

青海湖 QH-2000 钻孔沉积物 粒度组成的古气候古环境意义*

刘兴起 王苏民 沈吉

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提 要 据孢粉记录所划分的气候演化阶段, 研究了青海湖 QH-2000 孔沉积物粒度组成的变化. 结果表明, 冷干和暖湿气候条件下沉积物的粗颗粒组分明增多; 介于二者之间的气候条件下, 沉积物的粒径变化相对平缓. QH-2000 孔沉积物粒度的波动特征表明: 晚冰期冰川的消融开始于 14300aBP 左右; 博令 (Bölling) 暖期是冰川大量消融的时期, 冰融水对青海湖的补给结束于博令暖期的晚期, 即 12000 aBP 左右; 新仙女木冷事件和 8200aBP 左右的冷事件具有突变性的特点. 全新世大暖期结束后, 气候在转型过程中具有相对冷暖和干湿的快速波动特征; 2100-0 aBP 间, 沉积物粒度的变化特征同人类活动有关.

关键词 青海湖 粒度 古气候古环境

分类号 P532 P512.32

近年来, 深海沉积物和黄土的粒度已作为反映古气候演化的一项很好的替代性指标^[1-6]. 然而, 相对于深海沉积和黄土而言, 由于湖泊沉积物的粒度组成不仅受湖泊本身(如湖泊面积、湖水水位、湖水水力条件等)的影响, 而且受湖区多种自然地理条件(如地貌、植被、气候、湖区风化程度等)乃至人类活动等诸多因素的影响, 因此湖泊沉积物的粒度组成所反映的古气候意义可能要复杂的多.

青海湖是我国最大的内陆封闭性咸水湖, 湖泊面积 4400km², 流域面积 29660km². 湖区地处东亚季风、印度季风和西风急流三者的交汇地带. 由于其独特的地理位置, 引起了国内外许多学者的广泛关注^[7-12], 成为利用湖泊沉积研究过去全球变化的典型地区. 本文将以末次冰期以来青海湖沉积物粒度组成的变化, 结合孢粉分析所反映的古植被和古气候的演化阶段, 以及前人对于湖区地貌的研究^[8,13], 探讨湖泊沉积物粒度组成的古气候意义.

1 样品的采集及分析

2000年7月, 利用奥地利产的 UWITEC 水上平台, 在青海湖东南部水深 22.3m 处采得—长 795cm 的完整岩芯(图 1).

用于粒度分析的样品, 0-250cm、251-795cm 分别以 1cm 和 2cm 的间距进行采样, 共采得 520 个样品. 取 1.5g 左右样品置于 500mL 的烧杯中, 加入 10mL 10%的 H₂O₂ 后搅拌, 静置 12h 滤去清液; 加入 10 mL 10%的 HCl 并搅拌, 静置 12h 后滤去清液; 加入 10 mL 10%的 Na₂P₂O₇, 用超声波震荡后进行测量. 测量仪器为英国产的 Malven Masterizer2000 激光粒度仪, 测量范围 0.02-2000 μm, 重复测量误差小于 1%.

* 国家自然科学基金(40072056)、中国科学院创新工程(KZCX1-10-01)、中国博士后基金和中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊沉积与环境重点实验室基金联合资助. 2002-04-18 收稿; 2002-07-21 收修改稿. 刘兴起, 男, 1966 年生, 博士后.

