



提高绞吸式挖泥船施工能效的探讨

王望金

(长江武汉航道工程局, 湖北 武汉 430014)

摘要: 根据多年现场疏浚施工管理经验, 从调整土质开挖厚度、完善施工工艺、科学布设挖泥管线等方面提出多种提高绞吸式挖泥船施工能效的方法。实践表明, 这些方法的运用降低了绞吸船式挖泥船施工的成本, 节约了能耗, 取得了很好的经济效益。

关键词: 绞吸式挖泥船; 施工能效; 施工工艺; 管线布设

中图分类号: U 655.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)09-0190-04

On dredging capacity and efficiency of cutter suction dredger

WANG Wang-jin

(Changjiang Wuhan Waterway Engineering Company, Wuhan 430014, China)

Abstract: Based on experience of many years' in-situ dredging management, the author presents several methods of improving dredging efficiency of cutter suction dredgers in terms of the thickness adjustment of the soil to be cut, the improvement of construction process and the proper layout of pipelines. It is proved by practice that by these methods, we can cut down the dredging cost, reduce the energy consumption and achieve good economic benefits.

Key words: cutter suction dredge; dredging efficiency; construction technology; layout of pipeline

疏浚工程船舶在港口、航道、造地等工程项目建设中起着极其重要的作用。近几年来, 我国经济飞速发展给疏浚行业带来了较大机遇, 使疏浚船舶逐步向大型化、集约式方向发展, 其中绞吸式挖泥船的生产能力由过去1 000 m³/h左右迅速提升至4 500 m³/h, 6 500 m³/h的大型绞吸式挖泥船数年前就在欧洲诞生了。如何使绞吸式挖泥船的生产能力得到进一步的发挥是需要认真研究探讨的问题。笔者结合多年来在疏浚船舶现场施工管理中的体会, 探讨一下如何提高绞吸式挖泥船的生产效率。

1 绞吸式挖泥船视土质大分层开挖有利于提高生产效率

绞吸式挖泥船在施工过程中大多沿用传统式

的分层开挖方式(俗称小分层)^[1]。这种方法的优点在于: 有利于船位相对稳定和减少不必要的移船移锚时间, 提高挖泥船的时间利用率。然而无论采用何种挖泥船型施工, 仅仅提高时间利用率是不够的, 提高生产效率才是现场项目管理的核心问题和根本目的。为了研究这个问题, 我们针对1 750 m³/h绞吸式挖泥船在天津港东突堤港池疏浚与锦州港2[#]港池疏浚施工中对大、小分层反复试挖施工数据及施工后的实际效果图进行分析, 得出以下结论: 在土质为上软下硬不同土质的情况下选择大分层开挖方式优于传统小分层开挖的施工方式。

在天津港东突堤港池开挖过程中, 首先对开挖层的不同土质进行分类分析, 开挖前的原状土在设计线(吴淞高程)1.0 ~ -10.0 m为淤泥和可塑

收稿日期: 2012-04-06

作者简介: 王望金(1955—), 男, 高级工程师, 从事疏浚施工管理工作。

性黏土, $-10.0 \sim -16.0$ m为较硬的亚黏土。挖槽设计底线高程为 -15.2 m。刚进槽施工时, 采取传统小分层开挖施工方法, 也就是一次性开挖到设计底高程, 经检测, 月产量完成情况不尽人意。从第2个月开始, 尝试采取大分层的施工方法, 采用将同类型土质作为一个大层开挖的方法试挖, 将第1大层挖掘深度控制在亚黏土层以上, 即 -10.0 m以上软土作为第1层进行开挖, 专挖淤泥和可塑性黏土层, 月产量大幅上升, 在后续施工中采用这种方法施工, 效率最好的一个月产量可达 71 万 m^3 /月, 突破同类土质开挖产量的历史记录。待开挖完全部软土层后, 再开挖 $-10.0 \sim -16.0$ m的亚黏土层即硬土层, 月产量完成情况与过去开挖同类型土质的资料进行比较, 产量有所提高, 效率最好的一个月产量为 35 万 m^3 。不同施工方法比较见表1。

表1 2种分层方法施工数据比较

分层方法	开挖深度	开挖方式	2个月综合产量/ 万 m^3	月产量完成情况比较/ 万 m^3
小分层	一次性挖至设计线	硬土与软土同时开挖	(软与硬) + (软与硬) = (39+41) =80	-10
大分层	分2次挖至设计线	硬土与软土分2层次开挖(先软后硬)	软+硬=70+30=100	+10

注: 同工况土质条件下 1750 m^3/h 绞吸船2个月产量为 90 万 m^3 。

表1数据说明, 大分层开挖方法优于传统小分层, 所以在锦州港2[#]港池施工中同样采取了大分层方法开挖。对比锦州港采用小分层方法开挖完成情况, 大分层开挖每月能提高产量约 10 万 m^3 。由此可见, 这种大分层的施工方法适用于开挖这种淤泥与黏土类型土质的疏浚项目。

