

福建省某废弃矿山高陡岩质边坡绿化植物选择

赖荫楠¹, 顾中华¹, 陈 涛²

(1. 福建省交通规划设计院有限公司, 福建 福州 350004;

2. 福建省交院工程建设有限公司, 福建 福州 350007)

[关键词] 高陡岩质边坡; 生态修复; 厚层基材喷播技术; 植物选择; 废弃矿山; 福建省

[摘 要] 我国早期的矿产资源开采遗留了很多废弃矿山, 其治理面临着高陡岩质边坡绿化等难题。为解决这些难题, 基于前人的研究成果, 借鉴福建省高速公路绿化经验, 引入厚层基材喷播技术, 进行植物选择研究和工程验证, 结果表明: 厚层基材喷播技术可用于废弃矿山的高陡岩质边坡绿化, 前期可采用草本植物快速复绿, 长期绿化效果以乔灌木为主, 建议选择乔灌木相结合且以乔灌木为主的绿化方案, 但是在绿化初期应控制草本植物密度, 以避免抑制乔灌木幼苗的生长, 影响长期的绿化效果。

[中图分类号] S157 [文献标识码] A DOI:10.3969/j.issn.1000-0941.2024.07.0017

[引用格式] 赖荫楠, 顾中华, 陈涛. 福建省某废弃矿山高陡岩质边坡绿化植物选择[J]. 中国水土保持, 2024(7):64-67.

废弃矿山生态修复往往面临着高陡的岩质边坡及苛刻的植物生长环境, 如何让挂白的青山恢复往日的生机, 成为废弃矿山治理的重难点。国内外学者和工程师从理论和实践出发, 取得了许多成果。目前, 国外的边坡绿化技术已经达到了较高水平, 建立了一套有关植物选择、基材配方、施工技术、后期养护的完整流程, 在植物的选择上采用乔灌木藤的绿化模式。我国在岩质边坡绿化技术上起步较晚, 20 世纪 90 年代才从日本引进客土喷播技术, 开始对高陡岩质边坡绿化进行研究。邹新军等^[1]对某公路岩质边坡绿化进行现场试验, 研究了不同草种在挂网喷播施工工艺下的生长特性, 并探讨了该施工工艺下的边坡抗冲刷机理; 常根柱等^[2]对野生狗牙根的研究结果表明, 狗牙根具有投资小、见效快的优点, 在我国南北方均可生长; 李西等^[3]对坡度为 1:0.5 的岩质边坡进行了绿化, 并观测分析了绿化植物在高温、暴雨条件下的生长特点。

专家学者和工程师在废弃矿山生态修复技术和植物选择等方面做了大量的研究, 本研究基于前人的研究和实践成果, 借鉴福建省内高速公路岩质边坡的绿化经验, 选取厚层基材喷播技术(TBS), 筛选出福建省常用的绿化植物品种, 进行现场植物选择试验和工程验证, 取得了良好的效果。

1 工程概况

1.1 地理环境

项目所处福建省漳州市为亚热带海洋性季风气候区, 空气湿润, 雨量较多。春季多阴雨, 气候湿冷; 夏秋季多台风暴雨, 常受台风暴雨袭击; 冬季阴寒, 常刮北

风。多年平均气温 21.4℃, 1 月平均气温 13.6℃, 7 月平均气温 28.4℃, 地面温度年平均为 24℃。一年四季多和风, 年平均风速 2.7 m/s, 最大风速 40 m/s 以上。区内不同地点多年平均降水量 1 200~2 000 mm, 多年平均蒸发量 1 100 mm, 多年平均相对湿度 79%。

1.2 废弃矿山现状

废弃矿山原为开采花岗岩建筑石料遗留采坑, 现场主要分布废渣石及废渣土, 山体切割较深, 形成陡立岩壁、孤立岩墙, 采坑立面挂白明显, 地貌景观遭到严重破坏(见图 1)。



图 1 废弃矿山现状

1.3 工程地质条件

根据地质报告及现场揭露情况, 现场分布土层主要有: 近代的弃渣(Q^m)、坡积粉质黏土(Q^d)及下伏基岩各风化层, 基岩为燕山早期侵入花岗岩, 由上向下风化程度逐渐变弱, 依次为全风化岩、强风化岩和中风化岩, 风化程度、矿物组成和物理力学性能均表现出逐渐过渡的特性, 分层界线不明显。

1.4 治理方案

项目治理目标主要为消除安全隐患和生态复绿,

因此对地形地貌景观严重破坏,发生崩塌和滑坡地质灾害可能性大、危险性大和危害大的现状高陡边坡,采用分台阶削坡、完善排水系统和生态复绿的治理措施。

为了采取有效的治理方式且最大限度地节省资金,该废弃矿山综合治理依据“区内相似,区际相异”的原则进行分区,共分为5个削坡区、5个整理区、2个补植区、3个保留区(见图2)。

