

ICS 13.060.01

CCS Z00/09

CI

团体标准

T/CI 058-2023

复合型污染河道治理与修复技术指南

Technical guide for treatment and restoration of complex polluted river

2023-4-27 发布

2023-4-27 实施

中国国际科技促进会 发布

前 言

本文件按照GB/T1.1-2020《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。

本文件包含专利，具体事项由生态环境部南京环境科学研究所负责解释。

本文件由生态环境部南京环境科学研究所提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：生态环境部南京环境科学研究所、中交上海航道勘察设计研究院有限公司、上海勘测设计研究院有限公司、江苏科兴项目管理有限公司、常州市建筑科学研究院集团股份有限公司、江苏碧诺环保科技有限公司、河海大学、宁夏大学、扬州大学、南京信息工程大学、常州大学、东南大学。

本文件主要起草人：张毅敏、高月香、张志伟、赵东华、左倬、祝建中、孙宇、朱月明、陈婷、杨飞、孔明、张涛、高礼、陶红、张友利、沙迎春、蒋子厚、成立、于江华、吴耀、陈晨、崔勇涛、琚泽文、孟皖、宦洵、赵美雯、李想、孙丽伟、李颖、金燕、罗灿、焦伟轩、李茜、何俊、刘邓超、黄萧、李冬、侯露露、白王军、肖娴、吴月龙。

