



洋山四期自动化集装箱码头装卸工艺设计

吴沙坪¹, 何继红¹, 罗勋杰²

(1. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032; 2. 上海国际港务(集团)股份有限公司, 上海 200080)

摘要: 针对洋山四期工程的特点, 选择自动化装卸工艺系统, 并通过对工艺系统设备选型和平面布置的细化和优化, 较好地解决了码头装卸与水平运输环节的衔接、陆域狭小对大型深水泊位能力的制约、堆场海陆侧轨道吊作业量不均衡、互拖及运距长等主要问题, 为发挥集装箱码头自动化的优势奠定基础。

关键词: 自动化; 集装箱码头; 装卸工艺

中图分类号: U 656.1⁺53

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)09-0159-04

Handling technology design for automated container terminal of Yangshan deepwater port phase IV project

WU Sha-ping¹, HE Ji-hong¹, LUO Xun-jie²

(1. CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China;

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

Abstract: According to the engineering characteristics of Yangshan deepwater port phase IV project, we choose the automatic handling technology system. Optimizing the equipment selection and layout of container terminal automation technology, we solve problems including connection between the wharf handling and horizontal transportation system, the capacity of container yard restricted by the narrow land, balanced utilization of the RMG between the seaside and the landside in one yard, high handling costs of long-distance round-trip, etc., and lay a solid basis for giving full play to the superiority of the automatic container terminal.

Keywords: automation; container terminal; handling technology

自动化集装箱码头在降低劳动强度、节能减排、安全可靠等方面具有显著优势, 是集装箱码头未来建设发展的方向。为适应集装箱码头的发展趋势, 自动化集装箱码头装卸工艺设计就显得相当重要。

基于洋山深水港区四期工程的资源条件, 拟将该工程建设成为高效、可靠、节能、安全的自动化集装箱港区。

1 自动化装卸工艺系统的选择

自动化集装箱装卸系统主要由码头装卸、水平运输和堆场装卸 3 个作业环节组成, 按照各作

业环节实现自动化程度的不同可将自动化码头分为半自动化和全自动化两类。半自动化集装箱码头仅在堆场环节实现自动化, 而全自动化集装箱码头除在码头装卸环节保留部分人工操作外, 水平运输和堆场装卸环节完全自动化作业。

从目前世界上已投产或在建的自动化集装箱码头来看, 用于自动化码头的水平运输设备主要为自动导引运输车(以下简称 AGV)和跨运车, 并已逐渐形成了“双小车岸桥+AGV+自动化轨道吊”和“单小车岸桥+跨运车+自动化轨道吊”的装卸工艺系统。两种工艺系统分析对比如下:

1) 作业方式。由于跨运车既能水平运输又能

收稿日期: 2015-06-16

作者简介: 吴沙坪(1967—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口装卸工艺及机械设计。

装卸,可在码头和堆场交接环节实现解耦作业,因此跨运车工艺系统可充分发挥码头岸桥和堆场轨道吊的装卸效率,而AGV自身只能被动地等待岸桥或轨道吊过来装卸作业,故要达到相同的效率目标,AGV系统需适当增加AGV的配置数量。

2) 自动化程度。AGV系统的3个作业环节中,除码头装卸环节双小车岸桥的主小车为自动化+人工确认的远程操控外,水平运输和堆场装卸环节均为自动化作业;而跨运车由于受车体构造和作业方式的限制,通常采用差分全球定位系统+现场定位雷达的方式,动态定位精度相对较低,为保证作业效率和安全,除个别码头外大多采用分步实现自动化的策略,即近期采用人工驾驶,远期随技术发展升级为无人驾驶,因此跨运车系统目前一般仅在堆场环节实现自动化。

3) 设备动力。跨运车因自重较大等原因需采用柴油发电电力驱动,能耗较高,环保条件相对较差,而AGV已由柴油发电电力向全电力(电池)和气电混合或纯气驱动方向发展,几个新建码头的AGV均采用电池作为设备动力,具有自重小、能耗低、噪声小、零排放的优点,因此AGV系统可实现整个装卸系统的全电力驱动,节能环保条件好。

