

文章编号: 1007-6301 (2002) 05-0459-09

# 藏南沉错沉积物的粒度特征 及其古环境意义

王君波, 朱立平

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 通过对藏南沉错粒度参数的分析, 并结合与其它环境代用指标的比较, 可以将本地区约 1400 年来环境变化分为四个阶段: 约 593A .D. ~ 821A .D. 是湖泊水位相对较高而且变化频繁的时期, 反映了波动较大且比较湿润的气候状况; 约 821A .D. ~ 1343A .D. 是一个较长的气候相对稳定时期, 粒度指示该阶段湖泊扩张, 湖面升高, 反映了湿润的气候状况; 约 1343A .D. ~ 1892A .D. 是一个气候波动十分剧烈且频繁的时期, 其中约 1602A .D. 前后可能出现了一次短时间的流水突然增加, 而在这前后各有一个浅水阶段 (1343A .D. ~ 1512A .D. 和 1670A .D. ~ 1892A .D.), 反映了湖泊补给程度的减弱; 1892A .D. ~ 1998A .D. 是一个相对稳定的时期, 湖面变化不太明显, 而 1892A .D. 前后具有一个明显的补给水动力减弱的变化。粒度参数所反映的湖面波动与环境变化得到了其他环境代用指标较好的支持。

**关键词:** 沉错; 湖泊沉积物; 粒度; 湖面波动; 环境变化

**中图分类号:** P931.7; X144 **文献标识码:** A

## 1 引言

已有的研究表明, 青藏高原是气候变化的敏感区<sup>[1]</sup>和启动区<sup>[2]</sup>, 青藏高原地区在过去全球变化 (PA GES) 研究中占有十分重要的地位。青藏高原是全国湖泊分布最为集中的地区, 湖泊沉积物具有连续性、敏感性和高分辨率的特点, 有利于恢复较高分辨率的古环境信息。但是由于湖泊沉积过程的复杂性, 利用湖泊沉积进行古环境恢复研究往往要求进行多指标综合分析, 如粒度、磁学、地球化学和生物指标等等。本文试图以藏南沉错的粒度指标为依据, 结合其他环境指标的分析, 反演该区湖面波动以及环境变化。

沉错位于 90°39'~34'E, 28°34'~59'N, 处在西藏南部羊卓雍湖流域内, 为一个流域面积 148 km<sup>2</sup>, 水面面积 40 km<sup>2</sup> 的封闭湖盆。通过对湖泊的补给状况、水量平衡资料、湖岸变化和钻孔资料分析, 沉错为冰川融水和大气降水共同补给的湖泊, 目前的入湖水流主要为

收稿日期: 2002-08; 修订日期: 2002-08

基金项目: 中国科学院知识创新方向性项目 (KZCX2-314) 和地理科学与资源研究所知识创新项目资助 (CXDG-A 1-02)

作者简介: 王君波 (1977-), 男, 博士研究生, 现就读于中国科学院地理科学与资源研究所, 研究方向为湖泊沉积环境变化。

冰川融水<sup>[3]</sup>。沉错附近浪卡子气象站资料表明, 本区多年平均降水量为 372 mm, 其中 6~9 月为雨季, 降水量约占全年降水量的 92%; 多年平均气温为 2.4℃, 其中夏季均温为 10℃ 左右。

## 2 研究方法

### 2.1 采样

对过去环境变化研究主要通过采集湖芯样品进行, 湖芯柱利用活塞采样器在水上平台上采集 (编号 CC1)。采集的样品以原始状态保存在塑料管中, 运回实验室并以 1 cm 间隔分样, 然后进行各环境指标的测定。采样点水深 8 m, 距离湖岸 800 m, 湖盆底部坡度约为 1.5% (图 1)。

