

DOI: 10.7524/j.issn.0254-6108.2015.04.2014123101

张光贵, 谢意南, 莫永涛. 洞庭湖湘江入湖口至出湖口水域表层沉积物中重金属时空分布特征与生态风险[J]. 环境化学, 2015, 34(4): 803-805

洞庭湖湘江入湖口至出湖口水域表层沉积物中
重金属时空分布特征与生态风险

张光贵* 谢意南 莫永涛

(湖南省洞庭湖生态环境监测中心, 岳阳, 414000)

摘 要 基于 2007—2012 年连续对洞庭湖湘江入湖口至出湖口水域 5 个采样点的表层沉积物中 Cd、Hg、As、Cu、Pb、Cr 和 Zn 等 7 种重金属含量分析, 对该水域表层沉积物中重金属的时空分布特征进行了探讨, 并采用沉积物质量基准法对其生态风险进行了评价. 结果表明, Cd、Hg、As、Cu、Pb、Cr 和 Zn 的含量分别为 0.54—79.90 mg·kg⁻¹、0.046—0.712 mg·kg⁻¹、15.2—289.0 mg·kg⁻¹、29.0—217.0 mg·kg⁻¹、6.0—246.0 mg·kg⁻¹、65.4—269.0 mg·kg⁻¹ 和 41.4—632.0 mg·kg⁻¹, 其大小顺序为 Zn>Cr>Pb>Cu>As>Cd>Hg; Cd、Hg、As、Cu、Pb 和 Zn 含量沿程总体呈“V”形变化趋势, Cr 含量沿程变化较小, 重金属含量年际变化较为稳定; As 具有较高生态风险, 其余污染物具有较低生态风险, 不同污染物生态风险的大小顺序为 As>Cd>Cr>Cu>Pb>Zn>Hg, S1 和 S3 具有较高生态风险, 其余点位具有较低生态风险, 不同点位生态风险的大小顺序为 S1>S3>S5>S2>S4.

关键词 重金属, 时空分布, 生态风险, 湘江, 洞庭湖, 表层沉积物.

作为洞庭湖的主要入湖河流, 湘江已经成为我国重金属污染严重的河流之一, 湘江重金属污染治理也因此被确定为我国“十二五”重金属污染治理的重点. 相关研究表明, 受入湖河流湘江重金属污染的影响, 洞庭湖湘江入湖口至出湖口水域水环境健康风险较高, 沉积物重金属污染较为突出. 尽管近年来有学者针对洞庭湖沉积物重金属开展了较多相关研究, 但大都以单次监测为基础, 缺少对其长期连续监测研究.

本研究通过对典型污染水域洞庭湖湘江入湖口至出湖口水域表层沉积物中镉(Cd)、汞(Hg)、砷(As)、铜(Cu)、铅(Pb)、铬(Cr)和锌(Zn)等重金属含量的连续多年监测, 分析重金属的时空分布特征, 并采用沉积物质量基准法对其潜在生态风险进行评价, 以期了解和掌握洞庭湖内源污染状况、评估湘江重金属污染防治成效、防控洞庭湖水体重金属污染提供参考和依据.

1 材料与方法

1.1 样品采集

样品采集安排在 2007—2012 年每年的 1 月(枯水期)进行, 采用抓斗式采泥器采集表层沉积物样品, 每个采样点采集 3 个平行样品现场混匀, 装入封口袋, 4℃保存. 在研究水域从上游到下游共设 5 个采样点, 分别为樟树港(S1)、虞公庙(S2)、鹿角(S3)、东洞庭湖(S4)和洞庭湖出口(S5).

