

Research on the Construction Technology of Stone Throwing and Foundation Bed Leveling in Deep Water Channels

Xuan Yang

China Communications Second Navigation Engineering Bureau Co., Ltd. Jiangxi Branch, Nanchang, Jiangxi, 330038, China

Abstract

The construction of rock throwing and foundation bed leveling in deep-water channels is a key link in channel engineering. It relies on high-precision measurement technology and professional equipment to ensure uniform rock throwing thickness and the flatness of the top surface of the foundation bed meets the standards. Before construction, a hydrogeological investigation should be conducted to clarify the topography, water flow velocity and silt recovery situation of the stone-throwing area, and a stratified and segmented stone-throwing and filling plan should be formulated. The operation was carried out respectively by using a track scraper, a rail scraper and a high-precision leveling machine. The elevation was monitored in real time through a level to ensure that the leveling error was controlled within the allowable range of the specifications. This technology is of great significance for enhancing the navigable capacity of waterways and ensuring the safety of ship navigation. During construction, environmental protection measures should be emphasized to reduce the impact on aquatic ecology.

Keywords

deepwater channel; Throwing stones; Leveling of foundation bed

深水航道抛石及基床整平施工工艺研究

杨旋

中交第二航务工程局有限公司江西分公司, 中国 · 江西 南昌 330038

摘 要

深水航道抛石及基床整平施工是航道工程的关键环节, 需依托高精度测量技术与专业化设备, 确保抛石厚度均匀、基床顶面平整度达标。施工前需通过水文地质勘察明确抛石区域地形、水流速度及回淤情况, 制定分层分段抛填方案。分别采用刮道器、钢轨刮尺及高精度整平机作业, 通过水准仪实时监测标高, 确保整平误差控制在规范允许范围内。该工艺对提升航道通航能力、保障船舶航行安全具有重要意义, 施工中需注重环保措施, 减少对水域生态的影响。

关键词

深水航道; 抛石; 基床整平

1 工程概况

长江南京以下 12.5 米深水航道二期工程通过实施长江干线南通至南京河段洲滩守护工程, 结合疏浚措施, 维持目前较为有利的航道形态, 初步实现 12.5 米深水航道由南通上延至南京, 并为深水航道的稳定畅通运行创造条件。

二期工程的范围是从南通天生港起点与一期工程上端点相连接, 沿途延伸至南京新生圩港区上游边界, 与上游航道衔接, 全长为 227km。重点整治的有福姜沙、口岸直、和畅洲和仪征这四个碍航水道。

2 施工方案

2.1 总体施工方案

本标段关键线路为软体排护底施工及潜堤(丁坝)施工。软体排护底施工主要采用铺排船进行水上铺设, 多作业面平行施工, 因施工处于 8、9 月份洪水期, 首先进行世业洲头部潜堤工程及右缘 Y2#、Y3# 护底软体排施工, 铺设完成后及时进行抛石压载, 采用抛石船结合定位船进行低抛, 然后进行护底带、潜堤左右侧丁坝、右缘 Y1# 丁坝护底软体排及压排石施工。头部工程依次进行潜堤、北侧丁坝、南侧丁坝, 下游丁坝优先于上游丁坝施工。最后进行右缘丁坝施工, 上游丁坝优先于下游丁坝施工。梯形空心构件预制场预制水运至施工现场, 采用起重船进行安装。

【作者简介】杨旋(1986-), 男, 中国江苏泰州人, 本科, 工程师, 从事港口航道工程研究。

2.2 重点施工工艺方案

2.2.1 抛石工程施工

本工程抛石主要包括基床抛石、堤心抛石、护面块石、护脚块石、排体边缘压载抛石和护岸抛石等，抛石方量共约 167.35 万 m³。在水面上，我们共使用了 7 艘抛石船来进行抛石作业。在确定了运输块石的船只位置后，我们利用 gps rtk 和专门的软件进行定位。在施工过程中，我们以堤坝轴线为核心，设立了 10m×5m 的施工网格，并逐一、逐层地进行抛填操作。

① 抛石工艺。

根据分区不同，主要采用 2 种施工工艺：自航平板驳配反铲抛填、网包船抛填，采用定位方驳进行定位。

本工程堤心石、护脚块石、基床块石、防冲促淤抛石采用定位方驳 + 自航甲板驳进行抛填。工前测量后，确定抛石量。然后运输船靠泊定位船，准备抛石。用反铲分断面定点定量进行抛石。每一断面成型后验收，逐断面抛石。在泥面高于 0m 时，水深难以满足 1500t 自航甲板驳吃水要求，因此该部位采用 300t 自航江驳自 1500t 自航甲板驳分驳倒料，在洪水期趁大潮汛靠泊定位船进行抛填。

本工程斜坡堤结构段护面块石、梯形空心构件结构段护肩块石采用网包船进行抛填。在驳载码头吊机吊取网包上船，分层摆放，然后驶入施工区域，待工前测量后，准备抛填。用吊机吊取网包分断面、分层、定点定量、由下到上进行抛填。抛填完一个断面后，按质量标准进行断面验收，不足之处进行补抛。然后进行逐断面抛填。

