

文章编号: 1001-8166(2008)11-1150-11

东亚东倾地形格局的形成与季风系统演化历史寻踪^{*}

——综合大洋钻探计划 683 号航次建议书简介

郑洪波¹, 汪品先¹, 刘志飞¹, 杨守业¹, 王家林¹, 李前裕¹, 周祖翼¹,
贾军涛¹, 李上卿², 贾健宜², John Chappell³, Yoshiki Saito⁴, Takahiro Inoue⁴

(1. 同济大学海洋地质国家重点实验室, 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092;

2. 中国石油化工总公司上海海洋石油公司, 上海 200000; 3. 澳大利亚国立大学地球科学研究院, 堪培拉, 澳大利亚; 4. 日本地质调查局, A IST 东京, 日本)

摘要:围绕 DDP 683 号建议书, 介绍东亚东倾地形格局与季风系统演化历史的相关研究。新生代全球宏观环境格局发生了一系列重大变化, 表现为岩石圈活动强烈, 板块漂移导致海陆格局和地貌格局的变化, 并引发洋流和大气环流的改组, 最终导致全球气候的重大变化。新生代岩石圈运动和气候变化表现最为典型的地区是亚洲, 其中最具标志性和全球意义的地质事件是喜马拉雅山和青藏高原的隆升及亚洲季风系统的形成与演化。青藏高原隆升最直接的结果是亚洲地区现代地貌格局的形成, 大江大河的发育, 并在很大程度上影响了亚洲季风系统的形成与演化。综合大洋钻探计划 683 号航次建议书, 计划在长江中下游盆地和东海陆架盆地实施钻探, 以获得长江历史演化和东亚季风演化的地质记录, 并为研究青藏高原的演化提供新的证据。

关键词:综合大洋钻探计划; DDP 683 号建议书; 青藏高原; 东亚季风; 长江

中图分类号: P31 **文献标志码:** A

1 引言

引导国际地学潮流 35 年 (1968—2003 年) 的国际深海/大洋钻探计划 (DSDP/ODP), 已于 2003 年转入“综合大洋钻探计划 (DDP)”的新阶段, 这项以日本、美国两国牵头、多国参与的大型国际合作计划, 将在大量新技术支撑下, 以更大的投入向深海进军, 开创地球科学研究的新纪元。综合大洋钻探计划的核心指导思想是地球系统科学理论 (即地球圈层相互作用), 主要的科学目标包括:

- (1) 认识深部生物圈和洋底下的海洋。
- (2) 理解环境的变化、过程及其影响。
- (3) 探求固体地球循环和地球动力学机制。

我国于 1998 年加入了大洋钻探计划 (ODP)。1999 年, 以同济大学汪品先教授为首席的科学家群体在南中国海成功实施了 ODP 184 航次, 大大推动了我国深海基础研究的整体水平。2003 年, 中国以“联合会员” (Associate Member) 身份加入了综合大洋钻探计划, 希望在新的国际海洋竞争形势下, 围绕国家海洋战略部署, 发展海洋科学和地球系统科学。2007 年, 以同济大学郑洪波、汪品先等为首的中国科学家向 DDP 提交了 683 号航次建议书“东亚东倾地形格局与季风系统演化历史”^[1], 该建议书获得了 DDP 有关部门的高度评价, 目前有关专家正在围绕建议书的科学目标进行相关的预研究。

DDP 683 号建议书瞄准新生代地球系统演化

* 收稿日期: 2008-08-10; 修回日期: 2008-10-09.

* 基金项目: 国家自然科学基金项目“50 万年以来高分辨率地磁场长期变化研究”(编号: 40676033); 国家自然科学基金重点项目“长江中下游新生代沉积物源示踪及其环境演化意义”(编号: 40830107); 国家自然科学基金创新群体项目“西太平洋暖池与东亚古环境: 沉积记录的海陆对比”(编号: 40621063) 资助。

作者简介: 郑洪波 (1965-), 男, 山东乳山人, 教授, 博导, 主要从事第四纪地质和海洋地质研究。E-mail: zhenghb@mail.tongji.edu.cn

中的一个关键科学问题:即青藏高原隆升和亚洲季风演化之间的可能联系。主要通过长江演化历史研究,探讨青藏高原隆升和亚洲季风历史演化问题。建议书有 3 个方面的研究内容:

(1) 与大陆钻探计划 (ICDP) 合作,获得长江中下游盆地和东海陆架盆地的沉积记录,研究长江历史演化。

(2) 从青藏高原东部入手,研究高原的隆升历史。

(3) 从沉积盆地记录研究东亚季风演化的历史,探讨高原隆升与季风演化的关系。

本文围绕 DDP 683号建议书,介绍东亚东倾地形格局与季风系统演化历史的相关研究现状。

2 区域背景

新生代全球宏观环境格局发生了一系列重大变化,表现为岩石圈活动强烈,板块漂移导致海陆格局和地貌格局的变化,并引发洋流和大气环流的改组,最终导致全球气候的重大变化。全球变化研究的科学认识之一,是认为地球系统是一系列相互作用的耦合,包括地球各圈层之间的相互作用和物理、化学和生物三大基本过程及其相互作用(当然也包括人类活动和地球圈层的相互作用)。就新生代构造尺度($10^5 \sim 10^7$ 年)的气候变化而言,它是地球内因(如地壳运动)和外因(如太阳辐射)共同作用的结果,因此岩石圈构造变动与全球气候变化之间的作用关系是全球变化研究的热点,也是地球系统科学研究的重要切入点^[2]。新生代岩石圈运动和气候变化表现最为典型的地区是亚洲,其中最具标志性和全球意义的地质事件是喜马拉雅山和青藏高原的隆升及亚洲季风系统的形成与演化。青藏高原隆升和气候变化关系的研究构成了全球变化研究的重要组成部分,受到地球科学界的高度关注^[3]。

青藏高原隆升的最直接结果是亚洲地区现代地貌格局的形成,以及大江大河的发育^[4]。强烈的新构造活动加剧了隆升区的风化和剥蚀作用,外流水系的形成又使得这些物质被搬运并最终在西太平洋边缘海域(或印度洋)沉积,完成“从源到汇”的一个沉积过程。由于亚洲地势上的巨大落差(从喜马拉雅山到菲律宾海沟 4 000 km 的水平距离上有 20 000 m 的落差),使这一地区具有非常强烈的物质和能量交换,成为全球沉积活动最活跃的地区。据 Milliman 等^[5]的研究,现代沉积的 60%集中于亚洲大陆周围和周边岛屿与海域。事实的确如此,在亚

洲分布着众多世界级的大河,如黄河、长江、珠江、红河、湄公河、查府拉亚河、伊拉瓦底河、恒河和印度河等,它们的形成与演化,无不与青藏高原密切相关,其地质地貌过程以及在全球演化的关系引起地球科学家的高度关注,涉及到的核心科学问题包括:

(1) 青藏高原隆升对地貌形态的塑造,以及对河流时空格局演化的作用。

(2) 河流发育对亚洲季风演化的响应。

(3) 河流在流域风化产物(固体和溶解质)的运移和沉积过程(沉积物“从源到汇”)中的作用,及其全球气候意义。

(4) 入海通量变化及对全球海洋化学通量的影响等^[5-11]。上述内容构成了当前许多重大国际研究计划,如 LOICZ 计划(海岸带陆海相互作用计划)、MARGNs 计划,“Source to Sink”计划(“源到汇”计划)的研究内容,也是国际大洋钻探计划(DDP)和国际地质对比计划(IGCP)关注的热点^[12,13]。

