

团 体 标 准

T/CSES 79—2022

受损湖泊生态修复技术导则

Technical guide for ecological restoration of damaged lake

发布稿

2022 - 11 - 08 发布

2022 - 11 - 08 实施

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 总体要求	3
5 湖泊生态调查与评估	4
6 湖泊生态修复总体设计	6
7 湖泊生态修复工程实施	7
8 工程管理和维护	11
附录 A（规范性） 湖泊生态调查与评估	13
附录 B（规范性） 受损湖泊生态修复模式	18
附录 C（规范性） 湖泊水生生物恢复名录	22

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。

本文件由中国环境科学研究院提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本标准起草单位：中国环境科学研究院、中国科学院水生生物研究所、北京师范大学。

本标准主要起草人：储昭升、韩立、曹晶、吴天浩、沈宏、袁静、张玉宝、高思佳、谢平、王圣瑞、郑丙辉。

受损湖泊生态修复技术导则

1 范围

本文件规定了受损湖泊生态修复的总体要求、湖泊生态调查与评估、湖泊生态修复总体设计、湖泊生态修复工程实施、工程管理和维护等内容。

本文件适用于受损湖泊的生态修复，城市人工湖泊、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/T 14581	水质 湖泊和水库采样技术指导
GB 50286-2013	堤防工程设计规范
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 710.12	生物多样性观测技术导则 水生维管植物
JTS 154-2018	《防波堤与护岸设计规范》
DB 32/T 3202	湖泊水生态监测规范
T/CSES 27-2021	平原河网区入湖河口前置库技术指南
T/CSES 32-2021	受损湖泊修复工程运行与维护技术指南
	《湖泊生态安全调查与评估技术指南》（环办〔2014〕111号）
	《湖库蓝藻水华应急控制技术指南（征求意见稿）》
	《湖滨带生态修复工程技术指南》（环办〔2014〕111号）
	《湖泊河流环保疏浚工程技术指南》（环办〔2014〕111号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

湖泊生态系统 lake ecosystem

湖泊内生物群落及其生态环境因子之间形成的结构复杂、功能协调的基本生态单元。

3.2

受损湖泊 deteriorated lake

湖泊生态系统的结构和功能受到损伤，生态系统恢复力减弱，甚至平衡被打破，造成湖泊生态系统的逆向演替。

3.3

生态系统结构 ecosystem structure

生态系统中生物和非生物组分保持相对稳定的相互联系、相互作用而形成的组织形式、结合方式或秩序。

3.4

胁迫压力 pressure stress

对湖泊生态系统正常的结构、功能及平衡造成损害的人类活动或自然因素。

3.5

湖泊富营养化 lake eutrophication

在人类活动或/与自然因素作用下,氮、磷等营养物质大量进入湖泊,引起藻类或水生植物过度繁殖,初级生产力升高,导致湖泊水质下降及水生态退化的现象。

3.6

生态退化 degradation of lake ecology

湖泊生态系统的结构或功能受到损伤,物质循环、能量流动和信息传递过程出现失调,导致其在一定程度上丧失自身调节功能的过程。

3.7

参照生态系统 reference ecosystem

能够作为生态恢复目标或基准的生态系统。

3.8

湖泊生态修复 ecological restoration of lake

从自然生态系统演替规律和内在机理出发,通过减轻湖泊生态系统胁迫压力,实施生境修复和生物群落恢复等措施,修复湖泊生态系统结构及其功能,提高生态系统自我恢复能力,使受损湖泊生态系统逐步恢复并向良性循环方向发展。

3.9

先锋植物 pioneer plant

群落演替中最先出现的植物。

3.10

建群种 group species

对群落结构和群落内部环境的形成起决定作用的植物种。

3.11

湖滨缓冲区 lakeshore and buffer zone

湖泊周边对湖泊生态系统影响敏感的重要生态功能区,包括湖滨带和缓冲带。

3.11.1

湖滨带 lakeshore zone

湖泊流域陆生生态系统与水生生态系统之间的过渡带,其核心范围通常指湖泊一定时期范围内最高水位线和最低水位线之间的水位变幅区。

3.11.2

缓冲带 lake buffer zone

湖滨带陆向辐射区设立的湖泊与流域经济发展区之间的过渡带,主要功能是拦截净化陆域入湖污染,减缓人类活动对湖泊造成的环境压力,保护湖泊生物多样性。

3.12

湖湾 lake bay

湖岸线凹凸形成的三面环陆的湖面。

3.13

敞水区 pelagic zone

湖泊沿岸带以外的开阔水域。

3.14

食物网 aquatic food web

水生生态系统中各生物之间通过捕食关系和能量传递关系形成的具有直接或间接联系的网状关系。

3.15

食物网调控 food web manipulation

利用水体中生物群落间的摄食关系、能量流动和氮磷营养周转机制，增强或减弱食物网中某些生物的相互作用，以达到改善水质，调节生态系统结构与功能的目的。

3.16

上行效应 bottom-up effect

生态系统中物理化学环境与低营养级生物对高营养级生物的影响。

3.17

下行效应 top-down effect

在食物链中位于营养结构上层的生物，对处于较低营养级的生物产生的影响。

4 总体要求**4.1 一般要求**

4.1.1 受损湖泊生态修复应在控制入湖污染负荷基础上实施。

4.1.2 受损湖泊生态修复应与流域关联区域生态修复工程相协调。

4.1.3 受损湖泊生态修复应严守生态保护红线管控要求，不得在红线范围内实施与修复无关的工程。

4.1.4 受损湖泊生态修复应遵循生态系统演替规律，符合社会经济发展规律。

4.2 受损湖泊生态修复基本原则**4.2.1 遵循规律，循序渐进**

应遵循湖泊生态系统能量流动、物质循环和信息传递及生态系统演变等内在机理，循序渐进地修复生态系统结构和功能。

4.2.2 最小干预，自然修复

应以去除或减少人为干扰和胁迫压力为基础，遵循最小干预原则，以自然恢复为主，辅助人工措施，实施生境改善和生物群落恢复。

4.2.3 系统统筹、综合施治

应充分考虑湖泊各功能区的相互作用，以及物理生境、化学生境、水生生物要素之间的相互作用，突出区域和要素之间的关联性，整体考虑，系统修复。

4.2.4 因地制宜，经济可行

应充分体现湖泊生态系统特性，因地制宜修复；修复措施经济可行，修复后能维持自我运行或适当管理后能维持自我运行。

4.2.5 注重安全，防范风险

应注重防洪排涝等相关安全；应防范外来物种入侵等新的生态风险；应避免引起二次污染。

4.3 湖泊生态修复流程

4.3.1 受损湖泊生态修复流程包括湖泊生态调查与评估、湖泊生态修复总体设计、湖泊生态修复工程实施、工程管理和维护。湖泊生态修复流程见图 1。

4.3.2 湖泊生态调查与评估一般先开展普查，再开展详查，在调查的基础上开展诊断评估。调查一般应明确调查目标、调查范围及尺度、调查内容等；诊断评估一般包括生态受损程度评估和胁迫压力评估。

4.3.3 湖泊生态修复总体设计主要包括湖泊生态修复目标和指标确定方法、湖泊生态修复目标确定和湖泊生态修复指标体系设定以及湖泊分类分阶段生态修复设计要点。

4.3.4 湖泊生态修复工程实施主要包括湖泊分区生态修复和湖泊水生态要素修复。湖泊生态修复工程实施前，宜确定湖泊修复的关键区域和关键水生态要素，选择包括河口区、湖滨缓冲区、湖湾区、敞水区等的一个或多个水域进行修复，或选择包括湖滨物理基底修复、水文水动力调控、水质改善、底质生境修复、水生植被恢复、水华控制等一个或多个关键水生态要素进行修复，形成复合型工程措施。

4.3.5 工程管理与维护主要包括运行与维护、工程监测与评估和应急处置的相关要求。

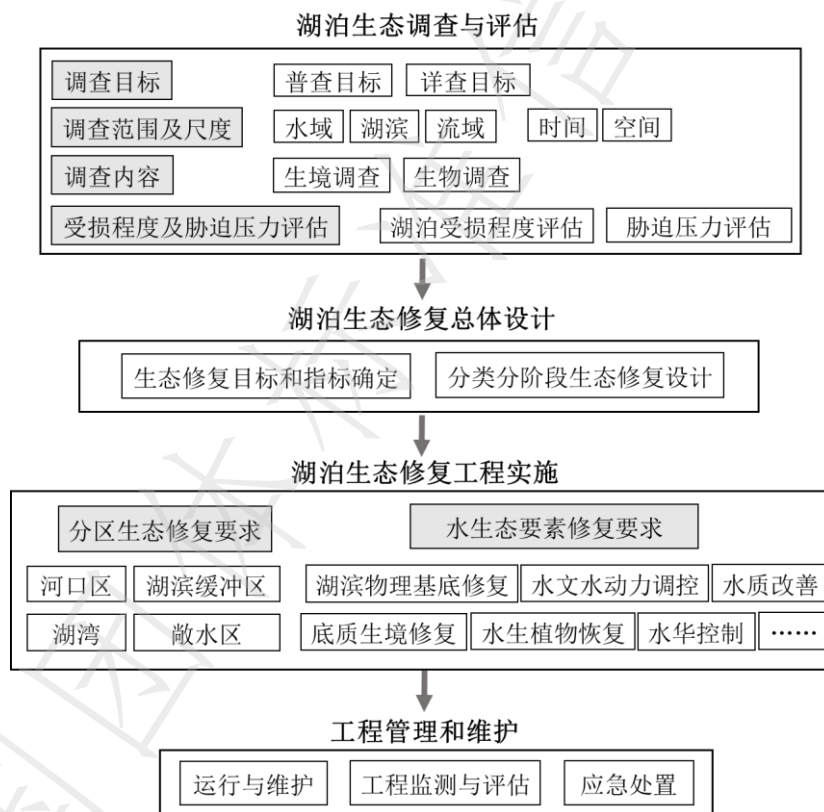


图 1 受损湖泊生态修复流程图

5 湖泊生态调查与评估

5.1 一般要求

5.1.1 湖泊生态调查应在充分收集历史资料的基础上开展。

5.1.2 湖泊生态调查的时间和空间精度应与不同生态修复设计阶段的深度相匹配。

5.2 调查目标和范围

5.2.1 调查目标

调查宜分为普查和详查，普查的目标是调查湖泊生态基本情况，评估受损状况，诊断湖泊主要生态问题；详查的目标是在普查基础上，调查生态状态，评估湖泊生态受损程度，诊断生态系统受损区域和受损要素。

5.2.2 调查范围及尺度

5.2.2.1 湖泊生态调查的范围一般包括湖泊水域范围和湖滨区域；胁迫因素调查宜将调查范围适当扩大至流域。

5.2.2.2 湖泊生态调查的时间尺度和空间尺度应反映生态修复区的时间和空间变化特征。

5.2.3 调查内容

5.2.3.1 湖泊生态调查普查宜以调查和调研相结合，调查内容主要包括流域主要产业、湖泊主要功能，气象、水文、湖盆形态、基底性状、主要水利工程、重大治理措施等基本情况，主要水质指标，主要水生生物及分布情况，并分析湖泊基本生态现状、退化前的基本情况、主要胁迫因素及公众修复意愿。

