

太湖沉积物重金属污染及生态风险性评价

石浚哲, 刘光玉

(无锡市环境科学研究所, 江苏 无锡 214023)

摘要: 对 1993 年~ 1999 年所采集的太湖表层沉积物中重金属含量进行了统计分析和生态风险性评价。结果表明, 太湖沉积物的 pH 值呈中性至弱碱性, 较适合于沉积物中粘土矿物及腐殖质对重金属的吸附; 太湖大部分地区沉积物未受到重金属污染, 且沉积物中重金属处于安全状态。沉积物生态风险性指数评价结果也表明, 太湖大部分地区目前无重金属生态危害。

关键词: 沉积物; 重金属; 污染; 生态风险性评价; 太湖

中图分类号: X 820.4 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2001)03-0024-03

The Heavy Metal Pollution and Ecological Risk Assessment of Sediment in The Taihu Lake

SHI Jun-zhe, LIU Guang-yu

(Wuxi Environmental Monitoring Center, Wuxi, Jiangsu 214023, China)

Abstract: The content of heavy metal in sediment of the Taihu Lake, sampled within 1993 and 1999, was analyzed, and its ecological risk was evaluated. The pH of sediment of the Taihu Lake was neutral to weak alkalinity, it was advantageous to the heavy metal absorption of clay mineral and humus. In most place in the Taihu Lake, sediment had not polluted by heavy metal, and heavy metal in sediment was in safety. The ecological risk assessment of sediment indicated that there had not ecological crisis of heavy metal in the Taihu Lake.

Key words: Sediment; Heavy metal; Pollution; Ecological risk assessment; The Taihu Lake

沉积物作为水环境中重金属的“汇”, 反映了水体受重金属污染的状况; 同时沉积物又是“源”, 在环境条件改变时, 束缚在其中的重金属可被释放出来, 造成二次污染。湖体沉积物中粘土矿物和腐殖质的活性使沉积物具有独特的吸附能力和络合作用, 重金属污染物进入沉积物后, 和其中固液部分结合成各种状态, 在不同的环境中进行各种转移和变化, 对水体和生态造成潜在有害的变化。因此, 调查太湖沉积物中重金属污染, 进行生态风险性评价, 对于太湖水体的污染治理和预测具有重要意义。

1 研究方法

1.1 监测分析方法

根据文献[1], 太湖丰水期与枯水期沉积物中重金属含量差异不大。因此自 80 年代初开始, 每年只在枯水期(3 月份)对全太湖 21 个点位的沉积

物采样分析。使用 0.025 m² 掘式采泥器, 采取表层沉积物, 使用重力管状钻式采样器采取“硬底”样。沉积物中重金属及硫化物的分析方法采用《水和废水分析监测分析方法》(第 3 版)中所述方法; 沉积物 pH 的测定采用抽取液的测定方法。

1.2 太湖沉积物重金属参比值

目前我国没有评价沉积物中重金属含量的标准值, 故选用 1980 年太湖沿岸土壤中重金属的自然本底值作为太湖沉积物重金属的参比值^[2], 见表 1。

表 1 太湖沉积物重金属参比值 mg/kg

项 目	总汞	总砷	总铬	总铜
参比值	0.109	9.4	79.3	18.87

收稿日期: 2000-09-04; 修订日期: 2001-02-10

第一作者简介: 石浚哲(1976-), 男, 江苏江阴人, 助理工程师, 学士, 从事环境科学研究工作。

1.3 评价方法

采用瑞典学者 Hakanson 于 1980 年提出的潜在生态危害指数法进行评价^[3]。评价公式为:

$$RI = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_s} \cdot K_i$$

参数选择对人体及水生生物危害毒性大的汞、砷、铬、铜 4 种元素, 根据潜在生态危害指数 (RI) 的大小, 将太湖沉积物重金属污染程度划分为 5 个等级: $RI < 80$ 无污染, $80 \leq RI < 160$ 轻污染, $160 \leq RI < 240$ 中等污染, $240 \leq RI < 320$ 重污染, $RI \geq 320$ 极度重污染。

2 评价结果与分析

2.1 沉积物的 pH 值及对重金属影响分析

根据多年监测结果, 太湖表层沉积物的 pH 值变化不大, 2000 年 3 月太湖沉积物的 pH 值范围为 6.97~ 8.14, 平均值为 7.45, 最高值出现在漫山附近, 最低值出现在沙墩港附近, 与 1988 年的监测结果相比无明显变化 (1988 年 pH 值为 6.90~ 8.04, 平均值为 7.62^[4])。

