



大型方块水下安装定位方法

陈韶强¹, 陶华卿², 聂廷余²

(1. 中交第四航务工程局有限公司, 广东 广州 510220;

2. 盐田港东区国际集装箱码头有限公司, 广东 深圳 518083)

摘要: 深圳港盐田港区东作业区集装箱码头一期工程的东侧护岸采用重力式直立堤结构, 由大型方块水下逐层安装成型, 直立堤方块的安装精度及效率对整个码头工程的建设起到至关重要的作用。针对大型方块水下安装定位难、安装精度无法保证、效率低的问题, 总结施工水域气候条件和水文条件, 通过模拟分析及与类似工程方案研究比选, 提出大型定位架及 GPS(RTK)组合定位安装技术, 实现了大型方块水下高精度、高效率、高质量的定位安装, 圆满完成了大型方块水下定位安装任务。

关键词: 大型定位架; GPS(RTK); 护岸; 大型方块; 水下

中图分类号: U655.53+1; U656.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)03-0277-06

Underwater installation and positioning method for large blocks

CHEN Shaoqiang¹, TAO Huaqing², NIE Tingyu²

(1. CCC Fourth Harbor Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510220, China;

2. Yantian Port East International Container Terminal Co., Ltd., Shenzhen 518083, China)

Abstract: The eastern shore protection of the first phase of the Yantian Port area east operation area container terminal project in Shenzhen Port adopts a vertical embankment gravity structure, which is installed layer by layer underwater with large blocks. Therefore, the installation accuracy and efficiency of vertical embankment blocks play a crucial role in the construction of the entire terminal project. Aiming at problems that underwater installation positioning of large blocks is difficult, installation accuracy cannot be guaranteed, and efficiency is low, we summarize climate and hydrological conditions of the construction water area, and propose the large-scale positioning frame and GPS (RTK) combined positioning and installation technology by the simulation analysis and similar engineering scheme research and comparison. The technology achieves high-precision, high-efficiency, and high-quality underwater positioning and installation of large blocks, and is used to successfully complete the task of underwater positioning and installation of large blocks.

Keywords: large positioning frame; GPS (RTK); revetment; large block; underwater

1 工程概况

工程位于广东省深圳市盐田港东作业区内, 港区南与香港隔海相望, 西接盐田港中作业区, 东邻大小梅沙, 北靠菠萝山。工程建设3个20万吨级集装箱泊位码头及护岸工程, 码头岸线长1470 m, 为高桩梁板结构形式。陆域面积约4.6万m²。码头后方护岸主体结构为抛石斜坡堤, 码头后方护

岸为直立堤结构。拟建陆域东护岸直立堤结构A段长129.2 m; B段长135.24 m, 顶高程9.5 m; C段长56.72 m, 顶高程6 m; A~C段设计底高程均为-9.0 m。方块安装的施工区域风浪较大, 水深超过10 m, 给方块安装定位带来较大的难度。工程位置见图1。

