

绞吸船分层施工技术质量控制研究

刘涛, 吕俊峰, 刘晓慧

(中交广州航道局有限公司, 广东 广州 510000)

摘 要: 绞吸船作为航道疏浚工程的主要船型, 在航道施工中起了重要作用。传统的绞吸船施工过程中为了减少船舶倒桩时间, 通常是在每前进一小步都从上到下挖到底层的工艺, 或者是在来回进退台车的方式进行分层施工。本文通过实际疏浚施工项目, 通过对技术工艺进行改造, 根据不同土质对输送参数的不同, 调整输送管线的特性, 对输送参数进行改进, 最大限度发挥泵机的负荷。提高船舶疏浚的输送生产率, 经过工程实践检验, 取得了良好的经济效益。

关键词: 绞吸船; 分层施工; 质量控制; 技术

中图分类号: U66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 10—0130—03

1 前言

随着疏浚业的不断发展, 工程工况日趋复杂, 竞争也日益激烈, 精细化施工与对土质输挖特性的深入分析越发显得重要。对于挖泥层厚较大的工程, 绞吸船施工一般采用每一进步都挖到底层的施工工艺。实际上判断工艺是否合理的原则应是总施工期生产率最高, 并非几个倒桩或倒锚周期内最高, 定性分析显然忽略了横移速度、起落桥速度、进尺等挖掘参数及流速、真空等输送参数的影响。同时, 快速加深开挖忽略了岩土变化的时效性特点, 譬如软化系数, 孔隙水负压导致开挖力矩增大和绞刀汽蚀等影响疏浚生产的深层次原因的影响。

通过对上述问题的分析, 在工程实践中逐渐出现了改进的施工工艺, 基于土质输挖特性的绞吸船分层施工工艺, 在我国多个港口航道工程中采用过该新工艺进行施工, 根据施工过程分析和最终效果统计, 证明该工艺较好地满足工程进度要求和质量要求, 取得了良好的效益。

2 分层施工工艺施工特点及适用范围

2.1 工艺特点

通过合理分层施工, 该工艺主要有以下特点:

(1) 由于不同土质有不同输送特性, 针对这一特点, 在每层的施工过程中, 采取了差异性的输送参数或者对管线进行适当调整, 充分发挥船机泵的负荷, 提供输送生产率。

(2) 对土质的特性的分析, 合理安排施工时段及针对性的工艺方法, 根据土质的不同采取不同厚度的分层施工, 使得船舶运行参数更加平稳, 有利于船舶操纵与减少船机故障。

(3) 改变了一刀到底的传统施工方式, 可以降低瞬时塌方埋压的可能性; 也可减少塌方总量。减少开挖断面满足后土体继续塌坡对质量及进度的影响。

2.2 适用范围

新工艺适用范围广, 基本适用工程条件如下:

(1) 绞吸船开挖泥面厚度较大, 可以在桥梁下方不同深度进行多层施工; 下层土软化系数较高, 软化较快, 或上覆层去掉后, 经过浸泡有效应力降低较快的土层。

(2) 由于新工艺输送管线较短, 不同层土混挖后输送状态变化较快, 变幅较大; 不同土层土质不同, 其输送挖掘特性存在区别, 混合后级配特性没有良好改变。

3. 工艺原理

3.1 挖掘生产率的分析

现行规范对绞吸船挖掘生产率的定义如下:

$$W = 60K \cdot D \cdot t \cdot v \quad (1)$$

式中: W —绞刀挖掘生产率 (m^3/h); D —绞刀前移距 (m); t —绞刀切泥厚度 (m); v —绞刀横移速度 (m/min); K —绞刀挖掘系数, 与绞刀实际切泥断面面积等因素有关, 可取 0.8 ~ 0.9。

上述规范还指出: “绞吸挖泥船生产率分为挖掘生产率和泥泵管路吸输生产率两种, 两者之中, 取其较小者代表其生产率”。

现行规范中只考虑了横移、进尺、切厚及绞刀形状的影响, 忽略了挖掘过程中的倒桩、移锚等常规过程的影响, 因此其生产率只是一个摆动过程的生产率, 而非总的挖掘生产率, 按照规范公式无法对总生产率进行分析。船舶挖泥过程中有多个挖掘动作协调完成, 主要包括横移、换向、进尺、船舶倒桩、船舶倒锚、退收台车、

