

摘要

新能源汽车保有量持续增加，配套充电基础设施的建设速度直接影响电动汽车的推广应用。传统充电桩在充电流程管理、运行状态监测以及故障保护等方面存在功能单一、智能化水平不高等问题，现场操作人员难以及时掌握充电状态，用户体验也不够理想。本设计以可编程逻辑控制器为控制核心，完成了一套电动汽车智能充电桩控制系统的方案设计与实现。系统在硬件上由可编程控制器、人机界面、主接触器、预充电接触器、电流电压温度检测元件、漏电检测元件、按钮开关、指示灯及蜂鸣器等组成，在软件上利用工业自动化编程平台完成了充电流程控制、模拟量采集与换算、状态寄存与统计、故障检测与保护等功能模块。充电流程按照插枪检测、刷卡认证、充电准备、预充电、恒流充电、恒压充电、充电完成等阶段依次进行，系统通过模拟量输入实时获取充电电流、电压和温度数据，并根据不同阶段的控制方式进行判断与切换，同时将阶段信息和故障信息写入状态寄存器，在人机界面上进行集中显示。充电过程中系统能够实时计算本次充电电量、累计充电时间、累计充电电量和计费金额，并对过流、过压、漏电、超温以及紧急停止等工况进行保护处理，发生异常时立即切断主回路并给出声光报警。触摸屏界面集成了充电参数实时监测、手动和自动模式选择、快充和慢充模式切换、故障模拟与诊断、充电统计信息显示等功能，界面布局清晰，颜色区分明显，便于操作人员观察和控制。通过程序在线监控和多种工况下的功能测试，验证了系统在充电流程控制、故障保护和数据统计方面的实现效果，系统运行稳定，充电过程清晰可见，具有一定的工程应用价值和教学示范意义。

关键词：PLC；电动汽车充电桩；充电流程控制；故障保护；人机界面

Abstract

With the continuous increase in the number of new energy vehicles, the construction speed and management level of charging infrastructure have become an important factor affecting the promotion of electric vehicles. Traditional charging piles usually provide only basic on-off control and simple indication functions, which makes it difficult to monitor the charging process and handle abnormal conditions in time. This design develops an intelligent charging pile control system for electric vehicles based on a programmable logic controller. The hardware of the system consists of a programmable controller, touchscreen human-machine interface, main contactor, pre-charge contactor, current, voltage and temperature sensors, leakage detection device, push buttons, indicator lamps and buzzer. The software is implemented on an industrial automation platform and includes functional modules such as charging sequence control, analog data acquisition and conversion, status register management, fault detection and protection, as well as statistics of charging time, charging energy and billing amount. According to the actual charging requirements, the whole process is divided into several stages, including plug-in detection, card authentication, charging preparation, pre-charging, constant-current charging, constant-voltage charging and charging completion. During operation, the controller acquires real-time analog values of charging current, voltage and temperature, judges the current stage and switching conditions, and updates the status register and statistical data. The human-machine interface provides real-time display of charging parameters, manual/automatic mode selection, fast/slow charging mode selection, fault simulation and diagnosis, and charging statistics. Test results show that the system can complete the designed charging process reliably, respond quickly to overcurrent, overvoltage, leakage, overtemperature and emergency stop conditions, and present the operating status in an intuitive way. This design improves the intelligence and safety level of the charging pile and can be used as a useful reference for engineering applications and teaching practice.

Keywords: PLC; Electric Vehicle Charging Pile; Charging Process Control; Fault

Protection; Human–Machine Interface

目录

摘要	1
Abstract	2
第 1 章 绪论	6
1.1 课题背景及意义	6
1.2 国内发展状况	6
1.3 国外发展状况	7
1.4 本设计的主要内容	7
第 2 章 需求分析	8
2.1 系统总体功能需求	8
2.2 性能与安全性需求	8
2.3 人机交互需求	8
第 3 章 系统设计	10
3.1 元器件选型	10
3.1.1 核心控制类元器件	10
3.1.2 驱动与电能变换类元器件	11
3.1.3 检测元件	12
3.1.4 执行元件	13
3.1.5 操作元件	14
3.1.6 指示与报警元件	15
3.1.7 保护与辅助元件	16
3.1.8 主要元器件物料清单	17
3.2 主回路设计	18
3.3 控制回路及 I/O 地址分配	19
3.4 系统控制方式设计	21
第 4 章 软件设计	23
4.1 博图项目配置	23
4.2 梯形图程序设计	24
4.2.1 系统初始化与自检程序	24

4.2.2 模拟量采集与转换程序	26
4.2.3 充电流程控制程序	28
4.2.4 故障保护与计数统计程序	30
4.2.5 触摸屏按钮与物理按钮合并程序	34
4.2.6 模式选择程序	35
4.2.7 运行指示灯与充电完成指示程序	36
4.2.8 状态寄存器更新程序	37
4.3 触摸屏人机界面设计	38
第 5 章 系统仿真与调试	40
5.1 程序编译与下载	40
5.2 在线监控与调试过程	40
5.2.1 测试数据与结果汇总	40
第 6 章 结论	42
致谢	43
参考文献	44

第 1 章 绪论

1.1 课题背景及意义

新能源汽车产业在国家政策和市场需求的双重推动下发展较快,纯电动汽车在城市出行、共享出行以及物流配送等场景中的应用逐渐普及。电动汽车在使用过程中离不开充电基础设施的支撑,充电桩作为连接电网和车辆之间的关键设备,其控制系统的可靠性和智能化水平直接影响充电效率、安全性以及用户体验。如果充电过程缺乏合理的流程控制,容易出现接触器频繁动作、预充电不足、电流冲击过大等问题,长期运行会对设备绝缘和元件寿命产生不利影响。另一方面,如果不能对过流、过压、漏电、超温等异常情况进行及时检测和处理,将带来较大的安全隐患。

在现有工程实践中,中小功率充电设备仍然大量采用继电器加简单逻辑电路的控制方式,控制逻辑分散在多个器件中,难以扩展和维护。本设计选用可编程逻辑控制器作为控制核心,配合模拟量模块和触摸屏人机界面,通过程序实现完整的充电流程与保护逻辑,将复杂的控制关系集中在软件中管理,便于后期功能升级与参数调整。通过对充电过程的精细划分和状态寄存管理,可以清楚地区分待机、自检、等待插枪、等待认证、充电各阶段及完成状态,使系统运行更加透明。对本科毕业设计而言,该项目涉及主回路设计、控制回路、模拟量处理、故障保护以及人机界面等多个方面,能够综合考察学生对电力拖动、工业控制和 PLC 编程知识的掌握情况,具有较好的教学和训练意义。

1.2 国内发展状况

国内在充电桩领域的研究和产品开发起步较早,近些年伴随新能源汽车推广,出现了多种类型的交流充电桩和直流充电桩^{[1][2]}。部分企业在中小功率充电桩中采用可编程控制器配合触摸屏人机界面,实现充电启动、运行状态显示、故障报警等功能,有的系统还增加了刷卡计费、统计报表等扩展功能。陆大同等对基于 PLC 的电动车集中充电控制系统进行了设计,实现了集中监控与充电管理^[12]。高校和科研机构在教学实验平台中也陆续开发了基于可编程控制器的充电控制实验装置,用于演示预充电、恒流恒压充电、故障模拟及保护等过程。这些研究

成果为本设计提供了较多的参考案例，但在很多方案中，充电流程各阶段的状态划分不够清晰，状态寄存信息与人机界面之间的对应关系也不够直观，部分系统对故障统计和运行数据统计的重视程度不高。

1.3 国外发展状况

国外在电动汽车充电技术和充电站管理系统方面积累了较多经验，大功率直流快充、智能调度与远程监控等技术已经比较成熟^{[4][22][23]}。部分厂商在交流充电桩产品中采用可编程控制器或嵌入式控制器，实现较完善的充电过程管理和安全保护功能，在人机界面上可以直观地显示充电曲线、历史数据和故障记录。与国内一些中小功率充电桩相比，国外产品在状态管理、数据记录和远程维护等方面更加注重细节，对控制逻辑的可视化和可追溯性也较为重视。这种思路对本设计具有启发作用，即在保证基本充电功能的前提下，应强化对运行状态的记录与展示，通过合理的状态寄存和人机界面设计，让操作人员可以快速判断当前系统所处阶段以及是否存在异常。

1.4 本设计的主要内容

本设计围绕电动汽车智能充电桩控制系统展开，重点完成以下几方面的工作：一是根据电动汽车充电的实际需求，对系统的功能、性能、安全性以及人机交互等方面进行需求分析，明确需要实现的各项控制目标。二是完成硬件系统的总体方案设计和元器件选型，给出以可编程控制器为核心的主回路和控制回路，设计插枪检测、刷卡认证、预充电、主回路接通以及多种故障检测等电气连接方式。三是结合输入输出点分配完成 I/O 地址规划，将各类开关量输入、开关量输出以及模拟量通道与具体的现场元件一一对应。四是利用工业自动化编程软件进行软件设计，包括项目配置、程序块划分、充电流程控制、模拟量处理、故障保护、计数统计及状态寄存等程序，实现完整的充电控制逻辑。五是设计触摸屏人机界面，完成充电参数实时监测、模式切换、故障模拟、统计数据展示等功能，使操作过程更加直观。六是在编程环境中进行在线监控和调试，对插枪、刷卡、充电阶段切换、故障保护等关键功能进行测试，分析测试结果并总结系统的运行特点与不足。

第 2 章 需求分析

2.1 系统总体功能需求

本系统面向单个电动汽车交流充电桩的控制需求，需要实现对充电回路的自动管理和安全保护。控制系统需要具备待机、自检、等待插枪、等待认证、充电准备、预充电、恒流充电、恒压充电和充电完成等状态，在不同状态下对主接触器、预充电接触器以及指示与报警元件进行相应的控制。系统在待机状态下应维持回路断开，仅保持必要的指示灯和人机界面通电；进入自检状态时，对主要输入信号、输出信号以及模拟量读取情况进行基本检查，并通过自检指示灯向操作人员提示结果；检测到插枪信号后进入等待认证状态，需要通过刷卡输入完成用户认证；在插枪和认证条件均满足且不存在紧急停止和系统故障时，系统进入充电准备状态，允许启动充电流程。充电过程由预充电、恒流充电和恒压充电三个阶段组成，各阶段需要保持一定的动作时间并根据实时电流、电压值进行判断与切换，直到满足充电完成条件。

2.2 性能与安全性需求

充电桩控制系统在性能方面需要保证充电过程的连续性和稳定性，充电阶段切换应平稳，避免接触器频繁吸合和释放引起的机械冲击。在模拟量处理方面，需要对电流、电压和温度的模拟输入信号进行合理的转换与滤波，使人机界面上显示的数值变化平滑且能够反映实际变化趋势。系统在安全性方面要求较高，需要对过流、过压、漏电、超温等异常情况进行实时检测和保护处理。当电流超过设定阈值、充电电压超过允许范围、检测到漏电信号或温度超过上限时，系统应迅速切断主回路，并通过故障指示灯和蜂鸣器向现场人员发出警示。紧急停止按钮需要具备独立的处理逻辑，任何时候按下急停都应立即切断所有相关输出并保持明显的指示状态，待确认和复位后才能恢复运行。系统还需要对充电次数、故障次数、累计充电时间和累计充电电量进行统计，以便于后续维护和运行分析。

2.3 人机交互需求

为了便于操作和维护，需要设计直观的人机界面，实现对系统运行状态的实时监控和对部分参数的人工干预。人机界面应在主画面上集中显示系统运行状态、

充电状态、电压、电流、温度、本次充电时间、本次充电电量、累计充电时间、累计充电电量、计费金额以及故障次数等信息。界面需要提供手动模式和自动模式的选择，在手动模式下允许操作人员单独控制预充电、合闸等动作，用于现场维护和试运行；在自动模式下，充电流程由程序自动完成。界面还需要提供快充模式和慢充模式的选择，便于针对不同车辆和场景调整充电强度。为了便于教学和测试，设计中增加故障模拟按钮，通过人机界面模拟过流、过压、漏电和超温等故障，使操作人员可以观察到系统的保护动作和状态变化。界面布局需要分区清晰，对控制按钮、参数显示、状态指示和报警信息进行合理分组，使用不同颜色区分正常状态、告警状态和故障状态，降低误操作风险。

