

南京玄武湖清淤前后底泥主要污染指标的变化

朱 敏¹, 王国祥¹, 王 建¹, 陈 灿²

(1. 南京师范大学 地理科学学院, 江苏 南京 210097; 2. 广西大学 林学院, 广西 南宁 530004)

[摘要] 南京玄武湖1998年初实施了清淤疏浚工程, 试图以此削减湖泊内源污染负荷, 控制富营养化. 比较分析清淤前后(1996~2000年)玄武湖沉积物中主要污染指标的变化, 结果表明, 清淤后的次年沉积物中总磷略有下降, 但其后又呈现上升趋势; 总氮在清淤后呈现明显的上升趋势; 沉积物中重金属含量除Zn在局部湖区呈下降趋势外, 其余重金属在清淤后均呈现上升趋势, Hg的上升趋势最为明显; Cu、Pb、Cd、Cr清淤前(1996~1998年)已经出现下降趋势, 但是清淤后反而呈现上升趋势.

[关键词] 清淤, 沉积物, 总磷, 总氮, 重金属, 玄武湖

[中图分类号] X820.6, **[文献标识码]** B, **[文章编号]** 1672-1292(2004)02-0066-04

清淤作为控制水体污染及富营养化的一种措施, 在国内外已经广泛应用. 其目的主要是通过挖除湖泊底泥, 清除沉积物中所含的污染物, 减少沉积物中的污染物向水体的释放, 对大中城市供水水源地、重要旅游区和特殊水域保护区的水质保障有重要意义^[1]. 清淤在短期内可以改善水质, 如1999年滇池的清淤工程^[2], 但从长期效果看, 尚未见到中等以上湖泊通过清淤控制湖泊富营养化的明显实例^[3]. 清淤是一项投资巨大的工程, 对政府及地方财政将形成一定的压力, 尤其需要慎重考虑投入-效应比. 本文分析了南京玄武湖清淤前后沉积物中污染物质的变化, 以期评价清淤的效果, 为同类湖泊清淤疏浚提供依据.

1 玄武湖富营养化状况及清淤

南京玄武湖属于城市天然小型浅水湖泊, 是钟山风景区的一个重要组成部分. 湖泊面积3.7 km², 平均水深1.14 m. 玄武湖汇水主要来自紫金山北麓雨水和流域内工业废水及生活污水, 湖泊中沉积物较厚, 平均厚度达70 cm, 主要是粘壤土质淤泥, 具有较强的吸附力. 随着玄武湖流域城市建设的发展, 每天约有5万t工业废水、生活污水排入湖中, 在20世纪80年代末, 玄武湖水质就已达超富营养化程度, 目前仍未得到妥善解决, 严重影响了玄武湖的游览、湖泊供水、水上运动、水产养殖等功能.

玄武湖日趋严重的污染, 引起了有关部门的重视, 1998年实施了清淤工程以期控制水质污染. 该工程于1998年1月正式开始疏挖, 平均去除30 cm

表层淤泥, 完成了3.3 km²的清淤任务, 清除淤泥量达75.48万m³, 按测定的淤积速率0.3~0.7 mm/a计算, 相当于已清除了40~100年来形成的淤积物^[1]. 除了最小的西南湖为了试验进口的吸泥船而带水清淤外, 其余两湖区均将湖水抽干, 采用的是15~22 kW立式泥浆泵和17 kW高压水枪组成的水力挖塘机组群(30套), 每套机组每天可清淤3~400 m³泥浆, 浓度30%左右. 清淤期间, 沿途污水停止输入湖内. 西北湖于1998年3月7日完工放水; 东南湖于4月底完工. 1998年10月下旬起还调用经沉淀后的长江水冲洗置换玄武湖湖水, 换水周期70 d^[1].

2 底质调查内容及方法

2.1 采样点的设置

玄武湖湖区由4个岛及堤、桥自然分隔为3个相对独立又相互联系的湖区, 即东南湖、西南湖和西北湖, 此次采样点设在东南湖和西北湖两湖区, 如图1所示.

