

# 起重船上精确抛石施工技术探索

嵇文远<sup>1</sup>, 杨杰<sup>1</sup>, 田栋<sup>2</sup>, 邓志鹏<sup>2</sup>

(1. 中交上海航道局有限公司, 上海 200000; 2. 长江航道整治中心, 湖北 武汉 430000)

**摘要:** 水上抛石施工的技术核心在于石块深入水底后的成形质量。成形质量的关键在于将数量准确的石料抛至准确的位置。目前施工工艺简单、受水流影响大, 块石成形质量有待提高。分析总结长江干线武汉至安庆段 6 米水深航道整治工程(Ⅲ标段)起重船抛石施工技术。起重船抛石主要优势有: 采用吊斗抛石, 每斗石料经过称重实现抛石量精确控制; 通过现场水深、水流计算漂移距, 推算水面抛石点; 采取 3GPS 精确定位提高抛石位置精度; 细分网格及精准计算各网格抛投量。通过理论计算、现场实践, 持续改进, 实现了精确抛石、成形效率提高的目标。

**关键词:** 护坡; GPS 定位; 称重; 系统

**中图分类号:** U615.5      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2021) 02—0143—03

水上抛石施工主要采取长臂挖掘机行走于平板定位船, 将绑靠与平板定位船的平板运输船的块石通过拨、勾等操作将块石投入水下。水上抛石施工主要工序流程有石料进场、定位船定位、石料抛投、水下地形测量。定位船装有 2GPS 可实现船舶的精准定位, 通过地形测量分析抛石成形质量。在具体抛石作业时, 施工员对漂移距、抛石顺序及网格抛石量的计划, 挖机操作员对挖机位置及每斗下抛量的掌握均会对抛石效果产生影响。抛石质量受施工员、挖机操作员素质影响大。为此, 在长江干线武汉至安庆段 6 米水深航道整治工程(Ⅲ标段)施工过程中, 通过理论分析与施工实践提出采取起重船抛石, 按斗称重抛投、3GPS 定位、网格细分及网格量计算、抛投计算、开发起重船抛石系统等方法, 成功地提高了抛石成形质量。

## 1 起重船与平板船抛石施工工艺对比

### 1.1 起重船与平板船参数选择

为保证船舶性能稳定选用船龄小于 15 年的起重船“常连海浮 04”、平板定位船“天航 6”(船舶基本参数见表 1)进行对比分析。

### 1.2 起重船与平板船抛石施工工艺对比

平板船抛石施工主要工艺流程为定位船定位、运石船绑靠、挖机(行走于定位船)抛石。起重船抛石施工主要工艺流程为起重船定位、运石船绑靠、石料装斗、起重船抛石、抛石分析。平板船抛石由挖掘机司机操纵挖掘机将石料从平板运输船拨或勾下, 每次抛石时具体

抛石位置及抛石量由挖掘机司机依其经验进行判断。因此, 抛石位置、抛石量无法精确控制。而起重船抛石时料斗由挖机装料, 装满后进行抛石。因此, 所抛石量粗略地由所抛斗数计算。通过读取起重机每次起重重量可精确计量抛石量。目前抛石定位船普遍安装 2 台 GPS, 进行平面定位。定位船由 2GPS 可以实现船舶平面精确定位, 平板定位船船身划线辅助挖掘机进行抛石位置定位, 基本满足施工要求。但起重船抛石时, 起重吊机在左右旋转、前后伸缩时, 其位置由起重机操作员根据经验确定, 精度低、随意性强。为此, 在起重机顶端增设 1 台专门用于抛石点定位的 GPS 设备, 可实现抛投点精确定位。

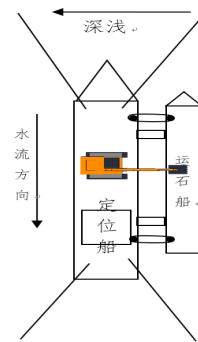


图 1 平板船抛石施工示意图

### 1.3 起重船及平板船抛石施工对比结论

在起重机顶端增设 1 台 GPS 后, 起重船抛石比平板船抛石的石料量计量精度高、抛石定位精确。另外, 起重船抛石所采用的石料运输船为大型深舱船, 石料装载

表 1 船舶基本参数

序号	船名	船舶类别	船龄	船长	船宽	空载	满载	型深	干舷	总吨位
1	天航 6	定位船	12 年	51.05m	13.00m	0.57m	1.60m	3.00m	1.38m	690t
2	常连海浮 04	起重船	9 年	40.30m	12.12m	0.85m	1.00m	2.10m	1.10m	604t

