

# 古海洋学

汪品先

(同济大学海洋地质系 上海 200092)

**关键词** 深海沉积 微体古生物学 稳定同位素 古气候 古海洋学

## 1 古海洋学的产生

古海洋学是深海钻探计划(DSDP)的产物,15年(1968~1983年)的钻探不仅证实了板块学说,而且产生了古海洋学这门新学科(许靖华,1984)。古海洋学以大洋的水体作为主要研究对象,探索海洋环流和海水物理、化学特征的变化,研究海洋生产力和海洋生物的宏观演化等历史。现代含义上的古海洋学产生于70年代中期,当时深海钻探的结果已经提供出古海洋学研究的典型成果,如渐新世时塔斯马尼亚海道和德雷克海峡的开启,使得环南极洋流形成而导致南极冰盖开始形成和全球气候的变冷(Shackleton & Kennett, 1975)。此后的近二十年,古海洋学成为地球科学中发展最快的分支之一。1983年,首届国际古海洋学会议在瑞士召开;1986年,《古海洋学》学报在美国创刊,标志着这门新学科的完全成熟。现在,古海洋学已赢得学术界和产业界(如石油界)的高度重视,成为大洋钻探计划(ODP)、全球变化研究等许多重大国际研究计划的重要内容,也是各国地球科学基础研究的资助重点之一。

## 2 古海洋学的研究内容

古海洋学研究大洋系统的发展历史,而大洋系统的核心问题是大洋环流。比如,古海洋学根据底栖有孔虫的分布和稳定同位素分析,发现末次冰期时北大西洋深层水在洋底的分布范围大幅度收缩,说明挪威海受冰封而使该深层水的生产受阻;同时阿拉伯海的海岸上升流明显减弱,反映冰期时印度洋夏季风衰减。而且洋底连续沉积中的微体化石提供了海水古温度的连续记录,使大洋沉积成为地质时期古气候变化最为完整的“档案”。由于表层洋流是风力驱动而生,低纬海区表层与底层水温差反映了极地副热带的温差,因此藉助表层海水的温度场和洋底的风尘沉积可以再造古风场,通过低纬海区沉积中底栖、浮游有孔虫的氧同位素值可以求得大洋表层水的经向温度梯度。

古海水化学是古海洋学的另一重要方面,包括海水古盐度、含氧量、各种微量与痕量元素含量、同位素成份、海水碱度和碳酸盐补偿面等。白垩纪中期大西洋区黑色页岩反映的大

收稿日期:1993—04—14

洋缺氧事件,海水中铈含量和铈同位素在地质历史上的变化曲线,冰消期冰盖融化带来的淡化融冰水在大洋表层的分布等,都是涉及沉积矿产、地层对比和古环境再造的重要问题。特别是海水中碳酸盐饱和度和碳酸盐补偿深度(CCD)的变化,直接反映了海水中 $\text{CO}_2$ 浓度和生产力的高低,是大洋地层对比和海洋古环境再造的重要信息来源。

生物古海洋学指古海洋的宏观生物学和生产力研究,是古海洋学中发展较晚的部分。虽然中生代晚期具钙质骨骼的浮游海洋生物(浮游有孔虫、钙质超微化石)突然产生和繁盛的原因尚待查明,而大洋初始生产力的时空变化、上升流区高生产力沉积的形成,已成为海相油气勘探中普遍注意的内容。由于海洋初始生产力受营养元素的供应控制,而且大洋浮游生物对于大气 $\text{CO}_2$ 又起着“生物泵”的调节作用,古生产力又成为陆源物向海洋输送(河流或风力搬运)和海洋洋流强度的标志,在全球碳循环研究中也是一个重要环节。

### 3 古海洋学研究方法

古海洋学研究的主要材料是海洋沉积物,尤其是所含有孔虫、放射虫、钙质超微化石、硅藻、介形虫等微体化石。研究的方法包括大洋地层学,通过替代性标志提取古环境参数,以及古海洋学模拟<sup>(3)</sup>。其中有孔虫等壳体的定量分析和同位素分析,又在古海洋学研究中起着关键性作用。

