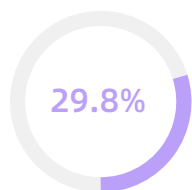


NO. pbjwarknakbrtf7i | 2026-04-28 12:24:20

- 题目：基于国产PLC的糖浆分切机控制系统设计
- 作者：张响文
- 检测所属单位： -

📄 论文字符数：24812    📄 论文页数： -    📊 表格数量： -    🖼️ 图片数量： -

## 检测结果



**29.8%**  
全文疑似AIGC生成

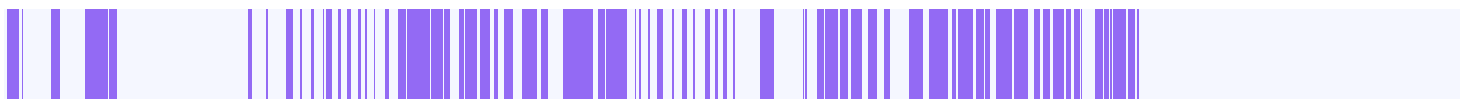
**70.2%**  
全文人写概率

## 结果分布

序号	章节	AI生成文字/章节总字数	AI生成章节占比	人工占比
1	论文全文	7393/24812	29.8%	70.2%

\*注:格式规范的情况下可准确识别章节, 若论文中无章节, 可能会识别有误。

## 片段分布



## 文字标注

■ 自写片段    ■ 疑似AI生成

本科毕业设计(论文) **基于国产PLC的糖浆分切机控制系统设计**

题目 基于国产PLC的糖浆

分切机控制系统设计

学 院 电气与自动化工程学院 年 级 2022级 专 业 自动化 班 级 Z161222 学 号 Z16122225 学生姓名 张响文  
校内导师 陈景波 职 称 副教授 校外导师 支振华 职 称 高级工程师 论文提交日期 2025-05- 11

苏州工学院本科毕业设计(论文)诚信承诺书

本人郑重声明： 所呈交的本科毕业设计(论文)，是本人在导师的指导

下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论 文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做 出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

本人签名：

日期： 2025 年 05 月 11 日

苏州工学院本科毕业设计(论文)使用授权说明

本人完全了解苏州工学院有关收集、保留和使用毕业设计(论文)的 规定，即：本科生在校期间进行毕业设计(论文)工作的知识产权单位属 苏州工学院。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件 和电子版，允许毕业设计(论文)被查阅和借阅；学校可以将毕业设计(论 文)的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印 或扫描等复制手段保存、汇编毕业设计(论文)，并且本人电子文档和 纸质论文的内容相一致。

保密的毕业设计(论文)在解密后遵守此规定。

本人签名：

导师签名：

导师签名：

日期： 2025 年 05 月 11 日

日期： 2025 年 05 月 11 日

日期： 2025 年 05 月 11 日

基于国产PLC的糖浆分切机控制系统设计

摘要

研发一套高精度、高可靠性的国产PLC糖浆自动分切控制系统，不仅是对我国食品行业具体工艺痛点的精准回应，更是践行“国产化替代”战略、提升我国食品装备自主创新能力和市场竞争力的重要工程实践。

本课题针对食品行业糖浆分切工序自动化程度低、精度不足的问题，设计了一套基于国产PLC的糖浆自动分切机控制系统。以顾美MX3G-32MT PLC为控制核心，搭配睿能伺服、步进驱动及MCGS触摸屏，实现拉料、压紧、分切、切割等机构的全流程自动化协同控制。完成了系统总体方案设计、硬件选型、I/O分配、电气原理图绘制与控制柜布局；采用GX Works2开发模块化PLC程序，实现初始化、数据转换、手自动控制等功能；基于MCGS完成HMI界面开发，实现参数设置、状态监控与报警管理；采用 VSPD 虚拟串口搭建通讯通道，完成离线仿真调试。系统经分步联调，解决了伺服定位偏差、通讯异常等问题，实际运行稳定、分切精度高，满足生产要求，验证了国产工控器件的适用性，为中小型食品加工设备的自动化升级提供了可行方案。

关键词：自动分切机 PLC控制 伺服驱动 MCGS组态

苏州工学院毕业设计（论文）

Design of the Control System for Syrup Cutting Machine Based on Domestic PLC

## Abstract

Developing a high-precision and highly reliable domestic PLC automatic cutting control system for sugar syrup is not only a precise response to the specific process pain points in China's food industry, but also an important engineering practice for implementing the "domestic substitution" strategy and enhancing China's independent innovation capabilities and market competitiveness in food equipment.

This project addresses the problems of low automation level and insufficient precision in the sugar syrup cutting process in the food industry. A sugar syrup automatic cutting machine control system based on domestic PLC was designed. With Gu Mei MX3G-32MT PLC as the control core, combined with Reneng servo, stepper drive and MCGS touch screen, the entire process of the pulling, pressing, cutting and slicing mechanisms is achieved through a fully automated collaborative control. The overall system design, hardware selection, I/O allocation, electrical schematic drawing and control cabinet layout were completed. The modular PLC program was developed using GX Works2 to realize initialization, data conversion, manual and automatic control functions. The HMI interface was developed based on MCGS to achieve parameter setting, status monitoring and alarm management. A virtual serial port VSPD was used to build a communication channel, and offline simulation debugging was completed. After step-by-step joint debugging, problems such as servo positioning deviation and communication abnormalities were solved. The system operates stably and has high cutting precision, meeting production requirements. It verifies the applicability of domestic industrial control components and provides a feasible solution for the automation upgrade of small and medium-sized food processing equipment.

Key Words:Automatic; Cutting machine; PLC control; Servo drive; MCGS configuratio

## 目录

- 1. 绪论 1
  - 1.1. 课题的研究背景及研究意义 1
    - 1.1.1. 研究背景 1
    - 1.1.2. 研究意义 1
  - 1.2. 国内外研究现状 2
    - 1.2.1. 国外研究现状 2
    - 1.2.2. 国内研究现状 3
  - 1.3. 本文的主要工作和内容安排 3
    - 1.3.1. 本文主要工作 3
    - 1.3.2. 全文的安排 4
- 2. 系统总体方案设计 5
  - 2.1. 项目需求分析 5
  - 2.2. 工艺流程 5
  - 2.3. 系统方案设计原则与思路 6

2.4. 系统硬件选型	7
2.4.1. PLC选型	7
2.4.2. HMI选型	7
2.4.3 伺服电机的选型	8
2.5. 控制系统的提高与创新点	9
3. 硬件设计与分析	12
3.1. 电气硬件汇总表	12
3.2. I/O 地址分配	12
3.3. 电气原理图与控制柜布局设计	13
3.3.1. 电气原理图设计	13
3.3.2. 控制柜布局设计	17
4. 软件设计	18
4.1. 软件开发平台	18
4.2. 系统软件设计思路	18
4.2.1. 总体设计思路	18
4.2.2. 初始化程序设计	19
4.2.3. 数据转化程序设计：	19
4.2.4. 手自动控制程序设计：	20
4.2.5. 自动控制主程序设计：	23
4.2.6. 置缓存与程序收尾程序设计：	25
5. 系统HMI设计	26
5.1. 软件开发平台	26
5.2. HMI画面设计	26
5.2.1. 开机与主界面	27
5.2.2. 操作与手动控制界面	28
5.2.3. 参数设定与多页高级参数界面	29
5.2.4. 实时与历史报警界面	30
5.2.5. 管理员密码权限控制	31
5.3. HMI通讯	31
6. 调试与分析	32
6.1. 调试方案	32
6.2. 硬件调试	32
6.3. 系统功能调试	33
6.3.1. 动模式调试	33
6.3.2. 自动模式调试	34
6.3.3. HMI调试	34
6.4. 调试分析	35

