

煤矿煤矸石山生态环境恢复治理技术分析

高峰

吕梁市生态环境局柳林分局

DOI:10.32629/eep.v8i12.3001

[摘要] 煤矸石山致生态污染,威胁水资源、土壤和大气,危害区域生态与人体健康。本文围绕煤矸石山生态环境复原整治的核心需求,深刻剖析了物理性质改良、化学药剂修复、生物群落修复以及综合手段治理等关键技术的原理、运用要点和实践逻辑,探究了各类技术在应对煤矸石山特殊生态难题中的匹配程度与存在局限,给出了技术交融及长效化运维的优化构想,给煤矿区域生态环境修复工程供应理论参照与实践借鉴。

[关键词] 煤矸石山; 生态复原; 整治技术; 物理性质改良; 生物群落修复

中图分类号: Q147 **文献标识码:** A

Analysis of ecological environment restoration and treatment technology of coal gangue mountain

Feng Gao

LiulinBranch of LüliangMunicipal Bureau of Ecology and Environment

[Abstract] Coal gangue mountains cause ecological pollution, threatening water resources, soil, and air quality while endangering regional ecosystems and human health. This paper addresses the core requirements for ecological restoration and remediation of coal gangue mountains. It provides a comprehensive analysis of key technologies—including physical property modification, chemical remediation, biological population restoration, and integrated management approaches—covering their principles, application strategies, and practical logic. The study evaluates the compatibility and limitations of these technologies in addressing the unique ecological challenges posed by coal gangue mountains. Furthermore, it proposes optimized concepts for technological integration and long-term operation and maintenance, offering theoretical references and practical insights for ecological restoration projects in coal mining areas.

[Key words] coal gangue hill; ecological restoration; remediation technology; physical property improvement; biotic community restoration

引言

煤炭作为我国能源架构里的关键构成内容,长久开采给经济进步供应了稳固支撑,然而同时也生成了大量煤矸石废弃物。煤矸石山不只是占据大量土地资源,其淋溶功效产生的酸性废水会污染泥土和地下水,自行燃烧流程释放的有害气体则会损毁大气环境,进而引发连锁式生态难题。生态环境复原整治已成为煤矸石山可持续化管控的核心职责,而技术挑选的科学性和适用程度直接决定整治效果。目前,煤矸石山整治技术呈现多样化发展态势,但不同技术的运用条件、整治深度和长效特征存在明显差别,迫切需要从技术原理和实践运用层面展开深刻剖析,规避整治流程中的形式主义和表面现象,达成生态体系的实质性修复和稳定维系^[1]。

1 煤矸石山生态环境核心问题解析

1.1 泥土基质恶化

煤矸石山的主体为煤矸石堆叠积体,其物理构造紧密,孔隙程度偏低,保持水分和肥力的能力极其薄弱,并且缺少植物生长所需的有机物质和营养元素。同时,煤矸石内含有的硫化物等物质经过氧化分解之后,会造成堆叠积体及周边泥土pH数值明显下降,形成强酸性环境,进一步对植物生长和微生物活动产生抑制作用。

1.2 环境污染隐患

煤矸石的淋溶功效是主要污染源之一,酸性淋溶水中含有大量重金属离子和可溶解盐类,渗透到地下水或流入周边水体之后,会损毁水文生态体系,对饮用水安全形成威胁。除此之外,部分煤矸石山因自行燃烧产生二氧化硫、氮氧化物等有害气体,不只是污染大气环境,还会形成酸性降雨,加重区域生态损毁。

1.3 生态体系退化

长久的环境污染和泥土恶化,造成煤矸石山区域几乎没有原生植被覆盖,生态体系构造单一、功能丧失。缺少植被保护致使堆叠积体容易发生水土资源流失和滑坡等地质灾害,进一步使生态环境恶化,形成“污染—退化—灾害”的恶性循环。

1.4 治理修复困境

煤矸石山实施生态治理工作遭遇技术、经济与长期维护三重难题。首先,该山体物理构造呈现不稳定状态、化学构成成分具备复杂特性,常规模式的土壤改良方式方法产生效果较为有限,需运用客土实施覆盖作业、分层开展压实操作、基质进行改良处理等综合类型的工程举措办法,所需成本数值高昂并且技术方面难度较大。其次,酸性属性的淋溶水体与重金属类的污染物质,其控制工作需要持续性的阻隔工程与修复工程,例如构建防渗层面结构、修建截排水沟槽体系、实施综合处理流程系统等,运行维护所负担较为沉重。除此之外,区域范围之内生态功能出现彻底丧失情形,植被开展重建工作存在困难,需要经历漫长的土壤发育进程与群落演替过程,在短期阶段之内难以形成稳定状态的生态系统结构。另外,还有部分数量的煤矸石山坐落位置处于偏远区域、权责归属情况不够清晰,造成治理工作资金出现不足状况、监督管理形成缺失局面,容易陷入“局部范围实施修复作业—整体态势产生恶化现象”的被动不利局面境地^[2]。

