



长臂挖掘机抛石船应用及优势分析

刘常全

(长江重庆航道工程局, 重庆 400011)

摘要: 船载挖掘机抛石是目前长江航道整治工程中最常用的抛石施工方法, 但由于挖掘机需要过驳操作、施工船舶稳定性差, 存在较大的安全隐患, 为提高挖机抛石施工安全性, 提出了长臂挖掘机抛石船及其施工工艺, 并对其施工优势进行深入分析。

关键词: 长臂挖掘机; 抛石船; 过驳

中图分类号: TU 621

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)11-0083-05

Application of long-reach excavator riprap ship and its advantage

LIU Chang-quan

(Changjiang Chongqing Waterway Engineering Bureau, Chongqing 400011, China)

Abstract: The ship borne excavator riprap is the most common riprap construction method in the Yangtze River waterway improvement project at present. However, due to the poor stability of construction ship and lightering operation of the excavator, there are great safety hazards. To improve the construction safety of the excavator riprap, we propose the long-reach excavator riprap and its construction technology, and analyze its construction advantages.

Keywords: long-reach excavator; riprap ship; lightering

1 抛石施工技术现状

近年来, 我国的水运工程建设得到了蓬勃发展。随着建设长江黄金水道工程的不断深入, 长江航道整治工程的规模和数量在不断增加。水上抛石作为一种常见的水下护底施工技术, 广泛应用于长江航道整治工程施工中。

水上抛石施工方法主要有抛石、浮吊船网兜抛石、专用抛石船抛石以及船载挖掘机抛石。人工抛石是一种最早的抛石施工技术, 适合少量的抛石作业, 由于人工抛石劳动强度大、工效低、施工质量控制难, 且工人易落水, 安全隐患大, 目前已很少采用; 浮吊船网兜抛石施工方法是采用深舱驳运输块石, 全回转浮吊船利用钢丝绳网兜

作载体进行水上抛石的施工技术, 由于对块石运输船和施工水深要求高, 且工效低、成本偏高, 此技术应用范围受到较大限制; 常见的专用抛石船有泥驳、抓斗抛石船和升降式料斗抛石船, 此工艺对专业设备要求较高, 施工成本也高, 不适合大量抛石施工, 适合特定部位和特殊要求的抛石施工。

船载挖掘机抛石是将石料运输船与定位船系缆连接, 挖掘机过驳到块石运输船石料堆上进行挖掘和抛石作业, 图1为现有的船载挖掘机抛石施工方法剖面图, 因其成本低、效率高、抛石设备专业性不高、适用水深条件广泛而得到普遍运用, 是目前长江航道整治工程最常用的抛石施工方法。

收稿日期: 2014-09-09

作者简介: 刘常全 (1979—), 男, 工程师, 从事航道整治工程施工及管理工作。

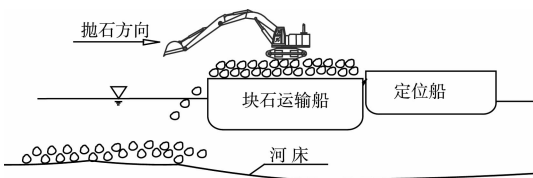


图1 船载挖掘机抛石剖面

现有的船载挖掘机抛石施工方法采用普通挖掘机直接上块石运输船进行抛投作业，虽然在一定程度上能够满足抛石作业的要求，但还存在以下缺点：

1) 施工中块石运输船因水流、风浪等原因会产生摇摆，而挖掘机在满载的块石运输船上，重心比较高，容易从块石运输船上滑落水中，导致施工作业安全隐患大^[1]。

2) 施工中，挖掘机在块石上反复碾压，会对块石产生破坏，影响块石粒径。

3) 块石运输船卸载完毕后，挖掘机必须从空载的块石运输船上过驳到重载的块石运输船上，过驳过程中，重心偏斜，容易导致船舶倾斜颠覆和挖掘机落水，既不安全又影响施工效率^[1]。

