

青藏高原苟鲁错 近几十年环境变化的湖泊沉积记录*

王小天 李世杰

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提 要 通过对青藏高原苟鲁错湖泊沉积物碳酸盐含量、粒度、C值的综合分析, 得出湖泊流域气候近几十年来气候呈干暖化趋势。另外, 通过苟鲁错附近五道梁和沱沱河气象站统计资料和湖泊沉积物特性的对比分析, 说明通过碳酸盐、粒度、C值等综合指标对重建苟鲁错流域古气候是可行的, 这为苟鲁错流域古气候重建提供了参考和依据。

关键词 湖泊沉积 气候变化 苟鲁错 青藏高原

分类号 P512.32

苟鲁错, 又名苟仁错, 位于青海省可可西里地区的东部(34°36'N、92°28'E), 地处苟鲁日旧山(海拔 5126m)、唐日加旁山(5167m)、桑恰山(5115m)之间的一山间拗陷盆地内(图 1)。当湖面海拔高度 4666m 时, 湖面面积 23.5km²[1,2]。流域面积 534km², 湖泊补给系数 21.7。湖水密度 1.017mg/L, 矿化度 33.7g/L, pH 值 8.4^[1]。地表径流以西部入湖的苟鲁重钦玛曲最长, 全长 36km。其次是从南面入湖的桑恰曲, 长 21km, 为间歇性河流。湖水补给除地表径流外, 周边泉水和山麓带潜水也占一定比例。

湖泊四周为高山带和高海拔剥蚀高原所包围^[2], 往湖方向逐步过渡为丘陵、冲洪积平原和湖积平原, 整个地貌呈向心状结构。流域植被类型主要为高山嵩草高寒草甸和藏嵩草高寒沼泽草甸^[3]。土壤类型为钙积高山草甸土, 高山草甸草原土, 高山草原土。本区土壤腐殖质积累和钙积过程强烈, 冻融作用对土壤形态和结构的塑造有明显作用^[4]。流域气候类型属于高寒干旱半干旱草原气候, 年平均气温-4~-6℃, 全年分冷、暖两季, 暖季为 5~9 月, 其它月为冷季^[5]。年平均降雨量 200~300mm, 80%集中在暖季。水汽来源主要有两条途径: 一条是东路, 源于孟加拉湾; 另一条是西路水汽, 源于阿拉伯海^[6]。流域风力较强, 年平均风速 5.9m/s^[7]。

1 样品采集与实验

1998 年 7 月在湖中心采得 1m 柱状岩心, 以 1cm 间隔取样。碳酸盐含量用气量法测得。沉积年代通过¹³⁷Cs、²¹⁰Pb 测得。粒度数据在英国 Marluen 公司生产的 2000 粒度分析仪上测得。矿物元素分析系经 HF 预处理后在 ICP 元素分析仪上测得。

2 建立沉积年序

沉积剖面的年代序列是根据¹³⁷Cs 建立的。¹³⁷Cs 分子扩散作用不足以改变其在沉积物柱

* 国家自然科学基金(40071001)资助项目。

收稿日期: 2001-06-01; 收到修改稿日期: 2002-04-25。王小天, 男, 1975 年生, 在读研究生。

心垂直剖面上的峰值位值. 利用 ^{137}Cs 的积蓄峰值位值可以计算沉积物堆积速率 $S(\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a}))$ ^[8~10]:

$$S = Z'_{\max}/(T_c - T_m)$$

式中, Z'_{\max} 为积蓄峰位的质量深度(g/cm^2), T_c 为采样日期(a), T_m 为峰值时间(a). 依据 ^{137}Cs 的全球溅落通量与年代关系, 求出柱状样品 ^{137}Cs 出现的深度和峰值(全球核试验高峰年1964年、次峰值为1986年苏联切尔诺贝利核事故)对应年代, 可获得沉积物较精确的年序, 进而获得岩芯平均沉积速率. 结果显示(图略), ^{137}Cs 强度在6.5cm处达到最大值, 次峰值在2.5cm, 得出沉积物堆积平均沉积速率为 $0.1392 \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$. 本文选择7.5cm以上的8个样品进行研究, 7.5cm处的年代为1956年, 顶部0.5cm处年代为1997年.

