

郑州地铁 5 号线洗车机端洗系统技术分析与研究

胡文博 张宁宁
郑州轨道交通运营有限公司，中国·河南 郑州 450000

摘要：论文介绍了洗车机端洗系统组成及特点，对端洗程序进行了全面深入的分析，根据分析结果，总结出设备易发故障点和检修注意事项，减少了设备故障频率，提升了设备运行的可靠性和安全性，为检修作业和故障维修提供了理论依据。
关键词：洗车机；端洗系统；自动控制；程序分析

Technical Analysis and Research on the Terminal Washing System of Zhengzhou Metro Line 5 Car Washing Machine

Wenbo Hu Ningning Zhang
Zhengzhou Rail Transit Operation Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract: This paper introduces the composition and characteristics of the end washing system of a car washing machine, and conducts a comprehensive and in-depth analysis of the end washing program. Based on the analysis results, the prone failure points and maintenance precautions of the equipment are summarized, which reduces the frequency of equipment failures, improves the reliability and safety of equipment operation, and provides a theoretical basis for maintenance operations and fault repairs.
Keywords: car washing machine; end washing system; auto-control; program analysis

0 前言

地铁洗车机是地铁车辆段必备的工艺设备之一，用来清洗列车外表面的灰尘及油渍。列车以不超过 3km/h 的速度通过洗车线，洗车机自动对列车前端、后端及侧面进行刷洗作业。端洗控制是洗车机设备的核心技术，且故障率高，对日常生产造成影响大。深入研究端刷内在控制逻辑，梳理故障易发点及检修注意事项，对于提高检修水平、降低故障发生率、减少故障处置时间具有十分重要的意义。

1 端刷机构概况

5 号线使用的是北京沃尔新公司生产的洗车机，端洗工

位采用先进的仿形技术，控制系统通过 PLC、变频器等部件控制刷组的运动。刷毛、端面洗刷接触压力大小与刷轴电机电流大小成正比关系，电流模块感应电流的变化，控制刷组沿列车端部的做仿形运动。端洗机构由走行机构、提升机构、旋转机构、摆动机构和喷水机构组成。

2 端刷程序分析

2.1 洗车机控制系统简介

洗车机控制系统通过欧姆龙 CPM1H 型 PLC 实现自动控制。PLC 使用的编程语言是梯形图。洗车机端洗刷组可自动仿形洗刷各种车型，端刷的水平运动和垂直运动来实现仿形运动。前端洗流程如图 1 所示。

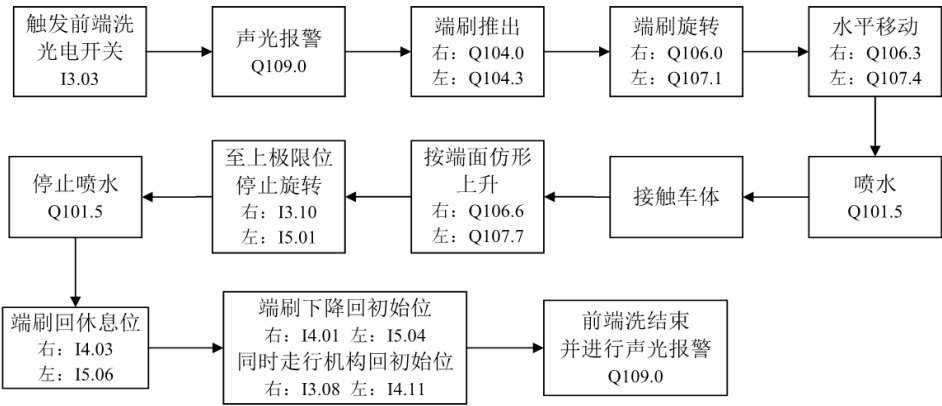


图 1 前端洗流程

2.2 洗车开始条件

洗车机洗车模式分为有端洗和无端洗。图 2 是洗车开始条件梯形图，其中程序段的第一行是有端洗触发条件，第二行是无端洗触发条件，第三行是自锁回路。

因有端洗部分控制逻辑最为复杂，下文我们只对有端洗情况研究、分析。

2.3 有端洗启动条件

从图 2 中可以看出，当有端洗模式下，以下 1~5 中提到的 PLC 输入点全部得电，是有端洗的必备条件。在现场来看，1~4 中的 8 个接近开关处于触发状态以及洗车模式打至“全自动有端洗”状态。

