



钦州港全自动化集装箱码头 装卸工艺系统设计

彭骏骏，梁 浩，刘汉东

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司，广东 广州 510290)

摘要：以钦州港自动化集装箱码头工程为依托，针对目前主流自动化集装箱码头方案无法很好地适应钦州港陆域及集装箱运营特点的问题，提出了一种全新的U形全自动化集装箱码头方案，并对其装卸工艺系统进行了详细阐述。该方案对陆域纵深大、集装箱陆路集疏运比例高、港外集卡集中到港特点显著的集装箱码头具有良好的适应性，可为后续的类似工程提供参考。

关键词：集装箱码头；全自动化；U形；装卸工艺

中图分类号：U 652.7

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2022)10-0085-05

Design of handling process system for fully automated container terminal in Qinzhous Port

PENG Jun-jun, LIANG Hao, LIU Han-dong

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510290, China)

Abstract: In the case of the automated container terminal project in Qinzhous Port, the current mainstream automated container terminal scheme cannot well adapt to the land area and container operation characteristics of Qinzhous Port. To address this problem, this study proposes a new U-shaped fully automated container terminal scheme and elaborately describes its handling process system. The scheme has good adaptability to the container terminals with large depth of terrain, a high proportion of container collection and distribution by land, and significant characteristics of centralized arrival of container trucks outside the port, which can provide a reference for subsequent similar projects.

Keywords: container terminal; full automation; U-shaped; handling process

随着自动化码头技术的不断发展，各类型自动化集装箱码头飞速涌现，如青岛前湾、洋山四期^[1]、南沙四期^[2]、天津北疆C段^[3]等均采用不同的自动化集装箱码头技术方案。装卸工艺系统是自动化集装箱码头的核心，如何结合工程自身特点，最大限度地满足码头智慧、高效、节能、安全等的运营需求，科学合理地进行装卸工艺系统设计与选择尤为关键。

本文基于钦州港自动化集装箱码头陆域条件和集装箱集疏运特点，提出一种全新的U形全自动化集装箱码头装卸工艺系统方案，可为后续自动化集装箱码头设计、建设提供一种新的思路和参考。

1 工程特点

钦州港自动化集装箱码头工程岸线总长

1 301.5 m, 建设 4 个集装箱泊位(图 1), 码头水工结构按 20 万吨级集装箱船设计, 年设计吞吐量 260 万 TEU。工程特点:

1) 陆域纵深大。钦州港自动化集装箱码头陆域纵深较大, 为 807.5~1 007.0 m, 目前采用垂直于码头岸线布置的自动化集装箱码头有洋山四期, 由于采用海陆侧交互区、堆场端部装卸的方案(简称“端装卸”), 该自动化方案集装箱堆箱区长度不宜大于 350 m, 对陆域纵深较大的自动化集装箱码头适应性较差。

2) 陆路集疏运比例高。钦州港自动化集装箱码头陆路集疏运比例较高, 约为 70%, 若采用类似南沙四期堆场平行于码头岸线布置、设置港内外集卡交互区的自动化方案, 则存在交互区装卸作业量大、二次装卸能耗高等问题。

3) 港外集卡集中到港情况显著。钦州港港外集疏运集卡进出港作业主要集中在某几个时段, 集中到港作业特点突出, 若采用如天津港北疆 C 段智能化集装箱码头的方案, 堆场平行于岸线布置、交通路口通过门禁和红绿灯控制的自动化方案, 可能会出现港外集卡进出堆场作业拥堵的情况。

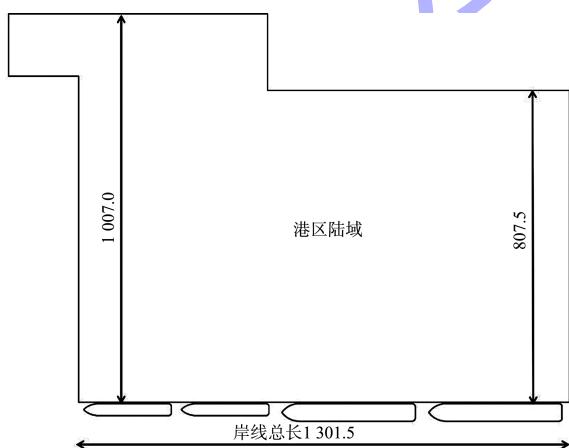


图 1 钦州港自动化集装箱码头陆域范围 (单位: m)