7. 总结和展望	36
7.1. 课题总结	36
7.2. 关于工程和社会	36
7.3. 关于环境与可持续发展	37
7.4. 关于工程项目管理	37
7.5. 展望	37

参考文献	39
------	----

致谢	40
----	----

绪论	
----	--

课题的研究背景及研究意义	
--------------	--

研究背景	
------	--

在全球食品工业向自动化、智能化持续转型升级的浪潮下，市场对生产设备在效率、精度、卫生及柔性化方面提出了前所未有的高标准。糖浆作为糖果、糕点、乳制品等众多食品的关键原料或添加剂，其后续的定量分切与成型工序直接影响最终产品的规格、外观、成本控制及批次一致性[1]。然而，当前许多食品企业，特别是中小型厂商，在糖浆分切环节仍大量依赖传统的人工操作或半自动机械。这种方式不仅生产效率低下、劳动强度大，更存在分切精度严重依赖操作工经验、产品重量与尺寸波动大、易引入卫生安全隐患等固有弊端[2]。随着人口红利消退和消费者对品质要求的提升，这种以人为主的传统生产模式已成为制约行业提质增效和标准化发展的突出瓶颈。

与此同时，我国正深入实施“制造强国”战略，强调核心工业技术的自主可控与产业链安全。在工业自动化领域，可编程逻辑控制器（PLC）作为装备的“大脑”，其国产化应用水平至关重要[3]。目前，高端精密分切设备市场多被国外品牌占据，其核心控制系统普遍采用进口PLC及伺服系统，导致设备购置与维护成本高昂，技术更新受制于人。可喜的是，以汇川、信捷、正航等为代表的国产PLC厂商经过多年技术积累与市场验证，其产品在可靠性、功能性和开放性方面已取得长足进步，完全有能力满足大多数中高端工业场景的需求[4]。因此，基于国产PLC研发一套高精度、高可靠性的糖浆自动分切控制系统，不仅是对食品行业具体工艺痛点的精准回应，更是践行“国产化替代”战略、提升我国食品装备自主创新能力和市场竞争力的重要工程实践。

## 研究意义

本课题旨在设计并实现一套以国产PLC为核心控制单元的糖浆自动分切机控制系统，其研究意义体现在技术、经济与教育三个维度。

从技术层面看，本课题是对国产PLC在复杂顺序控制与精密运动控制场景中工程化应用能力的一次深入探索与验证。课题需解决高粘度糖浆物料特有的粘滞、拉丝等非线性控制难题[5]。通过构建以国产PLC为核心的硬件平台，设计相应的控制逻辑与算法，实现“定量送料-精确定位-恒压分切-自动输出”的全流程自动化，最终使分切精度稳定达到 $\pm 0.3\text{mm}$ 的行业要求。

从经济与产业层面看，本研究成功实施后所形成的控制系统解决方案，具备显著的高性价比优势。采用国产核心部件可大幅降低设备的一次性投入成本，为广大的中小型食品企业提供了一条切实可行的自动化升级路径，有助于降低其对进口高端设备的依赖[7]。同时，该系统的推广能够提升我国食品加工行业的整体自动化水平，提高生产效率和产品一致性，减少物料浪费，契合产业升级和高质量发展的国家战略导向。

从教育教学层面看，本课题是一项贯穿“需求分析-方案设计-硬件实现-软件开发-系统调试”全过程的综合性工程实践[8]。它将自动化专业的核心理论知识，如PLC原理、伺服控制、传感器与检测技术、人机界面设计等，融会贯

通于解决一个具体的工业实际问题之中。通过完成该系统的完整开发流程，能够全面锻炼和提升解决复杂工程问题的实践能力、系统思维能力和创新能力，实现了理论教学与工程实践的深度融合。

国内外研究现状

国外研究现状

在食品加工自动化领域，发达国家起步早，技术积累深厚。其针对高粘度物料的分切设备已呈现出高精度、智能化、柔性化的发展趋势。

在控制系统架构上，国际领先的食物设备制造商（如博世、利乐、KHS）普遍采用基于高性能PLC（如西门子S7-1500、罗克韦尔ControlLogix系列）或工业PC（IPC）的集中控制方案[9]。这些系统通过PROFINET、EtherCAT等高速实时工业以太网，将多轴伺服驱动、智能视觉系统、高精度传感器和分布式I/O站紧密集成，实现了纳秒级的时间同步精度，为复杂的协同运动和精密控制提供了坚实基础。

在核心控制策略方面，国外研究不仅关注运动轨迹的跟踪精度，更深入探究物料特性与工艺的交互影响。针对糖浆等高粘弹性物料，研究重点在于实现压力与位置的复合自适应控制以及工艺参数的在线优化。例如，通过集成视觉传感与力觉传感，实时调整切割速度与压力，以补偿因物料粘度变化或形变带来的误差，确保分切面质量的一致性与光洁度[10]。

在设备智能化与系统集成层面，机器视觉（Machine Vision）与工业物联网（IIoT）技术的融合应用成为主流。机器视觉用于在线百分百检测分切产品的尺寸、形状缺陷及残留物；IIoT技术则使设备数据能透明接入上层制造执行系统（MES），实现生产状态的远程监控、故障预测性维护、能耗管理与工艺数据追溯，极大地提升了设备的可维护性与智能化管理水平[11]。

国内研究现状

我国食物机械自动化行业经过数十年的快速发展，在通用包装、灌装等领域已取得显著成就并占据市场主流。然而，在针对高粘度物料的专用精密分切设备这一细分领域，国内研究与高端应用仍处于追赶阶段，正面临从“规模”到“精密”、从“仿制”到“创新”的关键转型期。

在技术应用层面，目前国内许多企业仍在使⤵用自动化程度较低或刚性较强的专用设备。随着产业升级，对柔性自动化的需求日益迫切。国内学者与工程技术人员在伺服精密定位、高粘度流体输送与控制[13]、食物机械抗干扰设计等方面开展了有益的研究与实践，为专用控制系统的设计提供了理论支持与技术储备。

在控制系统方案上，目前国内存在多种技术路径。高端路线是直接采用进口PLC与伺服系统构建方案，性能卓越但成本过高[14]。另一种是基于单片机或嵌入式系统的深度定制方案，虽成本低，但开发周期长、可靠性验证困难，难以快速产品化和适应复杂工业环境[15]。综合比较，采用性能成熟、性价比高的国产PLC构建经济型自动化控制系统，已成为当前国内实现产业自动化升级最具可行性和普及潜力的主流选择。

国产PLC，如本课题拟选用的正航H3U系列，在处理逻辑控制、顺序流程以及基本的运动控制（如高速脉冲输出定位）方面已相当成熟可靠[16]。当前，国内研究的重点和挑战在于，如何充分利用国产PLC平台的现有功能，结合具体的物料工艺特性，通过精细化的软件编程、先进控制算法的工程化实现以及深度的系统集成优化，在控制性能、可靠性和易用性上深入挖掘，以达到与高端进口设备相媲美的工艺效果，这正是本课题希望突破并体现其价值的核心方向。

本文的主要工作和内容安排

本文主要工作

（1）深入分析糖浆分切的工艺流程与工艺难点，明确系统功能需求与技术指标。



(2) 完成控制系统总体方案设计，确定“国产 PLC+1伺服 + 3步进 + 4 夹爪”的多执行器协同架构。

(3)完成全系统硬件选型：PLC、伺服系统、步进电机、气动夹爪、传感器、触摸屏、电气元件等，明确选型依据。绘制完整电气原理图、PLC I/O 分配表、接线图，完成控制柜硬件布局设计。

