

# 地铁列车客室门远程诊断系统的应用<sup>\*</sup>

韩继君

(中车长春轨道客车股份有限公司城铁客车业务部,130062,长春//高级工程师)

**摘要** 客室门是地铁列车上使用非常频繁的设备,也是故障率较高的部件。客室门远程诊断系统的开发和应用,可以实现实时监测门系统电机、门控器以及锁闭结构的工作情况和工作参数;并通过智能故障分析手段,预测车门系统故障;在车门系统未进入故障时提前检修和排除亚健康问题,降低门系统的故障率,提升门系统的可靠性。

**关键词** 地铁列车;客室门;远程诊断系统

**中图分类号** U270.38<sup>+</sup>6;U231

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2021.02.032

## Application of Metro Train Passenger Compartment Door Remote Diagnosis System

HAN Jijun

**Abstract** The passenger compartment door is a component highly in use on metro train, as well as a component with high fault rate. The development and application of compartment door remote diagnosis system can realize real-time monitoring of the working conditions and working parameters of the motor, door controller and locking structure of the door system, and can predict the door system fault through intelligent fault analysis method, so as to detect in advance and eliminate sub-health problems before the door system fails, reducing the fault rate and improving the reliability of door system.

**Key words** metro train; passenger compartment door; remote diagnosis system

**Author's address** CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

在地铁实际运营过程中,车门系统的开启及关闭频率极高,加之受到乘客倚靠等外部因素的影响,客室车门会产生较高的故障率,甚至引起清客事件等安全事故,存在一定的安全隐患。但目前,地铁列车客室门的故障维修过程,不能对故障及安全隐患进行预测和预警,且故障发生后亦不能及时获得正确的解决方案。由于故障目标不明确、普查

工作量巨大,容易造成误判,给现有的排查工作与未来的维护工作带来了隐患。因此,提前预判故障发生、提前解决或修正的主动式故障检测或消除的技术及服务亟待研发。

文献[1]以转向架关键轴承的可靠性监测与故障预警作为案例,对车载设备进行状态监控和预测。文献[2]为了保证列车的正常安全行驶,对受电弓的状态进行智能监控分析。而在整个车辆的动力牵引系统中,监控与智能诊断也有颇多研究<sup>[3-5]</sup>。此外,作为同样关键的列车制动系统的监控与故障诊断技术也逐渐受到重视<sup>[6-7]</sup>。但对于地铁列车车门系统,目前国内还没有非常成熟的产品和应用。为此,本文拟讨论地铁列车客室门远程诊断系统的开发和应用。

## 1 地铁列车客室门远程诊断系统方案

地铁列车客室门远程诊断系统通过实时监测电机、门控器(用于电信号的采集)及锁闭机构动作(用于图像的采集)的工作情况和工作参数,通过智能故障分析手段,预测门系统的亚健康状态,在门系统未进入故障时就提前检修和排除亚健康问题,进而提高客室门远程诊断系统可靠性。

### 1.1 客室门远程诊断系统架构

客室门远程诊断系统由车载监测设备、数据中心诊断服务平台及客户端等3大部分构成。客室门远程诊断系统架构如图1所示。

1) 车载监测设备。车载监测设备(见图2)安装于地铁列车的车厢内,包含智能门控器和车载以太网设备。其中,列车监控范围内采集到的所有信息通过公共移动通信网络最终传递至地铁运营维护数据中心服务平台,平台对数据进行统一处理、综合管理。

<sup>\*</sup> 南京工程学院科研创新基金面上项目(CKJB201311)

