



大型耙吸挖泥船岩石疏浚方案优化

韩政

(中港疏浚有限公司, 上海 200120)

摘要: 分析大型耙吸挖泥船开挖岩石的难点。结合耙吸挖泥船设备性能特点, 从施工工艺、疏浚机具设备选型及适应性改造等方面, 提出耙吸挖泥船挖掘岩石的优化措施。通过实际工程应用、改进和提炼, 形成较成熟的方案, 取得了较好的使用效果。

关键词: 耙吸挖泥船; 岩石; 耙头; 高压冲水

中图分类号: U 616

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)05-0167-03

Optimization of rock dredging scheme by large trailing suction hopper dredger

HAN Zheng

(CHEC Dredging Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: Analyzing difficulties of rock dredging engineering by the large trailing suction hopper dredger, and considering the equipment features of the trailing suction hopper dredger, we propose the optimized measure for the dredging engineering of rocks by the large trailing suction hopper dredger from aspects including the construction technology, equipment selection and renovation for adaptability. Based on the practical application and improvement, we get the mature scheme and achieve satisfactory effect.

Keywords: trailing suction hopper; rock; dredger head; high-pressure flushing

在基建性疏浚工程中经常会遇到岩石类的河床地质, 根据疏浚岩土分类标准^[1], 其级别在 11 级以上。对于此类土质的疏浚工程, 一般采用爆破施工。但是一些工程由于环保疏浚要求、爆破对周边建筑物影响、挖掘区域水深大等制约, 不具备爆破或绞吸船施工条件, 而耙吸挖泥船具备对风浪工况适应性强、挖深大等优点, 故采用大型耙吸挖泥船疏浚吹填岩石类施工的项目越来越多。以往受挖掘能力和水力输送能力的制约, 耙吸挖泥船疏浚岩石类土质的效率不高。近年来, 随着国内疏浚装备技术的发展, 耙吸挖泥船疏浚岩石类土质的可行性及施工效率都得到了较大的提高。

质岩, 形式有孤立的胶结结合、层状、基岩体等。根据国际航运协会(PIANC)的第 144 号报告《海上疏浚过程岩土分类》^[2], 海上疏浚岩石分以下几类(表 1)。

表 1 疏浚岩石分类

分类	描述	无侧限抗压强度/MPa
极软岩	拇指指甲可压出凹痕, 砾石大小的块可用拇指和手指捏碎	<1.25
软岩	用地质锤重击会粉碎, 砾石大小的块在手的重压下可碎成两半	1.25~5
较软岩	只有薄片或边角处在手的重压下可破损	5~12.5
较硬岩石	手持标本可用锤击碎	12.5~50
坚硬岩石	样本放在坚硬的表面上可用锤击碎	50~100
很坚硬岩石	岩石仅可在重锤的锤击下被击碎	100~200
极坚硬岩石	岩石在锤击时发出清脆的声音, 火花四溅, 只能用大锤击碎	>200

1 疏浚岩石特性

岩石按照形成机理分为沉积岩、岩浆岩和变

收稿日期: 2015-12-10

作者简介: 韩政(1984—), 男, 工程师, 一级建造师, 从事港口航道工程施工技术管理和研究。

岩石的可破碎性与耙吸挖泥船施工效率关系密切,根据岩石的抗压强度和抗拉强度比值指标(M =抗压强度/抗拉强度),可以判断岩石的破碎特性(表2)。

表2 岩石破碎性能判别

M 值	类别
<9	脆性破坏
9~15	过渡区
>15	延性破坏

脆性岩石在切削过程中易形成岩石碎片,而延性岩石产生的碎片较小甚至不产生碎片。因此从疏浚性能分析,脆性岩石更满足耙吸挖泥船的施工要求、施工效率更高。

从疏浚施工适应性分析,适合耙吸船疏浚施工的岩石特点有:强度低(20 MPa 以内,超过 30 MPa 的疏浚一般采取爆破、击碎等预处理)、受风化或海水侵蚀严重、脆性破坏特性好、散体或碎裂、完整性较差、孤立的胶结结合(包括珊瑚礁石)等。当使用耙吸挖泥船疏浚岩石时,破碎后装舱的岩石块体大小要满足疏浚泥泵过流通道的大小要求。

