



大型绞吸船开挖深水航道岩石方案优化

程 继, 刘 斌

(中交天航南方交通建设有限公司, 广东 深圳 518040)

摘要: 为避免破坏疏浚区水环境, 采用大型绞吸船在不炸礁的情况下开挖深水航道岩石已成为现实。针对绞吸船开挖深水航道岩石施工, 开展了前期策划, 并在实施过程中进行了泥驳船的改造以及绞吸船施工工艺和构造优化, 分析并测算出了挖岩生产率、开挖不同硬度岩石的齿耗、油耗及管线输送百万立方疏浚土的磨耗数据, 并从中总结出绞吸船开挖深水航道岩石的规律性结论, 可供类似工程施工借鉴以至推广。

关键词: 大型绞吸船; 挖岩; 方案优化

中图分类号: U 615.35^{*1}

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)05-0152-04

Optimization of rock excavation program by heavy-duty cutter suction dredger in deepwater channel

CHENG Ji, LIU Bin

(CCCC TDC Southern Communications Construction Co., Ltd., Shenzhen 518040, China)

Abstract: To avoid harming the water environment of the dredging area, we adopt the heavy-duty cutter suction dredger to excavate the deepwater channel rock without blasting the reef. For the excavation of deep channel rock with heavy-duty cutter suction dredger, we carry out initial planning, and renovate the dredger and optimize the construction technology and structure during implementation, calculate the productivity of different hardness of rock excavation, consumption, consumption and tooth wear data for the transportation of the dredged soil through the pipe line, and summarize the law of rock excavation of deepwater channel with cutter suction dredger, serving as reference for the similar engineering.

Key words: heavy cutter suction dredger; excavation of rock; program optimization

1 工程概况

防城港 20 万吨级进港航道工程是在现有 15 万吨级进港航道的基础上浚深并向东单侧拓宽 35 m 而成, 航道的设计底高程由原来的 -16 m 浚深至 -17.9 m; 设计底宽由 160 m 拓宽至 195 m, 航道全长约 17.3 km, 航道设计疏浚总工程量 1 262.77 万 m³, 其中风化岩 373.5 万 m³, 占总工程量的 29.6%, 开挖岩石最大抗压强度 67 MPa^[1]。

工程实施时, 现有的 15 万吨航道处于运营阶段, 日进出港船舶中, 船长大于 225 m 者 4 艘次, 绞吸船施工平均需避让时间 50 ~ 120 min; 船长小

于 225 m 者 8 艘次, 绞吸船施工平均需避让时间 10 ~ 30 min。

2 自然条件

影响施工的自然条件有雾、风、潮汐及波浪。年平均雾日 22.2 d, 多发在当年 11 月至次年 4 月, 发生时每日延续 2 ~ 3 h, 日出雾散; 防城港属季风区, 冬季多偏北风, 夏季多偏南风, ≥6 级的大风日数全年平均为 31.7 d, 平均每年约遭受 1 次台风或热带低压影响, 最多 3 次, 台风袭击时, 风力可达 12 级以上, 常伴有暴雨或大暴雨; 防城

收稿日期: 2013-10-09

作者简介: 程继 (1981—), 男, 工程师, 从事港口与航道工程施工管理工作。

港属规则全日潮, 平均潮位 2.27 m, 平均高潮位 3.67 m, 平均低潮位 1.12 m; 夏季多南风, 易形成涌浪^[2]。

3 施工设备及工艺

由抓斗船、耙吸船等进行前期覆盖层清挖, 部分风化岩由炸清礁施工, 预留约 63 万 m³ 风化岩由大型绞吸船挖岩, 航道 6 km 以内无适合吹填的区域。

大型绞吸船自身具备直接在航道内挖岩装驳工艺, 即在绞吸船左右舷各靠驳一艘泥驳船装取岩石, 通过泥驳自航将疏浚土抛运至设计指定的抛泥区域^[3]。

根据大型绞吸船装驳管的尺寸要求, 选配舱口尺寸相适应泥驳, 其泥驳配备情况见表 1。

表 1 泥驳配备情况

泥驳名称	舱容/m ³	满载吃水/m	舱门开启方式
岭南 28	2 000	4.80	自航开体
顺宏 10	2 000	4.46	自航开底
广州货 0489	1 500	4.00	自航开底

4 施工方案优化

4.1 泥驳船改造

为满足绞吸船直接装驳需求, 针对配备的泥驳船进行了如下改造:

1) 在泥驳船甲板边上安装围栏, 用于保护上下船人员的安全 (图 1);

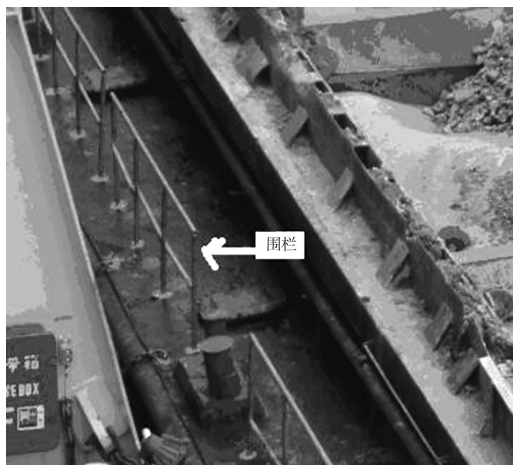


图 1 甲板加装围栏

2) 改进泥驳缆桩的形式, 减少系缆时间, 加强系缆的稳定性 (图 2);