表 2-1 需求分析小结

需求类别	主要内容摘要
功能需求	待机、自检、等待插枪/认证、充电准备；预充电、恒流充电、恒压充电、充电完成；接触器与指示/报警控制
性能与安全需求	充电过程连续稳定、阶段切换平稳；模拟量转换与显示合理；过流/过压/漏电/超温检测与保护；急停独立逻辑；充电与故障统计集中显示运行状态、充电参数与统计信息；
人机交互需求	手动/自动、快充/慢充模式选择；故障模拟与报警信息分区显示

第 3 章 系统设计

3.1 元器件选型

3.1.1 核心控制类元器件

控制器选用西门子 S7-1200 系列可编程控制器，具体型号为 CPU 1214C DC/DC/DC。该型号控制器体积紧凑，集成了较多数字量输入输出资源，同时可以通过扩展模块增加模拟量通道，适合本设计中充电桩控制系统这类中小规模控制对象。控制器支持以太网通信，便于与触摸屏进行数据交换和后续系统扩展。编程软件采用 TIA Portal 平台，在同一项目中可以完成 PLC 程序和人机界面工程的配置与下载，减少调试工作量。



图 3-1 S7-1200 plc

人机界面选用与控制器同一系列的触摸屏设备，屏幕尺寸适中，分辨率较高，能够在单个画面上布置充电参数实时监测、充电控制按钮、模式选择、故障信息等多个功能区域。触摸屏通过工业以太网与 PLC 建立通信连接，将状态寄存器中的运行状态、故障代码以及统计数据进行实时显示，同时向 PLC 写入快充模式、慢充模式、手动模式、自动模式以及模拟故障等操作指令。

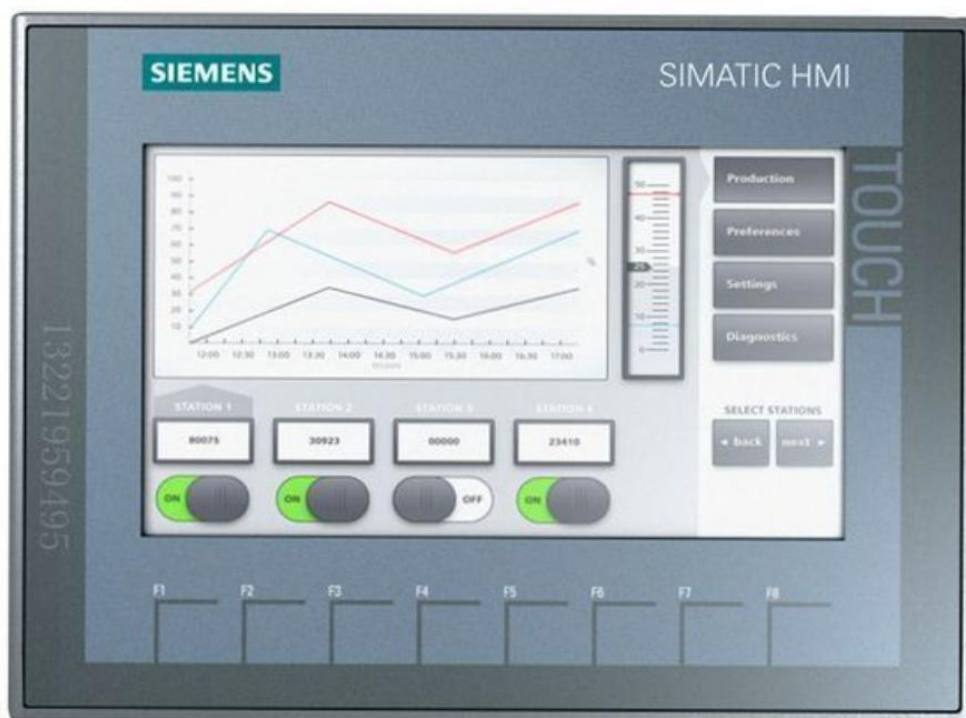


图 3-2 触摸屏实物图

3.1.2 驱动与电能变换类元器件

充电桩主回路采用交流电源配合整流及充电模块向车辆电池提供充电电能，主接触器负责控制主回路通断，预充电接触器用于在主接触器合闸前为充电回路中的电容和滤波元件提供预充电通道，减小合闸瞬间的电流冲击。根据充电电流的大小和电网电压等级选用合适额定电流和绝缘等级的接触器及断路器，保证在长期运行工况下具有足够的电寿命和机械寿命。充电模块内部的整流和功率调节部分在本设计中作为整体设备考虑，重点关注其输入输出参数以及与控制系统的接口关系。



图 3-3 PLC 电能变换模块

3.1.3 检测元件

系统需要对充电电流、充电电压和温度进行实时检测，因此选用配套的电流传感器、电压传感器和温度传感器。电流传感器安装在充电输出回路中，将充电电流转换为标准模拟量信号，由扩展模拟量模块 SM1234 采集；电压传感器对车辆端充电电压进行采样，同样以模拟量形式送入 PLC；温度传感器安装在充电模块散热器或关键部件附近，用于监测工作温度。根据系统安全要求还配备漏电检测装置或带漏电保护功能的断路器，将漏电信号以开关量形式反馈至 PLC。



图 3-4 SM1234 采集模块

3.1.4 执行元件

执行元件包括主接触器、预充电接触器以及与故障报警相关的蜂鸣器等。主接触器线圈由 PLC 输出点控制，只有在充电阶段且无紧急停止和系统故障时才能吸合；预充电接触器在预充电阶段动作，到达设定时间或满足电压条件后退出，由主接触器接替控制。蜂鸣器用于在系统故障或紧急停止确认后发出声音报警，提醒现场人员及时处理。



图 3-5 plc 执行器

3.1.5 操作元件

操作元件包括启动按钮、停止按钮、复位按钮以及紧急停止按钮。这些按钮安装在充电桩操作面板上，采用工业级产品，具有良好的机械强度和防护等级。启动按钮用于在自动模式下触发充电流程，停止按钮用于在非紧急情况下结束当前充电过程，复位按钮在故障排除后清除故障标志并恢复系统到待机状态，紧急停止按钮采用红色蘑菇头结构，动作后保持自锁，需要人工旋转解锁。PLC 将物理按钮信号与触摸屏上的虚拟按钮信号进行合并处理，保证在任一端触发操作时系统逻辑保持一致。



图 3-6 PLC 按钮

3.1.6 指示与报警元件

指示元件主要包括运行指示灯、故障指示灯、自检指示灯、完成指示灯和急停指示灯等。运行指示灯在恒流充电和恒压充电阶段点亮，提示系统处于实际充电状态；故障指示灯在系统故障时点亮，配合蜂鸣器提醒操作人员；自检指示灯在系统进行自检时点亮，待自检完成后熄灭；完成指示灯在充电结束并保持一段时间，提示充电已经完成；急停指示灯在紧急停止动作后闪烁或保持点亮，表明系统处于急停状态。通过不同颜色和工作方式的指示灯组合，操作人员可以在较远距离辨识系统状态。



图 3-7 plc 指示灯和蜂鸣器

3.1.7 保护与辅助元件

保护元件包括空气开关、漏电断路器以及热继电器等，用于对短路、过载和漏电等情况进行基础保护。辅助元件主要指开关电源，为 PLC、触摸屏以及传感器提供稳定的直流电源。保护与辅助元件的选型需要综合考虑额定电压、电流、分断能力以及安装方式等因素，使其既能满足电气安全要求，又便于在控制柜内进行合理布置。



图 3-8 辅助继电器

3.1.8 主要元器件物料清单

物料清单（Bill of Material）在工程设计中用于明确系统所需元器件的名称、规格、数量及备注，便于采购、装配与后期维护，同时为成本核算和文档归档提供依据。本设计根据前述选型结果，将主要元器件整理成表，如表 3-1 所示。

表 3-1 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	1	西门子	CPU 1214C DC/DC/DC	系统核心控 制器，集成数 字 I/O 接口
2	触摸屏人机 界面	1	西门子	TP1200 Comfort	充电过程监 控、参数设置 与操作界面
3	模拟量扩展 模块	1	西门子	SM 1234	电流、电压、 温度等模拟

					量信号采集
4	主接触器	1	—	满足主回路 电流要求	控制充电主 回路通断
5	预充电接触 器	1	—	匹配预充电 回路	用于系统预 充电阶段控 制
6	电流传感器	1	—	模拟量输出	实时检测充 电电流
7	电压传感器	1	—	模拟量输出	实时检测充 电电压
8	温度传感器	1	—	模拟量输出	检测关键部 件工作温度
9	按钮开关	若干	—	启动、停止、 复位等	手动操作控 制元件
10	指示灯及蜂 鸣器	若干	—	LED 指示 灯、蜂鸣器	系统状态指 示与故障报 警提示表

3.2 主回路设计

主回路采用三相交流电源供电，经空气开关和保护装置进入充电模块的输入端，输出侧通过主接触器和预充电接触器与充电枪接口相连。空气开关用于对主回路提供短路和过载保护，在维护时也可以作为隔离开关使用；主接触器在恒流充电和恒压充电阶段保持吸合，使充电模块与车辆电池形成稳定的能量通道；预充电接触器在充电开始前先行动作，通过预充电电阻或限流元件对滤波电容和线路电感进行充电，待电压上升到一定水平后由控制程序使主接触器闭合，预充电接触器释放，从而减小主接触器合闸瞬间的冲击电流。主回路中预留了测量点，用于安装电流和电压传感器，以便 PLC 获取实时运行参数。

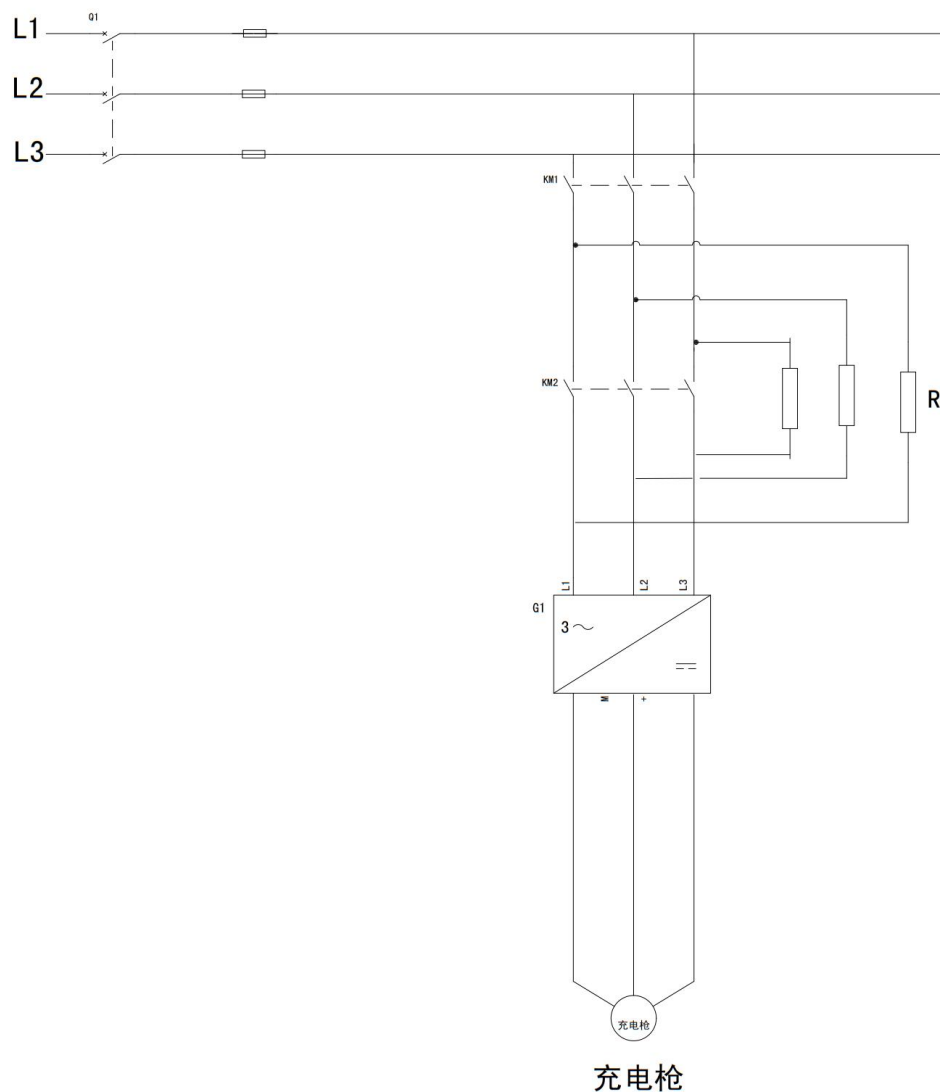


图 3-9 主电路图

3.3 控制回路及 I/O 地址分配

控制回路采用直流 24V 电源供电，所有按钮、指示灯、继电器线圈等通过端子板与 PLC 的数字量输入输出端子连接。插枪检测开关、刷卡认证输入、快充慢充模式选择、手动自动模式选择、各类故障检测开关以及温度上限检测等信号接入 PLC 的输入点；主接触器线圈、预充电接触器线圈、运行指示灯、故障指示灯、自检指示灯、完成指示灯、急停指示灯以及蜂鸣器等由 PLC 输出点驱动。模拟量模块的电流、电压和温度通道连接对应的传感器输出。

