

赣北黄茅潭近代湖泊 ^{137}Cs 蓄积特点、SCP 计数和事件性沉积及其对 ^{210}Pb 计年的矫正*

冷 雪¹ 吴 霜¹ 王昕梅¹ 陈 莎¹ 朱笑虹² 蒋梅鑫¹
贾玉连^{1,2} 李晓峰¹ 缪君翔¹ 王野乔²

(1. 江西师范大学地理与环境学院 南昌 330022; 2. 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室 南昌 330022)

摘要 对赣北黄茅潭近代湖泊沉积岩芯进行了 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 测试和 SCP(球状碳粒)计数分析,阐述了 ^{137}Cs 蓄积特征,结合 SCP 计数、粒度指标及降水记录厘定了一些事件性沉积层位。研究表明,1986 年前后是沉积环境中 ^{137}Cs 行为的转折点;在这之前, ^{137}Cs 以大气散落为主,其蓄积行为大致与降水存在正相关关系,在这之后, ^{137}Cs 以流域侵蚀为主,其蓄积行为与降水呈负相关关系。1953—1954 年、1974—1975 年、1998—1999 年,流域降水丰沛,相应沉积层位 ^{137}Cs 比活度低,这与流域强烈侵蚀稀释了进入湖泊的 ^{137}Cs 有关。1963—1964 年沉积层位 ^{137}Cs 蓄积峰稳定而显著,与高通量的大气散落有关,也与当时降水量低,大雨、暴雨次数少,流域侵蚀强度低造成较低的沉积速率等密切相关,是可靠的定年时标。1986 年存在同样的气候环境特点,其蓄积峰可能也是存在的,但需要进一步确认。基于 ^{210}Pb 方法,利用多种计年模式计算了沉积岩芯的年代,发现与这些事件性沉积层位具有较大差异。研究认为,在长江中游这种降水高、流域侵蚀强度高的较为复杂的沉积环境中, ^{210}Pb 计年存在较大误差。复杂沉积环境中近代沉积的定年,有必要深度挖掘 ^{137}Cs 环境行为,在全面阐述其蓄积特点的基础上,辅以 SCP 计数、粒度指标及降水等识别事件性沉积层位,矫正 ^{210}Pb 计年,是精确建立近代沉积时标的必要方法。

关键词 黄茅潭; 江西; 蓄积特点; ^{137}Cs ; ^{210}Pb ; SCP(球状碳粒)计数; 事件性沉积层位
中图分类号 P736.4 **doi:** 10.11693/hyh20170300068

通过 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 等放射性核素的方法实现对近代河湖沉积的定年是近代沉积年代学的基本方法,得到了广泛的应用(Robbins *et al.*, 1975; 万国江, 1997)。但是 ^{137}Cs 是碱金属,化学性质相对比较活泼,且在相对复杂的沉积环境中因来源比较复杂,往往形成多个蓄积峰,这使 ^{137}Cs 计年存在许多不确定性(Davis *et al.*, 1984; 项亮, 1995; Crusius *et al.*, 1995; Xiang *et al.*, 2002; Abril, 2004)。同样, ^{210}Pb 来源复杂,有时任何一种计算模式都使计年结果存在无法估算的误差(刘恩峰等, 2009; Tylmann *et al.*, 2016)。这暴露

了这个组合方法存在的缺陷,有待改进。近年来,球状碳粒(spheroidal carbonaceous particle, SCP)等的应用对于事件性沉积层位的甄别(Rose, 1994; Rose *et al.*, 1995),一定程度上弥补了放射性核素计年的不足。球状碳粒(SCP)是煤和石油等化石燃料高温燃烧时形成的以单质碳为主的具多孔结构的球形颗粒,它们随烟尘扩散到距离物源地数百公里的范围内,通过干湿沉降进入沉积环境(Rose, 1994, 2015)。化石燃料的应用伴随区域甚至社会工业的发展,因此,SCP 具有区域甚至全球时标意义(Rose, 2015)。这往往通过统

* 江西省重大生态安全问题监控协同创新中心项目, JXS-EW-00 号; 国家自然科学基金项目, 41262007 号; 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室(江西师范大学)开放基金资助项目, ZK2013003 号。冷 雪, 硕士研究生, E-mail: victorialx1993@163.com

通讯作者: 贾玉连, 副教授, E-mail: northforest@sohu.com

收稿日期: 2017-03-23, 收修改稿日期: 2017-06-12

计某一区域火电发电量与 SCP 计数的对比, 获得沉积层位的时标, 对近代沉积定年具有不可估量的潜力。

本文通过赣北长江之滨的小型湖泊黄茅潭近代沉积, 揭示 ^{137}Cs 蓄积特点, 通过 SCP 计数和粒度指标等对事件性沉积层位进行识别, 矫正了 $^{137}\text{Cs}+^{210}\text{Pb}$ 计年的可靠性, 建立了更精确的近代湖泊沉积的时标。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黄茅潭位于江西九江市湖口县的长江之滨, 怀玉山前的丘陵地带, 流域面积 7.7km^2 。湖泊水位最高

