



罗泾集装箱码头改造总体布置创新

罗勇川¹, 刘成鑫², 汪 锋², 龙 友²

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

摘要: 上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程是国内第一个将传统散货码头改造为全自动化集装箱码头的系统改造项目, 体现了资源集约节约利用, 是通过传统产业改造升级发展新质生产力的重要实践。项目在总体布置上创新提出“长引桥, 岸线一线三用”的布局模式, 码头前沿作业地带人工辅助作业与自动化作业区取消传统物理隔离, 自动化装卸工艺及车流组织实现了智能转运车与人工驾驶车辆的有限混行, 建设方案上充分体现了对现有设施的循环集约利用。结合上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程特点, 围绕建设新一代全自动化集装箱码头总体布置模式创新, 梳理总结相应的创新方法, 对国内其他自动化集装箱码头建设和传统人工码头的自动化升级改造提供借鉴意义。

关键词: 自动化集装箱码头; 改造; 岸线一线三用; 有限混行

中图分类号: U658

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)S1-0020-09

Innovation on general layout of container terminal in Luojing

LUO Yongchuan¹, LIU Chengxin², WANG Feng², LONG You²

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

2. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: The phase I container terminal renovation project in Luojing port area of Shanghai Port is the first fully renovative case in China to convert a traditional bulk cargo terminal into an automated container terminal. The project exemplifies the intensive and economical use of resources, and represents a significant practice in developing new quality productive forces through the renovation and upgrading of traditional industries. In terms of general layout, the project innovatively introduces a “triple lines of berths in single shoreline along the long approach bridge” design. The traditional physical isolation between manually assisted operation areas and automated operation zones at the terminal front operation area is removed. The automated handling process and traffic flow organization achieves limited mixed operation between automated intelligent vehicle and manually driven trucks. The construction plan fully demonstrates the circular and intensive utilization of existing facilities. On the basis of the characteristics of phase I container terminal renovation project in Luojing port area of Shanghai Port, we summarize some innovative methods on the general layout mode for building new generation automated container terminals, and provide references for the construction of other domestic automated container terminals and the automation upgrading and renovation of traditional manual terminals.

Keywords: automated container terminal; renovation; triple lines of berths in single shoreline; limited mixed traffic flow

2019 年国家印发了《交通强国建设纲要》^[1], 明确推动交通发展由追求速度规模向更加注重质量效益转变。2023 年交通运输部、国家发展改革委

委等五部委联合印发《关于加快沿海和内河港口码头改建扩建工作的通知》^[2], 着力推动港口高质量发展, 促进资源节约集约利用, 充分发挥已有资

收稿日期: 2025-05-15

作者简介: 罗勇川(1972—), 男, 高级工程师, 从事港口工程建设管理。

源潜力。上海港罗泾港区集装箱码头改造工程是在新时期发展背景下, 提升上海国际航运中心服务能级和落实交通强国高质量发展要求的重大工程。

自 20 世纪 90 年代至今, 自动化集装箱码头的发展已超 30 a。全球建成和在建的全自动化或半自动化集装箱码头已超过 40 座^[3]。在总体设计理念上, 均通过不同的平面布局或者采用不同的工艺设备实现自动化作业区与非自动化作业区在空间或时间上完全隔离。在总体技术路线上主要分为 3 大类: 平面空间隔离+堆场垂直布置+两端交互; 平面空间隔离+堆场水平布置+侧边交互; 时间隔离+堆场平行布置+侧边交互。在总体布局上, 几乎所有的自动化集装箱码头均采用满堂式布局模式^[4-5]。

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)是国内首个将散货码头改造为全自动化集装箱码头的工程, 在零新增岸线和零围填海前提下, 实现国内外唯一一座岸线资源“一线三用”, 将岸线资源利用到极致, 同时更契合项目江海联运干支线水水中转定位特点。自动化装卸工艺技术路线经综合对比分析采用“自动化单小车岸桥+智能转运车(automated intelligent vehicle, AIV)+自动化轨道吊”, 码头前方作业带车流组织实现 AIV 与人工驾驶车辆的有限混行作业^[6]。根据罗泾改造一期工程建设使用经验, 围绕项目的特点以及新一代全自动化集装箱码头总体布置、工艺模式创新, 实现资源集约循环利用等方面, 总结归纳采用的相应创新方法, 为类似项目建设提供借鉴。

1 罗泾改造一期工程特点

罗泾改造一期工程将原煤炭码头水陆域和矿石码头部分陆域改造为自动化集装箱码头, 泊位总长度 1 432.1 m, 改造形成 2 个 7 万~10 万吨级和 4 个 1 万吨级集装箱泊位, 设计年通过能力 260 万 TEU。该工程与国内外现有自动化集装箱码头相比, 具有以下特点。

