

摘要

本设计面向高校和企事业单位食堂中大量餐盘需要快速回收、集中清洗的典型场景，围绕餐盘回收效率低、人工劳动强度大、卫生状况不稳定以及现场管理依赖人工经验等问题，提出并完成了一套基于可编程逻辑控制器的食堂餐盘自动回收传送控制系统。系统以 PLC 为控制核心，结合多级传送带、餐盘检测传感器、速度检测与位置检测装置以及工业触摸屏人机界面，在限定空间内构建一条由投放端、传送段、汇集段和回收端组成的自动回收线，实现餐盘从人工投放到集中回收的连续自动传送，减少人员直接接触，提高回收效率和卫生水平。硬件部分由 PLC 控制器、餐盘检测传感器、速度与位置检测传感器、传送带驱动电机及其变频器、急停与安全保护元件、操作按钮和信号指示灯等构成，按照主回路与控制回路分层设计，并通过合理的 I/O 地址分配完成现场设备与 PLC 之间的连接。软件部分在 PLC 侧采用梯形图编程方式，将系统功能划分为初始化、餐盘识别、传送启停控制、PWM 调速、多级传送带联动、故障检测与报警、人机交互等模块，人机界面侧基于工业触摸屏设计了主监控界面、传送状态显示界面、参数设置界面、故障报警界面和统计信息界面，实现对系统运行状态的直观监视与参数调整。在控制方式方面，系统根据餐盘投放情况自动识别是否有餐盘进入回收线，并结合多级传送带之间的运行关系，完成分段启停与速度协调控制。传送速度采用基于 PWM 的调速方式，根据设定速度档位和现场运行状态调整占空比，实现标准速度、中速以及按一定幅度逐步减速等多种运行工况。多级传送带之间通过联动逻辑进行协同控制，既保证餐盘在各段之间平稳交接，又通过满载检测和堵塞判断避免局部堆积。系统同时设置急停、复位和多种故障检测逻辑，在出现异常时能够及时停止相关设备并发出声光报警，提高运行安全性和可靠性。通过在仿真环境中对餐盘识别、传送启停、速度调节、多级联动及故障报警等功能进行联合作业测试，结果表明系统能够按照预期流程完成餐盘的自动回收传送，传送过程平稳，运行状态切换清晰，各功能模块协同工作正常。与传统完全依赖人工回收的方式相比，本设计在减轻人工劳动强度、缩短餐盘滞留时间、降低交叉污染风险和提升管理可视化程度等方面具有明显优势，为食堂餐盘自动回收传送的工程应用提供了一种具有参考价值的实现方案。

关键词：PLC；食堂餐盘；自动回收；传送控制；触摸屏人机界面

Abstract

This design addresses the typical scenario in university and enterprise canteens where a large number of trays need to be quickly recycled and centrally cleaned. Focusing on problems such as low recycling efficiency, high manual labor intensity, unstable hygiene conditions, and on-site management relying on manual experience, a canteen tray automatic recycling and conveying control system based on Programmable Logic Controller (PLC) is proposed and completed. The system takes PLC as the control core, combined with multi-stage conveyor belts, tray detection sensors, speed and position detection devices, and industrial touchscreen human-machine interface, to build an automatic recycling line composed of feeding end, conveying section, collection section and recycling end within a limited space, realizing continuous automatic conveying of trays from manual feeding to centralized recycling, reducing direct human contact and improving recycling efficiency and hygiene level. The hardware part consists of PLC controller, tray detection sensors, speed and position detection sensors, conveyor drive motors and frequency converters, emergency stop and safety protection components, operation buttons and signal indicators, designed in layers according to main circuit and control circuit, and connected with field equipment and PLC through reasonable I/O address allocation. The software part adopts ladder diagram programming on the PLC side, dividing system functions into initialization, tray recognition, conveyor start-stop control, PWM speed regulation, multi-stage conveyor linkage, fault detection and alarm, and human-machine interaction modules. The human-machine interface side designs main monitoring interface, conveying status display interface, parameter setting interface, fault alarm interface and statistical information interface based on industrial touchscreen, realizing intuitive monitoring and parameter adjustment of system operation status. In terms of control mode, the system automatically identifies whether trays enter the recycling line according to tray feeding conditions, and

completes segmented start-stop and speed coordination control in combination with the operation relationship between multi-stage conveyors. The conveying speed adopts PWM-based speed regulation, adjusting duty cycle according to set speed gear and field operation status, realizing multiple operation conditions such as standard speed, medium speed and gradual deceleration. Multi-stage conveyors are coordinatively controlled through linkage logic, ensuring smooth handover of trays between sections while avoiding local accumulation through full-load detection and blockage judgment. The system also sets emergency stop, reset and multiple fault detection logic, capable of timely stopping related equipment and issuing sound and light alarm in case of abnormality, improving operation safety and reliability. Through joint operation testing of tray recognition, conveyor start-stop, speed regulation, multi-stage linkage and fault alarm functions in the simulation environment, the results show that the system can complete automatic recycling and conveying of trays according to the expected process, with smooth conveying process, clear operation status switching and normal coordinated operation of each functional module. Compared with the traditional method that completely relies on manual recycling, this design has obvious advantages in reducing manual labor intensity, shortening tray retention time, reducing cross-contamination risk and improving management visualization, providing a reference implementation for the engineering application of canteen tray automatic recycling and conveying.

Keywords: PLC; Canteen Tray; Automatic Recycling; Conveyor Control; Touchscreen HMI

目录

摘要	1
Abstract	2
第 1 章 绪论	8
1.1 研究背景与意义	8
1.1.1 食堂餐盘回收现状与存在问题	8
1.1.2 引入自动化与 PLC 控制的必要性	8
1.1.3 本设计的工程应用背景	9
1.2 国内外研究现状	9
1.2.1 国内相关研究与应用进展	9
1.2.2 国外自动化传送与餐盘回收技术研究	10
1.2.3 现有研究的不足与改进方向	10
1.3 研究目标与主要内容	11
1.3.1 研究目标	11
1.3.2 研究内容与技术路线概述	11
1.3.3 本设计的创新点与特色	12
1.4 研究方法与技术路线	12
1.4.1 研究方法与技术手段	12
1.4.2 技术路线与整体实施步骤	12
1.4.3 论文结构安排	13
第 2 章 系统总体设计	14
2.1 系统需求分析	14
2.1.1 系统运行场景与业务流程分析	14

2.1.2 功能需求分析	14
2.1.3 性能与可靠性需求	15
2.2 系统总体架构设计	16
2.2.1 分层结构设计	16
2.2.2 系统硬件组成与模块划分	16
2.2.3 系统软件组成与功能模块划分	17
2.3 系统工作流程	17
2.3.1 餐盘自动回收传送总体流程	17
2.3.2 运行状态与工况分析	18
2.3.3 关键控制逻辑与时序关系	19
2.4 系统功能要求和技术指标	19
2.4.1 功能要求与控制目标	19
2.4.2 速度、吞吐量与识别精度指标	19
2.4.3 安全性、可靠性与可维护性指标	19
2.5 小结	20
第 3 章 硬件系统设计	21
3.1 PLC 控制器选型与配置	21
3.1.1 PLC 型号与配置方案选择	21
3.1.2 I/O 点数与存储资源配置	21
3.1.3 通信接口与扩展模块配置	22
3.2 传感器系统设计	22
3.2.1 餐盘检测与存在检测传感器选型	22
3.2.2 速度与位置检测传感器设计	22
3.2.3 急停与安全检测元件配置	23
3.3 传送带驱动系统设计	24
3.3.1 传送带结构与主要参数	24
3.3.2 电机与减速机构选型	24
3.3.3 变频器与 PWM 调速驱动方案	24
3.4 硬件电路设计	25

3.4.1 主电路设计与电源方案	25
3.4.2 PLC 控制电路与 I/O 接线设计	26
3.4.3 接地、防护与电气安全设计	27
3.5 I/O 接口分配图和物料表	27
3.5.1 PLC I/O 地址分配表	27
3.5.2 现场接线端子与编号	29
3.5.3 主要元器件物料清单	29
3.6 小结	30
第 4 章 控制系统软件设计	31
4.1 PLC 控制程序总体结构	31
4.1.1 主程序 OB1 结构与程序调用关系	31
4.1.2 程序块、功能块与数据块划分	32
4.1.3 编程规范与变量命名原则	33
4.2 餐盘识别程序模块	33
4.2.1 餐盘识别信号采集逻辑	33
4.2.2 信号滤波与防抖处理	34
4.2.3 误检与漏检处理策略	34
4.3 传送启停控制程序模块	35
4.3.1 系统启动控制	35
4.3.2 系统停止控制	36
4.3.3 自动/手动模式切换与联锁逻辑	36
4.4 PWM 调速控制程序模块	37
4.4.1 PWM 调速原理与实现方法	37
4.4.2 PWM 周期与占空比计算	39
4.4.3 速度档位设置与渐变控制	40
4.5 多级传送带联动控制程序模块	41
4.5.1 多段传送带启停顺序控制	41
4.5.2 满载检测与联动处理逻辑	41
4.6 故障检测与报警程序模块	42

4.6.1 传感器与电机故障检测逻辑	42
4.6.2 故障标志设置与故障次数统计	42
4.6.3 报警输出与安全停机策略	43
4.7 人机交互界面设计	44
4.7.1 PLC 与 HMI 变量映射与通信配置	44
4.7.2 运行状态与参数监控数据接口	45
4.7.3 报警与统计信息数据接口	45
4.8 程序调试与优化	46
4.8.1 仿真环境下的单元模块调试	46
4.8.2 系统级联调与逻辑优化	47
4.9 小结	48
第 5 章 系统测试与分析	49
5.1 系统测试环境搭建	49
5.2 功能测试	49
5.2.1 主要功能测试及结果分析	49
5.3 性能测试	50
5.4 测试结果分析	50
5.5 系统优化与改进	51
5.6 小结	51
第 6 章 结论与展望	52
6.1 总结	52
6.2 展望	52
参考文献	53
致谢	55

第 1 章 绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 食堂餐盘回收现状与存在问题

在高校食堂、企事业单位食堂以及大型餐饮配送中心中，集中就餐已经成为日常运行的主要模式，就餐高峰时段短时间内会产生大量待回收餐盘。大部分食堂仍然依靠人工推车或传送槽进行餐盘收集，工作人员需要在回收口附近长时间站立，将餐盘一一搬运至清洗区，不仅劳动强度大，而且在人员紧张或就餐人流突增时，回收效率难以保证。餐盘在回收口堆积的情况较为常见，既影响就餐环境整洁，也容易造成交叉污染和异味扩散，对就餐体验有明显负面影响。

人工回收方式对工作人员操作经验依赖较大，班次交替或人员变动时，回收节奏和工作规范容易出现波动，系统性管理较难落地。部分食堂虽然配置了简单的传送设施，但多为单段传送或结构简单的机械装置，缺乏完善的自动控制逻辑和故障保护措施，运行状态基本依赖人工启停，无法根据餐盘实际流量自动调节节奏，出现传送带空转、频繁启停或局部拥堵等问题。传统方式在能耗、噪声和设备寿命方面也不够理想，长期运行后维护成本偏高。

1.1.2 引入自动化与 PLC 控制的必要性

针对上述问题，引入自动化传送技术，将餐盘回收、传送与清洗前准备环节串联起来，可以显著提升整体运行效率。通过在回收口设置餐盘检测传感器和多级传送带，将人工投放和机械传送结合起来，可以在保证操作简便的前提下实现连续稳定的物料输送。自动化传送系统能够根据餐盘实际数量自动控制传送带启停，避免长时间空转；通过合理的速度控制和多段联动，可以减少餐盘之间的碰撞和堆积，改善运行平稳性。

可编程逻辑控制器在工业自动化领域应用广泛，具有结构紧凑、可靠性高、抗干扰能力强、编程方式灵活等特点，特别适合在食堂这类电气干扰和环境条件相对复杂的场合使用。利用 PLC 可以方便地接入多种类型的传感器和执行机构，通过数字量输入输出和定时、计数功能完成对传送带、电机、报警装置等设备的集中控制。与传统继电器控制相比，PLC 在程序修改、功能扩展和故障诊断方面更加方便，一旦运行需求发生变化，只需在软件层面对控制逻辑进行调整即可，

无需大规模改动硬件接线。

在实际工程应用中，PLC 还可以与触摸屏人机界面组成完整的监控系统，将餐盘数量、传送状态、设备运行模式、故障信息等以图形化方式呈现在操作人员面前。操作人员通过触摸屏即可完成系统启动、停止、模式切换和参数设置，减少了对现场按钮和指示灯的依赖，也降低了误操作的可能性。通过统一的 PLC 控制平台，还可以为后续的数据统计、运行分析和维护决策提供基础，为建设智能化食堂管理系统打下良好基础。因此，选用 PLC 作为食堂餐盘自动回收传送控制系统的核心控制器，不仅在技术上可行，而且在可靠性、可维护性和扩展性方面具有明显优势。

1.1.3 本设计的工程应用背景

本设计面向的是典型的自助式或窗口式食堂就餐环境，就餐结束后，学生和职工将餐盘集中放置在回收口，由自动传送系统完成后续回收工作。在空间布局方面，回收口通常位于就餐区与清洗区之间，需要在有限的通道宽度内布置多级传送带和必要的检测装置，同时又要兼顾安全性和维护便利性。根据现场条件，可以灵活调整传送带长度、层数与布置形式，使系统既能覆盖主要回收点，又不影响人员通行和其他设备的布置。

在运行组织上，设计考虑到食堂存在明显的就餐高峰和低谷，餐盘回收量在不同时段差异较大。系统需要具备根据实际负荷调整传送速度和启停策略的能力，在高峰时段保持较高的传送速度和连续运行状态，在低谷时段则可以间歇运行或降低速度，以减少能耗和设备磨损。系统还需要兼顾与清洗设备的衔接，当清洗线暂时停机或出现故障时，回收传送系统应当具备一定的缓冲和告警能力，避免餐盘在某一段大量堆积。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国内相关研究与应用进展

在国内自动化输送与回收系统的研究中，基于 PLC 的带式输送机控制系统已经在矿山、港口、生产线等领域得到广泛应用，相关文献对带式输送机的启动、停车、速度控制、纠偏保护等方面进行了大量工程实践，总结出较为成熟的控制思路和保护措施^{[1][2][3]}。部分研究针对输送过程中的速度稳定性、物料间距控制以及多段输送之间的协调关系提出了优化方案，为本设计中多级传送带的联动控

制提供了重要参考^{[4][5][12]}。

在餐饮和轻工业领域，一些高校和科研机构开展了与餐盘分拣、餐具清洗线相关的设计工作，尝试将传感器检测、PLC 控制与机械结构设计结合起来，实现餐盘的自动分类、输送和回收^{[24][28][29]}。这类系统普遍采用模块化设计思路，将餐盘识别、传送控制、故障检测、人机交互等功能划分为若干相对独立的控制单元，再通过 PLC 程序实现统一协调。随着工业触摸屏和以太网通信的普及，越来越多的项目开始重视人机界面友好性和运行数据的可视化，为系统维护和管理提供便利^{[16][17]}。

总体来看，国内在带式输送机控制、餐盘分拣系统、多级传送带联动控制、PWM 调速技术和人机交互界面设计等方面已经积累了较为丰富的工程经验，为本设计提供了技术基础。但针对食堂这一具体应用场景，将餐盘识别、自动回收、多级传送、故障报警和统计分析等多个功能在同一套 PLC 控制系统中进行集成的系统仍然较少，特别是在结合仿真平台进行功能验证、在有限空间内优化传送线路布局等方面，还有较大的研究和实践空间。

1.2.2 国外自动化传送与餐盘回收技术研究

国外在自动化输送与物流分拣领域起步较早，技术发展相对成熟，在机场行李分拣、邮政包裹传送、自动化立体仓库以及食品加工流水线中广泛应用了基于 PLC 和工业网络的输送控制系统^{[15][25]}。这些系统普遍采用多级输送带和多种传感器组合，实现物品的自动识别、分拣与路径优化，并通过上位监控系统实现集中管理和远程诊断。部分研究还将机器视觉和 RFID 技术引入输送系统，对物体进行更加精细的识别与跟踪，提高了自动化程度和运行效率^{[6][11]}。

