



电气工程系列丛书

THE DESIGN OF
INTELLIGENT
LOGISTICS
SORTING MACHINE

史建平 著

智能物流
交叉带分拣机的设计



江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS



电气工程系列丛书

本书由江苏高校品牌专业建设工程资助项目（TAPP，项目负责人：朱锡芳，PPZY2015B129）、常州工学院－“十三五”江苏省重点学科项目－电气工程重点建设学科、2016年度江苏省高校重点实验室建设项目－特种电机研究与应用重点建设实验室、江苏省政策引导类计划（产学研合作）——前瞻性联合研究项目（BY2016031-06）、江苏高校文化创意协同创新中心项目（XYN1514）、常州市应用基础研究计划项目（CJ20179061）、江苏省建设系统科技项目（2016ZD85）资助出版

史建平 著

智能物流

交叉带分拣机的设计



江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇江

图书在版编目(CIP)数据

智能物流交叉带分拣机的设计 / 史建平著. — 镇江:
江苏大学出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-5684-0726-7

I. ①智… II. ①史… III. ①自动分拣机—机械设计
IV. ①TH691.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 319397 号

智能物流交叉带分拣机的设计

Zhineng Wuliu Jiaochadai Fenjianji De Sheji

著 者/史建平

责任编辑/王 晶 李菊萍

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/http://press. ujs. edu. cn

排 版/镇江华翔票证印务有限公司

刷/虎彩印艺股份有限公司

开 本/890 mm×1 240 mm 1/32

印 张/5

字 数/162 千字

版 次/2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-5684-0726-7

定 价/32.00 元



如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

前 言

“双十一”购物狂欢节,已成为中国电子商务行业的年度盛事,并且逐渐影响到国际电子商务行业。根据阿里巴巴公布的数据,2017年“双十一”天猫、淘宝总成交额1 682亿元,再次刷新纪录。每年的“双十一”,网购订单均会瞬间激增,而下单后的送货环节却成为买家吐槽的重点。天猫、京东、易迅等国内几大电子商务网站为比拼送货速度,纷纷承诺网购包裹“当日达”“一日三送”等快速送货服务。圆通、申通、中国邮政EMS、顺丰等快递公司甚至紧急征调飞机解决“双十一”期间天猫订单的货运问题。“双十一”购物狂欢节虽然已经过去,然而其巨大的购物量产生的影响却没有结束。对于快递企业而言,快递公司只能启动限流方案避免爆仓,但导致很多新生成的快件无法按时配送,产生了滞留现象。同时,临近“双十一”购物狂欢节,由于快递员收入少且工作时间长,不少快递从业人员选择辞职避过这段时间或者干脆转行。根据调查,目前国内极大部分的二级分拣站点都是采用人工分拣的方式,工人的劳动强度大、效率低、错误率高,分拣过程对快件的损坏多。快递行业要保持竞争力、使业务持续增长,必须革新其运作模式,而其中分拣设备的自动化是达到这些业务目标的最有效方式。

本书针对物流交叉带式自动分拣系统开展论述,全书主要研究内容如下:

针对物流行业中传统分拣方式工作强度大、效率低、分拣错误率高等缺陷,分析各类自动分拣机的功能需求和性能特点,提出一种新型的交叉分拣系统实现策略,围绕交叉带分拣机的关键结构、优化设计、数据库管理、故障诊断、监控及高速高效运行控制等问题开展研究。结合实际已经完成的交叉带分拣机试验样机(包含8

个上包台,140 台小车,136 个下料口),研究交叉带式分拣机的系统结构及实现,三级传送上包控制系统及包裹分拣控制系统的设计,并针对落包机架、自动装包装置等内容进行研究分析。研究实现包裹信息扫描、小车定位检测、数据库管理、自动装包控制,使得包裹能实现自动分拣和自动装包。

本书研究的分拣系统通过对市场需求进行分析,获取系统功能需求;通过概要设计对整个交叉带系统功能进行模块划分、功能设计;通过样机实施、详细设计,测试完成每一个模块的功能实现与系统的设计与实现。系统运行正常,符合设计要求。相比人工分拣极大地提高了分拣效率,降低了分拣的差错率。

