

文章编号: 0451—0712(2006)08—0338—03

中图分类号: U418.9

文献标识码: B

# 喷混植生防护技术 在高速公路边坡防护中的应用

张秉银<sup>1</sup>, 康 觉<sup>2</sup>

(1. 广东西部沿海高速公路珠海段有限公司 中山市 528467; 2. 广州市花木公司 广州市 510060)

**摘 要:** 在广东西部沿海高速公路珠海段边坡植草防护施工中, 针对挖方路堑的岩质边坡, 采用喷混植生防护技术进行生态绿化防护, 取得了良好的效果。就喷混植生防护技术的基本原理、植物种类及配方、施工工艺以及应用效果, 进行了系统性分析。

**关键词:** 高速公路; 岩石边坡; 喷混植生; 植物种类及配方

随着我国对环保问题的日益重视, 针对高速公路岩石挖方边坡的防护已由传统的圬工防护向生态防护发展。在广东西部沿海高速公路珠海段(以下简称珠海段)的岩石挖方边坡防护的施工实践中, 采用了喷混植生防护技术作为复绿手段, 在岩石边坡上建造出一个灌草结合、科学合理的植物生态系统, 既起到良好的边坡防护作用, 又恢复了自然植被, 防止坡面的侵蚀和风化, 防止水土流失, 改善公路行车环境, 从而充分体现公路的自然环境景观, 在绿化的同时起到美化的作用, 达到了“车在路上驶, 人在画中行”的意境。

高速公路石质挖方边坡缺乏植物生长所必须的水、肥等条件, 生态限制因素较多, 同时又由于珠海段高速公路地处南方亚热带地区, 干湿季节明显, 在雨季暴雨集中, 雨水冲刷和水土流失十分严重, 在旱季地下水位低, 给边坡植物的管护造成很大的困难。要在石质挖方边坡上建立一个适合植物生长而又经得起雨水冲刷的基质层, 给植物一个长期稳定的生长环境, 我们在多年研究试验和工程实践的基础上, 优选出多种适应恶劣环境的草、灌良种, 利用喷混植生建植层技术和锚杆固网技术, 使喷混植生建植层紧固于石坡表面, 通过成孔物质的合理配置, 使种植基质中的固、液、气三相物质处于平衡状态, 创造草类与灌木生存的良好环境。

## 1 喷混植生防护技术的原理

岩石边坡缺乏植物生长的必要条件——土壤和

水分, 如果在坡面上直接回填种植基质, 因岩石边坡大多又陡又急, 回填物往往很难固定, 若岩石光滑则固定更加困难, 还会因降雨、流水等外因而遭到冲刷流失。由此分析, 岩石边坡实现绿化必须同时具备二个基本条件: 一是坡面上必须有植物能赖以持续生长的种植基质, 二是种植基质能永久固定在坡面上。

喷混植生防护技术是以工程力学、土壤学和生物学理论为依据, 利用客土掺混粘结剂和锚杆加固铁丝网技术, 运用特制喷混机械将土壤、肥料、有机物质、保水材料、粘结材料、植物种子等混合干料加水后喷射到锚固有镀锌铁丝网的岩面上, 形成 10 cm 厚度左右的具有连续空隙的硬化体, 在岩石坡面上营造一个既能让植物生长发育而种植基质又不被冲刷的永久性的多孔稳定结构, 种子可以在空隙中生根、发芽、生长。一定程度的硬化又可防止雨水冲刷, 而混合物中的保水材料、营养成份适合植物种子的生根发育。为岩石绿化提供植物生长的基质从道理上是越厚越好, 但考虑成本和施工难度我们一般设计成 10 cm 左右, 为保持基质的保水要求, 我们特意在基质中加入了大剂量的保水剂, 保水剂是遇水可以反复吸收膨胀 500~1 000 倍的一种化学材料, 无毒无害, 在干旱时, 保水剂中的水分又可以缓释给植物的根系。当种植基层中的保水剂全部吸水膨胀后, 可以供应草坪在持续干旱时 30~60 d 的生长需要。种植基层的肥料和有机质可以满足植物在初期生长的营养需要。通过一段时间的养护前期以草本植物

为主对岩石坡面实现快速绿化、恢复植被,后期以灌木、乔木和藤本植物为主逐渐交替生长,形成一个与当地环境、气候相适应的草、灌、乔、藤结合的目标植物群落,从而达到恢复植被、改善景观、保护环境的目的。

