

探讨提升水下整平机独立墩基床整平施工工效

孟腾蛟

(中交四航局第三工程有限公司, 广东 湛江 524005)

摘要: 在墩台施工中, 独立墩的基础施工是最重要的环节, 其中基床整平的质量和进度决定了整个墩台施工效率。用水下整平机整平基床和用人工水下整平基床来比, 已经大大提高了施工效率。文中将结合西非加纳特马 LNG 码头工程项目离岸式墩台基床整平采用水下整平机施工, 对水下整平机的工作流程进行了介绍并探讨如何提升施工工效。

关键词: 水下整平机; 基床整平; 墩台基床

中图分类号: U617

文献标识码: A

文章编号: 1006-7973 (2023) 01-0075-03

一、前言

对于抛石基床的整平, 在没有使用整平机前, 一般是潜水员水下人工整平的方法。由于水下施工条件的恶劣性, 人工整平基床的质量和进度得不到保证^[1]。文中结合在西非加纳特马 LNG 码头工程项目, 采用水下整平机施工独立墩基床的施工案例, 将对水下整平机的工作流程进行介绍, 分析施工过程中存在的一些问题, 探讨如何提升施工工效, 期望能给代价在以后相似的重力式码头基床整平施工中有思考。

二、工程概况

加纳特马 LNG 码头工程项目位于非洲西部, 加纳南部沿海, 俗称黄金海岸。本项目码头为离岸式墩台结构, 2 个靠船平台及 5 个系缆墩的基础设计为两种型号的沉箱结构, 重量分别约 1,991t 及 1,542t, 沉箱之上为现浇平台。靠船平台及系缆墩采用沉箱基础结构, 靠船平台的沉箱尺寸为: 长×宽×高=19.41×12.62×18.0m, 重量约 1,991t, 系缆墩的沉箱尺寸为: 长×宽×高=14.85×10.62×18.7m, 重量约 1,542t。沉箱基床抛石规格为 15~120kg 块石, 趾部外侧一圈抛填 300~500kg 规格石, 基床范围外坡比 1:1.5。基床顶部标高分别为 -16.5m 和 -14m, 基床顶部预留 10cm 为整平层, 采用 10~31.5mm 碎石进行整平。用水下整平机进行整平, 优点是整平精度和效率较高, 受施工条件影响较小, 相对传统的潜水员人工整平, 其在精度、效率、成本、安全性上优势显著。独立墩基床典型断面如图 1 和图 2 所示。



图 1 靠船平台沉箱基床典型断面图

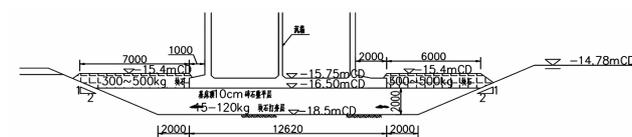


图 2 系缆墩沉箱基床典型断面图

三、水下整平机的结构及施工工艺流程

1. 水下整平机的结构和工作原理

水下整平机主要是采用钢箱梁框架形式, 主要有钢结构主体系统、传动系统、油缸支撑系统、操作和控制系统、测量定位系统、密封舱集成阀组等部分组成。为坐底式水下整平施工装备, 整套布料作业的底盘由支撑油缸支撑在待整平的基床面上, 且布料作业底盘通过支撑油缸的升降, 具备高低调节功能。布料斗身通过横移和纵移驱动马达, 实现布料斗的碎石下料及刮平作业。通过安装在底盘上的立柱支撑系统, 支撑顶部的框架平台, 在平台上布置有动力系统、控制系统、排水系统以及喂料监控系统。



图 3 整平机结构图

2. 整平机施工工艺流程

整平机水下基床整平施工流程如图 4 所示。

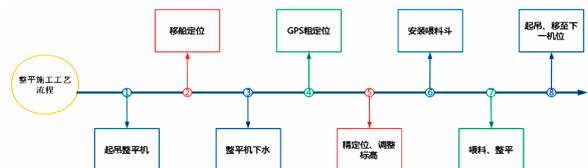


图 4 整平机水下施工工艺流程

收稿日期: 2022-02-22

作者简介: 孟腾蛟 (1991-), 男, 中交四航局第三工程有限公司。

(1) 起吊整平机

整平机自重约 34t, 由驳船上的履带吊吊起整平机悬空, 用拉绳使整平机与驳船固定好后, 缓慢移船至基床整平区域准备定位。

(2) 整平机粗定位

根据基床尺寸大小, 合理布置整平机机位的布置图。粗定位时, 根据整平基床的位置、驳船的位置、吊机的跨距, 采用 GPS 仪器进行定位。浮鼓漂浮的位置为整平机四个角点落在基床上的粗略位置。再通过用 GPS 仪器去测量 2 个浮鼓的位置, 判断整平机的位置是否满足要求。

