



提高老引桥改造效率施工方法

张一博

(中交三航局第二工程有限公司, 上海 200122)

摘要: 为了推进智慧港口建设、整合岸线资源, 上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程实施系统化港区改造, 将长 877.81 m 老引桥拓宽至 40 m。针对长引桥拓宽改造“边通车、边施工”效率低、受潮汐及工艺制约、拆除工艺及安装方式不合理问题, 进行制约因素分析与工效提升方案研究。采用优化吊装工艺(浮吊+架桥机)、创新吊装扁担、应用砂筒临时固定及克服潮汐影响的方法, 实现边通车边高效施工, 工期缩短 50%, 解决了复杂条件下长引桥改造难题。研究成果对推进智慧港口建设、整合岸线资源具有示范意义和推广价值。

关键词: 浮吊船; 架桥机; 吊装扁担; 砂筒

中图分类号: U655.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)S1-0241-06

Construction methods to improve efficiency of old approach bridge renovation

ZHANG Yibo

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

Abstract: To advance the construction of smart ports, integrate shoreline resources, the first phase of the renovation of the container terminal in Luojing port area of Shanghai Port involves enlarging the old approach bridge, which is 877.81 m long, to a width of 40 m. Addressing the low efficiency of the “construction while opening to traffic” for the long approach bridge widening, challenges from tides and technological constraints, along with issues from unreasonable demolition processes and installation methods, we conduct an analysis of the constraining factors and a study on improving work efficiency. By adopting an optimized hoisting process (floating crane+bridge erection machine), innovating hoisting beams, applying sand cylinders for temporary fixation, and overcoming the influence of tides, efficient construction is achieved while maintaining traffic, with the construction period shortened by 50%. This solution successfully solved the problem of renovating a long approach bridge under complex conditions. The research results have significant demonstrative value for advancing smart port development and integrating shoreline resources.

Keywords: floating crane vessel; bridge erection machine; lifting beam; sand cylinder

上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程水工码头 7#引桥长 877.81 m, 为顺应上海港国际航运能力发展, 引桥建设时间节点将影响陆上港区港机安装及项目整体自动化调试进程。在此背景

