

DOI: 10.3724/SP.J.1140.2012.05123

云南星云湖沉积物植硅体记录的近代环境变化

张宏亮¹, 方相林¹, 冯庆来², 邹胜利¹

(1 安阳师范学院, 安阳 455002; 2 中国地质大学 地球科学学院, 武汉 430074)

摘要:为探讨气候变化与人类活动对湖泊环境影响, 在云南星云湖水深 8.2 m 处采集 1 支 85 cm 长的柱状沉积岩心, 对沉积岩心中的植硅体分析结果表明, 植硅体种类丰富, 呈有规律变化, 其组合揭示了近 160 a 以来星云湖地区环境演变过程。植物种类之间存在不同的比例关系, 而且留下了人为扰动的明显印记。在整个沉积物柱的植硅体组合中, 松等大型乔木始终占有很高的比例, 而且越到上部比例越大, 除了受滇中地区气候地理因素的影响外, 可能还有人为的原因。星云湖地区近 160 a 来的气候有明显的波动, 由温凉湿润到湿热再到湿热的趋势, 在 20 世纪 20 年代与 40 年代是高温期, 而 40 年代是最湿热的, 这与传统中提到的 80 年代温室效应说法不相吻合。

关键词:湖泊沉积; 植硅体; 环境变化; 星云湖

中图分类号: P532

文献标识码: A

文章编号: 0256-1492(2012)05-0123-07

作为植物考古学的一个新研究领域, 植硅体分析在考古学和地质学中皆得到了广泛的应用^[1-4]。在中国, 学者先后对部分现代植物、古代遗址样品、黄土样品、浅海沉积、河流沉积、沙丘堆积、湖泊沉积等做了植硅体分析^[5-12]。湖泊沉积研究与全球环境之间存在密切关系, 沉积物中植硅体组合研究是恢复第四纪古植被、重建第四纪古环境, 划分对比地层、重建古气候变迁的重要基础。

星云湖是滇中湖群重要湖泊之一, 为半封闭型高原湖泊, 汇水面积小, 其沉积物可以集中体现流域环境的变化。针对星云湖的研究多集中在其形成、沉积物的矿物组成、元素分析、富营养化、资源开发与利用及环境保护方面^[13-19]。本文通过对星云湖沉积物中植硅体的分析, 以探讨星云湖地区近 160 a 来的气候环境变化, 揭示其近现代气候与人类活动对湖泊环境变化的影响及其在湖泊沉积物中的记录。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

星云湖位于云南中部, 为滇中湖群重要湖泊之一, 北距昆明约 80 km, 西距玉溪 20 km (图 1), 属于珠江流域南盘江水系的源头湖泊, 为半封闭高原

断陷型浅水湖。湖面高程 1 722 m, 水域面积 34.7 km², 平均水深 7 m, 水容量 1.833 × 10⁴ m³。湖水经隔河流入抚仙湖, 多年平均泄水量约为 2 400 × 10⁴ m³。主要入湖河流有东西大河、螺蛳铺河等 14 条季节性河流。湖泊积水主要靠降雨补给, 湖水循环更新较为缓慢。研究区属中亚热带季风气候, 流域四季寒暑不分明, 年平均气温 13.4~16.5 °C; 多年平均降雨量 879.1 mm, 年均蒸发量是降雨量的 1.14 倍; 干湿季分界明显, 夏秋受印度洋西南暖湿气流和北部湾东南暖湿气流控制而多雨; 冬春受印度大陆北部干暖气流和北方南下的干冷气流控制而干旱。

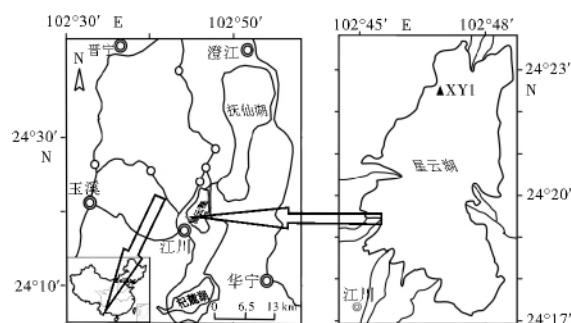


图 1 研究区域及采样位置

Fig. 1 Location of the studied area and drilling core

1.2 样品采集和年代

2004 年 7 月于云南江川县星云湖湖管站东约 1 000 m 处(24°21'270"N, 102°46'128"E)(图 1)采

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40232025)

