

河道环境治理工程中清淤施工技术研究

井中秋 赵志康 张海潮

山东省济宁市汶上县水务局 山东 济宁 272500

【摘要】：面对我国河道淤积导致的行洪能力下降、水质恶化等问题，本文围绕河道清淤施工技术展开研究。通过文献分析与技术对比，系统阐述河道淤积物核心特征与前期勘察技术，分类阐述了机械、水力、环保及新型清淤技术的原理、设备参数与适用场景，明确施工前准备、过程控制及质量验收的关键要点，在此基础上，结合技术特性提出了优化方向。研究表明，清淤技术需基于勘察数据精准选型，通过全流程质量控制可实现“治理—生态保护”协同，为河道环境治理工程提供技术支撑。

【关键词】：河道清淤；前期勘察；环保清淤；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.25.21.056

引言

我国多数河道受自然泥沙沉积、生活污水直排、工业废水排放及农业面源污染影响，淤积问题日益突出，不仅导致河道行洪能力下降、航运功能受限，还因淤积物释放氮、磷及重金属等污染物，引发水体富营养化或黑臭现象，破坏水生生态系统^[1]。河道清淤作为环境治理的核心环节，其技术选择与实施质量直接决定治理成效。鉴于此，文章围绕河道环境治理工程中清淤施工技术展开探讨，旨在为清淤工程的精准实施提供理论与实践参考。

1 河道淤积特征与清淤工程前期勘察技术

1.1 河道淤积物核心特征分析

河道淤积物的核心特征与清淤技术的适配性息息相关，且因其成分与厚度分布不同，需采取针对性的技术方案^[1]。从成分分类来看，根据颗粒组成可将淤积物分为砂质类（粒径0.05-2mm）、黏土类（粒径<0.005mm）与有机质类，砂质类

流动性强、易沉降，需注重清淤过程中的防扩散控制；黏土类淤积物含水率高、压缩性强，对清淤设备的抽吸能力要求较高；有机质类含植物残体与微生物代谢物，易分解释放污染物，需配套环保处置措施，不同成分的密度、黏聚力及内摩擦角等物理力学特性，直接影响清淤设备的选型与作业参数设定^[2]。从淤积厚度与分布规律来看，受河道地形与水流动力学特征影响，淤积厚度呈现非均匀分布，弯道凹岸因水流流速慢，淤积厚度通常比凸岸高30%-50%，浅滩区域因水流挟沙能力弱，淤积普遍厚于深槽，部分浅滩淤积厚度可达1.5-2m，而深槽仅0.5-1m，这种分布规律为后续清淤工程的分区规划与深度精准控制提供了关键依据，避免盲目清淤导致的成本浪费或生态破坏。

1.2 清淤前期勘察关键技术

为确保清淤工程的精准实施，需做好前期勘察工作，合理选用勘察技术。不同勘察技术的适用场景与性能差异如表1所示：

表1 河道清淤前期主要勘察技术对比

勘察技术类型	核心原理	适用淤积物类型	勘察精度	优点	缺点
超声波探测仪	发射超声波至河底，通过反射波传播时间计算淤积厚度（淤积厚度=总水深-河床高程）	松软黏土、砂质淤积	±5cm	非接触式、效率高（单日可测3-5km河道）、成本低	受水体气泡、漂浮物干扰，无法检测成分
地质雷达（GPR）	发射高频电磁波，根据不同介质（水、淤积物、河床基岩）的反射信号差异，识别淤积分层与厚度	各类淤积物（含硬壳层）	±3cm	可穿透硬壳层、获取淤积分层数据、分辨率高	受高含水率淤积物吸收影响，探测深度有限（≤5m）
钻探取样技术	采用小型钻机（如冲击钻、螺旋钻）钻孔，获取柱状淤积物样品	黏土、有机质、混合淤积	成分分析精度≥95%	直接获取淤积物样品，可实验室检测成分与污染物含量	点式勘察、效率低（单日≤50个钻孔）、对河道干扰大
水样与泥样检测	采集河道水样（表层、中层、底层）与淤积物样品，实验室检测COD、氨氮、重金属（如Cu、Pb）浓度	所有含污染物淤积物	污染物浓度误差≤5%	明确淤积物污染程度，指导后续处置方案	需配套实验室分析，周期长（3-7天）

