

ICS 13.020.40
CCS Z05

团 体 标 准

T/HSES 0006-2025

河流生态修复治理技术规范

Specification for river ecological restoration and management

2025-5-22 发布

2025-5-22 实施

湖南省环境科学学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	- 1 -
2 规范性引用文件	- 1 -
3 术语和定义	- 2 -
4 基本原则	- 3 -
4.1 遵循自然，适度干预	- 3 -
4.2 区域统筹，整体恢复	- 3 -
4.3 全面考虑，目标导向	- 3 -
4.4 系统治理，长效机制	- 3 -
5 模式选择	- 3 -
6 修复调查与问题诊断	- 4 -
6.1 河道调查	- 4 -
6.1.1 水质与污染源调查	- 4 -
6.1.2 基底调查	- 4 -
6.1.3 生物调查	- 4 -
6.1.4 地貌与水工程调查	- 4 -
6.1.5 水文与水资源调查	- 5 -
6.2 问题诊断	- 5 -
7 总体思路	- 5 -
8 系统治理	- 5 -
8.1 控源截污	- 5 -
8.2 河道基底修复与水质净化	- 8 -
8.3 生境多样性保护修复治理	- 9 -
8.4 生态流量保障和水动力调控	- 11 -
8.5 生物多样性恢复	- 13 -
9 效果评估	- 16 -
9.1 治理目标	- 16 -
9.2 评估程序	- 16 -
9.3 评估内容	- 16 -
10 管理运维	- 17 -
10.1 日常安全保障	- 17 -
10.2 生态产品价值实现	- 17 -
参 考 文 献	- 19 -

前 言

本文件按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。

本文件由湖南省环境科学学会提出并归口。

本文件起草单位：水利部河湖保护中心、中国科学院亚热带农业生态研究所、长江水利委员会河湖保护与建设运行安全中心、中国科学院水生生物研究所、中国科学院南京地理与湖泊研究所、长沙环保职业技术学院、湖南省环境科学研究院、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司、山东公用环保科技集团有限公司、北京中环农科生态农业研究院有限公司、北京中环格亿技术咨询有限公司、中材地质工程勘查研究院有限公司、北京碧潺潺生态科技有限公司、江苏蓝联环境科技有限公司。

本文件主要起草人：印遇龙、杨国华、岳松涛、谢永宏、黄凤莲、刘海、刘剑彤、徐力刚、罗岳平、董亚辰、徐会显、刘洪莲、朱鸿毅、李峰、邓正苗、安祥华、楚凯锋、张毅、吴辰熙、钟宇、俞立红、邹志国、印光、李旭、李喆、隋国舜、李强、侯志勇、熊雄、范宏翔、程俊翔、蒋名亮、王晓龙、李相虎、李云良、林晨、陈玺如、胡偲健、方程、汪海斌、陈明聪、李义晋、徐彦昭、董磊。

本文件的某些内容可能涉及知识产权。本文件的发布机构不承担识别这些知识产权的责任。

本文件为首次发布。

河流生态修复治理技术规范

1 范围

本文件规定了河流生态修复治理的基本原则、模式选择、修复调查与问题诊断、系统治理、效果评估、管理运维等方面的技术要求。

本文件适用于流域面积小于3000平方公里自然或人工形成的中、小河流的生态修复治理。

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
- GB 5084 农田灌溉水质标准
- GB 11607 渔业水质标准
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准
- GB 38400 肥料中有毒有害物质的限量要求
- GB 50014 室外排水设计标准
- GB 50141 给水排水构筑物工程施工及验收规范
- GB 50286 堤防工程设计规范
- GB 50513 城市水系规划规范
- GB 50707 河道整治设计规范
- GB 55026 城市给水工程项目规范
- GB 55027 城乡排水工程项目规范
- GB/T 18920 城市污水再生利用标准
- GB/T 25246 畜禽粪便还田技术规范
- GB/T 36195 畜禽粪便无害化处理技术规范
- GB/T 37066 农村生活垃圾处理导则
- GB/T 37071 农村生活污水处理导则
- GB/T 43476 水生态健康评价技术指南

GB/T 51347 农村生活污水处理工程技术标准
CJJ/T 54 污水自然处理工程技术规程
HJ 494 水质 采样技术指导
HJ 497 畜禽养殖业污染治理工程技术规范
HJ 1295 水生态监测技术指南 水生生物监测与评价（试行）
HJ 2005 人工湿地污水处理工程技术规范
JTS 154 防波堤与护岸设计规范
NY/T 525 有机肥标准
SL 17 疏浚与吹填工程技术规范
SL 196 水文调查规范
SL 219 水环境监测规范
SL 257 水道观测规范
SL 383 河道演变勘测调查规范
SL 662 入河排污量统计技术规程
SL 709 河湖生态保护与修复规划导则
SL/T 712 河湖生态环境需水计算规范
SL/T 793 河湖健康评估技术导则
建标 148 小城镇污水处理工程项目建设标准
建标 198 城市污水处理工程项目建设标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 原位修复 *in situ remediation*

指在不移除底泥，通过物理和/或生物等方法，降低底泥中污染物浓度或阻隔其释放，从而达到维护底泥生态系统、提升水体自净能力的目的。原位修复与控源技术组合，具有效果好、避免破坏水底生态系统、持续性长的特点。

3.2 生态流量保障 *ecological flow guarantee*

确保河流等水体在特定时间和空间内的流量保持在一定水平，以维护水生态系统的健康和稳定。

3.3 非常规补水 *hydration by unconventional water resources*

指在生态流量得不到保障时，利用污水处理厂尾水及其再生水、经净化处理的弃流雨水等非传

统水源，通过导流、引配水工程，持续或间歇为河湖等水体补水，调控水动力，改善水体自净能力，保育恢复水生态的行为。非常规补水的水质应满足受纳水体水功能区水质环境保护目标要求。

3.4 生态产品 ecosystem product

指由自然生态系统提供的产品和服务，可分为物质供给类、调节服务类和文化服务类。

[来源：国家“十四五”规划《纲要》国家名词解释之 174]

4 基本原则

4.1 遵循自然，适度干预

实行以自然恢复为主，自然恢复与人工修复相结合的系统治理模式，采取适度人工干预和保护措施，进行生境改善和生物群落恢复，恢复河流地貌特征、水文条件和生物群落，特别是保护濒危物种。

