

## 公路边坡生态防护设计指南

2025 - 01 - 23 发布

2025 - 04 - 22 实施

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 基本规定 ..... 2

5 自然环境调查 ..... 2

6 植物防护设计 ..... 3

7 骨架植物防护设计 ..... 4

8 施工 ..... 7

9 质量检测与验收 ..... 7

附录 A（资料性）自然环境调查表..... 8

附录 B（资料性）山西省气候分区图..... 9

附录 C（资料性）山西省公路路域植被及降雨量区划图..... 10

附录 D（资料性）山西省公路路域植被各区划区界线内适宜边坡绿化植物推荐名录..... 11

附录 E（资料性）山西省公路边坡支护及植物防护推荐常用设计组合方案..... 13

参考文献 ..... 14

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西省交通规划勘察设计院有限公司、山西交通科学研究院集团有限公司。

本文件主要起草人：苏鹏、赵虎生、辛法、秦小超、赵志超、贾韵洁、李文光、周博、崔兰、王璟。

# 公路边坡生态防护设计指南

## 1 范围

本文件给出了公路边坡生态防护设计的基本原则，提供了自然环境调查、植物防护设计、骨架植物防护设计、施工及质量检查与验收等技术要点。

本文件适用于山西省新建（改扩建）公路工程 and 公路养护工程。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 6142 禾本科草种子质量分级
- GB 7908 林木种子质量分级
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- CJJ 82 园林绿化工程施工及验收规范
- CJJ/T 292 边坡喷播绿化工程技术标准
- CJ/T 24 园林绿化木本苗
- CJ/T 340 绿化种植土壤
- JTG B04 公路环境保护设计规范
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG F80/1-2017 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG/T D32 公路土工合成材料应用技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 边坡生态防护

为了实现边坡稳固、防治土壤流失、恢复受损边坡生态系统、保护生态环境，利用植物或植物与土木工程措施结合进行的边坡防护。边坡生态防护包括植物防护和骨架植物防护两种形式。

### 3.2

#### 植物防护

利用植物涵水固土的原理稳定表层岩土，美化生态环境的植被护坡技术，是综合岩土工程、恢复生态学、植物学、土壤肥科学等多学科为一体的复合工程技术。植物防护包括植草防护、喷播植草防护、铺草皮防护、种植灌木防护、三维植被网防护、喷混植生防护、植生袋防护及土工格室植物防护等不同形式。

### 3.3

#### 骨架植物防护

采用浆砌片石、混凝土、钢筋混凝土等在坡面上形成骨架，结合植物防护实施的一种护坡技术。骨架植物防护包括浆砌片石（混凝土）骨架植物防护、多边形混凝土预制空心块植物防护、锚杆（索）混凝土框架植物防护。

## 4 基本规定

### 4.1 生态防护遵循以下原则：

- a) 安全性：符合公路交通安全功能要求，发挥稳固坡面、保持水土作用；
- b) 生态性：植物选择和配置遵循适地适树与多样性原则；
- c) 景观性：突出植物群落的规模效应、动态韵律和季相变化，达到景观与生态的和谐统一；
- d) 经济性：节约施工及后期养护成本，工程材料宜就地取材。

### 4.2 公路边坡生态防护宜与主体工程同规划、同设计、同施工。

### 4.3 公路边坡生态防护设计宜优先生态防护，辅以圬工防护，积极推广新技术、新材料、新设备、新工艺。

### 4.4 植物选择符合下列规定：

- a) 根据当地的气候特点，选择处于同一气候带的植物品种；
- b) 所选植物具有耐干旱、耐贫瘠、抗污染、抗病虫、轻养护的特点；
- c) 优先选择根系发达的乔灌木、且以乔灌木为主，乔灌木结合；
- d) 尽量选择固氮能力较好的植物种；
- e) 以具有良好的水土保持功能的乡土物种为主，慎用外来物种，不选用国家规定《重点管理外来入侵物种名录》中所列举的入侵物种；
- f) 植物种子质量符合 GB 6142、GB 7908 的标准。

### 4.5 生态防护使用的绿化种植土壤宜满足以下要求：

- a) 具备常规土壤的外观，有一定疏松度、无明显可视杂物、常规土色、无明显异味；
- b) 有效土层内植草的最小土层厚度不小于 0.15m，灌木最小土层厚度不小于 0.3m，喷混植生的厚度不小于 0.1m；
- c) 其他指标符合 CJ/T 340 的要求。

## 5 自然环境调查

### 5.1 自然环境调查包括地形地质、水文情况调查，气象资料调查，植物资源调查。自然环境调查表见附录 A，山西省气候分区图见附录 B，山西省公路路域植被及降雨量区划图见附录 C。

### 5.2 地形地质、水文情况调查的内容有：

- a) 调查工程所在地边坡的形状、坡度、坡高、岩性、表层岩体风化程度等；
- b) 调查排水条件和周围水源情况；
- c) 结合地质勘察进行土壤和岩石试样分析。

