

# 流域综合治理中清淤疏浚与水质改善的协同机制研究

梁晓霞 韩小龙

中国市政工程华北设计研究总院有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i11.17516

**[摘要]** 流域水生态环境问题,是生态安全与可持续发展的关键症结。清淤疏浚作为流域综合治理核心手段,与水质改善协同紧密。本文从流域生态系统整体性出发,剖析清淤疏浚改善水质原理,找出影响协同的关键因素,构建理论框架。梳理不同清淤技术应用特性,结合水质改善措施,探讨技术与管理创新路径。提出从技术、体制、公众参与三方面优化协同机制,为解决协同难题提供理论支撑,提升治理效果,推动水生态环境改善。

**[关键词]** 流域综合治理; 清淤疏浚; 水质改善; 生态修复

中图分类号: X524 文献标识码: A

## Research on the Synergistic Mechanism of Dredging and Water Quality Improvement in Watershed Comprehensive Management

Xiaoxia Liang Xiaolong Han

China Municipal Engineering North China Design and Research Institute Co., Ltd.

**[Abstract]** Water ecological environment issues in watersheds are critical challenges for ecological security and sustainable development. Dredging, as a core method of watershed comprehensive management, closely interacts with water quality improvement. From the perspective of watershed ecosystem integrity, this paper analyzes the principles by which dredging improves water quality, identifies key factors influencing synergy, and constructs a theoretical framework. It reviews the application characteristics of different dredging technologies, explores technological and management innovation pathways in conjunction with water quality improvement measures, and proposes optimization strategies for the synergistic mechanism from technical, institutional, and public participation perspectives. The study provides theoretical support for addressing synergy challenges, enhancing governance effectiveness, and promoting water ecological environment improvement.

**[Key words]** Watershed Comprehensive Management; Dredging; Water Quality Improvement; Ecological Restoration

### 引言

随着工业化、城市化加快,流域污染物累积使底泥污染加重,水体自净力下降,水质恶化。清淤疏浚能移除污染底泥、削减内源污染,是改善水质直接手段,但实践中存在清淤后水质反弹、生态受损等问题,凸显协同重要性。当前研究多关注单一技术效果,对协同机制探讨少,缺乏系统指导。本文立足整体观,研究协同规律,整合多维度要素,阐明机理、提出策略,为流域治理提供依据,提升水生态环境质量。

### 1 流域清淤疏浚与水质改善的理论基础

#### 1.1 清淤疏浚对水质改善的作用原理

清淤疏浚改善水质,核心在于有效控制流域内源污染,作用原理贯穿污染物迁移转化全链条。污染底泥是流域污染物的“汇”与“源”,静态时富集多种污染物,水文变化或水体扰动

时会重新释放,导致水质恶化。清淤疏浚用机械或生态手段移除表层污染底泥,削减污染物存量,降低内源释放风险。同时改善底泥环境,优化微生物群落,增强水体降解能力。此外,清淤后水体深度增加,水流交换能力提升,促进溶解氧补充,抑制厌氧微生物活动。不过,清淤时要控制扰动强度,避免二次污染,确保作用原理有效实现。

#### 1.2 影响协同效果的因素

清淤疏浚与水质改善协同效果受自然、技术、管理等多维度因素综合制约。自然方面,流域水文特征关键,降水强度、径流系数影响污染物迁移路径,水体温度、pH值改变污染物降解速率。技术上,清淤深度与范围决定内源污染削减程度,设备选型影响环境扰动与效率。管理中,污染溯源精准性影响清淤重点区域确定,忽视外源污染管控会使底泥再污染;清淤时机与后续生

态修复衔接度,影响协同效果持续性,缺乏系统管理易陷入恶性循环<sup>[1]</sup>。

### 1.3 协同机制的理论框架

清淤疏浚与水质改善协同机制理论框架以流域生态系统结构与功能协调为核心,构建“目标导向-过程联动-效果反馈”闭环体系。目标导向层明确“削减内源污染、提升水质指标、恢复生态功能”等核心目标,确保二者治理方向契合。过程联动层含技术、要素、时空三个维度联动,技术联动融合清淤与水质监测技术;要素联动叠加清淤对水质改善的直接与间接效应;时空联动合理规划清淤时序与范围。效果反馈层构建综合评价指标体系,将评价结果反哺至目标设定与过程调控,实现协同机制动态优化,保障治理长效性。

## 2 流域清淤疏浚技术与方法

### 2.1 常规清淤技术

常规清淤技术是流域治理中应用最为广泛的成熟技术,以机械清淤为核心,根据作业方式可分为干式清淤、半干式清淤与湿式清淤三类。干式清淤通过截流排水使底泥裸露,采用挖掘机、装载机等设备直接开挖,该技术的优势在于清淤彻底、污染物转移可控,适用于小面积、浅水域及底泥含水率较低的区域,如城市景观河道、小型湖泊。但干式清淤对水体生态系统扰动较大,排水过程可能影响水生生物生存,且受天气条件限制明显。半干式清淤结合了干式与湿式的特点,通过降低水位后使用高压水枪将底泥搅成泥浆,再利用泥浆泵抽排,相比干式清淤效率更高,适用于中等面积水域。湿式清淤无需排水,直接利用绞吸式挖泥船、抓斗式挖泥船等设备在水下作业,适用于大江大河、深水湖泊等大型水域,作业范围广、对周边环境影响较小,但清淤精度较低,易导致水体悬浮物浓度短期升高,且泥浆脱水处理成本较高。

