

附件 2

《富营养浅水湖泊水生植被修复技术指南》

(☒征求意见稿 ☐送审稿 ☐报批稿)

编制说明

主编单位： 长江勘测规划设计研究有限责任公司

2025 年 3 月 17 日

编制说明

1 工作简况

1.1 任务来源

2021 年 7 月，中国水利学会根据《中国水利学会标准管理办法》的相关规定，经过立项论证和公示后，以水学〔2021〕96 号文件，批准该标准立项。本标准的主编单位为长江勘测规划设计研究有限责任公司。

1.2 主要工作过程

（1）组建标准编制组

长江勘测规划设计研究有限责任公司作为标准编制的主要实施机构，联合了中国科学院南京地理与湖泊研究所、广州贝山生态科技有限公司等单位，组建了标准编制组，制定标准编制方案，于 2020 年 1 月开展标准编制工作。

（2）初稿编制

2020 年 10~11 月，编制组提出标准编制方案和技术路线，结合收集到的资料，开展标准初稿编制工作，编制过程中，通过多次沟通讨论，最终形成《富营养化浅水湖泊水生植被恢复技术指南》（初稿）。

（3）立项申请

2020 年 12 月，编制组依据《中国水利学会团体标准管理办法》相关规定，编制了团体标准立项申请书，提出团体标准立项申请。2021 年 4 月 15 日，中国水利学会在武汉组织召开团体标准立项论证会，开展了立项论证。会议同意了本标准的立项，同时提出了有关建议。

（4）征求意见稿编制

根据立项论证会意见，编制组进行了深入的讨论分析，在此基础上对标准初稿进行了修改完善，于 2021 年 12 月形成《富营养化浅水湖泊水生植被恢复技术指南》（征求意见稿）。

1.3 主要起草人及其所做的工作

本标准的编制工作主要由长江勘测规划设计研究有限责任公司、中国科学院南京地理与湖泊研究所、中国科学院水生生物研究所、广州贝山生态科技有限公

司等单位人员完成。具体工作安排如下：

吴从林为标准编制负责人，主要负责标准的框架制定、内容确定、阶段性成果审核、最终成果审定；

罗坤主要负责标准整体布局、进度控制、阶段性成果审核，总则文稿编制；

吴从林、罗坤、关保华、刘正文、杨小琴、何小林、张霄林等主要负责术语文稿编制；

吴从林、关保华、刘正文、罗坤、于谨磊、杨国梁等主要负责标准的组稿、统稿、修改与审核，以及总体要求、现状调查、生境评估、生境改善等文稿编制；

何小林、杨小琴、谢丽莹、李明威等主要负责水生植被修复的施工要点、验收标准及养护要求文稿编制；

刘正文、吴从林、何小林分别结合无锡太湖湖湾、武汉沙湖、东湖、汤逊湖等湖泊水生植被修复的实际情况，对指南相关内容进行编制和修改。

1.4 各阶段意见处理情况

1.4.1 立项论证阶段

立项论证审查意见中提出 4 点主要建议，均同意采纳，具体处理情况分别如下：第一，名称宜改为《富营养化浅水湖泊水生植被恢复技术指南》；第二，进一步明确界定标准的适用范围；第三，框架结构和主题内容按专家意见修改完善；第四，进一步突出水利行业的特色和需求。

编制组经认真研究分析，并进行多次讨论，做出了修改。具体处理情况分别如下：第一，标准名称改为《富营养化浅水湖泊水生植被恢复技术指南》；第二，界定了指南的适用范围，适用于富营养浅水湖泊水生植被恢复工程设计、施工、验收及后期养护管理；第三，调整了指南的框架，按照水生植被恢复总体思路、前期调查与诊断、水生植被恢复设计、水生植被恢复施工、水生植被恢复验收及后期养护顺序进行编排；第四，在生境调查与水生植被恢复中补充了水文情势、水流、底质条件等内容，强化了水利行业的特色。

1.4.2 大纲审查阶段

大纲审查阶段主要提出 3 点建议，均同意采纳，具体处理情况分别如下：第一，名称建议改为《富营养化浅水湖泊水生植被修复技术指南》；第二，进一步界定适用范围；第三，第四章名称改为总体要求，内容相应调整和补充。

编制组经认真研究分析，并进行多次讨论，做出了修改。具体处理情况分别如下：第一，标准名称改为《富营养化浅水湖泊水生植被修复技术指南》；第二，界定了指南的适用范围，适用于富营养浅水湖泊水生植被修复工程设计、施工、验收及后期养护管理；第三，增加了第四章“总体要求”，补充相关内容。