由于作者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请批评指正。

著 者

2017 年 11 月 28 日

目 录

第1章 绪 论 001

- 1.1 物流交叉带式自动分拣系统的发展现状及趋势 001
- 1.2 研究的目的是和意义 004
- 1.3 物流交叉带式分拣机应用情况及产业化前景 006

第2章 交叉带分拣系统结构及总体设计 008

- 2.1 物流交叉带分拣机系统构成 008
- 2.2 物流交叉带分拣机的控制系统 013
- 2.3 物流交叉带分拣机分拣包裹流程 014
- 2.4 物流交叉带分拣机系统的工作流程 016
- 2.5 系统研究内容及解决的关键技术问题 019
- 2.6 系统研究的主要技术指标 020

第3章 上包系统 021

- 3.1 上包系统总体方案及工作原理 021
 - 3.1.1 总体方案 021
 - 3.1.2 上包系统工作原理 024
- 3.2 上包系统的优化 026
 - 3.2.1 上包台控制流程 027
 - 3.2.2 提高上包准确性的分析 029
 - 3.2.3 上包系统工作效率的分析 030
 - 3.2.4 物理参数确定 030

3.2.5	各级传送带长度的确定	033
3.2.6	等待级延迟时间的确定	033
3.2.7	加速级提前启动时间的确定	034
3.2.8	光电传感器检测位置的确定	034
3.2.9	提高上包效率的计算	035
3.3	异常件对上包准确性的影响	037
3.3.1	人工剔除	038
3.3.2	自动剔除	038
3.4	上包系统硬件设计	040
3.4.1	硬件框图	040
3.4.2	硬件选型	042
3.4.3	I/O 分配表	047
3.4.4	上包系统 PLC 外部接线图	048
3.5	上包系统的软件设计	049
3.5.1	编程软件介绍	049
3.5.2	软件设计思想	050
3.5.3	各部分程序流程图	050
3.5.4	程序分析	052
3.5.5	程序调试	054
3.6	PLC 通信	058
3.6.1	Modbus 通信协议	059
3.6.2	PLC 与计算机通信实现	062
第 4 章	环线及小车控制系统	064
4.1	环线电气控制系统	064
4.2	小车电气控制系统	067
4.2.1	小车系统的控制要求	067
4.2.2	小车控制系统的硬件设计	067
4.3	小车系统的软件设计	075
4.3.1	程序流程图	076

4.3.2	部分程序举例	077
4.4	基于通信中转的小车实时通信设计	078
4.4.1	通信中转系统组成	079
4.4.2	复合式通信协议实现	080
4.4.3	通信机制的验证与测试	082
4.5	基于视觉的交叉带小车智能落包方法	083
第5章	下包装包系统	085
5.1	格口优化设计	085
5.1.1	格口优化思想	085
5.1.2	格口优化设计方案	086
5.2	半自动装包方案设计	088
5.2.1	半自动装卸包装置的设计	088
5.2.2	半自动装卸包装置工作流程	090
第6章	上位计算机控制系统	092
6.1	智能交叉带分拣机控制系统的设计	092
6.1.1	系统控制架构及传输要求	092
6.1.2	系统需求分析	093
6.2	数据库及数据表设计	094
6.2.1	数据库设计	094
6.2.2	数据表设计	097
6.3	系统设计与实现	108
6.3.1	程序主界面	108
6.3.2	登录模块	113
6.3.3	落包口设置	116
6.3.4	小车设置	118
6.4	系统测试与运行	121

