

耙吸式挖泥船在复杂地质航道疏浚工程中 施工浅点控制方法研究

邵克晨

(长江南京航道工程局, 江苏南京 210000)

摘要: 耙吸式挖泥船一般均具有边自航边施工能力, 船舶机动灵活, 便于避让, 对航道正常通航影响较小, 因此非常适合营运通航航道、复杂流态航道的疏浚施工。受地质条件影响, 当拟施工航道地质复杂, 存在较多硬黏土、密实砂及少量钙质结核物等难挖土质时, 耙吸式挖泥船在航道疏浚过程中会不可避免地出现浅点。如何有效控制航道浅点、采用有效措施消除浅点, 是该类航道疏浚工程顺利完成施工任务的关键所在。针对复杂地质航道疏浚工程, 可通过工前耙吸船船型选择、施工过程控制和最终扫浅控制相结合的综合控制方法。经工程试验证明, 应用该综合控制方法可有效控制浅点数量、加快施工及扫浅效率。

关键词: 耙吸式挖泥船; 硬黏土; 密实砂; 钙质结核物; 航道疏浚工程; 浅点控制

中图分类号: U66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 06—0096—03

航道疏浚工程泛指用挖泥船或其他工具在航道中清除水下泥沙的作业^[1]。航道疏浚是开发航道, 增加和维护航道尺度的主要手段之一^[2]。航道疏浚工程根据工程性质主要分为维护性疏浚工程及基建性疏浚工程。其中, 已成型航道受泥沙回淤影响会不断淤积变浅, 清除一段时间以来航道内的回淤泥沙, 维持原航道尺度的疏浚工程即为维护性疏浚工程; 新建航道或在原航道基础上拓宽增深即为基建性疏浚工程。维护性疏浚工程施工土质主要为回淤土, 施工相对较为容易。基建性疏浚工程施工土质主要为原状土, 根据工程区域地质条件不同情况, 施工难度有所区别, 但总体难度均大于维护性疏浚工程。本文以耙吸式挖泥船在基建项目施工为例。

受限于施工区域复杂地质条件影响, 耙吸式挖泥船在航道疏浚工程施工作业后容易出现浅点, 若不能有效控制, 浅点数量会大幅增加, 甚至形成沟槽或垄沟, 如此不仅增加后期施工难度, 影响施工效率, 亦会造成施工成本大幅增加、无法按期完工等风险。因此必须要采取有效方法和手段对航道疏浚工程各个环节进行控制, 全方位考虑避免浅点形成的方法, 为此提出此施工浅点综合控制方法研究。

1 耙吸式挖泥船复杂地质浅点控制方法设计

为达到浅点控制的最佳效果, 本综合控制方法从工前耙吸船船型选择、施工过程控制和最终扫浅控制三个阶段分阶段详细说明控制方法。

1.1 耙吸船船型选择

耙吸船船型选择是航道疏浚工程中极为重要的一个环节。设备选择不当可能出现吃水不够无法正常施工、设备挖掘能力不强施工效率低下、设备配置过高造成不必要成本浪费等情况, 因此必须高度重视。针对复杂地质条件, 必须仔细研究地质报告, 做到深入了解地质情况, 方能做出最佳选择。根据工程存在较多硬黏土、密实砂及少量钙质结核物等难挖土质特点, 可从以下几个方面考虑船型选择。

(1) 泥泵。普通耙吸式挖泥船仅拥有舱内泵装置, 该类别泥泵挖掘能力稍弱, 尤其针对上述复杂地质条件。部分耙吸式挖泥船在拥有上述舱内泵装置的基础上还拥有水下泵装置。水下泵装置由一台单壳泥泵、水下电机、底座、箱形钢结构框架、耙中吊架起吊管、吸口膨胀节、排出泥管、橡胶接头、高压冲水管和辅助系统等集成。拥有水下泵装置挖泥船在同等条件下可比单一拥有舱内泵耙吸船施工效率提高 30%。根据上述复杂地质特点, 宜选择拥有水下泵耙吸式挖泥船进行施工。

(2) 高压冲水装置。普通耙吸式挖泥船无高压冲水装置, 此类别耙吸船仅适合淤泥质土、回淤土等较软土质的施工, 针对硬黏土、密实砂等难挖土质施工效率将大受影响。为保证施工效率, 施工上述复杂地质航道应使用配备高压冲水装置的耙吸船。高压冲水装置由电动机驱动, 用于耙头冲水或泥舱冲水。所有高压冲水管的分支管均由液压蝶阀在驾驶室遥控。船内高压冲水管除由液动蝶阀控制开闭, 舷侧另配有手动蝶阀, 可安全关闭。高压冲水装置可有效切割挖掘土层, 提高挖掘效

率。高压冲水破土就是通过船上已有的高压冲水泵，让高压冲水经过管路流到耙头高压冲水腔内，再通过数个排出口，以巨大的压力喷射到土质上，让土层砂质流化迫使砂粒分离以促使泥沙冲刷，从而提高挖掘效率。

