

ICS 27.140

NB

P 59

备案号: J2249-2016

中华人民共和国能源行业标准

P

NB/T 35082-2016

水电工程陡边坡植被混凝土

生态修复技术规范

Technical code for eco-restoration of vegetation concrete
on steep slope of hydropower projects

2016-08-16 发布

2016-12-01 实施

国家能源局

发布

中华人民共和国能源行业标准

水电工程陡边坡植被混凝土

生态修复技术规范

Technical code for eco-restoration of vegetation concrete
on steep slope of hydropower projects

NB/T 35082-2016

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2016 年 12 月 1 日

中国电力出版社

2016 北京

国家能源局

公 告

2016 年 第 6 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52 号）有关规定，经审查，国家能源局批准《核电厂常规岛及辅助配套设施建设施工质量验收规程第 8 部分：保温及油漆》等 144 项行业标准，其中能源标准（NB）75 项和电力标准（DL）69 项，现予以发布。

附件：行业标准目录

国家能源局

2016 年 8 月 16 日

附件：

行业标准目录

序号	标准 编号	标准名称	代替 标准	采标号	批准 日期	实施 日期
...						
32	NB/T 35082- 2016	水电工程陡边坡植 被混凝土生态修复 技术规范			2016-08-16	2016-12-01
...						

前 言

根据《国家能源局关于下达 2014 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2014〕298 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规范的主要技术内容是：基本资料、截排水、灌溉、加固、植物、植被混凝土、施工、养护管理、检验。

本规范由国家能源局负责管理，由水电水利规划设计总院提出并负责日常管理，由能源行业水电规划水库环保标准化技术委员会负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送水电水利规划设计总院（地址：北京市西城区六铺炕北小街 2 号，邮编：100120）。

本规范主编单位：三 峡 大 学

水电水利规划设计总院

本规范参编单位：水利部水土保持植物开发管理中心

中国水利水电第七工程局有限公司

中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司

中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司

中国葛洲坝集团勘测设计有限公司

中国葛洲坝集团第六工程有限公司

中国葛洲坝集团基础工程有限公司

本规范主要起草人员： 许文年 周明涛 夏振尧 刘大翔
丁 瑜 许 阳 崔 磊 赵冰琴
杨悦舒 李铭怡 夏 栋 陈芳清
王建柱 李桂媛 张文丽 赵家成
裴得道 吴江涛 郭 萍 李少丽
吴少儒 孙 超 黄晓乐 席 敬
邰源临 陈玉英 姜 昊 朱士江
单 婕 杨晓涛 魏 平 李正兵
陈平平 姚明辉 王 衡 马经春
孙昌忠 焦家训 李汉涛 黄 蒙
张玉莉 林本华 毛 羽 艾 磊

本规范主要审查人员： 万文功 喻卫奇 李建林 陈胜利
卢兆钦 赵心畅 操昌碧 张习传
陈求稳 常剑波 谭少华 毛跃光
张国栋 周宜红 李仕胜

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本资料	3
4	截排水	5
5	灌 溉	7
6	加 固	8
7	植 物	10
8	植被混凝土	12
	8.1 材 料	12
	8.2 配 制	14
	8.3 喷 植	16
9	施 工	19
	9.1 施工准备	19
	9.2 施工程序	19
10	养护管理	21
	10.1 苗 期	21
	10.2 生长期	22
11	检 验	23
	11.1 材 料	23
	11.2 植被混凝土	24
	附录 A 基本资料调查内容及记录格式	25
	附录 B 施工分项验收单	31
	附录 C 主要材料检验内容及记录格式	34
	附录 D 植被混凝土检验内容及记录格式	40
	本规范用词说明	41
	引用标准名录	42
	附：条 文 说 明	43

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Data	3
4	Drainage	5
5	Irrigation	7
6	Reinforcement	8
7	Vegetation	10
8	Vegetation Concrete	12
	8.1 Materials	12
	8.2 Proportioning	14
	8.3 Spraying.....	16
9	Construction	19
	9.1 Construction Preparation	19
	9.2 Construction Procedure.....	19
10	Maintenance and Management	21
	10.1 Seedling Stage.....	21
	10.2 Growth Stage	22
11	Inspection	23
	11.1 Material.....	23
	11.2 Vegetation Concrete.....	24
	Appendix A Investigation Contents and Record Formats of Basic Data	25
	Appendix B Receiving Reports of Construction Processes	31
	Appendix C Inspection Contents and Record Formats of Main Materials	34
	Appendix D Inspection Contents and Record Formats of Vegetation Concrete	40
	Explanation of Wording in this Code	41
	List of Normative Standards	42
	Addition:Explanation of Provisions	43

1 总 则

1.0.1 为规范水电工程陡边坡植被混凝土生态修复工程的设计与施工，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于水电工程坡度为 $45^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 的稳定边坡，亦可用于其他工程同类边坡。

