

# 客土喷播在边坡生态修复与防护中的应用

章梦涛 邱金淡 颜冬

(深圳市如茵生态环境建设有限公司 518057 深圳)

**摘要** 为了推广客土喷播技术在边坡生态修复与防护中的应用,结合业已完成的客土喷播技术应用实例,对该技术的原理、技术要点、适用范围进行了较完整的介绍。客土喷播技术融工程防护和生物防护为一体,其特点是,以高分子黏结剂代替水泥,重视生态保护,采取以柔性防护为主的措施等,以求自然生态景观得以恢复重建。

**关键词** 客土喷播;生态修复;生态护坡

伴随城市建设和交通网络的迅速发展,全国各地形成了许多的裸露边坡。这些裸露的边坡,不仅造成了水土流失,并导致边坡塌方,同时还极大地破坏了城市和路段的环境生态景观。传统的边坡防护措施(如喷锚、浆砌片石骨架、水泥骨架、挡土墙等),虽然能有效确保边坡的稳定,但与周边的景观协调性差,满足不了现代城市景观和人们追求舒适居住环境的要求。新兴的客土喷播技术,能同时满足生态修复和护坡的双重需要。

深圳市如茵公司,是国内最早研究和应用生态防护技术的单位之一。章梦涛等人早在1999年,就对边坡绿化的设计、植草技术、路堑边坡的绿化防护等进行过报道<sup>[1]</sup>。随后,公司在2000年又报道了岩质坡面喷混快速绿化新技术<sup>[2-3]</sup>,该技术就是目前常提到的喷混植生技术。公司自行开发的岩质坡面喷混植生技术,不仅于2001年获得了深圳市科学技术进步二等奖和2002年广东省科学技术进步三等奖,而且在工程实践中得到了成功应用。

客土喷播技术,在20世纪90年代从日本传入我国<sup>[4]</sup>,2002年以来,该技术业已在广东、湖南、四川等省开始大面积推广应用<sup>[5]</sup>。在以前喷混植生技术应用的基础之上,如茵公司近几年来对客土喷播技术进行了研究和成功的应用。现对该技术的原理、技术要点及应用情况做一简要介绍,以便在边坡生态修复与防护中得到进一步推广应用。

## 1 客土喷播技术的原理及其要点

### 1.1 客土喷播技术原理

客土喷播技术,是将植物生长的基础——土壤

与有机基材、高分子黏结剂、保水剂、肥料和种子等,按一定比例混合,经过机械充分搅拌均匀后,利用注浆泵和空气压缩机提供的动力,喷射到坡面上,形成适宜植物生长的土壤层,种子发芽、生长成坪后,可以对边坡的稳定起到有效的保护,从而达到快速修复生态系统和护坡的目的。客土喷播以重建植被生态系统和生物护坡为目标,是一项兼顾边坡防护和绿化美化环境于一体的生态防护技术。与传统的边坡防护措施相比,客土喷播技术有明显的生态效益和经济效益,其平均造价只有传统浆砌片石的30%左右。

### 1.2 客土喷播的技术要点

1.2.1 有机植生基材的开发 客土喷播的材料,是边坡生态修复与防护的关键因素。客土材料的配比是否合理,不但影响客土层的开裂与剥离,而且影响种子的发芽、生长及成坪。经过多年的研究和工程实践,目前用于岩质边坡工程绿化的有机植生基材,已开发完成<sup>[6]</sup>。有机植生基材的原材料,主要有土壤、黏结剂、有机基材、肥料、保水剂、种子等。客土喷播技术与喷混植生技术,在工艺流程上大同小异,均针对岩质边坡的生态防护,所不同的是,客土喷播采用高分子材料作为黏结剂。

1.2.2 客土喷播厚度 由于边坡的岩性不同,客土厚度和客土材料也有所不同。一般来说,岩性越强,客土厚度就越厚,岩性越弱,客土层就越薄(见表1)。为了保证植物根系有一定的生长土层,弱风化岩边坡的厚度,应达到10~12 cm,客土材料应增加木屑等材料,以改善土壤物理结构;中风化岩边坡的客土厚度,应达到8~10 cm,强风化岩质边坡的厚度

