



智能港口物流丛书

“十三五”国家重点图书出版规划项目



港口智能控制

嘉红霞 刘海威 杨 阳 编著

GANGKOU

ZHINENG KONGZHI

上海科学技术出版社



智能港口物流丛书
“十三五”国家重点图书出版规划项目

港口智能控制

嘉红霞 刘海威 杨 阳
——编著——

上海科学技术出版社

内 容 简 介

本书从港口自动化和智能化控制的现状与发展出发,阐述了相关控制理论与方法,包括经典控制理论中的控制系统数学建模方法,时域和频域分析及系统的串联校正;现代控制理论中的线性系统状态空间描述及状态方程的解,线性时不变系统的可观性、可控性及稳定性分析,线性定常系统的综合与设计,几种典型的最优控制方法;智能控制理论中的模糊控制、神经网络及专家系统等控制理论及控制器设计方法;在港口智能控制应用案例中阐述了港口智能控制系统中的关键技术及实现组件,并给出了两个完整的应用实例。

本书可作为机械工程、港口装备控制相关管理、技术人员的参考用书,也可供相关专业的本科生、研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

港口智能控制 / 嘉红霞, 刘海威, 杨阳编著. —上海: 上海科学技术出版社, 2017. 4

(智能港口物流丛书)

ISBN 978-7-5478-3428-2

I. ①港… II. ①嘉… ②刘… ③杨… III. ①港口管理—智能控制 IV. ①U691

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 009141 号

港口智能控制

嘉红霞 刘海威 杨 阳 编著

上海世纪出版股份有限公司 出版
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

上海中华商务联合印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张: 15.75

字数 350 千字

2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-3428-2/TP·49

定价: 65.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题, 请向工厂联系调换

智能港口物流丛书序

“天下熙熙皆为利来，天下攘攘皆为利往。”司马迁在《货殖列传》中的描述正切合今天全球化背景下熙熙攘攘之经贸往来。在繁忙的全球经贸活动中，物流无疑是支撑世界经济发展的大动脉。作为一个国家和地区的门户，港口正是这一大动脉的枢纽。进入新世纪以来，港口的功能不断扩展，保税物流、临港产业、自由贸易区等各种创新功能正不断丰富着港口及港口城市的内涵，如今港口已不仅是吐纳、存储货物的核心节点，还是国际商业贸易的重要环节。对于一个受益于全球化的开放经济体，港口物流的重要性不言而喻。

任何一个产业的发展，都离不开科学技术的支撑。在国家创新驱动、转型发展背景下，港口物流发展路在何方？2008年11月，全球金融危机伊始，IBM在美国纽约发布的《智慧地球：下一代领导人议程》主题报告提出“智慧地球”的概念，开启了未来产业升级之路。近年来，为了奠定德国在重要关键技术上的国际顶尖地位，继续加强德国作为技术经济强国的核心竞争力，德国推出了以“智能工厂”及“智能生产”为核心的“工业4.0”概念。“工业4.0”也被称为继机械、电气和信息技术之后的第四次工业革命。

“智能化”在港口不只是概念上的发展，而正是当前发展实践之路。随着劳动力成本的逐年攀高，以及码头整体装备设计制造水平的不断提升和新工艺、新技术的不断完善，国内外自动化码头在经历了一段时间的技术发展期后，再次掀起新一波建设热潮。近期，天津、青岛、上海等港口已经将自动化码头的建设提上议事日程，国内第一个自动化集装箱码头——厦门远海码头已建成并投入运营。智能政务、智能商务、智能管理、自主装卸为核心的智能化发展，正是当前港口物流发展的重要支撑。

在此背景下,《智能港口物流丛书》的推出旨在梳理当前港口物流智能化发展脉络,展示当前及未来一段时间内,支撑港口物流智能化发展的相关关键技术及应用前景。丛书主要包括以下相关内容:智慧港口概论、集装箱码头数字化营运管理、无水港数字化运营管理、港口物流系统仿真、自动化码头规划设计与仿真、大型港口机械结构稳定性与裂纹控制技术、装卸机器视觉及其应用、港口智能控制、物流可视化等。

