

水运工程疏浚施工技术研究

张 维

(深圳海勤工程管理有限公司, 广东 深圳 518000)

摘 要 水运工程疏浚施工是保障航道通航安全、提升通航能力与改善水域生态的重要工程措施, 不同水深及地质条件下的施工技术存在显著差异。浅水区施工侧重船舶选型、精度控制与防搁浅, 深水区施工强调设备适配、深度管控与长距离输送, 特殊地质需采用针对性破碎与开挖工艺。本文结合工程实际, 系统梳理水运工程疏浚施工关键技术要点, 以期为同类疏浚工程的技术选型与施工管控提供参考。

关键词 水运工程; 疏浚施工; 浅水区; 深水区; 特殊地质

中图分类号: U692.4

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.18.036

0 引言

水运航道在长期运行中易出现泥沙淤积、浅滩发育及地质条件复杂等问题, 直接制约航运安全与运输效率。疏浚施工作为水运工程运维的核心技术手段, 对维持航道尺度、优化通航条件、修复水域生态具有关键作用^[1]。基于此, 本文从疏浚施工的现实意义出发, 分别探析浅水区、深水区及特殊地质下的疏浚技术要点, 以期完善水运工程疏浚施工技术体系, 为工程实践提供科学支撑。

1 水运工程疏浚施工的重要意义

1.1 保障水运航道通航安全

水运航道在长期运营过程中, 受水流冲刷、泥沙淤积、风浪侵蚀等自然因素影响, 航道水深会逐渐变浅, 部分区域还可能形成暗礁、浅滩等障碍物, 给船舶航行带来极大的安全隐患。船舶吃水深度与航道实际水深不匹配时, 易发生搁浅、触底等事故, 不仅会造成船舶损坏、货物损失, 还可能引发航道堵塞, 影响整个航运线路的正常通行。疏浚施工可精准清除航道内的淤积泥沙、暗礁及其他障碍物, 恢复航道设计水深与宽度, 确保航道断面符合船舶航行标准。

1.2 提升水运航道通航能力

随着水运事业的快速发展, 船舶大型化、航运集约化趋势日益明显, 现有航道通航能力已难以满足日益增长的货运、客运需求, 航道通行效率不足成为制约水运发展的重要瓶颈^[2]。疏浚施工可通过加深、拓宽航道, 优化航道线型, 减少航道弯曲度与水流阻力, 提升航道的通航等级, 使更大吨位、更多数量的船舶

能够安全、高效通行。合理的疏浚施工还可改善航道水流条件, 降低船舶航行能耗, 缩短船舶航行时间, 提升航道的运输周转效率。

1.3 改善水运水域生态环境

水运水域的泥沙淤积不仅影响通航功能, 还会导致水域水质恶化、水生生物栖息地破坏, 打破水域生态系统的平衡。淤积泥沙中往往夹杂着工业废水、生活污水携带的污染物, 长期沉积会导致水体富营养化, 滋生有害藻类, 降低水体溶解氧含量, 威胁水生生物的生存与繁衍。疏浚施工可有效清除水域内的淤积泥沙, 减少污染物在水体中的沉积, 改善水体透明度与水质条件, 为水生生物提供适宜的生存环境。

2 水运工程疏浚施工关键技术要点

2.1 浅水区疏浚施工技术

2.1.1 浅水区挖泥船选型

浅水区航道水深较浅, 通常水深在2~5米范围内, 挖泥船吃水深度、作业灵活性直接影响疏浚施工的可行性与效率, 挖泥船选型需严格匹配浅水区水深条件、泥沙性质及施工场地范围。绞吸式挖泥船适用于泥沙淤积量较大、施工区域相对开阔的浅水区, 其吃水较浅且可实现挖泥、输送一体化作业, 能有效减少施工环节, 提升施工效率; 耙吸式挖泥船适合浅水区中泥沙颗粒较粗、淤积厚度较大的区域, 其具有自航能力, 作业机动性强, 可灵活调整作业位置, 适应浅水区不规则的施工范围。挖泥船选型还需考虑浅水区水流速度, 水流速度较大时需选择稳定性较强的挖泥船, 避免挖泥船在作业过程中发生位移, 同时需兼顾施工成

作者简介: 张维 (1984-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 水运、市政。

本与环保要求, 优先选用能耗低、污染小的环保型挖泥船。

2.1.2 浅水区疏浚开挖精度控制

浅水区疏浚开挖精度直接关系到航道通航安全与通航能力, 开挖过浅会导致航道水深不足, 无法满足船舶航行要求, 开挖过深则会增加施工成本, 还可能破坏航道岸坡稳定性。浅水区疏浚开挖前需通过专业测量设备对航道断面进行精准勘测, 获取航道实际水深、泥沙淤积厚度等基础数据, 建立详细的测量控制网, 明确开挖边界与开挖深度标准^[3]。开挖过程中采用实时监测技术, 利用 GPS 定位系统、回声测深仪等设备对挖泥船作业位置、开挖深度进行动态监测, 及时调整挖泥船挖泥角度与挖泥深度, 确保开挖断面符合设计要求。针对浅水区泥沙流动性强的特点, 需合理控制开挖速度, 避免开挖过程中泥沙二次淤积影响开挖精度, 同时加强对开挖区域周边水域的监测, 防止开挖作业对航道岸坡造成冲刷破坏。

