

# 自动化集装箱码头堆场布置模式简析

熊玲燕, 岳金灿

(中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 天津 300222)

**摘要:** 随着经济全球化和区域经济一体化进程的加快, 集装箱现代化港区的逐步建设, 集装箱码头的自动化备受国际社会的关注, 本文对几种主要的自动化堆场布置模式进行比较分析, 并对青岛自动化码头堆场布置进行小结。

**关键词:** 自动化集装箱码头; 堆场布置; 自动化集装箱龙门起重机; 码头; 港口

中图分类号: U656.1<sup>+</sup>35

文献标识码: A

文章编号: 1004-9592 (2018) 05-0042-03

DOI: 10.16403/j.cnki.ggjs20180510

## Analysis on Layout Patterns of Automatic Container Yard

Xiong Lingyan, Yue Jincan

(CCCC First Harbor Consultants Co., Ltd., Tianjin 300222, China)

**Abstract:** The acceleration of economic globalization and regional economy integration promotes the construction of modern container harbors. The automation of container terminals has been focused on by international community. A comparative analysis is made for the layout patterns of automated container yard, and the layout of Qingdao automated container yard is summarized in detail.

**Key words:** automated container terminal; layout of yard; ARMG; wharf; harbor

### 引 言

随着经济全球化和区域经济一体化进程的加快, 集装箱现代化港区的逐步建设, 集装箱船型的大型化, 吞吐量实现了快速增长, 为了满足集装箱吞吐量快速增长的需要, 落实“一带一路”国家战略要求, 提升港口国际竞争力, 建设新型的集装箱自动化码头成为大势所趋, 集装箱自动化码头可以降低单位能耗, 减少生产安全隐患, 人力资源节省显著, 环保效果良好。

### 1 自动化集装箱码头及堆场国内外现状

集装箱自动化码头集成了信息化、自动化、智能化和电子化等现代物流技术, 将码头与堆场之间的运输、堆场内的作业及闸口进出等全过程实现自

动化运作。集装箱自动化码头较有代表的如荷兰鹿特丹港 Euromax 码头、德国汉堡港 CTA 集装箱码头、巴塞罗那 BEST 码头、上海港自动化集装箱堆场、弗吉尼亚 APM 码头、韩国釜山 BNCT 码头、伦敦 GATWAY 码头、名古屋码头、青岛集装箱自动化码头、上海洋山自动化码头等。

#### 1.1 荷兰鹿特丹港 Euromax 码头

荷兰鹿特丹港 Euromax 码头是欧洲集装箱码头公司 (ECT) 与 A.P.穆勒-马士基公司联合兴建的全自动化码头。Euromax 码头一期工程于 2008 年建成并投产运营, 码头年吞吐量约 230 万 TEU。码头前沿配置双箱双小车集装箱岸边装卸桥, 码头和堆场之间的水平运输采用自动导引小车 (AGV)。堆场垂直码头布置, 堆场内每个箱区设 1 条自动导引车通道, 堆场设备采用全自动轨道式集装箱龙门起重机 (RMG), 图 1 为荷兰鹿特丹港码头。

收稿日期: 2018-06-19

作者简介: 熊玲燕 (1983-), 女, 高级工程师, 主要从事港口工程装卸工艺设计工作。

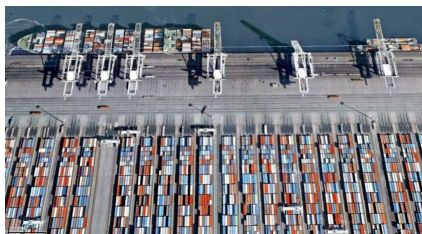


图1 荷兰鹿特丹港集装箱码头

## 1.2 德国汉堡港 CTA 集装箱码头

德国汉堡港 CTA 集装箱码头建于 1999 年, 一期工程于 2002 年建成并投产, CTA 码头包含 4 个专业化集装箱泊位, 年通过能力约 190 万 TEU, 堆场堆存能力约 30 万 TEU。码头前沿配置 14 台双箱双小车岸桥, 码头与堆场之间的水平运输采用自动导引小车 (AGV) 完成。堆场垂直码头布置, 堆场采用高低轨道式集装箱龙门起重机 (RMG) 方案, RMG 在堆场两端完成装卸作业。图 2 为德国汉堡港 CTA 集装箱码头。