5.2.3.2 湖泊生态调查详查宜包含湖泊生境调查和水生生物调查。湖泊生境调查包括物理生境调查和化学生境调查。物理生境包括湖泊岸线与基底、水量与水位、保护地等；化学生境包括水质类别、营养指标、耗氧物质、有毒有害物质污染程度及底质性状等，详见附表 A.1.1。水生生物调查包括藻类水华及浮游植物、浮游动物、水生维管植物、底栖动物、鱼类、水鸟，入侵种、土著物种、珍稀濒危物种等，详见附表 A.1.2；相关调查方法宜参考 GB/T 14581、HJ 710.8、HJ 710.12、DB 32/T 3202 以及《湖泊生态安全调查与评估技术指南》。

5.2.3.3 湖泊生态调查详查宜同时开展生态胁迫因素调查，主要包括物理生境受损、富营养化及水污染、生物群落受干扰等。物理生境受损胁迫主要包括生态空间受到侵占或破坏、水文节律失调、江湖阻隔、水资源减少、水体萎缩/干化或咸化、淤积及湖容减小等；富营养化及水污染胁迫主要包括富营养物质、耗氧物质、有毒有害物质对水体造成的影响；生物群落受干扰胁迫包括过度渔业利用、外来物种入侵等，调查要求详见附表 A.1.3。

5.3 湖泊生态受损程度及胁迫压力评估

5.3.1 生态受损程度评估

5.3.1.1 生态受损程度评估应首先建立评估指标体系和评估方法。

5.3.1.2 宜参考生态完整性或生态健康评估，以湖泊生境和水生生物指标为参考依据构建评估指标体系，指标选择推荐参考附录 A。根据指标现状数据和参照数据的差异程度，将湖泊生态受损程度分为生态健康、轻度受损、中度受损、重度受损四个级别。

5.3.1.3 生态受损程度评估时宜首先参考湖泊历史状态和水环境功能目标状态，在以下状态中选择最优状态作为湖泊生态健康标准参照状态：1) 大规模开发利用之前；2) 自然水文节律改变之前；3) 满足水环境功能的水质要求；4) 采用专家经验方法。

5.3.1.4 指标层赋值可采用专家打分法，根据现状调查值与历史参照状态值的偏离程度对湖泊生境及水生生物指标进行打分，湖泊生境及水生生物评价表见表 A.2.1 和表 A.2.2；采用层次分析法主观赋予指标特征权重，通过两两比较来确定层次中各因素的相对重要性，并利用矩阵特征向量计算权重；最后根据专家打分结果乘以各指标权重综合评价湖泊受损程度。100-90 分的为生态健康，90-70 分的为轻度受损，70-50 分的为中度受损，50 分以下的为重度受损。具体方法见附录 A.2。

5.3.2 胁迫压力评估

5.3.2.1 可采用专家打分法，对物理生境受损、富营养化及水污染、生物群落受损等造成的胁迫压力对湖泊生态的影响进行评估。

5.3.2.2 胁迫压力评估依据专家打分法将压力分为 5 个等级，1 级表示胁迫压力极小，几乎不对湖泊生态系统造成影响；5 级表示胁迫压力极大，对湖泊生态系统造成严重破坏；2 级至 4 级为过渡状态。专家打分表详见附表 A.3.1。

6 湖泊生态修复总体设计

6.1 一般要求

6.1.1 宜根据湖泊生态现状调查与评估结果，对生态健康型湖泊采取保护保育措施，对轻度受损、中度受损、重度受损的湖泊开展生态修复。

6.1.2 受损湖泊生态修复前，应去除或显著减轻人类不当活动对湖泊生态系统的胁迫压力。

6.1.3 受损湖泊生态修复应选择影响生态健康的关键点位实施修复，避免因人为增大修复工程量而对生态系统造成新的破坏。

6.1.4 受损湖泊生态修复应首先确定修复目标和指标，根据湖泊受损程度，提出有针对性的修复策略。

6.1.5 受损湖泊生态修复应开展适应性管理，及时发现实施过程中生态风险及目标偏离情况，并及时调整优化修复方案。

6.2 湖泊生态修复目标和指标的确定

6.2.1 目标和指标确定方法

6.2.1.1 目标和指标确定可采用参照状态确定法、发展演变理论确定法或生态功能目标需求法。

6.2.1.2 参照状态确定法是根据参照生态系统的状态，结合生态系统胁迫压力可控制的水平和生态系统恢复进程确定修复目标和指标。参照生态系统宜采用历史参照生态系统，也可采用近似区域参照生态系统。

6.2.1.3 发展演变理论确定法应依据湖泊水环境可恢复到的状态，通过水环境与水生态的相互作用关系，分析可能达到的相对稳定的生态系统状态，以此状态确定修复目标和指标。

6.2.1.4 生态功能目标需求法是依据湖泊需要达到的功能需求，以及生态系统状态与功能的关系来确定修复目标和指标。

6.2.2 生态修复目标确定

6.2.2.1 生态修复目标一般包括总体目标和阶段目标。总体目标一般根据湖泊主要生态功能要求制定；阶段目标应遵循生态系统内在演变规律制定。

6.2.2.2 生态修复目标内容应包括生态系统结构及功能的相关要求。

6.2.3 生态修复指标体系设定

6.2.3.1 生态修复指标体系设定应依据湖泊特征及修复目标，因地制宜设定指标体系，一般应包括湖泊物理生境、化学生境、水生生物三类指标。

6.2.3.2 物理生境指标应结合人类活动对湖泊岸线与基底、水量与水位和保护地的影响确定。存在生产行为破坏湖泊自然岸线与基底的湖泊，可选择自然岸线率、湖岸稳定性、生境连通性、底部沉积特征等指标；存在较大水文节律变化的湖泊，可考虑水资源量和生态水位满足率等指标。

6.2.3.3 化学生境指标应重点考虑影响水生生物恢复的关键指标，如水质类别、营养指标、耗氧物质、有毒有害物质污染程度及底质性状等。其中水质类别应重点考虑水质类别等级；营养指标应重点考虑富营养化指数；耗氧物质应重点考虑五日生化需氧量（ BOD_5 ）、氨氮（ NH_3-N ）和化学需氧量（ COD ）；有毒有害物质污染程度应重点考虑有害化学品和藻毒素；底质性状应重点考虑底质污染等级。

6.2.3.4 水生生物指标应以重要生物群落恢复的数量及质量作为关键指标。重要生物群落应包括浮游植物、浮游动物、水生维管植物、底栖动物、鱼类、水鸟、入侵种、土著物种、珍稀物种、濒危物种等。

6.3 湖泊分类分阶段生态修复设计要点

6.3.1 湖泊生态修复宜符合以下规定：

- a) 湖泊生态修复应将胁迫压力控制在湖泊生态承载力范围内；
- b) 物理生境受损胁迫应恢复被侵占或破坏的生态空间，重点修复关键物种栖息地、重要生态净化空间、生物多样性丰富的区域等；

- c) 江湖阻隔的宜拆除闸坝或适时打开控制闸，或构建可适合鱼类洄游的微阶梯型堤坝，构建鱼类洄游通道；
- d) 水资源减少、水体萎缩干化、咸化及水文节律失调胁迫宜实施流域节水或补水，优化湖泊水文节律调控；淤积及湖容减小胁迫宜实施环保疏浚；
- e) 富营养化胁迫宜控制入湖氮磷营养物负荷，适当清除污染底泥，实施蓝藻及漂浮植物打捞；
- f) 耗氧污染物胁迫应严格控制耗氧性污染物输入，适当清除污染底泥；
- g) 渔业资源过度利用胁迫宜控制捕捞规模或定期禁捕，控制养殖规模或禁止养殖；
- h) 生物入侵胁迫应清除入侵物种或控制入侵物种规模。

6.3.2 轻度受损湖泊生态修复宜符合以下规定：

- a) 宜采取清除入湖污染、禁止过度渔业、清除入侵物种等消除胁迫压力的方式；
- b) 宜优先保护湖湾及近岸等关键区和敏感区安全；
- c) 宜采取增加植物种子及繁殖体库、增殖放流水生动物、优化动植物群落结构等干扰较小的调控措施；
- d) 宜重点恢复本土物种、珍稀特有物种、清水型种等。

6.3.3 中度受损湖泊生态修复宜符合以下规定：

- a) 宜在削减入湖污染负荷、禁止过度渔业、清除入侵物种等控制胁迫压力的基础上，采取生境修复与生物恢复相结合方式进行修复；
- b) 宜将河口、湖滨缓冲区、湖湾、敞水区等关键及敏感区作为生态修复的核心区域；
- c) 宜重点恢复生态系统本土关键物种的种群规模，同时保护保育珍稀特有种、清水种。

6.3.4 重度受损湖泊生态修复宜符合以下规定：

- a) 在削减入湖污染负荷、禁止过度渔业、清除入侵物种等的同时，还宜削减湖内累积性污染负荷；
- b) 宜在河口、湖滨、湖湾等有恢复条件的重点区，采取生境修复、植被恢复、动物区系恢复、群落优化配置等方式实施生态系统修复或重建；
- c) 植物群落的恢复宜重点消除或控制对植物生长造成限制的因子，构建先锋植物群落，并在此基础上不断优化植物群落；
- d) 动物群落的恢复宜重点恢复关键物种，恢复食物网的重要食物链。

7 湖泊生态修复工程实施

7.1 一般要求

7.1.1 当湖泊面积较大时，应针对不同区域的地形地貌、水文、底质差异，分区实施生态修复，一般可分为河口区、湖滨缓冲区、湖湾区、敞水区等区域。

7.1.2 在实施生态修复措施时，宜根据湖泊生态的退化程度和退化特点，合理选择实施一项或多项关联的修复措施，如湖滨物理基底修复、水文水动力调控、水质改善、底质生境修复、水生植被恢复、水华控制、土著鱼类及大型底栖动物恢复、食物网结构调控等。

7.1.3 当涉及多区域多措施修复时，宜先水质改善后生态修复、先生境改善后生物修复；先外源后内源、先流域后湖区、先河口区与湖滨缓冲区后敞水区。

7.1.4 工程施工应尽量避免对生态环境造成影响，难以避免的应采取措施防范或减轻影响。

7.1.5 湖滨物理基底修复应避免雨季施工，条件允许的应通过调整工期选择枯水期进行。

7.2 湖泊分区生态修复要求

7.2.1 河口区生态修复

7.2.2.1 宜遵循河口水文自然梯度规律，恢复河口的生态空间和形貌，保持河口的生境异质性。应优先

保护河口滩地，宜按径流对河口的冲刷和淤积特征进行形貌修复。有重要生物保护价值的滩地宜适当进行护滩、固滩，减轻滩地水流冲刷强度。

7.2.2.2 针对入湖水质未达到要求的河口，可构建前置库、原位或异位河口净化湿地。流域河口较窄且可通过建闸坝形成滞水区的河口区，宜构建前置库，其中平原河网区入湖河口前置库的设计可参见 T/CSES 27-2021；河口滩地面积较大的河口区，宜构建原位河口净化湿地；河口滩地面积较小、缺乏足够净化空间的河口区，宜构建异位河口净化湿地或采取其他适宜措施。

7.2.2.3 底泥沉积量较大、污染物浓度较高的河口区，宜适时进行清淤。

7.2.2.4 藻类堆积的河口区，可视藻类堆积程度采取滤食性鱼类控藻、机械打捞等原、异位控藻/抑藻技术，技术的选择可参见《湖库蓝藻水华应急控制技术指南（征求意见稿）》。

