

# 一种新型的高速公路边坡生态防护技术

顾小华, 匡栋, 刘 胜, 赵方莹  
(北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

**摘要:** 介绍一种新型的高速公路边坡生态防护技术——植被毯技术, 对其生物防护的原理、特点、设计原则、施工工艺进行探讨, 并在首都 108 国道(石门营—规划六环路)进行试验。该技术良好的生态防护效果及显著的经济技术优势为高速公路边坡尤其是劣性土质和岩质边坡生态防护开辟了新的途径。

**关键词:** 公路边坡; 生态防护; 植被毯技术

中图分类号: S 157.31; U 412.366

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)01-0106-02

## A New Bioengineering Technique for Slope Protection in Expressway

GU Xiao-hua, DING Guo-Dong, LIU Sheng, ZHAO Fang-ying

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** A new bioengineering technique, which is vegetation blanket for slope protection in expressway, is presented, its principle, characteristic, design method and craftwork are discussed with an experiment in capital Shimenying to Sixth Ring Road. The favorable eco-effect and remarkable advantage of the technique creates a new approach for slope eco-protection in expressway especially in inferior land and rock slope.

**Key words:** slope of expressway; eco-protection; vegetation technique

边坡生态防护(Slope Bioengineering Protection)是指单独用植物或者植物与土木工程和非生命的植物材料相结合的固坡措施<sup>[1]</sup>。随着我国高速公路建设快速发展以及人类环境保护意识的不断增强, 边坡生态防护技术越来越受到重视, 在高速公路建设中被广泛应用<sup>[2]</sup>。边坡生态防护技术将边坡保护和边坡绿化有机地结合在一起, 不但有效地防止边坡土体的滑移, 而且在裸露边坡上种植草灌花形成的绿色植被改善了景观, 美化了路容, 改善了沿线环境状况, 调节了当地小气候, 对自然环境起到了良好的保护作用<sup>[3]</sup>, 并具有良好的经济效益和社会效益, 是公路建设工程中可持续发展的重要对策之一。然而, 高速公路边坡生态防护技术的实施和研究在我国尚处于初级阶段, 因此具有十分广阔的发展前景<sup>[4]</sup>。

### 1 国内常用的边坡生态防护技术

#### 1.1 液压喷播技术

液压喷播技术又称水力播种法, 采用专门的喷播设备施工。施工时将种子、土壤稳定剂、肥料、覆盖料、添加剂和水等材料按一定的配比加入到喷播机内, 充分搅拌混合, 然后用喷枪将混合物均匀喷射到土壤表面。通常, 喷播 2 h 后, 混合物在土壤表面形成一层膜状结构。该技术特点是绿化效果显著, 植被易成活。缺点是营养土要求品质高, 污工量大, 后期养护成本高, 工程造价高, 不宜大面积采用。

#### 1.2 三维植被网技术

三维植被网是以热塑性树脂为原料, 采用科学配方, 挤出、拉伸焊接、收缩等一系列工艺制成的两层或多层表面呈凸凹不平网袋状结构孔网。底层为一个高模量基础层, 采

用双向拉伸技术, 具有一定的弹性和强度, 可防止植被网变形, 并能有效防止水土流失。表层为一个起泡层, 蓬松的网袋内有较大的容土空间, 植草覆盖率较高。

#### 1.3 铺植草皮技术

铺草皮是一种较为传统的施工工艺, 适用于需要迅速得到防护的土质边坡, 也用于风化极严重的岩石边坡。铺草皮具有即铺即绿的优点, 但由于在草皮移植过程中, 根系损伤较大, 在新的环境中重新扎根之前, 必须度过一个休眠期。在此期间要求始终保持湿润状态, 若水分供给不足, 会导致草皮死亡。

#### 1.4 喷混植草技术

全称“阶梯式植生带绿化方法”, 其核心是在岩质坡面上营造一个既能让植物生长发育而种植基质又不被冲刷的多孔稳定结构。它利用特制喷混机械将土壤、肥料、有机质、保水材料、植物种子、水泥等混合干料加水后喷射到岩石面上, 由于水泥的粘结作用, 上述混合物可在岩石表面形成一层具有连续空隙的硬化体。由于喷混层敷设成网格状, 植生带直接提供植物所需的水分和养分, 所以经过一定时间的养护后, 从有机质混凝土中长出的草就将覆盖整个坡面, 很快达到植生绿化的目的。

