

# 基于S7-1200的全自动洗车控制系统设计

李晓锋

重庆科技大学电子与电气工程学院, 重庆

收稿日期: 2026年6月23日; 录用日期: 2026年7月15日; 发布日期: 2026年7月24日

## 摘 要

在汽车保有量不断上升、洗车服务高效化与标准化双重需求驱动下, 传统手工洗车存在作业效率低、清洗质量不稳定、人工成本高及水资源浪费突出等弊端, 已无法满足现代洗车行业发展要求。为此设计以西门子S7-1200PLC为核心的全自动洗车控制系统, 整合位置检测传感器、变频器、高压泵、滚刷及烘干等执行机构, 构建感知、控制与执行一体化硬件平台。系统采用TIAPortal完成程序编写与HMI组态, 设置自动、手动两种运行模式。自动模式可按预洗、泡沫清洗、清水冲洗、烘干时序自动运行, 可适配不同车型参数; 手动模式支持触摸屏与实体按钮临时调控, 兼具状态监测与故障报警功能。调试结果表明, 该系统运行稳定、流程衔接准确, 可提升洗车作业效率与标准化水平, 降低人力投入, 具备良好实用与推广价值。

## 关键词

PLC, S7-1200, 全自动洗车机, 控制系统, 流程控制

# Design of PLC-Based Automatic Car Wash Control System with S7-1200

Xiaofeng Li

School of Electronic and Electrical Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Received: June 23, 2026; accepted: July 15, 2026; published: July 24, 2026

## Abstract

With the continuous growth of car ownership, traditional manual car washing has the disadvantages of low efficiency, unstable cleaning quality, high labor cost and serious water waste, which can no longer meet the requirements of modern car washing industry. A fully automatic car washing control system based on Siemens S7-1200 PLC is designed. The system integrates position sensors, frequency converters, high-pressure pumps, roller brushes and drying actuators to form an integrated

hardware platform of perception, control and execution. TIA Portal is used for programming and HMI configuration with automatic and manual modes. In automatic mode, it operates automatically in the sequence of pre-washing, foam cleaning, water rinsing and drying, and can adapt to parameters of different vehicle types. Manual mode supports temporary adjustment through touch screen and physical buttons, with status monitoring and fault alarm functions. The debugging results show that the system runs stably with accurate process connection, which can improve car washing efficiency and standardization, reduce labor cost, and has good application and promotion value.

## Keywords

PLC; S7-1200, Fully Automatic Car Washing Machine, Control System, Process Control

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着汽车保有量逐年增加,洗车服务市场规模持续扩大,传统手工洗车效率低、耗水量大、人工成本逐年上涨,服务质量难以统一[1]。半自动洗车设备仍需人工辅助干预,控制精度有限,无法实现全流程自动化作业[2]。在节水环保政策约束下,开发 PLC 型全自动洗车控制系统成为行业发展必然趋势[3]。

PLC 技术凭借稳定性强、抗干扰能力突出、编程维护简便等优势,广泛应用于各类自动化设备控制领域[4]。国内研究人员在洗车机 PLC 硬件选型、程序架构、流程优化方面已形成成熟研究成果[5]-[8];国外在清洗设备运动控制、多机构协同运行方面起步较早,相关设计思路具有参考价值[9]-[11]。

本文依托西门子 S7-1200PLC 搭建全自动洗车控制系统,完成硬件选型、电路设计、I/O 分配、梯形图程序编写及触摸屏组态,实现自动时序洗车、手动调控、状态监测与故障报警功能,经调试验证方案可行可靠。

## 2. 系统总体方案设计

### 2.1. 控制需求分析

系统需实现模式切换、流程时序控制、多档位调速、位置限位检测与故障报警保护功能。支持自动一键全流程运行、手动单点设备操控;可完成预洗、泡沫、冲洗、烘干有序联动;输送带支持多速度调节,依靠限位开关实现车辆精准定位,故障可自动报警停机[12]。

### 2.2. 系统总体架构

本系统选用西门子 S7-1200CPU1215C 作为主控单元,该 PLC 自带充足原生 I/O 点数,支持多模块扩展,集成 Profinet 以太网通信接口,运算速度快、抗干扰能力强,能够适应洗车现场高湿、多水汽、强电磁干扰的恶劣工况,可同时完成传感器信号采集与多设备时序协同控制,完全满足全自动洗车机的控制需求。整体架构分为输入层、控制层、执行层、人机交互层四部分,系统硬件控制逻辑如图 1 所示。

左侧为系统输入单元,包含启停按钮、手自动开关、限位传感器、速度调节按钮与故障检测元件,负责采集现场操作指令与设备工况信号;中间以 S7-1200PLC 为控制核心,完成逻辑判断与时序运算,PLC 与下方 HMI 触摸屏双向数据交互,实现参数设置、运行数据与故障信息互通;右侧为系统输出执行

单元，涵盖各类状态指示灯、变频器、喷水/泡沫阀、高压泵、滚刷电机、烘干机及故障报警器件，其中变频器接收 PLC 调速指令，单独控制输送带正、反转运行。该框图完整呈现“信号采集 - PLC 运算 - 设备执行 - 人机监测”的闭环控制逻辑，为 I/O 分配、电气接线和软件编程提供设计依据。