2.1.3 浅水区疏浚泥土高效输送

浅水区疏浚泥土输送受水深、施工场地等条件限制, 输送距离不宜过长, 且需避免输送过程中泥沙泄漏造成水域污染, 高效输送技术是提升浅水区疏浚施工效率的关键。浅水区疏浚泥土输送主要采用管道输送与驳船输送两种方式, 管道输送适用于输送距离较近、泥沙含水量较高的情况, 选用高强度、耐腐蚀的输送管道, 合理布置管道线路, 减少管道弯头数量, 降低泥沙输送阻力, 同时配备增压设备, 确保泥沙输送的连续性与稳定性。驳船输送适用于输送距离较远、泥沙含水量较低的情况, 选用吃水浅、载重量适中的驳船, 合理安排驳船运输频次, 避免驳船在浅水区发生搁浅, 同时对驳船装载量进行严格控制, 防止泥沙溢出造成污染。此外, 可采用泥沙脱水处理技术, 降低疏浚泥土含水量, 减少输送量, 提升输送效率, 脱水后的泥沙可进行资源化利用, 实现环保与效益双赢。

2.1.4 浅水区疏浚施工防搁浅

浅水区水深较浅且存在不规则浅滩、暗礁等障碍物, 挖泥船、驳船等施工船舶在作业过程中极易发生搁浅, 不仅会影响施工进度, 还可能造成船舶损坏与安全事故, 防搁浅技术是浅水区疏浚施工的重要保障。施工前需对浅水区施工区域进行全面勘测, 详细标注浅滩、暗礁、淤积坑等危险区域, 绘制详细的施工区域水深图, 明确船舶安全作业范围^[4]。挖泥船作业时需根据水深图合理规划作业路线, 避免进入水深不足的区域, 同时配备专人监测船舶吃水深度与作业位置,

实时反馈水深信息, 及时调整作业路线与作业姿态。驳船运输过程中需控制航行速度, 保持安全航距, 避免急停、急转, 遇到浅水区复杂水域时需减速慢行, 必要时启用辅助船只引导航行。此外, 可在浅水区危险区域设置警示标志, 提醒施工船舶注意避让, 同时定期对施工区域水深进行复测, 及时掌握泥沙淤积变化情况, 提前采取防范措施。

2.2 深水区疏浚施工技术

2.2.1 深水区疏浚设备选型

深水区航道水深通常超过 5 米, 部分深水航道水深可达 20 米以上, 水流速度较快、泥沙淤积厚度不均, 且可能存在硬质土层或礁石, 疏浚设备选型需兼顾作业深度、稳定性与作业效率。绞吸式挖泥船是深水区疏浚的主流设备, 其绞刀深度可灵活调节, 能适应不同深度的疏浚需求, 且可实现挖泥、输送一体化作业, 适合泥沙淤积量较大的深水区域。抓斗式挖泥船适用于深水区硬质地质或含礁石区域, 抓取力强, 可精准清除水下障碍物, 搭配重型抓斗时能应对深层硬质土层开挖。耙吸式挖泥船适合深水开阔区域, 自航能力强, 可灵活调整作业范围, 能高效完成大面积疏浚作业, 其舱容较大, 可减少泥土输送频次, 适配深水区长距离作业需求, 选型时需结合深水区地质条件与施工工期合理搭配设备。

2.2.2 深水区疏浚深度精准控制

深水区疏浚深度要求更为严格, 开挖深度偏差过大会影响航道通航等级, 甚至破坏水下构筑物基础, 精准控制技术需结合勘测、监测与施工工艺协同优化。深水区疏浚前需采用多波束测深仪、侧扫声呐等高精度设备, 对航道断面进行全方位勘测, 获取精准的水深数据与地质分布信息, 建立三维立体航道模型, 明确开挖深度标准与边界范围。开挖过程中采用 GPS-RTK 定位系统与动态吃水监测技术, 实时反馈挖泥船作业位置与挖泥深度, 结合分层分条多次精挖工艺, 逐步推进开挖作业, 减少深度偏差。针对深水区水流扰动大、泥沙沉降快的特点, 需合理控制开挖速度, 定期对开挖区域进行复测, 及时调整挖泥参数, 确保开挖深度符合设计要求, 同时避免超挖导致的施工成本增加与地质破坏。

2.2.3 深水区疏浚泥土长距离输送

深水区疏浚泥土输送距离普遍较长, 部分工程输送距离可达数公里, 且深水区水流复杂, 泥土输送需解决阻力大、泄漏污染、输送中断等问题, 保障输送效率与环保性。深水区疏浚泥土长距离输送以管道输