(3) 耙齿选择。针对上述复杂土质，耙齿的曲面形状要利于撕裂土块，同时还要防止被切削的粘性土粘连在耙齿曲面上，因而选用类似犁面的曲面作为犁形齿的曲面有利于破土和翻土。根据施工土质特点，如硬粘土居多，则使用专用粘土耙齿，如密实砂居多，则使用专用砂耙齿。施工过程中根据实际施工土质选用合适的耙齿。

1.2 施工过程控制

针对上述复杂地质条件，施工过程控制同样非常重要。通过合理的施工过程控制，可有效控制浅点数量和提高航道平整度，提高航道疏浚效果，保证施工质量。可从以下方面控制。

1.2.1 施工方法选用

根据不同施工条件（如土质、抛泥运距、水深、泥层厚度等），选用不同施工方法。

(1) 分段施工：①当挖槽较长，一次装舱不能从起始点挖到航道终点时，可以根据土质不同及耙吸船性能合理分段，逐段疏浚施工。在挖泥过程中，各分段端点要做到相互重叠衔接好，以免漏挖留坎。②挖槽原始水深差异较大或分区段有深有浅，可将水深相近区段分为一段。

(2) 分带施工。耙吸挖泥船单耙挖宽仅为2个耙头宽度，因此通常分挖泥航线进行施工，所谓分带是指在挖槽断面方向的分带。对较宽挖槽或者挖槽断面两侧深度不一情况，或因工程施工安排或者通航要求，需要将挖槽一部分先挖深等情况，均可采用分带施工。在施工过程中，各分带区域同样要做好相邻部位的搭接，避免漏挖欠挖留下垄沟。

(3) 分层施工。当疏浚航道泥层较厚时，一般泥层厚度超过3.0m应分层施工。分层时，上层施工时可适当厚一些，考虑底层已接近设计底标高，应尽量薄一些，如此有利于工程质量。土质较松软时，每层按1.0~1.5m进行开挖，土质较硬时，每层按0.5~1.0m开挖。根据上述复杂地质条件，上层按1.0m进行分层，底层按0.5m分层。

(4) 先浅后深。当航道内浅段的水深较浅，影响

耙吸船重载通航时，应将最浅段区域先挖除，为耙吸船施工所需要的水深创造条件，在施工期较长，泥层较厚，且存在一定自然回淤情况时，可按照先浅后深，由浅至深，逐步加深^[3]。正常情况下，均应按照先浅后深的施工步骤，在全槽深度基本相近后，再同步加深，从而避免增大最终扫浅施工量。

(5) 交叉施工。在挖槽内受土质分类复杂、深浅分布不均衡，受水流、潮汐及风力影响不同，或施工区域受运营船舶通航影响，应根据具体情况合理安排施工，一般应优先挖难挖、受影响区段，总的原则，要以尽可能避开不利影响，充分利用有利条件合理安排施工顺序，从而尽可能达到最佳施工安排。

(6) 边坡施工。边坡施工，一般按设计边坡分阶梯进行开挖。当设计边坡在1:2~1:3时，阶梯高度建议取2~3m；当设计边坡在1:4~1:10时，阶梯高度建议取1~2m。如果边坡质量要求较高时，阶梯高度建议取0.5m。边坡开挖时，可根据阶梯不同高度连同高度挖槽同步分层开挖。边坡开挖时，同样要求严格控制耙吸船挖泥航线和各阶梯挖深。

1.2.2 过程水深测量控制

测量是工程的眼睛，尤其像此类航道疏浚工程，本身为水下隐蔽工程，若无测量辅助，很难了解实际施工状况，势必影响施工质量。正常情况下，航道疏浚工程每10~15天进行一次测量，针对上述复杂地质条件，为保证施工质量，必须加大测量频次，安排每7天左右进行一次测量。每次测量后及时开展测量分析，根据前期施工情况，分析存在的施工质量缺陷，并提出针对性的补救措施，在后续的施工中作出安排。水深测图及测量分析结论及时反馈施工船舶，指导施工船舶后续施工。以每次测量为一个循环，通过不断施工、纠偏，使施工质量一直处于可控状态。

1.2.3 其他针对性措施

鉴于地质条件的复杂性，亦可通过施工工艺的变更等方式强化施工质量，如考虑黏性土艏吹困难，将耙吸船艏吹施工工艺变更为外抛施工工艺；个别边坡区域耙吸船难以上线，增加抓斗船辅助施工等。

