

基于数据驱动的城市轨道交通车辆检修运维模式

吴帆帆

(中车长春轨道客车股份有限公司流程与数字化部, 130062, 长春//高级工程师)

摘要 面对城市轨道交通车辆检修运维支撑压力的激增, 为提高城市轨道交通车辆检修运维效率、降低经营成本, 围绕城市轨道交通车辆功能特性及常规检修运维过程, 介绍了城市轨道交通车辆检修运维数据资源的识别, 阐述了车辆健康管理信息系统开发、智能化轨旁设备装配及检修运维信息系统的搭建。实现了远程传输数据和轨旁数据的采集、应用、协同, 充分发挥数据价值, 形成车辆状态可视化管理、信息自动化采集、检查作业自动化触发, 构建了基于数据驱动的城市轨道交通车辆检修运维模式。

关键词 城市轨道交通; 检修运维; 数据驱动

中图分类号 U279.3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.04.028

Data-driven Maintenance and Operation Mode for Urban Rail Transit Vehicle

WU Fanfan

Abstract Facing the sharply increasing pressure on maintenance and operation support of urban rail transit vehicle, to elevate vehicle maintenance efficiency and lower operation cost, centering on the functional characteristics of urban rail transit vehicle and the routine maintenance and operation process, the identification of data resources in the process of vehicle maintenance and operation is introduced, and the vehicle health management system development, intelligent wayside equipment installation and construction of maintenance operation information system are expounded. Therefore, the collection, application and collaboration of remote transmission data and wayside data are realized, the data value is fully brought into play, the vehicle status visual management, automatic information collection, automatic trigger of inspection operations are formed, and the data-driven maintenance and operation mode for urban rail transit vehicle is constructed.

Key words urban rail transit; maintenance and operation; data-driven

Author's address Process and Digitalization Department, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China

随着城市轨道交通线网的扩张, 运维压力激增, 检修效率低、检修成本高、维修技术缺乏、易漏修、易过修及信息孤岛等问题愈发凸显。

为实现车辆检修运维降本增效的目的, 应充分利用智能化设备和信息化手段, 识别、采集和整合车辆数据资源, 形成供生产、经营及决策的高价值信息, 驱动生产作业, 构建基于数据驱动的城市轨道交通车辆检修运维模式。这种新型模式, 是在数据贯通的基础上, 结合数据资源触发检修运维作业。该模式实现的过程, 通过对城市轨道交通车辆检修运维数据资源的识别, 结合车辆健康管理信息系统开发、智能化轨旁设备装配及检修运维信息系统的搭建, 完成对车辆数据的采集和分析, 并触发对地铁车辆的检修运维作业, 通过检修运维信息系统的集成管理, 驱动各项业务统筹开展, 形成了高效、协同、低成本的运营体系。

1 车辆检修运维数据资源的梳理

1.1 远程识别车载数据资源

城市轨道交通车辆装备技术体系日臻完善, 部分类型的城市轨道交通车辆已具备车辆自身状态监控功能。列车网络控制系统同车辆牵引、制动、辅助、空调等系统的控制模块进行数据交互, 接收到列车各类传感器等设备采集的状态信息及故障信息, 以图像化和声光报警的形式传递到驾驶舱, 供驾驶人员掌握列车状态并及时发现故障。此外, 列车网络控制系统具备自动触发车辆紧急停车功能, 进一步提升了车辆的安全性。这些车辆运营过程产生的数据, 在由地面设备接收后, 经过建模分析而形成车辆运营状态的可视化展现; 同时, 还是检修运维作业的信息输入, 可作为检修运维作业计划和生产排程的重要依据。

1.2 轨旁数据资源的识别

城市轨道交通车辆日常检修需查验车辆外观状态, 识别故障及隐患, 一般包括对车顶、车窗、车

侧及车底的状态检查,对受电弓磨损的状态检查,以及踏面擦伤、轮对外形尺寸检测等。这些数据信息是城市轨道交通车辆的重要数据资产。若车辆外观状态查验采用传统的人工及检测设备辅助的方式,则不仅会造成人工成本消耗,还会影响检修效率。采用智能化设备自动采集相关轨旁数据,并结合数据规则设计、构建模型,则可获得更准确全面的数据,有效指导检修作业,从而提高检修精准性、降低检修成本。

1.3 地面数据资源的识别

城市轨道交通车辆在检修运维过程中涉及的地面数据主要有:基础数据,包含车辆配属信息、车辆履历信息、仓储资源信息、人员配置信息、库内股道信息等;运营数据,包含车辆上线计划、库停检修计划、客流信息等。目前对地面数据的管理相对成熟,基本实现了信息化采集与应用。应用系统包含OCC(运营控制中心)、DCC(车辆段控制中心)等平台。