量大，减少了运输船绑靠次数及绑靠时间。经过现场统计，起重船抛石每天比平板船多抛石约 200m<sup>3</sup>。

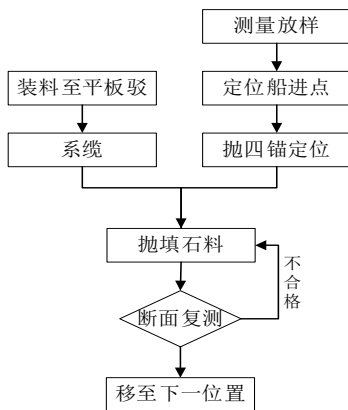


图2 平板船抛石施工流程图

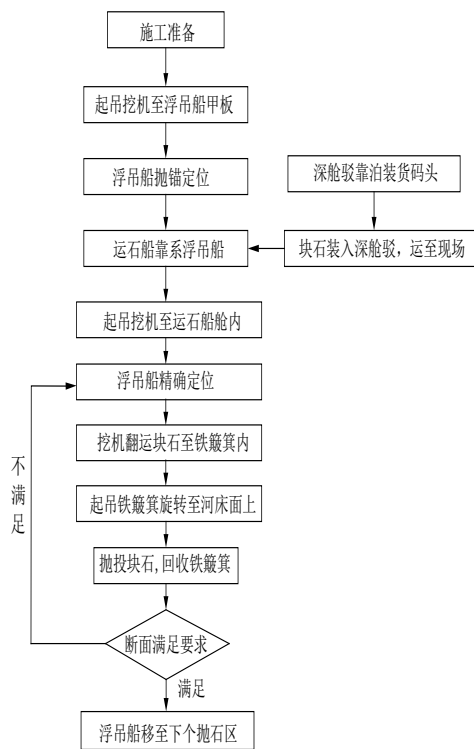


图3 起重船抛石施工工艺流程

## 2 起重抛石网格划分

### 2.1 漂移距

抛投前应先测定抛石区的水深和流速，然后根据公式计算和现场实验综合确定抛石漂距。块石抛入水中，在落入河床之前，在水流作用下，漂移距离（ $L_d$ ）与流速有水深成正比，常用下式进行估算。

$$L_d = 0.74VHW^{-1/6}$$

式中： $V$ ——表面流速（m/s）；

$H$ ——水深（m）；

$W$ ——块石重量（kg）。

上式为经验公式，有具体应用前应根据现场实验结果进行优化调整。

### 2.2 网格划分

以往的平板定位船抛石施工中通常根据船长将抛石网格划分为长 30m（船长方向）、宽 20~30m 的大网格，计算好每个大网格的抛石量后，再将大网格划分为长 30m、宽 1.5~2m 的小网格，将大网格内的抛石量平均分配至各个小网格中。采取此方法的主要原因是，平板定位船上挖机司机在平板船的移位与抛石量无法做到精准，所以没有进一步进行网格细分。

装有 3GPS 的起重船抛石时可实现在水面以上的精确定点、定量抛石。因此可以进一步进行网格划分，提高抛石精度。例如要求抛石厚度为 2m，而抛石船一斗装石 8m<sup>3</sup>，则可将网格划分为 2m × 2m 的网格，每网格抛石一斗。若抛石非整斗方量，可根据起重机起重重量计量。当抛石以标高进行验收时，因地面地形起伏，所以每个网格的抛石量均应单独计量。此时可用计算机计算每个网格方量，在抛石时根据起重机显示抛石量进行精准抛投。

### 2.3 抛投点计算

根据地形计算的抛石量为实际河床位置需要成形的石料量。但石料是从水面投入水中，受水流作用后着落于河床。因此还须将河床抛石量、抛石位置换算为水面抛石量及抛投点。主要计算步骤有：①计算每个网格达到设计标高所需的抛石量；②计算漂移距；③确定抛石点。计算好抛石点及抛石量后按抛石点、抛石量进行抛石。

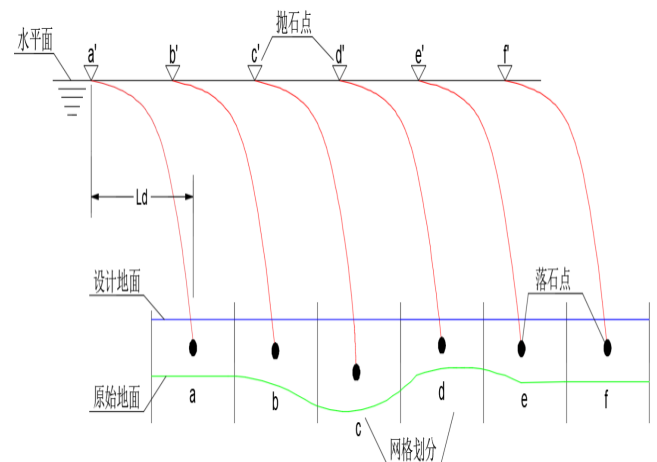


图4 抛石点计算示意图

## 3 起重船抛石系统开发

目前的定位船抛石系统仅能实现船舶定位功能，未能充分发挥计算机的计算、分析、管理能力，因此为起

# 水工建筑物冻害应对技术分析

## ——以塔里木河流域巴音郭楞地区为例

任兵

(塔里木河流域巴音郭楞管理局建设与管理科, 新疆 库尔勒 841000)

