

基于大数据和云计算的车辆智能运维模式

曹 勇 张玉文 龚 艳

(广州地铁集团有限公司, 510310, 广州//第一作者, 工程师)

摘 要 广州地铁基于多年的运营经验,在广泛收集所辖地铁车辆运营维护的实际“痛点”基础上,通过优化现有检修流程、增加车载于轨旁监测检测设备、引入前沿大数据和云计算等技术等手段,构建了地铁车辆的智能运维系统。智能运维系统可通过健全智能决策系统、工作协调及信息共享,对整个车辆运行过程进行仿真、评估和优化,并以车辆全生命周期数据为基础,提供车辆整个生命周期的故障和寿命的管理和预测数据,为实现车辆检修由计划修逐步转化为状态修提供了技术支撑。

关键词 地铁车辆;智能运维;大数据;云计算

中图分类号 U29-39

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.04.017

Subway Vehicle Intelligent Operation and Maintenance Mode Based on Big Data and Cloud Computing

CAO Yong, ZHANG Yuwen, GONG Yan

Abstract Based on years of operating experiences and the extensive collection of actual “Pain Points” in subway vehicle operation and maintenance under its jurisdiction, Guangzhou Metro builds the intelligent operation and maintenance system by optimizing the existing maintenance process, increasing the on-board and track side monitoring and testing equipment, adopting the advanced big data, cloud computing and other technical means. This system can simulate, evaluate and optimize the whole vehicle operation process through improving the intelligent decision-making system, work coordination and information sharing. Moreover, based on the whole vehicle life cycle data, the system can provide the management and prediction data of the faults and service life management during the whole life cycle of the vehicle. Finally, it provides technical support for the gradual transformation of vehicle maintenance from scheduled maintenance to condition-based maintenance.

Key words subway vehicle; intelligent operation and maintenance; big data; cloud computing

Author's address Guangzhou Metro Group Co., Ltd., 510130, Guangzhou, China

物联网、大数据及云计算的快速发展正在掀起城市轨道交通的规模化与智能化变革,而城市轨道交通的跨越式发展也为地铁智能运维平台的搭建提供了机遇和挑战。

广州地铁集团有限公司把运营数据的积累视为支撑公司未来发展的“重要财富”,重要的运营数据都被加载到智能运维系统上,为广州地铁的精细化和自动化运营创造了条件。地铁运营每天所采集的重要运营数据会被智能运维系统准确记录,从行车信息、车体外观检测到故障的精确定位、检修资源配置,再到检修安全管控和检修知识库的累积等重要运维数据会被汇集、整理、分析及管理。智能运维系统为广州地铁各种运营问题的解决提供了丰富的数据分析依据,有效地促进了广州地铁运维及管理水平的提升。

1 车辆智能运维系统

车辆智能运维系统作为践行“智慧地铁”系统工程中的重要一环,承担着确保“车辆运营可靠性”保障的重责。系统整体设计初期,充分考虑到全生命周期成本的轨道交通设计、节能与环境友好设计等需求,运用物联网、云计算、大数据、人工智能等新技术,搭建以车载监测数据、轨旁检测数据、人工检修数据和地面数据的计算机处理为中心的车辆信息化与智能化运维系统,实现车辆全生命周期的智能化运维管理。

通过数据接入协议,将车辆设备关键数据接入系统,为车辆的故障诊断和预警提供数据支持。通过车辆信息库,进行车辆全生命周期状态监测和记录,实现车辆健康管理和车间检修管理,为地铁运营计划提供支持。面对轨道交通车辆运行的复杂环境,运用物联网、大数据、云计算、人工智能等技术,形成一套具有车辆状态感知与跟踪、故障诊断与预警、剩余寿命预测、运维智能决策、作业自动化

等功能的智慧系统,实现车辆的安全运营、提效节能及精准管理。

1.1 车辆车载监测系统

目前,广州地铁已建成了各类车载监测系统,如走行部监测系统、逻辑控制单元(LCU) 110 V 有节点电路监测系统、弓网监测系统、智能车门诊断系统、网轨检测系统、蓄电池状态监测系统、空调系统状态监测系统等,但各子系统相互独立,数据分散丢失,各数据缺乏数据沟通和数据共享,现场的故障数据、故障处理工单数据、维修规程信息、备件信息等无法有效进行数据关联。通过搭建智能运维系统,各系统的数据可集中分析处理。

