

# 客土喷播技术在山区高速公路 边坡防护绿化中的应用

吕大伟<sup>1,2</sup>, 杨永红<sup>3</sup>

(1. 广东汕揭高速公路有限公司, 广东 揭阳 522015 2. 长安大学, 西安 710064 ;

3. 华南理工大学交通学院, 广州 510640 )

**摘 要** :对汕梅高速公路梅州至畚江段工程建设过程中边坡防护绿化采用客土喷播技术进行经验总结,阐述了客土喷播技术的基本原理、适用条件、材料组成、技术特点、应用前景以及客土喷播的施工方法、施工工艺等,对我国山区高速公路边坡防护绿化方案提供有益的参考。

**关键词** :山区高速公路 ;边坡防护绿化 ;客土喷播

文章编号 :1009 - 647X(2006)03 - 0141 - 05

中图分类号 :U418.9

文献标识码 :A

## Application of Soil Dressing Spray Technology in Mountainous Area Highway Side Slope Protection & Afforestation

Lu Dawei<sup>1,2</sup>, Yang Yonghong<sup>3</sup>

**Abstract** :Based on the experience in adopting soil dressing technology in side slope protection & afforestation in Meizhou - Shejiang sector of Shan - Mei Highway, this paper introduces principle of soil dressing spray technology, application conditions, material composition, technical features, application future, construction method and construction process of soil dress, etc.. It offers good reference to side slope protection & afforestation solution in mountainous area highways.

**Key words** :mountainous area highway ;side slope protection & afforestation ;soil dressing spray

### 1 工程概况及防护条件

汕梅高速公路是广东省高速公路网络的重要组成部分。汕梅高速公路梅州至畚江段工程位于广东省的东北部,行政区划属梅州市,路线全长 27.8 km,双向 4 车道,路基宽 24.5 m,设计时速 80 km/h。路面为水泥混凝土路面。

本项目属于山岭重丘区高速公路,高填深挖较多,最高挖方边坡达到了约 73 m,最高填方达到了 35 m。高速公路建设土石方工程数量巨大,施工造成原地貌及植被破坏严重,对高陡挖方边坡、岩质边坡植被恢复困难,防护工程难度大,如防护和绿化措施不当势必造成水土流失,破坏自然环境,导致高速公路与周围环境景观的不和谐,给司乘人员造成不良的视觉环境,甚至因防护、绿化的技术方案不合理而造成路容景观单调、枯燥、乏味,司乘人员易疲劳,严重的会造成司乘人员心理压力过大、急躁、恐惧等心理反应,容易引发交通事故,给行车安全带来

隐患。另一方面,因防护、绿化的方案不合理还会造成建设资金的浪费,增大了运营管养的难度和成本。

由于公路边坡绿化是近几年才在国内兴起,许多地方对稳定石质和硬土质边坡的防护还停留在传统的硬质防护措施如混凝土喷锚、浆砌片石护坡、浆砌石挡墙等。这些传统的工程防护成本高,破坏了公路景观,对生态植被造成永久性破坏。由于该方法对边坡形成了封闭,部分边坡因地下水不能及时排出而导致边坡失稳、坍塌等病害出现。所以山区高速公路的边坡防护技术方案必须予以高度重视。

#### 1.1 地形、地貌及地质

本项目路线经过山岭重丘区,海拔高度在 80 ~ 170 m 之间,全线地形复杂,沟谷纵横,山峦起伏,植被茂盛,水系发育复杂。路线区内出露的地层有第四系、白垩系、侏罗系、前泥盆系侵入岩等。岩性主要有石英砂岩、粉砂岩、页岩、泥岩、砾岩、花岗岩及混合花岗岩等,多呈灰色和红色。露出部分风化严重、破碎,石质较硬或软硬夹层。沿线土质主要是高

液限粘性土。对边坡防护而言,岩性总体评价差,对防护不利。

## 1.2 水文

区内可分为低山丘陵区、山麓沟谷区 2 个地质单元。2 单元的地下水赋存条件及分布规律具有明显差异。低山丘陵区岩质主要以泥质砂岩、变质砂岩等组成,岩石坚硬致密,地下水赋存条件差,赋水性极为不均匀。

