

铅锌矿选矿废水处理对周边环境的影响及措施

韦珍艳

广西壮族自治区地质矿产测试研究中心

摘要: 选矿废水中含有大量的固态悬浮物、重金属离子以及各种浮选剂和捕收剂, 这些物质都具有较高的碱性和硬度, 而铅锌选矿废水尤为如此。如果不采取有效措施处理, 这些废水中所含废物将会对矿区周围的河流、地下水、土壤、农田等生态环境造成严重破坏, 甚至危及人类的健康安全。为了减少对周围环境的污染, 必须认真研究铅锌矿选矿废水处理工艺。在这个过程中, 我们需要加强关键环节的控制, 并根据实际情况提出改进和优化措施。这将有助于提高铅锌矿资源的合理利用和开发, 降低损失和成本, 实现低碳、环保的目标。

关键词: 铅锌矿; 废水处理; 周边环境; 改进措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.15.112

根据最新的统计数据, 全国每年由于采矿活动产生的废水占到了国内工业废水总量的1/10, 作为单一产业产生的废水量, 这一比例显然严重偏高。经过统计, 目前国外矿场已经将选矿废水的综合利用率提升到了75%以上, 而且, 一些矿场还采用了先进的浓密机技术, 将尾矿废水进行有效处理, 使其回水利用率达到了超过85%的水平。然而, 国内的选矿废水处理技术仍然落后, 浮选过程中产生的废水和尾矿废水排放量巨大, pH值偏高, 各种有害化学物质含量极高, 给当地的植被、农作物、牲畜以及土壤环境带来了极其严重的污染。尽管国家尚未出台合理的规范来管控选矿废水的处理和回收利用, 但从业者与相关企业仍然应该努力探索更加有效的方法来提升其回收利用率, 以减少对当地河流、地下水、土壤、农田、人畜的污染, 并保护大气环境。因此, 本文将重点关注如何有效地处理和回收选矿废水, 并探讨这些技术的优缺点, 通过这些研究来探讨如何减少矿山开采过程中的污染物排放, 并制定相应的改进方案, 来促进选矿厂区的环境保护。

一、铅锌矿选矿废水成分分析

中国拥有丰富的铅锌矿产, 其质量优良, 储量巨大。这些矿物的组成包括铅、锌、银和一些罕见的稀土元素, 铅锌矿的主要产品是铅精矿、锌精矿和混合铅锌精矿, 还会生产硫精矿。铅锌矿选矿废水是一种复杂的污染源, 其中不仅含有大量的重金属离子, 还包含多种污染物, 如浮选过程中的废水、尾矿废水以及各种选矿药剂, 其中pH值较高, 污染物组成也较为复杂。在废水处理过程中, 2#油具有显著的抑制微生物的效果。为了捕捉和抑制微生物, 企业一般会使用丁黄药、乙硫氮和乙黄药。此外, 也有企业使用石灰来调节pH, 硫酸铜来活化锌, 浓硫酸来促进硫的活化, 以及DS来抑制铅的浮

选, 并使用了2#油来起泡。

采用铅锌浮选工艺, 可以生产出铅精矿、锌精矿和混合精矿, 而锌尾矿则经过浓密机脱水处理, 最终形成硫精矿, 从而实现选矿工艺的有效运行。矿山废水包括尾矿、精矿、工厂生活污水、雨水以及其他各种溶入水的废弃物。尾矿水是指从硫尾矿中提取出来的液体, 而锌尾水则是从锌尾浓密机排放出来的; 精矿水则涵盖了铅、锌、混合和硫等多种物质, 以及一些工业废弃物, 如矿泥和污染物。采取有效的技术措施, 对选矿废水进行综合处理, 并使其在尾矿库中进行净化, 最终安全排放^[1]。

二、铅锌矿选矿废水处理对周边环境的影响

(一) 破坏生物多样性

在铅锌矿的选矿浮洗过程中, 排放出来的废水中含有大量的有毒重金属, 这些有毒物质对周围的环境造成了严重的污染。由于废水的pH值极高, 使得大部分废水都具有碱性 (pH>7), 其中以锌精矿溢流水的pH值最高, 若没有及时有效的处理, 这些碱性物质就可能对河流流域的生态系统造成极大的破坏, 使得植物枯萎、水生动物死亡, 破坏了原有的水体生态平衡, 使得水体变得腐烂、发出恶臭, 这不仅会对周围的生态环境造成污染, 也会使得当地的居民和牲畜的栖息地变得极其危险, 从而使得当地的生物多样性大幅度减少; 由于废水中含有大量的金属离子, 这些污染物被排放到地下水和自然水域, 导致水体植被的营养化程度极高, 水中生物的分布不均, 鱼类等水生动物的重金属含量超标, 从而引发各种疾病和死亡。此外, 这些污染物还可能通过人类的捕捞和饮食活动进入人体, 对人体造成严重的健康危害, 甚至引发不良反应。