开发 PLC 控制程序，采用模块化设计，包含初始化、手动、自动、伺服 / 步进定位、报警保护等核心模块。

设计 MCGS 触摸屏人机界面，实现参数设置、状态监控、手动调试、故障报警等功能。

完成系统安装、调试与性能测试，验证分切精度、生产节拍、运行稳定性，分析误差并优化。

#### 全文的安排

(1) 第一章为绪论，分析了课题的研究背景和意义；结合当今国内外对于生产模式变化的现状，给出了本文的工作内容。

(2) 第二章为系统的总体方案设计，介绍本系统的机械设计结构和工作原理；结合项目需求总结出了系统总体方案设计的方向；给出系统的架构图，并针对架构图进行选型，对系统的各个部分进行说明。

(3) 第三章为系统硬件设计，整理出电气硬件 BOM 表（见附录）；结合各传感器和电气元件对 I/O 进行分配；使用 EPLAN 完成电气控制柜布局图和电气设计图的绘制。

(4) 第四章为系统软件设计，介绍本系统使用的开发平台；针对各个重要的模块，绘制其自动程序流程图，并对关键部分进行解读。

(5) 第五章为系统HMI设计，使用 MCGS 组态软件完成多个画面的设计，包括 I/O 监控，手动调试，生产状态显示等。

(6) 第六章为调试分析和改进，检验系统运行情况，对软件和硬件进行调试；通过分析结果来对系统进行改进和完善。

(7) 第七轴为总结与展望。对系统设计进行总结，针对总体设计方案提出改进方向，并提出展望。

#### 系统总体方案设计

##### 项目需求分析

本课题所设计的糖浆分切机控制系统，聚焦食品工业中糖浆分切环节的自动化升级与国产工控设备应用，以国产 PLC为核心控制单元，设计集 “定量输送 - 精准分切 - 成品输出 - 安全保护” 于一体的自动化分切机控制系统。课题针对传统分切设备精度低、效率差及依赖进口PLC的痛点，通过规划机械结构与电气控制系统架构、开发PLC控制程序及 HMI 交互界面，实现糖浆分切的高精度、高自动化运行，既解决行业规模化生产需求，又验证国产PLC在食品加工领域的稳定性与可靠性，为食品设备的 “国产化替代” 提供技术支撑与实践案例。

##### 目标：

1. 功能目标：设计出一套可稳定运行的糖浆分切机控制系统，实现定量送料、精准分切、自动输送、故障报警等功能，显著提升分切精度( $\pm 0.3\text{mm}$ )、生产效率(5s/件)和产品一致性。

2. 技术目标：完成基于国产PLC的控制系统开发，系统配备工业触摸屏(HMI)作为人机交互接口，用于参数设置、状态监控与手动干预，最终目标是替代传统人工操作,确保 PLC与传感器、执行器等元件的协同响应速度快、运行稳定，满足连续生产需求。

3. 应用目标：验证国产PLC在食品加工领域的适用性与可靠性，形成一套可推广的 “国产PLC+食品分切设备” 技术方案，为同类设备的国产化升级提供参考。

#### 核心工艺流程分析

##### 工艺流程

糖浆分切是一个多步骤、高协同的连续过程。为实现稳定可靠的自动分切，必须对工艺进行精确分解与规划。其核心工艺流程如下：

（1）上料与送料：人工将糖浆原料放置于送料机构薄膜上，睿能伺服电机驱动配合夹爪夹取薄膜进行拉取。

（2）压紧定位：送料到位后，压紧步进电机驱动压紧机构下行，将糖浆完全压紧在工作台面，防止切割完成后薄膜倒退。

（3）分切刀定位：分切步进电机驱动切刀机构移动至预设分切位置，完成切刀的横向定位。

（4）分切动作：切刀步进电机驱动切刀下行完成糖浆的垂直分切，切刀上行复位。（5）出料与复位：分切完成后，夹爪松开、压紧机构上行复位，出料机构将成品推出，所有执行器回到初始位置，进入下一循环。

#### 系统方案设计原则与思路

本系统可拆分为多个功能模块，主要包括放料送料模块、压紧定位模块、分切执行模块、出料输送模块以及人机交互模块。设计目标是使各模块实现安全、稳定、高效的协同运行，在保证分切精度与产品一致性的前提下，提升生产效率、降低人工成本，同时满足食品加工场景的卫生与安全要求。因此，结合项目需求、工艺流程和实际生产工况，本系统的总体方案设计如下：

选用国产顾美MX3G系列PLC作为核心控制器，MCGS嵌入式触摸屏作为人机交互 HMI，PLC与HMI之间采用RS485串行通信实现数据交互，保障参数下发、状态反馈的实时性与稳定性；其他核心设备包括睿能 RS2P 系列伺服驱动器与伺服电机、气动执行元件（电磁阀）、各类位置检测传感器（接近开关、限位开关）。由于系统包含多轴伺服定位与多气缸时序控制，且对分切精度、动作响应速度有明确要求，因此采用“PLC 高速脉冲输出 + 伺服位置控制”的运动控制方案，同时通过硬接线方式实现传感器信号采集与气动元件驱动，保障控制逻辑的实时性与可靠性。本系统硬件架构图如图2-1所示。

图2-1 总体硬件架构图

如上图所示，PLC作为主控设备，与触摸屏之间采用RS485通讯，与伺服、步进电机之间采用I/O进行脉冲信号交互，下面介绍主要用到的设备及其功能：

夹爪（4个）：靠延迟进行通断，用来夹紧薄膜连接拉杆对薄膜上的糖浆进行切割。

驱动与执行层：伺服电机和3个步进电机分别控制拉料拉杆和切割电机、分切机、下压机对薄膜进行拉取、分切、切割和压紧。

传感与检测层：因为该项目主要是对糖浆进行分切，对糖浆厚度及长度的精度要求较高，所用到的传感器主要有接近开关和限位开关，对分切机、切割机及拉杆、下压机等的控制。

人机交互层：采用MCGS嵌入式一体化触摸屏。它通过RS485与PLC通信，为操作人员提供图形化的监控与操作界面，是连接人与设备的主要桥梁。

#### 系统硬件选型

##### PLC选型

按照设计要求需要同时控制伺服和3个步进的脉冲输出，满足多轴运动控制需求且具备高抗干扰能力，适应食品车间复杂环境；而且为了将国产PLC应用于食品产业提供参考，顾美MX3G-32M-T符合所要求，且成本仅为进口 PLC 的 1/3，实现国产化替代，降低设备成本。该型号 PLC 具备16 路数字量输入、16 路数字量晶体管输出，完全满足本系统传感器信号采集、执行元件驱动的 I/O 需求，且预留充足的扩展接口，便于后续设备功能升级；支持 2 路最高 100kHz 高速脉冲输出，可直接驱动伺服驱动器实现位置控制，满足分切机的高精度运动控制要求；集成RS485 通信接口，可通过 Modbus 协议与 MCGS 触摸屏稳定通信，实现参数下发、状态监控等人机交互功能，故选择顾美



MX3G-32M-T作为控制器，其实物图如下：

图2-2 顾美MX3G-32M-T

HMI选型

按照设计要求，本系统需通过人机交互界面实现分切参数设置、设备状态监控、手动调试操作、故障报警提示、生产数据统计等功能，要求 HMI 具备稳定的工业通信能力、简洁易用的组态开发环境、高可靠性与抗干扰性能，同时适配国产PLC的通信协议，满足食品车间现场的操作与使用需求，最终选用MCGS（昆仑通态）嵌入式触摸屏作为系统人机交互终端。