丛书所反映的内容是作者及其研究团队长期工作的积累和对相关学术领域的探索,也是对长期大量实践及科研成果的总结。希望丛书的出版能对从事该领域的相关管理、技术人员及感兴趣者有所助益。

宓为建

前言

随着社会经济的不断发展,港口作业效率的不断提升和港口可持续发展的需求不断增强,尤其是“工业 4.0”战略思想已开始全面影响港口物流装备的制造和使用,使得港口物流装备对高度灵活的分布式多功能智能控制技术的需求也越来越高。

同时,控制理论的发展也进入一个全新的阶段,在现代控制理论的基础上又发展出了多种智能控制理论及方法,并在工业生产的各个领域得到了广泛的应用,因而为港口智能化发展提供了极大的理论支撑。

本书以港口装备智能化为切入点,不仅详细讲述了港口智能控制中的基础理论,包括经典控制理论、现代控制理论及智能控制理论,还详细描述了港口装备智能控制中的核心系统、关键技术及实现组件,并以工程实践案例详述了控制理论在港口装备智能控制中的应用,体现了控制理论在港口智能化进程中的巨大作用。

本书共分五章。第 1 章绪论部分介绍了包括散货码头及集装箱码头在内的港口自动化发展现状和设备智能控制发展现状,描述了控制理论在港口智能控制中的重大意义。

第 2 章至第 4 章详细叙述了港口智能控制的理论基础:经典控制理论、现代控制理论及智能控制理论。其中第 2 章主要是经典控制理论相关内容,包括单输入单输出线性系统的数学建模方法、控制系统时域及频域分析方法(包括稳定性分析及误差分析)、系统的串联校正方法。第 3 章是现代控制理论及方法相关内容,包括线性系统的状态空间描述方法、线性定常系统状态方程的解、线性时不变系统的可控性和可观性、系统的李雅普诺夫稳定性分析方法、基于观测器的线性系统综合设计及几种典型的最优控制,包括变分法、极小值原理及线性二次型最优控制。第 4 章讲述了几种典型的智能

控制方法,包括模糊控制中的模糊理论及模糊控制器设计;典型前馈神经网络及反馈神经网络的构成和学习算法;专家系统基本构成、知识表示方法及推理机制,专家控制系统构成及设计。

第5章是港口智能控制典型应用案例,首先分析了以散货码头及集装箱码头为代表的港口智能控制中的核心系统及关键技术,介绍了实现智能控制的关键组件,用两个案例详细描述了控制理论及方法在港口智能控制中的应用。

港口物流设备智能化是港口智能化的重要途径,目前国内外大、中型港口及港机设备制造企业都在对港口物流设备智能化进行深入研究,但是却很难找到相关的参考书籍,与港口智能控制密切相关书籍的出版已经成为这一研究领域研究人员的迫切需求。另外,港口物流设备智能化研究团队在长期的工程实践中积累了大量经验,这些工程经验既可以应用于港口物流设备,又可以为其他机械设备的智能化设计、制造所借鉴。

本书编写过程中参阅了许多同类优秀图书,在此表示衷心的感谢。感谢天津港务集团提供集装箱码头智能控制相关素材。编者水平有限,书中疏漏及不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016年11月

目 录

第 1 章 绪论 1

- 1.1 港口自动化发展现状 3
- 1.2 港口智能控制发展现状 5

第 2 章 经典控制理论与方法 11

- 2.1 概述 13
- 2.2 控制系统的数学描述方法 17
- 2.3 控制系统时域分析方法 30
- 2.4 控制系统的频域分析方法 52
- 2.5 控制系统的综合与校正 70

第 3 章 现代控制理论及方法 83

- 3.1 线性系统状态空间描述 85
- 3.2 线性系统状态方程的解 97
- 3.3 线性系统的能控性与能观性 107
- 3.4 稳定性分析 123
- 3.5 线性定常系统的综合与设计 130