(二) 引发河流堵塞

铅锌矿选矿废水中含有大量的有害化学物质, 包括有机物、固体矿物质颗粒, 而且随着选矿药剂和捕收剂的使用, 这些物质的浓度也会急剧上升, 从而导致水体植被的严重破坏, 甚至出现植物的枯竭或者疯狂繁殖。随着时间的推移, 原本平衡的河流生态系统变得越来越糟糕, 大量的有机物、固态垃圾被沉淀并堆积, 这不仅导致了某些水域植被的过度生长, 也使得河道的通行变得更加困难; 同时, 由于水生动物的死亡、尸体的腐烂以及大量的有机污染, 使得水体变质、散发出难闻的气味, 而且, 长期的垃圾堆积还可能导致河道的阻塞、河流水域的生态系统受损^[2]。

(三) 恶化水土流失

在铅锌矿选矿过程中, 周围会产生大量的碎石、垃圾和粉尘, 这些污染物会沿着河流或地形不断扩散, 导

致水体中含有大量的有害金属矿物质、有毒物质以及选矿药剂和捕收剂等有害物质^[3]。水污染不仅会严重损害河道区域的水质，使其变得恶劣、发臭，从而导致水生动植物的减少甚至灭绝，破坏原有的河流生态系统的平衡；同时，废水沿着地势的高低流经的土壤区域，重金属或有毒物质的污染也会进一步加剧，使得土壤的结构、性质和表面附着力失去了活性和自我调节能力，从而导致土壤的稳定性和平衡受到破坏，植被根系的吸收能力也会受到影响，出现病变、枯萎，最终导致植物的死亡和灭绝。随着时间的推移，沙漠化的趋势越来越明显。由于动物和人类的活动，他们不得不搬离原来的家园，从而造成了严重的水土流失。

(四) 导致地面塌陷

选矿是一项极具挑战性的工程，它需要在地势复杂、蕴藏着大量矿物质的区域进行，而且，一些矿产勘查项目可能需要深入几米乃至几十米的层面。如果人类过度开采和挖掘，将会破坏原有的土壤结构，导致土壤崩溃、地表下沉，甚至可能引发泥石流、地震等灾害。特别是在铅锌矿选矿废水流经的区域，由于地表结构脆弱，渗漏或灌水等不利因素会使土壤变得松散，结构稳定性大大降低，甚至可能出现矿洞塌陷、地面滑坡等严重后果。

三、优化铅锌矿选矿废水处理工艺

经过研究发现，铅锌矿的污水需要采取严格的处理措施，并且要不断完善和改善相关设备，以防它们被直接排入大气，从而有效地减少它们给周围的自然环境带来的不利影响。在铅锌矿的开采过程中，由于其复杂的工艺流程及其所带来的繁琐的废水处理问题，本文基于个人的实际工作经验，在此基础上，特别提出了一些有效的解决方案与要求。

(一) 铅锌矿选矿废水处理流程

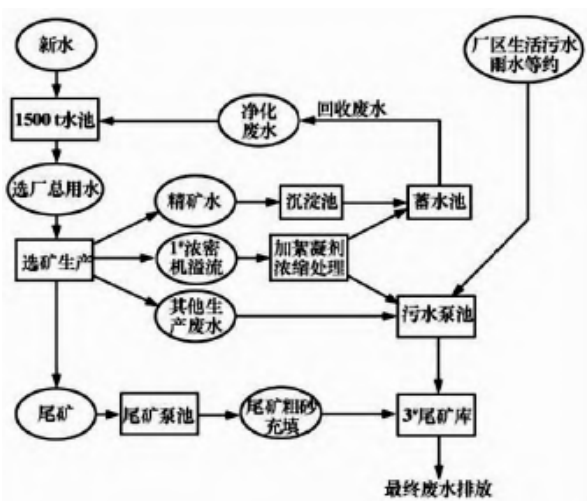


图3-1 选矿生产废水和用水流程图

根据图3-1，铅锌矿选矿废水的处理工艺流程包括：

第一步，将废水引入反应池，添加反应药物，调整pH以预处理；第二步，将反应产物沉淀，然后将其放臭

氧预处理器中；第三步，将处理过的废水通过空气曝气，将其转移至厌氧池，以实现厌氧生化反应；第四步，将处理过的废水通过泵抽至好氧池，以实现好氧生物处理；第五步，将处理过的废水通过臭氧深度处理，以达到净化环境的目的；第六步，将处理过的废水排放至污泥处理厂，以达到净化环境的目的；通过臭氧处理，废水被充分曝气，最终得到清澈的水。