在餐饮服务和餐具清洗等领域，部分发达国家已经在大型连锁餐厅和集中配餐中心部署了较为完善的餐盘自动回收和清洗系统。典型做法是将餐盘回收口与回收线、预处理单元和清洗线联成一体，通过传送带、滑道和提升机构实现多层空间利用。控制系统多采用 PLC 配合触摸屏或上位机，实现对传送速度、设备启停、故障报警和运行统计等功能的统一管理。一些系统还重视能耗和噪声控制，采用变频调速、电机软启动等技术，延长设备寿命并改善作业环境。

1.2.3 现有研究的不足与改进方向

从国内外研究情况来看，自动化输送与餐盘回收系统在硬件结构和基本控制

方式上已经比较成熟，但针对高校和企事业单位食堂这种中等规模、场地相对有限、运行节奏明显受作息时间影响的场景，仍存在一些不足。部分现有系统在传感器布局和逻辑判断方面较为简单，对餐盘位置和流量的感知不够充分，难以及时发现局部堆积和满载状态，导致传送带堵塞或清洗线超负荷运行。还有一些系统在多级传送带联动控制方面缺乏细致考虑，各段传送带之间的速度匹配和启停顺序不够合理，影响整体协调性。

基于此，本设计在继承已有研究成果的基础上，针对食堂餐盘自动回收传送的特点，引入分层架构和模块化控制思想，将餐盘识别、传送启停控制、PWM调速、多级联动控制、故障检测与报警以及人机交互等功能有机整合在同一套 PLC 控制系统中，并通过仿真平台对控制逻辑进行验证和优化，力求在保证系统可靠性的前提下，提高运行效率和操作便利性。

1.3 研究目标与主要内容

1.3.1 研究目标

本设计的总体目标是构建一套适用于高校和企事业单位食堂的餐盘自动回收传送控制系统，实现餐盘从人工投放到集中回收的自动化输送，减少人工搬运工作量，改善就餐环境卫生，提高餐盘周转效率。围绕这一总体目标，具体希望达到以下几方面的效果：一是实现餐盘的可靠检测和自动识别，在餐盘进入回收口时能够及时做出响应；二是实现多级传送带的联动控制，通过合理的启停顺序和速度匹配保证餐盘输送过程平稳有序；三是实现基于 PWM 的传送速度调节，使系统能够根据不同运行工况选择合适的速度档位；四是构建完善的故障检测与安全保护机制，在异常情况下能够迅速报警并采取保护措施；五是通过触摸屏人机界面实现系统运行状态的可视化监控和参数设置。

1.3.2 研究内容与技术路线概述

元件的选型，绘制主回围绕上述目标，本设计的研究内容主要包括系统需求分析、硬件系统设计、控制系统软件设计、人机交互界面设计以及系统仿真与测试等几个方面。通过对食堂餐盘回收业务流程的分析，梳理系统需要实现的核心功能和性能要求，明确对餐盘识别精度、传送速度、设备可靠性和安全性的基本约束。在硬件设计阶段，完成 PLC 控制器、传感器、传送带驱动装置以及操作与指示路和控制回路电路图，并进行 I/O 地址分配和物料清单整理。在软件设计

阶段，采用梯形图编程语言实现餐盘识别、传送启停控制、PWM 调速、多级联动控制和故障检测等程序模块，同时在触摸屏上完成主监控、状态显示、参数设置和报警信息等界面设计。通过仿真和测试验证系统功能的正确性和运行性能，并对存在的问题进行分析和改进。

1.3.3 本设计的创新点与特色

在大量借鉴已有输送控制和餐盘分拣系统设计经验的基础上，本设计结合食堂实际应用需求，在以下几个方面进行了针对性的探索和改进。采用分层架构对感知层、控制层和应用层进行划分，使传感器检测、PLC 核心控制和人机交互界面逻辑更加清晰，有利于后续维护和扩展。将餐盘识别、PWM 调速、多级传送带联动和故障检测等多种功能在同一套 PLC 控制程序中集成，通过模块化编程和统一的数据接口提高了系统的整体协调性。利用 HMI 触摸屏构建了较为完整的监控与参数设置界面，不仅可以直观显示系统运行状态和统计信息，还为今后接入上位机或管理系统预留了接口，具有较好的工程推广价值。

1.4 研究方法与技术路线

1.4.1 研究方法与技术手段

本设计综合运用了文献研究法、系统设计法、实验研究法和仿真分析法等多种研究方法。文献研究法主要用于梳理国内外在自动化输送、餐盘分拣、PLC 控制以及人机界面设计等方面的研究成果，明确现有技术的优点与不足，为本设计提供理论和工程参考。系统设计法用于根据需求分析结果，对硬件和软件进行整体规划和模块划分，构建合理的系统结构。实验研究法依托 PLC 实验平台和部分实际硬件设备，对传感器性能、控制程序逻辑和故障报警功能进行验证。仿真分析法则利用 PLC 编程软件和 HMI 仿真工具，对控制流程和界面交互进行预先验证，从而减少实际接线和调试过程中的工作量。

1.4.2 技术路线与整体实施步骤

在技术路线方面，本设计按照“需求分析→系统方案设计→硬件实现→软件实现→仿真测试与分析→系统优化与总结”的思路展开。起始阶段对食堂餐盘回收的业务流程和运行特点进行调研与分析，形成系统需求说明；在此基础上确定采用 PLC 作为核心控制器的技术路线，并给出总体结构框架。随后完成 PLC、传感器、传送带驱动装置和触摸屏等硬件设备的选型与接线设计，编制 I/O 地址

分配表和物料清单。在软件实现阶段，根据功能模块划分编写 PLC 梯形图程序和 HMI 画面，并通过仿真工具对控制逻辑和界面交互进行调试。在实验平台或仿真环境中对餐盘识别、传送启停、PWM 调速、多级联动和故障报警等功能开展测试，根据测试结果对系统进行必要的优化和完善。

1.4.3 论文结构安排

全文大致按照“背景与需求—方案设计—硬件实现—软件实现—仿真与测试—结论展望”的思路展开：前两章交代研究背景、相关技术和所用 PLC 平台，中间几章依次说明系统总体方案、硬件和软件设计以及 HMI 仿真与测试，最后一章在此基础上做整体总结并简单谈一谈后续可以改进的方向。

第 2 章 系统总体设计

2.1 系统需求分析

2.1.1 系统运行场景与业务流程分析

本系统所处的运行场景为高校或企事业单位食堂，就餐人员在用餐结束后将餐盘统一送至回收口。回收口设置餐盘检测装置和初始传送带，负责接收餐盘并将其输送至后续多级传送带。多级传送带之间通过高度或空间布局的变化将餐盘逐步送往回收与清洗区域，最终由工作人员或机械装置将餐盘移入清洗设备。系统需要在就餐高峰期承受较大的餐盘流量，同时在非高峰期保持适当的运行节奏，避免频繁启停和能耗浪费。

从业务流程角度看，餐盘回收大致包括餐盘投放、餐盘检测、传送带启停控制、速度调节、多级传送带联动、满载检测以及故障处理等环节。餐盘投放环节要求操作简单、安全可靠，尽量减少就餐人员停留时间；餐盘检测环节需要在不同材质和摆放位置下都能保持较高的识别率；传送控制环节则需要根据检测结果及时做出响应，保证餐盘顺利进入回收线并沿既定路径移动；在满载或发生异常时，系统应能及时发出报警并采取相应措施，提醒工作人员处理。

2.1.2 功能需求分析

根据系统运行场景和业务流程，可以将本系统的功能需求概括为以下几个方面。餐盘检测与识别方面，系统需要通过传感器实时检测餐盘是否进入回收口和各级传送带关键位置，为传送启停控制和多级联动提供可靠的状态信息。传送启停与方向控制方面，系统能够根据餐盘检测结果和运行模式设置自动完成各级传送带的启动和停止，在需要时支持人工干预或手动操作。传送速度调节方面，通过 PWM 调速方式或变频器控制，实现多档速度选择，在不同运行阶段和不同负荷条件下采用合适的速度，以兼顾效率与平稳性。

多级传送带联动控制方面，各级传送带在启动和停止时需要遵循一定的顺序关系，防止餐盘在某一段堆积过多或出现“断带”现象；同时在满载或堵塞情况下，系统通过联动逻辑及时调整前后级传送带状态，避免故障扩大。故障检测与报警方面，系统需要对急停按钮动作、传感器异常、传送带运行异常以及电机或驱动设备故障等情况进行检测，并通过声光报警和触摸屏提示的方式提醒操作人员处

理。人机交互与参数设置方面，通过触摸屏界面实现系统运行状态显示、模式切换、速度档位设置以及故障信息查询，界面布局需直观清晰，便于非专业人员操作。

2.1.3 性能与可靠性需求

在性能方面，系统需要在就餐高峰期保证一定的餐盘处理能力，回收线不应成为整个食堂运行的瓶颈。传送速度应在合理范围内可调，在保证餐盘不易滑落和碰撞的前提下尽可能提高输送效率。系统的响应时间需要与餐盘投放节奏相匹配，当检测到新餐盘进入时，传送带应在较短时间内做出响应，避免餐盘在回收口停留过久。在可靠性方面，控制系统应在长时间连续运行条件下保持稳定，避免因软件逻辑错误或外部干扰导致误动作或停机。

表 2-1 系统需求分析表

序号	需求类别	需求内容描述
1	餐盘检测与识别	通过传感器实时检测餐盘是否进入回收口和各级传送带关键位置,漏检和误检概率控制在可接受范围内
2	传送启停与方向控制	根据餐盘检测结果和运行模式自动完成各级传送带启停,支持人工干预和手动操作
3	传送速度调节	通过 PWM 或变频器实现多档速度选择,兼顾输送效率与运行平稳性
4	多级传送带联动控制	各级传送带遵循预设启停顺序,满载或堵塞时通过联动逻辑及时调整前后级运行状态
5	故障检测与报警	检测急停、传感器异常、电机故障等情况,通过声光报警和触摸屏提示,提醒操作人员及时处理

		触摸屏显示运行状态、运行模式切换、速度档位设置及故障信息查询，界面直观，便于非专业人员操作
6	人机交互与参数设置	就餐高峰期保证餐盘处理能力，传送速度可调，系统响应时间与餐盘投放节奏匹配，可长时间稳定运行
7	性能与可靠性	

2.2 系统总体架构设计

2.2.1 分层结构设计

为了使系统结构清晰、功能划分明确，本设计采用感知层、控制层和应用层三层架构。感知层主要由餐盘检测传感器、速度检测与位置检测传感器以及急停按钮、复位按钮等现场输入装置组成，负责实时采集餐盘状态、设备运行状态和操作人员指令等信息。控制层以 S7-1200 PLC 为核心，通过对感知层采集到的数据进行逻辑处理和控制运算，生成对传送带驱动系统、报警装置以及指示灯等执行元件的控制信号，是系统的“中枢神经”。应用层则主要由工业触摸屏和上位管理系统接口等组成，承担运行状态显示、参数设置、故障信息记录以及统计信息展示等功能。

2.2.2 系统硬件组成与模块划分

从硬件组成的角度看，系统主要包括 PLC 控制器模块、传感器模块、传送带驱动模块、人机交互模块和电源与保护模块等几个部分。PLC 控制器模块负责完成逻辑控制和信号处理；传感器模块包括餐盘检测传感器、满载检测传感器以及必要的位置检测装置，为控制逻辑提供输入依据；传送带驱动模块由电机、减速机构和变频器等元件构成，实现对多级传送带的驱动与调速；人机交互模块则由工业触摸屏和少量现场按钮、指示灯组成，用于完成系统启动、停止、急停和状态指示等操作；电源与保护模块为各单元提供稳定的电源，并通过空气开关、热继电器等元件实现过载和短路保护。

2.2.3 系统软件组成与功能模块划分

在软件结构方面，本系统的 PLC 程序主要由主程序、初始化程序、餐盘识别程序、传送启停控制程序、PWM 调速控制程序、多级传送带联动控制程序、故障检测与报警程序和数据统计程序等模块构成。主程序负责协调各功能模块的调用顺序，根据系统当前工作模式和状态标志决定各模块的执行条件；初始化程序在系统上电或复位时运行，对关键变量和内部状态进行复位；餐盘识别程序根据传感器输入判断是否有餐盘进入指定位置，并设置相应的内部标志；传送启停控制程序则根据识别结果和联动逻辑控制各级传送带的启动和停止。PWM 调速控制程序和多级传送带联动控制程序负责实现速度调节和多段协调运行，故障检测与报警程序实现对异常状态的识别与处理，数据统计程序用于记录餐盘数量和故障次数，为管理和优化提供参考。

2.3 系统工作流程

2.3.1 餐盘自动回收传送总体流程

从总体上看，餐盘自动回收传送系统的工作流程可以概括为：系统上电与初始化→等待运行指令→餐盘投放与检测→传送带启停与速度控制→多级传送带联动→满载检测与处理→故障监测与报警→回到等待状态。系统上电后，PLC 完成内部变量的初始化，并对各输入信号进行一次自检，确认急停按钮处于释放状态、主要传感器信号正常后进入待机状态。操作人员通过触摸屏或启动按钮发出运行指令，系统进入自动运行模式，初始传送带开始工作。当有餐盘放入回收口时，餐盘检测传感器输出有效信号，PLC 根据该信号启动后续传送带，并按照预设的速度和顺序将餐盘逐步输送至回收端。

在运行过程中，系统根据各级传送带上的传感器信号判断餐盘分布情况，当某一段接近满载或检测到堵塞趋势时，通过多级联动逻辑减缓或停止前段传送带，避免餐盘继续积压；当后续传送带空载且清洗端具备接收条件时，系统则适当提高前段传送带速度或恢复运行。若在运行中检测到急停按钮动作或关键传感器异常，系统立即停止所有传送带运行，并通过声光报警和触摸屏提示告知操作人员具体情况，待故障排除并复位后方可重新启动。

为了更加直观地展示系统的控制过程，可以用流程图对上述控制逻辑进行概括说明，如图 2-1 所示。

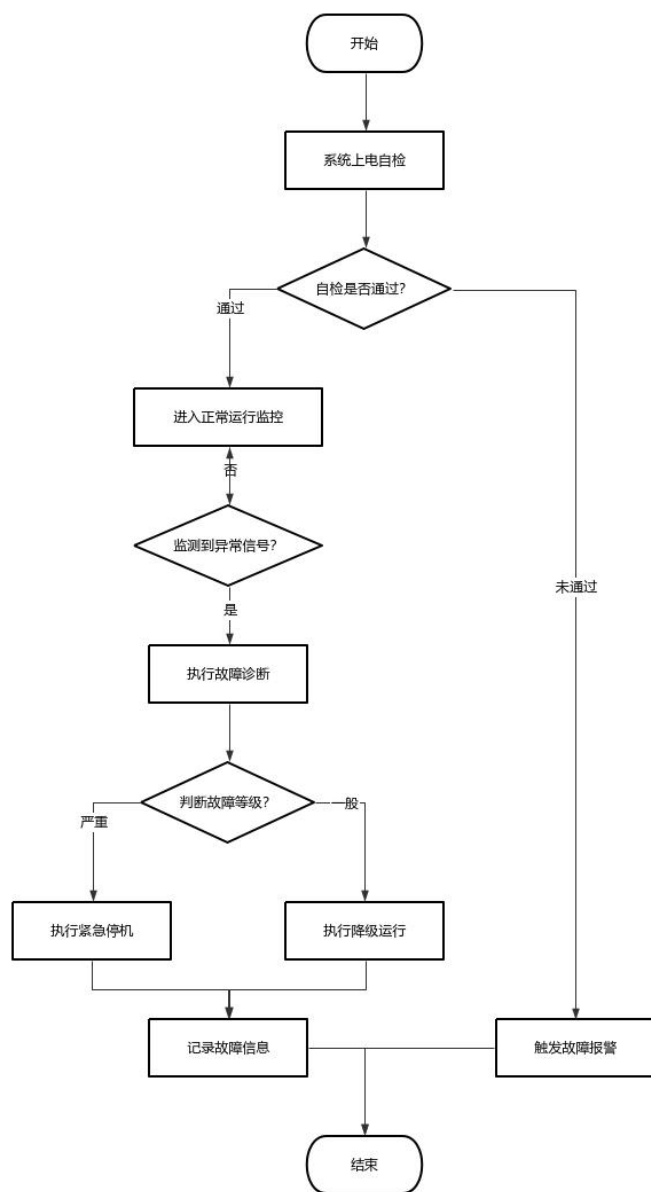


图 2-1 餐盘自动回收传送总体控制流程图

2.3.2 运行状态与工况分析

根据食堂日常运营特点，系统需要适应多种运行工况，包括就餐高峰期连续运行、平峰期间歇运行以及检修或清洗时的手动操作等。在连续运行工况下，传送系统处于自动模式，传送带基本保持工作状态，仅根据餐盘实际数量和满载检测结果对速度和启停策略进行调整；在间歇运行工况下，当长时间检测不到餐盘投放时，系统会自动进入节能状态，停止部分传送带运行，仅保留必要的检测与待机功能，以降低能耗。在手动操作工况下，操作人员可以通过触摸屏或现场按钮单独控制某一级传送带的启停，以便进行维护或局部清理。

