

文章编号: 0451—0712(2006)07—0298—03

中图分类号: S731.8

文献标识码: B

# 客土喷播防护技术的应用与研究

杨望涛<sup>1</sup>, 杜娟<sup>1</sup>, 杨钦伦<sup>2</sup>

(1. 交通部科学研究院 北京市 100029; 2. 广东渝湛高速公路有限公司 湛江市 524005)

**摘 要:** 随着我国公路建设的飞速发展, 高速公路边坡生态防护系统研究已日渐引起公路部门的重视, 目前高速公路边坡防护的形式已由以往惯用的圬工防护向生态防护发展。作为定位为“具有南亚热带风情的生态路”的渝湛高速公路(粤境段), 引进了接近国际先进水平的边坡生态防护技术——客土喷播技术。对已在渝湛高速公路(粤境段)上实施的客土喷播方法, 从机械设备、材料、施工工艺、平均喷播厚度与环境关系等各方面做了比较详尽的介绍, 并通过对渝湛高速公路(粤境段)的立地条件, 如土/岩的硬度和酸碱度、边坡高度及坡率等作了仔细的研究, 提出了客土喷播施工方法的适用条件、植物种类选择等。

**关键词:** 高速公路; 客土喷播; 防护技术

近几年, 随着环保意识的提高, 尤其是“国务院关于进一步推进全国绿色通道建设的通知”发出后, 我国公路建设部门对于生态防护越来越重视。对于土质边坡, 已基本上采用了湿法喷播、三维网植草等技术来建植植被、固土护坡。对于土质情况比较差的边坡和岩石边坡, 由于缺乏植物生长的基础, 则往往采用浆砌片石、挂网喷锚等工程防护措施, 不仅被破坏的植被得不到恢复, 而且也影响了公路的生态环境及景观。因此, 如何既保证石质边坡的稳定又能实现长久绿化问题已成为公路环境保护和公路建设部门的焦点和难点。先进的客土喷播技术则能很好地解决这些难题, 为建设真正的绿色通道创造了条件。

目前发达国家存在两种植被建植模式, 即以美国为代表的高养护型——湿式喷播快速植草技术和以日本为代表的高投入型——客土喷播技术。前者初期建植成本低, 但草本植被养护成本高, 易于衰退, 并且在山岭重丘区挖方地段石质边坡, 采用普通的喷播方法不能种植植物或植物种植后容易衰退, 其固土护坡能力也极其有限, 几乎不具备防灾功能。近年来, 日本政府投入了大量人力和物力研究公路边坡播种早期树林化技术——客土喷播防护技术, 是一种融合土壤学、植物学、生态学理论的生态防护技术。该技术的突出优点在于: (1) 以土壤结构改良为突破口, 力求简化公路植被养护管理, 它是以经处理的树皮、纤维、养生材料、植物种子与少量当

地优质土混合, 添加营养剂、粘结剂和土壤稳定剂制成客土, 借助喷播机均匀涂喷于坡面上; (2) 由于客土的应用, 为草、灌木根系提供了良好的生长基础, 能够实现草、灌木合理的群落配比, 达到建设后路域植被与自然植被融为一体的效果; (3) 喷播设备性能优良, 使岩石坡面及不具备植物生长条件的高大边坡完全可能实现绿化; (4) 灌、草植物群落在坡面的建植, 由于灌木根系可扎入岩石缝隙, 对于固土护坡起到比草本植物更可靠的作用, 可较大程度减少边坡坍塌, 节省维护费用, 提高交通安全。

20 世纪 90 年代末期, 交通部科学研究院从日本引进客土喷播防护技术, 开始对岩石边坡进行绿化试验研究, 于 2000 年在广东省惠河高速公路岩石边坡上修建国内首个客土喷播试验工程, 随后在湖南省临长高速公路、云南省大保高速公路、江苏省宁杭高速公路、广东省惠河(二期)高速公路、广东省渝湛高速公路进行了客土喷播技术的研究并做了约 50 万 m<sup>2</sup> 的防护工程。与此同时, 其他的绿化工程公司及水利部门也在进行这方面的研究。

## 1 客土喷播的施工方法与技术特点

客土喷播主要施工设备有: 客土喷播机一台, 普通卡车一台, 洒水车一台, 抽水泵一台。

### 1.1 材料要求

#### 1.1.1 种子

主要选择适应性强、耐瘠薄的优良品种混播,包括山毛豆、猪牙根、猪屎豆、旗草、大翼豆、柱花草。

### 1.1.2 客土

采用天然有机培养土,由多种微生物菌群发酵生产而成,含有N、P、K及各种微量元素、生长激素,PH值为6.0~7.0,饱和容重 $0.5\sim 0.6\text{ t/m}^3$ 。