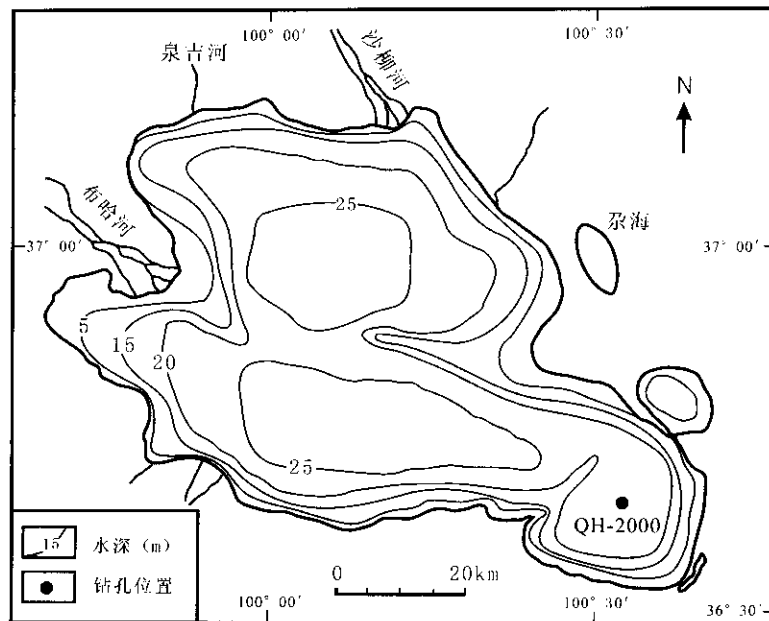


图 1 青海湖等深线图及 QH-2000 钻孔位置

Fig.1 Water depth and location for core QH-2000 in Qinghai Lake

用于孢粉分析的样品, 0-41cm、41-251cm 和 251-795cm 的采样间距分别为 1cm、2cm 和 4cm, 共采得样品 280 个. 孢粉提取和分析采用氢氟酸和过筛法, 结果用百分比和浓度表示, 浓度用外加石松孢子法计算.

为建立 QH-2000 岩芯的年代标尺, 采集了 6 个样品, 利用其中的有机碳进行年代测定, 采用 AMS¹⁴C 方法完成(表 1). 各采样层位年代按 6 个年龄进行内插和外推得到.

表 1 青海湖 QH-2000 钻孔 AMS¹⁴C 年龄测定结果Tab.1 AMS ¹⁴C age results of the QH-2000 core in Qinghai Lake

样品编号	QH120	QH230	QH300	QH360	QH460	QH505
深度 (cm)	120	230	355	475	675	745
¹⁴ C 年龄(aBP)	2400±100	5060±90	6760±180	9660±140	14820±180	15610±90

2 结果与讨论

2.1 孢粉记录所揭示的末次冰期以来青海湖的古气候古环境演化

根据青海湖沉积物钻孔的孢粉浓度、花粉百分含量的变化^[14], 近 16000 年以来, 青海湖湖区气候的演化经历了以下几个阶段(图 2): 16170-15200aBP, 寒冷干燥; 15200-13000 aBP, 凉偏干; 13000-10400aBP, 温凉偏湿; 10400-8600aBP, 温暖偏干; 8600-8060aBP, 偏冷干; 8060-5000aBP, 温暖潮湿; 5000-4000aBP, 温凉偏湿; 4000-2100aBP, 温凉偏干; 2100-0aBP, 冷干.

2.2 末次冰期以来青海湖沉积物粒度组成的古气候意义

将青海湖沉积物粒级<4 μm、4-16 μm、16-64 μm、>64 μm 颗粒的百分含量以及中值粒径在钻孔剖面上的变化曲线，同孢粉记录所反映的青海湖末次冰期以来的气候演化阶段相对比(图 2)，可以看出：