2 煤矸石山生态环境恢复治理关键技术

2.1 物理改良技术

物理改良技术的核心目标是对煤矸石山堆积体的物理结构实施改善,为后续生态修复搭建基础框架。主要涵盖场地平整与覆土改良两个范畴。场地平整过程中,需依照地形状况与地质稳定性要求,对堆积体进行削坡减载、压实操作,防止因地形陡峭引发滑坡等地质灾害,同时形成合理的排水坡度,减少雨水滞留和淋溶影响。覆土改良作为物理改良的关键节点,通过覆盖客土对基质条件进行优化,但需重点关注客土的选择和铺设方式。将质地疏松、有机质含量较高的土壤选为客土,铺设厚度需依据煤矸石堆积体的稳定性与污染程度加以明确,通常不少于30cm,且铺设前需于堆积体表面敷设防渗膜或秸秆层,减少客土与煤矸石的直接接触,降低污染迁移风险。另外,部分区域运用砾石、碎石等材料铺设排水层,强化堆积体的透水性,有效排出酸性淋溶水,缓解土壤酸化难题。物理改良技术的优势是见效快、稳定性强,能快速优化场地条件,但需合理利用客土资源并控制运输成本^[3]。

2.2 化学修复技术

化学修复技术主要针对煤矸石山的土壤酸化与重金属污染状况,通过投加化学改良剂对土壤理化性质进行调节,降低污染物活性。在调节土壤酸碱度方面,常用的改良剂有石灰、白云石粉、草木灰等碱性物质,它们可与土壤中的酸性物质发生中和反应,提高土壤pH值,改善植物生长环境。添加量需依据土壤酸化程度精确计算,防止过量添加造成土壤碱化。针对重金属污染,常用的化学修复手段包括化学钝化与淋洗修复。化学钝化通过

投加磷酸盐、硅酸盐等钝化剂,与土壤中的重金属离子发生化学反应,形成稳定的化合物,降低重金属的生物有效性和迁移性;淋洗修复则通过喷洒螯合剂等淋洗剂,使土壤中的重金属离子溶解在淋洗液中,再通过排水系统收集处理,达到去除重金属的目的。化学修复技术的特点是针对性强、治理效率高,但需严格控制改良剂的种类与用量,避免过量添加引发二次污染,同时注重改良剂与当地环境的适配性,防止因化学性质冲突影响修复效果^[4]。

2.3 生物修复技术

生物修复技术作为煤矸石山生态恢复的核心技术,借助植物、微生物的生理代谢功能,实现土壤改良、污染物净化与生态系统重构,具备环保、长效、成本低廉等优势。植物修复技术是生物修复的主要形态,关键在于筛选合适的先锋植物。先锋植物须具备耐酸性、耐贫瘠、抗重金属污染等特性,常见的有紫花苜蓿、黑麦草、沙棘、火炬树等。这些植被不单能在严苛环境中存续,还能凭借根系进行固氮、分泌有机酸等操作,对土壤结构进行改进,让土壤有机质含量得以提升,同时对土壤中的重金属离子进行吸收,实现污染物的净化。在植物栽培环节,需运用混播手段构建复合型植物群落,提升植被覆盖程度与生态系统稳定性,避免单一物种栽培造成的生态脆弱状况。微生物修复技术通过接种功能性微生物,加快煤矸石中有害物质的分解转化进程。挑选具有硫化物氧化抑制功能、重金属吸附能力的微生物菌种,如硫杆菌、假单胞菌,接种到土壤后,可通过代谢活动降低土壤酸度,使重金属离子得以固定,同时推动土壤有机质分解及营养元素转化,为植物生长提供支撑。生物修复技艺的关键在于搭建“植物—微生物”协同修复体系,充分发挥二者的协同效能,促成生态系统的自我修复与良性运转,然而需留意修复周期相对较长,要结合其他技艺对治理周期进行缩短^[5]。