2 不断完善施工工艺, 努力提高生产效率

在曹妃甸钢铁造地一期工程施工过程中, 技术人员根据实践经验, 反复研究不断改进新工艺, 探索新方法, 使 1750 m^3/h 绞吸挖泥船生产效率逐步提高, 不断刷新此类船型施工月产量记录, 使同类船型在此种工况条件下发挥出最大生产效率。

2.1 改进施工工艺

在施工过程中, 挖泥船小时产量稳定的情况

下, 增加挖泥时间显得非常关键。在曹妃甸钢铁造地一期工程施工中, 为了提高挖泥船时间利用率, 对 1750 m^3/h 绞吸式挖泥船疏浚系统的舱内泥泵和潜水泵的各种组合进行了尝试, 最后通过对一系列数据分析, 确定最佳组合方式为1台舱内泵加1台潜水泵。挖泥船刚进场施工时采用的是一台舱内泥泵加1台潜水泵施工, 排泥管长度约 5000 m, 这时泥泵排出清水流量约 7000 m^3/h , 当时现场技术管理人员对这些施工初期阶段的数据是满意的。为了进一步提高生产效率, 试将挖泥船疏浚系统改成2台舱内泵加1台水下潜水泵施工, 并将新组合泥泵的清水流量进行测定, 流量为 7400 m^3/h , 也就是说新组合的流量只提高约 400 m^3/h , 而燃油消耗却增加了 25% , 挖泥船时间利用率也大幅度下降, 原因是3台泥泵同时施工增加了许多停工检修时间。如果1台舱内泥泵加1台潜水泵组合施工, 则另1台舱内泥泵可利用停歇时检修, 2台舱内泥泵交替使用更少导致停工, 为挖泥船连续施工创造了条件, 月度时间利用率保持在 85% 以上。具体数据见表2。

表2 三泵施工与双泵施工数据比较

名称	土质	挖泥管长度/m	泥泵清水流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	每小时 油耗/t	时间 利用率/%	月产量/ 万 m^3
三泵施工	细沙	5500	7400	0.87	70~75	70
双泵施工	细沙	5500	7000	0.65	85~90	90

2台泥泵施工组合改成3台泥泵施工组合后, 根据近1个月的运转数据分析, 油耗及其它成本上升, 流量略有上升, 挖泥时间利用率大幅下降, 月产量下降, 不能达到提高生产效率的目标。认为双泵施工方案优于三泵施工, 方案确定后, 立即恢复1台舱内泥泵和1台水下潜水泵组合施工, 这样既降低了施工成本, 又提高了月产量, 从而大幅提高了生产效率, 在当时的情况下, 这种方案是最佳的。

2.2 提高挖泥操作技能

在绞吸式挖泥船施工过程中, 挖泥操作技能也是提高生产效率的关键一环, 抓住这个环节, 就等于把握住了生产效率关^[2]。在改进挖泥操作技能的过程中, 必须不断改变落后的传统思维和传

统操作方式。我局在承接曹妃甸钢铁一期吹填造地工程中对挖泥操作技能进行了优化并取得良好效果。在未承接该项目前,我局1 750 m³/h绞吸挖泥船开挖的土质主要有日照港硬黏土,天津、锦州、黄骅和大连港等地的淤泥与黏土。这些土质的操作方式与曹妃甸钢铁造地工程的细粉沙是不一样的,加之该工程排泥距离超过5 000 m,由于害怕堵塞排泥管线,驾驶员刚开始时仍沿用传统的操作方式,挖泥操作时浓度一般控制在15%左右。为了进一步提高生产效率,力求打破常规,不断优化操作方法。在科学地分析挖泥操作方式和各种数据后认为,根据曹妃甸的土质和工况条件,可进一步更新操作方法,以提高生产效率。要求挖泥驾驶员消除堵管的恐惧心理,并对驾驶员不断改进操作方式的做法给予大力支持。同时在排泥口临时委派专人用肉眼观察泥浆浓度,并将信息通过对讲机及时反馈给驾驶员。驾驶员不断调整操作方式,不断校正各种仪表数据。通过反复实践,反复摸索,最终将挖泥浓度控制在30%左右,做到浓度高但又不至于发生堵管现象,从而真正使挖泥操作达到最佳施工效果。操作方法的改进使1 750 m³/h绞吸挖泥船连续3个月产量都保持在90万m³以上。实践证明,通过改进传统挖泥操作方式,大胆创新,创造了同类船型在我局施工中月时间利用率93%、月产量103万m³的最高记录。

2.3 加强挖掘设备改造

疏浚工程船施工过程中挖掘能力的大小直接关系到生产效率,也就是说泥土被绞刀头或耙头绞松越多,被吸入泥泵的泥浆浓度就越高,施工产量就会越高^[3]。在开挖锦州港2#港池泊位基槽时,挖深-20 m,土质为坚硬的黏土,刚开始施工时使用传统的绞刀齿,但产量极低。技术人员研究分析:认为绞刀头松土能力不佳是导致生产效率低的原因。于是马上启动改造绞刀齿的方案,很快一副自行设计定制的新型专挖坚硬黏土的特殊绞刀齿改造装配上船,施工一段时间后,效果很好。通过进度测图检验,在启用新型绞刀齿后,月产量比使用传统绞刀齿提高了30%。