2.2 采样方法

用彼得逊采泥器采集表层底泥样; 用Kajak采样器采集柱状泥样, 厚度约30 cm. 柱状样进行每5 cm分割, 共分5~6层.

2.3 监测项目与频率

分别测定底泥中TP、TN、有机质含量及Cu、Zn、Pb、Cd、Hg、Cr、As 7种重金属的含量.

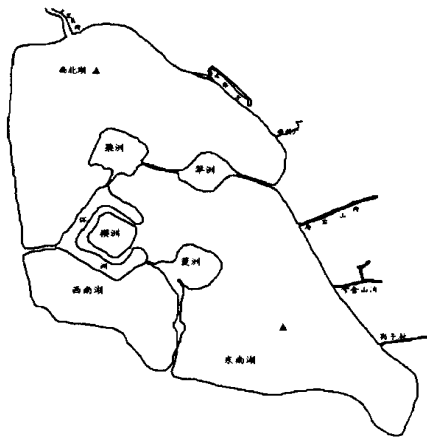
监测频率为每年2次.

收稿日期: 2003-10-27.

基金项目: 教育部青年教师奖励基金资助项目(2001JBC12).

作者简介: 朱敏(1978-), 女, 硕士研究生, 主要从事水环境与生态修复的学习与研究. E-mail: ifno_zm@sina.com

通讯联系人: 王国祥(1963-), 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事水环境与生态修复的教学与研究. E-mail: wangguoxiang@njnu.edu.cn



为采样点
图1 玄武湖采样点分布图

2.4 分析方法

TP、TN:用过硫酸盐氧化法同时测定;有机质(TOC):重铬酸钾容量法;Cu、Zn、Pb、Cd、Cr:原子吸收法;Hg:冷原子吸收法;As:Ag-DDC光度法^[4].

3 结果与讨论

3.1 玄武湖沉积物营养盐负荷及重金属污染概况

一般认为在湖泊N、P物质的循环中,底泥有时表现为水体污染的“源”,有时又是水体污染物的“汇”.玄武湖底质中营养盐的含量见表1.

表1 玄武湖沉积物 TP、TN 及有机质含量

	TP	TN	有机质/ %
	含量/ %	含量/ %	
东南湖	0.48	0.27	6.542
西北湖	0.12	0.21	5.112
平均值/ %	0.28	0.25	5.827

对于沉积物中有机质(TOC)、总氮(TN)等指标,目前尚缺乏评价标准,参照渔业水体沉积物有机污染指数计算及评价分级标准,有机指数大于0.05为污染状态,0.03~0.05为尚清洁状态.玄武湖沉积物平均有机指数为1.12(有机指数=[有机质(%)/1.24]×[总氮(%)×0.95]),因此,玄武湖沉积物有机污染较严重.

玄武湖东南湖、西北湖区底泥的7种重金属含量见表2.以南京土壤背景值为参考标准,由表2可知,玄武湖底泥7种重金属含量均超过南京地区土壤背景值,最高的西北湖Hg含量甚至为背景值的25倍;对照土壤环境质量标准(GB15618—1995)

类标准,全湖Zn含量和西北湖的Hg含量超过土壤环境质量标准,其余不超标.

对玄武湖沉积物的柱状样分析表明(图2),玄武湖表层沉积物的TP、TN浓度均高于底层,至15 cm开始,TP、TN含量基本恒定,因此可以认为,

玄武湖沉积物污染有效厚度为15 cm.

表2 玄武湖底泥重金属含量/(mg/kg)

	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	Cr	As
东南湖	49.1	545.6	35.606	0.232	0.568	4	62.04
西北湖	61.04	639	38.176	0.300	8	2.977	4
背景值	32.2	76.8	24.8	0.19	0.12	59	10.6
GB15618—1995类标准	400	500	500	1.0	1.5	400	30

