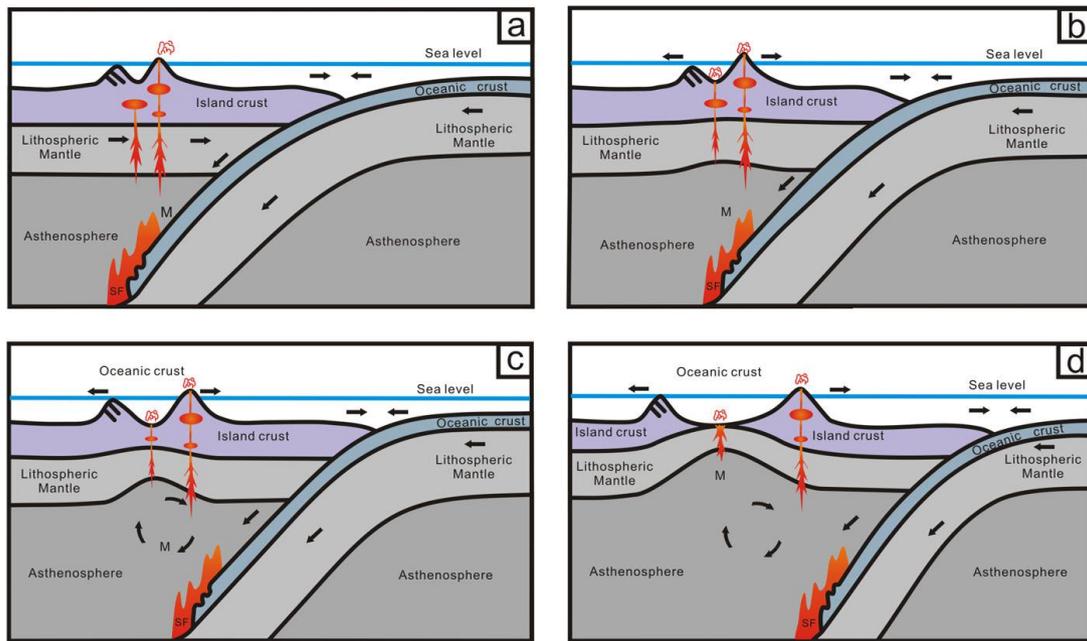


Figure 8. Model of the tectono-magmatic evolution of back-arc spreading systems. From stage a to stage d, the composition of lavas erupted in the back-arc basin changes from IAB type to MORB type, and the influence on back-arc basin magmatism of subduction components derived from the subducting slab decreases. (a) The early extension stage: IAB-type lavas distribute along the spreading ridge axis, where magma ascend and emplace. The early back-arc spreading does not affect mantle convection, melting in the mantle wedge that is triggered by subduction, or island-arc magmatism. (b) The rifting stage: the back-arc rift axis moves away from the volcanic front, and less island-arc magma is transported to the widening basin axis. The relic magmatic arc occurs in the region of island-arc crust near the trench. (c) The incipient seafloor spreading stage: the spreading axis moves farther from the island arc, it begins to spread amagmatically and forms a central graben. (d) The seafloor spreading stage: mantle down-welling is triggered beneath the rift axis, creating a seafloor spreading system similar to that of a mid-ocean ridge. M, mantle; SF, slab-derived fluid. This figure is available in colour online at [wileyonlinelibrary.com/journal/gj](http://wileyonlinelibrary.com/journal/gj)

冲绳海槽是一个早期的弧后盆地，处于从岛弧向弧后演化阶段。与西太平洋其它弧

后盆地相比，具有较浅的 **Benioff** 带和较厚的地壳厚度。本文对冲绳海槽中部和南部获得的三个玄武岩和三个浮岩样品进行了 **He** 和 **CO<sub>2</sub>** 含量及 **He** 同位素组成分析，讨论了挥发性组分循环和地壳混染对海槽岩浆组成的影响。海槽南部玄武岩样品具有类似大洋中脊玄武岩的 **He** 同位素组成和较高的 **CO<sub>2</sub>/<sup>3</sup>He** 比值，前人研究表明该样品的岩浆源受俯冲影响强烈，因此，俯冲板块可以将大量碳带入地幔楔，但俯冲循环对地幔楔 **He** 的贡献是可以忽略不计的。地壳混染对冲绳海槽南部岩浆的影响非常弱，使其保留了源岩浆的地幔特征。海槽中部火山岩具有极低的 **He** 含量和极低的 **He** 同位素组成，反映了强烈去气后岩浆受地壳混染影响显著，也表明中部较厚的地壳厚度和岩浆相对长的地壳居留时间。去气作用对海槽中部和南部岩浆都有影响，导致热液流体中挥发性组分的富集，海槽南部去气作用以深部强烈去气为主，而海槽中部岩浆喷发前，在地壳岩浆房中滞留，去气作用广泛。

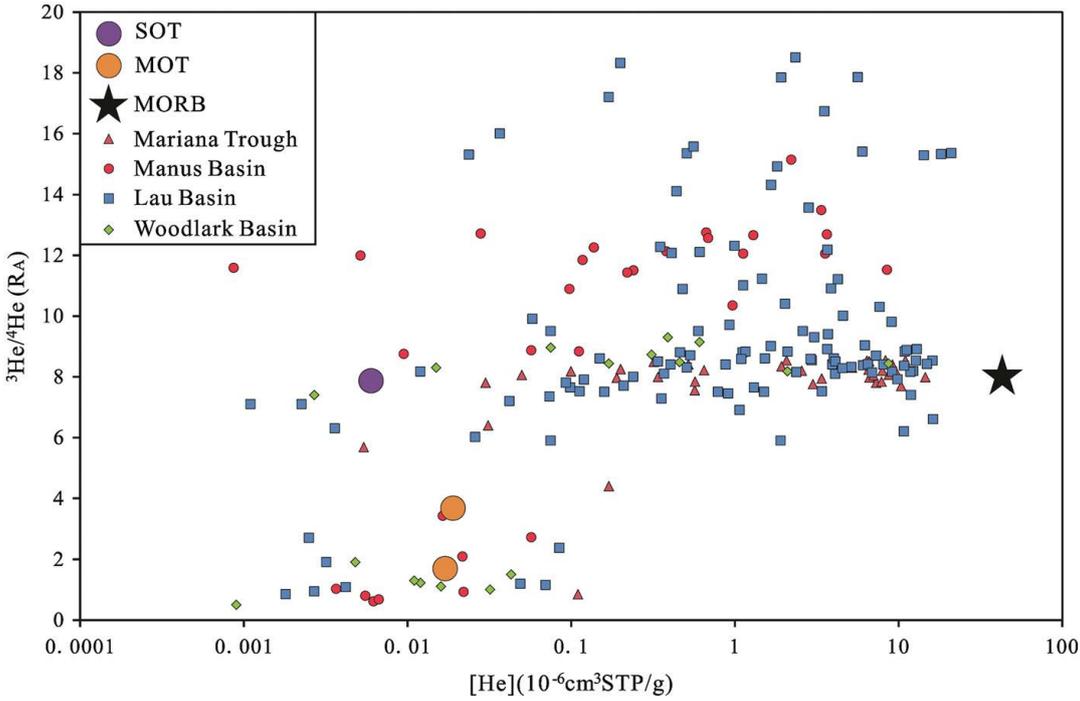


Figure 2. <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He versus [He] diagram for the Okinawa basalts, MORB and other back-arc basins including the Lau Basin (Hilton *et al.*, 1993; Hahm *et al.*, 2012), the Manus Basin (Shaw *et al.*, 2004), the Woodlark Basin (Trull *et al.*, 1990) and the Mariana Trough (Macpherson *et al.*, 2000, 2010).  $R_A = 1.4 \times 10^{-6}$  (Graham, 2002).

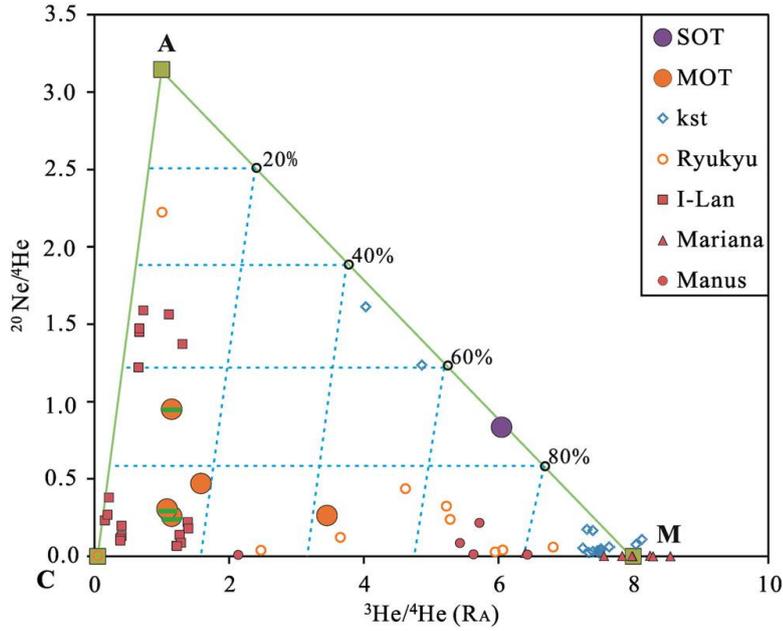


Figure 3.  $^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$  versus  $^3\text{He}/^4\text{He}$  diagram showing ternary component mixing between M (MORB), A (air) and C (crust or radiogenic component). These end members are marked by green squares. The blue dashed lines with numbers marked the percentage of MORB end member mixed with only Air end member or with only Crust end member. Orange dots are volcanic rocks from MOT, and those with green lines are rhyolites. Purple dot is a basalt sample from SOT. Bubbles and fluid samples from Kueishantao (kst), I-Lan Plain, Ryukyu Arc and lava from the Mariana Trough and the Manus Basin are also shown for comparison (data are from Marty *et al.*, 1989; Macpherson *et al.*, 2000; Shaw *et al.*, 2004; Yang *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2015).

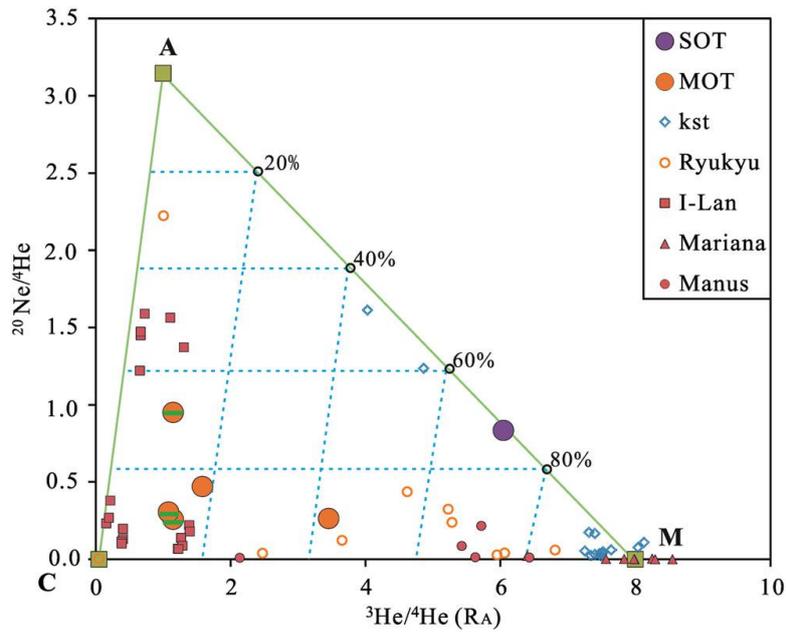


Figure 3.  $^{20}\text{Ne}/^4\text{He}$  versus  $^3\text{He}/^4\text{He}$  diagram showing ternary component mixing between M (MORB), A (air) and C (crust or radiogenic component). These end members are marked by green squares. The blue dashed lines with numbers marked the percentage of MORB end member mixed with only Air end member or with only Crust end member. Orange dots are volcanic rocks from MOT, and those with green lines are rhyolites. Purple dot is a basalt sample from SOT. Bubbles and fluid samples from Kueishantao (kst), I-Lan Plain, Ryukyu Arc and lava from the Mariana Trough and the Manus Basin are also shown for comparison (data are from Marty *et al.*, 1989; Macpherson *et al.*, 2000; Shaw *et al.*, 2004; Yang *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2015).

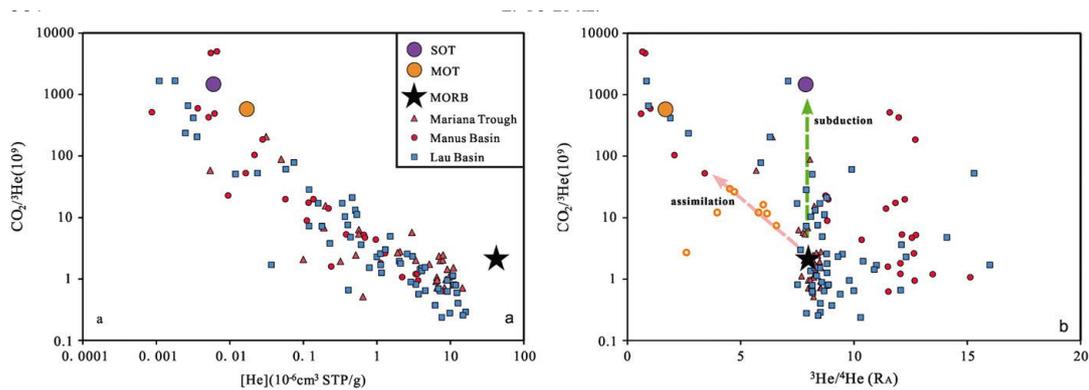


Figure 6.  $\text{CO}_2/\text{He}$  versus  $[\text{He}]$  concentrations (a) and helium isotopic ratios (b) of gases in basalts from the Okinawa Trough and other back-arc basins. The trend of increasing  $\text{CO}_2/\text{He}$  with constant  ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$  (showed by green arrow) in (b) indicates the effect of the subduction addition in N-MORB type mantle. The trend of increasing  $\text{CO}_2/\text{He}$  with decreasing  ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$  (red arrow) in (b) demonstrates the effect of crustal assimilation to the magma. Data for MORB and basalts from other back-arc basins such as the Lau Basin (Hilton *et al.*, 1993; Hahn *et al.*, 2012), the Manus Basin (Shaw *et al.*, 2004) and the Mariana Trough (Macpherson *et al.*, 2000, 2010) and Ryukyu Arc are shown for comparison.

## (2) 弧后盆地沉积

利用磁异常资料、陆上及近岸带探井资料、ODP 资料、同位素年龄资料和古生物地层资料，分析了西太平洋边缘海盆地新生代构造事件序列，主要包括包括：伸展、弧后扩张阶段、沉降阶段、挤压汇聚和逆冲阶段，探讨了与构造事件序列相匹配的沉积层序序列。西太平洋边缘海盆地三个重要的沉积序列变化阶段为：古新世-始新世形成断陷沉积序列，渐新世-中中新世形成漂移沉积序列，晚中新世-至今形成沉降、汇聚沉积序列。

南海盆地古新世-始新世发育断陷沉积序列，渐新世-中中新世发育漂移序列，晚中新世-至今发育汇聚逆冲沉积序列；日本海和鄂霍次克海盆地早期裂陷序列不发育，而断陷序列和漂移序列于渐新世和中中新世同期发育；自晚中新世开始，西北太平洋所有的边缘海盆地内漂移序列停止发育，进入沉降或漂移后沉积阶段。

晚中新世来自各边缘海盆地南部的弧陆碰撞导致边缘海盆地南缘在晚中新世-至今发育汇聚逆冲沉积序列。西太平洋板块与千岛-勘察加岛弧碰撞导致鄂霍次克海盆地南部沉降沉积序列的变形；西北太平洋板块与日本岛弧碰撞导致日本海盆地南部沉降沉积序列的变形；加里曼丹-巴拉望岛弧与礼乐滩地块碰撞导致南海盆地南部 15Ma 以来的汇聚逆冲。自北向南，从鄂霍次克海至日本海到南海，西太平洋边缘海各盆地南部的汇聚逆冲变成程度逐渐增强。

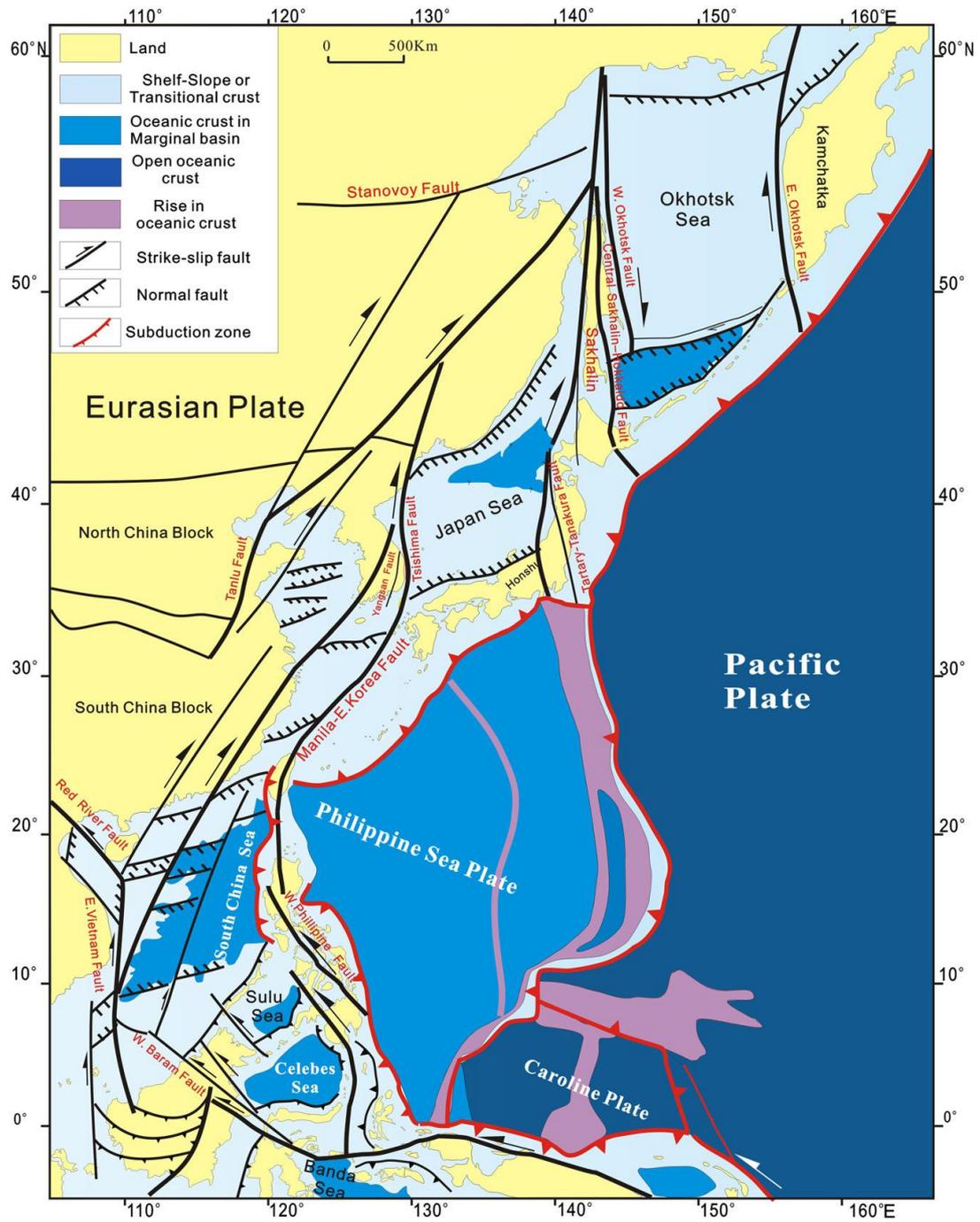


Figure 1. Principal geographical features of marginal basins of the Northwest Pacific.

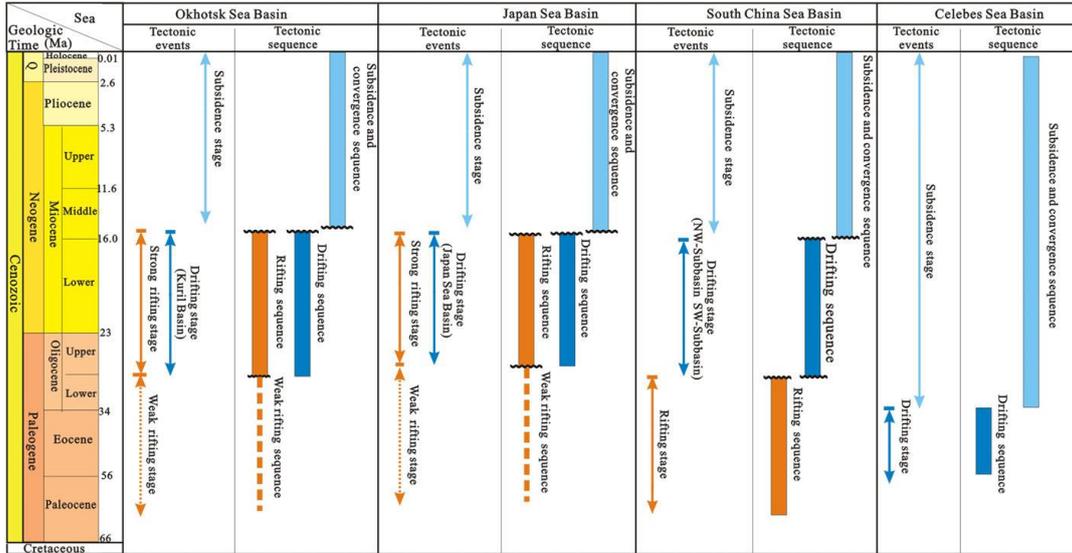


Figure 5. The tectonic evolution and stratigraphic sequence in the marginal basins of the NW Pacific (after Kudrass *et al.*, 1986; Nichols *et al.*, 1990; Smith *et al.*, 1990; James and Ingle, 1992; Briais *et al.*, 1993; Jolivet *et al.*, 1994; Schlüter *et al.*, 1996; Clift *et al.*, 2001; Yoon *et al.*, 2003; Hutchison, 2004; Xie *et al.*, 2006; Kano *et al.*, 2007; Koizumi *et al.*, 2009; Kwon *et al.*, 2009; Nohda, 2009; Cullen *et al.* (2010); Karnaukh and Tsoy, 2010; Ding *et al.*, 2011; Hall, 2012; Morley, 2012; Yao *et al.*, 2012; Cukur *et al.*, 2015).

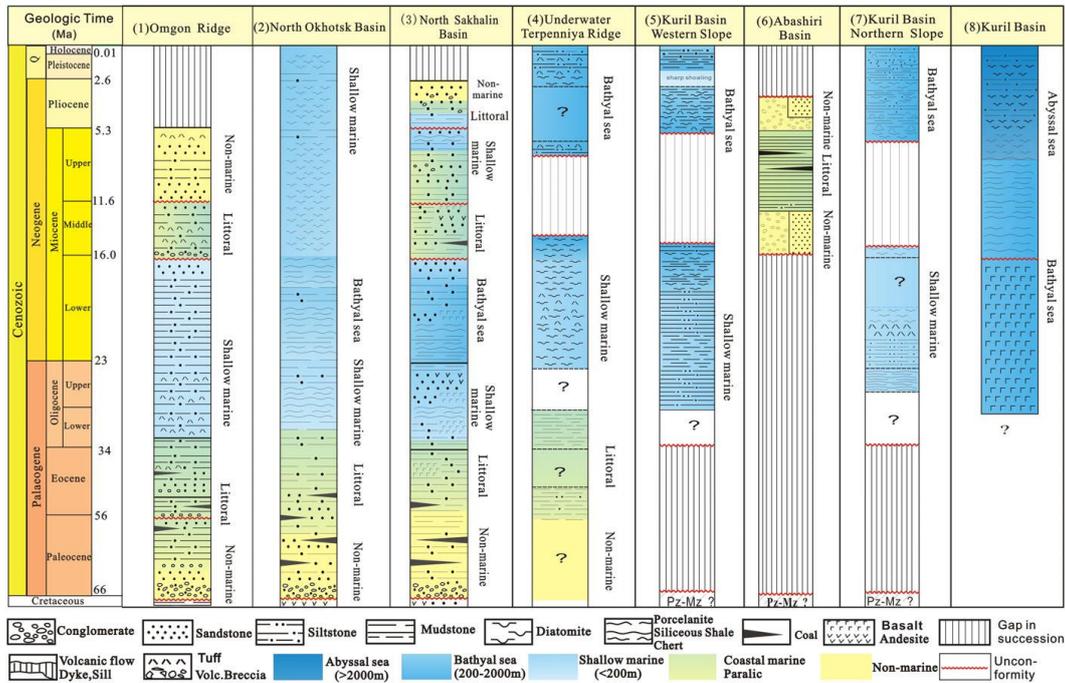


Figure 6. Sedimentary histories and lithofacies variations for eight key Cenozoic successions in the Okhotsk Sea region plotted in terms of age (seen in Fig. 2 for location). This figure was modified after Verzhbitskii and Solov'ev (2009), Li *et al.* (2000), Chakhmakhchev *et al.* (1997), Lindquist (2000), Terekhov *et al.* (2008), Tsoi *et al.* (2003), Baranov *et al.* (2002) and Sagayama (2002) (see Fig. 2 for location).

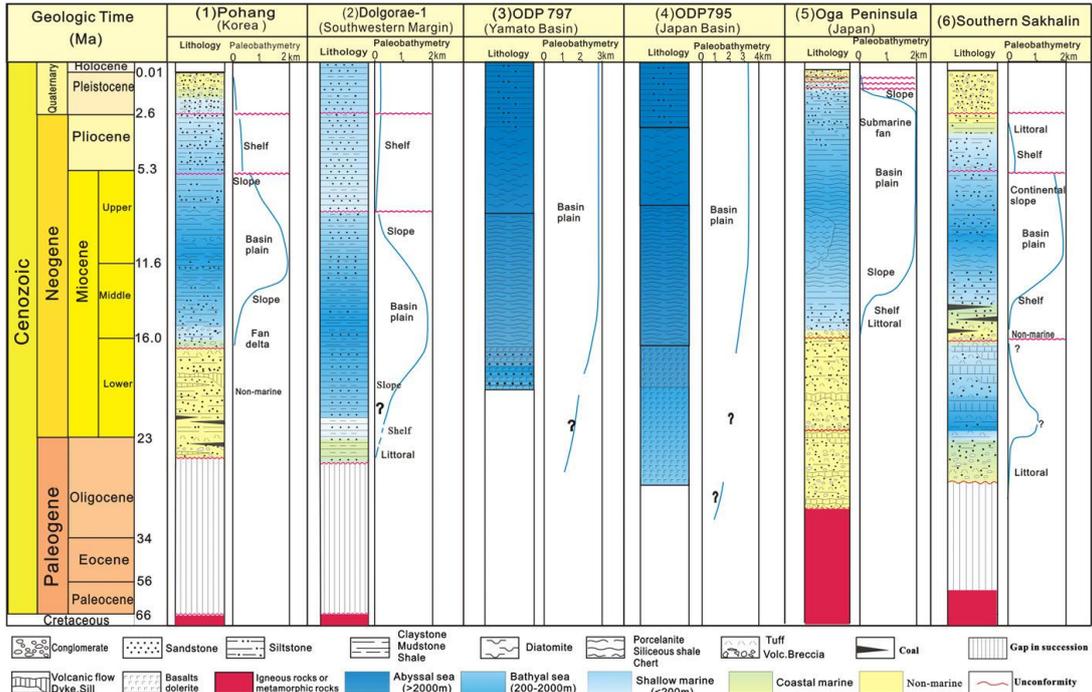


Figure 10. Palaeobathymetric and sedimentary histories and lithofacies variations for six key Cenozoic successions in the Japan Sea Basin and its surrounding area (see Fig. 3 for location). The figure is modified after Iijima *et al.* (1988), James and Ingle (1992), Yoon *et al.* (2003), Kim (1990), Chough and Barg (1987) and Kancoka (1990).

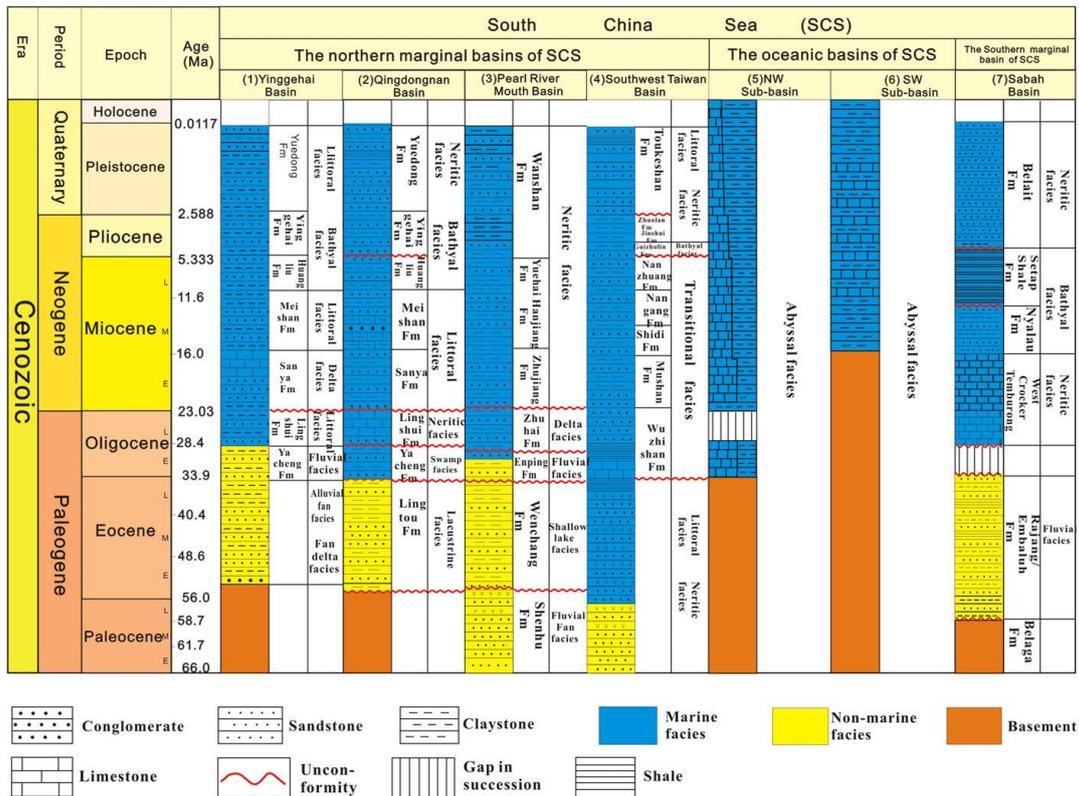
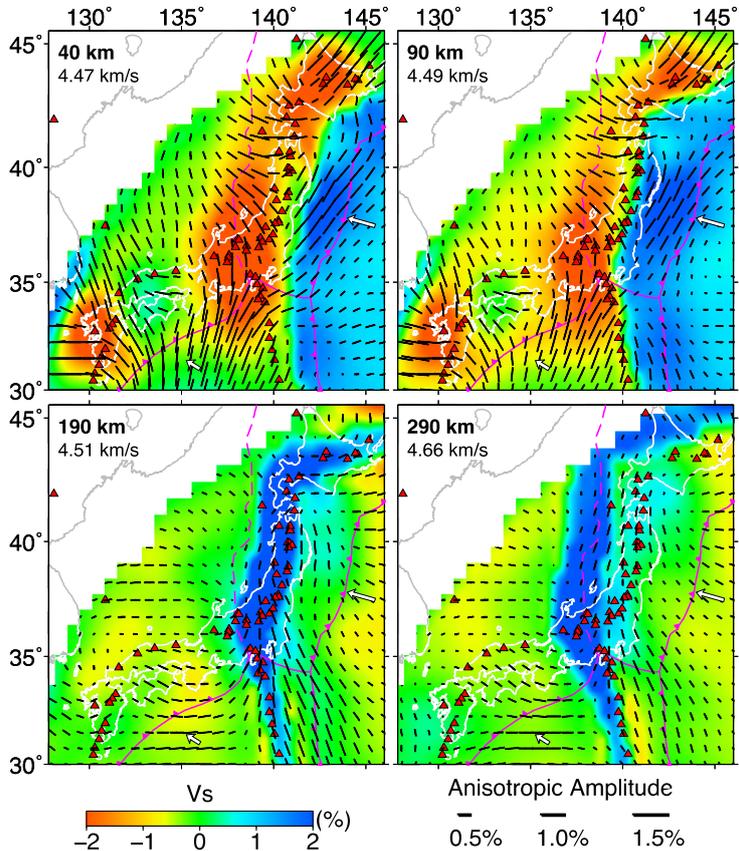


Figure 13. Sedimentary and lithofacies variations for seven key Cenozoic successions in the South China Sea Basin and its surrounding area (see Fig. 4 for location). The figure is modified after Hall (2002), Franke *et al.* (2008, 2011), Zhang *et al.* (2011), Chen *et al.* (2014), Liu *et al.* (2014), Savva *et al.* (2014).

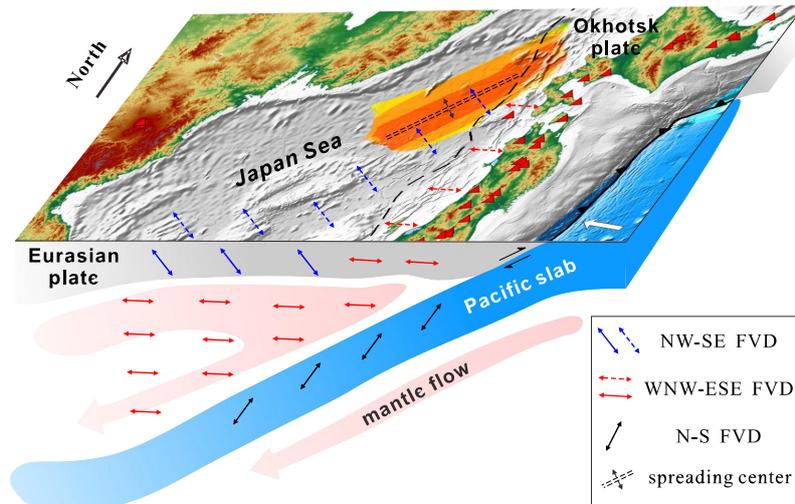
### (3) 弧后扩张与日本海之下的地幔楔对流

利用大量高质量的 20-150 秒远震瑞利波振幅和相位数据，我们首次获得了日本俯

冲带的瑞利波相速度方位各向异性层析成像。获得的二维各向异性相速度模型，被用来反演一个位于日本俯冲带之下深达~300 千米的三维剪切波速度各向异性层析成像。俯冲的太平洋板块呈现为一个倾斜高波速带，并具有平行于海沟的快波方向，这可能指示了由发育在日本海沟外缘隆起处的正断层所导致的各向异性特征，这一个各向异性特征叠加在板块早期的各向异性特征之上。而地幔楔中则主要表现为低波速特征，并具有垂直于海沟的快波方向，这可能指示了与俯冲相关的角流与各向异性特征。在日本海之下的大地幔楔中，随深度变化的各向异性特征被揭示了出来，这可能反应出欧亚板块中与发生在 21-15 Ma 的弧后扩张相关的变形特征，以及软流圈中现今由于太平洋板块和菲律宾海板块俯冲所引起的复杂的对流样式。



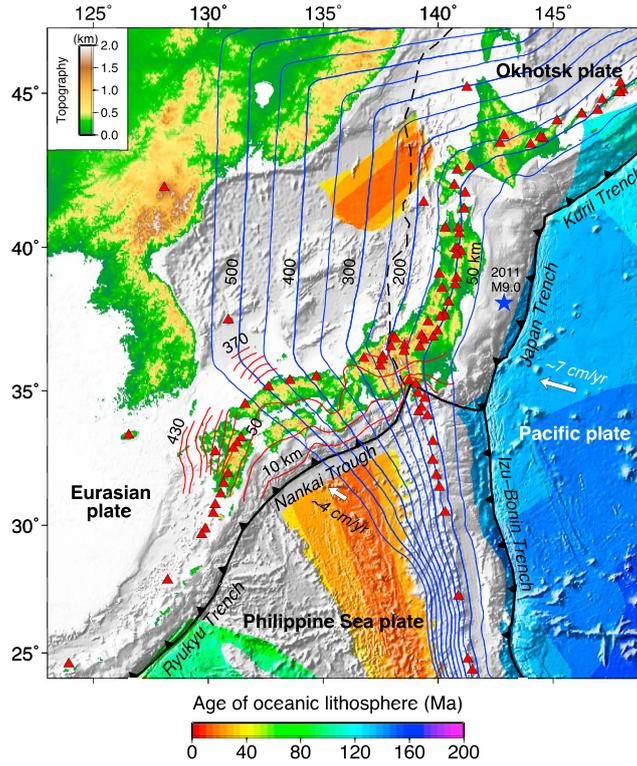
**Figure 10.** Map views of the shear-wave velocity ( $V_s$ ) azimuthal anisotropy tomography at four depths beneath the study region. This 3-D anisotropic  $V_s$  model is obtained by inverting the Rayleigh-wave anisotropic phase-velocity data shown in Fig. 7. The initial  $V_s$  of the subducting Pacific slab is assigned to be 2 per cent faster than the mantle velocity at the same depth. The 1-D isotropic  $V_s$  at each depth is shown in each map. The red and blue colors denote low and high shear-wave velocities, respectively. The orientation and length of the black bars represent the fast-velocity direction (FVD) and the anisotropic amplitude, respectively. Their scales are shown at the bottom. The two white arrows in each map denote motion directions of the Pacific and Philippine Sea plates. The other labeling is the same as that in Fig. 1.



