

doi:10.16018/j.cnki.cn32-1650/n.202102007

广州地铁 14 号线车门系统双行程开关改造分析

曾隆隆,王文林

(广州地铁集团有限公司运营事业总部,广东 广州 510900)

摘要:根据 IFE 车门结构特点和车门故障逻辑,分析了广州地铁 14 号线车门系统“未经允许门离开关到位或锁到位位置”的故障原因和故障特点,针对性地提出了车门系统双行程开关改造和故障逻辑优化的策略。经实践验证,采取的措施合理有效,车门“未经允许门离开关到位或锁到位位置”的故障得到了根本解决,提高了列车运营服务质量和准点率。

关键词:地铁车辆;车门系统;双行程开关;改造分析

中图分类号:U260.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5322(2021)02-0030-05

广州地铁 14 号线是典型的城郊线路,线路全长 54.4 km,具有站间距离长、运行速度高、高架线路多、早晚客流高峰等特点,是广州市首条采用快普车运行模式的线路。该线路采用 6 节编组 B7 型列车(四动两拖),每辆车客室每侧设 4 套电动双开塞拉门;车辆的车门系统由 IFE-威奥轨道车辆门系统有限公司提供,车门完全关闭时,门扇与车辆的外表面平齐^[1-2]。

广州地铁 14 号线开通运营以来,B7 型车 IFE 车门系统出现多起“未经允许门离开关到位或锁到位位置”的故障,造成多起正线晚点。为此,我们从改造 IFE 车门结构和优化“未经允许门离开关到位或锁到位位置”的故障逻辑两方面着手,以解决列车在运行过程中受“未经允许门离开关到位或锁到位位置”故障的影响导致列车紧急制动问题。

1 车门原理

IFE 车门系统原理图如图 1 所示,车门系统由驱动机构、门扇、下摆臂、支撑滚轮、门控器、隔离锁装置、内紧急装置、外紧急装置等组成^[3](整个客室门系统的驱动装置、传动机构、承载装置都集成在门机构上,电机、行程开关、丝杠、长导柱等提前预装在门头机构上,门机构通过安装架直接安装在车体上)。门扇通过与携门架、螺母副、丝杆的联接,由带有齿轮的直流电动机驱动门扇动作(开门和关门);车门驱动系统通过门控器控制,控制依据来自门区域的信号(如行程开关、位置传感器等)和司机台的信号(使能信号、零速信号等);携门架与导向轮联合,在滑道中实现门扇的横向+纵向的复合运动。

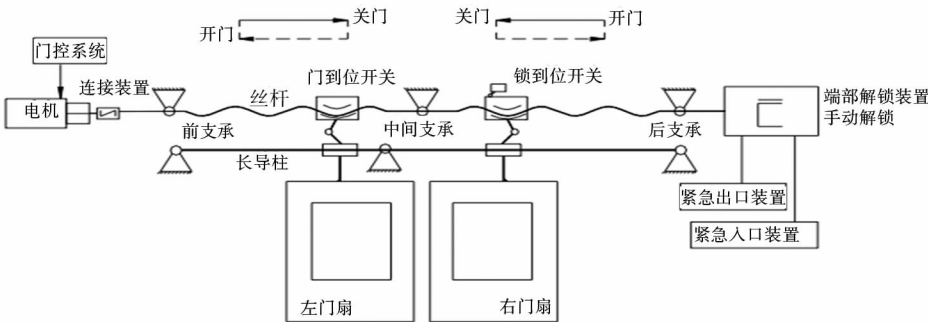


图 1 IFE 车门系统原理图
Fig 1 Schematic diagram of IFE door system

收稿日期:2020-09-14

作者简介:曾隆隆(1990—),男,江西抚州人,工程师,硕士,主要研究方向为城市轨道交通机车车辆维保。

IFE 车门系统采用具有反向锁闭机构的端部齿轮制动器锁闭,端部齿轮制动时关门方向有一个飞轮确保车门在关门方向是自由的。车门在电动状态下,整个关闭过程都为全程锁闭状态,如果要解锁并打开车门,必须激活齿轮制动,以解锁驱动丝杠在开门方向的动作。