除上述方法外, 还有一些其他工艺, 如人工撒播、植生带、直接栽种种草等<sup>[5]</sup>。

### 2 植被毯生态防护技术

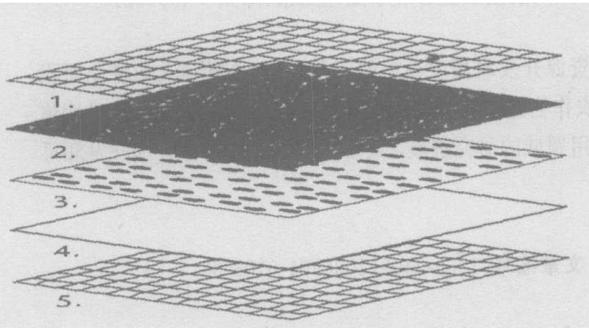
植被毯(植生草毯)以稻草、麦秸等为原料, 添加了草种、保水剂、营养土等材料, 是专门应用于岩石、劣质土坡、陡坡

① 收稿日期: 2005-01-19

基金项目: “十五”科技攻关项目, 编号 2002BA517A10

作者简介: 顾小华(1981-), 女, 在读硕士, 研究方向: 水土保持与荒漠化防治。

的,国际上常用的最简洁有效的水土保持植被恢复措施。草毯分上网、植物纤维层、种子层、木浆纸层、下网五层(见图 1)。该技术是将植物纤维层和草种、保水剂、营养土混合物及木浆纸层聚合形成三维复合草毯结构,提供土壤防侵蚀控制保护层和植物生长基质、养料及水分的边坡绿化防护新技术。



1. 上网; 2. 纤维层; 3. 种子层; 4. 木浆纸层; 5. 下网

图 1 植被毯结构示意图

## 2.1 防护原理

(1) 植被毯是由上网、植物纤维层、种子层、木浆纸层、下网复合而成的立体网结构。植物纤维层和木浆纸层将植物种子和肥料、保水剂紧紧锁住,为植物的生长提供一个稳定的平台,从而植被根系与网筋、泥土形成一个牢固的柔性保护层,具有很高的抗拉、抗剪能力。

纤维层和木浆纸层由木质纤维、自然粘合剂和有机矿物催化剂组成,生物降解后增加土壤肥力、为植物提供丰富的生长基质,形成一个良性循环。

(2) 将草毯结合锚杆固定在坡面上,既克服了植草在生长期易被雨水冲刷掉的缺陷,同时在植草长成后,其发达的根系与草毯及边坡土层形成一个牢固的复合体,大大缓解了水流流速,同时避免坡面受雨水直接冲击,可有效地防止边坡被雨水冲毁。草毯覆盖层可以减少水分蒸发,防止降雨对坡面的冲刷,有效的改善了生态环境,稳固了坡体,减少了水土流失,使公路两边景观得到美化。

## 2.2 技术特点

这种技术手段充分考虑了立地条件和后期养护允许条件。这种技术手段的特点是:①种子能够在坡面驻留,不会被雨水和浇灌用水冲跑。②能够混合肥料,在贫瘠的立地条件下为植物的生长提供养分,保证植物生长所需养料的持续供给;采用保水剂,能够保证种子的发芽成活。③在边坡表层中起到加筋加固作用,从而有效防止表层土层的滑移。④草毯可进行异地移植,能快速防护。⑤施工工艺简捷,施工后养护管理成本较低。⑥施工成本低廉,方案经济可行。⑦草毯弹性高、贴地性能好。⑧能够生物降解、无污染,保水保墒。

## 2.3 设计原则

(1) 土质要求。植被毯中植被的生长对土有一定要求,土质过酸过碱或过贫瘠都不利于植物生长,需根据具体情况处理,在坡面上覆盖 10~20 cm 腐殖土。

(2) 排水要求。植被毯可以防止坡体的浅层土的移动,但要达到长久的防护效果,必须确保坡面排水的畅通,防止坡面径流集中冲刷,故应在边坡坡脚及两侧设置排水沟。

(3) 植物品种及播种方式。由于是护坡工程,首先选择气候适应性强、深根性品种。在天然降水较少,水资源紧缺,人工浇灌成本高并且现场的施工条件和大量用水条件不具备的地区要选择耐旱性草种,并且考虑景观要求,选择绿期较长的植物草种,掺和草花以符合公路边坡的绿化美化要求。如无芒雀麦、披碱草、苇状羊茅、二月蓝等(当地的野生草最