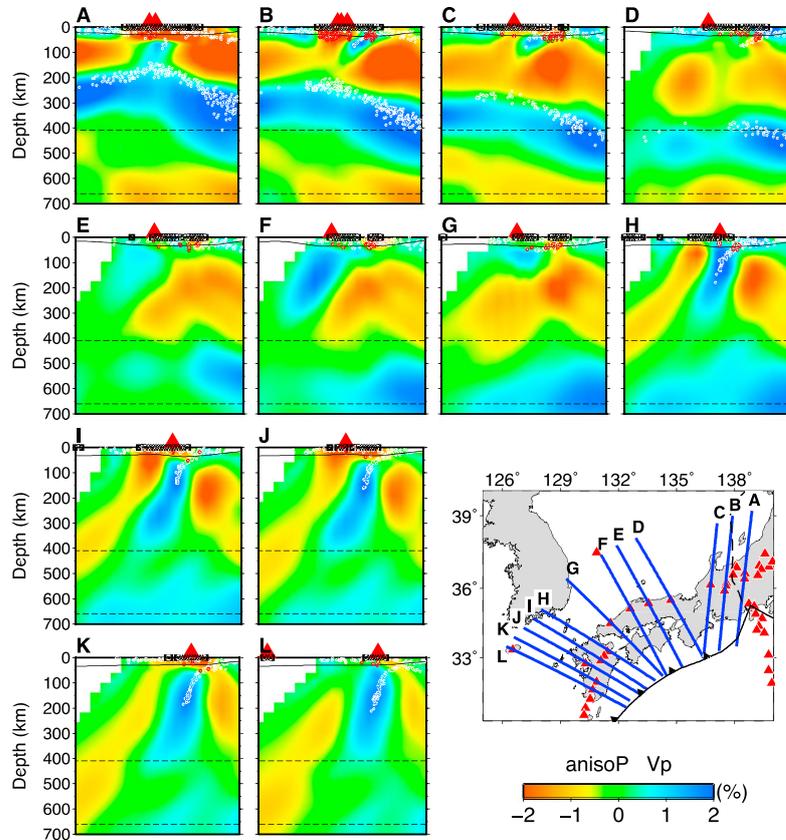
**Figure 12.** A schematic diagram showing main features of azimuthal anisotropy beneath the Japan Sea. The blue, red and black arrows all represent the fast-velocity directions (FVDs) in a horizontal plane. The white arrow denotes the motion direction of the Pacific Plate. The orange area in the northern Japan Sea shows the seafloor age distribution. The seafloor age scale and the other labeling are the same as those in Fig. 1.

#### (4) 日本俯冲带 P 波和 S 波层析成像

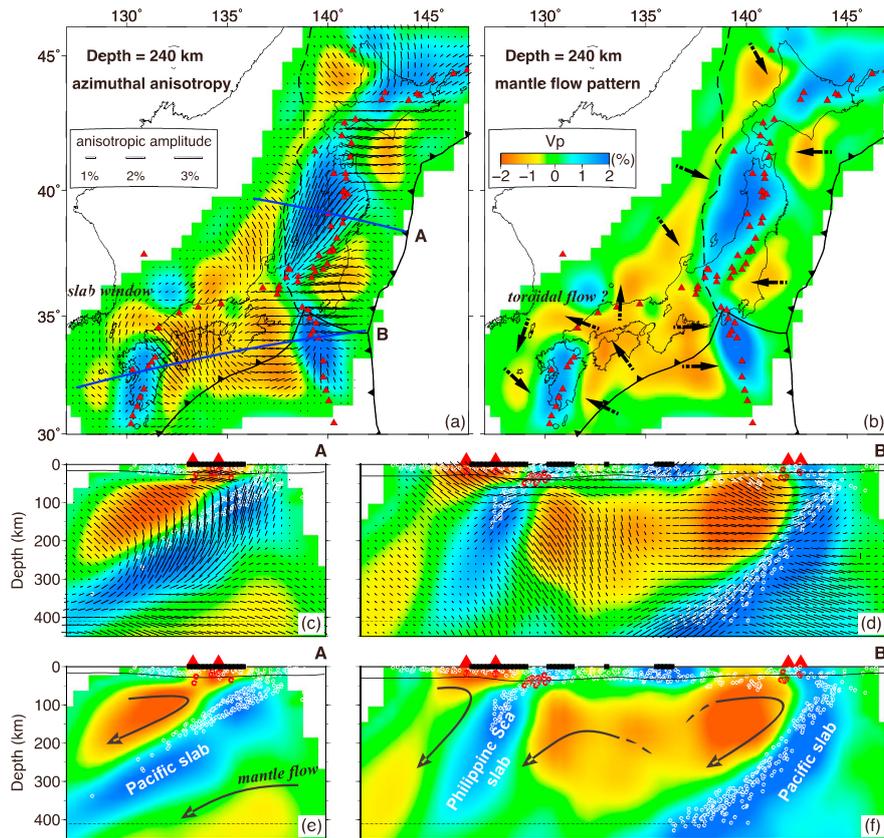
通过联合反演大量高质量的近震和远震走时数据，我们做了日本俯冲带的 P 波和 S 波速度层析成像，成像结果的底界深达 700 km。我们还利用远震瑞利波的振幅和相位数据，测定了位于日本及其海域之下的二维瑞利波相速度图像，其周期范围是 20-150 秒。我们还通过联合反演近震和远震的 S 波到时数据以及瑞利波相速度数据，进一步测定了一个精细的研究区三维 S 波层析成像结果。我们的结果揭示出，俯冲的太平洋板块和菲律宾海板块呈清晰的倾斜高波速异常带。显著的低波速异常体则存在于俯冲板块之上的地幔楔中以及太平洋板块之下的地幔中。这种俯冲板块与其周边地幔的显著速度差异，揭示出两者之间存在明显的温度、含水量以及部分熔融程度的差异。位于地幔楔中的低速异常体归因于俯冲板块脱水以及地幔楔中的角流。在东北日本地区，一个席状的低速带位于俯冲的太平洋板块之下，可能指示了来自于地幔深部的热上升流以及俯冲的软流圈。我们现今的结果表明，为了获得可靠的地壳和地幔层析成像，联合反演不同类型的地震数据是非常有效的，也是非常重要的。



**Figure 1.** Tectonic settings of the study region [after Liu et al., 2013a]. The red triangles denote the active and Quaternary volcanoes. The solid sawtooth lines and the black dashed line denote the plate boundaries. The blue and red lines denote the depth contours of the upper boundaries of the subducting Pacific and Philippine Sea slabs, respectively, which are constructed based on several previous studies [e.g., Zhao et al., 1994, 2012; Hayes et al., 2012; Hasegawa et al., 2013].



**Figure 5.** The same as Figure 4 but for vertical cross sections beneath SW Japan.



**Figure 16.**  $V_p$  azimuthal anisotropy and the estimated mantle flow pattern of the Japan subduction zone. (a, b) Map views and vertical cross sections along (c, e) the profile A and (d, f) the profile B shown in Figure 16a. This 3-D  $V_p$  model is obtained by a joint inversion of the P and S wave traveltime data of both local and teleseismic events. The black arrows denote the estimated flow directions. The other labeling is the same as those in Figures 3 and 4.

### (5) 日本俯冲带的地震波速度方位各向异性

利用大量高质量的近震和远震 P 波和 S 波到时数据，我们测定了日本俯冲带地壳以及上地幔的三维各向异性层析成像。一个 P 波速度方位各向异性层析成像方法被修改，并扩展到利用 S 波走时来反演三维 S 波速度方位各向异性。我们还进行了 P 波和 S 波的联合反演来约束日本俯冲带的三维各向异性特征。我们结果显示出，俯冲的太平洋板块和菲律宾海板块主体呈现出平行于海沟的快波方向，这可能指示了大洋板块中的各向异性矿物（如橄榄石）在洋中脊处形成时所具有的晶格优选方位特征，或者是由发育在海沟外缘隆起处的正断层所导致的各向异性特征。在俯冲板块之上的地幔楔中，揭示出垂直于海沟的快波方向，这可能指示了地幔楔中存在垂直于海沟的地幔对流样式。这一地幔对流样式，可能是由于板块俯冲以及俯冲板块的脱水作用所导致的。在俯冲的太平洋板块之下的地幔楔中，存在有垂直于海沟的快波方向和低波速异常体，这一特征，可能指示了俯冲的大洋软流圈地幔中的对流样式。我们的结果还揭示出，在北琉球地区之下，俯冲的菲律宾海板块中存在一个空洞，围绕这一空洞，存在有环形的快波方向和

低速异常体。这一特征可能指示了在俯冲的菲律宾海板块周边存在环形的地幔对流样式。

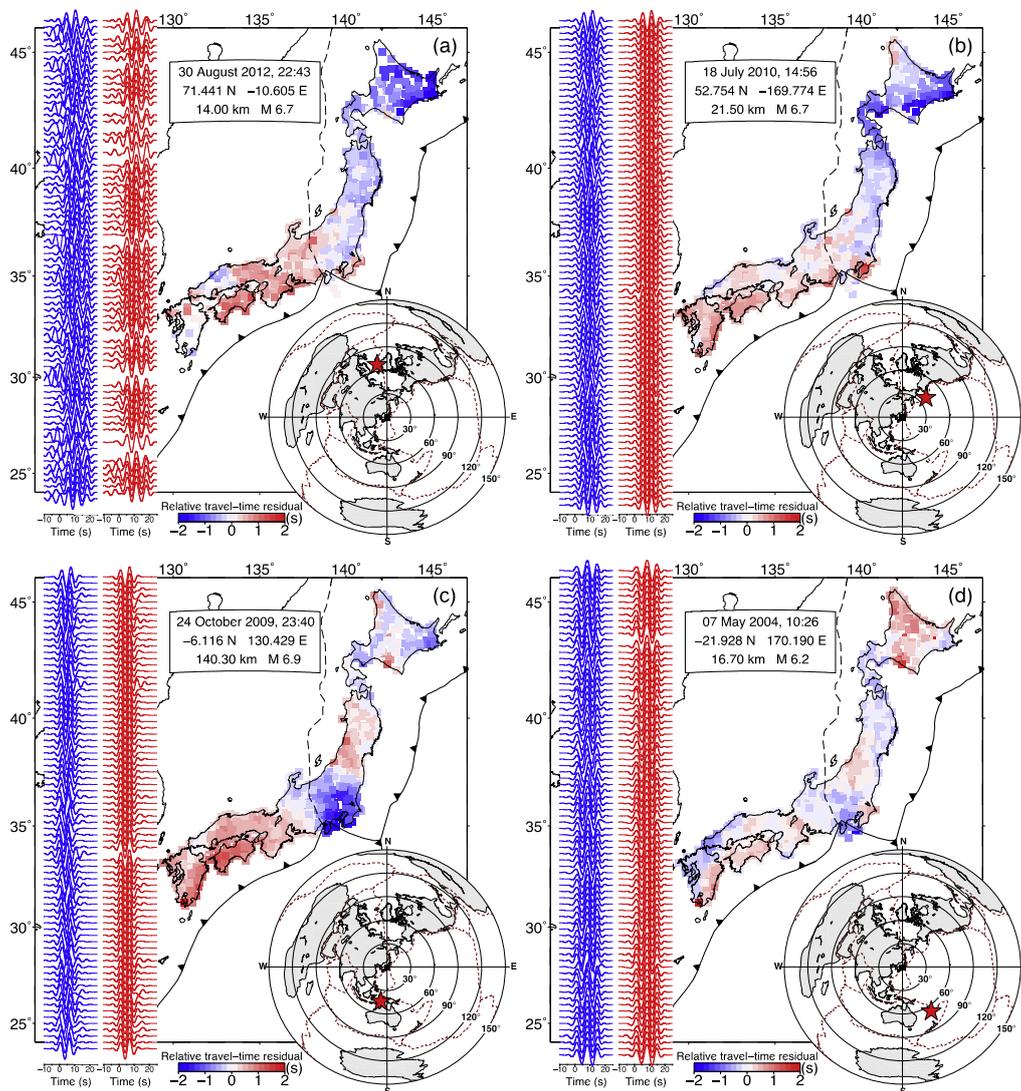


Fig. 3. Distributions of P-wave relative travel-time residuals of four teleseismic events (red stars) used in this study. The color squares show the seismic stations used. The red and blue colors denote delayed and early arrivals, respectively. The scale for the relative residuals is shown below each panel. The blue and red waveforms beside each map show seismograms before and after the alignment, respectively (see text for details). Hypocenter parameters of each teleseismic event are shown above each map. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

## (6) 西太平洋边缘海弧后盆地转换断层成因

弧后盆地转换断层是揭示边缘海盆地演化的一把钥匙，但其成因机制一直都是地质科学研究的难点和热点。本文基于高分辨率构造地貌研究、重磁异常、磁条带型式、地震剖面、盆地几何学结构、古地磁等资料对比，并结合区域地质背景、板块重建、动力学来源分析，重新厘定了西太平洋边缘海盆地转换断层和邻区走滑断层的分布，尤其是其走向，重点对南海、四国-帕里西维拉海盆、西菲律宾海盆、冲绳海槽这四个边缘海盆地开展了工作，将它们的转换断层统一为 NNE 向。另外，从转换断层走向的角度入手，提出了边缘海盆地扩张的新模式。在此基础之上对前人新生代东亚大陆边缘及西太

平洋边缘海的板块重建方案进行了修正。关于弧后盆地 NNE 向转换断层，可能有以下三种成因。1. 南海海盆：继承邻区裂解陆缘走滑断层方位的模式，南海真正的转换断层方向应该是 NNE 向，并不是 NW 向。NNE 向转换断层实际上就是在南海陆架中广泛分布的 NNE 向大型右行走滑断层，也是华南大陆 NNE 向右行走滑断裂在海上的自然延伸，进而提出一些转换断层成因继承了邻区陆地上的走滑断层走向。冲绳海槽扩张动力学机制与之类似，其转换断层也是 NNE 向。这种模式中边缘海转换断层可以不垂直于扩张中心，发生斜向扩张。

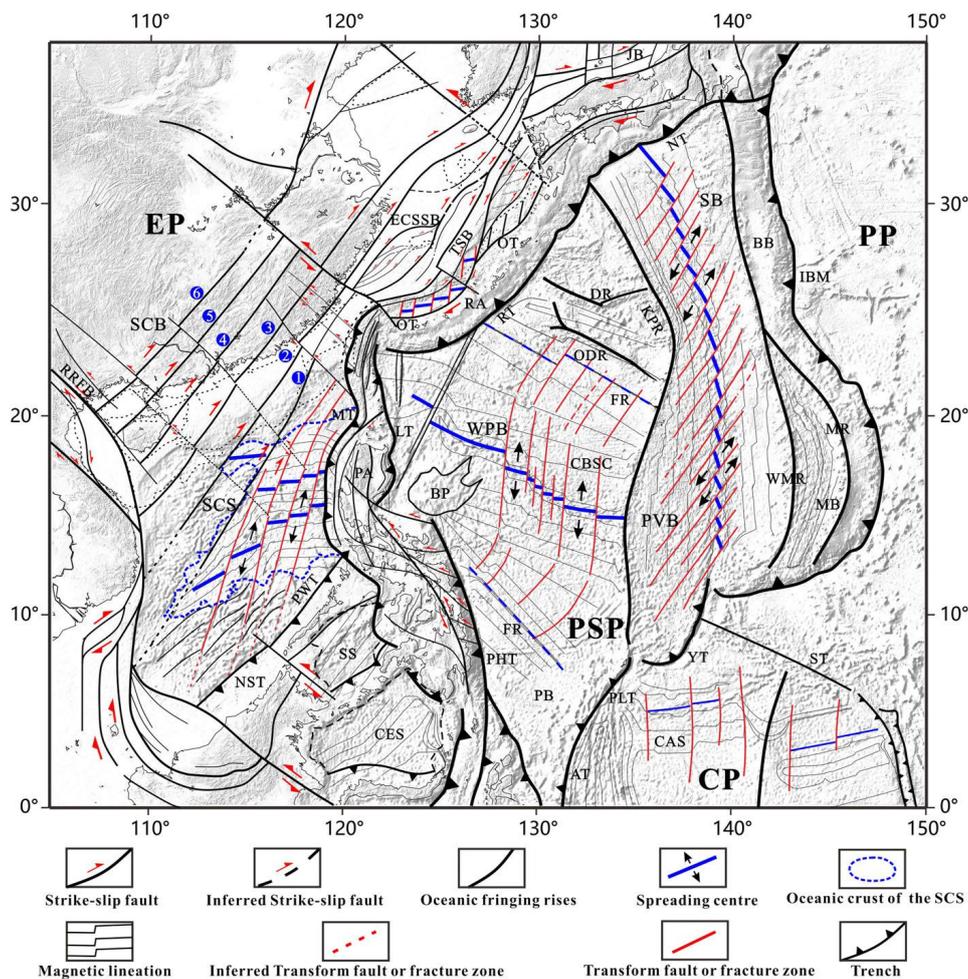


Figure 1. Tectonic units of the Western Pacific and East Asian Continental Margin. Abbreviations: PP, Pacific Plate; NT, Nankai Trench; SB, Shikoku Basin; IBM, Izu-Bonin-Mariana Trench; BB, Bonin Basin; MR, Mariana Ridge; MB, Mariana Basin; PVB, Parece Vela Basin; CP, Caroline Plate; CAS, Caroline Sea; AT, Ayu Trough; PLT, Palau Trench; YT, Yapu Trench; PB, Palau Basin; PSP, Philippine Sea Plate; BP, Benham Plateau; FR, Fossil Ridge; PHT, Philippine Trench; CBSC, Central Basin Spreading Centre; WPB, West Pacific Basin; LT, Luzon Trench; ODR, Oki-Daito Ridge; DR, Daito Ridge; KPR, Kyushu-Palau Ridge; RT, Ryukyu Trench; RA, Ryukyu Arc; OT, Okinawa Trench; JB, Japan Sea Basin; TSB, Taiwan-Sinzi Belt; ECSSB, East China Sea Shelf Basin; EP, Eurasian Plate; RRFB, Red River Fault Belt; SCB, South China Block; SCS, South China Sea; PWT, Palawan Trench; NST, Nansha Trough; SS, Sulu Sea; CES, Celebes Sea; MT, Manila Trench; PA, Philippine Arc. Fault name: 1. Binhai Fault; 2. Changle-Nanao Fault; 3. Zhenghe-Dapu Fault; 4. Shaowu-Heyuan-Yangjiang Fault; 5. Wuchuan-Sihui Fault; 6. Chenzhou-Bobai-Hepu Fault.

2. 四国-帕里西维拉海盆：伊豆-小笠原-马里亚纳海沟 NNE-NE 向俯冲后撤模式。伊豆-小笠原-马里亚纳海沟 NNE-NE 向俯冲后撤，在上覆板块产生 NNE-NE 向水平拉张力，导致九州-帕劳海岭裂解，进而控制四国-帕里西维拉海盆扩张方式，形成 NNE-NE 向转换断层。转换断层也不垂直于扩张中心，是一种倾斜扩张。3. 西菲律宾海盆：晚期

菲律宾海板块整体旋转模式。西菲律宾海盆晚期扩张形成了 NW 或 NWW 向的转换断层和与之正交的扩张中心。25Ma 之后，西菲律宾海盆随菲律宾海板块整体发生约 50° 的顺时针旋转，早期扩张形成的近 N-S 向的转换断层旋转成了现今我们看到的近 NE-SW 向，晚期扩张形成的 NW-SE 向或 NWW-SEE 向的转换断层旋转成了现今我们看到的近 N-S 向。西菲律宾海盆转换断层基本与扩张中心正交，类似于正常洋中脊扩张行为。

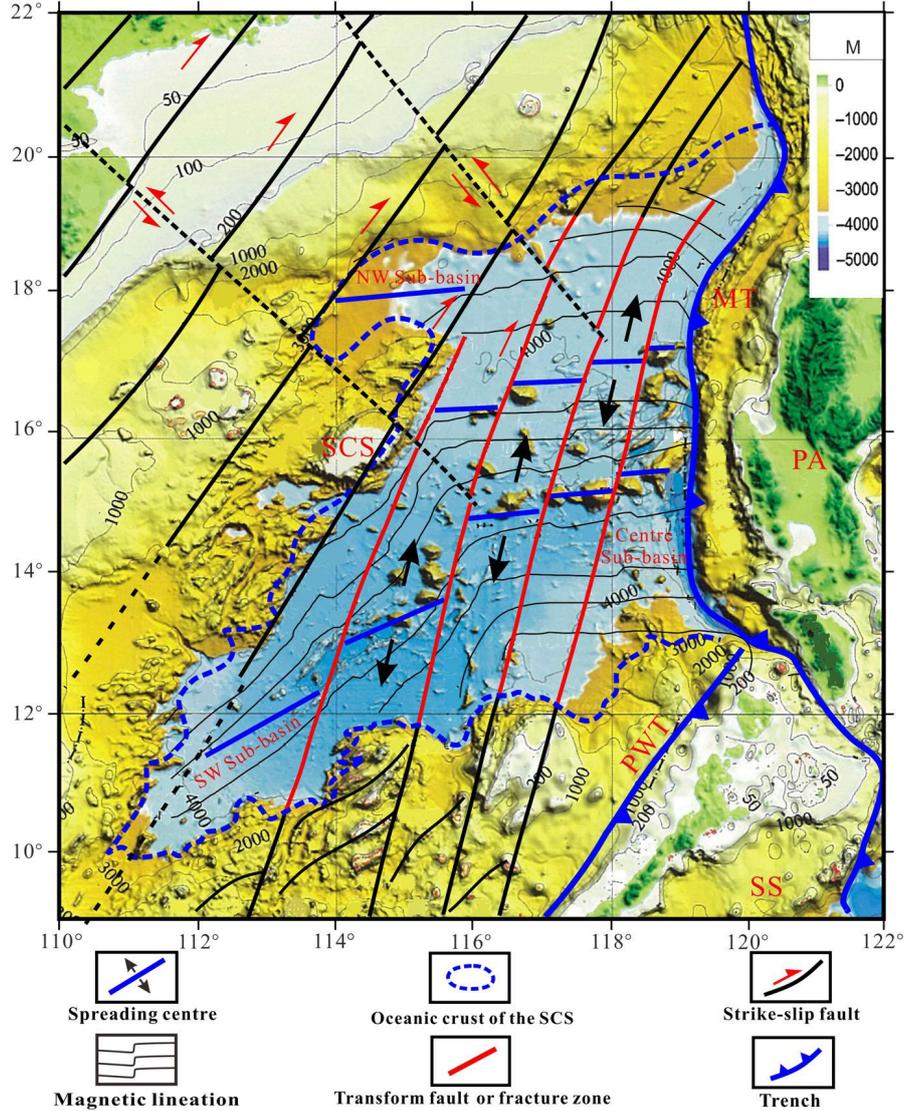


Figure 2. Precise submarine geomorphology in the SCS (revised from Chen and Wen, 2010) and distribution of faults (see Fig. 1 for abbreviations).

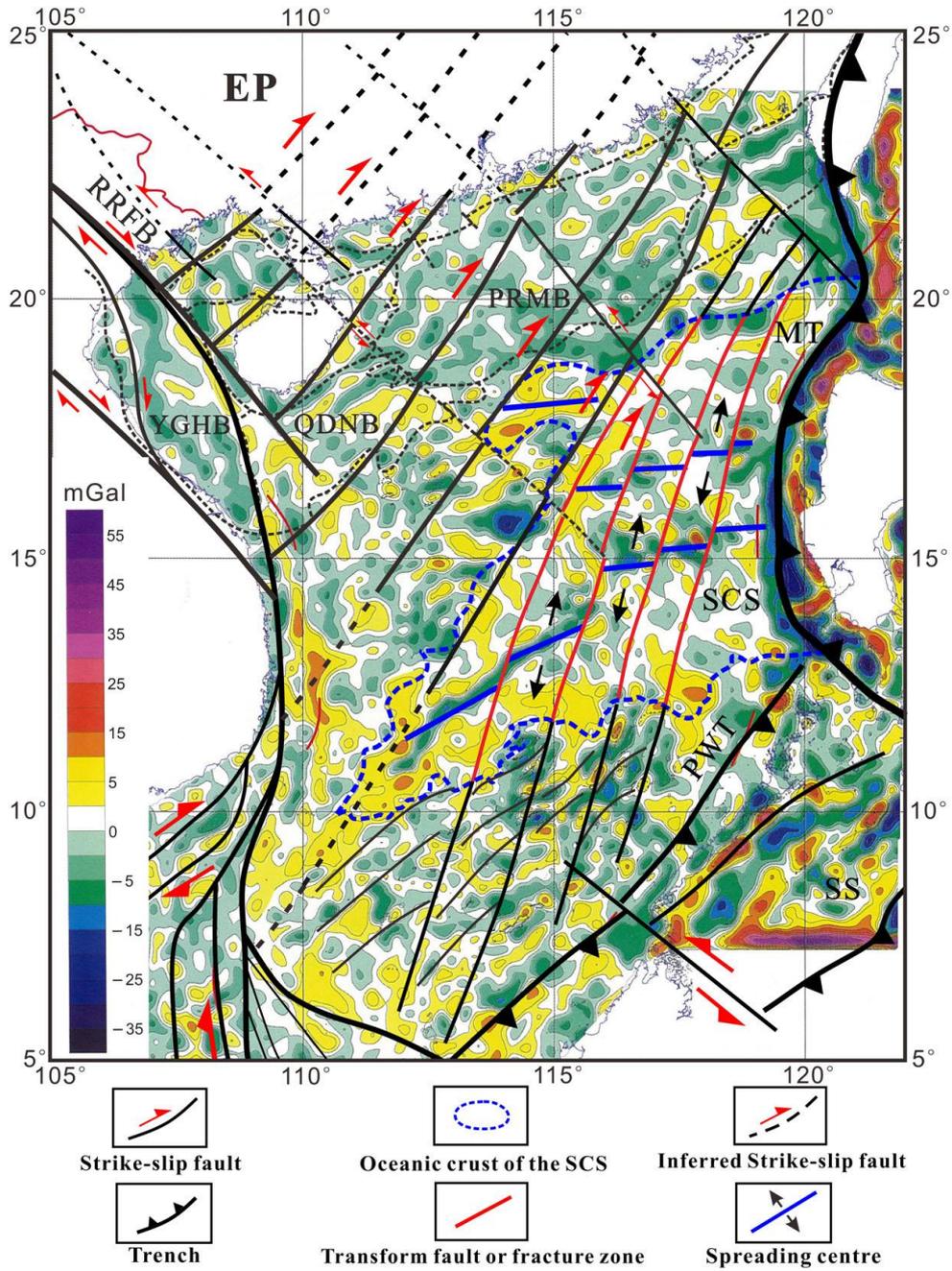


Figure 3. Third-order details of Bouguer anomalies by the wavelets (gravity data from Chen and Wen, 2010) and the fault distribution in the SCS. Abbreviations: PRMB, Pearl River Mouth Basin; QDNB, Qiongdongnan Basin; YGHB, Yinggehai Basin; SCS, South China Sea; RRFB, Red River Fault Zone. For other abbreviations, see Figure 1.

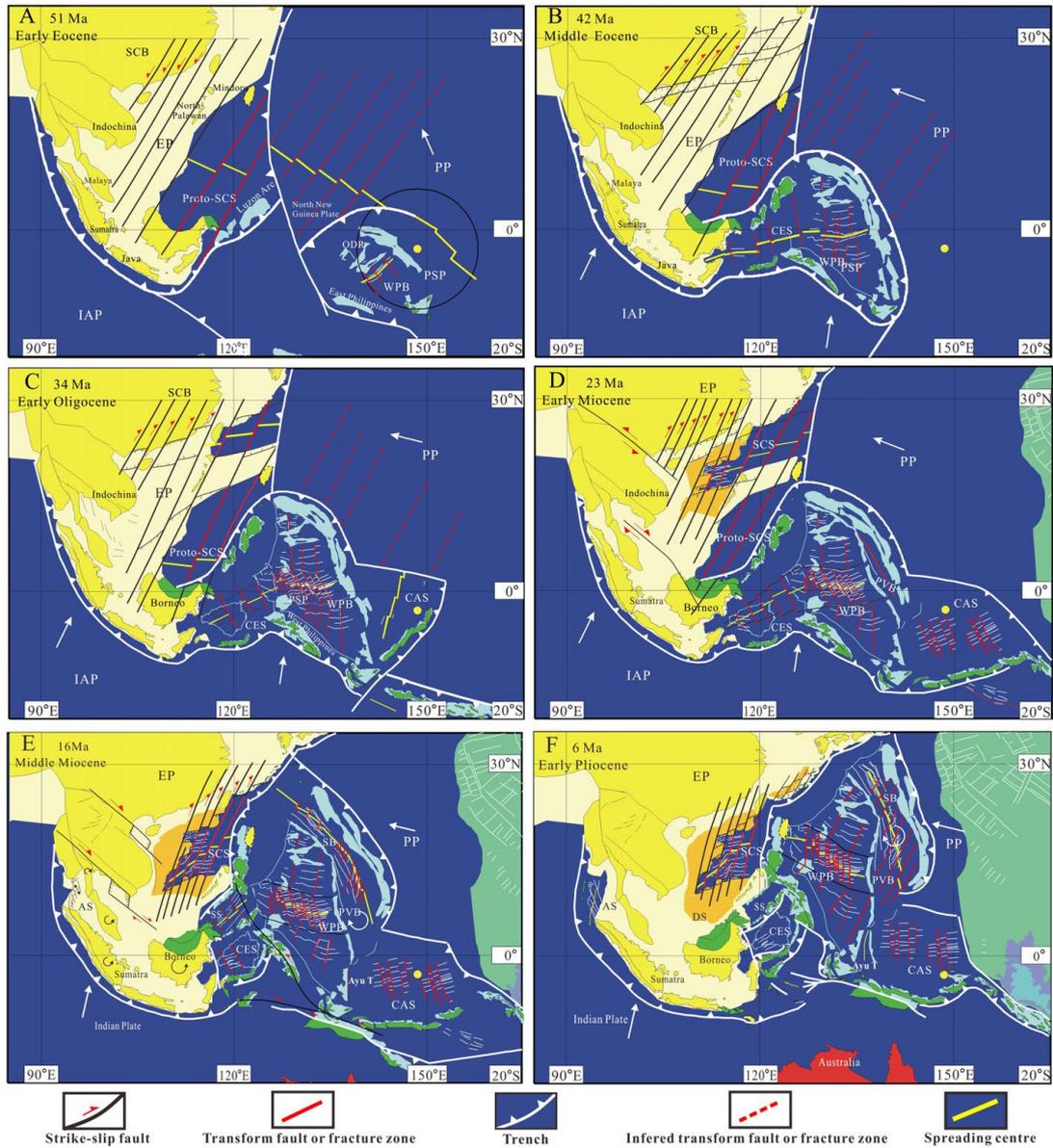


Figure 7. Revised plate reconstructions of Southeast Asia and the Pacific Plate in the Cenozoic (revised from Hall, 1996, 1997, 2002). IAP=India-Australia Plate; AS=Andaman Sea; Ayu T=Ayu Trough; DS=Dangerous Block; see Figure 1 for other abbreviations. Pacific Plate is shown in turquoise. Areas filled with green are mainly arc, ophiolitic and accreted material formed at plate margins. Areas filled in cyan and pale mauve are submarine arcs, and oceanic plateau. Pale yellow represents submarine parts of the Eurasian continental margins. Dark yellow represents deeper areas of the South China Sea. The red region represents Australia.

