

尾矿库综合治理项目的环境管理与生态修复工程管控探究

荣国梁

(中铝山东有限公司, 山东 淄博 255051)

摘要: 尾矿库是矿山开发项目中不可或缺的一项附属设施, 尾矿库中遗留的重金属污染、地质灾害等问题已然对我国生态文明建设与环保事业发展提出了强大考验与挑战。本文将立足于尾矿库综合治理项目, 聚焦于此类项目的环境管理与生态修复需求, 提出几点切实可行的建议和策略。

关键词: 尾矿库; 综合治理; 环境管控; 生态修复

中图分类号: X37

文献标识码: A

文章编号: 3007-1267 (2025) 03-0013-03

DOI: 10.12462/MMF.issn3007-1267.2025.03.005

Exploration on Environmental Management and Ecological Restoration Engineering Control of Tailings Pond Comprehensive Treatment Project

Guoliang Rong

(Chinalco Shandong Co., Ltd., Zibo, Shandong 255051)

Abstract: Tailings pond is an indispensable ancillary facility in mining development projects. The heavy metal pollution and geological disasters left in tailings ponds have posed strong tests and challenges to China's ecological civilization construction and environmental protection development. This article will be based on the comprehensive management project of tailings ponds, focusing on the environmental management and ecological restoration needs of such projects, and proposing several practical suggestions and strategies.

Keywords: tailings pond; comprehensive control; environmental control; ecological restoration

据了解, 当前我国现存尾矿库超1.2万座, 堆存尾矿总量超160亿吨, 其中约70%的尾矿库存在防渗措施缺失、边坡稳定性差等问题, 导致重金属以扬尘、渗滤液等途径逐步污染周边土壤及水体。如果任由其发展下去, 后果不堪设想。因此, 国家积极致力于开展尾矿库综合治理的环境管理与生态修复工程管控研究, 统筹多方主体资源, 意在推动“无废城市”建设, 落实“双碳”目标。

一、尾矿库的核心特征及危害性分析

(一) 尾矿库的核心特征

1. 物理与工程特征。尾矿库的物理与工程特征主要体现在三个方面, 分别是人工构筑物属性、动态累积性以及地质依赖性。首先, 尾矿库的人工构筑物属性, 即其多是由坝体、排水系统、尾矿堆积体等要素构成, 均需借助专业工程设计来确保其稳定性。目前比较常见的筑坝方式有上游法筑坝、下游法筑坝。其次, 动态累积性主要体现在尾矿一直处于排放状态, 整个库体会持续生长, 堆积梯级也会越来越大, 高度也是越来越高。还有, 地质依赖性, 尾

矿库多会选择在洼地、山谷等负地形中建设, 主要是为了利用自然地貌形成的汇水空间, 但也因此对地质依赖性很强, 很容易受区域地质条件的影响。

2. 环境与污染特征。尾矿库的环境污染一直是备受关注的焦点话题, 尾矿库中的污染物复杂多元, 重金属、酸性废水、细颗粒扬尘等都是尾矿库中比较常见的污染物类型。此外, 尾矿库的生态系统扰动性也很明显, 尾矿库占地面积庞大, 其会占用大量的土地资源, 对原生植物的破坏性很强, 很容易形成生态孤岛现象, 加之尾矿库本身堆积体就缺乏土壤结构, 一旦植被遭到破坏, 重建难度非常之大。

3. 风险与管理特征。尾矿库本身存在着诸多潜在风险, 尤其是随着库龄的增长, 尾矿库的安全风险会变得越来越高, 从一开始的渗漏污染风险逐步转移到坝体失稳风险, 会对尾矿库的整体质量造成严重威胁。还有, 针对尾矿库的监管, 其展现出显著的严格性特征, 尾矿库的监管属于《重大危险源辨识》中的“危险设施”, 需遵循相关规定进行重点监管。

