

公路边坡网锚喷植被混凝土 生态防护技术指南

2023 - 10 - 19 发布

2023 - 12 - 10 实施

重庆市市场监督管理局
四川省市场监督管理局

发布

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 材料..... 2

5 植被..... 3

6 设计..... 3

7 施工..... 11

8 养护管理..... 14

9 检测检验..... 15

附录 A（资料性） 川渝地区公路边坡生态防护工程常用植物种类参考表..... 17

附录 B（资料性） 施工分项检验..... 22

附录 C（资料性） 种植土检验..... 24

附录 D（资料性） 植被混凝土性质检验..... 25

附录 E（资料性） 植被生长及恢复效果检验..... 26

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由重庆市交通局、四川省交通运输厅联合提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：中交一公局集团有限公司、成都理工大学、四川省公路规划勘察设计研究院有限公司、中铁长江交通设计集团有限公司、交通运输部公路科学研究所、西华师范大学、四川涅重生态环境技术有限公司、西南交通大学、蜀道投资集团有限责任公司、中铁二院工程集团有限责任公司、四川省交通勘察设计研究院有限公司、四川公路桥梁建设集团有限公司勘察设计分公司、四川成内渝高速公路有限责任公司、四川公路工程咨询监理公司、海军研究院海防所、中铁科学研究院有限公司、中南大学、四川港航建设工程有限公司、四川省第二地质大队、中交公路规划设计院有限公司。

本文件主要起草人：徐华、孙新海、汪微、卢应发、古培峰、李天斌、王庆珍、李嘉靖、唐勇、李永林、谈利军、宋炜、刘小辉、王碧霞、谭昌明、孙大远、秦鸿、余鑫、邵社刚、李贤超、李蒙男、张晏源、吴勇、崔英明、邵树强、李克武、周宇、李玉文、向波、马洪生、李勇、江勇顺、赵飞舟、陈品谥、阴磊、项梦涵、肖宇、戴森昊、周雄华、王静梅、周礼中、韦猛、张广泽、冯涛、张俊云、徐波、张东、曹阳、李孝飞、郝建财、顾大勇、赵振华、蒋雪垒、林洪洪、赵延露、李瑞、李怀友、于贵、赵子龙、曹明瑞、王学涛、荣才权、张腾、任红全、蒋周耘、郑建国、房强、陈紫云、曹磊、袁松、王希宝、衡景梅、黄曼雪、李树鼎、王军、王栋、徐正宣、周波、徐骏、王湘锋、王兴平、郑斌、方仁义、张文居、刘天翔、刘鹏、王歆宇、许向宁、李宗有、吕庆强、蔡贤俊、柯尧、任洋、王怡、李红梅、左乾坤、李敏、侯佳、徐从丹、张岩、夏磊、周礼、兰博、刘波、李建华、倪西海、唐和青、赵探、朱潇、曹伟、雷云佩、赵彪、陈洪志、陈培新、侯炳晖、田东、李永鑫、李细伟。

公路边坡网锚喷植被混凝土生态防护技术指南

1 范围

本文件提出了公路边坡网锚喷植被混凝土生态防护工程中材料、植被、设计、施工、养护管理和检测检验的技术要求。

本文件适用于川渝地区整体稳定或工程处治后整体稳定、坡比 $\leq 1:0.5$ 的公路边坡生态防护工程，运营公路边坡抢险工程和其他行业同类型边坡生态防护工程可参照执行。

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 175 通用硅酸盐水泥
GB/T 343 一般用途低碳钢丝
GB 5084 农田灌溉水质标准
GB/T 23348 缓释肥料
GB/T 38360 裸露坡面植被恢复技术规范
GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
CJ/T 340 绿化种植土壤
CJJ 82 园林绿化工程施工及验收规范
JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
JT/T 1328 边坡柔性防护网系统
JTG B04 公路环境保护设计规范
JTG D30 公路路基设计规范
JTG F90 公路工程施工安全技术规范
JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
JTG 5150 公路路基养护技术规范
NB/T 35082 水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术规范
NY/T 886 农林保水剂
DB51/T 2799 四川省高速公路景观及绿化设计指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

网锚喷植被混凝土防护体系 protection system of mesh-bolt-vegetation concrete

利用垫墩锚杆深层锚固岩土体,通过系统锚杆(钉)固定防护网(主动网、钢筋网或镀锌铁丝网等)紧贴坡面防止滚落石、溜塌和垮塌灾害,喷射植被混凝土封闭坡面,结合植被根系加筋、锚固作用,形成边坡综合生态防护系统。

3.2

植被混凝土 vegetation concrete

由种植土、骨料、水泥、添加剂、生态缓释肥料、植物纤维、植物种子和水混合而成、能够满足植物长期生长要求的边坡生态防护材料。

3.3

生态缓释肥料 ecological slow-release fertilizer

以粉煤灰和磁性矿物为主要原材料制成,能够增加土壤剩磁,提高土壤中微量元素含量,为植物生长提供长期充足的肥效。

3.4

植物群落 vegetation community

采用喷播和培植构建形成“草-灌-花”或“草-灌”相结合的不同层次的坡面植被体系,满足边坡稳定性和绿化景观要求。

4 材料

4.1 种植土

4.1.1 种植土由壤土和腐殖土组成,腐殖土质量占比应大于 20%。

4.1.2 壤土采取就近取材原则,选取开挖表层植壤土,含砂量应小于 20%,最大粒径应小于 8 mm,含水率宜小于 20%,可溶性盐浓度(EC 值)应为 0.15 mS/cm~0.9 mS/cm, pH 值应为 5.5~8.5,有机质含量应大于 1.5%。

4.1.3 腐殖土有机质含量应大于 20%。

4.1.4 种植土经风干、粉碎、过筛处理后,粒径宜小于 10 mm。

4.2 骨料

4.2.1 骨料由碎石和砂组成,各项性能符合 JGJ 52 的相关要求。

4.2.2 宜采用单粒级配,碎石粒径宜小于 12 mm。

4.3 水泥

4.3.1 水泥宜选用普通硅酸盐水泥,强度等级不低于 42.5 级,水泥各项性能应符合 GB 175 的相关要求。

4.3.2 不同品种、等级、厂家的水泥,不得混存、混用。

4.4 添加剂

4.4.1 植被混凝土添加剂主要包括保水剂、粘结剂、pH 调节剂。

4.4.2 保水剂应具有长效保水持水能力,符合 NY/T 886 的相关规定要求。

4.4.3 粘结剂应充分保持种植土有适宜的粘结性和团粒结构,符合相关行业质量标准要求。

4.4.4 pH 调节剂应具有调节植被混凝土 PH 值(6.0~8.5)适宜于植物发芽生长能力,但不影响植被混凝土的强度和耐久性,符合相关行业质量标准要求。

4.5 生态缓释肥料

4.5.1 应满足植物长期生长肥力需求，符合 GB/T 23348 的相关要求。

4.5.2 生态缓释肥料选择应考虑具有增加土壤剩磁，提高土壤中微量元素含量，防止土壤酸碱化、板结及水土肥力流失的功能。

4.6 植物纤维

4.6.1 选用草纤维、农作物秸秆及食用菌菌渣等，农作物秸秆长度宜小于 5 cm，直径宜小于 5 mm。

4.6.2 植物纤维添加量宜为 $1.0 \text{ kg/m}^3 \sim 1.5 \text{ kg/m}^3$ 。

5 植被

5.1 选型原则

5.1.1 植被选型应满足“适地适树，生态优先”的要求。

5.1.2 以无侵入性草、灌、花为先锋性物种，2~3 年实现坡面植物本土化融合。

5.1.3 应符合生物多样性和可持续性，抗逆性强，便于粗放式管理。

5.1.4 应选择多年生草、灌、花植物。

5.1.5 灌木宜以常绿为主，选用根系发达抗倒伏的深根系物种。

5.1.6 植物种子易得且经济合理。

5.1.7 高山高原高寒和干热河谷等特殊气候区域物种的选择应具有针对性和适用性。

5.2 配置模式

5.2.1 选用浅根系与深根系结合的“草-灌-花”或“草-灌”混合的种子配置，适当引入乡土物种，快速实现坡面植物覆盖，逐步完成植被本土化融合；灌木根系具有对坡面浅表层锚固能力，不宜选用高大乔木。