IFE 车门系统只有 1 个门已关闭和锁闭的行程开关 S1,因此只能通过 S1 行程开关信号监控车门状态。S1 行程开关常闭触点 S1.1 和 S1.2 (图 2)接入门控器 (IO10 输入点)中用于监控车门开关状态,S1 行程开关常开触点 S1.3 和 S1.4 (图 2)接入车门安全互锁回路中。为有效保证列车乘客的安全,同一侧所有车门的安全互锁回路串入列车安全回路中,只有列车安全回路闭合,列车才能正常牵引行车;如果列车安全回路没有闭合,所有门关闭灯不亮,列车将牵引封锁。

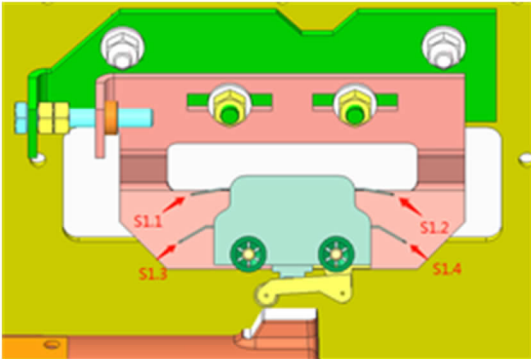


图 2 S1 行程开关安装位置图

Fig 2 Installation position diagram of S1 limit switch

2 车门故障

IFE 车门系统“未经允许门离开关到位或锁到位位置”的故障具有以下特点:(1)出现在正线大客流车站的早晚客流高峰时段;(2)出现在列车站台关门过程中或列车区间运行过程中;(3)车辆 HMI 屏显示对应车门的图标红点,且所有门关闭指示灯不亮;(4)列车站台关门过程中报该故障,列车无法正常启动;(5)列车在区间运行过程中报该故障,车门安全回路断开,并触发信号紧急制动。而“未经允许门离开关到位或锁到位位置”故障逻辑是:车门正常关闭且 S1 行程开关已正常触发,门控器没有发出任何开门命令,但之后 S1 行程开关异常释放,且持续 1 s 以上时,则产生“未经允许门离开关到位或者锁到位位置”故障信息^[4]。

经检查“未经允许门离开关到位或锁到位位

置”故障车门的机械部件(丝杆、螺母副、压紧轮、导向轮、下摆臂、下档销等),均未发现异常;测量故障车门的各项参数(V 型、对中、S1 行程开关间隙、下档销等参数),也均在正常范围之内;测试故障车门的有电功能(开关门功能、防夹功能等),也均正常;最后分析故障时刻列车车厢内的视频,发现在车门关闭过程中有乘客倚靠或挤压门页。

根据故障逻辑、故障现象和故障分析,认为由于关门过程中乘客倚靠或挤压门页,使得车门关闭时 S1 行程开关处于临界触发状态,乘客倚靠或挤压门页的作用力传递至车门 S1 行程开关的触发凸台,导致 S1 行程开关由临界触发变为释放状态,使得 S1 行程开关常闭触点无法正常断开、常开触点无法正常闭合,进而引起车门报“未经允许门离开关到位或锁到位位置”故障,车门安全回路断开,所有门关闭指示灯不亮,列车无法正常牵引。

3 改造方案

针对列车关门过程中乘客倚靠或挤压门页,导致 IFE 车门产生“未经允许门离开关到位或锁到位位置”的故障问题,考虑在 S1 行程开关旁边并排增加一套 S2 行程开关,并适当调整 S1 和 S2 行程开关的动作行程,使得 S2 行程开关比 S1 行程开关提前激活。此外,使用 S2 行程开关常开触点 S2.3 和 S2.4 替换原有 S1 行程开关常开触点 S1.3 和 S1.4 接入车门安全互锁回路中,对车门安全互锁回路检测并进行小行程屏蔽,确保车门安全互锁回路可靠建立,避免因 S1 行程开关释放引起车门安全回路断开。S1/S2 行程开关安装位置及各触点接线如图 3 所示。

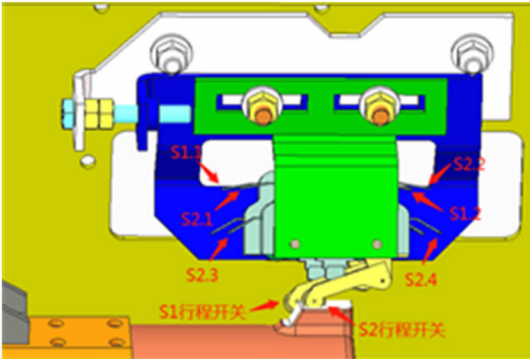


图 3 S1/S2 行程开关安装情况示意图

Fig 3 Schematic diagram of S1/S2 limit switch installation

3.1 机械结构设计

图 3 中 S2 行程开关和 S1 行程开关通过支架固定在驱动底板上,并与 S1 行程开关座共用连接点。S2 行程开关与 S1 行程开关在车长方向的间距为 5 mm,幅度范围为 ± 2 mm,以确保车门关闭时闪缝不超过 25 mm。S1/S2 行程开关在车长方向安装位置如图 4 所示。

