

DOI: 10.13955/j.yzyj.2022.03.13.05

低成本转盘分拣机的研究与应用

冯亚波, 葛凡

(中国邮政集团有限公司河北省石家庄邮区中心, 河北 石家庄 050000)

摘 要: 介绍了低成本转盘分拣机的研发背景, 从总设计、架构以及控制原理等方面阐述了低成本转盘分拣机的技术创新, 并对分拣机的成果效益和应用前景进行了分析, 以期为企业降本增效、流程优化、自动化作业等提供有效支撑。

关键词: 低成本; 转盘分拣; 复式格口; 新一代寄递业务信息平台

中图分类号: F61 **文献标识码:** A

随着国内经济结构调整与物流的高速发展, 我国物流行业发生了巨大变化, 受到多种因素的影响, 我国劳动力成本正在呈现逐渐上涨的趋势。快递企业为提高邮件处理效率, 保证邮件发运时限, 提升邮件分拣准确率, 提高客户用邮体验, 采取了出口集包模式和扩大进口分拣深度等措施。据了解, 揽收环节、投递环节的日均处理量在 5 000 件至 5 万件之间, 大部分采用人工分拣或简易皮带机辅助分拣, 这样的处理方式用工较多, 劳动力成本支出较大, 人工分拣效率低, 引入自动化分拣设备是唯一可行的途径。

目前, 主流的自动化分拣方式有交叉带、托盘、摆轮、模组带、滚筒等分拣系统。交叉带分拣机、托盘式分拣机的整个分拣系统区域占地大, 格口都在 50 个以上, 对场地面积要求较高, 成本大、投资多, 配置不灵活; 摆轮、模组带等分拣系统适合大件和邮袋的分拣, 不适用于中小邮件分拣需求; 小型直线型滚筒分拣机供件台只能设置 1 个, 分拣效率一般在 1 000 件/小时~2 000 件/小时, 不能满足一般揽收投递点的生产需求。基于对多种主流自动化分拣系统的调查和研究, 转盘分

拣占地面积小, 可设置多个供件台, 分拣效率较高, 弥补了其他几种分拣系统的缺陷, 通过对转盘分拣机的深入分析发现, 它是最适用于场地较小、某一专项分拣、较小的揽收投递点等分拣场所的高效的分拣设备。目前场地使用的转盘分拣机采用的机械结构和控制技术还是大型交叉带分拣机的延续, 为了降低转盘分拣机的成本, 本文提供了独特的思路和解决方案。

1 转盘分拣机总体结构和工作原理

转盘分拣机主要机械结构由三部分组成: 转盘主体结构(见图 1)、供件台、复式格口撑袋架。圆盘直径 4 800 毫米, 主驱动采用 1.5 千瓦变频电机, 减速机 NMRV63/130-300, 输出转速 5 转/分, 编码器和滑环孔径不大于 40 毫米, 小车长 600 毫米、宽 450 毫米。

转盘主体机械结构由圆形钢架、支腿、地脚、弧形导轨、电机、减速机组成。弧形导轨由两个半圆导轨组成一个圆形, 外圆与上平面校圆和校平。圆盘支撑在中心轴承和外侧行走轮上, 行走轮在弧形导轨上转动。圆盘上安装交叉带小车, 电机通过

获奖情况: 2021 年全国邮政企业科技创新成果二等奖。

作者简介: 冯亚波(1969~), 男, 河北晋州人, 高级工程师, 主要从事分拣设备自动化控制研究; 葛凡(1984~), 女, 河北武强人, 工程师, 主要从事设备管理和网路运营管理研究。

