

CECS G

中国工程建设标准化协会(CECS)标准 CECS G XX-XXXX

# 公路植生水泥土护坡技术规程

Technical Regulation of Vegetative Cement-Soil  
Revetment on Highway

(征求意见稿)

XX-XX-XXXX 发布

XX-XX-XXXX 实施

中国工程建设标准化协会公路分会发布

中国工程建设标准化协会(CECS)标准

# 公路植生水泥土护坡技术规程

Technical Regulation of Vegetative Cement-Soil

Revetment on Highway

CECS G XX-XXXX

(征求意见稿)

主编单位：江西亿安工程科技有限公司

交通运输部公路科学研究院

批准部门：中国工程建设标准化协会公路分会

实施日期：

出版社：

## 前 言

本标准根据中国工程建设标准化协会公路分会给出的规则起草。

本标准由中国建设标准委员会公路分会提出并归口。

根据中国工程建设标准化协会“建标协字[2021]11号”《关于印发《2021年第一批协会标准制订、修订计划》的通知》的要求，由江西亿安工程科技有限公司、交通运输部公路科学研究院、三峡大学等单位承担《公路植生水泥土护坡技术规程》的制定工作。

本标准主编单位：江西亿安工程科技有限公司

交通运输部公路科学研究院

本标准参编单位：三峡大学

湖北润智生态科技有限公司

中交第一航务工程局有限公司

广西交通投资集团有限公司

长安大学

福建勇桑达建设有限公司

深圳市瑞耀霖生态科技有限公司

主编：许文年、苏天明

主要参编人员：王华、徐剑、周明涛、刘黎明、夏栋、孙士成、刘奕、晏长根、施宏峰、黄浩彬、邵社刚、张东、江发、李铭怡、赵冰琴、张伟、韦明、施权君、秦志、邱文韬、曹佃光、杨永臻、石玉玲、邱碧波、黄林、万义鑫

主审：吴万平

参与审查人员：

本标准为首次发布。

目 次

前 言..... I

1 总则..... - 00 -

2 术语..... - 00 -

3 基本规定..... - 00 -

4 边坡调查..... - 00 -

5 护坡设计..... - 00 -

6 护坡施工..... - 00 -

7 生境维护..... - 00 -

8 质量检验与验收..... - 00 -

附录 A 边坡调查表样式..... - 00 -

附录 B 植生水泥土护坡基层厚度设计建议值..... - 00 -

附录 C 植生水泥土理化性质质量标准..... - 00 -

附录 D 植生水泥土材料无侧限抗压强度试验方法..... - 00 -

附录 E 植生水泥土崩解率试验方法..... - 00 -

## 1 总则

1.0.1 为规范和指导公路植生水泥土护坡设计和施工，提升边坡防护质量和生境条件，制定本规程。

### 条文说明

植生水泥土既是护坡材料，又是植物生长基质。植生水泥土护坡功能定位对应于《公路路基设计规范》JTG D30 界定的两种坡面防护工程类型：植物防护和工程防护。

1.0.2 本规程适用于各等级公路新建和改扩建工程植生水泥土护坡设计与施工。

1.0.3 公路植生水泥土护坡的设计、施工与质量检验，除应符合本规程外，尚应符合现行有关国家标准和行业标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 植生水泥土

一种适宜植物生长的护坡基材，由土壤、水泥、生态改良剂、有机肥、有机物料、化学纤维和水混合而成的拌合物，具备抗冲刷性及生境可持续性。

### 2.0.2 生境

物种或物种群体赖以生存的生态环境，包括必需的生存条件和其他对生物起作用的生态因素。

#### 条文说明

边坡生境构筑是路域生态建设的重要内容，包括：营造拟自然的土壤结构，增加土壤微生物活跃度，恢复生态位合理、物种多样化、长期稳定的植物群落。

### 2.0.3 生态改良剂

用于改善植生水泥土理化及生物性质的细粒状物质，主要功能包括调节酸碱度，促进土壤活化，固持养分，增强抗冻性。

#### 条文说明

生态改良剂属于土壤调理剂范畴，可改善植生水泥土的障碍特性。植生水泥土采用水泥作为胶结材料，抗冲蚀性得到提高的同时，基材呈强碱性，植物难以正常生长。而生态改良剂中含有中和水泥碱性的物质和大量有益菌，能够改善植生水泥土理化性能，促进生境构筑。

### 2.0.4 有机物料

用做植生水泥土配料的颗粒状或纤维状物质，以椰糠、秸秆、谷

壳、锯末、木屑等天然有机料的若干种为原料，经粉碎、筛分等工序处理后混合而成。

#### 2.0.5 植生孔

贯入混凝土护面或硬质岩面的孔，用于定植植株，增强植生水泥土与坡体间能量的连通与交换。

#### 2.0.6 植生棒

内部充填种植土、缓释肥和植物种子的柔性条，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，释放养分。

#### 2.0.7 固相拌合料

将土壤、水泥、生态改良剂、有机肥、有机物料、化学纤维等按比例搅拌均匀，所形成的固态混合料。

#### 2.0.8 液相拌合料

将土壤、水泥、生态改良剂、有机肥、有机物料、化学纤维、水等按比例搅拌均匀，所形成的液态混合料。

#### 2.0.8 喷附

使用喷射类机械将植生水泥土基材附着在坡面上的过程。

#### 2.0.9 崩解率

植生水泥土基材在水中振荡后产生的粒径小于 20mm 的散落物质质量占原始基材质量的百分比，用于基材的水稳定性和抗冲蚀性评价。

### 3 基本规定

#### 3.1 适用条件

3.1.1 公路植生水泥土护坡适用于坡度不陡于 1: 0.1 的稳定边坡。

3.1.2 公路植生水泥土护坡适宜使用范围：

- 1 坡面有可能产生冲刷的边坡防护。
- 2 膨胀土、高液限土等特殊土质边坡防护。
- 3 普通植生基材结合稳定性差的岩质边坡防护与生境构筑。
- 4 已施工混凝土、浆砌片石等圯工防护坡面的生境构筑。

#### 条文说明

植生水泥土可以快速封闭坡面，依靠水泥的胶结作用和纤维对团粒结构的联结作用，抵抗雨水冲刷。

试验数据显示，植生水泥土在短时降雨量 $\leq 100\text{mm/h}$ ，连续降雨量 $\leq 250\text{mm/24h}$ 的冲刷条件下不出现破坏。

通过基材配合比调整，可以实现植生水泥土基材的渗透系数 $< 1 \times 10^{-3}\text{cm/s}$ ，达到低渗透性要求，并显著延缓水分向外蒸腾，避免边坡土体含水量发生急剧变化。工程实践表明，植生水泥土护坡可用于中、弱膨胀土边坡的防护，但应配合支撑渗沟等排渗设施。

植生水泥土护坡可以在各种环境下保持自身稳定性，及与坡面的粘结稳定性，因此亦适合在硬质岩面和圯工面上恢复植被。

#### 3.2 边坡分类

3.2.1 根据坡面出露物质，对边坡进行分类，不同类型边坡，设计与施工应区别对待。

3.2.2 按坡面出露物质分类如下：

- 1 根据现行国家标准《工程岩体分级标准》GB 50218 中岩体基本

质量分级方法，地表出露物质为I、II、III级岩体的划归为硬质岩边坡，地表出露物质为IV、V级岩体的划归为软质岩边坡。

2 地表出露物质由坚硬岩石碎块和砂土颗粒或砾质土组成的划归为土石混合边坡。

3 地表出露物质为黏性土、砂性土、黄土等土壤基质的划归为土质边坡。

4 已实施混凝土、浆砌片石防护的坡面划归为人工硬化边坡。

### 条文说明

边坡出露物质性状不同，其植物群落构建目标、植生水泥土与坡面结合稳定性等均存在较大差异，据此分类，以方便设计与施工。

岩质边坡的硬度，以及和硬度有关的刷坡平整度、节理裂隙发育情况，对植生水泥土护坡的应用效果有较大影响，故岩质边坡应划分为硬质岩边坡和软质岩边坡。

土石混合边坡常见于公路路基填方边坡、历史堆积层挖方边坡、地质破碎带挖方边坡。

## 4 边坡调查

4.0.1 植生水泥土护坡工程设计前应对坡面及项目周边区域进行勘察和调查，掌握气象气候、地形地质、周边植被、当地天然材料（水、土壤、天然有机料）、边坡前期治理等信息。

4.0.2 气象气候调查应符合下列要求：

- 1 内容应主要包括气候类型、年均日照时数、年均气温、最低气温、月平均气温、年均雨量、年均蒸发量、年均无霜期。
- 2 方法应以收集和分析资料为主。

4.0.3 地形地质调查应符合下列要求：

- 1 内容应主要包括边坡类型、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。
- 2 方法应以收集和分析资料为主，辅以必要的现场勘察。

