

港口航道疏浚工程施工技术

雷锦苙

天津港航工程有限公司 天津 300450

摘要: 港口航道疏浚工程是保障航运安全与效率的关键环节。本文系统阐述了疏浚工程的规划设计与地质勘察、水文评估等基础工作,分析了绞吸式、耙吸式等主要疏浚设备的适用条件与工艺特点,重点探讨了定位导航、泥浆控制及回淤监测等施工核心技术,并从施工组织、质量控制及安全环保等方面提出管理措施,为提升疏浚工程质量与效率提供参考。

关键词: 港口航道; 疏浚工程; 施工技术; 施工管理; 质量控制

引言: 港口作为交通运输枢纽, 航道畅通至关重要。港口航道疏浚工程能改善航道条件, 保障船舶安全航行, 提升港口运营效率。然而, 疏浚工程面临地质复杂、施工环境多变等挑战, 涉及规划、设备、工艺、技术及管理等多方面内容。深入探讨其施工技术, 对提高工程质量、降低成本、保护环境具有重要意义, 推动港口航道建设可持续发展。

1 疏浚工程规划与设计

1.1 地质勘察与测量

在疏浚工程规划设计阶段, 地质勘察与测量是重要基础工作。航道底质分析是地质勘察核心内容之一, 要详细了解航道底部泥沙类型。不同类型泥沙, 如粉砂、细砂、粗砂等, 物理和力学性质差异大, 直接影响疏浚设备选型与施工工艺选择。例如, 粉砂的密度一般在 $1.4-1.6\text{g}/\text{cm}^3$, 内摩擦角约为 $25^\circ-30^\circ$; 细砂密度约为 $1.5-1.7\text{g}/\text{cm}^3$, 内摩擦角约为 $30^\circ-35^\circ$; 粗砂密度约为 $1.6-1.8\text{g}/\text{cm}^3$, 内摩擦角约为 $35^\circ-40^\circ$ 。粒径分布情况也很关键, 它决定泥沙起动流速、悬浮特性及管道输送阻力等参数。一般来说, 泥沙粒径越小, 起动流速越低, 如粒径为 0.01mm 的泥沙, 起动流速约为 $0.1\text{m}/\text{s}$; 粒径为 0.1mm 的泥沙, 起动流速约为 $0.3\text{m}/\text{s}$ 。水文条件评估同样是重要环节。流速是衡量水流快慢的关键指标, 不同流速影响疏浚作业, 高速水流增加施工难度与安全风险。潮汐变化影响航道水深, 在潮汐明显区域, 要准确把握规律安排施工时间。波浪挑战疏浚船只稳定性, 大型设备受波浪作用可能晃动, 影响施工精度与安全^[1]。基于地质勘察和水文评估结果, 进行航道断面设计并确定参数。航道宽度依船舶类型、吨位及航行规则确定, 确保船舶安全顺畅通过。深度设计满足船舶吃水要求, 预留富余水深应对意外。边坡坡度综合考虑土质、水流冲刷等因素, 保证稳定性, 防止坍塌影响安全。

1.2 挖槽轴线规划

挖槽轴线规划是疏浚工程规划的关键部分。直线轴线优先原则是基于直线航道施工难度相对较小、船舶航行更加顺畅的考虑。在直线航道上, 疏浚设备可以按照预定的路线稳定作业, 提高施工效率。当航道需要转弯时, 转弯段半径的设计至关重要。半径过小会导致船舶航行困难, 增加船舶与航道边缘碰撞的风险; 半径过大则会占用过多水域空间, 增加工程成本。一般来说, 转弯段半径应不小于船舶长度的3-5倍, 例如对于长度为100米的船舶, 转弯段半径应不小于300-500米。进出口喇叭形设计能够引导船舶顺利进出航道, 减少船舶在进出口处的操作难度, 提高航行的安全性。挖槽轴线与水流方向的夹角应控制在一定范围内, 一般不超过 15° 。如果夹角过大, 水流对疏浚船只和挖槽的冲刷作用会加剧, 不仅会增加施工难度, 还可能影响航道的稳定性, 导致航道回淤等问题。

1.3 抛泥区选择标准

抛泥区的选择直接关系到疏浚工程的施工效率和环境影响。首先, 抛泥区必须避开航道与通航水域, 以防止抛泥作业对正常航行造成干扰, 保障船舶的航行安全。考虑水流动力条件是选择抛泥区的重要因素之一。利用水流的动力作用, 可以使抛入水中的泥沙自然扩散和输送, 减少泥沙在抛泥区的堆积, 降低后续处理的难度和成本。在确定抛泥区时, 还需要平衡抛泥距离与施工效率的关系。抛泥距离过远, 会增加疏浚船只的往返时间和能耗, 降低施工效率; 抛泥距离过近, 则可能导致泥沙回流至航道, 影响疏浚效果。因此, 需要综合考虑各种因素, 选择一个既能保证施工效率, 又能有效处理泥沙的抛泥区。

