

ICS 65.020

CCS B 05

DB61

陕西省地方标准

DB 61/T××××-2025

水源型水库消落带生态修复规程

Regulation on ecological vegetation restoration in water level fluctuation

zone of water-source reservoirs

2025-××-××发布

2025-××-××实施

陕西省市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 消落带修复原则 2

5 消落带修复目标 3

6 消落带修复实施 3

7 施工与管护 6

8 修复效果评估 7

9 档案管理 8

附录 A 消落带分区适生植物表 9

附录 B 不同类型施工技术表 10

参考文献 11

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。

本文件由陕西省水利厅提出并归口。

本文件起草单位：陕西省引汉济渭工程建设有限公司、西安理工大学、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、河海大学。

本文件主要起草人：刘国平、权全、王浩、闫团进、任吉涛、李宏伟、孙立、李雄、张昕、张新平、樊荣、寇晓梅、万帆、李奇、张珂、晁丽君、王晟。

本文件首次发布。

本文件由陕西省引汉济渭工程建设有限公司负责解释。

联系信息如下：

单位：陕西省引汉济渭工程建设有限公司

电话：029-86326789

地址：陕西省西安市未央区浐灞大道2021号

邮编：710024

水源型水库消落带生态修复规程

1 范围

本文件规定了水源型水库消落带生态修复的工作内容、方法和程序。
本文件适用于水源型水库消落带修复工作，其他类型水库可参考使用。

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 3838	地表水环境质量标准
GB 6000	主要造林树种苗木质量分级
GB/T 15776	造林技术规程
GB/T 36197	土壤质量 土壤采样技术指南
GB/T 36199	土壤质量 土壤采样程序设计指南
GB/T 42363	土壤质量 土壤理化分析样品的预处理
HJ/T 166	土壤环境监测技术规范
SL 190	土壤侵蚀分类分级标准
TD/T 1010	土地利用动态遥感监测规程
T/CSF 0101	退化河流廊道生态修复、恢复与重建技术指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水源型水库 water-source reservoirs

主要用于水源供给的水库，向周边地区提供饮用水、灌溉水、工业用水或其他类型的水资源保障。

3.2

水源型水库消落带 water level fluctuation zone of water-source reservoirs

水库由于季节性水位消涨和周期性蓄水，在最高水位线与最低水位线之间形成的消涨和干湿交替区域。

[参考：LY/T 2964-2018 3.1]

3.3

抗旱涝急转植物 plants tolerant of rapid drought-flood alternation

具备在干旱少雨期已出现旱情的情况下，短期内耐受高强度降水及洪涝能力的植物。

3.4

生态修复 ecological remediation

借助外力使退化生态系统受损特定对象部分或全部恢复到原始状态的过程。

[来源：T/CSF 0101—2024 3.3]

3.5

适生植物 adaptive plants

适应特定生态环境（如消落带水陆交替环境）生长的植物，包括水生植物和耐旱植物。

3.6

人工湿地 constructed wetlands

利用植物、微生物和基质的物理、化学、生物及其协同作用，模拟自然湿地的结构与功能的人为建造湿地，用于水质改善或生境营造。

[参考：DB33/T 2371—2021 3.1]

3.7

水陆过渡带 transition zone between land and water

水库水体和陆地之间的过渡生态区，具有缓冲污染、稳定岸线、支持生物多样性等多重生态功能。

4 消落带修复原则

4.1 修复总体原则

4.1.1 符合国家和法律法规，符合水利和生态环境等行政主管部门的有关规定。

4.1.2 遵循生态优先、因地制宜的原则。

4.1.3 遵循与水库开发与保护任务、运行与调度相协调的原则。

4.1.4 遵循与周边环境和地方社会可持续发展相协调的原则。

4.2 整地原则

4.2.1 因地制宜，结合近自然种植需要，与周边地形相融合，不可进行大平大整。

4.2.2 对于乔灌木，采用穴状整地方式，应根据苗木大小选择栽植穴的规格。栽植穴长宽深规格可为 40cm×40cm×60cm、40cm×50cm×60cm 或者 50cm×50cm×60cm。未达到以上尺寸或坡度较大的区域，采用鱼鳞坑整地。

