

文章编号: 1005-0523(2023)03-0104-05

# 一种城轨车辆动态试验线路防冒进系统设计

胡勇<sup>1</sup>, 黄致青<sup>2</sup>, 肖乾<sup>3</sup>

(1. 华东交通大学经济管理学院, 江西 南昌 330013; 2. 江西中车长客轨道车辆有限公司, 江西 南昌 330117;  
3. 华东交通大学载运工具与装备教育部重点实验室, 江西 南昌 330013)

**摘要:** 针对轨道车辆生产基地高频率、长时间的车辆动态试验过程中存在的冒进安全问题, 研发了一种新型红外线防冒进系统。根据红外线报警原理, 在车辆动态试验线路两侧对称安装红外线发射、接收装置, 车辆冒进闯入时会中断红外线信号接收, 从而触发安装在车辆驾驶室内部的报警装置, 激发出电信号并传输给正在动态试验的车辆, 发出指令启动车辆紧急制动系统, 从而保障运行安全。解决了人为不可控、设备信号误差、外界干扰等因素对车辆冒进带来的安全问题, 同时该系统简易可靠、成本低、便于后期长期维护维修。

**关键词:** 城轨车辆; 动态试验; 防冒进系统; 红外线报警器; 紧急制动

中图分类号: U229

文献标志码: A

本文引用格式: 胡勇, 黄致青, 肖乾. 一种城轨车辆动态试验线路防冒进系统设计[J]. 华东交通大学学报, 2023, 40(3): 104-108.

## Design of Anti-aggressive Device for Dynamic Test Line of Urban Rail Vehicle

Hu Yong<sup>1</sup>, Huang Zhiqing<sup>2</sup>, Xiao Qian<sup>3</sup>

(1. School of Economics and Management, East China Jiaotong University, Nanchang, 330013, China; 2. Jiangxi Zhongche Changke Railway Vehicle Co., Ltd., Nanchang, 330117 China; 3. Key Laboratory of Vehicles and Equipments of the Ministry of Education, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** Aiming at the safety problem of rash entry in the process of high frequency and long time dynamic test in rail vehicle production base, a new infrared anti-rash entry system is developed. According to the principle of infrared alarm, infrared transmitting and receiving devices are symmetrically installed on both sides of the vehicle dynamic test line. The infrared signal reception will be interrupted when the vehicle intrudes unlawfully, thus triggering the alarm device installed in the vehicle cab, triggering the electrical signal and transmitting it to the vehicle undergoing dynamic test, and issuing the command to start the vehicle emergency braking system, so as to ensure the safety of operation. The system solves the safety problems caused by human uncontrollable, equipment signal error, external interference and other factors. Meanwhile, the system is simple and reliable, low cost and convenient for long-term maintenance in the later period.

**Key words:** urban rail vehicles; dynamic test; Anti-fraud system; infrared alarm; emergency brake

**Citation format:** HU Y, HUANG Z Q, XIAO Q. Design of anti-aggressive device for dynamic test line of urban rail vehicle[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2023, 40(3): 104-108.

收稿日期: 2022-08-28

基金项目: 江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ190332)

随着城市轨道交通的发展,轨道车辆的数量逐年增多,列车运行监控记录装置的使用极大的提高了列车正线行车的安全性,但是在调车作业以及机车出入库作业当中,由于受场地和设备的条件限制,时常有列车冒进事故的发生。冒进是指在未获得授权的情况下,列车前端任何一部分越过地面固定停车信号机。在司机注意力不集中、劳累瞌睡、天气不良等情况下,容易造成车辆冒进并撞上线路末端,严重时还会导致车辆脱轨等重大安全事故。

罗建慧<sup>[1]</sup>对机车冒进的原因进行分析,并针对人员和设备问题提出加强员工管理,完善检查制度。王静环<sup>[2]</sup>在针对一起列车冒进信号险性事故的分析中发现人为操作失误是安全生产中最不确定的因素,仅靠完善管理无法彻底杜绝冒进事故的发生。黄仕军<sup>[3]</sup>在现有的机车“防撞土挡装置”基础上进行改造,开发了一种新型调车信号防冒进装置,但是该装置只能接收点式信号而非连续的信息。曾华南等<sup>[4]</sup>和李小亮等<sup>[5]</sup>开发了一种基于卫星定位的列车防冒进系统,通过车载控制器设备完成位置信息或运行轨迹精确采样。当列车存在冒进风险时,可结合车辆当前速度,实时计算末端距离和紧急制动距离。目前,车辆调试冒进防护的方式多为被动防护,通过标识提醒、缓冲挡车器和沙推进行联合防护,这些措施只能间接减少车辆和人员损失,不能从根本上解决调试线轨道车辆的冒进问题;基于卫星定位的防冒进装置也存在卫星定位信号不稳定、连线复杂及操作软件等问题。