5.2.2 根据当地气候环境和土质条件，采用多季相植物组合配置，避免选用竞争性强的物种。

5.2.3 宜遵循植物群落的自然演替规律，使其防护功能和景观效应融合，达到近似于自然边坡植物。

5.2.4 对于有景观要求的边坡，宜配置多层次、多色彩与周边自然环境相协调的景观植物。

5.2.5 植物选择可参照附录 A，并符合 DB51/T 2799 的相关规定要求。

5.3 选用规定及用量

5.3.1 应选用注明产地、生产单位、采收年份、发芽率、千粒重，具有国内检验检疫合格证的植物种子，种子质量应符合 GB/T 38360 的相关规定。

5.3.2 生态防护草、灌、花种子用量总量宜为 $30 \text{ g/m}^2 \sim 40 \text{ g/m}^2$ ，其中草：灌木：花种子比例宜为 1:8:1。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 设计应考虑当地气候环境、土壤适宜性、边坡特征、边坡稳定性、生态防护特点以及植被恢复目标等。

6.1.2 设计方案应因地制宜、安全高效、边坡防护与植被恢复相结合。

6.1.3 设计应考虑防护结构、截排水及喷植设计等内容的相互衔接。

6.1.4 对于整体稳定边坡或工程加固后整体稳定边坡，可直接进行边坡植被混凝土生态防护设计；对浅表层欠稳定边坡，既要开展边坡加固设计，又要进行边坡生态防护设计，结合垫墩锚杆、防护网（主动防护网、钢筋网或镀锌铁丝网）、植被混凝土及植物根-茎-叶的相互作用，构建起边坡网锚喷植被混凝土防护体系。

6.1.5 应结合当地降雨情况、地形地貌、坡面汇水面积、植被建植技术和养护要求等进行边坡综合截排水设计。

6.2 生态防护设计

6.2.1 生态防护方案设计

6.2.1.1 挂主动防护网+喷射植被混凝土生态防护技术方案，适用于坡体破碎、风化严重，局部存在滚落石、垮塌或局部易失稳风险的挖方路堑边坡；坡比宜为 1: 0.5~1: 1，喷射植被混凝土厚度一般为 12 cm~15 cm。

6.2.1.2 挂钢筋网+镀锌铁丝网（双网）+喷射植被混凝土生态防护技术方案，适用于坡体破碎或风化程度较高，易发生局部浅表层溜塌但无较大滚落石风险的挖方路堑边坡；坡比宜为 1: 0.5~1: 1，喷射植被混凝土厚度一般为 10 cm~12 cm。

6.2.1.3 挂镀锌铁丝网+喷射植被混凝土生态防护技术方案，适用于整体稳定性较好，坡面岩体较破碎的挖方路堑边坡或土石混合填方路堤边坡；坡比宜为 1: 0.5~1: 1.5，喷射植被混凝土厚度一般为 8 cm~10 cm。

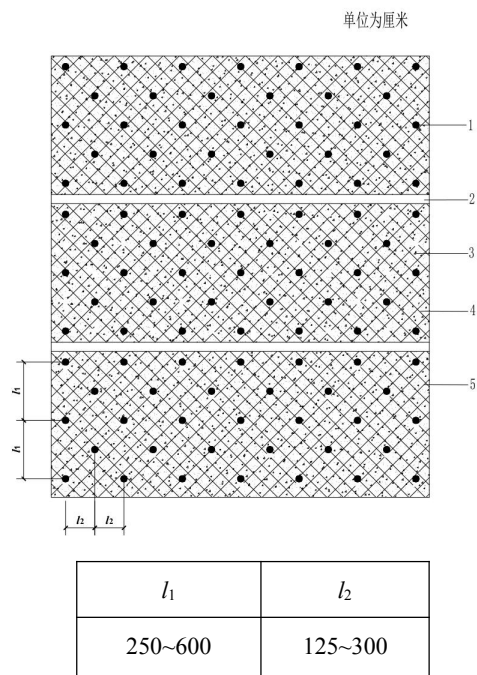
6.2.1.4 挂土工网（CE151）+喷射植被混凝土生态防护技术方案，适用于整体稳定性较好，每级坡高不大于 10 m 的挖方路堑边坡或土质、土石混合填方路堤边坡；坡比宜 \leq 1: 1.5，喷射植被混凝土厚度一般为 6 cm~8 cm。

6.2.2 生态防护结构设计

6.2.2.1 整体结构设计

6.2.1.1.1 对于稳定边坡，可直接进行边坡植被混凝土生态防护，生态防护结构一般包括系统锚杆、防护网、U 型钉及植物根系，稳定边坡生态防护立面和断面示意图，如图 1 和图 2 所示。

6.2.1.1.2 对于浅表层欠稳定边坡，采用垫墩锚杆等措施加固时宜与植被混凝土生态防护相结合，生态防护结构一般包括垫墩锚杆、防护网、U 型钉及植物根系，结构各部分与植物根系协调作用，形成使边坡整体稳定的网锚喷植被混凝土防护体系，浅表层欠稳定边坡生态防护立面和断面示意图，如图 3 和图 4 所示。

