

ICS 93.160

CCS P 55

T

团体标准

T/CWDPA XXX—2026

水利水电工程生态型混凝土护坡施工 技术规范

Technical specification for ecological concrete slope protection construction
in water conservancy and hydropower projects
(征求意见稿)

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国西部开发促进会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 错误！未定义书签。

 4.1 一般原则 错误！未定义书签。

 4.2 单位与人员资质 错误！未定义书签。

 4.3 设备与材料要求 错误！未定义书签。

 4.4 安全与环境要求 错误！未定义书签。

5 泄漏检测技术要求 错误！未定义书签。

 5.1 一般规定 错误！未定义书签。

 5.2 供热管网泄漏检测 错误！未定义书签。

 5.3 燃气管网泄漏检测 错误！未定义书签。

6 漏点定位方法 错误！未定义书签。

 6.1 一般要求 错误！未定义书签。

 6.2 初步筛查 错误！未定义书签。

 6.3 精准探测 错误！未定义书签。

 6.4 燃气管网漏点定位补充要求 错误！未定义书签。

 6.5 供热管网漏点定位补充要求 错误！未定义书签。

 6.6 结果复核 错误！未定义书签。

7 修复工艺要求 错误！未定义书签。

 7.1 一般规定 错误！未定义书签。

 7.2 修复前准备 错误！未定义书签。

 7.3 临时修复 错误！未定义书签。

 7.4 永久修复 错误！未定义书签。

 7.5 燃气管网修复补充要求 错误！未定义书签。

 7.6 供热管网修复补充要求 错误！未定义书签。

8 施工安全防护 错误！未定义书签。

 8.1 一般要求 错误！未定义书签。

 8.2 燃气管网作业安全 错误！未定义书签。

 8.3 供热管网作业安全 错误！未定义书签。

 8.4 有限空间作业 错误！未定义书签。

 8.5 占道施工与夜间作业 错误！未定义书签。

 8.6 特殊天气作业安全 错误！未定义书签。

 8.7 应急准备 错误！未定义书签。

9 验收标准 错误！未定义书签。

 9.1 一般规定 错误！未定义书签。

9.2 燃气管网验收 错误！未定义书签。

9.3 供热管网验收 错误！未定义书签。

9.4 验收资料 错误！未定义书签。

10 运行维护与应急处置 错误！未定义书签。

10.1 修复后管网的运行维护 错误！未定义书签。

10.2 泄漏事故分级 错误！未定义书签。

10.3 应急处置 错误！未定义书签。

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。

本文件由南京聚润工程科技有限公司提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：南京聚润工程科技有限公司。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

水利水电工程生态型混凝土护坡施工技术规范

1 范围

本文件规定了水利水电工程生态型混凝土护坡施工的施工总体要求、原材料进场与检验、坡面基底处理、垫层与反滤层施工、现浇生态混凝土施工、预制生态混凝土块安装、植生配套施工、养护施工及施工质量与生态验收的技术要求。

本文件适用于水库大坝、堤防、闸站、引调水渠道、抽水蓄能库区岸坡等水利水电工程生态型混凝土护坡的施工。

2 规范性引用文

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 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- CJ/T 340 绿化种植土壤
- JG/T 566 混凝土和砂浆用天然沸石粉
- SL/T 260 堤防工程施工规范
- SL/T 492 水利水电工程环境保护设计规范
- SL 677 水工混凝土施工规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生态型混凝土护坡 ecological concrete slope protection