## (7) 西太平洋陆缘构造地貌与俯冲后撤

作为太平洋的一个活动陆缘，洋陆过渡带记录了晚中生代-现今的大多数的构造事件。将西太平洋和东亚陆缘之间的洋陆过渡带的形成可以划分为两个阶段：第一个阶段是中生代早期松辽盆地和渤海湾盆地形成导致活动构造事件向东南迁移，在新生代形成了东海和日本海。利用构造和地球物理分析方法对这个地区洋陆过渡带形成时期重要时期构造事件进行重建，提出深部过程对于洋陆过渡带的中-新生代表面动力地形的形成有直接的影响。最后通过比较这四个盆地内的地层、沉积和岩浆特点及通过重力异常、地幔层析成像、地壳和岩石圈厚度分析来揭示陆缘动力过程机制。得出结论是：松辽盆

地、渤海湾盆地、东海以及日本海在地貌特点和构造演化顺序上具有相似性。中-新生代构造地貌主要受到（古）太平洋俯冲后撤制约，构造向东迁移。

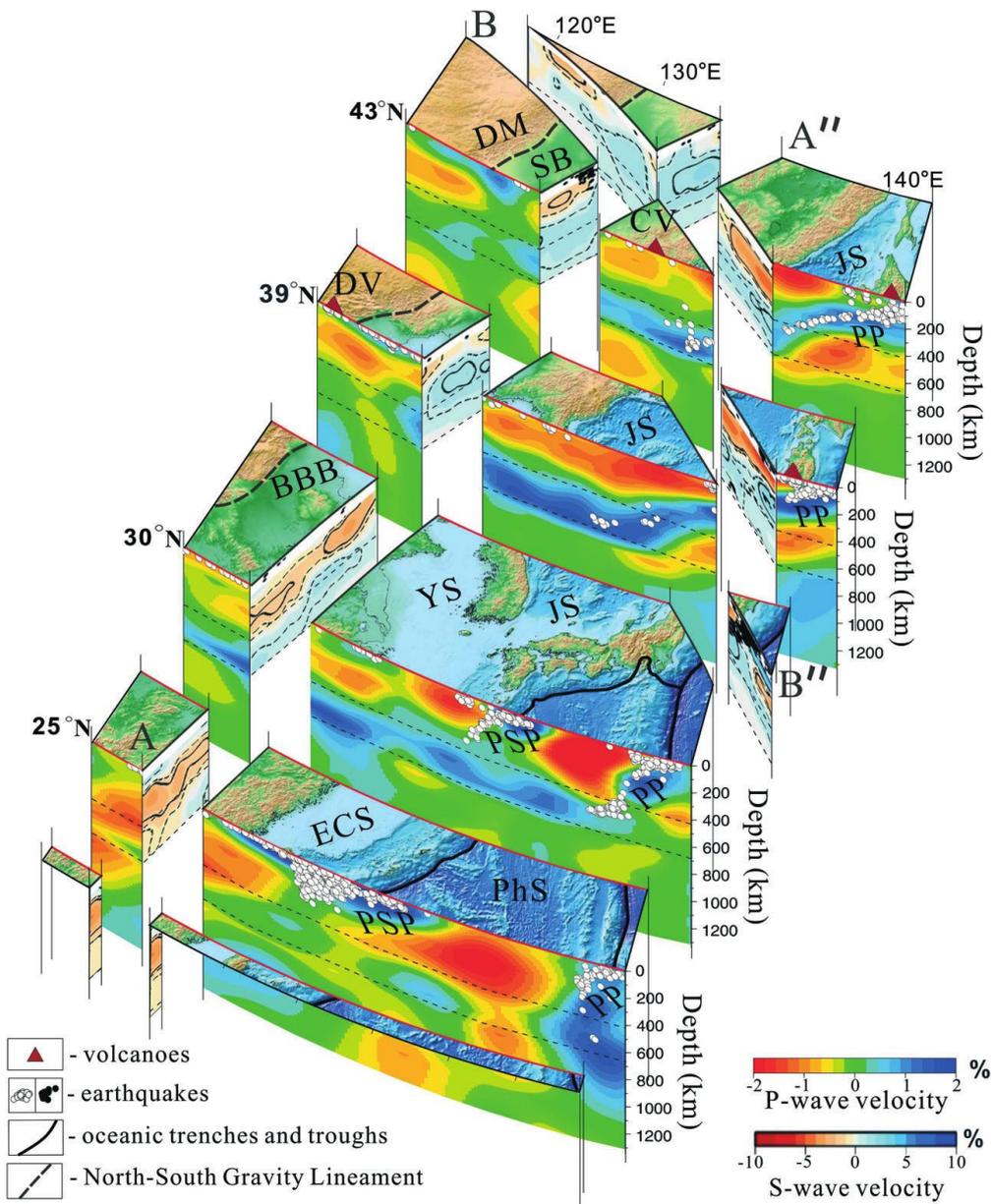


Figure 2. Schematic diagram of the mantle tomographic images in the Western Pacific Ocean and the East Asian Continent transition zone and its correlation with the Earth's surface topography (revised after Huang and Zhao, 2006; Pandey *et al.*, 2014). The 410- and 660-km discontinuities are shown by the parallel dashed black lines; white dots show the earthquakes that occurred within a 50-km width from each profile; black dots denote the relocated earthquakes within 100 km on either side of the profile; 25°E, 30°E, 39°E and 43°E (red lines) and AA'' and BB'' (brown lines) correspond to the vertical cross-section for P-wave and S-wave velocities perturbation, respectively. Colour scales indicate relative P-wave and S-wave velocities. Abbreviations: DM, Daxing'an Mountains; SB, Songliao Basin; CV, Changbaishan Volcano; JS, Japan Sea; PP, Pacific Plate; DV, Datong Volcano; BBB, Bohai Bay Basin; YS, Yellow Sea; PSP, Philippine Sea Plate; ECS, East China Sea; PhS, Philippine Sea.

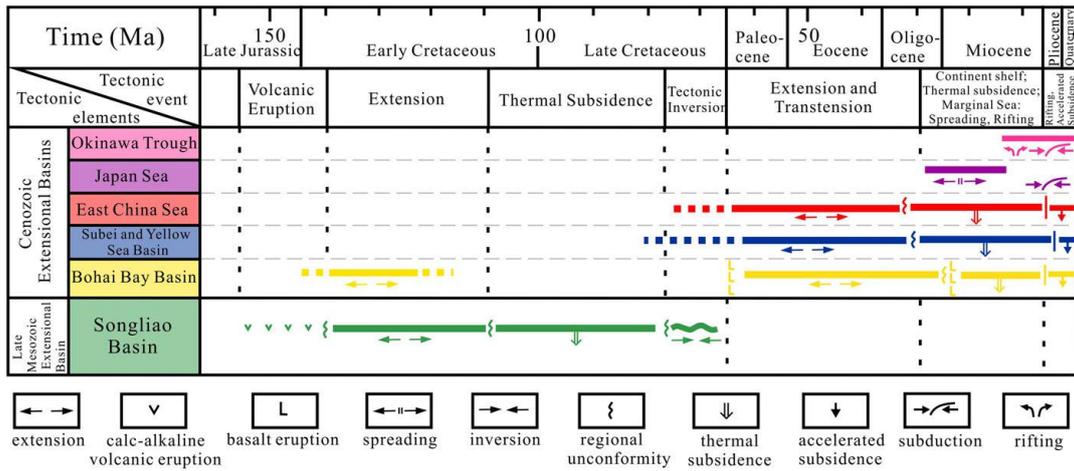


Figure 3. The temporal correlation of geodynamic processes occurring in the extensional basins of the Western Pacific and East Asian ocean-continent transition zone (revised after Ren *et al.*, 2002).

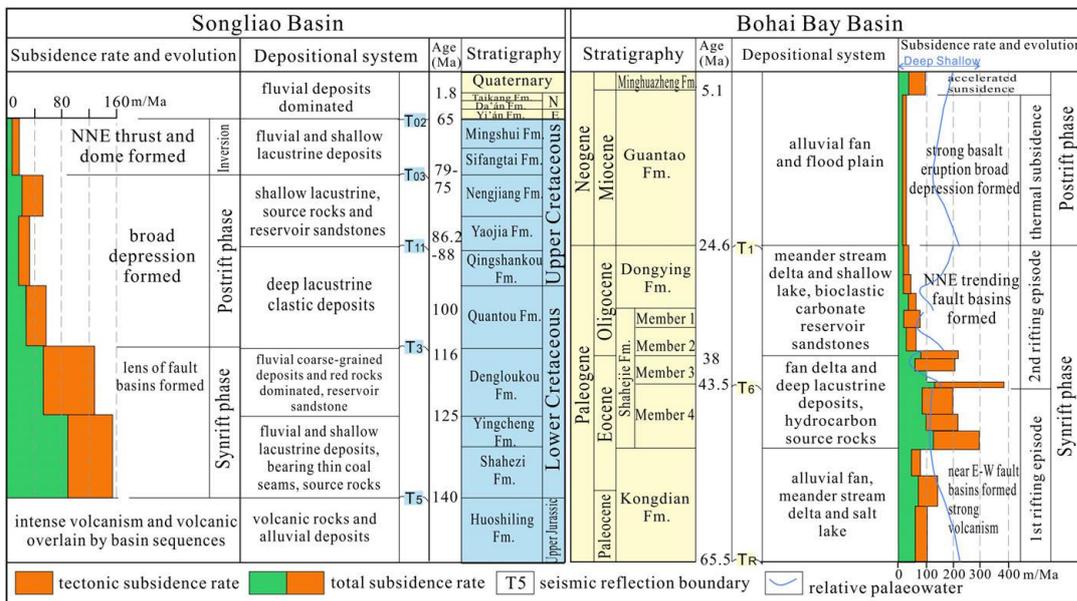


Figure 5. Sedimentary and subsidence features of the Songliao Basin and Bohai Bay Basin. Abbreviations: N, Neogene; E, Paleogene (revised after Ren *et al.*, 2002; Zhu *et al.*, 2013; Song *et al.*, 2015).

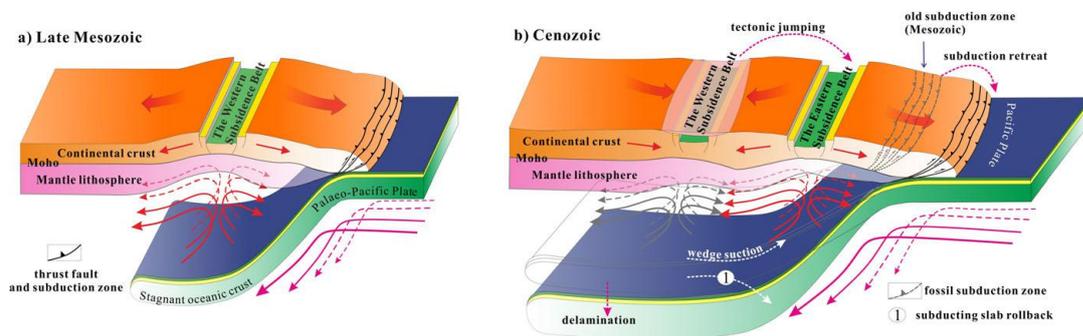


Figure 10. Mesozoic (a) and Cenozoic (b) tectonic models showing the connection or link between Earth surface processes of rifting, tectonic jumping and subsidence, and deep tectonic processes of subduction rollback, delamination, mantle upwelling and wedge suction.

## (8) 西太平洋洋陆过渡带现今应力场与地震灾害

西太平洋俯冲带是全球最为重要的地震带。这一俯冲带始终受到了欧亚板块、菲律

宾板块以及太平洋板块联合作用的影响。本文利用有限元数值模拟方法研究了现今太平洋板块 NW 向俯冲过程分别对日本俯冲带、吕宋-博曼俯冲带以及马里亚纳俯冲带构造应力场的影响。三维模型的构架是基于 Crustal 2.0 和区域地形数据，俯冲带俯冲界面的构建则主要基于已有的层析成像结果，模拟过程中考虑了地幔的粘弹性行为。本文的模拟结果显示在太平洋板块 NW 向俯冲过程中，俯冲带不同段落间具有不同的构造应力场分布特征：①大量的历史地震及区域应力场的集中区主要分布于日本俯冲带，这一特征主要受控于俯冲界面间的强耦合关系，而强耦合区很可能对应了海山、洋脊及海底高地地形在俯冲带内的发育位置。②少量的历史地震分布于吕宋-博曼俯冲带，而之一分布特征可能归因于太平洋俯冲板块与菲律宾上覆板块间俯冲接触界面面积的减少。③马里亚纳俯冲带显示了复杂的地震类型，这包括了正断型，走滑型及逆冲型地震。其中，逆冲型地震主要受控于板块的俯冲过程，而正断型地震则代表了太平洋板块的俯冲后撤过程，走滑型地震反映了太平洋板块的斜向俯冲。总之，西太平洋俯冲带上三个次一级俯冲带间构造应力场和历史地震分布上的差异，本文认为这不仅受控于俯冲界面的几何形态特征，还受控于海山的俯冲过程及海沟的走向。

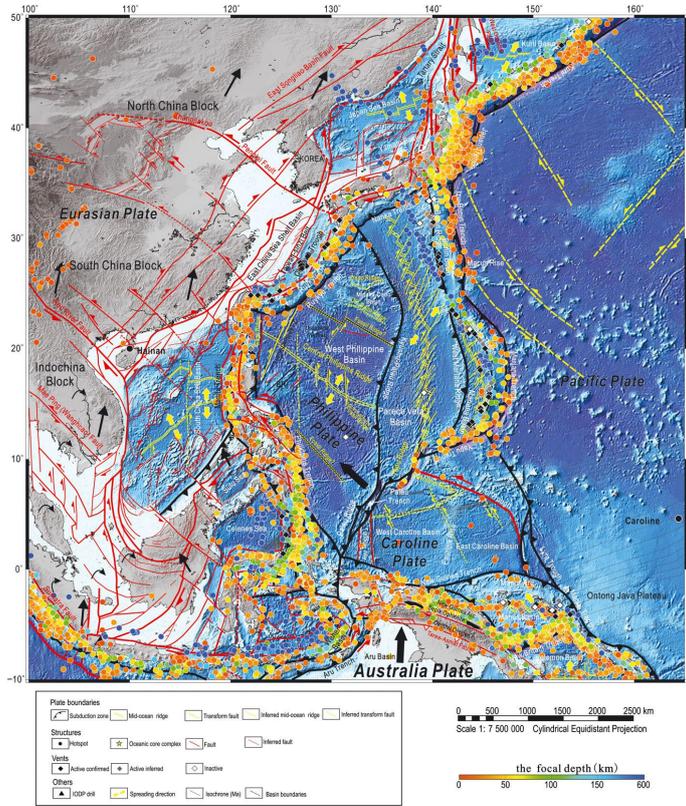


Figure 1. Tectonic units map of the Western Pacific Plate, the Philippine Sca Plate and the Eurasian Plate.

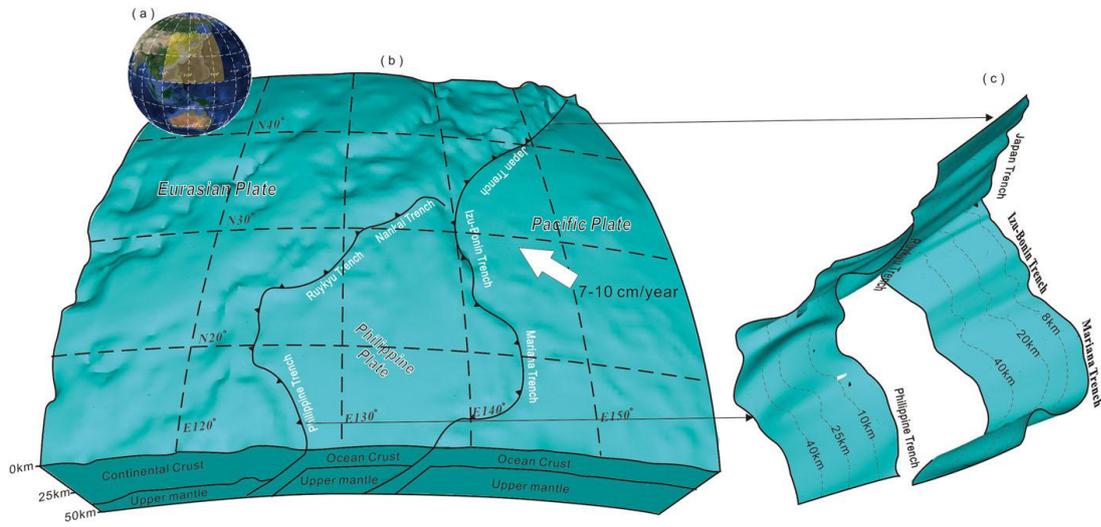


Figure 2. Geometry of the model and boundary conditions for the Western Pacific Plate. Figure (a) shows the tectonic position of our model in the world. Figure (c) shows the geometrical structure of the megathrust interface in the subduction systems related to the Western Pacific and Philippine Sea plates. In figure (b), white arrows depict the displacement direction of model boundary, and the value of displacement comes from measured result by GPS; black toothed lines depict the location of the main megathrust faults in the model.

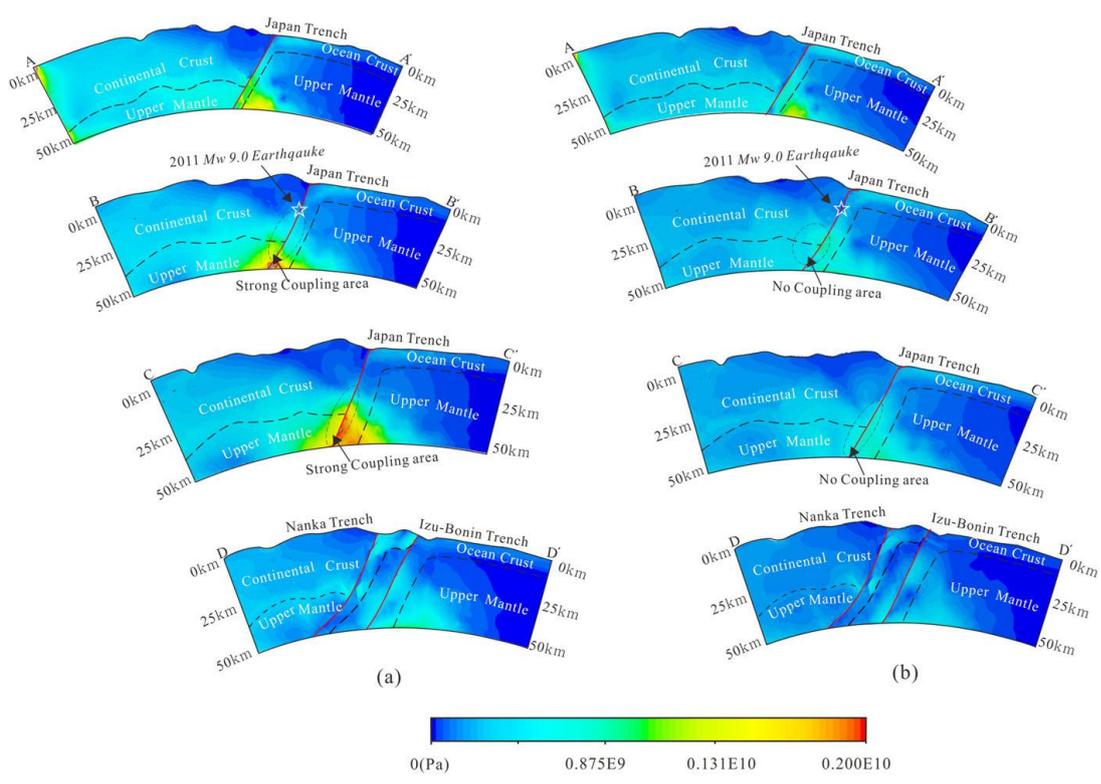


Figure 6. Comparison of stress distributions in the four profiles with strong coupling or weak coupling in the subducted seamount regions. Figure (a) shows stress distributions in the four profiles with strong coupling in the subducted seamount region, and location of the four profiles is shown in Figures 4a and 5b. Figure (b) shows stress distributions in the four profiles with weak coupling in the subducted seamount region, and location of the four profiles is shown in Figures 4b and 5d. In these figures, red line denotes the interfaces of the megathrusts between subducting and overriding plates; black-dashed ellipse indicates the location of the subducted seamount in the Japan Megathrust Zone; white star marks the location of the great 2011 Tohoku-oki Earthquake.

#### 4、 印度洋洋中脊构造-岩浆过程

##### (1) 基于重力反演的印度洋异常洋壳厚度

基于卫星重力数据反演的洋壳厚度是衡量洋中脊岩浆活动强度、构造和热液过程的重要参数。在假定地壳厚度均一的情况下，RMBA 剩余地幔布格重力异常（RMBA）反映洋壳厚度、洋壳和地幔密度的变化。在本文模型中，RMBA 可以划分为两部分：洋壳 RMBA 和地幔 RMBA；RMBA 的影响因素可以归纳为 4 个：洋壳厚度、地幔亏损程度、地幔温度和地幔孔隙度。洋壳厚度造成了洋壳 RMBA 的变化，地幔亏损程度、地幔温度和地幔孔隙度造成了地幔 RMBA 的变化。由于正常洋中脊初始熔融深度 < 80-100 km，在该深度范围内后三者影响因素在一定范围内波动，所以本模型只能揭示岩石圈深度 < 80-100 km 内的信息。5% 的地幔亏损可以造成 16 mGal 的重力异常、200℃ 的地幔温度可以造成 46 mGal 的重力异常、1% 的地幔孔隙度可以造成 6 mGal 的重力异常，在同一地区地幔温度和地幔亏损造成的重力值不可叠加，故以上 3 个因素对地幔造成的最大重力异常值不超过 46 mGal；若某区域的重力异常值大于 46 mGal，则必须考虑洋壳厚度对重力的影响。根据 RMBA 数值的计算结果，本文将印度洋的 RMBA 划分为 3 种类型：揭示厚洋壳的重力负区（ $RMBA < -46 \text{ mGal}$ ）、正常洋壳厚度的重力正常区域（ $-46 \text{ mGal} < RMBA < 46 \text{ mGal}$ ）和薄洋壳的重力正区（ $RMBA > 46 \text{ mGal}$ ）。重力负值区沿热点轨迹分布，与热点或地幔柱活动相关；重力正值区沿海洋核杂岩发育区、大型转换断层和三节点分布。

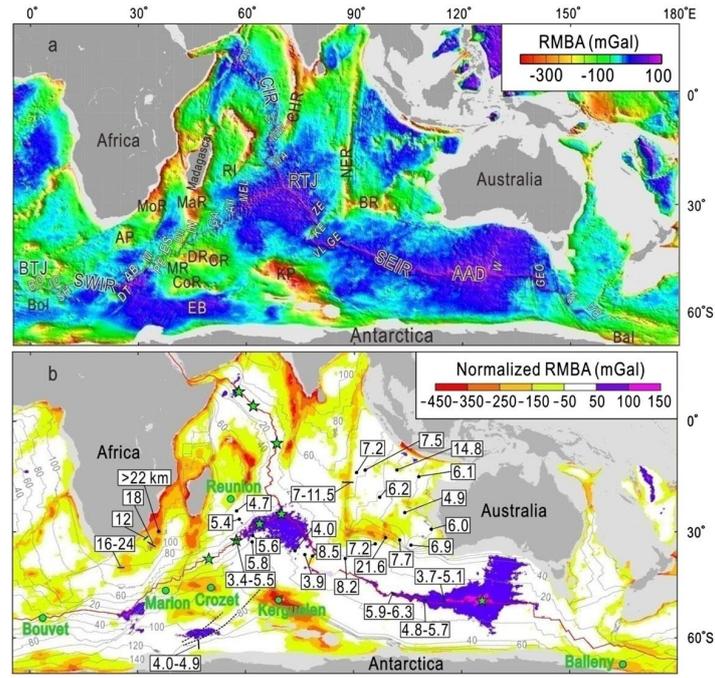


Figure 1. (a) RMBA of the Indian Ocean. Red solid lines are locations of mid-ocean ridges: SWIR, Southwest Indian Ridge; CIR, Central Indian Ridge; SEIR, Southeast Indian Ridge. Locations of special geological features are labelled as BTJ, Bouvet Triple Junction; RTJ, Rodriguez Triple Junction; MoR, Mozambique Ridge; AP, Agulhas Plateau; MaR, Madagascar Ridge; MR, Marion Rise; DR, Del Cano Rise; CR, Crozet Rise; CoR, Conrad Rise; KP, Kerguelen Plateau; EB, Enderby Basin; CHR, Chagos Ridge; BR, Broken Ridge; NER, Ninety East Ridge; AAD, Australian-Antarctic Discordance; RI, Réunion Island; BoI, Bouvet Island; Bal, Balleny Island. Names of FZs are labelled in white Italics: BO, Bouvet; IO, Iles Orcades; SH, Shaka; DT, Du Toit; AB, Andrew Bain; M, Marion; PE, Prince Edward; ES, Eric Simpson; DII, Discovery II; IN, Indomed; GA, Gallieni; AII, Atlantis II; MEL, McIrvine; MA, Mauritius; MW, Mahanoro Wilshaw; VI, Vityaz; OW, Owen; ZE, Zeeuwolf; KE, Kerguelen; VL, Vlamingh; GE, Geelvinck; W, Warringa; GEO, George; TA, Tasman; BA, Balleny. (b) Normalized RMBA of the Indian Ocean in our model. Thin grey lines are isochrones at 20 Ma intervals. Green solid circles show positions of hotspots or plumes. Green solid stars indicate positions of oceanic core complexes (OCCs). Black lines are locations of seismic profiles, and black solid circles are positions of DSDP sites, with revealed crustal thicknesses. Two seismic profiles and one DSDP site data in Mozambique Plateau are from Chetty and Green (1977). Crustal thicknesses of one seismic profile in Agulhas Plateau is analysed by Hales and Nation (1973). Crustal thicknesses of one seismic profile in southern Enderby Basin is analysed by Stagg *et al.* (2004). One seismic profile results are from Müller *et al.* (1997). Seismic profiles and DSDP sites data in and around Broken and Ninety East ridges are from Francis and Raitt (1967). Other information are from DSDP initial reports ([http://dcepsadrilling.org/i\\_reports.htm](http://dcepsadrilling.org/i_reports.htm)).

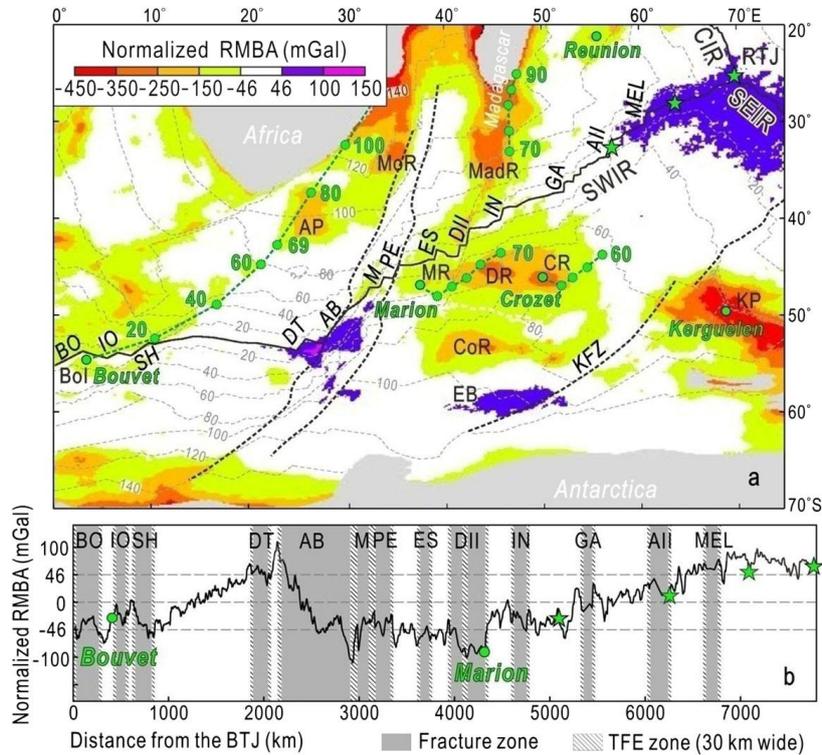


Figure 4. (a) Normalized RMBA of the Southwest Indian Ocean in our model. Green dashed lines are hotspot tracks. Green circles with dashed edges are old locations of hotspots. Tracks of the Bouvet Hotspot are calculated by Hartnady and le Roex (1985), and tracks of the Marion and Crozet hotspots are from Zhang *et al.* (2011). Black dashed lines are calculated tracks of fracture zones using finite reconstruction poles from Morgan (1982). (b) RMBA profile of the SWIR. Green circles and green stars are locations of hotspots and OCCs that are projected to SWIR. See Figure 1 for list of abbreviations.

## (2) 印度洋构造地貌特征和洋中脊跃迁

自晚白垩世初始张裂以来,印度洋分别在 80 Ma、60 Ma 和 40 Ma 发生了三次洋中脊跃迁事件,死亡的洋中脊影响了印度洋构造地貌格局。综合区域构造地貌、水深和重力等地球物理特征,本文在印度洋划分出四级构造地貌单元和四个生长期,探讨区域尺度洋盆或局部洋中脊的精细演化,为研究区域洋底演化研究提供一种新的划分原则。首先,从整个印度洋的扩张速率和构造地貌对称性出发,将印度洋划分为三个一级构造地貌单元:即西南印度洋洋盆(Southwest Indian Ocean, SWIO)、中印度洋洋盆(Central Indian Ocean, CIO)和东南印度洋洋盆(Southeast Indian Ocean, SEIO)。然后,基于不同洋中脊由于洋中脊跃迁导致的转换断层的走向突变,进一步划分为各个洋盆内部的二级构造地貌单元:洋壳年龄>80 Ma 的区域、80-60 Ma 洋壳区、60-40 Ma 洋壳区和 40-0 Ma 洋壳区。在二级构造单元中,根据特殊构造的位置和其所具有的的重力特征将印度洋划分为三级构造单元:重力负区以其所在的特殊构造命名,这些特殊构造单元均表现为热点或地幔柱,本文将印度洋的重力负区统一归结于印度洋在演化过程中洋中脊—热点相互作用的结果;重力正区以其所在的特殊构造(如海洋核杂岩等)命名。在某些特殊三级构造单元内部进一步划分出四级构造单元:重力值>46 mGal 的薄洋壳区和重力值<-46 mGal 的厚洋壳区。

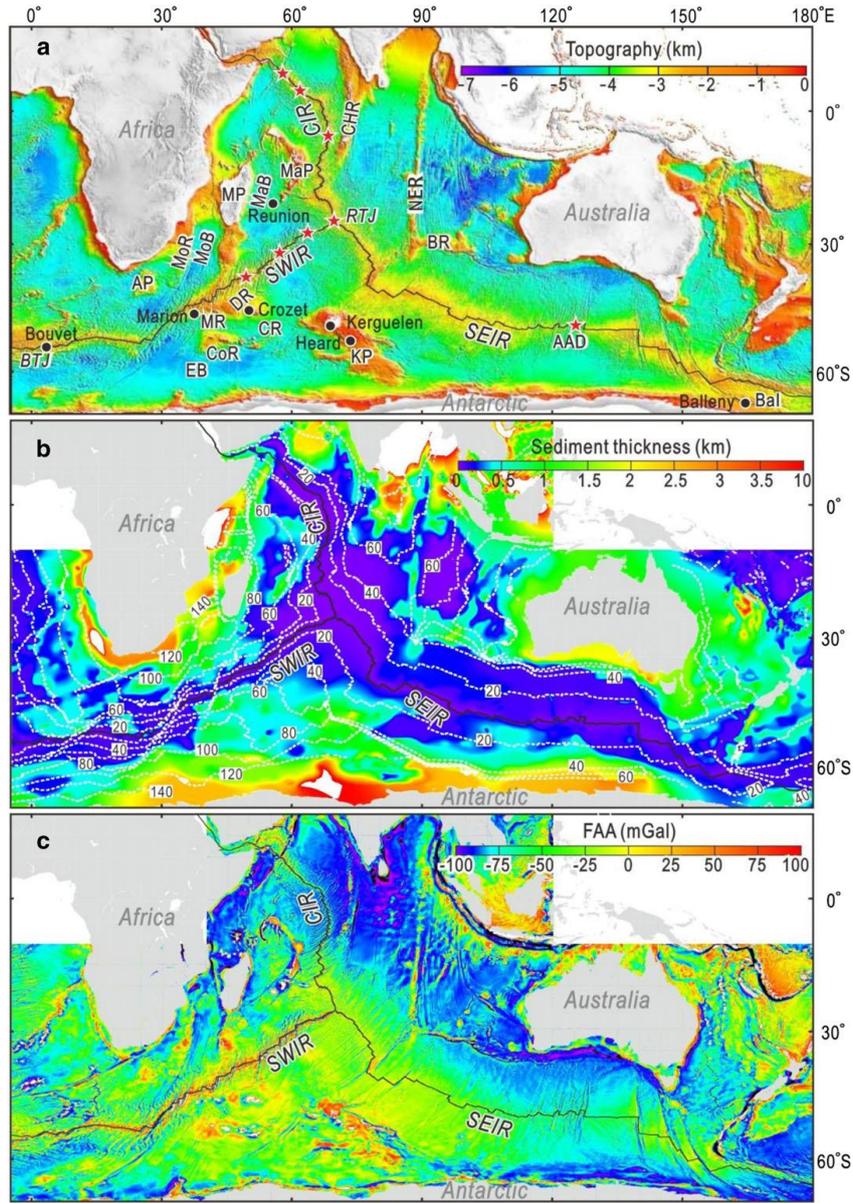


Figure 1. (a) Topography of the Indian Ocean. Black solid lines are locations of mid-ocean ridges: SWIR = Southwest Indian Ridge, CIR = Central Indian Ridge, SEIR = Southeast Indian Ridge. Locations of special geological features are labelled as follows: BTJ = Bouvet Triple Junction, RTJ = Rodriguez Triple Junction, MoR = Mozambique Ridge, MoB = Mozambique Basin, AP = Agulhas Plateau, MP = Madagascar Plateau, MaB = Macarene Basin, MaP = Macarene Plateau, MR = Marion Rise, DR = Del Cano Rise, CR = Crozet Rise, CoR = Conrad Rise, KP = Kerguelen Plateau, EB = Enderby Basin, CHR = Chagos Ridge, BR = Broken Ridge, NER = Ninety East Ridge, AAD = Australian–Antarctic Discordance, Bal = Balleny Island. Black solid circles show positions of hotspot or plumes. Red solid stars indicate positions of oceanic core complexes (OCCs). (b) Sediment thickness of the Indian Ocean. Dashed white lines are isochrones at 20-Ma intervals. (c) Free air gravity anomaly (FAA) of the Indian Ocean obtained from the 2' grid-spacing global database provided by the declassified Geosat and ESR-1 satellite altimetry (Sandwell and Smith, 2009). This figure is available in colour online at [wileyonlinelibrary.com/journal/gj](http://wileyonlinelibrary.com/journal/gj)

