



天津中德应用技术大学  
Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

## 本科生毕业设计

基于西门子 PLC 的生产线供料分拣单元设计  
Design of Feeding and Sorting Unit of Production Line  
Based on Siemens PLC

学 院 智能制造学院  
专 业 自动化  
班 级 19 自动化（本）2 班  
学 号 19404010215  
姓 名 黄俊龙  
指导教师 王 莉  
职 称 副教授  
完成时间 2023 年 06 月 02 日

# 天津中德应用技术大学

## 本科生毕业设计

基于西门子 PLC 的生产线供料分拣单元设计  
Design of Feeding and Sorting Unit of Production Line  
Based on Siemens PLC

学 院 智能制造学院  
专 业 自动化  
班 级 19 自动化（本）2 班  
学 号 19404010215  
姓 名 黄俊龙  
指导教师 王 莉  
职 称 副教授  
完成时间 2023 年 06 月 02 日

# 天津中德应用技术大学

## 本科生毕业设计（论文）选题申报表

学 院	智能制造学院	申 报 人	姓名	王莉
专 业	自动化		技术职务	中级
题目名称	基于西门子 PLC 的生产线供料分拣单元设计			
题目类型	生产实践	题目来源	创新竞赛	
课题来源、背景及意义	<p>课题来源为教师指导学生所参加的自动化专业相关竞赛。背景及意义：随着经济社会的快速发展，对生产制造自动化程度的要求越来越高，同时对产品的生产效率要求越来越高。本任务是基于西门子 PLC 的生产线供料分拣单元设计，通过完成设计任务，以 PLC 为控制器实现工件的供料以及分拣任务，该设计对提高生产线生产和管理自动化水平有较大的帮助，同时又提高了生产效率和产品质量，能有效减少企业产品质量的波动。</p>			
任务及要求	<p>毕业生需查阅学习相关文献资料，并完成以下工作：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、确定工件供料分拣单元结构、运行方式和工作条件；</li> <li>2、完成硬件系统的设计和搭建；</li> <li>3、熟悉 TIA Portal STEP7 Professional 、TIA Portal WinCC Professional 和 PLCSIM Advanced 软件，使用这些软件完成硬件组态及控制程序编写；</li> <li>4、完成系统总体搭建和调试，是系统功能最终达到设计要求；</li> <li>5、完成毕业设计撰写工作，附件应包含：控制原理图、各站 I/O 列表、PLC 控制程序、各站 HMI 界面。</li> </ol>			
工作条件	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、可运行 TIA Portal STEP7 Professional、TIA Portal WinCC Professional 和 PLCSIM Advanced 软件的 PC；</li> <li>2、直流减速电机、西门子 PLC、触摸屏、光电传感器、测距传感器等；</li> <li>3、数字万用表和螺丝刀等工具；电子器件和导线若干。</li> </ol>			

知识与能力要求	<p>知识要求：毕业生按照“工件供料分拣单元设计”要求，综合运用可编程控制器技术、电机与拖动、传感器与检测技术和运动控制技术等课程专业知识完成系统设计、电气控制原理图按图绘制、电子器件选型。</p> <p>能力要求：能够按照控制要求编写 PLC 控制程序及 HMI 程序，完成程序下载和调试，最终完成系统搭建及相关元件参数设置，使供料分拣单元达到设计要求。</p>
<p>系（教研室）审查意见：</p> <p>同意</p> <p>负责人(签名)： <u>李云龙</u> 2022年09月23日</p>	



天津中德应用技术大学  
Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

## 毕业设计（论文）任务书

题 目： 基于西门子 PLC 的生产线供料分拣  
单元设计

学 院： 智能制造学院

专 业： 自动化

学生姓名： 黄俊龙

学 号： 19404010215

起止日期： 2022 年 10 月 24 日~2023 年 06 月 02 日

指导教师： 王莉

任务书下达日期：2022 年 10 月 21 日

## 任务书填写要求

1. 毕业设计（论文）任务书由指导教师根据各课题的具体情况填写，经专业负责人审查签字后生效。此任务书应在毕业设计（论文）开始前一周内填好并发给学生；
2. 任务书内填写的内容，必须和学生毕业设计（论文）完成的情况相一致；
3. 任务书内有关“学院”、“专业”等名称的填写，应写中文全称，不能写数字代码。学生的“学号”要写全号（如：16014010101）；
4. 有关年月日等日期的填写，应当按照国标 GB/T 7408—94《数据元和交换格式、信息交换、日期和时间表示法》规定的要求，一律用阿拉伯数字书写。如“2004 年 3 月 21 日”或“2004-03-21”。
5. 本毕业设计（论文）课题成果的要求，内容要具体化和数量化。如“毕业设计（论文）一套；A0 号装配图纸 1 张；A2 号电气控制原理图纸 2 张；实物样机 1 台；产品 2 件”等。

# 毕 业 设 计（论 文）任 务 书

## 1. 毕业设计（论文）课题背景及意义

如今社会的飞速发展和人民物质生活的极大丰富，随着“工业 4.0”和我国“智能制造 2025”的积极推进，工厂生产线上的全面自动化已经成为工业生产的主要发展方向。在产线升级的过程中，加强科学技术的应用，不断提高生产线自动化程度，能够助力生产力的提升。PLC 技术在自动化控制方面得到了推广，并在各生产线的各个工序的机器系统中得到了广泛的应用，能够为自动化程序开发提供便利，同时确保系统可靠运行，成为实现现代化生产的重要标志。

相比于纯人力生产，带有 PLC 技术的生产单元具有一定生产灵活性，可以通过软件工程实现核心功能，经过简单编程即可实现自动化作业流程控制，达到简化生产流程和轻松实现各种控制功能的效果。PLC 自动控制系统的出现极大程度加快了工业生产的生产速度使产品供应能快速地跟上社会需求，同时提高了产品的良品率，并且还可以减少企业人工成本方面的开支，生产成本的降低也能让消费者以更优惠的价格去购买到更优质的产品。

本任务是基于西门子 PLC 的生产线供料分拣单元设计，PLC 作为可编程控制器进行编程，并按照程序对各接口传递的数据进行筛选、处理和分析，生成相应控制站指令，通过接口输出至外接设备，达到驱动控制供料和分拣单元目标。完成该设计任务，对提高生产线生产和管理自动化水平有较大的帮助，同时又提高了生产效率和产品质量，能有效减少产品质量的波动。

## 2. 毕业设计（论文）课题任务的内容和要求

完成本课题任务的学生需要熟悉 TIA Portal 以及 PLCSIM Advanced 等软件，并使用该软件完成系统的硬件组态与编程。同时学生通过运用以往所学的相关课程及知识进行综合巩固与实践应用。在以 S7-1200 系列 PLC 为核心的 PLC 系统上对分拣供料单元进行系统完善与部署，并结合 TIA Portal 程序开发与应用，学生自主查阅相关文献完成本次课题任务，具体任务要求如下：

- 1、确定工件供料分拣单元结构、运行方式和工作条件；
- 2、完成硬件系统的设计和搭建；
- 3、熟悉 TIA Portal STEP7 Professional 、TIA Portal WinCC Professional 和 PLCSIM Advanced 软件，使用这些软件完成硬件组态及控制程序编写；
- 4、完成系统总体搭建和调试，是系统功能最终达到设计要求；
- 5、完成毕业设计撰写工作，附件应包含：控制原理图、各站 I/O 列表、PLC 控制程序、各站 HMI 界面。

## 毕 业 设 计（论 文）任 务 书

3. 毕业设计（论文）课题成果（包括毕业设计论文、图表、实物样品等）：

- (1) 毕业设计一套
- (2) 电气控制原理图
- (3) 各站 PLC I/O 分配
- (4) PLC 控制程序、各站 HMI 界面

4. 推荐参考资料：

- [1] 西门子 S7-1200 PLC 编程及使用指南[M]. 机械工业出版社,段礼才, 2017.
- [2] 陈欣欢,常辉. 基于 S7-1200 直动式限位开关装配生产线仿真设计方案[J]. 科技创新与应用, 2021(35): 83-89.
- [3] 吴燕峰.自动化生产线中 PLC 技术应用研究[J]. 企业科技与发展, 2022(5):79-81.
- [4] 乔志刚.基于现场总线的 PLC 分布式控制生产线设计[J]. 冶金管理, 2021(5):45-47.
- [5] 何玉辉,王海旭等.基于 S7-1200PLC 生产线物料分类系统设计[J]. 信息通信,2019(9):39-41.
- [6] 路东兴.基于 PLC 与 PROFINET 的柔性自动化实训生产线系统设计和研究[D]. 兰州交通大学,2020.
- [7] Tian Feng; Li Guangpeng. Design of Intelligent Feeding Control System Based on S7-1200 PLC [J]. E3S Web of Conferences, 2021, 245 :1-6.

所在专业审查意见：

无

负责人： 李云龙

2022 年 10 月 21 日



天津中德应用技术大学  
Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

## 本科生毕业设计（论文）开题报告

题    目： 基于西门子 PLC 的生产线  
供料分拣单元设计

学    院： 智能制造学院

专    业： 自动化

学生姓名： 黄俊龙

学    号： 19404010215

起止日期： 2022 年 10 月 24 日~2023 年 06 月 02 日

指导教师： 王莉

开题日期： 2022 年 11 月 18 日

## 一、 开题报告内容（课题的目的意义、与本课题有关的国内外研究（应用）情况及发展趋势、课题主要研究内容、参考文献等）

### 1、课题的目的及意义

如今社会的飞速发展和人民物质生活的极大丰富工厂生产线上的全面智能化、机械化已经成为工业生产的主要发展方向，其中对于多站点式生产线而言，PLC 技术应用是最为广泛的。虽然在单一控制系统方面传统的继电器控制方式具有系统结构简单、成本低等优点，同时工作原理简单对工程技术人员来说易于掌握，但是面对复杂多层次的控制系统，采用继电器控制会使整个系统的体积过于庞大，并且设计安装工程量巨大，同时机械触点的长期使用会导致其损坏率升高，系统安全性和可靠性会变差。相比于纯人力、纯机械系统生产，PLC 具有通用性特点，PLC 模块包含多种功能技术融合，每个模块既能与其他结构配合完成控制，同时也是独立的，因此能根据不同的生产线作业运行方式对不同的模块进行组合，以满足不同的生产技术要求；PLC 技术的应用还可以提高生产单元的安全性、可靠性和抗干扰能力，采用 PLC 控制技术的产线只需要在系统中预先构建好程序命令，系统能自动执行并完成生产作业，工作人员不需要进入到作业现场完成操作；PLC 自身的机械性能好且运行磨损小，因此使用的年限更长，产线的故障率也就更低；同时带有 PLC 技术的生产单元具有一定生产灵活性，可以通过软件工程实现核心功能，经过简单编程即可实现自动化作业流程控制，达到简化生产流程和轻松实现各种控制功能的效果。

PLC 自动控制系统的出现，能充分取代继电器控制系统，能够构建较为繁琐的工业控制网络，极大程度加快了工业生产的生产速度使产品供应能快速地跟上社会需求，同时提高了产品的良品率，并且还可以减少企业人工成本方面的开支，增强了企业的竞争力生产成本的降低也能让消费者以更优惠的价格去购买到更优质的产品。本设计借助 PLC 控制实现工件的送料以及分拣工作，能为企业有效管控生产加工，减少人力以及降低工作强度，同时为产品的品质和生产效率提供了坚实的保障。

### 2、国内外研究现状和发展趋势

自 PLC 问世以来，PLC 一直被公认为现代工业自动化三大支柱之一，一直处于全球工业生产不可替代的地位。经过几十年的发展，PLC 技术已经非常成熟，目前在国内外 PLC 技术广泛应用于钢铁、石油化工、电力、汽车、轻工纺织以及交通运输等各个行业。近五年来，随着半导体技术，计算机技术以及通信技术的飞速发展，PLC 的应用领域也不断扩大，在航空航天，机器人，高端设备制造等关乎国家安全与经济命脉的重要领域都有了 PLC 的影子。目前 PLC 作为控制器经过了微处理器和微控制器的发展，已经开始趋向于融合 GPU、FPGA、NPU 等的高性能异构化，在未来，PLC 技术会与新兴的虚拟化技术、人工智能、5G 通信、数字孪生以及区块链等前沿技术进行更高层次的融合<sup>[4-5]</sup>。自 1913 年美国福特汽车公司在底特律制造出世界上第一条流水装配线以来，经过百年的曲折发展，自动化生产线在工业领域中得到越来越广泛的应用，在不同的生产行业已经制造出不同类型的自动化生产线<sup>[5-6]</sup>。随着各行业领域的不断扩展和相互融合，自动化分拣送料单元已经成为世界自动化生产的重要环节之一。得益于科技的发展发达国家在二战后短短几十年间涌现出很多完全以自动化产线为生产作业的工业巨头，例如德国西门子、日本三菱、美国 GE 公司等，使发达国家的工业化进程飞速前进，国民经济也急速上升。

相较于国外成熟且完善的自动化产线体制，我国在自动化产线的发展就相对比较缓慢。由于我国对国外先进产线的引进，加之科技研发的大力投入、创新型人才的培养使我国自

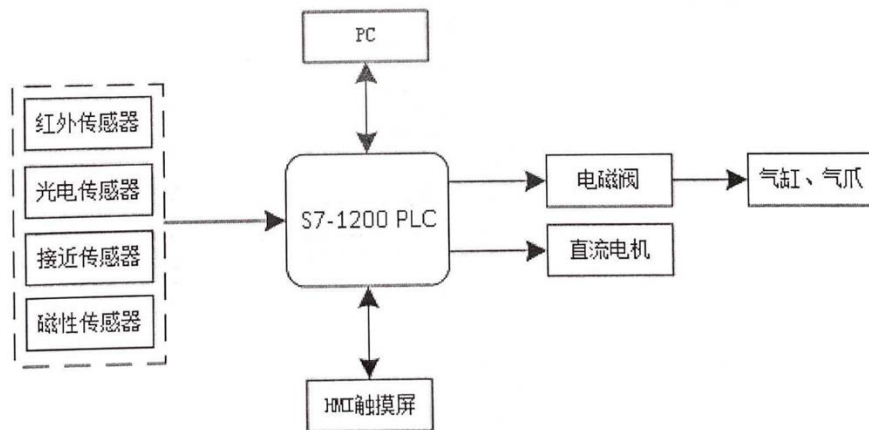
自动化生产线的水平得到了显著提高促进了我国自动化生产线的应用和发展。目前典型生产线在我国工业机械制造、汽车零部件生产、轻工纺织等行业，甚至在各高校的教学实训方面都得到了广泛应用。近年来，更具灵活性的柔性生产线成为了各行业领域生产线转型的主要方向，以 2018 年浙大成功研制的飞机总装自动化装配生产线为代表，实现了动态成组定位系统、机器人制孔系统等飞机自动化装配设备。随着芯片技术的发展，以生产高度数字化、网络化、机器子组织为标志的第四次工业革命正在悄然发生。2015 年，我国发布实施“中国制造 2025”，指出以制造业发展为主攻方向，构建新型工业体系，随着社会经济和科技的发展，全面智能时代已经快速到来，工厂生产线的全面智能化、网络化以及更高层次的柔性生产成为自动化生产线未来发展的主方向。

### 3、课题研究的基本内容

本设计是基于西门子 S7—1200PLC 的生产线供料分拣单元设计，以 PLC 为控制器实现工件的供料以及次品分拣任务，系统由两个子工作站组成：供料工作站与分拣工作站。

供料分拣单元由以下电气硬件组成：S7-1200PLC、同步带输送模组、升降气缸气爪，红外传感器、接近传感器、磁性传感器以及光电传感器，可视化网络监视环节：PC、HMI。

本系统设计是以 S7-1200PLC 为主控制器，通过传感器对物料的检测将感应信号转化为电信号传输给 PLC 进行处理，然后 PLC 将输出信号以电信号输出到电磁阀、气爪气缸以及直流电机等执行元件依照编写的程序进行动作，PC 端与触摸屏可通过 PROFINET 与 PLC 进行网络连接与数据传输，实现触摸屏控制操作流程与作业实时监控。

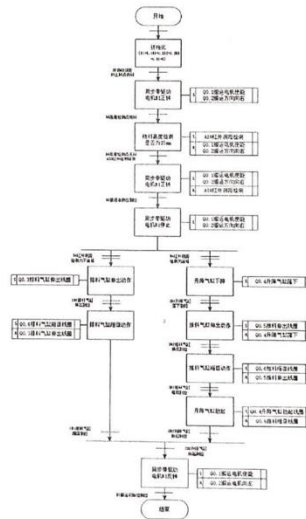


本设计的供料分拣单元分为两部分，具体流程如下：

供料单元：首先在供料站的供料平台进行人工投料，上料驱动电机使能，物料经由传送带抵达取料点。物料检测传感器检测到有料后由气缸下行带动气爪夹取，气爪上行后搬运电机使能，物料由同步带输送模组移送到分拣站供料平台。电机停止运转后，气缸带动气爪下行，气爪松开放下物料。电机反转带动同步带输送模组回到取料点。



分拣单元：物料到达初始位置待分拣站供料传感器检测有料后，搬运电机正装带动物料向右侧移动，到达红外检测点停止运转，启动红外测距传感器检测物料的高度，经过 PLC 的 A/D 转换判断是否为合格品，红外检测完毕后继续正转将物料经由分拣站同步带输送组件运送到分拣口进行筛选。若为合格品则推料气缸推出物料进入后续生产环节；若为不合格品，排料气缸将物料排出。

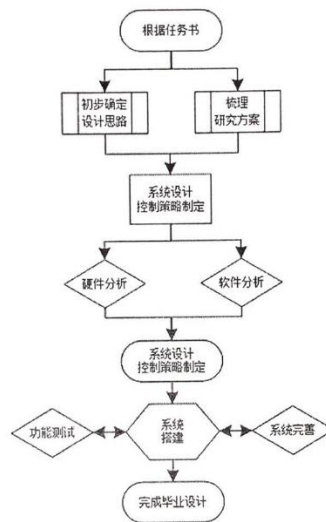


#### 4、完成毕业课题的思路

毕业设计完成路线：

本课题设计需要依据任务安排，梳理设计思路确定设计方案，熟悉 TIA Portal 以及 PLC SIM Advanced 等软件的使用以及组态编程，运用以往所学的相关课程知识进行巩固与实践应用，自行查阅相关文献资料，在以 S7-1200 PLC 为核心的 PLC 系统上对分拣供料单元进行系统完善与部署。具体设计思路如下：

- 1、确定工件供料分拣单元系统结构、运行方式和工作条件。
- 2、完成硬件系统的设计和搭建。
- 3、熟悉 TIA Portal STEP7 Professional 、TIA Portal WinCC Professional 和 PLCSIM Advanced 软件，使用这些软件完成硬件组态及控制程序编写。
- 4、完成系统总体搭建和调试，是系统功能最终达到设计要求。
- 5、完成毕业设计撰写工作。



## 5、参考文献



- [1] 西门子 S7-1200 PLC 编程及使用指南[M]. 机械工业出版社,段礼才, 2017.
- [2] 陈欣欢,常辉. 基于 S7-1200 直动式限位开关装配生产线仿真设计方案[J]. 科技创新与应用, 2021(35): 83-89.
- [3] 吴燕峰. 自动化生产线中 PLC 技术应用研究[J]. 企业科技与发展, 2022(5): 79-81.
- [4] 唐禹. PLC 在自动化生产线中的应用[J]. 电子世界, 2021(22): 204-205.
- [5] 郭惠峰. 浅谈可编程控制器 (PLC) 的技术现状和发展趋势[J]. 自动化博览, 2022,39(04): 18-21..
- [6] 刘黎明,王雪斌. 自动化生产线控制系统的分析[J]. 集成电路应用, 2022, 39(07): 224-225.

[7] 孙叶宁. 基于西门子 PLC 的自动化流水线实训系统设计[D]. 石家庄铁道大学, 2018.

[8] 尹静洁. YL-335B 型自动化生产线教学系统改进的分析与实现[D]. 昆明理工大学, 2020.

[9] Tian Feng, Li Guangpeng. Design of Intelligent Feeding Control System Based on S7-1200 PLC [J]. E3S Web of Conferences, 2021, 245 : 1-6.

二、进度及预期结果

起止日期	主要内容	预期结果
(1) 2022. 10. 24-2022. 10. 31	1.通过上网和图书馆查阅大量文献资料。	1.确定课题设计内容。
(2) 2022. 11. 5-2022. 11. 30	2.学习西门子 PLC 相关知识，以及其他开发知识。	2.根据所学知识进行课题所需准备工作
(3) 2022. 12. 4-2022. 12. 28	3.对课题使用 PLC 和电气元件进行选型。	3.完成各个 PLC 功能测试。
(4) 2023. 01. 10-2023. 03. 31	4.完成程序的编写和系统仿真。	4.完成所有 PLC 功能的调试，进行优化和完善。
(5) 2023. 04. 03-2023. 06. 02	5.完成系统设计及撰写论文，与导师讨论研究最终完成论文定稿。	5.完成课题实验及论文准备答辩材料。
完成课题的现有条件	软件：TIA Portal STEP7 Professional 、TIA Portal WinCC Professional 、PLCSIM Advanced 软件和 IFEA 仿真系统	
指导教师 意见	同意开题  指导教师：  王莉 2022 年 11 月 18 日	
开题答辩 小组意见	同意开题  组 长：  汤海梅 2022 年 11 月 18 日	

天津中德应用技术大学  
本科生毕业设计（论文）的声明

本人郑重声明：所呈交的毕业设计（论文），是本人在指导教师指导下，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，本毕业设计（论文）的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或没有公开发表的作品内容。对本设计（论文）所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本毕业设计（论文）原创性声明的法律责任由本人承担。

毕业设计（论文）作者签名：黄俊龙  
2023年5月26日

本人声明：该毕业设计（论文）是本人指导学生完成的研究成果，已经审阅过设计（论文）的全部内容，并能够保证题目、关键词、摘要部分中英文内容的一致性和准确性。

毕业设计（论文）指导教师签名：王莉  
2023年5月26日

## 摘 要

随着“工业 4.0”的提出，世界各国纷纷加快迈向制造业智能化集成化的步伐，智能制造已经成为现代制造业发展的主要方向，PLC 控制技术也从传统的封闭单一逐步走向创新的开发融合。

本文研究了 PLC 技术在自动化生产线应用上的现状和发展趋势，结合相关理论制定系统总体设计方案，设计实现一种基于 PLC 控制的供料分拣单元系统：生产线供料分拣单元系统主要由供料单元与分拣单元两个工作站组成，分别由独立的西门子 S7-1200 系列 PLC 作为控制器，结合各传感器、电机传动，融合电气控制与气动控制进行多点位控制。系统采用通信效率高和高度集中控制的 PROFINET 工业以太网现场总线标准，结合 PC 端和触摸屏进行生产数据连接与交换，实现设备运行调试与控制，满足生产过程的实时通信与监控。利用 TIA Portal STEP 7 Professional、PLCSIM Advanced 等软件分别对生产线供料分拣单元系统的供料单元与分拣单元进行程序组态，通过工作站虚拟平台进行系统测试。

在系统设计的过程中，对系统包含的两个工作站进行结构分析和相应模块设计与应用，并选择合适的控制器与执行、通信模块，规划系统的电气与气动控制，在此基础上进行系统程序编写，对系统进行组态测试以及触摸屏控制测试，确保系统设计达到预设目标，实现控制要求。

**关键词：**S7-1200PLC；生产线；供料分拣；传感器；TIA Portal；HMI

## ABSTRACT

With the proposal of "Industry 4.0", the world has accelerated the pace of intelligent integration of manufacturing industry, intelligent manufacturing has become the main direction of the development of modern manufacturing industry, PLC control technology from the traditional closed single gradually to the development of innovative integration.

This paper studies the current situation and development trend of PLC technology in the application of automatic production line, combined with the theory of control to develop the overall design of the system, design and implement a kind of feeding and sorting unit system based on PLC control: The feeding and sorting unit system of the production line is mainly composed of two workstations, the feeding unit and sorting unit, respectively by an independent Siemens S7-1200 series PLC as the controller, combined with various sensors, motor drive, integration of electrical control and pneumatic control for multi-point control. The system adopts PROFINET industrial Ethernet field bus standard with high communication efficiency and highly centralized control, combines PC terminal and touch screen to connect and exchange the production data, realizes the debugging and control of equipment operation, and meets the real-time communication and monitoring of the production process. TIA Portal STEP 7 Professional, PLCSIM Advanced and other software were used to carry out the program and configuration of the feeding unit and sorting unit system of the production line, and the system was tested by IFAE virtual platform.

In the process of system design, the structure analysis of the two workstations included in the system and the corresponding module design and application, and select the appropriate controller and implementation, communication modules, planning the electrical and pneumatic control of the system, on the basis of the system programming, configuration testing of the system, to ensure that the system design to meet the preset goals, to achieve the control requirements.

