

某有色金属矿区重金属污染调查及 综合整治研究

谭海伟¹, 张 鹤¹, 罗庆教², 苗 雨¹, 楚敬龙¹, 楚立军²

¹矿冶科技集团有限公司, 北京

²南丹县南方有色金属有限责任公司, 广西 河池

收稿日期: 2023年6月6日; 录用日期: 2023年7月7日; 发布日期: 2023年7月14日

摘 要

以广西某有色金属矿区为研究对象, 对区域内的地表水、地下水、土壤、农作物等环境要素进行调查, 分析各要素重金属污染成因, 提出“清除或降低污染源头的工程措施体系”、“切断污染暴露/扩散途径的工程措施体系”及“污染物及敏感受体的监控和应急措施体系”的综合治理措施, 可对该矿区的污染治理提供有力支撑。

关键词

有色金属矿区, 重金属污染, 综合整治

Investigation and Comprehensive Treatment of Heavy Metal Pollution in a Nonferrous Metal Mining Area

Haiwei Tan¹, Ge Zhang¹, Qingjiao Luo², Yu Miao¹, Jinglong Chu¹, Lijun Chu²

¹BGRIMM Technology Group, Beijing

²Nandan Nanfang Nonferrous Metals Co., Ltd., Hechi Guangxi

Received: Jun. 6th, 2023; accepted: Jul. 7th, 2023; published: Jul. 14th, 2023

Abstract

A nonferrous metal mining area in Guangxi was selected as the research object in this work. The environmental factors such as surface water, groundwater, soil and crops in this area were inves-

tigated, and the heavy metal pollution causes of each factor were analyzed. The comprehensive treatment measures including engineering measure system of removing or reducing pollution sources, cutting off pollution exposure/diffusion routes, monitoring and emergency response for pollutants and sensitive receptors was proposed, which could provide strong support for pollution treatment in the mining area.

Keywords

Nonferrous Metal Mining Area, Heavy Metal Pollution, Comprehensive Treatment

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

矿产资源为我国社会经济的发展做出了巨大的贡献,为我国经济建设提供了必要的原材料,随着矿产资源不断的开发,尤其是金属矿的开采过程中,矿区周边环境也受到了不同程度的破坏,重金属污染问题随之产生[1] [2] [3]。早期矿山开采时,因环保意识不强、生产工艺落后,对采矿废石及选矿产生的尾砂处置不当,造成对周边区域的地表水、地下水、土壤环境污染,随着污染物的迁移,重金属能够通过环境介质富集于农作物中,并通过食物链富集到人体和动物体中,危害人畜健康[4] [5] [6] [7]。近年来矿区重金属污染问题越来越引起大家的关注,矿区重金属污染调查及综合治理成为当前甚至今后长期研究的内容[8] [9]。本文以某有色金属矿区为研究对象,对区内重金属污染现状进行调查,并针对相关污染情况提出可行的综合治理思路,为其他国内其他矿区重金属污染调查及治理提供技术参考和经验。

2. 矿区概况

研究矿区位于广西西北部,于20世纪七十年代开始开采,目前属于停产状态。该矿为锑钨石英脉型矿床,矿石以硫化矿石为主。主要金属矿物有辉锑矿、辉铁锑矿、白钨矿、黑钨矿闪锌矿、黄铁矿、方铅矿、硫锑铅矿等。

该矿区现有采矿证开采规模20万t/a,矿区采矿权面积2.7428平方公里,采用地下开采方式,采用平窿-斜井开拓方式,浅孔留矿开采方法。选矿厂处理能力为2000t/d,采用破碎-磨矿-浮选-重选工艺,产品为铅锑精矿、锌精矿及锡精矿等。区内水污染源主要为矿井涌水、尾矿库渗滤液、废石堆场淋溶水等,固废污染源主要为废石、尾矿、废水处理污泥、历史遗留选矿场地等,由于历史生产时环保意识差,矿山废石堆场、尾矿库等均没采取防渗和淋溶、渗漏水收集处理等环保措施。