作者简介: 张宏亮(1970—), 男, 讲师, 博士, 主要从事湖泊环境与变化研究, E-mail: phytolith@163.com

收稿日期: 2012-02-22; 改回日期: 2012-04-23. 文凤英编辑

集沉积岩心, 采样点水深 8.2 m。用美国产活塞式水下取心器垂直湖面取样, 所得沉积岩心(XY1)长约 85 cm, 水土界面清晰, 较好地保证了采样质量。现场以 4 cm 为间距连续分割采集样品共 22 个用作植硅体分析。

沉积岩心自上而下可分为 3 层, 简述如下:

第 1 层: 0~10 cm 为深灰—灰黑色腐殖淤泥层, 表层是 1~2 cm 厚的未腐烂的生物残体堆积层, 腥臭异常。

第 2 层: 10~28 cm 为深灰—灰黑色富有机质的淤泥层, 偶见夹有黏土层和粉砂层。

第 3 层: 28~85 cm 为灰黄色灰褐色黏土层, 有机质含量少, 颜色变浅, 底栖生物稀疏, 在 30~34 cm 和 54~56 cm 处见螺壳。

沉积物定年是进行古环境变化研究的重要基础。XY1 岩心年代模式的建立, 基于张世涛^[19]研究星云湖沉积速率时所选岩心的连续²¹⁰Pb 同位素年代学测试资料^[14]。计算表明, 星云湖 20 世纪 90 年代的沉积速率高达 1 cm/a; 70 年代末至 90 年代初沉积速率为 0.566 cm/a; 70 年代沉积速率为 0.84 cm/a; 20 年代至 60 年代的沉积速率为 0.67 cm/a。20 年代以前的沉积速率 0.33 cm/a。上述沉积速率与 1989 年宋学良等在湖心所采泥心的²¹⁰Pb 测试结果(明尼苏达大学湖泊研究中心测定)基本一致^[15]。依据以上沉积速率对 XY1 钻孔沉积年代进行了推算, 整个岩心为 1840 年以来的沉积。

1.3 植硅体分析

本研究在中国地质大学地球表层系统开放实验室完成, 具体步骤如下:

取风干样约 5~10 g, 碎样后装于 1 000 mL 已编号的塑料杯中; 加入体积为样品两倍的 30% 的盐酸去除钙质, 24 h 后(反应完全后)加入清水洗样至中性; 向烧杯中加入与样品同体积的 H₂O₂ 去除样品中的有机质成分, 待反应完全后, 用清水洗至中性; 部分样品移至 50 mL 的离心管中去除水分, 再加入体积为样品两倍的碘重液(密度约 2.3)并搅拌均匀, 在转速为 2 000 r/min 的情况下, 离心 20 min 得上浮的植硅体样品; 上浮物连同重液一起倒入 150 mL 的玻璃杯中, 加入 5% 的冰乙酸溶液并放置 24 h, 以清洗植硅体上所粘重液; 玻璃杯中所得植硅体移至 10 mL 塑料试管中离心去除酸液, 再加入清水离心两次以确保植硅体颗粒表面清晰; 经过如上步骤处理后, 每个样品制作若干玻片, 在 Olympus 生物镜下鉴定和统计。

2 结果

镜下统计分析显示星云湖表层沉积物的植硅体含量非常丰富, 除个别样品观察较少外, 其余均发现大量植硅体, 并且分异度也很高。按照王永吉、吕厚远^[5]形态分类系统, 同时参照 Twiss^[20]自然分类系统, 对星云湖沉积物植硅体进行生态环境的研究。关于植硅体的命名, 2005 年 8 月, 国际植硅体会议主席 M Madella 和法国 CEREGE 的 A Alexander 及国际植硅体会议秘书 T Ball 联合提出了一套植硅体国际命名规则 ICPN 1.0, 对植硅体的描述给出了特定的顺序和描述词语^[21]。本文参照此命名规则进行了植硅体描述分析。发现植硅体主要来源于禾本科植物, 少数为莎草科, 另外还包括裸子植物、阔叶类和蕨类植硅体。草本类植硅体主要形态有方型、长方型、扇型、哑铃型、齿型(长齿和短齿)、尖型(长尖型和短尖型)、棒型、鞍型、帽型等; 裸子植物的植硅体主要有石屑型、靴型; 阔叶类植硅体主要有薄板型、球型、纺锤型、导管型等; 蕨类植物植硅体则以三棱柱型、波状棒型、穴状棒型多见。