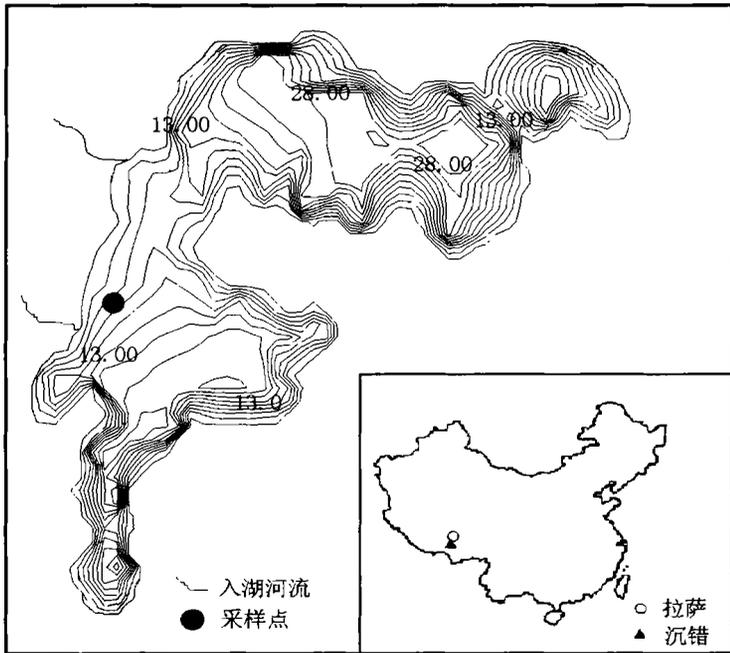


图 1 CC1 孔位置图及沉错等深线

Fig. 1 Location of CC1 core and isobath of Chen Co

### 2.2 测年

为高精度地从湖泊沉积物中提取环境信息, 首先需要精确地测定沉积物的时序特征, 从而建立湖泊沉积物所记录的去环境信息的年谱关系<sup>[4]</sup>。CC1 孔的沉积物年代主要是以 <sup>210</sup>Pb 方法测定的沉积速率和 <sup>137</sup>Cs 方法测定的绝对年龄时标<sup>[5-7]</sup>进行对比获得。通过对 <sup>210</sup>Pb 衰变强度和 中值粒径的分析, 大致推算出样品沉积速率与中值粒径的相关关系, 结果发现在不同的阶段, 其沉积速率相差很大, 变化为 0.13~0.22 cm/a 不等。整个湖芯的平均沉积速率约为 0.16 cm/a。据此, 我们认为 CC1 孔能够反映约 593A.D. 以来的大约 1400 年的环境变化, 其平均分辨率可达 10 年以内 (4.6~7.5a), 从而为进行高分辨率的气候环境变化研究提供了可能。

### 2.3 样品分析

粒度分析利用英国MALVERN公司生产的MASTERSIZER 2000激光粒度仪完成。首先对样品进行前期处理,利用10%的过氧化氢去除样品中的有机质,10%的盐酸去除无机碳(主要是钙质胶结物),然后进行分散测定。MASTERSIZER 2000激光粒度仪测量粒径范围为0.02~2000  $\mu\text{m}$ ,可以保证获得完整的粒度分布曲线。

## 3 粒度及其分布参数的环境指示意义

沉积物颗粒粒径的大小直接反映了沉积水动力状况<sup>[8]</sup>。在湖泊沉积研究中,粒度分析作为一种手段,在很多研究中发挥了应有的作用<sup>[4,9~14]</sup>。粒度分析的侧重点由以前反映不同的沉积环境和沉积相发展到现在的反映环境的演变过程。湖水物理能量是控制沉积物粒度分布的主要因素,细粒和粗粒沉积物分别代表了湖水物理能量降低和增强的阶段,即粒度直接反映了湖水的水动力条件。对于封闭性的内陆湖泊,其沉积物特征强烈地受到湖区气候与环境的影响。在主要由冰川融水补给的湖泊中,当气候变暖时,冰融水增多,导致湖面上升,湖岸碎屑物需要更长的搬运距离才能到达沉积中心点,此时水动力条件往往减弱,造成沉积物以细粒为主,而当降水量增多造成湖面上升时,也同样会导致粒度的变细。反之,当气候变冷时,冰融水减少,导致湖泊退缩,湖面下降,湖岸碎屑物较容易到达沉积中心点,在较强的水动力条件下,使得沉积物较粗,同样当降水量的减少足以造成湖面下降时,粒度也会变粗。另一方面,短时期内降水的变化也以不同的方式影响沉积物粒度的特征,即当湖面较低而且比较稳定时,降水量大的阶段,入湖水流搬运能力较强,导致更多的粗颗粒进入湖中,而降水量较少则导致入湖碎屑以细粒为主。由此看来,粒度对环境变化的反映是间接的,而且不是单一的对对应关系,所以需要结合其他指标才能较为客观地恢复古环境变化。

