

ICS 号  
中国标准文献分类号

# 团 体 标 准

T/ACEF □□□—20□□

## 浅水湖泊水生植被保护与修复技术导则

Technical guidelines for protection and restoration of aquatic vegetation in shallow lakes

(征求意见稿)

20□□-□□-□□发布

20□□-□□-□□实施

中华环保联合会发布

## 目 次

前 言 .....	I
引 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本原则 .....	2
4 调查评价 .....	3
5 水生植物保护 .....	6
6 水生植被修复 .....	7
7 运行管理 .....	11
附录 A (资料性) 浅水湖泊水生植被调查表 .....	16
附录 B (资料性) 水生植物定植技术参数表 .....	17

## 前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《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。

本文件由生态环境部环境规划院提出。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

## 引 言

浅水湖泊作为我国重要的淡水生态系统，兼具水质净化、调蓄洪水、生物栖息地供给、气候调节等多重生态功能，其水生植被是维持湖泊生态平衡的核心要素——沉水植被可通过吸收水体氮磷营养盐抑制富营养化，挺水与浮叶植被能拦截陆源污染物、减缓风浪扰动，为鱼类、底栖动物等提供关键栖息环境。然而，近年来受人类活动干扰（如点面源污染输入、围湖造田、过度渔业捕捞）与气候变化影响，我国浅水湖泊水生植被普遍面临退化危机：富营养化导致水体透明度下降，沉水植被分布面积缩减甚至消失；外来入侵物种挤占本土物种生态位，破坏群落多样性；底质污染与鱼类过度牧食进一步加剧植被衰退，引发湖泊生态系统“清水态”向“浊水态”转化，严重威胁水资源安全与生态服务功能。为系统性解决上述问题，规范浅水湖泊水生植被保护与修复技术流程，提升工程实施科学性与有效性，保障湖泊生态系统长期稳定，特制定本文件。

文件核心技术内容遵循“问题诊断-方案设计-技术实施-长期维护”的逻辑框架：首先通过“调查评价”章节明确水生植被现状与生态胁迫因子，为保护修复提供科学依据；其次依据“设计原则”确定保护优先级与植被配置方向，确保方案符合自然规律与生态需求；随后通过“水生植物保护”与“水生植被修复”章节，分别针对珍稀濒危物种与退化植被提出针对性技术要求，重点细化沉水、挺水、浮叶植物的定植技术参数；最后通过“运行维护”章节规范收割管理、鱼类调控、藻类防控等长期管护措施，保障修复效果可持续。需要特别说明的是，本文件适用于平均水深较浅且无温跃层的浅水湖泊，不适用于深水湖泊、水库及河流的水生植被保护与修复工作。

本文件的实施将为我国浅水湖泊水生植被保护与修复提供统一技术指引，助力解决当前技术实施中“标准不统一、参数不明确、效果难持续”等问题，对推动湖泊生态系统质量提升、保障国家水生态安全具有重要意义。

# 浅水湖泊水生植被保护与修复技术导则

## 1 范围

本文件规定了浅水湖泊水生植被调查评价、水生植被保护技术要求、水生植被修复技术要求、运行管理等内容。

本文件适用于浅水湖泊水生植被保护与修复。

## 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/T 14581 水质 湖泊和水库采样技术指导

GB/T 39791.2 生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第 2 部分：损害调查

GB/T 39792.2 生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第 2 部分：地表水和沉积物