2 车辆数据资源的采集

2.1 车载数据的远程采集

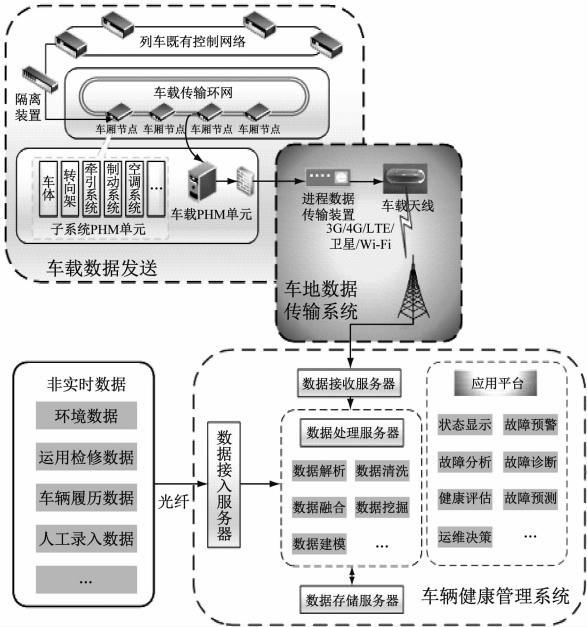
部分城市轨道交通车辆已具备远程传输车载数据的功能,可通过车载数据传输模块,将轨道交通车辆网络系统识别的车辆位置、车辆状态及故障等信息实时传输到地面。车辆健康管理系统负责接收和解析远程传输数据,实现高级预警及视情维修的功能^[1]。车辆健康管理系统接收远程数据后,先对设备未来可能出现的故障进行预测、分析和判断,再根据诊断、预测信息及健康评估结果、可用资源和使用需求进行健康管理,对维修活动作出适当决策。车辆健康管理系统数据采集过程如图1所示。

车辆健康管理系统采集远程传输数据后,按照数据类型,根据数据解析协议对数据进行解析、计算、整合及推送。针对列车实时运行状态数据、告警数据等,构建基于车地传输协议的标准化解析。

结合解析后的车载传输数据,车辆健康管理系统实现车辆状态监控、故障预警、数据统计分析、健康评估等功能。远程传输数据的应用如图2所示。

2.2 轨旁数据的智能化采集

高效利用轨旁数据的关键是应用智能化设备替代传统人工检查过程,并对检查数据进行有效收集。在车辆检修股道及关键运行点位安装轨旁智



注:PHM—故障预测与健康;LTE—长期演进;Wi-Fi—无线保真。

图1 车辆健康管理系统数据采集过程

Fig.1 Data acquisition process of vehicle health management system

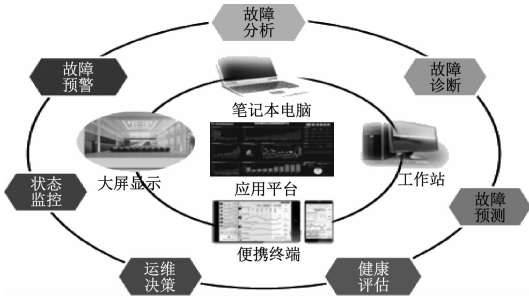


图2 远程传输数据应用

Fig.2 Application of remote data transmission

能检测设备实现检测功能。轨旁智能检测设备包括全车360°全景检测系统、红外轴温检测系统、踏面擦伤图像检测系统、受电弓在线检测系统、轮对外形尺寸检测系统及智能巡检机器人等。

1) 全车360°全景检测系统。采用图像分析技术及模式识别技术,自动采集车顶、车窗、车侧及车底的高品质高清图像,并利用图像特征匹配、模式识别等技术自动检测识别地铁车辆外观异常、关键部件缺失、明显变形及异物等异常情况,一旦发现问题能立即报警提示。

2) 红外轴温检测系统。该系统可自动定量显示轴箱轴承探测温度,并自动预警热轴故障,用于发现车辆热轴,防止发生热切轴。红外轴温检测系统能自动检测轴箱轴承温度,并能准确检测出列车

车下的环境温度;具有对轴温探测系统检测出的数据进行记录、分析、判断、整理的功能,还具有检测数据超限报警提示功能,由人工进行复核确认。当车辆经过时,通过红外线测量温度并进行结果分析,如有异常及时发出警报并发送检测结果。

