

城市轨道交通车辆智能化运维检测

张鹤 伊宏伟 曹琦

(中车长春轨道客车股份有限公司检修运维事业部, 130062, 长春//第一作者, 工程师)

摘要 分析了智能化检测设备在城市轨道交通车辆运营和维护方面的应用。从检测方式、检测对象、检测原理、实现目标等多方面进行归纳分析,提出了实现车辆全生命周期下运维数据可视化、检测智能化、管理科学化的目标。

关键词 城市轨道交通车辆; 运维检测; 智能化检测;

中图分类号 U279.3; U29-39

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2020.04.022

Intelligent operation and maintenance inspection of Urban Rail Transit Vehicles

ZHANG He, YI Hongwei, CAO Qi

Abstract In this paper, the application of intelligent inspection equipment in the fields of railway vehicle operation and maintenance is analyzed from the detection method, detection object, detection principle, the realization of the goal and other aspects of research and analysis. On this basis, the goals of realizing the visualization of operation and maintenance data, intelligent testing and scientific management in the whole vehicle life cycle are puts forward.

Key words urban rail transit vehicle; operation and maintenance inspection; intelligent testing

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

目前,我国城市轨道交通车辆的运维检修工作普遍采用传统的人工方式,检修人员的经验、技术水平、责任心等直接影响维保效果。此种检修模式造成检修设备应用率低,检测精准度不足,在某种程度上限制了车辆检修的水平及效率。

针对以上问题,本文拟在车辆运维业务中引入“全智能维保体系”概念,由车辆智能化、信息智能化及设备智能化组成“三位一体”的车辆维保检测模式,实现车辆运行状态实时监控,日常检修信息与故障统计分析同步进行。通过“三位一体”的智能化检测系统及大数据分析平台,完成修程修制的提升与优化,提升车辆运维效率,降低成本,减少对

“人”的依赖,提升车辆运行的安全性。

1 智能检测系统构成

随着智能化检测技术的发展,现阶段智能化设备已可实现对城市轨道交通车辆的车顶、车底、车侧及转向架等部位的在线智能检测,因此,构建城市轨道交通城轨车辆的智能综合检测体系成为必然的发展趋势。该体系以预防性维修一体化检测平台为主,在大数据中心的支持下,实时监控车辆关键部件的运行状态,执行故障预测与故障趋势判断,实现故障早期预警和分级报警,实现车辆的智能化状态维修,全方位保障车辆的运行安全。该体系的设备按照实施区域可分为正线动态综合检测系统、入段线日常检测系统及库内深度检测系统等3类。

1.1 正线动态综合检测系统

正线动态综合检测系统安装在城市轨道交通运营线上,可实现运行车辆的状态动态检测,监控车辆运行关键数据,确保故障隐患在第一时间得到处理。该系统采用踏面振动式擦伤检测单元、轴温检测单元、受电弓滑板磨耗及中心线检测单元、正线轮对尺寸检测单元等,在线动态检测车辆轮对的外形尺寸、踏面擦伤、轴温、受电弓滑板磨耗、中心线偏移等故障;采用滚动轴承故障轨边声学诊断单元和车辆运行品质在线监测单元,在线动态检测车辆滚动轴承内/外圈滚道和滚动体裂纹、剥离、磨损及腐蚀等故障,以及车轮不圆度和轮轨作用力等数值;采用高压设备温度检测系统,在线动态检测车辆顶部供电系统区域温度等信息,对高压设备温度异常情况进行自动报警。正线动态综合检测系统的设备组成根据车型和车辆运行情况有不同的配置,主要包括图1所示的5个子系统。

