

ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—20XX

富营养化浅水湖泊水生植被修复 技术指南

Technical guidelines for aquatic vegetation restoration in
eutrophic shallow lakes

（征求意见稿）

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会（专用字） 发布（四号黑体）

目 次

前 言 1

1 范围 2

2 规范性引用文件 2

3 术语和定义 2

4 总体要求 3

5 现状调查 3

 5.1 气候特征 3

 5.2 水文形态特征 3

 5.3 水化特征 3

 5.4 沉积物特征 3

 5.5 大型水生植物群落特征 4

 5.6 鱼类群落特征 4

 5.7 浮游植物群落特征 4

 5.8 底栖动物群落特征 4

6 生境评估 4

 6.1 评估思路 4

 6.2 生境条件 4

7 生境改善 5

8 植物筛选与群落配置 5

 8.1 植物筛选 5

 8.2 群落配置 5

9 种植 5

 9.1 一般规定 5

 9.2 种苗选择、运输与存放 5

 9.3 种植时节 5

 9.4 种植密度 5

 9.5 种植方式 6

10 验收 6

 10.1 基本规定 6

 10.2 验收时间 6

 10.3 验收内容 6

11 养护 7

 11.1 一般规定 7

 11.2 日常养护 7

 11.3 应急处理 7

 11.4 养护质量评价 7

参考文献 12

前 言

本标准按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准共分为11章和1个附录，主要技术内容包括范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、现状调查、生境评估、生境改善、植物筛选与群落配置、种植、验收、养护、附录、参考文献。

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。

本文件由中国水利学会归口（如为联合发布，写明联合发布单位名称）。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国水利学会（地址：北京市西城区白广路二条16号，邮编100053），以便今后修订时参考。

本文件主编单位：长江勘测规划设计研究有限责任公司。

本文件参编单位：广州贝山水生态科技有限公司、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。

本文件主要起草人：吴从林、刘正文、罗坤、何小林、张霄林、关保华、杨小琴、于谨磊、杨国梁、谢丽莹、李明威。

——

——

富营养化浅水湖泊水生植被修复技术指南

1 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。

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 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则

SL 219 水环境监测规范

SL 58 水文测量规范

SL/T 800 河湖生态系统保护与修复工程技术导则

HJ 710.7 生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类

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）

3 术语和定义

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。

浅水湖泊 Shallow lake

不存在分层，一般最大水深小于 5 m 的湖泊。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

生境 Habitat

生物个体、种群生存所需的资源、理化和生物环境。

4 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。

5 现状调查**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。

5.2 水文形态特征

收集调查湖泊的形态、水位、流速、浪高等特征。具体方法和要求可按照《水文测量规范》（SL 58）规定执行，浪高可采用波浪测量仪进行测量。

5.3 水化特征

收集调查湖泊的透明度、浊度、总氮、总磷、氨氮、pH 等指标。具体采样和指标测定方法可按照《水质 湖泊和水库采样技术指导》（GB/T 14581）执行。

5.4 沉积物特征

收集调查湖泊的沉积物粒度、有机质、含水率等指标。具体采样和指标测定可按照《水环境监测规范》（SL 219）执行。

5.5 大型水生植物群落特征

收集调查湖泊大型水生植物的种类、覆盖度、生物量等指标。具体采样和测定方法可按照《水环境监测规范》（SL 219）执行。

5.6 鱼类群落特征

收集调查湖泊鱼类的种类、生物量等。具体采样和指标测定方法可按照《生物多样性观测技术导则内陆水域鱼类》（HJ 710.7）执行。

5.7 浮游植物群落特征

收集调查湖泊浮游植物的种类、密度、生物量等。具体采样和指标测定方法可按照《水环境监测规范》（SL 219）执行。

5.8 底栖动物群落特征

收集调查湖泊的底栖动物的种类、生物量等。具体采样和指标测定方法可按照《水环境监测规范》（SL 219）执行。

6 生境评估

6.1 评估思路

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

挺水植物种植区水深宜 ≤ 60 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。

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 m/s 的水域；
- （2）挺水植物种植区宜选择水流速 < 0.5 m/s 的水域；
- （3）水生植物种植区不宜选择水流速 > 0.5 m/s 的水域。

