



罗泾集装箱码头前沿装卸模式及 布置方案研究

汪 锋¹, 金 祺², 刘成鑫¹, 龙 友¹

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 上海国际港务(集团)股份有限公司, 上海 200080)

摘要: 上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程创新性提出“长引桥、一线三用”岸线利用模式下的自动化集装箱码头解决方案。针对该布局方案的码头前沿自动化装卸模式、岸桥设备选型、码头前沿作业带布置方案及码头区交通组织等进行系统研究。结合该工程改造项目的特点和要求, 将岸桥设备选型与水工结构改造方案、装卸工艺作业方案及水域总平面布置和车流组织进行统筹研究, 对目前常见的 2 种全自动化集装箱码头前沿自动化装卸模式进行综合分析, 提出适合该工程特点的“自动化单小车集装箱装卸桥+智能转运水平运输设备(AIV)在轨内装卸”的码头前沿自动化装卸工艺方案。目前该工程已投产运营, 相关研究已得到较好的实践检验。

关键词: “长引桥、一线三用”岸线利用模式; 岸桥设备选型; 自动化码头前沿装卸模式; 双侧靠船作业码头宽度

中图分类号: U653.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)S1-0062-07

Automated loading and unloading mode at front and layout scheme of Luojing container terminal

WANG Feng¹, JIN Qi², LIU Chengxin¹, LONG You¹

(1. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China;

2. Shanghai International Port (Group) Co., Ltd., Shanghai 200080, China)

Abstract: A solution under the “long-span bridge, one line for three uses” shoreline utilization model is innovatively proposed for phase I container terminal renovation project in Luojing port area of Shanghai Port. The automated loading and unloading mode at the terminal front, the selection of gantry cranes, the layout plan for the terminal front operation zone, and traffic organization within the terminal area are systematically studied in this paper. The selection of gantry crane equipment with the modification plan for hydraulic structures, the loading and unloading process scheme, and the overall layout of water areas and vehicle flow are comprehensive studied by considering the characteristics and requirements of this renovation project. The two common fully terminal front automated loading and unloading modes are comprehensive analyzed. An automated single small crane container handling bridge combined with automated intelligent vehicle (AIV) for track-internal loading and unloading, the suitable scheme for the features of this project, is proposed. This project has already been put into operation, and related studies have been well validated in practice.

Keywords: “long-span bridge, one line three uses” shoreline utilization mode; gantry crane equipment selection; loading and unloading mode at automated terminal front; double-sided ship berthing wharf width

上海港作为国际航运中心的重要组成部分, 在港口的绿色智慧化转型上不断探索和创新。在打造世界一流绿色智慧港口过程中, 上海港提出

将罗泾港区原煤炭、矿石码头及百联码头改造成新一代绿色智慧自动化集装箱码头, 以新质生产力助力超大型码头功能转型升级。

收稿日期: 2025-05-15

作者简介: 汪锋(1977—), 男, 高级工程师, 从事水运工程咨询与设计工作。

上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程(简称罗泾改造一期工程),是国内首个系统化旧码头改造工程,相较于在开阔水面建造新码头,旧码头改造更为复杂。改造中为最大限度利用旧码头结构,尽可能保留旧码头原始布局。本文结合罗泾改造一期工程的特点,根据水域设施现状情况、改造后的码头自动化作业模式及运营要求、水平运输设备选择、车流组织特点和要求等,确定其大码头岸桥设备选型和码头作业宽度。

1 工程概况

罗泾改造一期工程为功能调整改造项目,主要将原罗泾煤炭码头改造为自动化集装箱码头,建设2个7万~10万吨级集装箱泊位、4个1万吨级集装箱泊位及相应集装箱堆场及配套设施。

原码头包括煤炭卸船码头、煤炭直取码头、煤炭直装码头和装船码头,码头与陆域通过引桥连接;功能调整后,煤炭卸船码头前沿线、长度均保持不变,在充分依托已建码头基础设施的基础上,按全自动化集装箱码头作业模式要求进行相应改造^[1]。原煤炭码头水域平面布置见图1,罗泾改造一期工程水域平面布置见图2。