1.1.1 受电弓及车顶在线检测子系统

受电弓的工作状态直接影响车辆的运营安全。

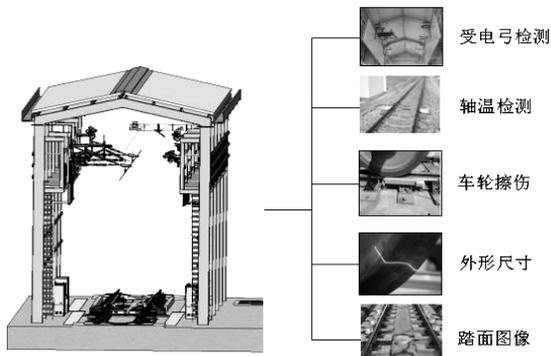


图1 正线动态综合检测系统示意图

受电弓的传统检查方式依赖人工登车顶检查,检查时需要在车辆段内专用台位上断电进行。受电弓及车顶在线检测子系统则利用高速图像处理器和传感器,配合图像处理与分析方法,在不影响列车正常运行的前提下,实现在线检测受电弓及车顶状态。该子系统由基本检测单元、现场控制中心、远程传输通道和远程控制中心4个部分组成。

1.1.2 正线轮对外形尺寸检测系统

正线轮对外形尺寸检测系统(见图2)采用光截图像测量技术及多激光组合技术,以不同角度投射到车轮踏面形成包含踏面外形尺寸信息的光截曲线,经图像采集处理获得车轮外形尺寸,包含踏面磨耗、轮缘厚度、轮缘高度、垂直磨耗、轮辋厚度、轮对内距、轮径等。

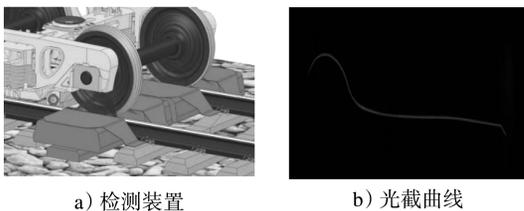


图2 光截图像检测技术用于轮对外形检测示意图

1.1.3 滚动轴承故障轨边声学诊断系统

滚动轴承故障轨边声学诊断系统(见图3)采用轨边声学指向跟踪和声音频谱分析技术对各类城市轨道交通车辆的滚动轴承内/外圈滚动和滚动体进行早期故障诊断并分级报警(见图3)。该系统适用于各类地铁车辆滚动轴承故障的在线动态检测。

1.1.4 车辆运行品质在线监测系统

利用LASER-PSD位移测量技术自动检测所通过车辆的车轮踏面损伤、不圆度及超偏载状况,实时动态监控列车通过时的轮轨作用力、过车速度及车体载荷。



图3 轨边声学诊断系统布置图

1.2 入段线日常综合检测系统

入段线日常检修综合检测系统在车辆在进入运营前及完成运营后,对车辆各部件状态进行全面动态检测,以确保运营安全。该系统安装在车辆段入段走行线上,如图4所示。该系统由地铁车辆全车图像监测系统、闸瓦或闸片动态检测系统、车轮深层次探伤系统、数据专家诊断平台、便携式复核设备等组成,可对车辆的车顶和车底的关键部件及制动单元等进行全面检测。

1.2.1 轮对故障在线检测系统

轮对故障动态检测系统安装在地铁车辆入段线,如图5所示。该系统运用光截图像测量技术、高精度位移测量技术及图像模式识别技术实现对轮对的综合检测。

1.2.2 受电弓及车顶状态动态检测系统

该系统安装在车辆入段线路上,采用高速、高分辨率图像分析测量技术和现代传感技术,实现受电弓关键特性参数(滑板磨耗、受电弓中心线偏差、受电弓工作位接触压力等)的在线动态自动检测,以及车顶关键部件的室内可视化观测。该系统适用于各型城市轨道交通车辆的受电弓和车顶状态检测。

1.2.3 车轮深层次探伤检测系统

车轮深层次探伤检测系统安装在车辆入段线路上,采用超声波阵列探伤技术在线自动检测入库车辆的轮缘、轮辋及轮辋轮辐过渡区的深层次缺陷检测。该系统适用于各型城市轨道交通车辆。

1.2.4 全车运行故障动态图像监视系统

该系统安装在车辆入段走行线上,可对车底行走部、转向架、受电弓及其他关键设备的工作状态进行全面监控及检测,并可自动识别故障状态和报警。该系统由车底行走部动态监视单元、车顶和车体监测单元组成。