2 施工难点

1) 挖掘破土。

由于耙吸挖泥船挖掘机具的性能设计需求主要是针对砂土类疏浚物,因此其挖掘耙头的设计破土能力不能满足岩石类切削力要求,入土深度不足,而且对岩石的碾压力较小,较大的或者成片的岩石很难被破碎成较小的砾石。

2) 级配曲线较难控制。

岩石被耙吸船耙头碾压破碎,或者被泥泵碎裂后,砾石的粒径大小相差悬殊,均匀程度不一,很难绘制成统一的级配曲线^[3],以得到理论的关键流速,来预测疏浚施工效率和设备选型,从而有效指导施工。

3) 水力输送能力。

不同直径颗粒的碎石需要的启动流速不同,参照 Wilson 公式^[4]计算关键流速:

$$V_{kmax} = 1.565K \frac{\left(\frac{D}{d}\right)^{0.7} d^{1.75}}{d^{1.3} + 1.1 \times 10^{-7} \left(\frac{D}{d}\right)^{0.7}} \left(\frac{S-1}{1.65}\right)^{0.55} \quad (1)$$

式中: K 为不同浓度时的修正系数。

碎石在管路内以推移质形式的水力输送需要的关键流速较高,根据 Wilson 公式的测算结果见表3。

表3 关键流速测算

管径 D /mm	d_{50} /mm	比重 S	关键流速 v /(m/s)
900	200	1.15	5.20
1 000	200	1.15	5.60
1 100	200	1.15	6.00

4) 疏浚设备磨损严重。

岩石类土质的疏浚施工对耙吸挖泥船的设备磨损较大,致使设备运转率降低。

3 方案优化设计

3.1 疏浚设备优化

1) 耙头。

耙吸挖泥船的耙头优化措施:①在耙头钢丝绳绞车吊力允许的范围内,增加耙头自重,提高耙头对河床岩石的压力,增强耙头碾压、破碎岩石的能力,优化方法可通过安放压铁等措施来提高耙头自重(图1);②对挖掘机具的接触面如耙头格栅、挡板等部位,采用耐磨材料,以降低设备磨损,确保施工效率。

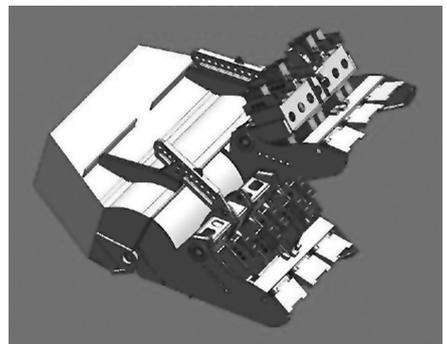


图1 挖岩耙头压重效果

2) 入土装置。

大型耙吸挖泥船耙齿有凿齿、尖齿、犁型齿、T型齿等种类,一般适合挖掘岩石类土质的耙齿有凿齿及尖齿,其特点是入土面积集中、挖掘破土能

力强,并且适合堆焊耐磨材料提高耙齿的强度。

耙齿的安装种类和布置,应根据岩石的强度选择不同的组合方式。对于强度较高的岩石减少耙齿安装数量,以尖齿为主,以间隔布置的方式,提高单个耙齿的挖掘强度;对于较软岩石的挖掘,应适量提高耙齿安装数量,提高耙齿入土面积,以提高挖掘的产量。