1) 系统性转型升级改造项目, 资源集约节约

利用要求高。该工程利用原煤炭码头泊位、引桥、堆场以及原矿石码头部分堆场进行改造, 项目建设过程中始终坚持创新、智慧、环保、低碳理念。总体方案着重解决了以下问题: 改造后集装箱码头泊位、引桥平面布置尽可能利用现有水工建筑物; 陆域生产辅助设施尽可能利用港区现有建筑物, 减少拆改工程量; 同时实现拆除料全部在新建工程回收利用等。

2) 码头布置首次采用“长引桥、岸线一线三用”布置模式。改造后码头引桥平面形态与现状煤炭码头保持一致, 呈反 F 形。泊位分前、后、内三档布置, 将岸线资源发挥到极致。科学论证码头引桥尺度, 合理选择装卸船设备, 有机协调码头前方作业带各功能区, 同时结合新一代水平运输管理系统(horizontal transportation management system, HTMS)和 AIV 单机智能驾驶系统应用有效整合码头前方自动化作业区和人工辅助作业区, 是提高装卸船作业效率的关键。

3) 港区陆域纵深较小, 边界极不规则。一期工程陆域面积 82.77 万 m², 包含一期和三期工程全部陆域范围。场地可利用纵深仅为 410~640 m。面对陆域资源不足、不规整的制约条件, 统筹考虑了自动化集装箱堆场布置、进出港大门布置、车流组织以及生产辅助设施等布置方案。

4) 水水中转比例高, 双侧靠泊、引桥数量少, 水侧车流集中进入堆场。罗泾港区水水中转比例高达 65%, 码头仅通过 2 座引桥与陆域相连。自动化堆场布置必须提高轨道吊与水平运输设备的装卸交互效率, 增加通道数量快速分散车流。堆场作业线采用平行布置模式, 水平运输设备直接驶入箱区内相应的贝位, 在作业线侧面交互作业, 实现自动化轨道吊(automation rail mounted gantry crane, ARMG)和 AIV 均衡作业。同时尽可能实现密集堆垛, 提升堆场容量和通过能力。

5) 泊位、堆场管理和水平运输车流组织突破传统管理模式。针对靠泊船舶由于水流条件无法统一船头朝向的问题, 外集卡通过在箱区端头设置 P 形掉头区实现与 AIV 分道隔离行驶, 相邻箱

条中本地箱的箱门朝向相反，港区泊位、堆场管理和车流组织打破常规管理模式，采取 AIV 水平运输动态调整箱门策略，满足装卸装船和进提箱作业要求。

6) 智慧化、数字化、绿色化要求较高。罗泾集装箱码头改造项目拟打造为上海国际航运中心数字化、智能化、绿色化转型发展样板，建设最先进的自动化集装箱码头，要求装卸安全、高效，

降低人工成本，实现近零碳排放。

2 罗泾改造一期工程总体布置

罗泾改造一期工程主要功能区包括码头、引桥、自动化集装箱堆场、生产及生活辅助区、进出港大门区域等。受现状条件限制，同时结合项目的设计特点，经反复论证后，项目总体布置见图 1。