沉积物的粒度特征通过其大小反映了水动力条件,而只有结合其他分析,确定了影响水动力条件的气候环境因素后,才能进行环境变化的讨论。湖泊沉积环境是非常复杂的,平均粒径虽然可以在总体上反映水动力的平均搬运能量,但平均粒径也有局限性,它掩盖了更为复杂的变化,造成了平均粒径的多解性问题。例如,对于平均粒径基本相同的样品来说,其不同粒径颗粒的不同比例可能会完全不同,反映的环境条件也就有所差异。因此,进一步研究粒度分布的其他参数有助于更准确地恢复沉积环境条件。

本研究除了使用颗粒的平均粒径这个指标外,还计算了标准偏差( $\sigma$ )、偏度系数( $S_K$ )和峰态( $K_G$ )。其中 $\sigma$ 反映沉积物颗粒的分选程度,即不同粒径颗粒的分散和集中状态,标准偏差数值越大,表示其分选程度越差,反映了较强的水动力条件; $S_K$ 用来表示频率曲线的对称性,即与正态分布曲线相比较时,频率曲线主峰的位置,反映沉积物中粗细颗粒占有的比例; $K_G$ 是用来说明与正态频率曲线相比时,曲线的尖锐或钝圆程度,反映了颗粒粒径分布的集中程度。各参数具体计算方法和含义见文献[15],其中,平均粒径采用了激光粒度仪测量软件直接输出的值 $D^{[4,3]}$ —颗粒的当量体积平均值—作为表征平均粒径的指标。

#### 4 粒度特征与气象观测资料关系研究

一般来讲, 沉积物粒度的变化受水动力条件制约, 而水动力条件往往受气候环境变化的影响。气候变化最直接的反映就是气温和降水。CC1 孔采样点位于沉错湖心偏西侧的位置, 其南北各有一条河流入湖 (图 1), 是卡鲁雄曲的两条分支河流, 采样点处沉积水动力条件很大程度上受其入湖水流影响。卡鲁雄曲中游的南岸有一条大陆性冰川—枪勇冰川<sup>[16]</sup>, 河流的补给受到冰川融水和大气降水的共同制约。因而, 气温和降水变化都会影响到入湖补给水动力大小以及湖面高低, 进而影响沉积物粒度分布。

为了比较冰川融水和大气降水对入湖水流的贡献, 我们参考相关文献 [3] 对沉错的水量平衡做了简单分析。在枪勇冰川水文站, 冰川融水占河流总补给的 65% 以上。从上述地点至流入沉错, 其距离仅有数公里, 在地形上也不具备大面积汇集地表径流的条件。因此, 冰川融水在入湖水流中仍然占有较大比例, 是影响沉积水动力的主要因素。对粒度和气象资料的关系进行研究, 可以明确气候状况对粒度的影响, 得出粒度对气候环境变化的响应模式, 从而为用粒度变化恢复本区古环境演变找到基本的依据。距离沉错最近的是浪卡子气象站, 通过对该站 1961~1996 年的气象记录与沉错的粒度资料进行对比, 结果发现粒度变化和气温变化有一定程度上的反相关, 即气温的升高带来更多的冰雪融水, 使湖面升高, 从而使沉积物的平均粒径减小; 而降水与粒度之间的相关趋势较差 (图 2)。这也说明沉错沉积物粒度的变化主要是受到冰川融水的影响, 而受湖区降水的影响不明显。

