

# 大洋钻探与青藏高原

汪品先

(同济大学海洋地质开放实验室 上海 200092)

**提 要** 青藏高原的隆升历史在海洋沉积中得到记录。印度洋的两大深海沉积扇——孟加拉扇与印度河扇(总面积  $4 \times 10^6 \text{km}^2$ )——便是第三纪中期以来喜马拉雅山脉上升剥蚀的产物。南海北部陆架的莺歌海盆地中巨厚的海相沉积(仅第四系便达 2000m)系来自红河三角洲,也应是青藏高原隆升的结果。另一方面,青藏高原隆升可能是全球新生代变冷和东亚季风兴起的原因,也是世界大洋化学成分和沉积速率显著变化的原因之一。上述种种,都有深海钻探和大洋钻探的发现作为根据。因此,如能将青藏高原的调查研究与大洋钻探结合起来,就可望为揭示全球环境变迁的机理作出突破性的贡献。

**关键词** 大洋钻探 青藏高原 孟加拉扇 全球变化 亚洲季风

深海大洋的沉积层,能够为陆地环境变迁提供连续记录。认识青藏高原当然要深入高原进行调查研究,然而从海洋看高原却增加了一种新视角,特别是深海钻探和大洋钻探的成果提供了不少在高原内部反而难以取得的信息。

## 1 高原隆升的海洋记录

青藏高原、首先是喜马拉雅山的隆升,在印度一侧留下了大量因剥蚀产生的陆源碎屑沉积。除去就近形成的山麓和河谷堆积物外,还有近海的大型三角洲,而最容易被国人忽略的,是深海的沉积扇<sup>(1)</sup>。印度洋北部的孟加拉扇和印度河扇,就是喜马拉雅山脉隆升的产物和历史档案。

孟加拉扇位于孟加拉湾,是世界最大的长形深海沉积扇,长近 3000km、宽近 1500km,面积约  $3 \times 10^6 \text{km}^2$ ,近端厚度可逾千米<sup>(2)</sup>。青藏高原隆升,主要是喜马拉雅山剥蚀产生的陆源碎屑物通过恒河和雅鲁藏布江(布拉马普特拉河)输送到恒河三角洲,再经过陆架、陆坡输入深海形成深海扇。ODP116 航次在孟加拉扇的远端水深四千多米处的 717、718 站钻井,此处全厚 2000m 的沉积扇钻穿了 1300m,均由细粒浊流沉积组成,底部年龄为 1700 万年,说明中新世早期喜马拉雅山隆升、孟加拉扇沉积达到此区;约 600 万年前沉积物变细,近百万

作者简介:汪品先,男,1936 年 11 月出生,教授,中国科学院院士,主要从事海洋地质与环境研究。

收稿日期:1995-02-21

年时再行变粗,反映了喜马拉雅山隆升与洋面升降相互叠加的结果<sup>[4]</sup>。后来ODP121航次在758站的钻探,进一步揭示青藏高原与喜马拉雅山在1750万年前和540~510万年前曾加速抬升使沉积速率加大<sup>[5]</sup>。

阿拉伯海的印度河扇较孟加拉扇为小,长1500km、宽近1000km,面积 $11 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,是阿拉伯海最突出的海底形态特征<sup>[3]</sup>。印度河扇沉积物源自印度河,而印度河的集水区是喜马拉雅山区并穿越巴基斯坦低地。1972年DSDP23航次在印度河扇西北部钻探的222站,沉积层总厚2500m钻穿了1300m年龄达6Ma,当时沉积速率超过600m/Ma。上新世降到135~300m/Ma,第四纪时更降到40~50m/Ma。印度河扇开始形成于渐新世最晚期至中新世初期,到上新世以后沉积速率下降<sup>[6]</sup>,由于孟加拉扇的集水区在喜马拉雅山东部,而印度河扇集水区在其西部,两处沉积速率变化历史的不同趋势很可能说明喜马拉雅山西部抬升在先,后期向东部迁移,或者水系发生变化所致。

以上所述,都是印度洋的沉积。青藏高原隆升,在太平洋边缘海也应当有所反映。值得注意的是南海北部陆架的莺歌海盆地,沉积速率在近3Ma前突然增高,其中乐东30-1-1井揭示的海相第四系厚逾2000m<sup>[7]</sup>。物探表明,莺歌海盆地海相地层属红河三角洲,而现代红河集水盆地不大,难以提供莺歌海盆地的巨厚沉积体,推测红河集水盆地原来曾在青藏高原,约3Ma前的沉积速率增大可能是青藏高原隆升区向东伸展的结果,值得今后进一步探明。