第7章 扫描工作台终端及后台管理系统 124

7.1 系统需求分析 124

7.1.1 系统角色 124

7.1.2 功能分析 124

7.2 功能模块及数据库设计 127

7.2.1 客户端功能模块设计 127

7.2.2 服务器端功能模块设计 129

7.2.3 数据库设计 130

7.3 详细设计 134

7.3.1 客户端模块 134

7.3.2 服务器端模块 138

7.4 系统实现 140

7.4.1 开发环境 140

7.4.2 模块实现 140

7.5 系统测试 147

7.5.1 测试项目 147

7.5.2 主要测试用例 148

7.5.3 测试进度 150

7.5.4 测试结果分析 150

7.6 结 论 150

参考文献 151

第1章 绪 论

1.1 物流交叉带式自动分拣系统的发展现状及趋势

目前,随着快递业务需求的快速增长,用户要求更短的服务周期和更可靠的服务。快递服务业为使业务持续增长,保持竞争力,必须不断改进运作模式,而其中设备的自动化是达到这一目标的最有效方式。

随着科学技术的发展和进步,自动分拣系统也在不断地改进和创新,物流交叉带式自动分拣系统的主要技术发展现状如下:

1) 环线小车多

随着我国经济的快速发展,物流业的规模越来越大,出港目的地越来越多,包裹的处理量也越来越大,必然要求分拣设备的大型化发展,如广东圆通快递物流交叉带式自动分拣系统,环线小车数量超过了120台。

2) 分拣速度快

包裹处理量的增大必然要求设备工作效率、稳定性和维护性等指标参数的提高。与所有工业设备的发展相同,分拣设备的性能也将越来越先进,自动化程度越来越高,具体体现在包裹分拣速度越来越快,准确率越来越高,生产工艺不断地进步,稳定性更高。目前,包裹分拣机每小时的包裹处理量达到了20 000件以上。

3) 信息实时化

在物流交叉带式自动分拣系统中,要求物流即包裹流与信息流实现在线或离线的高度集成,信息技术已逐渐成为分拣技术的

核心。分拣设备的发展趋势是分拣设备与信息技术紧密结合,实现高度自动化。现场总线、图像识别与处理及互联网技术等高新技术与分拣设备系统的有效结合应用,将会成为今后大部分分拣系统的发展模式。

4) 智能化与人性化系统

处理量的增大、科技的进步、人们对工作条件的要求使分拣设备的设计不仅要实现基本处理功能,还要实现越来越受重视的设备智能化与人性化,以降低劳动强度、改善劳动条件,使得系统操作更轻松自如。在分拣机的监控上对分拣状况进行实时跟踪,可以以动态画面的形式形象地提供系统各节点的状态诊断信息,对出错节点实时报警同时提供维修提示,并提供简单形象的用户界面以进行系统启动、调速、停机等各种相应操作。

5) 绿色节能

社会与企业环保意识的提高对设备的制造有了新的环保要求,企业在选用分拣设备时会优先考虑环境污染小的绿色产品或节能产品。因此,分拣装备供应商也应关注环保问题,在分拣设备的设计中采取有效措施使设备达到环保要求。如在物流交叉带式自动分拣系统中采用新的设备与合理的设计,以降低设备的振动、噪音与能源消耗量等。

从全球范围看,海外大型智能物流系统集成商凭借其核心的产品优势(分拣速度、管理软件平台、出入库速度等),在自动化分拣系统领域形成了强大的品牌效应和规模效应。目前,国外较具规模的输送分拣设备专业厂商主要有 SIEMENS(西门子)、BEUMER(伯曼)、SSI SCHAEFER(胜斐迩)、DAIFUKU(大福)、OKURA(大库)、HOKUSHO(北商)等。由于国内快递分拣市场刚刚启动,初期应用分拣设备的主要为顺丰、DHL、UPS 等高端快递品牌,国内快递分拣系统的供应商目前主要为伯曼、西门子、胜斐迩等外资品牌。但随着二、三线快递巨头纷纷上市融资、开始采购自动化设备,分拣系统国产化的趋势已经非常明确,上海欣巴科技(永利股份)、科捷(软控股份)、东杰智能、金佳机电等国内企业均已开始与