3.6	最优控制	146
-----	------	-----

第 4 章	智能控制理论与方法	169
--------------	------------------	------------

4.1	模糊控制	171
4.2	神经网络控制	186
4.3	专家系统	204

第 5 章	港口智能控制典型案例	219
--------------	-------------------	------------

5.1	港口智能控制的系统组件	221
5.2	集装箱龙门起重机增程式混合动力源智能能量控制	229
5.3	全电驱集装箱龙门起重机能源系统健康状态预测	234

参考文献	243
-------------	------------

第1章

绪 论

港口智能控制是自动控制理论、计算机技术、网络通信技术、信息处理及融合等技术在港口设备控制中的综合应用,是控制理论及智能控制技术的应用领域,是实现港口自动化的技术手段,同时也随着港口自动化的发展获得了长足的发展。

1.1 港口自动化发展现状

随着全球经济的高速发展,国内外的许多港口已成为全球生产、销售等整个供应链中的重要节点,高新技术在港口领域得到全面应用,港口功能进一步完善,成为全球资源配置的重要枢纽。同时,“工业 4.0”理念在港口建设中体现得越来越深入,港口应当在注重高效吞吐作业的同时,强调可持续发展的现代理念,力图建设生态港口。如今,以“高效、智能、安全、绿色、环保、低碳”六大关键词均衡发展的创新型自动化码头正处于如火如荼的发展阶段。

1.1.1 散货码头自动化发展

经济全球化的发展促进了国际干散货(如煤炭、粮食、金属矿石等)的运输量迅速增长,运输船舶大型化也越来越明显,而且船舶结构也向复杂化方向发展。相应地,码头与装卸设备也日趋大型化和专业化,现在,国外大型散货码头的装船设备效率已可达到 10 000 t/h,国内装船设备效率也已达到 8 000 t/h 以上,单船作业能力高出 10 000 t/h。港口装卸设备操作人员的视觉能力和工作强度已达到了紧张的水平,雨、风、雾、雪、阴霾等自然环境因素进一步加剧了这种紧张状态,甚至超出人的生理极限,以致装卸作业无法进行。统计表明,大、中型散货码头每年由此引起的停止作业时间平均可达 15~30 d,经济损失巨大。为了达到专业化散货码头高强度、全天候连续作业的目的,业内迫切需求散货码头各项作业实现自动化、智能化及高效化。这种背景下,国内外的港口及港口装卸设备生产厂商开始加快散货码头自动化建设与改造的步伐。

早在 2005 年,宝钢马迹山矿石中转码头在二期工程建设初期就提出了“料场无人”的建设目标,2007 年 8 月开始了二期堆取料机的自动作业功能的设备安装与调试,实现了生产现场的智能化堆取料系统。即在工作人员下达作业计划后,系统的中央控制器根据料堆模型和作业计划自动生成作业指令,作业指令经过防碰撞运算验证后下发,堆取料底层控制系统根据现场采集的多传感器信号和作业指令,自主完成作业任务,工作人员可以通过监控终端和视频终端实时监视现场作业过程。

2007 年,ABB(中国)有限公司提供解决方案帮助上海罗泾散货码头建成了全球第一个全自动化散货码头。主要自动化技术体现在全自动的卸船机及具有远程监控功能的自动化系统,利用自动化系统可以对装卸情况及物流情况进行统一的管理。

上海国际港务(集团)股份有限公司在 2007—2008 年联合上海港机重工有限公司、ABB(中国)有限公司、上海交通大学等单位研制开发了全自动散货抓斗卸船机、全自动散货装船机和全自动斗轮堆取料机,研究涉及远距物料轮廓检测、计算机网络、自动控制、智能辅助决策、抓斗防摇、路径规划、视频监控、装备远程监控等多项关键技术,为实现上海港散货的高效自动化装卸、堆放与远程监控开创了成功的先例。但是上述研究