输入层包含启停按钮、手自动开关、限位传感器、故障检测元件，负责现场操作指令与工况信号采集；控制层以 S7-1200PLC 为核心，完成逻辑判断、时序运算与控制指令下发；执行层由变频器、输送带电机、高压泵、电磁阀、滚刷、烘干电机组成，负责执行洗车各项动作；人机交互层采用 TP1200 触摸屏，实现参数设置、流程监控与故障显示功能[13]。

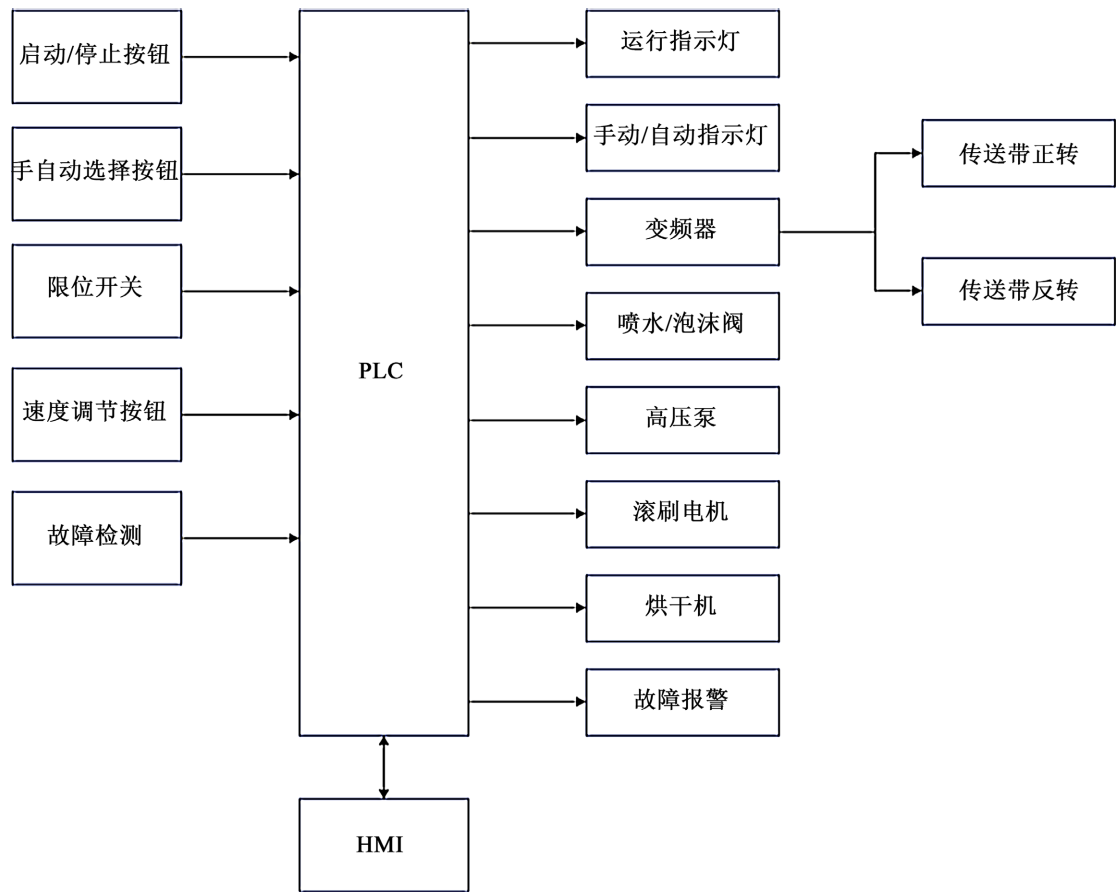


Figure 1. Structure of control system  
图 1. 控制系统架构图

### 3. 硬件设计

#### 3.1. 主要硬件设备选型

本系统核心硬件依据全自动洗车机高湿、多干扰、多设备时序联动的工况特点进行匹配选型，整体兼顾稳定性、防护等级与控制适配性。

主控单元选用西门子 S7-1200CPU1215C，该型号自带 14 路数字输入、10 路数字输出，原生接口资源充足，可直接满足洗车机按钮、限位、故障等常规信号接入需求；支持最多 7 个扩展模块，后期可灵活增加检测点位与控制回路[14]。集成 Profinet 以太网接口，能与触摸屏无缝通信，且具备较强抗干扰能力，适配洗车现场水汽、电磁干扰复杂工况，运算速度可满足多设备同步时序逻辑运算要求。

变频器选用三菱 FR-D740 系列，采用矢量控制方式，低频转矩输出稳定，可实现输送带平滑启停与多档位调速，避免机械冲击[15]。内置过压、过载、过热多重保护，适配洗车机长期连续运行；自带 Modbus-RTU 通信协议，可与 PLC 便捷组网，参数调节简便，适合输送带电机调速控制场景。

位置检测器件选用施耐德防水接近限位开关，采用无接触感应检测模式，无机械磨损、使用寿命长；支持宽电压供电，NPN 输出可直接匹配 PLC 输入回路，IP68 高防水防尘等级，完全适应洗车高湿喷水环境，可精准检测车辆工位与设备行程极限位置[16]。