长江的地质历史演化便是广受地球科学界关注的科学问题,也是引起广泛兴趣的“自然之谜”。近百年来,中外科学家对这一问题进行了不懈的探索,发表了大量的研究成果,概括而论,这些成果大多难于验证,甚至相互矛盾,使这一“世纪难题”迄今仍困扰着中国地球科学界,也凸现出长江历史演化这一问题的复杂性。随着先进的物源示踪技术(如单矿物和同位素技术)的发展,借鉴国际大陆钻探和大洋钻探的研究经验,采用流域和盆地结合、海洋和陆地结合的研究思路,可以研究长江物质抵达中下游盆地和东海陆架盆地的时限,从一个角度研究长江的演化历史,尤其是长江贯通三峡入海的时间(图 1)。

现代长江水系的形成与青藏高原隆升、亚洲阶梯地貌格局形成有直接的联系。汪品先^[4]曾用“地形倒转”来形象地表征中国地形格局从中生代以来发生的变化。这一概念模型认为,从中生代到新生代早期,中国东部存在一个高原,而西部(即现在的青藏高原地区)尚在海平面以下,因此中国的地形向西倾斜。而随着青藏高原的隆升,以及东部由于地壳减薄引起的高原的逐渐消失,边缘海的形成,地形整体向东倾斜,东流水系也因此发育。

青藏高原的形成和整体隆升,是新生代地球发展演化中的一个重大事件,其对区域乃至全球环境的影响,是地学研究领域中一个倍受关注的课题。关于青藏高原隆起的时代和幅度,或者更准确地说,青藏高原隆起到足以影响大气环流(其中主要是西

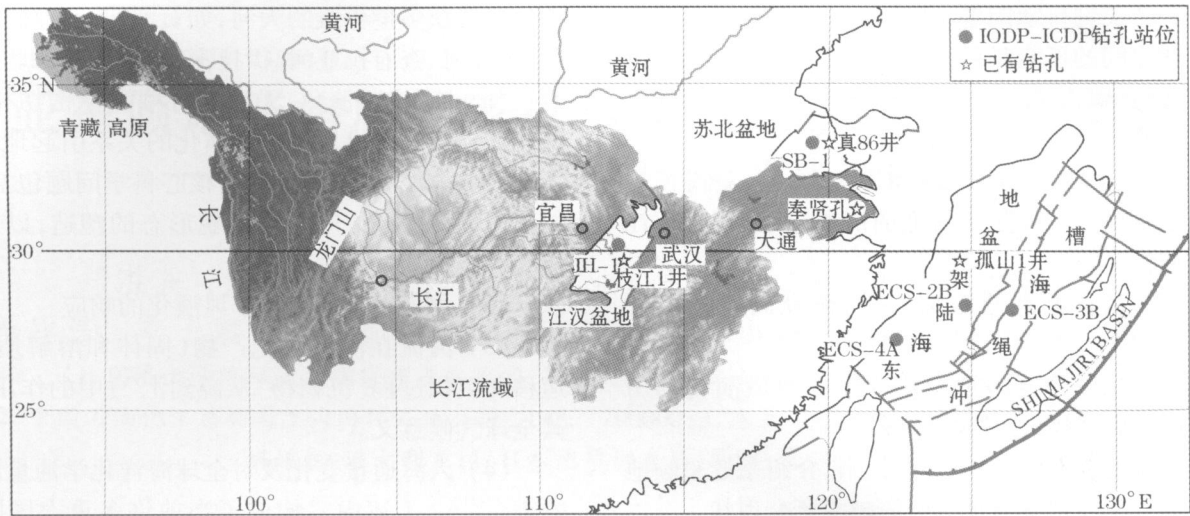


图 1 长江流域及研究区域图

Fig 1 A map showing the Yangtze river drainage

图中标出了江汉盆地、苏北盆地、东海陆架盆地；圆点为综合大洋钻探 683号航次建议书计划的站位，星号表示已有钻孔站位

风环流和亚洲季风环流)的高度的时代,学术界存在很大分歧。概括而言,有两种主要观点:一种认为,青藏高原地区在中新世晚期(大约 80 Ma)即达到与现在相当的高度(约 4 500 ~ 5 000 m)。这一观点以欧美学者对发育于喜马拉雅山南麓并广泛分布于印巴和尼泊尔的西瓦里克群(Siwalik Group)的研究和对阿拉伯海和印度洋的沉积物的研究最具代表性^[14~17]。与此相对的另一观点则认为,青藏高原的隆升主要发生于上新世以来,甚至是更新世。该观点的主要依据是基于对青藏高原古生物化石、古植被、古地貌及高原外围的新构造活动的研究^[18]。最近对塔里木盆地南缘山前盆地的研究表明,青藏高原北部隆升的时代要晚得多,因此提出青藏高原隆升可能是由南向北依次完成,而不像过去认为的那样一次性整体完成^[6,19]。

数值模拟认为,青藏高原的隆升可以增强亚洲季风^[20]。但就像对青藏高原的隆升时代存在争议一样,对亚洲季风的历史演化问题,学术界也没有取得一致的认识。中国黄土是研究季风历史演化的最经典材料。冰期时,东亚冬季风强盛,黄土沉积速率增加,黄土发育;间冰期时,夏季风强盛,有利于土壤的发育,黄土—古土壤旋回记录了东亚冬、夏季气候的相互交替,因此,黄土—古土壤序列的初始年龄被认为是东亚季风的开始^[21]。随着研究的深入,发现黄土—古土壤序列下伏的晚第三纪红粘土沉积也是风成沉积,其形成也记录了亚洲季风的历史,因而,亚洲季风的年龄被前推至大约 8 Ma^[22]。郭正

堂等^[23]测量了甘肃秦安剖面的磁性地层,发现秦安剖面的沉积为风成沉积,因此认为东亚季风的年龄至少为中新世早期。孙湘君等^[24]研究了中新世沉积的孢粉分布和植被带的演化,发现在渐新世末到始新世初期,植被带(气候带)发生了重大转变,认为这一转变标志着亚洲季风系统的建立。Kroon等^[17]对印度季风的研究,认为印度季风在 8 Ma开始形成。看来,印度季风与东亚季风何时形成,还有待进一步研究。

3 长江演化历史的争论

长江源远流长,东西横穿中国陆上三级阶梯式地形单元,奔流超过 6 300 km而入东海。万里长江的形成与演化一直是中外地质学家和地貌学家研究的热点,过去主要从上游保存的丰富河流沉积地貌中寻找长江形成与演化的证据,近年来兴起从东海和南海盆地沉积物中形成长江沉积物的源—汇信息,由此重建流域演化的历史^[25]。上游水系通过溯源侵蚀、河流袭夺等方式,金沙江何时在长江第一弯(石鼓镇)附近改南流为东流、金沙江汇合川江后何时贯穿三峡地区东流出川成为研究长江东西贯通的关键问题,为前人所广泛研究和探讨。

