

# 地铁车辆弓网监控系统的构成与主要技术

石 颖

(中车长春轨道客车股份有限公司工程技术中心,130062,长春//高级工程师)

**摘 要** 以兰州地铁车辆上应用的弓网监控系统为例,介绍了弓网监控系统的构成和该系统的主要技术,对比分析了目前常用的弓网关系测试装置的功能和特点。弓网关系测试是指导接触网检修调整、监测弓网运行状态、预防弓网故障发生的一个科学有效手段,弓网监控系统集多项先进检测技术和设备于一体,对实现接触网设备“定期检测、状态检修”有重要作用。

**关键词** 地铁; 车辆; 弓网监控; 接触网动态检测; 受电弓动态检测

**中图分类号** F570.73

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2020.02.025

## Composition and Core Technology of Pantograph-catenary Monitoring System in Urban Rail Transit Vehicles

SHI Ying

**Abstract** Taking the case of pantograph-catenary monitoring system applied in Lanzhou subway vehicles, the composition of the pantograph-catenary monitoring system and its core technology was introduced. The functionality and characteristics of the commonly used pantograph relationship test devices was compared and analyzed. Pantograph relationship test is a scientific and effective method to guide contact web maintenance and adjustment, to monitor pantograph operation status, to prevent pantograph fault occurring. The pantograph-catenary monitoring system has integrated multiple advanced detecting technology and device within a single unity, which contributes significantly to realizing the “Regular detection, Status Maintenance” of contact web device.

**Key words** metro; vehicle; pantographs-catenary monitoring; contact web dynamic inspection; pantographs dynamic inspection

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

弓网监控系统即受电弓及接触网动态检测监测系统。弓网关系测试手段主要采用弓网参数动态测试装置来实现。地铁接触网的传统检修主要

采用传统的人工巡查及作业车车载式测试两种方式。而兰州地铁直接将弓网监控系统安装在部分运营地铁车辆上,采用非接触式方式对运行中的弓网状态进行实时检测和监测,及时发现运行状态下的受电弓故障或者异常、接触网几何参数异常、刚性悬挂结构异常。通过实时分析将异常数据以及图片发送到地面数据中心。以备人工查验复核,为受电弓、接触网日常维护和修理提供科学依据。

## 1 弓网监控系统构成

图1为单车弓网监控系统系统构成。图2为地面服务站和车载设备通信示意图。

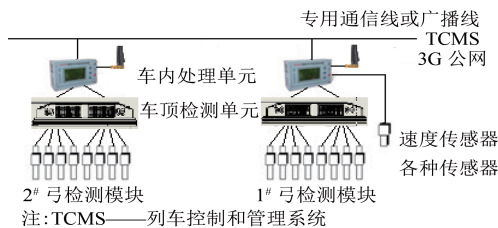


图1 单车弓网监控系统构成

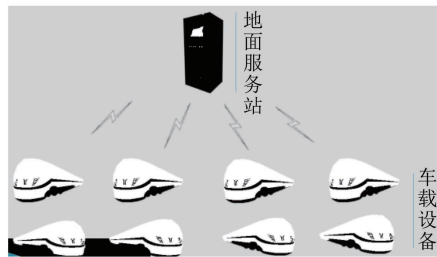


图2 地面服务站和车载设备通信示意图

弓网监控系统包括地面服务站和车载设备。地面设备安装于运营单位机房或者办公室,车载设备安装于地铁车辆上。车载设备包括车内设备和车顶设备。车内设备包括数据处理中心和安全供电模块。车顶设备包括受电弓监测模块、弓网温度测量模块、弓网燃弧测量模块、接触网几何参数测量模块、环境监测模块、系统定位模块和数据传输模块。

车顶设备采用单一封装,安装于带受电弓车的相邻车辆上。采用 2 个相机从后方左侧和右侧同时进行拍摄。两个相机完全覆盖整个受电弓弓头以及关键连接处。同时上弓臂也会出现在监控画面中。车内处理单元,采用标准箱式结构,适合安装于 300 mm×600 mm 标准电气柜,占用高度空间约 6.5 U。车顶检测单元,采用一体化封装,所有设备封装于一个 1 600 mm×500 mm×175 mm 的整体结构内。