2.3.3 关键控制逻辑与时序关系

系统关键控制逻辑主要体现在餐盘识别与传送启停的配合、多级传送带之间的启停顺序以及 PWM 调速与故障处理之间的相互协调等方面。餐盘识别信号作为传送启停和联动控制的触发条件，需要经过一定的滤波和防抖处理，以避免因瞬时干扰或误触发导致传送带频繁启停。在启停顺序方面，系统在启动时通常采用由末端向前端依次启动的方式，确保下游传送带已经处于就绪状态后再启动上游传送带；在停止时则采取由前端向末端依次停止的方式，使已经进入系统的餐盘能够尽量输送到回收端。PWM 调速控制需要在保证传送平稳的前提下，根据系统运行状态和故障标志适时调整输出，避免在故障或满载状态下继续提高传送速度。

2.4 系统功能要求和技术指标

2.4.1 功能要求与控制目标

结合前述分析，本系统的功能要求可以归纳为：实现餐盘的自动识别与输送，实现多级传送带的联动控制，实现传送速度的多档可调，实现故障检测与安全保护，并提供直观友好的人机交互界面。控制目标是在满足处理能力和卫生要求的前提下，保证传送过程平稳可靠，减少人工干预，使操作人员主要负责异常处理和维护工作，而不是参与日常搬运。

2.4.2 速度、吞吐量与识别精度指标

在速度和吞吐量方面，系统需要根据食堂规模和就餐高峰时段的餐盘产出量确定合理的指标，使回收线有足够能力在短时间内完成大量餐盘的输送任务。识别精度方面，餐盘检测传感器应能够在不同材质和一定范围的摆放位置下准确检测到餐盘的存在，漏检和误检概率应控制在可接受范围内，避免因识别错误导致传送带空转或餐盘停留时间过长。具体数值指标可在实际调试和测试阶段进一步细化和验证。

2.4.3 安全性、可靠性与可维护性指标

系统在设计时需要充分考虑电气安全、机械安全和操作安全等方面的要求。电气部分应采用可靠的接地与保护措施，机械部分需要设置防护罩或防护栏，避免人员误入危险区域；控制逻辑中应包含急停和多重保护功能，在异常情况下能够迅速切断动力并保持故障状态，直至人工确认和复位。可靠性方面，系统应在

长期运行中保持较低的故障率,即使出现局部故障也应尽量减少对整体运行的影响。可维护性方面,硬件布置和接线应便于检查和更换,软件结构应清晰易懂,为后期维护和升级提供便利。

2.5 小结

本章围绕系统总体设计,对食堂餐盘自动回收传送控制系统的需求、总体架构、工作流程以及功能与技术指标进行了分析和说明。通过分层结构设计和硬件、软件模块划分,明确了各部分在系统中的职责和相互关系,为后续硬件系统设计和控制系统软件设计提供了总体框架和参考依据。

第 3 章 硬件系统设计

3.1 PLC 控制器选型与配置

3.1.1 PLC 型号与配置方案选择

在控制器选型方面，本设计综合考虑控制规模、I/O 点数需求、通信方式和后续扩展性等因素，选用西门子 S7-1200 系列中的 CPU 1214C DC/DC/DC 作为系统的核心控制单元。该型号 PLC 在体积和功能之间取得了较好的平衡，既能满足本系统对数字量输入输出和部分高速计数的要求，又保留了一定的扩展能力，便于在今后增加传感器或联动设备时进行升级。配套的 TIA Portal 开发环境在硬件组态、程序编写和仿真方面提供了一体化支持，有利于提高开发效率和调试效率。



图 3-1 PLC 实物图

3.1.2 I/O 点数与存储资源配置

根据系统功能需求，需要为餐盘检测传感器、满载检测传感器、急停按钮、复位按钮、模式选择开关等输入设备以及传送带电机控制信号、报警蜂鸣器、运行指示灯等输出设备预留足够的 I/O 点位。通过对各类信号进行统计和分类，将

输入输出信号在 PLC 的 I/O 地址范围内进行合理分配，既要保证地址分布有序、便于记忆和维护，又要为后续功能扩展预留适当空间。内部存储资源主要用于存放用户程序和运行过程中产生的数据，包括状态标志、计数值、定时参数以及统计信息等，需要在程序设计时加以规划，避免出现资源紧张或地址冲突的情况。

3.1.3 通信接口与扩展模块配置

为了实现与工业触摸屏之间的可靠通信，PLC 需要通过工业以太网接口与 HMI 建立连接，并在工程中完成相应的设备组态和变量映射设置。考虑到系统未来可能与食堂管理系统或上位机监控平台进行数据交互，还可以在网络结构设计中预留相应的通信接口。对于模拟量采集和输出需求，可以根据现场设备配置选用合适的扩展模块，与 CPU 本体形成完整的控制系统硬件平台。

3.2 传感器系统设计

3.2.1 餐盘检测与存在检测传感器选型

餐盘检测是本系统的关键环节之一，传感器需要在不同餐盘材质、颜色和摆放位置下保持良好的检测效果，同时具备一定的抗污染和抗油污能力。根据回收口和传送带结构特点，可以选用适合短距离检测的接近式或光电式传感器，并通过合理的安装位置和安装角度设计，确保传感器能够在餐盘进入检测区域时稳定输出信号。为了提高系统的可靠性，可以对关键位置采用冗余检测或增加辅助检测装置，在一个传感器异常时通过程序逻辑进行判断和处理。



图 3-2 光电传感器

3.2.2 速度与位置检测传感器设计

为了掌握传送带的运行状态并为 PWM 调速控制和多级联动提供参考，本系

统在部分关键传送带位置设置速度或位置检测装置。速度检测可以通过安装在传送带驱动轴附近的脉冲式检测元件实现，位置检测则可以通过安装限位开关或行程开关来判断餐盘是否到达指定位置。这些检测信号不仅用于常规控制逻辑，还可用于故障诊断，例如当系统发出启动指令后长时间未检测到速度信号时，可以判定驱动部分存在异常。



图 3-3 位移传感器

3.2.3 急停与安全检测元件配置

为保证运行安全，系统在操作区域附近设置急停按钮，并在控制回路中为急停信号设计优先级最高的处理逻辑。当急停按钮被按下时，PLC 立即切断对所有传送带驱动设备的输出控制，并发出声光报警，只有在确认故障排除并执行复位操作后，系统才允许重新进入运行状态。除此之外，还可以根据现场环境设置防护门开关、过载保护触点等安全检测元件，与 PLC 输入点相连，通过程序实现安全互锁控制。

3.3 传送带驱动系统设计

3.3.1 传送带结构与主要参数

传送带结构设计需要结合食堂现场的空间条件和餐盘尺寸，确定传送带宽度、长度、倾角和层数等基本参数。回收口附近的传送带通常采用水平布置，以便就餐人员方便地放置餐盘；后续传送带则可以根据需要设置为水平或带有一定倾角的形式，将餐盘输送至较高或较低位置。传送带材料应具备一定的耐磨、耐油和易清洗特性，同时保证餐盘在运行过程中不会出现滑落或卡滞现象。

3.3.2 电机与减速机构选型

传送带驱动电机的选型需要综合考虑传送带长度、载荷、运行速度和启动频率等因素。在确定电机功率和转速的基础上，通过减速机构将电机转速降至适合传送带运行的范围，并提高输出转矩以满足启动和运行要求。电机和减速机构的选型应留有一定裕量，以适应短时过载和运行工况变化，同时在结构布置上尽量简化维护和更换操作。

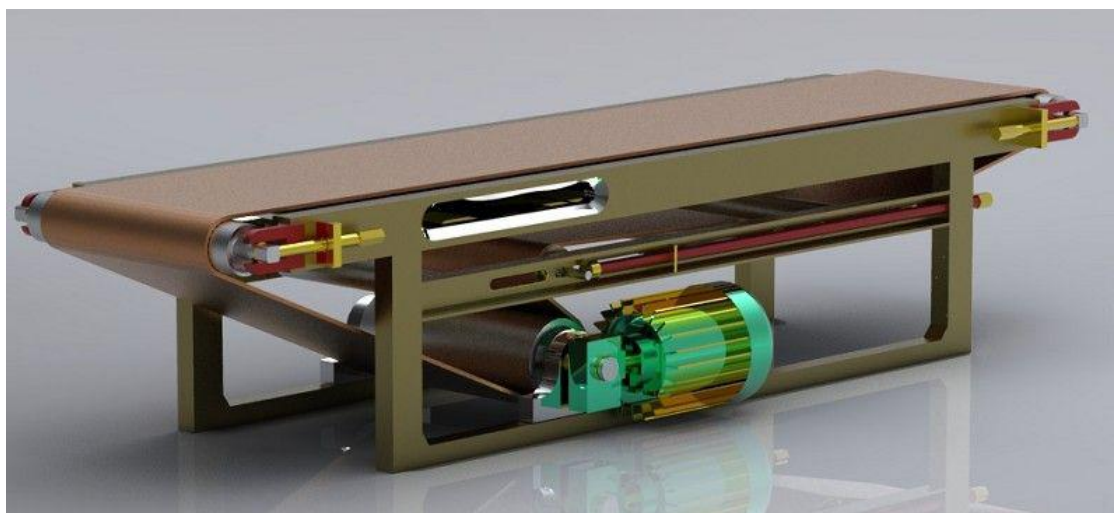


图 3-4 传送带及减速机

3.3.3 变频器与 PWM 调速驱动方案

本系统在速度控制方面综合利用变频器和 PLC 内部的 PWM 调速控制方式。变频器用于实现对电机供电频率和电压的调节，从而改变传送带的运行速度；PLC 内部的 PWM 控制则用于生成占空比可调的控制信号，为多档速度设定提供基础。通过在程序中预先设定几种常用速度档位，并根据运行模式和实际负荷选择合适档位，可以实现传送速度在标准速度、中速和减速等状态之间的平滑切换，减少对设备和餐盘的冲击。



图 3-5 西门子变频器

3.4 硬件电路设计

3.4.1 主电路设计与电源方案

主电路采用三相交流电源供电，为三台传送带驱动电机提供动力。主回路包括传送带 1 电机回路、传送带 2 电机回路和传送带 3 电机回路，每路均配置接触器 KM、熔断器 FU 和热继电器 FR，实现电机的启停控制、短路保护和过载保护。KM1 控制传送带 1 电机，KM2 控制传送带 2 电机，KM3 控制传送带 3 电机。根据现场供电条件，合理选择主回路电压等级和电缆截面积，确保在长时间运行和频繁启动情况下仍能保持良好的电气性能。主回路设计中还需要考虑与控制回路之间的电气隔离和干扰抑制措施，通过合理布线和接地方式提高整个系统的电磁兼容性。

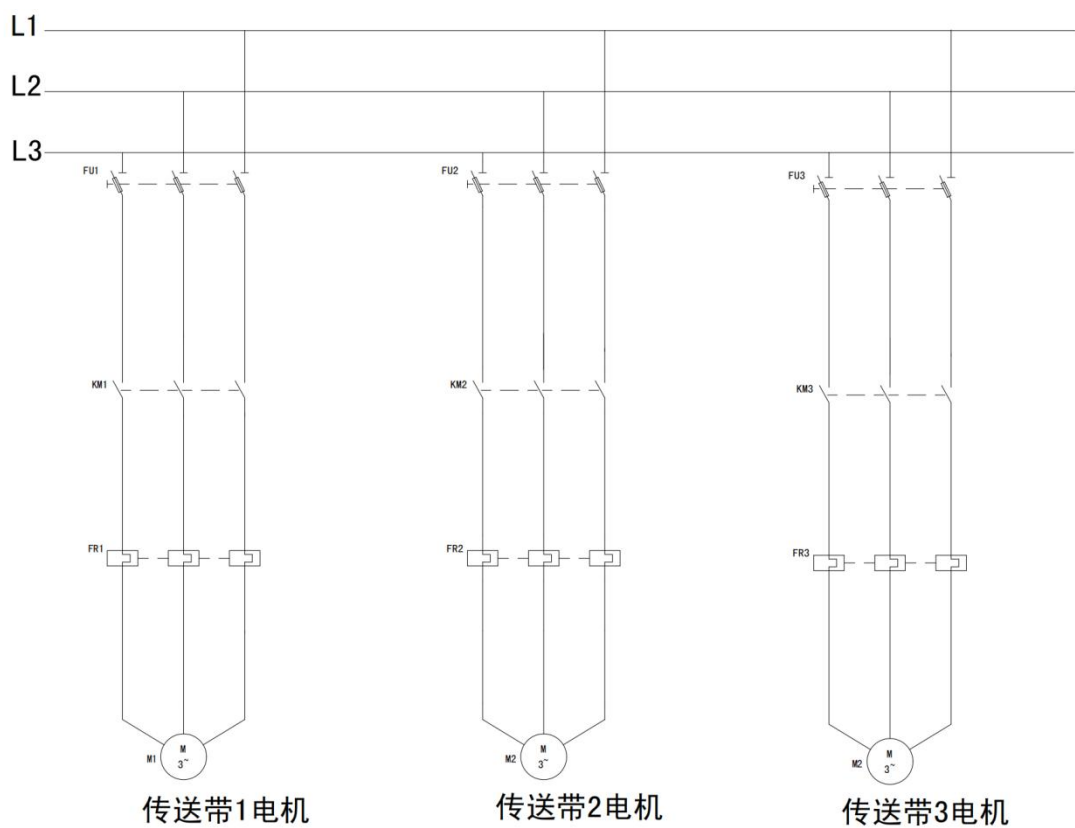


图 3-6 主回路电路图

3.4.2 PLC 控制电路与 I/O 接线设计

控制回路以 PLC 为核心，通过输入端子接收各类按钮、传感器和安全元件的信号，通过输出端子驱动继电器线圈、指示灯和报警装置等。I/O 接线设计时，需要明确每个端子的功能和实际连接对象，并在接线图中用清晰的符号和编号加以标注，便于安装和维护。对于可能产生较大干扰的设备，如变频器和大功率电机，应采用专用的控制电缆或隔离方式，减少其对 PLC 输入输出信号的影响。