起落桥梁等几个环节。因此挖掘时间的计算公式如下所示:

$$\text{挖掘时间} = \sum \text{横移} + \sum \text{换向} + \sum \text{进尺} + \sum \text{倒桩} + \sum \text{倒锚} + \sum \text{退收台车} + \sum \text{起落桥梁} + \sum \text{移船定位} - \sum \text{合并动作时间} \quad (2)$$

通过公式可知,在施工区域相同的情况下,绞吸挖泥船挖掘生产率的大小与不同施工方法的施工总时间的快慢有关。挖掘过程有直接到底、来回进退台车的拉抽屉施工、大分层施工等三种方法。

3.1.1 对于每一进步直接到底的挖掘总时间进行分析

假定每个倒桩、收台车过程时间相同,进尺与横移过程同步进行,不计回淤、残留等因素,则总施工时间

$$T_1 = L/l_d + \sum_i^{n_1} \frac{W_i}{v_i} + \frac{L}{l_t} (t_z + t_t) + t_q \quad (3)$$

式中: L —施工区长度; W —施工区宽度; H —挖掘深度; T_1 —总施工时间; l_d —倒锚距离; v_i —不同层横移速度; l_t —倒桩距离; t_z —倒桩时间; t_t —收台车时间; t_q —桥梁时间; n_1 —挖掘层数。

3.1.2 对于小分层拉抽屉的挖掘总时间进行分析

实际上挖深较大的时候,很难采取每一进步桥梁到底的挖掘方式,更多的是采用小分层,或来回进退台车的施工方式,施工总时间为:

$$T_2 = L/l_d + \sum_i^{n_2} \frac{W_i}{v_i} + \frac{L}{l_t} (t_z + t_t) + t_{q2} + \frac{L}{l_t} t_s n_2 \quad (4)$$

式中: t_s —收台车时间。 C —大分层挖掘时间

$$T_3 = n' L/l_d + \sum_i^{n'} \sum_j^{n_3} \frac{W_{ij}}{v_{ij}} + n' \frac{L}{l_t} (t_z + t_t) + t_{q3} + t_y \quad (5)$$

式中: n' —大分层数, t_y —移船时间。

从上面理论分析可以看出,除移船时间、倒桩时间、移船可能有所增加外,横移时间,退台车时间,桥梁起落时间都有可能减少。实际施工过程中也是如此,一般大分层施工,分层数仅为两层,并且还可以采用倒锚距离内连续退船的方式,完成大分层。以上时间中,占比量最大的实际上还是横移时间,采用大分层施工挖掘横移时间可以缩短的机理。

3.2 土质时效性机理及绞刀汽蚀机理

岩土卸载后有效应力变化的时效性机理及绞刀汽蚀机理,由土力学原理可知,饱和土体总应力计算的太沙基公式为:

$$\sigma = \sigma' + u \quad (6)$$

式中: σ —为土体所受总应力; σ' —为有效应

力(土骨架应力); u —为孔隙水应力。

根据(6)式可见饱和土总应力由有效应力与孔隙水应力共同承担形成,在水下定深的饱和土中总应力变化后,由静水力原理孔隙水压力最终将不变,有效应力随之变化。但在应力作用下,土体具有较显著的流变性。比较典型的流变现象还有,土体固结过程的 $e \sim p$ 时效性曲线。

因此,疏浚挖掘过程如果过快达到一定深度,有效应力来不及调整,吸水固结过程来不及完成,则土体破坏所需的荷载较大。如果经过一段时间再进行挖掘,则土体有效应力有明显减小后,所需荷载也将减小。此外,所开挖基槽周边的土体对基槽底土体的挤压作用也与时间有关。

4 新工艺操作要点

4.1 工艺流程

泥浆分层开挖施工工艺需要考虑不同土体的各自稳定性及输送特性,还要考虑土体力学性能与时间的变化规律。要对输送、挖掘进行综合分析,确定限制因素,选定合理大分层厚度;要根据管线与土的流变性质、软化性质选择大分层开挖条长度;在每层的具体施工过程中还要选定不同的施工工艺参数。

4.2 操作要点

(1) 施工每一层土质时,要及时调整参数,确保船舶设备性能在每一层的施工中都能最大限度地发挥,提高生产率。施工过程中密切联系管线队,在不同层施工时如需要缩口或多条管线倒换等调整,应及时准备好相关材料与移船等时间重叠进行,以最大限度节约时间,提高生产率。