①左端刷龙门架处于原始位（I4.11）、右端刷龙门架

- 处于原始位（I3.08）；
- ②左端刷刷组处于下极限位（I5.04）、右端刷刷组处于下极限位（I4.01）；
- ③左端刷刷组处于休息位（I5.06）、右端刷刷组处于休息位（I4.03）；
- ④左端刷锁处于解锁位（I6.00）、右端刷锁处于解锁位（I4.09）；
- ⑤洗车模式选择旋钮打至全自动有端洗（I0.00）。

上文括号中的字母与数字代表该点位在 PLC 中的地址，结合现场电气原理图，图 3 是 PLC 输入模块电气接线图。当端洗无法启动时，我们可以通过控制间电气柜内 PLC 对应点位指示灯的状态，快速判断故障点的位置。

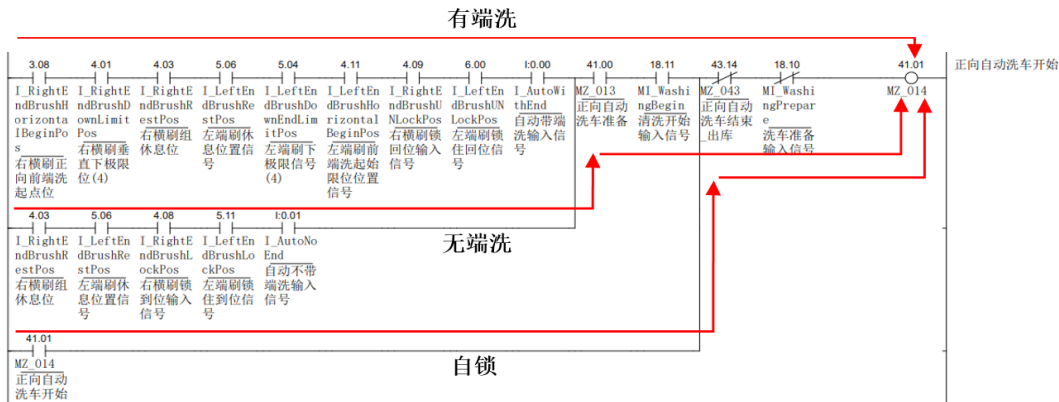


图 2 洗车开始条件梯形图

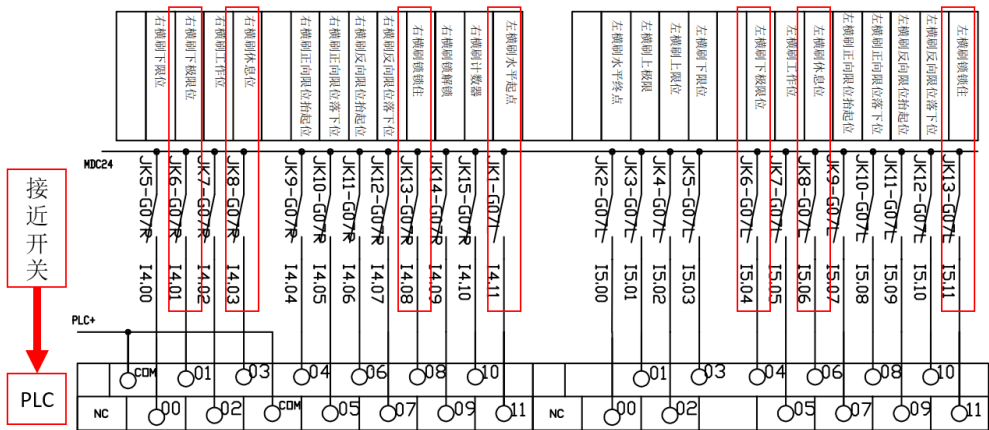




图 4 前端洗启动梯形图 1

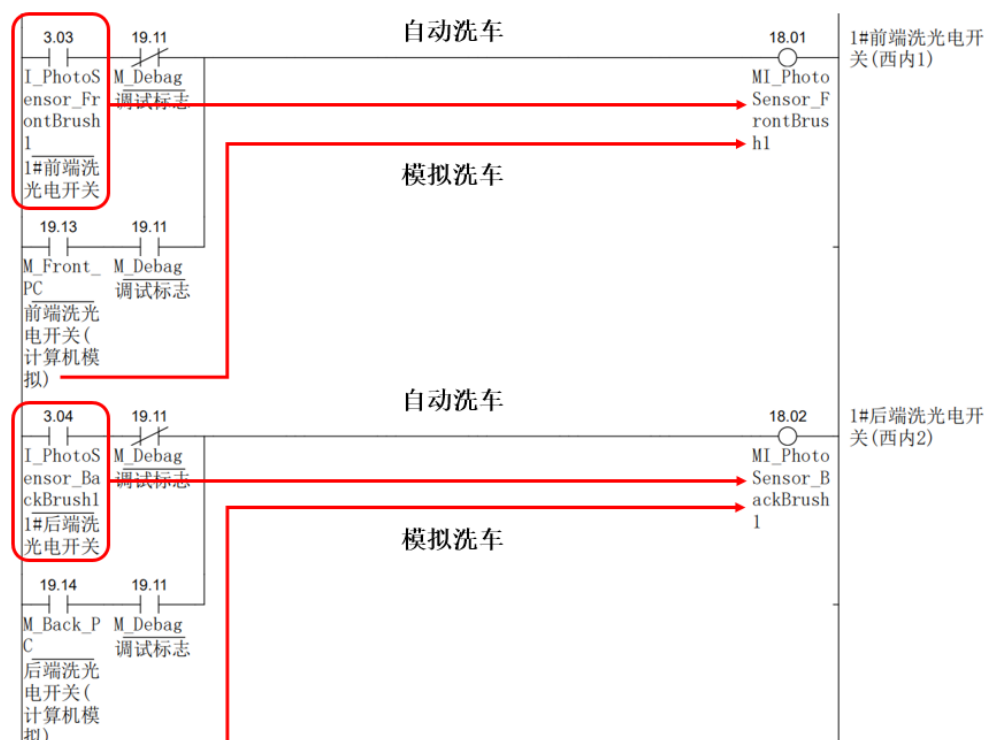


图 5 前端洗启动梯形图 2

2.4.2 刷组旋转动作

刷组旋转分两部分控制，供电电源控制部分和正反转控制部分。

