

公路边坡生态防护设计指南

1 范围

本文件规定了公路边坡生态防护设计指南的范围、规范性引用文件、术语与定义、基本规定、自然环境调查、植物防护设计、骨架植物防护设计、其它生态防护设计、施工要求、质量检查与验收。

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 50330	建筑边坡工程技术规范
GB 50086	岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
JTG B01	公路工程技术标准
JTG D30	公路路基设计规范
JTG B04	公路环境保护设计规范
JTG/T D32	公路土工合成材料应用技术规范
JTG F80/1-2017	公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

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

为了实现护坡、防止土壤流失、迅速恢复受损边坡的生态系统、保护生态环境而利用植物与土木工程措施和材料进行的边坡护坡。

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。它是通过种植草、灌木、乔木等加固表层岩土体、防止岩石风化、减轻地表水入渗和冲刷，达到防止表层崩塌的目的。一般包括：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。

3.3

植草防护

在路基边坡表面，人工播撒草种并适时的进行洒水灌溉养护，以保证绿化草的正常生长，进而保证加固土层保护边坡，同时起到改善环境、绿化边坡作用的一种柔性植被护坡技术。

3.4

喷播植草防护

按一定配比和适当预处理的各种花、草、灌木、乔木与适当配方的肥料、覆盖纤维、粘合剂、保水剂等混合形成混合料，采用液压喷播技术以水为载体，把混合料通过压力喷头均匀地喷播在土壤或岩石等表面，从而快速恢复植被的一种柔性植被护坡技术。

3.5

铺草皮防护

通过人工或机械作业将天然草皮铺设在路基边坡土层表面，利用天然草皮的覆盖和生长，达到防风固沙、防止水土流失、美化环境的一种柔性植被护坡方式。

3.6

种植灌木防护

在边坡上采用播种或栽植灌木植物，达到恢复植被和保护环境的一种柔性植被护坡方式。

3.7

三维植被网防护

利用热塑性树脂为原料制成的三维立体植被网铺设在路基边坡土层表面，将草籽和促使其生长的种植土、附着剂、木纤维、肥料、生长素、保湿剂按一定比例在搅拌罐中与水混合搅拌，形成均匀塑性浆液，通过液压喷播机械均匀喷播于三维网表面上，在坡面构建一个具有自身生长能力，达到恢复植被、改善景观，保护环境的一种柔性植被护坡方式。

3.8

喷混植生防护

利用客土掺混粘合剂和锚杆加固铁丝网技术，运用特制喷混机械将土壤、肥料、有机物质、保水材料、粘结材料、植物种子等混合干料加水后喷射到边坡上，形成一定厚度的具有连续空隙的硬化体，达到恢复植被、改善景观，保护环境的一种柔性植被护坡方式。

3.9

植生袋防护

在环保材料制成的袋子里装满土壤和植被种子，按一定规则堆砌在边坡上，形成稳定边坡结构，通过根系保护和植被生长来保护土壤，防止水流冲刷，同时也可以使种植的植物生长得更健康的一种柔性植被护坡方式。

3.10

土工格室植物防护

利用具有较大侧向限制变形能力的土工合成材料焊接形成的三维网状格室结构，在格室内种植植物，在坡面上构建一个具有自身生长能力的防护系统，植物根系扎根于边坡土层中，实现其固土护坡、改善景观，保护环境的一种柔性植被护坡方式。

3.11

骨架植物防护

采用浆砌片石、混凝土、预制块、钢筋混凝土等在坡面上形成框架，结合铺草皮、三维植被网护坡、喷混植生、植生袋等方法的一种刚柔结合的护坡技术。

4 基本规定

4.1.1 生态防护应满足安全性、生态性、景观性、经济性。

- 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：植物选择遵循适地适树原则，植物配置遵循生物多样性原则；
- 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：降低施工及后期养护成本，宜就地取材。

4.1.2 公路边坡生态防护设计宜同规划、同设计、同施工。

4.1.3 植物选择应以具有良好的水土保持功能的乡土物种为主，并应符合下列规定：

- a) 应根据当地的气候特点，选择处于同一气候带的植物品种；

- b) 所选植物应具有抗干旱、耐贫瘠、防污染、抗病虫害、轻养护的特点;
- c) 应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) 应以常绿植物为主形成常绿景观, 在有条件的地方, 可搭配一些野生花卉;
- e) 应尽量选择固氮能力较好的植物种;
- f) 禁止选用外来物种或侵入性极强的物种。