② 不同部位的抛石工艺。

施工抛石的基本准则是：首先进行深度处理，然后再进行浅度处理，接着按照层次加载并保持均匀上升。根据施工区域泥面高程测量结果以及潮汐实际水位情况，我们可将抛石分为直接在深水区进行抛石、在浅水区进行抛石和在高滩区进行抛石三种方式。

深水区抛石：深水区抛石基本不受潮位影响，抛石船和运输船随时可以进点抛石作业区，粗抛块石宜采用自航甲板驳抛填以提高施工效率，细抛块石宜采用网兜抛填控制抛石精度。为减少涨落潮水流对施工船的影响，船机顺流布置。根据设计抛石顺序和原则，对于抛石斜坡堤结构的堤身，分层抛填堤身。先抛填 1.5m 厚度左右堤心块石保护堤身排体，然后抛填两侧的护脚块石，护脚块石的厚度一般在 1m 左右，可一次成型，接着分层抛填堤心石，分层厚度为 1.5m 左右，最后抛填护面块石^[1]。

浅水区抛石：浅水区抛石需在洪水期进行施工，石料从运输船进行转驳至小型方驳（选用 300 ~ 500t 方驳）运至施工区域，采用挖机直接抛石施工。

高滩区抛石：护岸工程存有高滩区，石料船舶无法到达区域，需在洪水区采用网兜抛填工艺最大限度抛石至施工区域附近，枯水期露滩后采用挖机上滩转料至施工部位。

第一，堤心块石抛填。

主要通过控制抛石的标高来管理堤心石，采用网格法进行施工。也就是说，在填充过程中以堤轴线为核心设置 10 * 5m 的施工网格，逐个、逐块、每层进行填充，这样能够有效地控制抛石的标高。专门使用 gps 定位的抛石船。

从方驳或者深舱驳中获取石料后，将其搬运到建筑工地并按照实际工程需求配置相应的运输船只。确保所使用的石材品质满足设计标准，以保障抛石的效果。利用安装于船上的 GPS 定位设备，可以实时追踪抛石船的位置及其相关操作数据，并在控制室内计算机屏幕上清晰显示。结合抛石船相对定位船的位置信息以及设计的施工作业点，精准地对抛石过程进行定位。预先测量深度以便计算出抛石之前的泥土表面高度，然后比较该数值与测深图中的数据，以此判断泥土表面的变动状况，从而适时调整抛石的相关设置参数。根据施工技术要求，在抛石前排体淤积厚度达到 20cm 时，需对淤积泥沙进行清除，采用人工潜水水枪冲洗，以满足要求。

技术人员根据抛石厚度算出抛石区域的理论抛石量，通过理论量结合施工控制厚度来进行抛填，在一个锚位范围内堤心石按照 1.5m 左右分层抛填。抛石作业尽量选在潮水较缓时，在每次抛石前必须对抛石指挥人员进行交底。抛石操作员必须按照抛石指挥员的指挥进行抛石，严禁出现胡乱抛填现象。每 20 米分成一个抛石段，在抛石船和定位船边舷上每米画好标示刻度，根据抛石的施工控制标高实行定点定量抛石。抛石前将抛填区域绘制成 10m×5m 的网格，将相应数据输入电脑软件，同时通过试抛确定不同规格石料在不同流速、流向下的水平漂移距离，并结合理论计算对现场抛石人员进行交底，确保断面形成质量过程受控。

当抛石量达到理论量 80% 后，对抛石区域进行抛石标高的检测和记录，根据检测结果对标高不到的进行局部补抛，再复测，再补抛直到本段完全符合设计要求，然后移至下一抛石段施工。在抛石船每次移锚之前请监理进行验收，验收合格后才能移锚。

第二，压排石抛填。

主要通过控制石块的厚度来进行压排，使用网格法施工技术进行抛石作业。定点和定量的抛石方式可以有效地管理抛石的高度，而专门用于 gps 定位的抛石船则是其中一种选择。

第三，基床石抛填。

基床石抛填分两次进行，第一次为粗抛，第二次为细抛。主要通过控制抛石的标高来进行粗抛，因此我们计划使用网格法施工方法。定点和定量抛石能有效地管理抛石的标高。专业抛石船则选择 gps 定位。抛填基床石的里程段内的泥面标高较低，抛石不受水位影响。由于基床厚度较厚，所以按照设计要求进行分层抛填。细抛每层厚度为 30cm 左右，采用级配较小的块石，由于细抛块石较小，为了减小水流对抛

石的影响,细抛尽量选在水流较小的时段进行抛石。

第四,护脚石、护面石抛填。

主要通过控制抛石的厚度来管理护脚石,使用网格法进行施工,并且采取定点和定量的方式来控制抛石的高度。专业抛石船则是 GPS 定位的。

③理坡。

为保证块石的观感质量,拟对浅水区及高滩可作业部位进行理坡,理坡与水上抛块石同步分段进行,每段块石抛填完成后进行理坡。水下理坡宜选择枯水期实施。水下部位理坡采用定位驳和长臂挖掘机,方驳平行于堤轴线定位进行理坡,对于可露出水面及顶宽较宽的斜坡堤堤顶段落采用挖机登顶理坡的工艺。理坡过程中勤测水深,定位驳上备一定数量的石料,石料规格与理坡段石料规格一致。理坡过程中发现石料不足时,采用定位驳上的备料补抛,直至满足设计和规范要求^[2]。

