

交通运输工程试验检测智能化技术应用研究

董志忠

新疆昆仑工程咨询管理集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 841500

摘要:传统交通运输工程试验检测多依赖人工操作,存在检测精度低、时效性差、盲区较多、数据零散等实际问题,难以适配现代交通工程精细化建设与运维需求。本文结合道路、桥梁、隧道工程实际检测场景,构建包含数据采集、数据处理、应用服务的三层智能化检测技术体系,系统分析智能传感、无损检测、大数据辨识等技术的具体应用方式,梳理桥隧及附属工程全生命周期智能检测应用模式。研究明确了智能化技术在交通工程检测中的实操优势,可为交通工程检测数字化转型、提升工程质量管控水平提供实践参考。

关键词:交通运输工程;试验检测;智能化技术;无损检测;全生命周期

引言:随着我国交通基础设施建设规模持续扩大,道路、桥梁、隧道等工程的建设标准与运维要求不断提高,传统人工检测模式的局限性逐步凸显。智能化检测技术凭借自动化采集、精准化分析、全天候监测的优势,逐步替代传统检测手段,成为行业发展主流方向。基于此,本文围绕交通工程试验检测智能化体系构建与实际应用展开研究,为工程检测提质增效、智慧交通建设提供技术支撑。

1 传统试验检测技术流程与现存短板

传统交通工程检测以人工采样、试验室检测、现场人工巡检为主,流程固定且依赖人工操作、数据分析。现场工作人员通过定点取样、人工记录底层基础数据,再带回试验室开展理化判断、分析,最终整理数据、出具检测报告。这种检测模式目前存在诸多短板,人工操作易产生读数误差、记录错误偏差,数据准确率难以保障;采样检测方式存在滞后性,无法实时监测采集工程动态数据及实时上传;同时人工巡检效率低、受监测环境限制及覆盖范围有限,针对隐蔽工程、细微结构病害的排查能力不足;样品抽检代表性、频率等人为判断、操作的局限,难以适配现代化交通工程规模化、精细化的检测需求。

2 交通运输工程试验检测智能化技术体系构建

2.1 智能化试验检测体系总体架构设计

针对交通运输工程受自然环境影响,多为野外采样作业、点位分散、全周期、全天候监测、收集数据局限性的行业特点,智能化试验检测体系采用分层式架构,整体划分为数据采集层、数据处理层与应用服务层,各层级独立运行、数据互通,可适配道路、桥梁、

隧道多场景检测业务模块化、专业化、数字数据管理模式。(1)架构以实际检测业务为导向,改变传统分散检测模式,统一设备数据接口与技术标准,覆盖原材料检测、施工质量管控、结构状态监测及病害排查等全业务场景。(2)架构具备良好实用性与兼容性,可对接现有检测设备与行业管理平台,实现传统检测与智能检测模式平稳衔接,满足日常常规检测与专项重点检测需求。(3)架构预留拓展空间,可根据智慧交通发展升级新增检测模块与分析功能构建大型数据库,适配交通基础设施全生命周期检测管理工作。

2.2 数据采集层:智能传感与自动采集技术

数据采集层为智能检测体系的基础层级,依托智能传感技术与自动化设备数据处理模块替代人工取样、人工读数方式,实现检测数据精准采集。(1)工况传感采集,在路基、桥梁、隧道围岩等关键结构布设应变、位移、温度、沉降等高精度传感器,实时捕捉构筑物结构应力、坡体位移、滑动、形变等动态物理参数采集、加工、处理。(2)无损检测采集,利用地质雷达、红外扫描、超声检测、5G 网络导航监控、高清移动摄像头、红外摄像头等设备及模块数据处理、云端数据数字化智能化软硬件设施设备,采集路面厚度、结构裂缝、内部空洞等隐蔽病害数据,在不破坏实体结构、不依赖人为控制操作的前提下完成内部质量检测。(3)移动终端采集,通过车载检测系统与便携智能终端,完成路面平整度、压实度、外观路况等指标的移动式全覆盖采集,保障检测数据的完整性与连续性。

2.3 数据处理层:大数据分析 with 智能辨识技术

数据处理层负责原始检测数据的筛选、整理与智能

判别,是实现检测智能化的核心中间环节。(1)数据处理加工模块化、检测标准化及大数据库处理、校验的高效结合,剔除野外作业产生的异常、冗余数据,兼容不同设备、不同场景的数据格式,解决传统检测数据杂乱、难以对比分析的问题。(2)大数据聚类归档,依托数据库对海量检测数据分析归类整理,按照工程类型、检测指标、施工阶段建立标准化数据台账,实现数据规范化管理。(3)智能辨识判别,依托行业检测规范搭建算法模型,自动判别检测指标合格状态,区分正常数据与隐患数据,精准识别病害类型与缺陷等级^[1]。

