DOI:10.13203/j.whugis20260084 文章编号:1671-8860(2026)06-1284-01

高寒矿区大型排土场生态致灾机理及功能提升研究

宫传刚 安徽理工大学深部煤炭安全开采与环境保护全国重点实验室,安徽理工大学空间信息与测绘工程学院,安徽 淮南,232001

Ecological Disaster Mechanism and Its Function Improvement for Open-Pit Mine Dump in Severe Cold Area

GONG Chuan'gang State Key Laboratory for Safe Mining of Deep Coal Resources and Environment Protection, Anhui University of Science and Technology, School of Geomatics, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China

中图分类号:P237 文献标识码:D

中国内蒙古东部高寒草原区蕴藏着丰富的煤炭资源,其大面积露天开采形成的排土场不仅重塑了区内微地貌单元,也加剧了矿区生态环境的恶化。恢复与提升其生态功能是矿产资源持续开发与保护矿区生态环境的重要前提。因此,研究高寒矿区大型排土场生态致灾机理,探索极端环境下生态功能提升方法并采取科学防治措施,对实现矿山绿色开采及生态文明建设具有重要现实意义。

针对高寒区排土场面临的岩土体稳定性差、水土保持能力低及重建群落难以自维持等问题,该文以生态脆弱的宝日希勒露天煤矿为对象,综合时序遥感、无人机及地面监测技术,构建了排土场生态功能环境要素多源监测体系,多尺度开展要素监测并实现隐患识别与诊断。模拟松散堆积边坡壤中流侵蚀过程,构建冻融循环下冻融侵蚀分布模型,揭示了壤中流与冻融双重作用下的生态致灾机理;并构建生态功能评价体系与模型,探索提升策略与模式,为高寒区排土场生态修复提供科学方法。主要成果如下:

1)通过多源协同监测,明确了影响排土场生态功能的三大主因:①非均匀沉降、浅层滑坡、边坡蠕动、地裂缝及冻融破坏导致地质稳定性差;②紊乱地表径流及风力、水力、冻融和重力等多重侵蚀导致水土保持能力低;③植物物种多样性低、结构单一、正向演替缓慢导致重建群落难以自维持。

2)以时序Sentinel-1影像为数据源,利用小基线集合成孔径雷达干涉测量与幅度跟踪技术开展大面积、高精度形变监测,探明多个地灾隐患区均存在不同程度浅层滑坡、地裂缝、边坡蠕动、地面塌陷及非均匀沉降。分析表明,地质稳定性受自身岩土性质、坡体结构、整体地貌及侵蚀环境综合影响;尤其在寒旱交替与冻融循环下,坡体受内部冻胀、坡面冻融蠕变和冻融滑坡影响严重。

3)利用多源协同监测获取复合型土壤侵蚀状况,结合地貌、水文、气象等数据,剖析了风力、水力、冻融和重力对排土场的多重侵蚀作用及其空间分布特征。基于坡形与岩土参数构建边坡侵蚀模型,数值模拟表明:壤中流侵蚀在降雨初期即已形成,其侵蚀程度和维持时间随降雨强度或坡度增大而显著增强。此外,高寒区独特气候诱发了冻融侵蚀,侵蚀搬运主要发生于陡坡,程度随坡度与日辐射量增加而加剧,随坡长因子增加而降低。

4)综合无人机遥感与地面调查,建立优势种光谱库、获取植物精细分类,并利用遥感空间制图优势完成物种多样性制图。研究发现,不同立地条件下植物生长差异显著,坡度、坡位和复垦年限是影响植物生长与演替的主导因素。随恢复期延长,植被覆盖度和物种多样性稳步提升,逐渐由全人工植物群落演替为以原生物种为主的自然群落。

5)构建了基于支持向量机、人工神经网络、逻辑回归和分类回归树的生态功能评价体系与模型。分析表明,支持向量机的非线性评价模型精度最高。区域植被状态、复垦恢复年限、地形变形速率和区域边坡坡度是影响该区生态功能的核心因素。

6)基于地质、水土与群落稳定性对生态功能的作用机理,提出长期规划,重点治理,整体修复的提升准则与监测、评价、规划、治理、反馈的实施框架。以建立稳定生态系统为目标,提出以生态问题诊断、分布式保水控蚀及物种配置与种植为保障的措施,形成综合多维度稳定性的排土场生态功能提升模式。该模式解答并示范了松散边坡地质维稳、稀缺水土保持及重建群落维持演替等核心问题,丰富了高寒矿区排土场生态修复的理论与实践。

作者简介:宫传刚,2022年毕业于中国矿业大学,获管理学博士学位(指导教师:卞正富教授),研究方向为矿山生态修复。gongchuangang@126.com

引用格式:GONG Chuan'gang.Ecological Disaster Mechanism and Its Function Improvement for Open-Pit Mine Dump in Severe Cold Area[J].Geomatics and Information Science of Wuhan University,2026,51(6):1284.DOI:10.13203/j.whugis20260084(宫传刚.高寒矿区大型排土场生态致灾机理及功能提升研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2026,51(6):1284.DOI:10.13203/j.whugis20260084)