

客土喷播技术在洛南高速公路的应用

杨 雄

(中铁隧道集团四处有限公司 广西 南宁 530003)

[摘 要]随着我国可持续发展战略的实施,国家对基础设施建设的生态环境保护、生态环境恢复及生态环境建设的要求也在逐步提升。因此在高速公路建设中,建环保路、生态和谐路已成为高速公路建设的重要发展方向。结合客土喷播在洛南高速公路洛阳段挖方路基边坡防护中的实践应用,对客土喷播环境条件、机械设备、材料选择、施工工艺等方面做了详尽的介绍,并就客土喷播在路基防护的适用条件、实施方案的改进等方面进行了探讨。

[关键词]高速公路 客土喷播 边坡防护

中图分类号: U4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-7597 (2008) 0220034-02

一、客土喷播技术应用的概况

(一) 国外、国内客土喷播技术发展状况

客土喷播技术在发达国家边坡防护中的应用已有较长的历史,现其技术已经发展得比较成熟。最早于1936年在美国得到应用,其后日本对客土喷播技术进行了比较深入的研究和应用并将其发展成一门生态防护技术。

90年代末,我国交通部科学研究院从日本引进了客土喷播防护技术,开始在公路岩质路基边坡进行研究和试验。2000年,广东省河惠高速公路开始用客土喷播技术对岩质路基边坡绿化防护进行了试验并取得成功。之后,湖南临长高速公路、云南大保高速公路、河南省洛南高速公路南阳段等相继推广应用并取得了较好的效果。

(二) 洛南高速公路洛阳段引用客土喷播技术的意义

根据国务院国发[2000]31号文件《国务院关于进一步推进绿色通道工作的通知》以及河南省交通厅关于把洛南高速公路建设成生态路、和谐路的要求,针对洛南高速公路深路堑边坡较多的实际情况,对原设计的边坡防护方案进行了优化,废除了原设计中圪工防护方案,引进生态护坡—客土喷播技术对挖方路基进行防护,把洛南高速公路洛阳段建设成“人在车中坐,车在画中行”的生态路。而且,客土喷播进行边坡防护具有施工进度快,人力需用少等特点,可创造较好的经济效益和社会效益。

二、客土喷播技术的基本原理

客土喷播是将植物种子、肥料、保水剂、土壤、有机物、稳定剂等混合物充分混合后,通过高压设备和喷射机按设计厚度均匀喷到需防护的工程坡面,经过养护管理后,植物发芽成长,达到快速绿化贫瘠坡面的目的。

(一) 土壤学原理

众所周知,土壤和水分是植物生长的基本条件之一。不同植物对土壤基础厚度要求不同,同时喷射基质厚度、山体状态、所处地区的年降雨量和边坡坡率有着较大关系。而岩质边坡或是土质贫瘠边坡植物生长困难。客土基质含有丰富有机质,其保水性和保肥性较一般土壤好,适合植物生长的基质厚度也较小。因此,通过喷射机将利于植物生长、发育的基质按照不同的物种所需基础厚度喷射附着到坡面上,经过养护管理后植物生长繁殖。

除植物生长所需基质厚度外,土壤的酸碱性对植物生长也有影响,过酸或过碱上质均不利于植物生长。土壤团粒太密实或太疏松也不利于植物生长。因此,在选择客土材料前,可以先鉴定当地土质、地表水的酸碱性,并充分考虑上述因素后进行优化选择。

(二) 生态学原理

客土喷播种植的植物群落种类必须具有较强的稳定性,能适应当地的气候、土质条件,具有较强的抗逆性、耐寒性、耐干旱性。植物群落具有以下特征:

- 植物群落自然选择的结果,人工恢复植物群落的痕迹不能太明显;
- 乔木、灌木、花草等植物有机结合;
- 具有较强的自我繁衍能力。

因此,采用客土喷播对边坡进行生态绿化时,物种的选择要从生态学角度出发,尽可能采用适应当地自然环境的植物种类及乡土植物种类,并使各植物种类合理配置,以求能形成最接近当地自然植物群落的效果。