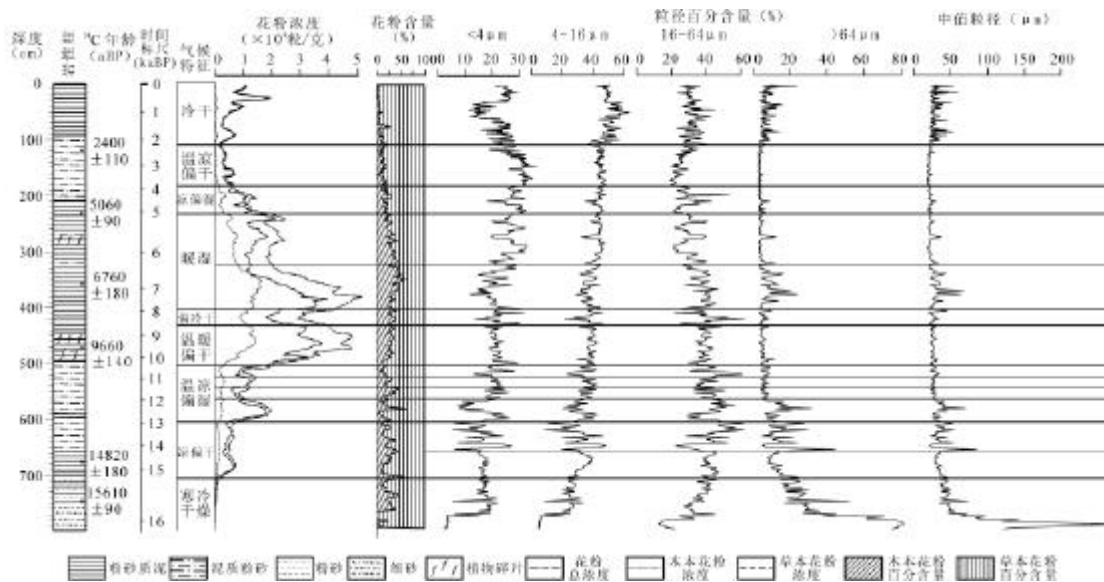


图 2 青海湖 QH-2000 孔孢粉及粒度曲线

Fig.2 Curves of pollen and grain size of the QH-2000 core in Qinghai Lake

16170–15200aBP，青海湖地区处于末次冰期极盛期，气候寒冷干旱，据研究^[13]，青海湖地区末次盛冰期湖盆内的冰川面积可达 3024km²。孢粉浓度极低，青海湖当时的植被类型为荒漠草原^[14]，湖区植被稀少，水土保持能力差。本钻孔及洱海西侧的 QD1 孔地层中均发现浅水生境的土星介(Llyocypris)^[8]，表明当时青海湖湖水水位很低但未干涸。这种气候条件下形成的沉积物以粗颗粒为主，中值粒径和粒径>64 μm 的颗粒百分含量都很高。

15200–10400aBP，青海湖进入晚冰期以后，气温的升高，使末次冰期盛冰期形成的冰川逐步开始消融，不同颗粒粒径的粒度曲线波动很大，且十分频繁，尤其在 14300-12000aBP 之间，显示冰川融水携带不同粒径颗粒物质入湖的特征，冰川的融化可能开始于 14300aBP 左右。12000–13000aBP 孢粉总浓度、木本和草本花粉浓度以及木本花粉的含量均比现今高，表明当时的气温和降水要比现今高，为一个相对的暖期，相当于欧洲的博令(Bölling)暖期，这期间沉积物的中值粒径及颗粒粒径>64 μm 的百分含量很高，但博令暖期鼎盛期(12500 aBP 左右)沉积物粒度组成明显偏细。12100aBP 左右，青海湖南侧的江西沟、东北侧的大板沟、倒淌河镇东北等地均发现了湖拔 100-120m 的湖泊沉积物^[8]，因此，12500aBP 左右可能指示湖拔 100-120m 的高湖面期。12000aBP 以后，沉积物粒度组成变化趋于稳定，一直持续到全新世大暖期的开始，因此博令(Bölling)暖期是冰川融水大量补给青海湖的时期，冰川融水的补给结束于博令暖期晚期，即 12000aBP 左右。孢粉记录所显示的 12000–11600aBP 冷期(相当于欧洲中仙女木冷事件)^[14]和 11600-11000aBP

的暖期(相当于阿勒罗得暖事件), 没有引起沉积物粒度的较大波动. 而 11000-10400aBP 之间的新仙女木事件, 使得粒径为 16-64 μm 之间的颗粒物明显增多, 相应地粒径 <4 μm 和 4-16 μm 的颗粒物减少, 中值粒径及颗粒粒径 >64 μm 的百分含量变化不大.

10400-8600aBP 期间, 晚冰期结束后的全新世早期, 伴随气温和湖区降水的逐步升高, 湖区植被生长良好, 草本和木本植物的大量出现, 使湖区水土保持能力较强, 地表径流稳定. 这种气候条件使青海湖沉积物的粒径相对较细, 含量变化幅度很小.

8600-8060aBP 期间的偏冷干事件, 引起的沉积物粒度的变化特征同新仙女木事件, 即粒径为 16-64 μm 之间的颗粒物明显增多, 相应地粒径 <4 μm 和 4-16 μm 的颗粒物减少, 中值粒径及颗粒粒径 >64 μm 的百分含量变化不大.

