

# 洪湖人类活动的沉积物记录\*

陈 萍<sup>1</sup> 何报寅<sup>1</sup> 远藤邦彦<sup>2</sup> 杜 耘<sup>1</sup> 李世杰<sup>3</sup>

(1:中国科学院测量与地球物理研究所,武汉 430077; 2:日本大学文理学部地球科学系,东京,日本;  
3:中国科学院南京地理与湖泊研究所,南京 210008)

**提 要** 对洪湖 150cm 长的沉积物样芯进行了 TOC、TN、TP、Ca、硫化物测试和 AMS 定年,在此基础上对洪湖地区人类活动的湖泊沉积响应进行了讨论。TOC 和 TN 的含量呈现相似的变化规律,它们在样芯顶部和底部都出现显著峰值,而中部变化平坦,表示 1500 年来洪湖环境变演的三个显著不同的阶段;TP 从过去到现在总体呈上升的趋势,但上升的幅度不大,这与磷在沉积物中复杂的循环机制有关;Ca 的剖面变化显示为底部含量高上部低,其变化情况较复杂;硫化物在顶部 15 cm 的含量比背景值略高,可能指示了上个世纪人类对铁矿和矿物燃料开采强度的增大。

**关键词** 洪湖 沉积物 人类活动

**分类号** P512.32

湖泊沉积物的形成过程是湖泊物理、生物和化学诸过程综合作用的结果,因此湖泊沉积物真实地记载了湖泊过去气候、环境变迁信息。人类活动对湖泊环境的影响也保存在该地质记录中。因此湖泊沉积物包括了气候变化和人类活动的双重影响。

本文选择了江汉平原最具代表性的湖泊——洪湖,通过对其沉积物剖面的一些重要指标 TOC、TN、TP、Ca 和硫化物的分析,探讨了洪湖在发展演化中人类活动对其的影响。

## 1 洪湖的自然环境

洪湖位于北亚热带中纬度南缘,属于我国季风气候较明显的地区。年平均气温 15.9 - 16.6℃,年降水量 1000 - 1300mm。洪湖是长江和汉水支流东荆河之间的大型浅水洼地壅塞湖,湖北省最大的淡水湖泊。总面积为 344km<sup>2</sup>,年平均水深 1.35m。洪湖汇水面积广阔,总面积 3314km<sup>2</sup>,包括监利县的全部和洪湖市的 4 个区、乡。区域内地势平坦。湖区的地面径流主要通过四湖总干渠汇入湖泊,然后经若干涵闸通过长江对湖内水量进行排蓄和调节。

## 2 采样及分析

### 2.1 采样

在洪湖的中心位置(29°52′02.6″N, 113°23′46.6″E),用 PVC 管采得沉积物剖面样芯,孔

\* 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-12-1),中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-SW-110)联合资助。

2003-09-28 收稿,2003-12-20 收修改稿。陈萍,女,1978 年生,硕士研究生,E-mail: cp\_chenping@yahoo.com.cn

号为 H2-2002, 长度约为 150cm. 在野外将样芯按 1cm 间隔分样, 分隔好的样品装入聚乙烯袋中密封保存, 以备后续实验. 通过观察, 沉积物岩芯的特征为: 0-18cm, 含有机碎屑的深灰色泥; 18-120cm, 灰棕色粘土; 120-150cm, 黑色粘土, 偶夹灰棕色粘土.

## 2.2 分析方法

表 1 洪湖 H2-2002 孔沉积物沉积速率的测定结果\*

Tab. 1 The results of accumulation rate of Honghu Lake

深度 (cm)	年代	沉积速率 (cm/a)
28.5	840 ± 50BC	0.036
110.0	852 ± 39BC	0.129
143.0	1199 ± 32BC	0.092

\* 28.5cm 处测定的年代有较大的误差, 原因可能是湖底受到扰动, 例如打捞水草, 湖水的搅动等会使下层的沉积物来到上层, 导致测定的年代结果偏大.

样品风干后在 105℃ 下烘干, 再经过研磨过 100 目筛后测定. 样品的总氮 (TN) 的分析用凯氏法, 总磷 (TP) 用钼锑抗分光光度法, 总有机碳用重铬酸钾容量法, 钙用原子吸收光度法 (PE4100 光度仪) 测定, 硫化物用对氨基二甲苯胺光度法. 该点的年代系用加速器质谱方法 (AMS) 进行  $^{14}\text{C}$  测年得到 (表 1). 通过计算沉积速率在 0.092-0.13cm/a 之间, 平均沉积速率为 0.11cm/a. 该结果与以前用  $^{210}\text{Pb}$  测定的结果<sup>[1]</sup>基本一致.

