

文章编号: 1000-128X(2018)06-0001-08

智慧城轨下智慧车辆装备技术的研究与展望

路向阳, 李东林, 李 雷, 廖 云, 文 峥, 吕 宇, 韩 琛

(中车株洲电力机车研究所有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘要:介绍了智慧车辆在智慧城轨中的定位,从车辆角度描述了城轨自动化系统构成的关联关系图;指出了车载设备研究的重点方向,并提出车辆智能运维系统和车辆安全保障系统的功能和实现设想;认为这2个系统均应包含车载部分和地面部分,并与城轨智慧云系统联接;通过分析车辆与智慧城轨其他系统的联动,梳理了车辆应具备的对外接口需求。

关键词:智慧城轨;智慧车辆;装备技术;智能运维系统;安全保障系统

中图分类号: U239.5

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2018.06.001

Study and Prospect of Equipment Technology for Smart Rolling Stock in Smart Urban Rail Transit System

LU Xiangyang, LI Donglin, LI Lei, LIAO Yun, WEN Zheng, LYU Yu, HAN Chen

(CRRC Zhuzhou Institute Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: Based on the analysis of the roles of smart rolling stock in smart urban rail transit system, architecture relationship diagrams were depicted from the view of the rolling stock side; The important study aspects about onboard equipment were pointed out, the functions as well as the realization conceives of rolling stock operation and maintenance system and safeguard system were proposed; These two systems should include onboard part and ground part were indispensable and were to be merged into the smart urban rail transit cloud system. By analyzing the interaction between the rolling stock and the rest of smart urban rail transit system, the interface requirement on the rolling stock side was sorted out.

Keywords: smart urban rail transit; smart rolling stock; equipment technology; intelligent operation and maintenance system; safeguard system

0 引言

“智慧城轨”是城市轨道交通领域为响应“交通强国”战略,与智慧城市对接的一个大的、新的研究课题。本文以“拟人化”的思路从车辆在智慧城轨中的定位、车载设备研究(车辆的“体力与智力”)、车辆智能运维(车辆对自身的感知及表达)、车辆安全保障(车辆对运行环境的感知及表达)和车辆与整个智慧城轨大系统的联动等5个方面来阐述关于智慧车辆的一些观点、研究方向和展望,以期从一个侧面参与智慧城轨下智慧车辆的研讨^[1],起到抛砖引玉的

作用。

1 车辆在智慧城轨中的定位

1.1 从运营的角度看车辆的定位

文献[2]给出了城轨交通运营组织的模型,见图1。列车在基础设施上运行,接受运营监控与管理,把旅客从一个地点运输到另一个地点。

在智慧城轨课题下智慧车辆的基本定位应为:

①服务乘客。车辆是运营方与乘客之间的主要媒介,是服务乘客的重要载体,直接影响着服务质量和乘客体验。

②服务运营方。车辆是运营方执行运输任务的工

收稿日期: 2018-07-20; 修回日期: 2018-09-05

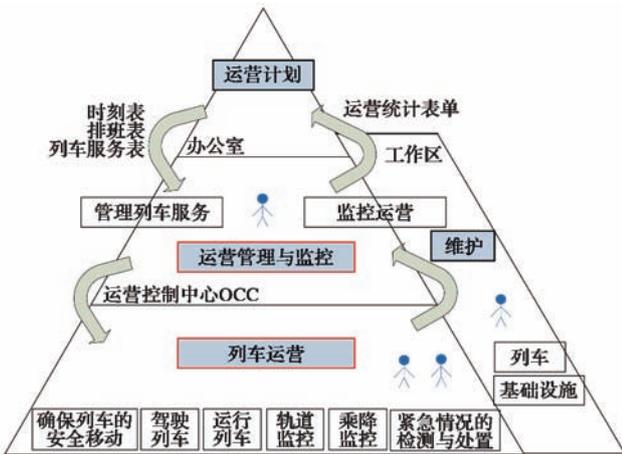


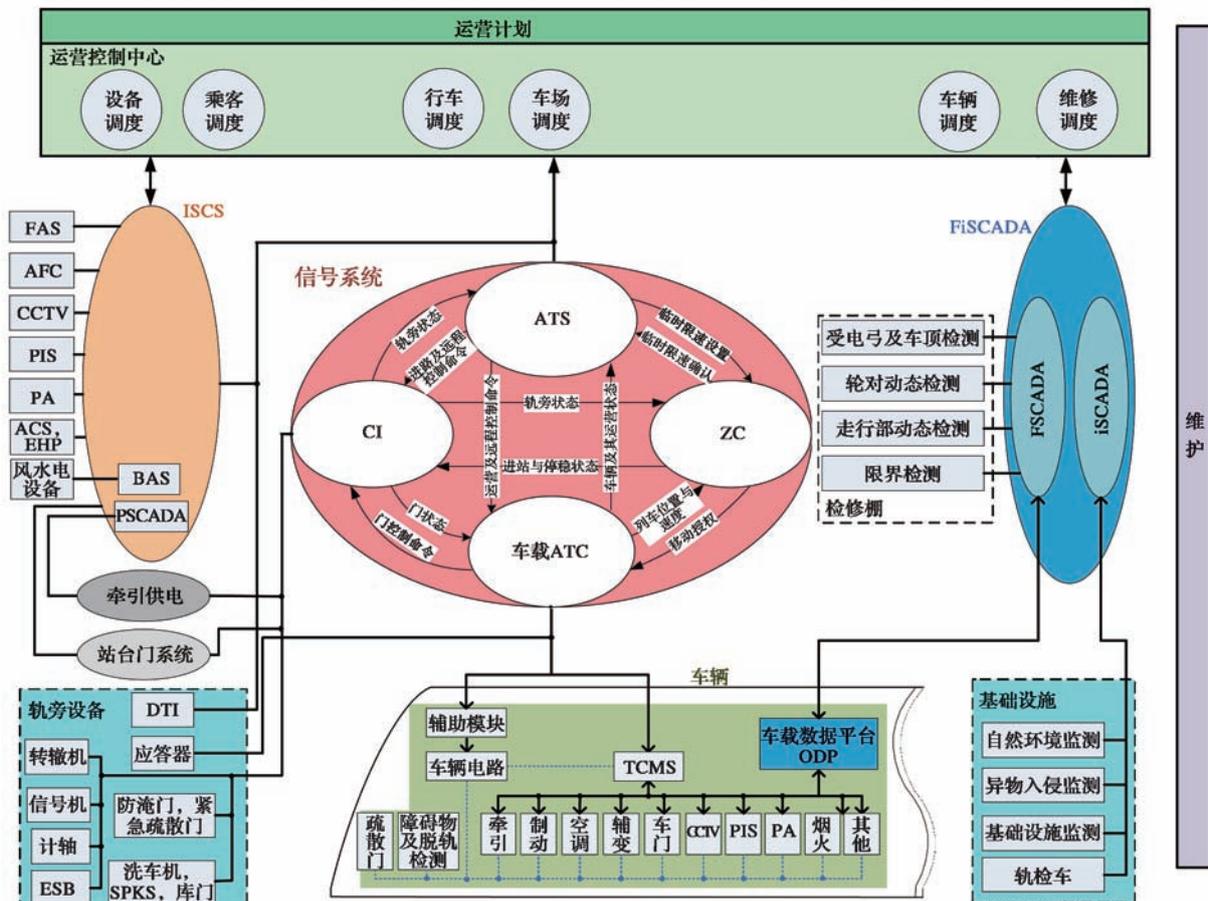
图1 运营组织示意图

具，应安全、快捷、舒适、节能、环保；车辆也是检修与维护的主要对象，应易于维护。

③服务国家发展战略。智慧车辆是“中国制造2025”和“交通强国”战略的组成部分。

1.2 从城轨自动化系统的构成看车辆的定位

车辆在基础设施上运行，受到城轨交通其他自动化系统和必要时人员的约束和相互之间产生联动。在相关国际标准中能够找到一些关于城轨交通自动化系统的构成的描述，但没有形成比较明确的由几个大系统构成的明确提法。根据国内的情况^[3]和参考了文献[4]并进一步细化了车辆智能运维与安全保障内容，提出了车辆在城轨自动化系统中一种可能的关联关系，示意图如图2所示。从某种意义上说，车辆在城轨自动化系统中承担着乘客运输这一根本任务，信号系统、综合监控、通信系统、站台门等各个系统和装备都不同程度地围绕这个根本任务服务。



FSCADA(Fleet Supervisory Control And Data Acquisition System)为列车数据采集与控制系统；iSCADA(infrastructure Supervisory Control And Data Acquisition System)为基础设施数据采集与监控系统；ODP(Onboard Data Platform)为车载数据平台。

图2 车辆在城轨自动化系统中的一种关联关系示意图

1.3 从技术发展角度看车辆的定位

随着城轨自动化程度的提升，车辆由早先相对独立、与外界联系较少、主要由司机操纵，逐步演变为融入顶层运营场景设计并与其他系统联动、与外界的耦合更加紧密、司机的作用逐渐被系统或控制中心人员取代。例如，从自动化等级最低的GoA0^[5]（司机独立人工驾驶）演进到GoA1的标志是由信号系统的联锁和ATP承担了确保列车的安全进路、安全间隔和安全速度的功能；从GoA1演进到GoA2的标志是ATO

承担了列车运行的加速和减速控制；而从GoA2演进到GoA3的标志则是安全保障系统承担了避免列车与轨道上、列车与站台间的人或异物相撞；最高级GoA4即无人值守级，则是由包括信号系统、车辆、综合监控、站台门、通信系统（含PA、PIS、CCTV等）在内的各个系统相互之间的联动，结合控制中心运营岗位、站段（场）、基础设施的设置，实现包括列车投入和退出运营、列车运营监控、异常情况处理等全部功能（某些场合需人工确认或干预）。

信息化是自动化、智能化的前提和基础。工信部委托中国城市轨道交通协会研究编制《新一代智慧城轨体系的信息技术系统的IT构架及信息安全规范》^[6], 目前该规定已经完成了总体需求、技术架构和网络安全3个规范的编写, 内容包括: 从信息化角度规范了智慧城轨线网中心、线路中心、站段三级运营管理层次; 线网/线路中心基于云计算的数据中心和站/段/场云终端的二级数据构架; 安全生产网、内部管理网、外部服务网三网安全隔离的网络划分; 智慧城轨各种业务的数据, 以及在数据中心集中, 与通过网络安全策略共享的基本规则。目前我国许多城市都在规划建设智慧城市, 政府也在积极推进交通云的规划和建设, 并基于云平台构建一系列的智慧交通信息系统。智慧车辆的研究应纳入到智慧城轨信息化大系统框架之下。