### 2.2 生态清淤技术

生态清淤技术是基于生态保护理念发展的新型技术,核心特点是在清淤过程中最大限度减少对流域生态系统的破坏,实现污染治理与生态保护的协同。生物清淤技术是典型代表,通过投放底栖生物如蚌类、螺类及水生植物如芦苇、香蒲,利用生物的滤食、吸附及根系吸收作用,逐步降低底泥中污染物含量,该技术成本低、环境友好,适用于轻度污染水域的长期治理,但见效缓慢。生物扰动清淤则通过人工投放特定微生物制剂或利用生物扰动设备,改善底泥氧化还原环境,促进微生物对污染物的降解,增强底泥自净能力<sup>[2]</sup>。此外,环保型绞吸清淤技术在传统湿式清淤基础上进行优化,通过加装防扩散罩减少悬浮物扩散,配合高效泥浆脱水设备降低污染物二次污染风险,兼具清淤效率与生态保护优势,已在饮用水源地、生态敏感区等特殊区域得到广泛应用,有效平衡了污染治理与生态安全的需求。

### 2.3 新型清淤技术的发展趋势

随着流域治理需求的多元化与技术的快速发展,新型清淤技术呈现出智能化、精准化、绿色化的发展趋势。智能化清淤技术依托无人机遥感、水下机器人(ROV)及物联网技术,实现对

污染底泥的精准探测与定位,通过建立底泥污染三维模型,为清淤方案制定提供数据支撑,同时利用自动化控制系统优化清淤设备作业参数,提升清淤效率与精度。精准化清淤技术聚焦特定污染物的靶向治理,如针对重金属污染底泥,开发出化学淋洗-清淤一体化技术,通过投放环保淋洗剂增强重金属溶解性,再进行精准抽排,大幅提高污染物去除率;对于氮磷污染底泥,采用生物电化学系统辅助清淤,利用电极反应促进污染物转化与释放,提升清淤效果。绿色化趋势则体现在清淤废弃物资源化利用方面,将清淤底泥经无害化处理后制成生态建材、土壤改良剂等,实现“变废为宝”,同时开发低能耗、低污染的清淤设备,降低治理过程中的能源消耗与环境影响,推动清淤技术向可持续发展方向。

## 3 流域水质改善的措施与策略

### 3.1 源头控制措施

源头控制是流域水质改善的基础性措施,通过减少污染物进入水体的总量,从根本上降低水质改善压力,与清淤疏浚形成“内外兼治”的协同效应。工业污染源控制以产业结构优化与清洁生产为核心,严格执行污染物排放标准,推动高污染企业转型升级,推广循环经济模式,实现工业废水资源化利用,同时加强工业园区污水集中处理设施建设,确保废水达标排放。农业面源污染控制聚焦化肥农药减量、畜禽养殖污染治理与农田退水管控,推广测土配方施肥、生态种养模式,建设畜禽粪便资源化利用工程,在农田与水体之间构建生态缓冲带,拦截农田流失的氮磷营养盐。生活污染控制通过完善城镇污水收集管网,提高污水处理厂覆盖率与处理标准,推进雨污分流改造,减少合流制溢流污染,同时推广农村生活污水小型化、分散式处理技术,解决农村污染治理难题,构建全流域覆盖的源头污染防控体系。

### 3.2 生态修复措施

生态修复措施通过恢复流域生态系统的结构与功能,增强水体自净能力,为清淤疏浚后的水质稳定提供生态支撑,是二者协同的重要纽带。水生植被修复是核心手段,根据流域水体环境特征,合理配置沉水植物、浮水植物与挺水植物,如在湖泊浅水区种植苦草、黑藻等沉水植物,在岸边种植菹蒲、鸢尾等挺水植物,通过植物光合作用增加水体溶解氧,利用根系吸附污染物,同时为水生生物提供栖息环境。水生动物调控则通过投放适量的滤食性鱼类、底栖生物,优化水生生物群落结构,抑制藻类过度繁殖,促进水体物质循环。河道生态廊道建设通过修复河道岸线生态,拆除硬化护岸,采用生态格网、植被混凝土等生态护岸技术,增强河岸带的水土保持能力与污染物拦截功能<sup>[3]</sup>。另外,人工湿地、生态浮岛等工程技术的应用,可对流域内分散污水进行深度处理,进一步提升入河水质,形成“植被-动物-微生物”协同作用的生态修复体系。