4.2 区域统筹，整体恢复

以恢复自然状态为目标，根据流域或区域特点，分类型、分区域、分河段进行工程布局设计，提高生态系统价值和生物多样性。

4.3 全面考虑，目标导向

全面考虑水文、地貌、污染、水质、空间格局和功能需求等多要素，基于全面调查和问题识别，平衡生态修复与经济社会发展，确立可达性目标。

4.4 系统治理，长效机制

在系统治理思维的基础上确立技术路线，在河道治理规划和建设过程中考虑后期管理运营的便利性和生态产品价值实现途径，建立管护、运营及治理的长效机制。

5 模式选择

5.1 根据河道生态地位、生境受损程度、生态胁迫因子、生态保护修复目标等，按表 1 分类采取保护保育、自然恢复、辅助再生或生态重建为主的保护修复治理技术模式。

表 1 修复治理技术模式与举措

序号	特征分类	技术模式	举措
1	与饮用水水源地相连、珍稀濒危物种赖以生存的栖息环境	保护保育	建设河道生态缓冲带、生态流量保障、生境自净能力提升
2	水质不能稳定达到地表水环境质量标准Ⅲ类，物理生境轻度受损，但恢复力较强	自然恢复	生态胁迫因子消除、破损生境修复、生境自净能力提升、空间管控加强、禁止捕捞和围网养殖
3	水质为地表水环境质量标准Ⅳ-Ⅴ类，污染较严重、物理生境中度受损、生物多样性明显下降	辅助再生	控制点、面源污染，地貌形态多样性修复，提升生境自净能力，生态流量保障、调控水动力等中小强度的人工辅助措施
4	水质为地表水环境质量标准Ⅴ类及以下，污染严重、物理生境严重受损、生物多样性基本丧失	生态重建	开展污染防治、提升生境自净能力、开展以生态重建为重点的工程和生物治理措施

- 5.2 当城镇河网与水功能区水质保护目标偏差较大时，应考虑截污纳管和污水处理厂扩容升级。
- 5.3 当城镇河网水质不稳定、易反弹时，应考虑城市面源污染治理和采用水体自净能力提升措施。
- 5.4 当乡村河网与水功能区水质保护目标偏差较大时，应重点考虑农田退水和农村生活污染治理。

6 修复调查与问题诊断

6.1 河道调查

河道调查包括但不限于目标流域水质与污染源调查、基底调查、生物调查、地貌和水工程调查、水文和水资源调查等内容。

6.1.1 水质与污染源调查

水质与污染源调查包括但不限于河道水质状况、面源污染及潜在污染状况、入河排污口情况、主要污染物特征等内容，进行污染负荷分析计算，应符合GB 3838、HJ 494和SL 662的有关规定。

