

矿山生态修复技术与实践研究

陈修杰 罗丽芳*

新疆天合环境技术咨询有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 论文以矿山生态恢复技术和实践为背景, 论述矿山生态恢复的重要性和紧迫性。通过对矿山生态修复技术的研究, 对矿山生态修复技术进行较为详细的阐述, 并结合实际案例, 对矿山生态修复技术进行分析, 以期为矿山生态修复提供理论基础和实践借鉴, 对促进矿山生态环境可持续发展具有重要意义。

关键词: 矿山生态修复; 修复技术; 实践案例; 可持续发展

Research on Ecological Restoration Technology and Practice of Mines

Xiujie Chen Lifang Luo*

Xinjiang Tianhe Environmental Technology Consulting Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: This paper discusses the importance and urgency of mine ecological restoration against the backdrop of mining ecological recovery technologies and practices. Through research on mine ecological restoration techniques, it provides a detailed exposition of these methods and analyzes them in conjunction with practical cases. The aim is to offer theoretical foundations and practical references for mine ecological restoration, which is crucial for promoting sustainable development of mine ecosystems.

Keywords: mine ecological restoration; restoration technology; practical cases; sustainable development

0 前言

随着中国工业化、城市化进程的加快, 对矿产资源的开采也在逐步加强。矿山开采是经济发展的重要物质基础, 但同时也对生态环境造成严重的破坏。大量的采矿活动造成植被破坏, 水土流失, 水体污染, 地质灾害频发, 给当地居民生产和生活带来极大的威胁。据统计, 我国因采矿造成的破坏面积达几百万公顷, 而且还在不断增加。因此, 开展矿山生态修复, 恢复受破坏的生态环境, 实现矿产资源开发与生态保护的协调发展十分必要。

1 矿山生态修复的重要意义

1.1 改善生态环境, 维护生态平衡

矿山开采造成广泛而严重的生态环境损害, 大量植被遭到破坏, 使该地区的生物多样性急剧下降, 矿山开采造成栖息地的丧失, 大量野生动植物的数量急剧减少。与此同时, 中国水土流失问题突出, 矿山开采导致的水土流失面积已达百万公顷, 大量泥沙入河, 增加洪涝灾害的风险。另外, 矿山废水、废渣中所含的重金属、酸碱等污染物, 对土壤、水体造成严重的污染, 破坏生态系统的物质循环与能量流动。通过矿山生态修复, 利用土壤修复、植被恢复、水体治理等手段, 实现污染物减排, 恢复植被, 重建生态系统, 维护区域生态平衡, 为生物提供生存环境^[1]。

1.2 促进经济可持续发展

矿山生态恢复虽然需要一定的资金投入, 但其长期效益是显著的。一方面, 通过对矿区土地的再利用, 促进土壤

改良与植被恢复, 实现对矿区土地资源的再利用, 为矿区土地的增值创造条件。另一方面, 经过生态修复的矿区, 开发生态旅游、休闲农业等绿色产业, 以吸引游客, 带动当地的餐饮、住宿等服务业发展, 增加就业岗位和经济效益。同时, 良好的生态环境还能提高投资的吸引力, 带动其他产业的发展, 促进经济的多元化与可持续发展。

1.3 保障社会稳定, 提升居民生活质量

矿山开采引起的环境污染、地质灾害等生态环境问题严重威胁着周边人民的生命财产安全与身体健康。土壤与水环境的污染将造成粮食产量下降、品质下降, 进而威胁到居民的饮水安全; 地表塌陷和泥石流等地质灾害随时都有可能造成房屋倒塌和道路损坏等严重事故。通过对矿山进行生态修复, 消除矿山安全隐患, 改善矿区居民生活环境, 减少因环境问题引起的社会矛盾, 确保社会和谐稳定。同时, 良好的生态修复环境也提高居民生活的幸福感和满意度, 促进人与自然的和谐共存^[2]。

2 矿山生态修复技术概述

2.1 土壤修复技术

在矿山开采过程中, 土壤常发生重金属污染、营养物质损失和结构损伤等问题。常用的修复方法有物理、化学、生物三种。物理修复技术主要包括: 客土法、置换法和热处理法。“客土法”就是把受污染的土壤移走, 代之以原土代替污染土, 适合小面积污染土壤的修复; 换土法是将受污染的土壤部分或全部替换掉, 费用高, 效果好; 热处理法是利

用加热作用使土壤中的污染物挥发或分解, 适合处理有机污染物^[3]; 化学修复方法主要有化学淋滤、稳定/固化等。化学淋滤是用化学溶剂溶解、淋滤出土壤中的污染物, 并对其进行处理; 稳定/固化是指在土壤中投加化学药剂, 将污染物转化成稳定形态, 降低其迁移性, 降低其生物可利用性。生物修复是指通过植物和微生物等生物体的新陈代谢活动对土壤进行修复, 主要有植物萃取、植物固定和微生物降解等。植物萃取是指植物从土壤中吸收重金属, 并将其运输至地上部, 再收获后再处理。植物固持是指植物根系分泌的物质来固定重金属, 降低重金属的活性。微生物降解是指利用微生物对土壤中的有机物进行代谢降解, 使其变成无害的物质。