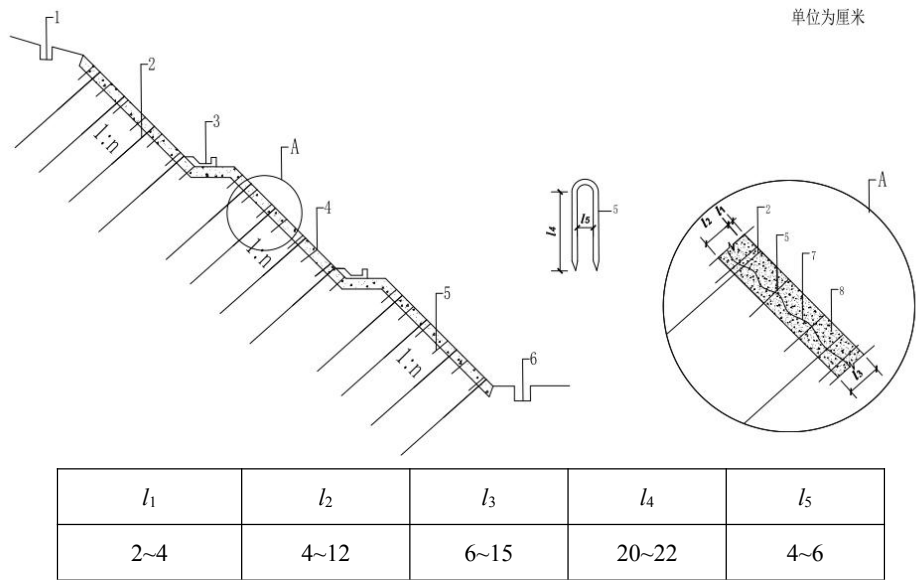


标引序号说明：

1—垫墩锚杆；2—平台排水沟；3—U 型钉；4—植被混凝土，厚度 6~15cm；

5—防护网（主动防护网、钢筋网、镀锌铁丝网或 CE151 网）。

图 3 浅表层欠稳定边坡生态防护结构立面示意图



标引序号说明：

1—坡顶截水沟；2—垫墩锚杆；3—平台排水沟；4—挂网喷射植被混凝土；

5—U 型钉；6—坡底排水沟；7—防护网；8—植被混凝土。

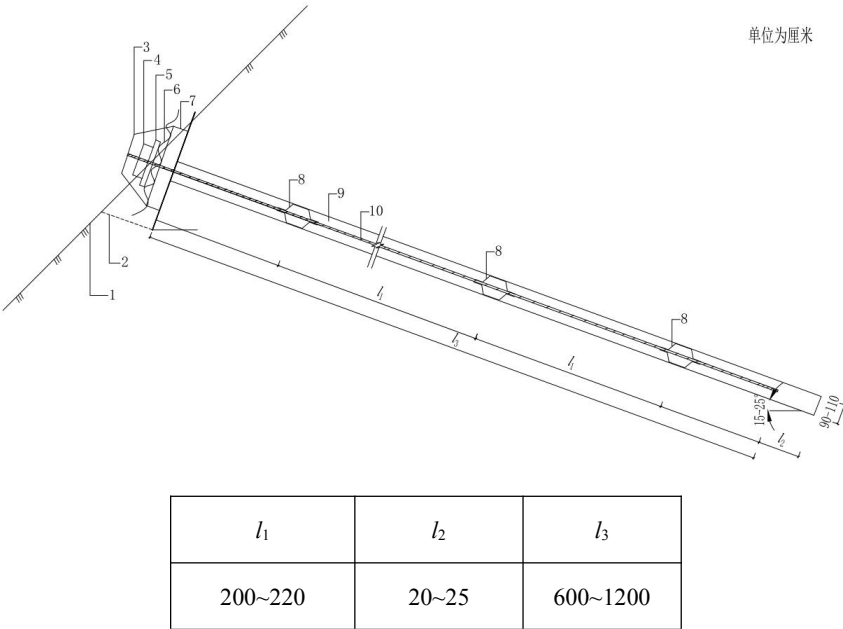
注：A—生态防护结构剖面详图；

a l_1 为种子层厚度； l_2 为基层厚度； l_3 为坡面植被混凝土厚度。

图 4 浅表层欠稳定边坡生态防护结构断面示意图

6.2.2.2 垫墩锚杆设计要点

6.2.2.1.1 垫墩锚杆（见图 5）设计应充分考虑边坡稳定性、施工可行性以及经济性，并符合 GB 50086 的相关要求。



标引序号说明：

- 1—地面线；2—刻槽开挖线；3—现浇锚头；4—螺母；5—钢垫板；
6—防护网；7—砼垫墩；8—定位器；9—水泥砂浆；10—锚杆。

注： l_1 为定位器间距； l_2 为锚孔超钻长度； l_3 为锚杆长度。

图 5 垫墩锚杆设计详图

6.2.2.1.2 锚杆长度及直径应根据坡面岩土体的破碎程度和边坡潜在滑动面情况确定，常用加固锚杆直径为 25 mm~32 mm，长度为 6 m~12 m，应符合 GB 50086 和 JTG D30 的规定。

6.2.2.1.3 锚杆安设倾角宜为 10°~20°，不应超过 45°。

6.2.2.1.4 锚杆布置宜采用梅花型布置，间距宜为 1.25 m~3.0 m，且不大于 1/2 锚杆长度。

6.2.2.1.5 钻孔孔径宜为 90 mm~100 mm，孔深宜大于锚杆长度 20 cm。

6.2.2.1.6 孔内注浆采用水泥砂浆，强度等级不宜低于 M20，选用粒径小于 2 mm 的中细砂。宜在浆液中掺入适量的减水剂和早强剂，增加浆液的易和性和水泥砂浆的早期强度；掺入适量的膨胀剂，防止水泥砂浆凝固收缩时锚固体与孔壁锚固力损失。

6.2.2.1.7 锚杆应设置垫墩锚头将拉力由杆体传递到边坡深层岩土体，垫墩锚头由混凝土垫板、钢垫板、螺帽及混凝土锚头组成，各部件结构如图 6 所示。

6.2.2.1.8 混凝土垫板尺寸 30 cm×30 cm×6 cm，采用现场制作方式，强度等级不宜低于 C30；钢垫板尺寸 15 cm×15 cm×0.6 cm，采用螺帽与锚杆连接；混凝土锚头为正四棱台，底面宽 30 cm，顶面宽 10 cm，高 10 cm，采用现浇的方式。混凝土垫板、钢垫板及锚头尺寸根据锚杆受力可适当增大。

单位为厘米

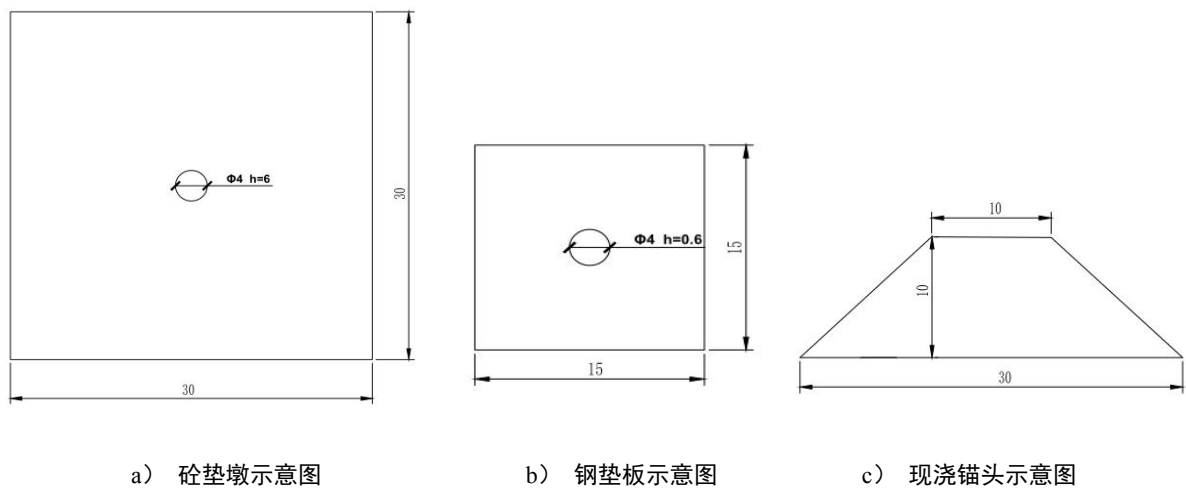


图 6 垫墩锚头各部件结构示意图

6.2.2.3 系统锚杆设计要点

- 6.2.2.3.1 直径宜大于 14 mm，长度宜不小于 1.5 m。
- 6.2.2.3.2 安设倾角宜为 45°，梅花型布置，间距宜大于 0.75 m。
- 6.2.2.3.3 钻孔孔径应大于锚杆直径 20 mm，孔深宜大于锚杆长度 10 cm，孔内注浆参照 6.2.2.1.6 的相关规定执行。

6.2.2.4 主动防护网设计要点

- 6.2.2.4.1 主动防护网结构设计一般包括钢绳锚杆、纵横向支撑绳、缝合绳、钢绳网和格栅网，各构件应符合 JT/T 1328 的要求。
- 6.2.2.4.2 钢绳锚杆为双股直径Φ16 mm 钢丝绳，长度大于 2 m，间距 4.5 m×4.5 m，矩形布置。
- 6.2.2.4.3 纵横向支撑绳分别采用直径 12 mm、16 mm 的钢绳，两端应预张拉，并用绳卡与锚杆外露环套固定连接。
- 6.2.2.4.4 缝合绳采用直径 8 mm 的钢绳。
- 6.2.2.4.5 钢绳网直径 8 mm，孔径 30 cm×30 cm，单张网尺寸 4 m×4 m，钢丝绳不应有断丝、脱丝、打结和明显扭曲等现象；钢绳网用缝合绳与四周支撑绳缝合连接，并进行预张拉，缝合绳两端使用绳卡固定联结。
- 6.2.2.4.6 在钢绳网内侧铺设国标格栅网，格栅网丝径 2.2 mm，孔径 5.0 cm×5.0 cm，钢丝应满足现行 GB/T 343 的要求。
- 6.2.2.4.7 钢绳网和格栅网网片尺寸负误差不应大于 50 mm，孔径尺寸正误差不应大于 5 mm。网片的抗顶破力、抗拉强度应满足 JT/T 1328 的要求。

