

云南北衙万硐山露天采场生态修复技术研究

罗万德

鹤庆兴金环境科技有限公司 云南鹤庆 671500

摘要: 随着生产的推进,采掘坡面面积不断增加、靠帮边坡逐步增多,长期裸露易被侵蚀,可能诱发各种地质灾害问题^[2],对采场的安全生产构成严重威胁,也给周边生态环境带来了较大的负面影响^[8]。因此,探寻行之有效的环境治理措施迫在眉睫。本试验通过初步探索挂草席覆土绿化与对照间修复效果的差异和该技术中铺覆土类、植物种类对修复效果影响的分析,旨在探究该技术是否可行,其中关键影响因素。本试验研究发现,挂草席技术能够有效支固铺覆的土壤,为植被生长提供稳固的支撑以及充足的水分、养分供应,营造出适宜的温度和湿度等生长条件,从而有力地促进植物的生长与代谢活动,显著提高植物的成活率,提升复绿后的景观质量^[5];该技术关键因子为铺覆土类和植物种类等。

关键词: 挂草席覆土;采场绿化;岩质边坡;紫花苜蓿

1 研究目的

采场的生态修复不仅是矿山企业践行绿色发展理念的必然要求,更是新时代矿业转型中实现生态安全、社会责任与可持续发展深度融合的关键探索^[20]。矿山开采活动对周边生态系统的破坏长期存在,岩质边坡的裸露与失稳不仅威胁矿区安全生产,更引发扬尘污染、水土流失及景观割裂等问题,直接影响周边居民的生活质量与区域生态安全^[10]。传统修复技术因无法适应高陡、破碎的复杂地质条件,导致修复效果有限,难以满足绿色矿山建设与企业和谐发展的需求。在此背景下,探索系统性、长效性的生态修复路径,对矿山企业而言具有多重战略意义。通过创新修复技术实现矿区生态功能恢复,不仅能够减少环境风险、改善人居环境,更能彰显企业“开发与保护并重”的责任担当,为构建“企地共生”关系奠定基础^[19]。

2 采场现状及问题

2.1 概况

试验区位于云南省鹤庆县,标高 1910–1925m 边坡南段 500 m²,平均坡度 60°,距离县城 47.5km,矿区外框地理坐标(西安 80 坐标系):东经 100° 10′ 12″ – 100° 12′ 57″、北纬 26° 07′ 30″ – 26° 10′ 30″,区内有宽敞的运输道路与外公路网相连,交通便利。在长期的露天开采活动中,形成了规模较大的采场空间。西部边坡由于开采作业的影响,地形地貌发生了显著变化,坡体结构受到破坏,岩石的完整性降低。

2.2 边坡稳定性问题

边坡在开采过程中,原有应力平衡遭到破坏,长期侵蚀影响下,易发生坡面滑塌,增加采场日常生产过程中的安全风险,在极端天气条件(如暴雨、强风等)下引发地质灾害,对周边地区的生态环境和人员财产安全构成威胁^[9]。

2.3 生态环境影响

开采活动导致边坡植被遭到破坏,地表土壤裸露,水土流失现象极为严重。大量的土壤随雨水冲刷流失,造成周边河流、湖泊等水体的泥沙含量增加,影响了水质和水生态系统的平衡^[15]。同时,植被的缺失使得生态系统的生物多样性锐减,野生动物栖息地和微生物生存环境受到破坏,生态服务功能大幅下降^[18]。

3 传统生态修复方法的局限性

传统植草法因草本植物根系相对较浅,难以深入到岩质边坡的深层土壤中,无法有效锚固土壤,在坡面径流的冲刷下,土壤极易流失,导致草本植物生长受到严重影响,成活率较低^[21]。草本植物的耐旱性普遍较差,在干旱季节,水分供应不足,容易出现生长不良甚至死亡的情况。

