

文章编号: 1008-2786-(2016)3-274-08

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000128

异龙湖湖泊沉积对流域人类活动的响应

陈思思 张虎才* 常凤琴 吴 汉 卢慧斌 刘东升¹

(云南师范大学旅游与地理科学学院高原湖泊生态与全球变化重点实验室,

高原地理过程与环境云南省重点实验室,云南 昆明 650500)

摘 要: 通过对异龙湖短钻岩芯沉积物粒度、碳酸盐以及有机质含量等环境代用指标研究,结合文献资料和当地气象数据并参考实验室其他项目组¹³⁷Cs-²¹⁰Pb方法建立的年代标尺,讨论了异龙湖流域1880年以来的环境变化和人类活动对湖泊沉积环境的影响。结果表明:岩芯35~25 cm段(1880—1936年)碳酸盐含量、中值粒径均值较高,表明这一时期为暖湿气候,TOC含量处于低值且平缓,证实人类活动对周围环境影响较小,湖泊环境变化的影响因素以自然因素为主;至25~15 cm段(1936—1996年)碳酸盐含量明显下降,有机质含量快速增加,指示湖泊沉积环境受人类活动影响强烈,碳酸根离子等其他化合物含量、反应条件、过程及碳酸盐沉淀保存条件发生改变,在此种情况下,指标已不能指示湖泊环境变化;岩芯15~0 cm段(1996—2013年)沉积物粘土含量升高,砂含量降低,应与异龙湖流域防护林工程有关,这一时期的指标特征表明人类活动强度较之前有所减弱,并且开始有意识地恢复流域生态。

关键词: 异龙湖; 粒度; 碳酸盐; 有机质; 人类活动

中图分类号: P931.6 X144

文献标志码: A

随着自然环境变化研究的深入开展,人类活动对环境变化的影响已成为目前全球探讨的热点和前沿问题。1996年,国际过去全球变化(PAGES)项目科学执行委员会将“农业时期土地利用和气候变化对流域系统的影响”计划列为新的国际合作研究领域,目的是加强十年至百年尺度人与自然相互作用的流域系统研究,为预测未来流域系统环境变化提供科学依据^[1]。在此背景下,十年至百年短时间尺度人与自然相互作用成为研究热点。湖泊沉积具有连续、沉积速率大、分辨率高、信息量丰富的特点,较好地记录了过去气候环境变化及人类活动影响的过程,沉积物对于研究区域环境变迁历史和预测未来环境变化具有借鉴意义^[2-3]。

云南高原湖泊位于青藏高原东翼,属于西南季风与东南季风交汇影响地区,其地理位置具有一定的特殊性^[4-5]。地处低纬高原,属北亚热带干燥季风与中热带半湿润季风气候区的异龙湖为云南九大湖之一,此外,异龙湖流域是石屏县政治、经济和文化中心,是石屏县赖以生存的基础,对当地人民的生产生活起着十分重要的作用。因此,异龙湖地理位置决定了其生态脆弱性及对气候环境变化和人类活动的敏感性。近半个世纪以来,由于多种原因的综合影响,湖区环境发生很大变化,许多学者从不同领域对异龙湖湿地保护^[6]、鱼类产业^[7-8]、旅游开发^[9-10]、生态环境^[11-13]等方面作了许多研究,但主要侧重从现状出发分析原因及对策,而对环境变化

收稿日期(Received date): 2015-02-13; 修回日期(Accepted): 2015-03-27。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金(41361008)、云南省高端人才引进项目(2010CI111)和湖泊沉积与环境变化云南省创新团队项目(2010CI)资助。[This study was funded by National Natural Science Foundation of China, No. 41361008, and Yunnan Provincial Government Senior Talent Program (2010CI111) and The Innovation Team Project on Lake Ecology and Environmental Change of Yunnan (2011CI).]

作者简介(Biography): 陈思思(1990-),女,汉族,海南文昌人,硕士研究生,研究方向为湖泊沉积与环境变化。[Chen Sisi (1990-), female, master candidate, majored in lake sediments and environmental evolution.] E-mail: chensisi929@163.com

* 通信作者(Corresponding author): 张虎才(1962-),男,汉族,陕西凤翔人,博士生导师,主要从事湖泊与环境变化研究。[Zhang Hucai (1962-), male, professor, mainly interested in lake sediments and environmental evolution.] E-mail: hucaizhang@yahoo.com

的背景及变化机制分析较少。本文通过对异龙湖沉积物粒度、碳酸盐以及有机质含量等指标的研究,通过对比指标特征参照异龙湖其他岩芯年代数据,结合文献资料和器测数据,探讨百余年以来人类活动干扰下的异龙湖湖泊沉积响应。

1 研究区概况

异龙湖($23^{\circ}38' \sim 23^{\circ}42'N$, $102^{\circ}30' \sim 102^{\circ}39'E$)位于云南省红河哈尼族彝族自治州石屏县境内,在县城异龙镇东南3 km处(图1),原属珠江水系,1971年开凿青鱼湾洞后湖水从青鱼湾隧道放出后流入红河。异龙湖为高原断陷溶蚀湖泊,呈东西向条带状,流域内地势平坦,湖泊呈半封闭状态,据2013年资料,湖面海拔1 411 m,现湖面面积约28.369 km²,流域面积360.4 km²,最大水深5.7 m、平均水深3.9 m,属典型的高原浅水湖泊^[14-15]。

湖区属北亚热带干燥季风与中热带半湿润季风气候区,干湿季分明,雨热同期。多年平均气温18.0℃,7月平均气温22.2℃,极端最高温34℃,1月平均气温11.5℃,极端最低温-2.4℃。多年平均降水量928 mm,5—10月降水量约占全年降水量的81.3%,潜蒸发量达到1 034.5 mm^[15]。湖水依赖地表径流、流域降水和地下水补给。主要入湖河流有城河(赤瑞海河)、城南河、城北河,其中城河上游与赤瑞湖相通。入湖河流除城河有常流水外,其他均为季节性河流。

