

矿区生态修复技术方法研究

徐松¹ 唐芬² 胡文君³ 邵捷⁴

1. 云南省生态环境工程评估中心 云南 昆明 650000

2. 云南省生态环境工程评估中心 云南 昆明 650000

3. 中国地质调查局成都地质调查中心(西南地质科技创新中心) 四川 成都 610218

4. 云南省生态环境工程评估中心 云南 昆明 650000

摘要: 本文研究矿区生态修复技术方法。阐述生态修复概念内涵与基本原理,分类介绍土地、水体、大气修复技术,梳理前期调查、方案设计、工程实施的修复流程,构建涵盖生态、经济、社会效益的评估指标体系,并提出长期维护管理措施。通过系统分析与实践总结,为矿区生态修复提供技术路径与管理思路,推动受损矿区生态系统重建与可持续发展。

关键词: 矿山环境;生态修复;修复技术;效果评估;维护管理

引言: 矿山开采在推动经济发展的同时,对生态环境造成了严重破坏,如水土流域、土壤污染、水体污染、空气质量下降、占用大量土地资源等,这些问题不仅影响生态平衡,还制约了区域可持续发展。矿区生态修复成为亟待解决的重要课题。通过科学合理的生态修复技术方法,可逐步恢复矿区生态系统的结构与功能,重建生态平衡,为区域生态环境的改善与可持续发展提供有力支撑。

1 矿区生态修复基础

1.1 生态修复概念与内涵

生态修复是对受损生态系统结构与功能的重建和改善过程,旨在恢复生态系统的自我调节能力与可持续性。其核心目标在于使受损生态系统回归到自然或接近自然的稳定状态,重新构建生态平衡^[1]。生态修复遵循自然规律,不强行干预生态系统的自然演变,而是通过科学手段辅助生态系统恢复活力。在矿山环境中,生态修复的核心任务尤为艰巨。矿山开采导致土地退化、植被破坏、水体污染、大气质量下降等一系列问题。针对这些问题,矿区生态修复要重塑地形地貌,通过土方工程等手段恢复适宜生物栖息的地表形态;运用土壤改良技术恢复土地生产力,使其能够重新承载植被生长与其他生物活动。修复水体时,采用物理、化学、生物等多种方法去除污染物,重建健康水生态系统,保障水资源循环利用。还要降低大气粉尘浓度,通过设置除尘设施、增加绿化植被等改善空气质量,为生物生存与人类活动创造良好条件。通过这些工作,实现矿区生态系统从破坏到重建的转变,恢复生态服务功能。

1.2 生态修复基本原理

生态系统演替原理对矿山修复意义重大。受损的矿区生态系统处于退化阶段,通过人为干预,可引导其朝着正向演替方向发展。在植被重建中,初期种植先锋植物,这些植物适应性强,能在恶劣环境下生长,改善土壤条件。随着时间推移,更复杂的植物群落逐渐形成,生态系统结构趋于完善。通过这种方式,逐步恢复生态系统的生物多样性与稳定性。生物多样性保护原理在矿山修复中发挥关键作用。丰富的生物多样性是生态系统稳定运行的基础,在矿山修复过程中,需要引入多种植物、动物与微生物物种。不同物种在生态系统中承担不同功能,植物通过光合作用制造氧气、固定二氧化碳;微生物参与物质分解与养分循环;动物维持生态系统的食物链平衡。各类生物相互依存、相互作用,共同构建起稳定的生态系统。生态平衡原理是矿山修复的重要指导。修复过程需综合考虑生态系统各组成部分,包括生物与非生物要素,确保它们之间的物质循环、能量流动处于平衡状态。在土地修复时,不仅要关注土壤肥力的恢复,还要考虑与周边水体、大气环境的协调,避免因局部修复对其他部分造成负面影响。通过维持生态平衡,保障矿区生态系统修复后能够长期稳定运行。

2 矿区生态修复技术分类

2.1 土地修复技术

土壤重构技术是恢复土地生产力与地形地貌的核心手段。土壤改良通过物理、化学、生物多种方式协同进行。物理改良采用深耕、松土等措施打破土壤板结层,改善土壤通气性与透水性;化学改良针对酸碱度失衡土壤,施用石灰提高酸性土壤pH值,利用石膏调节碱性土壤;生物改良借助微生物菌剂促进土壤有机质分解,

增强土壤肥力。地形重塑则依据矿山开采造成的地形变化,通过土方工程回填塌陷区、削坡减载处理不稳定边坡,重塑稳定且利于植被生长的地形地貌^[2]。还可利用客土置换技术,将肥力低下或受污染的土壤替换为优质土壤,快速提升土地质量。植被重建技术以科学的植物选择标准为基础。优先选用适应性强的乡土植物,这类植物对本地气候、土壤条件耐受性高,成活率与生长稳定性有保障。同时搭配具有特殊功能的植物,豆科植物能固氮提升土壤肥力,根系发达的草本植物可防止水土流失。在种植方法上,根据不同植物特性采用合适方式,乔木采用穴植法,保证根系舒展;灌木可从植增强群落稳定性;草本植物多采用撒播,快速覆盖地表。培育过程中,初期加强灌溉、施肥管理,后期逐步减少人工干预,促使植被群落自然演替。对于干旱矿区,还可运用容器育苗技术,提升苗木移栽的成活率。

