

岱海地区近 400 年来的“尘暴”事件^{*}

——来自岱海沉积物粒度的证据

金章东¹ 王苏民¹ 沈吉¹ 张恩楼¹
王建² 陈晔² 陈仕涛²

(1:中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊沉积与环境开放实验室,南京 210008;

2:南京师范大学地理科学学院,南京 210097)

提 要 根据高分辨率的岱海沉积物粒度分布的中值粒径和粗颗粒含量,结合区域降水、历史记载资料,重建了内蒙古岱海地区近 400 年来发生的尘暴事件.结果表明,尘暴事件是受冬、夏季风的相对强弱制约的.大量尘暴事件频发于小冰期干冷的气候条件下,表现为中值粒径大,粗颗粒含量高.在转暖的现代气候下,尘暴事件很少,中值粒径也随之降低.但是近十几年尘暴事件又呈上升趋势,部分可能与人类活动造成的土地荒漠化有关.

关键词 粒度分布 中值粒径 尘暴 内陆湖泊

分类号 P445

我国尘暴发生的频率在近十几年来呈逐步上升趋势,每十年发生的频率由五十年代的 5 次发展到九十年代的 23 次^[1-2],这也是“温室”环境下全球沙尘暴的变化趋势^[3].近几年,越来越频繁的尘暴开始袭击长江以南的众多省市,影响面越来越广的土地荒漠化和频发的尘/沙暴事件成为我们必须面对的重大资源环境难题之一,特别是在国家宏伟工程“西部大开发”战略积极实施过程中.

深海沉积物记录的高空粉尘(气溶胶)^[4-8]和黄土记录的尘暴事件^[9-10]已经得到广泛和深入的研究,但是两者是以百年至千年为时间尺度的,而对近几百年以来的尘/沙暴或“雨土”的研究是以地方志、正史、笔记记录和现代资料为基础的^[10-11].其实,内陆封闭湖泊沉积物却很好地记录了历史时期发生的区域尘/沙暴事件^[12],因为湖泊接受来自单一流域的物质,反映植被、土壤、水文等的状况,沉积物记录着气候和湖泊本身演化的历史,同时也接纳来自干旱—半干旱区的干、湿沉降的风尘物质.这是两类不同动力机制下的沉积物,通过湖泊沉积物的粒度分析可以将其区分开来.因此内陆湖泊沉积是环境演变及与其相关的尘暴事件研究的重要信息档案.

内蒙古岱海地处东亚季风的边缘区,是西伯利亚干冷气团南下与热带海洋暖气团北上相交锋的敏感地带,也使其成为环境脆弱的多灾、易灾地带^[13].本文通过对岱海湖泊沉积物粒度的研究,恢复了近 400 年来我国北方发生的尘/沙暴事件的历史,并探讨了其发生发展的环境背景和演变的规律.

* 国家自然科学基金(49702028 和 49894170-04)和中国博士后基金联合资助项目.

收稿日期:2000-05-20;收到修改稿日期:2000-06-28.金章东,男,1971 年生,博士.

1 样品及分析

沉积岩芯采自岱海湖心区,水深 12.5m,芯长 78cm,岩性均为深褐灰色至灰黑色粉砂质粘土. 采样间距为 1cm,共获得 78 个样品. 根据 ^{210}Pb 测年得到岱海现代的沉积速率约为 $1.8-2.0\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$,因此每块样品的分析率约 5 年,研究的岩芯记录了约 400 年以来的沉积历史.

粒度分布是在南京师范大学采用英国 Malvern 公司生产的激光粒度仪 Mastersizer 2000 测定的. 粒度测量范围为 $0.02-2000\mu\text{m}$,重复测量误差小于 2%.

2 粒度特征

根据沉积物机械分选的原理^[14],在没有“外源”物质(如冰碛物、粉尘等)加入的体系中,内陆封闭湖泊沉积物的粒度是由湖水的水动力能量控制的,粗颗粒主要沉积在浅水近岸带,向湖心逐渐变细,除非浊流或底流将其搬至深水区,粒度将呈正态分布. 因此沉积物粒度的峰态与偏态特征为沉积物的来源分析提供了条件.

采自岱海湖心地带的沉积岩芯中未见浊流或其它密度流沉积夹层,其沉积物粒度特征表明,沉积物颗粒分布 $0.3\mu\text{m}$ 至 $2000\mu\text{m}$ 之间,并且部分样品呈显著双峰特征(图 1),主峰在 $0.3-100\mu\text{m}$ 范围(平均 $10\mu\text{m}$ 左右),次峰位于 $100-200\mu\text{m}$ 范围. 沉积物粒度分布均呈明显正偏态,特别是具双峰特征的样品,反映出两类不同动力机制沉积物的混合. 岱海地处沙漠、黄土边界带,且不存在冰筏或其它重力流沉积,因此认为沉积物中混有外源风尘物质的输入,并且其粒度特征记录了输送风场的强度^[9,15].

