

SZTT

深圳建筑业协会团体标准

T/SZCIA-002-2021

深圳市边坡工程水泥基类生态修复

技术指引

Technical Guidelines for Cement-based Ecological Restoration of Slope Projects in Shenzhen city

(征求意见稿)

2021-xx-xx发布

2022-xx-xx实施

深圳建筑业协会发布

目次

前言	4
1 总则	1
2 术语与符号	3
3 材料与设备	5
3.1 一般规定	5
3.2 材料	5
3.3 设备	6
4 设计	8
4.1 一般规定	8
4.2 截排水系统	8
4.3 坡面预处理	9
4.4 加筋系统	10
4.5 植物遴选	12
4.6 景观营造	14
4.7 生境基材配制	15
4.8 生境基材喷植	16
5 施工	17
5.1 一般规定	17
5.2 施工准备	17
5.3 施工要点	18
5.4 养护管理	20
6 质量检验及工程验收	23
6.1 质量检验	23
6.2 工程验收	23
7 生境监测	26
附录 A 基本资料记录内容及格式	27
附录 B 主要材料检验记录内容及格式	29

附录 C 中间验收单	32
附录 D 工程验收单.....	34
附录 E 边坡各部位推荐植物配置一览表	36
附录 F 主要边坡类型水泥基类生态修复方案	37
本标准用词说明	41
引用标准名录	42
条文说明	44
制定说明	45

前言

经过四十年的城市建设发展，深圳市已由原先的经济特区发展为现在的特色社会主义先行示范区，新的定位需要深圳市城市建设在更高起点、更高层次、更高目标上发展，在完善生态环境和城市空间治理体制上做进一步探索，在对粤港澳大湾区生态环境保护方面发挥示范效应。边坡作为最主要的城市立面之一，边坡的生态修复对改善和保护生态环境、减轻地质灾害、促进区域经济社会的稳定和可持续发展发挥着积极作用，对深圳市作为社会主义先行示范区在健全生态建设和环境保护制度方面至关重要。

2020年12月16日市规划和自然资源局印发了《深圳市边坡工程治理与生态景观提升工作指引（试行）》。指引旨在为全面提升我市边坡治理工程的生态景观水平，实现边坡治理工程与周边生态环境和谐统一，取得更好的社会效益、生态效益和环境效益。同时要求各部门应根据国家、行业和地方标准，结合深圳实际，以同时满足结构安全和生态景观提升为目标，制定本行业边坡治理工程生态景观提升和维护管养的技术标准。

为推动深圳市边坡生态修复工程高质量顺利进行，解决现状边坡生态修复未能形成与本地气候适应的生境基材、未能形成本地化的植物体系以及未能满足日益强烈的品质需求等问题，制定本标准。本标准在充分调研总结已有工程实践的基础上，结合植被混凝土、植生水泥土具有的技术特性和应用特点，提出适用于深圳市的水泥基类边坡生态修复技术，用于规范和指导水泥基类生境构筑技术在深圳市边坡生态修复工程中的推广和应用，同时也是对现行行业设计和施工规范的补充和完善。

由于南山区率先在深圳市引进植被混凝土、植生水泥土等先进边坡生态修复生境构筑技术并编写本标准，难免存在不足，本标准由深圳市综合交通设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告深圳市综合交通设计研究院有限公司（地址：深圳市罗湖区东门北路100号公路大厦；邮编：518000），以便修订时参考。

本标准主编单位：深圳市综合交通设计研究院有限公司

三峡大学

深圳市瑞耀霖生态科技有限公司

本标准参编单位：深圳市西伦土木工程结构有限公司

中国瑞林工程技术股份有限公司

中国市政工程西南市政设计研究总院有限公司

江西亿安工程科技有限公司

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

1 总则

1.1 为规范深圳市边坡工程水泥基类生态修复工程设计、施工、验收与管理，做到结构安全、技术先进、因地制宜、经济合理、确保质量和保护环境，制定本指引。

1.2 本标准适用于深圳市坡度 $\leq 85^\circ$ （坡率 $\leq 1:0.1$ ）的各类边坡。

1.3 本标准包括总则、编制依据、术语、材料与设备、设计、施工、质量检验及工程验收、生境监测等内容。

1.4 边坡生境构筑应在保障边坡安全稳定的前提下，遵循生态修复与生态景观、工程支护有机结合的原则。

1.5 边坡生境构筑应综合考虑深圳市气象气候条件、边坡状况、植物群落特征、施工条件与工程投资等因素，因地制宜，科学设计，规范施工，加强养护与管理。

1.6 根据地表出露物质性状，将边坡分为土质边坡、岩质边坡、土石混合边坡、人工硬化边坡四种类型，不同类型边坡宜采取不同生境构筑方式。

表 1-1 基本资料收集调查一览表

序号	收集调查对象	收集调查内容	收集调查方法
1	边坡状况	边坡类型、边坡面积、边坡坡向、边坡坡度、坡面形态、坡面渗水状况、坡体稳定性	以收集和分析资料为主，辅以必要的现场勘察
2	植物群落	坡面周边植被类型及生长状况、植物物种、优势物种	以现场调查为主，辅以资料分析
3	水源	项目附近市政居民生活用水与工业用水、地下水、地表水等水源的水质类别、可供量、取用成本	以现场调查为主，辅以资料分析
4	土壤	土壤类型、质地、取用成本、可供量、pH 值、阳离子交换量	以现场调查为主，辅以资料分析
5	天然有机料	秸秆、谷糠、锯末、糟粕、椰糠等的可获取量、取用成本	以现场调查为主，辅以资料分析

1.7 工程设计与施工前应对项目区基本资料进行收集与调查，掌握边坡状况、植物群落特征、水源、土壤、天然有机料等信息。基本资料记录内容及格式应符合本标准附录 A 的规定。

1.8 水泥土类生境构筑宜采用下列工艺流程：

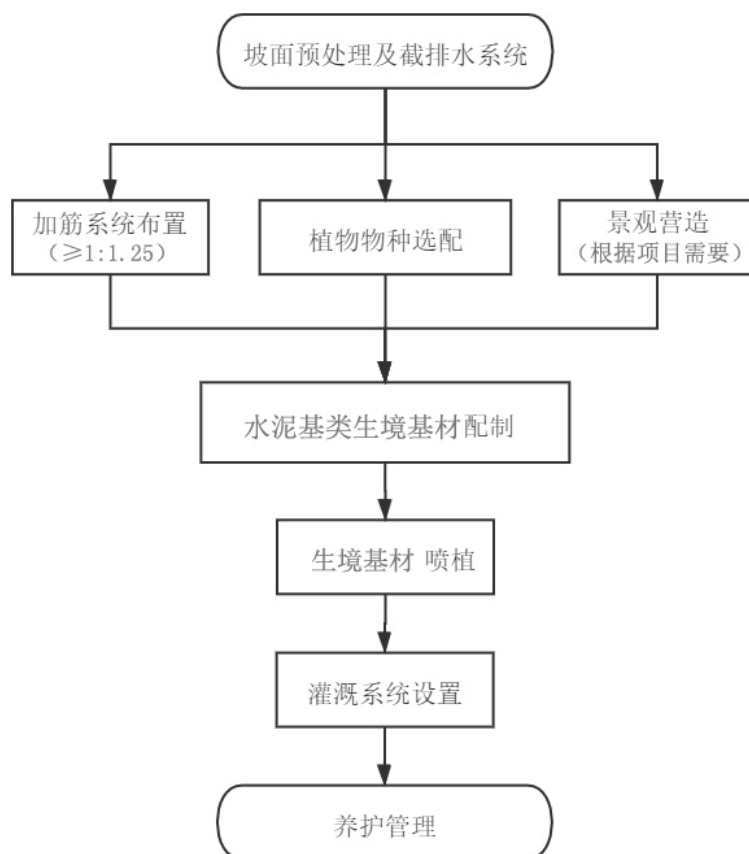


图 1-2 边坡工程水泥基类生态修复工艺流程

1.9 深圳市边坡工程水泥基类生态修复技术，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 水泥基类生境基材 cement-based habitat substrate

由土壤、水泥、生境基材改良剂、有机肥、生境基材有机料和水混合而成的拌合物,具备抗冲刷性及肥力可持续性,适宜于边坡防护和植物生长的生境基材。

2.1.2 生境基材改良剂 habitat material modifying agent

用于改善生境基材的生物与理化性质,活化土壤,固持养分,调节基材固液气三相结构,细粒状物质。

2.1.3 生境基材有机料 organism of habitat material

以农家肥、秸秆、谷糠、锯末、糟粕等天然有机料的若干种为原料,经粉碎、混配、堆置发酵等工序处理后,用做水泥基类生境基材配料的颗粒状物质。

2.1.4 植生孔 vegetative hole

用于定植灌木,增强生境基材与坡体间能量的连通与交换,贯穿于混凝土硬化护面的孔。

2.1.5 植生穴 vegetative pit

用于扩大植物根系的生长空间,增强生境基材稳固性,设置于岩质坡面的凹坑。

2.1.6 植生棒 vegetative rod

用于支撑挂网,阻滞喷射物流淌,布局景观,营造水分迁移通道,内部充填种植土和植物种子的柔性条。

2.1.7 干喷 dry spray

是将种植土、水泥、有机物料、生境基材改良剂、有机肥等按一定比例干拌均匀,然后装入喷射机,用压缩空气将干集料在软管内呈悬浮状态压送到喷枪,再在喷嘴处与高压水混合,以较高速度喷射到岩面的一种施工工艺和方法。

2.1.8 湿喷 wet spray

是将种植土、水泥、有机物料、生境基材改良剂、有机肥和水和设计比例拌合均匀，用液力喷播机械喷洒至岩面的一种施工工艺和方法。

2.2 符号

D —坡顶截水沟下缘至修复坡面上缘距离 (m)；

η —多年平均年降水量相关系数；

ψ —边坡目标植被相关系数；

H —边坡垂直高度；

α —边坡坡度；

β —坡顶集水区坡度；

A —总播种量；

A_i —单播时播种量；

k_i —混播比例；

N —单播时单位面积播种籽数；

Z_i —单种植物种子千粒重；

R_i —单种植物种子喷植损失率；

C_i —单种植物种子纯净度；

F_i —单种植物种子发芽率。

3 材料与设备

3.1 一般规定

3.1.1 生境基材材料主要包括土壤、水泥、生境基材改良剂、有机肥、生境基材有机料、化学纤维和水，宜因地制宜、就地取材、经济合理、符合环保要求。

3.1.2 喷植设备在喷播施工前应进行检查、调试和标定，应符合国家有关环保、消防、安全等规定。

3.2 材料

3.2.1 生境基材所用种植土应符合下列规定：

- 1 根据调查信息，选取适宜种植的种植土，不应使用受污染的种植土。
- 2 取用的种植土经破碎处理后，主要性能指标及检验方法应符合表 3-1 的规定。

表 3-1 种植土主要性能指标及检验方法

序号	指标	参考值	检验方法
1	pH 值	4.0~8.5	按现行行业标准《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166 的有关规定执行
2	粒径	≤8.0mm	按现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的有关规定执行
3	砂粒含量	≤20%	

3.2.2 水泥基类生境基材中水泥宜选用普通硅酸盐水泥 P.O42.5，主要性能指标及检验方法应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。

- 1 水泥进场时，应有出厂合格证书，并检查其品种、标号、生产日期等。
- 2 当使用中，水泥质量受不利环境影响或水泥出厂超过三个月时，应进行复验，并按复验结果使用。

3.2.3 水泥基类生境所用改良剂主要性能指标及检验方法应符合表 3-2 的规定。

表 3-2 生境基材改良剂主要性能指标及检验方法

序号	指标	参考值	检验方法
1	有效活菌数	$\geq 1.0 \times 10^6$ cfu/g	按现行行业标准《微生物肥料产品检验规程》NY/T 2321 的有关规定执行
2	pH 值	2.5~5.5	
3	含水率	$\leq 20\%$	
4	亚甲基蓝吸附值	≥ 0.13 mg /g	按现行国家标准《木质活性炭试验方法亚甲基蓝吸附值的测定》GB/T 12496.10 的有关规定执行

3.2.4 水泥土类生境基材所用有机肥应符合现行行业标准《有机肥料》NY 525 的有关规定。

3.2.5 水泥基类生境基材所用有机料应符合下列规定：

- 1 根据调查信息，选取适宜的天然有机料。
- 2 取用的天然有机料经粉碎、过筛等工序处理后所得的生境基材有机料，其主要性能指标及检验方法应符合表 4-3 的规定。

表 3-3 生境基材有机料主要性能指标及检验方法

序号	指标	参考值	检验方法
1	粒径	≤ 8.0 mm	筛分法
2	含水率	$\leq 20\%$	按现行国家标准《绿化用有机基质》GB/T 33891 的有关规定执行
3	总养分	$\geq 1.5\%$	
4	碳氮比 (C/N)	≤ 300	有机碳和全氮含量测定应按现行行业标准《有机肥料》NY 525 的有关规定执行

3.2.6 水泥土类生境基材所用水的水质不应低于现行国家标准《农田灌溉水质标准》GB 5084 的有关规定。

3.3 设备

3.3.1 干喷法干混物料制备设备有滚筒式碎土筛分机或振动式筛土机、强制式搅拌机或自落式搅拌机。

3.3.2 湿喷法物料制备设备为：水力喷播机或液压喷播机。

3.3.3 喷射设备应参考坡面岩土性质、坡面高度、坡率以及喷射方量、作业环境等施工条件进行选择，坡度大于 45° （坡率 $>1:1$ ）的边坡宜用干法喷送，坡度 $\leq 45^\circ$ （坡率 $\leq 1:1$ ）的边坡可采用湿法喷送。坡面土质对含水量变化敏感，要求水泥土基材具有较低渗透性的坡面应采用干法喷送。

3.3.4 湿喷法喷射设备（液压喷播机）的性能应符合下列规定：

- 1 应具有良好的密封性和连续均匀输料能力；
- 2 生产能力宜大于 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，允许输送骨料的粒径不宜大于 15mm ；
- 3 水平输料距离不宜小于 30m ，竖向输料距离不宜小于 20m 。