采用多孔透水型生态混凝土材料构筑的，具备满足坡面稳定和抗冲刷要求的结构强度，同时具有透水透气、植生绿化、生物栖息功能的护坡结构。

3.2

植生生态混凝土 planting ecological concrete

以单粒级粗骨料、胶凝材料和水为主要组分，按一定配合比拌合形成的具有连续孔隙结构的混凝土材料，孔隙内可填充植生基材并适宜植物生长。

3.3

有效孔隙率 effective porosity

生态混凝土中相互连通的孔隙体积占混凝土总体积的百分率，用于表征混凝土的透水性能和植生空间大小。

3.4

透水护坡 permeable slope protection

坡面覆盖层具备透水性能，允许坡面径流下渗进入坡体，减少地表径流冲刷，同时维持坡体与水体之间物质交换的护坡型式。

3.5

预制生态砌块 precast ecological block

在工厂预先制作成型的具有生态功能的混凝土砌块，包括植生砌块、鱼巢砌块、透水砌块等类型，现场拼装形成护坡结构。

3.6

反滤垫层 inverted filter layer

设置在护坡结构层与被保护坡面之间的颗粒级配材料层或土工合成材料层，用于阻止坡面土体颗粒流失，同时保证地下水顺畅排出。

3.7

本土水生植被 native aquatic vegetation

护坡工程所在地原生的、适应本地气候和水文条件的水生及湿生植物种类，用于护坡生态恢复的植被材料。

4 总体要求

4.1 施工方案编制

4.1.1 生态型混凝土护坡施工前应编制专项施工方案。施工方案应与设计文件、生态保护要求及防洪度汛安排协调一致。

4.1.2 施工方案应包含下列内容：

- a) 工程概况与施工条件；
- b) 施工平面布置和临时设施；
- c) 坡面基底处理方案；
- d) 生态混凝土配合比及拌合运输方案；
- e) 现浇或预制安装施工工艺；
- f) 植生配套施工方案；
- g) 施工进度计划与防洪度汛措施；
- h) 施工质量控制标准与检测计划；
- i) 生态保护与文明施工措施。

4.1.3 施工方案应经监理单位审批后实施，方案变更应重新履行审批手续。

4.2 生态保护前置

4.2.1 施工前应调查护坡区域的原生植被分布和水生生物栖息状况，施工红线范围内的保护植物应进行移栽或就地保护。

4.2.2 施工临时设施应避开植被茂密区和生物栖息敏感区。临时占用的区域在施工结束后应进行生态恢复。

4.2.3 施工期间应采取水土保持措施，防治施工造成的水土流失。

4.3 防洪度汛施工

4.3.1 生态型混凝土护坡施工应避开主汛期。确需在主汛期施工的，应编制防洪度汛专项预案并报主管部门批准。

4.3.2 临水侧护坡施工应设置施工围堰或导流设施，施工期间应保证行洪通道畅通。

4.3.3 施工过程中应随时关注水雨情信息，遇有洪水预警时应及时组织人员和设备撤离。

4.4 环保文明施工

4.4.1 生态型混凝土护坡施工应按照 SL 492 的规定落实环境保护措施，控制施工扬尘、噪声和废水排放。

4.4.2 施工废弃物应分类收集、及时清运，不得随意堆放或倾入水体。

4.4.3 施工现场应设置环保标识和安全警示标志。施工便道和临时场地应定时洒水降尘。

5 原材料进场与检验

5.1 一般要求

- 5.1.1 生态型混凝土护坡所用原材料应按品种、规格分别存放，并设置标识牌。
- 5.1.2 进场原材料应具有质量合格证明文件，并按相关标准的规定进行进场复验，复验合格后方可使用。

5.2 生态混凝土骨料

- 5.2.1 生态混凝土粗骨料应符合 GB/T 14685 的规定，并应满足下列要求：
 - a) 宜采用单粒级配，粒径范围宜为 20mm 至 40mm；
 - b) 针片状颗粒含量应不大于 8%；
 - c) 含泥量应不大于 0.5%；
 - d) 压碎指标应不大于 12%。
- 5.2.2 生态混凝土细骨料应符合 GB/T 14684 的规定。生态混凝土细骨料宜采用中粗砂，细度模数宜为 2.3 至 3.0。

5.3 胶凝材料

- 5.3.1 生态混凝土用水泥应符合 GB 175 的规定。生态混凝土用水泥宜选用强度等级不低于 42.5 级的普通硅酸盐水泥。
- 5.3.2 生态混凝土用粉煤灰应符合 GB/T 1596 的规定。宜选用 I 级或 II 级粉煤灰。
- 5.3.3 生态混凝土用沸石粉应符合 JG/T 566 的规定。

