

ICS 13.020.40

CCS Z05

团 体 标 准

T/CSES 76—2022

城市受损水体生态恢复技术导则

Technical guidelines for ecological restoration of urban damaged water

(发布稿)

2022-11-08 发布

2022-11-08 实施

中国环境科学学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 总体要求	4
5 受损水体生态健康评估	5
6 实施方案编制	7
7 受损水体生态恢复过程	10
8 效果评价	11
9 管理与维护	13
附录 A（资料性）城市受损水体生态恢复主要技术及其特点	13
附录 B（资料性）水生植物指示物种分值	20

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。

本文件由重庆大学提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：重庆大学、西安建筑科技大学。

本文件主要起草人：陈一、何强、杨祥宇、王晓昌、李倩。

城市受损水体生态恢复技术导则

1 范围

本文件规定了城市受损水体生态恢复的总体要求、健康评估方法、恢复实施方案编制、水生植被规模化恢复实施技术流程、效果评价方法和管理维护要求等。

本文件适用于城市规划区内受损水体生态恢复，其他水体的生境及生态恢复（改善）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，仅注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。

GB50513	城市水系规划规范
HJ 19	环境影响评价技术导则--生态影响
HJ 192	生态环境状况评价技术规范（试行）
HJ 623	区域生物多样性评价标准
SL 709	河湖生态保护与恢复规划导则
DBJ/T15-183	城市景观湖泊水生态修复及运维技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城市受损水体 urban damaged water

指由于人类活动或自然因素影响，引起城市区域内水体水质恶化、生态系统构成紊乱、某些生态过程或生态链断裂，最终导致系统结构和功能退化或丧失的河流、湖泊、湿地或坑塘等。

3.2

生态恢复 ecological restoration

依靠城市水生态系统自我调节能力，辅以人工措施，使其生态结构完整性逐步恢复、生态系统过程向良性循环方向发展，最终使城市水生态系统满足生态健康、空间丰富、文化再现且被人们愿意亲近的功能状态。

3.3

水生植物恢复 large-scale restoration with plants

通过人为方式规模化引入植物作为生产者用以达到恢复受损食物链或者净化水体污染物的效果，从而提升受损生态系统健康水平，提高城市水体生态系统自我修复能力。

4 总体要求

4.1 基本原则

4.1.1 城市水体生境保护优先

强调尊重自然、顺应自然、保护自然。自然生态系统完整健康的部分水体和水生态环境比较健康的区域，要加强人为保护；对遭受威胁和破坏的城市水系统生态空间，采取自然恢复为主与人工适当干预相结合的方法，优化城市生态空间，恢复城市生态功能。

4.1.2 城市水体规划方案引领

城市受损水体生态恢复工作应在国土空间规划指导下开展。将水体系统承载力作为城市规划的刚性约束条件，在城市各层级、各相关规划以及后续的建设过程中，应统筹生产、生活、生态三大布局，落实生态保护和恢复的工作内容。

4.1.3 水体恢复工作统筹协调

根据城市水生态环境及其他自然环境条件、现有水生态问题的轻重缓急，坚持恢复与保护相结合，针对性与系统性相结合，局部与整体相结合，近期与远期相结合的工作策略，制定城市受损水体生态恢复目标、实施方案和技术措施，同时做到生境保护优先、系统统筹规划、技术手段可行。同时坚持以“找源头，治标本，不反弹，低影响”为原则，采取系统有效的解决方案，最终实现标本兼治，长久维持的目的。

4.1.4 水体恢复技术经济可行

根据城市经济发展水平合理选择可行性高、操作性强的水体恢复技术，并制定系统性、适应性、针对性的工作计划纲要和项目实施方案，实施技术方案应符合城市经济发展水平，同时鼓励社会资本参与。

4.2 生态恢复流程

城市受损水体生态恢复流程见图 1。

城市受损水体生态恢复包括受损水体评估、实施方案编制、水体生境改善与生态恢复和恢复效果评价。

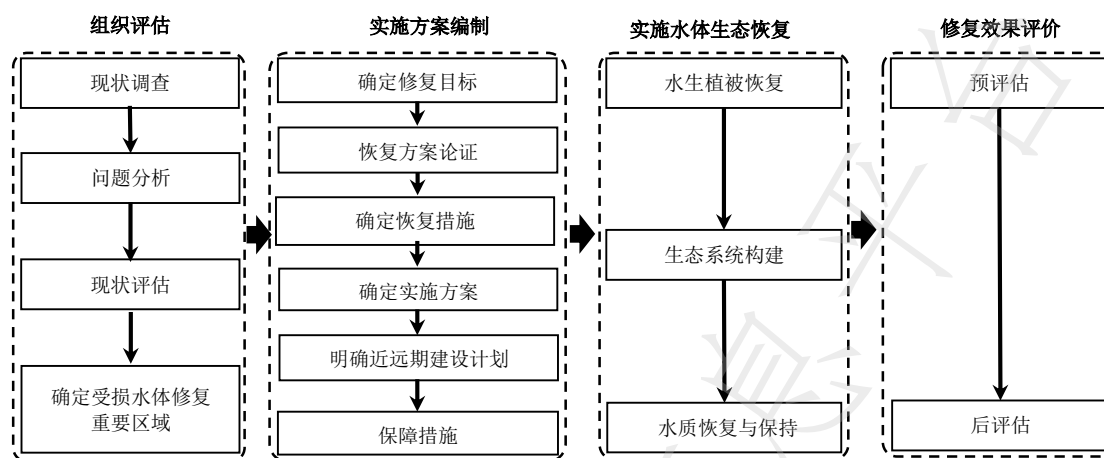


图 1 城市受损水体生态恢复流程

5 受损水体生态评估

5.1 一般规定

5.1.1 受损水体评估的基本路径为现状调查→问题梳理和需求分析→受损水体生态健康安全识别→分类分级确定实施水体恢复任务的优先次序和空间区域→确定水体恢复项目以及其位置或地点。