4.0.4 周边植被调查应符合下列要求：

- 1 内容应主要包括坡面周边植被类型及生长状况、植物物种、优势物种。
- 2 方法应以现场调查为主，辅以资料分析。

4.0.5 当地天然材料调查应符合下列要求：

- 1 施工用水，内容应主要包括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。
- 2 施工用土，内容应主要包括土壤类型、质地、取用成本、可供量、pH 值、阳离子交换量，应优先调查工程占用或扰动区的耕植土及已收集的表层土。
- 3 有机物料，内容应主要包括椰糠、秸秆、谷壳、锯末、木屑等的可获取量、取用成本。
- 4 方法应以现场调查为主，辅以资料分析。

4.0.6 边坡前期治理调查应符合下列要求：

- 1 内容应主要包括坡体支护方式、工程截排水设施。
- 2 方法应以相关设计资料分析为主，辅以现场调查。

4.0.7 边坡调查表制作应符合下列要求：

边坡调查表样式参见附录 A，并留存相关照片资料。

征求意见稿

## 5 护坡设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 植生水泥土护坡工程设计前，应进行边坡稳定性评价，并应符合下列规定：

1 边坡稳定性应达到稳定状态，欠稳定状态的边坡应先进行稳定治理。

2 边坡稳定治理应为植生水泥土护坡设计、施工和植物生长创造条件。

#### 条文说明

边坡稳定分析时，植生水泥土护坡工程附加荷载建议取值 2.2kPa，主要考虑植生水泥土、加筋系统、植被等自重及风荷载。

5.1.2 植生水泥土护坡设计遵循工程防护与植被恢复、生态景观有机结合的原则，应充分考虑边坡的长久稳定和植物生长的长效性要求。

5.1.3 植生水泥土护坡由基层和面层组成，基层及其内部的加筋系统形成工程防护结构；面层含植物种子，基层和面层共同参与生境构筑，后期形成植物防护体系。

#### 条文说明

植生水泥土为具有水稳性的半刚性材料，植生水泥土护坡作为工程防护结构和后期形成的植物防护系统是平行关系，在坡面植物防护系统建成之前，植生水泥土护坡即可独立承担边坡浅层防护功能。

5.1.4 植生水泥土护坡设计内容包括：护坡基层加筋系统设计、护坡厚度设计、护坡基材配合比设计、与其它支护结构协同设计、植物配置

设计。

5.1.5 边坡应具备完善的截排水系统，无截排水设施的边坡应按照 JTGD30 规定进行截排水设计。

5.1.6 植生水泥土护坡与其它支护结构协同应用时，应连接牢固，且不影响其它支护结构的支护性能。

## 5.2 护坡基层加筋系统设计

5.2.1 护坡基层加筋系统宜由挂网、锚钉和植生棒组成，坡率 $<1:1.75$ 的缓坡可不设置加筋系统。

### 5.2.2 挂网

1 土石混合边坡、软质岩边坡、硬质岩边坡、人工硬化边坡可选用活络金属网、柔性塑料网，土质边坡可选用活络金属网、柔性塑料网、植物纤维网。

2 活络金属网料丝直径不应小于 2.0 mm；柔性塑料网最大拉伸力不应小于 6.0 kN/m，且抗老化性不应低于 10 a；植物纤维网最大拉伸力不应小于 6.0 kN/m。

3 坡率 $<1:1$ 的边坡，挂网网目不宜大于 75mm×75mm；坡率 $\geq 1:1$ 的边坡，挂网网目不宜大于 50mm×50mm。

### 5.2.3 锚钉

锚钉设置应满足植生水泥土护坡的安全稳定要求，并应符合下列规定：

1 锚钉宜选择热轧带肋钢筋。

2 锚钉直径不应小于 16mm。

3 坡面锚钉间距宜按式（5.2.3-1）进行计算：

$$d = 30 \left[ K + \frac{1}{\sin(\alpha - 30^\circ)} \right] - 20 \quad (5.2.3-1)$$

式中： $\alpha$ —边坡坡度（°）；

d—坡面锚钉间距（cm）；

K—边坡类型相关系数，人工硬化边坡、硬质岩边坡取 2.0，软质岩边坡取 1.5，土石混合边坡取 1.3，土质边坡取 1.1。

4 边坡周边锚钉间距应取式（5.2.3-1）计算值的 1/2。

5 坡面锚钉长度宜按式（5.2.3-2）计算：

$$L = \frac{35}{(K-0.2)^2} + 45 \sin(\alpha - 30^\circ) + 10 \quad (5.2.3-2)$$

式中：L—坡面锚钉长度（cm）。

6 边坡周边锚钉长度应在式（5.2.3-2）计算值的基础上增加 20cm。

### 条文说明

式（5.2.3-1）和式（5.2.3-2）根据国内 100 多个植生水泥土护坡工程实践经验总结而得。为方便实际操作，在锚钉设计与施工时，重点体现边坡类型和坡度两个重要因素的影响。

#### 5.2.4 植生棒

1 植生棒直径不应小于 60mm，最大拉伸力不应小于 15.0 kN/m，抗老化性不应小于 3a。

2 植生棒宜沿坡面横向布设，间距宜为 100cm~200cm；坡率 $\geq 0.75$ 的边坡，间距不宜大于 150cm。

### 5.3 护坡厚度设计

5.3.1 植生水泥土基层设计厚度宜根据附录 B《植生水泥土护坡基层厚度设计建议值》确定。

5.3.2 面层设计厚度宜为 20~30mm，且不大于基层厚度的 1/4。

### 条文说明

面层主要为植物种子萌发营造良好环境，基层主要为植物生长提供适宜的水、热、气、肥等生境条件。由于原材料配比的差异，基层

强度比面层强度高。

## 5.4 基材配合比设计

5.4.1 植生水泥土护坡基层料由土壤、水泥、生态改良剂、有机肥、有机物料、化学纤维、水组成，面层料在基层料组分基础上增加植物种子。

5.4.2 以土壤用量为基准，水泥、生态改良剂、有机肥、有机物料、化学纤维的用量应符合下列规定：

1 水泥用量应按式（5.4.2-1）计算：

$$M_c = K_1 K_c K_r \left( 0.04 + 0.06 \frac{\alpha - 45^\circ}{90^\circ} \right) V_{ps} \rho_{ps} \quad (5.4.2-1)$$

式中：M<sub>c</sub>—水泥质量（kg）；

α—边坡坡度；

K<sub>1</sub>—结构层系数，基层取 1.0，面层取 0.6；

K<sub>c</sub>—边坡类型系数，人工硬化边坡、硬质岩边坡取 1.2，软质岩边坡取 1.1，其它边坡取 1.0；

K<sub>r</sub>—年均雨量调整系数，年均雨量大于等于 1200 mm 取 1.1，年均雨量大于等于 800 mm 且小于 1200 mm 取 1.0，年均雨量大于等于 400 mm 且小于 800 mm 取 0.9，年均雨量小于 400 mm 取 0.8；

V<sub>ps</sub>—土壤体积（m<sup>3</sup>）；

ρ<sub>ps</sub>—土壤干密度（kg/m<sup>3</sup>）。

2 生态改良剂用量应按式（5.4.2-2）计算：

$$M_\alpha = 0.7 M_c \quad (5.4.2-2)$$

式中：M<sub>α</sub>—生态改良剂质量（kg）。

3 有机肥用量应按式（5.4.2-3）计算：

$$M_{of} = 0.015 K_i V_{ps} \rho_{ps} \quad (5.4.2-3)$$

式中：M<sub>of</sub>—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 有机物料用量应按式（5.4.2-4）计算：

$$M_{om} = 0.5M_{of} + 0.75M_c \quad (5.4.2-4)$$

式中： $M_{om}$ —有机物料质量（kg）；

5 化学纤维用量应按式（5.4.2-5）计算：

$$M_v = 0.0015 (K_d + K_r - 0.8) V_{ps} \rho_{ps} \quad (5.4.2-5)$$

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 360 d 取 0，年均无霜期大于等于 300 d 且小于 360 d 取 0.5，年均无霜期大于等于 240 d 且小于 300 d 取 0.75，年均无霜期小于 240 d 取 1.0。

### 条文说明

土壤是植物生长繁育的基本载体，因此配制植生水泥土时，以土壤用量为基准。

水泥的功效在于作为粘结剂增强植生水泥土附着于坡面的抗冲蚀性，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。

生态改良剂的功效主要包括改善植生水泥土生物与理化性质、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，提升植生水泥土肥力的可持续性，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。