金沙江从青藏高原奔流而下,至云南丽江的石鼓镇,流向突然由南南东急转为北北东,形成万里长江第一弯。第一弯的成因倍受中外学者关注,但争论颇多,存在袭夺说、非袭夺说两种截然不同的观点。“非袭夺说”否认在第一弯附近存在金沙江南

下的古河谷,提出第一弯为嵌入河曲^[26]或受构造控制的河曲。“袭夺说”认为鸿文村—甸南纵谷为古金沙江南下串通红河水系的古河谷,证据包括在纵谷内存在古金沙江的阶地和沉积物,以及袭夺后由古河床上局部凹地形成的洼地和湖泊等。但对于古河谷何时、何因被废弃说法不一:

(1) 认为第一弯是长江水系袭夺金沙江水系的结果^[27,28],而且袭夺东流发生在上新世以来青藏高原东南缘剧烈隆升之前^[29]。

(2) 认为金沙江因袭夺改南流为东流,但袭夺的地点不在石鼓而在其下游的雄古与鸿文之间,袭夺发生在早更新世或中更新世,且认为第一弯是一构造弯,受控于两组走向分别为 SN 向和 NE 向的断裂^[30]。

(3) 认为古金沙江水系由皆向南流的東西兩支流組成,匯合於石鼓後繼續南下,後因川西、滇西高原強烈隆升,阻斷古金沙江南下水路,順從變化了的地勢,於石鼓處改向東流,實際上金沙江東支是掉向河段,金沙江東流發生在第四紀;也有人認為金沙江東流是構造抬升造成原先南北向水系泄水不暢和東西向長江支流溯源侵蝕共同的结果,金沙江發生東流的時限應在早更新世晚期之後^[31]。

(4) 同樣認為古金沙江水系由皆向南流的東西兩支流組成,但因始新世北老君山地區強烈的岩漿活動封堵了南下流路,在其上游形成堰塞湖,並在玉龍雪山和哈巴雪山之間發生決口,最終使金沙江東支掉向東流^[32]。

總之,(3)、(4)認為第一彎既不是襲奪彎,也不是共軛構造裂隙控制的構造彎,而是兩股支流匯合的匯合彎,金沙江東支為一掉向河段。

三峽地區的黃陵背斜出露揚子地塊最古老的岩體,為老於 30 億年的崆嶺雜岩(一套中深變質雜岩系)。古地理再造表明,黃陵背斜是中生代開始發育的繼承性古隆起,於燕山晚期達到最大高度,成為當時華西、華東的分水嶺,嶺西之水流入歸州盆地和四川盆地,嶺東之水則向東流。黃陵背斜何時被切穿成為長江貫通東西的關鍵,這也是以往研究大多將三峽成因與長江形成聯繫在一起的原因。第三紀以來,三峽地區斷裂活動微弱,但歷經多次間歇性的整體抬升,由此發育了多期次夷平面,在長江峽谷內形成多級階地。三峽是從山原期夷平面開始下切形成的深切谷,其成因至少存在兩種截然不同的觀點:先成河或襲奪河。“先成河說”認為三峽地區先有長江東流,後因構造抬升,河流下切,逐漸形成深切

的峽谷^[9,27,29,30,33,34]。三峽最老一級階地的形成時間限定了長江三峽貫通的最晚時間,由此確定三峽貫通的下限應該為 0.73 Ma^[31,34]或 1.16 Ma^[9]。“襲奪河說”否認在峽谷形成之前存在東西貫通的古水系,認為峽谷是溯源侵蝕和河流襲奪共同作用的結果,其主要證據是存在反向(西傾)的古階地、倒插支流和風口等。河流襲奪可能發生在白堊紀之前^[35]或是在第三紀後期,因三峽以西地區相對上升、以東地區相對沉降,促使嶺東支流襲奪嶺西支流,最終導致長江橫穿黃陵背斜東流。根據峽谷地貌形態和階地分布的對比分析,有人提出 3 個峽谷都是通過河流的溯源侵蝕和襲奪而形成的,瞿塘峽切開的時代最晚,三峽河段完全貫通的時限為 2.0 Ma^[31]。近年來,根據階地傾向的改變,即巫山至故陵鎮間的 T6~T4 階地面沿江西傾,而 T3~T1 階地面沿江呈東傾,認為階地傾向反轉是河流切開黃陵背斜分水嶺,形成新型長江的反映,T3 的年齡 0.15~0.20 Ma 也是長江貫通三峽的時限。有的學者還借用第四紀冰川刨蝕作用,加快河流溯源侵蝕,最後東支流襲奪西支流而貫通三峽地區,並以此解釋在巫山一帶缺高級階地的原因,認為長江貫通三峽時間發生 0.7~1.0 Ma 之間。Clark 等^[30]提出長江上游水系便是經過一系列連續的河流襲奪,首先是三峽地區西支流的反向,爾後是嘉陵江、泯江、大渡河、雅砻江被接連襲奪東流,最後止於金沙江的襲奪,由南流改向東流,而且河流襲奪都是發生在青藏高原東南緣晚第三紀末強烈構造隆升之前或是同期。

海域陸源碎屑沉積是追蹤流域演化、源區構造活動和氣候變化等過程的重要記錄,利用重礦物組合、元素地球化學、同位素地球化學和單顆粒碎屑礦物地質年代學等方法進行物源示踪,從而對流域重大事件的時限進行約束。Clift 等^[36]根據北部灣新生代地層中 Nd 同位素組成的變化分析,認為長江上游中新世以前經紅河入南海,約在 24 Ma 長江上游被襲奪轉而流向東海。長江三角洲 PD-99 孔是目前研究比較詳細的鑽孔,單礦物獨居石化學年代學、元素比值、稀土元素組成和 Nd 同位素等的分析結果均表明,沉積物物源在高斯正極性與松山負極性帶界線(約 2.58 Ma)上發生大的變化,可能指示長江上游與中下游貫通^[37~39],由此確定的長江貫通時限結合近年來河流沉積地貌的研究成果^[9],認為長江上游東流匯入中下游而貫通入海的時間應在晚上新世—早更新世。

4 长江中下游盆地和东海陆架盆地新生代地层格架

由于构造隆升、剥蚀的产物最终要储存于沉积盆地中,长江中下游的江汉盆地、苏北盆地、长江三角洲以及东海陆架盆地是记录中国东倾地形形成和长江演化历史的最佳场所。长江中下游地区盆地通常是从中生代盆地继承而来,在新生代早期,盆地以断裂型、断陷型为主,到晚第三纪以坳陷型盆地为主,盆地发育了巨厚的新生代沉积,这些沉积直接记录了构造隆升、水系演化和气候变化的重要信息。

4.1 江汉盆地

长江西出三峡就到了江汉盆地,江汉盆地是白垩纪—新生代的一个裂谷盆地,它北以大别山为界,南以江南褶皱带为界。江汉盆地基底为震旦纪—中侏罗世海相层和晚三叠世—侏罗纪非海相层(厚度为 10~15 km)。江汉盆地有 4 个次级凹陷盆地,江陵凹陷、潜江凹陷、小板凹陷和沔阳凹陷,在凹陷部位白垩系—新世界厚度可达 10 000 m。白垩系的特征是红层夹石膏和泥岩。古新统主要是盐岩和石膏沉积。始新统也主要是蒸发盐夹泥岩和砂岩,局部见玄武岩。渐新统泥岩在潜江凹陷厚度可达 1 200 m,而在其它地区则缺失。中新统分布广泛,主要是泥岩、粉砂岩和粗粒相带,不整合覆盖于渐新统和早期沉积物之上。

