



# 大型耙吸船航道扫浅施工工艺

弓宝江<sup>1</sup>, 张大伟<sup>1</sup>, 杨正军<sup>2</sup>

(1. 中交(天津)疏浚工程有限公司, 天津 300450; 2. 天津市疏浚工程技术企业重点实验室, 天津 300457)

**摘要:** 耙吸船由于其船型特点, 受到风、流及涌浪的影响, 布线、耙头下放深度都将时刻发生变化, 直接导致开挖质量以及扫浅生产效率降低。结合日照港石臼港南区深水航道一期工程, 对设备进行改进, 对不同浅点采取不同的扫浅形式, 对其效果进行分析, 总结出一套大型耙吸船扫浅施工工艺。结果表明, 通过改进耙齿、立板、制作耙平器等设备, 有效解决了耙吸船扫浅效率低的问题, 有助于在类似工程推广使用。

**关键词:** 耙吸船; 扫浅; 工艺

中图分类号: U 616

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)03-0193-04

## Technology on dredging shallow point by trailing suction hopper dredger

GONG Bao-jiang<sup>1</sup>, ZHANG Da-wei<sup>1</sup>, YANG Zheng-jun<sup>2</sup>

(1.Tianjin International Marine Engineering Co., Ltd., Tianjin 300450, China;

2.Tianjin Key Laboratory for Dredging Engineering Enterprises, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** The trailing suction hopper dredger(TSHD) that has different characteristics of the ship type is affected by wind, current and swells. Its wiring and the rake head will be changed from time to time to directly reduce the excavation quality and dredging the shallow point. Taking the phase I project of the deep-water channel in the southern area of Shijiu Port, Rizhao Port, we improve the equipments, carry out the effect analysis of different construction methods adopted for different shallow points, and summarize a set of dredging shallow point construction technology for TSHD. The results show that improving rake teeth, vertical plate, and making plough can effectively solve the problem of low dredge shallow point efficiency of TSHD, and be popularized and used in the similar projects.

**Keywords:** TSHD; dredge shallow point; technology

## 1 工程概况

日照港石臼港南区深水航道一期工程施工任务为航道疏浚, 总长约 27 km, 整体工程量约 1 850 万 m<sup>3</sup>。作为山东省日照市 2019 年重点港口建设工程, 日照港“东煤南移”工程将污染较重的大宗散货和煤炭作业从该港口石臼港区东作业区搬迁至离城区较远的南作业区, 港口环保措施更加完善, 集疏运更加智能、畅通、便捷, 逐步实现港口的生态转型。

该工程疏浚施工的设计挖深 21 m, 设计边坡

1:5, 主要施工船舶为“通程”“通旭”“通远”轮等大型耙吸船。

## 2 工艺研究过程

### 2.1 工程实施情况

本工程的泥层厚度为 1~2 m, 在施工初期, 相继制定了工程的《质量控制体系》, 明确耙吸船施工的质量控制点, 并制定有针对性的施工工艺书。虽然采取了一系列质量控制措施, 但施工后期仍存留大量的浅点。浅点类型基本分为零星状、

片状和浅梗等, 见图 1。

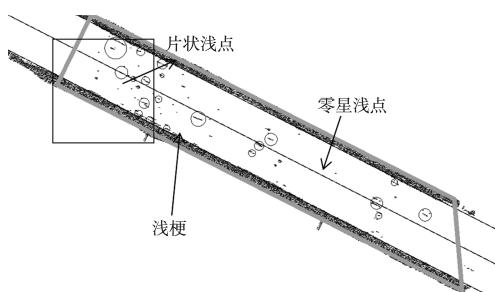


图 1 浅点分布

## 2.2 扫浅效果

针对施工区内不同类型的浅点, 制定了“串点”施工方案(图 2), 进行第 1 轮的清浅施工。

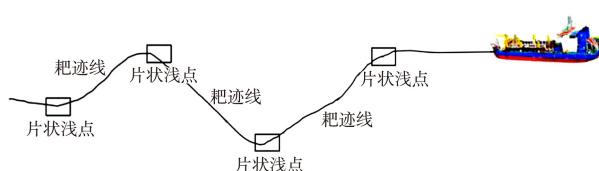


图 2 “串点”清除浅点

第 1 次扫测共施工 3 d, 24 h 运转, 施工完成后测量见图 3。可以看出, 典型单元区域内浅点数量由原来的 30 个减少至 20 个, 扫浅效率为 33%。

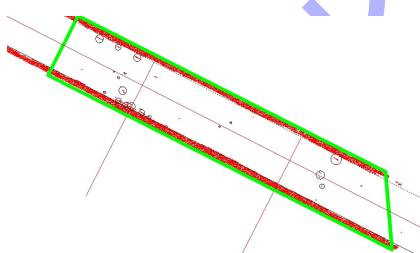


图 3 第 1 次清浅测量

船舶根据第 1 次的工艺, 开始第 2 阶段的扫浅, 时间为 3 d, 施工完成后测量见图 4。可以看出, 本次扫浅仅个别区域有所加深, 其他区域几乎没有变化。第二次扫浅效率接近 0%。