有机物料的功效主要在于改善植生水泥土固液气三相结构，及协

同有机肥提升植生水泥土肥力的可持续性，因此有机物料用量以土壤用量为基准，考虑了有机肥用量的影响。

化学纤维的功效主要在于增强植生水泥土的抗冻性、抗冲蚀性，因此化学纤维用量以土壤用量为基准，考虑了年均无霜期、年均雨量的影响。

5.4.3 以每  $\text{m}^3$  土壤用量为基准，基层水泥用量不应低于  $60\text{kg}/\text{m}^3$ ，面层水泥用量不应低于  $40\text{kg}/\text{m}^3$ 。

## 5.5 与其它支护结构协同设计

### 5.5.1 与系统锚杆组合

1 应在植生水泥土护坡内增加钢筋网片进行加强，网片丝径不应小于  $6\text{mm}$ ，孔径不应小于  $20*20\text{cm}$ 。

2 应在钢筋网片与系统锚杆搭接位置设置加强钢筋。

3 钢筋网片不能替代植生水泥土护坡内正常设计的加筋挂网。

4 应适当提高植生水泥土护坡的强度，以每  $\text{m}^3$  土壤用量为基准，基层水泥用量不应低于  $80\text{kg}/\text{m}^3$ 。

5 与系统锚杆协同应用的植生水泥土护坡厚度不应小于  $15\text{cm}$ 。

### 5.5.2 与锚杆（索）框格梁组合

1 植生水泥土护坡设置在框格顶面，框格内应使用植生袋码砌填平，植生袋内填充种植土。

2 框格梁表面的锚钉应加密。

3 植生袋表面的锚钉应加长，贯穿植生袋且嵌入原始坡体不应小于  $30\text{cm}$ 。

4 与锚杆（索）框格梁协同应用的植生水泥土护坡厚度应满足人工硬化边坡要求。

### 5.5.3 与主动防护网组合

1 主动防护网宜整体包裹在植生水泥土护坡内。

2 主动防护系统内配置的钢丝绳网、钢丝网不能替代植生水泥土护坡内正常设计的加筋挂网。

3 主动防护系统内配置的格栅网可以替代植生水泥土护坡内正常设计的加筋挂网。

4 与主动防护网协同应用的植生水泥土护坡厚度宜为 12~15cm。

## 5.6 植物配置设计

5.6.1 植物配置设计内容包括：植物群落目标设定、植物种选配、建群方式设计。

5.6.2 植物群落目标设定应与周边自然植被及自然景观相协调。

5.6.3 不同类型边坡植物群落目标设定要求：

1 人工硬化边坡宜构建草本植物为主，灌木为辅，中、低合理搭配的低矮型草灌群落。

2 硬质岩边坡宜构建草、灌结合，中、低合理搭配的低矮型草灌群落。

3 软质岩边坡、土石混合边坡宜构建灌、草为主，乔木为辅，高、中、低合理搭配的简单型立体群落。

4 土质边坡宜构建乔、灌、草有机叠加，高、中、低合理搭配的多层次立体群落。

5.6.4 生境构筑用植物种分为先锋植物种和目标建群种。植物种选配遵循以下要求：

1 宜根据施工季节，选择适合当季出苗的一年生草本植物为主、参加少量多年生草本植物作为先锋植物，快速形成初期植被，增强护坡稳定性，营造良好生境。

2 先锋植物的密度不应遏制目标植物的发育，并适合坡面周边天然植被向坡面繁衍。

3 目标植物以生长特性和观赏价值相对稳定、抗逆性较强的乡土植物为主，遵循生物多样性原则和生态位互补原则。

4 目标植物中宜配置适当数量的豆科植物，和项目所在地常见的芒、芦、茅、蕨类草本植物。

5 灌木宜选择木质坚硬、花期较长的物种，常青、落叶类适当组合。乔木宜选择常青物种。

6 膨胀土边坡不宜配置乔木和阔叶类灌木，有抗风要求的边坡不宜配置速生乔灌木和灌木状高大草本植物。

7 坡率 $\geq 1:0.75$ 的边坡，宜配置部分攀爬、垂吊植物。

8 不应使用《中国外来入侵物种名单》中列入的植物种。

### 条文说明

外来入侵植物将导致本地生物多样性降低，甚至丧失。常见外来入侵植物有紫茎泽兰、薇甘菊、空心莲子草、豚草、毒麦、飞机草、假高粱、加拿大一枝黄花、蒺藜草、大藻、银胶菊等。

猪屎豆、山毛豆、木豆等速生灌木或灌木状高大草本，抗风、耐寒性差，在恶劣气候条件下，容易出现大面积损害和退化，不宜用于高等级公路的边坡建植。

银合欢等速生乔木，木质软弱，偏冠容易侵入应急车道、影响行车视线，且枝杆易被强风折断，威胁行车安全，不宜在路侧坡面种植。

### 5.6.5 种子播种量设计方法

1 边坡播种植物应综合考虑种子千粒重、发芽率、发芽速度和苗木生长速度，并根据边坡的岩性、坡率等立地条件确定种子播种量。

2 播种量的计算见公式（5.6.5-1）。

$$W = G \times Q (1000 \times C \times D \times P \times R) \quad (5.6.5-1)$$

式中：

W——植物种子的播种量（g/m<sup>2</sup>）；

G——期望的植株密度（株/m<sup>2</sup>）；

C——立地条件校正率，根据边坡类型、坡率、坡向等立地条件对种子发芽和成苗的影响而确定的校正率。坡率陡于 1：1 校正率为 1.1~1.4，岩质边坡校正率为 0.8~0.9。

D——施工期校正率，根据施工时间对种子发芽和成苗的影响而确定的校正率。非季节施工期植物校正率为 0.7~0.9。

P——种子纯度（%）；

R——种子发芽率(%)；

Q——种子千粒重（g）。

#### 5.6.6 植物建群方式

1 植生孔。硬质岩边坡和混凝土硬化边坡，应在坡面设置植生孔，增加灌木生长空间。植生孔应为俯孔，间距不宜大于 200 cm，深度不宜小于 20cm，孔口面积不宜小于 150 cm<sup>2</sup>。

2 植生格室。浆砌片石硬化边坡，宜在坡面上增加土工格室，增加灌木生长空间。格室高度不应小于 10cm，在格室外表面喷附植生水泥土。

3 种植方式。先锋植物种采用喷播种植；目标建群种主要采用喷播种植，无适用种子的植物采用人工移植，人工移植的植物物种和密度应符合 5.6.4 条文和 8.4.4 条文规定。

4 人工调控。先锋植物种以多年生草本为主时，应设计明确刈割周期。目标建群种采用周边天然植被范围内的移植草本时，应设计明确移植周期。

## 条文说明

植生孔设置于硬质岩边坡和混凝土硬化边坡，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 150 mm 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 20 mm~50 mm。由此，要求植生孔孔口面积不小于 150 cm<sup>2</sup>。

浆砌片石硬化边坡上开凿植生孔，容易导致片石开裂，破坏原有护坡结构。因此，在坡面上安装土工格室，格室内填土增加根系发育空间，格室外表面再喷附植生水泥土护坡。

征求意见稿

## 6 护坡施工

### 6.1 一般规定

6.1.1 植生水泥土护坡施工前，应完成边坡加固、支护、截排水系统的施工和验收，截排水系统包括坡顶截水沟、平台截水沟、坡面急流槽、坡脚排水沟、支撑渗沟、坡面渗水管等。

6.1.2 植生水泥土护坡施工前、施工过程中、施工结束后，应监测、确认边坡的稳定性。特殊路基在护坡施工过程中如出现边坡失稳，应停止施工，进行边坡整治和加固。

6.1.3 植生水泥土护坡施工，应提高机械化程度，宜采用集中厂拌方式和高效率的喷附设备组织生产。

#### 条文说明

公路植生水泥土护坡工程体量大、点多面广，不宜采用传统的现场拌合、单台喷射机施工。在工程实践中采用集中厂拌生产线拌制、双体式干喷机组喷附，可以实现植生水泥土基材配送距离 $\geq 40\text{km}$ ，单条生产线拌料产能 $\geq 160\text{m}^3/\text{台班}$ ，单机组喷附工效 $\geq 600\text{m}^2/\text{台班}$ 。