4.2 苏北盆地

苏北盆地是苏北—南黄海盆地的陆上部分。中生代的裂谷作用和火山作用伴随着厚层的红层沉积,随后在古新世—始新世发生了大规模区域性沉降,发育了阜宁组细粒的深水沉积,构成苏北盆地重要的生油岩系。渐新世与断裂作用和火山活动相伴随的是在盆地的不同部位分别发生沉积作用和侵蚀作用。自中新世开始,盆地持续沉降,在古新统之上沉积了厚约 1 400 m 的河流相沉积。一些研究认为,第四纪时期苏北盆地可能是长江物质的重要的沉积场所。

4.3 长江三角洲盆地

现代长江三角洲西起江苏镇江,东至上海崇明岛—长兴岛,接受了自晚第三纪以来的河流相—三角洲相海陆交互沉积。地层自西向东逐渐变厚,镇江地区地层厚度为 50~100 m,到河口地区可达 300~450 m。主要发育的沉积地层包括上新统、更新统和全新统(图 2),是记录长江沉积物历史演化的重要场所之一。长江三角洲奉贤孔(DY03, 250

m)钻穿了晚新生代地层,可作为研究长江三角洲地区物源变化的代表性钻孔,已通过古地磁的方法建立了精确的年代框架^[43]。

4.4 东海陆架盆地

东海指的是覆盖大陆架、冲绳海槽和琉球岛弧的一片海域。东海大陆架平均宽度为 500~600 km,是世界上最宽的大陆架之一。这一陆源海接受大量来自黄河和长江陆源沉积物的供应,黄河虽然较长江小,但是携带泥沙能力非常大。长江三角洲可延伸到 60 m 等深线,为东海提供最主要的碎屑沉积物。

在构造上,东海是西太平洋构造带活动大陆边缘的主要构成部分,它东以琉球岛弧为界,西以浙闽隆起带为界。东海包括两个主要的 NNE-SSW 向展布的新生代盆地:东海陆架盆地和冲绳海槽,二者以台湾—冥道(Sinzi)褶皱带分隔开来。东海陆架盆地,面积为 25 万 km²,由一系列近于平行的被厚达 6~14 km 的新生代海相及河湖相沉积物充满的次级凹陷组成,这些凹陷由一个低凸起分隔为东西两个不同的凹陷群,其中西部凹陷群从南到北依次为平湖西凹陷、南日凹陷、甌江凹陷、闽江凹陷、钱塘江凹陷和长江凹陷,东部凹陷群包括新竹凹陷、基隆凹陷和西湖凹陷^[42,44]。

东海陆架盆地最初是大陆边缘的一个裂谷盆地,其演化历史包括一个裂谷阶段和随后的裂谷期后阶段。盆地西部的裂谷阶段开始于早古新世,结束于中古新世;而盆地的东部主裂谷期发生在早中始新世。渐新世—中新世发生了构造反转和陆源沉积作用,随后盆地发生了区域沉降和海侵。石油勘探表明东海陆架盆地海相古新统和始新统仅限于东海南部,海相渐新统的分布更加局限,而中新统几乎均为非海相沉积,只在局部地区发育滨岸相沉积物。自上新世或中新世末期东海陆架盆地才重新开始海相沉积作用,而且由于不断发生由于全球或区域海平面升降造成的周期性的海退,海相沉积经常发生间断。由于东海数据发表的局限,人们往往错误地认为自古新世以来古长江在东海发生的主要是海相沉积作用^[29,45],而实际上现今东海只是自中新世末才开始边缘海的演化。

冲绳海槽是琉球岛弧后面的一个陆间弧后盆地(图 1),其张开过程可分为 3 个阶段:晚中新世、早更新世和晚更新世至今^[46]。尽管有黑潮的阻隔,现今的长江沉积物仍然能够到达冲绳海槽^[47],而在过去到达冲绳海槽的古长江沉积物在某些时期可能还

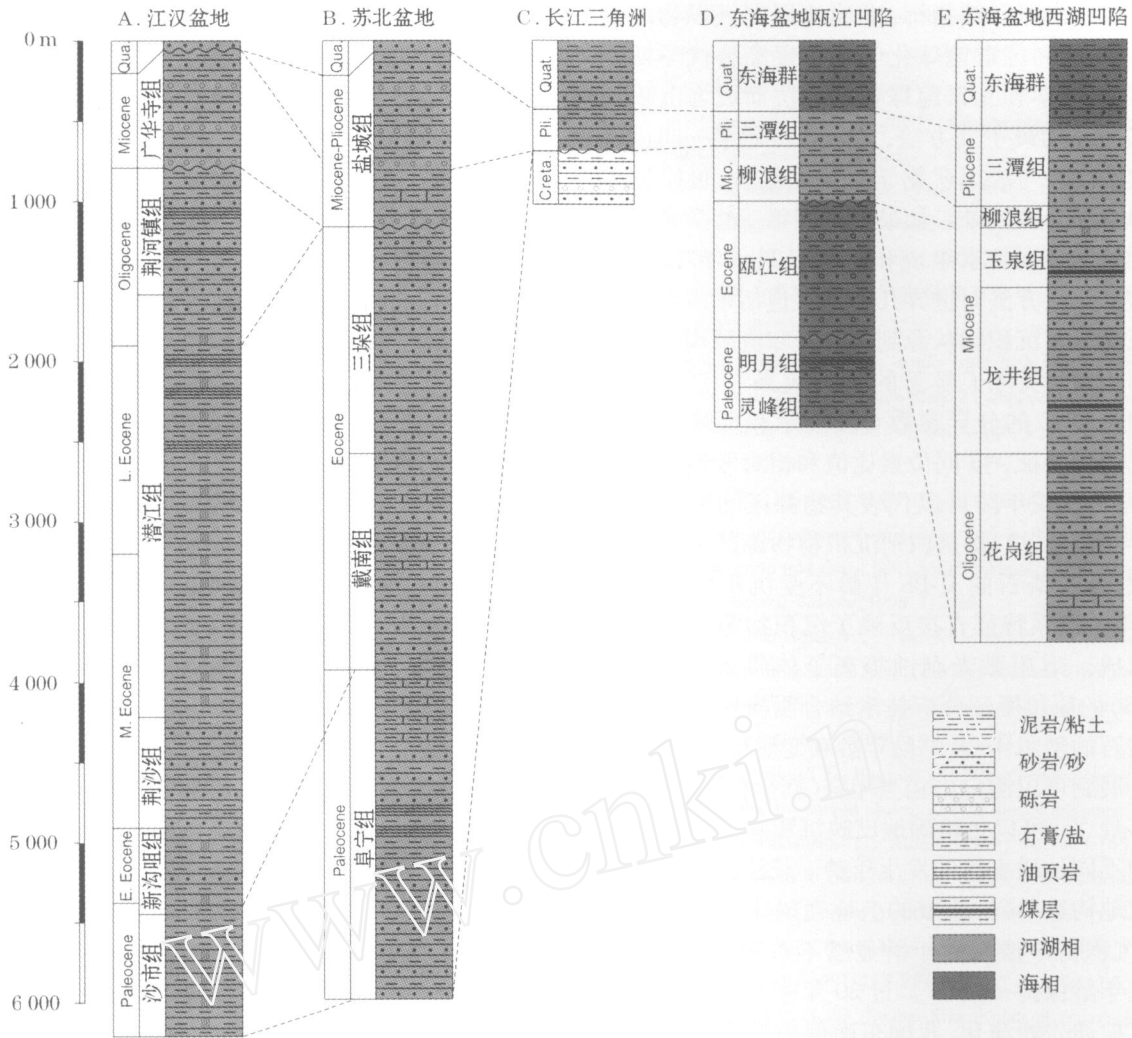


图 2 江汉盆地、苏北盆地、长江三角洲盆地、东海陆架盆地新生代地层对比图

Fig 2 Stratigraphic correlation of Jianghan (A) and Subeibasins (B) on land, and in the Ouhang (D), Xihu subbasins (E) on the continental shelf of the East China sea and PD core from the Yangtze delta (C)

