

河道清淤工程中的淤泥脱水固化技术应用分析

柏清学

厦门安能建设有限公司 福建 厦门 361000

【摘要】：本文以某河道清淤工程为研究对象，开展淤泥脱水固化技术应用分析。概述河道淤积特征、淤泥物理性状及现场处置制约条件，从淤泥组分、处理工艺、固化药剂适配、技术集成四个方面，梳理技术应用中的现存难题。结合现场工况，从淤泥预处理、工艺改良、药剂选配、工序集成协同等方面，提出针对性技术措施。工程实践表明，机械脱水固结一体化工艺可有效降低淤泥含水率，固化指标符合规范，分离尾水可达标回用，节约占地并降低二次污染风险，可为同类河道清淤工程淤泥处置提供参考。

【关键词】：河道清淤；淤泥脱水；固化技术

DOI:10.12417/2811-0528.26.18.015

引言

随着城市水系治理与河道清淤工程持续推进，河道淤积淤泥产量逐年增加，传统直接填埋、自然晾晒等处置方式，存在占地量大、处置周期长、易引发水体二次污染等弊端，已难以满足当下生态环保与工期管控要求。河道淤泥普遍具有含水率高、流塑性状明显、组分复杂且局部污染突出的特点，给脱水固化施工带来诸多技术难题。为实现淤泥减量化、无害化、稳定化处置，淤泥脱水固化技术逐步成为河道清淤工程的核心处置手段。本文以某河道清淤工程为研究对象，分析脱水固化技术应用现存问题，提出针对性技术应对措施，并验证实际应用成效，为同类工程技术应用提供理论与实践参考。

1 工程概况

某河道清淤疏浚治理河段总长约 12.5km，工程以疏通河道、提升行洪排涝能力、完善沿岸防洪标准、保障区域水质与用水安全为核心目标。工程依据河道淤积实际状况，分区控制河底宽度与开挖边坡，全程采用湿式清淤工艺施工，无需断流放空河道，整体清淤土方规模大、作业周期紧凑。河道全域淤积程度不均，淤泥层厚度维持在 0.40~0.80m，淤泥多呈流塑性状，含少量粉细砂夹层，中下游受沿岸生活生产污水排放影响，底泥污染程度较高，若处置不当易引发二次环境污染。加之工程周边可用于淤泥就近填埋的闲置场地稀缺，大批量淤泥常规堆放、转运处置难度极大，亟需应用淤泥脱水固化技术实现淤泥减量化、无害化和稳定化处置。

2 河道清淤工程中淤泥脱水固化技术应用现存问题

2.1 淤泥成分复杂，处理难度较高

河道内源淤积形成的淤泥物性差异大，整体呈流塑状态，淤泥层厚度分布不均，局部夹杂粉细砂形成夹砂淤泥结构，组分杂乱且稳定性极差^[1]。中下游河段受沿岸生活污水、生产废

水持续汇入影响，淤泥颜色发黑并伴有异味，富集各类污染物，污染程度呈现河段差异化特征。天然淤泥初始含水率极高，流体特性强，自然沉降脱水速度缓慢，自身具备易扰动、易悬浮的特点，清淤作业过程中极易造成水体浑浊扩散。同时淤泥内部杂质、漂浮垃圾混杂分布，进一步加大分选与脱水处理难度，常规处置方式难以实现淤泥快速减量化，若处置流程把控不到位，极易造成污染物释放，引发周边水体二次污染，给脱水固化工艺稳定实施带来先天阻碍。

2.2 现有处理工艺存在缺陷

传统河道淤泥处置多以直接堆放、异地填埋为主，适配大规模清淤工程的实用性不足。常规脱水工艺处理流程单一，对高含水率流塑状淤泥适配性差，自然晾晒占地规模大、受天气条件制约明显，无法满足短工期、大体量淤泥处置需求^[2]。常规机械脱水模式工艺环节割裂，仅能实现简单泥水分离，难以将淤泥含水率稳定控制在规范限值以内，固化后土体强度、膨胀率等指标难以达标。部分工艺只注重脱水效率，忽视滤出液处理与干泥后续衔接处置，易出现脱水不彻底、环保不达标等问题，且设备拆装转运灵活性不足，难以适配长距离、分段式河道清淤现场工况，整体工艺综合效益偏低。

2.3 固化药剂匹配效果不佳

河道淤泥受区域污染源、土质组分差异影响，理化性质存在明显区别，但实际应用中常采用统一型号固化药剂，未依据淤泥污染程度、颗粒组成及含水率进行针对性配比试验。药剂掺量多依靠经验取值，缺乏科学试验数据支撑，掺量过低难以达到固化改性效果，掺量过高则增加工程成本，还易改变淤泥酸碱平衡，引发新的环境隐患。对于污染较重的河段淤泥，常规固化药剂仅能实现物理脱水，无法有效吸附钝化淤泥内有毒有害物质，处理后淤泥浸出指标难以满足地表水环保标准。药剂与淤泥混合搅拌均匀度不足，反应不充分，造成局部固化效