1.0.3 植被混凝土生态修复应在边坡安全稳定的基础上开展，其边坡稳定性应考虑植被混凝土生态修复工程对坡体产生的附加荷载及作用。

1.0.4 水电工程陡边坡植被混凝土生态修复应遵循可持续原则。

1.0.5 水电工程陡边坡植被混凝土生态修复应综合考虑水文气象条件、边坡状况、植被、施工条件、工程投资等因素，因地制宜，合理设计、精心施工、加强养护与管理。

1.0.6 边坡分为硬质边坡、软质边坡、土石混合边坡、瘠薄土质边坡四类，不同边坡应不同处理。

1.0.7 水电工程陡边坡植被混凝土生态修复，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 植被混凝土 vegetation concrete

由种植土、水泥、生境基材有机料、生境基材改良剂、植物种子和水混合而成的拌合物，具有抗冲刷性强、肥力高以及固液气三相分布合理的特性，是一种典型的生境基材。

2.0.2 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材料，经粉碎、混配、堆置发酵等工序处理后，用做植被混凝土配料的颗粒状物质。

2.0.3 生境基材改良剂 amendment of habitat material

用于改善植被混凝土微生物环境和 pH 值、肥力、保水性、结构等理化性状的细粒状物质。

2.0.4 坡顶集水区 watershed of slope crest

为了补给边坡植物生态用水，在坡顶截水沟至修复坡面上缘之间设置的集水区域。

3 基本资料

3.0.1 工程设计前应对项目区域的基本资料进行调查，掌握气象、地质、水源、表土资源、天然有机料、植物等信息。

3.0.2 气象资料调查应符合下列要求：

1 调查内容主要应包括地带类型、气候类型、多年平均年日照时数、多年平均气温、极端最高气温、极端最低气温、多年平均年降水量、多年平均年蒸发量、无霜期、冰冻期、大于等于 10℃有效积温、风速情况。

2 调查方法宜以收集和分析资料为主，辅以必要的现场调查。

3.0.3 地质资料调查应符合下列要求：

1 调查内容主要应包括边坡岩土类型、边坡面积、边坡坡向、最大坡度、最大垂直高度、地下水状况、坡面渗水状况、坡体稳定状况、边坡形态。

2 调查方法宜以收集和分析资料为主，辅以必要的现场调查。

3.0.4 水源资料调查应符合下列要求：

1 调查内容主要应包括自来水、井水、河湖水等水源类型，以及其供水量、距离、落差、取用成本。

2 调查方法宜以现场调查为主，辅以资料分析。

3.0.5 表土资源资料调查应符合下列要求：

1 调查内容主要应包括类型、质地、结构、取用成本及可供量，应优先调查工程占压或扰动区的耕植土。

2 调查方法宜以现场调查为主，辅以资料分析。

3.0.6 天然有机料资料调查应符合下列要求：

1 调查内容主要应包括农家肥、秸秆、谷糠、锯末、糟粕等天然有机料类型、可获取量、取用成本。

2 调查方法宜以现场调查为主，辅以资料分析。

3.0.7 植物资料调查应符合下列要求：

1 调查内容主要应包括坡面周边地带性植被类型、乡土植物种类。

2 调查方法宜以现场调查为主，必要时辅以样方调查。

3.0.8 基本资料调查内容及记录格式应符合本规范附录 A 的规定。

4 截排水

4.0.1 在截排水设计时,对于具备条件的边坡应在坡面上缘与坡顶截水沟之间设置坡顶集水区(图 4.0.1),用于补充坡面植被生态用水需求。

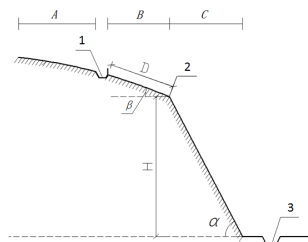


图 4.0.1 坡顶集水区

1—坡顶截水沟; 2—坡面上缘; 3—坡脚排水沟;

α —边坡坡度; β —坡顶集水区坡度; A—自然边坡; B—坡顶集水区;

C—边坡; H —边坡垂直高度; D —坡顶截水沟下缘至坡面上缘距离

4.0.2 设置坡顶集水区时,坡顶截水沟下缘至坡面上缘的距离宜按下式计算:

$$D = \frac{2.94\eta\psi H^{0.32}}{(\cos\alpha)^{0.06} \cos\beta} \quad (4.0.2)$$

式中: D —坡顶截水沟下缘至坡面上缘距离(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,多年平均年降水量 400mm~600mm 时取 1.15~1.10, 600mm~800mm 时取 1.10~1.05, 800mm~1200mm 时取 1.05~1.00, 1200mm~1600mm 时取 1.00~0.95, 1600mm~2000mm 时

取 0.95~0.90，大于 2000mm 时取 0.90~0.85；

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（°）；

β — 坡顶集水区坡度（°）。

4.0.3 边坡排水设计应按现行行业标准《水电水利工程边坡设计规范》DL/T 5353 有关规定执行。

4.0.4 坡面的截排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 1645 和《水土保持工程设计规范》GB 51018 的有关规定。