根据统计分析, 星云湖植硅体可分为以下几个组合(图 2)。

组合Ⅳ: 深度 84~56 cm, 对应时间约为 1840—1930s, 该组合中方型、长方型、扇型、鞍型、哑铃型(0.9%~11.8%)等喜暖类型占有优势, 冷型如尖型、帽型、齿型含量也较高。另外还有数量较多的石屑型、平滑棒型, 蕨类植硅体波状棒型、三棱柱型以及阔叶类植硅体如薄板型、纺锤型。总之本组合带植硅体丰度和分异度均较高。

组合Ⅲ: 深度 56~32 cm, 对应时间约为 1930—1950s。该组合带中喜暖类型与上一组相同, 长方型含量进一步增加, 哑铃型、鞍型等也丰富, 扇型得到最高峰, 示冷型植硅体所占比例下降, 尖型降到最低点, 但齿型和帽型却还有相当高的水平。蕨类植硅体三棱柱型、波状棒型变化不大, 裸子植物植硅体石屑型、多面体型出现剖面最高值。

组合Ⅱ: 深度 32~16 cm, 反映 1950—1980s 年间的植被。组合中暖型植硅体波动不大, 方型、扇型出现剖面次高值, 长方型出现最高值, 鞍型、哑铃型较上一组合略有增多。冷型植硅体比例增加, 如尖型、突起棒型、棒型出现剖面最高值, 另外, 一个显著特征是平滑棒型大量出现, 而多面体型则全部消失。石屑型、纺锤型较前两个组合降低, 膝型则开始居多。

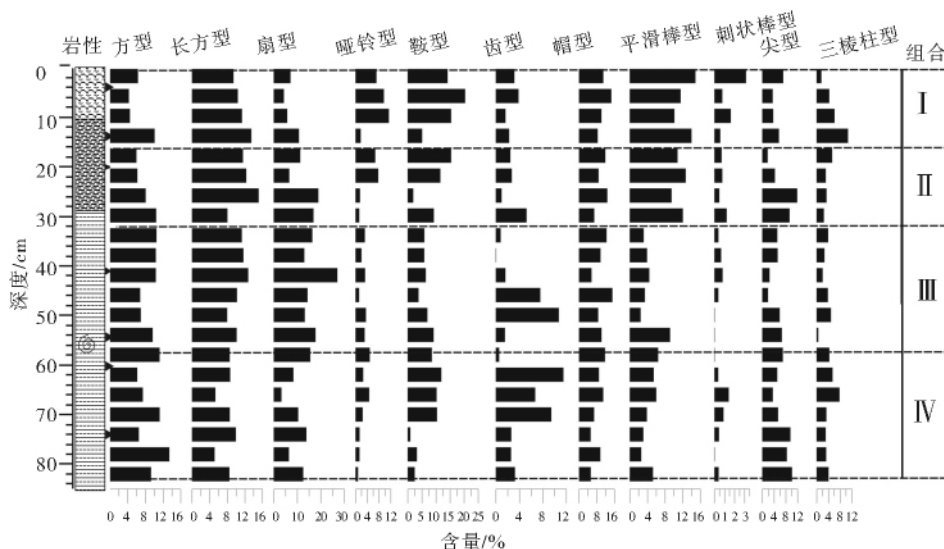


图 2 云南星云湖沉积物植硅体组合图式

Fig. 2 Phytolith diagrams in the sediments of Xingyun Lake

组合 I :深度 16~0 cm, 反映 1980s 以来环境特征。暖型植硅体含量略有降低。其中方型、长方型变化不大,扇型含量相对减少,鞍型和哑铃型增多,分别得到剖面最高值。示冷型植硅体主要有尖型、齿型、帽型,平滑棒型含量继续升高。蕨类三棱柱型、波状棒型均由高到低。阔叶类植硅体薄板型、膝型、球型含量也相当可观。