### 5.3 气象资料调查的内容有：

- a) 调查近5年工程所在地的气象资料；
- b) 调查内容包括：年平均降水量、主要降水分布月份、月平均气温、年最高气温、年最低气温、无霜期、汛期等。

### 5.4 植物资源调查的内容有：

- a) 调查项目周边植物群落类型和优势种的分布及生长状况；
- b) 调查植物种苗供应状况；

c) 调查周边类似工程实施效果。

6 植物防护设计

6.1 一般规定

6.1.1 对受自然因素作用易产生破坏的边坡坡面，应结合气候条件、岩土性质、边坡高度、边坡坡率、水文地质条件、施工条件、环境保护、水土保持要求等因素，按表 1 选择植物防护设计，同时应满足 JTG B04 和 JTG D30 规范的要求。

表1 植物防护类型及适用条件

| 植 物 防 护 类 型 | 适 用 条 件                                                 |
|-------------|---------------------------------------------------------|
| 植草或喷播植草     | 可用于坡率不陡于 1:1 的土质边坡防护。当边坡较高时，植草可与土工网、土工网垫结合防护。           |
| 铺草皮         | 可用于坡率不陡于 1:1 的土质边坡防护。                                   |
| 种植灌木        | 可用于坡率不陡于 1:0.75 的土质、软质岩石和全风化岩石边坡防护。                     |
| 三维植被网       | 可用于坡率不陡于 1:1 的土质边坡或全风化、强风化的岩石边坡防护，边坡高度不宜大于 10m。         |
| 喷混植生        | 可用于坡率不陡于 1:0.75 的砂性土、碎石土、粗粒土、巨粒土及风化岩质边坡防护，边坡高度不宜大于 10m。 |
| 植生袋         | 可用于坡率不陡于 1:1 的岩质路堑边坡和填方边坡防护。                            |
| 土工格室        | 可用于坡率不陡于 1:0.5 的岩质路堑边坡和填方边坡防护。                          |

6.1.2 植物防护宜采用草灌乔结合，选用当地优势群落，种植土、草纤维、缓释营养肥料、黏合剂、保水剂等混合材料配合比通过试验确定。山西省公路路域植被各区划区界线内适宜边坡绿化植物推荐名录见附录 D。

6.2 植草或喷播植草

- 6.2.1 植物宜选用根系发达、须根多、固土护坡能力强的乡土植物。
- 6.2.2 植草防护应结合防护工程统筹设计。
- 6.2.3 喷播植草应将配制好的草本的种子、肥料、纤维、土壤稳定剂等与水充分混合后，再用高压喷枪均匀地喷射到土壤表面，形成一层约 1cm 厚的膜状结构。应考虑当地自生优势群落的结构特点进行植物种子配比。

6.3 铺草皮

- 6.3.1 根据草皮选定的铺设方法选定裁剪面积，草块土壤厚度为 2cm~3cm，应注意保护好根系。
- 6.3.2 草皮应铺设过坡顶肩部 100cm 或铺至截水沟，各草块间的缝隙不超过 6cm。
- 6.3.3 草皮铺设法可采用间铺法和条铺法，根据草皮根茎特点进行选择。采用间铺法时，排列方式可为棋盘式、铺块式等。铺设于坡面时，草皮块之间应保留 2cm~3cm 间隙，块与块间的间隙填入细土。采用条铺法时，两根草皮平等铺装，其间距为 2cm~3cm。
- 6.3.4 固定草皮的尖桩为木质或者竹质，长 20cm~30cm，截面积不小于 1cm<sup>2</sup>，厚度不小于 5mm。尖桩与坡面垂直，露出草皮表面不超过 2cm。

6.4 种植灌木

- 6.4.1 适用于土质密实、孔隙较小的边坡防护。
- 6.4.2 种植灌木应适宜于当地气候条件，可选用穴栽紫穗槐或柠条等，正三角形均匀布置，每平米 6~

9 株，中、北部地区宜取高值，南部地区宜取低值。

### 6.5 三维植被网

6.5.1 三维植被网铺设时，在坡顶和坡脚各留不少于 30cm，上端埋入截水沟或土中，下端铺设成水平面。三维植被网自上而下平铺到坡脚处，网与网间平搭，网紧贴坡面，两幅三维植被网之间重叠 10cm~15cm，三维植被网周边有 5cm~10cm 的卷边。

6.5.2 三维植被网的性能要求：单位面积质量大于等于 400g/m<sup>2</sup>，厚度大于等于 16mm，纵横向极限抗拉强度均大于等于 3.2KN/m。

6.5.3 三维植被网力求平整，不应有褶皱。采用 U 型锚钉将三维植被网固定在坡面上，锚钉宜采用  $\Phi$  6mm~10mm 钢筋制作，长度宜为 30 cm~50cm，完整岩石边坡可取低值，土质及破碎岩石边坡取高值，宽度宜为 10cm；锚钉竖向间距宜为 1.0m，横向间距宜为 1.0 m~1.5m。