## 1.3 气候

路线位于我国低纬度地区,临近海洋,属亚热带季风性气候。昼夜温差大,温和潮湿,雨水充沛,四季常青。年平均气温  $21.2^{\circ}\text{C}$ ,最高气温达  $39.5^{\circ}\text{C}$ ,最低气温  $-7.3^{\circ}\text{C}$ 。年平均日照时间  $2\,000\text{ h}$ ,年降雨量达  $1\,800\sim 2\,000\text{ mm}$  以上,多集中在 5 月—8 月,相对湿度较大。

## 2 原设计防护、绿化方案

原设计防护工程大量采用浆砌片石护面墙、挡土墙、抗滑桩、锚杆、浆砌片石满铺、浆砌片石拱形骨架防护等技术方案。土质下边坡主要采用植本地草绿化防护,上边坡采用植台湾草绿化防护。技术单一,缺乏针对性。

## 3 防护、绿化技术方案的优化设计

首先对全线挖方高边坡的岩质、土质、水理情况、边坡的裂隙发育情况、整体稳定性逐个进行评估论证。参考国内外高速公路边坡防护、绿化的发展动态及设计理念,结合本项目的特点,在边坡防护、绿化的设计方案、治理理念上进行有益的探索,确定本项目高边坡防护、绿化的治理原则。通过防护、绿化工程的优化设计,使本项目的防护绿化达到路容景观与自然景观和谐、水土保持良好的效果。

近年来国外非常重视生态防护,基本废除了浆砌片石、挂网喷浆等硬性措施,多采取柔性生态防护方案。结合国内技术条件,经研究,本工程提出边坡防护的治理理念是:稳定为首、刚柔相济、草木结合、和谐自然、经济美观。

边坡绿化设计基本理念是:确保边坡的稳定,保护自然环境,最大限度地恢复在公路修建过程中被破坏的生态环境,以中远期效果为主,兼顾前期效果,注重乔、灌、草、花有机结合,立体配置,努力建设一条持久、生态、和谐自然的绿色通道。

防护工程的治理原则:原则上采用刚柔相济的

防护治理方法,少用或不用外观差、造价高、施工困难的护面墙、高大挡墙等圬工砌体防护方案。对整体欠稳定的挖方边坡或有潜在滑动面的边坡及局部不稳定的边坡通过采取放缓边坡主动卸载、锚杆格子梁、锚索格子梁、坡脚矮挡墙、抗滑桩等防护支挡措施,采用动态设计、动态施工的方法,采取刚性防护措施确保挖方边坡的稳定、安全。

绿化防护原则(1)对填方边坡主要采用乡土草种、灌木及乔木花草混种混植进行绿化。乡土植被生命力强、适应性强、容易成活、不需要养护,与周围自然植被相协调(2)对挖方土质高边坡主要采用三维网植乡土草、沟槽喷播乡土草籽、满铺台湾草的绿化方案(3)对挖方岩质边坡及绿化困难的边坡采用客土喷播的绿化新技术。

## 4 本项目应用客土喷播技术的经验总结

### 4.1 本项目岩质边坡情况

本项目路线经过的是山岭重丘区,高填深挖较多,30 m 以上挖方高边坡多达 32 处,多数为裂隙发育、风化严重的岩质边坡。对于岩质边坡原设计坡率第一级为  $1:0.35$ ,第二级为  $1:0.5$ ,第三级为  $1:0.75$ ,第四级以上为  $1:1$ 。原设计岩质边坡均采用护面墙的方案,没有绿化措施。

设计优化后,对于破碎、有潜在滑动面的岩质边坡通过刚性骨架防护后,采用生态防护措施进行防护和绿化,很少采用浆砌片石及挂网喷浆等圬工防护形式。

### 4.2 岩质边坡绿化方案比选

通过分析、论证、比较,确定岩质边坡绿化采用客土喷播的技术。刚柔结合,以生态防护为主,结合自然环境,绿化体现地域化与自然景观及人文景观相协调,使路容路貌简洁、环保、和谐。本工程对于硬岩、软岩、硬土等较贫瘠的挖方边坡上种草绿化,经多方案比较最后采用客土喷播技术。

### 4.3 客土喷播技术

#### 4.3.1 基本原理

客土喷播技术是将客土(植物生存的基础材料)纤维、侵蚀防止剂、长效缓释性肥料和种子等按一定比例配合,加入专用设备中充分混合搅拌后,通过空气压缩机压缩空气喷射到坡面上形成所需要的生育基础。对裂隙发育的硬岩坡面、软岩坡面、砂地、贫瘠地、酸性及碱性土壤等植物生长困难地区,