送为主,选用高强度、抗腐蚀、抗高压的专用输送管道,合理设计管道坡度与弯头角度,减少泥土输送阻力,避免管道磨损或堵塞。管道输送过程中配备多级增压泵,根据输送距离与泥土浓度动态调节增压压力,确保泥土输送的连续性与稳定性。对于含水量较高的淤泥,可在输送前进行脱水预处理,降低泥土黏度,提升输送效率,同时减少管道堵塞风险^[5]。部分开阔深水区可搭配驳船输送作为补充,选用大舱容、抗风浪的深水驳船,合理规划运输路线,避开强水流区域,防止驳船倾覆或泥沙泄漏。

2.2.4 深水区复杂水流下施工稳定性控制

深水区水流速度快、流向复杂,且易受风浪、潮汐等因素影响,施工船舶与设备的稳定性直接关系到施工安全与施工质量,需采取针对性控制措施。施工前需对深水区水流、风浪、潮汐等水文条件进行长期监测,掌握其变化规律,避开强水流、大风浪时段作业。挖泥船作业时采用锚泊定位系统与动态稳定控制系统,通过多组锚缆固定船位,实时调整锚缆张力,抵御水流冲击力,防止挖泥船发生位移或倾覆。对于大型疏浚设备,需配备姿态监测设备,实时反馈设备倾斜角度与作业状态,及时调整设备姿态,确保作业稳定性。同时,优化施工工艺,合理安排作业顺序,避免在水流湍急区域进行高强度开挖作业,必要时采用辅助船只进行护航,提升施工过程中的整体稳定性。

2.3 特殊地质条件下疏浚施工技术

2.3.1 岩石地质疏浚施工

岩石地质硬度较高且结构致密,常规疏浚设备难以直接完成开挖作业,水下岩石破碎与清除工序构成岩石地质疏浚的核心内容。施工单位多选用重型绞吸式挖泥船搭配岩石绞刀,借助高强度绞刀对水下岩石进行切削破碎,部分坚硬岩石区域还会配合水下爆破工艺松动岩体,降低后续开挖难度。岩石破碎后需及时通过输送系统排出作业区域,避免破碎岩块堆积影响开挖进度,施工过程中还要控制爆破震动范围,防止震动对周边航道岸坡与水工建筑物造成损伤。分层分段开挖工艺可降低单次开挖阻力,提升岩石开挖的均匀性,同时减少刀具磨损速率,延长疏浚设备的使用寿命。

2.3.2 淤泥质地质疏浚施工

淤泥质地质含水量高、流动性强且承载能力极低,疏浚作业极易引发淤泥大范围扩散与二次淤积,施工控制难度显著高于常规土质区域。绞吸式挖泥船在该类地质中应用较为广泛,低扰动开挖工艺可减少淤泥

搅动幅度,降低水体浑浊度与周边水域污染风险。淤泥输送前会进行初步浓缩处理,提升淤泥浓度以减少输送总量,管道输送环节需加大输送压力,避免高流动性淤泥在管道内沉积堵塞。施工单位还会根据淤泥流动特性划定作业范围,控制开挖速度与开挖深度,防止开挖面失稳坍塌,进而保障疏浚作业区域的结构稳定与施工连续性。

2.3.3 砂卵石地质疏浚施工

砂卵石地质由细砂与粒径不一的卵石混合组成,卵石硬度高且分布不规则,易造成疏浚设备磨损与管道堵塞。施工单位多选用耙吸式挖泥船或加装耐磨部件的绞吸式挖泥船开展作业,耐磨绞刀与输送管路可降低卵石对设备的刮擦损伤^[6]。开挖过程中采用大流量水流冲刷辅助输送,将砂卵石混合物同步吸入输送管道,避免大粒径卵石滞留作业区域。施工前会对卵石粒径分布进行勘测,依据粒径大小调整挖泥船吸入功率,搭配筛分装置分离超大粒径卵石,保障输送系统通畅,同时合理控制开挖顺序,减少砂卵石坍塌对施工船舶造成的冲击风险。

3 结束语

水运工程疏浚施工技术需结合水域水深、水流条件及地质特征进行差异化设计,合理的技术选型与施工控制可显著提升工程质量与通航效益。岩石、淤泥质、砂卵石等特殊地质需采用专用设备与针对性工艺,以降低施工风险与设备损耗。未来,疏浚施工应进一步融合智能化监测、环保型输送与精细化开挖技术,在保障通航功能的同时兼顾生态保护。科学应用各类疏浚技术,能够持续增强水运航道稳定性,推动水运交通向高效、安全、绿色方向发展。

参考文献:

- [1] 欧阳天庭.港口航道疏浚工程施工技术研究[J].水上安全,2024(14):187-189.
- [2] 秦承杰.水运工程建设的施工技术及管理措施[J].水上安全,2024(24):61-63.
- [3] 李晓峰.基于水运需求增长的港口航道疏浚工程智能化发展路径分析[J].珠江水运,2025(14):58-60.
- [4] 薛玉明.疏浚施工中绞吸式挖泥船在复杂底质中的适应性优化[J].船舶物资与市场,2026,34(02):75-77.
- [5] 吕姜莹.码头施工中疏浚设备选型与航道整治技术研究[J].中国设备工程,2026(02):227-229.
- [6] 杜晓鹏,蔡元伟.GIS+BIM技术在水运疏浚工程中的应用[J].珠江水运,2025(03):28-30.