为了解决以上问题,本文设计了一款成本低、安全性能高的新型红外线防冒进系统,通过在距离试验线路终端 300 m 位置处的线路两旁安装 2 组二光束太阳能全无线对射装置,在城轨车辆驾驶室内安装报警主机,在不增加作业人员任何负担的情况下,及时、准确实现车辆冒进后的紧急制动,避免因人工操作失误等原因造成的车辆冒进脱轨、侧翻、人员伤亡等事故发生。

## 1 城轨车辆紧急制动原理

城轨车辆制动系统通常分为常用制动、紧急制动、快速制动和停放制动等。其中,紧急制动优先于常用制动,是一种根据紧急安全环路状态施加的纯空气制动<sup>[6]</sup>。紧急制动由列车的紧急制动环路失电触发,紧急制动列车线信号(得电/失电)传送给每一

个 EP2002 阀(网关阀和智能阀),EP2002 阀内部独立的电磁阀控制紧急制动的施加和缓解。

以铝合金 B 型车的克诺尔制动系统为研究对象。城轨车辆紧急制动电路的建立如图 1 所示,列车上电,闭合控制电源为安全环路控制=26-F05、司机室激活控制=21-F01、制动逻辑输出=26-F04、列车控制=24-F01、ATC 控制=41-F04,司机室钥匙激活,司机室激活继电器=21-K03 得电,常开触点闭合,紧急制动按钮=26-S09 未按下、紧急按钮回路继电器=26-K04 得电,常开触点闭合,列车处于静止状态,速度低于 0.5 km/h,列车零速继电器=26-K10 得电,常闭触点闭合,方向手柄非 0 位,警惕按钮按下、警惕继电器=24-K02 得电,总风压力大于 7 bar 总风状态继电器=26-K05 得电,安全环路继电器=26-K06 得电,常开触点闭合,车辆速度未超过 80 km/h,列车超速继电器=26-K12 常闭触点一直处于常闭状态,车辆联挂继电器=74-K02 未得电,常闭触点一直处于常闭状态,ATC 切除=41-S01 选择切除位,ATC 切除继电器=41-K12 得电,常开触点闭合,未激活端司机室激活继电器 21-K03 常闭触点,两端紧急环路继电器=26-K07 得电,紧急制动电路建立完成<sup>[7]</sup>。

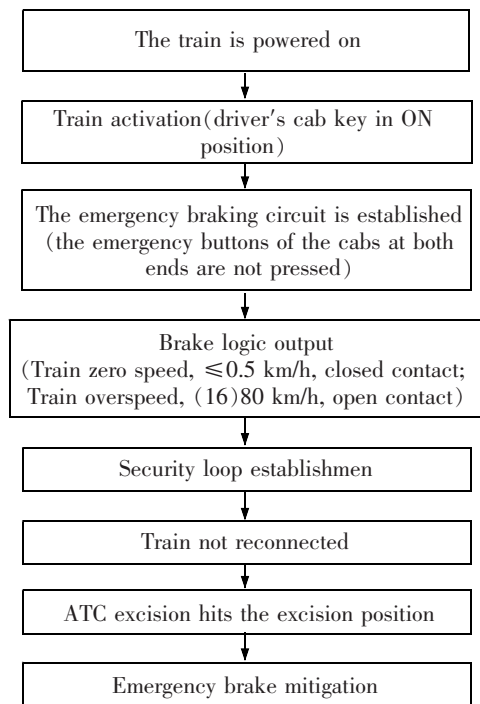


图1 紧急制动电路的建立

Fig.1 Establishment of an emergency braking circuit

## 2 车辆不同速度下紧急制动距离测试

地铁车辆的制动距离是指从司机制动手柄置于制动位的瞬间,到某个速度对应的时刻或停车瞬间,车辆所行走的总距离。如图2所示,车辆的制动可以分为两个时间段,即空走时间段和匀减速时间段,其中空走时间包括制动指令传输延迟的时间、制动控制装置计算分配制动力的计算周期时间和空气制动阀的响应时间等。

