

复兴号动车组智能技术创新应用及展望

朱彦 尹振坤 张国芹 高林林 王中尧

(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, 正高级工程师)

摘要 基于工业互联网、5G(第5代移动通信技术)、大数据、智能传感等技术,采用神经网络和数学算法,开展数据驱动类、机理类模型研究,并在现车部署和循环迭代,构建以智能行车、智能服务、智能运维为特征的智能技术体系。通过在复兴号智能动车组上推广应用,实现了有人值守的自动驾驶、故障工况下的应急自走行、旅行全程的无干扰服务,以及低成本智能运维等目标。同时从速度、安全、节能、舒适等方面对动车组智能技术的未来发展趋势进行了展望。

关键词 动车组;智能技术;创新应用

中图分类号 U266.2; U29-39

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.02.001

Innovative Application and Prospect of Fuxing EMU Intelligent Technology

ZHU Yan, YIN Zhenkun, ZHANG Guoqin, GAO Linlin, WANG Zhongyao

Abstract Based on industrial Internet, 5G (the fifth generation mobile communication technology), big data, intelligent sensing and other technologies, neural network and mathematical algorithms are used to carry out the research on data-driven and mechanism models, deploy and iterate in existing vehicles, and build an intelligent technology system characterized by intelligent driving, intelligent service and intelligent operation and maintenance. Through the promotion and application of Fuxing intelligent EMU, the goals of manned automatic driving, emergency self-propelled driving under fault conditions, non-interference service throughout the journey, low-cost intelligent operation and maintenance are achieved. At the same time, the future development of EMU intelligent technology is prospected from aspects of operational speed, safety, energy saving and riding comfort.

Key words EMU; intelligent technology; innovative application

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

技术)、云计算、大数据、人工智能等新技术的快速发展,使高铁移动装备、固定基础设施,以及内、外部环境信息等实现全面感知、泛在互联、融合处理、主动学习和科学决策提供了可能。

2019年12月30日,京张智能动车组上线运营,标志着中国高铁向智能化迈出了关键一步。2021年6月25日,以京张、京雄智能动车组为基础全新升级的复兴号智能动车组在京沪、京广、京哈、成渝等高铁干线投入运营,开启了我国智能动车组运用的新时代。

1 动车组智能技术的创新应用

复兴号智能动车组主要围绕智能行车、智能服务、智能运维等3个方面开展智能技术创新和应用。智能行车,采用有人值守自动驾驶技术;智能服务,采用基于环境感知技术的灯光智能调节、基于多媒体技术的多元信息推送等;智能运维,主要基于智能传感、大数据、特征提取等技术实现运维服务智能化。动车组智能技术体系构成如图1所示。

1.1 智能行车

动车组智能行车主要指行车自动化、在途安全保障智能化等方面,可以提高行车及应急处置效率。

1) 自动驾驶。配置有人值守自动驾驶设备,实现车辆自动发车、区间自动运行、车站自动停车(精度在0.5 m以内)等智能行车功能。车辆新增ATO(列车自动运行)车载主机、速度传感器、测速雷达、GPRS(通用分组无线业务)天线等硬件设备;TCMS(列车控制与管理系统)通过MVB(多功能车辆总线)接入ATO主机,实现ATO模式下的牵引/制动控制;增加车门控制继电器硬线,在ATP(列车自动防护)输出允许条件下实现自动开门。

2) 应急自走行。设置应急牵引系统,确保在接触网故障或者高压系统不可用的情况下,采用动力电池技术、环境感知及系统匹配技术,满足车辆走行需求。在特定高铁线路的任何区间发生供电故障