并未被实际应用,仅处于初步探索阶段。

2012年,淡水河谷公司在马来西亚采用ABB的800xA自动化管理系统建立自动散货码头。ABB的800xA系统整合了所有独立控制系统,为散货码头打造统一的控制接口。基于800xA系统的独特优势,淡水河谷在马来西亚码头实现了装卸船、堆取料及堆场管理的自动化,并形成—个掌控全局、现场迅速反应的管控一体化的集成平台。

除此之外,目前国外港口,如墨西哥、德国、日本等诸多港口已经开始应用散货堆场自动化系统;ABB(中国)有限公司还曾在宝钢马迹山港二期工程进行过斗轮堆取料机自动化操作模式的试验。

西门子公司在散货码头作业机械自动化方面进行了诸多研究,如自卸船机及自动取料机方面的研究,并在多个国家及地区的多个码头进行了应用,包括德国汉堡、爱尔兰、巴西桑托斯,以及中国台湾高雄、武钢舟山武港码头等。其在德国汉堡港的应用显示出优越的性能,抓斗导引系统在工作机构全速工作时能够提供高达0.5m的精确度,一个操作员在中控室同时控制全部4台机器,工作能力完全达到纯人工操作下的执行水平。

但目前散货码头自动化发展尚有诸多局限及不足:

① 现有的散货码头的自动化改造尚处于起始阶段,散货码头全自动化作业机械的应用范围并不广泛,尤其是国内散货码头基本还停留在全部人工操作的阶段。

② 目前散货码头自动化改造也仅局限于作业机械,包括装卸船机、堆取料机等,还没有哪个散货码头从全码头的智能化控制技术入手,建立覆盖全码头的通信网络、实现各个工作机械及各个部门之间的信息交互、实现各类决策的智能化(包括中控调度的智能化)。

③ 中国国内大型的散货码头如天津港码头日吞吐量,工作繁忙,劳动强度大,而国外大多数码头的工作效率相对低下,机器设备更少,因此针对国外工作量小的码头开发的作业机械自动化技术不能满足国内码头高强度工作的需求。例如,西门子在汉堡港应用的4台抓斗卸船机,可由一个操作员在中控室进行控制,但是在国内大型码头,一个人需要监管的机器远远不止4台,因而对作业机械的自动化水平要求更高。西门子等公司面向国外港口开发的自动化作业机械中的某些技术可以为我们所借鉴,但是绝不能全套照搬,如如何使得作业机械效率更高、在作业设备密集的码头如何实现大机防碰撞等,都是需要根据码头实际情况仔细研究的问题。

1.1.2 集装箱码头的自动化发展

自动化集装箱码头积极利用大数据时代的信息技术、结合人工智能,提高了装卸系统的可靠性和稳定性,提高了设备利用率,避免了设备无效运行,实现了节能减排。通过人机分离、远程监控等操作手段,提高了生产安全性,降低了人员劳动强度,极大改善了职业卫生条件。自动化技术的应用还大量减少了较低技术水平的人力资源的需求,降低了劳动力成本。

自动化集装箱码头具有集资金密集性、装备技术密集性和知识密集性为一体的特点,设备节能高效,人力成本降低,尤其在集装箱干线港上应用自动化集装箱码头具有

优势。

相比散货码头,集装箱码头自动化建设的历史更早,目前自动化发展程度也要超过散货码头。

自1993年荷兰鹿特丹港 ECT 码头建成全球第一个自动化集装箱码头以来,德国汉堡 CTA 码头、新加坡巴西班让码头、日本 Tokyo 码头、中国香港 HIT 码头分别建设自动化、半自动化运转的码头或集装箱堆场。2006年,上港集团振东集装箱码头分公司内建成了中国首个集装箱自动化无人堆场,采用全自动化高低架轨道龙门起重机接力式装卸系统,将集装箱堆场的堆垛高度提高到堆8过9(标准箱高),提升了堆场的堆存能力。

目前为止,自动化集装箱码头的发展经历了这样几代:

第一代以1993年投入运营的荷兰鹿特丹港 ETC 码头为代表,ETC 码头采用的是轨道式龙门起重机(RMG)与自动导向小车(AGV)相结合的工艺方式。

第二代以2002年投入运营的德国汉堡港 CTA 码头为代表,采用的也是轨道式龙门起重机与自动导向小车相结合的工艺方式。

第三代以2008年投入运营的荷兰鹿特丹港 Euromax 码头为代表,鹿特丹的集装箱码头自动化发展已走到了世界的前列。2015年,鹿特丹港又新建两座高科技集装箱码头:AP 穆勒码头公司的马斯莱可迪港区二期码头(简称“马斯二期码头”)和迪拜环球港务集团主导的鹿特丹世界门户港码头(RWG),都以桥吊和自动升降式导引运输车的远程控制为主要特征,最终目标是起重机台时效率超过40次。

2012年,厦门远海集装箱码头被改造建设成为中国第一个全自动化集装箱码头,也是采用众多创新技术的第四代自动化集装箱码头中的代表。

在全球能源危机和环境恶化的新形势下,港口界还提出了第五代港口即绿色港口、低碳港口的发展理念。第五代港口的主要功能在包括前面四代港口功能的同时,还着眼于港城、港镇的结合,其主要特征就是效率、绿色、低碳,侧重于港口的生态功能和可持续发展。从世界港口发展阶段来看,这标志着世界港口的发展进入了一个新的阶段。

目前世界建成和在建的自动化集装箱码头多为以集装箱堆场自动化装卸为核心的半自动化码头,少数则是以集装箱全程自动化装卸为核心的全自动化码头。半自动化集装箱码头仅在堆场环节实现自动化;全自动化集装箱码头仅在船舶岸边装卸环节保留部分人工操作,水平运输和堆场环节完全实现自动化。

从世界自动化集装箱码头的分布和自动化程度来看,自动化集装箱码头在经历半自动化码头快速发展的过渡期后,全自动化码头已成为自动化集装箱码头发展的新趋势,其技术先进性的优势不断显现。

1.2 港口智能控制发展现状

港口设备的智能控制是港口自动化的基础,港口自动化的发展过程即港口设备实现智能控制的过程。在实现港口自动化进程中,港口及相关企业付出了巨大的努力。

1.2.1 散货码头装卸设备智能控制

散货码头装卸设备以控制技术、计算机技术、信息技术、网络技术等的综合应用实现设备的无人化操作,智能化设备能够确保装卸设备在自动化作业的过程中具备自主感知、自主识别、自主决策及自主控制能力。

散货码头车辆进场时,基于车牌识别技术的车辆信息采集可以区分运输车辆与社会车辆,对运输车辆实现自动称重,记录过磅信息,形成历史数据库;同时根据服务器返回的从数据库中提取的作业计划信息,提示运输车辆进入相应堆场区域进行卸货。全程不需人工参与。

装卸作业时,可通过全自动化的装船机及卸船机操作。

1. ABB 起重机控制系统

ABB 起重机控制系统可以实现抓斗卸船机的全自动化卸船作业,驾驶员只要踩下踏板启动抓斗摆动与性能优化器(GPO)即可启动全自动化作业,整个作业过程中驾驶员只需进行过程监控。起重机信息管理系统用于收集诊断及运行数据。

2. 西门子公司在散货码头装卸设备智能控制方面的成果

(1) 抓斗卸船机

西门子卸船机自动化作业技术主要针对抓斗卸船机,强调更大更快的生产率、智能化及对老旧设备的升级改造。目前可以实现半自动化流程,即抓斗处于船舱挖掘区之后需要人工手动闭斗并且激活自动模式,接下来的流程则会自动完成;也可以实现全自动化操作模式。

西门子卸船机自动化关键技术包括抓斗控制、抓斗摆动控制、飞行卸料及防撞控制。抓斗控制主要为实现深挖控制功能,可以使得抓斗掩埋在物料中实现最大抓取量;为了解决抓斗闭斗时遇到高硬度的石块夹在抓斗缝隙中损坏抓斗,采用了“先起升再闭斗”的智能控制方式。在摆动控制中采用智能加减速策略,在小车加速过程中实现时间上连续平滑加速,以避免对机械部分冲击太大。对于摆动的利用则表现为飞行卸料,在抓斗摆动到卸料区域就可以开始卸料,而不需要小车运行到卸料区域的正上方。