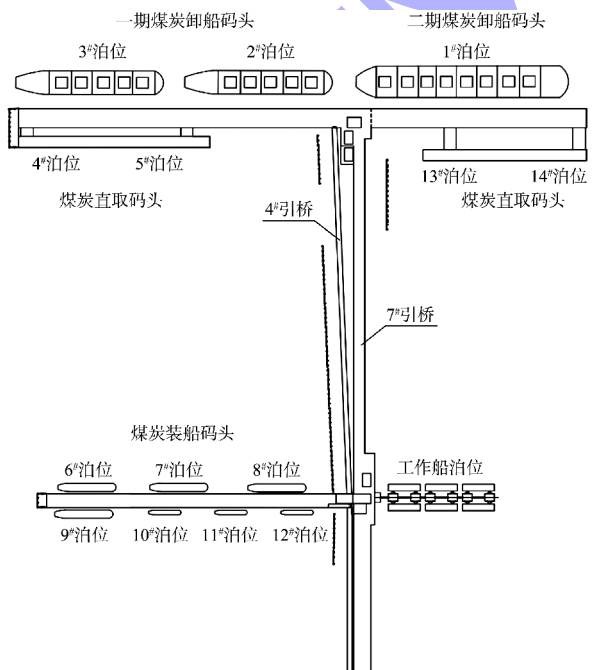


图1 原煤炭码头水域平面布置

Fig.1 Planar layout of original coal terminal water area

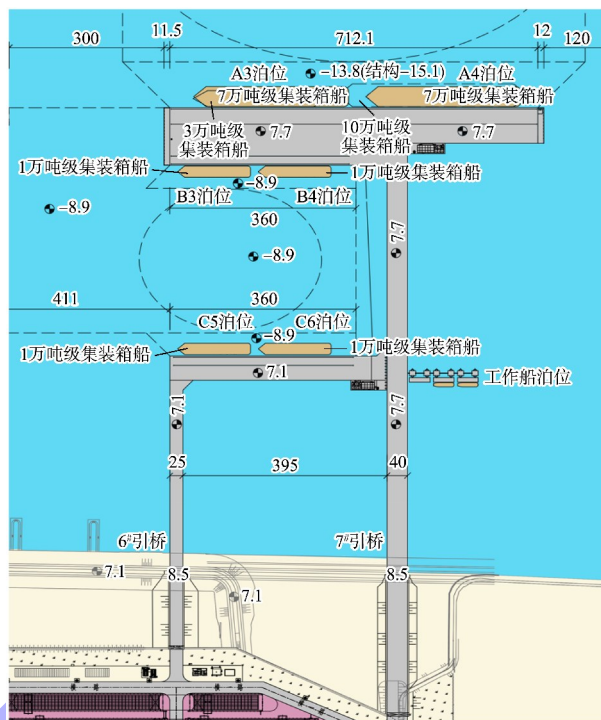


图2 罗泾改造一期工程水域平面布置(单位:m)

Fig.2 Planar layout of phase I renovation project in Luoqing water area (unit: m)

根据水域总体改造方案,水域码头改造方案除了将原一期煤炭码头(长度442 m、宽度26 m)拆除重建外,其余码头均按加固改造利用考虑^[2]。

2 码头前沿自动化装卸模式及布置方案研究

我国已建成投产的全自动化集装箱码头岸边装卸作业大多采用自动化双小车岸桥和轨后装卸模式或自动化单小车岸桥和轨内装卸模式^[3-4],两种自动化码头岸边装卸模式,除了岸桥设备存在差异外,其对应的码头前沿作业地带布置方案也存在一定差异,需要结合项目水平运输设备选择、运营要求及项目自身特点综合确定^[5-7]。

2.1 自动化岸桥轨距选择

梳理国内已建成的自动化集装箱码头,自动化双小车岸桥或单小车岸桥轨距基本为30或35 m^[8-9]。本文工程针对2种轨距方案进行比较研究,针对本文工程改造项目特点及原码头大部分结构利旧的要求,结合水域平面布置方案和水工改造方案,岸桥30 m轨距方案的后轨距离现保留的一期煤炭码头后沿的原直取装船泊位的后沿只有5 m,