5.1.2 水生态受损情况评估应对城市规划区范围河流、湖泊、湿地等自然水体以及景观设计水体开展摸底普查，分析城市面临的主要污染问题及退化主要原因，分级分类梳理，确定城市受损水体生态恢复的生态功能重点区域，列出实施城市受损水体生态恢复的项目清单及其优先等级。生态环境状况评价应符合规范 HJ192-2015。

5.2 评估内容

5.2.1 水体情况调研

对城市水体质量情况进行调研，主要包括自然条件、生物多样性、城市历史沿革、城市发展状况。同时基于对城市水体周边人口排污情况调查、环境状况摸底，分类归纳总结城市河道湖泊面临的污染程度。

5.2.2 评估对象

城市水体评估对象主要包括水生植物评估和水生态评估。

5.2.3 水生植物评估

水生植物评估应包括以下内容：

- a) 水生植物覆盖度；
- b) 水生植物多样性，生物多样性评价可参见 HJ623-2011；

- c) 水生植物生物量等生长指标；
- d) 水生植物类型及污染物去除和景观协调效果等。

5.2.2 水体生态评估

5.2.2.1 城市水环境生态评估内容包括但不限于：

- a) 水质评估；
- b) 生境评估；
- c) 生态完整性评估；

5.2.2.2 对于潜在的生态环境风险较高的城市水体（如污水厂排水口下游河流等），还应进行生态风险评价。

5.3 实地调研

5.3.1 自然条件的调研内容包括但不限于：

- a) 城市气象、水文、地形地貌、地质、土壤、动植物等水生态系统本底、历史变迁的基础数据和卫星影像数据等；
- b) 气象资料包括气温、日照、降水、风向、风速等；
- c) 水文资料涉及水系格局演变、历史洪涝淹没区分布。包括水网密度、水系等级、水质监测数据、地下水位及补给区、泉水出露区、超采形成的地下漏斗区、水利工程设施分布、河道流量、湖泊蓄水量等；
- d) 河道及湖泊地貌资料包括地形图和数字高程数据（DEM）；
- e) 植被资料包括植物种类及其分布，各类生境条件下植物覆盖和林相分布等。

5.3.2 污染源排查，应对城市河湖沿岸以及汇入水体上游点源、面源、内源污染情况进行排查。

5.3.3 生物多样性的调查内容包括：

- a) 动物、植物、藻类、微生物物种的种类和分布；
- b) 重要物种栖息地和迁徙情况；
- c) 湿地资源类型及保护状况。

5.3.4 城市发展状况调研的内容包括历年城市人口规模、社会经济水平、城市土地利用、交通以及环境质量（包括大气、水和土壤）等基础资料。

5.4 现状分析

基于对城市水体周边人口排污情况调查、环境状况摸底，应从以下几方面分类归纳总结城市河道湖泊面临的恢复问题：

- a) 自然水体和湿地被侵蚀，城市水生态系统割裂；河湖水系水量减少，地下水位下降；水体水质

污染，水生态系统自我净化功能减弱；水体自然岸线被破坏等；

- b) 河岸湖岸植被受损，岸边植被缺乏合理保护，且数量不足，分布不均，应用植物种类偏少、配置欠合理，生态效益不强等；
- c) 河岸湖岸表土受到破坏；土层结构受损，土壤受到破坏，水土保持能力降低，存在滑坡、塌陷、地陷等地质灾害隐患和水土流失风险等；
- d) 生物栖息地减少和破碎化；物种单一，生物多样性降低，群落结构及生物链稳定性相对差，抗干扰能力低下等；
- e) 城市河道湖岸周边点源排污严重；各类污水包括生活污水，餐厨废水，加工废水等大量无控制排入，缺乏治理及惩罚措施；
- f) 存在干湿沉降等城市空气污染问题。

5.5 重点区域划分

5.5.1 应根据城市水体受损问题的分类分级梳理分析结果，进行受损水体空间识别，对水生态环境保护区域、生物多样性保护区域、城市生态游憩空间等重点区域进行图形叠加和分析识别，同时相关内容应符合城市水系规划 GB50513-2009 的规定或要求。

5.5.2 应根据水资源保护、雨洪管理、水环境改善三个基本目标，叠加识别城市水生态环境保护区域，划定水体、河流廊道和湿地保护区等。

5.5.3 应根据保护生物栖息地和维护生物多样性目标，叠加识别受损水体周边生物生态安全格局。通过对城市水体中特定生物物种（包括濒危种和指示物种）栖息地适宜性分析，识别和划定物种栖息地恢复策略，严禁受损加重。