系统配套输送带、滚刷、烘干各类电机均选用 IP55 防护、F 级绝缘三相异步电机[17]-[19]，防尘防水性能优异，可长期耐受洗车现场潮湿水汽环境；运行损耗低、转速均匀，既能保障刷洗、输送动力稳定，又可降低运维成本，满足商用洗车机长时间连续工作要求。

3.2. 系统电路设计

本系统主电路采用三相 380 V 交流电源进行供电，整体配电结构遵循工业电气设计规范，通过总断路器完成整机电源分配，同时起到短路、过载及漏电保护作用，保障整个控制系统用电安全与运行稳定性。

输送带电机单独由三菱 FR-D740 变频器驱动供电，利用变频器实现电机软启动、平滑调速与正反转逻辑控制，有效降低设备启停冲击，适配不同车型的输送行进速度需求。高压泵、滚刷电机、烘干电机等其余大功率执行设备，均通过交流接触器与热继电器组成独立主回路，利用热继电器实现电机过载、缺相保护，避免长期高湿工况下电机烧毁故障。如图 2 所示。

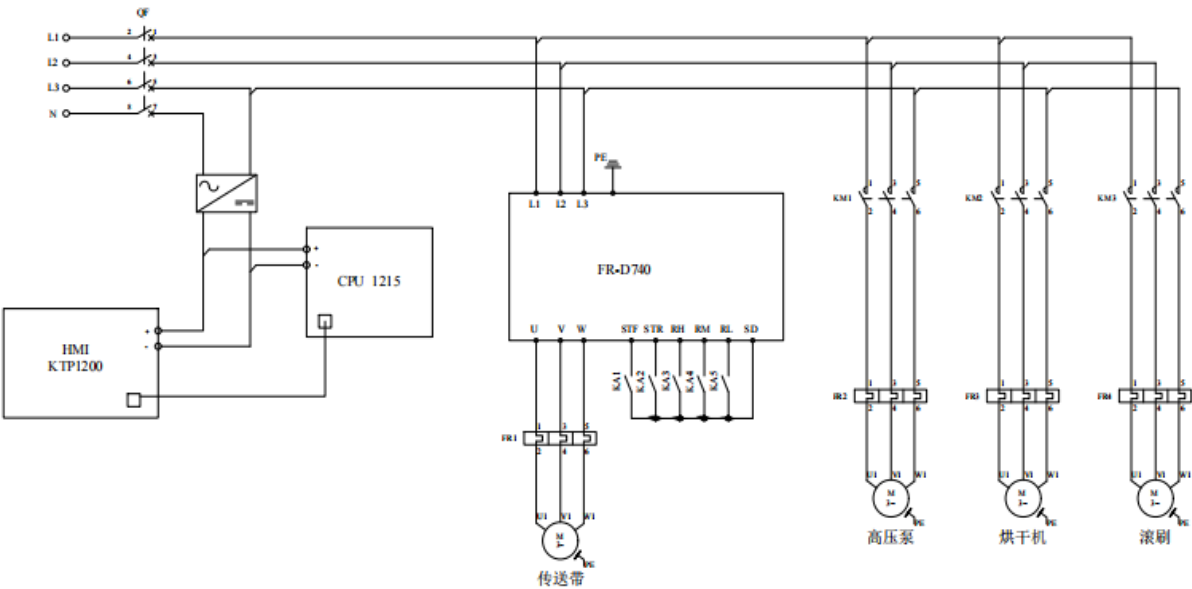


Figure 2. Main circuit diagram  
图 2. 主电路图

控制回路采用 DC24V 直流稳压电源单独供电，PLC 输出信号不直接驱动强电设备，而是通过中间继电器进行信号隔离与功率放大，实现强弱电电气分离，既有效保护 PLC 输出端口免受高压干扰损坏，又能提升洗车现场高湿、多电磁环境下系统的抗干扰能力与运行可靠性。如图 3 所示。

3.3. I/O 分配表

结合全自动洗车机手动调试、自动时序运行、多档调速与故障保护的 control 需求，依托 S7-1200CPU1215C

自身 I/O 资源，对系统数字量输入、输出端口进行标准化地址分配，明确各按钮、限位、故障采集元件与指示灯、接触器、电磁阀等执行器件的对应关系，方便后续电气接线与 PLC 程序编写，I/O 分配明细如表 1 所示。