8060-5000aBP 期间, 温暖潮湿, 木本花粉的含量在大暖期鼎盛期时超过了草本花粉的含量, 据估计大暖期鼎盛期的降水量可达 600-650mm^[9], 降水量的增大使地表径流发育, 风化作用加强, 更多的粗颗粒物被携带入湖, 尤其在 7500-6300aBP 期间, 颗粒粒径 >64 μm 的百分含量及中值粒径明显增高. 6300-4000aBP 左右, 颗粒粒径 >64 μm 的百分含量及中值粒径的变化趋于稳定, 细颗粒物(粒径 <4 μm) 的波动相对增多, 表明降水量趋于减少, 其间粒径 <4 μm 、4-16 μm 、16-64 μm 颗粒物含量的频繁波动, 花粉浓度波动式快速降低, 反映大暖期结束后, 气候在转型过程中的相对冷暖和干湿的快速波动.

4000-2100aBP 期间, 湖区降水量不大, 植被有一定的生长, 地表径流不发育, 青海湖 QH-2000 钻孔中各种粒径的含量变化幅度很小, 其粒径变化特征类似于 10400-8600aBP 期间, 但沉积物的粒度更偏细一些.

2100-0aBP 期间, 冷干的气候条件使湖区植被减少, 湖区水土保持能力减弱, 入湖的粗颗粒物明显增多. 此外, 该时段沉积物粒度曲线的变化具有一个明显地不同于其它时段的特征, 即各种颗粒粒径的粒度曲线波动十分频繁, 频率很高, 这一特征可能同近代的人类活动有关.

3 结语

通过对青海湖 QH-2000 孔沉积物粒度的分析和研究, 可以得出以下几点初步的认识和结论:

(1) 冷干和暖湿气候条件下形成的沉积物, 其粗颗粒物(粒径 >64 μm) 均表现为明显的增多, 但它们的形成机制不同, 冷干气候条件下植被的减少, 湖区水土保持能力的减弱, 以及相对湖水水位的降低是造成入湖粗颗粒物明显增多的主要原因; 而暖湿气候条件下冰融水的大量补给或降水量的增加, 导致湖区地表径流的相对发育, 是造成入湖粗颗粒物明显增多的主要原因.

(2) 青海湖进入晚冰期以后, 气温升高, 末次冰期盛冰期形成的冰川的消融, 可能开始于 14,300 aBP 左右. 孢粉浓度和粒度曲线均显示, 相当于欧洲的博令(Bölling)暖期十分明显, 其暖湿程度高于阿勒罗得(Alleröd)暖期, 表明博令(Bölling)暖期是晚冰期冰川大量消融的时期, 冰融水对青海湖的补给可能结束于博令(Bölling)暖期的晚期, 即 12000aBP 左右.

(3) 介于冷干和暖湿之间的过渡性气候条件下, 由于湖区植被生长良好, 地表径流稳定, 因此这种气候条件下所形成的沉积物, 其不同颗粒粒径的变化相对平缓, 但新仙女木

冷事件和全新世期间 8200aBP 左右的冷事件, 却使粒径为 16-64 μm 的粗颗粒物明显增多以及细颗粒物明显减少, 说明新仙女木和 8200aBP 左右的冷干事件具有突变性的特点。

(4) 2100-0aBP 间, 沉积物各粒径粒度曲线的频繁波动且波动频率明显快于下部各层位的特征反映了人类活动的影响。

(5) 尽管湖泊水位是决定湖泊沉积物粒度组成的一个重要的因素, 细颗粒物质的多少可以反映湖泊水位的高低^[15,16], 但因 QH-2000 孔离开岸边不远, 沉积物粒度的组成虽受湖水水位的影响, 却没有一一的对应关系, 在一定程度上更多地受地表径流强度的控制。

致谢 吴艳宏副研究员、金章东博士后参加了野外采样; 孢粉的鉴定、分析及其解释得到了董国榜研究员及羊向东副研究员的帮助; 年代测定由日本东京大学放射性碳素测年室完成; 粒度测量在中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊沉积与环境重点实验室进行, 张恩楼硕士提供了部分样品的粒度数据; 孢粉提取和分析由中国地质科学院水文地质环境地质研究所完成。在此一并表示诚挚的谢意!