6.1.2 基底调查

基底调查包括但不限于底质类型和理化性质等内容，调查频次及点位应与水文、水质调查一致，并应符合HJ 494、SL 219的有关规定。

6.1.3 生物调查

生物调查包括但不限于水生及河岸带生物分布、重要生物生存现状、栖息地分布、外来物种情况、水生生物保护措施等内容，应符合GB/T 43476的有关规定。

6.1.4 地貌与水工程调查

地貌与水工程调查包括但不限于地貌单元、河床形态、堤岸形态特征及水工程建设情况等内容，应符合GB 50707、SL 383和SL 257的有关规定。

6.1.5 水文与水资源调查

水文与水资源调查包括但不限于水系特征、气候要素、水文信息采集分析、泥沙测验和计算、水资源状况调查等内容，应符合SL 196的有关规定。

6.2 问题诊断

根据河道调查结果，综合评估河道整体健康状况，判定导致水质下降、生境受损、生态功能退化的污染源、关键因素、生态胁迫因子，作为河流生态系统保护修复治理的依据。

7 总体思路

坚持以污染源头管控，自然恢复为主、人工修复为辅的系统治理，建立河流水环境治理与关联产业“治理-反哺-提升”螺旋式双向增值反哺的长效机制。技术路线见图1

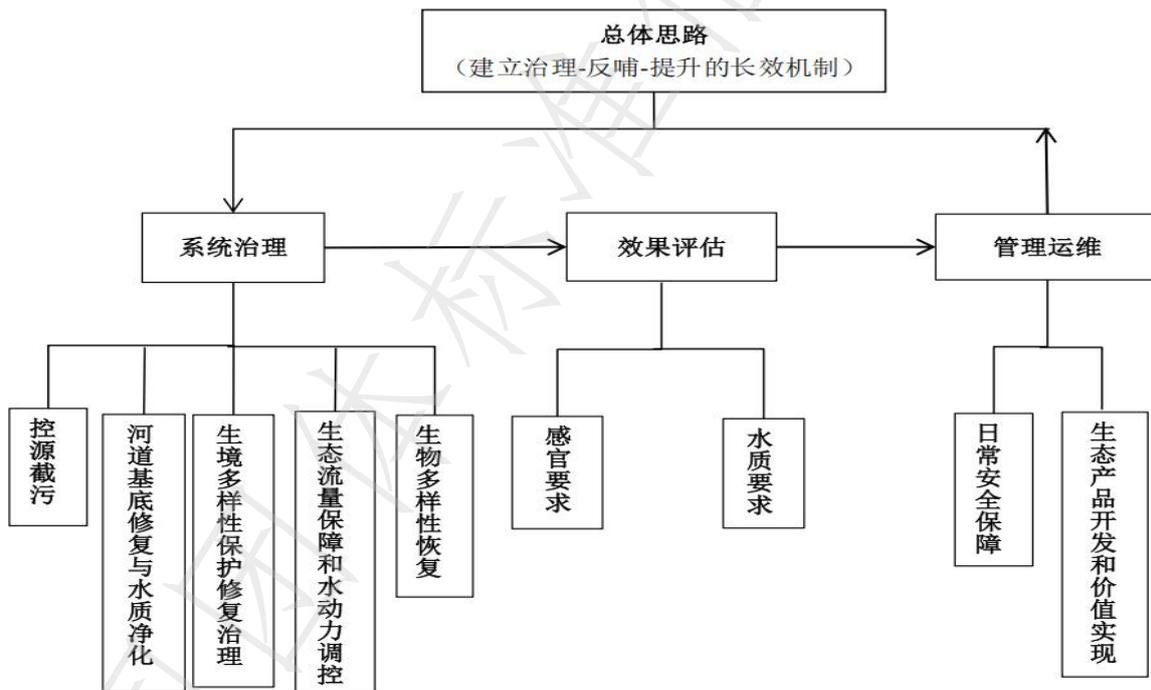


图1 河流生态修复治理技术路线图

8 系统治理

8.1 控源截污

8.1.1 生活污水

8.1.1.1 城市宜完善污水收集与管网建设，将污水收集集中处理，集中式大型污水处理厂建设应符合

合建标 198 规定的要求，处理规模低于 1 万 m³/d 的小城镇污水处理厂建设应符合建标 148 的规定。

8.1.1.2 城市污水处理厂，可采用人工湿地、生态塘等低能耗深度处理技术提升水质，提高中水回用的资源化利用率，中水回用应符合 GB/T 18920 的规定。

8.1.1.3 城镇周边和邻近城镇污水管网的村庄，应将农村生活污水接入城镇污水管网。

8.1.1.4 不具备接管条件、居住相对集中的村庄，应因地制宜采用相对集中或集中式处理的模式。农村生活污水处理设施应符合 GB/T 51347 的规定。

8.1.1.5 居住相对分散或管网建设难度较大的村庄，采用人工湿地、生态塘等生态治理技术或其他分散处理的模式处理。

8.1.1.6 人工湿地设计按照 HJ 2005 及生态环境部颁布的《人工湿地水质净化技术指南》执行；生态塘等生态处理设施设计按照 CJJ/T 54 执行；基底修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.1.1.7 农村生活污水处理后排放水质应符合 GB/T 37071 中第 8 章的规定。

8.1.1.8 农村生活污水资源化利用时，应符合国家、行业和地方标准的规定。如进入农田灌溉渠道，应符合 GB 5084 的规定。

8.1.2 畜禽养殖污染

8.1.2.1 畜禽养殖应根据周边农业种植对粪污的消纳能力确定养殖规模，采用种养结合的发展模式，产生的粪污无害化后资源化利用，畜禽粪污无害化处理应符合 GB/T 36195 的规定；无害化处理后生产有机肥应符合 NY/T 525 的规定，无害化处理后直接还田利用应符合 GB/T 25246 的规定。

8.1.2.2 土地消纳能力不足的地区，应建立收集运输体系和区域处理中心，做成有机肥销售或能源化利用，能源化利用方式包括生产沼气或提纯生物天然气等。

8.1.2.3 畜禽养殖场应建设与养殖规模匹配的粪污处理与资源化利用设施，并按照有关规定及时收集、储存、清运、利用或综合处理，确保正常运行。

8.1.2.4 畜禽养殖污染治理工程设计参照 HJ 497 的规定执行，养殖废水处理后排入地表水体的，要达到规定的国家、行业、地方排放标准。配套人工湿地、生态塘等生态技术时，人工湿地设计按照 HJ 2005 及生态环境部颁布的《人工湿地水质净化技术指南》执行；生态塘设计按照 CJJ/T 54 执行；基底修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.1.3 水产养殖污染

8.1.3.1 鼓励构建循环水养殖，稻渔、鱼菜共生种养等生态养殖模式。

8.1.3.2 应选择科学的投喂方式降低残饵量，设置粪污、残饵、垃圾等废弃物收集和处置装置。

8.1.3.3 水产养殖尾水排放水质应符合相关排放标准要求，处理后循环利用应符合 GB 11607 的要求。

8.1.3.4 水产养殖应实施养殖鱼塘改进作业，提高底泥自我净化能力和岸坡的截污消纳能力，完善循环水和进、排水处理设施。尾水采用生态沟渠、生态塘、人工湿地等生态处理技术时，人工湿地设计按照 HJ 2005 及生态环境部颁布的《人工湿地水质净化技术指南》执行，生态沟渠、生态塘设计按照 CJJ/T 54 执行，基底修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.1.4 垃圾清理

8.1.4.1 包括河道沿岸垃圾清理和水面漂浮垃圾的清理。河道沿岸垃圾、水面漂浮物应定期清理打捞。

8.1.4.2 生活有机易腐垃圾应优先资源化利用，农村无法就地资源化利用的垃圾可采用村收集、镇转运、县处理的治理模式。农村生活垃圾处理按 GB/T 37066 执行。

8.1.5 种植源污染

8.1.5.1 基于种养结合模式，构建源头减量增效—氮磷循环利用—水系廊道多级拦蓄—末端治理的流域面源生态治理技术体系。

8.1.5.2 农村种植应实施化肥、农药减量增效：

- a) 化肥减量可采取种养结合、测土配方施肥、调整化肥使用结构、改进施肥方式、有机肥替代部分化肥等方式；
- b) 农药减量可采取高效低毒低残留农药替代高毒高残留农药、大中型高效药械替代小型低效药械、精准科学施药和病虫害统防统治等方式。

8.1.5.3 农田排水可采用过程拦截和末端治理等组合技术处理模式。处理工程不应影响农田灌排。

8.1.5.4 过程拦截模式采用生态工程对农田排水的污染物进行吸附、沉淀、转化和吸收利用，包括生态田埂、生态拦截带、生态拦截沟渠等技术。

8.1.5.5 末端治理模式通过对农田排水收集后进行处理与利用，包括生态塘、人工湿地等技术。

8.1.5.6 采用生态田埂、生态拦截带、生态拦截沟渠的过程拦截及生态塘、人工湿地等末端治理技术时，基底修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行，人工湿地设计按照 HJ 2005 及生态环境部颁布的《人工湿地水质净化技术指南》执行，生态田埂、生态拦截带、生态拦截沟渠、生态塘设计按照 CJJ/T 54 执行。