异龙湖流域历史时期人类活动十分频繁、强度较大,导致其成为云南省九大高原湖泊中人为破坏最严重的湖泊之一。1952年初湖面高程为1 416.87 m,容积为 1.2×10^8 m³,湖泊面积为52.6 km²,同年年底挖深海尾河,放水发电、围湖造田,水位下降2.55 m。1971年打通青鱼湾改珠江水系为红河水系,又一次大规模放水和造田,使水位下降至1 411.97 m,湖泊面积不足4 km²,1981年曾发生湖水干涸^[13-16]。

据2014年2月云南省环保厅红河州环境监测站对异龙湖监测结果表明:湖泊水质类别劣于V类,水质重度污染,未达到III类水环境功能要求,呈严重的富营养化状态,存在湖泊沼泽化程度加剧、水质恶化、供需矛盾突出等环境问题。

2 材料与方法

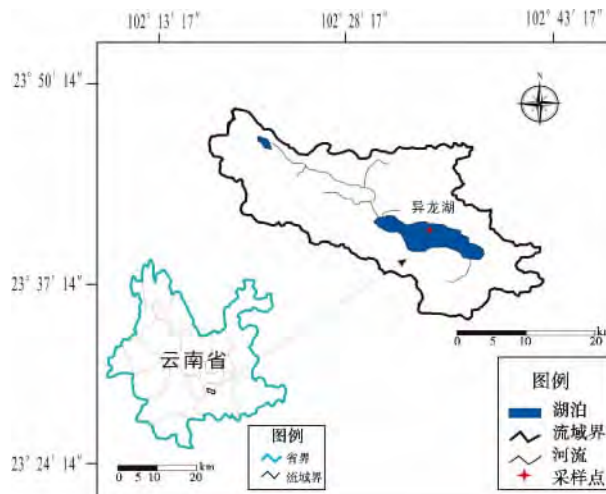


图1 异龙湖流域地理位置及采样位置图

Fig. 1 Location of the Yilong Lake and sampling site

2.1 样品采集

2014年2月,在异龙湖($23^{\circ}40'31''N$, $102^{\circ}34'22''E$)水深3.1 m的位置,利用重力采样器钻取得湖泊短钻岩芯(YLH-1),长度为36 cm(图1)。柱芯上部为黑色,向下颜色逐渐变浅至下部为灰白色。考虑到分析精度和沉积物的连续性,同时还钻取3个平行柱状沉积物以保证其准确性。通过对湖区沉积浅钻岩芯对比发现,本钻位置沉积连续,代表性良好。野外现场以0.5 cm间距分样,运回实验室进行各环境指标测试。

2.2 实验方法

样品粒度分析采用英国MALVERN公司生产的Mastersizer2000激光粒度仪完成。前处理步骤为先取0.25 g风干样品于烧杯中,加入10%过氧化氢10 mL,并加热去除样品中的有机质,其次加入10%盐酸10 mL,加热去除碳酸盐。反应完全后用蒸馏水浸泡24 h,抽出上面清水并加入10%六偏磷酸钠分散剂10 mL,放入超声波振荡仪中振荡10 min,以使样品充分离散,最后上机测定。实验分析前后用MALVERN公司提供的粒径为15~150 μm的标样对仪器的稳定性进行监测,测量结果粒径与标样一致。

碳酸盐含量采用气量法测定。实验过程为在恒温恒压条件下,将干燥样品研磨并过100目筛子,然后称取0.6~0.7 g,并加入10 mL 1:4稀盐酸,收集反应所产生的气体并读数。先测定加入盐酸后产生CO₂的气体体积,然后转化成CaCO₃含量,其重复测量误差小于±1%。测试中每隔10个样品进行一次标样测试,标样为纯度99.9%的碳酸钠,误差范围控制在1%以下。

有机质(TOC) 含量采用烧失量法,将样品放入坩锅中于烘箱中干燥,冷却至室温后用分析天平称重,然后送入马弗炉,在 550 ℃ 下烧 5 h,待马弗炉温度降至 200 ℃ 左右时,取出坩锅置于干燥器中,待坩锅降至室温后再次称重,烧失部分重量占干样重量的百分比为烧失量(LOI),样品分析测试均在云南师范大学高原湖泊生态与全球变化实验室完成。

3 结果与分析

3.1 年代序列建立

异龙湖 YLH-1 岩芯与 2013 年 7 月采取的 YL-1(23°39'53"N, 102°36'15"E) 孔岩芯的粒度、碳酸盐含量等指标(待发表数据) 变化趋势较一致,因此可借助两孔粒度指标对比获取本文岩芯年代。图 2 为 YL-1 孔深度与年代关系图(详细的年代学研究结果将有另外发表),采用内插法,岩芯底部 36 cm 处,对应于 19 世纪 80 年代,即 1880 年。钻孔 19.5 ~ 20.5 cm 处沉积物粒度各指标都比较稳定,中值粒径和 $> 64 \mu\text{m}$ 颗粒含量均处于低值,表明这一时期流域径流水动力较低,携带碎屑物减少,并且颗粒较细,指示异龙湖流域出现干旱。通过已建立的年代序列可以计算出这一段大致对应时间为 1979—1981 年,刚好对应 1978—1980 年异龙湖连续 3 a 干旱时期,这期间湖水水位持续降低,并在 1981 年出现暂时性干涸。这证明了建立的年代序列是可靠的。从图 2 可看出,异龙湖沉积速率可分为两个阶段,即 1906—1980 年期间沉积速率较慢,1980 年之后沉积速率发生较大变化,速率变快且较稳定。1980 年代后发生改变,其原因是 1970 年代—1980 年代异龙湖流域大规模的围湖造田,1981 年 5 月湖泊干涸,1983 年蓄水达 $9.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,这一系列的人类活动导致了异龙湖沉积速率加快。

