

[数智化]

网轨隧一体化综合检测系统在轨道交通的应用

文/李鹏 李春宇 覃伟毅 李逸
中车城市交通规划设计研究院有限公司

现有的轨道交通运维检测方式主要依托运维人员经验人工测量以及工程检测车辆辅助检测的手段，存在检测效率低下、准确度不足、人力成本高和数智化程度低等问题。针对传统轨道交通运维模式问题进行研究，搭建网轨隧一体化综合检测系统，实现以城轨电客车为检测核心，提出运营即检测的创新模式。

随着城市化进程的加速和人口规模的持续增长，城市轨道交通已成为解决城市交通拥堵、改善城市环境的重要手段，得到了迅猛发展。然而，随着城市轨道交通网络的不断扩大和复杂化，轨道线路的安全性和稳定性问题日益凸显。传统的运营检测方法存在检测效率低下、准确度不足、人力成本高和数智化程度低等问题，难以满足现代城市轨道交通的安全检测需求。因此，研究和应用新型设施检测技术，提高检测效率和准确性，降低检测成本，成为当前城市轨道交通领域亟待解决的重要问题。

网轨隧一体化综合检测系统的出现，为解决上述问题提供了一条全新的途径。它是集先进的传感器技术、资料处理算法和通信技术为一身的系统，可以对城市轨道交通线路进行全方位的实时监测和考核。通过这一系统可对潜在问题进行及时的发现，在提高运营安全性、降低故障率方面给予有力保障，从而对城市轨道交通的安全运营起到有效的保障作用。

运营维护现状

网轨隧一体化综合检测是保证城市轨道交通安

全运行的重要手段。当前，城市轨道交通的检测工

作主要依赖于人工实地测量及特制检测车辆两种方式。通过这些方法来收集线路的几何特征数据及弓网关系、轮轨关系的动态信息，作为排除故障的依据基础。下文以接触网检测为例对运营巡检现状进行分析。

（1）人工步巡

在线路停运时，业务人员配备便携式检测设备逐一对接触网设施设备进行简单的测量，如单点检测激光测量仪，可以简单且直观地检测接触网几何静态参数。便携式检测设备作为检修人员最广泛使用的检测工具，虽然轻巧便于携带，但检测过程中需检修人员反复下蹲操作仪器，增加了检测作业时间，检测结果准确性高度依赖检测人员自身技术水平，检测功能的单一性也大大降低检修人员的工作效率，不适用于全线的接触网检测。

（2）工程车辅助检测

这种方法主要用于接触网的维护和检查。从我国现有轨道交通接触网检测的现状分析可以看出，绝大部分接触网检测、复测是由接触网工程车承担。由于接触网工程车通常在非运营的“天窗期”工作，工程车不取流的情况势必造成检测到的弓网相互作用的动态参数无法反映弓网关系的实际运行情况，且工程车通常采用内燃机机组作为动力源，

运行过程中会排放对作业人员有毒有害气体，产生大量噪声，不利于在空间有限的隧道内作业。

基于上述存在问题，提出利用技术手段来改进传统运营巡检模式，依托线网中心的数据中枢作用，接收整个城市轨道交通系统中的接触网、轨道、隧道的检测信息，对缺陷故障病害进行定位，对比历史数据，分析病害发展趋势，最终下发到各条线路运营分中心，及时指派相关专业运维人员对系统薄弱点进行跟踪，对故障位置进行针对性消除。这不仅可以提升运营过程中发现故障的能力，优化了工作人员的作业效率，减轻了他们的劳动强度，还可以使电客车运营过程中的安全保障得到极大提升，体现了轨道交通检修向智能化转型的前沿动向，是推动行业革新的一项关键举措。

网轨隧一体化综合检测系统在城轨应用

1. 系统构成

网轨隧一体化综合检测系统分为车载与地面两大板块，其中车载部分细分为四大组件：①车顶设备，安装在受电弓附近（车顶集成模块，补光灯，悬挂检测模块等）；②车身设备，安装在车头或两车厢连接处（图像采集模块，线性光源等）；③车内设备，根据实际情况选择安装在电气柜或客室座椅下方（电源箱，主机单元等）；④车底设备，安

装在带受电弓车厢底板下（振动补偿装置，定位系统等）。所有设备需根据电客车安装空间再确定具体位置。地面控制系统借助数据关联分析和大数据深度挖掘模块，实现系统核心功能，有效提升信息处理和利用效率。车载组成如图1所示。

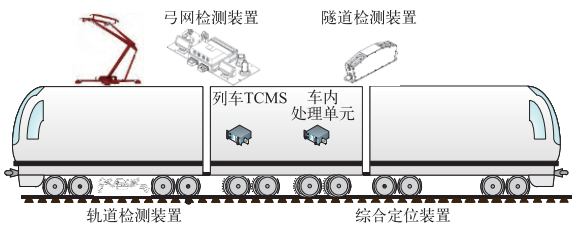


图1 车载组成图

依据现场信息采集的种类与体量，数据分为“实时数据”与“非实时数据”两类。其中，实时数据采用以下处理方式：车载设备通过城市轨道交通专用车地无线通道，先到达就近车站，经车站内部专用传输通道上传至各线路级控制中心，经线网传输网络上传至综合检测数据中心平台；对于非实时数据采用以下处理方式：在车辆入库后，可通过移动存储介质人工从车载设备转移至场段内专用工作站上进行解析，也可通过布设于库区内的无线AP，通过局域WiFi，自动接收车载数据，并上传至专用工作站。系统架构如图2所示。