5.4 功能性外加剂

- 5.4.1 生态混凝土宜掺用减水剂、引气剂等功能性外加剂，外加剂应符合相关标准的规定。
- 5.4.2 外加剂的掺量应通过试验确定，应不降低生态混凝土的孔隙率和强度。

5.5 土工合成材料

- 5.5.1 土工反滤布应符合设计规定的规格型号和性能指标，进场时应核出厂合格证和性能检测报告，合格后方可进场。
- 5.5.2 土工合成材料应存放在干燥通风处，应避免阳光直射和化学腐蚀。

5.6 植生营养土

- 5.6.1 植生营养土应符合 CJ/T 340 的规定，pH 值宜为 6.0 至 7.5，有机质含量应不低于 2.0%。
- 5.6.2 植生营养土不应含有杂草种子、植物病原菌和虫卵等有害生物。

5.7 预制生态砌块

- 5.7.1 预制生态砌块进场时应进行外观质量检查，砌块应棱角完整、表面平整，不应有裂缝、缺棱掉角等缺陷。
- 5.7.2 预制生态砌块的尺寸偏差应符合设计文件的规定，设计未规定时尺寸允许偏差应为 $\pm 3\text{mm}$ 。
- 5.7.3 预制生态砌块应分类码放，码放高度不宜超过 1.5m。

6 坡面基底处理

6.1 一般要求

- 6.1.1 坡面基底处理应在施工测量放样完成后进行。
- 6.1.2 处理范围应覆盖整个护坡设计区域。
- 6.1.3 坡面基底处理完成后应进行隐蔽工程验收，验收合格后方可进行后续工序施工。

6.2 坡形修整

- 6.2.1 坡面应按设计坡比进行修整，坡面应平整、密实，不应存在明显的凹凸起伏。

- 6.2.2 坡面平整度允许偏差应为 $\pm 5\text{cm}$ 。
- 6.2.3 对欠稳定或存在不良地质现象的边坡，应在完成工程治理、确认边坡稳定后方可进行护坡工程施工。
- 6.2.4 坡面修整产生的土石方应妥善处置，不得影响周边环境和行洪安全。

6.3 浮土与杂物清除

- 6.3.1 坡面应清除不稳定松散土体、浮石、树根、草皮及其他杂物。
- 6.3.2 清除后坡面应露出坚实基层。
- 6.3.3 坡面存在洞穴、裂缝等缺陷的，应采用相同材料封堵密实。

6.4 软弱地基换填

- 6.4.1 坡面地基承载力不满足设计要求时，应对软弱地基进行换填处理。换填材料的强度应满足设计要求，并分层碾压密实。
- 6.4.2 换填层的压实度应不低于设计值，设计未规定时压实度应不低于 92%。

6.5 坡顶截排水

- 6.5.1 护坡坡顶应设置截水沟，截水沟的尺寸和坡度应符合设计规定。
- 6.5.2 坡面应按照设计要求设置排水孔和排水设施，排水孔宜按照梅花形布置，孔间距不宜小于 1m，直径不宜小于 5cm，外倾坡度不宜小于 5%。
- 6.5.3 排水设施应采取防堵塞措施，排水孔出口应设置反滤层或土工布包裹。

6.6 坡脚消能防护

- 6.6.1 临水侧护坡坡脚应设置消能防护设施，包括但不限于抛石护脚、混凝土齿墙或浆砌石护脚等形式。
- 6.6.2 坡脚防护设施的顶面高程和埋深应符合设计规定。
- 6.6.3 坡脚防护应与护坡坡面衔接平顺。