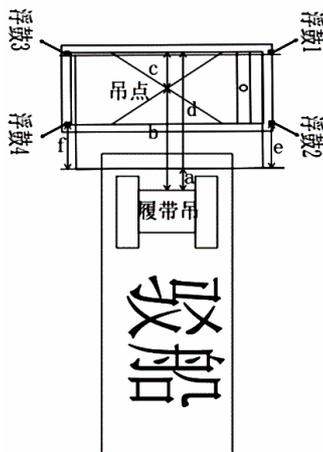


图 5 整平机粗定位示意图

(3) 精定位, 调整标高

整平机下水前需要在布料管上安装测量棱镜, 方便精定位时使用。粗定位完成后, 整平机作手在驳船上控制液压泵使布料管依次移动至整平机框架四个角点, 测量员用全站仪测量每个位置的坐标和高程, 通过对讲机告诉操作手, 使整平机支腿提高或者降低, 使布料管的四个角点达到设计要求的标高。本项目独立墩基床整平宽度是 18.62m 和 16.62m, 设计标高-16.5m 和-14m。预留沉降 4cm, 不设置倒坡。

(4) 喂料, 基床整平

精定位完成后, 开始整平机床。驳船上提前备好整平需要使用的碎石, 船上的挖机给自制的料斗装好石料, 吊机起吊料斗对整平机喂料。操作手在驳船上控制整平机操作台, 使整平机料管匀速移动, 碎石将通过料管均匀铺撒在基床顶面并刮平。由于料管直径 0.8m, 所以每走完一道后, 移至下一道的距离是 0.8m, 测量员会在岸上碎石观测整平机的标高或者移动的距离是否有偏差, 如有会告知操作手及时调

整。在料管移动的过程中, 需要安排专人用打水的方式检查料管的剩余碎石量, 以免料管空走。一个机位整平完成后, 起吊整平机, 移至下一个机位, 重复此施工工序。料斗装料和专人检查料管图见图 6。



图 6 喂料整平

四、调查影响施工工效的主要原因

为了调查出哪些因素影响整平机的施工工效, 对整平机在 LNG 码头项目一个月的整平时间里, 对各工序以及整平机的状况进行了统计。

表 1 单个沉箱位整平工序耗时统计

| 内容 | 移船 | 起吊/下水 | 挂/解钩 | 定位 | 探料 | 布料整平 |
|-------|------|-------|------|----|----|------|
| 平均耗时 | 2.5h | 1h | 1h | 2h | 2h | 9.5h |
| 平均总耗时 | 18h | | | | | |

表 2 整平机运行记录

| 内容 | 作业天数 | 停置天数 | 维修天数 |
|--------|------|------|------|
| 时间 (d) | 14 | 9 | 8 |
| 故障比 | 26% | | |

五、原因分析

1. 找出末端因素

结合现场实际情况的调查情况, 从人、机、料、法、环、测六个方面对影响水下基床整平工效的原因进行分析, 得出以下 7 个末端因素:

- (1) 天气影响, 大风大雨天气无法施工;
- (2) 整平机的控制电路脆弱易损;
- (3) 整平机液压油管绑扎不正确、防护不到位;
- (4) 行走机构设计不符合现场施工;
- (5) 移船定位耗时;
- (6) 定位调平、打水探料繁琐;
- (7) 起吊、解挂钩困难。

2. 要因确认

根据列出的末端因素, 逐条调查分析, 得出要因确认表 3。

表 3 要因确认表

| 序号 | 末端因素 | 确认内容 | 确认方法 | 确认情况 | 是否为要因 |
|----|---------------|------------|------|---|-------|
| 1 | 天气影响 | 恶劣天气影响施工概率 | 统计分析 | 恶劣天气造成暂停施工的概率小于 10% | 否 |
| 2 | 控制电路脆弱易损 | 线路故障概率 | 统计分析 | 电路维修需要将整平机吊起后移船至岸边, 将整平机放到岸上进行维修, 在有配件的前提下, 耗时一般为 1-2 天, 严重同一问题会反复出现, 影响较大。 | 是 |
| 3 | 液压油管故障 | 检查油管是否防护好 | 现场调查 | 液压油管不直接与整平机棱角接触 | 否 |
| 4 | 行走机构设计不适应现场施工 | 结构件故障调查 | 现场调查 | 行走机构滚轮轴偏细, 放置整平机时若基床存在高点容易损坏。另外滚轮与轨道间隙过大, 行走时两侧容易因不同步导致运转负荷增大乃至卡死的现象。行走装置无防护, 容易掉入石料, 损伤机械。 | 是 |

