

生态修复工程在矿区环境治理中的应用研究

刘佳楠^{1,2}

1. 中钢集团马鞍山矿山研究总院股份有限公司, 中国·安徽 马鞍山 243000

2. 金属矿山开采安全与灾害防治全国重点实验室, 中国·安徽 马鞍山 243000

摘要: 矿产资源开采给矿区和周围环境带来很大破坏, 具体表现为地面景观变得破碎不堪、土壤结构逐渐恶化、水体受到污染以及各种动植物种类急剧减少, 这些方面都造成了严重的生态损害, 急需采取全面的生态修复措施来解决问题。文章重点分析了生态修复工程在矿区环境保护中的实际应用情况, 详细总结了相关的核心技术手段。通过地貌重塑和边坡稳定技术的应用, 可以重新构建起地形和地貌的基本安全框架。采用物理手段、化学方法和生物途径相结合的方式, 对被破坏的土壤进行深层改良和调整, 从而让土壤能够恢复到正常的生态功能。根据当地的地理环境特点, 精心挑选一些适应性强的先锋物种, 并且设计合理的种植布局方案, 最终让植被群落慢慢恢复起来。露天开采的矿区和已经废弃的地下开采矿井, 在修复目标上存在明显的区别, 技术操作的方法也各不相同。针对这些不同的修复方式, 需要仔细评价每一种方法在初期阶段的效果, 还要深入研究长期生态变化的规律和趋势。目前的实际情况显示, 修复工作仍然会遇到技术整合不够完善、后期维护管理机制不够健全、生态效果评估体系不够完整等一系列困难。未来的规划必须推动多种修复技术的有机结合, 引入先进的智能监测和管理系统, 建立起从开始到结束的全程生态效益评价机制, 以实现矿区生态环境的整体改善和整个地区平衡发展的美好愿景。

关键词: 生态修复工程; 矿区环境治理; 地貌重塑; 土壤改良; 植被恢复

Research on the Application of Ecological Restoration Engineering in Mine Area Environmental Management

Liu Jianan^{1,2}

1. Ma'anshan Institute of Mining Research Co., Ltd., China Steel Group, China Anhui Ma'anshan 243000

2. National Key Laboratory of Metal Mine Safety and Disaster Prevention, China Anhui Ma'anshan 243000

Abstract: Mining operations cause significant damage to both mining areas and their surrounding environments, manifesting as fragmented landscapes, deteriorating soil structures, water pollution, and a sharp decline in various plant and animal species. These impacts result in severe ecological harm, necessitating comprehensive ecological restoration measures to address the issues. The article focuses on analyzing the practical applications of ecological restoration projects in mine environmental protection, detailing key technical approaches. Through geomorphological reshaping and slope stabilization techniques, the fundamental safety framework of terrain and landforms can be reconstructed. By combining physical, chemical, and biological methods, degraded soils can be deeply improved and adjusted to restore their normal ecological functions. Based on local geographical characteristics, resilient pioneer species are carefully selected, and rational planting layouts are designed to gradually restore vegetation communities. Open-pit mining areas and abandoned underground mines exhibit distinct differences in restoration objectives and technical approaches. For these varied restoration methods, it is essential to evaluate the initial effectiveness of each approach while thoroughly studying long-term ecological change patterns and trends. Current conditions reveal ongoing challenges such as insufficient technical integration, inadequate post-restoration maintenance mechanisms, and incomplete ecological effect assessment systems. Future planning must promote the organic integration of diverse restoration technologies, introduce advanced intelligent monitoring and management systems, and establish a comprehensive ecological benefit evaluation mechanism from initiation to completion, aiming to achieve holistic improvement of mine ecosystems and balanced regional development.