下, 如何保证老引桥施工使用情况下改扩建新引桥, 运用 PDCA 管理方法, 应用关键施工技术, 以实现引桥边通车边施工, 顺利保证重要施工节点。

收稿日期: 2025-05-15

作者简介: 张一博(1996—), 男, 工程师, 研究方向为港航工程。

1 工程概况

上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程位于长江口南支河段南岸、上海市宝山区罗泾地区

境内，上游为陈行水库，下游为石洞口华能电厂，隔江与崇明岛相望，陆上距上海市中心约 38 km，距吴淞口约 17 km。工程总平面见图 1。

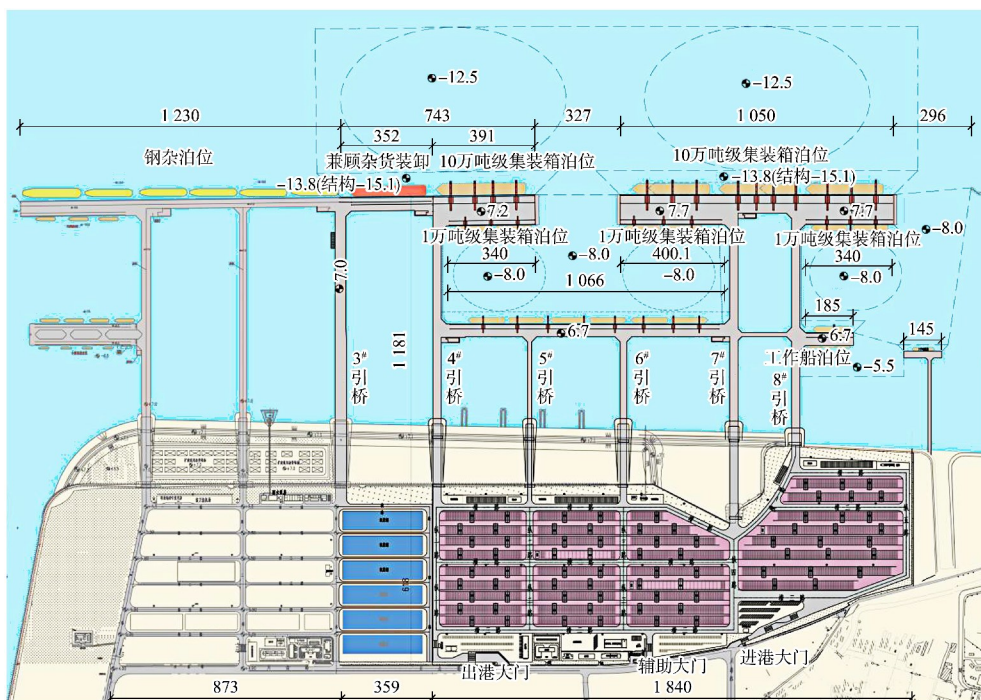


图 1 工程总平面 (单位: m)
Fig. 1 General layout of the project (unit: m)

7#引桥改造工程包括改造段和新建段，改造后长 877.81 m、宽 40 m。由于新建码头考虑集装箱运输荷载增大，将原始 27 m 跨度引桥改造为 13.5 m 跨度引桥，改造过程涉及原始桥面系梁板拆除、跨间打桩后重新安装预制箱梁，恢复桥面系工程，老引桥改造后净宽 21.5 m 不变，与新引桥形成 40 m 宽引桥。改造工程涉及帽梁改造及新建 103 个、箱梁安装 980 榀、面层浇筑及刻槽 103 跨。

为 221 d。根据施工流程及要求工期，调整时间网络计划，见图 3。根据网络计划中各工序衔接情况，每跨施工周期为 16 d，除了“面层刻槽”为非关键工作，其余均为关键工作，整体 103 跨施工工期为 119 d，能满足施工工期要求的 125 d。