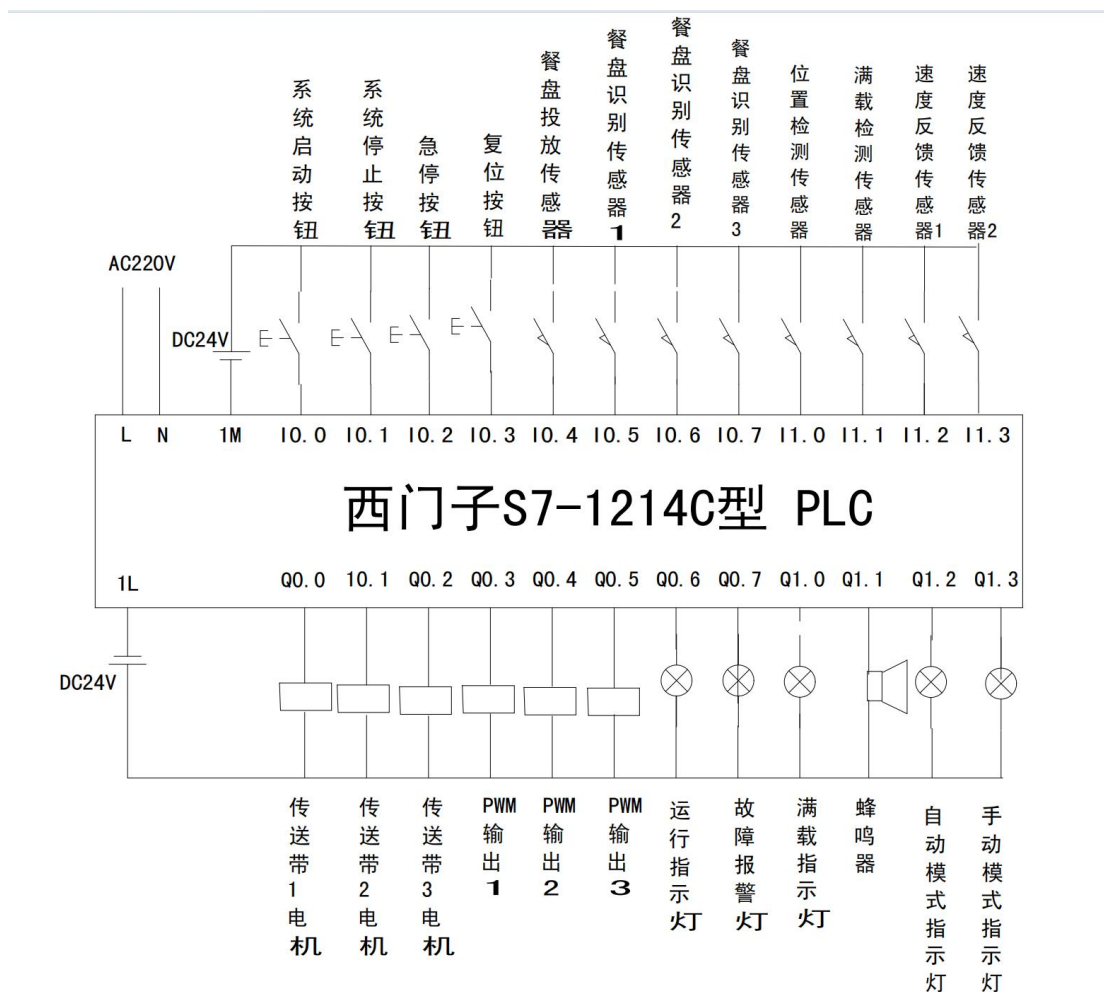


图 3-7 plc 控制流程图

3.4.3 接地、防护与电气安全设计

良好的接地系统是保证电气安全和提高抗干扰能力的重要措施。系统应根据现场条件设置保护接地和工作接地，并在电气柜和主要设备的金属外壳之间建立可靠的接地连接。对于可能触及的导电部分，应采取绝缘、防护罩或警示标志等方式，降低触电风险。同时在电气图纸和现场布置中应突出急停回路和安全保护元件的位置和作用，提醒维护人员在操作时注意安全。

3.5 I/O 接口分配图和物料表

3.5.1 PLC I/O 地址分配表

为了便于程序编写和后期维护，需要对 PLC 的输入输出地址进行统一规划和整理，形成 I/O 地址分配表。该表格列出各输入输出点的信号名称、对应的 PLC 地址以及功能说明，保持输入和输出信号在地址分布上的有序性。表中仅列出与外部设备相连的 I/O 点，内部软元件和数据寄存器在程序设计时根据需要进

行分配。

系统主要 I/O 地址分配如表 4-1 所示, 与 PLC 控制回路接线图及程序中的地址完全一致。

表 3-1 PLC I/O 地址分配表

序 号	输入信号 名称	PLC 地 址	功能说明	序 号	输出信号名称	PLC 地 址	功能说明
1	系统启动 按钮	I0.0	系统启动命令 输入	1	传送带 1 电机（投 放区）	Q0.0	控制传送带 1 电机启停
2	系统停止 按钮	I0.1	系统正常停止 命令输入	2	传送带 2 电机（中 间区）	Q0.1	控制传送带 2 电机启停
3	急停按钮	I0.2	紧急停机信号 输入	3	传送带 3 电机（回 收区）	Q0.2	控制传送带 3 电机启停
4	复位按钮	I0.3	系统复位命令 输入	4	PWM 输出 1（传送 带 1 调速）	Q0.3	传送带 1 速度 调节
5	餐盘投放 传感器	I0.4	检测餐盘是否 进入回收口	5	PWM 输出 2（传送 带 2 调速）	Q0.4	传送带 2 速度 调节
6	餐盘识别 传感器 1	I0.5	检测传送带 1 上 餐盘位置	6	PWM 输出 3（传送 带 3 调速）	Q0.5	传送带 3 速度 调节
7	餐盘识别 传感器 2	I0.6	检测传送带 2 上 餐盘位置	7	运行指示灯	Q0.6	指示系统处 于运行状态
8	餐盘识别 传感器 3	I0.7	检测传送带 3 上 餐盘位置	8	故障报警灯	Q0.7	指示系统存 在故障状态
9	满载检测 传感器	I1.1	检测回收端是 否接近满载	9	满载指示灯	Q1.0	指示满载状 态
10	位置检测 传感器	I1.0	检测餐盘是否 到达回收位置	10	蜂鸣器	Q1.1	故障及满载 报警声输出

11	自动模式指示灯	Q1.2	指示自动模式
12	手动模式指示灯	Q1.3	指示手动模式

3.5.2 现场接线端子与编号

在电气柜内和现场接线盒中，需要为各类信号线和动力线配置相应的接线端子，并采用统一的编号规则进行标识。通过在接线图中标注端子编号与 PLC 地址、现场设备之间的对应关系，可以大大提高接线和故障排查的效率。对于同一类设备，如多级传送带电机或多只传感器，应采用连续或有规律的编号方式，减少混线和误接的可能性。

3.5.3 主要元器件物料清单

根据系统硬件设计结果，整理出主要元器件的物料清单，包括 PLC、扩展模块、变频器、电机、减速机、按钮、指示灯、接触器、热继电器、空气开关以及各类传感器等。物料清单中需要给出元器件名称、数量、主要技术参数和简要用途说明，为采购、安装和后续维护提供依据。

表 3-2 主要元器件物料清单

序号	元件名称	数量	品牌	元件规格	备注
1	可编程控制器 PLC	1	西门子	CPU 1214C DC/DC/DC	系统核心控制单元
2	工业触摸屏	1	西门子	TP1200 Comfort	系统人机交互界面
3	变频器	3	某工业品 牌	适配传送带电机功率	驱动各级传送带电机
4	传送带电机	3	某电机品 牌	三相异步电机，功率按设计	驱动各级传送带
5	餐盘检测传感器	若	某传感器	接近式/光电式，DC24V	检测餐盘进入与位置

		干	厂		
6	按钮开关	若	某低压电	启动、停止、急停按钮	操作系统启停与急停
		干	器		
7	指示灯	若	某低压电	运行、故障等指示灯	显示系统运行与故障
		干	器		状态
8	接触器及热继电器	若	某低压电	电流等级按电机功率选取	主回路控制与过载保
	器	干	器		护

3.6 小结

本章从 PLC 控制器选型与配置、传感器系统设计、传送带驱动系统设计以及硬件电路设计等方面,对食堂餐盘自动回收传送控制系统的硬件部分进行了较为全面的说明。通过合理的控制器选型和 I/O 资源配置、针对性的传感器与驱动系统设计以及规范的主回路和控制回路接线方案,为系统的稳定运行和后续软件开发奠定了坚实的硬件基础。

第 4 章 控制系统软件设计

4.1 PLC 控制程序总体结构

4.1.1 主程序 OB1 结构与程序调用关系

本系统的 PLC 程序以主程序 OB1 为核心，采用模块化编程思想，将系统功能划分为多个相对独立的功能块或子程序。在主程序中，根据系统当前工作模式和运行状态，按一定顺序调用初始化程序、餐盘识别程序、传送启停控制程序、PWM 调速控制程序、多级传送带联动控制程序、故障检测与报警程序以及数据统计程序等。通过在主程序中设置合理的调用条件和状态标志，可以保证各功能模块之间的协调运行，避免逻辑冲突和重复控制。

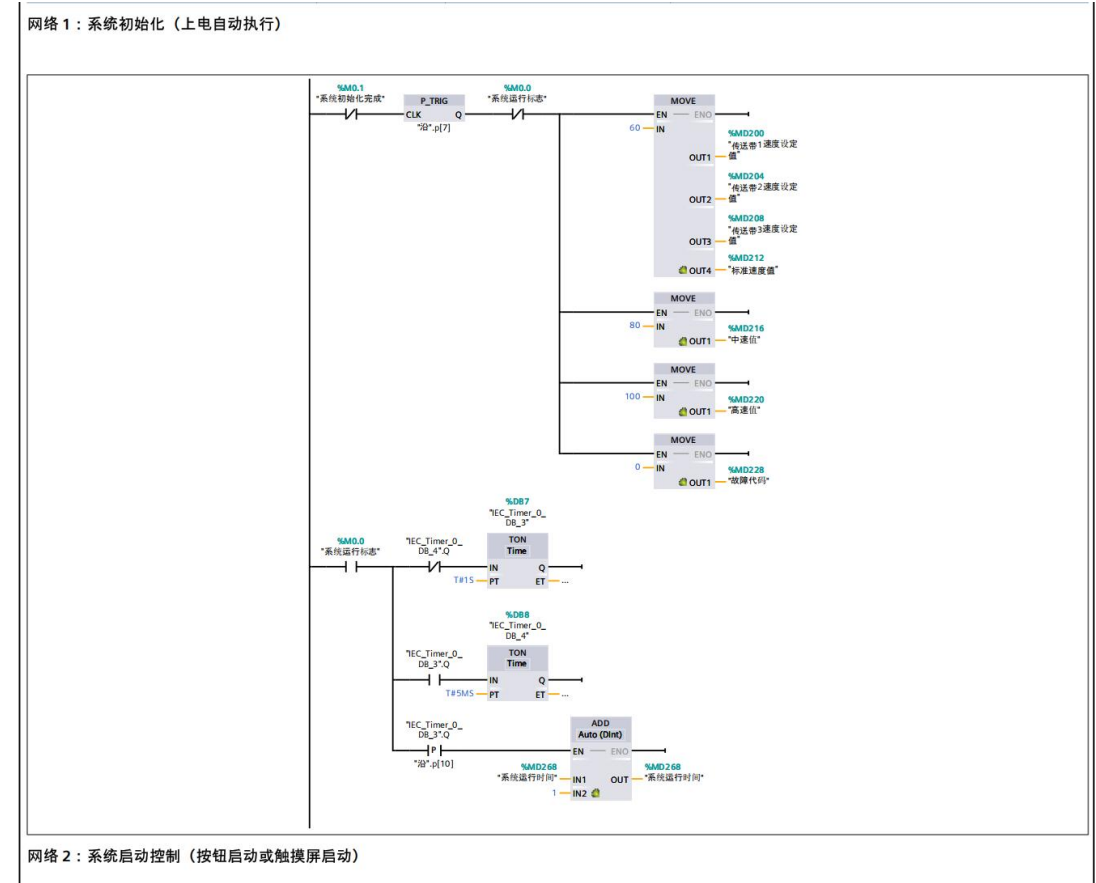


图 4-1 主程序 OB1 结构与程序调用

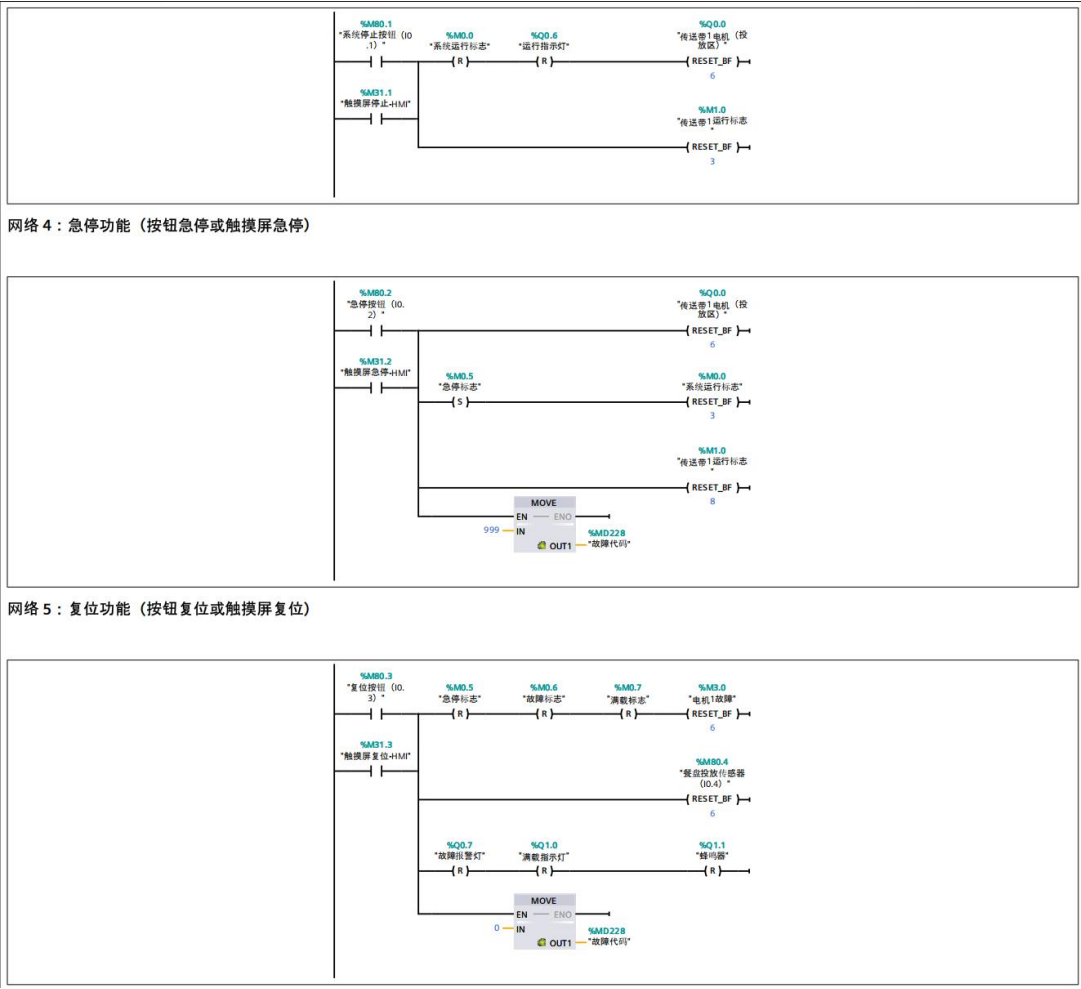


图 4-2 主程序 OB1 结构与程序调用

4.1.2 程序块、功能块与数据块划分

在程序结构划分上，系统将常用的控制逻辑和计算过程封装为若干功能块或子程序，并为需要长期保存或在多个模块之间共享的数据分配专用的数据块。餐盘识别、传送启停控制、PWM 调速、多级传送带联动、故障检测与报警等核心功能分别对应独立的程序块，内部通过局部变量和状态标志实现逻辑控制；系统运行模式、故障计数、统计信息等需要跨模块访问的数据，则存放在专用的数据块中，以便集中管理和调用。这种结构有利于提高程序的可读性和可维护性，当需要对某一功能进行修改或扩展时，只需在相应模块中进行调整即可。

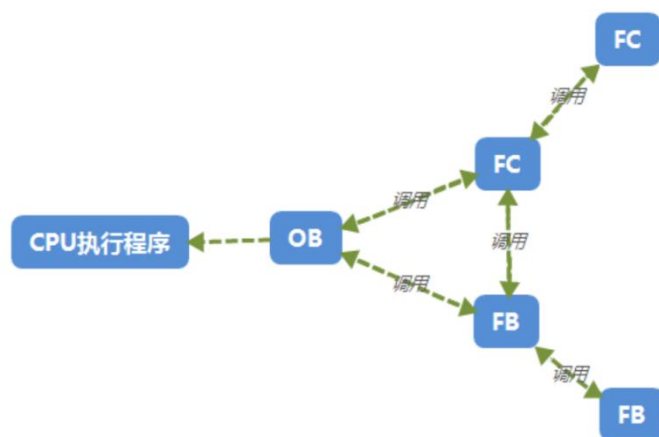


图 4-3 TIA Portal 项目结构及程序块组织

4.1.3 编程规范与变量命名原则

为了保证程序结构清晰、便于后期维护，在编程过程中对变量命名和注释书写制定了基本规范。输入输出点通常采用能够反映其物理含义的名称，如启动按钮、急停按钮、餐盘检测传感器等；内部标志位则采用“功能+状态”形式的命名方式，使其逻辑作用一目了然。对于定时器、计数器和数据寄存器，会在名称中体现其用途和作用范围。各程序块和关键逻辑段均配有简要注释，说明其主要功能和工作过程，避免出现“黑盒”代码，提高程序的可读性。