A:江汉盆地^[40]; B:苏北盆地^[41]; C:长江三角洲^[38]; D:东海瓯江凹陷; E:西湖凹陷^[42]

是比较多的^[48]。这样一来,冲绳海槽沉积物就有可能为研究长江的演化历史提供完整的记录,这些记录可能包括微体化石、磁性地层和火山灰,都可能为长江的演化历史提供精确的年代约束。

石油勘探地震剖面和钻孔剖面以及近年来的区域地质调查为研究东海陆架盆地新生代地层提供了良好的材料^[42,44]。西湖凹陷多口钻孔都钻遇了白垩纪花岗岩(K-Ar年龄为87~146 Ma),还有一些钻孔钻遇了安山岩。不同次级凹陷盆地单组地层厚度和沉积相差都比较大,但上白垩统和新生界的厚度基本都在5000~10000 m。在西部凹陷群,古新世—早始新世地层相对比较厚,发育比较完好,自东北往西南角沉积环境逐渐从陆相过渡为海相,厚

1000~2000 m的中新统—全新统覆盖于古新统之上。自早—中中新世直到全新世沉积物主要沉积在低的中央隆起部位,沉积物厚度100~2000 m,这些部位基本不发育或仅有少量的古新世沉积物。根据钻井揭示在东部凹陷群有发育良好的新生代沉积物,局部地区还见有白垩纪的沉积物;在东部凹陷群的北部和中部中新世以前主要是陆相沉积环境,而在南部为海相沉积环境。

5 矿物学和元素地球化学方法在源区示踪中的应用

河流沉积物物源和从源到汇过程研究的核心是

确立可靠的物源示踪指标,准确地识别沉积物的物源区。目前,同位素地球化学已经逐渐替代早期的沉积学、矿物学和元素地球化学方法而成为沉积物源示踪研究的最主要方法,尤其是将元素—同位素地球化学方法与成因矿物学方法相结合,可以达到理想的物源判别效果。如最近十多年一些学者运用 REE 元素、Nd 同位素组成和锆石 U-Pb 年龄谱系结合的物源研究方法对世界几条大河包括东南亚—南亚河流开展了沉积物从源到汇过程和流域构造演化方面的研究,取得了显著的研究成果^[9, 37~39, 49~53]。沉积物中 REE 的分异参数直接继承和反映了物源区源岩组成特征, Nd 同位素比值和相对亏损地幔的 Nd 同位素模式年龄可以代表其物源区的平均地壳存留年龄^[54], 它们都是识别沉积物物源区灵敏的示踪参数; 碎屑锆石的 U-Pb 年龄不受沉积分选过程影响, 年龄谱系特征直接反映了沉积物源区岩石的年龄组成。运用激光剥蚀等离子体质谱 (LA MC-ICP-MS) 的原位微区分析技术结合阴极发光图像识别出锆石的继承年龄、结晶年龄和变质年龄, 且目前已经发展到可以测定出相当年轻 (新生代 31 Ma) 的锆石年龄^[55], 可以更精确地反映沉积物形成过程中的多期不同地质事件的发生年龄。长江流域具有不同的大地构造单元, 流域的上地壳风化历史也相当复杂, 沉积物中锆石的年龄显然不可能同 Nd 同位素模式年龄保持一致^[54]。近 20 年来在长江流域的扬子克拉通壳幔演化、我国东南部中生代和青藏高原源区的新生代岩浆作用的研究非常深入, 已经发表了大量的各类源岩的 REE 和 Nd 同位素组成以及锆石 U-Pb 年代学数据^[56~58], 为准确地判别研究冰后期长江入海沉积物的物源奠定了良好的基础。

最近几年, 我们也比较系统地开展过长江现代水系沉积物的 REE 元素、Sr-Nd 同位素组成与沉积物的源汇关系研究, 初步成果揭示出长江沉积物的 REE 组成在世界大河中具有独特性, 主要受沉积物源区控制; 不同支流悬浮物的 Sr-Nd 同位素组成具有明显的趋势性变化, 主要反映了流域特征源岩包括峨眉山玄武岩和古老的变质岩及硅质岩的物源制约; 根据特征的 REE 和 Sr-Nd 同位素地球化学参数指示意义, 可以有效区分长江流域上、中、下游主要物源区对长江沉积物的相对贡献^[59~62]。

6 DDP 683 的主要研究内容

鉴于上述认识, DDP 683 建议书计划在长江中下游和东海陆架的 4 个沉积盆地进行钻探, 通过这

些盆地沉积物寻找长江演化的记录, 进而研究青藏高原隆升与季风演化的联系。在 DDP 683 建议书中, 实际还包含了江汉盆地和苏北盆地的 2 个国际大陆钻探计划 (ICDP) 孔位 (图 1)。其中江汉盆地记录了长江东出三峡的沉积物, 苏北盆地被认为可能是古长江三角洲所在地。这些盆地当中, 至少 2 个内陆盆地在古近纪时为干旱的气候条件, 而在新近纪时为湿润的气候条件, 那里的沉积物也记录了气候由行星气候系统向季风气候系统的转变。

6.1 ECS-4A 孔

ECS-4A 孔站位位于东海陆架瓯江凹陷, 临近工业油井灵峰 1 井。高分辨率地震剖面以及取芯显示, 该地区有一个从长江河口经浙闽沿海进入台湾海峡, 延伸 800 km, 平均厚度 30 m 的水下泥岩楔状体。该楔状体是在全新世中期海平面到达最高位后开始形成的^[63]。石油勘探表明瓯江凹陷从中新世到全新世泥沙层序地层厚度为 600~1 400 m, 下部发育古新世—早始新世的海相沉积^[64]。晚中新世之后的沉积物多为海相, 但在低水位期经常发生沉积间断或发育非海相夹层。灵峰 1 井还揭示出有渐新世玄武岩喷发。

6.2 ECS-2B 孔

ECS-2B 孔站位位于西湖凹陷, 设计目的是要钻穿东海渐新世—中新世的界线。地震剖面显示在西湖凹陷新生代沉积比临近地区要更连续^[42, 44]。尽管渐新世以前的沉积物有待进一步研究, 但可以确定的是与瓯江凹陷相比西湖凹陷断陷期开始于早始新世。附近的孤山 1 井在 1 900 m 井深钻遇了厚 1.8 m 的玄武岩, K-Ar 年龄为 15 Ma。