2 疏浚设备与工艺选择

2.1 常用疏浚设备类型

在疏浚工程领域,不同疏浚设备有独特应用场景。绞吸式挖泥船较常用,适合松散土质。工作时,它靠绞刀切削水下土体成小颗粒,再用泥泵吸力经管道输送至指定地,在河流、湖泊等水域疏浚表现出色,能高效完成大面积任务^[2]。耙吸式挖泥船更适用于深海或长距离输泥。它通过耙头将水下泥沙吸入船舱储存,装满后航行至抛泥区抛泥。其航行能力强、作业范围广,能在复杂海洋环境稳定作业,对深海航道开辟维护意义重大。抓斗式挖泥船主要针对硬质土层或礁石等难处理土质。它利用抓斗强大抓取力抓取后,经吊运设备转移至指定位置,在港口基础设施建设或航道局部加深工程中作用不可替代。爆破疏浚是特殊方式,主要针对坚硬岩石。常规设备难处理时,用爆破技术破碎岩石成小块,再用其他设备清理,虽有一定危险性,但处理坚硬岩石效率较高。

2.2 施工工艺分类

疏浚施工工艺主要分为机械疏浚、水力疏浚和混合疏浚三种。机械疏浚以挖泥船为核心设备,通过挖泥船直接对水下泥沙进行挖掘,并利用输送设备将挖掘出的泥沙输送至指定地点。这种工艺操作相对直接,适用于各种土质条件,但机械设备的磨损较大。水力疏浚则是利用水流的冲刷作用对水下泥沙进行松动,然后通过管道将泥沙输送出去。这种工艺减少了机械设备的直接接触,从而降低了机械磨损,但在处理硬质土层时效果不佳。混合疏浚结合了机械疏浚和水力疏浚的优势,在不同的施工阶段根据实际情况灵活运用两种工艺,以达到优化施工效率的目的。

2.3 设备选型依据

在进行疏浚设备选型时,需要综合考虑多方面因素。疏浚深度与宽度要求是重要的考量因素之一,不同的设备在疏浚深度和宽度上有着不同的能力范围,需要根据工程的具体需求进行选择。泥沙类型与硬度也直接影响设备的选型,松散土质和硬质土层所适用的设备差异较大。此外,施工环境条件如风浪大小、水深情况以及能见度等,也会对设备的选型产生影响,需要确保设备能够在特定的施工环境下安全、稳定地运行。

3 疏浚施工关键技术

3.1 定位与导航技术

在疏浚施工过程中,精准的定位与导航技术是确保施工质量和效率的基础。GPS(全球定位系统)与DGPS(差分全球定位系统)定位系统在疏浚工程中得到了广泛应用。GPS系统能够为施工船舶提供全球范围内的位置信息,而DGPS通过在基准站接收卫星信号并计算出误差修正值,再将修正值发送给流动站,进一步提高了定位

精度,可将定位误差控制在厘米级,为疏浚船舶的精准作业提供了可靠保障^[3]。电子海图与水深测量仪的协同作业也是定位与导航技术的重要组成部分。电子海图能够直观地展示施工区域的水下地形、航道边界、障碍物等关键信息,为施工人员提供全面的地理参考。水深测量仪则实时获取施工区域的水深数据,并将这些数据与电子海图进行融合,使施工人员能够准确掌握船舶所在位置的水深情况,从而合理调整施工参数。实时监控与动态调整施工轨迹是定位与导航技术的关键环节。通过安装在施工船舶上的传感器和监控设备,实时获取船舶位置、航向、速度等信息,并传输至控制中心。控制中心根据实时数据动态调整施工轨迹,确保施工船舶始终按预定路线疏浚,避免偏航或重复施工,提高施工效率和精度。

3.2 泥浆浓度与流量控制

泥浆浓度与流量控制是疏浚施工中的核心技术之一。根据不同土质调整绞刀转速与切削深度是控制泥浆浓度的关键。对于松散土质,可以适当提高绞刀转速,增加切削深度,以提高泥浆产量;而对于硬质土层,则需要降低绞刀转速,减小切削深度,防止绞刀过度磨损,同时保证泥浆浓度符合要求。优化泥泵输送流量对于避免管道堵塞至关重要。泥泵的输送流量应根据泥浆浓度和管道阻力进行合理调整。当泥浆浓度较高时,应适当降低泥泵输送流量,防止泥浆在管道内沉积堵塞;当泥浆浓度较低时,可以适当提高泥泵输送流量,提高施工效率。溢流口设计与管理对泥浆质量有着重要影响。合理的溢流口设计能够有效减少大颗粒泥沙进入泥舱,提高泥浆的纯净度。在施工过程中,应加强对溢流口的监控和管理,根据泥浆浓度和颗粒大小及时调整溢流口的开启程度,确保泥浆质量符合要求。