3.3.5 干喷法喷射设备（转子式砗喷射机）的性能应符合下列规定：

- 1 具有良好的密封性和连续均匀输料能力；
- 2 生产能力宜大于 $3\text{m}^3/\text{h}$ ，允许输送骨料的粒径不宜大于 20mm ；
- 3 水平输料距离不宜小于 100m ，竖向输料距离不宜小于 60m 。

3.3.6 空气压缩机的选择除应满足喷射设备工作风压和耗风量的要求外，尚应符合下列规定：

- 1 转子式喷射设备用空气压缩机的供风量不应小于 $15\text{m}^3/\text{min}$ ，泵送式喷射设备用空气压缩机的供风量不应小于 $9\text{m}^3/\text{min}$ ；
- 2 应能提供稳定的风压，其波动值不应大于 0.01MPa ，风压不宜小于 0.6MPa ；
- 3 空气压缩机至喷射设备的送风管工作时的承压能力不应小于 0.8MPa 。管径应满足输送设计最大粒径骨料的要求，并应具有良好的耐磨性能。
- 4 压缩空气进入喷射机前，应进行油水分离；

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 生境构筑边坡应进行稳定性评价，对不稳定的边坡应进行工程治理，使其达到稳定。生境构筑后，亦应满足边坡稳定的要求。

4.2 截排水系统

4.2.1 根据地形地质情况，应在坡面、坡周因地制宜地设置坡顶截水沟、平台排水沟、坡脚排水沟、坡面渗水管、跌水沟、蓄水池等组成的截排水与蓄水系统。

4.2.2 坡度 $\geq 45^\circ$ （对应坡率 1:1.0）的边坡，在截排水设计时，对于具备条件的边坡应在修复坡面的上缘与坡顶截水沟之间设置坡顶集水区（见图 4-1），用于补给坡面植物生态用水需求。

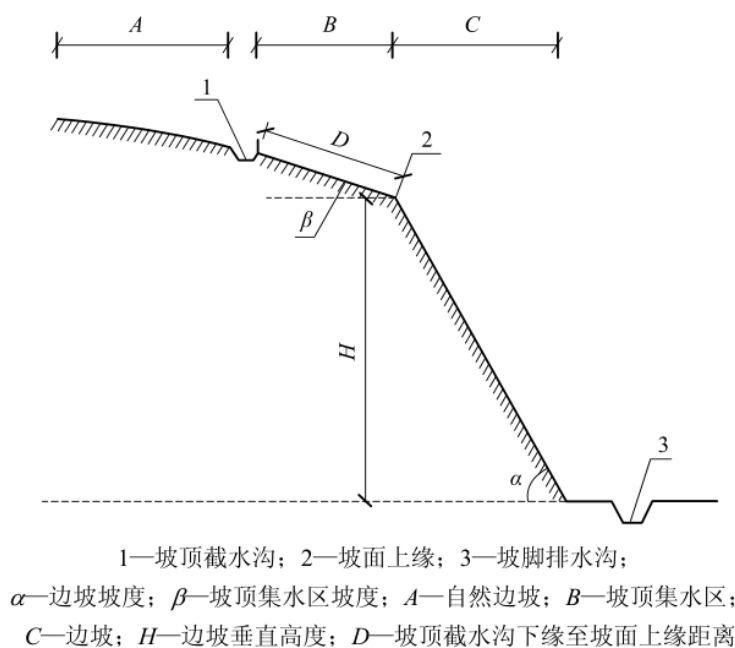


图 4-1 坡顶集水区

4.2.3 设置坡顶集水区时，坡顶截水沟下缘至修复坡面上缘的距离宜按下式计算：

$$D = \frac{2.94\eta\psi H^{0.32}}{(\cos\alpha)^{0.06} \cos\beta}$$

式中：D—坡顶截水沟下缘至修复坡面上缘距离（m），若计算值小于 5m 取 5m，

若计算值大于 15m 取 15m;

η —多年平均年降水量相关系数, 取 0.95~0.90;

ψ —边坡目标植被相关系数, 纯草本群落取 0.8, 草灌群落取 1.0, 纯灌木群落取 1.2;

H—边坡垂直高度 (m), 多级坡取最高一级边坡的垂直高度值;

α —边坡坡度 ($^{\circ}$);

β —坡顶集水区坡度 ($^{\circ}$)。

4.2.4 边坡排水设计应按现行行业标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330、《城市道路路基设计规范》CJJ194、《公路路基设计规范》JTG D30、《水电水利工程边坡设计规范》DL/T 5353 有关规定执行。

4.2.5 坡面的截排水与蓄水设计应符合现行国家标准《水土保持综合治理技术规范小型蓄排引水工程》GB/T 16453.4 和《水土保持工程设计规范》GB 51018 的有关规定。

4.3 坡面预处理

4.3.1 水泥土类生境构筑边坡分类应符合下列要求:

1 地表出露物质为土壤基质、岩石基质、混凝土或浆砌块料基质时应分别划归为土质边坡、岩质边坡、人工硬化边坡, 其他情况均应划归为土石混合边坡。

2 对不同类型边坡, 设计与施工应区别对待。

4.3.2 坡面预处理应符合下列规定:

1 土质边坡、岩质边坡、土石混合边坡应清除浮土、松石、浮根等松散物, 坡面应无坠落物。

2 土质边坡除了必要的坡面整理外, 不需要其他处理。

3 坡度 45° ~ 60° (坡率 1: 1.0~1:0.5) 且完整性较好的岩质边坡, 应在坡面设置植生穴。植生穴应为俯穴, 间距宜为 100cm~200cm, 深度宜为 20cm~30cm,

穴口面积不宜小于 400cm^2 。

4 土石混合边坡应采用土壤充填、洒水沉降等方式减小松散块料间空隙，并确保坡体稳定。

5 如存在反坡或凹陷大于 20cm 的较大凹陷坡面，宜采取削坡或填充等方式进行预处理。

6 混凝土硬化边坡应在坡面设置植生孔。植生孔应贯穿混凝土护面层，间距宜为 $100\text{cm}\sim 200\text{cm}$ ，孔口面积不宜小于 150cm^2 。植生孔应设置在混凝土层内的钢筋网间，且应为俯孔。

4.4 加筋系统

4.4.1 一般要求

4.4.1.1 坡度 $\geq 40^\circ$ （坡率 $\geq 1:1.25$ ）的边坡应设置加筋系统，加筋系统宜由挂网、锚固件与植生棒组成，坡度 $< 40^\circ$ （坡率 $< 1:1.25$ ）的边坡可不设置加筋系统。

4.4.1.2 加筋系统施工时，应先安装锚固件与植生棒，再铺设挂网。

4.4.1.3 挂网与锚固件、挂网与植生棒、挂网与挂网之间均应采用扎丝绑扎牢固。

4.4.1.4 若边坡治理设计有锚杆、挂网等防护结构时，可考虑兼作加筋系统。

4.4.2 挂网

4.4.2.1 挂网材料应符合下列规定：

1 可选用活络金属网、柔性塑料网或植物纤维网，塑料网和植物纤维网适用于平滑的缓坡，坡体表层粗粒多、凹凸不平的坡面宜采用金属网。岩质边坡、人工硬化边坡不应使用植物纤维网。

2 活络金属网料丝直径不应小于 2.0mm ，机编活络铁丝挂网应过塑或镀锌防腐；柔性塑料网可采用双向土工格栅等材料，最大拉伸力不应小于 6.0kN/m ，且抗老化性不应低于 10a ；植物纤维网最大拉伸力不应小于 6.0kN/m 。

3 相邻挂网搭接宽度宜为 $100\text{mm}\sim 150\text{mm}$ 。

4 坡度 $<50^\circ$ (坡率 $<1:0.75$) 边坡的挂网网目不宜大于 $7.0\times 7.0\text{cm}$, 坡度 $\geq 50^\circ$ (坡率 $\geq 1:0.75$) 的挂网网目不宜大于 $5.0\times 5.0\text{cm}$ 。

4.4.2.2 挂网距离坡面宜为生境基材基层喷植厚度的 $1/2\sim 2/3$ 。

4.4.2.3 铺设网筋系统应符合下列规定:

1 施工之前, 应清除坡面所有松动石块及其它杂土, 确保坡面平整;

2 铺设时, 应将剪裁好的网整理成卷, 从上而下顺坡铺设, 并保证网垫与坡面之间的密切接触。为确保网垫不沿坡面滑动, 应在网垫两头开挖布设沟槽并保证足够的反压量, 网垫在沟槽内的埋深应大于 40cm 并充分压实。

4.4.3 锚固件

4.4.3.1 锚固件材料应符合下列规定:

1 锚固件分为抗滑锚筋和限位锚钉, 松散土质边坡可选用木桩 (抗腐蚀较好的松木等材料) 替代。

2 坡度 $<50^\circ$ (坡率 $<1:0.75$) 边坡的钢筋直径不应小于 14mm , 坡度 $\geq 50^\circ$ 且 $<60^\circ$ (坡率 $\geq 1:0.75$ 且 $<1:0.5$) 边坡的钢筋直径不应小于 16mm , 坡度 $\geq 60^\circ$ 且 $\leq 85^\circ$ (坡率 $\geq 1:0.5$ 且 $\leq 1:0.1$) 的钢筋直径不应小于 18mm 。

4.4.3.2 锚固件间距应符合下列规定:

1 坡口线处不应大于 0.5m 。

2 坡度 $<50^\circ$ (坡率 $<1:0.75$) 边坡坡内不应大于 1.5m , 坡度 $\geq 50^\circ$ (坡率 $\geq 1:0.75$) 边坡坡内不应大于 1.0m 。

3 人工硬化边坡、完整性较好的岩质边坡, 每平方米面积内锚固件数量不应少于 1 根。

4.4.3.3 锚固件植入边坡长度不应小于 0.3m , 且应确保挂网与生境基材的稳固。

4.4.3.4 锚固件应安装稳固, 出露坡面长度应同基层喷植厚度一致, 与上坡面的夹角应为锐角。

4.4.3.5 锚固钢筋及钢筋网的防锈:

1 对于坡度 $<50^{\circ}$ (坡率 $<1:0.75$) 时, 可采用镀锌或“除锈+防锈底漆+金属防锈面漆”处理;

2 对于坡度 $\geq 50^{\circ}$ (坡率 $\geq 1:0.75$) 时, 宜环氧树脂涂层防腐。

4.4.3.6 锚固件采用热轧带肋钢筋时, 对于岩体较完整的边坡, 可参照混凝土后锚固技术中的化学植筋方法, 植入岩土深度不小于 0.5m; 对于岩体破碎或者为土层的边坡时, 应参照边坡锚杆做法, 钻孔直径 110mm~130mm 后, 插入钢筋注浆密实, 直径、深度视具体情况而定。

4.4.4 植生棒

4.4.4.1 植生棒宜为圆截面, 直径应为 60~80mm, 最大拉伸力不应小于 15.0kN/m, 抗老化性不应小于 3a。

4.4.4.2 植生棒内种植土充填饱满度不应低于 95%。

4.4.4.3 植生棒宜沿坡面横向布设, 间距宜为 1.0m~1.5m, 且应采用锚固件固定。

4.4.4.4 有景观效果要求的边坡, 植生棒应按景观设计选用植物种子及布设。

4.5 植物遴选

4.5.1 植物筛选应遵循下列原则:

1 应优先选用乡土护坡植物, 不应使用外来入侵植物。

2 应结合所调查的基本资料, 选择抗逆、繁殖、改良土壤和固土能力强的植物。

3 应符合生物多样性和可持续性原则。

4 可结合景观要求选择观赏性较好的植物。

5 对岩质边坡和人工硬化边坡, 尤其是坡度 $60^{\circ}\sim 85^{\circ}$ (坡率 1:0.5~1:0.1) 的边坡, 不宜选用冠幅较大的灌木, 宜选用根系发达, 且有利于生境基材吸附在坡面的低矮灌木和草本、藤本植物。

4.5.2 植物种苗应符合下列规定:

1 植物种子应注明品系、产地、生产单位、采收年份、纯净度、发芽率、千粒重。

2 草本植物种子质量不应低于现行国家标准《豆科草种子质量分级》GB 6141 和《禾本科草种子质量分级》GB 6142 规定的二级质量标准；木本植物种子质量不应低于现行国家标准《林木种子质量分级》GB 7908 规定的二级质量标准。

3 苗木应根系发达、株型茁壮，无伤苗，茎、叶无污染，无病虫害。

4 采购的植物种苗应有国内检验检疫合格证。

5 植物检验记录内容及格式应符合表 B.0.6 的规定。

4.5.3 植物种苗预处理应满足下列要求：

1 植物种子应进行纯净度、发芽率、千粒重现场试验与检验，其检验方法应符合现行国家标准《林木种子检验规程》GB/T 2772 的有关规定。

2 应对植物种子进行消毒、浸种，必要时应进行破壳处理。

3 非容器苗木进场移栽前，应按现行行业标准《园林绿化工程施工及验收规范》CJJ 82 进行假植。

4 苗木外观应检验根系、株型、病虫害等状况。

4.5.4 植物种子播种量宜按下列公式计算：

$$A = \sum k_i A_i$$
$$A_i = \frac{N_i Z_i}{(1 - R_i) C_i F_i} \times 10^{-3}$$

式中：A—总播种量（g/m²）；

A_i—单播时播种量（g/m²）；

k_i—混播比例（%）， $\sum k = 1$ ，根据植物配置方案以及要求、气候条件、边坡特征、景观要求等综合确定；

N—单播时单位面积播种籽数（粒/m²）；

Z_i —单种植物种子千粒重 (g);

R_i —单种植物种子喷植损失率 (%), 种子千粒重小于 0.5g 取 5%, 种子千粒重 0.5g~1.0g 取 10%, 种子千粒重 1.0g~5.0g 取 15%, 种子千粒重大于 5.0g 取 20%;

C_i —单种植物种子纯净度 (%);

F_i —单种植物种子发芽率 (%)。

C_i 和 F_i 检验方法应按现行国家标准《林木种子检验规程》GB2772 的相关规定执行。

4.5.5 植物配置应符合下列要求:

- 1 植物群落构成宜模拟项目周边天然植被的群落结构, 可兼顾景观性。
- 2 植物配置应结合边坡坡顶、平台、坡脚、坡面四个部位进行针对性设计。
- 3 土质边坡应构建乔、灌、草有机叠加, 高、中、低合理搭配的多层次立体群落。
- 4 岩质边坡应构建草、灌结合, 中、低合理搭配的低矮型草灌群落; 灌木苗可定植于植生穴内; 植生穴内植物习性宜兼顾攀爬性与垂吊性。
- 5 土石混合边坡应构建灌、草为主, 乔木为辅, 高、中、低合理搭配的简单型立体群落。
- 6 人工硬化边坡应构建草本植物为主, 灌木为辅, 中、低合理搭配的低矮型草灌群落; 灌木苗应定植于植生孔内; 植生孔内植物习性宜兼顾攀爬性与垂吊性。
- 7 边坡各部位植物配置可参考附录 E。

4.6 景观营造

4.6.1 景观营造宜与项目周边生态和当地人文环境相协调。

4.6.2 景观营造应与边坡立地环境相适应。

4.6.3 景观营造宜利用植物进行层次构建及色彩搭配。

4.6.4 采用植生棒进行景观营造应符合下列要求:

- 1 根据景观需求, 宜利用植生棒的柔性特点营造不同图案景观。
- 2 有时限要求时, 植生棒内的种子应进行催芽预处理。

4.6.5 采用植生孔进行景观营造应符合下列规定:

- 1 根据景观需求, 宜利用植生孔营造点式景观。
- 2 宜选取 1a~2a 容器苗; 非容器苗定植前应对根系进行适当修剪, 去除断根、劈裂根、病虫根和过长根。
- 3 苗木定植时应按景观要求对枝叶进行适当修剪。

4.7 生境基材配制

4.7.1 生境基材分为基层和面层, 两者应分别配制。基层配制, 宜由土壤、水泥、生境基材改良剂、有机肥、生境基材、有机料和水拌合而成; 面层配制, 应在基层配制料中添加植物种子拌合而成。

5.7.2 以土壤用量为基准, 水泥、生境基材改良剂、有机肥、生境基材有机料应符合下列规定:

表 4-1 不同坡度 (坡率) 类型水泥基类生境基材推荐配合比表 (每 10m³)

坡度 (坡率)	基材 部位	厚度 (cm)	种植土 (m ³)	水泥 (kg)	有机物 料(m ³)	生境基 材改良 剂(kg)	粉末状 有机肥 (kg)	复合肥 (kg)
≤30° (≤1: 1.75)	面层	2	10	250	2.5	200	150	3~5
	基层	4	10	500	3.0	400	200	3~5
30~45° (1: 1.75~1:1.0)	面层	2	10	300	2.5	240	150	3~5
	基层	6	10	600	3.0	480	200	3~5
45~60° (1: 1.0~1:0.5)	面层	2	10	350	3.0	280	150	3~5
	基层	8	10	700	3.5	560	200	3~5
60~70° (1: 0.5~1:0.3)	面层	2	10	400	3.0	320	150	3~5
	基层	10	10	750	3.5	600	200	3~5
70~85° (1: 0.3~1:0.1)	面层	2	10	500	3.0	400	150	3~5
	基层	10	10	900	4.0	720	200	3~5

4.8 生境基材喷植

4.8.1 面层喷植厚度应控制在 20mm~30mm。

4.8.2 基层喷植厚度应符合下列规定：

1 基层宜多次喷植完成，基层喷植厚度应不小于表 4-2 的规定；

表 4-2 基层喷植厚度

边坡坡度 (°)	边坡坡率	厚度 (mm)
<30	≤1: 1.75	60
30~45	1: 1.75~1: 1.0	80
45~60	1:1.0~1:0.5	100
60~85	1:0.5~1:0.1	120

2 深圳市常见边坡类型喷植类型详见附录 F。

4.8.3 生境基材喷层应完全覆盖种植无纺布。

4.8.4 当生境基材需覆盖格构梁等支护结构时，覆盖厚度不宜小于 8cm 。

5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 应充分理解设计意图、生态修复的方法及要求，掌握现场施工及质量控制要点，制定详尽的施工组织设计，合理安排施工工期，并做好现场技术交底工作。

5.1.2 根据工程地点、工程规模和设计的要求，对生境构筑材料及植物种苗进行本地调研，宜就地取材、经济环保，并符合本标准 3.2 的规定。

5.1.3 根据工程规模、设计要求和施工进度要求，选择合理的施工机械设备，并符合本标准 3.3 的规定。

5.1.4 大面积施工前应根据 5.7 的规定做好配制设计，并选取典型坡段进行试验，试验段不宜小于 80m^2 ，通过试验段确定最佳配合比、施工方法和施工工艺。

5.1.5 在施工过程中，若发现实际地质情况与施工图出入较大时，应及时联系设计单位进行动态设计，修正设计方案。

5.2 施工准备

5.2.1 边坡生态修复应具备下列资料：

- 1 拟修复区域和邻近区域内的环境条件。
- 2 拟修复区域的岩土工程勘察报告。
- 3 边坡生态修复工程设计施工图。
- 4 边坡生态修复工程施工组织设计。

5.2.2 施工单位进场前，应结合工程的主要特点，调查周边料源分布、交通条件和场地环境；进场后应按照合同文件的规定，开展料场、设备场地等临时施工设施的建设。

5.2.3 施工前应根据施工图设计要求和生境基材配制要求进行现场验证，并通过现场喷播和工艺性试验，确定现场喷播施工的配合比及施工工艺要求等。

5.2.4 喷射施工现场，应做好下列准备工作：

1 应拆除喷射施工作业区的障碍物。

2 采用人工喷射，当水平喷射的高度超过 1.5m，或竖向喷射的高度超过 3m 时，应搭设工作台架，工作台架外缘应设有栏杆。

3 采用人工喷射，当水平喷射的高度超过 1.5m，或竖向喷射的高度超过 3m 时，且现场条件所限无法搭设工作台架时，可采用座板式单人吊具进行半悬吊作业。座板式单人吊具半悬吊作业应使用具有防坠功能沿坡面自上而下移动的无动力载人用具，工作绳固定在坡顶挂点装置上沿作业面敷设、下降器安装其上且必须有可靠的防坠措施。

4 座板式单人吊具作业人员必须配备且能正确、熟练使用安全保险绳和防坠器。安全保险绳和防坠器禁止两人或多人同时使用。

5 应确保喷射设备司机与喷射手之间的联系畅通。

6 喷射作业区应有良好的通风和足够的光线。

7 应埋设控制喷射水泥基类生境基材厚度的标志，其纵横间距宜为 1.0m~1.5m。当设有锚杆时，可用锚杆露出岩面的长度作为控制喷层厚度的标志。

5.2.5 边坡工程施工前准备工作应符合下列规定：

1 新开挖的岩石边坡应选择合适的开挖方式，以减少对坡面的损伤及获得相对平整的喷射面。自然边坡应将基岩面整平，并将表面浮石、浮渣等覆盖物清除干净，坡面每平方米凹凸度应平均在±100mm，最大不超过±200mm。

2 岩石边坡喷射前应用高压水冲洗岩面，对遇水易分解、泥化的岩层则应用压缩空气吹除岩面上的浮渣和灰尘。

3 土层边坡喷射前应清除坡面浮土、杂草等松散物并将坡面压实。

4 应按设计要求做好边坡的排水沟和泄水孔。

5 边坡表面喷射前应保持湿润。

5.3 施工要点

5.3.1 生境基材干拌料（干喷施工）工艺要求

1 搅拌配合比搅拌站必须严格掌握材料设计配合比，并在搅拌机旁挂牌公布，便于检查。生境基材原材料的允许偏差应符合下列规定：水泥、添加剂：±1%；种植土：±2%；有机物料：±1%。

2 装料顺序与搅拌时间装料顺序：先倒种植土，再装水泥、改良剂、最后倒有机质和有机肥。拌制生境基材干混合料宜优先采用强制式搅拌机。无条件时，亦可用自落式搅拌机。生境基材干混合料应充分搅拌，使生境基材的各种组成材料混合均匀；搅拌时间应随搅拌机类型不同而异，采用强制式搅拌机搅拌应严格控制搅拌时间为120~160s，若采用自落式搅拌机减半控制搅拌时间为160~240s，确保拌合物搅拌均匀。

5.3.2 生境基材湿拌料（湿喷施工）工艺要求

1 搅拌配合比搅拌站必须严格掌握材料设计配合比，并在挂牌公布，便于检查。先在搅拌罐里投放适量水，再投放土壤、有机肥、生境基材有机料、化学纤维、水泥、生境基材改良剂，边投放边搅拌，并根据需求补加水；拌制面层还应投放植物种子。

2 全部材料投放完毕，应继续拌制 10min~15min。

3 用水量应保证边坡固植土喷植在坡面不散落不流淌。

5.3.3 水泥土类生境基材喷植应符合下列规定：

1 水泥土类生境基材喷植前应洒水浸润坡体，使坡面湿润。

2 喷枪口出口压力不应低于 1.6MPa。

3 面层喷植时，基层应保持湿润。

4 所拌制的边坡生境基材，应在 4h 内喷植完毕。

5 喷植应均匀，重点关注坡面的凹凸及死角部位，防止漏喷。

6 风速大于 5 级或降雨强度大于 10mm/h 时不宜喷植施工。

5.3.4 干喷法向喷头供水的设施应满足下列要求：

1 供水设施应保证喷头处的水压不小于 0.15MPa;

2 当常用供水系统的水压不能满足喷射要求时, 可用水泵或压力水箱向喷头供水。水泵应有回水装置。

5.4 养护管理

5.4.1 生境构筑坡面可采用喷灌、微喷灌、滴灌等灌溉方法, 可根据边坡规模采用人工灌溉、自动化灌溉、无人机智慧灌溉等方式。

5.4.2 灌溉管材、结构布局应符合现行国家标准《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288 和《管道输水灌溉工程技术规范》GB/T20203 的有关规定。

5.4.3 灌溉水的水质应符合现行国家标准《农田灌溉水质标准》GB 5084 的有关规定, 必要时应进行过滤及防堵塞处理。

5.4.4 生境构筑坡面灌溉宜将浇水、施肥、喷洒药剂防治病虫害等工作相互结合。

5.4.5 灌溉制度应满足下列要求:

1 根据植物生长需求, 应结合降雨、坡面蒸发情况确定灌溉时间和水量。

2 灌溉应遵循适量、多次、均匀的原则。

3 夏季和早秋应避免在午后强烈的阳光下灌溉, 夏季亦应避免傍晚灌溉。

4 冬季应及时灌溉越冬水, 翌年及时补充返青水。

5 养护的边界条件: 以营造了稳定的灌木群落为止, 以抵御不利因素风险, 结合施工点时间进行动态调节养护时间。

6 养护办法原则: 讲究均匀, 应少而慢, 避免大水浇灌, 灌水速度不应超过基材的有效吸水速度; 并且遵循“不干不浇, 浇则浇透”的原则。

5.4.6 灌溉指标应符合表 5-1 的有关规定。

表 5-1 灌溉指标

序号	指标	参考值	检验方法
1	灌溉覆盖率	≥98%	方格网法
2	灌溉均匀度	≥90%	方格网法

5.4.7 生境基材喷植施工完毕后，应进行 60d 的苗期养护管理。当温度低、雨量少时，苗期养护管理时间可适当延长。

5.4.8 苗期养护管理工作内容应包括坡面覆盖、灌溉、病虫害防治、苗木补植、局部缺陷修补等。

5.4.9 坡面覆盖应符合下列规定：

1 覆盖物可为无纺布、抑尘网、遮阳网等。

2 坡面覆盖应在面层喷植完毕后 2h 内进行。

3 覆盖物应铺设牢固，同坡面接触紧密。

4 坡面喷植施工后 4h 内，如遇强降雨，或喷植施工后 48h 内，如遇霜冻，应加盖塑料薄膜。

5.4.10 每天应巡检边坡一次，检查内容应包括坡面植被水分、植物种子发芽或苗木成活、病虫害、生境基材稳定状况等。

5.4.11 病虫害防治应符合下列规定：

1 应加强病虫害检查，发现病虫害应及时采取防治措施。

2 宜根据病虫害疫情，采取生物措施、物理措施和化学措施对症防治。

3 化学防治应选用高效、低毒、对天敌较安全的药剂，药剂使用时应严格按照说明书执行。

5.4.12 当发现苗木死亡时，应及时补植。

5.4.13 局部缺陷修补应符合下列规定：

1 当发现基材秃斑或脱落时，应查明原因，制定措施，并及时修补。

2 当局部缺陷面积较小时，可人工补种或移栽苗木。

3 当局部缺陷面积较大时，应先清除相应部位浮渣，进行二次喷植。

5.4.14 当苗期养护管理完成后，应进行不少于 240d 的生长期养护管理。特殊情况时，生长期养护管理时间可适当延长。

5.4.15 生长期养护管理工作内容应包括灌溉、病虫害防治、苗木补植、局部缺陷修补等。

5.4.16 每两周应巡检边坡一次，检查内容应包括坡面植被水分、植物生长、病虫害、生境基材稳定状况等。

6 质量检验及工程验收

6.1 质量检验

6.1.1 采购商品材料时，应检查出厂证、产品合格证；采购植物种子时，应检查检验（检疫）合格证；采购栽植灌乔木时，应符合设计要求。

6.1.2 材料进场后、使用前应进行批次随机抽样检验，并形成检验报告。主要材料检验记录内容及格式应符合本指引附录 B 的规定。

6.1.3 材料检验批及取样方法应符合下列规定：

1 客土每 600m^3 或 3000m^2 为一检验批，随机取样 5 处，每处 100g 经混合组成一组试样，不足一批的计为一批。

2 原状土在同一区域每 3000m^2 为一检验批，随机取样 5 处，每处取样 100g 混合后组成一组试样，不足一批的计为一检验批。

3 生境基材每 3000m^2 为一检验批，应随机取样 5 次，每次取 100g 混合后组成一组试样，不足一批的计为一检验批。

4 每配置生境基材 3000m^2 所使用的水泥、改良剂、有机肥、有机料、化学纤维、水等材料为一检验批，不足一批的计为一检验批，取样方法应符合相关规范要求。

5 非连续供应的材料应按每供应批次单独检验。

6.1.4 苗木植株进场时应检查其品种、规格、外观。种子进场时应检查其采摘地、品种、储存质量、保存时间。

6.1.5 灌溉给排水管材、设备及配套电力工程材料在进场前应参照市政工程有关规范的要求进行质量检验、验收。

6.2 工程验收

6.2.1 验收范围

边坡上喷射的生境基材、加筋系统、所种植的乔木、灌木、地被、草坪及灌溉系统等附属设施。

6.2.2 工程验收分为中间验收和整体验收，整体验收应在所有中间验收完成后进行。

6.2.3 施工单位应在工程验收前完成自检，确保施工成果符合设计要求和有关规范，技术资料齐全并完成相关准备工作。

6.2.4 工程验收前应保证工程使用的主要原材料、成品、半成品、配件、器具和设备必须具有的质量合格证明文件，符合国家现行技术标准及设计要求。植物材料、工程物资进场时应做检验、验收，并经监理工程师核查确认，形成相应的检验、验收记录。

