

# 轨道交通智能巡检装备探究

王国庆 周丹 刘文硕

(中车大连机车车辆有限公司 辽宁 大连 116022)

**摘要:** 随着我国城市化进程的不断加快,轨道交通行业逐渐形成了区域化、集群化的发展态势。城市群的快速发展给轨道交通运营带来了前所未有的压力,而巡视检查是保证运营效率的重要手段之一。在当前的城市轨道交通车辆巡检过程中,人工巡视检查是使用频率最高的检查方式,但面对日益增长的巡视检查任务需要以及工作压力,仅通过人工方式已经难以满足行业发展需求。因此,以智能化技术手段为基础的轨道交通巡检装备逐渐走入了人们的视线。通过应用人工智能、大数据分析处理等手段,实现机器代替人工,完成巡视检查作业的目的。智能化装备的应用可有效提升巡检效率,降低工作强度,提升企业智能运维水平,顺应行业发展新趋势。

**关键词:** 轨道交通; 巡视检修; 智能巡检装备

## 0 引言

轨道交通智能巡检装备借助机器学习、图像识别、大数据分析处理等手段,通过配置在轨旁、车底的智能检测系统,段场机器人以及移动终端装备等实现对城市轨道交通车辆巡检作业要求。智能检测系统的检测速度快、检测精度高、准确率高,可实现24h连续作业,大大提高生产作业效率。智能化的检测手段,还可以接入智能运维系统,配合实现城市轨道交通车辆“计划修”到“状态修”的转变,降低车辆运用维护成本,降低作业人员劳动强度,促进行业高质量发展。

目前轨道交通智能巡检装备种类较多,各类概念层出不穷,其中不乏存在一些名称不同而实际组成或功能类似的产品及装备,此方面本文仅选取部分具有代表性的智能巡检装备,进行综合阐述。

## 1 智能巡检装备种类

### 1.1 车体360°检测系统

车体360°检测系统是一种对城市轨道交通车辆外观状态自动化检测的系统。车体360°检测系统一般采用高清彩色成像、深度学习、三维成像检测等技术手段,通过非接触式图像检测方法,实现不停车检测车辆车顶、车侧、车底、走行部及其他关键部件的外观状态,实现智能检测、分析和预警功能。

车体360°检测系统主要由配置在轨旁的车顶高清图形采集单元、车侧高清图形采集单元、车底高清图形



图1 车体360°检测系统应用示意图

采集单元、综合控制柜和车站内的远程数据中心组成。其中,各图像采集单元主要由线阵相机组成;综合控制柜主要由电源模块、存储模块、控制模块、通信模块、开关设备等组成;远程数据中心主要是计算机服务器,一般设置在DCC控制室内。各图像采集单元主要对车体结构、关键部件外观等进行图像采集,并将图像传送到综合控制柜;综合控制柜内的检测主机接收到采集图像后,进行存储、分析和处理,同时与远程控制中心通信,实时上报检测信息。

车体360°检测系统利用深度学习算法,对采集图片样本进行不断学习,通过大量的机器训练,形成各车型、各部件分类汇总样本图像,运用图像对比处理技术,判断部件是否存在异常。车体360°检测系统可实现对受电弓、受电弓绝缘子、空调机组盖板、车门门板、转向架、齿轮箱、车底牵引装置、闸瓦或制动盘,牵引、辅助、制动系统设备等关键部件缺失、变形、异物等异常情况的检查,发现问题并及时将检测结果传输至数据

中心,进行报警提示。

### 1.2 轮对检测系统

轮对检测系统是一种对城市轨道交通车辆轮对外观、尺寸、表面缺陷等自动化检测的系统。轮对检测系统采用图像识别算法,能够在一定车速下对车辆车轮的不圆度、外形几何尺寸、踏面擦伤、踏面缺陷、轮缘厚度等轮对状态进行实时检测,检测过程不停车,也不需解体轮对,不影响列车正常运行,适用于各型地铁车辆。