(二) 铅锌矿选矿废水处理工艺要点

(1) 通过管道将铅锌矿选矿废水引入反应池，在此处添加药剂氢氧化钙，并将pH调整至7~8，然后在15~30min的搅拌下，将污染物从污水中排出，并通过沉淀池的处理，有效地去除泥沙、大颗粒悬浮物以及部分金属离子，从而减少污染物对环境的影响。在此过程中，沉淀池的表面负荷范围在 $0.6 \sim 1.2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ，而且沉淀的时长也在4~6小时之间。

(2) 通过反应沉淀处理，废水被引导至预氧化池，每 m^3 投放 $40 \sim 150 \text{ g}/\text{m}^3$ 的臭氧，预氧化处理持续1~2h，最终通过臭氧尾气破坏器对污染物进行有效降解，从而实现对废水的净化。

(3) 在经过臭氧预处理之后，废水会被输送到调节池，然后使用曝气器来控制气体的浓度，使得气体和水的比例达到1:1，并在1~2h的时间内完成曝气。这样可以有效地消除废水中的臭氧，避免它们对后续的生物处理系统造成污染。

(4) 经过空气曝气处理后，废水被引导到调节池，经过8~12h的反应，它们会被转移到厌氧池，这里的污泥负荷范围为 $0.3 \sim 3.5 \text{ kg CODcr}/(\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$ ，同时，池内的污泥浓度也会保持在 $5 \sim 20 \text{ g}/\text{L}$ ，此外，为了保证反应的有效性，还需要对厌氧池内的废气进行有效的收集和净化。

(5) 经过厌氧处理后的废水经过管道流入好氧池，进行有效的生物处理，处理时间为8~12h小时，污泥负荷为 $0.1 \sim 0.5 \text{ kg CODcr}/(\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$ ，池中污泥浓度为 $2.0 \sim 4.0 \text{ g}/\text{L}$ ，采用射流曝气器，其氧气利用率可达25%~31%，充氧能力可达 $28 \sim 38.5 \text{ kg O}_2/\text{h}$ ，曝气气水比为 $(15 \sim 25):1$ ，以达到最佳的处理效果。

(6) 通过好氧生物处理，混合液通过管道输送至二级沉淀池，经过沉淀，污泥会回流，而废水则会经由深度处理系统，使用 $130 \sim 180 \text{ g}/\text{L}$ 的臭氧浓度， $50 \sim 200 \text{ g}/\text{m}^3$ 的投加量，持续1~2小时，最终，尾气会被收集，并使用臭氧尾气破坏器对其进行有效降解，从而实现对环境的清洁。

(7) 经过臭氧深度处理的废水被引导至回用水池，在此期间，采用曝气器进行空气曝气，以有效地消除废水中的臭氧，曝气气水比设定在1:1，曝气时长在1~2小时，最终得到优质的出水。

(三) 工艺优势小结

该工艺具有多项优点，包括：高效的去除有机污染物，如丁黄药、2#油，并将产物转换为二氧化碳和水。此外，该工艺操作简便，维护方便，运行成本较低。此

外，它还能够有效地解决选矿过程中的循环用水问题，通过处理铅锌矿选矿废水，可以将其再次利用，并且浮选产品的回收率和品质与使用清水相似，从而降低选矿过程的用水成本。

四、铅锌矿选矿废水处置配套措施

（一）强化环保意识

开采铅锌矿对国家和人民都有益处，收益可观。然而，许多小型企业通过不正当的手段或非法集资获得了开采铅锌矿的资质，并大力开采，深度挖掘，这不仅破坏了当地的自然生态平衡，也加剧了当地居民生活环境的恶化。开采矿物资源为一部分人带来了巨大的收入，但也对周边的生态系统造成了严重的破坏。由于铅锌矿的开采和挖掘，排放的污水中的有害物质极其丰富，使得当地的环境受到了极大的影响，森林、河流、植被、农作物以及原始的自然生态系统都受到了极大的破坏，土壤的自我恢复能力也受到了极大的削弱，地表崩溃，人们依靠的经济作物也遭受了毁灭性的打击，最终留下的只有一片片荒芜的景象。为了保护当地生态平衡，当地居民与相关部门必须加强监督和管控，应当严格控制铅锌矿选矿废水的处理工艺，科学处理旧石料的堆砌位置，并密切监测周围的环境。同时，还应当鼓励当地居民积极参与到保护生态平衡中的行动来，并且勇于揭露那些违反法律法规的行为，应当坚决反对任何损害我们的生态平衡的利己主义行为，并且为保护家园付诸行动，要采取切实可行的措施，保护并恢复人类共同拥有的绿色环境。