6.2.5 中间验收应按检验批、分项工程、分部工程、单位工程的顺序进行。工程分项、分部和单位工程分类见表 6-1。

表 6-1 中间验收分项、分部和单位工程分类表

单位工程	分部工程	分项工程
绿化工程	栽植基础工程	坡面预整理、植生孔（穴）成型、加筋系统安装、水泥土类生境基材拌制、水泥土类生境基材喷植
	栽植工程	植物材料选型、苗木运输和假植、苗木修剪、苗木栽植、草坪及草本地被喷播、灌木栽植、灌木喷播、乔木栽植
	养护	施工期养护、生长期养护
绿化附属工程	绿化给水	管沟、井室、管道安装、设备安装、喷头安装、回填
	绿化用电	配电箱、电管安装、电缆敷设、设备安装、接地安装、开关插座、照明

6.2.6 中间验收后，应及时填写中间验收单，主要分部分项工程质量验收单的内容及格式应符合本指引附录 C 的规定。

6.2.7 整体验收宜分为工程竣工验收与保修终止验收。工程验收单应符合本指引附录 D 的规定，检验项目的检验方法宜现场目测与样方评测相结合。

6.2.8 边坡生态修复质量要求

1 优良：具有良好固土护坡作用，植物物种丰富多样，植物造景具有一定的观赏性，无需人工干预，很好达到了设计效果。详见附录 D 优良等级

2 合格：具有较好固土护坡作用，植物物种较丰富，有绿化效果，无需长期人工干预，基本达到了设计效果。详见附录 D 合格等级。

3 不合格：固土护坡作用不明显，植物物种较单一，植地被植物有成片枯死现象，出现大面积明显裸露，没有达到设计效果。

6.2.9 工程验收后，建设单位应将有关文件和技术资料归档。

7 生境监测

7.1 监测喷射生境基材坡面植物的发芽情况、物种比例及覆盖率是否满足设计及本指引要求。

7.2 为形成健康、配置合理的植物群落，应监测植物的多样性生长情况，不得形成单一品种植物的生长群落，必要时进行人工干预。

7.3 加强病虫害监测，控制突发性病虫害发生，主要病虫害防治应及时。

7.4 监测植物的生长情况，根据植物生长情况应及时刈割、追肥、施肥或补水。

7.5 后期使用过程中应定期进行坡面生境基材稳定性的监测，特殊天气条件下应加密监测频次。

7.6 可采用人工巡查监测或智慧监测等手段对边坡生境进行监测，根据监测结果制定养护管理等措施。

附录 A 基本资料记录内容及格式

A.0.1 边坡状况记录内容及格式应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 边坡状况记录内容及格式

编号：

工程名称		调查位置		
序号	项目	单位	结果	备注
1	边坡类型			
2	边坡面积	m ²		
3	边坡坡向			
4	边坡坡度			
5	倒坡、平整度、分级状况等坡面形态：			
6	坡面渗水状况：			
7	裂隙分布、节理发育、不良土质等坡体稳定性状况：			
调查者	签字：			年月日

注：1 边坡类型指土质边坡、岩质边坡、土石混合边坡、人工硬化边坡。

2 边坡坡向指阳坡、阴坡。

3 不良土质指松散回填土、砂性土、软土等雨水天抗侵蚀性或稳定性较差的土层。

A.0.2 植物群落特征记录内容及格式应符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 植物群落特征记录内容及格式

编号：

工程名称		调查位置		
序号	项目	结果		
1	植物物种	草本		
		灌木		
		乔木		
2	优势物种	草本		
		灌木		
		乔木		
3	坡面周边植被类型及生长状况：			
调查者	签字：			年月日

注：生长状况指乔、灌、草的天然搭配，生长期及覆盖率等。

A.0.3 水源资料记录内容及格式应符合表 A.0.3 的规定。

表 A.0.3 水源资料记录内容及格式

工程名称			工程地址		
项目		单位	结果		备注
自来水	可供量	m ³ /d			
	距离	m			
	落差	m			
	取用成本	元/ m ³			
	水质状况:				
井水	可供量	m ³ /d			
	距离	m			
	落差	m			
	取用成本	元/ m ³			
	水质状况:				
河湖水	可供量	m ³ /d			
	距离	m			
	落差	m			
	取用成本	元/ m ³			
	水质状况:				
调查者	签字:				年月日

注: 1 主要勘察自来水、井水、河湖水三类水源。

2 距离指水源取水点与边坡所在点的路径长度。

3 落差指水源取水点与边坡坡顶之间的高差。

4 取用成本以到场价格计量。

A.0.4 土壤资料记录内容及格式应符合表 A.0.4 的规定。

表 A.0.4 土壤资料记录内容及格式

工程名称			工程地址		
序号	项目	单位	结果		备注
1	pH 值				
2	质地				
3	砂粒含量	%			
4	取用成本	元/ m ³			
5	可供量	m ³			
6	粒径状况:				
调查者	签字:				年月日

注: 取用成本以到场价格计量。

A.0.5 天然有机料资料记录内容及格式应符合表 A.0.5 的规定。

表 A.0.5 天然有机料资料记录内容及格式

工程名称		工程地址	
项目	单位	结果	备注
秸秆	可获得量	m ³	
	取用成本	元/ m ³	
谷糠	可获得量	m ³	
	取用成本	元/ m ³	
锯末	可获得量	m ³	
	取用成本	元/ m ³	
糟粕	可获得量	m ³	
	取用成本	元/ m ³	
其他	可获得量	m ³	
	取用成本	元/ m ³	
调查者	签字： 年月日		

注：1 主要勘察秸秆、谷糠、锯末、糟粕四类天然有机物料。
 2 可获得量指以项目点为中心，半径 30km 范围内的可获得量。
 3 取用成本以到场价格计量。

附录 B 主要材料检验记录内容及格式

B.0.1 种植土验收记录内容及格式应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 种植土验收记录内容及格式

编号：

工程名称		工程位置		
序号	检验指标	检验结果	参考值	备注
1	pH 值		4.0~8.5	
2	粒径		≤8.0mm	
3	砂粒含量		≤20%	
4				
检验者	签字： 年月日			

B.0.2 水泥验收记录内容及格式应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 水泥验收记录内容及格式

编号：

工程名称		工程位置		
序号	检验项目	检验结果	参考值	备注
1	品名		P.O	
2	强度等级		42.5	
3	生产日期			
4	有效期			
5	出厂证			
6	合格证			
检验者		签字： 年月日		

B.0.3 生境基材改良剂验收记录内容及格式应符合表 B.0.3 的规定。

表 B.0.3 生境基材改良剂验收记录内容及格式

编号：

工程名称		工程位置		
序号	检验项目	检验结果	参考值	备注
1	品名			
2	生产日期			
3	有效期			
4	出厂证			
5	合格证			
检验者		签字： 年月日		

B.0.4 有机肥验收记录内容及格式应符合表 B.0.4 的规定。

表 B.0.4 有机肥验收记录内容及格式

编号：

工程名称		工程位置		
序号	检验项目	检验结果	参考值	备注
1	品名			
2	生产日期			
3	有效期			
4	出厂证			
5	合格证			
检验者		签字： 年月日		

B.0.5 挂网验收记录内容及格式应符合表 B.0.6 的规定。

表 B.0.5 挂网验收记录内容及格式

编号：

工程名称		工程位置		
序号	检验项目	检验结果	参考值	备注
1	品名			
2	生产日期			
3	有效期			
4	出厂证			
5	合格证			
6	网直径			
7	网孔尺寸			
8	表面质量			
9				
10				
检验者		签字：		年月日

备注：1.网孔尺寸满足第 5.4.2.1 条。

2.岩质边坡若原设计有主动防护网，可考虑生境基材挂网与主动防护网两网合一。

B.0.6 植物验收记录内容及格式应符合表 B.0.7 的规定。

表 B.0.6 植物验收记录内容及格式

编号：

工程名称		工程位置	
项目		结果	备注
自行采集的 种子	采收年份		
	纯净度 (%)		
	发芽率 (%)		
	千粒重 (g)		
	采集地		
采购的商品 种苗	种子	生产日期	
		出厂证	
		纯净度 (%)	
		发芽率 (%)	
		千粒重 (g)	
	产品合格证或检验检疫合格证		
	苗木	外观造型	
规格尺寸			
检验者	签字：		年月日

附录 C 中间验收单

C.0.1 坡面预处理验收单应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 坡面预处理验收单

编号：

工程名称		工程位置	
项目		结果	
边坡稳定性治理与地下管线施工与验收情况			
坡面松散物处理情况			
坡度 45°~60°且完整性较好的岩质边坡植生穴设置情况			
土石混合边坡松散块料间空隙处置情况			
混凝土硬化边坡植生孔设置情况			
其他			
验收意见	施工 单位	签字： <div style="text-align: right;">年月日</div>	
	监理 单位	签字： <div style="text-align: right;">年月日</div>	

C.0.2 加筋系统验收单应符合表 C.0.3 的规定。

表 C.0.2 加筋系统验收单

编号：

工程名称		工程位置	
项目		结果	
挂网			
锚固件			
植生棒			
安装、连接与绑扎情况			
景观布局			
其他			
验收意见	施 工 单 位	签字： <div style="text-align: right;">年月日</div>	
	监 理 单 位	签字： <div style="text-align: right;">年月日</div>	

C.0.3 灌溉系统验收单应符合表 C.0.3 的规定。

表 C.0.3 灌溉系统验收单

编号：

工程名称		工程位置	
项目		结果	
灌溉系统型式			
灌溉管材与结构布局			
灌溉水的水质			
灌溉基本参数	灌溉覆盖率		
	灌溉均匀度		
验收意见	施工单位	签字：年月日	
	监理单位	签字：年月日	

C.0.4 生境基材配制与喷植验收单应符合表 C.0.4 的规定。

表 C.0.4 生境基材配制与喷植验收单

编号：

工程名称		工程位置	
项目		结果	
配制	配合比		
	投料顺序		
	拌制时间		
	水质与用水量		
喷植	坡体浸润情况		
	喷枪口出口压力		
	拌合料贮存时间		
	面层喷植时，基层湿润情况		
	均匀度		
	厚度		
验收意见	施工单位	签字：年月日	
	监理单位	签字：年月日	