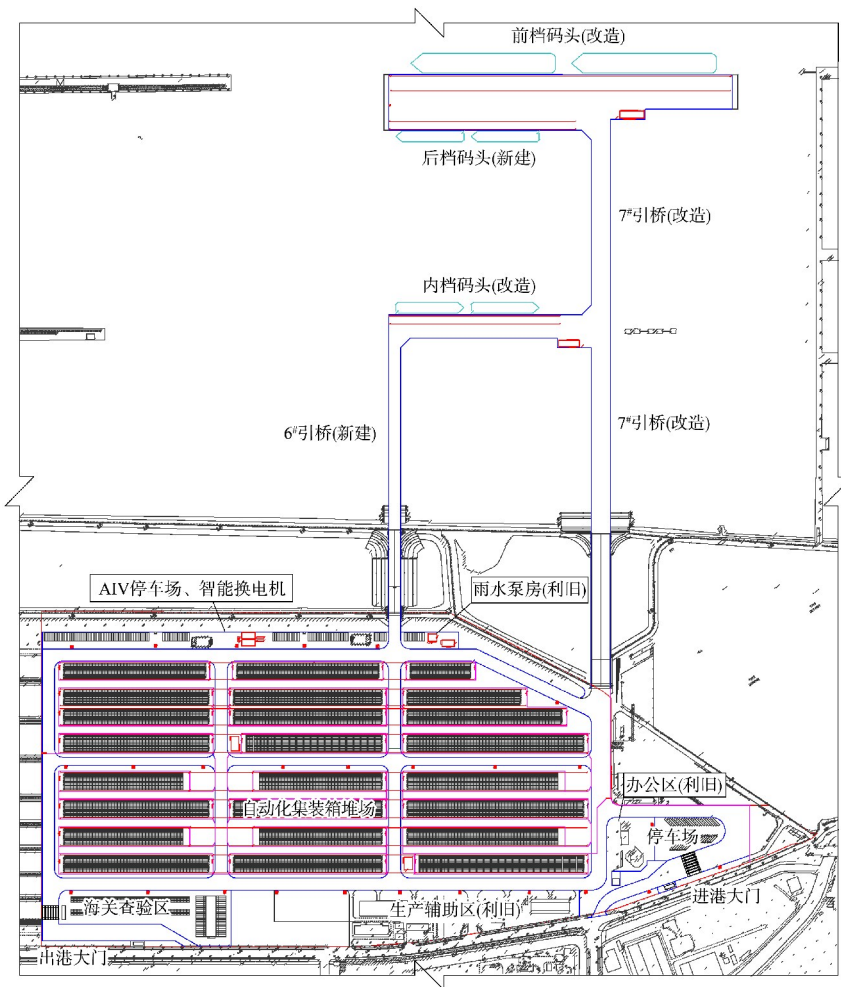


图 1 工程总平面布置

Fig. 1 General layout of project

2.1 码头引桥平面布置

2.1.1 码头泊位平面方案和主尺度

码头引桥平面方案充分考虑了现有水工建筑物的利旧，以及长引桥、双侧靠泊作业下，各功能区有机协调，主尺度与装卸作业能力相匹配。功能调整后，前档码头前沿线位置和长度均与现状煤

炭码头保持不变，以 7# 引桥为界，上游侧双侧靠船，下游侧单侧靠船。上游前档原 3.5 万吨级码头拆除，原位重建长 442 m、宽 35 m 的 10 万吨级集装箱码头平台；后方现状宽 15 m 直取码头向江侧加宽至 18 m；后档新建宽 62 m 的 1 万吨级集装箱码头平台；整体码头面宽度 115 m。下游原宽 26 m

的 12 万吨级码头和宽 15 m 直装码头保留, 新建空档水域平台, 码头面宽度 71 m。内档原宽 19 m 装船码头保留, 向江侧加宽 29 m, 新建 1 万吨级

集装箱码头, 码头面总宽度 48 m。码头改造断面布置见图 2。

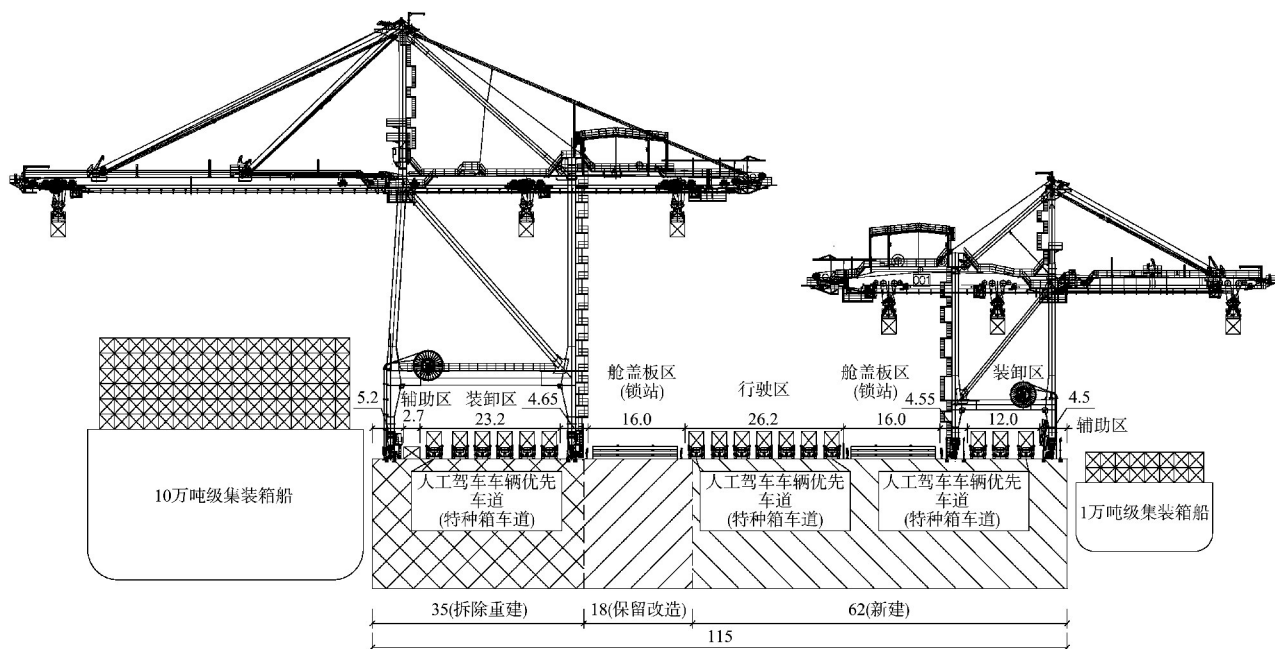


图 2 码头改造断面布置 (单位: m)