该型号HMI支持RS485 串行通信，可通过Modbus协议与顾美MX3G系列PLC实现稳定、高速的数据交互，完美匹配本系统的通信架构，保障参数下发、状态反馈的实时性与可靠性；其配套的MCGS组态软件功能完善、操作便捷，支持可视化界面设计、数据采集、报警记录、脚本编程等功能，可快速完成主操作界面、手动调试界面、参数设置界面、报警监控界面的开发，满足本系统的人机交互需求；同时该型号HMI采用工业级硬件设计，具备高抗干扰性能、宽温适应能力与防尘防水特性，可在食品车间多粉尘、多电磁干扰的复杂环境下长期稳定运行；此外，MCGS 触摸屏在国内工业设备中应用广泛，技术成熟、维护成本低，采购性价比高，与国产 PLC 的适配性极佳，完全满足本系统的设计要求，为操作人员提供了直观、便捷的设备操作与监控平台。所以选用MCGS（昆仑通态）嵌入式触摸屏（如图）作为系统人机交互终端。

图2-3 MCGS（昆仑通态）嵌入式触摸屏

2.4.3 伺服电机的选型

按照设计要求，本系统需通过伺服电机驱动送料，实现卷材的定长输送与精准分切，要求伺服系统具备高定位精度、快速响应速度、稳定的低速运行性能，同时适配国产 PLC的脉冲控制方式，满足食品车间复杂工况下的长期稳定运行需求，最终选用睿能 RS2P系列交流伺服驱动器及配套伺服电机。

该伺服系统支持脉冲 + 方向位置控制模式，可直接接收顾美MX3G-32M-T PLC输出的高速脉冲信号，完美匹配本系统的运动控制架构，无需额外转换模块，简化了硬件设计与接线；其搭载17位绝对值编码器，定位精度高、分辨率高，可有效保证送料长度与分切位置的准确性，满足分切机±0.3mm的精度要求；具备优异的动态响应性能与低速平稳性，可适配分切机送料的不同速度需求，避免卷材打滑、分切粘连等问题；同时该伺服系统采用工业级硬件设计，具备高抗干扰性能、过载保护与故障诊断功能，可在食品车间多电磁干扰的复杂环境下长期稳定运行；此外，睿能伺服作为国产高性能伺服产品，采购成本远低于同规格进口伺服，与国产PLC的适配性极佳，在满足所有设计指标的前提下，进一步实现了核心运动部件的国产化替代，有效降低了设备整体成本与维护门槛，完全符合本系统的设计要求。故选择睿能 RS2P系列交流伺服驱动器，其设备图如下：

图 2-4 睿能伺服电机型号 图2-5 睿能伺服驱动器

控制系统的提高与创新点

（1）相针对高粘度物料特性的专用控制策略创新

传统分切设备常针对刚性或低粘度物料设计，控制策略相对简单。本系统针对糖浆特有的高粘性、易粘连、切断后回弹等工艺难点，在控制策略上进行了针对性创新：

“缓起-快切-慢离”自适应速度曲线控制：在分切伺服控制中，并非采用固定的速度曲线。程序根据设定的物料类型（可扩展），自动调整刀片运动轨迹。在切入阶段采用较低速度，防止推挤物料；在切割段高速通过，保证断面光洁；在离开段再次降速，减轻物料粘连刀片的现象。此策略通过PLC程序灵活实现，显著提升了分切质量。

压紧力的动态跟随与保持：在气动压紧回路中，可选配数字压力传感器并将信号反馈至PLC。系统可根据分切刀的不同位置段，通过比例阀或高低压切换控制，实现压紧力的动态调节（如切割瞬间增大压力），并在切割完成后保持一段时间压力，有效抑制糖浆因弹性造成的微小形变，确保定位基准不变。

## （2）基于国产核心器件的高性价比精密运动控制实现

在确保性能的前提下，大幅降低系统成本是本设计的突出创新点：

全链路国产化集成：核心控制单元（顾美顾美MX3G-32M-TPLC）、驱动单元（睿能伺服）、人机界面（MCGS触摸屏）均采用成熟的国产优质品牌。本设计深入挖掘了国产PLC在高速脉冲输出（PTO）和运动控制指令方面的潜力，通过精细的电子齿轮比计算、伺服增益参数整定以及PLC程序的优化（如采用分段脉冲输出），使基于国产中端PLC和伺服的系统达到了接近高端进口系统的定位精度（ $\pm 0.3\text{mm}$ ）和重复定位精度，实现了“以中端配置达成高端性能”的性价比突破。

软硬件协同的精度保障：硬件上，采用高精度磁栅尺或编码器构成全闭环或半闭环系统。软件上，在PLC中编写了实时误差补偿算法。系统可在每次分切动作后，根据理论位置与实际反馈位置的微量偏差，在下一次动作中进行自动补偿，有效消除了传动机构间隙、温度漂移等造成的累积误差，长期运行精度稳定性显著提高。

## （3）模块化、可视化的软件设计提升系统可维护性

本系统的软件架构具有高度的可读性、可维护性和可扩展性，降低了后期使用与升级的技术门槛：

结构化与模块化编程：PLC程序严格按照功能模块进行划分（主程序、手动、自动、报警、伺服驱动等），各模块间接口清晰。关键工艺参数（如长度、速度、延时）全部存储在独立的数据块中，并通过HMI画面进行修改，无需修改梯形图逻辑。这种设计使得设备工艺调整极为便捷，也便于未来增加新功能（如视觉检测接口）。

深度集成的故障诊断与预测性维护提示：超越简单的报警指示灯，本系统在HMI上建立了三级故障诊断体系。第一级：实时显示所有I/O点状态，便于快速排查接线问题；第二级：详细的报警历史记录，包括报警代码、描述、发生时间及解除时间；第三级：针对关键部件（如伺服电机、气缸）的运行时间或动作次数进行统计，到达预设值后提示“预防性维护”，变“事后维修”为“事前维护”，极大提高了设备利用率。

## （4）增强的系统扩展性与互联互通基础

为适应工业4.0和智能工厂的发展趋势，本系统在设计之初便预留了升级空间：

开放式通信接口：PLC标配的以太网接口和RS485接口，为系统接入更高级别的管理系统奠定了基础。通过支持Modbus TCP、MQTT等通用工业协议，可轻松将设备的实时产量、状态、能耗、报警信息上传至车间MES系统或云平台，实现生产数据的透明化管理。

标准化与模块化硬件设计：电气原理图采用标准符号与模块化布局（如电源模块、PLC模块、驱动模块、I/O模块清晰分隔），柜内布线规范。这种设计不仅便于现有设备的维护，更使得在未来需要增加功能（如加装条码扫描器、重量复检秤）时，能够快速地进行硬件集成与软件功能添加，保护了用户的长期投资。

总结而言：本控制系统的提高与创新，集中体现在“针对特定工艺的专用化”、“基于国产平台的性能优化”、“面向用户维护的友好设计”以及“面向未来的可扩展性”四个维度。它不仅仅实现了一套自动化设备的基本功能，更提供了一套经济、可靠、智能且易于维护的糖浆分切完整解决方案，具有较强的工程应用价值和市场推广潜力。

## 硬件设计与分析

### 电气硬件汇总表

根据系统架构与选型，整理完整的电气硬件 BOM表，包含器件名称、型号、规格、数量、品牌等信息如下：

表3-1电气硬件汇总表

序号	器件名称	型号	规格参数	数量	品牌
1	PLC 控制器	顾美MX3G-32M-T	16 入 16 出, 2 路高速脉冲	1	顾美
2	伺服驱动器	睿能 RS2P-2R8L	400W, 单相 220V	2	睿能
3	伺服电机	配套睿能电机	400W, 17 位编码器	2	睿能
4	开关电源	明纬 NDR-240-24	24V/10A	1	明纬
5	触摸屏	MCGS TPC 系列	7 寸, 嵌入式	1	昆仑通态
6	电磁阀	二位五通电磁阀	DC24V	3	亚德客
7	接近开关	NPN 型	DC24V	6	欧姆龙
8	限位开关	行程开关	AC250V/5A	4	施耐德
9	空气开关	正泰 NXB 系列	2P/3P, 对应电流	若干	正泰
10	继电器	MY2H-GS	DC24V	2	欧姆龙
11	步进驱动器	DM556驱动器	20-50 (V) /5.0 (A)	3	凯鸿
12	步进电机	57系列两相开环步进电机	DC24V	3	凯鸿

