

文章编号: 0451—0712(2005)01—0190—05

中图分类号: U418.9

文献标识码: B

# 沙漠高速公路路基植物防护技术

景宏伟<sup>1</sup>, 田寅<sup>2</sup>, 丁宁<sup>3</sup>

(1. 陕西省榆林公路管理局 榆林市 719000; 2. 陕西省榆林市交通工程质量监督站 榆林市 719000;  
3. 陕西省榆林市地方公路管理处 榆林市 719000)

**摘要:** 随着我国生态环境建设步伐的加快和“秀美山川”再造工程的实施,以高速公路为主体的高等级公路绿化,在我国大规模迅速展开,已成为公路建设不可分割的重要有机组成部分。以我国第一条沙漠高速公路——榆(林)靖(边)高速公路为研究载体,采用柴草网格障蔽+植被防护、三维植被网等多种防风固沙法,研究其在沙漠高速公路建设中的适应性,实践证明是合理的,并能为我国在沙漠地区修筑高速公路提供宝贵的防护绿化技术经验。

**关键词:** 沙漠高速公路; 路基; 植物防护; 技术研究

高速公路绿化工程包括形式与功能不同的多项内容,尤以路基边坡和两侧部位的绿化面积最大、功能最强,它对稳定路基、保障道路安全运营有直接作用,成为完整公路防护体系的重要组成部分。课题以我国第一条沙漠高速公路——榆(林)靖(边)高速公路为研究对象。其位于陕西省最北部,黄土高原最北端,毛乌素沙漠南部边缘,自然区划属 III<sub>2a</sub> 中冻区,是陕西省“米字形”公路主骨架的重要组成部分。路线起于榆林市,止于靖边县,全长 116.918 km,路基宽 26~35 m,路面宽 24 m,设计等级为全封闭、全立交高速公路。为了稳定路基、保障道路安全运营,课题采用以植物为主的多种绿化防护措施,对沙漠高速公路路基进行防风固沙,研究植物防护措施的合理性和可行性,为沙漠高速公路绿化提供第一手材料。

## 1 沙漠高速公路环境特征

### 1.1 环境特征

榆靖高速公路全线自然地域处于毛乌素沙漠边缘、长城沿线风沙草滩区域,主要为流动、半流动沙丘,风沙路基 63.438 km,占路线总长 54.26%。海拔高度在 1 200~1 500 m 之间,气候属中温带半干旱区,路线经过区域平均气温 8~11℃,年均降雨量 340~450 mm,且多集中在 7、8、9 三个月,冬春季大风、沙暴频繁,最大风力可达 10 级,沙尘暴日数约 38 d 左

右。公路沿线由于气候寒冷、干旱、多风沙,天然植被主要以耐寒、耐旱、耐风蚀的干草和沙生植物为主。

### 1.2 路基危害特征

该公路所经地段土壤类型复杂,侵蚀形态多样,风蚀沙化剧烈,水蚀严重,是黄河上中游地区水土流失最严重区域。路基边坡以推平或填平的流动沙丘之沙质为路基原料,松散、结持力差。侵蚀类型以风力侵蚀与水力侵蚀两种为主,尤以风力侵蚀突出,表现出明显的季节性变化特点,春季为甚。

## 2 路基植物防护技术

该公路路基边坡表土多为生土,土壤有机质含量低,速效养分贫乏,结构性差,不利于植物特别是幼苗的生长。表面土层下为坚硬土质,土层薄,蓄水少,加之地势陡,降水与灌溉水易流失,与普通地面土壤相比土壤水份状况差,不利于植物生存。