### 6.6 喷混植生

6.6.1 喷混植生是利用基材、锚杆和金属网形成的柔性植被护坡方式。

6.6.2 基材由种植土、纤维料和绿化培养基组成（建议比例为 2:2:1）。

- a) 种植土：对种植土进行粉碎风干过筛，粒径不大于 8mm，含水量不大于 20%；
- b) 纤维料：可根据各地的特点采用秸秆、树枝、稻草、椰丝等，粉碎成 10mm~15mm 长，且在使用过程中发酵完全。
- c) 绿化培养基：将种植土、有机物、肥料、粘合剂、保水剂、PH 缓冲剂等按一定配比混合形成绿化培养基，可以采用现场试验调试定比或采用既有成熟技术与成品。基材混合物满足 CJJ/T 29 标准的要求。喷基层时须有检查、控制厚度的措施，绿化培养基在使用前发酵完全。

6.6.3 锚杆采用  $\Phi$  16mmHRB400 钢筋，主锚杆长 2m~4m，辅锚杆长 1m~2m；锚杆间距 2.0m，锚杆一端设置弯钩，其端部 15cm 及弯钩部分涂防锈漆防锈。锚杆采用  $\Phi$  42mm 钻杆钻孔，成孔孔径  $\Phi$  50mm，钻孔内浇注 M30 水泥砂浆。

6.6.4 铁丝网选用不小于 12 号镀锌焊接或机编（50cm×50cm）金属网，搭接宽度不小于 10cm。

### 6.7 植生袋

6.7.1 植生袋宜采用 60cm×40cm 的植生编织袋。

6.7.2 植生袋内填充的种植土采用粉细土状，种植土中适当加入 10%草炭土和 500g/m<sup>3</sup> 有机长效肥或全效复合肥，含水量不大于 20%。

6.7.3 种子用量每平方米一般应控制在 30g~50g。

6.7.4 每堆砌 4m<sup>2</sup> 植生袋墙体中宜有一袋填充中粗砂以利于排水。

## 7 骨架植物防护设计

### 7.1 一般规定

7.1.1 骨架植物防护形式有浆砌片石（水泥混凝土）骨架植物防护、多边形混凝土预制空心块植物防护以及锚杆（索）混凝土框架植物防护等。山西省公路边坡支护及植物防护推荐常用设计组合方案见附录 E。

7.1.2 对受自然因素作用易产生破坏的边坡坡面，应结合气候条件、岩土性质、边坡高度、边坡坡率、水文地质条件、施工条件、环境保护、水土保持要求等因素选用适当的防护类型，骨架植物防护类型及适用条件见表 2。

表2 骨架植物防护类型及适用条件

| 植 物 防 护 类 型         | 适 用 条 件                           |
|---------------------|-----------------------------------|
| 浆砌片石（混凝土）<br>骨架植物防护 | 可用于坡率不陡于1:0.75的土质或全风化、强风化的岩质边坡防护  |
| 多边形混凝土预制<br>空心块植物防护 | 可用于坡率不陡于 1:1.5 的土质或全风化、强风化的岩质边坡防护 |
| 锚杆（索）混凝土框架<br>植物防护  | 可用于坡率不陡于 1:0.5 的土质或岩质路堑边坡防护       |

7.2 浆砌片石（混凝土）骨架

- 7.2.1 浆砌片石（混凝土）骨架植物防护是防止边坡受雨水冲刷侵蚀，避免土质坡面上产生沟槽，加强对风化层土体的支撑作用，其形式主要有拱形（菱形、人字形）骨架、窗式（菱形）护面墙等。
- 7.2.2 拱形（菱形、人字形）骨架适用于边坡高度大于等于 5m 的路段，窗式（菱形）护面墙适用于边坡高度大于等于 6m 的挖方路段。
- 7.2.3 路堤边坡设置骨架护坡之前对边坡虚土进行刷坡。
- 7.2.4 拱形（菱形、人字形）骨架、窗式（菱形）护面墙施工前，须进行刻槽，将其置于边坡之内，顶面与坡面平齐，每隔 10m~15m 设伸缩缝一道，缝内采用沥青麻絮或者沥青木板填塞，深度不小于 10cm。
- 7.2.5 拱形（菱形、人字形）骨架、窗式（菱形）护面墙内可根据边坡地质条件选择适宜的坡面植物防护方案。

7.3 多边形混凝土预制空心块

- 7.3.1 多边形混凝土预制空心块植物防护形式多样，可采用六边形空心块。
- 7.3.2 边坡铺设空心混凝土块防护，坡脚设置混凝土矩形基础，混凝土强度均不低于 C25。
- 7.3.3 基础沿线路方向每 10m 设置一道伸缩缝，缝宽 2cm，缝内填塞沥青麻絮或沥青木板。
- 7.3.4 边坡铺设完成后，空心块的空心部分回填种植土，并在空心块内种植多年生草本植物。