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

4.1.5 生态防护对土壤的要求

- a) 绿化种植土壤应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) 绿化种植土壤的有效土层应满足: 植草的最小土层厚度不应小于0.15m, 灌木最小层厚度不应小于0.3m, 喷混植生的厚度不宜小于0.1m。

5 自然环境调查

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。自然环境调查表详见附录A, 山西省气候分区图详见附录B, 山西省公路路域植被及降雨量区划图详见附录C。

5.1 地形地质、水文情况调查

- 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。

5.2 气象资料调查

- 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。

5.3 植物资源调查

- 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进行选择植物防护设计。

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 1:1.5 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	可用于不陡于 1:0.5 的岩质路堑边坡和填方边坡防护
土工格室	可用于不陡于 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，应选用当地优势群落，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应通过试验确定。

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，宜以栽植灌木为主。图1为植草或喷播植草展视图。

6.2.3 喷播植草应将配制好的灌木和草本的种子、肥料、木质纤维、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。

6.2.4 播种时间宜在春秋季节内进行，不应在干燥的风季和暴雨季节播种。播种应从坡上往下均匀的撒在边坡上，使种子与土充分接触，并用喷壶在表面洒水。

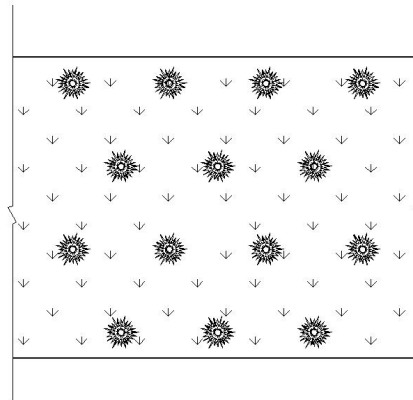


图1 植草或喷播植草展视图

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，各草块间的缝隙不得超过4cm~6cm。

6.3.3 草皮铺设法有间铺法和条铺法，可根据草皮根茎特点进行选择。间铺法是将草皮块切成正方形或者长方形，草皮尺寸不小于20cm×20cm，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。条铺法是将草皮切成6cm~12cm宽的长条，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制，长20cm~30cm，粗1cm~2cm。钉尖桩时，应使尖桩与坡面垂直，尖桩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，可选用穴栽紫穗槐等，正三角形布置，每平米6-9棵，北部地区取高值，南部地区取低值。图2为种植灌木展视图。

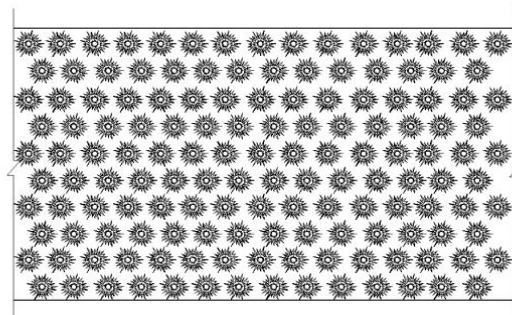


图2 种植灌木展视图

6.5 三维植被网

6.5.1 三维植被网铺于在坡顶和坡脚应各留不少于30cm,上端应埋入截水沟或土中,下端应留成水平面。

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,三维植被网周边应有5cm~10cm的卷边。图3为三维植被网展视图。

6.5.2 三维植被网的性能要求:单位面积质量 $\geq 400\text{g/m}^2$,厚度 $\geq 16\text{mm}$,纵横向极限抗拉强度均 $\geq 3.2\text{KN/m}$ 。

6.5.3 三维植被网应力求平整,不能有褶皱,用钢筋制成的U型锚钉将三维植被网固定在坡面上。锚钉宜采用 $\phi 6\text{--}10\text{mm}$ 钢筋制作,长度宜为30~50cm,完整岩石边坡可取小值,土质及破碎岩石边坡取大值,宽度宜为10cm;锚钉竖向间距宜为1.0m,横向间距宜为1.0~1.5m;多余卷材用剪刀裁剪,保证无褶皱和悬空现象。