5 灌 溉

5.0.1 植被混凝土生态修复工程应设置灌溉系统，灌溉系统宜采用固定式喷灌或滴灌的形式。

5.0.2 灌溉用水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，必要时应进行过滤处理。

5.0.3 宜将浇水、施肥、喷洒药剂防治病虫害等工作结合起来组合灌溉。

5.0.4 灌溉系统的选材、布设应符合现行国家标准《农田低压管道输水灌溉工程技术规范》GB/T 20203 的有关规定。

5.0.5 灌溉基本参数应符合表 5.0.5 的有关规定。

表 5.0.5 灌溉基本参数

序号	基本参数	测定方法	指标
1	灌溉强度	水量收集法	12 mm/h~18 mm/h
2	灌溉均匀度	目测法	≥ 0.85
3	灌溉覆盖率	目测法	≥ 0.98
4	水滴直径	滤纸法	1.0 mm~3.0mm

5.0.6 灌溉应符合下列要求：

1 应结合自然降水、坡面蒸发来确定灌溉时间和水量，以满足植物生长需要。

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；为预防病虫害，夏季应避免在傍晚灌溉。

6 加 固

6.0.1 应在植被混凝土中设置锚钉和挂网，使植被混凝土固定在坡面上。

6.0.2 锚钉设置应满足植被混凝土的安全稳定要求，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 18mm。
- 3 坡面锚钉间距最大值宜按下式进行计算：

$$d = 30 \left[K + \frac{1}{\sin(a - 30^\circ)} \right] - 20 \quad (6.0.2-1)$$

式中： d — 坡面锚钉间距（cm）；

K — 边坡类型相关系数，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，瘠薄土质边坡取 1.1。

符合现行国家标准《工程岩体分级标准》GB 50218 基本质量级别中的 I、II、III 级边坡及混凝土边坡、浆砌块料边坡划归为硬质岩边坡。符合现行国家标准《工程岩体分级标准》GB 50218 基本质量级别中的 IV、V 级边坡划归为软质岩边坡。由坚硬岩石碎块和砂土颗粒或砾质土组成的边坡划归为土石混合边坡。黏性土边坡、砂性土边坡、黄土边坡等划归为瘠薄土质边坡。

- 4 边坡周边锚钉间距应取式（6.0.2-1）计算值的 1/2。
- 5 坡面锚钉长度最小值宜按下式计算：

$$L = \frac{35}{(K-0.2)^2} + 45\sin(a-30^\circ) + 10 \quad (6.0.2-2)$$

式中： L —坡面锚钉长度（cm）。

6 边坡周边锚钉长度应在式（6.0.2-2）计算值的基础上增加20cm。

7 锚钉应进行防腐处理。

8 锚钉应安装稳固，出露坡面长度应控制在 8cm~12cm，且倾角宜为 5°~20°。

6.0.3 挂网设置应符合下列规定：

1 应选料丝直径不小于 2.0mm 的机编活络铁丝挂网，或最大拉伸力不小于 6.0kN/m 且抗老化性不小于 15a 的柔性塑料挂网。

2 网孔直径宜为 50mm~75mm。

3 机编活络铁丝挂网应过塑或镀锌防腐。

4 相邻挂网搭接宽度宜为 100mm~150mm。

6.0.4 挂网与锚钉、挂网与挂网之间均应绑扎牢固，且挂网与坡面的间距宜为喷植总厚度的 2/3。

7 植 物

7.0.1 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。

7.0.2 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 苗木应根系发达，株型茁壮，无伤苗，茎、叶无污染，无病虫害。
- 3 采购的植物种苗应有国内检验检疫合格证。

7.0.3 植物配置应遵循下列原则：

- 1 宜与周边环境相协调，草、灌及藤本植物合理搭配，硬质岩边坡、软质岩边坡宜以草本植物为主，土石混合边坡、瘠薄土质边坡宜以灌木为主。
- 2 宜根据所调查的基本资料，进行冷季型与暖季型植物的组合配置。
- 3 应避免选用相互排斥的植物物种。

7.0.4 植物种苗预处理应满足下列要求：

- 1 应复核植物种子的纯净度、发芽率、千粒重。

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。

7.0.5 植物种子播种量宜按下列公式计算：

$$A = \sum k_i A_i \quad (7.0.5-1)$$

$$A_i = \frac{N_i \cdot Z_i}{(1 - R_i) \cdot C_i \cdot F_i} \times 10^{-3} \quad (7.0.5-2)$$

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（%）， $\sum k_i = 1$ ，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_i—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》GB 2772 的相关规定执行。