对 PLC 的输入输出地址进行统一分配，可以明确每一路信号与现场设备的对应关系，便于接线、程序编写和后期排查故障；左右分栏列出输入与输出，便于查阅。本设计 I/O 地址分配如表 3-2 所示。

表 3-2 I/O 地址分配表

输入信号 (I 区)	序 号	信号名 称	PLC 地址	功能说明	输出信号 (Q 区)	序 号	信号名 称	PLC 地址	功能说明
输入信号	1	插枪检测开关	I0.0	检测充电枪是否插入	输出信号	1	主接触器	Q0.0	控制主回路通断
输入信号	2	刷卡认证输入	I0.1	接收刷卡认证信号	输出信号	2	预充电接触器	Q0.1	控制预充电回路
输入信号	3	快充模式选择	I0.2	选择快充模式	输出信号	3	快充指示灯	Q0.2	指示快充模式状态
输入信号	4	慢充模式选择	I0.3	选择慢充模式	输出信号	4	慢充指示灯	Q0.3	指示慢充模式状态
输入信号	5	启动按钮	I0.4	触发充电流程启动	输出信号	5	运行指示灯	Q0.4	指示充电运行状态
输入信号	6	停止按钮	I0.5	结束当前充电流程	输出信号	6	故障指示灯	Q0.5	指示系统故障状态
输入信号	7	复位按钮	I0.6	故障确认与系统复位	输出信号	7	完成指示灯	Q0.6	指示充电完成状态
输入信号	8	紧急停止按钮	I0.7	紧急停止输入	输出信号	8	蜂鸣器	Q0.7	故障或急停声光报警
输入信号	9	手动模式选择	I1.0	选择手动控制方式	输出信号	9	急停指示灯	Q1.0	指示急停状态
输入信号	10	自动模式选择	I1.1	选择自动控制方式	输出信号	10	自检指示灯	Q1.1	指示系统自检过程

3.4 系统控制方式设计

系统控制方式围绕待机、自检、等待插枪、等待认证、充电准备、预充电、恒流充电、恒压充电和充电完成等状态展开。待机状态下，所有接触器断开，只有自检指示灯和部分界面元件保持工作；在上电或复位后，系统进入自检状态，通过程序对关键输入输出和模拟量采集进行检查，确认无紧急停止和故障条件后转入等待插枪状态。检测到插枪信号后，状态寄存器更新为等待认证，只有在刷卡认证完成且无故障、无急停的前提下，系统才置位充电准备标志。充电准备状态下按下启动按钮，系统进入预充电阶段，预充电接触器动作，通过一定时间的预充电使回路电压逐步上升，达到条件后转入恒流充电阶段。充电流程控制流程图如图 3-10 所示。

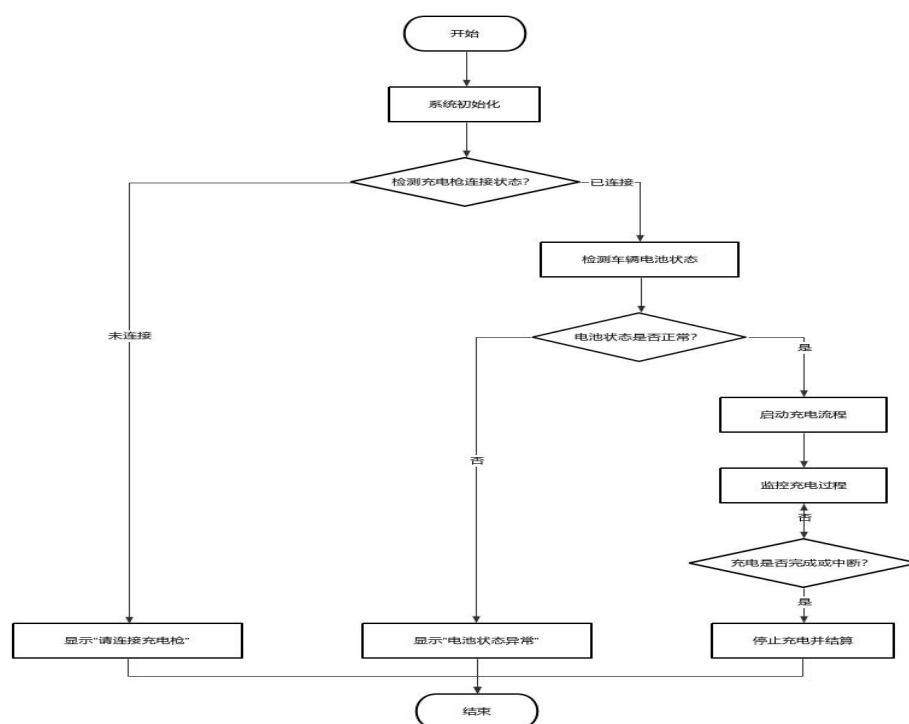


图 3-10 充电过程控制流程图

在恒流充电阶段，系统根据模式选择标志将充电模式划分为快充和慢充两种，通过不同的目标电流值和判断条件控制充电强度。恒流阶段保持一定时间并满足电压条件后，系统切换到恒压充电阶段，此时重点监视电流变化，当电流下落到设定下限且计时满足要求时，系统判定充电完成，进入充电完成阶段。无论处于哪个阶段，一旦检测到紧急停止信号或过流、过压、漏电、超温等故障，系统立

即清除各阶段标志，释放接触器并置位系统故障标志，配合声光报警和状态寄存提示操作人员进行处理。故障保护控制流程图如图 3-11 所示。

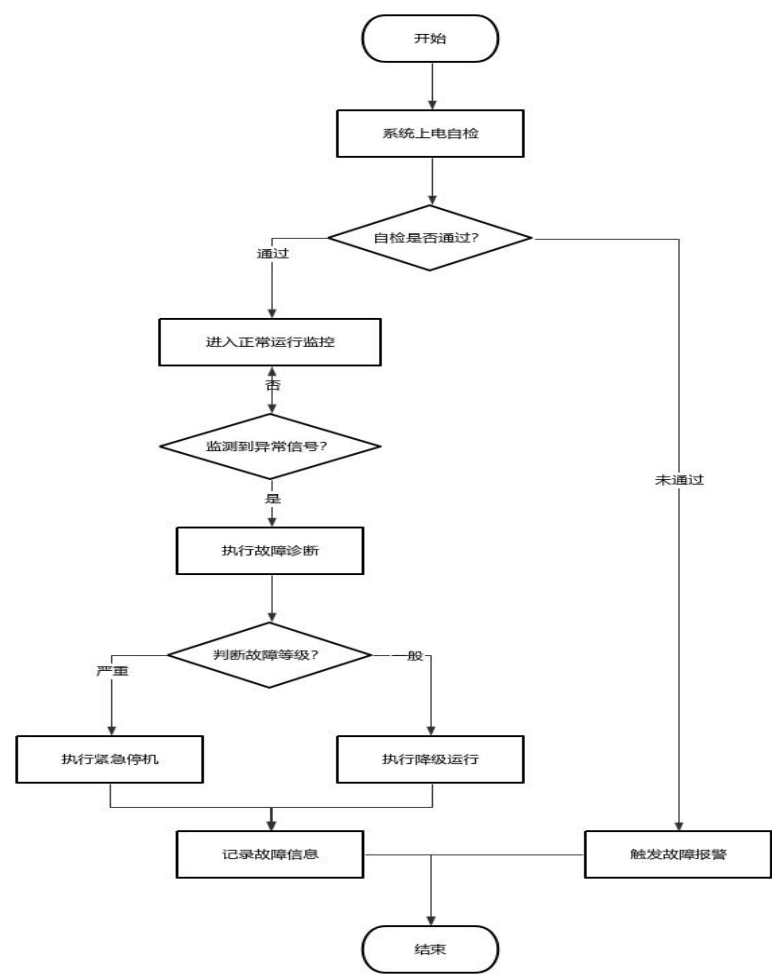


图 3-11 故障保护控制流程图

第 4 章 软件设计

4.1 博图项目配置

软件编程使用 TIA Portal 平台完成 PLC 和触摸屏项目的创建与配置。项目建立后，在设备配置界面中添加 S7-1200 控制器，设置 PLC 的基本参数，包括电源类型、数字量与模拟量模块的槽位分配以及存储区规划。随后将触摸屏设备加入同一项目，通过以太网接口与 PLC 建立连接，在网络视图中为 PLC 和触摸屏分配合适的 IP 地址和设备名称，保证二者之间能够进行可靠通信。通过统一的项目结构，可以在一个工程内完成 PLC 程序块、人机界面画面及变量表的统一管理，便于后续修改和调试。

常规					
名称	根画面	背景色	182, 182, 182	网格颜色	0, 0, 0
编号	1	模板	Template_1	工具提示	
层					
活动层	0				
层_0			选中		
层_1			选中		
层_2			选中		
层_3			选中		
层_4			选中		
层_5			选中		
层_6			选中		
层_7			选中		
层_8			选中		
层_9			选中		
层_10			选中		
层_11			选中		
层_12			选中		
层_13			选中		
层_14			选中		
层_15			选中		
层_16			选中		
层_17			选中		
层_18			选中		
层_19			选中		
层_20			选中		
层_21			选中		
层_22			选中		
层_23			选中		
层_24			选中		
层_25			选中		
层_26			选中		
层_27			选中		
层_28			选中		
层_29			选中		
层_30			选中		
层_31			选中		

图 4-1 博图项目与硬件配置界面

在硬件配置完成后，创建主程序组织块和相关数据块，用于存放充电流程控制、模拟量处理、故障保护和统计计算所需的变量。根据控制功能的划分，将程序分成初始化与自检、模拟量采集与转换、模式选择与状态寄存、充电阶段控制、故障检测与报警、计数和统计等多个逻辑网络，既便于阅读又有利于后期扩展。人机界面的变量连接则通过标签表进行管理，将 PLC 中的状态寄存器、故障代码以及统计数据映射到触摸屏的 I/O 域和符号 I/O 域中，实现数据共享。

按钮_3					
类型	按钮				
常规					
模式	文本	OFF 状态文本	紧急停止	ON 状态文本	Text
文本列表		OFF 状态图形		ON 状态图形	
图形列表		过程值		位号	0
外观					
背景色	99, 101, 113	背景填充图案	垂直梯度	角半径 (边框)	3
前景色	255, 255, 255	边框宽度	2	线样式	实心
边框颜色	71, 73, 87	边框背景色	105, 105, 105		
填充样式					
背景色梯度 (填充图案)	99, 101, 113	梯度 1 (填充图案)	选中	颜色梯度 1 (填充图案)	131, 132, 142
偏移量梯度 1 (填充图案)	15	梯度 2 (填充图案)	选中	颜色梯度 2 (填充图案)	88, 90, 103
偏移量梯度 2 (填充图案)	15				
设计					
焦点宽度	2	焦点颜色	148, 182, 231		
布局					
X 位置	229	Y 位置	99	宽度	90
高度	39	调整图形以适合大小	拉伸画面	图形水平对齐	居中
图形垂直对齐	中间	使对象适合内容	未选中	文本左边距 (布局)	0
文本顶部边距 (布局)	0	文本右边距 (布局)	0	文本底部边距 (布局)	0
图形左边距 (布局)	0	图形顶部边距 (布局)	0	图形右边距 (布局)	0
图形底部边距 (布局)	0				
文本格式					
字体	宋体, 17px, style=Bold	方向	水平	文本水平对齐	居中
文本垂直对齐	中间				
闪烁					
闪烁	已禁用				
样式/设计					
使用样式/设计	未选中	样式项外观			
其它					
名称	按钮_3	层	0 - 层_0	工具提示	
安全					
权限		允许操作员控制	选中		
动态化事件					
事件名称	按下				
函数列表\置位位					
变量					
	触摸屏紧急停止-HMI				
动态化事件					
事件名称	释放				