2 装卸工艺方案

鉴于工程显著特点, 同时结合目前已成熟的自动化集装箱码头技术, 针对钦州港自动化集装

箱码头工程, 提出一种全新的 U 形全自动化集装箱码头方案^[4]: 码头前沿采用自动化双小车岸桥, 堆场采用双悬臂自动化轨道龙门吊(ARMG), 水平运输采用智能导引车(IGV)。方案主要特征为: 堆场垂直于码头岸线布置; 港外集卡在堆场内的装卸运输通道呈 U 形布置(图 2), 港外集卡和 IGV 均直接进入堆场、分别在 ARMG 两侧悬臂下进行作业; 港内外水平运输设备交通组织物理分离。

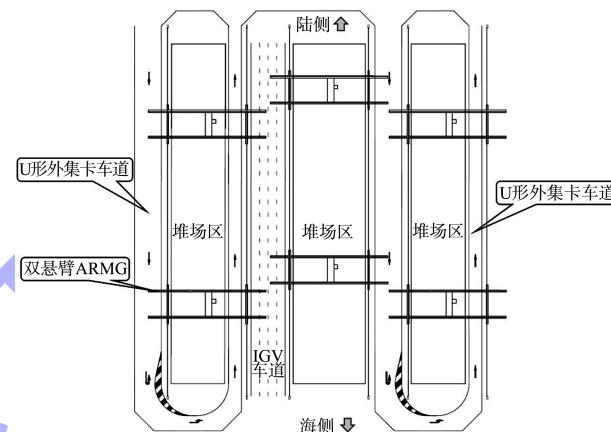


图 2 U 形全自动化集装箱码头装卸工艺系统

2.1 码头前沿自动化装卸工艺系统

钦州港自动化集装箱码头前沿共配置 12 台自动化双小车岸桥进行作业, 码头前沿作业地带宽度 120 m, 包括: 岸桥海侧轨中心线至码头前沿线之间 3.5 m、自动化双小车岸桥轨内 35 m 区域、岸桥陆侧轨后 IGV 装卸作业车道、IGV 缓冲区和 IGV 快速行车道(图 3)。其中舱盖板堆放区和特殊箱(如超限箱、框架箱等)通道布置在岸桥轨内, 岸桥陆侧轨后为全自动化作业区, 并利用围网将全自动化作业区和码头前沿非自动化区域隔离。岸桥陆侧轨后布置有 6 条 IGV 装卸作业车道, 从海侧起算第 2、4、5 车道为装卸作业车道, 第 1、3、6 车道为穿行车道。岸桥主小车后伸距 16.5 m, 满足门架小车故障或检修状态时的应急装卸作业需求; 门架小车后伸距 24 m, 满足第 5 条 IGV 装卸作业车道的装卸需求。