7.4 锚杆（索）混凝土框架

- 7.4.1 锚杆（索）混凝土框架的设计应符合 GB 50086、JTG D30 的规定。
- 7.4.2 锚杆（索）的布置间距应根据边坡地层性质、所提供的总锚固力及单锚承载力设计值确定，一般宜为 2.5 m~4.0 m；锚杆（索）的安设方向宜尽量与岩体的外倾结构面垂直，但入射角不宜大于 35°，且不宜小于 10°。
- 7.4.3 锚孔内宜采用低压或重力注浆，注浆材料宜采用强度等级不低于 M30 的纯水泥浆或水泥砂浆。
- 7.4.4 岩质边坡中，普通锚杆自由段伸入潜在滑面至稳定地层不小于 1m，自由段长度不小于 5m，锚固段长度通过计算确定，不宜大于 10m。预应力锚索的单元锚固段长度不宜小于 4m，并不宜大于 10m；对无类似锚固经验地层中的锚杆（索），进行现场拉拔试验检验锚杆（索）的锚固性能；预应力锚杆（索）的预应力张拉值应视边坡地层情况选取，岩质边坡加固防护中，要求锚杆（索）的张拉力宜不小于设计拉力的 110%，土质边坡加固防护中，要求锚杆（索）的张拉力宜不小于设计拉力的 120%。
- 7.4.5 边坡表面宜采用钢筋混凝土的框架格构梁与锚杆（索）连接，格构梁断面高×宽不宜小于 300mm×300mm，混凝土强度等级不低于 C30。
- 7.4.6 普通锚杆的锚头可弯起后与格构梁的主筋焊接相连，预应力锚杆（索）的锚头应在格构梁外表面制作；锚索外锚头下的承力钢垫板平面与锚索轴向垂直。
- 7.4.7 格构梁间可根据边坡地质条件选择适宜的坡面植物防护方案。

7.5 土工格室

7.5.1 土工格室用于坡面生态防护时，每级坡高不应超过 10m。当坡率缓于或等于 1:1 时，可采用平铺式；当坡率陡于 1:1 时，宜采用叠置式，叠置的宽度不应小于 100cm。土工格室铺筑断面示意图 1。

7.5.2 土工格室中的回填土采用粉细土状种植土并结合植物种植。种植土中适当加入 10%草碳土和 500 g/m<sup>3</sup> 的有机长效肥或复合肥（成分为氮：磷：钾=15:15:15）后，用搅拌机拌合均匀备用。

7.5.3 土工格室的性能要求：格室片应平整、无气泡、无沟痕；格室片的极限抗拉强度不小于 20KN/m；节点处极限抗拉强度不小于 20KN/m，格室高度宜为 10cm~20cm。

7.5.4 土工格室应采用锚杆进行固定，锚杆宜采用 Φ16mm 钢筋，锚孔直径宜为 Φ38mm~42mm，孔内应灌注 M30 砂浆，在土层或全风化~强风化岩层中，锚杆入土深度宜为 50cm~100cm，在中等~弱风化岩层中入岩层深度不应小于 30cm。

7.5.5 采用平铺式时，每隔 3 个焊点宜设一个固定锚杆，在坡面上呈上密下疏布置，布置的水平、垂直间距可参考表 3 确定；采用叠置式时，在断面上每级台阶应设置一个固定锚杆，锚杆的水平间距可参考表 3 确定。

表3 土工格室锚杆锚固长度和布置间距

| 边坡坡率   | 岩性 | 锚固长度<br>m | 竖向间距<br>m | 水平间距<br>m |
|--------|----|-----------|-----------|-----------|
| 1:0.5  | 土质 | 0.75~1.0  | /         | 1.0~1.5   |
|        | 岩质 | 0.5~0.75  | /         | 1.0~1.5   |
| 1:0.75 | 土质 | 0.5~0.75  | /         | 1.5~2.0   |
|        | 岩质 | 0.3~0.5   | /         | 1.5~2.0   |
| 1:1.5  | 土质 | 0.5~0.75  | 1.5~2.0   | 1.5~2.0   |
|        | 岩质 | 0.3~0.50  | 1.5~2.0   | 1.5~2.0   |

