

智能信息化在公路试验检测中的应用分析

谭志清¹, 彭凡²

1. 浙江交工宏途交通建设有限公司, 浙江, 杭州 311305

2. 浙江交工集团股份有限公司第四分公司, 浙江, 杭州 311305

DOI:10.61369/ER.2024070008

摘 要 : 公路试验检测是保障公路工程质量的核心环节, 直接影响工程结构安全与使用寿命。随着新一代信息技术的快速发展, 智能信息化技术逐渐成为破解传统检测模式效率低、数据孤岛、人为误差大等痛点的关键手段。本文结合公路试验检测行业发展现状, 系统阐述智能信息化技术的应用价值, 详细分析物联网、大数据、人工智能、BIM技术在检测各环节的具体应用场景, 通过实际案例验证技术落地成效, 并针对当前应用中的难点提出优化路径, 为推动公路试验检测行业向数字化、智能化转型提供理论参考与实践借鉴。

关 键 词 : 公路试验检测; 智能信息化; 物联网; 大数据; 人工智能; 工程质量管控

Analysis of the Application of Intelligent Informatization in Highway Testing and Inspection

Tan Zhiqing¹, Peng Fan²

1.Zhejiang Jiaotong Hongtu Transportation Construction Co., LTD, Hangzhou, Zhejiang 311305

2.The Fourth Branch of Zhejiang Communications Construction Group Co., LTD, Hangzhou, Zhejiang 311305

Abstract : Highway testing and inspection is a core link in ensuring the quality of highway engineering, directly affecting the safety and service life of the engineering structure. With the rapid development of new-generation information technology, intelligent information technology has gradually become a key means to solve the pain points of traditional detection modes such as low efficiency, data silos, and large human errors. This article, in light of the current development status of the highway testing and inspection industry, systematically expounds the application value of intelligent information technology, analyzes in detail the specific application scenarios of Internet of Things, big data, artificial intelligence, and BIM technology in each link of inspection, verifies the implementation effect of the technology through actual cases, and proposes optimization paths for the current application difficulties. To provide theoretical references and practical lessons for promoting the digital and intelligent transformation of the highway testing and inspection industry.

Keywords : highway test and detection; intelligent informatization; Internet of Things; big data; artificial intelligence; engineering quality control

前言

近年来,《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》《数字交通“十四五”发展规划》等政策相继出台,明确提出“加快交通运输行业数字化、智能化转型”的发展目标,为公路试验检测行业技术升级提供了政策支撑。智能信息化技术以“数据驱动”为核心,通过整合物联网、大数据、人工智能等技术,重构检测流程,实现检测过程自动化、数据传输实时化、质量分析智能化,从根本上改变传统检测模式的被动性与滞后性。在此背景下,深入研究智能信息化在公路试验检测中的应用,对提升工程质量管控水平、推动行业高质量发展具有重要现实意义。

一、智能信息化在公路试验检测中的应用价值

智能信息化技术并非简单“技术叠加”,而是通过重构检测流程、优化数据利用,从效率、精度、管控、成本四方面为公路

试验检测行业赋能,助力行业转型。

其一,提升检测效率。传统检测需人工中断施工采送样品、操作仪器,单点位耗时超30分钟,还受天气与人员状态影响。智能设备结合物联网实现“无人化”操作,如智能压实监测系统实

时采集数据，单路段检测效率提升50%以上；智能回弹仪自动记录数据并上传云端，检测报告生成时间从12小时缩至1小时内。^[1]

其二，提高数据精度。传统检测因人工操作易出现采样偏差、读数误差等问题，混凝土强度检测误差率达5%~8%。智能技术以高精度传感器（如0.01mm位移传感器）捕捉细微变化，数据采集、传输、存储全程自动化，误差率可降至1%以下。

其三，强化动态管控。传统“事后管控”易导致返工，智能技术通过实时传数与动态分析，构建全流程体系：数据上传云端后，系统超阈值即预警，如某高速施工中，智能系统发现路基压实度不达标，实时提醒调整参数，避免返工。