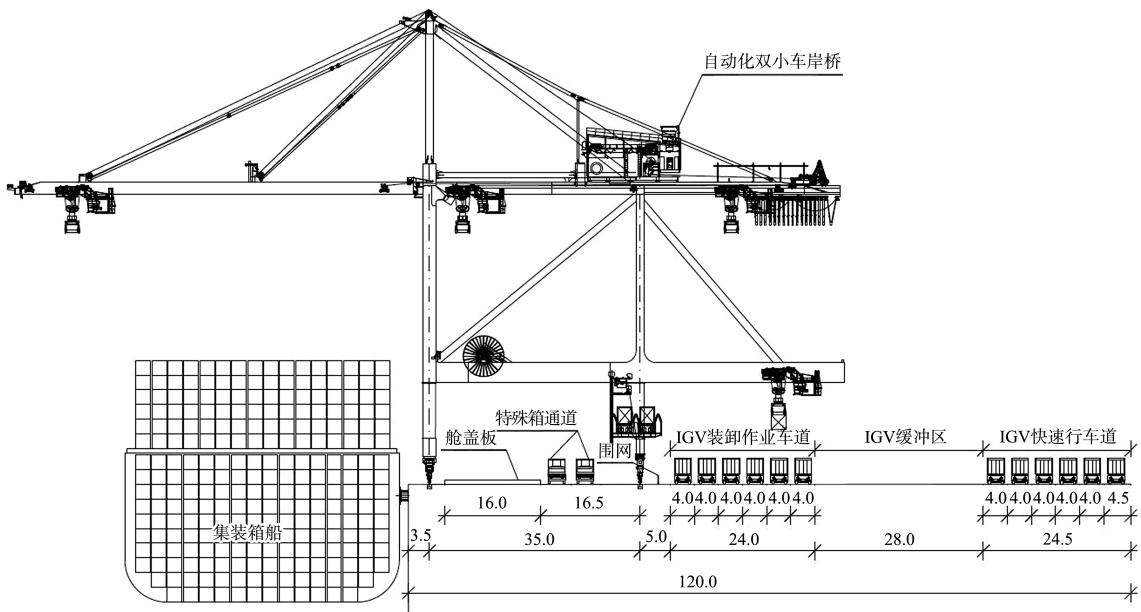


图 3 码头前沿装卸工艺布置 (单位: m)

2.2 堆场自动化装卸工艺系统

码头堆箱区总长为 565 m, 采用双悬臂 ARMG 进行作业, ARMG 轨距 37 m, 轨内设置港外集卡车道的堆箱区布置 9 排箱, 无港外集卡车道的堆箱区布置 12 排箱; 堆场空箱和重箱混堆, 空箱和重箱堆高 6 层, 冷藏箱堆高 5 层。

工程范围内共布置 21 条垂直于码头岸线的自

动化堆箱区(图 4), 其中 01 堆场同时兼顾特殊箱的堆存, 当 01 堆场进行特殊箱作业时, ARMG 切换为人工远控模式或现场人工遥控模式进行作业。

为方便冷藏箱插拔电人员进出^[5], 冷藏箱堆场靠近陆侧端部布置, 同时考虑冷藏箱装卸船过程集中作业的特点, 为满足冷藏箱装卸点的需求, 工程范围内共相对分散布置 4 块冷藏箱堆箱区。

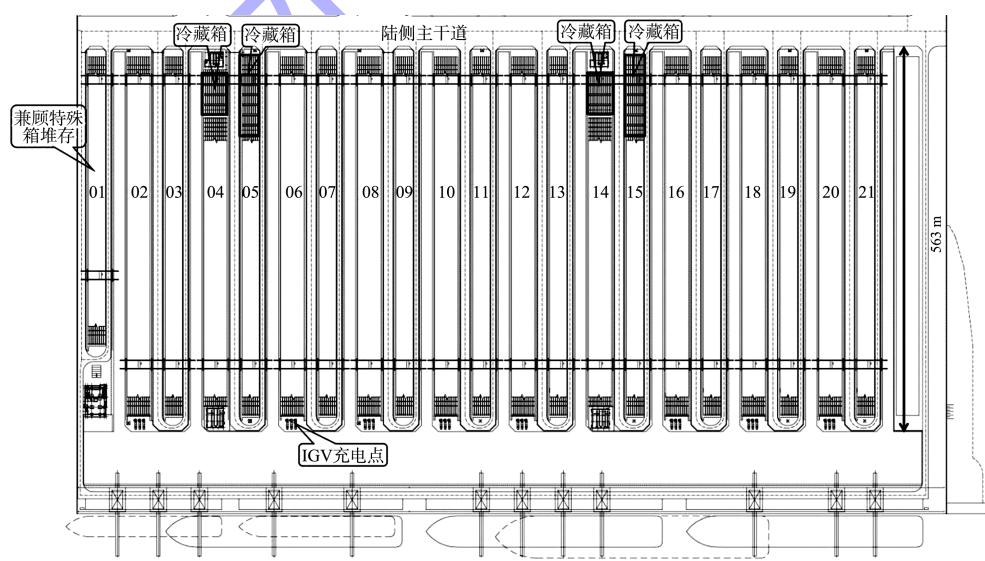


图 4 堆箱区总体布置

如图 5 集装箱堆场断面所示, 堆场每条自动化箱区配置 2 台双悬臂 ARMG, 相邻两条堆箱区间隔布置港外集卡或 IGV 水平运输通道, 港外集

卡和 IGV 分别在 ARMG 悬臂两侧进行装卸作业, 并利用围网将港内外水平运输设备隔离。其中堆场间 IGV 装卸运输通道为 4 车道, 宽 20 m(ARMG

