



日照港石臼港区通用码头自动化集装箱改造

张江南

(山东省港口集团日照港集团有限公司, 山东 日照 276826)

摘要: 随着港城矛盾等问题的日趋显著, 日照港石臼港区大力推进大宗散货作业区南移, 东、北、西作业区装卸洁净货种, 集装箱码头岸线进一步加长的步伐。以日照港石臼港区通用码头自动化集装箱改造工程为例, 通过对堆场平行岸线和堆场垂直岸线两种总体布局模式进行对比研究, 综合考虑自动化水平、建设投资、生产作业效率等因素, 确定采用堆场平行岸线的总体布局模式, 可以有效提升堆场作业能力、降低工程建设投资, 具备良好的推广应用价值, 同时为远期无人集卡技术的应用预留发展空间。

关键词: 自动化; 集装箱码头; 总体布局

中图分类号: U 656.1⁺35

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)07-0089-05

Reconstruction of automatic container of general terminal in Shijiu port area, Rizhao Port

ZHANG Jiang-nan

(Shandong Port Group Rizhao Port Group Co., Ltd., Rizhao 276826, China)

Abstract: The contradiction between port and city becomes more and more obvious, Shijiu port area of Rizhao Port promotes the southward movement of bulk cargo operation area, divide the east, west, and north area for clean cargo handling service, and extends the length of container terminal shoreline. Taking the reconstruction project of the automatic container of the general terminal in Shijiu port area of Rizhao Port as an example, we compare the two general layouts including the direction of stockyard parallel and vertical to the shoreline, determine the general layout of the stockyard parallel to the shoreline considering the automated level, capital input, and the handling efficiency. This general layout can effectively improve the operational capacity of the stockyard, reduce the construction investment. It has good application value, and reserve the development space for the long-term application of unmanned container truck technology.

Keywords: automation; container terminal; general layout

自动化集装箱码头相较传统的集装箱码头具有作业高效可靠、运营成本可控、智能化水平高等特点, 已成为当今集装箱码头的主流发展趋势之一, 而码头总体布局模式及与之对应的装卸工艺系统方案在很大程度上决定了自动化集装箱码头的建设投资、运营成本和作业效率。为此, 已有很多学者针对自动化集装箱码头的总体布局模式和装卸工艺系统设计开展深入的研究分析, 王敏等^[1]结合阿布扎比哈里发港集装箱码头二期工

程的实际情况, 研究不同的总体布局形式对自动化堆场作业能力的影响; 张清波等^[2]通过建模仿真, 发现双悬臂轨道吊工艺更适用于堆场平行岸线布置的自动化集装箱码头; 陈志毅^[3]结合南沙港区四期工程建设方案, 介绍码头建设概况、特点和难点; 刘广红等^[4]归纳总结 10 种典型的自动化集装箱码头总体布局模式; 沈园^[5]探讨传统集装箱码头自动化升级改造的思路与关键技术。

日照港拥有丰富的深水岸线资源、得天独厚

收稿日期: 2020-11-10

作者简介: 张江南(1967—), 男, 高级工程师, 从事港口规划、管理与研究。

的铁路运能、便捷的高速公路网和广袤的临港产业基地，随着近年来集装箱作业量持续增加，现有的集装箱码头作业能力已趋于饱和，因此日照港迫切需要进一步扩大集装箱码头作业区规模，并通过采用先进的自动化技术以期最大程度地发挥集装箱码头作业能力。

1 日照港集装箱码头的发展

建港近 40 年来，随着腹地经济的快速发展和港口建设步伐的加快，日照港货物吞吐量连年快速增长，2019 年完成货物吞吐量总计 4.02 亿 t、完成集装箱吞吐量 450 万 TEU，相较 2015 年分别增长 4.5%、12.5%，远高于全国港口平均水平。

作为日照港的重要组成部分，石臼港区多年来持续保持着快速的发展态势，港区吞吐量在日照港总吞吐量中一直占有较高比例，并承担日照港全部的集装箱吞吐量，但是石臼港区在发展过程中所面临的港城矛盾突出、集装箱泊位通过能力不足、集疏运系统条件改变等问题也日趋显著，原港口功能布局已无法适应港区新时代的发展要求。为此，石臼港区规划方案进行了重大调整，确定大宗散货作业区逐步南移，靠近城区的东、北、西作业区相应调整为洁净货种作业区，集装箱码头岸线加长，并增设邮轮专用码头的港区发

展方向。

根据《日照港石臼港区规划方案调整报告》^[6]，石臼港区近年来大力开展多项重点建设、改造工程，逐步将西作业区矿石、煤炭等散杂货种向南作业区迁移，并对石臼港区西作业区通用泊位开展专业化集装箱改造工程。

