

Experiment Design of Logistics Sorting System

Enwei Xiong Qi An*

Shanghai Shanda College, Shanghai, 210202, China

Abstract

This paper designs and implements an automated product inspection and sorting system based on the Siemens S7-200 PLC, integrating sensor technology, stepper motor control, and pneumatic actuators. The system achieves a fully automated process from material feeding, transmission, and inspection to precise sorting, serving as a project for a university electromechanical systems course design. The system adopts a modular design, with hardware components including a stepper motor-driven conveyor belt, color sensors, proximity switches, and cylinder groups. On the software side, PLC programming enables multi-sensor signal collaborative processing and motion control logic optimization. In the key technology implementation, the two-point learning method of the color sensor is used to set thresholds for red, green, and blue targets. Combined with the PLC's high-speed pulse train output, issues such as material reflection interference and timing deviations in sorting actions are resolved. The innovative aspects of this system lie in its multi-sensor collaborative control strategy and low-cost modular architecture, providing a reusable experimental pathway for university electromechanical system design courses.

Keywords

PLC; material sorting; automatic control; color sensor

物流分拣系统实验设计

熊恩卫 安琪*

上海杉达学院, 中国·上海 210202

摘要

本文设计并实现了一套基于西门子S7-200PLC的自动化产品检测与分拣系统, 结合传感器技术、步进电机控制及气动执行机构, 完成了从物料上料、传输检测到精准分拣的全流程自动化解决方案, 用于大学机电系统课程设计项目。系统采用模块化设计, 硬件部分由步进电机驱动的传送带、颜色传感器、接近开关及气缸组构成; 软件层面通过PLC编程实现多传感器信号协同处理与运动控制逻辑优化。在关键技术实现中, 通过颜色传感器的两点学习法设定红、绿、蓝目标阈值, 结合PLC的高速脉冲串输出, 解决了物料反光干扰与分拣动作时序偏差问题。本系统设计的创新点在于多传感器协同控制策略与低成本模块化架构, 为大学机电系统设计课程提供了可复用的实验路径。

关键词

PLC; 物料分拣; 自动控制; 颜色传感器

1 引言

在物流行业的迅猛增长和日益激烈的市场竞争中, 制造企业面临着越来越大的压力, 需要优化生产方法和提高运营效率。特别是对于具有关键任务物料分拣的设施, 传统的手动分拣已被证明不足以满足现代物流和仓储部门不断变化的需求^[1]。本文围绕工业自动化需求, 设计了一套基于西门子 S7-200 SMART PLC 的产品检测与分拣系统, 可广泛应用于电子元器件、医药包装等领域的标准化产品分选作

业, 为中小型生产线自动化改造提供了高性价比解决方案, 同时也可在大学机电系统设计课程提供可复用的实验路径。

2 总体设计

系统关键部件包括传送带、气缸、步进电机、电磁阀和磁感应开关, 具有用于连接各种气动源的标准化接口。选用颜色识别传感器和光电传感器, 作为检测元件。

系统共有两种工作模式, 第一种模式: 多个物料匀速分拣, 传送带启停人为控制, 当分拣系统通电后, PLC 控制电机的程序首先进行初始化操作, 然后控制电机带动传送带工作, 输送带匀速运行, 与此同时, 颜色传感器检测上料台有无物料, 当上料台上有物料时, 推料气缸 1 将物料推入传送带并记录其颜色类型, 物料被传送带带着依次经过红色分拣位 (SA), 绿色分拣位 (SB), 蓝色分拣位 (SC) 和黑色分拣位 (SD)。当物料被对应检测位的接近传感器检测到时,