智慧车辆在城轨智慧云架构中与其他系统的一种可能的关联关系见图3。

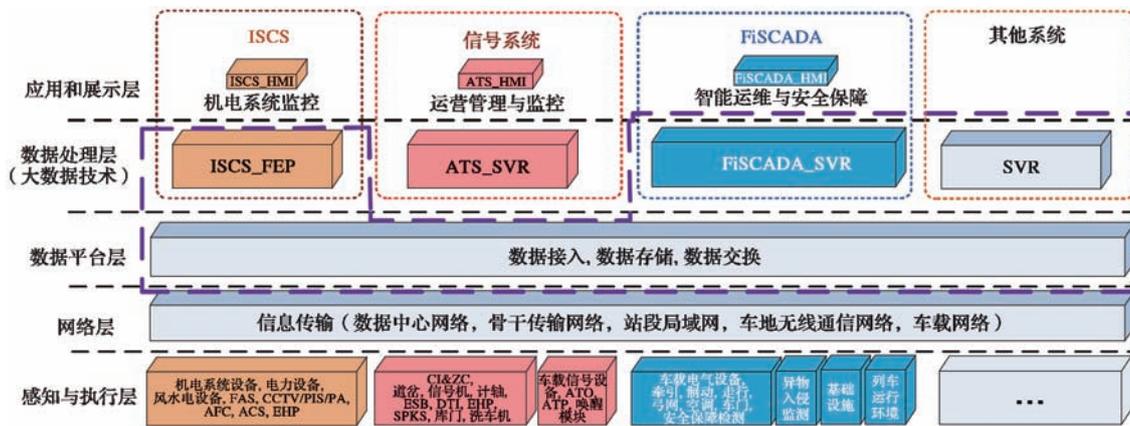


图3 智慧车辆在城轨智慧云架构中与其他系统的一种关联关系示意图

2 车载设备研究

智慧车辆研究涉及面广、内容多、层次多、专业性强, 受到篇幅和作者研究领域的限制, 本节仅涉及车载设备的部分相关内容, 希望起到抛砖引玉的作用。

2.1 牵引系统

车辆的“体力”很大程度上取决于牵引系统。牵引系统的研究方向包括: 铝合金柜体或碳纤维箱体研

究, 以减小设备体积、减轻重量、降低能耗为目的; 分散式平台向集中式平台转变; 更大的驱动能力和更稳定的性能; 更低的噪声; 传统异步电机向新型永磁同步电机转变。其中永磁同步牵引系统具有高功率密度、节能、低噪声等优点, 是下一代牵引系统的发展方向。

2.2 牵引控制技术

车辆的“智力”有一部分体现在牵引控制技术方面。牵引控制技术的热点包括: 增效降噪, 采用无速度传感器控制算法, 粘着利用优化控制, 电制动到零速控制技术, 等等。其中粘着利用优化控制对于车辆在露天的高架或地面线路上运行十分重要, 在全自动驾驶模式下, 将由系统针对轨面粘着情况自动进行适应性控制调整; 电制动到零速控制技术对于全自动驾驶列车进站准确停车、门对位也很有意义。

2.3 列车网络控制

列车网络控制系统是列车的“神经系统”和“智力”的基础。信号系统是把列车作为一个整体, 通过发出简单的命令来控制列车; 而网络控制系统则是将列车内

的各个系统通过网络有机联结并协调运行, 响应外部的命令和平衡扰动。随着自动化程度的提升, 列车网络控制系统将与信号系统交换更多的信息、承担更多的安全功能、承载更多的业务。高安全等级、大带宽、多网融合和车地融合是列车网络控制技术的研究方向。