在集装箱码头的建设过程中，日照港积极融入“智慧港口”和“绿色港口”发展理念，大力推进自动化、大数据处理、5G 技术等前沿科技在港口的应用，按照“统筹规划、分布建设”的建设思路，日照港先后完成石臼港区西区集装箱改造一期、二期工程建设，现正在实施西区集装箱改造三期工程，为全球港航业自动化集装箱码头建设探索出了一套建设周期短、建设成本低、综合效益高的“山东港口日照港新模式”。

2 自动化集装箱码头总体布局

日照港石臼港区西作业区取水口以北已建通用码头岸线总长度约 2 361 m，其中集装箱改造工程岸线总长度 1 580 m，对应陆域纵深 468 m。集装箱改造工程分三期进行，除集装箱改造一期工程将通用码头改造为传统集装箱码头外，自一期工程向南依次开展的集装箱改造二、三期工程均定位为建成具备世界先进水平的自动化集装箱码头。石臼港区西区集装箱码头的总体规划方案见图 1。

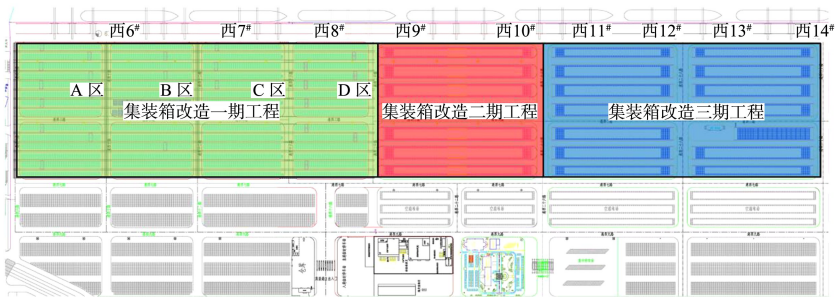


图 1 石臼港区西区集装箱码头总体规划方案

目前世界上主流的自动化集装箱码头总体布局模式主要可分为 10 类，其中全作业环节达到自动化水平的集装箱码头基本均采用堆场垂直岸线的总体布局模式。相较于传统的堆场平

行岸线的布局模式，垂直布局通过在堆场海、陆侧两端分别设置交换箱区域，从而保证人工和自动化作业环节的彻底物理隔离，其运行逻辑见图 2。

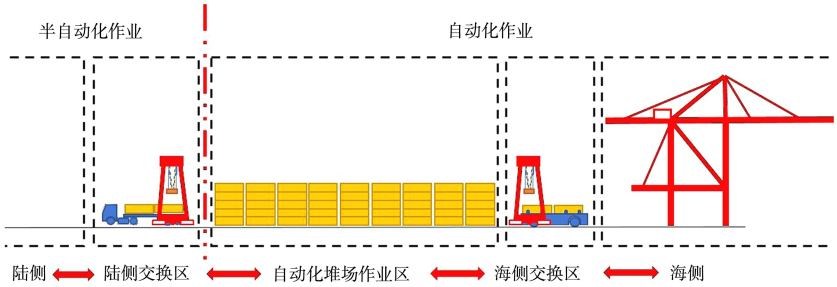


图 2 堆场垂直岸线总体布局模式运行逻辑

结合石臼港区西区集装箱码头改造二、三期工程的特点，分别对堆场平行和垂直岸线两种总体布局模式下的改造方案特点进行研究和比较。

2.1 堆场平行岸线总体布局方案

堆场平行岸线总体布局模式下，码头布置3 幅

自动化集装箱堆场，单幅堆场宽度为 388~479 m，共包含 21 组堆场箱区。自动化堆场内空、重集装箱混堆，共布置集装箱地面箱位 1.37 万 TEU，对应堆场通过能力约 290 万 TEU/a，码头总体布局见图 3。