3.2 环境代用指标变化特征

本文采用 Udden—Wentworth 粒度划分标准(砂: $64 \sim 2\,000 \mu\text{m}$ 、粉砂: $4 \sim 64 \mu\text{m}$ 、黏土泥质 $< 4 \mu\text{m}$) 其垂直变化分析结果如图 3。异龙湖沉积物颗粒以粉砂为主,含量介于 30% ~ 70%; 砂级含量变化最大,在 4% ~ 52% 之间; 中值粒径含量介于 4% ~ 30%。钻孔 22 cm 以下沉积物中四组粒度组分均波动较大且十分频繁,中值粒径处在较高值段,平均为 10%, $> 64 \mu\text{m}$ 颗粒与 $4 \sim 64 \mu\text{m}$ 颗粒也处于高值段, $< 4 \mu\text{m}$ 颗粒处于较低值段。15 ~ 22 cm

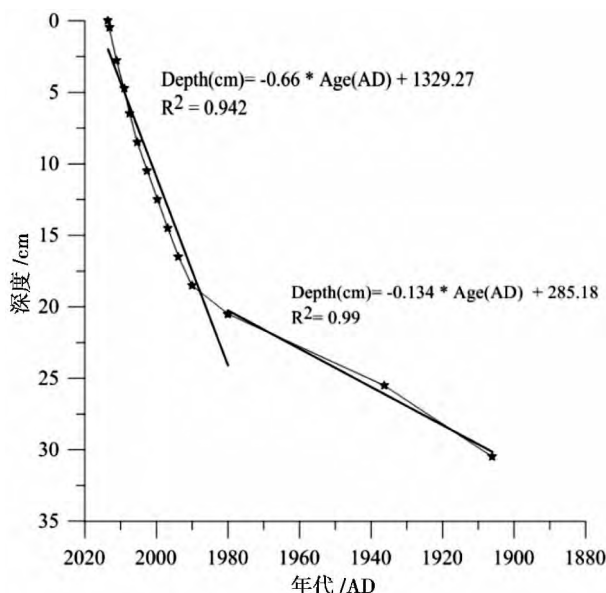


图 2 YL-1 孔深度和年代关系图

Fig. 2 Relationship between depth and age for YL-1

沉积物粒度各指标与上一阶段相比波动较小,值得注意的是,钻孔 19.5 ~ 20.5 cm 处沉积物粒度各指标都比较稳定,中值粒径和 $> 64 \mu\text{m}$ 颗粒含量均处于低值。0 ~ 15 cm 沉积物 $< 4 \mu\text{m}$ 颗粒变化趋于平缓且有所增加, $> 64 \mu\text{m}$ 颗粒和中值粒径变化都趋于平缓且有所减少。

异龙湖钻孔样品中 CaCO_3 含量和 TOC 含量(图 4) 的变化表现为较好的负相关性。 CaCO_3 含量较高,在 19% ~ 76% 之间波动,且变化幅度较大。从图中可以看出: 该剖面 CaCO_3 含量呈由低增高的变化趋势, TOC 含量在 7% ~ 37% 之间波动,但呈现为由高变低的趋势。根据 CaCO_3 和 TOC 含量变化特征,可将其划分为三个阶段: 0 ~ 15 cm 段,这一阶段 CaCO_3 含量所研究岩芯最低值段且波动较小,平均值为 30%, TOC 含量为最高值段,平均值为 18.68%,出现较大波动。15 ~ 25 cm 段,该段 CaCO_3 含量变化曲线由低逐渐升高,从 33% 变化至 70%,其中在 15 ~ 22 cm 处出现一个明显的波动, TOC 含量由高值逐渐降低,从 22% 降至 9%,进而呈现较为稳定的低值趋势。25 ~ 36 cm 段, CaCO_3 含量较高,平均值为 67%,波动幅度较小,该段 TOC 含量为低值段,平均值为 9.9%,且变幅较小。