4.2 餐盘识别程序模块

4.2.1 餐盘识别信号采集逻辑

餐盘识别程序模块主要负责对回收口和关键传送带位置的餐盘检测传感器信号进行采集和处理。程序周期性读取各检测点的输入状态，根据传感器的开关信号判断是否有餐盘进入相应位置。当检测到餐盘进入回收口时，设置对应的内部标志，作为后续传送启停和多级联动控制的依据；在后续传送带位置检测到餐盘通过时，更新位置状态和计数变量，为统计餐盘数量和分析运行状况提供基础数据。

网络 9：餐盘投放检测（投放传感器检测到餐盘）

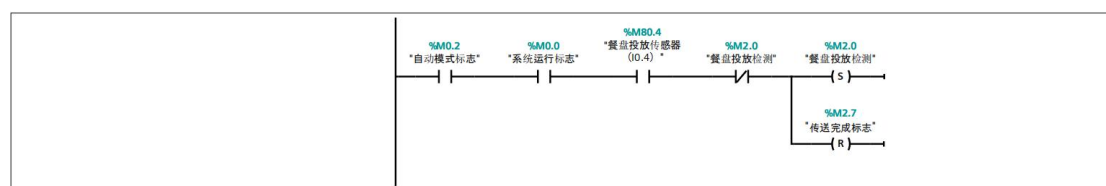


图 4-4 餐盘投放检测

4.2.2 信号滤波与防抖处理

由于实际运行环境中可能存在机械振动、电磁干扰或餐盘摆放不稳定等因素，传感器输出信号可能出现短暂抖动或误触发现象。为此，在餐盘识别程序中对输入信号进行简单的时间滤波和防抖处理，例如在多个扫描周期内连续检测到同一状态变化后才确认有效，避免因瞬时干扰导致传送带频繁启停。通过这种方式，可以在不增加硬件成本的前提下，提高餐盘识别的可靠性和系统运行的平稳性。

网络 10：投放确认完成（延时后确认投放）

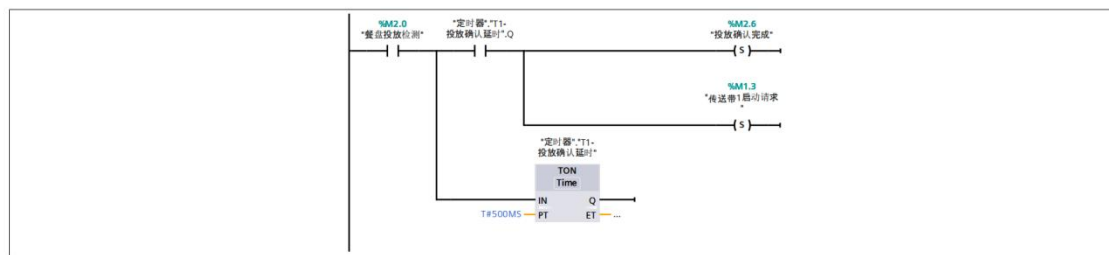
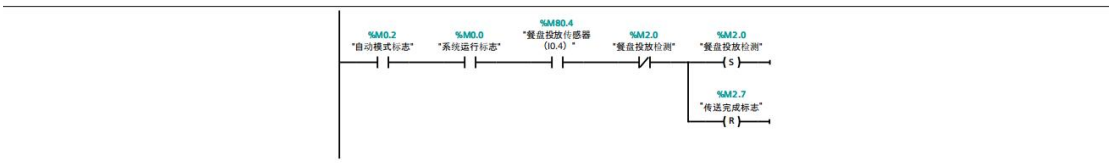


图 4-5 投放确认延时定时器

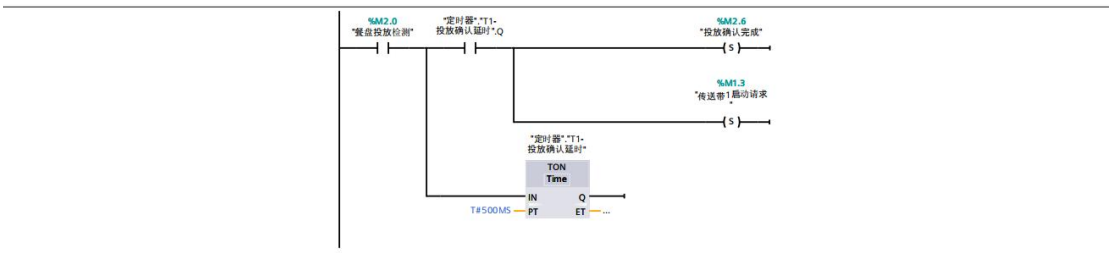
4.2.3 误检与漏检处理策略

在极端情况下，传感器仍有可能发生误检或漏检。为减少这类情况对系统运行的影响，程序在设计时增加了若干合理性检查逻辑。例如，当系统记录到某一传送带段长时间处于有餐盘状态而后续检测点却始终无餐盘通过时，可以判断该检测结果可能存在异常，并触发报警或提示维护人员检查传感器状态。对于偶发性的漏检，则可以通过多点检测或在多级联动控制中加入校验逻辑的方式予以弥补。

网络 9：餐盘投放检测（投放传感器检测到餐盘）



网络 10：投放确认完成（延时后确认投放）



网络 11：餐盘计数（投放确认后计数）

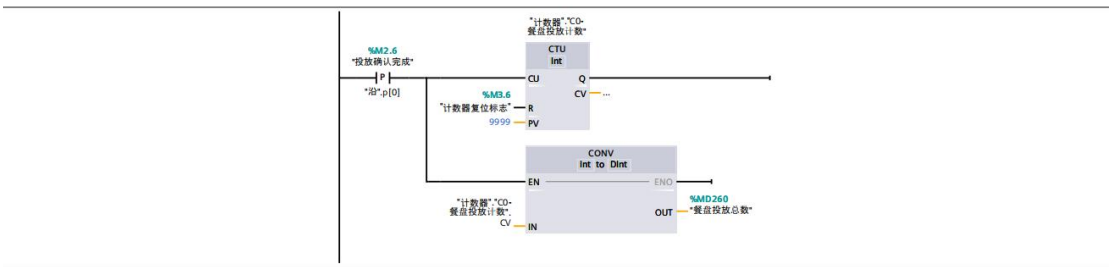


图 4-6：餐盘投放检测、投放确认完成、餐盘计数

4.3 传送启停控制程序模块

4.3.1 系统启动控制

传送启停控制程序承担着将操作人员的启动、停止指令转换为各级传送带具体动作的任务。在启动控制方面，系统支持通过现场按钮和触摸屏两种方式发出运行指令。程序在接收到启动命令后，检查急停按钮是否复位、主要传感器是否处于正常状态、无严重故障标志等前提条件，在条件满足的情况下，按照预定顺序依次启动各级传送带。启动过程中，程序会设置运行状态标志，并在触摸屏界面上更新相应的运行指示信息。

网络 2：系统启动控制（按钮启动或触摸屏启动）

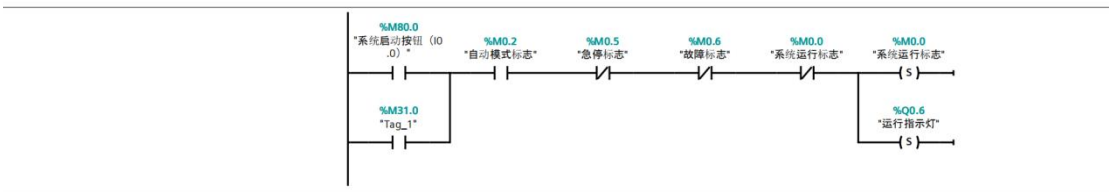
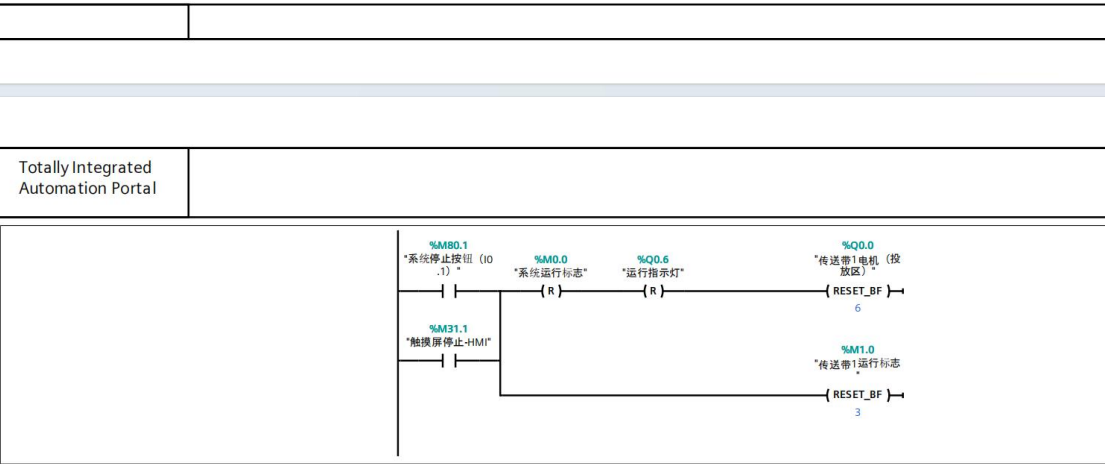


图 4-7 系统启动控制

4.3.2 系统停止控制

系统停止分为正常停止和急停两种情况。正常停止通常由操作人员通过停止按钮或触摸屏发出指令，程序在接收到正常停止命令后，会按照由前向后的顺序逐级停止传送带，确保已经进入系统的餐盘尽可能输送至回收端，减少系统内部残留餐盘。急停则由急停按钮直接触发，程序在检测到急停信号后立即切断对所有传送带的控制输出，并将系统状态切换为故障或锁定状态，需要人工检查并复位后才能重新启动。

网络 3：系统停止控制（按钮停止或触摸屏停止）



网络 4：急停功能（按钮急停或触摸屏急停）

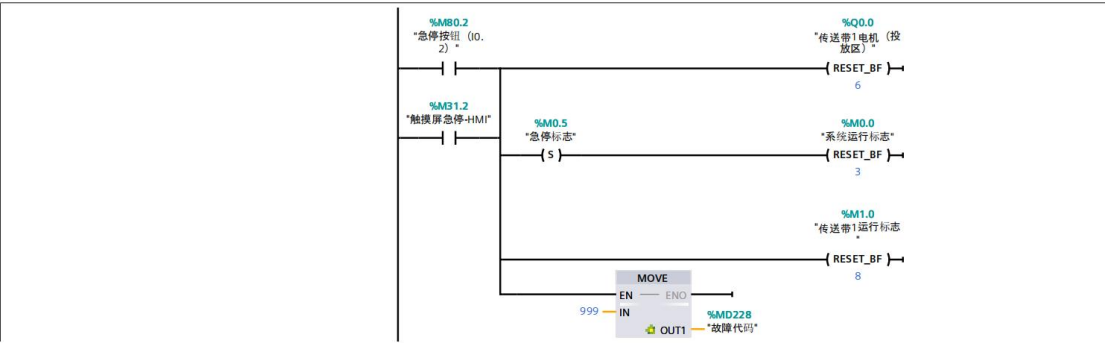


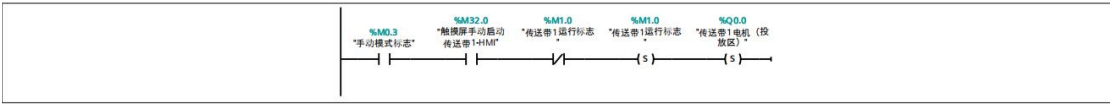
图 4-8 系统停止控制

4.3.3 自动/手动模式切换与联锁逻辑

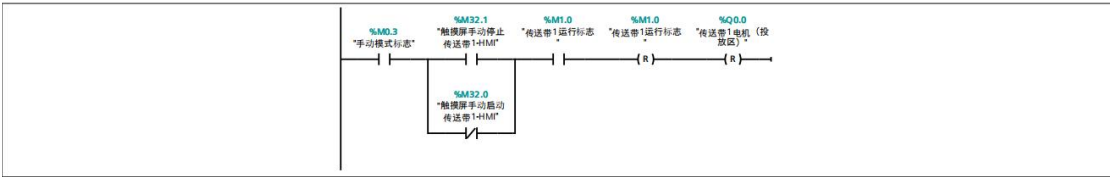
为了兼顾日常运行和设备维护的需要，系统设置自动和手动两种运行模式。在自动模式下，传送带的启停由餐盘识别和多级联动逻辑统一控制，操作人员只需通过启动或停止指令控制系统整体运行；在手动模式下，操作人员可以单独控制某一级传送带或设备的启停，以便进行局部清理或检修。程序中设置了相应的

联锁逻辑，防止在手动操作时误触发自动控制，或在自动运行中误进入手动状态，保证运行安全。

网络 54：手动模式-传送带 1 启动（触摸屏按钮控制）



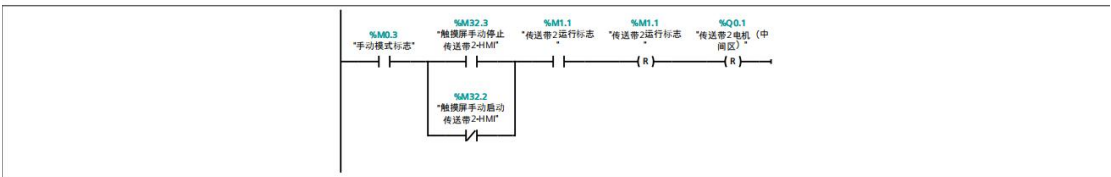
网络 55：手动模式-传送带 1 停止（触摸屏按钮控制）



网络 56：手动模式-传送带 2 启动（触摸屏按钮控制）



网络 57：手动模式-传送带 2 停止（触摸屏按钮控制）



网络 58：手动模式-传送带 3 启动（触摸屏按钮控制）



网络 59：手动模式-传送带 3 停止（触摸屏按钮控制）

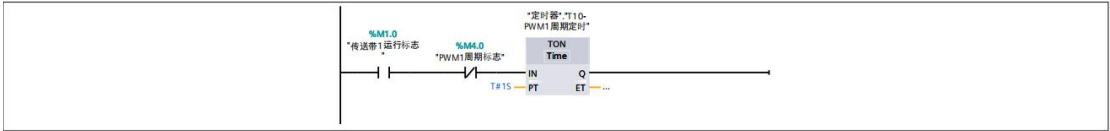
图 4-9 手动模式传送带 1/2/3 启动与停止

4.4 PWM 调速控制程序模块

4.4.1 PWM 调速原理与实现方法

本系统的传送速度调节采用基于 PWM 的控制方式，通过改变控制信号的占空比来实现对电机运行速度的间接调节。程序在内部设定一个固定的 PWM 周期，并根据速度档位设置不同的高电平持续时间，从而形成不同的占空比。当需要提高传送速度时，相应档位的高电平时间增加，占空比增大；当需要减速时，则减小高电平时间，使传送带运行更加平稳柔和。PWM 控制程序与变频器或驱动模块配合使用，通过合理设置参数和控制逻辑，实现对多级传送带速度的协调控制。

