

历史时期希门错湖泊沉积 色素记录的古环境变化^{*}

薛滨 潘红玺 夏威夷 王苏民

(中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊沉积与环境开放研究实验室, 南京 210008)

提要 湖泊沉积物中色素的含量、种类以及相应的参数是研究湖泊初始生产力和湖泊环境的有效手段之一。本文根据青藏高原东部希门错短柱岩芯 XM9201 沉积物的色素指标的综合判别, 讨论了该地区过去 2000 多年来的古环境变化过程和特点。对比分析我国东西部气候记载及冰芯研究, 探讨了各气候事件表现形式的异同点。

关键词 历史时期 希门错 湖泊沉积色素 古环境变化

历史时期古气候与古环境变化的研究, 作为衔接地质记录与器测资料, 进而预测未来全球变化的一个重要的时间窗, 已引起愈来愈多地球科学家的兴趣与重视。在我国, 竺可桢^[1]根据历史资料和物候资料恢复了我国东部过去 5ka 的温度变化曲线, 奠定了对历史时期气候与环境变化的基本认识, 近年来, 科学家们正通过多种手段, 全方位地开展对历史时期古气候环境变化的研究, 又提出了一些新的认识 and 材料^[2-4]; 在青藏高原地区, 姚檀栋等据古里雅冰芯也分析了过去 2ka 的温度与降水的变化^[5]。但是, 作者注意到, 不同研究材料及研究方法在我国不同地区得出的结论并不一致, 这就需要其它材料进一步论证与补充。

湖泊沉积同样是研究历史气候变化的有效手段^[6], 尤其是它具有覆盖范围广、沉积连续的特点。在缺乏历史记载、树轮、冰芯等分析手段的区域, 就更体现出其特有的价值。结合青藏高原攀登项目“青藏高原隆升、环境变迁和生态系统研究”的湖泊深钻研究专题, 作者选择受人类影响极为微弱的位于青海久治县境内的希门错, 钻取一短柱岩芯, 采用多种放射核素测年, 通过对该沉积柱样色素指标的测试分析, 基本重建了该区域历史时期的气候环境演化过程。

1 自然地理概况及样品采集

希门错(33°23'N, 101°08'E)位于青藏高原东部黄河源区, 是一个半封闭的现代冰川湖泊, 为冰川谷地在冰后期被冰融水充填而成。湖泊平均水深约 40m, 面积 3.8km², 流域面积仅 50km², 湖面高程 4 020m a. s. l, 流域内最高峰年保玉则海拔 5 369m, 大部分地区长年冰雪覆盖, 土壤不发育, 植被为高山草原草甸。

用于研究的沉积柱样(XM9201)于 1992 年 7 月用美产 Livingstone 采样器获得, 由于该湖湖水水深极大, 故孔位选择在水深较浅、相对稳定的湖湾内, 共获得重力岩芯 1.47m, 按 2cm 间隔采样, 进行了沉积年代及其它一系列环境代用指标的分析测试。由于冰川湖泊沉积机制较

* “八五”国家攀登计划(KJ-85-07-2)和国家科委资助项目。收稿日期: 1996-10-10; 收到修改稿日期: 1997-01-28。
作者简介: 薛滨, 男, 1970 年生, 助理研究员, 1993 年于中国科学院南京地理与湖泊研究所硕士毕业, 主要从事古湖泊学研究, 发表《中更新世以来青藏高原 RH 孔和洛川黄土记录的比较研究》等论文二十多篇。

为复杂,因此,湖泊沉积物的一些参数在对区域古气候环境的指示上存在一定的滞后或偏差,故作者选择反映湖泊自身环境状况敏感的色素指标,包括叶绿素及其衍生物总量(CD),总类胡萝卜素(TC),未分解叶绿素(NC),颤藻黄素(Osc)和蓝藻叶黄素(Myx),及其比值(CD/TC, Osc/Myx),根据它们在沉积孔柱中的分布特点,重建希门错历史气候环境的演变过程。

该孔柱近底部 1.4m 深度处有机质泥样经加速器质谱 ^{14}C 年代测试,测定结果为 $2600 \pm 120\text{aBP}$ (距今年代 BP 以公元 1950A. D.)为起点),据 ^{14}C 年代推算的沉积速率为 0.53mm/a 。为了衡量该项测试的可靠性,又对沉积孔柱以 1.0cm 的间隔分样,用 γ 谱系统测定了 ^{210}Pb 、 ^{241}Am 、 ^{137}Cs 的放射性比度,测试结果表明^[7],在表层 0—5cm 内沉积通量为 $4.8\text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$,沉积速率约 0.68mm/a 。因此,两种年代测试的结果较为一致,考虑到沉积物的岩性较均一,基本以泥质粉砂为主,根据沉积速率得出该孔柱的年代序列如图 1 所示,其中每个样品的分辨率在 30—40 年。