3 结果与分析

3.1 碳酸盐含量

碳酸盐沉积是半干旱半湿润气候区封闭半封闭湖泊的沉积特点, 也是湖泊盐类积累的早期产物^[11]. 湖泊沉积物中的自生碳酸盐受化学沉积和生物化学作用影响, 其含量高低指示湖水咸化和淡化, 间接地反映气候的干湿变化, 可作古气候有效湿度判别的代用指标, 比较广泛应用于古气候环境重建^[12~14]. 苟鲁错流域气候属于高寒干旱半干旱气候, 其盐类沉积成为湖泊化学沉积的主体, 与盐类沉积相比, 碳酸盐沉积代表相对湿润的气候环境, 反之则代表相对干旱的气候环境. 自生碳酸盐化学沉积是较好的环境分析代用指标. 为区分苟鲁错湖泊沉积物中碳酸盐的来源, 对0.5cm、4.5cm、17.5cm、22.5cm、72.5cm、80.5cm、92.5cm深度处样品在显微镜下进行了观察, 结果是: 当碳酸盐含量低时, 以外来碎屑碳酸盐和内碎屑碳酸盐为主; 而当碳酸盐含量高时, 则以自生碳酸盐为主.

3.2 C值变化曲线与环境信息

在气候干旱条件下, K, Na, Ca, Mg, Sr, Ba易于富集, 并和卤族元素Cl, Br等共同组合形成易溶的化合物迁移和沉淀. 因而这些元素, 特别是K, Na含量高的层段标志着气候变干, 而Al, Fe, Mn等元素在温湿或湿热条件下易于富集, 沉积物中含量高时, 标志着湖泊扩张, 气候相对温湿, 反之则标志着湖泊萎缩, 气候相对干旱, 因此C值 $(\frac{\sum(\text{Fe}+\text{Mn}+\text{Al}+\text{Cr}+\text{Co}+\text{Ni})}{\sum(\text{K}+\text{Na}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{Sr}+\text{Ba})})$ 是气候干湿的代用指标之一. C值越大, 气候越潮湿, 相反则干燥^[15]. 苟鲁错流域气候属高寒干旱半干旱草原气候, 加之属无人区, 气候变化是纯自然过程, 但单个元素对气候变化的指示相对不明显, 且很难减少由于人为和实验产生的误差, 而C值能较好的减少人为和实验产生的误差, 况且在苟鲁错旁边的苟弄错曾经用C值恢复其流域干湿变化取得了较好的结果^[16], 所以在苟鲁错用C值恢复流域的干湿变化是可行的. 图1揭示, C值变化呈现先降低后稍有上升的规律, 但总体呈降低趋势, 反映了流域近40年来气候逐渐干暖的趋势.

3.3 中值粒径变化与环境信息

在不同的沉积环境、地形条件、搬运介质和水动力条件下, 碎屑沉积物也按本身颗粒的大小相应的以不同的搬运方式被搬运和沉积^[17]. 根据沉积物机械分选的原理^[18], 在非浊流沉积没有“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, 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和环境分析提供了条件^[19]。当湖泊面积小时,萎缩过程中,湖中心的中值粒径会越来越大,并不一定代表水搬运作用越来越强,而可能代表湖泊萎缩过程中,少量粗碎屑物质被搬运到湖心,指示了干暖化的气候环境。图 1 揭示,中值粒径平均为 $88.6\mu\text{m}$,变化过程中有 2 个明显的波峰,但总体上呈增大趋势,也反映了气候干暖化的特征。

3.4 环境代用指标对历史气候的指示

根据碳酸盐、粒度、C 值对气候的指示作用,结合苟鲁错具体情况,作者认为,在干旱气候条件下,盐类沉积成为湖泊化学沉积的主体,碳酸盐含量的升高和降低分别指示了湿润的气候环境和干旱的气候环境。结合苟鲁错流域的气候和湖泊沉积碳酸盐分析结果来看,在

1956~1970 年,碳酸盐有弱微的下降趋势,代表了气候的干暖化趋势;1970~1975 年,碳酸盐相对前一阶段有明显的上升趋势,表明此阶段气候由前一阶段向湿润气候变化;1975~1997 年,碳酸盐明显下降,相应硫酸盐和氯化物含量增加,代表气候呈干暖化趋势。从碳酸盐含量变化的整个过程来看:苟鲁错流域近几十年的气候经过了干暖化—湿润—干暖化变化的过程,气候总体呈干暖化趋势。湖泊粒度分异的基本情况是,当气候趋于干旱化时,由于降雨与地表径流减少,入湖沉积物减少,湖心沉积的粒度总体趋于细化,但由于苟鲁错湖泊面积小,湖泊萎缩时,河流可能沿着宽阔的滩面将少量碎屑沉积物搬运到较远的开阔湖区,导致中值粒径增大,结合碳酸盐变化所指示的气候变化,1956~1970 年中值粒径的增大,不是由于降雨量增大,而是由于湖泊萎缩,导致湖岸到湖心距离减少而致;1970~1975 年中值粒径呈减少趋势,此阶段虽然气候湿润,但由于气候湿润导致湖泊相对扩张,使得湖岸到湖心距离增大,从而导致中值粒径的减小;1975~1997 年中值粒径呈增大趋势,其原因同 1956~1970 年中值粒径增大的原因相同。C 值对碳酸盐和中值粒径反映的 1970~1975 年湿润气候变化没有指示,其原因还有待进一步研究,其余两个阶段同碳酸盐和中值粒径反映的气候变化相一致。反映出苟鲁错流域近几十年来气候总体呈现干暖化变化趋势,降雨量减少,湖泊萎缩等气候特征。