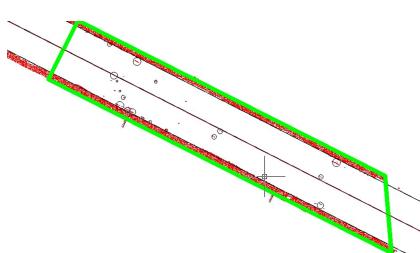


图 4 第 2 次清浅测量

## 3 扫浅施工工艺制定

### 3.1 船舶选型

为减少航道疏浚工程对通航船舶的影响, 施工过程中根据施工土质选择适宜的自航耙吸式挖泥船。施工区以粉土、黏土为主, 具有颗粒小、密实度高的特性, 区域内粉土最高标贯击数达 34.1 击, 天然密度最高达  $2.02 \text{ t/m}^3$ 。通过《疏浚与吹填设计规范》<sup>[1]</sup>判定该工程区域内的土质属于 5 级坚硬状态。

通过土质情况分析, 土质密实度大不适合小型耙吸船施工。为保证挖泥效率, 采用主机功率 10 MW 以上、带有主动耙头且质量在 25 t 以上的耙吸船为宜。通过现场对比, “通程”轮主机功率 17.40 MW, 耙头质量 30 t, 带有主动耙头并具备高压冲水及船首横向设备, 满足施工硬质土的要求, 其主要参数为: 总长 162.3 m, 型深 15 m, 船宽 28.5 m, 舱容 1.8 万  $\text{m}^3$ , 满载、空载吃水分别为 11、9.5 m, 装机功率 20.28 MW, 装载量 2.7 万 t。

确定施工船舶后, 需要对船舶的定位导航设备以及疏浚施工设备进行再次校验, 保证施工仪器仪表的准确性, 减少系统操作误差。

### 3.2 设备改进

#### 3.2.1 更换耙齿

“通程”轮前期的施工扫浅效率仅 33%, 排除主机功率及耙头较轻的因素, 前期耙头采用了尖齿配板齿的搭配以增加产量, 但是由于土质坚硬, 板齿的破土能力明显低于尖齿, 最终将全部板齿更换为尖齿(图 5), 增加破土能力。



图 5 耙头更换尖齿

#### 3.2.2 加焊耙头立板

浅点处存在高差为 1~2 m 的浅梗容易导致耙

头“溜耙”, 为增加上线率, 在耙头本体下侧加焊导向立板(图6), 入泥时受到耙头重力作用, 导向立板首先入土, 可以有效阻止耙头侧滑, 提高上线率。



图6 加焊导向立板

### 3.2.3 制作耙平器

由于工程施工里程长、面积大、浅点分布广, 使用耙吸船串点施工效率低, 且耙头长度较短仅5 m, 须多次上线才能完成一次扫浅。增加宽度18.8 m、质量30 t的耙头平器(图7), 可满足耙平硬质浅点的要求, 其宽度大, 比普通耙头大3倍, 更容易成功上线。但耙平器以“刮”梁式扫浅, 没有足够的切削力, 所以需要采用耙吸船将浅梗打散后, 耙平器才可发挥作用。

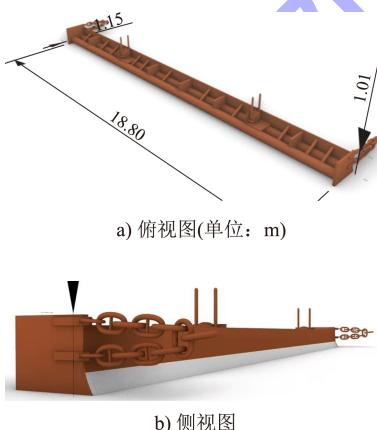


图7 耙平器设计

## 3.3 最优施工工艺参数

### 3.3.1 确定施工航速

在施工扫浅阶段, 各个浅点的分布没有规律性, 分散程度大, 不适宜确定航速。所以根据现场的浅点分布确定航速原则<sup>[2]</sup>:

1) 针对硬质浅点, 需要提高航速进行挖掘,

浅梗区域航速选定在2.5 kn左右。

2) 针对不连续浅点, 在串点过程中航速选定在3~5 kn, 接近浅点前50 m降低航速至2 kn左右, 保证平稳上线。

3) 针对孤立浅点, 提前定好船位后, 保持2 kn左右速度上线。

### 3.3.2 确定布线方式

根据不同的浅点形式, 以及前期的施工效果, 布线方式采用“定点清除”与个别相连点“联合清除”的方式:

1) 横纵联合法。对于浅梗, 单独的平行于浅梗挖掘效果不好, 会造成溜耙, 单独的大S形切削效果慢, 所以采取横向与纵向多次穿插联合施工法, 见图8。

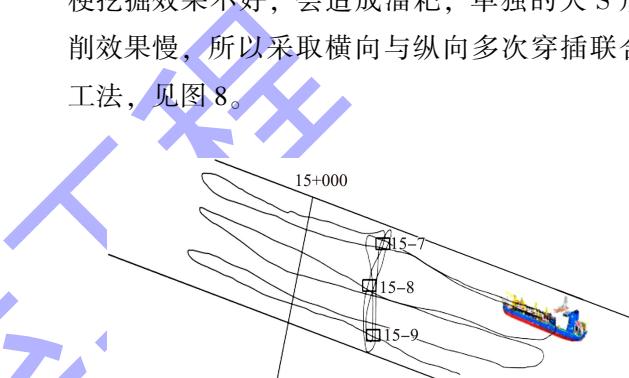


图8 横纵联合施工耙迹线

2) 往复多次清除法。对于孤立浅点, 采取多次上线、往复开挖的方法, 见图9。由于每个浅点的情况都不同, 耙吸船扫浅期间需要根据每次耙头上线的位置以及切削的厚度, 结合浅点的高度决定浅点需要施工的次数, 以达到验收标准<sup>[3]</sup>。根据日照工程的施工数据显示, 每次“通程”轮成功上线可切削10 cm左右。

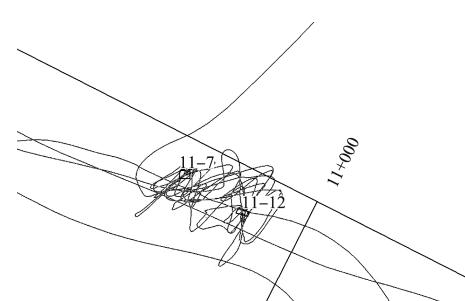
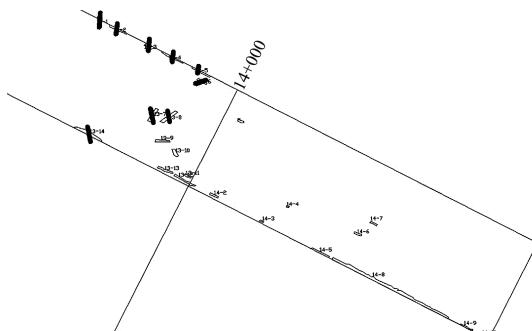


图9 往复开挖耙迹线

### 3.3.3 注重开挖后的记录

在开挖完毕后, 施工船舶及时标注已经施工

过的浅点(图 10)，并进行反馈，及时安排测量，得出船舶施工效果。



注：黑色实心标记为已清除浅点。

图 10 浅点标记

### 3.3.4 确定波浪补偿器压力

为增加施工船舶耙头对硬质黏土的对地压力<sup>[4]</sup>，根据现场情况确定波浪补偿器压力值为 4 MPa。一方面对于坚硬土质需要调低该压力；另一方面对于浅点众多需要调高压力，以保证设备安全。综合考虑后确定压力值为 4 MPa。

### 3.3.5 确定测量保障计划

在气象条件允许的条件下，每天扫浅施工 30~40 个点位，并及时有效地测量结果。

### 3.4 过程实施效果

本工艺研究结合质量控制(quality control, QC)管理，从人、机、料、法、环 5 个方面，通过头脑风暴法充分对影响扫浅效率的因素进行分析，引入计划→执行→检查→处理(PDCA)的质量循环管理模式，从施工设备选型及改进等方面进行改

进，较好地解决了耙吸船航道扫浅效率低的问题，单次扫浅的效率可达 80%。

## 4 结语

1) 该工艺提高了扫浅效率，成功解决了日照港石臼港区南区深水航道工程中施工扫浅困难、效率低的问题。测量结果显示，扫浅的效率每次可达 80%以上。

2) 总结出一套适用于耙吸船航道扫浅施工的工艺，使耙吸船扫浅速度基本控制在 0.5 km/d 的水平。

3) 本工艺也适用于与此工况相近的疏浚施工，可提高耙吸船的适用性。

4) 采用该工艺后，一次性通过工程验收，验收合格率 100%，保障了工期。

### 参考文献：

- [1] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 中交天津港航勘察设计研究院有限公司. 疏浚与吹填工程设计规范: JTS 181-5—2012[S]. 北京: 人民交通出版社, 2012.
- [2] 中交天津航道局有限公司, 中国水运建设行业协会, 中交上海航道局有限公司, 等. 疏浚与吹填工程施工规范: JTS 207—2012[S]. 北京: 人民交通出版社, 2012.
- [3] 中交第一航务工程局有限公司, 福建省交通基本建设工程质量监督检测站. 水运工程质量检验标准: JTS 257—2008[S]. 北京: 人民交通出版社, 2008.
- [4] 天津航道局. 疏浚技术[R]. 天津: 天津航道局, 1997.

(本文编辑 王璁)

## · 消息 ·

### 斯里兰卡科伦坡港东集装箱码头项目开工

近日，中国港湾承建的斯里兰卡科伦坡港东集装箱码头项目开工。项目建设内容包含约 720 m 码头岸线，60 万 m<sup>2</sup> 堆场以及其他附属设施，总工期为 36 个月，项目计划于 2025 年 1 月 4 日完工。项目的建设将为当地提供上千个工作岗位，促进当地民生。建成后，科伦坡港作为南亚中转枢纽港的地位将得到进一步加强。