6.2.2.5 钢筋网设计要点

- 6.2.2.5.1 钢筋网采用直径 6.5 mm~8.0 mm 钢筋编织或焊接而成，孔径宜为 20 cm×20 cm。
- 6.2.2.5.2 纵横向钢筋搭接处应用扎丝绑扎固定，搭接宽度不小于 10 cm，与边坡锚杆相连处应采用焊接的方式连接。

6.2.2.5.3 坡顶及两侧钢筋网采用焊接的方式与垫墩锚杆或系统锚杆连接固定。

6.2.2.6 镀锌铁丝网设计要点

6.2.2.6.1 采用国标镀锌铁丝网，丝径不小于 2.2 mm，孔径 5.0 mm~5.5 cm，孔径尺寸正误差不应大于 5.0 mm，网片的抗顶破力、抗拉强度应满足 JT/T 1328 的要求。

6.2.2.6.2 镀锌铁丝网应紧贴坡面，与坡面距离宜保持 3 cm~5 cm，固定在坡顶的长度不小于 50 cm，坡底压入平台的长度不小于 20 cm，与系统锚杆连接处应用扎丝绑扎固定。

6.2.2.6.3 镀锌铁丝网拼接处搭接宽度不小于 10 cm，用 U 型钉缝合连接。

6.2.2.6.4 U 型钉直径 8 mm，总长 48 cm。

6.2.2.7 土工网（CE151）设计要点

6.2.2.7.1 网孔径 7.4 cm×7.4 cm，单张网厚度 5.9 mm±0.6 mm，尺寸 2.5 m×30 m，具体长度可根据现场情况定制。

6.2.2.7.2 纵横向拉伸强度 ≥ 5.0 kN/m，单位面积质量 550 g/m±25 g/m。

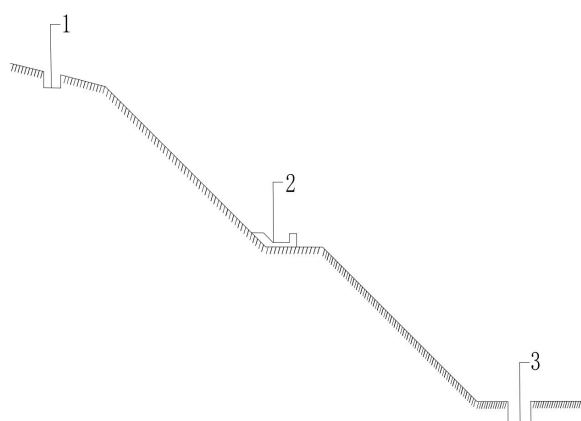
6.2.2.7.3 与坡面间距宜保持 3 cm~5 cm，与系统锚杆连接处应用扎丝绑扎固定，两张网搭接宽度不小于 10 cm，用 U 型钉缝合连接。

6.2.3 边坡截排水系统设计要点

6.2.3.1 边坡截排水系统包括坡顶截水沟、平台（坡脚）排水沟，坡面排水孔、坡面急流槽等（见图 7），各截排水措施设计应符合 JTG D30 的规定。

6.2.3.2 边坡截排水系统应根据集水面积、降雨强度、径流方向及地形条件等进行整体规划布置和设计，平台排水沟应保证排水通畅，可采用喷射植被混凝土浇筑。

6.2.3.3 坡面排水孔直径不宜小于 50 mm，间距宜为 3 m~5 m，按照梅花形布置，防止排水孔堵塞；当坡体渗水严重时应设置仰斜式排水孔，仰角不宜小于 6°。



标引序号说明：

1—坡顶截水沟；2—平台排水沟；3—坡底排水沟。

图 7 路堑边坡截排水系统示意图

6.2.3.4 截排水设施施工完成前应设置临时截排水措施，施工期间应对临时设施进行经常性维护，确保排水畅通。截排水设施施工应在喷植工程施工前完成。

6.2.3.5 对于路堤填方边坡，若未设置路面排水边沟，需增设坡面纵向急流槽，排水汇入平台排水沟或坡底排水沟；纵向急流槽可采用喷射植被混凝土浇筑，断面形式及尺寸应结合设置位置、排水量、地形及边坡情况确定，间距 50 m~100 m。

6.3 配合比设计

6.3.1 植被混凝土每立方米质量(单位: 千克)配合比宜为: 种植土 400~500、骨料 100~150、水泥 20~25、保水剂 2~3、粘结剂 2~3、PH 调节剂 2~3、生态缓释肥料 6~8、植物纤维 1~2、水 250~300; 随着边坡高度变高、坡度变陡、风化程度低、坡面完整性好, 宜取较大值, 具体配合比应根据试验达到植被混凝土各项指标确定, 符合附表 D.1 的有关规定。

6.3.2 干喷法中, 植物种子混入植被混凝土中一同配置; 湿喷法中, 基层和面层植被混凝土应分别配置, 其中面层植被混凝土中增加植物种子; 植被混凝土配置方法可参考 NB/T 35082 的有关规定。

6.3.3 根据喷出植被混凝土干湿状况及与坡面附着情况及时调整水量, 以植被混凝土不散落不流淌为宜。

6.3.4 植被混凝土各组分材料规格参数应符合 4.1~4.6 的有关规定。

6.4 喷植设计

6.4.1 干喷法

6.4.1.1 干喷法可适用于挖方路堑边坡和填方路堤边坡。

6.4.1.2 喷枪的喷射角应 $\leq 15^\circ$, 喷枪口与坡面间距宜为 0.8 m~1.2 m, 宜从正面喷射, 避免仰喷。

6.4.1.3 喷嘴可沿螺旋型轨迹运动, 喷射时一般工作风压不小于 0.15 MPa, 当水平输送距离增长和垂直输送高度增加时工作风压应适当增加。

6.4.1.4 喷植应一次成型, 喷植厚度应符合表 1 的有关规定, 喷播完成后坡面均匀撒播总量 5% 的混合草种。

6.4.2 湿喷法

6.4.2.1 湿喷法可适用于坡比 $\leq 1: 1$ 的挖方路堑边坡和填方路堤边坡。

6.4.2.2 应多次分层施工, 每次喷射厚度约为 2 cm, 每次喷播间隔应大于 30 min, 小于 4h。

6.4.2.3 先喷植下部基层, 再喷植上部种子层; 下部基层分 3~4 次喷播厚度宜为 6 cm~8 cm, 上部种子层分 1~2 次喷播, 厚度宜为 2 cm~4 cm。

6.4.2.4 喷植总厚度应符合表 1 的有关规定。

表 1 植被混凝土喷射厚度参考表

| 边坡类型 | 立地类型 | 坡比 | 喷射厚度 (cm) |
|--------|----------|---------------|-----------|
| 挖方路堑边坡 | 硬质岩边坡 | 1: 0.5~1: 1.5 | 10~15 |
| | 土质、软质岩边坡 | 1: 0.5~1: 2 | 8~10 |
| 填方路堤边坡 | 土石混合边坡 | 1: 1~1: 2 | 8~10 |
| | 土质边坡 | 1: 1~1: 2 | 6~8 |

7 施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 施工前应收集勘察报告、设计施工图、监测资料、当地水文气象及地表径流资料。
- 7.1.2 组织项目技术及管理人员进行现场踏勘，复核施工区地质环境，熟悉水源、电源、土源、道路交通、堆料场地等施工现场条件。
- 7.1.3 施工前应了解设计意图，根据设计文件、现场情况编制专项施工组织技术方案。
- 7.1.4 施工中应注重安全生产管理，做好环境保护、文明施工及项目风险预测与防范工作，应符合 JTG F90 的相关要求。
- 7.1.5 施工中，应实行严格工序控制和工序检查，每道工序设专人跟踪验收，如实做好各项记录，记录内容及要求可参照附录 B、附录 C、附录 D。