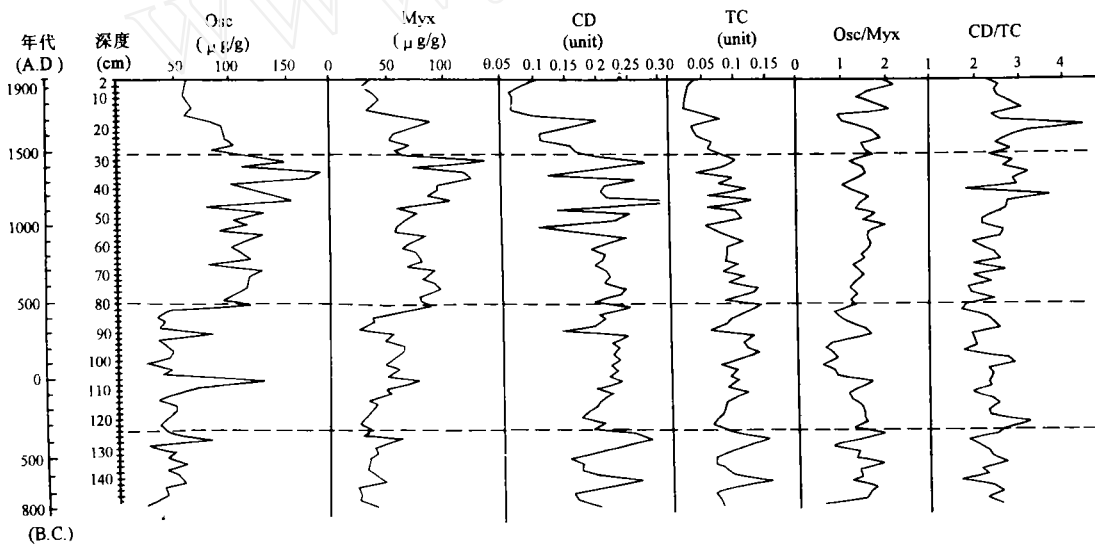


图 1 希门错 9201 沉积孔柱色素变化的垂直分布

Fig. 1 Content of the pigments from the sedimentary core of XM9201

2 实验方法

用于色素分析的沉积物样品从野外运回即放入冰柜冷冻保存,首先用土壤分析中“重铬酸钾容量法—外加加热法”进行有机碳含量分析,同时测定沉积物中含水量,色素含量的测试参考 Swain^[8]的方法,采用 90%丙酮萃取,通过对萃取液的不同处理方法后,使用 752 紫外分光光度计,根据各色素的特点波长,分别测定叶绿素及其衍生物总量,总类胡萝卜素,未分解叶绿素,颤藻黄素和蓝藻叶黄素的样液并计算各色素的含量,具体分析步骤见薛滨文献^[9],其中 Osc 和 Myx 的单位为 $\mu\text{g}/\text{g}(\text{org})$,CD 和 TC 表示为沉积物中每克有机质的吸光值,其标准单位(units)为待测液取 100mL,比色皿为 1cm 长度时吸收值为 1.0。

3 结果与讨论

3.1 色素指标的环境指示意义

湖泊沉积色素作为比湖泊沉积有机碳(TOC)更为有效的环境代用指标,在湖泊沉积研究,尤其是短柱岩芯的分析中,愈加得到重视^[8],根据其在沉积物中的含量、种类和有关参数可定性度量湖泊初始生产力,湖泊生产力又与湖泊温度、光照、水深、盐度、营养态等密切相关,因此,测定湖泊孔柱的沉积色素,能够较好地重建湖泊环境的演化历史。

对于希门错而言,色素是一个极其有效的环境代用指标,尤其是这种冰川深水湖,沉积动力条件较为复杂,湖泊沉积碎屑主要来源是冰川融水的携带,在对古气候的响应上,各项环境代用指标可能有一定的滞后,但和湖泊水温变化密切相关的色素指标仍是非常敏感的,湖泊温度条件较好,则湖泊初始生产力高,藻类等各种湖泊生物生长茂盛,各项色素含量也高,该孔色素分析表明,总体含量偏低,体现了这种冰川湖泊低的初始生产力的面貌,其中 80—16cm 是色素含量明显的高值段,尤其是 O_{sc} 与 M_{yx} ,揭示当时水温相对较高;16cm 以上各项色素均明显处于低值,暗示水温的下降;80cm 以下,尽管湖泊保存指数 N_c 相对较高,保存条件相对较好, O_{sc} 与 M_{yx} 明显降低,表明水温下降,但 CD 、 TC 含量降低并不明显,可能该时期水温较 16cm 以上仍为高。