对各流程施工效率进行跟进，统计每跨施工效率，见表 1。分析得出，“老引桥拆除”和“梁类构件安装”两个工序的施工进度是影响老引桥改造效率的主要症结。

2 现状调查

老引桥改造工艺流程见图 2，对施工流程逐个进行效率分析，科学排布施工网络计划，动态分析制约施工效率的症结。

根据实际施工效率绘制网络计划，实际工期



图 2 老引桥改造流程
Fig. 2 Renovation sequence of old approach bridge

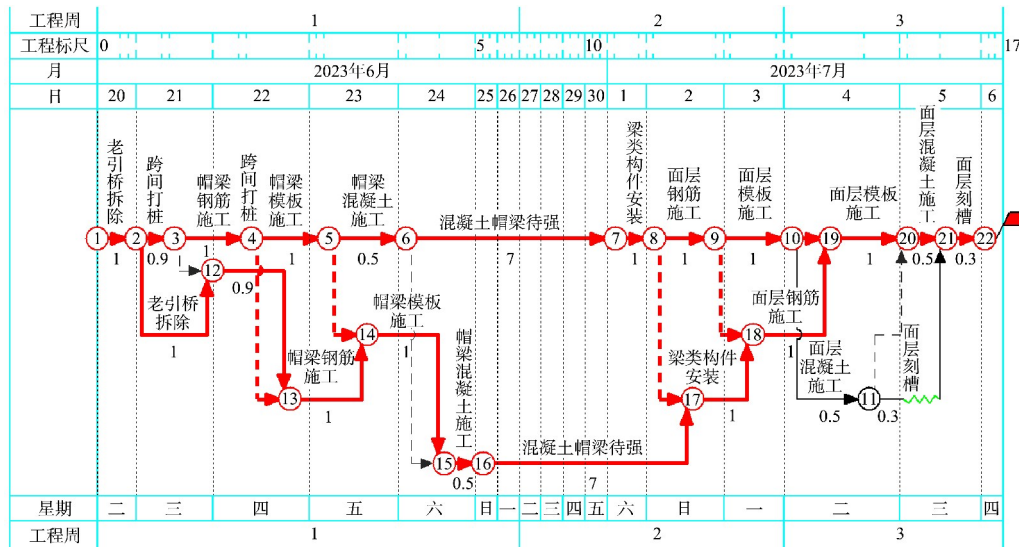


图 3 施工流程与时间网络计划

Fig. 3 Workflow and time network plan

表 1 引桥关键改造工序工期

Tab. 1 Duration of critical renovation procedures for approach bridge

流程	调节前 天数/d	调节前整体 工期/d	调节后 天数/d	调节后 工期/d
老引桥拆除	2	221	1	119
跨间打桩	0.9		0.9	
钢筋施工	1		1	
帽梁 模板施工	1	221	1	119
施工 混凝土施工	0.5		0.5	
混凝土待强	7		7	
梁类构件安装	1.8	221	1	119
钢筋施工	1		1	
面层 模板施工	1	221	1	119
施工 混凝土施工	0.5		0.5	
混凝土刻槽	0.3		0.3	

3 目标设定

根据同类型工程如湛江码头、洋山深水港四期工程以及吴淞江三期桥梁工程的箱梁安装及梁类构件拆除效率，工程效率可缩短至 1 d/跨。如果将“老引桥拆除”和“梁类构件安装”控制在 1 d/跨，则总工期为 119 d。设定目标为老引桥改造总工期 120 d。

4 原因分析

从人员、机械、材料、方法、环境、测量等方面进行原因分析，对老引桥拆除慢及梁类构件安装效率低两个主要问题进行分析，得出因果关联，见图 4。

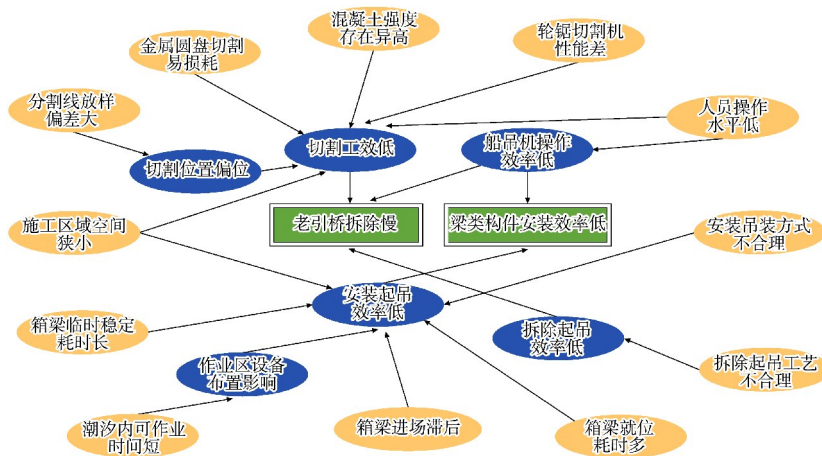


图 4 因果关联

Fig. 4 Relationship between cause and effect

通过分析，共有 12 个末端原因，对此进行调查分析，运用要因验证表逐一进行要因确认。确认的 4 个要因为：1) 拆除起吊工艺不合理；2) 安装吊装方式不合理；3) 潮汐内可作业时间短；4) 箱梁临时稳定耗时长。