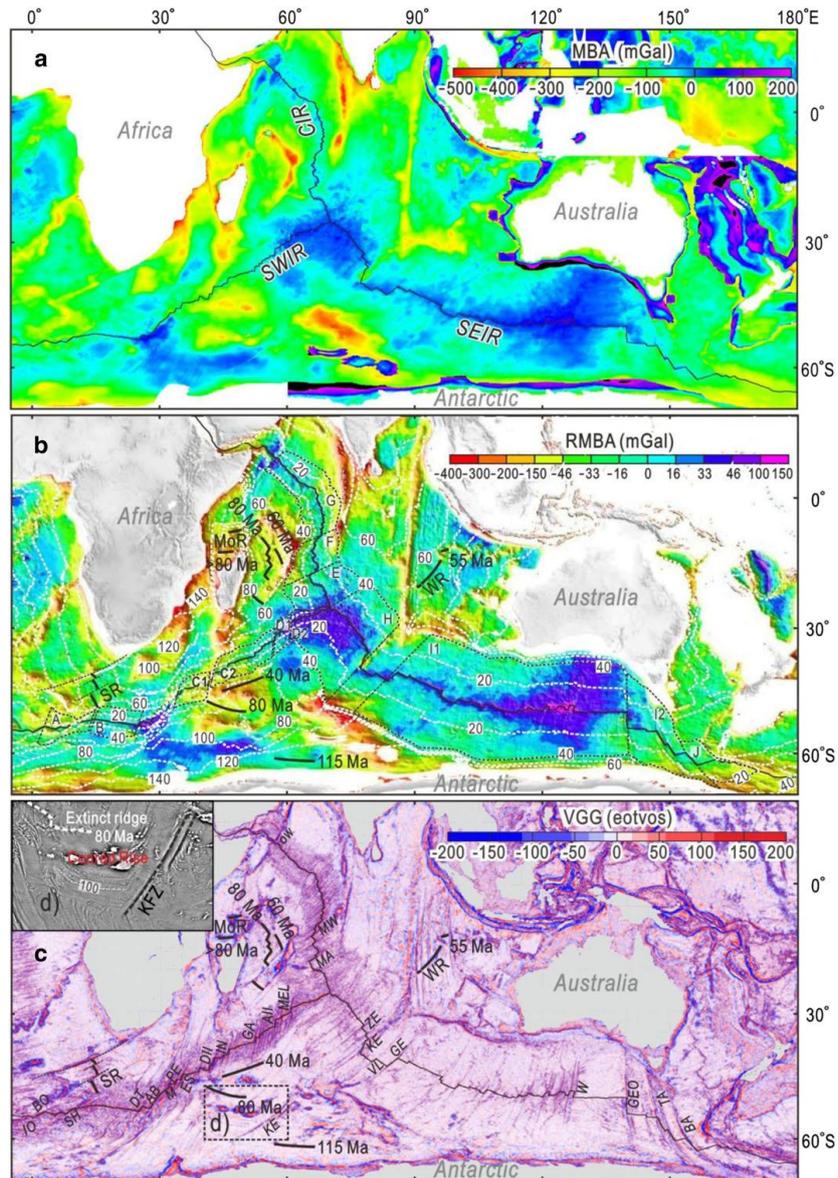


Figure 2. (a) Mantle Bouguer anomaly (MBA) of the Indian Ocean. (b) Residual mantle Bouguer anomaly (RMBA) of the Indian Ocean. Dashed black lines are boundaries of third-order morphotectonic units. Thick solid black lines are inferred extinct ridges. SR = Shaka Ridge, WR = Wharton Ridge, MOR = Mozambique Ridge. (c) Vertical gravity gradient (VGG) of the Indian Ocean obtained from the recently published global VGG data (Sandwell *et al.*, 2014). Names of FZs are labelled in italics: BO = Bouvet, IO = Islas Orcadas, SH = Shaka, DT = Du Toit, AB = Andrew Bain, M = Marion, PE = Prince Edward, ES = Eric Simpson, DII = Discovery II, IN = Indomed, GA = Gallieni, AII = Atlantis II, MEL = Melville, MA = Mauritius, MW = Mahanoro Wilshaw, VI = Vityaz, OW = Owen, ZE = Zee wolf, KE = Kerguelen, VL = Vlamingh, GE = Geelvinck, W = Warringa, GEO = George, TA = Tasman, and BA = Balleny. Thick solid black lines are inferred extinct ridges. SR = Shaka Ridge, WR = Wharton Ridge, MOR = Mozambique Ridge. (d) An extinct ridge of 80 Ma to the north of the Conrad Rise and the Kerguelen Fracture Zone (KFZ) inferred from the VGG data. This figure is available in colour online at [wileyonlinelibrary.com/journal/gj](http://wileyonlinelibrary.com/journal/gj)

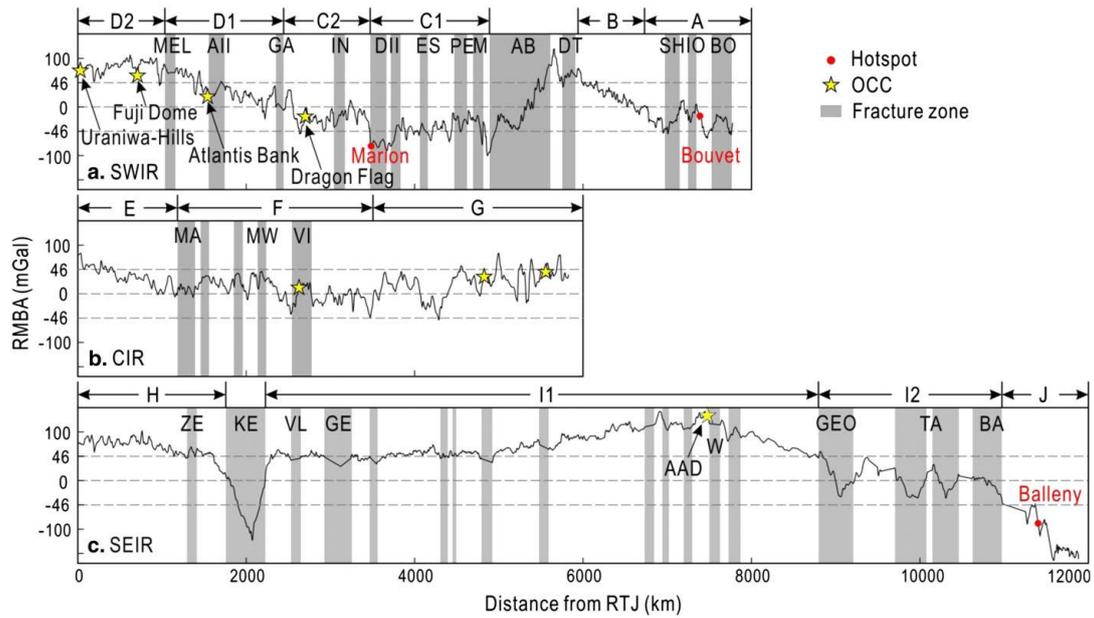


Figure 3. RMBA profiles of the Indian Ocean ridges. Red circles and yellow stars are locations of hotspots and OCCs that are projected to the Indian Ocean ridges, respectively. See Figure 1 for list of abbreviations. This figure is available in colour online at [wileyonlinelibrary.com/journal/gj](http://wileyonlinelibrary.com/journal/gj)

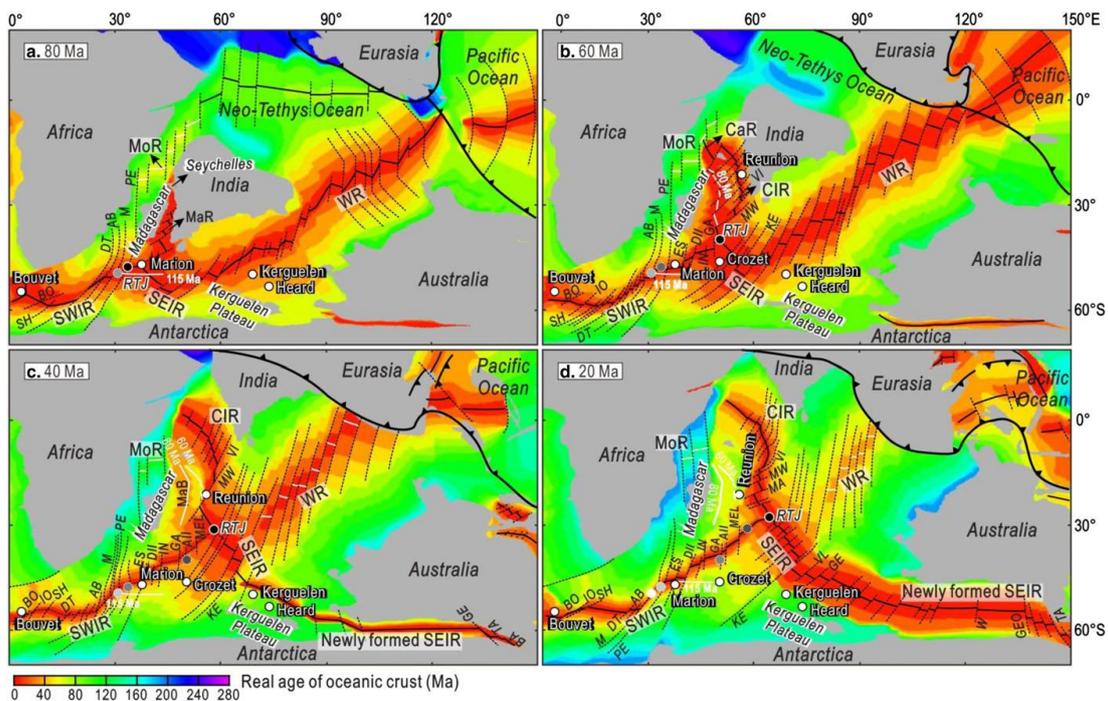


Figure 4. Regional palaeo-ages of the Indian Ocean crust since 80 Ma (data from Müller *et al.*, 2008). White lines are locations of extinct ridges. White circles are present-day locations of hotspots or plumes. Black circles are present-day locations of RTJ, and grey circles are old locations of old RTJ. This figure is available in colour online at [wileyonlinelibrary.com/journal/gj](http://wileyonlinelibrary.com/journal/gj)

### (3) 全球 Dupal 异常成因机制研究

三十多年前, Dupal 异常久已经被提出, 并引起了广泛的讨论。本文通过全球 10000 多条 Sr-Nd-Pb 同位素数据分析, 圈定了 Dupal 异常分布范围, 并将其根据同位素特征及成因机制分为三大类, 分别分布在不同的区域。东亚大陆边缘俯冲带内测的 Dupal 异常成因与 EMII 型地幔有关, 可能起源于俯冲板块或者大陆地幔的在循环作用。高 U 地

幔和 EMI 地幔端元是太平洋区域 Dupal 异常的成因，这可能与超级地幔柱有关。然而，印度洋区域和南大西洋区域的 Dupal 异常与 EMI 和 EMII 相关，这可能起源于非洲超级地幔柱和 Gondwana 超大陆俯冲的地幔和大陆有关。在综合上述所有因素的基础上，我们认为起源于核-幔边界的超级地幔柱和在循环的板片及大陆地幔是全球 Dupal 异常成因的主要机制。

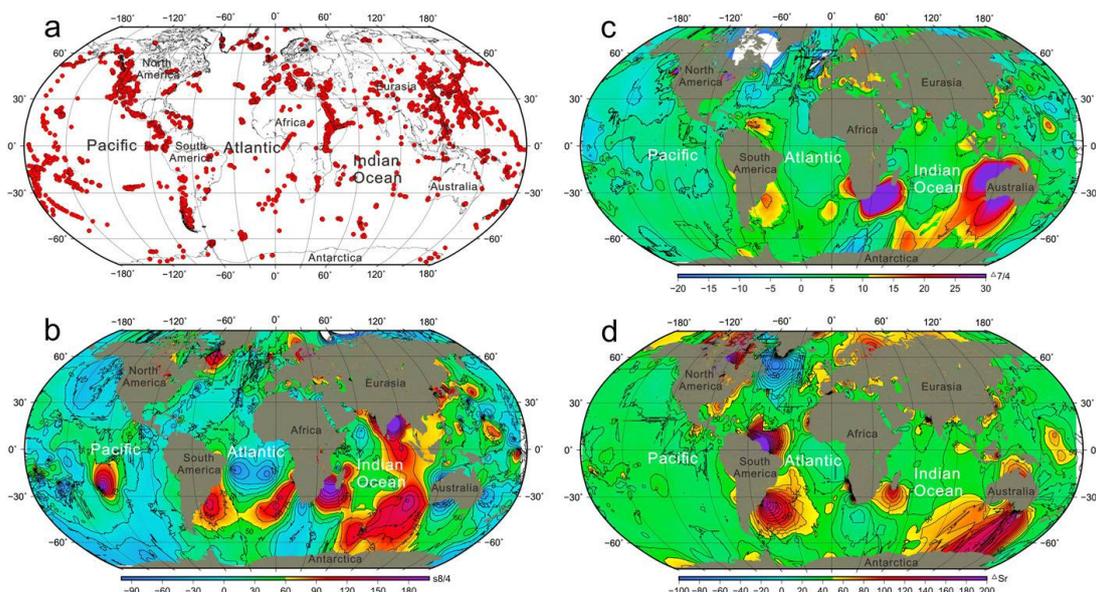


Figure 1. The distribution of the Dupal anomaly in today's oceans.  $\{\Delta 7/4 = [(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) \text{ DS} - (^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) \text{ NHRL}] * 100; \Delta 8/4 = [(^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) \text{ DS} - (^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}) \text{ NHRL}] * 100; \Delta \text{Sr} = [(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}) \text{ DS} - 0.7] * 104$ ; data source: EarthChem and Georoc}. This figure is available in colour online at [wileyonlinelibrary.com/journal/gj](http://wileyonlinelibrary.com/journal/gj)

#### (4) 太平洋大火成岩省与洋盆演化

海底具有泄漏性是因为在海底扩张的过程中形成了大量的断层、裂隙以及节理。同时在后期海底冷却、海底热液活动及岩脉充填过程中这些裂隙又会关闭。因此这些洋壳的裂缝开启-闭合机制对于理解其机制、动力和演化过程是及其重要的。IODP 324 航次取得的岩心和测井数据揭示了 Shatsky 洋隆作为西北太平洋的洋底高原，发育了大量的节理和裂隙。我们利用 FMS 对这些节理原始的倾角及倾向进行了重建，并且通过 FMS 微型构造仪器分析了 U1347A, U1348A 和 U1349A 钻孔中的节理倾向和纤维状固体包裹体分布。基于其中发现的矿物组合的分布规律发现存在两种类型的裂隙：非纤维状和纤维状。一般的，所取的样品是包含连续纤维状包裹体的碎片并平行于岩脉分布的带，带中纤维体生长位移轨迹与岩脉呈高角度相交。利用这种岩脉带和纤维包裹体的切割关系可以断定包裹体带能够简单的反映裂隙开启-闭合的间隔时间。在这些岩脉中，利用包裹体可以充分的判断裂隙的开启-闭合机制。另外一个解释裂隙的开启-闭合过程中能

够形成固体包裹体的证据是，生长在玄武岩中的磁晶体中的包裹体带。依据洋中脊的打开和扩张的方向来看，这些包裹体在被卷入的过程中并未发生形变，并且在连续的晶体纤维中记录了简单的位移场可以用来判断海底打开方向。基于岩脉中固体包裹体的分布可以推测在构造后期岩脉仍然在不断生长。这些包裹体的形成于裂隙封闭时和因结晶作用和洋中脊伸张作用产生的少数岩墙，因其界面上具有的稳定吸附作用。基于上面两条证据，我们认为 Tamu 海丘的形成与磁条带揭示的海底扩张历史是一致的，有可能伴随着与地幔柱头部的相互作用。相反的，Ori 海丘远离洋中脊没有特定的应力场作用，推测是洋中脊和地幔柱尾部相互作用的结果。

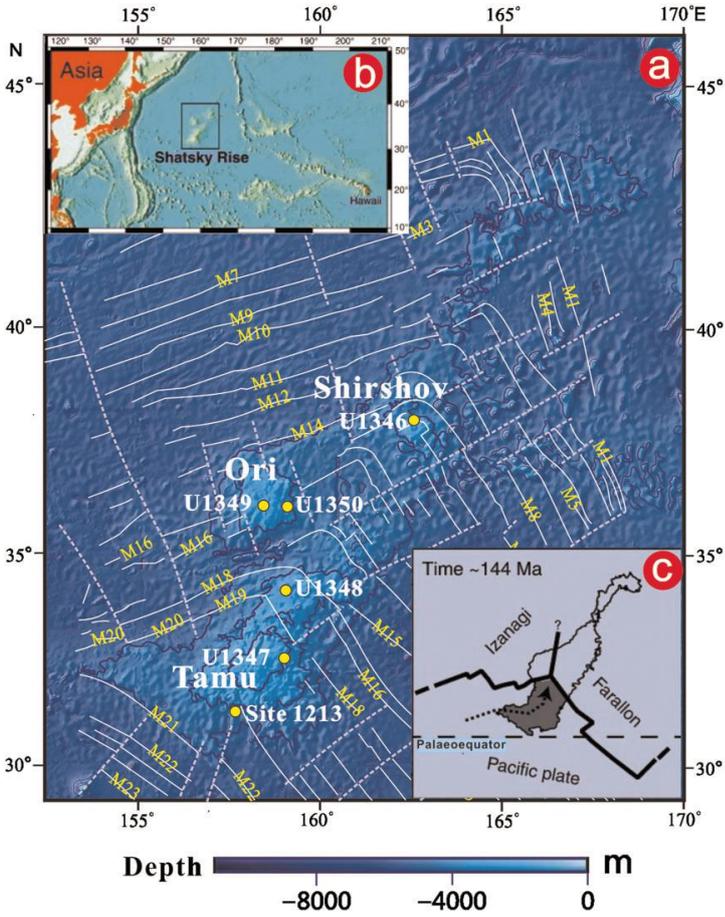


Figure 1. Magnetic lineations and locations of drilling holes of Shatsky Rise of IODP 324 Cruise (inset maps of b, c after Heydolph *et al.*, 2014).

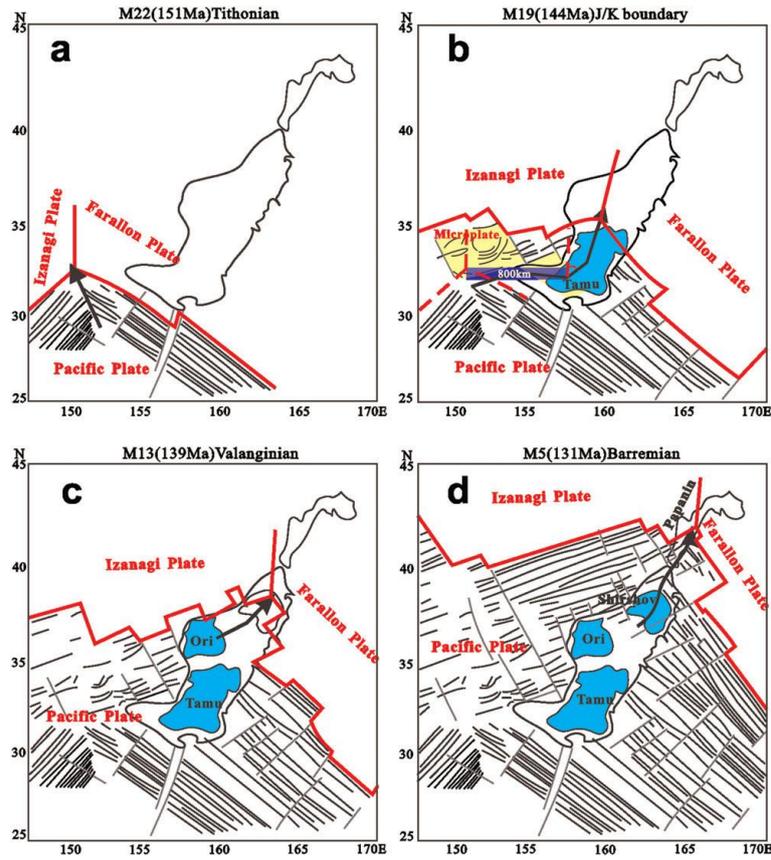


Figure 2. Tectonic evolution of the Shatsky Rise (massifs in blue) and its adjacent ocean (Sager *et al.*, 2010b). Black line represents lineation at a given time, grey line represents transform fault perpendicular to lineations, red line represents mid-ocean ridges composed of the triple junction, and black arrow represents jump trajectory of triple junction. Yellow area in Pacific Plate (Fig. 2b) represents one oceanic microplate. a, 151 Ma; b, 144 Ma; c, 139 Ma; d, 131 Ma.

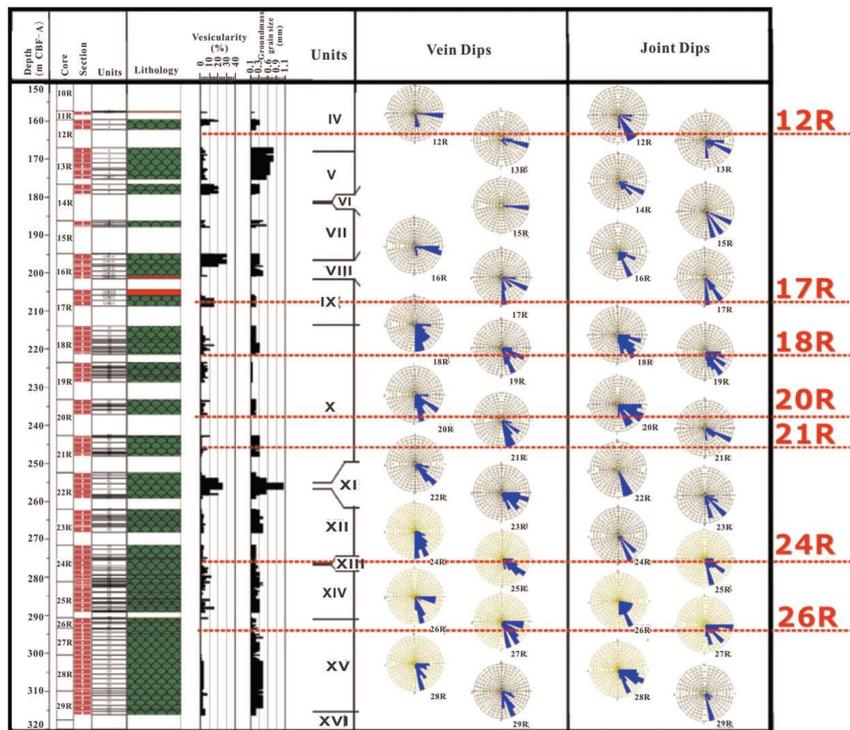


Figure 3. Comparative diagram between dips of joints and veins, and vesicularity and groundmass grain size in Hole U1347A (IODP Expedition 324 Scientific Party, 2010). Green, pillow basalt; brown, recovered core section; black histograms showing the numbers of vesicularity and groundmass grain size; rose diagrams showing the dips of joints and veins.

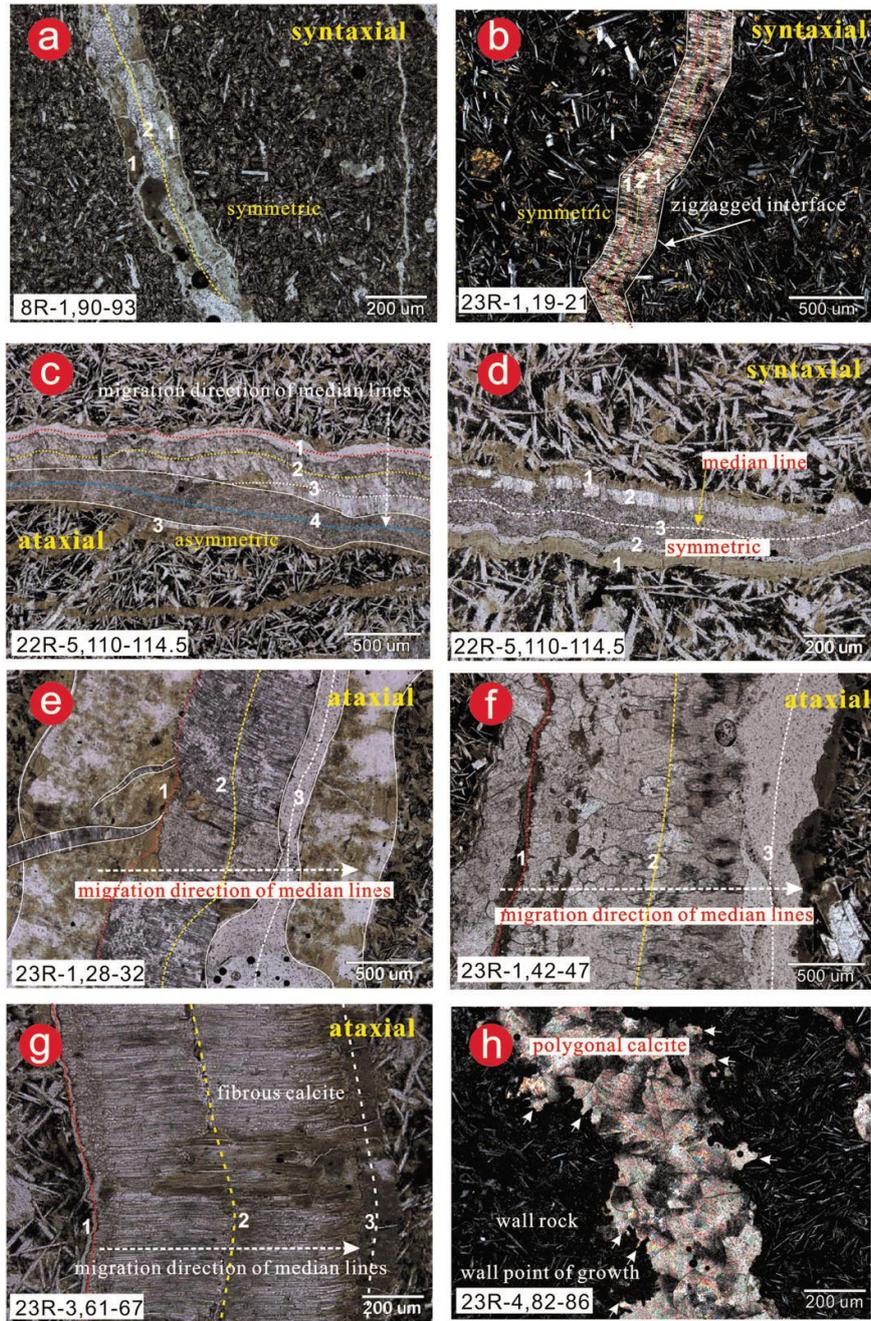


Figure 9. Photomicrographs of veins (a–h) in Hole U1350A cores with depths for each sample in metres (see Table 1). Numbering of the median lines is a growth sequence of fibrous veins: red (1), yellow (2), white (3), and yellow (4). All photomicrographs are in cross-polarized light.

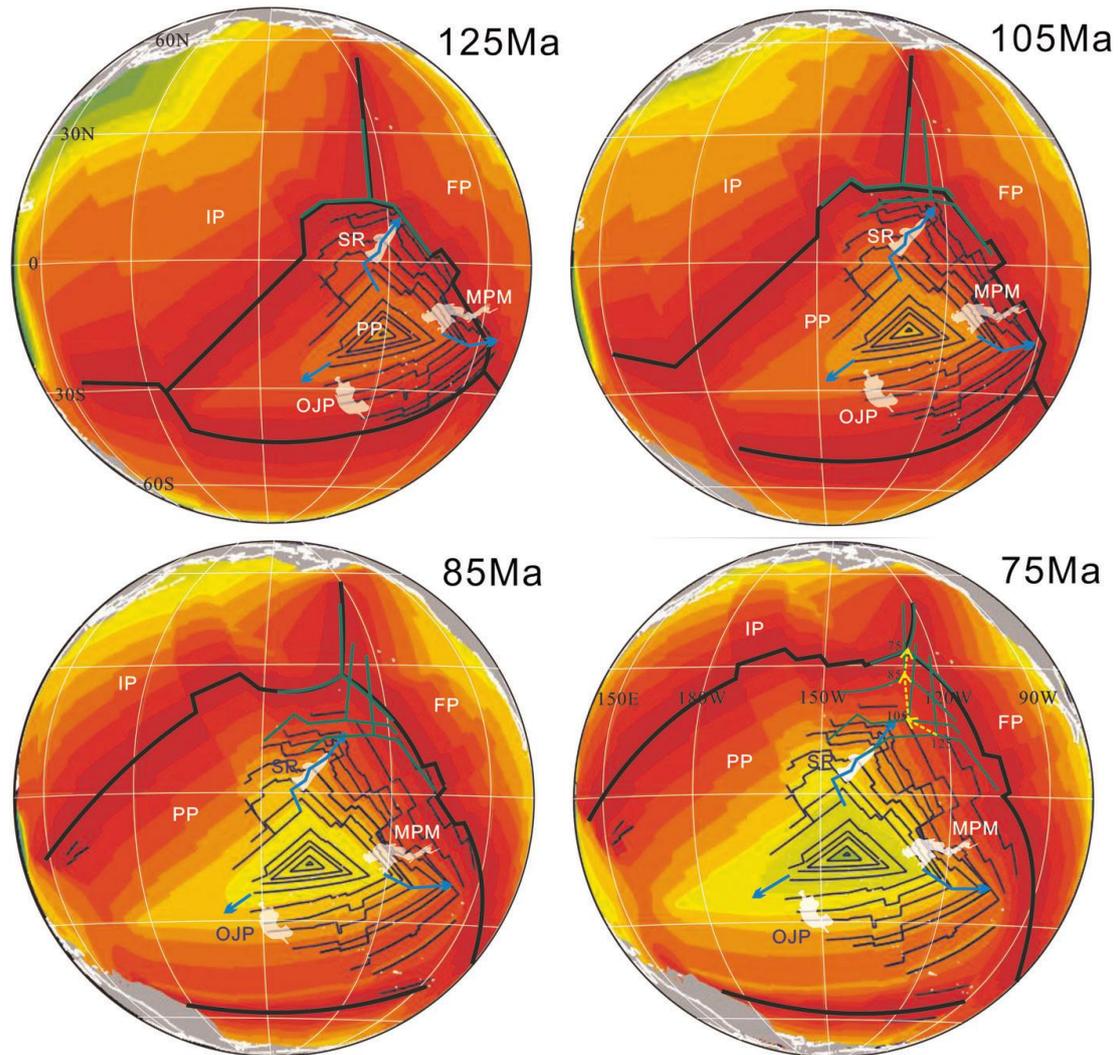


Figure 10. Plate reconstruction of the Pacific Ocean at 125 Ma, 105 Ma, 85 Ma and 75 Ma, showing the various locations of the Shatsky Rise and the Pacific Plate motion senses. Coarse solid black line represents mid-ocean ridge; fine solid black line represents magnetic lineation; green line represents the triple junction; blue lines represent the migration pathways during the formation of the rise; yellow line represents the migration direction of Pacific-Farallon-Izanagi triple junction; SR, Shatsky Rise; OJP, Ontong Java Plateau; MPM, Middle Pacific Mountain. IP, Izanagi Plate; FP, Farallon Plate; PP, Pacific Plate.

## 5、原特提斯洋演化与超大陆重建

早古生代东亚原特提斯洋演化是探索 Pangea 聚合过程和机制的重要背景和前提。通过对中国中部的中央造山带、青藏南缘的调查研究，对早古生代东亚原特提斯洋-陆格局与演化提出以下几点新认识：①系统界定了早古生代宽坪缝合线展布，确定并提出它是中国中央造山带中的第三条缝合线；②提出原特提斯主洋盆北部边界是随时间变迁的，早古生代位于北部的宽坪洋，中古生代向南跃迁为商丹洋；中古生代末两者变成一条线性展布的构造带，宽坪洋在西侧，向南俯冲消减并最终闭合，而不是长期以来认为的向北俯冲；商丹洋在东段，持续残留到晚古生代末才消减闭合；③极大地丰富了原特提斯南界记录，明确厘定并提出原特提斯南界为龙木错-双湖-昌宁-孟连带，早古生代发



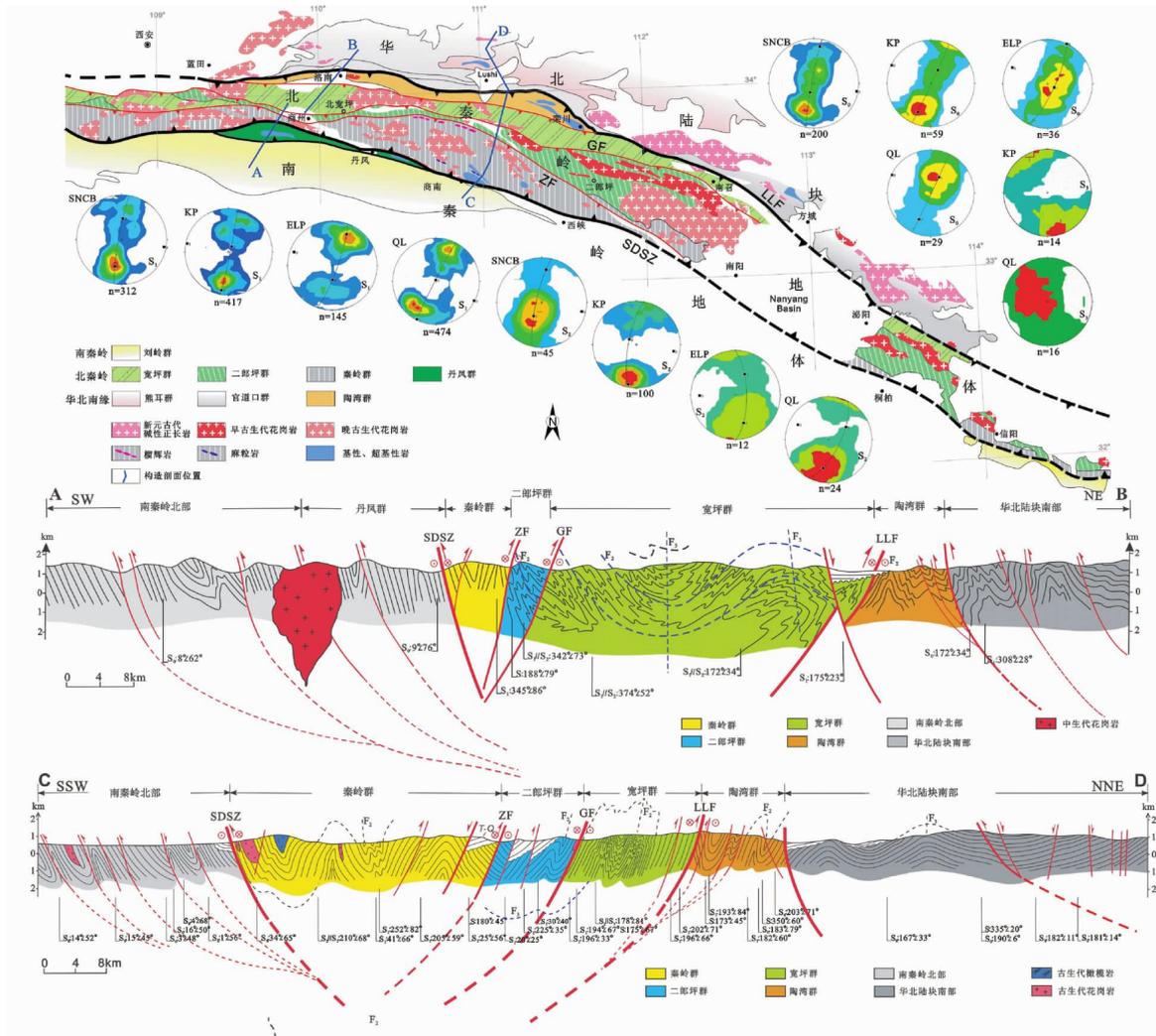


图2 北秦岭构造带单元划分和不同时代岩体分布(据 Zhao *et al.*, 2015)