注：厚度包括面层、基层喷植厚度及加筋系统覆盖状况。

D.0.2 保修终止验收单应符合表 D.0.2 的规定。

表 D.0.2 保修终止验收单

编号：

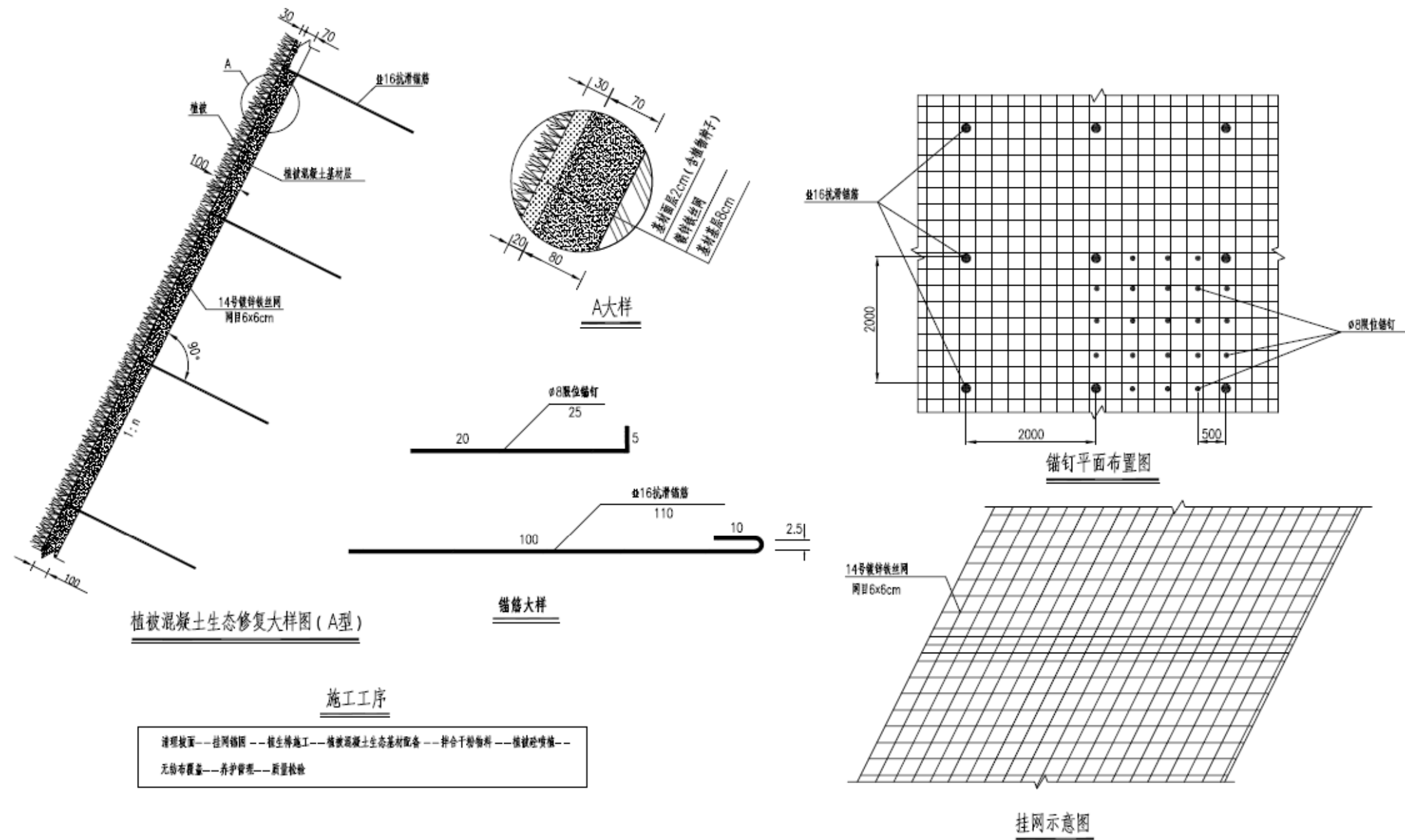
工程名称		工程位置			
检验项目	检验结果	指标评定（评分）			权重
		≥80	60~80	≤60	
植被覆盖率		覆盖率≥95%,裸露率<5%,单处明显裸露面积<3m ²	覆盖率 80%~95%,裸露率≤8%,单处明显裸露面积≤8m ²	覆盖率≤80%,裸露率>8%,单处明显裸露面积>8m ²	0.20
苗木成活率		≥95%	70%~95%	≤70%	0.10
植物物种		≥70%设计数量	设计数量 50%~70%	≤50%设计数量	0.10
群落性状		植物配置合理,具景观特色和固土护坡作用,植物生长无明显的枯黄叶,达标率>95%;整体观赏效果优良。	植物配置基本合理,具固土护坡作用和较好的绿化效果。旱季植地被植物无成片枯死现象。达标率≥80%。	植地被植物有成片枯死现象。达标率<80%。	0.15
根系状况		大量根系深入生境基材底部	少量根系深入生境基材底部	根系集中于生境基材表层	0.10
抗侵蚀性		无沟蚀	有少量沟蚀	有明显沟蚀	0.10
稳定性		无剥离	有轻微剥离	剥离严重	0.15
收缩恢复性		无裂缝	有少量裂缝	有大量裂缝	0.10
等级	优良 (≥80分)		合格 (60分~80分)	不合格 (≤60分)	
施工单位（章）： 签字：年月日		监理单位（章）： 签字：年月日		设计单位（章）： 签字：年月日	
				建设单位（章）： 签字：年月日	

注：指标评定采用百分制，等级得分采用加权平均法。达标率指乔木、灌木、地被、草坪等被检目标分别达到相应要求的植株数（或面积）占总株数（或总面积）的百分比。

附录 E 边坡各部位推荐植物配置一览表

植物类别	植物遴选
喷播草坪 地被	百喜草 (<i>Paspalumnotatum</i>)、狗牙根 (<i>Cynodactylon</i>)、香根草 (<i>Chrysopogonzizanioides</i>)、假俭草 (<i>Eremochloaophiuroides</i>)、结缕草 (<i>Zoysia japonica</i>)、沟叶结缕草 (<i>Zoysiamatrella</i>)、黑麦草 (<i>Loliumperenne</i>)、细叶结缕草 (<i>Zoysiapacifica</i>)、马蹄金 (<i>Dichondramicrantha</i>)
喷播草本 地被	秋英 (<i>Cosmos bipinnatus</i>)、百日菊 (<i>Zinnia elegans</i>)、黄秋英 (<i>Cosmos sulphureus</i>)、千日红 (<i>Gomphrenaglobosa</i>)、半枝莲 (<i>Scutellariabarbata</i>)、长春花 (<i>Catharanthusroseus</i>)、马鞭草 (<i>Verbena officinalis</i>)、柱花草 (<i>Stylosanthesguianensis</i>)、狼尾草 (<i>Pennisetumalopecuroides</i>)、狗尾草 (<i>Setariaviridis</i>)、糖蜜草 (<i>Melinisminutiflora</i>)、香根草 (<i>Chrysopogonzizanioides</i>)、类芦 (<i>Neyraudiareynaudiana</i>)、金合欢 (<i>Acacia farnesiana</i>)、白灰毛豆 (<i>Tephrosia candida</i>)、
喷播灌木	多花玉兰 (<i>Yulaniamultiflora</i>)、双荚决明 (<i>Senna bicapsularis</i>)、伞房决明 (<i>Sennacorymbosa</i>)、黄花槐 (<i>Sophoraxanthoantha</i>)、盐肤木 (<i>Rhuschinensis</i>)、车桑子 (<i>Dodonaeaviscosa</i>)、胡枝子 (<i>Lespedeza bicolor</i>)
栽种灌木	光叶子花 (<i>Bougainvillea glabra</i>)、夹竹桃 (<i>Nerium oleander</i>)、六月雪 (<i>Serissa japonica</i>)、紫薇 (<i>Lagerstroemia indica</i>)、枸棘 (<i>Macluracochinchinensis</i>)、野牡丹 (<i>Melastomamalabathricum</i>)、冬红 (<i>Holmskioldiasanguinea</i>)、紫云杜鹃 (<i>Pseuderantheumlaxiflorum</i>)、软枝黄蝉 (<i>Allamandacathartica</i>)
藤本	地锦 (<i>Parthenocissustricuspidata</i>)、薜荔 (<i>Ficuspumila</i>)、葛 (<i>Puerariamontana</i>)、猫爪藤 (<i>Macfadyena unguis-cati</i>)、牵牛 (<i>Pharbitis nil</i>)、首冠藤 (<i>Bauhinia corymbosa</i>)、山牵牛 (<i>Thunbergia grandiflora</i>)、三脉野木瓜 (<i>Stauntoniatriinervia</i>)、地果 (<i>Ficustikoua</i>)、马缨丹 (<i>Lantana camara</i>)、使君子 (<i>Quisqualisindica</i>)、红萼龙吐珠 (<i>Clerodendrumspeciosum</i>)、凌霄 (<i>Campsisgrandiflora</i>)
乔木 (坡顶水土涵养林)	台湾相思 (<i>Acacia confusa</i>)、马占相思 (<i>Acacia mangium</i>)、大叶相思 (<i>Acacia auriculiformis</i>)、枫香树 (<i>Liquidambar formosana</i>)、木麻黄 (<i>Casuarinaequisetifolia</i>)、木荷 (<i>Schimasuperba</i>)、黄槐决明 (<i>Sennasurattensis</i>)、凤凰木 (<i>Delonixregia</i>)

附录 F 主要边坡类型水泥基类生态修复方案



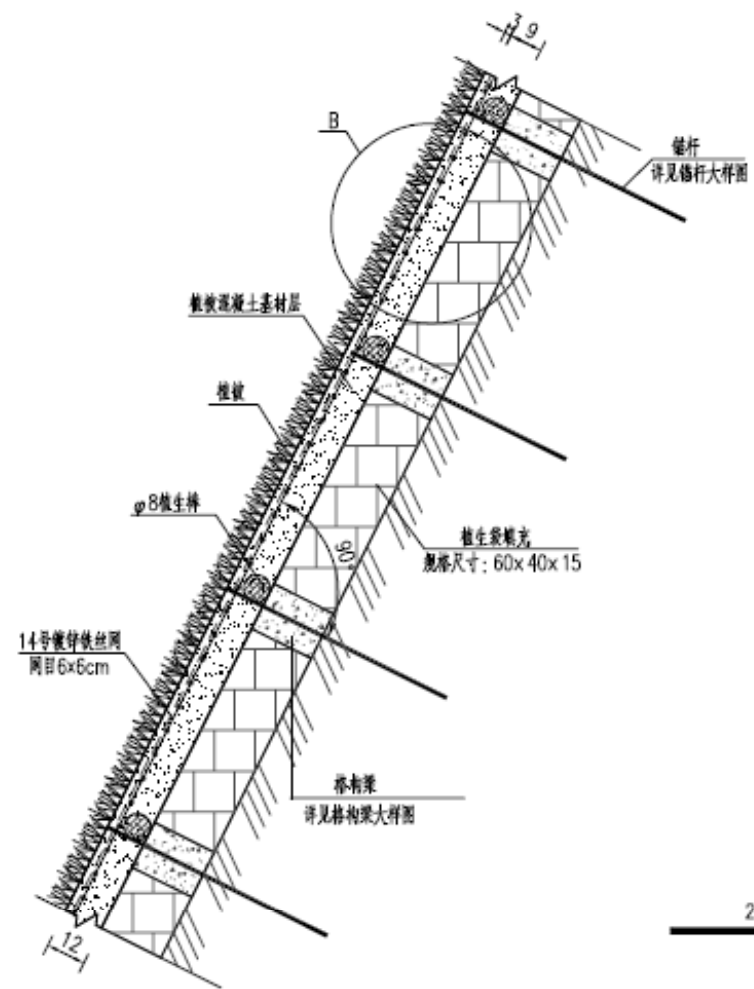
工程数量表

项目	Φ16抗滑锚筋	Φ8限位锚钉	14号镀锌铁丝网	CBS植被混凝土10cm
单位	kg/100m ²	kg/100m ²	m ² /100m ²	m ³ /100m ²
A型数量	43.4	39.5	119	10

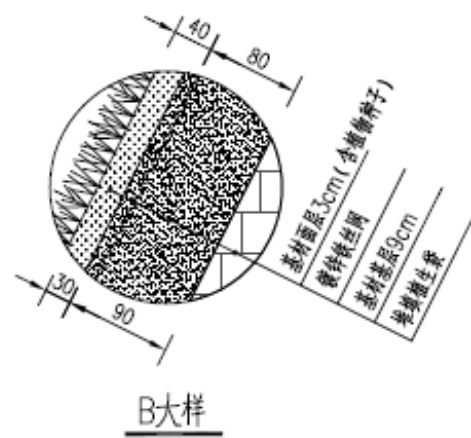
说明:

1. 图中尺寸单位除注明外,均以mm计。
2. 本图为A型CBS植被混凝土生态修复设计大样图,适用于稳定的填土、残坡积土、微风化~强风化等土质边坡。
3. 采用14号镀锌铁丝网,网距6cm×6cm,网挂至坡顶以上1m处,网间相邻两铁丝网之间搭接宽度不少于10cm。
4. A型防护须增加抗滑锚筋,间距2×2cm,采用Φ16钢筋制作,长度为110cm,缓坡间距2m×2m,第一排抗滑锚筋应安装在坡顶平台上,中间增加限位锚钉,锚钉采用Φ8圆钢制作,长25cm,间距0.5m×0.5m,锚钉外露10cm,距坡面4~6cm处与铁丝网绑扎,绑扎后将锚钉向上弯勾。
5. 抗滑锚筋、限位锚钉需做防腐除锈处理。

F-1 一般边坡水泥基类生态修复设计方案



植被混凝土生态护坡大样图 (B型)



B大样



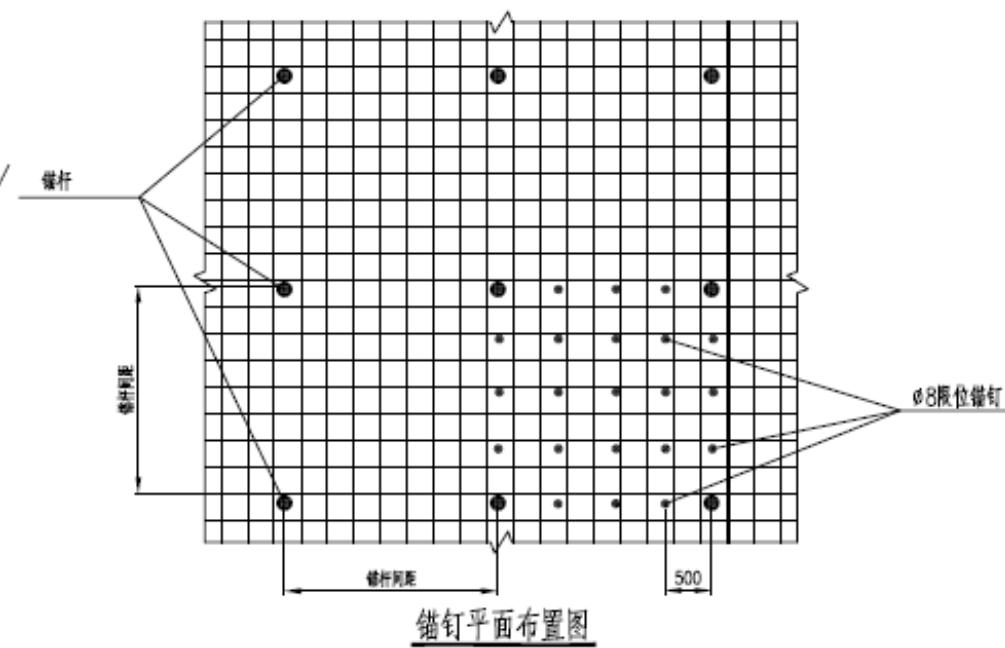
锚杆大样

施工工序

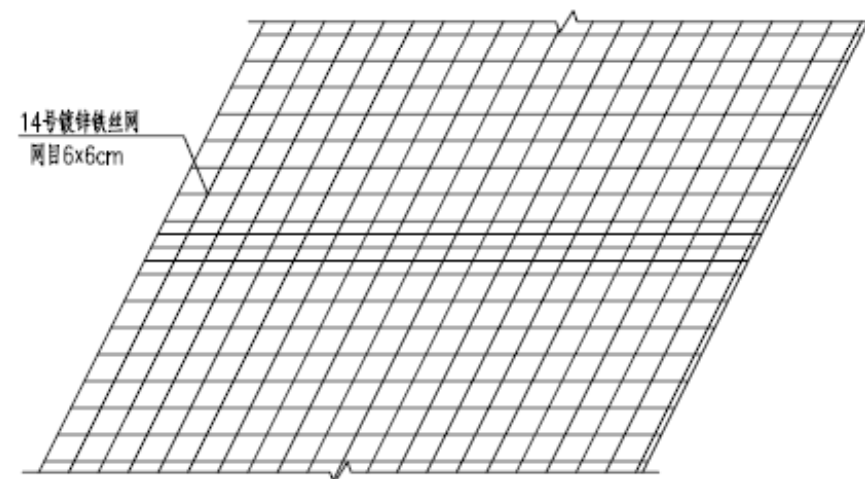
锚杆格构梁施工—清理表面—植生袋填充—挂网锚固—植生袋施工—植被混凝土生态基材配备—拌合干拌物料—喷射混凝土—无纺布覆盖—养护管理—质量检查