5 关键技术实施

5.1 优化箱梁拆除起吊工艺

1) 采用架桥机替代起重船进行吊装。①空心板梁采用架桥机逐根逐跨进行拆除，拆除顺序由岸侧向江侧进行，以标准断面(14 榀)为例，逐根拆除。为减少架桥机横移次数，平面拆除顺序为 S 形。②前支腿、后辅助支腿收起，后支腿移至架桥机尾部，同时天车移至架桥机主梁尾部配重，见图 5a)。③架桥机在中、后支腿托辊的驱动下纵移至指定位置。后辅助支撑油缸顶出支承在桥面上，前支腿顶出支承在帽梁上，中支腿油缸缩回向后吊挂至指定位置，见图 5b)。④中支腿油缸顶出支承在桥面，后支腿缩回脱空，同时，起重天车移至最前端配重，架桥机在中、前支腿托辊的驱动下向前纵移至指定位置，见图 5c)。

2) 改进钢丝绳兜底吊的起吊工艺，采用定制吊具进行切割后的箱梁吊装，见图 6。①架桥机选用 C 形吊具拆除水上段空心板梁，吊具通过钢丝绳与架桥机自带钢扁担连接，扁担下侧有调节板，板上按一定间距开有连接孔，钢丝绳通过卸扣与调节板连接，通过调整钢丝绳在调节板上的位置来保证上方吊具与构件质心的重合。每个吊点的钢丝绳对折一次，与上下卸扣连接。②C 形吊具采用 3 cm 厚 Q235B 钢板焊接而成，内部净高 1.4 m，净宽 1.1 m，上下板宽 37 cm，侧板宽 40 cm，吊具总厚 30 cm，外侧设置 A40 圆钢作为限位螺栓，顶部设置 2 个吊孔，C 形吊具将中梁全包入其中，吊具开口端上部设置卡环，包入梁体后，用圆钢固定限位，防止梁体侧移滑出。③安全、工效分析。无需开洞，不破坏梁体，只需梁板侧向有一定的空间即可；钢板焊接而成，加工快，因地制宜根据梁板尺寸定型制作，适配性好；钢板较钢

丝绳强度高，几乎无变形，安全性高；起吊时，整体将梁板包入，稳定性好，安全性高，尤其是对夹时(开口异向)，可利用梁板自身重力及扭力，大大提高安全性；C 形吊具耐久性高，周转率高。

整体来说，C 形吊具吊装进度快，危险性较低，费用低，功效高。

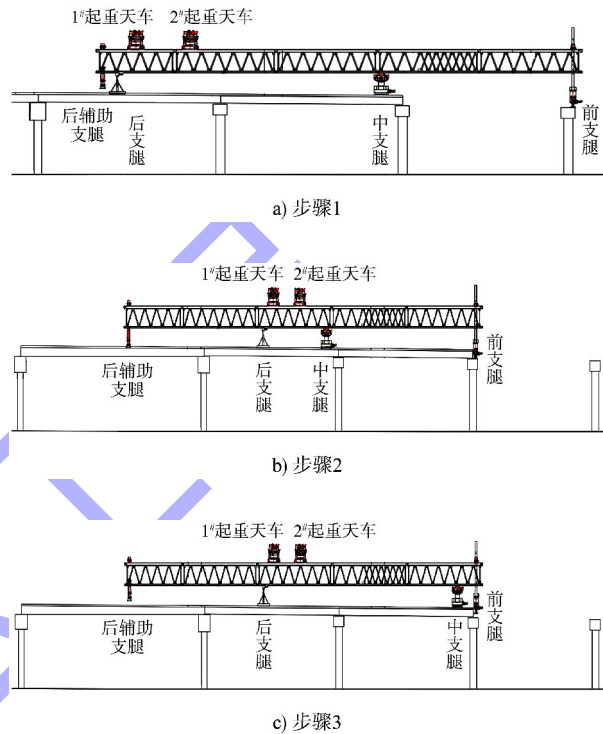


图 5 架桥机纵向过跨步骤
Fig. 5 Longitudinal traversal procedures of bridge erection machine