三、客土喷播技术在洛南高速公路洛阳段三标的应用

(一) 客土喷播的环境条件

1. 施工区域气候特征

施工区域处于北亚热带向暖温带过渡带,属大陆型季风性气候,其显著特点是:冬季干寒,夏热多雨,干湿交替,四季分明,雨量充沛,光照充足,雨热同期,年平均降雨量690.3~1100mm,年内降雨量多集中在6~8月份,往往占全年降雨量的60%以上。年平均气温14.0℃~14.8℃,每年元月份气温最低,平均气温-2℃~3℃,极端最低气温-21℃,冻结期一般10~20天,冻结深度10cm~20cm。7月份气温最高,极端最高气温44℃。由于受季风影响,冬季多偏北风,夏季多东南风。

2. 洛南高速公路洛阳段三标边坡条件

洛南高速公路洛阳段三标挖方路基起止里程为右线YK10+795~YK10+991、左线ZK10+852~ZK11+051。大部分为石质边坡,高度从5m~24m不等。大于8m边坡在8m高度处设~2m宽碎落平台,一级边坡以上8m处亦设一平台,边坡坡率均为1:1。挖方路基二级边坡以上为土质(亚黏土)边坡;二级以下为强~全风化岩质边坡。岩质为安山岩,岩体较软,裂隙发育,本标段挖方边坡的坡率较缓,具备进行客土喷播防护的条件。

(二) 施工机械设备与材料

1. 施工机械设备的配备

客土喷播防护配备的主要机械设备有:喷射机1台、空压机1台、柴油发电机1台、自落式混凝土搅拌机1台、碎土机1台、抽水泵1台、自卸汽车1辆。同时,为了提高施工效率和更好的控制熟土粒径,采用输送带对喷射机进行喂料。

2. 材料选择

(1) 客土喷播使用的基质材料

东北黑土:由多种微生物菌群发酵而成,其含有较丰富的氮、磷、钾及各种微量元素和生长激素,作用在于改善土壤,促进植物生长。

保水剂:由于岩面不易渗透水,降雨后水分易蒸发,不易于其上植物种子的发芽和生长。保水剂除可以吸收水分外,还可在遇到降雨时迅速而膨胀成凝胶将水分贮存起来,供给植物根系吸收,为植物生长提供必要的条件。用量在12g/m²。

长效复合肥:采用缓释长效肥和速效肥相结合,将各种含N、P、K的肥料按照一定的比例配制而成。设计比例为N:P:K=6:36:6,用量125g/m²。由于其肥力释放持续时间长,可以为植物的生长提供较持久的肥力。

当地土料:采用路基开挖土方的熟土,采用碎土机破碎后,人工过筛处理,以控制熟土的粒径以便于喷射和拌合均匀。

植物种子:经过对当地植物群落考察以后,选用狗牙根、高羊茅、荆条、胡枝子、紫穗槐、紫花苜蓿等物种。狗牙根极耐酷暑、干旱,其夏季生命力较强。高羊茅耐寒性强,特别适合于洛阳这种冬季较寒冷的地区采用,适于各种土壤条件生长,对各种立地条件适应性强。紫穗槐耐贫瘠、耐干旱,根系较发达具有较强的固土能力,生长和繁殖能力强,易与草本植物共生,在陡坡地、石质山地能正常生长。为了使边坡恢复到接近原生态的植物群落,在混合种子中掺加了当地繁殖较多的荆条种子。为丰富景观,再混合种子中加入紫花苜蓿等物种。根据设计,喷播种子配比按以下配比进行配料,详见表3-1、表3-2。