3.3 回淤监测与处理

回淤是疏浚施工中常见的问题,及时准确的回淤监测与有效处理对于保证疏浚效果至关重要。水深测量与侧扫声呐技术是回淤监测的主要手段。水深测量能够定期获取施工区域的水深数据,通过与疏浚前的水深数据进行对比,判断是否出现回淤情况。侧扫声呐技术则能够提供高分辨率的水下地形图像,直观地展示回淤的位置、范围和厚度等信息,为回淤处理提供依据。根据回淤监测结果,调整疏浚设备参数是处理回淤的有效方法之一。例如,增加疏浚频率可以及时清除新形成的回淤,保证航道的畅通。采用防淤措施也是防止回淤的重要手段。超深挖沟可以在航道底部形成一定的深度余量,减少回淤对航道水深的影响;截留泥沙措施则通过

设置拦沙设施,阻止泥沙向航道内流动,降低回淤发生的可能性。

4 施工过程管理与质量控制

4.1 施工组织设计

施工组织设计是疏浚工程顺利开展的重要前提。在施工程序规划上,需依工程规模、条件及工期要求,将施工程序科学划分阶段与区域。例如大型港口航道疏浚,先整体勘察,按疏浚难度和重要性划分区域,再针对各区域制定详细施工程序计划,确保有序推进^[4]。资源调配是关键环节。设备方面,依不同阶段和区域特点,合理配置各类疏浚设备,保证性能与任务匹配。人员调配考虑专业技能和经验,安排熟悉操作和工艺的人员到相应岗位。材料方面,要确保燃油、润滑油等物资充足供应,满足施工设备正常运转需求。进度控制对于按时完成工程任务至关重要。可采用关键线路法和进度网络图等工具。关键线路法通过确定工程中的关键任务和关键路径,明确影响工期的关键因素,从而有针对性地施工进度管理。进度网络图则以图形化的方式展示各个施工任务之间的逻辑关系和时间顺序,便于施工人员直观了解施工进度情况,及时发现并解决可能影响进度的问题。

4.2 质量管理体系

建立完善的质量管理体系是保证疏浚工程质量的基础。首先要制定明确的质量目标与控制点。质量目标应涵盖疏浚深度、宽度、边坡坡度等关键指标,控制点则设置在原材料采购、施工程序关键环节以及成品验收等阶段。实施全过程质量检验是确保质量目标实现的重要手段。对原材料要严格检验其质量合格证明文件,并进行抽样检测,确保原材料符合施工要求。在施工过程中,要对每一道工序进行质量检验,如绞刀切削深度、泥泵输送流量等参数是否符合设计要求。对成品要进行全面验收,检查航道的水深、宽度等是否达到质量标准。建立质量反馈与改进机制能够及时发现并解决质量问题。通过定期的质量检查和评估,收集施工过程中的

质量信息,分析质量问题产生的原因,并采取相应的改进措施,不断提高工程质量。

4.3 安全与环保措施

施工现场安全管理是保障施工人员生命安全和工程顺利进行的重要工作。要在施工现场设置明显的警示标志,提醒施工人员注意安全。同时配备完善的防护设施,如安全帽、安全带、防护网等,为施工人员提供必要的安全保障。制定应急预案是应对突发情况的有效措施。针对设备故障、人员伤亡、自然灾害等可能发生的情况,制定详细的应急预案,明确应急处置流程和责任分工,定期组织演练,提高施工人员的应急处置能力。环保技术应用是疏浚工程可持续发展的要求。采用低扰动疏浚技术能够减少对周围水环境和生态的影响,降低施工过程中的泥沙扩散和悬浮物浓度。对疏浚产生的淤泥进行资源化利用,如将淤泥用于土地改良、制作建筑材料等,实现资源的循环利用,减少对环境的污染。

结束语

港口航道疏浚工程施工技术涵盖多个关键环节,从前期规划设计的精准把控,到设备工艺的合理选择,再到施工关键技术的有效运用,以及施工程序管理与质量控制的严格落实,每一环节都紧密相连、相互影响。只有全面掌握并科学运用这些技术,才能确保疏浚工程顺利推进,实现航道的高质量建设与维护,为港口的稳定运营和长远发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]张震.港口航道疏浚工程施工技术探究[J].珠江水运,2022(13):107-109.
- [2]王超,田同贺.港口航道疏浚工程施工技术探讨[J].砖瓦世界,2022(11):199-201.
- [3]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.
- [4]方州恩.港口航道疏浚工程施工技术措施应用研究[J].中国水运,2024(21):78-81.