HJ 710.12 生物多样性观测技术导则 水生维管植物

SL/T 793 河湖健康评估技术导则

HJ 710.8 生物多样性观测技术导则 淡水底栖大型无脊椎动物

HJ 1296 水生态监测技术指南 湖泊和水库水生生物监测与评价（试行）

HJ 623 区域生物多样性评价标准

HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范

SL/T 800 河湖生态系统保护与修复工程技术导则

SL/T 793 河湖健康评估导则

SC/T 9429 淡水渔业资源调查规范

湖滨带生态修复工程技术指南，生态环境部，2019

全国淡水生物物种资源调查技术规定，环境保护部，2012

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 浅水湖泊 shallow lake

平均水深一般不超过5米，最大水深不超过6米，水体在风力等外力作用下容易发生全层混合，水体不存在温跃层的湖泊。

### 3.2 挺水植物 emergent plant

指根系和基部长期淹没于水中，而茎、叶等主要光合作用器官挺出水面的水生植物。

### 3.3 浮叶植物 floating-leaved plant

根系固着于水底，而叶片自然漂浮于水面的水生植物。

### 3.4 沉水植物 submersed plant

植物体全部或绝大部分沉没于水中、在水下完成生命周期的水生植物。

### 3.5 漂浮植物 free-floating plant

植株完全漂浮在水面上，根部悬浮在水中或退化，整个生活史过程不需要接触底泥等基质，依靠水流或风力自由移动。

### 3.6 本土物种 native species

在一个区域内通过自然进化并长期存在的物种，这些物种与当地的其他物种和生境特征通过长期的协同进化，形成较为稳定的生态关系，共同维系着区域的生态平衡和系统稳定性。

### 3.7 入侵物种 invasive species

被引入到一个非本土分布区域，并在该区域中快速繁殖扩散，对本土物种和生态系统造成负面影响的物种。大多数入侵物种是通过人类活动直接或间接被引入的。

### 3.8 水生植物繁殖体库 aquatic plant propagule bank

湖泊底泥中积累着水生植物的各类繁殖体，既包括有性繁殖形成的种子，也涵盖块茎、休眠芽等多种无性繁殖体。这些繁殖体在适宜条件下能够萌发，是水生植物群落得以维持并实现自然演替的重要途径。

### 3.9 参照湖泊 reference lake

指与评估目标湖泊处于同一气候区、水文流域或相似自然地理单元，且未受人类活动显著干扰，生态系统结构完整、功能稳定的湖泊。

## 4 基本原则

#### **4.1 坚持问题导向，统筹总体布局**

依据相关规划与区划，结合浅水湖泊的水文水资源特征、开发利用现状及生态问题，分区域、分类型明确水生植被保护与修复重点，在空间分布、重点工程和实施时序等方面进行系统布局。

#### **4.2 立足生态完整，科学设定目标**

从维护湖泊生态完整性出发，合理确定保护修复目标，统筹行洪滞洪、景观营造与生物多样性提升等多重需求，增强水体自净能力，提高生态系统质量与稳定性。

#### **4.3 强化系统调查，精准识别驱动**

以生态系统完整性为核心，开展兼具科学性、针对性与可操作性的修复区调查评价，统筹考虑水体和底质、水文过程、陆域环境及生物群落的相互关系，重点识别导致植被退化的关键驱动因素。

#### **4.4 明确保护序列，引导有序修复**

保护优先级顺序为：珍稀濒危物种生境>原生植被完整区>轻度退化区；修复优先级顺序为：重度退化区>中度退化区>轻度退化区，形成科学有序的推进路径。

#### **4.5 尊重自然规律，推动近自然修复**

以水生植物生命周期与环境适配性为基础，通过物候期匹配与生长条件量化，确保修复活动顺应自然节律。优先选用乡土植物，构建原生型水生植物群落，提升生态系统长期稳定性。

#### **4.6 实施动态管理，持续优化措施**

定期开展水生态监测评估，加强修复设施的运行管护，推行适应性管理机制，根据反馈不断优化保护与修复策略，实现工程的可持续成效。

### **4 调查评价**

#### **4.1 调查技术**

##### **4.1.1 历史资料收集与分析**

在实施调查前，通常应系统收集目标水体的历史资料，建立量化数据库。重点收集与水生植被相关的环境与生物因子数据，包括：

- 1) 连续 5 年以上的水文数据，主要包括日均水位、换水周期、引排水量等；
- 2) 连续 5 年以上的气象数据，主要包括日均降雨量、气温、风向等；

- 3) 连续 5 年以上的水环境数据，主要包括常规水质参数；
- 4) 连续 3 年以上的水生生物数据，主要包括水生植被、底栖动物和鱼类等。

应对所收集数据进行比对分析，评估水质状况与生态状态，识别主要环境胁迫因素。若历史资料不完整，建议开展不少于 2 年的连续监测以补充数据基础。

#### 4.1.2 调查方案制定

根据调查区域形态特征、水文条件及调查目标制定科学合理的调查方案。常规调查属于抽样调查，样点与样线布设应具有代表性，具体可参照 HJ 710.12 第 5.2 条执行。

#### 4.1.3 调查方法与设备准备

调查方案确定后，应准备相应的调查设备、工具并明确各项指标的调查方法。各项指标的调查应参照现行有效的行业标准或技术指南执行，设备操作须由专业人员完成。主要参考标准包括：