8.1.5.7 农业生产废弃物秸秆应资源化利用，可采取肥料、饲料、燃料等资源化利用方式。

8.1.5.8 农业生产废弃物农膜应通过标准地膜应用、专业化回收、资源化利用等方式治理。

8.1.6 工业污染

8.1.6.1 工业企业宜集中入园入区，废水进入园区公共污水处理设施集中处理。

8.1.6.2 推动工业园区循环化改造，推进水循环利用、废弃物资源化利用。

8.1.6.3 工业废水排放应符合相关国家、行业、地方标准要求。

8.1.7 水上交通污染

8.1.7.1 加强河流船舶污染的治理，严格执行船舶生活垃圾、废水、油污的处置、排放管理要求，安放油水分离器和污水处理设备。

8.1.7.2 鼓励使用电动等清洁能源动力船，减少燃油污染。

8.1.8 排污口管理

8.1.8.1 应对入河排污口开展排查、监测、溯源等调查工作，分级分类推进入河排污口管理。

8.1.8.2 入河排污口应采取雨污分流改造方案，污水排入市政污水管网，由污水处理厂达标处理。

8.1.8.3 污水处理厂尾水入河排口，应结合河流水功能区水质保护目标，合理确定尾水排放标准，

不满足排放标准时，可在入河前采用湿地调控净化等措施处理，具体按照本规范 8.2.3 湿地调控的有关要求执行。

8.1.9 生态护岸拦截

8.1.9.1 生态护岸主要用于拦截、消纳初期雨水地表径流造成的水体面源污染。

8.1.9.2 根据水体环境条件、岸坡基质，应采用自然岸带，尽量保留原有岸坡。植物群落修复采用自然恢复模式，或以自然恢复为主，自然恢复与人工修复相结合的系统治理模式恢复自然生态系统。

8.1.9.3 对崩岸、塌岸、淘刷严重的河流堤岸，应根据坡度、土质、冲刷程度、水体功能等，选择结构稳定、养护方便、耐久性好的植物护岸、天然材料加固植物护岸或人工材料加固植物护岸，避免单一护岸形式。植物应以本土植物为主，采用根系发达的本地土草本、灌木、小乔木。生态护岸的设计与建设应符合 GB 50286、GB 50707、JTS 154 的要求。有条件的地区可设置生态缓冲带，具体按照本规范 8.3.3 河道生态缓冲带的要求执行。

8.1.9.4 生态护岸基底修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.2 河道基底修复与水质净化

8.2.1 原位修复

8.2.1.1 污染底泥对水质及水生生物造成较大不利影响，或底泥板结时，应进行底质生境修复。底泥厚度不影响水体流动、通航、行洪、排涝或其他水体功能时，应对底泥采用原位修复治理。

8.2.1.2 底泥中存在重金属且含量超过 GB 15618 中农用地土壤污染风险管控值的，按 GB 15618 的规定执行。

8.2.1.3 底泥原位修复所使用的材料有害物质限量要求按 GB 38400 执行，所使用的微生物以本土有益微生物为主体，应根据底泥污染物种类、污染程度、底泥厚度、水力条件等情况，在试验基础上确定修复材料和修复深度，制定修复技术路线。

8.2.1.4 施工时确保原位修复材料均匀分布，避免局部材料过量或不足，影响修复效果。

8.2.1.5 应使用低扰动设备，控制施工扰动，减少污染物扩散，扰动较大时，应设置围堰。

8.2.1.6 底泥淤积影响水体通航、行洪等水体功能时，应先清淤处理，操作方法按照本规范 8.2.2 生态清淤的要求执行，清淤后再对剩余底泥原位修复处理。

8.2.2 生态清淤

8.2.2.1 对底泥淤积严重，影响水体流动、通航、行洪、排涝或其他水体功能的河道，先采用清淤处理。清淤前，依据水体大小、淤泥量等调查结果，确定底泥清淤范围、深度、方式、设备及施工期。底泥中存在重金属且含量超过 GB 15618 中农用地土壤污染风险管控值的，按 GB 15618 的规定执行。

8.2.2.2 清淤疏浚应采取防污染扩散的保护措施，不对地下水、饮用水源地、自然保护区等敏感水域的水体环境产生影响。

8.2.2.3 清淤底泥经无害化处理后，根据底泥成分及利用条件可以就近用于岸坡修复。需要外运的，根据场地条件及处置要求，选择自然干化法、土工管袋法、真空预压法、机械脱水法等底泥脱水固

化工艺。底泥脱水产生的余水排入环境中，其水质应符合当地环境管理要求，避免造成二次污染。

8.2.2.4 经无害化处理后，清淤底泥根据底泥成分及利用条件，可用于农田改良、园林绿化种植土、有机肥、河湖缓冲带修复及湿地建设、制作陶粒和水泥等资源化利用。

8.2.2.5 清淤完成后，应对剩余底泥修复改良，操作方法按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.2.2.6 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。

8.2.2.7 清淤疏浚有关技术要求按照 SL 17 的相关规定执行。

8.2.3 湿地调控

8.2.3.1 进行河道基底修复后，水质仍达不到治理目标的可采用湿地调控净化技术，湿地由基质和生长在其上的水生植物组成，人工湿地利用湿地中填料、水生植物和微生物之间的相互作用，通过系列物理、化学及生物过程实现对污水的净化。人工湿地设计按照 HJ 2005、生态环境部颁布的《人工湿地水质净化技术指南》执行；湿地基底基质修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.2.3.2 湿地选址及布置要求应充分结合河流水文、地质条件，选择面积适宜、对河道流态影响较小的区域布置湿地设施，避免因选址不当导致的湿地裂损、倒灌、排水不畅等问题。应选择便于施工、维护和管理的的位置布置设施。根据河流生态缓冲带的空间位置及结构形态，污染负荷削减需求等因素，选择适合的工艺组合。湿地出水水质原则上应达到受纳水体水功能区水质保护目标要求。

8.2.3.3 工程应符合排水通畅、能耗低、土方平衡的要求，水流采用重力流，必要时一次提升。针对支流河口、汉港或有污水厂尾水排放的区域，可优先选择对总氮、总磷等去除效果较好的潜流人工湿地或者生态滤池。

8.2.3.4 当人工湿地的进水负荷较高时，应结合海绵城市建设，尽量降低进水负荷。

8.3 生境多样性保护修复治理

8.3.1 平面形态

8.3.1.1 平面形态多样性保护修复应维持和修复堤线、岸线、深潭、浅滩、江心洲、跌水等自然形态。

8.3.1.2 应充分保护河道浅滩所具有的生境条件，当有利于形成稳定的河槽时，也可采取清淤疏浚措施改善浅滩环境，清淤方法按照本规范 8.2.2 生态清淤的要求执行。

8.3.1.3 河网平原区和滨海平原区的河段平面形态以直线型或微弯型河道为主，顺直型河段在分析浅滩演变规律的基础上，进行整治稳定现有河势，同时满足设计泄洪流量和航运相关要求。

