

东北印度洋深海记录基本特征及其 对青藏高原隆升的响应*

方念乔 陈学方 胡超涌 丁 旋 张振芳 刘勇勤

(中国地质大学海洋地质学研究中心, 北京 100083)

摘要 本文在综合东北印度洋域 5 支深海钻芯和 7 支活塞柱状芯资料的基础上, 对该区沉积作用及其形成的记录与北部山脉和高原隆升的关系进行讨论。过去有关深海记录对造山带构造活动响应的研究多集中于孟加拉浊积扇, 而 90°E 海岭的远洋沉积记录通过海气相互作用系统作为中介, 可能包含响应隆升的重大环境信号。初步研究表明, 远洋记录中的碳酸盐含量、有孔虫的形态结构和若干微量元素特征的剧变期与已知的高原构造阶段存在密切的对应关系, 其中, 距今 8Ma、3.7Ma、0.8Ma 和 0.16Ma 所反映的变化尤为突出。

主题词 东北印度洋 深海沉积作用 远洋沉积记录 高原隆升

盆山耦合是现代地质学研究的热点问题之一。在世界范围内, 最大的高原即青藏高原和最大的深海浊积扇即孟加拉扇之间在物质的剥蚀、输送和沉积的过程中存在密切的关联, 深海扇的沉积记录对高原隆升及其引发的环境变化可以起到监视器的作用。从沉积学的角度来看, 东北印度洋区存在三种主要的深水动力机制。它们分别可以描述为: 由重力滑塌作用诱发的浊积活动, 由南大洋洋流体系引导并控制的等深积活动以及由生物壳体堆积、雾状层、风尘堆积和火山灰堆积联合作用下的远洋/半远洋沉积活动。浊积活动通常发生于陆坡地带, 雄踞研究区北部的孟加拉扇为世界第一大深海扇, 喜马拉雅山脉乃至青藏高原被剥蚀的陆源碎屑物质由恒河和布拉马普特拉河输送至恒河三角洲, 从那里沿“无底大峡谷”和辫状沟道弥散在整个陆坡并推进至深海平原。本文涉及的 MD83145 岩芯, 地处赤道附近, 水深逾 4 500m, 竟也包含数量众多的细砂质云母、石英薄层。资料表明, 源于恒河三角洲的陆源物质可被浊流输送至 10°S 以远的中印度洋海盆^[1], 反映出浊积活动在东北印度洋的广泛影响。孟加拉扇体以外, 无震海岭及巽他-爪哇弧前盆地都有规模较小的浊积作用, 但是它们形成的沉积物明显地以生物碎屑和火山碎屑为主, 与以陆源碎屑为主且物源区为喜马拉雅的孟加拉深海扇的浊积物迥然有别。等深流在东北印度洋的存在同样毫无疑问^[2]。源自南极海域和南大西洋的移动水团在南亚次大陆陆坡及岛弧和海岭的斜坡均有影响, 它们可促进碳酸盐的溶解作用, 并对包括浊积扇体在内的多种沉积记录进行改造。远洋沉积作用以浮游型钙质生物壳体在水柱中的垂直降落为主

第一作者简介: 方念乔 男 51 岁 教授 海洋地质学专业 E-mail: fangnianqiao@cugb.edu.cn

* 国家重点基础研究发展规划(批准号: G1998040800)和国家自然科学基金项目(批准号: 49672135)资助

2001-08-28 收稿, 2001-09-09 收修稿

要特征,其记录以钙质软泥为代表,但在南部低纬地带,也存在富含放射虫的暗色粘土。在东北印度洋区,90°E海岭和中印度洋海盆是钙质软泥堆积的主要场所,但是由于中印度洋海盆平均深度达4 800m,碳酸盐物质的溶解速率很大,陆源物质又供应不足,致使沉积速率极低且生物壳体破碎严重。海岭用于分析的样品取自2 000~3 000m水深的部位,那里陆源物质的稀释量较小,生物生产力也不很高,但碳酸盐溶解度较中印度洋海盆相差很远,故生物砂构成沉积物的主要组分。半远洋沉积的方式与远洋沉积相似,但是物质的供应主要来自浊流尾流或等深流雾状层所携带的细粉砂和粘土,它的记录一般由包含少量有孔虫的粉砂质粘土所代表,主要出现在孟加拉深海扇体的远源区和中印度洋海盆靠近扇体的部分。至于沉积物颗粒最细的部分,一般以粘土矿物为代表。孟加拉深海扇及位于其上游的恒河平原,伊利石所占比例很大,它的富集程度可以成为判断其源区即喜马拉雅造山带活动状况的重要信号^[1-3],安达曼海海域在构造地理格局上隶属太平洋-特提斯带,然而在海洋和气候等环境体系内与东北印度洋关系更为密切。来自安达曼海山的MD77169、MD77171岩芯的沉积物均由细粒泥质粉砂质陆源物质所构成。那里虽汇聚萨尔温江、伊洛瓦底江等规模较为宏大的水系,但并不存在大规模的浊积活动和等深积活动,高耸于海底之上的海山能够直接承纳的水下运移的物质必定有限,风力对大陆剥蚀物的输送在环境动力学机制上是一个不能不加以考虑的因素。