首先,实现车载数据自动下载,解决数据转储通道实时性问题。车辆正线运行时,可通过无线网络进行数据下载;车辆进段/场后,可通过无线网络

或有线方式进行数据下载;当传输网络故障或达不到传输带宽时,可通过手动存储盘转存方式进行数据下载。其次,将监测数据通过车地传输装置实时传输到地面系统,地面系统将多系统采集的状态数据进行综合分析并复现车辆状态,并通过数据挖掘分析做出相应评估。

1.2 车辆轨旁检测系统

车辆轨旁检测系统通过机器视觉、激光测量、超声波检测、红外测温等技术进行采集数据,逐一识别并感知通过车辆的运行状况。车辆轨旁检测系统主要配置如表 1 所示。车辆按照规定速度通过轨旁检测设备时,轨旁检测系统对轮对尺寸与缺陷、车底及两侧图像、轴温及电机温度、运行品质、受电弓及车顶图像等信息进行采集并传输至服务器。

表 1 车辆轨旁检测系统配置及安装位置

位置	配置	用途
	受电弓及车顶图像检测系统	采用高分辨率摄像机对受电弓碳滑板顶部进行抓拍,采集碳滑板图像,识别碳滑板裂纹、异物、平行度及偏转角度,识别受电弓滑板碳粉磨耗、偏磨、掉块等缺陷;对空调外观、避雷器外观、受流器、无线电天线、列车自动控制系统天线等车顶器件存在异物、丢失、变形等异常状况进行抓拍并自动报警
正线	轴温、齿轮箱及电机温度检测系统	自动测量列车轴箱、齿轮箱及电机温度,实现被监测部件的自动实时故障诊断和分级报警
	车辆运行品质在线检测	基于轮轨动力学原理对轮轨踏面进行监测和超标报警
	车底及两侧图像检测系统	判断列车车底及两侧外观及部件是否异常,根据故障情况发出预警通知及报警;判断外墙清洁度,若系统判断列车外墙较脏则安排进行外墙清洗
入段线	轮对尺寸检测系统	用非接触式激光测量方法,检测车轮的轮缘高、轮缘厚和轮径值
	轮对探伤检测系统	车轮在线通过时自动检测探伤,检测缺陷包括:整体轮和分体轮的轮缘部位径向裂纹;轮辋内部(滚动圆处)的周向裂纹和踏面径向裂纹;整体轮轮辋与辐板结合部位缺陷

1.3 其他系统状态检测系统

采用手持/固定终端辅助现场检修人员接收检修计划和记录检修过程和结果。

不落轮镟床、洗车机、架车机、钢轨打磨车、大架修生产管理等状态数据纳入车辆检修智能运维系统,系统记录相关维修数据,下发维修计划。

1.4 大数据专家系统

大数据专家系统由数据中心、车辆设备健康管理系统及业务分析系统等组成。

数据中心功能包括:车载监测数据接入、地面检测/监测数据输入、人工检修数据输入,以及数据处理、数据存储、数据分析和数据展示(各系统间数

据协议、数据接口、数据规范需保持统一,以实现多系统数据的接入、管理和应用);建立车辆信息库,为车辆故障诊断和预警提供数据支持,实现车辆全生命周期状态监测和记录,为车辆健康管理及车间检修管理提供运维技术支持。

车辆设备健康管理系统功能包括:车辆实时状况监控及预警、故障诊断、检修数据输入、车辆履历管理、数据查询、大架修管理、设备健康状态评估、RAMS(可靠性、可用性、可维护性和安全性)分析、寿命评估、LCC(寿命周期成本)等。

业务分析系统通过对各线车辆运行状态的实时监测和评估,并根据各线路车辆的检修情况,制

定每日车辆上线和下线计划,为线网运营提供技术支持及调度应急支持。

在车辆运维信息化、网络化的大数据基础上,利用人工智能技术形成车辆各模块的运维决策专家库,实现安全运营与精准维修,提高运行安全性及运维效率。

1.5 构建新的车辆运维模式

借助广州地铁所积累的技术经验,所构建的新的车辆运维模式在扩充了业务分析系统后带来了车辆检修业务的变革,也重新定义了未来车辆检修模式,即车辆智能运维模式。较传统运维模式,车辆智能运维模式能够实现作业过程的自动化及智能化,作业效率提升至少15%(见图1),具体功能如下:

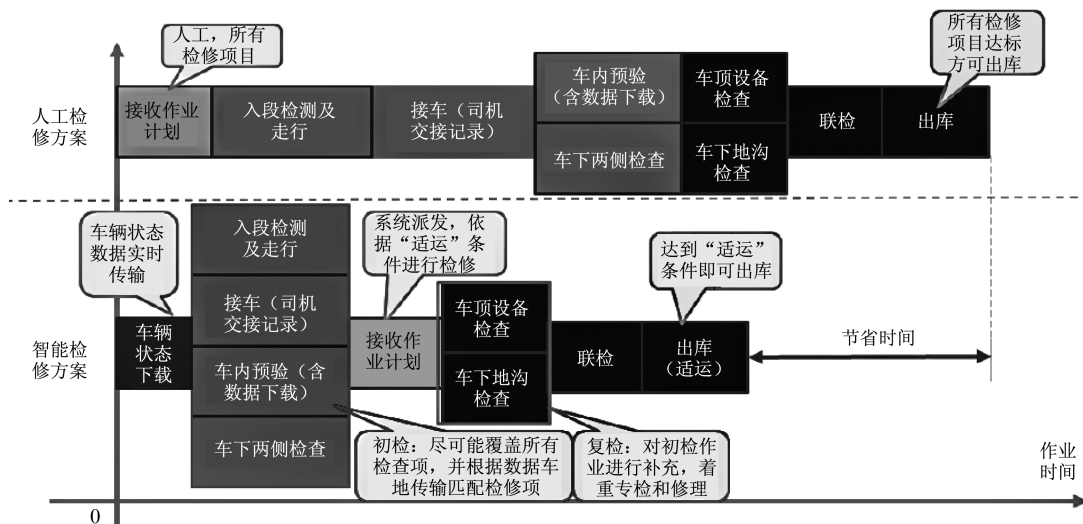


图1 车辆智能检修模式与传统模式的对比

6) 将车号识别系统、车载监测与诊断系统、轨旁检测系统、安全作业防护系统、智能仓储系统等生成的状态数据和过程数据有机地汇入智能运维分析平台,同时结合寿命预测结果,自动编排未来维修及替换计划,生成针对性的检修工单并推送至相关设备设施。

7) 根据综合性检修计划,安排车辆进入相应检修列位。智能仓储系统根据修程范围自动选检配送所需器具物料,安全防护系统自动识别作业人员信息和作业内容,并授予相应权限;同时,移动终端提供维修工单及辅助决策,并记录岗位作业全过程,以保证作业过程安全、精准、高效、可追溯。所有项点检修结束并经系统确认具备上线条件后,自动生成车辆适运合格证。

1) 车辆在正线运行时,通过走行部和弓网在线监测装置、逻辑控制单元等设备自动采集车辆状态数据,提取状态特征值,实现状态实时监测与故障预警。

2) 车辆进入车辆段时,车号识别系统自动匹配相关信息,实现段内车辆实时定位。

3) 车辆入库到达轨旁检测棚时,自动监测车体外观关键部位状态、受电弓碳滑板状态及轮对踏面磨损状态。

4) 针对相关耦合因素特征值,进行早期诊断预警。

5) 基于最新分类状态数据,评估受电弓与轮对等关键部件健康状态,以此综合评判整车健康实况,预测剩余寿命。

2 应用及实践探索之路

广州地铁依托国家工程实验室车辆平台,搭建车辆服役安全保障系统,打通了“车辆车载状态采集—地面系统—分析展示”的关键技术路径,其成果将在广州地铁18号线和22号线上全面应用。车辆服役安全保障技术作为车辆智能运维系统核心技术手段,用于实现设备健康管理和维保决策支撑,实现手段包括状态跟踪、模拟仿真、机理分析、统计分析、模式识别、效能分析。

2.1 智能运维系统的应用

2.1.1 车载动力学状态监测系统的应用

应用在广州地铁8号线北延段的车载动力学状态监测系统,可对车辆轴向振动、构架振动、车体振

动、构架应力、悬挂挠度等状态进行检测,通过车地系统对检测数据进行集成、预处理和存储,并传输至地面数字平台。地面数字平台对实时监测到的车载数据进行分析处理,输出运维决策,同时可对车辆运行状态进行实景再现及可视化展示,用于车辆安全与运维保障技术研究及开发工作(见图2)。