3 环境及气候意义

在研究过程中主要采用下列指标,利用草本型、木本型植硅体颗粒含量相对多少来研究地表植被草本类覆盖指数 $IP/D(\text{Grass cover density index}) = \text{Poaceae morphotypes}(\text{禾本科类植硅体}) / \text{Ligneous Dicots}(\text{木本双子叶类植硅体})$;利用示暖型、示冷型植硅体颗粒含量的多少,计算当时沉积环境草本地表植被所反映的气候温暖程度,即温暖指数 $I_w(\text{Warmth Index}) = (\text{示暖型植硅体} / (\text{示暖型植硅体} + \text{示冷型植硅体}))^{[10]}$;同时,还利用 C4 类草本植物画眉草亚科(*Chloridoid*)、黍亚科(*Panicoid*)(大多数为 C3 植物)所指示的干旱性、非干旱性气候特点来计算当时的干旱指数,即 $I_{ph}(\text{aridity index}) = \text{Chloridoid}(\text{画眉草亚科}) / (\text{Chloridoid} + \text{Panicoid})$ 。

3.1 植被变化

陆生植物依光合作途径区分为 C3、C4 和 CAM 植物。C3 植物具有类型、生物量及地理分布

上的优势,C4 植物能适应较高温度和干旱环境^[22]。植物分布还受温度、降雨、光照等基本气候因子所控制,它们与 C4 植物分布的关系已有诸多学者进行了探讨^[23-24]。对于土壤和地层研究来说,很难恢复 C3 或 C4 植物的种数,但可以根据 C3、C4 植硅体的含量来推测它们的相对丰度。国内外研究表明,C3、C4 植物硅酸体存在明显的差别,特别是表皮短细胞硅酸体区别最为明显,C3 植物的典型代表,早熟禾亚科以齿型、帽型等为特征,C4 植物的典型代表,画眉草亚科和黍亚科分别以短鞍型和哑铃型为特征。我国各地表层土壤中禾本科 C3、C4 植物特征硅酸体类型的分布,表现出自南向北、自东向西 C4/C3 比值逐渐降低的趋势分别与纬度和海拔高度的变化相对应^[25]。

从地表植被草本类覆盖指数 IP/D 植硅体记录来看,星云湖流域植被面貌在过去近 160 a 中有较大的变化,经历了森林为主—草木为主—森林为主的波动过程。裸子植物与阔叶类植物相对比值呈整体下降趋势,反映了森林组成结构的变化过程(图 3)。

组合 IV 中,C3 与 C4 植物比相对较为稳定,呈小幅度上升趋势,反映了 C3 植物占有优势。此时裸子植物与阔叶类植物的比值整体处于偏高阶段,但呈上升趋势,阔叶类植被比例越来越高,得到整个剖面的最高值。IP/D 指数(1.3~3.6)与 IC4/C3(0.46~0.87)趋势基本一致,呈小幅度上升。此时森林盖度维持在较高水平,虽有小幅度波动但相对比较稳定,属于正常波动。代表温凉湿润环境,气候向温暖方向