7 垫层与反滤层施工

7.1 一般要求

垫层与反滤层的施工应在坡面基底处理验收合格后进行。垫层与反滤层的铺设应连续进行，分段施工时应做好接缝处理。

7.2 碎石垫层

- 7.2.1 碎石垫层的级配和厚度应符合相关的设计规定。碎石垫层宜采用级配良好、粒径不大于 40mm 的碎石。
- 7.2.2 碎石垫层应分层铺设、分层压实，每层摊铺厚度不宜大于 30cm，压实度应不低于设计值。
- 7.2.3 碎石垫层表面应平整，平整度允许偏差应为 $\pm 3\text{cm}$ 。

7.3 土工反滤布铺设

- 7.3.1 土工反滤布铺设前应对铺设基面进行整平，清除尖锐杂物，避免刺破布面。
- 7.3.2 土工反滤布的搭接应符合下列规定：
 - a) 搭接宽度在平整段应不小于 30cm，在坡面段应不小于 50cm；
 - b) 搭接处应采用缝合或粘合方式连接，连接强度应不低于母材强度的 80%；
 - c) 上游布应压在下游布之上，坡面布应从坡顶向坡脚方向铺设，上幅布应压在下幅布之上。
- 7.3.3 土工反滤布铺设后应及时覆盖保护层，应避免土工反滤布在长时间暴露在阳光下和受风雨侵蚀，影响使用。

8 现浇生态混凝土施工

8.1 一般要求

- 8.1.1 现浇生态混凝土施工应在垫层与反滤层施工验收合格后进行。浇筑前应对坡面进行洒水湿润，但不得有明水。
- 8.1.2 现浇生态混凝土的施工应符合 SL 677 的相关规定。

8.2 配合比管控

- 8.2.1 生态混凝土的配合比应根据设计要求的强度等级、有效孔隙率、渗透系数等指标，通过试验确定。
- 8.2.2 生态混凝土的水灰比宜控制在 0.28 至 0.35 之间。水灰比过低将导致混凝土和易性不足，水灰比过高将影响孔隙率控制。
- 8.2.3 生态混凝土的目标孔隙率应根据植生需求确定，现浇生态混凝土的有效孔隙率宜控制在 15%至 30%之间。
- 8.2.4 施工过程中应根据骨料含水率变化及时调整用水量，保持配合比的准确性。

8.3 拌合投料顺序

- 8.3.1 生态混凝土应采用机械搅拌，搅拌时间应较普通混凝土延长 30s 至 60s。
- 8.3.2 生态混凝土的投料顺序宜按下列规定执行：
- a) 先投入粗骨料和部分拌合水进行预湿；
 - b) 再加入胶凝材料 and 外加剂；
 - c) 最后加入剩余拌合水，继续搅拌至均匀。
- 8.3.3 搅拌地点距作业面的运输时间不宜超过 0.5h。当运输时间超过 0.5h 时，应采取相应措施保证生态混凝土的施工质量。
- 8.3.4 生态混凝土从搅拌机出料至浇筑完毕的允许最长时间，应根据水泥初凝时间和施工气温确定，按表 1 的规定执行。

表 1 生态混凝土出料至浇筑完毕允许最长时间

施工气温（℃）	允许最长时间（h）
5 ≤ t < 10	2.0
10 ≤ t < 20	1.5
20 ≤ t < 30	1.0
30 ≤ t < 35	0.5

8.4 滑模与喷射浇筑

- 8.4.1 大面积坡面现浇宜采用滑模浇筑工艺。滑模的行走速度应根据混凝土的凝结时间和出模强度进行控制。
- 8.4.2 喷射浇筑应采用湿喷工艺，喷射压力应控制在 0.4MPa 至 0.8MPa。分层喷射时，后一层喷射应在前一层初凝前完成。
- 8.4.3 对于坡度大于 45° 的陡坡，应在坡面铺设钢筋网，网孔尺寸不应大于 5cm×5cm，网片搭接尺寸不应小于 1m，并采用锚杆固定。
- 8.4.4 锚杆长度应根据坡面岩体破碎情况确定，长锚杆不应小于 100cm，短锚杆不应小于 50cm。长锚杆与短锚杆应交错排列，纵横间距不应小于 1m。