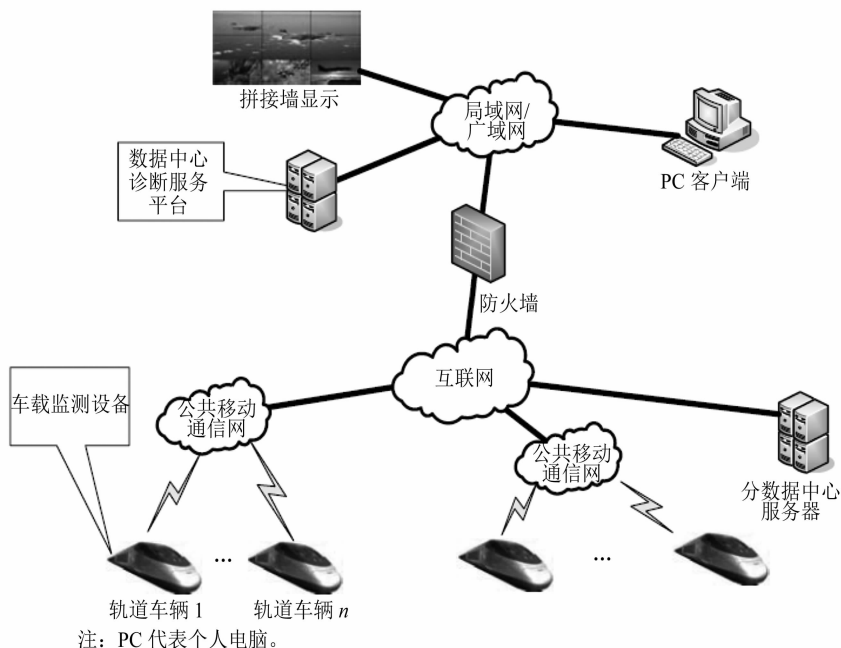


图1 客室门远程诊断系统整体架构图

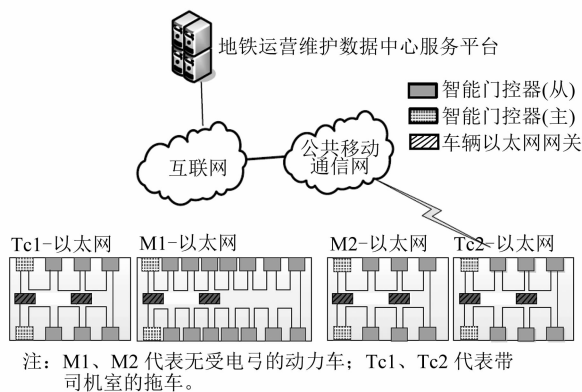


图2 车载监测设备的以太网组网图

如下：

#### 1.2.1 调整客室门以太网架构

客室门远程诊断系统需基于大量数据进行分析处理,该系统作为实现大量数据传输的硬件基础,其网络的带宽直接影响了数据传输的密度和频率。而受限于当前车辆的以太网接口资源,目前客室门远程诊断系统中每节车只有两个主门接入车辆以太网中,8 个从门并未接入以太网中。为了更加快速实时地传输客室门的数据,调整当前客室门远程诊断系统的以太网架构,令所有客室门均接入整个车辆的以太网络中,而不是只有主门才能接入以太网中。这样就可以大大加快数据的传输速度,增加数据的采样密度,从而可以更好地进行大量数据的分析处理。

##### 1.2.1.1 客室门远程诊断系统原有网络架构说明

客室门远程诊断系统原有网络架构(见图3)中,每节车厢均包含 10 个门控器,门控器共分为两种:①主门控器:配置以太网、MVB(多功能车辆总线)和 RS485 网络接口(门 1—门 2);②非主门控器:配置 RS485 网络接口(门 3—门 8)。

##### 1.2.1.2 客室门远程诊断系统新的网络架构说明

客室门远程诊断系统的新网络架构(见图4)只针对以太网部分,不改变原有的 MVB+RS485 的网络部分。在每 1 节车厢中增加 1 个以太网交换机。每节车厢的两个主门不再直接接入原有车辆的交

2) 分数据中心。分数据中心有独立的公网 IP (互联网协议)地址。主要提供所有在线运行客室门远程诊断系统的监测数据的存储、客室门远程诊断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。

3) 地铁用户数据中心诊断服务平台。该平台主要由数据存储服务器组成。

4) 客户端。客户端包含台式 PC 客户端、移动终端的客户端等。

## 1.2 客室门远程诊断系统硬件实施方案

选取上海轨道交通某线路上的 1 列列车进行改造,具体硬件改造分为调整客室门远程诊断系统以太网架构、增加客室门开门到位检测开关及调整门控器关闭开关端口等 3 个部分。具体硬件改造方案