### 3.3 强化水质改善的管理策略

强化水质改善的管理策略是保障清淤疏浚与水质改善协同效果的制度保障,通过构建系统化、精细化的管理体系,提升治理工作的科学性与实效性。建立流域统一的水资源环境管理体

制,打破行政区域界限,实行“流域统筹、区域负责”的管理模式,明确各地区、各部门的职责分工,避免多头管理、权责不清的问题。完善水质监测与预警体系,构建“地面监测站+浮标监测+卫星遥感”的立体监测网络,实时监测水质指标变化,建立污染风险预警模型,针对突发污染事件快速启动应急响应。推进水权与排污权交易制度,通过市场机制激励企业减少污染物排放,提高水资源利用效率。加强法律法规建设,完善流域水污染防治相关法规标准,加大环境执法力度,严厉打击偷排漏排等违法行为。同时,建立治理效果评估机制,定期对清淤疏浚与水质改善措施的实施效果进行综合评价,根据评估结果及时调整治理方案,确保管理策略的针对性与适应性。

#### 4 协同机制的优化与完善策略

##### 4.1 技术创新与集成

技术创新与集成是优化清淤疏浚与水质改善协同机制的核心动力,通过打破单一技术壁垒,构建“探测-清淤-修复-监测”一体化技术体系,提升协同治理效能。在污染探测环节,集成无人机航测、地球物理勘探与水质监测技术,实现对底泥污染范围、污染物种类及浓度的精准勘察,为清淤方案制定提供精准数据支撑。清淤与修复技术集成方面,发展“清淤-生态修复”一体化技术,如在清淤后及时布设生态浮岛、种植水生植物,避免底泥裸露造成的二次污染,加快水生态系统恢复;将化学钝化技术与清淤技术结合,对暂不具备清淤条件的区域投放环保钝化剂,抑制污染物释放,为后续清淤创造条件。监测技术集成则构建全流程监测体系,在清淤前、中、后分别开展底泥与水质监测,利用大数据与人工智能技术对监测数据进行分析,实现对协同效果的实时评估与技术参数的动态调整。

##### 4.2 管理体制与机制创新

管理体制与机制创新是完善协同机制的关键保障,通过构建高效协同的管理体系,破解传统管理模式的弊端,为技术应用与措施实施提供制度支撑。深化流域管理体制改革,建立跨区域、跨部门的协同治理领导小组,定期召开联席会议,协调解决治理过程中的重大问题,实现信息共享、资源统筹与行动协同。创新投入机制,构建“政府主导、社会参与”的多元化投融资模式,加大政府财政投入力度,设立流域治理专项基金,同时通过PPP模式、特许经营等方式引导社会资本参与,缓解治理资金压力<sup>[4]</sup>。建立市场化激励机制,完善生态补偿制度,对在流域治理中成效显著的地区、企业给予经济补偿或政策优惠,激发各主体

的治理积极性。推行“一河一策”的精细化管理机制,根据不同流域的污染特征、生态条件制定个性化的治理方案,提高管理的精准度。

##### 4.3 公众参与与监督

公众参与与监督是协同机制良性运行的重要支撑,通过激发社会各界的参与热情,构建“政府引导、公众参与、社会监督”的共治格局,提升流域治理的透明度与公信力。加强环境宣传教育,通过科普讲座、公益广告、新媒体平台等多种形式,普及流域污染治理知识,增强公众的生态环境保护意识,引导公众树立“绿水青山就是金山银山”的理念,主动参与到流域保护工作中。建立公众参与渠道,完善环境信息公开制度,及时向社会公开流域水质状况、清淤疏浚工程进展、治理成效等信息,保障公众的知情权与参与权;设立举报电话、网络举报平台等监督渠道,鼓励公众对污染行为、治理不力等问题进行举报,形成全民监督的良好氛围。推动环保社会组织发展,支持环保NGO开展流域调研、宣传教育、公众参与等活动,发挥其在政府与公众之间的桥梁纽带作用。开展公众参与实践活动,如组织“河道认领”“水质监测体验”等活动,让公众亲身参与流域治理,增强其责任感与归属感,形成推动协同治理的强大社会合力。

#### 5 结束语

流域清淤疏浚与水质改善协同治理是系统性工程,关乎水生态安全与社会可持续发展。本文深入探究二者协同机制,阐明清淤疏浚改善水质的作用原理,梳理关键问题,提出技术集成、体制创新与公众参与的优化策略。研究表明,构建“技术-管理-社会”多维协同体系才能实现长效目标。未来要加强跨学科研究,推动智能技术应用,完善法规政策,激发公众参与,改善流域生态环境。

#### [参考文献]

- [1]钟桂清.小型流域河道生态综合治理实践[J].河南水利与南水北调,2023,52(11):2-4.
- [2]车全国.生态清洁小流域综合治理助力乡村振兴思路与建议[J].山西水土保持科技,2025(1):39-42.
- [3]刘晔,张守红,李华林,等.中国生态清洁小流域综合治理研究进展[J].生态学报,2025,45(5):2042-2057.
- [4]夏美琼,陈燕香,凌敏,等.流域综合治理生态环境导向的开发模式探讨[J].环境生态学,2022,4(12):57-62.