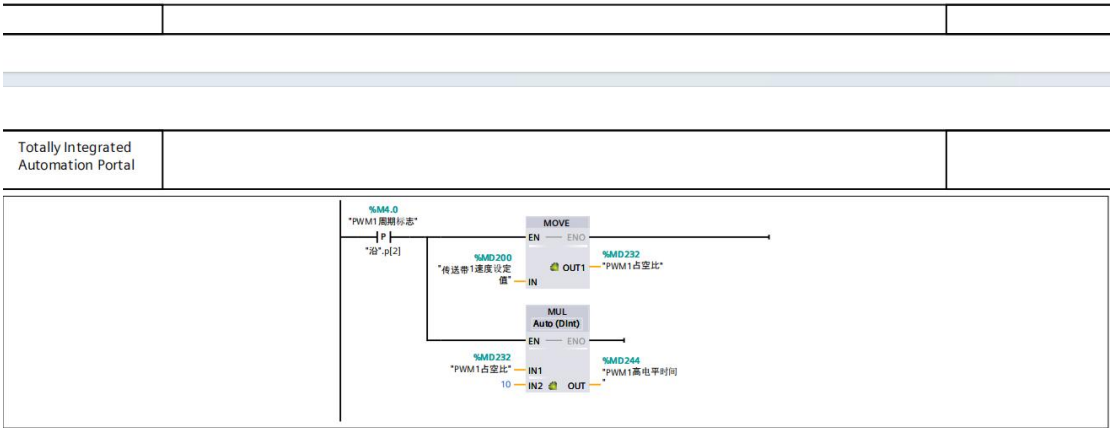
网络 31：PWM1 周期定时器（1 秒周期，仿真用）



网络 32：PWM1 周期开始标志

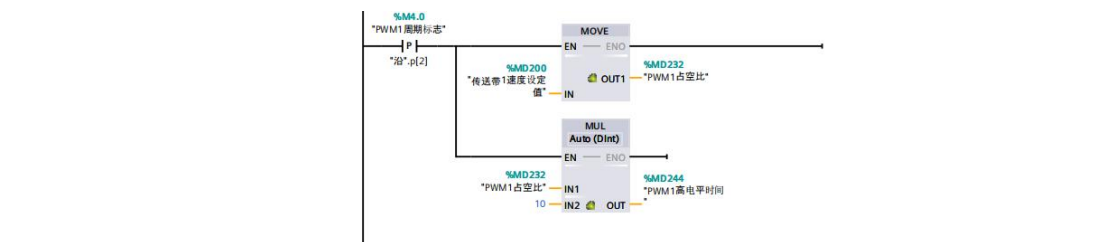


网络 33：PWM1 高电平时间计算（根据速度设定值）

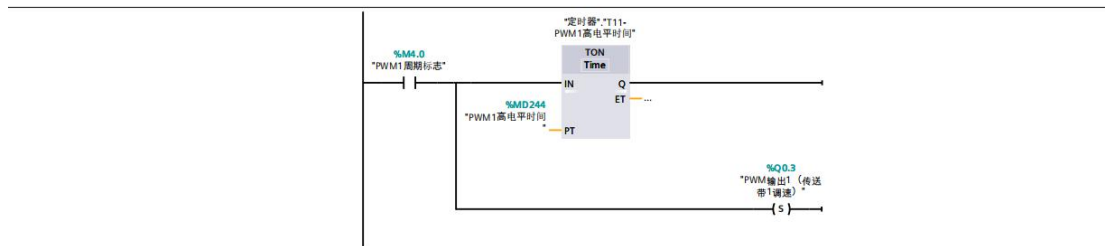


网络 34：PWM1 高电平时器（根据占空比计算的时间）

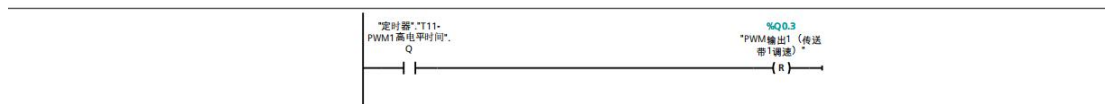
图 4-10 PWM1 周期定时与高电平输出



网络 34：PWM1 高电平定时器（根据占空比计算的时间）



网络 35：PWM1 高电平结束（高电平时间到）



网络 36：

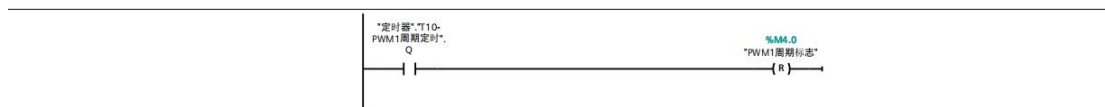
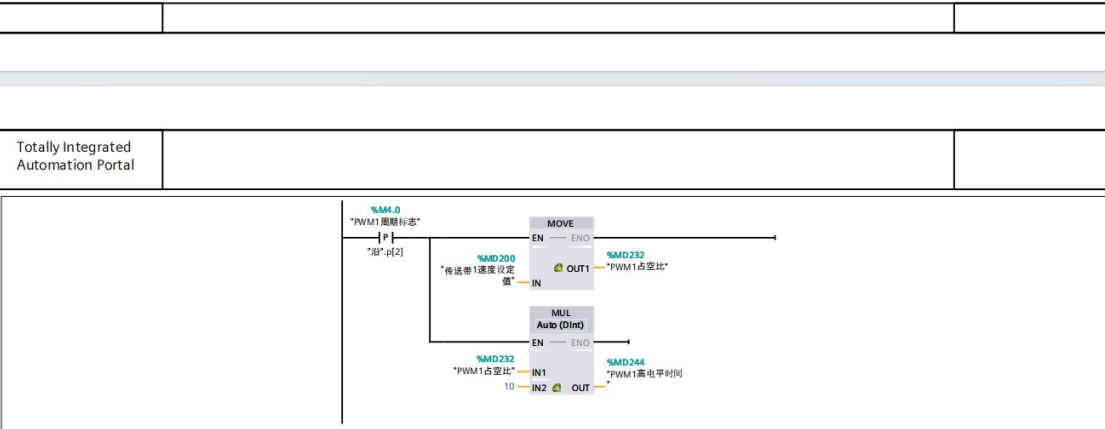


图 4-11 PWM1 周期定时与高电平输出

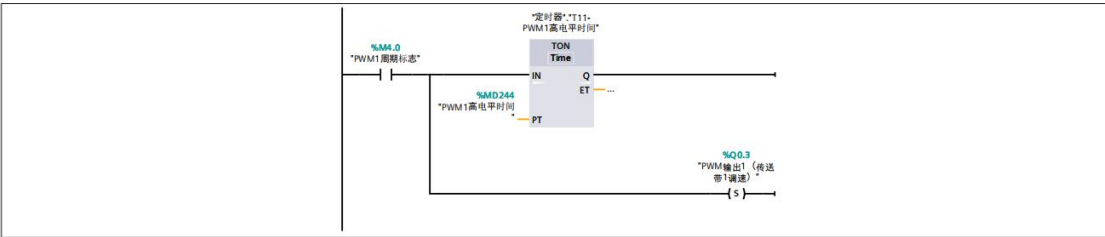
4.4.2 PWM 周期与占空比计算

在程序中，为不同的速度档位（如标准速度、中速、减速等）预设了对应的占空比参数。PWM 控制模块根据当前选定的速度档位，从参数表中读取目标占空比，并结合固定的周期时间计算高电平持续时间。程序通过定时器实现 PWM 周期的计时，在每个周期内根据当前计时值决定输出信号处于高电平还是低电平状态。通过这种方式，可以在不增加复杂硬件的前提下，实现多档可调的速度控制效果。

网络 33：PWM1 高电平时间计算（根据速度设定值）



网络 34：PWM1 高电平定时器（根据占空比计算的时间）



网络 35：PWM1 高电平结束（高电平时间到）

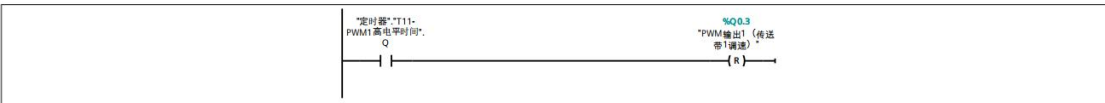


图 4-12 PWM1 高电平时间计算与输出

4.4.3 速度档位设置与渐变控制

为避免传送带速度突变对设备和餐盘造成冲击，程序在速度档位切换时采用渐变控制方式。当操作人员通过触摸屏选择新的速度档位时，程序不会立即将输出占空比切换到目标值，而是通过若干步逐渐调整，使传送带从当前速度平滑过渡到目标速度。渐变控制不仅有利于延长设备使用寿命，还可以减少餐盘在传送过程中发生滑动或碰撞的风险，提高系统运行的舒适性和安全性。

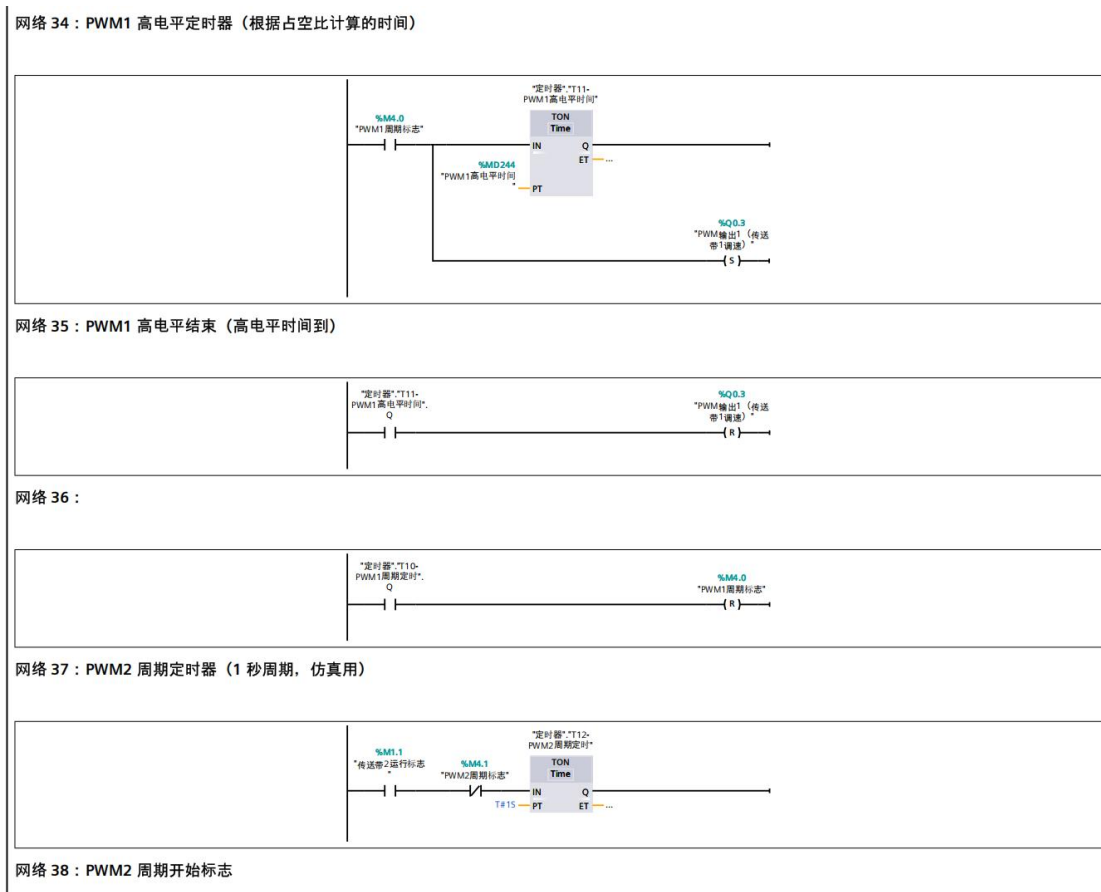


图 4-13 PWM 调速与速度渐变控制程序

4.5 多级传送带联动控制程序模块

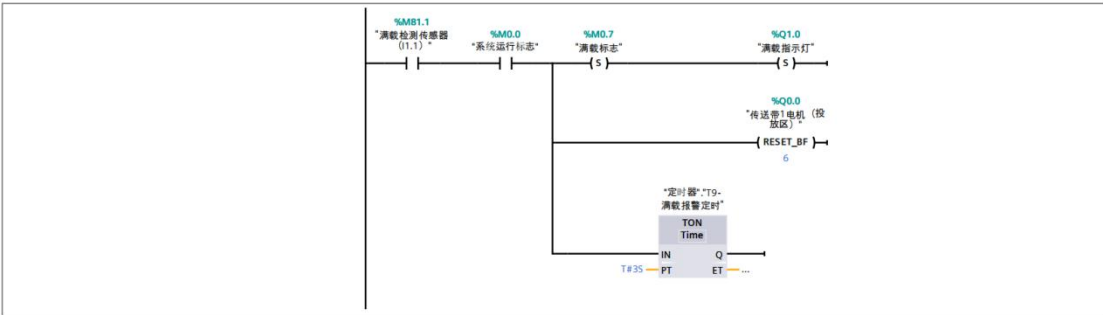
4.5.1 多段传送带启停顺序控制

多级传送带联动控制程序主要负责协调各级传送带之间的启停顺序和运行状态。在系统启动时，程序通常采用由末端向前端依次启动的方式，确保后端传送带和回收端处于就绪状态后，再逐步启动前端传送带，防止餐盘在尚未准备好的段上堆积。在系统停止时，则采用由前端向后端依次停止的策略，使已经进入系统的餐盘尽量输送到回收端，减少系统内部残留。

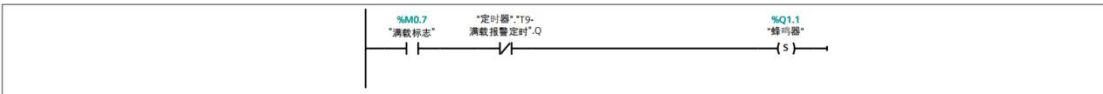
4.5.2 满载检测与联动处理逻辑

在多级传送带系统中，为防止局部过载和餐盘堆积，程序对关键位置设置满载检测逻辑。当某一段传送带上的检测装置持续发出有餐盘信号且超过一定时间阈值时，系统判定该段接近满载或已满载，触发相应的联动控制措施，例如降低或停止前段传送带的运行，并在触摸屏和指示灯上发出提示。待该段传送带负荷下降到安全范围后，程序再恢复前段运行，从而保证系统整体运行的稳定性。

网络 49：满载检测（满载传感器检测到满载）



网络 50：满载报警蜂鸣器（满载时蜂鸣器响 3 秒）



网络 51：满载报警蜂鸣器停止（3 秒后停止）

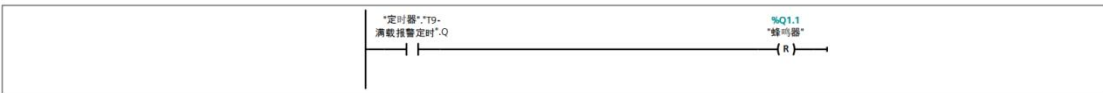


图 4-14 满载检测与联动处理程序

4.6 故障检测与报警程序模块

4.6.1 传感器与电机故障检测逻辑

故障检测与报警程序模块负责对系统运行过程中可能出现的各种异常情况进行监测和处理。针对传感器故障，程序通过对比预期状态和实际检测结果、检测信号持续时间等方式进行判断；对于电机或传送带运行异常，则可以通过监测启动指令与速度检测信号之间的对应关系来进行识别。当程序发现某一设备在给定时间内未能达到预期运行状态时，即可认为存在潜在故障，并设置相应的故障标志。

网络 52：故障标志设置（检测到任何故障）

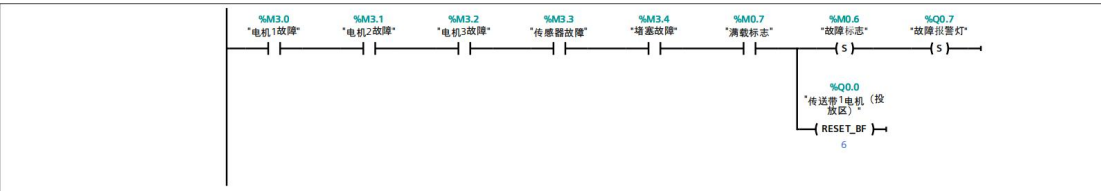


图 4-15 故障标志设置

4.6.2 故障标志设置与故障次数统计

为便于维护和运行管理，系统对不同类型的故障设置了对应的故障标志，并在每次故障发生时对相应计数器进行累加。通过在触摸屏界面上显示当前故障类型和历史故障次数，维护人员可以直观了解系统运行状态和易发故障点，为后续的检修和优化提供依据。故障标志的设置和清除均通过程序控制，只有在故障排除并完成复位操作后，相应标志才会恢复为正常状态。