新元古代碱性正长岩皆位于古洛南-栾川断裂以北,侵入华北南缘的官道口群,剖面揭示原特提斯洋早古生代的向南俯冲极性

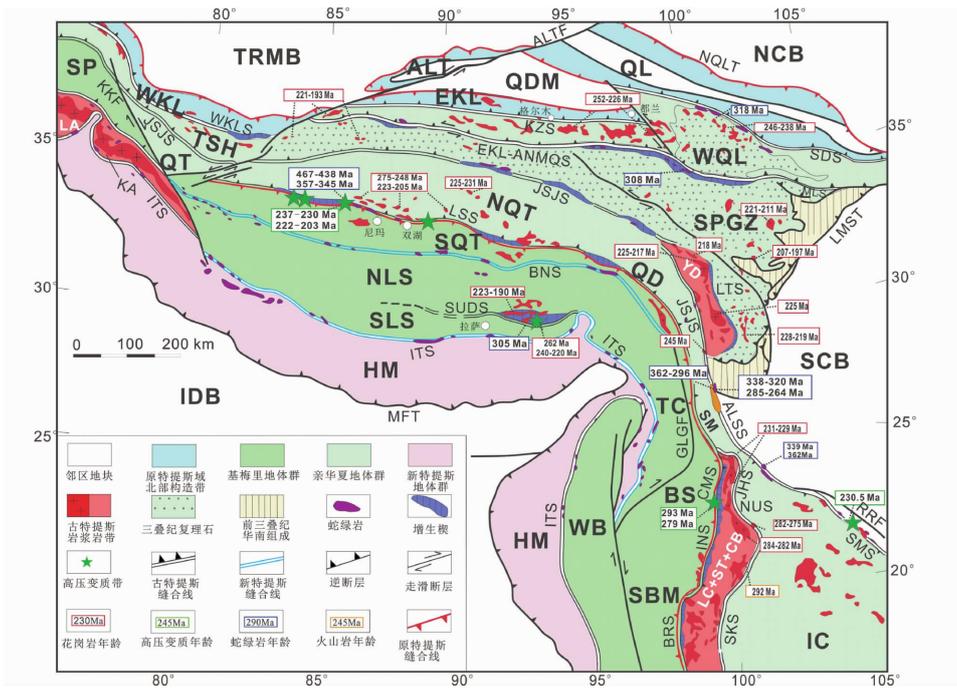


图5 可能的原特提斯域南界与古特提斯域龙木措-双湖-昌宁-孟连缝合线重合(年龄统计和底图据 Xu *et al.*, 2015)  
 地块或地体: NCB-华北陆块; SCB-华南陆块; TRMB-塔里木陆块; IDB-印度陆块; WQL-西秦岭地体; EKL-东昆仑地体; QDM-柴达木地体; QL-祁连山地体; ALT-阿尔金地体; WKL-西昆仑地体; SPGZ-松潘-甘孜地体; NQT-QD-SM-IC-北羌塘-羌多-思茅-印支地体; SQT-BS-SBM-南羌塘-保山-滇缅马苏地体; NLS-北拉萨地体; SLS-南拉萨地体; TC-腾冲地体; TSH-甜水海地体; WB-西辅地体; HM-喜马拉雅地体. 缝合线: SDS-丹凤缝合线; KZS-昆中缝合线; MLS-勉略缝合线; EKL-ANMQS-东昆仑-阿尼玛卿缝合线; WKLs-西昆仑缝合线; LTS-理塘缝合线; JSJS-ALS-SMS-金沙江-哀牢山-马江缝合线; LSS-CMS - INS-BRS-龙木措-双湖-昌宁-孟连-Inthanon-缅甸缝合线; JHS-NUS-SKS-景湖- Nan Uttaradii-Sra Kaeo 缝合线; BNS-班公湖-怒江缝合线; SQH-JLS-狮泉河-嘉黎缝合线; SDS-松多缝合线; ITS-印度斯-藏布缝合线. 岛弧型地体: BHDA-Bulhanbuda 岛弧地体; YD-义敦岛弧地体; LC-ST-CBA-临沧-Sukhothai-Chanthaburi 岛弧地体; KA- Kohistan 岛弧地体; LA- Ladakh 岛弧地体. 断裂: ALTF-阿尔金断裂; NQLT-北祁连逆冲断裂; LMST-龙门山逆冲断裂; RRF-红河断裂; KKF-喀喇昆仑断裂; MFT-主前缘断裂; SCF-实皆断裂; CLGF-高黎贡断裂

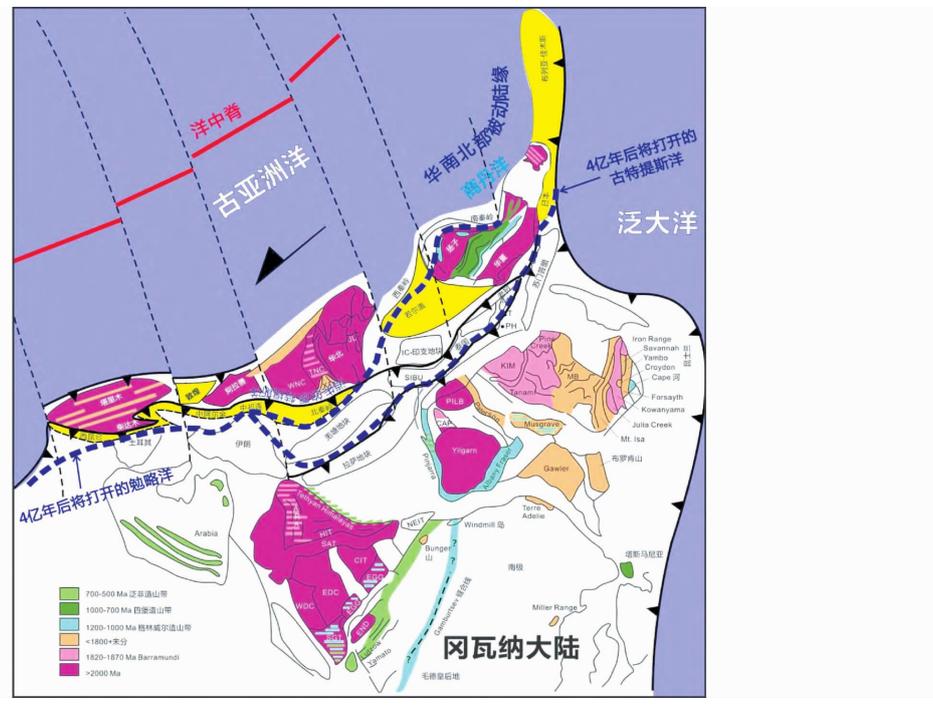


图4 大华南陆块在早古生代 450 ~ 400Ma 全球构造格架最可能的状态(据李三忠等, 2016c 修改)  
 ARA-阿拉瓦利-德里; CIT-印度中央地体; EDC-达尔东部克拉通; EGC-高止东部麻粒岩; END-恩德比地; IC-印支地体; JL-胶-辽-吉带; KIM-金伯利; M-马来西亚半岛(西); MB-麦克阿瑟盆地; NEIT-印度东北地体; PH-普吉岛, 泰国南部; SAT-萨特布拉; SIBU-滇缅马苏地体; T-达鲁岛, 泰国南部; TNC-华北中部带; WDC-达尔西部克拉通; WNC-华北西部地体; XI-熊耳

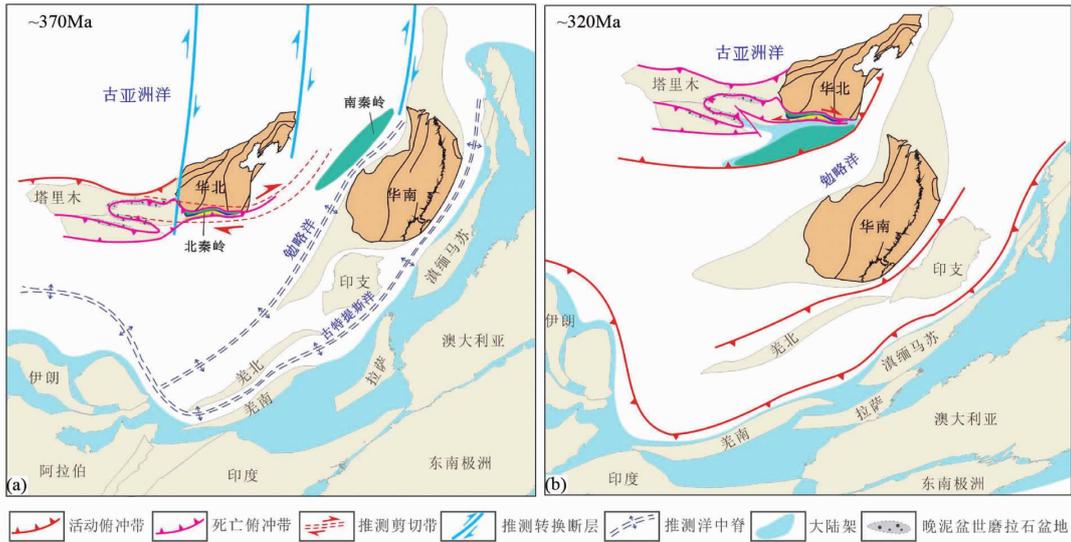


图7 东亚陆块/微陆块晚古生代拼合过程

(a) 勉略洋和古特提斯洋打开, 多陆块沿转换断层向北运动, 在华北陆块与大华南陆块间形成右行剪切活动; (b) 华北陆块与南秦岭微陆块呈东早西晚的剪刀式拼合, 导致北秦岭微陆块向西挤出, 洛南-栾川和商丹剪切带分别表现为右行和左行走滑运动

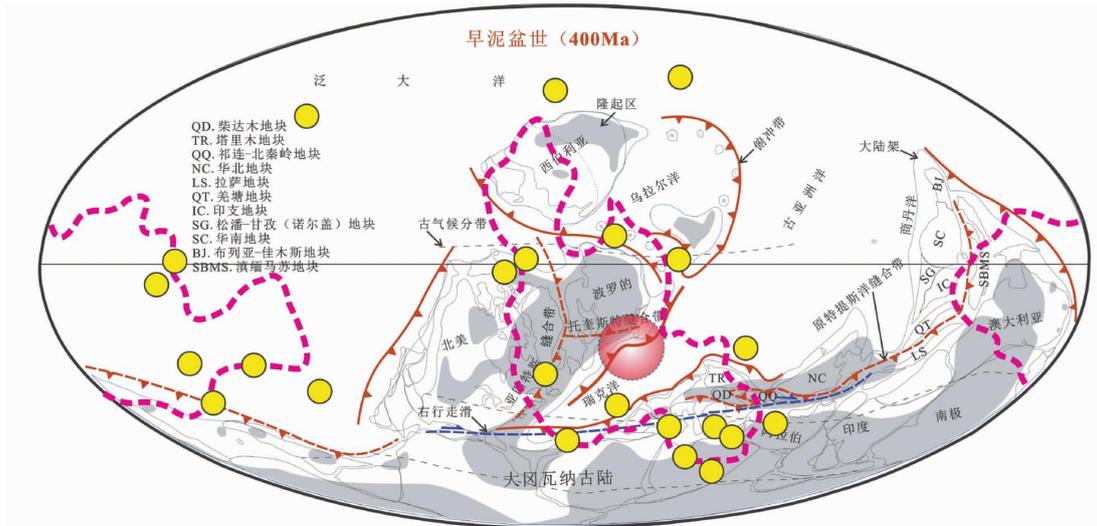


图5 东亚陆块/微陆块早古生代聚合的可能机制(主要块体基于 Boucot *et al.*, 2009 的重建) 灰色区域为古隆起区, 其余说明见图4

### 三、海底能源探测与信息技术

#### 1、地震全波形层析成像与地震资料处理新方法

##### (1) 基于透射波能量梯度预处理的井约束全波形反演方法

数学上建立起 **Hessian** 矩阵与透射波能量之间的关系，推导了基于透射波能量的梯度预处理计算公式；深入讨论了拟空间域一阶应力-速度声波方程组的原理，并推导了拟空间域声波方程高阶交错网格有限差分格式，实现了高精度的拟空间域声波方程有限差分方法的近似透射波场延拓；建立了基于钻井数据正则化的全波形反演目标函数和梯度计算公式，并通过模型数据反演测试优化了正则化系数；实现了南黄海某测线的全波形反演（如图 2.1 所示）

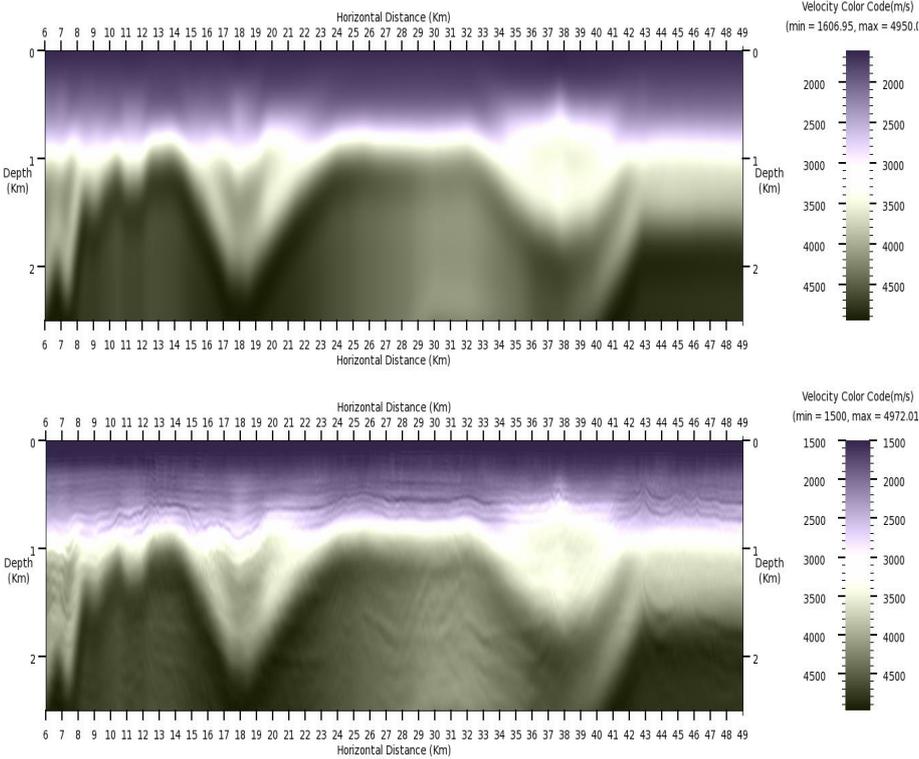


图 3.1 上图：初始速度模型。下图：反演结果

(2) 波形层析成像方法

针对波形反演存在的周期跳跃、初始模型问题，对地震波形进行不同时窗的积分处理，用积分后的数据层析反演速度模型，初步实验结果表明了该方法的有效性和潜力。用理论 **Marmousi** 模型合成了地震记录；用合成理论地震数据对研究的积分型波形层析成像方法进行了测试，初始模型为速度从上至下线性增加的一维光滑模型，图 3.2 是波形层析成像在线性速度变化的初始模型基础上得到的结果，效果良好。

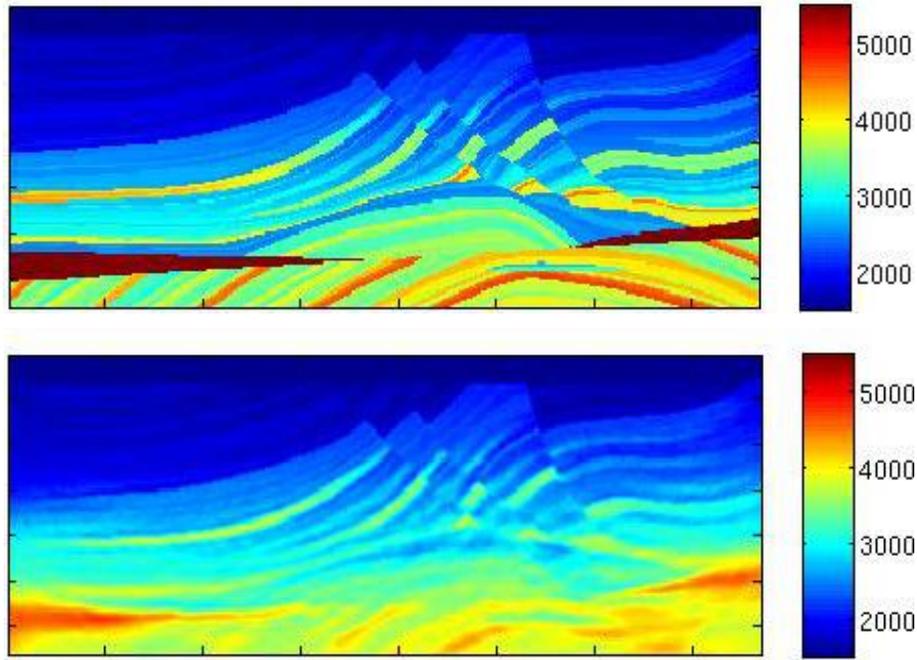


图 3.2 上图：原始模型；下图：反演结果

### (3) 加速全波形反演的部分炮集多尺度反演方法

全波形反演同时利用了地震资料的振幅和相位信息，是当前精度最高的速度建模方法。针对常规全波形反演在实际应用中面临计算量太大的问题，提出一种基于频率多尺度反演方法的加速策略。模型试验表明，低频段的反演只需要比较少的炮数，而高频段的反演需要较多的炮数。由低频到高频的过程中，依据频率适当减少参与运算的炮数，既可以保证反演正确性又能提高运算效率。将这一特性与随机炮采样法结合进行反演，两次迭代之间通过组内随机炮采样的方法实现炮集的轮换，避免炮集信息的丢失。从反演的效果来看，新方法并没有像相位编码那样引入额外的噪音，对含噪音的数据也能得到良好的反演结果。

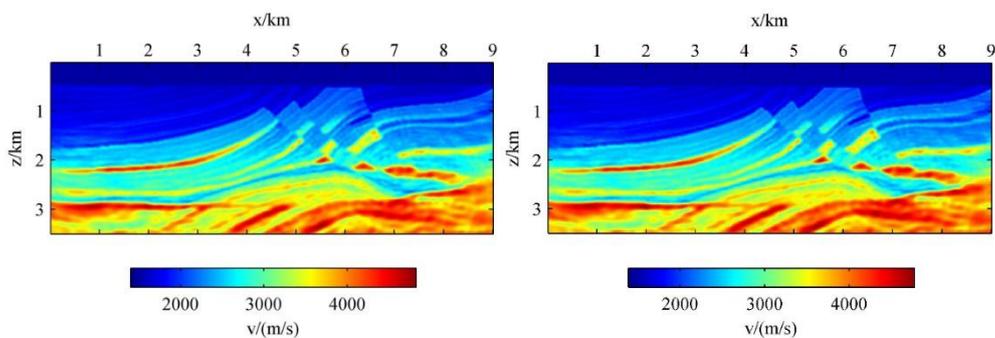


图 3.3 左：利用全部炮集的反演结果；右：利用部分炮集的反演结果

#### (4) TTI 介质纯准 P 波方程

以具有垂直对称轴的横向各向同性（Vertical Transversely Isotropic，简称 VTI）介质中纯准 P 波方程为基础，通过提出新的投影变换旋转坐标推导出倾斜横向各向同性（Titled Transversely Isotropic，简称 TTI）介质中的纯准 P 波方程，该方程从根本上消除伪横波的影响。方程形式简单并且在 $\delta > \varepsilon$ 的情况下仍能稳定求解。并且推导出 TTI 介质中纯准 P 波方程数值求解的高阶有限差分格式并推导对应的稳定性条件，依据完全匹配层（Perfectly Matched Layer，简称 PML）的分裂思路导出了 TTI 介质中纯准 P 波方程的 PML 吸收边界条件。理论分析和数值计算结果均表明：我们推导的纯准 P 波方程能更好地描述 TTI 介质中的准 P 波，给出的正演算法也能够准确模拟 TTI 介质中准 P 波的传播过程。

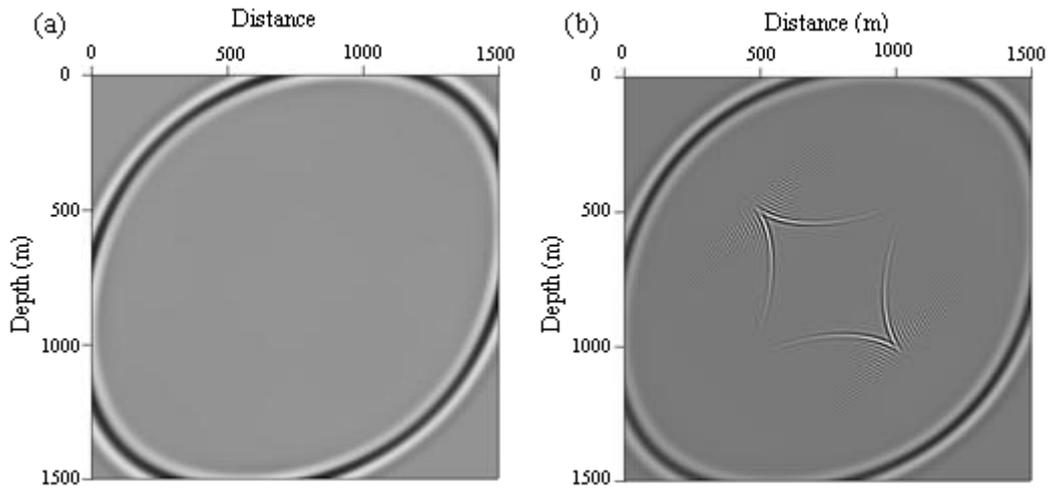


图 3.4 波场快照图 ( $\varepsilon=0.3$ ,  $\delta=0.1$ ,  $\theta=45^\circ$ )

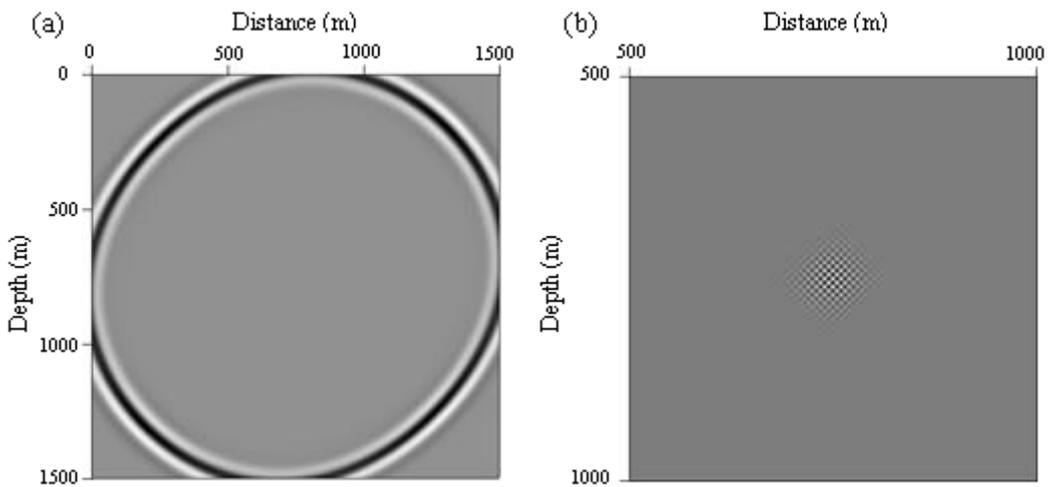


图 3.5 Thomsen 参数 $\delta > \varepsilon$ 时 波场快照对比图 ( $\varepsilon=0.1$ ,  $\delta=0.25$ ,  $\theta=45^\circ$ )

#### (5) 一阶声波方程时间四阶精度差分格式的伪谱法求解

在地震波场数值模拟中，伪谱法不产生由空间网格离散引起的数值频散，而常规伪谱法用于求解时间二阶精度差分格式时，则会受到时间差分精度较低的影响而产生数值频散。本文基于一阶声波方程，提出将差分格式的时间差分精度增至四阶，并利用伪谱法求解，从而在避免由空间网格离散引起的数值频散的同时，降低由时间网格离散引起的数值频散。此外，与时间二阶精度差分格式伪谱法相比，时间四阶精度差分格式伪谱法的稳定性条件更为宽松，进而可通过增大时间网格步长提高计算效率。该论文即将在《石油地球物理勘探》发表。

#### (6) 三维各向同性介质中矢量波场保幅分离方法

三维各向同性介质中，基于常规散度和旋度算子分离得到的纵横波在物理意义和发生极性反转的位置上无法与原混合波场完全对应。现有的矢量波场分离方法是在波场求取散度和旋度基础上再做一次梯度和旋度运算，分离后的矢量纵横波与原波场极性反转位置一致，但不保幅。该成果从一阶速度-应力方程出发，在波数域推导了矢量纵横波分离公式的表达形式，并结合有限差分过程给出了其在空间域的求解方法。该方法的本质是利用纵横波的传播速度对现有的矢量波场分离方法进行振幅校正，并将校正结果分别作为纵波与横波对于时间的二阶偏导。模型的试算结果表明，该方法能够适应复杂波场的矢量纵横波分离，并保证分离后纵横波的波形与原混合波场保持一致，具有较好的保幅性。

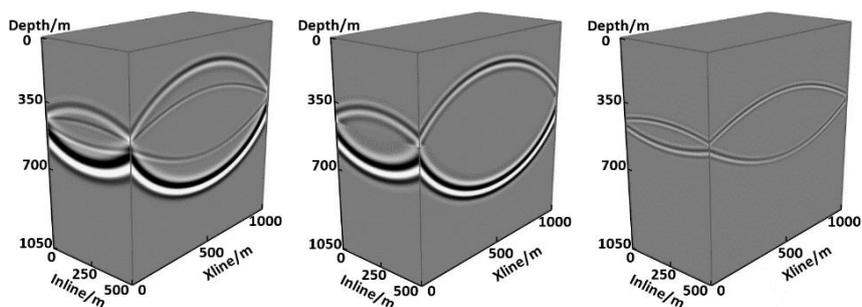


图 3.6 (a) 混合波场 z 分量 (b) 矢量纵波 z 分量 (c) 矢量横波 z 分量

#### (7) 海洋高分辨率多频电火花混合源协同采集与信号分离技术

为了更好地获得电火花源的立体信号，避免不同期次分别采集的非一致因素影响，开展两种不同频率的电火花震源同船协同激发和同步接收研究，实现了双频震源协同激发立体采集。同时研究了相应的高保真信号分离技术，使二种互为干涉的信号有效分离，

提高两种资料各自的信噪比，以更好地识别地层信息。该技术为立体采集高分辨率资料联合处理打下基础。

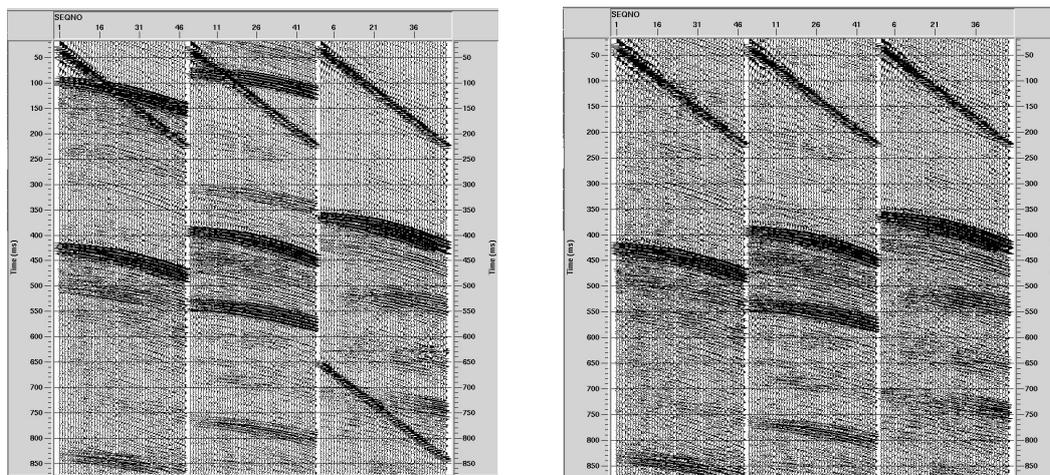


图 3.7 左：高频震源分离前数据；右：高频震源分离前数据

#### (8) 层间多次波预测与衰减方法

提出了基于叠前时间偏移剖面预测与时域克希霍夫积分反偏移的层间多次波预测方法，即输入基于一次波速度成像的叠前时间偏移剖面，通过逆散射级数法预测出仅含有层间多次波的叠前时间偏移剖面，然后利用速度能量加权的时域克希霍夫积分反偏移算法创建层间多次波炮集记录。为了在保持一次波不受损伤的前提下有效压制可能存在一定误差的层间多次波，应用基于同相轴优化追踪的多次波组合匹配衰减方法进一步消除预测的多次波。上述方法在模型数据（如图 3.8 所示）与实际地震资料处理中均取得了良好的效果。

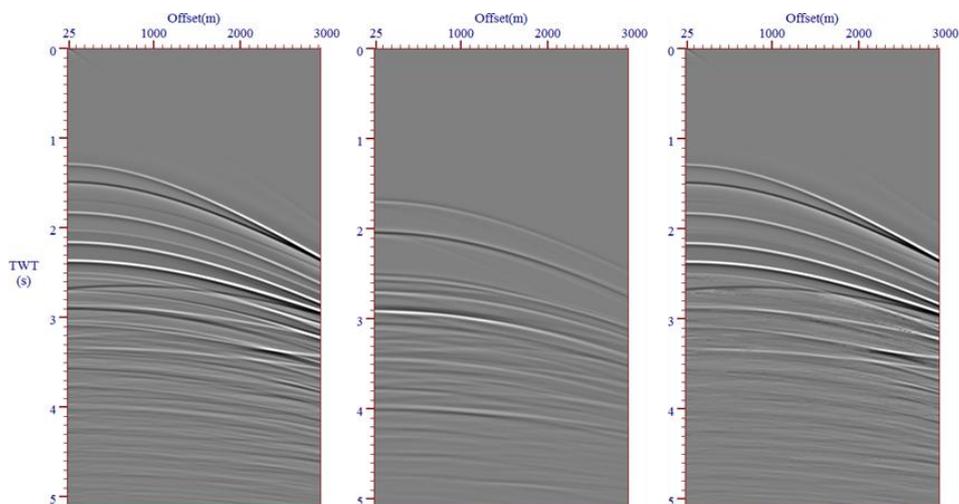


图 3.8 左：原始炮集记录；中：层间多次波炮集记录；右：与衰减层间多次波后的炮集记录

### (9) 基于行波分离的三维弹性波矢量场点积互相关成像条件

为保证成像精度和转换横波同相轴的连续性，提出一种基于行波分离的矢量波场点积互相关成像条件：首先利用传统波场分离方法获得标量纵波和矢量横波；然后，对波场分离得到的标量纵波求取梯度获得矢量势纵波，对矢量横波求取旋度得到矢量势横波；其次，求取弹性波场的坡印廷矢量并据此对矢量势纵横波进行分解，分别得到上、下、左、右、前、后行波；最后将炮点分解得到的上、下、左、右、前、后矢量纵、横波分别与接收点分解得到的下、上、右、左、后、前矢量纵、横波，对应做点积互相关得到炮点纵波接收点纵波偏移剖面、炮点纵波接收点转换横波偏移剖面、炮点转换横波接收点纵波偏移剖面和炮点转换横波接收点转换横波偏移剖面。该成像方法理论上可以消除逆时偏移产生的低频噪音，且无需对转换横波偏移剖面做极性校正；模型算例证明了算法的准确性和有效性。该成果已投石油地球物理勘探杂志。

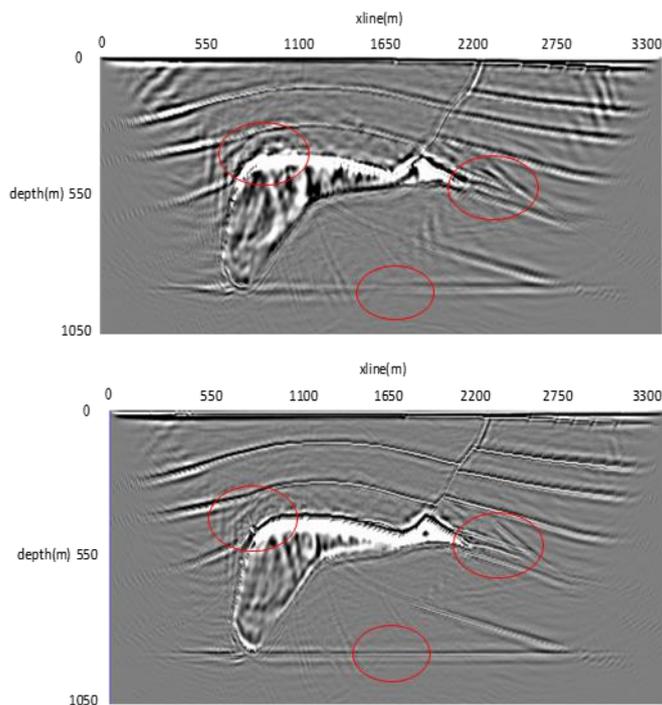


图 3.9 上图：常规互相关 PS 偏移结果；  
下图：行波分离的矢量波场点积互相关 PS 偏移结果

## 2、中国周边海域油气资源勘查

### (1) 冲绳海槽泥底辟的成因

冲绳海槽发育有三种类型的泥底辟构造，均与天然气或天然气水合物相关。研究了

泥底辟的构造形态可以有效的帮助理解天然气水合物的分布和演化。研究认为，冲绳海槽泥底辟的诱发因素可能是由于亚欧板块与北向俯冲的菲律宾吕宋岛弧之间的碰撞所导致的，而冲绳海槽泥底辟和泥火山的分布则可能是受控于晚中新世时期的挤压环境以及宫古岛断层和鱼山久米断层的控制。

### (2) 渤海湾盆地新生代构造迁移规律

通过对渤海湾盆地新生代构造迁移、沉积迁移、岩浆迁移分析，结合前人研究成果，总结了其迁移规律。新生代渤海湾盆地受印度和欧亚板块碰撞激发的软流圈东扩远程效应和太平洋板块俯冲联合影响，其构造特征表现出自南向北、自西向东的迁移规律，总体逐渐向东北、向海迁移的过程，具体表现为盆地内断裂、断陷的活动、沉积沉降中心迁移、岩浆分布等自西向东逐步变新。

### (3) 南海天然气水合物地震速度建模

基于走时扰动插值射线追踪法和地震层析成像，对天然气水合物富集区作了速度结构反演。完成了包括拾取反射点位置、建立初始速度模型、与井资料比对等模块的反演软件。获得了与紧邻的声波测井曲线速度变化趋势基本一致的速度结构，实现了对天然气水合物有效的速度建模。

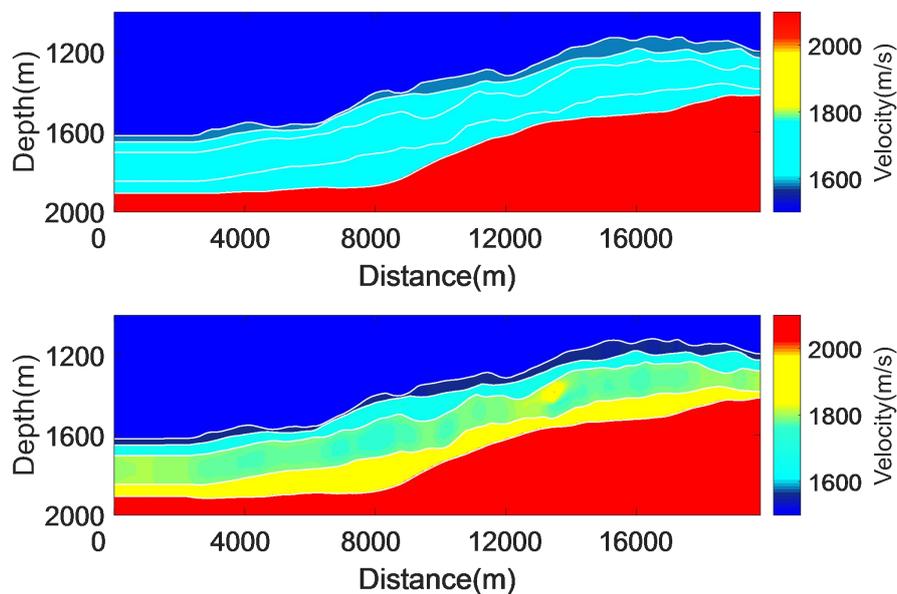


图 3.10 上图：初始模型。下图：反演结果

### 3、海洋大地电磁技术

#### (1) 任意取向电偶极源一维海洋可控源电磁场正演计算

利用 Schelkunoff 势，导出了水平偶极源和垂直偶极源的一维层状介质波数域电磁场表达式，利用 Hankel 变化计算波数域电磁场，称该方法为 WDM 方法（Wavenumber domain method）。利用所编写的计算机程序计算了水平偶极源和垂直偶极源 1D 模型海洋可控源电磁场响应，验证了算法和程序的正确性及有效性。算例表明，波数域方法（WDM）要比空间域方法（SDM）快 8-9 倍。改进后的方法和 Key（2009）程序计算的 1D 陆地地电模型视电阻率曲线对比。两种方法所得的阻抗视电阻率曲线吻合得非常好。但是，在高频段，Key（2009）方法计算的水平和磁场分量视电阻率结果不太稳定，有振荡现象，而噶金方法的计算结果在所有频段都很稳定。研究成果已发表在 2016 年 SCI 期刊《Journal of Geophysics and Engineering》。

