

# 高速公路岩石边坡客土喷播生态防护技术的应用\*

邹维列<sup>1</sup> 蒋英明<sup>2</sup> 林晓玲<sup>3</sup>

(1. 武汉大学; 2. 三门建设工程质量监督站; 3. 浙江中技建设科技开发有限公司)

**摘 要：**路基边坡的防护和绿化是紧密联系的,应该综合起来考虑采取工程和植被相结合的措施,这就需要运用综合治理和生态防护的概念来选择方案。客土喷播技术就是这些生态防护措施的代表。详细阐述了客土喷播技术的原理、所用材料及应用优点。

**关键词：**客土喷播; 岩石边坡; 生态防护

高速公路的建设在极大地推动经济发展的同时,也带来了严峻的环境问题,如:大量高填深挖破坏了原始岩土的稳定性的,导致了许多的不稳定因素,给生命财产安全带来隐患;大量填挖工程及防护工程破坏了原始地貌,使得沿线植被难以恢复;植被破坏加剧了水土流失;运营期间还存在尾气和噪音等污染。欧美日等发达国家和地区较早重视保护生态环境。这些国家将生态保护和恢复措施纳入了高速公路建设之中,并且为此进行了长期的研究和实践。以往针对公路边坡按防护和绿化 2 种问题分别采取措施,这样往往顾此失彼。实际上,路基边坡的防护和绿化是紧密联系的,应该将其综合起来考虑,采取工程和植被相结合的措施。这就需要运用综合治理和生态防护的概念来选择方案。如今这些国家已经基本废除了浆砌片石和喷射水泥砂浆护面等破坏自然环境的工艺在边坡防护中的大量应用,取而代之的是各种带有柔性支护和绿化功能的生态防护措施。客土喷播技术就是这些生态防护措施的代表。

## 1 客土喷播的基本原理

由于普通的液压喷播植草技术提供的植物生长环境薄弱,草种对地质和气候的适应性差,因此养护成本高,且容易衰退。从 20 世纪 80 年代开始,日本在湿法喷播技术的基础上,开发出了客土喷播技术,施工中添加了客土、纤维和粘结剂等,喷播厚度达 1~10 cm,可以在石质边坡等条件很差的地段建立很好的植被。该技术将客土(生育基础材料)、纤维(生育基础材料)、侵蚀防止剂、缓效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后,通过泵、压缩空气喷射到坡面上形成所需的基层厚度,从而实现绿化的目的。客土喷播技术现在不仅在日本得

到了广泛应用,而且已在韩国、台湾、印度、尼泊尔、吉布提等国家和地区进行了推广,为世界公路绿化和自然保护做出了贡献。

### 1.1 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的要求不同。对于一般土壤而言,植物所需土层最小厚度见表 1。

表 1 植物生长基础的厚度要求

分类	生存最小厚度/cm	生长最小厚度/cm
草本	15	30
小灌木	30	45
大灌木	45	60
浅根系乔木	60	90
深根系乔木	90	150

由于有机质生育基础材料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。

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。

### 1.2 生态学原理

稳定的植物群落具备以下基本特征:(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。

因此进行客土喷播绿化,选择植物时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。

## 2 客土喷播所需的主要材料

- (1)种子:选择适应性强、耐瘠薄、耐旱的优良灌木及草本植物混播。
- (2)客土混合料: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效的有机质及无机质材料。
- (3)养生材料: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。
- (4)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。
- (5)肥料: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。
- (6)水:选择无污染水源作为喷播用水。
- 客土喷播以实现完全绿化为目标,使用专门的机械设备,尽最大可能将客土喷播于土地条件差的区域,创造一个类似表土的表层结构,建立植物生长的基础。客土不仅对植物,而且对微生物创造了适宜的生存空间,成为物质循环的一个重要部分,对维持自然生态起到举足轻重的作用。

## 3 客土喷播技术的优点

- (1)植物生育状态良好且可持续发展性优。由于生育基础是由有机物、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。
- (2)抑制山体风化。有机质生育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减轻冻结。
- (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。
- (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林稳定,之后再使用本方法进行绿化。
- (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。

## 4 客土喷播与其它防护工程对比

表2和表3将客土喷播和喷混植草,以及片石护坡和挂网喷混浆等防护工程的特性进行比较。

表 2 几种防护方式比较

	片石护坡	喷混植草	挂网喷混	客土喷播
适用范围	局部稳定性	局部稳定性	局部稳定性	局部稳定性
地质情况	整体稳定	整体稳定	整体稳定	整体稳定
	风化较严重	风化较严重	岩石边坡	岩石边坡
经济性 /(元·m <sup>-2</sup> )	200~250	80~100	130~150	120~160
美观性	差	好	差	好
水土保持	差	好	差	好
使用寿命	较差	较好	差	好
机械化程度	低	高	低	高
施工干扰	大	小	大	小