2 标准制订背景

2.1.1 政策背景

党的十八大以来，在习近平生态文明思想指引下，我国生态环境保护发生历史性、转折性、全局性变化，“绿水青山就是金山银山”成为全国各族人民的共同理念。十四五时期，我国的水环境保护逐步由“水污染治理”向“水资源、水生态、水环境协同治理”转变，大量的地表水体需要开展生态治理，治理工程中涉及到大量水生植被修复的工作。然而，国家和行业内尚没有水生植被修复相关技术标准，水生植被修复的设计、施工、验收和养护等工作开展缺乏参考规范。

目前，虽然环境保护部已经颁布了湖滨带生态修复工程技术指南及湖泊流域入湖河流河道生态修复技术指南，明确了水生植被修复的原则和总体要求，但是对在富营养化浅水湖泊中修复水生植被的设计条件、施工方法、验收内容和养护等关键问题未进行说明，缺失相关参数的设定，难以指导水生植被修复工程的设计、施工、验收及养护工作。因此，亟需制定相关标准，指导富营养化浅水湖泊中水生植被修复的工作开展，为浅水湖泊水生植物群落修复与管理提供有力依据。

3 标准编制原则及主要内容

3.1 编制原则及依据

本标准编制遵循“科学、适度、可行”原则，考虑了技术规范 and 标准要求的科学性、前瞻性、导向性，既考虑标准的前瞻性又兼顾科研、应用单位的生产实际，经过详细调研，确保本标准的切实可行。

本标准编制遵循国家现有的有关方针、政策和法规，严格按照 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》进行编写。

3.2 主要内容说明及来源依据

本文件规定了富营养化浅水湖泊水生植被修复工程现状调查、生态评估、设计、施工、验收及维护管理的技术要求。

文件共包括 9 章和 1 个附录，分别为（一）范围、（二）规范性引用文件、（三）术语和定义、（四）总体要求、（五）现状调查、（六）生境评估、（七）生境改善、（八）植物筛选与群落配置、（九）种植、（十）验收、（十一）养护，附录 A 表 1 常见挺水植物种类及种植适宜水深、密度与时节、表 2 常见浮叶植物种类及种植适宜水深、密度与时节、表 3 常见沉水植物种类及种植适宜水深、密度与时节。