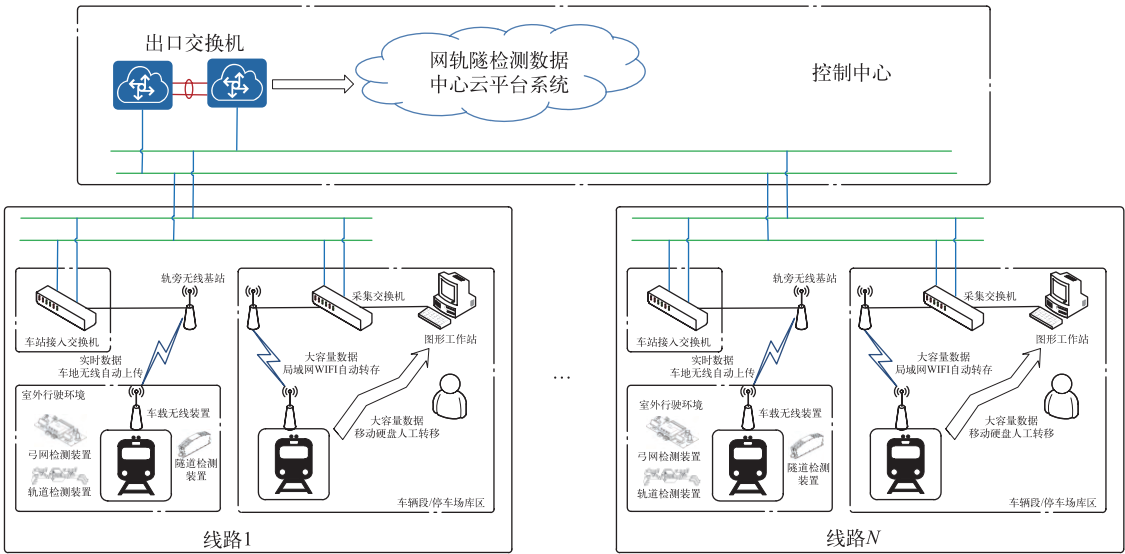


图2 系统架构示意图

2. 工作原理

基于先进的传感器技术和数据处理算法，网轨

综合集成检测系统的工作原理。在探测过程中，车载探测装置将城市轨道交通线路的状态信息通过传

感器进行实时采集，并通过数据传输网向地面数据中心发送数据。地面数据中心接收到数据后，对城市轨道交通线路的缺陷和异常情况，利用先进的算法进行数据处理分析。同时，对于城市轨道交通线路的未来状态，地面数据中心也能根据历史数据和目前数据的变化趋势进行预测，为运营决策提供有力支撑。

该系统在整个工作过程中，可对整个线网轨道交通在运行线路实现实时检测，提升了检测效率，提高了检测准确度。同时，该系统还实现了多专业之间的协同分析，通过数据共享和协同工作，使分析的精确性和可靠性得到提高。这种检测手段的全面整合，有力地保障城市轨道交通的安全运行。

3. 系统优势

城市轨道交通工程应用网轨隧一体化综合检测系统的优点有以下几个方向。

1) “运营即检测”模式是一大创新，应用于城市轨道交通中的网轨与综合集成检测系统。这种模式将检测与运行紧密结合，实现了多专业检测同时进行的目標，使检测效率和准确度在列车正常运行过程中得到大幅提升。

2) 从硬件设计上来说。该系统采用了能够更精确地捕捉轨道细微变化，从而提高探测准确度的高集成度和高灵敏度传感器。同时，采用先进算法和高速计算技术，使系统的数据处理单元能够对大量数据进行快速处理，做到实时分析预警。

3) 从软件架构上来讲。该系统采用的模块化设计，让每一个功能模块都能独立运行，协同工作。这样的设计在提高系统稳定性和可靠性的同时，也让系统的维护和升级变得更加简单。此外，还引入人工智能和机器学习技术，能够不断优化检测算法，通过不断学习和分析历史数据来提高检测的精确性和智能化水平，让采集的大量数据创造新的价值。

4) 从数据传输上来看，系统运用了高速稳定的无线通信技术，使车载检测装置与地面数据中心之间的实时数据交换得以保证，这就使得系统在列车高速行驶的情况下，仍能保持数据的可靠性和连贯性。

结束语

随着社会的发展，人们将城市轨道交通纳入了国际、国内以及国家安全的重要部分，在安全的等级上有不断提高的趋势。轨道交通的安全运行正不断引起国家、政府和媒体的极大关注，安全运行是当今轨道交通的第一需求。

该系统的推广应用，将显著减少城市轨道交通供电、工务和隧道等领域的故障事件，有力促进全国轨道交通安全运营水平，不仅引领行业技术创新步伐，也将在信息时代为保障城市轨道交通经济效益和社会效益最优化做出积极贡献。EA

(收稿日期：2024-05-08)

