

港航工程中基槽开挖与港池疏浚施工技术的应用研究

李创

中交烟台环保疏浚有限公司

摘要：为解决港航工程基槽开挖及港池疏浚环节出现的质量控制不严、技术管理滞后问题，规避由此引发的基槽超挖、边坡失稳风险，保障港航工程的顺利平稳运行，本文综合运用文献法、案例法展开研究。先简要介绍案例工程概况，指出其具有工期紧张、施工量大等鲜明特征，然后结合工程实际情况探讨技术使用方法，从基槽挖泥工序、边坡控制工序、港池疏浚工序等环节入手归纳重点。

关键词：港航工程；基槽开挖；港池疏浚

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.15.071

前言：港航工程施工具有复杂性、繁琐性特征，覆盖了疏浚吹填、船坞建造、航道整治等诸多工程类型，其中涉及的人员设备、材料工艺要素十分多样，控制不当很容易带来质量问题。近年来我国航运事业、水利事业高速发展，港航工程正在朝着规模化方向发展，工程范围扩大、技术更加高端，潜在的技术及质量隐患也更加多样，有必要对其进行系统化梳理和预防。

一、案例工程概况

为直观说明港航工程中基槽开挖与港池疏浚施工技术要点，本文引入某地工程案例辅助阐述，工程基槽挖泥量共89.8万 m^3 ，基槽持力层为风化岩，挖泥水深度为7~8m。从现场环境看，该工程主要具备以下几个特征：（1）施工量较大，按照总工程量及工期计算，日挖泥量需要达到7416 m^3 ，可能会造成区域内淤泥沉积，日沉积量高达10cm左右。（2）运输距离较远，现场配备自航泥驳船只，承担疏浚物料的运输分配工作，但由于作业面开阔，船只的运输距离相对较远，最远处可以达到10km。（3）施工工期紧张，设计工期为120d，且区域内通航需求较大，船机往来很容易影响施工，加剧工期紧张问题。（4）质量要求较高，港池疏浚的目的是清除淤泥，保持航运畅通，因此对基槽挖泥超深、超宽均提出了较高要求，需要分别控制在0.5m和1.5m之内，仅使用大型机械很难达到要求。（5）工序搭接较多，基槽挖泥施工与港池疏浚施工环节，牵涉的工序内容较多，既要协调好基槽、后方开挖问题，也要交叉进行基床整平、抛石等工序，协调不当很容易出现质量问题。

二、技术方案设计

本次施工编制了系统化的技术方案，施工流程可见图1。施工前需要精准测量放样，在指定位置设置GPS基

站，做好定位和标底、标高的标注工作，借助测深仪等设备提高测量精准度，卸泥区、卸渣区同样要放置浮标，为后期的清运协调工作做好铺垫。基槽挖泥采用分段、分区、分层的施工思路，以疏浚区自然分段为依据，对应确定挖槽顺序，单次开挖长度在100m左右，提前进行试挖试验，通过试验确定横向移动速度、主机转速等参数。本次依据试挖结果等，确定分层开挖高度为1.2~1.5m，分条宽度设计为15~9m。挖泥船上配备有DGPS接收机，可以实时接收电子图形，并依托控制系统完成智能调控。为避免漏挖，挖泥船航行区域还需要留出一定的重叠部分，本次重叠宽度设置为2m，实时记录和回传设备参数、淤泥浓度参数，避免出现质量缺陷。挖出的淤泥按照规定吹转至指定位置，不达标泥驳则直接废弃，并运送到抛泥区。完成基槽开挖工作后及时验收和清淤，结合实际情况确定清淤方案，对开阔区、岩石区，以及地貌突变区进行淤泥疏浚，最后提交合格基槽。