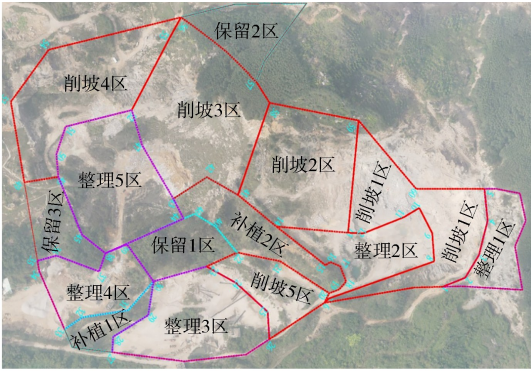


图2 矿山治理分区

1)削坡工程。基于现状红线,并综合考虑原采坑遗留在现状坡面的废渣石和废渣土,削坡的原则为“消除安全隐患、保证施工安全、便于绿化”。本项目削坡坡率取1:0.75~1:1.0,局部坡率为1:1.5,设置4~5 m宽平台。

2)排水工程。边坡排水系统由坡面急流槽和平台挡水埂组成,降雨时坡面雨水汇流至平台排水沟,由平台排水沟将雨水汇流至坡面急流槽,再通过急流槽将水流引至场地排水系统。

3)灌溉工程。治理区处于地势高处,无地表水,缺少绿化用水,灌溉采用人工控制喷灌系统。喷灌系统采用360°可调喷头,雨帘喷嘴,射程8~10 m可调;喷头布置间距为13.8 m,利用阀门控制不同区域的轮灌以及时长。

2 边坡类型调查

边坡的岩土类型、坡度和朝向除影响边坡的稳定性外,还极大地影响植物的生长^[4],因此有必要对该矿山边坡进行调查。调查的主要内容:①边坡的岩土类型。根据地勘报告及边坡揭露情况,该矿山边坡主要分为两类:一类以土为主,主要分布在北侧;另一类以破碎的岩石为主,主要分布在南侧。②边坡的朝向。光照时间和光照量是植物生长的重要影响因素,因此还需对边坡的朝向进一步调查。通常我国将朝南的边坡称为标准的阳坡(若以正北方向为0°,则157.5°~247.5°均为阳坡),而将朝北的边坡称为标准的阴坡(0°~67.5°、292.5°~360°均称为阴坡),除此之外称为

阴阳坡。③边坡的坡度。边坡的坡度影响植物对水分等营养物质的吸收,因此还需对边坡的坡度进行调查。坡度的划分以45°为界,坡度>45°为陡坡,坡度≤45°为缓坡。

边坡类型调查结果见表1。根据表1可知,本项目边坡多数为岩石边坡,且坡度多数大于45°,朝向多位于阴坡、阴阳坡,总体上来说对植物生长不利。

表1 边坡类型调查结果

区名	边坡类型
削坡1区	土-缓坡-阴阳坡
削坡2区	岩石-陡坡-阴坡
削坡3区	岩石-陡坡-阴坡至阴阳坡
削坡4区	岩石-陡坡-阴坡
削坡5区	土-缓坡-阴阳坡

3 试验段绿化

3.1 绿化技术

借鉴福建省内高速公路岩质边坡的绿化经验,选取厚层基材喷播技术,主要通过 在坡面喷射一层能够保水、保肥、透气的基材,作为植物生长的土壤,为植物提供生长所需的营养物质。

主要材料:种子、复合肥、保水剂、黏合剂、木纤维、种植土、泥炭、椰粉、木粉。

3.2 植物选择

由于坡面绿化的特殊性,因此对于岩石边坡应选择具抗旱和持久性的植物,在边坡工程中宜选用乔木、灌木、草本和藤本相结合的绿化方式^[5]。根据福建省内物种选择分区,项目所在区为闽南地区,常用植物如下:乔木为银合欢、刺槐、台湾相思、多花木蓝;灌木为木豆、山毛豆、猪屎豆、车桑子;草及草花为高羊茅、大波斯菊、百喜草、狗牙根、百日草、金鸡菊。

3.3 种子种类及用量选择

为了验证本项目的植物品种和绿化技术的适用性,在项目开始前,选取最先施工的削坡5区作为试验段。该试验段设计了两种植物配比方案,方案一以草本植物为主,方案二以乔灌木为主。两种方案乔灌木品种和数量相同,施工工艺和施工时间相同,详细配比见表2。

