

城市湖泊水体草型生态系统重构技术指南

Technical guidelines for reconstruction of macrophyte-dominated
ecosystem in urban lake

2021 - 06 - 03 发布

2021 - 07 - 03 实施

江苏省市场监督管理局 发布

目 次

目 次	I
前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 目标与原则	2
5 生态环境调查与问题诊断	2
6 重构技术途径	3
7 重构系统效果评估方法	6
8 生态系统监控与管理	6
附 录 A（资料性） 常见水生植物物种表	8
附 录 B（资料性） 不同水深区域沉水植物种植的种类配置表	9

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。

本文件由江苏省生态环境厅提出并归口。

本文件起草单位：中国科学院南京地理与湖泊研究所、生态环境部南京环境科学研究所、中国环境科学研究院。

本文件主要起草人：高光、汤祥明、晁建颖、邵克强、张涛、邓绪伟、孔明、徐斌、程花、王永平、胡洋、姜星宇、龚志军、王晓龙、蔡永久、于谨磊、薛庆举、邓建明、杨飞、冯朝阳、马放、张毅敏。

城市湖泊水体草型生态系统重构技术指南

1 范围

本文件给出了城市湖泊水体草型生态系统重构的术语和定义、目标与原则、生态环境调查与问题诊断、重构技术途径、重构系统效果评估方法、生态系统监控与管理的建议。

本文件适用于水生植被退化的城市湖泊水体草型生态系统的重构和维护。

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

DB 32/T 3202 湖泊水生态监测规范

DB 32/T 3674 生态河湖状况评价规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城市湖泊 urban lake

湖泊主体位于城市建成区或城市近郊区、面积小于100 km²的水域，包括自然形成的和人工构筑的。

3.2

水体草型生态系统 macrophyte-dominated ecosystem

以大型水生维管束植物为主要初级生产者的水生态系统。

3.3

生态系统重构 ecosystem reconstruction

根据生态学原理，通过生物和工程的技术手段，人为地改变和切断生态系统退化的胁迫因子，调整、配置和优化生态系统内部及外界物质、能量的流动过程和时空次序，使一个退化、损伤或被破坏的生态系统结构、功能和服务重新恢复的过程。

注：生态系统退化通常是指在一定的时空背景下，生态系统受自然、人为因素的干扰，使生态系统的某些要素或系统整体发生不利于生物和人类生存要求的量变和质变，系统的结构和功能发生与原有的平衡状态或进化方向相反的位移。

4 目标与原则

4.1 目标

城市湖泊水体草型生态系统重构的核心是恢复湖泊生态系统的结构和功能。通过历史资料收集和类比调查,以人类活动干扰较少时期或类似湖泊的水环境及生态系统特征为参考,确定水质、水生生物群落结构的恢复目标。

4.2 原则

4.2.1 生态系统重构与湖泊基本功能紧密结合原则。在保证城市湖泊基本功能的前提下,综合考虑湖泊水生态、水环境、水资源、景观等方面的需求,合理确定重构方案。

4.2.2 系统性与经济性原则。需根据湖泊的地貌、湖盆形态、水系、水文、周边区域经济发展等特点,注重系统性与经济性相结合。

4.2.3 科学性与适应性原则。综合考虑湖泊水深、水位变幅、透明度、水体流动性、风浪、沉积物、岸带形态等诸多因素,保障修复方案的科学合理性,并能适应不同城市湖泊的环境特征。