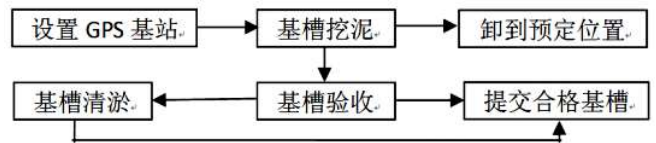


图1 基槽开挖与港池疏浚施工流程图

三、基槽开挖与港池疏浚施工技术

（一）基槽挖泥施工技术

基槽开挖环节，需要结合实际情况选择船只设备，本次挖泥水深度达到了7~8m，初步分析发现单一使用绞吸船，是无法达到设计要求的，且施工效率也会随之下降，无法达到月开挖量22万 m^3 的设计标准，因此使用一艘1450型绞吸挖泥船，搭配规格为500 m^3 的泥驳船，以及一艘11~13 m^3 的抓斗船同时施工，其中绞吸挖泥船负责挖泥、吹填，泥驳船负责运输，抓斗船负责清礁。绞吸船采用钢桩定位方式，原计划采用2钢桩配合交替施工，缆绳交替收放，使得船体呈现出左右晃动挖泥的姿态，但现场试验后发现，2个摆动中心同时存在，容易出现漏挖、超挖等问题，因此改进调整为主副桩法，主桩始终与挖槽中心对齐，副桩负责前移换桩，经试验发现可以较好地规避漏挖、超挖困境。考虑到基槽开挖环节面对的环境条件差异较大，实践中还可以结合实际情况进行方案细节的调整，其中硬质黏土本身的含水量较低，绞刀掘进时遇到的阻力可能较大，因此要适当加

大动力,降低摆动速度、缩短前移距离^[1],特殊情况下还可以进行冲水处理,以降低掘进阻力,提升绞吸船作业效率。部分区域沙质土分布广泛,土层本身较为松散且沙子粒径较小,此时可以适当加大开挖厚度,增大吸水量,以减少对机具设备的磨损,延长设备使用寿命。部分工程中还会出现硬塑性黏土、可塑性黏土等,作业过程中土体很可能黏住斗轮口,导致教导转速下降等问题,施工时要做好质量把控,经常用高压冲洗设备冲洗清洁,保证施工的顺利进行。

(二) 边坡控制技术

边坡稳定性对基槽开挖和港池疏浚工作的影响较为显著,只有确保边坡稳定、牢固,才能为工程推进奠定基础。现阶段港航工程多采用阶梯式边坡开挖方案,分层厚度要根据实际情况灵活确定,通常维持在刀具直径的0.5~2.5倍,区域内若为硬土土质,分层厚度可适当偏大,淤泥质、流动性粉砂土质中,则要适当压缩分层厚度,一般不超过4m。注意分层大小对于疏浚施工的影响是非常之大的,分层过小容易降低施工效率、耽搁工期,分层过厚则会提高土方塌陷风险,影响施工安全,因此要因地制宜进行计算分析,总体上遵循“上多下少、多少相对”的基本原则。正式开挖环节首先确定表层开挖边线、中层开挖边线和底层开挖边线,结合设计边坡位置,优化调整开挖量,超挖、欠挖务必保持一致,本次边坡比设置为1:2,阶梯高度设计为4m,宽度为8m,设计思路可见图2。开挖后施工人员需要跟踪控制横移架位置,每挖进一层宽度减少8m,同步提高刀架,为阶梯斜坡的形成创造条件。

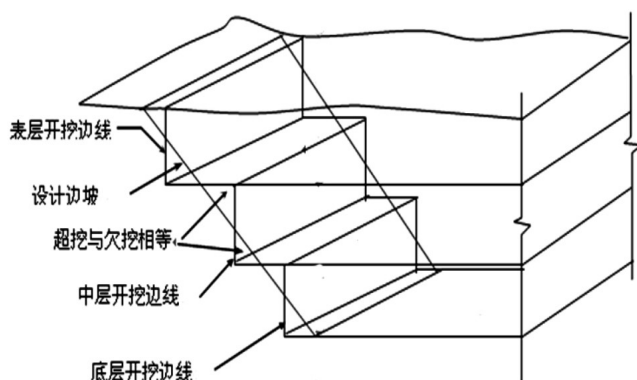


图2 阶梯式边坡剖面示意图

(三) 港池疏浚施工技术

港池疏浚环节需要结合现场环境、地质条件等科学处理工序细节,本次工程的岩区部分挖槽较短,且区域内分布有多个孤立岩石浅区,无法直接使用大型挖泥船疏浚,部分区域还存在地貌突变的状况,需要树立差