若轨距进一步加大至 35 m, 则水工码头改造工程量、改造难度将大幅增加, 水工结构投资增加约

1.9 亿元。原煤炭卸船码头、直取码头段水工结构断面见图 3。

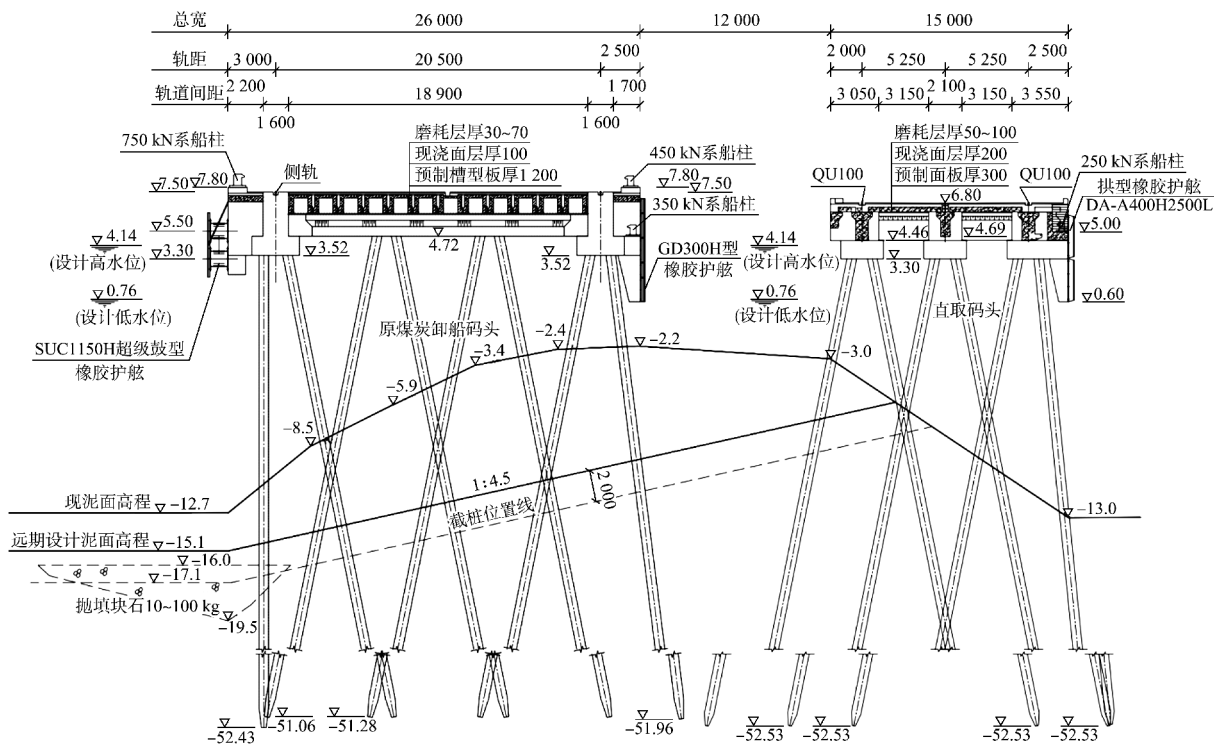


图 3 原煤炭卸船码头、直取码头段水工结构断面 (高程: m; 尺寸: mm)

Fig. 3 Cross-section of hydraulic structures for coal unloading wharf and direct access wharf segment (elevation: m; dimension: mm)

本文工程最大靠泊集装箱船型为 10 万吨级, 30 m 轨距岸桥可适应本文工程靠泊船型的作业要求, 跨内可布置 6 条作业车道、后轨后方的舱盖板平台后方合并布置多条通行车道, 整个码头作业、转弯掉头、通行车道车流组织较顺畅。