6.3 ECS-3B 孔

ECS-3B 孔站位设计目的是要在冲绳海槽中部获得中新世末—第四纪连续的沉积记录^[44]。根据地地震剖面从东海大陆架到冲绳海槽西部斜坡新近纪沉积物分布比较连续, 这些沉积物记录了晚中新世以来的海平面变化、季风强度、黑潮活动的历史, 以及长江、黄河和台湾的沉积物输入。根据以往的 ODP 钻探发现, 冲绳海槽陆坡区浊流沉积发育^[65], 因此在设计 ECS-3B 孔站位时特别对冲绳海槽地震资料进行详细分析, 以避免浊流发育地区。

6.4 ICDP 站位

两个 ICDP 站位分别位于江汉盆地的枝江凹陷和苏北盆地的高邮凹陷。JH-1 孔计划进尺 2 600 m, 钻取更新世以来的沉积物。SB-1 孔计划进尺 1 400 m, 钻取中新世以来的沉积。陆地上的钻孔将与长江

三角洲 PD孔和奉贤孔 DY03^[38,43]进行地层对比。

7 结 语

综合大洋钻探计划 683 号航次建议书,计划在长江中下游盆地和东海陆架盆地进行钻探,获得长江历史演化和东亚季风演化的地质记录。鉴于长江的演化与青藏高原的隆升密切相关,长江沉积物的研究势必将会为研究青藏高原的演化提供新的证据。683 号航次建议书主要的科学问题归纳如下:

(1) 追索长江的地质演化历史,尤其是长江贯通三峡东流入海的时限。

(2) 研究东亚季风起始时间,以及演化的阶段性。

(3) 通过长江历史研究,探讨青藏高原隆升在东部的表现。

致谢:感谢综合大洋钻探计划(DDP)和中国综合大洋钻探计划委员会的支持。

参考文献 (References):

- [1] Zheng H B, Wang P X, Liu Z F, *et al* Carving the History of East Asia's East-Tilting Topography and East Asian Monsoon[R]. DDP Proposal, 2007.
- [2] Ruddiman W F. Tectonic Uplift and Climatic Change[M]. New York: Plenum Press, 1997.
- [3] Zheng H, Powell C, Rea D, *et al* Late Miocene and mid-Pliocene enhancement of the east Asian Monsoon as viewed from land and sea[J]. *Global and Planetary Change*, 2004, 41: 147-155.
- [4] Wang Pinxian. Deformation of Asia and global cooling: Searching links between climate and tectonics [J]. *Quaternary Sciences*, 1998, 3: 213-221. [汪品先. 亚洲形变与全球变冷——探索气候与构造的关系 [J]. 第四纪研究, 1998, 3: 213-221.]
- [5] Milliman J D, Syvitski J P M. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: The importance of small mountainous rivers[J]. *Journal of Geology*, 1992, 100: 525-544.
- [6] Zheng H, Powell C, An Z, *et al* Pliocene uplift of the northern Tibetan Plateau[J]. *Geology*, 2000, 28: 715-718.
- [7] Galy A, France-Lanord C. Higher erosion rates in the Himalaya: Geochemical constraints on riverine fluxes[J]. *Geology*, 2001, 29: 23-26.
- [8] Li J J, Xie S Y, Kuang M S. Geomorphic evolution of the Yangtze gorges and the time of their formation [J]. *Geomorphology*, 2001, 41: 125-136.
- [9] Clift P D, Lee J I, Hildebrand P, *et al* Nd and Pb isotope variability in the Indus River System: Implications for sediment provenance and crustal heterogeneity in the western Himalaya [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2002, 200: 91-106.
- [10] Lee, Jae I, Clift, *et al* Sediment flux in the modern Indus River inferred from the trace element composition of detrital amphibole grains[J]. *Sedimentary Geology*, 2003, 160: 243-257.
- [11] Wang P X. Cenozoic deformation and the history of sea-land interactions in Asia [C]. Clift P. *Geophysical Monograph Series 149-Continent-Ocean Interactions within the east Asian marginal seas* American Geophysical Union, 2004: 1-22.
- [12] Zheng Hongbo. Land-ocean comparison and interactions in DDP [J]. *Advances in Earth Science*, 2003, 18 (5): 722-729. [郑洪波. DDP中的海陆对比和海陆相互作用 [J]. 地球科学进展, 2003, 18 (5): 722-729.]
- [13] Zheng H, Ji J, Huang X, *et al* Ultra-high rates of loess sedimentation at Zhengzhou since Stage 7: Implication for the Yellow River running through the Sannan Gorge [J]. *Geomorphology*, 2007, 85: 131-142.
- [14] Decelles P G, Gehrels G E, Quade J, *et al* Neogene foreland basin deposits, erosional unroofing, and the kinematic history of the Himalayan fold-thrust belt, western Nepal [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1998, 1: 2-21.
- [15] Molnar P, Burchfiel B C, Lian K, *et al* Geomorphic evidence for active faulting in the Altyn Tagh and northern Tibet and quantitative estimates of its contribution to the convergence of India and Eurasia [J]. *Geology*, 1987, 15: 249-253.
- [16] Quade J, Cerling T E, Bowman J R. Development of Asian monsoon revealed by marked ecological shift during the latest Miocene in northern Pakistan [J]. *Nature*, 1989, 342: 163-165.
- [17] Kroon D, Steens T, Troelstra S R. Onset of Monsoonal Related Upwelling in the Western Arabian Sea as Revealed by Planktonic Foraminifers [M]. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 1991, 117: 257-263.
- [18] Li J. The Uplift of the Qinghai-Xizang plateau and its effect on environment [C]. Liu T S, ed. *Quaternary Geology and Environments in China* Beijing: Science Press, 1991: 265-272.
- [19] Zheng H, Huang X, Butcher K. Lithostratigraphy, petrography and facies analysis of the Late Cenozoic sediments in the foreland basin of the west Kunlun [J]. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 2006, 241: 61-78.
- [20] Ruddiman W F, Kutzbach J E. Forcing of late Cenozoic northern hemisphere climate by plateau uplift in southern Asia and the American west [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1989, 94: 409-418.
- [21] An Z S. The history and variability of the east Asian paleomonsoon climate [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2000, 19: 171-187.
- [22] Ding Z L, Sun J M, Liu T S, *et al* Wind-blown origin of the Pliocene red clay formation in the central Loess plateau [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1998, 161: 135-143.
- [23] Guo Z T, Ruddiman W, Hao Q Z, *et al* Onset of Asian desertification by 22 Ma ago inferred from loess deposits in China [J]. *Nature*, 2002, 416: 159-163.
- [24] Sun X J, Wang P X. How old is the Asian monsoon? Palaeobotanical constraints from China [J]. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology*, 2005, 222: 181-222.

