

海洋风尘沉积物与气候效应*

DUST DEPOSIT IN THE OCEAN AND IT'S EFFECT ON ENVIRONMENT AND CLIMATE

秦蕴珊 石学法

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

陆地上的风沙和粉尘至今已进行了详尽的研究,而对于海洋风尘沉积物研究程度则较差。近年来随着全球环境气候变化研究的深入,海洋风尘沉积物成了学科研究的热点和前沿课题。本文将重点讨论海洋风尘沉积物与环境气候之间的关系。

1 研究历史与现状

1846 年达尔文在环球旅行时研究了落在“猎犬”号探险船上的大量粉尘样品,提出海底是由粉尘铺成的结论。近代,Radczewski(1939)与其后的 Rex 和 Goldberg(1958)及 Bonatti 和 Aarhenius(1965)等人首先确认了粉尘沉积在深海沉积中的重要作用^[1]。

自 60 年代末开始,对海洋风尘沉积物的研究日见重视和深入,研究范围遍及世界三大洋,十几个海区,研究内容涉及海洋粉尘的粒度组成、矿物组成和硅藻等诸多方面,提出了一些关于海洋粉尘搬运沉积机理的理论,并将大洋岩芯中粉尘的堆积速率、粉尘的中值粒径、石英的中值粒径和百分含量等参数的变化与陆地和全球的气候环境变化联系起来讨论,取得了一些有意义的结果。近 30 年来在海洋风尘沉积研究方面做出重要贡献的国外学者有 Prospero 和 Bonatti(1969)、Beltage(1972)、Windom(1975)、Johnson(1979)、Sarnthein

(1980)、Parmenter 和 Folger(1974)、Blank(1985)、Rea(1985)、Серова(1979)和 Горбу-нова(1992)等^[2]。

我国在海洋风尘沉积物方面的研究起步较晚。1992~1994 年中国科学院海洋研究所对西菲律宾海区西部晚第四纪以来的粉尘沉积物的矿物学、沉积学和地球化学特征进行了系统的研究,探讨了其物质来源和该区的古大气环流特征,从此开始了对中国海及其邻近海域现代粉尘沉积物的研究。1994 年同济大学、中国科学院南海海洋研究所等单位与德国合作对南海的现代粉尘沉积物进行了研究。

目前人们对晚新生代以来海洋风尘沉积物的分布和特征已有了比较明确的认识。主要的粉尘沉降区均位于曾作为主要粉尘源区的陆地的下风方向。海洋粉尘输入的最重要的地区有东大西洋、西北大西洋、西北印度洋、西南太平洋、东赤道太平洋和西北太平洋。现在研究程度最高的地区是东大西洋。海洋风尘沉积物的研究方法和研究手段业已趋于成熟,研究内容趋于明确,形成了一个独特的研究领域。

2 海洋粉尘对古环境古气候的反映和记录

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2628 号。

根据现代的估算,每年由风带到海洋中的物质有 $16 \times 10^8 \text{ t}$ 之多,超过进入深海的河流悬浮物的数量,构成了海洋沉积物的重要来源^[3]。风尘沉积物在深海区可形成独立的沉积类型,在某些海区,风尘沉积物甚至可达沉积物总量的80%。较之陆相风尘沉积,海洋风尘沉积物的记录更为完整连续,而且海洋沉积物中的生物组分提供了极好的地层和年代标志。从理论上讲,海洋风尘沉积物至少可提供白垩纪以来全球大气环流连续变化的信息,对古环境古气候具有重要的指示意义。下面以东大西洋和西菲律宾海的风尘沉积物为例来说明它对古环境古气候的记录和反映。