由图 6~9 可知，供电电源控制部分：位地址“26.04”得电→位地址“106.00”得电→中间继电器 KA49 得电→控制接触器 KM17 得电→右刷组旋转。

电机正反转控制部分：位地址“26.04”得电→位地址“106.02”得电→中间继电器 KA51 得电→变频器反转输入端→右刷组反向旋转。

位地址“26.04”梯形图分析：

图 6 是中间变量 M_RightEndBrush_4 (位地址 26.04) 得电梯形图，其中程序段的第一行是前端洗旋转条件，第二行是后端洗旋转条件，第三行是自锁回路。

以前端洗旋转为例，中间变量 M_RightEndBrush_4 (26.04) 得电的主要前提条件包括以下几点：

①左端刷组处于工作位 (15.05)。

②右端刷组处于工作位 (14.02)。

③右端刷上限位工作状态正常，不能损坏或者被异物误触发。

位地址“106.02”梯形图分析：

图 7 是位地址“106.02”梯形图，分为手动控制和自动控制两种方式。自控控制模式下，当“26.04”和“26.00”同时得电，“106.02”得电。同时，结合电路原理图 (见图 9)，PLC 输出模块 Q106.2 输出高电平，中间继电器 KA51 得电，变频器反正输入，刷组电机反向旋转。