西门子卸船机在全自动化操作下,除上述技术之外,关键技术在于实施对抓斗位置和高度的实时检测、采用 3D 扫描技术实现船舱位置检测及对物料分布状况进行实时检测,利用船舱位置检测实现船体移动的自动补偿。

(2) 自动化堆取料机

在自动化堆取料机方面,采用 3D 激光传感器检测垛形,用 GPS 实现大机厘米级精度定位,每台堆料机和取料机上都安装有工业计算机。煤堆发热导致的尘雾会影响工作时的能见度,采用超声波传感器则可以在能见度低于 50 m 的条件下工作。同时在自动化作业下,还允许通过人工操作修正垛形。

(3) 自动化连续卸船机及装船机

西门子自动化连续卸船机及装船机可以装、卸煤灰及焦炭,完全实现无人化操作,利用 3D 激光传感器检测舱口位置及舱内货物分布来实现防碰撞,采用 GPS 获取机器大梁及起升机构的精确位置;能够自动规划最优路径并能适应新的装、卸载环境。连续

装船机还能连续检测船舶状态及舱内物料分布,可以预设装船模式以适应不同的负载情况。

3. 天津港煤码头装卸设备自动化改造成果

天津港煤码头两个泊位的装卸设备自动化改造由天津港煤码头委托上海海事大学相关课题组设计完成。主要实现连续装船机、卸船机和自动化堆取料机的无人化操作,包括设备的远程监控及安全防护等与无人化操作相关的技术改造。

(1) 自动装船机

自动装船系统利用多个传感器检测船舱内物料的形状及高度,自动调节装船机旋臂位置及作业角度,在非结构化和变化环境下采取“高度”无人干预自动控制下的自动装船系统,可以实现自动化条件下的工艺控制,实现工艺革新,提高作业流量和平均流量,减少人工主观因素导致的装船误差,减少非作业时间占用及调水时间,以提高整机工作效率;可以使作业表面更加平整,以增加船舱使用效率。

系统综合应用多源机器视觉融合技术、自主控制技术和人工智能决策等高新技术,通过激光雷达与微波雷达相结合的方式,实现即使在粉尘环境下也仍然能精确检测船舱内物位高度,并通过嵌入式控制系统增加稳定性及运算速度,使得散货码头在各种复杂环境和恶劣工况下仍然能够实现安全、高效、准确地完成自主装船作业。

在无人化自动装船作业环境下,通过覆盖全码头的通信网络将自动装船及工作状态数据和作业数据发送至调度中心,通过调度中心监控界面显示装船机自动作业监控。在实现工作设备实时状态监控、历史数据记录及其他基本功能基础上开发远程分布式的设备智能故障诊断系统,以实现远程设备包括自动装船机的故障诊断及维护,并开发远程设备调试功能。同时在监控界面中加入自动化作业状态实时显示及作业指令下发按钮(如自动化寻船、自动化移舱、自动化进舱、自动化单舱作业等),使之成为调度中心自动化控制系统的重要组成部分。

(2) 自动化堆取料系统

基于多源传感网络及北斗定位系统的自动化堆取料系统是在激光雷达阵列和传统传感器集群的引导下,能够自动进行堆取料作业的工作系统。

自动化取料系统主要由自动控制程序来完成,自动完成对位、开层、换层等动作。同时,自动化取料机实现了远程操控,在自动化运行过程中,可以随时辅以中控室操作手柄进行取料机相关动作的操控。涉及技术包括:激光扫描及成像技术、取料作业料堆模型控制技术、远程监控及工业通信技术等。

自动化取料系统有以下技术特征:

① 实时获取装船机旋臂工作角度,根据不同煤种及煤灰的不同干湿程度及时调整取料速度,尽可能地在臂架角度允许的最大流量范围内进行取料操作;同时,实时发布当前取料瞬时流量,以便装船机旋臂及时调整至最佳工作角度。