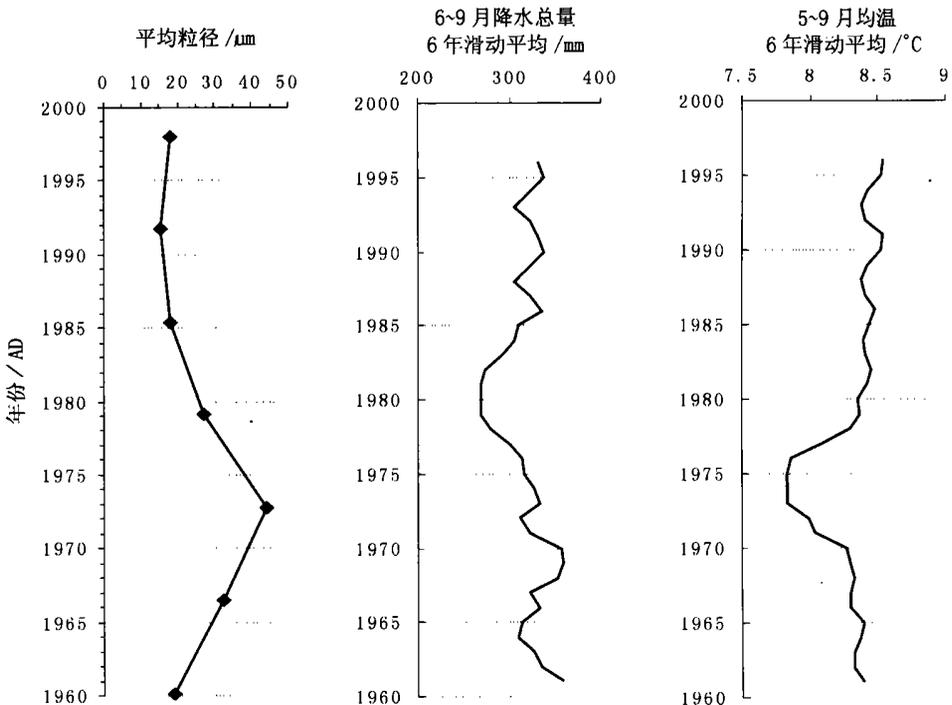


图 2 CC1 孔平均粒径与浪卡子降水、气温变化对比

Fig. 2 Comparison of mean grain size of CC1 core and precipitation, air temperature in Langkazi

### 5 CC1 孔的粒度特征及其反映的沉积环境

平均粒径是沉积物粒度分布中最主要的参数之一。本研究主要以CC1孔的平均粒径为研究对象, 结合其他粒度参数进行分析。CC1孔沉积序列的岩性变化不大, 主要是粉砂粘土和粘土粉砂, 还有少量粘土和粉砂, 整个沉积柱子为灰黑色或黑色淤泥。对各粒度参数进行分析(图3), 除尖度这一参数在不同的阶段和平均粒径有着不同的变化趋势外, 其他参数都有很好的对应关系。根据CC1孔粒度参数的变化, 结合平均沉积速率, 并基于以上对粒度的古环境意义分析, 将沉错近1400年来的沉积序列划分为四个环境变化阶段:

(1) 底部216~184 cm(代表约593A.D.到821A.D.)。从整体情况看, 此阶段粒径处于序列中较为平均的状况。标准偏差指示其分选较差, 偏度系数指示粒度曲线为不对称负偏态, 峰态变化为近似正态, 这些表明该阶段内在中等水动力条件下有较多细颗粒沉积, 粒径的分布不太均匀。该阶段沉积速率相对较低, 反映了当时的水深相对较大。另外, 此阶段平均粒径具有波动变化, 反映了水动力条件的相对不稳定, 进而反映了湖区环境变化的频繁。对粒度原始数据进行研究, 发现其频率曲线多为双峰或多峰, 也反映了相对复杂的沉积环境。

(2) 183~114 cm(代表约821A.D.到1343A.D.)。在这500多年的历史中, 除了139~131 cm(代表约1150A.D.~1206A.D.)稍有升高外, 其它时间平均粒径不仅均处于低值, 而且几乎没有变化, 反映了其水动力条件较弱而且相当稳定。该段平均粒径在整个序列中最低, 都在10 μm左右, 颗粒的分选程度也是最好的, 频率曲线的形态极为相似, 都为近似正态稍偏正, 这在偏度系数和峰态参数中都有很好的体现, 沉积速率也较低。从以上参数变化可以看出, 此阶段湖泊水深较大, 沉积环境稳定。约1150A.D.~1206A.D.这