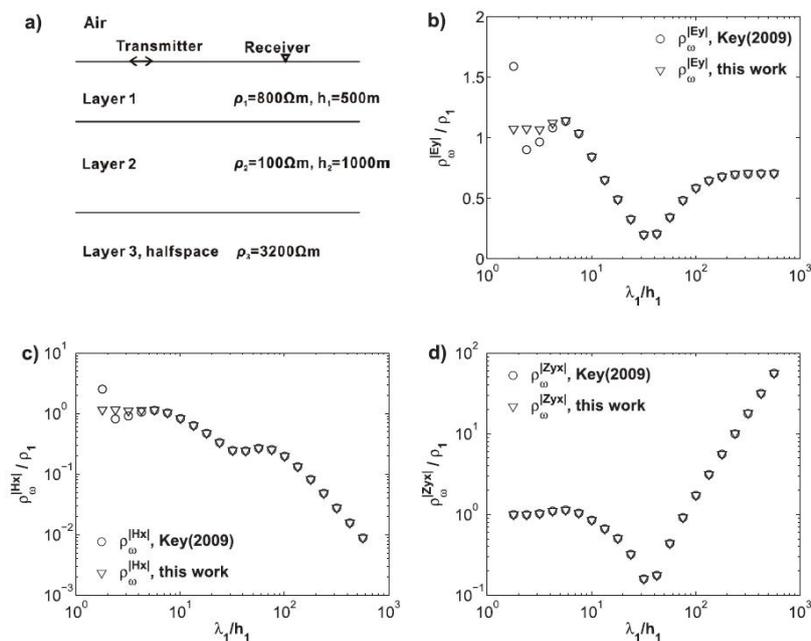


图 3.11 (a) 一维陆地地电模型；(b) 水平电场视电阻率；  
(c) 水平磁场视电阻率；(d) 阻抗视电阻率

#### (2) 发射源姿态和位置参数与海底电阻率联合反演方法

提出了联合反演海洋 CSEM 发射源姿态和位置参数及海底电阻率的思想，进行了特征值分析，从理论上证明了两类参数在反演过程中是解耦的。推导出了雅克比矩阵解析表达式，即关于海底电阻率（ $\rho$ ），发射源姿态（方位角 $\alpha$ ，倾角 $\beta$ ）和水平位置偏导数

计算式。采用 BFGS 反演方法，采用实现了发射源姿态和位置参数与地下电阻率参数联合反演。编写了计算机程序，进行了合成数据和实测资料联合反演，验证了方法的有效性。图 4 和图 5 分别为实测数据的发射源导航数据反演结果和地下电阻率反演结果。成果已发表在 2016 年 SCI 期刊《Journal of Applied Geophysics》。

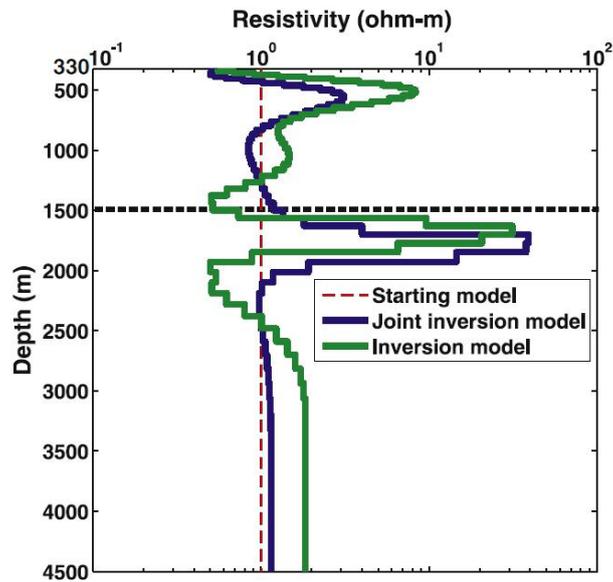


图 3.12 实测数据海底电阻率反演结果

### (3) 一维电阻率各向异性介质海洋可控源电磁资料反演

在一维电阻率各向异性介质水平偶极源和垂直偶极源海洋 CSEM 正演算法的基础上，利用欧拉旋转方法，实现了各向异性介质倾斜偶极源海洋 CSEM 正演算法。进而采用高斯-牛顿方法，实现了一种频率域海洋 CSEM 一维层状介质电阻率垂向各向异性反演方法。海洋可控源电磁场关于地下介质横向电阻率（ $\rho_{xx}$ ）和垂向电阻率（ $\rho_{zz}$ ）的偏导数（即灵敏度矩阵）是解析计算的，结合垂直各向异性介质横向电阻率与垂向电阻率的关系，将各向异性率融入到正则化因子选择中，实现了正则化因子的自适应选择。分别使用不同可控源电磁场分量、不同频率组合及混合观测模式（轴向装置和赤道装置）的合成数据，以及斜发射源激发时的合成数据进行电阻率各向异性反演，验证了反演算法的效果，测试了不同反演数据对电阻率各向异性反演的影响。并对挪威北海 TWOP 地区的实测海洋 CSEM 数据进行了电阻率各向异性反演解释。相关研究成果在第十二届中国国际地球电磁学术讨论会上(2015 年 10 月,长沙)进行了交流，并已发表在 2016 年 SCI 期刊《地球物理学报》。

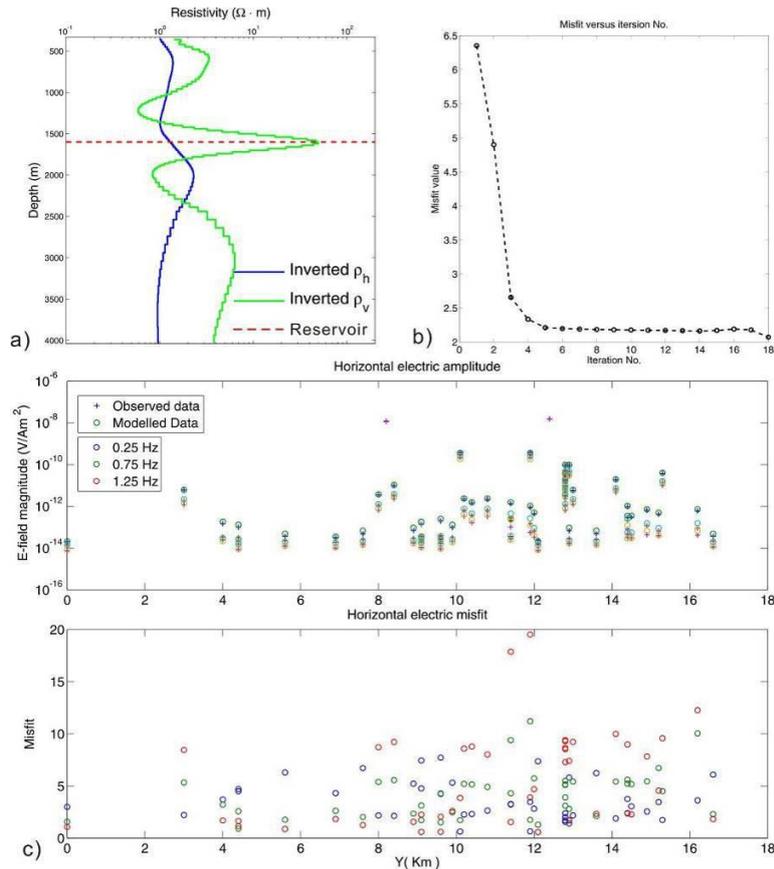


图 3.13 (a) 实测数据数据反演结果； (b) 数据拟合差 (RMS) 与反演迭代次数的变化曲线； (c) 参与反演的电磁场分量的数据拟合情况。

## 4、壳幔结构的地球物理探测

### (1) 南海南部及其邻区莫霍面分布特征

利用重力异常数据，通过二维离散小波多尺度分解等方法，研究了南海南部及其邻区莫霍面分布特征，得到了莫霍面埋深，分析了区内 3 类主要盆地的莫霍面形态特征，发现南海南部区域的莫霍面埋深具有双“V”型特征，并总结了莫霍面埋深与主要沉积盆地的关系，该区盆地的地壳性质从北向南是由陆壳向过渡壳转变的。

### (2) 南黄海上地壳速度结构建模

基于南黄海 OBS 广角地震数据，将多尺度层析成像技术应用于构建南黄海上地壳速度结构模型。层析反演得到的速度剖面中的高、低速体与地表的沉积盆地和隆起对应较好，表明了多尺度层析成像在使用实际 OBS 数据进行盆地结构成像中具有较高分辨率。研究成果已经发表在 *Geological Journal*。

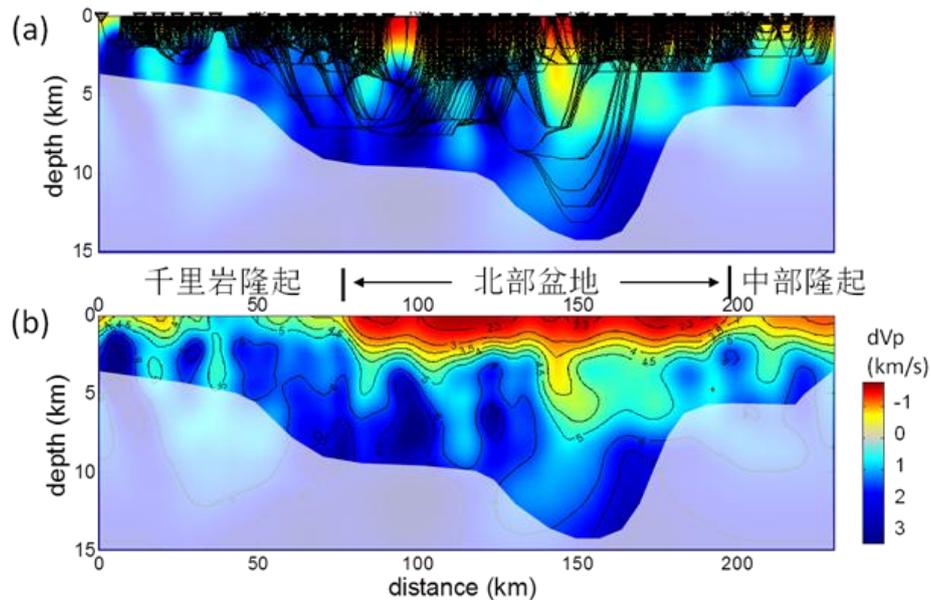


图 3.14 南黄海 OBS 广角地震上地壳速度结构

### (3) 红河断裂带中南段上新世以来构造隆升及成因

红河断裂中新世以来右旋走滑运动水平和垂直断距的定量研究一直是困扰红河断裂带运动学研究的难点问题，尤其对于红河断裂带右旋走滑运动垂向断距的定量研究较少，仅仅大致确定了断裂带两盘 200-800 米的垂向断距（Schoenbohm et al., 2006）。本研究在数字高程模型（DEM）数据处理和前人磷灰石裂变径迹测年（AFT）数据的基础上，分析和识别了红河断裂带中南段（弥渡至河口段）夷平面和河流阶地的展布特征，对断裂带两盘的构造地貌进行了定量、半定量研究。研究表明，弥渡-元江段、红河-河口段南西盘夷平面高于北东盘 150-840 米，元江-红河段北东盘夷平面高于南西盘 140-230 米。红河断裂带中南段经历了 7.36-11.9Ma、3.6-4.9Ma、1.6-2.5Ma 三个主要构造活动期次。估算了元江-红河段上新世晚期以来的隆升速率，南西盘为 1.38-1.53mm/a，北东盘为 1.46-1.59mm/a。除了深部下地壳增厚的影响外，就浅部而言，红河断裂带元江-红河段北东盘处于小江断裂带和红河断裂带交汇区，其构造隆升是二者走滑运动共同作用的结果。该成果发表于《中国海洋大学学报》上。

## 5、海洋地震立体观测系统与数据处理方法

### (1) 海洋立体观测系统的硬件研制

高精度垂直缆研制与测试。完成了高精度数字垂直缆系统两套样机研制。开展了垂直缆海上采集试验。测试垂直缆的耐压、耐拉物理性能以及能否正确接收并存取数据的

工作性能。经海上试验数据初步分析，在水深 600 米时，设备工作基本稳定，初步满足海上作业要求。该成果取得了两项国家专利。

### (2) 使用垂直缆数据的气枪震源子波分析

对垂直缆记录的气枪震源子波数据进行了分析，并与拖缆记录进行了对比。垂直缆子波较之于拖缆所采集的子波，频宽更宽，能量更强，显示出垂直缆子波具有更高的信噪比和分辨率。所研发技术获得的地震子波与模拟结果吻合度较高，能够真实反映地震子波的形态，表明所研发技术可以模拟垂直缆接收到的普通单气枪和立体气枪震源子波。

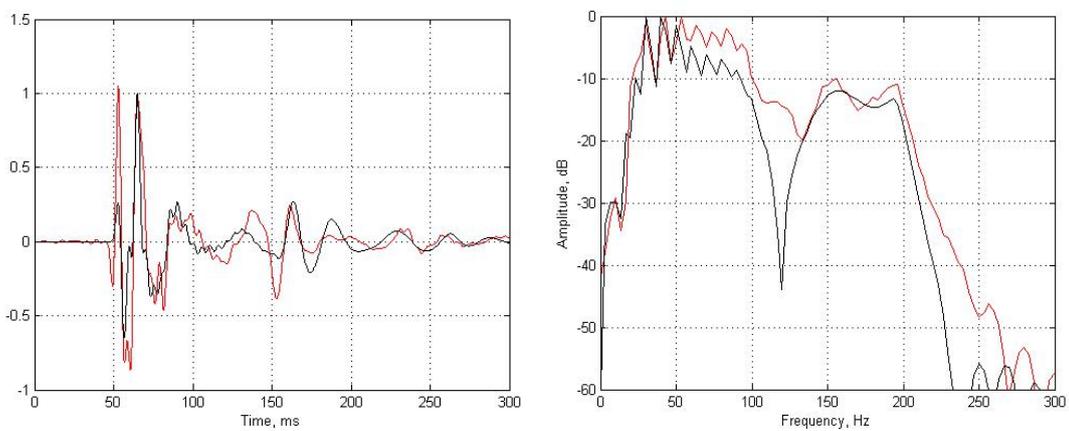
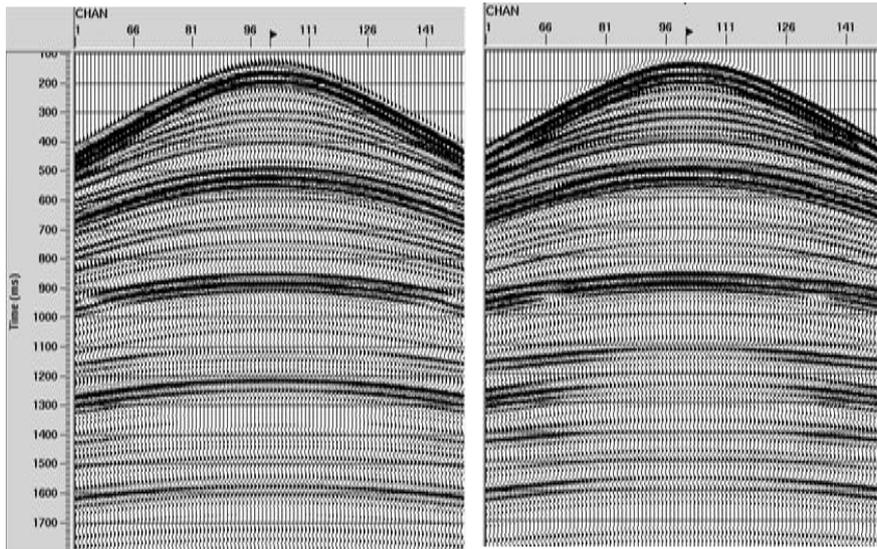


图 3.15 垂直缆记录的单气枪震源(210 in<sup>3</sup>)实测子波数据(红色)与模拟结果(黑色) (左) 及其频谱 (右) 的对比

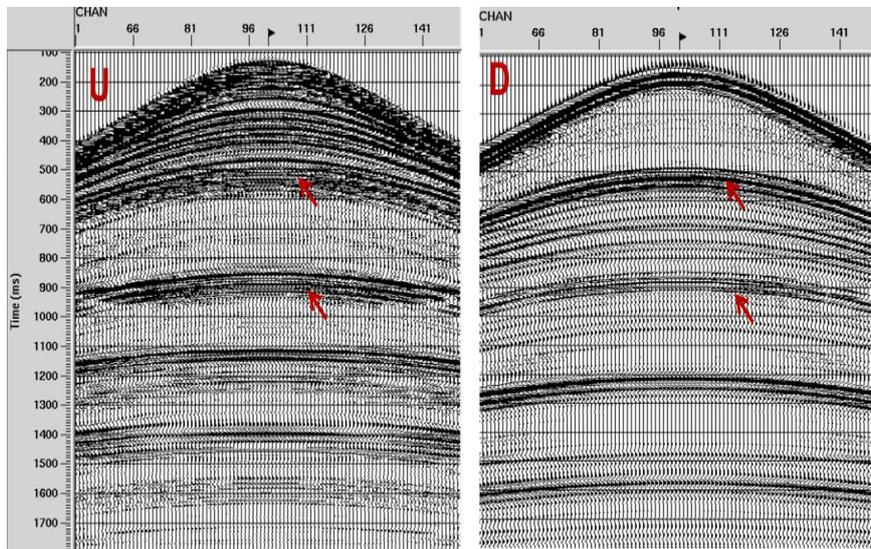
### (3) 海底地震资料上下行波反褶积压制多次波技术

海底接收的 OBC (OBN、OBS) 地震资料的双检合成技术研究基础上，基于很好的完成水、陆双检资料的上下行波分离的资料，研究形成海底地震资料上下行波反褶积压制多次波技术，可以很好的压制鬼波、鸣震、全程等自由表面多次波。



A 模拟 P 分离记录

B 模拟 Z 分离记录



C 分离得到的上行波

D 分离得到的下行波

图 3.16 海底地震资料上下行波反褶积压制多次波技术

# 学术成果

## ➤ 论文

### □ SCI 收录论文目录

1. Cao, H., Li, S., Zhao, S., Yu, S., Li, X., & Somerville, I. D.. 2016. Detrital zircon geochronology of neoproterozoic to early paleozoic sedimentary rocks in the north qinling orogenic belt: implications for the tectonic evolution of the Kuanping Ocean. *Precambrian Research*, 279, 1-16.
2. Dada, O. A., Li, G., Qiao, L., Ding, D., Ma, Y., & Xu, J.. 2016. Seasonal shoreline behaviours along the arcuate niger delta coast: complex interaction between fluvial and marine processes. *Continental Shelf Research*, 122, 51-67.
3. Dada, O. A., Li, G., Qiao, L., Ma, Y., Ding, D., & Xu, J., et al.. 2016. Response of waves and coastline evolution to climate variability off the Niger delta coast during the past 110 years. *Journal of Marine Systems*, 160, 64-80.
4. Dai, L. M., Li, S. Z., Guo, L. L., Suo, Y. H., Zhang, J., Hu, M. Y., and Li, Q. W.. 2016. Numerical modelling of the relationship between the present tectonic stress field and the earthquakes in the Western Pacific Subduction Zone. *Geological Journal*, 51: 609–623.
5. Dmitrienko, L. V., Li, S. Z., Cao, X. Z., Suo, Y. H., Wang, Y. M., Dai, L. M., & Somerville, I. D.. 2016. Large - scale morphotectonics of the ocean - continent transition zone between the Western Pacific Ocean and the East Asian Continent: a link of deep process to the Earth's surface system. *Geological Journal*, 51(S1), 263-285.
6. Fei, G., Qiao, L., & Guangxue, L. I.. 2016. Winter meso-scale shear front in the yellow sea and its sedimentary effects. *Journal of Ocean University of China*, 15(1), 50-56.
7. Gao, F., Qiao, L., & Li, G.. 2016. Modelling the dispersal and depositional processes of the suspended sediment in the central south yellow sea during the winter. *Geological Journal*, 51(S1), 35-48.
8. Guo, L. L., Li, S. Z., Zhao, S. J., Zhang, G. X., Suo, Y. H., & Liu, H., et al.. 2016. Final breakup of continental block and opening of oceanic lithosphere: insights from deep crustal structure and tectonic evolution of the ocean–continent transition zone in the northern South China Sea. *Geological Journal*, 51(S1), 318-330.
9. Han, Z., Liu, H., Li, C., Li, X., Wang, C., & Sun, Y., et al.. 2016. Geochemistry and provenances of core sediments from the shikoku basin. *Geological Journal*, 51(S1), 60-76.

10. He, B. S., Haibo, M., and Nan, H.. 2016. P- and S-wave angle-domain common-image gathers (ADCIGs) based on elastic-wave reverse-time migration. *Geological Journal*, 51: 669–679.
11. Hui, G. G., Li, S., Li, X., Guo, L. L., Suo, Y. H., & Somerville, I. D., et al.. 2016. Temporal and spatial distribution of cenozoic igneous rocks in the south china sea and its adjacent regions: implications for tectono - magmatic evolution. *Geological Journal*, 51(S1), 429-447.
12. Jiang, S., Li, S., Chen, X., Zhang, H., & Wang, G.. 2016. Simulation of oil–gas migration and accumulation in the east china sea continental shelf basin: a case study from the xihu depression. *Geological Journal*, 51(S1), 229-243.
13. Kong, X. C., Li, S. Z., Suo, Y. H., Guo, L. L., Li, X. Y., & Liu, X., et al.. 2016. Hot and cold subduction systems in the western pacific ocean: insights from heat flows. *Geological Journal*, 51(S1), 593-608.
14. Lai, Z., Zhao, G., Han, Z., Liu, Bo., Bu, X., and Leng, C.. 2016. Back-arc magma processes in the Okinawa Trough: new insights from textural and compositional variations of plagioclase in basalts. *Geological Journal*, 51, 346–356.
15. Lei, J. P., Jiang, S. H., Li, S. Z., Gao, S., Zhang, H. X., & Wang, G., et al.. 2016. Gravity anomaly in the southern south china sea: a connection of moho depth to the nature of the sedimentary basins' crust. *Geological Journal*, 51(supplement), 244-262.
16. Li, D., Dong, B., Jiang, X., & Xing, J.. 2016. Geochemical evidence for provenance and tectonic background from the palaeogene sedimentary rocks of the east china sea shelf basin. *Geological Journal*, 51(S1), 209-228.
17. Li, G., Qiao, L., Dong, P., Ma, Y., Xu, J., & Liu, S., et al.. 2016. Hydrodynamic condition and suspended sediment diffusion in the yellow sea and East China Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 121, 6204–6222.
18. Li, J., G. Li, J. Xu, P. Dong, L. Qiao, S. Liu, P. Sun, and Z. Fan.. 2016. Seasonal evolution of the Yellow Sea Cold Water Mass and its interactions with ambient hydrodynamic system, *J. Geophys. Res. Oceans*, 121, 6779–6792.
19. Li, S., Suo, Y., Yu, S., Wu, T., Somerville, I., & Sager, W., et al.. 2016. Orientation of joints and arrangement of solid inclusions in fibrous veins in the shatsky rise, nw pacific: implications for crack - seal mechanisms and stress fields. *Geological Journal*, 51(supplement), 562-578.
20. Li, Y., & Li, G.. 2016. Electromagnetic field expressions in the wavenumber domain from both the horizontal and vertical electric dipoles. *Journal of Geophysics & Engineering*, 13(4), 505-515.
21. Li D.Y., Xiaodian, J., Fa, X., Jinshui, L. and Guowei, H.. 2016. Geochemistry of the Paleocene Clastic Rocks in Lishui Sag, East China Sea Shelf Basin: Implications for

- Tectonic Background and Provenance. *Acta Geologica Sinica - English Edition*, 90, 166–181.
22. Liu, B., Li, S. -Z., Suo, Y. -H., Li, G. -X., Dai, L. -M., Somerville, I. D., Guo, L. -L., Zhao, S. -J., and Yu, S.. 2016. The geological nature and geodynamics of the Okinawa Trough, Western Pacific. *Geological Journal*, 51: 416–428.
  23. Li, J., Li, G., Xu, J., Dong, P., Qiao, L., & Liu, S., et al.. 2016. Seasonal evolution of the yellow sea cold water mass and its interactions with ambient hydrodynamic system. *Journal of Geophysical Research Oceans*, 121.
  24. Liu, K., Liu, H., Zhiqiang, W. U., & Long, Y.. 2016. Seismic acquisition parameters analysis for deep weak reflectors in the south yellow sea. *Journal of Ocean University of China*, 15(5), 758-766.
  25. Liu, M., Fan, D., Liao, Y., Chen, B., & Yang, Z.. 2016. Heavy metals in surficial sediments of the central bohai sea: their distribution, speciation and sources. *Acta Oceanologica Sinica*, 35(9), 98-110.
  26. Liu, X., & Zhao, D.. 2016. Backarc spreading and mantle wedge flow beneath the Japan Sea: insight from Rayleigh-wave anisotropic tomography. *Geophysical Journal International*, 207(1), 357-373.
  27. Liu X, Zhao D. 2016. Seismic velocity azimuthal anisotropy of the Japan subduction zone: Constraints from P and S wave traveltimes. *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 121.
  28. Liu, X., Li, G., Ma, Y., Ding, D., Dada, O. A., & Xu, J., et al.. 2016. Distribution and diffusion of surface suspended matter off the east china shore, *Geological Journal*, 2010, 51(S1), 49-59.
  29. Miao, A.Y., Chu, Z.X.. 2016. Three gorges dam controls sediment coarsening of the mud patch on the inner east china sea shelf. *Journal of Ocean University of China*, 15(3), 414-422.
  30. Qiao, L., Huang, L., Wang, Z., Yao, Z., & Liu, S.. 2016. Flux and its seasonal variation of suspended particulate matter in the bohai sea, yellow sea and east china sea. *Geological Journal*, 51(S1), 22-34.
  31. Qiao, L., Zhong, Y., Wang, N., Zhao, K., Huang, L., & Wang, Z.. 2016. Seasonal transportation and deposition of the suspended sediments in the bohai sea and yellow sea and the related mechanisms. *Ocean Dynamics*, 66(5), 751-766.
  32. Rijun, H. U., Fang, M. A., Jianzheng, W. U., Zhang, W., Jiang, S., & Yongchen, X. U., et al.. 2016. Sediment transport in the nearshore area of phoenix island. *Journal of Ocean University of China*, 15(5), 767-782.
  33. Suo, Y. H., Li, S. Z., Yu, S., Zhang, Z., Li, X. Y., and Guo, L. L.. 2016 Morphotectonics and ridge jumpings in the Indian Ocean. *Geological Journal*, 51, 624–633.

34. Suo, Y., Li, S., Li, X., Guo, L., and Wang, Y.. 2016. Crustal thickness anomalies in the Indian Ocean inferred from gravity analysis. *Geological Journal*, 51, 634–643.
35. Tang, H. G., He, B. S., & Mou, H. B.. 2016. P-and S-wave energy flux density vectors. *Geophysics*, 81(6), T357-T368.
36. Wang, A., Wang, H., Bi, N., & Wu, X.. 2016. Sediment transport and dispersal pattern from the bohai sea to the yellow sea. *Journal of Coastal Research*, 74, 104-116.
37. Wang, P. C., Li, S. Z., Guo, L. L., Jiang, S. H., Somerville, I. D., & Zhao, S. J., et al.. 2016. Mesozoic and cenozoic accretionary orogenic processes in borneo and their mechanisms. *Geological Journal*, 51(S1), 464-489.
38. Wu, X., Duan, H., Bi, N., Yuan, P., Wang, A., & Wang, H.. 2016. Interannual and seasonal variation of chlorophyll- a, off the yellow river mouth (1997–2012): dominance of river inputs and coastal dynamics. *Estuarine Coastal & Shelf Science*, 183, 402-412.
39. Wu, X., Wang, H., Bi, N., Song, Z., Zang, Z., & Kineke, G. C.. 2016. Bio-physical changes in the coastal ocean triggered by typhoon: a case of typhoon meari in summer 2011. *Estuarine Coastal & Shelf Science*, 183, 413-421.
40. Xing, J., Jiang, X., & Li, D.. 2016. Seismic study of the mud diapir structures in the Okinawa trough. *Geological Journal*, 51(S1), 203-208.
41. Xing, L., Liu, H., Zheng, X., Liu, X., Zhang, J., & Wang, L., et al.. 2016. Phase characteristic analysis of continuous depth air-gun source wavelet. *Journal of Ocean University of China*, 15(5), 815-824.
42. Xu, J., Wang, N., Li, G., Dong, P., Li, J., & Liu, S., et al.. 2016. The dynamic responses of flow and near - bed turbidity to typhoons on the continental shelf of the east china sea: field observations. *Geological Journal*, 51(S1), 12-21.
43. Xu, L., Li, S., Cao, X., Somerville, I. D., Suo, Y., & Liu, X., et al.. 2016. Holocene intracontinental deformation of the northern north china plain: evidence of tectonic ground fissures. *Journal of Asian Earth Sciences*, 119(9), 49-64.
44. Xu, S., Ye, Q., Li, S., Somerville, I., Feng, H., & Tang, Z., et al.. 2016. Sequential patterns in cenozoic marginal basins of the northwest pacific. *Geological Journal*, 51(S1), 387-415.
45. Yan, B., Li, Y., & Liu, Y.. 2016. Adaptive finite element modeling of direct current resistivity in 2-d generally anisotropic structures. *Journal of Applied Geophysics*, 130, 169-176.
46. Yang, C. S., Li, S. Z., Li, G., Yang, C. Q., Yang, Y. Q., & Dai, L. M., et al.. 2016. Tectonic units and proto - basin of the east china sea shelf basin: correlation to mesozoic subduction of the palaeo - pacific plate. *Geological Journal*, 51(S1), 149-161.

47. Yu, Z., Li, H., Li, M., & Zhai, S.. 2016. Hydrothermal signature in the axial-sediments from the carlsberg ridge in the northwest Indian Ocean. *Journal of Marine Systems*, in press.
48. Yu, Z., Zhai, S., Guo, K., Zhou, Y., & Zong, T.. 2016. Helium isotopes in volcanic rocks from the okinawa trough—impact of volatile recycling and crustal contamination. *Geological Journal*, 51(S1), 376-386.
49. Zang, Y. B., Li, S. Z., Guo, L. L., Suo, Y. H., Somerville, I. D., & Zhao, S. J., et al.. 2016. Similarity and differentiation between the east china sea shelf basin and cenozoic basins in the northeast south china sea. *Geological Journal*, 51(S1), 304-317.
50. Zhang, B., Li, G., Li, S., and Dada, O. A.. 2016. Docking and subduction of the West Pacific seamounts along the Mariana Trench and their effects. *Geological Journal*, 51: 579–592.
51. Zhang, G., Li, S., Suo, Y., & Zhang, J.. 2016. Cenozoic positive inversion tectonics and its migration in the east china sea shelf basin. *Geological Journal*, 51(S1), 176-187.
52. Zhang, J., Li, S., & Suo, Y.. 2016. Formation, tectonic evolution and dynamics of the east china sea shelf basin. *Geological Journal*, 51(S1), 162-175.
53. Zhang, X. D., Ji, Y., Yang, Z. S., Wang, Z. B., Liu, D. S., & Jia, P. M.. 2016. End member inversion of surface sediment grain size in the south yellow sea and its implications for dynamic sedimentary environments. *Science China Earth Sciences*, 59(2), 1-10.
54. Zhang, X., Zhang, Y., Ji, Y., Zhang, Y., & Yang, Z.. 2016. Shoreline change of the northern yellow river (huanghe) delta after the latest deltaic course shift in 1976 and its influence factors. *Journal of Coastal Research*, 74(74), 48-58.
55. Zhang, Y., Li, S. Z., Suo, Y. H., Guo, L. L., Yu, S., & Zhao, S. J., et al.. 2016. Origin of transform faults in back - arc basins: examples from western pacific marginal seas. *Geological Journal*, 51(S1), 490-512.
56. Zhang, Z., Li, S., Suo, Y., Somerville, I. D., and Li, X.. 2016. Formation mechanism of the global Dupal isotope anomaly. *Geological Journal*, 51, 644–651.
57. Zhao, F., Jiang, S., Li, S., Zhang, H., Wang, G., Lei, J., and Gao, S.. 2016 Cenozoic tectonic migration in the Bohai Bay Basin, East China. *Geol. J.*, 51: 188–202.
58. Zhao, G., Luo, W., Lai, Z., Tian, L., & Xu, C.. 2016. Influence of subduction components on magma composition in back - arc basins: a comparison between the mariana and okinawa troughs. *Geological Journal*, 51(S1), 357-367.
59. Zhao, M. Y., Zheng, Y. F., & Zhao, Y. Y.. 2016. Seeking a geochemical identifier for authigenic carbonate. *Nature Communications*, 7( 10885), 1-7.
60. Zhao, X., Yu, S., Mao, J., Liu, K., Yu, M., & Jiang, Y., et al.. 2016. Compression between microcontinents in the Cathaysian Block during the early Yanshanian: petrogenesis of the

Tangquan pluton in Southwest Fujian Province, Southeast China. *Geological Journal*, doi: 10.1002/gj.2862.

61. Zhao, Y. Y., Jiang, S. Y., Li, D., & Yang, J. H.. 2016. A petrographic and geochemical study of carbonate and silica phases from the ediacaran doushantuo formation in the three gorges area of south china: implications for diagenetic conditions. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 463, 150-167.
62. Zheng, Q. L., Li, S. Z., Suo, Y. H., Li, X. Y., Guo, L. L., & Wang, P. C., et al. (2016). Structures around the tinjar - west baram line in northern kalimantan and seafloor spreading in the proto - south china sea. *Geological Journal*, 51(S1), 513-523.
63. Xu, Z.H., Ying, L., Li, Y.G.. 2016. Effects of uncertainties in the position and orientation of both the transmitter and receivers on marine controlled-source electromagnetic data. *Journal of Ocean University of China*, 15(1), 83-92.
64. Lai, Z.Q., Zhao, G.T., Han, Z.Z., Huang, B., Li, M., Tian, L.Y.. 2016. The magma plumbing system in the mariana trough back-arc basin at 18° N. *Journal of Marine Systems*, in press.
65. Zou, Z., Liu, K., Zhao, W., Liu, H., Zhou, H., & Meng, X., et al. (2016). Upper crustal structure beneath the northern south yellow sea revealed by wide - angle seismic tomography and joint interpretation of geophysical data. *Geological Journal*, 51(S1), 108-122.
66. 李三忠, 赵淑娟, 李玺瑶, 曹花花, 刘鑫, 郭晓玉, 等. 2016. 东亚原特提斯洋 ( I ): 南北边界和俯冲极性. *岩石学报*, 32(9), 2609-2627.
67. 李三忠, 赵淑娟, 余珊, 曹花花, 李玺瑶, 刘鑫, 等. 2016. 东亚原特提斯洋 ( II ): 早古生代微陆块亲缘性与聚合. *岩石学报*, 32(9), 2628-2644.
68. 罗鸣, 李予国, 李刚. 2016. 一维垂直各向异性介质频率域海洋可控源电磁资料反演方法. *地球物理学报*, 59(11), 4349-4359.
69. 许立青, 李三忠, 郭玲莉, 索艳慧, 曹现志, 戴黎明. 2016. 郯庐断裂带对鲁西隆升过程的影响: 磷灰石裂变径迹证据. *岩石学报*, 32(4), 1153-1170.
70. 许淑梅, 冯怀伟, 李三忠, 李萌.. 2016. 贺兰山及周边地区加里东运动研究. *岩石学报*, 32(7), 2137-2150.
71. 于胜尧, 张建新, 李三忠, 孙德有, 李云帅, 彭银彪.. 2016. 大陆碰撞过程中的巴罗式变质作用及原地深熔作用: 以南阿尔金为例. *岩石学报*, 32(12), 3703-3714.
72. 赵淑娟, 李三忠, 余珊, 李玺瑶, 曹花花, 刘鑫, 王鹏程.. 2016. 东亚原特提斯洋 ( III ): 北秦岭韧性剪切带构造特征. *岩石学报*, 32(9), 2645-2655.