7.2.2.5 宜根据地形地貌、水文因素、水质污染程度、基底生境条件的差异选择河口区生态修复模式。河口区生态修复模式可参考平原河网内湖口修复模式、冲击扇形河口修复模式、汇流型前置库河口修复模式、过水性湖荡河口修复模式等典型模式。各典型修复模式的适用条件及修复要点参见附录 B.1。

7.2.2 湖滨缓冲区生态修复

7.2.2.1 湖滨缓冲区重点恢复其多样性保护功能和入湖水质净化功能，湖滨带重点恢复生境异质性和生物多样性，缓冲带重点恢复污染拦截消纳能力。

7.2.2.2 湖滨带生态修复宜符合以下规定：

- a) 湖滨带生态修复设计宜以生物多样性保护功能为主，兼顾水质净化、水土保持、景观等功能；遵循湖滨地质发育特点、湖滨带水-陆生态系统的作用及演化规律，充分发挥自然恢复能力；保护自然状态良好的区域，避免对其进行干预或干扰；
- b) 湖滨带自然形貌修复与生境条件改善可采取基底修复、岸坡防护、消浪等措施，构建适宜陆生、湿生、水生等本土植物或附着藻类生长的高程/水深梯度或水动力环境。大堤型湖滨带可在大堤临湖侧采取消浪和基底重塑措施构建浅滩生境，减轻风浪淘蚀。反季节大水位变幅的水库消落带水土流失防治可采取护坡、反坡梯田等技术；
- c) 湖滨带植被群落恢复宜根据不同形貌特征进行具体设计。缓坡型（坡度 $<20^\circ$ ）湖滨带生态修复宜按完全演替系列或半演替系列设计，一般宜由陆向朝湖向依次配置陆生植物、湿生乔草/挺水植物、浮叶植物和沉水植物；陡坡型（坡度 $>20^\circ$ ）湖滨带重点考虑恢复附着藻类的生物多样性；
- d) 湖滨带动物群落修复一般与湖滨带植被恢复、岸线形貌恢复等措施相结合，应重点考虑鱼类、大型底栖、两栖、爬行、水鸟等动物的栖息地恢复；
- e) 湖滨带生态修复工程技术选择和实施可参见《湖滨带生态修复工程技术指南》。

7.2.2.3 缓冲带生态修复宜符合以下规定：

- a) 缓冲带生态修复设计宜以入湖水质净化功能为主，兼顾生物多样性保护、水土保持、景观等功能；
- b) 缓冲带的范围应根据入湖污染负荷量、单位面积缓冲带净化能力、湖泊的保护需求以及实际可利用生态用地来确定，保证其净化效果；湖滨带有动物重要栖息地时，缓冲带的范围还应满足栖息地保护和隔离人为干扰的要求；
- c) 缓冲带径流流量宜沿等高线分配，使水流分散平缓地流过缓冲带；当对磷控制要求较高时，可通过土壤基质改良强化磷的去除；
- d) 径流量小的汇水区可设置植被缓冲带，宜选用抗污能力强、生物量高、根系发达的植被种类构建林草混合植被带，靠近污染源处宜优先选择耐污和净化能力强的植被；
- e) 径流量大的汇水区可设置具有径流调蓄功能的塘湿地。调蓄塘湿地应具备 20%~50% 年雨水径流量调蓄能力，并宜定期清理其中沉积淤泥。
- f) 有机质含量高的湖泊缓冲带的乔木带，宜与湖泊保持一定距离，减少落叶等植物残体入湖。

7.2.2.4 宜根据地形地貌、水文因素、水质污染程度、基底生境条件、植被类型等的差异选择湖滨缓冲区生态修复模式。湖滨缓冲区生态修复模式可参考平原河网-大堤型湖滨缓冲区修复模式、平原圩区型湖滨缓冲区修复模式、高原山前坝区型湖滨缓冲区修复模式、山体陡岸湖滨缓冲区修复模式、反季节大水位变幅库区消落带修复模式等典型模式。各典型修复模式的适用条件及修复要点见附录 B.2。

7.2.3 湖湾生态修复

7.2.3.1 湖湾生态修复宜以水生植被及鱼类、底栖动物等不同营养级的动植物群落系统性恢复为主，重点恢复建群种。

7.2.3.2 优先保护水生植被自然生长良好、重要生物栖息地等湖湾区域，避免对其干预或干扰。生态健康状况良好的湖湾，宜建立种质资源保育区，维持生物多样性。

7.2.3.3 水生植被退化的湖湾，宜以沉水植物群落恢复和扩增为主。浅水区应重点恢复和保护种子库；深水区宜采用建群种移栽等方式辅助恢复。

7.2.3.4 湖湾及浅水区生态修复，宜考虑湖泊水文节律与水生植物萌发、生长的匹配性。

7.2.3.5 有蓝藻水华影响的下风向湖湾，宜在湖湾外围设置控藻区，可视水华发生程度采取滤食性鱼类控藻、机械打捞等原、异位控藻/抑藻等措施。

7.2.3.6 淤泥沉积较重的湖湾，宜适时开展环保疏浚，并对上游水土流失进行治理。

7.2.3.7 宜根据地形地貌、水质污染程度、底质生境、汇流状况、主导风向等的差异选择湖湾及浅水区生态修复模式。湖湾及浅水区生态修复模式可参考富营养化初期湖湾沉水植物扩增与稳定化修复模式、下风向重污染汇流湖湾生境改善修复模式、沼泽化控制型湖湾修复模式、饮用水源保护功能湖湾修复模式、多层次物种保育湖湾修复模式等典型模式。各典型修复模式的适用条件及修复要点见附录 B.3。

7.2.4 敞水区生态修复

7.2.4.1 敞水区生态修复宜以恢复上、中、下层鱼类立体结构、调控食物网为主，维持食物网良性物质循环和能量流动。

7.2.4.2 水华蓝藻比例较高的敞水区，宜采用滤食性鱼类进行调控。水华蓝藻比例较低的敞水区，宜投放本土肉食性鱼类和/或定向捕捞食浮游动物鱼类。

7.2.4.3 有机碎屑含量较高但溶解氧浓度适宜的敞水区，宜投加碎屑食性鱼类和/或大型底栖动物。

7.2.4.4 对外来入侵动物宜实施定向捕捞，对外来入侵植物宜实施机械清除。

7.2.3.5 宜根据地形地貌、水文因素、水质污染程度、基底生境条件、植被类型等的差异选择敞水区食物网调控模式。敞水区食物网调控模式可参考滤食性鱼类调控模式和浮游动物调控模式等典型模式。各典型修复模式的适用条件及修复要点见附录 B.4。

7.3 湖泊水生态要素修复要求

7.3.1 湖滨物理基底修复

7.3.1.1 湖盆地貌、岸线形态、底质基质发生较大损伤，并造成原有植被带破坏，或对动物栖息地造成较大不利影响时，宜开展地貌重塑、护岸、消浪等物理基底修复措施。

7.3.1.2 地貌重塑宜以湖滨带、河口及近岸区等生物多样性较高的区域为重点区；宜根据不同本土植被生长所需的水深、底质类型等生境需求以及重要动物栖息地保护要求实施地貌重塑；在地貌重塑时，宜修复岸线的蜿蜒度，维持岸线类型的多样性。

7.3.1.3 护岸宜根据岸坡稳定性和植被定植特征选择护岸方式。宜根据岸线自然形态优选抛石、干砌石、石笼、植被固岸等近自然形式；人工建/构筑物护岸宜选择生态混凝土等环境友好型构/建筑方式。岸坡的抗滑稳定性要求可参考 GB 50286-2013 设计。

7.3.1.4 消浪可选择潜堤、丁坝等设施，消浪设施顶高宜低于枯水期水位，消浪设施稳定性计算可参考 JTS 154-2018。

7.3.2 水文水动力调控

7.3.2.1 湖泊水位受闸坝影响较大或来水水量节律发生较大变化时，宜开展水文水动力调控。

7.3.2.2 水位调控宜根据植物生长的物候期变化进行调控，并宜关注水位变化与底泥再悬浮对透明度的影响。水生植物萌发期宜维持低水位，生长期宜控制水位上涨幅度，成熟期宜尽量保持水位稳定。

7.3.2.3 水力停留时间延长导致水华发生或加重的湖泊或湖区，可采用水量调度控制水华发生强度。

7.3.3 水质改善

7.3.3.1 当湖泊水质不满足生态修复要求时，可采取临时性水质改善措施；生态修复后应防范藻华、湖泛和冲击性污染等造成的水质污染影响。

7.3.3.2 临时性水质改善措施可采取环境友好型或影响短暂的物化方法。湖泊水体透明度不满足生态修复要求时，应在控源截污基础上，去除水体中悬浮颗粒物、藻类等。

7.3.3.3 当生态修复区出现藻华时，可采取拦截、打捞等措施进行水质改善；在湖泛风险区，可采用曝气等措施；存在冲击性污染风险的区域，应采取控源截污措施。

7.3.4 底质生境修复

7.3.4.1 污染底泥对水质及水生生物造成较大不利影响时，宜进行底质生境修复。

7.3.4.2 底泥污染较重且污染层较厚的底质，可选择环保疏浚措施。底泥的污染评估、疏浚方法、二次污染防治及底泥处置等可参考《湖泊河流环保疏浚工程技术指南》。疏浚后湖泊底泥重金属对水生生物有影响的，可采用底泥固定化原位修复技术进一步减轻底泥污染。

7.3.4.3 以恢复水生植被生境为主的疏浚，应重点考虑底质、氧化还原电位、泥面水深、植被定植特性等指标。

7.3.4.4 底泥污染较重但污染层较薄的底质可选择适宜的原位处理措施。

7.3.5 水生植被恢复

7.3.5.1 满足以下条件时，可进行水生植被恢复：

- a) 生境条件适宜；
- b) 生境修复后条件适宜；
- c) 先锋植物恢复后生境条件适宜。

7.3.5.2 水生植被恢复应综合考虑水深、透明度、风浪、淹没周期、底泥特性、底泥氧化还原电位等生境条件以及植食性鱼类摄食、底栖鱼类干扰等条件的适宜性。

7.3.5.3 挺水植物带恢复水深宜设置在 0 m ~2 m，浮叶植物带恢复水深宜设置在 0.5 m ~4 m；沉水植物带恢复最大水深阈值可选择 2.0 倍~2.5 倍透明度，高原等日照好的地区可选择 2.5 倍~3.0 倍透明度；风浪、底质等生境条件较差时应适当降低水生植被恢复的最大水深阈值。

7.3.5.4 水生植被恢复应与湖泊水位节律调控相配合，宜充分考虑水位和透明度的季节性变化。

7.3.5.5 水生植被恢复宜优先选择较宽生态位的先锋植物，并以先锋植物为基础优化植物配置，提升生态系统功能。

7.3.5.6 水生植被群落配置应考虑挺水植物、浮叶植物、沉水植物等不同生活型植物的立体结构、空间分布和季节演替。

7.3.6 水华控制

7.3.6.1 湖泊蓝藻水华暴发可能造成水质及水生态影响时，宜开展水华控制。

7.3.6.2 水华控制宜以水生植物分布区、饮用水源地、对居民及景观有重要影响的区域为重点。

7.3.6.3 水华控制可采取长效控制和应急控制。长效控制宜消除营养盐负荷；当出现水华藻类明显聚集、散发异味等情形时，宜采取应急控制，水华应急控制技术的选择可参考《湖库蓝藻水华应急控制技术指南（征求意见稿）》。

