



# 自动化集装箱码头堆场布置新模式

王施恩<sup>1</sup>, 何继红<sup>2</sup>, 林浩<sup>2</sup>, 罗勋杰<sup>1</sup>

(1. 上海国际港务(集团)股份有限公司, 上海 200080;

2. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

**摘要:** 自动化集装箱堆场是自动化码头的重要组成部分。高效、合理地布置自动化集装箱堆场对码头综合通过能力、装卸效率和营运成本等将产生积极影响。在对国外典型自动化集装箱码头堆场在平面布置、设备选型和功能规划等方面分析的基础上, 提出洋山四期全自动化集装箱码头堆场布局新模式。

**关键词:** 自动化集装箱码头; 集装箱堆场; 布置; 新模式

中图分类号: U 656.1<sup>+</sup>35

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)09-0023-04

## New mode for yardlayout of automated container terminal

WANG Shi-en<sup>1</sup>, HE Ji-hong<sup>2</sup>, LIN Hao<sup>2</sup>, LUO Xun-jie<sup>1</sup>

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

2. CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

**Abstract:** The automated container yard is an important part of automation terminal. Efficient and reasonable automatic container yard layout mode has a positive impact on the comprehensive capacity of the terminal, loading and unloading efficiency and operating costs. Based on the analysis of the foreign typical automated container terminal yard in the layout, selection of equipment and functional planning, this paper proposes the new mode for Yangshan Phase IV fully automated container terminal yard layout.

**Keywords:** automated container terminal; container yard; layout; new mode

## 1 国外典型自动化集装箱堆场布置

### 1.1 德国汉堡港 HHLA CTA 码头<sup>[1]</sup>

德国汉堡港 HHLA CTA 码头于 2002 年投入运营, 建有 4 个泊位, 码头岸线长度 1 400 m, 设计年通过能力 300 万 TEU。码头前沿配置 15 台双小车岸桥, 水平运输采用 86 台 AGV, 堆场垂直于码头布置, 共设 26 条箱区, 每条箱区配置高度一高一低、轨距一大一小并分别在不同轨道上运行的 2 台自动化轨道吊。每个箱区布置 10 列集装箱, 箱区长度为 37 个标准箱位, 堆高 4 层。自动化堆场后方为铁路装卸区, 设 7 条铁路装卸线, 配备 4 台吊具可旋转的人工操作的双悬臂轨道吊, 自动

化堆场与铁路装卸区之间的运输由内集卡承担, 共配置 14 辆牵引车和 300 辆底盘车。

水平运输设备不进箱区, 在箱区的两端与堆场轨道吊进行作业交接, 海侧为 AGV 与轨道吊的交接区; 陆侧为集卡与轨道吊的交接区, 布置 3 个外集卡和 3 个内集卡装卸车位, 集卡需倒车进入装卸位。每个外集卡装卸位设露天的操作站, 内集卡装卸位不设操作站, 采用甩挂方式, 即内集卡进入装卸位后牵引车与半挂车脱钩离开, 待装卸完成后再将其拖运到铁路装卸区, 底盘车垂直于铁路线停放。冷藏箱布置在自动化堆场内, 超限箱布置在自动化堆场的一侧。堆场布置见图 1。



图1 汉堡 HHLA CTA 码头

堆场布置的主要特点：1) 堆场垂直布置，水平运输设备不进入箱区，使码头与堆场间的前方车流和后方集卡车流自然分离，便于自动化堆场的封闭管理和港区交通组织，也使码头与堆场间的水平运输距离最短；2) 每个箱区布置2组不同轨距的轨道，同一箱区的2台轨道吊为套叠式，小轨距轨道吊可以从大轨距轨道吊下方穿越；3) 2台设备无明显的海、陆侧作业分工，灵活性较好，海、陆侧两端的作业都可由2台设备同时应对，提高交换区的作业效率；4) 为保证大、小跨轨道吊相互带箱穿越时不发生碰撞，大跨轨道吊的小车必须在小跨轨道吊的结构外形之外，这个空间也兼作轨道吊的维修通道；5) 由于需穿越作业，每个箱区设置4根轨道，而实际的堆箱区按小轨距轨道吊布置，两者的轨距差相当于损失2列箱，堆高也受到限制，设备投资及轨道基础投资较大。