#### I/O 地址分配

可本系统采用顾美MX3G-32M-T型PLC作为核心控制器，该型号自带16路数字量输入、16路数字量晶体管输出，完全满足本系统传感器信号采集、执行元件驱动的全部需求，同时预留充足的备用I/O接口，便于后续设备功能升级与扩展，无需额外加装扩展模块，简化了硬件设计与接线成本。

本系统的输入信号主要包括：急停按钮、启动/停止按钮、伺服定位完成信号、伺服报警信号、各类限位开关等；输出信号主要包括：2轴伺服电机的脉冲/方向控制信号、各电磁阀控制信号、伺服使能信号、设备状态指示灯、报警指示灯等。所有 I/O点均通过硬接线方式与PLC直接连接，保障控制逻辑的实时性与可靠性，具体I/O地址分配详见表3-2。

表3-2 I/O 地址分配

序号	名称 (输入)	地址	序号	名称 (输出)	地址
1	24VDC X0	1 COME1	Y0		
2	SPARE X1	2 压紧步进脉冲	Y1		
3	拉料伺服故障 X2	3 切刀步进脉冲	Y2		
4	急停 X3	4 分切步进脉冲	Y3		
5	压紧上限 X4	5 拉料步进脉冲	Y4		
6	压紧下限 X5	6 COME2	Y5		
7	分切上限 X6	7 压紧步进方向	Y6		
8	分切下限 X7	8 切刀步进方向	Y7		
9	拉料前限 X10	9 分切步进方向	Y10		
10	拉料后限 X11	10 拉料伺服方向	Y11		
11	切刀左限 X12	11 COME3	Y12		
12	切刀右限 X13	12 1夹爪输出	Y13		
13	SPARE X14	13 切割电机正转	Y14		
14	SPARE X15	14 切割电机反转	Y15		

15 SPARE X16 15 2夹爪输出 Y16

16 SPARE X17 16 COME4 Y17

电气原理图与控制柜布局设计

电气原理图设计

使用 EPLAN 软件完成电气原理图的绘制，包含以下部分：

**电源电路原理图：**本系统采用AC220V单相交流电供电，使用EPLAN软件完成电源电路原理图绘制。电源进线经总断路器-F1实现总通断与短路、过载保护，分路后一路经主电路断路器-F2为伺服驱动器等220V主电路负载供电，另一路经断路器-F4接入明纬NDR-240-24开关电源-T1，将AC220V转换为DC24V，为PLC、传感器、电磁阀等控制回路器件提供稳定直流电源；完整电源电路原理图如图3-1所示。

图3-1 电源电路图

**主电路原理图：**电路以AC220V单相交流电为输入，经空气开关实现分级保护：上级断路器-F3为伺服驱动器主回路提供总保护，下级断路器-F4为伺服电机供电回路提供独立过载、短路保护，最终为伺服电机（拉料电路）提供稳定动力电源；完整主电路原理图如图3-2所示。

图3-2 驱动电路图

**控制回路原理图：**包括主控制电路、伺服电路与步进电路，主控制回路以 DC24V控制电源为基础，集成熔断器、继电器等保护与控制元件，为PLC、传感器等提供稳定控制电源；伺服控制回路实现睿能RS2P-2R8L伺服驱动器与PLC的脉冲 + 方向信号接线，完成拉料伺服的精准定位控制；步进驱动回路为压紧、分切、切刀等步进电机配置STD245L驱动器，接收PLC脉冲信号实现多轴动作控制，控制回路原理图如图 3-3、图 3-4、图 3-5 所示。

图-3-3 主控制电路

图3-4 伺服控制电路

图3-5 步进控制电路

**PLC电路：**包括PLC输入、输出与通讯，输入回路接入急停、限位、气缸磁性开关等传感器信号，为PLC提供现场状态反馈；输出回路输出脉冲、方向等控制信号，驱动伺服、步进等执行机构完成动作；同时配置RS485通讯接口，实现PLC与MCGS触摸屏的稳定数据交互，PLC电路原理图如图 3-6、图 3-7所示。

图3-6 PLC输入电路

图3-7 PLC输出电路

控制柜布局设计

为兼顾电气安全、电磁兼容与后期维护的便利性，本控制柜按照“强弱电分区、功能模块集中”的原则进行布局规划：左侧集中布置微型断路器与主端子排，便于强电进线与外部设备接线；中部将PLC控制器、中间继电器与信号端子排集中安装，形成控制信号处理区，便于信号调试与故障排查；右侧则布置开关电源、步进电机及伺服驱动器，形成动力驱动区，实现强电动力回路与弱电控制回路的物理隔离，有效降低电磁干扰对 PLC信号的影响。同时，器件之间预留合理散热与走线空间，既保证了设备运行的稳定性，也便于后期检修与扩展，布局示意如图所示。

图3-8 电控柜布局图

图3-9 电控实物图

软件设计

软件开发平台



本系统所使用的PLC程序开发平台为三菱GX Works2编程软件，该软件集成了程序编辑、在线监控、离线仿真、参数配置、程序诊断等全流程功能，操作界面简洁直观，兼容性强，为开发人员提供了极大便利，可有效提高开发效率，缩短项目开发周期。

PLC编程中应用较为广泛的语言为梯形图（LAD），本系统主要采用梯形图语言完成程序开发。梯形图作为图形化编程语言，逻辑直观、可读性强，便于现场调试与维护，非常适合本系统的顺序控制与运动控制场景；同时软件支持定位、高速脉冲输出等专用运动控制指令，可直接实现伺服电机的精准定位控制，完全满足本自动分切机的程序开发需求。

## 系统软件设计思路

### 总体设计思路

软件以顾美MX3G系列PLC为控制核心，在三菱GX Works2环境中采用梯形图语言进行编程，整体按照功能划分为初始化、多轴数据转换、手自动控制、自动运行主流程以及位置缓存与程序收尾五个模块。系统上电后先通过初始化程序对相关寄存器进行批量复位并完成初始参数配置，避免上电误动作；多轴数据转换模块持续将长度、速度等工艺参数换算为伺服控制所需的脉冲量，为精准定位提供数据支撑；手自动控制模块实现模式切换、手动点动与机构复位功能，满足设备调试与维护需求；自动运行主程序采用步进顺控方式，按照既定流程完成拉料、压紧、分切、切割等一系列自动化动作，并结合硬件限位、急停信号实现安全联锁，保证动作有序可靠；最后通过位置缓存程序实时记录各轴脉冲位置，便于运行状态监测与故障排查，整套程序结构清晰、模块化程度高，与硬件原理图高度匹配，可实现自动分切机稳定、精准的自动化运行，软件程序设计流程如图4-1所示。

图4-1 总体软件设计流程

### 初始化程序设计

系统上电瞬间，PLC特殊辅助继电器M8002产生一个扫描周期的脉冲，触发初始化程序执行：首先通过ZRST指令完成状态继电器S0-S100的批量复位，清除上一次运行残留的步序状态；其次对所有输出继电器Y、数据寄存器D进行复位清零，确保伺服脉冲输出、电磁阀控制等所有执行元件处于初始断电状态，避免上电误动作；同时完成伺服驱动器的使能信号配置、RS485通信参数初始化，建立PLC与MCGS触摸屏的通信连接；最后对分切长度、延时时间等运行参数进行默认值赋值，并读取掉电保持寄存器中的历史参数，完成参数初始化。核心作用是完成PLC的上电复位、参数配置与状态初始化，为后续手动 / 自动控制的安全运行奠定基础，初始化程序梯形图如图所示。如图4-2。