6.2.3 浪高

水生植物种植区宜选择浪高 < 0.2 m 的水域。

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 mg/L。

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 $<20\%$ 。

6.2.6 鱼类

水生植物种植区的鱼类生物量宜 $<10\text{ g/m}^3$ 。

7 生境改善

根据生境评估结果，诊断不满足水生植被修复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。

8 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。

9 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/ m^2 （莲种植密度宜为 2 株/ m^2 ）；浮叶植物种植密度宜为 20-25 株/ m^2 （睡莲种植密度宜为 2 株/ m^2 ）；沉水植物种植密度宜为 80-150 株/ m^2 。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。

10 验收

10.1 基本规定

10.1.2 验收应符合劳动安全、生态环境保护修复与水利等有关要求。

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。

11 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 $< 75\text{g/m}^3$ 。

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。

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

中文学名	拉丁学名	科属	适深范围（m）	种植密度	种植时节
（东方）香蒲	<i>Typha orientalis</i> Presl	香蒲科香蒲属	5-30cm	16-25 株/m ²	3-6 月
狭叶香蒲（水烛）	<i>Typha angustifolia</i> L.	香蒲科香蒲属	5-30cm	16-25 株/m ²	3-6 月
泽泻	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	泽泻科泽泻属	5-10cm	16-25 株/m ²	3-6 月
慈菇	<i>Sagittaria trifolia</i> L.	泽泻科慈菇属	5-10cm	16-25 株/m ²	4-8 月
芦苇	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud	禾本科芦苇属	0-40cm	16-25 株/m ²	3-6 月
芦竹	<i>Arundo donax</i> L.	禾本科芦竹属	0-10cm	16-25 株/m ²	3-6 月
菰	<i>Zizania latifolia</i> (Griseb.) Stapf	禾本科菰属	0-20cm	16-25 株/m ²	3-10 月
水葱	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> Palla	莎草科水葱属	5-40cm	16-25 株/m ²	3-6 月
金钱蒲	<i>Acorus gramineus</i> Sol.	天南星科菖蒲属	0-5cm	16-25 株/m ²	3-6 月
灯心草	<i>Juncus effusus</i> L.	灯心草科灯心草属	0-5cm	16-25 株/m ²	3-6 月
黄菖蒲	<i>Iris pseudacorus</i> L.	鸢尾科鸢尾属	0-35cm	16-25 株/m ²	3-6 月

中文学名	拉丁学名	科属	适深范围（m）	种植密度	种植时节
雨久花	<i>Monochoria korsakowii</i> Regel & Maack	雨久花科雨久花属	0-20cm	16-25 株/m ²	4-9 月
鸭舌草	<i>Monochoria vaginalis</i> (Burm. F.) Presl, Rel. Haenk	雨久花科雨久花属	0-10cm	16-25 株/m ²	4-9 月
莲	<i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn.	莲科莲属	20-80cm	1-2 株/m ²	3-4 月
荻	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Franch.	禾本科荻属	0-10cm	16-25 株/m ²	3-6 月
菖蒲	<i>Acorus calamus</i> L.	天南星科菖蒲属	0-15cm	16-25 株/m ²	3-6 月

表 2 常见浮叶植物种类及种植适宜水深、密度与时节

中文学名	拉丁学名	科属	适深范围（m）	种植密度	种植时节
莼菜	<i>Brasenia schreberi</i> J.F.Gmel.	莼菜科莼菜属	50-100cm	20-25 株/m ²	3-4 月
萍蓬草	<i>Nuphar pumila</i> (Timm) DC.	睡莲科萍蓬草属	20-80cm	2-3 株/m ²	3-10 月
芡	<i>Euryale ferox</i> Salisb. ex K. D. Koenig & Sims	睡莲科芡属	50-70cm	0.2-0.25 株/m ²	4-6 月
睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i> L.	睡莲科睡莲属	20-80cm	1-2 株/m ²	3-10 月
荇菜	<i>Nymphoides peltata</i> (S. G. Gmelin) Kuntze	睡菜科荇菜属	50-70cm	20-25 株/m ²	3-9 月

中文学名	拉丁学名	科属	适深范围（m）	种植密度	种植时节
水皮莲	<i>Nymphoides cristata</i> (Roxb.) Kuntze	睡菜科荇菜属	50-70cm	9-16 株/m ²	3-9 月
金银莲花	<i>Nymphoides indica</i> (L.) O. Kuntze	睡莲科荇菜属	50-70cm	9-16 株/m ²	3-9 月
欧菱	<i>Trapa natans</i> L.	菱科菱属	40-80cm	3-5 株/m ²	3-8 月

