

长江口南槽航道治理一期工程软体排 铺设施施工工艺

施军

(中交三航局第二工程有限公司, 上海 200122)

摘要: 以长江口南槽航道治理一期工程为例, 基于深水航道复杂水文地质条件, 研究了深水航道软体排工程施工的主要技术难点。通过行船精细化、量测精细化、检测精细化等创新, 发展形成了更有效的软体排施工工艺, 实现了软体排搭接宽度预留量缩减至 2 m 的突破。工程应用验证了该技术的适用性, 通过与长江某航道一期工程的定量对比, 该技术在质量提升、时间节约与造价节省方面均有较好的实际效果。

关键词: 软体排; 精细化; 搭接宽度; 定量对比

中图分类号: U617.4

文献标志码: B

文章编号: 2095-7874(2020)11-0066-05

doi: 10.7640/zggwjs202011014

Construction technology of soft mattress laying in the first stage of the South Channel Regulation project of the Yangtze River Estuary

SHI Jun

(No. 2 Engineering Co., Ltd. of CCCC Third Harbor Engineering Co., Ltd., Shanghai 200122, China)

Abstract: Taking the first stage of the south channel regulation project in the Yangtze River Estuary as an example, the main technical difficulties in the construction of soft mattress in deep-water channel were studied based on the complex hydrogeological conditions of deep-water channel. Through the innovation of sailing refinement, measurement refinement and detection refinement, a more effective construction technology of soft mattress was developed and a breakthrough of reducing the reserved width of soft mattress to 2 m was realized. The applicability of the technology was verified by the engineering application. Through the quantitative comparison with the first stage of a waterway project in the Yangtze River, the technology has good practical effects in quality improvement, time saving and cost saving.

Key words: soft mattress; refinement; lap width; quantitative comparison

0 引言

软体排在航道整治工程中较为常用。软体排利用高强度土工织物缝接成排布, 并结合排布上的压载物形成整体结构, 具有隔沙、反滤与防冲刷等多种功能, 对维护沿江沿海岸坡稳定与航道正常运行具有重要作用。

随着近年工程技术的发展, 软体排铺设技术已在长江南京以下 12.5 m 深水航道建设工程^[1-3]等

项目上得以逐步推广应用。单志浩等^[4]研究了一种创新型联体软体排-砂袋护底工艺及其在工程中的应用; 李雅婷等^[5]运用砂肋软体排结合块石预防护实现了大潮差粉砂底质环境下海堤的防冲刷; 董朝明等^[6]分析了软体排排原因, 提出了利用混凝土构件控制缩排的措施; 张才俊等^[7]进行了水下软体排铺设质量检测技术的对比分析。由于排布收缩、行船影响及水流干扰等原因, 软体排铺设时通常需要在设计图纸基础上预留一部分搭接尺寸, 以确保排体入水后依旧能满足设计要求。例如, 在长江南京以下 12.5 m 深水航道工程中, 曾

收稿日期: 2020-06-10 修回日期: 2020-08-03

作者简介: 施军 (1976—), 男, 上海市人, 高级工程师, 港航及工程管理专业。E-mail: 261924683@qq.com

尝试将搭接量缩短至 5 m, 使得搭接量最优化, 取得了一定的经济效益。由于软体排面积巨大, 搭接量的减少将可大幅减少材料用量, 从而节约工程造价, 故对软体排铺设施工工艺的优化具有较大的经济与社会效益。

以长江口南槽航道治理一期工程为例, 在总结挖掘前人经验的基础上, 通过行船、量测及检测方面的技术创新, 发展形成了更加有效的软体排铺排精细化施工工艺, 使得软体排铺设预留搭接缩减至 2 m, 进一步节约了工程材料, 实现技术与经济利益的最大化, 相关研究成果可为类似项目提供技术借鉴与参考。

1 工程概况

长江口南槽航道治理一期工程位于长江口南槽航道上段(图 1), 上游顺接长江口深水航道分流鱼嘴南线堤, 堤身沿江亚南沙南缘向下, 航道整治建筑物总长约 16 km, 0+000—10+000 区段堤顶高程+2.0 m, 10+000—14+975 区段堤顶高程+1.5 m, 尾段 700 m 长为 2.0 m 厚护滩堤, 并设置 300 m 长的过渡段与前段衔接。为防止长江水流冲刷的影响, 总长 16 km 的航道整治建筑物均需要进行护底作业, 设计采用铺设混凝土联锁块软体排, 护底面积总计 211 万 m^2 , 铺设块数达 459 块, 项目规模大、任务重。



