

全自动运行列车的逃生门功能检测及故障诊断方法

王爽 杜伟 李晓明 李彬 张国军

(中车长春轨道客车股份有限公司国家轨道客车工程研究中心, 130062, 长春//第一作者, 工程师)

**摘要** 基于逃生门控制原理,阐述了逃生门功能检测及故障诊断的策略及具体实施方法。在全自动运行列车投入正线运营前,通过列车控制及诊断系统的软件逻辑控制,强制逃生门完成一次可锁闭和可打开的功能测试。通过硬线电路设计,在逃生门检测脉冲信号作用下使零速信号由旁路传递,从而区分开逃生门的打开和故障状态。基于逃生门电磁锁的状态反馈,实现对逃生门的功能检测和故障诊断。仿真验证结果表明,逃生门的功能检测可保证逃生门的功能完善,确保其在列车全自动运行中的可用性和可靠性。

**关键词** 全自动运行列车; 逃生门功能检测; 故障诊断

**中图分类号** U270.38\*9

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2023.04.033

**Escape Door Function Detection and Fault Diagnosis Method for FAO Train**

WANG Shuang, DU Wei, LI Xiaoming, LI Bin, ZHANG Guojun

**Abstract** According to the control principle of escape door, the strategy and specific implementation method of escape door function detection and fault diagnosis are described. Before the FAO (fully automatic operation) train is launched for operation on main line, through software logic control of train control and diagnosis system, the escape door is forced to complete once locking and opening function test. The zero-speed signal is bypassed by the action of escape door detection pulse signal through hardwired circuit design to distinguish between the opening and fault states of the escape door. Based on the feedback of escape door electromagnetic lock state, the escape door function detection and fault diagnosis are realized. Simulation test results show that the function detection of the escape door can improve its functions, ensure its availability and reliability in train fully automatic operation.

**Key words** FAO train; escape door function detection; fault diagnosis

**Author's address** National Engineering Research Center of Railway Vehicles, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

为确保全自动运行列车的正常运营及乘客的人身安全,在列车切换至全自动运行模式前,对车辆重要部件进行相关功能检测和故障诊断至关重要<sup>[1-4]</sup>。只有保证了逃生门的可用性和可靠性,乘客才能在发生紧急事件时在人工广播远程指导下,通过解锁逃生门进行疏散和安全逃生<sup>[3,5-6]</sup>。然而,目前全自动运行列车在投入正线运行前,只对列车逃生门进行状态实时监测,未进行逃生门功能检测。对此本文提出,在全自动运行列车投入正线运行前,对逃生门进行功能检测及故障诊断,以确保逃生门的可用性和可靠性。