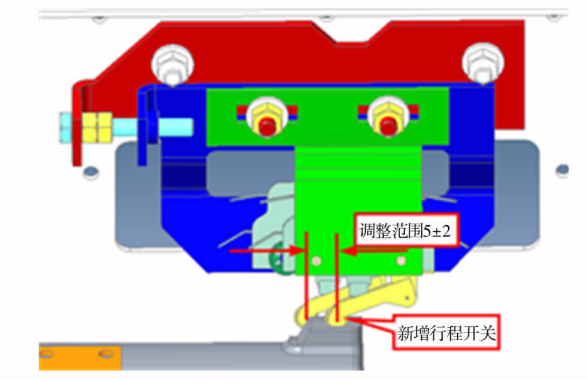


图 4 S1/S2 行程开关在车长方向位置图
Fig 4 Position of S1/S2 travel switch in the vehicle length direction

在车宽方向 S1/S2 行程开关组件安装位置如图 5。图 5 中,S2 行程开关与 S1 行程开关的相对位置固定,并可通过车宽方向的调节支架与 S1 行程开关共同调整压缩量,以保证 S2 行程开关与 S1 行程开关的压缩量基本一致且均在标准范围内。

为确保新增加的 S2 行程开关与丝杆螺母等无干涉,S2行程开关与丝杆螺母在车宽方向上设

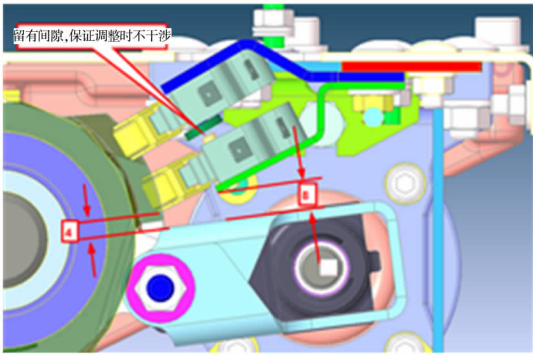


图 5 S1/S2 行程开关在车宽方向位置图
Fig 5 Position of S1/S2 travel switch in the width direction of the vehicle

有 4 mm 间隙,安装支架与丝杆螺母在车宽方向上设有 8 mm 间隙。此外,为确保 S1 行程开关安装柱与 S2 行程开关固定销之间无干涉,S2 行程开关支架与 S1 行程开关支架在车宽方向上设有 1.6 mm 间隙。

3.2 电气原理设计

图 3 中 S1 行程开关常闭触点 S1.1 和 S1.2 线束连接保持不变,仍然接入门控器(I010 输入点)中用于监控车门开关状态;S2 行程开关常开触点 S2.3 和 S2.4 替换原有 S1 行程开关常开触点 S1.3 和 S1.4 接入车门安全互锁回路中,即 101 电气线束去向由 S1.3 更改为 S2.3,150 电气线束去向由 S1.4 更改为 S2.4,即让 S1 行程开关的常开触点 S1.3 和 S1.4 空置。车门安全互锁回路如图 6 所示。

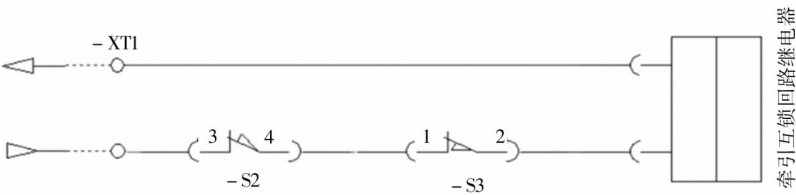


图 6 车门安全互锁回路示意图
Fig 6 Schematic diagram of door safety interlock circuit

由于 S2 行程开关常开触点 S2.3 和 S2.4 替换原有 S1 行程开关常开触点 S1.3 和 S1.4 接入车门安全互锁回路中,而 S2 行程开关比 S1 行程开关提前激活,因此当 S1 行程开关由临界触发变为释放状态,车门安全回路不会因 S1 行程开关释放而断开,所有门关闭指示也不会熄灭,因此 S1 行程开关释放不会影响列车正常运行。