4.2.4 生态安全原则。重构过程中采用环境友好型材料和环保工艺,减少对湖泊环境和生态系统的破坏。

4.2.5 人工修复与自然修复相结合原则。重构过程中通过人工的方式创造良好的生境条件,引导生态系统进行自然恢复。

5 生态环境调查与问题诊断

5.1 生态环境调查

5.1.1 调查范围

调查范围为湖泊及主要出入湖河流水体,包括相应的汇水区域。

5.1.2 调查内容

5.1.2.1 资料调研和点位布设。点位布设宜按照 DB 32/T 3202 执行。

5.1.2.2 水文调查。调查湖泊水位、出入湖河流流量及流速等,调查频次宜为春、夏、秋、冬季各一次。

5.1.2.3 水系特征调查。调查湖泊形态、岸带状况、出入湖河流流向、水系联通情况、闸坝设置、通航情况及汇水区域面积等。

5.1.2.4 污染源调查。调查汇水区域内工业、农业及生活等污染源的类型、负荷及河道周边雨污水管网及排口等。

5.1.2.5 水质调查。主要调查水深、pH、溶解氧、透明度、悬浮物含量、叶绿素 a、总氮、总磷、有机物和重金属等,调查频次宜为每月一次。调查方法宜按照 GB 3838 执行。

5.1.2.6 沉积物调查。调查沉积物类型、厚度,以及含水率、氧化还原电位、pH 值、总氮、总磷、有机质和重金属等参数的垂向变化,调查频次宜为半年一次。调查方法宜按照 DB 32/T 3202 执行。

5.1.2.7 水生生物调查。水生生物调查包括浮游植物、浮游动物、底栖动物、水生植物、鱼类，调查频次宜为春、夏、秋、冬季各一次。调查方法宜按照 DB 32/T 3202 执行。

5.2 问题诊断

5.2.1 水文、水系特征分析：评估湖泊水文、水资源及水系的现状及存在的问题。

5.2.2 污染源分析：解析湖泊及入湖河流中的主要污染物种类、负荷、来源及排放特征。

5.2.3 水环境特征分析：解析湖泊及入湖河流主要水环境问题、影响因素及演变趋势。

5.2.4 水生态系统特征分析：辨析湖泊水生态系统结构、功能的退化特征及缺失的关键物种，并评估其生态水位阈值及水交换的合理周期。

5.2.5 草型生态系统退化与水质、水文指标关联分析：甄别城市湖泊生态系统退化的关键驱动因素，确定影响草型湖泊生态系统弹性变化的阈值。城市湖泊生态系统类型的判断公式，即：

$$R = 0.0012 \times \frac{M_B}{Chla}$$

式中： R ——识别因子；

M_B ——沉水植物生物量；

$Chla$ ——叶绿素a浓度。当 $R < 1$ 时，为藻型稳态湖泊；当 $1 < R < 5$ 时，为草-藻过度型湖泊；当 $R > 5$ 时，为草型稳态湖泊。

