

生态环保型河道清淤治理技术应用研究

曹 阳 王金伟

江苏省水利建设工程有限公司 江苏 扬州 225000

摘 要:河道底泥淤积会加剧内源污染积累,破坏水域生态平衡,传统清淤工艺存在明显的生态破坏性。本文梳理河道底泥淤积的形成机理与演变规律,分析常规清淤方式存在的各类生态缺陷,界定生态型清淤的治理内涵与适配逻辑。研究归类各类生态环保清淤技术的作用原理,探讨施工工艺的优化方式与底泥无害化、资源化处理路径,搭建差异化技术适配体系与全流程生态防控体系,完善清淤作业与生态修复融合的实施模式,可为河道生态治理工作提供理论与技术支撑。

关键词:河道清淤;生态环保;底泥治理;疏浚技术;生态修复

引言:水系生态稳定是区域水环境良性发展的重要基础,河道淤积问题会持续削弱水体自净能力,造成水质退化、生物生境破坏等系列水环境问题。传统清淤作业多以清除淤积泥沙为单一目标,施工扰动易损伤河道原生生态结构,引发二次污染等衍生问题。兼顾治理成效与生态保护的环保清淤模式,逐步成为河道水环境治理的主流方向。结合底泥演化特征与水生态适配规律,系统探究生态清淤技术原理、施工工艺与应用体系,能够有效提升河道淤积治理的科学化水平。

1 河道清淤治理与生态保护基础理论

1.1 河道底泥淤积形成机理与演化规律

河道水体流动过程中会携带流域内各类细小泥沙、胶体颗粒与有机碎屑。水流流速减弱后,悬浮物质丧失流动支撑条件,逐步沉降于河床表层。水体内部的胶体物质不断吸附水中杂质,形成密度更大的团聚颗粒,加快沉降进程。持续的物质沉积会在河床位置形成厚度不均的淤积层。外界水文条件出现变动时,表层淤积物质会发生轻微冲刷与二次堆积,重塑河床淤积形态。外源物质持续输入与内源物质不断沉积,推动淤积层持续增厚^[1]。河床淤积结构会随水动力条件变化呈现阶段性演变特征,不同沉积阶段的底泥密实度、颗粒组分存在明显差异。

1.2 传统河道清淤技术的生态缺陷分析

常规机械清淤作业会大范围搅动河床表层水体,破坏水体原有稳定分层结构。作业过程产生的水体扰动会扬起大量底层悬浮颗粒,改变水体通透条件。粗放式清淤作业会剥离河床表层功能性底泥,损毁底栖生物栖息载体。河床原有稳定泥层结构遭到破坏后,水体与底泥

的物质交换状态出现紊乱。部分清淤作业仅关注泥沙清除工作,忽视污染物质迁移带来的环境影响。作业流程缺少生态防护环节,作业区间水生生物生存环境遭受不可逆破坏。泥沙转运与堆放过程易引发水体二次污染,干扰河道原有生态结构稳定状态。

1.3 生态型河道清淤的核心治理理念

生态型河道清淤将生态稳定性纳入清淤治理的考量范畴,改变单纯以泥沙清除为目标的治理模式。治理开展过程兼顾河道行洪输水功能与水生态存续需求,控制作业扰动范围与作业强度。依托底泥淤积特性与水体环境状态,制定精细化、分层化的清淤作业标准。优先保留具备生态调节功能的表层底泥结构,仅清除污染富集与过度淤积的底泥层。重视底泥无害化处置与再生利用,弱化清淤作业对周边水环境的负面干预。以水生态系统长效稳定为治理导向,构建兼顾治理需求与生态存续的作业模式。

1.4 河道清淤与水生态系统协同适配原理

合理的清淤作业可以削减底泥内源污染负荷,减少污染物质向水体持续释放。适度清除过度淤积土层,恢复河道原有过水断面,优化水体流动状态。水体流动性能改善后,水体自净能力得到提升,抑制有害藻类异常增殖。精准的清淤作业可保留完整的河床生态基底,维系底栖生物、浮游生物的生存空间。水环境参数的良性转变,能够优化水生植物生长繁育条件,完善河道生物群落结构。科学管控清淤作业强度与范围,让人工治理行为适配水生态系统的自然演化节奏。

2 生态环保型河道清淤治理技术分类与技术原理

2.1 原位生态净化清淤技术原理

原位生态净化清淤依托河道原有水环境载体开展治理作业,无需大规模搬运底泥淤积物质。技术实施过程通过向河床淤积层布设功能性净化介质,激活水体与底泥内部固有净化体系。各类净化介质可以分解底泥中堆积的有机污染物,削弱污染物质持续释放的能力。作业模式以就地改良底泥属性为核心,调整河床淤积层的理化结构。浅层淤积区域可通过定点布设净化材料,逐步消解表层污染淤积体。水环境内部的污染富集状态得到改善,水体浑浊度与有害物质含量逐步回落。整套作业流程无需扰动大面积河床结构,最大程度保留河道原生生态基底^[2]。

