

# 城市轨道交通车辆的车门智能诊断技术

李宝泉 周 强 唐立国 曹春伟 王 洋

(中车唐山机车车辆有限公司产品研发中心, 唐山, 063035//第一作者, 正高级工程师)

**摘 要** 城市轨道交通车辆的车门智能技术主要通过将列车车门故障诊断及专业网络技术结合,对车门系统故障进行信息管理、危害度分析、故障定障诊断和故障预测。阐述了该车门智能技术的网络结构、车载监测设备、智能门控制器、车门远程监测、车门亚健康状态分析、移动维修、专家远程会议、大数据分析等关键技术及功能,并介绍了该技术在国内外多条城市轨道交通线路上的应用。应用情况表明,该技术可为车门系统维修提供良好的决策支持,提高车门系统故障检修效率,从而提高列车的可用度和线路的运营效率。

**关键词** 城市轨道交通; 车辆; 车门; 智能技术应用

**中图分类号** U270.38+6

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2020.06.036

## Intelligent Diagnosis Technology of Urban Rail Transit Vehicle Door

LI Baoquan, ZHOU Qiang, TANG Ligu, CAO Chunwei, WANG Yang

**Abstract** The intelligent door technology of urban rail transit vehicle combines the door failure diagnosis and professional network technology, to implement information management, hazard analyse, failure diagnosis and failure prediction for vehicle door faults. In this paper, key technologies like the network structure, on-board monitoring equipment, intelligent door controller, door remote monitoring, door sub-health analysis, mobile maintenance, expert remote meeting, big data analysis and so on are elaborated, their application in rail transit lines of Chinese cities are introduced. The application of intelligent diagnosis technology shows that it can provide better support for the vehicle door system maintenance, improve the maintenance efficiency, the availability of train and the efficiency of rail transit line as well.

**Key words** urban rail transit; vehicle; vehicle door; intelligent technology application

**Author's address** R&D Center, CRRC Tangshan Co., Ltd., 063035, Tangshan, China

随着城市轨道交通线路数和运营总长度的增加,其运营负荷也随之加大,如北京、广州、上海等

一线城市,部分城市轨道交通线路在高峰时段列车严重超载。作为车辆上下乘客通道的车门,因频繁开闭、电气部件等多个原因,成为车辆故障频发的主要部件。由此,市场及行业内对城市轨道交通车辆车门系统故障诊断的需求也日益紧迫。若能在列车车门系统出现故障时,通过搜索、分析车门运行中表现出的异样征兆,采用恰当的手段和判断方式,形成一体化的智能系统,对车门系统进行故障信息管理、危害度分析、故障定障诊断和故障预测,可为车门系统故障维修提供良好的决策支持。同时,列车车门故障智能诊断技术也可提高车门的故障检修效率<sup>[1]</sup>,从而提高列车的可用度和线路的运营效率。

近年来,随着远程监控和智能化维护技术的发展,智能化在车辆运维和故障诊断中的应用已在行业内被提出,国内学者也做了相关的基础及应用研究<sup>[2-5]</sup>。文献[6]以提升车门故障诊断效率为视角,探究了三种车门的故障诊断方法;文献[7]介绍了一种轨道交通门智能诊断系统的总体设计,集中探讨了智能门诊断的实现;文献[8]提出了新型智慧门系统,对其中的智能监控单元和远程维护系统进行了详细的设计与开发。可见,城市轨道交通车辆车门智能技术已被广泛研究。本文在这些研究的基础上,结合实际的调研情况,探究了城市轨道交通车辆车门智能系统的需求目标、关键技术及应用,以期对车门系统的维修及升级提供参考。

## 1 车门系统故障处理程序

目前城市轨道交通车辆车门系统设备的监控维护只能采取被动式服务,还没有主动式的服务。即:在车门发生故障(或事故)出现时,只能在现场分析、排除故障。由此,经常对城市轨道交通的线路运营造成影响。

传统的车门系统故障处理程序如图1所示。其处理模式存在着以下不足:① 不能对故障及安全隐

患进行预测和预警;② 故障发生后不能及时得到解决方案;③ 由于故障目标不明确,普查工作量巨大,且容易造成误判。



图1 传统的车门系统故障处理程序

## 2 车门系统智能诊断技术

城市轨道交通车辆的车门系统故障智能诊断技术,是通过对车门系统工作状态实施远程监控,对每一个故障发生前的征兆进行监测和采集,经专家库数据比对和统计分析后对发生的故障进行分类(如典型故障、亚健康预测等)和预判断,通过车地无线传输,对车门状态进行实时的传输和预报。各级管理人员和工程技术人员可随时通过网络远

