

DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2026.02.056

城轨车辆司机控制器更换周期试验研究

翟好璟¹, 党海涛¹, 吴越², 陈建政²

(1. 成都中车四方轨道车辆有限公司, 四川 成都 610101;

2. 西南交通大学 轨道交通运载系统全国重点实验室, 四川 成都 610031)

摘 要: 司机控制器是城轨车辆的自动化控制装置, 同时也是实现车辆速度调节的核心部件。以成都地铁车辆的司机控制器作为试验对象, 采用定制的司机控制器循环加载测试系统来模拟司机控制器正常操作, 模拟次数和其周期内的使用次数一致。通过测试司机控制器关键部件的电压和接触电阻, 掌握城轨车辆司机控制器的寿命情况。测试样本的使用寿命满足两个大修(20 年)的使用要求, 即在车辆整个运营周期内, 可以仅更换一次司机控制器。

关键词: 司机控制器; 城轨车辆; 循环动作次数; 输出电压

中图分类号: U260.35 **文献标志码:** B **文章编号:** 1671-5276(2026)02-0295-05

Experimental Study on Replacement Cycle of Controllers of Urban Rail Vehicles

ZHAI Haojing¹, DANG Haitao¹, WU Yue², CHEN Jianzheng²

(1. Chengdu CRRC Sifang Rail Vehicle Co., Ltd., Chengdu 610101, China;

2. State Key Laboratory of Rail Transit Vehicle System, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Driver controller is an automatic control device of urban rail vehicles, and the core component to realize vehicle speed regulation as well. This paper, taking the controller of a Chengdu urban rail vehicle as the research object, uses the customized cyclic loading test system to simulate the normal operation of the controller, with the number of simulations consistent with that of uses within the period. The voltage and the contact resistance of the controller key parts are checked to master the life of the controller of urban rail vehicle. The service life of the test sample meets the service requirements of two major repairs (20 years), namely only 1 time controller replacement needed in whole life cycle of the vehicle.

Keywords: driver controller; urban rail vehicle; number of cycle action; output voltage

0 引言

司机控制器是用来操纵轨道车辆运行的设备。在使用过程中, 司机控制器使用频繁, 可能会引发各类故障, 从而影响车辆正常操控和运营^[1-10]。目前, 我国所选用的司机控制器多为进口, 价格昂贵。在大修期时更换的司机控制器状态良好, 直接报废会造成资源浪费和大修成本上升^[11-16], 因此本文通过研究降低车辆全寿命周期内司机控制器更换次数的可行性, 来达到降低成本和优化修程修制的目的。

1 司机控制器失效机制讨论

司机控制器失效可分为机械联动失效和电信号失效两类。机械联动失效主要是由于车辆运营过程司机控制器频繁操作, 司机控制器手柄之间

的连锁件、行程齿轮与机架出现磨损, 最终导致司机控制器手柄运行卡滞、电位角度异常等情况发生。

司机控制器电信号失效分为行程开关触点失效和角度电位器失效两类。行程开关触点失效是指行程开关老化造成接触不良。因此, 在试验的过程中需要实时监测触点接触电阻的变化, 来反映接触状态特征。角度电位器失效是指角度电位器使用寿命到限, 电位器输出电压超限。因此, 在试验的过程中也要实时监测电位器输出电压的变化。

2 试验系统简介

司机控制器试验系统是由软件和硬件构成, 如图 1 所示。主要包括测试分析计算机、数据采集器、负载输入、PLC 控制电路、负载电路、机械结构等^[17-20]。

基金项目: 四川省自然科学基金项目(2025ZNSFSC1322); 中央高校科技创新项目(2682025CX079)