【作者简介】熊恩卫 (2001-), 男, 中国贵州毕节人, 在读硕士, 从事机械研究。

【通讯作者】安琪 (1993-), 女, 中国湖北襄阳人, 硕士, 助教, 从事机器人技术研发及应用研究。

该检测位的推料气缸将其推入对应的滑槽。第二种工作模式：单个物料精准分拣，传送带的启停由传送带有无物料决定，上料台的颜色传感器判别物料类型，当上料台有物料且类型以被检测出时，PLC 给出该物料到分拣位相应的脉冲，步进电机驱动传送带将其带到该物料对应的分拣位后停止，该分拣位的到接近传感器检测到物料时，对应气缸将其推入的滑槽。不同的工作模式效率效率不同，第一种分拣模式传送带运行速度恒定，可以实现多个物料同时分拣，但物料分拣时容易出现分拣误差；第二种分拣模式，只能分拣单个物料，效率相对较低，但分拣更为精确，能将物料带到指定分拣位置。

3 硬件设计

3.1 PLC 选型

作为自动化分拣系统的控制核心，PLC（可编程逻辑控制器）以其卓越的稳定性、出色的耐久性、完备的功能、广泛的适用性以及便捷的操作维护特性，确保了系统的高效可靠运行^[2]。本系统不仅需要 PLC 实现离散输入信号控制，而且 PLC 必须能够通过发送脉冲信号的方式对步进电机进行控制，PLC 一般有继电器型和晶体管型，继电器型不支持脉冲信号控制，因此必须采用晶体管输出类型。分拣系统总共需要 I/O 点数为 28 个（21 个输入 7 个输出），本文选择具有基于晶体管输出配置的西门子 S7-200-226 PLC，有 24 个输入点，16 个输出点，不仅能够很好的满足本系统分拣任务，而且还留有一定余量，为后续增加元件留出位置。

3.2 电机选型

在选择电机时，需考虑其功率、扭矩、转速等关键性能参数，以及电机的尺寸、重量、冷却方式和防护等级等因素，以确保满足特定应用场景的需求^[3]。步进电机作为分拣系统的执行机构，用于带动传送带输送物料前行。系统通过控制从 PLC 发送到步进驱动器的脉冲数来实现精确定位，这决定了步进电机的旋转周期。同时，PLC 通过调整脉冲频率来调节步进电机的速度，从而控制物料分拣系统中的输送带速度以完成速度调整，步进电机作为核心驱动元件，承担着精准控制传送带运动的关键任务，本文选取 110 系列三相混合式步进电机。

3.3 传感器选型

选用阿童木 CL2-N3A1 颜色传感器和大森 DS-GD 系列漫反射光电传感器，传感器通常由敏感元件、转换元件、信号调理电路和辅助电源电路组成^[4]。随着科学技术的发展，传感器技术也迎来了巨大的升级，新兴趋势表明信号调理与转换电路系统地集成在传感器外壳内，或者将它们与传感元件集成在单个芯片上^[5]。

4 分拣控制系统设计

根据分拣系统的生产过程规范，分析单个设备的运行参数和排序逻辑，然后绘制出标准化控制逻辑流程图，如图

1 所示。

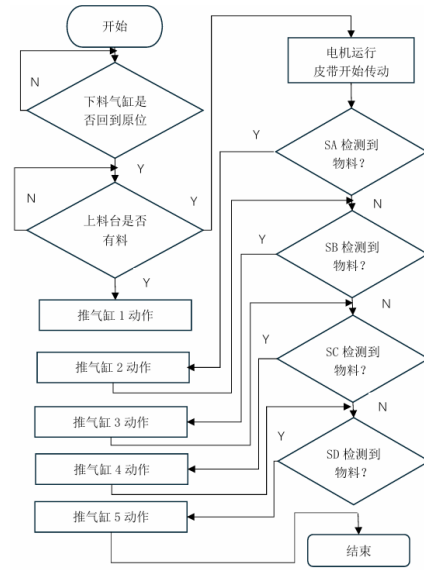


图 1 控制系统流程图

4.1 I/O 模块配置

根据系统控制要求，共需 I/O 点 28 个（21 输入 / 7 输出），选用晶体管输出型西门子 S7-200-226 PLC，可满足脉冲控制及后续扩展需求。I/O 点分配如表 1 所示。