### 2.1 绿化防护设计

沙漠高速公路的防护,不仅要考虑路基本体边坡的防护,同时还要考虑公路两侧沙地的防护。因此,绿化防护设计分为路基边坡防护设计和公路两侧防风固沙设计。

#### 2.1.1 路基边坡绿化防护设计

路基边坡绿化防护包括路堤本体边坡防护、路堑两侧坡面防护和积沙平台防护 3 部分。榆靖高速公路边坡绿化采用如表 1 所示 4 种类型。

表 1 路基边坡绿化防护设计

类别	设计方案
柴草网格障蔽+植被防护	在沙质路基先搭设半隐蔽式柴草网格障蔽,然后栽植灌木植物。
黄土覆盖+植被防护	在沙质路基坡面先覆盖厚度约 10~20 cm 黄土,然后栽植灌木植物。宜在附近有黄土来源地段采用。
三维植被网固土种植护坡	①在整好的坡面上撒播灌木、草木植物种子;②将三维植被网铺在坡面上固定好;③在三维植被网格内均匀撒播种子;④在网面上覆盖一层土,厚约 1~2 cm。
黄土陡坡水平阶栽植护坡	在黄土陡坡上进行水平阶整地,间距一般 1 m 左右,然后在水平阶上密植耐旱灌木植物。
积沙平台交替搭配	对位于路堑坡脚处、宽约 2~6 m 的积沙平台,选择既耐旱又具有观赏价值的灌木、花草植物,进行混交搭配,每隔 4~7 km 设计一种配置方案,做到交替变化,错落有致。

2.1.2 公路两侧沙地的防护设计

榆靖高速公路两侧沙丘以新月形沙丘连为主,密集高大,移动速度快,冬春大风季节风蚀、沙埋道路、堵塞交通现象最为常见。本着因地制宜、因害设防、综合治理的原则,实行以固为主,固阻结合,“四带一体”的公路治沙防护体系。

第一带:平整固沙绿化带。

即在公路两侧约 20 m 宽度(村庄、农田为 2 m)范围,考虑防风固沙和景观功能,选择以常绿乔木和落叶乔木树种为主,适当配置灌木、草本植物的景观变化设置,并与两侧大面积的灌木防风固沙林相结合,形成寿命长、稳定可靠的乔灌草立体生态复合防护林结构。

第二带:格状沙障与植物固沙带。

在平整固沙绿化带以外范围,以流动沙地为主。防护宽度为上风侧宽 300~500 m,下风侧宽 100~150 m。流沙地上搭设网格柴草障蔽后,在其网格内栽植或播种以灌木为主的固沙植物。主要功能为快速防风固沙,改善生态环境。

第三带:前沿阻沙带。

只在公路上风侧设置,在植物固沙带前沿 20~50 m 处设置高立式栅栏。主要用于阻截前移的流沙,使之停积在栅栏附近,日久形成人工沙堤,减缓沙丘向公路方向移动速度,达到保护固沙植物带和公路的目的。

第四带:封沙育林育草带。

对植物固沙带外侧,宽度为 100~200 m 范围的沙地,实行封禁管护,保护现有天然植被,同时通过飞播和人工撒播植物种子等措施,提高植被覆盖率,逐步固定流沙,改善生态环境。

2.2 植物品种的选择及其配置形式

植物品种选择具有耐干旱,耐瘠薄,抗风蚀沙埋,枝叶茂密,根系发达,固沙能力强,且易繁殖,生

长快,萌蘖力强等特性的本地优良固沙植物。结合本区现有植物生长状况,主要选择了合作杨、踏郎、柠条、紫穗槐、沙柳、沙棘、沙蒿、沙地柏、蒙古莠等。其配置方案见表 2、表 3 所示。

2.3 施工技术措施

2.3.1 格状沙障设置技术

为半隐蔽式柴草网格沙障,沙障材料以麦草、沙蒿为主。

(1)搭设方法

沿公路在迎风坡上与常年主风向垂直划线,平铺厚约 4~6 cm 柴草,将其中部压入沙内约 15 cm,地面出露 15~25 cm,再以沙拥盖、加固草带。主带(垂直主风向)完成后,铺设与其垂直向的副带,副带柴草厚度可稍薄,但须与主带衔接好,设置方法同主带。在坡度较陡的背风坡设置沙障时,应先顺坡设置副带,而后横坡设置主带(即由上而下作业)。