6 重构技术途径

6.1 面源负荷削减

6.1.1 植草沟

6.1.1.1 植草沟适用于湖岸带周边道路、广场、停车场、城市绿地等区域，宜与雨水沟渠联合应用，场地竖向允许且不影响安全的情况下可代替雨水管渠。

6.1.1.2 植草沟浅沟断面形式宜采用倒抛物线形、三角形或梯形。

6.1.1.3 植草沟的边坡坡度（垂直：水平）不宜大于1:3，纵坡1%~2%。纵坡较大时设置为阶梯型植草沟或在中途设置消能台坎。

6.1.1.4 植草沟最大流速宜小于0.8 m/s。

6.1.1.5 转输型植草沟内植被高度宜控制在100 mm~200 mm。

6.1.2 生物滞留设施

6.1.2.1 生物滞留设施适用于湖泊周边建筑、道路及停车场的周边绿地。

6.1.2.2 对于污染严重的汇水区宜采用沉淀池对径流雨水进行预处理，去除大颗粒的污染物并减缓流速。

6.1.2.3 道路径流雨水宜通过路缘石豁口进入，路缘石豁口尺寸和数量根据道路纵坡等经计算确定。

- 6.1.2.4 生物滞留设施用于道路绿化带时，若道路纵坡大于1%，设置挡水堰/台坎，以减缓流速并增加雨水渗透量；设施靠近路基部分宜进行防渗处理，防止对道路路基稳定性造成影响。
- 6.1.2.5 生物滞留设施内设置溢流设施，宜采用溢流竖管、盖篦溢流井或雨水口等，溢流设施顶一般低于汇水面100 mm。
- 6.1.2.6 生物滞留设施宜分散布置，生物滞留设施面积与汇水面面积之比一般宜为5%~10%。
- 6.1.2.7 生物滞留设施的蓄水层深度宜根据植物耐淹性能和土壤渗透性能来确定，一般宜为200 mm~300 mm；为提高生物滞留设施的调蓄作用，在穿孔管底部可增设一定厚度的砾石调蓄层。
- 6.1.2.8 复杂型生物滞留设施结构层外侧及底部应设置透水土工布，防止周围原土侵入。

6.1.3 生态拦截系统

- 6.1.3.1 充分利用城市水系范围内的城市公共绿地、城市自然水系等设计前置库、湖滨缓冲带。
- 6.1.3.2 前置库的布局、调蓄水位与城市雨水管网系统、超标雨水径流排放系统及城市水系相衔接。
- 6.1.3.3 湖滨缓冲带保持高连续性，防止景观破碎化；配置植物时，应充分考虑城市湖泊的湖滨带特性，选取自维持及生态效果好的本土植物物种。
- 6.1.3.4 前置库、湖滨缓冲带的修复设计除满足相应的行业规范及标准规定外，宜按照《湖滨带生态修复工程技术指南》（环办〔2014〕111号附件4）、《湖泊流域入湖河流河道生态修复技术指南》（环办〔2014〕111号附件5）执行。

6.2 生境改善

6.2.1 生态疏浚

- 6.2.1.1 生态疏浚适用于湖泊底泥污染重、污染物释放大、疏浚工程量较大、淤泥厚度较薄、水下地形较为复杂以及施工精度要求高的水域。
- 6.2.1.2 当湖泊沉积物内源负荷和污染风险较大时，宜采用生态疏浚。
- 6.2.1.3 生态疏浚前制定底泥调查方案，鉴别和勘测全湖底泥污染状况，确定疏浚区域、面积、深度及有毒有害底泥的安全处置方法。
- 6.2.1.4 宜采用低扰动、高固含率的疏浚技术，运输过程中采取严格的防泄漏措施，底泥堆场采取隔离措施防止污染物质渗透而产生二次污染。
- 6.2.1.5 在生态疏浚施工前，宜对施工过程中产生的环境影响进行预评估，评估内容主要包括噪声评估、疏浚造成的水体污染评估以及相关应急措施。
- 6.2.1.6 污泥堆放时，宜定期查看堆泥场地，防止围堰渗漏、塌陷等紧急情况出现。

6.2.2 水下光照条件改善

- 6.2.2.1 当湖泊水下光照条件较差时，宜通过絮凝沉降、设置围隔、降低水位及鱼类种群结构调控等措施，为沉水植物的生长创造良好的光照条件。
- 6.2.2.2 在区域内设置生态软围隔，以降低风浪的扰动、控制外源输入的浮游植物，提高水体的透明度。

6.2.2.3 在水下光照不能快速提升的情况下，宜通过降低水位，将水深控制在透明度的2.5-3倍的范围内，使沉水植物群落获得足够的光照。在进行水位调控时，与排水口的高程相协调，满足区域水系水量调度的总体要求。