(2) 同一类土质在不同层深时,力学性质会有差异。根据绞刀负荷及输送效果,可以结合不同土质分布深度和厚度进行有针对性地调整。

(3) 除水平方向的土质变化外,还要注意土层的坡度变化,如连续两个台车同一层绞刀负荷及输送效果变化较大时,应有针对性地调整修正层厚等相关参数,以免影响生产。

4.3 分层输送增大产量原理

当挖泥船施工时,泥泵提供的能量能帮助泥浆克服管道中的阻力。输泥管路特性曲线和泥泵特性曲线的交点就是泥泵的实际工作点。泥泵流量 $Q \sim$ 扬程 H 特性曲线与排泥管路流量 $Q \sim$ 水头损失 H 特性曲线之交点 A 即为系统的运行工况点,也即泥泵工况点。输送系统的状态由泥泵工况决定。新工艺考虑了不同土质输送时泥泵工况所产生的变化。

设泥泵输送清水时流量 Q_w , 扬程为 H_w , 则输送泥

浆时:

1) 流量计算公式:

$$Q_r = Q_w \quad (7)$$

式中: Q_r —泥浆的流量(m^3/h); Q_w —清水的流量(m^3/h)。

2) 扬程计算公式:

$$H_r = H_w [K_H(\gamma_m - 1) + 1] \quad (8)$$

式中: H_r —泥泵的泥浆水头(m); H_w —泥泵的清水水头(m); γ_m —泥浆密度(t/m^3); K_H —系数,取值见表1。

3) 功率计算公式

$$N_r = N_w [K_N(\gamma_m - 1) + 1] \quad (9)$$

式中: N_r —泥泵泥浆的轴功率(kW); N_w —泥泵清水的轴功率(kW); γ_m —泥浆密度(t/m^3); K_N —系数,取值见表1。

表1 不同土质的 K_H 、 K_N 表

土类	淤泥、粉砂	细、中砂	粗砂、砾石
K_H	1	0.8	0.6
K_N	0.75	0.5	0.25

从以上分析可以看出泥泵的扬程、功率均与土质有关,相关系数的取值易输送土质较大,难输送土质取值较小。同样,管道内泥浆总水头、临界流速也均与土类甚至颗粒粒径等参数有关。

从整个绞吸船输送系统考虑,在设备已定条件下输送系统所能达到的流量与浓度即产量受泵机负荷、输送流速、系统承压、真空限制等四个方面限制。

5 质量控制

(1) 项目建设过程严格执行国家、行业标准规范,确保工程质量符合要求。

(2) 制定施工质量管理体系,并严格执行,积极开展质量管理工作、制定质量计划。开工前分析质量控制关键点及主要影响因素,确保工程全过程受控。按照PDCA管理要求,将发现的问题及时进行总结分析,不断改进质量,提高质量管理水平。

(3) 在工程施工阶段,会同设计单位、监理单位制定详细的施工组织设计方案,并严格技术交底制定,明确各关键节点的质量控制内容。进行三级教育,落实

质量责任制,在操作过程中严格执行规程的规定。定期保养施工机具、设备,确保机具的精度符合工程质量要求。严格图纸交底制度,严格按照图纸施工,发现图纸不清楚的地方,及时通过监理单位与设计单位沟通解决,认真做好施工过程资料,留档备查。

6 结语

通过对绞吸船分层开挖工艺的改进,充分利用了自然力,减小了瞬间的施工难度,使得船舶设备运转更加良好,施工参数得到了优化。有效解决了绞吸船复杂土质施工中存在的施工进度较慢、质量控制较难、输送效果较差及船舶设备负荷较大,易损坏等现象。不同分层采用不同的施工参数(如绞刀转速、泵机转速、泥泵组合等),可以最大限度地降低生产成本。经过工程实践检验,该工艺提高了疏浚生产效率,具有较好的经济效益,可为类似施工项目提供借鉴。

参考文献:

- [1] 郑凯,基于控制图的绞吸船横移挖泥操作参数范围设定.水运工程[J].2020(3):165-168.
- [2] 李晟,郑剑飞.绞吸船在软土地质下横移锚抓地力计算方法.水运工程[J].2021(4):15-19.