(2)沙障规格

遵循“近路基则密,远路基则疏”的原则,采用 1 m×1 m、1 m×1.5 m、1 m×2 m 和 2 m×3 m 等 4 种规格。

2.3.2 前沿阻沙带(高立式栅栏)设置技术

(1)设立位置

格状沙障与植物固沙带前沿 20~50 m 处迎风坡上。

(2)材料选择

根据输沙量大小,本着“因地制宜,就地取材”的原则,选择以当地丰富的沙柳、花棒、柠条等灌木枝条为主的抗旱、耐寒植物。

(3)高度

取决于当地输沙量。过低,易被流沙埋没,造成频繁施工。过高,所受风压大,施工加固更困难,根据对风沙流规律研究和输沙量观测,确定高度为 1~1.2 m。

表 2 公路路基边坡植物品种配置方案

类别		配置方案
路基边坡	填方路堤边坡	①坡顶 1 行黄刺玫,株距 0.2 m;上坡 6 行沙地柏,下坡 7 行柠条,坡脚 1 行沙柳,株行距 0.5 m×1 m。 ②上坡 4 行柠条,中坡沙地柏与紫穗槐隔行混交,下坡 3 行白柠条,株行距 1 m×0.5 m。 ③上坡紫穗槐,中坡柠条,下坡沙棘,株行距 0.5 m×1 m。 ④上坡 2 行沙棘,中下坡紫穗槐与踏郎隔行混交,坡脚 1 行白柠条,株行距 1 m×1 m。 ⑤上坡紫穗槐,中坡沙棘,下坡柠条、紫穗槐,株行距 0.5 m×1 m。
	挖方路堑坡面	①上半坡柠条,下半坡紫穗槐,株行距均为 0.5 m×0.5 m;坡脚 1 行火炬树,株距 3 m。 ②坡脚向上依次为 2 行柠条,2 行紫穗槐,2 行蒙古莠,3 种植物带状混交,每带 2 行,带间距 1 m,株行距均为 0.5 m×0.5 m;坡脚 1 行火炬树,株距 3 m。 ③上坡柠条,中坡紫穗槐,下坡沙棘,株行距为 0.5 m×1 m。 ④上半坡柠条,下半坡沙地柏(覆膜),株行距均为 0.5 m×1 m。 ⑤坡脚向上依次为 2 行紫穗槐,2 行踏郎,带间距 1 m,株行距均为 0.5 m×0.5 m。 ⑥上半坡踏郎,下半坡紫穗槐,株行距 1 m×1 m。 ⑦上坡紫穗槐、下坡沙棘,株行距 0.5 m×1 m。 ⑧坡顶向下依次为紫穗槐 3 行、沙棘 4 行、柠条 2 行,带状混交,株行距为 1 m×1 m。 ⑨上半坡紫穗槐,下半坡沙地柏,株行距 0.5 m×1 m。 ⑩上半坡中间锦鸡儿,下半坡踏郎。