3) 泥泵。

对于挖掘岩石类的土质,耙吸挖泥船的泥泵叶轮应选择过流通道较大的叶轮,降低大直径的砾石堵塞泥泵叶轮的几率。同时,选用 NPSHR(汽蚀余量)较小的泥泵,提高泥泵挖掘过程中可用真空值,进而增大耙头有效压差,充分发挥耙吸挖泥船对岩石“吸”的功能。

4) 高压水射流切割设想。

高压水射流是以水为工作介质,通过增压设备使得水流获得极大的能量,以高速水流束的形式射出,其作为一项辅助水力切割技术目前已广泛应用于工业清洗、材料加工、采矿等行业。国外已有疏浚公司逐步把此项技术应用于疏浚领域。比利时的国际疏浚公司为此开发了高冲水压力的 DRACULA 系统,在碰到胶结砂土层和弱岩层施工时效果较好。

3.2 操作工艺优化

1) 对地压力。

耙吸挖泥船安装的波浪补偿器有调整耙头对地压力的作用。依据不同硬度的疏浚底质、挖深和船舶拖拽力的大小,通过调节波浪补偿器的补偿压力,达到调节对地压力的效果。因此在操作过程中,需要测试不同波浪补偿器压力下的挖掘效率,来选择效率较优的压力参数。

2) 对地角度。

耙吸挖泥船耙齿入土角度的变化,引起耙齿对岩石的切削力和切削方向的变化,从而影响耙头的挖掘能力。因此,工程技术人员要根据土质的特性测试出较优的耙齿入土角度,操作人员结合挖深、耙管角度、耙齿安装角度等条件,通过操作耙臂绞车、调节耙唇角度使得耙头能够达到

较优的入土角度(图2)。

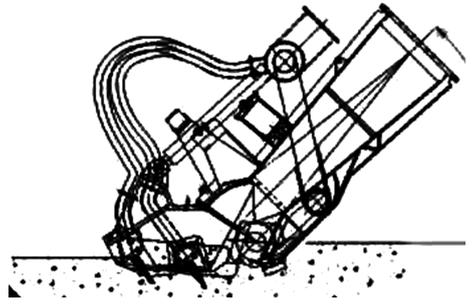


图2 耙齿入土角度

3) 挖泥船航速。

耙吸挖泥船疏浚过程中,航速的选择与耙头的挖掘效率关系密切,对于施工底质较坚硬的岩石,航速应慢一些($< 1 \text{ kn}$),从而提高耙齿的入土切削效果,同时降低对硬质岩石疏浚机具的损伤;对于强度较小的岩石,航速可选择快一些($1 \sim 2 \text{ kn}$),增加单位时间的破土面积,提高挖掘效率。

4) 耙头清理。

在耙吸挖泥船挖岩装舱过程中,由于挖掘的岩石不规则,一些岩石会卡在耙头格栅处,当挖掘时间过长时,常会出现耙头堵塞的情况,现象是泥泵流速降低明显、真空异常,此时需要及时对耙头进行人工清理,保证施工效率。

4 应用效果分析

CABEDELLO(卡贝德洛)港位于巴西东北部帕拉伊巴州境内,中港疏浚有限公司所参建的 CABEDELLO 进口航道工程,航道设计水深 11 m 、设计宽度 150 m 、边坡 $1:6$,施工部分区段土质中存在珊瑚礁石类的土质,其土质描述特性为珊瑚角砾为主,层状结构,局部较破碎,空隙发育且分布不均匀,抗压强度 $10 \sim 15 \text{ MPa}$ 。

投入施工的大型耙吸挖泥船新海风轮,泥舱容积 $16\,888 \text{ m}^3$ 、最大载泥量 $23\,750 \text{ t}$ 、最大设计挖深 45 m 。通过采取耙头优化、耙齿优化、格栅优化等设备改进措施,以及操作工艺的调整(波浪补偿器压力 28 bar 、航速 1.5 kn),新海风挖掘珊瑚礁石类土质的效率提高明显,装舱效率达到 $1\,500 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

(下转第 174 页)