达 15.8m 时, 湖泊接近外流, 相应水域面积 5.1km^2 。流域出露的基岩为三叠系—白垩系泥质砂岩、第三系砂砾岩, 基岩之上超覆了母质为粉尘来源的第四系红、黄土(Jia *et al*, 2012; 龙进等, 2013)。表层 $0.5\text{—}1\text{m}$ 左右厚度的土层, 土质疏松, 极易冲蚀。

1.2 样品采集

2011 年 7 月采用荷兰产 Beeker core 采样器(内径 6cm), 在湖泊近中心水深 3m 处, 连续采集 3 个长度为 80cm 的湖泊沉积岩芯(图 1), 编号分别为 HMT-1、HMT-2、HMT-3。钻孔相距 100m 左右。岩芯在野外按 1cm 间隔分样, 装入自封袋后带回实验室, 称湿重, 60°C 烘干至恒重, 称干重。

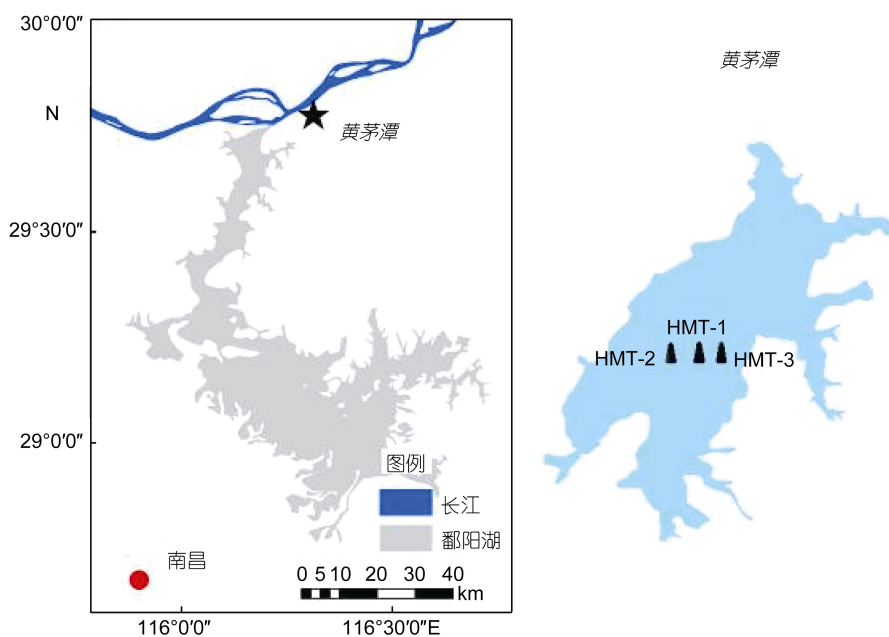


图 1 黄茅潭地理位置及采样点

Fig.1 Location and sampling sites of Huangmaotan Lake

1.3 样品分析方法

放射性元素测试: 烘干后的样品, 称取 $3\text{—}4\text{g}$ 左右研磨, 全部通过 $150\mu\text{m}$ 筛网, 充分混合后充填到长 6cm 和直径为 1.5cm 聚氯乙烯标准管中, 蜡封放置 3 周, 使用 Ortec HPGe GWL 井式检测器测试样品的 ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{226}Ra 和 ^{241}Am 等放射性元素的活度(Appleby, 2000)。计数时间为国际通用的 43200 s (12 h), 分别在检测谱 46.5keV 、 662keV 、 295keV 处读取上述放射性元素的活度, 计算样品的质量活度, 也就是比活度(Bq/kg)。样品于 2015 年在江西师范大学地理与环境学院测试, 本研究涉及 HMT-1、HMT-3 两个岩芯。

SCP 计数: 实验步骤遵循(Rose, 1994)提供的改进方法, 考虑到其硅酸盐消解时间较短, 加入 HF 后水浴的时间延长至 5 h 并静止 24 h 。处理好的样品, 线状均匀铺展到载玻片上, 分别统计大于 $20\mu\text{m}$ 和 $20\text{—}1\mu\text{m}$ SCP(球状碳粒)的颗粒数, 以每克干质量沉积物(gDM-1)所含的颗粒数标识, 对 HMT-1 岩芯进行了 SCP 检测。粒度分析步骤可见彭学敏等(彭学敏, 2013)。

2 结果与讨论

2.1 ^{137}Cs 和 ^{210}Pb 蓄积特点与计年

^{137}Cs 是人类热核实验所产生的放射性核素, 在

1952—1982 年间全球一系列核试验后被相继喷射到大气层中,通过干湿沉降进入各种沉积环境中蓄积,并分别在 1958—1959 和 1962—1964 年(Longmore *et al.*, 1986)形成两个蓄积峰。20 世纪 70 年代,中国等发展中国家也开展核试验,使得 1971 年、1974 年也有可能存在次级蓄积峰;1986 年前苏联切尔诺贝利核事故,包括中国在内的一些区域可能存在 1986 年蓄积峰(Ritchie *et al.*, 1990)。这样通过识别这些蓄积峰,就能实现沉积层位的快速定年。放射性同位素 ^{210}Pb (半衰期 22.3a) 是 ^{238}U 衰变系列中 ^{226}Ra 衰变(半衰期 1162a)的中间产物 ^{222}Rn 的衰变子体。 ^{222}Rn 作为一种惰性气体,自岩石表面和土壤微粒中溢出,并在底层大气中扩散。通过干湿沉降,进入各种沉积环境中蓄积。对于沉积环境而言, ^{210}Pb 有两个来源,一个是大气干湿沉降及流域侵蚀,另一个是沉积土壤中母体 ^{226}Ra 衰变。其中,大气沉降和流域侵蚀来源的 ^{210}Pb 不与其母体 ^{226}Ra 共存而平衡,称为过剩 ^{210}Pb ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$)。通过对沉积物柱芯中不同层位样品的 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的比活度分析,便可计算任意层位的沉积年龄。