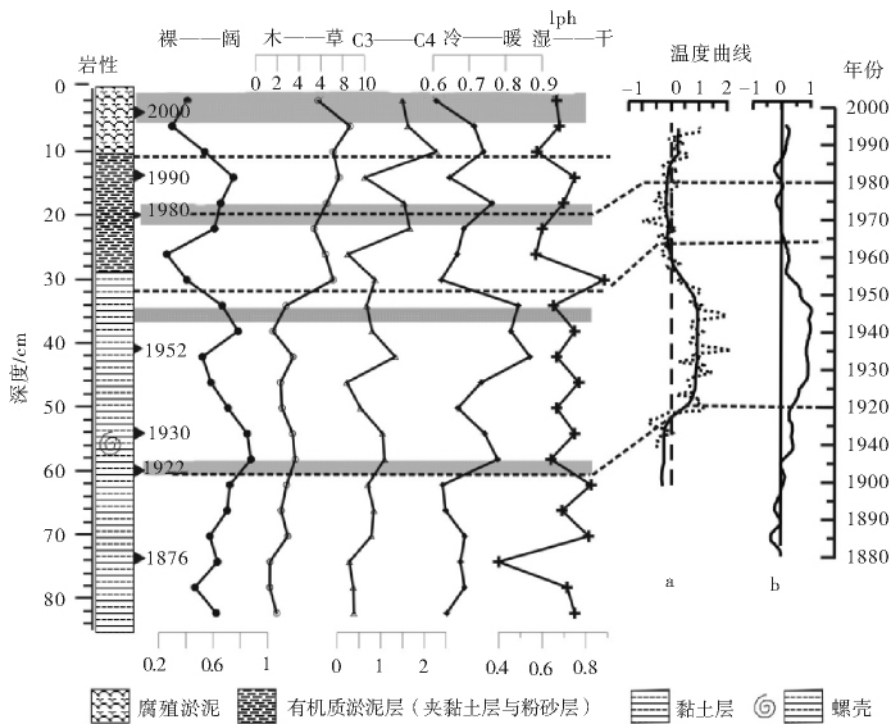


图3 云南星云湖植硅体主要环境指标与温度的对比及其人类活动事件(阴影标志)记录
(a)云南近百年的地面气温变化特征^[26]; (b) 1880—1996年西南气温距平^[27]

Fig. 3 Correlation of phytolith change index, temperature and human activities

发展。针叶林占优势但呈下降趋势,局部有波动但幅度较小。反映人类对环境的影响还不大。

组合Ⅲ:本组合带植硅体扇型和长方形等示暖性植硅体含量较大,地表植被草盖度 IP/D(1.6~3.4)显示草本植物含量升高,木本植物较前一组合带含量略低。但从其他指标来看气候湿热,大约在40年代中期气温达到最高,整个组合带属于湿热型特征,IC4/C3为0.2~1.3,波动幅度较大。裸阔比(0.52~0.85)指示裸子植物所占比例降低。

组合Ⅱ:依据本组合带植硅体 IP/D(5.3~7.1)即草本与木本比例来看,1950s中后期草本植物比例明显攀升,草本植物所占比例在整个剖面中出现次高值,超出以前波动幅度,在后期则回升。裸阔比(0.26~0.85)显示裸子植物也呈下降趋势,这可能与大炼钢铁和毁林开荒有直接联系。反映了人类活动对环境的干扰已超出自然影响。

组合Ⅰ:该组合带植硅体木本植被逐渐恢复,IP/D指数为3.9~9.14,森林盖度增加,但裸阔比为0.3~0.75,显示植物种群单一化局面继续发展,可能是因为文革以后拨乱反正,实行农村生产责任制,人们对环境的破坏减少,使自然生境得以恢复,同时人们的环境意识有所增强,停止了围湖造田,减少了毁林开荒,且大力发展植树造林,保持水土,使

森林覆盖率大大增加,但人造林树种单一,以针叶林居多。

表层沉积物植硅体分析可以反映流域植被的历史变化过程,每个植硅体组合反映不同的植被面貌,星云湖表层沉积物的植硅体组合从一个侧面显示了星云湖流域近160a以来不同时期的环境变化。不同时期植物种类之间存在不同的比例关系,而且留下了人为扰动的明显印记。在整个沉积物柱的植硅体组合中,松、杉等大型乔木始终占有很高的比例,而且越到上部比例越大,这除了受滇中地区气候地理因素的影响外,可能还有人为的原因,人们在保护森林资源和植树造林过程中往往只是注重了大型的乔木而忽视了灌木和草本植物,另外在树种选择中也多倾向于松、柏等针叶类树种,从而造成分异度低、林相单一的人工林越来越占有更大比例,致使森林生态失衡,生态效益低下。

3.2 气候意义

从温暖指数 Iw 和干旱指数 Iph 分析,我们可以推断出星云湖流域近百年来气候演变趋势,从而把握环境演变的宏观背景(图3)。

组合Ⅳ:该组合中示暖型植硅体占有优势,而示冷型植硅体含量也很高,表明当时的整体气候环境

适合植物生长,森林结构比较合理。温暖指数 I_w 介于 0.62 到 0.77 之间,在此期间气候比较稳定,略呈变冷趋势,但在末期开始了一次增温过程,结合干旱度 I_{ph} (0.4~0.82),期间有一次明显的湿度增加过程,然后又大幅升温。

组合 III:暖型植硅体含量占有明显优势, I_w 变化于 0.66~0.86 之间,比上一组合高,同时出现最高值,反映了一段比较热的气候,从 I_{ph} 干旱指数 0.65~0.76 来看整个组合呈现干湿交替波动,在 40 年代是湿热气候阶段。