2.4 应用服务层:智能研判、预警与评估技术

应用服务层为体系终端应用模块,面向工程施工、验收、运维全流程提供技术支撑。(1)质量智能研判,整合处理后的检测数据,对照现行规范自动判定原材料、施工工序及结构运营状态的质量合规性。(2)分级风险预警,针对结构变形超标、路面病害、围岩异常等隐患,系统自动划分一般、重点、重大风险等级,实现分级预警提示。(3)结构状态评估,依托长期累积检测数据,对工程施工质量、结构稳定性、服役状态进行综合研判,为工程整改、养护维修及运维决策提供精准数据依据。

3 智能化技术在道路工程试验检测中的应用

3.1 道路原材料性能智能检测技术应用

道路原材料是道路工程施工质量的基础,沥青、集料、水泥、砂石及外加剂的性能指标,直接影响路基路面结构稳定性与耐久性。当前智能化检测技术已覆盖原材料进场抽检、批量复检、留样核验全流程。(1)集料智能化检测:借助智能集料图像检测系统,自动采集集料颗粒形貌、粒径级配、针片状、杂质含量等参数,依靠内置算法完成数据统计与判定,替代传统筛分、人工目测,检测精度满足现行规范,可用于集料质量评定。(2)沥青智能检测:运用全自动针入度、软化点、延度检测设备,实现自动控温、加载、记录数据,无需人工操作,规避人为操作误差,精准表征沥青高温及粘结性能。(3)水泥及混合料智能核验:利用智能强度试验机、自动化拌合料检测装备,完成水泥安定性、强度、沥青混合料配比与压实特性自动化检测,结合数据库实现试验数据自动留存,形成原材料质量闭环管控,提升检测效率,降低人工工作量。

3.2 路基路面施工质量智能化检测监测

智能化监测技术适配路基填筑、路面摊铺、碾压成型等施工工序,实现施工全过程动态全覆盖检测。(1)

路基施工智能监测:路基填筑布设智能压实监测系统,采集碾压速度、遍数、振动频率、沉降量等参数,定位漏压、弱压实区域,指导现场整改;搭配车载沉降监测设备,借助5G实时获取沉降位移数据,保障路基施工稳定。(2)路面摊铺智能检测:通过摊铺监测终端实时采集摊铺厚度、速度、温度等参数,管控摊铺均匀性,规避厚度不均、温度离析等隐患。(3)路面成型质量智能检测:利用全自动平整度、压实度检测设备,连续检测平整度、压实度、厚度、横坡等指标,自动存储完整数据,替代定点抽检,提升检测全面性。

3.3 道路病害智能识别与无损检测技术应用

智能化无损检测技术可在不破坏道路实体结构的前提下,完成路面表层及内部病害的排查与识别,适配道路日常检测、专项检测、养护检测等各类场景。(1)路面表层病害智能识别。依托车载智能巡检系统、机器视觉采集设备,搭载高清摄像与图像识别算法,自动采集路面裂缝、坑槽、沉陷、车辙、网裂等表层病害,系统可自动识别病害类型、统计病害尺寸、定位病害点位,替代传统人工徒步巡检、人工记录的作业模式,适配长距离道路快速检测作业。(2)路面内部病害无损检测。采用地质雷达、超声无损检测设备,对路面内部空洞、脱空、基层松散、层间粘结不良等隐蔽性病害进行扫描检测,通过智能成像系统还原道路内部结构状态,精准判定内部病害分布范围与病害程度,解决传统检测无法排查隐蔽病害的技术难题。(3)道路特殊工况智能检测。针对低温冻害、高温车辙、雨水冲刷造成的阶段性病害,结合红外测温、路面结构应力智能检测设备,完成道路结构性能衰减检测,精准掌握道路病害发展规律,为道路养护、维修、补强施工提供精准的检测数据支撑^[2]。

4 智能化技术在桥隧及交通附属工程检测中的应用

4.1 桥梁结构应力应变智能监测与检测

桥梁结构检测核心围绕结构受力、形变状态开展,现阶段智能化监测设备可实现桥梁主体结构全天候、不间断数据采集,适配梁式桥、刚构桥、斜拉桥等各类桥型的施工及运营检测场景。(1)结构应力智能监测。在桥梁主梁、桥墩、支座、索塔等关键受力构件布设光纤应变传感器、振弦式传感器,实时采集结构静态与动态应力数据,精准记录车辆荷载、温度荷载、风荷载作用下的结构应力变化数值,实现应力数据的实时存储与动态跟踪。(2)桥梁形变智能检测。采用高精度北斗GPS变形监测设备、激光测距传感器与倾角传感器,对桥梁竖向挠度、水平位