Fig. 2 Cross section layout of wharf renovation (unit: m)

2.1.2 码头作业带平面布置

为减少拆除和改造工程量, 实现资源集约循环利用, 码头采用重力和轮压相对较小自动化单小车岸桥, 使用远控作业模式。码头自动化作业区和非自动化作业区不进行物理隔离, 主要利用 HTMS 进行动态车道管控, 联合基于融合定位技术智能驾驶系统的单机 AIV, 保证前方作业带安全和高效运行。

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、下游侧前档码头以及内档码头行驶区分别布置 7、5 和 3 条通道。

2.1.3 引桥平面改造和布置方案

码头通过 2 座引桥与陆域相连, 6[#]引桥为新建引桥, 总宽度为 25 m, 兼顾堆场 ARMG 整机上岸需求, 布置 5 条通行车道和 3 条锁站区间。7[#]引桥利用原煤炭码头引桥进行改造拓宽, 总宽度 40 m。共布置 8 条通道和 5 条锁站区间。其余参数见图 4, 引桥上每条车道均为 AIV 与人工驾驶车辆可变车道, 6[#]引桥西侧车道和 7[#]引桥两侧车道兼顾超限箱车辆行驶需求。引桥布置断面见图 3。

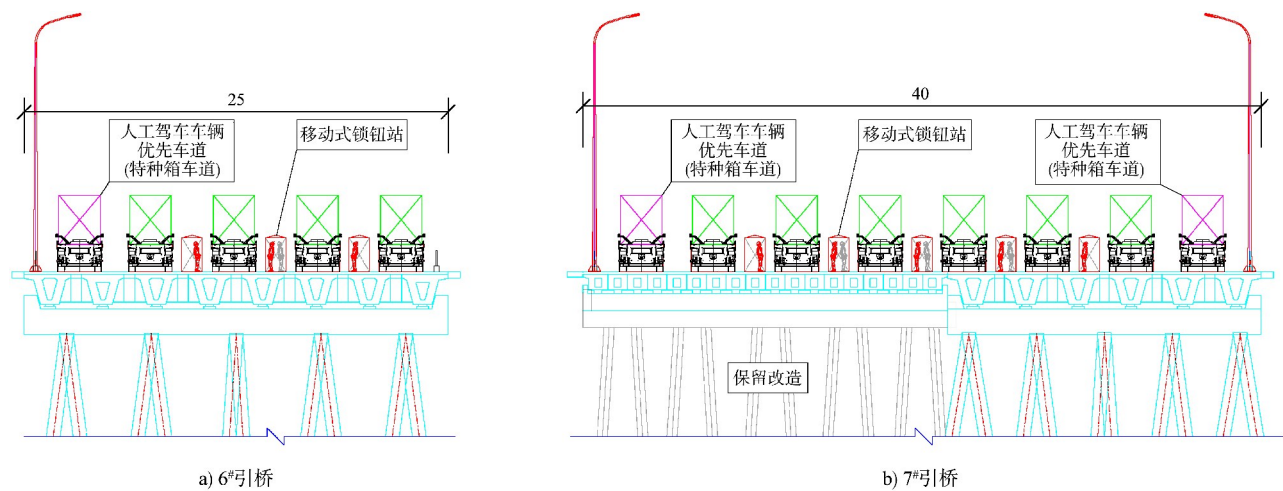


图 3 引桥布置断面 (单位: m)
Fig. 3 Cross section of approach bridges (unit: m)

2.2 自动化集装箱堆场布置

项目采用空重混堆、分区存放作业模式。堆场平行布置, 水平运输设备可直接驶入箱区相应贝位, 在作业线侧面完成交互作业。按照尽可能扩大集装箱堆场规模和能力为原则, 堆场采用单、双悬臂箱区组合布置方案。前方 3 条作业线为单悬臂作业线, 轨距 34 m, 轨内布置 11 列箱, 地面

箱位数 4 181 TEU。后方 5 条作业线为双悬臂作业线, 轨距 37 m, 轨内布置 12 列箱, 地面箱位数 8.113 7 万 TEU。该布置实现了堆场容量最大化, 解决了传统堆场垂直布置 ARMG 作业不均衡、能耗高以及海陆侧两端车流集中突出的问题。自动化集装箱堆场布置见图 4。