为适宜)。播种方式采用直播式,播种期应避开寒冷低温与多雨高温季节,最适宜播种的时间为 4、5 月份和 8、9 月份。

## 2.4 施工工艺

(1) 坡面处理。对坡面进行处理,部分边坡削坡不到位需进行整理,局部边坡由于土体松散,需要采取稳定处理。并且对所有坡面进行夯实处理,以保证施工效果。

(2) 材料准备。准备种子、保水剂、肥料等材料,并且定做加工草毯,安排供水系统。

(3) 铺建草毯。对草毯实施铺建、固定。将草毯的两端埋入土中,对草毯的中间部位均匀的楔入固定桩,保证草毯的稳定性。

(4) 后期管理。铺植植被毯之后及时进行浇灌,使得草种层保持湿润 10 d 左右,保证植物种子充分吸水发芽。在随后的 1 个月内,由于植物根系还不发达,需要保证每周浇一遍水。1 月后,植物地表已经基本郁闭,景观效果已经形成。但是植物根系还不是很强壮,应根据天气状况,实施水分补充,有利于植物强大根系的形成。当工程实施 1 年后,由于选择的植物草种的深根性和耐旱性,再加上保水剂的采用,如果降水在时段上分布均匀,除了入冬和返青浇一次水,其它时间可以不用人工浇灌。

## 3 植被毯技术应用

### 3.1 试验环境

108 国道(石门营-规划六环路)地处北京市门头沟区永定镇流域洪积冲积平原与石质山区交接位置,是北京市水土保持重点防治区。山区、砂石坑道路工程防治区 K3+600~K5+300 路段经过大沙坑和山体,涉及开山和沙石坑填方,水土流失严重。流域内风害严重,7~8 级大风每年一般出现 3~7 次,且多发生在 5、6、7 三个月。多年平均降雨 495 mm,多以暴雨形式出现,具有历时短,强度大的特点,且常伴有大风、冰雹天气,集中在 6、7、8、9 四个月。

### 3.2 试验结果

在铺植植被毯经洒水养护 10 d 后,草种发芽达 90% 以上,草毯呈现绿色;30 d 后,草的平均高度达 10 cm 以上,草坪覆盖率达 95%~99%,地表基本郁闭,初显绿化防护效果。试验期间经受了两次大暴雨,由于草毯对雨水径流有明显分散作用,坡面无冲刷成沟现象,边坡固土稳定,土性未受影响。植生草毯覆盖地表,既减少了雨水击溅和汇流冲刷而发生的水土流失量,又减少了地表土壤水分蒸发量,发挥了很好的水土保持功能。应用植被毯生态技术防护,造价折合 15 元/m<sup>2</sup>,而采用传统方法浆砌片石护面墙进行工程防护单价 62 元/m<sup>2</sup>,三维植被网防护 21 元/m<sup>2</sup><sup>[9]</sup>,可以分别节约费用 75%、28% 以上。

## 4 结 语

在劣性土质和岩质边坡铺植植被毯防护效果显著,草毯覆盖层可以固定土壤,减少水分蒸发,增加地面粗糙度,减少坡面径流量,减缓径流速度,缓解雨水对坡面表土的冲刷,植物成坪后利用强壮的根系和地上部分有效防止水土流失,提高区域环境内的植被覆盖率,增加绿化面积;草籽中加入一定数量的灌木,使坡面绿化做到草灌结合,加上该绿化方式是全坡面、无缝隙的,故形成的植被与自然景观相当接近;由于在草毯中加入肥料、保水剂等材料,为植物种子出苗、后期生长提供了良好的基础条件,尤其是人工养护管理有一定困难的区域,大大减少了后期的养护管理工作量;施工工艺简

(下转第 180 页)

只占很小部分。农民投向商品性生产的劳动日占全员劳动日的 70%~75%;投向商品生产的资金占全部生产投资的 60%~80%。农民懂得只有通过商品交换向社会筹集资金,才能进行生产经营。因而适应市场需求变化,追随价格起伏也成了安排生产的一种本能。例如安排瓜菜种植和畜禽养殖,已是根据价格这个信号调节伸缩;并且根据市场交易中的信息,对瓜、果、菜的品种、质量、颜色、上市时节和服务,策划改进,追求优质高效。因此农业向商品性转型是农民增加收入的必要条件;锻炼农民自觉适应市场需要,把握谋利机会,调整生产和改进经营,是农民创收的基础。试验区内已有一部分农民从事果品储藏和运销,很快富了起来。今后,在原有的生产基础上,加强管理提高果品品质,打开和外销的路子,这将是农民增收的一条最具潜力的途径。

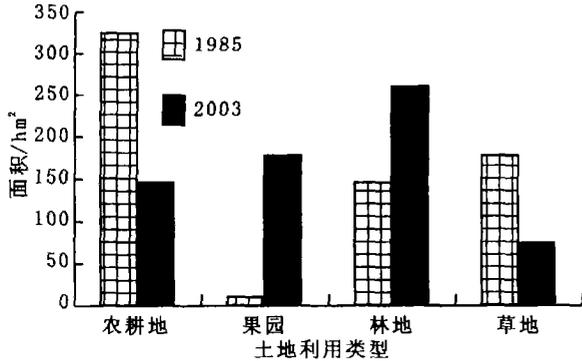


图 3 土地利用变化图

### 3.5 提高农民素质

农业向商品性转型,必须以提高农民素质为前提。提高农民素质包括现有农民的科技知识普及、劳动技能培训和适龄儿童的入学教育两个方面。试验区成立以来一直重视抓好这一环,经常通过指导、咨询、参观、培训,向农民普及科技知识,训练操作技能。试验区曾经从外地聘请果树专家,对农民们组织长期培训。目前农民对果树管理进入本县先进行列。