8.3.1.4 山地丘陵区和山地区的河段平面形态的保护和修复，可通过设置人工堆石、构造物、深潭-浅滩序列等措施，恢复局部水流的蜿蜒特性；也可改变局部或整段河道的平面形状，进行大尺度修复。

8.3.1.5 因人类活动干扰引起平面形态变化的河道，采取复制法进行平面形态修复，并尽量修复成干扰前的河道蜿蜒模式。

8.3.1.6 基底基质修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.3.2 断面形态

8.3.2.1 横断面形态多样性修复采用复式断面及生态岸坡防护结构，维持和恢复主河槽、河漫滩、过渡带等自然特征。

8.3.2.2 横断面设计应先确定河流平面形态，再确定河道的宽深比。

8.3.2.3 复式断面设计应形成具有主河槽、河漫滩、过渡带等多种结构的横断面形态。

8.3.2.4 可结合河道纵向的基底特征，进行局部水下微地形的改造，设置局部砾石（抛石）河床、生态潜堤、人工鱼巢等落差减缓坡降，形成多样性的河床基底及流态，改善河道纵断面生境条件。

8.3.2.5 基底基质修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.3.3 河道生态缓冲带

8.3.3.1 根据河道功能、径流分布、流量、污染负荷、地形条件等确定生态缓冲带宽度，划定保护与修复范围。

8.3.3.2 尽量降低人为干扰的影响。农田、养殖塘等侵占岸线情况，应按确定的缓冲带范围有序退出。

8.3.3.3 从河流多年平均最低水位线至陆域范围逐步实施生态修复，主要包括：

a) 水位变幅区：河流最高、最低水位线之间区域，包括基底修复、水生植物群落修复、生境营造。应结合地形、水文条件等，遵循本地物种优先、保护当地特有生境、提高生物多样性等基本原则，注重植物的生态习性、空间配置和时间配置，重点种植常绿植物，提高滩地拦截净化功能，改善河岸景观。遵循自然演替规律，构建生物群落和生态系统结构的自然演替；

b) 陆域缓冲区：河流平均最高水位线以上陆域区域，包括基底修复、陆域植物群落修复与物种配置。

8.3.3.4 缓冲带功能强化措施，主要包括湿地、生态拦截沟、绿篱隔离带、下凹式绿地、生态塘及生物滞留带等措施或组合技术措施，达到拦截初期雨水及阻控面源污染物的功能，提高缓冲带水质净化效果。

8.3.3.5 生境匹配性配置根据河道水文特点、岸坡防护材料与型构、土质等因素，修复和维持岸坡生态系统的稳定性。

8.3.3.6 河道生态缓冲带生态修复工程技术选择和实施，应符合生态环境部颁布的《河湖生态缓冲带保护修复技术指南》的相关要求。人工湿地设计按照 HJ 2005 及生态环境部颁布的《人工湿地水质净化技术指南》执行，生态拦截沟、生态塘等生态处理设施设计按照 CJJ/T 54 执行，基底基质修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.3.4 河岸生态系统

8.3.4.1 河岸生态系统保护修复包括河岸带生境、生物恢复与重建，生态系统结构与功能恢复。

8.3.4.2 河岸修复应分析其结构整体及局部稳定性，计算坡脚淘刷深度及范围，符合 GB 50286 的相关要求。

8.3.4.3 发挥岸坡植被的生态功能和效应，并考虑植被地下部分生长对结构稳定性的影响以及地上

部分的阻水效应。必要时进行植被根系生长、岸坡土体强度增强效果、植被糙率试验测试。

8.3.4.4 硬质化河岸的生态化改造，采用增加植生层、坡面粗糙化处理与挂筋植被等生态技术。

8.3.4.5 河道护岸断面型式顺应河岸自然断面形态，不改变原有岸坡形态，优先选择斜坡式断面型式。

8.3.4.6 河岸治理修复材料应选择既能稳定岸坡，又有利于水体交换和岸坡生物多样性恢复的材料，优先选用具有多孔、透水、透气等生态特性的天然或人工材料。河岸基底基质修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.3.5 河道微生境改善

8.3.5.1 河道平面及断面确定后，在不影响断面过流的前提下，构建急流、缓流等水流条件，形成浅滩、深潭等多样化的生境条件。

8.3.5.2 微生境改善包括空间功能分区，产卵场、索饵场、越冬场（三场）、洄游通道、替代生境以及其他措施（如增殖放流）。

8.3.5.3 河道三场保护和恢复时应同时注重不同水生区域地形地貌、水深梯度、水生植物条件、物种生态学特征和生活习性、生境需求、人类活动等。

8.3.5.4 可通过支流生境替代干流生境，补偿性保护干流开发中受到影响的生物，达到干支流之间的平衡发展与保护。

8.3.5.5 深潭和浅滩成对设计，可结合设置导流装置、生态潜坝、河床抛石、人工鱼巢等。每个河湾段或者 1 km 以内的河道直线段配置一对，每对可按河宽的 3 倍~10 倍距离来交替布置。

8.3.5.6 河道基底基质修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.4 生态流量保障和水动力调控

8.4.1 生态流量保障

8.4.1.1 生态流量的确定应满足河流生态保护对象用水需求。河流生态保护对象包括但不限于：

- a) 基本生态保护对象：河流基本形态、基本栖息地、基本自净能力；
- b) 特殊生态保护对象：保护要求明确的重要生态敏感区、水生生物多样性、输沙、河口压咸。

8.4.1.2 应结合水环境及水生态变化趋势分析，筛选环境保护目标，明确生态流量控制断面，界定对水生态健康恢复产生重要影响的流量、水质、水体透明度等环境要素取值适宜区间，并以此作为生态补水的控制条件。

8.4.1.3 河道生态流量的核算方法包括水力学方法、水文学方法、栖息地模拟法、整体分析法等，应符合 SL 709、SL/T 712 的要求。

8.4.1.4 需建设闸坝工程保障河道生态流量，应符合以下要求：

- a) 综合考虑生态环境保护、防洪除涝需要、经济社会发展现状趋势、工程技术经济性等因素确定生态流量保障措施；
- b) 核算生态流量，确定调度模式、运行方式、闸坝下泄水量、下泄时间和下泄历时；
- c) 具备维持水系连通、改善水环境质量和提供鱼类洄游通道的功能。

