



# 锚链式抓斗挖泥船大潮流下 拆除石坝施工工艺

王晓萌

(中交(天津)疏浚工程有限公司, 天津 300450)

**摘要:** 针对抓斗船在强潮流工况下(潮流流速 3~4 m/s)拆坝施工时, 面临的泥驳靠船困难、抓斗船走锚严重、挖掘石头存在抓斗夹缝、抓斗充盈量少、块石过大抓斗无法抓取等问题。本文在抓斗船布锚、施工区分段、抓斗船下抓工艺、超大块石的破碎等方面进行研究, 通过对抓斗船增设行走锚、调整抓斗船施工方向和施工分段、改变抓斗下抓方向、抓斗船凿岩锤破碎后抓斗清石等措施, 解决抓斗船拆除石坝施工中下锚受限、泥驳靠离受限、走锚严重以及挖掘困难等问题, 扩大抓斗船工程施工的适应性, 使抓斗船日产量提高 40% 以上, 可为类似吹填工程提供一定借鉴。

**关键词:** 布锚; 充泥量; 凿岩锤; 强潮流; 抓斗倒抓

中图分类号: U 616

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)S2-0086-03

## Construction technology for rock dam removal by anchor chain grab dredger in high current

WANG Xiao-meng

(CCCC(Tianjin) Dredging Engineering Co. Ltd., Tianjin 300450, China)

**Abstract:** Grab dredgers encounter various problems during dam removal construction in strong currents (current velocity of 3-4 m/s), such as difficult docking for barges, serious anchor dragging of grab dredgers, excavated rocks stuck in grab cracks, insufficient fullness of grabs, inability to grab overlarge block stones. To solve the above problems, this paper studies the anchor distribution of a grab dredger, the segmentation of the construction area, the grabbing process of the grab dredger, and the crushing of super-large block stones. By taking various measures, such as adding a traveling anchor to the grab dredger, adjusting the construction direction of the grab dredger and the construction segmentation, changing the grabbing direction of the grab, and cleaning the rock with the grab after it is crushed by the rock hammer of the grab dredger, this paper solves the problems of restricted anchoring, restricted barge docking and separation, serious anchor dragging, and difficult excavation during the construction of rock dam removal by a grab dredger. Moreover, the paper expands the adaptability of grab dredgers to project construction and increases the daily output of the grab dredger by more than 40%. It can provide a reference for similar hydraulic reclamation projects.

**Keywords:** anchor distribution; mud filling amount; rock hammer; strong current; upside-down grabbing by grab

### 1 工程概况

天津滨海信息产业创新基地防波堤, 总长 6.12 km, 施工区共分为 2 段, 每段施工长度分别为 3.24、2.88 km。主要施工内容为防波堤口门范

围内的障碍物拆除, 施工里程为 2+627.37 m—3+127.37 m, 拆除至高程 -2.5 m(以天津新港理论最低潮面为基准), 总工程量为 4.7 万 m<sup>3</sup>。施工区龙口较窄, 长约 0.5 km, 呈瓶口状, 因涨落

收稿日期: 2022-07-11

作者简介: 王晓萌(1993—), 男, 工程师, 从事施工定额与工法管理工作。

潮口门内外潮水高差自然形成潮流，过流断面的突然缩小导致涨落潮期间瓶口形口门区域流速快速升高，形成口门区域的强潮流，流速可达 3~4 m/s。使用抓斗船“津航浚 405”对防波堤进行拆除，其施工时受潮流影响严重，大潮期强潮流条件下需候潮 15~16 h，石坝由直径 20~200 cm 的块石堆积而成，大块石与小块石高低落差大，抓斗船施工时易出现倒抓的情况。本文通过典型施工及相关工艺讨论，在抓斗船布锚、施工分段、下抓及块石破碎工艺等方面进行研究。

## 2 工艺特点

### 2.1 大潮流条件下增加抓斗船行走锚

由于口门处最大流速为 3~4 m/s，为抵抗潮流，调整施工船向，使船体与石坝夹角约 30°~40°，改变了船体受流的角度，由横向受流改为侧向受流，减小潮流力。船首下前八字锚及一个行走锚，船尾为后八字锚<sup>[1]</sup>。其中左艏锚角度与船体约 90°，防止船头触坝；右艏锚为直锚，提供船舶向前的拉力；行走缆锚与右艏锚交叉，越过石坝，船可借助其拉力抵抗落潮流前进施工；两后锚均为小角度直锚，其作用主要是抵抗涨潮流。