（一）范围

本文件规定了富营养化浅水湖泊水生植被修复的技术要求。

本文件适用于富营养化浅水湖泊水生植被修复，为水生植被修复的设计、施工、验收和养护工作提供参考。

本文件适用于需要修复水生植被的淡水湖泊。

本文件提及的水生植被包括挺水植物、浮叶植物和沉水植物，不考虑漂浮植物。

（二）规范性引用文件

本部分列出了在本标准中所引用的标准、技术规范等规范性文件。

（三）术语定义与来源

（1）富营养化 Eutrophication

水体接纳过量的氮、磷等营养盐，使藻类等生物异常生长，造成生态系统结构和功能受损的现象。

（2）浅水湖泊 Shallow lake

不存在分层，一般最大水深小于 5 m 的湖泊。

（3）水生植被 Aquatic vegetation

指整个或部分植物体长期生活在水环境中的大型水生植物群落，涵盖大型藻类、苔藓和高等植物。根据生活型，可分为挺水植物、浮叶植物、沉水植物和漂浮植物等四个类群。

（4）挺水植物 Emergent macrophytes

根和地下茎扎入沉积物中，茎、叶等器官大部分挺出水面的水生植物。

（5）浮叶植物 Floating-leaved macrophytes

根扎入沉积物中，叶片漂浮在水面的水生植物。

(6) 沉水植物 Submerged macrophytes

全株沉没于水中完成生活史，或仅在开花期将花朵伸出水面完成授粉的水生植物。

(7) 漂浮植物 Free floating macrophytes

植物根部悬垂在水中，茎叶漂浮在水面上的水生植物。

(8) 水生植被修复 Aquatic vegetation restoration

通过人工干预，修复湖泊内水生植被的过程，使水生植被的结构和生物量达到一定要求。

(9) 本土物种 Native species

在特定区域或生态系统中自然发生和演化而来的物种。

(10) 外来入侵物种 Invasive alien species

不是特定区域或生态系统中自然发生和演化而来，通过自然或人为途径传入，并对本地环境产生危害的物种。

(11) 生境 Habitat

生物个体、种群生存所需的资源、理化和生物环境。

(四) 总体要求

4.1 应充分了解生态系统的历史演变、原有水生植物种类及其生境。

4.2 应充分考虑湖泊的功能定位，确立水生植被的修复目标。

4.3 应遵循水生植被的演替规律，合理配置群落结构，使之形成自我完善和稳定的水生植被。

(五) 现状调查

收集调查湖泊及其流域范围内的水生植被及其生境特征，包括气候特征、水文形态特征、水化特征、沉积物特征、大型水生植物群落特征、鱼类群落特征、浮游植物群落特征、底栖动物群落特征等基础资料。为水生植被修复的设计、施工、验收及养护等工作提供参考依据。调查方式主要有文献资料查阅和现场实地调研等。

5.1 气候特征

收集调查湖泊所在地区的气候特征资料，如气温、降雨等资料，为水生植被修复的设计、施工、养护提供气候依据。

5.2 水文形态特征

对目标湖泊的水文信息调查应包含湖泊的形态、水位、流速、浪高等基础资料。湖泊形态显示湖泊的水深变化、岸线状况等，会影响水动力的条件；湖泊水位是湖泊直接影响湖泊的水深；流速和浪高直接影响水生植物的生长。调查方法和要求可参考《水文测量规范》(SL 58) 规定执行，浪高可采用波浪测量仪测量。

5.3 水化特征

湖泊水质调查内容包括：湖泊的透明度、浊度、总氮、总磷、氨氮、pH 等指标。透明度指水体的澄清程度，可反映可见光在水中的衰减状况；浊度是水体透明度丧失程度的量度，是由水体中悬浮物的量决定的；总氮是水中各种形态无机和有机氮的总量，包括 NO_3^- 、 NO_2^- 和 NH_4^+ 等无机氮和蛋白质、氨基酸和有机胺等有机氮，常用作水体受营养物质污染程度的指标；总磷是水样经消解后将各种形态的磷转变成正磷酸盐后测定的结果，是评价水体被污染和自净状况的指标；氨氮是指以游离氨 (NH_3) 和铵离子 (NH_4^+) 形式存在的氮，游离氨对水生植物有一定的毒害作用，pH 反应水体的酸碱度，过低的 pH 会抑制水生植被的生长。详细方法和要求参照《GB/T 14581 水质 湖泊和水库采样技术指导》。

5.4 沉积物特征

沉积物的调查应包含沉积物粒度、有机质、含水率等指标。沉积物粒度是衡量沉积物颗粒大小的一个重要指标，粒度大小影响水生植物种植施工；有机质、含水率等均为沉积物的物理化性质，对水生植被的生长起到关键影响作用。以上各指标的调查及分析方法详见《SL 219 水环境监测规范》。

5.5 大型水生植物群落特征

大型水生植物调查指标应包含植物的种类、覆盖度、生物量等指标。水生植物的种类是水生植物群落构建的基础；覆盖度是指水生植物在水体表面或水下空间的投影面积占总水面面积的百分比，它是衡量水生植被分布密度和生态功能的重要指标；生物量是指某一时刻单位面积内实存生活的有机物质（鲜重）总量，可反映群落利用自然潜力的能力。详细参照《SL 219 水环境监测规范》。

5.6 鱼类群落特征

鱼类的调查内容包括鱼的种类和生物量。鱼的种类可反应不同鱼对水生态系统的影响，尤其是水生植物的生长影响。鱼的生物量是指的总重量，反应鱼类的

种群密度，分析鱼类对生态系统的影响。详细参照《SL 167 水库渔业资源调查规范》。

5.7 浮游植物群落特征

浮游植物群落调查主要为浮游植物的种类、密度、生物量等。浮游植物的种类、密度及生物量，可作为水质监测的重要指标。详细参照《SL 219 水环境监测规范》。

5.8 底栖动物群落特征

底栖动物群落调查主要为浮游植物的种类、密度、生物量等。底栖动物可以通过摄食或扰动沉积物，进而影响水生植物生长。详细参照《SL 219 水环境监测规范》。

（六）生境评估

6.1 评估思路

生境评估应根据湖泊现状调查结果和水生植物的生境条件要求，评估水生植被修复的可行性，包括种植范围、适宜品种和种植方式等。

6.2 生境条件

6.2.1 水深与透明度

调查记录植物生长期时自然环境的正常水深波动范围，根据不同水生植物对水深的需求，选择适应的水生植物种。一般挺水植物种植区水深宜 $\leq 60\text{ cm}$ （莲适宜水深可达 200 cm ），浮叶植物种植区宜选择 $60\text{ cm} < \text{水深} < 120\text{ cm}$ 的水域，沉水植物种植区的水体透明度宜 $> 1/2$ 水深，不宜 $< 1/4$ 水深。本成果来源于本文件编制团队的课题研究成果。