续表 3

| 序号 | 末端因素 | 确认内容 | 确认方法 | 确认情况 | 是否为要因 |
|----|----------|---------------|-----------|---|-------|
| 5 | 移船定位耗时 | 移船时间统计、移船过程控制 | 统计分析、现场调查 | 移船耗时可减少不超过 5% | 否 |
| 6 | 打水探料繁琐 | 打水探料的时间统计 | 现场调查 | 平均布料每往返 1 次需要进行两次探料，完成一个整平机位平均需要打水探料 6-8 次，测量人员使用浮排到达布料管进行打水探料，完成一个沉箱位整平打水探料占用时间约为 1-1.5 小时。占总整平时间的 5.5%。 | 是 |
| 7 | 起吊、解挂钩困难 | 解、挂钩时间统计 | 统计分析 | 使用钢丝绳起吊整平机，钢丝绳尺寸偏大，重量大，水下牵引钢丝绳、挂/解钩耗时长。 | 是 |

通过以上分析，最终确定的主要因素有四个：

表 4 要因统计表

| 序号 | 主要因素 |
|----|------------|
| 1 | 控制电路脆弱易损 |
| 2 | 行走机构部件强度不够 |
| 3 | 打水探料繁琐 |
| 4 | 起吊、解挂钩困难 |

六、对策措施及效果

1. 对策实施一

针对控制电路脆弱易损的问题，将控制电路主体转移到驳船上，密封舱内仅留有液压油阀组，分离液压阀组与主体控制电路，对新造整平机控制电路进行改进。

效果：将控制电箱从密封舱内改到与泵站一体，大大减少了故障率，且出现故障后的维修也不需要起吊整平机，直接在驳船上就能维修，节省大量时间。

2. 对策实施二

针对行走机构部件强度不够的问题，对滚轮轴、齿轮齿条等采用强度更高的材料和尺寸，采用非焊接安装方式。将齿条宽度从 2cm 增加到 4cm，增大齿条强度的同时也保证了齿轮齿条可以最大程度的咬合，保证了运行的平稳性。齿条加高，下方有足够的尺寸开安装孔，齿条分段连接，实现高度可替换性，在某段齿条出问题后可以迅速完成更换维修。



图 7 齿条及齿条安装图

为了最大限度保证齿条安全，保证整平机行走运行稳定，在液压马达减速机以及行走小车上方增加防护罩，行走滚轮前方增加清理石料的挡板，避免因石料落入其中导致构件损坏。

效果：整平机运行更加平稳，结构更加稳定。

3. 对策实施三

针对需要人工频繁打水检测布料管，设计空料自动报警装置，安装在布料管上，待管内石料下降到指定位置时，配重拖带浮标下降，没入水中，操作手看到后可以安排吊机进行补料，省去了人工打水探料的时间。

效果：取消了人工探料的时间，减少单个沉箱整平时间

约 2.5h。

4. 对策实施四

针对钢丝绳重量大，水下牵引钢丝绳、挂/解钩耗时长的的问题，采用新型高分子吊带，下面是两种吊具的对比：

表 5 吊具使用对比

| 内容 | 钢丝绳 | 高分子吊带 |
|---------|--------|--------|
| 尺寸 | Φ 34mm | Φ 56mm |
| 单根重量 | 108kg | 25kg |
| 总挂/解钩时间 | 65 分钟 | 20 分钟 |

效果：高分子吊带更加轻便，能更快的完成整平机的起吊工作，节约时间。

5. 工效检查

通过对整平机的对策实施完成后一个月内基床整平的工效进行调查分析：

表 6 单个沉箱整平耗时对比

| 内容 | 移船 | 起吊/下水 | 挂/解钩 | 定位调平 | 探料 | 布料 |
|--------|------|-------|------|------|------|------|
| 实施前 | 2.5h | 1h | 1h | 2h | 2h | 9.5h |
| 实施后 | 2.5h | 0.5h | 0.5h | 2h | 0.5h | 6h |
| 整平时间减少 | 6h | | | | | |

表 7 整平机施工故障记录对比表

| 内容 | 液压油管爆裂 | 电路故障 | 控制元件故障 | 传动机构故障 | 机械结构件故障 |
|------|--------|------|--------|--------|---------|
| 实施前 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 实施后 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 总减少率 | 62.5% | | | | |

表 8 整平机作业天数对比

| 内容 | 作业天数 | 停置天数 | 维修天数 |
|------------|------|------|------|
| 实施前工作时间（天） | 14 | 9 | 8 |
| 实施后工作时间（天） | 26 | 2 | 3 |

通过对比发现，单个独立端沉箱基床整平时间减少 33.33%，整平机单月施工故障率减少 62.5%，工作时间增加 85.7%，效果显著。

七、结语

水下整平机对码头基床的整平工作受环境的影响较小，不像人工水下整平不仅受到潜水员的身体状况，还有施工环境条件的影响。整平机的使用在进度和质量方面都优于人工整平，通过上述措施的探讨和实施，更加提高了水下整平机的施工效率，为工程取得了良好的经济效益。

参考文献

[1] 贺永康. 水下抛石基床整平机研制[D]. 上海：上海海运学院，2003.