复合型污染河道治理与修复技术指南

1 适用范围

本文件提供了复合型污染河道治理与修复技术,主要包括总体要求、外源污染控制技术、河道底泥治理技术、水质提升技术、生态修复技术、运行管理方面的指导与建议。

本文件适用于复合型污染河道治理与修复,其他污染河道治理与修复可参考使用。

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 4284 农用污泥污染物控制标准

GB 8978 污水综合排放标准

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准

GB 18596 畜禽养殖业污染物排放标准

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准

GB/T 41474 设施管理运作与维护指南

GB 50014 室外排水设计标准

GB 50707 河道整治设计规范

GB/T 51347 农村生活污水处理工程技术标准

CJJ 68 城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程

CJ/T 441 户用生活污水处理装置

GJ/T 340 绿化种植土壤

HJ 493 水质 样品的保存和管理技术规定

HJ 494 水质 采样技术指导

HJ 2005 人工湿地污水处理工程技术规范

SC/T 9101 淡水池塘养殖水排放要求

SL 196 水文调查规范

SL/T 793 河湖健康评估技术导则

SL/T 800 河湖生态系统保护与修复工程技术导则

DB11/T 1300 湿地恢复与建设技术规程

DB11/T 1301 湿地监测技术规程

DB32/T 2518 农田径流氮磷生态拦截沟渠塘构建技术规范

DB32/T 3202 湖泊水生态监测规范

DB32/T 3258 河湖生态疏浚工程施工技术规范

DB32/T 3674 生态河湖状况评价规范

DB32/T 4045 湖滨生态系统构建与稳定维持技术指南

DB32/T 4262 太湖流域稻麦轮作农田化肥增效及氮磷减排技术规范

DB41/T 2231 水利工程生态护坡技术规范

DB42/T 1355 边坡生态护坡技术规程

DB42/T 1417 生态浮岛（浮床）植物种植技术规程

海绵城市建设技术指南 住房和城乡建设部，建城函[2014]275号

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

复合型污染河道 complex pollution river

工业、农业、生活等多种来源的污染物汇入，相互作用后造成水体污染的河道。

3.2

外源污染 exogenous pollution

来源于河道外部的污染物，包括上游来水、地表径流、沿河排水、降水降尘等。

3.3

生态疏浚 ecological dredging

清除河底已污染的污泥，并控制施工过程中污染物扩散和对生态的影响，以削减河道内源污染负荷、并为水生生态系统的恢复创造条件为目的的施工方式。

3.4

生态补水 ecological water replenishment

通过引调水方式，补充河道水量，保障生态水位，提高水体流动性和水环境容量，改善水环境和维持生态系统平衡的调控方式。

3.5

仿生植物 bionic plant

以人工合成材料制作的表面可供微生物附着的类植物形态水处理材料。

4 总体要求

4.1 设计原则

- 4.1.1 安全合理原则。治理措施不影响河道原有的行洪、排涝、供水、航运等功能。
- 4.1.2 生态优先原则。最大限度上减少对生态环境的破坏和对土地资源的占用，采用生态方式削减、拦截河道水体污染物，维持河道生态位，恢复河道生态功能。
- 4.1.3 因地制宜原则。充分利用现状河道的形态、地形、水文等条件选择适宜的治理技术，植物物种的选择及配置宜以乡土种为主。
- 4.1.4 功能协调原则。河道治理需充分考虑河道的生态、环境、景观、娱乐、水利等功能，推进河道系统治理管理，水岸共治。
- 4.1.5 经济可行原则。统筹前期建设与后期管护，尽可能降低前期建设成本和后期的养护费，实现河道治理生态、环境效益与经济效益统一。
- 4.1.6 环境友好原则。河道治理中使用的材料、生物、工艺不产生二次污染，不产生有毒有害物质，对河道生态环境无破坏性。

4.2 设计目标

- 4.2.1 水质目标。改善河道水质，水质达到水功能区划或地方相关环境整治要求。
- 4.2.2 生态目标。满足河道的蓄水、行洪、航运、净化、景观等综合功能，稳定河岸带、提升生物多样性、恢复河道生态系统，实现“有河有水，有鱼有草，人水和谐”的生态目标。

5 外源污染控制技术

5.1 农村生活污水处理

- 5.1.1 靠近城（镇）区且满足城市（乡镇）污水收集管网接入要求的乡镇（中心村），污水宜优先纳入城（镇）区污水收集处理系统。污水应满足GB 8978排入污水收集管网的要求。
- 5.1.2 分散式农村生活污水处理技术可参照GB/T 51347和CJ/T 441中化粪池、厌氧生物膜池、生物接触氧化池、生物滤池、生物转盘、氧化沟、活性污泥法、人工湿地以及稳定塘等技术。

5.2 农业面源污染控制技术

5.2.1 种植业面源污染控制

5.2.1.1 施肥前应注意天气，避免大雨前施肥。宜采用新型缓控释肥替代传统化肥，提高肥料利用率并减少追肥次数。

5.2.1.2 利用塘浜构建汇水调蓄系统，对农田施肥后的排水进行蓄集净化后优先用于农业灌溉，可参照DB32/T 4262执行。

5.2.1.3 如需排水的，宜在排水沟渠内间隔种植氮磷高效吸收的水生植物或建设生态拦截沟渠，生态拦截沟渠按DB32/T 2518建设。

5.2.2 畜禽养殖污染控制

5.2.2.1 畜禽养殖场、养殖区应符合畜牧业发展规划要求，执行畜禽养殖禁止养殖区、限制养殖区和适宜养殖区相关规定。

5.2.2.2 畜禽废水进行固液分离预处理，宜采用脱氮除磷效率高的“厌氧+兼氧”生物处理工艺，并进行杀菌消毒处理，满足GB 18596要求后排放。废水宜回用于园林绿化和周边农田灌溉。

5.2.3 水产养殖污染控制

5.2.3.1 水产养殖区可采用稻渔综合种养、池塘绿色生态循环养殖等生态养殖模式，可参照SC/T 9101执行。

5.2.3.2 宜采取进排水改造、生物净化、人工湿地等措施开展集中连片池塘水产养殖区域和工厂化水产养殖尾水处理，实现养殖尾水资源化利用或达标排放。

5.2.3.3 养殖场所清塘、清淤，做好相应的污染防治措施，防止污染周边环境。

5.3 地表径流污染拦截

5.3.1 宜通过修建多孔性沥青路面、透水砖、植草沟等措施控制径流污染。

5.3.2 多孔性沥青路面适用于路面、桥面等，空隙率宜为15%~20%，雨水、路表水由表层进入基层（或垫层）后排入邻近排水设施或渗入路基。

5.3.3 透水砖适用于街区人行步道、广场，包括聚合物纤维混凝土透水砖、混凝土透水砖、生态砂基透水砖等。

5.3.4 植草沟适用于道路、广场、停车场等不透路面的周边。包括转输型植草沟、渗透型干式植草沟及常有水的湿式植草沟。

5.4 排口治理

5.4.1 雨水、污水排口治理技术

5.4.1.1 初期雨水可通过雨水排口截流后进入污水管网至污水处理厂集中处理；也可通过河道护坡植物、土壤和微生物系统滞留、渗滤、净化。

5.4.1.2 初期雨水截流处置措施包括截污装置、雨水塘、雨水湿地、渗透/生物滞蓄设施、过滤设施、植被设施及透水铺装等。选取“渗、滞、蓄、净、用、排”等多种措施组合，增强雨水就地消纳和滞蓄能力。设计参数可参照GB 50014、CJJ 68和建城函[2014]275号。

