

# 自动化集装箱码头堆场管理策略研究

宋海涛 张玉龙 耿卫宁 付鹏成

(青岛新前湾集装箱码头有限公司, 山东 青岛 266000)

**摘 要:** 随着人工智能技术、自动化控制技术、精确定位导航技术等高新技术成熟, 自动化集装箱码头逐渐成为集装箱码头降低成本、追求安全、稳定效益的重要选项。克服过去传统集装箱码头以场地为核心的作业模式, 实现运输、装卸多目标均衡作业模式, 提高集装箱堆场的作业效率成为自动化集装箱码头领域的重要研究课题。本文总结分析了自动化集装箱码头堆场布局特征, 以及自动化集装箱码头箱区管理核心目标。在此基础上, 提出了适合自动化集装箱码头堆场管理的主要策略。

**关键词:** 集装箱; 自动化集装箱码头; 堆场管理策略; 堆场管理目标

DOI: 10.3772/j.issn.1009-5659.2018.08.020

通常而言, 一个集装箱码头主要包含闸口、堆场和岸边; 一个完整的码头物流链条主要由闸口作业、堆场作业、岸边装卸作业和水平运输作业组成。闸口是集装箱进出陆域码头的通道, 岸边是集装箱进出水域的通道, 集装箱堆场的主要功能是集装箱的存储。水平运输作业将闸口—堆场—岸边连接起来, 堆场处在这个物流链的中心位置。堆场的吞吐效率和作业效率直接影响闸口的通过效率和岸边船舶的装卸效率。传统人工码头陆域纵深大, 箱区及设备数量多, 用于足够空间及运输设备资源实现相对集中堆场管理模式。自动化集装箱码头堆场设置不同于传统人工码头, 运输设备数量有限、陆域纵深小、码头前沿操作空间有限, 这些因素都导致自动化集装箱码头箱区管理有别于传统人工码头箱区管理<sup>[1]</sup>。因此, 本文将结合自动化集装箱码头装卸工艺及箱区布

局特点, 分析自动化集装箱码头箱区管理策略。

## 1 自动化集装箱码头堆场设置特点

当前传统集装箱码头主要采取平行于岸边的箱区布局模式, 码头的装卸工艺主要采取卸船—集卡—场地机械和场地机械—集卡—装船, 人工驱动场地机械进行收、发箱作业和场地倒箱等整理作业, 集装箱的资源分配完全依靠人工的计算实现。这种传统的人工模式, 在考虑到航线、港口、箱型、重量、流向类别、空重等因素时, 受制于有限的场地机械资源、集卡资源和场地位置资源, 特别是没有好的工具的辅助下, 仅仅凭借往日积累的经验去判断和决策, 经常会顾此失彼, 出现设备利用率不高、码头拥堵、船舶作业效率降低等现象。由于码头作业的不平衡性、靠泊窗口的不确定性, 这种传统箱区的布置和作业工艺的特点决定了箱区的两个端头总是存在着作业的交叉, 船舶装卸的收发与客户提箱或客户集港之间的矛盾不可调和, 道路的拥堵不可避免。



图1 垂直于岸边的自动化堆场视图

随着智能化、自动化技术的发展,自动化集装箱堆场逐渐成为提高设备利用率、减少码头作业拥堵、合理配置码头资源和提高码头作业效率的重要手段。在第三代自动化集装箱码头建设中,岸边机械和场地机械的操作已实现了远程控制,自动水平运输小车取代了人工集卡,装卸流程和作业工艺由过去的以设备为中心,即人都是处于设备的末端,仅仅是驾驶和使用设备完成作业,转变为以人为中心,由操作者遥控发送作业指令,通过指令驱动机械设备实现作业目标。这种工艺和流程上的革新,必然要求整个码头物流链的管理更加精细化,业务更加规范化,系统更加自动化。集装箱堆场作为码头物流链的中心地位没有改变,甚至更加强化,成为整个链条的中枢,这就对自动化集装箱码头的堆场管理提出了更高要求。

另一方面,基于安全、环保的考虑,青岛港的自动化集装箱码头在工艺上选用自动化岸桥——自动水平运输小车——自动化轨道吊<sup>[2]</sup>,采用封闭式的垂直于岸边的集装箱堆场,将堆场两端的作业进行专门的功能定位,海侧交换区主要负责装卸船的作业,陆侧交换区则主要负责外集卡的收发作业。