3) 踏面擦伤图像检测系统。沿车辆运行轨道线性布设多个高分辨率相机。当车辆经过检测区时,采用磁钢传感器作为各个车轮的到位信号触发相机,并以初始化图像采集系统和触发 CCD (Charge Coupled Device, 电荷耦合器件) 摄像机实时抓拍,依次采集车轮的表面情况,实现踏面擦伤、剥离、硌伤及凹坑等缺陷的图像化观察。

4) 受电弓在线检测系统。该系统基本检测单元包括受电弓磨耗及中心线检测模块、车顶监控模块和车号识别模块。受电弓磨耗及中心线检测模块,采用动态非接触式图像测量法,自动拍摄滑板高清图像,自动提取滑板轮廓曲线,实现受电弓滑板磨耗及中心线偏移情况的非接触动态检测、记录和预警。车顶监控模块,用于实现车顶状态的图像监测,由高速高清晰度摄像系统组成,如发现异常情况,可对相关情况进行记录,系统将用户填写的情况和对应的高分辨率图像存储在数据库。车号识别模块,能自动准确识别城市轨道交通车辆的车号、判读车厢号及端位,支持手动输入车号、修改车号信息。

5) 轮对外形尺寸检测系统。用于检测轮对关键外形尺寸和踏面外形轮廓曲线。不仅能够检测踏面磨耗、轮缘厚度、 Q_r 值(从滚动圆踏面基准线之上 10 mm 处引垂线与轮缘内侧有一交点 A,轮缘顶部向下 2 mm 引垂线与轮缘内侧有一交点 B,则 AB 间的水平距离为 Q_r)、车轮直径、轮对内距等轮对关键外形尺寸参数,还能够检测轮缘高度、同轴轮径差、同转向架轮径差及同车厢轮径差等,并能提供近十次的检测结果供参考对比。

6) 智能巡检机器人。智能巡检机器人能通过对转向架、空压机、电气和气动管路等部件的图像自动采集和故障分析来实现自主检查、辅助人工复核及巡检作业管理等功能,完成车辆日常巡检作业。智能巡检机器人具备在地沟内灵活检测的能力,能通过移动平台配合高自由度机械臂,自主采集车下检修顶点的二维图像及三维高清图像,还能灵活多角度检测关键部件。其检修区域覆盖转向架部件侧面及车下各部件。

3 检修运维模式的实现过程

目前轨道交通行业内仍常用故障维修和计划维修方式,导致服务水平下降、维修成本升高;维护人员在日常维护和故障处理时,仍依靠人工完成数据采集、分析等工作,无法满足高质量的维修管理^[1]。低效的运维模式与日益增长的智能维修需求的矛盾,使得智能化运维的研究成为迫切需要。

3.1 检修运维信息系统的开发

为有效应用远程传输数据和轨旁数据,促进数据驱动下的检修运维模式变化,开发检修运维信息系统。检修运维信息系统配置了车辆配属信息、车辆履历信息、库内股道信息等基础数据,与既有 OCC 及 DCC 等数据平台联通,并获取车辆上线计划及库停检修计划等运营数据;采集并整合远程采集数据与轨旁数据,作为检修运维信息系统的作业计划输入信息;检修运维信息系统依据计划统筹策划生产排程、物料供应及人员协同等业务,使各业务执行顺畅,数据流贯通,实现业务数据化,形成基于数据资源驱动的检修运维模式。

检修运维信息系统,包含基础数据管理、计划管理、作业管理、故障管理、质量管理、物资管理、履历管理、报表中心等各功能模块,能保证业务完整性、数据连通性,其将所有业务以结构化数据形式落地,服务于业务监控、分析及决策,可实现“人、机、料、法、环、测”检修过程精准控制及管理,能有效支撑日常业务,提升检修效率。

3.2 远程数据驱动检修运维作业

城市轨道交通车辆的传统维修模式智能化程度较低,难以实现状态的预测预警和全生命周期维修策略的优化^[2],而远程数据的采集和应用为计划修转为状态修提供更加实时、更加准确的决策依据,具体实现过程如下:

检修运维信息系统将城市轨道交通车辆履历、检修履历、运营履历等信息传输给车辆健康管理系统;车辆健康管理系统结合车辆运营数据进行模型的运算,将得到的状态修、预测修建议推送检修运维信息系统,从而生成维修计划。车辆健康管理系统发送到检修运维信息系统的解析后维修维护建议数据包含:城市轨道交通车辆车组号、车辆号、系统名称、模型编码、车载预警代码、模型类型、监测点位/监控部件、预警或预测名称、预警或预测信息描述、维修建议、发生时间、状态、推送时间等。