1.2 样品处理及分析

所采沉积物样品经冷冻干燥后去除各种杂质, 再经玛瑙研钵研磨处理后过 100 目尼龙筛, 分装于塑料袋中密封以供测定用. 测 Cd、Cu、Pb、Cr、Zn 的样品采用 HNO₃-HClO₄-HF 消解, 测 Hg 和 As 的样品采用王水沸水浴消解. Cd 采用石墨炉原子吸收分光光度法测定, 测定所用仪器为日立 Z-5000 原子吸收分光光度计, Hg 采用冷原子吸收分光光度法测定, 测定所用仪器为莱伯泰科 Milestone DMA-80 直接测汞仪, As 采用原子荧光法测定, 测定所用仪器为北京吉天 AFS-930 原子荧光光度计, Cu、Pb、Cr 和 Zn 采用火焰原子吸收分光光度法测定, 测定所用仪器为日立 Z-5000 原子吸收分光光度计. 为保证分析的准确性, 分析过程以国家土壤一级标准物质 GSS-7、GSS-11、GSS-13、GSS-15 和 GSS-28 为质控标样, 每个样品设置 2 个平行样, 平行分析误差<5%, 取平均值为结果.

2 结果与讨论

2.1 沉积物中重金属的含量

表层沉积物中重金属的监测结果表明, 洞庭湖湘江入湖口至出湖口水域表层沉积物中 Cd 在 0.54—79.90 mg·kg⁻¹ 之

2014 年 12 月 31 日收稿.

* 通讯联系人, E-mail: zhangguangui64@163.com

间,平均值为 $7.78\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,Hg 在 $0.046\text{—}0.712\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,平均值为 $0.232\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,As 在 $15.2\text{—}289.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,平均值为 $40.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,Cu 在 $29.0\text{—}217.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,平均值为 $58.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,Pb 在 $6.0\text{—}246.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,平均值为 $79.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,Cr 在 $65.4\text{—}269.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,平均值为 $96.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,Zn 在 $41.4\text{—}632.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,平均值为 $232.9\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.重金属含量的大小顺序为 $\text{Zn}>\text{Cr}>\text{Pb}>\text{Cu}>\text{As}>\text{Cd}>\text{Hg}$.

表层沉积物中重金属之间 Pearson 相关性分析结果表明,Pb 与 Cd、Hg、As、Cu 和 Zn 具有显著相关性($P<0.05$),Cd、As 和 Cu 之间具有非常显著的相关性($P<0.01$),说明沉积物中 Cd、Hg、As、Cu、Pb 和 Zn 具有相同的来源或产生了复合污染;Cr 与其它重金属之间没有显著的相关性.主成分分析(PCA)结果表明,只提取 1 个主成分,其贡献率为 84.092% ,已经能反映全部数据的大部分信息,其在 Cd、Hg、As、Cu、Pb 和 Zn 的含量上有较高的正载荷.除 Cr 外,Cd、Hg、As、Cu、Pb 和 Zn 的最大值均出现在湘江入湖口樟树港(S1).故判断该水域表层沉积物中 Cd、Hg、As、Cu、Pb 和 Zn 主要来源于湘江,Cr 受入湖河流湘江的影响较小,其主要源于洞庭湖区周边的污染.

2.2 沉积物中重金属含量的空间分布

沉积物中重金属含量的空间分布见图 1.由图 1 可知,洞庭湖湘江入湖口至出湖口水域表层沉积物中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 具有相同的空间分布,其含量的大小顺序均为 $\text{S1}>\text{S2}>\text{S5}>\text{S4}>\text{S3}$,但 Cd 的空间分布差异大,Cu、Pb 和 Zn 空间分布差异较小;Hg 含量的大小顺序为 $\text{S1}>\text{S2}>\text{S5}>\text{S3}>\text{S4}$,空间分布差异较小;As 含量的大小顺序为 $\text{S1}>\text{S4}>\text{S2}>\text{S5}>\text{S3}$,空间分布差异较大;Cr 含量的大小顺序为 $\text{S3}>\text{S5}>\text{S4}>\text{S2}>\text{S1}$,空间分布差异小.