程在线了解列车车门系统的实时运行情况,进而形成对车门系统科学的检修维护制度。

### 2.1 系统网络结构

远程监测及故障智能诊断系统由车载监测设备、数据中心诊断服务平台以及客户端等组成,总体架构如图2所示。数据中心诊断服务平台有独立的公网 IP(网际互连协议)地址,主要具备所有在线运行车门系统监测数据的存储、车门系统的故障判断与诊断、车载设备的远程监控与管理、客户端的远程访问门户等功能。

### 2.2 车载监测设备

车载监测设备为智能门控器,位于城市轨道交通车辆的车厢内。智能门控器可以通过无线和以太网两种方式向线路运营维护数据中心服务平台传输数据。车载监测设备组网示意图如图3所示。

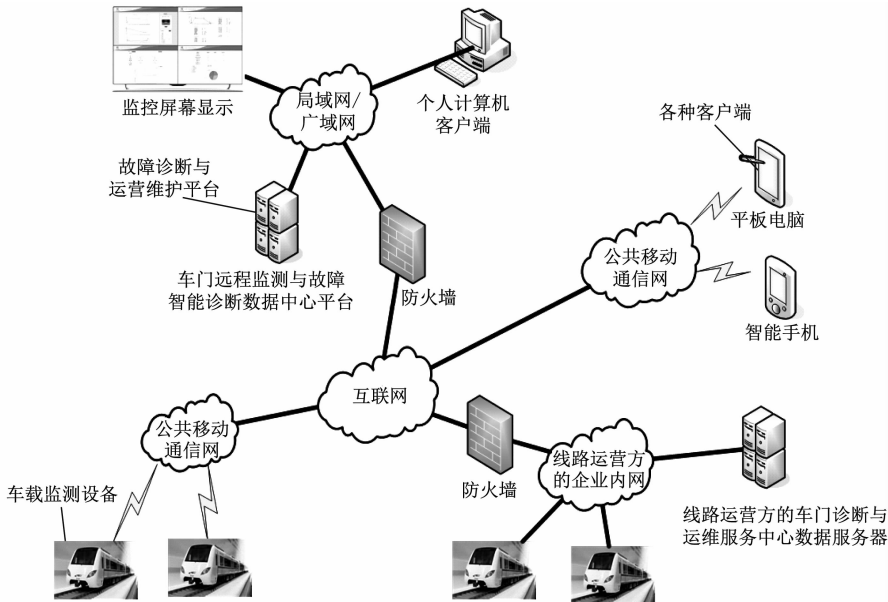


图2 远程监测与故障智能诊断系统总体架构图

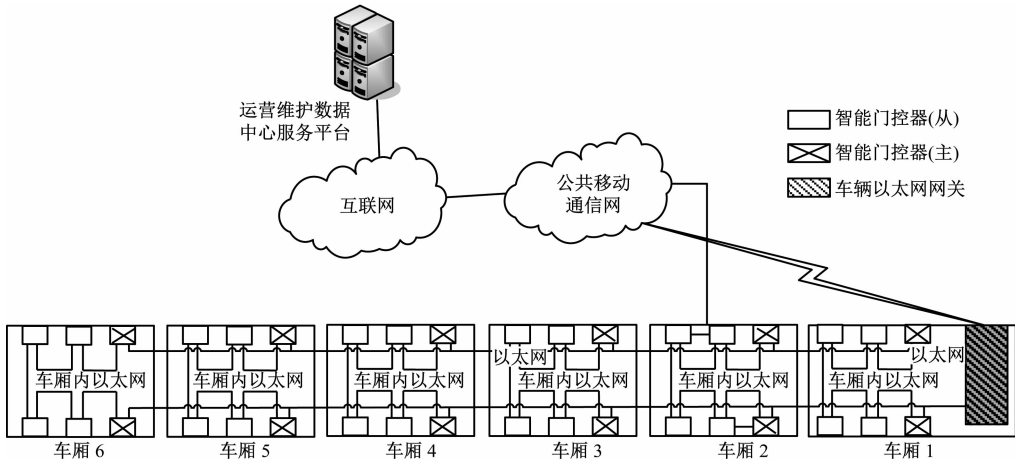


图3 车载监测设备组网示意图

无线智能门控器可动态采集和传输车门系统的工作数据,如电机电流、转速、转角、门控器各种 I/O(输入/输出)信号、门控器故障代码等,并支持车厢内 470 MHz 无线自组网传输、支持车地 3G/4G/Wi-Fi(无线上网)传输。