东北印度洋区的沉积记录极为丰富,又与喜马拉雅山脉乃至青藏高原隆升的关系非常密切。本文将通过对孟加拉深海扇和90°E海岭若干岩芯的最近一个阶段的古海洋学分析结果,对沉积记录中的高原隆升信号进行讨论。

1 研究材料和工作方法

本文引据和参与研究的岩芯如图1和表1所示。其中,活塞柱状芯由法国 *Marion Dufresgne* 号科考船采集,目前分别保存于法国国家科研中心(CNRS)气候和环境科学研究所和巴黎国立自然历史博物馆(MNHN)地质研究所的冷藏库。钻芯分别由执行深海钻探计划(DSDP)的美国 *Glomar Challenger* 号科考船和大洋钻探计划(ODP)的 *JOIDES Resolution* 号科考船钻取,目前保存于美国德克萨斯农工大学样本库。

DSDP和ODP钻芯分别取自孟加拉深海扇的主沟道内和90°E海岭,覆盖的时段可自中新世(扇区记录)直至晚白垩世(岭区记录)。但这些岩芯的采收率一般不高,特别在DSDP阶段的浊积扇区表现更差。为了获取比较完整的沉积记录,可以采取多孔组合的方法,但是仍难满足对连续记录的高分辨率研究需要。活塞柱状芯的情况正好相反,它们一般受到的扰动不多,但有限的芯长覆盖的时间跨度一般仅在0.3Ma以内。

系统的高密度采样、分析和研究主要面向活塞柱状芯,分析项目包括稳定同位素测定、碳酸盐含量测定、粒度分析、色度分析、粘土矿物分析、常微量元素分析、磁化率测定、微体生物种属鉴定等。其中,氧碳同位素、粘土矿物和部分磁学性质的测定在法国国家科研中心气候和环境科学研究所和巴黎居里大学地层学实验室完成,其他分析项目在中国地质大学海洋地学研究中心完成。深海钻探岩芯的大部分分析任务已由前人完成,成果分别发表于相关航次的《初步成果》和《科学报告》中。我们选择若干关键的层位和段落取样,在中国地质大学(北京)完成碳酸盐含量分析、粒度分析、生物鉴定和微量元素分析。

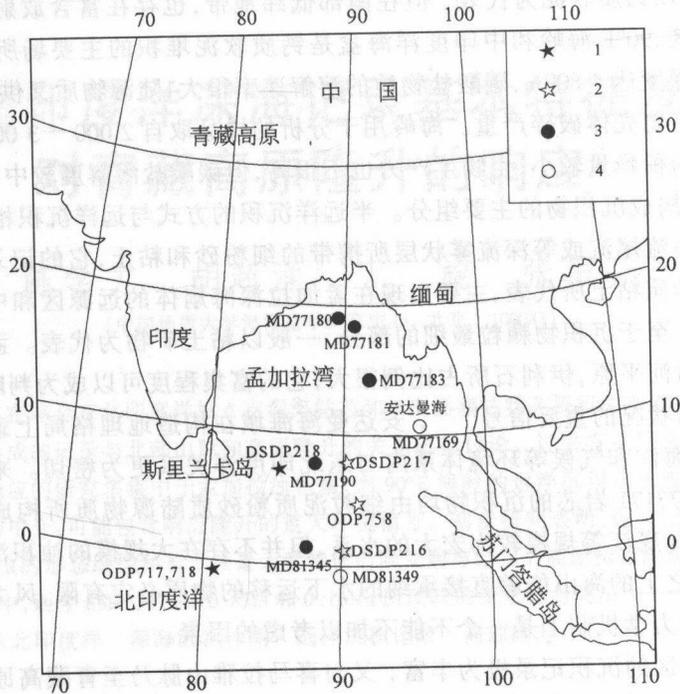


图1 东北印度洋区本文研究岩芯的取芯位置

1. 孟加拉扇的 ODP 和 DSDP 钻芯
2. 90°E 海岭的 ODP 钻芯和 DSDP 钻芯
3. 孟加拉扇的活塞柱状样
4. 90°E 海岭和安达曼海山的活塞柱状样

