

ICS 27.140

P 59

**NB**

中华人民共和国能源行业标准

**P**

**NB/T 10490-2021**

---

水电工程边坡植生水泥土生境构筑技术规范  
Code for Slope Habitat Construction Technique Using  
Vegetative Cement-Soil for Hydropower Projects

2021-01-07 发布

2021-07-01 实施

---

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

水电工程边坡植生水泥土生境构筑技术规范

Code for Slope Habitat Construction Technique Using  
Vegetative Cement-Soil for Hydropower Projects

**NB/ T10490-2021**

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：2021年7月1日

中国水利水电出版社

2021 北京

# 国家能源局

## 公告

2021 年第 1 号

国家能源局批准《水电工程建设征地移民安置综合设计规范》等 320 项能源行业标准（附件 1）、《Carbon steel and low alloy steel for pressurized water reactor nuclear power plants-Part 7: Class 1, 2, 3 plates》等 113 项能源行业标准外文版（附件 2）、《水电工程水生生态调查与评价技术规范》等 5 项能源行业标准修改通知单（附件 3），现予以发布。

附件: 1.行业标准目录

2.行业标准外文版目录

3.行业标准修改通知单

国家能源局

2021 年 7 月 1 日

附件 1:

### 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
...						
7	NB/T 10490- 2021	水电工程 边坡植生水泥土 生境构筑技术规范			2021-01-07	2021-07-01
...						

# 前言

根据《国家能源局综合司关于下达 2019 年能源领域行业标准制（修）订计划及英文版翻译出版计划的通知》（国能综通科技〔2019〕58 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，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：总则、术语、基本资料、生境构筑工艺流程、坡面预处理与截排水系统、加筋系统、植物物种与景观营造、植生水泥土喷植、灌溉系统与养护管理、检验与验收。

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（NEA/TC16）负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至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

湖北润智生态科技有限公司

中国葛洲坝集团第一工程有限公司

本规范参编单位：长江勘测规划设计研究有限责任公司

福建省水利水电勘测设计研究院

江西亿安工程科技有限公司

天津多维建筑工程有限公司

水电水利规划设计总院

广东省水利电力勘测设计研究院

华电西藏能源有限公司

中国电力工程顾问集团中南电力设计院有  
限公司

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公  
司

本规范主要起草人员：许文年 周明涛 刘黎明 夏 栋  
夏振尧 刘大翔 丁 瑜 孙向楠  
许 阳 熊建武 杨悦舒 赵冰琴  
张汶海 李铭怡 肖 海 胡旭东  
吴 彬 谢红忠 黄永福 王 华  
董良山 杨晓涛 赵华勇 申 剑  
尉军耀 朱士江 殷德胜 任 律  
田秋芬 胡莉莉 李少丽 葛金金  
丰 瞻 姚院峰 吴 哲 岳克栋  
冯 明 郁龙清 刘振忠 贺小康  
彭松涛 晏国顺 张乃畅 张 博  
周 默 陆 波 颜 阳 许立科  
许进国 吴江涛 高家祯 夏 露  
戴大荣 文鸿晨 赵家成 朱 晨  
许亚坤 黄晓乐 张 伦 郭 萍  
熊诗源 罗 婷 李 博 孙小军  
本规范主要审查人员：万文功 周创兵 杨胜天 崔 磊

牛天祥 张晓利 李 健 朱永刚  
马世军 张习传 刘志刚 李建兴  
王从锋 张 萌 江 辉 李仕胜

# 目次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本资料	3
4	生境构筑工艺流程	5
5	坡面预处理与截排水系统	6
	5.1 坡面预处理	6
	5.2 截排水系统	6
6	加筋系统	8
	6.1 一般要求	8
	6.2 挂网	8
	6.3 锚固件	8
	6.4 植生棒	9
7	植物物种与景观营造	11
	7.1 植物物种	11
	7.2 景观营造	12
8	植生水泥土喷植	13
	8.1 选材	13
	8.2 配制	15
	8.3 喷植	17
9	灌溉系统与养护管理	20
10	检验与验收	22
	10.1 检验	22
	10.2 验收	22
	附录 A 基本资料记录内容及格式	24
	附录 B 主要材料检验记录内容及格式	30
	附录 C 工序验收单	36