- 1) 水环境和底质调查：《水质 湖泊和水库采样技术指导》（GB/T 14581）、《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T 91）；
- 2) 水生植被调查：《生物多样性观测技术导则 水生维管植物》（HJ 710.12）、《全国淡水生物物种资源调查技术规定》；
- 3) 鱼类与底栖动物调查：《全国淡水生物物种资源调查技术规定》、《淡水渔业资源调查规范》（SC/T 9429）、《生物多样性观测技术导则 淡水底栖大型无脊椎动物》（HJ 710.8）。

#### 4.1.4 调查实施

调查工作包括现场外业与室内分析两部分。外业建议依据调查方案制定合理路线，规范开展现场指标测定与样品采集保存；内业主要包括水体样品的指标测定与生物样品的鉴定分析，鉴定分析工作须由具备相关专业背景的人员完成。

### 4.2 评价技术

#### 4.2.1 水生植被物种多样性评价

重点对水生植被的物种多样性与空间分布进行评价。物种多样性评价涵盖 $\alpha$ 多样性与 $\beta$ 多样性两类指标：

- 1)  $\alpha$ 多样性用于表征群落内物种丰富程度，可采用物种丰富度、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和均匀度指数进行评估；

- 2)  $\beta$ 多样性用于反映沿环境梯度变化的物种更替程度，可采用种类相似性指数进行评估。
- 3) 此外，物种多样性评价还建议包括对珍稀濒危水生植物及入侵水生植物的专项评估。

#### 4.2.2 水生植被分布特征评价

植被分布特征评价主要采用以下三项指标：（1）整体覆盖度：全湖水生植被的覆盖比例；（2）现存量：全湖水生植被在一年中的最大生物量；（3）繁殖体库：底泥中可萌发的水生植物密度与物种组成。植被覆盖度与现存量调查可参照《生物多样性观测技术导则 水生维管植物》（HJ 710.12）执行。繁殖体库调查宜采用柱状底泥采样器采集底泥样品，每个样点设置3个以上的平行样，通过室内萌发实验测定繁殖体密度。

#### 4.2.3 评价内容框架

评价工作包括生态系统健康状态评价与胁迫因子诊断，以明确浅水湖泊存在的主要生态问题及修复限制条件。

#### 4.2.4 生态系统状态评价方法

生态系统状态评价可参照河湖生态健康状况评价指标体系，对生境与水生物进行分项评价，具体方法可参考SL/T 793。

#### 4.2.5 生态退化程度分级

以参照湖泊的生态健康状态为标准，对湖泊现状各指标值进行评估，根据差异程度将湖泊生态退化程度划分为以下五个级别：理想状况、健康、亚健康、不健康、病态。具体方法可参考SL/T 793。

#### 4.2.6 胁迫因子诊断方法

根据湖泊生态问题与损害评估结果，建议按以下步骤诊断导致生态系统退化的胁迫因子：

- 1) 第一步：通过相关性分析识别水质指标（如TP、TN）与水生植被覆盖度的关联程度（ $R^2 > 0.5$  为主要影响因子）；
- 2) 第二步：结合人类活动调查（如周边排污口、农业面源），判定胁迫因子类型（点源/面源/生物干扰）；
- 3) 第三步：采用主成分分析（PCA）量化各胁迫因子贡献度，贡献度  $> 30\%$  判定为关键胁迫因子。

具体分析方法与流程可参考《湖滨带生态修复工程技术指南》、GB/T 39791.2 和 GB/T 39792.2。

## 5 水生植物保护

### 5.1 珍稀濒危水生植物保护

#### 5.1.1 保护对象范围

以《中国植物红皮书》和《中国珍稀濒危植物图鉴》收录的水生植物为基本保护范围，在各项调查监测和水生植被修复工程中，宜对发现的珍稀濒危水生植物实施重点保护。

#### 5.1.2 原地保护（生境良好型）

对种群规模稳定、生境状态良好的珍稀濒危水生植物种群，建议优先实施原地保护，并采取有效措施降低人类活动干扰。

#### 5.1.3 原地保护（生境受损型）

对种群规模较好但生境已受损的种群，仍可实施原地保护，加强管护，重点隔绝人类活动干扰、降低动物摄食压力，并构建应对污染负荷冲击的缓冲体系。

#### 5.1.4 原地与迁地保护结合型

对种群规模较小但生境状态尚好的珍稀濒危物种，建议采取原地保护与迁地保护相结合的方式。在原地实施管护的同时，宜采集部分生长良好的个体，及时转移至植物园、种质资源圃等专业保护机构进行人工保育。