8.5 低频振捣控制

- 8.5.1 生态混凝土浇筑后应采用专用的低频振动设备进行振捣，应不采用高频振捣棒或振捣器直接振捣。
- 8.5.2 振捣时间应根据混凝土的流动性进行确定，应以混凝土表面泛浆、无气泡逸出为度，不应过度振捣。
- 8.5.3 过度振捣将导致胶凝材料浆体沉积堵塞孔隙，应采取防堵措施，确保混凝土的连续孔隙结构不被破坏。

8.6 防孔隙堵塞

- 8.6.1 浇筑过程中应避免泥土、杂物落入混凝土拌合物中堵塞孔隙。
- 8.6.2 浇筑完成后应及时清理坡面浮浆，采用高压水枪冲洗或毛刷刷洗表面，露出骨料表面。
- 8.6.3 坡面边缘、变形缝两侧等部位应重点保护，防止浆体淤积堵塞孔隙。

9 预制生态混凝土块安装

9.1 一般要求

- 9.1.1 预制生态混凝土块安装前应对垫层进行验收，垫层表面应平整、密实。
- 9.1.2 预制块安装应自下而上进行，从坡脚向坡顶方向逐层铺砌。
- 9.1.3 砌筑应从坡脚设置的混凝土或浆砌石条埂一侧开始，由堤脚向堤肩方向进行。

9.2 块体吊装拼接

- 9.2.1 预制块的吊装应采用专用吊具，吊装过程中应避免磕碰损伤。单块预制块重量超过 50kg 时，应采用机械辅助安装。
- 9.2.2 预制块的拼接缝宽度应控制在 2mm 至 5mm 之间。相邻块体的高差应不大于 3mm。
- 9.2.3 预制块安装线应平顺。坡面纵向和横向的缝线应通直，偏差应不大于 5mm。

9.3 缝隙填充

- 9.3.1 预制块间的缝隙应采用设计要求的方式进行填充，可采用种植土、碎石或专用填缝材料。
- 9.3.2 用于植生的缝隙填充应保证填充密实，填充后表面应略低于砌块顶面。

9.4 鱼巢型护坡内部回填

- 9.4.1 鱼巢型预制砌块安装前应检查砌块的鱼巢腔室尺寸，应满足设计要求。
- 9.4.2 鱼巢型护坡的砌块背水面应与坡面反滤层贴合紧密，回填土应分层压实。
- 9.4.3 鱼巢腔室内不应被回填土堵塞，应保持腔室清洁和通畅。

9.5 抗滑移锚固

- 9.5.1 坡度大于 45° 的预制生态块护坡应设置抗滑移锚固措施。
- 9.5.2 锚固件的材质、间距和埋深应符合设计规定。
- 9.5.3 锚固件安装后应与预制块连接牢固。

9.6 运输与装卸防护

- 9.6.1 预制生态混凝土块在运输和装卸过程中应采取防碰撞、防破损措施。运输车辆的车厢底部和侧壁应铺设柔性缓冲材料。
- 9.6.2 装卸时应使用专用吊具或叉车进行，装卸过程中应避免砌块相互碰撞和自由跌落。

9.7 现场堆放

预制生态混凝土块在施工现场的堆放应符合下列规定：

- a) 堆放场地应平整、坚实，并具有良好的排水条件；
- b) 砌块应按照型号、规格、强度等级分别码放，不得混杂堆放；
- c) 砌块的码放高度应根据砌块形状和尺寸确定，块体高度小于等于 15cm 的薄型砌块码放高度不宜超过 1.2m，块体高度大于 15cm 的厚型砌块码放高度不宜超过 1.5m；
- d) 码放时应采取防倾覆措施，上下层砌块之间应设置垫木或柔性隔离材料。

9.8 安装前垫层复查

- 9.8.1 预制生态混凝土块安装前应对垫层或反滤层施工质量进行复查，复查内容包括垫层厚度、级配、压实度及表面平整度。
- 9.8.2 垫层表面高程偏差应控制在设计高程的±2cm 以内。