为 6~8 cm,石夹土边坡为 3~6 cm,以改善土壤肥力为主;土夹石边坡为 1~3 cm,并以有机基材为主,主要是为了改善土壤肥力。

表 1 不同边坡的客土厚度与植物配置

Tal.1 External-soil thicknesses and plant allocation in different slopes

边坡类型	客土厚度/cm	植 物 配 置
弱风化岩	10~12	以藤本和草本为主,并加入适当比例的灌木植物
中风化岩	8~10	以灌木和藤本为主,草本为辅
强风化岩	6~8	以灌木为主,并注意灌、藤、草相结合
石夹土	3~6	以灌木为主,乔、灌、藤、草相结合
土夹石	1~3	以灌木为主,乔木为辅,乔、灌、藤、草相结合

1.2.3 植物配置 植物的配置,应综合考虑边坡类型、坡度和当地的气候等多种因素。植物配置是否合理,直接关系到护坡的效果。如纯草本护坡,虽然前期容易出效果,并且费用比较低廉,但由于草本植物的根系一般比较浅,抗拉强度比较小,护坡的效果相对较差,同时草本植物容易退化,造成斑秃。所以,草本植物最好当作先锋植物,为乔木、灌木和藤本的生长提供一个较好的生态环境;藤本植物比较适合于比较高陡、并且凹凸不平的弱风化岩和中风化岩边坡的生态修复,其缺点是侵占性强,不利于草本、灌木和乔木的生长;灌木的根系比较发达,适应性和抗逆性都比较强,土石边坡和强风化岩边坡,以灌木为主,能达到较理想的护坡效果,其不足是建植速度比较慢,前期防止侵蚀的能力比较弱,需与合适的草本结合使用;乔木由于树体比较高大,根系比较发达,所以只能在土石边坡上配合灌木使用。

国外把植物固坡作为一种工程技术进行深入研究,是近 10 多年的事情,而国内起步较晚,只是近几年才对植物固坡研究逐渐重视起来<sup>[7]</sup>。目前,如茵公司客土喷播所使用的主要植物种类与品种,列于表 2。

## 2 技术适用的条件及应用实例效果分析

一般来说,客土喷播适合坡度 70°以下的石质或质地密实坚硬的土质边坡的生态修复与防护。由于边坡的立地条件千变万化,客土喷播的技术要求也有所不同。

万方数据

表 2 客土喷播使用的主要植物类别与品种

Tal.2 Main plant categories and species in external-soil sprays seeding

类 别	品 种
乔木	台湾相思( <i>Acacia confusa</i> )、大叶相思( <i>Acacia auriculaeformis</i> )、银合欢( <i>Leucaena leucocephala</i> )、金合欢( <i>Acacia farnesana</i> )、柠檬桉( <i>Eucalyptus citriodora</i> )、沙棘( <i>Hippophae rhamnoides</i> )、刺槐( <i>Robinia pseudoacacia</i> )
灌木	山毛豆( <i>Tephrosia vogelii</i> )、胡枝子( <i>Lespedeza bicolor</i> )、多花木蓝( <i>Indigofera amblyantha</i> )、紫穗槐( <i>Amorpha fruticosa</i> )、山蚂蝗( <i>Desmodium racemosum</i> )、火棘( <i>Pyracantha fortuneana</i> )、决明( <i>Cassia tora</i> )
藤本	葛藤( <i>Pueraria lobata</i> )、大翼豆( <i>Macroptilium atropurpureum</i> )、罗顿豆( <i>Lotononis bainesii</i> )、蝶豆( <i>Cliptoria ternatea</i> )、蝴蝶豆( <i>Centrosema pubescens</i> )、Eragrostis pilosa、山茅麦( <i>Silvagine fleecflower</i> )
草本	百喜草( <i>Paspalum notatum</i> )、狗牙根( <i>Cynodon dactylon</i> )、画眉草( <i>Eragrostis pilosa</i> )、紫花苜蓿( <i>Medicago sativa</i> )、糖蜜草( <i>Melinis minutiflora</i> )、花柱草( <i>Stylidium uliginosum</i> )、臂形草( <i>Brachiaria eruciformis</i> )、宽叶雀稗( <i>Paspalum wettsteinii</i> )、高羊茅( <i>Festuca arundinacea</i> )、黑麦草( <i>Lolium perenne</i> )、小冠花( <i>Coronilla varia</i> )、红豆草( <i>Onobrychis viciifolia</i> )、白三叶( <i>Trifolium repens</i> )、披碱草( <i>Elymus dahuricus</i> )、结缕草( <i>Zoysia japonica</i> )、野牛草( <i>Buchloe dactyloides</i> )、狼尾草( <i>Pennisetum clades-tinum</i> )、狗尾草( <i>Setaria viridis</i> )、草木樨( <i>Melilotus officinalis</i> )、草地早熟禾( <i>Poa pratensis</i> )、无芒雀麦( <i>Bromus inermis</i> )

