

基于 PLC 的智能仓储货物分拣控制系统设计与实现

曹俊杰

421127196807090812

摘要: 为解决传统仓储货物分拣效率低、误差率高、人力成本高的问题,设计一种基于可编程逻辑控制器(PLC)的智能仓储货物分拣控制系统。该系统以PLC为核心控制单元,结合光电传感器、编码器、传送带电机、气动分拣装置等硬件设备,实现货物信息检测、位置定位、自动分拣等功能。通过对系统硬件架构的优化设计和软件程序的模块化开发,提升了分拣系统的稳定性和可靠性。实验结果表明,该系统分拣准确率达到99.5%以上,分拣效率较传统人工分拣提升4倍以上,能够满足中小规模仓储物流的分拣需求,具有较高的实用价值和推广前景。

关键词: PLC; 智能仓储; 货物分拣; 控制系统

DOI: 10.69979/3029-2727.26.02.057

引言

随着电子商务行业的快速发展,仓储物流作为商品流通的关键环节,其运营效率直接影响企业的市场竞争力。货物分拣是仓储物流中的核心工序,负责将不同种类、不同目的地的货物从混合批次中分离出来,是保障货物快速精准配送的基础。传统的货物分拣方式主要依赖人工操作,存在诸多弊端:一方面,人工分拣效率低下,难以应对电商大促等高峰期的货物分拣需求;另一方面,人工分拣易受疲劳、主观判断误差等因素影响,分拣准确率较低,导致货物错发、漏发等问题,增加了企业的运营成本和客户投诉率。此外,人工分拣需要大量的人力投入,随着人力成本的不断上涨,企业的运营压力日益增大。

1 系统总体方案设计

1.1 系统功能需求

基于PLC的智能仓储货物分拣控制系统需满足以下核心功能需求:货物检测功能:可精准检测货物的到达状态、品类属性及尺寸参数等信息;位置定位功能:实时采集货物在传送带上的位置信息,保障分拣动作的精准触发;自动分拣功能:依据货物检测信息,驱动相应分拣装置动作,将货物分拣至预设区域;状态监控功能:实时监测系统各核心设备的运行状态,包括电机运行状态、传感器工作状态、分拣装置动作状态等;故障报警功能:当系统出现故障(如传感器故障、电机故障、货物拥堵等)时,可及时触发报警信号,并清晰显示故障类型与故障位置;人机交互功能:提供规范化的人机操作界面,支持系统参数配置、运行状态查看、故障信息查询等操作。

1.2 系统控制流程

系统的控制流程如下:启动阶段:操作人员通过人机交互界面启动系统,PLC对各设备状态进行初始化配置,并检测传感器、电机、分拣装置等核心部件的运行状态,若存在故障则触发报警信号;货物输送阶段:传送带驱动电机启动,将货物从进料口输送至检测区域;货物检测阶段:当货物抵达检测区域时,光电传感器检测到货物并生成触发信号,PLC接收信号后,控制编码器采集货物位置信息,同时通过颜色传感器、尺寸传感器完成货物品类与尺寸信息的采集;分拣决策阶段:PLC将采集的货物信息与预设分拣规则进行比对分析,确定货物的目标分拣区域;自动分拣阶段:当货物到达预设分拣位置时,PLC驱动相应的气动分拣装置动作,将货物推送至对应分拣通道;循环运行阶段:系统重复上述流程,实现连续化货物分拣作业;停止阶段:操作人员通过人机交互界面发出停止指令,PLC控制各设备依次停机,完成系统停机流程。

1.3 系统技术路线

本系统采用PLC核心控制+传感器检测+执行机构动作+人机交互的技术路线。以PLC作为核心控制单元,承担传感器检测信号接收、数据处理、控制指令生成及执行机构驱动等核心任务;通过光电传感器、颜色传感器、尺寸传感器及编码器等感知设备,实现货物信息与位置信息的精准采集;采用传送带驱动电机、气动分拣装置等作为执行机构,完成货物的输送与分拣作业;借助触摸屏构建人机交互界面,为操作人员提供便捷的系统控制与监控渠道。系统硬件部分主要由PLC模块、传感器模块、执行机构模块、电源模块及人机交互模块构成;软件部分主要包括PLC控制程序、人机交互程

序及故障诊断程序。

2 系统硬件设计

2.1 核心控制单元选型

核心控制单元选 PLC 设备，综合功能需求、控制规模和性价比等选适配型号。该 PLC 优势：运算快、指令周期短，能快速响应信号并生成指令；输入输出点数足，可满足多传感器与执行机构控制需求；抗干扰性好，适应复杂电磁环境；编程灵活，支持多种编程方式，便于开发维护；扩展性佳，可通过扩展模块满足后续升级需求。