驳船正常靠驳，船首需超出抓斗船船首 15~20 m，正顶石坝施工，船舶只能从石坝口门处施工，向两边推进，抓斗船始终处于急流区，锚缆受力很大。改变船向，使船体与石坝夹角约 30°~40°，驳船靠离不受影响，可以随意调整施工位置，抓斗船布锚见图 1。

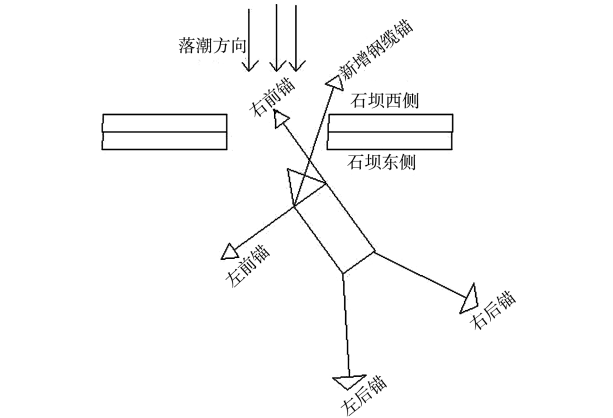


图 1 抓斗船布锚

### 2.2 强潮流条件下合理分段

根据潮流情况以及施工区潮流周期性规律变化交替施工。自然港湾的潮汐变化与潮流强弱基本呈正比关系，潮差较大时潮流强，潮差较小时潮流弱<sup>[2]</sup>。因此根据潮汐变化将一定周期内的潮汐划分为大潮期、中潮期与小潮期 3 个阶段，潮汐变化见表 1。

表 1 潮汐变化		
名称	潮差/m	潮流
大潮期	4~6	涨落潮流速大
中潮期	3~4	涨落潮流速较大
小潮期	2~3	涨落潮流速小

在大潮汛及中潮汛抓斗船施工区域，大潮期潮流强，涨落潮流速最大，对船舶流压力也最大。大潮强潮流期时，考虑到借助坝体抗流的因素，根据潮流情况，涨潮时船舶后移，船首让出坝体 30 m 遮挡潮流，挖掘坝体东侧，左艏锚、左艉锚以及泥驳锚的方向与潮流方向相反，可避免船舶走锚，另潮水受坝体拦截，可保证船舶在缓流位置施工；落潮时，潮流影响小，船舶前移至坝口，挖掘坝体西侧。

在小潮汛抓斗船施工区域，小潮期弱潮流时，充分利用潮流压力小的时间段，船舶移至石坝口门处，施工至质量层，抓斗船施工分段见图 2。

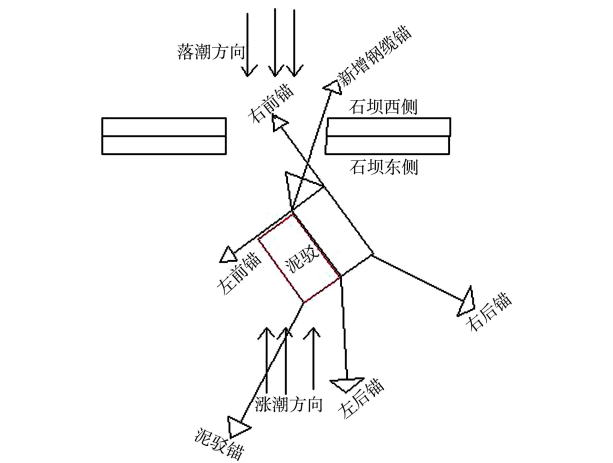


图 2 抓斗船施工分段

### 2.3 针对坡状石坝改变下抓方向，减少抓斗幅度

石坝由直径 20~200 cm 的块石堆积而成，经过长时间潮流的作用，大块石头堆积较高，与小

块石头高低落差大,因此施工时,根据潮位变化,利用高潮进行高处石坝拆除,减小高低落差;低潮时船舶后移,避免搁浅,挖掘下层。另外“津航浚 405”船每日工作时间为 16 h,可完成约 2 000 m<sup>3</sup>抓石量(每日可运 2 泥驳),平均生产率为 125 m<sup>3</sup>/h。但按照斗速及满斗计算,生产率应达 382 m<sup>3</sup>/h,可推算抓斗的充盈系数为 33%<sup>[3]</sup>,主要原因是石块卡斗,造成漏泥,抓斗船的抓斗块石夹缝见图 3。由于石块成坡形分布,抓斗船总出现倒抓的情况,为此抓斗船改变下抓方向,由纵向改为横向,将抓斗旋转 90°下抓,减小倒抓幅度,挖掘 1 排后,再纵向排抓,进行质量层施工。最终通过该方法提高抓斗船生产率 15%。