论及列车网络控制, 必将涉及到该领域具有重要影响的国际标准 IEC 61375, 即业内熟知的 TCN 标准。

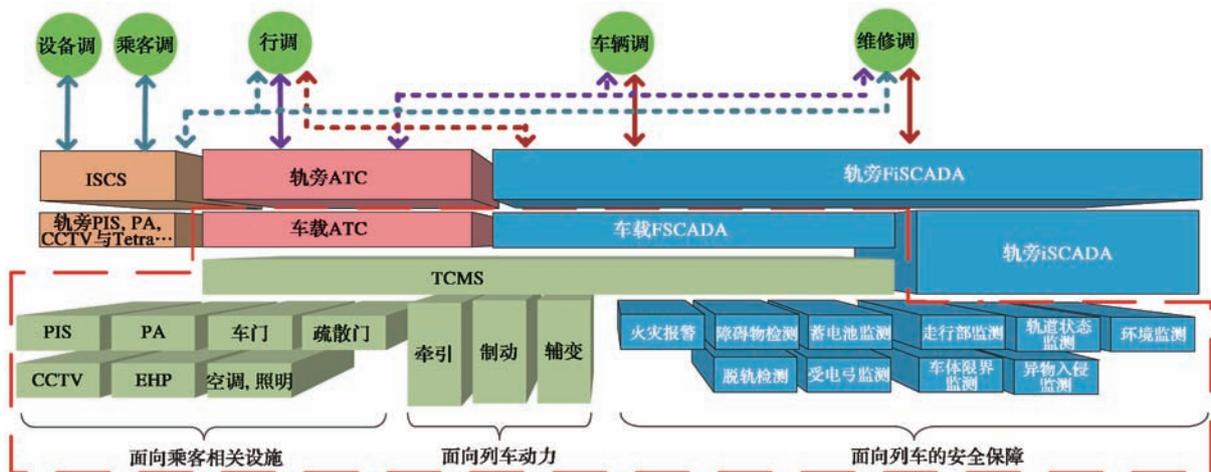


图4 列车网络控制系统一种关联关系示意图

2005年11月, IEC/TC9成立了WG43工作组, 启动对原IEC 61375标准的修订、升级工作, 标准在原2个部分的基础上扩展为12个部分, 内容包括系统架构、绞式列车总线WTB、以太列车骨干网ETB、列车无线骨干网WLTB、多功能车辆总线MVB、以太编组网ECN、CAN编组网CCN、车地无线通信、通信规约、应用规约以及一致性测试等。修订的IEC 61375系列标准于2012年起历时5年陆续发布完毕^[7]。该标准的修订, 为后续车辆智能运维、智能服务和安全保障打下基础。

支持灵活编组也是列车网络控制的研究内容之一, 需与信号系统、站台门、通信系统等其他系统联动, 以实现在低谷时短编组运行, 达到节能降耗的目的。

图4是列车网络控制系统一种可能的与其他系统的关联关系示意图。

2.4 辅助供电

辅助供电系统的研究方向包括: 采用并网供电方式提供更高的冗余度; 采用高频及谐振软开关控制技术, 提高功率密度使设备轻量化; 采用SiC功率半导体器件; 人性化设计, 提高可维护性等。

2.5 功率半导体器件

IGBT是牵引系统的“心脏”, 应形成设计、工艺、封装、驱动、应用的完整产业链。国家及行业层面应推进自主化功率半导体器件的应用, 确保IGBT这一基础、核心芯片的供应安全; SiC器件具有损耗更低、开关频率更高的特点, 能够有效降低变流器、电机的体积和重量, 提升效率, 应是研究发展方向。

2.6 制动系统

高灵敏度和精确控制的制动系统是智慧车辆的一个研究方向。风源系统适应紧凑化、轻量化发展, 采用高集成度、高性能的制动控制单元。应研究适应不同类型城市轨道交通车辆的新型制动技术, 如液压制动技术、磁轨制动技术。

2.7 车门

随着自动化程度的提升, 车门的安全性、可靠性、智能化水平显得更加重要。研究智能车门控制技术, 实现门控直流无刷电机的闭环控制, 提高门控系统的鲁棒性, 同时根据动力学反馈预测原理, 优化驱动力, 在锁闭意外解锁或失效时提供紧急关门保护力, 保证乘客安全; 研究车门或站台门故障情况下的隔离、对位、联动措施和智能防夹功能, 将车门安全等级要求提高到SIL3级。

2.8 基于乘客服务的智能化

这一方面的研究包括车厢内人数统计和客室内乘客客流信息引导; 通过车辆乘客信息与前方站台的交互, 实现站台乘客的信息引导; 智能化视频、广播、信息显示联动, 方便OCC及时了解车辆状态和及时的乘客广播、信息显示服务; 紧急、异常情况下的自动播报、疏散引导功能, 以及OCC、站务、公安、消防

人员的自动联动; 智能化乘客体验, 如根据各客室人员数量的自动开启具有温度及送风调节功能的智能变频空调; 对乘客倚靠车门的识别及语音提醒的功能; 具备根据照度感知、客室氛围调节的智能照明系统等。

2.9 乘客状态智能感知技术

基于图像、声音识别技术的异常行为检测, 例如乘客异常行为识别、人脸识别、人为放火、物品遗留、乘客群聚群散与异动、乘客扒车门、乘客倚靠车门及操作紧急拉手等。

2.10 司机状态智能感知技术

基于语音的司机提示信息播报和司机操作、基于图像识别的司机疲劳监测和对司机操控的智能监测等; 运行中车门异常开启图像识别; 异常行为识别后, 车辆的安全导向措施。

2.11 互联互通

车辆互联互通的研究旨在避免车辆与特定的车辆生产商、信号供应商绑定, 应满足互联互通的技术要求。

2.12 一体化仿真

包括功能与性能的仿真。可根据时刻表、线路情况、供电情况、载重情况对单列车、整个线路的列车进行效率提升和节能优化研究。

3 车辆智能运维

3.1 现状及国际标准

一直以来, 车辆智能运维是车辆研究的一块短板, 对车载设备故障诊断、失效机理的研究远跟不上运营、检修的需求。这一方面可能与车载设备专业性强、各种设备的故障机理、失效机理试验不足、数据积累不够有关; 另一方面, 车载设备种类和型号繁多, 不同厂家设备组合情况复杂, 全生命周期的检修、换件的动态过程管理需要车载与地面通过远程信息化子系统有机交接。

在国际上, 智能运维的标准策划与制订工作主要由IEC/TC9/WG46工作组进行, 并与WG43的工作结合。按照策划, WG46负责制订的IEC 62580系列标准《车载多媒体与远程信息化子系统》由5个部分组成: 第1部分^[8]是总体架构, 第2部分^[9-10]是车载视频监视服务, 第3部分是面向司机与乘务人员的服务, 第4部分是面向乘客的服务, 第5部分是面向运营和维护人员的服务。但遗憾的是, 截至目前, 面向运营和维护的相关标准工作基本处于搁置状态。