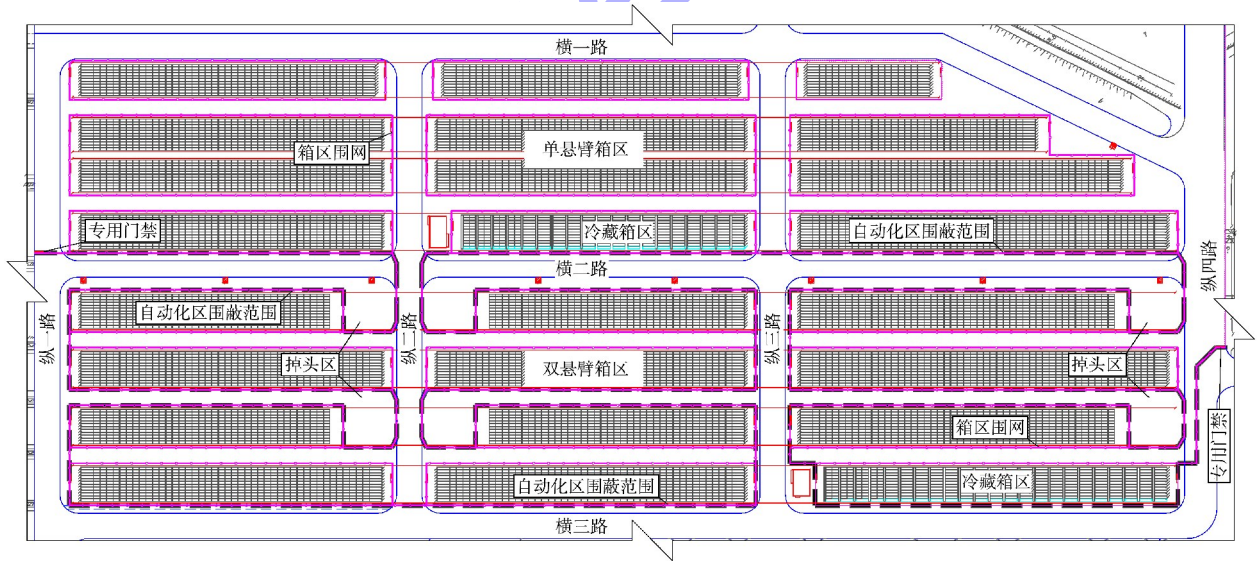


图 4 自动化集装箱堆场布置
Fig. 4 Layout of automated container yard

1) 基于码头双侧靠泊、水水中转比例高、堆场与引桥衔接车流集中突出的特点, 自动化堆场采用单、双悬臂箱区组合布置方案。单悬臂箱区仅堆存中转箱, 采用背靠背成对布置模式, 外集

卡不进入该区域作业。双悬臂箱区既可以堆存中转箱, 也可以堆存本地箱。内外集卡在箱区两侧分别进行装卸作业。悬臂侧相邻两条作业线轨道中心线距离 20 m, 悬臂下各布置 1 条装卸车道和

1 条通行车道。提高堆场容量的同时, 合理增加堆场通道数量, 契合港区总体布局和水水中转作业特点^[7-8]。

2) 箱区布置满足近期内、外集卡分道隔离行驶要求, 预留远期实现混行后无缝衔接转换条件。堆场前方单悬臂作业线只考虑 AIV 装卸作业。后方双悬臂作业线, 内外集卡分别从箱区两端进出。外集卡在堆场内部装卸行驶轨迹呈 P 形, 采用在箱区端部设置掉头区平面布置方案, 共布置 6 处掉头区, 转弯半径 15 m; AIV 在箱区间采用往返式行驶路径。

堆场共设置 3 条横向主干道路, 中部增设横二路, 用于缓解远期内外集卡混行作业后 7[#]引桥根部咽喉地带的车流集中拥堵压力。近期主干道路和箱条端部掉头区范围内隔离围网均采用活动围网形式, 远期实现掉头区向堆场转换以及主干道路连通无缝切换。

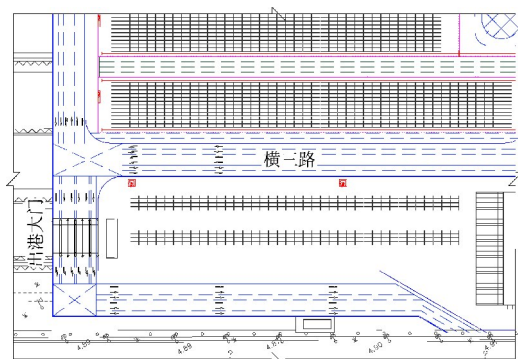
3) 合理分配各功能箱区, 最大化提高堆场利用率。港区内普通重箱、空箱、冷藏箱和超限箱全部利用自动化集装箱堆场进行堆存, 除超限箱采用人工远控作业模式外, 其他箱型均采用自动化作业模式。普通重箱和空箱堆高 6 层, 冷藏箱堆高 5 层, 超限箱堆高 1 层。冷藏箱采用相对集中布置模式, 堆场前方和后方各布置 1 条箱区, 同时在一层设置人员进出箱区进行电源插拔操作的专用通道箱。