**Key Words:** S7-1200PLC; Production line; Feed and sort; Sensors; TIA Portal; HMI

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 本文选题目的及意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	1
1.2.1 PLC 国内外发展现状.....	1
1.2.2 生产线国内外发展现状.....	2
1.3 本文的工作安排.....	2
<b>第 2 章 系统方案设计</b> .....	4
2.1 系统主要功能要求.....	4
2.2 系统设计原则.....	4
2.3 系统总体架构方案与分析.....	5
<b>第 3 章 系统硬件设计</b> .....	6
3.1 主要硬件选择.....	6
3.1.1 可编程控制器选型.....	6
3.1.2 触摸屏选型.....	6
3.1.3 传感器选型.....	7
3.1.4 气动元件选型.....	9
3.2 供料单元整体硬件设计.....	10
3.2.1 供料单元功能组成.....	10
3.3 分拣单元整体硬件设计.....	12
3.3.1 分拣单元功能组成.....	12
<b>第 4 章 系统软件设计</b> .....	14
4.1 PLC 控制程序开发平台介绍.....	14
4.1.1 系统程序开发环境.....	14
4.1.2 系统项目创建及硬件组态.....	14
4.1.3 系统子模块配置.....	16
4.2 系统程序设计.....	17
4.2.1 系统总体程序流程设计.....	17
4.2.2 供料单元系统程序设计.....	20
4.2.3 分拣单元系统程序设计.....	23
4.3 系统 HMI 控制界面设计.....	26
<b>第 5 章 系统功能调试</b> .....	31
5.1 PLC 控制程序仿真平台介绍.....	31

5.2 PLC 控制程序及 HMI 监控测试.....	32
结 论 .....	37
参考文献 .....	38
致 谢 .....	39
附 录.....	40
附录 1: 供料工作站 PLC I/O 接线图	
附录 2: 分拣工作站 PLC I/O 接线图	
附录 3: 供料工作站 PLC 控制程序	
附录 4: 分拣工作站 PLC 控制程序	

# 第1章 绪论

2021 年“十四五”发展规划中强调要深入实施制造强国战略，推动制造业高质量发展，要重点发展分散式自动化系统、可编程控制器等工业装备。如今，自动化成为衡量一个国家工业发展水平的重要指标，高度自动化研究水平与制造能力是现代工业生产力的集中体现。随着生产线逐步向着高度集成化与高度灵活柔性化方向发展，可编程控制器(PLC)技术是自动化生产不可或缺的支撑技术。

## 1.1 本文选题目的及意义

如今社会的飞速发展和人民物质生活的极大丰富工厂生产线上的全面智能化、机械化已经成为工业生产的主要发展方向，其中对于多站点式生产线而言，PLC 技术应用是最为广泛的。虽然传统的继电器控制方式具有系统结构简单、成本低等优点，对工程技术人员来说易于掌握，但是面对复杂多层次的控制系统，继电器控制会使整个系统的体积过于庞大，同时机械触点的长期使用会导致其损坏率升高，系统安全性和可靠性会变差。相比于纯机械系统生产，PLC 具有通用性的特点，PLC 模块包含多种功能技术集成，每个模块可以与其他结构配合完成控制，也可以独立控制<sup>[1]</sup>。PLC 技术的应用可以提高生产单元的安全性、可靠性和抗干扰能力；同时带有 PLC 技术的生产单元具有一定生产灵活性，可以通过软件工程实现核心功能，通过简单的编程可实现自动化操作过程控制，简化生产过程并轻松实现各种控制功能的效果<sup>[2-3]</sup>。

目前自动化生产线正在被更广泛的应用于生产领域，PLC 自动控制系统的出现，能够构建较为繁琐的工业控制网络，极大程度的提高了产线控制系统的稳定性，加快了工业生产的生产速度使产品供应能快速地跟上社会需求。同时提高了产品的良品率，并且还可以减少企业人工成本方面的开支，增强了企业的竞争力，生产成本的降低也能让消费者以更优惠的价格去购买到更优质的产品。本设计借助 PLC 控制系统，加以各种传感器技术，电气气动等技术对生产单元进行系统的设计与完善，实现高质量高效率的工件供料工作以及分拣工作，能为企业有效管控生产加工，减少人力以及降低工作强度，同时为产品的品质和生产效率提供了坚实的保障。

## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 PLC 国内外发展现状

自从 DEC(Digital Equipment Corporation)在 20 世纪 60 年代建造了第一代可编程控制器以来，PLC 控制已被确认为当代工业自动化的三大支柱之一，并在整个全球工业生产中

占据了不可替代的地位。经过几十年的发展，随着德国、日本、中国等众多国家陆续研发制造了自己的可编程控制器，PLC 控制技术得到了迅猛的发展并已非常成熟。目前在国内外 PLC 控制技术广泛应用于钢铁、石油化工、电力、汽车、轻工纺织以及交通运输等各个行业。近五年来，随着半导体技术，计算机技术以及通信技术的飞速发展，PLC 的应用领域也不断扩大，在航空航天，机器人，高端设备制造等关乎国家安全与经济命脉的重要领域都有了 PLC 的应用。目前，PLC 作为经过微处理器和微控制器发展后的控制器，已经开始集成 GPU、FPGA、NPU 等高性能异构化<sup>[4]</sup>。未来，PLC 控制技术将与新兴的虚拟化技术、人工智能、5G 通信、数字双胞胎和区块链等前沿技术进行更高层次的集成。

### 1.2.2 生产线国内外发展现状

自 1913 年美国制造出世界上第一条流水装配线以来，经过百年的曲折发展，自动化生产线在工业领域中得到越来越广泛的应用，在不同的生产行业已经制造出不同类型的自动化生产线<sup>[4-5]</sup>。随着各行业领域的不断扩展和相互融合，自动化供料分拣单元已经成为世界自动化生产的重要环节之一。得益于科技的发展发达国家在二战后短短几十年间涌现出很多完全以自动化产线为生产作业的工业巨头，例如德国西门子、日本三菱、美国通用电气公司等，使发达国家的工业化进程飞速前进，国民经济也急速上升。

相较于国外成熟且完善的自动化产线体制，我国在自动化产线的发展就相对比较缓慢。由于积极引进国外先进生产线以及投入大量科技研究，加强创新型人才的培养，我国自动化生产线的生产水平逐步提高，正迈向更高层次的智能化。这促进了我国自动化生产线的更智能、更集成化的应用和发展。目前在我国工业机械制造、汽车零部件生产、轻工纺织等行业应用最广泛的是典型生产线，甚至在各高校的教学实训方面都得到了广泛应用。近年来，更加灵活的柔性生产线已成为各行业生产线转型升级的主要方向，2018 年浙江大学成功研制的飞机总装自动化装配生产线，实现了动态成组定位系统、机器人开孔系统等飞机自动化装配设备的国产化生产研发<sup>[6]</sup>。随着控制技术的更新迭代，以高度数字化、网络化和机械化生产为标志的第四次工业革命正悄然降临。2015 年，中国启动了“中国制造 2025”计划，旨在以制造业为重点构建新型工业体系。随着社会经济和技术的发展，全面智能时代已经快速到来，工厂生产线的全面智能化、网络化以及更高层次的柔性生产成为自动化生产线未来发展的主方向。

### 1.3 本文的工作安排

本设计基于西门子 S7-1200 系列 PLC，结合电气与气动控制作为自动化生产线的一部分共由两个生产工作站组成，经过理论与试验调试能满足系统要求，本文划分为六个章节，具体工作安排如下：

第一章，绪论，阐述生产线供料分拣单元的研究背景和意义，分析了 PLC 和自动化

生产线供料分拣单元的发展现状。

第二章，系统方案设计。系统要达到的功能要求以及设计原则，控制系统整体设计方案，包括系统控制分层图。

第三章，系统硬件设计，系统介绍供料分拣单元控制系统控制器、触摸屏、传感器等关键部件的选型，介绍课题设计的两个主工作站的主要结构组成，包括系统控制器外部接线图、系统 I/O 分配表。

第四章，系统软件设计。介绍系统采用的 PLC 控制程序开发平台以及开发环境、设备组态、通信网络连接等，进行控制程序设计以及人机交互监控画面的编辑设计。

第五章，系统功能调试。介绍系统 PLC 控制程序仿真平台，根据设计的控制程序和 HMI 人机交互画面对系统进行 PLC 程序在线测试和 HMI 在线监控测试。

## 第 2 章 系统方案设计

### 2.1 系统主要功能要求

根据基于 PLC 的生产线供料分拣单元国内外的现状与发展趋势，系统需要能够根据生产单位的现场要求，清晰体现出供料、分拣环节，最大程度贴合工厂普遍的设计要求。本设计系统应该实现以下功能要求：

#### 1. 精准控制功能

在生产运行过程中，系统应保证各个单元模块能达到预期设计的动作要求，搭配各个单元中的红外传感器、光电传感器、磁性传感器等若干传感器实现自动化生产线供料、分拣环节精准控制，确保系统能高效率、高质量完成既定的工作。

#### 2. 紧急制动功能

当系统出现异常时，设备应能通过物理紧急停止按钮采取紧急制动措施，立即停止系统运行，减少设备运行不当带来的损失。

#### 3. 灵活可靠通讯数据处理及通讯监控

系统通过工业通讯并网打通设备之间的壁垒，方便设备间数据的交换。

### 2.2 系统设计原则

通过分析研究国内外现有的生产单元，结合本设计实际应用，系统应具有良好的安全可靠、精准性、灵活扩展性以及低成本等特点。在具体设计过程中，为了保证系统完整流畅运行，对于系统的设计应具有以下原则要求：

**安全可靠：**生产安全是保障生产活动有序进行的第一原则，因此系统应具有牢靠的机械结构，保障从硬件到软件不存在安全隐患，确保使用该系统的企业单位不会受到人身财产的伤害；设备的可靠性是保证生产运行能流畅作业，满足设备长时高效运行和系统使用最佳周期年限达到最大化的重要因素，因此系统设计必须要考虑解决可靠问题。

**精准性：**控制的高精度性能保证了系统能按时、按量完成工作，减少了生产过程中的误差。因此，系统设计需要保证每个单元模块都能满足预期设计的动作要求，实现对生产线上的进料、分拣等环节的精确控制<sup>[6]</sup>。

**灵活扩展性：**系统设计需考虑每个生产单元的各个模块既能独立完成单一动作流程，也能通过工作单元再扩展成完整的生产系统，方便用户使用和后期的更新升级。

**低成本：**系统所设计的硬件系统尽量采用开源且节能廉价的材料，在确保系统具有坚实耐用的架构完成既定的功能要求的同时，减少零碎的开支；软件系统尽量选用开发周期

短，成本较低的程序语言，方便系统的运行操作，减少日后系统维护的工作量，降低用户的购买成本。

### 2.3 系统总体架构方案与分析

本设计方案根据自动化生产线三层架构组织软硬件，由下至上分别为感知层、控制层、执行层，在本系统中具体表现为：

感知层由系统中的红外传感器、光电传感器、磁性传感器以及接近传感器等器件组成，进行设备生产运行的实时动作感应检测。

控制层由西门子 PLC 控制器组成，进行单元模块的上下层数据处理以及动作执行指令发出。

执行层由系统的执行器件如气缸气爪、直流电机与传送带、电磁阀等组成，负责将从控制层发出的指令信号做出相应的动作。

系统分层结构如图 2-1 所示。

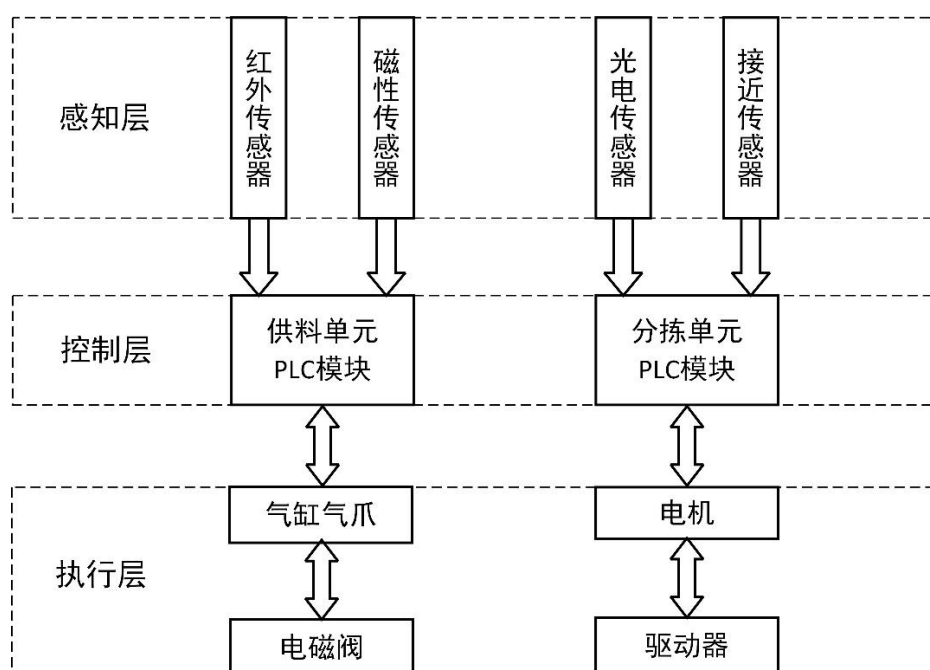


图 2-1 系统分层结构

根据对系统设计的要求和架构分析，本系统采用西门子 PLC 微控制器实现工件的供料以及次品分拣任务，系统由两个子工作站组成：供料工作站与分拣工作站。

本系统设计是以 S7-1200PLC 为系统控制器，可通过传感器对物料的检测将感应信号转化为电信号传输给 PLC 进行处理，然后 PLC 将输出信号以电信号形式输出到电磁阀、气爪气缸以及直流电机等执行元件并依照编写的程序进行动作，PC 端与触摸屏可通过 PROFINET 与 PLC 进行网络连接与数据传输，实现触摸屏控制操作流程与作业实时监控。

## 第 3 章 系统硬件设计

### 3.1 主要硬件选择

本系统设计采用西门子 S7-1200 系列 PLC 作为单元主要控制器，配以西门子 KTP 系列触摸屏、西门子 PM 电源模块、西门子 SCALANCE 型工业交换机作为外围通信控制端；西门子磁性传感器、欧姆龙红外测距传感器和欧姆龙电感式接近传感器作为系统的信号检测端，三菱直流减速电机、CKD 单作用气缸和 CKD 气动机械手爪作为系统的动作执行端。

#### 3.1.1 可编程控制器选型

可编程控制器(Programmable Logic Controller)，简称 PLC，基于系统中心的控制器主要用于工业控制制造，虽然有各种不同结构形式、控制规模和实现能力的设备，但所有这些设备的基本组成要素是相同的。西门子 S7-1200 PLC 是德国西门子公司开发的一款紧凑的模块化 PLC。因为它将 CPU、PROFINET、I/O 等整合到了一起，因此具有体积小、使用简单、功能强大、组态灵活、投资安全等特点<sup>[6]</sup>。此系列 PLC 采用全新的 SIMATIC STEP 7 Basic 工程配置完全集成，并借助 SIMATIC WinCC Basic 对 SIMATIC S7-1200 进行编程，可实现最高的工程配置效率。由于 S7-1200 系列 PLC 性价比高，可扩展性强，在国内外工业生产线中得到广泛的应用<sup>[7]</sup>。

本系统选取目前性价比较高的型号为 1214C 的 CPU，具体参数如表 3-1 所示。

表 3-1 S7-1214C 控制器技术参数

参数类型	参数值	参数类型	参数值
控制器类型标志	1214C DC/DC/DC	信号模块扩展数	8
电源电压额定值	24V (DC)	通信模块扩展数	3
数字量 IO	14 点输入/10 点输出	位存储器 (M)	8192 个字节
模拟量	2 路输入	PROFINET	1 个以太网接口

#### 3.1.2 触摸屏选型

无论操作人员在何处操作机器和设备来执行任务，都需要配备监控控制设备，这要求监控控制设备在体积大小、使用方法、灵活程度以及成本价格方面具有较大优势。西门子 KTP 系列触摸屏是由德国西门子公司研制的一款精简集成型控制面板，此系列触摸屏具

有较高分辨率的可视化窗口，拥有可支持多种 PLC 连接接口和直观便捷操作的触控/按键功能，搭配易于组态的 SIMATIC WinCC(TIA Portal)进行配置，具有较高的灵活可扩展性。

本系统选取目前性价比较高的型号为 TP900 Comfort 的 HMI，系统内存为 12MB，显示尺寸为 9 寸，分辨率 800\*480，操作方式为触摸，通信接口采用 PROFINET。具体参数如表 3-2 所示。

表 3-2 KTP 900 触摸屏技术参数

参数类型	参数值	参数类型	参数值
触摸屏类型标志	TP900 Comfort	耗用电流	230mA
显示尺寸	9 寸	防护等级	IP65、IP20
分辨率	800*480	储存器 (M)	10MB
电源电压类型	24 V (DC)	通讯接口	串口/MPI/PROFINET*2

### 3.1.3 传感器选型

根据系统供料分拣单元的控制要求，系统应用的传感器类型有红外测距传感器、光电传感器、磁性传感器以及接近传感器。

#### 1. 光电传感器

光电传感器在系统中主要用于检测执行元器件的位置和物料加工是否到位，根据系统的检测特点与规模大小将会采用 E3Z-R81K 型号的 PNP 型欧姆龙光电传感器。具体型号参数如表 3-3 所示。

表 3-3 E3Z-R81K 光电传感器技术参数

参数类型	参数值	参数类型	参数值
感应距离(mm)	15mm	电压范围	10~36V
动作范围(mm)	0~12mm	工作温度	-25~+70°C
额定电压(V)	24V	空载电流损耗	<15mA
通态压降	< 2V	最大开关频率	300Hz, ~25Hz

光电传感器使用 24V 直流电源供电，连到 PLC 输入端口。光电传感器电路原理图如图 3-1 所示。

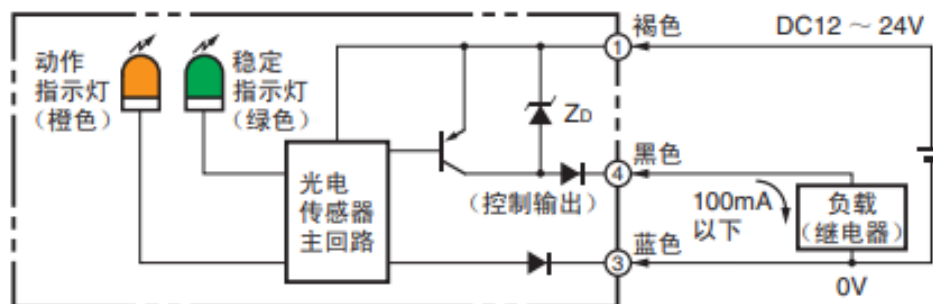


图 3-1 光电传感器电路原理图

## 2. 接近传感器

为了使执行机构能在规定运动范围内横向运动，避免出现冲闸现象需要配备接近传感器。在系统中它主要安装在执行器运动轨迹范围的极限位置，用于限制电机运动的最大和最小范围，检测极限位置，并提供极限安全保护功能。

本系统采用的是施耐德的 XS7-C2A1PAM12 接近传感器，感应距离为 15mm，动作范围为 0~12mm，额定电压 24V，防护等级为 IP67。传感器具体参数如表 3-4 所示。

表 3-4 XS7-C2A1PAM12 接近传感器技术参数

参数类型	参数值	参数类型	参数值
感应距离(mm)	15mm	电压范围	10~36V
动作范围(mm)	0~12mm	工作温度	-25~+70°C
额定电压(V)	24V	空载电流损耗	<15mA
通态压降	< 2V	最大开关频率	300Hz, ~25Hz

## 3. 红外测距传感器

红外测距传感器是以红外光为介质，使红外光通过物体表面形成封闭光路的测量仪器。本设计的分拣单元中需要对物料的高度尺寸进行一个精确的测量和判断，因此使用红外测距传感器作为分拣单元测距环节的主要执行器件。

本设计中。分拣单元所使用的是欧姆龙 ZX-LD100 反射型红外测距传感器，光学方式为扩散反射，测定中心距离为 100mm，误差范围为±40mm。传感器具体参数如表 3-5 所示。

表 3-5 ZX-LD100 红外测距传感器技术参数

参数类型	参数值	参数类型	参数值
光学方式	扩散式	误差范围 (mm)	±40mm
模拟量输入	0-5V	分辨率	16μm
测定中心距离 (mm)	100mm	绝缘阻抗	20MΩ
耐电压	AC 1,000V 50/60Hz	保护等级	IP50

### 3.1.4 气动元件选型

本系统供料分拣单元涉及的气动元件主要包括：气缸、气爪、气管、电磁阀、气源处理装置以及磁性开关。

#### 1. 电磁阀

电磁阀主要通过控制进气管的进气有无从而控制气缸发生动作。电磁阀的工作原理是通过电磁阀两端的电磁铁得电失电控制腔内阀体的左右运动，控制不同位置通孔的开通与关闭。基于本系统生产动作要求，气缸气爪只需要在伸出位与缩进位范围内进行连贯动作，因此采用德国 Festo 单电控两位五通电磁阀为此控制动作运行。电磁阀选型如表 3-6 所示。

表 3-6 Festo 单电控两位五通电磁阀技术参数

参数类型	参数值	参数类型	参数值
器件品牌	德国 Festo	工作压力	1.5bar~8bar
型号	VUVS-LK25-M52-AD-G14-1B2-S	复位类型	气动弹簧
驱动方式	电控	先导类型	先导驱动
工作电压	24V DC	先导介质	压缩空气

#### 2. 气源处理装置

主要用于进入元件的气源净化过滤和减压以达到气源压力稳定供给。在实际生产中车间气源会存在大量杂质，并且出现气压波动不稳定的情况。若泵送的气源不经过气源处理装置的处理，会影响末端执行元件的正常动作和器件的使用寿命。本系统采用了德国 Festo 的气源处理装置进行气动气源处理。气源处理装置如表 3-7 所示。

表 3-7 气源处理装置技术参数

参数类型	参数值	参数类型	参数类型
器件品牌	德国 Festo	工作压力	0.8bar~14bar
型号	MSB4-1/4:C3:J1:F12-WP	压力调节范围	0.5bar~10bar
过滤等级	40 $\mu$ m	工作介质	压缩空气, 惰性气体
控制锁	锁定旋钮手柄	标准标称流量	1600 l/min

## 3.2 供料单元整体硬件设计

### 3.2.1 供料单元功能组成

供料单元由多个部件构成, 其中包括直流电机、电机调速器、物料同步带输送装置、气动机械手爪、气动升降单杠气缸、传送带、磁性传感器、限位开关等。这些部件都是为了实现物料传输和控制信号传递而设计的。在单元气动控制回路中, 各路传感器和电磁阀相连接, 用于接收和执行信号, 以及将检测到的信号传递给 PLC, 从而实现对气动回路的控制<sup>[8]</sup>。

供料单元的执行器具体功能有:

- (1) 气动机械手爪: 其主要用于完成物料的抓取动作, 其工作原理是通过磁性电磁阀的控制实现气爪的释放和抓取操作。当信号输出时, 磁性传感器指示灯点亮, 此时气爪能够抓取物料; 而当信号输出停止时, 磁性传感器指示灯熄灭, 气爪则会释放物料。
- (2) 物料同步带输送装置: 用于机械手抓取或释放完成后, 主要完成物料从搬运初始位向搬运右侧位移动, 由同步带直流电机带动运行, 导轨两端的限位开关限制行动范围。
- (3) 气动升降单杠气缸: 由气动电磁阀控制气缸动作, 当电磁阀带电时气缸伸出使气爪下行; 当电磁阀失电时气缸缩回使气爪上行回到原点。

供料单元系统结构组成关系如图 3-2 所示:

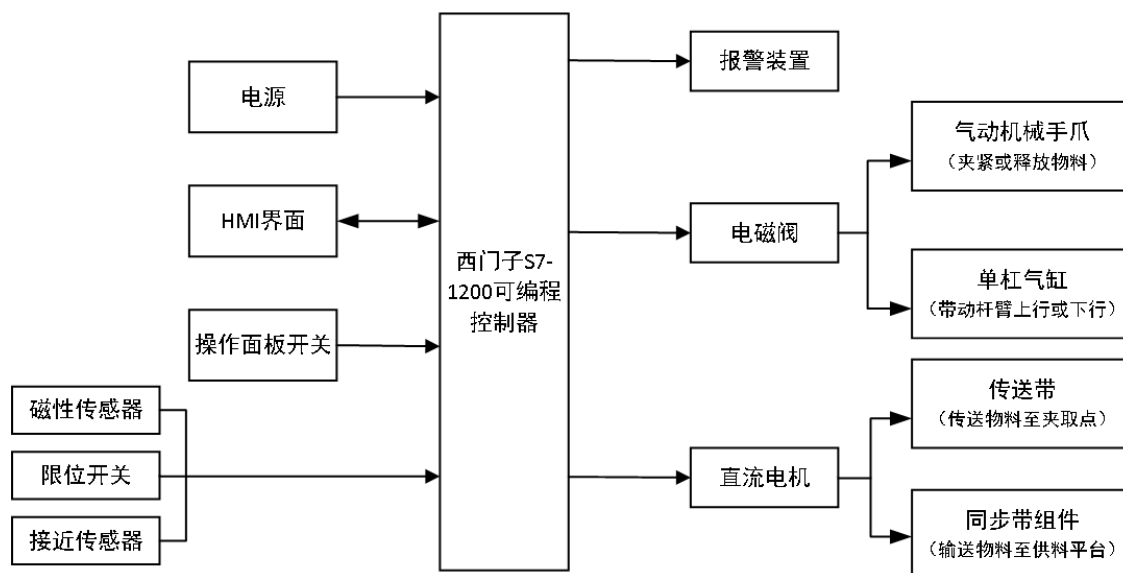


图 3-2 供料单元系统结构组成关系

供料单元 PLC 的输入/输出地址如表 3-8 所示。

表 3-8 供料单元系统 PLC 输入/输出(I/O)地址

输入地址	符号	功能说明	输入地址	符号	功能说明
I0.0	S1	自动/单步	Q0.0	L1	启动按钮指示灯
I0.1	S2	启动	Q0.1	K1	搬运电机使能
I0.2	S3	停止	Q0.2	K2	搬运电机方向
I0.3	S4	急停	Q0.3	1Y	升降气缸落下线圈
I0.4	B1	搬运初始位	Q0.4	2Y1	气爪松开线圈
I0.5	B2	搬运右侧位	Q0.5	2Y2	气爪夹紧线圈
I0.6	B3	上料点有料	Q0.6	K3	上料电机使能
I0.7	1B2	升降气缸抬起			
I1.0	1B1	升降气缸落下			
I1.1	2B2	气爪松开			
I1.2	2B1	气爪夹紧			
I1.3	S1	复位			
I1.5	S5	HMI 启动			
I1.5	S6	HMI 急停			

### 3.3 分拣单元整体硬件设计

#### 3.3.1 分拣单元功能组成

分拣单元主要由直流电机、电机调速器、气动升降气缸、气动推料/排料气缸、传送带、磁性传感器、限位开关等部件组成。这些部件都是为了实现物料传输和控制信号传递而设计的。在单元气动控制回路中，各路传感器和电磁阀相连接，用于接收和执行信号，以及将检测到的信号传递给 PLC，从而实现对气动回路的控制<sup>[8]</sup>。

分拣单元各部分具体功能有：

- (1) 气动升降气缸：主要依靠单向气动电磁阀控制其动作的发生，当给电磁阀通电时，气缸伸出带动推料杆下行；当给电磁阀断电时，气缸缩回带动推料杆上行回到原点。
- (2) 气动推料/排料气缸：主要依靠单向气动电磁阀控制其动作的发生，推料气缸主要将合格产品推进后续生产；排料气缸主要将不合格产品推出生产流程。
- (3) 红外测距传感器：主要对传送的物料进行尺寸规格检测，将检测信号传至 PLC 进行预设数值比对判断。

分拣单元系统结构关系组成如图 3-3 所示：

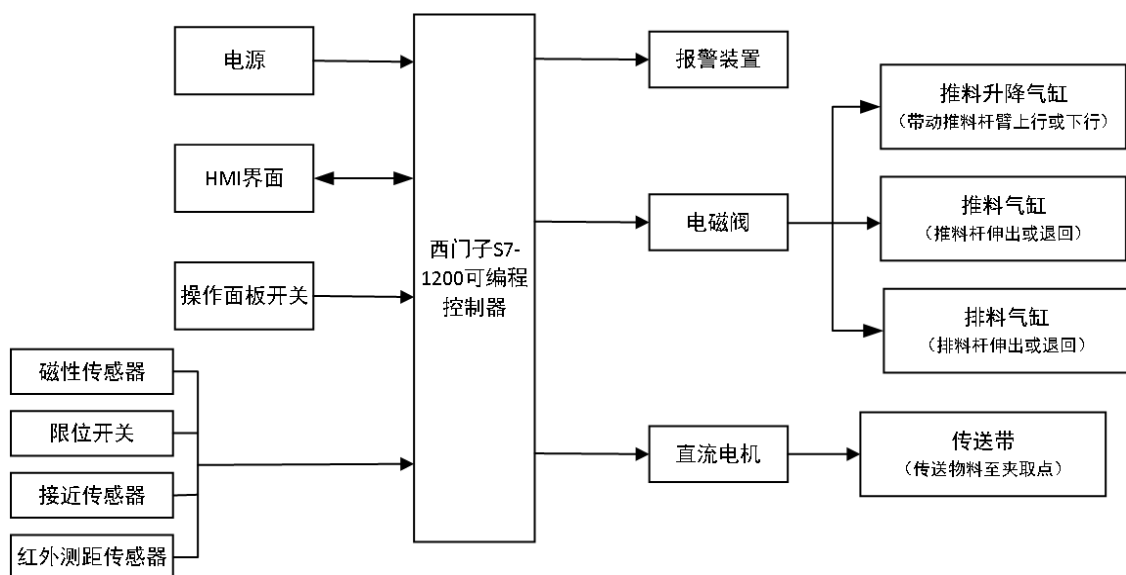


图 3-3 分拣单元系统结构组成关系

分拣单元 PLC 的输入/输出地址如表 3-9 所示。

表 3-9 分拣单元系统 PLC 输入/输出(I/O)地址

输入地址	符号	功能说明	输入地址	符号	功能说明
I0.0	S1	自动/手动	AI 0	B5	红外测距物料高度
I0.1	S2	启动	Q0.0	L1	启动按钮指示灯/三色灯绿灯
I0.2	S3	停止	Q0.1	K1	搬运电机使能
I0.3	S4	急停	Q0.2	K2	搬运电机方向
I0.4	B1	搬运初始位	Q0.3	1Y	排料气缸伸出线圈
I0.5	B2	搬运右侧位	Q0.4	2Y1	升降气缸落下线圈
I0.6	B3	上料点有料	Q0.5	2Y2	推料伸出线圈
I0.7	B4	高度检测点有料	Q0.6	K3	推料缩回线圈
I1.0	1B1	排料气缸缩回	Q0.7	L2	三色灯黄灯
I1.1	1B2	排料气缸伸出	Q1.0	L3	三色灯红灯
I1.2	2B2	升降气缸抬起	Q1.1	H1	三色灯蜂鸣器
I1.3	2B1	升降气缸落下			
I1.4	3B1	推料气缸缩回			
I1.5	3B2	推料气缸伸出			
I2.0	S1	复位			

## 第 4 章 系统软件设计

本章将详细介绍物料供料分拣单元控制系统的软件设计，包括介绍供料分拣系统程序的开发环境；配置工作站设备之间的连接；子模块软件程序设计以及对所编的程序进行仿真。

### 4.1 PLC 控制程序开发平台介绍

#### 4.1.1 系统程序开发环境

基于本课题的控制器采用西门子 S7-1200 系列 PLC，因此系统程序开发将使用西门子公司的 TIA Portal(Totally Integrated Automation)开发平台进行程序设计。本软件是一款完全集成的自动化软件，该软件集系统配置和程序编写于一体，可用于仿真调试、系统配置可视化，支持触摸屏和 PC 工作站设置等功能<sup>[9]</sup>。它是业界第一个使用统一工程配置和项目环境的自动化软件<sup>[10]</sup>。TIA Portal 开发平台无论是系统的设计、安装、调试还是维护，都可以大大减少工程设计时间，降低生产成本和人力投资。

#### 4.1.2 系统项目创建及硬件组态

在进行程序编写前需要对系统设备进行组态。设备组态(configure)就是根据 PLC 控制器、CPU、HMI、PLC 输入输出模块以及通信模块等硬件设备的型号版本信息，在系统开发平台的设备网络编辑器中创建与实际硬件系统相同的模拟系统<sup>[10]</sup>。

第一步，打开 TIA Portal STEP7 Professional V15.1 开发软件，软件界面包括 Portal 视图与项目视图。在 Portal 视图中选择建立新项目，在添加新项目控制器 CPU 选择 SIMATIC S7-1200，在对应的 CPU 1214C DC/DC/DC 对话框下选择与系统实际应用的 CPU 型号相同的设备进行添加。系统项目建立如图 4-1 所示。

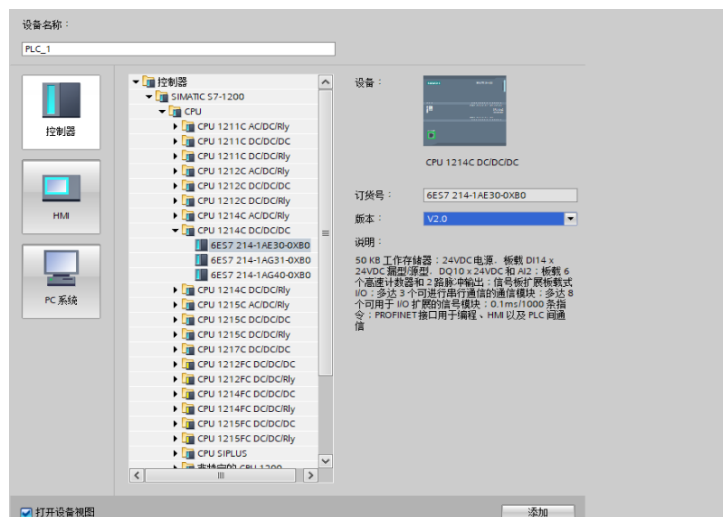


图 4-1 系统项目建立示意图

第二步，进入开发平台的项目视图界面，从界面的左侧选择设备组态选项，在添加完新设备后，会自动生成与其匹配的机架。从右侧选项“硬件目录”中，根据实际应用的设备型号与订货号找到与系统相匹配输入、输出模块和通信模块，并将这些模块按照顺序添加到编辑组态的编辑窗口中，生成 PLC 组态图。设备组态布局如图 4-2 所示。

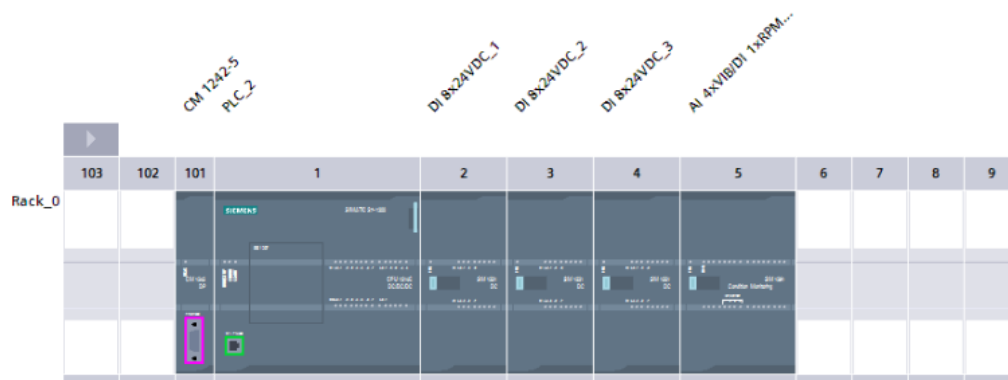


图 4-2 设备组态布局图

第三步，PLC 设备的硬件组态完成后，可以通过网络视图进行 PROFIBUS、PROFINET 网络、以太网 TCP 连接的创建和设置，以及 HMI 连接的设置。设备组态连接如图 4-3 所示。

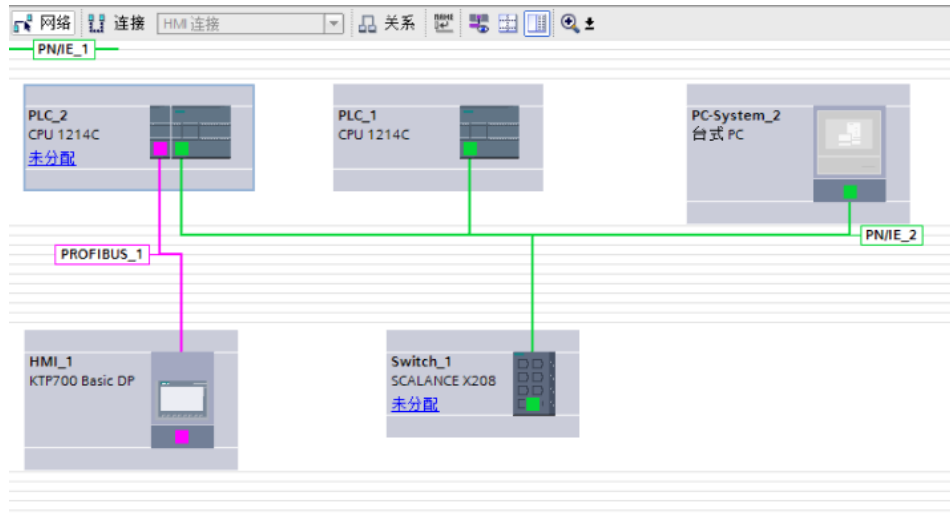


图 4-3 设备组态连接图

#### 4.1.3 系统子模块配置

打开 Siemens PLC 编程软件 TIA portal，打开新创建的项目，在左侧导航栏中添加所需的功能块和程序块中的功能并点击保存。点击相应的功能块，进行功能程序的设计和编写。程序中的 FB 块包括自动运行功能块(FB1)、单步运行功能块(FB2)和复位动作(FB3)。其中，功能 FC 在功能块 FB 中被调用，具体的 FC 功能是物料高度检测(FC4)<sup>[12]</sup>。

- (1) OB 组织块：OB 组织块为主程序块，主要用于程序循环执行，可调用其他用户块。
- (2) FB 函数块：FB 调用分配一个后台数据块，用于存储接口数据和运行中间数据。
- (3) FC 函数：FC 可作为子程序或者函数使用，没有单独的数据存储区。
- (4) DB 数据块：DB 用于储存程序执行中产生的临时变量，这些变量是全局变量。

系统程序块详细视图如图 4-4 所示。

详细视图		
名称	详细信息	已发布
添加新块		<input type="checkbox"/>
Main	OB1	<input type="checkbox"/>
物料高度检测	FC4	<input type="checkbox"/>
单步运行	FB2	<input type="checkbox"/>
复位动作	FB3	<input type="checkbox"/>
自动运行	FB1	<input type="checkbox"/>
IN	DB20	<input type="checkbox"/>
OUT	DB21	<input type="checkbox"/>
单步运行_DB	DB4	<input type="checkbox"/>
复位动作_DB	DB6	<input type="checkbox"/>
自动运行_DB	DB5	<input type="checkbox"/>
系统块		<input type="checkbox"/>

图 4-4 系统程序块详细视图

在进行程序编写之前，需要根据系统 I/O 分配表，在 PLC 变量表内添加变量。系统部分 PLC 变量如表 4-1 所示。

表 4-1 系统部分 PLC 变量

名称	数据类型	地址
上料电机使能标志位	Bool	M10.0
升降气缸得电标志位	Bool	M10.1
气爪夹紧得电标志位	Bool	M10.2
升降气缸失电标志位	Bool	M10.3
搬运电机使能标志位	Bool	M10.4
升降气缸得电标志位	Bool	M10.5
气爪松开得电标志位	Bool	M10.6
升降气缸失电标志位	Bool	M10.7
搬运电机使能标志位	Bool	M11.0

## 4.2 系统程序设计

### 4.2.1 系统总体程序流程设计

基于西门子 PLC 的供料分拣单元控制系统主要分为供料单元操作和分拣单元操作，两个工作单元之间通过逻辑配合实现系统的供料分拣功能。

为了使生产操作简易化，方便实际生产操作人员操作，本系统程序设计有自动操作和手动操作两种模式供操作人员选择。系统开始自动运行前需要进行系统初始化，将原先运行的程序执行清除，操作人员对系统使用情况进行复位确认，相应执行机构在未完成复位确认系统无法开始自动运行。复位确认完毕后，系统自动运行开始，供料单元等待运行信号，当料仓有料时设备从料仓取料，传送至供料上料台，完成上料工序。上料后等待供料组件对物料进行加工，供料组件收到供料信号后，将物料送至分拣单元加工。待等待中的分拣单元收到执行信号后，将物料传送后续的尺寸检测，检测完成后，分拣组件接收到分拣信号与检测结果，对物料进行不同尺寸级别的分拣。系统总体循环一次完成整个生产工序，分拣完成后，系统再次进入循环运行，完成自动装配线操作。

当系统采用手动操作模式时，则需要操作人员在执行机构每完成一步生产动作后通过机械按钮进行下一步运行指令的发出，实现对生产流程每一加工环节的独立控制。系统总体程序流程如图 4-5 所示。

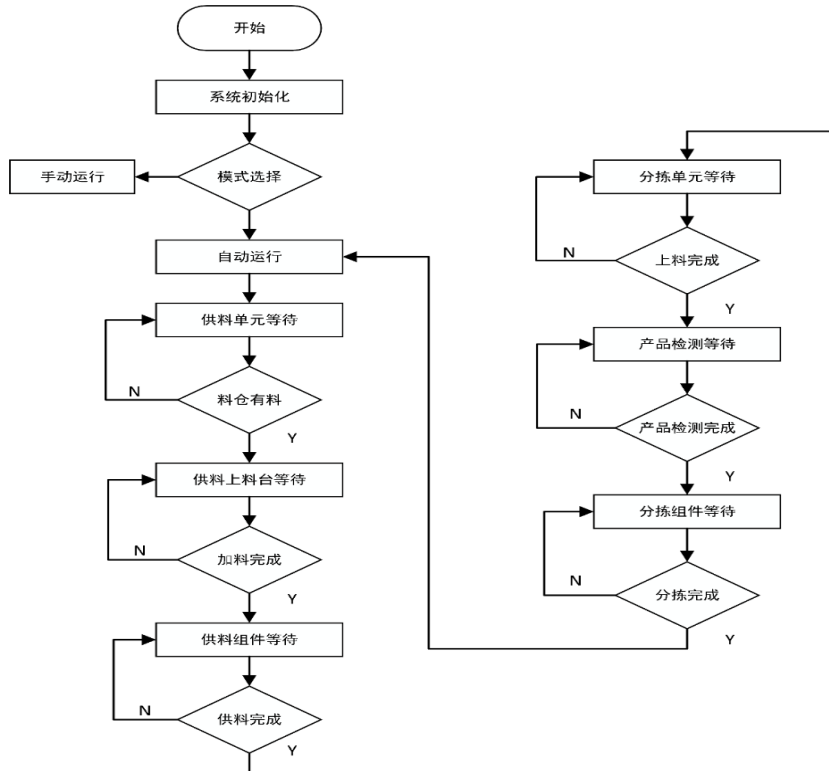


图 4-5 系统总体程序流程图

OB1 主程序函数块是系统逻辑程序的主体程序，用于调用系统的各个 FB 函数块。在初始化系统后，OB1 将循环执行。当输入外部控制指令时，相应的控制程序将跳转执行。当 OB1 调用 FB 函数块时，FB 函数块将按照编辑好的控制程序完成其所有逻辑操作，并自动返回执行 OB1。本系统的 OB1 主程序如图 4-6 所示。

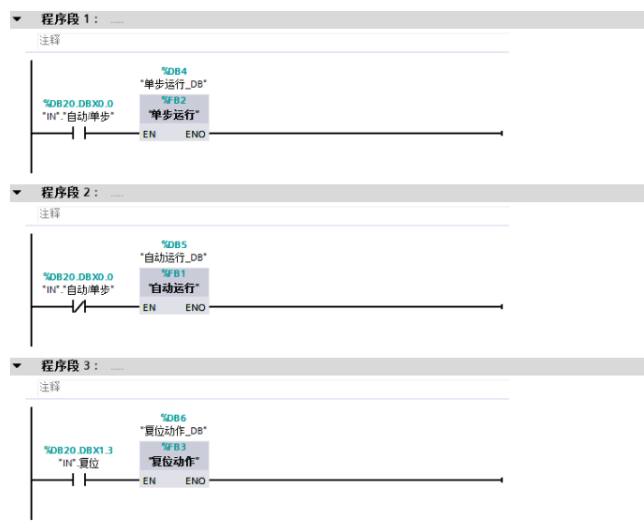


图 4-6 OB1 主程序

本系统的两个加工单元在执行生产操作前均需要进行原点复位，原点复位是人为设定的。在原点重新定位程序设计中，加工单元的每个部件的顺序由 STL 梯形指令管理。在同步带式输送机组件、同步带驱动电机、升降气缸、气动气爪、排料气缸和推料气缸达到原点标志位时，系统将按照顺序依次进行一系列气缸动作，直到原点复位操作完成。系统复位子模块运行流程如图 4-7 所示，复位子模块部分程序如图 4-8 所示。

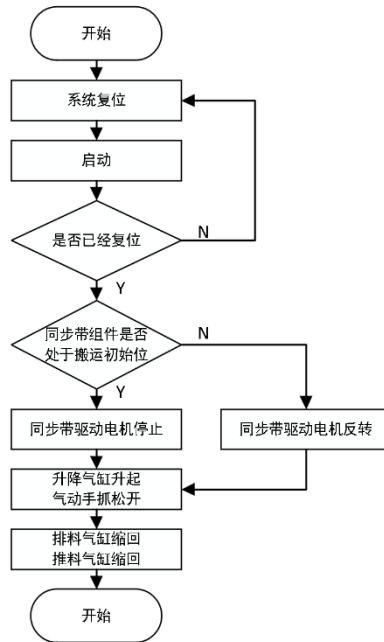


图 4-7 系统复位子模块运行流程

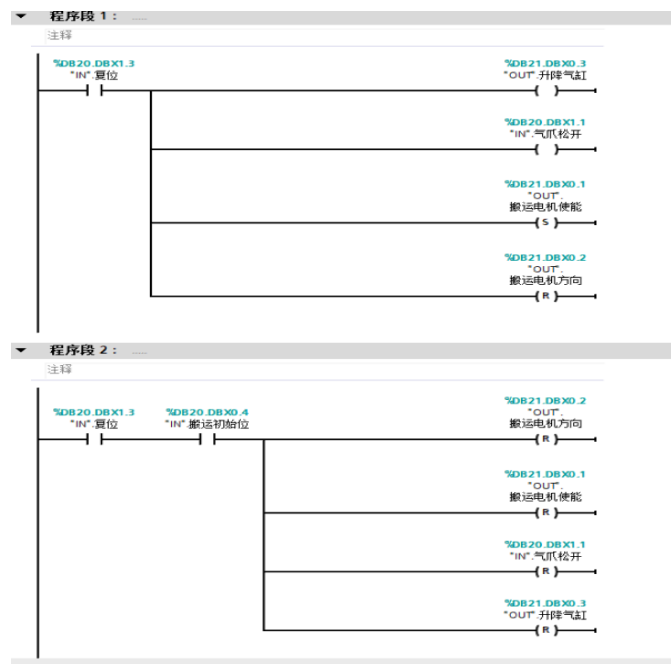
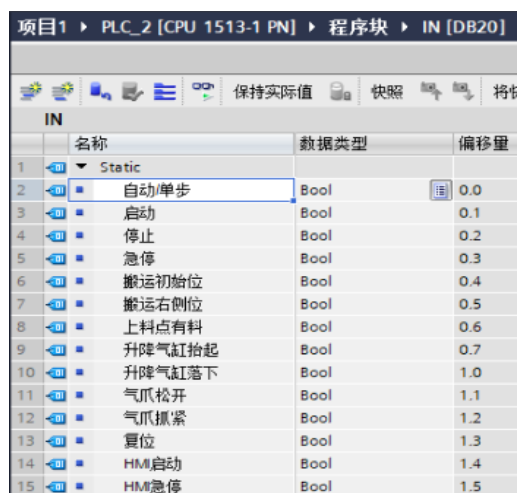


图 4-8 系统复位子模块部分程序

#### 4.2.2 供料单元系统程序设计

根据供料单元的控制要求进行程序设计。依照前面章节的系统设计与分析，将表 3-10 供料单元 I/O 分配表在单元控制西门子 PLC 编程软件中进行全局变量注释。供料单元输入变量备注如图 4-9 所示，输出变量备注如图 4-10 所示。



名称	数据类型	偏移量
Static		
自动/单步	Bool	0.0
启动	Bool	0.1
停止	Bool	0.2
急停	Bool	0.3
搬运初始位	Bool	0.4
搬运右侧位	Bool	0.5
上料点有料	Bool	0.6
升降气缸抬起	Bool	0.7
升降气缸落下	Bool	1.0
气爪松开	Bool	1.1
气爪抓紧	Bool	1.2
复位	Bool	1.3
HMI启动	Bool	1.4
HMI急停	Bool	1.5

图 4-9 输入变量备注



名称	数据类型	偏移量
Static		
启动按钮指示灯	Bool	0.0
搬运电机使能	Bool	0.1
搬运电机方向	Bool	0.2
升降气缸	Bool	0.3
气爪松开线圈	Bool	0.4
气爪抓紧线圈	Bool	0.5
上料电机使能	Bool	0.6