目前这种堆场布置形式只有汉堡港 HHLA CTB 码头沿用。HHLA CTB 码头原采用传统的跨运车工艺系统，在进行自动化改造时，水平运输利用已有的跨运车，自动化堆场沿用了 CTA 的套叠式轨道吊布置方案，并将单个箱区轨道吊的配置数量由1大1小2台增加到1大2小3台，以进一步提高箱区的作业效率。

### 1.2 荷兰鹿特丹 Euromax 码头<sup>[1]</sup>

荷兰鹿特丹 Euromax 码头于2008年投入运营，码头岸线长度1500m，设计年通过能力230万TEU。码头前沿配置12台满足大型船舶和4台用于内河驳船作业的双小车岸桥，水平运输采用96台AGV，堆场垂直于码头布置，现有29条箱区，每条箱区配置2台相同规格的自动化轨道吊。轨道

吊轨内布置10列集装箱，堆高5层，箱区长度为36个标准箱位。冷藏箱布置在自动化堆场的陆侧端部。自动化堆场后方为铁路装卸区，设6条750m长的铁路装卸线，配备2台吊具可旋转的双悬臂轨道吊，自动化堆场与铁路装卸区之间的运输也由内集卡承担，共配置18辆牵引车和124辆底盘车。堆场布置见图2。

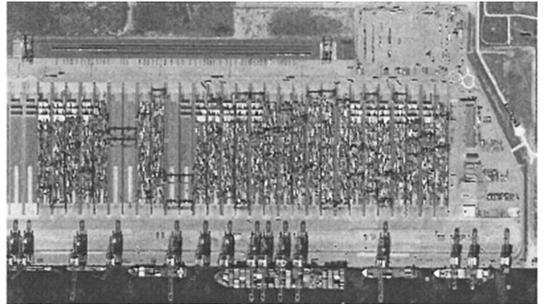


图2 鹿特丹 Euromax 码头

每个箱区海侧端为AGV与轨道吊的交接区，设6个AGV装卸车位；陆侧为集卡与轨道吊的交接区，布置有2个外集卡和2个内集卡装卸车位及轨道吊的吊具检修区。外集卡的2个装卸车位共用一个带顶篷的操作站，而内集卡的装卸车位不设操作站，作业方式与HHLA CTA 码头相同(图3)。



图3 鹿特丹 Euromax 码头陆侧交接区

堆场布置的主要特点：1) 每个箱区配置的两台轨道吊同轨运行，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；两台设备也能互相支援，通过接力式作业提高繁忙侧作业效率；2) 当一侧的轨道吊出现故障时移到该侧端部，由另一侧的轨道吊过来作业，故两侧交接区的长度比设备套叠式布置略长，共

多占用2~3排标准箱位,但堆场面积利用率仍比套叠式布置得高;3)轨道吊的检修通道设在两箱区之间。

### 1.3 荷兰鹿特丹 Maasvlakte II 码头

荷兰鹿特丹 Maasvlakte II 码头岸线总长度 2 800 m,首期于 2015 年初建成投产,建设 1 000 m深水岸线和 500 m驳船岸线,码头上配置 8 台用于大型船舶作业的双 40 ft(12.2 m)双小车岸桥和 2 台驳船装卸桥,水平运输采用 37 台 AGV,堆场垂直布置,首期建设 28 个箱区,轨道吊重 41 t,轨内跨 9 列箱,堆高 5 层。该码头在深水泊位的侧面设置了内河驳船泊位,将靠近驳船泊位的 3 个箱场布置为水水中转箱区;堆场后方建有铁路装卸区,堆场与铁路装卸区间的水平运输也采用 AGV,并将自动化堆场另一侧的 7 个箱区作为铁-水中转专用箱区,这两类专用箱区的两端均为 AGV 与轨道吊的交接区。自动化堆场中间箱区的陆侧端部设集卡交接区。堆场布置见图 4。