由于 CD 和 TC 、 O_{sc} 与 M_{yx} 具有相近的分解速率,将其表示成比值的形式 CD/TC 、 O_{sc}/M_{yx} ,一方面可消除有机质稀释的影响,还可以更多地反映出一些湖泊初始生产力的状况^[8],两者与湖泊营养态相关,营养态低时尽管色素浓度、分异度均低,但两个比值均较高,但就特定的湖泊而言, CD/TC 可作为衡量异地与内生有机质平衡的指标,外源有机质有较高的 CD/TC 值,因此其值高表明外源有机质较多,反之内源有机质的比例较高; O_{sc}/M_{yx} 值的变化定量地表示蓝藻植物群组分的变化, O_{sc}/M_{yx} 值高表示颤藻是优势藻类,其值低表示了多种蓝藻的混合组合,因此,该比值定量地度量了这些色素的相对生产力,总体而言,这两项比值在孔柱中变化不大,这与该深水冰川湖相对稳定的湖泊环境有关,但具体分析这两条比值曲线,可注意到 CD/TC 、 O_{sc}/M_{yx} 从下往上总体呈现一种逐渐增加的面貌,指示湖泊营养态逐渐降低,外源有机质比例逐渐增加,反映在湖泊古环境上即冰川融水量有增加的趋势,暗示研究时段温度条件改善,这种变化趋势和同是青藏高原地区的冰芯记录是较为一致的,当然,其中仍有若干次小的波动,将在下面详细讨论。

3.2 XM9201 孔柱色素指标揭示的历史气候环境

根据沉积年代序列,综合分析各项色素指标分布特征,希门错地区距今 2000 多年来经历了如下的古气候古环境变迁过程:

约 780—310B. C.,相当于该孔柱 147—124cm,色素分析表明,尽管 O_{sc} 、 M_{yx} 总体偏低,但 CD 、 TC 维持高值,这一总体偏暖时期,相当于我国春秋至战国的温暖期, CD 与 TC 的变化表明存在两次明显的百年级的冷暖波动,且波动幅度较大,两次明显的暖峰发生在 650B. C. (140cm)及 350B. C. (126cm)附近,其前后气温条件均有所下降。

约 310B. C. —480A. D.,相当于孔柱 124—80cm,色素在本段尽管有几次小的峰值,如 O_{sc} 、 M_{yx} ,在 108cm(50B. C.)、90cm(290A. D.)处,但该段总体呈现低色素含量的面貌,反映气温偏低、初始生产力低下, O_{sc}/M_{yx} 在 100cm 附近为整个剖面的谷值,暗示湖泊外源比例

少,冰川融水较少.这一时期的降温,从 CD、TC 的分布上看,降温的幅度并不明显,在历史上相当于我国的战国至南北朝,色素的记录显然与我国东部的历史记载并不完全一致,究竟是该区气候的独特性还是其它原因,有待其它分析资料的进一步证实.

约 480—1460A. D. (80—28cm),这一时期是研究时段内一个非常显著的温暖期,色素含量,尤其是 Osc、Myx 均为一显著的高峰段,暗示温度条件适宜,湖泊初始生产力较高,这一暖期前期,也即 480—900A. D. 气候相对稳定,波动幅度较小,后期 900—1460A. D. 气温较前期略有升高,波动幅度明显加大,指示温度较敏感的色素指标,揭示至少存在 5 次明显的冷暖旋回,这一所谓“中世纪温暖期”总体偏暖的气候条件,在我国东部普遍有记录,但在高原表现的不稳定的波动显然与东部不同.

约 1460—1992A. D. (28—0cm),该时期各项色素含量指标显示均为气温明显下降时期,尤其是 CD、TC,反映湖泊初始生产力下降,这一寒冷期幅度远超过公元初前后的冷期,就其内部波动而言,存在两次明显的冷阶段:1600A. D. 前后,1760—1900A. D. 该气候总体变冷的时期对应于我国的明清小冰期,但并未如历史记载或冰芯一样揭示出更多的冷暖波动,原因一方面在于分辨率不够,另一方面也可能与冰川湖对气候细微过程的响应相对迟钝有关,顶部 4cm 色素显示气候向暖转变,看来本世纪三十年代以来的升温在高原的冰川湖中也有记录.