与撒哈拉沙漠临近的东大西洋是海洋风尘沉积物研究的经典地区。许多学者研究后普遍认为,在寒冷时期输入东大西洋的风尘通量增加,而在温暖时期却减少^[3]。(1)通过深海岩芯研究发现,在18 000a前的末次冰期极盛期,8°~28°N间没有河流输入物,表明当时径流量小。而撒哈拉大气层粉尘的粒径加大,粗到与西欧高纬地带的黄土相近。与现代粉尘一样,当时粉尘亦由向西转为向北搬运。冰期时21°~27°N间的无色信风粉尘分布带无论是长度还是宽度上都比现在大得多。其原因是当时风力较今为强。信风加强的推断与当时上升流增强及径流减弱的情况相符。近年来在撒哈拉北缘发现了现代风携粉尘的飞行路线,粉尘在属于西风带的旋风前区可到达地中海东部沿海地区。在冰期最盛时该风带大体上也处于这个位置,而强度则大得多,因为当时来自撒哈拉的黄土在以色列最为发育。(2)在距今6 000 a前的气候最暖期,西非岸外海洋沉积物以细粒河流输出物为主,从深海岩芯的孢粉分析可知,当时撒哈拉地区的植被比现在和冷期繁盛得多,表明那时大陆上降水量大,形成丰富的地表径流。其时撒哈拉大气层的粉尘粒度明显变细,无色粉尘带几乎完全消失,深海沉积物中的上升流标志也消失,说明信风强度大为减弱。

据我们对西菲律宾海区西部沉积物岩芯的研究,该区的晚第四纪沉积由三部分组成:上部为黄色与棕红色交互的全新世沉积,中部为黄色的末次冰期最盛期沉积物,下部为青灰色与绿灰色的亚间冰期沉积。中部的沉积中风尘沉积物含量高,石英含量也高,粒度粗,而上、下部风尘沉积物含量低,石英含量也低,粒径细。这反映了其沉积时的环境气候条件的不同。在末次冰期时,气候变冷,海平面下降,季风盛行,中国沿海风尘沉积物发育。到了冰期最盛时,中国黄、渤海全部出露,东海大部分陆架出露,南海陆架也部分出露,这些由沙泥质物质组成的出露陆架,成为巨大的粉尘源地。在强大

的冰期季风作用下,上述粉尘被大量搬运至中国临近海域(包括西菲律宾海),成为海洋沉积物的主要来源,而河流的搬运作用则退居次要地位。沉积物呈黄色,反映其来源区或沉积区风化不彻底。到了全新世,气候变暖,海平面上升,风力减弱,海洋中风尘沉积通量减小,河流成为搬运陆源物质入海的主要营力,随着陆地风化作用的加剧,海洋中出现了红色沉积物。

上述两个地区的研究结果都表明冰期时海洋风尘沉积通量增大,其他一些地区的研究也得到了相似的结果。如Thide(1979)对西南太平洋海相沉积物的观察表明,末次冰期时来自澳大利亚的富含石英的风尘输入量比现在的多,学者们将此归因于冰期干燥度的增加。现在一般认为:冰期时海洋风尘沉积物的沉积速率高,而间冰期海洋风尘沉积物的沉积速率低。

3 风尘沉积物对海洋环境的影响

谈到陆地风沙和粉尘,人们首先想到的是坏的影响和结果,如侵蚀土壤、危害交通安全、污染空气、窒息牲畜以及传播疾病等等。海洋粉尘则不然,它对海洋环境还起着好的影响和作用。

在学术界有一个长期争论不休、悬而未决的问题,就是末次冰期时气候寒冷,海平面下降,而海洋中的生物生产力并未下降,反而升高。有关专家认为此系沿岸径流发育,带入海洋中较多营养物质所致。对中国近海及沿海的第四纪研究结果并不支持这种推论。据我们最近的研究结果,此系冰期时风力大为增强,粉尘向海洋的输入量增大,大量的营养元素(特别是Fe)被输运到海洋中的结果。北半球的鱼类产量远高于南半球,这也很可能与北半球的风尘输入量远高于南半球有关。