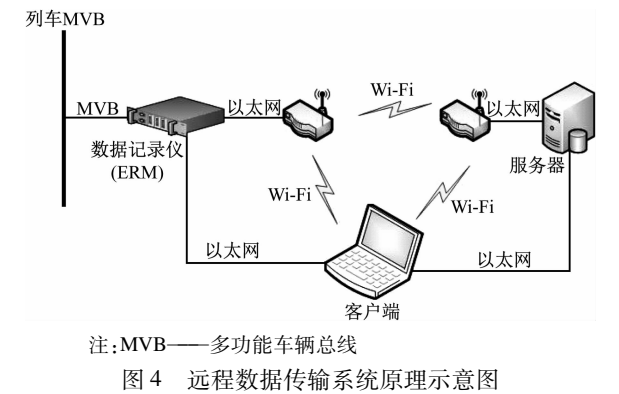
以太网智能门控器可动态采集和传输门系统工作数据,如电机电流、转速、转角、门控器各种 I/O 信号、门控器故障代码等,并支持车辆和车厢内的双以太网组网传输。

### 2.3 智能门控器及其数据传输

智能门控器是在老式门控器的基础上,把数据采集以太网卡嵌入到门控器内部,实现了电机控制与数据采集装置的一体化。新型的智能门控制在保留门控器原有功能的基础上,进一步增加了实时监测电机特性参数(转角、转速、转矩)的功能。数据采集完成后,智能门控器将这些数据通过以太网实时发送到车载以太网设备,从而达到对电机运行参数实时监测的目的。

### 2.4 车载以太网设备

车载以太网设备收集和存储各个智能门控器上报的电机和门控器运行参数,将这些数据进行分析处理后,通过 3G 公共移动通信网络或 Wi-Fi 发送到远程的运营维护数据中心服务平台上。图 4 为远程数据传输系统原理示意图。



### 2.5 车门远程监测功能

车门智能化系统可以远程实时监控城市轨道交通车辆各个车门的工作情况,使得各级管理人员和工程人员可以通过网络远程了解车门的实时运行情况。车门智能化系统还能自动采集车门的各种运行参数信息,通过系统的故障规则知识库,智能化判断当前的车门是否将要产生故障,以及故障的原因及其解决方案。

通过监测电机、门控器的工作状态,车门智能化系统将优先预测以下车门系统将要发生的故障:

无法电动关门、开不到位、三秒不解锁、阻力过小、阻力过大等,并能初步分析出产生这些故障的原因。

### 2.6 车门的亚健康状态分析功能

车门智能化系统会自动采集车门数据信息,并与该车门的历史数据通过智能算法进行比较;用以判断未来出现故障的概率以及车门是否工作于亚健康状态。此外,通过车门系统的亚健康知识库还可智能化判断当前车门可能存在的问题以及所需检修范围。

### 2.7 移动维修功能

车门智能化系统支持移动互联网通讯的功能。通过事先注册各条线路上维护人员信息和手机号码,一旦车门出现故障或亚健康信息,系统可以通过移动互联网实时推送车门的工作信息给相关人员,并可查询车门故障检修的指南和解决方案,以便维修人员及时处理问题。该功能可以使得城市轨道交通车辆的维修工作由“被动维修”转为“主动维修”、由“全面巡检”转为“重点巡检”。

某城市轨道交通车门厂家提供的车门智能化系统移动检修维护流程,如图 5 所示。在车辆检测和维修现场,维护人员可以通过移动终端对现场情况和维修过程进行数据记录;可以通过移动终端实时上传维修记录和现场状况,也可以通过移动终端查询故障的相关检查和维修的方法。

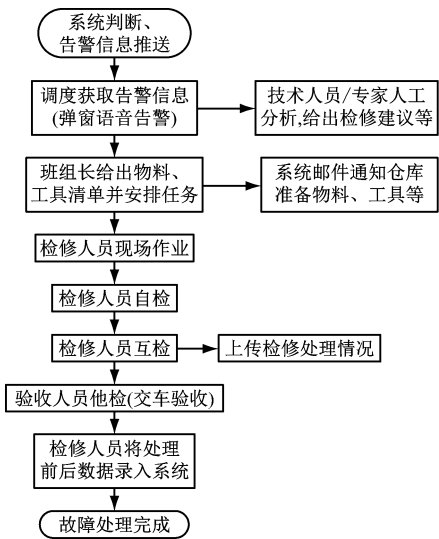


图 5 东门智能化系统移动维修处理流程

对于车门的故障或亚健康状态,维护人员可依据移动终端上故障原因规则库的指导,开展有针对性的车门设备检测,而不需要对整车所有车门进行检查,这可以大大减少维护人员数量、降低维护人员对技术水平要求,并进一步减少维护成本。

