

(中国科学院南海海洋研究所边缘海地质与环境开放实验室 广州 510301)

陈 忠 颜 文:

海洋沉积粘土矿物与古气候、古环境演化响应的研究进展*

ADVANCES OF THE STUDIES ON CLAY MINERALS IN MARINE SEDIMENTS AND ITS RESPONSE TO EVOLUTION OF PALEOCLIMATE AND PALEOENVIRONMENT

海洋沉积物记录了海洋物理和化学过程以及全球气候和环境变化历史的信息。近年来的研究表明, 占沉积物组分一定比例的粘土矿物组合的变化与长期气候演变存在一定的关系, 粘土周期性沉积响应与地球轨道驱动因子作用有关, 陆源粘土通量既受大陆冰盖厚度和海平面变化以及环流强度的控制, 同时又受源区物理、化学风化程度的影响。因此, 粘土矿物组合的变化反映了源区气候冷、暖周期性旋回, 记录了搬运、再沉积和环境演化的重要信息, 为古环境再造、季季风变迁以及海陆对比提供了有力证据, 同时也为洋盆及其边缘海形成、地球演化及重建中生代以来古海洋演变模式的研究提供了新思路^[1, 2]。

1 粘土矿物记录米兰科维奇周期变化

叶笃军 1994 年指出, 全球变化是地球系统内在动力和热力作用以及这种作用对外部作用的响应所决定的。Short 1986 年、1991 年的研究则表明, 气候变化与地球运转的米兰科维奇周期变化既有纬度效应, 又受地形、地貌特征的影响^[3, 4]。Ruddiman 1986 年研究指出, 各周期成分在第四纪不同时段存在主导气候周期转型现象。粘土矿物沉积记录的米兰科维奇周期变化, 为用谱分析研究古气候、古环境演化提供了条件^[5]。

1992 年, Fagel 等在重建 Arabian 海古气候周期性变化研究中, 以坡缕石和伊利石的 x 衍射特征峰(001) 的峰值比为古气候替代性指

标, 发现西北印度洋粘土矿物记录的周期变化在 2.4 Ma 发生转变, 主要周期由岁差周期 (23 ka) 转变为地球轨道偏心率周期 (100 ka), 反映了区域性气候占主导作用 (季风) 向全球性甚至更复杂的气候占主导作用 (冰盖扩张) 转变。

北大西洋粘土矿物沉积同样受地球轨道参数变化影响, 在短期尺度 (300 ka 以来) 的米兰科维奇周期主要周期成分内, 粘土矿物的 x 衍射特征峰峰值的变化与有孔虫的 $\delta^{18}\text{O}$ 同位素记录相吻合, 表明不

* 中国科学院资源与生态环境研究重大、重点项目 KZ951-AI-402 号及国家自然科学基金资助项目 49806002 号。

收稿日期: 1998-11-25;

修回日期: 1999-03-24



同纬度米兰科维奇周期的各周期成分对粘土矿物分布的主导作用不同, 从高纬度到中纬度, 由黄赤交角周期 (41 ka) 起主导作用转变为岁差周期 (23 ka) 起主导作用^[6]。而 Lmbrie 等 1993 年的研究指出, 偏心率周期 (100 ka) 在不同纬度对粘土矿物的分布均有影响, 可能是第四纪沉积物中冰-大气-海洋藕合系统内在驱动因子。

轨道驱动因子对碎屑粘土在纬向上的变化起两种控制作用, 一是对粘土矿物形成类型的控制, 在高纬度地区以物理风化为主, 而在中低纬度地区则以化学风化为主; 二是对碎屑粘土搬运方式的控制, 在高纬度地区碎屑供应以风力搬运为主, 而在低纬度地区则以洋流搬运为主^[7]。粘土矿物反映出的各周期成分对古气候变化的贡献不是等权的, 既存在线性驱动, 又存在非线性驱动^[8]。加强古气候对米兰科维奇周期非线性响应的研究, 能更好地探索古气候变化规律, 更准确地预测全球气候变化趋势。

2 粘土矿物对厄尔尼诺型气候突变的响应

Graham 1988 年指出, 气候突变可以发生在季节、年际、10 a 或百年甚至更长直至地质时间尺度的时域内, 年际突变 ENSO (El Niño Southern Oscillation) 是全球气候变化中极其复杂的自然现象。大气-海洋波动机制, 气压、降水量和温度以及降雨的同位素组成等的变化蕴含着触发 ENSO 事件的信息^[3,4,8]。

Martin 等 1992 发现, ENSO 事件直接反映了温度和降水的变化以及沿岸沉积物的差异, Brazilian

南部沿岸沉积物沉积方向最近 5 000 a 来发生了逆转, 每次持续时间为 10~100 a, 认为全新世发生的长期气候突变事件的影响与 ENSO 事件的影响作用相同。由于这种长期气候突变的持续时间以 10~100 a 为尺度, 与仅持续数月的厄尔尼诺事件不同, 称其为厄尔尼诺型气候 (El Niño type conditions) 突变。Thompson 1984 年指出, 厄尔尼诺事件发生时, 灾难性降水地区, 以化学风化为主, 粘土矿物组合以伊利石和绿泥石的减少导致蒙脱石和高岭石含量增高为特征, 而在干旱地区则出现相反的情况。粘土矿物组合变化记录了 ENSO 型气候变化的信息, 可以用来研究百年尺度厄尔尼诺型突变事件。