工程数量表

项目	植生袋	8mm限位锚钉	14号镀锌铁丝网	植生袋(8cm)	CBS植被混凝土2+10cm
单位	m ² /100m ²	kg/100m ²	m ² /100m ²	m/100m ²	m ² /100m ²
A型数量	根据具体规格尺寸确定	39.5	119	100	12



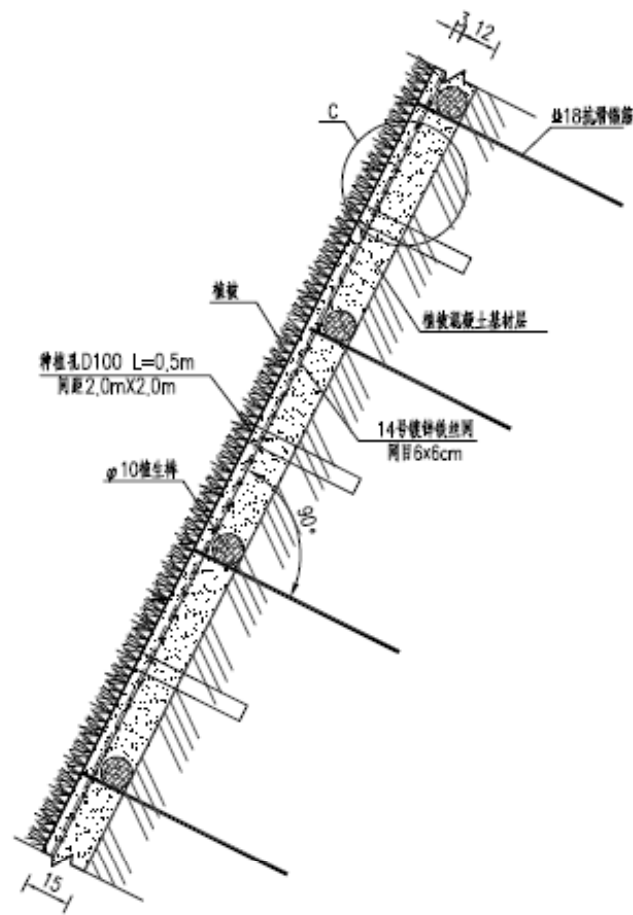
锚钉平面布置图



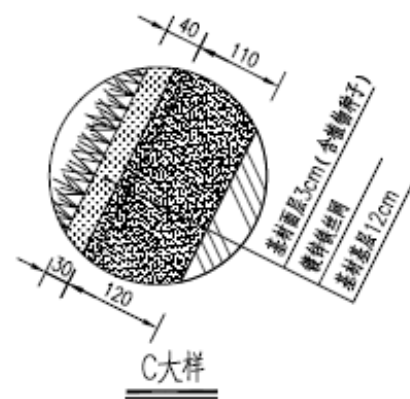
挂网示意图

说明:

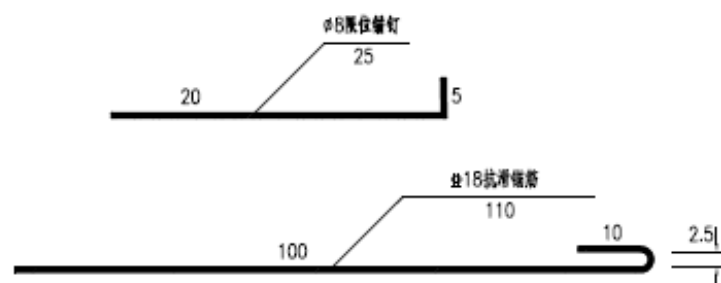
1. 图中尺寸单位除注明外, 均以mm计。
2. 本图为B型CBS植被混凝土生态修复设计大样图, 适用于采用锚杆(索)格构梁加固的土质边坡。
3. 采用14号镀锌铁丝网, 网距6cmx6cm, 网挂至坡顶以上1m处, 网间相邻两铁丝网之间搭接宽度不少于10cm。
4. B型防护在距格构梁上面10cm覆盖铁丝网, 如原锚杆无外露, 须在横向格构梁上按不大于2m间距增设12膨胀螺栓和限位锚钉固定。
5. 膨胀螺栓与限位锚钉需做防腐除锈处理。



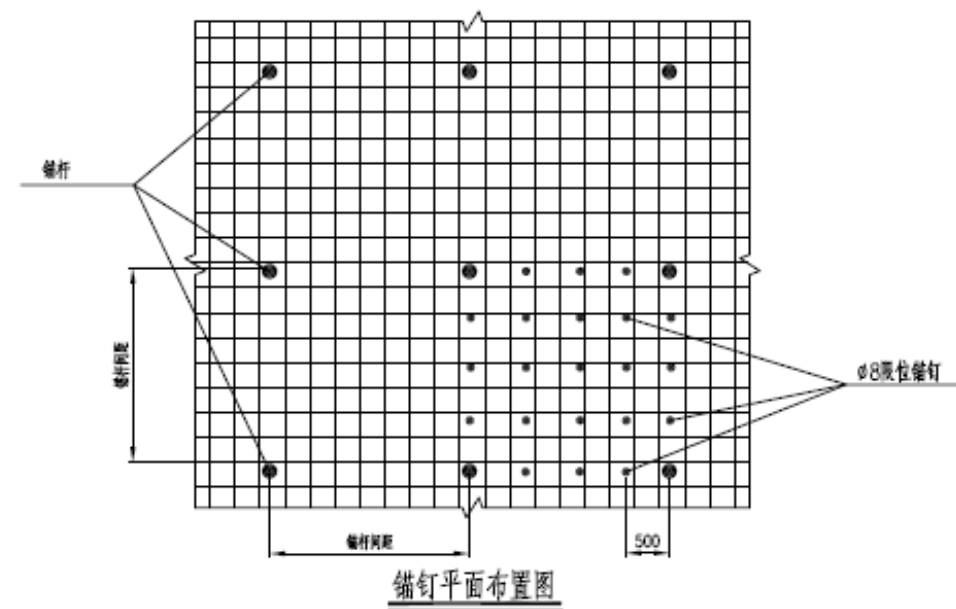
植被混凝土生态修复大样图 (C型)



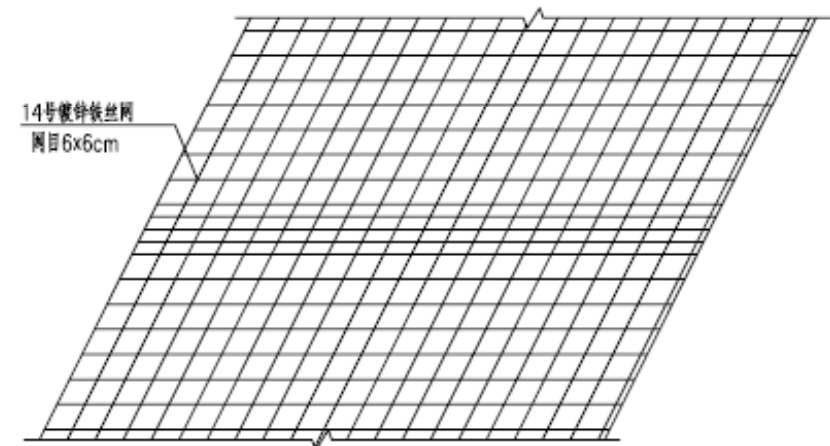
C大样



锚筋大样



锚钉平面布置图



挂网示意图

施工工序

清理坡面——植生孔施工——挂网——植生棒施工——植被混凝土生态基材配备——拌合干拌物料——
植被喷播——无纺布覆盖——养护管理——质量检验

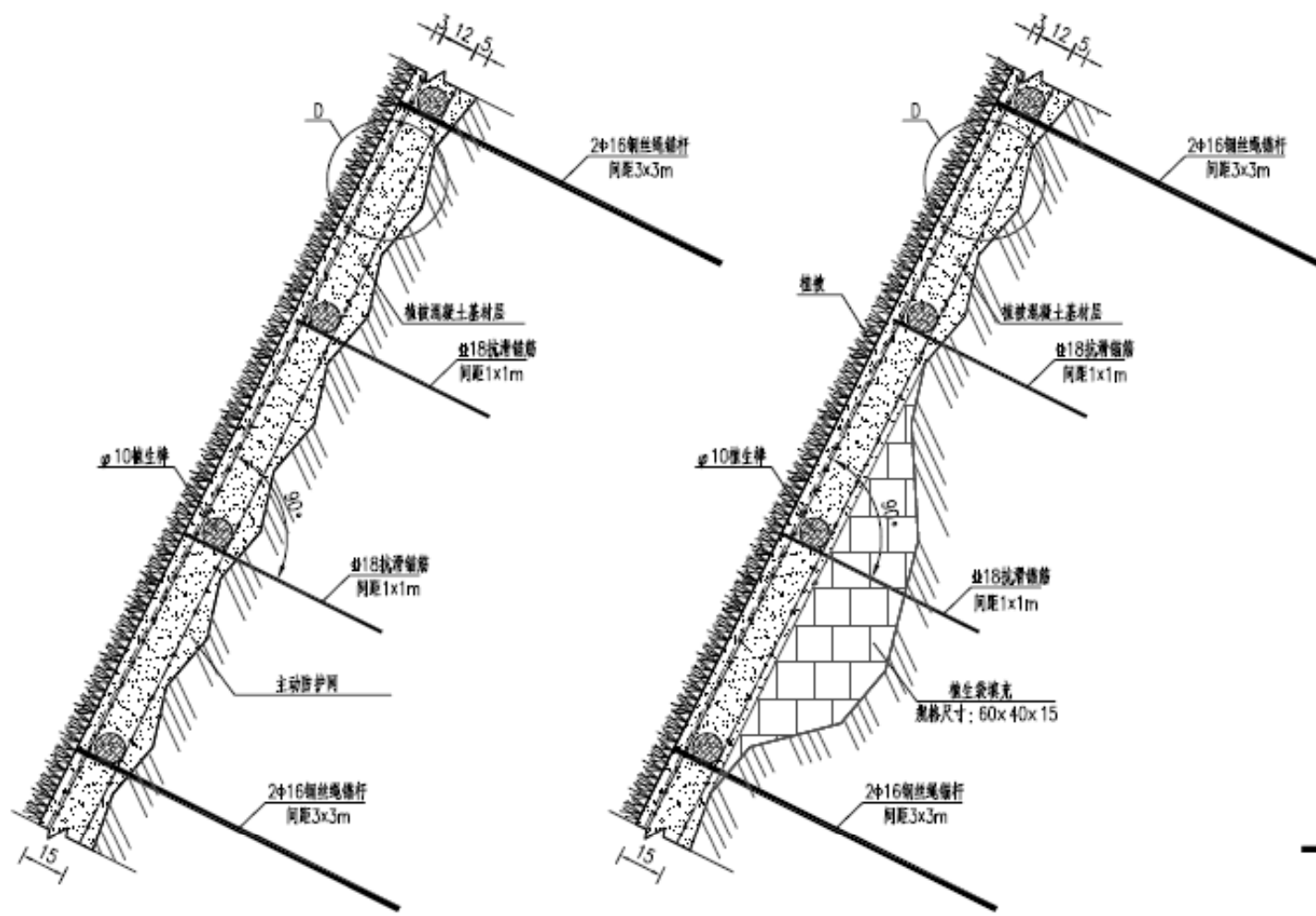
工程数量表

项目	#18抗滑锚筋	Φ8限位锚钉	14#镀锌铁丝网	植生孔(Φ10cm)	植生棒(Φ10cm)	CBS植被混凝土3+12cm
单位	kg/100m ²	kg/100m ²	m ² /100m ²	m/100m ²	m/100m ²	m ³ /100m ²
A型数量	50.0	39.5	119	12.5	100	15

说明:

1. 图中尺寸单位除注明外,均以mm计。
2. 本图为C型CBS植被混凝土生态修复设计大样图,适用于较完整的岩质边坡。
3. 采用14#镀锌铁丝网,网距6cm×6cm,网挂至坡顶以上1m处,网间相邻两铁丝网之间搭接宽度不少于10cm。
4. C型防护须增加抗滑锚筋,间距2×2cm,采用Φ18钢筋制作,长度为600~110cm(完整部位采用小值,破碎部位采用大值),间距2m×2m,第一排抗滑锚筋安装在坡顶平台上,中间增加限位锚钉,锚钉采用Φ8圆钢制作,长25cm,间距0.5m×0.5m,锚钉外露10cm,距坡面约11cm处与铁丝网绑扎,绑扎后将锚钉向上弯勾。
5. 抗滑锚筋、限位锚钉需做防腐除锈处理。