3.2 车载系统和地面系统

通过对国际上重要研究项目、知名公司的产品、国际标准的调研和研讨, 以及国内在机车、动车领域的实践^[11], 可以认为车辆智能运维系统包括车载系统和地面系统两大部分, 并通过车地无线通信实现双向数据传输。

车辆智能运维对于全自动运行、智慧城轨下的智

慧车辆尤为重要。智能运维的研究一方面要继续深入进行各车载设备的失效机理研究与试验, 另一方面要延伸到地面, 汇集线路、线网、整个城市的车辆数据, 采用大数据的工具进行研究。智慧城轨信息化构架为车辆的智能运维系统提供了通信、网络和云平台的支持。

3.2.1 车载系统

车载系统负责车辆实时数据与离线文件采集, 覆盖牵引、制动、辅助系统、车门、旅客信息、空调、网络、走行等多方面; 实现车辆数据的融合和处理, 以数据为基础, 结合整车逻辑, 对数据进行预处理, 实现对故障的识别和预警。

在车地数据传输通道层面, 实时数据和关键性数据应通过 LTE-M 与地面交互。这些数据包括车辆的运行状态、关键子系统设备状态等数据和地面向车载发出的命令, 这些数据通过安全生产网传输; 非实时数据和记录文件可通过 WIFI 或者其他无线传输通道与地面交互。

3.2.2 地面系统

应基于云计算和大数据技术, 实现海量、高频数据流的接收、解析、存储和查询; 利用多种数据分析挖掘工具, 实现车辆数据的深度挖掘; 同时形成车辆智能运维的接口规范和数据规范。在应用方面, 对以下 5 个方面进行研究。

①实时监视。实时监视功能主要面向 OCC 车辆调度人员、行车调度人员和 DCC 检修维护人员, 用于实时掌握全网、线路、列车三级的实时运行情况。在全网和线路层面, 可实时监视线网运行状态; 运营列车、在库列车、检修列车数量统计; 故障和预警统计与对比分析; 载客人数统计、客流拥挤状况分析; 实时运营里程以及能耗统计。在单列车层面, 可实现基于地图的列车定位; 车载司机屏实时还原; 列车当前运行里程、速度、网压等关键参数的图表显示; 列车实时故障和预警信息监视; 整车及各子系统实时健康状态显示等功能。

②辅助应急处置。辅助应急处置为司机、调度人员提供正线故障导致的非正常停车的辅助决策支持。对于正线运行的列车, 系统根据实时故障和非正常停车时应急处置预案判断列车是否具备继续运行的条件并提供建议; 对于可继续运行的列车, 实时提示故障处理操作, 司机、车辆调度人员根据处置步骤进行故障消除; 系统将记录排除故障操作行为, 为事故定责提供辅助依据。辅助应急处置能够实现车地信息同步, 应急联动, 提高列车运营效率, 减少晚点。

③故障诊断。故障诊断主要面向检修维护人员, 支持故障发生原因的快速确定。基于系统设计原理、整车控制逻辑、专家故障排除经验, 结合数据挖掘技术实现故障发生原因的快速确定; 结合运用、检修、

维护等多业务需求, 针对单一故障进行多数据维度的关联分析查找依存关系和耦合关系; 针对批次故障进行多源时空数据与时空过程的群体协同分析, 挖掘隐含关联和发展趋势; 通过不断完善修改故障处理机制, 形成丰富的故障诊断专家库系统, 对疑难故障诊断提供经验支撑, 以缩短列车检修时间和提高列车运用率。

④故障预警。故障预警实现对车辆故障的早期预警与处理。结合车载子系统的记录数据、轨旁检测系统数据、地面试验台数据, 实现对列车运行环境、动态行为、应用状态的全方位感知, 进行故障的预警、预测, 实现故障的提前发现、提前维修, 将隐患消除在萌芽状态, 确保设备无故障安全运行。

⑤寿命预测及维修过程管理支持。对车载关键设备进行健康管理和寿命预测评估是智慧车辆的一个重要研究方向。以设备工作机理模型研究为基础, 结合其出厂检测数据、日常运用状态数据、检修维护记录数据、检测试验数据、运行环境数据, 搭建设备健康状态模型, 采用大数据分析、挖掘工具, 实现关键设备健康状态评估, 从而提出运营管理和维护保养的合理建议, 实现从“计划修”到“状态修”的转变。研究电子履历和管理规程, 通过将设备的原始工厂生产与检测数据、地面检修与换件数据完整记录, 把车载诊断与地面管理有机结合起来。另外, 还应构建知识库, 将车载设备全生命周期运用、维护过程的数据、案例、经验进行知识化处理, 指导各类型设备的应用和维护。通过不断完善修改故障处理机制和经验, 形成丰富的知识库, 对疑难故障诊断提供经验支撑, 对技术人员提供业务指导, 提高检修效率, 提升车辆可用率。

4 车辆安全保障

车辆安全保障涉及车辆内部、车辆与站台之间、列车运行前方以及车辆运行环境^[12-13]。在国际标准方面, 文献[5]分析了各种情况下的安全隐患, 文献[9-10]列举了利用视频监控辅助识别安全风险的一些功能。本文仅涉及安全保障部分的相关内容。

4.1 车辆内部的安全保障

车辆内部的安全保障可包括^[13]:

①涉及行车安全的车载设备的检测, 如走行部、制动系统、车门、疏散门、弓网匹配、列车完整性、脱轨检测等, 必要时与信号系统联动。

②车内烟雾/火灾探测, 空气质量检测、危险物品检测。

③乘客异常行为智能识别等。

4.2 车辆与站台之间的异物检测

车辆和站台之间的异物检测可分为站台侧检测和车辆侧检测 2 种方式。目前的研究方向有红外检测、激光检测、机器视觉和雷达扫描等技术手段。

①红外检测技术是通过发射器向对应的接收器发

射特征光,接收器根据检测到的特征光信号判断直线路径上无障碍物存在。由于红外波束发射角较大,光束容易通过车辆或屏蔽门之间的漫反射绕过障碍物,存在一定漏报概率;同时,由于红外发射角大,在远距离探测时难以控制光斑尺寸,不适于远距离检测。

②激光检测与红外检测的原理类似,都是由接收器检测发射器发出的特征光信号来判断有无障碍物存在。相比红外检测,激光的发射角度小,可实现远距离检测,但也造成了其抗振动性能差,激光束容易偏离对应的接收器,增加误报概率。

③机器视觉是通过摄像头采集光带特征来判断有无障碍物存在。当摄像头和特征光带之间有物体阻碍时,会影响摄像头采集的特征光信号,从而判断出异物的存在。

④雷达扫描检测是通过发射器发送特征光束来照射被测物体,接收器通过检测被测物体反射回来的雷达信号来判断被探测物体的距离、方位和反射率等信息,从而判断被测物体是否属于异物。

4.3 列车运行前方障碍物或异物入侵感知

按文献[5]规定,自动化等级3级GoA3,将原本由司机承担的轨道障碍物和乘客乘降监视功能交由自动化系统来实现。障碍物监视也是自动驾驶的汽车必备的关键功能。虽然城轨列车和汽车在这方面有一些共性,但也有很大的差别,差别主要表现在:

①汽车的路况复杂,而城轨列车在专用轨道上行驶,路况相对简单。

②城轨列车质量大、制动距离长;考虑到弯道的情况,准确判断异物和及时采取措施的难度更大。

③城轨列车主要在地下隧道运行(我国地下线占比为63.6%^[15]),列车前方景物单调,且列车的运行有计划、有组织、有监控,对障碍物或异常情况的识别十分有利。

④城轨列车对基础设施的感知不仅是列车安全运行的需要,同时也可用于对基础设施的检修、维护支持。

因此,在障碍物或异物入侵感知方面,城轨列车与汽车的难点不一样、目标有所差别,实现的方式也不同。将城轨列车车载感知与地面感知有机结合是一种合理的选择。

4.4 列车运行环境地面感知

①异物入侵感知

目前的一些研究方向包括:基于分布式光纤的振动传感、视频监控、红外传感等多传感器结合的线路异物入侵识别,对目标类型及危害等级进行警告并对事件发生地点进行精确定位。通过对光纤光栅的布设、目标的判断与识别技术的研究,可排除列车经过时产生的振动等干扰因素^[14]。

②线路状态监测

在城市轨道交通轨道长度一定的条件下,同样可

充分利用分布式光纤传感、激光传感等技术手段来监测钢轨的温度与应变、钢轨横向纵向垂向3个方向的位移、道床横向位移与纵向位移、路基的沉降等线路健康状态的变化,建立线路状态数据库,并结合周边环境监测数据,对线路健康状态进行实时安全评估。

研究通过既有运营车辆与车载轨检技术相结合,采用高速线阵相机、高精度里程同步技术,采集轨道表面高清图像后,对钢轨、扣件区域实现自动分割,对分割出来的区域进行形态学、模式识别等图像处理,提取钢轨表面缺陷、扣件伤损、异物掉落等信息,实时形成伤损报表,对轨道状态进行评估和安全预警。

③桥梁/隧道结构健康监测

研究包括基于光纤光栅传感系统的桥梁与隧道健康监测诊断系统,对桥梁与隧道关键部位的结构变形、环境温度分布、地下水位、结构振动等多项参数进行实时监测。

④自然环境感知

我国城轨交通地面线占比14.7%,高架线占比为21.7%^[15],与城轨列车安全运营相关的自然环境感知典型对象包括风、雨、雪,可采用多传感器信息融合的大风预警技术、雨量计与视频相结合的综合雨强/雨量感知技术、基于激光测距的雪深测量技术,在满足自然环境状态预警/报警准确率的基础上,实现对预警级别、预警阈值、预警及解除时限、控制范围等参数的自动调整,开展短时局地的自然环境实时监测,并在电子地图上显示^[16]。

5 车辆与智慧城轨大系统的联动

智慧车辆必须在整个智慧城轨的大系统下运行才能实现其“智慧”,而智慧城轨也必须有智慧车辆的参与,智慧车辆应能与城轨交通各大系统有机联动。

5.1 与信号系统的联动

早期的车辆与信号系统的联动很少,接口也仅限于简单的硬线。随着自动化程度的提升,作为城轨自动化系统中枢的信号系统将成为与车辆的联动最多的系统,在物理连接方面主要体现在车载ATP/ATO与车辆电路的大量的数字和模拟电路接口,与车载网络控制系统的大量数据、报文交互。车辆在涉及与信号系统联动应具备的接口的功能主要有:

①列车的安全进路、列车之间的安全间隔、列车的安全速度由信号系统负责,由车载ATP通过牵引允许、紧急制动硬线电路与车辆实现联动。

②加/减速控制。车辆在正常情况下通过网络(或在网络故障的情况下通过PWM硬线)接受车载ATO发出的加速/减速指令。

③运营过程中车载设备中的PA、PIS、CCTV在正线运营、站台扣车、站台重关门、站台跳停、清客等场景下通过车载网络控制系统接受车载ATP/ATO转发

的来自ATS的指令, 触发相应的预先录制的语句、文字信息播报或其他相关动作。

④车辆安全保障。一般由车辆把列车脱轨、检测到障碍物、列车完整性丢失、制动系统故障、走行部故障、弓网检测故障、车门锁闭状态丢失、疏散门动作、火灾等情况通过硬线和网络传递给车载信号系统和安全保障系统, 后者再将信息传递给其他系统或调度人员, 根据场景描述进行联动处置(必要时设置禁止其他列车进入的保护区等)。

⑤运营过程中乘客发出紧急呼叫、触动紧急手柄、触动疏散门手柄等情况将通过网络和硬线传递到车载信号系统, 后者再将信息传递给其他系统或调度人员根据场景描述进行联动处置, 并确保车辆与控制中心的对讲通信(Tetra)畅通。

⑥运行模式的转换和特殊工况下的联动。运行模式的转换包括全自动运行模式、蠕动模式、各种人工驾驶模式等, 特殊工况包括折返、换端、跳跃模式、雨雪模式等, 主要通过网络和硬线与车载ATP/ATO根据场景描述互动。

⑦控制中心对车载设备的远程控制联动。包括OCC调度人员对某些故障的复位、旁路, 某些运行模式、工况、状态的确认, 远程车门重关闭、照明开/关、空调参数设置、紧急制动施加/缓解、停放制动施加/缓解、受流器升/降等, 主要通过网络和硬线与车载ATP/ATO以及车辆智能运维系统根据场景描述互动。

⑧列车投入/退出运营过程的联动。包括唤醒、自检、出库、场(段)内运行、回库、洗车、休眠、大容量数据下载等。列车休眠时, 应维持唤醒模块的供电。唤醒模块的设计应使其功耗尽量小, 并由其对蓄电池电压进行监视, 欠压时向OCC报警。

⑨车辆与信号专业联合, 对最优操纵曲线、最优调度时刻表进行地面离线仿真研究, 最终实现最优控制、最优调度。

5.2 与综合监控的联动

车辆与综合监控一般没有直接接口, 但车辆与综合监控存在联动关系, 这些联动主要通过信号系统或智能运维、安全保障系统协调, 主要包括:

①运营过程中乘客发出紧急呼叫、触动紧急手柄、触动疏散门手柄等情况, 综合监控应将相应车厢的CCTV画面推送到相应调度员, 并接通调度人员与车辆的对讲;

②列车车门与站台门出现故障、车门与站台门对位调整失败、站台重关门等情况下, 综合监控联动相应车载或站台设备按照场景描述处置;

③列车发生火灾时, 综合监控根据场景描述联动PA/PIS/CCTV以及相关站台、隧道其他机电设备进行处置;

④站台发生火灾时, 综合监控系统根据场景描述,

将联动站台PA/PIS播报乘客离站通知信息, 上下行即将驶入站台的列车PA/PIS将播报临时停车或跳停信息。

5.3 与站台门的联动

站台门与车辆车门共同担负起为乘客提供上下列车的安全通道, 车辆与站台门之间联动功能主要体现在:

①车门、站台门开/关门时间的同步。

②车门/站台门故障时, 对应站台门/车门的隔离, 以及相应的声光提示。

③列车灵活编组时与站台门的联动。

④车门与站台门之间的异物检测、车门与站台之间的间隙填充。这2个功能既可以从车辆方面解决, 也可以从站台方面解决, 即该功能需求可以分配给城轨大系统中不同的功能单元。

5.4 与通信系统的联动

列车与外界的联动均通过车地无线通信系统实现, 包括车载信号系统、PA、紧急对讲、无线列调、PIS、紧急文本、CCTV、FAS、车辆运维等, 对车地无线通信带宽、安全性提出了要求。

①涉及运营安全的业务承载通过LTE-M专网实现, 并朝着“一网承载”的方向发展。

②非安全相关的大带宽业务数据, 如PIS流媒体、实时CCTV车地视频流, 应由运行在ISM频段的系统来承载。

③在一定时期内, 需要窄带系统进行融合通信。目前我国各地的地铁基本都采用TETRA系统实现集群通信。新老线的数据互通、如何跨线运营、不同制式之间的互联互通等问题就会出现。在一定时期内, 需要窄带通信进行融合, 并在业务上混合编组、统一编号、统一调度; 甚至在关键业务传输上可以以冗余链路的形式出现。

④5G通信的应用。在“中国制造2025”、工信部“十三五”重点技术创新专项、3GPP标准制定、全球预商用等国内外大背景、大潮流推动下, 5G通信将于2020年商用, 将会在大带宽、大连接、高可靠、低时延等场景下, 提供优质的服务。可以期待, 5G通信的应用将为智慧城轨、智慧车辆提供更好的通信基础。

⑤车辆存在大量的运维数据, 特别是视频数据。列车退出运营时需要下载的数据量巨大, 目前通行的办法是换硬盘, 存在费人工、费时、容易损坏等不足, 车地之间高速的数据下载也是要研究的技术。在智轨列车上采用的FSO光无线通信技术, 下载速率可达到1 Gb/s, 进一步研究可提升到10 Gb/s, 可对这一技术应用到智慧车辆中开展进一步的研究。