2.3 生产辅助区布置

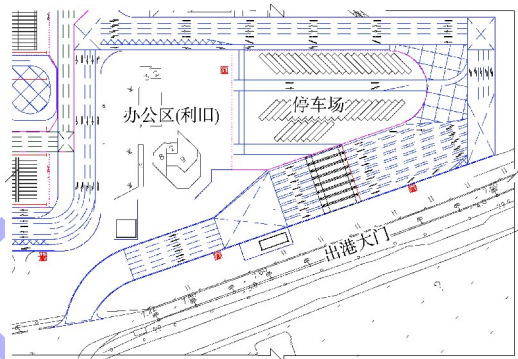
生产辅助区主要包括进出港大门、港内停车场、机修、海关查验、AIV 换电区以及供电、给排水等相关设施。

2.3.1 进出港大门布置

港区后方紧邻川念路、川雄路和濇川公路。根据规划, 远期濇川公路建设 S16 高架, 在下游东侧川雄路上双 Y 形立交, 主要服务罗泾港区货物集疏运。进出港大门采用分开布置, 分别布置在陆域的东西两端, 采用东进西出布置, 适应场地形状特点, 并与港外集卡交通流保持一致, 进出港大门区域平面布置见图 5。



a) 出港大门区域



b) 进港大门区域

图 5 进出港大门区域布置

Fig. 5 Layout of gate area of port's entrance and exit

进出港闸口受场地条件的限制, 结合当前最先进的智能闸口方案, 采用一站式处理模式。主要功能包括: 车号识别子系统、箱号箱型识别子系统、残损拼接子系统、道闸子系统、地磅系统对接、自动验残子系统、上磅监测子系统、信息导引系统以及集控系统软件等。进港大门内部设置港内停车场, 用于临时等待缓冲或补录信息。相比传统的多站式异步处理闸口布局, 更能实现场地集约化利用^[9-10]。

2.3.2 其他生产辅助设施布置

改造后港区其他生产辅助设施按照尽可能利用现有构筑物考虑, 主要分布在自动化集装箱堆场的前方横一路北侧与后方横三路南侧两块区域。堆场前方主要布置 AIV 停车场、智能换电机和雨水泵房(利旧), 后方主要布置机修区(利旧)、辅助用房(利旧)、35 kV 总变电站(利旧)和海关查验区等。

AIV 动力电池采用 350 kW·h 马鞍式磷酸铁锂

充换电一体式电池包，配套智能换电机采用通过式平面布置，采用双智能柔性吊装换电机器人工艺。每套智能换电机共配置 12 个充换电工位，采用“10+2”布置模式，设计换电能力每天不小于 220 辆次，满足连续换电要求。可有效解决大型自动化集装箱码头 AIV 电池更换交通流量集中问题，大幅减少 AIV 换电等待时间，减少对港区车流的影响^[11-12]，局部布置见图 6。