第一作者简介: 翟好璟(1987—), 男, 甘肃庆阳人, 高级工程师, 本科, 研究方向为城轨地铁车辆及部件检修, 249368594@qq.com。

通信作者简介: 吴越(1992—), 男, 四川成都人, 助理研究员, 博士, 研究方向为城轨地铁车辆智能运维, 2273932087@qq.com。

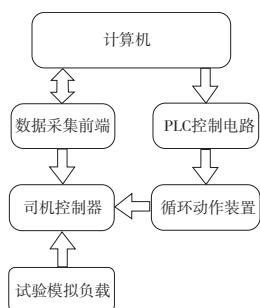


图1 试验系统原理图

2.1 循环动作装置

循环动作装置用于模拟司机控制器采用不同的使用条件和工况,如行程距离、转动角度和使用频率等。该系统主要包括步进电机、线性模组、曲柄滑块机构、手柄夹具、接近开关等组成,如图2所示。步进电机驱动滑块往复来回移动,通过曲柄使得手柄发生转动,接近开关用来控制滑块的运动距离进而控制手柄的转动角度。

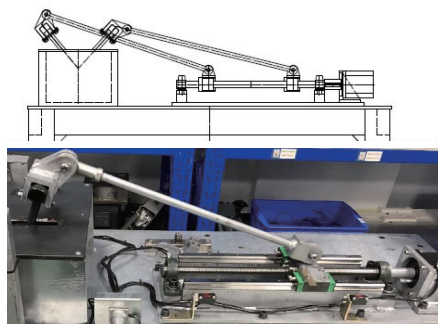


图2 循环动作装置示意图

2.2 PLC 控制电路

PLC 控制电路包括电源、PLC 控制器、步进电机、步进电机驱动器、接近开关等。采用 PLC 控制,可以对试验进行实时监控和调整,如图3所示。

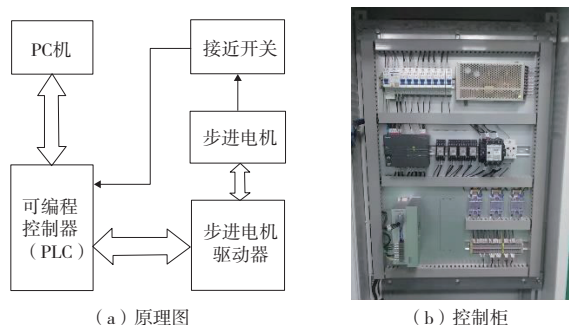


图3 PLC 控制电路

2.3 负载电路

负载电路采用感性负载,负载的回路时间常

数约为 15~50 ms,负载的电压为直流 DC110 V,负载的电流设置为 1 A,负载电源的电压波动小于 5%。负载电路如图4所示。



图4 负载电路

2.4 数据采集系统

数据采集系统由采集卡、采集电阻、路由器、计算机、稳压电源等组成。将司机控制器电位器和行程开关检测信号线和数据采集系统连接。数据信号通过网线传输至计算机,存储分析,详见图5所示。

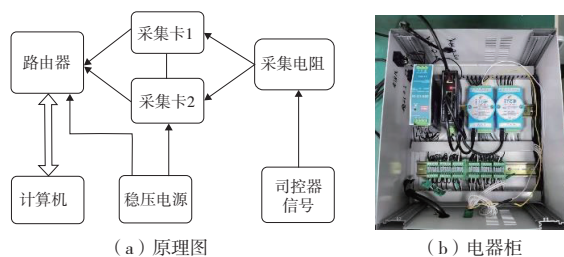


图5 数据采集器

3 司机控制器使用寿命试验研究

本次研究主要针对司机控制器在不同工作周期内的工作性能进行检验,试验工况包含模拟一个架修周期、模拟一个大修周期、模拟两个架修周期和模拟两个大修周期。通过模拟车辆运营环境下司机控制器循环动作次数达到一个大修期的动作次数时,检测司机控制器的机械联动和电信号数据,以此评估司机控制器的剩余寿命情况。根据某地铁车辆的运行基础数据,在一个大修周期内主手柄往复来回移动约 25.6 万次,钥匙手柄和方向手柄往复来回移动约 0.8 万次。