(二) 尾矿库的主要危害性

首先, 地质灾害与工程安全风险。主要体现在尾矿库

作者简介: 荣国梁, 本科, 高级工程师, 研究方向为机械设备、工程项目管理。

溃坝以及遭遇洪水灾害等方面。以溃坝事故为例，一旦发生溃坝现象，整个尾矿库的坝体都会遭到破坏，如地震液化、超设计水位运行等等，由此很容易出现由尾矿和废水混合形成的泥石流现象，直接威胁到周边生态与人员安全。其次，环境污染与生态破坏。尾矿库的环境污染与生态破坏主要体现为水体污染的链式反应。尾矿库中含有大量重金属成分，一旦渗滤液渗到地表水当中，其造成的后果不堪设想。还有，土壤退化和植被灭绝亦是其中一大危害之一。尾矿库占用大面积土壤资源，植物根系发育会遭到直接阻断，尾矿库领域内的植被资源一旦破坏将很难重构，同时伴随着土壤肥力丧失、微生物群落崩溃等。然后，社会与经济影响亦不容小觑。尾矿库的建设需要以居民安置与生态移民为前提，高风险尾矿库下游的居民都需要进行搬迁，由此造成的移民安置成本非常之高。此外，因为尾矿库建设需求，该区域内的经济链会受到严重影响，整个区域经济链断裂的可能性很高，如因尾矿库污染导致渔业崩溃、农业减产等等。

二、尾矿库综合治理项目前期调研与规划阶段的系统性管控需求

（一）全方位的环境本底调查与科学的风险评估需求

在尾矿库综合治理项目中，前提调研与规划阶段的环境本底调查与风险评估不可或缺。其主要体现在如下几个方面：首先，对尾矿库综合治理项目所处区域的污染现状进行全面分析，对尾矿砂中的酸碱度、重金属、有机质含量等作出精准检测，并对土壤、地表水、地下水的污染范围与程度进行科学评估。其次，梳理清楚尾矿库周边真实生态环境现状，如尾矿库周边的水土流失风险、边坡稳定性、植被覆盖现状、生物多样性等等，做出科学完善的生态风险识别，再根据识别结果来明确清楚生态修复的优先级。

（二）多目标协同规划需求

在矿库综合治理项目前期调研与规划阶段，多目标协同规划需求必不可少。首先，在污染控制目标方面，开始治理之前需率先明确清楚尾矿库废水、扬尘、固废的排放标准，如尾矿库的废水需达到何等标准才可予以排放或者再利用。其次，在生态修复目标方面，要对植被覆盖率、土壤有机质提升幅度等量化指标提出明确要求，为后续治理工作提供参考依据。还有，在功能整合目标方面，需结合尾矿库所在地区周边土地利用与规划情况，有必要结合当地规划发展需求来将尾矿库治理与其相关行业关联到一

起，以此来提升综合效益水平。

三、尾矿库综合治理项目的环境管理与生态修复工程的有效管控策略

（一）环境管理策略

1.尾矿库污染源头控制。尾矿库污染源头控制焦点主要集中在尾矿砂和废水两个方面。首先针对尾矿砂的处理要秉承无害化原则，结合实际需求采用微生物修复技术或者化学固化结束等来降低重金属的活性程度。同时针对酸性尾矿库要积极采取中和处理措施，可通过喷淋碳酸钙溶液调节pH值至6.5-7.5。其次，关于废水的循环利用，其可考虑建设防渗收集池，即对尾矿库的渗滤液进行“中和沉淀-过滤-膜处理”工艺处理，回用于矿山生产或绿化灌溉。

2.扬尘与废气管控。扬尘和废气是尾矿库综合治理项目中的重中之重。相关主体可立足实际来采取一系列更具实效性的管控措施，如利用尾矿砂来覆盖抑尘，结合当地实际生态情况，选择以铺设土工膜、生态毯或种植耐旱抑尘植物等方式来有效降低风力扬尘。还有便是利用封闭作业与除尘设备来实现对扬尘与废气的有效管控，如对干堆尾矿库作业区设置防风抑尘网，如有必要可配备雾炮机或布袋除尘器。

3.防渗与边坡稳定性控制。结合防渗系统建设的实际需求，相关主体可在周边设置截洪沟与防渗帷幕，以防止雨水冲刷尾矿砂及污染物扩散。同时也可考虑采用HDPE膜+膨润土垫层的复合防渗层，将系数控制在标准要求范围之内。除此之外，基于边坡加固需求，其可采用植被混凝土喷播、锚杆格构等技术，对边坡坡度进行严格控制，以起到预防滑坡的效果。如果现实条件允许，需在尾矿库内安装自动化监测系统，对尾矿库边坡位移、含水率及孔隙水压力等进行实时监测，一旦发现问题需及时采取有效应对措施。