1 逃生门控制原理

逃生门门板上设置了电磁锁。逃生门电磁锁与逃生门状态对应关系如表1所示。

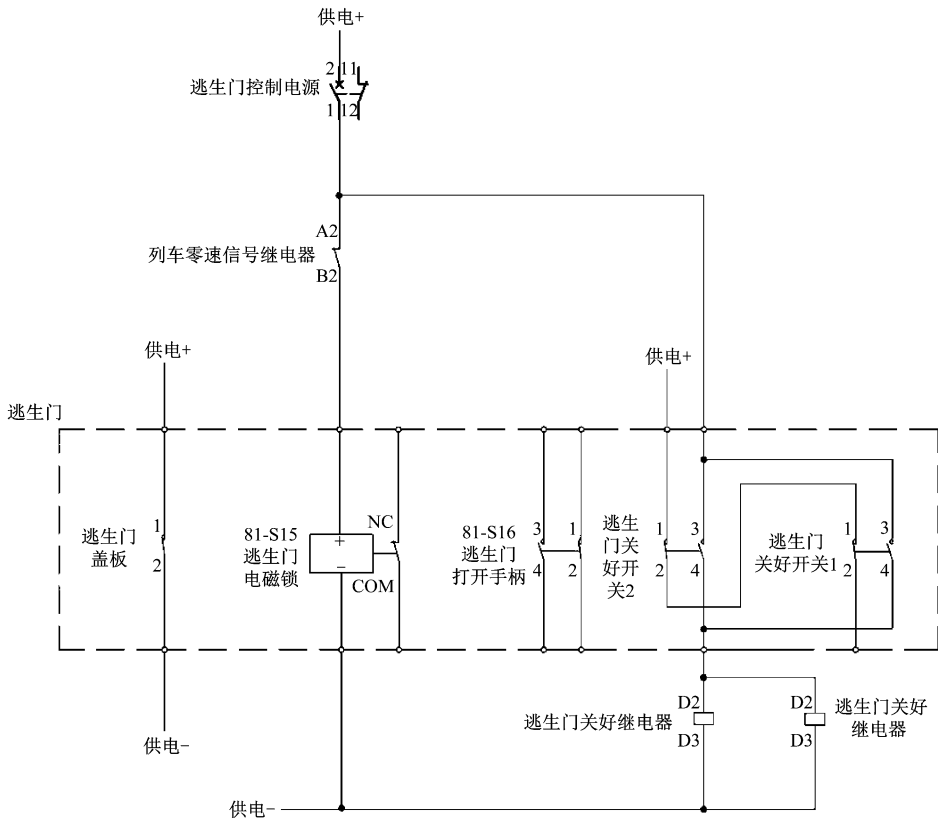
表1 逃生门电磁锁与逃生门状态对应关系

Tab.1 Correspondence relationship between the electromagnetic lock status and the escape door status

逃生门工况	逃生门电磁锁状态	逃生门状态
正常	得电	锁闭
	失电	可打开
故障	失电	可打开

逃生门控制电路如图1所示。为保证在列车非零速的情况下逃生门不可打开,硬线电路中增加了列车零速信号和逃生门电磁锁的联锁设计,即在逃生门电磁锁上方串入列车零速信号继电器的常闭触点(A2-B2)。当列车为非零速状态时,零速继电器失电,逃生门电磁锁(81-S15)得电,逃生门处于锁闭状态,确保逃生门不可在列车行驶过程中打开。当列车为零速状态时,零速继电器得电,逃生门电磁锁失电,逃生门处于可打开的状态,打开逃生门盖板后即可打开逃生门。

逃生门的控制电路设计特点,确保了只有在列车零速时逃生门才可打开,避免了列车行驶过程中因逃生门误打开而引发的人员伤害。



注:1、2、3、4 为各开关的触点编号; COM 为电磁锁公共端; NC 为常闭端; D2、D3 为继电器端口。

图 1 逃生门控制电路

Fig. 1 Control circuit of the escape door

## 2 逃生门检测策略

基于逃生门控制原理,当车辆零速时,逃生门电磁锁将处于失电状态。此时,逃生门可能处于可打开状态或电磁锁故障状态。为进一步区分这两种状态,对控制电路进行优化设计,在逃生门检测过程中使列车零速信号由旁路传递。电磁锁通过外部输入脉冲信号而得电,且电磁锁应在脉冲信号撤销后失电。这样可证明逃生门电磁锁的失电是在外部输入信号复位后的动作结果,而非电磁锁故障不动作的结果。

逃生门检测流程图如图 2 所示。外部输入脉冲信号由 TCMS(列车控制与管理系统)的软件控制逻辑给出。

逃生门功能检测策略为:TCMS 输出 1 个逃生门检测脉冲信号;该信号使逃生门控制电路中的列车零速信号被旁路掉,同时强制逃生门电磁锁正常完成一次得电和失电动作,来验证逃生门功能正常。

在功能检测过程中同时进行逃生门电磁锁的故障诊断:由 TCMS 对电磁锁的状态信息进行回

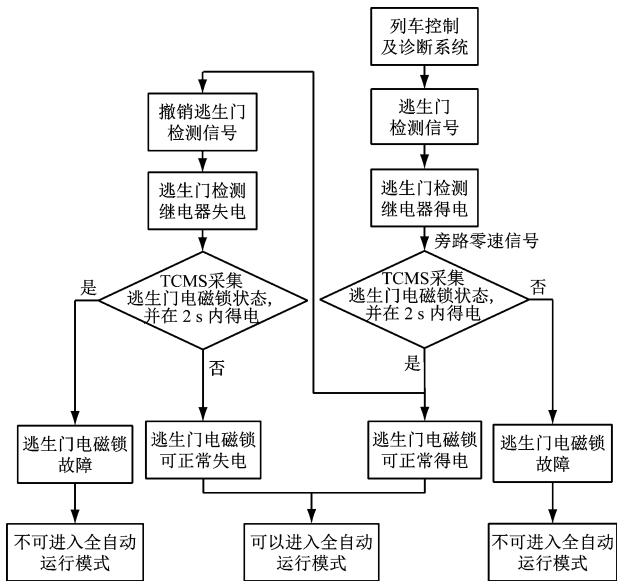


图 2 逃生门检测流程图

Fig. 2 Flow chart of the escape door detection

采,并判断检测信号置位和复位后电磁锁的动作状态。当回采的电磁锁状态信息与检测信号预期状态一致时,逃生门电磁锁为正常状态;当回采的电磁锁状态信息与检测信号预期状态不一致时,判断

