

广西某铅锌矿周边河流和岸土汞含量及污染评价

莫福金

桂林理工大学南宁分校, 广西 南宁 530000

摘 要 : 对广西某铅锌矿周边河流和岸土汞含量分布及污染进行调查和研究, 可以为汞污染防治与修复提供科学依据。对流经矿区的主河流采集水样, 共计80件, 其中三级支流(北)采集水样53件, 三级支流(南)采集水样8件; 二级支流采集水样14件; 一级支流采集水样2件; 漓江(干流)采集水样3件。为了考察矿区重金属污染对河流生态系统的影响, 对三级支流(北), 与水样对应采集底泥、岸土。全部土壤和水样样品采用 MDS-2003F 型压力自控密闭微波溶样系统进行消解, 并用原子荧光测汞仪进行分析测定。^[1-2] 结果表明, 由三级支流至一级支流河段, 河水 pH 值由弱酸性变为弱碱性, 河水总汞含量随远离矿区逐渐降低; 一级支流河水总汞含量低于漓江, 表明河水汞污染未对漓江造成影响; 矿区汞污染的影响范围为三级支流至一级支流河段。底泥比岸土汞污染严重, 其中底泥达到中等污染及以上占 82.0%, 中等污染—严重污染占 22.0%; 岸土达到中等污染及以上占 64.0%。

关 键 词 : 广西铅锌矿; 河流与岸土; 汞污染; 防治与修复

Mercury Content and Pollution Assessment in the Rivers and Bank Soils around a Lead-Zinc Mine in Guangxi

Mo Fujin

Nanning Branch of Guilin University of Technology, Nanning, Guangxi 530000

Abstract : Investigating and studying the distribution and pollution of mercury content in the rivers and bank soils around a lead-zinc mine in Guangxi can provide a scientific basis for the prevention, control, and remediation of mercury pollution. A total of 80 water samples were collected from the main river flowing through the mining area. Among them, 53 water samples were collected from the third-level tributary (north), 8 water samples from the third-level tributary (south), 14 water samples from the second-level tributary, 2 water samples from the first-level tributary, and 3 water samples from the Lijiang River (main stream). In order to examine the impact of heavy metal pollution in the mining area on the river ecosystem, sediment and bank soils were collected corresponding to the water samples from the third-level tributary (north). All soil and water samples were digested using an MDS-2003F pressure self-controlled closed microwave digestion system and analyzed and determined using an atomic fluorescence mercury analyzer ^[1-2]. The results show that from the third-level tributary to the first-level tributary section, the pH value of the river water changes from weakly acidic to weakly alkaline, and the total mercury content in the river water gradually decreases as it moves away from the mining area. The total mercury content in the river water of the first-level tributary is lower than that in the Lijiang River, indicating that the mercury pollution in the river water has not affected the Lijiang River. The influence range of mercury pollution in the mining area is from the third-level tributary to the first-level tributary section. The mercury pollution in the sediment is more serious than that in the bank soil. Among them, 82.0% of the sediment reaches a moderate pollution level or above, and 22.0% is at a moderate to severe pollution level; 64.0% of the bank soil reaches a moderate pollution level or above.

Keywords : lead-zinc mine in Guangxi; rivers and bank soils; mercury pollution; prevention, control, and remediation

一、材料与方法

1. 对流经矿区的主河流采集水样, 共计80件, 其中三级支流(北)采集水样53件(H01~H53), 三级支流(南)采集水样8件(H72~H79); 二级支流采集水样14件(H54~H67); 一

级支流采集水样2件(H68, H80); 漓江(干流)采集水样3件(H69~H71)^[3-5]。为了考察矿区重金属污染对河流生态系统的影响, 对三级支流(北), 与水样对应采集底泥(B04~B53)、岸土(A04~A53)。

土壤样品采集深度 0~20 cm, 去除表层垃圾、残叶等杂物

后，均匀混合后用四分法从中选取 1 kg 土壤，代表该点的混合样品。土壤样品采回室内后，剔除土壤中杂物，于室内自然风干。在未完全风干时，用木棒将土块捣碎后，过 160 目筛，装入样品袋中置于干燥处待测。

2. 样品分析与测试采用 MDS-2003F 型压力自控密闭微波溶样系统对土壤、水样样品进行消解（朱琳等，2013；方兰云等，2010；王长芹等，2014；冷庚等，2011）。称取 0.3000g 土壤样品于聚四氟乙烯样品杯中，加入 3 mL 浓 HNO_3 ，在设定温度为 65℃ 的加热板上预热 30min，取下后逐滴加入 2 mL 浓 H_2SO_4 ，浸泡 10 min 后，装入消解罐，置于微波消解仪中进行消解，同时做试剂空白。消解好的土壤采用 QM201 型原子荧光测汞仪进行分析测定。为保证分析数据的可靠性，每批样品均插入国家标准物质进行质量监控（土壤 GBW07405）。