喷混植生防护技术是集岩石工程力学、生物学、土壤学、肥料学、园艺学、环境生态学等学科于一体的综合环保技术,其核心是通过成孔物质的合理配置,在岩石坡面上营造一个既能让植物生长发育,而种植基质又不被冲刷的多孔稳定结构,使建植层固、液、气三相物质基本平衡。

## 2 喷混植生的材料

### 2.1 种植基材的选择

种植基材的组成材料主要有土壤、有机质、肥料、保水剂、粘合剂、改良剂等。

#### (1) 土壤

土壤可因地选材,选择就近可以采集的粘土、黄土或砂土。但往往砂土、黄土、粘土的肥力不足,一般可用其他肥土以 1:1 配合使用,土要干净无杂质、无杂草,保持干燥,并过筛去掉大的粗的颗粒以便于喷播使用。

#### (2) 有机质

有机质的使用主要是增加土的肥力和保证土壤的通气性,常用的有泥炭土、腐叶土、堆肥、锯木屑、谷壳、经充分发酵的家畜肥料等。

#### (3) 肥料

主要用化学肥料和有机肥,化学肥料多采用缓释复合肥,有机肥主要有鸡粪、家畜粪,但都必须经过充分的发酵,以免植物生长发育过程产生过多的病害。

#### (4) 保水剂

保水剂是一种无毒无害的功能性高分子化合物,遇水可吸水膨胀成百上千倍,这些水分不易被一般的物理方法排出,而植物根系却能吸收贮藏于保水剂中的水分。保水剂可将偶然降雨迅速地吸收而膨胀成凝胶状将水分贮藏起来,干旱时便慢慢地释放给根系。一般采用吸水重复性好而使用寿命长的丙烯酸—丙烯酸盐共聚类的较大颗粒产品。

#### (5) 粘合剂、土壤改良剂

为避免风雨等自然因素对种植基材造成的侵蚀、冲刷,必须在种植基层中加入相当数量的粘合剂,以促使基质与岩石粘结和增强基质本身的抗侵

蚀冲刷能力。粘合剂常用化学粘合剂和普通硅酸盐水泥。水泥呈碱性,一般来说对灌草种子的生根和发芽是有害的。喷混基质 pH 值可直接或间接影响植物的生长发育,其影响主要表现在土壤养分的有效性、土壤微生物活性、植物根系生长和抗性大小以及植物群落的构成等几个方面,为此加入辅助粘结剂(如红粘土、过磷酸钙)和缓冲剂,利用它们本身的酸碱性、缓冲性和红粘土的高量活性铝水解产生酸度进行 pH 值调节,使喷混基料的 pH 值由强碱性(pH 值 8.0~8.5)降低到中性(pH 值 6.8~7.2),适合植物生长。

### 2.2 植物种子选择和配方

护坡植物的选择应考虑以下因素:适应栽培区的气候,能抵抗不良环境,不易退化;根系发达,生长迅速,短期内能覆盖;多年生,与土壤固结能力强;分蘖多,茎叶繁茂。草本植物具有生长速度快,覆盖率高的优点;而灌木具有生长周期长,根系发达的优点。草本植物护坡在初期因有较高的覆盖率,能减缓雨水对坡面造成的面蚀及沟蚀。然而单纯草本护坡,养护成本较高,难于维持四季常绿的景观效果,且生态群落单一,层次结构简单,对于恶劣气候抵抗能力差,容易引起大面积退化,不适合边坡生物防护的可持续发展。灌木护坡,植株充分发育后,冠幅扩张,能达到有效的坡面覆盖,根系深入坡面土层或岩石缝隙中,起到生物锚杆的作用,且用豆科灌木护坡,其根瘤菌具有固氮作用,能逐步增加坡面土壤肥力,从而逐步改善坡面土壤结构,有利于其他植物的生长。但单纯的灌木护坡存在绿化初期植被覆盖率较低、植物层次单一等问题。灌草结合的护坡形式,充分利用草本植物速生、覆盖率高及灌木植株较高、冠幅大、根系深的优点,形成灌草结合的混合植物护坡结构,发挥植物间的互补依存关系,逐渐改善坡面微环境,实现植物护坡的可持续发展。

根据上述要求,我们选择的草本植物有百喜草、狗牙根、糖蜜草等,灌木有木豆、山毛豆、银合欢等,藤本植物有大翼豆、葛藤,乔木有桉树、松树等。

由于灌木相对草本植物发芽率低且生长较慢,草本植物生长迅速会对灌木的生长形成竞争,一般草本植物生长旺盛的地方灌木生长稀少且矮小。灌草在相互依存的同时存在明显的制约关系,所以我们对于不同地质条件和不同边坡状况的岩石坡面,采用不同的植物配方。软质岩坡面如强风化和全风