7.3.7 土著鱼类及大型底栖动物恢复

7.3.7.1 土著鱼类及大型底栖动物恢复应在控制捕捞方式和强度基础上实施。

7.3.7.2 应保护土著鱼类及大型底栖动物栖息地的联通性和完整性，重点保护、修复关键幼种栖息地；应建立特有、珍稀鱼类及大型底栖动物种质资源保护地或保护设施。

7.3.7.3 可通过增殖放流提升鱼类和大型底栖动物的种群密度，优化群落结构；增殖放流应控制种质资源质量、选择适宜的运输和投放季节，并防控病害传播；在增殖放流后，宜评估生态调控效果。

7.3.7.4 宜采取人工、机械清除、引入本地捕食者等措施控制外来入侵种。

7.3.8 食物网调控

7.3.8.1 湖泊食物网物质循环和能量流动失衡时，宜根据生态风险评估结果进行食物网调控。食物网调控方式可依据食物网下行效应和上行效应进行选择，下行效应可选择经典生物操纵和非经典生物操纵。

7.3.8.2 食物网调控应重点调控不同营养级之间的平衡以及重要食物链上生物之间的捕食关系平衡，促进生态系统良性循环。

7.3.8.3 当湖泊水华主要由蓝藻造成时，可采用非经典生物操纵，投放一定比例的滤食性鱼类。

7.3.8.4 对绿藻、硅藻等群体较小藻类占优势的湖泊，可采用经典生物操纵，通过放养凶猛鱼类、捕捞食浮游动物鱼类、控制滤食性鱼类等方式提升浮游动物生物量。

7.3.8.5 利用水生植被恢复进行上行效应调控时，宜控制草食性鱼类对水草的牧食压力。

8 工程管理和维护

8.1 运行与维护

8.1.1 应建立运行与维护操作规程、跟踪监测与评估、突发事件应急、人员管理培训等管理制度。

8.1.2 宜将运行维护期划分为工程养护期和运行维护期，工程养护期宜不低于主要植物、动物的一个生长、发育、繁殖期，可采取养护、保护动植物生长、发育和繁殖的措施；运行维护期宜减少养护措施，以生物自然恢复为主。

8.1.3 宜对生态修复工程及附属设施进行定期的检查维护，对周边污染、无关人为活动加强管理；人工湿地、水生植物恢复、水生动物群落调控、水华控制、湖滨物理基底修复等工程的管理要求、运行维护内容可参考 T/CSES 32-2021。

8.1.4 应根据生态跟踪监测和评估结果适当调控生境和生物群落，如水生植物补种、水生动物补充投放、过度滋生植物管控、过度繁殖鱼类捕捞等。

8.1.5 应防范外来入侵物种，并控制病虫害危害。

8.2 工程监测与评估

8.2.1 宜跟踪监测湖泊生境、水生生物的恢复状况，监测内容参见 5.2.3 中湖泊生境和水生生物调查。

8.2.2 宜在工程竣工后和生态逐渐稳定并发挥效果后开展工程绩效评估，评估生态恢复效果、经济价值、

社会效益等。

8.3 应急处置

8.3.1 生态修复工程应制定应急预案，配备相应的应急物资，并定期进行应急演练。

8.3.2 生态修复过程及工程运行过程中出现设施损坏、突发污染等时应及时启动应急预案，保障工程安全。

附 录 A
(规范性)
湖泊生态调查与评估

A.1 湖泊生态调查详查内容

湖泊生态调查详查主要包括湖泊生境调查和水生生物调查两大类，并宜同时开展生态胁迫因素调查。表 A.1.1 和表 A.1.2 分别给出了湖泊生境调查和水生生物调查的具体调查指标；表 A.1.3 给出了生态胁迫因素调查的具体要求。

表 A.1.1 湖泊生境调查表

一级分类	二级分类	指标名称	参照状态	现状	得分
物理生境	岸线与基底	自然岸线率*			
		湖岸稳定性			
		生境连通性*			
		底部沉积特征			
	水量与水位	水资源量			
		生态水位满足率*			
	保护地	保护地人类活动强度			
		鱼类产卵场			
化学生境	水质类别	水质类别等级*			
	营养指标	富营养化指数*			
	耗氧物质	五日生化需氧量 (BOD ₅)、氨氮 (NH ₃ -N)*、化学需氧量 (COD)			
	有毒有害物质污染程度	有害化学品、藻毒素			
	底质性状	底质污染等级*			

注：*为必选指标

表 A.1.2 水生生物调查表

一级分类	二级分类	指标名称	参照状态	现状	得分
水生生物	藻类水华及浮游植物	水华发生面积/水体面积			
		藻类叶绿素 a*			
		香农-维纳多样性指数 (H)			

	浮游动物	枝角类生物量占比*			
		生物完整性指数 (IBI)			
	水生维管植物	覆盖度或生物量*			
		香农-维纳多样性指数 (H)			
	底栖动物	底栖软体动物生物量*			
		生物完整性指数 (IBI)			
	鱼类	鱼类保有指数*			
	水鸟	种类数			
	入侵种	入侵程度			
	土著物种、珍稀物种、濒危物种	土著物种、珍稀物种、濒危物种状况			

注：*为必选指标

表 A.1.3 生态胁迫因素调查表

调查内容	调查要求
物理生境受损	宜调查生境空间被侵占、破坏和阻隔的程度，如围湖造田、围湖养鱼、围湖建房、建设闸坝等。 宜调查出入湖水量、水位及节律变化等，宜重点调查历史水生生态退化与水生生物敏感时期的水文节律变化。
富营养化及水污染	宜调查环湖入湖污染负荷，以及特殊时期的冲击性负荷，如暴雨期入湖污染负荷；湖泊中溶解氧缺乏时，还宜调查耗氧性污染物负荷，如入湖五日生化需氧量、化学需氧量、氨氮等；当湖泊呈现富营养化时，还宜调查氮、磷等营养盐入湖负荷；干旱及半干旱地区湖泊、内流湖，还宜调查入湖河流盐度、碱度变化。
生物群落受干扰	宜调查渔业捕捞期与休渔期时限、捕捞方式及捕捞量，以及湖面行船等人类活动对水鸟、鱼类的影响。 宜调查外来物种种类、外来物种入侵时间、外来物种分布、外来物种对本土物种的威胁等。

A.2 湖泊生态受损程度评估方法

A.2.1 综合评估方法

首先参考湖泊历史状态和水环境功能目标状态，在以下状态中选择最优状态作为湖泊生态健康标准参照状态：1) 大规模开发利用之前；2) 自然水文节律改变之前；3) 满足水环境功能的水质要求；4) 采用专家经验方法。

以标准值为参考依据，对湖泊现状各指标值进行评估，评估结果分为生态健康、轻度受损、中度受损、重度受损四个级别。

指标层赋值可采用专家打分法，根据现状调查值与历史参照状态值的偏离程度对湖泊生境及水生生物指标进行打分，湖泊生境及水生生物评价表见表 A.2.1 和表 A.2.2。可采用层次分析法主观赋予指标特征权重，通过两两比较来确定层次中各因素的相对重要性，并利用矩阵特征向量计算权重；还可以直接采用专家打分法赋予权重，根据湖泊的主要问题有针对性的进行赋分。最后根据评价结果乘以各指标权重综合评价湖泊生态受损程度。

表 A.2.1 湖泊生境评价表

评价指标	好	较好	一般	差
赋分	100	75	50	25
1 自然岸线率	自然岸线率>90%	70%<自然岸线率≤90%	50%<自然岸线率≤70%	自然岸线率≤50%
2 湖岸稳定性	湖库岸稳定, 无侵蚀痕迹, 调查区域内小于5%湖库岸受侵蚀	湖库岸比较稳定, 调查区域内5%~30%湖库岸出现侵蚀现象	调查区域内30%~60%湖库岸发生侵蚀	调查区域内60%以上湖库岸发生侵蚀
3 生境连通性	上下游生境连通率大于90%	上下游生境连通率为90%~50%	上下游生境连通率为50%~10%	上下游生境连通率小于10%
4 底部沉积特征	底部基本未见沉积作用影响, 干净, 覆盖细沉积物的区域小于5%, 水体清澈	受有限沉积作用影响, 比较干净, 覆盖细沉积物的区域在5%~25%, 水体较清澈	受可见沉积作用影响, 覆盖细沉积物的区域在25%~50%, 水体出现明显浑浊	受显著的沉积作用影响, 覆盖细沉积物的区域大于50%, 水体很浑浊
5 水资源量	水淹没湖库岸, 或无湖岸暴露	水未淹没湖库岸小于25%	水未淹没湖库岸在25%~75%	水未淹没湖库岸超过75%
6 生态水位满足率	生态水位满足率>80%	60%<生态水位满足率≤80%	40%<生态水位满足率≤60%	生态水位满足率≤40%
7 保护地人类活动强度	无人类活动干扰或少有人类活动(采砂、疏浚、堤坝护坡、港口码头等)	人类活动干扰较小(少量采砂、小型桥梁和建筑、部分区域湖岸硬化等局部小型活动)	人类干扰较大(出现大型采砂、疏浚、堤坝护坡、港口码头等1~2项改变湖库自然状况的人类活动)	人类干扰很大(出现大型采砂、疏浚、堤坝护坡、频繁航运等2项以上改变湖库自然状况的人工活动)
8 鱼类产卵场	产卵场保护较好	产卵场功能轻微退化	产卵场功能退化严重	产卵场功能基本丧失
9 水质类别等级	II类及以上	III类	IV类	V类和劣V类
10 富营养化指数	TLI≤30	30<TLI≤50	50<TLI≤70	TLI>70
11 五日生化需氧量(BOD ₅)、氨氮(NH ₃ -N)、化学需氧量(COD)	BOD ₅ <3, NH ₃ -N<0.5, COD<3	3≤BOD ₅ <6, 0.5≤NH ₃ -N<1.5, 3≤COD<6	6≤BOD ₅ <10, 1.5≤NH ₃ -N<2.0, 6≤COD<13	BOD ₅ >10, NH ₃ -N>2.0, COD>13
12 有害化学品、藻毒素	藻毒素未检出, 有害化学品未检出	0.0 μg/L<藻毒素含量≤0.5 μg/L, 有害化学品浓度低于国家标准的50%	0.5 μg/L<藻毒素含量≤1.0 μg/L, 有害化学品浓度低于国家标准但高于国家标准的50%	藻毒素含量>1.0 μg/L, 有害化学品浓度超过国家标准
13 底质污染等级	超标倍率最高的污染物低于参考状态	超标倍率最高的污染物高于参考状态但低于参考状态的2倍	超标倍率最高的污染物高于参考状态2倍但低于参考状态4倍	超标倍率最高的污染物高于参考状态4倍
总分				