沉积物中粘土矿物和腐殖质对重金属有巨大的吸附作用, 主要表现在离子交换吸附上。沉积物中粘土矿物有两种类型, 分别为铝硅酸盐和铁铝氧化物, 其中铝硅酸盐粘土矿物由两种结构单元组成: 硅氧 4 面体和铝氧 8 面体, 4 面体和 8 面体的中心原子被别的原子取代, 发生“同晶置换”, 使矿物带有负电荷。矿物边缘的原子由于结合不平衡, 也会产生电荷, 称为“边缘电荷”, 又称“pH 决定电荷”, 电性视 pH 值而定, 在酸性环境中可能带有正电荷。而太湖沉积物的 pH 呈中性至弱碱性, 粘土矿物电性以负电荷为主, 因此表现出对阳离子的吸附。沉积物中腐殖质具有芳香族结构, 可分为“胡敏酸”和“富里酸”两大类, 它们均具有许多活性功能团, 腐殖质永久电荷很少, 主要为“pH 决定电荷”, 因而太湖沉积物的这类性质也表现出对阳离子的吸附。

2.2 重金属污染状况及分析

2.2.1 总砷

从 1993 年~ 1999 年采集的太湖表层沉积物中重金属含量的年平均值可知, 总砷含量范围为 4.67 mg/kg~ 16.88 mg/kg, 最低值出现在椒山, 最高值出现在五里湖心, 其 1997 年、1998 年、1999 年的富集倍数 ($F = C_i / C_s$) 分别为 2.24、3.01、

3.24, 呈逐年上升趋势; 犊山口、沙塘港 1999 年的富集倍数分别为 3.04、3.64, 略微受到砷的污染。

有关资料表明, 铁对砷的亲合力很强, 砷酸盐会被水合吸附共沉淀, 而各种砷酸盐均可被氢氧化铁和粘土吸附, 且生成的砷酸铁不易被溶解 (砷酸铁的溶度积为 5.7×10^{-21})。在自然环境中一定的 pH 值范围内, 砷酸和亚砷酸的变化可用下式表示:

$$Eh(V) = 0.666 + 0.024 5 \lg \left\{ \frac{[H_2AsO_4]}{[HAsO_2]} \right\} - 0.088 5 \text{ pH}$$

根据文献[4], 梅梁湖、五里湖、竺山湖沉积物的 Eh 在 150 mV~ 200 mV 之间。由此可见, 太湖沉积物中砷主要以砷酸盐形式存在, 而在自然环境中砷酸盐比亚砷酸盐更容易被固定吸附。

从 1998 年~ 1999 年太湖水质监测结果可知, 五里湖心、犊山口、沙塘港处总砷含量分别为 0.007 mg/L、0.008 mg/L、0.013 mg/L, 均低于《地表水环境质量标准》(GHZB 1- 1999) 中 I 类水标准 (总砷 ≤ 0.05 mg/L)。因此太湖沉积物中总砷含量目前处于安全状态。

2.2.2 总汞

从 1993 年~ 1999 年的年平均值可知, 太湖沉积物的总汞含量范围为 0.062 mg/kg ~ 0.125 mg/kg, 仅部分点位略高于参比值, 如犊山口、百渎口、小梅口、乌龟山等处。1999 年上述点位的富集倍数分别为 2.30、2.27、2.12、2.11, 略微受到总汞污染。

由于有机物、粘土矿物、金属氧化物等固体物质对汞化合物具有较强的吸附能力, 因此在直接受汞污染的水体中, 即使底质中汞含量达几百 mg/kg、甚至几千 mg/kg, 水相中的汞含量仍然很低, 仅有几个 $\mu\text{g/L}$, 甚至更低^[5]。从 1993 年~ 1999 年太湖的水质监测结果可知, 其各监测点总汞含量均低于 0.000 1 mg/L。

S^{2-} 和 Hg^{2+} 有较强的亲合力。多年的监测结果表明, 太湖沉积物中总汞含量与硫化物含量的比值为 0.000 3~ 0.013 8。说明太湖沉积物中总汞的生物毒性效应不显著, 其沉积物中总汞含量目前处于安全状态。

2.2.3 总铬

从 1993 年~ 1999 年的年平均值可知, 太湖沉积物中总铬含量为 64.4 mg/kg~ 92.18 mg/kg。各监测点位沉积物总铬富集倍数均较小, 说明太湖沉积物基本上未受到总铬的污染。