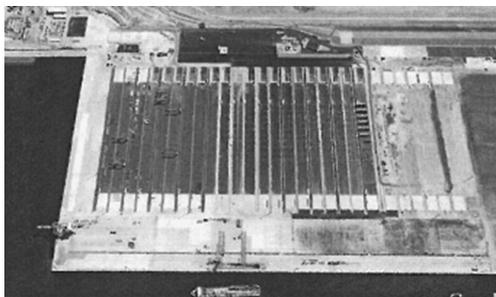


图 4 鹿特丹 Maasvlakte II 码头

该码头的自动化堆场与同样采用 AGV 系统的 Euromax 码头相比,具有以下特点:1)水平运输采用带有升降平台的提升式 AGV,相应地在堆场的 AGV 交换区设置固定的集装箱支架,由 AGV 对支架进行主动取放箱,使 AGV 不需要在堆场交换区被动地等待轨道吊过来装卸车,实现了 AGV 与轨道吊之间的解耦作业;2)港内包括堆场与铁路装卸区之间的水平运输全部采用 AGV,进一步提高了自动化水平;3)根据项目的集疏运方式,对自动化箱场进行了功能分区,相应地自动化堆场箱区的陆侧端分别设置为 AGV 交接区和集卡交接区。

### 1.4 澳大利亚布里斯班 Patrick 码头<sup>[2]</sup>

布里斯班 Patrick 码头于 2005 年建成,码头岸线长 930 m。码头前沿配置 4 台岸桥,水平运输和堆场作业都采用自动化跨运车,共配置 27 台。堆场上集装箱垂直码头堆放,堆高 2 层,箱区长度为 35 个标准箱位。外集卡在自动化堆场陆侧端的封闭区域进行提、送箱作业。堆场布置见图 5,外集卡作业区见图 6。



图 5 布里斯班 Patrick 码头



图 6 布里斯班 Patrick 码头外集卡作业区

堆场布置的主要特点:1)该码头是目前唯一的水平运输、堆场拆码垛、集卡装卸车作业全部采用无人驾驶跨运车的自动化集装箱码头,堆场布置与采用人工跨运车的传统码头类似;2)跨运车一机多能,作业转换环节少,工艺流程简单,设备投资和场地基础投资较省;3)堆场陆侧端集中设置外集卡作业区,装卸车位倾斜布置,有利于集卡的倒车入位;4)由于跨运车只能跨 1 列箱,堆高又受限,堆场面积利用率低。

## 2 国外典型自动化集装箱堆场布置形式的启示

1)堆场平面布局。从港区交通组织分析,对于码头与堆场间采用自动化水平运输的自动化集装箱码头,堆场采用垂直于码头岸线的布置更有

利于将海侧的自动化车流与陆侧人工驾驶的集卡车辆自然分离,便于自动化堆场的封闭管理和港区的交通组织。

2) 堆场设备选型。布里斯班 Patrick 码头采用的跨运车方案作业转换环节少、流程简单、工程投资低,但堆场容量最小,适用于规模较小、对堆场容量要求不高的自动化码头;鹿特丹 Euromax 码头堆场所采用的同轨运行的轨道吊方案堆场面积利用率最高,堆场容量最大,这种堆场布置形式与 HHLA CTA 码头的套叠式布置相比更适用于后方陆域纵深不大、但对堆场容量要求较高的大型自动化集装箱码头。

3) 堆场功能规划。新建的 Maasvlakte II 码头

根据工程的集疏运条件对箱场进行功能规划,并在此基础上将水平运输的自动化延伸到堆场与铁路装卸区之间,进一步提升了港区的自动化水平,这种布置形式也值得具有类似条件的项目借鉴。