附录 D 工程竣工验收单 .....	41
本规范用词说明 .....	43
引用标准名录 .....	44
附：条文说明 .....	45

# Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms .....	2
3	Basic Data .....	3
4	Process of Habitat Construction.....	5
5	Slope Pretreatment and Drainage System.....	6
5.1	Slope Pretreatment .....	6
5.2	Drainage System .....	6
6	Reinforcement System .....	8
6.1	General Requirements.....	8
6.2	Meshing .....	8
6.3	Anchor .....	8
6.4	Vegetative Rod.....	9
7	Plant Species and Landscaping .....	11
7.1	Plant Species .....	11
7.2	Landscaping .....	12
8	Vegetative Cement-Soil Spraying .....	13
8.1	Material Selection .....	13
8.2	Proportioning .....	15
8.3	Spraying .....	17
9	Irrigation System and Conservation Management.....	20
10	Inspection and Acceptance.....	22
10.1	Inspection.....	22
10.2	Acceptance .....	22
	Appendix A Content and Format of Basic Data Record .....	24

Appendix B Content and Format of Main Material Inspection Record 30

Appendix C Process Acceptance Sheets .....35

Appendix D Project Completion Acceptance Sheets .....40

Explanation of Wording in This Code .....42

List of Quoted Standards .....43

Addition: Explanation of Provisions .....45

# 1 总则

**1.0.1** 为规范水电工程边坡植生水泥土生境构筑工程设计、施工与管理，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于水电工程坡度不大于 60° 的稳定边坡，亦可用于其他工程同类边坡。

**1.0.3** 水电工程坡度大于 45° 的稳定边坡，亦可按现行行业标准《水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术规范》NB/T 35082 的规定执行。

**1.0.4** 水电工程边坡植生水泥土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有机结合的原则。

**1.0.5** 水电工程边坡植生水泥土生境构筑应综合考虑气象气候、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。

**1.0.6** 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，不同类型边坡应采取不同生境构筑方式。

**1.0.7** 水电工程边坡植生水泥土生境构筑技术，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 植生水泥土 vegetative cement-soil

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

### 2.0.2 生境基材改良剂 habitat material modifying agent

用于改善植生水泥土的生物与理化性质，活化土壤，固持养分，增强抗冻性，调节基材固液气三相结构，细粒状物质。

### 2.0.3 植生孔 vegetative hole

用于定植灌木，增强植生水泥土与坡体间能量的连通与交换，贯穿于混凝土硬化护面的孔。

### 2.0.4 植生穴 vegetative pit

用于扩大植物根系的生长空间，增强植生水泥土稳固性，设置于岩质坡面的凹坑。

### 2.0.5 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。

## 3 基本资料

**3.0.1** 工程设计与施工前应对项目区基本资料进行收集与调查，掌握气象气候、边坡状况、植物群落特征、水源、土壤、天然有机料等信息。

**3.0.2** 气象气候收集与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、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。