#### 5.1.5 迁地保护主导型

对种群规模小且生境严重受损的物种，建议实施以迁地保护为主的措施，将现存健康个体尽可能转移至邻近适宜的保护地。迁入地应选择与原生境相似度高、距离较近、人类干扰小的区域，并建立长期监测机制，持续评估受保护物种种群的恢复状态。

#### 5.1.6 人类活动干扰隔绝措施

为有效降低人类活动对珍稀濒危水生植物的干扰，可结合实际条件采取以下一种或多种措施：

- 1) **物理隔离：**在保护区域外围设置防护网、生态浮栏或警示标识，限制船只通行、捕捞和人员靠近；
- 2) **生态缓冲带建设：**在陆域—水域交错带构建草本—灌木复合植被带，宽度不宜小于20米，以阻隔面源污染并减少人为扰动；

- 3) **活动管控:** 协调相关部门, 对保护区域实施季节性禁航、限速或限行管理, 严禁非法捕捞和水边开发行为;
- 4) **生态替代:** 在人类活动频繁区域, 通过设立替代性休闲区或观光路径, 引导公众活动远离珍稀植物分布核心区;
- 5) **智能监控:** 在关键保护区域布设视频监控或无人机巡护系统, 实现实时监测与预警管理。

## 5.2 常见水生植物保护

### 5.2.1 保护内容

常见水生植物保护重点涵盖以下方面: 维持合理植被覆盖面积、保护与提升群落多样性、保育繁殖体资源。

### 5.2.2 植被面积维护

结合生境改善与植被修复工程, 逐步恢复和维持湖泊水生植被总面积处于合理区间, 浅水湖泊水生植被覆盖面积宜控制在湖泊总面积的 30%–60%, 其中沉水植被占比不低于 50%, 挺水植被沿湖岸带宽度不小于 10 米为宜, 以维持健康的水生生态系统结构, 确保其发挥水质净化、栖息地提供等关键生态功能。

### 5.2.3 群落多样性构建

在水生植被修复过程中, 应注重提高植物群落多样性。通过科学配置不同生长型、生态位及生活史特征的物种, 构建结构复杂、功能互补的植物群落, 增强系统稳定性与生态功能持续性。

### 5.2.4 繁殖体库保育与强化

可在重点区域或繁殖体匮乏区, 通过人工投放种子、块茎、休眠芽等繁殖体, 有效增加沉积物中水生植物繁殖体的储量与物种多样性, 增强水生植被的自然更新与长期自我维持能力。

## 6 水生植被修复

### 6.1 修复目标

#### 6.1.1 总体目标

湖泊水生植被修复的总体目标是构建面积适宜、物种多样、结构稳定、功能优化的水生植被群落, 持续发挥水质净化、栖息地供给等关键生态功能, 促进湖泊生态系统健康与良性发展。修复后的水生植被应具备自我维持与自然扩繁能力, 保障湖泊生态服务功能的长期稳

定发挥。

### 6.1.2 目标制定原则

应根据目标水域的功能定位、生态系统退化程度及实施季节等因素，科学制定阶段性目标与长期目标，明确各时期植被覆盖、群落结构及生态功能等方面的具体指标。

### 6.1.3 挺水植被修复目标

挺水植被修复以拦截陆源污染物与悬浮颗粒物、减缓风浪侵蚀、稳固岸带为主要目标，构建有效的地表径流拦截带。同时兼顾景观美化功能，并为水生动物提供栖息与庇护场所。

### 6.1.4 浮叶植被修复目标

浮叶植被修复宜通过在近岸浅水区建立片状或条带状群落，增强区域景观效果，形成天然消浪带，降低风浪扰动，改善水体物理稳定性，并提高水生植物群落的物种与结构多样性。

### 6.1.5 沉水植被修复目标

沉水植被修复重点在于构建具有一定覆盖度的水下森林，持续发挥清水效应，提升水体透明度，增强生态系统生物多样性、弹性与稳定性，逐步恢复并维持区域的清水状态。

## 6.2 修复前置条件与生境改善

### 6.2.1 外源污染控制

外源污染控制包括点源与面源污染的系统治理。

#### 6.2.1.1 点源污染控制

- 1) 入湖河流依据湖泊水环境容量、生态水位需求及河流水文特征，制定并实施流量与水质目标双控管理方案。
- 2) 入湖排污口优先采用雨污分流、截污纳管等措施，将污水纳入城市污水管网系统处理。处理后尾水须经表流湿地、坑塘或支浜等生态净化系统深度处理，湿地类型宜优先选用自然湿地。
- 3) 对达标排放后湖泊水质仍不满足功能要求的，在污染迁移路径中构建“源头削减-过程拦截-末端净化”的生态强化处理体系，在源头区、河道输移带及入湖口分段布设生态拦截系统、河岸缓冲带与人工湿地等组合措施。