4.2.3 尽量减少土层扰动。

4.2.4 草本植物可直接进行栽植。

4.3 植物选择原则

4.3.1 水生植物种类宜采取下列原则选择:

- a) 耐淹能力强;
- b) 耐受干旱能力强;
- c) 耐旱涝急转能力强;
- d) 根系发达、固土能力强、有较强的水土保持能力的植物;
- e) 易成活、较强的生芽能力;
- f) 本土植物为主,外来植物为辅;
- g) 结合景观要求选择有观赏性的植物。

4.3.2 陆生植物种类宜采取下列原则选择:

- a) 具有固土功能;
- b) 净化空气能力强;
- c) 给当地生物提供重要栖息地;
- d) 首选本土优势物种适当引进优良树种;
- e) 结合景观要求选择有观赏性的植物。

5 消落带修复目标

5.1 修复功能定位

应根据水库特性及所在地区的生态功能,明确水库消落带修复功能定位。

5.2 修复目标确定

5.2.1 确保水库消落带区域库岸稳定目标,防止水土流失和岸线侵蚀。

5.2.2 提高水资源的生态承载能力目标,使水库消落带能够支持多样化的生物群落。

5.2.3 提高水库消落带自我调节和平衡能力目标,使其能够更好地应对外界环境的变化和干扰。

5.2.4 增强水库水体的自净化能力目标,通过自然过程降低水中的污染物。

5.2.5 增加植被覆盖、提供栖息地目标,恢复水库消落带生物多样性,提高生态系统完整性和稳定性。

6 消落带修复实施

6.1 消落带修复技术流程

6.1.1 消落带修复按照现状调查与评价、规划设计、施工与管护、效果评估的流程开展工作,技术流程见图1。

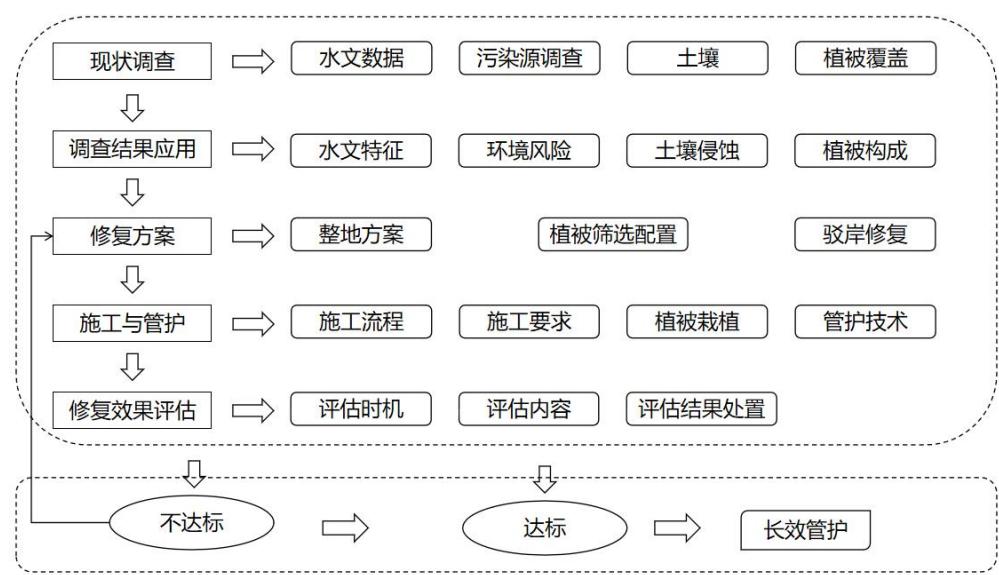


图 1 技术流程图

6.2 修复范围

6.2.1 消落带修复范围上限为正常蓄水位（或常年最高水位线），下限为死水位（或常年最低水位线）。

6.2.2 消落带修复重点区域为入库河流汇口、近岸区等水质敏感区域及富营养化物质易聚集的低洼区。

6.3 生态环境调查与结果应用

6.3.1 生态环境调查按照下列空间和时间范围确定：

- a) 空间范围
以水库设计水位变幅为基础，覆盖消落带全域及毗邻区域。
重点调查消落带内海拔梯度变化明显的区域，如陡坡型、缓坡型、阶地型消落带。
向陆域延伸至消落带上缘 50m-100m 缓冲带，向水域延伸至水深 2m 以内的浅水区。
- b) 时间范围
至少涵盖完整水文年周期（丰水期、枯水期、平水期），重点关注水位涨落前后的生态特征变化。
特殊情况下（如极端气候、人为调度）应增加调查频次。