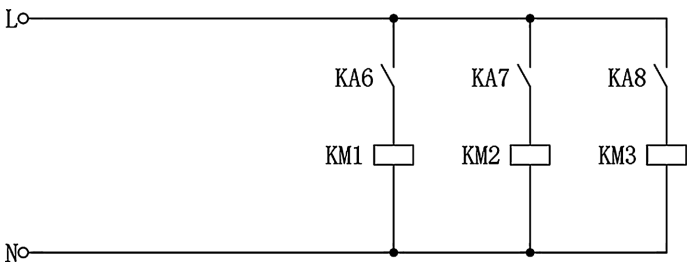


Figure 3. Control circuit diagram  
图 3. 控制电路图

Table 1. I/O allocation table  
表 1. I/O 分配表

| 输入   |      |        | 输出  |      |       |
|------|------|--------|-----|------|-------|
| 符号   | 地址   | 功能     | 符号  | 地址   | 功能    |
| SB1  | I0.0 | 启动     | HL1 | Q0.0 | 运行指示灯 |
| SB2  | I0.1 | 停止     | HL2 | Q0.1 | 手动指示灯 |
| SB3  | I0.2 | 手自动选择  | HL3 | Q0.2 | 自动指示灯 |
| SB4  | I0.3 | 传送带正转  | KA1 | Q0.3 | 传送带正转 |
| SB5  | I0.4 | 传送带反转  | KA2 | Q0.4 | 传送带反转 |
| SB6  | I0.5 | 喷水阀打开  | YV1 | Q0.5 | 喷水阀   |
| SB7  | I0.6 | 泡沫阀打开  | YV2 | Q0.6 | 泡沫阀   |
| SB8  | I0.7 | 高压泵打开  | KM1 | Q0.7 | 高压泵   |
| SB9  | I1.0 | 滚刷打开   | KM2 | Q1.0 | 滚刷    |
| SB10 | I1.1 | 烘干机打开  | KM3 | Q1.1 | 烘干机   |
| SQ1  | I1.2 | 小车到位   | KA3 | Q2.0 | 高速    |
| SB11 | I1.3 | 高速     | KA4 | Q2.1 | 中速    |
| SB12 | I1.4 | 中速     | KA5 | Q2.2 | 低速    |
| SB13 | I1.5 | 低速     | BZ  | Q2.3 | 故障报警  |
| B1   | I2.0 | 故障检测 1 |     |      |       |
| B2   | I2.1 | 故障检测 2 |     |      |       |
| B3   | I2.2 | 故障检测 3 |     |      |       |
| B4   | I2.3 | 故障检测 4 |     |      |       |

3.4. 硬件接线设计

本系统以 S7-1200CPU1215C 为主控，配套 SM1223 数字量扩展模块拓展 I/O 点位，整体采用 DC24V 直流供电模式，由 PM1207 电源模块统一为 PLC 本体及外设回路提供工作电源。系统所有现场操作按钮、

车辆限位开关、各设备故障检测信号统一接入 PLC 数字量直流输入端子，实现现场开关量信号的采集；PLC 数字量输出端口不直接驱动大功率负载，全部经由中间继电器完成强弱电电气隔离与功率转接，再分别对接指示灯、电磁阀、电机控制接触器与故障报警元器件。设计严格遵循强弱电分路布线规范，直流控制回路与交流动力回路线路分区排布，有效隔绝现场水汽与电磁干扰，提升控制系统在洗车潮湿工况下的运行稳定性。如图 4 所示。

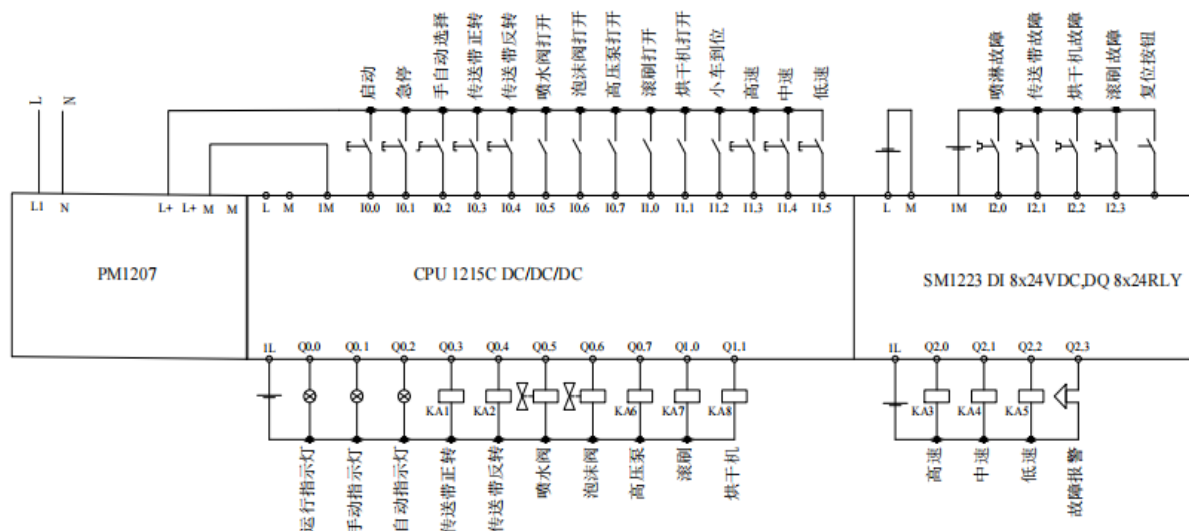


Figure 4. Hardware wiring diagram

图 4. 硬件接线图

## 4. 软件设计

### 4.1. 系统控制流程

本系统依托 TIAPortalV16 全集成自动化平台开展程序开发，软件环境兼容 S7-1200PLC 梯形图编程与 TP1200 触摸屏 HMI 组态，集成在线仿真、参数调试与硬件联机测试功能，为流程逻辑开发提供一体化开发环境。系统上电完成硬件自检与程序初始化后，整机运行指示灯点亮，操作人员通过手自动切换旋钮选择工作模式，整套控制时序逻辑如图 5 所示。