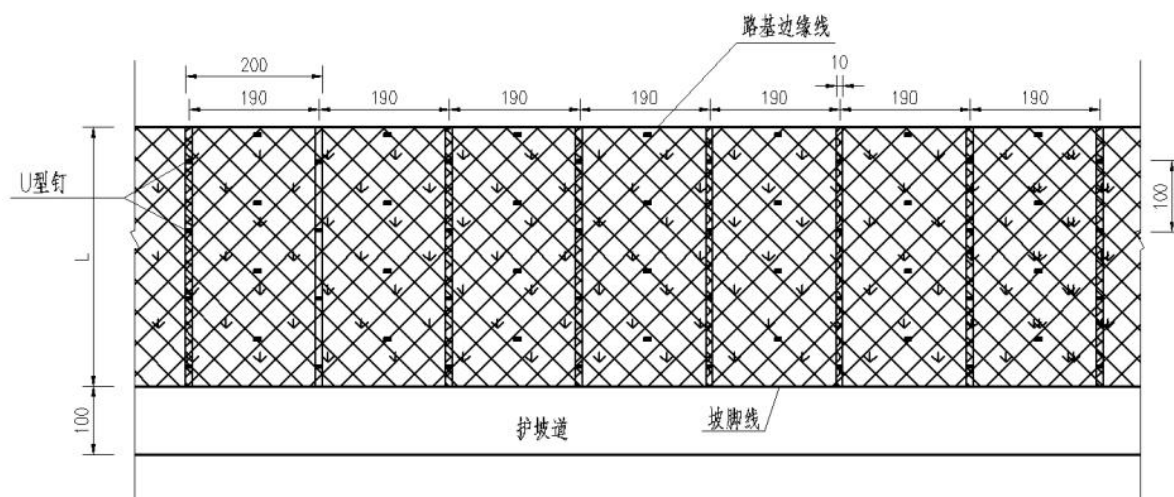


图3 三维植被网展视图

6.6 喷混植生

6.6.1 种植混合基材由种植土、纤维料和绿化培养基组成(比例宜为40: 40: 20)。

a) 种植土: 种植土粉碎风干过筛(粒径 $\leq 8\text{mm}$,含水量 $\leq 20\%$)。

b) 纤维料: 根据各地的特点,可考虑采用秸秆、树枝、稻草、椰丝等,但必须粉碎成10~15mm长,并且在使用过程中应发酵完全。

c) 绿化培养基: 由种植土、有机物、肥料、粘合剂、保水剂、PH缓冲剂等按一定配比混合而成,可以采用现场试验调试定比或采用既有成熟技术与成品,基材混合物须满足“基材混合物检验标准”工程技术要求。喷基层时应有检查、控制厚度的措施,绿化培养基在使用前应发酵完全,以去除基材中的杂草种子和病虫害,同时消除基材在坡面发酵时对植物根系的损害,严禁使用发酵不完全的绿化基材。

6.6.2 锚杆主要起固定金属网的作用,采用 $\Phi 16\text{mm}$ HRB400钢筋,主锚杆长2m,辅锚杆长1m;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 $\Phi 42\text{mm}$ 钻杆钻孔,成孔孔径 $\Phi 50\text{mm}$,钻孔内浇注M30水泥砂浆。图4为喷混植生断面示意图。