2.2 植被恢复技术

在矿山生态恢复中, 植被恢复对水土保持和改善生态环境起着至关重要的作用。植被恢复技术主要包括植物品种的选择、栽植方法的选择以及养护与管理等。在植物种类的选择上, 应以适应性强、耐干旱、耐贫瘠、抗逆性强的乡土树种为优先, 并适当引进具有特殊生态功能的植物。如豆科植物具有固氮作用, 能够提高土壤的肥力; 灌木和草本生长迅速, 能迅速覆盖地面, 防止土壤侵蚀。播种、扦插和扞插是其主要的栽培方法。播种法适合大面积恢复植被, 操作简便, 费用低廉, 但对种子质量及播种条件的要求较高; 移栽

是指将培养的幼苗移植到修复区, 成活率高, 但费用高; 扞插就是用植物的枝条来繁殖, 特别适合一些易生根的植株。养护管理包括浇水、施肥、修剪和病虫害防治等^[4]。

2.3 水体治理技术

水环境治理是矿山生态恢复的重要内容。物理处理是指利用物理方法对污染物进行分离, 常用的方法有: 沉淀法, 过滤法, 气浮法。沉淀法是利用重力作用使水体中的悬浮物沉降, 除去大颗粒的杂质; 过滤时, 借助石英砂, 活性炭等滤料对污染物进行拦截, 常用来除去细小的悬浮物(见图1); 气浮技术是在水中通入空气, 在水中形成微气泡, 将污染物吸附在其上, 使之浮升至水面, 从而实现对含油废水及部分有机污染物的处理; 化学处理技术主要是通过化学反应来去除污染物。中和法是用来调节污水的 pH 值, 将酸、碱废水调至中性; 利用强氧化剂和还原剂, 把有毒、有害的物质转化成无害的物质, 如利用芬顿试剂对难降解的有机污染物进行降解; 化学沉淀法是在水中投加沉淀剂, 使重金属离子在水中形成不溶性沉淀物而实现分离的方法; 生物处理技术是利用微生物的代谢活动对水体进行净化; 生物膜法是利用微生物附着于填料表面形成生物膜来吸附、分解污水中的污染物; 人工湿地通过植物-微生物-基质的协同作用, 实现对污染物的物理过滤、化学吸附、生物降解等去除, 并具有良好的生态景观和提高生物多样性的作用^[5]。

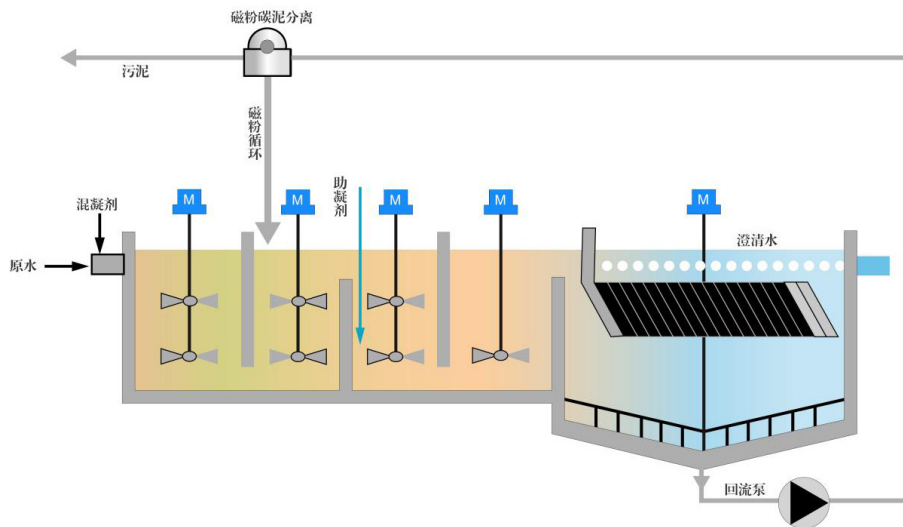


图 1 沉淀法

3 矿山生态修复实践分析

3.1 某铁矿生态修复项目

某铁矿具有较长的开采历史, 由于长期的开采, 造成严重的植被破坏, 地表裸露, 土壤侵蚀加剧, 周围水体受到不同程度的污染。本项目将生物修复技术应用于土壤修复, 通过种植超富集植物, 2年后土壤重金属平均下降30%。在植被恢复上, 选用当地草本、灌木混播, 并与部分乔木混播, 形成多层次的植被群落。通过三年来的精心管理, 该地区植