组合 II: I_w 在 0.62~0.76 之间波动,对应于 20 世纪 40 年代高温期后,气候逐渐向冷干发展,60 年代是一个相对的温凉期,之后温度回升,于 20 世纪 80 年代得到一个暖期,但从 I_w 曲线来看,即使在 80 年代,温度也没有高过 40 年代,大致相当于 20 年代的水平, I_{ph} 为 0.57~0.88,指示本地区有向干旱化发展的趋势。

组合 I:温暖指数 I_w 为 0.46~0.73,显示在 90 年代升温后,气温呈下降趋势,其原因尚待进一步研究解释。干旱指数 I_{ph} 为 0.57~0.7,仍然呈现干旱化趋势。

王绍武所做的近百年来我国气温曲线也显示,20 世纪 20 与 40 年代西南地区有两个高温过程,并且最高温出现在 40 年代,其温度曲线与植硅体组合反映的气候曲线有很高的拟合性(图 3)^[26]。张世涛、宋学良等的研究成果也支持了本文的观点^[15,17]。但是,植硅体气候曲线指示 90 年代以后的变冷趋势却没有得到很好的解释,其原因有待进一步研究。

类似证据包括尤卫红等对云南近百年低温事件的研究^[27](图 3)。从图中可以看出,云南近百年来气温变化主要经历了 4 个较大时间尺度的演变,它们分别是 1919 年以前的偏冷期、1920—1954 年的偏暖期、1955—1986 年的偏冷期和 1987 年以后的偏暖期。对应于这种较大时间尺度的演变,云南的气温变化表现出了十分明显的突变特性,其冷暖交替的突变点分别发生在 1920、1955 和 1987 年。这与植硅体反映的时间基本吻合,再次证明植硅体作为气候代用指标的灵敏性与可靠性。

4 结论

(1)星云湖表层沉积物的植硅体组合从一个侧面显示了星云湖流域近 160 a 以来不同时期的环境变化。不同时期植物种类之间存在不同的比例关

系,而且留下了人为扰动的明显印记。人们在保护森林资源和植树造林过程中往往只是注重了大型的乔木而忽视了灌木和草本植物,树种选择中也多倾向于松、柏等针叶类树种,从而造成分异度低、林相单一的人工林越来越占有更大比例,致使森林生态失衡,生态效益低下,值得引起人们注意。

(2)星云湖地区近 160 a 来的气候有明显的波动,呈温凉湿润到湿热再到温热的趋势,在 20 世纪 20 年代与 40 年代是高温期,而 40 年代是最湿热的,这与传统中提到的 80 年代温室效应说法不相吻合,说明温室效应在云南反映不强烈,其水平与 20 年代相当,或者说全球变暖在高纬度地区表现的更为明显。

致谢:感谢云南地质科学研究所宋学良、张子雄教授,叶许春、李春卉等在野外工作中给予的极大帮助以及中国地质大学喻建新、顾延生教授在实验中给予的热情指导。

参考文献(References)

- [1] Barboni D, Bonnefille R, Alexandre A, et al. Phytoliths as palaeo-environmental indicators, west side Middle Awash Valley, Ethiopia [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1999, 152: 87-100.
- [2] Rovner I. Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction[J]. *Quaternary Research*, 1971, 1:343-359.
- [3] Rovner. Plant opal phytolith analysis: Major Advances in Archaeobotanical Research[C]//In Schiffer M. ed. *Advances in Archaeological Method and Theory*. New York Academic Press, 1983, 6: 225-266.
- [4] Piperno D R. Phytolith Analysis: An Archaeological and Geological Perspective[M]. San Diego: Academic Press, 1988: 9-27, 132-156.
- [5] 王永吉, 吕厚远. 植物硅酸体的研究及应用[M]. 北京: 海洋出版社, 1993. [WANG Yongji, LV Houyuan. *The Study of Phytolith and Its Application* [M]. Beijing: China Ocean Press, 1993.]
- [6] 吕厚远, 王永吉. 晚更新世以来洛川黑木沟黄土层中植物硅酸体研究及古植被演替[J]. *第四纪研究*, 1991, 11(1): 72-84. [LV Houyuan, WANG Yongji. A study on phytoliths in loess profile and paleoenvironmental evolution at Heimugou in Luochuan, Shaanxi Province, since Late Pleistocene[J]. *Quaternary Sciences*, 1991, 11(1): 72-84.]
- [7] 谢曼萍, 刘占红, 张世涛, 等. 云南陆良彩色沙林晚第三纪地层中的植硅石[J]. *第四纪研究*, 2004, 24(4): 479. [XIE Manping, LIU Zhanhong, ZHANG Shitao, et al. Phytolith from late color sand forest in Luliang, Yunnan[J]. *Quaternary Sciences*, 2004, 24(4): 479.]
- [8] 郑祥民, 赵健, 周立旻, 等. 东海嵯山岛风尘黄土中的植物硅酸体与环境研究[J]. *海洋地与第四纪地质*, 2002, 22(1): 25-