二、结果与分析

（一）水样汞含量分布

由表 2.1 ~ 表 2.2、图 1 可看出如下规律：

1. 由三级支流向干流各河段河水的 pH 范围分别为 6.97 ~ 8.33、7.97 ~ 8.53、7.95 ~ 7.99、7.50 ~ 7.80，平均值分别为 7.86、8.15、7.94、7.72。pH 值由弱酸性逐渐变为弱碱性，均未超过我国《地表水环境质量标准 GB3838-2002》^[6-8] 规定的 pH 范围（6~9）。

2. 由三级支流向干流各河段河水的总汞含量范围分别为 6.2 ~ 31.4 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ 、3.6 ~ 5.7 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ 、3.2 ~ 4.3 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ 、3.6 ~ 4.4 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ，汞含量平均值分别为 9.1 ± 5.5 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ 、4.7 ± 0.7 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ 、3.8 ± 0.6 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ 、4.1 ± 0.4 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ，变异系数逐渐减小，分别为 60.5%、13.8%、14.5%、8.9%。

3. 由三级支流向干流一级支流河水总汞含量依次降低。汞的污染距离约为 29km。

表 2.1 水样总汞含量统计参数（单位： $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ）

类型	样品数（个）	含量范围	平均值	标准差	变异系数（%）
干流	3	3.6 ~ 4.4	4.1	0.4	8.9
一级支流	2	3.2 ~ 4.3	3.8	0.6	14.5
二级支流	14	3.6 ~ 5.7	4.7	0.7	13.8
三级支流（北）	53	6.2 ~ 31.4	9.1	5.5	60.5
三级支流（南）	8	2.2 ~ 4.0	2.9	0.7	24.8

表 2.2 水样 pH 统计参数

类型	样品数（个）	pH 范围	平均值	标准差	变异系数（%）
干流	3	7.50 ~ 7.85	7.72	0.15	1.9
一级支流	2	7.95 ~ 7.99	7.94	0.02	0.3
二级支流	14	7.97 ~ 8.53	8.15	0.20	2.5
三级支流（北）	53	6.97 ~ 8.33	7.86	0.30	3.8
三级支流（南）	8	7.22 ~ 8.77	7.86	0.49	6.2

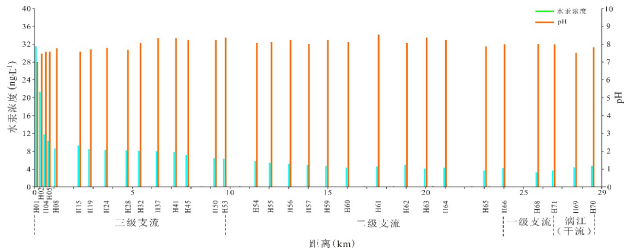


图 1 河水样汞含量、pH 沿程分布图

（二）底泥、岸土总汞含量分布

由表 2.3 可以得出以下规律：

1. 底泥汞含量的变化范围为 72.3~1399.5 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ，平均值为 418.3 ± 223.9 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ，变异系数为 53.5%。

2. 底泥汞含量大体上亦随远离矿区逐渐降低，与河水有着相似的四段式分布，其中在点 H11 处尾砂湖所在地亦出现一个较高值（1399.5 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ）。

3. 岸土汞含量的变化范围为 51.2~1200.0 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ，平均值为 345.2 ± 259.0 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ，变异系数为 75.0%。

4. 岸土汞含量总体上随远离矿区逐渐降低，但局部变化较大。其中点 H01~H10 段，总汞含量 1200.0 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ~ 207.9 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ，此段靠近矿区坑口，废矿渣堆放导致土壤汞污染严重；点 H10~H53 段，总汞含量数值由 335.5 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ~ 51.2 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ，具四段阶梯式递降。这种分布形式的形成原因：其一主要是与洪水期河水上涨带来的含汞悬浮物沉淀有关，其二是与岸边岩石性质的变化及风化成壤作用有关。点 H50 与 H53 总汞含量突然升高，主要是由于此段已靠近居民区，岸土受到了生活汞污染的影响^[9-10]。

表 2.3 河水、底泥及岸土总汞含量及统计参数

类型	样品数（个）	含量范围	平均值	标准差	变异系数（%）
河水	53	6.2 ~ 31.4	9.1	5.5	60.5
底泥	50	72.3~1399.5	418.3	223.9	53.5
岸土	50	51.2~1200.0	345.2	259.0	75.0

三、污染评价

（一）土壤汞污染评价

采集的水样包括思的河水、漓江共 80 个样，水样中汞含量范围为 2.2~ 31.4 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ 均远远低于我国《农田灌溉水质标准 GB5084-2005》的水质基本控制项目标准值（ $\rho(\text{Hg}) \leq 1000 \text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ）及我国《地表水环境质量标准 GB3838-2002》的Ⅰ类水质标准限值（ $\rho(\text{Hg}) \leq 50 \text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$ ），表明阳朔铅锌矿的汞污染对思的河水影响微弱。根据底泥的 pH 值范围为 5.65 ~ 6.14，按照我国《土壤环境质量标准（GB 15618-2008）》，底泥总汞平均含量（418.3 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ）超过了我国《土壤环境质量标准（GB 15618-2008）》第二级标准的最低限值（ $\leq 200 \text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ ），其中 80.4% 的底泥样品汞含量超过了我国汞相关标准的最低限值。表明三级支流的底泥受到了阳朔铅锌矿汞污染的影响。根据岸土 pH 值范围为 5.75 ~ 6.08，按照我国《土壤环境质量标准（GB 15618-2008）》，底泥及岸土土壤总汞平均含