5.5.4 应结合城市现有涉及安全隔离的主要基础设施，包括如污水处理厂、环卫设施、输变电设施、管道运输设施、道路、铁路和轨道交通等，划定施工隔离区。

5.5.5 应根据确定的城市重点水体生态区域，划定城市水体恢复控制线，最大限度地保护对城市水生态安全具有重要作用的自然生态资源等城市人工生态资源；并将已经被破坏、自我恢复能力差、亟需实施恢复的水体生态空间确定为生态恢复重要区域。

6 实施方案编制

6.1 实施方案的内容

实施方案至少应包括以下内容：

- a) 城市受损水体现状分析及问题识别；
- b) 城市受损水体生态恢复思路与目标；
- c) 适宜技术及措施选择；

- d) 植物规模化恢复效果；
- e) 食物网完整性恢复；
- f) 根据选定的方案，筛选切实可行、经济合理的适宜技术及措施；
- g) 预估工程量、投资量和实施周期；
- h) 预测城市受损水体生态恢复效果；
- i) 明确保障机制和措施。

6.2 确定恢复目标和指标

6.2.1 应结合实际情况制定与城市水环境及经济状况发展阶段相适应的城市受损水体生态恢复近期目标、远期目标，分阶段实施。并根据阶段目标，提出受损水体生态恢复的技术指标和工作指标。

6.2.2 应根据水体受损情况梳理出的不同类型和级别的修复问题及分布特征，并参照城市受损水体生态恢复目标，将城市水生态及生境恢复的阶段目标及考核指标分配到具体地理区域及四周坐标定位，确定实施恢复工作的先后顺序。同时应参考环境影响评价技术导则--生态影响 HJ19-2011，考虑生态影响情况。

6.2.3 应提出城市受损水体生境和生态恢复系统提升专项设计指引，分解细化恢复目标和考核指标，明确恢复项目的工程内容和建设任务。

6.2.4 城市水体生态恢复实施方案编制和工程量预测宜统筹受损水体的生态系统恢复，并应适当向周边区域延伸工程范围。

6.3 恢复方式选择

6.3.1 根据各受损位点或河段生态环境受损程度的不同，可选择以植物规模化投加恢复及自然恢复相结合的方式对受损水体生态恢复，同时可对水体底泥进行清淤疏浚工作以改善植物生长环境，提高植物规模化恢复效果。

6.3.2 已造成较大水生态系统破坏的区域，应采取必要的工程恢复措施，使城市水生态系统向正向演替，促进生态恢复。

6.3.3 受到一定人为干扰和破坏，但尚在自然更新恢复能力之内的区域，应尽量减少工程措施，优先采取促进自然水生态系统恢复的措施，如水生植物规模化恢复技术。

6.4 明确建设重点

应依据城市受损水体生态恢复目标及不同区域特点和重要性，明确恢复建设的重点，研究制定实施受损水体生态恢复建设的工作方案，确定恢复工程量、实施主体、进度安排、技术要求、考核指标等。

6.5 筛选工程技术措施

6.5.1 技术措施筛选原则

技术措施选择应遵循以下原则：

- a) 应根据城市受损水体区位和自然条件及重要程度和对景观水质综合指标的贡献程度，确定主要的控制因子，有针对性的选择水体水生态恢复技术；
- b) 应采取有效措施保证水体生态及生境安全。应明确河流湖泊水体的利用方式，在保障景观用水的水质前提下，提出有效的恢复及管控措施；
- c) 应在满足城市景观水体要求的前提下进行技术选择。应根据现场实际情况，对比各类技术的投资成本，分析可替代方案的有效性与经济性，完成技术的优化配置；
- d) 受损水体生态恢复技术应在可行性和经济性的研究的基础上确定，优先考虑采用生物、生态技术，运用生态学原理，改善水生生物的生存环境，优化水生生物群落，提高水生态系统的自净能力，维持水环境生态健康；
- e) 水体岸线自然形态的恢复应根据城市绿化及水景观要求，制定河滩、湖岸、滨水地带的植被恢复策略。针对水生生境的退化，充分利用现有乡土物种资源，合理配置滨水及岸边带、水中植物，丰富植物种类，改善水生态系统的景观功能，水体恢复主要技术及其适用范围可参见附表 A.1；
- f) 水生态破坏程度较轻时，宜选择原位生态恢复，优先考虑植物规模化恢复技术；其他水体恢复技术及其适用范围可参见附表 A.1；
- g) 水生态破坏严重时，首先诊断破坏原因，识别重要因子，修复重要的生境条件（例如基底岸坡改造、围隔消浪、跌水增氧、微纳米曝气增氧等），再结合多手段植物恢复（人工下水栽植、抛植等）进行修复；
- h) 应根据气候条件、水体受损程度及受损性质，因地制宜地选择应用不同水生植物的修复技术，以达到预期恢复效果。