1. 戴黎明, 李三忠, 刘泽, 胡梦颖, 刘连启, 杨彦峰..2016. 车镇凹陷大 1 断层对区域油气成藏控制作用的三维数值模拟. 大地构造与成矿学, 40(1), 47-57.
2. 胡日军, 吴建政, PING Dong, 马芳, 朱龙海. 2016. 海岸沙坝横向迁移研究综述. 水科学进展, 27(5), 784-791.
3. 金昌昆, 张建中. 2016. 共接收面元三维折射旅行时反演方法. 石油地球物理勘探(4), 751-759.
4. 刘晗, 张建中, 黄忠来. 2016. 应用同步挤压小波变换去除面波. 石油地球物理勘探, 51(1), 71-79.
5. 刘洁, 张建中, 孙运宝, 赵铁虎. 2016. 基于地震谱反演的地层速度估算方法及应用. 石油地球物理勘探, 51(5), 909-915.
6. 杨佳佳, 何兵寿, 陈婷. 2016. 逆时深度偏移中的子波拉伸校正. 石油地球物理勘探, 51(1), 135-140.
7. 邹志辉, 张翊孟, 卞爱飞, 周华伟, 倪宇东, 李培明. 2016. 常规检波器低频数据的评价与恢复及其在地震成像中的应用. 石油地球物理勘探, 51(5), 841-849.

#### 核心期刊收录论文目录

1. 曹佳琪, 张道军, 翟世奎, 罗威, 修淳, 刘新宇等. 2016. 西沙岛礁白云岩化特征与成因模式分析. 海洋学报, 38(11), 125-139.
2. 国坤, 翟世奎, 于增慧, 蔡宗伟, 张侠. 2016. 冲绳海槽火山岩岩石系列的厘定及构造环境意义. 地球科学:中国地质大学学报, 41(10), 1655-1664.
3. 韩宗珠, 艾丽娜, 陈筱林, 王传, 刘涵, 孙宇菲. 2016. 南黄海泥质区西北缘 b01 孔黏土粒级沉积物地球化学特征及其物质来源的识别. 中国海洋大学学报-自然科学版, 46(10), 82-91.
4. 韩宗珠, 孙宇菲, 塔金璐, 王传, 赵利. 2016. 南黄海北部 b03 孔黏土矿物和稀土元素地球化学特征及物源分析. 中国海洋大学学报-自然科学版, 46(6), 60-67.
5. 韩宗珠, 王传, 李安龙, 高芳, 徐翠玲, 何雨旸. 2016. 安徽巢湖平顶山 p-t 界面元素地球化学特征及地质意义. 中国海洋大学学报-自然科学版, 46(9), 85-95.
6. 黄忠来, 张建中. 2016. 同步挤压 S 变换. 中国科学: 信息科学, 5, 007.
7. 李爱超, 乔璐璐, 万修全, 马伟伟. 2016. 渤海海峡悬浮体分布、通量及其季节变化. 海洋与湖沼, 47(2), 310-318.
8. 李安龙, 肖鹏, 杨肖迪, 罗小桥, 林霖, 杨彦兴. 2016. 基于浅剖数据的三维海底地层模型构建. 中国海洋大学学报自然科学版, 46(3), 91-95.
9. 李朝阳, 姜效典, 李德勇, 宫伟, 秘丛永. 2016. 红河断裂带中南段上新世以来构造隆升及成因. 中国海洋大学学报自然科学版, 46(7), 90-98.

10. 李三忠, 李玺瑶, 赵淑娟, 杨朝, 刘鑫, 郭玲莉等. 2016. 全球早古生代造山带(III):华南陆内造山. 吉林大学学报:地球科学版, 46(4), 1005-1025.
11. 李三忠, 杨朝, 赵淑娟, 李玺瑶, 郭玲莉, 余珊等. 2016. 全球早古生代造山带(I):碰撞型造山. 吉林大学学报:地球科学版, 46(4), 945-967.
12. 李三忠, 杨朝, 赵淑娟, 李玺瑶, 索艳慧, 郭玲莉等. 2016. 全球早古生代造山带(II):俯冲-增生型造山. 吉林大学学报:地球科学版, 46(4), 968-1004.
13. 李三忠, 杨朝, 赵淑娟, 刘鑫, 余珊, 李玺瑶等. 2016. 全球早古生代造山带(IV):板块重建与 carolina 超大陆. 吉林大学学报:地球科学版, 46(4), 1026-1041.
14. 刘洁, 张建中, 孙运宝, 赵铁虎. 2016. 地震子波估计方法对比研究. 地球物理学进展, 31(2), 723-731.
15. 刘明, 范德江, 郑世雯, 田元, 张爱滨. 2016. 渤海中部沉积物铅来源的同位素示踪. 海洋学报, 38(2), 36-47.
16. 逢悦, 范德江, 孙晓霞, 刘明, 杨作升. 2016. 长江口及邻近海域悬浮颗粒重晶石特征与成因探讨. 沉积学报, 34(3), 523-530.
17. 宋鹏, 王修田. 2016. 基于多卡 gpu 的随机炮分配相位编码全波形反演. 石油物探, 55(2), 251-260.
18. 谭军, 李金山, 宋鹏, 王磊, 张晓波, 钟梦轩. 2016. 基于同相轴优化追踪的多次波匹配衰减方法. 中国石油大学学报(自然科学版), 40(6).
19. 邢军辉, 姜效典, 李德勇, XINGJun-Hui, JIANGXiao-Dian, LIDe-Yong. 2016. 海洋天然气水合物及相关浅层气藏的地球物理勘探技术应用进展——以黑海地区德国研究航次为例. 中国海洋大学学报自然科学版, 46(1), 80-85.
20. 伊伟东, 于新生, 崔尚公. 2016. 基于蚁群优化的近岸影像水边线变化分析方法. 海洋学报, 38(7), 72-84.
21. 张丹妮, 姜效典, 邢军辉, 李德勇, 周海廷. 2016. 地震属性预测西湖凹陷 n 构造“甜点”. 特种油气藏, 23(4), 73-76.
22. 张汉羽, 刘怀山, 邢磊, 石旭亮, 雷朝阳. 2016. 基于伪单输入多输出系统的子波提取研究. 中国海洋大学学报自然科学版, 46(6), 74-83.
23. 张晓波, 宋鹏, 李金山, 谭军, 刘照仑, 夏冬明等. 2016. 理论反射系数对于完全匹配层边界的吸收效果影响分析. 中国海洋大学学报自然科学版, 46(6), 84-89.
24. 赵慧, 李予国, 刘婷婷. 2016. 利用可探测度探讨海洋可控源电磁响应的等值性. 地球物理学进展, 31(2), 928-936.
25. 赵希林, 于胜尧, 余明刚, 姜杨, 刘凯, 毛建仁等. 2016. 福建省永定大排铁铅锌多金属矿床特征及成矿时代. 中国地质(1), 174-187.
26. 仲毅, 乔璐璐, 王震, 李建超, 刘世东, 赵科. 2016. 南黄海中部悬浮体垂直分布及其季节变化. 海洋与湖沼, 47(3), 518-526.
27. 宗统, 翟世奎, 于增慧. 2016. 冲绳海槽岩浆作用的区域性差异. 地球科学, 41(6), 1031-1040.

## 其他期刊收录论文目录

1. 蔡骥, 李予国. 2016. 时间域可控源电磁法探测海底天然气水合物可行性分析. 海洋地质与第四纪地质(1), 159-163.
2. 陈中亚, 马妍妍, 李广雪. 2016. 中国东部陆架海区粒度分析研究进展. 海洋地质前沿, 32(4), 18-23.
3. 淳明浩, 于增慧, 李怀明, 翟世奎. 2016. 西北印度洋中脊玄武岩源区地幔特征. 海洋科学, 40(8), 108-118.
4. 范勇勇, 毕乃双, 李云海, 王厚杰, 张勇, 徐丛亮等. 2016. 百年来黄河三角洲东北部毗邻海域沉积记录演化及其影响因素. 海洋地质与第四纪地质(4), 29-39.
5. 高星华, 李广雪, 张海啟, Dada Olusegun A, 刘世东, 陈中亚等. 2016. 近 60 年来南黄海沉积物高分辨率敏感粒级对东亚冬季风的响应. 海洋地质前沿, 32(8), 1-9.
6. 国坤, 翟世奎, 于增慧, 蔡宗伟, 张侠. 2016. 板块俯冲对岩浆作用影响的同位素地球化学示踪研究. 海洋科学, 40(6), 126-132.
7. 江飞, 李安龙, 庄振业. 2016. 日照港西部海域海底地形与表层沉积特征. 海岸工程, 35(3), 32-42.
8. 李松, 王厚杰, 张勇, 毕乃双, 吴晓, 胡邦琦. 2015. 黄河在调水调沙影响下的入海泥沙通量和粒度的变化趋势. 海洋地质前沿, 31(7), 20-27.
9. 刘潇, 冯秀丽, 刘杰. 2016. 港口工程影响下莱州湾西南侧海域水动力演化特征. 海洋科学, 40(3), 138-145.
10. 牟海波, 何兵寿. 2016. 地震波逆时偏移中的层位校正与去噪方法. 中国煤炭地质, 28(4), 71-75.
11. 任智会, 胡日军, 张连杰, 王楠, 朱龙海. 2016. 海阳砂质海岸岸滩演化. 海洋地质前沿(11), 18-25.
12. 宋涅, 冯秀丽, 刘杰, 权永峥, 肖晓. 2016. 凤凰岛东侧海域表层沉积物粒度分布特征与运移趋势分析. 海洋科学, 40(4).
13. 童思友, 廖仪, 陈亮, 吴志强. 2016. OBS 海洋环境信号分析与应用. 海洋科学, 40(2), 145-150.
14. 王嘉琳, 童思友, 张海啟, 吴志强. 2016. 布莱克海域变道距采集地震资料角道集优化处理. 海洋地质前沿(11), 55-62.
15. 王丽艳, 李广雪. 2016. 古气候替代性指标的研究现状及应用. 海洋地质与第四纪地质(4), 153-161.
16. 肖鹏, 李安龙. 2016. 基于 gis 的黄河水下三角洲海底滑坡稳定性预测. 地质科技情报(3), 221-226.
17. 邢国攀, 宋振杰, 张勇, 吴晓, 毕乃双, 王厚杰. 2016. 黄河钓口河口行水期泥沙运输过程的三维数值模拟. 海洋地质与第四纪地质(5), 21-34.

18. 修淳, 张道军, 翟世奎, 刘新宇, 毕东杰. 2016. 西沙岛礁基底花岗质岩石的锆石 u-pb 年龄及其地质意义. 海洋地质与第四纪地质(3), 115-126.
19. 杨绍伟, 何兵寿, 杨佳佳. 2016. 弹性波逆时偏移子波拉伸校正. 中国煤炭地质, 28(2), 61-67.
20. 袁萍, 毕乃双, 吴晓, 张勇, 王厚杰. 2016. 现代黄河三角洲表层沉积物的空间分布特征. 海洋地质与第四纪地质(2), 49-57.
21. 张进, 陈晓琦, 邢磊, 安玲芳, 赵玺, 安振芳. 2016. 基于改进粒子群算法的叠前弹性阻抗反演. 物探化探计算技术, 38(3), 353-360.
22. 张笑辰, 张文强, 田元, 孙晓霞, 范德江. 2016. 西南印度洋中脊表层生源沉积物粒度组成及其影响因素. 海洋湖沼通报(3), 39-45.
23. 张洋, 李广雪, 刘芳. 2016. 天然气水合物开采技术现状. 海洋地质前沿, 32(4), 63-68.
24. 张志超, 张会星. 2016. 同步压缩小波变换在油气检测中的应用. 中国煤炭地质, 28(5), 67-70.
25. 赵玉玲, 冯秀丽, 宋渥, 田动会. 2016. 现代黄河三角洲附近海域表层沉积物地球化学分区. 海洋科学, 40(9), 98-106.
26. 朱常规, 何兵寿. 2016. 基于纵波约束的转换波静校正. 中国煤炭地质, 28(5), 61-66.

## ➤ 奖励

### ➤ 以往实验室获奖成果列表

序号	编号	项目名称	奖励类型	完成人名单
1	2014	华北克拉通早元古代拼合与 Columbia 超大陆形成	国家自然科学基金二等奖	赵国春, 孙敏, <b>李三忠</b>
2	2011	海洋仪器海上试验与作业基础平台若干关键技术及应用	国家科学进步二等奖	吴德星, 陈学恩, 郭心顺, 鲍献文, 吴爱娜, 赵忠生, 陈永兴, 高占科, 范洪涛, 林霄沛, <b>乔璐璐</b> , 于华明, 韩雪双, 马超, 杨宝起
3	2013	中国北方海域末次盛冰期以来沉积物源-汇效应与环境演变	教育部自然科学二等奖	<b>李广雪</b> , 刘健, 郭志刚, <b>王永红</b> , <b>乔璐璐</b> , 胡利民, 杨子赓, 郝云超, 孔祥淮, 岳淑红
4	2010	华北克拉通形成与破坏及周边造山带的构造演化过程	山东省自然科学二等奖	<b>李三忠</b> , 赵国春, 周立宏, <b>许淑梅</b>
5	2010	基于双相介质理论的三维地震勘探技术探测瓦斯富集区研究	山西省科学技术三等奖	杨双安, <b>张会星</b> , 聂百胜, 马宏兵, 张胤彬, 翟新献
6	2014	地球物理环境资源与目标探测关键技术及应用	中国地球物理科学技术奖二等奖	张金城, <b>刘怀山</b> , <b>童思友</b> , 李天河, 韩若飞, 李锐, 刘菲, 唐莉
7	2011	油气储层精细表征技术及其在高精度勘探开发中的应用	山东省科技进步奖二等奖	韩作振, 张金亮, 谢俊, <b>刘怀山</b> , 宋明水, 王金凯, 于孝玉, 杨仁超, 李德勇, 李存磊

注：获奖成果按照科研获奖、教学获奖顺序列举。科研获奖包括：国家自然科学基金、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖、省部级科技奖励。教学获奖包括：高等学校教学

名师奖、国家级教学成果奖、省部级教学成果奖。列出成果所有完成人，实验室固定人员用黑体字标出，流动人员和研究生用斜体字标出。

## ➤ 实验室新获奖成果

**获奖名称：**海洋工程科学技术奖二等奖（中国海洋工程咨询协会）

**获奖项目：**现代黄河水下三角洲地质灾害成因机制及其工程应用

**完成人：**李广雪，冯秀丽，徐继尚，曹立华等。

该项目取得创新成果如下：①为黄河口快速堆积的复杂区块实现海油陆采的开发模式提供了理论依据。②研究了废弃三角洲海底地质灾害发生规律和成因机制，建立了有效的海底工程评价体系，为平台-管道安全运行提供了技术保障。③揭示了黄河三角洲岸线蚀退规律，预测了海岸防护堤坝侵蚀极限深度。

## ➤ 专利与软件著作权

1. 郭玲莉,李三忠,索艳慧,惠格格,戴黎明,国家发明专利：天然气水合物分解引起的海底滑坡模拟及观测系统，已受理，专利申请号：201410139109.3
2. 徐继尚，翟科，蒲进菁，李广雪，温琦，钱正峰，徐继正，董平，国家实用新型专利：一种压力传感器数据采集单元，已受理，专利申请号：201521053295.5
3. 李予国，王镒，于新生，裴建新，国家发明专利：一种水下锚系重物的熔断式释放装置及其使用方法，已受理，专利申请号：201410313408.4
4. 宋鹏，谭军，张晓波，李金山，夏冬明，姜秀萍，赵波，李婧，国家发明专利：一种多次波组合自适应衰减方法，已受理，专利申请号：201610013446.7
5. 李婧，张晓波，王磊，宋鹏，谭军，李金山，夏冬明，姜秀萍，赵波，李沅衡，国家发明专利：一种应用于声波有限差分数值模拟的组合吸收边界条件，已受理，专利申请号：201510756473.9
6. 邢磊，刘怀山，尉佳，刘洪卫，王林飞，高翔，李伟林，国家发明专利：高精度海洋地震勘探垂直缆，已受理，专利申请号：201610015990.5
7. 邢磊，刘怀山，刘雪芹，刘洪卫，徐秀刚，高翔，李伟林，国家发明专利：拖曳式海洋地震勘探垂直缆数据采集系统，已受理，专利申请号：201511033227.7
8. 朱龙海等，软件著作权登记：CAD坐标加载软件 V1.0，登记号：2016SR200048
9. 刘怀山等，软件著作权登记：基于小波变换的地震资料时频分析软件 V1.0，登记号：2016SR315801
10. 裴建新等，软件著作权登记：海洋可控源电磁有效异常分析软件，登记号：2015SR192462

# 科学会议

## ➤ 第二届地下储层和流体的地球物理成像

由本实验室资助的《第二届地下储层和流体的地球物理成像》国际研讨会于 2016 年 7 月 2 日~3 日在青岛召开。



中国工程院院士李庆忠、美国科学院院士 John Suppe、中国海洋大学副校长李华军等出席会议。来自美国康涅狄格大学、美国圣路易斯大学、美国休斯敦大学、美国密苏里科技大学、台湾大学、中国科学院测量与地球物理研究所、中国科学院南海海洋研究所、中国地质调查局青岛海洋地质研究所、中国地震局第一监测中心、同济大学、电子科技大学、中国地质大学（武汉）、中国石油大学（北京）、西南石油大学、山东科技大学、中石化物探技术研究院、中石化胜利油田分公司油气勘探管理中心、中石化胜利油田分公司物探研究院、中石化地球物理公司胜利分公司、中石化胜利勘探开发研究院西部分院、中海油服物探研究院、石油工业出版社、美国 ION 公司等近 20 所国内外高校、科研、出版单位以及 10 余所国内外公司的代表出席了本次研讨会。包括中国工程院院士李庆忠、美国科学院院士 John Suppe 等在内的百余位专家针对当前地球物理和地质学的前沿问题开展了热烈的讨论，进行了广泛沟通和交流，取得了良好效果。

## ➤ 第三届海底观测科学大会

第三届海底观测科学大会于 2016 年 10 月 28-30 日在青岛召开。会议由国家自然科学基金委员会地学部、中国海洋大学与青岛海洋科学与技术国家实验室联合主办，中国海洋大学青岛海洋科学与技术协同创新中心、物理海洋教育部重点实验室、海底科学与探测技术教育部重点实验室和海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室共同承办。中国海洋大学副校长、青岛海洋科学与技术国家实验室主任吴立新院士，国家自然科学基金委员会地球科学部任建国处长等出席并致开幕词。

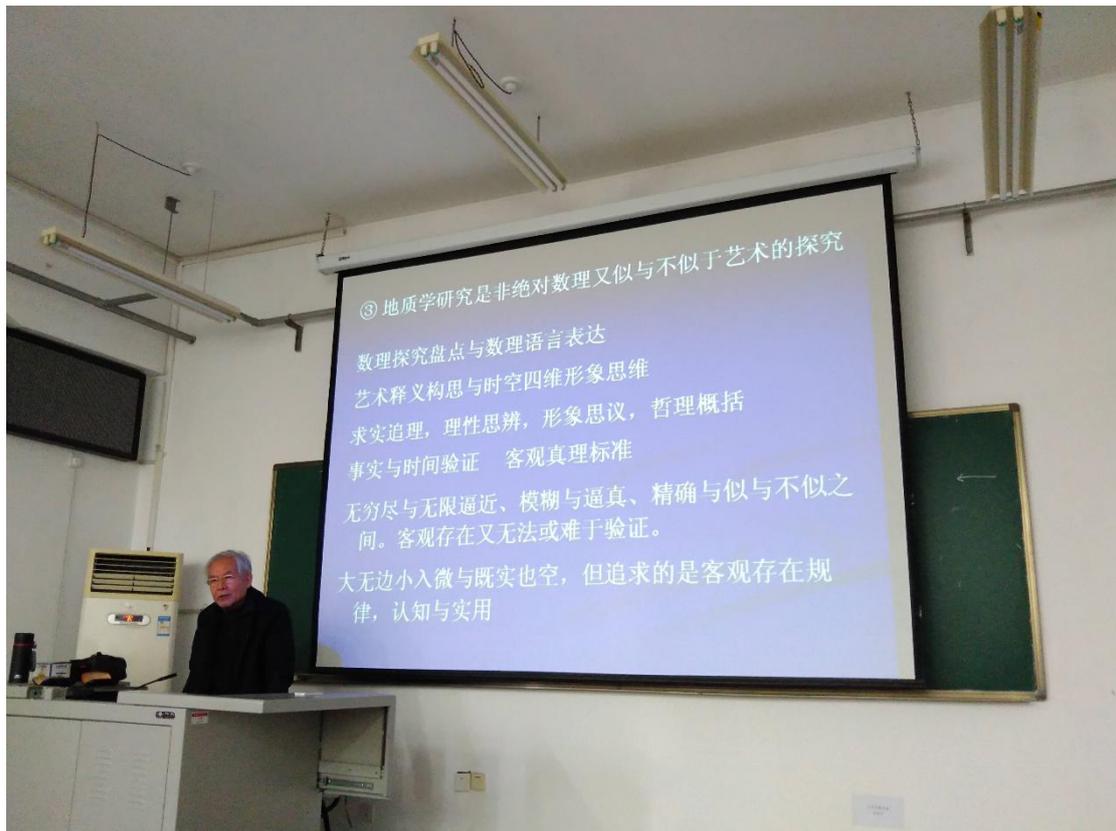
同济大学汪品先院士、国家海洋局第二海洋研究所苏纪兰院士和中国科学院海洋研究所胡敦欣院士担任大会主席。会议期间，来自国内数十家涉海单位及科研院所的近 350 位科学家和工程技术人员围绕着中国边缘海海底长期观测、海洋动力过程与观测、近海海底过程与观测、海底观测技术、海底冷泉/热液观测、海洋天然气水合物勘查与试采、中国近海沉积盆地与油气、海底动态变化观测及其地质灾害和工程环境响应、新型海洋传感器及集成观测分析系统等前沿问题进行深入探讨，并结合深海生态和生物地球科学等议题开展跨学科交流。



## ➤ 海洋地质专家讲坛

为增进国内外学术交流，2016 年 4 月 20 日至 11 月 2 日，实验室成功举办了“海洋地质专家讲坛”（简称“讲坛”）。该讲坛是继 2015 年成功举办后，在本年度再次开办。

本年度讲坛邀请中国科学院院士、中国海洋大学特聘教授张国伟院士，国家“千人计划”、美国休斯顿大学周华伟教授，国家“千人计划”、英国邓迪大学董平教授，国家海洋局第一海洋研究所所长李铁刚教授，国家杰青、“万人计划”学者、中科院海洋研究所曾志刚教授等 10 名国内外知名学者来校讲座。讲座内容涉及海底构造、资源勘探、地球物理、海洋沉积等国际前沿科学问题 and 研究热点，受到全院师生的热烈欢迎。



“海洋地质专家讲坛”报告列表

序号	讲座时间	专家姓名	专家单位	讲座题目
1	2016 年 4 月 22 日	董平	英国邓迪大学	Marine Sediment Dynamics Research-Progresses and Bottlenecks
2	2016 年 5 月 9 日	乔磊	美国俄克拉荷马州立大学	Hydrological responses across scales: The vegetation change impacts in South Great Plains
3	2016 年 6 月 3 日	李铁刚	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地质之环境地球
4	2016 年 6 月 6 日	杜德文	国家海洋局第一海洋研究所	海山富钴结壳资源定量评价
5	2016 年 6 月 7 日	刘健	海洋地质研究所	水下三角洲沉积演化研究

6	2016年6月14日	孟宪伟	国家海洋局第一海洋研究所	放射性成因同位素 (Sr,Nd) 在中国边缘海沉积物来源定量判识中的应用
7	2016年6月17日	曾志刚	中国科学院海洋研究所	海底热液活动及其硫化物调查研究进展
8	2016年6月21日	周华伟	美国休斯顿大学	Frontier issues in marine geophysics-How to conduct research in geosciences
9	2016年6月24日	张训华	海洋地质研究所	中国大陆架科学钻探进展与成果
10	2016年10月31日 -11月2日	张国伟	西北大学 中国海洋大学	板块构造与大陆构造—当代大地构造研究与探索思考

## ➤ 赫崇本海洋高端论坛

实验室邀请到安芷生院士来到“赫崇本海洋高端论坛”，为大家作题为《冰期-间冰期印度季风变迁的动力学》的报告。安院士深入浅出地讲解了中国沉积物中解译出的气候变化信息，显示影响亚洲地区的印度季风受到了南半球高纬度气候变化的驱动。这一研究的方法、思路对做海-陆气候变化、大气循环以及海洋地质学研究的师生们都有很大的启发。同时，安院士还跟大家分享了关于英文论文写作的诸多经验和技巧。



图为副校长李巍然教授主持报告会

学校设立赫崇本海洋高端论坛，旨在秉承海洋学先辈守职敬业、严谨开放的治学精神，邀请全球海洋学科的顶级专家学者带来前沿成果报告，树立高端学术论坛的国际品

牌，进一步强化学校在海洋学科高端领域的优势，营造纯粹热烈的学术氛围，激励广大师生认知海洋，投身海洋，为人类海洋事业的发展贡献力量。安芷生院士，是第四纪地质学家，中国科学院院士，美国科学院外籍院士。中国科学院地球环境研究所研究员，博士生导师。

安院士长期从事黄土、第四纪地质与全球变化研究，系统地研究了我国黄土的堆积、演化及其与古气候、古环境的关系；率先将第四纪磁性地层学引入我国；与刘东生院士一起将中国黄土与深海沉积序列进行了成功的对比，使中国黄土成为研究全球气候变化的三大支柱之一；由他所领导的研究集体，系统地建立了最近 240 万年、13 万年和最近 2 万年以来不同时间尺度、不同分辨率的中国古环境变化历史，探究了东亚季风的演化历史和驱动机制。在包括 Nature、Science 在内的国际国内刊物上发表文章共计 500 余篇，引用超过 2 万次。

安院士曾任中国科学院西安分院院长，陕西省科学院院长，黄土与第四纪地质国家重点实验室主任，中国科学院地球环境研究所所长。兼任中国第四纪研究委员会副主任，国际第四纪联合会副主席，国际地圈生物圈计划副主席等。

## ➤ 海外名师讲坛

John Suppe 教授是美国科学院院士，台湾大学 Distinguished Chair Research Professor，美国普林斯顿大学 Blair Professor of Geosciences Emeritus，国际著名构造地质学家。曾任美国普林斯顿大学地质系主任，美国麦哲伦号金星探测计划的图像解释顾问。他在断层相关褶皱理论、定量分析构造变形的几何学和运动学过程等构造地质学研究领域做出过开创性贡献，成果已经被写入多本“构造地质学”经典教科书。著有《Principles of Structural Geology》，并发表文章 100 多篇。

Suppe 教授是国际著名的构造地质专家，长期致力于东亚地区的大地构造学研究，与国内长期保持合作和交流关系，取得了丰硕成果。他来访后将介绍关于西太平洋俯冲带的最新研究进展，并开展学术交流和探讨研究合作，对于我校西太平洋研究计划具有重要意义。

2016 年 7 月 4 日，Suppe 教授为我校师生作了一个半小时的专题演讲，介绍了他的研究小组在西太平洋俯冲带历史演变过程方面的最新科研成果。他们的工作是对板块构

造学的重要补充，引起了参会学者的共鸣和讨论。合作方面。Suppe 教授将于 2016 年秋季加盟美国休斯敦大学，领导建立“Tectonics & tomography”研究中心。他的到来为这个研究中心与中国海洋大学进一步合作开展西太平洋地球结构研究具有重要推动作用。



➤ 博学讲坛

根据 2013 级博士生培养方案要求，2013 级博士研究生在学位论文正式答辩前，必须在学院和实验室范围内做一次公开学术讲坛，博学讲坛是 14 位博士毕业生为广大师生带来的学术盛宴，效果良好。

时间	报告题目	主讲人
2016.04..09	电阻率各向异性海洋可控源电磁正反演方法研究	罗鸣
2016.04..09	任意方位电偶源的海洋可控源电磁场三维正反演	严波
2016.04..09	高精度时频分析方法及应用研究	岳龙
2016.04..09	复杂地区三维非地表一致性静校正方法研究	石太昆
2016.04..11	东海陆架盆地台北低凸起构造特征与演化	蒋玉波
2016.04..11	南黄海冷水团季节变化及悬浮体输运模式研究	李建超
2016.04..11	Evolution of Shoreline Change along the Niger Delta Coast, Gulf of Guinea during the last 100 years	Dada
2016.04..12	婆罗洲中-新生代增生造山过程及板块重建	王鹏程
2016.04..12	华北地块中部晚中生代以来构造地貌演化：低温热年代学分析	许立青

2016.04..14	山东半岛南部近岸泥质体的物源和沉积演化	刘金庆
2016.04..14	北大西洋北部 MIS 8 期以来的气候变化及其对北大西洋暖流的响应	赵蒙维
2016.04..14	现行黄河三角洲叶瓣冲淤演变的阶段性变化及其控制因素的探讨	吴晓
2016.04..15	西沙石岛生物礁发育与环境演化	修淳
2016.04..15	冲绳海槽火山岩岩浆源区组成研究	国坤

## 交流合作

### ➤ 项目合作

依托实验室，中国海洋大学与青岛市地震局将共建“五子顶洞体地震观测站”，并于 2016 年 11 月 25 日在中国海洋大学图书馆第一会议室举行了签约仪式。此次共建地震观测站对促进校局合作发展，增强青岛市地震观测水平，提升中国东部地区地震观测能力等方面具有重要意义。地震观测站建成后可以成为面向全国中小学生的地震科普基地，具有全国示范性，有利于增强国民地震安全意识。通过该项目的建立，也将促进学校地球物理和地质等相关学科的发展。



中国海洋大学副校长李巍然、青岛市地震局局长仇维宏代表双方签署共建协议。

## ➤ 学术交流

实验室成员积极组织 2016 年中国地球科学联合会“洋陆过渡结构与构造”等专题 3 个，同时，作为主要力量协助青岛海洋科学与技术国家实验室组织了 3 次“中国大洋钻探船”相关论证会议，邀请了来自国内外著名高校的学者和 30 位中国科学院和中国工程院院士前来参会；实验室 41 人次参与了一系列国内外学术会议并做大量学术报告，主要列表如下：

会议名称	报告人	地点
第 35 届国际地质大会	李三忠	南非开普敦
第 35 届国际地质大会	姜效典	南非开普敦
18th International Symposium on Geodynamics and Earth Tides	姜效典	意大利的里雅斯特
Biogeochemical Pressures and their effects on Marine Ecosystems in China and Europ	王厚杰	德国汉堡
ESCA56: Coastal System in transition from a natural to an anthropogenically-modified state	王厚杰	德国不莱梅
The 4th OUC-UEA Symposium	王厚杰	英国诺里奇
23 EMIW (国际电磁感应大会)	李子国	泰国
23 EMIW (国际电磁感应大会)	裴建新	泰国
AGU 学术会议	李德勇	美国旧金山
28th CREWES Sponsors Meeting	张会星	加拿大卡尔加里
第 35 届国际地质大会	赵淑娟	南非开普敦
第 35 届国际地质大会	刘鑫	南非开普敦
第 35 届国际地质大会	索艳慧	南非开普敦
2016 美国海洋科学大会 (Ocean science meeting)	胡丽沙	美国新奥尔良
2016 美国海洋科学大会 (Ocean science meeting)	毕乃双	美国新奥尔良
“The 8th International workshop on modeling the ocean”第八届海洋数值模拟国际研讨会	乔璐璐	意大利
2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)	李鹏	北京
2016 TerraSAR-X & TanDEM-X Science Team Meeting	李鹏	德国
第二届“地下储层和流体的地球物理成像”国际研讨会	姜素华	青岛
第二届“地下储层和流体的地球物理成像”国际研讨会	童思友	青岛
第二届“地下储层和流体的地球物理成像”国际研讨会	邹志辉	青岛
第四届地球系统科学大会	张勇	北京
第四届地球系统科学大会	郑祺亮	北京
第四届地球系统科学大会	孔祥超	北京
第四届地球系统科学大会	臧艺博	北京
2016 年中国地球科学联合学术年会	李三忠	北京

2016年中国地球科学联合学术年会	李三忠	北京
2016年中国地球科学联合学术年会	赵淑娟	北京
2016年中国地球科学联合学术年会	刘鑫	北京
2016年中国地球科学联合学术年会	索艳慧	北京
2016年中国地球科学联合学术年会	孔祥超	北京
2016年中国地球科学联合学术年会	张勇	北京
2016年中国地球科学联合学术年会	刘博	北京
2016年中国地球科学联合学术年会	李园洁	北京
2016年中国地球科学联合学术年会	郑祺亮	北京
2016年中国地球科学联合学术年会	臧艺博	北京
2016年中国地球科学联合学术年会	郭玲莉	北京
2017年中国地球科学联合学术年会	于胜尧	北京
2017年中国地球科学联合学术年会	罗鸣	北京
2017年中国地球科学联合学术年会	刘颖	北京
海洋国家实验室2016年学术年会	索艳慧	青岛
海洋国家实验室2016年学术年会	于胜尧	青岛
海洋国家实验室2016年学术年会	赵彦彦	青岛
海洋国家实验室2016年学术年会	戴黎明	青岛
海洋国家实验室2016年学术年会	吴晓	青岛
《华北克拉通破坏》2017年度学术研讨会	李三忠	北京
国家海洋局二所物理海洋实验室年会	吴晓	杭州
华南大陆动力学重大科学问题第四次研讨会	于胜尧	成都

## 平台建设与开放

### ➤ 平台开放

截至2016年12月，实验室在用50万元以上大型仪器24件，使用率在80%以上，所有仪器设备均对校内外开放共享。

序号	设备名称	厂家及型号	启用年月	原值(万元)	使用率(%)	开放共享机时数	
						校内	校外
1	等离子体发射光谱仪(ICP-AES)	美国PE公司 Optima4300DC	2003.3	132	100		
2	等离子质谱仪(ICP-MS)	美国安捷伦公司 Agilent 7500C	2004.12	165	100		
3	台式偏振X射线荧光光谱仪	德国斯派克分析仪器公司 XEPOS	2008.7	57.6	100		80小时
4	电子探针显微分析仪	日本技术株式会社 JXA-8230	2013.1	302.4	100		44天