F-3 较完整岩质边坡水泥基类生态修复设计方案

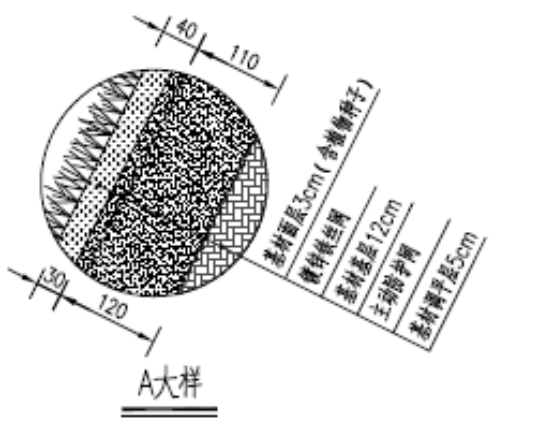


植被混凝土生态护坡大样图

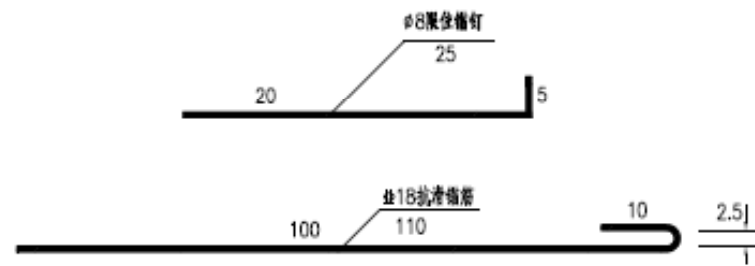
适用于一般坡面坡

植被混凝土生态护坡大样图

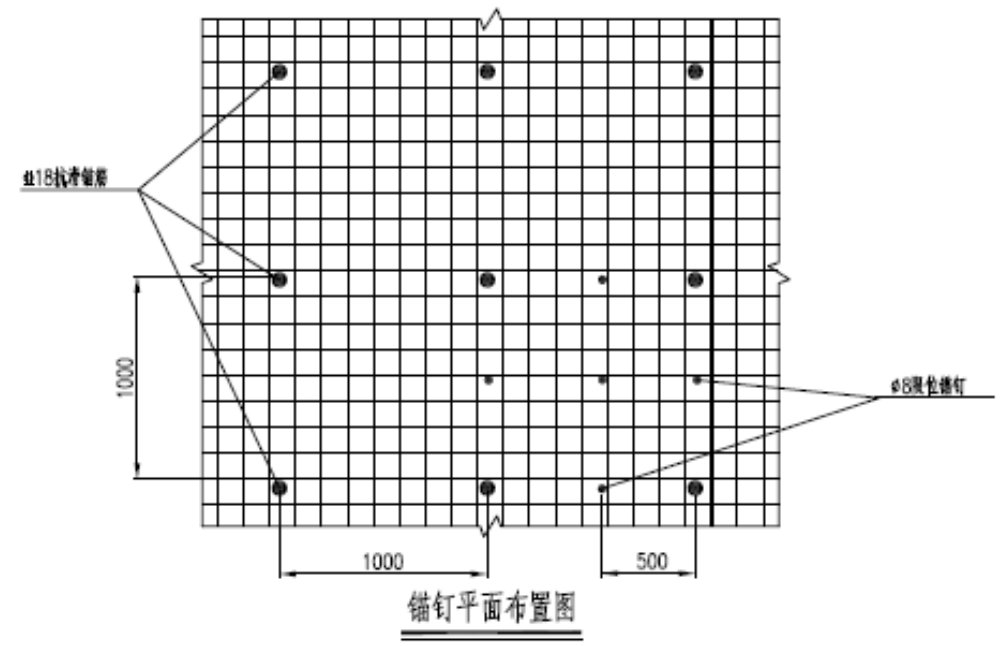
适用于凹坑坡面坡面



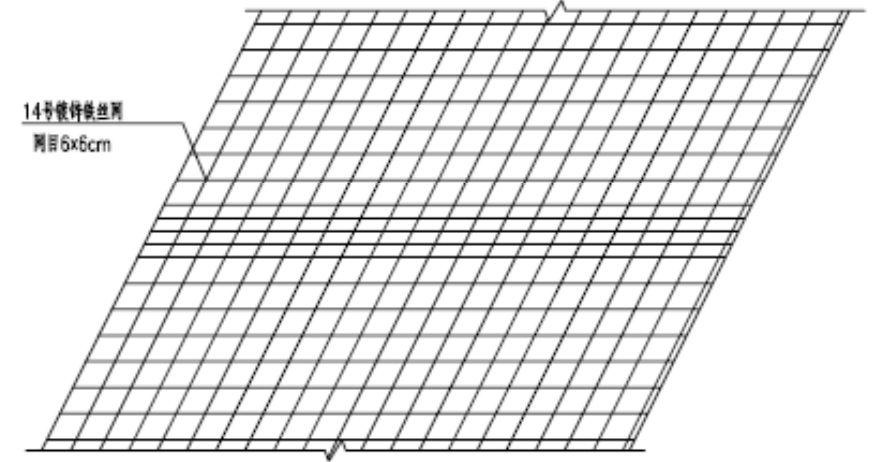
A大样



锚筋大样



锚钉平面布置图



挂网示意图

施工工序

清理坡面——主动网施工——挂网铺网——喷生种施工——植被混凝土生态基料配备——符合干草燃料——植被喷播——无纺布覆盖——养护管理——质量验收

工程数量表

项目	主动防护网	φ18抗滑锚筋	φ8限位锚钉	14号镀锌铁丝网	植生棒(φ10cm)	CBS植被混凝土3+12+5cm
单位	m ² /100m ²	kg/100m ²	kg/100m ²	m ² /100m ²	m/100m ²	m ³ /100m ²
数量	100	100.0	39.5	119	100	20

说明:

1. 图中尺寸单位除注明外,均以mm计。
2. 本图为D型CBS植被混凝土生态修复设计大样图,适用于较碎裂的岩质边坡。
3. D型CBS植被混凝土生态修复结合主动网进行设计,其中密目网兼做植被混凝土加筋网。
4. 采用14号镀锌铁丝网,网距6cmx6cm,网挂至坡顶以上1m处,网间相邻两铁丝网之间搭接宽度不少于10cm。
5. D型防护网须在主动防护网内部增加抗滑锚筋,间距1x1m,采用φ18钢筋制作,长度为600~110cm(完整部位采用小值,破碎部位采用大值),第一排抗滑锚筋应安装在坡顶平台上,中间增加限位锚钉,锚钉采用φ8圆钢制作,长25cm,间距0.5mx0.5m,锚钉外露10cm,距坡面4~6cm处与铁丝网绑扎,绑扎后将锚钉向上弯勾。
6. 抗滑锚筋、限位锚钉需做防腐除锈处理。

F-4 较碎裂岩质边坡水泥基类生态修复设计方案

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

- 《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330
- 《水土保持综合治理技术规范小型蓄排引水工程》 GB/T 16453.4
- 《水土保持工程设计规范》 GB 51018
- 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 《灌溉与排水工程设计标准》 GB 50288
- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《林木种子检验规程》 GB/T 2772
- 《豆科草种子质量分级》 GB 6141
- 《禾本科草种子质量分级》 GB 6142
- 《林木种子质量分级》 GB 7908
- 《农田灌溉水质标准》 GB 5084
- 《管道输水灌溉工程技术规范》 GB/T 20203
- 《农业灌溉设备滴灌管技术规范》 GBT17188
- 《给排水构筑物工程施工及验收规范》 GB 50141
- 《复混肥料（复合肥料）》 GB/T 15063
- 《土壤环境质量标准》 GB 15618
- 《绿化用有机基质》 GB/T 33891
- 《木质活性炭试验方法亚甲基蓝吸附值的测定》 GB/T 12496.10
- 《座板式单人吊具悬吊作业安全技术规范》 GB23525
- 《喷射混凝土应用技术规程》 JGJT372
- 《城市道路路基设计规范》 CJJ194

- 《公路路基设计规范》 JTG D30
- 《水电水利工程边坡设计规范》 DL/T 5353
- 《土壤环境监测技术规范》 HJ/T 166
- 《化肥使用环境安全技术导则》 HJ 555
- 《水土保持监测技术规程》 SL 277
- 《水土保持规划编制规程》 SL 335
- 《水土保持工程质量评定规程》 SL 336
- 《水土保持试验规程》 SL 419
- 《中性土壤阳离子交换量和交换性盐基的测定》 NY/T 295
- 《有机肥料》 NY 525
- 《微生物肥料产品检验规程》 NY/T 2321
- 《水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术规范》 NB/T 35082
- 《水电工程边坡植生水泥土生境构筑技术规范》 NB/T 10490
- 《深圳市边坡工程技术标准》 SJG85
- 《深圳市边坡生态防护技术指南》 SZDB/Z 31
- 《深圳市边坡工程治理与生态景观提升工作指引（试行）》（深规划资源〔2020〕705号）
- 《深圳市边坡生态景观提升技术指引(试行)》(深规划资源(2021)340号)

深圳建筑业协会团体标准

深圳市边坡工程水泥基类生态修复技术指引

T/SZCIA-002-2021

条文说明

制定说明

《深圳市边坡工程水泥基类生态修复技术指引》T/SZCIA-002-2021，经深圳建筑业协会 202x 年 xx 月 xx 日以第 x 号公告批准发布。

本指引制定过程中，编制组在充分调查、深入研究的基础上，总结了水泥基类生态修复技术的实践经验，吸收了近年来水泥基类生态修复技术所取得的科技成果，并向有关建设、科研、设计、施工、监理和管理单位广泛征求了意见。

为便于广大建设、科研、设计、施工、监理和管理等单位的有关人员在使用本指引时能正确理解和执行条文规定，《深圳市边坡工程水泥基类生态修复技术指引》编写组按章、节、条顺序编制了本指引的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目次

目次	46
1 总则	47
3 材料与设备	48
4 设计	50
5 施工	54
6 质量检验及工程验收	56
7 生境监测	56

1 总则

1.4 本标准所指的稳定边坡包括稳定的天然边坡和处理后稳定的人工边坡。

1.6 边坡类型不同，其植物群落构建目标、生境构筑细节等均存在较大差异，如此分类，以方便设计与施工。

3 材料与设备

3.2.1 砂粒含量规定不仅为了保证生境基材的质量，也是为了减少施工中的粉尘水泥基类生境基材的硬化收缩；种植土的湿度控制在 20%内，主要是为了减少材料搅拌时水泥的飞扬，降低粉尘，也有利于在喷嘴加水能与材料均匀混合，提高水泥基类生境基材的施工质量。

3.3 干喷主要机械有：干喷机、空气压缩机、液压喷播机、水泵、发电机、打泥机等，湿喷主要机械有：喷播机，水泵，发电机、打泥机等。湿喷技术与干喷技术相比，喷射速度快、效率高、准备时间短、喷射范围广且移动方便，能提高作业循环的速度，加快施工进度，但喷射基材强度低，初期抗冲刷能力较弱，结合深圳市气候特点及已有工程经验，按坡度 40°（对应坡率 1:1.25）进行划分干喷和湿喷工艺，能保证质量效果，又经济合理，利于项目推进。

尽管目前常用喷射机均可使用最大粒径为 25mm 的粗骨料，但是为了减少回弹和管路堵塞，采用粒径较小的粗骨料更为有利。因此，本条规定骨料的粒径不宜大于 10mm。

喷射机是实现水泥基类生境基材工艺全过程的主要设备。目前国内已有多种定型产品。如冶建 65 型双罐式喷射机；PH30—74 型转子式喷射机；SP—2、SP—3 型转盘式喷射机；HPH—6B 型、CP—1 型喷射机等。这些不同型号的喷射机，各有其特点，可根据施工需要，选择使用。本条规定的对选用喷射机性能的五点要求就是为了：

- 1.减少水泥基类生境基材施工中的回弹率；
- 2.降低喷射作业面空气中的粉尘浓度；
- 3.提高水泥基类生境基材施工作业效率；
- 4.提高水泥基类生境基材工程质量，降低工程造价。

水泥基类生境基材施工中当需要配置专用空气压缩机时，其排风量不能小于 9m³/min，这是由喷射机的输送能力所决定的。同时，风压也应该满足水泥基类生境基材施工要求。实践表明，风压和风量不足，易产生堵管，影响喷射作业的

顺利进行，也会减弱料流的冲击捣实力，生境基材的密实性就差。

水泥基类生境基材施工过程中，工作风压波动过大，势必造成料流在输料管路中的速度时大时小，这种料流送到喷头处遇水也难以混合均匀，喷射手也难以调节水灰比，使得新鲜生境基材干湿不均，质量粗劣。因此，本款规定，喷射机工作时，空气压缩机的风压要尽量保持稳定，其波动值不宜大于 0.01MPa。这在空气压缩机站集中供风的情况下，因有大型贮存气罐进行调节，是不成问题的。但在使用专用空气压缩机供风的情况下，这一条是绝不能忽视的。

压缩空气中都有少量的油水混合物。如果不将其分离出去，势必影响生境基材质量和施工的顺利进行。因此，本款规定，压风进入喷射机前必须进行油水分离。

4 设计

4.3 坡面预处理

植生穴设置于坡度 $\geq 45^\circ$ 且完整性较好的岩质边坡，采取开凿或砌筑等方式设置。穴口形状因地制宜，方形、圆形等均可，其作用主要在于提升坡面植物根系生长空间及边坡固植土。由此，要求植生穴深度 20cm~30cm，穴口面积不小于 400cm^2 。

植生孔设置于混凝土硬化边坡，采取开凿或预留等方式设置。孔口形状多为圆形，其尺寸大小主要依据混凝土护面层内钢筋网的孔径与孔内所定植灌木的规格而确定。混凝土护面层内钢筋网的孔径一般为 150mm 左右。考虑到边坡立地条件、苗木成本、苗木成活率等因素，所定植苗木的地径为 20mm~50mm。由此，要求植生孔孔口面积不小于 150cm^2 。