2 长臂挖掘机抛石船应用

2.1 应用背景

长江中游荆江河段航道整治工程河段范围上起昌门溪，下至熊家洲，全长 280.5 km。对枝江—江口河段、太平口水道、斗湖堤水道、周天河段、藕池口水道、碾子湾水道、莱家铺水道、窑监大河段、铁铺—熊家洲河段共计 9 个滩段实施治理，建设护滩（底）带 34 道、坝体 6 道、深槽护底带 3 道、高滩守护 39.32 km、护岸加固 20.58 km。航道建设等级为 I 级，建设标准为 3.5 m × 150 m × 1 000 m（水深 × 航宽 × 弯曲半径），通航保证率为 98%。工程投资 43.31 亿元，工期 42 月。

该工程水上抛石总量约 1 400 万 m³，工程量巨大、工期紧，需要全年施工，部分水上抛石需要在长江主汛期进行。长江主汛期水上抛石作业浪大、流急，船机设备稳定性差，安全管理难度更大，船载挖掘机抛石已不适应长江中游荆江河

段航道整治工程昌门溪至熊家洲段工程在浪大、急流的特殊环境下的施工要求。因此，研究适应该工程工况条件，具有抗风浪、急流作业能力强、安全隐患小的水上抛石船机设备及相应施工工艺是十分必要的。

为提高抛石船抗风浪、抗急流作业能力，减少长江中游荆江河段航道整治工程昌门溪至熊家洲段工程长江主汛期抛石施工安全隐患，曾先后提出了硬臂抓斗挖泥船、网兜抛石船及长臂挖掘机抛石船等方案，从经济和技术角度反复比较论证，最终选定了长臂挖掘机抛石船施工方案。

2.2 长臂挖掘机抛石船介绍

长臂挖掘机抛石船主要包括平板驳船和长臂挖掘机，平板驳船的甲板上设有用于防止长臂挖掘机滑落的防侧滑挡板，船身两侧间隔地设有向外凸出并用于与装有块石的运输船隔离的隔离架（图 2）。另外，根据水上抛石工艺要求，抛石船上需安装移船锚机装置和测量定位系统，以满足测量、定位、移船、质量控制等水上抛石要求。

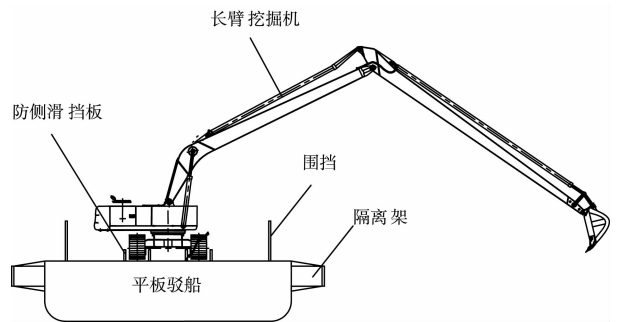


图2 长臂挖掘机抛石船结构

2.3 施工工艺

抛石施工作业时，长臂挖掘机停靠在平板驳船上，块石堆放在块石运输船上，首先将块石运输船与平板驳船（抛石船）之间通过钢缆帮靠在一起，并通过隔离架隔离，即块石运输船与抛石船之间设有抛石间隙，然后利用长臂挖掘机对块石运输船上的块石进行抛投作业（图 3、4）。长臂挖掘机抛石船在防侧滑挡板的作用下，长臂挖掘机不会侧滑，能够保证抛石船的平衡，克服了现有抛石船容易倾斜颠覆和挖掘机容易落水的缺陷。