2.2 水体修复技术

水污染治理技术运用物理、化学、生物多种方法改善水质。物理方法通过沉淀、过滤去除水中悬浮物,利用格栅拦截较大固体污染物,采用沉砂池使泥沙沉淀;化学方法针对重金属、酸碱污染物,投加化学药剂进行中和、沉淀、氧化还原反应,实现污染物转化与去除;生物方法借助水生植物、微生物分解有机污染物,人工湿地系统中芦苇等植物吸收氮磷元素,微生物降解水中有机物,逐步净化水质。在化学处理过程中,还可采用离子交换树脂技术,针对性去除特定重金属离子。水生态系统修复技术旨在重建健康水生态结构与功能。恢复河道自然形态,拆除硬质护岸,恢复蜿蜒河道与浅滩深潭交替的地形,为水生生物提供多样化栖息空间。重建水生生物群落,投放本地鱼类、底栖生物,种植沉水、浮水、挺水植物,构建完整食物链。通过生态补水增加水体流动性,提升水体自净能力,恢复水体生态平衡。此外,可在水域中设置人工鱼礁,为鱼类提供栖息、产卵场所,促进水生生物繁衍。

2.3 大气修复技术

粉尘污染控制技术从源头与传播途径减少矿山开采粉尘排放。源头控制采用湿式作业,在钻孔、爆破、破碎等工序中喷水降尘,降低粉尘产生量;密闭收尘技术对产尘设备进行密封,配套吸尘装置收集粉尘。传播途径控制方面,安装防风抑尘网,通过降低风速减少粉尘飞扬;在矿区道路喷洒抑尘剂,增加路面粉尘附着力,防止车辆行驶扬尘。同时可在矿区周边设置防护林带,进一步阻挡粉尘扩散。大气质量改善技术借助植被吸附与空气净化实现。植被吸附利用植物叶片表面结构与气

孔吸收大气污染物,选择滞尘能力强的树种如杨树、槐树,大面积种植形成绿化隔离带。空气净化技术通过安装空气净化设备,采用静电除尘、活性炭吸附等方式去除空气中有害气体与细微颗粒物,同时优化矿区通风系统,促进空气流通,提升矿区整体空气质量。对于矿区内的厂房等封闭空间,还可采用光催化氧化技术,高效分解有害气体。

3 矿区生态修复技术实施流程

3.1 前期调查与评估

矿山环境现状全面调查是生态修复的首要步骤。需对矿山地形地貌进行详细测绘,了解开采活动造成的地形变化,诸如山体滑坡、地表塌陷等情况,掌握地形起伏与坡度信息,为后续修复地形提供基础资料^[3]。土壤调查着重分析土壤质地、酸碱度、养分含量,判断土壤污染程度与退化情况,明确土壤修复方向。植被调查要统计现存植物种类、分布范围与生长状况,区分原生植被与外来入侵物种,评估植被破坏程度。水体调查检测水质,分析污染物类型与浓度,勘察水系走向、水位变化,掌握水生态系统受损情况。大气环境调查主要监测粉尘、有害气体浓度,确定大气污染范围与程度。在掌握环境现状后,进行生态破坏程度与修复潜力评估。结合调查数据,分析生态系统结构完整性与功能受损情况,判断土地、水体、大气等生态要素退化等级。同时考量区域气候、地质条件、周边生态环境等因素,评估可利用的自然资源与修复可行性,确定修复潜力区域与关键修复节点。

3.2 修复方案设计

依据前期调查评估结果,制定个性化修复方案。首先明确修复目标,根据生态破坏程度与区域发展需求,确定土地生产力恢复程度、水体水质改善标准、大气质量提升目标等。随后进行技术选择,土地修复若存在土壤板结问题,选用深耕松土技术改善土壤结构;若土壤肥力不足,采用有机肥料添加、微生物菌剂改良等技术。植被重建根据土壤与气候条件,筛选适宜本地生长的乡土植物,搭配具有固氮、防风等功能的植物品种,构建稳定植物群落。水体修复针对不同污染类型,采用物理沉淀、化学中和、生物净化等技术组合,逐步恢复水体自净能力。大气修复可通过设置防风抑尘网、增加绿化植被覆盖等措施,降低粉尘排放。确定技术后,规划实施步骤。将修复工程划分阶段,设定每个阶段的任务与时间节点,明确先进行地形地貌整治,为后续植被种植与水体修复创造条件;再开展土壤改良、植被种植;最后进行水体与大气修复,各阶段有序衔接,保障