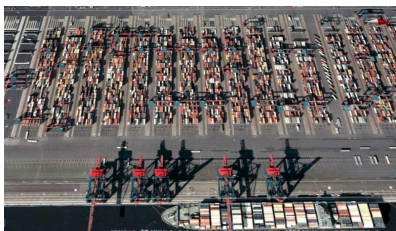


图2 德国汉堡港集装箱码头

## 1.3 巴塞罗那 BEST 码头

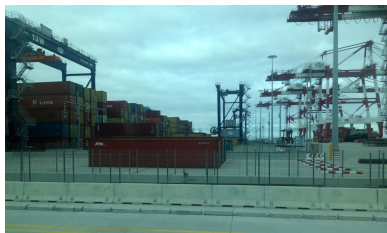


图3 巴塞罗那 BEST 码头

巴塞罗那 BEST 码头一期工程岸线长 1 500 m, 包括 5 个泊位; 二期工程岸线长 600 m, 包括 2 个泊位, 总的年通过能力为 300 万 TEU, 码头装卸船采用岸边集装箱起重机, 堆场集装箱堆垛及装卸车采用全自动轨道式龙门起重机 ARMG, 码头和堆场之间的水平运输采用跨运车作业, 堆场垂直码头布置, 单条堆场长 50 个 TEU, 每条堆场布置 2 台 ARMG, ARMG 跨内可布置 9 排箱, 堆五过六机型。见图 3。

## 1.4 上海港自动化集装箱堆场

上海外高桥集装箱码头的自动化空箱堆场规划面积约 6.47 万  $\text{m}^2$ , 分为 5 个堆垛区, 每个堆垛区配置 1 台高架轨道式集装箱龙门起重机, 堆场两端各 3 台低架轨道式龙门起重机, 高架轨道式集装箱龙门起重机跨内布置 6 排箱, 集装箱最高堆高 8 层。堆场占地面积 64 707  $\text{m}^2$ , 堆存容量 15 360 TEU, 整个堆场为全封闭式, 实现全自动化无人操作。堆场采用全自动化高低架轨道吊 (RMG) 接力式装卸系统, 集卡装卸车和堆场堆存箱作业分别通过低架轨道吊 (RMG) 和高架轨道吊 (RMG) 完成, 高架轨道吊 (RMG) 之间通过中转平台衔接。图 4 为上海外高桥集装箱码头的自动化空箱堆场。



图4 自动化空箱堆场

## 2 自动化堆场布置模式

集装箱自动化码头堆场的布置, 从堆场的布置方向上有两种, 一是堆场平行码头布置, 一是堆场垂直码头布置, 堆场平行码头布置, 码头与堆场之间集装箱运输距离较长, 运行路径拐弯较多, 因此大多数自动化集装箱码头堆场都采用垂直码头布置的型式。堆场垂直码头布置, 码头与堆场直线衔接区间运输距离短, 路径相对简单, 作业效率高。

从堆场装卸作业设备选型上, 主要包括高架轨道吊模式、AGV+ARMG 模式、跨运车+RMG。

### 2.1 高架轨道吊模式

上海外高桥集装箱码头和新加坡集装箱自动化码头采用的是高架轨道吊模式。上海外高桥集装箱码头仅是码头与堆场衔接段采用高架桥型式, 布置低架轨道吊和集装箱转运平台, 堆场布置高架轨道吊, 岸桥与堆场高架轨道吊之间集装箱的运输, 通过低架轨道吊和转运平台进行衔接。新加坡集装箱自动化码头整个堆场上方均布置有高架轨道吊, 堆场内集装箱装卸运输通过高架上的轨道吊完成。这种型式的堆场布置, 虽然集装箱装卸运

输过程中的转接点简化了,但由于高架建设成本过高而没有得到广泛应用。

## 2.2 AGV+ARMG 模式

AGV+ARMG 模式主要包括五种型式。

第一种型式是码头与堆场之间集装箱采用 AGV 运输,堆场采用 ARMG 装卸运输集装箱,在堆场海侧布置海侧交换区,即 AGV 与 ARMG 集装箱交接区域,堆场陆侧设置陆侧交换区,即 ARMG 与外集卡的集装箱交接区域,每条堆场上一共布置 2 台 ARMG,两台 ARMG 共轨,海侧 ARMG 主要负责装卸船集装箱的装卸作业,陆侧 ARMG 主要负责外集卡集装箱的装卸作业。该种模式简称为 ARMG 串行模式,该模式下,在 ARMG 闲置时,会根据接下来的集装箱装船和装车作业进行一定的倒箱作业,以加快集装箱装船和装车的作业效率。