9.8.3 垫层表面存在凹凸不平或松散颗粒时，应在砌块安装前进行修整和压实。

9.9 安装过程控制

预制生态混凝土块的安装过程控制应符合下列规定：

- a) 预制块安装应从坡脚向坡顶方向逐层进行，每层安装前应在坡面设置控制线，控制线水平间距不宜大于 10m；
- b) 安装过程中应随时采用水平尺和拉线检查砌块的水平度和纵向顺直度，相邻砌块之间的高差应不大于 3mm；
- c) 每安装完成 3 层至 5 层后，应进行一次全面检查，发现偏差应及时调整；
- d) 砌筑缝宽度应控制在 3mm 至 8mm 之间，缝宽超过 8mm 时应用同强度等级细石混凝土或专用填缝材料填充。

9.10 砌块表面清理

预制生态砌块安装完成后，应对砌块表面的泥土、灰浆等污染物进行清理。清理时应采用软毛刷或低压水冲洗，不应采用高压水枪直接冲击砌块表面，防止破坏砌块表层结构和植生孔。

9.11 鱼巢型砌块安装

鱼巢型生态护坡砌块的安装应符合下列规定：

- a) 安装前应逐块检查鱼巢腔室是否完整通畅，腔室内存在杂物或堵塞物的应在安装前清理干净；
- b) 鱼巢砌块背水面应与坡面反滤层或土工布贴合紧密，两者之间空隙应不大于 5mm，超过时应采用碎石或砂砾料填塞密实；
- c) 鱼巢腔室在砌块安装完成后应保持开放状态，不得被回填土或其他材料堵塞。

9.12 特殊部位处理

坡面转折部位、变形缝两侧及坡顶坡脚衔接部位的处理应符合下列规定：

- a) 坡面转折部位应根据转折角度对砌块进行切割加工，切割面应平整，切割尺寸偏差应不大于 2mm；
- b) 变形缝宽度应符合设计要求，缝内应填充柔性密封材料；
- c) 坡顶部位砌块应与坡顶截水沟或压顶梁可靠衔接，坡脚部位砌块应嵌入坡脚齿墙或消能防护设施内，嵌入深度应不小于设计值。

9.13 外观质量检查

9.13.1 预制生态块护坡坡面安装完成后应进行外观质量检查，检查项目包括砌块有无裂缝、缺棱掉角、表面破损，砌筑缝是否饱满密实，坡面是否平整顺直。

9.13.2 外观质量检查应在砌块安装完成后 24h 内进行，检查发现的质量缺陷应在 72h 内完成整改。

9.14 安装质量允许偏差

预制生态混凝土块安装质量的允许偏差应符合表3的规定。

表 2 预制生态混凝土块安装质量允许偏差

检查项目	允许偏差	检查频率	检查方法
坡面平整度	±3cm	每20m检查一处	2m靠尺量测
相邻块高差	≤3mm	每10m检查一处	钢尺量测
砌筑缝宽度	3mm~8mm	每10m检查一处	钢尺量测
纵向缝线顺直度	≤5mm/10m	每20m检查一处	拉线钢尺量测
横向缝线顺直度	≤5mm/10m	每20m检查一处	拉线钢尺量测
砌块顶面高程	±2cm	每20m检查一处	水准仪测量
坡面坡度	不大于设计坡比偏差的2%	每50m检查一处	坡度尺量测

10 植生配套施工

10.1 一般要求

- 10.1.1 植生配套施工应在生态混凝土结构层施工完成且养护期满后进行。
- 10.1.2 植生施工前应确认生态混凝土的连续孔隙结构完整，未被堵塞。

10.2 生态孔隙营养土填充

- 10.2.1 植生营养土应填充至生态混凝土的连续孔隙中。填充应采用人工或机械方式，确保填充密实、均匀。
- 10.2.2 植生营养土的含水率宜控制在 40%至 60%，填充后应保持孔隙内营养土不脱落、不流失。
- 10.2.3 填充深度应根据植生需要和混凝土孔隙尺寸确定，宜填充至距混凝土表面 2cm 至 3cm 处。