Fig. 1 Locations of the studied cores in the northeastern Indian Ocean

表1 岩芯概况

Table 1 A survey of the studied cores

岩芯编号	岩芯类型	水深/m	芯长/m	沉积物主要组成	CaCO ₃ /%
MD77169	活塞	2 360	14.60	橄榄灰色粉砂质粘土	10 ~ 45
MD77180	活塞	1 986	13.70	橄榄灰色粉砂质粘土	2 ~ 20
MD77181	活塞	2 271	13.98	橄榄灰色粉砂夹薄层砂	2 ~ 25
MD77183	活塞	2 632	10.58	橄榄灰色粉砂夹薄层砂	0 ~ 20
MD77190	活塞	3 742	12.00	橄榄灰色钙质软泥与粉砂质粘土互层	2 ~ 55
MD81345	活塞	4 372	5.40	橄榄灰色钙质软泥夹薄层砂	0 ~ 60
MD81349	活塞	2 505	4.30	灰白色钙质软泥	50 ~ 92
DSDP216	钻芯	2 247	170.80	灰白色钙质软泥	70 ~ 90
DSDP218	钻芯	3 759	59.40	橄榄灰色粉砂质粘土夹砂质层	0 ~ 50
ODP717C	钻芯	4 735	480.20	橄榄灰色粉砂质粘土夹砂质层	0 ~ 50
ODP718C	钻芯	4 730	274.05	橄榄灰色粉砂质粘土夹砂质层	0 ~ 50
ODP758A	钻芯	2 924	453.83	浅灰色钙质软泥	50 ~ 85

沉积物地层划分和年代测定是全部研究工作的基础,笔者从研究的大部分活塞柱状芯中均得到可与 SPECMAP 详细对比的 $\delta^{18}O$ 曲线。Chen 等^[5]在 ODP758 站位获取具有全

球意义的 3.6MaB.P. 以来的包括 155 个氧同位素分期的地层年表。在那些非碳酸盐组分突出或年代更为久远的沉积记录中,磁性地层划分成为建立区域地层系统的主要工具。此外,生物组合、火山灰 K-Ar 测年等分析方法也在地层学研究中发挥了重要作用。

2 讨论

2.1 扇区沉积记录基本特征与高原隆升

孟加拉深海扇是喜马拉雅山脉剥蚀物的最大储库之一。与众多的浊积扇相比,沉积物颗粒偏细是它的一个明显特征。它主要承载喜马拉雅山脉的剥蚀产物,在浊积活动的间歇期,半远洋/远洋沉积活动也很活跃。这一地区的等深积作用目前研究很少,但它确实对扇体沉积序列进行一定程度的改造^[2,6]。

根据本文涉及的岩芯资料,陆源剥蚀物输入量的变化可以归结为以下几个特征:首先,它在构造尺度上对高原和山脉隆升在整体上具有线性响应关系,隆升期间粗碎屑物质增多,浊积活动加剧。其次,冰川性海平面变化使活跃的沉积区在陆架和深海地区之间发生迁移。虽然构造性海平面变化在理论上足以产生相同的效果(例如,印度洋脊扩张速率的变化、90°E 海岭的北向迁移、岛弧和板内的火山活动以及大陆边缘的沉降都是控制海平面变化的重要因素),但是迄今这方面的工作尚不多见。第三,并非所有的陆源碎屑增多、增粗的现象均与浊流活动有关,等深流的改造作用不可低估。然而后者的控制因素主要在于南大洋提供水团的性质、能量和路径,并不直接包含高原隆升的信息。另外一个值得注意的现象是风力传输体系也对陆源物质在扇体的堆积具有影响。在水动力系统特别活跃的部位和时期,风尘由于堆积速率太慢和指示信号太弱,在记录中易被掩盖。但在那些以远洋沉积作用为主的地区或时段,这些风尘信号一旦能够被确切识别,则可以成为追溯海陆构造-气候环境演化的有力依据。

在孟加拉扇沟道附近钻得的 DSDP218 孔和 ODP717、718 孔成功地揭示了以粗碎屑为代表的脉动浊积活动加剧与高原构造隆升间的耦合关系^[7,8]。它告诉我们,上中新世早期(约 8.5 ~ 8.0MaB.P.)、上中新世晚期至早上新世(约 5.3 ~ 3.8MaB.P.)和中更新世(约 0.8 ~ 0.3MaB.P.)大量粗屑陆源剥蚀物进入孟加拉湾,这与在亚洲大陆得到的有关高原构造隆升的信号可以粗略对比。但是,仔细研究孟加拉扇记录,仍然包含若干疑问:1)浊流的形成主要受控于地震、海啸、海退等在内的海洋条件,其中海平面升降引起的陆架空间容量和地表水注入海洋位置的变化所起的作用尤为关键;2)喜马拉雅和高原地区的剥蚀物输往深海地区经历众多的“中间环节”,经过恒河平原和三角洲等物质沉降带的截留、改造和再次发送,深海扇沉积序列接受的乃是高原隆升的即时的和迟滞的两类信号的混合物。由于迟滞的时间和混合的比例并不确定,这给依据扇区记录反演源区的抬升和剥蚀过程带来困难;3)深海扇的结构构造和推进过程比较复杂。沟道的迁移、扇舌体的形成和废弃均对沉积序列形成重要影响,依据孤立站位沉积记录中物质的堆叠方式和顺序推断源区构造活动难免存在片面性;4)从实际情况来看,DSDP218 和 ODP717、718 钻芯在序列特征和地层对比上还存在不少问题,粗碎屑和暗色页岩等岩石地层学的对比精度并不很高。类似 8MaB.P. 前沉积速率下降^[9]、3.5MaB.P. 前蒙脱石富集程度增大和黑色泥