### 3 洋山四期全自动化集装箱堆场布置新模式<sup>[3]</sup>

#### 3.1 洋山四期工程简介

洋山四期岸线长 2 800 m,共建设 5 个 5 万吨级和 2 个 7 万吨级集装箱泊位,设计年通过能力为 630 万 TEU。码头前沿配置双小车岸桥 26 台,水平运输配置 130 台 AGV,堆场配置自动化轨道吊 120 台。洋山四期工程陆域为狭长条状地块,平均陆域纵深仅为 500 m,堆场容量较小(图 7)。

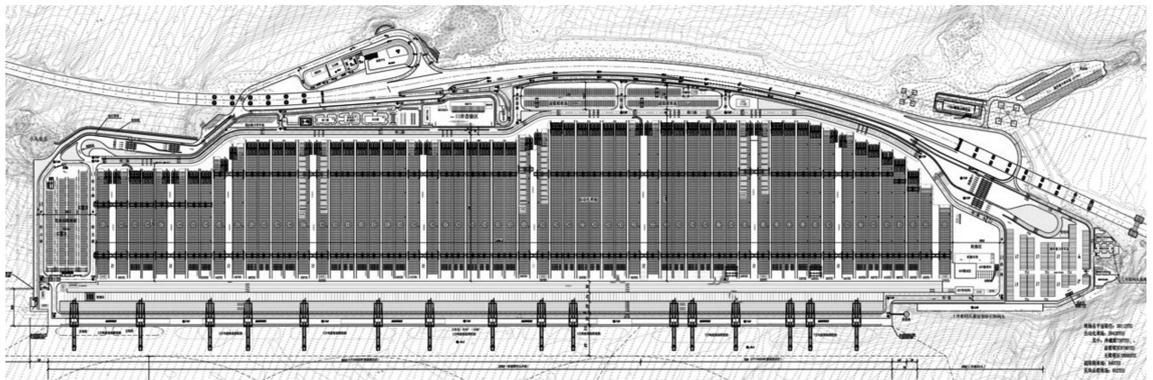


图 7 洋山四期全自动化集装箱码头

#### 3.2 洋山四期堆场布置新模式

自动化堆场位于码头后方,垂直于码头布置,宽 2 384.5 m,纵深 210 ~ 446.5 m,平均纵深 396.5 m,堆场面积 94.5 万  $m^2$ ,用于堆放普通空、重箱、冷藏箱和 45 ft (13.7 m) 箱。为尽可能扩大主力自动化堆场的规模,除危险品箱及超限箱外,均在自动化堆场内作业,以规避自动化堆场与空箱堆场、冷藏箱堆场之间的倒箱操作。四周沿岸桥陆侧轨道、箱区的外侧轨道设置封闭的隔离围栏,每 2 个箱区的检修通道处设检修车辆和人员出入口,并安装门禁系统,出入时需刷卡确认。

基于洋山港区水-水中转比例高、干支线船舶混合作业、码头及港区间互拖箱作业量大、海侧陆侧作业量不均衡等因素,自动化堆场采用无悬

臂、单侧悬臂和双侧悬臂 3 种自动化轨道吊混合布局模式(图 7)。共布置 61 个箱区,每条箱区采用陆侧、海侧轨道吊双机配置。无悬臂箱区和悬臂箱区相间布置,其中悬臂箱区 20 个、无悬臂箱区 41 个。西侧泊位每隔 2 个无悬臂箱区布置 1 对悬臂箱区,东侧泊位每隔 4~6 个无悬臂箱区布置 1 对悬臂箱区。

相邻两台带悬臂 ARMG 的悬臂侧轨道中心线间距为 21 m,内设 2 条 AGV 作业车道和 2 条行驶车道。带悬臂 ARMG 与无悬臂 ARMG 之间相邻的轨道中心线间距为 6.5 m,内设检修通道。相邻 2 台无悬臂 ARMG 的轨道中心距分别为 6.5 m 和 4 m,其中间距 6.5 m 的范围内设检修通道。