为配合 IFE 车门系统双行程开关改造,需新

增 S2 行程开关常闭触点检测回路,将 S2 行程开关常闭触点 S2.1 和 S2.2 接入门控器 I021 输入点中,用于车门“未经允许门离开关到位或锁到位位置”的故障逻辑判断,如图 7 所示。图 7 中,新增 124 电气线束,即从 S2 行程开关常闭触点 1 脚 S2.1 至门控器端子排点位 XT2.10-2;新增 125 电气线束,即从 S2 行程开关常闭触点 2 脚 S2.2 至门控器插头 X5.B7。

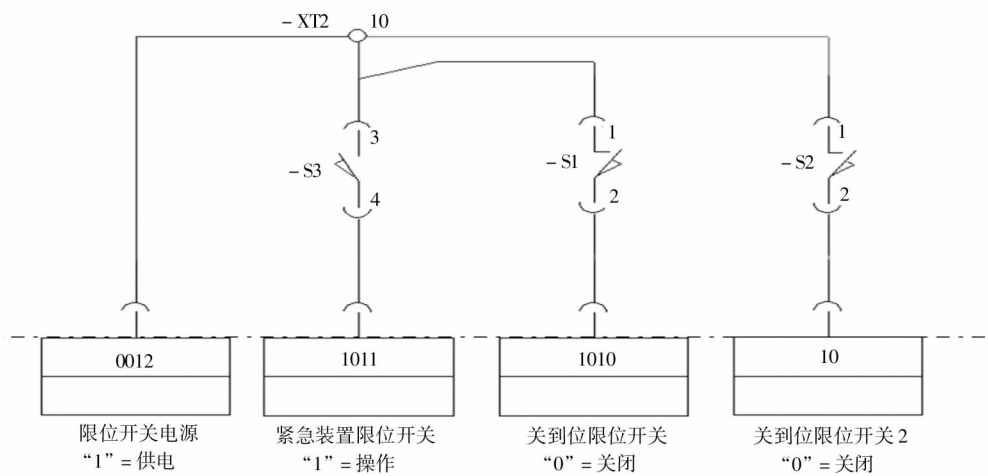


图 7 S2 行程开关常闭触点检测回路示意图

Fig 7 S2 limit switch normally closed contact detection circuit diagram

3.3 软件逻辑优化

IFE 车门系统新增加了 S2 行程开关,调整了车门安全互锁回路电路,新增了 S2 行程开关常闭触点检测回路,因此车门软件逻辑需进行相应地修改,具体如下:

- (1)车门关闭的判断条件只采用 S1 行程开关状态,不参考 S2 行程开关状态;
- (2)车门关闭后,若 S1 行程开关临界触发又释放,车辆 HMI 屏对应车门图标显示为关闭状态,蜂鸣器和报警灯不激活;
- (3)车门正常关闭且 S1 行程开关已正常触发,门控器没有发出任何开门命令,但之后 S1 行程开关异常释放且 S2 行程开关也异常释放时,才产生“未经允许门离开关到位或者锁到位位置”的故障信息;
- (4)S2 行程开关故障判断方法与 S1 行程开关完全相同,S1、S2 行程开关故障诊断码分别为 DC002、DC011;
- (5)单门安全回路故障(诊断码 DC201)的产生与 S2 行程开关常开触点(S2.3 和 S2.4)有关。

3.4 改造效果

该双行程开关改造方案在广州地铁 14 号线 IFE 车门系统上实施后,由于 S2 行程开关常闭触点 S2.1 和 S2.2 接入门控器中用于车门“未经允许门离开关到位或锁到位位置”的故障逻辑判

断,并优化车门“未经允许门离开关到位或锁到位位置”故障逻辑,使得车门报“未经允许门离开关到位或锁到位位置”故障的条件更为苛刻。改造完成后对 IFE 车门系统进行全功能测试和软件逻辑修改项点测试,结果表明,车门电动开关门功能、防夹功能、切除功能、紧急解锁功能、零速保护功能等均正常,车门软件逻辑修改项点均满足预期要求。