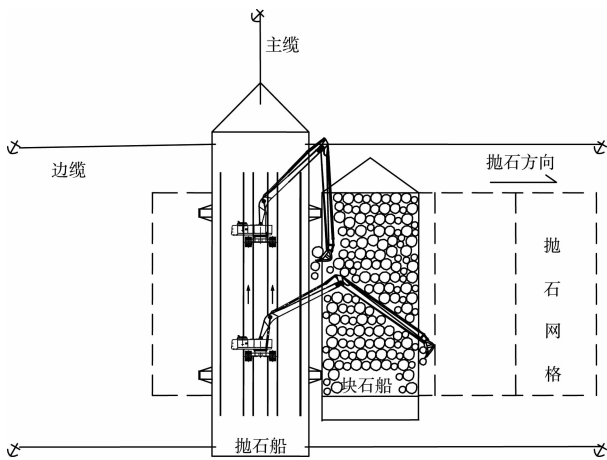


图 3 长臂挖掘机抛石船作业平面布置

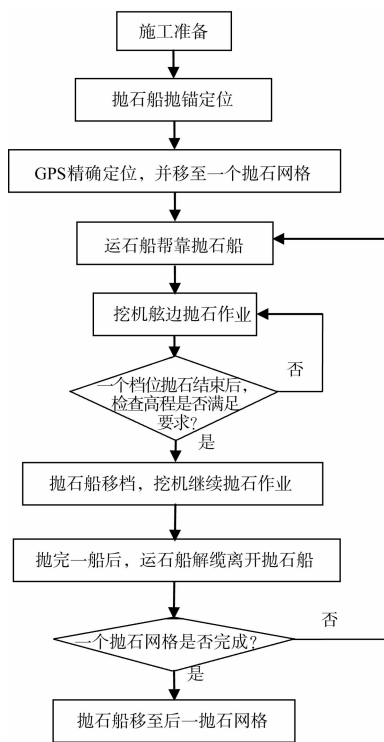


图 4 长臂挖掘机抛石船施工工艺流程

1) 径流河段抛石船一般采用“五缆法”定位，其中位于船头中部的**主缆**，承受整个抛石船下漂的拉力，同时控制船舶的上下移动，船头船尾各设两根**边缆**，控制船舶左右移动。抛锚定位钢缆的长度应根据施工区水流特征、抛石范围大小等因素综合确定。

2) 利用 GPS 测量控制系统，通过调整钢缆精确确定抛石船船位，并将抛石船移至预设的抛石网格内。

3) 抛石船精确定位后，运石船通过钢缆帮靠在抛石船一侧（图 3）。

4) 长臂挖掘机从运石船舷边的抛石间隙（运石船与抛石船间通过隔离架隔离）将块石抛入水中。抛石作业时，对块石运输船两侧均匀进行抛石，能够更好地保持块石运输船的平衡。

5) 一个抛石档位完成后，检测此档抛石高程是否满足设计要求，如果满足，抛石船移至后一档再抛石，否则继续在此档抛石。

6) 挖掘机在抛石船上前后移动，将一船块石抛投完毕，然后运石船解缆离开抛石船。

7) 检测此网格是否抛完，如果未抛完，按 3)~6) 步骤，另外一艘运石船帮靠抛石船，继续抛石作业。如果一个网格抛投完毕，抛石船移至后一个抛石网格，按 2)~6) 步骤继续抛石，依次循环。

2.4 质量控制要点

1) 抛石漂移距的确定。

抛石前先根据水深、流速、流向，通过漂移距经验公式，计算出漂移距，并结合实测漂移距离，将其绘制成水深、流速、流向和漂移距对应图表，以供抛石过程中参考。

漂移距公式如下：

$$L_d = 0.74v_f H / G^{1/6} \quad (1)$$

式中： L_d 为抛石水平落距（m）； H 为水深（m）； v_f 为表面流速（m/s）； G 为块石质量（kg）。

2) 运石船的选择。

所有运石船船型尺寸应保持一致，以便于抛石网格和抛石档位的划分，根据抛石船船宽，运石船以 9 m 船宽、20 m 货仓长为宜。

3) 抛石网格的划分。

长臂挖掘机抛石船工艺更多应用于散抛石护底抛石施工，此工艺宜采用网格法施工。根据运石船的尺寸划分若干个抛石网格，一个抛石网格内再划分几个抛石档位。以货仓长 20 m、船宽 9 m 的运石船为例，标准抛石网格长度为运石船货仓长，即 20 m；标准抛石网格宽度为 9 m（船宽）× 2 + 1.5 m（一个抛石档位宽度）× 2 = 21 m。一个