3.5 苟鲁错湖泊沉积的气候环境判别同气象资料的对比分析

苟鲁错流域没有气象站,所以只能选离其较近的五道梁($35^{\circ}13'N$, $93^{\circ}05'E$, 海拔 4614m)和沱沱河($34^{\circ}13'N$, $92^{\circ}26'E$, 海拔 4534m)气象站资料进行对比分析。图 2 揭示,近 40 年来,两个气象站的温度均呈波动上升趋势,尽管其间存在波动;而降水量则波动下降,其中五道梁波动幅度较大;气候总体呈现干暖化趋势。

从蒸发量来看,尽管年际平均蒸发量呈下降趋势,而暖季年平均蒸发量却成上升趋势。

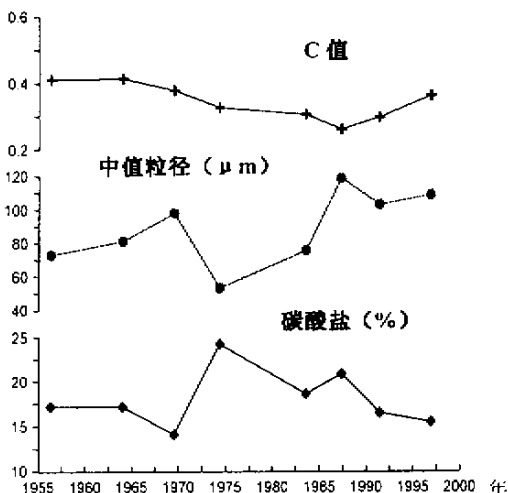


图 1 苟鲁错湖泊沉积物分析及其变化

Fig. 1 CaCO_3 , medium grain size,

C value variations of lake sediments, Goulu Co

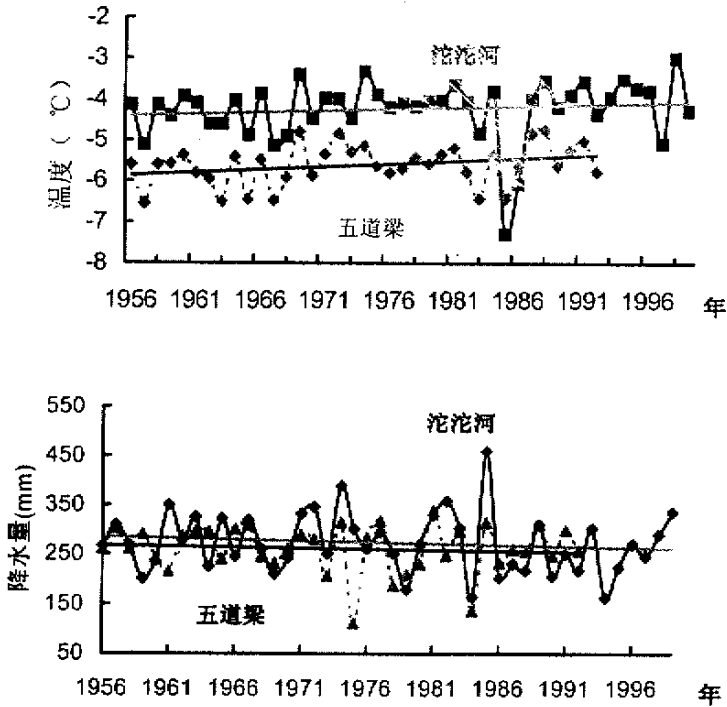


图 2 沱沱河和五道梁近 40 年来的温度、降水量变化

Fig. 2 Temperature and rainfall variations at Tuotuohe and Wudaoliang stations in the past 40 years

在季节变化上,蒸发与风速的统计资料显示,低温高风速和高温低风速是蒸发高峰期,全年蒸发量高的月份为 3~10 月. 雨热同期,每月蒸发量同温度、降雨量正相关,蒸发量同温度的相关系数五道梁为 0.887,沱沱河为 0.919;蒸发量同降雨量相关系数五道梁为 0.711,沱沱河为 0.725. 在年际变化上,最高蒸发量同最低蒸发量之差,五道梁为 223mm,沱沱河为 621.1mm. 而蒸发量同降雨量比值反映了雨热同期的特点:冷季蒸发量同冷季降雨量比值大,且变化显著.