**3.0.3** 边坡状况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、地表出露物质 pH 值。

2 方法应以收集和分析资料为主，辅以必要的现场勘察。

**3.0.4** 植物群落特征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。

**3.0.5** 水源调查应符合下列要求：

1 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 方法应以现场调查为主，辅以资料分析。

**3.0.6** 土壤调查应符合下列要求：

1 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。

2 方法应以现场调查为主，辅以资料分析。

**3.0.7** 天然有机料调查应符合下列要求：

1 内容应主要包括秸秆、谷糠、锯末、糟粕、椰糠等的可获取量、取用成本。

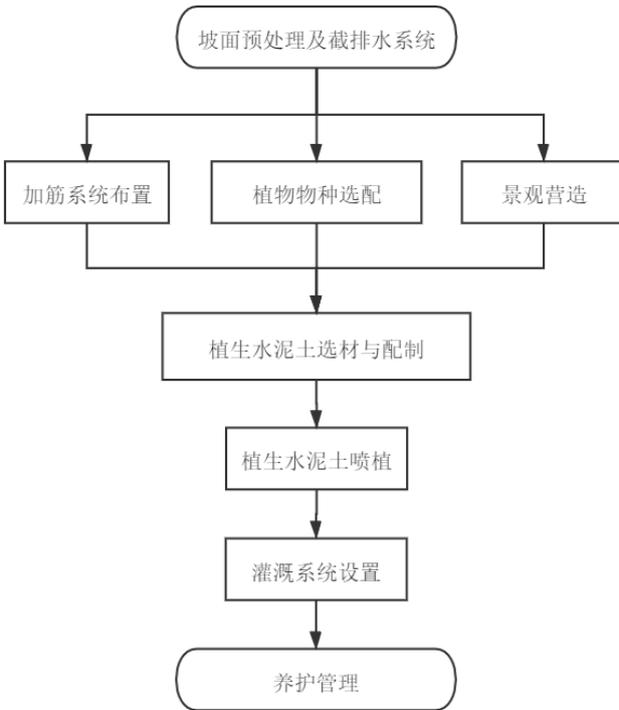
2 方法应以现场调查为主，辅以资料分析。

**3.0.8** 基本资料记录内容及格式应符合本规范附录 A 的规定。

## 4 生境构筑工艺流程

4.0.1 植生水泥土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。植生水泥土生境构筑后，亦应满足边坡稳定的要求。

4.0.2 植生水泥土生境构筑宜采用下列工艺流程：



## 5 坡面预处理与截排水系统

### 5.1 坡面预处理

**5.1.1** 植生水泥土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。

**5.1.2** 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  $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$  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 100 cm~200 cm，深度宜为 20 cm~30 cm，穴口面积不宜小于  $400\text{ cm}^2$ 。

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 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 cm~200 cm，孔口面积不宜小于  $150\text{ cm}^2$ 。植生孔应设置在混凝土层内的钢筋网间，且应为俯孔。

### 5.2 截排水系统

**5.2.1** 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、马道排水沟、坡脚排水沟、坡面渗水管等组成的截排水

系统。

**5.2.2** 坡度  $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$  的边坡，宜增设坡顶生态集水区。坡顶生态集水区的设置应按现行行业标准《水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术规范》NB/T 35082 的有关规定执行。

## 6 加筋系统

### 6.1 一般要求

**6.1.1** 坡度大于等于  $40^\circ$  且小于等于  $60^\circ$  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  $40^\circ$  以下的边坡可不设置加筋系统。

**6.1.2** 加筋系统施工时，应先安装锚固件与植生棒，再铺设挂网。

**6.1.3** 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。

### 6.2 挂网

**6.2.1** 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，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 2.0 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 坡度大于等于  $40^\circ$  且小于等于  $50^\circ$  边坡的挂网网目不宜大于  $7.0\text{ cm}\times 7.0\text{ cm}$ ，坡度大于  $50^\circ$  且小于等于  $60^\circ$  边坡的挂网网目不宜大于  $5.0\text{ cm}\times 5.0\text{ cm}$ 。

**6.2.2** 挂网距离坡面宜为植生水泥土基层喷植厚度的  $1/2\sim 2/3$ 。

### 6.3 锚固件

**6.3.1** 锚固件材料应符合下列规定：

1 应选用热轧带肋钢筋，土质边坡可选用木桩。

2 坡度大于等于  $40^\circ$  且小于等于  $50^\circ$  边坡的钢筋直径不应小于 14 mm，坡度大于  $50^\circ$  且小于等于  $60^\circ$  边坡的钢筋直径不应小于 16 mm。

3 热轧带肋钢筋应进行除锈、防腐处理。

**6.3.2** 锚固件间距应符合下列规定：

1 坡口线处不应大于 0.5 m。

2 坡度大于等于  $40^\circ$  且小于等于  $50^\circ$  边坡坡内不应大于 1.5 m，坡度大于  $50^\circ$  且小于等于  $60^\circ$  边坡坡内不应大于 1.0 m。