表 3 常见沉水植物种类及种植适宜水深、密度与时节

中文学名	拉丁学名	科属	适深范围（m）	种植密度	种植时节
小眼子菜	<i>Potamogeton pusillus</i> L.	眼子菜科眼子菜属	≤350cm	80-100 株/m ²	3-9 月
眼子菜	<i>Potamogeton distinctus</i> A.Benn.	眼子菜科眼子菜属	≤500cm	80-100 株/m ²	2-8 月
菹草	<i>Potamogeton crispus</i> L.	眼子菜科眼子菜属	≤500cm	80-100 株/m ²	1-3 月
竹叶眼子菜	<i>Potamogeton wrightii</i> M	眼子菜科眼子菜属	≤500cm	80-100 株/m ²	3-9 月
微齿眼子菜	<i>Potamogeton maackianus</i> A. Benn.	眼子菜科眼子菜属	≤450cm	80-100 株/m ²	3-9 月
篦齿眼子菜	<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner	眼子菜科眼子菜属	≤450cm	80-100 株/m ²	3-9 月

中文学名	拉丁学名	科属	适深范围（m）	种植密度	种植时节
角果藻	<i>Zannichellia palustris</i> L.	角果藻科角果藻属	≤300cm	80-100 株/m ²	3-9 月
大茨藻	<i>Najas marina</i> L.	水鳖科茨藻属	≤500cm	80-100 株/m ²	3-6 月
小茨藻	<i>Najas minor</i> All.	水鳖科茨藻属	≤400cm	80-100 株/m ²	3-6 月
黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i> (L. f.) Royle	水鳖科黑藻属	≤500cm	80-100 株/m ²	3-6 月
苦草	<i>Vallisneria natans</i> (Lour.) Hara	水鳖科苦草属	≤550cm	110-150 株/m ²	3-10 月
刺苦草	<i>Vallisneria spinulosa</i> S.Z.Yan	水鳖科苦草属	≤550cm	110-150 株/m ²	3-10 月
密刺苦草	<i>Vallisneria denseserrulata</i>	水鳖科苦草属	≤550cm	110-150 株/m ²	3-10 月
金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	金鱼藻科金鱼藻属	50~500cm	80-100 株/m ²	4-10 月
穗状狐尾藻	<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	小二仙草科狐尾藻属	50~500cm	80-100 株/m ²	3-6 月

参考文献

- [1] Barko, J. W., & Smart, R. M. (1986). Sediment-related mechanisms of growth limitation in submersed macrophytes. *Ecology*, 67(5), 1328-1340.
- [2] Hilt, S., Gross, E. M., Hupfer, M., Morscheid, H., Mählmann, J., Melzer, A., Poltz, J., Sandrock, S., Scharf, E., Schneider, S., & Van de Weyer, K. (2006). Restoration of submerged vegetation in shallow eutrophic lakes—A guideline and state of the art in Germany. *Limnologia*, 36(3), 155-171.
- [3] Jeppesen, E., Søndergaard, M., Søndergaard, M., & Christoffersen, K. (1998). *The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes*. Springer.
- [4] Keddy, P. A. (2010). *Wetland Ecology: Principles and Conservation*. Cambridge University Press.
- [5] 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.
- [6] Madsen, J. D. , Chambers , P. A. , James, W. F. , Koch, E. W. , & Westlake, D. F. . (2001). The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia*, 444(1-3), 71-84.
- [7] Meijer, M. L., de Boois, I., Scheffer, M., Portielje, R., & Hosper, H. (1999). Biomanipulation in shallow lakes in the Netherlands: an evaluation of 18 case studies. *Hydrobiologia*, 408(1), 13-30.
- [8] Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands* (5th Edition). John Wiley & Sons.
- [9] Smart, J. W. B. M. . (1986). Sediment-related mechanisms of growth limitation in submersed macrophytes. *Ecology*, 67(5), 1328-1340.
- [10] Wang, Q., Li, W., Wang, G., & Liao, K. (2021). *Aquatic Plants of China* [M]. Wuhan: Hubei Science and Technology Press.
- [11] Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems* (3rd Edition). Academic Press.
- [12] Zambrano, L., Scheffer, M., & Martínez-Ramos, M. (2001). Catastrophic response of lakes to benthivorous fish introduction. *Oikos*, 94(2), 344-350.
- [13] 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.
- [14] 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.