果不均,无法稳定满足填埋及后续资源化利用的指标要求。

2.4 技术集成度有待提升

当前淤泥脱水固化作业多呈现分段分散施工模式,清淤疏浚、管道输送、泥水分离、药剂固化、压滤脱水及干泥转运各环节相互独立,缺少一体化协同作业体系。各类处理设备布置零散,砂水分离、垃圾分拣、加药固化、压滤脱水等设备衔接不畅,未形成闭环流水线作业,整体运行效率偏低。清淤船与脱水处理站接驳配套不完善,管道输送、储泥调节、浓缩改性等工序衔接存在滞后,容易出现淤泥堆积、工序等待等情况^[3]。同时泥水处理、干泥暂存、填埋转运等配套系统未能统筹整合,各技术模块独立运行,缺乏统一调度与联动管控,制约了脱水固化技术在河道清淤工程中的整体应用效能。

3 淤泥脱水固化技术应用应对措施

3.1 开展淤泥预处理简化处理

针对河道淤泥组分混杂、杂质含量高、天然含水率居高不下的实际特征,需搭建完整规范的淤泥预处理体系,从源头弱化物料先天缺陷,为后续脱水固化工序平稳推进创造基础条件。在清淤淤泥输送流程中加装专用分拣分离设施,对混入淤泥中的漂杂物、大块建筑垃圾、砂石集料进行系统化筛分清理,避免硬质杂物进入后端脱水机组引发设备卡顿、磨损及管路堵塞问题。工程清淤抽吸的原状淤泥含水率可达93%~98%,直接处理难度极大,需统一汇入专用进水前池进行静置沉降,依托重力作用实现泥水自然分层,使淤泥含水率回落至90%~95%。

沉降后的淤泥送入污泥浓缩机组开展调质浓缩作业,进一步将含水率调控至85%~90%,改善淤泥流塑流动特性。结合河道不同区段淤积厚度、土质结构及污染程度的差异,实行分区分类管控与单独预处理,对中游污染程度较重的淤泥实行分流单独处置,防止不同理化性质淤泥混杂堆积,影响整体固化处理效果。整套预处理流程可有效优化淤泥物理性状,降低固化药剂消耗额度,减轻脱水设备运行负荷,保障后续加药改性、压滤脱水等工艺环节能够稳定达标运行(见图1)。九龙江口整治工程包含九龙江中港37.5km渠道生态清淤区段,该段采用分级预处理思路,依靠前置筛分清除淤泥内杂草、生活垃圾与滨海海生残体,杂物筛分效果良好。但该工艺仅为前端简易除杂工序,并未配套淤泥调质、深度脱水及固化成套处理设施。

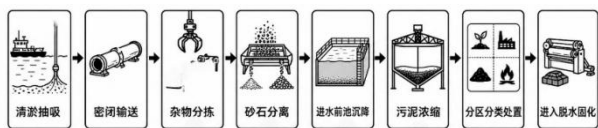


图1 淤泥预处理工艺流程图

3.2 改良现有脱水固化工艺

结合河道清淤工程工期紧张、淤泥处置体量庞大、周边可利用闲置场地匮乏的现实工况,摒弃传统自然晾晒、就地堆放、异地简单填埋等落后处置模式,对现有脱水固化工艺进行系统性优化升级^[4]。依托工程实际条件对比带式脱水、高压压滤两种主流固结工艺的技术特点与适用场景,选用高压压滤脱水固结一体化工艺作为核心处置方案,凭借其减量化效果突出、占地集约紧凑、设备拆装转运便捷的优势,适配长距离河道分段清淤的现场施工条件。

重新梳理整体作业流程,搭建起清淤疏浚抽吸、全封闭管道密闭输送、砂水杂质分离、药剂加药改性、高压压滤脱水、干泥集中输送的一体化作业流水线,实现各工艺环节紧密衔接、连续作业。严格按照地方技术规范把控工艺运行参数,淤泥经药剂改性后送入压滤设备深度脱水,将成品干泥含水率稳定控制在40%限值以内,同时保障固化土体抗压强度、抗剪断强度、自由膨胀率等指标全部达标。同步完善脱水尾水处理配套工艺,对压滤产生的滤出废水进行净化处置,使其水质达到地表水相关标准后回收利用于农业灌溉与景观补水,既补齐传统工艺占地大、效率低、环保性不足的短板,又实现水资源循环利用,提升工程综合效益。反观九龙江口整治工程整体未配套淤泥脱水固化成套系统,全线淤泥采用堆场自然晾晒处置,占地大、周期长、污染物易扩散等弊端突出,更能体现一体化固化工艺在河口受限场地中的应用价值。

3.3 科学选用适配固化药剂

河道不同区段淤泥受沿岸排污、土质成因影响,理化性质、污染浓度及颗粒组成存在明显差异,打破以往笼统选用通用固化药剂、固定掺量配比的粗放应用模式,以淤泥实际检测指标为依据开展药剂精准选配。采集河道上下游及中游典型点位淤泥样本进行理化检测,全面掌握淤泥颗粒级配、天然含水率、酸碱值及污染物富集程度,依据检测数据筛选适配性强的专用固化改良药剂,杜绝不匹配药剂盲目投入使用^[5]。