1.3 最终扫浅控制

所谓扫浅施工，是指航道疏浚工程挖泥疏浚后，整体航道水深、边坡情况已基本达到设计及质量要求，但在航槽中仍有少数未达到设计深度的浅点或小范围的

浅区需要清除,最后的浅点清除施工,称为扫浅施工。

扫浅施工时,一般采用耙吸船定深下耙方式组织施工,施工后及时测量,可考虑2-3天测一次。根据测量数据标出浅区位置,针对性地制定扫浅挖泥航线,耙吸船准确上点定位挖泥。浅点土质一般较硬,可针对性地增加耙头着地压力(如通过调整波浪补偿器压力)。但不能使吊耙的钢丝绳过松(当挖掘振动过大时,易振断钢丝绳)。扫浅方法可采用如多浅点串挖,鱼背形浅点按S形布置航线等。扫浅工作难度较大,施工中船舶驾驶员与操耙手应相互做好配合。

为提高扫浅效果,航道剩余浅点可考虑利用拖耙船(拖轮拖带耙平器)辅助进行扫浅施工。耙平器长度一般为自航耙吸式挖泥船耙头宽度的4-5倍,因此可跨越2-3道垄沟,耙平器需要有一定的重量,靠自重压在海床上,根据上述复杂地质条件,自重不小于20t。为提高扫浅能力,选用的耙平器前端需装配一定数量的刀齿,用以松土,尾端配备略带弧形的平整板,可起到平整海床的作用,削峰填沟,提高挖槽平整度,同时在其拖曳及水流的作用下起导流和冲刷作用,达到提高扫浅效率、减少废方、降低施工成本等目的^[4]。

此外,在边坡位置进行扫浅时,应根据水深情况,通航影响情况,施工区域大小等,选择相应的扫浅方法,做到针对性扫浅,以达到事半功倍的效果。针对本工程复杂地质条件情况,单纯耙吸船边坡扫浅难度较大,考虑边坡位置对运营船舶通航影响较小,在耙吸船进行边坡扫浅的同时,可考虑投入少量抓斗式挖泥船,以定点定泊挖除浅点的方式辅助耙吸船进行扫浅施工,如此既可加快耙吸船边坡扫浅效率,亦可一定程度上降低项目扫浅施工成本。

2 实验论证分析

本次实验以某航道疏浚工程为实验对象,该工程航道长度为3.85km,总体疏浚工程量为1350万m³,其中外抛工程量约为580万m³,艏吹工程量约为770万m³。本次实验通过上述综合浅点控制方法,不但施工效率得到大幅提升,且施工全过程施工质量均处在一个较为理想状态,得到相关主管单位的一致好评。

本次试验共使用了4艘大型耙吸式挖泥船,船舶舱容均在10000m³以上,其中2艘舱容超过13000m³;所有耙吸船均具有上文所述满足施工复杂地质条件需求的水下泵、高压冲水等装置,且均装备了挖掘硬质粘土专

用耙头耙齿。根据本工程特点,将航道沿南北方向分成两段,考虑航道东西半幅间土质的差异性,又将航道沿中轴线进行分幅,从而将整体航道分成4块区域,4艘耙吸船各施工其中一个区域。经试验数据显示,使用此类耙吸设备及上述船机安排方式,施工能力提升超过50%以上。

总体施工前,鉴于本工程复杂土质情况,经审批同意,在保证本工程艏吹、外抛工程总量不变的前提下,酌情考虑艏吹航段“舱内残留情况严重对应粘性土层”转为外抛,由外抛航段“等量砂土层”代为艏吹。通过变更,在提高效率的同时,施工成本得到显著降低。经测算,通过本次变更,为本项目节约成本超过1000万元。

施工过程中,通过有序的施工组织,合理地分层、分带,通过高频率、针对性的自检测量,根据实际施工情况灵活地调整施工方案方法;最终扫浅阶段,通过大潮汛直线布耙、小潮汛斜线布耙,合理穿插利用拖轮拖带耙平器辅助扫浅等一系列手段,本工程提前节点工期1个月完成了全部施工任务,施工质量满足设计及规范要求。

3 结束语

综上所述,文章从耙吸式挖泥船在复杂地质航道疏浚工程中施工扫浅控制方法展开探讨,结合工程实例,从工程开工前、施工过程中及最终扫浅三个阶段分阶段提出浅点控制要点。应用此综合浅点控制方法,在确保航道疏浚工程施工质量的同时,施工效率得到明显提升,施工成本得到有效降低,对后续类似工程具有长远指导意义。

参考文献:

- [1] 韩刚,董言文,李兆坤,姚波,于善涛. 航道疏浚对环境的影响与对策[J]. 工程经济,2014,(08):46-49.
- [2] 贾海波. GPS技术在航道疏浚工程中的应用分析[J]. 企业技术开发,2015,34(05):53-54.
- [3] 任慧,李爱军,程文明. 耙吸式挖泥船在杜阿拉港航道维护疏浚的几点保障措施探讨. 价值工程,2016,35(10):202-204.
- [4] 黄震强. 水下平整耙的研制和实船使用[J]. 船舶,2003,(01):48-51.