表 3 公路两侧沙地植物品种配置方案

类别		配置方案
公路两侧	平整固沙带	①边坡向外依次为:2 行紫穗槐,株行距 1 m×1 m;80 cm 高樟子松 2 行,株行距 6 m×4 m,空间撒播沙打旺;3 年生新疆杨 2 行,株行距 4 m×4 m,空间栽植 1 m×1 m 沙蒿(或撒沙蒿籽)。上下风侧相同,均按“品”字形栽植。 ②边坡向外依次为:高 100 cm 侧柏 2 行,株行距 4 m×4 m;空间撒播牛心朴(或 1 m×1 m 植苗);3 年生合作杨 2 行,株行距 4 m×4 m,空间混交 1 m×1 m 踏郎。乔木上风侧对称形,下风侧“品”字形;灌木上下风侧均按“品”字形栽植。 ③边坡向外依次为:1 m×1 m 柠条 2 行,80 cm 高樟子松与 3 年生新疆杨混交林 3 行,株间混交,株行距 5 m×5 m;空间撒播紫花苜蓿。乔木上风侧“品”字形,下风侧对称形;灌木上下风侧均按“品”字形配置。 ④边坡向外依次为:1 m×1 m 沙地柏 2 行,2 m×2 m 白柠条 2 行;80 cm 高樟子松与 3 年生合作杨混交林 3 行,株间混交,株行距 4 m×4 m;空间撒播沙打旺。乔木上风侧对称形,下风侧“品”字形;灌木上下风侧均按“品”字形配置。 ⑤边坡向外依次为:80 cm 高樟子松 2 行,株行距 6 m×4 m;空间撒播友子草;花棒 3 行,株行距 1.5 m×1.5 m。乔木上风侧“品”字形,下风侧对称;灌木上下风侧均按“品”字形配置。
		迎风坡:①紫穗槐、踏郎各 2~3 行带状混交;②紫穗槐、花棒、油蒿各 2~3 行带状混交;③紫穗槐、柠条各 2~3 行带状混交;④紫穗槐、踏郎、白柠条各 2~3 行带状混交。 背风坡:①沙柳与紫穗槐各 3 行带状混交;②纯沙柳。
	格状沙障与植物固沙带	丘间地及较平缓沙地:①沿沙滩栽 1~2 行杨树;②樟子松与紫穗槐混交栽植;③沙地柏与紫穗槐混交栽植。灌木基本按障蔽网格栽植,规格为 1 m×1 m、1 m×1.5 m、1 m×2 m、2 m×3 m,每穴栽 2~4 株;乔木栽植株行距 3 m×3 m。

(4)施工技术

在沙丘迎风坡 2/3 以上、脊线以下,走向与主风方向垂直位置,将栅栏材料埋入沙层深约 30~50 cm,以牢固为准,外露 1~1.2 m,每隔 5~7 m 用一根木桩加固,横档用铁丝将栅栏拦腰扎紧,其空

隙度保持在 30%~40% 之间。为防止根部“掏蚀”,在栅栏迎风面 5 m 范围、背风面 2 m 范围设置 1 m×1 m 麦草格状沙障。

2.3.3 植苗造林技术

(1)栽植季节

以春季为主,秋季适量。

#### (2) 苗木要求

保温、健壮、湿润。灌木以当年生、乔木以 2~3 年生苗木为宜;随挖随运随栽,以防根系失水,影响成活;针叶树苗木蘸泥浆、生根粉等避免根系失水,促进生根;对较大的灌木苗和杨树大苗进行截梢栽植,减少蒸腾,避免风摆,提高成活率。

#### (3) 栽植技术

扒掉干沙层,适当深栽,一般 30~50 cm 深,使根系处于稳定的湿沙层中,栽好后用干沙覆平栽植坑,并加厚干沙层,以防水分散失;平整带的大苗栽植,应先挖好 60 cm×60 cm 到 80 cm×80 cm 的栽植坑,并填 2/3 坑黄土,栽后立即浇水,栽植时要掌握“三埋二踩一提苗”及“深埋、踩实、根展”等技术要领。

#### (4) 应用新材料、新技术

应用抗旱造林新材料保水剂、干水、生根粉、液态地膜、移植袋、塑料地膜等,提高造林成活率。

#### (5) 管护措施

干旱、大风、野兔是本区影响造林成效的三大主要危害因素。条件允许可适当浇水;对针叶树等较珍贵树种,在冬春大风季节采取沙埋、套柳编筐、裹柴草等措施,防止风吹和兔子等动物危害,提高造林成活率和保存率。