3.3 希门错历史环境变化的地貌证据

希门错是一个现代冰川湖,历史时期的冷暖变化也必定表现在冰川的进退上,野外考察表明,距现代冰川 1km 和 3km 处分别有一道侧碛垄和一道终碛垄^[10],终碛垄冰碛石全为花岗岩,冰碛上部富含有机质的冰碛土¹⁴C 年代测定为 2540 ± 110 aBP,推测侧碛垄基本为小冰期盛期的产物.两次冰进可对应 XM9201 孔柱中的两次冷期.

4 结语

历史时期(过去 2ka 多年来)希门错地区总体表现出变暖的趋势,并大致可以区分出 4 个阶段,也即 780—310B. C., 480—1460A. D. 的暖期和 310B. C. —480A. D., 1460—1930A. D. 的冷期,两次冷期在地貌上均有反映.

由于采样材料的限制,本研究对过去 2ka 多年来的气候重建分辨率还不够高,很难区分出年际甚至十年级的气候波动,但尽管希门错和同处青藏高原的古里雅冰芯同样记录了气候变暖的趋势,但希门错更加清晰的表征出“中世纪温暖期”、“小冰期”等气候事件,这和历史记载均较一致,可见湖泊沉积在重建历史气候中仍是相当有效的手段之一,只是在今后的工作中应需进一步提高研究的分辨率,为区域气候重建,乃至全球变化研究作贡献.

致谢 张辉玉同志帮助清绘图件,一起参加野外的还有王云飞、李世杰、张平中、郑本兴、王绍令等同志,在此一并表示谢意.

参 考 文 献

- 1 竺可桢. 中国近 5000 年来气候变迁初步研究. 1973, (2): 168—189
- 2 张丕远, 王净, 刘啸雷等. 中国近 2000 年来气候演变的阶段性. 中国科学(B辑), 1994, 24(9): 998—1008
- 3 王绍武. 小冰期气候的研究. 第四纪研究, 1995, (3): 202—212

- 4 张德二. 中国南部近五百年冬季温度变化的若干特征. 科学通报, 1980, 25(6): 270—272
- 5 姚檀栋, 秦大河, 田立德等. 青藏高原 2Ka 来温度与降水变化—古里雅冰芯记录. 中国科学, 1996, 26(4): 348—353
- 6 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
- 7 项亮, 夏威夷, 王苏民. 黄河源区希门错湖泊沉积孔柱放射性核素分布及时标信息辨析. 见: 青藏项目专家委员会编. 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究. 学术论文年刊(1994). 北京: 科学出版社, 1995. 168—174
- 8 Swain B. Measurement and interpretation of sedimentary pigment. *Freshwater Biology*, 1985, 15: 53—75
- 9 薛滨, 潘红玺, 王苏民. 15 万年来 RH 孔沉积的古色素及其环境演化. 见: 青藏项目专家委员会编. 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究. 学术论文年刊(1994). 北京: 科学出版社, 1995. 161—167
- 10 郑本兴, 李世杰, 王苏民. 若尔盖盆地周围高山第四纪冰川演变历史. 见: 青藏项目专家委员会编. 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究. 学术论文年刊(1994). 北京: 科学出版社, 1995. 218—226

PALAEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION OF XIMEN CUO IN HISTORICAL PERIOD INFERRED FROM PIGMENT RECORD

Xue Bin Pan Hongxi Xia Weilan Wang Sumin

(*Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences Nanjing 210008*)

Abstract

The climate in the last 2000 years has been highlighted in the field of global change. Ximen Cuo (33°23'N, 101°08'E) is a modern glacial lake. The core sampled at the lake bay (XM9201) has a depth of 1.47m. The AMS radiocarbon on the organic mud at 1.4m deep is dated at 2600 ± 120aB. P. Meanwhile the radionuclide measurement suggests that the sedimentary rate is about 0.68mm/a, coinciding with the depositional rate inferred from ¹⁴C data. Therefore, the sample at the interval of 2cm has a resolution of 30—40 yr.

According to the synthetic analysis on all kinds of pigments, the study suggests that the Ximen Cuo (lake), lying in the eastern Tibetan Plateau, has undergone a climatic evolution something like that of historical record in East China, especially the climatic events, such as "Medieval Warm Period", "Little Glacial" etc., but unlike the ice core record in Tibetan Plateau. This paper has also probed into the characteristics of the different events.

The study indicates that limnological study is also an effective tool to research on the historical climate, especially in the areas where there are no suitable materials for historical climate research such as historical documents, tree-ring, ice-core, etc.

Key Words Ximen Cuo, historical period, sedimentary pigment, palaeoenvironmental change