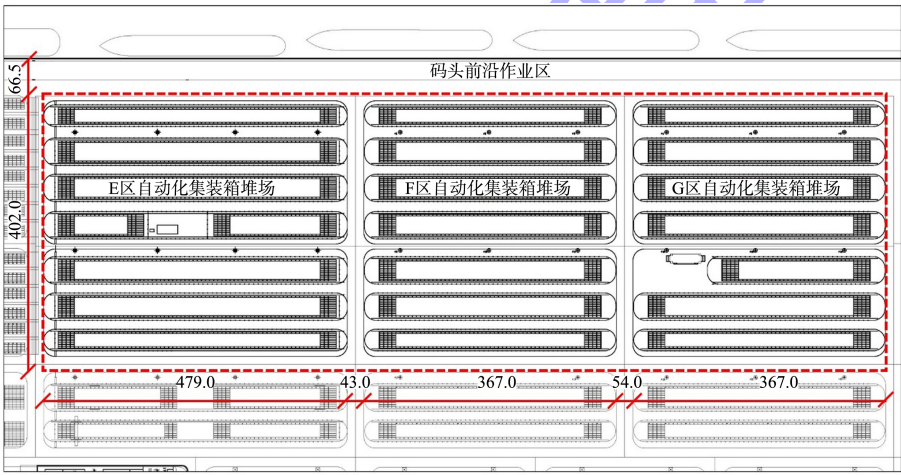


图 3 堆场平行岸线的总体布局模式（单位：m）

自动化集装箱堆场采用自动化双悬臂轨道吊作业，每条堆场箱区内均共轨配置 2 台大机，共配置大机设备 42 台。除 1[#]、7[#]两条堆场箱区采用轨距 28.4 m、轨内堆存 9 列箱的双悬臂轨道吊外，其余箱区均采用轨距 34 m、轨内堆存 12 列箱的双悬臂轨道吊，堆场最大堆箱 5 层。堆场新建大机轨道总长度约 17 km。

堆场内部道路采用内、外集卡通道间隔排布的形式布置，大机两侧悬臂下分别作业港内集卡和港外集卡；同时堆场内部道路的入口处均设置射频识别技术(RFID)和光学字符识别(OCR)设备对进堆场车辆进行状态识别，实现堆场大机设备

和水平运输车辆间的自动化数据交换。

2.2 堆场垂直岸线总体布局模式

堆场垂直岸线总体布局模式下，码头自海侧向陆侧依次布置码头前沿作业区、自动导引车(AGV)走行区、堆场海侧交换区、堆场堆箱区和堆场陆侧交换区。自动化集装箱堆场每个箱区的海侧交换区布置 5 个 AGV 支架作业位、陆侧布置 5 个集卡作业位。

自动化集装箱堆场内共布置 38 组堆场箱区，单幅箱区纵深约 320 m。自动化堆场内空、重箱混堆，共布置集装箱地面箱位 1.23 万 TEU，对应堆场通过能力约 260 万 TEU/a，码头总体布局见图 4。

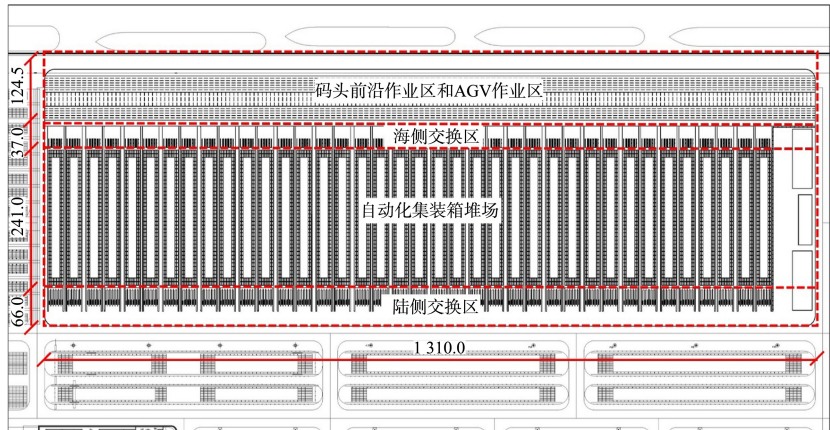


图 4 堆场垂直岸线的总体布局模式（单位：m）

自动化集装箱堆场采用自动化无悬臂轨道吊作业，每条堆场箱区内均轨配置 2 台大机，共配置 76 台设备。无悬臂轨道吊轨距 28.4 m，轨内堆存 9 列箱，堆场最大堆箱 5 层。堆场新建大机轨道总长度约 24 km。