表 1 植物生存和生长需要土层的厚度					cm
分类	大灌木	小灌木	草本植物	浅根乔木	深根乔木
生存最小厚度	45	30	15	60	90
生长最小厚度	60	45	30	90	150

该技术形成的耐侵蚀性生育基础使边坡尽快恢复草本群落成为可能,从而达到防护及绿化边坡的目的。

(1) 客土喷播的土壤学原理

土壤是植物生长的基础,不同的植物对生长基础厚度、生长条件的要求不同,对于一般土壤而言,植物所需土层最小厚度如表 1 所示。由于有机质生育基础具有比一般土壤优良的保水及保肥性,植物在其中生长所需厚度比表 1 要小。

决定喷播厚度主要有 3 个因素:边坡岩质情况、年降雨量及挖方边坡坡度,如表 2~4 所示。

除厚度外,植物对土壤的化学性质和物理结构也有相应的要求。一般来说,土壤过酸或过碱都不利于植物生长;土壤过疏、过密,或团粒结构差,都会影响植物生长。因此,在客土材料的选择和配比时要充分考虑这些因素。

表 2 边坡岩质情况与平均喷播厚度

硬度指数/kg/m <sup>2</sup>	客土喷播平均厚度/mm
大于 38	50~80
14~38	40~65
6~14	30~55

表 3 年降雨量与平均喷播厚度

年降雨量/mm	客土喷播厚度/mm
1 200~1 400	50~100
1 400~1 600	40~60
1 600~1 800	38~55
1 800~2 000	35~50
2 000~2 200	30~45
大于 2 200	20~30

表 4 坡度与平均喷播厚度

边坡坡度	客土喷播厚度/mm
1:1.2	32~55
1:1.0	35~57
1:0.8	38~78
1:0.6	50~90
1:0.4	55~120

(2) 客土喷播的生态学原理

稳定的植物群落应具备以下基本特征:

① 是长期演替的结果,能适应当地的气候、土壤条件;

② 立体结构,乔、灌、草有机结合,分布合理;

③ 能自我繁衍,生态功能强。

本项目进行客土喷播绿化,选择植物时主要从生态学的角度出发,尽可能采用乡土植物种类,并且模拟自然群落,采取乔、灌、草合理配置。

4.3.2 客土喷播的材料要求

(1) 种子:选择抗性好、适应性强、耐瘠薄、耐旱的优良灌木及草本植物混播,如乡土乔木、灌木、草种子。

(2) 客土材料:以天然有机质土壤改良材料为主体,混入含各种对植物生长有益的有机质及无机质材料。

(3) 料、营养材料:采用高效化学合成肥料及缓效肥料,提供植物生长不同时期所需营养。

(4) 稳定剂:采用木质纤维,增加混合料强度及孔隙率,使喷播层稳定性增强。

(5) 粘结剂:采用高分子聚合物及天然植物加工而成,使喷播材料在其作用下相互紧密连接形成一定厚度的喷播层,并与坡面表面粘结在一起而不下滑流失,形成良好的团粒结构。

(6) 水:普通植物生长所需水分,要求采用无污染水。

4.3.3 客土喷播技术的适用条件

裂隙发育的基岩坡面、砂地、贫瘠地、盐碱地等酸性及碱性土壤等植物生长困难的地区、硬土质边坡、软岩边坡、风化的岩质边坡、坡度较陡的边坡等。在锚杆格子梁、锚索格子梁、人字形骨架防护、拱形骨架防护、直接绿化等防护形式中均可采用此绿化方案和技术。