作为探索因果关系和变化机制的一门学科,古海洋学所用地质信息的时间分辨率就显得格外重要。除生物地层学、磁性地层学外,还采用火山灰地层学、AMS  $^{14}\text{C}$  测年等高分辨率的地层学手段,和氧同位素地层学、碳酸盐地层学、间断地层学等特殊方法。古海水的物理、化学特征,已经不仅用有孔虫等微体化石组合或标志种来确定,而是在化石群各属种含量的定量分析基础上,通过古生态转换函数求出表层海水冬、夏古温度等定量数据。有孔虫等壳体的氧同位素值( $\delta^{18}\text{O}$ )含有极地冰盖大小、海水温度和盐度等信息,其碳同位素值( $\delta^{13}\text{C}$ )则含有海水生产力、 $\text{CO}_2$ 含量及全球森林面积等有关碳循环的信息,在古海洋学研究中应用最广。此外,有孔虫壳体中的 Cd/Ca 比值,硅藻壳体中的 Ba/Si 比值等都可用来反映古生产力,沉积物中颗石藻产生的长列不饱和酮 Uk37 指数可以反映表层古水温,介形虫壳体 Mg/Ca 比被用于指示底层古水温等等。当然,海洋沉积本身就含有古海洋学信息,如沉积物中有机碳含量经沉积速率等换算后能得出古生产力,沉积中  $\text{CaCO}_3$  含量结合有孔虫钙质壳体的保存状况可以指示海水化学特征,沉积物的结构构造特征能够指示底层洋流,都是常用的替代性标志。最后,根据已知的边界条件进行海水环流之类的古海洋学数值模拟,起着汇总资料、形成和检验假设模式、指出认识的弱点所在、揭示各种环境因素间相互关系的重要作用。模拟的广泛使用,也是古海洋学区别于传统地质学科的特征之一。

### 4 古海洋学的研究意义

研究水圈的古海洋学,和研究气圈的古气候、古气象学一道,把地质科学推到探索流态圈层演变的新领域;它们又和原来研究地壳为主的地质学科相结合,能够揭示包括岩石圈、水圈、气圈、生物圈在内的地球系统的内在关系和变化规律,从而使地质历史从现象描述变

为探求规律,从而具有预测作用的新型学科。以新生代为例,通过低纬区大洋地层中有孔虫氧同位素分析发现新生代以来底层水降温达  $15^{\circ}\text{C}$  之多,这在很大程度上归因于板块位移引起洋流改道,造成南极洲与中、低纬区的“热隔绝”,这也解释了新生代南、北极冰盖形成的原因,展示了岩石圈、水圈与气圈演变中的相互关系。

当前,古海洋学已成为古气候、古环境研究的重要途径。用四个化石门类 11 项转换函数求出的末次冰期最盛时(18000 年前)世界大洋表层水温图(即所谓“18K 图”;CLIMAP, 1976),是古海洋学再造的一项典型成果,为冰期的古气候模拟提供了资料基础。用有孔虫氧同位素值建立起来的更新世气候曲线,揭示了冰期的周期规律和向间冰期转折的迅速程度,证实了地球运行轨道的周期性波动是第四纪冰期旋回的动力,而深部洋流的改组应当是冰期终结时迅速转折的机制(Imbrie 等,1992)。针对全球变化研究的要求,目前古海洋学正通过纹层沉积和珊瑚体等分析,向数年至百年级的高分辨率方向发展。

另一方面,古海洋学又为沉积矿产的成因提供了环境背景,如上升流的高生产力和大洋低氧层的扩张,解释了许多海相大油田的生油原因。同时,古海洋学与层序地层学的密切结合,使之在油气勘探中发挥着更大作用。

虽然古海洋学主要在现代海底进行,因而其研究的时间以侏罗纪以来为主,但许多方法原理同样适用于现在陆上的古老海洋沉积。阿尔卑斯山中生代古海洋学的研究,用缺氧事件和上升流对古生代黑色页岩和笔石页岩的古环境解释,都是“陆地上古海洋学”的成功实例。

总之,通过水圈探索地球系统历史的古海洋学,正在为地质学的深入而努力。原来一些纪、世、期的交界,现在正陆续发现有洋流改组、地外来星等各种事件,从而找到了生物界和沉积相变化的原因。随着世界性合作的加强和测试手段的改进,可以预期新世纪里古海洋学将作出更大的贡献。

#### 主要参考文献

- [1] 许靖华. 古海洋学的历史与趋势. 海洋学报, 1984, 6(6): 830—842.
- [2] Shackleton N J and 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. Initial Reports of the DSDP 29. 1975, 743—755.
- [3] 同济大学海洋地质系. 古海洋学概论. 同济大学出版社, 1989. 315.
- [4] CLIMAP Project Members. The surface of the ice age Earth. Science, 1976, 191: 1131—1137.
- [5] Imbrie J et al. On the structure and origin of major glaciation cycles. 1. Linear responses to Milankovitch forcing. Paleoceanography, 1992, 7(6): 701—738.