垂直堆场的优点:海陆两侧的作业区域严格区分,避免了外集卡和自动化运输车的交叉作业,避免了装卸和收发作业交叉造成的交通拥堵,能够最大程度降低对人、车、货的危害,提高海侧船舶装卸作业效率保障海侧自动化设备的顺畅运行<sup>[3]</sup>。自动化集装箱码头箱区的布局模式,也使得自动化集装箱码头箱区管理有别于传统人工码头箱区管理。

## 2 自动化集装箱码头堆场管理目标

集装箱码头堆场管理的核心目标就是堆场的时间和空间的有效利用。通过对时间和空间的利用、分配的优化,结合预计作业时间,制定有效的堆场管理策略,提高场地利用率,提高设备利用率,最大程度减少场地拥堵。管理自动化集装箱码头堆场时,必须明确码头自动化操作的需求,并创建一套操作目标,对操作目标进行分解并做出应对措施,提升自动化集装箱码头堆场的管理水平。综合而言,自动化集装箱码头堆场管理目标及其实现手段,包括以下几个方面:

目标 1:减少场地翻倒

一般空箱是按船公司堆码,重箱是按其离港模式即卸货港和重量堆码,以避免场地翻捣。若集装箱装船出场,就应按出口船舶、卸货港、尺寸箱型、重量、靠近海侧装船窗口来堆码集装箱,以避免装船时场地翻捣,并便于装船<sup>[4]</sup>;若集装箱按集卡出场,就应尽量靠近陆侧交换区堆码,按箱型、尺寸、空重等规则堆码,以避免提箱时场地翻捣,并便于提箱。根据箱量大小和空间利用情况,若箱量增加,就需要增加堆存高度,或混合堆存<sup>[5]</sup>。

目标 2:最大程度减少场地拥堵

通过自动计算调节装卸运输距离,以减少设备得不到合理的任务调配,或者因为集中作业导致海陆端侧的 AGV 或陆侧集卡的拥堵。根据场地的占用情况优化场地分配,优化纵向的双 ACS 的接力操作,这些措施都有助于最大程度减少场地拥堵。

目标 3:提高设备利用率和作业效率

提高场地利用率,充分调动闲置的场地设备,减少对部分设备的集中占用,提高设备的利用率。减少 AGV 过长的距离运输和 ASC 的位移,有助于减少拖车周转时间和提高 ASC 的作业效率。

目标 4:提高场地吞吐能力

根据场地堆码规则、堆场设备的利用情况和预计作业时间,自动计算出优化的新位置,在设备空闲时,调度场地设备进行场地的整理,优化场地的利用,增加场位的供给,最大程度地提高场地吞吐能力<sup>[6]</sup>。

目标 5:提高计划效率

通过对堆场策略的细化,避免出现匹配失败的失位箱,这样有助于计划兑现的效率,也有助于计划员有更多的时间聚焦其他工作。

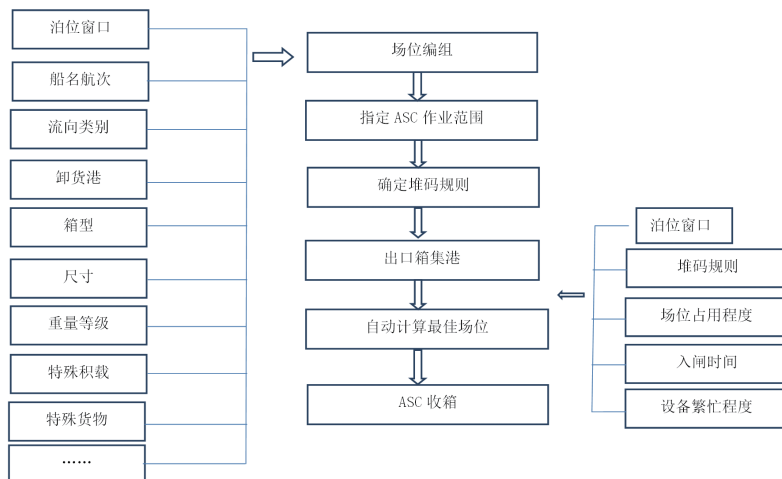


图2 集港箱入场



目标6：提高闸口通过效率

缩短集卡的在场周转时间，提高堆场机械的操作效率等措施都有助于提高闸口吞吐效率。

### 3 自动化集装箱码头堆场管理策略

结合上一节自动化集装箱码头堆场管理目标及实现手段，分析整理得到自动化集装箱码头堆场管理的主要策略如图2所示。

#### 3.1 基础性策略

根据泊位窗口、航线、流向类别、卸货港、箱型、尺寸、重量、特殊积载等要求，设定不同的分类，将场地上的场位进行编组，指定场地机械自动堆垛机（简称ASC）的作业范围，定义堆码的规则和计算方法，无论是从船舶卸下还是从闸口收箱进入堆场时，根据即将进入堆场的集装箱的属性信息，基于前面所定义的相关规则进行遍历，综合目的箱的运行距离、设备的任务繁忙程度等因素，自动计算出符合要求的最佳箱位。