7.5.6 根据坡面坡度的大小，按以下要求选择格室：

- a) 坡面坡度≤45° 时，宜选用10cm×25cm×25cm格室；
- b) 坡面坡度>45° 时，宜选用15cm×25cm×25cm格室。

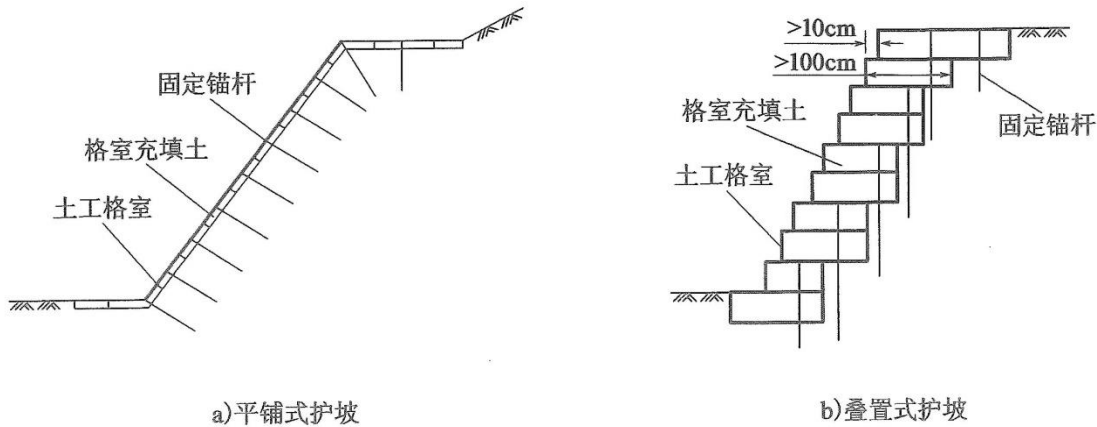


图1 土工格室铺筑断面示意

## 8 施工

### 8.1 一般规定

- 8.1.1 边坡应安全稳定，达到边坡支护、加固结构与截排水工程设计要求后方可进行边坡生态防护。
- 8.1.2 坡面施工前，应对浮石、浮根及杂物等进行清理，对坡面拐角处及坡顶的棱角进行修整，坡面应平顺。
- 8.1.3 施工过程中本着永临结合原则，实施有效的相关排水设施，确保汇水不冲刷坡面。

### 8.2 施工准备

- 8.2.1 施工前，施工单位应在全面熟悉设计文件，掌握施工图、工期、质量和安全要求等，详细了解当地气象资料及土质情况，并对现场进行实地勘查，包括：周围环境、施工条件、电源、水源、土源、道路交通、堆料场地和生活设施位置等。
- 8.2.2 施工单位根据施工图、合同要求和现场情况，编制施工组织设计，开工前应对各类施工班组、施工人员进行岗前培训和技术、安全交底，并按规定进行报批。
- 8.2.3 施工单位按设计要求准备所需的施工机械设备及材料，并在现场按规定进行报验，符合设计与施工要求后方可使用。

### 8.3 技术要点

- 8.3.1 播种应从上往下均匀的撒在边坡上，使种子与土充分接触，并在边坡表面洒水。
- 8.3.2 植物种子出芽期，应保持土壤湿润。坡面宜采用喷灌浇水，单次浇水不出现明显径流。
- 8.3.3 铺草皮应根据不同草皮在当地最适宜的季节进行铺植，铺草皮时应避免过分地伸展和撕裂，铺好的草皮在每块草皮四周用尖桩固定，确保草皮固定并与地面贴实。
- 8.3.4 三维植被网覆土和网下土体宜为一体，坡面应平整，以确保网与坡面的紧密结合。
- 8.3.5 植生袋应交错布置，长边方向垂直于坡面码放，确保压顶稳定。植生袋铺砌施工完成后，应在植生袋之间及其表面适当覆土（0.5 cm 左右），以确保种子发芽率。

## 9 质量检测与验收

### 9.1 材料质量检查

- 9.1.1 所有施工材料使用前均应由监理单位按其质量、规格要求分批进行验收。
- 9.1.2 苗木质量应符合 CJ/T 24 的规定。
- 9.1.3 所使用的肥料、土壤、锚杆、框架、砌体、铁丝网等应符合规范和设计要求。