6.3.2 生态环境调查包括下列内容：

- a) 基本情况。包括消落带水位变化、地形地貌与土地利用方式、水环境质量等生境因子，统计消落带面积和岸线长度。
- b) 土壤状况。分别对消落带上部、中部、下部区段的土壤本底状况进行调查，包括土壤土层厚度、颗粒组成、孔隙度、侵蚀强度等物理性质，pH值、有机质、氮磷钾含量、重金属污染指标等化学性质，微生物群落多样性及活性。
- c) 植被状况。包括植物种类组成、优势种/濒危种分布、群落结构（盖度、频度、生物量）以及根系特征、耐淹植物适应性及演替规律。

d) 污染源。重点调查修复区域周边的工业、生活、农田、养殖、旅游等污染源，以及消落带水土流失、进入消落带的径流污染等。

e) 生态敏感因子。应包括珍稀濒危物种的栖息地关联性和外来入侵物种的扩散情况。

6.3.3 生态环境调查按照下列方法开展：

a) 通过资料收集和现场调查获取消落带基本情况。

b) 植被调查应采用样方法，样方规格应设置为乔木 $10\times 10\text{ m}^2$ ，灌木 $5\times 5\text{ m}^2$ ，草本 $1\times 1\text{ m}^2$ ，记录物种多样性指数（Shannon-Wiener指数）。

c) 土壤采样应采用分层取样（0cm-20 cm、20cm-50 cm），按照HJ/T 166-2004执行。

d) 可利用多光谱遥感解译消落带土地利用/覆盖变化，结合DEM数据分析地形水文关联性，按照TD/T 1010-2015执行。

e) 可通过查找公开资料以及走访调查方式获取污染源情况和生态敏感因子。

6.3.4 调查结果应用

a) 调查结果可应用于修复范围划定。依据消落带植被与土壤退化程度以及生态敏感性确定核心修复区。

b) 调查结果应指导修复方案设计：

针对性选择植被恢复技术和土壤改良技术。

坚持水位响应式设计。

制定利于生物多样性提升的修复方案。

基于监测反馈机制进行动态管理。

6.4 整地设计

6.4.1 河流急转处整地应充分考虑植被的缓流作用，将河道的泄洪时对两岸的负面影响降至最低。可配合工程辅助技术给植被提供良好的生长环境，宜采用工程辅助技术三维网垫植草技术。

6.4.2 消落带岩质岸坡整地宜采用以下方式：

a) 燕窝植生穴；

b) 生态袋护坡；

c) 生态混凝土护坡。

6.4.3 消落带一般岸坡整地参照 GB/T 15776 执行，已采取和拟采取生态护坡的工程治理区整地规格大小根据苗木规格和立地条件进行，以块状或穴状整地为主。

6.4.4 除土地平整、灌溉与排水、田间道路、农田防护与生态环境保持以外的工程。其技术要求应参照有关规定执行。

6.5 植被修复设计

6.5.1 种苗接种按照下列原则选择：

a) 用于水源型消落带植被生态修复的植物种类见附录A表A.1。

b) 乔灌木应优先选择3-4年青壮树苗，主根健全，根系发达，茎、叶无污染，无病虫害。苗木规格与质量分级执行GB6000。

c) 草本种苗应选择主根健全，根系发达，生长发育良好的健壮草本植株。

d) 采购的植物种苗应有国内检验检疫合格证。

6.5.2 植被群落按照垂直方向配置和水平方向配置。垂直方向配置主要与太阳光有关；水平方向配置主要受地形、土壤湿度、人类活动等因素影响。其余情况参考以下配置方式：

a) 消落带下部（死水位-死水位与汛限水位中部）应以耐深水淹的低矮草本植物为主要配置对象。可在这一高程段种植常见的本土生沉水草本植物。

b) 消落带中部（死水位与汛限水位中部-汛限水位）应采取本土生为主的草本、灌木和挺水植物相结合的配置方式。

c) 消落带上部（汛限水位-正常蓄水位）应选择耐旱、耐淹的植物类型，可采用本土生草本、灌木和乔木相结合的配置方式。

6.6 驳岸修复设计

6.6.1 自然式驳岸的设计要求：

- a) 适用于整地后坡比为1:4至1:6，坡度较缓的驳岸。
- b) 应使用应透水性好，环保可降解，无污染性的材料。
- c) 应设置渗水沟或排水设施，减少地表径流冲刷。
- d) 设计水流冲刷强度控制值应不高于10 N/m²。
- e) 驳岸线形应保持自然化，与周边地形和环境融合。