### 6.2 坡面预处理

6.2.1 植生水泥土护坡施工前，应对边坡坡面进行预处理，并应符合下列要求：

1 应清除浮土、松石、浮根等松散物，坡面应无坠落物，如存在较大的凹陷坡面，宜采取浆砌块料填筑、植生袋码砌等方式处理。

2 土质边坡，应修刷平整，已经验收的土质边坡如遇雨冲蚀，应进行二次刷坡。

3 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。

4 较破碎的软质岩边坡，应采用液力喷播机喷附种植土填充坡面

裂隙。

5 硬质岩边坡和混凝土硬化边坡，应按设计要求开凿植生孔，植生孔内插入适合尺寸的 PVC 临时套管，套管突出坡面高度同植生水泥土护坡设计厚度。

6 浆砌片石硬化边坡，应按设计要求在坡面上安装土工格室，格室内填充种植土并平整、拍实到位。加筋系统的锚钉应加长贯穿土工格室，植入浆砌片石护坡面。

6.2.2 植生水泥土护坡施工前，应对边坡坡面进行浸润处理，并应符合下列要求：

1 土质边坡、土石混合边坡应提前 24h 洒水浸润，在植生水泥土喷附前，应保持坡面表面不小于 10cm 范围处于湿润状态。

2 其它边坡应在植生水泥土喷附前使用喷射水流冲洗，并保持表面湿润。

### 6.3 加筋系统安装

6.3.1 挂网材料应符合 5.2.2 条文规定，锚钉材料应符合 5.2.3 条文规定，植生棒材料应符合 5.2.4 条文规定。

6.3.2 铁丝网应进行防腐处理，处理方式宜采用镀锌或包塑。

6.3.3 锚钉应进行防腐处理，处理方式宜采用刷防锈漆。

6.3.4 挂网距离坡面宜为护坡基层喷附厚度的 2/3，平整坡面上应安装保护层垫块控制挂网离地间隙。

6.3.5 挂网宜竖向搭接，搭接宽度不应小于 10cm。坡率陡于 1: 0.75 的坡面，应在搭接处增加竖向钢筋，两侧挂网与竖向钢筋绑扎牢固，钢筋与锚钉绑扎牢固。

6.3.6 锚钉应安装稳固，人工硬化边坡、硬质岩边坡上的锚钉孔应注浆密实；锚钉出露坡面长度同植生水泥土护坡基层厚度，与坡面呈上锐角。

6.3.7 植生棒内应填充种植土或掺配有机物料的砂壤土，充填饱满度不应低于 95%。植生棒采用锚钉固定并与挂网绑扎。

6.3.8 与系统锚杆、主动防护网协同应用时，植生棒内应填充植生水泥土，配制要求同护坡基层，并增加缓释肥用量。

## 6.4 植生水泥土选材

6.4.1 植生水泥土所用土壤应符合下列规定：

1 根据调查信息，选取适宜种植的土壤，不应使用重金属污染的土壤。

2 取用的土壤经破碎处理后，土壤主要性能指标及检验方法应符合表 6.4-1 的规定。

表 6.4-1 土壤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  | 阳离子交换量 | $\leq 1.5 \text{ cmol/kg}$ | 按现行行业标准《中性土壤阳离子交换量和交换性盐基的测定》NY/T 295 的有关规定执行 |
| 3  | 粒径     | $\leq 8.0 \text{ mm}$      | 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          |
| 4  | 砂粒含量   | $\leq 55\%$                |                                              |

6.4.2 植生水泥土所用水泥宜选用 P.O 42.5，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。

6.4.3 植生水泥土所用生态改良剂主要性能指标及检验方法应符合表 6.4-2 的规定。

表 6.4-2 生态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   | $\geq 1.0 \times 10^6 \text{ cfu/g}$ | 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 | $\geq 0.13 \text{ mg/g}$             | 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 |

6.4.4 植生水泥土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。

6.4.5 植生水泥土所用有机物料应符合下列规定：

- 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有机物料，其主要性能指标及检验方法应符合表 6.4-3 的规定。

表 6.4-3 有机物料主要性能指标及检验方法

| 序号 | 指标       | 参考值     | 检验方法                               |
|----|----------|---------|------------------------------------|
| 1  | 颗粒物粒径    | ≤8.0 mm | 筛分法                                |
| 2  | 含水率      | ≤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      | ≥1.5%   |                                    |
| 4  | 碳氮比（C/N） | ≤300    |                                    |

条文说明

植生水泥土用有机物料无需经过发酵处理，禁止采用受潮后不完全发酵的有机料，禁止采用甘蔗渣等含糖量高的有机料。

6.4.6 植生水泥土所用化学纤维主要性能指标及检验方法应符合表 6.4-4 的规定。

6.4-4 化学纤维主要性能指标及检验方法

| 序号 | 指标    | 参考值        | 检验方法                                             |
|----|-------|------------|--------------------------------------------------|
| 1  | 长度    | 6 mm～15 mm | 按现行国家标准《化学纤维 短纤维长度试验方法》GB/T 14336 的有关规定执行        |
| 2  | 直径    | ≤50 μm     | 按现行国家标准《化学纤维 微观形貌及直径的测定 扫描电镜法》GB/T 36422 的有关规定执行 |
| 3  | 断裂强度  | ≥200 MPa   | 按现行国家标准《化学纤维 短纤维拉伸性能试验方法》GB/T 14337 的有关规定执行      |
| 4  | 断裂伸长率 | ≥15%       |                                                  |
| 5  | 初始模量  | ≥2.5 GPa   |                                                  |

6.4.7 植生水泥土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。

6.4.8 植生水泥土所用喷播植物种子应符合下列规定：

1 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。

2 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。

3 应对植物种子进行消毒、浸种，必要时应进行破壳处理。

#### 条文说明

纯净度、发芽率主要用于计算播种量。

消毒的目的是预防病虫害，浸种、破壳可以提高植物种子的发芽速度及发芽率。

#### 6.4.2 植生水泥土拌制

1 同一批次的植生水泥土正式拌制前，应进行试拌试喷，根据拌合均匀度、土壤团粒状况、喷射回弹量、成品干缩开裂情况等观测数据，及时修正基材配合比和搅拌参数。

2 植生水泥土护坡基层应使用固相拌合料。

3 坡率 $\leq 1:0.75$ 的边坡，植生水泥土护坡面层宜使用固相拌合料，坡率 $> 1:0.75$ 的边坡，植生水泥土护坡面层可使用液相拌合料。

4 固相拌合料宜采用集中厂拌方式拌制生产，拌合设备宜采用配备自动配料系统的强制性搅拌机组。

5 固相拌合料应通过试拌确定搅拌时间，要求拌制均匀，又不过度搅拌，防止土壤原有的团粒结构被破坏。

6 液相拌合料采用液力喷播机直接搅拌，液力喷播机应满足出口压力 $\geq 2\text{MPa}$ 的要求。

### 条文说明

液相拌合料含水量高，喷附后无法避免干缩裂缝，且非常明显。作为护坡结构，基层必须采用固相拌合料，采用干喷工艺成型。

坡率 $\leq 1:0.75$ 的边坡，植生水泥土护坡面层如采用液相拌合料，易流淌，增加成型难度和材料损耗。

植生水泥土混合物拌制不均匀，会造成喷附后局部强度不够、基材松散现象；过度搅拌，会造成喷附后局部出现网裂现象。

## 6.5 植生水泥土喷附

6.5.1 植生水泥土护坡喷附应分两次进行，先喷附基层，再喷附面层。

6.5.2 植生水泥土喷附后应根据附录 C《植生水泥土理化性质质量标准》及时进行检验，如检验不合格，因查明原因，对症调整。

6.5.3 面层喷附前，基层应按表 8.3.2-1《植生水泥土坡面防护实测项目》检测合格；基层和面层喷附间隔时间，旱季不应超过 60d，雨季不应超过 30d。

### 条文说明

公路工程属于线性工程，作业点分散，单个作业点工程量分布不均匀，宜采用集中拌合方式供应植生水泥土，为保证施工的连续性和必要的效率，护坡基层和面层很难做到同步施工。

植生水泥土基层施工后，野外暴露时间过长，会在高频率的干湿

循环影响下表面强度降低、出现掉渣和剥蚀现象，夏季高温多雨环境尤其明显。测试数据显示，控制暴露时间旱季不超过 60 天，雨季不超过 30 天，可以保证基层的完整性。

6.5.4 基层喷附时，坡面应保持湿润；面层喷附时，应提前将基层湿润，并保持湿润。

6.5.5 固相拌合料应在拌制后 6h 内喷附完毕，采用混凝土干喷设备进行喷附，宜采用具有连续供料装置的多体式干喷机组。喷枪的喷射角应控制在  $15^{\circ}$  以内，喷枪口与坡面间距宜为 0.8m~1.2m。

### 条文说明

多体式干喷机组采用一个大型储料斗对 2-3 台干喷机同时供料，用于保证干喷作业的连续性。

喷射角的控制除保证植生水泥土成型强度之外，还可减少材料损耗。

6.5.6 液相拌合料应在拌制后 4 h 内喷附完毕，宜采用液力喷播机进行喷附，分多次喷附完成，每次喷附时，下承面的植生水泥土应达到硬塑状态。

6.6.6 植生水泥土基层应完全覆盖加筋系统，以及协同应用的其它支护结构。

6.5.7 喷附应均匀，防止漏喷，重点关注坡面的凹凸及死角部位。

6.5.8 风速大于 10.8m/s 或降水时不宜喷附施工；昼夜最低温度低于  $0^{\circ}\text{C}$  时，严禁喷附施工；昼夜最低温度低于  $5^{\circ}\text{C}$  时，施工后应及时覆盖保温材料。