收稿日期: 2022-02-25

本刊网址: zyjy.sjzpc.edu.cn

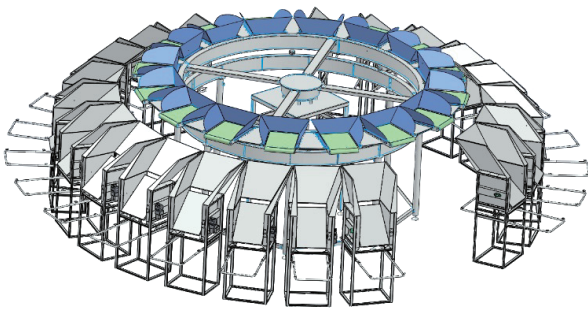


图1 分拣机转盘主体结构

减速机带动主轴，主轴通过法兰盘和圆盘连接并带动圆盘运转，主轴上安装编码器和滑环。

供件台采用静态摄像头（PDA）扫描供件，供件皮带和分拣小车同尺寸，供件皮带正上方1000毫米处安装摄像头，格口采用直接入袋撑袋架方式。

邮件进行分拣时首先启动圆盘运转，达到设定转速后且一号小车通过0位后即可分拣邮件。供件台摄像头（PDA）扫描邮件条码，上传到邮政新一代寄递信息平台译码后得到格口号，通过上位机传递到主控PLC，主控PLC根据编码器的位置信息控制供件皮带运转供件到交叉带小车（包括判断小车是否可用）。所托运邮件的小车到达格口前，首先判断格口是否锁格，若格口不是锁格状态，主控PLC和小车PLC通信，并通过485串口总线控制小车滚筒运转，通过小车皮带带动邮件落格。当邮件即将装满邮袋时可以按格口齐格按钮进行齐格操作，齐格后更换下一条邮袋。

格口有两种形式：一种是单格口撑袋架直接挂F01循环标准邮袋；另一种是可提高单位面积上的格口数量的复式落件格口，即一个格口设内外两个撑袋架，中间设计一个翻板，并采用直流400瓦无刷电机控制翻板，翻板主环每一圈最多动作一次，控制系统通过比较计算该格口在小车上未落格的内外邮件数量，决定翻板的内外位置并判断翻板是否动作。

2 电控元器件选型参数和控制原理

2.1 供件台摄像头和供件扫描PDA

供件台摄像头采用大华快手面阵相机读码器，型号为HR-SL24AOR-A1，读码器采用高性能的感光芯片，最大1千兆位/秒的传输速率，成像

清晰、识别稳定、集成度高、可靠性强，具有先进的畸变矫正功能，可有效克服褶皱、薄膜反光、光斑、脏污及印刷质量差（如溢墨、白线）的问题，皮带机1.6米/秒速度识读率达99%，可以满足大多数工业应用中对传输速率的要求，能在各种恶劣的环境中稳定工作，是一款高可靠性、高性价比的智能工业相机。

供件扫描PDA采用新大陆NLS-MT60E便携式数据采集器，内置安卓操作系统，支持一维、二维条码扫描并通过4G无线数据通信、蓝牙、WiFi进行数据的传输。

2.2 供件皮带和小车皮带滚筒设计

供件皮带和交叉带小车采用胜牌DG67DBLDS直流48伏直驱霍尔控制电动滚筒，滚筒采用了直接驱动转矩技术，取消了所有机械部件（如变速器和皮带轮），实现了低噪音、高动态性能。进一步融合感性精密编码器与智能驱动器，实现了快、精、准的伺服功能。额定输出功率400瓦，RS485通讯控制运行速度和方向并反馈控制器状态。

电动滚筒的参数设定：供件使用位置模式，运行距离自定义，运行速度420转/分，PI值10/16，加速度3~3.5米/秒²。落格使用速度模式，运行时间1秒，运行速度600转/分，PI值10/16，加速度4~5米/秒²。

2.3 复式格口控制设计

复式格口采用直流电机驱动，驱动器采用BLDC驱动器，是一款高性能、多功能、低成本的带霍尔传感器直流无刷驱动器。全数字式设计使其拥有灵活多样的输入控制方式，极高的调速比，低噪声，完善的软硬件保护功能，驱动器可通过串口通信接口与PLC相连，实现PID参数调整、保护参数、电机参数、加减速时间等参数的设置，还可进行I/O输入状态、模拟量输入、告警状态及母线电压的监视。驱动器连接注意刹车的使用，即BK端子和GND端子的联通，通过PLC的I/O点控制刹车，保证翻板的稳定。

2.4 格口控制的设计

格口设置一个锁格指示灯、一个锁格、齐格功能共用按钮。单按锁格按钮一次即执行锁格指令并点亮锁格指示灯，在2秒内按两次锁格按钮即执行齐格指令，在齐格之前首先锁格。锁格、齐格状