### 3 效益分析

主要包括路基边坡绿化防护效益和“四带一体”防风固沙林防护效益分析。

#### 3.1 路基边坡绿化植物生长状况及防护效益分析

##### 3.1.1 植物生长状况

全线路堑、路堤共栽植了 15 种护坡植物,有 20 种配置形式。经详细调查发现,选择的护坡植物大部分生长良好,其中最好的为紫穗槐、踏郎、白柠条、蒙古莠、柠条、沙棘、沙地柏等。紫穗槐以其种源丰富、价格便宜、育苗造林技术简单,且成活率高、生长快以及固氮和杀虫能力强等优点,在本项工程绿化中得到广泛应用。但经调查发现其根系盘结在宽 2.2 m、深 30 cm 内的表土层中,为了提高防护效益,栽植时可适当搭设沙障或适当密植,与枝条较稠密的植物如踏郎、蒙古莠、柠条、沙蒿等混交栽植可提高防风效果;踏郎、柠条、蒙古莠抗旱性极强,且根系发达,萌蘖力强,分枝多,具有良好的防护效能;沙棘、沙地柏在坡下部或平缓坡面栽植生长较好;栽植

在路堤边坡坡脚的踏郎,由于湿度较大且土壤板结,生长不如上部好。

##### (1) 路堑边坡不同植物配置形式生长状况

对调查的 10 种路堑坡面不同配置形式植物生长状况(表 2)和植物混交方式、美化作用等综合评价,认为长势好的配置形式依次为②、⑤、③、⑨、①、⑥、④和⑦八种,不但植物生长状况好,而且植物品种搭配、栽植部位、防护美化效果均较好,做到了“适地适树”。

##### (2) 路堤边坡不同植物配置形式生长状况

从调查的 5 种路堤边坡不同配置形式植物生长状况来看,除形式④和⑤中,沙棘和踏郎因沙中水分含量影响而生长不良外,其余形式中植物都生长良好,尤其形式③、①和②依据“适地适树”和“近路基则矮,远路基则高”的原则进行混交搭配,植物种配置、防护功能及生长表现均良好,覆盖度已达 60% 以上,起到了良好的防护效益。

榆靖高速公路路基边坡防护植物大部分为 2001 年冬季和 2002 年春季栽植,到目前已经过两个生长季节,且 2002 年秋季和 2003 年春季又进行补植完善,目前坡面植被覆盖度已达 60% 左右,起到了良好的防护、美化及生态效益。

#### 3.1.2 路基边坡不同防护技术效益分析

根据不同坡面类型采取了 5 种不同防护技术方案,这些方案各有其适应性和优缺点,现分析比较如下。

##### (1) 柴草网格障蔽+植被防护技术

有效保护了植物的正常生长,且在植物生长前期还发挥了良好的护坡功能。据调查,有障蔽的坡面均未出现雨水冲沟和风蚀现象。该方案造价约为 0.5 元/m<sup>2</sup>,较经济,在沙质路基上为一种较理想的护坡措施,值得大力推广。

##### (2) 黄土包坡+植被防护技术

可固定沙子,增加土壤养分,有利于植物生长。但据调查,与搭沙障比较,植物前期生长状况差异不明显,部分坡面还出现雨水冲沟,且造价约为 6 元/m<sup>2</sup>,比搭沙障高 12 倍,建议在黄土来源较方便路段适当应用。

##### (3) 三维植被网护坡技术

三维网起到了良好的固土保水能力,坡面未出现水蚀和风蚀情况,有效地保护了种子的发芽、出苗和生长。同时还具有美化效果,是一种良好的公路护坡绿化措施。但施工较繁琐,造价又高,约 14 元/m<sup>2</sup>,故可