异化处理思路,最大限度确保技术适配性。对于底层无岩石区,可以直接按照分层、分条开挖的思路,上层取平、中层取量、下层保质,最大限度保障疏浚开挖效率和质量,挖出的疏浚物可根据需求吹填或者抛弃。对于常规岩石区来说,则推荐利用绞刀进行绞碎处理,测量绞碎深度达标后,借助排泥管线吹转碎石,为后续清运提供便利^[2]。本次施工中,部分地区地貌突变,存在较大面积的砂脊,最浅浚前水深可以达到-10m,若挖泥船满载触底风险将会成倍上升,因此采用分区段、分层、分条的施工方案,穿插施工确保安全性和施工效率。注意施工环节要结合河道结构、船尾水上活动管线长度等,合理确定区段范围,其中挖槽宽度要视船长而定,通常控制在1.2~1.4倍为佳。此外,疏浚环节还会涉及抛设横移锚的问题,要结合风流条件具体分析,通常先抛上流锚,并匀速移动绞刀,使之与疏浚边线平齐,牢固挂在水底泥浆之中,船体前部轴线与侧锚索位置夹角控制在45°以上即可,下锚后拧紧水平线缆,为绞刀作业创造条件。为保证施工安全,可以以疏浚区为中心,在周边搭建多个报潮站,实时更新当日水位信息,方便操作人员及时获取水位状态,调整绞刀下放深度等,避免出现平整度、深度偏差。

(四) 凿岩棒施工技术

本次疏浚过程中还涉及礁石清理问题,主要是因为水底部分分布有岩层结构,仅靠挖泥船难以到达设计标底,因此需要清礁处理,清礁点位于0+700m处,清除对象为微风化岩层。船舶借助GPS系统实现定位和布锚工作,定位误差不能超过0.5m,副吊和凿岩锤用锚链连接起来,锚链上配备有可旋转接头,能够较好地满足角度调节需求,另外设置一根保险钢丝绳,防止凿岩锤在作业途中出现掉落问题。所有参与施工的卸扣、钢丝绳等部件,必须经过严格的质量检验,抗拉强度需要符合设计标准,固定螺栓满焊焊接,避免出现冲击后松动的问题。根据现场环境、作业能力等进行科学布点,本次施工区域较大,因此采用分段、分点的方式组织施工,每6m划分一排,每排安排若干个凿岩点,相邻点位之间间隔5m以上,下锤高度视岩面高度灵活调节,大致维持在10~20m,每个点凿击3次。凿击结束后用抓斗船进行清渣工作,收集若干凿碎样本观察效果,决定是否需要调整凿岩棒施工参数,清出的碎渣统一运送至指定抛泥区域,方便后期清运处理。经实践验证发现,凿岩棒施工能够较好地满足清岩需求,测试水深符合设计要求,超深、超宽值均在允许范围之内,与常规炸礁处理方式相比扰动明显减小,实现了经济、社会效益的双重统一。

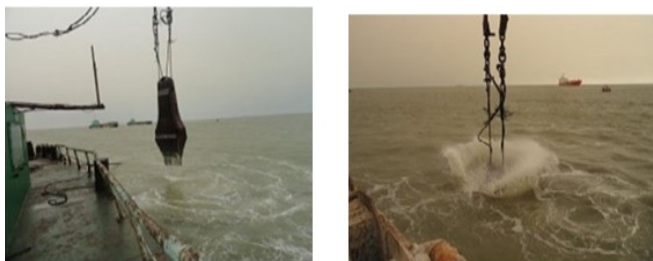


图3 凿岩棒下落示意图

(五) 排泥管线敷设技术

1. 陆上吹砂管线设置

吹砂管线设置工序同样是港池疏浚项目中必不可少的一环，实践过程中要结合挖泥船运行实况、疏浚方案细节等科学操作，在考虑吹淤距离、吹填标高等参数的基础上，综合水位变移状况进行位置调整。管线敷设时要遵循直线优先、线路最短原则，减少与建造路段、建筑物等的碰撞冲突，遇到下穿设置区域时，可以选择全埋、半埋两种方案，表层填充泥土，避免管道顶部、两侧损坏，注意堤角坡度要控制得当，通常不能超过1:10^[3]。要以铺设进程为依据，对应搭建支管构造，减少波浪、风力等对管架的影响，必要时设置浮管锚、脊钢索等构件增加牢固度，为施工质量的提升奠定坚实基础。对于水下、陆上管道连接部位，可以采用人工连接方式，开口部位设置三通，一侧向前延伸，一侧向充填区域延伸，若期间出现小角度拐弯，或者较缓和的坡度变化，则可以增设皮套以增加密闭性，接入吹填场地的管道可能有标高需求，此时需要借助可调管架增高，直至达到设计标高即可。使用的三通可以是T形，也可以是Y型，吹填过程中不定时旋转管线，保证淤泥流动性。