4 讨论

4.1 环境代用指标的环境指示意义

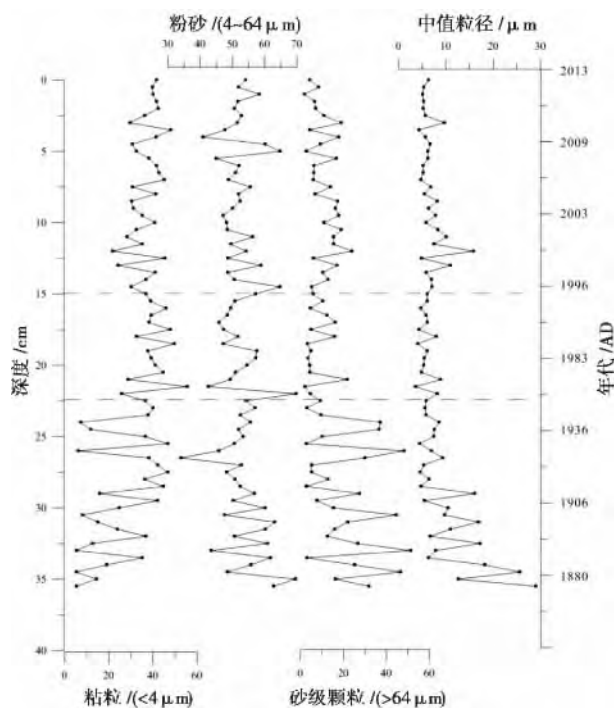


图3 异龙湖沉积物中粒度指标特征

Fig. 3 Grain-size characteristics in the Yilong section

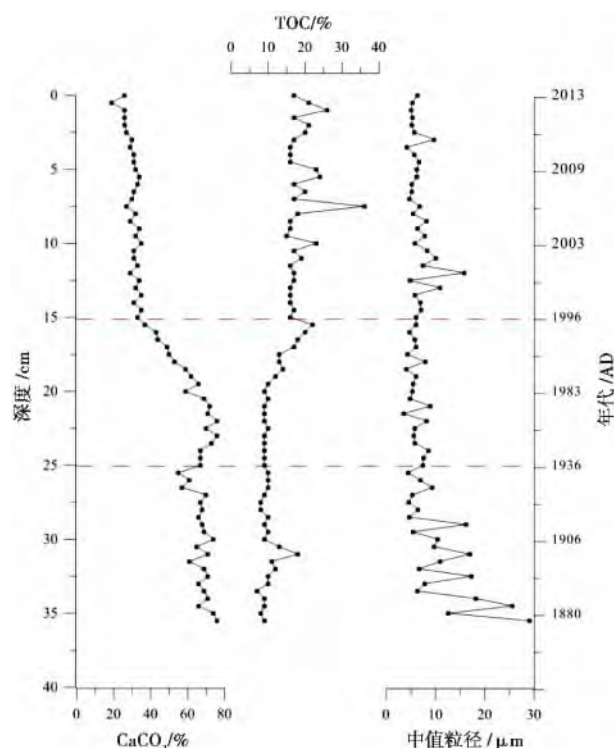


图4 异龙湖沉积物碳酸盐、总有机质和中值粒径含量变化

Fig. 4 Variations of CaCO_3 , TOC, Median Grain-size in the Yilong section

4.1.1 粒度

粒度参数是分析沉积物物源和水动力环境的有效指标,是重建古湿度的常用指标之一^[17-18]。在长

时间尺度、低分辨率的研究中,沉积物粒度主要指示湖泊的水位变化,对于短时间尺度、高分辨率的研究,湖泊为开口湖的情况下,降水量成为控制沉积物粒度的重要因素,因此沉积物粒度粗细指示了入湖径流的强度即湖区水动力的相对大小^[19-20]。在气候变化相对稳定条件下,其流域内人类活动的改变也可导致沉积物粒度变化,如耕作农业发展,土壤表层结构遭到破坏,进入湖泊的沉积物细颗粒含量将会增多;但如果人类活动导致流域内植被破坏,流域侵蚀强度则会加大,未完全风化物质被带入湖泊,沉积物粒度也可能变粗^[21]。异龙湖主要入湖河流分布于西岸、西北岸和东南岸,西岸的城河、城南河和城北河是主要的入湖水量来源。异龙湖原出湖河流为新街海河,位于湖泊的最东端,进入建水县后成为沪江。后由异龙湖水位不断降低和新街海河河床不断抬高,现新街海河已经干涸,异龙湖已成为密闭型浅水湖。由于整个湖区呈东西向条带状,为一断陷溶蚀湖盆,盆地周围山峦起伏,在湿润期,入湖径流量大,携带粗颗粒能力增强,易将成分较粗的陆源碎屑颗粒物带入湖中。在干旱期则相反,粒径变细。因此异龙湖沉积物粒度粗细反映了流域侵蚀强度的变化,间接指示了湖区降水变化,但由于1950年代以来人类活动对其影响较大,因此需要借助其他沉积环境指标来进行综合判识。

4.1.2 碳酸盐和有机质

已有的湖泊沉积学研究表明:湖泊沉积中碳酸盐来源分为外源与自生两种。由于云南高原湖泊在气候上具有明显的干湿季变化,所以碳酸盐沉积物处于缓慢积累过程。加之研究时间尺度较短,其地质背景和生物活动可变性相对较小,而气候因素变化往往迅速破坏湖泊的水热平衡和盐类化学沉淀的演化方向^[22-23]。因此,碳酸盐含量和气温成正相关关系,碳酸盐高值指示气温较高,反之则指示气温相对较低。

湖泊沉积物中的TOC虽然受多种因素和保存条件的影响,但总体上能反映当时湖泊流域的生产力与湖泊营养条件的变化,主要受控于陆源有机质的输入与湖泊生产力^[24]。我们将YLH-1岩芯碳酸盐和有机质含量进行了相关性分析(图5),结果表明异龙湖钻孔样品中 CaCO_3 和TOC含量的变化表现为很高的负相关关系,相关系数为 -0.812 ($P < 0.001$)。这一结果表明影响湖泊沉积物中碳酸钙含量变化的主要因素为物理化学因素,即温度变

化、水体 pH 值、水体蒸发浓缩、 CO_2 的溶解与释放、碎屑物质输入量等因素的变化^[25]。Dean^[26]对美国的多个湖泊中的碳酸盐和有机质含量的反相关性特征进行了研究,发现这种反相关变化关系不是由两者相互稀释引起的,而是由于有机质含量增加使得其分解量也随之增加,这一过程降低了湖水 pH 值,使得部分碳酸盐矿物再次溶解。湖泊沉积物中的 TOC 总体上能反应当时湖泊流域的生产力与湖泊营养条件,碳酸盐含量的高低反映了碳酸盐沉积量的变化,指示湖区的温度变化。两者具有较好的负相关关系,因而,二者均受气温变化情况影响。