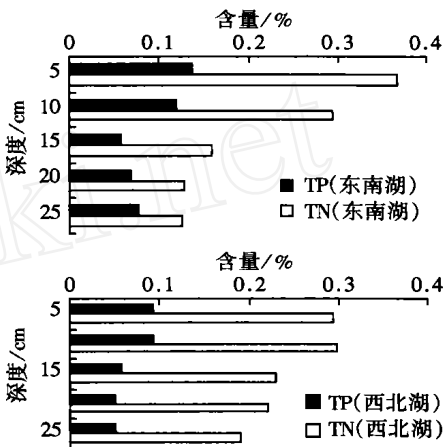


图2 玄武湖底泥 TP、TN 垂直分布

3.2 清淤前后沉积物 TP、TN、有机质的变化

沉积物通过滞留水体中的磷或自身释磷的不同趋向,影响湖泊的营养程度和生产力.由图3可见,1998年清淤后,玄武湖沉积物中TP在次年(1999年)略下降后又呈现上升趋势.湖泊沉积物中的磷主要来源于外源污染以及湖水中生物的残骸.20世纪90年代以后,为了控制玄武湖的富营养化,南京市采取了包括截污(污水改道排放)、污水处理、引水冲洗等一系列措施,因此,到清淤前,玄武湖沉积物中的TP已经呈现出明显的下降趋势,这表明控制外源污染对削减磷负荷有一定效果.然而,清淤后沉积物中的TP又出现上升趋势,这主要是由于清淤疏挖打破了原有底质的磷释放平衡,导致磷释放量增加,而磷控制着湖泊藻类的增殖,是藻类生长繁殖的主要影响因素,因此在引水后不久即出现藻类繁殖加剧的现象,表层沉积物积压的死亡残体也增多.

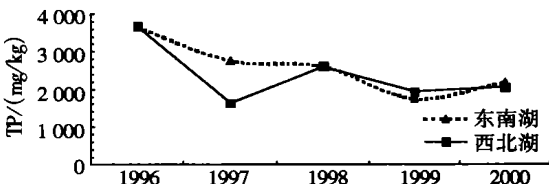


图3 玄武湖疏浚前后底泥中 TP 含量变化

由图4可见,1998年清淤后,玄武湖沉积物TN呈现明显的上升趋势,2000年甚至超过了原来的水平,这主要是因为外源性的氮进入湖体后经过生

物富集作用,大部分集聚在藻类中,藻类快速生长并大量死亡沉积到湖底,使得沉积物表层的 TN 含量迅速上升.在生态系统结构较完善的水土界面,死亡藻类的残体往往可以得到分解,残体中的氮经过氨化、硝化及反硝化等一系列过程,一部分可重新回到水体中,一部分以气态形式逸散到大气,还有一部分仍留在残体中,因此沉积物中总氮的含量能够维持平衡.清淤破坏了水土界面原有的生态系统,死亡藻类的分解受到影响,可能是清淤后沉积物中 TN 含量上升的原因之一.

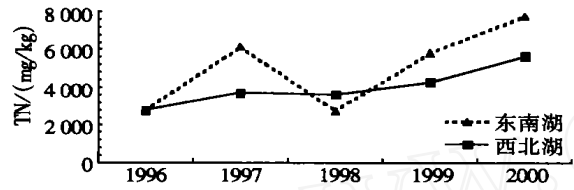


图 4 玄武湖疏浚前后底泥中 TN 含量变化

水生生物的死亡残体和周围环境径流是有机质的主要来源.由图 5 可见,有机质含量变化与 TN 基本一致,1998 年全湖清淤后,当年沉积物有机质含量即下降,但是 1999~2000 年又出现大幅度的回升,超过清淤前的污染水平.主要原因仍与藻类繁殖增加

有关,加之湖区周围的土壤为富含有机质的水稻土、黄棕壤和石灰土,随着地表径流入湖区.