图4-2 初始化程序

### 数据转化程序设计：

多轴数据转换程序是保障分切机定位精度的核心逻辑，主要作用是将操作人员设定的长度、速度等工艺参数，通过运算转换为PLC能够直接输出控制伺服电机的脉冲数量，实现工艺参数与机械位移的精准对应。

程序采用M8000常通继电器持续驱动，保证在系统运行全过程中实时运算、实时刷新；通过DMUL、DDIV等双字运算指令，分别对拉料长度、分切位置、压紧行程等工艺数据进行计算，将毫米级长度换算为伺服驱动器可识别的脉冲值；转换后的数据直接存入指定数据寄存器，为手动控制、自动运行中的脉冲输出指令提供标准数据源。

该设计可直接使用触摸屏输入长度参数，无需人工计算脉冲值，简化现场操作；同时采用双字运算保证高精度、无数据溢出，与硬件伺服驱动电路完美匹配，确保分切、拉料、压紧动作的定位精度与运行稳定性。程序、公式如下（轴1为例）：

（1）

图4-3 脉冲数与位移转换

(2)

(3)

图4-4 脉冲频率与转速转换

手自动控制程序设计：

手自动控制程序是兼顾设备调试维护与自动量产的核心功能单元，核心作用是实现手动 / 自动两种运行模式的安全切换与隔离，满足分切机不同阶段的操作需求。如图4-5所示流程。

图4-5 手自动模式判断

程序通过模式选择信号实现手自动状态切换：手动模式下，设计单轴点动、机构自动回零复位功能，操作人员可独立控制拉料、分切、压紧、切刀等各执行机构，用于设备安装调试、点位校准与故障排查，同时通过手动复位程序使各机构自动回归初始位置，避免人工操作的误差与安全风险；自动模式下，程序通过状态继电器实现步序切换，全程严格联锁硬件急停、限位、伺服报警等输入信号，任何异常立即切断输出，实现硬件电路与软件逻辑的双重安全防护，保障自动运行的可靠性。

手动控制模式按钮再HMI上通过RS486通讯与PLC连接，进而控制执行器的一系列活动，如图4-6。

图4-6手动模式图

手动模式具体程序如下图：

图4-7 压紧-切刀-分切

自动控制主程序设计：

自动运行主程序是分切机实现量产自动化的核心控制单元，核心作用是按照预设工艺流程，有序完成拉料、分切、压紧、切割等全流程动作，实现无人值守的连续稳定生产。

程序采用STL 步进顺控指令架构，严格遵循既定工艺逻辑，以“系统复位校验→自动拉料→分切压紧→切割→复位循环”为执行顺序，其工艺流程如图4-8。

图4-8 自动控制流程图

每一步均联动硬件传感器到位信号、伺服脉冲输出状态，确保动作精准衔接、无时序冲突；同时集成单步、暂停功能，既支持量产阶段的连续自动化运行，又满足调试阶段的分步验证需求。程序全程联锁硬件急停、限位、伺服故障等安全信号，异常时立即切断输出、锁存故障状态，实现软硬件双重安全防护，保障设备运行安全。其程序如下：

图4-9 下压机复位

图4-10 一次循环完成

置缓存与程序收尾程序设计：

位置数据缓存与收尾程序是系统状态追溯、故障排查与PLC稳定运行的核心保障单元，核心作用是实时记录各伺服轴的运行位置，并规范主程序执行边界，保障系统全流程可监控、可追溯、运行稳定。

程序以M8000常通继电器持续驱动，通过DMOV双字传送指令，将拉料、分切、压紧、切刀等各伺服轴的当前脉冲位置，实时锁存到专用数据寄存器中，实现全轴位置的实时备份与刷新，为设备精度校准、故障诊断、运行状态监控提供完整数据支撑；程序末尾以END指令强制结束主程序扫描，明确PLC执行边界，稳定扫描周期，完成I/O刷新与复位，保障PLC运行可靠性。程序如下图：

图4-11 自动调用脉冲

图4-12 位置脉冲存储

系统HMI设计



## 软件开发平台

由于系统需要实现参数设置、运行状态监控、手动点动控制、自动流程切换以及各轴脉冲位置实时显示等功能，要求组态软件具备通信稳定、开发便捷、扩展性强、适配国产PLC等特点，而MCGS软件对顾美MX3G系列PLC支持良好，通信配置简单，界面开发直观高效，能够很好满足分切机监控与操作需求，因此选用该软件进行人机界面设计。

## HMI画面设计

HMI界面围绕自动分切机的实际操作需求进行设计，整体布局简洁直观、功能分区明确，兼顾操作人员使用习惯与设备运行安全，实现参数设置、状态显示、手动控制、故障提示一体化交互。界面主要分为参数设置区、运行状态区、手动操作区、模式控制区与报警提示区，与PLC程序及硬件系统高度匹配，满足调试、生产、监控全流程使用。如图

:

、

### 5-1 总体界面

#### 开机与主界面

开机界面作为系统启动入口，需要显示设备名称、型号编号及操作引导，点击即可进入主界面；主界面采用模块化布局，提供开机界面、手动界面、操作界面、报警界面、参数设定、高级参数六大功能入口，这样结构清晰，便于操作人员快速切换功能模块。如图5-1、图5-2所示：

#### 图5-1 开机界面

#### 图5-2 主界面

#### 操作与手动控制界面

操作界面为自动运行的核心控制区，要支持手自动模式切换、启停/暂停控制、报警复位，同时实时显示总产量、节拍时间与设备运行状态；手动界面则面向设备调试场景，提供压紧、切刀、分切、拉料等机构的点动、复位与测试按钮，并实时显示各轴当前位置，满足设备安装校准与故障排查需求。如图5-3、图5-4。

#### 图5-3 操作界面

#### 图5-4 手动界面

#### 参数设定与多页高级参数界面

参数设定界面支持分切上下限、拉料长度、空白长度等工艺参数的直接设置，参数异常时自动弹出报警提示；高级参数界面分为多页，分别配置分切、拉料、压紧、切刀等机构的手动/自动运行速度、单圈脉冲数、位移量，以及夹爪闭合、切刀上升等动作延迟参数，实现分切机的精细化调试与适配，并且所有参数均直接映射至PLC数据寄存器，与多轴数据转换模块联动，无需修改程序即可适配不同工况，如图所示。

#### 图5-5 参数设定界面

#### 图5-6 下压机参数设定界面

#### 实时与历史报警界面

实时报警界面需要动态显示当前故障的日期、时间与描述，历史报警界面则存储并回溯过往故障记录，便于故障追溯与设备维护；报警信息与PLC程序中的安全连锁逻辑联动，实现急停、限位、伺服异常等故障的快速定位。如图5-11、图5-12。

#### 图5-11 实时报警界面

#### 图5-12 历史报警界面

#### 管理员密码权限控制

为了对高级参数修改等关键操作进行权限限制，防止非授权人员随意更改设备核心参数，系统设置了管理员密码输入界面，避免因误操作导致设备故障或生产事故，提升了设备运行的安全性与稳定性。如图5-13。

图5-13 密码界面

#### HMI通讯

**使用凌一PLC+虚拟串口让PLC与HMI通讯。**为实现PLC与HMI的离线仿真通讯，本设计采用Virtual Serial Port Driver（VSPD，虚拟串口驱动）搭建虚拟串口通道，如图5-14所示。该软件可在电脑上创建一对相互连接的虚拟串口（如COM18-19与COM20-21），使PLC仿真软件与MCGS组态软件能够通过虚拟串口实现数据交互，无需实际硬件设备即可完成通讯调试，有效简化了开发与测试流程。如下图：