3 科学布设挖泥管线 有利提高生产效率

绞吸挖泥船、吹泥船及耙吸挖泥船在疏浚吹填施工时是通过排泥管线将所挖掘的泥浆通过泥泵作用由甲地输送至乙地的。排泥管线如何布设,对生产效率有着密切联系。多年的实践总结出了管线布设“三宜三不宜”的方法。

3.1 管线布设宜短不宜长

管线布设宜短不宜长是指在能满足施工要求情况下,尽量减少管线长度,缩短接卡距离。

疏浚工程船在进点施工前,需要根据施工区的工况条件,在施工图上事先设计好施工排泥路线图,路线图要结合本挖泥船性能和施工范围内的地形地貌,用比例尺在施工图上设计好最佳管线布设路线,并计算出路线坐标,在施工区用测绘仪器首先设置导向杆为布设管线作准备,然后通过导向杆定位布设管线,尽量减少管线接卡长度,以便减少管线过长而造成扬程损失,有利于提高生产效率。

3.2 管线布设宜直不宜弯

管线布设宜直不宜弯是指管线布设时要尽量平顺且走直线,避免弯曲。管线布设过程中,无论是水上排泥管线还是陆上排泥管线,布设时要尽量考虑直线走向。在接卡过程中,先设立管线走向标志,控制好方向;当地理环境特殊而不能顺直时,也要尽量考虑顺直因素,避免弯曲过大,特别是注意防止死弯造成憋管而加大挖泥船的排泥阻力,控制和减少总水头损失,减小对挖泥船生产效率的影响。

3.3 管线布设宜低不宜高

管线布设宜低不宜高是指吹填排泥管线布设的地面高度以施工区设计高度为基准面就低不就高。

吹填区排泥管线布设有2种方式:一种是预先布设好施工管线,这种布设方式是挖泥船未进点施工时就把所有管线布设好。管线布设的高程高于或低于吹填施工高度是不可避免的,最好的方法是用测量仪器来控制好地面接卡高度。另一种方式是边施工边接管,即吹填高度达到高程时管线就往前推进。这种方法要求排泥管线布置要充

分考虑吹填泥沙达到施工区高度，使管线布设与吹填高度保持基本水平。管线接卡高度直接影响施工效率：如果管线接卡路线高度过高，一是增加净排高，同时会造成质量问题，二是增加管线沿程水头损失，这些都是影响施工效率的因素。因此合理布设管线、控制好管线接卡路线高度，是提高生产效率的直接因素。

4 结论

疏浚工程船施工设计方案、施工工艺、施工方法和挖掘设施的优劣以及管线路线的配布都是影响挖泥船施工生产效率的直接因素，也是影响成本高低的因素。因此，只有通过潜心研究更新传统模

式，大胆技术革新，不断改进施工工艺，优化船舶施工方法，加大现场施工管理力度，不断完善施工方案，不断寻求开发疏浚工程船舶施工中的技术奥秘，生产效率才能不断提高，最终达到疏浚工程船舶科学管理和科学高效施工和目的。

参考文献：

- [1] 刘守金. 绞吸船施工与管理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [2] 王明. 绞吸式挖泥船施工的几个问题[J]. 中国水运: 下半月, 2010, 10(10): 239-240.
- [3] 徐燕. 疏浚挖泥设备的应用与创新研究 [J]. 中国水运: 下半月, 2011, 11(7): 83-85.

(本文编辑 郭雪珍)

~~~~~

(上接第185页)

#### 4.3.4 桩顶碎裂

沉桩过程一旦发生桩顶碎裂，将影响该承台桩的后续锤击沉桩施工，当出现下列情况时应分别处置：1) 如在接近设计高程且贯入度基本符合停锤标准要求时出现碎裂，应停止锤击，会同监理、设计、业主等相关单位及时协商。2) 如果高程与设计高程相差较大，且不能拔桩时，对桩顶破损区域进行清理、并用环氧材料进行修补，待达到强度后继续沉桩，同时会同监理、设计、业主等相关单位及时协商。

#### 5 结语

本项目所处水文地质条件复杂、桩基础单桩承载力高。通过对复杂地质条件下PHC桩沉桩施工工艺的研究，解决了沉桩施工中的相关质量问题，保证了桩基施工质量。据统计,本项目PHC管

桩的沉桩缺陷率 $<1.5\%$  (1.26%)；其中断桩率 $<0.2\%$  (0.18%)。通过项目的实施及研究工作，积累了使用液压锤施打混凝土桩方面的经验，为今后类似工程提供了实践基础和指导意见。

PHC桩作为一种新型且经济耐用型的桩型，具有造价经济、施工快速的优点，在国内、外的桥梁、水工工程中应用前景十分广阔，将会产生较大的社会经济效益。

#### 参考文献：

- [1] 周焯华, 傅恒道. PHC桩超深送桩施工工艺介绍[J]. 华南港工, 2008(4): 30-36.
- [2] 胡东, 黄松涛. PHC桩在沉桩过程中出现纵向裂缝的原因分析及相应对策[J]. 水运工程, 2011(5): 141-146.

(本文编辑 郭雪珍)