## 2 弓网监控系统的主要技术

### 2.1 接触网几何参数检测

1) 测量原理为基于双目视觉原理。采用线形红外激光作为相机补光光源。相比 LED(发光二极管)光源,激光具有如下优势:光衰减小,能够降低被测物远近不同带来的亮度差异;单色性好,波长单一,便于使用滤光片排除杂波干扰。

2) 测量参数包括接触线高度、拉出值、平行线间距、平行线高差、导线坡度、导高变化率、线岔状态、锚段状态等<sup>[1]</sup>。

### 2.2 接触网悬挂状态巡检

运营过程中,接触悬挂探测器持续对接触悬挂进行扫描,一旦探测成功,则启动相机对接触悬挂进行抓拍。采用 850 nm 红外 LED 瞬间补光,LED 群约提供 100 000 lm 光通量,且持续时间仅为 100 μs。同样,相机也采用极短的曝光时间,约 30 μs。即使在运动状态下也能清晰成像。相比对全线进行视频记录的方式,采用定点抓拍更能有效拍摄刚性悬挂沿线装置图像,如汇流排、中间接头、膨胀接头、中心锚段、分段绝缘器、悬吊安装底座、刚性悬挂绝缘子等沿线设备。配合智能识别算法,能够自动查找出悬挂装置存在的安全隐患。图 3 为接触悬挂探测器工作原理示意图。

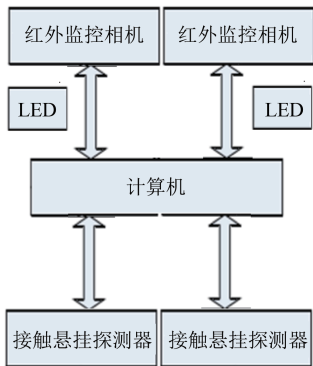


图 3 接触悬挂探测器工作原理示意图

### 2.3 接触网温度场分析

使用热像仪在检测过程中对接触网所有带电设备进行拍摄,包括承力索、接触线、电联接线、吊弦、各类线夹、支持装置等。热像仪具有较高的分辨率,能够在温度图像上运用图像处理方法分辨出线夹、定位器等接触网设备的形状。热像仪具有较高的采样频率,能保证在列车快速运行过程中采集到清楚的接触网设备动态红外图像。

如果  $T_{\max} - T_{\text{base}} > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $T_{\max}$  为检测位置的最高温度; $T_{\text{base}}$  为检测位置的基准温度),则该位置为疑似发热故障点,将当前检测位置、最高温度、基准温度等信息保存在检测结果数据库,并保存当前温度图像,在检测数据分析处理时利用红外图像分析软件进行发热故障的确认。

如果  $T_{\max} - T_{\text{base}} > 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,则该位置为发热严重缺陷点,检测设备即刻将检测结果和检测图片通过无线方式传输至地面服务中心,以便于及时对发热故障进行确认和处理

### 2.4 离线燃弧检测

离线燃弧检测基于光子检测原理,将太阳光与燃弧弧光光谱进行对比分析,是一种基于 200~280 nm 光的日盲紫外检测手段,既能完成对弧光的检测,又可以不受阳光的干扰。

弓网监控系统采用日盲紫外镜头汇聚燃弧日盲紫外光子,经日盲紫外光纤将日盲紫外光子引导到日盲紫外传感器,日盲紫外光子撞击探测仪产生电信号,该信号经过处理后变为降弓信号,再传送至上位机。

理论上讲,每一次出现光子强度尖峰就意味着一次燃弧。尖峰越高,则燃弧强度越大;尖峰越宽,则燃弧时间越长。

### 2.5 受电弓形态以及姿态分析

运营过程中,持续对受电弓进行拍摄,在拍摄的同时,红外 LED 对受电弓进行补光。为了对后期图像算法完成异常分析,没有使用传统的高清监控相机,而是使用工业高清相机。二者的区别在于,监控相机曝光时间不能做到很短,高速环境下不能呈现单张的高清图片;而高清工业相机,采用 25 fps 的帧率对受电弓进行抓拍,每一张都保存为独立照片而不是压缩后的视频流,既提高了算法识别率,又实现了人工查看故障图片的清晰度要求。