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。

**6.3.3** 锚固件植入边坡长度不应小于 0.3 m，且应确保挂网与植生水泥土的稳固。

**6.3.4** 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。

## **6.4 植生棒**

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

**6.4.2** 植生棒内种植土充填饱满度不应低于 95%。

**6.4.3** 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。

**6.4.4** 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。

## 7 植物物种与景观营造

### 7.1 植物物种

**7.1.1** 种苗筛选、预处理及种子播种量应按现行行业标准《水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术规范》NB/T 35082 的有关规定执行。

**7.1.2** 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。

**7.1.3** 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。

**7.1.4** 苗木外观应检验根系、株型、病虫害等状况。

**7.1.5** 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，并兼顾景观性。

2 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。

3 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。

4 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。

**5** 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。

## **7.2 景观营造**

**7.2.1** 景观营造宜与项目周边生态和当地人文环境相协调。

**7.2.2** 景观营造应与边坡立地环境相适应。

**7.2.3** 景观营造宜利用植物进行层次构建及色彩搭配。

**7.2.4** 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。

**7.2.5** 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 1 a~2 a 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。

## 8 植生水泥土喷植

### 8.1 选材

8.1.1 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 8.1.1 的规定。

表 8.1.1 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	$\leq 1.5$ 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	$\leq 8.0$ mm	按现行国家标准《土工试验方法标准》
4	砂粒含量	$\leq 55\%$	GB/T 50123 的有关规定执行

8.1.2 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。

8.1.3 植生水泥土所用生境基材改良剂主要性能指标及检验方法应符合表 8.1.3 的规定。

**表 8.1.3 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	$\geq 0.13$ 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

**8.1.4** 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。

**8.1.5** 植生水泥土所用生境基材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 8.1.5 的规定。

**表 8.1.5 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	$\leq 8.0$ 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)	$\leq 300$	

**8.1.6** 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 8.1.6 的规定。

### 8.1.6 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	

**8.1.7** 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。

## 8.2 配制

**8.2.1** 植生水泥土分为基层和面层，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、化学纤维和水拌合而成；面层配制，应在基层配制料中添加植物种子拌合而成。

**8.2.2** 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、化学纤维的用量应符合下列规定：

1 水泥用量应按下式计算：

$$M_c = 0.035K_s K_r V_{ps} \rho_{ps} \quad (8.2.2-1)$$

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 900 mm 且小于 1200mm 取 1.0, 年均雨量大于等于 600 mm 且小于 900mm 取 0.9, 年均雨量小于 600mm 取 0.8;

$V_{ps}$ —土壤体积 ( $m^3$ );

$\rho_{ps}$ —土壤干密度 ( $kg/m^3$ )。

2 生境基材改良剂用量应按下式计算:

$$M_a = 0.7M_c \quad (8.2.2-2)$$

式中:  $M_a$ —生境基材改良剂质量 ( $kg$ )。

3 有机肥用量应按下式计算:

$$M_{of} = 0.015K_i V_{ps} \rho_{ps} \quad (8.2.2-3)$$

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:

$$M_{om} = 0.5M_{of} + 0.75M_c \quad (8.2.2-4)$$

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:

$$M_v = 0.0015(K_d + K_r - 0.8) V_{ps} \rho_{ps} \quad (8.2.2-5)$$

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 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。

**8.2.3** 植生水泥土拌制应符合下列规定:

1 应根据设计配比, 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; 拌制面层植生水泥土还应投放植物种子。