- [25] Fan Daidu, Li Congxian. Reviews on researches of timing the Yangtze draining the Tibetan plateau to the east China sea [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2007, 27 (2): 121-131. [范代读, 李从先. 长江贯通时限研究进展 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2007, 27 (2): 121-131.]
- [26] Yuan Fuli. A complementary study of evolution history of the Yangtze river [J]. *Yangtze River*, 1957, (2): 1-9. [袁复礼. 长江河流发育史的补充研究 [J]. 人民长江, 1957, (2): 1-9.]
- [27] Lee C. The development of the upper Yangtze valley [J]. *Bulletin of the Geological Society of China*, 1933, 13: 107-117.
- [28] Barbour G B. Physiographic history of the Yangtze [J]. *Geographical Journal*, 1936, 87: 17-34.
- [29] Clark M K, Schoenbohm L M, Royden L H, et al. Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns [J]. *Tectonics*, 2004, 23, TC 1006, doi: 10.1029/2002TC001402.
- [30] Ren Meie, Bao Haosheng, Han Tongchun. Geomorphology of the Jinsha River valley and its river capture in northwestern Yunnan [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1959, 25 (2): 135-155. [任美锷, 包浩生, 韩同春. 云南西北部金沙江河谷地貌与河流袭夺问题 [J]. 地理学报, 1959, 25 (2): 135-155.]
- [31] Yang Dayuan. Study on the Changjiang River [M]. Nanjing: Hehai University Press, 2004: 1-214. [杨达源. 长江研究 [M]. 南京: 河海大学出版社, 2004: 1-214.]
- [32] Zeng Pusheng. Relationship between the formation of the first bend of Changjiang river and the magmatic activity in Laojunshan district [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57 (3): 310-316. [曾普胜. 滇西北地区岩浆活动与长江第一弯形成的关系 [J]. 地理学报, 2002, 57 (3): 310-316.]
- [33] Shen Yuchang. The Valley Landform of the Upper Yangtze [M]. Beijing: Science Press, 1965. [沈玉昌. 长江上游河谷地貌 [M]. 北京: 科学出版社, 1965.]
- [34] Xiang Fang, Zhu Lidong, Wang Chengshan, et al. Terrace age correlation and its significance in research of Yangtze Three Gorges, China [J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2005, 32 (2): 162-166. [向芳, 朱利东, 王成善, 等. 长江三峡阶地的年代对比法及其意义 [J]. 都理工大学学报: 自然科学版, 2005, 32 (2): 162-166.]
- [35] Li Chengsan. History of the Yangtze river [J]. *Journal of Geography*, 1944, 4: 3-14. [李承三. 扬子江水系发育史 [J]. 地理, 1944, 4: 3-14.]
- [36] Clift P D, Blusztajn J, Duc N A. Large-scale drainage capture and surface uplift in eastern Tibet-SW China before 24 Ma inferred from sediments of the Hanoi basin [J]. *Vietnam Geophysical Research Letters*, 2006, 33, L19403, doi: 10.1029/2006GL027772.
- [37] Fan Daidu, Li Congxian, Kazumi Y, et al. Monazite age spectra in the late Cenozoic strata of the Changjiang delta and its implication on the Changjiang run through time [J]. *Science in China (Series D)*, 2005, 48 (10): 1 718-1 727. [范代读, 李从先, Yokoyama K, 等. 长江三角洲晚新生代地层独居石年龄与长江贯通时间研究 [J]. 中国科学: D 辑, 2004, 34 (11): 1 015-1 022.]
- [38] Yang S Y, Li C X, Yokoyama K. Elemental compositions and monazite age patterns of core sediments in the Changjiang delta: Implications for sediment provenance and development history of the Changjiang river [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2006, 245: 762-776.
- [39] Yang Shouye, Jiang Shaoyong, Ling Hongfei, et al. The SrNd isotopic composition and provenance tracing of sediments to the Yangtze river [J]. *Science in China (Series D)*, 2007, 37 (5): 682-690. [杨守业, 蒋少涌, 凌洪飞, 等. 长江河流沉积物 Sr-Nd 同位素组成与物源示踪 [J]. 中国科学: D 辑, 2007, 37 (5): 682-690.]
- [40] Xu Zhengyu, Lu Wenzhong, Lin Ge, et al. Discrepant uplifting processes of the Qingling-Dabie and Jianguan orogens: Evidence from Meso-Cenozoic sedimentary records in the Jiangnan superimposed basin [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2005, 40 (2): 179-197. [徐政语, 卢文忠, 林舸, 等. 秦岭—大别造山带与江南造山带的差异隆升——来自江汉盆地中—新生代沉积记录的证据 [J]. 地质科学, 2005, 40 (2): 179-197.]
- [41] Wang Y. Sediment supply to the continental shelf by the major rivers of China [J]. *Journal of Geological Society, London*, 1986, 143: 935-944.
- [42] Zhao Jinhai. The forming factors and evolution of the Mesozoic and Cenozoic basin in the east China sea (Part 1) [J]. *Offshore Oil*, 2004, 24 (4): 6-14. [赵金海. 东海中、新生代盆地成因机制和演化 (上) [J]. 海洋石油, 2004, 24 (4): 6-14.]
- [43] Huang Xiangtong, Zheng Hongbo, Yang Shouye, et al. Paleomagnetic ages of core DY03 and stratigraphic correlation of the Yangtze delta [J]. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 2008, 28 (in press). [黄湘通, 郑洪波, 杨守业, 等. 长江三角洲 DY03 孔古地磁年龄与地层对比 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2008, 28 (待刊).]
- [44] Zhao Jinhai. The forming factors and evolution of the Mesozoic and Cenozoic basin in the east China sea (Part 2) [J]. *Offshore Oil*, 2005, 25 (1): 1-10. [赵金海. 东海中、新生代盆地成因机制和演化 (下) [J]. 海洋石油, 2005, 25 (1): 1-10.]
- [45] Brookfield M E. The evolution of the great river systems of southern Asia during the Cenozoic India-Asia collision: Rivers draining southwards [J]. *Geomorphology*, 1998, 22: 285-312.
- [46] Park J O, Tokuyama H, Shinohara M, et al. Seismic record of tectonic evolution and backarc rifting in the south Ryukyu island arc system [J]. *Tectonophysics*, 1998, 294: 21-42.
- [47] Oguria K, Matsumoto E, Masatoshi Y, et al. Sediment accumulation rates and budgets of depositing particles of the East China Sea [J]. *Deep-Sea Research II*, 2003, 50: 513-528.
- [48] Huang C Y, Chiu Y L, Zhao M X. Core description and a preliminary sedimentology study of Site 1202D, Leg 195, in the southern Okinawa Trough [J]. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, Taipei*, 2005, 16: 19-44.
- [49] Allegre C J, Dupre B, Negrel P, et al. Sr-Nd-Pb isotope systematics in Amazon and Congo river systems: Constraints about erosion processes [J]. *Chemical Geology*, 1996, 131: 93-112.