修复工作高效推进。

3.3 修复工程实施

修复工程施工关键环节从场地清理开始,清除矿山残留废渣、废弃建筑,平整土地,为后续修复施工奠定基础。土地修复过程中,土壤改良剂均匀施用、翻耕深度把控等操作直接影响土壤修复效果。植被种植时,苗木移栽的间距、深度以及后期养护管理,如灌溉、施肥、病虫害防治,都关系到植被成活率与生长状况。水体修复中,处理设施安装调试需确保设备正常运行,净化药剂投放量与投放时间严格按照方案执行,保证水质改善效果。大气修复工程里,防风抑尘网的搭建稳固性、绿化植被的种植密度等都需符合设计要求。质量控制贯穿修复工程始终。建立质量监督机制,定期检查施工材料质量,确保土壤改良剂、苗木、净化药剂等符合标准。对施工工艺进行监督,规范每道工序操作流程,避免因施工不当影响修复效果。通过阶段性验收,及时发现并解决施工过程中的问题,保障修复工程达到预期目标,实现矿区生态环境有效恢复。

4 矿区生态修复效果评估与维护

4.1 修复效果评估指标体系

矿区生态修复效果评估指标体系的构建需要统筹生态、经济和社会三个维度的综合效益。在生态效益方面,评估指标主要关注生态系统恢复状况,其中植被覆盖率通过测量修复区植物覆盖面积占比来反映植被重建效果,生物多样性指数统计动植物及微生物种类数量以评估生态丰富度,土壤理化性质检测则分析pH值、有机质含量等参数来判断土壤改良成效。新增的生态系统稳定性指标通过监测系统抗干扰能力和自我修复能力,全面评价生态恢复质量。经济效益评估着重分析修复投入与产出的平衡关系^[4]。投入成本包括工程建设、设备采购和人力支出等直接费用,产出效益则体现在土地增值、资源再利用等经济回报上。修复后的土地可转化为农林用地或开发用地,创造持续经济价值。同时将修复技术推广应用带来的技术转让收益、合作开发收入等间接经济效益纳入评估范围,形成完整的经济价值评价体系。社会效益评估侧重修复工程对周边社区的影响。通过问卷调查和社区访谈等方式,收集人居环境改善、就业机会增加和公众环保意识提升等方面的反馈数据。在就业指标方面,区分修复工程实施阶段的临时岗位和后续产业运营期的长期就业机会,更准确地衡量社会效益。这三个维

度的指标相互补充,共同构成科学完整的矿区生态修复效果评估体系,为修复工程的优化改进提供依据。

4.2 长期维护与管理

保障修复成果长效性需实施系统维护与管理措施。植被维护方面,定期开展灌溉、施肥、病虫害防治工作。根据不同植物生长习性与季节变化,合理调整养护策略,及时清理枯死植株并补植,促进植被群落稳定发展。土壤维护注重肥力监测与持续改良,定期检测土壤养分,按需补充有机肥或微量元素,防止土壤退化。水体维护需持续监测水质变化,定期清理河道、池塘中的沉积物与漂浮物,确保水生态系统健康运行。针对大气环境,定期检查粉尘污染控制设备运行状况,及时更换老化部件,保障设备除尘效率。同时加强矿区绿化植被管理,充分发挥其滞尘、净化空气功能。管理层面,建立常态化巡查制度,及时发现并处理修复区域内的破坏行为或自然因素导致的生态退化问题。制定应急预案,应对极端天气、自然灾害等突发情况对修复成果的冲击。此外,加强宣传教育,提高矿区人员与周边居民的生态保护意识,形成共同参与与维护的良好氛围,从源头上防止生态环境再次恶化,实现矿区生态修复的长期稳定与可持续发展。

结束语

矿区生态修复是一项复杂且系统的工程,涉及多领域技术与多维度考量。通过土地、水体、大气等多方面的修复技术实施,以及前期调查评估、方案设计、工程实施等流程的规范开展,可有效推动矿区生态环境的改善。同时构建科学的修复效果评估指标体系,并实施长期维护与管理措施,能保障修复成果的长效性。未来,需持续探索创新修复技术与方法,以更好地应对矿山环境生态矿区生态修复挑战。

参考文献

- [1]高洋.矿山环境生态修复技术方法研究[J].城市情报,2023(17):178-180.
- [2]史淑艳.矿山废弃地重金属污染及生态环境修复技术研究[J].环境科学与管理,2025,50(2):101-105.
- [3]黄玉生.煤矿矿山废弃地污染成因及生态环境修复技术研究[J].环境科学与管理,2025,50(4):162-167.
- [4]兰银.浅析矿山生态环境破坏问题及生态修复技术方法[J].皮革制作与环保科技,2024,5(8):160-162.