2.2 环保型微创疏浚清淤技术原理

环保型微创疏浚摒弃传统粗放式挖掘作业模式,采用低扰动设备完成底泥清除工作。设备作业端精准对接污染淤积层,定点完成泥沙抽吸与剥离作业。作业过程控制水体扰动范围,减少底层泥沙悬浮扩散。设备运行参数可根据淤积厚度、泥沙质地灵活调整,实现分层精准清淤。针对浅层薄淤积区域采用低速精细化作业,规避深层健康底泥遭到破坏。针对局部厚淤积区域采取分段剥离方式,逐步削减淤积体量。精细化作业模式可以精准区分污染淤积与良性底泥,提升清淤作业的精准程度。

2.3 生物协同降解清淤技术原理

生物协同降解清淤依靠功能性微生物菌群与水生生物群落完成污染治理与淤积改良。人工培育的高效微生物菌群投放至河道水体与底泥表层,分解各类有机污染沉积物。微生物可以将复杂污染物转化为无害无机物质,降低底泥污染富集程度。适配河道水环境的水生植物可吸附水体与底泥中的富余营养盐,阻滞污染物累积。生物群落的代谢活动可以疏松密实淤积层,改善底泥孔隙结构。长期生物作用能够逐步优化底泥质地,抑制新生污染淤积堆积,持续优化河道水环境状态。

2.4 底泥钝化与生态稳定化处理技术原理

底泥钝化与生态稳定化处理通过专用钝化材料介入底泥内部,改变污染物质存在形态。钝化材料可与底泥中重金属、营养盐等污染物发生物理化学反应,固化游离态污染组分。处理后的污染物质丧失向水体迁移扩散的活性,降低内源污染释放风险。稳定化处理可以改善底泥松散结构,提升淤积层整体密实度。固化后的底泥结构更加稳定,减少水流冲刷引发的泥沙悬浮问题。处理后的河床基底能够适配水生生物生长环境,为河道生态群落恢复提供稳定的基底条件。

3 生态河道清淤治理关键工艺与技术改良

3.1 低扰动清淤施工工艺优化设计

低扰动清淤工艺围绕弱化施工干预、控制水域扰动开展优化设计。传统疏浚作业存在扰动范围广、泥沙扩散量大的问题,优化工艺通过调整设备作业方式,限定作业深度与作业幅度。根据河床淤积厚度划分分层施工区间,对表层污染淤泥与下层原状泥沙实施分层剥离。调整设备抽吸速率与作业行进速度,降低水流冲击对河床结构的搅动作用。针对狭窄河道、浅滩区域调整作业轨迹,减少设备涉水作业对水域空间的挤占。优化施工工序排布,划分独立作业区块,规避大范围连续施工引发的水体浑浊扩散^[3]。通过精细化参数调控与区块划分,压缩施工扰动范围,维持河道水体结构的稳定状态。

3.2 清淤过程水体生态保育工艺

清淤施工全程配套水体生态保育工艺,针对性防护水域生态环境。施工区域外围布设柔性隔离围挡,阻挡悬浮泥沙向外围洁净水域扩散,约束污染水体流动范围。作业期间布设水体净化辅助设施,持续消解施工产生的悬浮杂质与有机污染物。避开水生生物活跃繁育时段开展施工作业,降低人工干预对生物栖息活动的影响。对河道内原生水生植被、底栖生物集中区域划定保护区块,调整施工路线主动避让。通过物理阻隔、时段调控与区域管控的方式,弱化清淤施工对河道水生生态系统的破坏,维系水域生态结构的完整性。

3.3 清淤底泥无害化与资源化处理工艺

底泥无害化处理以分解、固化污染组分为核心,完善淤泥处置流程。清理后的污染底泥统一输送至专属处置区域,通过脱水、固化、钝化系列工序处理淤泥内部污染物质。物理脱水工艺缩减底泥含水率,提升淤泥密实度,削减污染物活跃迁移能力。化学钝化工艺处理残留重金属与营养盐物质,削弱污染组分释放能力。完成无害化处置的底泥可进入资源化利用环节,通过改性处理优化土体理化性能。改良后的底泥可作为生态覆土、路基填料、绿化基质等物料投入复用,实现淤泥废弃资源的再生利用,减少土方废弃堆放带来的环境负担。

3.4 清淤后河道生态基底修复配套工艺

清淤作业完成后依托专项配套工艺修复河道受损生态基底。平整扰动后的河床坡面,修整凹凸失衡的河床形态,搭建规整稳定的水域基底结构。针对清淤施工损耗的原生底泥层,铺设生态改良土层,重塑适宜生物栖息的河床环境。投放生态基质材料,优化水体与底泥的