6.2.2 流速

（1）沉水植物与浮叶植物种植区宜选择水流速 $< 0.2\text{ m/s}$ 的水域；

（2）挺水植物种植区宜选择水流速 $< 0.5\text{ m/s}$ 的水域；

（3）水生植物种植区不宜选择水流速 $> 0.5\text{ m/s}$ 的水域。

本成果来源于本文件编制团队的课题研究成果及文献总结。

[1] Chambers P A , Madsen J D , James, et al. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes[J]. Hydrobiologia, 2000, 444(1/3).

6.2.3 浪高

水生植物种植区宜选择浪高 $<0.2\text{ m}$ 的水域。

本成果来源于本文件编制团队的课题研究成果及文献总结。

王震, 吴挺峰, 邹华, 贾小网, 黄列, & 梁朝荣等. (2016). 太湖不同湖区风浪的季节变化特征. 湖泊科学, 28(1), 8.

6.2.4 水化

水生植物种植区水体 pH 值宜 >6.5 , 氨氮浓度宜 $<2.0\text{ mg/L}$ 。本成果来源于本文件编制团队的课题研究成果及文献总结。

周金波, 金树权, 包薇红, 罗艳, & 胡杨. (2018). 不同浓度氨氮对 4 种沉水植物的生长影响比较研究. 农业资源与环境学报, 35(1), 8.

6.2.5 沉积物

沉水植物种植区表层 20 cm 沉积物含水率宜 $<80\%$ 、有机质含量宜 $<20\%$ 。

本成果来源于本文件编制团队的课题研究成果及文献总结。

Barko, J. W., & Smart, R. M. (1986). Sediment-related mechanisms of growth limitation in submersed macrophytes. Ecology, 67(5), 1328-1340.

6.2.6 鱼类

水生植物种植区的鱼类生物量宜 $<10\text{ g/m}^3$ 。

本成果来源于本文件编制团队的课题研究成果及文献总结。

Lv, C. , Shan, H. , Tian, Y. , Zhao, X. , Wen, Z. , & Yin, C. , et al. (2024). The dual role of benthic fish: effects on water quality in the presence and absence of submerged macrophytes. Water Research, 267(000), 15.

（七）生境改善

根据水生植被修复生境评估结果, 诊断不满足生境条件的问题成因, 并采取针对性的改善措施, 如水位调控、透明度提升、水质改善、沉积物改良、鱼类调控、围隔消浪等。

（八）植物筛选与群落配置

8.1 植物筛选

水生植物应选择本土物种, 避免携带外来入侵物种。常见水生植物种类见附录 A。

8.2 群落配置

应根据水生植物的生态位特征，结合生境条件进行群落配置。

（九）种植

9.1 一般规定

9.1.1 水生植物种植应制定工艺流程及相应的施工规范与质量标准，提高种植效果。

9.1.2 水生植被种植应制定应急预案，在汛期、高温等期间生境条件突变时，采取应急措施，确保生境条件符合植物生长的要求。

9.2 种苗选择、运输与存放

应选择植株健壮、根系发达的水生植物种苗。运输时宜采用透气的篮筐或箱体存放，必要时应考虑增加保湿与控温措施，保持种苗鲜活。

9.3 种植时节

水生植物种植前，应根据植物的生长习性，结合当地的气候特征，选择适宜的种植时节。

9.4 种植密度

挺水植物种植密度宜为 16-25 株/m² (莲种植密度宜为 2 株/m²)；浮叶植物种植密度宜为 20-25 株/m² (睡莲种植密度宜为 2 株/m²)；沉水植物种植密度宜为 80-150 株/m²。可参照附录 A。