6.2.2.4 尽量控制鱼类生物量，特别是减少杂食-底栖鱼类及草食性鱼类，以降低鱼类扰动对水体透明度的影响。

6.3 水生生物群落恢复

6.3.1 挺水植物群落恢复

6.3.1.1 挺水植物群落恢复适用于水深小于30 cm的湖岸带自然壤土水域。常见水生植物物种见附录A。

6.3.1.2 挺水植物群落恢复选择观赏性较高、适应性强的土著物种。

6.3.1.3 挺水植物群落恢复采取隔离及围护措施，宜选择直接种植法和叉子种植法等方式种植。

6.3.1.4 岸边带挺水植物覆盖度宜在40%~80%。

6.3.2 沉水植物群落恢复

6.3.2.1 沉水植物群落恢复适用于透明度较高、风浪扰动较小的开敞水域。常见水生植物物种见附录A；不同水深区域沉水植物种植的种类配置见附录B。

6.3.2.2 沉水植物种植区域沉积物质地以松软为好，表层沉积物厚度不小于20 cm。

6.3.2.3 沉水植物群落恢复选择5种左右的土著优势物种。

6.3.2.4 沉水植物种植初期采取隔离及围护措施，宜选择播种法、配重抛掷法、容器种植法和叉子种植法等方式种植。

6.3.2.5 岸边带沉水植物覆盖度宜在40%~80%，水深小于4 m的敞水区沉水植物覆盖度宜在30%~60%。

6.3.3 浮叶植物群落恢复

6.3.3.1 浮叶植物群落恢复适用于水质较好、风浪扰动较小的开敞水域。常见水生植物物种见附录A。

6.3.3.2 浮叶植物种植在光照充足、表层沉积物厚度不小于30 cm的区域。

6.3.3.3 浮叶植物选择播种法、配重抛掷法和容器种植法等方式种植。

6.3.3.4 岸边带浮叶植物覆盖度宜在40%~80%，水深小于4 m的敞水区浮叶植物覆盖度宜在30%~60%。

6.3.4 漂浮植物群落恢复

6.3.4.1 漂浮植物群落恢复适用于水面相对静止、水太深无法恢复沉水植物的水域。常见水生植物物种见附录A。

6.3.4.2 漂浮植物种植初期采取隔离及围护措施。

6.3.4.3 漂浮植物种植时将种苗均匀放置于水体表面，确保根系完整，叶面完好，不应将植物体重叠、倒置。

6.3.4.4 岸边带漂浮植物覆盖度宜在40%~80%，水深小于4 m的敞水区漂浮植物覆盖度宜在30%~60%。

6.3.5 底栖动物群落恢复

6.3.5.1 底栖动物投放宜为本地物种，防止引入外来物种。

6.3.5.2 底栖动物群落以恢复土著软体动物为主，重点是软体动物中的腹足类和双壳类。

6.3.5.3 底栖动物投放前，对恢复区进行至少1个周年（或1个水文年）的底栖动物群落结构调查，确定投放的物种及密度。

6.3.5.4 在繁殖旺盛期之前的1~2个月进行软体动物投放。

6.3.5.5 投放结束后，定期巡查所投放生物的生存状况，及时捞取死亡动物残体。

6.3.6 鱼类群落恢复

6.3.6.1 鱼类投放宜为本地物种，防止引入外来物种。

6.3.6.2 鱼类群落以提高肉食性鱼类比例和生物量、降低杂食性和浮游生物食性鱼类的比例和生物量为主。

6.3.6.3 鱼类投放前，对恢复区进行至少1个周年（或1个水文年）的鱼类群落结构调查，掌握优势鱼类的相对丰度及大小组成。

6.3.6.4 根据修复区现有鱼类群落结构特征，选择性捕捞鲫、鲤等对沉积物扰动作用较强的鱼类；合理投放上层、中层和底层肉食性鱼类的比例，投放时间一般选择在秋末或初春季节。