图 2 表明黄茅潭两个沉积岩芯的 ^{137}Cs 具有多个蓄积峰,其活度具有基本一致的形态分布特点,与长江中下游许多湖泊表现出类似的蓄积特点(Du *et al.*, 2001; Xiang *et al.*, 2002; 姚书春等, 2006; 史小丽等, 2008; 刘恩峰等, 2009; 吴艳宏等, 2010)。这种一致的线性变化,也揭示钻孔的沉积岩芯并没有受到人类活动的扰动。两个钻孔均是从质量深度 20—23 g/cm² 处 ^{137}Cs 开始蓄积,在 13—15 g/cm² 的质量深度上形成第一个主要蓄积峰,按照 ^{137}Cs 散落特点,此蓄积峰标记了全球核素大气沉降的高峰期 1963 年,对应黄茅潭 1963—1964 年沉积层位。参照邻区龙感湖的研究(吴艳宏等, 2005),一般认为,这个蓄积峰之上的两个 ^{137}Cs 蓄积峰,分别对应 1974 年和 1986 年沉积层位,顶部蓄积峰则不具有具体的时标意义。质量深度 20—23 g/cm² 处, ^{137}Cs 开始蓄积对应的沉积层位时代可视为 1953—1954 年。

两个沉积岩芯的 ^{210}Pb 活度垂向分布,不论是总体 $^{210}\text{Pb}_{\text{tot}}$ 还是过剩 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$,均为随深度增加显著降低的特征, ^{226}Ra 活度较为稳定;在 33—35 g/cm² 的质量深度上, $^{210}\text{Pb}_{\text{tot}}$ — $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 与 ^{226}Ra 基本达到平衡。基于常量初始浓度模式(CIC)和稳定补给速率模式(CRS)(万国江, 1997; Last *et al.*, 2001)计算的岩芯年代与 ^{137}Cs 计年所获得的 1953—1954 年和 1963—1964 年两个较为确定的标志性沉积层位,分别相差 7—10 cm、

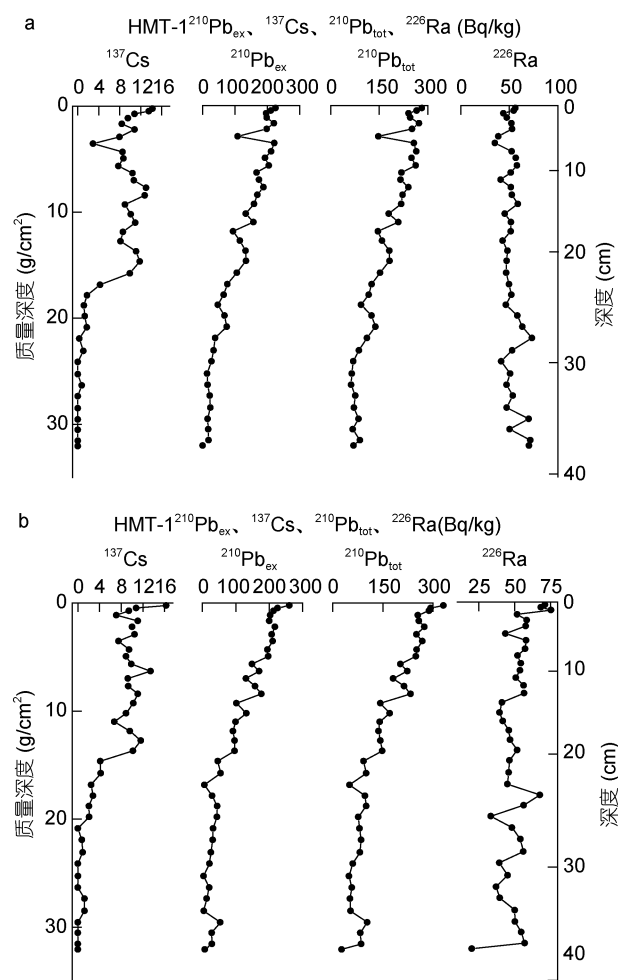


图 2 黄茅潭 HMT-1、HMT-3 钻孔 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 、 ^{137}Cs 、 $^{210}\text{Pb}_{\text{tot}}$ 、 ^{226}Ra 的比活度(Bq/kg)变化

Fig.2 Variation of $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, ^{137}Cs , $^{210}\text{Pb}_{\text{tot}}$ and ^{226}Ra specific activities in the core HMT-1 (a) and HMT-3 (b) from Huangmaotan Lake