3.1 评定标准

通过模拟车辆运营环境下司机控制器循环动作次数达到一个架修期的动作次数时,检测司机控制器的机械联动和电信号数据,符合要求后,才能最终判定该试品通过可靠性试验。参考标准

TB/T 3219—2010《机车车辆继电器和接触器可靠性试验规则》的相关规定^[21],需要同时满足以下条件,才能评定司机控制器有效:

- 1) 司机控制器中所有的零部件和接线均未发生损坏或松动;
- 2) 司机控制器在使用过程中,软件未发生报错;
- 3) 司机控制器中所有行程开关的接触电阻需要小于 100 mΩ;
- 4) 司机控制器中所有电位器的输出电压变化率需要小于 5%。

3.2 电位器输出电压检测

在模拟车辆运营环境下司机控制器循环动作次数达到两个架修期的动作次数时,检测电位器输出电压,评估是否满足正常使用要求。

- 1) 在循环动作试验前,测试司机控制器中电位器的输出电压;
- 2) 开展模拟车辆运行环境下司机控制器循环动作试验;
- 3) 循环动作试验结束后,测试司机控制器中电位器的输出电压,并和循环动作试验前司机控制器中电位器的输出电压进行比较。

表 1 给出了司机控制器在各个周期循环作用后,电位器输出电压检测结果。由表 1 可知,本次测试的司机控制器样品,在进行模拟两个大修周期的循环往复动作后,各个电位器的输出电压变化率均未超过 5%,判断司机控制器满足正常使用要求。

3.3 行程开关接触电阻检测

在模拟车辆运营环境下司机控制器循环动作次数达到两个架修期的动作次数时,检测行程开关接触电阻,评估是否满足正常使用要求;

- 1) 在循环动作试验前,测试司机控制器中行程开关接触电阻;
- 2) 开展模拟车辆运行环境下司机控制器循环动作试验;
- 3) 循环动作试验结束后,测试司机控制器中行程开关接触电阻,并和循环动作试验前司机控制器中行程开关接触电阻进行比较。表 2 给出了司机控制器在各个周期循环作用后,行程开关接触电阻检测结果。由表 2 可知,本次测试的司机控制器样品,在进行模拟两个大修周期的循环往复动作后,各个行程开关的接触电阻均未超过 100 mΩ,判断司机控制器满足正常使用要求。

表 1 电位器输出电压测试结果

检测点位	试验工况(电压/V)				判定标准/%	是否超标	使用寿命
	5 年	10 年	15 年	20 年			
紧急制动位	0.40	0.39	0.40	0.41	误差>5	否	—
常用最大制动位	1.25	1.29	1.30	1.28		否	—
常用最小制动位	4.40	4.38	4.39	4.32		否	—
0(切除)位	5.60	5.63	5.59	5.61		否	—
牵引最小位	6.80	6.79	6.75	6.74		否	—
牵引最大位	10.40	10.39	10.41	10.43		否	—

表 2 行程开关接触电阻检测结果

检测点位	试验工况(电阻/mΩ)				判定标准/mΩ	是否超标	使用寿命
	5 年	10 年	15 年	20 年			
D1-D2	4.45	4.83	5.30	5.97	>100	否	—
D3-D4	5.40	5.92	6.55	6.76		否	—
D5-D6	4.32	6.40	8.40	9.87		否	—
D7-D8	4.75	5.04	5.81	6.32		否	—
P1-P2	3.95	4.33	4.98	5.52		否	—
P3-P4	3.78	3.89	4.23	4.55		否	—
P5-P6	3.71	3.75	4.12	4.35		否	—
P7-P8	4.75	5.45	5.87	6.39		否	—
P9-P10	5.02	5.77	6.35	6.94		否	—
P11-P12	5.51	6.22	6.95	7.18		否	—
P13-P14	7.75	11.33	17.28	28.45		否	—

