

水利工程闸下河道清淤施工工艺及生产运行保障措施

缪银祥

盐城市四港河道监测管理所

DOI:10.32629/btr.v8i10.5042

[摘要] 闸下河道淤积问题直接影响到区域防洪排涝、灌溉供水及航运功能的正常发挥。本文围绕水利工程闸下河道清淤施工工艺及生产运行保障措施展开系统论述。在施工工艺方面,重点分析了干式清淤、水力冲填清淤、绞吸式挖泥船清淤及抓斗式挖泥船清淤等常用方法的适用条件、作业流程及关键控制要点,并对不同工艺的技术特点进行了比较分析。在生产运行保障措施方面,从前期勘察与方案制定、清淤工艺选择、设备选型与配置、施工过程质量控制、安全风险防控、弃土处置与资源化利用、以及运行期淤积监测与维护管理等环节构建了全方位的保障体系。

[关键词] 水利工程; 闸下河道; 清淤施工; 生产运行; 保障

中图分类号: TV85 文献标识码: A

Dredging Construction Technology and Operational Support Measures for Downstream Channels of Hydraulic Structures in Water Conservancy Projects

Yinxiang Miao

Yancheng Sigang Channel Monitoring and Management Office

[Abstract] Sedimentation in downstream channels of hydraulic structures directly affects the effective performance of regional flood control and drainage, irrigation water supply, and navigation functions. This paper systematically discusses dredging construction technology and operational support measures for downstream channels in water conservancy projects. In terms of construction technology, the study focuses on commonly used dredging methods, including dry dredging, hydraulic flushing dredging, cutter suction dredging, and grab dredger dredging. The applicable conditions, operational procedures, and key control points of each method are analyzed, and their technical characteristics are comparatively evaluated. Regarding operational support measures, a comprehensive support system is established covering preliminary investigation and planning, selection of dredging methods, equipment selection and configuration, construction quality control, safety risk prevention and control, disposal and resource utilization of dredged materials, as well as sedimentation monitoring and maintenance management during the operational period.

[Key words] Water Conservancy Project; Downstream Channel of Hydraulic Structures; Dredging Construction; Production and Operation; Support Measures.

引言

闸下河道作为水利枢纽的重要组成部分,承担着水流下泄、纳潮排水等多重任务。受水流条件变化、泥沙运移规律及闸门调度方式等因素影响,闸下段往往成为泥沙淤积的集中区域^[1]。随着运行年限的增长,淤积程度逐渐加重,过水断面缩减,直接削弱了工程的泄流能力和排水效率。部分河道淤积严重时,甚至可能出现闸门开启困难、上游水位壅高等问题,给区域防洪安全带来隐患。然而,闸下河道的清淤施工具有其特殊性。施工空间常受闸室结构限制,作业面狭窄,而且水流条件复杂,可能面临闸门启闭带来的水位波动^[2]。闸下河道淤积物性质因地理

位置不同存在差异,既有粉砂质淤泥,也可能存在板结层或建筑垃圾。因此,闸下河道清淤工艺的选择需要因地制宜,不可简单套用通用方案。

1 闸下河道清淤主要施工工艺

1.1 干式清淤工艺

干式清淤是在河道内的水体被排干或通过围堰隔断来水后,直接在无水或浅水条件下进行土方开挖和外运的施工方式。该工艺的施工流程通常包括施工围堰填筑、积水抽排、场地晾晒、机械开挖装车、土方运输及围堰拆除等步骤。

干式清淤的显著优势在于清淤彻底,能够直观控制开挖断

面和底面高程,施工质量容易保证。对于淤积物中含有较多石块、建筑垃圾或板结硬土层的港段,干式作业可以发挥挖掘机械的破碎和铲挖能力。然而,该工艺对施工条件要求较为严苛,需具备修筑围堰的条件且能够承受相应的水压力,同时施工期的导流方案必须妥善解决,以确保上游来水或潮水不影响作业面。此外,大规模降水可能对周边建筑物或岸坡稳定产生影响,需进行充分的论证和监测。因此,干式清淤多适用于港道较短、淤积严重且具备断流条件的闸下段,或作为局部修复清淤的选择性方案^[3]。

1.2 水力冲填清淤工艺

水力冲填清淤是利用高压水流切割、破碎淤泥层,形成泥浆后通过泥浆泵和管道输送至指定弃土场的施工方法。作业时,高压水枪产生的高速射流冲刷淤积体,形成的泥浆汇集到集泥坑,再由泥浆泵吸入并通过排泥管线输送。

该工艺适用于淤积物以细颗粒泥沙、软塑状淤泥为主的港道,对流动性较好的淤泥质土效率较高。其突出特点是设备组合相对简单,水上作业平台可小型化,能够适应较狭窄的港道断面。水力冲填可实现挖、运一体化连续作业,无需大量运输车辆,对施工区域周边道路的干扰较小。但该工艺受到土质条件的明显制约,当淤积物中粗砂含量高或存在黏性土团块时,水枪切割效率下降,且易堵塞管道。同时,水力冲填施工用水量大,泥浆浓度控制不当会显著增加弃土场的水处理压力,高含水泥浆的沉淀和尾水处理须配套完善。施工过程中,对泥浆扩散范围应加以控制,防止高浓度悬浮物向下游敏感水域扩散。