## 6.6 施工期养护

6.6.1 植生水泥土护坡施工完毕后，应进行不少于 60d 的施工期养护。

当温度低、雨量少时，施工期养护时间应适当延长。

6.6.2 施工期养护工作内容应包括覆盖保湿、苗期管理、局部缺陷修补等。

6.6.3 坡面覆盖应符合下列规定：

1 覆盖物可为无纺布、遮阳网等，冬季还可为秸秆、草帘等。覆盖物应铺设牢固，同坡面接触紧密。

2 坡面覆盖应在面层喷附完毕后 2h 内进行，护坡喷附施工后 4h 内，如遇强降雨，应加盖塑料薄膜。

### 条文说明

试验数据显示，植生水泥土喷附完毕 4h 内，其抗冲刷能力尚比较微弱。此时段内，如发生强降雨，应加盖塑料薄膜避免侵蚀流失。

6.6.4 坡面保湿应符合下列规定：

1 施工养护期间，护坡厚度范围内应保持湿润，含水量不低于 20%。因含水量增加导致的水泥土强度降低值应在允许范围内。明确施工期养护期间水泥土的硬度要求。

2 通过灌溉手段实现坡面保湿，包括浇灌、喷灌、滴灌、渗灌，因地制宜采用，北方缺水地区以及南方高陡岩质边坡，宜采用节水滴灌、渗灌。

3 采用壤中渗灌保湿时，应避免渗灌压力过大造成植生水泥土护坡破坏。

4 护坡喷附施工后，如月平均气温低于 5℃，应避免灌溉，保持水泥土的干燥状态，气温上升稳定后，再灌溉保湿。

6.6.5 苗期管理应符合下列规定：

1 苗期管理的目标是快速营造能在坡面存活并有边坡复绿效果、

有助于目标植物群落形成的植被。

2 每周应巡检边坡一次，检查内容应包括坡面植被水分、植物种子发芽或苗木成活、病虫害等。

3 种子刚喷播完以及苗木刚种植的月度内应经常灌溉补水，不得出现缺水致使幼苗回缩或枯死现象。

4 发现病虫害应及时采取防治措施，根据病虫害疫情结合生物措施、物理措施和化学措施对症防治。

5 植物盖度不低于 70%后，应拆除坡面覆盖物，增加日照，加快植物生长发育。

6 当发现幼苗稀拉、生长缓慢时，应查明原因，适当补肥。

#### 6.6.6 局部缺陷修补应符合下列规定：

1 当发现植生水泥土秃斑或脱落时，应查明原因，解除隐患，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，二次喷附。

## 7 生境维护

7.0.1 施工期养护结束之后，植生水泥土护坡应进行不少于 365d 的生境维护。

7.0.2 生境维护的目标是营造物种丰富度较高、生态位合理、并有较强固土护坡效果的草灌结合型或草灌乔结合型生态边坡，同时满足路面行车安全和边坡抵御恶劣气候需要。

7.0.3 边坡生境维护的工作内容应包括边坡巡检、人工调控、病虫害防治、抗旱处置等。

7.0.4 每月应巡检边坡一次，检查内容应包括基材硬度、坡面冲蚀、植物演替、乔灌木形态、病虫害侵害等。

7.0.5 植生水泥土出现大面积龟裂、剥落、冲蚀情况，或坡面植物出现整体性退化时，应按实体工程缺陷进行处理。

7.0.6 人工调控包括对边坡植物采取刈割、修剪、补植等措施。

1 植生水泥土护坡完工后，至少要实施一次草本植物刈割，刈割季节安排为春季，刈割对象为生长茂盛的冷季型草本和越冬后枯叶厚重的暖季型草本。

2 路侧范围内生长过快、影响行车视线的乔灌木，以及密度过高的灌木、类灌木高大草本，应定期进行修建或砍伐。

3 植生水泥土护坡完工后的次年春季，宜通过人工补植方式增加芒、芦、茅、蕨类植物，加快乡土物种的演替速度。

4 受恶劣气候或病虫害侵害影响，植被退化、死亡比例较高，但护坡基材保持完整的坡面，应及时补植苗木或乡土类草本植物。

7.0.7 发现病虫害侵害时，应及时采用切断枝条、整株砍伐、隔离带砍伐、喷洒药剂等措施进行防治。

7.0.8 如气候持续干旱，对重点路段的坡面植物应进行人工灌溉补水，重点路段包括：服务区边坡、互通匝道边坡、隧道口边坡等。

7.0.9 公路运营期的边坡养护，可参考本章节内容。

### 条文说明

生境维护是坡面生境构筑前期成果的巩固和保护，是对植物群落正向演替、维持护坡耐久性的人工干涉行为。

植生水泥土护坡施工结束后养护 60~90d，先锋植物的盖度能够达到 90%以上，护坡植物进入免养阶段，但此时，护坡植物的群落设定目标并没有实现，需要通过自然演替和人工干涉来共同实现。人工干涉可以消除植物自然演替过程中的不利因素，加快演替速度。

以刈割为例，工程实践证明：对草本植物的刈割，可以加快暖季型草本植物越冬后的返青，矮化先锋草本的定型株高、降低其枝叶密度，缓解草本植物对木本植物发育的遏制。

生境维护阶段，不需要对护坡植物进行灌溉养护，如天气持续干旱，护坡植物大面积进入凋萎状态，有必要对生态景观敏感路段的护坡植物进行补水。

## 8 质量检验与验收

### 8.1 一般规定

8.1.1 植生水泥土护坡质量检验内容包括：原材料检验、施工过程检验、交工检验。

8.1.2 新建、改扩建公路项目的植生水泥土护坡工程宜独立划分为单位工程进行质量检验和评定，每段连续坡面护坡为一个分部工程，分项工程分为边坡预处理、植生水泥土坡面防护、护坡植物。

### 8.2 原材料检验

8.2.1 采购水泥、生态改良剂、挂网、锚钉、化学纤维等材料时，应检查出厂证明、产品合格证；采购植物种苗时，应检查检验检疫合格证。

8.2.2 材料进场使用前，应对水泥、生态改良剂、种植土、有机物料、植物种子、苗木、水等材料进行批次随机抽样检验，并形成检验报告。检验要求和检验方法应符合 6.4 条文规定。

8.2.3 材料的检验批量应符合下列规定：

1 每 10000 m<sup>2</sup>植生水泥土护坡所用材料应为一个检验批次，不足者按一个检验批次计。

2 非连续供应的材料应分别单独检验。

8.2.4 每批次应抽取 3 个样品以供检验。

8.2.5 检验结果处理应符合下列规定：

1 当 3 个样品检验值的最大值、最小值与中间值之差均不超过中间值的 15%时，取检验值的算术平均值。

2 当 3 个样品检验值的最大值、最小值之一与中间值之差超过中间值的 15%时，取中间值。

3 当 3 个样品检验值的最大值、最小值与中间值之差均超过中间值的 15%时，不得使用。

### 8.3 施工过程检验

8.3.1 护坡基层加筋系统安装前，应对坡面预处理质量进行检验，内容包括：坡面松散物处理、松散块料间空隙处置、植生孔设置、坡面浸润。检验要求和检验方法应符合 6.2 条文和 8.4.3 条文规定。

8.3.2 植生水泥土护坡喷附前，应对护坡基层加筋系统安装质量进行检验，内容包括：锚钉间距、锚孔灌浆、锚钉外露长度、锚钉防腐、挂网搭接、挂网定位。检验要求和检验方法应符合 6.3 条文和 8.4.4 条文规定。