## 2.8 技术专家远程会诊

车门智能化系统对车门的动态跟踪监控信息、基本状态信息和故障信息等数据进行远程传输。其中,动态跟踪监控信息主要包括运行车门的准确位置,经纬度或线路公里标。

对于车门出现的一些疑难杂症问题,线路运营方可以通过车门智能化系统邀请相关技术专家远程对设备故障进行异地会诊。由于车门智能化系统各类信息和数据齐全,从而提高了诊断的准确性和实时性,同时也有利于专家、诊断资源等的共享。

## 2.9 大数据分析功能

由于数据中心收集了大量的车门工作数据,通过这些数据的统计和分析,既可以支撑线路运营方的相关工作,也可以通过这些数据指导车门系统的技术提升。

## 3 车门智能诊断技术的应用

目前车门智能化系统已在广州地铁 5 号线和 3 号线北延伸段、北京地铁八通线、南京地铁 4 号线、成都地铁 4 号线、天津地铁 1 号线东延伸段、杭州地铁 4 号线等线路的部分车辆上使用。

据调研,2015 年 6 月起至 2016 年 6 月止,广州地铁 5 号线 117118 车全车完成了车门智能化改造,并实现了车门的远程监测与故障智能诊断;2017 年 3 月开始,该线车辆由原来的定期检修进入状态修实验阶段。据在 2017 年 3~12 月的应用情况统计,车门的故障诊断准确率达 98%。

2017 年 9 月开始,该车门智能化系统在广州地铁 3 号线的 081082、085086、091092 车上得以应用,其中 081082 全车安装了智能诊断系统,并进行状态维修试点。

2016 年 8 月,南京地铁 4 号线 001002 车和 003004 车共 12 个车门安装了城市轨道交通车辆车门系统远程监测与故障智能诊断系统,通过后台大数据分析及专家系统实现了车门的故障智能诊断,以及车门亚健康状态的预测和预警。

## 4 结语

城市轨道交通车辆的车门智能诊断技术有如下特点及优势:① 发生故障前可及时发现故障的早期征兆,通过采取相应措施可避免、减缓、减少重大事故的发生。② 发生故障后能自动纪录故障发生过程的完整信息,进行故障原因分析,避免同类故障再次发生。这有助于充分了解车门系统性能,为改进维修水平提供有力技术支撑。③ 能揭示车门故障的原因、程度、部位,为车门系统智能维护检修提供科学依据,延长设备寿命周期,降低维修费用,降低运营维护成本。

截至目前,广州地铁 5 号线和 3 号线安装的车门智能诊断系统已安全运营近 3 年,系统运行稳定。随着智能技术的发展和不断进步,城市轨道交通车辆车门系统可进一步充分利用智能化所带来的优势,为城市轨道交通车辆的日常维保、故障处理和高效运作提供更大的便利。

## 参考文献

- [1] 孙晨,吴视东,汪会志. 地铁车门故障诊断专家系统软件设计[J]. 科技视界,2014(33): 9.
- [2] 刘述芳. 城市轨道交通关键设备智能运维系统初步建构[J]. 设备管理与维修,2018(3): 22.
- [3] 余博. 面向运维的城轨列车在途监测若干关键技术研究与应用[D]. 北京:北京交通大学,2014.
- [4] 刘绍凯. 轨道交通车辆远程故障诊断系统的研究[D]. 北京:北京交通大学,2015.
- [5] 徐霖. 城市列车客室车门系统故障诊断方法研究[D]. 北京:北京交通大学,2015.
- [6] 王东良. 对城市轨道交通列车客室车门系统故障诊断方法的探析[J]. 科技创新导报,2018(18): 128.
- [7] 倪明. 轨道交通门智能诊断系统的研究与设计[J]. 电工材料,2018(2): 37.
- [8] 高伟. 智慧门系统的智能监控设计与开发[D]. 南京理工大学,2013.

(收稿日期:2019-03-27)

(上接第 150 页)

## 参考文献

- [1] 张洪军. 直流绝缘子钢脚腐蚀的研究[J]. 电瓷避雷器,1996,153(21): 21.
- [2] 金毅,蔡炜. 直流绝缘子耐腐蚀性能分析[J]. 电瓷避雷器,2004,201(5): 17.
- [3] 王丽芳,马智强. 直流绝缘子配方的研究[J]. 电瓷避雷器,

2007,216(2): 16.

- [4] 骆晓龙,张晋寅,张源斌. 直流盘形悬式绝缘子离子迁移测试系统的研制[J]. 高压电气,2015,51(2): 94.
- [5] 刘鸿文. 材料力学 I [M]. 4 版. 北京:高等教育出版社,2006:12.
- [6] 深圳市地铁集团有限公司. 深圳地铁 2 号线工程接触网安装工程首期施工承包合同[R]. 深圳:深圳市地铁集团有限公司,2009.

(收稿日期:2018-06-05)