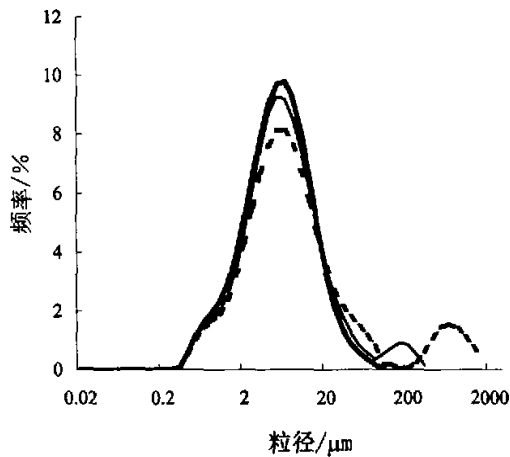


图 1 岱海沉积物粒度分布特征

Fig. 1 Grain-size distributions of Daihai Lake sediments

3 气候与尘暴

尘暴是干燥尘、砂被强风吹扬并通过上升气流达到高空的混乱现象,一方面,表现了源区的干燥性;另一方面,反映了风场的强弱.现代大气环流模型和深海粉尘研究表明,北半球最强的风场和最高粉尘输入通量总在 38—40°N 左右^[5,7,16-17],这正是岱海(112°33'E,40°29'N)和我国历史记录的尘暴区所处的纬度,因此岱海记录的尘暴事件具有区域性和气候代表性.

在封闭的单一湖泊流域内,湖泊沉积物中的粘土($<2\mu\text{m}$ 的组分)含量忠实地记录了受气候变化控制的硅酸盐化学风化的过程和强度^[18-19].但是在干旱一半干旱的中国北方,硅酸盐化学风化产生的粘土矿物和细粒粉尘均以伊利石、蒙皂石、绿泥石为主,因此根据粘土矿物的组成及粘粒的分布无法区分是否有风成沉积物的加入.

在深海沉积物、黄土—古土壤研究中常常以中值粒径作为风场状态的衡量指标^[1-6,9,20].因为成岩作用的存在,进一步选取了基本不受成岩过程影响的碎屑石英的含量、粒度变化作为冬季风气候的代用指标^[21-22].在短时间尺度内的湖泊沉积物几乎不受成岩作用的影响,因此中值粒径能很好地反映造成风成沉积的风场状态.由图 2 可以看出岱海沉积物的中值粒径大多数为 9—14 μm ,最大可达 245 μm .同时发现,中值粒径与沉积物中的粗颗粒($>100\mu\text{m}$)含量具有基本一致的变化趋势(图 2),表明沉积物的偏态、中值粒径在一定程度上是由粗颗粒组分决定的.

由图 2 可以看出,尘暴事件的发生具有突发性,且主要在降水量强烈波动的时段.岱海位于东亚季风区边缘地带,其降水量的高低主要取决于东南夏季风锋面位置^[23].反之,降水量的变化可以暗示夏季风锋面位置的变迁.同时风尘通量与冬季风风场强度正相关^[9].其中,沉积物粒度分布的中值大小可以反映夏季风的强弱,中值粒径越大,冬季风越强.粗颗粒含量的高低则反映了源区的干燥度及物质的可获得性;粗颗粒含量越高,反映源区越干燥,可供的物质越多^[4-6,8].对于岱海地区来说,降水集中(6—8 月降水占全年的 66.7%),春季非常干燥,土壤的湿度很低.而在降水量强烈波动的时段正处于冬、夏季风剧烈交替的气候状态下,在干旱的条件下将频繁地发生尘暴和降尘.据历史记载^[10-12],风沙灾害主要集中在春季,尤以 4—5 月最突出.这是低降水量、强冬季风和春耕翻土等因素共同作用的结果^[1-2,5].因此粗颗粒组分决定的中值粒径指示了历史时期中—强风力条件下大气粉尘的输入状况.

图 2 中记录了岱海地区近 400 年来十几次较强的尘暴事件,但主要集中在全球尺度的小冰期气候^[24-25]条件下,其中以 1620—1630 年、1755—1805 年和 1825—1870 年最为突出,表现为中值粒径大,粗颗粒含量高(图 2).这也正是起源于我国西北内部沙漠、发生于冷锋天气的“雨土”频发的历史时期^[10-11].历史记载表明,17 世纪—19 世纪变冷,霜雪灾害频率很高,降尘明显增多.表明在干冷的气候条件下,土地干燥,废弃耕地或退化草场上的大量颗粒容易吹起,当冬季风增强时将使大量粗颗粒被吹起,从而导致湖泊沉积物中的粗颗粒含量增高,中值粒径大.其间,在降水较为稳定的时段,表明季风波动不大,风尘粒度较小.小冰期结束后,在转暖的现代气候下,尘暴事件较少,中值粒径也随之降低.

