

文章编号: 0451-0712(2005)02-0131-04

中图分类号: U416.1

文献标识码: B

# 濮鹤高速公路路基工程中三维网垫植草护坡的应用与效益分析

范跃武, 范永丰, 郑连群

(河南豫濮高速公路发展有限公司 郑州市 450052)

摘要: 在总结濮鹤高速公路路基三维网垫植草护坡工程实践的基础上,着重阐述了三维网垫植草护坡的作用机理、施工工艺、草种选择和养护等关键技术,并从工程效果、经济效益和社会效益3个方面对三维网垫植草护坡进行了效益分析,为河南省高速公路建设进行全线绿化和建立生态道路提供了借鉴和参考。

关键词: 三维网垫; 植草防护; 边坡; 喷播; 效益分析

濮阳~鹤壁高速公路(濮鹤高速公路)横穿河南省东北部,起点位于濮阳市,终点位于鹤壁市淇滨开发区,连接豫北主要经济区濮阳、鹤壁、安阳、新乡等市、县,并与京珠国道主干线并网,是沟通国道106线和国道107线的重要通道,亦是河南省干线公路网规划的“米”字公路网主骨架东北一撇。该工程全长58.35 km,为全封闭、全立交4车道高速公路,路基顶宽26 m,设计车速120 km/h。路线位于华北平原西缘,地处新华系第二沉降带的西部和太行山隆起带的东南边缘,总地势为西高东低,属于北温带半干旱季风气候区,夏热冬寒,四季分明,多年平均气温13℃,年降水量平均616.9 mm,地表河流属海河流域南运河水系。路线处于黄河冲击平原,土层上部岩性为亚砂土及亚粘土,夹粉砂薄层,下部为细、中砂层。地下水埋深变化较大,K0+000~K38+800段埋深13~16.8 m;K38+800~K44+400段埋深2~7.8 m。

## 1 三维网垫植草护坡设计

### 1.1 原边坡防护设计

濮鹤高速公路路基土多为粉砂土或部分膨胀土,边坡极易被雨水冲刷,从而产生崩塌。路基边坡防护工程一般采用浆砌片石护面墙、骨架护坡或生物防护等方法,该路线路基的边坡防护工程原设计为浆砌片石护坡和预制混凝土块护坡类型,但此方

法施工工期长、工程成本高,且公路绿化美化的效果不理想;而直接实施喷播植草护坡,由于边坡易于受到冲刷,草苗成长状况不良,成活率较低,防护效果亦不佳。针对以上存在的问题,为响应国家提出的“环境保护与工程建设并重”的号召,本着搞好公路绿化美化、降低成本和缩短工期的原则,在对多种路基边坡防护类型进行综合比选后(表1),濮鹤高速公路路基设计变更采用了三维网垫植草护坡技术,这是在河南省高速公路建设中首次使用该项植物防护技术。

表1 路基边坡防护类型方案比选

防护类型	浆砌片石护坡	普通植草护坡	三维网垫植草护坡
施工工期	长	一般	短
工程成本	高	较低	低
抗冲刷性	强	弱	强
绿化效果	差	较好	好
环境美化	差	好	好

### 1.2 三维网垫植草护坡的作用机理

作为一种新型的生物护坡方法,三维网垫植草护坡是在纯草皮护坡存在易遭受强降雨或常年坡面径流的冲蚀而形成坡面浅沟、引起边坡失稳和滑塌等缺陷的基础上,发展起来的固土防冲刷护坡工程技术。

三维网垫是以热塑树脂为原料,挤出、拉伸和

收缩等一系列工艺而制成的 2 层或多层表面呈凸凹不平网包的层状结构孔网。底层为一个高模量基础层,采用双向拉伸技术,强度高,可以防止植被网变形,并能有效防止水土流失。表层为一个起泡层,膨松的网包有较大的容土空间,以便植入土壤、种上草籽以助固土。三维网垫材质疏松柔韧,耐酸碱,抗腐蚀,具有一定的弹性和强度,植草覆盖率高,抗风、抗水冲蚀能力强,并能加强较陡边坡的防护,以抵抗大到暴雨的冲袭。三维网垫植草防护具有以下几个主要作用。

(1) 三维网垫表层凸凹不平,能降低雨滴的冲击能量,使风和水流在网垫表层产生小涡流,阻挡雨水的流速,降低地表径流速度,起到缓冲消能作用,使其携带物沉积,避免了表层土粒剥蚀流失。