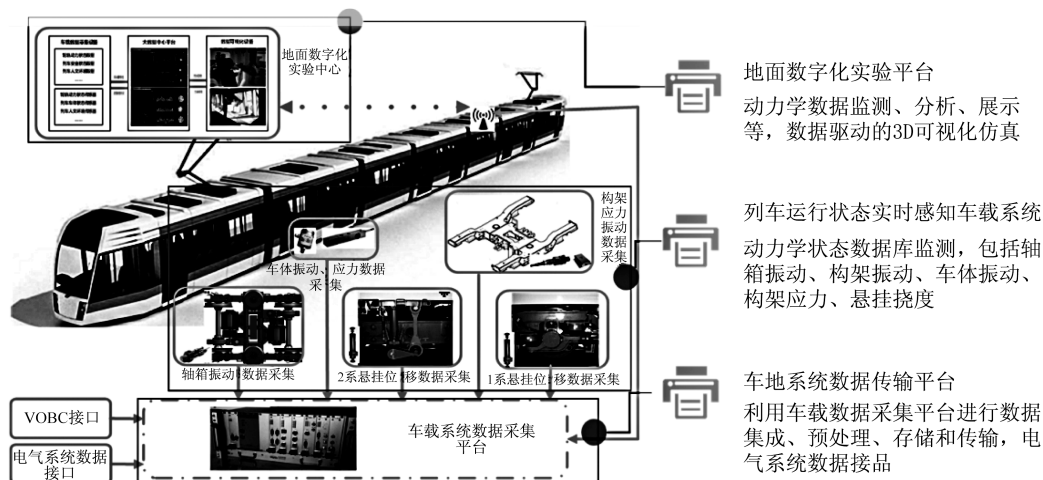


图2 车载动力学状态监测系统在广州地铁的应用

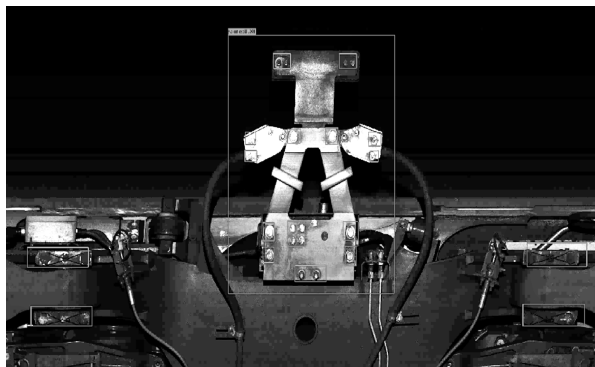


图3 车底及两侧部件轨旁图像检测实景

轨旁车底/两侧图像识别系统可为日检/4日检提供决策参考,降低检修工作量,实现车辆入库时状态数据采集。系统通过视觉传感设备积累正负样本数据,优化检测算法,提高检测识别率,并建立车辆健康状态履历,为设备故障预测分析提供数据支持。系统根据车载数据和轨旁数据,分析单个监测/检测对象的故障状态;根据关联耦合数据和电子履历,对报警故障进行系统化诊断;根据监测/检测数据、模型数据、环境数据、耦合关系、检修数据等,对部件性能衰变进行评估和预测,进而对整车运行安全进行评估。

2.1.2 轨旁车底/两侧图像识别系统的应用

应用在广州地铁21号线车体外观检测试验的基于机器视觉的车辆车底/两侧部件图像检测系统,可通过轨旁机器视觉采集、模式识别、深度学习和数据驱动等技术,实现车底及两侧可见关键部位的自动检测和异常识别(见图3)。

2.2 多系统融合

车辆智能运维系统打破各子模块的数据壁垒,利用相关数据进行综合分析和展示,整体采用新页面设计语言集中展示,在首页显示业务关注变化数据和指标,下转页面展示各项结果状态值,如图4所示。

2.3 建立标准

建立“检修标准”和“适运标准”。“检修标准”可为我国城市轨道交通行业标准化检修提供依据;“适运标准”是保证车辆在一定健康状态下,满足一段时间可靠运行的最低标准,是车辆健康管理和“提效降成”的关键手段。

“检修标准”建立过程中,针对数字化检修,借助资深检修工经验,对车辆40个关键部位、1992个核心零件及11种失效形式进行了梳理,逐步建立起统一的检修标准阈值。

1) 核心区域部件包括以下5个系统和17种部件:驱动系统——齿轮箱、电动机、轴箱端盖;减振系统——一系减振器、二系减振器、高度阀、横向减振器、空气弹簧;受流系统——受流器、集电靴、轴箱接地装置;制动系统——G阀、S阀、闸瓦;其他系统——撒砂器、箱体二次防护、空压机、空缸气管。