### 9.2 验收工程要求

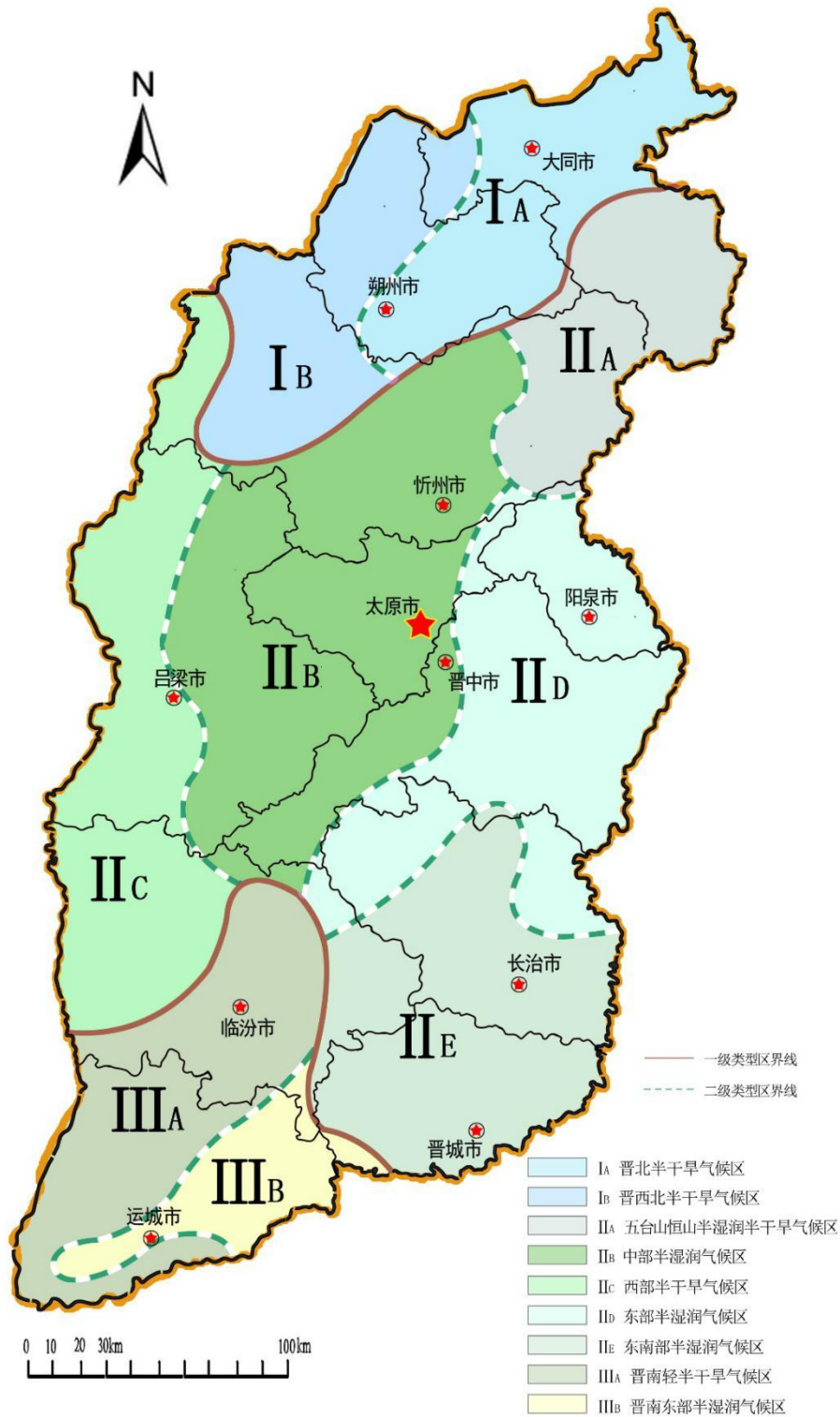
- 9.2.1 边坡施工完毕后，交（竣）工验收时，边坡表层种植土厚度均应达到规范设计指标要求。
- 9.2.2 喷播植被覆盖度应达到 95%及以上，草坪及铺草皮植被覆盖度应达到 95%及以上（取弃土场边坡 90%及以上）。边坡植物防护的乔灌木成活率应不低于 95%。植被覆盖度的测定方法采用目测法或无人机航拍测量法。
- 9.2.3 其它可参照 CJJ/T 82、JTG F80/1 执行。

附 录 A  
(资料性)  
自然环境调查表

表A.1 自然环境调查表

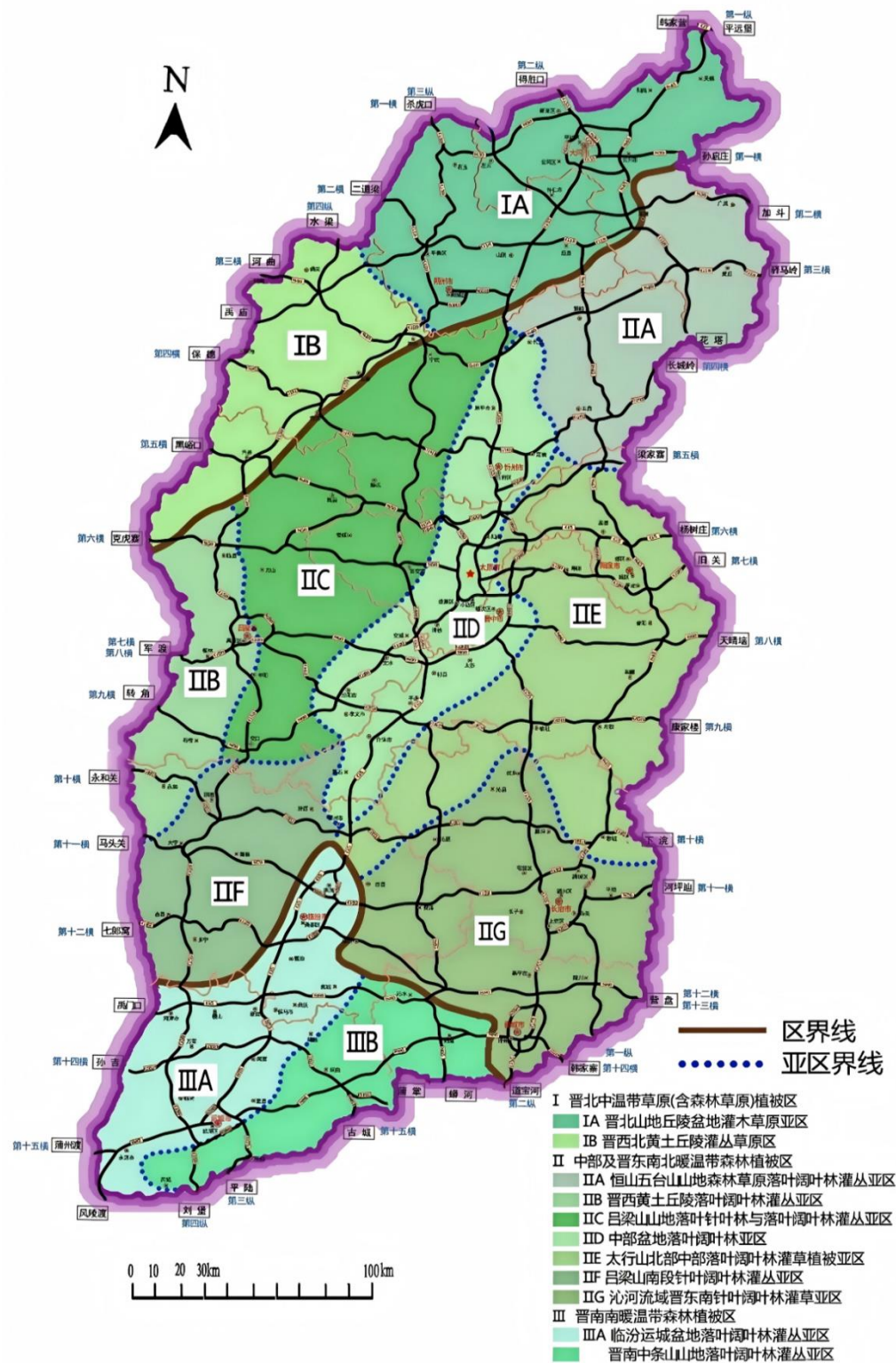
|          |         |      |  |
|----------|---------|------|--|
| 项目名称     |         |      |  |
| 桩号       |         | 位置   |  |
| 调查人      |         | 调查时间 |  |
| 地形地质水文调查 | 岩性      |      |  |
|          | 坡率      |      |  |
|          | 坡高      |      |  |
|          | 坡向      |      |  |
|          | 涌水      |      |  |
| 气象资料调查   | 年平均降雨量  |      |  |
|          | 主要降水月份  |      |  |
|          | 最冷月平均气温 |      |  |
|          | 最热月平均气温 |      |  |
|          | 年最低气温   |      |  |
|          | 年最高气温   |      |  |
|          | 无霜期     |      |  |
|          | 标准冻深    |      |  |
|          | 最大风速    |      |  |
|          | 常年风向    |      |  |
| 植物资源调查   | 主要乔木    |      |  |
|          | 主要灌木    |      |  |
|          | 主要草本    |      |  |
|          | 主要攀缘植物  |      |  |