该作业模式下，码头前沿线至堆场箱区距离达到 125 m，很大程度上挤占了堆场用地，导致后方堆场单条作业线长度仅 320 m。根据国内外已建

自动化集装箱经验，堆场单条作业线长度在 550~600 m 能够达到较高的设备利用率和较好的综合经济效益，因此本工程采用该作业模式难以发挥堆场自动化作业的优势。

2.3 总体布局模式比选

对上述两种总体布局模式下的自动化集装箱码头分别从设计、建设和运营等多个维度进行比较，结果见表 1。

表 1 两种总体布局模式下的特点对比

| 布局模式 | 自动化程度 | 码头作业区宽度 | 堆场容量及通过能力 | 设备配置数量 | 利旧水平 | 建设成本 | 推广应用价值 |
|--------|--|-------------------------------------|--------------------------|---|---------------------------------|-------------------|-------------------------|
| 堆场平行码头 | 除水平运输环节外，其余作业环节均可实现自动化，远期可借助无人集卡技术达到全自动化水平 | 布置岸桥轨道、舱盖板存放区、水平运输设备行走车道，宽度总计约 75 m | 堆场容量相对较高，堆场通过能力提升约 11.5% | 每箱区配备 2 台双悬臂轨道吊，大机数量减少 44.7%；水平运输近期可采用普通集卡，远期可升级为无人集卡 | 保留堆场内现有变电所和高杆灯，既有管线迁改工程量小，利旧水平高 | 土建工程量、设备数量少，总投资较低 | 可应用于传统集装箱码头改造工程，推广应用价值高 |
| 堆场垂直码头 | 各作业环节实现全自动化，自动化水平高 | 布置岸桥轨道、AGV 走行区等，宽度总计约 125 m | 堆场容量和堆场通过能力相对较低 | 每箱区均配备 2 台自动化轨道吊（ARMG），大机数量增加约 45%；水平运输须单独配置 AGV 设备 | 须拆除现有变电所和高杆灯，既有管线迁改工程量大，利旧水平低 | 土建工程量、设备数量多，总投资很高 | 更有利于新建自动化集装箱码头工程 |

经综合对比，堆场平行岸线总体布局模式从通过能力、总体建设投资、工程利旧水平等方面相较堆场垂直岸线总体布局模式均具有明显优势。随着无人集卡技术的逐步成熟，未来该作业模式将具备更强的智能化、自动化发展潜力。因此，

日照港石臼港区通用码头自动化集装箱改造工程采用堆场平行岸线布置的总体布局模式。

此外，堆场平行岸线的总体布局模式能更好地适应我国存量巨大的传统集装箱码头，具备更好的推广应用价值。

3 结语

1) 自动化集装箱码头采用堆场平行岸线总体布局模式，可以有效提升堆场作业能力、降低工程建设投资，具备良好的推广应用价值。

2) 自动化集装箱码头投产运营一年多来，单机作业效率达 35 自然箱/h；单人单班次作业量达 763 自然箱；外集卡在场平均停时降低至传统堆场的 1/3。相较于传统集装箱码头，自动化集装箱码头运行成本更低、单机效率更高、更加节能环保，“山东港口日照港新模式”的实用性得到充分验证。

3) 未来日照港将继续提升码头自动化水平，助推智慧港口建设，在自动化集装箱码头积极应用无人集卡、5G 通讯等先进技术，力求实现无人集卡在堆场人机混行功能，从而使码头主要作业

环节全部达到自动化水平。

参考文献：

[1] 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.

[2] 张清波, 匡家喜, 张雨婷. 传统集装箱码头向自动化码头改造仿真分析[J]. 水运工程, 2017(5): 138-142, 156.

[3] 陈志毅. 广州港自动化集装箱码头建设方案[J]. 港口科技, 2020(10): 8-9, 19.

[4] 刘广红, 程泽坤, 林浩, 等. 自动化集装箱码头总体布局模式对比分析[J]. 水运工程, 2016(9): 14-18.

[5] 沈园. 在建传统集装箱码头自动化升级改造装卸工艺设计[J]. 中国港湾建设, 2019, 39(4): 54-58, 62.

[6] 日照市人民政府. 日照港石臼港区规划方案调整报告[R]. 日照: 日照市人民政府, 2015.

(本文编辑 王璁)

(上接第 88 页)

参考文献：

[1] National Fire Protection Association. Standard for the installation of stationary pumps for fire protection: NFPA20[S]. Quincy: National Fire Protection Association, 2016.

[2] 陈永红, 孙团, 孙俊忠, 等. 船舶海洋污损生物防治技术及装置研究进展[J]. 全面腐蚀控制, 2015(12): 52-58.

[3] National Fire Protection Association. Standard for the construction and fire protection of marine terminals, piers, and wharves: NFPA307[S]. Quincy: National Fire Protection Association, 2016.

[4] Israeli Chief Fire Commission. Water network availability and layout of fire hydrant: Israeli Standard NO.529[S]. Tel Aviv: Israeli Chief Fire Commission, 2019.

[5] National Fire Protection Association. Standard for the installation of private fire service mains and their appurtenances: NFPA24[S]. Quincy: National Fire Protection Association, 2016.

[6] National Fire Protection Association. Flammable and

combustible liquids code: NFPA30[S]. Quincy: National Fire Protection Association, 2018.

[7] The Standards Institution of Israel. Sprinkler systems-Installation: Israeli Standard 1596[S]. Tel Aviv: The Standards Institution of Israel, 2017.

[8] National Fire Protection Association. Standard for the installation of sprinkler systems: NFPA13[S]. Quincy: National Fire Protection Association, 2019.

[9] 高扬, 廖鑫. 消防水幕对有害气体阻隔效果的试验研究[J]. 国安全科学学报, 2011(5): 77-82.

[10] National Fire Protection Association. Standard for the installation of standpipe and hose systems: NFPA14[S]. Quincy: National Fire Protection Association, 2010.

[11] National Fire Protection Association. Standard for dry chemical extinguishing systems: NFPA17[S]. Quincy: National Fire Protection Association, 2017.

(本文编辑 郭雪珍)