洞庭湖湘江入湖口至出湖口水域表层沉积物中 Cd、Hg、As、Cu、Pb 和 Zn 含量呈现基本相同的空间分布,即从 S1 到 S3 大幅下降,再从 S3 到 S5 小幅上升,沿程总体呈“V”形变化趋势;Cr 含量则不同,表现为从 S1 到 S3 呈上升趋势,从 S3 到 S5 呈现先降后升,沿程总体变化较小.表明水体中 Cd、Hg、As、Cu、Pb 和 Zn 等重金属在樟树港(S1)到鹿角(S3)水域迅速沉积,沿程沉积物中 Cd、Hg、As、Cu、Pb 和 Zn 等重金属的含量逐渐降低,在东洞庭湖(S4)和洞庭湖出口(S5)水域,由于受丰水期长江水流顶托的影响,水体中重金属在该水域易于沉积,致使沉积物中 Cd、Hg、As、Cu、Pb 和 Zn 等重金属的含量有所升高.洞庭湖区是我国主要的血吸虫病疫区,多年来,为消灭血吸虫的中间寄主钉螺,向湖区投放了大量的铬渣等化学药剂^[1],这可能是 S3 等点位沉积物中 Cr 含量高于 S1 的原因之一.

2.3 沉积物中重金属含量的时间分布

表层沉积物中重金属含量的时间分布见图 2.由图 2 可知,Cd 在 2007—2010 年大致呈上升趋势,2010 年后呈下降趋势;Hg 在 2007—2008 年呈上升趋势,2008 年后大致呈下降趋势;As 在 2007—2009 年大致呈上升趋势,2009 年后大致呈下降趋势;Pb 和 Zn 均呈锯齿状上下波动变化;Cu 和 Cr 的年际变化较为平稳.总体来讲,Cd、As 和 Hg 的变幅较大,Pb 和 Zn 次之,Cu 和 Cr 较小.

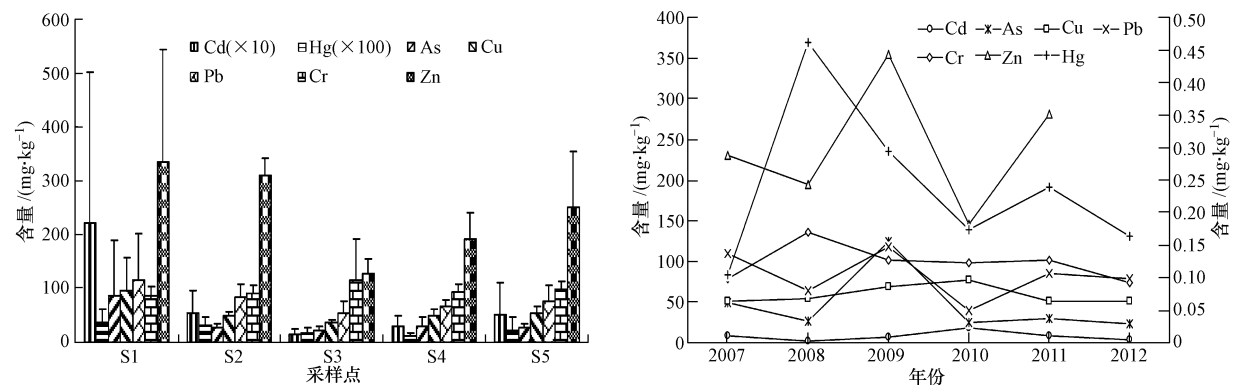


图 1 沉积物中重金属含量的空间分布

图 2 沉积物中重金属含量的时间分布

由于样品采集均在每年的 1 月进行,所以当年采集的样品主要反映上一年重金属的沉积状况.湘江入湖口樟树港(S1)表层沉积物中 Cd、As、Cu、Pb 和 Zn 含量的最高值均出现在 2009 年,而 Cd、Hg、As、Cu、Pb 和 Zn 含量的最低值均出现在 2008 年或 2010 年,而 2007 年和 2009 年是湘江的枯水年,2008 是湘江的平水年,即平水年径流量较大,沉积物中重金属含量高,枯水年径流量小,沉积物中重金属的含量低.可见湘江输入洞庭湖沉积物中重金属的含量与其年径流量的大小有关.