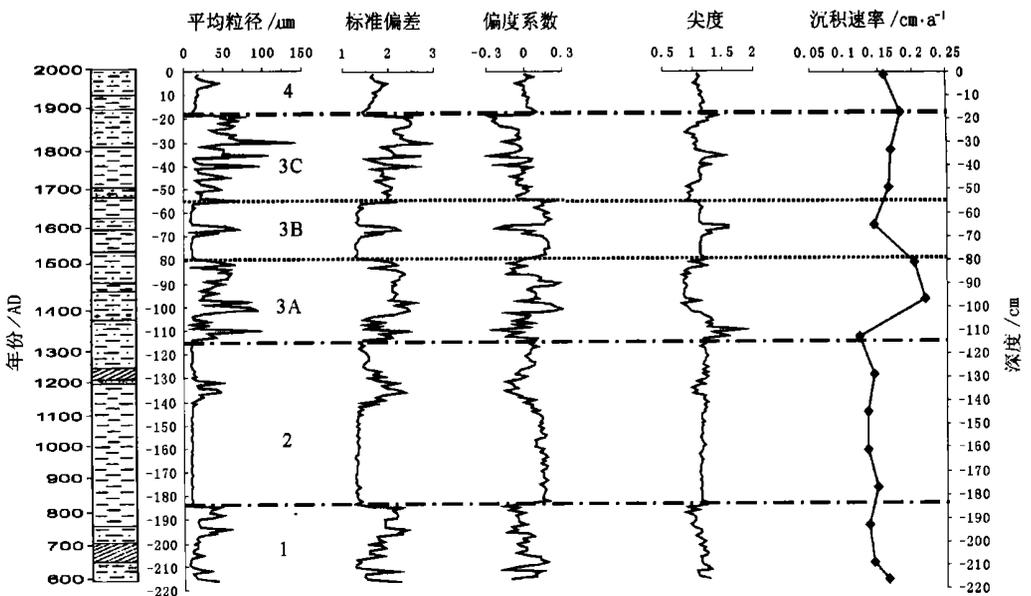


图3 CC1孔粒度参数及沉积速率变化图

Fig.3 Grain size parameters and sedimentary rate of CC1 core

一时期从其他粒度参数来看,粗粒组分增加,分选较差,尖度较小,说明沉积非常迅速,可能反映了一个较短的入湖水流增强的时段。

(3) 114~ 18 cm (代表约 1343A .D. 到 1892A .D.)。这一时期各参数变化剧烈而且频繁,平均粒径从变化幅度 10  $\mu\text{m}$  到 150  $\mu\text{m}$ 。整个序列的粒径极大值和几个次一级的极大值都出现在此阶段。根据平均粒径的变化趋势,又可以将此阶段分为 3 个亚阶段,其中 80~ 56 cm (约 1512A .D. ~ 1670A .D.) 是一个相对稳定时期,反映非常弱的水动力状况和较好的分选情况。而在 67 cm (约 1602A .D.) 左右出现的粒径变大则指示了一次短时间的水流迅速增加。另外两个亚阶段分别是 114~ 80 cm (约 1343A .D. ~ 1512A .D.) 和 56~ 18 cm (约 1670A .D. ~ 1892A .D.), 这两个亚阶段平均粒径都是变化频繁而且幅度也很大。其中约 1343A .D. ~ 1512A .D. 之间是整个序列中沉积速率最大的时期,且远远高出其他阶段,较大的沉积速率也许反映了较小的水深,因而水动力条件也较大,这也与此阶段较大的平均粒径相符合。此二阶段粒度频率曲线多为双峰或多峰,从整体上来看,这两个亚阶段都具有粒径变大的趋势,而到了结束时又突然急剧变小,可能指示了水动力由强变弱,反映了入湖水流由多变少的过程。

(4) 最顶部的 18~ 0 cm (代表约 1892A .D. 到 1998A .D.)。近 100 年来,平均粒径变化不大,除约 1975A .D. 前后有一个变大的时期外,其他都较稳定。其他参数也都反映了此阶段变化不大的现象。从平均粒径来看,应该是一个水动力条件弱的时期。较低的标准偏差也同样指示了其在相对的静水环境中具有良好的分选。1892A .D. 前后的水动力强度的变化十分明显,粒径的急剧减小反映了在其前后湖泊由上一阶段的强水流环境迅速向弱水流环境的变化,而在约 1975A .D. 湖泊沉积物粒度升高代表了较强的补给,湖泊进入或处于一个浅水环境。