其四，优化成本配置。传统模式需大量人力物力，智能设备可替代人工（1台桩基检测仪抵3~5人），云端平台集中存数减少设备重复购置，大数据还能优化检测点位，降低成本。^[2]

二、智能信息化在公路试验检测中的核心技术与应用场景

（一）物联网技术：实现检测数据实时采集与传输

在原材料检测场景中，物联网技术可实现原材料质量全程追溯。以砂石料检测为例，在砂石料运输车辆上安装GPS定位装置与重量传感器，在料场出入口设置智能地磅与视频监控设备：当砂石料进场时，地磅自动采集重量数据，传感器实时监测含水率、颗粒级配等指标，数据通过4G/5G网络实时上传至云端平台，管理人员可通过平台查看原材料来源、数量、质量指标，避免不合格原材料流入施工环节；在水泥、沥青等易变质材料的存储仓库中，安装温湿度传感器，若温湿度超出标准范围，系统自动触发报警，防止材料性能劣化。

在现场施工检测场景中，物联网技术可实现关键指标实时监测。以路基施工检测为例，智能压实系统通过在压路机上安装GNSS定位模块（定位精度1cm）、加速度传感器、温度传感器，实时采集碾压轨迹、压实度、碾压速度、路基温度数据，数据通过无线传输至云端平台，平台生成压实度分布热力图，管理人员可直观查看路基各区域压实质量，及时发现漏压、欠压区域；在桥梁施工中，通过在墩柱、盖梁等关键构件上安装应变传感器、位移传感器，实时监测构件在施工过程中的应力与变形情况，避免因施工荷载过大导致构件损坏。^[3]

（二）大数据技术：实现检测数据整合分析与价值挖掘

在数据整合方面，大数据平台可打破“数据孤岛”，实现多源数据统一管理。传统检测中，原材料检测数据存储于实验室管理系统，现场施工检测数据存储于施工单位终端，两者无法互通，难以关联原材料质量与施工质量的关系。大数据平台通过数据接口对接实验室系统、施工管理系统、监理系统等，将分散的数据整合至统一数据库，实现“原材料-施工-验收”全流程数据串联。例如，当某路段出现路面平整度不合格时，管理人员可通过大数据平台快速查询该路段使用的沥青混合料检测数据、施工时的碾压参数，精准定位质量问题根源（如沥青混合料级配不合理、碾压速度过快）。

在数据挖掘方面，大数据技术可通过关联分析、趋势预测等模型，挖掘数据背后的潜在规律。例如，基于历史检测数据构建“原材料质量-施工参数-路面性能”关联模型，分析不同沥青标号、集料级配与路面抗滑性能、高温稳定性的关系，为原材料选型与施工参数优化提供依据；通过时间序列分析模型，预测路面弯沉值、车辙深度等指标的变化趋势，提前制定养护计划，延长公路使用寿命；此外，大数据技术还可用于检测数据异常识别，通过对比同类型工程、同检测环节的历史数据，自动识别异常检测结果（如某批次钢筋强度检测值远超标准范围），排查是否存在数据造假或检测失误。

（三）人工智能技术：实现检测过程智能化与结果精准判断

人工智能技术以机器学习、计算机视觉为核心，具备“自主学习、智能判断”的能力，可替代人工完成复杂检测任务，提升检测智能化水平与结果准确性，尤其在图像识别检测、检测结果分析等场景中应用广泛。

在图像识别检测场景中，人工智能技术可实现路面病害、桥梁外观病害的自动识别与分类。传统路面病害检测需人工徒步巡查，效率低（2km/天）且易因主观判断导致漏判、误判；基于计算机视觉的路面病害检测系统，通过车载摄像头或无人机拍摄路面图像，将图像输入训练好的深度学习模型（如CNN卷积神经网络，训练样本量10万+张路面病害图像），模型可自动识别裂缝、坑槽、剥落等病害，同时标注病害位置、面积、严重程度，识别准确率达95%以上，检测效率是人工巡查的10~20倍。在桥梁外观检测中，无人机搭载高清摄像头拍摄桥梁底面、侧面图像，人工智能模型可自动识别混凝土裂缝、钢筋锈蚀等病害，解决人工难以到达的检测盲区问题。