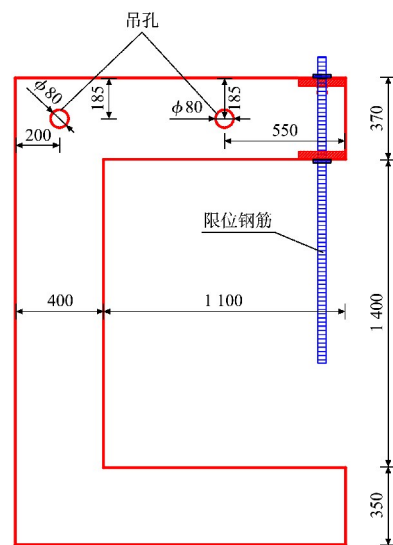


图 6 C 形吊具 (单位: mm)
Fig. 6 C-shaped lifting device (unit: mm)

5.2 优化箱梁吊装工艺

1) 采用多功能适配吊装扁担, 见图 7。吊装扁担材质选用 Q235B 钢管, 壁厚 15 mm、 $\phi 820$ mm。钢管壁上根据吊点位置焊接 150 t 吊马, 保证吊装过程中吊点位置不受吊索水平拉力而改变。



图 7 通用吊架
Fig. 7 Universal beam

2) 优化吊具适用于不同型号箱梁。①在钢管壁上焊接 4 个吊马适配不同长度箱梁吊装。箱梁根据长度划分, 共有 4 种型号, 分别为 26.96、21.96、20.46、15.96 m, 根据吊点设置, 26.96 m 箱梁采用 1、4 号吊点; 21.96 m 箱梁采用 2、4 号吊点; 20.46 m 箱梁采用 1、3 号吊点; 15.96 m 箱梁采用 2、3 号吊点。②上吊索采用 2 根 8 m A100 钢丝绳, 下吊索为 8.5 m A80 钢丝绳对折双用+8.5 m A80 钢丝绳捆绑兜底。上吊索采用 2 个 150 t 卸扣, 下吊索上部采用 2 个 150 t 卸扣, 下部采用 4 个 55 t 卸扣。21.96 m 箱梁吊具见图 8。

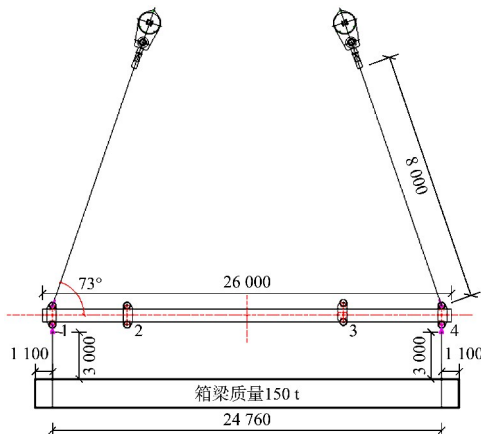


图 8 箱梁吊具 (单位: mm)
Fig. 8 Box girder lifting device (unit: mm)

5.3 浮吊配合架桥机箱梁安装

1) 浮吊船配合架桥机进行水上箱梁倒运、上岸。箱梁运输船到达后, 停靠至深水区的起重船旁, 通过起重船完成吊装运送至桥面上停好的炮车上, 进行喂梁。

2) 采用架桥机进行水上大跨度箱梁安装, 箱梁采用江侧往岸侧安装。施工时起重船先行安装第 14~20 排架 3 跨箱梁, 架桥机主配件由陆上运输至老引桥上, 由 50 t 吊车配合在已安装完成的 3 跨箱梁上进行拼装; 而后架桥机横移至老桥侧, 由岸侧往江侧依次架设改造段板梁, 安装完成后由吊车配合拆卸退场, 见图 9。



图 9 浮吊配合架桥机箱梁安装
Fig. 9 Coordinated erection of box girders using floating crane and bridge erection machine