#### 6.2.1.2 面源污染控制

- 1) 农业面源污染防治实施源头控制与过程拦截。源头控制包括测土配方施肥、生态田埂等水土保持措施；过程处理可采用生态沟渠、坑塘和湿地系统。

- 2) 城市面源污染防治结合海绵城市理念，采用低影响开发设施截留与净化雨水径流污染。

### 6.2.1.3 生态净化技术选型

生态净化技术应与周边空间条件及污染特征相匹配。高污染负荷区宜选用潜流湿地，低污染径流宜配置表流湿地，农田面源区宜建设生态沟渠系统，防洪敏感区域优先采用具有调蓄功能的复合湿地系统。

## 6.2.2 底质修复

### 6.2.2.1 修复适用条件

当污染底泥对水质或水生生物造成显著不利影响时，实施内源污染治理。

### 6.2.2.2 环保疏浚

污染严重、污染层较厚的区域可采用环保疏浚，疏浚深度不宜超过 0.5 米，避免破坏底栖生境。疏浚后底泥有机质含量通常不大于 20 g/kg。

### 6.2.2.3 原位生态修复

适用于轻度至中度污染底泥，具体包括：

- 1) 物理化学措施：底泥覆盖、氧化、固化、钝化等。总磷含量低于 1.5 g/kg 时可采用钙盐钝化技术，投加量为 50–100 g/m<sup>2</sup>。
- 2) 生物措施：可使用微生物制剂等进行修复。
- 3) 技术使用前建议进行小试确定投加量，遵循少量多次原则，避免二次污染。

### 6.2.2.4 修复范围确定

可通过计算底泥释放通量，结合水环境治理目标所需削减的通量比例，科学确定修复范围并设计针对性方案。

## 6.2.3 水下光场改善

- 1) 当水体透明度不足影响沉水植物生长时，建议采取絮凝沉降、设置围隔或调节水位等措施改善水下光照。
- 2) 改善目标为使水体透明度达到种植区水深的 50% 以上，以满足沉水植物定植与生长需求。

## 6.2.4 鱼类群落调控

适度控制鱼类生物量，重点降低草食性、杂食性及底栖鱼类比例。总鱼类生物量宜控制在 50–100 kg/ha，其中草食性鱼类占比不超过 10%，杂食性鱼类占比不超过 20%。

### 6.3 水生植物群落配置

#### 6.3.1 配置原则

应因地制宜，根据自然地理与水域特征进行群落组合与优化配置，实现物种共生与功能互补，提升系统对环境污染与气候变化的适应能力。

#### 6.3.2 群落结构设计

- 1) 以本地原生植物群落结构为参照，以地带性优势种为建群种，选用适应性强、生态功能良好的物种，构建高效稳定的植物群落。
- 2) 沿水位梯度依次配置挺水、漂浮、浮叶和沉水植物群落，形成带状或同心圆式分布系列，发挥协同净化功能。沉水植物为群落构建重点。

#### 6.3.3 物种搭配要求

- 1) 结合系统功能与植物生物学特性，进行深根与浅根、丛生与散生、常绿与季节性植物的有机搭配。
- 2) 避免单一物种配置，保障群落功能持续稳定。
- 3) 考虑空间生境梯度，结合物理防护措施布设多条水生植物带。

### 6.4 水生植被修复技术

#### 6.4.1 技术比选

定植技术选择建议结合生境特征与修复目标，如景观构建注重株型搭配，水质净化侧重高吸附物种，明确不同生活型植物的适配技术。

#### 6.4.2 挺水植物定植

- 1) **生境要求：**适宜水深 0.2–0.5 米，底质为自然壤土。定植前需清除直径大于 5 厘米的石块、杂草根茎及垃圾，平整底质。砂质底质（砂粒占比大于 70%）需铺设 5–8 厘米厚种植土。
- 2) **定植方法：**
  - a) 直接扦插：适用于芦苇、水烛，深度 15–20 厘米。
  - b) 叉子种植：适用于鸢尾、菖蒲，根茎插入底质 10–15 厘米。

c) 根茎埋植：适用于莲，埋深 8–12 厘米，芽眼朝上。

#### 6.4.3 浮叶植物定植

- **生境要求：**适宜水深 0.5–2.0 米，底质为自然湖泥，污染淤泥（有机质大于 10%）需预处理。
- **定植方法：**
  - d) 扦插法：适用于睡莲，深度 5–8 厘米。
  - e) 配重抛投：适用于荇菜，包裹根茎配重 50–100 克。
  - f) 容器种植：适用于景观植物，容器建议直径不大于 20 厘米、高 15 厘米。
  - g) 繁殖体播撒：适用于菱，密度建议大于 5 粒/ $m^2$ 。