结合考虑装卸系统实现的自动化水平及节能环保条件等因素,项目拟选用“双小车岸桥+AGV+自动化轨道吊”的装卸工艺系统。

2 洋山四期工程特点^[1]

1) 多泊位连续布置,工程规模大。

洋山四期工程集装箱码头岸线2 350 m,建设7个大型集装箱泊位,水工结构按15万吨级集装箱船设计。由于自动化区域需封闭管理,对于多泊位连续布置的大型自动化码头,需减少设备检修及维护对相邻自动化作业区的影响,同时还需考虑装卸系统对船舶大型化趋势的适应性。

2) 水-水中转比例高。

作为上海国际航运中心的核心港区,洋山港区的集装箱水-水中转比例高达50%。由于不同的

集疏运方式对堆场设备的实际作业量、作业效率要求产生较大影响,因此堆场设备的选型要充分考虑该因素。另外,自动化码头如何解决港区互拖箱作业也是设计中需考虑的。

3) 后方陆域纵深较小。

本工程位于东海大桥以南,平面形态呈狭长形,陆域纵深202.5~638 m,相较于集装箱干线泊位通常800~1 200 m的陆域纵深,陆域较为狭小,而码头前沿水深条件优越,因此应尽量扩大堆场容量,提高泊位的综合通过能力。

3 洋山四期装卸工艺设计关键点

3.1 主要装卸设备的选型

1) 双小车岸桥吊具选择和中转平台布置位置。

根据双小车岸桥主、副小车配置的吊具形式不同可形成3个方案:①主、副小车均配置双20 ft(6.1 m)吊具;②主、副小车均配置双40 ft(12.2 m)吊具;③主小车配置双40 ft吊具,副小车配置双20 ft吊具。

对3个方案进行细化对比分析可知,双小车岸桥主小车配置双40 ft吊具、副小车配置双20 ft吊具的方案较优:能使主、副小车的运行和起升速度在合理区间就能达到整机40 moves/h的效率目标,且随着作业中双40 ft箱比例的提高,效率优势将更加明显;副小车配置双20 ft吊具,既便于和水平运输环节的衔接,有利于AGV系统的调度,又能减小整机的装机容量和重量。

根据主、副小车的吊具配置和效率匹配情况,双小车岸桥的中转平台设于陆侧门腿。

2) AGV的形式^[2]。

为提高装卸系统的效率,根据码头与堆场侧的作业特点,AGV系统应尽可能解决水平运输设备与堆场设备间相互等待的问题。目前实现堆场侧解耦作业有2种方式:①采用提升式AGV,并在堆场海侧交接区设置固定的集装箱支架,由AGV自带的升降平台对集装箱支架取、放箱;②采用普通AGV,在堆场交接区设置AGV伴侣,

由AGV伴侣的液压机构对AGV进行取、放箱,使AGV可及时进入下一个工作循环,即水平运输和垂直提升的功能分别由AGV和AGV伴侣承担。综合考虑工程规模、设备维修的便利性及供配电投资等因素,采用提升式AGV。

AGV动力采用锂电池,以减少港口运营对环境的影响。AGV的充电方式有2种:①在港内合适位置建AGV电池更换站,当AGV电量降到一定量时自动驶入电池交换站,由全自动的设备进行电池更换后再继续工作,换下的电池进行充电备用;②在堆场海侧交接区的集装箱支架上附设充电装置进行整机充电或在线多次补充电力,以满足长时间运行要求。

考虑到本工程建设规模较大,为提高AGV的设备利用率、便于充电设施的集中管理、减少自动化区域潜在的故障点及相关设施检修维护对自动化作业的影响,采用更换电池的方式,在自动化堆场的东、西两侧各建1个电池更换站。

3) 轨道吊的选型。

现有水平运输采用AGV的自动化集装箱码头堆场通常垂直于码头岸线布置,采用自动化轨道吊作业,AGV和集卡在箱区的两端与轨道吊进行作业交接。轨道吊除完成集装箱的装卸、堆取,还需承担集装箱在箱区内的水平运输,因此轨道吊均采用整机质量较小、有利于高速行驶、堆场面积利用率高的无悬臂形式。