1.3 绞吸式挖泥船清淤工艺

绞吸式挖泥船是当前港道清淤应用较广的船载式清淤设备,其工作机理是通过船首绞刀的旋转切削将水底淤积物破碎并扰动,形成的泥浆经船上泥泵吸入,再通过水上或水下排泥管线输送至排泥场。

该工艺具有适应性强、清淤深度大、可连续作业的优点。绞刀型式可根据土质条件更换,开式绞刀适用于松软淤泥,闭式绞刀或带齿绞刀可用于较密实土层。绞吸式挖泥船在作业时通过定位桩和横移锚缆实现精确的前移和摆动,断面成型控制精度较高,能够较好地满足设计断面要求。施工中需重点关注的因素包括:排泥管线的合理布设,管线长度和高程差直接影响泥浆输送效率和能耗;绞刀转速、横移速度和进刀深度的合理匹配,以防止超挖或漏挖;以及作业区间的水位变化,特别是感潮港道内的涨落潮影响。在闸下港道狭窄区段,小型拼装式绞吸船因运输和组装灵活而更具适用性。

1.4 抓斗式挖泥船清淤工艺

抓斗式挖泥船通过吊臂和抓斗的开合,直接在水下抓取淤积物,提升出水后卸入停靠于船舷的泥驳中,再由泥驳运至卸泥点。该工艺为机械式逐斗作业,非连续输送方式^[4]。

抓斗清淤对土质适应范围较宽,从松软淤泥到较密实的砂质土或含小石块的土层均可抓取,且更换抓斗类型后可适应不同物料。由于采用泥驳转运,弃土可输送至较远距离的处置场,

不受排泥管线铺设长度的限制。施工过程中,开挖深度和平面位置通过船舶移位来控制。其局限性在于清淤底面平整度相对较差,易残留泥坎,对于追求高平整度的断面设计需配合扫浅工序;同时开敞式抓斗在水下提升和出水过程中易发生泥土散落,造成局部水体浑浊。因此,在环保要求较高的水域,需配置闭合力好、密封性佳的环保抓斗,并采取防扩散帘等辅助措施^[5]。

2 清淤施工的生产运行保障措施

2.1 前期勘察与实施方案制定

详实的前期勘察是清淤施工顺利开展的基础。勘察工作应着重查明港道淤积物的空间分布、厚度变化及物理力学性质,包括颗粒组成、天然密度、含水率、有机质含量等指标;同时需调查水下障碍物状况、岸坡结构型式及完整性、周边建筑物的分布与保护要求。对感潮港道,还应收集潮汐特征、含沙量变化等水文资料。在勘察成果基础上,编制实施方案需明确清淤范围、设计断面、施工工艺及设备配置、施工进度计划、弃土处置方案以及各项保障措施。方案编制应预留应对淤积状况与勘察结果可能存在差异的预案,使施工组织具备一定弹性。

2.2 清淤工艺选择

清淤工艺各有侧重,选择时需综合考量淤积物性状、港道尺度与结构、施工条件、弃土地点距离和环保约束等因素。干式清淤对淤积物性质包容性最强,但适用条件最受限。水力冲填在适宜土质下工效高、成本较低,但土质适应性稍弱^[6]。绞吸式挖泥船综合性能均衡,连续作业能力和成型精度较好,应用广泛。抓斗式挖泥船在土质复杂、运距较长时有其独到优势。实际工程中,清淤工艺的选择很少采用单一方案,常见的是不同工艺的组合或分区应用。如闸前狭窄段采用小型绞吸船,开阔港道段采用较大绞吸船或抓斗船配合泥驳;对局部含杂物的板结层则辅以抓斗清障或短暂断流干式处理。合理的工艺组合能够发挥各自优势,规避单一工法的短板。

2.3 设备选型与施工组织优化

设备选型应紧密结合工程条件和施工规模。小型闸下港道宜选用可拆解拼装的绞吸船或模块化水力冲填设备,以解决运输和组装空间限制;大型港道则可配置生产效率更高的大型绞吸船或抓斗船组。施工组织优化的核心在于协调清淤作业与工程正常运行的关系。闸门调度应与清淤施工保持信息互通,避免因水位骤变造成施工安全事故或已清淤段回淤。施工进度安排充分利用有利时段,如非汛期或枯水季,减小度汛压力和施工干扰。运泥通道和排泥管线的规划需提前落实,减少临时变更带来的工期延误。对多段同步施工的可能性和界面衔接也应在组织设计中予以规划。

2.4 施工过程质量控制

质量控制贯穿清淤施工全过程。平面控制与深度控制需通过测量手段加以保证,开工前设置岸上控制点和水中导标,施工中采用实时定位设备监测绞刀头或抓斗位置,分区作业完成后进行水深测量,发现欠挖部位及时补挖。淤泥清除程度应以达到设计底面高程和设计边坡为标准,不应仅凭作业感觉判断。超挖

