



# 航道工程水下抛石计量控制分析

马一, 张俊锋

(长江航道工程建设指挥部, 湖北 武汉 430010)

**摘要:** 在长江航道整治工程中, 水下抛石多用于筑坝、护底、镇脚、压载等, 因其施工工艺简单、施工便捷、成本经济等特点而得到广泛应用。水下抛石大多属隐蔽工程, 施工质量控制难度大, 结合航道工程施工实例, 总结了当前水下抛石施工计量的控制要点, 提出了提高计量水平的有关建议, 为类似工程提供借鉴。

**关键词:** 航道工程; 水下抛石; 计量控制

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)11-0123-04

## Underwater riprap metering control for waterway engineering

MA Yi, ZHANG Jun-feng

(Changjiang Waterway Engineering Construction Headquarters, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** In the Yangtze River waterway regulation engineering, underwater ripraps are widely used for damming, bottom protection, toe rubble, ballast, etc. because of its simple construction technology, convenient construction, and low cost. Underwater ripraps mostly belong to concealed engineering, and the construction quality control is difficult. Combining a case of waterway engineering construction, this paper summarizes key points of current underwater riprapping construction measurement control and puts forward relevant suggestions to improve the measurement quality and provide reference for similar projects.

**Keywords:** waterway engineering; underwater riprap; measurement control

### 1 水下抛石计量方法

当前, 航道整治工程中水下抛石计量主要采取首船称重计量法和水下断面检测法两种方式进行计量控制, 两种方式相互独立计量又相互校核, 实现水下计量的“双控”。

#### 1.1 首船称重计量法

水下抛石施工采用的运输船舶相对固定。船舶进场前, 由施工单位将拟投入施工的船舶证书等资料上报监理工程师进行初步审核, 将审核通过的石料运输船舶统一登记造册; 选定合适的码头, 将初审通过的各船舶依次进行首船称质量, 监理工程师进行全过程旁站。

称重过程中, 施工、监理单位共同对每艘船

的空载吃水线进行核定, 同时对油仓、水仓装载情况进行记录, 在船舷两边的空载线处(前、中、后)用油漆进行标识。组织石料运输车进行空、满载过磅, 计算的差值即为单车装载量, 通过累计装满1船所需的车辆数, 得出单船满载的方量, 用油漆对满载吃水线进行标识(左右船舷前、中、后处)。石料装船过程中, 挖掘机需配合进行石料整理, 确保堆放匀称, 同时船舶满载水线与干舷间应预留一定的安全距离, 一般按不小于30 cm进行控制。

计量方式采取首船称质量计量, 即在船舶首尾标志清晰满载和空载标线, 并建立船舶图片档案(包括船名、船舶所有权人/经营权人/负责

收稿日期: 2014-09-09

作者简介: 马一(1987—), 男, 工程师, 从事航道整治工程的项目管理工作。

人、船舶照片、船舶主尺度、核定满载量等), 石场装料需在监理工程师旁站监督下进行称质量装料并登记在册, 每船需以空载线进场装料并装至满载线, 石料的堆积密度系数通常按  $1.8 \text{ t/m}^3$  计取。现场收方时只需观察空载线和满载线, 并实行欠载不收、超载不计(不计算超出部分石方量)的收方制度。

抛石过程中严格填写“抛石三联单”, 分送监理和供货商备查, 做好水上抛石施工记录, 并严格按照每个抛石分区的工程量控制水上抛石工程量, 做到定点定量抛投。

## 1.2 水下断面检测法

水下抛石施工大多情况下属隐蔽工程, 施工完成后, 通常采用 GPS-RTK 水下测量系统对工程区抛石情况进行检测, 将抛石区划分为若干断面进行抛石前、后的对比分析(图1), 对抛石工程量进行定量核算。通过水下测图可以对抛石区域进行准确、快速的质量检测, 定量分析掌握抛石区的施工情况, 从而有效指导施工和做出相应的补救措施; 同时与水上收方采用的首船称质量计量进行相互校核, 提高计量的准确性。

