ICS 93.160

CCS P57

T/CS

团 体 标 准

T/CS 451-2026

-

水利水电工程边坡水土保持生态修复技术规范

Technical specification for soil and water conservation and ecological restoration of slopes in water conservancy and hydropower engineering

2026-09-02 发布 2026-09-02 实施

中国商品学会 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 基本规定 2
5 边坡调查与分级 3
6 水土保持措施 3
7 生态修复技术 4
8 施工与养护 5
9 监测与评价 6
10 验收与档案管理 6
附录 A 9
参考文献 10

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。

本文件由河南城建学院提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：河南城建学院、嵩县银基水务有限公司、响水县水资源服务中心、河南励行企业服务有限公司、河南从容共进企业服务有限公司

本文件主要起草人：王勇、牛云峰、李松峰、董文超、朱琳、王春华、王艳娜、王国伟

水利水电工程边坡水土保持生态修复技术规范

1 范围

本文件规定了水利水电工程边坡水土保持与生态修复的基本规定、边坡调查与分级、水土保持措施、生态修复技术、施工与养护、监测与评价、验收与档案管理等要求。

本文件适用于水利水电工程建设过程中形成的各类开挖边坡、填筑边坡及弃渣场边坡的水土保持与生态修复设计、施工及验收工作。其他工程边坡可参照执行。

2 规范性引用文件

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 50433 生产建设项目水土保持技术标准

GB 50434 生产建设项目水土流失防治标准

GB 51018 水土保持工程设计规范

GB/T 38360 裸露坡面植被恢复技术规范

SL 575 水利水电工程水土保持技术规范

SL 386 水利水电工程边坡设计规范

LY/T 2356 矿山废弃地植被恢复技术规程

TD/T 1036 土地复垦质量控制标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工程边坡 engineering slope

水利水电工程因开挖或填筑形成的人工边坡，包括开挖边坡和填筑边坡。

3.2

水土保持 soil and water conservation

对自然因素和人为活动造成的水土流失所采取的预防和治理措施。

3.3

生态修复 ecological restoration

利用生态工程或生物措施，使受损边坡的生态系统结构、功能恢复到接近受干扰前状态的过程。

3.4

边坡防护 slope protection

为防止边坡表面冲刷、崩塌、滑坡等破坏而采取的工程和植物措施。

3.5

植被恢复 vegetation restoration

通过人工播种、栽植等方式，在边坡表面建立稳定植物群落的过程。

3.6

客土喷播 external soil spray seeding

将植物种子、客土（或人工配制基材）、保水剂、粘合剂、肥料等按比例混合后，通过喷播设备喷射到边坡表面的植被恢复技术。适用于岩质边坡、贫瘠土质边坡等缺乏生长基质的坡面。

3.7

三维植被网 three-dimensional vegetation net

由多层塑料网构成的立体网垫，用于加固坡面、保护植物生长的材料。

3.8

客土 foreign soil

从异地采集的适宜植物生长的土壤，用于改善边坡立地条件。

3.9

厚层基材 thick layer substrate

由土壤、有机质、纤维、粘合剂、保水剂、肥料等组成的喷播基质，喷播厚度不小于 8 cm，用于高陡岩质边坡植被恢复。

3.10

生态袋 ecobag

填充植生土的可降解或不可降解袋装材料，用于边坡防护和植被恢复。

4 基本要求

4.1 遵循原则

边坡水土保持与生态修复遵循“预防为主、综合治理、因地制宜、生态优先”方针。生态修复设计依据边坡立地条件确定修复目标和植物配置模式，优先采用乡土植物种，注重生物多样性保护与周边景观协调。

4.2 三同时制

边坡治理与主体工程实行同时设计、同时施工、同时投产使用，确保治理措施与主体工程建设进度同步，发挥整体效益。

4.3 因地制宜

依据边坡类型、坡度、岩土性质、水文条件及周边环境，选择适宜的水土保持与生态修复措施，保证治理方案的科学性和针对性。

4.4 安全稳定

边坡治理满足稳定性要求，保障工程安全。治理措施不降低边坡自身及相邻建筑物的安全稳定性；高陡边坡治理设置安全防护设施，施工过程确保人员安全。选用植物种不对边坡结构产生破坏性影响（如根系穿透防渗层等）。

