

# 挂网客土喷播技术在石材矿岩石高陡边坡 植被恢复中的应用

刘安富 徐冬冬 乔雄彪 朱 柱

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘 要] 建筑石材矿因开采工艺和管理理念落后, 矿区无序开采, 地形地貌挖损破坏严重, 遗留大量土壤覆盖层薄、植物生长立地条件差的高陡边坡, 而挂网客土喷播技术在岩石边坡生态恢复领域应用广泛。本文总结了挂网客土喷播技术的适用条件、工艺流程、各环节技术要点及设备。挂网客土喷播技术通过坡面挂网增强土壤的附着能力, 人工调配喷播基材的土壤肥力, 为植被生长创造良好的立地条件, 为岩石边坡生态复绿提供了有效的技术手段。

[关键词] 客土喷播; 岩质边坡; 建筑石材矿; 植被恢复; 绿化防护; 植被配置; 土壤修复

[中图分类号] U416.1<sup>+</sup>4 [文献标志码] B [文章编号] 1008-5122(2021)06-0060-04

DOI:10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2021.06.013

## Application of Wire Mesh and Soil Spraying Seeding Technology to Vegetation Restoration of High and Steep Slopes in Building Stone Mine

LIU An-fu, XU Dong-dong, QIAO Xiong-biao, ZHU Zhu

**Abstract:** Due to the backward mining technology and management concept, disorderly exploitation of the building stone mine results in severe damage to the topography and landform and a great number of high and steep slopes with thin soil cover and poor site condition for plant growth. To address this, the wire mesh and soil spraying seeding technology is widely applied in the field of rock slope ecological restoration. This paper summarized this technology's applicable conditions, process flow, technical essentials and equipment for each link. This technology improves soil adhesion by applying wire mesh to the slope, and allows manual control of substrate's soil fertility so as to create favorable site conditions for vegetation and serve as an effective means of rock slope ecological restoration.

**Key words:** soil spraying seeding; rock slope; building stone mine; vegetation restoration; greening protection; vegetation arrangement; soil remediation

### 0 前言

改革开放以来, 我国经济持续高速发展, 基础设

施的建设消耗了巨量的建筑材料, 这些建筑材料大量来自于建筑石材矿, 巨大的市场需求导致建筑石材矿开采的数量及规模均庞大无比。由于建筑石材矿的开采工艺和管理理念往往比较落后, 对矿区地质环境的破坏非常严重, 主要表现在无序开采, 对地形地貌挖损破坏严重, 遗留大量的高陡边坡, 不仅存在安全隐患, 而且植被难以自然恢复, 需要采取工程措施营造植被生长的立地条件。挂网喷播技术应运而生, 并在岩石边坡植被恢复领域应用广泛。本文总结了挂网客土喷播技术的适用条件、工艺流程及各环节技术要点, 以期同类型项目提供借鉴。

[收稿日期] 2021-06-08

[作者简介] 刘安富(1984—), 男, 山东聊城人, 硕士, 工程师, 主要从事土壤修复、矿山修复、流域水环境治理等技术工作。

[引文格式] 刘安富, 徐冬冬, 乔雄彪, 等. 挂网客土喷播技术在石材矿岩石高陡边坡植被恢复中的应用[J]. 有色冶金节能, 2021, 37(6): 60-63.

## 1 挂网客土喷播技术适用条件

挂网客土喷播技术是指通过专业的喷射机械,将拌和均匀的“基层材料”<sup>[1]</sup>(采用当地种植土,掺入一定量的种子、缓效性肥料、保水剂、黏结剂、pH调节剂、水等),喷射到经过处理后稳定的岩质坡面上(视岩质坡面情况挂网),形成一定厚度的土层和绿化基质,为植被生长创造适宜的立地条件,从而实现裸露坡面植被恢复的目的。