设置多组不同药剂掺量对比试验,以处理后淤泥含水率、无侧限抗压强度、污染物浸出浓度等关键指标为评价标准,确定最优掺配比例,在保障固化改性效果的基础上,合理控制药剂投入成本,避免掺量失衡引发淤泥酸碱结构异变。针对中游重污染河段淤泥,选用兼具物理固结与污染物吸附钝化功能的复合型固化药剂,在实现淤泥脱水成型的同时,稳固锁定内部有毒有害物质,阻断污染物向外扩散迁移。严控药剂与淤泥搅拌拌合时长及均匀程度,保证药剂与淤泥充分发生理化反应,规避局部药剂分布不均造成的固化效果差异,通过取样检测、试验比选、精准配比、规范拌合的完整流程,实现药剂与淤泥精准适配,满足干泥填埋存放及后续资源化利用的各项技术要

求。

3.4 强化技术集成协同运行

结合河道全线清淤整体布局,改变以往各施工环节独立分散、设备各自运行的碎片化作业模式,构建覆盖清淤、输送、处理、转运全流程的脱水固化技术集成协同运行体系。统筹规划现场施工总平面布局,集中划定淤泥固化处理作业场区,将砂水分离、垃圾分拣、加药固化、高压压滤、尾水处理、干泥输送等专业设备集中规整布设,形成闭环式一体化处理场站。

优化水下疏浚与岸上处理的衔接方式,采用全封闭管道输送系统联通绞吸挖泥船与脱水处理站,实现水下清淤泥浆直接密闭输送至处理场区,省去中间中转堆放环节,有效规避淤泥散落造成的二次水体污染。合理调配储泥池、污泥浓缩设备、改性储泥池、压滤机组的运行时序与处理产能,平衡各工序作业负荷,化解淤泥积压滞留、设备空转等待、工序衔接滞后等低效问题。统筹整合干泥外运填埋、临时堆场调配、尾水资源回用等配套作业内容,实行各作业模块统一调度、时序联动,形成淤泥进场、改性脱水、成品外运的全流程闭环管控,显著提升整套脱水固化技术的运行效率与施工连续性。

4 应用成效分析

本河道清淤工程采用机械脱水固结一体化技术后,整体淤泥处置实现了减量化、无害化与稳定化的治理目标,技术应用成效突出。经整套脱水固化工艺流程处理,原状高含水率淤泥

从93%~98%逐步沉降浓缩,再经高压压滤深度固化后,最终干泥含水率稳定控制在40%以内,同时无侧限抗压强度、抗剪断强度、自由膨胀率等各项指标均满足地方淤泥处置规范要求。脱水产生的滤出液经处理后达到地表水Ⅴ类水质标准,可作为农业及景观用水实现循环利用,有效规避了尾水直排带来的水体污染问题。大批量清淤泥经固化后体积显著缩减,大幅节约填埋占地空间,适配周边可用场地稀缺的工程实际条件。整套一体化作业模式实现清淤、输送、脱水、固化、转运全流程衔接,设备拆装便捷、施工周期可控,既降低淤泥转运与管理成本,又有效阻断底泥污染物扩散,从技术层面实现了河道清淤与淤泥无害化处置的双重效益。

5 结语

本文结合某河道清淤工程实际,系统开展淤泥脱水固化技术应用分析,明确了河道淤泥成分复杂、现有工艺适配性差、药剂匹配不合理、技术集成度不足等核心技术问题。通过推行标准化淤泥预处理、优选高压压滤一体化工艺、科学选配固化药剂、构建全流程集成协同作业体系,可有效解决脱水固化施工中的技术难点。工程应用实践表明,脱水固化技术能够显著降低淤泥含水率,固化土体各项性能指标符合规范标准,分离尾水可循环利用,兼具环保效益与土地节约优势。今后还需进一步探索淤泥固化土资源化利用路径,完善工艺参数优化标准,推动淤泥脱水固化技术在河道治理工程中规范化、规模化推广应用。

参考文献:

- [1] 黄进华.在河道清淤疏浚工程中淤泥固化技术的应用[J].湖南水利水电,2024,(2):65-67.
- [2] 雷景桦,陶慧.在河道清淤疏浚工程中淤泥固化技术的应用[J].清洗世界,2023,39(4):181-183.
- [3] 冀浩,陈垒.河道淤泥清理技术在水利工程中的应用研究[J].工程技术研究,2023,8(12):91-93.
- [4] 廖智磊.淤泥固化技术在河道清淤疏浚工程中的应用[J].水利科学与寒区工程,2022,5(4):106-108.
- [5] 陈春梅,刘国钧,陈敢峰,等.生态清淤、淤泥固化技术在城区河道整治工程中的应用[J].治淮,2022,(2):43-44.