海洋生态学的研究表明,Fe是生命必不可少的元素,更是大洋浮游生物(特别是硅藻)的限制性因素。生物学家在北太平洋的实验研究表明,当Fe存在时,硅藻猛增,没有Fe硅藻不能生长。所以有的学者主张在南大洋施加有限量的Fe肥,以加速其初级生物生产力的增长^[5]。海洋表层浮游生物的增长对Fe的需求量是很大的,大量的Fe可由富Fe的风尘沉积物来满足。有人曾用⁵⁹Fe作为示踪剂研究了海水中溶解Fe在海洋气溶胶颗粒(即海洋粉尘)上的吸收作用,得出结论:(1)矿物气溶胶颗粒对溶解Fe的吸附能力可能大于27nmol/mg,(2)悬浮颗粒的浓度是控制Fe被吸附的主要因素,大部分易溶解Fe,可能被吸附在海洋表层中悬浮颗粒上,特别是气溶胶颗粒的有机膜上,(3)开阔海洋中矿物气溶胶的增加会导致海水中溶解Fe的净增加。总之,粉尘是大洋表层水中溶解Fe的主要来源,中太平

洋北部表层海水中大部分的溶解 Fe 可能是由风尘提供。

与其他大陆的粉尘相比,中国大陆粉尘含有丰富的 Fe 元素,输送到大洋中必将对海洋初级生物生产力产生重要影响。早在 50 年代末,人们就发现北太平洋存在一条相对富含石英的洋底沉积物带,从日本南部向东延伸,穿过夏威夷群岛几乎到达北美西海岸。这条带南界模糊,北界清楚,主要为风尘沉积物,局限在 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ N 范围内,与中国黄土的主要分布区的纬度是一致的。种种证据表明,北太平洋沉积物的粉尘源区是中国北方的黄土和亚洲的沙漠。

海洋风尘沉积物通过对海洋生物生产力施加影响,可以对气候和环境变化起到调控作用。现在普遍认为 CO_2 是影响气候变化的限制性因素,大气中 CO_2 含量增加会引起温度上升、海平面上升。海洋可以吸收大气中的 CO_2 ,抑制温室效应。全球海洋总固碳能力估计为 $20\sim 60\text{Gt/a}^{[6]}$,这相当于人类活动向大气中释放 CO_2 量的几倍到十几倍。然而光合作用固碳的绝大部分是在真光层周而复始地循环,有一小部分能够沉出真光层到达深层乃至沉积物中,进入长周期(若干年甚至上千年)循环。这种由生物海洋学过程构成的碳从大气向海底的转运机制称之为生物泵^[5]。风尘沉积物给海洋带来丰富的 Fe,增加浮游生物的初级生产力,通过生物泵的作用将大气中的 CO_2 转移到海底,从而影响气候的变化。

4 我国海洋风尘沉积物研究的发展趋势

与我国毗邻的西北太平洋海域,海洋风尘沉积作用

极为发育。我们应选择该区对其进行深入系统研究,一方面至少可以提供第四纪以来中国乃至东亚大陆的环境和气候的完整的、连续的演化记录,有许多是陆相沉积没有保存或无法提取出来的;另一方面可以促进加深海洋生态、初级生物生产力的研究,有重要的理论和实际意义。我国在海洋风尘沉积物方面的研究工作已经有了良好的开端,已形成了一套完整的海洋调查研究体系;另外我国陆地黄土的研究取得了举世瞩目的成就,为对西北太平洋海区风尘沉积物的研究提供了借鉴经验和对比资料。在进行这项研究时必须是多学科的,包括海洋地质学、沉积学、海洋化学和海洋生物学等。

研究的重点内容:(1)现代海洋风尘的搬运沉积过程及机制;(2)海洋风尘沉积物的柱状演化特征及其所反映的古气候、环境序列;(3)风尘的元素(特别是 Fe 等)在海洋中的化学和生物化学循环过程。

参考文献

- [1] Pye, K. 著, 1991. 风扬粉尘及粉尘沉积物. 海洋出版社, 1~6.
- [2] 石学法, 1994. 海洋科学中若干前沿领域发展趋势的分析与探讨(论文集). 海洋出版社, 24~29.
- [3] 同济大学海洋地质系, 1989. 古海洋学概论. 同济大学出版社, 120~147.
- [4] 焦念志, 1994. 海洋科学中若干前沿领域发展趋势的分析与探讨(论文集). 海洋出版社, 107~119.
- [5] 王 荣, 1992. 海洋科学 6: 18~21.
- [6] Eppley, R. W., 1989. The Productivity of the Ocean: Present and Past, by Berger, W. H. et al. John Wiley Sons Limited (N. Y.) 85-97.