8 植被混凝土

8.1 材 料

8.1.1 植被混凝土应由种植土、生境基材有机料、水泥、生境基材改良剂、植物种子和水等材料按需配制而成。

8.1.2 种植土应符合下列要求：

- 1 应根据所调查的表土资源资料，选取适宜表土土源。
- 2 取用的表土经风干、粉碎、过筛等工序处理后，主要理化指标及要求宜符合表 8.1.2 的规定。

表 8.1.2 种植土主要理化指标及要求

序号	项目	指标要求
1	总镉	$\leq 1.5\text{mg/kg}$
2	总汞	$\leq 1.0\text{mg/kg}$
3	总铅	$\leq 1.2 \times 10^2\text{mg/kg}$
4	总铬	$\leq 70\text{mg/kg}$
5	总砷	$\leq 10\text{mg/kg}$
6	总镍	$\leq 60\text{mg/kg}$
7	总锌	$\leq 3.0 \times 10^2\text{mg/kg}$
8	总铜	$\leq 1.5 \times 10^2\text{mg/kg}$
9	pH 值	5.5~8.5
10	含盐量	$\leq 1.5\text{g/kg}$
11	总养分	$\geq 0.20\%$

续表 8.1.2

序号	项目	指标要求
12	粒径	$\leq 8.0\text{mm}$
13	含水率	$\leq 20\%$

注：1 重金属指标以土壤烘干质量计。

2 重金属、pH 值、含盐量、总养分的检验方法应按现行国家标准《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166 的相关规定执行；粒径采用吸管法检测；含水率采用烘干法检测。

3 总养分=全氮（以 N 计）+全磷（以 P_2O_5 计）+全钾（以 K_2O 计）。

8.1.3 生境基材有机料应符合下列要求：

- 1 根据所调查的天然有机料资料，宜选用若干种组成。
- 2 选用的天然有机料经粉碎、混合、堆置发酵等工序处理后，

主要指标及要求宜符合表 8.1.3 的规定：

表 8.1.3 生境基材有机料主要指标及要求

序号	项目	指标要求
1	粒径	$\leq 8.0\text{mm}$
2	pH 值	5.5~8.5
3	EC 值	0.50 mS/cm~3.0mS/cm
4	总养分	$\geq 1.5\%$
5	含水率	$\leq 20\%$
6	通气孔隙度	$\geq 15\%$

注：表中各指标的检测方法应按现行行业标准《绿化用有机基质》LY/T

1970

的相关规定执行。

8.1.4 水泥宜选用普通硅酸盐水泥，标号宜采用 P.O 42.5，主要性能指标应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。

8.1.5 生境基材改良剂主要指标及要求应符合表 8.1.5 的规定：

表 8.1.5 生境基材改良剂主要指标及要求

序号	项目	指标要求
1	比表面积	$\geq 1.5 \times 10^2 \text{m}^2/\text{kg}$
2	保水力	$13 \text{ kg/cm}^2 \sim 15 \text{ kg/cm}^2$
3	微生物数目	$1.0 \times 10^8 \text{ CFU/g} \sim 1.0 \times 10^9 \text{ CFU/g}$
4	总养分	$\geq 8.5\%$
5	pH 值	≤ 4.5

注：比表面积采用勃氏法检测，保水力、微生物数目、总养分和 pH 值的监测方法应

按现行国家标准《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166 的相关规定执行。

8.1.6 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。

8.2 配 制

8.2.1 植被混凝土分为基层和面层，两者应分别配制。基层配制时，固相拌和料由种植土、生境基材有机料、水泥和生境基材改良剂组成；面层配制时增加植物种子。

8.2.2 以种植土体积为基准，生境基材有机料、水泥、生境基材改良剂的用量应符合下列规定：

1 生境基材有机料用量宜按下式计算：

$$V_{om} = (0.25 + 0.35K_a K \frac{\alpha - 45^\circ}{90^\circ}) V_{ps} \quad (8.2.2-1)$$

式中： V_{om} —生境基材有机料体积（ m^3 ）；

V_{ps} —种植土体积（ m^3 ）；

K_a —地带相关系数，按表 8.2.2 选取。

表 8.2.2 地带相关系数 K_a

地带	气候大区	
	湿润区 A	亚湿润区 B
中温带	1.05	1.10
暖温带	1.00	1.05
北亚热带	1.00	-
中亚热带	1.00	-
南亚热带	0.950	1.05
边缘热带	0.900	0.950
中热带	0.900	-
高原亚热带山地	0.950	
高原温带	1.05	1.10

2 水泥用量宜按下式计算：

$$M_c = K_l(0.06 + 0.07 \frac{K}{K_a} \frac{\alpha - 45^\circ}{90^\circ}) V_{ps} \rho_{ps} \quad (8.2.2-2)$$

式中： M_c —水泥质量（kg）；

ρ_{ps} —种植土干密度（ kg/m^3 ）；

K_l —基层和面层相关系数，基层取 1.0，面层取 0.5。

3 生境基材改良剂用量宜按下式计算：

$$M_{aa} = 0.5M_c \quad (8.2.2-3)$$

式中： M_{aa} —生境基材改良剂质量（kg）。

8.2.3 固相拌和料拌制时应符合下列规定：

- 1 应在施工现场或就近采用机械拌制，拌制应均匀。
- 2 投料时，应先投放种植土，再投放生境基材有机料、水泥、生境基材改良剂，最后投放植物种子。
- 3 单次拌制时间应控制在 3min~5min。