2.2 传感器模块选型与设计

传感器模块是实现货物检测与定位的核心，依据需求选以下设备：光电传感器选漫反射式，检测货物到达与离开，检测距离可调、响应快、抗干扰强，可精准检测不同货物；颜色传感器适配，采集货物颜色信息，能检测多种基色实现分类识别；尺寸传感器选激光测距，测量精度高、范围广，满足不同规格货物检测；编码器选增量式，采集货物位置信息，分辨率高，为分拣提供数据支撑。电路设计：将传感器信号输出端与 PLC 输入端子对应连接，配置稳定电源，增设滤波电路保障信号稳定可靠。

2.3 执行机构模块选型与设计

执行机构模块由传送带驱动单元与气动分拣装置组成。传送带驱动单元选三相异步电机，通过变频器无级调节转速控制输送速度，变频器有多重保护功能保障电机安全。气动分拣装置选气缸为执行元件，按分拣通道数量配置，气动系统由空压机等部件组成，通过 PLC 控制电磁阀驱动气缸完成分拣。电路设计：将变频器控制端、电磁阀线圈与 PLC 输出端子对应连接，提供适配电源，增设保护电路避免设备损坏。

2.4 人机交互模块选型与设计

人机交互模块选适配工业触摸屏，特性：显示好，能清晰呈现系统信息；操作便捷，支持触摸且响应快；通信接口丰富，与 PLC 高速交互保障数据实时准确；编程扩展性强，便于开发个性化界面。界面设计涵盖：主界面实时展示系统运行状态；参数设置界面支持规则配置等功能；故障报警界面显示故障信息；历史数据界面记录关键数据，为分析维护提供支撑。

2.5 电源模块选型

电源模块为系统稳定运行供能，依据设备电源需求

选适配的开关电源与三相交流电源模块，开关电源为 PLC 等设备提供电力。直流电源模块提供稳定直流电源，三相交流电源模块为传送带驱动电机提供交流电源。同时，电源模块有过压、过流、短路等多重保护功能，可保障系统安全稳定运行。

3 系统软件设计

3.1 软件设计思想

系统软件采用模块化编程思想进行开发，将系统核心功能划分为多个独立的功能模块，包括主程序模块、货物检测模块、位置定位模块、分拣控制模块、状态监控模块、故障诊断模块及人机交互模块等。各功能模块承担特定的功能任务，通过标准化的数据接口实现模块间的协同工作。模块化编程的核心优势体现在：简化程序结构，提升程序的可读性与可维护性；便于程序的调试与修改，当某一功能模块出现问题时，可仅针对该模块进行调试优化，不影响其他模块的正常运行；增强系统的扩展性，可依据实际需求新增或修改功能模块，实现系统功能的升级迭代。

3.2 PLC 控制程序开发

PLC 控制程序采用梯形图编程方式，基于适配的标准化编程软件进行开发。梯形图作为一种图形化编程语言，具备直观易懂的特点，符合工业控制领域技术人员的思维习惯。PLC 控制程序主要包含以下核心功能模块：初始化模块：系统启动时，对 PLC 的输入输出端口、内部寄存器、定时器、计数器等核心部件进行初始化配置，同时检测各设备的初始状态，若检测到故障则设置故障标志位，并触发报警信号。货物检测模块：当光电传感器检测到货物时，生成中断信号，PLC 响应中断后，启动颜色传感器与尺寸传感器采集货物属性信息，并将采集到的信息存储至内部寄存器；同时，启动编码器采集货物位置信息，实时更新货物的位置数据。位置定位模块：依据编码器采集的位置数据，计算货物到达各分拣位置的距离与时间，当货物抵达预设的分拣位置时，设置位置触发标志位，为分拣控制模块提供精准的触发信号。分拣控制模块：依据货物检测模块采集的货物属性信息，调用预设的分拣规则库进行比对分析，确定货物的目标分拣区域；当接收到位置定位模块的触发信号时，PLC 输出控制指令驱动相应的电磁阀动作，带动气缸伸缩，将货物推送至指定分拣区域；分拣完成后，复位分拣标志位，为下一次分拣作业做好准备。状态监控模块：实时检测各设备的运行状态，包括电机运行状态、