收稿日期: 2024-09-27

作者简介: 陈韶强 (1980—), 男, 工程师, 从事工程技术和测量管理。



图 1 工程位置

Fig.1 Project location

2 方块类型及安装

2.1 方块类型

方块主要分 A~D 共 4 大类型，其中有 6 个亚类为异型方块。各类型方块参数见表 1。

表 1 方块参数
Tab.1 Block parameters

型号	长/m	宽/m	高/m	体积/m ³	单件质量/t	数量/件
A ₁	8.8	3.0	3.0	77.65	187.91	99
A ₁₋₁	8.8	3.3	3.0	85.41	206.69	2
A ₃	9.3	3.0	3.0	82.15	199.43	2
A ₃₋₁	9.3	3.3	3.0	101.12	244.71	1
A ₄	异型方块			96.90	234.50	1
A ₅	异型方块			96.90	234.50	1
B ₁	7.9	3.0	2.8	65.31	158.05	66
B ₁₋₁	7.9	4.51	2.8	98.19	237.62	23
B ₃	7.9	3.0	2.8	66.29	160.42	2
B ₃₋₁	7.9	4.01	2.8	88.61	214.44	1
B ₄	异型方块			99.50	240.79	1
C ₁	9.0	3.0	3.0	78.45	189.85	98
C ₁₋₁	8.5	3.0	3.0	75.08	181.69	1
C ₃	7.9	3.0	3.0	71.03	171.89	1
C ₃₋₁	7.9	5.52	3.0	130.69	316.27	1
C ₄	异型方块			93.79	226.97	1
C ₅	异型方块			93.79	226.97	1
D ₁	8.3	3.0	3.0	73.37	177.56	62
D ₁₋₁	8.3	4.51	3.0	110.30	266.93	25
D ₃	8.3	4.41	3.0	105.50	255.31	1
D ₄	异型方块			113.91	275.66	1

2.2 方块安装的允许偏差

前沿线与施工准线的允许偏差为 70 mm，相邻方块临水面允许错台高度为 30 mm，相邻方块顶面

允许高差为 30 mm，砌缝最大宽度不超过 20 mm^[1]。

2.3 方块安装范围

护岸方块的安装共分为 A~C 共 3 段，其中 A 段长 129.2 m，B 段长 135.24 m，C 段长 56.72 m。方块安装的范围见图 2。

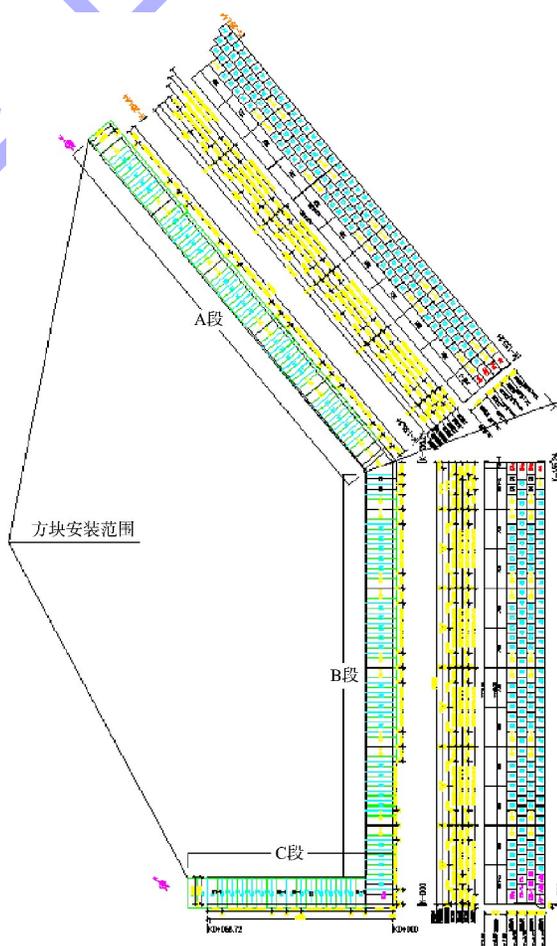


图 2 护岸方块安装范围

Fig.2 Installation range of revetment blocks

2.4 安装顺序及难点

东侧护岸方块安装总量为 391 件, 各方块的质量为 158.05~316.27 t, 安装顺序为 C 段→B 段→A 段。方块分 A~D 共 4 层(与型号对应), 其中最底层为 A, 最顶层为 D。

安装难点在于每层中间顶部有凸槽(阳榫)及底部有凹槽(阴榫), 保证 4 层方块整体受力不会产生

个别滑移现象。阴榫与阳榫之间的缝隙只有 3 cm, 且每一层方块都横跨下一层 2 件方块之间, 因此底层方块的安装精度及相邻方块之间的错位精度决定了上层方块的位置精度及安装效率。当相邻方块之间的错位精度超过 3 cm 后, 其上一层的方块就不能同时卡进下层 2 个方块的凸槽中, 需要返工安装。东侧护岸断面及方块立面见图 3。