第二种型式是在第一种型式基础上,在 ARMG 跨内布置一条 AGV 通道,AGV 可以从码头纵穿整个堆场,这种模式堆场倒箱量较少,但由于 AGV 运行距离长,需要配置的 AGV 数量多,AGV 作业效率较低,AGV 通道需要占用宝贵的堆场用地,堆场场地利用率低。

第三种型式是在第一种型式基础上,主要对 ARMG 布置做了一些调整,该种模式简称为 ARMG 并行模式,该模式下每条堆场布置 2 台高低轨道式龙门起重机 ARMG,两台高低 ARMG 不共轨,跨度和高度为一大一小,高的 ARMG 套在低的 ARMG 上,两台 ARMG 在沿轨道方向上的行走基本不干涉,但这种模式下堆场布置的 ARMG 轨道多,占用堆场用地大,基础投资高,堆场利用率低。

第四种型式是码头与堆场之间的集装箱装卸运输作业采用跨运车,堆场集装箱的装卸运输采用 ARMG。在堆场海侧布置海侧交换区,即跨运车与 ARMG 集装箱交接区域,堆场陆侧设置陆侧交换区,即 ARMG 与外集卡的集装箱交接区域。每条堆场上布置 2 台 ARMG,海侧 ARMG 主要负责装卸船集装箱的装卸堆存,陆侧 ARMG 主要负责装卸外集卡集装箱的装卸堆存作业。该种模式下跨运车与岸桥和 ARMG 能够解耦,但由于跨运车自动化技术还不够成熟,存在控制上的一些难题,而尚没有得到广泛应用,并且跨运车的维护较复杂。

第五种型式是在第四种型式基础上的演变,在 ARMG 跨内增加一台梭车及梭车轨道,用于堆场内集装箱的水平运输,该种模式下通过梭车的运用可以适当的解放 ARMG 一部分的负重水平运输作业,但是梭车不仅增加了投资,还占用了宝贵的堆场场地资源,工程投资较高,堆场场地利用率低。

## 3 青岛自动化码头堆场布置

根据集装箱自动化堆场主要布置模式的分析比较,为了节省投资,提供自动化堆场场地利用率,青岛港堆场采用 AGV+ARMG 串行的布置模式。

青岛港自动化码头整个集装箱堆场垂直于码头布置,堆场区纵深 430 m,其中自动化箱区的海侧交换区 39 m,堆箱区 350 m,陆侧交换区 41 m。堆场区共布置 38 条自动化箱区和 1 条特种箱区,普通重箱、空箱及冷藏箱均堆放在 38 条自动化箱区内;为了提高码头装卸效率,将冷藏箱相对集中的分为 12 组分散布置在堆场中间;每自动化箱区配置 2 台全自动轨道式集装箱龙门起重机 (ARMG),ARMG 轨距为 28.5 m,跨内布置 9 箱,ARMG 为堆 5 过 6 机型;特种箱区配置 1 台远程操控的轨道式集装箱龙门起重机 (RMG),其轨距为 28.5 m,跨内布置 6 排箱和 1 条作业车道;整个堆场共布置 76 台 ARMG 和 1 台远程操控 RMG。

自动化堆场集装箱装卸作业完全在全自动模式下进行,ARMG 能够在集装箱堆场和海陆侧交换区之间进行自动着箱和提箱操作。ARMG 上安装了定位检测系统,目标位置通过起升/小车/大车的位置组合得以实现。通过定位检测功能实现对 ARMG 空间位置的定位、对作业区域内目标物体的智能检测及控制 ARMG 起升、小车、大车和吊具微动等相关执行机构的调整,整个操作过程没有任何人为干预。

为了降低集装箱 AGV 和 ARMG 衔接过程中的等待时间,提高生产效率,节省其投资,本工程集装箱 AGV 是具有起升功能的 LAGV,在自动化场区的海侧交换区设有支架,作为集装箱 LAGV 与 ARMG 的中转平台。

考虑到人员作业的安全性,青岛自动化码头 LAGV 运输系统及整个自动化集装箱堆场均用围网封闭。其中冷藏箱区由于需要人工插拔电操作,在  
(下转第 93 页)



构件的使用功能和寿命。

质量控制和改进措施：大体积混凝土构件，例如胸墙、轨道梁可采用二次浇筑方法，厚度为 200 mm。浇筑构件混凝土时，混凝土高程控制在低于设计高程 100 mm 的位置，待构件混凝土强度达 2.5 MPa 后，再对上表面 100 mm 厚质量较差、骨料少的混凝土浮浆进行凿除，使低于构件设计高程 200 mm 的质量完好的混凝土作为进行二次浇筑的结合面。二次浇筑前将钢筋和混凝土构件结合面清洗干净并保持湿润 12 小时以上，在混凝土结合面铺 10~20 mm 厚高标号水泥砂浆，然后再浇筑同等强度混凝土。混凝土浇筑完成后初凝前对构件表面高程进行复测，将施工中出现的误差调整至最小。