8.4.2 水动力调控

8.4.2.1 以下区域可考虑实施生态调水：

- a) 城镇建成区公园水体等重要景观河道；
- b) 对水文化保护传承起着重要载体作用的河流；
- c) 对受污染影响较大、水动力不足、水质易反弹、水生植被难以恢复或重建后易退化的河道。

8.4.2.2 山地丘陵区、山地区和丘陵区的关键河段尤其是面临生态退化的敏感区或脆弱区河段，应考虑生态流量保障措施。

8.4.2.3 河网平原区和滨海平原区的主干河道及其重要支流或生态敏感区，在进行生态流量核算和生态敏感性分析与论证后，可优先实施生态调水。

8.4.2.4 应根据生态补水对象的水动力特征、水体自净能力及水功能区水质要求，综合考虑生态调水水源、水量、水质、时间、路径、工程投资等因素，制定生态调水方案。河网平原区和滨海平原区的生态调水应符合以下要求：

- a) 综合考虑地区用水需求，开展生态调水水源论证，并根据河网水动力、水环境现状及提升需求，充分利用现有的水闸、泵站、堰坝等水利工程施工；
- b) 在满足防洪排涝安全的前提下开展生态调水，充分调研平原区外排闸泵、内河节制闸分布情况，采用闸站群联合调度方式；
- c) 对于滨海平原区感潮河段，外排闸开启受下游潮位影响，充分考虑闸下潮位过程，明确水闸开启时间及时长。

8.4.2.5 结合水系汛期、非汛期水情特点和补水对象生态敏感期需求，合理确定水源水量、调水时段，制定闸站群调度运行规则，最大限度使得有限水源发挥最佳改善效果。利用现有水系河道及农田灌溉排水沟渠进行生态补水调度应满足以下要求：

- a) 在保证农田灌溉排水沟渠基本功能下，可将灌溉排水沟渠扩容改造为生态调度补水工程，并合理规划疏浚开挖、闸涵配套工程改扩建等工程内容；
- b) 新开挖生态调度补水工程，应根据补水规模和方式确定工程规模、建设方法，同时采取生态衬砌和生态修复措施，避免渠化硬化；
- c) 在末端采用生态塘、人工湿地等技术对补水进行水质提升，保障调水水质达到要求。

8.4.2.6 用于生态调水的现有水系河道、农田灌溉排水沟渠及末端生态塘、人工湿地的基底修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行，人工湿地设计按照 HJ 2005 及生态环境部颁布的《人工湿地水质净化技术指南》执行，生态沟渠、生态塘等生态处理设施设计按照 CJJ/T 54 执行。

8.4.3 非常规补水

8.4.3.1 生态流量不能保障的河流可采用非常规补水措施保障生态流量。

8.4.3.2 河网平原区和滨海平原区平原地区的非常规补水适用于城镇建成区生态基流不足、水位消长过快的河段以及重要景观河道。

8.4.3.3 水资源相对短缺、地势低平、水体流动性普遍不足的平原地区，应将非常规水纳入城乡给排水规划，河网生态补水和水动力调控进行统一配置。

8.4.3.4 丘陵山地区和丘陵区非常规补水适用于城镇段河流河漫滩、河口湿地等一般滨水生态空间或生态缓冲带。

8.4.3.5 根据生态流量的需求确定补水量，生态流量的核算方法包括水力学方法、水文学方法、栖息地模拟法、整体分析法等，应符合 SL 709、SL/T 712 的要求

8.4.3.6 利用中水（污水处理厂尾水或其再生水）导流补水的中水水质应结合受纳水体水功能区水质保护目标，合理确定补水水质标准，不应影响受纳水体水功能区水质环境保护目标要求。

8.4.3.7 不能满足受纳水体水功能区水质环境保护目标的非常规补水，用于非常规补水的现有水系河道、农田灌溉排水沟渠，受纳非常规补水的河道等应对基底进行修复改良，末端根据需要再采用生态塘、人工湿地等生态设施提升水质。人工湿地设计按照 HJ 2005、生态环境部颁布的《人工湿地水质净化技术指南》执行；生态沟渠、生态塘等生态处理设施设计按照 CJJ/T 54 执行；基底修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.4.4 水系连通

8.4.4.1 在河流生态流量得不到保障的情况下，水系连通适合水网密度较大，具备水系连通条件的滞流、缓流、季节性断流、干涸河流的水动力恢复。

8.4.4.2 水系连通措施类型主要包括连通、疏导、引排、调度。

8.4.4.3 应根据水系格局、地形地貌、水资源、水环境及水生态特点，统筹考虑水系连通需求与可能性，进行方案的经济技术比选，确定工程规模。

8.4.4.4 优先采取明渠连通水系，利用农田水利基础设施，通过建设物理连通设施和间歇性循环活水措施，打通水域、岸线和农田生态空间。

8.4.4.5 农业生产区应配套建设导流设施，形成局部内循环、多级梯度净化、水岸统筹的田沟湿塘河生态增效与保育体系。

8.4.4.6 城市河道的水系连通应纳入城市水系规划，水系规划及连通性建设应符合 GB 50513、GB 55027 的相关要求。

8.4.4.7 水系连通建设时，应对河道滨水区或生态缓冲带、农田生态沟渠、池塘坑塘、沼泽湿地等岸线进行修复治理，提高水体的自净能力。基底基质修复改良方法，按照本规范 8.2.1 原位修复的要求执行。

8.4.4.8 水系连通不应调水冲污，不应引水营造大水面、大景观，不应随意缩窄、截弯取直，改变水系自然形态。

8.5 生物多样性恢复

8.5.1 植物群落

8.5.1.1 植物群落恢复遵循生态系统自身的演替规律，采用自然恢复模式，或以自然恢复为主、自然恢复与人工修复相结合的系统治理模式，构建生物群落和生态系统结构，实现植被的自然演替。

8.5.1.2 以本土植物的保护和恢复为主，恢复构建本土植物种群，增加种群数量。

8.5.1.3 在满足生境条件适宜、生境修复后条件适宜、先锋植物恢复后生境条件适宜的情况下，可

进行植物群落恢复。

8.5.1.4 优先选择适合本地水文条件和土壤状况的较宽生态位的本土先锋植物，并以本土先锋植物为基础优化植物配置，提升生态系统功能。

8.5.1.5 应结合地形、水文条件等，在遵循本地物种优先、保护当地特有生境、提高生物多样性等基本原则的基础上，注重植物的生态习性、空间配置和时间配置，选择对氮、磷等污染物去除能力较强、用途广泛、经济价值较高、观赏性强的物种。