考虑改造难度、经济性及适用性, 本文工程岸桥轨距按 30 m 考虑。

2.2 装卸模式研究

自动化集装箱码头岸桥设备选型需要综合考虑集装箱货类结构特点、装卸效率要求、堆场布置形式、水平运输方式及集装箱拆挂锁作业方式等综合确定^[10]。

根据本工程岸线利用特点及码头引桥平面布

置形态, 项目采用堆场平行布置的自动化装卸工艺技术路线, 水平运输设备采用无人纯电智能平板转运车 (autonomous intelligent vehicle, AIV)。

在方案研究阶段, 对码头前沿自动化双小车岸桥+轨后装卸 (图 4) 和自动化单小车岸桥+轨内装卸 (图 5) 两种模式进行系统研究, 对两种模式下的装卸工艺特点、码头前沿车流组织、与工程特点及运营要求的适应性及投资情况进行综合比选, 结果见表 1。

综合以上对比分析, 结合本文工程船型、岸线利用特点、自动化运营适应性、码头前沿车流组织特点、使用习惯等因素, 综合考虑投资及改造项目特点要求, 工程码头前沿作业采取自动化单小车岸桥+轨内装卸作业模式。

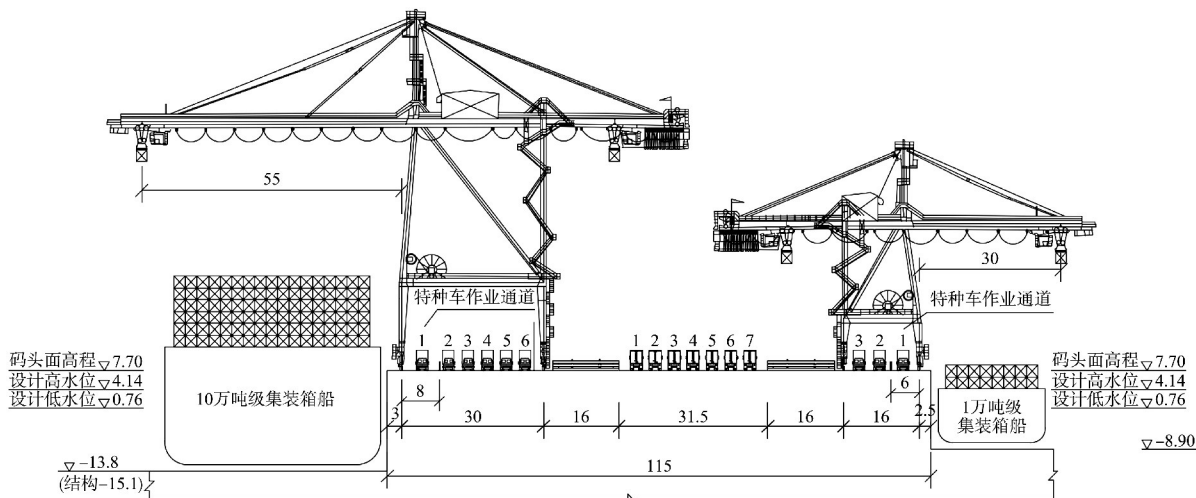


图 4 自动化单小车岸桥+轨内装卸模式 (单位: m)

Fig. 4 Automated single gantry crane with track-internal loading and unloading mode (unit: m)