轨道中心线间距), 相邻堆箱区间布置 4 个 IGV 装卸运输车道, 包括两侧 2 个 IGV 装卸车道、中间 1 个 IGV 超车道和 1 个 IGV 折返车道。IGV 折返车道与 IGV 装卸车道、IGV 超车道交通流向相反。

堆箱区间港外集卡装卸运输通道为 3 车道, 宽 18.5 m(ARMG 轨道中心线间距), 外集卡车道呈 U 形布置, 每隔一个箱区在 ARMG 轨内布置 2 条

港外集卡掉头通道, 外集卡在 ARMG 一侧悬臂进行作业, 装卸完成后绕至 ARMG 轨内的车道掉头出堆场。为避免港外集卡在掉头车道行驶时, ARMG 作业过程中集装箱过外集卡顶部造成安全问题, 在 ARMG 支腿上适当位置设置红绿灯显示当前时间段 ARMG 小车在 U 形掉头车道上方的作业状态, 外集卡司机可通过观察红绿灯判断是否通行。

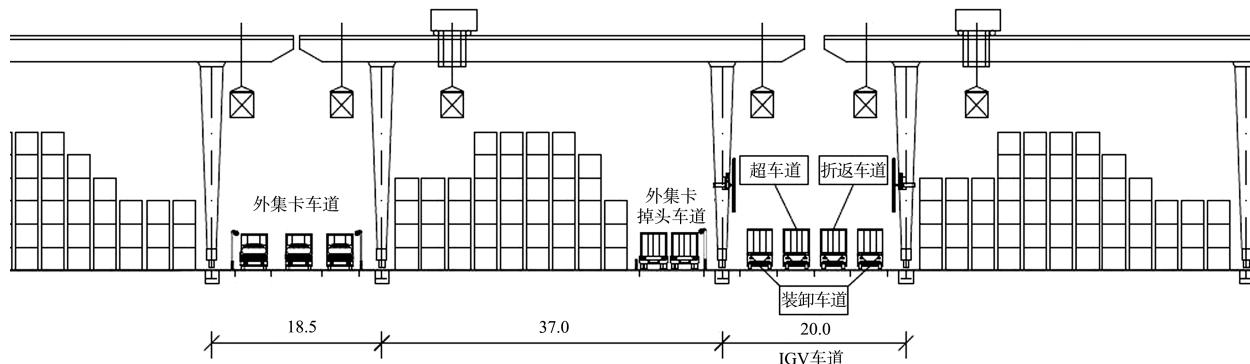


图 5 集装箱堆场断面 (单位: m)

2.3 自动化水平运输工艺系统

集装箱自动化水平运输采用 IGV, 码头配置 IGV 和自动化双小车岸桥的比例为 1:6。IGV 采用磷酸铁锂电池驱动, 电池容量为 373 kW·h; IGV 充电点布置在自动化堆场的海侧端, 单个充电桩

功率为 400 kW。

IGV 轮系为 4 轴 8 轮结构(图 6), 采用磁钉进行导航, 支持双向行驶、斜行、S 形、U 形及 90° 转弯等多种运行模式, 配合港区智能化调度系统, 可将码头、堆场区域有机串联。

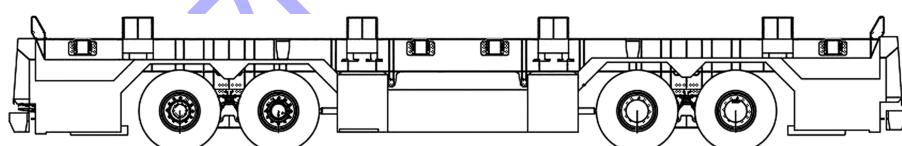


图 6 IGV 轮系布置

钦州港自动化集装箱码头 IGV 运行区域磁钉沿 IGV 行驶车道中心线布置, 磁钉布置间距为 2 m 或 4 m, 为满足 IGV 与码头岸桥、堆场轨道吊等大型集装箱装卸设备精准交互作业要求, IGV 与岸桥和轨道吊交互的装卸作业车道磁钉间距为 2 m, 非装卸作业车道磁钉间距主要以 4 m 为主。