伴随着气候变暖,青藏高原的湖泊变化具有从南到北变幅逐渐增大的带状分布,尤以高原北部的湖泊变化最为剧烈^[20,21]. 施雅风^[22]认为,从 19 世纪末至今,亚洲中部气候呈现干暖化趋势. 林振耀^[23]等也指出 20 世纪 50 年代以来高原上的旱灾频率明显增加. 郭德冰芯有关资料显示^[24]:20 世纪为暖期,其起始时间大约在 19 世纪末. 青藏高原湖泊变化表现出的明显退缩是一种普遍现象^[20,25],其原因是近几十年来的全球气候变暖,导致蒸发强烈等原因所致^[20]. 程国栋等^[26]认为,青藏高原夏季降雨量递减平均达到 5.0~7.0mm/10a,刘小东等^[27]指出高原东部虽然降雨量近 40 年年际变化很大,但总的趋势是明显变干. 康世昌研究指出:青藏高原近五十年来气候存在冷暖交替出现的情况,普遍存在 3 个暖期,3 个冷期^[24],表明青藏高原温度存在波动现象. 从苟鲁错附近气象观察站资料分析来看,近几十年来温度波动上升,降雨量呈下降趋势,气候变化中存在波动现象. 从苟仁错湖泊沉积物的碳酸盐含量、粒度、C 值等环境代用指标的变化来看,同样反映气候呈干暖化趋势,温度上升,

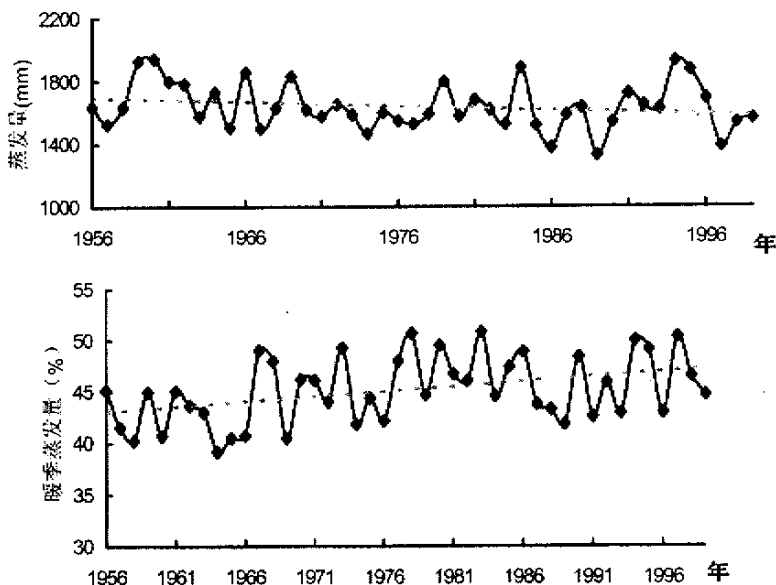


图 3 沱沱河近 40 年来蒸发量变化

Fig. 3 Seasonal evaporation variations of Tuotuohe station in the past 40 years

降雨量下降,湖泊萎缩,以及变化中存在波动等现象。

4 结论

苟鲁错湖泊近几十年的萎缩以及目前的干涸是由于气候干暖化的结果;湖泊沉积物中的碳酸盐、中值粒径、 C 值对气候变化记录总体上是一致的,至于 C 值同其它两个指标在某些阶段的不一致性,其原因有待进一步研究;苟鲁错短柱状岩心不仅较好地记录了流域近几十年的气候变化趋势,而且对整个青藏高原乃至亚洲中部气候变化趋势都有较好的记录;从而表明苟鲁错对其流域乃至更大范围的气候变化的响应是敏感的,并且通过碳酸盐、中值粒径、 C 值等环境代用指标重建流域古气候具有一定的可行性。