图5-14 通讯串口

#### 调试与分析

##### 调试方案

自动分切机控制系统涉及硬件电路、PLC程序、伺服驱动与HMI交互等多个模块，为保障调试过程安全、有序、高效，避免因操作不当造成设备损坏或程序异常，调试工作应当严格遵循“先硬件后软件、先手动后自动、先局部后整体”的原则，具体调试方案如下：

**硬件调试：**检查控制柜及现场设备的硬件完好性、安装正确性，排查机械结构干涉风险；

（2）**电气接线测试：**确认所有线缆连接牢固、接线位置准确，无虚接、错接、短路问题；

（3）**PLC软件调试：**将程序下载至顾美 MX3G-32M-T PLC后，依次进行手动模式、自动模式的分步调试，验证程序逻辑；

（4）**HMI调试：**测试MCGS界面的变量关联、功能按钮、信息显示、报警提示等功能，确保人机交互正常；

（5）**问题优化与系统联调：**针对调试中发现的硬件故障、程序逻辑错误、通讯异常等问题进行记录与整改，完成全系统联调，确保设备稳定运行并满足设计要求。

#### 硬件调试

硬件调试是系统安全运行的基础，分为控制柜线路调试与现场设备调试两部分：

**控制柜线路调试：**调试前先断开控制柜内所有断路器，使用万用表对主电源进线电压、各支路电压进行测试，确认供电正常且无短路风险后，依次闭合断路器，测试 PLC、开关电源、伺服 / 步进驱动器等元器件的供电电压是否正常，防止线路接错导致元器件烧毁。同时检查端子排接线是否牢固、继电器触点通断是否可靠，确保电气回路稳定。

**现场设备调试：**检查分切机的机械结构，确认压紧机构、切刀、拉料机构等部件安装到位，无卡滞、干涉现象；测试急停按钮、限位开关、接近传感器等安全元件的功能，确保触发急停时设备可立即断电停机，限位开关可有效限制机构行程，避免超程损坏设备。糖浆分切机控制系统实物图如图6-1所示。

图6-1 糖浆分切机

#### 系统功能调试

##### 动模式调试

**手动模式的调试**主要分为I/O位对点和部分硬件功能测试。在将程序下载到PLC后，进入在线，将程序下载至PLC并进入在线监控状态，通HMI手动界面的点动按钮，分别测试压紧上升/下降、切刀左移/右移、分切上升/下降、拉料前进/后退等单轴动作，同时监控PLC输入输出信号的变化，确认按钮指令与设备动作是否一致，如果不正确，及时修改。

对于伺服/步进驱动器通讯与控制的测试，检查驱动器与PLC的通讯状态，通过HMI 手动修改单轴运行速度，观察电机动作是否平稳、无卡顿，验证脉冲输出与驱动控制逻辑。确。

## 自动模式调试

在手动调试完成且无误后，进行自动模式调试。自动模式调试初期将拉料、分切、切刀等机构的运行速度调低，降低碰撞风险；将PLC程序切换至自动模式，按下启动按钮，观察设备是否按照“拉料→分切→压紧→切割→复位”的工艺流程有序执行动作；调试现场图如6-2所示。

图6-2 设备调试现场

## HMI调试

因为实际调试操作过程中，没有设置实际按钮，所以对于HMI，其实在进行手动、自动模式调试进行中就已经完成，主要看参数信息、报警信息以及管理员权限设置是否正确。HMI实际图如下：

图6-3 HMI调试

**参数信息测试：**在参数设定与高级参数界面修改分切长度、拉料速度、动作延迟等参数，确认数据可正确写入PLC寄存器，且设备动作随参数修改同步变化；同时验证参数异常时的报警提示功能是否正常触发，检查HMI界面的总产量、节拍时间、各轴当前位置等数据是否实时更新。

**状态与报警显示调试：**触发限位、伺服故障等报警信号，验证实时报警界面的弹窗提示与历史报警记录功能是否正常，确保故障信息可被完整追溯。

**权限管理调试：**测试管理员密码界面的权限控制功能，确认非授权用户无法修改高级参数，避免误操作影响设备运行。

## 调试分析

调试采用先硬件后软件、先手动后自动、先局部后整体的方式，对系统的各个模块进行功能验证，发现并修正了如下问题：

**伺服定位不准：**拉料机构出现分切长度偏差，经排查为伺服驱动器电子齿轮比参数设置不当，重新校准单圈脉冲数与位移量后，定位精度恢复正常；

**HMI数据显示异常：**部分参数界面数值无法更新，检查发现PLC与HMI通讯地址映射错误，修正寄存器地址后数据交互恢复稳定；

**自动模式动作时序错乱：**设备在压紧动作未完成时提前执行切刀动作，经排查为PLC程序步序逻辑存在漏洞，优化步进顺控指令的联锁条件后，动作时序恢复正常；

最终，经过不断的调试和改正，最终系统能够正常运行，能完成预期的目标，符合了项目需求。

## 总结和展望

### 课题总结

本文以自动分切机控制系统为研究对象，围绕设备自动化生产需求，完成了从总体方案设计、硬件选型、电气设计、PLC程序开发、HMI界面组态到系统调试的全流程设计工作，实现了设备的稳定自动化运行，有效提升了分切生产效率与精度。主要工作内容如下：

（1）根据分切工艺需求，完成了控制系统总体方案设计，确定了以顾美MX3G-32M-T PLC为控制核心，搭配睿能伺服/步进驱动器、MCGS Pro HMI的硬件架构，实现拉料、分切、压紧、切割等机构的协同控制。

（2）完成了硬件电路与控制柜布局设计，包括I/O地址分配、电气原理图绘制、元器件选型与安装布线，按照强弱电分区原则完成控制柜布局，确保电气回路稳定可靠。

（3）完成了系统软件设计，基于GX Works2平台采用梯形图语言开发PLC程序，实现初始化、手自动控制、多轴数据转换、自动运行主流程、位置数据缓存与安全联锁等功能；基于MCGS Pro组态软件完成HMI界面设计，实现参数设

置、状态监控、手动调试、报警追溯与权限管理功能，满足人机交互需求。

(4) 完成了系统硬件与软件调试，按照“先硬件后软件、先手动后自动、先局部后整体”的原则，排查并解决了接线错误、程序逻辑漏洞、通讯异常、伺服定位不准等问题，最终设备实现分切节拍 $\leq 5\text{s}/\text{件}$ 的稳定运行，定位精度与工艺指标均满足设计要求。

#### 关于工程和社会

本自动分切机控制系统实现了分切生产过程的自动化与智能化，在工程应用与社会层面具有显著优势。首先，系统可在少量人工辅助下完成全流程分切作业，大幅减少人工操作，降低人工失误率，相比传统人工生产效率提升显著，同时降低了企业的人力成本与生产运营成本。其次，自动化运行模式减少了人员直接接触设备的频次，降低了设备运行过程中的安全风险与劳动强度，改善了作业环境，提升了员工的工作满意度与积极性。此外，该控制系统的成功应用，可为同类中小型分切设备的自动化改造提供参考方案，推动传统分切行业的自动化升级，提升企业生产效率与市场竞争力，助力行业整体向高效、低耗、安全的方向发展。

综上所述，本系统能够提高生产效率、降低生产和维护成本、改善工作环境和促进产业升级，能为社会带来诸多好处。

#### 关于环境与可持续发展

本自动分切机控制系统具备良好的柔性生产能力，支持分切长度、速度等工艺参数的快速调整，无需更换设备即可适配多种规格产品的生产，避免了传统生产中设备重复建设的资源浪费，提高了设备的利用率与使用寿命。