本工程水-水中转比例高,若堆场全部采用无悬臂形式的轨道吊,存在海陆侧轨道吊作业量不均衡、对船舶大型化的适应性差、港区间互拖箱的装卸成本高、交通组织困难等问题,故结合不同形式轨道吊的特点,在自动化堆场中采用了无悬臂、单侧悬臂和双侧悬臂3种形式自动化轨道吊。其中双侧悬臂轨道吊设在自动化堆场的西侧端部箱区,结合港内外的交通条件主要用于互拖箱作业,使港外集卡进港后在堆场围网外侧的道路上完成作业后直接出港,运输距离最短,且在功能上实现既可在场地堆存,也能与AGV进行直接交互。其他箱区则根据水-水中转比例及船舶大

型化对海侧端效率要求高的特点,在采用无悬臂轨道吊的基础上,部分箱区采用单侧悬臂轨道吊作业,通过外伸悬臂使同一箱区的两台轨道吊可同时对AGV作业,达到平衡海陆侧轨道吊作业量、增加直接为岸桥服务的轨道吊数量的目的。

为增加堆场使用的灵活性,悬臂箱区以堆放水-水中转箱为主,也可堆放部分水-陆转运箱。AGV交接区设在轨道吊的悬臂下,采用AGV将集装箱运输至箱区指定排位的交接方式,减少轨道吊的负重行走距离,避免AGV和轨道吊间的折返运输,降低能耗,箱区陆侧端设2个集卡装卸车位。无悬臂箱区以堆放水-陆转运箱为主,也可在海侧堆放部分水-水中转箱。交接区设在箱区的两端部,海侧为AGV交接区,每个箱区设5个固定的集装箱支架,陆侧为集卡交接区,每个箱区设5个集卡装卸车位。

4) 轨道吊的轨距和吊具选择^[3]。

对于垂直布置的集装箱堆场,轨道吊的轨距关系到堆场的容量和海、陆侧作业线的数量,因此轨道吊轨距以堆场容量和作业效率综合平衡的思路进行选择。综合考虑轨道吊需达到的效率、各机构的速度及能耗,要达到岸桥效率目标,岸桥与为其服务的轨道吊的配置数量比至少为1:2.5。通过对不同轨距的堆场布置方案进行堆场容量、海陆侧装卸效率以及投资等因素的综合比较,本工程轨道吊的最优轨距为31m、跨10列箱。

考虑到悬臂轨道吊采用AGV将集装箱运送到指定排位的作业交接方式,而无悬臂轨道吊作业交接位于箱区端部,每个工作循环中大车行驶所占比例较高,故无悬臂轨道吊配置双20ft吊具对堆场装卸效率的提升比较明显,结合海、陆侧轨道吊的功能和效率要求,海侧无悬臂轨道吊配置双20ft吊具,其他轨道吊配置单箱吊具。

3.2 工艺平面布置

1) 码头前方作业区布置。

借鉴国外自动化码头的经验,AGV水平运输区布置在岸桥陆侧轨后,使AGV可在任意合适处转弯,避免AGV与岸桥之间的相互干涉。岸

桥轨内设 3 条特殊箱集卡通道及舱盖板堆存区，特殊箱通过集卡进行与后方专用堆场间的水平运输。岸桥陆侧轨后设置封闭的隔离围栏，将特殊箱的装卸车作业与自动化作业区隔离，保障作业安全。

AGV 水平运输区由装卸区、缓冲区和行驶区 3 个功能区组成(图 1)。

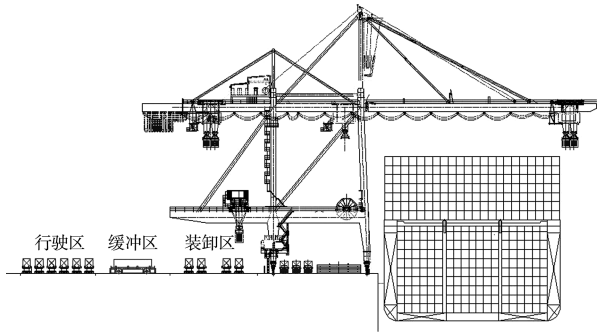


图 1 码头前方作业区布置

装卸区位于岸桥后伸距下方，装卸车道为单向布置，采用一台岸桥可对应多条装卸车道的作业方式。随着集装箱运输船舶的大型化，需集中 6~8 台甚至更多岸桥对 1 艘船作业，导致装卸区车流量大幅增加，为确保海侧装卸系统效率的充分发挥，结合岸桥的吊具形式，装卸区的车道数定为 7 条，其中 4 条为装卸车道，3 条为穿越车道，装卸车道成对布置，并与穿越车道相间隔，最大