化岩石坡面,草本植物相对易于生长,采用百喜草、狗牙根、糖蜜草等草本种子为  $30\text{ g/m}^2$ ,木豆、山毛豆、银合欢等灌木种子为  $20\text{ g/m}^2$ 。而硬质岩坡面如微风化和未风化花岗岩坡面,则只能以灌木为主,采用百喜草、狗牙根、糖蜜草等草本种子为  $20\text{ g/m}^2$ ,木豆、山毛豆、银合欢等灌木种子为  $40\text{ g/m}^2$ 。

### 2.3 辅助材料

#### (1) 金属网

采用钢丝直径  $2.0\text{ mm}$ ,网孔为  $6\text{ cm}\times 6\text{ cm}$  的镀锌金属网。

#### (2) 锚杆

挂镀锌网的锚杆采用直径  $16\text{ mm}$  的钢筋,主锚杆长  $150\text{ cm}$ ,辅锚杆长  $80\text{ cm}$ 。

## 3 施工工艺

### 3.1 清理边坡

将容易滑落、影响边坡稳定的岩石处理掉,使坡面尽可能平整以利于喷混植生施工,同时增强坡面绿化效果。

### 3.2 打设锚杆

交错成菱形打设主锚杆和辅锚杆。锚杆间距横向为  $1\text{ m}$ ,纵向为  $2\text{ m}$ ,锚杆数量为  $20\text{ 根}/100\text{ m}^2$ 。锚杆用水泥砂浆加固。

### 3.3 挂网施工

挂网施工时采用自上而下放卷,相邻两卷镀锌铁丝网分别用绑扎铁丝连接固定,两网交接处要求有  $15\text{ cm}$  的重叠。

### 3.4 配制种植基材

将粘土打碎过筛,将粘土、有机质、肥料、保水剂、粘合剂、改良剂充分拌和,搅拌均匀。

### 3.5 喷射基材

采用专用喷混植生喷射机,将混合料均匀喷射至坡面,自上而下分两次实施喷播,第 1 层喷播厚  $5\text{ cm}$ ,待稳定后 ( $30\text{ min}$  左右)再喷播第二层至设计厚度。在喷射第 2 层时,在种植基材中加入相应配方的植物种子。

### 3.6 养护管理

初期养护需加盖无纺布,  $30\sim 45\text{ d}$  后待草苗长到一定高度时揭布;后期养护时若天气长期持续干旱则应适当予以浇水养护,并根据需要施肥和杀虫。

## 4 效果

### 4.1 绿化效果

珠海段高速公路喷混植生施工的岩石边坡,各边坡的绿色植被覆盖率在 2005 年 9 月已达到  $95\%$  以上,灌木丛生、生机勃勃,形成了稳定的草灌结合的植物群落。

### 4.2 抗冲刷效果

珠海段高速公路在 2005 年 6 月以前完成喷混植生施工的岩石边坡,经历了 2005 年 6 月连续的暴雨的冲刷,各边坡喷混基底无一垮塌,植物没有冲刷的痕迹。这表明在草坪植被与基材的共同作用下,基材的抗侵蚀性大大增强,并且随着植物的进一步生长,草坪植物的根系会纵横交错,一个稳定的草灌结合的植物群落最终形成,从而达到长期护坡的目的。

## 5 结论

喷混植生防护技术在珠海段高速公路得到了成功的应用,取得了良好的绿化及防护效果,说明这项新技术是高速公路岩石边坡生态防护中一种可行的生态绿化防护手段。随着这项技术日臻成熟,我们相信,该技术不仅适用于公路,同样在铁路、水利、房地产等工程岩石边坡的绿化防护、水土保持、环境保护中能发挥出重要作用。

## 参考文献:

- [1] 张俊云,李绍才.厚层基材喷射种植基的物理特性[J].岩石力学与工程学报,2001,20(1).
- [2] 张俊云,周德培,李绍才.岩石边坡生态护坡研究简介[J].水土保持通报,2000,20(4).
- [3] 孙乔宝,甄晓云.高速公路建设对生态环境的影响及恢复[J].昆明理工大学学报,2000,(2).
- [4] 叶建军,周明涛,许文年.谈喷射护坡绿化技术[J].水土保持研究,2004,11(2).