3 U 形全自动化装卸工艺系统特点

1) 港内外水平运输设备交通组织物理分离、互不干涉, 非自动化区和自动化区域界线清晰, 有效实现了港区装卸作业的全自动化。

2) 方案可较好地适应陆域纵深较大的集装箱码头。

3) 水平运输车辆在堆箱区侧边进行装卸(简称“边装卸”), 堆场内出箱点多, 可较好地满足陆路集疏运比例高、港外集卡集中到港的装卸需求。

4) 港内外水平运输车辆直进直出堆场的“边装卸”作业模式与“端装卸”的自动化集装箱码头方案相比, 堆场内 ARMG 不用进行集装箱的水平运输作业, 且同一个箱区内集装箱基本不用二次倒运, 有效减少堆场作业系数, 降低码头运营能耗。

5) U形自动化方案设计过程中, 可根据箱区长度、作业量等对 ARMG 数量进行灵活配置, 堆场作业设备可扩展性好, 打破了目前采用堆场垂直布置“端装卸”的自动化集装箱码头, 单个箱区只能固定配备 2 台 ARMG 的主流作业模式。

4 结语

1) 阐述了钦州港全自动化集装箱码头前沿装卸工艺系统、堆场装卸工艺系统、水平运输工艺系统的主要设计要点及布置尺度。

2) U形堆场的布局模式可将港区自动化区域和非自动化区域完全物理分离, 有效实现港区装卸作业的全自动化。

3) U形全自动化方案集装箱堆场垂直于码头岸线布置, 港内外水平运输车辆可直进直出堆场进行作业, 对陆域纵深大、陆路集疏运比例高、

港外集卡集中到港特点显著的集装箱码头具有较好的适应性。

参考文献:

- [1] 吴沙坪, 何继红, 罗勋杰. 洋山四期自动化集装箱码头装卸工艺设计[J]. 水运工程, 2016(9): 159-162, 166.
- [2] 梁浩, 吴邵强. 广州港南沙四期自动化集装箱码头新型装卸工艺系统设计[J]. 港口装卸, 2020(3): 55-58.
- [3] 本刊讯. 天津港投入运营全球首个“智慧零碳”码头[J]. 中国航务周刊, 2021(43): 20.
- [4] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 钦州港大榄坪港区大榄坪南作业区 7#、8#泊位集装箱自动化改造工程初步设计[R]. 广州: 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2019.
- [5] 程泽坤, 何继红, 刘广红. 自动化集装箱码头设计与实践[M]. 上海: 上海浦江教育出版社, 2019: 84-89.

(本文编辑 王传瑜)

(上接第 47 页)

2) 北部湾港发展集装箱运输具有地理位置优越、经济腹地广阔且经济规模体量大、土地和人力等资源要素成本低廉等优势, 但同时面临中欧班列、长江沿线港口、珠三角港口的竞争及口岸通关一体化能力和专业人才缺乏等挑战。

3) 为促进北部湾港集装箱运输发展、全方位提升服务西部陆海新通道能力, 北部湾港宜进一步加快大型化、专业化码头泊位以及进港铁路及站场等基础设施建设; 宜进一步完善集装箱班轮航线结构; 宜加强海铁联运运营平台建设, 扩大海铁联运班列稳定开行密度, 强化沿线铁路站场与沿线工业园区、物流园区、仓库陆港等畅通便利衔接, 强化海铁联运货源拓展; 宜培育港口物流配套服务及加快高端、专业人才培养引进。

坪南作业区 7#、8#泊位集装箱自动化改造工程建设项目可行性研究报告[R]. 广州: 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2020.

- [2] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 钦州港大榄坪港区大榄坪南作业区 9 号、10 号泊位工程建设项目可行性研究报告[R]. 广州: 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2020.
- [3] 李崇蓉, “一带一路”背景下北部湾港集装箱运输发展策略[J]. 广西民族大学学报(哲学社会科学版), 2015, 37(6): 141-144.
- [4] 国家发展改革委.“十四五”推进西部陆海新通道高质量发展实施方案[R]. 北京: 国家发展改革委, 2021.
- [5] 陈泓名. 钦州港集装箱海铁联运策略研究[D]. 南宁: 广西大学, 2021.
- [6] 黄武海. 关于加快建设北部湾国际门户港的建议 [EB/OL]. (2022-01-27) [2022-03-04]. <http://www.gxzx.gov.cn/html/wylz/weiyuanfengcai/519.html>.

(本文编辑 武亚庆)

参考文献:

- [1] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 钦州港大榄