8.2.4 用水量应使喷植在坡面的植被混凝土不散落不流淌。

8.3 喷 植

8.3.1 喷枪的喷射角应控制在 15° 以内，喷枪口与坡面间距宜为 0.8m~1.2m。

8.3.2 喷植应分两次进行，先喷植基层，再喷植面层。

8.3.3 固相拌合料拌制后应在 6h 内喷植使用。

8.3.4 基层喷植厚度应符合表 8.3.4 的规定，面层喷植厚度宜为 20mm。

表 8.3.4 基层喷植厚度

边坡类型	多年平均年降水量（mm）	坡度	厚度（mm）
硬质岩边坡	≤900	70°~85°	90
		45°~70°	100

续表 8.3.4

边坡类型	多年平均年降水量 (mm)	坡度	厚度 (mm)
硬质岩边坡	>900	70°~85°	80
		45°~70°	90
软质岩边坡	≤900	65°~85°	80
		45°~65°	90
	>900	65°~85°	70
		45°~65°	80
土石混合边坡	≤900	65°~85°	60
		45°~65°	70
	>900	65°~85°	50
		45°~65°	60
瘠薄土质边坡	≤600	45°~85°	50
	600~1200		40
	≥1200		30

8.3.5 面层与基层喷植时间间隔应控制在 4h 以内。

8.3.6 喷植应均匀, 防止漏喷, 重点关注坡面的凹凸及死角部位。

8.3.7 风速大于 10.8m/s 或降水时不宜喷植施工。

8.3.8 植被混凝土喷植应及时检验, 如检验不合格应及时调整材料配比, 检验指标及要求应符合表 8.3.8 的规定。

表 8.3.8 植被混凝土检验指标及要求

序号	项目	检测方法	指标要求		
			1d	3d	≥28d
1	容重	环刀法	$1.3 \text{ g/cm}^3 \sim 1.7 \text{ g/cm}^3$		
2	通气孔隙率	环刀法	$\geq 25\%$		
3	pH 值	电位法（水浸提）	6.0~8.5		
4	含水率	烘干法	$\geq 15\%$		
5	水解氮	碱解-扩散法	$\geq 60 \text{ mg/kg}$		
6	有效磷	钼锑抗比色法	$\geq 20 \text{ mg/kg}$		
7	速效钾	火焰光度法	$\geq 1.0 \times 10^2 \text{ mg/kg}$		
8	收缩恢复度	环刀法	$\geq 90\%$		
9	微生物数目	按现行国家标准《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166 的相关规定执行	$\geq 1.0 \times 10^6 \text{ CFU/g}$		
10	无侧限抗压强度（MPa）	按现行行业标准《公路土工试验规程》JTJ 051 的相关规定执行	0.25~0.45	0.40~0.55	≥ 0.38
11	侵蚀模数（降雨强度 80mm/h）	按现行行业标准《水土保持试验规程》SL419 的相关规定执行	$\leq 3.0 \times 10^2 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$	$\leq 1.0 \times 10^2 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$	

9 施 工

9.1 施工准备

9.1.1 根据边坡工程和植被混凝土生态修复技术的相关文件组织工程施工，施工前现场管理人员及施工人员应掌握设计意图和要求。

9.1.2 施工前应编制包括下列内容的施工组织设计：

- 1 施工条件。
- 2 施工程序及施工方法。
- 3 施工布置。
- 4 资源配置。
- 5 施工质量保证措施。
- 6 施工安全保证及环境保护措施。
- 7 施工进度计划。