网络 53：故障次数统计（检测到故障时计数）

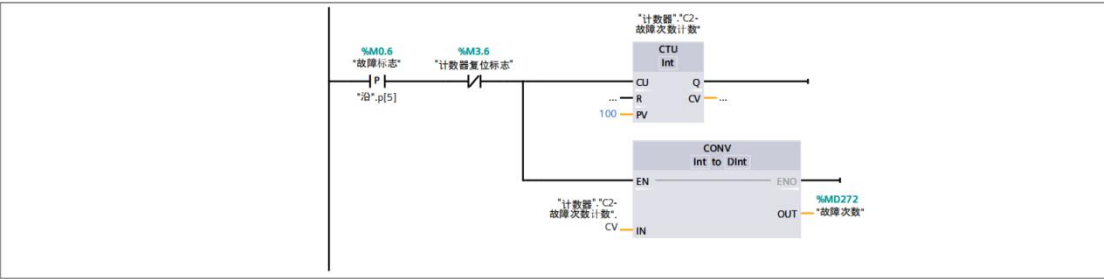
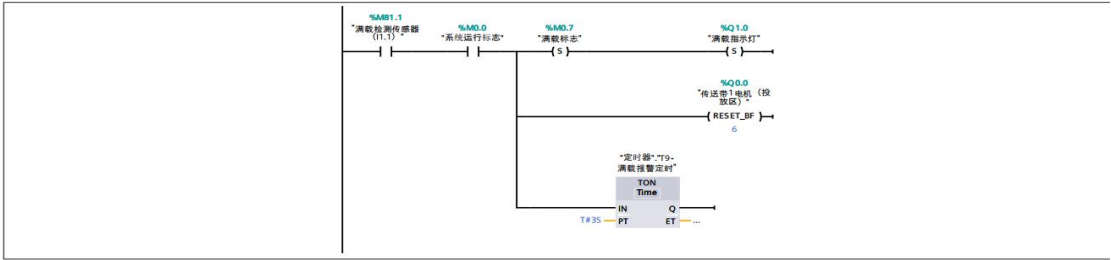


图 4-16 故障次数统计 CTU

4.6.3 报警输出与安全停机策略

当系统检测到严重故障或安全相关故障时，故障检测与报警程序会立即触发声光报警，并根据故障类型决定是否执行紧急停机。对于影响运行但不直接威胁安全的故障，可以通过提示操作人员进行人工干预，在故障未处理前限制系统进入某些工作模式；对于可能危及人身或设备安全的故障，则必须立即停止相关设备甚至整套系统的运行，直至确认安全后方可重新启动。

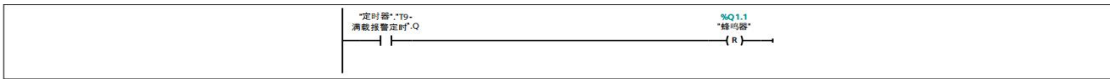
网络 49：满载检测（满载传感器检测到满载）



网络 50：满载报警蜂鸣器（满载时蜂鸣器响 3 秒）



网络 51：满载报警蜂鸣器停止（3 秒后停止）



网络 52：故障标志设置（检测到任何故障）

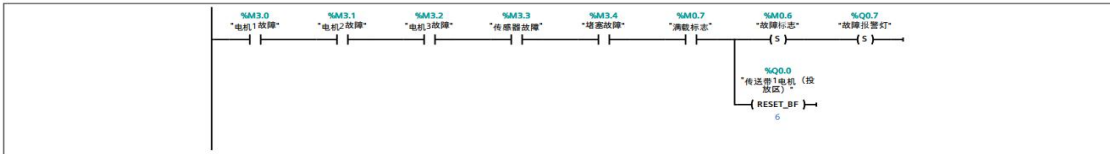


图 4-17 故障检测与安全停机程序段

网络 53：故障次数统计（检测到故障时计数）

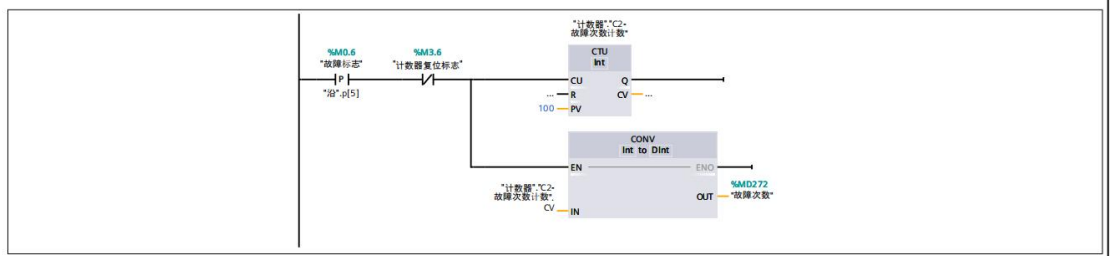


图 4-18 故障检测与安全停机程序段

4.7 人机交互界面设计

4.7.1 PLC 与 HMI 变量映射与通信配置

在人机交互部分，需要在 PLC 和触摸屏之间建立可靠的数据通信关系。通过在工程中配置通信连接和变量映射，将 PLC 内部的关键变量与触摸屏上的显示和控制元素对应起来，使触摸屏能够实时显示系统运行状态并向 PLC 发送控制指令。映射变量通常包括系统运行模式、各级传送带运行状态、速度档位、故障标志以及统计数据等。

名称	数据类型	连接	PLC 名称	PLC 变量	地址	访问模式	采集周期	已记录
Tag_1	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	Tag_1		符号访问	100 ms	
Tag_ScreenNumber	Unit	<内部变量>		<未定义>		符号访问	100 ms	
传送带1运行标志	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	传送带1运行标志		符号访问	100 ms	
传送带1速度设定值	Dint	HMI_连接_1	PLC_1	传送带1速度设定值		符号访问	100 ms	
传送带2运行标志	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	传送带2运行标志		符号访问	100 ms	
传送带2速度设定值	Dint	HMI_连接_1	PLC_1	传送带2速度设定值		符号访问	100 ms	
传送带3运行标志	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	传送带3运行标志		符号访问	100 ms	
传送带3速度设定值	Dint	HMI_连接_1	PLC_1	传送带3速度设定值		符号访问	100 ms	
位置检测传感器 (11.0)	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	位置检测传感器 (11.0)		符号访问	100 ms	
手动模式标志	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	手动模式标志		符号访问	100 ms	
故障代码	Dint	HMI_连接_1	PLC_1	故障代码		符号访问	100 ms	
故障标志	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	故障标志		符号访问	100 ms	
检修标志	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	检修标志		符号访问	100 ms	
检修标志	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	检修标志		符号访问	100 ms	
系统运行时间	Dint	HMI_连接_1	PLC_1	系统运行时间		符号访问	100 ms	
系统运行标志	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	系统运行标志		符号访问	100 ms	
触摸屏停止+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏停止+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏停止+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏停止+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏复位+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏复位+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏急停+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏急停+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏手动启动传送带1+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏手动启动传送带1+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏手动启动传送带2+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏手动启动传送带2+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏手动启动传送带3+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏手动启动传送带3+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏手动模式+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏手动模式+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏标准速度+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏标准速度+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏检修模式+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏检修模式+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏自动模式+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏自动模式+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏计数清零+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏计数清零+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏速度减少+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏速度减少+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏速度增加+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏速度增加+HMI		符号访问	100 ms	
触摸屏高速+HMI	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	触摸屏高速+HMI		符号访问	100 ms	
餐盘到达回收位置	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	餐盘到达回收位置		符号访问	1 s	
餐盘回收总数	Dint	HMI_连接_1	PLC_1	餐盘回收总数		符号访问	100 ms	
餐盘在传送带1	Bool	HMI_连接_1	PLC_1	餐盘在传送带1		符号访问	1 s	

图 4-19 PLC 与 HMI 变量映射及通信配置

4.7.2 运行状态与参数监控数据接口

触摸屏上的主监控界面主要用于显示系统整体运行状态和关键参数，如各级传送带的启停状态、当前速度档位、餐盘检测信号状态、故障指示以及累计处理餐盘数量等。通过这些信息，操作人员可以直观了解系统的工作情况，并在必要时进行模式切换或参数调整。界面上的数据接口与 PLC 侧变量保持一致，确保显示信息与实际运行状态同步。

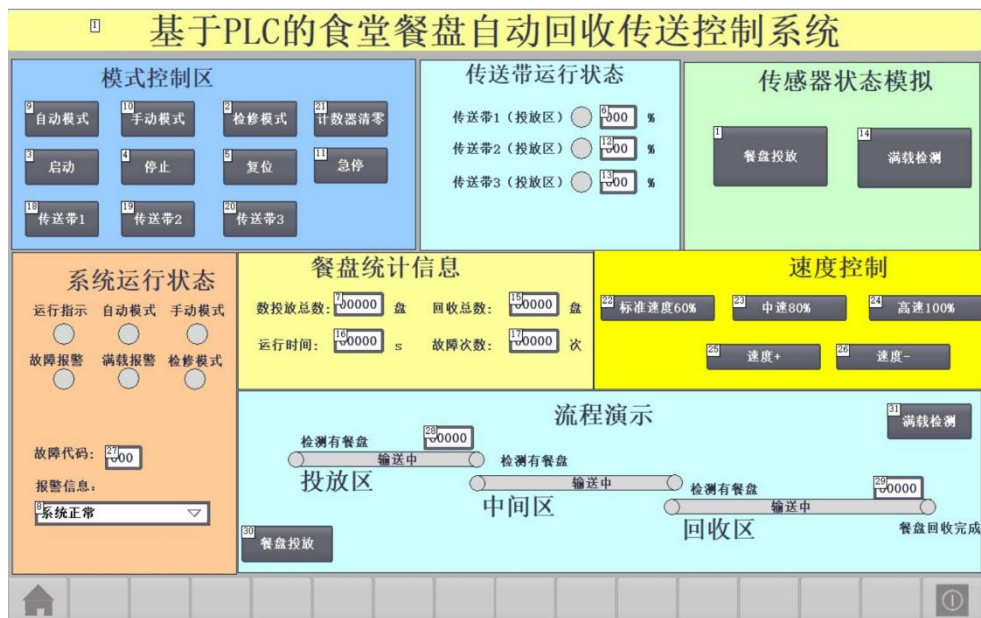


图 4-20 主监控界面

4.7.3 报警与统计信息数据接口

报警与统计信息界面用于集中显示系统在运行过程中产生的各类故障信息和统计数据。报警部分包括当前故障类型、发生时间以及处理建议等，统计部分

则可以显示一定周期内的餐盘处理数量、故障次数等指标。通过这些数据，管理人员可以对系统运行效率和故障情况进行分析，为改进维护策略和优化运行参数提供依据。

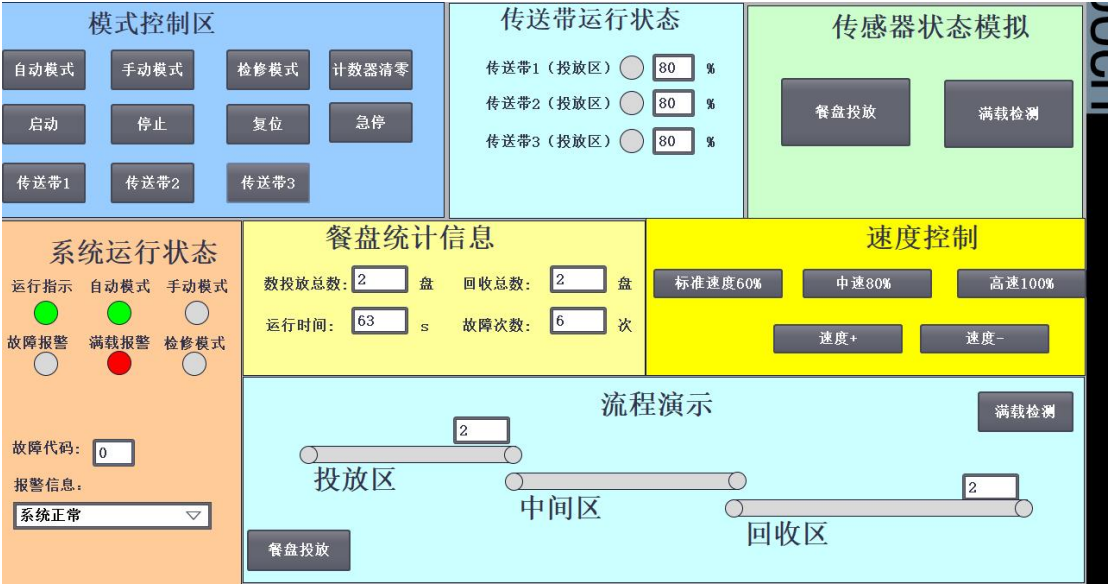


图 4-21 报警与统计信息界面数据接口截图

4.8 程序调试与优化

4.8.1 仿真环境下的单元模块调试

在将程序下载到实际设备之前，利用仿真工具对各功能模块进行单元测试具有重要意义。通过在仿真环境中模拟传感器输入和按钮操作，可以检查餐盘识别、传送启停、PWM 调速、多级联动和故障检测等模块的逻辑是否正确，及时发现和修正潜在问题，减少在现场调试时的工作量和风险。

名称	数据类型	地址	保持	可从 ...	从 H...	在 H...	监视值
传送带1电机（投放区）	Bool	%Q0.0		☒	☒	☒	☐ FALSE
传送带2电机（中间区）	Bool	%Q0.1		☒	☒	☒	☐ FALSE
传送带3电机（回收区）	Bool	%Q0.2		☒	☒	☒	☐ FALSE
PWM输出1（传送带1调速）	Bool	%Q0.3		☒	☒	☒	☐ FALSE
PWM输出2（传送带2调速）	Bool	%Q0.4		☒	☒	☒	☐ FALSE
PWM输出3（传送带3调速）	Bool	%Q0.5		☒	☒	☒	☐ FALSE
运行指示灯	Bool	%Q0.6		☒	☒	☒	☒ TRUE
故障报警灯	Bool	%Q0.7		☒	☒	☒	☐ FALSE
满载指示灯	Bool	%Q1.0		☒	☒	☒	☒ TRUE
蜂鸣器	Bool	%Q1.1		☒	☒	☒	☒ TRUE
自动模式指示灯	Bool	%Q1.2		☒	☒	☒	☒ TRUE
手动模式指示灯	Bool	%Q1.3		☒	☒	☒	☐ FALSE
<添加>				☒	☒	☒	

	名称	数据类型	地址	保持	可从...	从 H...	在 H...	监视值
	传送带1速度设定值	DInt	%MD200	☐	☒	☒	☒	80
	传送带2速度设定值	DInt	%MD204	☐	☒	☒	☒	80
	传送带3速度设定值	DInt	%MD208	☐	☒	☒	☒	80
	标准速度值	DInt	%MD212	☐	☒	☒	☒	60
	中速值	DInt	%MD216	☐	☒	☒	☒	80
	高速值	DInt	%MD220	☐	☒	☒	☒	100
	PWM周期时间	DInt	%MD224	☐	☒	☒	☒	0
	故障代码	DInt	%MD228	☐	☒	☒	☒	0
	PWM1占空比	DInt	%MD232	☐	☒	☒	☒	80
0	PWM2占空比	DInt	%MD236	☐	☒	☒	☒	80
1	PWM3占空比	DInt	%MD240	☐	☒	☒	☒	0
2	PWM1高电平时间	DInt	%MD244	☐	☒	☒	☒	800
3	PWM2高电平时间	DInt	%MD248	☐	☒	☒	☒	800
4	PWM3高电平时间	DInt	%MD252	☐	☒	☒	☒	0
5	预留(8)	DInt	%MD256	☐	☒	☒	☒	0
6	餐盘投放总数	DInt	%MD260	☐	☒	☒	☒	2
7	餐盘回收总数	DInt	%MD264	☐	☒	☒	☒	2
8	系统运行时间	DInt	%MD268	☐	☒	☒	☒	185
9	故障次数	DInt	%MD272	☐	☒	☒	☒	6
0	预留(9)	DInt	%MD276	☐	☒	☒	☒	0
1	投放确认延时	DInt	%MD280	☐	☒	☒	☒	0
2	传送带1传送时间	DInt	%MD284	☐	☒	☒	☒	0
3	传送带2传送时间	DInt	%MD288	☐	☒	☒	☒	0
4	传送带3传送时间	DInt	%MD292	☐	☒	☒	☒	0
5	停止延时时间	DInt	%MD296	☐	☒	☒	☒	0
6	故障检测延时	DInt	%MD300	☐	☒	☒	☒	0
7	满载报警时间	DInt	%MD304	☐	☒	☒	☒	0
8	预留(10)	DInt	%MD308	☐	☒	☒	☒	0
9	传送带1实际速度	DInt	%MD312	☐	☒	☒	☒	0
0	传送带2实际速度	DInt	%MD316	☐	☒	☒	☒	0
1	传送带3实际速度	DInt	%MD320	☐	☒	☒	☒	0
2	速度偏差阈值	DInt	%MD324	☐	☒	☒	☒	0
3	速度调节步长	DInt	%MD328	☐	☒	☒	☒	0
4	预留(11)	DInt	%MD332	☐	☒	☒	☒	0