#### 参考文献:

- [1] 王继军.论水土保持中的几个经济问题[J].水土保持通报,1996,16(4):16-19.
- [2] 郝明德,谢永生,党廷辉.黄土高原沟壑区农村产业结构与适度生产力研究[J].干旱地区农业研究,2003,21(1):35-39.
- [3] 郝明德,李军超,党廷辉.长武试验示范区高效农业生态经济系统研究[J].水土保持研究,2003,10(1):1-5.
- [4] 李玉山,苏陕民.长武王东沟小流域高效生态经济系统建立技术综合研究[A].见:李玉山,苏陕民.长武王东沟高效生态经济系统综合研究[M].北京:科学技术文献出版社,1991.1-27.
- [5] 李军超.高原沟壑区沟坡土地开发利用研究[A].见:郝明德,梁银丽.长武农业生态系统结构、功能及调控原理与技术[M].北京:气象出版社,1998.159-162.
- [6] 郝明德,李军超,党廷辉.黄土高原沟壑区高产高效农业综合发展研究[J].水土保持通报,2002,22(5):5-8.

(上接第 107 页)

捷,工期短,造价低廉;而且草毯能够异地移植、快速防护,能生物降解、无污染。因此,该技术与传统的边坡防护技术及其他生物防护技术相比较,具有一定的经济和技术优势,具有

#### 参考文献:

- [1] 周德培,张俊云.植被护坡工程技术[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [2] 谭少华,汪益敏.高速公路边坡生态防护技术研究进展与思考[J].水土保持研究,2004,11(3):81-84.
- [3] 何青,王亚平,彭志明,等.一种高效的高速公路石质边坡生物防护技术[J].交通科技,2004,(3):31-33.
- [4] 王代军,胡贵馨,高洁.公路边坡侵蚀及坡面生态工程的应用现状[J].草原与草坪,2000,(3):22-24.
- [5] 路瑞娥.公路边坡植草防护技术浅谈[J].内蒙古公路与运输,2002,(3):47-48.
- [6] 邱国锋,王孟鑫.三维植被网护坡在高速公路边坡中的试验[J].重庆交通学院学报,2002,21(1):74-76.

果农管理果园一般都能达到优质高产,还向周围作技术服务。总之,提高农民素质,培养乡土人才,是农民致富的重要保证。要真正使科技转化为生产力,就必须用科学知识和技术武装农民。接受九年制义务教育的已达 92%。对适龄儿童的教育是未来试区农民素质的基础,是实现农村经济可持续发展的基石。这是发展农村经济的根本大计,故应该持久不懈地抓下去。

### 3.6 农村剩余劳动力向非农产业转移

产业结构调整带来的劳动力季节性富余、果业发展出现商品性经济活动增加等新的社会经济现象,不同程度的引起了剩余劳动力向其它产业转移,家庭的主要劳动力季节性外出,许多青年劳动力常年在外出务工,从业种类因劳动力素质差异而门类繁多。近年来工副业收入在各业收入中占的比重已上升到第一位,2003 年的工副业收入已占到总收入的 48.32%。

### 3.7 生态环境得到明显改善

根据不同地形、不同利用方式下的水土流失规律,采用水土保持措施优化配置,塬面以方田林网、道路网络和涝池群构成排蓄体系,使水不下塬;坡面乔灌草立体配置,使径流水不带沙;沟底乔灌草配置,设柳谷坊群,生物工程措施配套,使泥不出沟。土壤侵蚀模数连续 13 年稳定在  $800 t/(km^2 \cdot a)$  以下,水土保持治理度达 85%<sup>[2]</sup>。建成了塬面农田防护林体系、沟坡经济林体系和沟道用材防护林体系,林草覆盖率 18.2% 上升到 40%。良好的生态环境提高了农业生产抗灾能力,使试验区的生态稳定性得到很大提高。

## 4 结 论

长武县及试验区是典型的旱作农业区,也是黄河中游 100 个水土流失重点县之一,生态环境脆弱,农业生产受自然因素的影响很大,通过王东试验区的成功事例,说明长武县等同类地区农民人均收入能提高到一个较高的水平,使此区摆脱贫困,步入小康。

良好的生态效益、经济效益和社会效益,尤其对于易发生崩塌、塌方、溜、滑坡的坡面和半风化石质挖方边坡有良好的护坡效果,在高速公路边坡生态防护中呈现出广阔的应用前景。