



# 多种形式轨道吊在自动化集装箱堆场的应用

何继红<sup>1</sup>, 林浩<sup>1</sup>, 罗勋杰<sup>2</sup>, 陈迪茂<sup>2</sup>

(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:**为提高自动化集装箱码头的适应性,在分析现有自动化码头典型堆场布置及其对水-水中转比例高的大型集装箱枢纽港适用性的基础上,提出无悬臂、单侧悬臂和双侧悬臂3种形式轨道吊在自动化堆场的应用方案,并在洋山四期工程中得到了实际应用。

**关键词:** 自动化; 集装箱堆场; 装卸工艺; 轨道吊

中图分类号: U 656.1<sup>+</sup>35

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)09-0083-04

## Application of various types of rail-mounted gantry cranes in automated container yard

HE Ji-hong<sup>1</sup>, LIN Hao<sup>1</sup>, LUO Xun-jie<sup>2</sup>, CHEN Di-mao<sup>2</sup>

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

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

**Abstract:** To improve the adaptability of automated container terminals, we analyze the typical automatic yard layout and the suitability for large container pivot ports with high water to water transshipment and propose the application scheme of three types of cranes including non-cantilever crane, single-side cantilever crane and double-sides cantilever crane, which are applied successfully in Yangshan port phase IV project.

**Keywords:** automation; container yard; handling technology; rail-mounted gantry crane

大型集装箱枢纽港一般具有吞吐量中水-水中转比例高的特点,如果采用国外现有典型的自动化堆场设备形式及布置,在海陆侧轨道吊作业量的均衡性、对船舶大型化趋势的适应性等方面存在问题。堆场作业是自动化集装箱码头的核心所在,对码头的综合通过能力、装卸效率、营运成本、交通组织等产生直接影响,因此,如何结合项目的集疏运条件进行自动化集装箱堆场的设备选型及布置是这类港口自动化码头装卸工艺设计的关键。

### 1 现有自动化码头典型堆场布置

在自动化集装箱码头的发展历程中,堆场装

卸设备出现过跨运车、自动化轮胎式龙门起重机和高架桥式起重机的应用案例,但均因各种局限性而未被广泛沿用,堆场装卸设备以采用堆箱密度大、堆场面积利用率高、相对容易实现自动化技术的轨道式龙门起重机(以下简称“轨道吊”)为主。

现有堆场采用轨道吊的自动化码头中,不管水平运输采用自动导引运输车 AGV 还是跨运车,堆场布置形式基本相同。以最具代表性的荷兰鹿特丹 Euromax 码头为例(图1),典型堆场布置为:

堆场垂直于码头岸线布置,堆场作业采用无悬臂形式的自动化轨道吊;水平运输设备不进入箱区,在箱区的两端与堆场进行作业交接,海侧

为AGV与轨道吊的交接区,陆侧为外集卡与轨道吊的交接区;每条箱区配置2台同轨运行的轨道吊,有明显的海、陆侧作业分工,海侧轨道吊主要负责与装卸船流程相关的作业,陆侧轨道吊主要负责与港外集卡提送箱相关的作业。

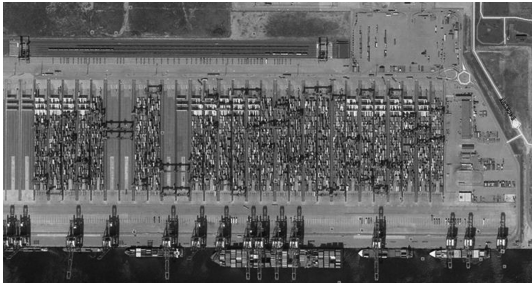


图1 典型堆场布置(鹿特丹 Euromax 码头)

## 2 典型堆场布置对水-水中转比例高的集装箱枢纽港的适用性

鹿特丹港等许多国外港口拥有完善、高效的内陆运输网络体系,采用这种典型堆场布置能使集装箱装卸过程中的搬运路由与集疏运路由达到一致,物流线路短,也有利于形成高密度的集装箱堆场,并将内、外场自动化与非自动化作业自然分离<sup>[1]</sup>。但该典型堆场形式应用于水-水中转比例高的大型集装箱枢纽港,则存在以下问题:

1) 因水-水中转箱在港区只经过海侧装卸环节,故导致海陆侧轨道吊作业量不均衡,且水-水中转比例越高,作业量不均衡的问题越突出。

2) 水-水中转箱的集疏运末端均为装卸船作业,与水-陆转运箱相比,对堆场集疏运的效率要求高,且随着集装箱船舶的大型化,对码头装卸效率及作业持续强度的要求进一步提升,如果采用这种具有明显海陆侧设备分工的典型布置,就要求有更多的箱区和轨道吊为岸桥服务,而箱区的增加需减小轨道吊轨距,引起堆场容量降低和设备及轨道基础投资增加。

3) 对于水-水中转比例高的港口,由于航线配置原因,存在着不同营运公司之间的互拖箱作业。若互拖集卡采用与外集卡相同的作业方式,则同样需经过陆侧和海侧装卸环节,装卸成本较高。

## 3 多种形式轨道吊在自动化堆场的应用研究

### 3.1 不同形式轨道吊的特点

轨道吊按结构形式可分为无悬臂、带悬臂两大类。两种机型相比,无悬臂形式的轨道吊自重较轻,堆场面积利用率高,是现有水平运输采用AGV或跨运车的自动化码头中最具代表性的堆场设备;而悬臂形式的轨道吊整机宽度和重量较大,堆场面积利用率相对较低,在水平运输采用集卡、堆场平行于岸线布置的半自动化码头中有应用案例。悬臂轨道吊应用于垂直布置的自动化堆场,与无悬臂轨道吊相比具有不同的作业特点。

#### 3.1.1 无悬臂和带悬臂轨道吊的作业特点

无悬臂轨道吊的作业特点:1) 采用无悬臂轨道吊的自动化堆场,水平运输设备不进入箱区,分别在箱区的两端与轨道吊进行作业交接;2) 轨道吊除完成集装箱的装卸、堆取作业,还需承担集装箱在箱区内的水平运输,因此箱区长度对轨道吊的效率影响较大,一般箱区长度在300 m左右,最长不超过350 m<sup>[2]</sup>;3) 每个箱区只有一台轨道吊能直接为岸桥服务。

悬臂轨道吊的作业特点:1) 采用悬臂轨道吊的自动化堆场,水平运输设备进入堆场,与轨道吊的作业交接设在悬臂下;2) 水平运输设备与轨道吊之间的作业交接位置不固定,由水平运输设备将集装箱运输至箱区的指定排位,即轨道吊不承担箱区内集装箱的水平运输、仅负责码垛和装卸,因此悬臂轨道吊的作业效率较高,箱区长度加长对轨道吊的效率影响也不大;3) 同一箱区的两台轨道吊都能对海侧水平运输设备作业、直接为岸桥服务。

#### 3.1.2 单侧悬臂和双侧悬臂轨道吊的比较

悬臂轨道吊有单侧悬臂和双侧悬臂之分。两者比较如下。

1) 堆场面积利用率:在同等条件下双悬臂轨道吊的堆场容量比单悬臂轨道吊低约15%。

2) 作业效率:对于大轨距轨道吊,如采用单侧悬臂,由于小车运行距离较长,单个循环时间增加,作业效率降低,但对于跨8~10列箱的较小

轨距的轨道吊,单侧或双侧悬臂对作业效率影响不明显。

3) 作业交通组织:相邻箱区相对布置的两悬臂下通常可布置4条车道,已能满足相邻两个箱区作业时的交通流量需求。

因此,当采用较小轨距时,单侧悬臂轨道吊比双侧悬臂轨道吊更具优势。

### 3.2 多种形式轨道吊在自动化堆场的应用方案

#### 3.2.1 无悬臂轨道吊和单侧悬臂轨道吊组合方案

针对现有典型自动化堆场形式应用于大型集装箱枢纽港存在的问题,结合不同形式轨道吊的作业特点,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,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。具体为:

根据项目的运量结构,自动化堆场总体以箱区箱场作业专业化、容量和作业效率综合平衡的思路进行规划:按水-水中转箱和水-陆转运箱的需求比例进行功能分区,堆场装卸设备相应采用带单侧悬臂轨道吊和无悬臂轨道吊作业。

悬臂轨道吊箱区以堆放水-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,大幅减少轨道吊的负重运行距离。同一箱区的2台轨道吊可同时对AGV作业,直接为海侧装卸系统服务。平面布置采用单侧悬臂端两两相对的方式。两悬臂下两侧各布置一条作业通道,中间布置两条AGV行驶车道。箱区陆侧端可根据需要布置集卡装卸车位,使箱区在使用中具有一定的灵活性,同时避免自动化与非自动化车流的交叉。

无悬臂轨道吊箱区以堆放水-陆转运箱为主,也可根据作业需要在海侧堆放水-水中转箱。交接区设在箱区的两端部,海侧为AGV交接区,陆侧为集卡交接区。同一箱区的2台轨道吊各自负责相应端交接区的装卸作业,当作业繁忙时,可通过海、陆侧轨道吊的接力完成集装箱在同一箱区

海、陆侧间的长距离运输,提高繁忙侧轨道吊的作业效率。

#### 3.2.2 组合方案的平面布局方式

自动化堆场中单侧悬臂箱区和无悬臂箱区的配置比例在满足效率和箱容量的前提下,可根据以下条件确定。

1) 项目的集疏运条件:如水-水中转和水-陆转运的比例;

2) 项目的陆域条件:根据悬臂轨道吊的作业特点,悬臂箱区长度可适当加长,且同一箱区的轨道吊均可直接对AGV作业,故可通过增加轨道吊和AGV的数量保证码头作业效率。因此对于陆域纵深较大的码头,可根据陆域条件和堆存需求适当增加悬臂箱区的数量,以充分利用后方场地。

单侧悬臂箱区和无悬臂箱区在堆场中的平面布局可结合泊位功能和陆域条件,采用均匀地间隔布置或集中布置的方式。对于多泊位连续布置的大型集装箱枢纽港,可采用均匀的间隔布置方式,使中转箱在泊位间转运的运输距离较短,其典型布置见图2。

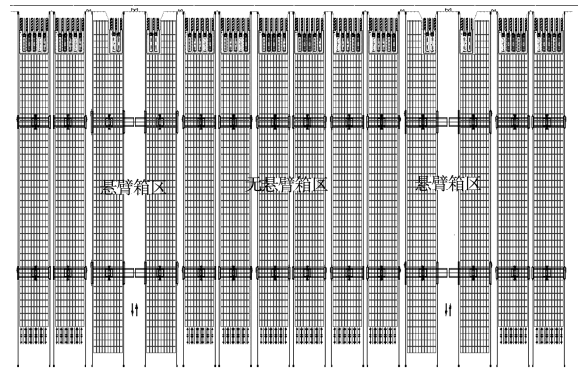


图2 采用单侧悬臂和无悬臂轨道吊组合方案的堆场典型布置

#### 3.2.3 堆场端部箱区的布置

自动化堆场端部箱区的外侧均设有道路,因此端部箱区可充分利用其周围的交通条件,采用双悬臂形式的自动化轨道吊作业,并结合港区的一些特殊功能需求进行箱区功能安排,如主要用于互拖箱的堆放等。轨道吊的堆场内侧悬臂用于AGV作业,外侧悬臂用于互拖集卡作业,使集装