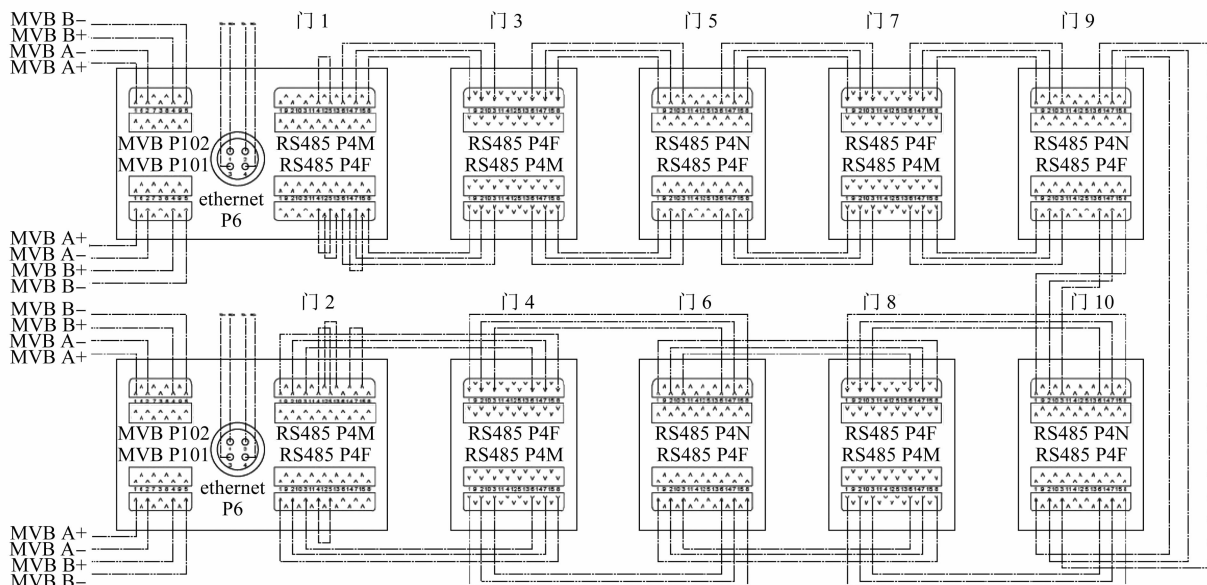


图3 客室门远程诊断系统的原有网络架构

换机中,而是将该车厢中所有10个客室门全部接入到新增交换机中。

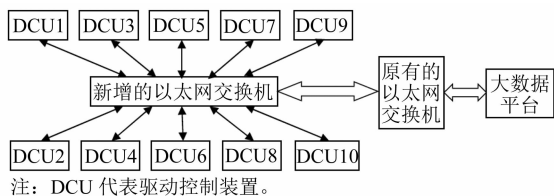


图4 客室门远程诊断系统的新网络架构

### 1.2.2 增加车门开门到位检测开关

目前,列车客室门远程诊断系统的门页位置由软件通过检测电机运行时的反向电动势的大小计算得出。而反向电势的大小受到电机本身电气特性和门控器内部相应的电动势检测模块的影响。当电机内部出现故障或者门控器内部出现故障时,有可能会引起门页位置计算不准确的问题。增加客室门开门到位检测开关后,通过记录每次客室门全开门位置检测开关激活时的门页位置数据,对比差异提前预警。

### 1.2.3 调整门控器关闭开关端口

目前,列车客室门诊断系统的开关状态是由门控器的数字量输入端口进行检测。当该端口电压大于DC 10 V时,门控器判断为开关激活;当该端口电压小于DC 5 V时,门控器判断为开关释放。由于接入的是数字量输入端口,门控器只能检测该信号的高低电平,但并不能检测到具体的电压值。调整到模拟量输入端口后,门控器可以在检测开关

激活状态的同时记录该输入端口检测到的具体电压值。通过对该类电压值进行大量数据的收集和处理,学习其特征值。当输入电压偏离特征值时,预防性地判断该开关的触点接触电阻是否发生变化,从而对开关状态进行预警。

## 2 客室门远程诊断系统的应用

客室门远程诊断系统主要可以实现以下几个具体功能:

### 2.1 关闭开关和锁闭开关数据分析

当客室门从锁闭位置向开门位置运动时,首先锁闭开关会被释放,然后关闭开关被释放。对于同一个客室门远程诊断系统而言,这两个开关之间的释放时间差值应该保持在一个固定的范围内。通过大量的针对该时间差数据的收集和存储,对该时间差的特性值进行学习。当该时间差值不小于其特征时间差值时,可以根据发生偏差的频次进行异常部件的预诊断。

当单次开关释放时间差值大于该特征时间差值时,可以判断存在以下可能:①开门过程中门页受到了乘客的挤压,但又未达到触发开门障碍物的条件;②机构开门方向存在一定的干涉,导致开门方向的阻力增大,但又未达到触发开门障碍物的条件;③关闭开关或锁闭开关发生释放动作不良的故障;④电机发生故障,导致开门方向的开门力增大。