### 1.1.3 稳定剂

无污染粘结剂,采用高分子聚合物及天然植物加工而成,能使客土、养生材料、肥料、种子等在其作用下相互联接紧密形成一定厚度的喷播层,并与坡面粘接在一起而不下滑流失。

### 1.1.4 肥料

采用化学合成肥料,增加贫瘠坡面土壤肥力,提供植物生长所需营养。

### 1.1.5 养生材料

采用木质纤维,增加连接的强度,使喷播层稳定性增强。

### 1.1.6 水

喷播用水,选择无污染水源,就近吸取。

### 1.1.7 铁丝网

采用线径为 $\phi 2.5\text{ mm}$ ,网格尺寸为 $5\text{ cm}\times 5\text{ cm}$ 的镀锌铁丝网。

### 1.1.8 锚杆

挂镀锌网的主锚杆采用 $\phi 12\sim \phi 14$ , $L=40\text{ cm}$ 的钢筋,辅锚杆采用 $\phi 10\sim \phi 12$ , $L=20\text{ cm}$ 的钢筋。

## 1.2 施工工艺

### 1.2.1 清理边坡

清理边坡是将容易滑落、影响边坡稳定的破碎岩石处理掉,使坡面尽可能平整,以利于客土喷播施工,同时增加坡面绿化效果。对于光滑岩面要通过挖掘横沟等措施进行加糙处理,以免客土下滑。

### 1.2.2 挂网施工

挂网施工时应采用自上而下放卷,相邻两卷铁丝网分别用绑扎铁丝连接固定,两网交接处要求有 $10\text{ cm}$ 的重叠。

### 1.2.3 锚杆施工

在挂网施工的同时或挂网后自上而下打 $\phi 12\sim \phi 14$ 的主锚杆,间距为 $2\text{ m}$ ,同时按要求辅以 $\phi 10\sim \phi 12$ 的锚杆。

### 1.2.4 客土材料的配制

客土材料主要由泥炭土、泥土、复合肥、纤维等经过搅拌混合而成。

### 1.2.5 客土喷播

选用从日本引进的专用客土喷播机,该喷播机料仓容积为 $3\text{ m}^3$ 。按设计要求喷播厚度为 $6\text{ cm}$ ,每车可喷播约 $50\text{ m}^2$ 坡面。设备原理是发动机连接传动部位,将料仓内的材料搅拌均匀,然后采用挤压和空压方式输送到施工面,并均匀地喷播至边坡表层。自上而下分2次实施喷播,第1次喷播厚 $3\text{ cm}$ ,待客土稳定( $10\sim 20\text{ min}$ )后再喷播第2次至设计厚度。对于岩性破碎、岩质坚硬的坡段,喷层厚度可适当增加。

### 1.2.6 养护管理

加盖无纺布, $30\sim 45\text{ d}$ 后炼苗揭布。由于选择了适合当地气候、土壤条件及高速公路粗放型管理的灌木种及草种,成坪后一般不需要人工养护管理,若天气长期持续干旱则应适当予以浇水管理。

## 1.3 客土喷播的技术特点

### 1.3.1 植物生长状态良好

由于生长基础是由有机物、各种土壤改良材料、缓释肥料等构成,所以,它具有优良的对植物生长最重要的保水、保肥及透气性等性能。

### 1.3.2 抑制山体风化

有机质生长基础与喷混植生及喷浆相比,有机质生育基础隔热性大,外界气温变化对山体的热传导小,可抑制由气温变化引起的山体风化及土体冻结。

### 1.3.3 抗雨水侵蚀性

由于生育基础混合料中有粘合剂,且通过空压喷附于坡面,形成具有一定强度及厚度的面层结构,加之植物发芽及初期生长快,很快将表面覆盖,能在短期内发挥植物的防雨水侵蚀效果。

### 1.3.4 可与工程防护方法结合应用

在边坡陡急、岩基不稳定等条件下,可先使用格笼及喷锚工法使山体稳定,之后再使用本方法进行绿化。

### 1.3.5 经济美观

与护面墙、挂网喷浆比有明显的经济效益和美观性。

## 2 客土喷播的平均喷播厚度与环境的关系

各地的地理、气候条件不尽相同,即使同一地区不同边坡的立地条件也不完全一样,为了保证植物群落的良好生长,客土喷播的平均喷播厚度也将有所不同。图1、图2、图3是边坡硬度、年降雨量、坡率分别与平均喷播厚度的关系图。