近年来,随着工业互联网、5G(第5代移动通信

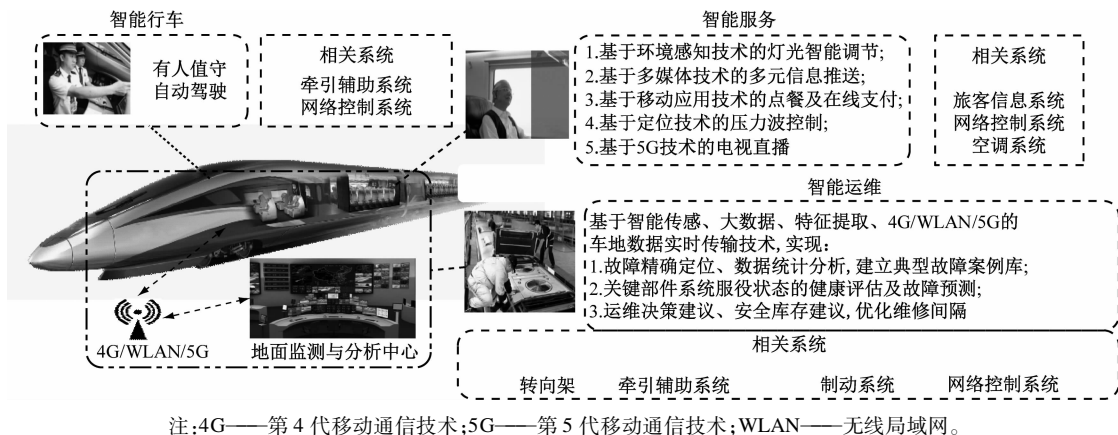


图1 动车组智能技术体系构成

Fig. 1 Composition of EMU intelligent technology system

时,均可应急走行至就近车站,具备自走行 20 km 能力,其中5‰上坡道为 5 km,平直道为 15 km,走行速度为 30 km/h。兼具应急空调供电功能,车辆应急通风时间由 120 min 提升至 300 min,全列车空调可半载运行。

3) 安全监测。设置车载安全监控系统,综合 TCMS(列车控制与管理系统)传输的温度、振动、火警等信息,对车辆安全状态进行监控。实现由单部件、单车级安全监测到多系统、整车级、交互监测的提升。全列车新增 160 个振动、温度复合传感器,通过走行部旋转部件监测、车体平稳性监测、架构横向稳定性监测及视频火灾监测联动,构建整车安全监测系统。该系统包括多监测系统集成,综合处理诊断,统一存储、显示及发送等功能。

1.2 智能服务

智能服务主要从旅客乘坐和动车组运用需求出发,通过业务一体化,实现全过程、无障碍、无干扰服务,有利于推进动车组自主化服务进程。同时,通过提高控制精准度和多维信息挖掘推送,提高智能服务品质。

1) 智能信息显示。采用 LCD(液晶显示器)分屏显示、信息交互融合等技术为高速列车提供定制化的多媒体信息显示服务,如图 2 所示。该服务使行车信息的表现形式更加丰富生动,乘客能够以最直观的方式获取和了解信息;同时还可提供必要的乘车引导服务。

2) 智能交互娱乐。设置智能交互终端(见图 3),通过车载 Wi-Fi(无线网络)、公网等无线数据接入途径,为旅客提供车载娱乐视频、直播节目、手机投屏等多样化娱乐服务,使旅途生活尽享惬意。



图2 智能信息显示

Fig. 2 Intelligent information display



图3 智能交互娱乐终端显示

Fig. 3 Display of intelligent interactive entertainment terminal

3) 智能环境调节。增加环境状态感知测点,采用智能环境感知调节技术、细化控制策略,从温度调节、灯光智能调节(见图 4)、车内噪声控制、压力波调节等方面实现旅客视觉、听觉、嗅觉、触觉等感官舒适度的提升。

4) 智能便民服务。基于车内服务设施定制化,引入智能技术,设置无线充电、自动售货机等便民服务设备,为旅客提供多样性、便捷性服务。着力打通地面客运、旅客服务,以及铁路 12306 软件数据与车载数据交互,实现基于动车组车载设备的站车一体化服务信息交互。