## 3 人类活动在沉积物中的记录

### 3.1 TN, TOC 在沉积物中的垂直分布

湖泊沉积物中的 TOC、TN 主要受控于湖泊的初级生产力、陆源有机碎屑输入及有机质沉积后的保存潜势. 该柱芯剖面的 TOC 和 TN 的变化基本相同, 在 0-20cm 和 120-150cm 出现两个峰值段, 应该说这两处代表着不同的演化过程. 120-150cm 处, 年代约在 950-1300 年前. TOC 和 TN 的含量很高, TOC 最高时达到 5%, 并且岩芯显示为黑色粘土, 与上层岩芯有显著不同, 说明在 1300 年前该采样点处于沼泽化的高峰时期, 沉积物中有机碳含量最高. 根据研究<sup>[2]</sup>, 1300-950 年前, 中国东部正处于气温较低时期, 长江和汉水的河床比降增大, 洪水容易渲泄, 气温低则降水少, 洪水泛滥的机会减少, 因而洪湖的水量减少, 水位下降且日渐干涸. 大量植物在此生长并形成沼泽, 植物残体被分解, 沼泽层保存下来. 此后气

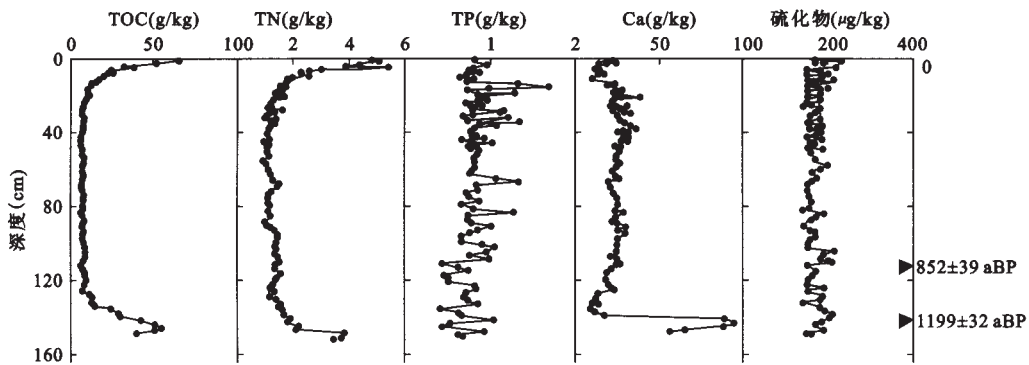


图 1 洪湖 H2-2002 孔沉积物中各指标的变化

Fig. 1 Fluctuations of some indexes of Core H2-2002 sediments from Honghu Lake

候变暖,洪湖水位回升。

0-20cm 处 TOC 和 TN 的含量也很高,0-6cm 处 TOC 和 TN 的含量更是成直线上升。根据《洪湖县志》记载,清代康熙雍正年间,实行“滋生人口,永不加赋”的政策,洪湖地区人口激增,直到 1970 年后实行计划生育工作,才有所控制。人口的增长和农业耕作的发展使区域内 N、P 等营养物质向湖内输入增加,导致湖水中水生植物大量生长,植物死亡残体沉入湖底,形成沉积物的组成部分,从而增加了 TOC 和 TN 的含量。另外工业有机物以及外源植物碎屑随着地表径流汇入洪湖,也会使洪湖水体中的总有机碳和总氮含量上升。

### 3.2 TP 在沉积物中的垂直分布

对于多数湖泊,磷可能是决定湖泊生产力、影响藻类异常繁殖的限制性营养元素<sup>[2]</sup>。洪湖沉积物中总磷的含量总的来说是一个上升的趋势,但上升的幅度不大。

洪湖位于四湖下游,承接上中区(荆州、江陵、监利等城市及乡镇)的农业灌溉排水、工业和生活污水。每年施用在农田的有机磷和有机氯农药高达 7500t,用量达 55.5kg/hm<sup>2</sup>(1994 年)<sup>[3]</sup>。农药残留物也随农业废水或地表径流入湖,生活污水以洗涤产品中的磷含量最高,直接输入会引起水体总磷升高。

磷在进入沉积物后,在一定条件下会重新释放进入水体中,从而沉积物中的总磷含量减少。溶解氧、pH、扰动、温度以及湖水的化学成分都是磷释放的影响因子。在洪湖,扰动和温度变化是主要的影响因子。其中扰动来自两个方面:打捞水草和风浪作用。农民在湖中大量的采挖湖底水草时使湖底沉积物颗粒磷再悬浮,加速了沉积物中间隙水的扩散,从而增加磷的释放。目前洪湖的水生植被覆盖率已经下降了约 1/3。其次,洪湖是地处开阔平原的浅水湖泊,大范围的风浪作用使上下层水体大规模搅动,有利于磷的释放。