图2 轮对检测系统示意图

轮对检测系统主要由轮对外形尺寸监测模块、车轮踏面缺陷检测模块、控制单元以及远程数据中心组成。远程数据中心一般放置在DCC控制室内,其他部分主要安装在地铁车辆段、出入库线或正线轨道两侧。轮对外形尺寸监测模块主要由激光补偿光源、摄像机、位置传感器等组成;车轮踏面缺陷检测模块主要由LED补偿光源和相机组成;控制单元主要由电源、IO接口、数据存储、通信传输等基本模块组成;远程数据中心形式与车体360°检测系统一致,仅在软件配套上略有差异。

轮对检测系统整体采用非接触式测量方法,自动检测轮对健康状态。当车轮通过位置传感器后,LED补光灯、激光补偿光源等打开,各模块检测相机投入工作,对轮对进行拍摄。当车轮完全通过位置传感器后,系统各模块检测相机自动关闭,停止工作。轮对检测系统可将检测图片进行合成或对比,通过无线传输通道将检测结果传输到远程数据中心,最终实现对检测结果的统计、查询、打印报表等操作。

### 1.3 受电弓检测系统

受电弓检测系统是一种专门检测车顶受电弓状态的系统。受电弓检测系统主要采用图像识别的技术手段,通过安装在地铁车辆段、出入库线或正线上的监控系统,在车辆通过时实现对车辆受电弓形态的检测。主要包括受电弓高清成像,滑板磨损检测,羊角变形、缺失,绝缘子破损等。受电弓检测系统的应用可代替人工巡检,及时发现受电弓异常状态,提高检修效率,降低运营风险。

受电弓检测系统主要由碳滑板磨损检测模块、姿态检测模块、受电弓定位模块、综合控制单元以及地面数据中心等组成。各检测模块一般采用工业相机,当车辆行驶至检测区域时,受电弓定位模块输出车辆位置信息至控制单元,控制单元触发进行受电弓视频、图像的拍摄。通过图像识别算法,可对碳滑板缺口、断裂、磨损,受电弓运动姿态、绝缘子异常、受电弓结构异常等进行检测,并存储、输出检测数据至地面数据中心,便于运维人员对车辆受电弓进行维护。

### 1.4 走行部温度检测系统

走行部温度检测系统是一种可在列车运行过程中检测牵引电机、齿轮箱等走行部关键部件温度的系统。走行部温度检测系统采用红外测温的技术手段,通过对列车走行部关键部件温度的监控,形成趋势监测,在温度异常时可将异常信息及时反馈至地面中心,保证列车安全、可靠运行。

走行部温度检测系统主要由温度检测装置、车辆位置检测装置、监控单元等组成。温度检测装置主要由红外温度探测相机组成。当列车驶入检测区域时,车辆位置检测装置传送检测信号给控制单元,控制单元做出指令对走行部关键部件进行温度检测。待列车驶离检测区域时,走行部温度检测系统自动关闭。检测数据可存储在监控单元内,可通过红外热图的形式直接展示关键部件温度。走行部温度检测系统可通过无线传输的方式将数据传送至地面,为运营人员提供检修数据支持。

### 1.5 车号识别系统

车号识别系统是一种自动识别高速移动车辆车号的智能识别系统。车号识别系统利用高清图像采集技术与图像识别技术,可实现实时、准确的车号识别功能。车号识别系统具备自启动/关闭、智能信息处理等功能,检测精度高、运算速度快,适用于地铁、机车、火车、动车组等不同车型的车辆。

车号识别系统主要由高清相机检测单元、数据存储处理单元以及通信传输单元组成。通过非接触图像检测方式,自动获取车厢号、车号等信息,利用深度学习算法,保证良好的检测准确度。车号识别系统可代替人工巡查,复杂环境适应性高,提升检测作业效率,降低人员劳动强度,最终实现无人值守、远程监控等智能化工作状态。

### 1.6 智能检测机器人系统

智能检测机器人系统一般部署在车辆段内,主要利用机器人技术、机器学习算法、机器视觉、图像识别、大数据处理等手段进行车辆综合检测的装备。智能检测机器人以灵活的机械结构、精准的图像识别、不间断的连续可靠运行等特点,可在列车动态或静态工况下对车辆车底、车侧等位置关键部件状态进行精准检测。尤其