图 4-22 在线监控表

4.8.2 系统级联调与逻辑优化

在单元模块通过仿真测试后，需要在实际或综合仿真环境中对整个系统进行联调。联调过程中，重点观察各模块之间的配合情况，如餐盘识别与传送启停之间的时序关系、PWM调速与多级联动之间的协调、故障检测与报警输出之间的联动等。根据联调结果，对程序中的时间参数、状态切换条件和联锁逻辑进行必要的调整和优化，使系统在各种运行工况下都能保持良好的稳定性和响应特性。

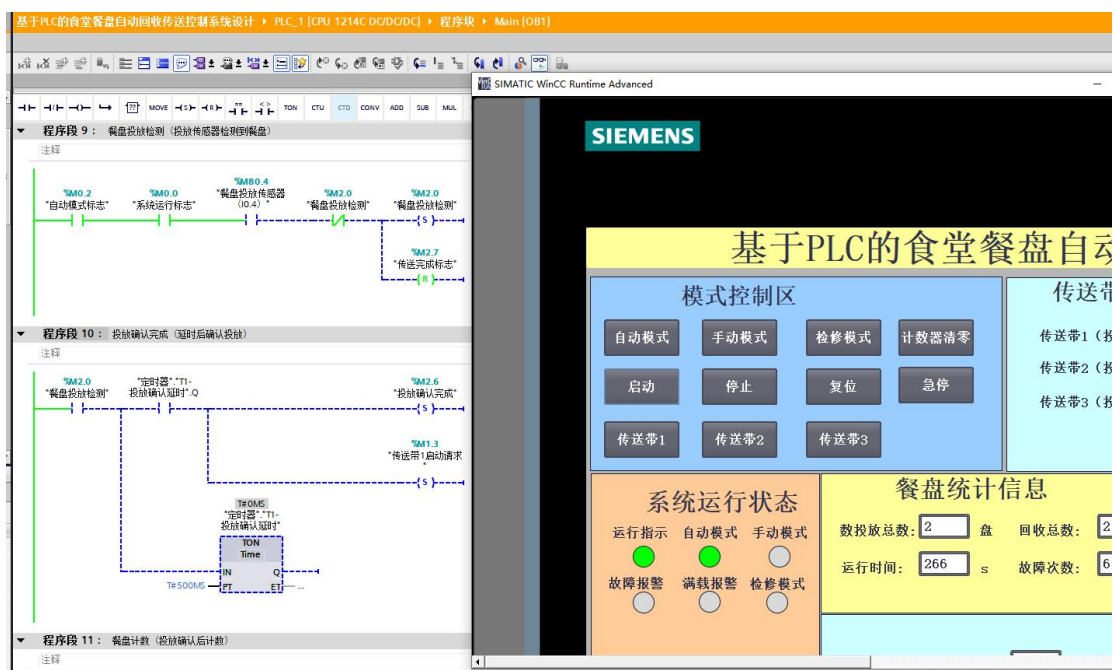


图 4-23 PLC 与 HMI 联合仿真运行界面

4.9 小结

本章从 PLC 控制程序总体结构出发，对餐盘识别、传送启停控制、PWM 调速、多级传送带联动、故障检测与报警以及人机交互界面等软件模块的设计思路 and 主要功能进行了说明，并简要介绍了程序调试与优化过程。通过模块化的程序结构设计和充分的仿真与联调工作，为系统的稳定运行提供了可靠的软件保障。

第 5 章 系统测试与分析

5.1 系统测试环境搭建

系统测试在 PLC 实验平台和仿真环境下进行，测试环境包括 PLC 控制柜、触摸屏、部分实际传感器与执行元件以及与之对应的仿真模型。通过合理配置测试工位和接线，将 PLC 程序和触摸屏画面下载到设备中，使其在接近实际运行工况的环境下接受检验。测试前对电气连接和安全防护措施进行检查，确保在测试过程中不会出现安全隐患。

5.2 功能测试

5.2.1 主要功能测试及结果分析

功能测试主要围绕餐盘识别、传送启停控制、PWM 调速、多级传送带联动以及故障检测与报警等核心功能展开。在测试过程中，按照预定的测试用例依次模拟餐盘投放、启动和停止指令、模式切换、满载情况和故障触发等操作，观察系统的响应是否符合设计要求。特别是要验证在不同运行模式下各级传送带的启停顺序、速度切换平滑性以及故障发生时的安全停机和报警行为。

测试在 TIA Portal 仿真环境中进行，通过 HMI 触摸屏模拟餐盘投放传感器、满载检测传感器等输入信号，记录各功能模块的响应时间和运行状态。主要功能测试数据如表

表 5-1 主要功能测试结果汇总表

序号	测试项目	测试方法	测试结果	是否合格
1	系统启动控制	按下启动按钮或触摸屏启动，观察系统进入运行状态	运行指示灯点亮，传送带待命	合格
2	餐盘投放与传送带 1 启动	模拟餐盘投放传感器 I0.4 有效，观察传送带 1 启动	500ms 内传送带 1 启动，PWM 输出正常	合格

3	多级传送带 联动	连续投放 3 个餐盘，观察传送带 1→2→3 依次启动与停止	传送带 1 启动 2s 后传送带 2 启动，500ms 后传送带 3 启动	合格
4	餐盘计数与 回收统计	投放 5 个餐盘，观察餐盘投放总数 与回收总数变化	投放总数 5，回收总数 5，数据 一致	合格
5	速度档位切 换	切换标准速度 60%、中速 80%、 高速 100%，观察 PWM 占空比	速度设定值分别为 60、80、 100，显示正确	合格
6	满载检测与 报警	模拟满载检测传感器 I1.1 有效， 观察传送带 1 停止及蜂鸣器	传送带 1 立即停止，满载灯亮， 蜂鸣器响 3s	合格
7	急停功能	运行中按下急停按钮，观察所有传 送带停止	所有传送带立即停止，故障代 码 999	合格
8	复位功能	急停后按下复位按钮，观察故障清 除	故障标志清除，可重新启动	合格
9	自动/手动模 式切换	切换自动模式与手动模式，观察指 示灯及传送带控制方式	模式指示灯正确，手动模式下 可单独控制传送带	合格

从表 7-1 可以看出，系统各项功能测试均通过，餐盘识别、传送启停、PWM 调速、多级联动、故障检测与报警、人机交互等核心功能均符合设计要求。系统运行稳定，响应及时，满足食堂餐盘自动回收传送控制系统的基本需求。

5.3 性能测试

性能测试重点关注系统在不同负荷条件下的处理能力、响应时间和运行稳定性等指标。在仿真环境或实际负荷模拟条件下，通过持续投放餐盘、改变投放节奏等方式，观测系统在就餐高峰工况和平峰工况下的传送效率和传送平稳性。同时，监测在长时间连续运行中是否出现传送带打滑、餐盘堆积或控制响应迟缓等现象，为系统参数优化提供依据。

5.4 测试结果分析

在功能和性能测试完成后，需要对测试过程中记录的现象和数据进行分析，评估系统是否达到了预期的设计目标。若发现个别功能在特定工况下表现不理想，例如速度切换不够平滑或满载判定过于敏感等，可以结合测试记录对相应的控制

逻辑和参数进行调整。总体测试结果若表明系统在功能完整性、运行稳定性和安全性方面均满足要求，则可以认为系统设计基本成功。

5.5 系统优化与改进

根据测试结果，对系统中暴露出的薄弱环节进行针对性改进。例如，针对某些位置传感器受油污或餐盘遮挡影响较大的情况，可以优化传感器安装位置或增加辅助检测手段；对于传送速度和加减速时间的设置，可以通过进一步测试找到更为合适的参数组合；在人机界面方面，则可以根据操作人员的使用反馈对界面布局和提示信息进行优化，使系统更加易用。

5.6 小结

本章对系统测试环境的搭建、功能与性能测试过程以及测试结果进行了总结和分析，并在此基础上提出了若干优化与改进措施。通过系统测试与分析，验证了基于 PLC 的食堂餐盘自动回收传送控制系统在功能实现和运行性能方面的可行性和可靠性。

第 6 章 结论与展望

6.1 总结

本文围绕食堂餐盘自动回收传送这一实际需求，设计并实现了一套以 PLC 为核心控制单元的自动回收传送控制系统。通过对系统需求的分析和总体方案的制定，构建了感知层、控制层和应用层相结合的分层结构，完成了 PLC 控制器、传感器系统、传送带驱动系统以及人机交互界面等硬件和软件的设计工作。系统能够实现餐盘的自动检测与输送、多级传送带的联动控制、传送速度的多档调节以及故障检测与报警等功能，为改善食堂就餐环境和提高劳动效率提供了有效的技术手段。

在系统实现过程中，重点对 PLC 控制程序结构和主要功能模块进行了设计与调试，并结合触摸屏人机界面完成了系统监控和参数设置功能。通过仿真和测试，对系统在不同工况下的运行情况进行了验证和分析，结果表明系统在功能实现、运行稳定性和安全性等方面基本达到了预期目标。通过本次毕业设计，不仅加深了对 PLC 控制技术和自动化系统设计方法的理解，还提高了独立分析问题和解决问题的能力。

6.2 展望

受时间和条件限制，本文所设计的系统在功能丰富性和智能化程度方面仍有进一步提升的空间。未来可以考虑引入更为精细的餐盘识别技术，如结合机器视觉或 RFID 识别手段，提高对不同类型餐盘和运行状态的感知能力；在控制策略方面，可以尝试引入基于负荷预测或自适应调节的控制方法，使传送速度和联动关系能够根据实际运行数据自动优化；在人机交互和数据管理方面，则可以将系统与食堂管理平台或校园物联网系统进行集成，实现运行数据的集中存储与分析，为后续运维和管理提供更加全面的支持。通过持续的改进和升级，基于 PLC 的食堂餐盘自动回收传送控制系统有望在更多场景中得到应用，发挥更大的工程价值。

参考文献

- [1] 李昆. 矿用带式输送机自动化监控系统的设计研究[J]. 石化技术, 2025, 32(10): 414-415.
- [2] 郭继继. 基于 S7-1200 PLC 的煤矿带式输送机监控系统设计[J]. 煤矿机械, 2025, 46(10): 28-31.
- [3] 李远阳, 张安宁, 苏冬冬. 基于 PLC 的输送带速度闭环控制稳定性优化设计[C]//江西省汽车工程学会, 江西省工程师联合会. 工程技术与新能源经济学术研讨会论文集(二). 苏州汇川联合动力系统股份有限公司; 中科合肥煤气化技术有限公司; 北京华夏石化工程监理有限公司, 2025: 324-328.
- [4] 陈利军, 张灿飞, 赵志刚, 等. 基于 PLC 的输送带纠偏控制系统[J]. 电工技术, 2025, (12): 13-15.
- [5] 樊振丽. PLC 与变频技术在煤矿胶带输送机控制系统中的整合应用[J]. 矿业装备, 2025, (06): 40-42.
- [6] 林泽淳. 基于 PLC 和机器视觉的车门输送线控制系统设计[D]. 长春工业大学, 2025.
- [7] 李敬, 张晓娟, 马壮. 基于 PLC 的铝合金材料连续下料控制系统设计与实现[J]. 唐山学院学报, 2025, 38(03): 49-52.
- [8] 孔为羽. 带式输送机液压张紧装置的设计及动态特性研究[D]. 盐城工学院, 2025.
- [9] 林行之. 基于 PLC 的自动等间距送料传送控制方法[J]. 自动化应用, 2025, 66(05): 74-78+83.
- [10] 路堃. 基于 PLC 的带式输送机控制系统设计及应用研究[J]. 凿岩机械气动工具, 2025, 51(02): 139-141.
- [11] 邸静妍. 基于 PLC 与机器视觉的物料分拣系统的设计[J]. 科技创新与生产力, 2025, 46(02): 119-123.
- [12] 王丽翠. 基于 PLC 的多级传送带控制与改造[J]. 天津职业院校联合学报, 2025, 27(01): 39-44.
- [13] 罗炳莲, 林福. 基于 PLC 和变频器的管状带式输送机自动调偏系统设计[J]. 湖南理工学院学报(自然科学版), 2024, 37(04): 25-31.
- [14] 吕艳龙. 矿井提升机大功率四象限 PWM 直流调速及智能化控制系统研究[D]. 中国矿业大学, 2024.

- [15]Wang R ,Li Y ,Yang F , et al. PLC based laser scanning system for conveyor belt surface monitoring[J].Scientific Reports,2024,14(1):27914-27914.
- [16]周建桂,把翠芳,仇未星,等. 基于 S7-200 SMART PLC 实现四节传送带控制系统实训项目教学设计[J].兰州石化职业技术大学学报,2024,24(03):86-90.
- [17]张祥科. PLC 在机场行李系统主要处理流程中的应用[J].自动化应用,2024,65(08):103-106.
- [18]贺建华,国芳,崔洁. 基于 FX5U 以太网通信的多台电机联合控制系统设计[J].电工技术,2023,(22):12-14+18.
- [19]张新杰. 指针和数组在 PLC 数据传送逻辑中的应用[J].科技创新与应用,2023,13(27):181-184.
- [20]王磊,孙兰芳. 西门子 PLC 缓存程序在发动机装配生产中的应用[J].机电信息,2023,(17):9-12.
- [21]李利娟. 基于 PLC 的送料机械手控制系统设计[J].中国设备工程,2023,(07):138-141.
- [22]朱建新,赵淑华,付恒,等. 基于 PLC 与伺服驱动控制的烟箱自动剪带与回收系统研究[J].机电信息,2022,(15):48-50.
- [23]郭红霞,王政瀛. 基于脉冲频率调制技术在直流电机调速控制系统中的研究[J].南方农机,2021,52(12):115-117.
- [24]陆萍蓝,邵力行,张火明,等. 基于慧鱼技术和 PLC 控制的餐盘分拣系统设计[J].包装工程,2020,41(13):210-215.
- [25]Mar A A ,Oo M H,Hlaing K K. Liquid Level and Photoelectric Sensors Based Automatic Liquid Mixing and Filling Machine System using PLC[J].Journal of Trend in Scientific Research and Development,2019,3(5):
- [26]曹高华,于建明,刘晓艳. 基于材质识别的饮料瓶自动分类回收装置设计[J].自动化应用,2019,(02):130-132.
- [27]余剑武,文丞,胡其丰,等. 双排链电磁式餐盘清理回收装置的研发[J].食品与机械,2017,33(03):88-92.
- [28]朱亚荣,姜树海. 基于 PLC 的收餐机器人控制系统设计[J].计算机测量与控制,2016,24(05):84-88.

致谢

首先，我谨向我的导师致以最诚挚的感谢。从课题的最初构思、框架搭建，到研究过程中的每一个关键节点，再到最终的完善定稿，导师都给予了我悉心的指导与无私的帮助。他严谨细致的治学态度、求真务实的科研精神，以及对学术前沿的敏锐洞察，不仅为我指明了研究方向，更让我在探索过程中学会了严谨思考、脚踏实地。无论是理论层面的点拨，还是实践过程中的解惑，都让我受益匪浅，这份言传身教的影响将伴随我未来的学习与工作之路。

同时，我也要感谢身边所有给予我支持与帮助的老师、同学与亲友。感谢各位老师在专业知识上的悉心传授与耐心解答，为我的研究工作奠定了坚实的基础；感谢同学们在学习过程中的相互鼓励、并肩前行，在我遇到困难时伸出援手，分享经验与思路，让枯燥的研究之路多了一份温暖与力量。还要感谢我的家人，他们的理解、包容与默默付出，是我能够心无旁骛投入研究的坚强后盾，这份温暖与支持，我将永远铭记于心。