虽可确保过水断面,但过度超挖可能危及岸坡稳定,需在施工交底中明确允许偏差范围。对于含污染物的淤积物,清淤过程需注意不使其扩散,扰动方式宜缓和,采取分层、分区推进的作业策略,并配合浊度监测。

2.5 安全风险防控

闸下航道清淤的安全风险来源于水文条件的不确定性、有限空间作业环境以及设备运行本身。施工期间应建立水文气象预警机制,突发暴雨或上游来水量增大时,有明确的撤离路线和应急预案。在闸门附近作业时,与闸管单位建立沟通渠道,确保在闸门调度前施工人员和设备能及时退至安全区域。水上作业人员须穿戴救生装备,作业船舶满足稳性要求并配备消防救生器材。排泥管线的架设应稳固,跨越交通要道时设置醒目标志和限高设施。对于可能存在的有毒有害气体释放,如长期淤积有机物厌氧分解产物,施工人员应在通风良好处作业,必要时应检测空气成分。

2.6 弃土处置与资源化利用

清淤产生的大量弃土,其处置路径直接影响工程成本和环境影响。弃土场的选址需考虑容量、防渗、排水和运输距离等因素,避开生态敏感区和居民密集区。泥浆型弃土在排泥场内的沉淀固结需保证足够停留时间,尾水排放应达到悬浮物浓度控制要求,可通过设置多级沉淀池或添加絮凝剂加以改善。从资源化角度,符合农用标准的淤泥可用于耕地改良或园林绿化用土;砂性弃土经分选洗涤后可用于建筑材料;部分淤土可结合岸坡整治用于培厚堤防或填筑平台。弃土的资源化利用需提前进行土质检测和适用性评价,并与用土需求方建立对接,避免弃土长期堆置产生的二次环境问题。

2.7 运行期淤积监测与维护管理

清淤工程完成后,淤积的再发展是动态持续的过程。建立航道淤积定期监测制度,利用断面测量、水下地形测绘等手段,掌握回淤速率和空间分布特征。根据淤积发展趋势,合理确定下一次清淤的时机和规模,将清淤纳入日常运行维护计划,变被动抢修为主动预防性维护。闸门运行方式的优化也能对减淤产生积极作用,如在满足运行要求的前提下,合理调整泄流时段和闸门开度,利用水流挟沙能力冲刷航道,减缓淤积速度。运行管理与清淤施工形成动态反馈,实现航道全寿命周期的功能维护。

2.8 构建长效管护机制

闸下航道清淤不应停留于单次工程治理的层面,而应着力于长效机制的建立。这一机制包括制度保障、技术保障和资金

保障三个方面。制度保障要求明确清淤管理的责任主体、维护标准和工作程序,使航道淤积管理有章可循;技术保障则依托淤积监测数据,科学研判清淤需求,优化工艺方案,积累本航道的淤积规律认识,逐步提高维护工作的预见性;资金保障需将清淤费用列入工程运行管理经常性支出,建立专项维护基金,保障周期性清淤的财务可持续性^[7]。

将清淤施工与工程运行调度有机结合,实现“闸-港-淤”联动管理,是提高航道维护效率的可行路径。通过淤积监测反馈调度优化,再以调度优化减少淤积、延长清淤周期,形成良性循环。

3 结语

闸下航道清淤是水利工程运行管理中一项技术要求较高的常发性维护工作,应建立长效管护机制,通过科学选择清淤时机、优化施工组织、强化过程监管、落实环保要求,实现清淤工作的规范化、精细化和常态化,从而保障航道功能的长期稳定发挥。清淤施工工艺的选择需立足于航道的具体条件,在干式清淤、水力冲填、绞吸式挖泥船和抓斗式挖泥船等工法之间做出合理抉择或组合,力求在满足清淤质量要求的前提下,兼顾施工效率和经济性。围绕施工全过程,构建覆盖前期勘察、设备组织、质量控制、安全防护、弃土处置及运行期监测等各环节的生产运行保障体系,是确保清淤工程顺利实施、实现预期功能恢复的关键所在。从更长远视角看,推动闸下航道清淤从应急式抢修向预防性维护转变,建立制度化、常态化的长效管护机制,将是提升水利工程精细化运行管理水平的重要方向。

参考文献

- [1]肖怀前,宋峰,汤景伟,等.埭子口下游河道淤积分析及动力清淤[J].治淮,2025(7):44-46.
- [2]吕前明,叶玲娣.水利工程清淤疏浚技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(6):098-101.
- [3]刘星.水利工程清淤装置优化设计与效率提升研究[J].黑龙江水利科技,2024,52(7):11-14+22.
- [4]刘闯.水利工程河道清淤及污水治理的常见问题及措施[J].中国资源综合利用,2025,43(4):251-253.
- [5]梅啸康.精细化管理在现代水利工程生产运行中的应用分析[J].科技风,2025(23):92-94.
- [6]杨益平.水利工程建设安全生产及运行标准化管理[J].大众标准化,2025(2):54-56.
- [7]王京晶,杨丹妮,陈响.水利工程渠道运行管理与维护问题研究[J].水上安全,2025(3):16-18.