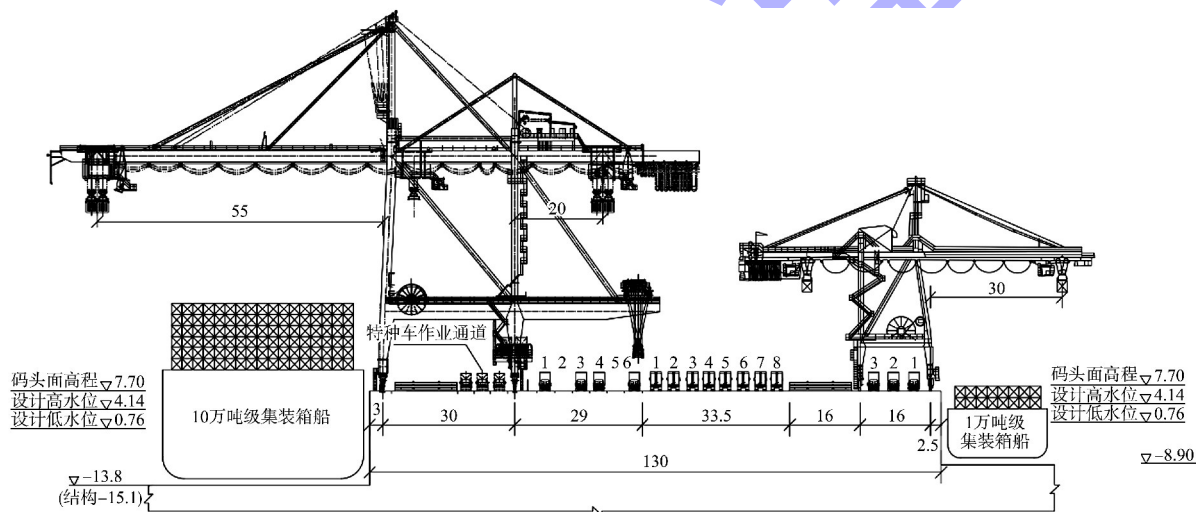


图 5 自动化双小车岸桥+轨后装卸模式 (单位: m)

Fig. 5 Automated dual gantry cranes with rear-track loading and unloading mode (unit: m)

表 1 自动化单小车岸桥和双小车岸桥作业模式综合比较结果

Tab. 1 Results of comprehensive comparison of operation modes for automated single gantry crane and automated dual gantry cranes

模式	装卸工艺特点 (拆装锁头方案)	适应性、车流组织及 作业效率	对码头平面布置 形态的适应性
自动化单 小车岸桥 作业模式	近期拆装锁头采取人工模式,设置在码头上、岸桥下方,与宜东公司现状情况一致; 远期在引桥靠近码头区域预留自动化拆装锁站,可实现自动分类、分船型,待研究成熟后实施; 轨距稍小,质量较轻,投资较低	适应全自动 AIV 作业; 舱盖板布置在岸桥跨外后 轨后方,作业车道和回程 通行车道有舱盖板宽度缓 冲,车流组织效率高	能够适应本文工程“长悬 臂、双侧靠船、长引桥、少引 桥”的码头形态特点
自动化双 小车岸桥 作业模式	自动化区和非自动化区交接界面明确,便于实现自动化作业; 适用于大吨级集装箱泊位,作业循环时间短,装卸作业效率高; 不能完全实现自动化拆装锁扭,且倒锁作业时,需要大机协助吊装 锁箱,对码头面车流有较大影响; 舱盖板布置在岸桥跨内,考虑码头前沿车流组织要求,码头面需要 进一步加宽,轮压较大,基础投资较高	适应全自动 AIV 作业,作 业效率高; 舱盖板布置在岸桥跨内、 作业车道与回程通行车道 距离近,车流局部存在交 叉,车流组织效率稍低	一般适用于大吨级顺岸满堂 式布置的自动化集装箱码 头。针对本文工程的码头平 面布置及码头前沿车流组织 特点,其装卸高效和自动化 程度高的特点较难体现

续表1

模式	对已有水工建筑物利旧的适应性	对内港池布置的影响	投资估算
自动化单 小车岸桥 作业模式	岸桥轮压较小,原煤二期卸船码头 结构可利旧,改造工程量小	内港池回旋水域宽度 289 m(1 万吨级船长 141 m),满足 2 倍船长要求	投资较省
自动化双 小车岸桥 作业模式	岸桥轮压较大,现有水工结构利旧 成本高,改造工程量较大	大码头向后加宽,小码头向前加宽,内港池 回旋水域宽度小于或等于 274 m,小于 2 倍 船长,影响作业安全	设备增加约 0.8 亿元(每台增加约 1 100 万 元),水工结构增加约 1.9 亿元; 合计增加 2.7 亿元