9.1.3 应根据施工进度计划准备施工材料及配置施工设备。

9.1.4 材料进场后应做好防水、防晒、防腐等工作。

9.1.5 植被混凝土喷植施工应安排在植物种子发芽适宜季节。

9.2 施工程序

9.2.1 施工应在边坡开挖、边坡加固及地下管线铺设等单项工程验收合格后进行。

9.2.2 施工工艺流程宜按图 9.2.2 规定执行。

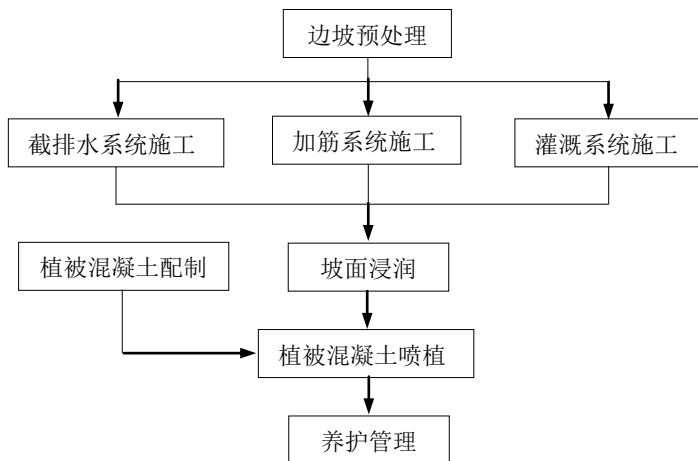


图 9.2.2 施工工艺流程

9.2.3 边坡预处理应清除松石、浮土、浮根等松散物，如存在反坡或较大的凹陷坡面，宜采取削坡或浆砌块料填筑等方式处理。

9.2.4 截排水系统施工应包括坡顶截水沟、坡脚排水沟、坡面渗水处理等工作内容。

9.2.5 加筋系统施工应先铺设挂网，再安装锚钉，最后进行固定绑扎。

9.2.6 灌溉系统施工应包括管道敷设、喷头安装、灌溉用水过滤处理等工作内容。

9.2.7 坡面浸润应保持坡体湿润，浸润时间应不小于 48h。

9.2.8 植被混凝土喷植应在坡面浸润完成后 3h 内进行。

9.2.9 施工分项验收应符合本规范附录 B 的规定。

10 养护管理

10.1 苗 期

10.1.1 植被混凝土喷植施工完毕后，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。

10.1.2 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。

10.1.3 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。
- 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，应加盖塑料薄膜。

10.1.4 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、植被混凝土稳定状况等。

10.1.5 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 宜根据病虫害疫情结合生物措施、物理措施和化学措施对症下药。
- 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。

10.1.6 当发现苗木死亡时，应及时补植。

10.1.7 局部缺陷修补应符合下列规定：

- 1 当发现植被混凝土秃斑或脱落时，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，再二次喷植。

10.2 生长期

10.2.1 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。

10.2.2 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。

10.2.3 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、植被混凝土稳定状况等。

10.2.4 病虫害防治应符合本规范第 10.1.5 条的规定

10.2.5 局部缺陷修补应符合本规范第 10.1.7 条的规定。

11 检 验

11.1 材 料

11.1.1 采购水泥、生境基材改良剂、挂网、锚钉、灌溉管材等材料时，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。

11.1.2 材料进场使用前，应对水泥、生境基材改良剂、挂网、锚钉、灌溉管材、种植土、生境基材有机料、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。检验报告格式及内容应符合本规范附录 C 的规定。

11.1.3 材料的检验批量应符合下列规定：

1 水泥 20t 为一个检验批；生境基材改良剂 10t 为一个检验批；挂网 2000m² 为一个检验批；锚钉 2000 根为一个检验批；种植土 200m³ 为一个检验批；生境基材有机料 60m³ 为一个检验批；植物种子 1 包装袋为一个检验批；苗木 500 株为一个检验批；同一水源不少于一个检验批。不同批次或非连续供应的不足一个检验批量的各种材料应作为一个检验批。

2 当符合下列条件之一时，可将检验批量扩大一倍：

- 1) 经产品认证机构认证符合要求的材料。
- 2) 来源稳定且连续三次检验合格的材料。
- 3) 同一厂家同批次出厂的，且用于同一工程项目的多个单位工程的材料。

11.1.4 每批次应抽取 3 个样品以供检验。

11.1.5 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。

11.2 植被混凝土

11.2.1 同一配制比例、相同配制材料的植被混凝土，每喷植 1000m^2 取样次数应不少于 1 次，单批次抽取 3 个样品。

11.2.2 植被混凝土性能检验项目、方法及指标要求应符合本规范第 8.3.8 条的规定。

11.2.3 检验结果处理应符合本规范第 11.1.5 条的规定。

11.2.4 检验内容及记录格式应符合本规范附录 D 的规定。

附录 A 基本资料调查内容及记录格式

A.0.1 气象资料调查内容及记录格式应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 气象资料调查内容及记录格式

工程名称		工程地址		
序号	调查项目	单位	调查结果	备注
1	地带类型			
2	气候类型			
3	多年平均年日照时数	h		
4	多年平均气温	℃		
5	极端最高气温	℃		
6	极端最低气温	℃		
7	多年平均年降水量	mm		
8	多年平均年蒸发量	mm		
9	无霜期	d		
10	冰冻期	d		
11	大于等于 10℃有效积温	℃		
12	风速大于等于 10.8m/s 的天数及分布：			
调查者	签字： 年 月 日			

注: 1 地带类型指中温带、暖温带、北亚热带、中亚热带、南亚热带、边缘热带、中热带、高原亚热带山地、高原温带等。

2 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.0.3 水源资料调查内容及记录格式应符合表 A.0.3 的规定。

表 A. 0. 3 水源资料调查内容及记录格式

工程名称		工程地址		
调查项目		单位	调查结果	备注
自来水	供水量	m^3/d		
	距离	m		
	落差	m		
	取用成本	元/ m^3		
井水	供水量	m^3/d		
	距离	m		
	落差	m		
	取用成本	元/ m^3		
河湖水	供水量	m^3/d		
	距离	m		
	落差	m		
	取用成本	元/ m^3		
调查者	签字：_____ 年 月 日			

注：1 主要调查自来水、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.0.5 天然有机料资料调查内容及记录格式应符合表 A.0.5 的规定。

表 A.0.5 天然有机料资料调查内容及记录格式

工程名称				工程地址		
调查项目			单位	调查结果		备注
农家肥	可获取量	m ³				
	取用成本	元/ m ³				
秸秆	可获取量	m ³				
	取用成本	元/ m ³				
谷糠	可获取量	m ³				
	取用成本	元/ m ³				
锯末	可获取量	m ³				
	取用成本	元/ m ³				
糟粕	可获取量	m ³				
	取用成本	元/ m ³				
调查者	签字：		年 月 日			