2 全部材料投放完毕, 应继续拌制 10 min~15min。

3 用水量应保证植生水泥土喷植在坡面不散落不流淌。

## 8.3 喷植

**8.3.1** 植生水泥土喷植前应洒水浸润坡体, 使坡面湿润。

**8.3.2** 喷枪口出口压力不应低于 1.6 MPa。

**8.3.3** 面层喷植时, 基层应保持湿润。

**8.3.4** 所拌制的植生水泥土, 应在 4 h 内喷植完毕。

**8.3.5** 喷植应均匀, 重点关注坡面的凹凸及死角部位, 防止漏喷。

**8.3.6** 风速大于 5 级或降雨强度大于 10 mm/h 时不宜喷植施工。**8.3.7**

植生水泥土喷植厚度应符合下列规定：

1 基层宜多次喷植完成，基层喷植厚度应符合表 8.3.7 的规定。

2 面层喷植厚度应控制在 10 mm~20mm。

**3 植生水泥土喷层应完全覆盖植生棒。表 8.3.7 基层喷植厚度**

边坡类型	边坡坡度 (°)	年均雨量 (mm)	厚度 (mm)
土质边坡	≤30	≤600	80
		600~1200	70
		≥1200	60
	30~60	≤600	90
		600~1200	80
		≥1200	70
土石混合边坡	≤30	≤600	90
		600~1200	80
		≥1200	70
	30~60	≤600	100
		600~1200	90
		≥1200	80
岩质边坡	≤30	≤600	100
		600~1200	90
		≥1200	80
	30~60	≤600	110
		600~1200	100
		≥1200	90
人工硬化边坡	≤30	≤600	110
		600~1200	100
		≥1200	90
	30~60	≤600	120

		600 ~ 1200	110
		$\geq 1200$	100

## 9 灌溉系统与养护管理

**9.0.1** 植生水泥土生境构筑坡面宜设置自动化灌溉系统。

**9.0.2** 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。

**9.0.3** 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。

**9.0.4** 植生水泥土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。

**9.0.5** 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。

**9.0.6** 深冬应采取措施防止灌溉管材冻胀破裂。

**9.0.7** 灌溉指标应符合表 9.0.7 的有关规定。

表 9.0.7 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

**9.0.8** 养护管理应按现行行业标准《水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术规范》NB/T 35082 的有关规定执行。

# 10 检验与验收

## 10.1 检验

**10.1.1** 采购商品材料时，应检查出厂证、产品合格证；采购植物种苗时，应检查检验检疫合格证。

**10.1.2** 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规范附录 B 的规定。

**10.1.3** 材料的检验批量应符合下列规定：

1 每 5,000 m<sup>2</sup>植生水泥土生境构筑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。

**10.1.4** 每批次应抽取 3 组样本以供检验，每组样本容量不应少于 5 个，单组样本中剔除最大值、最小值后，其余取平均值。

**10.1.5** 批次检验结果处理应符合下列规定：

1 当 3 组样本的最大值、最小值与中间值之差均不超过中间值的 15% 时，取三者的算术平均值。

2 当 3 组样本的最大值、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 组样本的最大值、最小值与中间值之差均超过中间值的 15% 时，该批次材料不得使用。

## 10.2 验收

**10.2.1** 植生水泥土生境构筑工程验收应分为工序验收与竣工验收。

**10.2.2** 工序验收应包括坡面预处理验收、截排水系统验收、加筋系统验收、灌溉系统验收、植生水泥土配制与喷植验收，工序验收单应符合本规范附录 C 的规定。

**10.2.3** 工程竣工验收宜分为初验与终验，初验宜在养护管理 90d 时，终验宜在养护管理 365 d 时。工程竣工验收单应符合本规范附录 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。

## 附录 A 基本资料记录内容及格式

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	℃		
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：          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.0.3 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.0.4** 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 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:			年月日

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.0.6 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
秸秆	可获取量	m <sup>3</sup>	
	取用成本	元/m <sup>3</sup>	
谷糠	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>	
糟粕	可获取量	m <sup>3</sup>	
	取用成本	元/m <sup>3</sup>	
椰糠	可获取量	m <sup>3</sup>	
	取用成本	元/m <sup>3</sup>	
其他 ( )	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;">年月日</div>		

注：1 主要调查秸秆、谷糠、锯末、糟粕、椰糠等天然有机料。

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 主要材料检验记录内容及格式

**B.0.1** 土壤检验记录内容及格式应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 土壤检验记录内容及格式

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	阳离子交换量		$\leq 1.5 \text{ cmol /kg}$	
3	粒径		$\leq 8.0\text{mm}$	
4	砂粒含量		$\leq 55\%$	
检验者		签字： 年月日		