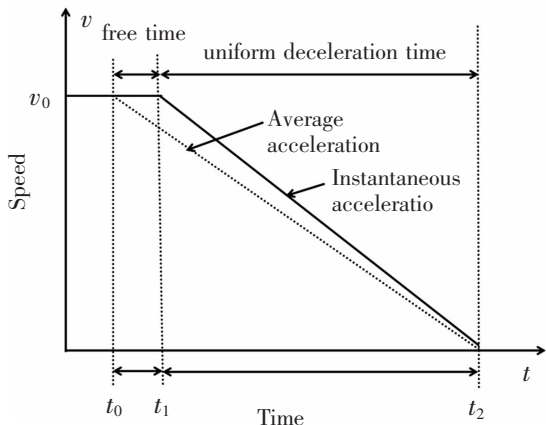


图2 车辆制动过程分析图

Fig.2 Vehicle braking process analysis diagram

本文重点研究车辆冒进安全距离后如何实现车辆自动紧急制动。为确定安全警示距离,进行现场测试,在干燥的平直轨道试验线上实测 80, 60, 40 km/h 3 种速度下,车辆的紧急制动距离,其中每个速度测试 3 次取其平均值<sup>[8]</sup>,试验测试结果如表 1 所示。

表 1 列车不同速度紧急制动距离和加速度值

Tab.1 Emergency braking distance and acceleration values for different speeds of trains

Speed/(km/h)	frequency	Measured acceleration/(m/s <sup>2</sup> )	Braking distance/m	Average acceleration/(m/s <sup>2</sup> )	average braking distance/m
80	1	1.28	190	1.29	188
	2	1.31	186		
	3	1.29	188		
60	1	1.51	94	1.51	93
	2	1.52	92		
	3	1.51	94		
40	1	1.57	39	1.55	40
	2	1.54	42		
	3	1.55	40		

城轨车辆不同速度下紧急制动距离和加速度参考值如表 2 所示。

表 2 紧急制动距离和加速度参考值

Tab.2 Emergency braking distance and deceleration reference values

Speed/(km/h)	Average acceleration/(m/s <sup>2</sup> )	Braking distance/m
40	≥1.10	≤56
60	≥1.17	≤119
80	≥1.20	≤205

根据表 1 中结果可得出结论,本次试验所测试数据满足车辆紧急制动环境下的标准要求,且所设置的距离试验线终端 300 m 的安全距离满足车辆冒进后紧急停车所需安全距离的要求。

## 3 红外线防冒进系统的研究和设计

### 3.1 红外线报警装置组成

如图 3 所示,红外线报警装置主要由安装在线路两旁的红外线发射、接收部分和安放在驾驶室内部的主机报警部分(电源、微控制器、声光报警显示)以及信号传输激发装置 3 部分构成。

其中红外线发射、接收部分如图 4 所示,在动态调试试验线终端前方 300 m 距离处的线路两旁

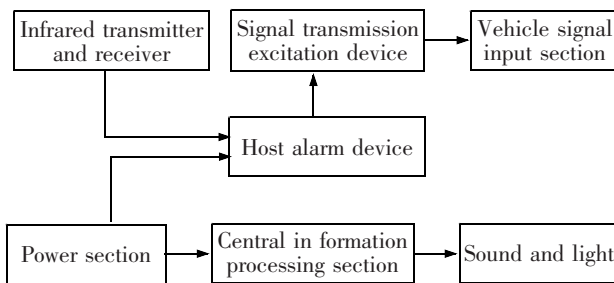


图 3 红外线报警装置结构图

Fig.3 Structure diagram of infrared alarm device

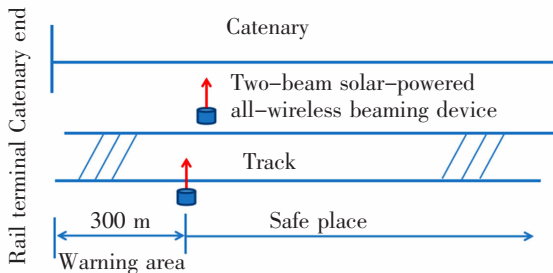


图 4 红外线发射、接收部分设置图

Fig.4 Infrared emission and reception part of the setting diagram

安装 2 组二光束太阳能全无线对射装置,每组各由一个发射和接收装置组成。二光束太阳能全无线对射装置采用非接触式自动感应技术,车辆进入对射区域后,红外线接收装置将信息传输给报警主机<sup>[9]</sup>。

主机装置选用市场上型号为 HB-5050 的网络报警装置,该装置主要由电源、中央信息处理装置、声光报警显示等部分组成,其接口示意图如图 5 所示。报警主机在失去二光束太阳能全无线对射装置的红外线信号时将触发其声光报警装置,并通过警告接口输出电流信息<sup>[10]</sup>。