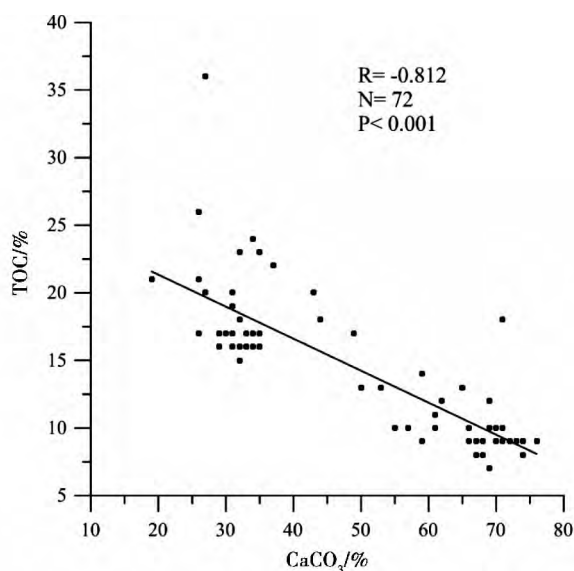


图 5 YLH-1 岩芯中碳酸盐和有机质的相关性分析

Fig. 5 The correlation between CaCO_3 and TOC content in YLH-1 Core

4.2 环境演化阶段

通过对异龙湖湖泊沉积物中多指标的综合分析可以看出,粒度、有机质、碳酸盐 3 种指标之间有良好的相关性。综合分析 1880 年以来异龙湖沉积物中各指标的变化,可以将异龙湖的环境变化大致分为 3 个阶段(图 4)。

阶段一: 36 ~ 25 cm (1880—1936 年)

该阶段沉积物 TOC 含量较低且变化较稳定,说明这一时期人类活动强度较弱,并未对异龙湖造成影响。因此湖泊沉积物指标可以用来指示自然环境变化。这一阶段沉积物的中值粒径值较大,并且变化较大,具体表现为 $>64 \mu\text{m}$ 颗粒与 $4 \sim 64 \mu\text{m}$ 颗粒含量处于高值, $<4 \mu\text{m}$ 颗粒含量处于较低值,表明径流水动力较强,河流搬运能力强,指示这一时期流域降雨丰富,降雨强度大的特点。这一阶段 CaCO_3

含量也较高,平均值达 67%,为整个岩芯的最高值段。造成 CaCO_3 含量高的原因主要有两种,一是气候干旱,湖水蒸发强烈,导致 CaCO_3 大量过饱和析出;二是湖泊位于喀斯特地区,流域内大量基岩出露,在雨量充沛时期,基岩遭到严重的雨水冲刷和溶蚀,径流携带大量盐酸盐进入湖泊,导致沉积物 CaCO_3 含量增加。通过这一时期粒度指示的气候特点来看,异龙湖这一时期 CaCO_3 含量较高的原因应该是后者。而且据石屏县志记载:异龙湖湖水暴涨入东城,尤以民国 7 年(1918 年)为甚,水淹东门三尺深,当年湖面高程为 1 418 m,容积为 $3.0 \times 10^8 \text{ m}^3$,说明这一时期湖泊水位较高,降雨丰富。总的来说,这一时期人类活动未对异龙湖造成影响,湖泊沉积物指标响应的是环境变化,流域周围为暖湿气候。

阶段二: 25 ~ 15 cm (1936—1996 年)

这一阶段 CaCO_3 含量从高值向低值转变,由 70% 降低至 33%, TOC 含量由低逐渐升高,从 9% 升至 22%, CaCO_3 含量和 TOC 含量之间呈现较好的负相关关系。上面已讨论,导致两者呈现负相关的因素有很多,但是根据这一时期异龙湖流域人类活动和气象观测记录判断,可能是由于受人类活动影响,湖水有机质含量增加,使得其分解释放的 CO_2 也随之增加,这一过程降低了湖水的 pH 值,使得部分的碳酸盐矿物再次溶解造成的^[26-27]。因为据记载,石屏县的人口在 1944 年不及 10 万,但到了 1985 年增至 25.5 万,而且异龙湖流域是石屏县人口最为集中的区域,流域人口数占全县人口总数的 44%。加之自 20 世纪 50 年代以来,异龙湖开始大规模的放水发电和围湖造田,根据统计显示,异龙湖在 1971—1978 年间累计放水量 $2.9 \times 10^8 \text{ m}^3$,围垦湖滩地近 25 km^2 ,使得湖泊面积和容量急剧减小^[13-14]。受以上因素影响,湖水有机质含量才不断增加,进而导致 CaCO_3 含量降低。另一方面,在 20 世纪 50 年代和 70 年代的两次开发利用,尤其是 1971 年打通青鱼湾隧道,大规模的放水发电、围湖造田等,使得异龙湖水量急剧减少,导致单位面积上沉积的碳酸盐质量减少。同时 1950 年以来人口增加,农业活动频繁,湖滨农田土壤以水稻土和冲积土为主,水稻土主要呈酸性到中性反应,有机质和营养元素含量较高,导致入湖营养元素增加,使湖泊生产力增加。这一阶段中值粒径较上一阶段相比变化较稳定且粒径明显变细,其原因可能是 1978 年青鱼湾隧道封闭,成为外流区闭流类湖泊,改变了湖泊水动力条件,细

颗粒物不再被外流河带走,加上湖滨多种植水稻使得土壤细粒物质流失严重。从气象记录来看这一时期温度和降雨变化不大,更加证实了这一时期由于强烈的人为干扰,沉积物记录已经不能反映环境的变化。

阶段三:15~0 cm(1996—2013年)