逃生门电磁锁为故障状态。

### 3 具体实施方法

根据逃生门检测策略,在控制电路中增加一个逃生门检测继电器,并将检测继电器的常开触点并联在逃生门电磁锁上方零速信号旁,逃生门检测电路如图3所示。

逃生门检测信号将强制逃生门电磁锁得电,使

逃生门处于锁闭状态。如果 TCMS 误输出逃生门检测信号,将可能导致逃生门不可打开。为了规避此风险,将逃生门检测继电器加到逃生门打开手柄 3-4 触点下方。逃生门打开手柄(81-S16)在没有人扳动时 3-4 触点是闭合的。这样即使 TCMS 误发出逃生门检测信号,只要有人扳动逃生门打开手柄,就能使逃生门检测继电器失电、逃生门电磁锁失电,进而使逃生门仍可处于打开状态。

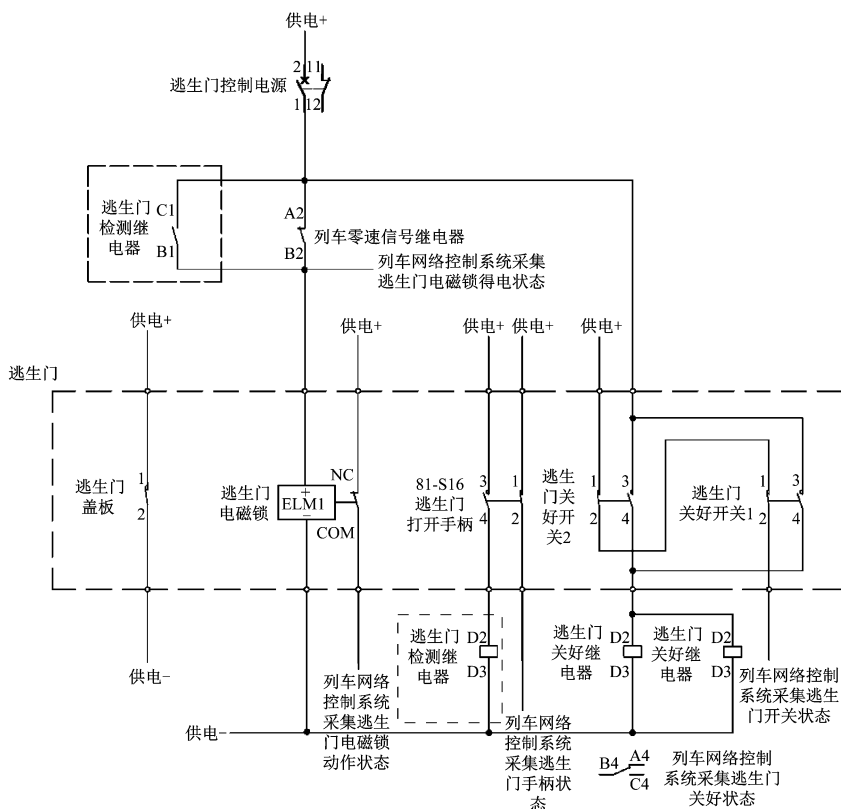
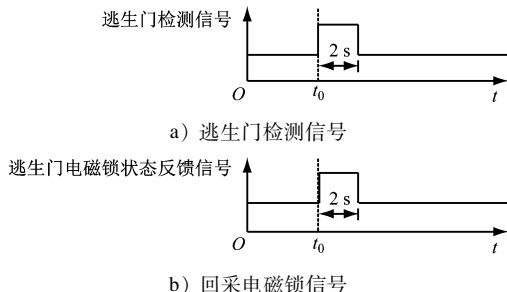


图3 逃生门检测控制电路图

Fig. 3 Control circuit diagram of the escape door detection

逃生门功能完备情况下的检测时序图如图 4 所示。具体检测过程为:



注:  $t_0$  为检测开始时间。

图 4 逃生门功能完备情况下的检测时序图

Fig. 4 Detection sequence diagram of the escape door in complete function condition

1) TCMS 由软件逻辑控制输出 1 个脉冲周期为 2 s 的逃生门检测信号;之后,逃生门检测继电器得电,列车零速信号被切换至旁路,从而使逃生门电磁锁得电,实现了在车辆静止的情况下对逃生门可锁闭状态的检测。与此同时,TCMS 回采逃生门电磁锁状态:若回采的电磁锁状态仍为失电状态,则判断逃生门电磁锁发生故障;若回采的电磁锁状态为得电,则判断逃生门可正常锁闭。

2) 在 TCMS 撤销检测信号后,回采逃生门电磁锁状态。若此时电磁锁状态仍为得电,则判断逃生门电磁锁发生故障;若回采的电磁锁状态为失电,则判断逃生门可正常打开。