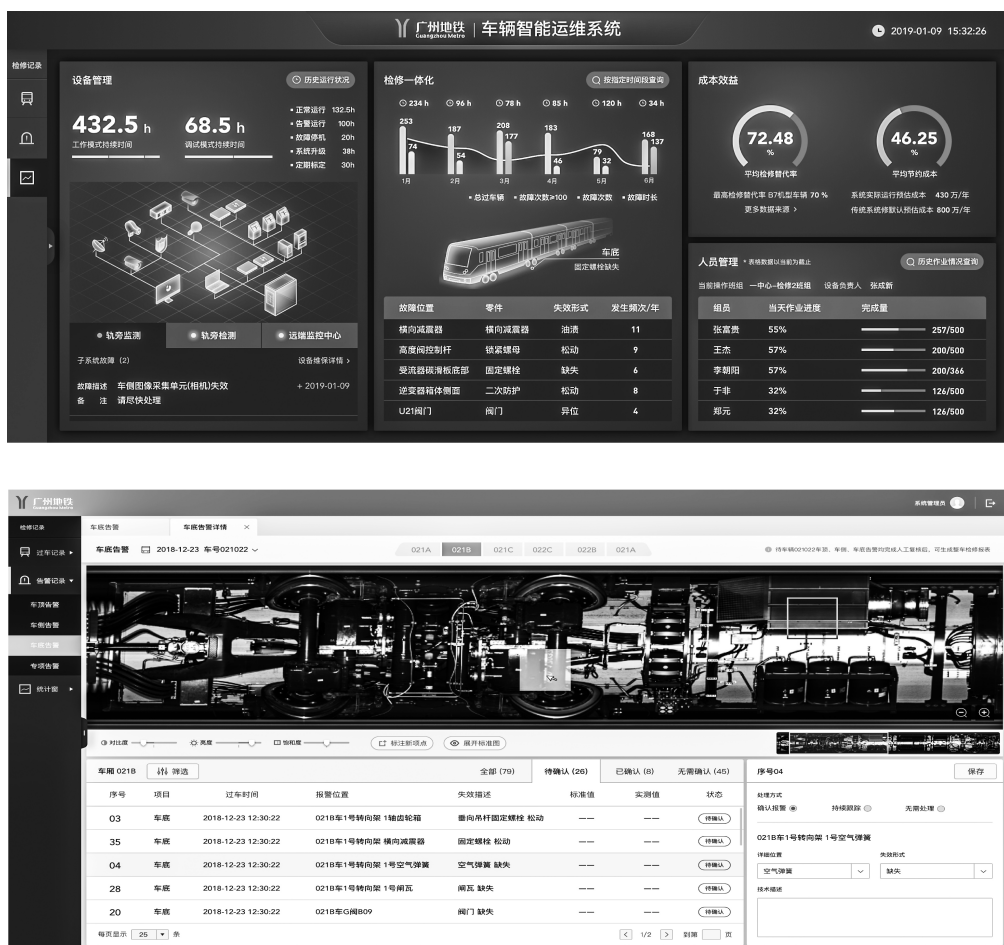


图4 广州地铁智能运维系统大数据平台及检测结果界面

2) 核心零件包括以下10种: 紧固螺母; 六角螺母; 二次防护卡扣; 二次防护铁丝; 气管接头; 阀门; 闸瓦; 碳滑板; 电缆; 接头。

3) 失效形式包括以下11种: 松动; 脱落; 缺失; 鼓包(空簧); 油渍; 裂纹; 异位(阀门); 断裂; 弯曲; 测量距离过低; 测量距离过高。

3 机遇与挑战

基于全样本数据采集架构, 车辆智能运维系统实现了全面的数字化管控能力。车辆状态、检修状态、工作量评估、维修维护任务执行状况、备品备件详细信息等完全变得透明。通过运维信息提炼和分析, 车辆智能运维系统可帮助广州地铁及时掌握车辆状态和检修效果, 进行车辆故障预测, 指导车辆在寿命范围内进行预防维护, 实现车辆在资源有限的情况下进行实时调度。

车辆智能运维系统可实现列检作业变革, 即

“人检”向“机检”、“经验判断”向“阈值判断”、“人工提报故障”向“机器自动提报故障”转变。车辆运行由“人控”向“机控”的转变, 不仅保证了地铁运输安全, 还可提高检修作业质量和检修效率, 并且随着监测数据的不断积累, 还可大幅降低检修成本。

广州地铁集团以18号线和22号线的车辆智能运维开发与应用为契机, 坚持集团“智慧地铁”总目标引领, 结合实际, 试点先行, 经验推广, 用更高的标准推进车辆智能运维系统落地, 探索出了一条从人才强、科技强到产业强、经济强、企业强的发展新路径。

参考文献

- [1] 吉敏. 基于大数据的专家系统在地铁智能运维方面的应用研究[J]. 计算机产品与流通, 2017(11): 76.
- [2] 赵梦华. 信息系统在动车组检修运用管理中的应用[J]. 科技信息, 2013(8): 469.

(收稿日期: 2019-07-18)