表 A.2.2 水生生物评价表

评价指标	好	较好	一般	较差	很差
赋分	100	80	60	40	20
水华发生面积/水体面积 (R)	$R < 5\%$	$5\% \leq R < 10\%$	$10\% \leq R < 30\%$	$30\% \leq R < 50\%$	$R \geq 50\%$
藻类叶绿素 a (Chl a)	$\text{Chl a} < 5 \mu\text{g/L}$	$5 \mu\text{g/L} \leq \text{Chl a} < 10 \mu\text{g/L}$	$10 \mu\text{g/L} \leq \text{Chl a} < 30 \mu\text{g/L}$	$30 \mu\text{g/L} \leq \text{Chl a} < 50 \mu\text{g/L}$	$\text{Chl a} \geq 50 \mu\text{g/L}$
香农-维纳多样性指数 (H)	$H > 3.0$	$2.0 < H \leq 3.0$	$1.0 < H \leq 2.0$	$0 < H \leq 1.0$	$H = 0$
枝角类生物量占比	超过或与参考状态接近	约参考状态的 75%	约参考状态的 50%	约参考状态的 25%	几乎为零
生物完整性指数	超过或与参考状态接近	约参考状态的 75%	约参考状态的 50%	约参考状态的 25%	几乎为零
水生维管植物覆盖度或生物量	盖度或生物量 \geq 参考状态的 90%	盖度或生物量 \geq 参考状态的 80%	盖度或生物量 \geq 参考状态的 60%	盖度或生物量 \geq 参考状态的 40%	盖度或生物量 \leq 参考状态的 20%
底栖软体动物生物量	超过或与参考状态接近	约参考状态的 75%	约参考状态的 50%	约参考状态的 25%	几乎为零
鱼类保有指数	100	75	50	25	0
鸟类种类数	种类、数量多, 常见珍稀鸟类	种类、数量较多, 有珍稀鸟类	种类、数量较少, 偶尔可见	种类、数量很少, 难以观测到	任何时候都没有见到
入侵程度	几乎无	较低	中等	较高	严重
土著物种、珍稀物种、濒危物种状况	超过或与参考状态接近	约参考状态的 75%	约参考状态的 50%	约参考状态的 25%	几乎为零

A.2.2 生态受损程度评估

结合区域水生态环境管理目标及主要水生态问题, 采用水生态质量综合评价指数 WEQI 对湖泊生态受损程度进行综合评价。利用湖泊生境指标和水生生物指标计算结果, 按照公式 (1) 计算湖泊水生态质量综合评价指数 $WEQI_{\text{lake}}$, 表示湖泊生态受损状况。

$$WEQI_{\text{lake}} = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad (1)$$

式中: $WEQI_{\text{lake}}$ ——湖泊水生态质量综合评价指数;

n ——评价指标的数量;

i ——第 i 个指标;

x_i ——评价指标分值;

w_i ——评价指标权重。

根据水生态质量综合评价指数 ($WEQI_{\text{lake}}$) 分值大小, 将湖泊生态受损程度等级分为四级, 见表 A.2.3。

表 A.2.3 湖泊生态受损程度分级标准

综合指数 ($WEQI_{\text{lake}}$)	$WEQI_{\text{lake}} \geq 90$	$90 > WEQI_{\text{lake}} \geq 70$	$70 > WEQI_{\text{lake}} \geq 50$	$50 > WEQI_{\text{lake}}$
生态受损程度划分	生态健康	轻度受损	中度受损	重度受损

A.2.3 数据处理和结果表达

A.2.3.1 湖泊生境和水生生物均采用年评价结果表达, 其中两要素的数据处理和结果表示方法如下:

- a) 湖泊生境评价时，水环境质量评价参照《地表水环境质量评价办法》中数据统计要求进行，采用年评价结果；水量与水位数据取平水期数据作为年度评价结果。
- b) 水生生物评价首先以单次监测结果进行评价，取各评价结果算术平均值作为年评价结果；水生植被覆盖度取植被生长旺盛季节的数据。

A.2.3.2 如需进行季度、月度等其他周期评价时，可参考年评价数据处理方式，选择评价周期中代表性时间段监测数据进行评价。

A.3 湖泊胁迫压力评估

表 A.3.1 胁迫压力强度评估表

序号	胁迫因子	胁迫压力等级				
		1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
1	物理生境受损					
2	富营养化及水污染					
3	生物群落受损					

附录 B

(资料性)

受损湖泊生态修复模式

B.1 河口区生态修复模式

B.1.1 平原河网内湖口修复模式

B.1.1.1 适用条件

适用于平原河网地区湖泊河口，其特征为区域河网密布、河水落差小，水力负荷大等。

B.1.1.2 修复要点

构建内湖口湿地，通过进水导流系统截留河水，密植挺水植物拦截泥沙，通过植物拦截带强化脱氮除磷，以曝气或种植沉水植物深度脱氮除磷。

B.1.2 冲击扇型河口修复模式

B.1.2.1 适用条件

适用于冲积扇型河口，其河岸生态退化、基底硬化、营养贫瘠、滩地缺乏。

B.1.2.2 修复要点

稳定河口基底，加固河床，改良基底，提高基底表层抗风浪能力，恢复河滩地，在河滩地种植挺水植物，改善河滩生境。

B.1.3 汇流型前置库河口修复模式

B.1.3.1 适用条件

适用于入湖河流上下游坡度大，水体流速快，污染汇流或突发性污染的河流。

B.1.3.2 修复要点

构建前置库，库内根据水位变幅，栽种湿生、挺水、沉水植物，主要功能是调节水量，沉淀泥沙。

B.1.4 过水性湖荡河口修复模式

B.1.4.1 适用条件

适用反季节水位变化和汛期高水位波动，输入性负荷冲击大，透明度低，沉水植物群落萎缩，底质环境复杂的过水性湖荡河流河口。

B.1.4.2 修复要点

确定沉水植物恢复阈值，进行基底适生性改造与地形重塑，促进水生植物着根和生长；提升水体透明度，为沉水植物生长创造光照条件；增强过水性/开放性水体中土著鱼类回归，提高生态系统完整性，提升湖荡水生植被稳定性和生物多样性。

B.2 湖滨缓冲区生态修复模式

B.2.1 平原河网-大堤型湖滨缓冲区修复模式

B.2.1.1 适用条件

适用于大堤外河网发达、湖滨带空间被侵占、入湖水质恶化的，平原大堤型湖泊，大堤内常年受风浪影响大、岸线侵蚀严重、生境受损、植被退化的平原大堤型湖泊。

B.2.1.2 修复要点

优化大堤外缓冲带的生态格局，将其划分为防护隔离区和农业生产区，分别实施对应的污染防控和水体净化策略；构建沟塘湿地净化径流来水和支浜等小型河道水体，湿地面积占径流区面积比例在 2%-5%；构建林草带等，拦截净化入湖漫流水体。大堤内实施消浪和拦藻，重塑消浪设施与大堤之间的物理基底，恢复以挺水植物为主的水生植被，将生物多样性指数恢复至高于全湖平均值。

B.2.2 平原圩区型湖滨缓冲区修复模式

B.2.2.1 适用条件

适用于大堤外被圩区农田和村落占据、暴雨径流及退水水质污染严重，大堤内水位变化大、水位变幅区内生态系统退化的平原圩区湖泊。

B.2.2.2 修复要点

利用圩区无法自流入湖的特征，大堤外建设滞留调蓄型湿地等，调蓄水适当回灌利用，保证高污染初期雨水和灌溉退水的调蓄比例在 20%-50%，氮磷去除的最佳滞留时间为 3 小时-10 小时。大堤内进行基底稳定性改善与水生植被修复，将生物多样性指数恢复至高于全湖平均值。

B.2.3 高原山前坝区型湖滨缓冲区修复模式

B.2.3.1 适用条件

适用于地形为山前缓坡、缓冲区被农田和村落侵占、生态空间被挤压、岸线生境被破坏、植被退化、瞬时污染径流大且污染入湖率高的高原坝区湖泊湖滨缓冲区。

B.2.3.2 修复要点

根据生态功能，将坝区缓冲带划分为内圈环湖带、中圈绿色经济带和外圈截蓄净化带进行分区管控，优化生态空间。内圈环湖带从湖滨带向陆向辐射区依序种植乔木、灌木、草本植物。最高水位线以上建设调蓄型植物湿地和林草地为主的植被带，其中调蓄型湿地截蓄径流比例范围为 20%-50%，湿地面积占径流区面积约 1%-7%；最高水位线以下进行生境修复和水生植被恢复，其中挺水植物适宜在常水位 1 m 水深以内恢复，浮叶植物适宜常水位 0 m-2 m 水深，沉水植物适宜常水位 0.5 m-3 m 水深，将生物多样性指数恢复至高于全湖平均值。

B.2.4 山体陡岸湖滨缓冲区修复模式

B.2.4.1 适用条件

适用于坡度较陡、湖滨带以低等生物分布为主、受人类活动影响较大、生境破坏较大、鱼类栖息地受到破坏、生物多样性下降的山地环绕湖泊。

B.2.4.2 修复要点

通过基底构建、生态岸坡构建、群落调整等，修复底栖动物和鱼类栖息地，恢复附生藻类生物多样性。

B.2.5 反季节大水位变幅库区消落带修复模式

B.2.5.1 适用条件

适用于水位反季节运行、水位变幅大、消落区土壤基质不稳定、水土流失严重、生态防护功能退化的蓄水型水库。

B.2.5.2 修复要点

加固陡坡，恢复植被，控制水土流失。植被恢复以陆生植被为主，构建草本群落消污带、灌丛群落固土消污带和乔草复合地被截污带等。

B.3 湖湾及浅水区生态修复模式

B.3.1 富营养化初期湖湾沉水植物扩增与稳定化修复模式

B.3.1.1 适用条件

适用于湖泊富营养化导致的水生植被面积衰退和群落简单化的湖湾，其水质良好，富营养化状态为贫营养至中营养，湖湾发育度较高，岸线复杂，生境异质性强，生物多样性较为丰富。

B.3.1.2 修复要点

以改善沉水植物生态系统、防止生态退化为主要目标，通过沉水植物扩增、湖泊生态水位调控、食物网调控与藻华控制、本土水生生物物种保育等技术措施，系统改善湖湾植被群落多样性和稳定性，促进湖湾植被生态系统和食物网结构健康程度提升。

B.3.2 下风向重污染汇流湖湾生境改善修复模式

B.3.2.1 适用条件

适用于入湖河流污染重、氮磷入湖量较大、水生植物难以定植生长、藻华风险较高的下风向重污染汇流湖湾。

B.3.2.2 修复要点

以大幅改善湖湾生境为主要目标，通过控制入湖污染负荷、减轻藻华堆积、清除污染底泥、重塑基底生境等，消除水体黑臭、改善水环境质量、系统修复湖湾生境，在此基础上恢复水生植被。

B.3.3 沼泽化控制型湖湾修复模式

B.3.3.1 适用条件

适用于泥沙淤积较重、有机质不断累积、水深逐渐变浅的沼泽化湖湾。

B.3.3.2 修复要点

以增加生境多样性、恢复沉水植物为主要目的，通过底泥环保疏浚、水文水动力调控等，系统修复湖湾生境，在此基础上恢复沉水植物。

B.3.4 饮用水源保护功能湖湾修复模式

B.3.4.1 适用条件

适用于具有饮用水水源地功能并设有饮用水取水口的湖湾，湖湾水质易受陆域输入与敞水区水体交换影响，同时突发性藻华威胁饮用水安全。

B.3.4.2 修复要点

以取水口水质保障为目标，利用人工围隔技术等，在取水口外围建立多重拦挡，或布设应急除藻设备，阻隔藻类或其他漂浮物及高浓度污水团进入；在拦挡内恢复包括沉水植物、漂浮植物、着生细菌及藻类在内的稳定健康水生态系统，吸收水中营养盐，降低取水口藻类现存量。