图 4-10 输出变量备注

供料单元控制流程：首先，在装载位置手动将物料放在输送带上。送料驱动电机 M2 启动后，物料滑至传送带末端。当物料检测传感器检测到材料的存在时，提升气缸电磁阀将气爪向下驱动。气爪电磁阀带动气爪夹紧物料。一旦夹紧成功，提升缸上的电磁阀将气爪向上驱动。然后，物料在电机带动下向下一生产流程运动，并将整个同步带式输送机从初始物料搬运位置 B1 移动到物料搬运右侧位置 B2。当整个同步带式输送机移动到物料搬运位置右侧的 B2 位置时，物料搬运电机 M1 停止转动。在收到分拣单元的自由空闲信号后，提升气缸上的电磁阀将气爪向下放到物料输送平台上方。放置成功后，升降气缸电磁阀断电驱动气爪上升，M1 电机开始反向转动，同步带式输送机组件回到初始工作位置 B1。供料单元控制运行流程如图 4-11 所示。



图 4-11 供料单元控制运行流程

为了实现供料单元控制的灵活生产，在程序设计上设计了自动运行与单步运行两部分执行程序，以满足生产线实际生产的不同控制需求。

供料单元系统初始化完成后，可选择进行自动运行。在自动运行模式下，只需启动设备，系统即可根据用户事先编入的控制程序自动完成整个生产流程作业。下一步动作执行均根据上一步动作执行完成并由 PLC 控制器自动识别和发出指令，无需操作人员对每步执行进行控制操作。供料单元部分自动控制程序如图 4-12 所示。

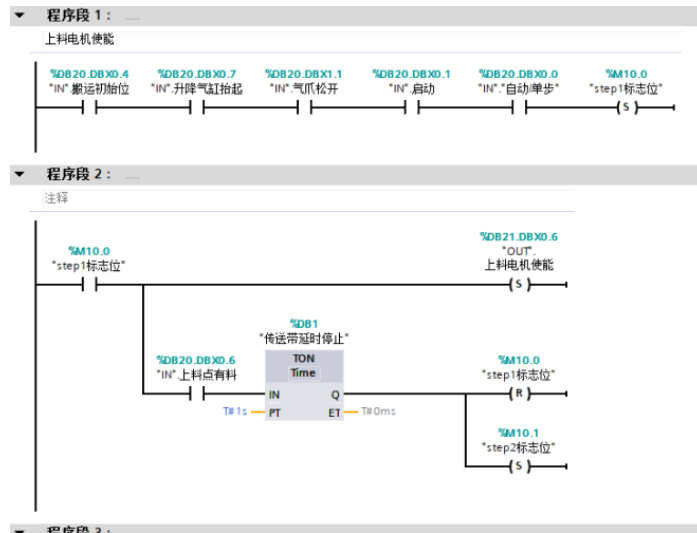


图 4-12 供料单元部分自动控制程序

当操作人员在操作面板上进行操作时，系统完全初始化后，将中间变量 M10.0 置位启动上料电机，当物料进入到上料检测点，传感器将接收到的信号送给 PLC 将置位延时停止指令，触发传送带延时停止，传送带将会在设定停止时间到达停止运行，并置位下一步中间变量 M10.1 同时复位上一步中间变量 M10.0。以此类推自动完成整个流程。

供料单元初始化完成后，系统可选择进行单步运行。在单步运行模式下，系统每进行一步动作执行，PLC 控制器会对完成程序进行采集控制并等待，但不会自动触发下一步动作指令，需要操作人员通过物理操作面板进行下一步动作的指令控制。供料单元部分单步控制程序如图 4-13 所示。

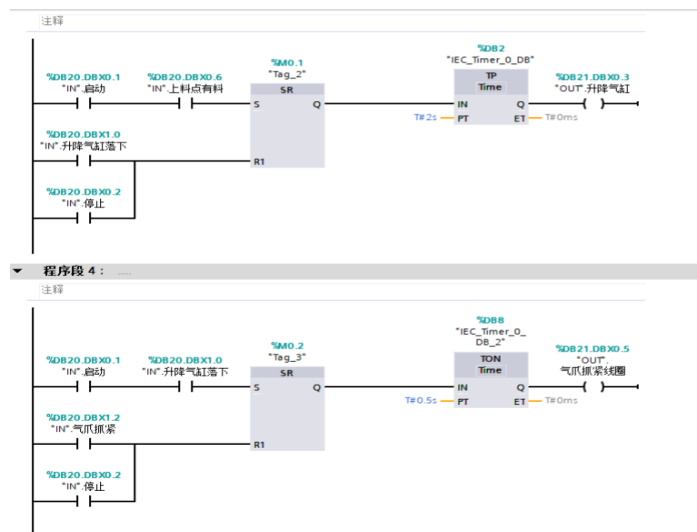
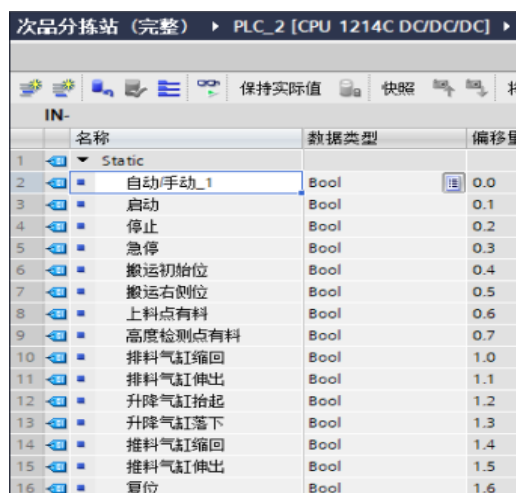


图 4-13 供料单元部分单步控制程序

### 4.2.3 分拣单元系统程序设计

根据供料单元的控制要求进行程序设计。依照前面章节的系统设计与分析，将表 3-12 分拣单元 I/O 分配表在单元控制西门子 PLC 编程软件中进行全局变量注释。分拣单元输入变量注释如图 4-14 所示，输出变量注释如图 4-15 所示。



IN-	名称	数据类型	偏移量
1	Static		
2	自动手动_1	Bool	0.0
3	启动	Bool	0.1
4	停止	Bool	0.2
5	急停	Bool	0.3
6	搬运初始位	Bool	0.4
7	搬运右侧位	Bool	0.5
8	上料点有料	Bool	0.6
9	高度检测点有料	Bool	0.7
10	排料气缸缩回	Bool	1.0
11	排料气缸伸出	Bool	1.1
12	升降气缸抬起	Bool	1.2
13	升降气缸落下	Bool	1.3
14	推料气缸缩回	Bool	1.4
15	推料气缸伸出	Bool	1.5
16	复位	Bool	1.6

图 4-14 输入变量注释图



OUT	名称	数据类型	偏移量
1	Static		
2	启动按钮指示灯/三...	Bool	0.0
3	搬运电机使能	Bool	0.1
4	搬运电机方向	Bool	0.2
5	排料气缸伸出线圈	Bool	0.3
6	升降气缸落下线圈	Bool	0.4
7	推料伸出线圈	Bool	0.5
8	推料缩回线圈	Bool	0.6
9	三色灯黄灯	Bool	0.7
10	三色灯红灯	Bool	1.0
11	三色灯蜂鸣器	Bool	1.1

图 4-15 输出变量注释图

分拣单元控制流程：当物料被前一生产单元置在分拣单元前端承载物料平台上，下方的物料检测传感器主动开启检测，搬运电机 M1 开始正向转动，同步带式输送组件由初始搬运位置移动到右侧搬运位置。在此过程中当高度检测点的漫射光电开关 B4 检测到物料时，电机 M1 停止转动。高度检测模块中的红外高度传感器检测材料的高度并保存结果。然后电机 M1 继续向前转动，物料继续向右侧输送。当到达物料搬运的正确位置时，电机 M1 停止转动。此时，根据物料高度的检测结果进行不同的操作。如果是不合格的物料，废料排出气缸电磁阀通电，气缸动作将物料排出，落入废料箱内；如果物料合格，在接收到后续加工单元的空闲信号后，升降气缸的电磁阀将带动推料缸向下动作，物料被推料缸推入后续加工工序。推料完成后，升降气缸电磁阀将失去电能，带动推料缸上升。然后电机 M1 开始倒转，同步带式输送机组件回到搬运初始位置。分拣单元控制程序流程如图 4-16 所示。

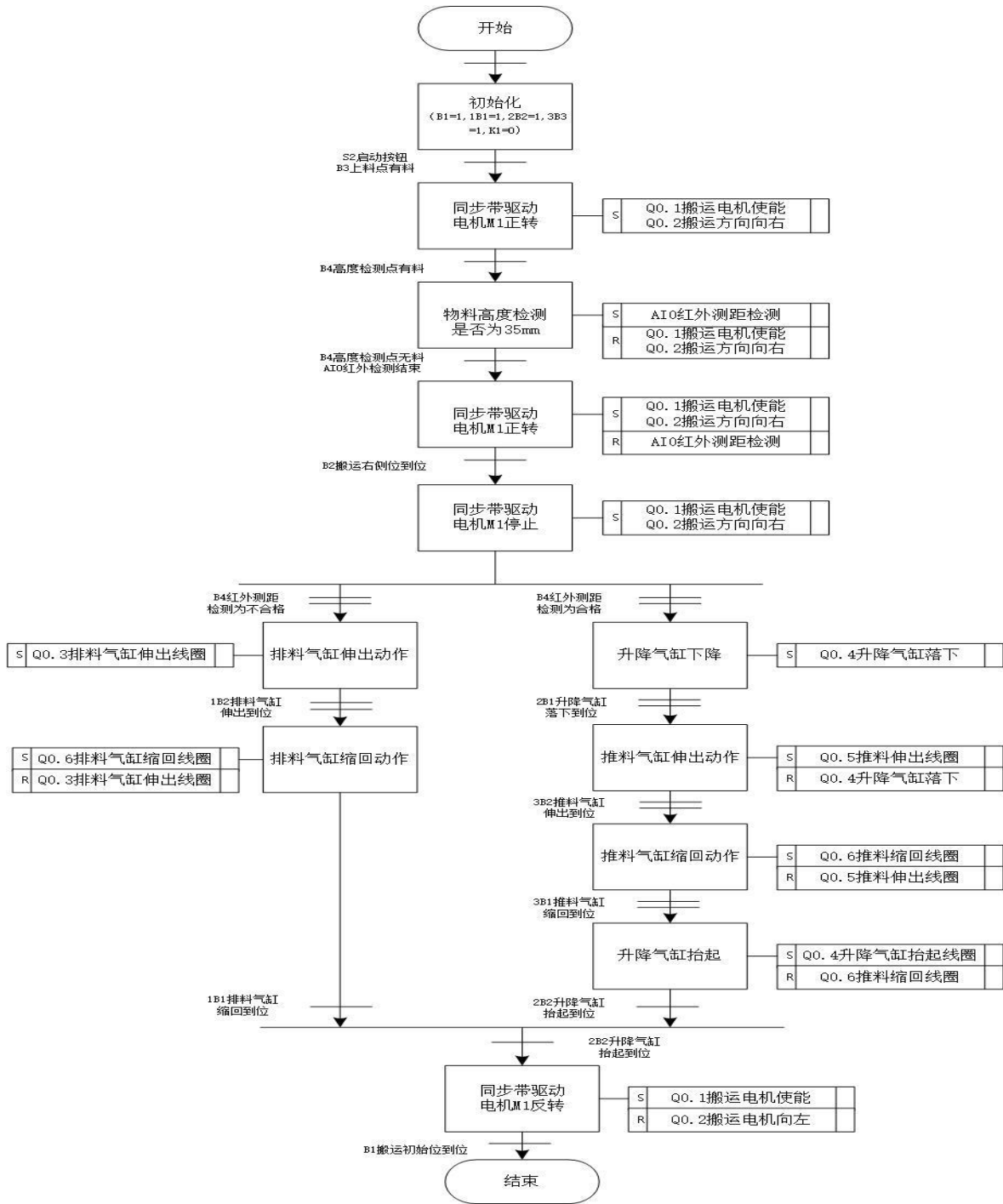


图 4-16 分拣单元控制程序流程

由于需要在分拣单元中记录材料的高度，因此在程序编程中引入了模拟信号处理。信号模拟处理是用红外距离传感器将检测到的实际物理值处理成 0-5v 电压信号，并传送到 PLC 模拟模块。0-5v 电压信号通过 PLC 内部的 A/D 转换器转换为相应的 0-13824 值。模拟量信号处理流程如图 4-17 所示。

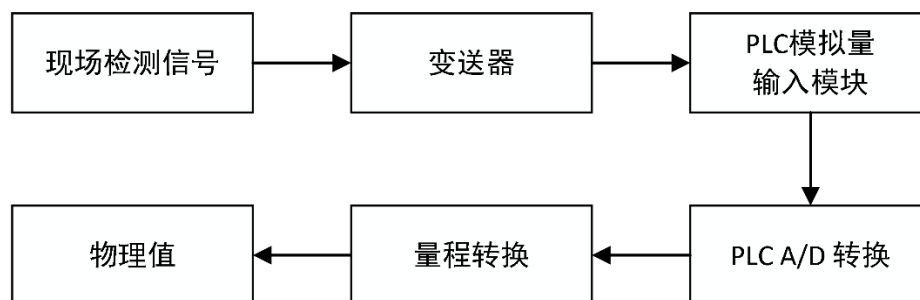


图 4-17 模拟量信号处理流程

通过 NORM\_X 归一化指令将 0-13824 模拟量数值转换成 0.0~1.0 之间的实数值，在 OUT 接口处输出，将输出结果储存在 Temp 临时储存区中，再使用 SCALE\_X 指令将结果转换成具体实际值<sup>[13]</sup>。

NORM\_X 指令包含 MIN 和 MAX 接口，其值由 PLC 转换为最小值和最大值。使用 SCALE\_X 指令时，将 MIN 和 MAX 接口与物理最小和最大值对应起来。在 VALUE 指令中输入经过 NORM\_X 指令规范化后的物理值<sup>[13]</sup>。物料高度模拟量程序如图 4-18 所示。

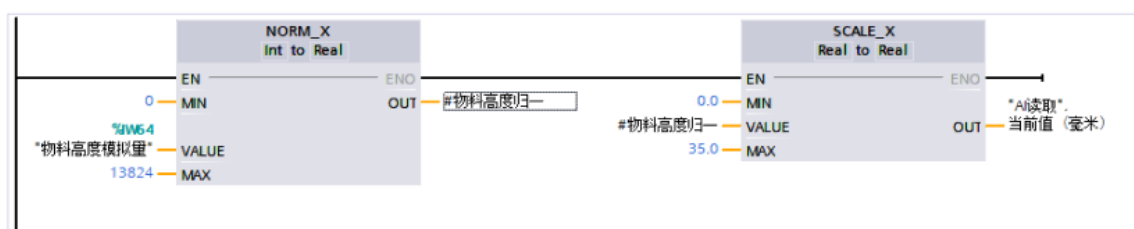


图 4-18 物料高度模拟量程序

为了实现分拣单元控制的灵活生产，在程序设计上设计了自动运行与单步运行两部分执行程序，以满足生产线实际生产的不同控制需求。

分拣单元初始化完成后，可选择进行自动运行。在自动运行模式下，只需启动设备，即可根据用户事先编入的控制程序自动完成整个生产流程作业。下一步动作执行均根据上一步动作执行完成并由 PLC 控制器自动识别和发出指令，无需操作人员对每步执行进行控制操作。分拣单元部分自动控制程序如图 4-19 所示。

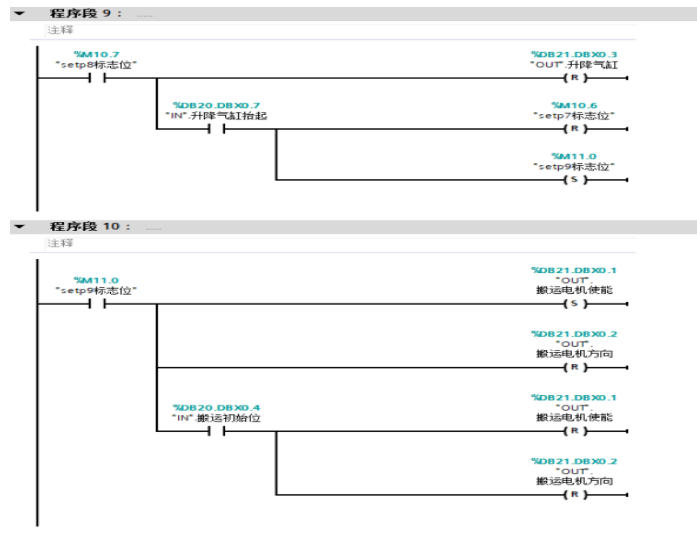


图 4-19 分拣单元部分自动控制程序

分拣单元初始化完成后，可选择进行单步运行。在单步运行模式下，系统每进行一步动作指令，PLC 控制器会对完成程序进行采集控制并等待，但不会自动触发下一步动作指令，需要操作人员通过物理操作面板进行下一步动作的指令控制。分拣单元部分单步控制程序如图 4-20 所示。

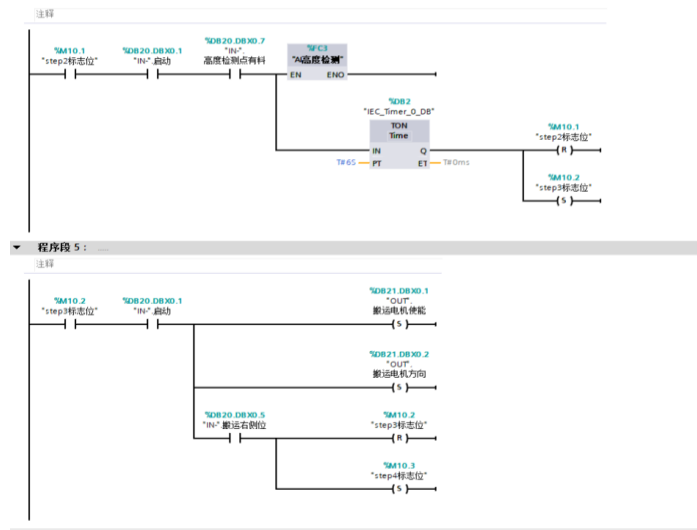


图 4-20 分拣单元单步运行部分程序

### 4.3 系统 HMI 控制界面设计

本系统供料分拣单元作为具有人机交互的控制设备，需要配备良好流畅的人机交互环境与简洁明了的交互界面。人机界面操作主要面向用户和现场操作人员设计，实现系统整体运行过程手动控制以及相关信息显示。

基于系统所使用的触摸屏类型以及系统规模大小，系统 HMI 控制界面设计将使用西门子公司 TIA Portal(Totally Integrated Automation)集成平台进行设计，通过 WINCC V15.1 Professional 完成界面编程，能显示生产单元在各个生产环节的工艺流程，通过手动干预修改数值进行设备控制。

本系统 HMI 连接分为两部分，分别为 TP900 供料单元 S7-1200 HMI 1、分拣单元 S7-1200 HMI 2。系统 HMI 分配如图 4-21 所示，HMI -PLC 网络拓扑连接如图 4-22 所示。

本地连接名称	本地站点	本地 ID (十...)	伙伴 ID (十...)	伙伴	连接类型
HMI_连接_1	HMI_1			PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/...	HMI 连接
HMI_连接_2	HMI_1			PLC_2 [CPU 1214C DC/DC/...	HMI 连接

图 4-21 系统 HMI 分配



图 4-22 HMI 网络拓扑连接图

人机交互（HMI 界面）主要包括主画面、供料单元监控画面、分拣单元监控画面和系统报警记录组成。

### 1. 主画面

主界面显示主要由用户账号登录板块和分画面导航组成，根据账户账号和密码可登录 HMI 控制界面，从右侧的分画面导航可单独进入供料单元 HMI 监控画面、分拣单元 HMI 监控画面以及系统报警记录画面。系统 HMI 主画面如图 4-23 所示。

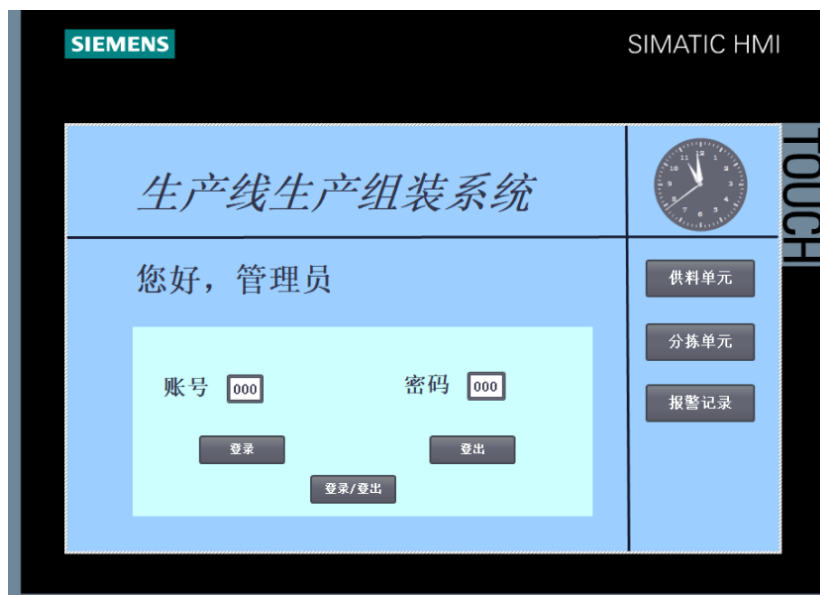


图 4-23 系统 HMI 主画面

## 2. 单元控制监控画面

单元控制监控画面主要是对控制单元中各个执行机构在自动或者单步运行状态下的动作是否到位借助各类传感器进行画面反馈。同时为了简便在触摸屏上进行单元控制监控，画面分为三部分：分画面导航、执行机构动作反馈与操作模式切换。在系统正常运行状态下，供料单元的各个执行环节的位置动作信息将会通过传感器配合和 PLC 的数据处理显示在触摸屏上，同时配备系统的启动、停止、急停以及自动/单步切换等触摸按钮方便在触摸屏上进行程序控制操作。供料单元 HMI 监控画面如图 4-24 所示，分拣单元 HMI 监控画面如图 4-25 所示。

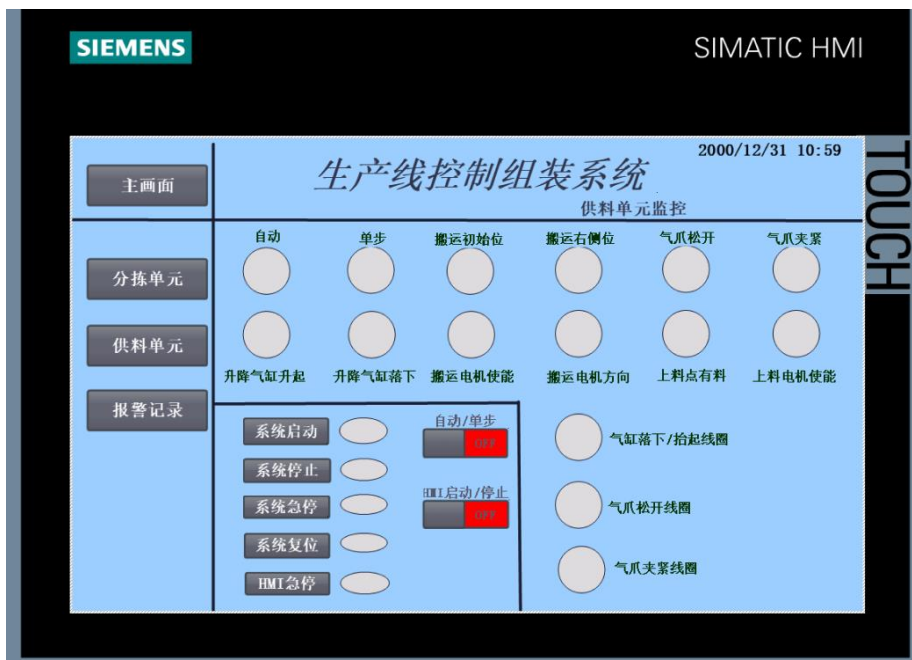


图 4-24 供料单元 HMI 监控画面

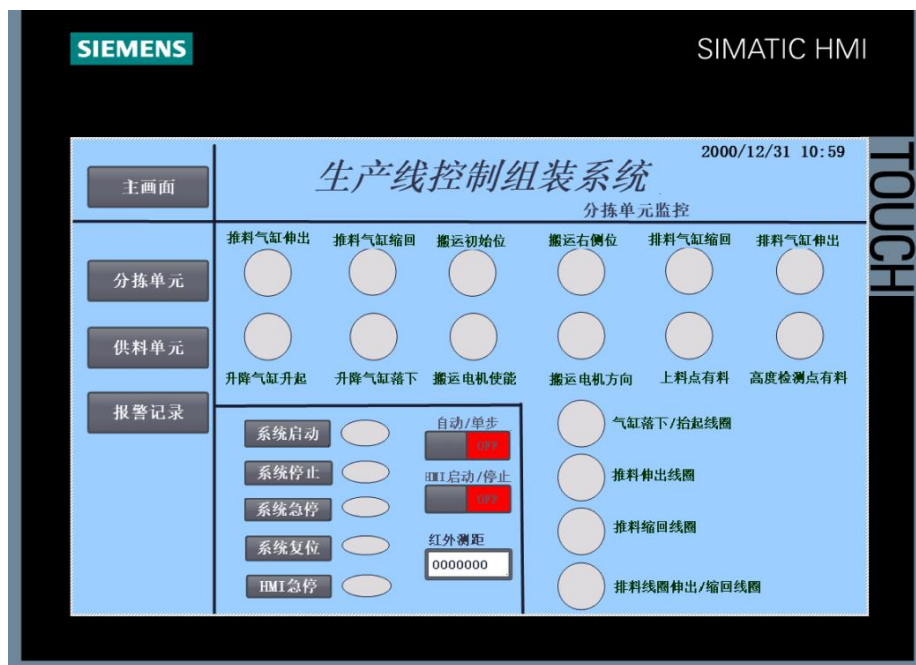


图 4-25 分拣单元 HMI 监控画面

### 3. 系统报警记录画面

为了确保生产线的安全运行和正常的生产过程，要记录保存生产过程中产生的各种报警情况，以便后续快速查阅历史报警记录清楚了解设备的运行状况。报警记录界面主要显示一段生产运作时间内发生的警报错误信息，包括发生的日期时间以及主要故障发生原因<sup>[11-12]</sup>。系统报警记录画面如图 4-26 所示。