1.2.5 闸片状态在线动态检测系统

该系统安装在地铁车辆入段线路上,采用光学

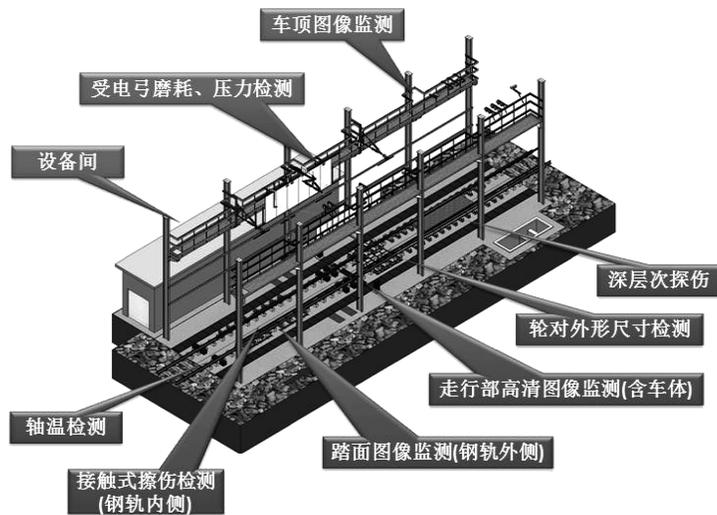


图 4 入段线日常检修综合检测系统



图 5 轮对故障动态检测系统

图像检测技术自动获取闸片高清图像,采用模式识别技术和边缘检测技术自动识别车底闸片(见图

6),采用自标定方式进行闸片厚度计算。该系统适用于各型城市轨道交通车辆的闸片/闸瓦检测。

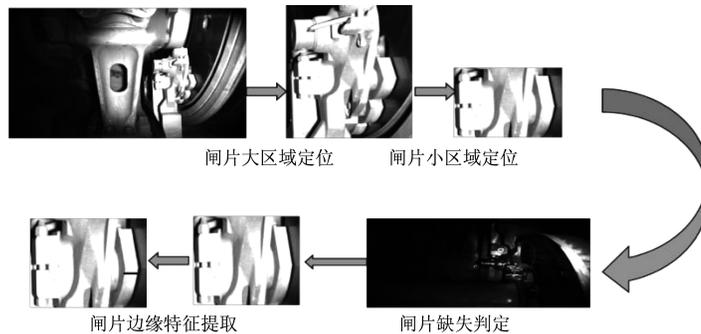


图 6 闸片状态在线动态检测过程

正线动态综合检测系统主要针对正线运营过程中的关键部件进行状态监测,入段线日常综合检测系统主要针对车辆在出入库过程中的关键部位进行状态检测。除此之外,对于车辆部分无法通过上述监测/检测的部位,仍需要在车辆回库后进一步检查。库内深度检测系统就为这部分检查内容而提供的智能化检测手段。

1.3 库内深度检测系统

库内深度检测系统主要包括移动式车轮超声波探伤机、移动式车轴超声波探伤机、库内智能巡

检机器人等 3 个部分。

1.3.1 移动式轮辋轮辐探伤系统

移动式轮辋轮辐探伤系统安装在检修库的检查线地沟内(见图 7),采用相控阵超声探伤技术、常规超声探伤技术及智能机器人技术,通过沿地沟移动来自动检测和预警车辆轮对的轮辋、轮缘、轮辐等部位存在的缺陷,实现对车轮精细化自动扫查,预警车轮缺陷,保障行车安全。该系统由地沟检测小车、地面随动小车及样板轮对组成,适用于车辆不落轮探伤检测。其中检测小车是由顶转