a) 无灯光半亮状态 b) 有灯光半亮状态

图4 灯光智能调节图示

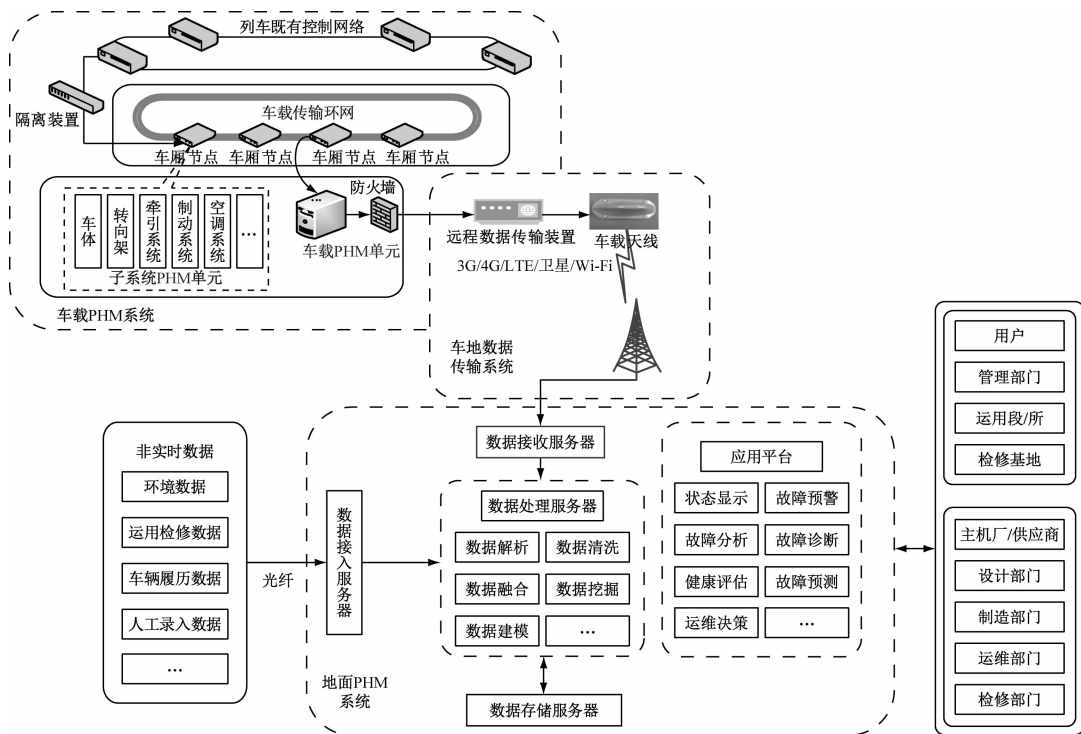
Fig. 4 Diagram of intelligent light adjustment

5) 智能数据传输。依托4G/5G、近场Wi-Fi等多渠道互联网技术,推进人工智能技术车载化应用。车地数据传输系统采用4G/5G,实现车上与地面交互中心间数据实时交互,即将车上数据传输到

地面数据中心,将地面数据、平台数据接入车内,并推送至车载终端;车地数据传输系统采用近场Wi-Fi,实现车载非实时数据高速落地。

1.3 智能运维

智能动车组运营环境复杂,其线路运营里程大多超过1 000 km,单日运行里程最高可达3 000 km;服役区间横跨多个自然气候带,有时单程运营要遭受雨雪、强风沙、雷电等气象灾害侵袭;同时动车组存在8辆、16辆、17辆等多种编组情况。因此,采用神经网络和数学算法,进行数据驱动类和机理类模型研究,提高运维的自动化程度和效率,对于确保轨道交通运营安全、提高服务质量以及降低运营成本意义重大。智能运维系统的核心技术为PHM(故障预测与健康管理),依托工业互联网、数据融合、人工智能、5G等技术,搭建由车载系统、车地数据传输系统和地面系统组成的智能运维系统,如图5所示。



注:3G为第3代移动通信;LTE为长期演进。

图5 动车组智能运维系统结构图

Fig. 5 Structure diagram of EMU intelligent operation and maintenance system

通过搭载各类温度、速度、加速度、振动、电压等传感器,实现关键系统及部件的数据采集;同时在各系统中集成智能运维模块对数据进行分析、存储及传输。集成车载安全监测系统,构建基于关键

零部件服役性能状态监控、故障预警及预测、健康评估等功能的智能运维体系,实现车辆自动诊断、自动决策和自动排除故障,有助于提升动车组行车安全可靠、提高动车组运维效率和降低全寿命周

期运维成本。

2 动车组智能技术发展展望

在分析国内外高速列车发展现状基础上,结合相关技术发展趋势,未来智能动车组发展主要体现在更高速、更安全、更智能、更环保、更节能、更经济、更舒适、更友好和一体化等 9 个方面。