2.3 码头前沿作业地带布置方案

2.3.1 码头前沿车流特点及车道布置要求

本文工程大码头与 7#引桥呈 T 形布置、上游段大码头双侧靠船,大码头车流组织见图 6。

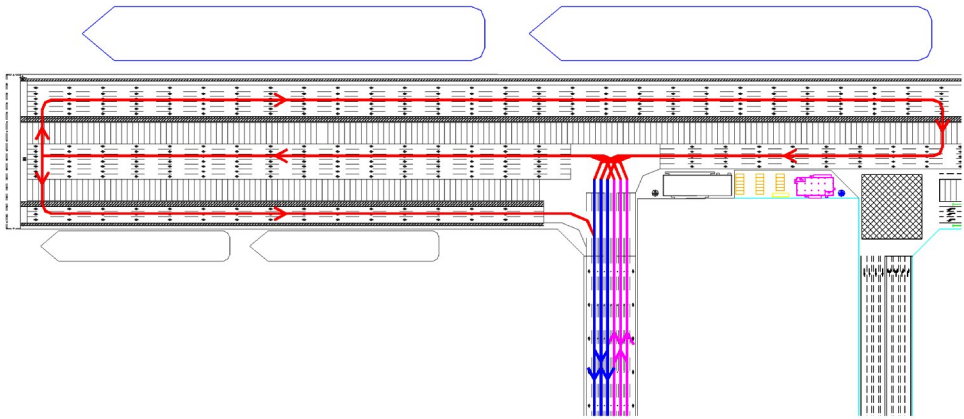


图 6 码头前沿主要车流行驶路线
Fig. 6 Primary vehicle travel routes at wharf front

车辆从 7#引桥上码头之后,均左转进入上游段大码头平台中间通行道路,行驶至码头平台左侧末端,根据目的岸桥位置分别进入海侧岸桥轨下通行车道和内侧岸桥轨下通行车道,再到达目的岸桥对应的装卸车道进行装卸作业。车辆在岸桥下完成装卸作业后,沿岸桥轨下通行车道行驶,海侧岸桥轨下车道的车辆行驶至平台右侧末端掉头进入码头平台右侧通行道路,再左转进入 7#引桥下码头;内档岸桥轨下车道的车辆行驶至大码头与 7#引桥交叉口,右转进入 7#引桥下码头。

方案车流交叉主要为 7#引桥左转至码头左侧车道的车流与大码头右侧左转至 7#引桥的车流,大码头左侧内档码头岸桥轨下车道右转车流与大码头右侧左转车流均汇入 7#引桥。它们存在一定的交通冲突。

结合运营要求,上游侧大码头通行车道需要布置 7 条车道,满足前档和后档共计 9 条装卸车

道的通行要求,总宽度为 26.5 m。AIV 正常通行净宽不小于 3.55 m,综合考虑道路边线宽度,每条车道的宽度约 3.70 m。紧邻前后档泊位舱盖板区的两条车道需要兼顾特种箱车辆运输需求,宽度约 4 m。

2.3.2 码头前沿作业地带布置

码头自前档向后档依次布置前档泊位辅助设施区、前档装卸区、前档舱盖板区(兼锁站区)、行驶区、后档舱盖板区(兼锁站区)、后档装卸区和后档泊位辅助设施区等。

装卸区和行驶区内均为 AIV 与人工驾驶车辆可变车道。岸桥紧邻前轨车道和行驶区两侧车道兼顾超限箱车辆行驶需求。前档码头轨距 30 m,布置 6 条装卸车道,后档和内档码头轨距 16 m,布置 3 条装卸车道,舱盖板区可兼作锁站区,宽度 16 m。前档和后档码头之间、行驶区分别布置 7 条通道。码头布置断面见图 7。