8.5.1.6 陆域缓冲区的植物群落修复应考虑常绿树种与落叶树种混交、深根系植物和浅根系植物搭配、乔灌木相结合等。植物搭配可采用乔木+灌木+草本、乔木+草本、灌木+草本配置方式。乔灌木植被区域一般分为邻水区、中间过渡区和近陆区。邻水区位于河流水陆交错区，以乔木林带为主，可保护堤岸、去除污染物并为野生动物提供栖息地，宽度一般不低于 5 m；中间过渡区以乔灌木树种为主，可减少河岸侵蚀、截留泥沙、吸收滞纳营养物质、增加野生动物栖息地，宽度一般不低于 15 m；近陆区位于外侧远离河岸的区域，主要以草类植物为主，可穿插配置灌木，用于阻滞地表径流中的颗粒物，吸收氮、磷，降解农药等污染物，宽度一般不低于 6m。

8.5.1.7 水位变幅区植物群落修复主要针对由于生产建设活动导致植物群落被破坏的河滩地。可重点种植常绿植物，提高滩地植物的拦截净化功能，改善河岸生态景观效果。应基于河滩地水流条件，确保植物群落修复后的稳定性。植被恢复范围为设计高、低水位之间的岸边水域，一般保证有 3m~5m 的宽度范围。

8.5.1.8 水生植被恢复种类主要包括水生维管束植物（沉水植物、浮叶植物、挺水植物）。河道有行洪排涝需求的，不应种植沉水植物、浮叶植物和大型木本植物。

8.5.1.9 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。

8.5.1.10 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。

8.5.1.11 水生植被恢复工程应不影响通航、行洪、排涝。

8.5.1.12 采取刈割、翻耕等综合治理措施治理外来有害植物，消除其危害、遏制其蔓延。外来入侵物种甄别见农业农村部、自然资源部、生态环境部等 6 部委颁布的《重点管理外来入侵物种名录》。

8.5.2 水生动物群落

8.5.2.1 采用自然恢复模式，或以自然恢复为主，自然恢复和人工修复相结合的模式，重点恢复水体中的本土鱼类、本土底栖动物等水生动物群落。

8.5.2.2 本着适度人工干预的原则，遵循从低等向高等的进化缩影修复原则，根据当地水生动物物种的配置结构，利用食物链关系所产生的生态学效应，设计水生动物的放养种类、数量、雌雄比、个体大小及食性、生活习性、放养季节、放养顺序等，使各种群生物量和生物密度达到营养水平。

8.5.2.3 沉水植物多样性恢复后，优先修复水生昆虫、螺类、贝类、杂食性虾类和小型杂食性蟹类，并开展水系水生动物物种调查。

8.5.2.4 投放的水生动物应以当地本土种类为主。不应投放入侵水生动物，发现入侵水生动物应采取人工、机械清除、引入本地捕食者等措施控制外来入侵动物。外来入侵物种甄别见农业农村部、自然资源部、生态环境部等6部委颁布的《重点管理外来入侵物种名录》。

8.5.2.5 通过人工繁殖技术，控制繁殖环境、提供适宜的营养和生长条件来增加本土鱼类和大型本土底栖动物的数量。

8.5.2.6 应保护本土鱼类及大型本土底栖动物栖息地的连通性和完整性，重点保护、修复关键幼种栖息地。

8.5.2.7 通过增殖放流提升本土鱼类和大型本土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，应评估生态调控效果。

8.5.2.8 建立专门的本土鱼类和大型本土底栖动物的保护基地或试验站，为本土鱼类和底栖动物提供安全的的栖息和繁殖环境。

8.5.2.9 本土鱼类及本土底栖动物恢复应在控制捕捞方式和强度基础上实施。

8.5.2.10 设立禁渔区、禁渔期，禁止使用禁用的工具和方法进行捕捞，以保护本土鱼类和本土底栖动物的生存和繁衍。

8.5.2.11 应控制草食性鱼类，避免其对水生植被牧食破坏，减少杂食性鱼类以避免其牧食导致沉积物再悬浮。

8.5.3 藻类调控

8.5.3.1 藻类调控可采取长效控制和应急控制。长效控制应通过控源截污、内源治理、生态系统调控等降低氮磷富营养因子负荷；当出现水华藻类明显聚集、散发异味等情形时，可采取拦截、打捞等应急控制措施进行水质改善，存在冲击性污染风险的区域，应采取控源截污措施。

8.5.3.2 根据生态风险评估结果进行生态系统调控。生态系统调控方式可依据水生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。生态系统调控应按以下原则进行：

a) 生态系统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；

b) 当蓝藻占优势时，可采用非经典生物操纵，投放一定比例的滤食性鱼类；

c) 对绿藻、硅藻等群体较小藻类占优势的河流，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；

d) 利用有益微生物以及各种滤食动物进行调控，可通过科学调控滤食性的鱼类鲢、鳙养殖密度，控制藻类生物量；

e) 根据藻类分布情况，在局部水体进行鱼类控，应采用围隔控制范围；

f) 在浅水水体中鲢、鳙与大型沉水植物共同作用，可提高藻类控制效果；

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

9 效果评估

9.1 治理目标

9.1.1 水质达到河流水功能区水质保护目标。

9.1.2 具备或提升生态产品开发价值。

9.2 评估程序

9.2.1 河流生态修复治理各项工程验收应符合相应的规范标准。

9.2.2 有关部门可委托第三方机构评估，评估机构需对治理前后的情况做摸底调查，跟踪各项治理措施实施进展情况，评估治理效果。

9.3 评估内容

9.3.1 感官要求见表 2:

表 2 感官要求评价内容

序号	类别	感官要求	感官评价
1	水资源	有河有水	1. 已批复生态流量保障目标的，按批复的保障目标的水量观测； 2. 未批复生态流量保障目标的，按照相关规范计算出的生态流量目标值观测。
2	水生态	有鱼有草	1. 河流自然岸线稳定；岸带植被全面恢复，岸带以本土植物群落为主体。 2. 水中有代表性的本土动物群落得到恢复，本土鱼类、本土大型底栖动物成为主体动物群落。
3	水环境	人水和谐	1. 没有污水直排入河，沿线、水面无垃圾，水质稳定达到或优于水功能区水质保护目标地表水环境质量标准； 2. 满足公众景观、休闲等基本亲水需求，实现生产、生活、生态的融合发展。