灌木种植在高陡岩质边坡上,由于土壤贫瘠、保水保肥能力差,灌木生长所需的养分和水分难以得到有效保障^[16]。同时,灌木种植后的初期生长缓慢,难以在短时间内形成有效的植被覆盖,对边坡的防护效果有限。而且,在水土流失较为严重的情况下,灌木种植土壤的流失也会影响其根系的稳定性,进而影响灌木的生长和存活^[17]。

4 试验过程与方法

4.1 试验区域选择

在万洞山露天采场西部边坡选取了具有代表性的试验区域。该区域坡度适中,岩质类型典型,且受开采活动影响导致植被破坏严重,具有一定的普遍性和代表性,能够较好地反映出整个边坡的生态修复需求和特点。

4.2 草席选择与铺设

选用具有良好柔韧性、透气性和一定强度的天然草席。在铺设草席前,对边坡表面进行了清理和平整处理,去除了松动的岩石和杂物,以确保草席能够与坡面紧密贴合。采用专用的固定装置将草席牢固地固定在坡面上,固定间距根据边坡的坡度和草席的材质进行合理调整,确保草席在后续的覆土和植被生长过程中不会出现移位或脱落现象。

4.3 覆土作业

在铺设好的草席上进行覆土作业。覆土选用了经过改良的土壤,添加了适量的有机肥料、保水剂和土壤改良剂等,以提高土壤的肥力和保水保肥能力。覆土厚度根据植被生长需求和边坡实际情况进行了科学确定,确保土壤能够为植被种子提供足够的生长空间和养分。

4.4 植被选择与种植

考虑到万洞山露天采场的地质条件和气候特点,选择了适应性强、耐旱、耐贫瘠的紫花苜蓿作为试验植被。采用撒播和穴播相结合的方式种植,确保种子在覆土后的土壤中分布均匀,提高种子的发芽率。在种植后,及时进行了浇水和养护管理,保持土壤湿润,促进种子的萌发和幼苗的生长。

4.5 监测与数据采集

在试验过程中,设置了多个监测点,对边坡的稳定性、土壤水分含量、养分变化、植被生长状况等指标进行定期监测。通过安装位移传感器、土壤水分测定仪等设备,实时获取相关数据,并进行详细记录和分析。同时,定期对植被的成活率、生长高度、覆盖度等指标进行人工观测,全面评估挂草席覆土绿化技术的修复效果。

4.6 试验步骤

(1) 材料与设备准备:筹备试验所需的各类材料和设备,具体包括草席、固定地钉、360 挖机、草籽等。

(2) 试验地点选定:将西部不稳定斜坡 1910 – 1925m 标高、坡度为 60° 的边坡确定为试验对象,明确具体的实

验地点与实施段落。

(3) 试验区域设置:选取 300 m² 的区域进行试验,先挂固草席,随后进行覆土作业。

(4) 草籽播撒与覆盖:选用适应矿山生长环境的紫花苜蓿和狗牙根,通过人工方式均匀播撒,并覆盖无纺布。

(5) 草籽萌发与长势分析:对草籽的萌发情况及长势进行分析,测定萌发率、生长高度、覆盖度、生长速度等指标,为后续试验积累基础数据。

(6) 植物定期观测:定期观察与测量植物,详细记录植物的生长状况以及根长、茎高、叶面积等相关指标。

(7) 样本实验室分析:采集植物和土壤样本,在实验室进行分析,测定植物生物量、土壤养分含量、水分含量等指标。

(8) 试验结果对比分析:对试验结果进行统计处理与分析,将试验区域与周边相似坡度但未挂草席的区域进行对比,查看是否存在明显差异。

(9) 方案与建议提出:依据试验结果,结合相关理论知识,提出针对改善矿山高陡边坡植被修复的方案和建议。

5 试验结果与分析

5.1 土壤类型对修复效果的影响

不同土壤类型对植物(紫花苜蓿)生物量的积累影响不同,采掘表土显著高于其他两种土类,三者间关系为采掘表土>改良砂质土>原削坡土;对植物根系影响也是采掘表土显著高于其他两种,三者关系均为采掘表土>改良砂质土>原削坡土;对叶面积的影响上,三者关系也为采掘表土>改良砂质土>原削坡土。植物生长过程中三类指标变化均以采掘表土显著较高。详见图 1 ~ 6。