4.5 基础调查

开展边坡工程地质、水文地质、土壤、植被等基础资料调查，为科学设计提供依据。

4.6 加固先行

进行边坡稳定性分析，对不稳定边坡先采取工程加固措施，待边坡稳定后再进行生态恢复，确保治理效果持久可靠。

4.7 合规设计

水土保持工程设计符合 GB 51018《水土保持工程设计规范》规定，确保设计标准和技术要求符合国家规范。

5 调查与分级要求

5.1 调查要求

5.1.1 应对边坡进行系统的现场调查，内容包括：

a) 边坡类型（开挖边坡、填筑边坡、岩质边坡、土质边坡）；

b) 边坡几何尺寸（坡高、坡长、坡度）；

c) 岩土性质（岩性、风化程度、土体组成、密实度）；

d) 水文条件（地下水出露、坡面径流、汇水面积）；

e) 植被现状（现有植被类型、盖度、物种）；

f) 水土流失状况（侵蚀类型、侵蚀强度、侵蚀量）。

5.1.2 调查方法可采用资料收集、现场踏勘、测绘、取样试验等。

5.2 分级要求

5.2.1 根据边坡坡度、岩土类型、水土流失敏感程度，将边坡划分为三个等级，见表 1。

表 1 边坡等级划分

等级	坡度（°）	边坡类型
一级	>60	高陡岩质边坡、不稳定土质边坡
二级	35～60	一般岩质边坡、稳定土质边坡
三级	<35	缓坡、填筑边坡坡面
注：不稳定土质边坡指经稳定性分析判定安全系数不满足规范要求的边坡。		

5.2.2 一级边坡应采用工程与植物相结合的综合治理措施。对一级岩质边坡，应先进行工程加固（锚杆、挂网、喷射混凝土等），再实施生态修复；对一级土质边坡，可采用工程骨架与植被相结合的方式。二级边坡以植物措施为主、工程措施为辅。三级边坡可仅采用植物措施。

6 水土保持措施要求

6.1 截排水工程

6.1.1 边坡顶部应设置截水沟，拦截坡面以上汇水，截水沟断面尺寸按 20 年一遇 24 h 暴雨流量确定。

6.1.2 边坡坡面应设置排水沟。排水沟竖向间距：一级边坡不宜大于 30 m，二级边坡不宜大于 40 m，三级边坡不宜大于 50 m。排水沟应与截水沟、马道排水沟连通。

6.1.3 排水设施出口应设置消能设施，防止冲刷。

6.1.4 对渗水严重的边坡，应设置仰斜排水孔或排水盲沟。

6.2 坡面防护要求

6.2.1 土质边坡防护可采用：

a) 植被防护（种草、植灌木）；

b) 三维植被网防护；

c) 生态袋护坡；

d) 骨架植物防护（拱形、人字形骨架内植草）。

6.2.2 岩质边坡防护可采用：

a) 客土喷播；

b) 厚层基材喷播；

c) 挂网喷播；

d) 植生槽、植生袋。

6.2.3 对不稳定边坡，应先按 SL 386 的规定进行工程加固（如锚杆、锚索、抗滑桩、挡土墙等），经验收合格后再进行生态修复。

6.3 临时防护措施要

6.3.1 施工期间应对裸露边坡采取临时覆盖措施，如土工布、彩条布、草帘等。

6.3.2 临时堆土应采取拦挡和覆盖措施，防止雨水冲刷。

6.3.3 施工期应设置临时沉沙池，减少泥沙进入下游水系。

7 生态修复技术

7.1 一般规定

7.1.1 生态修复应依据边坡等级、立地条件、气候特点，选择合适的修复模式：

a) 植被型——恢复草本、灌木、乔木植被；

b) 植被+工程型——工程骨架与植被相结合；

c) 自然恢复型——保留自然演替。

7.1.2 生态修复前应进行坡面清理，清除松动块石、杂物。

7.1.3 对缺乏生长基质的岩质边坡，应进行客土或喷播基材。

7.2 植物种选择

7.2.1 植物种选择应遵循以下原则：

a）应选用乡土植物种，适应性强；

b）应选择根系发达、生长快、耐旱耐瘠薄的水土保持植物；

c）乔、灌、草应相结合，构建多层次植物群落；

d）不应使用外来入侵物种；

e）不应选用深根性植物以防破坏边坡稳定（特殊情况除外）。

7.2.2　推荐植物种见附录 A：

7.3 植被恢复技术

7.3.1　直接播种：适用于土质边坡或覆土后的边坡，可采用撒播、条播、穴播。播种量按设计要求确定。

7.3.2　植苗：适用于栽植乔木、灌木，栽植季节宜选择春季或秋季，栽植后及时浇水。

7.3.3　喷播技术：

a）液压喷播：将种子、木纤维、粘合剂、保水剂、肥料等混合喷播，适用于土质边坡；

b）客土喷播：将种子、客土、基材等混合后喷播，适用于岩质边坡；

c）厚层基材喷播：喷播厚度不小于 8 cm，适用于高陡岩质边坡。

7.3.4　三维植被网：铺设后覆土、播种，适用于土质边坡。

7.3.5　生态袋：填充植生土后堆砌，适用于陡峭边坡和工程缺陷修复。

7.4 土壤改良

7.4.1　对贫瘠边坡，应进行土壤改良，措施包括：

a）施用有机肥、复合肥；

b）掺入保水剂；

c）掺入粘土或膨润土（砂质边坡）；

d）掺入砂砾（粘重边坡）。

7.4.2　客土或喷播基材厚度：喷播基材不宜少于 8 cm（草本）或 10 cm（灌草）；覆土厚度不宜少于 10 cm（草本）或 30 cm（灌木）。对高陡岩质边坡，应采用喷播技术，覆土方式应确保基材附着力。