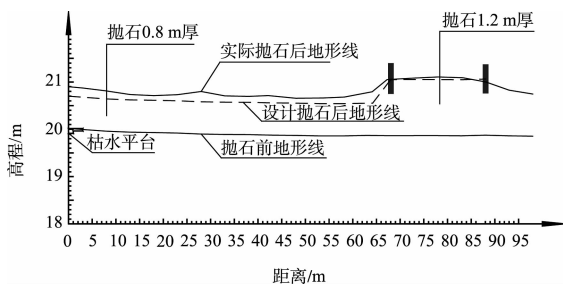


图1 抛石断面

水下地形测量的平面定位, 采用中海达双频 GPS 接收机定位, 测量前在已知点进行校核并做好记录。测深设备使用测深仪, 并连接姿态仪测量船舶运动姿态, 通过测深仪发射声波测出水下测点深度, 并由计算机同步采集测深数据、平面定位数据和姿态数据。

在测船安装定位仪和测深仪后, 进行测深仪声速值、吃水值、灵敏度等有关参数设定。船台天线设置在测深仪换能器上端, 确保定位能真实

反映实际测深仪的水深位置, 具体实施采用以下方法:

1) 断面线布设采用横断面法, 断面线的布设方向与水流方向大体垂直, 测深断面线间距为图上  $1.5 \text{ cm}$ ,  $1:1\ 000$  断面间距为  $15 \text{ m}$ ,  $1:500$  断面间距为  $7 \text{ m}$ , 遇地形变化明显的地方进行加密布设, 以反映真实的水下地貌。

2) 使用声速仪测定当天测区测深仪声速改正, 按测定结果进行测深相关参数设置, 测量前通过测深杆对测深仪水深进行比测检查, 并做好比测记录, 确认精度满足要求后方可开工。

3) 水深测量时, 测船沿布设的计划线匀速航行, 定位仪和测深仪按点距要求设定的距离间隔, 定位点点距不大于图上  $0.7 \text{ cm}$ 。测量过程中保证工作状态保持为 RTK 作业模式, 当差分改正信号间隔大于  $30 \text{ s}$  时, 则停止作业。同时采集断面水下测点的平面位置和水深数据, 并由计算机同时记录存盘。

4) 测深时的水位根据测区特性并结合观测条件, 每个工程区域在至少首尾两端各布设一个临时水位站观读实时水位, 以控制水下地形测量的水位。临时水位站的各水尺零点高程可采用 RTK 测量方式引测, 水位观测采用人工观测方式, 水位观测的时间覆盖水下地形施测的时间段。

5) 浅区处理。在浅区测量一旦发现局部水深过浅, 普通测船无法正常航行时, 则采取换用吃水更浅的测量小划补测或是人工涉水测量, 以确保整个测区  $100\%$  覆盖。

## 2 计量有关问题分析

上述两种计量方式经过在多年施工中的不断总结完善, 对抛石工程计量起到了重要作用, 但从计量的精确性来讲, 仍存在一定的空间值得改进或探索, 主要有以下问题:

1) 首船称质量计量中, 施工现场收方由监理工程师查看运输船舶满载吃水线是否达到及石料面层观感情况等进行计量, 观测结果受人为主观意识影响大。一方面, 计量人员可能受施工方等

外界因素影响,在方量“扣多少”问题上存在一定的随意性,这主要依靠现场计量人员的职业素质;另一方面,由于采用肉眼观测,受水流、涌浪或船舶装载不均等因素影响,往往凭个人经验进行计量,其准确性与计量人员自身的水平有较大关系,准确计量控制难度大。