Pujos 等^[9]研究了 Andean 和南美北部大陆架粘土矿物含量变化, 表明全新世 (3 000 a B.P. 以来) 出现了 3 次厄尔尼诺型气候转变, 分别为 2 200 ± 60 a B.P., 1 200 ± 80 a B.P., 850 ± 60 a B.P.。其中第一气候期为湿润阶段, 第三和第二气候期为干旱阶段, 首次表明了 ENSO 型气候导致的气候突变对南美洲北部大西洋陆架的沉积有影响作用。这对重建区域性百年尺度厄尔尼诺型气候变化, 理解和认识 ENSO 事件的历史演化和区域性影响, 以及最终预报厄尔尼诺事件发生的规律性均具有重要意义。

3 粘土矿物对冰-大气-海洋藕合系统的响应

Ehrmann^[10]研究南冰洋 McMurdo Sound 陆架 CIROS-1 和 MSST-1 柱样晚始新世至早中新世期间的黏土, 发现蒙脱石和伊利石对气候反应明显。在晚始新世期间, 蒙脱

石含量高且结晶程度好, 推演南极大陆为温和-潮湿的环境, 以强烈的化学风化为特征, 此后蒙脱石含量减少和结晶度变差, 反映了始新世期间的全球变冷事件。而渐新世以来, 南极大陆变得寒冷并被冰川覆盖, 转为以物理风化为主, 但在晚渐新世 27.5~26.2 Ma 和 25.0~24.5 Ma 期间和 23.3 Ma 以来的早中新世期间, 冰川来自南部。而在其他期间段, 冰川来自西部, 动力学特征与现代的相同。因此, 黏土矿物组合的变化不仅记录了冰川强度的变化, 而且记录了冰川流动的方向, 可以作为揭示冰-大气-海洋藕合系统中冰盖前进或后退的动力学机制的替代性指标。

冰期-间冰期大洋深层水循环方式的变化及其机制是当今古海洋学悬而未决的重大理论问题之一。WUBC (Western Boundary Undercurrent) 是北大西洋深层水环流的重要组成部分, 其强度与蒙脱石含量之间存在一定的关系^[11]。黏土矿物堆积速率以及蒙脱石和伊利石的 X 衍射特征峰 (001) 的峰值比的变化表明, 自末次盛冰期以来, Greenland Rise 的 WBUC 逐渐增强, 但在同位素 1/2 过渡期和新仙女木事件期间没有发生变化, 大约在 9 ka 速度达到最大值, 随后逐渐降低, 反映了由南格陵兰冰缘冰雪融化带来富伊利石的碎屑含量增加了。而在 Labrador Rise, 蒙脱石的含量在 20%~60% 之间变化, 此间并没有发生明显的趋势, 说明黏土矿物受冰渍沉积控制, 蒙脱石由于伊利石、绿泥石和高岭石的增加而降低了^[12], 这表明高分辨率黏土矿物可作为新的替代性指标研究环流古强度演化以及深层水循环与



大气物质交换途径和方式。

高分辨率地层学的发展,促进了黏土矿物与古气候、古环境演化响应研究,黏土矿物组合变化为研究物质来源及搬运途径、环流强度的演化,以及研究气候变化原因、机制和对地球系统的响应提供了丰富的资料及背景材料。目前古全球变化研究(PAGES)已成为国际上第四纪研究的重点。研究表明季风强度增强导致源区岩石的侵蚀作用增强及周缘盆地沉积物堆积速率加快,南海作为西太平洋由季风和通道状况决定海洋环流特征的半封闭型边缘海,湄公河来源的陆源黏土矿物记录了青藏高原隆升与东亚古季风响应以及沉积物搬运途径和沉积环境演化的信息。因

此研究南海黏土矿物组合以及堆积速率变化,对研究最后地质时期(末次冰期至现代)气候变化与古季风的变迁的关系,南海环流古强度的演变,探讨短周期 ENSO 灾害性事件的触发机制,以及预测未来环境的变化均具有重要的现实意义。🌿

参考文献

- 1 王慧中等. 中国科学(D辑), 1998, **28**(1): 7~12
- 2 施雅风, 汤懋苍等. 中国科学(D辑), 1998, **28**(3): 263~271
- 3 赵振华. 大气科学, 1996, **20**(4): 422~428
- 4 李兴文, 陈月娟. 大气科学, 1996, **20**(5): 567~574
- 5 Petschick, R., G. Kuhn and F.

Gängele. *Marine Geology*, 1996, 130: 203~230

6 Bout Roumazeilles *al.*. *Paleoceanogmpgy*, 1997, **12**(5): 671~686

7 Labeyrie, L. *et al.*. *Paleoceanogm - phy*, 1996, **11**(1): 57~76

8 Chantal A. and Malcolm T. M. . *Paleoceanogmphy*, 1997, **12**(3): 345~364

9 Pujos, M. *et al.*. *Oceanologica Acta*, 1996, **19**(5): 477~487

10 Ehrmann, W. U. . *Palaeoecology*, 1998, 139: 213~231

11 Fagel N, C Robert and C Hillaire - Marcel. *Marine Geology*, 1996, 130: 19~28

12 Fagel N and Ci Hillaire - Marcel . *Paleoceanogmphy*, 1997, **12**(1): 79~96

(本文编辑:李本川)