5.4.1.3 对于污水收集管网覆盖范围内的生活污水散排口，予以清理合并，规范接入管网。

5.4.1.4 工业及其他各类园区或各类开发区内企业现有入河排污口，宜清理合并，污水截污纳管至园区或开发区污水集中处理设施统一处理。对保留的入河排污口，宜进行监测和治理，加强监管。

5.4.2 雨污合流排口治理技术

5.4.2.1 有条件的区域，可增设截流井和截流管，通过重力流或提升泵将截流污水排至污水管网系统。

5.4.2.2 条件限制的区域，可在排口末端建设溢流堰（墙）、污水管，通过提升泵抽排至污水管网系统。

5.4.2.3 若无法排至污水管网系统，排入新建或附近污水处理设施，实现旱天污水不直排。

6 河道底泥治理技术

6.1 底泥原位处理技术

6.1.1 原位覆盖技术

通过在污染底泥上放置覆盖物，防止污染物向水体扩散。覆盖材料包括未污染的底泥、清洁砂子、砾石、钙质膨润土、灰渣、人工沸石、水泥和其它人工合成材料等。适用于水流速较缓的河道。

6.1.2 化学处理技术

针对重金属、有毒有害污染物污染的河道，通过投加不产生二次污染的化学试剂控制底泥污染，并可用于应急处理污染水体。

6.1.3 生物修复技术

通过采用微生物修复或动植物修复技术降解底泥污染物，改善河道水质。可结合原位覆盖和化学处理技术进行综合治理。

6.2 底泥生态疏浚技术

6.2.1 生态疏浚方式包括干法疏浚与带水疏浚。干法疏浚将拟疏浚区域中水排干，利用挖机等机具疏挖，或利用高压水枪冲刷泵送，适用于季节性河流和小型河流；带水疏浚利用挖泥船搭载不同的疏浚器械进行疏浚，适用于大中型河流，可参照 GB 50707 和 DB32/T 3258 执行。

6.2.2 生态疏浚设备可根据底泥密实度、疏挖难易程度、环境条件、工程特点等选择环保无扰动型设备，主要有一般绞吸式、多功能绞吸式、铲斗式、抓斗式、水力冲挖式等。

6.2.3 底泥清淤过程产生的垃圾以及无害化处理后产生的余土、余砂、余水的排放与利用，应符合国家和地方环境保护相关规定。达到危废类标准的底泥，交由具有相应许可资质的单位处置，可参照 GB 36600 执行。

6.3 底泥资源化利用技术

6.3.1 底泥固化技术

通过底泥浓缩减量、调理改性和压滤机深度脱水后形成含水率较小的硬塑状泥饼，静置稳定后资源化利用。在干化后的底泥中宜添加固化材料以提高凝结力，用于河道岸边堆高堤防，建设生态堤等。

6.3.2 底泥还林技术

将底泥和秸秆进行强化搅拌、快速堆肥制备绿化种植土，符合园林绿化种植标准 GJ/T 340 后，可用于河道周边绿化带、林带、生态廊道、绿地林地等建设。

6.3.3 底泥还田技术

非危废或未受工业污染的底泥经过稳定化和无害化处理，达到 GB 4284 农用标准和规定后，可将底泥以泥浆形式进入农田或底泥干化后回用于农田，也可制成有机肥以肥田或制成商品肥。

7 水质提升技术

7.1 原位水质提升技术

7.1.1 生态浮床技术

7.1.1.1 生态浮床/浮岛技术适用于生境条件差、沉水植物恢复困难的河道。

7.1.1.2 可布置在河岸两侧，与周边景观相协调，采用锚、桩或绳索固定时，连接绳索预留长度大于河口最大水位落差，应减少泄洪河道的水面侵占，不影响河道行洪排涝能力。