区内主要有一条小溪由北向东南流经,平均流量为 $0.133\text{ m}^3/\text{s}$,为季节性河流,穿过矿区后汇入到下游的河流中。区内分散有部分耕地,主要种植玉米及蔬菜。经前期调查,区内矿井涌水、淋溶水等废水能够进入到小溪中,从而使区内地表水及土壤受到污染,该区内重金属污染最严重,为调查和治理的重点区。

3. 矿区重金属污染现状调查与分析

3.1. 地表水重金属污染调查与评价

对区内地表水进行取样分析,取样点位分别位于流经矿区前、区内、流经矿区后,采用地表水

环境质量标准(GB3838-2002) III类标准进行评价, 结果显示, 3 个点位的样品中砷均超过 III 类水标准, 其中矿区上游点位中砷超标 0.62 倍, 矿区内点位中砷超标 2.78 倍, 矿区下游点位中砷超标 1.94 倍, 表明矿区内地表水受到重金属污染, 矿区内污染源对地表水污染具有一定的贡献。检测分析结果见表 1。

Table 1. Detection results and evaluation of surface water

表 1. 地表水检测结果与评价

点位	pH	重金属浓度/mg·L ⁻¹							
		铜	锌	铅	镉	镍	砷	汞	六价铬
1#矿区上游	7.63	0.05 L	0.05	0.01 L	0.001 L	0.0064	0.0812	0.00004 L	0.004 L
2#矿区内	7.76	0.05 L	0.42	0.01 L	0.001 L	0.0182	0.189	0.00004 L	0.004 L
3#矿区下游	7.13	0.05 L	0.06	0.01 L	0.001 L	0.0305	0.147	0.00004 L	0.004 L
标准值	6~9	1	1	0.05	0.005	/	0.05	0.0001	0.05

3.2. 地下水重金属污染调查与评价

对矿区内废石堆场、尾矿库等污染源下游地下水进行取样检测, 采用《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准进行评价, 共取了 15 个地下水样品, 检测结果表明矿区地下水中重金属超标因子主要为砷, 最大超标倍数为 5.82 倍, 地下水超标原因分析主要是因为矿区内尾矿库以及废石堆场等场地的固废经过降水淋溶后的淋溶水下渗, 对区域内的地下水造成了污染。检测分析结果见表 2。

Table 2. Detection results and evaluation of groundwater

表 2. 地下水检测结果与评价

检测项目	pH	重金属浓度/mg·L ⁻¹							
		铜	锌	铅	镉	砷	汞	镍	六价铬
最大值	6.91	0.05L	0.26	0.01 L	0.01 L	0.0682	0.00004 L	0.121	0.006
最小值	6.5	0.05L	0.06	0.01 L	0.01 L	0.0011	0.00004 L	0.0004	0.004 L
标准值	6.5~8.5	1	1	0.01	0.005	0.01	0.001	/	0.05

3.3. 土壤重金属污染调查与评价

根据矿区内农用地分布情况, 该区域农用地主要种植玉米及蔬菜, 均为旱地, 对矿区周边农用地表层土壤进行取样分析, 共采集 5 个样品(表 3), 采用《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)筛选值标准进行评价, 经分析知, 农用地样品中铜、锌、铅、镉、砷呈现不同程度的超标, 其中铜最大超标倍数为 7.22 倍, 锌最大超标倍数为 24.1 倍, 铅最大超标倍数为 2.67 倍, 镉最大超标倍数为 7.4 倍, 砷最大超标倍数为 2.87 倍。总体来看, 该矿区周边农用地土壤受到多种重金属的复合污染, 其中以锌、镉污染最为严重, 铅、铜、砷污染次之, 超标主要原因为矿区内尾矿库以及废石堆场等场地的固废经过降水淋溶后的淋溶水进入到土壤中, 对区域内的土壤造成了污染。