7.2 准备工作

- 7.2.1 施工前应按现场平面布置图的要求规划施工现场布置和临时设施建设，进行场地布设规划。
- 7.2.2 核实边坡地表截排水系统是否完善，确保地表水不得冲刷、流入坡面及施工场地；场地内积水能及时排出。
- 7.2.3 验收进场设备，性能应满足施工要求，并做好施工设备安装、调试等准备工作。
- 7.2.4 进场施工材料验收应满足设计要求，做好防水、防晒、防腐工作。主要材料包括种植土、防护网、锚杆、U 型钉、添加剂、生态缓释肥料、水泥、植物种子等。

7.3 施工工艺

7.3.1 施工流程

施工流程宜参照图 8 执行。

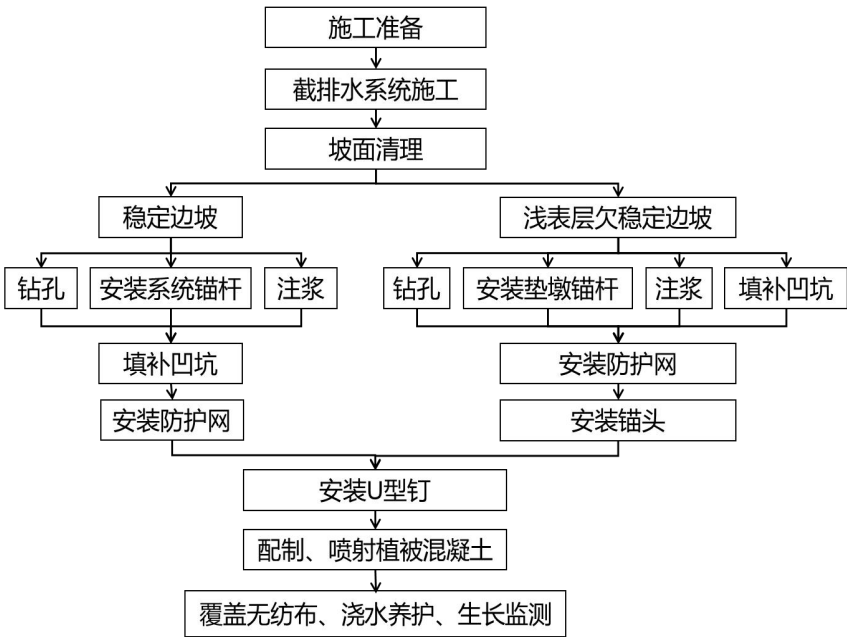


图 8 施工流程图

7.3.2 边坡截排水系统施工

7.3.2.1 坡顶截水沟、平台（坡脚）排水沟、坡面排水孔及坡面急流槽各部位尺寸和整体布置应满足设计要求，符合 JTG/T 3610 的相关规定。

7.3.2.2 边坡截排水系统应保证排水通畅，平台排水沟和坡面纵向急流槽可采用喷射植被混凝土浇筑。

7.3.3 坡面清理

清除坡面浮土、浮石等，保证坡面平顺。

7.3.4 钻孔

7.3.4.1 根据设计孔位要求，定出孔位，做出标记。

7.3.4.2 按照高空作业相关要求搭设作业平台、作业平台稳固坚实，符合现行规范相关规定要求；对于边开挖边防护的边坡、坡比 $\leq 1:1.5$ 的边坡以及矮小边坡可以不设作业平台。

7.3.4.3 孔深、孔径满足设计要求。

7.3.4.4 钻进过程应防止埋钻、卡钻等孔内事故，不得破坏周边地层，钻凿后应清除孔内岩粉和积水。

7.3.4.5 锚杆钻孔施工还应符合 GB 50086 的相关要求。

7.3.5 安装锚杆

7.3.5.1 垫墩锚杆或系统锚杆布置形式、长度、间距及角度按照设计要求，根据坡面具体情况，可以适当调整，但单位面积锚杆用量不得低于设计用量，锚杆插入孔内深度不应小于设计规定的 95%。

7.3.5.2 垫墩锚杆外露长度宜为 10 cm~15 cm，系统锚杆外露长度宜为 5 cm~8 cm。

7.3.5.3 锚杆安装后，在注浆体强度达到 70%设计强度前，不得敲击、碰撞或牵拉，与钢筋网焊接的锚杆，孔口处必须固定牢固。

7.3.5.4 锚杆安装施工还应符合 GB 50086 的相关要求。

7.3.6 注浆

7.3.6.1 锚杆完成后开始注浆，对下倾的钻孔注浆时，注浆管端部至孔底的距离宜为 50 mm~100 mm，对上倾的钻孔注浆时，应在孔口设置密封装置。

7.3.6.2 采用标号不低于 M20 的水泥砂浆，宜用灰砂比 1: 0.5~1:1 的水泥砂浆或水灰比 0.5~0.55 的纯水泥浆，水泥宜用 42.5 普通硅酸盐水泥。

7.3.6.3 注浆压力不小于 0.2 MPa，注浆过程中，注浆管从孔底缓慢抽出，孔口冒浆 10 秒以上才可停灌。

7.3.6.4 为确保浆液饱满，优先选用粒径小于 2 mm 的中细砂，在进行下一道工序前注浆体养护不少于三天。

7.3.7 植生土袋填补坡面凹坑

7.3.7.1 对坡面局部凹坑和空洞处应采用植生土袋填补压实，确保坡面平顺。

7.3.7.2 植生土袋宜采用耕植土并拌合适量生态缓释肥料和灌木种子装袋。

7.3.7.3 植生土袋堆码应错缝水平叠放呈“品”字形，铺垫平整，逐层夯实，用锚钉固定；码放层与基坡之间的缝隙应采用植壤土及时回填。

7.3.8 防护网安装

7.3.8.1 主动防护网安装

7.3.8.1.1 主动防护网安装工程包括钢丝绳锚杆安装、纵横向支撑绳安装、钢绳网和格栅网安装。

7.3.8.1.2 钢丝绳锚杆规格参数、布置方式应符合设计要求。

7.3.8.1.3 钢丝绳锚杆钻孔孔径应大于锚杆直径 20 mm，孔深大于锚杆长度 10 cm，孔内注浆按照 7.3.6 的相关规定执行。

7.3.8.1.4 纵横向支撑绳张拉紧后两端各用 2~4 个绳卡与锚杆外露环套固定连接（支撑绳长度小于 15 m 时为 2 个绳卡，大于 30 m 时为 4 个绳卡，其间为 3 个绳卡）。

7.3.8.1.5 依次铺设格栅网和钢绳网，每张钢绳网均用一根长约 31 m（或 27 m）的缝合绳与四周支撑绳缝合并进行预张拉，缝合绳两端各用两个绳卡与网绳进行固定联结，钢绳网和格栅网间用铁丝相互扎结。

7.3.8.2 镀锌铁丝网安装

7.3.8.2.1 镀锌铁丝网从坡顶沿坡面铺下，坡顶固定宽度不小于 50 cm，宜使整卷铁丝网直铺到坡底，并压入坡底平台 20 cm。

7.3.8.2.2 将网拉紧，使铁丝网紧贴坡面，与坡面距离保持在 3 cm~5 cm（采用不同厚度木质垫圈调节），两张网拼接处重合 10 cm，利用 U 型钉缝合连接。