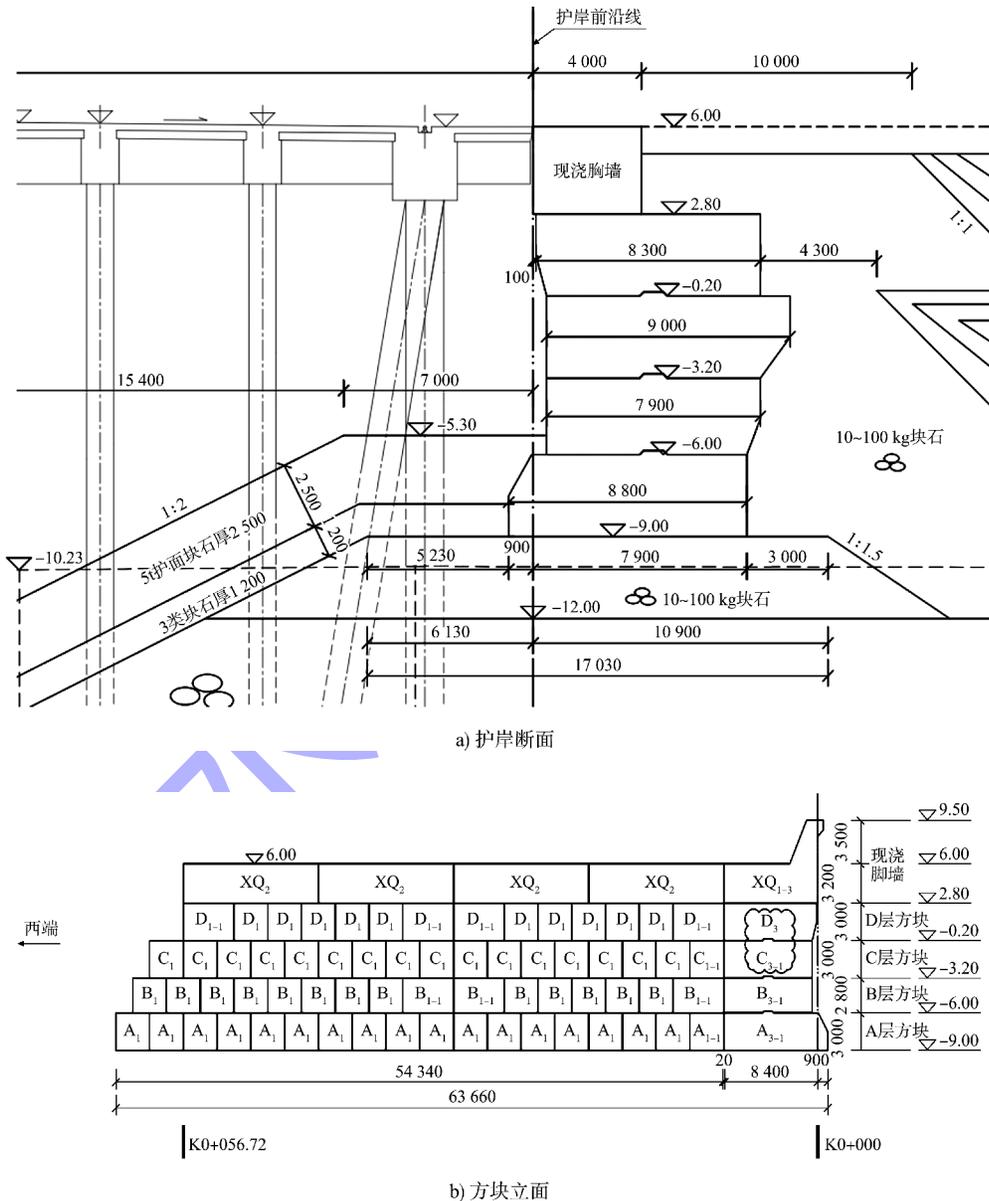


图3 东侧护岸断面及方块立面 (尺寸: mm; 高程: m)

Fig. 3 Eastern revetment section and block elevation (size: mm; elevation: m)