与历史时期中国尘暴研究和发生频率对比^[11]可以看出,岱海沉积物基本上记录了近 400 年来发生的重大尘暴事件(图 2).因此,封闭湖泊沉积物中值粒径和粗颗粒含量基本一致的变化趋势较好地反映了本区近 400 年来季风风场强度和源区干燥度的变化过程,并具有区域代

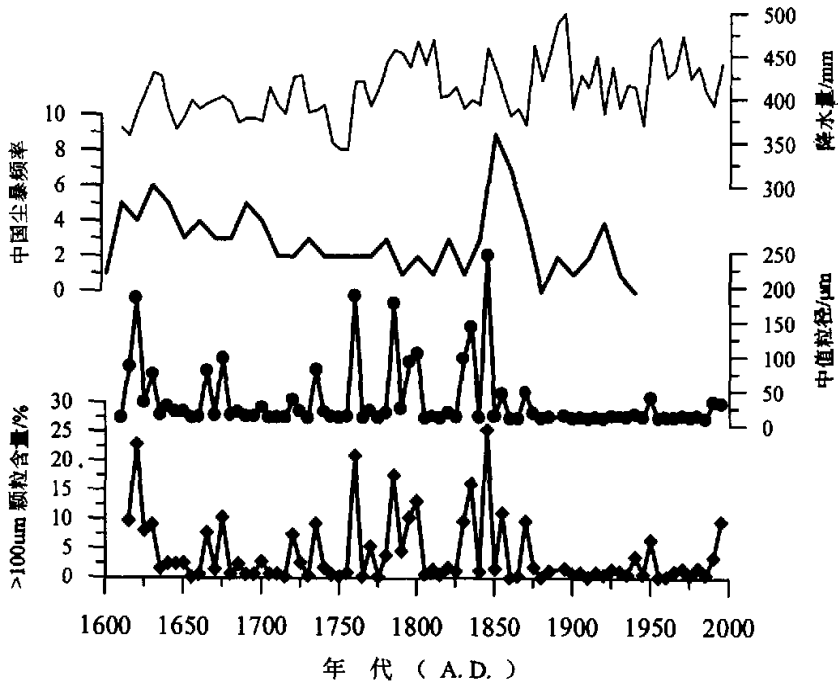


图2 近400年来岱海沉积物粒度分布的中值粒径、粗颗粒($>100\mu\text{m}$)含量与中国尘暴事件的频率^[11]、岱海地区的降水量^[26]的对比

Fig. 2 Comparison of median grain diameter and percentage of coarse grain ($>100\mu\text{m}$) in lake sediments from the Daihai Lake since the last 400 years and frequency of dust storms in China, precipitation in the Daihai area. The data of frequency of dust storms in China are from Zhang D^[11]. The data of precipitation are from tree ring by Zhang L.^[26]

表性。

另外,图2还反映出近十几年来尘暴事件呈上升的苗头。一方面,反映了近来频发的尘暴事件,如1993年5月5日在河西走廊东部发生并影响到兰州以东地区的一次罕见的特大沙尘暴;另一方面,预警了目前正处于尘暴事件多发阶段,而越来越多的尘暴事件则可能与人类活动(如过度耕种、植被萎缩、水土流失等)造成的土地荒漠化有关^[1-3]。大量荒漠化土地的出现,使得较弱的风力条件也能引起波及面很大的尘暴事件的发生。近十年,粗颗粒含量呈现增高的趋势,因此必须重视包括人类本身造成的尘暴事件的危害性及其对可持续发展的影响。