8.3.3 植生水泥土护坡喷附时，应在喷附现场对植生水泥土取样检验，并符合以下要求：

1 同一配制比例、相同配制材料的植生水泥土，每喷附 2000m<sup>2</sup> 取样次数应不少于 1 次，单批次抽取 不少于 3 个样品。

2 植生水泥土性能检验项目、方法及指标要求应符合本规程附录 C 《植生水泥土理化性质质量标准》的规定。

### 8.4 分项工程交工检验

8.4.1 分项工程应按基本要求、实测项目、外观要求等检验项目分别检查。

8.4.2 采用合格率法对植生水泥土护坡项目进行质量评定，检测项目合格判断应符合下列规定：

1 关键项目（本规程中以“▲”标识）的合格率应不低于 95%，否则该检测项目为不合格。

2 一般项目的合格率应不低于 80%，否则该检测项目为不合格。

3 采用本规程附录所列方法进行检验评定的检查项目，不满足要求时，该检查项目为不合格。

### 8.4.3 坡面预处理

#### 8.4.3.1 基本要求

1 坡面不应有松散物和坠落物。

2 坡面不应有渗水。

#### 8.4.3.2 实测项目

表 8.4.3-1 坡面预处理实测项目

| 项次 | 检查项目        |      | 规定值或<br>允许偏差值 | 检查方法和频率                        |
|----|-------------|------|---------------|--------------------------------|
| 1  | 边坡坡度        |      | 不陡于设计值        | 坡度尺，每 100 m 抽查 5 处             |
| 2  | 植<br>生<br>孔 | 孔口面积 | 不小于设计值        | 量测，每坡面抽查 20%                   |
|    |             | 孔间距  | $\pm 20$ cm   | 量测，每坡面抽查 20%                   |
|    |             | 孔深   | 不小于设计值        | 量测，每坡面抽查 20%                   |
| 3  | 坡面浸润深度      |      | $\geq 10$ cm  | 量测，每 100 m <sup>2</sup> 抽查 3 处 |

#### 8.4.3.3 外观要求

1 坡面不应有沟蚀。

2 坡面上不应有局部倒坡和明显凹陷。

#### 8.4.4 植生水泥土坡面防护

##### 8.4.4.1 基本要求

1 挂网、锚钉、水泥、生态改良剂、有机物料等原材料的质量应符合设计要求。

2 基材配合比及植生水泥土的理化性质应符合设计要求。

##### 8.4.4.2 实测项目

表 8.3.2-1 植生水泥土坡面防护实测项目

| 项次 | 检查项目               |    | 规定值或<br>允许偏差值   | 检查方法和频率                         |
|----|--------------------|----|-----------------|---------------------------------|
| 1  | 锚钉数量               |    | 不少于设计值          | 量测：每坡面抽查 20%                    |
| 2  | 挂网与坡面垂直间距          |    | $\pm 10$ mm     | 量测：每 1000m <sup>2</sup> 抽查 10 处 |
| 3▲ | 植生水泥土无侧限抗压强度（基层材料） |    | $\geq 0.35$ MPa | 按附录 D 检查                        |
| 4▲ | 植生水泥土崩解率           | 基层 | $\leq 15\%$     | 按附录 E 检查                        |
|    |                    | 面层 | $\leq 30\%$     |                                 |

| 项次 | 检查项目 |    | 规定值或允许偏差值 | 检查方法和频率                         |
|----|------|----|-----------|---------------------------------|
| 5▲ | 护坡厚度 | 基层 | ±5 mm     | 量测：每 1000m <sup>2</sup> 抽查 10 处 |
|    |      | 面层 | ±10 mm    |                                 |

#### 8.4.4.3 外观要求

- 1 基层表面不应出现肉眼可见的干缩裂缝。
- 2 面层表面的干缩裂缝应逐渐恢复至细微状态。
- 3 植生水泥土喷附后坡面应平整、均匀，无明显沟蚀、脱落、剥离现象。

#### 8.4.4 护坡植物

##### 8.4.4.1 基本要求

- 1 植物种子应在使用前进行发芽试验和种子配比试验，确定合适的种子用量后方可进行大规模的施工。
- 2 定植苗木应检验根系、株型、病虫害等状况。
- 3 植物品种和种子配比应符合设计要求。

##### 8.4.4.2 实测项目

表 8.4.4-1 护坡植物实测项目

| 项次 | 检查项目      |      | 规定值或允许偏差值                  | 检查方法和频率                                     |
|----|-----------|------|----------------------------|---------------------------------------------|
| 1▲ | 植被盖度      |      | ≥95%                       | 目测及或无人机航拍测量，逐个坡面检查                          |
| 2  | 灌木密度      | 灌草型  | ≥200 株/ 100m <sup>2</sup>  | 单侧每 km 设置 5 个样方（长 20 米，与坡面同高），每个坡面不少于 3 个样方 |
|    |           | 乔灌草型 | ≥100 株 100/ m <sup>2</sup> |                                             |
| 3  | 乔木密度      | 灌草型  | —                          | 单侧每 km 设置 5 个样方（长 20 米，与坡面同高），每个坡面不少于 3 个样方 |
|    |           | 乔灌草型 | ≥50 株/ 100m <sup>2</sup>   |                                             |
| 4  | 乔木类植物生长高度 |      | ≥150cm                     | 尺量，每 1000 m <sup>2</sup> 检测 5 棵             |
| 5  | 植物种类      |      | ≥设计种类 60%                  | 目测及拍摄照片，逐个坡面检查                              |

#### 8.4.4.3 外观要求

- 1 植物整体生长健壮，长势良好，无明显的病虫害。
- 2 坡面绿地不得有连续空秃、冲沟侵蚀。
- 3 路侧坡面上不得有影响行车安全的偏冠植物。
- 4 无列入《中国外来入侵物种名单》的植物。

征求意见稿

# 附录 A 边坡调查表

**A.0.1** 气象气候记录内容及格式应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 气象气候记录内容及格式

|      |                                                  |      |     |     |
|------|--------------------------------------------------|------|-----|-----|
| 工程名称 |                                                  | 调查位置 |     |     |
| 序 号  | 项 目                                              | 单 位  | 结 果 | 备 注 |
| 1    | 气候类型                                             |      |     |     |
| 2    | 年均日照时数                                           | h    |     |     |
| 3    | 年均气温                                             | °C   |     |     |
| 4    | 年均雨量                                             | mm   |     |     |
| 5    | 年均蒸发量                                            | mm   |     |     |
| 6    | 年均无霜期                                            | d    |     |     |
| 调查者  | 签字：<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>年 月 日 |      |     |     |

注：气候类型指极地气候、温带大陆性气候、温带海洋性气候、温带季风气候、亚热带季风气候、热带沙漠气候、热带草原气候、热带雨林气候、热带季风气候、地中海气候、高山高原气候。

**A.0.2** 边坡状况记录内容及格式应符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 地形地质状况记录内容及格式

|      |                                 |                |     |     |
|------|---------------------------------|----------------|-----|-----|
| 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 <sup>2</sup> |     |     |
| 3    | 边坡坡向                            |                |     |     |
| 4    | 边坡坡度                            |                |     |     |
| 6    | 倒坡、平整度、分级状况等坡面形态：               |                |     |     |
| 7    | 坡面渗水状况：                         |                |     |     |
| 8    | 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：<br><br><br><div>年 月 日</div> |                |     |     |

注：1 边坡类型指硬质岩边坡、软质岩边坡、土质边坡、土石混合边坡、人工硬化边坡。

## 2 边坡坡向指阳坡、阴坡。

**3 不良土质指黄土、冻土、膨胀土、盐渍土、软土等。**

**A.0.3** 植物群落特征记录内容及格式应符合表 A.0.3 的规定。

表 A.0.3 植物群落特征记录内容及格式

|      |                                                                    |    |      |  |
|------|--------------------------------------------------------------------|----|------|--|
| 工程名称 |                                                                    |    | 调查位置 |  |
| 序号   | 项 目                                                                |    | 结 果  |  |
| 1    | 植物<br>物种                                                           | 草本 |      |  |
|      |                                                                    | 灌木 |      |  |
|      |                                                                    | 乔木 |      |  |
| 2    | 优势<br>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： <div style="text-align: right; margin-top: 100px;">年 月 日</div> |    |      |  |

注：生长状况指乔、灌、草的天然搭配，生长期及覆盖率等。

**A.0.4** 水源记录内容及格式应符合表 A.0.4 的规定。

表 A.0.4 水源记录内容及格式

|               |                                                                    |                   |      |  |     |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------|------|--|-----|
| 工程名称          |                                                                    |                   | 调查位置 |  |     |
| 项 目           |                                                                    | 单 位               | 结 果  |  | 备 注 |
| 生活用水<br>与工业用水 | 可供量                                                                | m <sup>3</sup> /h |      |  |     |
|               | 取用成本                                                               | 元/m <sup>3</sup>  |      |  |     |
|               | 水质类别                                                               |                   |      |  |     |
| 地下水           | 可供量                                                                | m <sup>3</sup> /h |      |  |     |
|               | 取用成本                                                               | 元/m <sup>3</sup>  |      |  |     |
|               | 水质类别                                                               |                   |      |  |     |
| 地表水           | 可供量                                                                | m <sup>3</sup> /h |      |  |     |
|               | 取用成本                                                               | 元/m <sup>3</sup>  |      |  |     |
|               | 水质类别                                                               |                   |      |  |     |
| 调查者           | 签字： <div style="text-align: right; margin-top: 100px;">年 月 日</div> |                   |      |  |     |