#### 3.2 分散为主、相对集中的策略

因平行于岸边的场地设置、传统的工艺流程和人工驾驶机械的特点，为了集中调配资源，最大限度保证船边的作业效率，传统码头的堆场主要采取集中堆码策略。例如：出口收箱，一般按船舶、卸货港和重量分片集中堆码，方便装船时整垛取箱，集中配置场地机械，及时清空场地；进口空箱，通常会堆长垛和高垛，方便利用空箱叉车进行集中作业。由于船舶到港和靠泊存在不确定性，往往会发生船舶泊位窗口的改变或延后，导致场地与靠泊窗口的不对应而延长作业距离，或导致同一泊

位窗口的箱子叠压，造成作业时的大量翻倒，或造成场地收发、装卸的作业冲突，造成场地作业效率和船边作业效率的降低等<sup>[7]</sup>。

区别于传统的平均每船3~5个集中场区堆码的方式，自动化集装箱码头堆场利用场区垂直于岸边和轨道式自动堆垛机的特点，采取分散为主、相对集中的策略，通过计算使用以船舶中心点的直径500~1200米以内的箱区进行出口箱堆码，全场范围堆码进口箱，同时又坚持相对集中的原则，对单列的箱子做出限制，要求列堆放的属性在相对较小的范围内，这样可以最大程度发挥自动堆垛机的效能，最大程度减少场地中的翻倒作业，提高船舶作业效率。

#### 3.3 灵活性策略

在自动化集装箱码头堆场的堆码过程中，会根据船舶泊位的改变距离判断是否对收发箱位置作调整。当改变距离小于设定的距离阈值时，即使船舶泊位更改，也不更改收发箱位置。但当改变距离大于距离阈值时，则针对移动距离内对应的所有堆场，基于堆场罚分值选择堆场。

堆场罚分值 = (堆场与船舶泊位之间的距离 - 距离阈值) × 距离系数

贝位罚分值 = 贝值 + 堆场罚分值

并针对每个堆场的每个贝，计算贝位罚分值来确定堆存贝位，最后将收发箱位置调整至最低和值的对应贝中，以达到尽可能在船舶泊位最近的位置放置收发箱但又不降低码头作业效率。在泊位变动、收发箱位置调整和船舶装卸效率之间做出了均衡和优化。对于已收发的

集装箱，则将已收发箱所在贝的贝值与该最低贝位罚分值对应贝的贝值作比较，若二者之差大于设定的容忍值，则调整已收发箱至该最低贝位罚分值对应的贝中，否则不予调整，以实现在移动或不移动已收发箱位置之间做出提高生产效率的权衡。在根据调整的收发箱位置放置集装箱时，根据收发箱的属性，将收发箱放置在其属性相对应设置的最低贝位罚分值对应贝中的列中，能够保证堆场的利用率节省人力物力。在拖车作业中，使用上述堆场中贝的贝值与机械繁忙度罚分值和作为每个贝最终的贝位罚分值，并基于最低贝位罚分值确定最终收发箱位置，能够降低拖车作业的冲突，减少配对时间，保证码头机

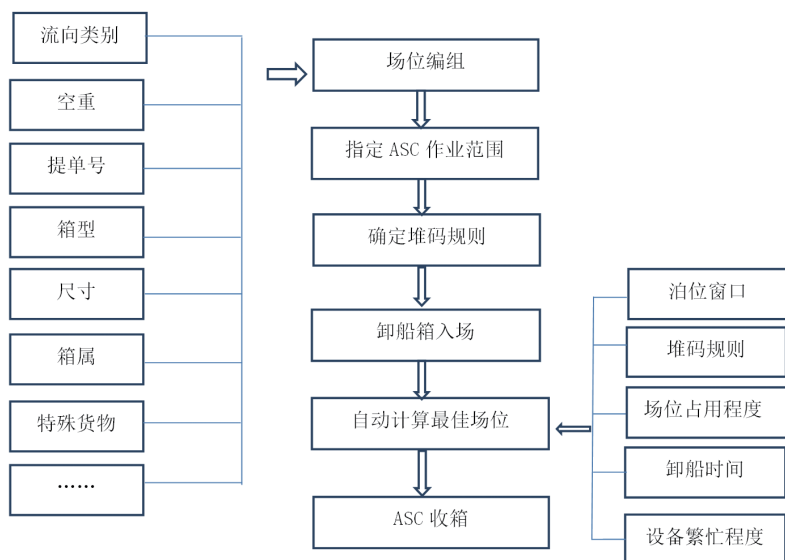


图3 进口卸船箱入场

械作业的舒畅有序。

这种调整方式相比现有人工码头依靠经验人工修改计划的方式,实现的是尽可能地在船舶泊位最近的位置放置收发箱但又不降低码头作业效率,在泊位变动、收发箱位置调整和船舶装卸效率之间做出了均衡和优化。