10.3 表层覆土厚度

- 10.3.1 生态混凝土护坡表层应覆盖种植土。
- 10.3.2 覆土厚度应根据植物种类确定，草本科植物覆土厚度宜为 5cm 至 10cm，灌木类植物覆土厚度宜为 15cm 至 25cm。
- 10.3.3 覆土应均匀摊铺，表面应平整，覆土后的坡面应满足设计坡度和排水要求。

10.4 本土植物栽植

- 10.4.1 护坡绿化植物应优先选用本地适生乡土植物物种，不应引入外来入侵物种。
 - a) 植物品种的选择应满足下列要求：
 - b) 根系发达，固土能力强；
 - c) 耐水淹、耐干旱，适应水位变化；
 - d) 生长速度快，覆盖效果好；
 - e) 具有景观价值和生态功能。
- 10.4.2 植物栽植方式可采用撒播、喷播或穴植。撒播和喷播应保证种子分布均匀，穴植应保证栽植密度符合设计要求。
- 10.4.3 水生植物栽植宜在春季气温稳定回升后进行，栽植水位应符合植物生长要求。

10.5 汛期防护措施

- 10.5.1 植生施工完成后的第一个汛期，应设置防护设施防止植被被冲刷破坏。
- 10.5.2 汛期前应对新植植被进行加固，可采用覆盖可降解生态网或设置临时拦水埂等方式。
- 10.5.3 汛期后应及时检查植被受损情况，对冲刷缺失区域进行补植。

10.6 植生前坡面清理

- 10.6.1 植生配套施工开始前，应对生态混凝土护坡坡面进行清理。清理范围包括坡面残留的浮浆、松散颗粒、油污及其他影响植物生长的杂物。
- 10.6.2 清理应采用低压水冲洗或人工清除方式，不得采用化学清洗剂。清理完成后坡面应保持清洁，等待植生施工的时间不宜超过 48h。

10.7 植生基材配制

- 10.7.1 植生基材应在施工现场按照设计配比进行配制。基材配制所用原材料包括种植土、有机肥、草炭土、保水剂、粘合剂及缓释肥等。
- 10.7.2 各种原材料的计量应采用重量计量方式，计量误差应控制在 5%以内。配制时应先将固体材料充分混合均匀，再加入适量水搅拌至手捏成团、落地即散的稠度状态。
- 10.7.3 基材配制完成后应在 48h 内使用完毕，超过时限的应重新配制。

10.8 孔隙内基材填充

生态混凝土孔隙内填充植生基材应符合下列规定：

- a) 应采用专用工具进行填充，确保填充密实、饱满，填充工具可选用细长漏斗、挤压式注料器或气压式喷播设备；
- b) 填充应从坡面上方开始逐步向下进行，边填充边用细棒轻轻捣实；

- c) 每完成一个区域的填充应检查填充深度，填充深度未达到要求的应进行补填，补填后再次检查确认。

10.9 表层覆土作业

- 10.9.1 表层覆土应在孔隙填充完成后进行，覆土应均匀覆盖于坡面。覆土可采用人工撒铺或机械喷播方式。人工撒铺适用于面积较小的护坡，机械喷播适用于大面积护坡。
- 10.9.2 覆土完成后应用刮板刮平表面，使表面平整度达到设计要求。

11 养护施工

11.1 混凝土保湿养护

- 11.1.1 生态混凝土浇筑或安装完成后应及时进行养护。养护应采用覆盖保湿方式。
- 11.1.2 养护期不应少于 7 天。养护前 3 天应保持覆盖物湿润，出现发干变白时应及时洒水保湿。
- 11.1.3 养护期间应保护覆盖物完整，破损时应立即修补。洒水养护应采用雾状水，不应采用高压水流直接冲刷混凝土表面。