6.5.2 恢复及后期保障措施

6.5.2.1 针对城市受损水体生态恢复内容和建设时序，筛选恢复工程的关键技术，详细关键技术分类见附表 A.1；

6.5.2.2 对不同类型城市水生态恢复工程实施后的水体水质及水生生物生存状况和效果进行预测和分析比对，优化技术方案；

6.5.2.3 制订恢复工程项目实施的技术路径、过程控制要求及后期保障和维护管控要求。

7 受损水体生态恢复过程

7.1 水体生态恢复流程

城市受损水体生态恢复流程见图 2。

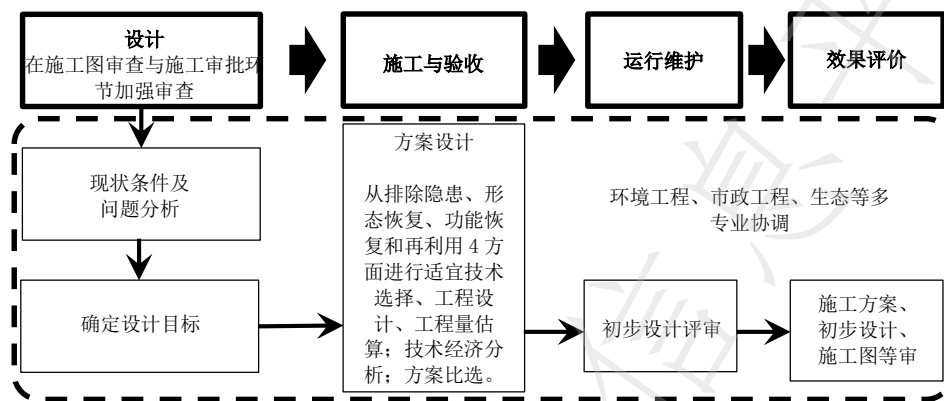


图 2 城市受损水体生态恢复流程图

7.2 水体生境恢复

7.2.1 在保障水安全的前提下，应恢复河道的蜿蜒性特征，保留凹岸、凸岸、深潭、浅滩及沙洲，避免盲目裁弯取直；保护和恢复河床自然形态，不宜渠化硬化。维持湖泊岸线多样性，放缓湖岸坡度，保护和利用自然护岸；保护和恢复湖泊湿地区域内洼地、高岗等自然地地貌形态。

7.2.2 应提高水陆交错带植被的覆盖率，恢复和重建环湖湿地保护带、海陆之间起交互作用的过度地带、入湖河流的河口生态系统，河湖地貌形态保护及恢复应符合 SL709-2015。

7.2.3 应恢复沿海及内湾生态系统、藻场生态系统、珊瑚和红树林生态系统。优先采用以乡土生物链和乡土生物栖息地为主体的“非工程性”措施，充分结合地形及水量分布特征实施原生生境重建与演化系统恢复，逐步恢复退化湿地生态系统的结构和功能，实现湿地生态系统的自我持续状态。

7.2.4 岸线修复包括护岸的类型的选择以及其上的植被的修复，护岸有缓坡入水型、砾石型、石笼型、生态混凝土型、多孔结构型、三维土工植被网型、生态土工固袋型；增加护岸植被生长的技术有植物纤维毯附着。（可参考附表 A.1）

7.3 增强水体自净能力

7.3.1 可通过种（养）植水生植物、底栖生物、滤食鱼类等生物措施（可参考附表 A.1），增强水体自净能力。

7.3.2 可采用人工湿地、水生植物大规模种植等技术方法，构建“土壤—微生物—植物”生态系统，有效降解、去除水体中的有机物、氮、磷等污染物。

7.3.3 河滩和湖滨植被缓冲带恢复，应优先选择本地具有水质净化功能的水生、湿生植物。

7.3.4 可采用疏浚通渠手段增加水体循环效果，增加水体自净能力。

7.4 提升水体生态景观质量

7.4.1 在保证水利工程安全、保护生态环境的基础上，应进行土地和空间利用的优化配置，对构成景观水体资源的水体、滨水地、植被、功能性工程构筑物和有价值的建筑物等进行完整保护，体现生态、园林、水利、风景和历史文化等综合与协同保护。

7.4.2 滨水地带可优先改造为城市滨河公园、郊野公园等，拓展城市亲水空间。

8 效果评价

8.1 评价一般要求

8.1.1 城市受损水体生态恢复效果评价应坚持客观公正、科学合理、公开透明、实事求是的原则。

8.1.2 生态恢复效果评价宜采用专家评议法。可采取材料审查、问卷调查、遥感测试、实地考察、专家综合评审的方式。

8.1.3 专家委员会成员宜包括风景园林、市政工程、环境工程、生态学、城市规划等方面的管理和技术人员。

8.2 评价方式

水生态恢复效果评价应包括以下环节：

- a) 问卷调查。组织专业社会调查机构开展水生态恢复效果问卷调查并形成分析报告；
- b) 遥感测试。组织开展遥感测试处理分析；
- c) 实地考察。采取既定路线与随机抽查相结合，对照城市受损水体生态恢复实施方案中的预期指标进行实地考察并形成书面考查意见；
- d) 综合评审。以会议的形式对城市生态恢复工作进行综合评审。

8.3 评价指标

8.3.1 指标分类

城市生态恢复效果评价指标对技术指标的达标情况进行评估。技术指标分为河滨湖滨湿地面积比、水体岸线自然化率、水生生物指标量化分数、水生生物多样性四项量化指标，主要用于评价生态恢复效果。

8.3.2 技术指标

8.3.2.1 水域湿地面积比

评价区域内河流（渠）、湖泊（库）、积雪、滩涂、沼泽地等湿地类型的面积之和所占的比例。该比例可通过城市规划区内水域湿地面积除以城市规划区面积得到。相关数据可在国土部门统计数据