## 6 讨论与结论

CC1 孔的粒度参数变化指示了湖区的入湖水流和湖面变化等环境演变特征,将这些变化特征与 CC1 孔其他环境代用指标比较,可以更好地指示湖区气候环境变化特征。平均粒度曲线和磁学参数曲线、介形类总壳数曲线以及  $\text{CaCO}_3$  含量曲线在大的变化趋势上都很一致<sup>[17]</sup> (图 4), 特别是在几个急剧变化时期,如 821A .D.、1343A .D. 和 1892A .D. 前后的突然变化,各指标基本都有记录,而且比较吻合。李元芳等<sup>[18]</sup>根据 CC1 孔的介形类的种类、数量和组合特征,将沉错湖区的环境演变分为 3 个大的阶段,其中 108 cm (约 1374A .D.) 以前是深水环境,108~ 18 cm (约 1374A .D. ~ 约 1892A .D.) 是浅水环境,18 cm 以上是深水环境,而在 1970A .D. 前后变为浅水环境,这一结果和根据粒度变化反映的湖泊变化阶段非常吻合。沈吉等<sup>[19]</sup>在对青海湖近千年气候环境变化的研究中,用碳酸盐的含量来恢复了约 1100A .D. ~ 2000A .D. 来的干湿变化,其中比较明显的干期出现在约 1200A .D.、1400A .D.、1600A .D.、1750A .D. 和 1960A .D., 这些干期在沉错的粒度曲线中均为高值。干燥程度增加势必会加大湖面蒸发并引起湖泊退缩,这种条件下无论补给水流增加与否都有可能都会导致沉积水动力加强。从粒度分布看,沉错湖芯在 114~ 18 cm 段粒度普遍加大过程中,出现了 80~ 56 cm 段的减小时段,这种弱的水动力条件可能是温度下降减少补给造成的,从磁学参数曲线看,这个阶段也是一个温度下降时期,根据已有结果,

这个阶段应该是小冰期盛期<sup>[23]</sup>。尽管沉错地区的变化与青海湖区的变化具有一致性,但也有差异,特别是在 1830A .D. 前后出现的粒度最大时期,在青海湖却为比较湿润时期。这些都反映了区域气候环境变化的不同以及各环境代用指标之间的差异性。