对于低潮时露出水面的堤坝,为保证护面块石的观感质量及创优质工程,需加强护面块石的理坡工作,护面块石采用规格较好的花岗岩,同时加强对斜坡堤护面理坡工序的控制。

2.2.2 基床整平施工

①基床整平施工方法。

在整平船座底之前,潜水员需要对座底进行抛石的检查,以确保抛石护底完好无损,回淤深度不超过 30cm,方可进行抛石整平作业;若回淤深度超过 30cm,则需使用抽砂泵进行清淤处理。

首先,我们需要把精确的测量点坐标输入计算机中,并借助 GPS 技术引导我们的整平船在工作区内停泊,这一步是初步定位的过程。接下来,我们会用到锚缆来微调船的位置以达到更精准的定位,之后开启注水设备,开始给压载舱加水。在这个过程中,我们将持续监测和调整船舶的位置,确保它能稳定地下降并在预定的地点稳固下来。一旦船体成功着陆,我们就应该立即打开底部闸口,让舱内的水与外部保持平衡。

将施工控制标高输入电脑,然后启动四台液压千斤顶,根据两个 GPS 和八个压力传感器的测深系统确定整平刮刀底刀的标高,调整使其达到基床施工控制标高。最后使用水准仪校核刮刀的标高。

在开始投掷石头之前,我们需要用水桶来确定保护层下的河岸高度,并且要确保有两个运输石头的小艇停泊在我们的两侧。然后,我们会让两名操作员利用他们的铲子和钩子从装载着货物的船舶上获取材料,并将其逐一扔到前面去。接下来,我们将根据预定的建筑标准增加 30~50 厘米的误差值,以保证每块石头的准确度。最后,我们要开启打磨机器,通过其驱动装置使得刮板能够沿着铺设好的基础进行水平化处理。

利用 GPS 来设定基础高度标准,借助水准仪、深度尺

及传统测量技术,按照每隔五米的宽度,以两米为步距对每一个分割区域进行基底表面高度的测量,其容许误差应保持在正负十厘米之间。而对于基底检查的高度则等于基底建设管理的高程减去零点一米。通过执行步骤四至六的过程并且持续向前行进,直至完成一次抛石平整作业为止。

当完成一次船舶水平的建设后,应封闭其底部闸门并通过相关蝶阀开启排水泵以排出压舱水,从而使船只能够平衡地上升至原本的水位之上,达到离开原始地面的高度约为 30~50 厘米。然后开始使用四个锚机依照规定步骤逐步调整锚索,以便让这艘稳定器沿着主轴方向移动到新的地点,并在 GPS 的引导下到达下一阶段的基础区域。同样,在这个基础区域中进行石头铺设和调平的过程中,需要确保该稳定器的定位与前一阶段的调平表面相衔接,长度大约是 1 米。

②基床整平技术保证措施。

对于基础层的石头铺设,我们需要将其分为两个阶段:首先是粗糙处理,然后是对其进行细致打磨。为了达到这个目的,我们将使用红薯形状的地瓜石来实现。在此期间,必须确保所使用的材料符合规定的尺寸要求,并且厚度应保持在约 30 厘米之间。此外,我们要用提升式的装载机进行这种操作,并采取波动性的方式以利于水平仪能够把超出的部分堆积到较低的地方。每批次的石头量不能太多,而切削深度也不应该太大,这样可以避免因切割面上的石头过于集中导致无法移动或者两边有大量的剩余物。在整个平整工程中,我们需要密切关注水平仪的位置、角度、底部高度、基座平整后的初始高度以及工作区的流水速度、潮汐情况等等这些数据。当每个区域都已经完成了平整之后,我们会对其的高度和平整程度做一次质检,同时也会准确测量对接处的距离,以免发生任何疏忽^[3]。

3 结论

深水航道抛石及基床整平施工的核心目标是通过精细化作业构建稳定、平整的水下基础,为航道长期安全运行奠定基础。抛石作业产生的悬浮泥沙可能导致水体浑浊,影响水生生物生存。通过优化抛填顺序(由岸边向深水区推进)、控制单次抛石量及采用生态型抛石材料(如多孔结构块石),可有效减少悬浮泥沙扩散范围,同时为水生生物提供栖息场所。

综上所述,深水航道抛石及基床整平施工需以技术创新为支撑,以质量管控为核心,兼顾效率提升与生态保护。未来随着智能化设备的推广应用,该工艺将向自动化、精准化方向进一步发展,为全球深水航道建设提供更高效率的解决方案。

参考文献

- [1] 船坞堵口沉箱围堰复合基床施工技术. 姜勇. 珠江水运, 2021(10)
- [2] 升浆基床施工技术与应用. 刘向浩. 价值工程, 2019(36)
- [3] 爆破夯实技术在水下超厚抛石基床的应用. 黄兆琦. 福建交通科技, 2016(01)