B.3.5 多层次物种保育湖湾修复模式

B.3.5.1 适用条件

适用于水质良好、富营养化状态为贫营养至中营养、湖湾发育度较高、岸线复杂、生境异质性强、生物多样性较为丰富的湖湾。

B.3.5.2 修复要点

保育珍稀、特有或本土水生生物，采取种群扩繁、驯化、保育等方式提升种群规模。水生植物规模化保育以种子繁殖为主，保育水生植物物种多样性和遗传多样性；水生动物保育以修复生态岸线、构建鱼类栖息地为主，修复鱼类产卵场和避害场，设置禁止捕捞区。

B.4 敞水区食物网调控模式

B.4.1 滤食性鱼类调控模式

B.4.1.1 适用条件

适用于水华频发，蓝藻比例较高的敞水区。

B.4.1.2 修复要点

可采用非经典生物操纵，投放一定比例的滤食性鱼类，调整鱼类结构，通过增强下行效应控制蓝藻生物量。

B.4.2 浮游动物调控模式

B.4.2.1 适用条件

适用于蓝藻比例较低、绿藻和硅藻等群体较小藻类占优势的敞水区。

B.4.2.2 修复要点

采用经典生物操纵，通过放养凶猛鱼类、捕捞食浮游动物的鱼类、控制滤食性鱼类等方式提升浮游动物生物量，调整鱼类群落调整，增强浮游动物控藻效率。

附录 C

(资料性)

湖泊水生生物恢复名录

表 C.1 常用水生维管束植物恢复名录

科	种	拉丁文	我国主要分布区域	适宜恢复的水体类型与区域	生长习性	繁殖方式
挺水植物						
泽泻科	浮叶慈菇	<i>Sagittaria natans</i>	遍布于中国各地，生长于浅水沟、溪边或水田中	1) 湖泊浅水区、人工湿地； 2) 富营养水体。	1) 耐寒性强，在南北地区均可过冬； 2) 喜光，不耐旱； 3) 在长江流域 4 月份开始萌发，花期 6-9 月，10 月后进入休眠期。	1) 以球茎分株繁殖为主，也可播种、顶芽扦插繁殖； 2) 分株繁殖在 4~9 月均可进行。
	长瓣慈菇	<i>Sagittaria sagittifolia</i> <i>var. langiloba</i>				
	弯喙慈菇	<i>Sagittaria latifolia</i>				
	矮慈菇	<i>Sagittaria pygmaea</i>				
天南星科	菖蒲	<i>Acorus calamus</i>	分布于中国南北各省区，生于池塘、湖泊岸边浅水处、沼泽地中	1) 湖滨带、人工湿地； 2) 富营养水体。	1) 耐寒性强，在南北地区均可过冬； 2) 适宜在 0.1m 左右深的浅水中生长，可适应短期干旱； 3) 在长江流域 3 月下旬开始萌发，花期 6-9 月，果期 8-10 月，10 月后进入休眠期。	1) 播种和分株繁殖，以分株繁殖为主； 2) 在长江流域 4-10 月份均可进行。
	细跟菖蒲	<i>Acorus calamus</i> <i>var. verus</i>				
	石菖蒲	<i>Acorus tatarinowii</i>				
	金钱蒲	<i>Acorus gramineus</i>				
美人蕉科	美人蕉	<i>Canna indica</i>	原产热带美洲、印度、马来半岛等热带地区，中国各地均有栽培。种植在河滩、溪边或水塘中。	1) 各类水生态修复、生态辅导、人工湿地； 2) 富营养水体。	1) 耐寒性一般； 2) 喜温暖和充足的阳光，对土壤要求不严； 3) 适宜湿地环境，生长期可浅水生长； 4) 4 月根茎开始萌发，11 月后开始叶枯进入休眠期。	1) 播种和分株繁殖，以分株繁殖为主； 2) 在长江流域 4-9 月份均可进行。

莎草科	风车草	<i>Cyperus alternifolius</i>	原产于非洲。中国南北各省区均有栽培。	1) 生态浮岛, 人工湿地; 2) 富营养水体。	1) 不耐寒; 2) 性喜温暖、阴湿及通风良好的环境, 适应性强, 以保水强的肥沃的土壤最适宜。沼泽地及湿地也能生长良好; 3) 5月萌芽。花果期 6~10月, 11月后开始叶枯进入休眠期。	1) 分株和扦插繁殖为主, 也可播种繁殖; 2) 分株繁殖在 4~5月均可进行; 3) 花序扦插繁殖, 在一年四季都可进行。
	纸莎草	<i>Cyperus papyrus</i>	分布于乌干达地区。中国已在长江以南地区广泛栽培。生长在水边湿地之中。	1) 生态浮岛, 人工湿地; 2) 富营养水体。	1) 喜温暖, 喜光; 2) 耐瘠, 不择土壤, 耐一定的干旱; 3) 在长江流域需到 5月份才萌发新芽。花期 7~9月, 11月后开始叶枯进入休眠期。	1) 分株繁殖为主, 也可播种繁殖; 2) 分株繁殖在 5~9月均可进行。
	薹草	<i>Carex hirta</i>	全球性分布, 但绝大多数薹草是以北美洲和东亚的北温带为分布中心	1) 湖滨带; 2) 盐碱地。	1) 生长的生境是多种多样的, 从干旱开阔的热带稀树草原、热带雨林、极地苔原、荒野、沙丘甚至岩石裸露的地方。	1) 以分株繁殖为主, 也可播种繁殖。
	水葱	<i>Scirpus validus</i>	遍布中国各省区; 也分布于朝鲜、日本, 澳洲、南北美洲。生长在湖边、水边、浅水塘、沼泽地或湿地草丛中。	1) 煤矿废水人工湿地; 2) 湖泊河道岸线带、碎石基质中、生态浮岛; 3) 富营养水体。	1) 耐寒性强; 2) 适宜浅水生长, 不耐旱; 3) 在长江流域 3月开始萌发新芽。花果期 6-9月, 11月后开始叶枯进入休眠期。	1) 以分株繁殖为主, 也可播种繁殖; 2) 分株繁殖在 4~9月均可进行。
禾本科	芦苇	<i>Phragmites communis</i>	分布于中国南北各省区。全球各温带地区也有分布。生于池沼、河旁、湖边, 常以大片形成芦苇荡, 有时在干旱地域中也有生长。	1) 构建洱海流域缓冲带; 2) 人工湿地, 湖滨带; 3) 富营养化湖泊。	1) 耐寒性强; 2) 适宜湿生地或浅水生长, 耐旱性强; 3) 在长江流域 4月开始萌发新芽。花期 8~10月, 11月后开始叶枯进入休眠期。	1) 以分株繁殖为主, 也可播种繁殖; 2) 分株繁殖在 4~9月均可进行; 3) 很少使用种子繁殖。

	南荻	<i>Triarrhena lutarioriparia</i>	分布于中国长江中下游以南各省；生长在海拔 30-40 米的江洲湖滩上。	1) 纤维质优、高产，能制高级文化用纸及静电复印纸。	1) 喜湿润环境。	1) 播种育苗。
	荻	<i>Triarrhena sacchariflora</i>				
	芦竹	<i>Arundo donax</i>	分布于中国长江中下游地区。多生于河岸、道旁潮湿处。	1) 生态湿地，人工湿地； 2) 富营养化湖泊。	1) 耐寒性强； 2) 适宜湿生或浅水生长，也可旱生； 3) 在长江流域 3 月开始萌发新芽。花期 7~11 月，11 月后开始叶枯进入休眠期。	1) 有播种、分株、扦插 3 中繁殖方式，以分株、扦插繁殖为主； 2) 分株繁殖在 4~9 月均可进行； 3) 茎秆扦插繁殖在 5~9 月均可； 4) 很少使用种子繁殖。
	菰	<i>Zizania latifolia</i>	分布于中国南北各省区。亚洲温带、日本、俄罗斯及欧洲有分布。生于池沼及沼泽地中。	1) 生态浮岛，人工湿地； 2) 富营养化水体。	1) 耐寒性强； 2) 适宜浅水生长，不耐旱； 3) 在长江流域 3 月开始萌发新芽。花期 7~9 月；11 月后开始进入叶枯休眠期。	1) 以分株繁殖为主，也可播种繁殖； 2) 分株繁殖在 4~9 月均可进行。
鸢尾科	黄花鸢尾	<i>Iris pseudacorus</i>	产于南欧、西亚及北非等地。现世界各地都有引种栽培。生于山坡草丛、林缘草地及河旁沟边的湿地。	1) 人工湿地，生态浮岛、湖滨带，园林绿化； 2) 富营养化水体。	1) 耐寒性极强； 2) 适宜在浅水中生长，具有较强的耐旱性，可旱生； 3) 花期 5~6 月；果期 6~8 月。	1) 播种和分株繁殖。以分株移栽为主； 2) 在长江流域及以南地区，分株移栽几乎全年均可进行。
	花菖蒲	<i>Iris kaempferi</i>	花菖蒲分布于中国东北地区及内蒙古。朝鲜、日本、俄罗斯也有分布。生于湿地草甸或沼泽地。	1) 富营养水体； 2) 在修复工程应用方面不推荐大面积使用；可少量配置。	1) 最适宜水生、最高大、性能最稳定的品种； 2) 长期耐水性能较差，密集丛生。	1) 播种和分株繁殖。在工程应用上以分株移栽为主。
黑三棱科	黑三棱	<i>Sparganium stoloniferum</i>	黑三棱分布于阿富汗、朝鲜、日本、中亚地区、西伯利亚及远东其他地区、中国、美	1) 清洁水体。	1) 黑三棱喜湿润气候，耐寒，不怕酷热，适应性强； 2) 以含腐殖质丰富的壤土为宜。	1) 块茎繁殖。
	穗状黑三棱					