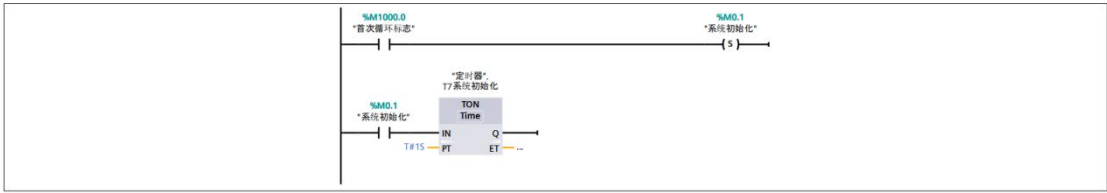
图 4-2 程序块与变量表配置界面

4.2 梯形图程序设计

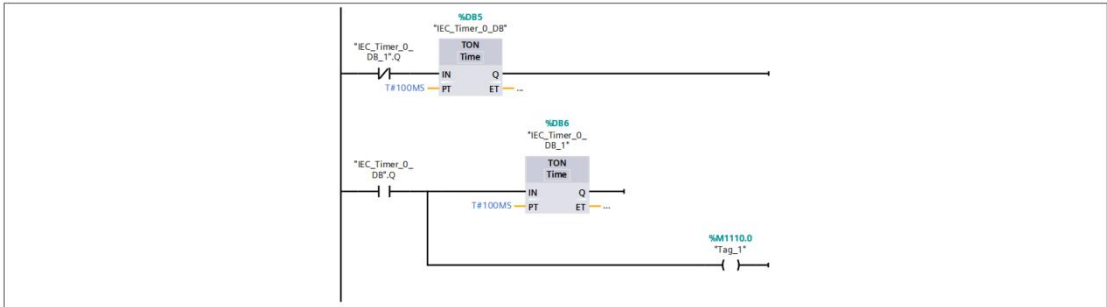
4.2.1 系统初始化与自检程序

系统初始化与自检程序主要完成首次上电时的参数赋值、自检计时以及指示灯控制。程序利用首次循环标志与定时器在上电后一段时间内对关键变量清零和赋初值：将过流、过压、超温阈值及电价、时间换算系数等写入对应数据寄存器，充电时间、累计充电时间、累计充电电量、计费金额及计数器相关变量清零，快充/慢充、手动/自动模式及目标电流电压等赋默认值。自检阶段置位系统自检标志，点亮自检指示灯，经延时后若无急停与故障则置位系统运行状态。

网络 1：初始化、自检、模拟量处理



网络 2：时钟



网络 3：初始化参数设定 - 设定保护阈值和初始值

图 4-3 初始化与自检程序梯形图

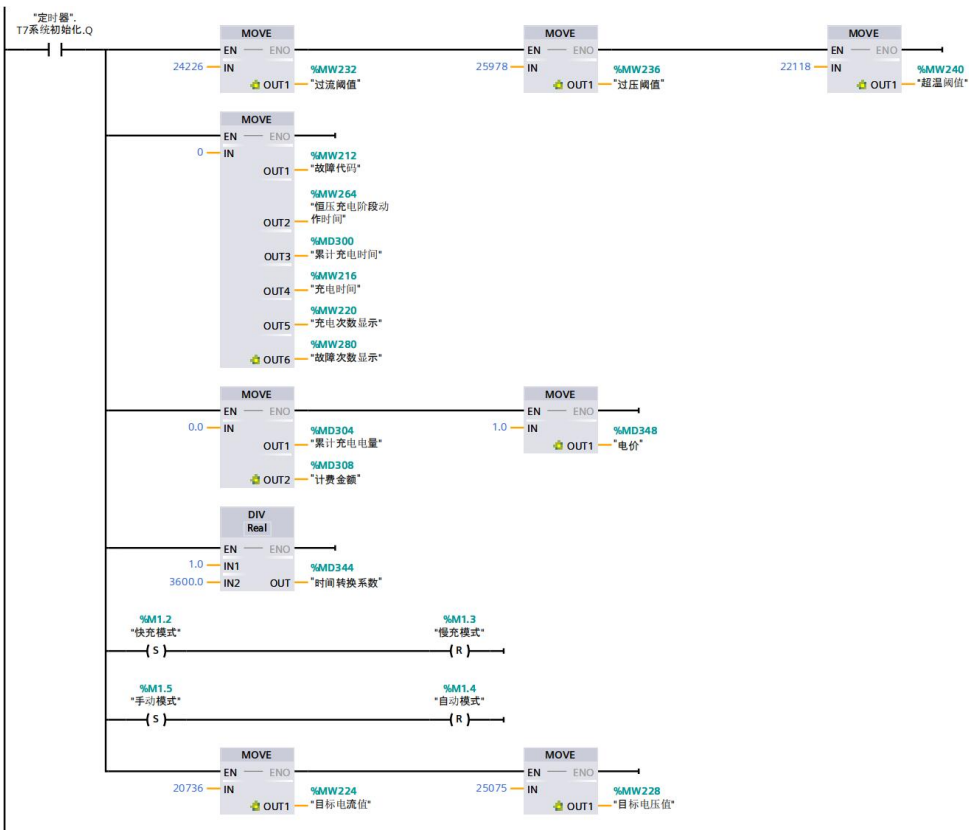
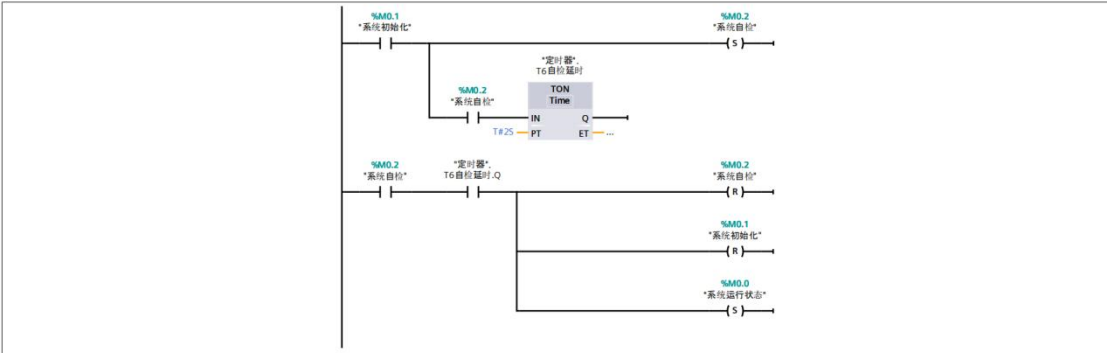


图 4-4 初始化与自检程序梯形图

网络 4：系统自检 - 自检流程控制



网络 5：自检指示灯输出 - 使用 SET/RESET 指令对

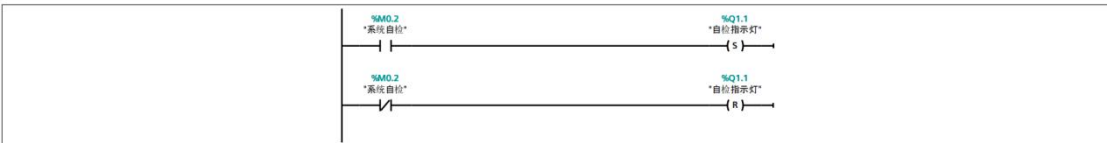
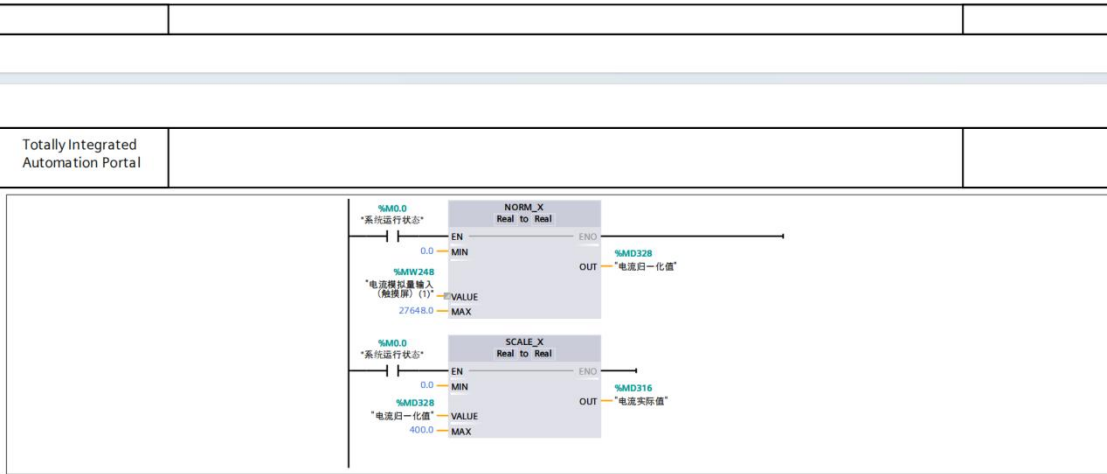


图 4-5 初始化与自检程序梯形图

4.2.2 模拟量采集与转换程序

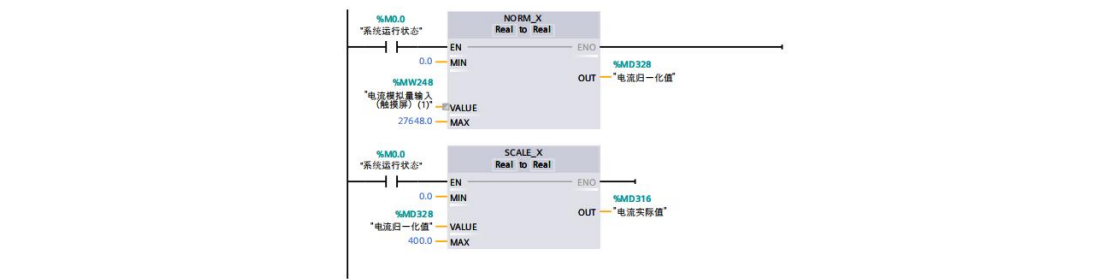
模拟量采集与转换程序使用 NORM_X 与 SCALE_X 将电流、电压、温度的模拟量输入从原始值转换为工程量。程序在系统运行状态下将电流通道归一化并缩放到 0~400 A、电压通道归一化并缩放到 0~500 V、温度通道归一化并缩放到 0~100 °C，结果写入电流实际值、电压实际值、温度实际值等实数地址；同时将原始值存入字寄存器用于与过流/过压/超温阈值比较。