资料库获取。

8.3.2.2 水体岸线自然化率

符合自然岸线要求的水体岸线长度占水体岸线总长度的比例。

主要针对城市规划区内的较大型河道和水体，公园绿地中的水体和城市建设用地中的水体岸线一般规模较小，可不作要求和统计。

可通过自然岸线要求的水体岸线长度（km）除以水体岸线总长度（km）得到水体岸线自然化率。相关数据可在城市园林绿化部门组织有关机构进行获取。

8.3.2.3 水生生物（以植物为主）指标量化分数

水生植物指示物种指标通过计算某一或某些水生植物物种的出现情况（选择覆盖度大于3%的物种）来进行分值量化（附表B.1）。

水生植物指示物种分值计算公式如下：

$$P = (e + f + s) / 3 \dots\dots\dots(1)$$

式中：

P：水生植物生态健康评价分值；

e：水体中出现的评分最高的挺水植物（盖度大于3%的物种）的评价分值；

f：水体中出现的评分最高的浮叶植物（盖度大于3%的物种）的评价分值；

s：水体中出现的评分最高的沉水植物（盖度大于3%的物种）的评价分值。

分数等级可划分为0-1 差，1-2 合格，2-3 良好，3-5 优秀。

8.3.2.4 水生生物多样性指数

水生生物多样性指数主要以评价水生动物、植物丰富度和多样性以及外来威胁物种入侵度进行综合计算。

生物多样性指数按下式计算：

$$BI = R_v \times 0.2 + R_p \times 0.2 + D_E \times 0.2 + E_D \times 0.2 + R_T \times 0.1 + (100 - E_i) \times 0.1 \dots\dots\dots(2)$$

式中：

BI — 生物多样性指数；

R_v — 归一化后的野生动物丰富度；

R_p — 归一化后的野生维管束植物丰富度；

D_E — 归一化后的生态系统类型多样性；

E_D — 归一化后的物种特有性；

R_T — 归一化后的受威胁物种的丰富度；

E_i — 归一化后的外来物种入侵度。

式（2）中参数计算过程参见 HJ623。根据生物多样性指数对多样性状况进行分级可分为高、中、一般和低。具体分级指标见表 1。

表 1 生物多样性状况分级标准

生物多样性等级	生物多样性指数	生物多样性状况
高	$BI \geq 60$	物种高度丰富度，特有属、种多，生态系统丰富多样
中	$30 \leq BI < 60$	物种较丰富，特有属、种多，生态系统类型较多，局部地区生物多样性高度丰富
一般	$20 \leq BI < 30$	物种较少，特有属、种不多，局部地区生物多样性较丰富，但生物多样性总体水平一般
低	$BI < 20$	物种贫乏，生态系统类型单一、脆弱，生物多样性极低

8.3.3 指标应用

以城市受损水体生态恢复实施方案确定的指标为基础，综合比较恢复前、后各相关指标的实现情况，评价城市生态恢复效果，并以评估结果反过来指导城市生态恢复工作改进、提升。

9 管理与维护

9.1 一般规定

9.1.1 生态恢复工程应制定运行维护方案，并应进行日常运行、监测、维护与管理。

9.1.2 运行维护管理应构建管理、治理、保护“三位一体”的管理体系。

9.1.3 制定合理可靠的水质检测计划，保证对恢复后的水体水质变化有清晰的了解，出现问题及时发现并解决。

9.1.4 提高水体补充水源的质量，并根据季节气候变化适当调整水体水位等水文条件。

9.1.5 增加水体的流动性和互通性，防止出现大面积滞水区。

9.1.6 在水体中建立生态系统，充分提高水体自净能力。

9.2 受损水体修复后管理与维护

9.2.1 应根据受损水体生态系统健康情况，选择相应的管理方法，主要从水生植被及动物的丰度及多样性、控制水质富营养化、提高水生境质量等方面考虑。

9.2.2 应对湿地植物生长状况进行跟踪监测，要采取人工清理等措施，以防其过度生长，对乡土物种造成危害，具体内容应符合城市景观湖泊水生态修复及运维技术规程 DBJ/T15-183-2020 相关要求。

9.2.3 应监测植被恢复前后水质和其他生物物种变化情况。

9.2.4 水生植被的管理与维护可采取以下措施：

- a) 修复后植物生长出现徒长和大面积蔓延的情况，需采取人工干预手段进行修剪和清理；
- b) 若恢复后某些植物生长过度，可通过水位调节控制其生长；
- c) 因洪水冲刷或其他原因等，致使植物生长不良，或因放牧、水禽利用过度等，需进行人工补植，以维持种群正常密度；
- d) 水位对湿地植物的存活、生长、繁殖产生重要影响，通过涵闸、泵站等及时调控湿地水位，防止人工恢复的植物被淹死或旱死；
- e) 城市水体植物一般生长较快，根据不同的植物类型，在其生长茂盛、成熟后应对植物进行及时收割，并处理和利用。一般湿地植物收割时间为上半年的 3-5 月份和下半年的 9-11 月份。

附录 A

(资料性)