温度的升高是影响沉积物中磷含量的另一个重要因子。洪湖位于亚热带季风气候区,四季分明,温度变化很大。春末夏初温度升高时,使磷的沉降反应向反方向进行,增加磷的释放。同时在这个阶段藻类开始繁殖并吸收水中的磷,减少了水体中磷的浓度,导致沉积物中的磷由高浓度向低浓度释放。由于磷在沉积物中复杂的循环机制,所以保留在沉积物中的总磷并没有像总氮那样在上层沉积物中迅速积累,而是上下波动小幅度上升。

### 3.3 Ca 和硫化物在沉积物中的垂直分布

湖泊沉积物中钙含量随外源碎屑的组成,湖水及间隙水自身的地球化学过程有所变化,但波动不大<sup>[4]</sup>。钙盐由于溶解和沉淀过程以及植物对钙的吸收作用而发生迁移。

Ca 在 140-150cm 柱芯之间的含量远远高于上层 Ca 的含量。这与该地点的演变过程有关。在 1300 年前,该采样点处于沼泽化的高峰时期,植物死亡后,其残体沉积在沉积物的表面,起到富集钙的作用。所以它与湖相沉积层在 Ca 的含量上有很大的差别。

20-140cm 处 Ca 的含量变化不大,在 40cm 左右,Ca 的含量比较高。明代成化至正德年间(1465-1512 年),监利江堤“溃堵相循,洪水涌入沔南,唐公、草马、南湖诸垸尽没,成为湖泊”,泥沙中含有的较多的 Ca 在湖底沉积下来。

0-20cm 处 Ca 的含量先下降然后呈上升的趋势,但含量小于下层沉积物。钙的含量在 10-20cm 处下降主要是因为从嘉庆十三年起(1808 年)开始修建涵闸,人为控制湖水的消涨。这阻断了洪湖与长江天然的联系,使洪湖由一个开放型的湖泊变成了半封闭型的湖泊,减少了钙的外源输入量,因此这段沉积物柱芯中的 Ca 含量小于下层。近百年来(0-

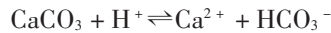
15cm 处)Ca 的含量开始上升,一方面是由于这段时期水生植物大量生长,Ca 吸收强度加大,植物死亡后沉积在湖底,Ca 随之进入沉积物;另一方面,洪湖变为半封闭型的湖泊后,Ca 的沉积与其水化学条件有关.下表为洪湖水体某些年份的 pH 值.

表 2 洪湖水体不同年份 pH 值对比

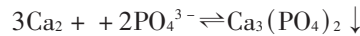
Tab. 2 Comparison of pH values of Honghu Lake in different years

年代	1960	1993	2001	2001	2003
pH(平均值)	8.00	8.94	9.35	8.818	8.902
pH(最大值)		9.90	9.90	9.22	9.15

从表 2 中可以看到洪湖水体偏碱性,有的年份 pH 最大值接近 10. 根据化学反应方程式



可知,碱性环境利于反方向生成碳酸钙沉淀,进入沉积物中.另外,营养物质磷的输入量增加,易发生反应:



只要  $\text{Ca}^{2+}$  的浓度与  $\text{PO}_4^{3-}$  的浓度积 ( $K_{sp}$ ) 达到  $2 \times 10^{-29}$  时,就会生成  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  沉淀,进入湖泊沉积物中;当水体中  $\text{Ca}^{2+}$  的浓度与  $\text{PO}_4^{3-}$  的浓度积小于  $2 \times 10^{-29}$  时,沉积物中的  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  会释放回水体中,这种释放是以低浓度方式进行的.

从图 1 中可以看到,在 15 - 150cm 之间硫化物的含量在  $170\mu\text{g}/\text{kg}$  上下波动,变化的数量级很小.0 - 15cm 处,硫化物的含量呈上升趋势.19 世纪中叶蒸汽机发明后人类开始大规模开采并燃烧煤和石油,这些燃料中都含有硫化物.燃烧过程中生成二氧化硫,在空气被氧化成三氧化硫,随着雨水进入湖泊,形成硫酸根离子 ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).在强烈的生物作用下,硫酸根被还原成硫离子 ( $\text{S}^{2-}$ ) 并与亚铁离子结合生成难溶解的硫化铁,进入沉积物.尤其是 0 - 5cm,硫化物的含量上升很快.这一阶段正是江汉平原乃至世界钢铁产业飞速发展的时期.人们大量开采煤铁矿,发展钢铁冶炼和火力发电以满足工业发展的需要.例如武汉钢铁公司,距离洪湖仅 200km,铁矿石和煤等矿物燃烧时产生的含有硫化物粉尘很可能会随着空气进入湖泊.