8 施工与养护

8.1 施工要求

8.1.1　边坡水土保持与生态修复工程应编制施工组织设计，明确施工顺序和工艺。

8.1.2　截排水工程应在边坡治理前先行施工。

8.1.3　喷播施工应避开大风、大雨天气，喷播后应覆盖无纺布保湿。

8.1.4　植苗应在适宜季节进行，栽植后及时浇水、支撑。

8.2 养护管理

8.2.1　生态修复工程养护期不应少于 2 年。一级边坡养护期不应少于 3 年。

8.2.2　养护内容包括：

a）浇水：旱季保持土壤湿润，雨季排涝；

b）施肥：生长期追施复合肥；

c）补植：对死亡苗木及时补种；

d）病虫害防治；

e）杂草控制；

f）覆盖物维护。

8.2.3　养护期内应定期巡查，修复损坏的防护设施。

9 监测与评价

9.1 监测内容

9.1.1　水土保持监测应包括：

a）土壤侵蚀模数、流失量；

b）截排水设施完好率；

c）坡面冲刷情况。

9.1.2　生态修复监测应包括：

a）植被成活率、覆盖率、生长量；

b）植物种类及多样性；

c）土壤有机质、水分、pH 值等指标。

9.2 监测方法

9.2.1　水土流失监测可采用侵蚀针法、测钎法、径流小区法。

9.2.2　植被监测采用样方法（草本 1 m×1 m，灌木 5 m×5 m，乔木 10 m×10 m）。

9.2.3　监测频率：施工期每月 1 次，养护期每季度 1 次，竣工验收后每年不少于 2 次（生长季和非生长季各 1 次），连续监测 2 年。

9.3 评价指标

9.3.1　水土保持效果评价指标：水土流失治理度、土壤流失控制比、林草覆盖率，应符合 GB 50434 的规定。

9.3.2　生态修复效果评价指标：

a）植被覆盖率：湿润地区不宜低于 85 %，半干旱地区不宜低于 70 %，干旱地区不宜低于 50 %。具体标准可根据项目所在区域的水土流失防治等级确定；

b）植物成活率：乔木≥85 %，灌木≥80 %，草本≥90 %；

c）物种数量：生态修复区植物物种数量（以样方法调查为准，样方设置应符合 9.2.2 的规定）不应少于周边未扰动区域对照样方物种数量的 70 %。

10 验收与档案管理

10.1 验收要求

10.1.1　边坡水土保持与生态修复工程完工后应进行专项验收。

10.1.2　验收应具备下列条件：

a）按设计完成全部工程内容；

b）工程质量符合相关标准；

c）监测资料齐全，效果评价合格；

d）竣工资料完整。

10.1.3　验收应组织设计、施工、监理等单位参加，形成验收意见。

10.2 档案管理

10.2.1　档案应包括：设计文件、施工记录、质量检测报告、监测数据、验收报告、养护记录等。

10.2.2　一级边坡档案应永久保存；二级、三级边坡档案保存期限不应少于 10 年。电子档案与纸质档案应同时保存。

附录 A

（规范性）

边坡生态修复植物种推荐表

A.1 常见生态修复植物种参考表 A1。

表 A1 常见生态修复植物种推荐

区域类型	乔木树种	灌木树种	草本植物
湿润地区	马尾松、杉木、桉树、杨树、柳树、刺槐	胡枝子、紫穗槐、杜鹃、火棘、女贞	狗牙根、高羊茅、白三叶、百喜草、香根草
半干旱地区	侧柏、油松、樟子松、沙棘、柠条	沙柳、花棒、梭梭、枸杞	披碱草、冰草、碱茅、沙打旺
高寒地区	落叶松、云杉、冷杉、桦树	金露梅、银露梅、柳灌	早熟禾、披碱草、苔草
石质山区	侧柏、黄连木、山杏	荆条、酸枣、连翘	紫花苜蓿、无芒雀麦
注：湿润地区指年降水量大于 800 mm 的区域；半干旱地区指年降水量 250 mm～450 mm 的区域；高寒地区指海拔 3000 m 以上、年均气温低于 0℃的区域；石质山区指岩石裸露率大于 70 %的山区。			

A.2 选用植物种应符合当地生态安全要求，严禁使用外来入侵物种。

参考文献

[1] GB 50434—2018 生产建设项目水土流失防治标准

[2] GB 50433—2018 生产建设项目水土保持技术标准

[3] GB 51018—2014 水土保持工程设计规范

[4] SL 575—2012 水利水电工程水土保持技术规范

[5] SL 386—2023 水利水电工程边坡设计规范

[6] GB/T 38360—2019 裸露坡面植被恢复技术规范

[7] LY/T 2356—2014 矿山废弃地植被恢复技术规程