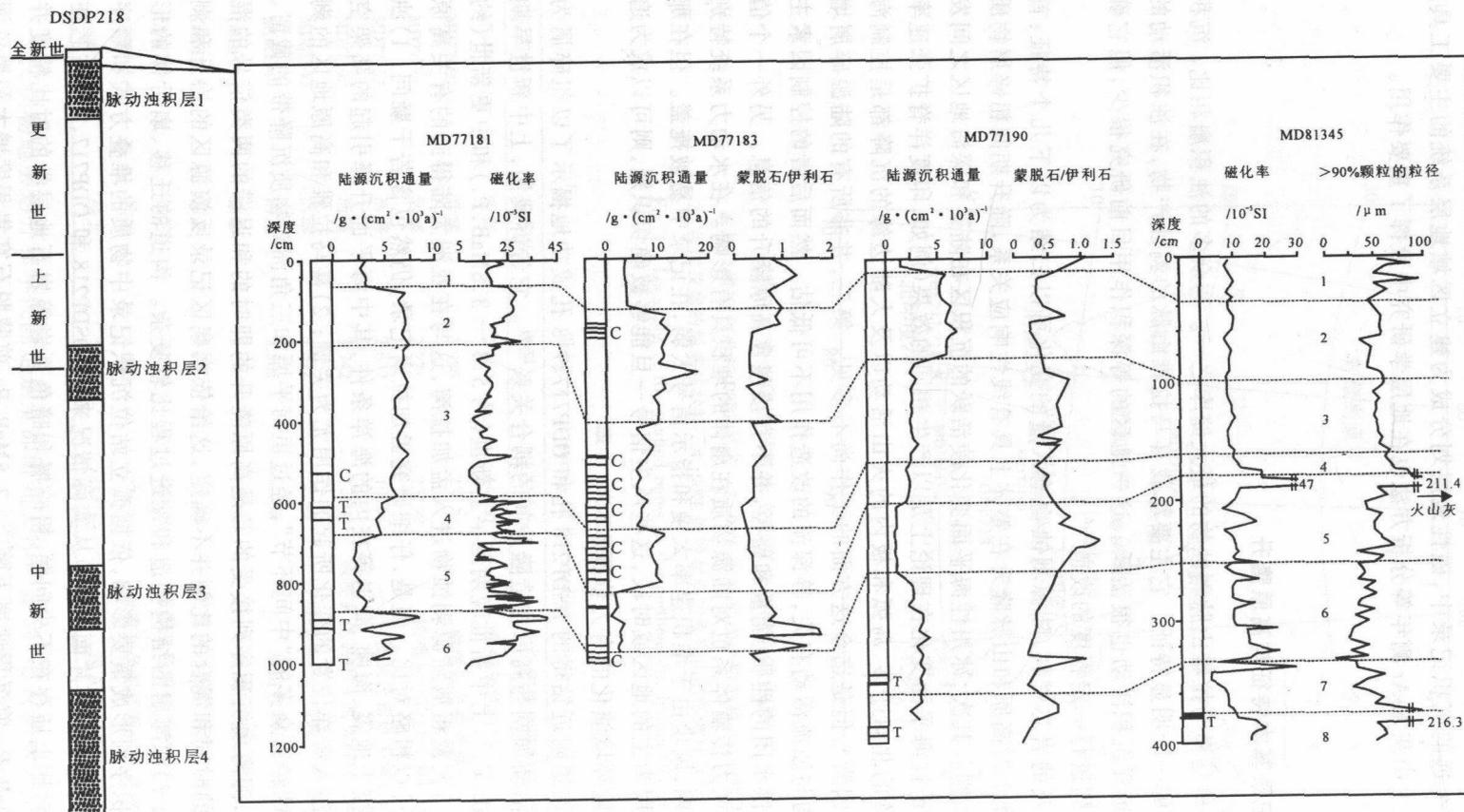


图2 中晚第四纪孟加拉深海扇沉积记录的变化特征

T 浊积薄砂层 C 等积薄砂层

图中沉积序列阿拉伯数字1~8代表氧同位素分期。奇数指示间冰期,偶数指示冰期

Fig.2 Variation of the sedimentary records in the Bengal deep-sea Fan during the middle and late Pleistocene