网络 6：模拟量输入转换 - 电流值转换

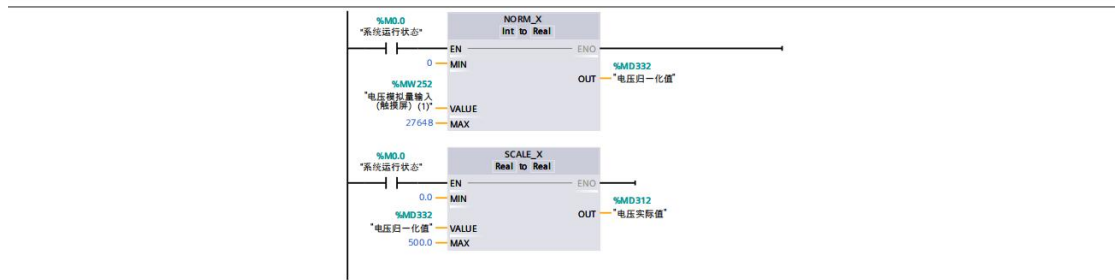


网络 7：模拟量输入转换 - 电压值转换

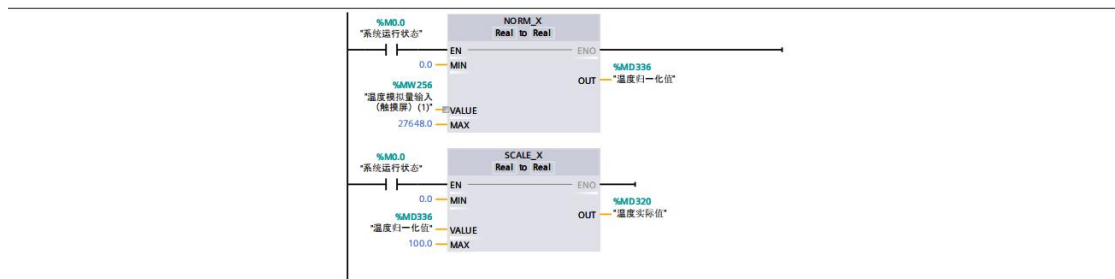
图 4-6 模拟量采集与转换程序



网络 7：模拟量输入转换 - 电压值转换



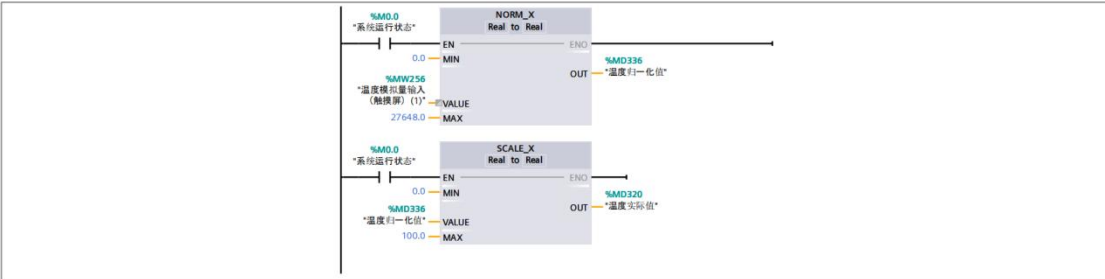
网络 8：模拟量输入转换 - 温度值转换



网络 9：模拟量值存储 - 存储到 MW 用于比较（电流）

图 4-7 模拟量采集与转换程序

网络 8：模拟量输入转换 - 温度值转换



网络 9：模拟量值存储 - 存储到 MW 用于比较（电流）



网络 10：模拟量值存储 - 存储到 MW 用于比较（电压）



网络 11：模拟量值存储 - 存储到 MW 用于比较（温度）

图 4-8 模拟量采集与转换程序

4.2.3 充电流程控制程序

充电流程控制程序从插枪检测和刷卡认证开始，依次完成充电准备、预充电、恒流充电、恒压充电和充电完成等阶段的状态置位与清除。程序利用上升沿检测功能，将插枪信号和刷卡信号的变化转换为可信的触发条件，在满足插枪和认证的前提下置位充电准备标志。启动按钮的上升沿配合自动模式标志，触发预充电阶段，预充电阶段中控制预充电接触器动作，并使用定时器记录预充电动作时间。预充电完成后置位恒流充电标志，同步控制主接触器吸合，使用定时器统计恒流阶段动作时间，并配合电压条件判断何时切换到恒压充电阶段。恒压充电阶段则通过对电流变化的监测和定时器进行综合判断，当电流降低到设定下限并且恒压阶段持续时间达到要求时，系统置位充电完成标志，退出充电阶段。

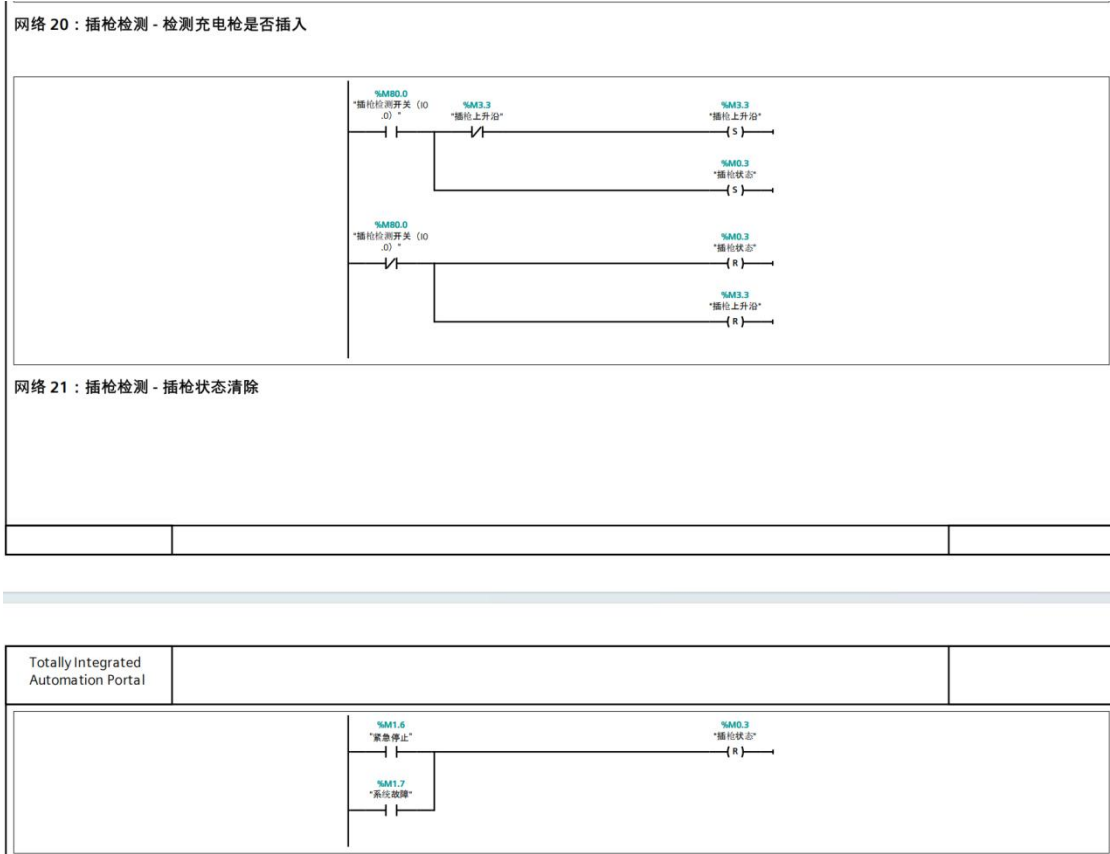


图 4-9 充电流程控制程序梯形图

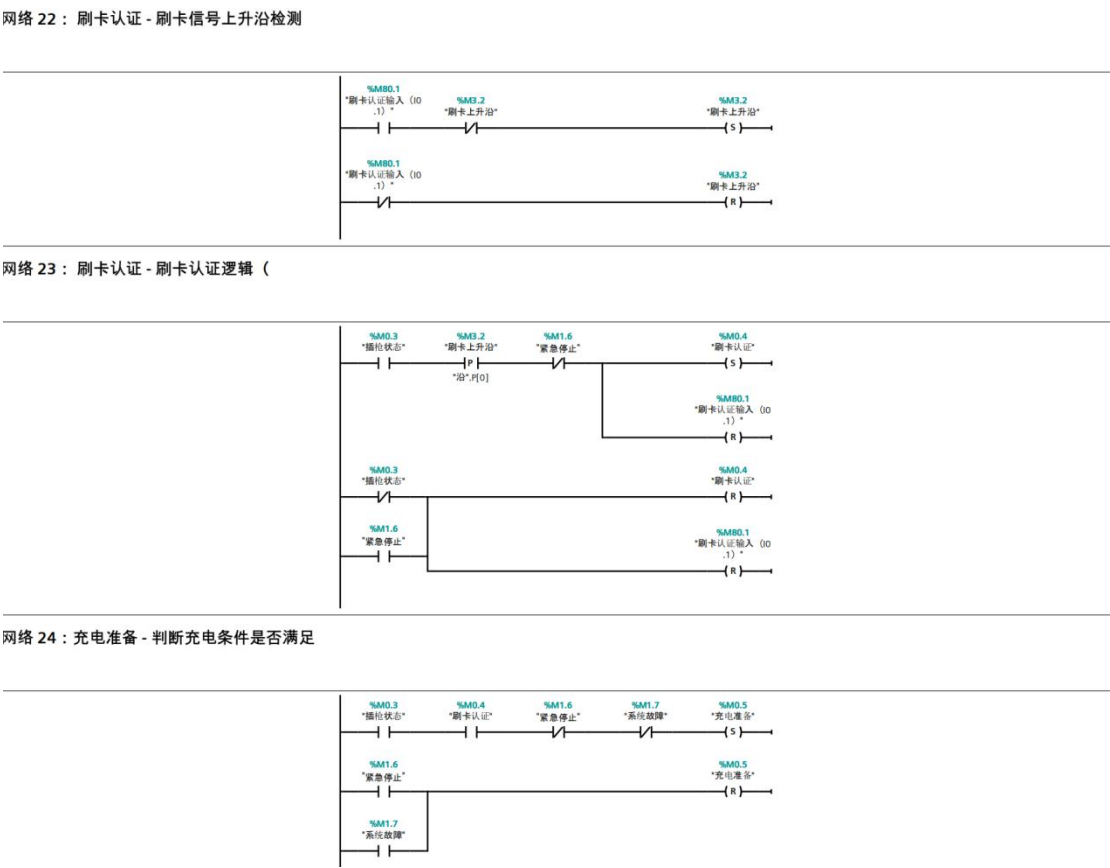


图 4-10 充电流程控制程序梯形图

网络 35：恒压充电完成判断 - 电流降到下限完成充电

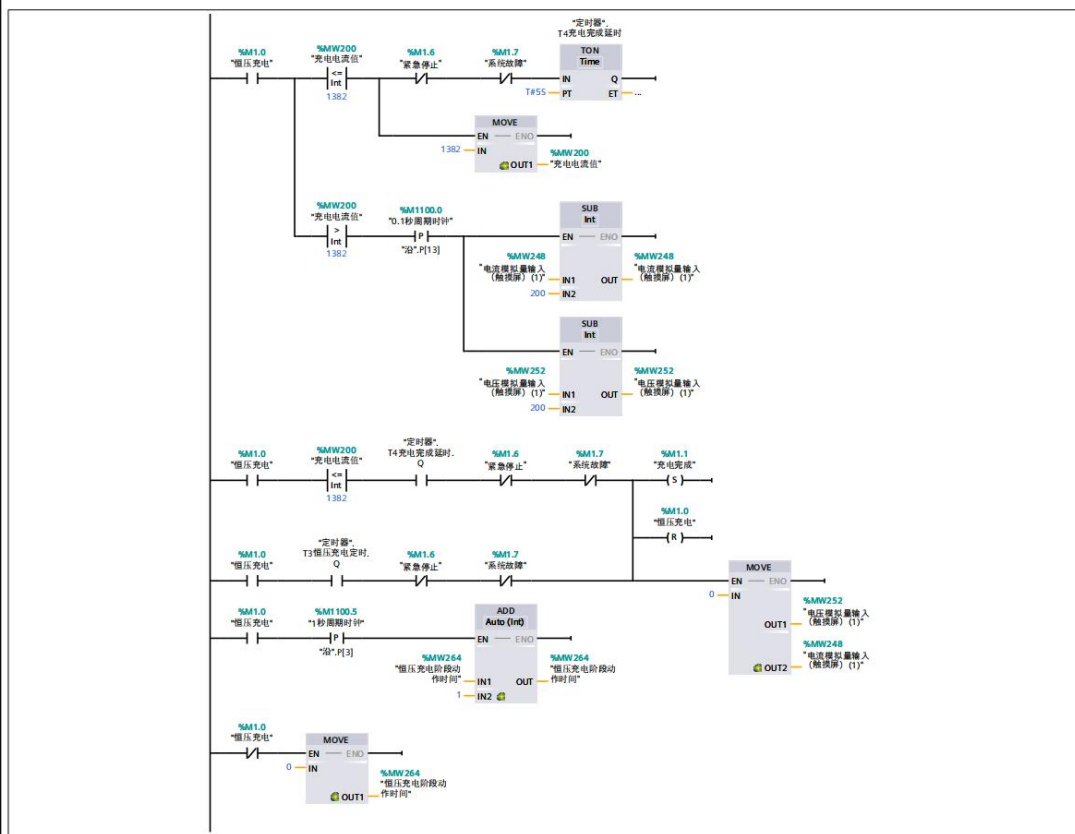
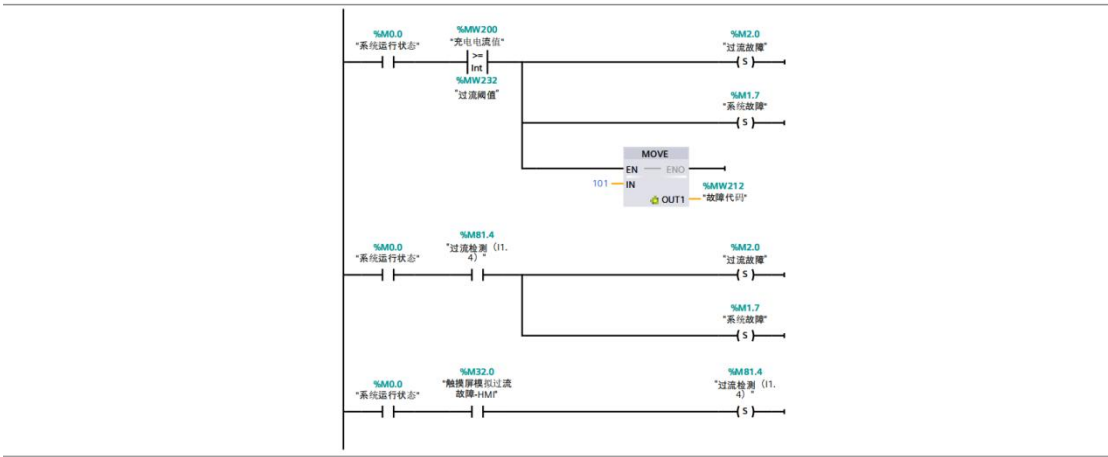