6.6.2 生态驳岸的设计要求：

- a) 适用于整地后坡比为1:3至1:5的驳岸。
- b) 消落带下部沉水植物种植率应不小于60%，消落带中部应采用柔性护坡结合挺水植物种植，消落带上部应采用乔灌木复合配置，植物种类不少于5种。
- c) 抗冲刷系数应不小于1.5，护坡设计允许冲刷深度应不超过30 cm，应使用混合材料增强稳定性。
- d) 应使用透水材料和再生环保材料，石料尺寸控制在10cm-30 cm。

6.6.3 石砌驳岸的设计要求：

- a) 适用于整地后坡比为1:2至1:3的驳岸，陡坡顶部应设置挡墙或护肩。
- b) 护坡滑动稳定系数应不小于1.5。抗冲刷设计流速应不大于2 m/s。石砌厚度应不小于30 cm，堆砌高度根据水库水位设计，顶部应超出最高水位50 cm。
- c) 石材材质应坚硬、抗侵蚀。石块规格应控制在15cm-30 cm，错缝堆砌，填缝牢固。
- d) 背坡应设渗水管，每间隔5m-10m布置一个排水孔，采用透水垫层增强基础排水。
- e) 石缝中应设置种植孔，种植灌木或挺水植物，提升生态性。在平缓区域应搭配柔性护坡设计。
- f) 防风浪标准需满足波高1m的条件设计。

7 施工与管护

7.1 施工流程

7.1.1 施工前准备。应做好勘察测量、方案设计以及施工材料准备等工作。

7.1.2 对修复区域进行整地。

7.1.3 依据修复方案，进行植被配置栽种以及驳岸修复工作。

7.1.4 在修复后对照修复目标进行验收并做好后期管护工作。

7.1.5 在修复后进行短期、中期及长期修复效果评估，若达标则进行常规管护，若不达标则需要优化修复方案，进行二次修复。

7.2 施工要求

7.2.1 施工应严格安排在枯水期内进行，确保施工安全与水库功能正常运行。

7.2.2 施工应依托专业团队与先进技术手段，宜采用专业人员现场指导与无人机远程监测相结合的方式，实现施工过程的精准控制与质量监控。

7.2.3 施工过程中，应严格遵守环境保护与安全生产相关法律法规，避免因施工活动造成二次污染。

7.3 栽植技术

7.3.1 栽植时间

春季退水后，汛期前2-5月进行栽植。

7.3.2 栽植方法

- a) 植苗造林执行 GB/T 15776-2016 中 9.3 的规定；
- b) 草本植物按照 8-16 窝/m²栽植；
- c) 袋装苗种植时应去除或划破容器袋体，但需保留完整土球，且土球基质中不得含有可能造成土壤污染的物质。

7.4 管护技术

7.4.1 加强栽后管护，及时进行苗木培土、扶正、施肥及浇水，汛期后清理树木附近的漂浮物，确保苗木成活率。

7.4.2 栽植成活率未达 80%的区域，应在下一栽植季节补植。

7.4.3 加强病虫害监测及防治，禁止在库区进行放牧和农事活动。

7.4.4 栽植之后的消落带植被应采取近自然化经营理念。

7.4.5 消落带修复后应做好定时监测：

- a) 水质监测指标应包括叶绿素 a、透明度以及 GB 3838 表 1 的基本项目。
- b) 植被种植后应定期记录植物存活率及覆盖率。
- c) 定期测定土壤含水率、紧实度及侵蚀率。
- d) 定期监测生物多样性。
- e) 监测频率应保持初期每月 1 次，后期每季度 1 次，并结合长期动态监测。