轮单元、探伤机器人及超声探伤单元等组成的可移动自动检测机构,受地面随动小车控制。

1.3.2 移动式车轴相控阵探伤系统

移动式车轴相控阵探伤系统利用相控阵超声探伤技术自动在线检测各类型车辆车轴卸荷槽、轮座、齿轮座、抱轴颈及轴身存在的缺陷,具有全

轴穿透检测功能,能满足各型机车、客货车及地铁车辆的车轴线检修作业要求。该系统通过在车轴端面放置相控阵探头,根据车轴外形特征设置相应的超声扫查角度。相控阵探头相对轴中心孔自动旋转一周,实现对车轴 360° 超声扫查,如图 8 所示。



图7 移动式轮辋轮辐探伤系统布置图

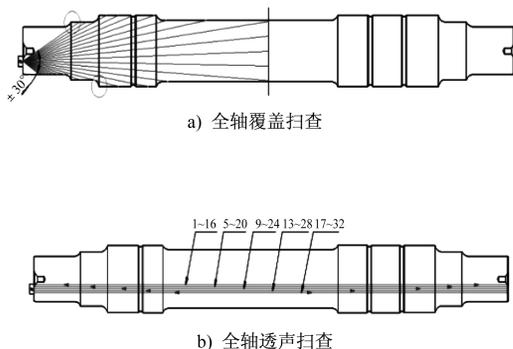


图8 移动式车轴相控阵探伤系统扫查示意图

1.3.3 车底智能巡检机器人

车底智能巡检机器人检测系统安装在地铁车辆段检修地沟内(见图9),利用光学图像识别技术、机器视觉技术及智能机器人技术实现车辆车底全景和转向架关键部位的自动化检测,可替代传统人工检测作业,解决车辆列检人工作业存在的问题。

1.3.4 智能故障点检设备

车辆完成运营返回车辆段后,由车辆调度组织车辆检修事宜(见图10),包括:① 调度系统推送库

位、车辆号及施工内容;② 操作人员在信息终端接收任务,准备工具与料件,实施点检;③ 操作进度及时间实时反馈至调度系统并记录;④ 有故障及时反馈至技术人员;⑤ 任务完成后操作报工;⑥ 调度人员确认车辆操作关闭。

2 智能检测系统成效分析

随着中国城市化进程的加快,各大城市对城市轨道交通的需求也日益增大,因此,采用智能化系统开展车辆运维业务是未来城市轨道交通发展的必然趋势,也是提高效率、降低成本的最佳手段。

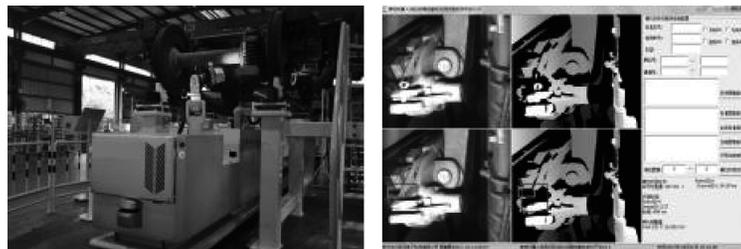
为确定智能检测系统的全寿命成本效果,可将前述的智能化检测系统分为以下4种配置:

基础配置——针对车辆总体维保时间相对较少,且人工成本不高的运营公司;

旗舰配置——针对车辆总体维保时间相对适中,且对车辆部分信息有监控需求的运营公司;

航母配置——针对车辆总体维抱时间相对较多,且对车辆关键信息有监控需求、检修精度要求高、自动化要求高、人工成本偏高的运营公司;

定制配置——运营公司根据需求对智能化检



a) 布置现场

b) 显示界面

图9 智能巡检机器人检测系统布置图

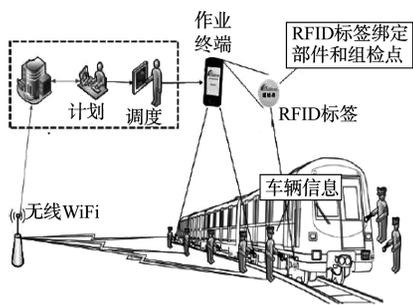


图 10 智能故障点检过程示意图

测系统按模块进行自由组合搭配。

2.1 基础配置

智能检测系统基础配置包括：轮对故障在线动态检测系统、图像车号识别系统、图像动态监测系统、智能指纹巡检仪、服务器交换机、显示屏、智能化软件管理系统。基础配置的成本分析如图 11 所示。