7.1.1.3 可由耐腐蚀性强、寿命长的浮床框架、种植介质、固定装置和水生植物组成，水生植物配制因地制宜，可参考DB42/T 1417附录。

7.1.1.4 常用技术有水面绿毯、拼接浮盆、浮动湿地等。

a) 水面绿毯可在流速流量较小的河口短期设置，植物配置以漂浮植物或低矮型挺水植物为主。

b) 拼接浮盆可在流速流量较小的河口短期设置，植物配置以挺水植物为主。

c) 浮动湿地可在水域面积、风浪和水文条件变化较大的河口半永久设置，植物配置以湿生草皮、低矮灌木、挺水植物为主。

7.1.2 仿生植物技术

7.1.2.1 受光照、水深等条件约束，不适宜植物生长的区域，宜设置仿生植物，通过附着微生物，加速污染物降解。

7.1.2.2 选择亲水性好、易于微生物附着、弹性恢复性能效果好、造价成本较低的材料。

7.1.2.3 根据水流动力学特征和规律，确定仿生植物布置结构、布置方式和设置量，避免材料缠结和露出水面。

7.1.3 曝气增氧技术

7.1.3.1 适用于断头河道、封闭水体或引排流速流量较小的水体。

7.1.3.2 根据环境特征、占地（水）面积、处理效率等方式综合考虑确定曝气增氧技术和曝气设备功率/风量。使用曝气增氧设备时，选择适宜时段和地点，避免扰民。

7.1.3.3 喷泉曝气适用于水上景观有较高要求的水体、封闭水体。采用水下设施向空中喷射水柱，水流与空气充分接触后复氧。

7.1.3.4 鼓风曝气适用于河道重度缺氧的黑臭水体，通过河道底部设置的水下穿孔曝气管或曝气头将空气释放到水体中。

7.1.3.5 跌水曝气适用于无通航要求、具备天然坡降或利用水泵提升形成落差和固定流向

的景观水体。通过低矮拦河构筑物抬高上游水位利用重力势能形成跌水，或结合绿地景观通过泵提旁路跌水，实现复氧。

7.2 旁路净化技术

7.2.1 旁路净化技术可采用旁路处理设备或支流湿地。

7.2.2 旁路处理设备可采用物理、化学、生物处理方法，放置于水体污染严重段，主要技术包括混凝沉淀技术、超磁分离技术、臭氧混合曝气技术、生物滤池、生物接触氧化法等。

7.2.3 支流丰富的河道构建引干流水入支流的回路，在支流中通过构建高效湿地系统，主要技术包括自然生态塘、人工湿地、氧化塘等。

7.3 水动力调控技术

7.3.1 生态补水技术

7.3.1.1 明确河道水位、需水量和补水流量，根据生态补水通道起止的高程确定生态补水的方式，可采用重力流引水、泵站提水等方式。

7.3.1.2 为减少生态补水渠道对于流经区域的扰动，对于流经的重要区域，宜采取顶管形式。

7.3.1.3 引水水源水质部分指标不达标或不稳定时，在引水流道出口设置水质净化装置。

7.3.2 活水技术

7.3.2.1 对于水体流动性较差、藻类密度较高、有机污染严重的封闭或半封闭水体，可采用推流和水动力循环技术。

7.3.2.2 推流技术可采用微氧推流机、潜水推流曝气机等提高水体流动性、改善水动力。

7.3.2.3 水动力循环技术将底层低溶解氧的水提升到表层，加快界面复氧速度，实现上下层水体的交换。

8 生态修复技术

8.1 边坡生态修复技术

8.1.1 边坡生态修复宜考虑岸线、岸坡、水体交换等条件，可参照 SL/T 800 执行。

8.1.2 边坡生态修复应保证边坡的稳定性、生态性、透水性，防止水土流失，拦截地表径流污染。

8.1.3 边坡生态修复技术可采用底泥构建生态边坡、仿植生混凝土护坡、人工种草护坡、液压喷播植草护坡、生态袋护坡等技术，可参照 DB41/T 2231 和 DB42/T 1355 执行。

8.2 水体生态修复技术

8.2.1 生境恢复技术

8.2.1.1 通过构建浅滩-深潭的河床结构和凹凸人工地形，恢复生态河床和生物栖息地。

8.2.1.2 在不影响过流断面的前提下，构建急流、缓流等多种水流条件的生境，为水生生物的生长繁殖提供必要条件。

8.2.1.3 对河道底泥进行修复，可参考第6节河道底泥治理技术。

8.2.2 水生植物恢复技术

8.2.2.1 生境改善后的河道可直接种植水生植物，水位过高或透明度不足的河道宜采用仿生植物或升降式水生植物恢复装置。

8.2.2.2 植物选择宜考虑根系较发达、固土性好、栽培成本低、抗病虫、维护简单、抗污染和净化能力强、有一定景观观赏性的植物，植物种类可参考附录。

8.2.2.3 植物的恢复宜考虑植物物种配置、种植方式和群落结构等，可参照DB32/T 4045执行。

8.2.3 水生动物恢复技术

8.2.3.1 水生动物恢复以螺、蚌、贝类等底栖动物为主，辅以浮游动物和游泳动物。

8.2.3.2 浮游动物包括枝角类、桡足类等，游泳动物包括鱼、虾等。

8.2.3.3 定期对游泳动物和底栖动物进行监控和捕捞，控制生物种群数量。

9 运行管理

9.1 监测监控

9.1.1 在复合型污染河道上下游及支流汇入口设置监测断面，定期进行采样、监测、分析和评估。采样可参照HJ 493、HJ 494执行，评估可参照SL/T 793和DB32/T 3674执行。