#### 6.4.4 沉水植物定植

- **区域选择：**整体连片实施，初期面积不小于 500 平方米。优先选择风浪强度不大于 3 级水域，避开下风口污染堆积区及排口下游 100 米范围。底质以黏土为宜（黏粒占比 40%–60%），厚度不小于 10 厘米，有机质含量宜为 25 g/kg 左右。种植区水深建议小于两倍透明度。
- **定植方法：**
  - 1) 扦插法：水深 1–1.5 米时借助竹竿固定，植株绑定后插入底质 10–15 厘米。
  - 2) 抛投法：硬质底直接抛投，密度 30 株/ $m^2$ ；软质底可捆绑配重（100–150 克陶粒）或包裹根系后抛投，以增强稳定性。

### 7 运行管理

#### 7.1 水生植被收割管理

##### 7.1.1 收割目标

科学收割旨在有效移除水体营养盐，调控植物群落结构，防止过度繁殖，维持生态平衡，增强系统稳定性。

##### 7.1.2 收割频次

根据植物生活型确定收割频次：

- 1) **挺水植物：**每年 1–2 次。首次于夏季生长旺盛期，生物量大于 8 kg/ $m^2$  时轻度收割，控制株高；第二次于秋冬季，植株枯黄率超过 80% 时建议全面收割。

2) 浮叶植物：每年1次，宜在秋冬季，叶片老化率超过80%时进行收割。

3) 沉水植物：每年1次，宜在秋冬季，叶片老化率超过80%时进行收割。

### 7.1.3 挺水植物收割

1) 收割位置宜控制在水面上20–30厘米，保留地下根系，避免损伤基部芽点。

2) 单次收割面积不宜超过种群总面积的70%，以维持群落再生能力。

### 7.1.4 浮叶植物收割

1) 当覆盖度超过水域面积的90%时启动收割，单次减少种群面积约30%，并保留5–10米宽的生态缓冲带。

2) 优先清除老化叶片，保留健康叶片比例不低于50%，维持植物正常发育。

### 7.1.5 沉水植物收割

1) 每年夏季调查生物量与覆盖率，当生物量超过 $5\text{ kg/m}^2$ ，确定30%–40%的收割比例。

2) 宜在秋冬季采用水下机械收割，切割深度距底质大于0.5米，避免损伤根系。

3) 单次收割区域不宜超过总分布区的50%。

### 7.1.6 日常巡查与断枝利用

1) 每旬巡查水体，及时打捞枯黄残体与断枝，衰败期频率调整为1–2次/周，防止残体堆积超过 $500\text{ g/m}^2$ 。

2) 挺水、浮叶植物健康断枝可扦插于沿岸带空斑区域（空斑面积大于 $2\text{ m}^2$ ），扦插深度5–10厘米，株距20厘米×20厘米。

3) 沉水植物健康断枝，长度不小于20厘米的断枝可投放至透明度较高水域，促进群落自然扩散。

### 7.1.7 收割产物处置

收割产物优先采用堆肥处理，建议混合20%秸秆调节碳氮比，堆肥周期30–45天，严禁随意丢弃造成二次污染。

## 7.2 繁殖体库补充

1) 宜在冬季和早春季节，以沉水植物为主，适当补充修复区水生植物繁殖体。

2) 补充宜选择无风无浪天气，通过抛洒方式使繁殖体迅速沉降至底质。

3) 有条件的地区可建设水生植物种苗繁育场，系统收集与培育各类水生植物繁殖体。

### 7.3 植物补充种植

- 1) 修复后水生植被可能因多种因素出现面积或生物量损失，需在运行维护期间及时开展补充种植。
- 2) 在持续跟踪监测基础上，对受损严重区域进行补种，保障种群密度与规模。