6.6.3 固草器采用14号镀锌焊接或机编铁丝网($50\text{cm}\times 50\text{cm}$),邻网搭接宽度要求大于10cm。

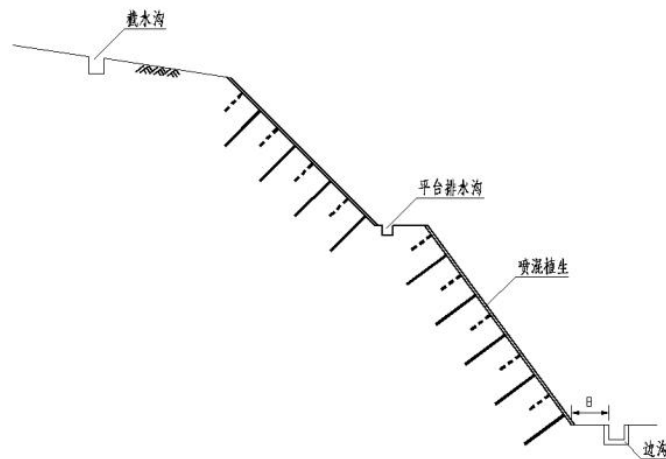


图4 喷混植生断面示意图

6.7 植生袋

6.7.1 植生袋宜采用 $60\text{cm}\times 40\text{cm}$ 的植生编织袋,土工布规格不小于 $120\text{g}/\text{m}^2$,断裂强度不小于 $7.5\text{kN}/\text{m}^2$ 。

6.7.2 种植土采用一般旱地地表土,干燥后采用粉碎机粉碎至粉细土状,种植土中适当加入10%草炭土和 $500\text{g}/\text{m}^3$ 有机长效肥或全效复合肥。

6.7.3 种子用量每平方米一般应控制在 $20\text{g}\sim 30\text{g}$ 之间。

6.7.4 每堆砌 4m^2 植生袋墙体中宜有一袋填充中粗砂以利于排水。对于坡比大于等于1:0.5的边坡,为保证其稳定在做好的植生袋上用米字型铁钢丝网拉紧,每拱中间用一根 $80\text{cm}\sim 100\text{cm}$ 长的 $\Phi 14\text{mm}$ 的钢筋固定,其它部位用 50cm 长的 $\Phi 14\text{mm}$ 的钢筋固定。图5为植生袋断面示意图。

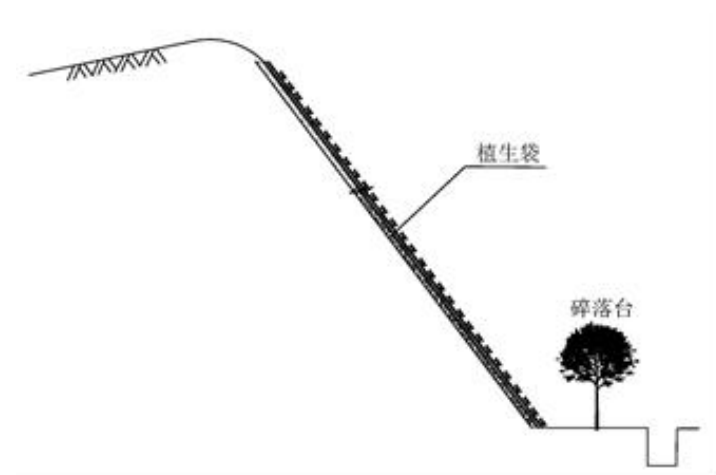


图5 植生袋断面示意图

7 骨架植物防护设计

7.1 一般规定

7.1.1 常用的几种骨架植物防护型式有浆砌片石（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，均是在边坡支护的框格内进行植物防护，已达到坡体稳定和坡面绿化的生态防护形式。

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，按表3进行选择骨架植物防护设计。

表3 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） 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 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 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）骨架植物防护为了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，其形式主要有拱型骨架、菱形（方格）骨架、人字形骨架等。图6为拱形骨架沿坡面法向图。

7.2.2 路堤拱形骨架适用于填土高度 $\geq 5\text{m}$ 的填方边坡路段；路堑拱形骨架适用于挖方高度 $\geq 3\text{m}$ 土体较为松散需放缓边坡，且易被冲刷的土质路堑边坡路段。

7.2.3 设置骨架护坡之前应先对边坡虚土进行刷坡，然后进行刻槽，深度 15cm ，将骨架置于边坡之内，顶面与坡面平齐。骨架护坡每隔 $10\text{--}15\text{m}$ 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 。

