

河道清淤工程中的环保施工技术应用

周东坡 王金伟

江苏省水利建设工程有限公司 江苏 扬州 225000

摘要：河道淤积引发水体黑臭、生态退化、行洪受阻等多重问题，传统清淤工艺易产生二次污染、资源浪费等弊端。本文对比传统清淤与环保清淤的差异，阐述环保清淤施工核心原则，系统梳理精准勘察、低扰动清淤、淤泥资源化处理等核心环保技术。同时剖析当前技术适配性不足、管控体系不完善、资源化利用率低等问题，针对性提出技术选型、智能赋能、全过程管控等优化对策，为河道生态治理工程提供技术参考。

关键词：河道清淤工程；环保施工技术；应用

引言：随着城市发展与生态治理推进，河道底泥淤积与水体污染问题日益突出，严重破坏水生态环境、影响人居质量与防洪安全。传统清淤仅侧重疏通河道，忽视生态保护，易造成污染物扩散与水土二次污染。为实现河道治理与生态保护协同发展，环保型清淤施工技术逐步替代传统工艺。基于此，本文结合河道污染特征与环保施工理念，探究各类环保清淤技术的应用要点，分析现存问题并制定优化方案，助力河道水环境长效治理。

1 河道清淤工程环保施工基础理论与核心原则

1.1 河道淤积与污染特征分析

(1) 河道底泥淤积成因主要包括自然沉积与人为输入。水流挟沙在流速减缓处长期落淤形成基础底泥；城市污水排放带入大量有机质与悬浮物；地表径流冲刷路面、农田及建设工地，携带泥沙与污染物入河；生活垃圾随意倾倒堆积，进一步加速底泥淤积。(2) 淤积污染物类型复杂，核心包括：重金属（铅、镉、汞等）难降解、易富集；有机污染物（多环芳烃、石油类）具毒性与持久性；氮磷营养盐蓄积于底泥，温度升高时释放形成内源污染；悬浮污染物降低水体透明度，影响光照与光合作用^[1]。(3) 污染危害表现突出：耗氧物质与厌氧分解产物导致水体黑臭、溶解氧锐减；底栖生物群落退化，水生生态结构破坏；有效过水断面缩减，行洪能力下降；恶臭扩散与景观恶化，直接危害沿岸居民身心健康与人居环境。

1.2 环保清淤与传统清淤的差异性

(1) 施工理念差异：传统清淤以行洪排涝为首要目标，疏浚完成即为工程终点；环保清淤则立足于水环境综合治理，将污染物清除、生态修复与河道功能恢复纳入统一目标体系，强调工程效益与环境效益的协同统一。(2) 施工工艺差异：传统清淤多采用抓斗式或普通绞吸式挖泥，设备定位粗放，铲斗扰动引发底泥扩散与

污染物再悬浮，造成施工期二次污染加剧。环保清淤则采用精确三维定位与低扰动专用装备（如环保绞吸头、密封螺旋输送等），通过控制切削厚度与吸入流速，实现污染物精准清除且最大限度降低底泥扩散。(3) 处置方式差异：传统清淤淤泥往往就近堆放或简易填埋，脱水率低，渗滤液与散落泥浆继续污染周边土壤与水系。环保清淤配套脱水固结、余水处理与稳定化等工艺，实现淤泥减量化与无害化，并进一步通过制砖、烧制陶粒、园林基质等方式达成资源化循环利用，形成全链条绿色处置闭环。

1.3 环保施工核心原则

(1) 源头防控原则：严控施工机械扰动强度和范围，从源头削减水体浑浊度、挥发性气体及固废渗滤液产生。(2) 生态优先原则：避开鱼类产卵期与水生植物生长旺季，设置生态隔离带，最大限度降低对河道生态系统的干扰。(3) 资源化利用原则：遵循减量化（脱水减容）、无害化（稳定化处理）、资源化（产品转化）递进路径，实现淤泥废弃物循环经济价值。(4) 全程管控原则：建立覆盖施工前期（方案环保评审）、施工中期（实时监测预警）与施工后期（效果评估验收）的全过程环境管理体系。

2 河道清淤工程核心环保施工技术应用

2.1 环保精准勘察与预处理技术

(1) 精细化勘察技术：综合运用水下声呐探测系统获取河道断面形态与底泥分布厚度，绘制高精度水下地形图；采用无人机航拍获取全域地形影像与岸线环境信息；实施分层淤泥采样，对不同深度底泥开展粒径分析、含水率测定及重金属、有机污染物、氮磷等全指标化验，为施工方案设计提供精准数据支撑。(2) 污染分区预处理：依据勘察检测结果将底泥划分为重度污染区（重金属及有机污染物严重超标）、中度污染区（部分