注：1 主要调查项目附近生活用水与工业用水、地下水、地表水三类水源。

2 取用成本以到场价格计量，主要调查购置、输送距离、落差三因素的影响，距离指水源取水点与边坡所在点的路径长度，落差指水源取水点与边坡坡顶之间的高差。

**A.0.5** 土壤记录内容及格式应符合表 A.0.5 的规定。

表 A.0.5 土壤记录内容及格式

|      |        |                  |     |  |     |
|------|--------|------------------|-----|--|-----|
| 工程名称 |        | 调查位置             |     |  |     |
| 序号   | 项 目    | 单 位              | 结 果 |  | 备 注 |
| 1    | 类型     |                  |     |  |     |
| 2    | 质地     |                  |     |  |     |
| 3    | 取用成本   | 元/m <sup>3</sup> |     |  |     |
| 4    | 可供量    | m <sup>3</sup>   |     |  |     |
| 5    | pH 值   |                  |     |  |     |
| 6    | 阳离子交换量 | cmol/kg          |     |  |     |
| 调查者  | 签字:    |                  |     |  |     |
|      | 年 月 日  |                  |     |  |     |

注：1 类型指红壤、黄壤、棕壤、褐土、钙土、黑垆土、荒漠土、高山草甸土、高山漠土等。

**2 质地**指砂土、壤土、粘土等。

### 3 取用成本以到场价格计量。

**A.0.6** 天然有机料记录内容及格式应符合表 A.0.6 的规定。

表 A.0.6 天然有机料记录内容及格式

|           |                                                                   |                  |      |     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|------------------|------|-----|
| 工程名称      |                                                                   |                  | 调查位置 |     |
| 项 目       |                                                                   | 单 位              | 结 果  | 备 注 |
| 椰糠        | 可获取量                                                              | m <sup>3</sup>   |      |     |
|           | 取用成本                                                              | 元/m <sup>3</sup> |      |     |
| 秸秆        | 可获取量                                                              | m <sup>3</sup>   |      |     |
|           | 取用成本                                                              | 元/m <sup>3</sup> |      |     |
| 谷壳        | 可获取量                                                              | m <sup>3</sup>   |      |     |
|           | 取用成本                                                              | 元/m <sup>3</sup> |      |     |
| 锯末        | 可获取量                                                              | m <sup>3</sup>   |      |     |
|           | 取用成本                                                              | 元/m <sup>3</sup> |      |     |
| 木屑        | 可获取量                                                              | m <sup>3</sup>   |      |     |
|           | 取用成本                                                              | 元/m <sup>3</sup> |      |     |
| 其他<br>( ) | 可获取量                                                              | m <sup>3</sup>   |      |     |
|           | 取用成本                                                              | 元/m <sup>3</sup> |      |     |
| 调查者       | 签字： <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">年 月 日</div> |                  |      |     |

注：1 主要调查椰糠、秸秆、谷壳、锯末、木屑等天然有机料。

2 可获取量指以项目点为中心，一定范围内的可获取量。

3 取用成本采用到场价格。

## 附录 B 植生水泥土护坡基层厚度设计建议值

B.0.1 植生水泥土护坡基层厚度设计值宜采用表 B.0.1 的建议值。

表 B.0.1 植生水泥土护坡基层厚度设计建议值

| 边坡类型   | 边坡坡率                 | 年均雨量 A<br>(mm)      | 基层厚度设计建议值<br>(mm) |
|--------|----------------------|---------------------|-------------------|
| 土质边坡   | $\leq 1: 1.75$       | $A \leq 400$        | 80                |
|        |                      | $400 < A \leq 800$  | 80                |
|        |                      | $800 < A \leq 1200$ | 70                |
|        |                      | $A > 1200$          | 60                |
|        | $1: 1.75 \sim 1: 1$  | $A \leq 400$        | 90                |
|        |                      | $400 < A \leq 800$  | 90                |
|        |                      | $800 < A \leq 1200$ | 80                |
|        |                      | $A > 1200$          | 70                |
|        | $1: 1 \sim 1: 0.5$   | $A \leq 400$        | 70                |
|        |                      | $400 < A \leq 800$  | 70                |
|        |                      | $800 < A \leq 1200$ | 60                |
|        |                      | $A > 1200$          | 50                |
|        | $1: 0.5 \sim 1: 0.1$ | $A \leq 400$        | 70                |
|        |                      | $400 < A \leq 800$  | 70                |
|        |                      | $800 < A \leq 1200$ | 60                |
|        |                      | $A > 1200$          | 50                |
| 土石混合边坡 | $\leq 1: 1.75$       | $A \leq 400$        | 90                |
|        |                      | $400 < A \leq 800$  | 90                |
|        |                      | $800 < A \leq 1200$ | 80                |
|        |                      | $A > 1200$          | 70                |
|        | $1: 1.75 \sim 1: 1$  | $A \leq 400$        | 100               |
|        |                      | $400 < A \leq 800$  | 100               |
|        |                      | $800 < A \leq 1200$ | 90                |
|        |                      | $A > 1200$          | 80                |
|        | $1: 1 \sim 1: 0.5$   | $A \leq 400$        | 70                |
|        |                      | $400 < A \leq 800$  | 70                |
|        |                      | $800 < A \leq 1200$ | 60                |
|        |                      | $A > 1200$          | 60                |
|        | $1: 0.5 \sim 1: 0.1$ | $A \leq 400$        | 60                |
|        |                      | $400 < A \leq 800$  | 60                |
|        |                      | $800 < A \leq 1200$ | 50                |
|        |                      | $A > 1200$          | 50                |
| 软质岩边坡  | $\leq 1: 1.75$       | $A \leq 400$        | 90                |
|        |                      | $400 < A \leq 800$  | 90                |
|        |                      | $800 < A \leq 1200$ | 80                |
|        |                      | $A > 1200$          | 70                |
|        | $1: 1.75 \sim 1: 1$  | $A \leq 400$        | 100               |
|        |                      | $400 < A \leq 800$  | 100               |

| 边坡类型   | 边坡坡率           | 年均雨量 A<br>(mm)      | 基层厚度设计建议值<br>(mm) |
|--------|----------------|---------------------|-------------------|
| 软质岩边坡  | 1: 1.75~1: 1   | $800 < A \leq 1200$ | 90                |
|        |                | $A > 1200$          | 80                |
|        | 1: 1~1: 0.5    | $A \leq 400$        | 90                |
|        |                | $400 < A \leq 800$  | 90                |
|        |                | $800 < A \leq 1200$ | 80                |
|        |                | $A > 1200$          | 80                |
|        | 1: 0.5~1:0.1   | $A \leq 400$        | 80                |
|        |                | $400 < A \leq 800$  | 80                |
|        |                | $800 < A \leq 1200$ | 70                |
|        |                | $A > 1200$          | 70                |
| 硬质岩边坡  | $\leq 1: 1.75$ | $A \leq 400$        | 100               |
|        |                | $400 < A \leq 800$  | 100               |
|        |                | $800 < A \leq 1200$ | 90                |
|        |                | $A > 1200$          | 80                |
|        | 1: 1.75~1: 1   | $A \leq 400$        | 110               |
|        |                | $400 < A \leq 800$  | 110               |
|        |                | $800 < A \leq 1200$ | 100               |
|        |                | $A > 1200$          | 90                |
|        | 1: 1~1: 0.5    | $A \leq 400$        | 100               |
|        |                | $400 < A \leq 800$  | 100               |
|        |                | $800 < A \leq 1200$ | 90                |
|        |                | $A > 1200$          | 90                |
|        | 1: 0.5~1:0.1   | $A \leq 400$        | 90                |
|        |                | $400 < A \leq 800$  | 90                |
|        |                | $800 < A \leq 1200$ | 80                |
|        |                | $A > 1200$          | 80                |
| 人工硬化边坡 | $\leq 1: 1.75$ | $A \leq 400$        | 110               |
|        |                | $400 < A \leq 800$  | 110               |
|        |                | $800 < A \leq 1200$ | 100               |
|        |                | $A > 1200$          | 90                |
|        | 1: 1.75~1: 1   | $A \leq 400$        | 120               |
|        |                | $400 < A \leq 800$  | 120               |
|        |                | $800 < A \leq 1200$ | 110               |
|        |                | $A > 1200$          | 100               |
|        | 1: 1~1: 0.5    | $A \leq 400$        | 110               |
|        |                | $400 < A \leq 800$  | 110               |
|        |                | $800 < A \leq 1200$ | 100               |
|        |                | $A > 1200$          | 100               |
|        | 1: 0.5~1:0.1   | $A \leq 400$        | 100               |
|        |                | $400 < A \leq 800$  | 100               |
|        |                | $800 < A \leq 1200$ | 90                |
|        |                | $A > 1200$          | 90                |