城市受损水体生态恢复主要技术及其特点

表 A.1 给出了城市受损水体生态恢复主要技术及其特点。

表 A.1 水体恢复主要技术及其适用范围

技术名称	技术要点	适用范围	优缺点
水体净化主要技术			
人工增氧技术	人工向水体中充入空气或氧气，加速水体复氧过程，提高溶氧水平，恢复和增强好氧微生物的活力，促进有机污染物的降解速度，改善受污染水体的水质。	适用于严重有机污染和整治后城市水体的水质保持。	机动灵活，操作方便，投资少，效果好，对消除水质黑臭、抑制藻类的生长繁殖有良好的效果。
底泥疏浚技术	通过疏挖底泥实现改善水环境的目标。	适用于在重污染区和重污染水源地等区域。	能够快速有效地去除被污染的城市河道底泥中大量的氮、磷及重金属等污染物；但工程量大，造价高，需要确定合理的挖掘深度和挖泥量。
水生植物栽植修复技术	利用水生植物吸收、微生物代谢及植物根部环境的吸附、过滤、沉淀等作用对水质进行净化。	富营养化水体或者某些重金属污染的水体。	成本较低，治理效果较好，对环境无二次污染；但无法应对重度污染的水体。

生态浮岛技术	运用无土栽培的原理，利用可漂浮材料为基质在水面种植植物，消减水体中的污染物质的技术。	适用于富营养化和受有机污染的水体，尤其适用于水位波动较大、难以恢复岸边水生带的水体。	技术工程量小，便于维护，处理效果好，且不会造成二次污染，能够改善景观、保护河岸。
岸线恢复主要技术			
水陆交错带湿地截污净化技术	由人工基质和生长在水上的水生植物组成，利用基质填料、微生物、植物和水生动物之间的协同作用，通过一系列物理、化学、生物作用达到净化。	可用于削减面源污染，处理水体中的重金属、农药和富营养化的污染。	便于维护，处理效果好，且不会造成二次污染；但净化效能受湿地水流流态、水力负荷、种植植物类型和数量、温度、pH、填充介质类型、运行方式等因素的影响。
人工种草边坡绿化技术	人工在边坡坡面上简单播撒草种的一种传统边坡植物防护措施。	适合高度不高、坡度较缓的水体护坡的恢复。	施工简单，造价低；但边坡防护效果不佳，容易造成边坡病害。
铺草皮边坡绿化技术	人工在边坡坡面上铺设天然草皮的一种传统边坡植物防护措施。	适合坡度小于 45°，局部不陡于 53° 的水体护坡的恢复。	施工简单，工程造价低，成坪时间短，施工季节限制少；但管理困难，易受自然灾害，容易造成边坡病害。
活枝护岸技术	沿河道岸坡脚线打一排木桩或混凝土仿木桩，将有生命力植物的根、茎(枝)或整体扎成活枝捆，将活枝捆按与河岸平行的方式放于木桩或混凝土仿木桩与河道岸坡之间的一种护坡技术。	适用于坡度比较平缓的水体护坡的生态恢复。	施工简单，可有效稳定边坡，减小河岸侵蚀，改善水生动植物的栖息地环境，并能增强景观效果。

植物纤维毯边坡绿化技术	铺设用椰纤维或稻、麦秸秆等植物纤维为基底，混同优质草籽、营养剂、专用纸、定型网等多种材料，通过先进设备一次性制造而成的生态护坡材料。	广泛应用于河渠护岸与绿化。	节能环保，保墒效果好，施工速度快，经济性好。
抛石边坡绿化技术	以碎石堆砌形成具有缝隙的护坡，并可以结合植被等措施，在抛石缝隙间形成野生植被的一种护坡技术。	适合于能够就地取材的、不小于 1:1.5 的自然边坡，多在长江流域使用。	可就地取材，施工简单，能够减少水流冲刷，便于修补，可塑性强。
石笼边坡绿化技术	在由高镀锌钢丝或热镀锌合金钢丝编织而成的箱笼内填充石料等不风化的填充物，并结合植被措施而形成的生态护坡技术。	适用于河道、岸坡的护坡，尤其适用于碎石来源广泛而缺少大块石头的地区与流速大的河道断面。	具有很好的柔韧性、透水性、耐久性以及防浪能力，而且具有较好的生态性；但网格金属易被腐蚀，网格易老化、易被破坏，存在安全隐患。
三维植物网边坡绿化技术	利用活性植物并结合土工合成材料等工程材料，在坡面构建一个具有自身生长能力的防护系统，通过植物的生长对边坡进行加固的边坡技术。	适用于各种类型的河道护坡的恢复，但坡度大于 45° 时慎用。	固土性能良好，消能作用明显，网络加筋突出，保温功能良好；但材料老化后，在土壤里容易形成二次污染。
土工格室植草边坡绿化技术	在展开并固定在坡面上的土工格室内填充改良客土，然后在格室上挂三维植被网，进行喷播施工的边坡技术。	适合坡度小于 45° 的水体护坡的恢复。	伸缩自如，运输体积小，连接方便，施工速度快，材质轻，耐磨损，化学性能稳定。
植生袋边坡绿化技术	将植物种子夹在多层无纺土工织物或天然纤维垫中，直接密贴在边坡表面进行快速绿化的边坡技术。	主要应用于水流冲击较大的河道，结构稳定性。	保水固土，出苗率高，出苗齐整，施工简单，灵活性强，但对铺设施工要求高，应用范围窄，适应性差。