	线叶黑三棱		国和加拿大。在中国分布广泛。			
灯心草科	灯心草	<i>Juncus effuses</i>	灯心草全中国各省区均有分布。生于河边、池旁、水沟，稻田旁、草地及沼泽湿处。	1) 人工湿地，人工浮岛； 2) 富营养水体。	1) 极耐寒； 2) 适宜浅水或沼泽地生长，不耐旱； 3) 花果期 4~9 月。	1) 以分株繁殖为主，也可播种繁殖； 2) 分株繁殖宜在春季和秋季进行，尽量避开夏季高温季节。
菹科	空心莲子草	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	原产于南美洲的巴西、乌拉圭、阿根廷等国，中国引种于北京、江苏等地后逸为野生。	1) 富营养水体； 2) 生长迅速难以控制。	1) 多年生草本； 2) 茎基部匍匐，上部上升，管状； 3) 具分枝；花密生，成具总花梗的头状花序，单生在叶腋，球形； 4) 花期 5-10 月。	
	喜旱莲子草	<i>Alt ernathera ph iloxeroides</i>				
千屈菜科	千屈菜	<i>Lythrum salicaria</i>	千屈菜分布于全中国各地，亚洲、欧洲、非洲的阿尔及利亚、北美和澳大利亚东南部也有分布。生于河岸、湖畔、溪沟边和潮湿草地。	1) 表面流湿地，湖滨带； 2) 富营养水体。	1) 耐寒，喜强光； 2) 适宜浅水和湿地生长，对土壤要求不严； 3) 比较耐旱，可旱地栽培； 4) 在长江流域 4 月根茎开始萌发。花期 6~9 月，11 月后开始叶枯进入休眠期。	1) 常用扦插繁殖，也可用分株或播种繁殖； 2) 用扦插的方式繁殖，生长周期短，在初夏和秋天进行，避开盛夏高温时间。
竹芋科	再力花	<i>Thalia dealbata</i>	原产于非洲热带及南美洲地区，近年引进我国，在各地的栽培应用发展较快。	1) 人工湿地； 2) 富营养水体。	1) 喜热忌寒植物； 2) 适宜浅水和沼泽地生长，在微碱性的土壤中生长良好，不耐旱，耐半阴； 3) 在长江流域 4 月根茎开始萌发。花期 6~9 月，11 月后开始进入叶枯休眠期。	1) 以分株繁殖为主，也可播种繁殖； 2) 分株繁殖，4~9 月均可进行。
莲科	荷花	<i>Nelumbo nucifera</i>	荷花分布范围广阔，中国南北各地有野生或栽培。俄罗斯、朝鲜、日本、印度、越南及澳大利亚等国家均	1) 湖滨带； 2) 可小面积用于表面流湿地； 3) 富营养水体。	1) 要求水位比较稳定，适应水深 0.1~1m，不耐旱； 2) 土质松软肥沃，土壤 pH 在 6-7.5 之间为宜；	1) 分藕繁殖和播种繁殖； 2) 以分藕繁殖为主；分藕繁殖在清明节前后最好；

			有分布。生长在池塘、浅水湖泊及沼泽中。		3) 在长江流域 3 月开始萌芽, 5 月立叶挺出水面, 花期 6-8 月, 果期 8-10 月, 10 月中下旬叶枯进入休眠期。	3) 长江流域 3-5 月份均可进行。
雨久花科	梭鱼草	<i>Pontederia cordata</i>	原产于北美, 近年引入我国, 已在各地得到较广泛的栽培应用。	1) 生态浮岛。	1) 耐寒性一般; 2) 适宜浅水生长, 不耐旱; 3) 在长江流域 3 月开始萌发新芽。花果期 5~10 月, 10 月后开始叶枯进入休眠期。	1) 分株繁殖为主, 也可播种繁殖; 2) 分株繁殖在 4~9 月均可进行。
香蒲科	香蒲	<i>Typha orientalis</i>	中国黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山西、河南、陕西、安徽、江苏、浙江、江西、广东、云南、台湾等省区均有栽培。香蒲生于湖泊、池塘、沟渠、沼泽及河流缓流带。	1) 人工湿地和湖滨带; 2) 表面流生态湿地。	1) 耐寒性强; 2) 适宜在浅水和沼泽地生长, 不耐旱; 3) 在长江流域 4 月根茎开始萌发。花果期 5~8 月, 10 月后开始叶枯进入休眠期。	1) 分株繁殖为主; 2) 在长江流域 4~9 月均可进行。
	狭叶香蒲	<i>Typha angustifolia</i>				
	水烛	<i>Typha angustifolia</i>	水烛分布于中国黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山东、河南、陕西、甘肃、新疆、江苏、湖北、云南、台湾等省区; 生于湖泊、河流、池塘浅水处。	1) 滨河湿地, 人工湿地; 2) 湖滨带、河流水库沿岸带。	1) 可生于水深可达 1 米或更深, 沼泽、沟渠亦常见; 2) 当水体干枯时可生于湿地及地表龟裂环境中性耐寒, 喜光照, 对土壤要求不严, 适应性强; 3) 花果期 6~9 月。	1) 分株繁殖为主; 2) 在长江流域 4~9 月均可进行。
伞形科	水芹	<i>Oenanthe javanica</i>	几乎遍布于中国各地。朝鲜、日本、俄罗斯、印度、印度尼西亚也有分布。生长在低湿地及水沟浅水中。	1) 生态浮岛。	1) 耐寒性强; 2) 水芹在春季和秋季为生长期, 夏季休眠。	1) 有播种、扦插、分株 3 中繁殖方式, 以分株繁殖为主; 2) 长江流域宜在春季和秋季进行。
沉水植物						

金鱼藻科	金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i>	广泛分布于中国各省区, 生长于池塘、湖泊、水沟、水库及温泉水处	1) 湖泊敞水区、河道、人工湿地; 2) 富营养水体。	1) 耐寒性强, 在南北各地均可生长; 2) 适宜在 0.5-1.5m 深的水中生长; 3) 对水温要求较宽, 但对结冰较为敏感; 4) 在长江流域 4 月萌发生长, 10 月后腐烂进入休眠期。	1) 播种、分株、扦插 3 种繁殖方式; 2) 以分株繁殖为主; 3) 在长江流域 5-9 月均可进行。
	五刺金鱼藻	<i>Ceratophyllum oryzetorum</i>				
小二仙草科	穗状狐尾藻	<i>Myriophyllum spicatum</i>	广泛分布中国南北各地池塘、河沟、沼泽中常有生长, 特别是在含钙的水域中更较常见	1) 湖滨区、敞水区、人工湿地; 2) 富营养水体。	1) 喜阳光直射的环境, 喜温暖; 2) 耐低温, 16-28℃ 范围内生长较好; 3) 越冬温度不宜低于 4℃, 植株可在冰层下的水中存活。	1) 播种、分株、扦插 3 种繁殖方式, 以分株扦插繁殖为主; 2) 在长江流域 5-9 月均可进行。
	烏蘇里聚藻	<i>Myriophyllum propinquum</i>				
	轮叶狐尾藻	<i>Myriophyllum verticillatum</i>				
水鳖科	轮叶黑藻	<i>Hydrilla verticillate</i>	在中国分布于黑龙江、河北、陕西、山东等多个省区, 并广泛分布于欧亚大陆热带至温带地区。	1) 富营养水体。	1) 耐寒性强; 2) 生长于淡水中, 喜光照充足的环境, 喜温暖, 耐寒冷; 3) 适宜在 0.5~2m 深的水中生长; 4) 在长江流域 4 月开始萌发生长, 10 月后开始腐烂进入休眠期。	1) 有播种、分株、扦插和休眠芽 4 种繁殖方式。以分株繁殖和休眠芽繁殖为主; 2) 在长江流域 5~9 月均可进行。
	苦草	<i>Vallisneria natans</i>	分布在中国吉林、河北、陕西、山东、安徽等多个省区, 在伊拉克、印度、中南半岛、日本、马来西亚和澳大利亚等地也有分布。生于溪沟、河流、池塘、湖泊之中。	1) 湖泊及其周边等污染水体; 2) 富营养水体。	1) 耐寒性强; 2) 适宜在 0.5~1.5m 深的清水中生长; 3) 在长江流域 4 月开始萌芽生长。花期 8~9 月, 10 月后开始腐烂进入休眠期。	1) 有播种繁殖和分株繁殖两种方式。以分株繁殖为主; 2) 在长江流域 5~9 月均可进行 3) 常用播种的方式繁殖, 不宜扦插。
	刺苦草	<i>Vallisneria spinulosa</i>				

眼子菜科	马来眼子菜	<i>Potamogeton malaianus</i>	在中国分布于南北各省区,也分布于俄罗斯、朝鲜、日本、中国、东南亚各国及印度。生于灌渠、池塘、河流等静、流水体,水体多呈微酸性。	1) 敞水区,流动水体; 2) 中-富营养水体。	1) 耐寒性强; 2) 适宜在 0.7~3m 深的清水中生长,水太浅会生长不良; 3) 喜光照充足,喜温暖,在 18-25°C 的温度范围内生长良好; 4) 适宜酸性水体; 5) 在长江流域 4 月开始萌芽。花期 7~9 月,10 月后开始腐烂进入休眠期。	1) 有播种、分株、扦插三种繁殖方式。以分株繁殖为主; 2) 在长江流域 5~9 月均可进行,时间越早越好。
	光叶眼子菜	<i>Potamogeton lucens</i>				
	鳃齿眼子菜	<i>Potamogeton pectinatus</i>				
	佛朗眼子菜	<i>Potamogeton franchetii</i>				
	鸡冠眼子菜	<i>Potamogeton cristatus</i>				
	微齿眼子菜	<i>Potamogeton maackianus</i>				
	菹草	<i>Potamogeton crispus</i>	产于中国南北各省区。广泛生长在湖沼、池塘、河沟和稻田。	1) 富营养水体。	1) 耐寒性极强; 2) 适宜在 0.5~2m 深的水中生长; 3) 在长江流域晚秋开始萌芽生长。花期 4~6 月,第二年 6 月腐烂进入休眠期。	1) 有种子、分株、扦插和休眠 4 种繁殖方式。以分株和休眠芽苞繁殖为主; 2) 在长江流域分株适合 3~5 月进行,利用芽苞繁殖可在冬季进行。
茨藻科	大茨藻	<i>Najas marina</i>	产自中国大部分地区,也分布于朝鲜、日本、马来西亚、印度及欧洲、非洲和北美等地。生于湖泊、池塘、流水缓慢的河流中。	1) 富营养水体。		
	小茨藻	<i>Najas minor</i>				
	草茨藻	<i>Najasgram inea</i>				
轮藻科	轮藻	<i>Chara Vaillant</i>	主要分布于世界范围内除了南极洲外的各大洲都有,温带最多。生长在淡水、半咸水中尤以稻田沼泽、湖	1) 富营养水体。	1) 在一些透明度高的瘦水池塘中也经常发生,特别是那些经常用生石灰清塘而富含钙质的硬水中,更容易大量繁殖;	

			泊中常见。		2) 大多在低地生长,但在 4000m 以上的高山湖泊中也能生存; 3) 多数种类是广温性的,即能在冷水中生长、也能在高温的温泉中生存;少数种是狭温性的。	
毛茛科	水毛茛	<i>Batrachium bungei</i>	在我国广泛分布,生长于水塘,湖泊,山谷、溪水、河滩,积水池、沼泽地等。	1) 富营养水体。		
浮叶植物						
睡莲科	睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i>	在我国广泛分布,生于池沼、湖泊中	1) 浅水区; 2) 富营养水体; 3) 盐度较高水体。	1) 可分为耐寒和热带品种两大类; 2) 耐寒睡莲在南北各地均可自然露天过冬,少数耐寒品种在东北地区需采取适当保温措施过冬,热带睡莲只在华南地区可以自然露天过冬; 3) 适宜水深 0.3-0.8m,耐寒睡莲在长江流域 3 月萌发,花期 5-9 月,11 月后开始叶枯进入休眠期。	1) 播种、分株繁殖; 2) 以分株繁殖为主,分株繁殖在长江流域 4-10 月均可进行。
	延药睡莲	<i>Nymphaea stellata</i>				
	莼菜	<i>Brasenia schreberi</i>	广泛分布在北半球的许多地区,在中国主要分布南部地区。	1) 清洁水体。	1) 生长适温为 20~30°C,水质清洁、土壤肥沃、水深 20~60 cm 的水域中生长好; 2) 同化产物向茎中贮运,休眠芽形成。遇霜冻则叶片和部分水中茎枯死,以地下茎和留存的水中茎越冬。	1) 以分株繁殖为主。
	芡实	<i>Euryale ferox</i>	产于中国南北各省,从黑龙江至云南、广东。生在池塘、湖沼中。	1) 清洁水体。	1) 喜温暖、阳光充足,不耐寒也不耐旱; 适宜在水面不宽,水流动性小,水源充足,能调节水位高低,便于排灌的池塘、水库、湖泊和大湖湖边。 2) 要求土壤肥沃,含有机质多的土壤。	1) 以种子繁殖为主。