8 修复效果评估

8.1 评估时机

8.1.1 短期评估。修复后 3 个月进行首次评估，修复后 1 年进行二次评估。

8.1.2 中期评估。修复后 5 年内，在每年汛期结束后，重点评估生态系统结构与功能的恢复趋势，遭遇极端气候事件后追加应急评估。

8.1.3 长期评估。修复后 5 年后，进行每 5 年 1 次的周期性评估，评估生态系统稳定性及可持续性，与修复目标对标。

8.2 评估内容及方法

8.2.1 植被覆盖率。可采用固定样方复查法评估植被覆盖率。植被覆盖率大于修复前则土壤质量达标，否则不达标。

8.2.2 水质达标率。宜采用现场检测与实验室检测相结合的方法评估。消落带修复后水质应达到 GB 3838 相应标准。

8.2.3 土壤质量。评估指标为侵蚀模数，宜采用室内实验分析养分评估，其中土壤采样与样品处理分别宜按照 GB/T 36197、GB/T 36199 和 GB/T 42363 执行。修复后土壤质量应达到 SL 190 相应标准。

9 档案管理

9.1 档案管理范围

9.1.1 消落带修复档案管理应包括设计、建设、运行全过程的技术资料和管理性资料。

9.1.2 消落带修复设计档案资料包括修复方案设计文件、施工图及竣工验收资料等。

9.1.3 消落带修复施工档案资料包括施工方案，修复区整地、植被修复、驳岸修复记录，施工及监理情况（施工单位、施工人员、施工日期，监理单位、监理人员、监理日期，施工、监理的组织、管理）。

9.1.4 消落带修复运行档案资料包括运行期养护、管理及效果评估记录。

9.2 档案管理要求

9.2.1 应按照档案管理制度的要求建立档案管理体系。

9.2.2 档案资料应及时归档，并妥善保管。

附录 A 消落带分区适生植物表
(资料性)

表 A.1 消落带分区适生植物表

分区	淹没深度	适生植物类型	生态功能
消落带上部	0m~0.5m	国槐、刺槐、黄刺玫、狗牙根、白三叶等陆生植物	防风固土, 提供景观和陆生生态稳定性
消落带中部	0.5m~2m	芦苇、香蒲、旱柳、空心莲子草、节节草等湿生或挺水植物	防止水土流失, 提供缓冲区及过渡带
消落带下部	超过 2m	轮叶黑藻、苦草、菖蒲、浮萍、凤眼莲等水生及沉水植物	净化水质, 促进水生生态系统的恢复

附 录 B 不同类型施工技术表
(资料性)

表 B.1 不同类型施工技术

施工类型	具体技术	适用条件
植被恢复施工	植物配置	水位波动较小，适合通过植被恢复控制坡面侵蚀，提高生态稳定性
	土壤改良	
	分层种植	
	养护管理	
坡面稳定施工	生态护坡	针对高陡易侵蚀岸坡，尤其在水位骤降或人为活动加剧破坏时，需采用生态护坡技术兼顾行洪安全与生态功能
	锚固技术	
	阶梯消能	
	监测预警	
人工湿地施工	基质设计	适用于地形低洼、汇水条件好的区域，主要用于处理可生化性较好的面源污染，需保障枯水期水源并避免占用主河道
	水流控制	
	植物种植	
	前置沉砂池和格栅井	
底泥处理施工	环保清淤	适用于淤积严重或内源污染突出的消落带，需结合污染评估选择安全处置方式，并在枯水期窗口期实施。
	脱水固化	
	资源化利用	
	安全填埋	
控源截污施工	管道截污	明确点源污染或可控面源，需通过截污管道、分散处理或前置库系统实现污染拦截，并配套长期运维机制
	分散处理	
	前置库系统	
	智能监控	
生态缓冲带施工	阶梯种植	适用于汇水路径清晰的区域，通过耐湿耐旱植被拦截径流污染物，需确保缓冲带宽度与维护可及性
	渗透铺装	
	生态沟渠	
	清淤补植	

参 考 文 献

- [1] GB/T 16453.4 水土保持综合治理技术规范
 - [2] GB/T 5085 水源地生态环境保护技术规范
 - [3] NB/T 10510 水电工程水土保持生态修复技术规范
 - [4] LY/T 2964 三峡库区消落带植被生态修复技术规程
 - [5] HJ/T91 饮用水源水质监测技术规范
-