岩增多^[10]等明显与高原强烈隆升不谐的现象还无法得到合理解释。

已分析的活塞柱状芯大多来自远离沟道的扇区,实际反映的是浊积扇的远源相。从这些中晚更新世的沉积记录来看,陆源物质输入的规律比较明显(图 2):

(1) 粗粉砂级以上碎屑和非碳酸盐物质的输入与冰期间冰期的交替关系密切。例如,中扇区的 MD77181 岩芯和扇体边缘区的 MD81345 岩芯中,陆源碎屑的沉积通量或磁化率在冰期和冰亚期内显著增高。下扇区的 MD77181、77190 岩芯也表现出相同的趋势。现有记录表明,伊利石/蒙脱石的变化亦可反映陆屑输入的程度。

(2) 浊积层均出现于冰期或冰亚期,但在目前研究程度较高而被公认为海平面下降幅度很大的末次盛冰期(LGM)内,所有岩芯均不显示直接的浊积活动的记录。但第 6 期和第 8 期则存在较重要的浊积记录,这一现象可能与 0.2MaB. P. 前亚洲大陆的构造活动有关,亦即浊积记录的形成来自气候和构造的复合效应。

(3) 浊积层的出现与沟道迁移等因素关系密切,大部分岩芯浊积层的层位不能对比。

(4) 等深积作用与冰期、间冰期的交替基本无关。第 3、4、5 期均可见到对碳酸盐物质严重溶蚀或以石英、云母为主的等深积砂质薄层。

2.2 岭区沉积记录基本特征与高原隆升

海岭高踞扇体之上,那里的沉积作用与扇区大不相同,主要表现为:扇区由浊积、等深积、半远洋/远洋沉积混合作用生成,而岭区几乎由单一的远洋沉积作用所控制;扇区沉积物以陆源碎屑砂和粘土为主,碳酸盐物质一般低于 25%,而岭区沉积物主要为有孔虫-超微化石软泥,间或杂有火山灰,碳酸盐组分通常高于 60%,陆源物质的稀释作用远不如扇区强烈;扇区沉积速率一般为 $5 \sim 8\text{cm}/10^3\text{a}$,有时高达 $20 \sim 30\text{cm}/10^3\text{a}$,而岭区沉积速率一般不超过 $2\text{cm}/10^3\text{a}$,通常为 $1\text{cm}/10^3\text{a}$ 或更低;扇区沉积过程受海平面变化的影响甚大,其沉积通量基本为(亚)冰期、(亚)间冰期的交替所控制,而岭区沉积过程主要表现为钙质

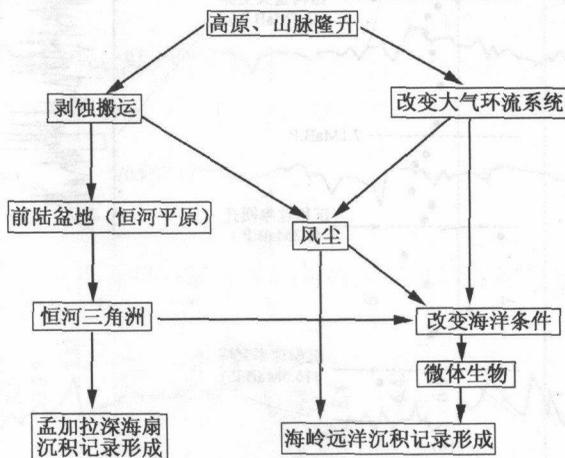


图 3 东北印度洋沉积记录响应山脉(高原)隆升的主要机制

Fig. 3 Main pattern of the correspondence of the sedimentary records in the northeastern Indian Ocean with the elevation of the mountain (plateau)

生物壳体的堆积和溶解,对海平面变化的响应是非线性的。

高原隆升与远洋沉积环境的联系纽带可通过图3表示。从中可以看到,远洋沉积记录不仅对高原隆升响应的机制是存在的,而且较陆屑记录而言,还存在一个突出优点,即它的信号主要依赖海、气系统及它们之间的相互作用传递,而免去碎屑物质再沉积这一中间环节,从而保证了信号响应的即时性,堪称高原隆升良好的远程监视器。其不利条件是:1)过低的沉积速率不能保证高分辨率的研究需要;2)海岭随印度板块逐渐向北发生构造迁移,与亚洲大陆及板块碰撞带的距离并不固定,从较长的时间尺度进行研究,必须考虑沉积记录的这种“距离效应”对高原隆升的“环境效应”的干扰。过去,对于岭区远洋沉积对高原隆升响应的研究是很欠缺的。