位地址“106.00”梯形图分析：

图 8 是位地址“106.00”梯形图，分为右端刷前端洗反转和右端刷后端洗正转两种方式。自控控制模式下，急停按钮未按下，当“106.02”和“18.07”同时得电，“106.00”得电。同时结合电路原理图 (见图 9)，PLC 输出模块 Q106.0 输出高电平，中间继电器 KA49 得电，接触器 KM17 得电，刷组电机旋转。

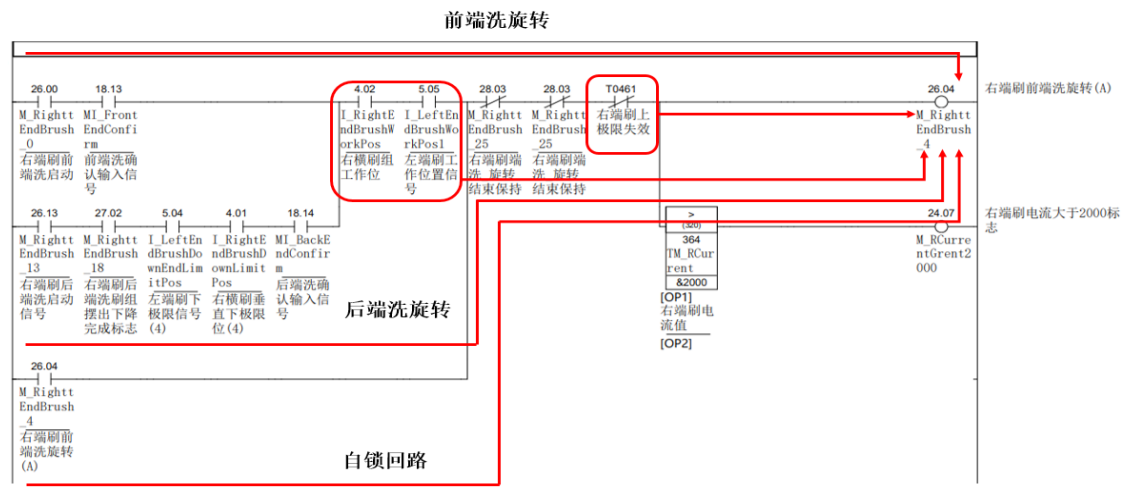


图 6 右端刷旋转梯形图 1



图 7 右端刷旋转梯形图 2



图 8 右端刷旋转梯形图 3

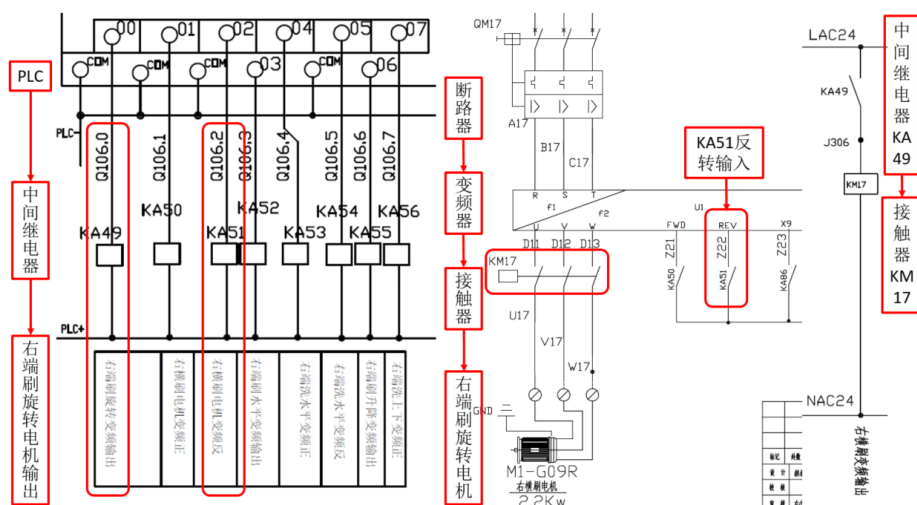


图 9 右端刷电机 PLC 控制原理图

3 故障易发点及检修注意事项

5 号线两台洗车机自 2019 年 4 月投入使用以来，共发生故障 49 起。其中，端刷接近开关故障 9 起，占比 18.3%；光电开关故障 4 起，占比 8.1%。通过上文的分析来看，接近开关、光电开关的状态在端刷运行中起到至关重要的作用。通过故障率来看，接近开关、光电开关也是洗车机的故障易发点。下文梳理接近开关和光电开关故障情况及检修注意事项。