指标超标)和轻度污染区(接近背景值),分别制定针对性预处理方案:重度区优先彻底清除并配套固化稳定化处置,中度区实施常规清淤结合生物修复辅助,轻度区视情况保留或采用原位修复,避免过度清淤破坏天然底质生态功能^[2]。(3)施工围挡隔离技术:在清淤作业区上下游设置水体围隔与防扩散围挡,采用高强度防渗布帘配合浮筒锚固系统形成封闭施工水域;围挡底部延伸至河床以下一定深度并配重压实,有效阻断悬浮物与溶解态污染物横向扩散,防止施工扰动对非作业区水质造成影响,同时为后续清淤作业创造相对静水条件。

2.2 低扰动环保清淤核心技术

(1)绞吸式环保清淤技术:技术原理为通过环保型绞吸头配备导流罩与密封切削装置,将底泥分层切削后立即由泥浆泵吸入管道密闭输送至岸上处理区;施工优势在于连续作业效率高、封闭输送无泄漏、绞刀转速精确可控;适用水深较大、底泥较厚的中大型河道;操作中严格控制绞刀下切深度与横移速度,避免超挖破坏天然底质层。(2)泵吸式负压清淤技术:利用负压原理将表层浮泥与松散淤积物轻柔抽吸至收集装置,对底泥原状结构扰动极小,定位精度可达厘米级;该技术尤其适用于浅水区、水源保护区及生态敏感水域,可在不排水条件下完成精准清淤,有效维护水体生态系统稳定,施工中需根据泥层厚度动态调节吸泥口高度。(3)原位生物修复清淤技术:通过投加高效降解微生物菌剂促进底泥有机污染物和氮磷营养盐原位分解转化,同时配置水生植物(美人蕉、鸢尾等)吸收富集营养物质,形成微生物降解与植物净化协同的清淤路径;该技术适用于轻度污染河段的生态修复与长期维护,施工中需控制菌剂投加量与植物配置密度,确保生态平衡^[3]。

2.3 淤泥无害化与资源化处理技术

(1)淤泥固化稳定化技术:通过向淤泥中掺入水泥、石灰等化学固化剂或采用物理压密固化方式,使淤泥中的重金属离子发生吸附、络合或沉淀反应,有机污染物被包裹封存于固化体晶格结构中,实现有害物质稳定封存;固化后产物强度可达工程填筑要求,且浸出毒性满足环保标准。(2)淤泥脱水干化技术:机械脱水采用板框压滤或离心分离工艺,可将含水率降至50%—60%;自然干化利用阳光与风能蒸发水分,能耗低但周期长,适用于场地宽裕地区;低温干化技术通过热泵系统在40—80℃低温环境下蒸发水分,能耗较传统热干化降低30%以上,且有机物损失小,适应性最强。(3)淤泥资源化利用技术:依据泥质特性实施分类转化——塑性指数适宜的淤泥与辅料混合烧制制成多孔砖或陶粒,用

于建筑墙体与轻质骨料;经固化稳定后的渣土可直接用作路基回填材料;有机质含量丰富的淤泥经堆肥发酵后作为园林绿化覆土或矿山修复基质,实现“废弃物—资源”的绿色循环。

2.4 施工过程配套环保治理技术

(1)水体污染防控技术:在清淤作业区下游设置防污屏与沉淀池,拦截并沉降施工产生的悬浮物,控制悬浮物扩散范围在作业区20m以内;余水经混凝沉淀与过滤工艺处理达到排放标准后方可回流河道;同步布设水质在线监测终端,对pH、溶解氧、浊度、氨氮等关键指标实施实时监控,数据上传管理平台,发现异常立即启动应急响应,确保施工期水体安全^[4]。(2)大气污染防治技术:对淤泥装卸与输送环节采取湿法作业与密闭覆盖,抑制扬尘产生;淤泥堆场及干化车间产生的含硫恶臭气体采用生物滤池或活性炭吸附净化系统收集处理,净化效率达90%以上,达标后高空排放;施工现场设置围挡喷淋与雾炮降尘装置,确保厂界扬尘浓度符合《大气污染物综合排放标准》限值要求。(3)生态修复配套技术:清淤工程完成后,依据河道生态本底条件分层配置水生植物——沉水植物(苦草、黑藻)、挺水植物(芦苇、菖蒲)、浮叶植物(睡莲)构建多层次植被带;同步投放底栖动物(河蚌、螺类)和滤食性鱼类(鲢、鳙),逐步恢复水生生物群落结构,形成生产者—消费者—分解者完整食物链,构建稳定自净的河道生态系统,巩固清淤环保成果。

3 河道清淤工程环保施工技术应用问题与优化对策

3.1 环保施工技术应用现存问题

(1)技术应用适配性不足:当前环保清淤技术在选型过程中缺乏针对河道水深、流速、底泥厚度及污染特征的系统评估,部分工程盲目套用通用工艺,导致设备与工况不匹配;如大水深河道采用浅水型清淤装备,效率低下且清淤不彻底,而生态敏感区未优先选用低扰动工艺,造成不必要的生态干扰。(2)施工环保管控体系不完善:环保清淤全过程监管存在盲区,施工前期勘察数据精细度不足,中期缺乏动态污染预警机制,后期生态恢复效果缺乏量化评估标准;细节层面,防污屏维护不及时、尾水处理设施运行不稳定等常见问题缺乏严格管控,导致悬浮物局部超标排放。(3)淤泥资源化利用率偏低:多数工程仍以脱水填埋为主,固化稳定化工艺运行成本高且处理效率有限;资源化产品研发滞后,制砖、路基填料等传统渠道市场容量有限,高值化利用技术尚未规模化应用,大量处理后的淤泥仍面临去向困境。(4)施工成本与环保效益失衡:环保清淤设备采