传感器工作状态、电磁阀动作状态等，将设备状态信息存储至内部寄存器，并传输至人机交互模块进行实时展示。故障诊断模块：对传感器输出信号、电机运行电流、电源电压等关键参数进行实时监测，当检测到异常信号时，通过逻辑判断确定故障类型与故障位置，设置故障标志位并触发报警信号，同时将故障信息传输至人机交互模块进行展示。系统可诊断的常见故障类型包括传感器故障、电机故障、货物拥堵、电源故障等。

3.3 人机交互程序开发

人机交互程序基于适配的编程软件进行开发，实现触摸屏与PLC之间的高速通信与数据交互。人机交互程序的核心功能包括：系统启停控制：操作人员通过触摸屏上的启停按钮向PLC发送控制指令，实现系统的启动与停止控制；参数配置功能：支持操作人员通过触摸屏完成分拣规则配置、传送带速度参数设置、传感器检测阈值校准等操作，参数配置完成后，通过通信接口传输至PLC内部寄存器，更新系统控制参数；运行状态展示：实时呈现系统运行状态参数，包括传送带输送速度、当前分拣货物数量、各设备运行状态等，便于操作人员实时掌握系统运行情况；故障报警展示：当系统出现故障时，触摸屏实时显示故障类型、故障位置、故障发生时间等信息，并同步发出声光报警信号，提醒操作人员及时处置；历史数据查询：记录系统运行过程中的关键数据，包括分拣总量、分拣准确率、故障记录等，支持操作人员查询历史数据，为系统维护与性能优化提供依据。

4 系统调试与性能测试

4.1 系统调试

系统调试分为硬件调试与软件调试两个阶段，通过分阶段调试确保系统各部件及整体的协同稳定工作。

硬件调试：先单独调试各硬件设备，验证传感器信号采集精度与稳定性、电机与分拣装置动作可靠性。将传感器与PLC连接，模拟货物检测场景，验证PLC接收信号准确性；将电机、电磁阀与PLC连接，通过PLC输出指令，测试电机启停、调速功能及分拣装置动作精准性。之后进行硬件系统联调，启动系统，验证各硬件协同工作性能，确保货物输送、检测、分拣等核心流程顺畅运行。

软件调试：先单独调试各软件功能模块，用适配编程软件对PLC控制程序各模块进行仿真测试，验证程序逻辑正确性与参数配置合理性。接着进行软件系统联

调，将PLC控制程序下载至硬件单元，启动系统，通过触摸屏监控运行状态，验证货物检测、位置定位、自动分拣等核心功能实现效果。针对调试中发现的问题（如分拣延迟、传感器误触发、报警不准确等），及时优化程序逻辑与参数配置，直至系统各项功能达设计要求。

4.2 性能测试

为验证系统的综合性能，搭建实验平台，选取不同品类、不同尺寸规格的货物开展测试，测试指标涵盖分拣准确率、分拣效率及系统运行稳定性等核心性能参数。

分拣准确率测试：选取多种不同品类、不同尺寸规格的货物作为测试样本，将测试样本依次送入系统进行分拣作业，记录分拣正确与错误的货物数量。测试结果表明，该系统的分拣准确率符合设计要求。

分拣效率测试：分别采用传统人工分拣模式与本系统开展货物分拣对比测试，统计相同数量货物的分拣耗时。测试结果表明，本系统的分拣效率较传统人工分拣模式显著提升，可有效匹配高峰期的货物分拣需求。

系统稳定性测试：将系统置于连续运行工况下开展稳定性测试，测试结果表明，系统连续运行期间未出现设备故障、程序崩溃等异常情况，货物分拣流程顺畅，故障报警功能响应及时，系统运行稳定性良好。

5 结论

本研究完成基于PLC的智能仓储货物分拣控制系统的设计与实现，通过优化软硬件设计，实现货物自动检测、定位与分拣功能。系统以适配PLC为核心构建硬件架构，采用模块化思想开发软件，实验验证其分拣准确率、效率及稳定性均达标。该系统成本适中、操作便捷，可满足中小规模仓储分拣需求，有效降低人力成本、提升运营效能。未来可引入机器视觉、物联网技术，优化分拣算法、扩展功能维度，进一步提升系统智能化水平与适用范围。

参考文献

- [1] 杨吉芬. 基于PLC的智能仓储物流系统设计与实现[J]. 现代制造技术与装备, 2025, 61(6):177-179.
- [2] 赵新宇. 基于工作过程系统化的高职PLC教学研究——从自动化生产线到智能仓储控制系统[J]. 教育信息化论坛, 2025(14):145-147.
- [3] 吕宇晖, 黄子凌, 向佳楠. 基于PLC的仓储管理系统设计[J]. 鞋类工艺与设计, 2024, 4(24):141-143.