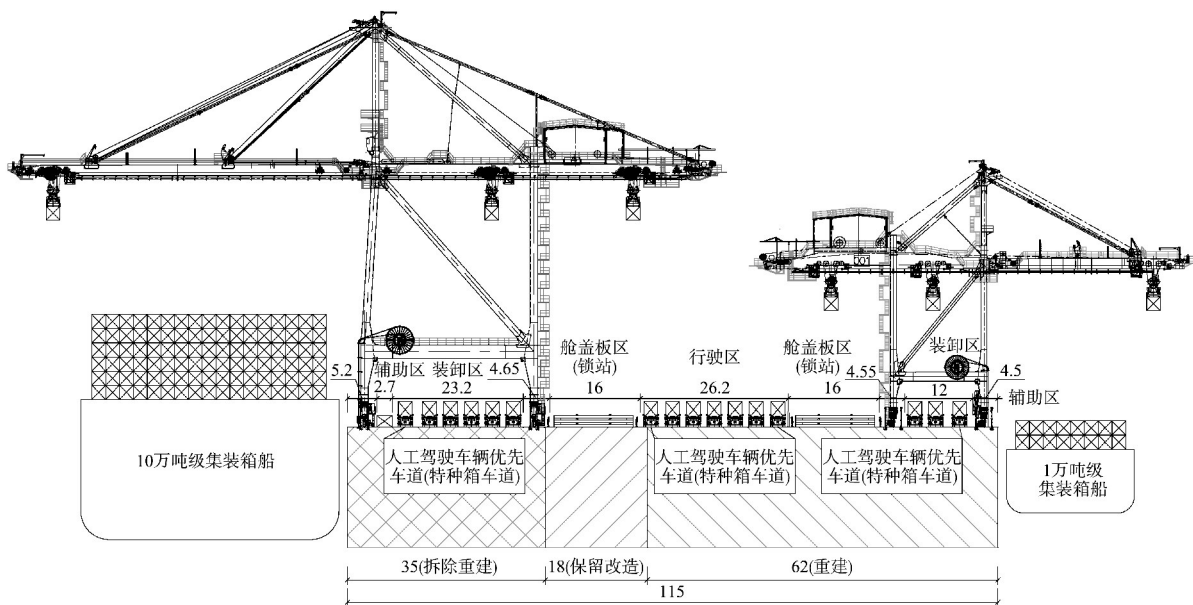


图 7 上游侧大码头布置断面 (单位: m)

Fig. 7 Layout section of large wharf on upstream side (unit: m)

根据上述功能组成, 上游侧大码头(双侧靠船)宽度为 115 m, 组成如下: 3 m(前档码头前沿距离前轨距离)+30 m(前档码头岸桥轨距)+16 m(前档码头舱盖板区域)+31.5 m(行驶区域宽)+16 m(后档码头岸桥轨距)+2.5 m(后档码头前沿距离前轨距离)。

3 结语

1) 罗泾改造一期工程水域岸线创新采用“长引桥、一线三用”岸线利用模式, 码头采用前、后、内三档错位布局, 前档布置 10 万吨级泊位, 后档和内档分别设 2 个 1 万吨级泊位, 上游侧大码头双侧靠船。该模式的自动化码头为国内外先进的岸线利用方案, 岸线利用率提升 40%。

2) 本文提出适合工程特点的“自动化单小车集装箱装卸桥+智能转运水平运输设备 AIV 在轨内装卸”的码头前沿自动化装卸工艺方案, 结合前沿作业地带功能及布置要求、双侧靠船的大码头宽度为 115 m, 丰富了自动化集装箱码头的创新实践。

3) 本文的研究思路和研究结论对自动化集装箱码头的改造或类似自动化集装箱码头新建有较好的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 中交水运规划设计院有限公司. 上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程初步设计[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2022.
CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd. Preliminary design for phase I container terminal renovation project in Luoqing port area of Shanghai Port[R]. Beijing: CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., 2022.
- [2] 中交水运规划设计院有限公司. 上海港罗泾港区煤炭码头水工建筑物拆除工程方案[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2022.
CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd. Hydraulic structure demolition plan for coal terminal of Luoqing port area of Shanghai Port[R]. Beijing: CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., 2022.
- [3] 麦宇雄, 刘洋, 梁浩. 自动化集装箱码头平面与工艺总体布局现状与发展趋势[J]. 水运工程, 2022(10): 1-7.
MAI Y X, LIU Y, LIANG H. Current status and development trend of plane and process overall layout for automated container terminals [J]. Port & waterway engineering, 2022(10): 1-7.
- [4] 郑伟鸿, 黄争. 自动化集装箱码头单小车自动化岸桥与智能导引车协同装卸作业工艺[J]. 水运工程, 2022(10): 190-194.
ZHENG W H, HUANG Z. Craft of automated container