30. [ZHENG Xiangmin, ZHAO Jian, ZHOU Limin, et al. Phytolith and its paleoenvironmental significance in aeolian loess of Shengshan island of the East China Sea[J]. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 2002, 22 (1):25-30.]
- [9] 吕厚远, 刘东生, 吴乃琴, 等. 末次间冰期以来黄土高原南部植被演替的植物硅酸体记录[J]. *第四纪研究*, 1997, 20(4):336-349. [LV Houyuan, LIU Dongsheng, WU Naiqin, et al. Phytolith record of vegetation succession in the southern loess plateau since late Pleistocene [J]. *Quaternary Sciences*, 1997, 20 (4):336-349.]
- [10] 王伟铭, 刘金陵, 周晓丹. 南京直立人洞穴堆积的植硅体气候指数研究[J]. *科学通报*, 2003, 48(11): 1205-1208. [WANG Weiming, LIU Jinling, ZHOU Xiaodan. Climate indexes of phytoliths from Homo erectus' cave deposits in Nanjing[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48(11): 1205-1208.]
- [11] 徐德克, 李泉, 吕厚远. 棕榈科植硅体形态分析及其环境意义[J]. *第四纪研究*, 2005, 25(6):758-765. [XU Deke, LI Quan, LV Houyuan. Morphological analysis of phytolith in palmae and its environmental significance [J]. *Quaternary Sciences*, 2005, 25(6):758-765.]
- [12] 李泉, 徐德克, 吕厚远. 竹亚科植硅体形态学研究及其生态学意义[J]. *第四纪研究*, 2005, 25(6):777-784. [LI Quan, XU Deke, LV Houyuan. Morphology of phytolith in bambusoideae(gramineae) and its ecological significance[J]. *Quaternary Sciences*, 2005, 25(6):777-784.]
- [13] 赵永胜. 云南星云湖断陷湖盆中粘土矿物组合特征与沉积环境关系的初步探讨[J]. *海洋与湖沼*, 1993, 24(5):447-455. [ZHAO Yongsheng. A preliminary study on the relationship between the characteristics of clay mineral assemblage and sedimentary environment in fault basin of Xingyun Lake[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1993, 24(5): 447-455.]
- [14] 张世涛. 近现代星云湖的沉积作用与环境变化研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2001. [ZHANG Shitao. A study of Sedimentation and Environmental Evolution in Modern Lake Xingyun, Central Yunnan [D]. Wuhan: China University of Geosciences, 2001.]
- [15] 宋学良, 李百福, Brenner M, 等. 云南中部石灰岩地区高原湖泊古湖沼学研究[M]. 昆明: 云南科学技术出版社, 1994. [SONG Xueliang, LI Baifu, Brenner M, et al. Paleolimnological Studies on the Limestone District in Central Yunnan China [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1994.]
- [16] 刘俊, 陈红. 星云湖水生生态系统变迁及富营养化的变化分析[J]. *云南环境科学*, 2000, 19(2):42-44. [LIU Jun, CHEN Hong. Analysis on change of aquatic eco-system and eutrophication in Xingyun lake [J]. *Yunnan Environmental Science*, 2000, 19(2):42-44.]
- [17] 张世涛, 宋学良, 张子雄, 等. 星云湖表层沉积物矿物组成及其环境意义[J]. *地球科学进展*, 2003, 18(6): 928-932. [ZHANG Shitao, SONG Xueliang, ZHANG Zixiong, et al. The changing of mineral composition and environmental significance in surface sediments of Xingyun Lake[J]. *Advance in Earth Sciences*, 2003, 18 (6): 928-932.]
- [18] 张立原, 张宏亮, 张世涛, 等. 滇中星云湖地区 200 年来的环境演化[J]. *地质科技情报*, 2006, 25(3): 8-12. [ZHANG Liyuan, ZHANG Hongliang, ZHANG Shitao, et al. Environmental evolution in the past 200 years of Xingyun lake, central Yunnan Province, Southwest China[J]. *Geological science and Technology Information*, 2006, 25 (3): 8-12.]
- [19] Hongliang Zhang, Shijie Li, Qinglai Feng, et al. Environmental change and human activities during the 20th century reconstructed from the sediment of Xingyun Lake, Yunnan Province, China [J]. *Quaternary International*, 2010(212): 14-20.]