	萍蓬草	<i>Nuphar pumilum</i>	在中国分布于黑龙江、吉林、河北、江苏、浙江、江西、福建和广东，在俄罗斯、日本、欧洲北部及中部也有分布，自然生在湖泊、沼泽之中。	1) 生态浮床。	1) 很耐寒； 2) 性喜水湿温暖和阳光照射的环境，对土壤要求不严，一般的轻粘性土壤最适宜； 3) 适宜水深为 0.3~0.8m，在浅水可呈半挺水状态； 4) 萍蓬草在长江流域 3 月根茎开始萌发。花期 5~7 月，果期 7~9 月，11 月后开始叶枯进入休眠期。	1) 以分株繁殖为主，也可播种繁殖； 2) 分株繁殖在长江流域 4~10 月均可进行。
龙胆科	金银莲花	<i>Nymphoides indica</i>	分布于中国东北、华东、华南以及河北、云南，在俄罗斯、日本、欧洲北部及中部也有分布。生活于池塘、浅水湖、积水草坝中。	1) 富营养水体。	1) 温湿的气候环境； 植株生长发育的最适温度为 20~35℃，高于 40℃或低于 15℃时，不开花或生长停滞； 2) 对酸碱适应范围较广。	1) 以分株繁殖为主，也可播种繁殖； 2) 以匍匐茎分株繁殖在长江流域 3~10 月均可进行。
	苻菜	<i>Nymphoides peltatum</i>	广泛分布于中国南北各省区，现从欧洲到亚洲的印度、中国、日本、朝鲜、韩国等地区都有它的踪迹。苻菜再生力相当强，生长在池塘或不甚流动的河溪中。	1) 敞水区； 2) 富营养水体。	1) 耐寒性强； 2) 适宜水深 0.3~1m； 3) 长江流域 3 月开始生长，5~10 月开花并结果，9~10 月果实成熟，植株边开花边结果，至降霜，水上部分即枯死； 4) 于多腐殖质的微酸性至中性的底泥和富营养的水域中。	1) 以分株繁殖为主，也可播种繁殖； 2) 以匍匐茎分株繁殖在长江流域 3~10 月均可进行。
菱科	菱	<i>Trapa bispinosa</i>	分布于中国西北、华东、华中、华北及东北地区。俄罗斯、朝鲜、日本也有分布。生于湖泊或河湾中。	1) 封闭的氧化塘。	1) 耐寒性一般，在冬天全株死亡，来年春季种子自行发育生长； 2) 根通常扎入泥中浮叶生长，也可完全漂浮生长； 3) 菱在长江流域 4 月份开始生长。花期 7~8 月，花很小不明显，10 月后开始叶枯死亡。	1) 有播种和分株两种方式，根据需要选用； 2) 分株繁殖可直接投放自繁或人为分株； 3) 在长江流域 5~9 月均可进行。
	细果野菱	<i>Trapa maximowiczii</i>				
	丘角菱	<i>Trapa japonica</i>				

眼子菜科	浮叶眼子菜	<i>Potamogeton natans</i>	生长于湖泊、沟塘等静水或缓流中，水体多呈微酸性。浮叶眼子菜为北半球广布种；在中国分布于东北、新疆及西藏。生长于湖泊、沟塘等静水或缓流中，水体多呈微酸性。	1) 富营养水体。	1) 喜温暖、水湿和阳光充足环境； 2) 耐寒，也耐半阴，怕干旱。	1) 可采用有性繁殖和无性繁殖两种繁殖方式； 2) 有性繁殖催芽在 3-4 月进行，最适宜的催芽水温 25-28℃。将已催芽好的种子撒播在泥土表面，加水深 2-3 厘米，待长出茎时移植； 3) 无性繁殖生长期切取地下茎上的分生植株进行繁殖。
漂浮植物						
槐叶苹科	槐叶萍	<i>Salvinia natans</i>	广布长江流域和华北、东北以及远到新疆的水田中，沟塘和静水溪河内。日本、越南和印度及欧洲均有分布。	1) 富营养水体。	1) 一年生浮水性蕨类水生植物，本种为无根性植物，水下根状体为沉水叶，生于水田、沟塘和静水溪河内； 2) 习性喜强光、喜高温、水生、喜氮肥； 3) 栽培选择无污染、含氮丰富的浅水中种植。	1) 用分株的方法繁殖。
浮萍科	浮萍	<i>Lemna minor</i>	全球温暖地区广布，但印度尼西亚爪哇不见于分布。中国南北各地均有分布。	1) 富营养水体。	1) 浮萍喜温气候和潮湿环境，忌严寒； 2) 宜选水田、池沼、湖泊栽培，生长静水水域。	1) 种子繁殖； 2) 分株繁殖。
	紫萍	<i>Spirodela polyrrhiza</i>				
	芜萍	<i>Wolffia arrhiza</i>				

水鳖科	水鳖	<i>Hydrocharis dubia</i>	分布于中国华中地区至广东及东北至华北地区。大洋洲和亚洲其他地区也有分布。生于静水池沼中、沟渠及稻田内。	1) 受损池塘。	1) 较耐寒； 2) 以多年生形式生长；在北方的冬季，常以冬芽过冬，来年再萌发生长； 3) 在水面漂浮生长，繁殖力较快，水鳖在长江流域5月开始萌芽； 花期 8~10 月，11 月后开始叶枯进入休眠期。	1) 以分株繁殖为主，可根据不同情况采取直接投放自繁或人为分株的方式； 2) 在 5~9 月均可进行繁殖快，生长迅速。
	水车前	<i>Ottelia alismoides</i>	分布于热带亚洲至澳洲。我国中、南部也有。	1) 生于池塘、溪涧或水田中； 2) 嫩叶可代菜食用； 3) 全株可作饲料。	1) 性喜强光、通风良好的环境，能耐-20℃的低温；喜排水良好的土壤，耐贫瘠和干旱，忌雨涝积水； 2) 植株强健，管理粗放。	1) 种子繁殖。
龙胆科	荇菜	<i>Nymphoides peltatum</i>	产中国绝大多数省区。在中欧（模式标本产地）等国家也都有分布。	1) 富营养水体； 2) 引种观赏。	1) 生于池塘或不甚流动的河溪中，海拔 60-1800 米。性强健，耐寒又耐热，喜静水，适应性很强。	1) 种子繁殖。

表 C.2 常用鱼类恢复名录

类型	名称	拉丁学名	我国主要分布区域	适宜恢复的水体类型	生长习性
滤食性鱼类	鲢	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	分布在全国各大水系	藻型富营养化湖泊	半洄游、中上层
	鳙	<i>Aristichthys nobilis</i>	在中国分布极广	藻型富营养化湖泊	半洄游、中上层
草食性鱼类	草鱼	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	在中国分布于黑龙江至云南元江（西藏、	草型富营养化湖泊	半洄游、敞水区中下层和

			新疆除外)		近岸多水草区域
	鳊	<i>Parabramis pekinensis</i>	中国特有鱼类, 主要分布于长江中下游	草型富营养化湖泊	敞水区的中下层
杂食性鱼类	鲫	<i>Carassius auratus</i>	除西部高原外, 在全国各地广泛分布	藻型富营养化湖泊	水体底层
	鲤	<i>Cyprinus carpio</i>	广泛分布	富营养湖泊	水草丛生的水体底层
刮食性鱼类	黄尾鲮	<i>Xenocypris davidi</i>	珠江、海南岛、长江、黄河及东南沿海各支流	藻型富营养湖泊	中、下层
	细磷鲮	<i>Xenocypris microlepis</i>	黑龙江、长江、珠江等水系及东南沿海各溪流	藻型富营养湖泊	中、下层
小型肉食性鱼类	梅鲢	<i>Coilia macrognathos</i> Bleeker	黄渤海和东海一带各通海江河如长江、钱塘江、黄河、淮河、辽河等	藻型富营养化湖泊	洄游型, 幼鱼上、中层水体, 成鱼底层
	湖鲢	<i>Coilia ectenes taihuensis</i>	长江中下游通江湖泊	富营养水体	定居型
大型肉食性鱼类	蒙古鲃	<i>Culter mongolicus</i> Basilewsky	分布广泛, 长江流域各水系均有分布	富营养化水体	上、中层水体
	红鳍原鲃	<i>Cultrichthys erythropterus</i>	分布在黑龙江、辽河、黄河、淮河、长江、珠江、钱塘江、闽江、台湾、海南等水系的中下游干支流和附属静水体中	富营养化水体	上、中层水体
	翘嘴红鲃	<i>Erythroculter ilishaeformis</i>	分布广, 珠江、台湾、闽江、钱塘江、长江、黄河、辽河、黑龙江等水系	富营养水体	上、中层水体
	鲂	<i>Parasilurus asotus</i>	分布广泛	富营养水体 重度污染湖泊	中、下层水体
	青鱼	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	青藏高原、中国长江以南的平原地区	富营养水体	洄游型、底层水体
	乌鳢	<i>Channa argus</i> Cantor	除西部高原地区之外, 从南到北均有分布	富营养水体	底层水体
	鳊	<i>Siniperca chuatsi</i>	除青藏高原外, 分布于全国各水系, 长江中下游湖泊的土著鱼类	清洁水体 富营养水体	完全淡水生活
	黄颡鱼	<i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	珠江、闽江、湘江、长江、黄河、海河、松花江及黑龙江等水系	清洁水体 富营养水体	底层水体

表 C.3 常用底栖动物恢复名录

类型	名称	拉丁学名	我国主要分布区域	适宜恢复的水体类型	生长习性
腹足纲	尖膀胱螺	<i>Physa acuta</i>	在古北界蒙新区和青藏区以外地区广泛分布	富营养水体	杂食性, 以水生植物和藻类为食, 还会吃死亡和腐烂的物质

	方格短沟蝽	<i>Semisulcospira cancelata</i>	分布于四川和河南	四川和河南等地区的受损水体的恢复	杂食性，以水生植物和藻类为食
	铜锈环棱螺	<i>Bellamya aeruginosa</i>	我国常见的种类，广泛分布于各省	富营养水体 水底腐植质多的湖泊	刮食性，降低水环境中的浮游藻类和悬浮颗粒含量
	长角涵螺	<i>Alocinma longicornis</i>	主要分布于四川	富营养水体	滤食性
瓣鳃纲	具角无齿蚌	<i>Anodonta angula</i>	我国常见的种类，广泛分布于各省	富营养水体	滤食性
	背角无齿蚌	<i>Anodonta woodiana</i>	我国常见的种类，广泛分布于各省	用于富营养化水体修复前期，以改善水质	滤食性
	河蚬	<i>Corbicula fluminea</i>	我国常见的种类，广泛分布于各省	富营养水体	滤食性
甲壳纲	秀丽白虾	<i>Exopalaemon modestus</i>	太湖、内蒙古呼伦湖	主要适用于太湖等地区的恢复	杂食性，以浮游动物、植物碎屑、细菌等为饵料
	日本沼虾	<i>Macrobrachium nipponense</i>	我国常见的种类，广泛分布于各省	适用于各类水体	杂食性水产动物，偏食动物性饲料