3.4 司机控制器机械联动器件检测

在模拟车辆运营环境下司机控制器循环动作次数达到两个架修期的动作次数时,检测司机控制器中各个机械联动器件的状态并评估是否能正常运作和使用。

1)开展模拟车辆运行环境下司机控制器循环动作试验。

2)循环动作试验结束后,对司机控制器的各个机械联动器件进行外观和磨损状态进行检查。

表3给出了司机控制器工作两个大修周期后司机控制器中各个机械联动器件的测试结果。本次测试的司机控制器样品,在进行模拟两个大修周期的循环往复动作后,司机控制器的各个机械联动器件均可以正常运作和使用。

表3 司机控制器机械联动器件检测结果

检测点位	外形检查			磨损检查		
	判定标准	是否超标	使用寿命	判定标准	是否超标	使用寿命
行程开关凸轮板		否	—		否	—
主手柄定位卡钩		否	—		否	—
主手柄定位凸轮板	司机控制器零部件和接线有破坏性损坏或松动	否	—	司机控制器零部件发生异常磨损	否	—
行程开关		否	—		否	—
电位器大齿轮		否	—		否	—
电位器小齿轮		否	—		否	—

3.5 司机控制器工作性能检测

在模拟车辆运营环境下司机控制器循环动作次数达到两个架修期的动作次数时,检测司机控制器工作性能,评估是否满足正常使用要求。

1)开展模拟车辆运行环境下司机控制器循环动作试验。

2)循环动作试验时,检查司机控制器在工作过程中软件是否出现错误报告。

通过测试发现,司机控制器在工作过程中,软件未发生错误报告,司机控制器满足正常使用要求。

4 结语

本次研究主要针对司机控制器在不同工作周期内的工作性能进行检验。在模拟车辆运营环境下司机控制器循环动作次数达到一个架修期的动作次数时,检测司机控制器的机械联动和电信号数据,以此评估司机控制器的剩余寿命情况。通过试验发现,本次测试的司机控制器样品,在模拟两个大修周期的循环往复动作后,各个电位器的输出电压变化率均未超过5%,各个行程开关的接触电阻均未超过100 mΩ,机械联动器件未见异常;工作性能稳定,未出现错误报告。因此,测试样本的使用寿命满足两个大修(20年)的使用要求,在车辆整个运营周期内,可以仅更换一次司机

控制器。

参考文献:

- [1] 李飞,葛飞,胡继飞.一种非PWM制式司控器电压输出异常故障分析[J].郑州铁路职业技术学院学报,2023,35(1):38-40.
- [2] 黄浩东,陈毓慧.广州地铁14号线司控器问题分析及改进措施[J].机电信息,2022(1):44-46.
- [3] 毛骏.基于组态的机车司控器故障检测仪设计与实现[J].新型工业化,2020,10(11):22-23.
- [4] 葛兴亮,黄丙龙,邓举明.地铁车辆司控器故障分析及改进措施[J].铁道技术监督,2020,48(6):43-46.
- [5] 王云帆,徐践,李瀚.沈阳地铁1号线司控器信号故障分析及对策[J].无线互联科技,2019,16(23):7-8.
- [6] 周婧.浅析11A01型列车司控器故障及维修策略优化[J].科学技术创新,2018(21):157-159.
- [7] 钱立栋.基于PLC的矿用电机车司控器设计[J].中州煤炭,2016,38(6):93-96.
- [8] 赵辉,孙丽萍,王玉艳.某地铁车体防爬器结构轻量化研究[J].机械制造与自动化,2022,51(6):61-65.
- [9] 王宽兵,林波.成都地铁1号线司控器级位信号传输浅析[J].黑龙江科技信息,2016(13):113.
- [10] 潘蓉.地铁司控器卡滞故障分析[J].住宅与房地产,2015(19):134.
- [11] 李强辉.一种面向锁闭信号异常的司控器改进方法与应用[J].轨道交通装备与技术,2023(增刊1):123-127.
- [12] 曹斌.地铁车辆牵引制动指令同时激活故障研

- 收稿日期:2024-01-04

Power Electronics, 2022, 37(12) :14720-14737.

- 收稿日期: 2025-03-05