惠河高速公路边坡,大多呈裸露状态,水土流失严重,影响公路景观。为了将高速公路建设成“绿色通道”,这些开挖边坡必须得到整治。根据边坡的性质,整治方法采取客土喷播技术。惠河高速公路二期边坡,属于土石边坡,含沙量较大。半年后,边坡除草被覆盖外,部分灌木也呈现出良好的生长状况(见图 1)。

实践证明,客土喷播方法理念先进,施工工艺成熟。由于客土可以由机械拌和,挂网实施容易,因此,该技术施工的机械化程度高,速度快。经过在惠河高速公路的边坡试验和应用结果可以看出,该技术无论是效率还是成本都比浆砌片石护面墙和挂网喷混凝土防护要优越,而且植被防护的效果良好,四季保持青绿,与周边环境协调,后期植被养护成本极低,因此,只要选择好草(灌)种子,加上合适的混合料配方,客土喷播方法可以在全国各地推广应用。



图 1 惠河高速公路二期原始边坡与治理后的边坡比较

Fig.1 The comparison between the original slope and controlled slope by external-soil spray seeding technique in Huihe- II highway

### 3 结语

客土喷播防护边坡,主要靠植物根系的锚固作用和加筋作用来实现。植物根系垂直扎入深处较为稳定的岩土层,如同在边坡上打了无数的锚杆,对边坡起到锚固的作用,浅层交错盘结的根系,对边坡起到加筋的作用,把整个边坡连接成有机统一体。此外,植物的茎叶能避免坡面被雨水直接冲刷,并能有效减缓地表径流速度,从而起到保护边坡的作用。

客土喷播不仅可以涵养水源,减少水土流失,而且还可以净化空气,保护生态,美化环境,具有良好的经济效益、社会效益和生态效益;因此,裸露边坡采取生态防护措施,必将成为主流,客土喷播作为一种新兴、有效、经济的生物护坡技术必将在全国得到更加广泛的推广和应用。

### 4 参考文献

1 章梦涛,付奇峰.浅谈边坡的绿化防护.路基工程,1999

(1) 37-39

- 2 章梦涛,付奇峰,吴长文,等.岩质坡面喷混快速绿化新技术浅析.水土保持研究,2000,7(3):65-66,75
- 3 章恒江,章梦涛,付奇峰,等.岩质坡面喷混快速绿化新技术.国外公路,2000,20(5):30-32
- 4 李旭光,毛文碧,徐福有,等.日本的公路边坡绿化与防护:1994年赴日本考察报告.公路交通科技,1995,12(2):59-64
- 5 马万权,沈康健,邓辅唐,等.客土喷播技术对石质边坡防护的运用.云南交通科技,2003,19(3):7-11
- 6 章梦涛,李天安,邱金淡,等.有机植生基材在岩质坡面快速绿化技术中的开发应用.生态环境,2003,12(2):250-252
- 7 杨永兵,施斌,杨卫东,等.边坡治理中的植物固坡法.水文地质工程地质,2002,1(1):64-67

(本文由南方水土保持研究会推荐)

## Application of External-Soil Spray Seeding Technique to Slopes Natural Eco-restoration and Protection

Zhang Mengtao Qiu Jindan Yan Dong

(Shenzhen Ruyin Ecological Environment Construction Co. Ltd., 518057, Shenzhen, China)

**Abstract** To spread application of external-soil spray seeding technique to slopes natural ecological restoration and protection, combining with examples of the external-soil spray seeding technique application, the principle, technical key engineering points, application range of the technique are introduced perfectly. The technique combines project defend with biologic defend, whose technical characteristics are introduced, such as substituting concrete by high polymer, stressing ecological protection taking mainly soft defend in order to recover nature ecological landscape.

**Key words** 客土喷播; natural eco-restoration; ecological slope protection