同时，系统精准的分切控制减少了材料的切边损耗与废品产生，降低了原材料浪费；自动化的运行控制可根据生产需求调整设备运行状态，避免无效空转，降低能源消耗，符合绿色生产与可持续发展的理念，为企业实现低碳生产、推动绿色经济发展提供了有效支撑。

#### 关于工程项目管理

本课题来自企业的一个已完成的项目，企业项目有一个十分完善的工程项目管理，在项目的整个生命周期中具有重要作用，包括计划指导和规划、资源管理、时间管理等，从而提高项目的成功率、提高项目质量、促进企业发展。

在项目推进初期，我就把整个设计拆分成了硬件选型、电气图纸绘制、PLC程序开发、HMI界面组态、系统调试这几个阶段，明确了每个阶段的目标和时间节点，避免了后期手忙脚乱赶进度。同时，结合实习和毕设的双重压力，我也学会了合理分配时间，平衡文献查阅、方案修改和论文撰写的节奏，提高了整体效率。其次，一个项目的成本管理也十分重要，需要对项目进行成本估算和预算控制，在人力、材料、工作等方面进行成本估算，通过成本控制，确保项目在预算范围内进行。例如在硬件选型环节，我也考虑了成本控制，没有盲目追求高性能设备，而是结合实际需求，选择了适配性好、性价比高的元器件，既满足了控制要求，也控制了整体成本。在调试阶段，我提前预判了可能出现的通讯故障、程序逻辑错误、伺服定位不准等风险，并准备了对应的排查方案，降低了问题带来的影响。通过这次实践，我切实体会到工程项目管理对项目推进的重要性，这些经验也为我今后的工作和学习打下了基础。

#### 展望

本次设计的自动分切机控制系统已实现核心的自动化生产功能，但受限于个人知识储备与项目周期，仅完成了单机层面的基础控制开发，对设备联网、数据交互、远程监控等功能的研究仍存在不足，也未深入探索设备与工厂MES系统的对接方式。

基于当前的系统架构，后续仍有明确的优化与拓展方向，在2026年工业自动化向数字化、智能化升级的背景下，可在现有控制方案的基础上，接入工业物联网模块，将设备产量、运行节拍、故障记录、伺服位置等数据上传至云端，实现移动端远程监控与生产数据统计。同时，为设备预留与工厂信息化系统对接的接口，为后续接入MES系统、

实现车间级数据交互与柔性生产管理打下基础。

随着制造业数字化转型的持续推进，自动化设备正朝着智能化、网络化、柔性化的方向快速发展。未来，我也希望能将本次毕业设计中学到的PLC控制、伺服驱动与HMI组态技术，结合物联网、工业数据采集等新技术，对设备进行进一步优化升级，使其更好地适配现代工厂的生产需求，也为今后从事智能制造相关工作积累更多实践经验。

#### 参考文献

- [1]何鑫, 杨帆. 基于Modbus-RTU的PLC与伺服驱动器网络通信设计与实现[J]. 电气传动, 2021, 51(5): 45-49.
- [2]王磊, 刘建国. 基于PLC与伺服控制的枕式包装机定长切割系统优化[J]. 包装工程, 2022, 43(11): 178-182.
- [3]陈敏, 周涛. 国产PLC在中小型自动化设备中的应用可靠性研究与案例分析[J]. 制造业自动化, 2023, 45(1): 112-116.
- [4]黄立波. 食品机械电气控制系统的抗干扰设计与实践[J]. 食品工业, 2022, 43(4): 205-208.
- [5]孙晓慧. 工业人机界面(HMI)的交互设计原则与工程实践[D]. 浙江大学, 2021.
- [6]徐浩然. 自动化改造项目中机电协同设计与调试的工程方法[J]. 工程技术研究, 2023, 8(1): 20-24.
- [7]张华, 李志鹏. 高粘度流体定量输送系统的设计与控制策略研究[J]. 流体机械, 2020, 48(8): 62-66.
- [8]刘洋, 赵国强. 交流伺服系统定位精度的影响因素及补偿方法[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2019(12): 102-105.
- [9]王金泉, 机电一体化系统设计[M]. 北京: 机械工业出版社 2020.
- [10]李明. 基于PLC的工业控制系统设计实例解析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2019.
- [11]Garcia, M., Patel, R., & Schmidt, K. Retrofitting of a Legacy Confectionery Cutting Line with a PLC-Based Vision and Servo System. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2022, 18(5), 3145-3154.
- [12]Wang, H., Zhang, L., & Li, Q. Design and Implementation of a Precise Dosing and Cutting Control System for Viscous Food Paste. Journal of Food Engineering, 2021, 292, 110275.
- [13]Chen, Y., et al. A High-Speed and High-Precision Positioning Method for Linear Servo System Based on Adaptive Friction Compensation. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2020, 25(4), 1893-1902.
- [14]Liu, B., & Smith, J. Application of Programmable Logic Controllers in Food Processing Automation: A Review. Computers and Electronics in Agriculture, 2019, 162, 585-598.
- [15]Johnson, L., & Williams, R. Programmable Logic Controllers: Principles and Applications(6th ed.). Pearson Education, 2020.
- [16]Kim, S., et al. Development of an Automatic Cutting Machine for High-Viscosity Food Using PLC and Touch Screen. Proceedings of the 2021 International Conference on Control, Automation and Systems, 2021, 345-349.
- [17]Pan S, Lin M, Zhang M. Design of Electric Control System for Slitter[J]. International Core Journal of Engineering, 2021, 7(4): 239-241. DOI: 10.6919/ICJE.202104\_7(4).0032.

#### 致谢

经过这段时间的忙碌和工作，本次毕业设计已经接近尾声，作为一个本科生的毕业设计，由于经验的匮乏，难免有许多考虑不周全的地方，如果没有校内及校外导师的督促指导，想要完成这个设计的难度是难以想象的。

在这里首先要感谢我的导师陈景波老师。在我考研以及复试阶段，陈老师就把课题给我们，帮我们找好校外指导老师，对我们很负责任，同时理解我们的难处，不给我们太大的压力，让我们先把自己的事情完成。陈老师平日里工作繁多，但还是找空闲时间让我们集中，让我们分享自己的进度并指出错误和改正。我做毕业设计的每个阶段，从查阅资料写开题报告、外文翻译、中期检查、论文设计的确定和修改等整个过程中都给予了我悉心的指导。他的治学严谨和科学研究的精神也是我永远学习的榜样，并将积极影响我今后的学习和工作。

其次要感谢我的校外指导工程师徐凯老师，徐老师的性格非常的温柔，我每次有问题时他都耐心指导，尽管有些问题他讲过了还是会耐心的为我讲解。不管是硬件的设计还是软件部分的设计，如果没有徐老师的指导我完成设计的时间肯定会往后大大拖延。

然后还要感谢大学四年来所有的老师，为我们牢固的专业知识的基础，正是因为有了你们细心的教导与鼓励，才会有现在的我，此次毕业设计才会顺利完成。

最后感谢我的母校苏州工学院大学四年来对我的大力栽培。最后要感谢自己的家人，不管是在大学里还是在校外实习，他们都默默地陪伴在我的身边，同时给予我物质和精神层次的鼓励，感激之情，无以言表。

---

## 须知：

- 报告编号系送检论文检测报告在本系统中的唯一编号
- 本报告为维普论文检测系统算法自动生成，仅对您所选择比对资源范围内检验结果负责，仅供参考。

---

唯一官网：<https://vpcs.fanyu.com> 客服邮箱：[vpcs@fanyu.com](mailto:vpcs@fanyu.com) 客服热线：400-607-5550 客服QQ：4006075550