附录 B  
(资料性)  
山西省气候分区图



图B.1 山西省气候分区图

附 录 C  
(资料性)  
山西省公路路域植被及降雨量区划图



附 录 D  
(资料性)

山西省公路路域植被各区划区界线内适宜边坡绿化植物推荐名录

表 D.1 晋北中温带草原植被区

| 序号 | 类别   | 适宜绿化植物                                                                   |
|----|------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 常绿乔木 | 油松苗、侧柏苗                                                                  |
| 2  | 落叶乔木 | 刺槐、白榆                                                                    |
| 3  | 常绿灌木 | 沙地柏                                                                      |
| 4  | 落叶灌木 | 紫穗槐、柠条、荆条、丛生连翘、丁香、沙拐枣、胡枝子                                                |
| 5  | 草本   | 狗牙根、高羊茅、黑麦草、千屈菜、矢车菊、紫花苜蓿、满天星、沙打旺、孔雀草、垂穗披碱草、波斯菊、洋狗尾草、无芒雀麦、扁穗冰草、细叶剪股颖、姬岩垂草 |
| 6  | 攀缘植物 | 五叶地锦、山荞麦                                                                 |

表 D.2 中部及晋东南北暖温带森林植被区

| 序号 | 类别   | 适宜绿化植物                                                                                                                       |
|----|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 常绿乔木 | 油松苗、侧柏苗                                                                                                                      |
| 2  | 落叶乔木 | 刺槐、白榆、沙枣                                                                                                                     |
| 3  | 常绿灌木 | 铺地柏                                                                                                                          |
| 4  | 落叶灌木 | 紫穗槐、沙棘、荆条、柠条、胡枝子、连翘                                                                                                          |
| 5  | 草本   | 结缕草、普通早熟禾、硬质早熟禾、黑麦草、羊胡子草、细叶苔草、石竹、地丁草、三七景天、萱草、鸢尾、马蔺、苜蓿、苇状羊茅、无芒雀麦、蒲公英、酢浆草、红花酢浆草、矮牵牛、大丽花、八宝景天、百日草、波斯菊、千屈菜、矢车菊、紫花苜蓿、满天星、孔雀草、姬岩垂草 |
| 6  | 攀缘植物 | 五叶地锦、山荞麦                                                                                                                     |