**摘要:** 塔里木河流域的巴音郭楞地区位于新疆东南部, 地形复杂, 冬季寒冷, 为多年冻土地区。在水利工程实施之前需要分析冻土质地, 保护冻土, 同时还要预防冻害可能会对建筑物造成的不利影响。本文以巴音郭楞地区为例, 简述高寒地区水工建筑物在防治冻害的过程中所采取的措施。本文首先对导致冻害的原因作出简述, 其次分析建筑物的设计环节与施工环节中可以采取的防冻措施, 提升水工建筑物的工程质量。

**关键词:** 水工建筑; 冻害预防; 措施

中图分类号: TV698.2+6

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2021) 02—0145—03

水工建筑物的冻害现象又被称为冻胀破坏, 这种现象出现的时候, 将在不同程度上对建筑物产生损害, 造成建筑物质量水平下降, 甚至埋下安全隐患。冻害的产生大多与气候条件、水分、土质以及外载负荷等外部环境因素有关。在建筑物结构中的混凝土和细粒土空隙中留有水分, 当温度下降到 0℃ 以下之后, 就会导致建筑物结构内部出现静冰压力和冻胀现象。就塔里木河流域巴音郭楞地区而言, 该地区冬季寒冷, 容易形成冻土, 所以深入研究该地区的水工建筑物冻害情况尤为重要。

### 1 形成水工建筑物冻害的原因

#### 1.1 土体冻胀

随着气温的降低, 土体之中的水遇冷以后会冻结成冰, 从而产生胶结力, 进而使得建筑物与冻土两者之间相互粘合。当土体之中的水被冻结成冰以后, 其体积将会膨胀, 当这些膨胀导致土体发生颗粒位移的时候, 又会造成土体体积膨胀。水工建筑物基础不仅是承载体, 而且一定程度上会约束土体冻胀, 使得冻封不会对土体基础形成冻胀力<sup>[1]</sup>。水工建筑物在受到过大的冻胀力作

重船开发专用抛石系统。起重船抛石系统主要功能有数据导入、辅助定位、石料称量、抛投点定位及抛石、数据分析, 见图 5。

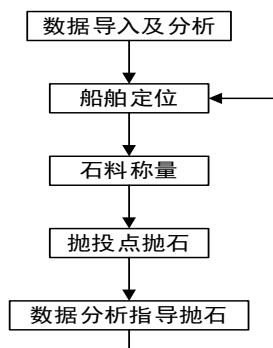


图 5 起重船抛石系统主要功能

需要导入系统的主要数据包括抛石区域地形图、抛石网格划分、网格抛石量、水位、流速等施工基础数据。由上述基础数据计算将要抛投的网格抛石所需石料重量及抛投点位置。通过船舶定位系统及实时 GPS 定位辅助起重船进点, 并实时显示船舶在施工区的位置。抛石料斗由挖机装料后, 起重机吊起吊斗并称量石料重量。

起重机在操作人员操纵下根据实时显示的吊点位置, 将吊机吊点移至抛投点进行抛石。完成每斗抛石后, 抛石系统自动记录每斗抛石的重量 (换算后的方量)、抛投点位置、水流、水位、河床标高等基础数据。并统计分析各网格已完成的抛石量及待抛石料量, 以指导下一斗的抛石。系统数据自动统计分析、同步上传, 并生成需要的报告。

### 4 结语

通过起重定位船抛石施工工艺与平板定位船施工工艺对比发现, 装有 3GPS 的起重定位船抛石采用吊斗进行抛石, 相较于平板定位船的挖机抛石, 每斗的抛石量及抛石位置可得到较好控制, 抛石量准确、抛石位置精准。根据原始地面及设计抛石要求, 计算各网格抛石量及成形后石料重心位置, 结合水位、水流计算水面抛石点位置。起重船抛石系统可实现船舶定位、抛石点计算、抛石情况记录与分析、报表生成等功能, 方便施工操作、抛石统计分析及管理, 提高了抛石的管理水平。