注：1 主要调查农家肥、秸秆、谷糠、锯末、糟粕五类天然有机料。

2 可获取量指以项目点为中心，半径 30km 范围内的可获取量。

3 取用成本以到场价格计量。

A.0.6 植物资料调查内容及记录格式应符合表 A.0.6 的规定。

表 A. 0. 6 植物资料调查内容及记录格式

工程名称				工程地址	
序号	调查项目			调查结果	
1	地带性植被类型				
2	乡土植物	阳坡	草本		
			灌木		
			乔木		
			花		
			藤		
		阴坡	草本		
			灌木		
			乔木		
			花		
			藤		
调查者	签字： 年 月 日				

注：1 地带性植被类型指边坡附近乔、灌、草等的天然搭配及生长状况，宜分为草本为主、灌木为主、草灌结合、乔灌结合等。

2 乡土植物指草、灌、乔、花、藤的主要品种。

附录 B 施工分项验收单

B.0.1 边坡预处理验收应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 边坡预处理验收单

工程名称			工程地址	
检验项目			检验结果	
边坡基层稳定性				
坡面松散物处理情况				
反坡修整情况				
坡面凹陷部位处理情况				
坡脚弃渣清理状况				
坡面截排水状况				
坡面浸润状况				
坡面渗水处理状况				
其他				
验收意见	施工单位	签 字： 年 月 日		
	监理单位	签 字： 年 月 日		
	建设单位	签 字： 年 月 日		

B.0.2 加筋系统施工验收应符合表 B.0.2 的规定。

表 B. 0. 2 加筋系统施工验收单

工程名称			工程地址	
检验项目			检验结果	
锚钉用材（带肋或光圆）				
锚钉间距（坡面、边坡周边）				
锚钉公称直径				
锚钉长度				
锚孔灌浆情况				
锚钉外露长度				
锚钉防腐状况				
锚固方位				
挂网形式				
活络铁丝网料丝直径				
网孔直径				
柔性塑料网最大拉伸力				
柔性塑料网抗老化性				
挂网搭接状况				
挂网绑扎状况(网-网、网-锚钉)				
验 收 意 见	施 工 单 位	签 字： 年 月 日		
	监 理 单 位	签 字： 年 月 日		
	建 设 单 位	签 字： 年 月 日		

B.0.3 植被混凝土喷植验收应符合表 B.0.3 的规定。

表 B. 0. 3 植被混凝土喷植验收单

工程名称			工程地址	
检验项目			检验结果	
拌制配合比				
拌制投料顺序				
拌制方式				
拌制时间				
拌合料的贮存时间				
基层厚度				
面层厚度				
喷植均匀度				
喷植用水量				
面层与基层喷植时间间隔				
验 收 意 见	施 工 单 位	签 字： 年 月 日		
	监 理 单 位	签 字： 年 月 日		
	建 设 单 位	签 字： 年 月 日		

附录 C 主要材料检验内容及记录格式

C.0.1 种植土检验内容及记录格式应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 种植土检验内容及记录格式

工程名称				工程地址	
序号	检验项目	检验方法	检验结果	指标要求	备注
1	最大粒径			≤8.0mm	
2	含水率			≤20%	
3	含盐量			≤1.5g/kg	
4	pH 值			5.5~8.5	
5	总镉			≤1.5mg/kg	
6	总汞			≤1.0g/kg	
7	总铅			≤1.2×10 ² g/kg	
8	总铬			≤70g/kg	
9	总砷			≤10g/kg	
10	总镍			≤60g/kg	
11	总锌			≤3.0×10 ² g/kg	
12	总铜			≤1.5×10 ² g/kg	
13	总养分			≥0.20%	
检验者		签字: _____ 年 月 日			

C.0.2 生境基材有机料检验内容及记录格式应符合表 C.0.2 的规定。

表 C. 0. 2 生境基材有机料检验内容及记录格式

工程名称		工程地址			
序号	检验项目	检验方法	检验结果	指标要求	备注
1	粒径			$\leq 8.0\text{mm}$	
2	杂物含量			$\leq 5.0\%$	
3	pH 值			5.5~8.5	
4	EC 值			0.50 mS/cm~3.0 mS/cm	
5	总养分			$\geq 1.5\%$	
6	含水率			$\leq 20\%$	
7	通气孔隙度			$\geq 15\%$	
检验者		签字: 年 月 日			

C.0.3 水泥检验内容及记录格式应符合表 C.0.3 的规定。

表 C. 0. 3 水泥检验内容及记录格式

工程名称			工程地址		
序号	检验项目	检验结果	指标要求		备注
1	品种		普通硅酸盐水泥		
2	标号		P.O 42.5		
3	生产日期				
4	有效期				
5	合格证				
检验者		签字：			