表 D.3 晋南南暖温带森林植被区

| 序号 | 类别   | 适宜绿化植物                                                                                                                                                         |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 常绿乔木 | 油松苗、侧柏苗、圆柏苗、龙柏苗、蜀桧苗、石楠、冬青                                                                                                                                      |
| 2  | 落叶乔木 | 白榆、刺槐、黄栌、华北卫矛                                                                                                                                                  |
| 3  | 常绿灌木 | 铺地柏、洒金柏、胶东卫矛、雀舌黄杨、金叶女贞、小叶女贞                                                                                                                                    |
| 4  | 落叶灌木 | 毛刺槐、紫穗槐、胡枝子、沙棘、红瑞木、卫矛、枸杞、金银木、迎春、连翘、紫叶小檗、郁李、榆叶梅、贴梗海棠、垂丝海棠、棣棠、黄刺玫、荆条、珍珠梅、平枝栒子、水栒子、紫丁香、红王子锦带、三裂绣线菊、太平花                                                            |
| 5  | 草本   | 中华结缕草、结缕草、景天、萱草、石竹、耬斗菜、硬羊茅、高羊茅、鸢尾、细叶鸢尾、马蔺、早熟禾、黑麦草、白羊草、苜蓿、野牛草、狗牙根、波斯菊、二月兰、委陵菜、葱兰、狗尾草、洋地黄、紫花地丁、白三叶、马蔺、蒲公英、麦冬、毛茛、芦苇、红花酢浆草、酢浆草、匍茎剪股颖、百日草、万寿菊、一串红、鸡冠花、矮牵牛、常夏石竹、姬岩垂草 |
| 6  | 攀缘植物 | 南蛇藤、山荞麦、爬山虎、金银花、五叶地锦、紫藤、凌霄、美国凌霄、藤本月季                                                                                                                           |

附 录 E  
(资料性)  
山西省公路边坡支护及植物防护推荐常用设计组合方案

表E.1 山西省公路边坡支护及植物防护推荐常用设计组合方案

| 位 置         | 边坡岩土类型                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 风化密实程度               | 坡率         | 边坡支护方式  | 植物防护方式      |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------|---------|-------------|
| 上<br>边<br>坡 | 硬质岩                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 弱风化-中风化              | >1:0.75    | ①       | ⑤、⑧         |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 强风化                  | 1:0.75~1:1 | ②、④、⑤   | ⑤、⑥         |
|             | 软质岩                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 弱风化-中风化              | 1:0.75~1:1 | ②、④、⑤   | ⑤、⑥         |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 强风化                  | 1:1~1:1.25 | ②、④、⑤、⑦ | ④、⑤、⑥、⑦     |
|             | 卵石土、碎石土、<br>圆砾石、角砾石                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 中密                   | ≤1:1       | ②、⑤、⑦、⑧ | ②、④、⑤、⑥、⑦   |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 密实                   | ≤1:0.75    | ②、⑤、⑦、⑧ | ⑤、⑥、⑦       |
|             | 中砂、粗砂、砾砂                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 松散                   | ≤1:2       | ⑦、⑧     | ②、④、⑤、⑥、⑦   |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 中密                   | ≤1:1.5     | ⑦、⑧     | ②、④、⑤、⑥、⑦   |
|             | 粉土、粉质黏土                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 松散                   | 1:1~1:1.25 | ①、⑤、⑦、⑨ | ①、②、③、④     |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 密实                   | 1:0.75     | ①、⑤、⑦、⑨ | ①、③、④       |
| 下<br>边<br>坡 | 红黏土                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      | 1:1.25~1:2 | ⑤、⑦、⑧   | ①、②、④、⑤、⑥、⑦ |
|             | 膨胀土                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      | 1:1.5~1:2  | ⑤、⑦、⑧   | ④、⑤、⑥、⑦     |
|             | 填土边坡                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                      | 1:1.5~1:2  | ①、③、⑦、⑧ | ①、②、③、④     |
|             | 填软质岩边坡                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 边部 2m 厚包边土           | 1:1.5~1:2  | ①、③、⑦、⑧ | ①、②、③、④     |
|             | 填硬质岩边坡                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 边部土工格室<br>+0.5m 厚包边土 | 1:1.5~1:2  | ①、③     | ①、②、③、④     |
|             | 硬质岩码砌边坡                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 码砌厚度 1~2m            | 1:1.3~1:2  | ①       | ⑧           |
|             | <p>注 1：边坡支护方式：①不防护；②锚杆（索）混凝土框架；③护坡；④护面墙；⑤窗式护面墙；⑥挡土墙；⑦菱形、人字形、拱形浆砌片石（混凝土）骨架；⑧多边形混凝土预制空心块；⑨小矮墙。</p> <p>注 2：植物防护方式：①植物或喷播植草；②铺草皮；③种植灌木；④三维植被网；⑤喷混植生；⑥植生袋；⑦土工格室植物防护；⑧攀缘植物。</p> <p>注 3：土质边坡每级高度为 6m~10m；软质岩边坡每级高度 8m~10m；硬质岩边坡每级高度 8m~15m。</p> <p>注 4：硬质岩：饱和湿度下，岩石的单轴抗压强度在 30MPa 以上，分为极硬岩、坚硬岩和较硬岩。</p> <p>注 5：软质岩：饱和湿度下，岩石的单轴抗压强度在 30MPa 以下，分为较软岩、软岩和极软岩。</p> <p>注 6：建议高速（一级）公路圬工采用混凝土和片石混凝土，其它等级公路可以采用浆砌片石。</p> |                      |            |         |             |

参 考 文 献

- [1] DB42/T 1355-2018 边坡生态护坡技术规程
  - [2] DB45/T 2149-2020 公路边坡工程技术规范
  - [3] 重点管理外来入侵物种名录
-