植被混凝土边坡绿化技术	采用特定的混凝土配方和种子配方，对岩石边坡进行防护和绿化的技术。	用于各类水体护坡的恢复，尤其适用于作为堤防护坡。	具有较好的抗冲刷性和稳定性，降低了施工的难度，解决了岩石边坡的浅层防护问题；但施工成本过高，无法为大型植物提供生长空间。
多孔质结构护坡技术	主要有用混凝土预制件构成的各种带有孔状的适合动植物生存的护岸结构（如不规则鱼巢结构、盒式结构、自然石连接等）形成生态护岸。	广泛应用于多种类型水体护坡的恢复。	施工方便，抗冲刷，为动植物生长提供了有利条件。
浆砌片石骨架植草边坡绿化技术	采用浆砌片石在坡面形成骨架，并结合撒草种、铺草皮、土工网、喷播植草、栽植苗木等方法形成的边坡技术。	适用于易发生溜坍及坡面冲刷较严重的河道和水利工程大坝的护坡恢复。	减少坡面冲刷，避免了人工种植草坪护坡和平铺草坪护坡的缺点；但由于工量较大，容易对其造价、施工进度等方面造成不利的影响。
框格内填土植草边坡绿化技术	在边坡上用预制框格或混凝土砌筑框格，再在框格内置土种植绿色植物的边坡技术。	适合坡度较陡的岩质和贫瘠土质的河道和水利工程大坝的护坡恢复。	可靠性高，施工速度快，结构耐久性高，便于管理；但造价较高。
水生植物规模化恢复技术			
沉水及挺水植被恢复技术	确定适宜该地区河湖水生植被的种类、适宜栽种或投放时机和密度后，进行投放种植，根据现场情况选择是否对恢复区域进行围隔。	针对城市河湖原生净化（主要指水生植物）系统受到严重破坏、水生生态系统不健全情况	该技术在提高水质、肯定河湖水系原生生态结构和功能作用的前提下，采取人为措施，通过恢复和健全水生态结构，提高水体自净能力，从而实现河湖水系的健康发展和良性循环。

湖库健康水生态系统构建技术	利用浮床及悬浮生态草提供湖体生境，利用鱼类、螺类、蚌类构建湖泊食物链，提升湖体的溶解氧浓度和水体流速，提升湖内植被生长环境质量。	山地城市深水缓流湖泊水生态系统植被规模化修复	湖库健康水生态系统构建技术针对山地城市湖泊水体深度大、水动力环境差（风生流）、水体呈明显分层的特点，使用度较好，能有效保证山地深水湖泊水生植被规模化恢复及生长。
沿海河道水生植被生态恢复技术	因地制宜，对恢复区域进行科学的取样、数据分析，根据水样或土样盐分分布规律确定植物类型及配置，沿海河道植物筛选首先要考虑植物的耐盐性、抗风性，植物配置应采取乔灌草相结合的原则，适当利用原生物种。	沿海高盐水质河湖水生生态系统植被规模化修复	高效率保证高盐地区河湖水生生态系统植被规模化恢复，同时备选植被环境景观效果好。
规模化除藻技术	对覆盖水面后导致水体透光性不强及水体水样的藻类进行人工打捞	水质富营养化且水面藻类大面积爆发的河湖水体	可短暂提高水中透光性及溶解氧浓度，但不是根本解决办法，只有将富营养化水质修复到正常水平才能有效抑制水藻的爆发。
弱化食物链顶端生物技术	捕获草食性鱼类虾类，尽量减少其存量，待植被完全恢复、生物量足够大时，可以放养一定的食草性鱼类用于控制植被规模。	因水生动物过度繁殖食用而导致的水生植被大规模衰退情况	对水体中食草鱼类不是后可以有效大规模恢复植被生长，并且不会影响河湖水质。
防浪带修筑技术	在岸边设置防浪带，水生植物恢复从河湖湾开始，逐步向河湖外环推进，扩大恢复面积。	此技术适宜在多风且水生植物较高且易倒伏的地区	对河湖水质扰动不大，但工作量较大。

<p>植物根际底泥修复技术</p>	<p>该技术的使用有两种情况，一种是原位处理；一种是异位处理。原位处理只要利用回填泥沙、基底改造、加入化学剂抑制底泥磷排放、投加微生物对底泥中大量有机物进行降解、投加石灰等碱性化学物质降低底泥污染物（如重金属）溶解度和毒性、对底泥进行曝气处理改变厌氧环境增加微生物有机物的降解能力等；异位处理只要是疏浚，将有机质过量且黑臭的底泥人工干预挖出。</p>	<p>底泥污染十分严重，有机物或者氮磷元素丰富、重金属过量导致植物根系生长状况不佳而死亡的情况。</p>	<p>对水质扰动较大，且人力物力投入较多，但可以有效改善植物根系生长环境，从根本上改善植物生长环境，促进植被规模化恢复。</p>
<p>生态浮床技术（植物浮床技术）</p>	<p>该技术是对水域生态系统自净能力的一种强化，是绿化技术和漂浮技术的结合体，利用植物在生长过程中对水体中氮、磷等元素的吸收利用及其植物根系和浮床、基质等对水体中悬浮物的吸附作用，富集水体中的有害物质；同时，植物根系释放大量降解有机物的分泌物，加速有机污染物分解。岛上的植物可供鸟类等休息和筑巢，下部植物形成鱼类和水生昆虫等生息环境，同时能吸收引起富营养化的氮和磷。</p>	<p>针对由于河湖的开发、渠化、硬化工程，以及底泥疏浚等，许多天然生态岛消失，河流的自净能力下降，大型水体氮、磷等营养物质含量超标，水体透明度下降，处于光补偿点光照强度以下的水生植物无法存活，水质恶化的情况。</p>	<p>该技术植物生长的扶梯一般是采用聚氨酯涂装的发泡聚苯乙烯制成的，质量轻，材料耐用，在形成稳定的植物-微生物-动物净化系统，降解、富集其它有害、有毒物质，加快植物生长，从而净化水质的同时，开拓水面经济作物种植前景。</p>