购、药剂投加、尾水处理及环境监测等环节费用显著高于传统施工,部分工程受预算约束压缩环保投入,导致技术应用流于形式;环保效益缺乏直接经济回报机制,企业投资积极性不足,制约先进技术的规模化推广。

3.2 技术应用优化策略

(1) 差异化技术选型:建立“河道工况—技术参数”匹配数据库,依据前期勘察获取的水深、流速、底泥厚度、污染物类型与浓度、生态敏感等级等多维指标实施综合评判:水深大于3m、污染集中河段优先采用绞吸式环保清淤装备;浅水区及水源保护地选用泵吸式负压清淤;轻度污染且流速平缓河段可辅以原位生物修复,实现一河一策、精准匹配。(2) 技术集成优化:打破单一技术局限,构建“物理清淤精准移除—生物修复原位降解—无害化处理末端保障”的集成技术体系,使各环节功能互补、有序衔接。物理清淤完成后,对残留扰动区实施微生物菌剂补充投加,消除残余污染;底泥处理环节耦合固化稳定化与脱水干化工艺,确保出泥品质满足后续资源化要求,形成全链条综合治理合力^[5]。(3) 智能化技术赋能:部署基于物联网的在线水质监测终端,对施工区上下游的浊度、pH、溶解氧、氨氮等指标实施实时传输与超标预警;引入搭载自动调姿与三维深度传感系统的智能清淤装备,实现切削厚度厘米级精确控制,杜绝超挖破坏天然底质和漏挖遗留污染源;利用BIM技术构建施工模拟平台,优化设备行进路径与施工时序,从技术层面降低环境干扰概率。

3.3 施工管理与保障对策

(1) 健全全过程环保管控机制:构建“前期精细勘察与基线确定—中期实时监测与动态纠偏—后期效果评估与生态跟踪”的闭环监管体系。施工前完成环境本底调查并确定关键控制指标;施工中落实专职环保监理,每日核查围挡完整性、尾水达标率、扬尘控制效果等细节指标,发现偏差立即整改并记录在案;施工后开展不少于一个水文年的生态恢复跟踪监测,确保环保目标全周期可追溯、可验证。(2) 完善技术规范与标准:联

合行业主管部门加快制定涵盖清淤精度(如超挖厚度 $\leq 5\text{cm}$)、悬浮物扩散限值(SS 增量 $\leq 50\text{mg/L}$)、余水排放标准、固化体浸出毒性及资源化产品质量要求的统一技术标准体系,填补当前部分领域标准空白,为工程设计、施工验收与效果评估提供明确技术依据,减少因标准缺失导致的管控随意性。(3) 强化成本管控与政策扶持:通过优化设备调度方案降低燃油与电力单耗,推广低温干化等节能工艺压缩处理成本,规模化采购药剂与耗材摊薄单价;政府层面加大绿色清淤财政补贴力度,对采用环保技术的企业给予税收减免,将淤泥资源化产品纳入政府采购目录与绿色建材认证体系,以政策红利驱动环保技术市场化普及,逐步缩小与传统清淤的成本差距,推动生态效益与经济效益协同共赢。

结束语

综上所述,环保施工技术是河道清淤工程绿色化发展的核心支撑,可有效解决传统施工的生态短板,实现污染治理、河道疏通与资源循环的多重效益。当前行业仍存在技术适配不足、管控不健全、成本失衡等问题。未来需坚持生态优先原则,推行差异化技术选型、智能化施工管控与淤泥高值化利用,完善行业标准与政策保障,构建全链条环保施工体系,推动河道清淤工程向生态化、资源化、精细化高质量发展。

参考文献

- [1]丁睿,缪璐,林燕.城市骨干河道湿式清淤实践与探索——以南京市运粮河为例[J].江苏水利,2024,9(12):13-19.
- [2]袁志精,杨一艳.河道综合治理清淤与水生态保护和水质提升关系研究[J].中国资源综合利用,2024,42(08):112-114.
- [3]王浩宇.河道清淤工程生态环保施工工艺及污染防控策略[J].水土保持应用技术,2023,13(04):45-47.
- [4]徐晓敏,王俊广.城市河道清淤疏浚环境保护技术措施探索与实践[J].水利建设与管理,2021,41(03):51-53.
- [5]张志勇,严娟.城市河道淤泥固化技术试验研究[J].人民长江,2021,52(12):210-213.