种子配比（适用于一级喷播）

表3-1

植物种类	狗牙根	高羊茅	荆条	胡枝子	紫花苜蓿	小计
播量（g/m ² ）	1.5	2.0	4.0	12	3.5	23

种子配比（适用于一级以上喷播）

表3-2

植物种类	狗牙根	高羊茅	荆条	胡枝子	紫穗槐	小计
播量（g/m ² ）	1.5	2.0	4.0	5.0	15.0	27.5

另外加入草纤维。草纤维可以起到基材的连接强度和整体稳定性。

喷播用水：经检测，施工地点的水源酸碱度合适，可直接取用。

(2) 客土喷播使用的辅助材料

镀锌铁丝网：菱形镀锌低碳铁丝网网孔规格为5.5cm×5.5cm，直径2.2mm。可以使整个喷层连接成一整体，增加喷层附着力和稳定性，形成持久的整体基质板块。

锚杆：用于挂镀锌铁丝网并起到一定的稳固边坡的作用。主锚杆采用长40cm的Φ14钢筋，次锚杆采用长25cm的Φ12钢筋。

(三) 客土喷播施工工艺

客土喷播施工工艺流程：施工准备（修整坡面、坡面排水设施施工、备料等）→铺网、钉网→客土喷播→覆盖→养护管理。

1. 施工准备

(1) 技术交底及安全文明施工培训：施工前除对操作人员进行施工工艺、质量要求等技术交底外，还进行安全文明施工培训，确保人人懂安全文明施工、会安全文明施工，为边坡防护施工打好质量和安全基础。

(2) 坡面排水：在进行客土喷播前先行施工截水沟、平台排水沟、急流槽等排水设施。这样可以避免路基坡面排水设施施工对边坡防护造成损坏，而且还起到了预防冲刷的作用，保证喷播层的稳定性。

(3) 修整坡面：进行客土喷播施工前先将坡面杂物、危石清除，使坡面基本平整。然后检查坡率、路基宽度是否符合设计要求，进行边坡验收。在边坡修整过程中，对坡面转角处及坡顶的棱角进行修整，使之呈弧形，以利于客土喷播施工。为增强喷层附着力，在较光滑的坡面采用人工挖横向楔形槽处理，槽间距0.8~1.0m。对坡面残存植物，在不妨碍施工的情况下尽量保留。

(4) 备料。客土喷播基材混合料中的熟土，施工前要经过挖运、破碎土、过筛、储备等一系列过程，需要较长的备料时间。因此，应在喷播前做好熟土的备料，以免影响施工进度。经过破碎、过筛后的黏土，要覆盖储存好，避免雨淋。其他材料也应覆盖防水。基材混合料喷播前应按设计配比事先分袋或分堆存放，这样做可以保证配比准确，又便于施工，加快施工进度。为了使植物种子更易于发育，乔、灌木种子在喷播前用温水（含浸种剂）浸种1天，草本植物种子在喷播前浸种1~2小时使种子吸水饱和。

(5) 测量放样。喷播前先按设计间距做好锚杆打设位置的放样，并做好标志。主锚杆间距2.0m，次锚杆间距1.0m。当坡面不规则时，可结合坡面实际情况适当调整。

2. 锚杆打设及挂网施工

坡面修理完毕后，挂设菱形镀锌低碳铁丝网。菱形镀锌低碳铁丝网网孔规格为5.5cm×5.5cm，直径2.2mm。岩石处用风钻或电钻按设计间距梅花形布置锚杆。主锚杆每3m²不少于2根，次锚杆每平方米不少于2根，其位置可根据坡面凹凸实际情况适当调整，坡面局部不平整处加密锚杆。坡面锚杆固定采用比钢筋型号小一号的钻头钻孔后，人工用铁锤将锚杆打入，这样可以使锚杆更牢固。锚杆与镀锌网接触呈90°弯起，弯起长度不小于5cm。

挂网施工时采用自上而下放卷，相邻两卷铁丝网分别用铁丝绑扎连接固定，两网交接处重叠宽度要求≥10cm。网与作业面保持一定间隙，并均匀一致。较陡岩面处，可用草绳按一定间隔缠绕在网上，以增强附着力，以确保喷播层能达到设计厚度。菱形网和铺设应保持坡顶处及坡体两侧覆盖不小于1m，小于1m应用更多的锚杆固定。平台排水沟外侧亦挂网客土喷播。

3. 客土喷播

先将准确称量配比好的有机肥、草籽、复合肥、过磷酸钙、当地肥土、植物纤维等按比例拌和均匀，采用喷射机将其喷射到坡面上，并保持喷播厚薄均匀。喷射自上而下进行，分两次实施喷播。第一次喷播厚3cm，待客土稳定后（10~20min）再喷播第二次至设计厚度10cm，在岩性破碎、岩质坚硬坡段喷层厚度可适当增加。采用埋设厚度检测标志的方法对喷播层厚度进行控制。喷射施工时，喷射者应自上而下对坡面进行喷射、并尽