**B.0.2** 水泥检验记录内容及格式应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 水泥检验记录内容及格式

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.0	
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** 生境基材改良剂检验记录内容及格式应符合表 B.0.3 的规定。

表 B.0.3 生境基材改良剂检验记录内容及格式

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** 有机肥检验记录内容及格式应符合表 B.0.4 的规定。

表 B.0.4 有机肥检验记录内容及格式

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** 生境基材有机料检验记录内容及格式应符合表 B.0.5 的规定。



**B.0.6** 化学纤维检验记录内容及格式应符合表 B.0.6 的规定。

表 B.0.6 化学纤维检验记录内容及格式

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	长度		6 mm~15 mm	
7	直径		$\leq 50 \mu\text{m}$	
8	断裂强度		$\geq 200 \text{ MPa}$	
9	断裂伸长率		$\geq 15\%$	
10	初始模量		$\geq 2.5 \text{ GPa}$	
检验者		签字:          年月日		

**B.0.7** 植物检验记录内容及格式应符合表 B.0.7 的规定。

表 B.0.7 植物检验记录内容及格式

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		
		产品合格证或检 验检疫合格证		
检验者	签字：          年月日			

**B.0.8** 灌溉用水水质检验方法应符合现行国家标准《农田灌溉水质标准》GB 5084 的规定，灌溉用水水质检验记录内容及格式应符合表 B.0.8 的规定。

表 B.0.8 灌溉用水水质检验记录内容及格式

工程名称			工程位置	
来源				
序号	检验指标	检验结果	参考值	备注
1	BOD <sub>5</sub>		$\leq 1.0 \times 10^2 \text{mg/L}$	
2	化学需氧量		$\leq 2.0 \times 10^2 \text{mg/L}$	
3	悬浮物		$\leq 1.0 \times 10^2 \text{mg/L}$	
4	水温		$\leq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	
5	总汞		$\leq 1.0 \times 10^{-2} \text{mg/L}$	
6	总镉		$\leq 0.10 \text{mg/L}$	
7	总砷		$\leq 0.10 \text{mg/L}$	
8	总铬		$\leq 0.10 \text{mg/L}$	
9	总铅		$\leq 0.20 \text{mg/L}$	
10	粪大肠菌群数		$\leq 4.0 \times 10^3 \text{个/100mL}$	
11	蛔虫卵数		$\leq 2.0 \text{个/L}$	
12	pH 值		5.5~8.5	
检验者		签字:  年月日		

## 附录 C 工序验收单

**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

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	设计 单位	签字：  年月日	
	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	

**C.0.2** 截排水系统验收单应符合表 C.0.2 的规定。

表 C.0.2 截排水系统验收单

工程名称		工程位置
项目		结果
坡顶截水沟设置情况		
坡顶集水区设置情况		
坡脚排水沟设置情况		
坡面截排水与渗水处理情况		
其他		
验收意见	设计单位	签字： 年月日
	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

**C.0.3** 加筋系统验收单应符合表 C.0.3 的规定。

表 C.0.3 加筋系统验收单

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	设计单位	签字： 年月日
	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

**C.0.4** 灌溉系统验收单应符合表 C.0.4 的规定。

表 C.0.4 灌溉系统验收单

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	设计单位	签字： 年月日
	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

**C.0.5 植生混凝土配制与喷植验收单应符合表 C.0.5 的规定。**

**表 C.0.5 植生混凝土配制与喷植验收单**

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	设计 单位	签字： 年月日
	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