图 4-11 充电流程控制程序梯形图

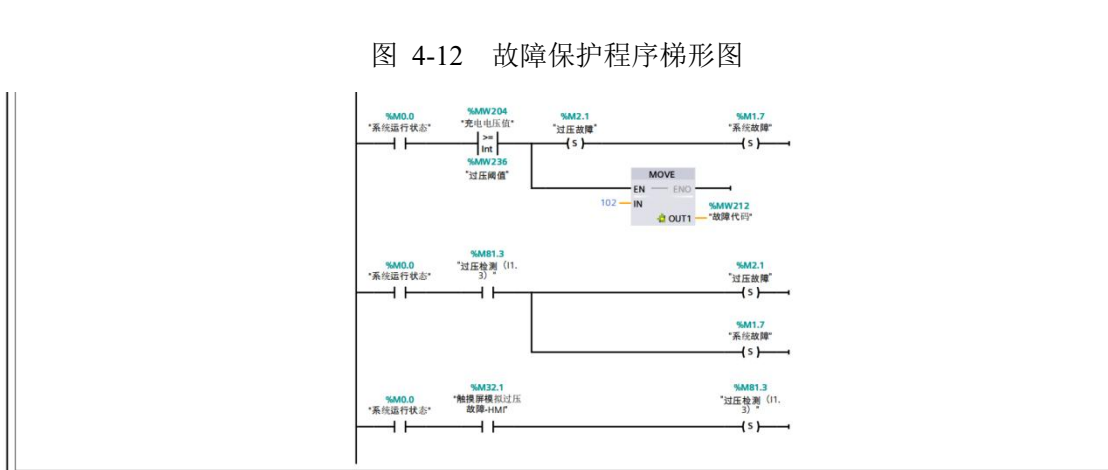
4.2.4 故障保护与计数统计程序

故障保护程序通过比较充电电流、充电电压和温度的当前值与各自阈值，判断是否存在过流、过压和超温等情况，同时接收漏电检测输入和触摸屏故障模拟信号。当任一故障条件满足时，程序置位对应的故障标志和系统故障标志，立即断开主接触器和预充电接触器，点亮故障指示灯，并启动故障报警延时定时器，在延时结束后驱动蜂鸣器发出报警；紧急停止处理逻辑与一般故障相对独立，程序通过急停输入信号在任意状态下立即断开所有输出，并通过急停指示灯进行提示。

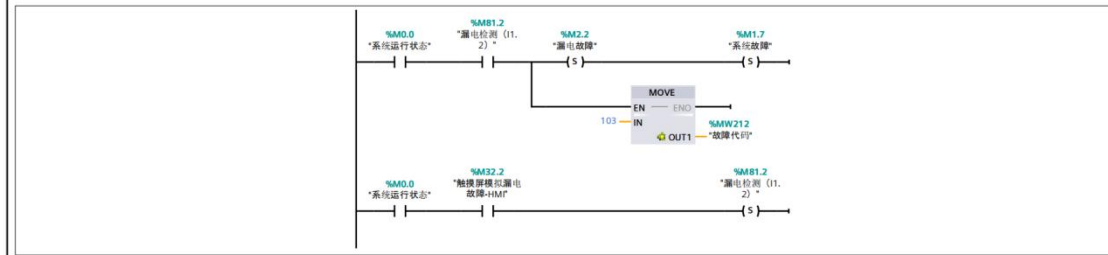
网络 44：过流保护检测 - 检测电流是否超过阈值



网络 45：过压保护检测 - 检测电压是否超过阈值



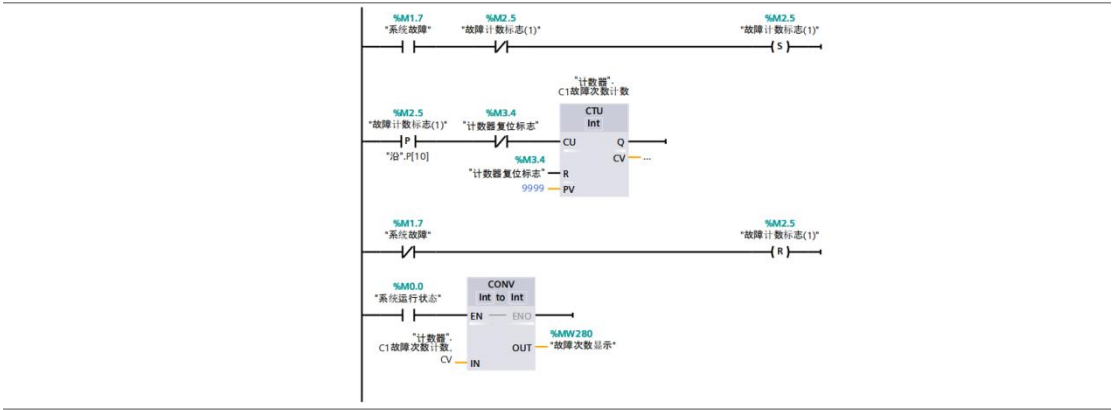
网络 46：漏电保护检测 - 检测漏电信号



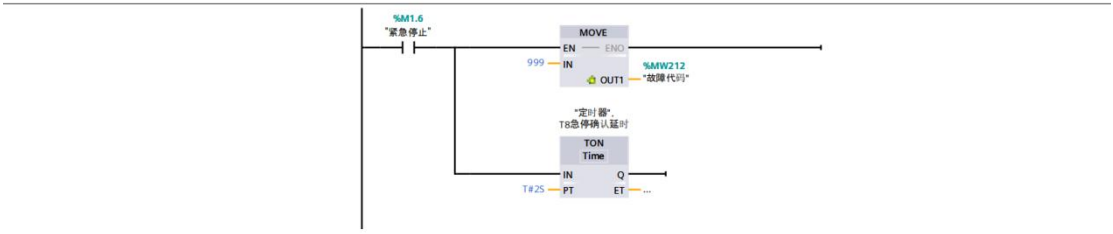
网络 47：超温保护检测 - 检测温度是否超过阈值

图 4-13 故障保护程序梯形图

网络 50：故障次数计数 - 记录故障次数

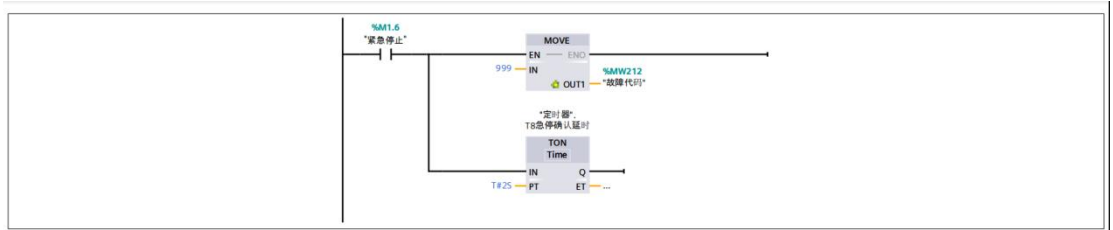


网络 51：紧急停止检测 - 紧急停止按钮处理（急停独立于故障）



网络 52：紧急停止动作 - 急停时立即断开所有输出

图 4-14 故障保护程序梯形图



网络 52：紧急停止动作 - 急停时立即断开所有输出



网络 53：急停指示灯闪烁控制 - 急停状态指示

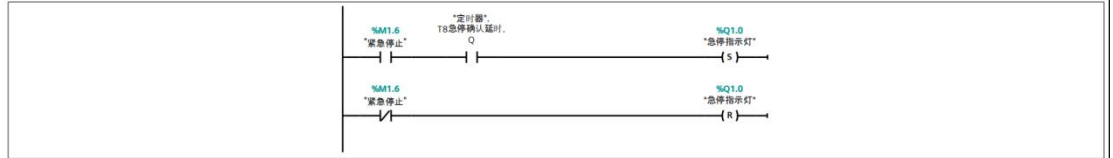
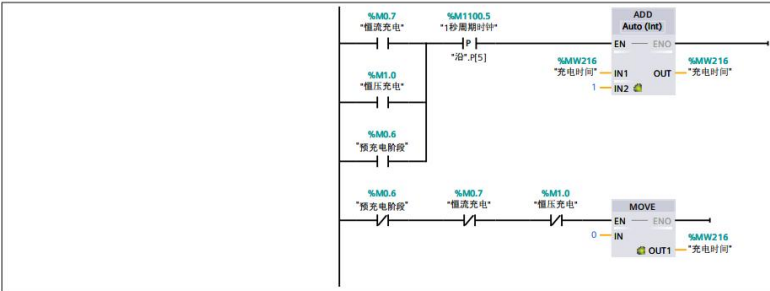


图 4-15 故障保护程序梯形图

计数统计程序对充电次数和故障次数进行累计，每当充电完成或故障发生时计数器加一，并将当前计数值写入显示寄存器；同时根据充电时间和电流工程量计算本次充电电量，利用电价参数计算计费金额，更新累计充电时间和累计充电电量。