可能保证喷嘴与坡面垂直，距离保持在0.8~1m，一次喷附宽度5~6m。

4. 覆盖

配播完毕后，采用20g/m²的无纺布进行覆盖，以预防成型后喷播层被雨冲刷，避免种子、客土流失；可保温、保湿、防晒，促进植物的生长。

5. 养护管理

种子出芽至幼苗期间，浇水养护以保持土壤湿润，一般每天早晨浇一次水（此浇水频率为秋冬季，炎热夏季宜早晚各浇水一次）。采用洒水车装水，喷管端头加工成若干小孔，以使喷出的水呈雾状，利于喷水养护均匀和避免水量过大而造成冲刷。随植物的生长可逐渐减少浇水次数，并根据降水情况调整。

在植被逐渐生长过程中，对其适时施肥和防治病虫害。喷播施工完毕后3个月左右，进行追肥。采用复合肥，施肥量在40g/m²左右。施肥坚持“多次少量”的原则。喷播完成后一个月，全面检查植被生长情况，对生长明显不均匀的位置，确认原因后予以追播补栽，以确保形成预期灌木群落。一般来说，施工三个月后草本植物覆盖率应达到30~50%，木本植物成株密度应达到10株/m²；施工一年后：灌木群落覆盖率达到90%以上，常绿灌木达到20%以上。

四、几点浅见

经过在洛南高速公路洛阳段三标实践发现，客土喷播实际喷层厚度要达到1.2~1.25倍设计喷层厚度比按照设计厚度控制效果较好。这是因为岩质边坡会造成一部分基质水分散失而导致基质实际厚度达不到设计厚度。

客土喷播技术在边坡防护中已成为一项较理想的边坡生态防护技术，但在选用防护方案前，应充分论证边坡稳定性，不可一味地追求绿化而留下工程质量隐患。

为增添自然效果，可将路基边沟、边坡急流槽等圬工工程隐蔽处理。如我们在洛南高速公路洛阳段三标将边沟、边坡急流槽盖板变更为方孔式，在其上覆以渗水性较好的土；此外，边沟每隔10~30m设置泄水槽，泄水槽上覆以片（卵）石。这样处理后，可以在盖板上进行生态防护处理，使边坡植被整体连成一片，收到了很好的自然景观效果。当然，在南方雨量较大的地区，这种方案是否可行值得商榷。

在硬质石质边坡中，石方路基主要依靠爆破开挖，严格按照设计边坡坡率使边坡成型不易实现，似应将边坡上的危石清除后即可采用客土喷播防护，绿化防护效果更为贴近自然。当然，前提是坡率要达到可以实现采用客土喷播的条件。

客土喷播生态防护技术特别适合于风化岩质边坡、土壤较少的软岩边坡及稳定的土质边坡采用。对于坡度较大、石质成片的坡面在采取相关措施后也可借鉴应用，如在基材中掺加结合剂（普通硅酸盐水泥）及PH缓冲剂等。

对于稳定性差的边坡，可以在采取锚杆、预应力锚索等防护方式后再应用客土喷播进行生态复绿处理。

五、结语

随着我国可持续发展战略的实施，基础设施建设对环保的要求将更进一步提升。客土喷播这种生态防护技术将在公路、铁路、水利建设领域的边坡防护及住宅小区边坡绿化防护、采料场等的生态恢复中将得到进一步的推广应用。

参考文献：

[1]成子桥，客土喷播技术在泌桐高速公路的应用，隧道建设2007.1，27。
[2]蒋鹏飞，舒安平，沈小明等，客土喷播在临长高速公路石质边坡防护中的应用[J].湖南交通科技2002，4。
[3]黄晓增、鲁华锋、武少林，浅谈客土喷播技术在高速公路边坡防护中的应用，河南省路桥工程集团有限公司2007。

作者简介：

杨雄，男，贵州省凯里市人，2002年毕业于华东交通大学土木工程专业，大学本科，助理工程师，现从事施工技术 & 现场管理工作。