图 4-26 系统报警记录画面

#### 4. 系统设备调试画面

为了确保每个生产单元在运行时能正常工作，避免在设备运行时出现动作卡顿甚至不动作的现象，在正式进行生产作业前，操作人员可在触摸屏系统设备调试画面进行执行机构的预先测试，画面包括调试启动运行按钮和设备动作指示灯两部分组成。系统设备调试画面如图 4-27 所示。

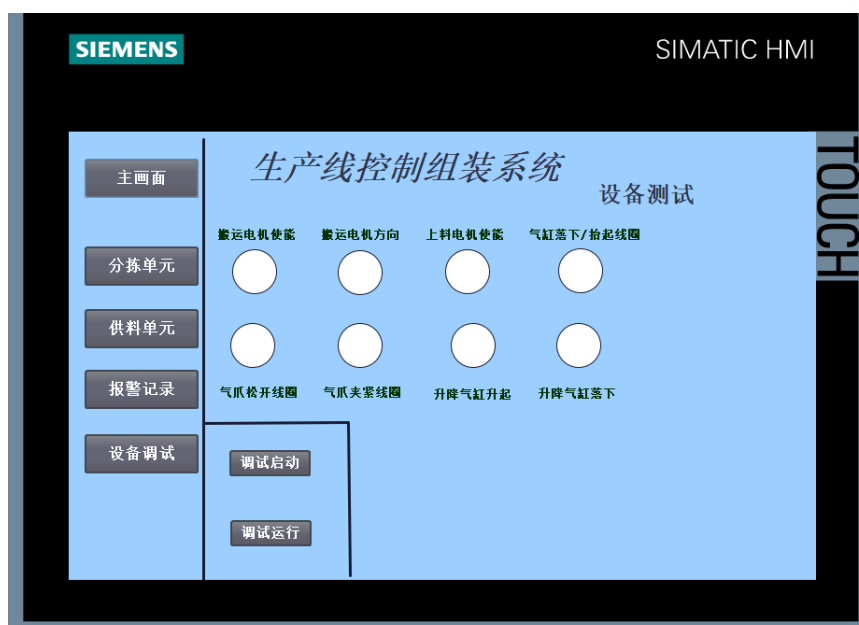


图 4-27 系统设备调试画面

## 第 5 章 系统功能调试

本章将详细介绍物料供料分拣单元控制系统的功能调试，主要包括介绍系统程序仿真运行环境的搭建、系统程序编译以及仿真运行以及系统 HMI 控制监控画面呈现。

### 5.1 PLC 控制程序仿真平台介绍

本系统的仿真运行基于西门子 TIA Portal Professional 集成平台，通过仿真驱动 PLCSIM adv 和生产单元虚拟建模平台进行通信连接。具体配置如下：

- (1) 在程序项目设计完成基础上对 PLC 进行允许远程对象 PUT/GET 通信访问设置。
- (2) 在 PC 网络连接中设置虚拟网卡 IP，并需将其虚拟网卡的 IP 地址与将要连接的 PLC 的 IP 地址处在同一网段内且互不冲突。并打开 PLCSIM adv 仿真驱动将其配置好的 PLC 的网段编辑进驱动后开启仿真。PLCSIM adv 启动如图 5-1 所示。

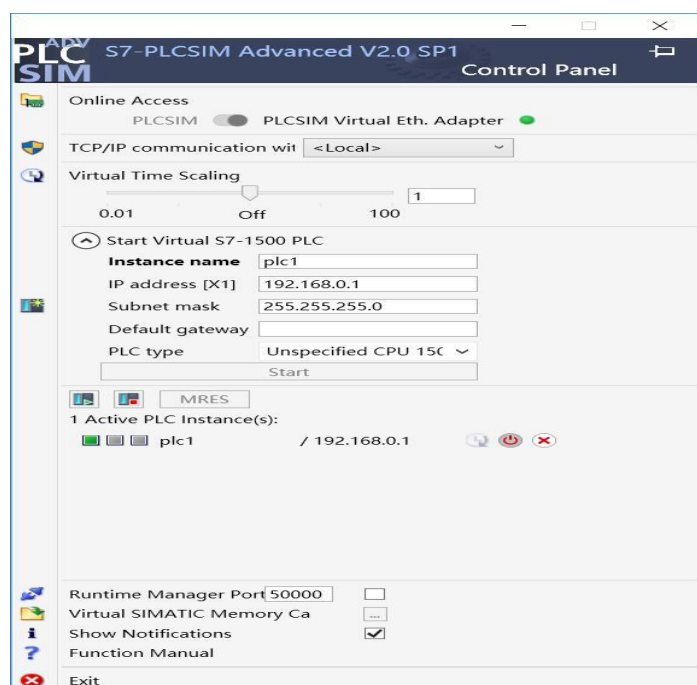


图 5-1 PLCSIM adv 启动

- (3) 在程序项目内对需要仿真的 PLC 进行扩展连接以及程序下载。下载完成后打开 IFA 生产单元虚拟建模平台并启动，左上角连接指示灯亮起说明 PLC 与仿真平台通讯连接成功。IFA 虚拟生产单元启动如图 5-2 所示。



图 5-2 IFA 虚拟生产单元启动

## 5.2 PLC 控制程序及 HMI 监控测试

### (1) 主画面测试

主画面主要完成系统 HMI 监控系统的登入，在相应的输入框内输入账号以及密码后点击登入即可，同时登入/登出指示显示对应操作的颜色提示，当登入系统时显示绿色提示，当登出系统时显示红色提示。系统主画面 HMI 在线监控如图 5-3 所示。



图 5-3 系统主画面在线监控

### (2) 设备调试画面测试

设备调试以手动模式为主，主要调试各生产单元的上料电机、搬运输送组件、升降气缸以及气动气爪的单独调试，目的是为了检查各个执行机构输入输出点是否对应，确保每个生产单元在运行时能正常工作，避免在设备运行时出现动作卡顿甚至不动作的现象。操

人员可以通过触摸屏操控和观察，以便出现问题时能快速反应及时避免对设备和现场操作人员造成伤害。各个调试模块如图 5-4 到图 5-7 所示。

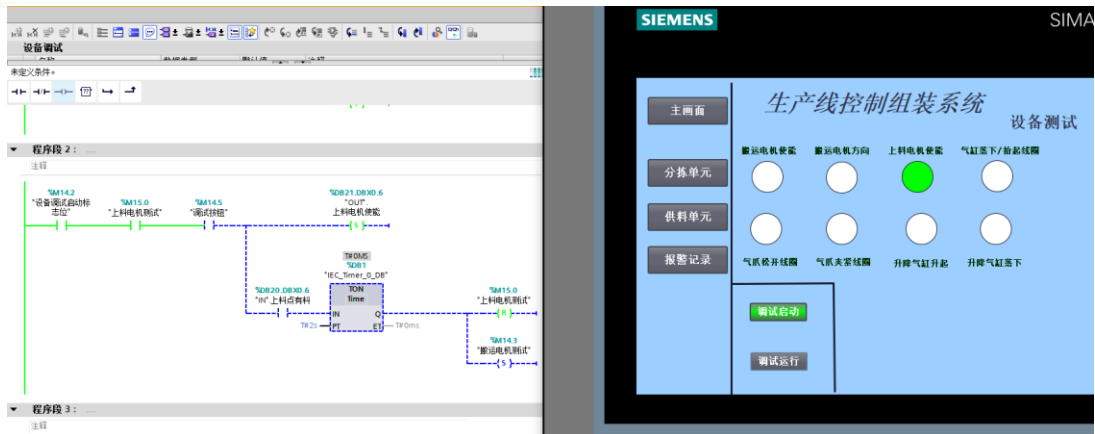


图 5-4 上料电机在线调试监控

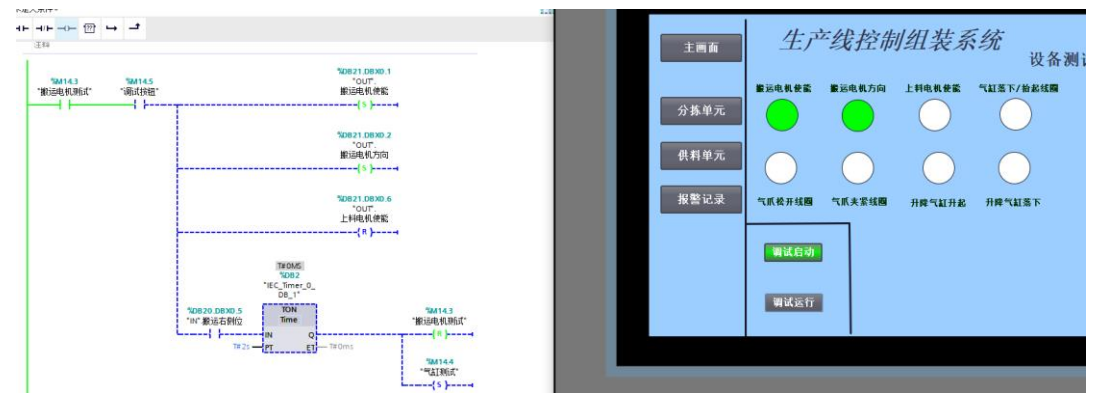


图 5-5 搬运组件在线调试监控

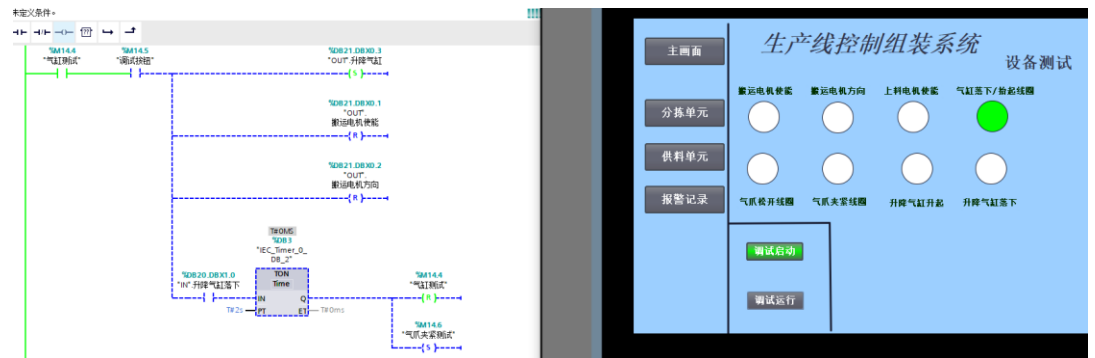


图 5-6 升降气缸在线调试监控

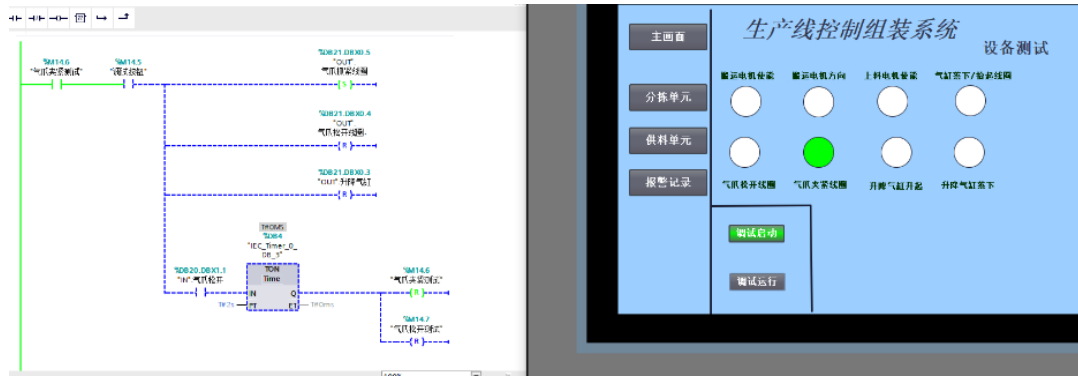


图 5-7 气动气爪调试监控

当系统进入调试模式时，点击调试启动，指示灯亮起并保持常亮，表示调试正常开启。点击调试运行按钮，进入上料电机调试环节，上料电机启动，触摸屏画面上对应的上料电机指示灯 HL1 由白色转为绿色，延时 2 秒后停止指示灯熄灭上料电机调试结束。

进入下一步搬运组件调试环节，再次点击调试运行。搬运组件启动并开始运作，此时对应的指示灯 HL2 和 HL3 均亮起，表示调试正常运行。经过 2 秒的延时后，搬运组件停止动作，指示灯也相应地熄灭。搬运组件调试工作结束。

进入下一步升降气缸调试环节，再次点击调试运行，升降气缸启动动作，触摸屏画面上对应的升降气缸落下/抬起线圈指示灯 HL4 亮起，在延时 2 秒后停止动作指示灯熄灭，升降气缸调试结束。

进入最后一步气动气爪调试环节，点击调试运行，气动气爪运行动作，先进行气爪夹紧动作，对应的指示灯 HL5 亮起表示夹紧动作完成到位，延时 2 秒停止动作指示灯熄灭；再进行气爪松开动作，点击调试运行气爪由夹紧状态动作为松开状态，对应的松开指示灯 HL6 亮起，延时 2 秒松开指示灯和调试启动指示灯熄灭，整个调试环节结束。

在进行每一环节的调试时仅能在各自环节中执行相应的动作并反馈在触摸屏画面上，唯有完成上一步调试环节才能进行下一步调试工作，方便操作者观察每个执行机构的动作状态以便能及时作出调整。

### (3) 供料单元监控画面测试

供料单元监控画面主要完成供料单元在生产过程中每一环节传感器以及执行机构动作的实时显示，并且能通过触摸屏上的控制按钮进行人为控制生产流程。当传感器接收到外部信号或者执行机构完成相应的动作指令，HMI 上的监控显示板块的相应指示灯会亮起，当未进行动作或者并未完成完整动作指令指示灯将不会亮起。供料单元 HMI 在线监控如图 5-8 所示。

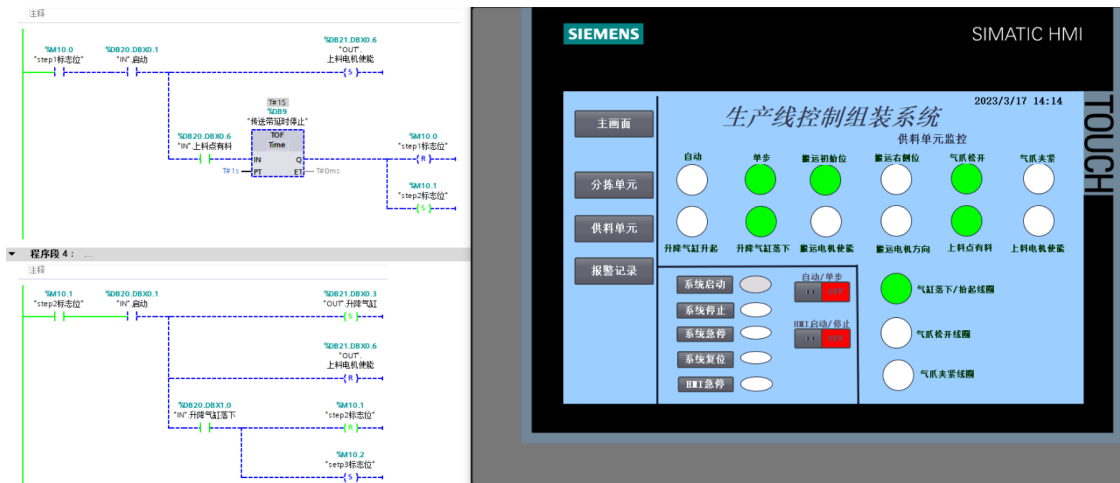


图 5-8 供料单元在线监控

#### (4) 分拣单元监控画面测试

分拣单元监控画面主要完成分拣单元在生产过程中每一环节传感器以及执行机构动作的实时显示，并且能通过触摸屏上的控制按钮进行人为控制生产流程。分拣单元主要是对物料的尺寸判别并进行不同质量等级的分拣，红外高度测距程序主要使用模拟量与数字量的输入输出转换，对物料的尺寸通过配备的红外测距传感器检测输入模拟量信号，再通过 PLC 转换为数字量输出给后续的分拣机构。

当传送的物料通过红外测距检测，物料尺寸达到 35 毫米，PLC 记录检测的电压变化值并输出数字量显示在触摸屏对应的显示框内，程序触发分拣机构的推料部分将合格物料推向后续生产环节。当传送的物料通过红外测距进行尺寸检测，物料尺寸未达到 35 毫米，PLC 会记录检测的电压变化值并输出数字量显示在触摸屏红外测距显示框上，程序触发分拣机构的排料部分将不合格物料排除。分拣单元 HMI 推料在线监控如图 5-9 所示，排料在线监控如图 5-10 所示。

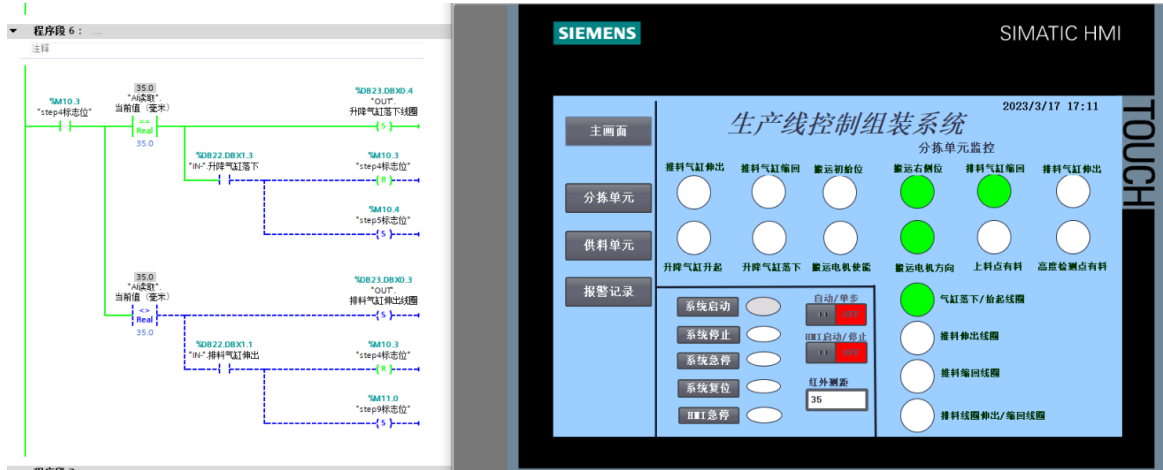


图 5-9 分拣单元 HMI 送料在线监控

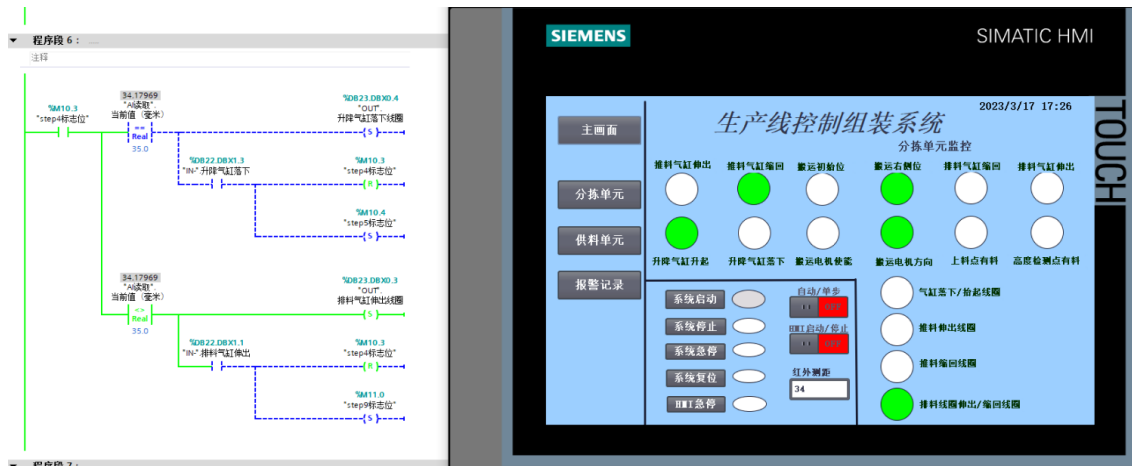


图 5-10 分拣单元 HMI 排料在线监控

## 结 论

本论文根据生产线上供料分拣环节的加工工序和要求，结合传统生产线接触器-继电器控制系统的优势，从控制单元硬件设计与软件设计两方面进行探讨研究，设计了采用西门子 S7-1200 系列 PLC 作为控制器，结合了传感器检测技术，电气气动设备以及触摸屏等特性的物料供料分拣单元控制系统。课题主要研究结论如下：

(1) 介绍了国内外 PLC 以及生产线的发展趋势，分析了 PLC 在自动化生产线中的广泛应用及其作为控制器的重要性。

(2) 根据对 PLC 控制系统工作原理的研究以及供料分拣的工艺流程，提出了整体系统控制方案，明确了对供料分拣控制系统控制功能的需求和设计原则，确定了系统的层级架构和实现方法，保证了系统的安全性和可靠性。

(3) 通过系统整体设计方案，综合分析了目前供料分拣控制单元被控对象的特点，确定系统采用的搭建模式以及触摸屏、气动元件和感知器件的配置选型。同时明确系统输入输出信号类型，对输入输出信号进行统计分析，完成 PLC 控制器选型，设计绘制控制器外部连接图，分配 I/O 点。

(4) 根据控制系统各单元的功能要求以及硬件选型，对系统网络通信进行组态实现系统的信息交互，确定了各单元控制流程并绘制流程图，根据工作流程图选择了合适的程序仿真集成平台，设计了相应的模块的控制程序。并在已确定的程序设计根据各单元控制要求，设计了触摸屏人机交互界面，主要包括登录主画面、供料分拣单元监控画面、报警记录以及各生产环节参数设定等画面编辑和变量关联。

(5) 在完成程序设计以及触摸屏画面设计的基础上，通过 S7-PLCSIM 和 S7-PLCSIM adv 平台进行系统程序仿真测试，通过组态上位机完成供料分拣单元运行的实时监控与控制，模拟生产单元实际生产运行情况，对测试中出现的问题进行总结，并根据实际问题修改提出解决方案。

通过多次系统控制测试，生产线物料供料分拣控制系统实现了全流程自动化运行，能基本满足预设的控制功能要求，但在本控制系统中仍存在不足的地方，比如气动气缸和气爪不能精准的动作执行夹取物料，皮带传动仍不能及时根据控制指令进行启停，这些是在进行系统设计时未全面考虑到气动机构的工作特性以及皮带传动的速度和时间节点所导致的，后续需要进一步的优化改进。

## 参考文献

- [1] 陈欣欢,常辉. 基于 S7-1200 直动式限位开关装配生产线仿真设计方案[J]. 科技创新与应用, 2021(35): 83-89.
- [2] 吴燕峰. 自动化生产线中 PLC 技术应用研究[J]. 企业科技与发展, 2022(5): 79-81.
- [3] 唐禹. PLC 在自动化生产线中的应用[J]. 电子世界, 2021(22): 204-205.
- [4] 邬惠峰. 浅谈可编程控制器(PLC)的技术现状和发展趋势[J]. 自动化博览, 2022,39(04): 18-21.
- [5] 刘黎明,王雪斌. 自动化生产线控制系统的分析[J]. 集成电路应用, 2022, 39(07): 224-225.
- [6] 路东兴. 基于 PLC 与 PROFINET 的柔性自动化实训生产线系统设计和研究[D]. 兰州交通大学, 2020.
- [7] 孙叶宁. 基于西门子 PLC 的自动化流水线实训系统设计[D]. 石家庄铁道大学, 2018.
- [8] 尹静洁. YL-335B 型自动化生产线教学系统改进的分析与实现[D]. 昆明理工大学, 2020.
- [9] 高国强. 基于 S7-1200PLC 的环保纸袋糊底机控制系统设计[D]. 兰州交通大学, 2022.
- [10] 胡艳琳. 基于 PLC 控制的物料检测分拣放置工业机器人系统研究与设计. 河北科技大学, 2020.
- [11] 李国治. 基于 S7-1200PLC 的纸板智能码垛生产线控制系统研究与设计[D]. 中国石油大学, 2020
- [12] 陈远方. 基于 S7-1200 的全自动包装系统的设计与实现[D]. 山东大学,2019.
- [13] 王健. 基于 S7-1200PLC 的电子直线加速器控制系统设计[D]. 北京化工大学,2019.
- [14] 西门子 S7-1200 PLC 编程及使用指南[M]. 机械工业出版社,段礼才, 2017.
- [15] Tian Feng, Li Guangpeng. Design of Intelligent Feeding Control System Based on S7-1200 PLC [J]. E3S Web of Conferences, 2021, 245 : 1-6.
- [16] Lago Alvarez Angela, Mohammed Wael M. Enhancing Digital Twins of Semi-Automatic Production Lines by Digitizing Operator Skills[J]. Applied Sciences,2023,13.