箱既可以在该箱区堆存,也可以实现集卡与AGV的直接交互,减少作业环节,降低装卸成本(图3)。

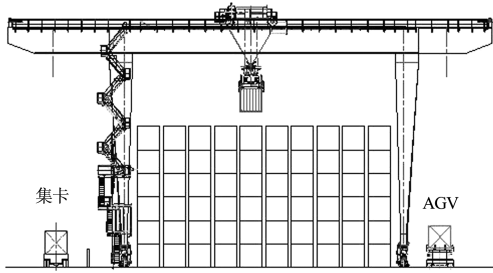


图3 端部箱区双悬臂轨道吊断面

### 4 工程实例<sup>[3]</sup>

#### 4.1 洋山四期工程堆场装卸工艺及布置方案

洋山深水港区四期工程规划集装箱码头岸线2 350 m,水工结构按靠泊15万t级集装箱船设计,码头装卸采用双小车岸桥,水平运输采用AGV,堆场垂直于码头岸线布置。作为上海国际航运中心的核心港区,水-水中转比例高达50%,且存在一定比例的互拖箱作业,故采用上述堆场工艺方案,在自动化集装箱堆场中采用了无悬臂、单侧悬臂和双侧悬臂3种形式的自动化轨道吊:其中双侧悬臂轨道吊设在自动化堆场的西侧端部箱区,其它箱区结合洋山港区的集疏运特点,采用无悬臂和单侧悬臂轨道吊的组合方案。轨道吊的轨距为31 m、跨10列箱。

根据水-水中转比例和堆场容量需求,经多方案比选,确定整个自动化堆场共布置61个箱区,其中悬臂箱区10对(即20个),无悬臂箱区41个。结合泊位功能安排,自动化堆场总体布局采用相对均匀的间隔布置方式:西侧2个泊位每隔2个无悬臂箱区布置1对悬臂箱区,其余泊位每隔4~6个无悬臂箱区布置1对悬臂箱区。悬臂箱区的地面箱位约占自动化堆场总箱位的1/3,与水-水中转箱的容量需求基本一致。

结合港内外交通条件,在港区西侧的出港闸口处设一互拖车辆专用进港车道,自动化堆场的西侧端部箱区规划为主要用于互拖箱的作业,采用双悬臂形式的自动化轨道吊。互拖集卡从专用车道进港后、由经六路到达西侧端部箱区围网外侧的经五路,运输到指定位置后在围网外侧与双

悬臂轨道吊完成作业交接,然后直接出港,使互拖箱的运输距离最短,也避免了与港内主交通流向的冲突(图4)。

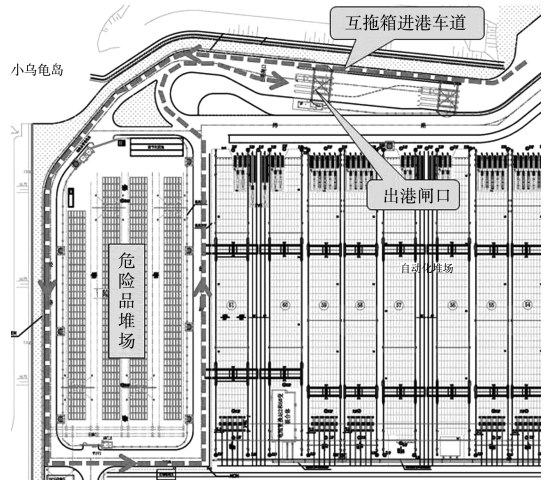


图4 端部双悬臂箱区及互拖车辆专用通道布置

#### 4.2 方案特点

- 1) 能按不同的集疏运方式进行功能分区,达到海陆侧轨道吊作业量的均衡。
- 2) 部分箱区采用带悬臂的轨道吊作业,与全部采用无悬臂轨道吊方案相比,可在不增加堆场设备数量和投资的前提下,增加直接为岸桥服务的轨道吊数量,使海侧装卸系统中岸桥与轨道吊的配置数量达到1:3,提高了对海侧装卸作业强度的适应性,满足船舶大型化对装卸效率和作业持续强度的要求。
- 3) 该方案的箱区功能明确,便于管理,同时也具有较大的灵活性,能够应对箱量结构的变化。
- 4) 悬臂箱区相对均匀地分布于整个堆场中,可减少中转箱在泊位间转运的运输距离。
- 5) 结合港内外的交通条件,将西侧端部箱区主要用于互拖箱的堆放,采用双悬臂轨道吊作业,使互拖箱的装卸成本低,运输距离短,同时也有利于港内交通组织。

### 5 结论

1) 提出一种新型的堆场自动化装卸工艺及布置方案,即自动化堆场无悬臂、单侧悬臂和双侧悬臂三种形式轨道吊的组合应用。(下转第95页)