2 河道清淤施工技术分类与实操要点

2.1 机械清淤技术

在众多河道清淤技术中，机械清淤是一项常见的传统主流技术，其核心原理是通过机械装置直接挖掘或抓取淤积物实现物理移除，核心设备包括挖掘机、抓斗船及链斗式挖泥船。实际施工中，需根据水深选择设备类型，水深 $\leq 2\text{m}$ 的浅滩或岸坡区域采用长臂挖掘机（作业半径 $10\text{--}15\text{m}$ ），施工流程为“河道导流→岸坡加固→挖掘机就位→分层挖掘→渣土转运”，通过渣土车将淤积物转运至暂存场；水深 $2\text{--}10\text{m}$ 的主河道则采用抓斗船，抓斗容积 $1\text{--}5\text{m}^3$ ，依托船体定位系统（GPS+测深仪）控制抓斗位置与深度，流程为“船只锚定→抓斗下放→抓取淤积物→提升至运输船→运输至处置场”。该技术在实际应用中需严格控制关键参数，挖掘机清淤的挖掘深度需控制在 $0.5\text{--}2\text{m}$ 以避免超挖破坏河床，抓斗船抓斗闭合度需 $\geq 90\%$ 以减少漏泥导致的二次污染，整体适用于淤积物较硬（如砂质、含少量砾石）、污染程度低的河道，挖掘机单日清淤量可达 $200\text{--}300\text{m}^3$ ，施工效率显著，但因机械直接接触水体与淤积物，易扰动水体导致悬浮物扩散，需配套基础防扩散措施。

2.2 水力清淤技术

水力清淤技术是利用高压水枪将淤积物冲散为泥浆，再通过泥浆泵与输泥管道输送至岸上处置场，依托高压水流实现了对淤积物的高效输送。核心设备包括高压水枪（压力 $0.8\text{--}1.2\text{MPa}$ ）、泥浆泵（流量 $100\text{--}500\text{m}^3/\text{h}$ ）及输泥管（直径 $300\text{--}500\text{mm}$ ）。在施工过程中，需严格遵循“设置导流明渠→划分清淤段（每段 $50\text{--}100\text{m}$ ）→水枪冲淤→泥浆汇集→泥浆泵输送→岸上脱水”的流程，同时控制关键点以保障效率与质量：水枪与河底夹角保持 $30\text{--}45^\circ$ ，该角度下冲淤效率最高，可有效将淤积物冲散为均匀泥浆；泥浆浓度需控制在 $15\%\text{--}25\%$ ，浓度过低会增加输送成本与水资源消耗，过高则易堵塞输泥管道；输泥管坡度需 $\leq 3\%$ ，避免泥浆在管道内沉积导致输送中断。该技术适用于淤积物松软（如黏土、有机质）、河道宽度 $\geq 10\text{m}$ 的中大型河道，可清除表层 $10\text{--}20\text{cm}$ 的薄淤积层，清淤彻底且对河床扰动小，但每小时需消耗 $50\text{--}100\text{m}^3$ 水资源，需配套充足水源，且因高压水枪无法破碎硬壳层，不适用于含硬壳层的淤积场景^[3]。

2.3 环保清淤技术

环保清淤技术以“低污染”为核心目标，通过在清淤区域设置物理屏障，并采用负压抽吸设备精准移除污染淤积物。为保证该技术的应用效果，需严格把控核心设备与施工细节：防扩散帘采用高密度聚乙烯材质，厚度 $\geq 2\text{mm}$ ，高度需高于水面 50cm 、插入河底 30cm ，形成封闭清淤区以阻止泥浆扩散；环

保绞吸船配备低扰动设计的绞刀（转速 $50\text{--}80\text{r}/\text{min}$ ）与负压抽吸泵（真空度 -0.06 至 -0.08MPa ），绞刀切割淤积物后直接通过负压抽吸，泥浆经船上初步过滤（去除粒径 $> 5\text{cm}$ 杂质）后输送至处置场，避免大颗粒杂质堵塞管道。施工过程中需严格控制清淤深度偏差 $\leq \pm 10\text{cm}$ ，通过船上测深仪实时监测深度数据，且绞刀与防扩散帘距离需 $\geq 1\text{m}$ 以避免破坏屏障结构，确保防扩散效果^[4]。该技术主要适用于城市黑臭河道、饮用水源地周边河道等污染敏感区域，污染物扩散量 $\leq 5\%$ ，远低于机械清淤的 $20\%\text{--}30\%$ ，但环保绞吸船单日清淤量仅 $80\text{--}150\text{m}^3$ ，施工效率较低，且设备采购与维护成本较高，需在污染防控需求与工程成本间平衡。

2.4 新型清淤技术

随着技术迭代，新型清淤技术逐渐向智能化与生态化的方向发展，为特殊工况与生态敏感区域提供解决方案。智能清淤机器人通过搭载水质传感器、GPS定位及摄像头，可在浅水区（水深 $0.5\text{--}3\text{m}$ ）自主导航，无需人工操控即可通过机械臂抓取或高压水枪冲淤，同时实时回传清淤位置与水质数据至控制台，便于远程监控与参数调整，该设备体型小巧，适用于狭窄河道或人工难以进入的区域（如桥梁下方、涵洞口），解决了传统设备“进不去、看不清”的难题。生态清淤技术则突破传统清淤的单一移除模式，结合生物修复理念，在清淤后保留 $5\text{--}10\text{cm}$ 含土著微生物的表层淤积物，避免彻底清淤破坏河道生态基底，同时向水体投放硝化细菌、反硝化细菌等功能性微生物菌剂，加速残留污染物降解，实现“清淤+生态修复”一体化。该技术无需复杂设备，通过生物作用提升河道自净能力，适用于生态敏感型河道（如湿地公园配套河道），但需根据水体温度、pH值调整菌剂投加量，且修复周期较长，需与清淤施工同步规划。