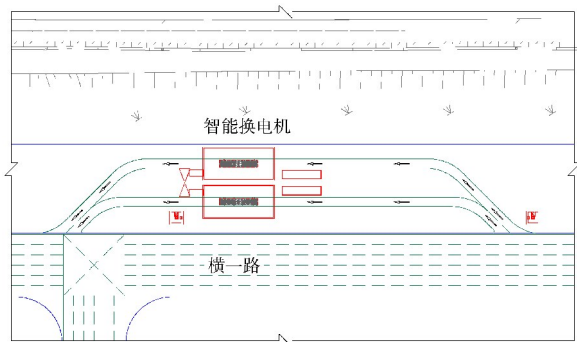


图 6 智能换电机平面布置

Fig. 6 General layout of intelligent motor swap

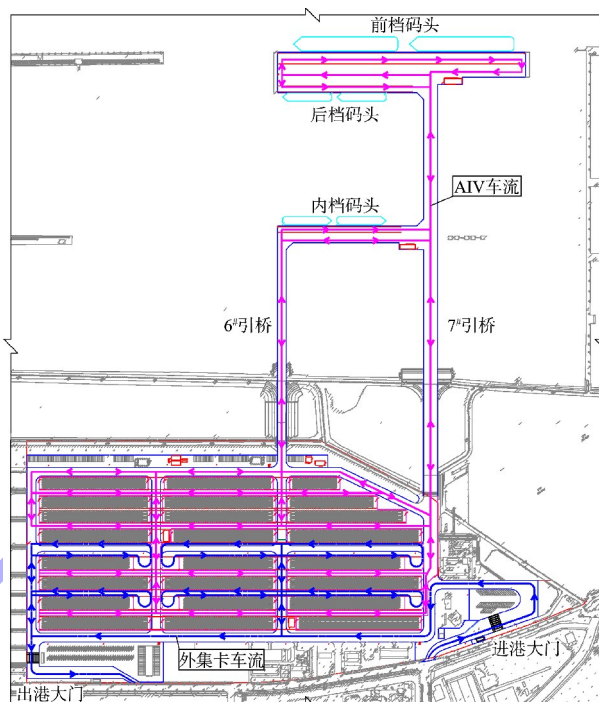
2.4 交通组织

2.4.1 总体原则

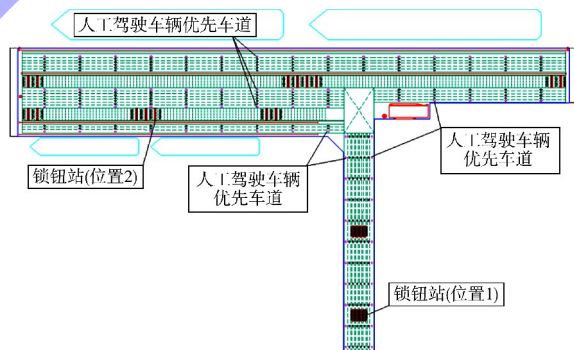
考虑到码头泊位“长引桥，岸线一线三用”的布置特点，码头前沿作业区 AIV 与人工驾驶车辆难以实现完全隔离，水平运输无法与堆场形成传统环形车流。交通组织创新提出以下原则：外集卡仅在堆场后非自动化区方行驶；码头、引桥以及堆场前方为自动化作业区，只允许 AIV、人工驾驶内集卡及其他行政工作车辆驶入。自动化区内 AIV 与人工驾驶车辆实现混行作业。AIV 行驶具备混合交通、精细化箱区蟹行换道绕行、多车路口交汇博弈通行等功能。

水平运输车流组织见图 7，交通组织原则：码头作业地带 AIV 按照固定流向行驶，引桥及堆场主干道路均为双向道路；堆场前方单悬臂箱区 AIV 为双向贯通车流；后方双悬臂箱区 AIV 侧为往返式车流流向。自动化区内每条车道均不固定行车方向，HTMS 结合道路通行实际情况智能化分配车道和行驶方向，并在路径规划中优先避让超

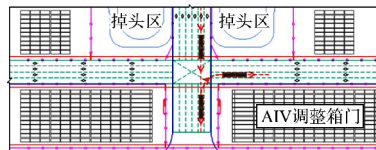
限车辆可变车道。人工驾驶车辆路径优先选择兼顾超限车辆行驶的可变车道，特殊情况下临时借用其他可变车道行驶，并主动避让 AIV。



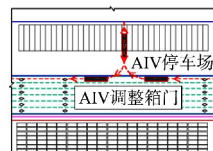
a) 总体车流组织



b) 码头引车道及锁钮站布置



c) 箱区内AIV调整箱门



d) 利用AIV停车场调整箱门

图 7 水平运输车流组织

Fig. 7 Horizontal transportation vehicle flow organization

2.4.2 泊位和堆场管理

结合水平运输车流组织和总平面布置特点, 泊位和堆场管理突破传统模式。码头前沿由于水流条件, 右舷靠泊和左舷靠泊同时存在, 堆场内相邻双悬臂箱区外集卡装卸车道车流方向相反。因此, 堆场内中转箱不固定箱门朝向, 本地箱根据外集卡车流方向确定朝向。生产运营中 AIV 执行本地箱卸船进场和出场装船作业时, 需要根据船舶靠泊方位和外集卡装卸要求, 利用停车场和作业道口空间即时调整箱门朝向。

2.4.3 拆装锁钮车流组织

码头拆装锁钮采用移动式人工锁钮站工艺, 锁钮站布置选取了 2 个区域, 均位于 AIV 行驶路径上。位置 1, 锁钮站布置在引桥中部, 装卸锁钮在引桥上完成, 可有效缓解码头车流压力, 但需占用引桥空间, 同时锁钮转运和 AIV 带锁行驶距离均较远; 位置 2, 锁钮站布置在泊位后方, 利用艏和艉带缆区间的舱盖板区进行布置。拆装锁钮紧挨装卸船布置, 但码头前沿增加作业环节, 存在拥堵风险。后续可结合两个位置的实际运营测试效果进行灵活调整。

3 结语

1) 针对罗泾改造一期工程是将原煤炭和矿石码头改造为自动化集装箱码头的特点, 提出的水域平面布置和改造方案尽可能利用现有水工建筑物; 陆域堆场原有总变电所、雨水泵房、机修车间以及其他辅助建筑单体均利旧处理, 拆除料在新工程建设中全部回收利用。设计方案大幅减少拆改工程量, 有效控制工程投资, 体现了绿色、低碳和环保的理念。