90°E海岭的沉积记录完全属于远洋类型,尽管有报道说,海岭的沉积过程同样叠加上有浊流和等深流的改造^[11]。我们对此所持的基本看法是:对于海岭大部分地区而言,其沉积部位高出邻区海底1000~2000m甚至更多,岭下的浊流不可能携运物质上攀。沉积区通常位于水深2000m左右的部位,不属于底层水和深层水活跃的地带,沉积记录所受的扰动不致非常严重。有的论者将海岭上20%~40%的非碳酸盐沉积物的产生归因

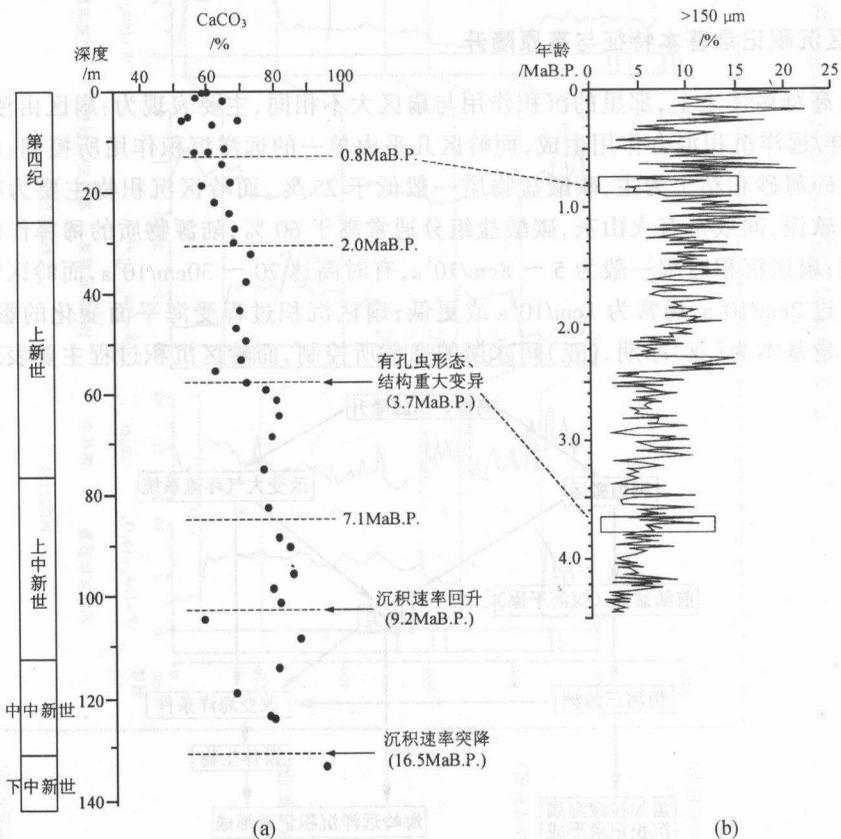


图4 16.5MaB.P.以来 ODP758 钻芯揭示的重大事件

(a) CaCO₃ 的百分含量 (b) >150μm 颗粒的百分含量^[11]