(2) 三维网垫蓬松的网包可将土颗粒、草籽等填充物有效地握裹在一起,防止土粒、草籽或幼苗被雨水冲蚀流失。同时,三维网垫为黑色,能吸收大量的热能,增加地温,促进草籽发芽,并延长植物生长期。

(3) 三维网垫成网孔状,提高了边坡土体的通透性,有利于表层雨水下渗和植物生根发芽,促进植物生长并扎根于边坡土体中,有效地降低了坡面流量,增大了地表保护土层的厚度。

(4) 植物的根系与三维网垫交织缠结在一起,形成浅层致密的坡面加筋复合板块结构,增加了防护层的抗张拉强度和抗剪强度,使其具有一定的整体性和极强的抗冲蚀能力,能有效防止冲蚀情况下“逐渐破坏”现象的扩展而导致表面土层滑移。

### 1.3 三维网垫植草护坡设计

#### 1.3.1 三维网垫植草护坡的设计原则

(1) 调查沿线路基的地理位置、气候条件、边坡土质类型以及路基边坡高度等需考虑因素,综合确定边坡的植物防护型式。

(2) 在了解当地植物的生长特性和种植工艺的基础上,根据植物的生长条件和特点要求,选择适合当地生长条件以及固土作用较强的植物种类。

(3) 在研究区段特点的基础上,本着“点、线、面”有机结合的原则,划分地形平缓区段和起伏变化区段,确定总体大段和局部小段的防护类型。

(4) 充分考虑沿线环境美化及与周围景观的协调,从安全、美学的角度合理确定三维网垫植草防护类型,相互搭配种植,以形成具有色带的路线景观。

#### 1.3.2 三维网垫植草护坡的设计

(1) 主线路基防护:路基边坡高度  $H < 5$  m 时,边坡采用三维网垫植草防护;路基边坡高度  $H \geq 5$  m 时,边坡采用混凝土拱形骨架内设三维网植草防护。

(2) 匝道路基防护:路基边坡高度  $H < 2.5$  m 时,边坡采用混凝土预制块全防护;路基边坡高度  $H \geq 2.5$  m 时,边坡采用混凝土拱形骨架内设三维网垫植草防护,并根据路基高度的大小设置 1 级或多级拱护。

## 2 施工工艺

三维网垫植草护坡施工程序及其关键环节的控制主要有:边坡整理→铺设三维网垫→施肥→回填土→喷播草种→覆土→加盖无纺布→养护。

### 2.1 平整坡面

交验后的坡面,采用人工细致整平,清除所有的岩石、碎泥块、植物、垃圾和其他可能引起网垫在地面被顶起的阻碍物。对于路堤填土土质条件差、不利于草种生长的坡面采用回填客土改良,并洒水让坡面自然沉降至稳定,以保证三维网垫与坡面的紧密结合,也能较为有效地防止后期三维网垫下部被雨水淘空。

### 2.2 铺设三维网垫

(1) 在坡顶开挖三维网槽,以固定坡顶三维网,网槽断面为梯形,底宽为 10 cm、深度为 20 cm、边坡坡率为 1:1。坡底以坡脚线为基准也下挖 20 cm 深网槽,断面尺寸同坡顶网槽。坡顶、坡底网槽应放线开挖,以保持路段内的网槽平齐。

(2) 三维网垫顺坡从坡顶至坡底按图纸要求的长度一次铺设,坡顶与坡底网槽内分别冗余 20 cm。2 幅网面结合部应重叠 3~5 cm。在铺网时要严禁将网拉紧,以防止网被拉紧后与地面的凹陷处不密贴而造成雨水对凹陷部位的浸蚀。每幅网垫长度不足时应进行覆瓦式网面补接,补接处应重叠 5~10 cm。

(3) 坡顶网槽内及 2 幅三维网垫结合部必须用竹钉固定,竹钉应向坡内倾斜 45°角钉入,间隔 40 cm。坡面竹钉需固定在 2 幅三维网垫结合部中间位置,竹钉固定时其顶部不得高于网包 2 cm。竹钉固定应由上而下依次完成,避免三维网垫悬空。