态通过 PLC 的以太网口上传到上位机并修改数据库表中格口状态,齐格还需通过上位机以报文方式把已落格邮件信息上传到邮政新一代寄递信息平台通信,完成齐格功能。

2.5 主控制系统的设计

按照典型的工厂自动化三级网络结构划分,分拣机主控制系统可划分为车间信息层、控制层和现场层。其中,控制层主要包括主控制系统、小车控制系统和上包控制系统,主要功能是控制分拣机主环的运转以及上件和落件的控制,与车间信息层进行相关分拣数据的交互,对现场层的数据进行采集和处理并输出。

主控制器与小车滚筒驱动器之间的通信方式直接影响分拣机的分拣速度和分拣效率。现阶段主控制器与小车滚筒驱动器之间的通信方式有基于导轨的 Profibus-DP 通信方式、漏波电缆通信方式和红外通信方式。方式一需要在轨道内安装特制的导电轨道,方式二需要在轨道内铺设漏波电缆,这两种方式均导致设备复杂、成本增加。方式三是在每个小车上安装红外接收管,此方式的弊端是故障率高、维护不便、成本也较高。

在保证通信效率的情况下最有效地降低成本,选用何种型号的主控制器以及主控制器和小车滚筒驱动器之间的通信方式,决定了转盘分拣机的成败。通过多次实验对比,转盘分拣机的主控制器采用 OMRON 最新小型 CP2E—N 型 PLC,该机型是集成了机器控制所需的 I/O 端口、通信和轴控制的控制器,最大程度降低了成本。主控 PLC 和转盘小车控制 PLC 皆采用型号为 CP2E-N30DT-A 的网络机型。主控 PLC 利用 300M 电力猫与小车控制 PLC 通信。通过电力猫通信既保证了带宽的需求,又降低了通信成本。主控 PLC 和小车 PLC 使用 SEND 指令发送数据,RECV 指令接收数据,因多条指令同时执行,需要设置不同逻辑端口号,并进行时序处理。PLC 网口的 FINS 节点号必须设置为 IP 地址最后一位,否则不能正常通信。RECV 指令 C+2 控制字高 8 位设定对方 IP 地址节点号,设置错误会报错。

小车控制 PLC 通过 RS485 网络与小车滚筒通信。RS485 通信参数:波特率 38 400,8 位数据,无校验,1 位停止位,小车 PLC 发送的指令帧为 8

个字节,起始字节是唯一的,起始字节 B7=1,后续字节 B7=0。RS485 帧发送时序:PLC 发送运行参数帧后,驱动器返回应答帧,然后 PLC 发送运行命令帧。每个命令帧前必须有一个参数帧,否则驱动器不动作。

其他主要电控元件设计见表 1。

表 1 转盘分拣机主要电控元件

名称	参数和型号	用途
编码器	DC24V NPN 600p/r 内孔 20mm 外径 80mm	控制供件和小车落格位置
滑环	3 路 30A 电流 内径 20mm	小车电力供给
U 型光电开关	DC24V NPN 型号: E3S ~ GS3E4	0 号小车定位
漫反射光电开关	DC24V NPN 型号: E3Z-D62 感应距离 10 ~ 50cm	供件包裹检测

3 软件系统设计

3.1 通信软件设计

控制通信软件采用 PowerBuilder 软件编写,该软件采用面向对象技术,具有易于学习和使用、开发前端程序速度快的优点,摄像头和 PDA 扫描数据通信选择 Socket 协议。PDA 的操作系统版本为 Android4.3,开发环境采用 Eclipse+ADT+SDK 三个组件整合开发。PLC 和上位机的通信也采用 Socket 协议通信方式。

Socket 又名套接字,是支持 TCP 协议或 UDP 协议的网络通信操作的基本单元,TCP 或 UDP 协议应用层和传输层协议通过 Socket 接口区分不同程序进程或网络通信,以实现网络传输的并发。Socket 的建立至少需要一对套接字完成,一个运行于客户端,另一个运行于服务器端。Socket 的连接过程需要 3 个步骤:第一步,服务器监听,转盘分拣机的上位机主服务器端作为摄像头读码器和 PDA 的 Socket 通信服务端,端口号 7757,PLC 和上位机通信采用 Socket 通信,PLC 作为通信的服务端,端口号 4096。第二步,客户端请求,