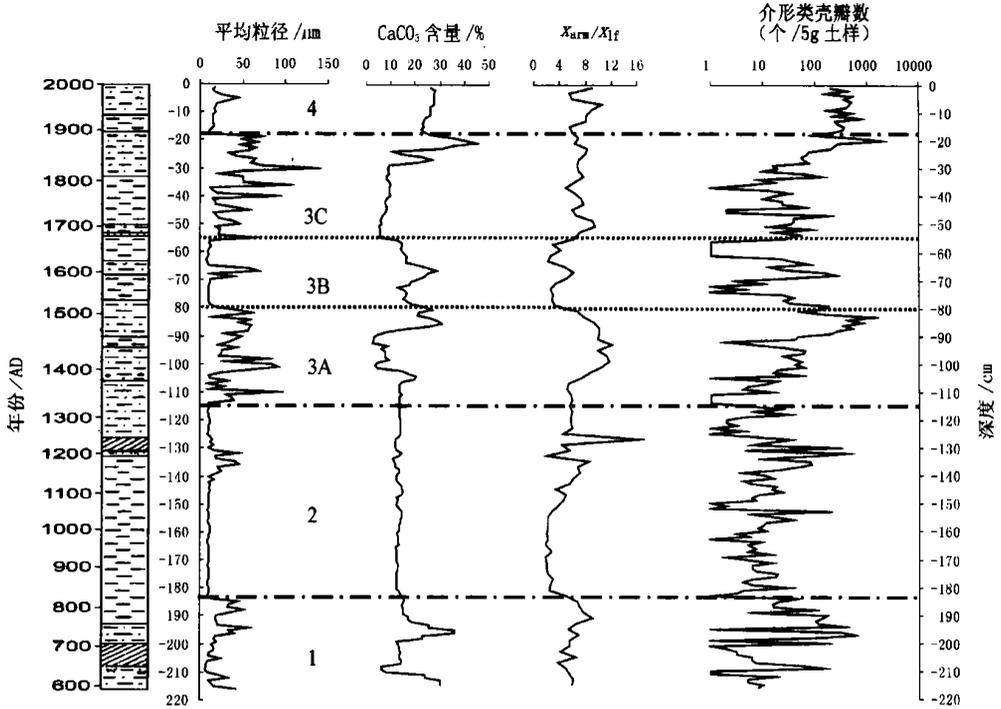


图 4 CC1 孔粒度指标与其他指标的比较

Fig. 4 Comparison of mean grain size and other indices of CC1 core

粒度参数可以作为恢复古气候变化的一种代用参考指标。在干旱区内陆湖泊中,粒度的变化受湖泊补给水流条件变化的影响,从而间接反映湖泊水深以及起到控制作用的气候条件。根据粒度以及其它代用指标的变化可以将沉错湖区沉积环境的状况分为四个阶段:约 593A .D. ~ 821A .D., 湖泊水深相对较大,湖面波动升高, CaCO<sub>3</sub> 含量较低表明绝对蒸发量在减弱,而磁学参数代表的温度条件则反映可能有较多的冰融水进入湖泊;约 821A .D. ~ 1343A .D., 湖泊进入一个稳定的高水位时期,这在较低的 CaCO<sub>3</sub> 含量上得到很好的证明,磁学参数较低则表明沉积物更多地处于深水造成的还原环境;约 1343A .D. ~ 1892A .D., 湖泊水深减小,湖面波动剧烈, CaCO<sub>3</sub> 含量的剧烈变化也说明气候条件对湖泊的蒸发起着强烈的影响,因而这一阶段湖区的湿润程度大大降低;约 1892A .D. ~ 现在,湖泊水深又进入相对稳定阶段, CaCO<sub>3</sub> 含量变化也指示湖区由较强蒸发时期回到相对较弱的平稳状态,这可能是由于湖泊逐渐得到了足够的补给水量。

尽管粒度变化通过反映水动力条件,再结合其它指标能够阐述湖区沉积环境变化,但是,粒度变化受环境变化影响的机理还有待于进一步研究。粒度减小一方面可能反映了水深加大的弱动力环境,另一方面可能也是浅水条件下,补给十分微弱的结果。因而,需要对粒度变化的前后阶段和湖区蒸发条件作比较研究。另外,粒度变小所指示的水深增加可能是降水较多,也可能是温度升高导致较多的冰川融水造成的,也就是粒度变化与气温和

降水的相关性仍需进一步研究。从本研究来看,粒度的变化似乎更能反映气温的变化。在对 2000 年来的气候变化研究中,中世纪温暖期和小冰期是最典型的气候变化时期,对这两个时期的研究也较多,已有的研究<sup>[20-24]</sup>都对中世纪温暖期和小冰期的存在和持续时间等做了讨论,从 CC1 孔的粒度变化曲线及平均沉积速率来看,821A .D. ~ 1892A .D. 的变化大致可以分为两个大的变化阶段,1343A .D. 是分界点,此前可以认为是“中世纪温暖期”,而此后的变化则为“小冰期”阶段,进一步的分析还需要结合其他指标进行对比研究。