2.5 方块的水下安装定位方法

2.5.1 传统方法

传统水下定位常用的方法是测量杆定位及铅

垂延伸线定位法^[2], 使用平板船配合定位, 在方块入水后在平板船上放测杆或者吊重锤到方块角点或方块边上^[3], 通过全球定位系统(GPS)测量测杆或者重锤的位置^[4], 以确定方块的水下位置。

这些方法安装效率低，且需要配备平板驳船，成本较大。

2.5.2 大型定位架安装方法

大型定位架安装方法是在需要安装方块的两边基床各放置 1 个定位架，定位架间距约为 50 m，先粗定位，再精确放样使方块安装具有相同的偏移距离(离方块设计安装边线 20~30 cm)，定位架之间用钢丝绳连接，用手拉葫芦将钢丝绳带紧，钢丝绳上采用上下两组滑轮，上面滑轮挂在钢丝绳上，下面的滑轮由一条钢丝绳穿过钢丝绳两端绑上大小吊锤，在吊锤垂线处用水平尺量出到护岸前沿线的距离^[5]；另一侧同样在吊锤垂线处用水平尺量出到边线的相同距离即可。定位架^[6]采用贝雷架加混凝土基座加工而成，见图 4。

方块基床设计底高程为-9.0 m，当地正常潮差为 0.22~2.26 m，因此定位架平台顶距混凝土基座底为 12.5 m，确保高水位时不会淹没平台、低水位时不会离水面太高。粗定位时起重船将定

位架提前安放在方块安装位置的两侧基床上，最长间隔约为 50 m，待方块安装完成后，更换其中一个定位架的位置，交替前进^[7]。定位架安放位置见图 5。

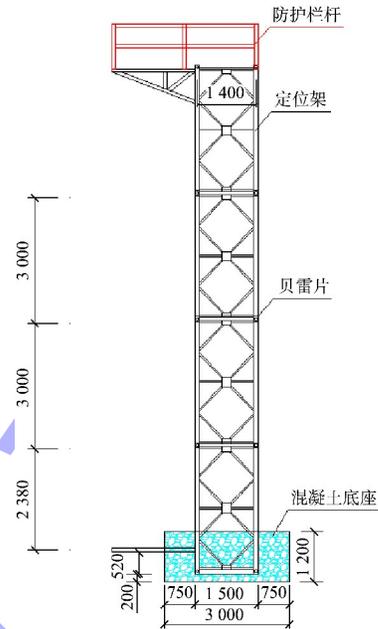


图 4 定位架立面 (单位: mm)

Fig. 4 Elevation of positioning frame (unit: mm)

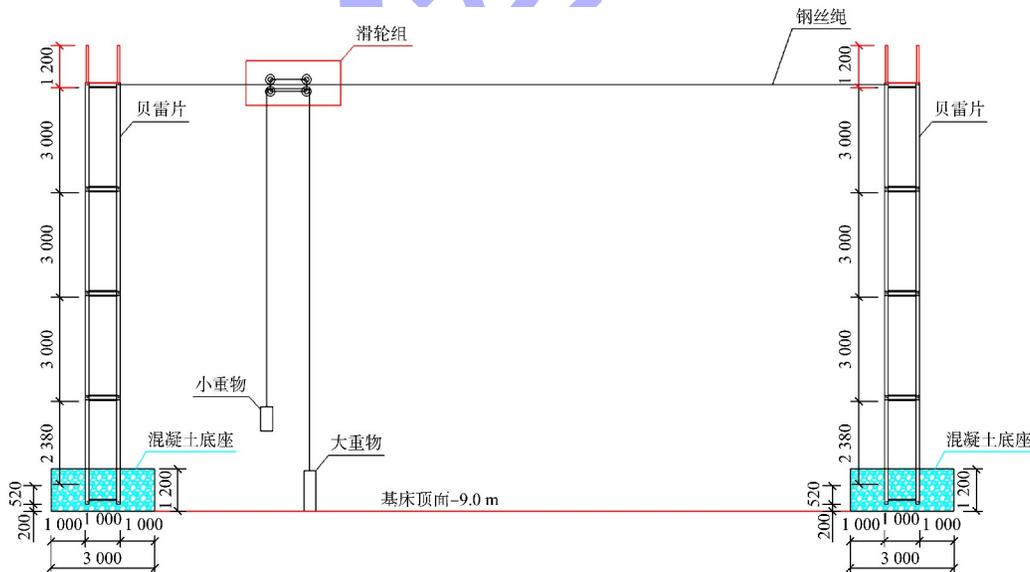


图 5 定位架安放位置 (单位: mm)