参 考 文 献

- 1 中国科学院地学部. 华北沙尘天气的成因与治理对策. 科学新闻周刊, 2000, 20: 1-3

- 2 胡金明,崔海亭,唐志尧. 中国沙尘暴时空特征及人类活动对其发展趋势的影响. *自然灾害学报*, 1999, **8**:49-56
- 3 Andraea M O. Raising dust in the greenhouse. *Nature*, 1996, **380**:389-391
- 4 Blank M, Leinen M, Prospero J M. Major Asian colian inputs indicated by the mineralogy of aerosols and sediments in the western North Pacific. *Nature*, 1985, **314**:84-86
- 5 Duce R A, Unni C K, Ray B J, et al. Long-range atmospheric transport of soil dust from Asia to the tropical North Pacific: Temporal variability. *Science*, 1980, **209**:1522-1524
- 6 Leinen M, Heath G R. Sedimentary indicators of atmospheric circulation in the Northern Hemisphere during the Cenozoic. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 1981, **36**:1-21
- 7 Parrington J R, Zoller W H, Aras N K. Asian dust: Seasonal transport to the Hawaiian Island. *Science*, 1983, **220**:195-197
- 8 Rea D K. The paleoclimatic record provided by eolian deposition in the deep sea: The geologic record of wind. *Reviews of Geophysics*, 1994, **32**:159-195
- 9 An Z S, Xiao J L. Study on the eolian dust flux over the Loess Plateau: An example. *Chinese Science Bulletin*, 1990, **35** (9):1627-1631
- 10 Zhang D. Analysis of dust rain in the historic times of China. *Chinese Science Bulletin*, 1983, **28**:361-366
- 11 Zhang D. Synoptic-climatic studies of dust fall in China since historic time. *Scientia Sinica(Series B)*, 1984, **27**(8):825-836
- 12 Xiao J L, Inouchi Y, Kumai H, et al. Eolian quartz flux to Lake Biwa, Central Japan, over the past 145000 years. *Quaternary Research*, 1997, **48**:48-57
- 13 王苏民,余源盛,吴瑞金等. 岱海——湖泊环境与气候变化. 合肥:中国科技大学出版社,1990
- 14 Lerman A. Lake: Chemistry, Geology, Physics. Berlin: Spring-Verlag, 1978. 79-83
- 15 Nickling W G. Grain-size characteristics of sediment transported during dust storm. *J Sed Petro*, 1983, **53**:1011-1024
- 16 Rea D K and Leinen M. Asian aridity and the zonal westlies: Late Pleistocene and Holocene record of eolian deposition in the northwest Pacific Ocean. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 1988, **66**:1-8
- 17 Rea D K, Leinen M, Jancecek T R. Geologic approach to the long-term history of atmospheric circulation. *Science*, 1985, **227**:721-725
- 18 Berner R A, Berner E K. Silicate weathering and climate. In: Ruddiman W F, ed. Tectonic uplift and climate change. New York: Plenum Press, 1997. 353-365
- 19 White A F, Blum A E. Effects of climate on chemical weathering in watersheds. *Geochim Cosmochim Acta*, 1995, **59** (9):1729-1747
- 20 Rea D K. Aspects of atmospheric circulation; the Late Pleistocene (0-950,000yr) record of eolian deposition in the Pacific Ocean. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 1990, **78**:217-227
- 21 Xiao J L, Porter S C, An Z S, et al. Grain size of quartz as an indicator of winter monsoon strength on the Loess Plateau of Central China during the last 130,000 years. *Quaternary Research*, 1993, **43**:22-29
- 22 Kolla V, Biscaye P E, Hanley A F. Distribution of quartz in Late Quaternary Atlantic sediments in relation to climate. *Quaternary Research*, 1979, **11**:261-277
- 23 An Z, Chen X D. The climate history and frequency of the East Asia Monsoon. *Chinese Science Bulletin*, 2000, **45**:238-249
- 24 Grove J M. The Little Ice Age. London: Methuen Co Ltd, 1988. 199-230
- 25 Yao T, Shi Y, Thompson L G. High resolution record of paleoclimate since the Little Ice Age from the Tibetan ice cores. *Quaternary International*, 1997, **37**:19-23
- 26 张兰生,史培军,方修琦. 中国北方农牧交错带全新世环境演变及未来百年预测. 北京:地质出版社,1992. 1-15

**Dust-storm Events in Daihai Lake Area,
Inner Mongolia During the Past 400 Years:
Evidence from Grain-size Analysis of Lake Sediments**

JIN Zhangdong¹ WANG Sumin¹ SHEN Ji¹ ZHANG Enlou¹
WANG Jian² CHEN Yan² CHEN Shitao²

(1: Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2: Department of Geography Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract

A 400-year dust-storm history in Daihai Lake area, Inner Mongolia, Northern China, was reconstructed on the basis of high-resolution grain-size analysis of the lake sediments, in combination with reconstructed historical data of regional precipitation from tree ring, frequency of dust storms in China and historical documentary records. The Daihai Lake is located at a climatically transitional zone between semi-arid and semi-humid where front position and intensity of the East Asian summer monsoon and winter monsoon chiefly control the climate change. Both the median grain size and coarse grain content indicate that dust-storm events were controlled mainly by the intensity of the summer and winter monsoon in the past 400 years. Major dust-fall events are generally associated with dry and cold climate during the Little Ice Age, when the median grain size of the lake sediments is larger with high contents of coarse grain ($>100\mu\text{m}$). At time of warm conditions after the Little Ice Age, dust-storm events were limited, both the contents of coarse grain ($>100\mu\text{m}$) and the median grain size also decreased. During the last one to two decades, however, dust-storm events increased gradually, related partly with more desertificated soil by human activity.

Key Words Grain-size distribution, median diameter, dust storm, inland lakes