2—5 cm, 均有较大的差异,而两种计算模式之间的差异相对较小(表 1)。这种偏离,在国内外诸多研究中并不鲜见(Sugai *et al.*, 1994; 姚书春等, 2006; 史小丽等, 2008; 刘恩峰等, 2009; Tylmann *et al.*, 2016)。已有研究表明, ^{137}Cs 在沉积层中存在一定的沉积后迁移或扩散,但只要 ^{137}Cs 不是大部分吸附在有机质碎屑或者碎屑沉积中有机质含量极高(Davis *et al.*, 1984),一般来说沉积之后的元素扩散不足以改变其峰值位置(Ritchie *et al.*, 1990)。由于黄茅潭碎屑沉积中有机质极少(<2%),因此,上述差异,可能主要来自于 ^{210}Pb ,而 ^{137}Cs 计年相对准确。

2.2 SCP 计数与其他方法的事件性沉积层位的定年
SCP 计数进一步证实了 ^{137}Cs 所指示的 1953—1954 年和 1963—1964 年沉积层位是准确的(图 3)。

表 1 黄茅潭 HMT-1 与 HMT-2 孔 ^{137}Cs 时标与 ^{210}Pb 时标特征层位深度差异

Tab.1 Mismatch of sedimentary horizon dating determined by ^{137}Cs and ^{210}Pb in Cores HMT-1 and HMT-3

时间 (年)	HMT-1 孔			HMT-3 孔		
	^{137}Cs	CIC	CRS	^{137}Cs	CIC	CRS
1953	29.0cm	19.0cm	21.5cm	27.0cm	20.5cm	19.5cm
1963	21.5cm	16.0cm	19.0cm	20.0cm	17.0cm	18.0cm

1953—1954 年沉积层位, SCP 计数从极少开始显著, 这与安徽(吴艳宏等, 2005)与鄱阳湖流域(江西省)火电发电量由建国前极低(可忽略不计)、1951 年开始增长记录是相吻合的。1963—1964 年沉积层位, 则与其下 1cm 附近 SCP 计数大幅度增加, 记录上述区域火电发电量在 1961 年跃升的阶段相吻合。同时, 上文由 ^{137}Cs 蓄积峰所厘定的 1986 年蓄积峰沉积层位与 SCP 计数也基本对应。

与碎屑沉积物粒度、流域大雨+暴雨日数统计记录(以九江站数据统计)、降水量(九江站)对比发现, 1963—1964 年和 1986 年沉积层位, 尤其是前者, 沉

积粒度细, 是流域大雨+暴雨显著减少, 降水量较低的时期。不难推测, 显著减少的大雨+暴雨日数, 降低了洪水的频率和强度, 使入湖碎屑沉积量降低。附近的鄱阳湖流域就存在这种状况(闵蹇等, 2011)。湖泊沉积速率降低, 碎屑沉积颗粒较细, 这有利于 ^{137}Cs 的大气沉降在沉积物中保持高浓度。这可能是 1963—1964 年蓄积峰在黄茅潭甚至在长江流域这种沉积速率多变的复杂沉积环境下存在的背景因素。1986 年区域上也存在相似的环境特点, 推测 1986 年蓄积峰, 也有可能是存在的。这个蓄积峰在长江流域许多湖泊也有所发现(项亮等, 1996; 杨洪等, 2004; 吴艳宏等, 2005)。当然能否作为确定的时标, 还需要更确凿的资料进一步论证。而 1953—1954 年、1974—1975 年和 1998—1999 年则是降水高、大雨+暴雨日数高的时段, 对应的沉积层位 ^{137}Cs 蓄积量低, 特别是 1954 年、1998 年, 是长江流域二十世纪特大洪水事件, 对应沉积层位中 ^{137}Cs 蓄积量极低。当然, 1953—1954 年沉积层位低, 也与当时的背景值本身较低有关。

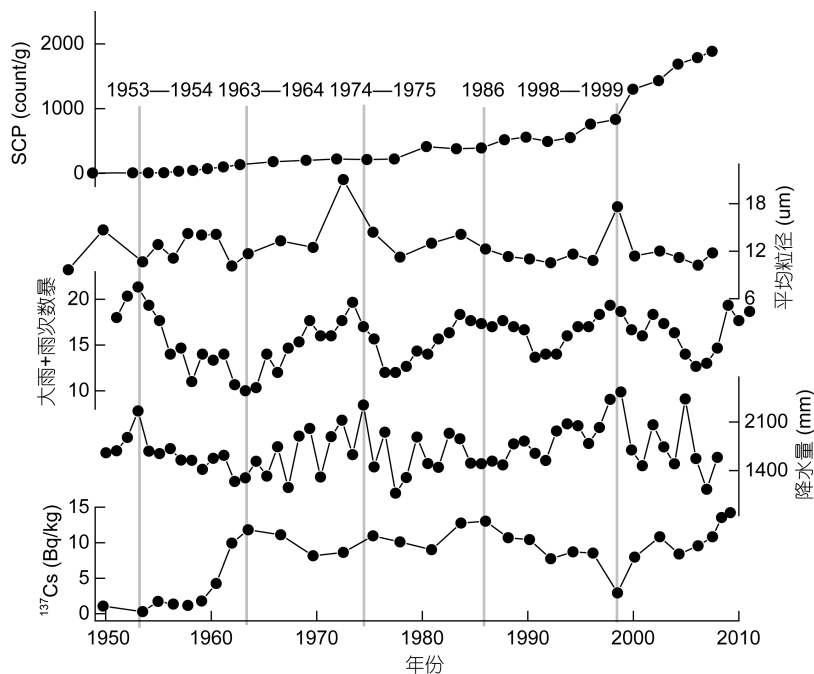


图 3 黄茅潭碎屑沉积物粒度、流域大雨+暴雨日数统计记录、降水量、SCP 计数及 HMT-1 ^{137}Cs 蓄积特征对比
Fig.3 Correlation in mean grain size, days of heavy rain and rainstorm or rainfall, SCP record, and ^{137}Cs activity of Core HMT-1