3.3 轨旁数据驱动检修运维作业

轨旁车辆检测系统实现列车不停车自动检测,覆盖不低于 60% 的人工目视检查作业和 100% 轮对尺寸测量作业,通过机器视觉、先进传感、人工智能等技术提高车辆关键部件的检测频率,延长人工检查周期^[3]。检修运维信息系统根据轨旁系统检测到的故障数据,推送维修维护建议,进而触发检查工单及维修工单,并将故障处理结果反馈至轨旁系统。具体实现过程为:轨旁数据检测异常后,由人工远程复核故障,并维护故障发生具体部件;若有疑似故障或确定故障,则向检修运维信息系统推送维修维护建议(维修维护建议内容包含车型代号、车号、部件具体位置、故障时间、问题数据或图像、位置信息、维修建议、维护建议等);检修运维信息系统触发检修工单,派发现场检查工单,确认故障信息;若确认为故障信息,则触发维修工单,并在工单报工后将该信息返回至轨旁系统,该问题项进入轨旁故障库;若确认非故障信息,结果反馈至轨旁系统,并由轨旁系统将该问题项数据归入轨旁知识库,用于后续机器自学习模型算法优化,不进入轨旁故障数据库。

3.4 检修作业开展过程

检修运维信息系统负责采集并控制现场的检修计划、人员、设备、物料、备件、车辆履历等相关信息,结合输入的远程数据和轨旁数据,开展检修计划、作业计划、作业流程及进度控制等一系列管理。

1) 检修计划管理。检修运维信息系统根据不同车辆号及部位等信息,按计划进行排程及计划调整;根据生产计划形成物料需求计划,为提前采购及料件储备提供数据依据。

2) 作业计划管理。检修运维信息系统基于工艺网络与工艺数据(含工序、工时、物料及资源等),对检修工单进行计划排程,形成可视化、可调整的车辆作业计划建议;将班组与人员进行关联,将工单以班组维度派发给具体执行人员;作业人员通过工作台接收作业任务,并控制作业的实际开始及完成状态。针对异常情况,检修运维信息系统可在派工环节调整工单状态,保持计划与现场执行实时同步。

3) 作业流程管理。检修运维现场作业人员根据派工单要求领取工装工具、生产物资等,按照作业计划,指定执行人,并将任务派发至设定工位,结合作业指导文件进行检修作业,记录生产过程信息,提报生产异常,执行完毕进行报工。

4) 进度控制管理。检修运维信息系统按进度计划管理工单执行状态。工单执行完毕后,执行人须进行报工确认,进而形成计划进度闭环管理,并支撑计划进度的可视化查询,实时展示进度状态,并对完成项、执行项、延期项等进行统计呈现。

5) 作业质量管理。检修运维信息系统根据检修质量策划及质量文件,生成质量工单,并结合生产工单,对作业执行情况进行自检、互检及专检。针对质量不符合情况,检修运维信息系统形成通知单,并跟踪至处理完毕,形成车联质量履历,实现质量管控闭环。

6) 物料管理。检修运维信息系统根据检修运维计划形成采购预测及采购建议,并管理采购过程;对物料进行统一仓储管理及现场物资管理,可通过扫码等方式进行物料信息采集;对拆卸、安装过程全纪录,并更新实车履历。

7) 人力资源及岗位管理。检修运维信息系统可对人员基本信息及履职信息等进行管理,能辅助管理岗位设置及调整,可根据生产人员岗位及资质完成校验及派工,且具备考勤(即请假、销假)管理功能。

4 结语

本文以提升城市轨道交通车辆检修运维效率为目的,阐述了城市轨道交通车辆数据资源的识别、应用,以及检修运维信息系统的搭建,建立了基于数据驱动的检修运维模式。在检修运维模式搭建过程中,数据资源的识别主要围绕列车相关的远程数据和轨旁数据,数据的采集过程通过开发车辆健康管理系统、安装轨旁检测设备等方式实现;结合检修运维信息系统的搭建,接入了远程数据和轨旁数据,驱动检修运维作业;通过检修运维信息系统的集成管理,驱动各项业务统筹开展,实现了计划预测、配件需求预测、检修运维项目监控、检修资源动态调度。实现以数据为贯通和驱动的运维模式,相较于纸质业务表单等线下传递方式,降低了经营成本,提高了作业可靠性,减轻人力资源消耗,构建了检修运维生态,并逐步形成可复制、可移植的模式典范。

参考文献

- [1] 张义鑫,张炳森. 轨道交通线网智能运维系统的设计方案思考[J]. 铁路通信信号工程技术, 2020, 17(10): 58.

(下转第 157 页)