6.3.6.5 鱼类投放结束后，定期监测鱼类群落结构，需要时及时调控不同食性鱼类的比例，以维持较高的肉食性鱼类生物量占比为主。

7 重构系统效果评估方法

7.1 水质评估。水质评估宜按照 GB 3838 执行，水质指标长期稳定达到该区域水环境功能区划的要求，可认为水质状况较好。

7.2 生物评估。生物评估宜采用生物多样性指数评价，宜按照 DB 32/T 3674 执行。

7.3 生态安全评估。生态安全评估宜采用湖泊生态安全评估指数体系评价，宜按照《湖泊生态安全调查与评估技术指南》（环办〔2014〕111号 附件1）执行。

8 生态系统监控与管理

8.1 监测与调控

8.1.1 污染负荷监测。定期排查内源及外源污染。

8.1.2 水文监测。定期进行水位、水量及流量等指标监测。

8.1.3 水质监测。定期进行水质监测，宜按照 GB 3838 执行。

8.1.4 沉积物监测。定期进行沉积物监测，宜按照 DB 32/T 3202 执行。

8.1.5 水生生物监测。定期进行水生生物监测，宜按照 DB 32/T 3202 执行。

8.1.6 根据监测结果，评估所构建城市湖泊草型生态系统结构、功能的健康状况，并根据水质、水生生物群落结构与功能的变化情况，采取相应的调控措施。

8.2 水生生物管理

8.2.1 冬、春季水草萌发期适当降低湖泊水位，以利于水草萌发生长。

8.2.2 及时清理死亡的水生植物，防止二次污染。

8.2.3 水生植物植株过密或成片覆盖水面时，对水生植物进行收割，但不能破坏水生植物根系。

8.2.4 做好水生植物病虫害防治，定期巡查并及时清除外来入侵物种。

8.2.5 暴雨、台风等极端天气到来前后做好预防控制措施，极端天气过后应及时巡查，发现问题及时处理。

附录 A

(资料性)

常见水生植物物种

表A 给出了常见水生植物物种。

表A 常见水生植物物种表

	水生植物	拉丁名
挺水植物	芦苇	<i>Phragmites communis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.
	水葱	<i>Scirpus validus</i> Vahl
	香蒲	<i>Typha orientalis</i> Presl
	菖蒲	<i>Acorus calamus</i> L.
	莲	<i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn.
	菰	<i>Zizania latifolia</i> (Griseb.) Stapf
	美人蕉	<i>Canna indica</i> L.
沉水植物	苦草	<i>Vallisneria natans</i> (Lour.) Hara
	金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.
	黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i> (Linn. f.) Royle
	马来眼子菜	<i>Potamogeton wrightii</i> Miq.
	狐尾藻	<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.
	菹草	<i>Potamogeton crispus</i> L.
浮叶植物	菱	<i>Trapa bispinosa</i> Roxb.
	荇菜	<i>Nymphoides peltatum</i> (Gmel.) O. Kuntze
	睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i> Georgi
漂浮植物	浮萍	<i>Lemna minor</i> L.
	槐叶萍	<i>Salvinia natans</i> (Linn.) All
	水鳖	<i>Hydrocharis dubia</i> (Bl.) Backer

附录 B

(资料性)

不同水深区域沉水植物种植的种类配置

表B 给出了城市湖泊不同水深区域沉水植物种植的种类配置。

表B 不同水深区域沉水植物种植的种类配置表

区域	种类配置
浅水区 (水深 ≤ 1.0 m)	苦草和微齿眼子菜
中等水深区 (水深 ≤ 1.5 m)	苦草、黑藻、伊乐藻、微齿眼子菜
深水区 (水深 ≤ 2.5 m)	微齿眼子菜、马来眼子菜、菹草

参考文献

- [1] 湖泊生态安全调查与评估技术指南（环境保护部办公厅关于印发江河湖泊生态环境保护系列技术指南的通知，环办〔2014〕111号，附件1）
- [2] 湖滨带生态修复工程技术指南（环境保护部办公厅关于印发江河湖泊生态环境保护系列技术指南的通知，环办〔2014〕111号，环办〔2014〕111号，附件4）
- [3] 湖泊流域入湖河流河道生态修复技术指南（环境保护部办公厅关于印发江河湖泊生态环境保护系列技术指南的通知，环办〔2014〕111号，环办〔2014〕111号，附件5）
-