土质边坡植被生长的立地条件较好,一般可以通过自然恢复或者直接植被技术进行植被恢复。而岩质边坡一般残留的土壤较少,甚至没有土壤附着,且残留的土壤也比较贫瘠,不适合植被自然生长,因此要采取必要的工程措施进行植被恢复。岩质边坡坡度缓于 $25^\circ$ 时,一般不需要采取固土措施<sup>[2]</sup>,可直接覆土绿化;岩质边坡坡度为 $25^\circ \sim 35^\circ$ 时,一般采用格室固土绿化<sup>[2]</sup>;岩质边坡坡度为 $35^\circ \sim 65^\circ$ 时,土壤无法自持,一般采用挂网客土喷播工艺进行绿化,这也是本文研究的重点内容;岩质边坡坡度大于 $65^\circ$ 时,俗称“掌子面”,当景观要求不高时,可通过“底部种植高大乔木+坡脚种植爬藤类植物+坡顶种植垂吊类植物”联合进行生态遮挡,但生态遮挡的时效性较慢;当景观要求较高且时效性紧迫时,可考虑采用高次团粒喷播、燕巢复绿法、植生槽、“挂网喷播+柔性防护网+生态棒”联合工艺等措施,但一次投入的建设成本较高,后期维护成本也较大。

## 2 挂网客土喷播的工艺流程及技术要点

挂网喷播技术工艺流程为:坡面处理→铺网→锚固→喷射混合基材→养护管理。

### 2.1 坡面处理

为了保障挂网喷播的质量,岩石边坡坡度应总体控制在 $35^\circ \sim 65^\circ$ ,处理后的坡面应整体平整稳定,其要点为:1)清除坡面松散块石及杂物;2)对坡顶转角和坡面突出的岩体棱角进行弧形修整;3)对于光滑的岩面需要通过挖掘横沟等措施进行加糙处理,以免客土下滑;4)对于个别反坡,嵌补坡面的凹槽、洼坑,可用草包土回填。

### 2.2 铺网、锚固

1)铺网。网片采用包塑镀锌铁丝网,其具有耐腐蚀、抗老化、寿命长、防龟裂等优点;规格直径 $\Phi 2$  mm,网孔 $5$  cm $\times$  $5$  cm,单幅宽度 $2$  m;强度 $30 \sim$

$50$  kg/mm<sup>2</sup>。铁丝网往坡顶延伸 $60$  cm以上,开挖的沟槽用桩钉固定后回填或埋入顶部截水沟中;坡顶固定好后自上而下铺设,铺设时将网拉紧,网片间搭接长度不小于 $10$  cm,并每间隔 $30$  cm用铁丝绑扎;网面和坡面间保持 $3 \sim 4$  mm间隙。

2)锚杆。锚杆一般采用 $\Phi 12 \sim 18$  mm的螺纹钢,长度 $0.8 \sim 1.5$  m,梅花形布置,间距 $2$  m。锚杆与坡面成 $70^\circ \sim 90^\circ$ ,采用风钻打孔,孔偏差不大于 $5$  cm,灌注M30水泥砂浆固定。

3)钉网。网面用“L”型锚钉固定;锚钉钉入硬质基岩内不小于 $100$  mm;网搭接处布置一行,其余位置间隔 $100$  cm $\times$  $100$  cm;对于覆盖层较厚的非岩质边坡,采用长 $250 \sim 300$  mm或者更长的“T”型木质桩,密度不小于 $8$  个/m<sup>2</sup>。

4)其他要求。为了增强坡面固土能力,可以在坡面加装木质挡板;对存在渗透水点的坡面,应考虑设置排水设施。在挂网时应注意保护边坡现存的原生植物,留出植物生长的空间。

### 2.3 客土喷播

岩石边坡生长环境往往非常脆弱,缺乏植物正常生长的土壤基础。因此,在岩石坡面上营造适宜植物生长所需的土壤基材和筛选出能够适应岩石边坡恶劣生长环境的植物,是岩石边坡植被生态恢复的核心内容。

#### 2.3.1 混合基材配置

土壤层的厚度决定植物根系的长度、密度,土壤肥力决定植物地上部分的体量、高度,在岩石边坡上有限的土壤厚度内,需要通过提高客土基质的质量来保障植物生产的效果。植物对土壤的物理和化学性质有一定的要求,土壤过酸或者过碱都不利于植物生长;土壤过疏、过密或团粒结构差,也会影响植物生长。因此,合理配置客土基质十分重要。客土基质一般由种植土、泥炭土、植物纤维、保水剂、黏合剂、缓释复合肥等构成,常规配置<sup>[3]</sup>见表1,配比后的基材理化性能见表2。需要说明的是,不同的地区因降水、气候、温差等因素差别较大,客土基材配置需因地制宜,建议通过试验选配验证。