致谢:实验过程中,得到中国科学院南京土壤研究所和中国科学南京地理与湖泊研究所湖泊沉积与环境开放实验室多方面帮助,特此致谢。

参 考 文 献

- 1 胡东升. 湖泊. 见:李炳元等著. 青海可可西里地区自然环境. 北京:科学出版社,1996:47-77
- 2 李炳元. 可可西里地区的地貌. 见:李炳元等著. 青海可可西里地区自然环境. 北京:科学出版社,1996:1-15
- 3 郭 柯. 可可西里地区的植被. 见:李炳元等著. 青海可可西里地区自然环境. 北京:科学出版社,1996:100-118
- 4 顾国安. 可可西里地区的土壤. 见:李炳元等著. 青海可可西里地区自然环境. 北京:科学出版社,1996:118-131
- 5 王苏民. 窦鸿身主编. 中国湖泊志. 北京:科学出版社,1998:496
- 6 杨逸畴,高登义,李渤生. 雅鲁藏布江下游河谷水汽通道初探. 中国科学(B辑),1987,(8):893-902
- 7 青海省治多县人民政府. 治多县畜牧业区划. 兰州:甘肃科学技术出版社,1986:23-127
- 8 万国江. ^{137}Cs 及 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 方法湖泊沉积计年研究进展. 地球科学进展,1995,10(2):188-192

- 9 万国江. 环境质量的地球化学原理. 北京: 中国环境科学出版社, 1998: 1—211
- 10 万国江, 桑季 P, 法任库忍 K, 等. 瑞士 Greifen 湖新近沉积物中的¹³⁷Cs 分布及其计年. 环境科学学报, 1985, (3): 360—365
- 11 任国玉. 内蒙古湖相沉积年代测定中“硬水”影响的发现. 湖泊科学, 1998, 10(3): 80—82
- 12 李世杰, 区荣康, 朱照宇等. 24 万年来西昆仑山甜水海岩芯碳酸岩含量变化与气候环境演化. 湖泊科学, 1998, 10(2): 58—65
- 13 Yu Jingsheng, Li Yuwei. Geological factor Analysis. Beijing: Geology Press, 1985: 11—135
- 14 Su Zhizhu, Dong Guangrong, Li Xiaoqiang, et al. The lakeswamp sediment records on the environment characteristics of Wulus Desert since the Late Glacial Epoch. *Journal of Desert Research*, 1999, 19(2): 104—109
- 15 陈克造, Bowler J M, Kelts K. 四万年来青藏高原的气候变迁. 第四纪研究, 1990, (1): 21—30
- 16 李炳元. 二万年以来的气候环境记录. 见: 李炳元等著. 青海可可西里地区自然环境. 北京: 科学出版社, 1996: 183—191
- 17 徐 馨, 何才华, 沈志达等编著. 第四纪环境研究方法. 贵阳: 贵州科技出版社, 1992: 70—74
- 18 Lerman A. Lake: Chemistry, Geology, Physics. Berlin: Springer-Verlag, 1978: 79—83
- 19 金章东, 王苏民, 沈 吉等. 岱海地区近 400 年的“尘暴”事件——来自岱海沉积物粒度的证据. 湖泊科学, 2000, 12(3): 193—198
- 20 李世杰, 李万春, 夏威夷等. 青藏高原现代湖泊变化与考察初步报告. 湖泊科学, 1998, 10(4): 95—96
- 21 周陆生, 扬卫东. 青海湖流域近六百年来气候变化与湖水位下降原因. 湖泊科学, 1992, (3): 25—37
- 22 施雅风. 山地冰川与湖泊萎缩所指示的亚洲中部气候干暖化趋势与未来展望. 地理学报, 1990, 45(1)
- 23 林振耀, 吴祥定. 历史时期水旱雪灾规律的探讨. 气象学报, 1986, 44(3): 257—264
- 24 Kang Shichang. A study of the climate variation in the Tibetan Plateau during the last 50 years. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1998: 381—387
- 25 姚檀栋. 中国气候与海平面变化研究进展(一). 北京: 气象出版社, 1990: 128—130
- 26 程国栋. 江河源区生态环境变化与成因分析. 地球科学进展, 1998, 13(增刊): 24—31
- 27 刘晓东等. 青藏高原地表反射率变化对高原邻近及北半球气候的影响. 见: 中国青藏高原研究会编. 青藏高原与全球变化研究讨论会文集. 北京: 气象出版社, 1995: 62—69

Environmental Changes Revealed by Modern Lake Sediment in Goulu Co, Tibetan Plateau

WANG Xiaotian LI Shijie

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, P. R. China)

Abstract

Goulu Co is located in the Hoh Xil District, Tibetan Plateau. By analysis of carbonate contents, grain size and C value of lacustrine sediment in Goulu Co, the environmental change processes during the past 40 years are revealed. With the temperature rose, rainfall dropped. Moreover, the meteorological data in nearby stations (Wudaoliang and Tuotuohe) are compared.

Keywords: Lake sediment; climate change; Goulu Co; Tibetan Plateau