C.0.4 生境基材改良剂检验内容及记录格式应符合表 C.0.4 的规定。

表 C.0.4 生境基材改良剂检验内容及记录格式

工程名称				工程地址	
序号	检验项目	检验方法	检验结果	指标要求	备注
1	比表面积			$\geq 1.5 \times 10^2 \text{ m}^2/\text{kg}$	
2	保水力			$13 \text{ kg/cm}^2 \sim 15 \text{ kg/cm}^2$	
3	微生物数目			$1.0 \times 10^8 \text{ CFU/g}$ ~ $1.0 \times 10^9 \text{ CFU/g}$	
4	总养分			$\geq 8.5\%$	
5	pH 值			≤ 4.5	
6	生产日期				
7	有效期				
8	合格证				
检验者		签字: _____ 年 月 日			

附录 D 植被混凝土检验内容及记录格式

表 D 植被混凝土检验内容及记录格式

工程名称				工程地址		
检验项目	检验结果			指标要求		
	1d	3d	≥28d	1d	3d	≥28d
容重				1.3g/cm ³ ~1.7g/cm ³		
通气孔隙率				≥25%		
pH 值				6.0~8.5		
有效含水率				≥15%		
水解氮				≥60mg/kg		
有效磷				≥20mg/kg		
速效钾				≥1.0×10 ² mg/kg		
收缩恢复度				≥90%		
无侧限抗压强度 (MPa)				0.25~0.45	0.40~0.55	≥0.38
降雨强度 80mm/h 的侵蚀 模数				≤3.0×10 ² g/ m ² ·h	≤1.0×10 ² g/m ² ·h	
检验者	签字:			年 月 日		

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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

- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《林木种子检验规程》 GB 2772
- 《农田灌溉水质标准》 GB 5084
- 《工程岩体分级标准》 GB 50218
- 《水土保持工程设计规范》 GB 51018
- 《水土保持综合治理技术规范 小型蓄排引水工程》 GB/T 1645
- 《农田低压管道输水灌溉工程技术规范》 GB/T 20203
- 《水电水利工程边坡设计规范》 DL/T 5353
- 《园林绿化工程施工及验收规范》 CJJ 82
- 《土壤环境监测技术规范》 HJ/T 166
- 《绿化用有机基质》 LY/T 1970
- 《公路土工试验规程》 JTJ 051
- 《水土保持试验规程》 SL 419

制 定 说 明

《水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术规范》NB/T 35082-2016,经国家能源局 2016 年 8 月 16 日以第 6 号公告批准发布。

本规范制定过程中,编制组在广泛调查、深入研究的基础上,总结了水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术的实践经验,吸收了近年来水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术所取得的科技成果,并向有关建设、科研、设计、施工和监理单位广泛征求了意见。

为便于广大建设、科研、设计、施工和监理等单位的有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术规范》编写组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,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

1	总 则	46
4	截排水	47
6	加 固	48
7	植 物	49
8	植被混凝土	50
	8.2 配 制	50
	8.3 喷 植	50
10	养护管理	51
	10.1 苗 期	51

1 总 则

1.0.1 水电工程陡边坡生态修复应重点体现边坡植被恢复、浅层防护和水土保持效果，力求形成环境协调的自然景观。

1.0.2 当边坡坡度小于 45° 时，为降低工程成本，可采用其他边坡生态修复方法；当边坡坡度大于 85° 时，可接收的自然降水极少，植物难以生长，后期管养难度大，因此本规范适用的边坡坡度范围为 $45^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 。

本规范所指的稳定边坡包括天然稳定的边坡和人为处理后稳定的边坡。

1.0.3 边坡稳定分析时，植被混凝土生态修复工程附加荷载建议取值 2.2kPa ，主要考虑植被混凝土、加筋系统、植被等自重及风荷载。

1.0.4 可持续是指采用植被混凝土生态修复技术进行水电工程陡边坡生态修复后，应保持边坡的长久稳定和植物生长的长效性。

1.0.6 同一边坡可能存在多种类型，设计与施工应区别对待。

4 截排水

4.0.2 多年平均年降水量相关系数、边坡植被相关系数根据植物正常生长需水量估值确定。

考虑到边坡植被生态用水需求，截水沟至坡面上缘距离不应小于 5m；考虑到植被混凝土防冲刷及边坡稳定性要求，截水沟至坡面上缘距离不应大于 15m。

6 加 固

6.0.2 式（6.0.2-1）和式（6.0.2-2）是根据国内 100 多个水电项目的边坡植被混凝土生态修复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，考虑了边坡类型和坡度两个重要因素的影响，而未考虑其他因素。

7 植 物

7.0.1 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、马缨丹、加拿大一枝黄花、蒺藜草、大藻、银胶菊等。

7.0.2 纯净度、发芽率主要用于计算播种量。

7.0.4 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。

8 植被混凝土

8.2 配 制

8.2.1 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。

8.3 喷 植

8.3.1 喷射角的控制除保证植被混凝土构筑强度之外,还可减少材料损耗。

10 养护管理

10.1 苗 期

10.1.3 试验数据显示,植被混凝土喷射完毕 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。