2.4 综合治理技艺

综合治理技艺是把物理、化学、生物等单一技艺实施有机融合,依照煤矸石山的具体生态难题制定个性化治理规划,达成治理成效的最优化。其核心逻辑为“先控污、再改良、后重建”,也就是首先通过物理隔离、排水系统搭建等措施对污染物扩散进行控制,接着借助化学改良剂对土壤理化属性进行调节,最后运用生物修复技艺重建生态系统。比如,针对高污染、高酸度的煤矸石山,可先铺设防渗膜与排水层,对酸性淋溶水进行收集处理;再添加石灰与钝化剂,对土壤pH数值进行调节并固定重金属;最后覆盖客土,栽种先锋植物与接种功能性微生物,搭建稳定的生态群体。综合治理技艺还注重治理与运用相融合,比如把煤矸石开展资源化处置,加工成建筑材料或用于路基填充,降低堆积数量;同时利用治理后的场地发展林业、农业或生态公园,达成生态效益与经济效益的统一。综合治理技艺的优势在于系统性较强、治理较为彻底,能有效解决单一技艺难以应对的复杂生态难题,不过需注重技艺组合的科学性与成本把控,避免过度治理造成资源浪费^[6]。

3 煤矸石山生态环境恢复治理技术应用难点与优化方向

3.1 技术应用难点

目前煤矸石山生态环境恢复治理技艺在实际应用中依然面临诸多挑战。其一为技艺适配性欠缺,不同区域煤矸石山的煤矸石成分、污染程度、地形条件存在明显差异,部分治理方案缺乏针对性,致使治理成效不理想。二是长效状态获取支撑不足,单独技术实行治理操作之后容易产生土地层面出现酸化状况反复、草木生长出现退化情形等状况,欠缺具有持续特性的生态维持构造体系。三是投入成本与产生效益出现平衡失调,部分治理应用技术像客土实施覆盖、化学开展修复等产生费用数值较高,然而生态方面效益呈现周期较为久长,致使相关企业开展治理活动积极程度不够充足。四是技术整合程度未能达标,各个单独技术彼此之间缺少有效协作配合,难以形成具备系统性的治理实际效果。

3.2 优化指引方向

面对上述困难要点,需要从技术开展创新、机制加以完善等层面实施优化操作。一是增强精准治理技术研究开发,借助对煤矸石山区域生态环境实施全面监测与综合评估,制定具备个性特征的治理行动方案,提升技术匹配适用性能。比如运用遥感相关技术、土壤监测应用技术等精准辨别污染涉及范围与具体程度,有针对性选择改良药剂与植物种类和品种。二是强化技术融合创新举措,推动物理层面、化学领域、生物学科技术深度交叉融合,开发具备高效协同特性的治理技术整体体系,缩短治理所耗周期并且提升长效性能。例如研究开发同时具备改良土壤构造与钝化重金属功能的复合改良药剂,搭建“微生物—植物—基质”协同修复运作系统。三是构建长效运营维护机制,完成治理操作之后建立常规化监测与维护工作体系,定期对土壤物理化学性质、植被生长具体状况进行监测查看,及时采取补植苗木、追施肥料、补充改良药剂等相关措施,保证生态系统保持稳定状态。四是推动资源转化利用与生态治理相互结合,增强煤矸石资

源转化技术研究开发,降低堆积数量同时减少治理所需成本,达成生态效益与经济收益的双重胜利。

4 结论

煤矸石山区域生态环境恢复治理工作是一项复杂多元的系统性工程项目,需要针对其土壤基质出现劣化、环境遭受污染、生态产生退化等核心关键问题,科学合理选择物理改良方式、化学修复手段、生物修复途径以及综合整治技术。单独技术难以达成彻底治理目标,需要通过技术融合构建“控制污染—实施改良—重新构建—开展维护”的全流程治理工作体系,提升治理活动的针对性与长效性。在未来阶段,应该进一步增强精准治理技术研究开发与技术整合创新力度,完善长效运营维护机制,推动煤矸石山区域生态环境恢复治理工作从“表层实施修复”朝向“深度重新构建”方向转变,实现煤矿区域生态系统的可持续发展态势,为生态文明建设提供有力支撑保障。

[参考文献]

- [1]梁芳.煤矿煤矸石山生态环境恢复治理技术分析[J].生态与资源,2025,(07):99-101.
- [2]邵龙义,张亚星,耿苏倩,等.煤矿固体废弃物理化特征及生态环境影响研究[J].矿业科学学报,2024,9(05):653-667.
- [3]韩晓强.煤矿煤矸石山生态环境恢复治理技术分析[J].黑龙江环境通报,2024,37(09):114-116.
- [4]张拥军,常鑫,杨金花.浅析煤矿煤矸石山生态环境恢复治理技术[J].山西化工,2019,39(01):185-188.
- [5]刘羽佳,孙立民.矿山生态环境恢复与综合治理策略研究[J].世界有色金属,2024,(24):105-107.
- [6]辛勃,耿盼瑶,张蕾.生态系统恢复与生态环境治理的关系研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(20):164-166.

作者简介:

高峰(1986—),男,汉族,山西省吕梁市柳林县人,本科,助理工程师,从事煤矿煤矸石山整治与治理分析研究。