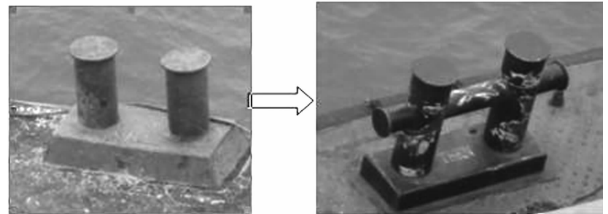


图 2 泥驳缆桩形式改造

3) 在泥驳船泥门处加装橡胶垫, 减少疏浚物溢流。

4.2 直接装驳改艧吹装驳工艺

4.2.1 直接装驳工艺的缺陷

经开挖实践, 直接装驳工艺存在如下缺陷:

1) 采取直接装驳工艺开挖岩石 (图 3), 因绞吸船施工时流量大 (14 000 m³/h 及以上), 而泥驳舱容相对较小, 故平均 8 ~ 10 min 可装满舱并开始溢流。由于风化岩层含少量残留的淤泥、黏土和砂, 装入泥驳后因流速大而不沉淀, 存在航道回淤的可能。



图 3 绞吸船直接装驳

2) 现有 15 万吨航道处于运营状态, 泥驳靠驳后, 安全避让时间长, 风险大。

3) 泥驳船靠离绞吸船不熟练, 靠离驳时间长, 且绞吸船操作人员受限, 靠离驳与船舶换齿未能同步进行, 时间损失多、利用率低。

4.2.2 实施艧吹装驳工艺

由于直接装驳存在 3 大缺陷, 经研讨决定: 对 3 种替代方案 (接管艧吹、先破碎后清挖、利

用装驳管侧排)进行了充分的论证、测算及分析,最终确定采用艙吹装驳方案。

根据编制的艙吹装驳方案,施工中按如下顺序实施:

- 1) 338 m ($\phi 900$ mm \times 12 m) 水上浮筒管线调运, 组装;
- 2) 租用艙吹装驳抓斗船, 并进行平台改造设(图4);



图4 艙吹装驳成功开挖

3) 338 m 水上管线下水, 托运至装驳区, 装驳平台托运至装驳区, 管线管口对接;

4) 艙吹装驳管口改造。因管口泥浆中岩石被反弹回装驳抓斗船, 通过在两端管口处加设档板, 三通管前方焊两缺口解决(图5)。



图5 改造后的管口三通管

经实践检验, 艙吹装驳整体施工成效比直接装驳好。艙吹装驳优缺点分析见表2。

表2 艙吹装驳优缺点

优点	缺点
1. 在航道内无溢流、减少航道内回淤的可能	装驳区选择受泥面高程及潮位限制
2. 缩减靠驳时间	

注: 泥驳靠泊定位抓斗船的时间一般约 10 min, 较靠泊绞吸船可缩短 5 min 及以上。

4.3 船舶及施工工艺的优化

4.3.1 施工工艺优化

1) 改变开挖方向。绞吸船采取单次半侧航道

开挖方式, 进点时钢桩立于现 15 万吨级航道东边线, 由南向北开挖。试挖 1 d 后施工方向改为由北向南开挖, 以利用反刀挖岩。

2) 开挖硬底质深水航道, 采取锚杆抛锚固锚方式无法达到设计横移拉力 1 300 kN 的要求, 故将航道外侧横移锚更换成 7 t 宽鳍三角锚, 在边坡上下开锚, 当锚拉力达到设计要求时, 横移速度可达 22 m/min。

3) 由于岩石单轴极限抗压强度值达 40 MPa 及以上, 采用了正刀空摆, 反刀挖岩工艺。

4) 遇单轴极限抗压强度值 55 MPa^[4] 及以上的岩石, 采用暂不开挖, 以充分利用其遇水软化的特性, 先开挖完成全部上层较软层岩石区域后, 再开挖较硬层岩石。

5) 绞吸船开挖半侧航道时, 遇另一半侧航道已开挖, 已开挖区域底质硬且平整, 采用锚杆下 12 t 锚无法满足横移拉力要求, 改下开锚于航道边线处。

4.3.2 船舶构造优化

1) 将绞吸船桥梁注水 100 t, 增加桥梁质量, 减少船体开挖岩石的震幅。

2) 采用水下电气焊对钢桩拉孔, 减少钢桩在海水中的浮力, 以解决钢桩遇硬移位问题。

5 优化成果

1) 绞吸船在环保施工的条件下, 实际生产效率达到设计开挖岩石生产效率的要求。

船舶设计挖掘 40 MPa 及以下的石料时的疏浚能力为 200 ~ 700 m³/h, 实际开挖不同硬度岩石所对应的生产效率见表 3。

表3 不同岩石硬度对应的生产率

岩石硬度	生产率/(m ³ ·h ⁻¹)
10 MPa 以下	500 ~ 650
10 ~ 30 MPa	300 ~ 500
30 ~ 45 MPa	100 ~ 300
45 ~ 67.7 MPa	70 ~ 100