当连续发生多次(根据用户需求设定)的开关释放时间差值大于该特征时间差值时,可以判断存

在以下可能:①关闭开关或锁闭开关发生释放动作不良的故障;②机构开门方向存在一定的干涉,导致开门方向的阻力增大,但又未达到触发开门障碍物的条件;③机构尺寸调节不到位,导致手动推拉门力增大;④电机发生故障,导致开门方向的开门力增大;⑤开门过程中门页受到了乘客的挤压,但又未达到触发开门障碍物的条件。

## 2.2 关闭开关和全开门位置检测开关数据分析

对同一个客室门远程诊断系统而言,从关闭开关释放到全开门位置开关被激活之间的时间差值应该保持在一个固定的范围内。通过大量的针对该时间差值数据的收集和存储,可以对该时间差值的特性值进行学习。当该时间差值不小于其特征时间差值时,可以根据发生差异的频次进行异常部件的预诊断。

当发生单次的关闭开关释放到全开门位置开关被激活之间的时间差值大于该特征时间差值时,可以判断存在以下的可能:①开门过程中门页受到了乘客的挤压,但又未达到触发开门障碍物的条件;②机构开门方向存在一定的干涉,导致开门方向的阻力增大,但又未达到触发开门障碍物的条件;③关闭开关释放动作不良的故障或全开门位置开关激活动作不良故障;④电机发生故障,导致开门方向的开门力增大。

当连续发生多次(根据用户需求设定)的关闭开关释放到全开门位置开关被激活之间的时间差值大于该特征时间差值时,可以判断存在以下的可能:①关闭开关或锁闭开关发生释放动作不良的故障;②机构开门方向存在一定的干涉,导致开门方向的阻力增大,但又未达到触发开门障碍物的条件;③机构调整后,尺寸调节不到位,导致手动推拉门力增大;④电机发生故障,导致开门方向的开门力增大;⑤开门过程中门页受到了乘客的挤压,但又未达到触发开门障碍物的条件。

## 2.3 实时电流数据分析

通过采集并记录客室门开门方向和关门方向的实时电流值,并同时记录每一个电流值采样点的门页位置信息,则可以还原开门过程和关门过程的电流与位置关系曲线。通过大量针对该电流数据的收集和存储,可以对每个车门的开关门特征电流曲线进行学习。当某一区间的电流值与特征值发生偏差时,可以根据发生差异的频次进行异常部件的预诊断。

当发生单次单区间或单次多区间开门电流值大于该特征电流时,可判断存在以下可能:①开门过程中门页受到了乘客的挤压,但又未达到触发开门障碍物的条件;②机构开门方向存在一定的干涉,导致开门方向的阻力增大,但又未达到触发开门障碍物的条件。

当连续发生多次同一区间内的开门电流值大于该特征电流时,可以判断存在以下的可能:①机构开门方向某个位置存在一定的干涉,导致开门时在该位置附近阻力增大,但又未达到触发开门障碍物的条件;②机构调整后,尺寸调节不到位,导致手动推拉门力在某个位置增大;③开门过程中门页受到了乘客的挤压,但又未达到触发开门障碍物的条件。

当连续发生多次多区间的开门电流值大于该门的特征电流时,可以判断存在以下可能:①机构开门方向多个位置或整个开门行程都存在一定的干涉,导致开门时阻力增大,但又未达到触发开门障碍物的条件;②机构调整后,尺寸调节不到位,导致多个位置或整个开门行程的手动推拉门力变大;③门控器电流检测回路故障,导致电流值异常。

## 2.4 关闭开关和全开门位置检测开关信号电压数值数据分析

将关闭开关的信号检测端口由门控器的数字量端口调整到模拟量端口后,可以通过门控器内部的 AD(模拟量数字量)模块对该信号的实际电压值进行检测。该信号的驱动电源来自门控器提供的标准 DC 24 V 电压。理论上,当关闭开关触点的接触电阻正常时,门控器检测到的电压值也应该在 DC 24 V 左右。通过大量针对该信号电压数据的收集和存储,可以对该信号的特征电压值进行学习。

当发生连续多次设定值以上的检测电压值小于 16.8 V(暂定  $24\text{ V}\times 0.7$ ) 时,则判断该关闭开关触点发生异常。可能的原因如下:①触点氧化,导致接触电阻增大;②触点连接不稳定,导致接触电阻增大。

## 3 结语

随着城市轨道交通的快速发展,在线运营地铁列车的不断增加,如何提高运营维护效率、降低成本、保障运营安全性成为车辆制造企业研究的重点。作为与列车车厢内旅客安全息息相关的系统,

(下转第 137 页)