3) 逃生门电磁锁故障诊断中设置 2 s 的超时判断,若超过预定时间电磁锁没有任何状态反馈,则同样认定逃生门电磁锁故障。

如果逃生门检测失败或电磁锁发生了故障,则 TCMS 将上报车辆唤醒失败信息至 OCC(运营控制中心)。这样,列车无法进入全自动运行模式<sup>[6]</sup>,进而消除了紧急情况下乘客无法疏散的安全隐患。

## 4 检测结果的仿真验证

根据逃生门检测策略,使用 MATLAB 软件来仿真逃生门检测信号输出波形和回采的逃生门电磁锁状态反馈波形,如图 5 所示。

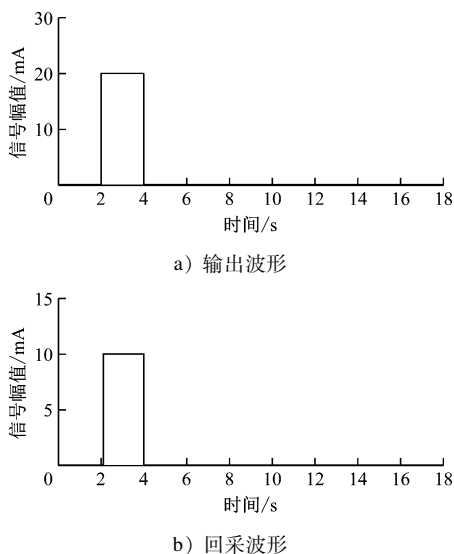


图 5 逃生门检测的仿真波形

Fig. 5 Simulation wave of the escape door detection

在车辆调试过程中,下载数据记录仪记录的逃生门检测信号和回采的逃生门电磁锁状态记录波形,如图 6 所示。

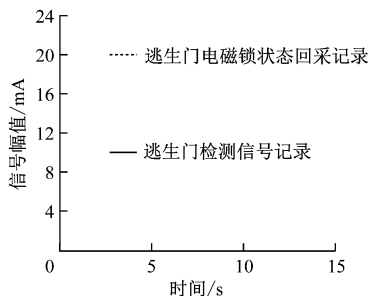


图 6 逃生门电磁锁状态检测的记录波形

Fig. 6 Recorded wave of the escape door electromagnetic lock status detection

4 的检测时序图对比可发现,图 5 及图 6 的波形结果与检测时序图均一致。由此可见,列车在进入全自动运行模式前的逃生门功能检测结果与预期结果一致,满足逃生门检测的设计要求。

## 5 结语

针对列车进入全自动运行模式前的逃生门电磁锁功能检测和故障诊断,优化硬线电路设计,增加了逃生门检测继电器,通过 TCMS 的软件逻辑输出逃生门检测信号,确保逃生门的打开和锁闭动作正常,实现了在车辆零速情况下的逃生门电磁锁检测和故障诊断,验证了逃生门功能的完善性,有效提升了列车运行的安全可靠。

## 参考文献

- [1] 程珂, 钱存元. 无人驾驶地铁列车乘客信息系统的核心技术[J]. 铁道机车车辆, 2015, 35(2): 120.  
CHENG Ke, QIAN Cunyuan. Key technology for passenger information system of driverless metro train[J]. Railway Locomotive & Car, 2015, 35(2): 120.
- [2] 严翔, 赵慧, 王保华. 无人驾驶地铁中定点紧急停车系统的研究[J]. 铁道机车车辆, 2016, 36(3): 97.  
YAN Xiang, ZHAO Hui, WANG Baohua. Research on fixed point emergency stop system in driverless metro[J]. Railway Locomotive & Car, 2016, 36(3): 97.
- [3] 张焕增, 杨培盛, 景元广, 等. 全自动运行系统逃生门车门紧急解锁方案研究与分析[J]. 自动化与仪表, 2021, 36(12): 29.  
ZHANG Huanzeng, YANG Peisheng, JING Yuanguang, et al. Research and analysis of emergency unlocking scheme for escape door of fully automatic operation system[J]. Automation & Instrumentation, 2021, 36(12): 29.
- [4] 范旭. 地铁逃生门系统设计与分析[D]. 成都: 西南交通大学, 2018.  
FAN Xu. Design and analysis of metro escape door system[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2018.
- [5] 马妍. 城市轨道交通无人驾驶系统中信号与车辆接口分析[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21(增刊1): 10.  
MA Yan. Analysis of the interface between UTO signal system and urban rail transit vehicle[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21(S1): 10.
- [6] 陈晨, 钱存元, 李慕君. 全自动无人驾驶系统信号子系统的接口[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(9): 146.  
CHEN Chen, QIAN Cunyuan, LI Mujun. Research on the interface of signal subsystems in automatic driverless system[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(9): 146.

(收稿日期:2022-08-01)