降雨量较高, 大雨、暴雨次数较多, 碎屑沉积较高, 一定程度上会稀释 ^{137}Cs 在沉积物中的浓度; 而降水量低、大雨、暴雨次数低, 又恰对应高的大气散落通量, 增加了沉积层位中的 ^{137}Cs 的蓄积(图 3)。

基于 1953—1954 年、1963—1964 年、1974—1975

年及 1998—1999 年 4 个沉积层位, 厘定了 ^{137}Cs 蓄积剖面的年代, 发现 ^{137}Cs 的蓄积明显存在两个阶段: 1986 年以前, 其蓄积与区域降水整体呈正相关关系, 这之后, 其蓄积与区域降水存在反相关关系。联系 ^{137}Cs 的来源, 这种蓄积特征推测与如下两个因素有

关: (1) ^{137}Cs 这种核素释放的阶段性和 (2) 黄茅潭流域土壤状况。来自于北半球 ^{137}Cs 的大气散落记录表明, ^{137}Cs 主要产生于 1952—1986 年之间; 这之后来自于核爆或者核泄漏的大气散落几乎停滞, 沉积环境中的 ^{137}Cs 主要来源于流域侵蚀。已有研究证实, 降水多少往往影响到 ^{137}Cs 的散落沉降量, 在 ^{137}Cs 的干湿沉降中, 湿沉降往往为干沉降的一倍(侯价礼, 1994; 齐永青, 2006)。注意到区域降水量决定了中国 ^{137}Cs 本底值的分布格局(齐永青, 2006)。因此, 在 1986 年以前 ^{137}Cs 以大气散落为主的时期, 在湖泊沉积环境中存在上述蓄积特点是可能的。另外, 黄茅潭流域, 土壤层主要为第四纪红、黄土, 特别是黄土, 土质松散, 极易侵蚀。由于 1986 年以后, 大气沉降的 ^{137}Cs 基本可以忽略不计, 黄茅潭湖泊沉积的 ^{137}Cs 就主要来源于流域侵蚀。而流域中 ^{137}Cs 在土壤层中的分布主要存在于农田和未经扰动的红、黄土中。检测结果表明, 黄茅潭流域, ^{137}Cs 在旱作耕作层中均匀分布, 活度相对较高; 在水田中相对较低, 且是底部活度较高(图 4); 后者 ^{137}Cs 仅分布于表层 6—10 cm 的土层中, 活度更低(图 4)。而在流域内, 后者是最容易发生水土流失的部分, 这使在降水和大雨+暴雨低于平均年份时, 侵蚀主要来自于土壤表层高 ^{137}Cs 浓度的土层, 碎屑沉积中 ^{137}Cs 活度高; 相反, 在降水及大雨+暴雨次数增加的年份, 强烈的水土侵蚀, 尤其是极易被侵蚀的红、黄土, 稀释了碎屑沉积物中的 ^{137}Cs 浓度, 致

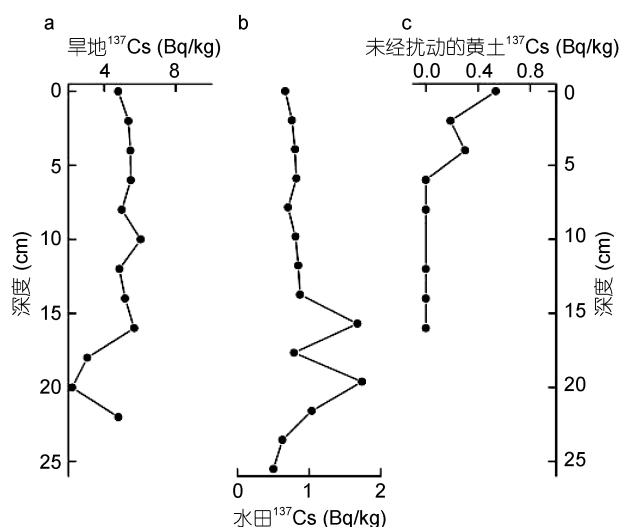


图 4 黄茅潭流域两类土壤剖面的 ^{137}Cs 活度(Bq/kg)分布特点

Fig. 4 Profile of ^{137}Cs activity of two types of soil in Huangmaotan Lake catchment

注: a 是旱田, b 是水稻田, c 是未经扰动的黄土

其活度降低。以 1953—1954 年、1974—1975 年及 1998—1999 年沉积层位为例, 这三个时期, 是过去六十年来降水极高的时期, ^{137}Cs 活度均对应一个极小值点。