标准抛石网格内再划分7个抛石档位，每个档位长20 m、宽1.5 m。然后根据网格面积和抛石厚度计算出每个抛石网格以及网格内每个档位抛石工程量，以便在抛石施工过程中做到定点定量抛投，控制抛石质量。

4) 抛石档位控制。

抛石过程中，严格按照计划的抛石网格及抛石档位，控制每次移船位置和抛投量，做到定点定量抛投；并做好抛石记录，确保每个抛石档位不漏抛。以3)中抛石网格划分为例，抛石作业剖面布置(第7档位)见图5，抛石档位控制见图6。

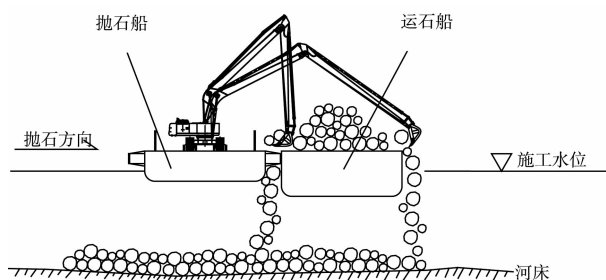


图5 抛石作业剖面布置(第7档位)

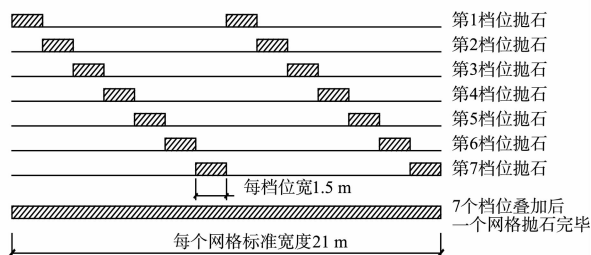


图6 抛石档位控制

2.5 安全操作要点

1) 抛石作业必须满足水上施工有关安全管理规定。2) 长臂挖掘机属于陆上机械设备，上船前应对其进行船舶稳定性验算。3) 挖掘机司机操作时必须穿救生衣，且挖掘机操控室门必须处于开启状态。4) 运石船靠进或离开抛石船时，必须慢车航行。5) 运石船与抛石船通过钢缆帮靠牢固，防止挖机抛石操作时拉断钢缆。6) 在小于3 m水深施工时，块石抛投后应及时测量河床底部水深，以防止船舶搁浅。7) 挖机作业时不得

进行测量或用测深杆探摸水深，如需测量应待抛石停止后再进行。8) 应注意运石船均匀卸载抛石，以免船体倾斜过大而发生危险。9) 施工停止后，挖掘机机臂应顺船舶中轴线停放，以增加整体稳定性。

3 长臂挖掘机抛石船优势分析

3.1 提高水上抛石施工作业安全性

陆上挖掘机上船抛石施工作业，由于重心偏高，导致挖掘机本身和抛石船的稳定性降低。长臂挖掘机抛石船防侧滑挡板对称设置在抛石船中心线上，能够保持抛石船的平衡，同时防滑挡板也具有限位作用，规定了挖掘机行走范围和活动空间，这不仅减轻了抛石过程中抛石船的晃动，还防止了抛石船的摇摆导致挖掘机落水的危险，增强了挖掘机和抛石船的整体稳定性，从而提高了水上抛石施工作业安全性。

长臂挖掘机抛石船与常用的船载挖掘机施工工艺比较，长臂挖掘机不需要像船载挖掘机抛石施工过程中在两个块石运输船之间反复过驳作业，而是始终停靠在抛石船上，从而消除了挖掘机因过驳而导致落水的安全隐患。