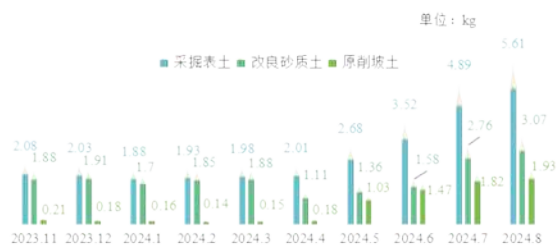


图 1 挂草席覆土修复植物生物量统计图

图2 挂草席覆土植物根长统计图

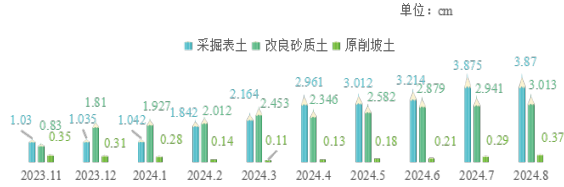


图2 挂草席覆土修复植物根长统计图

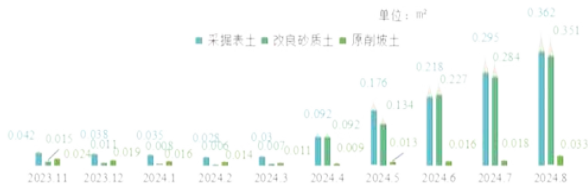


图3 挂草席覆土修复植物叶面积统计图

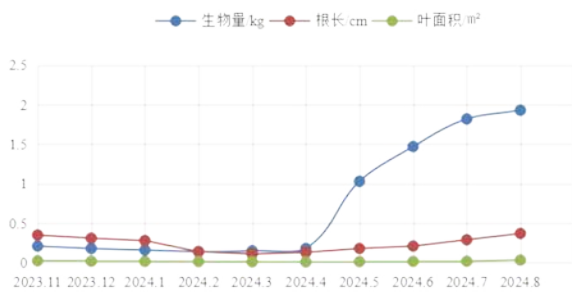


图4 原削坡土下植物生长情况

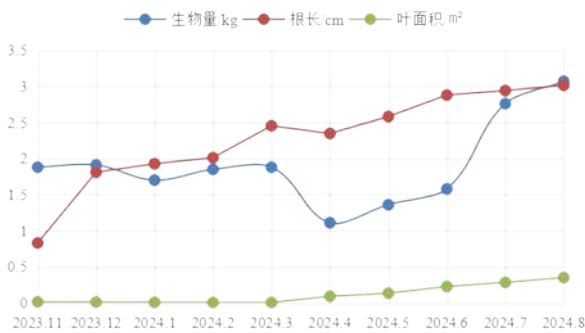


图5 改良砂质土下植物生长情况

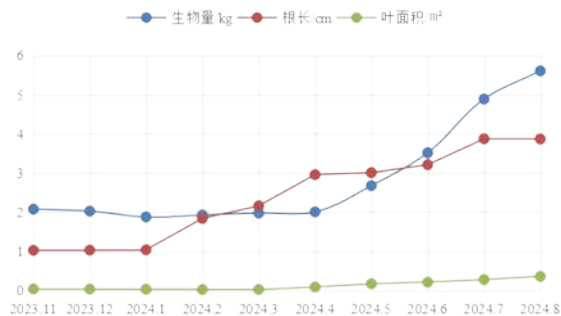


图6 采掘表土下植物生长情况

5.2 植物种类对修复效果的影响

根据根长和生物量统计结果可知，两指标狗牙根显著低于紫花苜蓿和黄花草木樨，紫花苜蓿和黄花草木樨不显著，如下表。

表1 试验区植物生长指表统计

草种指标	紫花苜蓿	黄花草木樨	狗牙根
根长 (cm)	4.18	4.09	1.22
生物量 (kg)	6.28	6.74	2.08

注：土类为采掘表土，统计数值一根长为最后日期的测量值，生物量为所有日期测量值的均值。

从统计的数据来看，三种土类下紫花苜蓿和黄花草木樨根长、生物量均比狗牙根显著较大而两者间差异不明显。三种植被在采掘表土下根长和生物量均比其余土类显著较大，改良的砂质土三种植被的根长和生物量均高于原削坡土。