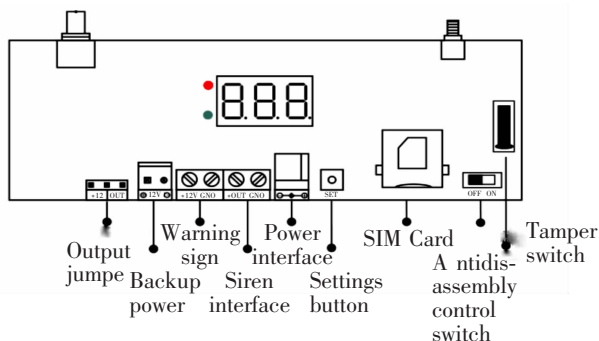


图 5 主机装置接口示意图

Fig.5 Schematic diagram of the host appliance interface

信号传输激发部分的主要作用为将主机输出的电流信息通过一个常开触点继电器传输给动车辆,其结构简单便捷,可直接安装在主机装置内部,通过两根线缆将常开触点继电器和车辆连接起来,实现信号的传输和转换,具体结构如图 6 所示。

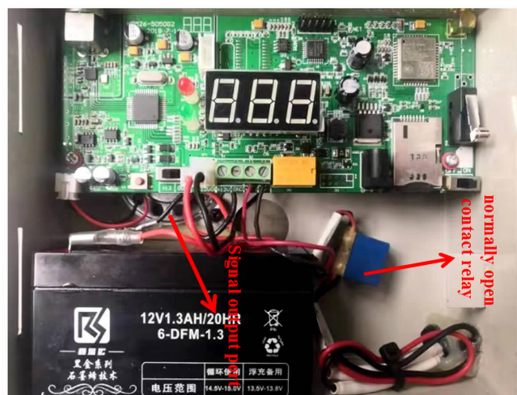


图 6 信号传输激发装置示意图

Fig.6 Schematic diagram of signal transmission excitation device

### 3.2 红外线防冒进装置结构设计

选用红外线报警装置作为车辆冒进后紧急制动信号的诱发装置,通过增加一个常开触点继电器将红外线报警装置的报警信号转换输入给城轨车

辆。如图 7 所示,将带有常开触点继电器的正负极接在报警主机的警号接口处,将两根长 4 m 的 1.0 mm<sup>2</sup> 线缆接在继电器的常开触点,线缆的另一端接在车辆驾驶室里的电器柜线号 26C01 和 26J08 的端子排上。



图 7 红外线防冒进装置结构

Fig.7 Structure of infrared anti-aggressive device

### 3.3 红外线防冒进装置工作原理

紧急制动对于车辆仿冒进至关重要,如图 8 所示,当试验车辆冒进轨道两侧的红外线发射、接收装置的对射区域时,防冒进主机发出报警信号,其中主机内有常开触点继电器,其正负极接在报警信号输出端,此时继电器得电使其常开触点闭合,电流从 DC110V 正线通过外接的 1.0 mm<sup>2</sup> 线缆直接短接在超速继电器 26-K12 的输入端,使超速继电器得电,因其串联在紧急制动环路里的常闭触点断开,使紧急制动继电器 26-K07 失电,车辆施加紧急制动<sup>[7-8]</sup>。

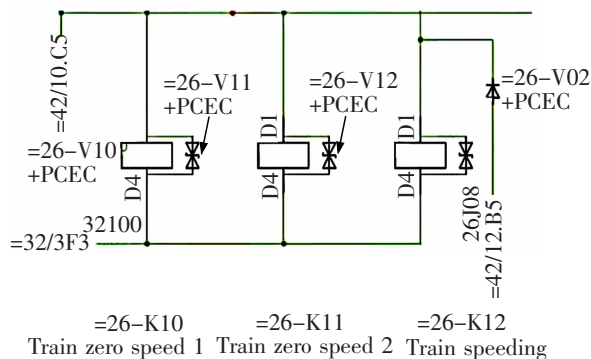


图 8 红外线防冒进装置工作原理

Fig.8 The working principle of the infrared anti-aggressive device

### 3.4 红外线防冒进装置性能测试

利用南昌轨道交通集团的 10 组列车在 2018 年 1 月至 7 月进行测试,用于检测该红外线防冒进装置的性能。列车冒进时间和该装置报警时间的误差如表 3 所示。



表3 具体试验数据  
Tab.3 Specific test data

Car number	Date	Error values
0223	2018/1/18	0
0224	2018/2/25	0.3
0225	2018/3/10	0
0226	2018/3/29	0.2
0228	2018/4/30	0
0229	2018/4/10	0
0230	2018/5/31	0
0231	2018/5/5	0.2
0232	2018/6/30	0.3
0233	2018/6/6	0