4.5.5 植物配置应符合下列要求：

植物配置应结合边坡坡顶、平台、坡脚、坡面四个部位进行针对性设计：

1 坡顶宜根据周边植被情况设置 10~15m 的水源涵养林，以保持山体植被的连续，如图 4-1 所示。

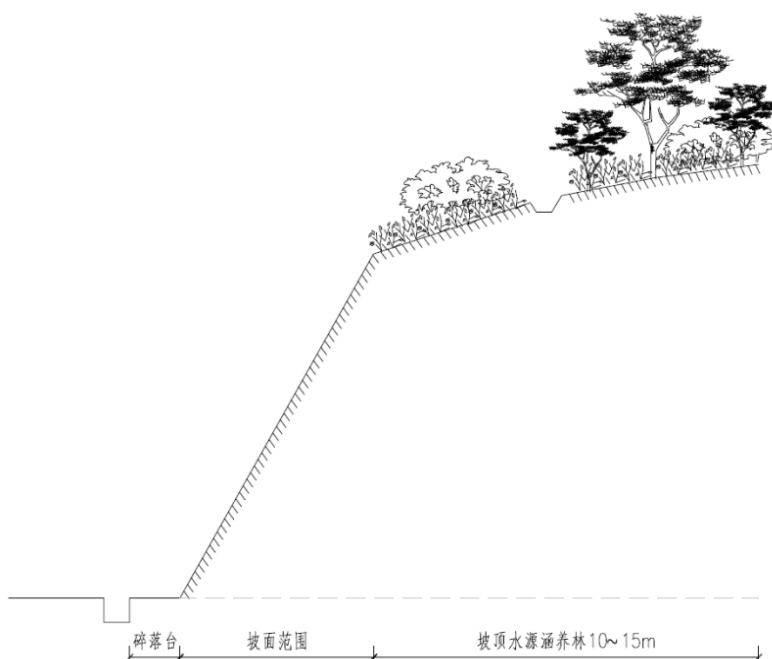


图 4-1 坡顶水源涵养林

2 坡脚宜在边沟内侧碎落台范围内配置耐水湿灌木或藤本植物，如图 4-2 所示；因景观需求种植不耐水湿的植物，可在坡脚设置截排水设施，如图 4-3 所示。

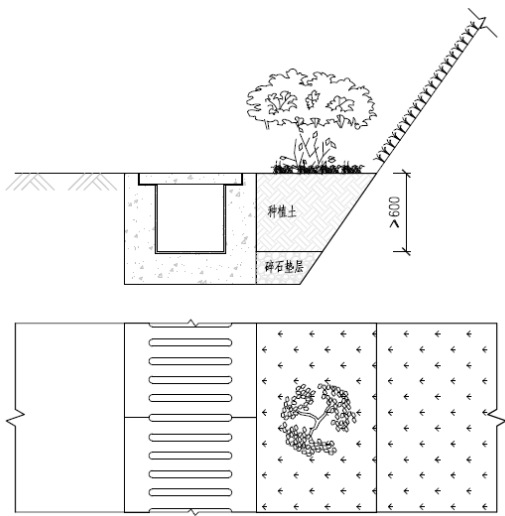
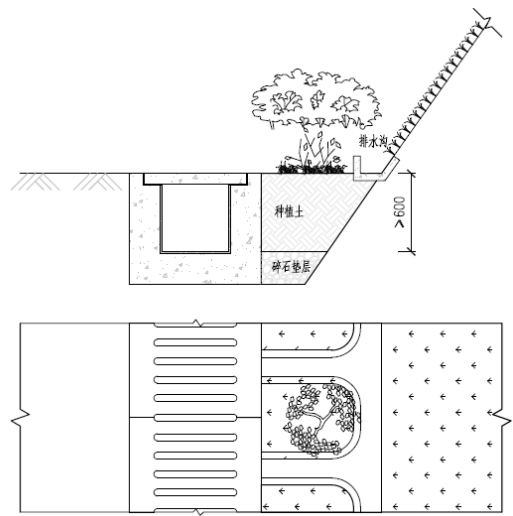


图 4-2 坡脚种植耐水湿植物做法图



4-3 坡脚种植不耐水湿植物做法

3 平台可根据宽度进行草灌藤配置，当平台宽度 $<2\text{m}$ 时，可在排水沟外侧种植灌木或藤本植物，如图 4-4 所示；当平台宽度 $\geq 2\text{m}$ 时，在排水沟内侧种植槽及外侧均可种植灌木或藤本植物，如图 4-5 所示。

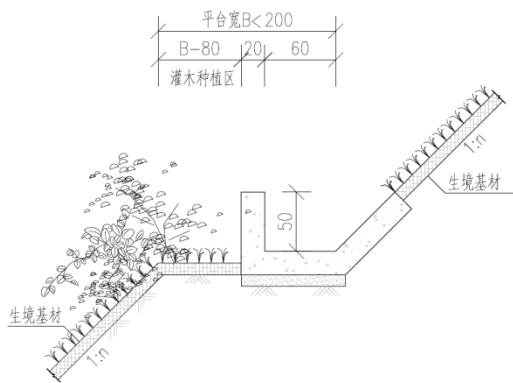


图 4-4 平台宽度 $<2\text{m}$ 做法图

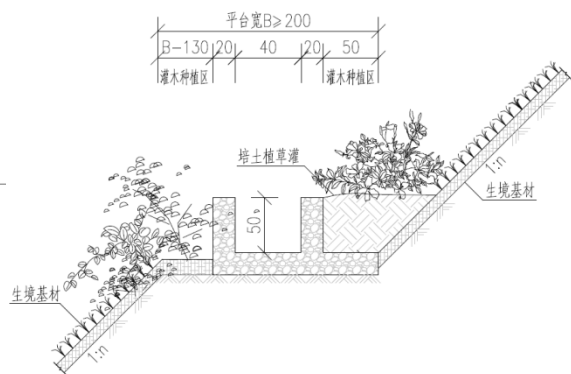


图 4-5 平台宽度 $\geq 2\text{m}$ 做法

4 坡面应根据坡面朝向、坡率选择合理的生境基材厚度，并根据生境基厚度选择合适的植物搭配，宜采用草本、藤本和灌木结合配置。如坡面存在坑槽，可根据坑槽情况设置燕槽等措施，可在燕槽内种植草本、藤本和低矮灌木，如图 4-6 所示。

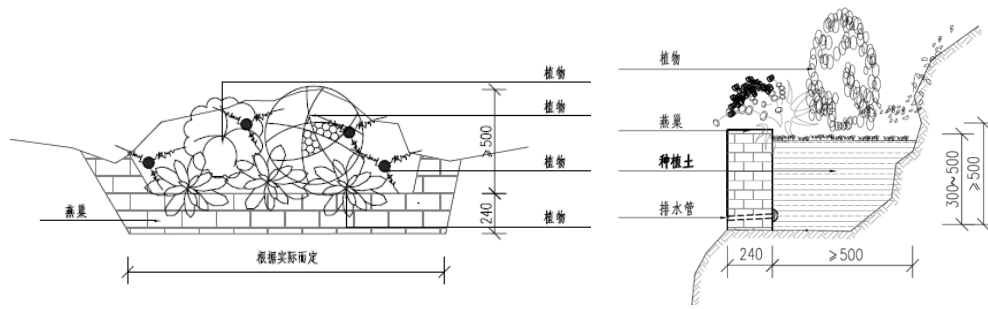


图 4-6 燕槽平面及剖面

4.7 生境基材配制

土壤是植物生长繁育的基本载体，因此配制生境基材时，以土壤用量为基准。

水泥的功效在于作为粘结剂增强生境基材附着于坡面的抗侵蚀性，因此水泥用量以土壤用量为基准，综合考虑了边坡坡度和年均雨量的影响。

生境基材改良剂的功效主要包括改善生境基材生物与理化性质、活化土壤、固持养分、增强抗冻性等，因此生境基材改良剂用量以土壤用量为基准，考虑了水泥用量的影响。

有机肥的功效在于改善土壤颗粒级配，提升生境基材肥力的可持续性，因此有机肥用量以土壤用量为基准，考虑了土壤砂粒含量的影响。

生境基材有机料的功效主要在于改善生境基材固液气三相结构，及协同有机肥提升生境基材肥力的可持续性，因此生境基材有机料用量以土壤用量为基准，考虑了有机肥用量的影响。

根据《水电工程边坡植生水泥土生境构筑技术规范》(NB/T 10490) 8.2.2:

1 水泥用量应按下式计算:

$$M_c = 0.035K_s K_r V_{ps} \rho_{ps}$$

式中： M_c —水泥质量 (kg);

K_s —边坡坡度调整系数，边坡坡度大于等于 45° 且小于等于 60° 取 1.3，边坡坡度大于等于 30° 且小于 45° 取 1.0，边坡坡度小于 30° 取 0.8;

K_r —年均雨量调整系数，年均雨量大于等于 1200mm 取 1.1，年均雨量大于等于 900mm 且小于 1200mm 取 1.0，年均雨量大于等于 600mm 且小于 900mm 取 0.9，年均雨量小于 600mm 取 0.8；

V_{ps} —土壤体积 (m^3)；

ρ_{ps} —土壤干密度 (kg/m^3)。

2 生境基材改良剂用量应按下式计算：

$$M_{\alpha} = 0.7M_c$$

式中： M_{α} —生境基材改良剂质量 (kg)。

3 有机肥用量应按下式计算：

$$M_{of} = 0.015K_i V_{ps} \rho_{ps}$$

式中： M_{of} —有机肥质量 (kg)；

K_i —土壤砂粒含量调整系数，砂粒含量大于等于 40%且小于等于 55%取 1.3，砂粒含量大于等于 30%且小于 40%取 1.0，砂粒含量小于 30%取 0.7。

4 生境基材有机料用量应按下式计算：

$$M_{om} = 0.5M_{of} + 0.75M_c$$

式中： M_{om} —生境基材有机料质量 (kg)；

5 化学纤维用量应按下式计算：

$$M_v = 0.0015(K_d + K_r - 0.8) V_{ps} \rho_{ps}$$

式中： M_v —化学纤维质量 (kg)；

K_d —年均无霜期调整系数，年均无霜期大于等于 360d 取 0，年均无霜期大于等于 300d 且小于 360d 取 0.5，年均无霜期大于等于 240d 且小于 300d 取 0.75，年均无霜期小于 240d 取 1.0。

5 施工

5.2.4 本条第一款拆除喷射作业面的障碍物是指照明电线、动力电缆及妨碍喷射作业的手脚手架等，此规定主要是保证喷射作业的顺利进行及水泥基类生境基材的质量。

本条第二款的规定是从施工实践中总结出来的，利于搭设工作台架的环境中按照这个规定搭设工作台架，就能保证喷射基材施工质量和作业人员的安全。

本条第三款和第四款的规定是从深圳市的边坡工程实际出发，结合《座板式单人吊具悬吊作业安全技术规范(GB23525-2009)》，在不利搭设或者无法搭设工作台架的环境下，遵照上述规范的有关规定，能保证喷射基材施工质量和作业人员安全，且经济性最优。

本条第五款的规定，一是为了保证进行正常的喷射作业；二是为了保证在紧急情况下（如发生堵管等）能及时处理。

本条第六款规定在喷射作业面应设有良好的照明装置是为保证喷射手能看清工作面的状况，从而保证喷射基材质量；作业面通风良好，对降低喷射作业粉尘浓度至关重要。因此，本款特别强调了喷射作业面要有良好的通风。

5.2.5 本条对岩石边坡表面处理有三项规定：

1 本款规定新开挖的岩石边坡应采用光面或预裂爆破，其目的在于获得较平整的开挖面，更好地发挥水泥基类生境基材受力性能，还可减少原材料的消耗；

2 自然岩石边坡表面覆盖有浮石、泥土、杂草等物，在水泥基类生境基材施工之前必须将其清除干净，以增加水泥基类生境基材与基岩面的粘结力，保证水泥基类生境基材和岩层的良好工作；

3 无论是自然边坡和新开挖的岩石边坡，坡脚处堆积的岩渣和其它堆积物等如不清除，在喷射水泥基类生境基材施工过程中会造成失脚现象。

5.3.1 施工实践表明，良好的干混合料拌和质量，是保证喷射机向输料管均匀连续送料、混合料送到喷头处与水混合均匀、减少回弹和粉尘、提高生境基

材质量的重要一环。本条规定干混合料的拌和应优先使用强制式搅拌机，就是为了避免干混合料搅拌时的粉尘飞扬和水泥散失，保证生境基材质量。

当没有强制式搅拌机时，也可以在通风良好的场地使用自落式搅拌机。此时，在保证顺利喷射的情况下，可适当加大砂石含水率，以减少搅拌时的水泥飞扬和散失。

尽量缩短搅拌机与喷射机之间的距离是基于尽量减小混合料的停放时间，保证干混合料在新鲜的情况下进行喷射作业。

施工实践表明，喷射作业中的堵管次数，随着输料管长度的加大而增加。输料距离越长，混合料在管路中的阻力越大，堵塞的机率就越大，处理时难度也加大。因此，施工中应尽可能采用短距离喷射作业，以减少堵管现象发生，提高工作效率。

5.3.3 本条对边坡工程喷射水泥基类生境基材施工应做好三项准备工作：

1 本款规定，喷射作业前应用高压风水（对遇水易泥化的岩面只能用压风）清洗受喷面，是为了喷射水泥基类生境基材与岩面粘结牢固，保证喷射水泥基类生境基材与岩层具有良好的受力性能；

2 一般边坡工程均先做排水沟，以防止雨水浸入边坡，影响喷射水泥基类生境基材施工的顺利进行；

3 喷射厚度是评价水泥基类生境基材工程质量的主要项目之一，实际工程中往往发生喷层过薄而引起水泥基类生境基材开裂、离鼓和剥落现象。因此，施工中必须控制好喷层厚度。一般可采用埋设标桩或施工中用针探法及时检查喷层厚度。

5.3.4 喷头供水压力适宜，是保证干混合料与水混合均匀的重要条件。实践和理论分析表明。混合水的最低压力应比喷头处料流的压力大 0.05MPa 左右，以保证压力水穿透料流与混合料混合均匀。喷头料流的压力，一般在 0.1MPa 左右。为此，本条规定喷头处的水压不应小于 0.15MPa。

6 质量检验及工程验收

6.1.1 采购非本地植物或种子时，应提供检疫合格证。

6.2.1 排水系统归于边坡工程一并验收。

6.2.7 工程竣工验收宜在苗木基本发芽，满足验收条件后进行。

7 生境监测

7.6 条件许可时，智慧监测内容可包括基材含水量、PH 值、基材养分含量、边坡稳定等。