快递巨头的技术和项目对接。

西门子在分拣机领域的产品并不是最丰富的,但是技术仍处于领先地位,在中国市场也有一定领先优势。交叉带分拣系统 VarioSort/VarioSort Twin 最大的卖点是易维护,且持久耐用,可靠性极高。其由许多互相连接的小车组成,每个小车上安装有一条皮带,皮带方向与小车传输方向呈 90° 交叉。小车通过直线电机进行驱动,为了确保稳定,仅采取了很少的组件。小车之间的通信采取了工业无线局域网,西门子的工业无线局域网是确保 Variosort 分拣机维修方便的一个重要因素。同时该产品还具有可扩展体系结构和高性能开发工具,以及为适应各种不同流程的额外选项,例如报警管理、资产管理和安全管理。

伯曼集团 Cross-Belt 交叉带分拣系统的产品系列包括伯曼交叉带分拣机(BEUMER Belt Tray Sorter)和 LS-4000CB 交叉带分拣机(Cross-Belt Sorter)。

伯曼交叉带分拣机,采用非接触式能量传输技术、直线电机驱动,能对具有不同大小、形状、表面特性的产品进行分拣,并可靠、轻柔地将产品送抵准确的目的地。针对不同的产品,还可以选择相应的输送带材料及表面结构。通过无接触式的能量和数据传输,伯曼交叉带分拣机可以提供最大限度的灵活性,降低运营成本。此外,模块化设计理念可以根据客户的厂房架构设计最理想的分拣设备,完全不会影响和限制工作效率。

LS-4000 CB 交叉带分拣机是高速的环形分拣系统,不仅可以缩短安装和调试的时间,而且在设计布置上也极具灵活性。这项新型的分拣技术极具环保优势,能提高能源效率,降低产品生命周期成本(PLCC),同时又不会影响速度、性能及可靠性。延续版本 LS-4000flexbelt 分拣机能够输送各种形状和尺寸的物品,极具灵活性。运载小车可采用单带或双带设计,每个小车最多可以装载 4 件物品,大大提高了分拣效率。此外,系统还能够实现将一根皮带上的两个物品一个向左卸放,一个向右卸放,或者两件同时向一侧卸放。

胜斐迩成立于 1937 年,是一家自主运营的德国家族企业。胜

斐迹交叉带分拣装置是分体式箱式拣选系统,用于批量订单拣选和退货处理。不同行业的客户,如邮政业务、纺织品、食品、消费类产品和电子商务,都靠这套系统分拣大量不同的货物。交叉带拣选装置通过快速准确的方式小心地拣选处理货物。滑坡和输送带可被用作到达口,它们可以紧密和灵活地排列。速度可达 2.5 m/s ,吞吐量达到 10 000 件/时。

目前自动化分拣系统已经成为发达国家大中型物流中心不可缺少的一部分。目前我国快递业的转运分拨环节才刚实现半自动化,快递能够实现在传送带上的自动运输,但识别和分拣仍然需要人工来完成。黄信兵等人针对尺度大小不一的脐橙,研究了一种自动装箱系统,实现了在每个纸箱中装入固定数量的脐橙。而在物流分拣系统中,包裹的大小形状不一、质量不等,在各个格口落包后累计的包裹总质量、总体积都是不确定的数值,具有很大的随机性。在现有交叉带式分拣系统的研究中,黄春阳在控制系统的设计中引入建模概念,并利用建模工具建立了主控制器节点与其他控制节点之间图形化的数据交互模型。该模型的建立可帮助系统设计人员更好地理解 and 把握系统框架。谢灿兴则是利用 Pro/E 三维建模功能和参数化工具,建立了上包台的参数化模型。对该模型的仿真研究,对交叉带式分拣机的研究开发提供了一定的理论基础。目前,自动化分拣系统在我国快递行业的应用刚刚起步,国内主要快递企业顺应快递业务快速增长及需求多样化的特点,加大装备、设施和技术投入,不断提升服务能力。为了满足物流业的发展需求,自动分拣技术尤其是国内自动分拣技术要不断的改进创新。