3.4 施工工序

固草器采用14号镀锌焊接或机编铁丝网(50 mm×50 mm),网周采用挂网锚杆固定,间距1.5 m,邻网搭接宽>10 cm。

施工工序:整平坡面,清除危石浮土→打入挂网锚杆→挂上镀锌铁丝网→湿润坡面→喷射第一层基材混合物(即不含种子底层基材)→喷射第二层基材混合

物(即含种子面层基材 2 cm)→盖膜养护(用 30 g/m² 的无纺土工布覆盖好,然后用 8#铁丝做成的 U 形钉进行固定,固定间距 100 cm)→揭膜→养护^[6]。

表 2 植物名称及种子用量

类别	名称	方案一种子用量/ (g/10 m ²)	方案二种子用量/ (g/10 m ²)
乔木	银合欢	15	15
	刺槐	6	6
	台湾相思	10	10
灌木	木豆	0.5	0.5
	山毛豆	1.5	1.5
草及草花	高羊茅	16	
	百喜草	16	1
	狗牙根	16	1
	大波斯菊	4	
	百日草	4	1
	合计	89	36

3.5 施工过程

1) 喷射基材。采用客土喷播机将拌制好的培养基喷射至坡面上,喷播厚度为 3~5 cm。

2) 喷播种子。将配制好的种子与黏合剂、肥料、保水剂、木纤维和水按比例配置成混合料,通过喷播机械喷至已施工完成的坡面上。

3) 覆盖无纺土工布。喷播后应立即采用无纺土工布从上至下平整覆盖,坡顶应固定不小于 30 cm 宽,土工布幅间搭接 10 cm,采用直径 8 mm 的 U 形钉进行固定。在草长到 5~6 cm 或 2~3 片叶之前,严禁揭开无纺土工布。

4) 养护。①该工程坡面绿化养护采用喷灌系统,360°旋转喷头。②种子发芽期为 15 d,养护时间一般为 45 d,初期灌溉后坡面湿润深度不小于 2 cm,之后应根据植物根系的发育程度,逐渐将湿润深度增加至不小于 5 cm,但是应避免在基材中形成“壤中流”;前期养护为每天不少于 2 次,早晚各 1 次,上午养护时间不晚于 10 时,下午养护时间为 16 时以后,养护时间应避免开强阳光期,否则易造成病虫害和植物的生理性缺水。③边坡喷播施工后前 2 个月属强养护期,每天平均喷水 3.0 L/m²,第 3、4 个月属加强管养期,每天平均喷水 1.5~2.0 L/m²。

3.6 试验结果

两种试验方案除种子配比不同外,其余材料配比相同,均选择厚层基材喷播方案,并且施工时间基本相同,试验效果见图 3。

从试验段绿化效果对比来看,方案一前期效果优于方案二,且以草本植物为主,但是 4 个月后,方案二效果优于方案一,且以乔灌木为主。由此可见,在相同

生长环境下,草本植物生长速度明显快于乔灌木,但是其持久性明显低于乔灌木。草本植物的生长周期短,在完成生命周期后很难再生,试验段草本植物枯死后,仅有少量草本植物再生,特别是大波斯菊,仅有一季的生长期。

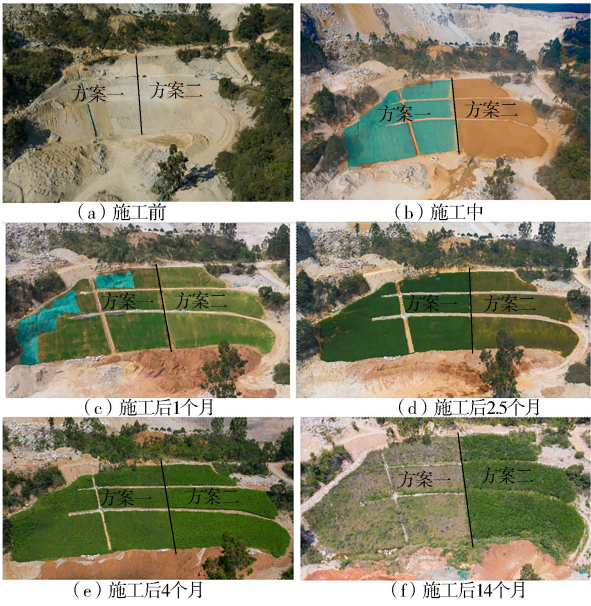


图 3 方案一、方案二绿化效果对比

从试验种子配比看,两种方案的乔灌木种子配比一致,区别仅在草本植物品种及种子用量,但是后期草本植物大面积枯死后,方案一坡面仅可见零星分布的乔灌木,造成这一现象的主要原因是草本植物生长速度快且密度大,而乔灌木生长速度慢,在幼苗期生长受到草本植物的抑制导致大量死亡。