注：厚度包括面层、基层喷植厚度及加筋系统覆盖状况。

## 附录 D 工程竣工验收单

**D.0.1** 工程竣工初验单应符合表 D.0.1 的规定。

表 D.0.1 工程竣工初验单

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	
种子出芽与苗木成活		幼苗齐整率与苗木成活率≥95%	幼苗齐整率与苗木成活率 70%~95%	幼苗齐整率与苗木成活率≤70%	0.30
植物物种		≥70%设计数量	设计数量 50%~70%	≤50%设计数量	0.20
抗侵蚀性		无沟蚀	有少量沟蚀	有明显沟蚀	0.15
稳定性		无剥离	有轻微剥离	剥离严重	0.20
收缩恢复性		无裂缝	有少量裂缝	有大量裂缝	0.15
等级	优良 (≥80分)		合格 (60分~80分)		不合格 (≤60分)
设计单位(章):	施工单位(章):		监理单位(章):	建设单位(章):	
签字:	签字:		签字:	签字:	
	年 月 日			年 月 日	

注：等级得分采用加权平均法。

**D.0.2** 工程竣工终验单应符合表 D.0.2 的规定。

表 D.0.2 工程竣工终验单

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		≥95%	80%~95%	≤80%	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		与设计目标吻合 度高	与设计目标吻合 度较好	与设计目标吻合 度差	0.15
根系状况		大量根系深入植 生水泥土底部	少量根系深入植 生水泥土底部	根系集中于植生 水泥土表层	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)
设计单位(章):	施工单位(章):		监理单位(章):	建设单位(章):	
签字: 年月日	签字: 年月日		签字: 年月日	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。

# 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

- 《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
- 《农田灌溉水质标准》GB 5084
- 《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
- 《木质活性炭试验方法亚甲基蓝吸附值的测定》GB/T 12496.10
- 《化学纤维短纤维长度试验方法》GB/T 14336
- 《化学纤维短纤维拉伸性能试验方法》GB/T 14337
- 《管道输水灌溉工程技术规范》GB/T 20203
- 《绿化用有机基质》GB/T 33891
- 《化学纤维微观形貌及直径的测定扫描电镜法》GB/T 36422
- 《水电工程陡边坡植被混凝土生态修复技术规范》NB/T 35082
- 《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166
- 《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

中华人民共和国能源行业标准

水电工程边坡植生水泥土  
生境构筑技术规范

**NB/T 10490-2021**

条文说明

## 制定说明

《水电工程边坡植生水泥土生境构筑技术规范》NB/T10490-2021，经国家能源局 2021 年 1 月 7 日以第 1 号公告批准发布。

本规范制定过程中，编制组在充分调查、深入研究的基础上，总结了植生水泥土生境构筑的实践经验，吸收了近年来植生水泥土生境构筑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规范时能正确理解和执行条文规定，《水电工程边坡植生水泥土生境构筑技术规范》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.....	48
5 坡面预处理与截排水系统.....	49
5.1 坡面预处理.....	49
7 植物物种与景观营造.....	50
7.1 植物物种.....	50
8 植生水泥土喷植.....	51
8.2 配制.....	51
10 检验与验收.....	52
10.1 检验.....	52
10.2 验收.....	52

# 1 总则

**1.0.2** 针对坡度  $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$  的稳定边坡，本规范及《水电工程陡边植被混凝土生态修复技术规范》NB/T 35082—2016 均适用。

本规范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。

**1.0.6** 边坡类型不同，其植物群落构建目标、植生混凝土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。

## 5 坡面预处理与截排水系统

### 5.1 坡面预处理

**5.1.2** 植生穴设置于坡度  $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$  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稳固植生水泥土。由此，要求植生穴深度 20 cm~30 cm，穴口面积不小于  $400\text{ cm}^2$ 。

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 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  $150\text{ cm}^2$ 。

## 7 植物物种与景观营造

### 7.1 植物物种

**7.1.5** 草灌群落指草本植物占优。

## 8 植生水泥土喷植

### 8.2 配制

**8.2.2** 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。

生境基材有机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。

化学纤维的功效主要在于增强植生水泥土的抗冻性、抗侵蚀性，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。

## **10 检验与验收**

### **10.1 检验**

**10.1.1** 检验主要针对植生水泥土生境构筑施工所涉及的材料。

### **10.2 验收**

**10.2.1** 验收主要是针对植生水泥土生境构筑工程施工质量与生态效果。

---