图 1 工程位置

Fig. 1 Project location

2 工程难点

1) 水文地质复杂

项目位于长江口区域, 属海陆交汇地带, 受径流和潮流的双重影响, 水流动力复杂, 同时地基土主要为松散状的砂质粉土和粉砂, 地质条件异常复杂。

2) 高泥面区段多

项目施工海船吃水往往在 3 m 以上, 但因存在大量高滩, 泥面高程过高的区域需乘潮施工, 特别低的区域需乘高潮施工或采用小船施工。

3) 通航船舶干扰

工程临近长江口南槽航道, 据统计, 南槽航道进出船舶总数占长江口航道船舶总艘数的 68%,

水道内航行船舶较多, 这使得工程施工船舶穿越航道时受到的干扰较多。

4) 生态环境敏感

项目所在地生态环境构成多样且独特, 水生生物种群繁多, 还涉及中华鲟、江豚、松江鲈等珍稀水生动物, 环境保护要求非常高。

3 施工分析与创新

由于是水上作业, 船舶的定位、控制与稳定对软体排施工质量具有决定性影响^[8]。而软体排铺排受到的干扰较多, 应当在实际施工中结合具体情况灵活调整, 以方便软体排精准投放与固定。铺排后检测是对软体排施工质量的最后复核, 确认是否需要调整与补排等工作, 因而也非常重要。

综上,本项目施工围绕关键技术点,开展行船精细化、量测精细化以及检测精细化的技术创新。

3.1 行船精细化

行船走船是软体排铺设是否顺直的最重要的因素,行船轨迹直接影响到软体排沉入水底的形态。20世纪90年代时的软体排铺设完全依靠船员经验控制,初代的铺排软件通过GPS换算坐标,精度都不是很高。为了实现船舶定位与控制更精准,开发了最新的铺排控制软件,实现行船轨迹的实时显示,通过可视化定位精度的提高,做到了实时显示行船轨迹和偏移距离,在行船过程中能直接纠偏,不必等到一次行船后点击记录再根据换算距离进行纠偏。

同时,以往的铺排软件需根据轴线计算每个点应该到的位置,容易出错。而新铺排软件直接将排头作为目标线,每次行多少就直接加多少,简单高效。通过以上创新,降低了铺排船行船的难度,实现了软体排铺中行船的直观化,形成了行船的精细化控制新模式。

3.2 量测精细化

项目所在地为江海交界处,水流动力复杂,有时水面平静但水底还在涨落潮,极易导致排头铺设时无法抵达设计位置,甚至出现翻转的情况。因此,需要对施工中的量测精度加以提高。通过在铺排软件开发实现CAD底图添加的功能,结合实时的无验潮水面高程,导入DWG格式的水底标高导图,可以直观反映当前排体与周边排体的情况,同时可在软件上直接量测距离,很容易确认软体排是否偏移以及偏移的大小。实际操作中,可以通过在急涨潮、水深变化快时适当少走船,急落潮时、水深变化慢时适当多走船,大大减少排布拉升缩排或排布变松导致水底堆叠,形成了软体排铺设时的量测即时化,实现对软体排铺设的动态控制。

3.3 检测精细化

长江南京以下12.5 m深水航道工程配备MS1000实时声呐设备后,相比原来的倒垂法检测^[6],软体排铺设精度得到了提升。MS1000实时声呐设备系统能实时反映水底情况,但对于施工后的质量特别是连接部位质量的监控较弱。为了使软体排的搭接宽度更小,项目在运用MS1000实时水下成像技术进行过程监测的基础上,铺设后

还采用侧扫声呐对排体搭接及异常部位的质量进行检测,形成了水下工程检测质量的双控模式,提高了检测结果的精度。

本项目在每张软体排铺设后,将侧扫声呐拖鱼悬挂在测量船舶一侧,根据已铺排体的设计位置,利用导航软件布设测线,测量船舶沿测线航行,同时侧扫声呐系统的显示单元便可得到水下排体图像,由于侧扫声呐可扫测至两侧各50 m范围,而排体宽度为38.5 m,因此由测量船拖引声呐拖鱼可对已铺排体进行全面检测。

4 施工情况

软体排铺设涉及到水上作业以及水陆配合,其施工工艺流程主要有卷排、船舶定位、混凝土联锁块吊安与余排下水、堤身排砂肋冲灌与堤身排下水、余排放排入水并收绳、铺排后检测共6个步骤。根据工程难点分析,由于常规水深软体排铺设不受船舶吃水影响,软体排制作完成即装船运至施工现场,便可开始护底铺排施工。

而对于4+000—6+000段的高滩排位,共计约60块软体排,则采用吃水小(吃水1.3 m)的高滩铺排船实施高滩排铺设,即乘高水位铺设、低水位坐底,其他施工工艺与常规水深相同。为提高精度与确保工程质量,本项目所有软体排均采用MS1000进行实时水下成像技术实时监测,铺设后还采用侧扫声呐进行复检,见图2。