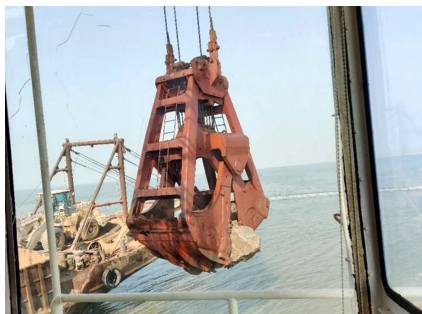


图 3 抓斗块石夹缝

## 2.4 针对大块石采用凿岩与抓石联合施工

当大块石粒径超过 2 m 时,抓斗船受制于其最大张开宽度,无法抓取,需要对块石先进行破碎、抓斗再进行清石。对于岩石破碎,张伯友<sup>[4]</sup>提出钻孔-布钢锭-凿岩-抓斗相结合的施工方法,但是对于中等强度岩石效率较低,工艺较为繁琐;王艳锋等<sup>[5]</sup>对于落距、锤型、锤重选择给予确定,但是对于凿击遍数没有理论量化。因此本文针对不同强度岩石,对于凿击遍数结合凿岩锤的动能给予确定,原理如下:

$$ma = G - F \quad (1)$$

$$H = v^2 / 2a \quad (2)$$

$$H_1 = v^2 / 2a_1 \quad (3)$$

$$F_{\text{凿岩}} = ma_1 \quad (4)$$

式中:  $m$  为凿岩锤质量;  $a$  为凿岩锤在水中的下落加速度;  $G$  为凿岩锤的重力;  $F$  代表锤的浮力;

$H$  代表水深;  $v$  为锤与岩石接触时速度;  $H_1$  为凿岩破碎深度;  $a_1$  为凿岩锤凿岩时产生的加速度;  $F_{\text{凿岩}}$  为凿岩锤凿岩时对岩石的作用力。

本工程选择楔形凿岩锤,锤质量 45 t、底面投影面积为 0.55 m<sup>2</sup>,据此落距 10 m 时,20 MPa 的岩石凿岩深度为 0.45 m,即 2 m 粒径块石单块凿岩次数为 4 次。基于此工程实践,直径 2 m 块石点击 4 次可被破碎成单块粒径不大于 0.5 m 的小块石,满足抓斗抓石的条件。

## 3 结论

1) 锚缆式定位抓斗船首次采用 5 锚定位方式施工,即在艏、艉呈八字形布设 4 组锚缆基础上在抓斗船首增设一颗 7 t 行走锚,可保证抓斗船在 3~4 m/s 流速下定位作业,扩大了抓斗船的施工适用性。

2) 对于抓斗船施工坡形石坝倒抓问题,通过改变抓斗船的抓斗方向,由纵向下抓改为横向下抓,减小其倒抓幅度,平均生产率可提高 15%。

3) 依据“津航浚 405”抓斗挖泥船在天津防波堤拆除工程经验,在 10 m 落距下,对于 20 MPa 块石 45 t 楔形凿岩锤单次凿岩深度为 0.45 m,2 m 粒径块石凿击 4 次可完全破碎,本文提出的计算方法可为其它粒径和强度块石需要的凿击次数和落距提供借鉴。

## 参考文献:

- [1] 中交天津航道局有限公司.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.
- [2] 汤宇,付桂.长江口深水航道治理工程对潮汐特性的影响[J].水运工程,2016(11): 151-156.
- [3] 中交上海航道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.
- [4] 张伯友.超高硬度礁石水下凿岩除礁施工技术[J].水运工程,2017(8): 53-56.
- [5] 王艳锋,刘建卫.机械凿岩在疏浚工程中的应用[J].水运工程,2019(6): 207-211.

(本文编辑 赵娟)