在设计喷播厚度一定的情况下,坡面的凹凸程度与金属网的露出比例有着很大的关系。在岩石

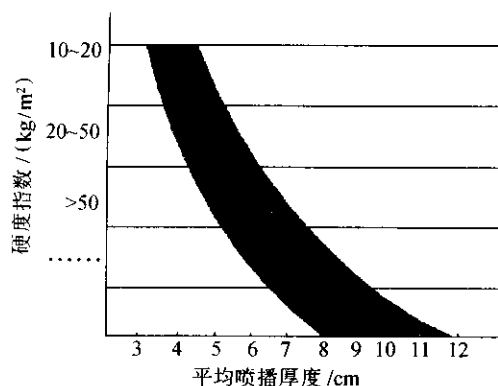


图1 山体状态与平均喷播厚度

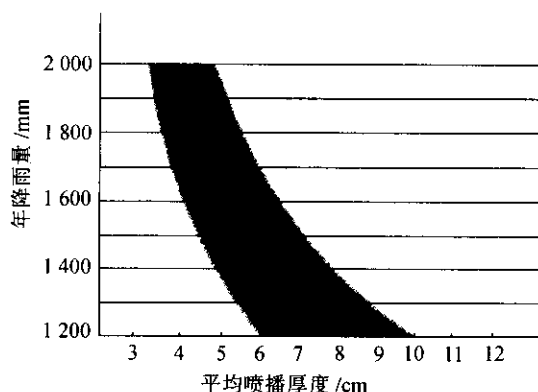


图2 年降雨量与平均喷播厚度

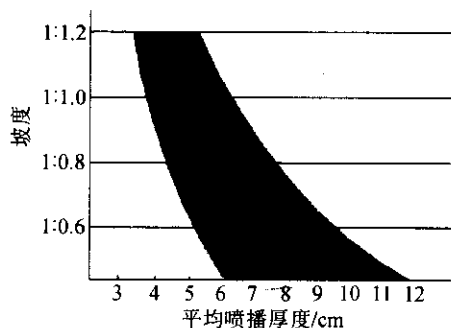


图3 坡度与平均喷播厚度

表1 金属网露出比例

| 喷播厚度/cm | 下列坡面凹凸高差(cm)对应的露网比例/% |         |          |     |
|---------|-----------------------|---------|----------|-----|
|         | <5                    | 5≤凹凸<15 | 15≤凹凸<30 | ≥30 |
| 3≤t≤5   | 30                    | 50      | —        | —   |
| 5≤t<8   | 0                     | 20      | 50       | —   |
| 8≤t     | 0                     | 0       | 10       | 20  |

地条件,我们选用挂镀锌铁丝网,分两次喷播到6 cm厚的基质客土喷播施工工艺。喷播3 d后,灌木种子猪屎豆、山毛豆开始发芽、出苗,半个月左右苗已基本出齐,20 d后植物已基本成坪,草、灌比例比较适中,覆盖率已达到了90%以上。一年后覆盖率已达到了100%,灌木高度达到2 m以上,且分布均匀。

根据试验边坡的植物生长和分布情况及边坡防护效果,结合渝湛高速公路的定位——具有南亚热带风情的生态路,我们在石质或质地密实坚硬的土质边坡集中的K10+000~K14+000、K26+000~K33+000、K55+000~K60+000等十几公里的范围内,总计15万m<sup>2</sup>左右的边坡选用客土喷播方案进行边坡防护。这些边坡最大高度为35 m,有些边坡坡率大于1:1.5,土壤的酸碱度在5.4~6.8之间。根据这些边坡的立地条件,我们采用挂镀锌铁丝网,分两次喷播到6 cm厚的客土喷播工艺进行生态防护,经过一年半时间的观察,可以保证所选植物群落的正常演替,其防护效果和生态效益显著。客土喷播技术的应用使得该路线的中、强风化的岩石边坡完全告别浆砌片石护面墙等非生态护坡形式,使渝湛高速公路从边坡防护角度来说将是一条完全意义上的生态路。

客土喷播防护技术在我国的发展历程虽然很短,但由于其理念先进,施工工艺成熟,机械化程度高,绿化速度快,绿化效果好,已逐步被认同和接受。随着客土喷播技术的研究和推广应用,必将促进我国公路、铁路等绿化水平的提高,为国土绿化、生态保护和水土保持等做出积极贡献。

#### 参考文献:

- [1] 有机质系吹付岩磐绿化工法技术资料[Z]. 日本岩磐绿化工业协会.
- [2] 张俊云,周德培,李绍才. 岩石边坡生态种植基试验研究[J]. 岩石力学与工程学报,2001,20(2).
- [3] 徐国钢,赖天旺,等. 南方高速公路边坡生态防护的某些问题及施工对策[Z]. 中国公路学会,2002.

边坡的开挖过程中,由于岩石硬度的不同,开挖后坡面的凹凸程度也有很大的差别。在一定的喷播厚度下,凹凸程度越小,露网比例越小。如表1所示。

### 3 客土喷播在渝湛高速公路(粤境段)的应用

2004年7月23日,选渝湛高速公路(粤境段)(下同)K26+380~K26+501左侧路堑边坡作为第一个客土喷播试验点。该边坡坡率为1:1.75,平均高度为15 m,中度风化,岩石边坡。根据该边坡的立