2) 设计有关指标难以测定,导致计量不准确。通常情况下,为便于管理,施工单位与石料商签订的供货协议为石料到达施工现场的价格,因而在石料的装船阶段往往缺乏监管,块石大多存在规格差异大,含泥、石渣不均等情况;而设计文件往往对块石粒径、含泥量、石料密度等有一定的要求,如杨林岩工程中规定块石粒径在 0.2~0.6 m,当抛石厚度在 0.6~0.8 m 时粒径大于 0.3 m 的比例应大于 85%,抛石厚度大于 0.8 m 时粒径大于 0.4 m 的比例应大于 85%,块石密度不小于 2.65 t/m<sup>3</sup>[1],现场计量过程中,由于多方面因素,往往难以对含泥量或粒径百分比等指标进行量化,且石料来源多样,其密度也存在差异,实际往往按照每一料源取样 1 次送实验室检测。

3) 有关施工参数或系数测定不准确,导致计量不准确。如由于漂移距测定不准、定位船定位不够精确时,往往容易导致施工区边缘或尾端划定的网格内抛石量不足,出现部分石料抛在了施工区外侧,外侧的石料应不予计量,而现场计量过程中对此类问题难以发现和控制。再者以块石堆积密度系数为例,该系数应根据石料的材质和粒径测算确定,实际施工中由于现场条件限制,往往是采用经验系数 1.8 t/m<sup>3</sup>,根据公式  $m = \rho_0 v_0$  计算,式中  $m$  为质量,  $\rho_0$  为堆积密度,  $v_0$  为堆积体积(实体体积+孔隙体积+空隙体积),若实际  $\rho_0$  为 1.9 t/m<sup>3</sup>,以杨林岩工程抛石量 54 万 m<sup>3</sup> 计算,则质量差值为  $\Delta m = 54\ 000$  t,在假定块石密度为 2.65 t/m<sup>3</sup> 的情况下,该工程排上抛石单价以 131.2 元/m<sup>3</sup> 计算,则不同堆积密度下的工程费用差值为 267.35 万元,这对计量来说是非常有必要进行改进的。

4) 受抛石区地质条件影响导致的计量不准确。水下抛填工程应计入原土沉降增加的工程量[2],对于不同的地质条件,抛石引起的原状土沉降不同;对于砂土地基,其透水性好,加荷后沉降完成很快,土体的压缩量小,由抛石引起的沉降往往可以忽略不计;而对于黏性土和粉土地基则不同,往往自然状态的原状土常处于饱和状态,具有透水性差、压缩性高等特点,随着抛石荷载的持续,土体中的孔隙水被挤出导致土体压缩,达到沉降稳定的时间十分漫长。因此,对不同地质条件下的抛石计量,水下测量的时间选择与计量息息相关。

5) 水下地形测量往往在大面积抛石或全部施工完成后进行,而航道工程抛石施工往往在中洪水期进行,期间往往水位高、流速大,受水流等因素影响,对于抛石前未采用软体排护底或已采用软体排护底的边缘区域内往往冲淤变化较大,地形演变频繁。以杨林岩工程南阳洲 1# 护滩带头部下侧为例,工程区处于软体排护底边缘,设计抛石 0.8 m,抛石施工时间约 45 d,通过对比 4 月 30 日与 6 月 15 日测图,工程区抛石后较抛石前高程增加 1.5 m 左右(图 2),可以判断此区域处于淤积状态,而石料及泥沙混合形成的高程增长 1.5 m 并不能说明石料抛投厚度满足 0.8 m 的设计要求,此情况下仅从测图角度分析难以准确计量,由于抛石施工与测量时间差内的地形变化,导致测量结果往往难以准确反映实际抛投的工程量。

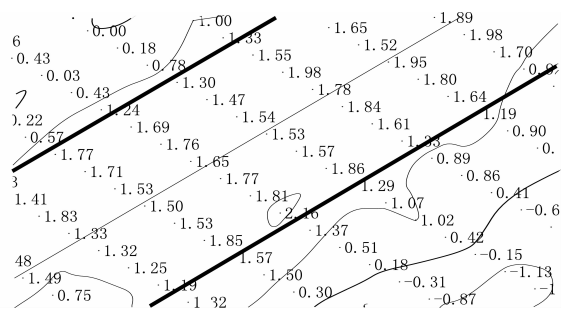


图 2 南阳洲 1# 护滩带头部备填石实施前后对比(局部截图)