限度地减少多台岸桥集中作业时相邻岸桥下 AGV 车流的相互干涉，提高运行效率。AGV 在装卸区完成装卸后经穿越车道转弯进入缓冲区，然后根据控制系统指令进入相应的行驶车道和指定箱区。行驶区车道采用双向布置，设 6 条车道，双向各 3 车道，间隔布置。

2) 自动化堆场布置。

自动化堆场垂直码头前沿线布置，堆放占吞吐量 97.5% 的普通重箱、空箱、冷藏箱和 45 ft (13.7 m) 箱。为得到较理想的堆场作业效率，将箱区的长度控制在 350 m 以内，同时结合地形条件，尽可能扩大自动化堆场区域，增加堆场容量。经多方案比较确定整个自动化堆场设 61 个箱区，其中 41 个为无悬臂箱区，20 个为悬臂箱区，悬臂箱区的堆场容量约占自动化堆场总容量的 1/3，与水-水中转比例 50% 相符。能直接为海侧装卸系统服务的轨道吊与岸桥的配置数量比达到 3:1，满足船舶大型化对码头装卸效率的要求。堆场容量满足码头最大通过能力 630 万 TEU 时的堆存需求。

箱区均采用两两相对布置方式。相对的单侧悬臂轨道吊悬臂下共布置 4 条 AGV 通道，其中两侧的 2 条车道为作业车道，中间 2 条为行驶车道。堆场总体布局结合泊位配置采用每隔 2~6 个无悬臂箱区布置 1 对悬臂箱区的间隔方式(图 2)。

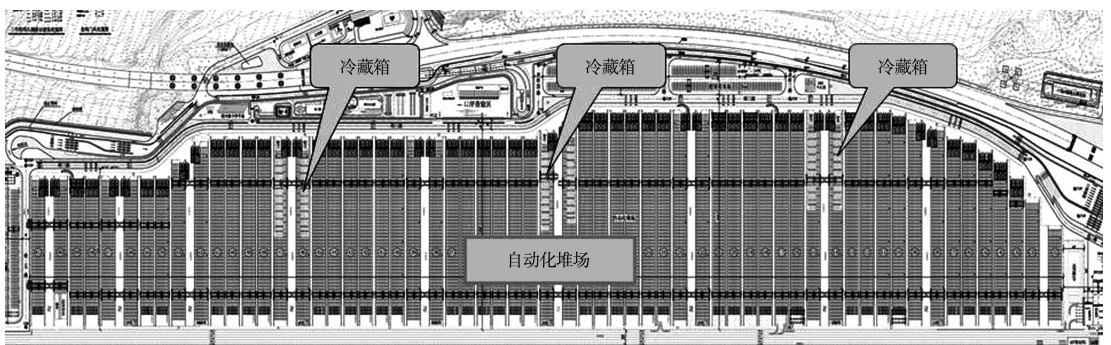


图 2 自动化堆场布置

根据本工程多泊位连续布置的特点，冷藏箱在自动化堆场内采用相对集中的布置原则，共设 3 个区域 6 个箱区。结合自动化堆场不同形式轨道吊的作业特点，将冷藏箱布置在单侧悬臂轨道吊的陆侧。箱区布置采用部分列位堆放冷藏箱的方

式，即将轨内 10 列箱中的 7 列作为冷藏箱箱位，其中靠轨道侧一列底层为冷藏箱电源插拔人员的通道，另 3 列为普通箱箱位，使人员进入箱区后轨道吊的吊具能绕过人员作业区域，确保自动化作业的安全。