2.2.4 总铜

从 1993 年~1999 年的年平均值可知,太湖沉积物中总铜含量为 18.1 mg/kg~155.7 mg/kg,表明太湖沉积物中总铜含量偏高,其中间江口最高,1993 年~1999 年的平均富集倍数为 8.25,尤其在 1999 年富集倍数达到 14.09,说明该处明显受到铜的污染;五里湖心、犊山口、充山 1993 年~1999 年的平均富集倍数分别为 3.12、2.48、2.18,也受到一定程度的铜污染。

Cu^{2+} 和 S^{2-} 的亲合力很强。借鉴 Casas 等^[6]的海洋沉积物铜对生物的毒性研究结果,五里湖心、犊山口、充山、间江口沉积物中总铜含量与硫化物含量比值分别为 0.181、0.122、0.505、10.2。由此可看出,五里湖心、犊山口、充山沉积物中铜的生物毒性不显著,间江口沉积物中铜具有较显著的生物毒性。

2.3 沉积物中重金属的生态风险性分析

潜在生态风险性指数(RI)综合反映了沉积物中砷、汞、铬和铜的污染水平及潜在生态危害性。太湖沉积物潜在生态风险性评价的结果见图 1。

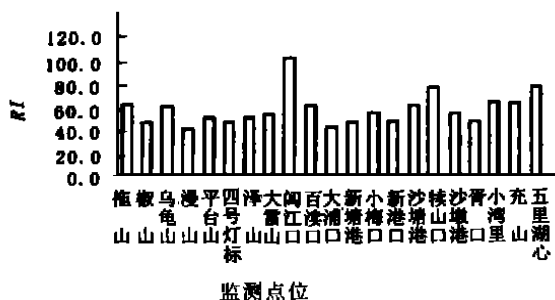


图 1 太湖沉积物潜在生态风险性评价

图 1 表明,间江口沉积物 $RI=98.3$,直湖港山

水致使间江口沉积物受到重金属轻度污染。太湖其他点位 RI 值的范围为 41.3~74.9,均低于 80,表明太湖沉积物基本上未受到重金属污染。

生态风险性分析表明,太湖只有间江口点位沉积物具有轻度生态危害。

3 结论

太湖沉积物的 pH 值变化范围在 6.97~8.14,为中性至弱碱性,较适合于沉积物中粘土矿物及腐殖质对重金属的吸附。

历年监测结果表明,太湖大部分地区沉积物未受到重金属污染。五里湖心总砷、犊山口总汞含量略高于其他地区,但处于安全状态。间江口处沉积物主要受到铜的轻度污染,具有一定的生物毒性。

沉积物生态风险性指数评价结果也表明,太湖只有间江口点位存在轻度生态危害,而其他大部分地区目前无重金属生态危害。

[参考文献]

- [1] 叶培兴,陈杏芬,陶大钧.太湖环境质量调查研究[J].上海师范学院学报(自然科学版)(环境保护专辑),1983,111~120.
- [2] 叶培兴,陈杏芬,陶大钧.太湖环境质量调查研究[J].上海师范学院学报(自然科学版)(环境保护专辑),1983,85~111.
- [3] 何孟常.水体沉积物重金属生物有效性及评价方法[J].环境科学进展,1998,6(5):9~19.
- [4] 孙顺才,黄漪平.太湖[M].北京:海洋出版社,1993.219~243.
- [5] 廖自基.环境中微量重金属元素的污染危害与迁移转化[M].北京:科学出版社,1989.119.
- [6] 廖自基.环境中微量重金属元素的污染危害与迁移转化[M].北京:科学出版社,1989.172.

• 简讯 •

2001 年上海市环境监测工作会议召开

2001 年是实施“十五”计划的第一年,如何开好局、起好步,对开创上海环境监测工作的新局面具有重要意义,为更好地贯彻落实好新世纪第一年上海环保工作的目标和思路,上海市环保局于 3 月 7 日召开了全市环境监测工作会议。市、区环保局领导、市局直属单位负责人和各级环境监测站的负责人参加了会议。会议由市环保局徐祖信副局长主持。会上回顾了 2000 年的监测工作,布置了 2001 年的工作,并确定 2001 年监测工作的主要目标是:坚持以改革促发展的战略思想,完善环境监测工作运行机制;结合重大监测工作的开展,努力争创环境监测 3 个“一流”,即环境监测工作机制一流、环境监测能力一流、环境监测水平一流。

摘自中国环境监测总站《环境监测信息简报》2001 年第 4 期