对于条码读入摄像头和 PDA 作为客户端发起连接请求。上位机端作为客户端在程序开始运行时与 PLC 发起连接请求。第三步，当服务端监听到客户端发送的请求时，响应客户端请求，建立一个线程，把服务器端描述发给客户端，当客户端确认后，建立连接成功。

PDA 条码扫描包括以下功能模块：扫描分拣模块，用 PDA 扫描邮件条码后把邮件放置在供件皮带上，光电开关检测到邮件后启动供件皮带；格口控制模块，包括格口锁格、解锁、齐格功能，是硬件操作格口的补充；译码查询模块，通过与邮政新一代寄递信息平台通讯查询邮件的物理格口；邮件跟踪模块，查询已分拣邮件的位置。

3.2 与新一代寄递业务信息平台交互通信设计

按照《散件化、流水化、集包化作业新一代寄递业务信息平台与新型分拣机接口规范》的要求，采用 WebService 服务调用通信模式。WebService 是一个 SOA（面向服务的编程）的架构，它不依赖于语言、不依赖平台，可以实现不同语言间的互相调用。WebService 通用程序采用 C# 语言开发，生成 DLL 控件，注册后由 PowerBuilder 负责程序调用。与 PLC 通讯以及与邮政新一代寄递信息平台（以下简称“新一代寄递平台”）交互主程序逻辑如下。

3.2.1 向 PLC 发送分拣格口数据

定时扫描供件临时表找到已经扫描的邮件条码，获取供件台号、格口号以及赋予流水号，通过组合后，使用 UTP 方式发送到主控 PLC。数据发送完毕后删除供件临时表数据。分拣数据存储于数据库表中。

3.2.2 新一代寄递业务信息平台交互解锁格口

新一代寄递业务信息平台通过 WebService 接口程序，收到 PDA（新一代寄递生产作业 PDA）锁格（或解锁）指令后修改格口锁格状态表，主控程序定时扫描格口锁格状态表，查询设备 ID 和物理格口相对应的锁格状态（BZ=2）的字段，如果发现格口锁格状态程序变量不一致，向 PLC 发送锁格指令同时检查锁格状态程序变量。PLC 控制锁格时通过主控程序 Socket 协议反馈格口锁格状态，并修改格口锁格状态表格口状态和程序格口状态变量。供件 PDA 的锁格和解锁操作通过 Socket 协议

修改格口锁格状态表格口状态字段实现。

3.2.3 新一代寄递业务信息平台交互齐格操作

新一代寄递业务信息平台通过 WebService 接口程序，收到 PDA 齐格指令后修改格口齐格状态表，主控程序定时扫描格口齐格状态表，查询设备 ID 和物理格口相对应的齐格状态（BZ=1）的字段，向 PLC 发送该格口锁格指令同时修改锁格状态程序变量。主控程序检索该格口未齐格的邮件数据，组合成齐格报文向新一代寄递业务信息平台发送。PLC 控制齐格时通过主控程序 Socket 协议反馈格口齐格状态，并修改格口齐格状态表格口状态。供件 PDA 的齐格操作是通过 Socket 协议修改格口齐格状态表格口状态字段实现。

4 转盘分拣机的主要特点

一是分拣机成本低，整机系统模块化设计，机械结构简单，易于安装和维护，人均工作效率高，性价比高。

二是分拣机占地面积小，采用复式格口的应用，结构紧凑，提高单位面积格口数量，增加细分度的同时也相对减少占地面积，降低用地成本。

三是快手式上包和 PDA 扫描上包模式相结合，对于个别批次邮件条码摄像头无法识读的问题，可用 PDA 扫描作为补充，适应邮政进口邮件条码模糊、破损、不易识读等特点，可有效提高分拣机识读率，提高邮件分拣准确率。

5 转盘分拣机的经济效益

5.1 市场分析

现阶段，快递业使用的小型小件集包分拣机都处于试用和摸索阶段，一般采用的是伺服电机驱动小车，西门子 PLC 和控制器控制运转，普遍问题就是成本高。例如，某厂家生产的 20 格口交叉带转盘分拣机市场价约 50 万元，每个格口价格约 2.5 万元。本文研究的转盘分拣机，如果不采用复合格口方式，20 格口两个供件台制作成本价格大大降低，总体估价（包括安装费用）控制在 18 万元以内，每个格口价格约 0.9 万元；如果采用复合格口方式，格口数量翻倍至 40 个，总体成本只增加 6 万元，每个格口价格约 0.6 万元。这样明显的价格差在这项创新成果的普及和推广中占很大优势。