- [50] Pierson-Wickmann A C, Reisberg L, France-Lanord C, *et al* Os-Sr-Nd results from sediments in the Bay of Bengal: Implication for sediment transport and the marine Os record[J]. *Paleoceanography*, 2001, 16: 435-444.
- [51] Clift P D, Shimizu N, Layne G D, *et al* Tracing patterns of erosion and drainage in the Paleogene Himalaya through ion probe Pb isotope analysis of detrital K-feldspars in the Indus Molasse, India[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2001, 188: 475-491.
- [52] Veevers J J, Saeed A, Bebusova E A, *et al* U-Pb ages and source composition by Hf-isotope and trace-element analysis of detrital zircons in Permian sandstone and modern sand from southwestern Australia and a review of the paleogeographical and denudational history of the Yilgam Craton[J]. *Earth Science Reviews*, 2005, 68: 245-279.
- [53] Yang S Y, Jung H S, Choi M S, *et al* The rare earth element compositions of the Changjiang (Yangtze) and Huanghe (Yellow) river sediments[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2002, 201: 407-419.
- [54] Goldstein S L, Amdt N T, Stallard R F. The history of a continent from U-Pb ages of zircons from Orinoco River sand and Sm-Nd isotopes in Orinoco basin river sediments[J]. *Chemical Geology*, 1997, 139: 271-286.
- [55] Yuan H L, Wu F Y, Gao S, *et al* Determination of U-Pb age and rare earth element concentrations of zircons from Cenozoic intrusions in northeastern China by laser ablation ICP-MS[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48 (22): 2 411-2 421.
- [56] Li Shuguang, Liu Deliang, Chen Yizhi, *et al* Neodymium isotopic compositions of continental crust in the northern margin of Yangtze block and its tectonic implications[J]. *Geochimica*, 1994, 23 (suppl): 10-17. [李曙光, 刘德良, 陈移之, 等. 扬子陆块北缘地壳的钕同位素组成及其构造意义[J]. 地球化学, 1994, 23(增刊): 10-17.]
- [57] Li Xianhua, McCulloch M T. Nd isotopic evolution of sediments from the southern margin of the Yangtze block and its tectonic significance[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1996, 12 (3): 360-369. [李献华, McCulloch M T. 扬子南缘沉积岩的 Nd 同位素演化及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 1996, 12(3): 360-369.]
- [58] Gao Shan, Qiu Y M, Ling Wenli, *et al* SHR MP single zircon U-Pb dating of the Kongling high-grade metamorphic terrain: Evidence for >3.2 Ga old continental crust in the Yangtze craton[J]. *Science in China (Series D)*, 2001, 31: 27-35. [高山, Qiu Y M, 凌文黎, 等. 崆岭高级变质地体单颗粒锆石 SHR MP U-Pb 年代学研究—扬子克拉通 >3.2 Ga 陆壳物质的发现[J]. 中国科学: D 辑, 2001, 31(1): 27-35.]
- [59] Yang Shouye, Li Congxian, Zhu Jinchu, *et al* Provenance indicator of chemical fingerprint of magnetite from the Yangtze river and the Yellow river sediments[J]. *Geochimica*, 2000, 29: 480-484. [杨守业, 李从先, 朱金初, 等. 长江与黄河沉积物中磁铁矿成分标型意义[J]. 地球化学, 2000, 29(5): 480-484.]
- [60] Yang Shouye, Wei Gangjian, Xia Xiaoping, *et al* Provenance study of the Late Cenozoic sediments in the Changjiang delta: REE and Nd isotopic constraints[J]. *Quaternary Sciences*, 2007, 27(3): 339-346. [杨守业, 韦刚健, 夏小平, 等. 长江口晚新生代沉积物的物源研究: REE 和 Nd 同位素制约[J]. 第四纪研究, 2007, 27(3): 339-346.]
- [61] Zheng Hongbo, Huang Xiangtong, Xiang Fang, *et al* Cosmogenic nuclides ^{10}Be : New approach to estimate erosion rate of Yangtze catchment[J]. *Journal of Tongji University*, 2005, 33 (9): 1 160-1 165. [郑洪波, 黄湘通, 向芳, 等. 宇宙成因核素 ^{10}Be : 估算长江流域侵蚀速率的新方法[J]. 同济大学学报, 2005, 33(9): 1 160-1 165.]
- [62] Chappell J, Zheng H. Sand movement through the Yangtze river system: Estimates from cosmogenic ^{10}Be [J]. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 2006, 241: 71-94.
- [63] Liu J P, Xu K H, Li A C, *et al* Flux and fate of the Yangtze river sediment delivered to the east China sea[J]. *Geomorphology*, 2007, 85(314): 208-224.
- [64] Li P L, Hu Z H, Xu J Z. Marine paleocene in the Taipei depression, the east China sea basin[C]. *Proceeding of International Symposium on Petroleum Geology in the East China Sea* Shanghai: Tongji University Press, 1996: 1-12.
- [65] Wei K Y, Mii H S, Huang C Y. Age model and oxygen isotope stratigraphy of site ODP1202 in the southern Okinawa trough[J]. *Northwestern Pacific Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences*, 2005, 16(1): 1-17.

Carving the History of East Asia's East-Tilting Topography and East Asian Monsoon—An Introduction to ODP Proposal 683

ZHENG Hongbo¹, WANG Pinxian¹, LIU Zhifei¹, YANG Shouye¹, WANG Jialin¹,
LI Qianyu¹, ZHOU Zuyi¹, JIA Juntao¹, LI Shangqing², JIA Jianyi²,
Chappell John³, Saito Yoshiki⁴, Inoue Takahiro⁴

(1. State Key Laboratory of Marine Geology, School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Marine Petroleum Company, China Petroleum and Chemical Cooperation, Shanghai 200000, China; 3. Research School of Earth Sciences, Australian National University, Canberra, Australia; 4. Geological Survey of Japan, AIST, Japan)

Abstract: Ocean drilling in the Bengal Fan has revealed the uplift history of the Himalayas and Indian monsoon, but there is no analogous deep-water fan in the Western Pacific marginal seas that can be drilled and used to constrain the Tibet uplift history from its eastern side. The Yangtze river, originating from northeastern Tibet and draining a large area prevailed by monsoon precipitation, is highly sensitive to plateau uplift and monsoon evolution. A systematical study of the Yangtze river deposits will test various hypotheses concerning plateau uplift and its link with monsoon evolution. Along the modern Yangtze river, the upper reach is decoupled from the lower reach by the Three Gorges. About 30% of the total sediment load from the Yangtze river is laid in the Jiangnan Basin immediately out from the Gorges, ~40% is deposited in the lower reach and delta, and only ~30% is transported to the East China Sea. Therefore, a combination of ocean and continental drilling along the Yangtze River will recover records useful for carving the history of uplift and monsoon.

A close timing of tectonic and climatic events mainly at four time intervals has been proposed as evidence for a link between Tibet uplift and the Asian monsoon initiation: the late Pliocene (2 ~ 3 Ma), the late Miocene (~ 8 Ma), the early-middle Miocene (~ 15 Ma) and the latest Oligocene (~ 25 Ma). On the basis of the Three Gorges incision or delta development data, however, the history of the Yangtze River can be traced back only to the late Pliocene or early Pleistocene, and the East China Sea came into existence only in the latest Miocene. A younger Yangtze river is in a sharp contrast to the early uplift of Tibet. In the Paleogene, a broad belt of aridity stretched across China from west to east, and numerous lake basins developed in rift grabens, prohibiting any east-flowing large rivers. Large rivers like the Yangtze river could have developed only since Neogene with the advent of an east-tilting topography and monsoon in East Asia. The proposed joint ODP/IODP project will provide sediment records from marine and terrestrial basins to help clarify the most puzzling issues in East Asian environmental evolution and to test the hypothetical link between Tibetan uplift and monsoon climate from the eastern side of the plateau.

Key words: Cenozoic; Topography of Asia; ODP proposal; Asian monsoon; East China sea