这一阶段,沉积物中 CaCO_3 含量保持低值且比较稳定,是整个钻孔 CaCO_3 含量最低阶段。相反,这一时期 TOC 含量缓慢增加,但是存在一定的波动。这一阶段 CaCO_3 含量和 TOC 含量没有表现出明显的负相关关系,表明湖水 pH 值并未随 TOC 含量增加而降低,可能与湖水水位缓慢升高、水量逐渐增加,稀释了湖水中氢离子浓度有关。异龙湖在1981年干涸之后到2004年湖泊面积恢复到了 31 km^2 。TOC 含量缓慢增加可能与流域工农业发展使大量有机质排入湖中有关。从粒度特征来看:这一时期沉积物中值粒径在波动中有降低的趋势,表现为 $<4 \mu\text{m}$ 颗粒含量增加, $>64 \mu\text{m}$ 颗粒含量减少。有研究表明,降水和人类活动对流域的水土侵蚀有很大的影响,良好的地表覆盖率可以提高土壤抗侵蚀能力^[28]。因此,YLH-1 粒度特征的变化可能与近年来当地政府实施了异龙湖流域防护林工程有关,例如,异龙湖流域完成人工造林 35.087 km^2 ,封山育林 117.24 km^2 ,退耕还林 5.533 km^2 ,这一举措使得异龙湖流域森林覆盖率由1999年的24.19%提高到2008年的34.2%^[11]。1996年以后取缔网箱养鱼和异龙湖综合治理项目的开展,异龙湖的整体生态环境有所改善。综上所述,这一阶段人类活动强度较之前有所减弱,特别是对异龙湖的大规模改造基本停止,并且开始有意识地恢复流域生态。

上述湖泊沉积记录的异龙湖流域环境变化信息,部分可得到该区气候资料的支持。图6为蒙自气象站1950—2012年的温度和降水资料及其与异龙湖 YLH-1 岩芯0~24 cm段环境代用指标的对比。从图6可知,经过滑动平均后的气温和降水数据可以看出,从1950年代到1970年代中期气温比较稳定,这一阶段岩芯中 CaCO_3 含量处于沉积物中的较高值阶段且较稳定,气温与 CaCO_3 高值能较好对应,TOC 含量也较为稳定,处于低值阶段。但在1980年代后至今,温度和降水的变化与 CaCO_3 和 TOC 的变化不能很好对应,主要是因为该阶段的人类活动对湖泊环境的影响十分突出,TOC 的增加主要是由于人类活动强度的加剧。1990—2012年

的气温持续升高,且降水呈下降趋势,该阶段的 CaCO_3 含量并没有增加而是显著降低且持续为低值。代用指标和器测数据的对比表明,在人类活动不太强烈、有机质含量尚未出现快速增加的阶段,有机质和碳酸盐能较好地指示湖泊的环境变化,但在人类活动加剧的阶段,人为改变了沉积环境,这种情况下代用指标将不能再指示区域环境变化,而将反映人类活动的强度。

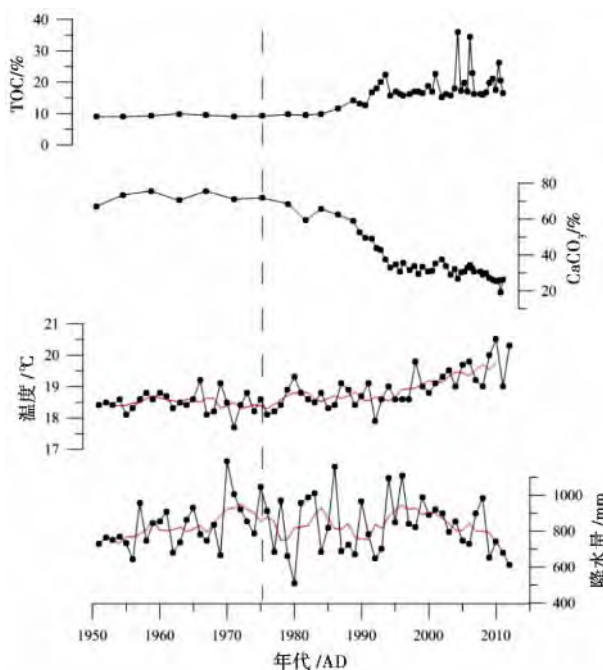


图6 YLH-1 孔 CaCO_3 和 TOC 与蒙自气象站
1950—2012 年气温、降水对比

Fig. 6 Carbonate, and TOC at YLH-1 Core and their comparison with the temperature and precipitation in the region of the Yilong Lake (Mengzi) from 1950 to 2012

5 结论

根据异龙湖沉积岩芯多环境指标的综合分析,并结合相关历史文献记录和气象资料,获得以下几点认识:

1. 异龙湖湖泊沉积物代用指标(碳酸盐、有机质、粒度)的变化可以指示异龙湖流域过去百余年来湖泊环境的变化和人类活动对湖泊沉积环境的影响。其中碳酸盐含量、中值粒径的均值在1880—1936年期间较高,表明这一时期为暖湿气候,TOC 含量处于低值且平缓,证实人类活动对周围环境影响较小,湖泊环境变化的影响因素以自然因素为主,

这一结论也得到了历史记载的印证。因此可以认为在人类活动对湖泊流域影响较小的时期,湖泊沉积物代用指标可以较为有效地反应异龙湖中气候的温度和降水的变化。20 世纪 50 年代后受人类活动影响,尤其是 70 年代大规模的围湖造田活动开始后湖泊营养状况发生改变,碳酸盐含量大量减少,有机质含量增加,碳酸盐保存条件发生改变,二者未能与气象记录一致。

2. 20 世纪 50 年代至 90 年代 CaCO_3 含量显著降低,TOC 含量增多,可能是由于受人类活动影响,湖水有机质含量增加,使得其分解释放的 CO_2 也随之增加,这一过程降低了湖水的 pH 值,使得部分的碳酸盐矿物再次溶解造成的,表明异龙湖湖泊沉积物对 50 年代和 70 年代两次大规模的围湖造田活动有显著的响应。异龙湖流域环境的不断恶化逐渐引起了各级部门的重视,1990 年代至今采取了一系列的综合治理措施,YLH-1 孔在这一时期中值粒径变细,粘粒增多,砂含量减少响应了异龙湖流域封山育林和退耕还林的举措。