3.2 解决主汛期抛石施工中关键的安全技术难题

长江主汛期水深、浪大、流急、极端气候较多，因此长江航道整治工程一般避开主汛期施工。近年来，长江航道大建设、大发展，部分工程项目需要在主汛期施工，常规施工工艺和船机设备已无法适应长江主汛期恶劣的施工工况。

长臂挖掘机抛石船在长江中游荆江河段航道整治工程昌门溪至熊家洲段工程中成功应用，表明其施工船舶稳定性好，抗风浪、急流生存能力强，能适应长江主汛期恶劣的施工条件。另外，长臂挖掘机抛石船施工工艺先进，挖掘机不需要过驳操作、安全性高、受风浪影响小，解决了长江主汛期抛石施工中关键的安全技术难题。

3.3 提高水上抛石施工效率

在长江中游荆江河段航道整治工程昌门溪至

熊家洲段工程广兴洲边滩守护工程水上抛石中，对船载挖掘机和长臂挖掘机抛石船两种抛石工艺的施工记录统计分析，其施工效率见表 1。

表 1 两种抛石工艺施工效率

施工工艺类型	日效率/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	作业天数/ ($\text{d} \cdot \text{月}^{-1}$)	月效率/ ($\text{m}^3 \cdot \text{月}^{-1}$)
船载挖掘机抛石	1 810	24.0	43 440
长臂挖掘机抛石船	1 925	26.5	51 013

通过上述数据分析，长臂挖掘机抛石船单日生产效率比船载挖掘机抛石高出 $115 \text{ m}^3/\text{d}$ ，由于长臂挖掘机抛石船操作安全性能高，抗风浪、急流生存和作业能力强，增加了水上有效作业天数 $2.5 \text{ d}/\text{月}$ ，达到了 $26.5 \text{ d}/\text{月}$ ，因此月抛石效率高 17.4% ，提高了水上抛石施工效率。

3.4 确保块石粒径质量

长臂挖掘机抛石船施工工艺要求长臂挖掘机始终停靠在抛石船上，装载在块石运输船上的块

石不会像常规船载挖掘机抛石时挖掘机反复碾压到，该施工方法不会对块石粒径造成破坏，确保了块石粒径质量。

4 结语

长臂挖掘机抛石船在长江中游荆江河段航道整治工程昌门溪至熊家洲段工程中得到大量应用，并获得成功。其抛石质量良好、效率高、安全操作性高，实际使用效果完全达到了预期目的，同时也解决了长江主汛期水上抛石施工中一个十分关键的安全技术难题，为长江航道整治工程全年施工奠定了坚实基础。

参考文献：

- [1] 梁崇元, 丁智勇. 机械抛石筑坝浅析[J]. 航道科技, 2006(3): 37-40.

(本文编辑 武亚庆)

· 消 息 ·

中国港湾沙特公园项目荣获“环境特殊贡献奖”

近日，中国港湾承建的沙特延布海滨公园项目获业主朱拜勒延布皇家管委会颁发的三季度“环境特殊贡献奖”，这是中国港湾首次获此殊荣。

该奖项是沙特皇家管委会第三季度颁发的唯一与环境保护有关的奖项，此前，中国港湾还获得该机构三季度颁发的“安全表彰奖”。这些奖项的获得，进一步展现了中国港湾的项目管理能力和社会责任意识，提升了公司在当地的企业形象，为后续经营提供了有力支持。

(摘编自《中国交通建设网》)

三航局承建的宝钢全天候码头船库安装工程完工

近日，由三航局承建的上海港宝钢全天候成品码头船库安装工程按期完工。

据悉，该船库是目前亚洲第 1、世界第 3 大船库，为宝钢全天候码头最大的配套项目。船库最大主体结构为管桁架结构，轴线长 108 m ，跨度 47 m ，构件质量达 $1 980 \text{ t}$ ，安装高度为 36 m ，安装技术难度和精度非常高。

宝钢全天候码头建成后，可同时靠泊 5 万吨级和 5 000 吨级船舶各 1 艘，将有效提升宝钢的物资转运能力，助力宝钢的升级发展。

(摘编自《中国交通建设网》)