## 2 高原隆升与全球变化

青藏高原隆升是新生代晚期亚洲和全球重大的地质事件之一,影响所及,无论海洋沉积、海水化学成分以致大气环流、甚至可能大气成分,都发生相应的变化。

由于隆升剥蚀而形成的海洋沉积,为数极为巨大。仅印度洋的两个深海沉积扇,总体积就达 $(1 \sim 2) \times 10^7 \text{ km}^3$ ,相当于四、五个现代南海的容积。其实,高原隆升对大洋沉积速率的影响不以印度洋为限。据DSDP334个钻孔的统计,新生代大洋沉积速率在大约1700万年前突然上升<sup>[8]</sup>,应当是青藏高原开始隆升的结果。

高原隆升使剥蚀作用加强,同样也能影响海水的化学成分。大洋水化学成分一方面靠陆地风化剥蚀提供溶解质,另一方面又受大洋中脊热液活动的控制。以Sr同位素为例,大陆风化剥蚀提供给海水的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为 $0.72 \pm 0.005$ ,而洋底热液作用产生的比值为 $0.704 \pm 0.002$ ,地质历史上两种作用消长的结果使 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 发生变化,形成了锶同位素地层学的基础<sup>[9]</sup>。世界海洋的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值自第三纪中期以来急剧上升,其中尤以2000~1600万年前和1200~900万年前增长最为剧烈,应当反映青藏高原急剧隆升期对大洋水化学成分的影响,特别是2000~1600万年的上升更为明显<sup>[10]</sup>。陆地风化剥蚀加剧,带给海水的不仅有Sr,还有其他各种元素,包括P、C等与生产力直接相关的元素在内。因此,青藏高原隆升应当对于全球海洋生产力以致全球碳循环、大气 $\text{CO}_2$ 含量都会有一定影响,是在地质尺度上研究全球变化或者地球系统演化的重要课题。

青藏高原隆升对气候的影响,已经成为当前地学界的热门话题。深海钻探和大洋钻探,详细揭示了新生代地表温度下降的过程。有孔虫壳体的氧同位素,反映了当时所生活的海水古温度;而深水底栖有孔虫所生活的底层海水,又反映了当时极地的水温<sup>[11]</sup>,深海钻探各个

航次研究的结果,表明新生代以来极地水温下降达 15℃之多。

是什么因素导致新生代全球变冷? Shackleton 等<sup>[13]</sup>根据 DSDP 第 29 航次研究结果提出,是渐新世末期塔斯曼海道和德雷克海峡的相继打开,使南极洲与澳洲、南美洲先后脱离,环南极洋流得以形成,由此产生的热隔离使南极出现冰川,接着,中新世中期北大西洋冰岛—法罗海脊沉没导致北大西洋深层水南流,促使南极东部冰盖形成;大约三百余万年前,巴拿马海峡关闭,强大的墨西哥湾湾流将水分带到北极,导致北极冰盖出现<sup>[11]</sup>。这种构造运动→洋流改组→气候变化的“洋流说”,为新生代变冷提供了一种解释。

然而,近年来出现了另一种解释——“高原说”。美国 Ruddiman 与 Kutzbach 等<sup>[14,15]</sup>提出,主要是亚洲、美洲和非洲的高原隆升,引起新生代全球变冷,而其中青藏高原起着主导作用。他们通过大气环流模式(GCM)数值模拟,探索高原隆升对不同区域带来的气候后果,发现这确实是北半球新生代气候恶化的原因,虽然高纬度区的变化强度尚不足以解释地质记录中的巨大规模,还需要其他驱动力作补充<sup>[16]</sup>。

青藏高原隆升的另一种可能的气候后果,是亚洲季风系统的兴起。仅以我国新生代气候分带格局的变化来看,古新世继承了白垩纪的气候格局,中国有一个横贯东西的干旱带;等到中新世开始,干旱带移后西北,中国东部变为潮湿。这种变化,正是行星风系被季风风系取代的结果<sup>[17]</sup>。第三纪中期中国气候带的改组,其实是东亚气候格局变化的一部分,其起因可能有二:一是亚洲面积的扩大,二是青藏高原的隆升<sup>[18]</sup>。

新生代的全球变化和亚洲季风系统的建立,究竟青藏高原隆起是不是起了主导作用?这些问题的阐明,不仅对于中国,而且对于全球环境演变的机理,是一个关键。青藏高原是中国地球科学最具特色的研究对象;大洋钻探又是全球地球科学最为集中的研究计划。如果我国能够组织力量,把陆地上青藏高原演变及其环境后果,与海洋上以大洋钻探为代表的工作结合起来,从海洋、从全球角度研究青藏高原,相信在不远的将来可以取得东亚甚至全球环境演变趋势研究中的突破,为全球环境变化的预测作出贡献。