3. 从湖泊发展历程来看,1880—1936 年湖泊的水动力较大,气温上升湖面扩展,湖区周围环境稳定,该阶段气候特征以暖湿为主,人类活动对其影响较小;1936—1996 年这段时期内气候背景并未发生显著变化的情况下, CaCO_3 含量显著降低,TOC 含量增多,更多地反应了异龙湖流域人类活动的加剧;1996—2013 年这一阶段 CaCO_3 含量和 TOC 含量没有表现出明显的负相关性,粘土含量升高,砂含量降低,表明了人类活动有所减弱,异龙湖的整体生态环境有所改善。

参考文献(References)

- [1] Wasson R J. Land use and climate impacts on fluvial systems during the period of agriculture[M]. PAGES Workshop Report, Series 96-2, 1996: 10-20
- [2] Zhang H, Peng J, Ma Y, et al. Late Quaternary palaeolake levels in Tengger Desert, NW China[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, 2004, 211: 45-58
- [3] Colmans M. Continental drilling for paleoclimate record[J]. Eos Trans, AGU, 1995, 76(37): 364
- [4] 史正涛,明庆忠,张虎才. 云南高原典型湖泊演化及环境变化初步考察[J]. 地质力学学报, 2004, 10(4): 344-350 [Shi Zhengtao, Ming Qingzhong, Zhang Hucai. Investigation of the evolution and environment change of typical lakes in Yunnan Province [J]. Journal of Geomechanics, 2004, 10(4): 344-350]
- [5] 史正涛,明庆忠,张虎才. 云南高原典型湖泊现代过程及环境研究进展[J]. 云南地理环境研究, 2005, 17(1): 24-26 [Shi Zhengtao, Ming Qingzhong, Zhang Hucai. A study review on the modern processes and environmental evolution of the typical lakes in Yunnan [J]. Yunnan Geographic Environment Research, 2005, 17(1): 24-26]
- [6] Cui B, Zhai H. Characteristics of wetland functional degradation in plateau lake and its ecological water requirement for restoration[J]. Chinese Sciences Bulletin, 2006, 51(Suppl.): 61-69
- [7] 李晓杰. 石屏县异龙湖渔业产业发展现状及对策[J]. 现代农业科技, 2014, (3): 328-333 [Li Xiaojie. Fisheries industry development present situation and the countermeasures in the Yilong Lake of ShiPing prefecture [J]. XianDai NongYe KeJi, 2014, (3): 328-333]
- [8] 王忠泽. 云南省异龙湖藻类植物及鱼产力研究[J]. 水产学报, 1997, 21(1): 93-96 [Wang Zhongze. Research of algae and fish productivity in the Yilong Lake, Yunnan [J]. Journal of Fisheries of China, 1997, 21(1): 93-96]
- [9] 黄春兰,蒙睿,杨林,等. 异龙湖流域生态旅游开发初探[J]. 西南林学院学报, 2004, 24(3): 29-31 [Huang Chunlan, Meng Rui, Yang Lin, et al. A preliminary study on the ecotourism development in the Yilonghu Lake area [J]. Journal of southwest forestry college, 2004, 24(3): 29-31]
- [10] 仇国新. 石屏异龙湖区域环境与经济开发规划研究[J]. 云南环境科学, 1997, (01): 9-14 [Chou Guoxin. Research of environmental and economic development planning in Yi-Long lake area of Shiping prefecture [J]. Yunnan Environmental science, 1997, (01): 9-14]
- [11] 李沈丽. 异龙湖流域生态环境的综合治理[J]. 林业调查规划, 2009, 34(2): 108-110 [Li Shenli. Ecological environmental integrated control for Yilonghu watershed [J]. Forest Inventory and Planning, 2009, 34(2): 108-110]
- [12] 荆春燕,曾广权. 异龙湖流域生态功能区划分析[J]. 云南环境科学, 2003, 22(4): 49-51 [Jing Chunyan, Zeng Guangquan. Analysis on ecological functional regionization in Yilong lake basin [J]. Yunnan Environmental science, 2003, 22(4): 49-51]
- [13] 刘晓海,宁平,张军莉,等. 围湖造田和退田还湖对异龙湖的影响[J]. 昆明理工大学学报(理工版), 2006, 31(5): 78-81 [Liu Xiaohai, Ning Ping, Zhang Junli, et al. Towards the effects of reclaiming the land from the lake and restoring the lake from the land in Yilong lake [J]. Journal of Kunming University of Science and Technology (Science and Technology), 2006, 31(5): 78-81]
- [14] 赵磊. 云南异龙湖生态系统稳态转换过程与关键灾变因子反演研究[D]. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2013: 28-38 [Zhao Lei. The regime shifts and inversion of catastrophic driving factors in the ecosystems of Yilong lake, Yunnan [D]. Beijing: Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, 2013: 28-38]
- [15] 王苏民,龚鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 379-381 [Wang Sumin, Dou Hongshen. Chinese lakes [M]. Beijing: Science Press, 1998: 379-381]
- [16] 云南省石屏县志编纂委员会. 石屏县志[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1990: 56-58 [Yunnan Shiping County History Compilation Committee. Shiping county history [M]. Kunming: Yunnan People's Publishing House, 1990: 56-58]
- [17] 张振克,王苏民,吴瑞金,等. 全新世中期洱海湖泊沉积记录的环境演化与西南季风变迁[J]. 科学通报, 1998, 43(19): 2127-2128 [Zhang Zhenke, Wang Sumin, Wu Ruijin, et al. En-