- terminal single-trolley automatic quay crane and IGV collaborative handling operation [J]. Port & waterway engineering, 2022(10): 190-194.
- [5] 程泽坤, 刘广红, 何继红. 洋山港四期全自动化集装箱码头总体布置创新[J]. 中国港湾建设, 2016, 36(10): 1-7.
- CHENG Z K, LIU G H, HE J H. Innovation on general layout of fully-automated container terminal in Yangshan Port phase IV project [J]. China harbour engineering, 2016, 36(10): 1-7.
- [6] 张连钢, 杨杰敏, 李波, 等. 自动化集装箱码头总平面布局设计[J]. 水运工程, 2019(10): 14-20.
- ZHANG L G, YANG J M, LI B, et al. General layout design of automated container terminal [J]. Port & waterway engineering, 2019(10): 14-20.
- [7] 张立斌, 李刚. 高水水中转比例下的自动化集装箱码头堆场装卸工艺方案比较[J]. 水运工程, 2019(5): 78-83, 151.
- ZHANG L B, LI G. Comparison of container yard handling technology scheme in automated container terminal under high ratio of water to water transshipment [J]. Port & waterway engineering, 2019(5): 78-83, 151.
- [8] 黄炳林, 丘耀桦. 广州港南沙港区四期工程平面布置要点[J]. 水运工程, 2022(10): 53-58.
- HUANG B L, QIU Y H. Key points of general layout for Phase IV project of Nansha port area in Guangzhou Port [J]. Port & waterway engineering, 2022(10): 53-58.
- [9] 高延辉, 陈培, 张煜, 等. 天津港北港池 C 段自动化集装箱码头总体布置设计[J]. 水运工程, 2022(6): 78-83, 105.
- GAO Y H, CHEN P, ZHANG Y, et al. General layout design of automated container terminals in section C of North Basin of Tianjin Port [J]. Port & waterway engineering, 2022(6): 78-83, 105.
- [10] 自动化集装箱码头设计规范: JTS/T 174—2019[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.
- Design code of automated container terminal: JTS/T 174-2019 [S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2019.
- (本文编辑 王璁)
- ~~~~~
- (上接第 19 页)
- [5] 刘洋, 麦宇雄, 覃杰. 适用于江海联运海港自动化集装箱码头的总体布置方案[J]. 水运工程, 2019(9): 119-124.
- LIU Y, MAI Y X, QIN J. General layout design of fully automated container terminal for river-sea combined transport mode [J]. Port & waterway engineering, 2019(9): 119-124.
- [6] 陈飞, 王达川, 张民辉, 等. 上海港集装箱码头利用率分析及通过能力评估[J]. 水运工程, 2024(10): 33-36.
- CHEN F, WANG D C, ZHANG M H, et al. Utilization rate analysis and capacity assessment of Shanghai Port container terminal [J]. Port & waterway engineering, 2024(10): 33-36.
- [7] 黄义成, 周军. 浅析选定集装箱码头岸线的影响因素[J]. 水运工程, 2002(7): 52-55.
- HUANG Y C, ZHOU J. Affecting factors for determining container terminal shoreline [J]. Port & waterway engineering, 2002(7): 52-55.
- [8] 曲长志, 彭玉生, 赵有明. 金塘大浦口集装箱码头岸线位置及走向的论证[J]. 水运工程, 2006(10): 128-132.
- QU C Z, PENG Y S, ZHAO Y M. Discussion about wharf site and trend of Jintang Dapukou Container Terminals project [J]. Port & waterway engineering, 2006(10): 128-132.
- [9] 吕威. 基于柔性靠泊系统的集装箱码头岸线规划研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- LYU W. Research on coastline layout with flexible berthing method in container terminal [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2008.
- [10] 徐迪. 上海港与新加坡港集装箱业务发展认识[J]. 集装箱化, 2023, 34(7): 7-9.
- XU D. Understanding of the development of container business at Shanghai Port and Singapore Port [J]. Containerization, 2023, 34(7): 7-9.
- (本文编辑 王璁)