6) 水下测量过程中, 由于测量人员操作失误或参数设定不精确, 也有可能导致测量结果不准确, 影响计量结果。但多数情况下, 由于采取施工自检、监理抽检、第三方检测等多方控制, 对于由此出现的问题往往较容易发现。而在计量分析方法上的误差, 往往难以控制; 通常对测图的分析往往采用断面分析法, 测量过程中, 由于水流、涌浪及船舶驾驶人员水平影响, 实际测量点一般沿布置的断面线分布, 而不是完全在断面线上; 且受水下块石间的空隙及水下地形的起伏影响, 测深仪探测到的点也不能准确代表周边的高程, 因此通常采用南方 KASS 等软件进行计算时, 采用内插方式绘制的断面线与实际存在一定的差异, 也会导致计量分析结果不够准确。

### 3 提高计量准确度的建议

1) 从源头控制, 提前对采石场进行考察, 同时加强对供货商的管理, 并从石料出场、装船、现场抛投等多环节层层把关, 对块石粒径、密度、含渣量等指标进行严控, 为工程现场提供标准化的块石供应。

2) 认真测定有关参数, 根据施工期水位、流速变化, 对漂移距、块石堆积密度等指标进行现场测算, 必要时采用多个方法进行校核, 确保参数准确性; 在施工过程中, 做好定位设备的校核工作。

3) 推行石料运输船舶标准化, 船舶长、宽、吃水等实行标准化, 既利于抛投量控制, 又便于施工。同时开发专业软件, 减少计量过程中的人为因素影响, 船舶空载处、满载处、油舱、水舱设置感应器, 采用软件自动读取船舶装载情况, 通过输入有关参数, 实行自动计算装载量, 并实时记录船舶装载状态, 形成数据资料存档, 便于查阅。

4) 地基的沉降量与土质、荷载大小及加荷

速率等因素息息相关, 要加强施工区地质条件分析。在航道工程项目中, 多数情况下, 不同的施工部位可能存在土质、设计抛石厚度、施工时间等多种不同因素, 同时抛石区大多有软体排覆盖, 有必要通过模型试验或理论(经验)公式计算地基沉降, 同时结合现场典型施工进行验证, 将沉降量在施工工程量中进行适当考虑, 这样既便于计量, 又能避免不良地质条件引起工程量变更。

5) 缩短施工与检测之间的时间差, 对于受水流顶冲或冲刷变化快的部位, 一是加强施工设备投入, 在确保质量的前提下尽可能缩短施工时间; 二是动态管理, 抛石前进行护底加强等措施, 减弱水流对地形造成的影响, 同时将大的工程区合理划分为若干段(区), 边施工边检测, 流水作业, 提高效率。

6) 加大测量设备的投入, 增加多波束进行检测, 与单波束相比, 多波束具有高分辨率、高精度、全覆盖的特点, 且精确、高效、快捷、直观的优势十分明显<sup>[3]</sup>, 能够克服单波束测量点分布不均、测量范围不够全面的缺点; 对于水深较浅区域(0.5~4 m), 为避免测量船舶和多波束探头与河底不明坚硬物碰撞, 可用单波束技术配合多波束进行测量。

### 参考文献:

- [1] 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江中游杨林岩水道航道整治工程施工图设计[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2012.
- [2] 殷宗泽. 土体沉降与固结[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [3] 赵钢, 王冬梅, 黄俊友, 等. 多波束与单波束测量技术在水下工程中的应用比较研究[J]. 长江科学院院报, 2010(2): 20-23.

(本文编辑 武亚庆)