## 致 谢

毕业论文的完成意味着大学四年学习生活时光即将结束，在此过程中，亦苦亦甜，有得有失，有激情也有迷茫。怀着感恩不尽的心衷心感谢每一位帮助过我的人。

首先，我要向我的导师王莉老师表示特别的感谢。这篇文章是在王莉老师的悉心指导和严格要求下完成的。王莉老师在毕业设计的开题、毕业设计的验证、中期检查报告的审核和毕业论文的撰写中给予了充分的协助和指导。王莉老师始终秉承着科学严谨的教学态度，始终教导着我要有理有据的学术思想，持之以恒的工作态度。非常感谢王莉老师不遗余力地付出，尽管老师在日常工作中面临着繁重的任务，但在毕业设计的全过程中，老师耐心细致地为我提供了许多建设性的意见，给予了我巨大的鼓励和关怀。这不仅让我学到了扎实丰富的专业知识，也让我获得了为人处世的方法，这些经验和教诲让我终身受益，难以忘怀。

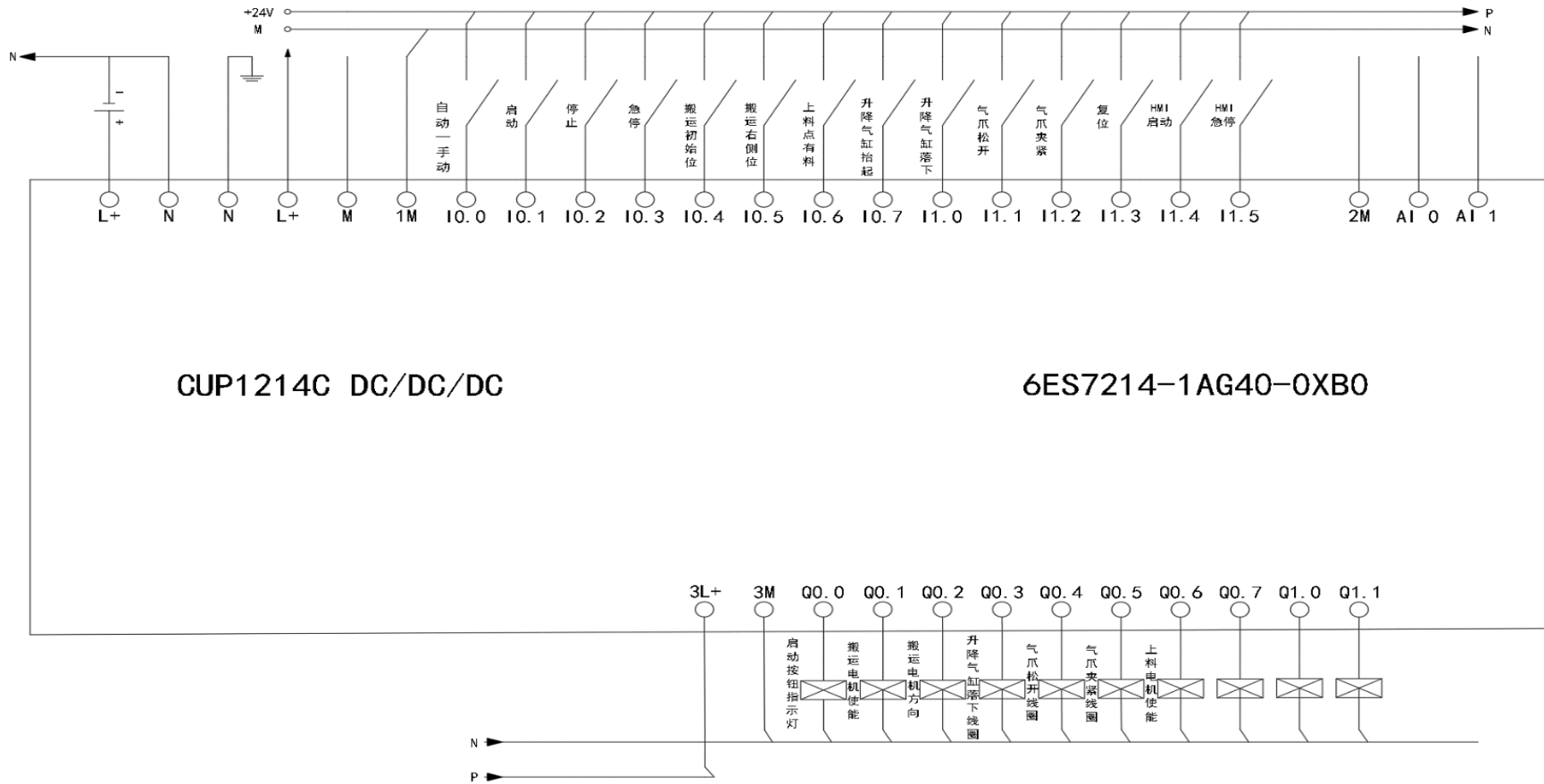
其次，感谢接纳我包容我的智能制造学院的各位老师和同学，培养了我四年的母校天津中德应用技术大学。她提供了一个无比欢乐又充满希望的学习生活平台，浓厚的学习氛围以及友好的交往关系让我能安心的施展自己思维发散的天马行空，他们的关怀照顾让远在他乡的我感受到了似家的温暖。

最后，我要感谢我的父母默默地支持和鼓励我。他们不仅给了我坚实的经济支持，还给了我温暖的心理支持，这让我能够全力以赴完成我的学业。他们的爱和理解让我能够追求生活中的各种美好，无论其代价为何。

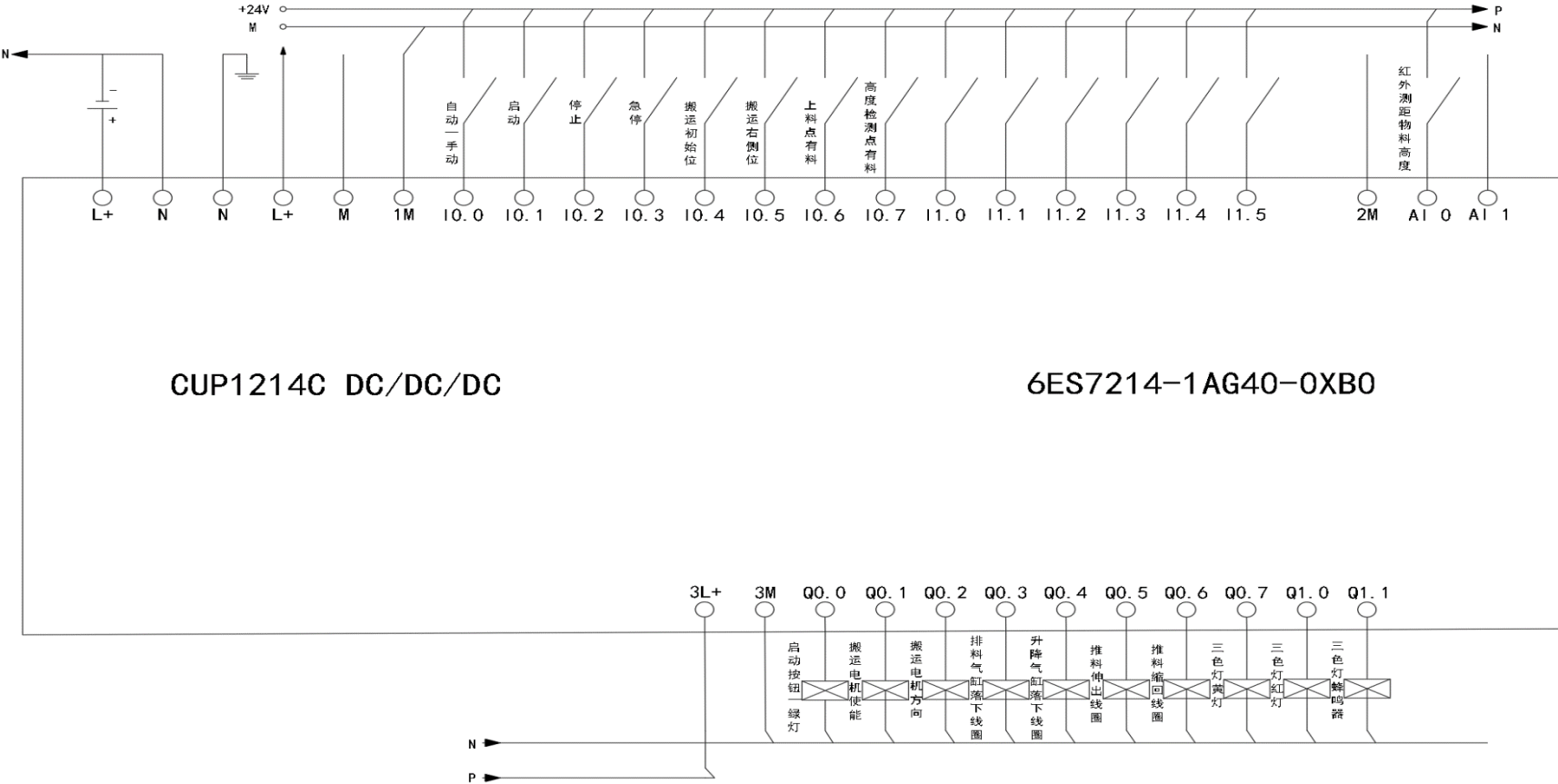
我要衷心地感谢那些给我提供宝贵建议的专家和教授，有了他们的帮助和指导，我才能高质量完成论文。同时，我也要感谢那些百忙之中抽出时间审核我的论文的老师，你们的认真审核对我的研究提供了极大的帮助，谢谢你们！

# 附录

## 附录 1：供料工作站 PLC I/O 接线图

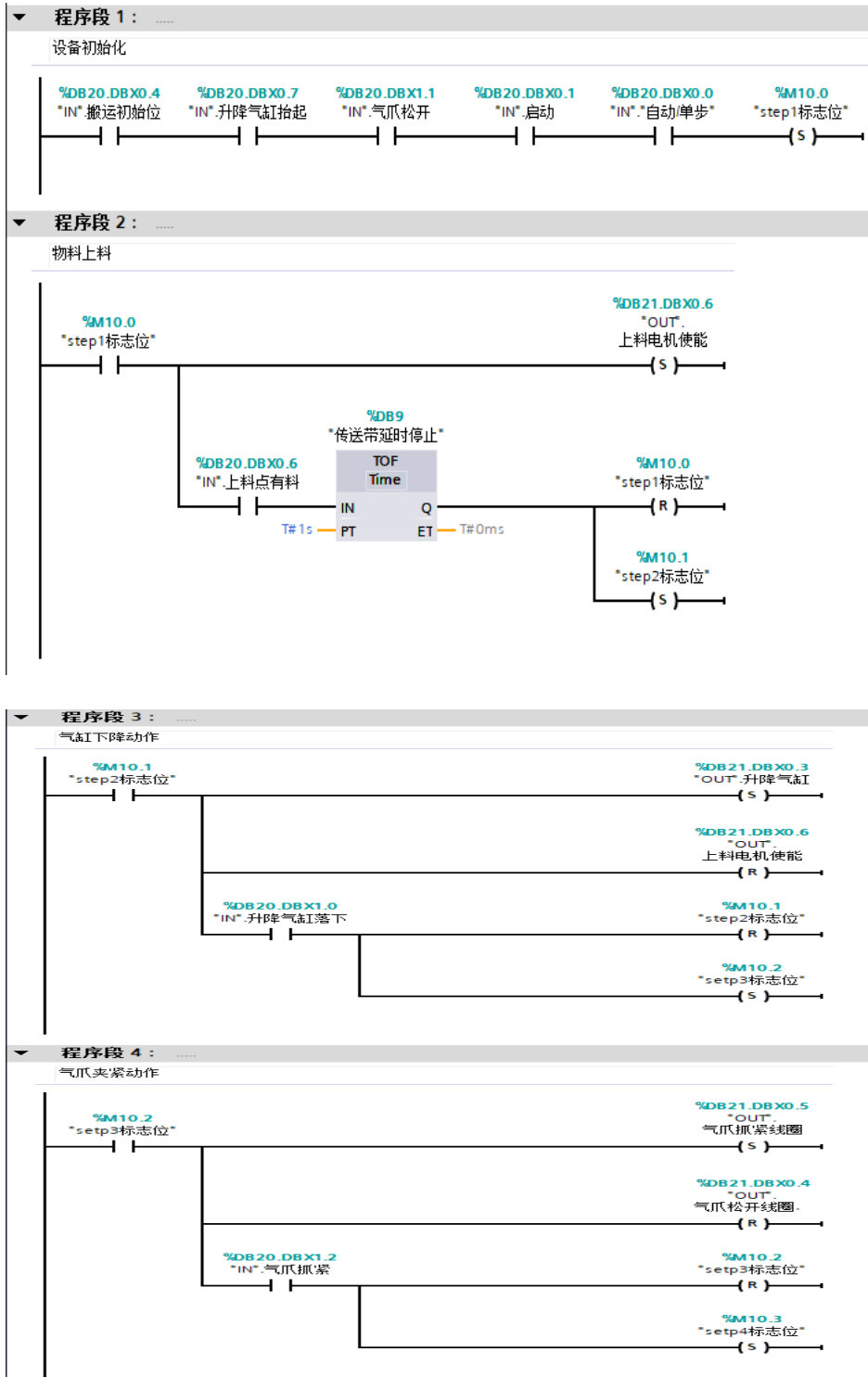


### 附录 2：分拣工作站 PLC I/O 接线图

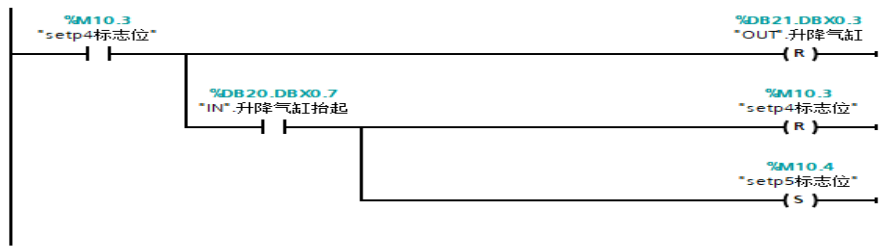


# 附录 3：供料工作站 PLC 控制程序

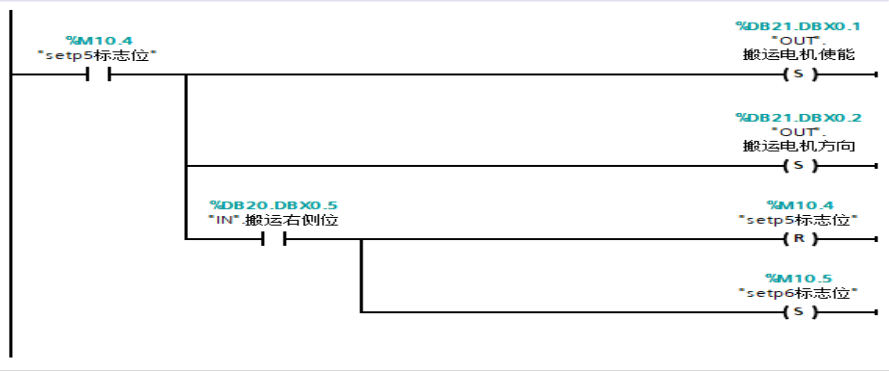
## 1. 自动程序



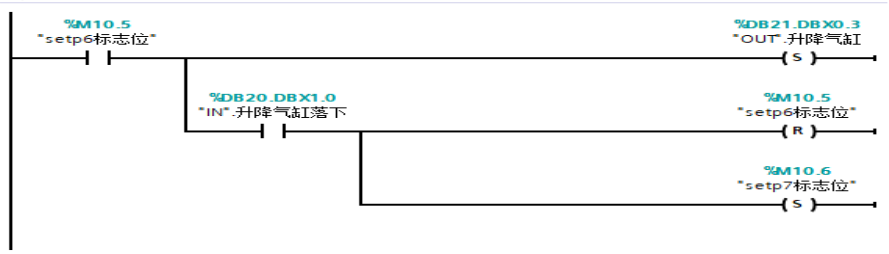
**程序段 5 :** 升降气缸抬起动作



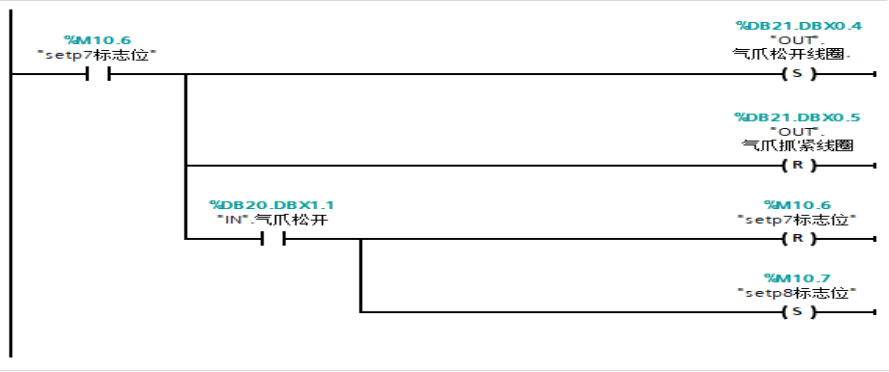
**程序段 6 :** 搬运组件右行动作

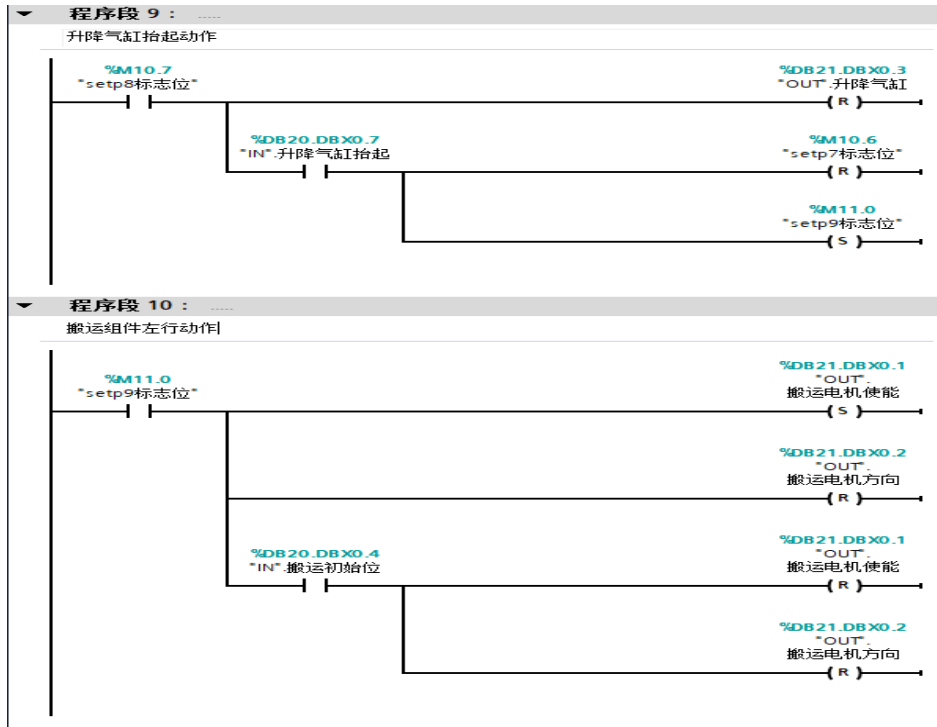


**程序段 7 :** 升降气缸下降动作

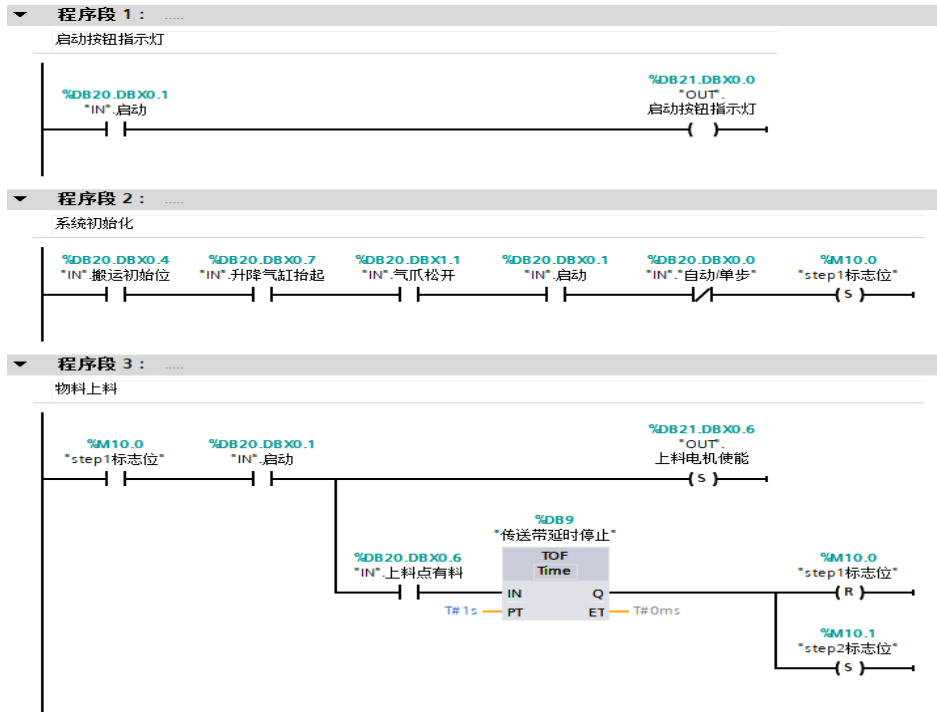


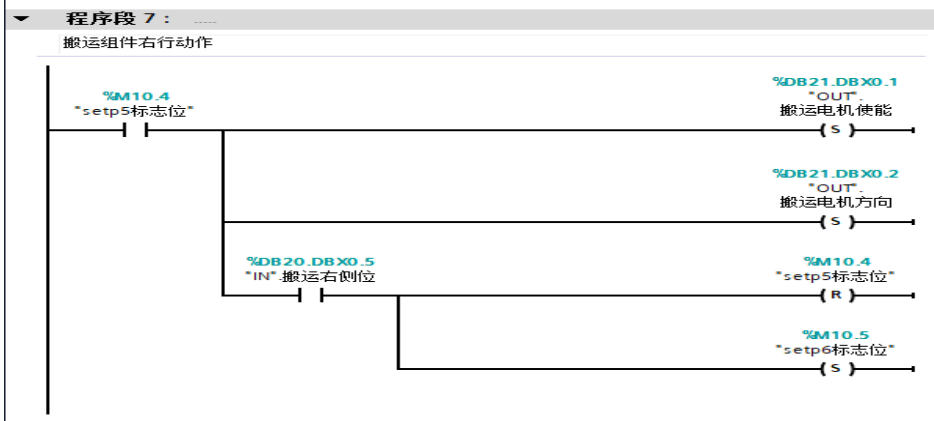
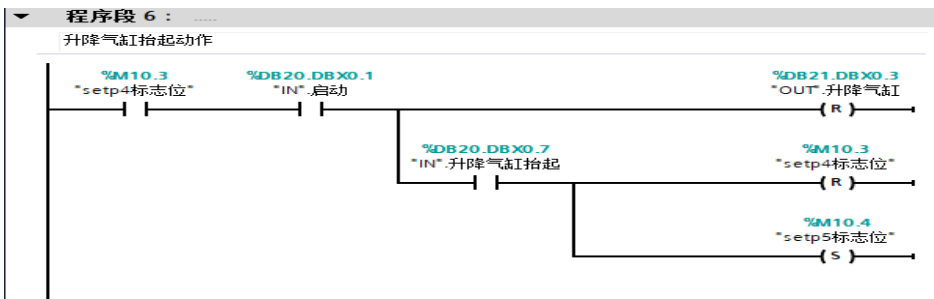
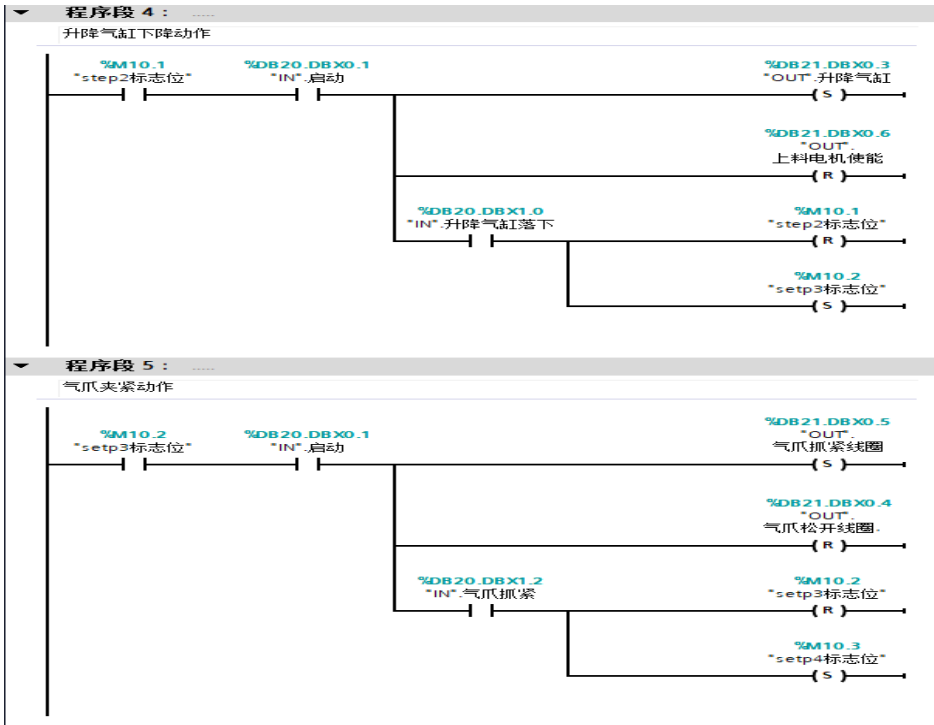
**程序段 8 :** 气爪松开动作