7.3.8.3 镀锌铁丝网-钢筋网双层网安装

7.3.8.3.1 先安装镀锌铁丝网。

7.3.8.3.2 钢筋网采用钢丝绑扎后焊接在边坡锚杆上，与坡面距离保持在 3 cm~5 cm。

7.3.8.3.3 钢筋网相互搭接宽度不小于 10 cm，坡顶及两侧钢筋网采用焊接的方式与锚杆连接固定。

7.3.8.4 土工网（CE151）安装

7.3.8.4.1 CE151 网应从坡顶沿坡面铺下，坡顶固定宽度不小于 30 cm，下部采用重物拉伸，防止网外鼓影响喷播质量，压入坡底平台长度不小于 20 cm，。

7.3.8.4.2 CE151 网与系统锚杆连接处采用扎丝绑扎固定，与坡面距离保持在 3 cm~5 cm。

7.3.8.4.3 CE151 网相互搭接宽度不小于 10 cm，利用 U 型钉缝合连接。

7.3.8.5 U 型钉安装

7.3.8.5.1 U 型钉规格参数、布置形式及打入坡体深度应符合设计要求。

7.3.8.5.2 防护网与 U 型钉连接处应采用铁丝绑扎，确保连接牢固。

7.3.8.5.3 坡面凹坑或凸起处可加密布置 U 型钉，确保防护网紧贴坡面。

7.3.8.6 检查

完成防护网安装工作后，应检查网-网、网-锚杆及网-U 型钉连接的牢固性，确保锚杆、防护网及固网 U 型钉形成稳定协调的整体防护结构。

7.3.9 垫墩锚头制作安装

7.3.9.1 混凝土垫板和锚头采用 C30 混凝土现场制作。

7.3.9.2 垫墩锚头安装顺序为：混凝土垫板安装→钢垫板安装→螺帽安装→浇筑锚头，各部位规格尺寸应符合设计要求。

7.3.9.3 施工完成后，应认真检查垫墩锚头各部位连接稳定性，清理坡面水泥块和钢筋等建筑垃圾。

7.3.10 植被混凝土配置

7.3.10.1 将水泥、添加剂及生态缓释肥料按设计比例进行混合，搅拌均匀。

7.3.10.2 将搅拌均匀的水泥、添加剂、生态缓释肥料与种植土、骨料和植物纤维倒入搅拌机中搅拌，应保证各成份搅拌均匀；干喷法中，植物种子与上述材料一同配置；湿喷法中，基层、面层植被混凝土应分别配置，面层植被混凝土配置时增加植物种子。

7.3.10.3 植被混凝土应随拌随喷，放置时间不应超过 4 h，避免粘结成团影响喷播效果。

7.3.11 植被混凝土喷射

7.3.11.1 采用干喷法施工，喷枪的喷射角，喷枪口与坡面间距、喷射方式及工作风压应符合 6.4.1 的相关规定。

7.3.11.2 采用湿喷法施工，每次喷播厚度均匀，每次喷播时间间隔应大于 0.5 h~且小于 4 h，保证两层植被混凝土之间不产生离层现象。

7.3.11.3 应根据喷出植被混凝土干湿状况及与坡面附着情况及时调整水量，以植被混凝土不散落不流淌为宜。

7.3.11.4 应按设计和表 1 要求控制植被混凝土喷播厚度，防护网不得外露。

7.3.11.5 固相拌和料拌合后应在 4 h 内喷播完成，干喷法喷播完后坡面应均匀撒播总量 5% 的混合草种。

7.3.11 覆盖和撤除无纺布

7.3.11.1 喷播完 2 h 内，应根据不同区域气候特点对喷植完成后坡面铺设无纺布、遮阳网等进行保墒、保温、防雨水冲刷。

7.3.11.2 网间用扎丝连接，不留接缝，保证其不被风吹走；无纺布与坡面应保持距离，以防压迫植物萌芽。

7.3.11.3 应注意观察种子发芽和植物生长情况，适时揭开无纺布，以免阻碍植物生长或温度太高造成茎叶枯黄。

8 养护管理

8.1 一般规定

8.1.1 应以粗放式养护为主，符合 JTG 5150 的相关要求。

8.1.2 养护管理包括浇水、追肥、病虫害防治、补植及刈割等。

8.1.3 边坡巡查及检查内容，前 3 个月，每周应巡查一次边坡，检查内容包括植物生长、植被混凝土稳定性及病虫害情况等；3 个月后，每月巡查 1 次。

8.2 浇水

8.2.1 养护用水水质应符合 GB 5084 的相关规定。

8.2.2 初期浇水时每次应浇透，以促进植物生长及根系发育。

8.2.3 种子萌发、幼苗生长期的阳坡、陡坡，1 天浇水不少于 1 次。

8.3 追肥

8.3.1 在喷播完成后 3 个月内进行 1 次植株营养诊断与植被混凝土肥力测试，测试项目包括水解氮、有效磷、速效钾、可溶性盐浓度（EC 值）、PH 值，1 年内再测试一次。

8.3.2 雨季速效肥流失大，陡坡上肥料损失快，应根据肥力测试情况及时追肥，保证植物生长养分需求。

8.3.3 追肥应使用富含氮、磷、钾的复合肥，追肥方式为撒施或溶于水后喷施。避免在夏季晴朗高温天气时喷洒，防止灼伤植物叶片。

8.4 病虫害防治

8.4.1 边坡病虫害应以预防为主，根据“治早、治小”的防治原则对病虫害进行综合治理。

8.4.2 宜结合病虫害情况，合理选择生物、物理或化学措施对症下药。

8.5 补植

8.5.1 种子萌发率过低、出苗数不够及植被退化速度快时，应进行补植、补种或补喷。

8.5.2 宜采用穴播的方式进行补种灌木和藤蔓，选择适宜的季节，采取提高植物成活率的保护措施。

8.5.3 植被混凝土发生脱落时，应查明原因，及时修补。

8.6 刈割

8.6.1 草本植被生长茂盛影响灌木生长时，应及时修剪调控草本植物生物量。

8.6.2 针对生长较快的灌木（如：银合欢）高度达到 2 m 以上时进行刈顶，保留主干高度 0.5 m~1.0 m 保证灌木存活，灌木高度一般不宜超过 3m。

9 检测检验

9.1 一般规定

9.1.1 检测检验包括材料、施工主控项目及后期养护。

9.1.2 材料检测和质量检验应符合 JTG F90 和 GB 50300 的规定要求，质量检验在施工单位自行检查评定的基础上进行。

9.1.3 材料检测和质量检验应有完整操作依据，如实做好各项记录，并参照附录 B~D 的相关规定执行。

9.1.4 植物株高、覆盖率、物种多样性的检验评定应在植物不同生长阶段进行，调查时限根据具体地域确定相应时间。

9.2 材料检测

9.2.1 材料进场验收资料应包括材料进场清单、材料检测报告。

9.2.2 所有材料应在施工使用前，由项目材料管理人员根据材料到货清单、采购合同、材料资质证明、设计要求及国家检测规范等资料，结合现场实物检查材料是否合格，并填写检测记录表。

9.2.3 锚杆、防护网、U 型钉、水泥及植物种子等材料检测指标应满足设计要求和行业检测要求。

9.3 质量检验

9.3.1 截排水沟、钻孔、安装锚杆、注浆、防护网安装、喷射植被混凝土等工程检验指标应符合设计要求和行业相关规定，检测指标应按附录 B、附录 D 的相关规定执行。

9.3.2 在进入下一道工序施工前，应进行上一道工序分项质量检验，由监理单位和施工单位分别填写检验记录并签字。

9.3.3 垫墩锚杆质量检验应包括拉拔试验（破坏性试验）和验收试验（非破坏性试验），各试验要求应符合 GB 50086 的相关规定。

9.3.4 防护网安装工程每 1000 m² 为一个检验批，检验网-网、网-锚杆和网-U 型钉搭接绑扎和焊接情况以及网与坡面间距。

9.3.5 植被混凝土每 1000 m² 现场检验一批，一批至少 3 个点，不足 1000 m² 按一批计，检测内容包括喷射厚度，含水率、养分含量、可溶性盐浓度（EC 值）及 PH 值等；每 1000 m² 现场取样进行室内试验，检测内容包括：渗透性、抗冲刷能力、抗压强度等，每批各检测项至少 3 组试样。

9.3.6 植被混凝土现场检验和取样室内试验，应在喷播完成后 1 个月内进行一次检测，检测指标和检验方法应参照附录 D 的有关规定。

9.3.7 植被检验应满足 5~7 天发芽，3 个月覆盖率达到 90%，6 个月完全遮盖圬工结构，2-3 年实现本土化融合的要求，1 年后坡面灌木保有量至少达到 3~5 株/m²，株高 50 cm 以上，分布均匀。