表 3 喷混植草和客土喷播比较

	喷混植草	客土喷播
适用地质	硬石、软石	软石、硬石、坚石
坡度	1:1.2~1:0.3	1:1.5~1:0.75
厚度/cm	8~15	3~12
土壤改良	无	有
混合料	有机混合料	有机混合料
植物	草本	草、木本
寿命	长	长
养护	有少量养护	无需养护

## 5 应用实例

图1、图2、图3 为该技术2000 年在某高速公路岩石边坡应用的情况。采用客土喷播,取消了大量破坏环境的浆砌片石和混凝土防护形式,取得了良好的效果。其应用情况如下:岩性为泥质砂岩、裂隙发育、

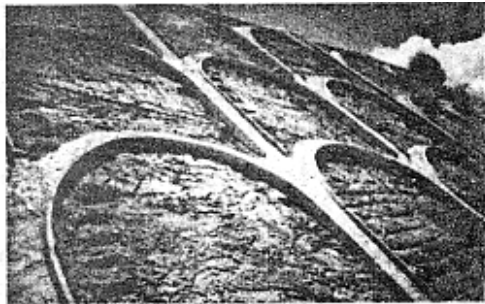


图 1 客土喷播施工前的边坡



图 2 客土喷播施工中

岩性破碎。坡比为 1:0.75 或 1:1,面积约 1.7 万

m<sup>2</sup>。喷播厚度为 6~8 cm,挂网情况为:部分地段无网、部分地段单层网、部分地段立体网(双层网)。采用的锚杆分长锚杆(2 m)和短锚杆(0.2~0.4 m)。

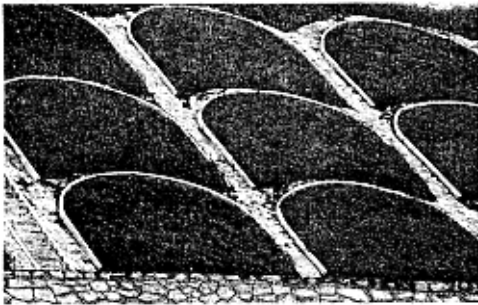


图 3 客土喷播完成 3 个月后的边坡

6 结 论

客土喷播是将土木工程、环保工程、生态工程及植物学等学科充分结合,整治边坡的有效方法,它以柔性护面墙的形式表达了建立“生态高速”的理念。从掌握的资料来看,客土喷播在良好的设计和施工情况下,其防护效果好,而且绿化效果可以覆盖

整个坡面。由于其造价略低于挂网喷混凝土等,因此相比之下有一定的技术经济价值。该方法在日本、欧美和台湾等国家和地区应用比较多且日臻成熟。愿该技术在国内能够得到更大的发展和提高,也希望通过该技术在国内的应用能够促进我国土木工程领域中环境保护工程技术的发展。

参考文献

[1] Koerner R M. Design with Geosynthetics[M]. 4th edition, new Jersey: Prentice Hall, 1999.  
[2] 张季如. 绿色生态护坡材料与边坡侵蚀防护技术的研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2002.  
[3] 王 钊. 国外土工合成材料的应用研究[M]. 香港:现代知识出版社,2002.

收稿日期:2004-08-05.  
邹维列:男,1969 年生,博士生,讲师;武汉,武汉大学土木建筑工程学院(430072).  
\* 水利部科技推广中心资助(00437201000081).

立陶宛将新建木地板材厂

据立通社报道,立陶宛主要家具企业将共同投资 4 300 多万欧元兴建新的木地板材厂,年生产能力为 30 万~35 万 m<sup>3</sup> 目前立全国有两家木地板材厂,年生产能力为 26 万 m<sup>3</sup>。(张景)

(摘自《中国建材报》)

世界部分地区住宅建筑围护结构传热系数设计标准对比 (w · m <sup>2</sup> k) <sup>-1</sup>			
地区	外墙	外窗	屋面
中国北京	1.16~0.82	3.5	0.80~0.60
瑞典南部	0.17	2.5	0.12
德国柏林	0.5	1.5	0.22
美国气候与北京相近地区	0.32~0.45	2.04	0.19
加拿大	0.36	2.86	0.23~0.4
日本北海道	0.42	2.33	0.23
俄罗斯气候与北京相近地区	0.77~0.44	2.75	0.57~0.33

(摘自《中国建材报》)