2) 基于“长引桥, 岸线一线三用”大小泊位组合布置平面布局形态下的全自动化集装箱码头, 提出采用“自动化单小车岸桥+AIV+自动化轨道吊”堆场平行布置的全自动化工艺模式。码头和引桥设置针对性的车流组织方案, 辅以智慧化运营系统和基于融合定位智能驾驶技术的应用, 对码头前方自动化装卸作业和人工辅助作业进行有机

融合, 取消传统物理隔离。适应港区安全要求, 同时交通组织顺畅, 作业效率高。提出的自动化集装箱码头总体方案岸线资源利用率高, 非常契合江海联运, 干支线船舶混合作业要求, 工程投资节约, 具有广泛的推广前景。

3) 针对水水中转箱比例高, 水陆域衔接车流汇集集中的特点, 堆场设计了单双悬臂箱区组合布局模式, 作业线平行布置。普通重箱、空箱、冷藏箱和超限箱全部利用自动化堆场堆存。外集卡不进入前方单悬臂箱区, 后方双悬臂箱区外集卡通过端部 P 形掉头区与 AIV 分道隔离行驶。该布局模式不仅能解决传统自动化集装箱码头堆场垂直布置导致 ARMG 作业不均衡的问题, 还能避免大机设备带箱高速运行, 更加环保节能。同时能够有效分散车流, 减少拥堵, 提高堆场容量和场地利用率。

4) 结合陆域形态和港外交通条件, 提出进、出分开大门布置模式, 采用集中一站式智能闸口解决方案。减少外集卡在港内的行驶距离, 交通组织简单顺畅, 占地较省。基于水、陆域平面布置限制条件结合 AIV 和外集卡水平运输车流特点, 提出作业过程箱门动态调整管理策略, 同时提出移动式人工锁钮站利用码头后方舱盖板区和引桥区相组合的方案, 大幅提高了港内水平运输和装卸生产作业效率。

参考文献:

- [1] 中共中央, 国务院. 交通强国建设纲要[A]. 北京: 中共中央, 2019.
The Central Committee of the Communist Party of China, the State Council. Outline for building a strong transportation nation[A]. Beijing: the Central Committee of the Communist Party of China, 2019.
- [2] 交通运输部, 国家发展改革委, 自然资源部, 等. 关于加快沿海和内河港口码头改建扩建工作的通知[A]. 北京: 交通运输部, 2023.
Ministry of Transport, the National Development and Reform Commission, the Ministry of Natural Resources, et al. Notice on accelerating the reconstruction and expansion

- of coastal and inland river port terminals [A]. Beijing: Ministry of Transport, 2023.
- [3] 王烽, 麦宇雄, 许鸿贯, 等. 自动化集装箱码头总体技术路线的选择[J]. 水运工程, 2022(10): 8-12.
WANG F, MAI Y X, XU GH, et al. Seletion of overall technical route for automated container terminal[J]. Port & waterway engineering, 2022(10): 8-12.
- [4] 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.
- [5] 程泽坤, 刘广红, 张斌, 等. 国外自动化集装箱码头应用现状及建设借鉴[J]. 水运工程, 2016(9): 3-8.
CHENG Z K, LIU G H, ZHANG B, et al. Application of automatic container terminal abroad and referential function on its construction in China[J]. Port & waterway engineering, 2016(9): 3-8.
- [6] 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 Luoijing port area of Shanghai Port [R]. Beijing: CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., 2022.
- [7] 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.
- [8] 王敏, 唐洲, 余政. 阿布扎比哈里发港集装箱码头二期项目自动化堆场布置[J]. 水运工程, 2019(5): 98-101.
WANG M, TANG Z, YU Z. Automated storage yard layout of Khalifa port container terminal phase II in Abu Dhabi[J]. Port & waterway engineering, 2019(5): 98-101.
- [9] 刘广红, 韩时捷, 何继红, 等. 洋山四期全自动集装箱码头设计创新[J]. 水运工程, 2018(6): 189-194.
LIU G H, HAN S J, HE J H, et al. Design innovation of Yangshan 4th phase fully automatic container terminal[J]. Port & waterway engineering, 2018(6): 189-194.
- [10] 张传捷, 孙炜超, 杨楣. 洋山深水港四期自动化码头出场无人化闸口设置研究[J]. 港口装卸, 2019(1): 60-63.
ZHANG C J, SUN W C, YANG M. Study on the setting of unmanned exit gate of automated terminal in Yangshan Port phase IV[J]. Port operation, 2019(1): 60-63.
- [11] 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.
- [12] 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.

(本文编辑 王璁)

征订通知

2026 年《水运工程》杂志征订工作已经开始, 请登录《水运工程》杂志官方网站 www.sygcc.com.cn 首页下载中心下载“2026 年《水运工程》征订通知单”, 有关要求和反馈信息一应俱全。

《水运工程》编辑部