图2 MS1000下水实时扫测

Fig. 2 Real time scanning of MS1000 launching

5 应用效果

5.1 质量的提升

以往的航道整治项目中,通常设置3~6 m的预留量,且经常需要补排。通过本次技术创新,

软体排搭接有了更精准的把控，项目实现了仅需要 2 m 的预留量就能满足设计搭接要求。为说明效果，图 3 给出了本项目以及项目团队此前参与的长江某航道工程的软体排铺设实际搭接宽度对比图。

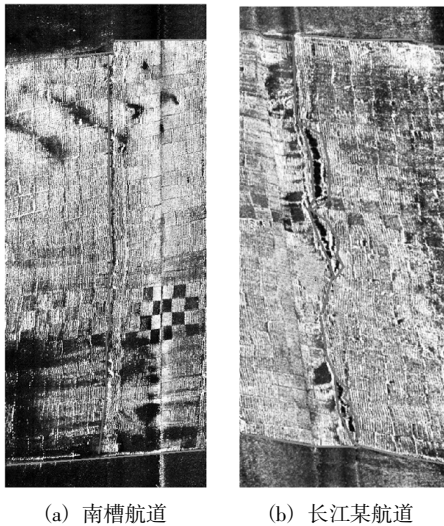


图 3 软体排搭接对比图
Fig. 3 Comparison of soft mattress lapping

由图 3 可见，通过技术创新与精细化施工控制，本项目施工有效规避了急涨落潮的影响。结合实时声呐监测指导走船等措施，软体排铺设的质量有了大幅提升，最明显的是没有翻折现象，且搭接均匀几乎可以成 1 条直线，为减少搭接预留量提供了极为有利的条件。而在以往的长江某航道工程施工中，由于没有 MS1000 声呐设备等辅助，只能依靠初代铺排软件的轴线铺设，无法考虑潮水的影响^[9]，所铺设出来的软体排整块上还算完整，但搭接处有 3 处明显卷折，而且铺设的路线也是弯弯曲曲，导致整体搭接不均匀，翻折处还有搭接不足的情况，为保证排体质量，只能加大搭接预留量，导致材料的浪费。

5.2 时间的节约

根据实际统计，以 100 m 长全尺寸排布计算，每张软体排铺设约需要 7 h，每张排布使用倒垂法检测大约需要 2 h。探摸工作一般是铺设 3~5 块后由潜水员下去探摸，探摸时间必须安排在高潮进行，错过 1 个潮水当日就无法进行施工，而且这些检测方法均属铺设后检测，若搭接有问题只能进行补排处理，没办法在过程中及时动态调整。若使用声呐设备进行实时监测与扫描，仅需在行

船停止稳定后花费 1 min 的时间让声呐设备扫测 1 圈便可立即反馈水底铺设情况并及时在铺设过程中调整。现以 100 张铺排体量为例，分别计算本项目、长江某航道工程的工程耗时，如表 1 所示。

表 1 时间对比表
Table 1 Time comparison table

项目	南槽工程耗时		长江某航道工程耗时	
	工作时长	施工工期	工作时长	施工工期
铺设时间	700 h	约 100 d	700 h	约 100 d
倒垂法检测时间	无需		200 h	无影响
潜水探摸时间	无需		40 h	约 20 d
实时声呐检测时间	50 h	无影响	无	
合计	750 h	约 100 d	940 h	约 120 d

由表 1 对比发现，以 100 张铺排体量计算，使用新的检测方法能有效节约 190 h，工作效率提高 25%，节约工期约 20 d，工期节约 20%。就本工程而言，直接节约工作时长约 722 h，节省工期约 73 d。

5.3 造价的降低

时间的节约促成了设备、成本等的节省，按节约工期推算，软体排铺设分项节约人员和船舶设备成本 73 d。其次，新工艺无需再使用潜水组进行探摸，节省了探摸的成本。同时将搭接量控制在 2 m，每张排有效进尺 33.5 m，长江口南槽一期项目设计 459 张排，实际铺设 481 张排，仅增加 22 张。同样以长江某航道工程方案作为对比，其使用 6 m 保 3 m 方法，本项目理论上应当需要 495 张才能覆盖设计面积。采用新工艺可以节约铺设 14 张，大约 7 万 m²，即节约排布 10 万 m²，混凝土联锁块 4 135 个，运输船 18 台班，相关造价数据如表 2 所示。

表 2 节约成本统计表
Table 2 Cost saving table

项目	数量	单价	小计/万元	备注
人工费	1 460 人	200.0 元/人	29.2	按 20 人/工日计
铺排船台班费	73 d	18 328.8 元/d	133.8	—
排布成本	10 万 m ²	18.45 元/万 m ²	184.5	—
混凝土联锁块	4 135 个	637.97 元/个	263.8	—
运输船台班费	18 艘次	1 万元/艘次	18.0	—
潜水探摸成本	20 d	1 万元/d	20.0	—
合计			649.3	