Fig. 4 The significant events since 16.5MaB.P. revealed by site ODP758

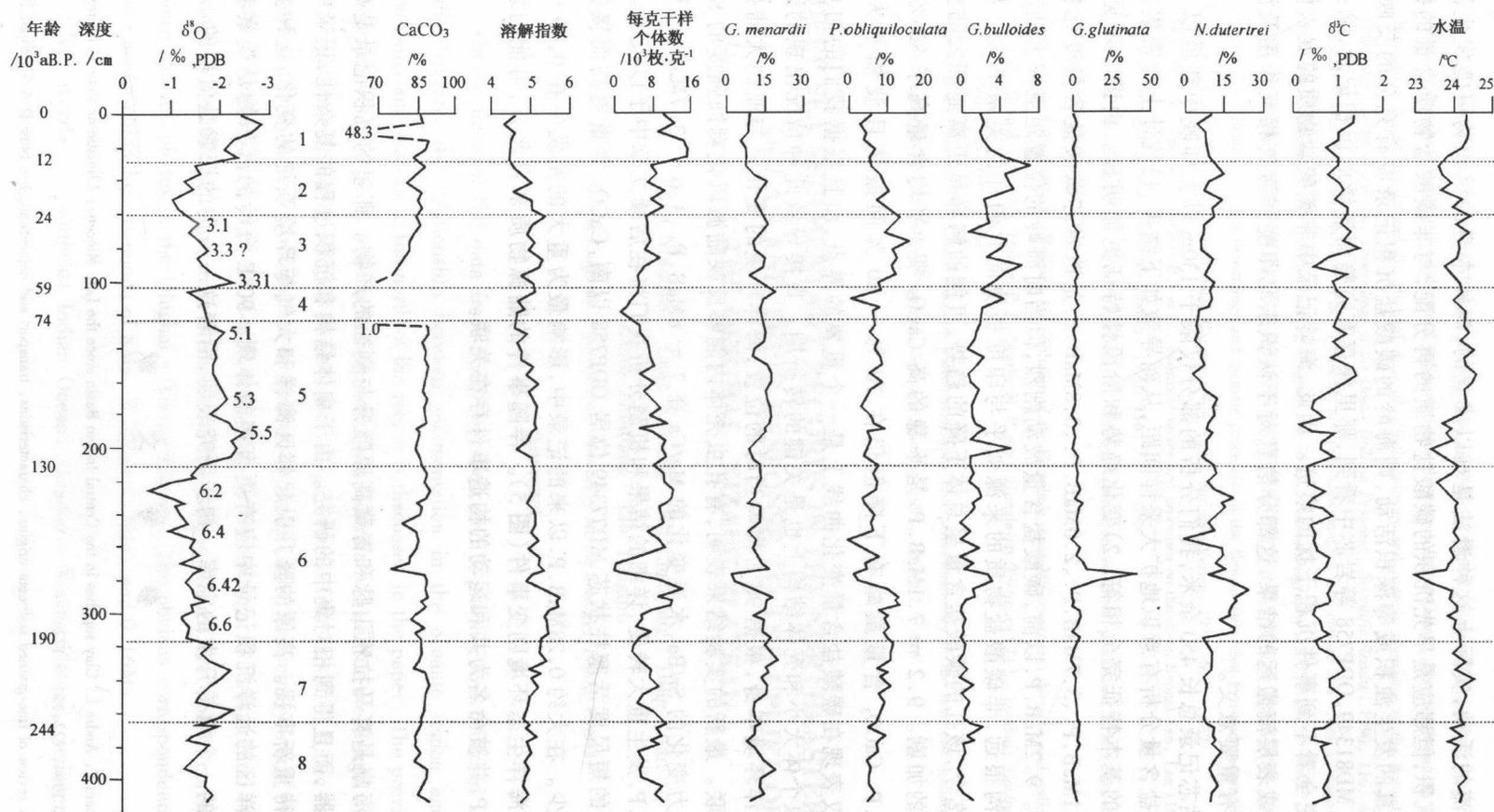


图5 MD81349岩芯记录的重大事件

Fig.5 The significant events recorded by core MD81349

于浊流或等深流的活动,实际上这种看法是难以成立的,海岭本身的沉积物可能发生滑移、崩塌或再沉积,但那应是早先沉积的碳酸盐物质的再分配,与非碳酸盐物质含量的提高无关。如果真的发生浊积或等深积活动,则海岭的碳酸盐沉积记录应有充分的反映。但是我们已在 MD81349、ODP758 等岩芯中看到,那里保存有完整而连续的沉积记录,除火山喷发物外,完全看不到事件沉积干扰的痕迹。因此,海岭记录中非碳酸盐物质的混入极有可能是风力或表层流搬运的结果,这部分信息对于认识东北印度洋海气相互作用及海陆耦合关系具有重要意义。

ODP758 钻芯记录总长 450 余米,我们分析的部分仅限于 130m 以上即晚中新世以上的段落。碳酸盐含量分析有意识地扩大采样间距,从而导致如下结果:1)统计上与密集采样得到的曲线的基本特征完全相符;2)变化趋势和阶段性特征更加明显。由图 4 可见,9.2MaB.P.、7.1MaB.P.、3.7MaB.P.、2.0MaB.P.、0.8MaB.P. 是该岩芯碳酸盐含量变化特征突变的界点。9.2MaB.P. 以前,碳酸盐含量波动剧烈,但当时海岭的位置距亚洲大陆和爪哇-巽他海沟很远,非碳酸盐物质的来源似乎与印度板块向北俯冲的关系不大。从 9.2MaB.P. 至迄今,该孔的碳酸盐含量呈总体下降的趋势,可能的解释是距离亚洲大陆愈近和高原隆升的加剧。9.2~7.1MaB.P. 是平稳的高 CaCO_3 期,平均含量高于 80%,7.1~3.7MaB.P. CaCO_3 含量虽略有下降但仍在 70%~80% 间振荡且波幅不大。3.7MaB.P. 不仅表现在碳酸盐含量变化曲线上是一个重要的界点,而且根据我们的初步研究,在有孔虫个体大小和壳体结构上也是关键的转折期。直接导致此种情况出现的因素当然在于海洋环境本身,根据 90°E 海岭当时的位置,海洋环境的变化已与亚洲大陆存在较密切的关联。最新的实验结果表明,有孔虫壳体内能够反映陆源风化剥蚀强度的 Sr/Mg、海洋生产力变化的 Sr/Ba、水温变化的 Mg/Ca 在 7~8MaB.P.、3.6~3.7MaB.P. 和 0.8~0.9MaB.P. 发生重大转变,详细的结果和机制分析我们将在后续文章中予以报道。