#### 2.3.2 喷播厚度分析

土壤是植物生长的基础,不同植物生长所需的土壤基础厚度存在差异。总结前人的研究成果<sup>[4-6]</sup>,决定岩石边坡喷播厚度的因素主要有三个:山体状态、年降雨量和坡度。通常随着边坡岩体硬度增大(硬度指数 $14 \sim 180$  kg/cm<sup>2</sup>),喷播厚度逐渐

增厚;随着年降雨量增加(年降雨量 1 200 ~ 2 000 mm), 喷播厚度逐渐减小;随着边坡坡度变陡(1:2 ~

1:0.5), 喷播厚度逐渐增厚。喷播厚度一般为 4 ~ 12 cm。

表 1 客土基质配方用量表

编号	名称	规格	用量	备注
1	种植土	富含腐殖质及物理性质良好的地表土	45% ~ 60% (重量比)	一般就地取材,筛分破碎处理
2	泥炭土	东北天然泥炭土或者人工改良泥炭土	25% ~ 35% (重量比)	富含 N、P、K 等多种微量元素
3	草纤维	长 3 ~ 5 cm, 宽 2 ~ 3 cm	15% ~ 25% (重量比)	稻草纤维或腐熟木屑, 增强基材的透气性、透水性
4	有机肥	腐熟的动物粪便, 含水量一般小于 20%	20 ~ 30 g/m <sup>2</sup>	一般为鸡鸭粪
5	复合肥	N:P:K = 1:1:1, 按 GB 15063—2020 执行	20 ~ 30 g/m <sup>2</sup>	缓释性
6	黏合剂	黏土大于 1 500 cPs	15 g/m <sup>2</sup>	聚乙烯类高分子材料, 能溶于水
7	保水剂	吸水倍率不小于 400, 吸水时间小于 20 min	10 ~ 20 g/m <sup>2</sup>	钾-聚丙烯酸脂-聚丙烯酰胺共聚体
8	微量元素	含有益微生物的土壤添加剂	10 ~ 20 g/m <sup>2</sup>	视情况添加

表 2 配比后混合基材理化性能指标要求

指标	容重/g·cm <sup>-3</sup>	含水率/%	孔隙度/%	有机质/%	全氮/g·kg <sup>-1</sup>
数值	0.8 ~ 1.2	65%	40%	≥25	≥4.0
指标	全磷/g·kg <sup>-1</sup>	全钾/g·kg <sup>-1</sup>	pH 值	电导率/ms·cm <sup>-1</sup>	阳离子交换量/cmol·kg <sup>-1</sup>
数值	≥1.0	≥10.0	6.0 ~ 7.5	0.4 ~ 4.0	≥15

### 2.3.3 植物种子配置

草灌混播有利于形成稳定立体的复合生态系统, 可以解决单一草本群落易退化的问题。以草本植物为先锋植被, 早期生长迅速覆盖边坡, 避免雨水冲刷, 并且为灌木的生长提供良好的温度和湿度环境; 灌木根系发达, 与草本植物的根系交织形成稳定结构, 有利于保持水土和边坡的长期稳定性。为了营造一定的景观效果, 还可以点缀野花, 而引入豆科

植物可以为植被生长提供稳定的生物氮源。植物配置的种类及用量见表 3。植物配置的基本原则如下:

- 1) 以乡土植被为主, 适当引入适合当地生长的外来物种, 与周围景观相融合。
- 2) 适应当地气候和土壤条件。
- 3) 乔、灌、草有机搭配, 分布合理。
- 4) 自我繁殖能力强, 根系发达, 生长快, 抗逆性强(耐贫瘠、抗旱、抗寒、抗病虫害等)。

表 3 植被配比用量表

类型	植物种类	配比用量
草本	黑麦草、狗牙根、早熟禾、高羊茅、狗尾草、百喜草等, 参考 GB/T 38360—2019	10 ~ 20 g/m <sup>2</sup>
乔灌	紫穗槐、荆条、胡枝子、松树、刺槐等, 参考 GB/T 38360—2019	8 ~ 12 g/m <sup>2</sup>
豆科植物	紫花苜蓿、野生大豆	1 ~ 2 g/m <sup>2</sup>
花种	波斯菊、野菊花、金盏菊、二月兰	5 ~ 10 株/m <sup>2</sup>