9.1.2 水质监测可参照HJ 2005执行，水文监测可参照SL 196、DB11/T 1301执行。底泥监测可参照GB 36600、GB 15618执行。生态监测可参照DB32/T 3202执行。

9.1.3 可在主要入河排污口、漂浮物聚集区、倾倒垃圾高发河段、码头等处设置监控点，同时结合河长制对河道进行定期巡查。

9.2 植物养护

9.2.1 植物种植或补种时间宜考虑植物的季相交替规律，保证种植初期植物成活率。

9.2.2 植物管理维护可参照HJ 2005、DB11/T 1300执行。

9.2.3 根据植物的生长情况，应及时收割杂草、缺苗补种、控制病虫害等，避免使用除草剂、

杀虫剂等，收割后的植物、杂草宜进行合理化处置。

9.3 设施维护

9.3.1 定期进行安全巡查，确保设施安全稳定可靠运行。

9.3.2 设施运行维护过程产生的废弃材料，宜妥善处理，避免二次污染。

9.3.3 定期对抽水泵站、闸门等设施进行检查维护，发现损坏及时维修或更换，确保设施稳定可靠运行，可参照 GB/T 41474 执行。

9.4 智能信息化管控

9.4.1 集成河道信息、河长信息、实时动态监测数据、实时监控视频等，形成完整的数据库并进行统计分析。

9.4.2 可综合运用智能感知、图像/视频处理、AI 计算、智能跟踪等多种技术，构建信息化管理系统并根据动态监控数据的分析结果进行预警预测。

9.5 宣传引导及公众监督

9.5.1 通过宣传栏、宣传册、音像视频、警示牌等方式进行宣传引导，提高公众对河道的保护意识。

9.5.2 通过设立群众热线、公众号、信箱、二维码、接访平台等方式进行公众监督。

附录

表 A 水生植物恢复技术植物选择

植物类型	植物名称	拉丁名
挺水植物	水葱	<i>Scirpus validus</i>
	水芹	<i>Oenanthe javanica</i>
	千屈菜	<i>Lythrum salicaria</i>
	黄菖蒲	<i>Iris pseudacorus</i>
	鸢尾	<i>Iris tectorum</i>
	泽泻	<i>Alisma plantago-aquatica</i>
	菰	<i>Zizania caduciflora</i>
	莲	<i>Nelumbo nucifera</i>
	菖蒲	<i>Acorus calamus</i>
	旱伞草	<i>Phyllostachys heteroclada</i>
	花叶芦竹	<i>Arundo donax</i>
	梭鱼草	<i>Pontederia cordata</i>
浮叶植物	荇菜	<i>Nymphoides peltatum</i>
	水鳖	<i>Hydrocharis dubia</i>
	睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i>
	菱	<i>Trapa bispinosa</i>
沉水植物	穗花狐尾藻	<i>Myriophyllum spicatum</i>
	苦草	<i>Vallisneria natans</i>
	马来眼子菜	<i>Potamogeton wrightii</i>
	微齿眼子菜	<i>Potamogeton maackianus</i>
	鳃齿眼子菜	<i>Potamogeton pectinatus</i>
	光叶眼子菜	<i>Potamogeton lucens</i>
	轮叶黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i>
	金鱼藻	<i>Ceratophyllum demersum</i>

	轮藻	<i>Charophyceae</i>
陆生植物	怪柳	<i>Tamarix chinensis</i>
	金叶榆	<i>Ulmus pumila</i>
	胡枝子	<i>Lespedeza bicolor</i>
	海棠	<i>Chaenomeles</i>
	金叶菟	<i>Caryopteris clandonensis</i>
	金银木	<i>Lonicera maackii</i>
	紫叶小檗	<i>Berberis thunbergii</i>
	红叶石楠	<i>Photinia fraseri</i>
	侧柏	<i>Platycladus orientalis</i>