2.3 综合定年及其精度判断

目前, 在近代沉积时标的建立过程中, ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 、纹层计年、SCP 计数及其他寻找事件性沉积层位的环境指标方法(如本文粒度和降水指标等), 都是不可或缺的手段。 ^{137}Cs 和 SCP 计数方法计年时段有限, 在国内只能延伸到 20 世纪 50 年代; ^{210}Pb 能扩展到一百多年前, 但存在一定的误差, 且误差大小有时无法评估。纹层计年是一种精准的计年方式, 但是大多数湖泊沉积不具有纹层。基于某些指标而厘定某些沉积层位, 也被诸多研究所采用, 但要找到特征沉积层位, 也非易事。这些方法, 单独应用, 都存在一定的局限性, 如果能结合在一起, 或许能获得较为理想的效果。

如上所述, 基于 ^{137}Cs 、SCP 计数、粒度和降水指标, 已明确了 1953—1954 年、1963—1964 年、1998 年, 甚至 1986 年和 1974—1975 年沉积层位的准确时标。基于 HMT-1 钻孔, 利用 1963—1964 年沉积层位, 把沉积岩芯分为上下两段, 利用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 活度变化数据, 分别采用不同公式, 即采用所谓的复合模式(Last *et al.*, 2001; 刘恩峰等, 2009), 对沉积柱芯进行了年代计算(图 5)。但即使是这样分段处理, 所获得的年龄与上面厘定的 1953—1954 年、1974—1975 年、1986 年及 1998—1999 年沉积层位的标识, 还是存在 5—10 年的误差(图 5)。

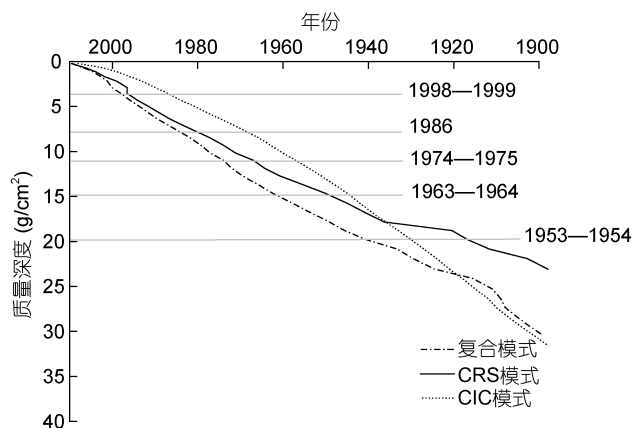


图 5 由 CIC、CRS 和复合模式获得的黄茅潭 HMT-1 岩芯年代及其与 ^{137}Cs 、粒度、SCP 等标示的年代之间差异

Fig. 5 Reconstruction of sedimentary chronology for Huangmaotan Lake in three models of ^{210}Pb and their difference compared with time makers of other methods

有鉴于此, 我们以 1953—1954 年、1963—1964 年、1974—1975 年、1998 年沉积层位作为标志点, 基于 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, 采用复合模式 (Last *et al.*, 2001; 刘恩峰等, 2009), 矫正了 HMT-1 孔质量深度在 $33\text{g}/\text{cm}^2$ 以上岩芯的 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 年代序列 (图 6)。通过上述方法厘定的年代序列, HMT-1 孔在 1953 年之前沉积速率波动较大, 1945—1965 年前后沉积速率最高, 这与巢湖 (刘恩峰等, 2009)、龙感湖 (吴艳宏等, 2010) 近代沉积是相似的, 推测这与抗战之后农业生产快速恢复及六十年代初森林砍伐所造成的水土流失加剧有关, 2000 年前后沉积速率进一步降低, 则与农村剩余劳动力的转移有关。与这些社会实践相联系, 本文重建黄茅潭近百年的沉积速率是可信的。

研究进一步认为, 在长江中游这种复杂的沉积环境中, 事件性沉积对于 ^{210}Pb 的蓄积带来了诸多不确定性, 使 ^{210}Pb 计年存在较大误差。因此, 复杂沉积环境中近代沉积的定年, 有必要深度挖掘 ^{137}Cs 环境行为, 在全面阐述其蓄积特点的基础上, 辅以 SCP 计数、粒度指标等识别事件性沉积层位, 是精确地建立沉积时标的必要方法。

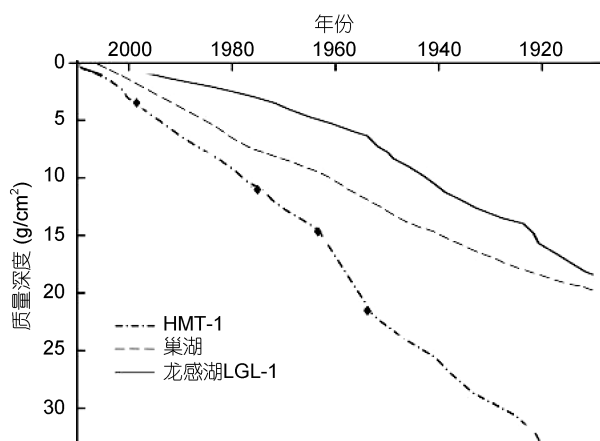


图 6 黄茅潭 HMT-1 岩芯、巢湖与龙感湖 LGL-1 岩芯的年代序列

Fig. 6 The sedimentary ^{210}Pb chronology of Core HMT-1 in Huangmaotan Lake, and comparison with those of Chaohu Lake and Longgan Lake