（二）生态修复工程管控策略

1.土壤改良与植被重建。土壤改良和植被重建是尾矿库综合治理项目中生态修复工程需要重点关注的内容，土壤和植被亦是尾矿库建设与治理项目中受影响最严重的两大要素。首先，针对土壤改良，相关主体可充分利用起各类土壤修复技术，如物理修复技术、化学修复技术、生物修复技术等，通过深耕翻土、添加改良剂提升土壤肥力与保水性，或者通过种植超富集植物，密切配合微生物菌剂降解有机污染物。其次，针对植被恢复，其需遵循“先锋植

物-草本-灌木-乔木”的演替规律,优先选择耐旱、耐贫瘠、抗重金属的物种。也可采用“网格化种植”模式,每100m²设置一个植被监测样方,跟踪存活率与生长状况。

2.生物多样性恢复与景观及功能整合。首先,根据尾矿库综合治理项目对生态环境的改善需求,可尝试构建人工湿地、生态沟渠等微生境,以为当地生存的各类昆虫、鸟类提供栖息场所。如有必要可在尾矿库周边保留或者人工构建原生植被带,以作为物种迁移所用。其次,相关主体可积极寻求与当地政府职能部门联合,考虑将治理修复之后的尾矿库周边区域打造成为生态景观区,并同步设置一系列标识牌,如科普、步道等,将其定位为独具特色的“矿山生态教育基地”。还有,其还可对稳定化的尾矿库顶面进行平整修复,如复垦为耕地或林地,配套灌溉与土壤培肥设施。

四、尾矿库综合治理项目的有效保障性措施

(一) 构建全过程监理与质量控制体系

在尾矿库施工阶段要进行精准管控,结合尾矿库实际施工情况制定科学完善的施工规范标准,对施工所涉及的土壤改良深度、植被种植密度等技术标准要做出明确规定。此外,要积极应用BIM技术来提前进行施工模拟,以便进一步优化材料运输路线,规范作业流程,将二次污染降到更低,同时实现成本的精准管控。还有,在验收阶段要严格按照《矿山生态修复验收规范》,从土壤质量、植被覆盖度、污染物减排量等维度进行量化验收。

(二) 制定完善高效的应急管理 with 风险防控方案

首先,针对突发污染事件,要制定《尾矿库环境污染

应急预案》,储备中和剂、吸附剂等应急物资,定期开展泄漏、溃坝等事故演练。建立与周边社区的联动机制,设置应急疏散路线与避难场所。其次,面对复杂多变的气候环境,其需要提前制定出一系列适应性风险防控方案,如在面临极端降雨天气时,需提前做加大截洪沟排水能力处理,增设边坡排水孔。而对于干旱地区的尾矿库,则需采用保水剂与滴灌技术提升植被成活率。

五、结束语

综上所述,尾矿库综合治理项目的环境管理与生态修复工程管控是一项极具复杂性、系统性的工程类型,其必须要立足尾矿库实际情况,结合尾矿库污染特性、生态受损程度及区域环境要求,从全流程、多维度来制定一系列精准管控策略,并确保每一项管控策略都能够落到实处。

参考文献:

- [1] 贾晓丹,王晖,徐友宁.某钼矿集中开采区尾矿库排水重金属环境风险等级及其贡献率分析[J].西北地质,2023,56(4):152-161.
- [2] 宋涛,郭磊,杜忻辰,等.岩溶地区尾矿库污水渗漏及收集治理研究——以西南某尾矿库为例[J].现代工程科技,2024,3(15):65-68.
- [3] 王储,卞梦阳,姚淑华.铅锌矿尾矿库不同生态修复模式下的土壤——植物重金属迁移特征[J].金属矿山,2024(12):286-291.
- [4] 韩伟,石元帅,马超,等.尾矿污染地下水管控修复技术与实例分析[J].化工环保,2024,44(1):146-152.
- [5] 闫霞亮.城市黑臭水体治理的生态修复模式与长效管理机制[J].生态学与可持续发展研究,2025,2(02):79-81.