网络 37：充电时间累计 - 充电过程中时间累计



网络 38：累计充电时间更新

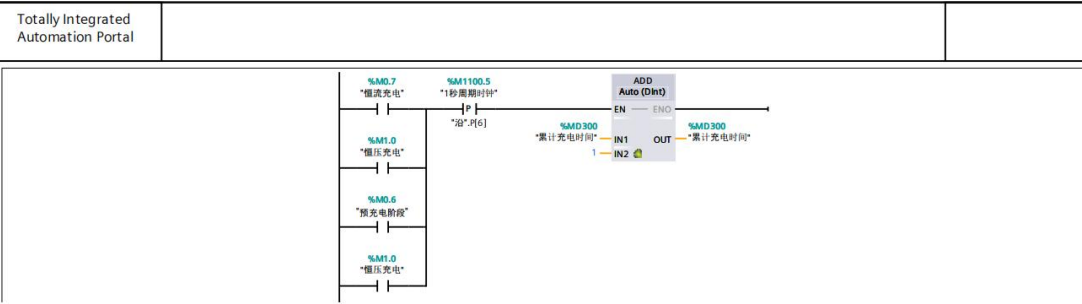


图 4-16 计数统计程序

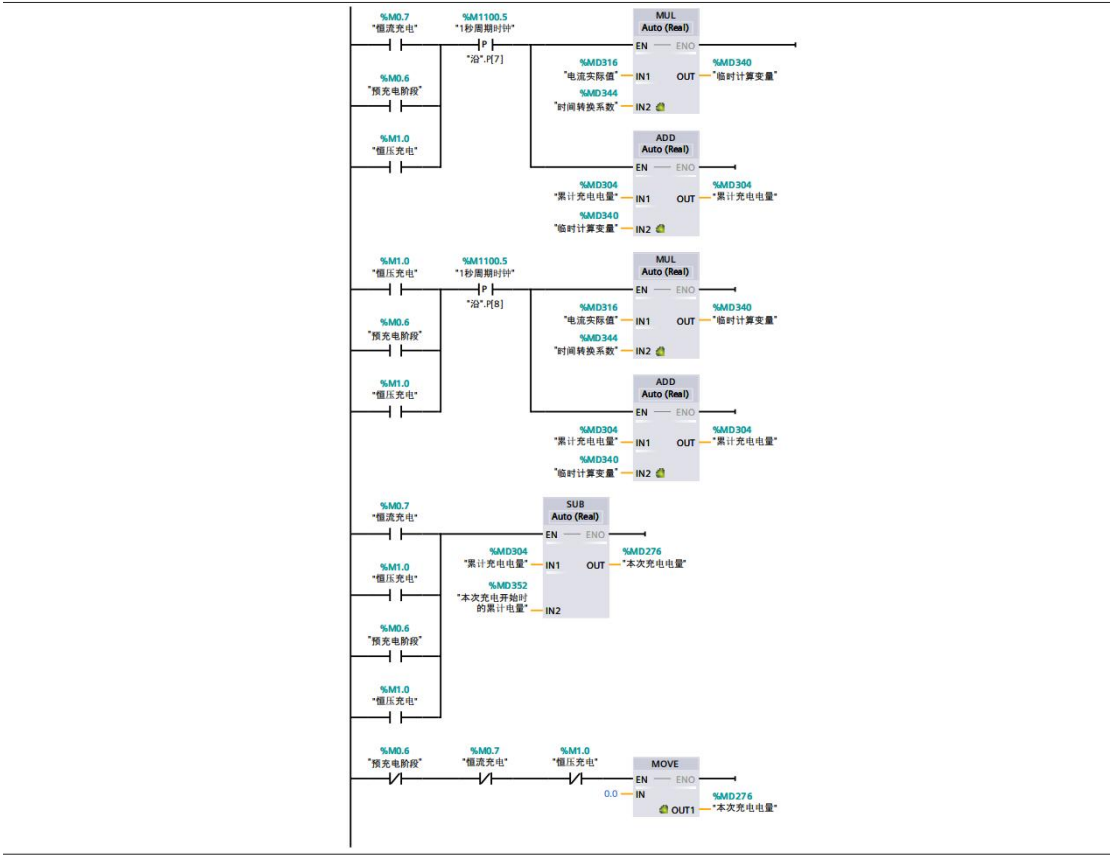


图 4-17 计数统计程序

4.2.5 触摸屏按钮与物理按钮合并程序

触摸屏按钮与物理按钮合并程序将现场物理按钮信号与触摸屏虚拟按钮信号进行逻辑合并，使任一端触发时系统均能正确响应。程序对启动、停止、复位、紧急停止等按钮分别处理：当物理按钮或触摸屏对应按钮任一置位时，置位统一的触发标志；当两者均释放时，复位该标志。紧急停止采用置位逻辑，物理急停或触摸屏急停任一动作即置位紧急停止标志，保证安全优先。

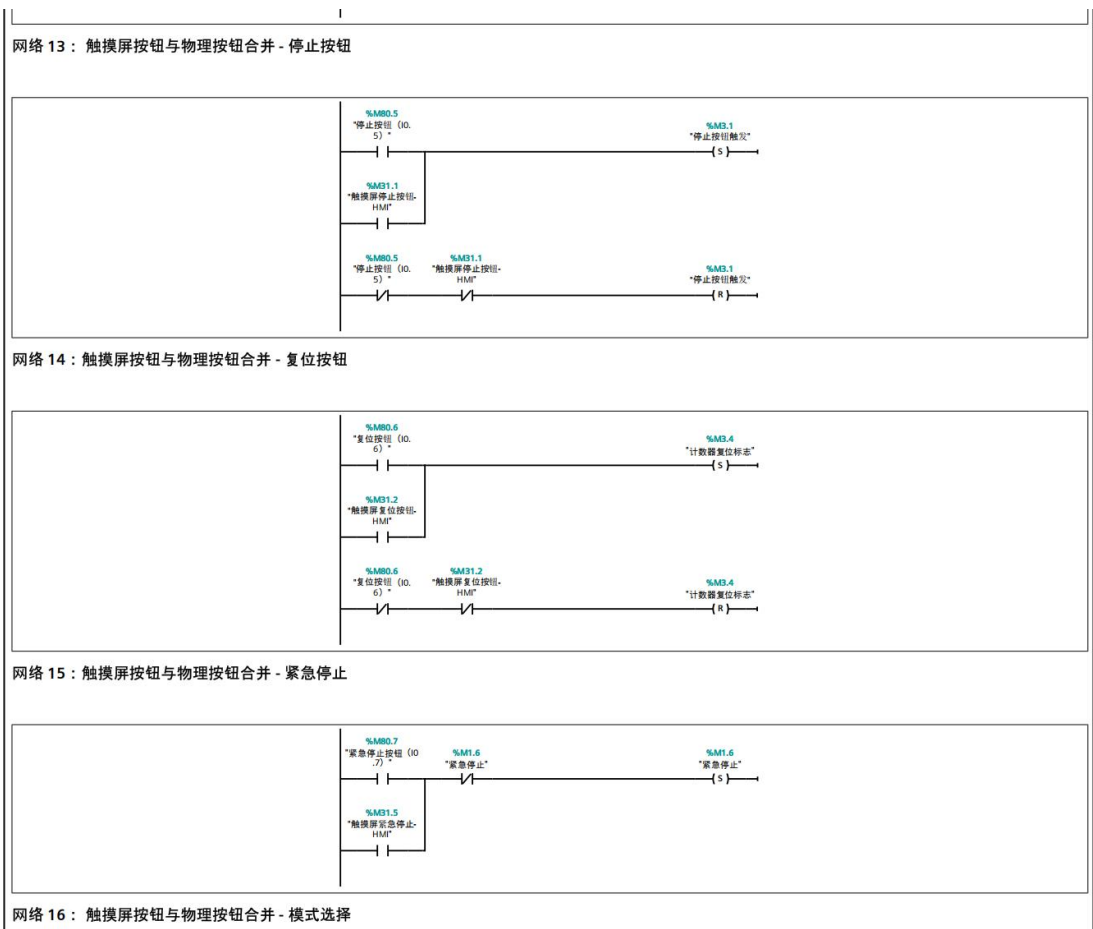
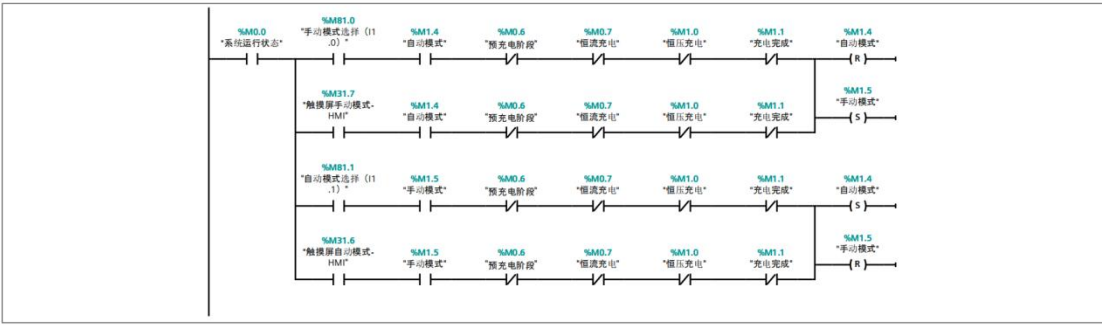


图 4-18 触摸屏按钮与物理按钮合并程序

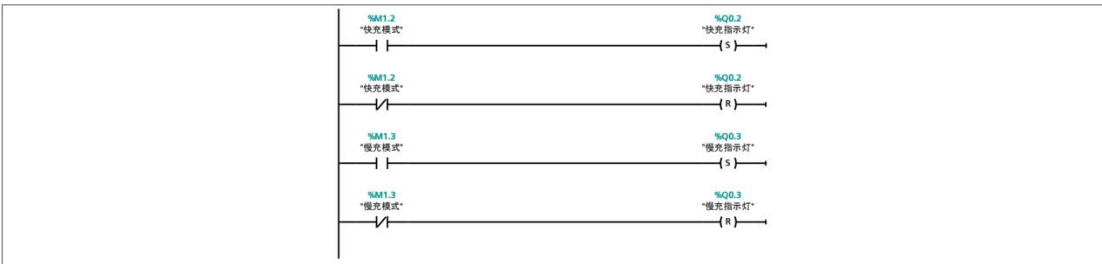
4.2.6 模式选择程序

模式选择程序实现快充/慢充模式与手动/自动模式的切换。快充与慢充互斥，在非充电阶段可通过物理开关或触摸屏按钮选择，选择后置位对应模式标志并复位另一模式；手动与自动互斥，同样在非充电阶段切换。程序根据当前是否处于预充电、恒流充电、恒压充电或充电完成阶段进行互锁，避免充电过程中误切换。

网络 18：模式选择 - 手动/自动模式切换



网络 19：模式指示灯输出 - 快充/慢充指示（



网络 20：插枪检测 - 检测充电枪是否插入

图 4-19 模式选择程序

4.2.7 运行指示灯与充电完成指示程序

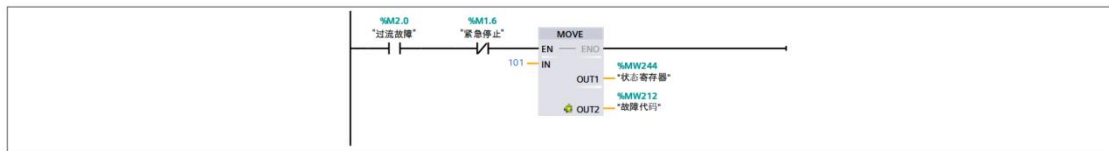
运行指示灯与充电完成指示程序根据充电阶段标志驱动相应的输出指示灯。运行指示灯在恒流充电或恒压充电阶段点亮，提示系统处于实际充电状态；充电完成阶段置位完成指示灯，并在完成阶段动作时间达到设定值后保持一段时间。程序通过 SET/RESET 指令在相应阶段置位指示灯，在阶段退出时复位。对应程序为网络 19 快充/慢充指示灯，已包含于模式选择、网络 40 运行指示灯控制、网络 36 充电完成确认及完成指示灯。插图时可截取网络 40 及充电完成相关网络的梯形图。

入 1，待机时写入 0。

网络 56：状态寄存器更新 - 紧急停止状态



网络 57：状态寄存器更新 - 101 过流故障状态



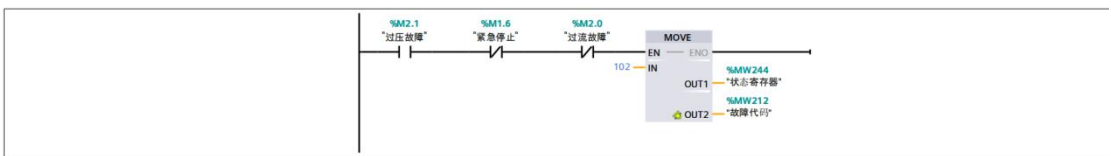
网络 58：状态寄存器更新 - 102 过压故障状态



网络 59：状态寄存器更新 - 103 漏电故障状态

图 4-22 状态寄存器更新程序

网络 58：状态寄存器更新 - 102 过压故障状态



网络 59：状态寄存器更新 - 103 漏电故障状态

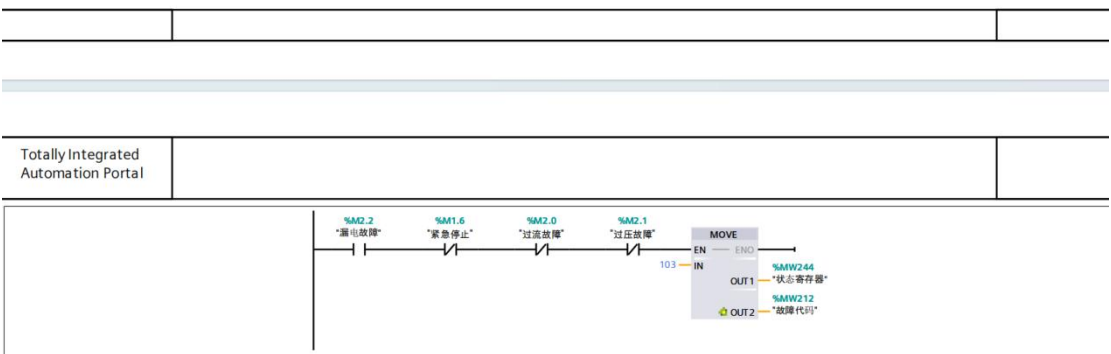


图 4-23 态寄存器更新程序

4.3 触摸屏人机界面设计

触摸屏主监控画面以“基于 PLC 的电车智能充电桩控制系统设计”为标题，

将整个界面划分为控制按钮区、模拟量输入控制区、充电参数实时监测区、充电统计信息区、运行与故障指示区以及报警信息区等多个功能区域。控制按钮区布置启动、停止、复位和紧急停止按钮，以及快充模式和慢充模式、手动模式和自动模式的切换按钮，按钮采用不同颜色和文字标识，操作直观。模拟量输入控制区设计了电流、电压和温度模拟输入的滚动条和数值显示框，便于在教学和仿真环境下模拟不同运行工况。充电参数实时监测区通过棒图和数值显示的组合方式，实时显示充电电压、充电电流和温度的变化情况，颜色随范围变化而改变。充电统计信息区集中显示本次充电时间、本次充电电量、累计充电时间、累计充电电量、充电次数、故障次数以及计费金额等数据。运行与故障指示区设置运行指示灯、自检指示灯、完成指示灯以及故障指示灯，通过不同颜色和文本描述反映系统状态；报警信息区显示当前故障代码及文字说明。界面下方用文字提示插枪和刷卡的顺序，帮助用户按照正确步骤进行操作。