#### 主要参考文献

- [1] Johnson M R W. Volume balance of erosional loss and sediment deposition related to Himalayan uplifts. *Journal of the Geological Society*, London, 1994, 151(2): 217—220.
- [2] Stow D A V et al. Sediment facies and processes on the Bengal Fan, Leg 116. *Proc Ocean Drilling Program, Scientific Results*. 1990, 116: 337—396.
- [3] Prell W L, Nittouma N et al. Site 720, *Proceedings of the Ocean Drilling Program. Initial Results*. 1989, 117: 157—195.
- [4] Cochran J R. Himalayan uplift, sea level, and the record of Bengal Fan sedimentation at the ODP Leg 116 sites. *Proc Ocean Drilling Program, Scientific Results*. 1990, 116: 397—414.
- [5] Klootwijk C T et al. Neogene evolution of the Himalayan-Tibetan region: constraints from ODP Site 758 northern Ninetyeast Ridge; bearing on climate change. *Palaeo Palaeo Palaeo*, 1992, 95: 95—110.
- [6] Weser O E. Sedimentological aspects of strata encountered on Leg 23 in northern Arabian Sea. *DSDP Initial Reports*, 1974, 23: 503—523.
- [7] 汪品先, 夏伦煜, 王律江, 成鑫荣. 南海西北陆架的海相更新统下界. *地质学报*, 1991, (2): 176—187.
- [8] Davies T A, Hay W W, Southam J R and Worsley T R. Estimates of Cenozoic oceanic sedimentation rates. *Science*, 1977, 197: 53—55.
- [9] Elderfield H. Strontium isotope stratigraphy. *Palaeo Palaeo Palaeo*, 1986, 57: 71—90.

- [10] Hodell D A, Woodruff F. Variations in the strontium isotopic ratio of seawater during the Miocene; stratigraphic and geochemical implication. *Paleoceanography*, 1994, 9(3): 405-426.
- [11] 同济大学海洋地质系. 古海洋学概论. 上海: 同济大学出版社, 1989. 316pp.
- [12] Miller K G, Fairbanks R G and Mountain G S. Tertiary oxygen isotope synthesis, sea level history, and continental margin erosion. *Paleoceanography*, 1987, 2(1): 1-19.
- [13] Shackleton N J, Kennett J P. Paleotemperature history of the Cenozoic and the initiation of Antarctic glaciation; oxygen and carbon isotopic analyses in DSDP sites 277, 279, 281. *DSDP Initial Reports*. 1975, 29: 743-755.
- [14] Ruddiman W F, Kutzbach J E. Forcing of late Cenozoic Northern Hemisphere climate by plateau uplift in southern Asia and the American west. *Jour Geoph Res*, 1989, 94(D15): 18379-18391.
- [15] Ruddiman W F, Kutzbach J E. Plateau uplift and climate change. *Scientific American*, 1991, March: 42-49.
- [16] Kutzbach J E, Guetter P J, Ruddiman W F and Prell W L. Sensitivity of climate to late Cenozoic uplift in Southern Asia and the American West; numerical experiments. *Jour Geoph Res*, 1989, 94(D15): 18393-18407.
- [17] Wang Pinxian. Neogene stratigraphy and paleoenvironments of China. *Palaeo Palaeo Palaeo*, 1990, 77: 315-334.
- [18] Wang Pinxian. Progress in Late Cenozoic palaeoclimatology in China; a brief review. In: Whyte R O (ed). *The Evolution of the East Asian Environment*. Hong Kong Univ, 1984, 1: 165-187.

## ODP AND QINGHAI/XIZANG (TIBETAN) PLATEAU

Wang Pinxian

(Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092)

### Abstract

The uplift history of the Tibetan Plateau has been recorded in marine deposits. The two huge deep-sea sediment fans in the Indian Ocean, i. e. , the Bangal Fan and the Indus-River Fan with a total area over 4 million square kilometres, are products of the uplift and erosion of the Himalayas since the middle Tertiary. The enormous sequence of marine deposits in the Yinggehai Basin on the northern shelf of the South China Sea where the Quaternary along reaches 2000m in thickness, is related to the Red River delta and has obviously again resulted from the uplift of the Tibetan Plateau.

On the other hand, the Plateau's uplift may be the cause or one of the causes of the Cenozoic global cooling and the onset of the Asian monsoon system, as well as the remarkable changes in chemical composition and sedimentation rate of the global ocean.

All the above discussions are based on discoveries by the DSDP/ODP drillings. Therefore, a research endeavor combining the Tibetan Plateau investigations with the Ocean Drilling Program will be most promising in breaking through to reveal the mechanism behind the global environmental changes.

**Key words:** ODP, Qinghai/Xizang Plateau, Bengal Fan, Global change, Asian monsoon.