### 2.3 施肥

结合土壤品质,施氮、磷、钾底肥,施肥量为 80~100 g/m<sup>2</sup>,施肥时应将肥料均匀撒在三维网垫上面。

### 2.4 回填土

回填坡顶及坡底网槽土,并用夯夯实,坡顶网槽

面应加筑高、宽各 20 cm 的防水埂,可起到在路基、路面排水系统未全部成形时临时排水的作用。同时,边坡坡顶的三维网垫埋入网槽里被固定并密贴,也可防止产生三维网垫下面的水流侵蚀。

坡面三维网垫表面回填土时应以细土回填,其厚度以覆盖住网包为宜。回填土时应自上至下依次回填,并清除大块土石及杂物。

## 2.5 坡面浇灌

为给草种提供一个温湿的发芽温床,提高种子发芽率,同时避免过于干松的土壤在草种喷播时成球滚滑,应对坡面进行少量多次的浇灌,以渗透土壤 5 cm 以上、保持坡面土壤水分充足为宜。

## 2.6 喷播草种

喷播前应检查坡面土壤的湿度,以土壤渗透 5 cm 后的第二天播种为宜。

### 2.6.1 草种的选择

草种的选择应根据当地的地质条件、气候环境等特点进行,一般应具备以下条件:(1)选择 2 种或 2 种以上的草种(含同类不同品种)进行混合播种,优势互补,以使其抗逆性更强、质量性状更优而不失均匀性;(2)对土质要求不能太高,适应气候条件强,耐酸、耐碱、耐寒冷、耐高温及耐干旱等,生长能力强;(3)根系发达,茎干低矮,枝叶茂盛,生长快,绿期长,能迅速覆盖地表;(4)生根性强,成活率高,并能吸收深层水分和养分,有效固土;(5)价格低廉,管理粗放,无需养护,无病虫害,与杂草竞争性强。

根据濮鹤高速公路全路段的土壤结构,结合华中、华北地区的气候条件,选择禾本科多年生冷季型高羊茅—猎狗 5 号、高羊茅—火凤凰、高羊茅—爱瑞 3 号、禾本科多年生暖季型狗牙根以及禾本科多年生冷季型黑麦草混播。

### 2.6.2 勾兑草种混合液

草种配合比为高羊茅—火凤凰 20%、高羊茅—猎狗 5 号 20%、高羊茅—爱瑞 3 号 30% 及狗牙根 30%,草籽用 25℃ 的清水浸泡在容器内 12~14 h。草种混合液中保水剂用量为 3.8 g/m<sup>2</sup>,粘合剂用量为 2.0 g/m<sup>2</sup>,护根木纤维用量为 100 g/m<sup>2</sup>;另外,草种混合液中还加入了适量的植物生长调节剂、防虫剂等。

### 2.6.3 喷播草种

将一定配合比的草种混合液装入喷播器内,开动搅拌系统搅拌均匀后进行喷播。喷播时应根据土壤结构,少量多次重复喷播,使草种均匀分布,避免

顺坡面下流滑动。同时应注意,在恶劣环境如大风、大雨条件下不宜进行喷播。

## 2.7 覆土

喷播草种后应及时覆盖过筛细土,并清除杂物和土块。覆土厚度不得超过 1 cm,以覆盖住草种为宜。

## 2.8 加盖无纺布

为预防成型后的边坡被雨水冲刷,同时也是为了保温、保湿,促进草的生长,应自上至下竖面铺设无纺布。坡顶、坡底应预留冗余各 20 cm 无纺布,并用土压实固定。2 幅无纺布应进行覆瓦式铺设,重叠处为 5 cm,竹钉固定时应沿 2 幅无纺布重叠处中间位置左右倾斜紧贴坡面对插。

## 2.9 养护

(1)无纺布固定后,及时洒水养护。首次养护时,应将水雾化,以浸湿草种表面覆土为止,次日洒水应坚持少量多次,每日早晚喷洒,始终保持土壤湿度大于 90%。

(2)坡面草长至 5~10 cm 高时,去除无纺布与竹钉,仍坚持每日早晚洒水,时间不少于 30 d。严禁曝晒,以利延长三维网垫使用年限。

(3)依据幼苗长势进行追肥,以叶面肥与速效肥为主。

(4)进行病虫害检测,及时发现,及时防治。

## 3 效益分析

濮鹤高速公路自 2004 年春季对全线路基进行三维网垫植草防护施工以来,收到了良好的效果。三维网垫植草防护凭借其工期短、工艺简单、造价低、美化路容以及保护环境等优点,相对于传统圪工砌体防护显示出明显优势。