2) 考虑施工场地限制, 施工中采用泵送混凝土, 混凝土坍落度较大、分层泌水较多, 构件顶部混凝土骨料少、强度低、失水过快, 加之养护不到位等原因使混凝土构件顶部容易产生裂缝。

质量控制和改进措施：使用低坍落度混凝土对混凝土构件进行二次浇筑，从而控制了混凝土的泌水和浮浆，并且严格控制二次振捣，也可在混凝土中添加一定量的纤维素，杜绝了构件面层混凝土强度低、质量差、翻砂和出现裂纹的情况。同时要求

[illegible]

5<sup>#</sup>与6<sup>#</sup>、11<sup>#</sup>与12<sup>#</sup>、17<sup>#</sup>与18<sup>#</sup>、23<sup>#</sup>与24<sup>#</sup>、29<sup>#</sup>与30<sup>#</sup>、35<sup>#</sup>与36<sup>#</sup>相邻堆场之间设有插拔电工作人员通道,该通道与自动化箱区之间用围网隔离。在21<sup>#</sup>与22<sup>#</sup>堆场之间设有LAGV与后方联络通道,该通道用围网与自动化箱区隔离。

海侧交换区宽 39 m, 布置了 ARMG 检修位和海侧交换区集装箱装卸位, ARMG 检修位尺度保证一台 ARMG 维修或故障停机时, 不影响另一台 ARMG 正常作业。每个 LAGV 交换区设有 5 个 LAGV 交换通道, 其中 4 个设置 LAGV 支架。当 LAGV 带着集装箱到达交换区后, 如果 ARMG 还没有到来, 可通过其顶升功能将 LAGV 上的集装箱放在支架上先行离去, 减少 LAGV 等待时间。陆侧交换区宽 41 m, 布置了 ARMG 检修位和陆侧交换区集装箱装卸位, ARMG 检修位尺度保证一台 ARMG 维修或故障停机时, 不影响另一台 ARMG 正常作业。每个陆侧交换区布置 5 条集装箱拖挂车装卸通道。陆侧交换区南侧紧邻布置 26 m 宽的集

混凝土浇筑完成后 12 小时后,开始对混凝土表面使用淡水进行洒水养护,保持湿润养护 14 天。

3) 胸墙、轨道梁主要的预埋铁件都在构件顶面, 须安装固定在构件钢筋上, 在混凝土的浇筑过程中随着钢筋、模板的位移, 预埋铁件的平面及高程位置易出现偏差。

质量控制和改进措施：在二次混凝土浇筑前对混凝土构件的预埋件已出现的尺寸误差进行调整，其外形尺寸、高程的准确度大幅提高，加之二次混凝土浇筑完成后混凝土初凝前及时对混凝土表面高程和外形尺寸进行详细复测和调整，使预埋件的位置高程准确度大大提高。

### 3 结 语

通过对板桩码头面层结构施工中出现的质量问题进行认真分析研究,结合码头面层结构的施工经验,在工程实施中采取了相应的质量控制改进措施,使面层结构施工质量得到了较大的提高。

### 参考文献:

- [1] 赵明时, 田自民. 板桩码头上部结构混凝土裂缝的控制[J]. 港工技术, 2012, 49(1): 43-46.
- [2] JTS 257-2008 水运工程质量检验标准[S]. 北京: 人民交通出版社, 2008.

装箱拖挂车倒车区。

## 4 结 语

随着集装箱运输业的快速发展和集装箱船舶的大型化, 集装箱码头的自动化备受国际社会的关注。青岛港自动化集装箱码头工程投入商业运营以来, 单船单机最高平均效率高达 42.9 自然箱/h, 创造出目前世界自动化集装箱码头的最高效率。本文对自动化码头的核心部分——自动化堆场布置进行了简析, 并对青岛自动化码头堆场布置进行小结, 希望能为后续类似工程的建设提供参考和借鉴。

### 参考文献:

- [1] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 青岛港前湾港区迪拜环球码头自动化升级工程[R]. 天津, 2016.
- [2] 谢云, 包起帆, 姚振强, 等. 中国首个集装箱无人堆场装卸工艺方案研究[J]. 水运工程, 2009, (1).