致谢: 本文在写作过程中,得到李炳元研究员、邵雪梅研究员、陈玲博士和姚华荣博士的帮助,在此一并表示感谢。

### 参考文献:

- [1] 姚檀栋, 刘晓东, 王宁练. 青藏高原地区的气候变化幅度问题[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 98-106
- [2] 冯松, 汤懋苍, 王冬梅. 青藏高原是我国气候变化启动区的新证据[J]. 科学通报, 1998, 43(6): 633-636
- [3] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏河流与湖泊[M]. 北京: 科学出版社, 1984
- [4] 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[J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 341-345
- [5] 万国江. 现在沉积的<sup>210</sup>Pb 计年[J]. 第四纪研究, 1997(3): 230-239
- [6] 万国江. 现在沉积年分辨率的<sup>137</sup>Cs 计年——以云南洱海和贵州红枫湖为例[J]. 第四纪研究, 1999(1): 73-80
- [7] Pennington W, Cambray R S, Fisher E M. Observation on lake sediments using fallout <sup>137</sup>Cs as a tracer[J]. *Nature*, 1973, 242: 324-326
- [8] 谢又予等. 沉积地貌分析[M]. 北京: 海洋出版社, 2000 3
- [9] 孙千里, 周杰, 肖举乐. 岱海沉积物粒度特征及其古环境意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(1): 93-95
- [10] 李原, 李任伟, 尚榆民等. 云南洱海的环境沉积学研究——表层沉积物的粒度分布、水流方向和能量[J]. 沉积学报, 1999, 17(增刊): 769-774
- [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 著. 青海湖近代环境的演化和预测[M]. 北京: 科学出版社, 1994 8
- [12] 陈敬安, 万国江. 云南洱海沉积物粒度组成及其环境意义辨识[J]. 矿物学报, 1999, 19(2): 175-182
- [13] 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[J]. 科学通报, 1990, 35(1): 54-56
- [14] Zhu L ping, Chen Ling, Li Bingyuan et al. Environmental changes reflected by the lake sediments of the South Hongshan Lake, Northwest Tibet[J]. *Science in China*, 2002, 45(5): 430-439
- [15] 孙永传, 李蕙生. 碎屑岩沉积相和沉积环境[M]. 北京: 地质出版社, 1986
- [16] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏冰川[M]. 北京: 科学出版社, 1986 10
- [17] 朱立平, 陈玲, 张平等. 环境磁学反映的藏南沉错地区 1300 年来冷暖变化[J]. 第四纪研究, 2001, 21(6): 520-527
- [18] 李元芳, 朱立平, 李炳元. 介形类记录揭示的藏南沉错地区近 1400 年来环境变化[J]. 地理学报, 2002, 57(4): 待发
- [19] 沈吉, 张恩楼, 夏威夷. 青海湖近千年来气候环境变化的湖泊沉积记录[J]. 第四纪研究, 2001, 21(6): 508-513
- [20] 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究[J]. 中国科学, 1973(2): 168-189
- [21] 张丕远, 王铮, 刘啸雷等. 中国近 2000 年来气候演变的阶段性[J]. 中国科学(B 辑), 1994, 24(9): 998-1008
- [22] 张德二. 我国“中世纪温暖期”气候的初步推断[J]. 第四纪研究, 1993(1): 7-15
- [23] 王绍武, 叶瑾琳, 龚道溢. 中国小冰期的气候[J]. 第四纪研究, 1998(1): 54-62
- [24] 施雅风, 姚檀栋, 杨保. 近 2000a 古里雅冰芯 10a 尺度的气候变化及其与中国东部文献记录的比较[J]. 中国科学(D 辑), 1999, 29(增刊 1): 79-86

## Grain-size Characteristics and Their Paleo-environmental Significance of Chen Co Lake Sediments in Southern Tibet

WANG Jun-bo, ZHU Li-ping

(Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, C.A.S., Beijing 100101 China)

**Abstract:** Grain-size is one of the useful indices in the lacustrine sedimentary research. By directly indicating the water impetus during the sedimentary period, the grain-size of lake sediments indirectly reflects the supplied water volume changes of the lake. Because the lake water volume is greatly influenced by climatic factors, such as precipitation, temperature and induced glacier melting water, the grain-size provides more information to elucidate the environmental changes.

By the analyses of the grain-size parameters and the comparison with other proxies of the Chen Co sediments, four stages of environmental changes since ca. 1400 years ago have been distinguished. 1) Ca. 593~821 A. D. was a high lake level period accompanied by frequent fluctuations. It implies relatively wet climatic conditions with multi-time alternative changes. 2) Ca. 821-1343 A. D. was a long and stable wet period, during which the lake enlarged and the lake level rose. 3) Ca. 1343-1892 A. D. was a climatically complex period. The inflow water violently increased around ca. 1602 A. D. while the lake was in the shallow water status in other periods. It suggested that the supplied water of the lake was relatively weak. 4) Ca. 1892-1998 A. D. was another stable period with the light lake level variations. Ca. 1892 A. D. was an obvious borderline for showing the supplied water impetus changes. These environmental changes reflected by the grain-size of Chen Co lake sediments were well supported by other proxies and proved by other research results.

**Key words:** Chen Co; lake sediments; grain-size; lake level fluctuations; environment changes