- vironmental evolution and southwest monsoon changes in mid - Holocene recorded by lake sediments in Erhai Lake [J]. Chinese Science Bulletin ,1998 ,43(19) :2127 -2128]
- [18] 雷国良,张虎才,张文翔,等. Mastersize2000 型激光粒度仪分析数据可靠性检验及意义——以洛川剖面 S4 古土壤为例[J]. 沉积学报,2006 ,24(4) : 531 -539 [Lei Guoliang ,Zhang Hucai ,Zhang Wenxiang ,et al. The reliability and significance of the grain - size obtained by mastersize 2000 laser analyzer: a case study on the typical S4 from Luochuan section [J]. Acta Sedimentologica Sinica ,2006 ,24(4) : 531 -539]
- [19] 陈敬安,万国江,张峰,等. 不同时间尺度下的湖泊沉积物环境记录——以沉积物粒度为例[J]. 中国科学(D 辑) ,2003 ,33(6) : 564 -568 [Chen Jing'an ,Wan Guojiang ,Zhang Fang ,et al. Environment record by lake sediments from different time scale: A case Study of sediment grain size as an example [J]. Science in China(Series D) ,2003 ,33(6) :563 -568]
- [20] Celina Campell. Late Holocene lake sedimentology and climate change in southern Alberta , Canada [J]. Quaternary Research , 1997(49) : 96 -101
- [21] Vanni re B ,Bossuet G. Walter - Simonnet AV ,et al. Land use change , soil erosion and alluvial dynamic in the lower Doubs Valley over the 1st millennium AD (Neublans , Jura , France) [J]. Journal of Archaeological Science ,2003 ,30(10) : 1293 -1299
- [22] Zhang W ,Zhang H ,Ming Q ,et al. Lake sediment records on climate change and human activities in the Xingyun Lake catchment , SW China [J/OL]. Plos One ,2014 ,9(7) . 2015 -02 -13 ,http://xueshu.baidu.com/s? wd=paperuri%3A%28116463b3633ceeff11167618348377 ,Doi: 10. 137 /journal. pone. 0102167
- [23] 莱尔曼主编. 王苏民等译. 湖泊的化学、地质学和物理学[M]. 北京: 地质出版社 1989: 39 -42 [Lerman A. Translated by WANG Sumin. Lakes chemistry geology physics [M]. Beijing: Geological Publishing House ,1989: 39 -42]
- [24] 曹洁,张家武,张成君,等. 青藏高原北缘哈拉湖近 800 年来湖泊沉积及其环境意义[J]. 第四纪研究,2007 ,27(1) : 100 -107 [Cao Jie ,Zhang Jiawu ,Zhang Chengjun ,et al. Environmental changes during the past 800 years recorded in lake sediments from Hala lake on the northern Tibetan plateau [J]. Quaternary Science ,2007 ,27(1) : 100 -107]
- [25] 陈敬安,万国江,汪福顺,等. 湖泊现代沉积物碳环境记录研究[J]. 中国科学: D 辑. 2002 ,32(1) : 73 -80 [Chen Jing'an ,Wan Guojiang ,Wang Fushun ,et al. Research of the carbon environment records in the lake modern sediments [J]. Science in China: Series D ,2002 ,32: 73 -80]
- [26] Dean WE. The carbon cycle and biogeochemical dynamics in lake sediments [J]. Journal of Paleolimnology ,1999 ,21: 375 -393
- [27] 周爱峰,陈发虎,强明瑞,等. 内陆干旱区柴达木盆地苏干湖年纹层的发现及其意义[J]. 中国科学(D 辑) ,2007 ,37(7) : 941 -948 [Zhou Aifeng ,Chen Fahu ,Qiang Mingrui ,et al. The discovery of annually laminated sediments (varves) from shallow Sugan Lake in inland arid China and their paleoclimatic significance [J]. Science in China (Series D) ,2007 ,50(8) : 1218 -1224]
- [28] 韦红波,李锐,杨勤科. 我国植被水土保持功能研究进展[J]. 植被生态学报,2002 ,26(4) : 48 -49 [Wei Hongbo ,Li Rui ,Yang Qinke. Research advances of vegetation effect on soil and water conservation in China [J]. Acta Phytocologica Sinica ,2002 ,26(4) : 48 -49]

Human Activities Indicated by the Sediments at the Yilong Lake

CHEN Sisi ,ZHANG Hucai ,CHANG Fengqin ,WU Han ,L  Huibin ,LIU Dongsheng

(Key Laboratory of Plateau Lake Ecology and Globe Change ,Yunnan Provincial Key Laboratory of Plateau Geography Process and Environment Changes ,College of Tourism and Geography Science ,Yunnan Normal University ,Kunming Chenggong 650500 ,China)

Abstract: The sediment core YLH -1 from the Yilong lake in Yunnan Province of China was analyzed for grain size ,contents of carbonate and organic. Accurate sediment chronology was referred by YL -1 core 's ^{210}Pb and ^{137}Cs . By comparing the grain-size ,carbonate and organic proxies with documents and meteorological data ,we discussed the environmental evolution and influence of human activities on depositional environment since 1880. Results show that both carbonate and average median grain-size high contents at 35 ~25 cm depth (1880—1936 a) , the lake catchment was characterized of increased rainfall and relatively warm climate. During this period ,in a low organic content ,the lake evolution and the environmental change were mainly influenced by natural factors. At 25 ~15 cm depth (1936—1996 a) obviously lower carbonate content and organic content increased rapidly ,with implied the sedimentary environment of the lake affected by human activities. Some properties of carbonate ions and other compounds ,including the content ,reaction condition ,and the preservation condition of carbonate precipitations can vary. in this case ,carbonate content could not be explained by temperature or precipitation change. The lake catchment was shelter forest project implementation and consciously ecological recovery. It may be why grain size in YLH -1 core became finer at 15 ~0 cm depth(1996—2013 a) .

Key words: Yilong Lake; grain size; carbonate; organic; human activities