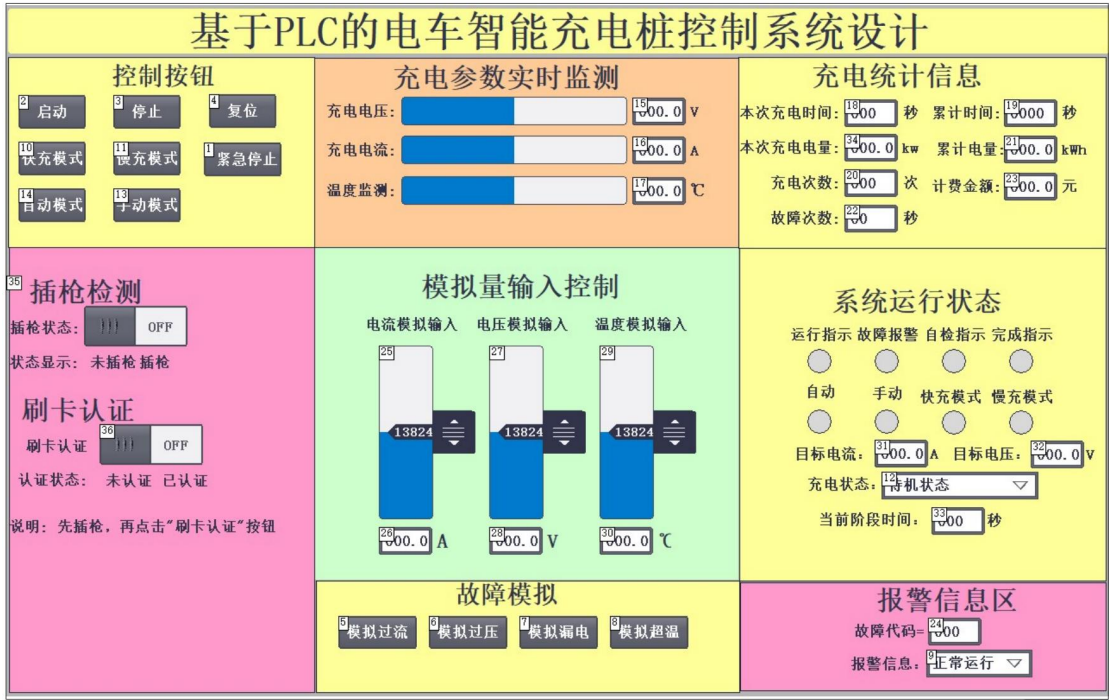


图 4-24 触摸屏主监控画面

第 5 章 系统仿真与调试

5.1 程序编译与下载

在完成 PLC 程序和触摸屏画面设计后,需要在 TIA Portal 中对项目进行编译。编译过程能够对语法错误和部分逻辑错误进行检查,避免将存在明显问题的程序下载到设备中。编译通过后,通过以太网电缆将 PC 与 PLC、触摸屏连接,分别下载 PLC 程序和 HMI 工程。下载完成后,可以在在线模式下观察 PLC 和触摸屏的通讯情况,确认变量连接是否正确以及人机界面显示是否正常。

5.2 在线监控与调试过程

在线监控阶段,利用监控表和变量观察功能查看充电流程相关标志位的变化情况。调试时先在无车辆的情况下使用模拟量输入滚动条模拟不同电流、电压和温度值,通过观察状态寄存器和界面显示,检验充电准备、预充电、恒流充电和恒压充电等阶段的切换是否符合设计思路。在测试插枪和刷卡逻辑时,通过在触摸屏上模拟插枪信号,并操作刷卡认证开关,观察状态寄存器中等待插枪、等待认证和充电准备等状态的变化,界面上的充电状态文本也应随之更新。对故障保护功能的调试则通过触摸屏的故障模拟按钮进行,分别触发过流、过压、漏电和超温模拟,检查系统是否立即切断主回路,故障指示灯和蜂鸣器是否动作,故障代码是否在界面上正确显示。

5.2.1 测试数据与结果汇总

部分测试数据记录如下:预充电阶段动作时间约 10 s;恒流充电阶段在快充模式下目标电流约 375 A、目标电压约 363 V,慢充模式下目标电流约 125 A、目标电压约 362 V;恒压充电阶段电流下限约 5%额定值,保持约 5 s 后完成;过流/过压/漏电/超温触发后主回路断开时间小于 1 个扫描周期,故障代码与设计一致。将主要测试项目与结果汇总如表 5-1 所示。

表 5-1 主要功能测试结果汇总表

序 号	测试项目	测试内容与判定标准	测试结 果
1	系统上电与自检	自检灯亮约 2 s 后熄灭,系统状态就绪	通过

序号	测试项目	测试内容与判定标准	测试结果
2	插枪与刷卡认证	插枪→刷卡后进入充电准备，可正常启动充电	通过
3	充电流程与阶段切换	预充电→恒流→恒压→充电完成，切换顺序正确	通过
4	充电参数与统计显示	电压、电流、时间、电量、计费信息显示准确无误	通过
5	过流 / 过压 / 漏电 / 超温保护	触发后立即断电，上报故障码 101~104，同步声光报警	通过
6	紧急停止与复位	急停立即断电，故障码 999；复位后可恢复正常运行	通过

综合以上测试，本设计实现的充电流程控制、故障保护与数据统计功能符合设计要求，系统运行稳定，便于在触摸屏上观察与验证。

第 6 章 结论

本设计完成了基于 PLC 的电车智能充电桩控制系统的方案设计与实现工作。系统以 S7-1200 系列可编程控制器为控制核心，配合触摸屏人机界面、模拟量扩展模块以及电流、电压、温度检测元件，构建了一个结构清晰、功能较为完善的充电控制平台。通过对主回路和控制回路的合理设计，实现了对预充电接触器和主接触器的分阶段控制，保证充电过程平稳进行。软件部分对充电流程进行了细致划分，利用状态寄存器记录各阶段状态，并通过人机界面进行直观展示，使操作人员可以清楚了解当前系统所处阶段。

在控制方式方面，本设计将充电过程划分为预充电、恒流充电和恒压充电等阶段，根据模式选择标志实现快充和慢充两种控制方式。系统利用模拟量采集与转换功能获取充电电流、电压和温度的实时数据，对过流、过压、漏电和超温等情况设置了相应的保护逻辑，并增加了紧急停止的独立处理流程。充电过程中对本次充电时间、本次充电电量、累计充电时间、累计充电电量、充电次数和故障次数等进行统计，并根据电价计算计费金额，为运行管理提供基础数据。

通过在线监控和多种工况下的功能测试，系统在充电流程控制、故障保护和数据统计等方面均表现出较好的稳定性和可靠性，能够满足设计阶段提出的主要需求。与此同时，本设计在界面美观性、参数设置灵活性以及远程监控等方面仍有进一步提升空间，在后续工作中可以考虑引入通信模块，与上位机或云平台进行数据交互，实现远程监控和历史数据分析。

本次毕业设计使本人对电动汽车充电桩的工作原理和控制方式有了更深入的理解，在项目过程中熟悉了 TIA Portal 软件环境，掌握了 PLC 与触摸屏工程的配置及调试方法，同时提高了分析问题和解决问题的能力。通过对主回路、电气控制、程序设计及人机界面设计的综合训练，对工业自动化系统的整体构成有了更加直观的认识，为今后从事相关工作或继续学习奠定了基础。

致谢

在整个毕业设计过程中，指导老师从选题、方案讨论到论文撰写都给予了耐心的帮助和细致的指导，在控制系统方案选择、程序结构划分以及论文结构安排等方面提出了许多中肯的建议，使我在设计思路更加清晰。三年的专业学习中，任课老师通过理论课程和实验教学让我逐步掌握了电气控制、PLC 编程和自动化系统设计方面的基础知识，为本次设计的顺利完成打下了扎实的基础。与同学在实验室中共同调试程序、交流问题的过程也让我收获了很多实践经验和宝贵的友谊。家人在学习和生活上一直给予我理解和支持，使我能够安心完成学业。在此对所有给予帮助和关心的老师、同学和家人表示诚挚的感谢，同时也感谢辛苦阅卷和参与答辩的各位老师。由于个人水平有限，论文中难免存在不足之处，敬请各位老师批评指正。

参考文献

- [1] 吴庆泽,郭城志. 基于 PLC 的混动三体船电力控制系统设计[J]. 船电技术, 2025,45(09):44-48.
- [2] 许明豪,李小磊,王浩,等. 充电间智慧充电控制系统的设计[J]. 设备管理与维修, 2025,(17):64-67.
- [3] 商红桃. PLC 控制系统在新能源汽车智能共享车位领域的应用研究[J]. 内燃机与配件, 2025,(02):93-95.
- [4] Jeong Y, Jeon Y, Lee W, et al. Development of an Equivalent Analysis Model of PVB Laminated Glass for TRAM Crash Safety Analysis[J]. Polymers, 2024,17(1):25-25.
- [5] 霍依波,陈丽雪,张俊一,等. 电动汽车欧洲充电标准预充电测试研究[J]. 汽车电器, 2024,(11):19-20+23.
- [6] 庞涛,李辉. 基于 PLC 技术的轻轨电车自动门智能控制方法[J]. 传感器世界, 2024,30(10):27-31.
- [7] 彭泉华. 基于 PLC 的有轨电车电子机械制动系统研究[J]. 现代制造技术与装备, 2024,60(10):211-213.
- [8] 李公君. 基于 PLC 技术的城市充电站建设与电力网络协同优化[J]. 人民公交, 2024,(12):19-21.
- [9] 崔丹丹,尹倩,曹阳明,等. 基于 PLC 控制的新能源汽车智能共享车位控制系统设计[J]. 内燃机与配件, 2024,(12):35-37.
- [10] 王珊珊. 一种新型汽车充电桩的结构设计[J]. 汽车维护与修理, 2024,(08):69-70+73.
- [11] 覃胜林,岳高,陈勇林,等. 基于 PLC 的智能手环全自动充电触点铜柱装配机设计[J]. 现代信息科技, 2024,8(04):180-183+189.
- [12] 陆大同,卢翠珍. 基于 PLC 电动车集中充电控制系统的设计[J]. 电工材料, 2024,(01):60-63.
- [13] 刘璐,王桂森,郑军,等. 基于 PLC 的高空作业车自动充电系统[J]. 起重运输机械, 2023,(22):35-40.
- [14] 罗建. 充电站集控系统的 PLC 控制[J]. 智能建筑电气技术, 2023,17(01):93-96.
- [15] 何叶,张亮,潘彩霞. PLC 技术在电动汽车智能充电系统中的应用[J]. 电子技术,

2022,51(11):64-66.

[16] 张阳. 基于电力线载波的充电桩群功率调控系统研究[D]. 北京交通大学, 2022.

[17] 强文辉,张诗宁,彭军志. 基于 PLC 的电动汽车充电系统研究[J]. 吉林农业科技学院学报, 2021,30(06):29-32+43.

[18] 李欣,宋仔仲,王德利. 基于 PLC 控制的船用蓄电池充电装置设计[J]. 船电技术, 2021,41(11):50-52.

[19] 王胜兵,胡健,杨佳宾,等. 一种电动自行车自动换电池和智能充电装置结构设计[J]. 河南科技, 2021,40(30):21-24.

[20] 陈宏涛,杨翠青. 基于 PLC 的有轨电车接触网除冰加热装置的研究[J]. 南方农机, 2020,51(19):124+148.

[21] 陈欢,俞宏洋,秦怀宇. 基于 PLC 和 LLC 的充电桩电源模块设计[J]. 电子测试, 2020,(10):28-29+42.

[22] Liang Z, Shengbin C, Quangui H, et al. Reliability Oriented Modeling and Analysis of PLC for EVs to Charging Piles Communication System Based on IPA-SAMP Impulse Noise Cancelation[J]. IEEE Access, 2020,8:4605-4614.

[23] Proton Power Systems, Schäfer Elektronik link up for EV charging JV[J]. Fuel Cells Bulletin, 2019,2019(9):12-12.