Table 3. Detection results and evaluation of agricultural land soil

表 3. 农用地土壤检测结果与评价

点位	pH 值	重金属含量/mg·kg ⁻¹								
		铜	锌	铅	镉	镍	铬	砷	汞	镉
1#农田	6.75	31	854	12.1	2.52	50	111	62.7	0.216	57.8

Continued

2#农田	6.09	48	185	12	0.46	36	60	92.6	0.234	119
3#农田	6.51	75	530	9.4	2.24	71	95	67.9	0.062	30.9
4#农田	5.07	411	4410	232	1.09	48	105	113	0.304	768
5#农田	5.43	250	5020	257	1.18	71	89	155	1.14	1170
	<5.5	50	200	70	0.3	60	150	40	1.3	/
标准值	5.5~6.5	50	200	90	0.3	70	150	40	1.8	/
	6.5~7.5	100	250	120	0.3	100	200	30	2.4	/

3.4. 农作物重金属污染调查与评价

受矿区重金属污染影响, 矿区周边农作物通常存在重金属超标现象。该矿区周边主要以种植玉米及蔬菜为主, 通过对周边农田中常规农作物进行取样检测, 对比《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762-2017)标准, 检测结果表明, 玉米中重金属含量均为超标, 而蔬菜中铅、汞存在少量超标, 铅超标 1.33 倍, 总汞超标 0.4 倍, 说明当地生产的蔬菜受矿区重金属污染。

3.5. 固体废物调查与评价

矿区内固体废物主要为尾砂、废石以及历史遗留选厂内废渣, 经现场调查知, 矿区内两座尾矿库已停用, 但均无防渗措施, 且尾矿库内尾砂堆存不规范, 雨污未分流; 矿区内各采矿坑口旁共分布 7 个废石堆场, 废石堆存量约 33,850 m³, 废石堆场建设不规范, 存在废石堆滑坡等风险, 降水淋溶会产生携带污染物的淋溶水, 对外环境的土壤、地表水、地下水造成一定的影响。通过对矿区内的废石、尾砂进行固废属性鉴别, 结果显示均为第 I 类一般固体废物。

4. 综合整治方案

该矿区重金属污染较为严重, 治理成为迫切需要解决的问题, 但治理范围较广、资金投入大, 必须统筹安排、突出重点、在科学可行的前提下分步实施。针对该矿区的污染源、污染现状问题, 提出三个整治措施体系, 即“清除或降低污染源头的工程措施体系”、“切断污染暴露/扩散途径的工程措施体系”及“污染物及敏感受体的监控和应急措施体系”。

4.1. 清除或降低污染源头的工程措施

清除或降低污染源头的工程措施主要针对矿区内的废石堆场、尾矿库、遗留场地等污染源。

对矿区内不再用于工业生产场地的废石堆场, 可采用废石清理及废石堆场生态恢复等工程措施。当废石堆场内废石堆存量较小, 需对堆场内的废石进行清理, 由挖掘机、自卸汽车和推土机配合清运、排土, 废石拉走用作铺路材料或进行综合利用处置。当废石堆场内废石堆存量较大, 无法进行清运时, 可采用削坡、生态恢复等措施进行复垦, 流程主要为: 削坡分级→局部坡面修整→修建排水沟→喷播种植→初期养护→后期养护和维保模式, 选用当地适应性强的草本及灌木进行生态复垦。

针对矿区内仍作为工业生产场地的废石堆场, 应按照《有色金属矿山排土场设计规范》修建正规废石堆场, 包括按照规范要求堆放废石、设置拦挡设施、修建截水沟等排水系统、下游修建渗滤液收集池、下游修建地下水监测井等。