泥状客土喷播特别适用于风化岩、土壤比较少的软岩及土壤硬度较高的土质坡面。能够在这些绿化比较困难的坡面,通过添加营养土,创造植物生长条件,达到绿化的目的。

(1) 客土喷播与一般的喷播最明显的区别在于,它可以在土壤比较贫瘠、高硬度的坡面上进行绿化施工。

(2) 偏陡的坡面,可与挂网、菱形及拱形骨架防护相结合。既增加了边坡稳定性又可以达到绿化的目的。与其它防护方法如浆砌护坡比较,具有安全

和经济特性,效果是其它方法无法比拟的。

#### 4.4 本项目客土喷播的应用

##### 4.4.1 材料组成

种子:本地区植被种类很多,根据本项目边坡的岩质、土质情况、气候情况、绿化要求选择了狗牙根、百喜草、柱花草、知凤草等;客土材料:当地的优质耕植土;肥料:微生物菌体、N、P、K、微量元素合成肥料;营养材料:生长激素,PH 值为 6.0~7.0,饱和容重为 0.5~0.6 t/m<sup>3</sup>;稳定剂:木质纤维;粘结剂:高分子聚合物;水:普通的灌溉用水。

##### 4.4.2 主要施工设备

主要设备:客土喷播机(空气压缩机)、输送管、普通卡车、抽水泵、自动震动筛。

##### 4.4.3 技术特点和优点

(1)以土壤结构改良为突破口,力求简化公路植被养护管理。将处理加工过的树皮、纤维、养生材料、植物种子与少量的当地优质土混合,添加营养剂、粘结剂和土壤稳定剂制成客土,借助喷播机均匀喷于坡面上。

(2)喷播设备性能优良,使岩石坡面不具备植物生长条件的高大边坡完全可以实现绿化。

(3)植物生长状态良好且可持续发展性优。由于生长基础是由有机物、各种土壤改良材料、化肥等构成,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。

(4)可与工程防护方法结合应用。在边坡陡急、基岩不稳定的条件下,可先使用格子梁及喷锚方法使边坡稳定,然后再使用本方法进行绿化。

(5)由于客土的应用,为灌木和树木的根系提供了良好的生长基础,能够实现草、灌、乔合理的植物群落配比,达到建成后路域植被与自然植被融为一体效果。

(6)抑制山体风化。有机质生长基础与喷混植生及喷浆相比,有机质生长基础隔热性大,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减轻冻结。

(7)抗雨水侵蚀性强。由于生长基础混合料中有粘合剂,且通过空压喷付于坡面,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。

(8)乔、灌、草群落在坡面上很好种植。由于灌木根系可扎入岩石缝隙,在固土护坡效果上,起到比

草本植物更可靠的作用,可较大程度地减少边坡坍塌,节省维护费用,提高交通安全。

(9)经济美观。与护面墙、挂网喷浆相比较,有明显的经济效益和美观性,单价不到普通 25~30 cm 厚浆砌片石护面墙单价的一半,具有明显的经济可行性。

应用客土喷播技术,防护绿化工程水土保持好、经济性好、使用寿命长、机械化程度高、施工干扰小、美观自然且不需要养护。

##### 4.4.4 施工顺序及注意事项

施工顺序:边坡开挖→明、暗排水施工→边坡刚性骨架防护→边坡表面清理、修饰→边坡岩、土质酸碱度检测→酸碱性岩、土的中和处理(在肥料中添加中和剂)→客土材料的准备(草、灌木、乔木、耕植土、粘结剂、稳定剂、水)→设备调试→试生产→检验喷播效果→调整后规模生产。

注意事项:

(1)边坡开挖要采取动态施工的方法,注意观测边坡的稳定性,边开挖、边完善排水并同步进行刚性骨架防护工程施工;

(2)边坡防护要动态设计,岩土工程复杂多变,要根据边坡开挖岩质情况与勘探资料核对,对设计方案及时进行调整,确保边坡稳定;

(3)对边坡的岩质情况、裂隙发育情况、水理情况、酸碱度等进行分析、测试,做到一坡一客土喷播配比方案;

(4)施工时注意天气的变化,大雨前禁止施工,以防突然降雨造成冲刷破坏;

(5)施工最好选在雨季施工,减少浇水灌溉的施工投入;

(6)注意高空作业的安全生产工作,做到安全生产措施到位。

##### 4.4.5 绿化效果

客土喷播是将土木工程、环境工程、生态学工程及植物学等学科交叉综合运用,整治边坡以柔性防护的形式实现建“生态高速”的理念。本项目岩质边坡采用客土喷播技术后,高速公路变成了绿色通道,达到了路容景观与自然景观的统一、连续、和谐,解决了高速公路岩质边坡绿化难的问题。

## 5 结语

我国是一个多山的国家,公路建设中土方工程量较大,特别是西部地区高速公路建设深挖高填现象

普遍。以往对于石质的挖方边坡,由于缺乏植物生长的基础,无法绿化。西部地区则由于干旱少雨,植被恢复十分困难。客土喷播则很好地解决了这些难题,为建设生态绿色通道创造了条件。因此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一定的贡献。希望本次汕梅高速公路梅州至畚江段边坡工程绿化防护的经验能为以后的边坡生态修复提供一些帮助。

### 参 考 文 献

[1] 中国岩土锚固新技术编写组. 岩土锚固新技术[M]. 北京:人民交通出版社,1998.