量(345.2ng·g⁻¹)超过了我国《土壤环境质量标准(GB 15618-2008)》第二级标准的最低限值(汞≤200ng·g⁻¹),其中70.2%的岸土样品汞含量超过了我国汞相关标准的最低限值。表明三级支流的岸土受到了阳朔铅锌矿汞污染的影响。

地积累指数(Igeo)是德国科学家Muller提出的一种研究水环境沉积物中重金属污染的定量指标,目前也被广泛应用于土壤中元素的污染评价(滕彦国等,2002;Loska et al.,2003;李娟娟等,2006;柴世伟等,2006)。其不仅反映了自然地质过程对土壤背景值的影响,而且还注重人类活动对重金属污染的影响。其计算公式为 $I_{geo}=\log_2[C_n/(K \times B)]$,式中,C_n为样品中汞的实测浓度;B为土壤中汞的背景值;K为修正指数,一般取值为1.5。由于三级支流(南)的源头未受到铅锌矿汞污染的影响,所以选择其水体的平均汞含量作为研究的土壤汞背景值:B=2.3ng·L⁻¹。河水的地积累指数污染级别为0~4,只有靠近坑口的3个样品的污染级别达到3和4,大部分样品的污染级别为2。

由表6.3可见:三级支流汞污染最严重,中等污染以上占96.2%;二级支流、漓江次之,轻污染-中等污染占100%;一级支流最轻,轻污染-中等污染占50%。

基于与土壤样品采集区的地质背景及土壤类型一致,选择附近山坡自然土壤(0.0743,0.0848,0.0892 mg·kg⁻¹)的平均汞含量作为土壤汞的背景值:B=0.0828mg·kg⁻¹。底泥及岸土地积累指数污染级别为0~4,其中只有靠近矿区的6个岸土样品的污

染级别达到3和4,大部分岸土样品的污染级别为2;靠近矿区的12个底泥样品的污染级别达到3和4,大部分底泥样品的污染级别为2。

由表6.5可见:底泥比岸土汞污染严重。其中底泥达到中等污染及以上占82.0%,中等污染-严重污染占22.0%;岸土达到中等污染及以上占64.0%。

四、结论

(一)由三级支流至一级支流河段,河水pH值由弱酸性变为弱碱性,河水总汞含量随远离矿区逐渐降低;一级支流河水总汞含量低于漓江,表明的河水汞污染未对漓江造成影响;矿区汞污染的影响范围为三级支流至一级支流河段,全长约29km。

(二)底泥和岸土总汞含量随远离矿区呈四段式递降。三级支流汞来源一方面受制于矿区坑口汞污染源,另一方面受制于局部地质与环境因素变化。

(三)三级支流汞污染最严重,中等污染以上占96.2%;二级支流、漓江次之,轻污染-中等污染占100%;一级支流最轻,轻污染-中等污染占50%。

(四)底泥比岸土汞污染严重。其中底泥达到中等污染及以上占82.0%,中等污染-严重污染占22.0%;岸土达到中等污染及以上占64.0%。

参考文献

- [1]蔡刚刚,李丽,黄舒城.广西矿区重金属污染现状与治理对策[J].矿产与地质,2015,29(04):541-545.
- [2]梁桂莲,钱建平,张力,等.2011.我国铅锌矿污染特点及修复技术[J].矿业研究与开发,31(4):84-87.
- [3]李洋,张乃明,魏复盛.滇东锡高背景区菜地土壤健康风险评价与基准[J].中国环境科学,2020,40(10):4522-4530.
- [4]王红梅,吴健芳,田自强,等.土壤污染物健康风险评价技术现状及发展趋势[J].环境工程技术学报,2023,13(2):778-784.
- [5]韩芹芹,苏菲菲,李凡,等.2021年乌鲁木齐市农村土壤重金属健康风险评价[J].环境科学导刊,2022,41(3):67-73.
- [6]廖红为,蒋忠诚,周宏,等.铅锌矿周边岩溶流域重金属污染及健康风险评价[J].环境科学,2023,44(11):6085-6094.
- [7]陈子万,许晶,侯召雷,等.基于成土母质分区的土壤-作物系统重金属累积特征与健康风险评价[J].环境科学,2023.
- [8]丁祥,袁贝,杜平,等.典型矿冶城市土壤重金属累积驱动因子研究和概率风险评估[J].地学前缘,2024,31(2):31-41.
- [9]黄小霞,刘洁雪,黄娥,等.基于物种敏感度分布的土壤铅、锌和镉复合污染生态风险评价[J].环境工程,2023,41(S02):787-793.
- [10]陈晓辉,王琼,吴亮亮,等.矿区土壤重金属污染评价及植物修复能力的对比研究[J].农业灾害研究,2024,14(05):28-30.