图3 智能检测机器人示意图

在空间狭小、光线昏暗等不便条件下,智能检测机器人系统可有效代替人工进行精准作业,大大降低人员劳动强度,提升工作效率。

智能检测机器人系统一般由智能检测机器人及远程控制单元等组成。智能检测机器人按移动形式可分为固定式和移动式两种。固定式机器人一般安装在轨道两侧,配置有机器人控制系统,通过搭载的检测设备对车辆进行巡检;移动式机器人一般在固定式组成基础上,增加了机器人移动平台。远程控制单元通过无线网络与智能检测机器人通信,下发巡检作业任务信息、行驶速度、行驶路线,智能检测机器人接受相应指令后对目标进行巡检,并将检测结果反馈至远程控制单元。

智能检测机器人还配置有电源模块、自动驾驶模块等,能够根据环境状况自主学习,规划驾驶路线,实现自主定位。智能检修机器人的核心技术在于机器人运行的控制、设备图像故障定位、相机的图像处理算法以及机械臂控制等。智能机器人检测系统可对车侧、车底关键部件的外观进行扫描,检测关键部件外观是否异常,是否处于故障状态。智能检测机器人的使用,可以大大提高车辆巡检智能化程度,是未来行业发展的重要组成部分之一。

## 2 智能巡检装备特点

针对以上智能巡检装备的组成和功能,总结智能巡检装备具有以下特点:

- (1) 普遍应用机器学习、图像识别、云计算/存储等技术手段;
- (2) 各系统工作互不影响,独立性高;
- (3) 采集、分析数据均可在地面数据中心展示;
- (4) 可有效提高巡检效率,降低人员工作强度;
- (5) 适应数字化、智能化轨道交通装备发展需要。

智能巡检装备的以上特点,使其很好地解决了当前轨道交通车辆巡检过程中工作量大、劳动强度高等方面的问题,但也正是因为这些特点,导致了智能巡检装备

在应用中还存在以下方面的不足:

- (1) 部分系统算法模型比较简单,仅能对采集数据进行简单分类汇总,深入分析依旧需要人为干预;
- (2) 不同系统间部分硬件以及功能有重叠,导致资源浪费;
- (3) 各系统与地面间的数据传输形式不尽相同,地面往往配置多个数据服务器,不利于统一管理;
- (4) 部分系统检测元件需定期检查、校准,一定程度上带来了额外的巡视检修工作;
- (5) 部分智能巡检装备建设、运维成本依旧较高,投资回报周期较长。

根据轨道交通产业数字化发展建设目标要求,考虑当前日益增长的运维任务需要,智能巡检装备的发展与应用前景潜力巨大。如何解决以上智能巡检装备在应用中存在的不足,创造更好的智能巡检环境,将是未来行业发展的重要方向。

## 3 结语

本文所介绍的轨道交通智能化巡检装备是轨道交通行业实现智能化、数字化发展的重要手段之一。智能化巡检装备的应用能够明显降低巡检工作量,大幅提升巡检效率,保证车辆状态安全可靠。目前,越来越多的研究机构、企业参与到了轨道交通智能化巡检装备领域的研究工作,通过在实践应用中的不断总结,智能化巡检装备将会得到长足的发展。

## 参考文献:

- [1] 陆其波,梁桂琦,古鹏,等.地铁列车360°外观故障图像检测系统的应用[J].运输经理世界,2020(3):46-48.
- [2] 程中国.地铁车辆轮对外形尺寸在线检测系统[J].城市轨道交通研究,2021,24(9):228-231.
- [3] 朱均,黄丹丹,郑晓飞.列车受电弓轨旁检测系统的应用研究[J].科技与创新,2021(23):170-171+174.
- [4] 郇春晖,夏志成,高一凡,等.城轨列车走行部地面检测系统研究与设计[J].都市轨道交通,2021,34(4):69-74.
- [5] 杨树旺.地铁车辆车号识别系统的研究与应用[J].现代城市轨道交通,2022(5):20-23.
- [6] 中车青岛四方车辆研究所有限公司.轨道交通智能巡检机器人系统:10399043.1[P].2021-10-19.

作者简介:王国庆(1994.02-),男,汉族,内蒙古呼伦贝尔人,本科,工程师,研究方向:智能装备。