2) 绞吸船适用自然条件达到设计要求根据施工实践, 分析、总结了不同风况条件下船舶施工的适应性(表4)。

表 4 不同风况条件下船舶施工适应性

风力	风向	浪高/m	波浪周期/s	开挖方向	泥驳靠泊难易程度	船舶作业是否正常
8~9 级	N	≥3	1~2	由北向南	直接装驳靠驳困难	正常作业
6 级, 阵风 8 级	S	≥2.5	4~6	由北向南	直接装驳靠驳困难	主船正常作业, 泥驳无法作业
6 级	N	≤2.5	0~1.5	由北向南	直接装驳正常靠驳	正常作业
7 级	N	≤2.5	0~1.5	由北向南	艏吹装驳正常靠驳	正常作业
6~7 级	S	1.5~2.5	4~5	由北向南	艏吹装驳靠驳困难	装驳抓斗船作业困难
5 级	S	1.5~2.5	3~5	由北向南	管线对接困难	无法作业

注: 第 6 种情况采取将装驳抓斗船及水上管线拖带至避风地, 对接后再拖带至装驳区, 绞吸船调整船舶方向, 利用船体挡风对接快速接头, 恢复施工。

3) 初步总结出大型绞吸船开挖深水航道岩石的质量控制措施。

- ①采用自动报潮仪实时准确掌握潮位;
- ②采用多波束加密过程检测;
- ③每日进行开挖平整度分析、残留层分析等。

4) 分析测算出绞吸船开挖砂岩的齿耗指标和水上管线 100 万 m³ 磨耗。

根据工程实例, 分析测算出开挖深水航道岩石的齿耗指标及水上管线磨耗指标 (表 5, 表 6)。

表 5 各类岩石齿耗指标

主要土质	齿耗(个·万 m ⁻³)	工艺情况
强风化岩	94	正反刀均进尺 1 m, 切岩厚度 2 m, 绞刀转速 25~27 r/min
中风化岩及微风化岩	286	正刀空摆, 反刀挖岩进尺 1 m, 中风化岩切岩厚度 1.5 m, 弱风化岩切岩厚度 0.8~1 m, 绞刀转速 27~29 r/min

表 6 水上管线磨耗指标

钢管原厚/mm	工程量/万 m ³	平均磨耗/mm	最大磨耗/mm	最小磨耗/mm	100 万 m ³ 磨耗/mm
	覆盖层 13.1				
24	强风化岩 37.8	7.9	10.4	3.4	13
	中风化岩 11.4				

6 结语

1) 绞吸船在绞刀功率、泥泵负荷、流速及排压等条件允许的情况下, 横移速度与生产率基本成正比。

2) 实施艏吹装驳可以减少船舶避让时间、减少航道回淤并提高船时效率。但实际施工中, 边坡区域的原始泥面须具有一定的水深。

3) 绞吸船开挖岩石时, 横移时加大反张力, 可控制或减小挖岩船舶的震动。

参考文献:

- [1] 中交天津港航勘察设计研究院有限公司. 防城港 20 万吨级进港航道工程岩土工程勘察报告[R]. 天津: 中交天津港航勘察设计研究院有限公司, 2010.
- [2] 刘斌, 肖典雅, 曹永港, 等. 大型绞吸船开挖深水航道艏吹装驳工艺[J]. 水运工程, 2013(8): 188-192.
- [3] 高伟. 绞吸船施工要点及措施[J]. 中国港湾建设, 2011(1): 66-69.
- [4] 防城港精欣建筑实验有限公司. 石料单轴抗压强度报告[R]. 防城: 防城港精欣建筑实验有限公司, 2010.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 151 页)

本工程通过两套通风方案在工艺设计、风机选型、经济性方面的综合对比, 总结出单机压入式通风具有安装方便、维护简单、操作灵活且噪音污染低等特点, 最终选择单机压入式通风为港珠澳大桥沉管隧道施工通风方案。作为未来长隧道通风的主要应用方式, 只有合理解决长距离压入式通风在通风系统设计、风机和风管选型等方面与施工能耗、维护成本等存在的矛盾, 才能有效提高施工效率。

参考文献:

- [1] 张红婴, 林和荣. 长距离独头掘进技术巷道通风技术应用研究进展[J]. 江西有色金属, 2008(4): 8-11.
- [2] 杨立新, 洪开荣, 刘招伟. 现代隧道施工通风技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2012.
- [3] 孙甲友. 锦屏水电站交通隧道的三阶段施工通风设计[J]. 铁道建筑技术, 2004(S1): 89-92.
- [4] 沈碧辉, 杨其新. 吕梁山隧道 5 号斜井工区施工通风方案研究[J]. 隧道建设, 2008(2): 23-25.
- [5] 李炜. 水力计算手册[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.

(本文编辑 武亚庆)