2. 水上吹砂管线设置

本次工程选择钢管+胶管方式设置水上吹砂管线，配备浮筒调节定位，浮管一侧连接挖泥船，一侧连接陆地管道。由于野外作业受水位、天气等因素影响较为明显，因此浮标管段安装环节，务必要做好卡箍的紧固工作，避免水流、波浪冲击，或者吹填动力冲击造成管段泄漏，保证吹砂工序的顺利推进。在管道走向上，也要尽可能保证流线顺畅度，严禁出现死弯等状况，可以在实际需求长度的基础上，预留一定裕度，方便浮筒管路安装，减少绞吸船移动环节的拆卸、更换频率。浮筒安装完毕后，要整体检查安装效果，确保其在重载的前提下，仍旧能够露出水面，为后期的状态检修和监控提供便利，同时也能起到减少水流阻力的作用。若现场条件制约，管线必须敷设在水下，则要放置显眼浮标，避免过往船只误触。管道锚放置点位对于管线运行的影响同样是非常之大的，实践过程中要结合水位情况分析，若

区域内受水位影响较为明显，则要抛在浮动水位两侧。浮标管段、陆地管段连接处是整个管段的薄弱环节，要结合地形、水域标高变化状况合理调整，必要时充填橡胶垫圈、牛脂编织物，底部加设垫块、垫片等，避免水位波动引发管道翘曲、淤泥渗漏。

(六) 质量检查及成品保护技术

由于基槽开挖及港池疏浚环节对施工质量的要求相对较高，因此需要做好跟踪化的质量检查和成品保护工作。本次基槽开挖要求超宽不得超过1.5m，超深不得大于0.5m，操作使用要重点避免欠挖、超挖隐患，结合挖泥船体型、水位数据等做好预测和计算，利用声呐测距仪等，对开挖深度进行监控。考虑到声呐设备难以进行动态化监管，因此还可以搭配使用水下地形扫描仪，按照说明书所述将之安装到挖泥船底部，开挖环节以10延米为单位，开展周期性的测量，并以此为依据校准声呐基准，确保测量科学性。为避免超挖、欠挖，分层施工环节也可以搭配使用设备机械，对于深度大于10m的区域，可以直接使用大型抓斗施工，待到基槽基本成型之后，改用中型、小型船只找平^[4]，为后续的抛石处理工序做好铺垫。此外，港航工程基槽开挖和港池疏浚环节的工序搭接较多，操作控制不当很容易对上、下衔接步骤产生不利影响，因此要给予成品保护工作更多关注。尤其重视基槽保护问题，无论是沉放管节，还是挖沙采砂、船只抛锚，均可能损坏基槽，因此要提前在技术交底环节做好沟通，开挖结束后及时组织开展抛石施工，并且定期检查港池、基槽状况，一旦发现回淤量异常，还需要及时清淤，确保工序安排连续性，尽量减少基槽暴露时间。

结论：综上所述，港航工程基槽开挖及港池疏浚施工复杂性显著，实践中务必要给予充分重视，事先开展现场环境调查和开挖疏浚工程量统计，结合实际情况制定针对化的技术方案。在基槽开挖过程中合理分条分层，做好边坡开挖与监测管控，科学选择挖泥设备与机具，适当设置重叠宽度，防止漏挖问题的产生。对于需要吹填操作的工程，还需要合理敷设陆上、水上吹砂管线，为港池疏浚工程的顺利推进奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 王中雨. 基槽开挖与港池疏浚施工技术在港航工程中的应用[J]. 珠江水运, 2021(20): 93-94.
- [2] 乔福康. 港航工程建设中的基槽开挖与港池疏浚施工技术[J]. 珠江水运, 2021(05): 65-66.
- [3] 黄书云. 港航施工中基槽开挖设备与技术应用[J]. 绿色科技, 2020(12): 202-203.
- [4] 张寒春. 港航工程施工中基槽开挖施工技术[J]. 中国水运(下半月), 2020, 20(02): 157-158.