# 附录 C 植生水泥土理化性质质量标准

**C.0.1** 植生水泥土理化性质质量标准应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.01 植生水泥土理化性质质量标准

| 序号 | 项目      | 检测方法   | 指标要求                                                   |
|----|---------|--------|--------------------------------------------------------|
| 1  | 容重      | 环刀法    | $1.1\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.7\text{g}/\text{cm}^3$ |
| 2  | 通气孔隙率   | 环刀法    | $\geq 25\%$                                            |
| 3  | PH 值    | 电位法    | 6.0~8.5                                                |
| 4  | 含水率     | 环刀法    | $\geq 15\%$                                            |
| 5  | 水解氨     | 碱解-扩散法 | $\geq 60\text{mg}/\text{kg}$                           |
| 6  | 有效磷     | 钼锑抗比色法 | $\geq 20\text{mg}/\text{kg}$                           |
| 7  | 速效钾     | 火焰光度法  | $\geq 100\text{mg}/\text{kg}$                          |
| 8  | 无侧限抗压强度 | 附录 D   | $\geq 0.35\text{MPa}$ （基层）                             |
| 9  | 崩解率     | 附录 E   | 基层 $\leq 15\%$ ，面层 $\leq 30\%$                         |

## 附录 D 植生水泥土材料无侧限抗压强度试验方法

### D.0.1 适用范围

本方法适用于测定采用喷射工艺成型的植生水泥土试件的无侧限抗压强度。

### D.0.2 仪器设备

- 1 试模：直径 $\times$ 高= $\phi 150\text{mm}\times 150\text{mm}$ 。
- 2 电动脱模器。
- 3 标准养护室：温度  $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度在 95%以上。
- 4 压力机或万能试验机：测量精度 $\pm 1\%$ ，加载速率可以有效控制在  $1\text{mm/min}$ 。
- 5 球形支座。

### D.0.3 试件制备和养护

- 1 采用喷射方法制备试件，试模平放，喷枪垂直地面，距离试模顶部  $80\text{cm}$ ，喷射料灌满试模并高出试模顶部  $2\text{-}5\text{cm}$ ，然后用刮刀刮平试模顶部。
- 2 试模静置  $2\sim 6\text{h}$  后，放到脱模器上将试件顶出。
- 3 试件在标准养护室内养生  $7\text{d}$ 。
- 4 每组试件的数目要求为 9 个。

### D.0.4 试验步骤

- 1 根据试验材料的类型和一般的工程经验，选择合适量程的测力计和压力机，试件破坏荷载应大于测力量程的 20%且小于测力量程的 80%。
- 2 球形支座和上下顶板涂上机油，使球形支座能够灵活转动。
- 3 将养护到期的试件从养护室取出。
- 4 将试件放在压力机或万能试验机上，并在升降台上先放一扁球

座，进行抗压试验。试验过程中，应保持加载速率为 1mm/min。记录试件破坏时的最大压力  $P(N)$ 。

#### D.0.5 计算

试件的无侧限抗压强度按式 (D.0.5) 计算。

$$R_c = \frac{P}{A} \quad (D.0.5)$$

式中： $R_c$ —试件的无侧限抗压强度 (MPa)；

$P$ —试件破坏时的最大压力 (N)；

$A$ —试件的截面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$D$ —试件的直径 (mm)。

#### D.0.6 结果整理

1 抗压强度保留 1 位小数。

2 同一组试件试验中，采用 3 倍均方差方法剔除异常值，允许有 2~3 个异常值。异常值数量超过上述规定的试验重做。

3 同一组试验的变异系数  $C_v \leq 15\%$ 。方为有效试验。如不能保证试验结果的变异系数小于规定的值，则应按允许误差 10% 和 90% 概率重新计算所需的试件数量，增加试件数量并另做新试验。新试验结果与老试验结果一并重新进行统计评定，直到变异系数满足上述规定。

#### D.0.7 报告

试验报告应包括以下内容：

1 试件的抗压强度，保留 1 位小数；

2 若干个试验结果的最小值和最大值、平均值  $\bar{R}_c$ 、标准差  $S$ 、变异系数  $C_v$ ；

3 对应 95% 保证率的抗压强度代表值  $R_{c0.95}$ ，按式 (D.0.7) 计算。

$$R_{c0.95} = \bar{R}_c - Z_a S \quad (D.0.7)$$

高速公路、一级公路：  $Z_a = 1.645$ ；

其它公路：  $Z_a = 1.282$ 。

D.0.8 记录

本试验的记录格式见表（D.0.8）。

表 D.0.8 植生水泥土无侧限抗压强度试验记录表

|      |  |              |  |
|------|--|--------------|--|
| 工程名称 |  | 试件尺寸（cm）     |  |
| 路段范围 |  | 养生龄期（d）      |  |
| 水泥掺量 |  | 加载速度（mm/min） |  |
| 试验者  |  | 试验日期         |  |

  

|                 |  |             |  |              |  |
|-----------------|--|-------------|--|--------------|--|
| 试件号             |  |             |  |              |  |
| 试件制备方法          |  |             |  |              |  |
| 试验的最大压力 P(N)    |  |             |  |              |  |
| 无侧限抗压强度 Rc(MPa) |  |             |  |              |  |
| 平均值<br>(MPa)    |  | 变异系数<br>(%) |  | 代表值<br>(MPa) |  |

## 附录 E 植生水泥土崩解率试验方法

### E.0.1 适用范围

本方法适用于测定采用植生水泥土试件在水中震荡的崩解率。

### E.0.2 仪器设备

- 1 环刀，规格为内径 60mm、高度 20mm，含上下盖；
- 2 电子天平；
- 3 标本瓶，规格为直径 105mm，高度 125mm；
- 4 圆形方孔筛，规格为直径 100mm，孔径 20mm；
- 5 过滤装置；
- 6 振荡器；
- 7 定性滤纸；
- 8 干燥箱。

### E .0.3 试件制备和养护

- 1 采用环刀法在已喷附护坡上取样，试件制备完成后置于通风处。
- 2 同一作业点的 3 个试件为一组。

### E .0.4 试验步骤

1 试件干燥，风干后，将试件和环刀置于干燥箱内（50℃）持续 24h，取下环刀，称至恒重  $M_1$ ；

2 试件振荡，量取 400mL 水加入标本瓶中，将试件置于方孔筛上缓慢浸入水中密封后置入振荡器中振荡，调节振幅 20mm、振荡频率 120r/ min 、振荡时间 2min；

3 过滤干燥，振荡结束后，采用方孔筛对标本瓶中的混合物进行过滤，将过滤后的散落物置于干燥箱内（50℃）持续 24h，称至恒重  $M_2$ 。

### E .0.5 计算

离析度应按式（E.0.4）计算：

$$L = \frac{M_1}{M_2} \times 100\% \quad (E .0.3)$$

式中：  $L$ —崩解率（%）；

$M_1$ —试件的质量（g）；

$M_2$ —粒径小于 20mm 的散落物质量（g）。

#### E.0.6 结果整理

- 1 崩解率保留小数点后两位数字。
- 2 取三个试件试验结果的平均值作为评定值。

#### E.0.7 报告

试验报告应包括以下内容：

- 1 试件的崩解率；
- 2 单组试件崩解率评定值。

#### E.0.8 记录

本试验的记录格式见表（E.0.8）。

表 E.0.8 植生水泥土崩解率试验记录表

|            |  |                  |               |
|------------|--|------------------|---------------|
| 工程名称       |  | 试件尺寸（cm）         |               |
| 路段范围       |  | 取样位置             |               |
| 振幅<br>（mm） |  | 振荡频率<br>（r/ min） | 振荡时间<br>（min） |
| 试验者        |  | 试验日期             |               |

|                            |  |  |  |
|----------------------------|--|--|--|
| 试件号                        |  |  |  |
| 试件的质量 $M_1$ （g）            |  |  |  |
| 粒径小于 20mm 的散落物质量 $M_2$ （g） |  |  |  |
| 崩解率 $L$ （%）                |  |  |  |
| 平均值（%）                     |  |  |  |

## 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

- 1 《工程岩体分级标准》 GB 50218
- 2 《水土保持工程设计规范》 GB 51018
- 3 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 4 《林木种子检验规程》 GB 2772
- 5 《农田灌溉水质标准》 GB 5084
- 6 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 7 《公路工程质量检验评定标准》 JTG F80/1
- 8 《公路路基设计规范》 JTG D30
- 9 《水电工程边坡植生水泥土生境构筑技术规范》 NB/T10490
- 10 《水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术规范》 NB/T35082
- 11 《坡喷播绿化工程技术标准》 CJJ/T 292
- 12 《绿化用有机基质》 LY/T 1970
- 13 《水土保持试验规程》 SL 419