#### (1) 自动控制流程

选择自动档位后自动指示灯点亮，等待车辆驶入感应区域，限位开关触发小车到位信号，确认车辆就位后输送带正转，将车辆输送至洗车基准工位；车辆抵达洗车位后，系统启动滚刷、高压泵与喷水阀，完成清水预洗与滚刷刷洗工序；工位行程到位信号触发后，系统关闭清水阀、开启泡沫阀，输送带小幅度行进进行泡沫涂抹作业；车辆驶离当前工位后，泡沫阀关停、清水阀再次开启，利用高压清水冲净车身泡沫污渍；车辆行进至烘干工位，喷水、泡沫、滚刷、高压泵全部停机，烘干机启动工作并开始计时；烘干计时时间达标后烘干机断电停止，输送带再次正转，将完成清洗的车辆送出洗车区域；车辆完全驶离后输送带停机，系统所有执行元件复位，进入待机状态，等待下一辆车进场触发流程。

#### (2) 手动控制流程

切换至手动档位后手动指示灯点亮，退出全自动时序连锁逻辑，操作人员可通过现场实体按钮或触摸屏画面，点对点单独控制输送带正反转、喷水阀、泡沫阀、高压泵、滚刷、烘干机的启停，同时支持输送带高、中、低三档速度单独调节，多用于设备安装调试、故障检修与特殊车辆单独清洗作业。