2.4 沉积物中重金属的生态风险

本研究以加拿大安大略省为保护和管理淡水水生环境沉积物质量指导值^[2]为基准进行潜在生态风险评价,其基准值具体见表 1,其中 LEL 为最低效应水平,该水平是大多数底栖生物的耐受含量,SEL 为严重影响水平,在此含量下,污染物可能对底栖生物产生不利影响.当污染物含量小于 LEL 时,则认为其无生态风险;当污染物含量大于 SEL 时,则认为其具有较高生态风险;当污染物含量在 LEL 与 SEL 之间时,则认为其具有较低生态风险.为了比较不同污染物或点位生态

风险的相对高低,首先以污染物的平均值判定其生态风险等级,在相同风险等级下,先按大于 SEL 的点次或项次比例大小排序,在出现相同比例的情况下,再按在 LEL 与 SEL 之间的点次或项次比例大小排序,依次确定不同污染物或点位生态风险程度的大小顺序.

表 1 沉积物中重金属生态风险评价

	Cd	Hg	As	Cu	Pb	Cr	Zn
LEL/(mg·kg ⁻¹)	0.6	0.2	6	16	31	26	120
SEL/(mg·kg ⁻¹)	10	2	33	110	250	110	820
平均值/(mg·kg ⁻¹)	7.78	0.232	40.6	58.2	79.2	96.8	232.9
>SEL 点次比例/%	15.4	0	30.8	3.8	0	7.7	0
LEL 与 SEL 之间点次比例/%	76.9	34.6	69.2	96.2	92.3	92.3	81.0

不同污染物生态风险评价结果表明,As 具有较高生态风险,其余污染物具有较低生态风险,不同污染物生态风险的大小顺序为 As>Cd>Cr>Cu>Pb>Zn>Hg.不同点位生态风险评价结果表明,樟树港(S1)和鹿角(S3)具有较高生态风险,其余点位具有较低生态风险,不同点位生态风险的大小顺序为 S1>S3>S5>S2>S4.樟树港(S1)较高生态风险来自 Cd 和 As,而鹿角(S3)较高生态风险来自 Cr.

3 结论

- (1)Cd、Hg、As、Cu、Pb、Cr 和 Zn 的含量分别为 0.54—79.90 mg·kg⁻¹、0.046—0.712 mg·kg⁻¹、15.2—289.0 mg·kg⁻¹、29.0—217.0 mg·kg⁻¹、6.0—246.0 mg·kg⁻¹、65.4—269.0 mg·kg⁻¹和 41.4—632.0 mg·kg⁻¹,其大小顺序为 Zn>Cr>Pb>Cu>As>Cd>Hg.
- (2)Cd、Hg、As、Cu、Pb 和 Zn 含量的空间分布基本相同,沿程总体呈“V”形变化趋势,Cr 含量沿程变化较小;2007—2012 年,重金属含量年际变化较为稳定.
- (3)As 具有较高生态风险,其余污染物具有较低生态风险,不同污染物生态风险的大小顺序为 As>Cd>Cr>Cu>Pb>Zn>Hg;樟树港(S1)和鹿角(S3)具有较高生态风险,其余点位具有较低生态风险,不同点位生态风险的大小顺序为 S1>S3>S5>S2>S4.

参 考 文 献

[1] 郭建平, 吴甫成, 熊建安. 洞庭湖水体污染及防治对策研究[J]. 湖南文理学院学报(社会科学版), 2007, 32(1): 91-94

[2] CCME. Sediment quality guidelines for the protection of aquatic life [S]. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment, 2002