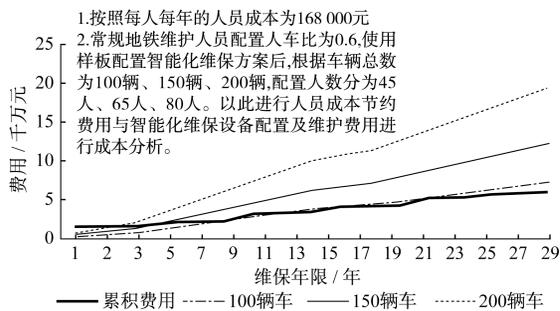


图 11 智能检测系统基础配置成本曲线

2.2 旗舰配置

智能检测系统旗舰配置包括：振动式轮对擦伤检测系统、红外线轴温检测系统、受电弓动态检测系统、轮对外形尺寸动态检测系统、图像车号识别系统、全车 360° 图像动态监测系统、轮对动态超声波探伤系统、移动式车轴超声波探伤机、库内智能巡检机器人检测系统、智能指纹钥匙柜、智能指纹巡检仪、服务器交换机、显示屏、智能化软件管理系统。旗舰配置的成本分析如图 12 所示。

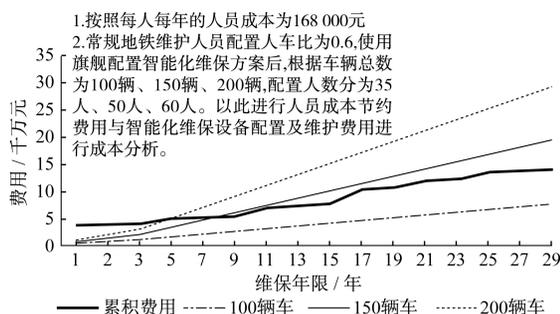


图 12 智能检测系统旗舰配置成本曲线

号识别系统、全车 360° 图像动态监测系统、轮对动态超声波探伤系统、闸片状态在线动态检测系统、移动式车轴超声波探伤机、库内智能巡检机器人检测系统、智能指纹钥匙柜、智能指纹巡检仪、服务器交换机、显示屏、智能化软件管理系统。航母配置的成本分析如图 13 所示。

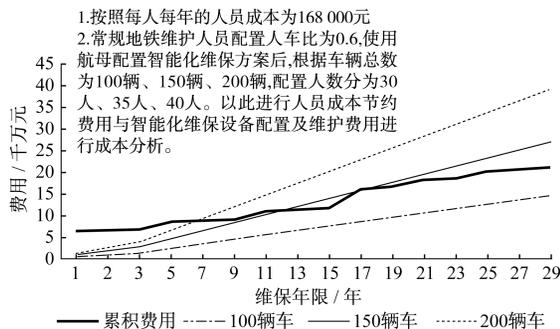


图 13 智能检测系统航母配置成本曲线

2.3 航母配置

智能检测系统航母配置包括：红外线轴温检测系统、图像动态监测系统、高压设备温度检测、滚动轴承故障轨边声学诊断、轮对故障在线动态检测系统、受电弓及车顶动态检测系统、图像车

3 结语

智能化检测系统在城市轨道交通车辆维保方面的应用,可减少人工日常状态检查工作量的 70%~80% (如果车辆带有全自动自检功能,将可完全取代人工检查),因此,可大大减少车辆维保的人工成本(包括施工人员的减少对生产管理、安全管理及人事管理的投入削减),从而实现从“人检”到“智检”的跨越。此外,通过智能化检测系统的数据积累、分析及应用,可助推车辆由“预防修”向“状态修”的转变。

参考文献

[1] 胡迎松. 设备维护管理系统的研究与开发[J]. 电子技术应用, 1999(9): 27.

(收稿日期: 2019-07-10)