（二）铅锌矿选矿废水处理应配备高端技术设备和人才

处理铅锌矿废水是一项复杂且困难的任务。这些废水包括：铅矿石溢出的水、锌矿石溢出的水、混合砂浆溢出的水、锌矿石尾部的水、硫矿石溢出的水、硫矿石尾部的水、锌矿石尾部的水、矿泥水、泵站污水、入库尾砂水和尾矿库外排水样等。铅锌矿选矿的废水排放量巨大，因此，必须采取有效措施来处理这些污染物，避免其进入地下水或自然排水区域，并且让其流经的土壤和其他环境得到有效的保护。铅锌矿的选矿废水的处理是一个关键的问题，应该使用先进的技术来提升选矿设备的性能，有效控制水质。另外，有关企业也应该加强专家团队的培训，根据不同的职能分配，并且对各个流程进行精细的管理和指导，让每个人都负有相应的岗位责任。如果遇到特殊的废水处理方案，矿物企业可以通过集体协商或部门小组讨论来确定最终的解决方案。通过引入先进的技术和高素质的人才，尽最大努力实现铅锌矿选矿污水处理的人工化、智能化和可持续发展战略，改善废水处理效率。

（三）变废为宝，废水回收利用

处理铅锌矿选矿废水是一项复杂的技术，其中包括浮洗、尾矿处理、药剂、捕收剂等，这些都会对环境造成污染，因此，必须采取有效的净化技术，保障废水的安全排放。基于对铅锌矿选矿废水的深入研究，本文提

出了一种先进的、可持续的废水处理技术，以期达到有效利用资源，同时又可以大幅度提升资源的回收率。采取有效措施减少选矿废水对生态环境的污染，推动铅锌矿产业的长期健康发展，同时也有助于指导和鼓励铅锌矿企业实现更加有效的废水回收再利用，取得了良好的成效。

（四）开采合理，应用最新的科研成果

在进行铅锌矿选矿时，应该充分考虑当地的政策、气候、周围环境，以及其他相关条件，保障矿物开采效果的同时，也避免直接造成地质条件被破坏。此外，还应该对废水处理设施进行全面的评估，以确保最佳的污染控制效果，并且保障污染物的有效排放，以保证污染物的安全排放。为了保证铅锌矿选矿废水的安全排放，必须严格执行《中华人民共和国水污染防治法》规定，并经过当地环保机构的检测，确认其符合自然生态的承载能力，才能将其排放至自然水域。为此，有关企业应该采用国内最先进的监测、监控、水体净化设备，以严格控制水质的监测质量和环保水准。在适当的环境中，利用先进的智能技术、可控性和全面定位系统，实现对环境的全天候监测，以满足科学研究的需求。

（五）生产规模因地制宜

处理铅锌矿废水的工艺非常复杂，受到多种外部因素的影响，为了保障废水处理的有效性，建议相关技术专业人员进行现场调研，并根据因地制宜的指导原则，结合本地的经济状况、政府的支持情况，制定出有效的解决方案。

五、结语

为了提升铅锌矿选矿废水处理的有效性，需要精心设计和制定一套完善的工艺流程，并且聘请专业的技术团队来进行操作，从而严格遵循污染物的排放符合国家规定的标准，同时也减少对周围自然生态的破坏，为当地居民提供良好的生活环境。为了保障环境的长期稳定，铅锌矿选矿废水处理人员应该定期监测水质指标，并且在可行的范围内，对周边的村庄和水域进行实地调查和评估，以维护当地的自然生态平衡。此外，还应该不断改进和完善铅锌矿选矿废水的再利用技术，将废物转化为有价值的资源，从而降低处理成本。为了更好地处理选矿废水，我们应该加强矿区技术人员队伍的建设，积极引进行业高端技术人才，不断提升行业技术水平，以技术改善环境，为社会做出贡献，确保矿区生态环境的可持续发展。

参考文献

- [1] 朱安玲. 铅锌选矿废水处理及循环回用技术研究[J]. 湖南有色金属, 2022, 38(04): 57-60.
- [2] 乔继扬, 刘艳丽, 张凯, 刘峰彪. 氧化法处理铅锌选矿废水实验研究[J]. 价值工程, 2022, 41(20): 71-73.
- [3] 赵连兵, 先永骏, 文书明, 梁观玉, 洪杨, 陈章鸿. 铅锌选矿废水净化处理研究概述[J]. 矿产综合利用, 2022(03): 100-106.