### 3.1 工程效果

传统圪工边坡防护仅是对路基边坡表面防护,而下面的土层结构松动或水土流失则会导致坡面产生裂缝,雨水下渗时使坡体强度减弱,易产生不均匀沉降。

三维网垫则与植物根系交织形成致密的覆盖层,对路基坡面形成连续的持久保护,使坡面不会因日晒雨淋而自然侵蚀剥落,减缓雨水冲击和水流的冲刷,以达到固土作用。同时,植物扎根较深,易于成活,固土蓄水,调节土体湿度,保持水土,使边坡不致受环境的变化而产生裂缝、坍塌或溜滑。特别是在濮鹤高速公路经历夏季大量强暴雨冲刷后,坡面仍未出现任何冲沟,经受了自然的严峻考验,显示出其巨

大的工程效果优越性。

3.2 经济效益

传统圪工防护投资多、造价高、工程量大且治理面积小,需长期投入人力、物力和财力进行检修。而三维网垫植草防护投资小、见效快、效果好,只需做适当的季节性修剪工作。濮鹤高速公路路基工程中,三维网垫植草护坡的工程综合单价为 25.00 元/m<sup>2</sup>,仅为同等面积浆砌片石护坡的 43%、混凝土预制块护坡的 39%(表 2),全线共节约工程造价 2 206 万元,取得了明显的经济效益。

表 2 不同边坡防护类型的工程单价对比

边坡防护类型	三维网垫 植草护坡	浆砌片 石护坡	混凝土预 制块护坡	混凝土护 坡基础
工程单价/(元/m <sup>2</sup> )	25.00	57.37	62.90	135.76

3.3 社会效益

三维网垫植草防护可恢复道路沿线的自然植被,保护自然生态平衡,改善环境的温度和湿度。同时,能吸收和固定空气中汽车排放的尾气和产生的灰尘,达到净化空气的目的,还能吸收和减弱行车噪声,减少行车对周围环境的影响,减轻太阳辐射和美

化沿途环境,给行人以舒适的感觉,利于行车安全,具有显著的社会效益。而传统圪工防护则没有如此效果,道路显得呆板、单调。

4 结语

公路建设中存在的大量填挖工程,破坏了沿线原有自然生态植被,造成水土侵蚀流失、河道壅塞以及加剧噪音等环境污染。在此情况下,保护生态环境,将生物环境工程纳入公路建设中,在尽可能的条件下,基本废除浆砌片石和喷射水泥砂浆护面等防护工程,采用柔性支护和绿化措施,建绿色通道,走环保之路,是目前公路建设可持续发展的必然方向。

作为河南省高速公路路基工程中首次采用的三维网垫植草护坡,在濮鹤高速公路上的应用取得了巨大成功,它不仅确保了高速公路的稳定和高速行驶的安全,同时达到了与周围环境协调、美化高速公路及降低工程造价的目的,真正实现了充分利用本地区植物资源、建设具有地方特色的高速公路以及创造良好行车环境的目的。同时,积累了大量的工程实践经验,为河南省高速公路建设进行全线绿化和建立生态道路提供了有利的借鉴和参考。

Application of Three-Dimensional Vegetative Net for Planting Grasses to Slope Protection Engineering of Pu-He Expressway Embankment and Benefit Analysis

FAN Yue-wu, FAN Yong-feng, ZHENG Lian-qun

(Henan Provincial Yu-Pu Expressway Development Co. Ltd., Zhengzhou 450052, China)

**Abstract:** At first, on the basis of summarizing the engineering practice of three-dimension vegetative net for planting grasses in slope protection engineering of Yu-Pe Expressway embankment, the key technical problems about three-dimension vegetative net for planting grasses in slope protection engineering for effective mechanism, construction technology, grass seed selection and maintain are expatiated in this paper. Then the benefit analysis on engineering effect, economic benefit and social benefit of three-dimension vegetative net for planting grasses in slope protection engineering are conducted. Finally, this technology brings valuable experience and reference for biological protection and ecological environment development of expressway construction in Henan Province.

**Key words:** three-dimension vegetative net; planting grasses protection; slope; spraying sowing; benefit analysis