Fig. 5 Placement position of positioning frame (unit: mm)

粗定位安放完毕后, 测量人员在两个定位架平台上精准放出方块水下安装的相同偏移距离, 并将钢丝绳及手拉葫芦连接系紧, 待所有准备工作就绪, 由潜水员进行方块的水下安装, 见图 6、7。

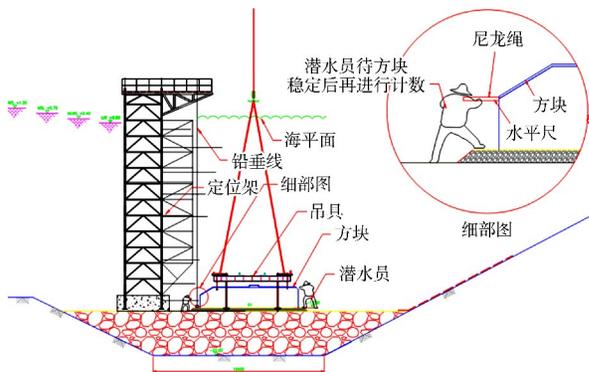


图 6 水下安装测量

Fig. 6 Underwater installation measurement



b) 定位架

图 7 实际安装

Fig. 7 Actual installation

方块水下粗定位完成后, 潜水员在水下配合检查方块的位置情况^[8], 并指挥起重船缓慢下放方块, 当方块底部和基床之间距离约为 20 cm 时, 利用标尺 (带水平气泡) 直接读出方块实际位置与垂线距离, 由船长指挥移船调位, 进行方块精确定位。当复测方块的位置满足要求后, 起重船将方块放在基床上, 解开吊具。每层方块的安装顺序呈梯状, 在第 1 层方块安装到一定数量后, 控制后续的方块安装主要是使相邻方块的缝宽和阳榫在一条直线上。安装时, 只需要根据定位架之间的钢丝绳判断方块海侧与钢丝绳之间距离的偏差在允许范围内, 方块就可最终沉放。

2.5.3 两种施工工艺优缺点对比

传统施工工艺与采用大型定位架的施工方法各有优缺点, 见表 2。可以看出, 大型定位架测量定位的精度高, 能够满足大型方块水下安装的精度要求。

表 2 两种施工方法优缺点对比

Tab. 2 Comparison of advantages and disadvantages of two construction methods

方法	配置	优点	缺点
传统施工方法	1 名测量人员, 1 台 GPS, 2 名测杆或重锤操作人员, 1 艘平板驳	配备测杆 (钢管) 进行水下定位 ^[9] , 测杆受风浪相对影响较小; 测杆精准度较高	需要配备平板驳, 成本较大; 测杆需要 2~3 人才可操作; 测杆或铅垂延伸线定位都需要反复定位; 每件方块都需要 GPS 或全站仪定位→移动方块→再定位, 效率较慢
大型定位架安装施工方法	1 名测量人员, 1 台 GPS 或实时差分定位 (RTK), 1 艘浮排	成本较低; 对定位架进行精确放线后, 方块安装水下量距进行定位 ^[10] , 无需测量水上反复定位; 精准度较高; 测量人员只需要确保滑轮上的大小吊锤在安装时处于垂直状态既可, 操作简便, 可大幅提高安装定位效率	风浪较大时, 对钢丝绳的垂直度会产生影响造成倾斜, 从而影响安装精准度施工过程中对滑轮的大小重锤需要进行试验修正, 最终减少风浪影响



a) 可移动滑轮

3 结语

1) 大型定位架及 GPS (RTK) 组合定位安装技术, 通过潜水员水下量距, 安装方块数量最高能达到 10 块/12 h, 在满足安装精度的同时, 还能有效节省人员及船机成本, 其施工原理简便、操作简单、实用性强。