被覆盖面积已由不足10%增加到75%。本项目拟采用物理化学-生物耦合技术, 通过沉淀-过滤-化学-生物耦合的方法去除水中悬浮物, 再经化学沉淀去除重金属, 再经人工湿地深度处理。该废水经处理后可达到国家排放标准, 对周边水环境有较大改善。项目总投资800万元, 占地20公顷, 5年恢复。

3.2 某煤矿生态修复项目

某煤矿开采造成大量地表塌陷, 形成大面积塌陷, 土

壤肥力下降, 植被丧失。在土壤修复方面, 采用客土法结合土壤改良剂, 对塌陷严重地区进行客土改良, 并在此基础上加入土壤改良剂, 达到改良土壤肥力的目的。经过一年的修复, 土壤有机质含量增加 20%, 并能有效地调控土壤 pH 值。在植被恢复方面, 采取栽植苗木的方法, 栽植适合本地生长的杨、柳等乔木, 以及苜蓿、沙打旺等草本植物。同时, 在沉陷区的水洼区建立人工湿地, 种植芦苇、菖蒲等水生植物, 净化积水。经过 4 年的治理, 塌陷区植被覆盖率已达 60%, 逐步得到恢复。项目总投资 1200 万元, 占地 30 公顷, 修复期 6 年。

3.3 某有色金属矿生态修复项目

某有色金属矿山开采导致土壤重金属污染, 周边水体重金属含量超标, 对生态环境造成严重的破坏。采用稳定化/固化技术, 通过添加特定化学药剂, 将重金属转化为稳定形态。结果表明, 该方法可使土壤重金属浸出量降低 80% 以上。植被恢复以耐重金属的植物为主, 采用扦插与播种相结合的方法。本项目拟采用化学处理与生态修复相结合的方法, 首先采用化学药剂对水中重金属进行去除, 再通过修建生态浮岛、种植水生植物等措施进一步净化水质, 改善水生生态环境。项目总投资 1500 万元, 占地 25 公顷, 修复期 7 年 (详见表 1)。

表 1 某有色金属矿生态修复效果分析

案例	修复面积 (公顷)	总投资 (万元)	修复周期 (年)	土壤重金属降低率	植被覆盖率提升幅度	水质达标情况
案例一	20	800	5	30%	从不足 10% 到 75%	达到国家排放标准
案例二	30	1200	6	/ (采用客土和改良, 未重点检测重金属降低)	从 0 到 60%	积水区域水质得到净化
案例三	25	1500	7	80% 以上	/ (未明确初始覆盖率, 最终实现植被恢复)	重金属含量达标, 生态改善

4 结论

矿山生态修复技术各有优缺点, 需要根据矿山的实际情况, 选择适宜的修复工艺, 并加以综合应用, 才能取得最好的修复效果。同时, 由数据表看出, 修复面积与投资金额及修复周期呈正相关关系, 一般情况下, 修复范围越大, 污染越严重, 则需要投入更多的资金和更长的修复时间。在矿山生态恢复的实际工作中, 仍然存在着一些亟待解决的问题。例如, 土地复垦技术成本高, 某些技术难以推广; 部分修复技术的长期稳定性及疗效尚待验证; 在恢复过程中, 生态监测与评价机制尚不完善, 等等。今后应加强矿山生态修复技术的研究与开发, 降低治理成本, 提高治理技术的适应性与有效性。同时, 建立完善的生态监测与评价体系, 对整治效果进行长期跟踪评估, 及时调整整治方案。在此基础上, 加大政策引导, 加大财政支持力度, 鼓励社会力量参与到矿山生态修复中来, 促进矿山生态环境的可持续发展。

参考文献:

- [1] 赵学杰, 胡小辉, 赵振伟, 等. 露天矿山生态修复技术与模式探讨[J]. 环境保护与循环经济, 2025, 45(2): 39-43+93.
- [2] 张成, 王惠. 废弃矿山生态修复技术研究[J]. 中国高新技术, 2024 (6): 91-93.
- [3] 丁鹏杰. 露天废弃矿山生态修复技术的优化研究[J]. 中国金属通报, 2025(1): 231-233.
- [4] 杨帅, 崔文瑞, 侯爱豫, 等. 生态文明下我国绿色矿山生态修复技术研究进展[J]. 煤炭加工与综合利用, 2025(1): 111-114.
- [5] 吴永志. 矿山生态修复技术研究与应用[J]. 中国金属通报, 2024 (2): 146-148.

作者简介: 陈修杰(1997-), 男, 中国河南周口人, 本科, 助理工程师, 从事环境管理学方面研究。

通讯作者: 罗丽芳(1994-), 女, 中国甘肃定西人, 硕士, 中级工程师, 从事环境管理学方面研究。