Aramex 在沙特阿拉伯推出创新寄递平台

中东快递物流集团 Aramex 近日推出一个新型易用的寄递平台“Aramex Go”，简化了面向沙特初创企业和个人客户的寄递服务，更好地满足客户的物流需求。

近两年，沙特的初创企业呈指数级增长，其中大部分是电子商务企业。对于这些企业来说，物流解决方案是推动其业务增长的关键。Aramex Go 可以满足这些客户的需求，使他们能够无缝地将产品运送到国内外各目的地，且无需注册档案或永久的 Aramex 账户。

平台用户可以选择在线支付、揽收付款以及货到付款等灵活的支付方案，并享受具有竞争力的业务资费。平台还允许多件包裹集包运输，有助于提高运输效率。

Aramex 沙特阿拉伯总经理表示，公司很高兴在国内推出 Aramex Go 平台，为沙特蓬勃发展的创业环境提供有力支持。公司的创新方案符合提升客户体验、确保流程顺畅以及提高效率的发展战略。

Aramex 首席数字官表示，公司认识到初创企业和社会卖家对社区和经济发展产生了深远影响。行业增长的关键要素是确保企业能够接触到客户，Aramex 很自豪能够帮助初创企业和个人客户更广泛地触达消费者，通过提供可靠、高效和技术驱动的寄递平台，提升初创企业和个人客户在本地和全球市场的竞争力，并对消费者不断变化的需求做出敏捷响应。

(王旭 译)

邮快结合是促进邮政业创新发展、打通快递“最后一公里”的双赢举措，邮快结合后分拣的邮件量会大幅增加。比如，河北省石家庄市无极县实行邮快合作后，分拣邮件量由每天 1 万多件增加到 5 万多件，需要 20 多个分拣员进行分拣操作。如果引入转盘分拣机分拣，设备投入很小，适应性更强大，可以灵活地和胶带线连接实现到段道邮件的快速分拣。目前，信息系统接入可以使用共配系统，下一步，邮政新一代寄递平台将支持其他快递公司信息的接入。

5.2 应用前景分析

5.2.1 应用于县局或投递站进口到段分拣

人工利用简易皮带机分拣，人均分拣效率约 600 件/小时，两人操作转盘分拣机，其效率是每小时 3 000 ~ 4 000 件，可节省三分之二的人工，且对业务素质要求不高。

5.2.2 应用于出口集包

用于集包量在 1 万至 3 万件的县局或支局。转盘分拣机在智能搁架的前端进行前置分拣，量大的格口用于直分，量小的格口作为初分使用，再由智能搁架进行细分，配合使用可解决智能搁架格口不足和效率低的问题。

5.2.3 出口集包级联使用

用于集包量在 3 万至 10 万件的县局或支局多台转盘分拣机级联。使用一分二或一分四设备进行初分，然后两台或四台转盘分拣机同时作业，格口数可以达到 60 ~ 120 个，完全满足出口集包要求，且成本投入比使用小件分拣机低很多。

参 考 文 献

- [1] 王丹浩. 倾翻式托盘分拣机光电扫描与安全监控探析 [J]. 山东工业技术, 2019 (6)
- [2] 谭宇硕, 韩瀚, 冯亚波, 等. 基于 PLC 的挂号信函分拣机械手设计 [J]. 制造业自动化, 2015 (15)
- [3] 史科科, 韩天文. 一种新型交叉带分拣机的研究与分析 [J]. 机械工程师, 2017 (5)
- [4] 谭宇硕, 韩瀚, 冯亚波, 等. 基于 PDA 控制的报刊分拣系统设计 [J]. 科技经济市场, 2019 (4)
- [5] 李通, 韩建萍, 安富荣, 等. 交叉带分拣机控制层通信系统设计与应用 [J]. 山西能源学院学报, 2019 (6)
- [6] 陈峰, 孟宇, 杨至诚. 基于 Socket 方式实现不同品牌 PLC 之间的通信 [J]. 化工自动化及仪表, 2020 (1)