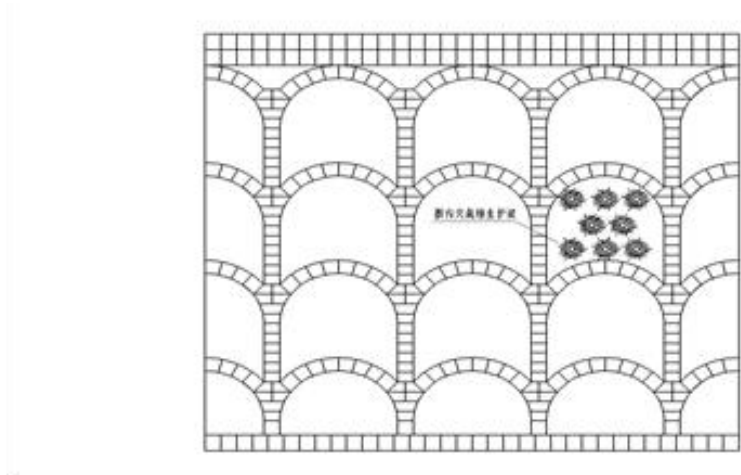


图6 拱形骨架沿坡面法向图

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其形式多样，目前较多采用六边形空心块。

7.3.2 边坡铺满C25正六边形空心混凝土块防护，边长 20cm ，宽 5cm ，厚 6cm ；坡脚以上 1.0m 范围护坡采用C25混凝土浇筑；于地面以上约 0.2m 处每隔 $2\sim 3\text{m}$ 设置泄水孔（ $\phi=0.1\text{m}$ ）。坡脚设置矩形基础。

7.3.3 护坡沿线路方向每 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 边坡铺设完后，空心块的空心部分回填种植土，并在空心块内植草。

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JTG D30、GB50086的规定。

7.4.2 加固深度小于 12m 时，宜采用全长黏结型普通锚杆；当滑动面较深、变形可能较大时，应采用预应力锚杆（索）；预应力锚杆（索）宜根据边坡地质情况选用压力分散型或拉力分散型；宜采取扩大锚头或锚固段压力注浆等措施，减少预应力锚杆（索）的预应力损失。

7.4.3 锚杆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 $2.5\text{m}\sim 4.0\text{m}$ ；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° 。

7.4.4 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。

7.4.5 软质岩边坡中，普通锚杆应穿过潜在滑面至稳定地层不小于4m，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），应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%。

7.4.6 边坡表面宜采用钢筋混凝土的框架格构梁与锚杆（索）连接，格构梁与坡面的结合部位，应有完善的防、排水构造设计；格构梁断面高×宽不宜小于300mm×300mm，最大不超过600mm×500mm，混凝土强度等级不低于C25。

7.4.7 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应与锚索轴向垂直。

7.4.8 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。图7为锚杆（索）混凝土框架展视图。

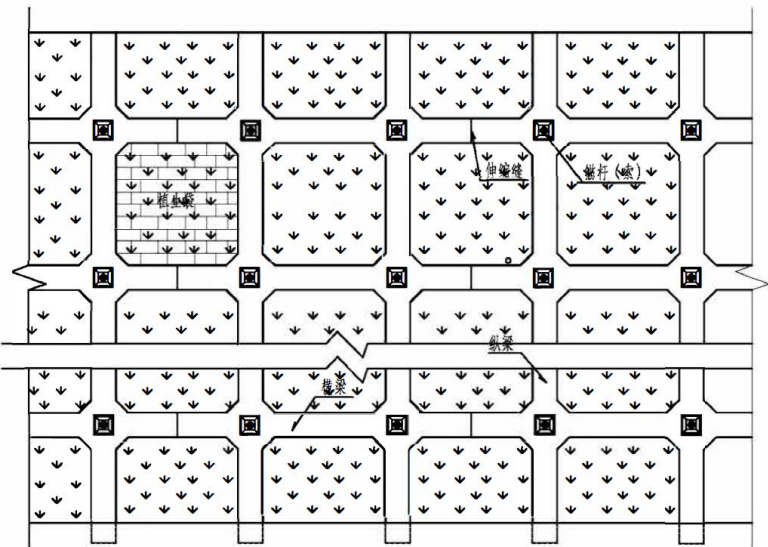


图7 锚杆（索）混凝土框架展视图

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 1:0.75 时，可采用平铺式；当坡率陡于 1:0.75 时，宜采用叠置式，叠置的宽度不得小于 100cm。图 8 为土工格室铺筑断面示意图。

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/808012016050006114>