物质交换条件,改善水域基础生境。根据河道水文特征适配栽植本土水生植被,完善河道植物群落结构。修复工艺聚焦河床基底重塑与生境重构,逐步恢复河道自然生态功能,夯实河道水生态系统长效运行的基础条件。

4 生态环保清淤技术的应用体系与实施路径

4.1 河道差异化清淤技术适配体系构建

河道水文条件、淤积状态与生态禀赋存在明显空间差异,单一清淤模式无法适配各类河道治理需求。差异化清淤技术体系依托河道淤积属性、水体污染程度与生态敏感程度搭建分级应用框架。针对轻度淤积、生态完好的自然河道,采用低强度微创清淤模式,仅清除表层污染淤积物质,保留原有河床生态基底。针对重度淤积、污染富集的城镇河道,搭配无害化清淤与基底改良组合技术,彻底消解内源污染隐患。针对生态敏感、水生生物密集的水域,优先采用原位净化技术替代传统疏浚作业,最大程度降低人工干预强度。针对行洪功能为主的通航河道,以规整河床形态为核心,搭配薄层精准清淤工艺,平衡输水功能与生态保护需求。分层分类的技术适配模式,能够让清淤工艺精准匹配不同河道的治理诉求^[4]。

4.2 清淤施工全过程生态防控体系搭建

生态防控体系覆盖清淤施工前期筹备、中期作业、后期处置的全部环节,构建全流程生态保护机制。前期针对施工水域开展生境摸排,划定生态保护范围与施工禁区,明确各类生态资源防护重点。结合水域环境特征制定施工管控标准,细化作业强度、作业范围与作业时段的管控要求。中期施工阶段落实水域隔离、泥沙管控、生物防护等多项防控手段,阻断施工扰动带来的生态负面影响。严格规范底泥转运、临时堆放流程,规避泥沙散落、污水渗漏引发的水域污染问题。后期针对施工扰动区域开展生态排查,及时处置施工遗留的环境隐患。全流程防控机制可以细化生态保护管控细节,填补传统清淤施工的生态防护空白,稳定河道水域生态基础状态。

4.3 河道清淤与生态修复一体化实施路径

河道治理摒弃单一清淤的作业模式,推进清淤治理与生态修复工序深度融合。清淤作业阶段同步预留生态修复施工条件,规整河床地形,清理污染淤积层,为后续生境重构提供优质基底。针对清淤后裸露的河床区域,同步开展基底改良、基质投放与植被栽植作业,快速重构水域生态结构。结合河道水文特性布设生态缓

冲带,优化水体净化与水土保持能力,完善河道生态圈层结构。依托底泥治理成果配套开展水体养护工作,逐步改善水体理化指标,激活水域自然净化能力。工序穿插衔接的实施模式,缩短河道生态恢复期,实现淤积治理、水质改善、生态重构的递进式推进,提升河道综合治理的完整度。

4.4 生态清淤技术常态化应用发展路径

生态清淤技术的常态化应用需要依托规范化的施工流程与精细化的技术标准。梳理不同工况下生态清淤的作业规范,固化分层清淤、低扰动施工、无害化处置的标准化作业流程。结合河道长期演变特征,建立周期性生态清淤管护机制,定时处置河道表层新生淤积,避免淤积问题反复累积。持续优化清淤设备与施工工艺,适配不同地域、不同类型河道的治理场景。推动淤泥无害化、资源化技术落地普及,完善清淤治理全链条处置模式^[5]。依托现场施工经验持续优化技术应用细节,适配复杂河道治理场景,让生态化清淤技术成为河道水环境管护的常规治理手段。

结束语

河道淤积的动态演化特征与生态清淤相关基础理论得到全面梳理,各类环保清淤技术的核心原理与工艺改良要点得到系统阐释。结合不同河道工况特征搭建针对性的技术应用体系,健全施工全流程生态防控措施,理顺清淤作业与生态修复协同推进的实施方式。通过梳理生态清淤常态化落地的应用路径,补足传统清淤模式生态保护层面的短板。相关研究内容可完善河道生态治理技术框架,为河道清淤提质改造与水生态长效管护工作提供可靠的技术参考。

参考文献

- [1] 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(10):174-176.
- [2] 兰秋勇.山区中小河流治理中河道生态治理理念运用分析[J].低碳世界,2025,15(2):13-15.
- [3] 彭文富.河道生态清淤及淤泥处理技术要点研究[J].地下水,2025,47(3):226-227,242.
- [4] 董瑞琦.基于水生态修复的弥苴河河道治理工程分析[J].珠江水运,2025(5):32-34.
- [5] 韩光.河道清淤及污水治理的常见问题及措施[J].清洗世界,2025,41(3):196-198.