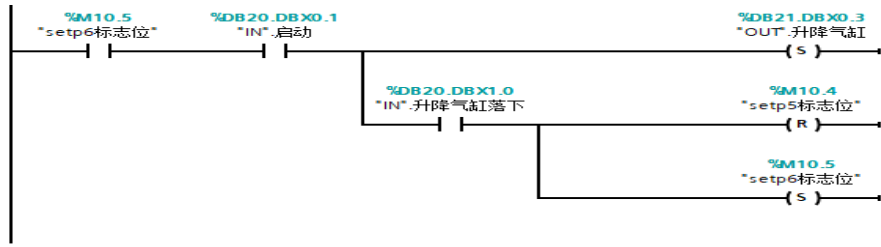
## 2. 手动程序





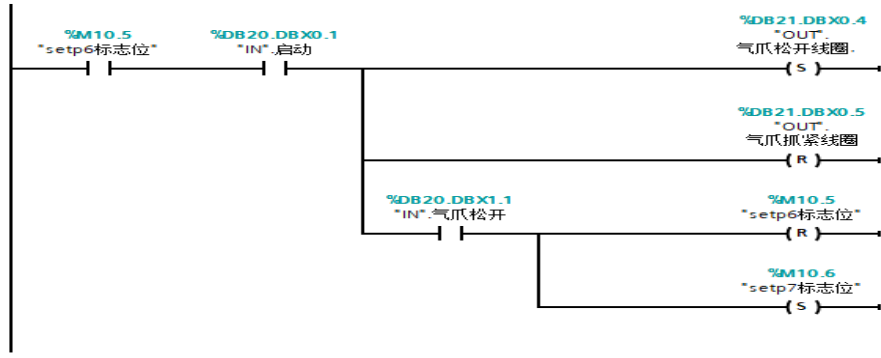
**程序段 8 : .....**

升降气缸下降动作



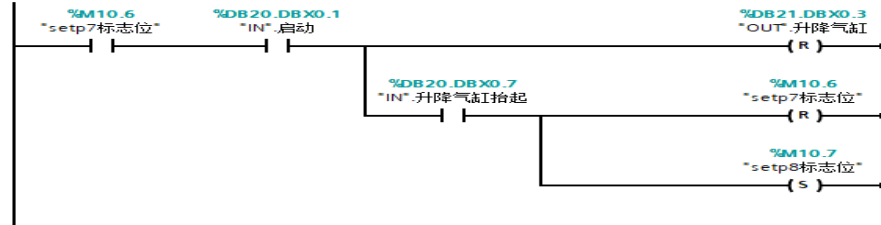
**程序段 9 : .....**

气爪松开动作



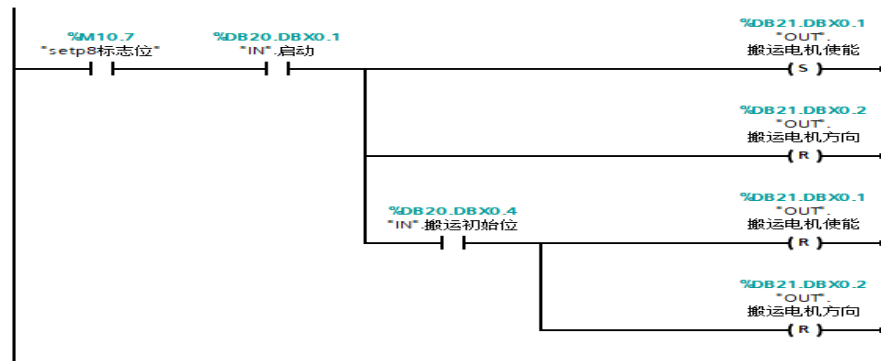
**程序段 10 : .....**

升降气缸升降气缸抬起动作

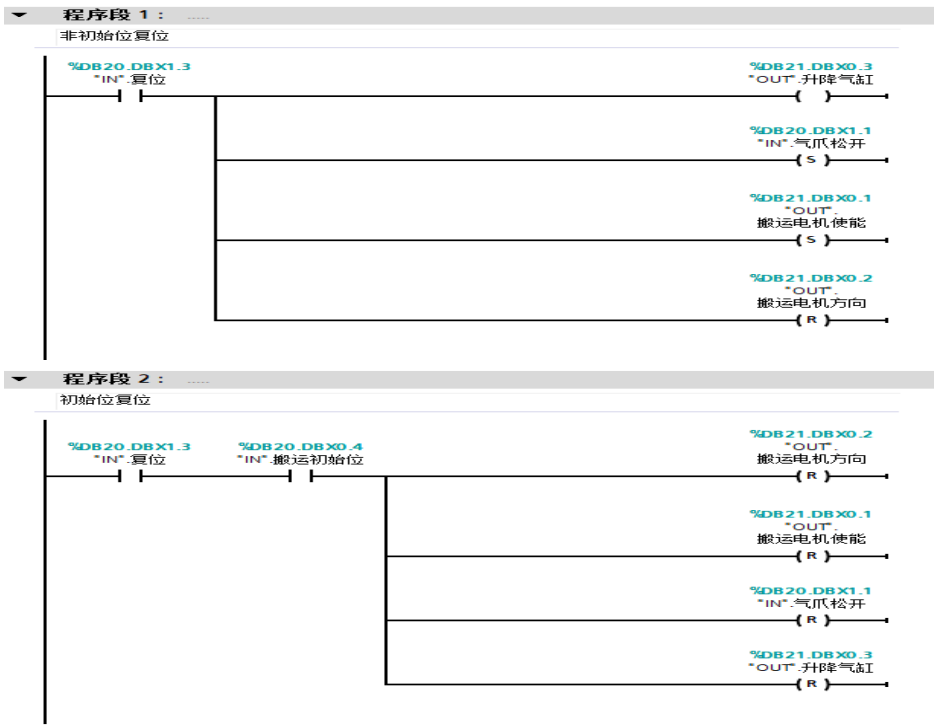


**程序段 11 : .....**

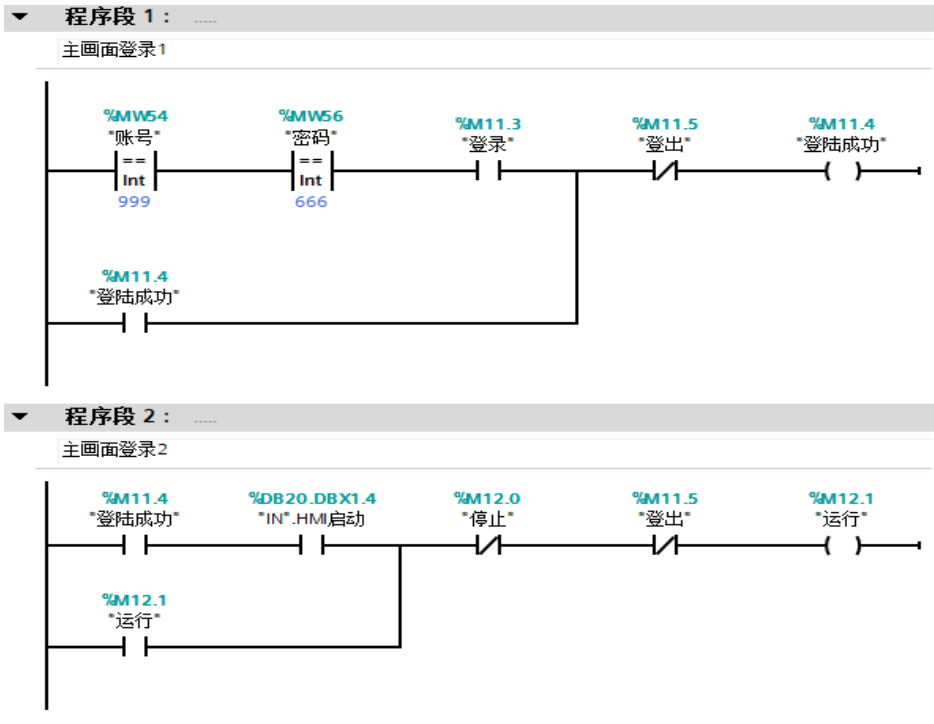
搬运组件左行动作



### 3. 复位程序

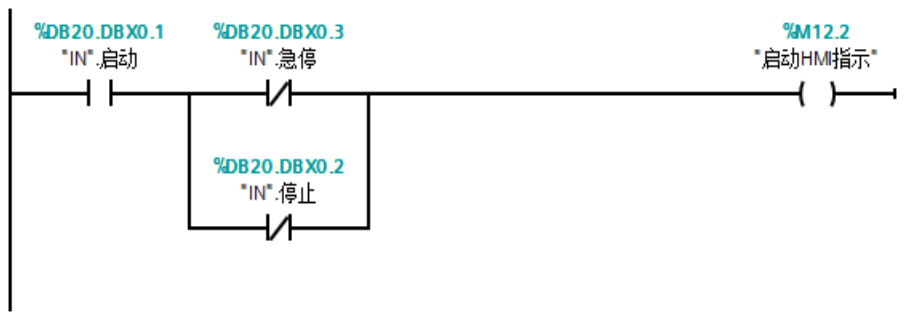


### 4. HMI 调试程序



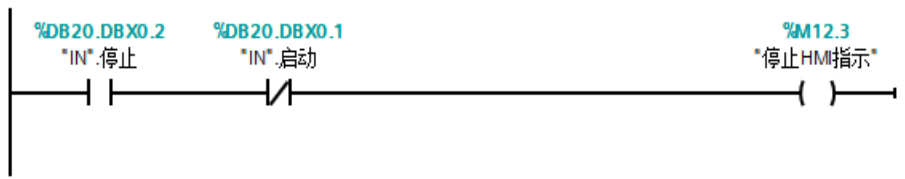
▼ 程序段 3 : .....

HMI启动按钮



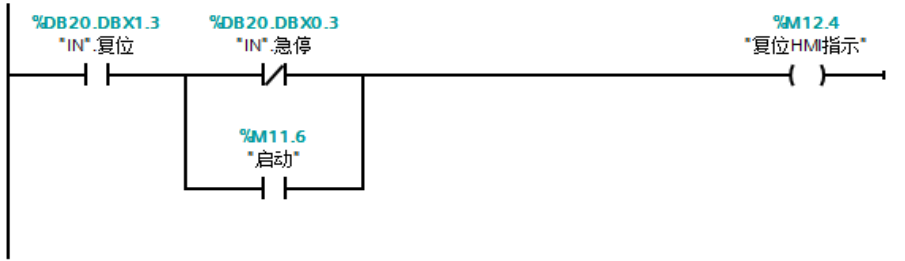
▼ 程序段 4 : .....

HMI停止按钮



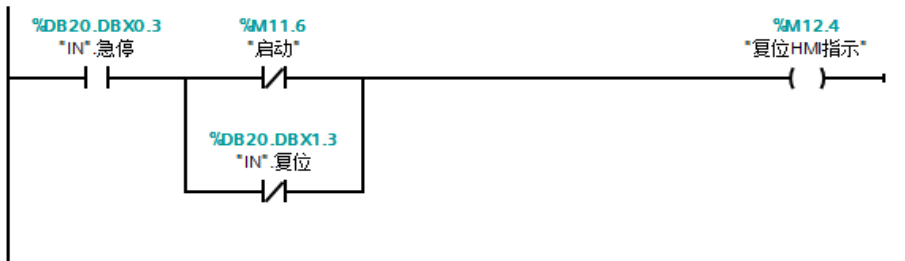
▼ 程序段 5 : .....

HMI复位按钮1

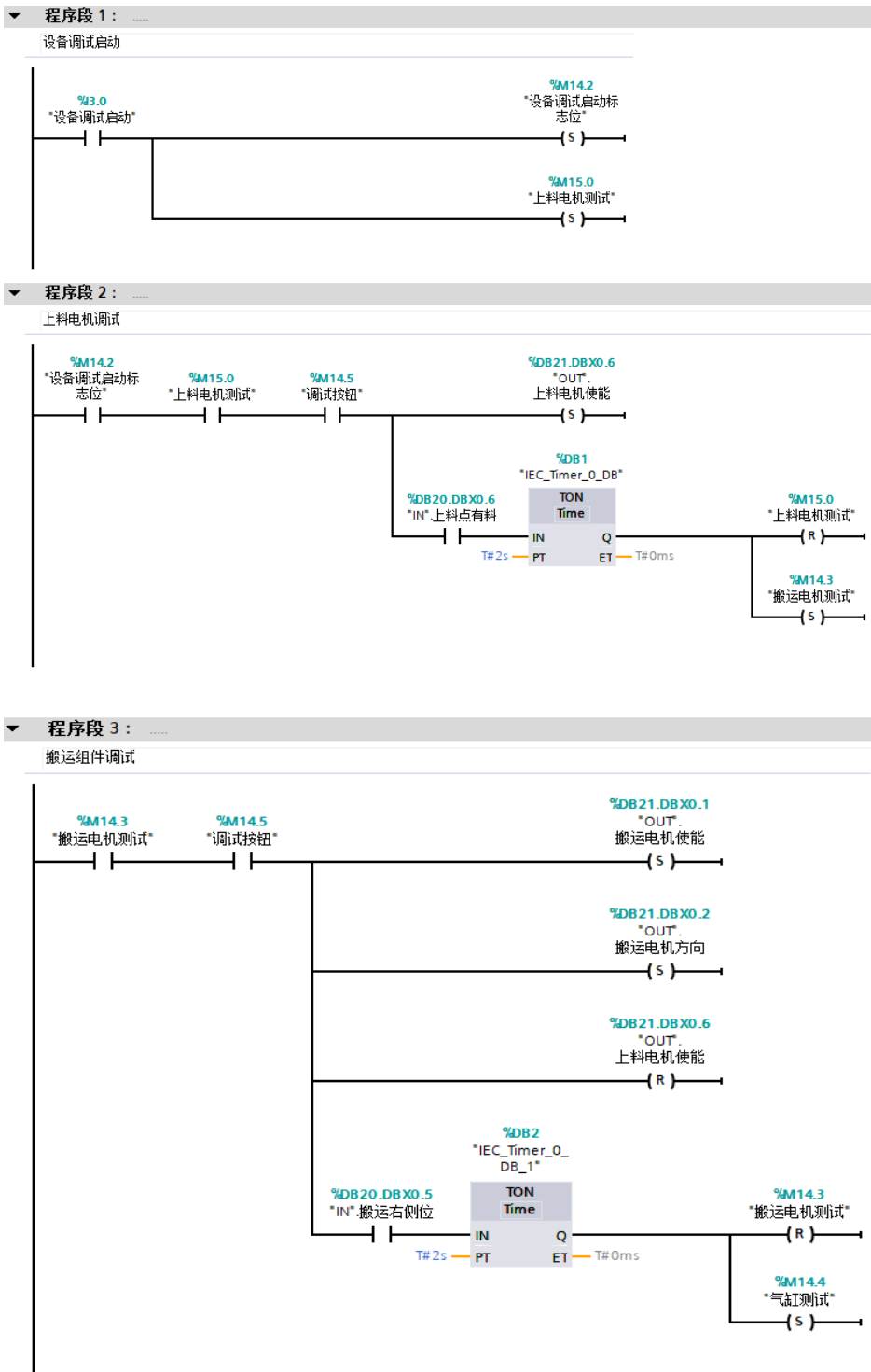


▼ 程序段 6 : .....

HMI复位按钮2

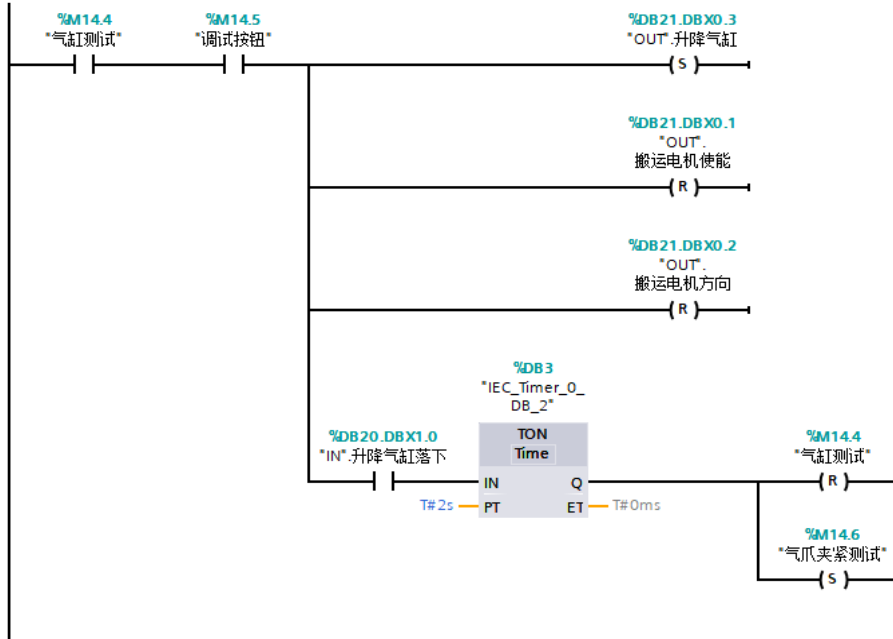


## 5. 设备调试程序



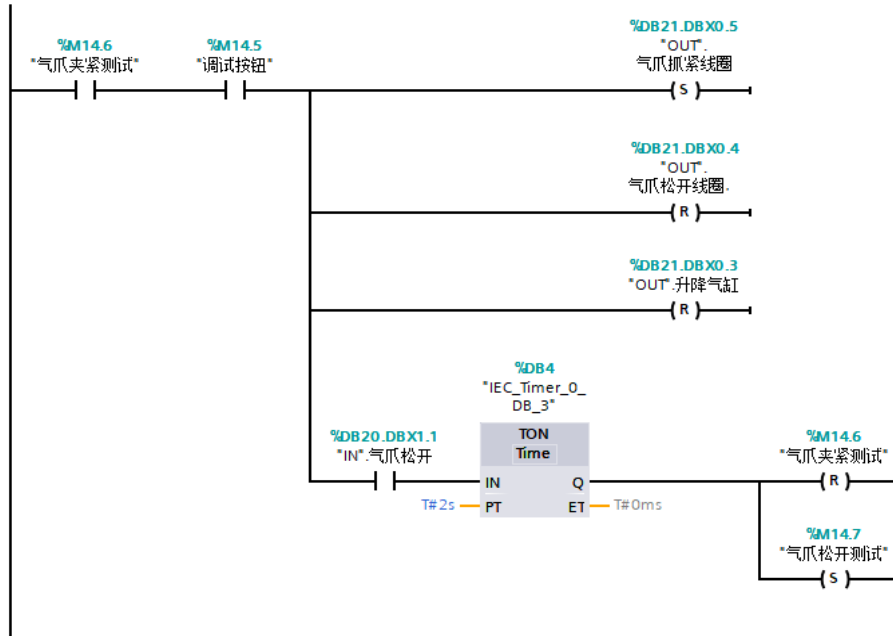
程序段 4 : .....

升降气缸调试



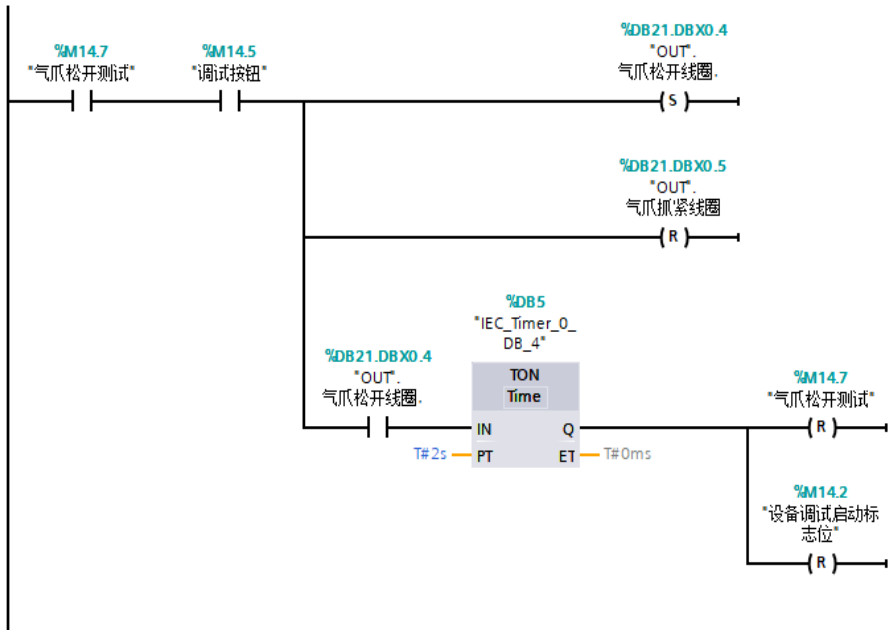
程序段 5 : .....

气爪夹紧调试



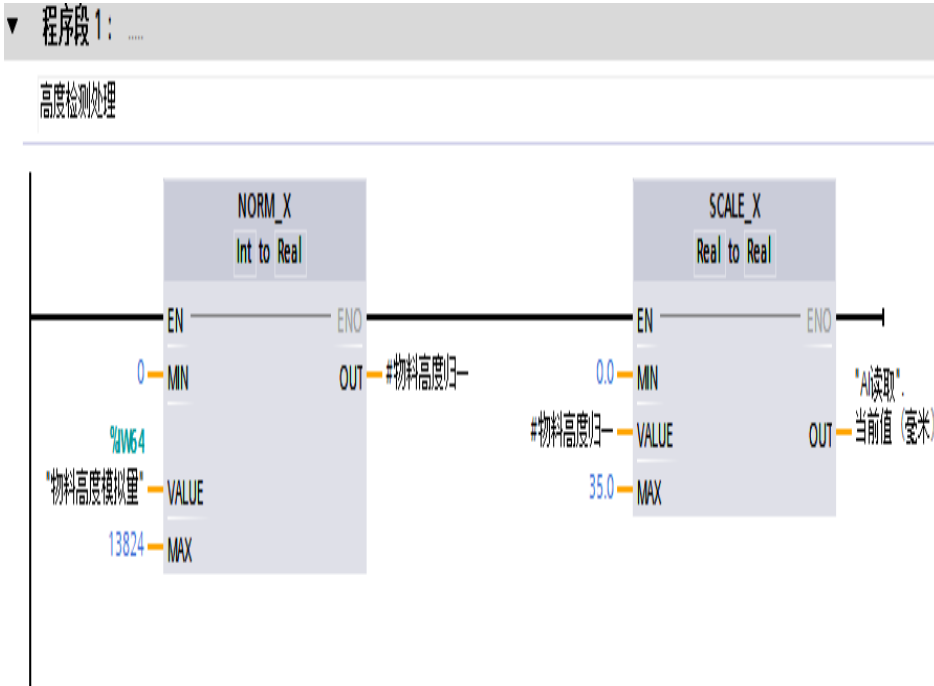
程序段 6 : .....