1.2 研究的目的是和意义

过去十年内我国的电子商务经历了爆发式增长,在电商崛起的驱动下,快递行业保持高速增长,我国快递业务量连续 4 年同比增长超过 50%,2014 年首次超越美国,成为全球第一快递大国。但近几年我国快递行业集中度呈下降趋势,尤其是前四大快递巨头的

份额下降充分说明快递行业的竞争已经逐渐走向白热化,并且在可预见的未来数年中竞争加剧的趋势还将继续存在。作为典型的劳动密集型行业,快递行业的人力成本占比较高(40%~50%),在分拨转运站的分拣(分拣机)、分仓仓储(自动化仓储系统)及物流运输(无人运输)等环节均有较大的自动化提升空间。预计未来仅分拣机系统就有望在快递行业达到百亿的市场规模。

人工成本快速增加,快递单价逐年下滑,促使快递业提升效率。根据国家统计局统计数据,2014年我国交通运输、仓储及邮政业从业人员的平均工资为6.3万元/年,并呈现逐年上升的趋势。与此相反的是,快递业务平均单价逐年下滑,2007年为28.5元/件,到2016年下滑到14.65元/件,其中异地快递单价目前只有10元,同城快递单价只有5元。人工成本不断上升、业务单价逐年下降,因此,通过提高智能化、自动化水平来提升效率变得日益重要。

人工分拣效率低下,不能满足高速增长的快递量。人工分拣的弊端主要体现在:①人工分拣拣货的正确率低;②维持其运行的费用不断上升,总体消耗大、企业利润低;③无法达到系统期望的高效作业要求,使得服务响应的速度降低。伴随着快递量的高增长,人工分拣的低效率已严重制约快递业的发展。据有关资料统计,分拣作业成本占快递行业配送中心总作业成本的60%~80%,分拣时间占整个配送中心作业时间的40%~60%,因此分拣作业的成本、速度和质量直接影响整个配送中心的信誉和生存,提升分拣作业的效率对提高配送中心的作业效率和服务水平具有决定性的影响。

与人工分拣相比,智能化分拣系统优势明显:①分拣系统能灵活地与其他物流设备实现无缝连接,如自动化仓库、各种存储站、自动集放链、各种运载工具、机器人等;②提高劳动生产率,降低作业成本,智能化分拣系统平均分拣效率为1万件/时,大约相当于人工分拣的30倍;③运行平稳、安全性高,对物品的损坏减少;④投放地址准确,降低了物料分类错误的可能性,减少了由于分类错误造成的经济损失和信誉损失;⑤组装标准化、模块化,具有系

统布局灵活,维护、检修方便等特点;⑥ 快递量迅速增加,采用智能化分拣系统,单个快递的分拣成本大约是人工分拣的 $1/2$ 。

1.3 物流交叉带式分拣机应用情况及产业化前景

快递企业分拣技术的先进程度决定着该企业的服务质量与市场竞争力,运用先进的分拣技术不仅能降低人工分拣成本,还能提高分拣效率、降低分拣差错率。

1) 应用情况

(1) 美国 UPS 快递分拣技术

美国 UPS 快递是全球最大的快递公司,也是世界上最大的快递承运商与包裹递送公司。2008 年,UPS 全年处理包裹及文件量近 40 亿件,每日达到 1 500 万件。每日如此庞大数量的包裹及文件要收发到全球 200 多个国家和地域,如果完全人工分拣作业,需要非常庞大的分拣流水线。但是 UPS 快递很早就注重现代科学技术的运用,采用了许多先进的分拣技术设备,如 VICAMssi2U、Maxi-code 二维码等。

(2) 邮政 EMS 速递分拣系统

中国邮政速递物流有限公司成立于 2010 年,作为我国快递市场的领军人物,中国邮政速递在现代分拣技术设备的应用方面还比较落后。经过最近几年的发展,只在沿海一带建立了屈指可数的几个大型先进的分拨处理中心,如最新建成的南京处理中心已经承诺全国 56 个城市次日达,如果未送达将退还全额运费。在中西部的很多地区分拨中心还是以人力为主,长长的流水线两旁站着许多分拣人员。