实时监控,以及数据的实时诊断、显示及传输。

2) 振动温度复合传感器可在复杂的环境噪声下,准确地提取出轴承微小的冲击或震动信号,实现故障的早期预警。

3) 实现三物理量的多维度综合监控,实现早期故障和重大故障的准确诊断,确保轴承的智能检修及车辆稳定运行。

4) 实现动车组轴承故障类别及程度的准确诊断,可依据大数据实现故障的自我诊断、分级报警。实现车辆故障的智能检测,准确反映轴承的运转状态,确保车辆的科学维护。

## 参考文献

- [1] 王健. 地铁车辆走行部故障诊断系统的设计与展望[J]. 黑龙江科技信息, 2016(30): 37.
- [2] 沙美好, 刘利国. 基于振动信号的轴承故障诊断技术综述[J]. 轴承, 2015(9): 59.
- [3] 徐亚军. 基于阶比多尺度线调频小波路径追踪的滚动轴承故障诊断方法研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2014.
- [4] 张超. 基于自适应振动信号处理的旋转机械故障诊断研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2013.

(收稿日期: 2020-09-05)

(上接第 130 页)

门系统在列车运营时由于频繁使用,产生故障的概率大大增加。客室门远程诊断系统的应用研究对提高城市轨道交通的运输效率、降低设备的运营维护成本、提高地铁列车的运营安全性具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 梁建英. 高速列车智能诊断与故障预测技术研究[J]. 北京交通大学学报, 2019(1): 63.
- [2] 李亮亮. 高速列车受电弓视频监控智能分析算法的应用[J]. 铁道车辆, 2019(9): 31.
- [3] 王世雄. 动车组牵引电机故障分析及诊断[J]. 机电信息,

2019(30): 73.

- [4] 杨江天, 赵明元. 改进双谱和经验模态分解在牵引电机轴承故障诊断中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2012(18): 116.
- [5] 姜东杰. 列车牵引逆变器输出电能品质及其故障特征研究[J]. 机车电传动, 2019(5): 68.
- [6] 郭天序, 台秀华, 陈茂银, 等. 基于凸包顶点的高铁制动系统故障诊断算法[J]. 控制工程, 2019(6): 1011.
- [7] 余博, 季常煦, 贾利民, 等. 基于 LMI 的城轨列车制动系统在途故障诊断方法研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2013(6): 154.

(收稿日期: 2020-09-05)

(上接第 133 页)

响。间隙过小(0)时形成背部驼峰缺陷,间隙过大( $\geq 1.2$  mm)则产生凹陷甚至无法形成良好的熔合。

2) 当间隙为 0.4 mm、0.6 mm、0.8 mm 时,背部成形稳定、一致,且背部焊缝宽高比与接头间隙呈正相关。

3) 在试验工艺参数相同的条件下,0.4 ~ 0.8 mm 为可应用的接头组对间隙范围。

## 参考文献

- [1] 陈辉, 苟国庆, 朱宗涛, 等. 激光-MIG 复合焊工艺及其在轨道交通领域应用现状[J]. 电焊机, 2015(5): 11.
- [2] 王凯, 朱加雷, 焦向东, 等. 激光焊接技术在船舶制造中的发展及应用现状[J]. 电焊机, 2017, (2): 58.
- [3] 皮亚东, 徐欣欣, 董志强, 等. 油气管道内焊机打底+激光-电

弧复合根焊工艺[J]. 油气储运, 2019(1): 98.

- [4] 赵耀邦, 徐爱杰, 姜勇, 等. 激光焊接技术研究进展及其在航天领域的应用[J]. 航天制造技术, 2013(3): 55.
- [5] 李凯, 何广忠, 王春生, 等. T 型接头激光-MAG 复合焊单面焊双面成形工艺[J]. 电焊机, 2018(3): 181.
- [6] 王豪, 魏昕, 林本宏, 等. 激光深熔焊接过程质量监测技术研究现状[J]. 应用激光, 2018(1): 123.
- [7] 肖荣诗, 邹江林, 吴世凯. 高亮度固体激光焊接研究进展(邀请论文)[J]. 北京工业大学学报, 2015(12): 1761.
- [8] ILAR T, ERIKSSON I, POWELL J, et al. Root humping in laser welding-an investigation based on high speed imaging[J]. Physics Procedia, 2012, 39: 27.
- [9] 罗子艺, 韩善果, 陈永城, 等. 工艺参数对激光-电弧复合焊缝成形及拉伸性能的影响[J]. 材料导报, 2019(13): 2146.

(收稿日期: 2020-09-05)