表 1 PLC 输入 / 输出端子分配表

西门子 PLC(I/O)	分拣系统接口(I/O)	备注
10.0	启动	第一种工作模式
10.1	停止	第一种工作模式
10.2	换向	第一种工作模式
10.4	颜色传感器（红）	
10.5	颜色传感器（绿）	
10.6	颜色传感器（蓝）	
10.7	颜色传感器（黑）	
11.0	SBW1(推气缸 1 限位)	
11.1	SFW1(推气缸 1 动作限位)	
11.2	红色到位	
11.3	SBW2(推气缸 2 限位)	
11.4	SFW2(推气缸 2 动作限位)	
11.5	绿色到位	
11.6	SBW3(推气缸 3 限位)	
11.7	SFW3(推气缸 3 动作限位)	
12.0	蓝色到位	
12.1	SBW4(推气缸 4 限位)	
12.2	SFW4(推气缸 4 动作限位)	
12.3	黑色到位	
12.4	SBW5(推气缸 5 限位)	
12.5	SFW5(推气缸 5 动作限位)	
Q0.0	M(输送带电机驱动器)	
输出部分	Q0.1 换向	
	Q0.3 YV1(电磁阀 1)	
	Q0.4 YV2(电磁阀 2)	
	Q0.5 YV3(电磁阀 3)	
	Q0.6 YV4(电磁阀 4)	
	Q0.7 YV5(电磁阀 5)	

4.2 PLC 接线设计

PLC 的输入接线方式主要分为源型和漏型两种，本设计采用漏型输入，根据表 1 可以绘制出 PLC 的外部接线图，如图 2 所示。

5 仿真调试

在自动化控制系统的开发中，仿真调试阶段是理论设

计与实际运行衔接的关键环节。仿真可以检验程序是否有漏洞，调试可以验证 PLC 控制的电气元件和复杂的控制逻辑的性能和逻辑的正确性，从而确保整个控制系统的稳定运行^[6-8]。分拣系统的程序使用西门子 S7-200 V2.0 版本进行仿真，采用缩小版的模型对分拣系统系统进行调试。

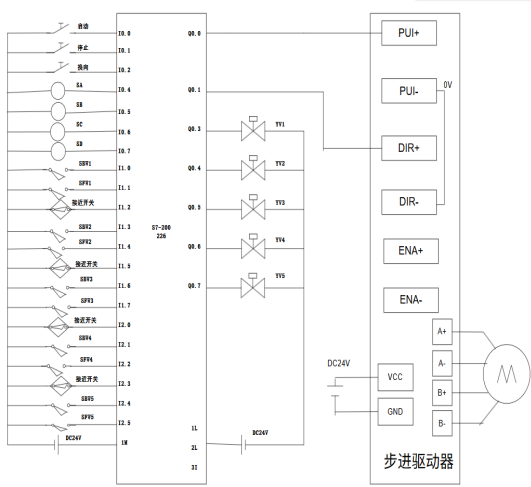


图 2 PLC 外部接线图

调试工作遵循“单机调试→功能联调→系统优化”的递进逻辑。前期需完成以下准备：

(1) 硬件检测：

①确认 PLC、步进电机驱动器、传感器供电电压稳定，如图 3-a 所示。②使用万用表检测传感器输出信号线（NPN 型）与 PLC 输入端的导通性，避免虚接或短路。③检查气缸磁感应开关安装位置，确保活塞杆伸出 / 缩回时开关触发状态正常（如缩回时常闭触点断开）。

(2) 软件配置：

①通过 STEP 7-Micro/WIN 软件导入 PLC 程序，配置 PTO（脉冲串输出）控制步进电机转速。②初始化传感器阈值参数：将颜色传感器的红色通道阈值设为 $R=180 \pm 5$ （RGB 范围 0-255），绿色通道 $G=150 \pm 5$ ，蓝色通道 $B=60 \pm 5$ 。