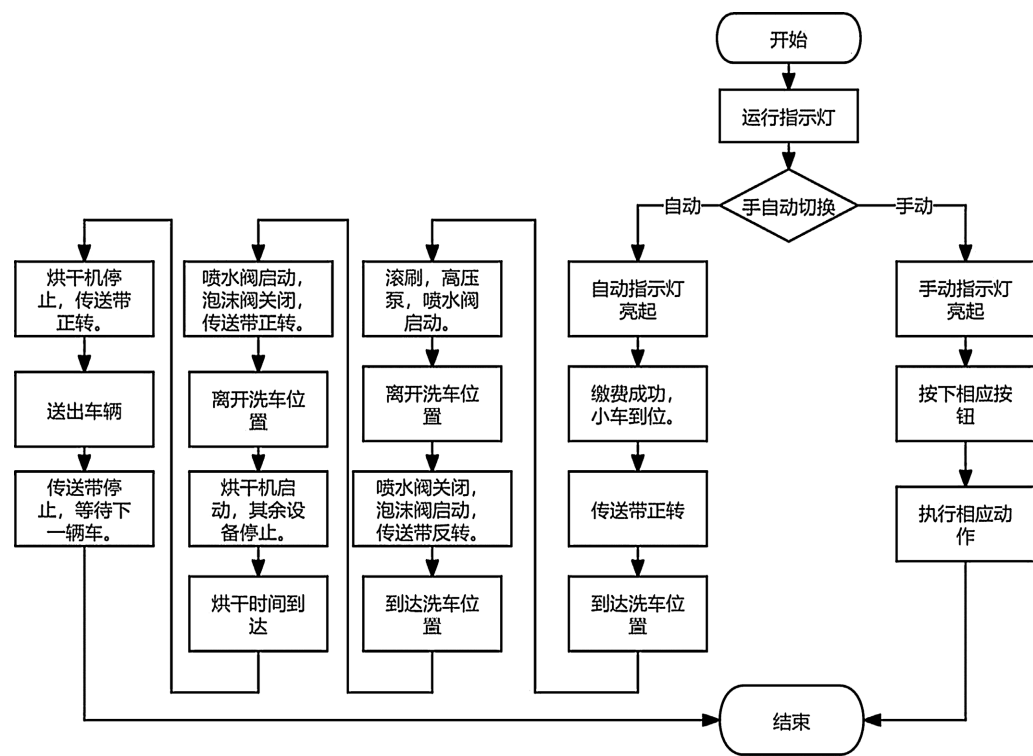


Figure 5. Control flow chart  
图 5. 控制流程图

(3) 故障联锁保护

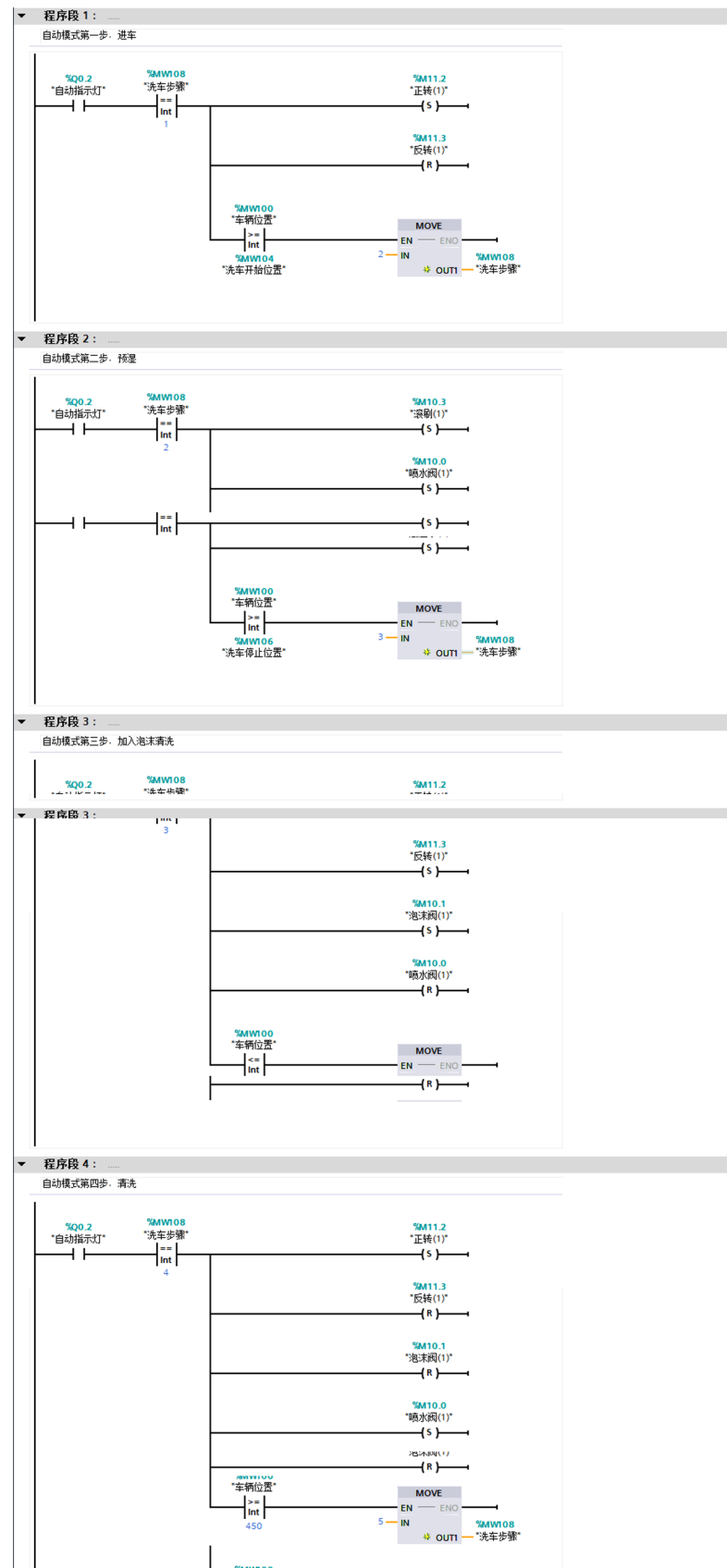
系统全流程实时采集喷淋、输送带、滚刷、烘干回路故障信号，任意支路出现故障信号立即中断当前所有工序输出，整机停机并驱动故障报警器动作，排查故障完成后按下复位按钮，系统才可重新进入待机待命状态。

4.2. PLC 模块化程序

本系统软件在 TIAPortalV16 开发环境下进行编写，采用标准模块化编程思想，结合全自动洗车完整工艺流程，将整体控制程序合理划分为车辆类型选择、进车程序、预湿程序、泡沫清洗程序、清水冲洗程序、烘干程序、出车程序、速度切换程序以及故障报警程序九大独立功能子程序，程序整体结构层次清晰、分工明确，具体模块组成与逻辑关系如图 6 所示。

系统以主程序为核心进行循环调度扫描，按照手动、自动两种工作模式调用对应子程序完成控制任务。车辆类型选择子程序可根据不同车型参数自动匹配洗车起始与停止位置，适配不同规格车辆清洗需求；进车、预湿、泡沫清洗、清水冲洗、烘干、出车子程序严格依照洗车工艺流程依次时序动作，实现车辆驶入、喷水浸润、泡沫喷洒、高压冲洗、热风烘干及车辆驶出全流程自动化运行；速度切换子程序内部设置程序互锁逻辑，可实现输送带高、中、低速三档平稳切换，满足不同工序的行进速度要求；故障报警子程序实时在线监测喷淋、输送带、滚刷、烘干等设备运行状态，一旦检测到异常信号立即触发联锁停机并输出报警提示，保障设备运行安全。

各子程序相互独立、功能专一，程序逻辑互不干扰，仅通过标志位与中间变量完成数据交互，既便于分段编写、仿真调试，也方便后期参数修改、故障排查与系统功能拓展，完全契合本项目全自动洗车机的实际控制与运维需求。