### 7.4 鱼类群落调控

#### 7.4.1 调控原则

运行维护阶段需定期调控鱼类群落，重点控制草食性与杂食性鱼类种群，降低其牧食与生态扰动影响。

#### 7.4.2 调查与目标设定

调控前应调查鱼类密度与组成，结合植被生长需求设定目标：

- 1) 草食性鱼类密度大于 5 个/100 m<sup>2</sup>或杂食性鱼类密度大于 10 个/100 m<sup>2</sup>时，启动针对性调控；
- 2) 草食性鱼类密度不超过 3 个/100 m<sup>2</sup>且杂食性鱼类密度不超过 8 个/100 m<sup>2</sup>时，每季度跟踪监测，暂不主动调控。

#### 7.4.3 调控方式

- 1) **挂网捕捞：**适用于鱼类密度较低（总密度小于 15 个/100 m<sup>2</sup>）且政策允许水域。
  - a) 3–6 月（植被萌发期）使用网目 3–5 厘米单层挂网，每周收网 1 次，单次不超过 48 小时；
  - b) 9–12 月（植被稳定期）使用网目 6–8 厘米双层挂网，每周 1 次，重点清除体长大于 30 厘米的草食性鱼类。
- 2) **拖网驱赶：**适用于无法挂网或鱼类密度较高（总密度不小于 20 个/100 m<sup>2</sup>）水体。
  - c) 使用网目 8–10 厘米、网高 1.5–2 米无囊拖网，每月 2–3 次，每次作业范围不超过恢复区总面积的 50%。

#### 7.4.4 生物调控

- 1) 每年 4–5 月可根据植被盖度与鱼类密度，适当投放鱥鱼、鲈鱼等肉食性鱼类。鱼规格建议为 10–15 厘米，密度 2–3 个/100 m<sup>2</sup>。

- 2) 投放后每月监测草食性鱼类密度，低于 3 个/100 m<sup>2</sup>时停止投放。

#### 7.4.5 效果评估

调控后水生植被牧食损伤率不超过 10%，水体透明度提升不低于 20%视为达标。

### 7.5 藻类防控

#### 7.5.1 防控对象

需对浮游藻类和附着藻类实施定期防控，避免影响沉水植物光合作用。

#### 7.5.2 浮游藻类防控

- 1) 每季度在藻类易发区布设生态浮床，覆盖率控制在水域面积的 10%–15%，搭配投放枝角类等滤食性浮游动物（密度 50–100 个/L）。
- 2) 藻类集中暴发（叶绿素 a 大于 20 μg/L）时，可短期使用复合微生物菌剂（用量 1–2 kg/100 m<sup>2</sup>）抑制藻类繁殖。

#### 7.5.3 附着藻类防控

每月巡查沉水植物，叶片附着藻类覆盖率大于 30%时，投放环棱螺等底栖螺类（密度 3–5 个/m<sup>2</sup>）。每季度监测螺类存活率，低于 60%时及时补投。

#### 7.5.4 丝状藻类防控

可通过构建“河蚌–鳑鲏–沉水植物”生态级联系系统，利用物种间互利关系提升水质，间接控制丝状藻类。

### 7.6 入侵物种防控

#### 7.6.1 清除与监测

- 3) 定期打捞外来物种，可与植物断枝打捞同步进行。对列入《中国外来入侵物种名单》的物种实施高强度清除。
- 4) 清除后需进行 3 年跟踪监测，确认无再生后方可终止防控。

#### 7.6.2 外来物种控制

对入侵危害等级尚未明确的外来物种，实施种群规模控制。修复中优先使用乡土物种，严禁使用入侵种。引进种苗需严格质检，定期调查种苗产地，防范外来物种引入。

### 7.7 监测评估

#### 7.7.1 监测体系

建立“常规周期监测 + 极端天气应急监测”双轨体系。

### 7.7.2 常规监测

- 1) 修复初期（1–6 个月）：每月 1 次，重点监测植株存活率（目标值为 80%）、群落覆盖度与水体透明度（目标不小于 1.2 米）。
- 2) 修复中期（7–18 个月）：每 2 个月 1 次。
- 3) 修复后期（19–36 个月）：每季度 1 次，评估系统稳定性。

### 7.7.3 应急监测

- 1) 暴雨后 24 小时内监测浊度（超过 50 NTU 时需设沉淀池）与营养盐浓度。
- 2) 高温（连续 7 天日均温不低于 35°C）后 72 小时内调查叶片枯萎率（超过 15% 时需补水）。
- 3) 台风、洪涝后立即核查植株倒伏情况，倒伏率超过 20% 的区域需及时扶正与补植。
- 4) 关键指标连续 2 次不达标时，应调整修复方案，确保系统稳定。