Keywords: Ecological restoration project; Mine area environmental remediation; Geomorphological reshaping; Soil improvement; Vegetation restoration

0 引言

矿产资源开采给经济社会发展带来了重要的物质支

持, 但是开采过程往往需要消耗大量的土地和人力物力资源, 这样就会造成矿区和周围自然环境出现很多不良变化。

地表挖掘造成的坑洞会破坏地形的整体形状,容易引发滑坡这类严重的地质灾害。挖出来的土壤被运走后,原来的土壤层结构会被严重破坏,养分流失,还会因为残留的有害物质而污染土壤。采矿时挖出的岩石堆积起来,也会破坏地表的水文循环,导致水流分布不均匀,引起水体污染和地下水位下降的问题。原来生长着茂密植被的地方,因为采矿活动被破坏得面目全非,周围的动物和植物种类也因此大量减少。这样的破坏行为让整个矿区的生态环境陷入了混乱状态,阻碍了采矿区长期稳定发展的可能性,因此迫切需要采取有效的措施来改善这些不利情况,恢复矿区的生态环境平衡。生态修复工程是一种积极应对的处理方式,主要目标是利用工程技术手段来改善已经受到破坏的生态环境,逐步建立一个功能齐全、充满生机的自然生态系统。本文专门研究生态修复工程在矿区环境治理中的实际操作方法,详细总结各种技术手段的具体应用特点,对比不同矿区在修复工作中的具体表现差异,深入分析当前所遇到的各种困难和问题,探讨未来可以采取的改进策略和长远的发展规划,希望能够帮助提升矿区生态修复工作的整体水平、科学合理的管理水平以及长期的稳定性,提供一些有价值的参考意见。

1 矿区生态环境破坏状况概述

1.1 矿产资源开采造成的多维生态损伤

矿产资源开采活动导致的生态破坏带有非常复杂并且多种多样的特点,给矿区以及周围整个生态体系带来了长久而且严重的破坏后果。从地表景观的角度来看,大面积露天开采和地下开采作业明显改变了原来的地形地貌,形成了很多形状怪异的人工地貌单元,比如深坑、陡峭山坡、废弃堆积物堆场还有地面不断下沉形成的盆地等等,这样就造成了地表景观变得支离破碎并且大量水土被冲刷流失。土壤系统的破坏也表现得很突出,开采作业破坏了原有的土壤结构和层次分布,造成了土壤压紧程度增加、养分含量大量流失、酸碱平衡状态遭到破坏并且各种重金属等有害物质聚集起来,土壤的肥沃程度和生物活动能力都大幅度降低,已经失去了最基本的生态作用^[1]。

1.2 进行系统性生态修复的紧迫性

直面矿产资源开采造成的严重生态后果,实施全面生态修复拥有迫在眉睫的紧急程度。自生态环境保护以及生态文明建设的国家战略高度审视,治理历史遗留的矿山环境问题、防止新的生态破坏,乃达成可持续发展以及建设美丽中国的必要条件。矿区生态环境的持续恶化不但危及区域生态安全,并且可能经由水、气、生物链等途径对更

广范围的生态环境和人体健康造成隐性威胁。未能及时修复会导致生态损伤的持续积累与固化,比如土壤的长期退化会使恢复成本随着时间呈现指数增加,而且采空区的地质灾害风险也会随着时间流逝而加剧。很多矿区坐落于生态脆弱区或者关键的生态功能区,其生态功能的丧失会损害区域的水源涵养、气候调节和生物多样性保护能力,从而妨碍区域经济社会的高水平发展。

2 核心生态修复工程技术梳理

2.1 地貌重塑与边坡稳定常用做法

地貌重塑是矿区生态修复的关键环节,也是整个恢复工作的基础部分。针对那些因为开采活动造成的采坑、堆放废弃物的堆场以及运输废土的排土场等地貌问题,首先要采取削坡减载和回填压实的技术手段,来稳定那些容易发生滑坡或者崩塌的安全隐患区域。根据自然地形变化的规律和实际使用的功能需求,可以设计出阶梯式的降坡方式、平整的平台区域,甚至打造一些适合小范围植物生长的小型地形特点,目的是防止土壤被水流冲刷流失,同时创造出能够让各种植物顺利扎根和生长的良好环境^[2]。