从方案二第 3 年的坡面植物生长情况看,草本植物数量明显少于前一年,但是乔灌木数量与前一年接近且长势良好,由此可见,边坡长期绿化应以乔灌木为主。

从植物的品种看,所选用的乔木、灌木和草本植物均生长良好,试验所选用的几种植物适合本地区边坡。试验段的边坡类型为土-缓坡-阴阳坡,该试验段的成果证明,方案二可以用于与削坡 5 区边坡类型较为一致的削坡 1 区。

4 工程验证

试验段的边坡类型为土-缓坡-阴阳坡,相对好于其他区。因此,为了将方案二用于其他区,还需进一步验证方案二的可行性。另选择横跨削坡 2 区、3 区的区段作为方案验证段,如图 4 所示,选择 8~11 阶作为验证段。从图 5 可看出,方案二用于不同区均长势良好。

由此可见,试验方案二能够满足整个项目边坡的绿化。



图4 方案二验证段



图5 治理后航拍图

5 结论

本项目采用了厚层基材喷播技术对废弃矿山高陡岩质边坡进行生态修复,并筛选出福建省常用的绿化植物品种,在现场进行植物选择试验和工程验证。本项目已经竣工验收,距试验段和工程验证段绿化施工已经超过3 a,治理效果良好。本研究主要结论如下:

1) 厚层基材喷播技术可用于废弃矿山的高陡岩质边坡绿化,能够为植物提供充分的生长条件,长期效果良好,可为类似工程提供参考。

2) 绿化效果与地质条件和气候有关,施工前应充分调查绿化边坡所处地区的气候条件和边坡类型,选用具有代表性的区段作为试验段,验证设计的植物是否适合在当地生长,并且根据试验段结果调整植物种子配比。

3) 植物配比需选择乔灌木相结合且宜以乔灌木为主,草本植物数量以不超过乔灌木种子数量为宜。从绿化效果看,前期以草本植物为主,后期以乔灌木为主,草本植物生长速度快,但草本植物密度较大抑制乔灌木幼苗的生长,影响后期的绿化效果。

4) 本项目的边坡类型为阴坡或阴阳坡,边坡高陡且基本为岩质,通过工程实践证明,即使生长环境苛刻,厚层基材喷播技术仍然能够保证植物的生长,选取的植物长势良好且持久性好。

[参考文献]

- [1] 邹新军,赵明华. 岩质边坡生态防护现场试验研究[J]. 土木工程学报,2011,44(增刊2):202-206.
- [2] 常根柱,杜天庆,王朝凌. 野生狗牙根栽培利用试验研究[J]. 公路,1999(4):8-10.
- [3] 李西,罗承德,廖心北. 周公山岩石边坡绿化植物生长观察及病虫害防治[J]. 草原与草坪,2003(3):60-62.
- [4] 吴崑. 高速公路边坡绿化技术与植物选择研究[D]. 天津:天津大学,2019:50-80.
- [5] 谢光宁,林芳燕,张奕龙,等. 高速公路边坡植物配比方案优化设计[C]//中国公路学会养护与管理分会,中交基础设施养护集团有限公司. 中国公路学会养护与管理分会第八届学术年会论文集. 厦门:中国公路学会养护与管理分会,2018:272-278.
- [6] 张俊云,李绍才,周德培,等. 岩石边坡植被护坡技术(3):厚层基材喷射植被护坡设计及施工[J]. 路基工程,2000(6):1-3.

收稿日期:2023-04-17

第一作者:赖荫楠(1992—),男,福建三明人,工程师,硕士,主要从事地质灾害防治和废弃矿山治理工作。

E-mail: 444625472@qq.com

(责任编辑 徐素霞)

(上接第6页)考核中”加入考评细则,进一步压实地方水土保持目标责任。

[参考文献]

- [1] 张超,王治国,樊华,等. 水土保持规划实施情况考核评估及取得的成效[J]. 中国水土保持,2021(3):6-9.
- [2] 王治国,王莹,张超,等. 全国水土保持规划任务与总体布局[J]. 中国水土保持,2015(12):17-20.
- [3] 蒲朝勇. 推动新阶段水土保持高质量发展的思路与举措[J]. 中国水利,2022(7):6-8.
- [4] 广东省水利厅. 以考核评估推动水土保持监管能力和水平

提升[J]. 中国水土保持,2020(10):1-2.

收稿日期:2023-03-27

基金项目:“十四五”国家重点研发计划项目子课题“漫川漫岗水蚀区土壤侵蚀防治的保护性利用模式”(2021YFD150080505)

第一作者:杨庆楠(1988—),女,黑龙江宾县人,工程师,硕士,主要从事水土保持相关研究。

E-mail: 780423258@qq.com

(责任编辑 徐素霞)