1) 更高速:深入开展车辆轮轨关系、弓网关系,以及降低运行阻力、轻量化等方面技术研究,使智能动车组设计速度达到 400 km/h 及以上,试验速度达到 440 km/h。

2) 更安全:通过开展主动安全结构设计和智能化安全状态管理,围绕新能源、信息技术融合应用等技术研究,提升高速列车安全保障性能。

3) 更智能:广泛应用人工智能、大数据、新型传感器,通过全方位态势感知、故障预测与健康管理等手段,使动车组更加智能。动车组具备可测、可控、可响应、可互联等 5 个维度核心特征,并具有自感知、自诊断、自决策等能力,进而实现从智能化走向智慧化。同步推进企业智能制造进程,即采用设计、制造、服务一体化信息技术解决方案,使主机企业实现从“实物制造”向“虚拟制造”、“智能制造”转变。通过横向业务集成和纵向信息集成,集合大数据智能决策和动态生产模式,推动主机企业从智能化向智慧化转型升级。

4) 更环保:深入开展能源、材料、结构与控制等方面的技术研究,进一步提升动车组环保性能。推动新能源作为系统动力的综合利用,提升清洁能源应用比例,同时加大高效能、轻量化等领域新材料的应用。

5) 更节能:深入开展基于先进材料、先进结构、先进制造于一体的轻量化技术、气动优化设计、动力系统配置优化技术等研究,推广应用辅助驾驶技术,不断降低能耗,进一步实现节能目标。通过为司机提供有效的驾驶指导,能够减轻司机的劳动强度,提高工作效率。

6) 更经济:开展动车组数字化全生命周期管理研究,统筹考虑轨道车辆规划、设计、采购、制造、运行、检修、技改、报废的全过程,在满足安全及效能的前提下追求全寿命周期成本最优,通过信息化手段实现系统优化。提升 PHM 技术水平,不断提高状态修、经济修技术水平,使动车组具有更好的经

济性。

7) 更舒适:通过开展集成化、小型化设计,增大车内旅客乘坐空间;车内设备、设施采用模块化设计,实现车内布局的灵活变化;采用主动降噪技术,进一步降低车内噪声水平;通过开展气候适应性和轮轨匹配关系研究、主动控制技术研究,增强车辆对气候、线路的适应性,提高旅客乘坐舒适性和获得感。

8) 更友好:基于人因工程、智能化的友好型界面技术,实现灯光、空气质量等旅客界面智能控制,提升乘坐体验;利用空-天-地一体化、多网合一技术,实现人-车、车-车、车-地等互联互通,打造智能交通生态圈。

9) 一体化:深入开展不同交通制式、不同列车装备、不同车站交通系统间客流、物流、信息流一体化融合的运输解决方案,推进数据资源赋能交通技术发展。

3 结语

根据《交通强国建设纲要》,到 21 世纪中叶,我国将全面建成人民满意、保障有力、世界前列的交通强国,基础设施规模质量、技术装备、科技创新能力、智能化与绿色化水平位居世界前列。可以预见,推进装备技术升级,推广智能化、数字化、轻量化的环保型交通成套技术装备,广泛应用智能高铁等新型装备系统将成为未来的发展趋势,也必然会给人们带来更安全、舒适、便捷的出行体验。

参考文献

- [1] 马建军,李平,邵赛,等. 智能高速铁路关键技术研究及发展路线图探讨[J]. 中国铁路,2020(7):1.
MA Jianjun, LI Ping, SHAO Sai, et al. Key technology research and development roadmap of intelligent high-speed railway[J]. China Railway, 2020(7):1.
- [2] 刘长青. 京张高铁智能动车组关键技术研究与应用[J]. 中国铁路,2019(9):9.
LIU Changqing. Research and application of intelligent EMU key technologies of Beijing—Zhangjiakou High-speed Railway [J]. China Railway, 2019(9):9.
- [3] 何华武,朱亮,李平,等. 智能高铁体系框架研究[J]. 中国铁路,2019(3):1.
HE Huawu, ZHU Liang, LI Ping, et al. Research on intelligent high-speed railway system framework [J]. China Railway, 2019(3):1.

(收稿日期:2021-08-25)