- [2] 李 斌. 公路工程地质(第二版)[M]. 北京:人民交通出版社,1995.
- [3] 中华人民共和国交通部. JTG B01-2003 公路工程技术标准[S]. 北京:人民交通出版社,2000.
- [4] 洪毓康. 土质学与土力学[M]. 北京:人民交通出版社,1995.
- [5] 交通部第一公路工程总公司. JTJ 033-95 公路路基施工技术规范[S]. 北京:人民交通出版社,1997.
- [6] 高速公路丛书编委会. 高速公路路基设计与施工[M]. 北京:人民交通出版社,1998.
- [7] 高速公路丛书编委会. 高速公路环境保护与绿化[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [8] 高民欢,李 辉,张新宇,等. 高等级公路边坡冲刷理论与植被防护技术[M]. 北京:人民交通出版社,2005.

(上接第 136 页)

服务质量:

(1) 服务的方便性:客户通过统一的接入号码来访问呼叫中心。这不仅方便客户,而且也利于高速公路企业树立品牌形象和综合利用资源;

(2) 服务手段多样化:客户不仅可以使电话,而且也可以使用传真、Internet 等多种手段访问呼叫中心。同时,呼叫中心也可以使用电话、传真和 E-mail 等多种手段及时回复客户;

(3) 服务时间瞬间化:可尽量地使客户在一次呼叫中快速得到所需的多种服务。为了实现这一目标,呼叫中心系统采用智能路由、基于技能的路由和自动呼叫分配 CTI 等先进技术来完成对话路、数据资料的灵活控制;

(4) 服务方式人性化:通过播报预计等待时间,吸叫转至特定座席、与话路同步的屏幕弹出式窗口和智能回叫等技术,使呼叫中心的服具有人性化的特点;

(5) 服务功能主动化:提供呼出等功能(Outbound Call)来实现产品业务推广等功能。

### 4 建设中应注意的问题

呼叫中心的规划建设,无论是从业务内涵的深入挖掘及整理,还是考虑到未来呼叫管理及调度的统一性,均应在其发展空间上有相应的考虑和计划。既要充分满足目前管理的实际需要,更要实现与其他业务系统的并接,包括自动呼叫分配(ACD)、交互式语音应答、用户交互管理、计算机电话集成(CTI)、内部信息交流等。在呼叫中心系统的实施过程中,

还会涉及到方方面面的问题,这些问题包括特服号的申请与宣传(号码、功能、收费和宣传形式)、权属的分配、座席的设置,与电信网的接续、高速公路内部网络上信息的传输,管理机构的设置及职能的分类归并、信息管理与服务内容的制定、业务系统与流程的设计、语音交换平台的建立、应用信息数据库的建立、呼叫人员的精确定位等。这些问题解决的好坏,将直接影响到呼叫中心的功能、性能服务水平和服务质量。

为了方便系统升级和向更高一级的呼叫中心平滑过渡,呼叫中心在设计和建设的过程中,必须留有冗余的接口和统一的规范。

### 5 结语

在高速公路迈向现代化管理的进程中,只靠单一的系统不可能提供完善优质的服务,各种网络必须协调发展,使之互联互通共享各种信息资源,才能提供最完善的服务。而呼叫中心正是将各个独立的系统连接起来,在客户与公路企业之间搭起了一座沟通联系的桥梁。它促使公路企业改进服务水平,提升企业形象,并将为高速公路的长远发展奠定坚实的基础。

### 参 考 文 献

- [1] 曹 阳,彭建忠. 应急电话风光不再 呼叫中心渐成气候[J]. 中国公路,2005(7).
- [2] 崔录库. 高速公路紧急电话系统新尝试—特服号紧急电话系统的应用[J]. 中国交通信息产业,2005(2).