- [20] Twiss P. C Predicted world distribution of C3 and C4 grass Phytoliths. *Phytolith Syatemtics*[J]. *Advances in Archaeological and Museum Science*, 1992, 1: 113.
- [21] Madella M, Alexande A, Ball T. International code for phytolith Nomenclature 1.0[J]. *Annals of Botany*, 2005, 96(2): 253-260.
- [22] Ehleringer J R. Genera known to Possess the Crassulacean acid Metabolism (CAM) pathway[J]. *HortScience*, 1979, 14 (3):217-222.
- [23] Tieszen L L, Senyimba M M, Imbamba S K, et al. The distribution of C3 and C4 grass peciesal ongan altitudinal and moisture gradient in Kenya[J]. *Oecologia*, 1979, 37:337-350.
- [24] Teeri J A, Stowe L G. Climatic patterns and the distribution of C4 grasses in North America[J]. *Oecologia*, 1976, 23:1-12.
- [25] 吴乃琴, 吕厚远, 聂高众, 等. C3、C4 植物及其硅酸体研究的古生态意义[J]. *第四纪研究*, 1992, 3:241-251. [WU Naiqin, LV Houyuan, NIE Gaozhong, et al. Study on C3, C4 plant and its phytolith of palaeoecological significance[J]. *Quaternary Sciences*, 1992, 3: 241-251.]
- [26] 王绍武, 叶瑾琳, 龚道溢, 等. 近百年中国年气温序列的建立[J]. *应用气象学报*, 1998, 9(4):392-401. [WANG Shaowu, YE Jinlin, GONG Daoyi, et al. Construction of mean annual temperature series for the last one hundred years in China [J]. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 1998, 9(4): 392-401.]
- [27] 尤卫红, 傅抱璞, 林振山. 云南近百年气温变化与 8 月低温冷害天气[J]. *高原气象*, 1997, 16(1): 63-72. [YOU Weihong, FU Baopu, LIN Zhenshan. Climatic characteristics analyses of surface air temperature variations for Yunnan Province during the last one hundred years and chilling damage weather in August [J]. *Plateau Meteorology*, 1997, 16(1): 63-72.]

ENVIRONMENT EVOLUTION INFERRED WITH PHYTOLITHS FROM LACUSTRINE DEPOSITS OF XINGYUN LAKE

ZHANG Hongliang¹, FANG Xianglin¹, FENG Qinglai², ZOU Shengli¹

(1 Anyang Normal University, Anyang 455002; 2 Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract: The 85 cm core of XY-1 was obtained from the Xingyun Lake, in the central Yunnan Province, southwest China. The objective of the project was to get the geological record of environment change and disclose the relationship between human activities and the natural factors. 22 samples were used for phytolith analysis. Many types of phytoliths were found in the samples, showing a good relationship with the environment evolution. Results show that four climatic stages can be recognized according to the records since about 160 a, including the cool period before 1920s, the warm period between 1920s to mid-1950s with the warmest period in 1940s', the cool period between mid-1950s to 1970s and the warm period in 1980s. Vegetation evolution can also be restored according to phytolith records. Human activities were also recorded, such as the denudation and over reclamation during the end of 1950s. The phytolith are sensitive to the environmental changes. However, the increasing human activities may effect the record of the change in the nature. More detailed work should be done for better understanding the relationship between environment evolution and human activities.

Key words: lacustrine deposits; phytoliths; Xingyun Lake