### 2.3.4 混合基材喷播施工

混合基材喷播采用专用客土湿喷机, 自上而下对坡面进行喷射。喷射过程中, 要尽可能保持喷出口与坡面垂直, 距离保持在 0.8 ~ 1.0 m, 一次喷射宽度 4 ~ 5 m。为了提高喷播后的出苗率, 缩短见绿与覆盖时间, 一般分两次喷播。第一次喷播不含种子的混合基材, 厚度 8 ~ 10 cm; 第二次喷播含植物种子的混合基材, 厚度 2 ~ 4 cm, 喷射完成后的总厚

度约 12 cm。事先准备好检测尺, 施工过程中经常对喷射厚度进行控制检查补救, 岩石坡面的混合基材不得有剥离、流失、龟裂现象。

### 2.3.5 养护管理

岩石边坡客土喷播后的养护管理一般分为成活期养护和常规养护期养护。

#### 2.3.5.1 成活期养护

喷播完成后, 应及时采用无纺布或者稻草覆盖,

完善边坡截排水系统,以防止降雨冲刷。定期进行浇水,养护浇水的时间以早晚为佳,尽量不在强烈的阳光下进行喷水养护,以免灼伤幼苗叶片。在高温干旱季节,由于地面温度比较高,种子幼苗容易被高温烫伤,每天应增加2~3次喷水,密切观察植物生长状况,及时采取应对措施。

### 2.3.5.2 常规养护期养护

1) 浇水。浇水应该选择在恰当的时期进行。植物的幼苗期根浅,不能缺水。随着植物的生长,应开始有计划地减少浇水量,利用植物的向水性本能刺激根系向深处生长,以培育植物强大的根系,提高植物的抗旱和抗病能力。浇水的原则是:浇水量应大于地表蒸发量和植物蒸腾量总和;不干不浇,浇则浇透;不同季节应适时调整浇水时间。

2) 施肥。施肥分为施底肥和追肥。底肥一般在喷播基质时一起加入。追肥一般施加速效氮肥,或缓释复合肥。施肥可采用撒施或者叶面喷施,喷肥时应注意浓度,撒肥时应撒布均匀,同时施肥后立即浇水,以防止烧苗。

3) 病虫害防治。常用的病虫害防治方法有药剂防治、生物防治、诱杀成虫、灭杀幼虫。发现病虫害迹象,应及时查明病虫害原因,掌握病虫害规律,采取针对性的防治手段。

4) 补种。补种分为喷播后补种和养护期补种。喷播后补种是指喷播结束后,发现缺苗现象,及时补种。养护期补种是指养护期发现出苗不佳或缺苗,采取补种措施,一般建议在春季补种。

### 2.3.6 常用机械设备

客土喷播施工中常用的机械设备有:液压泵送式客土湿喷机、空压机、水车、液力喷播机、挖掘机、开山钻、电焊机、钢筋切割机、小型升降机等,具体配置应根据进度安排和工作强度分阶段投入。

## 3 结束语

对于挖损形成的坡度较陡的岩石边坡,土壤覆盖层较薄,植物生长的立地条件较差,难以短时间内自然恢复。挂网客土喷播技术为岩石边坡生态复绿提供了有效的技术手段,通过坡面挂网增强土壤的附着能力,人工调配喷播基材的土壤肥力,为植被生长创造良好的立地条件,加上合理搭配乔灌草植被,可营造稳定立体生态系统,有助于保持岩石边坡的长久稳定和绿化。

### [参考文献]

- [1] 林志娟,徐芸云.挂网喷播技术在岩石边坡护坡绿化中的应用[J].江西公路科技,2007(3):8-12.
- [2] 国家林业和草原局.裸露坡面植被恢复技术规范:GB/T 38360—2019[S].北京:中国标准出版社,2019.
- [3] 李永强,王新然.边坡复绿与客土喷播施工技术[J].西部探矿工程,2017,29(10):1-4,10.
- [4] 罗剑.客土喷播植草施工简介[J].山西建筑,2007(25):297-298.
- [5] 马万权,沈康健,邓辅唐.客土喷播技术对石质边坡防护的运用[J].云南交通科技,2003(3):7-11.
- [6] 成子桥.客土喷播技术在泌桐高速公路的应用[J].隧道建设,2007(1):80-83.