对矿区内已停用的尾矿库, 开展尾矿库闭库程序, 按照设计内容, 完善尾矿库相关的环保治理设施; 对历史遗留场地, 开展场地调查与治理修复工作。

通过针对矿区内的废石堆场、尾矿库、遗留场地开展一系列的工程措施,能够有效清除或降低矿区内的污染源。

4.2. 切断污染暴露/扩散途径的工程措施

所谓切断污染途径,实际上就是切断水与污染源的接触、切断污染土壤与农作物的接触,因此采取措施主要有:1)对尾砂库渗滤液、矿井涌水送入废水处理站处理,废水经处理后达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准后排入受纳水体中,防止废水中污染物直接向外环境扩散;2)农用地安全利用措施。主要采取农艺调控、替代种植等措施,超积累植物-低积累作物轮/套作,即污染农用地上低积累植物(如象草、玉米、甘蔗、花卉)可以安全生产,同时采用与低积累植物进行间套/轮种模式种植超积累植物,利用超积累植物吸取去除土壤中重金属,实现污染农用地的安全生产,阻止农用地中的污染因子向农作物扩散。

4.3. 污染物及敏感受体的监控和应急措施

在矿区重要污染场地,包括实施管控措施后的中风险地块、低风险地块、农用地以及敏感目标所在河段建立若干个污染物监测点,对各个重要场地的污染物状态,扩散情况进行跟踪监测,对矿区及周边的地下水饮用水源进行定期监测,防止突发性事件的发生。对矿区重要污染场地的周边人群建立周期性的健康普查的制度,针对人群普发性疾病,建立相关的预警措施。

5. 综合整治效果

通过采用“清除或降低污染源头的工程措施、切断污染暴露/扩散途径的工程措施及污染物及敏感受体的监控和应急措施的实施,能够使得区内工业固废得到安全处置,废渣淋溶水、矿井涌水、尾矿库渗滤液、初期雨水等得到有效收集和处理,使土壤环境质量不恶化,地表水、地下水环境质量有所好转。

6. 结论

本研究以广西某有色金属矿山为对象,对矿区内的地表水、地下水、土壤、农作物进行污染调查,研究表明,所调查的环境要素均存在重金属污染,矿区重金属污染治理成为急需解决的问题。

矿区重金属治理须统筹安排、突出重点、在科学可行的前提下分步实施。通过采取“清除或降低污染源头的工程措施体系”、“切断污染暴露/扩散途径的工程措施体系”及“污染物及敏感受体的监控和应急措施体系”的综合治理途径,能够解决该矿区的污染问题,使得周边环境质量有所改善。本研究可为国内其他矿区重金属污染调查及治理提供技术参考和经验。

参考文献

- [1] 吴迪,李存雄,邓琴,秦樊鑫,吴坤.贵州省典型铅锌矿区土壤重金属污染状况评价[J].贵州农业科学,2010,38(1):92-94.
- [2] 覃朝科,易鹞,刘静静,何娜.广西某铅锌矿区废水汇集洼地土壤重金属污染调查与评价[J].中国岩溶,2013,32(3):318-324.
- [3] 杨凯.多金属矿区土壤重金属污染状况及生态环境治理的紧迫性问题研究[J].中国金属通报,2019(5):286,288.
- [4] 张耀文,邸利.矿区土壤重金属污染及治理研究进展[J].现代农业科技,2015(1):206,210.
- [5] 阎思诺,冯秀娟.金属矿区土壤治理研究进展[J].有色金属科学与工程,2010,1(5):67-71.
- [6] 张溪,周爱国,甘义群,陈正华,王旭.金属矿山土壤重金属污染生物修复研究进展[J].环境科学与技术,2010,33(3):106-112.
- [7] 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(4):541-545.

- [8] 覃朝科, 农泽喜, 黄伟, 何娜, 刘静静. 广西某废弃铅锌矿重金属污染调查及治理对策[J]. 有色金属工程, 2016, 6(3): 87-92.
- [9] 何娜, 孙伟, 黄伟, 覃朝科. 某废弃铅锌矿重金属污染治理措施及效果评价研究[J]. 环境科学与管理, 2022, 47(8): 71-75.