5.3 挂草席修复效果分析

表1与表2对比可知：试验区土类、植被相同的坡面上，在相同的测量时间下进行植物的生物量和根长的对比，挂草席覆土区域测量值均显著大。观感上，挂草席覆土区植被茂密、生长旺盛，植被最高达66.45cm。

表2 对照区植物生长指标

草种指标	紫花苜蓿	黄花草木樨	狗牙根
根长 (cm)	2.04	2.08	0.57
生物量 (kg)	2.86	2.58	1.52



图7 采场修复效果图

试验区域内紫花苜蓿、黄花草木樨、狗牙根的成活率显著高于对照。与未采用挂草席覆土技术的对照区域相比，采用该技术的区域植被成活率提高了20.34%。这表明挂草席覆土技术为植被生长提供了良好的条件，有效提高了植被在高陡岩质边坡上的生存能力。

5.3.2 对土壤养分变化

监测数据显示,随着草席的腐烂分解,试验区域土壤中的有机质、氮、磷、钾等养分含量逐渐增加。土壤肥力的提升为植被的持续生长提供了充足的营养支持,使得植被生长更加健壮,根系更加发达。

5.3.3 复绿观感质量

从复绿后的景观效果来看,采用挂草席覆土绿化技术的区域植被覆盖度较高,形成了较为均匀、美观的绿色植被层。植被的生长状况良好,与周边自然环境逐渐融合,大大改善了边坡的视觉效果,提升了采场周边的生态景观质量。

5.3.4 边坡稳定性

在试验过程中,通过对边坡位移的监测发现,挂草席覆土绿化技术在一定程度上增强了边坡的稳定性。草席和植被根系的共同作用,有效地锚固了土壤,减少了坡面土壤的流失,降低了边坡发生滑坡和崩塌的风险。

6 结论与讨论

本试验研究表明:边坡挂草席可以拦挡铺覆的土壤和地表径流冲刷的泥土,提高植物发芽率、存活率和修复稳定性,提供水分和养分、营造适宜生长环境等多种作用。挂草席措施实施中覆土类型选择采掘表土铺覆及选择紫花苜蓿和黄花草木犀混播,显著提高了植被成活率、土壤养分含量,增强了景观融合和观感质量,形成了草席和植物根系共同护坡、固土的稳定坡面体系。

挂草席覆土植绿与覆土类型、植物种类间关系显著,而实际应用中影响因素复杂多变,应用中需进一步探明与实施时间影响、适用的养护管理技术、更多的植物种类适应性、土壤养分定量改变情况等。未来的研究可以从以下几个方面展开:

1. 草席材料的优化:探索新型的草席材料,提高草席的强度、耐久性和保水保肥性能,进一步延长草席的使用寿命和养分释放周期,为植被生长提供更长期、稳定的支持。

2. 植被品种的筛选与搭配:研究更多适合高陡岩质边坡生长的植被品种,并进行合理的搭配种植,形成更加稳定、多样化的植被群落,提高生态系统的自我修复能力和生物多样性^[1]。

3. 技术集成与创新:将挂草席覆土绿化技术与其他生态修复技术(如生物工程技术、土壤改良技术等)进行有机结合,形成更加完善、高效的生态修复技术体系,以适应不

同地质条件和生态修复需求^[13]。

4. 长期监测与评估:建立长期的监测体系,对采用挂草席覆土绿化技术修复后的边坡进行持续跟踪监测,评估其长期的生态效益和稳定性,为技术的推广应用提供更加科学、可靠的依据^[5]。