移、结构倾角等形变指标进行持续监测,精准定位桥梁结构形变点位,记录不同工况下的形变参数变化规律。(3)振动模态智能识别。依托桥梁动态信号采集设备,拾取桥梁结构振动频率、振型等模态参数,结合结构算法识别桥梁刚度变化、构件损伤情况,弥补传统外观检测无法识别结构内部隐性损伤的不足。

4.2 隧道衬砌缺陷、围岩状态智能化检测识别

隧道工程属于地下密闭结构,施工环境复杂、作业空间受限,智能化检测技术已成为隧道质量管控的主流手段。(1)衬砌表面缺陷智能检测。采用隧道智能巡检机器人、高清成像采集设备,搭载机器视觉识别系统,对隧道衬砌表面裂缝、剥落、麻面、渗漏水、混凝土空洞等表观缺陷进行全覆盖扫描采集,设备自动记录缺陷位置、尺寸、形态,完成缺陷分类统计。(2)衬砌内部质量无损检测。依托地质雷达检测系统,沿隧道衬砌轮廓进行连续扫描,采集衬砌内部厚度不达标、内部空洞、混凝土疏松、层间脱空等隐蔽缺陷数据,通过成像技术还原衬砌内部结构状态,精准判定内部缺陷范围与损伤程度。(3)围岩状态智能监测。在隧道围岩布设位移传感器、应力传感器与孔隙水压力监测设备,实时捕捉隧道开挖、支护、衬砌施工全过程的围岩收敛位移、围岩应力、地下水压力等参数,动态掌握围岩稳定性变化情况,匹配隧道施工工序开展针对性检测^[3]。

4.3 交通防护、排水等附属工程智能检测技术应用

交通附属工程包含护栏、防撞设施、边坡防护、排水系统、标志标线基座等配套设施,是交通工程安全运行的重要保障,其检测多以外观状态、结构完整性、使用性能检测为主,智能化技术可实现附属设施常态化、精细化检测。(1)防护设施智能检测。利用车载高清巡检设备与三维激光扫描技术,对道路桥梁波形护栏、防撞墩、边坡防护网等设施进行扫描采集,识别设施变形、破损、松动、缺失等病害,精准记录设施损伤点位与损坏程度。(2)排水系统智能检测。采用管道内窥检测机器人、水位智能监测设备,对桥梁泄水孔、隧道排水沟、道路雨水管网开展内部检测,排查管道堵塞、管壁破损、排水淤积、结构渗漏等问题,同步采集排水工况实时数据。(3)小型基座附属设施检测。通过便携智

能检测终端,对交通标牌基座、检修梯、桥架等小型附属结构的混凝土强度、连接牢固度、锈蚀情况进行定点智能化检测,实现附属工程无死角质量排查。

4.4 桥隧工程全生命周期智能化检测应用模式

桥隧工程全生命周期智能化检测模式,覆盖施工建设、竣工验收、运营养护、病害处置全流程,形成一体化、常态化的智能检测管控体系,区别于传统阶段性、碎片化的检测模式。(1)施工阶段智能检测模式。结合桥隧施工工序布设固定式智能监测设备与移动式检测终端,同步跟进结构施工质量检测,实时采集施工过程结构参数,实现施工质量动态管控,及时排查施工阶段结构隐患。(2)验收阶段智能检测模式。整合施工阶段全部智能检测数据,搭配专项无损检测、结构性能智能核验,形成完整、连续的检测数据台账,作为工程竣工验收的核心依据。(3)运营养护阶段智能监测模式。依托常态化监测设备,建立24小时不间断监测机制,持续采集桥隧结构状态数据,定期更新结构健康档案。(4)病害处置闭环模式。通过智能检测识别病害后,系统自动归档病害数据,跟踪病害整改施工过程,复检整改完成质量,形成检测、研判、整改、复检的全闭环智能化检测管理模式^[4]。

结束语:本文完成了交通运输工程智能化检测技术体系的架构梳理,细化了智能技术在道路、桥隧及附属工程中的具体应用场景,有效弥补了传统检测模式的多项短板。通过分层体系运作与全周期检测模式,可显著提升交通工程检测的精准度与全面性,实现工程质量与结构安全的动态管控。

参考文献

- [1] 岳世鹏. 交通运输工程试验检测智能化技术应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2026,(7):077-081.
- [2] 张磊,雷德敏. 智能化技术在公路施工试验检测中的应用研究[J]. 现代工程科技,2026,5(10):121-124.
- [3] 王涛,刘奇,郁圣维,等. 交通运输工程试验检测中的智能化技术应用探索[J]. 中国科技纵横,2025,(23):57-59.
- [4] 郇榆威. 交通运输工程试验检测中的智能化技术应用探索[J]. 智能建筑与智慧城市,2025,(7):187-189.