

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
发 布
四 川 省 市 场 监 督 管 理 局

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、陈品诣、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、郑周耘、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、朱满、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，能够增加土壤孔隙，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，选取开挖表层种植土，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。

DB50/T 10006—2023 DB51/T 10006—2023

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孔隙，提高土壤中微量元素含量，防止土壤酸化、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 kg/m³~1.5 kg/m³。

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 g/m²~40g/m²，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。

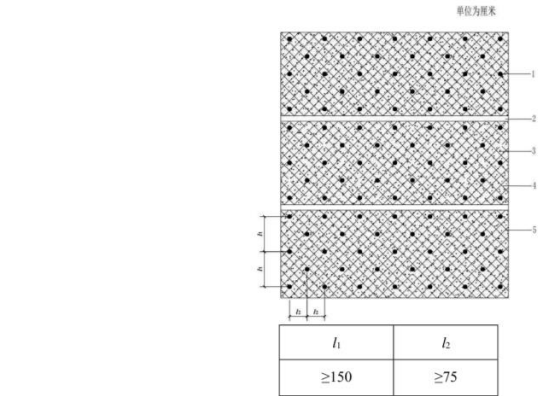
6.2.1.4 挂土工网（CE151）+喷射植被混凝土生态防护技术方案，适用于整体稳定性较好，每级坡高不大于 10 m 的挖方路堑边坡或土质、土石混合填方路堤边坡；坡比宜≤1:1.5，喷射植被混凝土厚度一般为 6 cm~8 cm。

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。

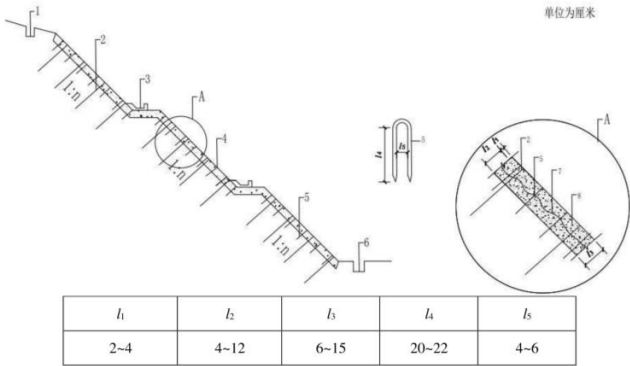


标引序号说明：

1—系统锚杆；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 1 稳定边坡生态防护结构立面示意图



标引序号说明：

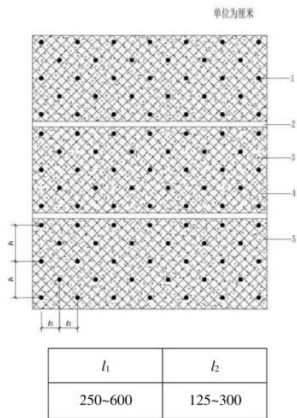
1—坡顶截水沟；2—系统锚杆；3—平台排水沟；4—挂网喷射植被混凝土；

5—U 型钉；6—坡底排水沟；7—防护网；8—植被混凝土。

注：A—边坡生态防护结构剖面详图；

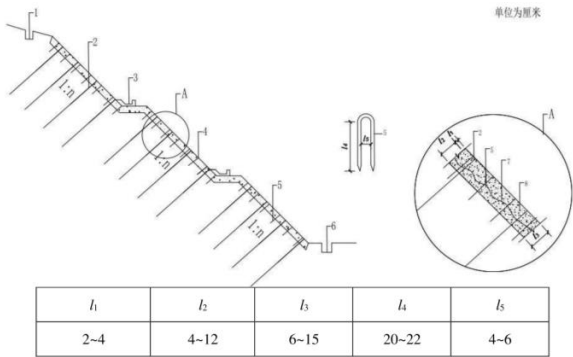
a l_1 为种子层厚度； l_2 为基层厚度； l_3 为坡面植被混凝土厚度。

图 2 稳定边坡生态防护结构断面示意图



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

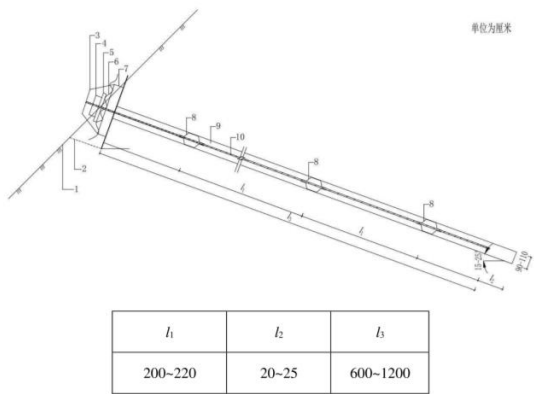


标引序号说明：
1—坡顶截水沟；2—垫墩锚杆；3—平台排水沟；4—挂网喷射植被混凝土；
5—U型钉；6—坡底排水沟；7—防护网；8—植被混凝土。
注：A—生态防护结构剖面详图；
 a l_1 为种子层厚度； l_2 为基层厚度； l_3 为坡面植被混凝土厚度。

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 为锚杆超钻长度； 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

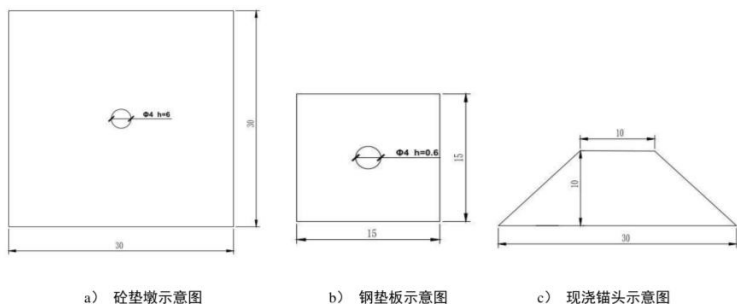


图6 垫墩锚头各部件结构示意图

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 $\Phi 16$ mm 钢丝绳，长度大于 2 m，间距 $4.5\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ ，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 $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ ，单张网尺寸 $4\text{ m} \times 4\text{ m}$ ，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 $5.0\text{ cm} \times 5.0\text{ cm}$ ，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 $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 。

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。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/925004333240011323>

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。

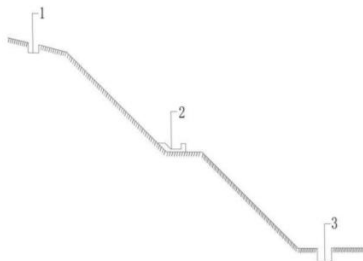
6.2.2.7.3 与坡面间距宜保持 3 cm~5 cm，与系统锚杆连接处应用扎丝绑扎固定，两张网搭接宽度不小于 10 cm，用 U 型钉缝合连接。

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