## 附录 A

(资料性)

## 浅水湖泊水生植被调查表

湖泊名称: \_\_\_\_\_ 断面名称: \_\_\_\_\_ 样方面积: \_\_\_\_\_ 调查人: \_\_\_\_\_ 日期: \_\_\_\_\_

注：（1）种名：发表或权威书籍上的中文名；（2）生活型：挺水植物、沉水植物、浮叶植物和漂浮植物；（3）物候：萌芽期、展叶期、开花期、结果期和落叶期。

## 附录 B

(资料性)

**水生植物定植技术参数表**

生活型	中文名	拉丁名	生活史	耐寒性	适宜水深 (m)	底质要求	种植密度 (株/m <sup>2</sup> )	种植方式
挺水植物	芦苇	<i>Phragmites australis</i>	多年生	强	0~0.6	对土壤要求不严	10~15	根状茎扦插
挺水植物	香蒲	<i>Typha orientalis</i>	多年生	强	0~1.0	对土壤要求不严	5~10	分株、扦插
挺水植物	水葱	<i>Scirpus validus</i>	多年生	中	0~0.4	淤泥、砂壤土	10~25	根状茎扦插
挺水植物	黄菖蒲	<i>Iris pseudacorus</i>	多年生	强	0~0.5	砂壤土、粘土	1~16	分株、扦插
挺水植物	慈姑	<i>Sagittaria trifolia</i>	多年生	中	0~0.4	淤泥、壤土	15~25	根状茎扦插
挺水植物	莲	<i>Nelumbo nucifera</i>	多年生	中	0.1~1.5	淤泥、粘土	1~2	根状茎、播种
挺水植物	千屈菜	<i>Lythrum salicaria</i>	多年生	中	0~0.6	砂壤土、粘土	10	扦插、分株
挺水植物	水烛	<i>Typha angustifolia</i>	多年生	强	0~0.8	淤泥、粘土	5~10	分株、扦插
挺水植物	水莎草	<i>Cyperus alternifolius</i>	多年生	中	0~0.3	砂壤土、粘土	10~20	分株、扦插
挺水植物	水芹	<i>Oenanthe javanica</i>	多年生	中	0~0.3	淤泥、壤土	15~25	扦插、播种
挺水植物	水蓼	<i>Polygonum hydropiper</i>	一年生	弱	0~0.2	淤泥、砂壤土	20~30	播种、扦插
浮叶植物	睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i>	多年生	中	0.5~1.5	淤泥、粘土	1~2	根状茎、分株
浮叶植物	荇菜	<i>Nymphoides peltatum</i>	多年生	中	0.3~1.5	淤泥、砂壤土	5~10	扦插、分株
浮叶植物	菱	<i>Trapa natans</i>	一年生	中	0.5~2.0	淤泥、粘土	5~10	播种、移栽
浮叶植物	芡	<i>Euryale ferox</i>	多年生	中	0.3~1.5	淤泥、粘土	1~2	播种、移栽
浮叶植物	水鳖	<i>Hydrocharis dubia</i>	多年生	中	0.2~1.0	淤泥、砂壤土	5~10	分株、扦插
浮叶植物	水龙	<i>Ludwigia peploides</i>	多年生	中	0.1~0.8	淤泥、砂壤土	10~20	扦插、分株

浮叶植物	水禾	<i>Hygroryza aristata</i>	一年生	弱	0.1–0.5	淤泥、砂壤土	10–20	播种、扦插
沉水植物	苦草	<i>Vallisneria natans</i>	多年生	强	0.5–2.5	淤泥、砂壤土	15–30	扦插、泥球
沉水植物	金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i>	多年生	强	0.5–2.0	对土壤要求不严	20–40	断枝、扦插
沉水植物	黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i>	多年生	强	0.5–2.5	淤泥、砂壤土	15–25	断枝、芽孢
沉水植物	微齿眼子菜	<i>Potamogeton maackianus</i>	多年生	强	1.0–4.0	淤泥、砂壤土	15–25	断枝、扦插
沉水植物	篦齿眼子菜	<i>Potamogeton pectinatus</i>	多年生	强	1.0–3.0	淤泥、砂壤土	15–25	断枝、扦插
沉水植物	竹叶眼子菜	<i>Potamogeton wrightii</i>	多年生	强	0.5–2.5	淤泥、砂壤土	10–20	断枝、扦插