11.2 植被初期保墒

- 11.2.1 植被栽植后应及时浇水保墒。浇水应均匀、适量，应避免水流冲刷坡面。
- 11.2.2 植被初期管护期不应少于 90 天。管护期内应根据天气和土壤墒情及时补水和追肥。
- 11.2.3 植被成活率应在出苗后 60 天进行统计，成活率应不低于 85%。

11.3 防冻融养护

- 11.3.1 气温低于 5℃时，生态混凝土施工和养护应采取保温防冻措施。
- 11.3.2 冬季施工的生态混凝土应掺加防冻外加剂，并采用保温材料覆盖养护。

11.4 防冲刷养护

- 11.4.1 水位变动区的生态混凝土护坡，在养护期内应避免水位骤变引起的冲刷。
- 11.4.2 汛期和暴雨期应加强护坡巡查，发现冲刷破坏应及时修补。

11.5 养护阶段划分

- 11.5.1 生态型混凝土护坡养护应分为混凝土养护和植被养护两个阶段。混凝土养护自浇筑或安装完成后开始，持续不少于 7d。植被养护自植生施工完成后开始，持续不少于 90d。
- 11.5.2 两个养护阶段应统筹安排，养护措施不得相互干扰。

11.6 养护记录

- 11.6.1 混凝土养护期间应建立养护记录。养护记录内容包括养护日期、养护时段、养护方式、环境温度、湿度、养护责任人及养护过程中发现的问题和处理情况。
- 11.6.2 养护记录应真实完整，作为施工质量验收的依据之一。

11.7 补植

- 11.7.1 植被养护期内出现局部植被枯死或生长不良时，应及时进行补植。补植应在发现问题后 15d 内完成，补植所用品种和规格应与原栽植植物一致。
- 11.7.2 补植完成后应加强养护管理，确保补植植物成活

12 施工质量与生态验收

12.1 一般要求

- 12.1.1 生态型混凝土护坡工程完工后应进行施工质量与生态专项验收。验收应在养护期满后进行的。
- 12.1.2 验收应按分部分项工程逐级进行，隐蔽工程验收应有影像资料记录。

12.2 结构安全检测

- 12.2.1 生态混凝土强度检测应符合下列规定：
- a) 现浇生态混凝土应按照 GB/T 50107 的规定进行强度检验评定；
 - b) 试件应在浇筑地点随机取样制作；
 - c) 设计强度等级不低于 C15 的生态混凝土，28 天抗压强度应满足设计要求。
- 12.2.2 护坡稳定性检测应符合设计要求和 SL 260 的规定。坡面应平整、无滑移、无塌陷。
- 12.2.3 预制生态砌块的安装应稳固、无松动，拼接缝应平顺、符合设计要求。

12.3 生态指标检测

- 12.3.1 有效孔隙率的检测应按表 2 规定的指标执行。
- 12.3.2 渗透系数的检测应按表 2 规定的指标执行。
- 12.3.3 植被覆盖率的检测应在植物生长期结束后进行。植被覆盖率应不低于设计值，设计未规定时一年生长期内植被覆盖率应不低于 90%。
- 12.3.4 生态指标应符合表 2 的规定。

表 3 生态型混凝土护坡生态指标要求

检测项目	指标要求	检测方法
有效孔隙率	不低于15%，不低于设计值	排水法或图像分析法
渗透系数	不低于 $1\times10^{-2}\text{cm/s}$ ，不低于设计值	常水头或变水头渗透试验
植被覆盖率	一年生长期内不低于90%	网格法或拍照分析法
物种多样性	不少于3种本土植物	样方调查法

12.4 分部分项验收

- 12.4.1 生态型混凝土护坡工程的质量验收划分为单位工程、分部工程和单元工程逐级验收。
- 12.4.2 各分部分项工程的验收应提交完整的施工记录、检测报告和影像资料。
- 12.4.3 验收不合格的项目应限期整改，整改完成后重新组织验收。