### 3.4 特殊性策略

针对特殊货物和特殊天气等因素,设定特殊策略进行应对。特殊货物主要包含冷藏集装箱、罐箱、危险货物集装箱、超限箱、开顶箱等,这些货物一般需要在特别区域进行堆放,有些需要设定堆存高度限制,有些需要上面不能压箱等,这都需要单独设定堆放策略。

冬季里北方的风相对较大,偶尔会有7级(15米/秒)以上大风。当大风从海上突袭而来时,单批三层高的箱子货大批量空箱极易被风吹落造成连带性伤害。自动化码头借鉴了此类事故,设定了特殊的防风策略,当从基础性策略变更为防风策略时,系统会自主查找单批三层高的箱子,并自动调整为2层高或以下,并会将空箱区域两侧放置重箱进行围挡。这样的特殊策略可以及时规避或降低恶劣天气带来的风险,同时有效避免了人力管控上的失误。

## 4 结束语

本文在分析自动化集装箱码头与传统人工集装箱码头箱区布置、设备配置及作业模式差别基础上,提出自动化集装箱码头箱区管理主要目标及实现思路,并详细提出了自动化集装箱码头堆场管理的主要策略。

在自动化集装箱码头要实现集装箱的有效自动堆存,并同时避免场地翻捣和交通拥塞,就必须考虑到码头进出场地的所有集装箱的运转过程,尤其是那些操作瓶颈以及延误操作的过程,特别要重点关注码头操作机械类型及其使用过程、场货物堆码混垛和每年的预算吞吐量目标等,根据自动化的需求和目标优化自动化堆场的管理。在未来研究中,进一步实现对自动化集装箱码头堆场更加细化管理。<sup>[CSTA]</sup>

### 参考文献

- [1] 傅红霞. 集装箱码头堆场管理策略[J]. 集装箱化, 2007, 4:21-22.
- [2] 王施恩, 何继红, 林浩, 等. 自动化集装箱码头堆场布置新模式[J]. 水运工程, 2016, 9:23-26+45.
- [3] 褚英双. 集装箱码头自动化堆场综合管理系统设计[J]. 集装箱化, 2014, 6:23-25.
- [4] 耿增涛, 杨杰敏, 董占勇. 基于循环队列的集装箱堆场管理策略[J]. 集装箱化, 2010, 11:12-13.
- [5] 易燕. 降低港口码头堆场翻箱率的策略与建议——ADEI 堆场管理模型在 H 港的应用[J]. 广州航海学院学报, 2015, 1:15-18.
- [6] 张春蕾. 集装箱码头作业系统堆场作业管理策略分析[J]. 经营管理者, 2015, 6:112.
- [7] 隋晓. 自动化集装箱码头堆场作业模式[J]. 集装箱化, 2016, 2:19-21.

(上接第44页)

## 5 项目应用和推广前景

目前,该平台已在乌鲁木齐市规划局业务分析会以及各业务人员桌面应用,为城市规划管理和决策提供重要信息技术支撑。该平台经开发和数据扩容后已在自治区人民政府应急指挥平台应用。通过平台延伸开发的乌鲁木齐电力三维系统也投入应用,在电力厂站选址和线路规划方面发挥了重要作用。通过项目的推广应用,带来了可观的经济效益,

今后,该平台还可为政府建设智慧城市、智慧社区、城市地下空间管理、房产普查调查、公安、消防公共

突发事件、指挥方面的应用提供精确基础数据,为交通、水利、民政、旅游、招商、电信等部门的应用系统建设提供开发应用平台。<sup>[CSTA]</sup>

### 参考文献

- [1] 宋碧波. 倾斜航空实景影像系统构建关键技术研究[D]. 郑州:河南理工大学, 2012.
- [2] 田野. 利用 Pictometry 倾斜摄影技术进行全自动快速三维实景城市生产——以常州市三维城市生产为例[J]. 测绘通报, 2012(2):59-62.
- [3] 黄先锋. 机载 LiDAR 点云数据的建筑物重建研究[D]. 武汉:武汉大学, 2006.