3 结论

(1) 对长江河滨小型湖泊-黄茅潭近代湖泊沉积的 ^{137}Cs 蓄积特征研究表明, 1986 年是长江流域沉积环境中 ^{137}Cs 行为的转折点。在这之前, ^{137}Cs 以大气散落为主, ^{137}Cs 的蓄积行为与降水存在正相关关系; 在这之后, ^{137}Cs 以流域侵蚀为主, ^{137}Cs 在沉积物中的

蓄积与降水呈负相关关系。

(2) 基于碎屑沉积物粒度、流域大雨+暴雨日数统计记录、降水量及 ^{137}Cs 蓄积特点和 SCP 记录, 确定了 1953—1954 年、1963—1964 年、1974—1975 年、1998—1999 年沉积层位, 以这些层位作为标志层位, 基于复合模式, 矫正了 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的年代序列。

(3) 复杂沉积环境中近代沉积的定年, 有必要深入挖掘 ^{137}Cs 环境行为, 在全面阐述其蓄积特点的基础上, 辅以 SCP 计数、粒度指标及降水等识别事件性沉积层位, 是基于 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 精确地建立近代沉积时标的必要方法。

参 考 文 献

- 万国江, 1997. 现代沉积的 ^{210}Pb 计年. 第四纪研究, 17(3): 230—239
- 龙 进, 贾玉连, 张 智等, 2015. 末次冰期以来鄱阳湖东北缘下蜀黄土常量元素地球化学特征及其物源指示. 沉积学报, 33(5): 932—940
- 史小丽, 秦伯强, 2008. 湖北网湖 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 计年与沉积速率研究. 宁波大学学报, 21(3): 418—422
- 刘恩峰, 薛 滨, 羊向东等, 2009. 基于 ^{210}Pb 与 ^{137}Cs 分布的近代沉积物定年方法——以巢湖、太白湖为例. 海洋地质与第四纪地质, 29(6): 89—94
- 齐永青, 张信宝, 贺秀斌等, 2006. 中国 ^{137}Cs 本底值区域分布研究. 核技术, 29(1): 42—50
- 杨 洪, 易朝路, 邢阳平等, 2004. ^{210}Pb 和 ^{137}Cs 法对比研究武汉东湖现代沉积速率. 华中师范大学学报(自然科学版), 38(1): 109—113
- 吴艳宏, 王苏民, 夏威夷等, 2005. 近代湖泊沉积物球状碳颗粒(SCP)定年. 科学通报, 50(7): 703—707
- 吴艳宏, 刘恩峰, 邴海建等, 2010. 人类活动影响下的长江中游龙感湖近代湖泊沉积年代序列. 中国科学: 地球科学, 40(6): 751—757
- 闵 骞, 时建国, 闵 聃, 2011. 1956—2005 年鄱阳湖入出湖悬移质泥沙特征及其变化初析. 水文, 31(1): 54—58
- 项 亮, 1995. ^{137}Cs 湖泊沉积年代学方法应用的局限——以 Crawford 湖为例. 湖泊科学, 7(4): 307—313
- 项 亮, 王苏民, 薛 滨, 1996. 切尔诺贝利核事故泄漏 ^{137}Cs 在苏皖地区湖泊沉积物中的蓄积及时标意义. 海洋与湖沼, 27(2): 132—137
- 侯价礼, 1994. 铯-137 沉积密度与降水量关系的探讨. 中华放射医学与防护杂志, 14(2): 106—108
- 姚书春, 李世杰, 刘吉峰等, 2006. 太湖 THS 孔现代沉积物 ^{137}Cs 和 ^{210}Pb 的分布及计年. 海洋地质与第四纪地质, 26(2): 79—83
- 彭学敏, 贾玉连, 胡亚萍等, 2014. 赣北芙蓉-周溪断面下蜀黄土粒度特征及其指示意义. 热带地理, 34(5): 663—671
- Abril J M, 2004. Constraints on the use of ^{137}Cs as a time-marker to support CRS and SIT chronologies. Environmental Pollution, 129(1): 31—37
- Appleby P G, 2000. Radiometric dating of sediment records in European mountain lakes. Journal of Limnology, 59(S1):