3 清淤施工关键环节控制与质量保障

3.1 施工前准备阶段控制

做好施工前准备工作，是保障清淤工程顺利推进的基础。具体而言，需从河道导流排水与设备调试两方面入手。河道导流与排水需根据河道流量选择合理方式：流量 $< 5\text{m}^3/\text{s}$ 的河道采用“明渠道流”，开挖临时导流渠将河水引入渠内，导流渠断面尺寸需根据流量计算确定，确保过流能力满足河道泄洪需求；流量 $\geq 5\text{m}^3/\text{s}$ 的河道采用“围堰导流”，用土石围堰分隔施工段，围堰高度需高于施工期最高水位 50cm ，防止河水漫溢，同时采用抽水泵将施工段积水抽排至下游，确保施工段水位降至 0.5m 以下，为机械作业与人员操作提供安全环境^[5]。

3.2 施工过程核心控制要点

施工过程的核心控制，需从清淤深度与范围、污染扩散、

清淤物输送与暂存三方面实施精准管控。清淤深度与范围控制需采用“全站仪+测深仪”双设备监测,每50m设置1个深度监测点,实时记录监测数据,确保清淤深度偏差 $\leq \pm 10\text{cm}$,避免超挖破坏河床基岩或漏挖导致淤积残留,清淤范围需与设计分区一致,偏差 $\leq 0.5\text{m}$,确保无遗漏区域。污染物扩散防控需根据不同清淤技术采取针对性措施:机械清淤需在施工段上下游设置防扩散帘(间距50-100m),同时向水体投加聚合氯化铝等絮凝剂(投加量20-50mg/L),加速悬浮物沉降;水力清淤需控制水枪冲淤强度(压力 $\leq 1.0\text{MPa}$),避免泥浆飞溅,输泥管道接口采用橡胶密封圈密封,防止泥浆泄漏。清淤物的输送与暂存控制需根据距离选择合适方式:短距离($< 1\text{km}$)采用渣土车运输,车辆需加盖篷布防止淤积物遗撒;长距离($\geq 1\text{km}$)采用输泥管道输送,管道坡度 $\leq 3\%$,每隔50m设置排气阀防止气阻导致输送中断;暂存场需进行防渗处理,底部铺设HDPE材质防渗膜(厚度 $\geq 1.5\text{mm}$),周边设置截洪沟防止雨水冲刷导致污染物扩散,清淤物堆放高度 $\leq 3\text{m}$,避免堆放过高引发坍塌风险。

3.3 清淤工程质量验收标准与流程

清淤工程质量验收是核查工程项目是否达标的关键,需明确核心指标与规范流程。核心验收指标包括四项:清淤量通过“勘察淤积量-残留淤积量”计算,实际清淤量需 \geq 设计清淤量

的95%,确保淤积移除充分;河床平整度采用全站仪测量,河床起伏差 $\leq 15\text{cm}$,避免影响后续河道水流形态;水质指标需对比施工前后数据,清淤后水体COD、氨氮浓度需较清淤前下降 $\geq 30\%$,确保水质改善;清淤物含水率需检测暂存场样品,含水率 $\leq 60\%$,便于后续固化或资源化利用。验收流程需遵循“施工单位自检 \rightarrow 第三方检测 \rightarrow 竣工验收”的递进模式:施工单位完成分区清淤后,先自检清淤深度、范围、清淤量等指标,形成自检报告并提交;再委托第三方专业机构检测水质、河床平整度、清淤物成分等关键指标,出具具有法律效力的检测报告;最后由建设单位组织设计、施工、监理、第三方机构联合验收,核对自检报告与检测报告数据,现场核查工程质量,验收通过后签署验收文件,确保工程质量符合设计与规范要求。

4 结语

综上,河道清淤施工技术的选择与应用需紧密结合河道淤积特征、污染程度及生态需求,通过前期精准勘察(如超声波探测、钻探取样)明确淤积数据,针对性选用机械、水力、环保或新型清淤技术,再通过施工前准备、过程控制及规范验收的全流程管控,可实现清淤工程的技术有效性与环境安全性。未来需进一步推动“无人清淤系统”研发,实现清淤全流程自动化,为我国河道环境治理提供更高效、更环保、更可持续的技术支撑。

参考文献:

- [1] 黄婧,李娟,陈书忠,赵泉,杨柳.小流域生态环境治理策略及应用分析[J].低碳世界,2024,14(08):7-9.
- [2] 付敏.水环境治理工程中河道清淤施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(08):115-117.
- [3] 王国文.河流清淤工程环境影响评价中应关注的问题[J].资源节约与环保,2022,(10):5-8.
- [4] 薛海涛,来月所.水环境治理工程中河道清淤施工技术[J].云南水力发电,2022,38(09):24-28.
- [5] 彭亚三,赵衍令,周思洋,易凯,宋泽宇.河道清淤资源化利用的工程应用[J].湖南水利水电,2022,(04):82-84.
- [6] 王红梅.农村水环境污染现状及治理对策探讨[J].农家参谋,2022,(01):166-168.