9.3.2 水质要求见表 3:

表 3 水质要求

项目	指标	备注
透明度, cm	≥ 25 (根据: 农村黑臭水体治理工作指南)	根据水质等级开发水生态产品, 形成河流治理与水关联产业“治理-反哺-提升”的长效机制。
其他水质指标	达到/优于水功能区水质保护目标地表水环境质量标准。	

注: (1) 水深不足 25cm 时, 按水深的 40% 取值;

(2) 每个水体的监测点不少于 3 个, 每 2 个月检测 1 次, 全年检测 6 次;

(3) 检测应选在无自然因素(如暴雨等)或水体周边农田耕作翻土等农事活动、工程施工等导致水质指标异常升高的时段。

10 管理运维

10.1 日常安全保障

10.1.1 建立河流风险源信息系统及水资源、水质、生物多样性、区块链溯源等动态监测体系，构建水质安全风险预警处置、追踪水资源使用和生态价值流转平台，纳入河湖长管理。为水质安全保障、水生态产品价值核算、认证及交易提供数据支撑。

10.1.2 建立生态修复治理全过程管理机制，根据生态监测和评估结果，调整工程的各项管理措施。

10.1.2 竣工验收后应建立日常运维制度，持续进行后期的管护、养护、保育等工作。

10.1.3 将运行维护期划分为工程养护期和运行维护期，工程养护期应不低于主要植物、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；运行维护期应减少养护措施，以生物自然恢复为主。

10.1.4 建立完善的管理机构，配备专职管理人员，建立稳定的资金投入机制，定期培训技术人员加强执法监督，提升综合管理能力。

10.1.5 制定汛期、极端气温、干旱时期、蓝藻暴发、突发水污染事故、外来物种入侵等特殊条件下的应急预案和应对措施，建立人员、物资储备机制和技术保障体系，提高应急能力建设。防汛、抗旱、藻类暴发等特殊时期或水体周围突发性污染事故等情况下，致使水质突然恶化，应及时处理。管理部门接到水体发生突发性水污染事件信息后，应及时确认，并依据水体及周围环境条件，就近设置处理设施，或采用污水处理移动车、移动式应急净化装置。

10.1.6 运维部门应急处理时，可采用以下单一或组合技术进行及时治理：

- a) 采用吸附、隔离、清理及打捞等物理法，必要时采用修筑围堰等工程措施，防止污染扩散；
- b) 依据水体污染物化学性质及水生态环境情况，采用专用混凝沉淀等技术应急处理，混凝沉淀处理剂有害物质限量要求按 GB 38400 执行。

10.2 生态产品价值实现

10.2.1 河流生态产品的开发要以水生态保护修复为基础，根据水质等级与水关联产业融合，充分发挥市场化机制，将优质水资源所创造的生态价值转化为货币价值，实现“绿水青山就是金山银山”的价值转化。

10.2.2 将河流治理与绿色产业发展相融合，在保护和改善水生态环境时，挖掘和提升优质水资源、健康水生态、宜居水环境、先进水文化的产品价值，带动生态旅游、生态农业、文化教育、森林康养、体育运动、休闲露营等产业发展。将美丽、幸福河湖建设所创造的生态价值转化为经济价值的同时，利用经济收益反哺美丽、幸福河湖保护与建设，打造水生态保护治理与关联产业“双向增值反哺”的生态产品，实现生态与经济的双赢。

10.2.3 采用 GEP（生态系统生产总值）核算体系，具体核算方法按照国家发改委、国家统计局颁布的《生态产品总值核算规范》执行，评估水生态系统在物质供给、调节服务、文化服务等方面的

货币价值。

10.2.4 要根据划定的水生态保护红线及政府产业规划，科学开发。水生态产品开发过程中要平衡水资源利用和生态保护的关系，避免过度开发。

10.2.5 推进成熟、先进的水环境治理技术在河流修复治理中的应用，维护河流优质水生态环境，创造河流水生态系统可交易的生态价值。

10.2.6 充分发挥市场机制，推进区域水权交易、取水权交易、灌溉用户水权交易、将节水指标纳入碳交易市场等多种用水权市场交易，促进水资源节约和水资源生态产品的价值实现。

10.2.7 通过突出优质水源地溯源，生态产品认证、标签等品牌化策略，提升产品附加值，将绿色农产品、健康食品、天然饮品等水关联物质产品的生态价值直接商品化。

10.2.8 依托优质水资源，深入挖掘河流文化内涵，开发河流水文化生态产品。将美丽、幸福河湖建设与生态农业、休闲、旅游等产业融合，培育田园综合体；驱动河流文化服务生态产品的品牌效应，吸引游客和人才集聚，促进文化服务产业发展和绿色高端产业集群。

10.2.9 开展水资源生态保护补偿。推动调水区和受水区之间、流域上下游间，按照协商原则，综合考虑水生态产品价值核算结果、水生态产品实物量及质量等因素，开展生态补偿，促进调节服务类生态产品的价值实现。

10.2.10 开展生态产品地质押融资。相关单位和个人依法开展用水权、水土保持生态产品和水域开发经营权等抵押、质押等绿色信贷业服务，积极开展“传统抵押+取水权增信”融资模式。

参考文献

- [1] 生态环境部、水利部、农业农村部. 2023. 农村黑臭水体治理工作指南
 - [2] T/CSES 79 受损湖泊生态修复技术导则
 - [3] 水利部河长办. 2023. 幸福河湖建设成效评估工作方案（试行）
 - [4] 生态环境部. 2022. 美丽河湖保护与建设参考指标（试行）
 - [5] 国家发改委、国家统计局. 2022. 生态产品总值核算规范（试行）
 - [6] 生态环境部. 2021. 人工湿地水质净化技术指南
 - [7] 生态环境部. 2021. 河湖生态缓冲带保护修复技术指南
 - [8] 农业农村部、自然资源部、生态环境部、住房和城乡建设部、海关总署、国家林草局. 2022. 重点管理外来入侵物种名录
-