② 由于自动化取料机由激光雷达扫描阵列提供作业料堆的完整截面形态,并由后台内置工艺控制的控制器引导其自动进行取料作业,因此配合后台操作经验历史数据库(作业知识库),可以提炼出高效自主作业经验规则。自动装船系统与自动取料系统相互配合,形成一体化的自主装卸系统,可以从根本上提高整个装船过程的工作效率。

③ 自动化取料机大机上安装激光雷达,实时对料堆进行扫描识别当前料堆最高点的坐标信息,并实时反馈给控制系统,预防斗轮机与料堆碰撞,既保护了机器设备的安全又可防止塌垛,保障货主、货物安全。另外大机还需要安装人形识别系统,对危险区域人形入侵进行监控,针对进入工作区域的人员给予迅速离开工作现场的预警;除此之外,同样需要配以北斗定位系统,以实现取料机的全天候、高精度的大机定位及安全监控,防止堆场多机协同作业时机器之间发生碰撞。

自动化堆料系统中主要是注重防止不标准的垛堆形状尤其是锥形垛,因为不标准的垛形会导致取料机每层取料到达垛堆边沿时都会因为取料困难造成取料机斗轮空转而严重影响取料效率。能实现全天候常规工艺条件下全自动作业能力的自动化堆料系统,可以形成更标准的货堆形状及更平整的货堆表面以提高堆场利用率。

1.2.2 集装箱码头装卸设备智能控制

目前全自动化集装箱码头已经发展出多种工艺模式:自动化轨道吊+自动导引车工艺模式;带外伸臂轨道吊+集卡工艺模式;自动化轨道吊+跨运车工艺模式等。除此之外还有一些其他的工艺方式:在自动化集装箱码头的代表中,新加坡巴西班让码头的自动化堆场采用自动化高架式场桥,自重轻、定位准,但只能进行港区内集卡装卸作业;日本 Tokyo 码头、香港 HIT 码头采用半自动化轨道式龙门起重机,仅大车自动运行,司机通过人工操作完成内、外集卡装卸。无论哪种模式,都是基于设备的全自动化或半自动化操作。

而在现存自动化程度低下的旧集装箱码头,进行码头自动化改造是实现码头自动化的途径。集装箱码头自动化改造主要是倾向于实现单台集装箱桥吊的自动化控制(主要是远程控制),实现岸桥的自动化操作,有利于操作人员总体舒适度的提高,并且为码头作业节约人力成本。

岸桥的远程控制是指岸桥上不设司机室,司机在固定建筑的操控室中通过显示器获得岸桥实时画面信息,通过手柄操控起升小车及大车,并通过触摸屏或手柄操控岸桥的其他功能机构。

2010 年 12 月,ABB 公司开发的第一台远程控制的集装箱岸桥于巴拿马投入商业使用。应用 ABB 集装箱岸桥远程控制系统,司机可坐在根据人体工程学设计且配备操控杆和按钮的座椅上,通过监视器监控摄像机拍摄的图像和控制信息进行操作,极大地减少了人体疲劳的同时,提升整体绩效。

位于鹿特丹马斯夫拉克特的两家码头运营公司 APM Terminals 和 Rotterdam World Gateway 于 2014 年投入使用的码头中,集装箱岸桥采用的都是 ABB 公司提供的远程操控自动化系统,成为欧洲第一批应用集装箱岸桥(STS)远程控制技术的码头。

而对于现存的自动化程度低下的桥吊,则采取在现存电控系统的基础上进行岸桥远程操控改造的方式。单台岸桥自动化控制系统改造是在现有岸桥的电控系统基础上加装包括激光扫描仪在内的多源传感器装置、监控设备、网络服务器等,并将作业指令、集卡、集装箱装卸设备、远程操作台通过工业网络有机结合起来,进行实时数据交互,实现岸桥的自动化运行,只需要有限的人工辅助操作就能完成整个作业过程。