以上试验数据证明该红外线防冒进装置具有较高的准确性,误报率低,满足轨道车辆试车线动态调试时防冒进需求。目前该红外线防冒进装置已在南昌地铁2号线、南昌地铁3号线等多个项目上投入使用,已完成50多列城轨车辆的动态调试防冒进监控,功能状态一直保持稳定有效,报警及时准确。

#### 4 结论

城轨车辆在动态试验过程当中存在着冒进的风险,为避免车辆冒进导致列车相撞、脱轨等事故发生,本文设计了一种新型轨道车辆防冒进装置,通过一系列试验,得出以下结论。

1) 试验测得各速度等级情况下,车辆紧急制动的平均加速度最小为 $1.28\text{ m/s}^2$ ,满足本项目所研究的克诺尔系统紧急制动的加速度不小于 $1.2\text{ m/s}^2$ 的要求。

2) 本文所设计的红外线防冒进装置结构简单、安装便利,投入成本低,后期维护频率低,具备长期使用的条件;可提供可靠的冒进报警并实现冒进车辆紧急制动。

#### 参考文献:

- [1] 罗建慧. 关于防止机车冒进调车信号的探讨[J]. 铁道机车车辆工人, 2011(4): 15-18.  
LUO J H. Discussion on preventing locomotive from rushing into shunting signal[J]. Railway locomotive and rolling stock workers, 2011(4): 15-18.
- [2] 王静环. 一起列车冒进信号险性事故的分析[J]. 科技信息, 2011(3): 212.  
WANG J H. Analysis of a signal risk accident caused by a train rushing [J]. Science and Technology Information, 2011(3): 212.
- [3] 黄仕军. 调车信号防冒装置的开发[J]. 机车车辆工艺, 2009(4): 29-31.  
HUANG S J. Development of anti-risk device for moving signal[J]. Rolling Stock Technology, 2009(4): 29-31.

- [4] 曾华南, 汪萍萍. 轨道交通车辆调试冒进防护装置的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2022, 58(9): 180-182.  
ZENG H N, WANG P P. Application of reckless protection device for rail transit vehicle commissioning[J]. Modern Manufacturing Technology and Equipment, 2022, 58(9): 180-182.
- [5] 李小亮, 翟昊宇, 曾军. 列车试验线末端防冒进系统应用分析与优化[J]. 电力机车与城轨车辆, 2020, 43(1): 52-53.  
Li X L ZHAI H Y, ZENG J. Application analysis and optimization of anti-rush system at the end of train test line[J]. Electric Locomotive & Urban Rail Vehicle, 2020, 43(1): 52-53.
- [6] 杨辉, 付雅婷. 列车运行建模与速度控制方法综述[J]. 华东交通大学学报, 2018, 35(5): 1-8.  
YANG H, FU Y T. Overview of train operation modeling and speed control methods[J]. Journal of East China Jiaotong University, 2018, 35(5): 1-8.
- [7] 杜高峰, 伍川辉, 郭力荣, 等. 城市轨道交通车辆制动模式研究[J]. 城市轨道交通研究, 2016, 19(10): 115-118.  
DU G F, WU C H, GUO L R, et al. Research on braking mode of urban rail transit vehicles [J]. urban rail transit research, 2016, 19(10): 115-118.
- [8] 李伟, 徐文海, 杜昭童, 等. 地铁车辆紧急制动功能分析与计算[J]. 铁道机车车辆, 2018, 38(1): 100-102.  
LI W, XU W H, DU Z T, et al Analysis and calculation of emergency braking function of metro vehicles[J]. Railway rolling stock, 2018, 38(1): 100-102.
- [9] 孙丽英, 张景春, 葛超, 等. 基于红外技术的光电报警系统的研究[J]. 微计算机信息, 2007(14): 305-306.  
SUN L Y, ZHANG J C, GE C, et al Research on photoelectric alarm system based on infrared technology[J]. Microcomputer information, 2007(14): 305-306.
- [10] 孙歌. 有轨电车信号系统安全分析与验证方法研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2018.  
SUN G. Research on safety analysis and verification methods of tram signal system[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2018.



第一作者: 胡勇(1980—), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为交通运输。E-mail: 987090508@qq.com。



通信作者: 肖乾(1977—), 男, 博士, 华东交通大学二级教授, 研究方向为车辆-轨道耦合动力学、数字孪生。E-mail: jxralf@foxmail.com。 (责任编辑: 李根)