<p>植物群落构建技术</p>	<p>运用水体原位生态修复原理，通过水生动植物群落的形成构建水下生态系统，并与其它工艺进行优化组合。通过种植水生植物（沉水植物、浮水植物、漂浮植物、挺水植物）及湿生植物，放养水生动物（鱼、虾、螺蛳、河蚌等）以修复水生生态群落来提高水体自净能力，提升水体（水系）景观功能。</p>	<p>针对城市河湖原生净化（主要指水生植物）系统受到严重破坏、水生生态系统不健全情况。</p>	<p>该技术由于涉及面广、可重复性差、操作难度较大、时间跨度较长等因素，尚无成熟的技术导则，在河道治理恢复与重建植物群落中还处于试验阶段。</p>
<p>河湖水体净化技术</p>	<p>使用人工湿地、生态砾石、水下补光等技术手段改善河湖水体水质情况，将高有机物、氮素磷素、重金属及有毒有害物质在水体中去除，保障</p>	<p>水体富营养化及含有有毒有害物质的情况下植物生长受到抑制，通过对水质的净化，改善植被的生存环境，进而恢复</p>	<p>该技术一方面达到了河湖水质净化的目的另一方面，也达到了植被大规模恢复的效果，但是该技术成效缓慢，投资较大。</p>
<p>生态塘技术</p>	<p>通过塘中种植水生植物，进行水产和水禽养殖，形成人工生态系统，在太阳能的推动以及生态塘中多条食物链的物质迁移、转化和能量的逐级转化，将水体污染物进行降解，在净化水体的同时，还可将水生植物和水产进行资源回收。</p>	<p>针对生活污水量大、污染源复杂多样、污染物浓度较高的地区，需具备一定容量的空闲地和低洼蓄水池。</p>	<p>该技术充分利用荒废的池塘，融入生物降解自然法则，大大节省投资成本，生态效应显著，提升环境景观。运行成本低，维护工作量小，污泥产量少，适应性好。</p>
<p>氧化塘技术</p>	<p>通过将土地进行人工修整，建成池塘并设置围堤和防渗层，依靠塘内微生物处理污水，废水先经厌氧生物降解，再经需氧生物降解，转化为水质稳定的出水主要利用菌藻的共同作用处理有机污染物。</p>	<p>针对中、低浓度污水处理；适用于有水沟、低洼地或池塘的干旱、半干旱地区以及土地面积相对丰富的地区。</p>	<p>能充分利用地形，结构简单，建设费用低，可实现污水资源化金额污水回收再用，实现水循环。处理能耗低，运行维护方便，成本低，且能承受较大水量波动，适应能力和抗冲击能力强；但占地面积较大，气候影响较大。</p>

附录 B
(资料性)
水生植物指示物种分值

表 B.1 给出了水生植物指示物种分值。

表 B.1 水生植物指示物种分值

挺水/岸边植物	评价分值	浮叶植物	评价分值	沉水植物	评价分值
无	0	无	0	无	0
旱伞草 <i>Cyperus involucratus</i> Rottboll	1	大藻 <i>Pistia stratiotes</i> L.	1	菹草 <i>Potamogeton crispus</i> L.	1
水葱 <i>Scirpus validus</i> Vahl	2	凤眼莲 <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	1	莼齿眼子菜 <i>Potamogetonaceae</i> Bercht.	1
荷花 <i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn.	2	槐叶萍 <i>Salvinia natans</i> (Linn.) All.	2	穗花狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	2
梭鱼草 <i>Pontederia cordata</i> L.	3	水鳖 <i>Hydrocharis dubia</i> (Bl.) Backer	2	黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i> (L. f.) Royle	2
茭白 <i>Zizania latifolia</i> Stapf	3	菱 <i>Trapa bispinosa</i> Roxb.	3	狐尾藻 <i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	3
再力花 <i>Thalia dealbata</i> Fraser	4	芡实 <i>Euryale ferox</i> Salisb. ex König et Sims	3	金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i> L.	3
千屈菜 <i>Lythrum salicaria</i> L.	4	萍蓬草 <i>Nuphar pumilum</i> (Hoffm.) DC.	4	苦草 <i>Vallisneria natans</i> (Lour.) Hara	4
蔗草 <i>Scirpus triqueter</i> L.	4	睡莲 <i>Nymphaea tetragona</i>	5	轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>	4
鸢尾 <i>Iris tectorum</i> Maxim.	5			微齿眼子菜 <i>Potamogeton maackianus</i> A. Bennett	5
黄菖蒲 <i>Iris pseudacorus</i> L.	5			大茨藻 <i>Najas marina</i> L.	5
				小茨藻 <i>Najas minor</i> All.	5

注：在因地制宜地前提下，优先使用本表已列出植物。若为本表未列出植物，依据环境影响程度取 1-2 分。