2) 直立堤位于东港区东侧护岸, 总长 321.16 m, 直面大鹏湾开敞海域, 该直立堤的建成对后方陆域形成掩护, 降低了涌浪对后方陆域及构筑物的影响, 确保了后方陆域高质量、高效率施工, 为陆域形成创造有利条件。

3) 深圳港盐田港区东作业区集装箱码头一期工程采用大型定位架及 GPS (RTK) 组合定位安装技术, 高精度、高效率、高质量完成了大型方块水下安装任务。该技术成功解决了水深大、涌浪高、工期紧、安装精度高等技术难题, 使直立堤大型方块安装顺利完成, 为后续交付使用奠定了坚实基础。

参考文献:

- [1] 中交天津航道局有限公司, 中交天津港航勘察设计研究院有限公司. 水运工程测量规范: JTS 131—2012[S]. 北京: 人民交通出版社, 2012.
CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd., CCCC Tianjin Port and Shipping Survey and Design Institute Co., Ltd. Specifications for port and waterway engineering survey: JTS 131-2012[S]. Beijing: China Communications Press, 2012.
- [2] 练学标, 孟相国. 重力式码头方块安装定位技术[J]. 水运工程, 2009(10): 165-168.
LIAN X B, MENG X G. Placing and positioning technique of blocks for gravity wharf [J]. Port & waterway engineering, 2009(10): 165-168.
- [3] 邹刚, 周加杰, 肖龙. 铅垂线法在重力式码头方块安装定位中的应用[J]. 水运工程, 2016(2): 171-175.
ZOU G, ZHOU J J, XIAO L. Application of plumb line method in placing and positioning of gravity wharf blocks [J]. Port & waterway engineering, 2016 (2): 171-175.
- [4] 房延懋, 李鹰. 大型沉箱安装施工技术[J]. 水运工程, 2004(9): 94-96.
FANG Y M, LI Y. Installation construction technology of large-scale caisson [J]. Port & waterway engineering, 2004(9): 94-96.
- [5] 余磊. 水泥箱船辅助水下方块安装施工工艺研究[J]. 中国水运, 2024, 24(12): 87-89.
YU L. Research on construction technology of underwater block installation assisted by cement container ship [J]. China water transport, 2024, 24(12): 87-89.
- [6] 刘华源, 杨树, 钟财生, 等. 一种方块安装定位方法: CN114753295B[P]. 2024-04-16.
LIU H Y, YANG S, ZHONG C S, et al. A method for block installation and positioning: CN114753295B[P]. 2024-04-16.
- [7] 梁旭清, 陈韶强, 马磊. 定位架、GPS 及 360°棱镜组合技术在沉箱安装中的应用[J]. 广东土木与建筑, 2020, 27(3): 37-39.
LIANG X Q, CHEN S Q, MA L. Application of positioning frame, GPS and 360 degree prism combination technology in caisson installation [J]. Guangdong architecture civil engineering, 2020, 27(3): 37-39.
- [8] 刘思阳, 孟祥成. 重力式方块码头施工工艺分析[J]. 中国水运(下半月), 2018, 18(22): 137-138.
LIU S Y, MENG X C. Analysis of construction technology for gravity block wharf [J]. China water transport, 2018, 18(22): 137-138.
- [9] 涂同珩, 程茂林, 杨秀礼. 深水区大型构件安装水下测量定位技术[J]. 水运工程, 2020(7): 206-211.
TU T H, CHENG M L, YANG X L. Underwater measurement and positioning technology for large component installation in deep water area [J]. Port & waterway engineering, 2020(7): 206-211.
- [10] 陈义新. 重力式码头水下方块安装定位技术探析[J]. 珠江水运, 2024(10): 7-9.
CHEN Y X. Exploration of installation and positioning technology for underwater blocks in gravity wharf [J]. Pearl River water transport, 2024(10): 7-9.

(本文编辑 王璁)