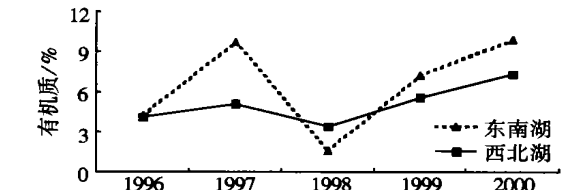


图 5 玄武湖疏浚前后底泥中有机质含量变化

3.3 清淤前后湖泊沉积物重金属的变化趋势

除 Hg 外,其余重金属含量清淤前的本底值都是西北湖高于东南湖,说明西北湖的重金属污染重于东南湖;Cu(东南湖)、Pb、Cd、Hg、Cr 在清淤前呈下降趋势,而 Cu(西北湖)、Zn 和 As 则反之,这有可能是在进行市政的环湖截污工程期间,涉及到截污彻底与否的问题.到 1999 年,即清淤后一年,Pb、Cd、Hg、Cr 即呈上升趋势,Pb 的上升趋势尤为明显,而 Cu、As 在这段时间内持续下降;至 2000 年,即清淤两年后,除西北湖的 Zn 下降之外,其余指标基本上回到或超过清淤前的污染水平,其中西北湖底泥 Hg 含量上升趋势最为突出,约为清淤前的 37 倍(图 6).