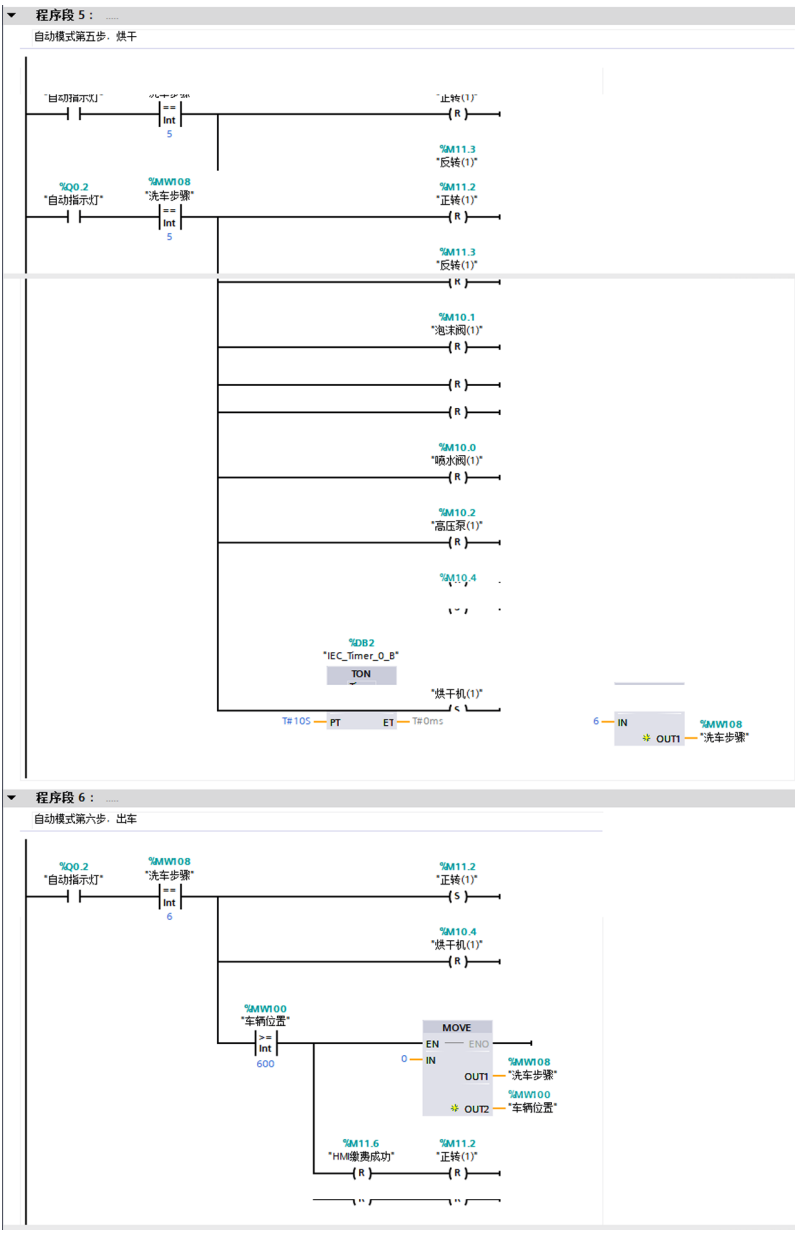


Figure 6. Automatic program structure diagram  
图 6. 自动程序图

### 4.3. HMI 组态设计

本设计采用西门子 TP120Comfort 触摸屏作为人机交互终端，在 TIAPortalWinCC 组态环境中对界面进行分区规划，整体划分为系统控制区、设备状态区、故障模拟区三大功能区域，布局规整、层次分明，操作界面简洁直观，符合工业现场使用习惯。

系统控制区主要集中在启动、停止、模式选择、手动操控等功能按键，可完成系统启停、手动/自动模式切换、传送带正反转控制以及喷水阀、泡沫阀、高压泵、滚刷、烘干机 etc 设备的单独手动操作，同时设置高速、中速、低速档位选择按钮，操作人员可直接在触摸屏上下发控制指令，实现无需物理按键即可完成整机操控与参数设定。

设备状态区实时关联 PLC 内部对应变量的,在线显示运行指示灯、手动指示灯、自动指示灯工作状态,同步刷新传送带、高压泵、泡沫阀、滚刷、烘干机等设备运行工况,以及车辆位置实时数值、档位运行状态等信息,以可视化方式直观呈现整套洗车系统的工作流程与设备运行参数,方便工作人员实时掌握整机运行情况。

故障模拟区配置喷淋、传送带、滚刷、烘干机等故障模拟控件与故障报警指示灯,通过绑定 PLC 故障检测变量,当系统检测到设备异常时,触摸屏自动触发故障弹窗提示,同步点亮故障报警标识并分类显示故障类型,便于快速定位故障点位;同时支持故障模拟测试与复位操作,方便日常检修与功能校验。

整个 HMI 界面所有按钮、状态指示灯、数值显示控件均与 PLC 内部变量一一关联,实现触摸屏与 PLC 之间双向实时通信,既可下发控制指令、完成参数设置,又能实时采集设备状态与故障信息,人机交互便捷、监控直观,满足全自动洗车机日常操作、状态监测与故障排查的实际使用需求。如图 7 所示。