总之,挂草席覆土绿化技术为露天采场高陡岩质边坡的生态修复提供了一种新的思路和方法。通过不断的研究和实践,有望进一步完善该技术,为我国矿山生态环境保护和可持续发展做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 马鹏,成诚.废弃矿山整治提升岩质边坡团粒客土喷播绿化质量处理措施[C].第四届中国矿山地质环境保护学术论坛论文摘要集.中国陕西省西安市,2021:33-33.
- [2] 陈飞,钟连祥,郭顺,等.生态防护技术对稀土矿山边坡的固坡效果[J].水土保持通报,2019,39(3):132-136,143.
- [3] 李江涛.基于三维激光扫描技术的矿山高位边坡变形监测方法[J].价值工程,2023,42(27):113-115.
- [4] 陶志刚,王振雨,张海江,等.土地复垦诱发边坡浅层岩体劣化全过程监测试验研究[J].金属矿山,2022,51(3):190-196.
- [5] 李超.废弃露天开采矿山岩质边坡绿化技术应用与分析[J].上海建设科技,2022,(2):87-89.
- [6] 王军,傅伯杰,陈利顶.景观生态规划的原理和方法[J].资源科学,1999,21(2):71-76.
- [7] 张新时.关于生态重建和生态恢复的思辨及其科学含义与发展途径[J].植物生态学报,2010,34(1):112-118.
- [8] 周连碧.我国矿区土地复垦与生态重建的研究与实践[J].有色金属,2007,59(2):90-
- [9] 郑思光,赵志杰.露天矿山边坡治理的“喷砼飘台”技术试验及效果[J].探矿工程:岩土钻掘工程,2020:80-87.
- [10] 张伟.基于某矿山不稳定边坡的防治方案研究[J].中国金属通报,2020(22):159-160.
- [11] 隋国舜;宋丽红;陈明聪;王振伟.露天煤矿不稳定工作帮边坡治理方案研究[J].煤炭技术,2021,40(01):127-130.
- [12] 漆佳裕,杨朝云,涂欣强.银山矿露天边坡稳定性分析[J].铜业工程,2020(01):40-42,55.
- [13] 杨浩.露天矿山边坡复绿技术浅析[J].西部探矿工程,2022(3):23-26.

- [14] 冯生海. 天龙山连接线 K2+480 ~ K2+690 段不稳定边坡 (1 号桥左侧) 工程治理设计 [J]. 建筑技术开发, 2021(3):65-67.
- [15] 李海崇. 紫金山铜矿露采边坡稳定性分析 [J]. 西部资源, 2019(2):90-91.
- [16] 王伟. 宝利露天煤矿端帮边坡稳定性分析 [J]. 露天采矿技术, 2019(5):94-97.
- [17] 彭国诚, 李昊, 杨泽. 某矿山山坡型废石场边坡稳定性分析 [J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 2019(4):24-28.
- [18] 田飞; 王沙沙; 侯利阳. 矿山地质环境保护与恢复治理技术 [J]. 能源与环保, 2022(9):33-39.
- [19] 何旭. 贵州某露天矿山边坡稳定性研究 [D]. 昆明理工大学, 2021.
- [20] 马永仓, 张明, 罗学宝. 甘谷祁连山水泥有限公司绿色矿山建设探索研究 [C]. 2019 年第六届水泥安全生产技术交流会. 中国建材检验认证集团股份有限公司; 中国建材总院, 2019.
- [21] 耿侃. 矿山高陡创面生态脆弱性与修复技术体系 [C]. 中国环境科学学会科学技术年会论文集 (第四卷), 2019.
- 作者简介:** 罗万德, 男, 鹤庆兴金环境科技有限公司技术员. 研究方向: 生产矿山或历史遗留、停产矿山废弃地生态保护修复及地质安全灾害隐患治理和土地复垦。