9.5 种植方式

9.5.1 挺水植物

挺水植物宜采用插种方式种植。种植时宜剪除上部茎、叶的 1/2 到 2/3，种植后填土压实时避免损坏植株基芽。

9.5.2 浮叶植物

浮叶植物可选用插种、抛种和撒播种子的方式种植。施工水深低于 50 cm 时宜采用插种方式，施工水深超过 50 cm 时宜采用抛种方式。

9.5.3 沉水植物

沉水植物可选用插种、抛种、扦插和撒播孢芽或种子的方式种植。施工水深低于 50 cm 时宜采用插种方式，在施工水深超过 50 cm 时宜采用抛种或扦插方式；部分沉水植物可采用撒播孢芽或种子的方式种植。

（十）验收

10.1 基本规定

10.1.2 验收应符合劳动安全、生态环境保护修复及水利等有关要求。

10.1.1 验收应分为种植验收和竣工验收。

10.2 验收时间

应在水生植物种植完成 1 个月内组织种植验收。

应在种植验收 12 个月后组织竣工验收。

10.3 验收内容

10.3.1 植物种类

水生植被修复种植与竣工验收时，植物种类应与种植种类一致。可按照《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 1296）中规定的方法进行样品采集。

10.3.2 种植密度

水生植被修复种植与竣工验收时，植物密度应不低于种植密度。可按照《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 1296）中规定的方法进行样品采集。

10.3.3 生物量

水生植被修复竣工验收时，沉水植被平均生物量应 $>1000\text{ g/m}^2$ （鲜重）。可按照《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 1296）中规定的方法进行样品采集。

（十一）养护

11.1 一般规定

11.1.1 水生植被的养护工作应符合国家有关标准的规定。

11.1.2 水生植被养护应制定相应的管理制度，编制养护手册，并定期修订。

11.1.3 水生植被养护应定期开展水生植被与生境评估，指导养护工作。

11.2 日常养护

11.2.1 养护监测

应通过养护监测掌握水生植被的生境变化与生长情况，分析影响因子、评估生态风险，为日常养护工作安排与月度工作计划提供依据。

表 1 养护监测项目表

序号	监测项目	监测指标	监测频次
1	理化指标	透明度、水深、总磷、氨氮、叶绿素 <i>a</i> 等	透明度、水深 1 次/天； 其他指标 1 次/月。
2	鱼类	种类、生物量	
3	水生植被	种类、生物量	
4	外来入侵物种	种类、生物量/密度、范围等	

11.2.2 水生植物群落调控

应及时收割生长过量的水生植物，补种消退区域的水生植物。收割的水生植物应及时清理或资源化利用。

11.2.3 鱼类调控

应通过捕捞或投放肉食性鱼类等手段控制底栖鱼类和草食性鱼类的生物量，鱼类生物量宜 $<75\text{g}/\text{m}^3$ 。

11.2.4 外来入侵物种防控

应标记外来入侵物种的入侵路线与分布范围，加强日常巡查与养护监测，及时清除外来入侵物种。

11.3 应急处理

在极端天气或发生水污染时，湖泊水深和透明度无法满足水生植物的生境条件，应采取应急措施，如水位调控、透明度提升等。

11.4 养护质量评价

水生植被养护期间，应依据养护监测的分析结果，评估水生植被的生长状况，对照竣工验收标准组织养护质量季度或年度评价。

4 专利情况说明

无

5 与相关标准的关系分析

1.与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况。

无

2.与国内相关标准协调性分析。

目前，国内外暂无专门针对富营养化浅水湖泊水生植被修复的相关标准。现有《河湖生态保护与修复规划导则（SL 709-2015）》《河湖生态系统保护与修复工程技术导则（征求意见稿）》等，均未涉及浅水富营养化湖泊水生植物群落修复技术标准；《湖滨带生态修复工程技术指南》《湖泊流域入湖河流河道生态修复

技术指南》缺乏对水生植被修复生境条件、施工方法及施工维护等关键要点的界定。

综上分析，本技术指南在满足国家标准和行业标准的基础上，补充了富营养化浅水湖泊中水生植被修复相关的技术措施，从设计、施工、验收及养护四个方面进行全面指导，以确保富营养化浅水湖泊水生植被修复成功实施。本技术指南与其他标准不存在交叉重复、矛盾等问题，协调性较好。

6 重大分歧或重难点的处理经过和依据

无

7 预期效益（报批阶段填写）

本标准实施后，将用于指导水生植被修复的设计、施工、验收和养护工作的开展，确保修复工作的科学有效，进一步提升富营养化浅水湖泊水生植被修复工作效能，为富营养化湖泊水生态修复工程的开展提供技术支撑，对于保护和修复浅水湖泊健康的生态环境具有重要意义。

8 其他说明事项

无