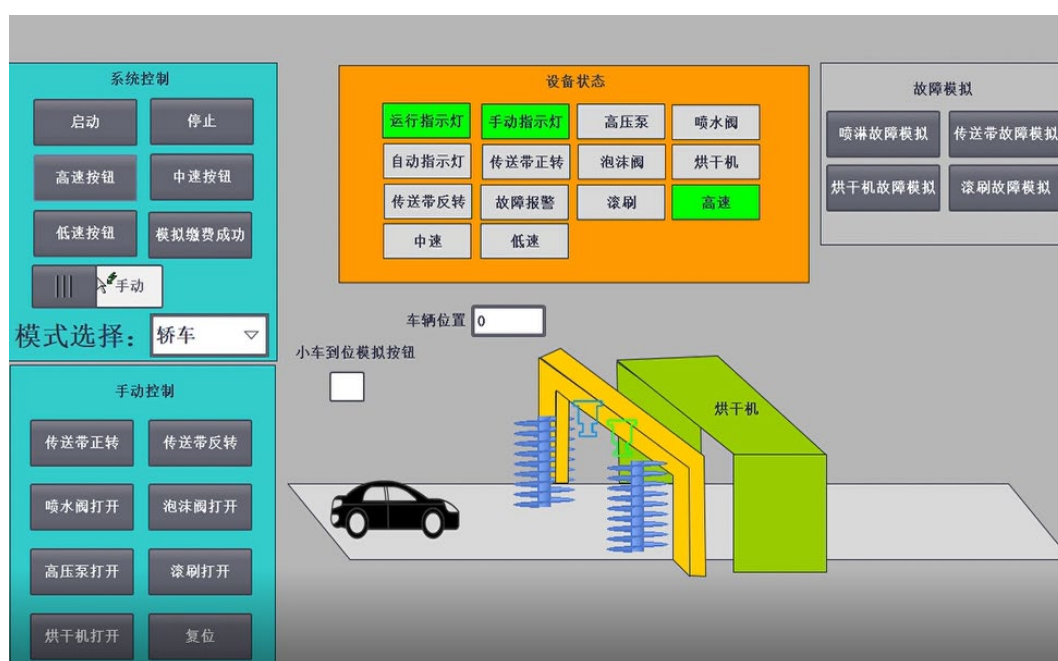


Figure 7. HMI interface diagram  
图 7. HMI 界面图

## 5. 结论

本文基于西门子 S7-1200 PLC 完成全自动洗车控制系统的整体设计与开发,依托 Profinet 工业通信协议搭建 PLC 与触摸屏的稳定通信架构,完成硬件选型、电路设计、I/O 端口分配、梯形图程序编写及 TP1200 触摸屏 HMI 组态等全套研发工作。系统集成手动、自动双运行模式,经调试测试验证,设备工序衔接流畅、动作时序精准、按键响应灵敏,可实现执行机构独立调控;同时具备完善的故障联锁保护与声光弹窗报警功能,安全防护逻辑可靠。该系统操作与维护便捷、工况适配性强,兼具节水节能特性,可有效满足现场洗车作业需求,具备良好的工程实用性与推广价值。后续可通过引入车辆智能识别、参数自动配比、远程监控等功能,优化控制算法,进一步提升系统的智能化与信息化水平。

## 参考文献

- [1] 刘魏晋, 王文韬, 易志成, 等. 基于 PLC 的农业车辆清洗机控制系统设计[J]. 南方农机, 2025, 56(16): 6-10+15.

- [2] 侯瑞, 王素青, 鲍宁宁, 等. 基于 PLC 控制的自动洗车机系统设计[J]. 工业控制计算机, 2025, 38(8): 145-147.
- [3] 朱硕. 一种基于 PLC 的自动清洗系统设计[J]. 中国科技信息, 2025(15): 117-120.
- [4] 吴焱明, 冯超健, 李晓龙, 等. 新型龙门式自动洗车机的设计与研究[J]. 机械设计与制造, 2025(9): 177-183.
- [5] 温美玲, 贾磊, 曹峻, 等. 一种基于 PLC 的制动缸清洗机控制系统设计[J]. 科技创新与生产力, 2025, 46(4): 99-101.
- [6] 董翠翠. 基于 PLC 的龙门往复式洗车机系统设计[J]. 时代汽车, 2024(17): 97-99.
- [7] 满建辉, 马宁宁, 牛忠平, 等. 基于 PLC 程序的全自动智能洗车机控制系统设计[J]. 汽车实用技术, 2024, 49(16): 99-103.
- [8] 陈丹, 刘泉新. 采用 PLC 技术汽车自动清洗设计[J]. 工业控制计算机, 2024, 37(8): 175-176.
- [9] Min, D.Z. and Bo, S.L. (2014) Research on the Design and Manufacture of Steam Cleaning Machine Based on PLC. *Applied Mechanics and Materials*, **721**, 322-325.
- [10] Lu, C.H. (2013) The PLC System Design of Mobile Floating Cleaning Machine. *Applied Mechanics and Materials*, **437**, 454-457. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.437.454>
- [11] Meng, Y., Hu, X., Qi, F. and Chen, Z. (2021) Design of Car Washing Control System Based on PLC. *Journal of Physics: Conference Series*, **1732**, Article 012158. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1732/1/012158>
- [12] 刘培发. 基于 PLC 的网链式清洗机控制系统设计与实现[J]. 机械制造与自动化, 2024, 53(2): 274-276.
- [13] 卫红霞, 沙柳. 从自动洗车机到滚刷皮带清扫器[J]. 现代班组, 2023(11): 45.
- [14] 张昕. 基于 PLC 的洗车控制系统的设计[J]. 自动化应用, 2023, 64(19): 49-51+60.
- [15] 张坤源. 基于 S7-1200 的 PLC 智能自动洗车控制系统研究[J]. 电子制作, 2023, 31(9): 21-24.
- [16] 吴焱明, 李晓龙, 冯超健, 等. 模块化易组合的自动洗车机 PLC 程序[J]. 机械制造, 2022, 60(9): 39-43.
- [17] 王丰周, 杨志成. 基于 PLC 的自动洗车控制系统[J]. 电子世界, 2021(17): 114-117.
- [18] 李春光, 李丽. 基于 PLC 的车辆自动清洗控制系统设计[J]. 电子测试, 2021(14): 31-32.
- [19] 刘奇奇, 等. 龙门往复式全自动智能洗车机设计与控制[J]. 汽车实用技术, 2020, 45(22): 51-53.