90°E 海岭的短尺度活塞柱状芯 MD77349 位居 ODP758 以南, CaCO_3 含量更高而接受的陆源物质更少。在大约 0.28MaB.P. 以来的记录中,影响最为重大的是发生在 0.19~0.16MaB.P. 的海洋生态环境剧变事件(图 5)。伴随事件的陆源物质来自北方,可能与发生在 0.15MaB.P. 并被命名为共和运动的构造事件存在关联。

3 结论

孟加拉深海扇是喜马拉雅山脉和青藏高原隆升与剥蚀的产物。那里的沉积记录是高原隆升的监视器,而且得到相对集中的研究。由于扇体结构和沉积过程的复杂性,记录中的一些问题尚待重新审视。高原的隆升引起邻区海洋和大气等环境系统的变化,这种变化在东北印度洋区的远洋沉积记录中应有更直接的体现。90°E 海岭的沉积物是观察和验证高原隆升的一个亟待开发的宝库。初步研究表明,沿着这一方向的探索是值得的。

参 考 文 献

- 1 Fagel N, Debrabant P, Andre L. Clay supplies in the Central Indian Basin since the Late Miocene: Climatic or tectonic control? *Marine Geology*, 1994, 122:151~172
- 2 Gorsline D S. A review of fine-grained sediment origins, characteristics, transport and deposition. In: Stow D A V, Piper D J

- W eds. *Fine Grained Sediments: Deep-Water Processes and Facies*. Oxford: Blackwell Scientific, 1984. 111
- 3 Kolla V, Biscaye P E. Clay mineralogy and sedimentation in the eastern Indian Ocean. *Deep Sea Research*, 1973, **20**: 727 ~ 738
 - 4 Bouquillon A, France-Lanord C, Michard A *et al.* Sedimentology and isotopic chemistry of the Bengal fan sediments: The denudation of the Himalaya. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 1990, **116**: 43 ~ 57
 - 5 Chen J, Farrell J W, Murray D W *et al.* Timescale and paleoceanographic implications of a 3.6m.y. oxygen isotope record from the northeast Indian Ocean (Ocean Drilling Program site 758). *Paleoceanography*, 1995, **10**: 21 ~ 47
 - 6 方念乔. Riviere 粒度资料解释法在孟加拉深水扇沉积物流体动力分析中的应用. *地质论评*, 1992, **38**: 344 ~ 351
 - 7 Curray J R, Moore D G. Sedimentology and tectonic processes in the Bengal Deep-Sea Fan and geosyncline. In: Burk G A, Drake C L eds. *Geology of Continental Margins*. New York: Springer-Verlag, 1974. 617 ~ 627
 - 8 Stow D A V, Amano K, Balson P S *et al.* Sediment facies and processes on the distal Bengal Fan, Leg 116. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 1990, **116**: 377 ~ 396
 - 9 Burbank D W, Deery L A, France-Lanord C. Reduced Himalayan sediment production 8 Myr ago despite an intensified monsoon. *Nature*, 1993, **364**: 48 ~ 54
 - 10 France-Lanord C, Derry L, Michard A. Evolution of the Himalaya since Miocene time: Isotopic and sedimentological evidence from the Bengal Fan. In: Treloar P J, Searle M P eds. *Himalayan Tectonics (74)*. London: Geological Society Special Publication, 1993. 603 ~ 621
 - 11 Farrell J W, Janecek T R. Late Neogene paleoceanography and paleoclimatology of the northeast Indian Ocean (site 758). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 1991, **121**: 297 ~ 316

DEEP SEA SEDIMENTARY RECORDS IN THE NORTHEASTERN INDIAN OCEAN AND THEIR RESPONSE TO THE UPLIFT OF THE QINGHAI - XIZANG PLATEAU

Fang Nianqiao Chen Xuefang Hu Chaoyong Ding Xuan
Zhang Zhenfang Liu Yongqin

(China University of Geosciences, Institute of Marine Geology, Beijing 100083)

Abstract

On the basis of the data from 5 drilling cores and 7 piston cores collected in the northeast Indian Ocean, the relationship between sedimentation in the oceanic region and uplift of the mountains and plateau to the north of the region is discussed in the paper. The previous research on the response of deep-sea records to orogenesis was essentially made in the Bengal Fan. Because of the sea-air interaction as bridge, in fact, the pelagic records from the 90°E Ridge can include some significant environmental information to answer the uplift. The preliminary study indicates that the times of abrupt changes in the CaCO₃ content, the assemblage of foraminifera and its form and texture and feature of some trace elements in the pelagic records are closely corresponding to the known tectonic phases in the Qinghai - Xizang Plateau. The obvious correspondences are found to occur at the chronological points of 8Ma, 3.7Ma, 0.8Ma, and 0.16Ma.

Key words northeast Indian Ocean, Qinghai - Xizang Plateau, sedimentation, pelagic sedimentary record, uplift