(3) 单机功能验证

①步进电机与步进驱动器同步调试。确保电机启停平稳，发送的脉冲与传送带位移线性对应。操作步骤：断开气缸负载，单独运行步进电机，使用示波器监测驱动器脉冲信号频率，验证 PTO 输出与设定值（如 1600 脉冲 / 转）的一致性。验证过程如 3-b 所示。

传感器信号采集测试

②确保颜色传感器与接近开关输出信号稳定，PLC 能准确识别触发状态。

操作步骤：

a) 使用标准色卡（红、绿、蓝、黑各 3 种深浅样本）反复通过传感器检测区域，通过 PC 端监控软件记录 PLC 输入点（I0.4-I0.7）的触发状态。

b) 调整传感器安装角度与检测距离，观察光斑是否覆

盖物料表面，过程如图 3-d 所示。

c) 模拟极端光照条件（如强光侧照射），测试传感器抗干扰能力，必要时加装遮光罩或调整阈值回差。

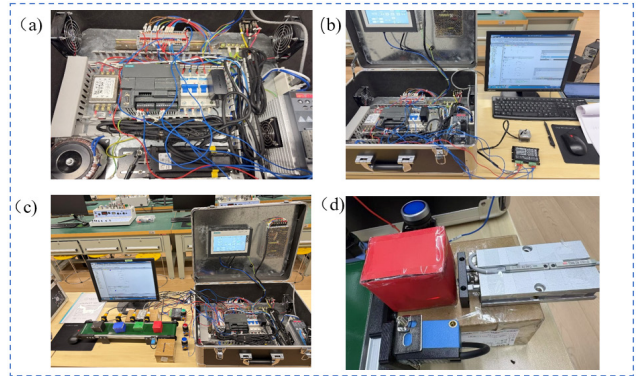


图 3 PLC 电压检测 b 步进电机与步进驱动器同步调试 c 分栋动作调试 d 传感器调试

6 总结

在现代工业自动化领域，物料分拣系统的高效性与可靠性直接影响生产线的整体效率。本文以西门子 S7-200-226 PLC 为核心控制器，结合步进电机、颜色传感器、限位开关及气动执行机构，设计了一套完整的自动化产品检测与分拣系统，系统以较低成本实现了高精度分拣功能，特别适合预算有限的中小型生产线改造，也为大学机电系统设计课程提供了可复用的实验路径。其模块化设计便于扩展，例如未来可集成机器视觉模块替代颜色传感器，支持更复杂的图案或二维码识别；增加 RFID 读写器后，可实现物料信息追踪与生产数据管理。其技术方案兼顾实用性与可扩展性，为工业 4.0 背景下的智能化转型提供了切实可行的技术路径。

参考文献

- [1] 张莹.基于PLC的工业机器人臂分拣控制系统研究[J].机械管理开发,2024,39(06):237-239.
- [2] 王丽珍,薛小兰.基于PLC的物料分拣控制系统设计[J].机械管理开发,2024,39(06):248-250.
- [3] 蒋祥龙.基于PLC自动分拣控制系统设计[J].农机使用与维修,2024,(11):29-33.
- [4] 吴建平.传感器原理及应用[M].机械工业出版社:202206.719.
- [5] 王涛,袁天梦,刘晓琳,等.基于分布式控制系统的光电传感器智能控制[J].自动化技术与应用,2024,43(12):39-42.
- [6] 刘锦杭.基于NX-MCD的自动装配分拣设备虚拟调试仿真实验[J].机械工程与自动化,2024,(06):86-89.
- [7] 林燕虹,田学锋,梁建玲,等.基于PLC的自动分拣装置设计与研究[J].新技术新工艺,2024,(04):26-32.
- [8] Richter ,Matthias ,Laengle , et al. An approach to color-based sorting of bulk materials with automated estimation of system parameters [J]. Technisches Messen: Sensoren, Gerate, Systeme, 2015, 82 (3): 135-144.