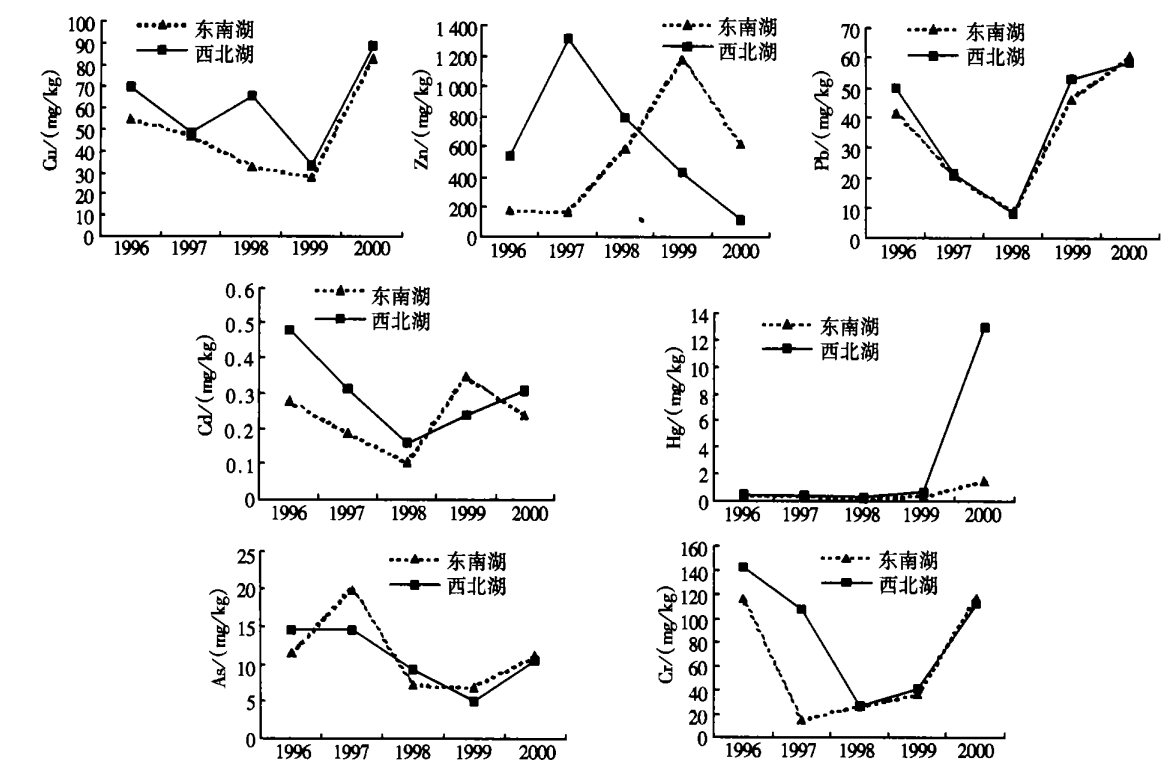


图 6 玄武湖底泥清淤前后重金属含量变化

玄武湖在 20 世纪 60~70 年代曾经受到重金属污染,沉积物中重金属污染比较重;80 年代以后,玄武湖水体主要是富营养化和生活污染,工业

污染(重金属和有毒有害污染)得到有效控制,80 年代以后的沉积物也以藻类残体、有机质为主,因此近 20 年来玄武湖主要是富营养化问题.清淤前

底泥的状态相对稳定,这次清淤采取高压水枪冲洗或吸取,将表层重金属含量相对较低的浮层清除,但是对表层以下的沉积物清除情况差一些。一般情况下,泥沙的粒度对重金属的分布影响较大,重金属主要被小于 0.025 mm 的细颗粒泥沙吸附^[6],当重金属被稳定地固积在沉淀物或者颗粒有机物中时,它的毒性和对生态环境的污染都比较小。在不改变 pH 值和氧化还原电位的情况下,底泥中的重金属是稳定的,由于湖泊的自净能力和自然演变趋势,底泥中重金属的释放通量向下,不会对水体造成二次污染^[5]。玄武湖底泥以细粒粘土为主,90% 以上是粉沙和粘土,为粘壤土质淤泥,对重金属的吸附能力较强。当表层沉积物清除后,下层重金属含量高的沉积物暴露出来,底泥稳定态被打破,为了达到新的平衡,底泥重金属释放通量向上,加上再沉降,又导致沉积物中重金属浓度升高。

总的说来,清淤对去除沉积物中 Zn 的含量有一定的效果,对其他重金属的去除效果并不明显。因此玄武湖重金属的治理还应放在工业污染源和城市生活污水上,要尽量减少点源污染,对排入湖体中的工业、生活污水,必须处理后使之达到排放标准,而不是花大量人力和财力去清理已经污染的沉积物,让治理后的新沉积物自然沉降覆盖已污染的沉积物,也许是可行的。

4 结论

研究表明,对于遭受富营养化和重金属污染后开展截污治理的湖泊,清淤只能在短期内降低沉积物中的营养盐和重金属含量。由于水土界面受到扰动,原有的生态系统遭受破坏,沉积物中的污染物分解速率降低,营养盐和有机质含量仍回复甚至超过原有的污染水平。

清淤可能会使沉积在湖底下层的污染物(如重金属)暴露到水土界面,并对水体环境造成一定影响。因此,对于曾经受到重金属污染的水体,清淤前,必须对重金属在沉积物中的垂直分布做详细调查,根据重金属污染状况选择清淤方式核清淤量。

[参考文献]

- [1] 濮培民,王国祥,胡春华,等. 底泥疏浚能控制湖泊富营养化吗? [J]. 湖泊科学, 2000, 12(3): 269 - 279.
- [2] 陈荷生. 太湖生态修复治理工程[J]. 长江流域资源与环境, 2001, 10(2): 173 - 178.
- [3] 陆子川,张武. 挖掘湖泊底泥避免水体富营养化的探讨[J]. 甘肃环境研究与监测, 2001, 14(1): 60 - 61.
- [4] 国家环境保护局《水和废水分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 第 3 版. 北京:中国环境科学出版社, 1989.
- [5] 石浚哲,刘光玉. 太湖沉积物重金属污染及生态风险性评价[J]. 环境监测管理与技术, 2001, 13(3): 24 - 26.
- [6] 曹文洪,陈东,程义吉. 黄河下游疏浚底泥环境背景值及其对环境的影响[J]. 泥沙研究, 2002, (3): 35 - 39.

Comparative Analysis of Changes of Pollutants in Sediment in Nanjing Xuanwu Lake Before and After Sediment Dredging

ZHU Min¹, WANG Guoxiang¹, WANG Jian¹, CHEN Can²

(1. School of Geographic Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China;

2. School of Forestry, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: The sediment dredging was conducted for decreasing the pollution load and controlling the eutrophication in Xuanwu Lake in 1998. The monitoring results of total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) and heavy metals in sediment were used to assess the effect of the dredging. Compared with 1998, TP content of the sediment decreased slightly in 1999, but increased in 2000. A continuous increase of TN content in sediment took place after dredging. At the same time, the pollution loading of heavy metals, such as Hg, Cu, Pb, Cd, Cr, has been rising since 1998. Especially, in 2000 Hg content in Northwestern part of Xuanwu Lake was 36 times as much as that in 1997 (before dredging).

Key words: dredging, sediment, total nitrogen, total phosphorus, heavy metal, Xuanwu lake

[责任编辑:严海琳]