9.3.8 养护管理工程每 1000 m² 为一个检验批，检验内容包括植物生长和病虫害状况等。

附录 A
(资料性)

川渝地区公路边坡生态防护工程常用植物种类参考表

川渝地区公路边坡生态防护工程常用植物种类参考表见表 A.1。

表 A.1 川渝地区公路边坡生态防护工程常用植物种类参考表

| 名称 | | 拉丁名 | 基本特性 | 适宜地区 |
|------|--------|--|--|---|
| 草本植物 | 狗牙根 | <i>Cynodon dactylon</i> | 喜温暖湿润，耐寒，耐旱，根系发达，暖季型草种。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 高羊茅 | <i>Festuca elata</i> Keng ex E Alexeev | 喜温暖湿润土壤，抗逆性强，耐酸、耐瘠薄，抗病性强，冷季型草种。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 垂穗披碱草 | <i>Elymus nutans</i> Griseb | 喜冷凉湿润气候，喜肥、耐旱、耐盐碱、耐寒、耐风沙。 | 川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；川西北高原江河源区寒温带-亚寒带生态区。 |
| | 老芒麦 | <i>Elymus sibiricus</i> Linn | 抗寒力强，能耐湿，抗旱力稍差，对土壤的适应性较广，适于弱酸性或微碱性腐殖质土壤生长。 | 川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；川西北高原江河源区寒温带-亚寒带生态区。 |
| | 多年生黑麦草 | <i>Lolium perenne</i> L | 喜温暖湿润夏季较凉爽的环境。抗寒、抗霜，耐湿。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。 |
| | 草地早熟禾 | <i>Poa pratensis</i> L | 喜光耐荫，喜温暖湿润，又具有很强的耐寒能力耐旱较差，根茎繁殖能力，较耐践踏。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。 |
| | 红豆草 | <i>Onobrychis viciifolia</i> Scop | 性喜温凉、干燥气候，适应环境的可塑性大，耐旱，耐贫瘠，根系强大，主根入土深 1~3 米以上。 | 川西南山地亚热带半湿润气候生态区。重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 猪屎豆 | <i>Crotalaria pallida</i> Ait | 耐旱，耐贫瘠，适宜粗放管理，根系能固氮，可改良土壤肥力。 | 川西南山地亚热带半湿润气候生态区。重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |

表 A.1（续）

| 名称 | | 拉丁名 | 基本特性 | 适宜地区 |
|------|-------|-------------------------------|---|---|
| 草本植物 | 白灰毛豆 | <i>Tephrosia candida</i> | 喜光，喜高温及湿润环境，耐旱，耐贫瘠，固氮能力强，改良土壤效果好。 | 川西南山地亚热带半湿润气候生态区。重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 紫花苜蓿 | <i>Medicago sativa</i> L | 耐寒性强，耐贫瘠，抗干旱，根系发达，固氮能力强，可改良土壤肥力。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 虞美人 | <i>Papaver rhoeas</i> L | 草本，喜凉爽湿润、光照充足的环境，耐干旱、怕水涝，耐严寒、怕湿热酷暑。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区。 |
| | 白三叶 | <i>Trifolium repens</i> L | 抗热抗寒性强，可在酸性土壤中旺盛生长，也可在砂质土中生长 | 重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| 花卉植物 | 白刺花 | <i>Sophora davidii</i> Skeels | 阳性树种，喜光、耐旱，对土壤要求不严，土石山地的阳坡半阳坡均可造林。 | 川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。 |
| | 矮杆波斯菊 | <i>Cosmos bipinnata</i> Cav | 喜光，耐贫瘠，耐干旱，忌积水，根系发达。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 金鸡菊 | <i>Coreopsis basalis</i> | 耐寒耐旱，对土壤要求不严，喜光，耐半阴，生长密集紧凑，花量繁多，能保住保持水土，调节生态环境。夏季开花，花姿美观。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 金露梅 | <i>Potentilla fruticosa</i> L | 生性强健，耐寒，喜湿润，耐干旱，喜光，对土壤要求不严，较耐瘠薄。 | 川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；川西北高原江河源区寒温带-亚寒带生态区。 |

表 A.1（续）

| 名称 | | 拉丁名 | 基本特性 | 适宜地区 |
|------|------|-------------------------------------|---|---|
| 花卉植物 | 银露梅 | <i>Potentilla glabra</i> Lodd. | 喜光树种，耐寒性强，对土壤要求不严，喜湿润环境。 | 川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；川西北高原江河源区寒温带-亚寒带生态区。 |
| | 铁线莲 | <i>Clematis florida</i> Thunb | 生性强健，对温度的适应性较强，较耐寒不喜高温，喜欢疏松肥沃、排水保水良好的碱性土壤。 | 川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。 |
| | 孔雀草 | <i>Tagetes erecta</i> L | 适应性强，喜温暖和阳光充足的环境，比较耐旱，对土壤和肥料要求不严格，较耐寒。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区。 |
| 灌木植物 | 银合欢 | <i>Leucaena leucocephala</i> de Wit | 喜温暖湿润气候，耐寒、耐热，抗旱能力极强，根系发达，固土效果好，适宜中性至微碱性土壤。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 多花木兰 | <i>Indigofera amblyantha</i> Craib | 抗逆性强，耐寒，耐热，耐干旱，耐瘠薄，根系发达，固土效果好。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 锦鸡儿 | <i>Caragana sinica</i> Rehder | 喜温暖和阳光照射，耐寒，耐干旱，耐贫瘠，忌水涝，固氮能力强，可改良土壤肥力。 | 川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。 |
| | 车桑子 | <i>Dodonaea viscosa</i> Jacq | 车桑子耐干旱，萌生力强，根系发达，有丛生习性，是一种良好的固沙保土树种。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。 |
| | 马桑 | <i>Coriaria nepalensis</i> Wall | 马桑耐干旱，耐低温、高温，枝条柔软，抗风力强，可在立地条件较差地方种植。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。 |

表 A.1 (续)

| 名称 | | 拉丁名 | 基本特性 | 适宜地区 |
|------|------|---|---|--|
| 灌木植物 | 黄花决明 | <i>Cassia glauca</i> Lam | 耐瘠；耐旱，在土壤瘠薄处亦能正常生长，耐轻盐碱土，根蘖性强。 | 重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 毛叶丁香 | <i>Syringa tomentella</i> Bureau & Franch | 喜光，稍耐阴，喜冷凉湿润气候，耐干旱。 | 川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 紫穗槐 | <i>Amorpha fruticosa</i> Linn | 耐寒、耐旱、耐湿、耐盐碱、抗风沙、抗逆性极强的灌木，在荒山坡、道路旁、河岸、盐碱地均可生长。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 刺槐 | <i>Robinia pseudoacacia</i> L | 强阳性树种，耐寒喜干燥，耐旱，能固氮改良土壤，在土壤瘠薄处亦能正常生长，耐轻盐碱土，根蘖性强。 | 川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 黄花槐 | <i>Sophora xanthantha</i> C. Y. Ma | 喜高温高湿、光照，不耐寒，对土壤要求不严，耐土壤干旱，耐水湿，喜肥。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区。 |
| | 蔷薇 | <i>Rosa</i> sp | 喜欢阳光，亦耐半阴，较耐寒，对土壤要求不严，耐干旱，耐瘠薄，也可在粘重土壤上正常生长，不耐水湿，忌积水，萌蘖性强，耐修剪，抗污染。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 沙棘 | <i>Hippophae rhamnoides</i> Linn | 灌木，喜光，耐寒，耐酷热，耐风沙及干旱气候，对土壤适应性强。 | 川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；川西北高原江河源区寒温带-亚寒带生态区。 |
| | 火棘 | <i>Pyracantha fortuneana</i> Li | 灌木，喜强光，耐贫瘠，抗干旱，耐寒，对土壤要求不严。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |

表 A.1 (续)

| 名称 | | 拉丁名 | 基本特性 | 适宜地区 |
|------|------|---|--|--|
| 灌木植物 | 黄荆 | <i>Vitex negundo</i> L | 灌木，耐干旱瘠薄土壤，萌芽能力强，适应性强。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、西冬温夏炎热区。 |
| | 三角梅 | <i>Bougainvillea glabra</i> Choisy | 喜湿、怕积水，耐高温、干旱，忌寒冻，喜肥，抗贫瘠能力强。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 芦竹 | <i>Arundo donax</i> L | 灌木，喜温暖，喜水湿，生长迅速，可快速覆盖坡面。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| 藤本植物 | 葛藤 | kudzu vine | 攀援植物，喜温暖湿润气候，耐旱，植被覆盖率高。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；重庆彭水-秀山冬冷夏热区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 爬山虎 | <i>Parthenocissus tricuspidata</i> Planch | 性喜阴湿，耐旱，耐寒，耐瘠薄，对土壤酸碱适应范围较大，生长较快。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；重庆城口-巫山-南川冬冷夏热区；渝西冬温夏炎热区。 |
| | 三叶地锦 | <i>Parthenocissus semicordata</i> Planch | 藤本，喜阴湿，攀援能力强，适应性强，具有一定耐寒能力，亦耐暑热，较耐庇荫。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区。 |
| | 五叶地锦 | <i>Parthenocissus quinquefolia</i> Planch | 藤本，喜温暖气候，具有一定的耐寒能力，耐荫、耐贫瘠，对土壤与气候适应性较强，干燥条件下也能生存。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。 |
| | 油麻藤 | <i>Mucuna sempervirens</i> Hemsl | 藤本，喜光，喜温暖湿润气候，攀援能力强，适应性强、生长快、具有良好的生态防护功能。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；渝中、渝西冬温夏炎热区。 |
| | 紫藤 | <i>Wisteria sinensis</i> Sweet | 喜光，略耐荫，抗寒力强，耐旱，耐水湿，耐瘠薄。主根深，侧根少，生长快，寿命长。 | 四川盆地亚热带湿润气候生态区；川西南山地亚热带半湿润气候生态区；川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区。 |

附录 B
(资料性)
施工分项检验

坡面清理验收表见表 B. 1。

表 B.1 坡面清理验收表

| 验收项目 | 验收结果 |
|-------------|------|
| 坡面开挖情况 | |
| 坡面浮土、孤石处理情况 | |
| 坡面凹坑处理情况 | |
| 坡脚弃渣处理情况 | |
| 边坡截排水施工情况 | |
| 坡面渗水情况 | |

坡面锚杆、U 型钉工程验收表见表 B. 2。

表 B.2 坡面锚杆、U 型钉工程验收表

| 验收项目 | 指标要求 | 验收结果 |
|-----------|--------------------|------|
| 锚杆用材 | 符合设计规定 | |
| 锚杆直径，长度 | 符合设计规定 | |
| 锚杆间距 | 符合设计规定 | |
| 钻孔深度、直径 | 符合设计规定 | |
| 钻孔注浆 | 符合设计规定 | |
| 垫墩锚杆外露长度 | 10.0 cm~15.0 cm | |
| 系统锚杆外露长度 | 5.0 cm~8.0 cm | |
| 垫墩锚头尺寸 | 符合设计规定，允许误差±5.0 mm | |
| U 型钉用材 | 符合设计规定 | |
| U 型钉长度、直径 | 符合设计规定 | |

坡面防护网安装工程验收表见表 B.3。

表 B.3 坡面防护网安装工程验收表

| 验收项目 | 指标要求 | 验收结果 |
|--------------|-----------------------------|------|
| 网型选取 | 符合设计规定 | |
| 防护网用材 | 符合设计规定 | |
| 主动防护网孔径 | 30.0 cm×30.0 cm，允许误差+5.0 mm | |
| 主动防护网丝径 | 8.0 mm | |
| 格栅网孔径 | 5.0 cm×5.0 cm，允许误差+5.0 mm | |
| 格栅网丝径 | 2.2 mm | |
| 钢筋网孔径 | 20.0 cm×20.0 cm | |
| 钢筋网直径 | 6.5 mm~8.0 mm | |
| 镀锌铁丝网孔径 | 5.0 cm~5.5 cm，允许误差+5.0 mm | |
| 镀锌铁丝网丝径 | 2.0 mm~2.2 mm | |
| 土工网（CE151）孔径 | 7.4 cm×7.4 cm，允许误差±5.0 mm | |
| 土工网（CE151）厚度 | 5.9 mm，允许误差±0.6 mm | |
| 防护网搭接宽度 | ≥10.0 cm | |
| 防护网与坡面距离 | 3.0 cm~5.0 cm | |

植被混凝土喷植验收表见表 B.4。

表 B.4 植被混凝土喷植验收表

| 验收项目 | 指标要求 | 验收结果 |
|---------|------------|------|
| 拌和配合比 | 符合设计规定 | |
| 拌和时间 | 20 min | |
| 拌和料存放时间 | <4 h | |
| 喷植厚度 | 符合设计规定 | |
| 干喷法喷播压力 | ≥ 0.15 MPa | |
| 干喷法喷播角度 | 15° | |

附录 C
(资料性)
种植土检验

种植土检验表见表 C.1。

表 C.1 种植土检验表

| 检验内容 | | 检验指标 | 检验结果 |
|------|------------------|-----------------------|------|
| 植壤土 | 含砂率 | <20% | |
| | 含水率 | <20% | |
| | 可溶性盐浓度 (EC 值) | 0.15 mS/cm ~0.9 mS/cm | |
| | 总养分 | ≥0.2% | |
| | 有机质 | ≥1.5% | |
| | PH 值 | 5.5~8.5 | |
| | 最大粒径 | ≤8.0 mm | |
| 腐殖土 | 有机质 | ≥20% | |
| | PH 值 | 5.5~8.5 | |
| | 最大粒径 | ≤8.0 mm | |

附录 D
(资料性)
植被混凝土性质检验

植被混凝土检验内容及检验指标表见表 D.1。

表 D.1 植被混凝土检验内容及检验指标表

| 检验内容 | 检验指标 | 检验方法 | 检验结果 |
|--------------|--|---------------------------|------|
| 天然容重 | $1.3 \text{ g/cm}^3 \sim 1.7 \text{ g/cm}^3$ | 环刀法 | |
| 孔隙率 | $\geq 10\%$ | 环刀法 | |
| 渗透系数 | $\leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ | 变水头渗透试验 | |
| 含水率 | $\geq 20\%$ | 速测仪测试法 | |
| PH 值 | 6.0~8.5 | 速测仪测试法 | |
| 可溶性盐浓度(EC 值) | $0.2 \text{ mS/cm} \sim 2.0 \text{ mS/cm}$ | 速测仪测试法 | |
| 水解氮 | $\geq 60 \text{ mg/kg}$ | 速测仪测试法 | |
| 有效磷 | $\geq 20 \text{ mg/kg}$ | 速测仪测试法 | |
| 速效钾 | $\geq 100 \text{ mg/kg}$ | 速测仪测试法 | |
| 无侧限抗压强度 | $\geq 0.40 \text{ MPa}$ | 参照国家标准 GB/T 50123 相关规定执行。 | |

附录 E
(资料性)
植被生长及恢复效果检验

植被生长及恢复效果验收表见表 E.1。

表 E.1 植被生长及恢复效果验收表

| 验收项目 | 验收指标 | | 验收结果 | |
|------------------|--|------------------|------|-----|
| | 3 月 | 1 年 | 3 月 | 1 年 |
| 种子发芽率 | 95% | / | | |
| 草本、花卉株高 | 10.0 cm~20.0 cm | 20.0 cm~50.0 cm/ | | |
| 灌木 | 3 株/m ² ~5 株/m ² | | | |
| 灌木株高 | 10.0 cm~15.0 cm | 50.0 cm~100.0 cm | | |
| 植被覆盖率 | 90% | 95% | | |
| 2 年后坡面物种数 | ≥4 种 | | | |
| 2 年后乡土植被 演化程度 | 90% | | | |