2.2 土壤基质改良的关键措施

矿区土壤普遍存在压实、贫瘠、酸化或者重金属污染这些难题。土壤基质改良必须采取物理、化学和生物手段结合的综合方式。物理方法包括深耕、换土、覆盖表层土壤等方式,用来改善土壤结构。化学方法例如撒播石灰来调整土壤酸碱度、加入有机肥料比如秸秆和厩肥,或者使用土壤改良剂例如沸石和膨润土,来提高土壤肥力和吸附污染物的能力。生物方法的重点在于利用植物修复技术比如种植能够吸收重金属的超富集植物,以及微生物修复技术比如导入特定功能的菌群,来加快污染物的生物分解或者固化,逐渐恢复土壤的生态功能和健康状态。

2.3 植被恢复的技术路径选择

植被恢复是生态功能重建的重要标志。技术路径的选择必须严格遵循适合当地环境、适合树木生长、适合草地发育的基本原则,仔细研究修复区域的气候特点、土壤情况以及水分和肥料供应的具体状况。挑选那些能够抵抗干旱、适应贫瘠土壤、具有很强抗逆能力的本地先锋物种开始种植,尽快让地面被绿色植物覆盖起来,同时改善土壤结构,增加土壤肥力。按照生态系统演替的自然规律,合理安排高大的乔木、矮小的灌木以及各种草本植物组成的复层群落结构,引进那些既能带来更好生态环境又能带来经济收入的乡土物种,打造一个稳固、高效且能够长期维

持下去的植物群落体系。在整个过程中,还需要配合使用种子包衣技术、容器苗移栽方法以及保水剂的应用这些辅助手段,还要建立一套长期的养护管理机制,确保植被群落能够顺利建成并不断向前演替发展。

3 不同矿区类型的修复实践比较

3.1 露天矿区与废弃井工矿的修复差异

露天矿区跟废弃井工矿因为开采方法不一样,造成生态破坏的具体表现出现很大区别,这种情况清楚表明修复工作的重点和具体技术路线必须做出明显调整。露天采矿过程中会形成大面积的采坑、排土场和尾矿库,造成生态损害的主要问题包括地表景观被严重破坏、土壤资源被完全挖走和堆放起来、边坡非常不稳定这些情况。面对这样的矿区,修复工作的主要任务就是要恢复地形地貌并且让整个区域变得更加稳固^[3]。地貌恢复工程通常需要投入大量人力物力,常用的方法是用机械设备把采坑填平、把陡峭山坡往下推卸一部分重量、建造梯田式的平整地面,并且搭配使用一些工程技术手段比如修建挡土墙或者用格宾石笼加固坡面,还有利用植物来固定土壤比如种下根系发达的植物。修复工作的重点放在重新塑造土地表面形状并且尽快让绿色植被覆盖整个区域,这样就能更好地保护土壤防止水土流失,同时为多种动植物提供必要的生存条件。

3.2 修复技术的成效与长期生态变化

各种修复方法的执行能够造成不同的早期效果,并且会对矿区生态环境的整体变化产生持久的影响。早期阶段,地貌重塑和边坡加固工程可以很快清除地质灾害的风险,重新塑造基本的地表轮廓。土壤质量改善措施,比如铺上客土或者加入改良材料等,可以迅速提升土壤的物理特性以及化学成分,为植物种植提供良好的条件。合理安排的植被恢复工作,特别是引进一些适应能力强的先锋植物种类,在几年内就能让地表得到充分遮盖,初步遏制水土流失,改善周围的局部环境气候状况,生态系统结构和功能逐渐进入重建过程。

从长期生态演变的趋势分析来看,修复工程是否能够取得成功,主要看生态系统自我维持和演替能力的恢复情况如何。短期依靠人工种植的植被群落通常结构不够复杂,稳定性较差,容易出现物种种类的变化或者退化的情况。长期的监测结果显示,如果修复工作做得很好,应该能够帮助生态系统慢慢发展成为地带性的顶级群落,这种发展需要土壤肥力不断得到提升,微生物群落逐渐恢复正常状态,乡土植物慢慢扩散并最终扎根生长^[4]。