本文介绍的弓网监控系统使用了大量原创型算法,完成了以下功能的智能测量。

1) 受电弓形态异常识别算法。能够对羊角断裂、变形,滑板脱落,滑板缺口,螺栓松动,受电弓夹杂异物,绝缘子缺损,异物进行智能测量。

2) 受电弓姿态异常识别算法。能够对异常震动、偏离中心位置、滑板倾斜进行智能测量。

## 2.6 受电弓动态监测

受电弓动态检测采用 808 nm 近红外 LED 补光,并配合 400 万像素高清近红外工业相机进行拍摄,高清成像。图像保存也没有采用监控常用的视频格式,而是单张保存无损失压缩图片,完美保留受电弓每一个细节。

## 2.7 受电弓滑板磨损测量

受电弓滑板磨损测量一般采用人工方式或者地面设备测量过往受电弓的方式进行测量,弓网监控系统创新性地实现了一个基于高清工业相机的车载设备的测量。为了避免因受电弓升降、拍摄视角误差引起的受电弓滑板磨损测量误差,同时考虑到受电弓滑板磨损不是一个突变量,对受电弓滑板磨损测量检测频率的要求可以很低,比如每天在固定导高的位置检测一次。

## 3 弓网关系测试方式比较

目前弓网关系测试装置有手推式简易接触网检测装置、接触网综合检测车和弓网关系在线实时监测系统。

1) 手推式简易接触网检测装置。是弓网在线监测装置和接触网综合检测车的有效补充。地铁的接触网设备参数测量主要是通过传统的人工巡查方式,借助激光测量仪、游标卡尺等工具进行测量,需要大量的人力和时间,且测量数据不连贯、作业效率低。而通过在专门定制的手推车上加装接触网检测装置,以不超过 5 km/h 的速度在轨道上推行,利用光学原理实现对接触网几何参数及磨损的连续精确测量,可以有效提高作业人员的检修效率,也是对其他检测手段的有效补充<sup>[2]</sup>。该装置的缺陷是,只能在运营车停运后进行测试,不能及时发现可能存在的安全隐患,同时作业车与运营车在设计上存在一定的差别,不能真实、准确地反应运营车运营过程中的弓网关系。

2) 接触网综合检测车。是专门配备先进检测

系统的专用检测车,能全面检测接触网的参数状态。检测任务由供电部门统一安排和布置,一般用于新线联调联试、既有线路的全面检测等。配属专职的检测人员,负责检测车及检测设备的运用管理、日常的检测任务和检测数据的分析处理等。每次检测任务结束后,由检测人员对检测数据和视频资料进行整理,将缺陷数据发送至各车间进行复核处理,各车间收到数据后分轻重缓急纳入处理计划进行处理。对管辖内所有缺陷都采用动态管理制度,实行闭环管理,对每个超限处所逐一消号。

3) 弓网关系在线实时监测系统。通过对弓网关系实时在线监测,及时发现接触网设备的缺陷。该系统在不改变车体结构的前提下,在地铁车辆等电客车顶预留接触网在线监测系统接口,安装整套在线监测系统。在电客车正常运行的过程中在线实时监测列车受电弓与接触网的跟随状态、受电弓与接触网的燃弧状态、接触网参数、接触网定位悬挂状态、接触网异物和受电弓状态等主要运行状态的特征信息,并对这些信息进行综合分析处理,及时预报影响车辆安全运行的故障,能够有效保证运营安全<sup>[3]</sup>。

## 4 结语

弓网关系测试是指导接触网检修调整、监测弓网运行状态、预防弓网故障发生的一个科学有效手段,也是实现接触网设备“定期检测、状态检修”的必然趋势。兰州地铁、西安机场线等车辆上相继采用了弓网在线监测技术,该技术是集传统接触网动态检测设备、弓网运行状态检测监测设备、接触悬挂状态检测监测设备于一体的先进检测技术。基于现实需求,地铁车辆上的弓网监控技术将会得到进一步的推广和应用。

## 参考文献

- [1] 孙纲,邓志刚.车辆在线监测系统在受电弓检测中的应用[J].都市轨道交通,2012,25(1): 104.
- [2] 陈诚.地铁弓网关系检测方法 & 运用浅析[J].金田,2015(5): 428.
- [3] 任佳敏.浅析地铁弓网关系检测方法 & 运用[J].数字化用户,2017,23(30): 47.

(收稿日期:2019-08-25)