目前,双行程开关改造列车在 14 号线安全运营超 20 万 km,未再出现过“未经允许门离开关到位或者锁到位位置”的故障。显然,该双行程开关改造跟踪效果良好,改造后的列车有效地解决了 IFE 车门在运行过程中受“未经允许门离开关到位或锁到位位置”故障影响导致的列车紧急制动问题,完全可以适应 14 号线早晚客流高峰运营工况的要求。

4 总结

IFE 车门系统通过增加 S2 行程开关,调整车门安全互锁回路电路,新增 S2 行程开关常闭触点检测回路,并优化车门“未经允许门离开关到位或锁到位位置”故障逻辑后,有效解决了 IFE 车门在运行过程中受“未经允许门离开关到位或锁到位位置”故障的影响导致列车紧急制动问题,提高了列车运营服务质量和正线运营准点率。

参考文献:

[1] 中车株洲电力机车有限公司. 广州市轨道交通十四号线车辆项目维修手册[Z]. 株洲:中车株洲电力机车有限公司, 2017.

[2] 广州地铁集团有限公司. 广州市轨道交通 14 号线车辆项目技术规格书[G]. 广州:广州地铁集团有限公司,2016.

[3] IFE – 威奥轨道车辆门系统(青岛)有限公司. 广州地铁 14 号线客室门说明手册[Z]. 青岛:IFE – 威奥轨道车辆门系统(青岛)有限公司,2016.

[4] IFE – 威奥轨道车辆门系统(青岛)有限公司. 广州地铁 14 号线客室门诊断说明书[Z]. 青岛:IFE – 威奥轨道车辆门系统(青岛)有限公司,2016.

Analysis on the Reconstruction of the Double-stroke Switch of the Door System of Guangzhou Metro Line 14

ZENG Longlong, WANG Wenlin

(Operation Business Headquarters of Guangzhou Metro Group Co. , Ltd. , Guangzhou Guangdong 510900, China)

Abstract: According to the structural characteristics of the IFE door and the door failure logic, the failure causes and characteristics of the door system of Guangzhou Metro Line 14 "door leaves the closed/locked position without permission" were analyzed, and strategies for the dual-stroke switch transformation and failure logic optimization of the door system are proposed. Practice has proved that the measures taken are reasonable and effective, and the failure of the door "door leaves the closed/locked position without permission" has been fundamentally solved, which has improved the service quality and punctuality of train operations.

Keywords: metro vehicle; door system; double-stroke switch; retrofit analysis

(责任编辑:李华云)

(上接第 25 页)

[5] 李兆凯. 营运客车多形态正面碰撞安全性及评价方法研究[D]. 西安:长安大学,2012:13.

[6] 程梓豪. 混合动力客车正面碰撞的仿真分析[D]. 十堰:湖北汽车工业学院,2017:26.

[7] 钟志华,张维刚,曹立波,等. 汽车碰撞安全技术[M]. 北京:机械工业出版社,2003:15-17.

[8] 邱少波. 汽车碰撞安全工程[M]. 北京:北京理工大学出版社,2016:14-17.

[9] 王姣,崔亚辉,王宏江. 基于有限元分析的客车正碰安全性研究[J]. 2017(4):41-44.

Study on Front Impact Safety of Type 6125 Passenger Car Based on HyperMesh

LI Xiaoying¹, ZENG Feng²

(1. College of Marine Engineering, Jimei University, Xiamen Fujian 361000, China; 2. Xiamen Golden Dragon Bus Co. , Ltd. , Xiamen Fujian 361000, China)

Abstract: Taking 6125 bus as the research object, CATIA software was used to model the body frame of the bus, and HyperMesh software was used to partition the mesh to establish the finite element model. The nonlinear finite element software LSDYNA was used to simulate the frontal impact of the finite element model of the bus. Refer to the requirements of ECE R94 "Frontward Impact Occupant Protection" standard of the European Union and FMVSS208 "Frontward Impact Occupant Protection" standard of USA for collision deformation and collision safety, the improvement scheme of increasing the thickness of the front floor frame and the longitudinal beam of the frame (driver floor area), as well as the front bumper and the energy absorbing box is proposed. The results show that the optimization scheme meets the requirements of the industry standard, and provides a reference for the analysis and improvement of the bus collision accident.

Keywords: bus; frontal impact; safety; structure improvement; finite element

(责任编辑:张英健)