4 当前修复实践中的主要问题与未来方向

4.1 技术应用与后期管护面临的问题

生态修复工程在矿区环境治理中的应用尽管获得了一些成果,但在实际操作和技术整合方面仍然遇到很多困难。大部分修复项目仍然采用单一或者组合的技术方式,无法根据每个矿区特有的生态破坏特点和严重程度,把地貌重建、土壤改善以及植物种植这些技术合理地结合起来,并且根据实际情况随时做出调整。这样就造成修复工作整体效果不好,生态功能恢复速度非常慢。修复工程想要保持长久并且发挥好作用,主要还得靠后期维护来支撑,但目前维护方面的制度还不够完善,缺少简单的测量手段和评价标准,很难准确判断修复工程带来了的实际生态好处,也无法为以后改进工作提供有用的参考意见。

4.2 修复技术发展的可能路径

矿区生态修复技术需要努力实现多种技术的深度融合、智能化的精准操作以及从开始到结束的全程环保管理。第一点是大力促进各种技术的创新和融合。未来的修复工程项目必须搭建起一个从地表稳定到土壤质量再到植物种类变化的完整技术系统。可以将改变地表形状的工作与帮助土壤微生物生长的技术结合起来,形成一套实用性很强的解决方案。第二点是积极推广智能化的监测和管理体系^[5]。依靠安装在地上的各种传感器、空中拍摄的卫星图片、飞行器采集的数据以及大数据分析和人工智能判断工具,可以随时掌握修复区域的地表起伏变化、土壤含水量高低、植物长势好坏、水土被侵蚀的风险大小等情况,做到快速发现问题并及时采取措施。第三点是要搭建一个从头到尾都关注效果的评估系统。不能仅仅停留在只看工程完工后是否好看这一点上,一定要全面考虑生态平衡、经济效益和社会影响等方面。

5 结语

矿区生态修复是一项非常复杂的系统工程,目的就是帮助受到破坏的生态系统恢复到健康状态,同时也是推动整个地区实现长远稳定发展的关键实践方法。研究工作把地貌重塑、土壤改良、植被恢复这些核心技术进行了全面整理和详细比较,清楚说明露天开采方式和地下开采方式在修复过程中存在明显区别,并且评估了各种具体措施在开始阶段的效果和未来的发展趋势。目前的实际操作已经证明,虽然修复技术取得了很大的进步,但还是遇到了一些难以解决的问题,比如不同技术之间的整合不够完善、长期维护的管理体系还不健全,还有生态效果的量化评价标准还没有完全建立起来,这些问题严重阻碍了修复效果

的稳定维持和持续提升。为了更好地推动这项工作，矿区生态修复必须摆脱只用单一技术或单纯依靠工程手段的限制，逐步走向多学科交叉融合、全程智能化实时监控以及精细化管理水平不断提升的道路。

参考文献：

- [1] 王洪振. 综合治理技术在水环境修复工程中的应用[J]. 大众标准化, 2021(04):41-43.
- [2] 山长城. 水环境治理中水生态修复工程技术的应用探究[J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2023(08):0005-0007.
- [3] 何涛, 张磊, 张玲等. 基于某矿区矿山生态修复与治理方案——矿山地质环境生态修复工程设计[J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2021(10):0462-0464.
- [4] 可宝玲. 水环境治理中水生态修复工程技术的运用研究[J]. 地产, 2021(23):0138-0140.
- [5] 王素伟, 王琛. GIS 在矿山生态修复工作中的应用研究[J]. 区域治理, 2021(17):0191-0192.
- 基金项目：安徽省科技攻坚计划项目“高硫矿区酸性废水多污染物协同低碳处理技术研究及应用”（编号：202423110050054）。
- 作者简介：刘佳楠（1993-），女，汉族，安徽省马鞍山市，硕士研究生，工程师，研究方向：环境保护。