1—14

- Crusius J, Anderson R F, 1995. Evaluating the mobility of ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ and ^{210}Pb from their distributions in laminated lake sediments. *Journal of Paleolimnology*, 13(2): 119—141
- Davis R B, Hess C T, Norton S A *et al*, 1984. ^{137}Cs and ^{210}Pb dating of sediments from soft-water lakes in new England (U.S.A.) and Scandinavia, a failure of ^{137}Cs dating. *Chemical Geology*, 44(1—3): 151—185
- Du Y, Cai S M, Zhang X Y *et al*, 2001. Interpretation of the environmental change of Dongting Lake, middle reach of Yangtze River, China, by ^{210}Pb measurement and satellite image analysis. *Geomorphology*, 41(2—3): 171—181
- Jia Y L, Lai Z P, Zhang J R *et al*, 2012. Chronology and provenance of aeolian sediments from Poyang Lake area in the middle reaches of the Yangtze River in China. *Quaternary Geochronology*, 44—49
- Last W M, Smol J P, 2001. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Volume 1: Basin Analysis, Coring, and Chronological Techniques*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 171—196
- Longmore M E, Torgersen T, O'Leary B M *et al*, 1986. Cesium-137 redistribution in the sediments of the Playa, Lake Tyrrell, northwestern Victoria. I. Stratigraphy and cesium-137 mobility in the upper sediments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 54(1—4): 181—195
- Ritchie J C, McHenry J R, 1990. Application of radioactive fallout cesium-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns: a review. *Journal of Environmental Quality*, 19(2): 215—233
- Robbins J A, Edgington D N, 1975. Determination of recent sedimentation rates in Lake Michigan using Pb-210 and Cs-137. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 39(3): 285—304
- Rose N L, 1994. A note on further refinements to a procedure for the extraction of carbonaceous fly-ash particles from sediments. *Journal of Paleolimnology*, 11(2): 201—204
- Rose N L, 2015. Spheroidal Carbonaceous fly ash particles provide a globally synchronous stratigraphic marker for the Anthropocene. *Environmental Science & Technology*, 49(7): 4155—4162
- Rose N L, Harloc S, Appleby P G *et al*, 1995. Dating of recent lake sediments in the United Kingdom and Ireland using spheroidal carbonaceous particle (SCP) concentration profiles. *The Holocene*, 5(3): 328—335
- Sugai S F, Alperin M J, Reeburgh W S, 1994. Episodic deposition and ^{137}Cs immobility in Skan Bay sediments: a ten-year ^{210}Pb and ^{137}Cs time series. *Marine Geology*, 116(3—4): 351—372
- Tylmann W, Bonk A, Goslar T *et al*, 2016. Calibrating ^{210}Pb dating results with varve chronology and independent chronostratigraphic markers: problems and implications. *Quaternary Geochronology*, 32: 1—10
- Xiang L, Lu X X, Higgitt D L *et al*, 2002. Recent lake sedimentation in the middle and lower Yangtze basin inferred from ^{137}Cs and ^{210}Pb measurements. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21(1): 77—86

^{137}Cs BUILDUP, DATING, AND TUNING FOR THE RECENT LAKE SEDIMENT IN HUANGMAOTAN LAKE, JIANGXI, SOUTH CHINA

LENG Xue¹, WU Shuang¹, WANG Xin-Mei¹, CHEN Sha¹, ZHU Xiao-Hong², JIANG Mei-Xin¹,
JIA Yu-Lian^{1,2}, LI Xiao-Feng¹, MIAO Jun-Xiang¹, WANG Ye-Qiao²

(1. School of Environment and Geography, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China;

2. Ministry of Education Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Nanchang 330022, China)

Abstract Profiles of ^{210}Pb and ^{137}Cs of two cores drilled from Huangmaotan Lake were rebuilt, and were compared and adjusted against those of SCP (spheroidal carbonaceous particle) counting, and grain size records. The lake is situated in North Jiangxi, China along the middle reach of the Changjiang (Yangtze) River, 5.1 km² in full-water area, and 7.7 km² in catchment area. The basements of the catchment area are composed of Triassic-Cretaceous-Tertiary muddy sandstones and conglomerates mostly in continental facies. The two cores, HMT-1 and HMT-3, were taken in center of the lake, 100 m apart, with a Dutch-made Beeker corer, 6 cm cross, and 80 cm long. Several sedimentary events in 1953—1954, 1963—1964, 1974—1975, 1998—1999, respectively, were determined based on correlation of above-mentioned records to the annual rainfall and the annual days of heavy rain during 1952—2012. The age control for Core HMT-1 was reconstructed, which is largely different from sedimentary chronology of ^{210}Pb . We believe that this discrepancy was mainly resulted from ^{210}Pb dating. As the sedimentary environment in the middle reaches of Changjiang River is complicated as revealed in the Huangmaotan Lake, an event horizon settled from large flood could cause errors in ^{210}Pb dating. In addition, we found that year 1986 is the turning point of ^{137}Cs environmental activity in sediment of the Changjiang River catchment. Before 1986, correlation between rainfall and ^{137}Cs concentrations was overall positive, which is mainly due to atmospheric deposition during 1952—1986; and after 1986, it became overall negative during 1986—2010 as the hosting sediments were derived mostly from the river catchment areas. A typical peak of ^{137}Cs activity in 1963—1964 was found related to high atmospheric fallout and to low sedimentation due to small rainfall and less flooding. Therefore, the ^{137}Cs peak of 1963—1964 can be used as a reliable time maker horizon for recent sediments in the river catchment areas, so be another peak in 1986. Although ^{137}Cs dating needs to be validated in the future, it remains as a tool to set time maker horizons for the recent sediments. However, it is necessary to compare ^{137}Cs activity profile against those of grain size, SCP counting, and other records to search for characteristic time maker layers, and adjust the result of ^{210}Pb dating.

Key words Huangmaotan Lake; Jiangxi; Lacustrine sediments; ^{137}Cs dating; ^{210}Pb dating; SCP counting; event horizons