由表2可见,单就经济效益而言,以搭接预留量由3 m缩减至2 m计算,本工程共节约工程造价约600多万元,若与更早之前的盲铺方法进行对比,则能节约的工程造价更多,可见本次施工技术创新取得了较好的工程效果。

6 结语

针对软体排施工中的技术难点,以长江口南槽航道治理一期工程为例,系统研究了软体排施工中行船控制、定位与量测、水下检测等关键技术,得出的主要结论有:

1) 通过实时显示行船轨迹和精确计算偏移距离,降低了铺排船行船的难度,实现了行船的精细化控制新模式,方便了软体排精准投放与固定施工。

2) 结合实时的无验潮水面高程,导入DWG格式的水底标高导图,直观反映当前排体与周边排体的情况,形成了软体排铺设时的量测动态化,实现对软体排铺设的动态控制。

3) 在运用MS1000实时水下成像技术的基础上,采用侧扫声呐对排体搭接及异常部位的质量进行检测,形成了水下工程检测质量的双控模式,提高了检测结果的精度。

4) 通过行船、量测及检测精细化技术创新,发展形成了更加有效的软体铺排精细化施工工艺,使得软体铺排预留搭接缩减至2 m,在实际工程应用中有较好的适用性。

5) 本项目施工工艺在质量提升、时间节约以及造价节省等方面均有突出的优越性,具有良好的应用效果与推广前景。

参考文献:

- [1] 阮学成,王翔,刘滔.长江南京以下12.5 m深水航道工程深水软体排设计施工[J].中国港湾建设,2014,34(12):51-53,65.
RUAN Xue-cheng, WANG Xiang, LIU Tao. Design and construction of deepwater soft mattress for 12.5 m deep water channel project under Nanjing of Yangtze River[J]. China Harbour Engineering, 2014, 34(12): 51-53, 65.
- [2] 沈立龙,姚平.长江航道整治深水区长软体排铺设施工质量控制技术[J].水运工程,2017(10):5-9,15.
SHEN Li-long, YAO Ping. Quality control technology for construction of deepwater super-long soft mattress in waterway regulation engineering of the Yangtze River[J]. Port & Waterway Engineering, 2017(10): 5-9, 15.
- [3] 张涛,李庆.深水区长软体排铺设施工技术[J].中国水运,2019,19(5):234-235.
ZHANG Tao, LI Qing. Study on construction technology of soft mattress laying in deep water area[J]. China Water Transport, 2019, 19(5): 234-235.
- [4] 单志浩,韩崇蛟,李少俊.一种创新型联体软体排-砂袋护底工艺及应用[J].中国港湾建设,2016,36(10):13-15,30.
SHAN Zhi-hao, HAN Chong-jiao, LI Shao-jun. A bottom protection technology for couplet of innovative soft mattress and sand bags and its application[J]. China Harbour Engineering, 2016, 36(10): 13-15, 30.
- [5] 李雅婷,王骋环.大潮差粉砂底质环境下海堤的防冲刷措施[J].中国港湾建设,2017,37(4):59-62.
LI Ya-ting, WANG Cheng-huan. Dike scour defense measures under large tidal range and silty-sand foundation[J]. China Harbour Engineering, 2017, 37(4): 59-62.
- [6] 董朝明,王兴超,林垂兴,等.软体排排原因分析及控制[J].中国港湾建设,2014,34(9):24-28.
DONG Chao-ming, WANG Xing-chao, LIN Chui-xing, et al. Control and analysis of shrinkage causes of soft mattress[J]. China Harbor Engineering, 2014, 34(9): 24-28.
- [7] 张才俊,郭素明,李少俊.水下软体排铺设质量检测技术对比[J].水运工程,2016(2):10-14.
ZHANG Cai-jun, GUO Su-ming, LI Shao-jun. Comparison of underwater soft mattress installing quality detection technologies[J]. Port & Waterway Engineering, 2016(2): 10-14.
- [8] 章云,郝宇驰,王费新,等.混凝土联锁块软体排受波浪作用的结构稳定性[J].中国港湾建设,2019,39(11):27-31.
ZHANG Yun, HAO Yu-chi, WANG Fei-xin, et al. Structural stability of soft mattress of concrete interlocking block under wave action[J]. China Harbour Engineering, 2019, 39(11): 27-31.
- [9] 郑健,强龙,杨春玲.深水区长软体排搭接检测方法的试验性研究[J].港工技术,2014(2):65-68.
ZHENG Jian, QIANG Long, YANG Chun-ling. Experimental study on measurement of flexible mattress lapping in deepwater area[J]. Port Engineering Technology, 2014(2): 65-68.