参 考 文 献

- 1 McCave, I N, Manighetti, B & Robinson, S G. Sortable silt and fine sediment size/composition slicing: parameters for palaeocurrent speed and palaeoceanography. *Paleoceanography*, 1995, 10: 593-610
- 2 Keigwin L D and Boyle E A. Detecting Holocene changes in thermohaline circulation. *PNAS*, 2000, 97: 1343-1346
- 3 Giancarlo G, Bianchi, Nicholas McCave. Holocene periodicity in North Atlantic climate and deep ocean flow south of Iceland. *Nature*, 1999, 397: 515-517
- 4 鹿化煜, 安芷生. 洛川黄土粒度组成的古气候意义. *科学通报*, 1997, 42(1): 66-69
- 5 An Zhisheng, Kukla G, Porter S C, et al. Later Quaternary dust flow on the Chinese loess plateau. *Catena*, 1991, 18: 125-132
- 6 Xiao Jule, Zheng Hongbo, Zhao Hua. Variation of winter monsoon intensity on the loess plateau, central China during the last 130000 years: evidence from grain size distribution. *Quaternary Research*, 1992, 31: 13-19
- 7 杜乃秋, 孔昭宸, 山发寿. 青海湖 QH85-14C 钻孔孢粉分析及其古气候古环境的初步探讨. *植物学报*, 1989, 31(10): 803-814
- 8 王苏民, 施雅风. 晚第四纪青海湖演化研究析视与讨论. *湖泊科学*, 1992, 4(3): 1-8
- 9 王苏民, 李建仁. 湖泊沉积-研究历史气候的有效手段——以青海湖、岱海为例. *科学通报*, 1991, 36(1): 54-56
- 10 张彭熹, 张保珍, 钱桂敏等. 青海湖全新世以来古环境参数的研究. *第四纪研究*, 1994, 3: 225-237
- 11 中国科学院兰州分院, 中国科学院西部资源环境研究中心. 青海湖近代环境的演化和预测. 北京: 科学出版社, 1994, 225-239
- 12 Lister G S., Kelts K, Chen Kezao, et al. Lake Qinghai, China: closed-basin lake levels and the oxygen isotope record for ostracoda since the last Pleistocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1991, 84: 141-162
- 13 施雅风, 白重瓊. 中国西部高山冰川形成的地貌、气候条件和雪线分布. *中国冰川概论*. 北京: 科学出版社, 1988: 11-28
- 14 刘兴起, 沈吉, 王苏民等. 青海湖 16,000 年以来的花粉记录及其古气候古环境演化. *科学通报*, 2002, 47(17): 1351-1355
- 15 Lemann A. *Lakes: Chemistry, Geology, Physics*. Berlin: Springer-Verlag, 1978: 79-83
- 16 陈敬安, 万国江, 徐经意. 洱海沉积物粒度记录与气候干湿变迁. *沉积学报*, 2000, 18(3): 341-345

The Grainsize of the Core QH-2000 in Qinghai Lake and Its Implication for Paleoclimate and Paleoenvironment

LIU Xingqi, WANG Sumin & SHEN Ji

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P.R.China)

Abstract

The changes of grainsize of the core QH-2000 have been studied in the different stages of palaeoclimatic evolution indicated by pollen analysis in Qinghai Lake. The results show that the coarse grain obviously increases in the sediments formed in the conditions of cold-dry and warm-moist climate and the grain variation is relatively little in the sediments formed between these two climate conditions. The fluctuating characteristics of the grainsize in the core QH-2000 indicate that the melting of the glacier began at ca. 14300 aBP during the Late glacial, and the glacier melting was large during the Bölling warm period and ended at the late Bölling warm period viz. ca. 12000 aBP. The Younger Dryas and the 8200 aBP cold and dry event were abrupt. After the Holocene Megathermal, the climate fluctuated largely and frequently from warm to cold and from moist to dry with the climate type being changed. The composition of the grain-size between 2100 to 0 aBP by any possibility bears some relation to human activities.

Keywords: Qinghai Lake; grainsize; paleoclimate and paleoenvironment