5	全数字旁扫声纳系统	美国 KLEIN 公司 KLEIN2000	2001.3	79	100 (2010-2012 年使用率, 2013 年以后未使用, 5 年平均使用率为 64%)		
6	声纳式多波束系统	英国 GeoAcoustics 公司 Geoswath Plus	2007.6	121.9	95.6		12 天
7	数字地层剖面仪	英国 GeoAcoustics 公司 Chirp II	2007.6	62	95.6		12 天
8	高分辨率海洋地震仪	美国 Hydroscience 公司 24 道	2010.1	229.5	100		7 天
9	等离子体震源	浙江大学 20KJ	2012.8	120	82.6		
10	电火花震源	法国 SIG 公司 SIG 5Mille	2013.8	102	100		
11	全数字侧扫声纳系统	美国 Klein 公司 Klein3000	2013.8	65.1	100		
12	声学多普勒流速剖面仪	美国劳雷公司 WHLR75	2013.9	66.6	100		
13	海洋地震仪	美国 HydroScience 公司 NTRS2	2013.10	396.7	100		
14	微型地震记录仪	美国 reftec 公司 125A-03	2014.4	214.2	100		
15	多波束侧扫声纳系统	美国 Klein 公司 Klein500V2	2013.11	169.4	81.2		
16	地震剖面系统	荷兰欧柏集团有限公司 Geo-spark2000	2014.6	81.5	86.2		
17	多波束测深系统 (2 套)	丹麦 RESON 公司 Seabat 7125-sv2	2014.11	217.5	100		
18	PC 机群系统	美国 SUN 公司 Fire V208	2005.12	195	100		
19	专用服务器 (PC 集群)	美国 SUN 公司 V20Z 1U	2005.12	183	100		
20	专用服务器 (PC 集群)	美国 SUN 公司 V40Z 1U/AMD250	2005.12	89	100		
21	GPU 计算集群系统	北京曙光有限公司 TC4000	2012.1	83	100		
22	集群工作站系统	戴尔 PEC6100	2011.4	85.4	100		
23	集群系统	戴尔	2012.4	204.5	100		
24	高性能计算集群	北京曙光有限公司	2013.6	66.1	100		

注：仪器使用率计算方法：（有效机时/定额机时）×100%，参照教育部关于高校大型精密贵重仪器使用效益评估的考核规定，定额机时为 1400 小时/年（通用设备）或 800 小时/年（专用设备）。

## ➤ 平台建设

自 2009 年起，赵广涛教授团队研制了具有自主知识产权的深海海底边界层长期原位观测系统样机(Benvir)，相继在我国南海和东海成功进行了深海试验和应用，并于 2013 年 7 月通过验收。本设备采用可视化监控投放技术支撑，弥补了传统海底观测装置“盲投”方法的不足，保障了系统安全投放与海底“软着陆”。

自 2010 年起，李予国教授团队研制了 1000A 级海洋可控源电磁发射机样机，到 2014 年底，1000A 级大功率逆变系统已完成水下发射测试，4000 米级海底电磁采集站样机在我国南部海域成功完成 4000 米级海底大地电磁数据采集试验，填补了我国在这一方面的空白，标志着我国海洋电磁探测技术与装备研制取得重大突破性进展，达到国际先进水平。

自 2013 年起，刘怀山教授团队开发了一整套具有自主知识产权的海底能源地球物理立体探测系统及相关配套技术，并在天然气水合物的地球物理立体探测、随钻地震信号处理、地震海洋学近海海洋水体特性研究等方面取得了技术突破。到 2014 年底，已成功研制一套海洋小多道高分辨率地震拖缆采集系统和二条试验性海洋垂直缆，并开展了实际应用。

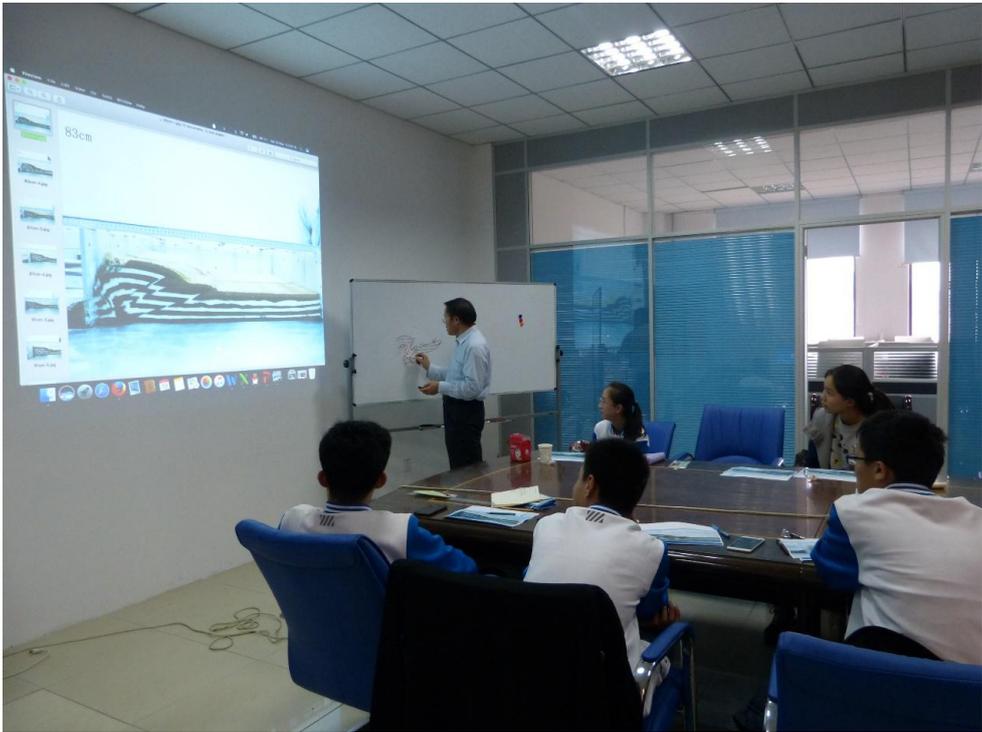
2014 年建成 2600 吨级海大号地球物理调查船，并下水作业，大大增强了实验室海上综合调查能力。

2015-2016 年两批次在学校 985 支持下，累计购买海底地震仪 33 台，并在 2015-2016 年的马里亚纳万米深海调查中发挥了重要作用，提升了深海大洋研究能力。

## 科普教育

为普及海洋地球科学常识，提升青少年对海洋地球科学的兴趣，培养海洋地球科学研究后备人才，重点实验室始终坚持对外开放和科普宣传，并吸引中国海洋大学附属中学高中部学生组成 6 人的海洋科学兴趣小组，来到重点实验室的构造变形模拟实验室开展“海底岩层变形机制--力学和几何证据”的实验研究，为了能让学生更近距离接触实验室，走进科学殿堂，本次活动精心准备了可以激发同学们想象力的科普展示和实验室

操作。在郭玲莉老师的指导下，海洋科学兴趣小组成员动手操作了物理模拟实验，学习了仪器设备操作及实验流程，更直观、更深入的了解海底岩层的变形过程和机制，实验结束后，在李三忠老师的指导下，认真分析实验结果，并将高中的几何知识与岩层变形过程的几何学相结合，学以致用，通过本次开放学习，同学们均表现出了浓厚的科研兴趣，并希望进一步深入学习海洋地球科学知识。





## 人员与机构

### ➤ 固定人员

姓名	性别	出生年份	学位	技术职务	研究方向	最后学位训练地
翟世奎	男	1958	博士	教授/博导	海洋沉积学	中科院海洋所
李巍然	男	1960	博士	教授/博导	海洋沉积	中国海洋大学
曹志敏	男	1957	博士	教授/博导	矿床地球化学	成都理工大学
孟凡顺	男	1960	博士	教授/博导	计算地球物理	西北工业大学
王修田	男	1961	博士	教授/博导	应用地球物理	英国伦敦大学
姜效典	女	1961	博士	教授/博导	计算地球物理	德国汉堡大学
李广雪	男	1962	博士	教授/博导	海洋沉积与环境	中国海洋大学
刘怀山	男	1962	博士	教授/博导	应用地球物理	中国海洋大学
冯秀丽	女	1962	博士	教授/博导	海洋工程地质	中国海洋大学
徐景平	男	1963	博士	教授/博导	海洋沉积动力	美国威廉玛丽学院
赵广涛	男	1964	博士	教授/博导	岩石地球化学	中国海洋大学
范德江	男	1965	博士	教授/博导	海洋沉积学	中国海洋大学
李予国	男	1965	博士	教授/博导	海洋电磁	德国哥廷根大学
张建中	男	1963	博士	教授/博导	海洋地球物理	成都理工大学
李三忠	男	1968	博士	教授/博导	构造地质	吉林大学
王永红	女	1969	博士	教授/博导	海洋动力地貌	华东师范大学
王厚杰	男	1972	博士	教授/博导	海洋沉积动力	中国海洋大学
吴建政	男	1956	硕士	教授	海洋工程地质	同济大学
刘东生	男	1958	硕士	教授	古生物古海洋学	中国海洋大学
于新生	男	1960	博士	研究员	海洋探测技术	英国剑桥大学
曹立华	男	1964	硕士	教授	海底探测技术	中国海洋大学
韩宗珠	男	1964	硕士	教授	岩石学	中科院地化所
何兵寿	男	1973	博士	教授	地震勘探	中国石油大学(北京)
褚忠信	男	1976	博士	教授	海洋地质	中国海洋大学
赵彦彦	女	1978	博士	教授	沉积地球化学	中国科技大学
于胜尧	男	1982	博士	教授	构造地质学	中国地质科学院
姜素华	女	1963	博士	副教授	石油地质	中国石油大学(北京)
刘冬雁	女	1967	硕士	副教授	海洋沉积	中国海洋大学
夏冬明	男	1970	博士	副教授	应用地球物理	中国海洋大学
许淑梅	女	1970	博士	副教授	沉积学与地层学	中国海洋大学
张晓东	男	1971	博士	副教授	计算机应用	中国海洋大学
李安龙	男	1972	博士	副教授	海洋探测技术	中国海洋大学
于增慧	女	1973	博士	副教授	海洋地球化学	中科院海洋所
张会星	男	1973	博士	副教授	地震勘探	中国矿业大学

张进	男	1978	博士	副教授	地震勘探	中国海洋大学
朱龙海	男	1979	博士	高级工程师	海洋地质	中国海洋大学
乔璐璐	女	1981	博士	副教授	物理海洋	中国海洋大学
毕乃双	男	1980	博士	副教授	海洋地质	中国海洋大学
王林飞	男	1980	博士	副教授	地震勘探	中国海洋大学
徐继尚	男	1981	博士	副教授	海洋地质	中国海洋大学
戴黎明	男	1981	博士	副教授	构造地质	中国海洋大学
邹志辉	男	1982	博士	副教授	海洋地球物理	美国德州理工大学
徐秀刚	男	1982	博士	副教授	地球探测信息技术	中国石油大学
张晶	男	1967	硕士	讲师	测绘	中国海洋大学
杜同军	男	1970	博士	讲师	海洋地质	中国海洋大学
孙剑	男	1972	硕士	工程师	海洋探测技术	中国海洋大学
邓声贵	男	1974	博士	讲师	海洋探测技术	中国海洋大学
孙晓霞	女	1974	博士	讲师	海洋地质	中国海洋大学
刘勇	男	1975	博士	讲师	海洋探测技术	中国海洋大学
裴建新	男	1975	博士	讲师	电磁勘探	中国海洋大学
宋鹏	男	1979	博士	讲师	应用地球物理	中国海洋大学
龙海燕	女	1979	博士	讲师	海洋地质	中国海洋大学
马妍妍	女	1979	博士	讲师	海洋地质	中国海洋大学
胡日军	男	1980	博士	讲师	海洋地质	中国海洋大学
丁咚	男	1982	博士	讲师	测绘	中国海洋大学

## ➤ 流动人员

### 兼职教授

姓名	性别	技术职务	工作单位	研究方向	最后学位训练地
彭轩明	男	研究员	青岛海洋地质研究所	海洋地质	长春地质学院
张海啟	男	教授级高工	国土资源部中国地质调查局	海洋地质	青岛海洋大学
段本春	男	教授	德州农工大学	地震地球物理学	加利福尼亚大学
Dietmar Mueller	男	教授	悉尼大学	板块重建	美国 Scripps 海洋研究所

### 博士后研究人员

姓名	性别	学位	技术职务	研究方向	最后学位训练地
黄忠来	男	博士	师资博士后	应用地球物理	厦门大学
谭军	男	博士	师资博士后	应用地球物理	中国海洋大学
黄继鋒	男	博士	师资博士后	测绘	武汉大学

邢军辉	男	博士	师资博士后	海洋地球物理	德国不来梅大学
邢磊	男	博士	师资博士后	海洋地球物理	中国海洋大学
李德勇	男	博士	师资博士后	石油地质	中国海洋大学
尹燕欣	女	博士	师资博士后	海洋地球物理	中国海洋大学
刘鑫	男	博士	师资博士后	层析成像	中国海洋大学
郭玲莉	女	博士	师资博士后	物理模拟	中国地震局地质研究所
刘颖	男	博士	师资博士后	海洋地球物理	中国海洋大学
曹花花	女	博士	师资博士后	岩石地球化学	吉林大学
索艳慧	女	博士	师资博士后	海洋地质	中国海洋大学
赵淑娟	女	博士	师资博士后	构造地质	中国海洋大学
胡丽沙	女	博士	师资博士后	沉积学	中国地质大学（武汉）
杨杰军	男	博士	博士后	海洋化学	中国海洋大学
王洪亮	男	博士	博士后	海洋地质	中国科学院海洋研究所
司少坤	男	博士	博士后	物理海洋学	中国科学院
袁波	男	博士	博士后	海洋地质	中国地质大学（北京）
于盛齐	男	博士	博士后	海洋地质	哈尔滨工程大学
王娟	女	博士	博士后	海洋地球物理学	中国石油大学（华东）
李玺瑶	男	博士	博士后	海洋地质	中国地质大学（武汉）
韩波	女	博士	博士后	地球探测与信息技术	中国地质大学（武汉）
王永明	男	博士	博士后	地球动力学	中国科技大学
李园洁	女	博士	博士后	海洋地质	中国科学院大学
王誉桦	女	博士	博士后	海洋地质	北京大学

## ➤ 技术管理人员

姓名	性别	学位	技术职务	实验室管理	最后专业训练地
杨荣民	男	硕士	教授级高工	海底探测实验室	中国海洋大学
李金山	男	硕士	高工	地球物理实验室	中国海洋大学
张爱滨	男	硕士	高工	地球化学实验室	中国海洋大学
童思友	男	博士	高工	复杂油气田物探方法实验室	中国海洋大学
林霖	女	硕士	工程师	工程地质实验室	中国海洋大学
张怀静	女	硕士	工程师	基础分析实验室	中国海洋大学
姜秀萍	女	硕士	工程师	地球探测软件实验室	中国海洋大学
刘勇	男	博士	讲师	海洋样品库与预处理室	中国海洋大学
刘博	女	博士	实验师	海洋样品库与预处理室	中国海洋大学
来志庆	男	硕士	实验师	电子探针实验室	中国海洋大学
刘明	男	硕士	实验师	XRF 实验室	中国海洋大学

## ➤ 学术委员会

### ➤ 实验室组织机构

#### 第一届

主任：翟世奎

副主任：赵广涛

秘书：王永红，裴建新

#### 第二届

主任：翟世奎

副主任：赵广涛，李三忠

秘书：褚忠信，裴建新

#### 第三届

主任：李三忠

副主任：乔璐璐

秘书：邹志辉

### ➤ 实验室学术委员会

#### 第一届学术委员会组成名单（共 17 人）

姓名	职务	技术职务	工作单位	研究方向
刘光鼎	主任	院士	中国科学院地质地球物理所	海洋地球物理
秦蕴珊	副主任	院士	中国科学院海洋研究所	海洋地质
李庆忠	副主任	院士	中国海洋大学	地球物理勘探
张国伟	委员	院士	西北大学	构造地质
金翔龙	委员	院士	国家海洋局第二海洋研究所	海洋地球物理
李阳	委员	教授、博导	中石化油田勘探开发事业部	石油地质
张国华	委员	教授级高工	中海石油有限公司上海公司	海洋地质
张洪涛	委员	教授、博导	中国地质调查局	海底矿产
刘保华	委员	教授、博导	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地球物理

张训华	委员	研究员、博导	青岛海洋地质研究所	海洋地球物理
杨胜雄	委员	研究员、博导	广州海洋地质调查局	海洋地质
高抒	委员	教授、博导	南京大学	海岸海洋
翦知泯	委员	教授、博导	同济大学	古海洋学
苏新	委员	教授、博导	中国地质大学	古海洋学
杨作升	委员	教授、博导	中国海洋大学	海洋地质
翟世奎	委员	教授、博导	中国海洋大学	海洋地质
李广雪	委员	教授、博导	中国海洋大学	海洋地质

### 第二届学术委员会组成名单（共 17 人）

姓名	职务	技术职务	工作单位	研究方向
刘光鼎	主任	院士	中国科学院地质地球物理所	海洋地球物理
秦蕴珊	副主任	院士	中国科学院海洋研究所	海洋地质
李庆忠	副主任	院士	中国海洋大学	地球物理勘探
张国伟	委员	院士	西北大学	构造地质
金翔龙	委员	院士	国家海洋局第二海洋研究所	海洋地球物理
李阳	委员	教授、博导	中石化油田勘探开发事业部	石油地质
张国华	委员	教授级高工	中海石油有限公司上海公司	海洋地质
张洪涛	委员	教授、博导	中国地质调查局	海底矿产
刘保华	委员	教授、博导	国家海洋局第一海洋研究所	海洋地球物理
张海啟	委员	研究员	中国地质调查局	海洋地质
张训华	委员	研究员、博导	青岛海洋地质研究所	海洋地球物理
杨胜雄	委员	研究员、博导	广州海洋地质调查局	海洋地质
李铁刚	委员	研究员、博导	中国科学院海洋研究所	海洋地质
翦知泯	委员	教授、博导	同济大学	古海洋学
方念乔	委员	教授、博导	中国地质大学	沉积学
李广雪	委员	教授、博导	中国海洋大学	海洋地质
翟世奎	委员	教授、博导	中国海洋大学	海洋地质

### 第三届学术委员会组成名单（共 17 人）

姓名	职务	技术职务	工作单位	研究方向
张国伟	主任	院士	西北大学	构造地质
李家彪	副主任	院士	国家海洋局第二海洋研究所	海洋地球物理与大陆边缘构造
朱日祥	副主任	院士	中国科学院地质与地球物理研究所	海洋磁学与地球动力学

王成善	委员	院士	中国地质大学	海洋沉积学
郝天珧	委员	研究员、博导	中国科学院地质与地球物理研究所	海洋地球物理学
林 间	委员	研究员、博导、副所长	中国科学院南海海洋研究所	海洋地球物理学
吴能友	委员	研究员、博导、所长	青岛海洋地质研究所	海洋地质学
李铁刚	委员	研究员、博导、所长	国家海洋局第一海洋研究所	海洋沉积学
曾志刚	委员	研究员、博导、主任	中国科学院海洋研究所	海底矿产
刘宝明	委员	教授级高工、主任	中国地质调查局油气中心	海洋地质学
张光学	委员	教授级高工、局长	广州海洋地质调查局	海洋天然气水合物地质
陈永顺	委员	教授、博导、院长	南方科技大学	海洋地球物理
郭玉贵	委员	研究员、局长	青岛地震局	地震学
李广雪	委员	教授、博导、院长	中国海洋大学	海洋沉积
李三忠	委员	教授、博导、主任	中国海洋大学	海底构造
张建中	委员	研究员、博导	中国海洋大学	海洋地球物理
王厚杰	委员	教授、博导、常务副院长	中国海洋大学	海洋沉积动力学

# 人才培养

## 研究生培养:

实验室固定人员和客座人员承担研究生教学工作,共担任研究生课程 75 门,累计 3008 个学时。指导研究生毕业论文 96 人,其中,博士研究生 26 人,硕士研究生 70 人。同时为研究生开展相关的专业思想和教育讲座。

## 本科生培养:

实验室固定人员承担本科生教学工作,共担任本科生教学课程和实习 103 门,累计 3909 个学时,所有实习课程达到 20 周。指导本科毕业生 151 名。

(根据海洋地球科学学院教师统计数据)

2016 在读研究生名单

	招收(姓名,总人数)	毕业(姓名,总人数)	目前在校(姓名,总人数)
博 士 生	27 人 白亚之 张俊 刘亚楠 张栋 曲中党 安振芳 李建凯 邵贵航 刘洁 杨冠雨 逢悦 权永峥 肖春晖 刘晓锋 董振 武向峰 张宇蛟 张臻 高小惠 惠格格 张洋 周在征 艾丽娜 钟伟 毕东杰 段海钦 李昭颖	26 人 宋转玲 江巧文 石太昆 赵慧 刘明 刘博 邢国攀 张一凡 刘金庆 赵蒙维 王鹏程 蒋玉波 许立青 国坤 罗鸣 严波 李建超 吴晓 修淳 岳龙 宋晓丽 DADA OLUSEGUN ADEKOYEJO 叶益信 方云峰* 石太昆* 赵慧*	83 人 王利波 杨传胜 赵广明 曹现志 张盼 李孜晔 孙文军 宋渥 姜子可 郑世雯 孔祥超 任宝宏 张道来 迟万清 邵雪娇 丁维凤 宫伟 刘世东 冉伟民 李景瑞 王淑杰 张晓波 李林伟 张一鸣 闫桂京 封志兵 卢杰 王忆非 梅赛 尉佳 张晓 华 江丽 戚乐华 徐震寰 赵斐宇 段双敏 刘雪 芹 王文娟 张现荣 来志庆 刘根 刘晓光 王倩 冯冰 宫钊彰 田元 肖晓 张连杰 宗统 冯怀伟 袁萍 王爱美 丛静艺 李朝阳 郑江龙 陆凯 白 亚之 张俊 刘亚楠 张栋 曲中党 安振芳 李建 凯 邵贵航 刘洁 杨冠雨 逢悦 权永峥 肖春晖 刘晓锋 董振武 向峰 张宇蛟 张臻 高小惠 惠 格格 张洋 周在征 艾丽娜 钟伟 毕东杰 段海

			钦 李昭颖
硕 士 生	<b>68 人</b> 伊天宇 葛学胜 张建国 曾志毅 黄军 丁学振 李同宇 白冰 陈泓燕 陈明 陈松 陈召健 高航 郭绪兵 韩同刚 解闯 李佳珂 李凯瑞 李志鹏 刘聪 刘心哲 申鹏 唐朋威 王杰 王兴 吴树梁 徐孟康 杨涛 吕纪轩 杨彦兴 牟秀娟 杜佳 于兰芳 李通通 张蕾 薛文静 张雅淇 罗珂 皇甫雪睿 唐荣 周春 张自豪 李梦君 田举 马芳芳 苗晓明 吴珊 王飞飞 杨远东 宁泽 李舒豪 丛帅 纪金龙 陶建丽 杨刚 常继强 冯智泉 刘爽 刘晓航 齐富康 叶文星 曹伟 赵盖博 刘波 孙文亮 吴卫华 郭峰松 李瑞丰	<b>70 人</b> 张剑 宋振杰 李松 潘瑞伟 惠格格 逢悦 冯哲 高星华 李梦星 张涛 尹砚军 张臻 罗宗杰 梁玉蕾 袁鸿洁 陈文良 曹佳琪 杨雯 伊 伟东 肖鹏 陈中亚 李倩 刘涵 范勇勇 冷传旭 王传 艾丽娜 焦 强 殷自强 毕海明 孙宇 菲 康雪宁 金群昊 吕昕 赵玺 张琪 牟海波 刘晗 张林清 张志超 陈玉玺 李钧轲 陈璐 王鹏 张博伦 徐玥 刘婷婷 雷建平 何勇 张丹妮 陈晓琦 杨绍伟 王嘉琳 郭雨帆 朱常规 蔡正辉 赵玉玲 胡捷 王文峰 任智会 孙传禧 李沛 李亨健 赵科 陈亮 安振芳 安玲芳 谢晨 李焱冉 虞义勇	<b>217 人</b> 高嵩 刘洁 孙兴全 刘学义 郑志超 钟梦轩 许 达贞 岳家彤 杨超 王明 林凡生 秦显科 孙明 武 杨晓辉 孙道朋 邓雨男 阮清青 雷朝阳 林 琦 王元媛 王鹏飞 唐怀谷 焦静娟 曲建志 王 磊 袁翔 江飞 付萌 谭昊 孙中强 王春霖 吴志 晨 邸泽鹏 魏瑶 张慧璇 冯利 闵建雄 潘林冬 林智恒 黄盐 张惟 伊善堂 张文强 姜睿 王震 仲毅 孙学诗 崔尚公 毕东杰 安振振 蔡宗伟 张卓 林纪江 王妍妍 叶清 牛建伟 李昭颖 薛 碧颖 王丽艳 张勇 钟伟 段海钦 董冰洁 郑祺 亮 吕迎秋 臧艺博 强萧萧 张照鹏 翟珂 郝娅 楠 黄孝钰 李梅娜 张洋 田动会 伊天宇 常青 崔丽苹 丁西凯 葛林苡 李立平 刘锐 汪刚 汪 志文 王文强 王忠成 吴晓阳 徐冲 杨凯 赵东 昌 肖龙英 杨华臣 刘东启 胡楠 吴云具 史才旺 张茗 刘建国 杨求亮 张旭 徐杨杨 向 亚武 黄玲玲 郝英岩 刘希青 付建军 胡梦颖 胡治洲 姜建新 兰浩圆 刘成 张剑 舒东阁 张 尧 李少俊 李青峰 马锐 张页心 陈昌翔 郭润 华 贾琦 姜波 冷星 刘猛 刘泽 孙宣艳 王程浩 王明霄 王晓明 袁晓东 朱颖涛 刘琳 范尧 李 聪颖 马晓红 牟墩玲 李倩 姜龙杰 丁大林 张 侠 王玥铭 张珂 唐子文 郑洪浩 单锐 滕珊 宋 龙龙 李盼 张宝强 康宇璇 伊天宇 葛学胜 张 建国 曾志毅 黄军 丁学振 李同宇 白冰 陈泓 燕 陈明 陈松 陈召健 高航 郭绪兵 韩同刚 解

			阎 李佳珂 李凯瑞 李志鹏 刘聪 刘心哲 申鹏 唐朋威 王杰 王兴 吴树梁 徐孟康 杨涛 吕纪 轩 杨彦兴 牟秀娟 杜佳 于兰芳 李通通 张蕾 薛文静 张雅淇 罗珂 皇甫雪睿 唐荣 周春 张 自豪 李梦君 田举 马芳芳 苗晓明 吴珊 王飞 飞 杨远东 宁泽 李舒豪 丛帅 纪金龙 陶建丽 杨刚 常继强 冯智泉 刘爽 刘晓航 齐富康 叶 文星 曹伟 赵盖博 刘波 孙文亮 吴卫华 郭峰 松 李瑞丰
--	--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

\* 往年毕业，本年度申请学位

### 研究生毕业论文情况

姓名	毕业论文题目	指导教师
<b>博士毕业生</b>		
宋转玲	海洋地质大数据的管理与处理分析	杜德文
江巧文	滨珊瑚骨骼环境指标对琼东海域海洋气候环境演化的响应	曹志敏
石太昆	复杂地区三维非地表一致性静校正方法研究	张建中
赵慧	基于非结构网格的大地电磁二维正反演算法研究	李予国
刘明	渤海中部元素地球化学特征及其对自然过程和人类活动的响应	范德江
刘博	冲绳海槽的地质属性及其动力学机制	张国伟
邢国攀	现代黄河三角洲沉积动力分区	王厚杰
张一凡	琼东南盆地晚新生代生物地层学与古环境重建	张训华
刘金庆	山东半岛南部近岸泥质体的沉积演化与物源研究	曹志敏
赵蒙维	北大西洋北部 MIS8 期以来沉积记录及其对气候变化和北大西洋暖流的响	范德江
王鹏程	婆罗洲岛及其周边 中新生代增生造山过程及板块重建	李三忠
蒋玉波	东海陆架盆地台北低凸起构造特征与形成演化	张训华
许立青	华北地块中部晚中生代以来伸展隆升：磷灰石裂变径迹分析	张国伟
国坤	冲绳海槽火山岩岩浆源区组成及俯冲组分影响的研究	翟世奎
罗鸣	电阻率各向异性海洋可控源电磁正反演研究	李予国
严波	任意方位电偶源的海洋可控源电磁场三维正反演	李予国
李建超	南黄海冷水团季节变化及悬浮体输运模式研究	李广雪

吴晓	全新世至人类世：不同时间尺度黄河三角洲的演化历史及人类活动的控制	王厚杰
修淳	西沙石岛新近纪以来生物礁发育与环境演化	翟世奎
岳龙	高精度时频分析方法及应用研究	刘怀山
DADA	Evolution of shoreline change along the Niger Delta coast, Gulf Guinea during	李广雪
宋晓丽	浒苔绿潮的固碳作用及强度研究	翟世奎
叶益信	海洋可控源电磁法三维有限元正演及电导率各向异性影响研究	李子国
方云峰*	深海地震资料全三维表面多次波预测技术研究	李庆忠
石太昆*	复杂地区三维非地表一致性静校正方法研究	张建中
赵慧*	基于非结构网格的大地电磁二维正反演算法研究	李子国
<b>硕士生</b>		
张剑	珠江口—东平区近海沙体沉积特征及成因	李广雪
宋振杰	2010年黄河调水调沙期间河口泥沙输运过程数值模拟研究	王厚杰
李松	调水调沙影响下黄河入海泥沙的变化及河口沉积环境效应	王厚杰
潘瑞伟	黄河口埕岛海域典型区块水下三角洲稳定性控制因素研究	曹立华
惠格格	南海北部新生代盆地东西对比及水合物成藏模式分析	张国伟
逢悦	长江口及邻近海域悬浮体颗粒组构和自生重晶石研究	范德江
冯哲	青岛海滩表层沉积物的磁性特征及输运	王永红
高星华	九龙甲烷礁及其附近海域天然气水合物成藏的地质特征	张海啟
李梦星	西北印度洋 Carlsberg 脊轴部沉积物矿物学与地球化学特征	翟世奎
张涛	黄河口羽状流扩展对调水调沙的响应	王厚杰
尹砚军	莱州湾东岸三山岛——界河近岸海域冲淤特征研究	吴建政
张臻	Dupal 异常成因机制及幔源岩成因探讨	李三忠
罗宗杰	东营港海域冲淤特征及其影响因素研究	吴建政
梁玉蕾	三峡大坝启用前后长江口及邻近海域悬浮体分布变化	褚忠信
袁鸿洁	新民油田民 114 区块地震解释与储层预测研究	赵广涛
陈文良	莱州湾西部海域沉积物运移特征研究	吴建政
曹佳琪	琼东南盆地深水区 YL19-1-1 钻井岩心重矿物和地球化学特征及其对沉积环境与物源的指示	翟世奎
杨雯	基于粒度和磁学特征的北戴河中西海滩沉积物输移趋势分析	王永红
伊伟东	近岸视频在海滩时空变化监测的应用——以青岛石老人海滩为例	于新生
肖鹏	“数字海底”——埕北海域海底数据集成管理与可视化	李安龙
陈中亚	南黄海中部陆架上新世以来沉积环境演化研究	李广雪
李倩	松辽盆地南部某凹陷南缘营城组储层预测及评价	张进
刘涵	快慢速扩张洋中脊玄武岩地球化学特征及岩浆过程对比-以 EPR 和 SMAR 为例	韩宗珠
范勇勇	近百年来黄河三角洲毗邻海域高分辨率沉积记录及其影响因素研究	毕乃双
冷传旭	南黄海中部泥质区 H07 孔沉积物地球化学特征及其环境和物源意义	赵广涛
王传	西南印度洋中脊玄武岩的岩石地球化学特征与成因研究	韩宗珠
艾丽娜	南黄海中部泥质区全新世中期以来沉积物来源及其影响因素探究	韩宗珠
焦强	埕岛海域冬季大风对海底稳定性的影响——以 CB30A 平台及路由区为例	曹立华

殷自强	长江口海域海洋环境要素的时序特征	刘冬雁
毕海明	敦煌盆地侏罗纪主要成烃层位沉积特征研究	许淑梅
孙宇菲	渤海中部 BZ01 与 B62 柱状样沉积物地球化学记录及其对物源和沉积环境的指示意义	韩宗珠
康雪宁	我国典型中小入海河流水沙通量变化	刘冬雁
金群昊	渭河流域植被覆盖度变化及其影响因素的研究	王厚杰
吕昕	惠州 21-1 油区 K 系列储层非均质性及隔夹层描述	姜素华
赵玺	海上垂直缆多次波提取及联合成像方法研究	张进
张琪	波浪作用下粉土质海床动力响应特征分析	徐继尚
牟海波	多波地震联合逆时偏移成像方法研究	何兵寿
刘晗	基于同步挤压 S 变换的地震频谱成像方法研究	张建中
张林清	流体指示因子反演方法研究及应用	张会星
张志超	同步压缩小波变换及其在地震勘探中的应用	张会星
陈玉玺	杏南开发区沉积微相自动识别技术研究	孟凡顺
李钧轲	利用测井资料评价西湖凹陷某区块含气性	姜效典
陈璐	随钻地震弱信号扶植技术研究	童思友
王鹏	双相介质地震波方程逆时偏移方法研究	张会星
张博伦	SPGL1 算法在地震资料随机噪声压制中的应用	王林飞
徐玥	利用叠前弹性阻抗反演进行致密砂岩气的储层预测研究	姜效典
刘婷婷	海洋 CSEM 法对天然气水合物储层可探测度的分析	李予国
雷建平	南海南部重力异常特征及深部构造研究	姜素华
何勇	基于震源扫描的高精度微震定位方法及其改进	张建中
张丹妮	融合叠前地震分频多属性参数预测西湖凹陷 X 区块“甜点”	姜效典
陈晓琦	海上垂直缆地震数据的 AVO 分析	张进
杨绍伟	多波地震逆时偏移中的纵横波拉伸机理与校正方法	何兵寿
王嘉琳	海洋天然气水合物地震敏感属性分析研究	童思友
郭雨帆	应用地震层析成像研究东亚大陆边缘东北部俯冲带结构和俯冲特征	姜效典
朱常规	多波地震静校正方法研究	何兵寿
蔡正辉	基于自由表面多次波的地震干涉成像研究	刘怀山
赵玉玲	现代黄河三角洲附近海域表层沉积物地球化学分区及物源分析	冯秀丽
胡捷	波浪作用下粉土海床泥沙运动动力过程研究	董平
王文峰	基于 Radon 变换的海洋垂直缆多次波压制	刘怀山
任智会	海阳近岸岸滩演化及控制因素研究	胡日军
孙传禧	深水 OBS 镜像偏移成像方法研究	童思友
李沛	胶东采空区塌陷危险性评价与治理技术研究	冯秀丽
李亨健	山东半岛重点海水浴场岸线变化及沉积物运移	李广雪
赵科	胶州湾跨海大桥对海湾沉积动力环境变化的影响	乔璐璐
陈亮	渤海电火花源小道距短排列高分辨率多道地震资料关键处理技术研究	童思友
安振芳	海洋三维立体 VC 观测系统优化设计研究	张进
安玲芳	叠前地震属性技术在胜利油田鄯子洼陷沙二段储层预测中的应用	张进
谢晨	戈壁砾石区散射噪声形成机理及压制方法研究	刘怀山

李焱冉	粘弹性介质可变网格有限差分数值模拟技术研究	孟凡顺
虞义勇	渤海西部沉积物黏土矿物分布特征及其环境意义	王永红

\*往年毕业，本年度申请学位