在重点绿化路段小规模使用,不宜大面积推广应用。

#### (4) 黄土陡坡水平阶栽植护坡技术

在水平阶上密植(6~7株/延m)紫穗槐、柠条等灌木植物,起到了良好的防护效果。既可以拦截雨水、防止冲刷,又可以蓄水保墒,是黄土陡坡上一种理想的护坡方案。

#### (5) 积沙平台的绿化美化

全线以灌木为主,花草进行点缀,主要植物种有沙棘、柠条、紫穗槐、蒙古莠、踏郎等,20多种配置方案,每隔4~7km为一种配置方案,且每隔25m用一丛花草点缀。目前在公路两侧已形成两条美丽的植物带,具有防护和观赏双重功效。

### 3.2 “四带一体”防风固沙林防护效益分析

#### 3.2.1 平整固沙绿化带防护效益分析

全线均为乔灌草混交配置,为了改变较长直线单调、呆板的景观,每隔1~5km变换一种植物配置方案。调查结果表明乔木树种的生长量普遍较小,且因其易受大风和野兔危害,故覆盖度较低、防护效益差;但林间混交的灌木、草本植物普遍生长良好,已起到良好的防护效益,总覆盖率达55%左右,增大了下垫面粗糙度,降低了风速,有效防止了地表的吹蚀。

#### 3.2.2 格状沙障与植物固沙带防护效益分析

##### (1) 生长状况

调查发现,植物的成活率、生长状况均良好,成活率除新引进植物四翅滨藜较低外,其他植物均较高,尤其紫穗槐、沙地柏、樟子松成活率都在90%以上。

##### (2) 植物防护效益

据专业人员测定,植被已起到了明显的防风效果。植被覆盖度增加,地表粗糙度逐渐提高,风速也逐渐减小,尤其近地面风速降低明显,植被覆盖度为30%时风速降低33.8%,覆盖度达60%时,风速降低60.6%。且随着时间的推移,植物逐渐长高,分枝增多,冠幅增大,地表的枯枝落叶增多,植被的防风效益将会不断增强。

##### (3) 草方格沙障的防护效益

在路基边坡两侧沙地设置柴草方格沙障,可以防治多向风作用下所造成的沙害;在沙障的保护下栽植植物,起到了良好的防风固沙、保护植物生存的作用。它是流动沙地防止风沙危害最根本的防护措施,主要特点表现为:①增大地表的粗糙度;②明显改善植物生长的小环境、提高了植物成活率和生长量;③其固沙作用,随沙障规格的大小而不同。方格越大,风蚀越重,且在迎风坡部位显著。调查发现,规格为1m×1m和1m×1.5m沙障内栽植的植物均未出现风蚀,生长良好,起到很好的防护作用。

#### 3.2.3 封沙育林育草带的封育效果

该带于2003年5月飞播了油蒿、踏郎、花棒等植物后封禁。经调查,植被覆盖率约达到10%~20%,已起到一定的防风固沙作用。应继续封禁管护,保证沙生植物滋生和蔓延,使流动沙地逐渐达到半固定和固定。

## 4 结 论

(1)研究结果表明,在沙漠地区修建高速公路,合理进行绿化防护有利于防风固沙,有利于稳定路基、保障道路安全运营。

(2)实践证明,遵循“近路基则密,远路基则疏”的原则,采取小株距大行距和带状混交的办法来保证植物生存,可产生较好的防护效益。

(3)从“封沙育林育草带”到“前沿阻沙带”,再到“格状沙障与植物固沙带”,最后到“平整固沙绿化带”,“四带一体”的公路治沙防护体系在榆靖高速公路中证明是科学、合理的。

(4)作为我国第一条沙漠高速公路——榆靖高速公路,其重要组成部分的绿化工程,经过3年多建设,已取得显著成效。特别是路基边坡及两侧以植物为主的防护措施,已明显起到防风固沙、美化环境的作用,达到迅速有效恢复和建设生态植被、保证高速公路安全行车的目的,形成了沙漠高速公路绿化的典型特色。同时,为我国在沙漠地区修筑高速公路提供了宝贵的防护绿化技术经验。