5.4 改进箱梁稳定方式

借鉴公路桥梁施工经验, 采用钢砂筒做箱梁临时支撑体系, 支撑后箱梁可在 100 t 水平力内保持稳定, 保证箱梁安装后后浇带强度 100%, 受力体系转移前安装位置保证稳定, 见图 10。



图 10 砂筒临时支撑系统
Fig. 10 Temporary support system of sand cylinder

6 结语

1) 架桥机运用于码头工程可以克服不良海况下起重船箱梁安装偏位过大问题,同时可以克服近岸侧泥面浅、常规起重船吃水深度不够而无法进入的问题,实现引桥箱梁安装不受潮汐影响。

2) C形吊具的使用大大提升老引桥箱梁吊装效率,无需打孔和穿钢丝绳,节约吊装时间。

3) 吊装扁担的使用提升了大跨度箱梁吊装稳定性,焊接多位置吊马实现不同长度箱梁吊装,一扁担多用。

4) 支撑砂筒用于箱梁临时稳定及制作保护,具有体型轻便、安装效率高及拆卸方便的特点,有效提升箱梁临时稳定效率。

参考文献:

- [1] 曹宏生,范平易.镇江粮食出运码头改造工程技术方案[J].港工技术,2022,59(6):1-4.
CAO H S, FAN P Y. Reconstruction plan of grain shipping wharf in Zhenjiang[J]. Port engineering technology, 2022, 59(6): 1-4.
- [2] 钱冠鹏.钢平台在码头引桥施工中的应用[J].四川水力发电,2023,42(2):78-82.
QIAN G P. Application of steel platform in construction of wharf approach bridge [J]. Sichuan hydropower, 2023, 42(2): 78-82.
- [3] 罗勤华.危旧桥梁养护维修与加固方案研究[J].运输经理世界,2021(29):145-147.
LUO Q H. Study on maintenance and reinforcement scheme of dangerous old bridges [J]. Transport business China, 2021(29): 145-147.
- [4] 刘海祥,柯敏勇,叶小强,等.青岛港一期油码头钢引桥预应力卸载技术[J].水运工程,2020(4):41-46,52.
LIU H X, KE M Y, YE X Q, et al. Load shedding technology with pre-stress for steel approach bridge of Qingdao Port phase I oil-wharf [J]. Port & waterway engineering, 2020(4): 41-46, 52.
- [5] 吕威,贝建忠,孙国辉.深厚泥炭质土软基条件下的老码头改扩建[J].水运工程,2024(2):66-71,130.
LYU W, BEI J Z, SUN G H. Reconstruction and expansion of existing wharf under condition of deep peaty soft soil foundation[J]. Port & waterway engineering, 2024(2): 66-71, 130.
- [6] 王小弟.港口土建工程跑道梁改造技术研究[J].建筑技术开发,2023,50(S2):79-81.
WANG X D. Research on reconstruction technology of runway beam in port civil engineering [J]. Building technology development, 2023, 50(S2): 79-81.
- [7] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.浙江LNG三期项目配套码头工程可研[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2023.
CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd. Feasibility study of supporting wharf project of Zhejiang LNG Phase III project [R]. Shanghai: CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., 2023.
- [8] 王恒.智慧港口配套土建工程升级关键技术研究[J].建筑技术开发,2022,49(S1):161-163.
WANG H. Research on key technologies of supporting civil engineering upgrade in smart port [J]. Building technology development, 2022, 49(S1): 161-163.
- [9] 许月红,王叔铭.上海港码头结构加固改造及修复工程施工技术[J].港口科技,2017(6):1-6.
XU Y H, WANG S M. Construction technology for strengthening and repair of wharf structure in Shanghai Port [J]. Science & technology of ports, 2017(6): 1-6.
- [10] 吕威,麦宇雄.境外港口升级改造工程建设要点[J].水运工程,2017(1):195-200.
LYU W, MAI Y X. Key points for overseas port reconstruction and upgrading project [J]. Port & waterway engineering, 2017(1): 195-200.

(本文编辑 王传瑜)