## 4 结论

通过对洪湖 150cm 沉积物柱芯的 TOC、TN、TP、Ca 和硫化物的分析研究,表明了沉积物中的一些指标与洪湖环境演变过程以及人类活动的方式及强度有一定的相关性.

(1) 1300 年来,洪湖的演变过程可以分为三个阶段:1300 - 950 年前,洪湖正经历一段沼泽化时期,950 年前 - 19 世纪初(1808 年),洪湖在自然环境下演变,很少受到人类活动的干预.其中明代成化至正德年间(1465 - 1512 年),东西洪湖连成一体,面积不断扩大,达到鼎盛时期;19 世纪初至今,人类通过修建涵闸等水利工程使洪湖由一个开放型湖泊变成半封闭型的湖泊,洪湖在人类活动的影响下演变发展.

(2) 近年人类活动加剧,尤其是近五六十年.洪湖沉积物中各个指标也在相应地上升,越到上层,上升的趋势越明显.可见沉积物的上述指标可以有效地指示湖泊流域人类活动

的强度.

(3) 洪湖沉积物中各指标含量上下层的明显变化反映了湖泊水体近年和以往年代的不同. 所以洪湖水体现在和过去已经发生了很大的变化. 洪湖目前的生态环境遭到了很大的破坏, 若仍不注意湖泊资源的保护, 将会对人类形成很大的危害.

### 参 考 文 献

- 1 中国科学院水生生物研究所洪湖课题研究组. 洪湖水体生物生产力综合开发及湖泊生态环境优化研究. 北京: 海洋出版社, 1991: 124
- 2 郑景云, 张丕远, 葛全胜等. 过去 2000a 中国东部干湿分异的百年际变化. 自然科学进展, 2001, **11**(1): 65 - 70
- 3 陈世俭. 洪湖的环境变迁及其生态对策. 华中师范大学学报(自然科学版), 2001, **35**(1): 107 - 110
- 4 杨汉东, 农生文, 蔡述明. 武汉东湖沉积物的环境地球化学. 水生生物学报, 1994, **18**(3): 208 - 213
- 5 陈宜瑜, 许蕴 等. 洪湖水生生物及其资源开发. 北京: 科学出版社, 1995: 3 - 10
- 6 金相灿等. 中国湖泊环境(第一册). 北京: 海洋出版社, 1995: 251 - 254
- 7 杨汉东. 洪湖生态系统钙的地球化学特征. 水生生物学报, 1996, **20**(1): 91 - 92
- 8 罗莎莎, 万国江. 湖泊沉积物中硫的地球化学循环机制研究. 四川环境, 2000, **19**(3): 1 - 3
- 9 王雨春, 万国江, 黄荣贵等. 湖泊现代沉积物中磷的地球化学作用及环境效应. 重庆环境科学, 2000, **22**(4): 39 - 41
- 10 湖北省水利志编纂委员会编. 湖北水利志. 北京: 中国水利水电出版社, 1999
- 11 蔡述明, 石 泉. 古云梦泽研究. 武汉: 湖北教育出版社, 1996: 158 - 164
- 12 Abraham Lerman, Dieter M Imboden, Joel R Gat. Physics and Chemistry of Lakes. Hong Kong: Springer-Verlag, 1995

## Records of Human Activities in Sediments from Honghu Lake

CHEN Ping<sup>1</sup>, HE Baoyin<sup>1</sup>, Kunihiko Eudo<sup>2</sup>, DU Yun<sup>1</sup> & Li Shijie<sup>3</sup>

(1: Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, P. R. China;

2: Department of Geosystem Sciences, Nihon University, Tokyo, Japan;

3: Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China)

### Abstract

Basing on the measurements for contents of TOC, TN, TP, Calcium and sulfide and AMS dating of sediment from Honghu Lake, we discussed the response of human activities in the lake sediment. The variations of TOC, TN are agreed with each other. They all appear as a remarkable peak value both on the top and bottom of the core, while flat in the midst. This indicates that the environmental change history of Honghu Lake can be divided into three distinct stages in recent 1500 a. TP generally ascend from past to present, but the extent of rise is not remarkable. This can be related to its complicated cycling mechanism in sediment. The profile of Calcium shows higher in the bottom lower in the top, its variation is complicated. The contents of sulfide on the top 15 cm is higher than the background, this possibly indicates the increase of mining intensity of iron ore and fossil fuel in the last century.

**Keywords:** Honghu Lake; sediment; human activities