6 结语

车辆在城轨自动化系统中承担旅客运输这一根本任务, 智慧的车辆应具备“体力与智力”、能感知自

身及其运行的环境、融入整个智慧城轨大系统并与其他系统有机联动。智慧车辆的研究应包括车载设备的研究和相关地面系统的研究,目标是为运营、维护和乘客服务。

牵引系统、制动系统、辅助系统、功率半导体器件等体现了车辆的“体力”;车门、旅客信息系统、空调体现了与乘客交互的界面;列车网络控制系统是车辆的神经系统。灵活编组、互联互通、粘着控制等一定程度上体现了车辆的“智力”,车辆的智力还体现在上述所有系统智能化提升(如支持故障诊断、健康管理)和整个智慧城轨的顶层场景设计之中。智能运维系统针对的是车载设备,服务的对象是运营、维护与管理者;安全保障系统既通过车感知车和地,又通过地感知地和车。两者均要求系统须由车载和地面有机结合构成,并纳入到智慧城轨信息化大系统架构之中。

智慧车辆装备技术的研究还应继续关注一些跨界技术的研究或应用。诸如车载数据高速下载技术、图像识别、声音识别与处理技术在智能运维、乘客服务、安全保障系统中得到广泛应用,而这进一步也涉及到人工智能技术研究。

参考文献:

[1] 路向阳.智慧车辆装备研究[R].北京:国际城市轨道交通展览会暨高峰论坛(2018)基于云计算的城轨信息化建设分论坛,2018.
 [2] IEC. Railway applications-Urban guided transport management and command/control systems-Part2: Function requirements specification: IEC 62290-2 [S]. Geneva: IEC, 2014.
 [3] 路向阳,吕浩炯,廖云,等.城市轨道交通全自动驾驶系统关键装备技术综述[J].机车电传动,2018(2):1-6.
 [4] IEC. Railway applications-Urban guided transport management and command/control systems-Part1: System principles and fundamental concepts: IEC 62290-1 [S].Geneva: IEC, 2014.

[5] IEC. Railway applications-Automated urban guided transport(AUGT)-Safety requirements: IEC 62267 [S]. Geneva: IEC, 2009.
 [6] 李中浩.以信息化和云平台助推智慧城轨建设[R].北京:国际城市轨道交通展览会暨高峰论坛(2018)基于云计算的城轨信息化建设分论坛,2018.
 [7] IEC. Electronic railway equipment-Train communication network (TCN)-Part 1: General architecture: IEC 61375-1 [S]. Geneva: IEC, 2012.
 [8] IEC. Electronic railway equipment-Onboard multimedia and telematic subsystems for railways-Part1: General architecture: IEC 62580-1 [S]. Geneva: IEC, 2015.
 [9] IEC. Electronic railway equipment-Onboard multimedia and telematic subsystems for railways-Part2: Video surveillance/ CCTV services: IEC/TS 62580-2 [S]. Geneva: IEC, 2016.
 [10] 刘贵,周桂法,谢喆,等. IEC/TS 62580-2 车载视频监视系统国际标准解析[J].机车电传动,2018(1):13-16.
 [11] LU X Y, SHAN S, TANG G P, et al. Survey on the railway telematic system for rolling stock [C] //2015 International Conference on Electrical and Information Technologies for Rail Transportation(EITRT2015). Zhuzhou: Springer Verlag, 2016: 645-656.
 [12] 中华人民共和国科学技术部.轨道交通系统安全保障技术:国家重点研发计划项目任务书 2016YFB1200400 [S].北京:中华人民共和国科学技术部.
 [13] 贾利民.高速铁路系统安全保障技术[M].北京:中国铁道出版社,2013.
 [14] 史红梅,柴华,王尧,等.基于目标识别与跟踪的嵌入式铁路异物入侵检测算法研究[J].铁道学报,2015(7):58-65.
 [15] 中国城市轨道交通协会.2017中国城市轨道交通统计年报[R].北京:中国统计出版社,2018.
 [16] 余廉,李睿,李红九,等.铁路交通灾害预警管理[J].石家庄:河北科学技术出版社,2004.

作者简介:路向阳(1961-),男,教授级高级工程师,从事车载网络控制、机务信息化、轨道交通自动化方面的研究工作。

动态消息

《机车电传动》再次入选中文核心期刊

2018年9月获悉,《机车电传动》入选《中文核心期刊要目总览》2017年版(即第8版)“铁路运输”类的核心期刊。

由北京大学图书馆组织的《中文核心期刊要目总览》编委会依据文献计量学的原理和方法,采用被摘量(全文、

摘要)、被摘率(全文、摘要)、被引量、他引量(期刊、博士论文、会议)、影响因子、他引影响因子、5年影响因子、5年他引影响因子、特征因子、论文影响分值、论文被引指数、互引指数、获奖或被重要检索工具收录、基金论文比(国家级、省部级)、Web下载量、Web下载率等16个评价指标,列出78个学科,对13953种期刊进行定量筛选和专家定性评审,最终评选出1981种核心期刊。

《机车电传动》编辑部在此对关心和支持《机车电传动》期刊工作的各界朋友表示衷心的感谢!

《机车电传动》编辑部