(3) 以“四通一达”为主导的民营快递

近年来,我国以“四通一达”为主导的大型民营快递企业的发展势头势不可挡。虽然这些民营快递企业出现了良性竞争,不断降低快递费用、提高服务质量、缩短配送时间,但是他们在先进分拣技术方面应用的很少。在 2012 年“双十一”期间,各大快递企业均出

现“爆仓”现象,大批货物被积压十天以上。这主要是因为分拣技术落后,即使是“四通一达”也有很多配送中心完全使用人工分拣,落后的分拣技术、粗暴的人工分拣严重限制了他们的进一步发展。

2) 产业化前景

过去几年我国规模以上快递业务量年均增速达到 56%,未来几年这种高增长仍将持续。假设到 2024 年快递量年均增速为 30%,据初步预测,当自动化分拣系统普及率达到 100% 时,分拣系统市场规模能够达到 800 亿~1600 亿元,同时能够带来耗材维保市场 400 亿~800 亿规模。即使普及率为 50%,仅快递行业分拣系统市场规模也将达到 500 亿元(设备+耗材维保年均 50 亿~100 亿元市场规模)。目前,自动化分拣系统已经成为发达国家大中型物流中心不可缺少的一部分;我国快递业的转运分拨环节才刚实现半自动化,快递能够实现在传送带上的自动运输,但识别和分拣仍然需要人工。自动化分拣系统在我国快递行业的应用刚刚起步,根据调研,目前仅有顺丰和 EMS 两家快递公司在批量应用自动分拣系统,“四通一达”等其他巨头的自动化渗透率几乎为零。对于快递行业来说,通过智能化、自动化水平的改造来提升效率变得日益重要。因此未来几年的快递资产证券化大潮大概率将启动自动分拣系统“从零到一”的跨越,作为设备供应商,先进入并具有技术优势的企业能够最大程度分享行业高增长红利。

本书研究的内容针对智能物流交叉带分拣系统,其结构设计和理论算法在物流行业内均具有一定的先进性。特别是分拣部分及自动包装部分的研究均有巨大的推广领域和市场前景。

本研究将物流的传统人工分拣进行改进,实现包裹信息扫描、小车定位检测、数据库管理、自动格口控制,使得包裹能实现自动分拣和自动装包,改进现有的分拣方法,提高效率、减小分拣错误率。包裹自动分拣系统市场呈稳步上升趋势,由于产业升级换代的需要,十年内的市场需求量非常巨大,辅以合理的价格和优良的性能,将能在国内市场上抢占不小的市场份额,必将产生良好的经济效益。

第2章 交叉带分拣系统结构及总体设计

随着电商业务高速发展,传统人力作业逐渐被各种自动化设备所取代。其中,交叉带分拣设备以其每小时2万件的超高分拣效率,以及高达99.9%以上的准确率,在订单合流环节及包裹分拣环节被广泛应用。如何最大化利用交叉带分拣机,节省人力成本、提高管理效率和提升服务质量,本书研究的物流交叉带式自动分拣系统主要实现包裹信息扫描、小车定位检测、数据库管理、自动装包控制,使得包裹能实现自动分拣和自动装包,改进现有快递公司二级站点人工分拣方法,提高效率、减小分拣错误率,为物流分拣行业长期持续发展提供研究基础。

2.1 物流交叉带分拣机系统构成

交叉带式分拣机(Carbel sorting system)在物流领域正逐渐被推广应用,该系统包括上包、分拣、下包及管控,它们之间通过现场总线模式进行信息的交互。交叉带分拣机总体结构如图2-1所示。在上位计算机系统的总体控制之下,系统将包裹从上包台精确送入环线上的指定的小车,在小车上,配置一个小型传送带,当小车通过环线驱动装置运动到目标格口时,上位计算机对该小车传送带进行控制转动,包裹准确进入落包格口。当分拣格口满后,进行自动装包操作,完成最终的分拣。