3.1 接近开关

5 号线洗车机端洗系统共设计 28 个接近开关。接近开关用来实现端刷各部件的位置检测, 开关失效后无法执行程序。

自投入运用以来,接近开关故障 9 起。设备上使用 3 种型号的欧姆龙接近开关,E2B-M30KS10-WZ-C1(1 号)、E2B-M18KS05-WZ-C1(2 号)、E2G-M12KS02-WP-C1(3 号)。

检修注意事项: ①设备投入使用前, 检查接近开关线是否单独配线, 是否与高压线、动力线混合在同一配线管、线槽内。②检查外观是否良好, 开关附近有无金属异物。③检查开关底座是否松动, 年检时检查被检测部件与开关之间的距离是否在理想检测距离范围内。1 号开关最大检测距离 10mm, 理想设置距离 0~8mm; 2 号最大检测 5mm, 理想设置距离 0~4mm; 3 号最大检测 2mm, 理想设置距离 0~1.6mm。④有电检查时, 用金属物靠近接近开关, 试验其功能。

3.2 光电开关

5号线洗车机共设计4对对射式光电开关(TP1~TP4)。其中,TP1位于入库端,TP2~TP3位于端洗位置,TP4位于出库端。

自投入运用以来,光电开关故障4起。其中,光轴偏移1起,异物遮挡3起(冷凝水遮挡2起,飞蛾遮挡1起)。

3.2.1 传感器光轴偏移

光电开关的安装座的松动会造成传感器光轴偏离, 开

机后接收端接收不到发射端的光线。当光轴偏移时,接收端的黄色指示灯不亮。当调整到位后,接收端黄色指示灯常亮。在维保时要缓慢、轻轻地擦拭光电开关。

3.2.2 环境干扰

经综合分析，我们对环境问题造成的影响采取了以下防范措施：①对于内腔凝结冷凝水问题，已对各类洞口封堵。目前，效果良好。②在月检中，要对传感器探头表面进行擦拭，确保干净无污物。③设备维保人员定期对洗车区域内卫生进行打扫，如树叶、动物羽毛等，排除异物遮挡。④5号线设备操作人员在设备开机后，及时检查操作界面上TP1~TP4状态指示（未触发显示黄色，已触发显示绿色）。如有异物遮挡，及时处置。

4 结语

论文通过对洗车机端洗控制系统的深入研究,梳理了洗车机故障易发点,对洗车机检修作业提出注意事项。文中系统的分析了洗车机程序的洗车逻辑流程,当发生故障时,可根据故障现象,分析洗车机控制系统的 PLC 逻辑关系,通过 PLC 状态快速查找故障点,为设备故障处理提供了分析方法及思路。

参考文献:

- [1] 霍罡.欧姆龙CPIHPLC应用基础与编程实践(第2版)[M].北京:机械工业出版社,2018.
- [2] 范国伟.电气控制与PLC应用技术[M].北京:人民邮电出版社,2013.
- [3] 沃尔新(北京)自动设备有限公司.郑州地铁5号线列车自动清洗机电气原理图[Z].北京:沃尔新(北京)自动设备有限公司,2019.
- [4] 沃尔新(北京)自动设备有限公司.郑州地铁5号线列车自动清洗机PLC梯形图[Z].北京:沃尔新(北京)自动设备有限公司,2019.

作者简介: 胡文博(1991-), 男, 中国河南周口人, 本科, 助理工程师, 从事车辆段工艺设备研究。