气爪松开调试

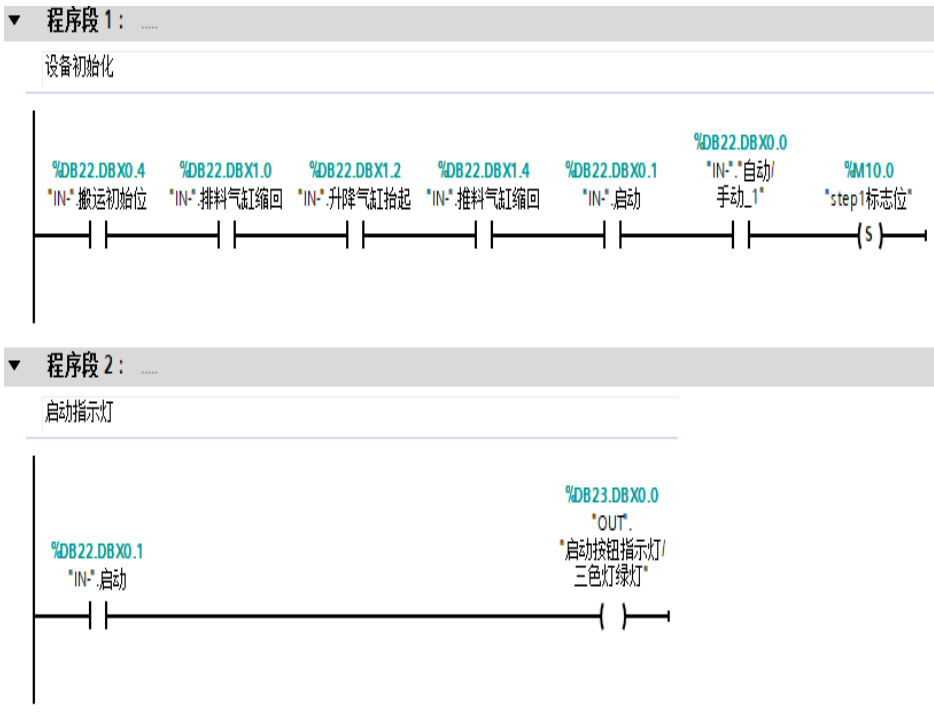


## 附录 4：分拣工作站 PLC 控制程序

### 1. 模拟量处理程序

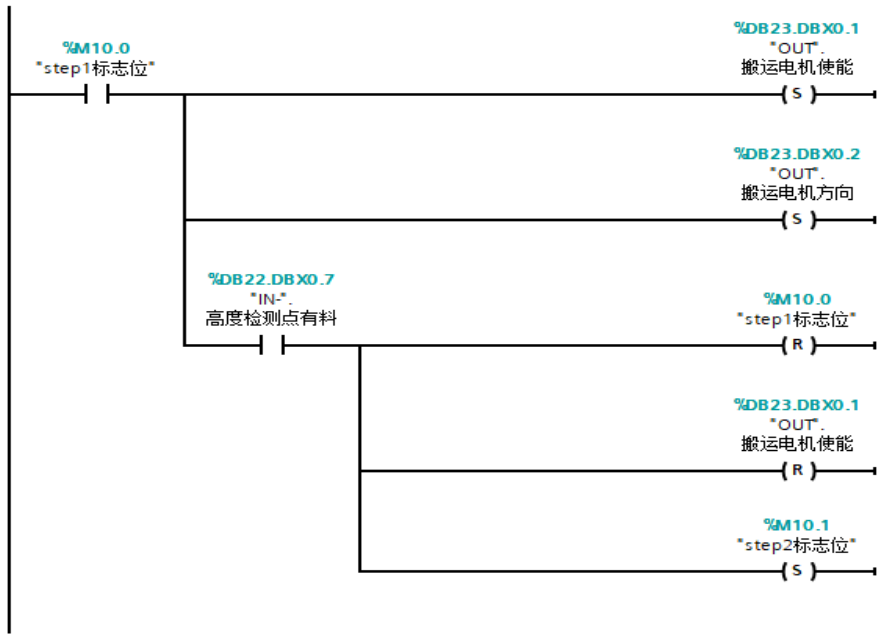


### 2. 自动程序



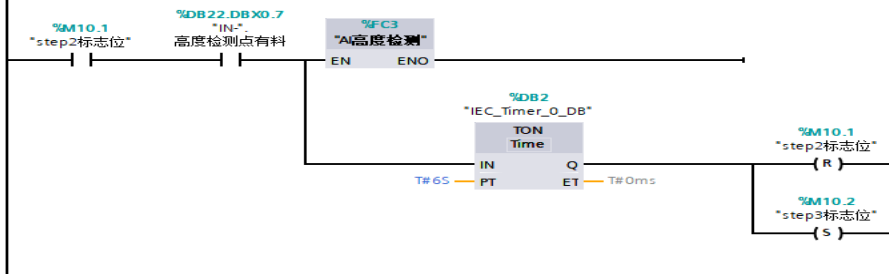
程序段 3 : .....

搬运组件动作1



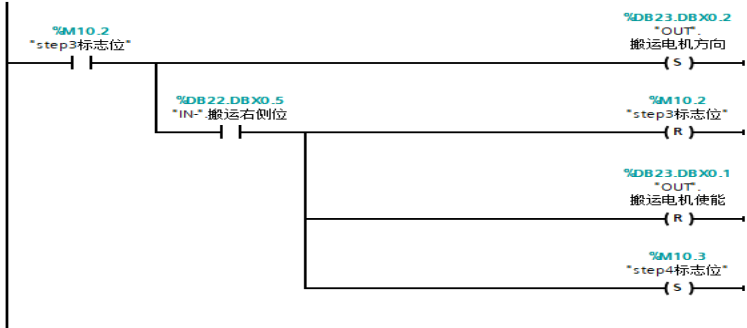
程序段 4 : .....

物料高度检测



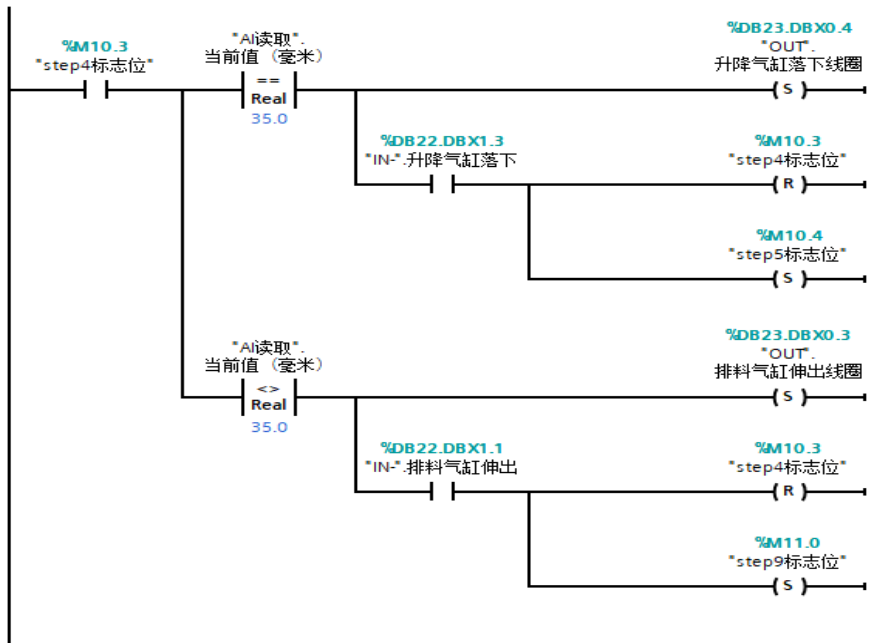
程序段 5 : .....

搬运电机动作2



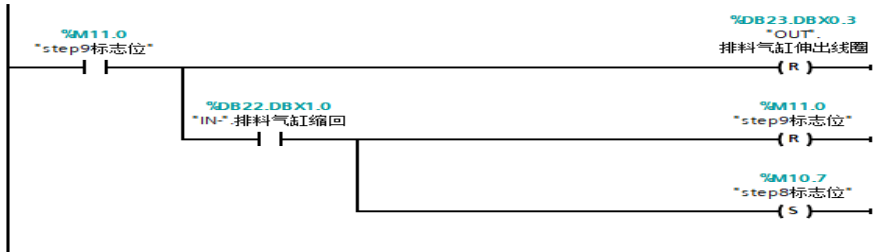
程序段 6 : .....

推料/排料分拣



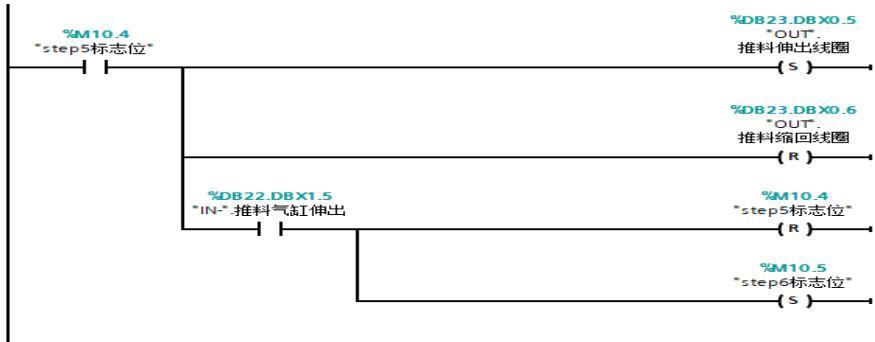
程序段 7 : .....

排料气缸动作

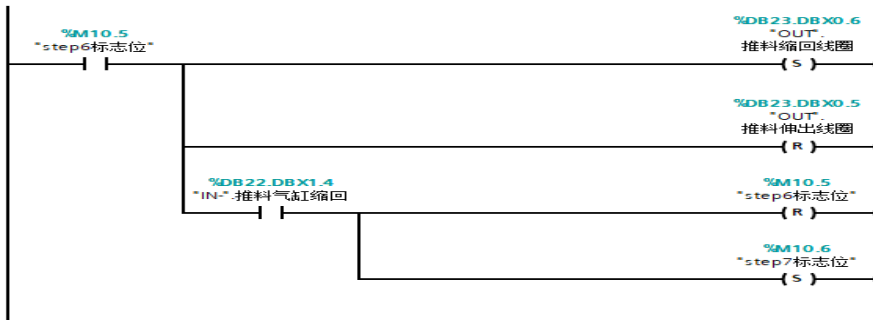


程序段 8 : .....

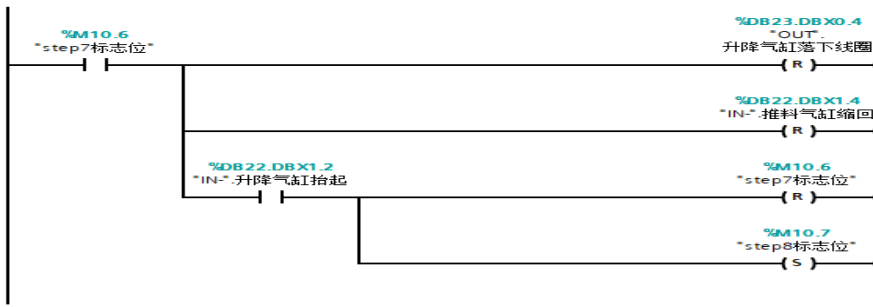
推料气缸伸出动作



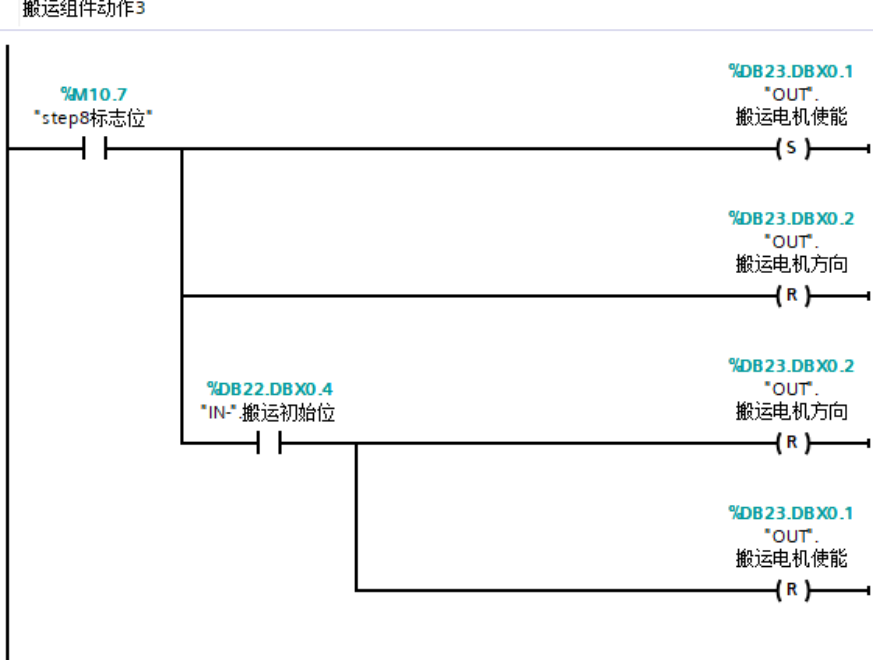
程序段 9 : .....  
推料气缸缩回动作



程序段 10 : .....  
升降气缸下降动作



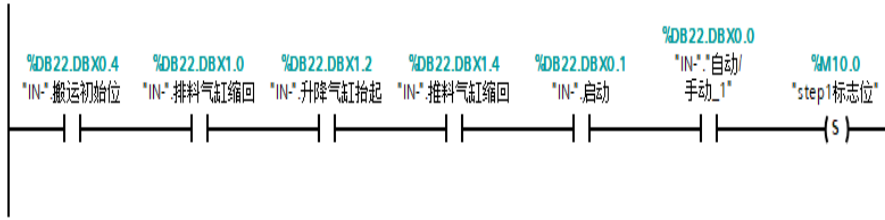
程序段 11 : .....  
搬运组件动作3



### 3. 手动程序

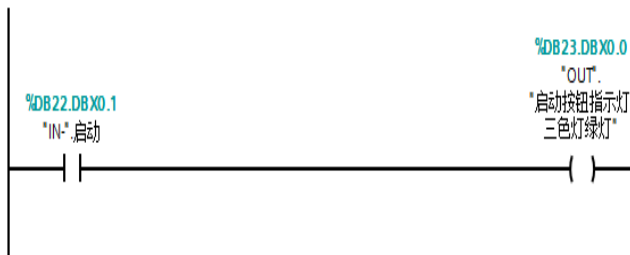
#### 程序段 1: .....

系统初始化



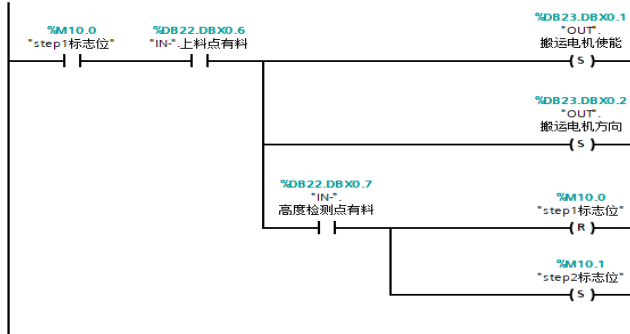
#### 程序段 2: .....

启动指示灯



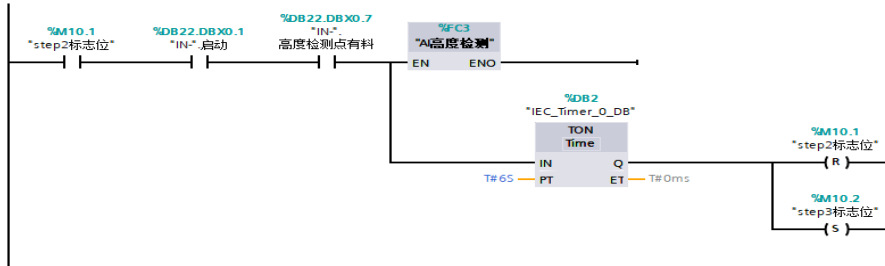
#### 程序段 3: .....

搬运组件动作1



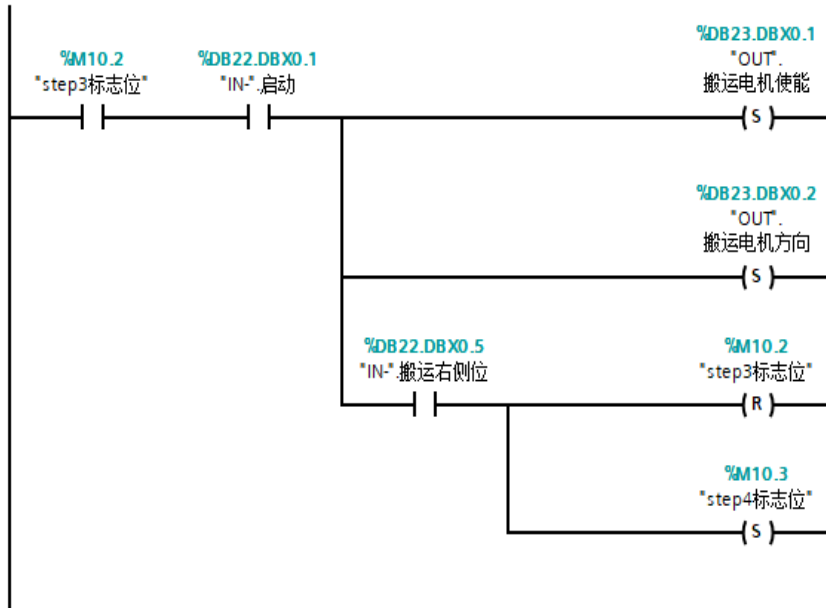
#### 程序段 4: .....

物料高度检测



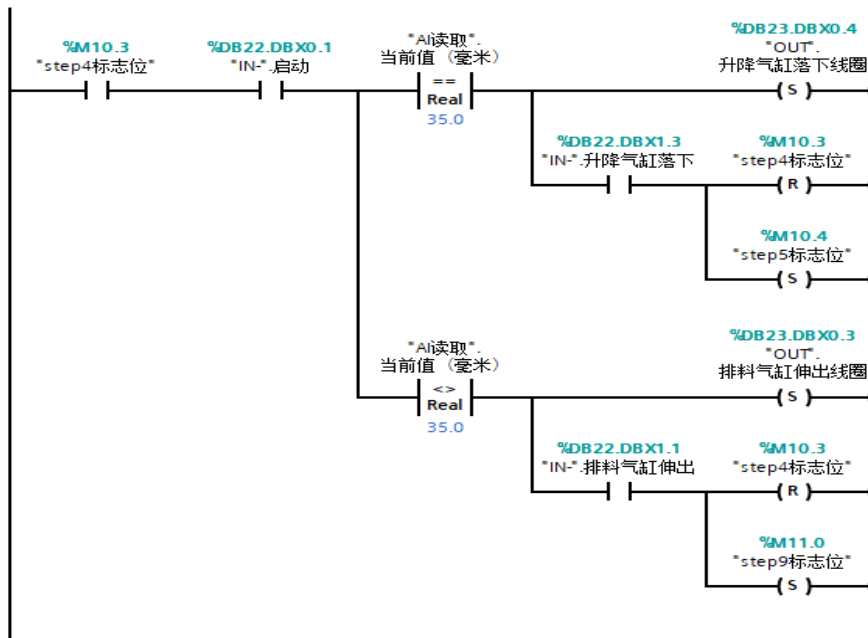
▼ 程序段 5 : .....

搬运组件2



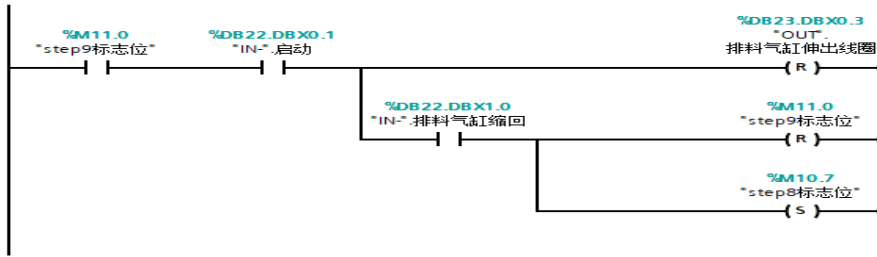
▼ 程序段 6 : .....

推料/排料分拣动作



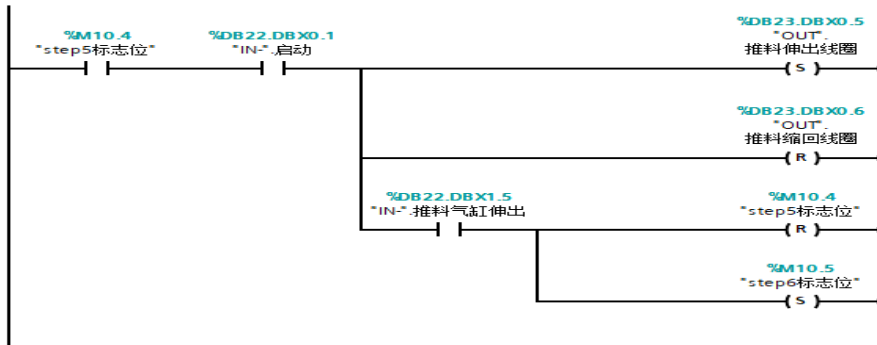
程序段 7 : .....

排料气缸动作



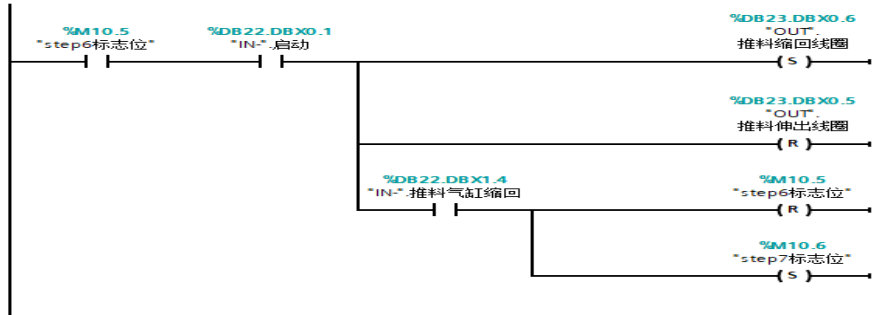
程序段 8 : .....

推料气缸伸出动作



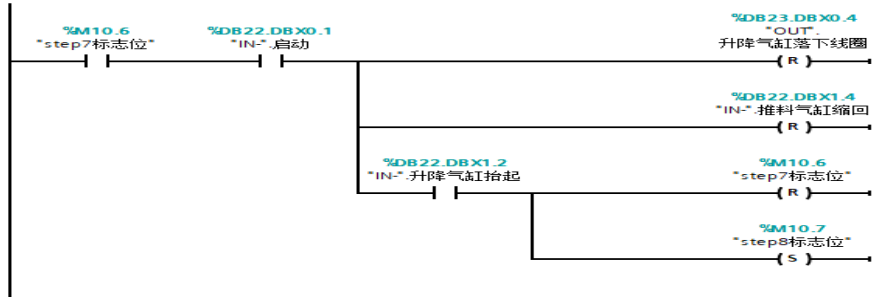
程序段 9 : .....

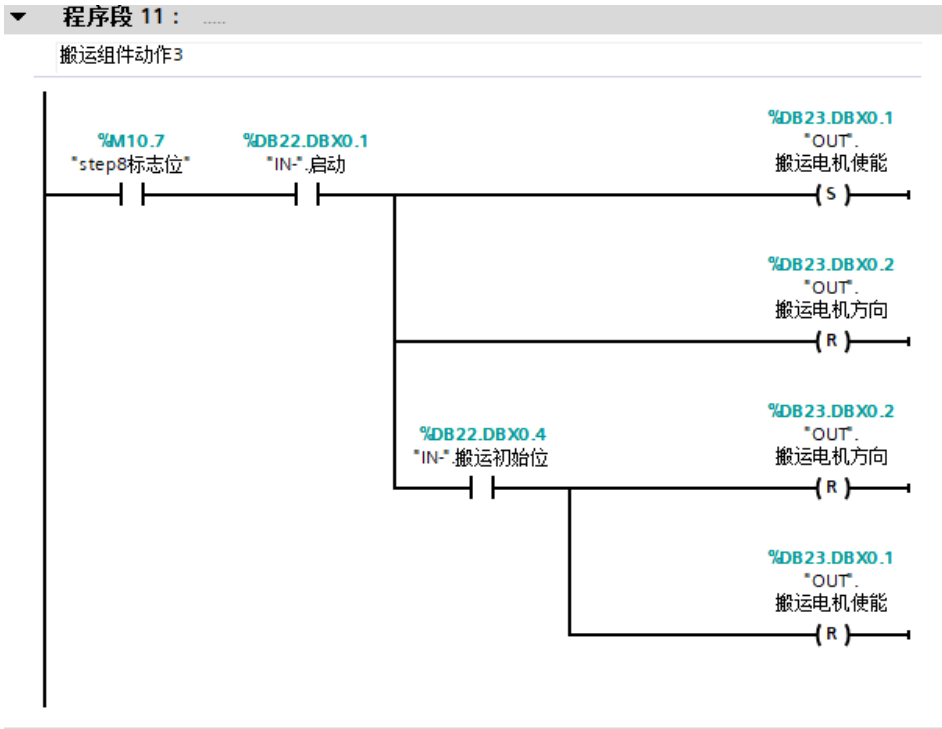
推料气缸缩回动作



程序段 10 : .....

升降气缸动作





#### 4. 复位程序