在检测结果分析场景中，人工智能技术可实现检测数据的智能评估与决策支持。例如，在混凝土强度检测中，传统方法需通过回弹法、钻芯法等单一检测手段获取数据，结果受检测方法局限性影响较大；基于机器学习的混凝土强度评估模型，可整合回弹值、碳化深度、超声声速等多源检测数据，通过算法自动优化各数据权重，计算出更精准的混凝土强度值，避免单一检测方法的偏差；在工程质量评级中，人工智能模型可基于检测数据自动对照《公路工程质量检验评定标准》，生成质量评级结果，减少人工评级的主观误差，确保评级结果公平公正。^[4]

（四）BIM技术：实现检测数据可视化与全生命周期管理

BIM（建筑信息模型）技术以三维数字化模型为载体，将检测数据与工程实体模型关联，实现检测数据可视化展示与全生命周期追溯，为工程设计、施工、运维提供一体化质量管控方案，在检测点位规划、竣工验收等场景中发挥重要作用。

在施工阶段检测点位规划场景中，BIM技术可实现检测点位精准布局与数据关联。传统检测点位布置依赖人工根据图纸确定，易出现点位遗漏或重复布置的问题；基于BIM模型的检测点位规划系统，可根据工程结构特点（如桥梁支座位置、路基薄弱区域）自动生成检测点位布置方案，管理人员可在三维模型中直观查看点位位置，调整不合理点位；同时，将检测数据与BIM模型中的构件关联，点击模型中的某一构件（如路基段落、桥梁

梁板），即可查看该构件的所有检测数据（如压实度、强度、位移），实现“模型－数据”双向联动，方便快速定位质量问题。

在竣工验收场景中，BIM技术可构建“数字孪生”工程，实现质量追溯与存档。传统竣工验收需整理大量纸质检测报告，查询与追溯难度大；基于BIM技术的数字竣工验收系统，将所有检测数据、报告、图像等信息整合至BIM模型中，形成工程的“数字孪生体”，验收人员可通过模型查看工程各部位的质量状况，无需现场逐一核查；同时，数字孪生体可长期存储于云端，后续公路养护、改扩建时，管理人员可随时调取历史检测数据，了解工程结构性能变化，为决策提供依据。例如，某高速公路在竣工验收后，通过BIM数字孪生体存储了路面平整度、路基压实度等2000余组检测数据，在运营5年后的养护规划中，管理人员通过对比历史数据与当前检测数据，精准判断路面病害发展趋势，制定了针对性养护方案。^[5]

三、智能信息化在公路试验检测中的应用案例与优化建议

（一）智能信息化在公路试验检测中的典型应用案例

智能信息化在公路检测中的应用案例

案例1：某120km高速公路引入智能压实监测系统，解决路基实管控难问题。感知层在5台压路机装GNSS、加速度及温度传感器，采集碾压轨迹等数据；网络层用4G传数据至云端，延迟≤10秒；应用层平台可可视化、预警、生成报告。成效：路基检测效率从2天/公里缩至0.5天/公里，合格率从92%升至98%，减6名检测人员，节约成本36万元。

案例2：某80km农村公路用AI路面病害检测系统。检测车带4K摄像头和IMU单元，30km/h时速下每小时测10km；图像传云端经CNN模型处理，识别准确率93%；平台生成热力图与养护建议。成效：检测效率达50km/天，80km检测从40天缩至1.6天，漏判率从25%降至5%，养护成本降20%，路面寿命延2-3年。

（二）智能信息化在公路试验检测应用中的难点

尽管智能信息化技术应用成效显著，但在实际落地过程中，仍面临技术、管理、人才、安全等方面的难点：

1. 技术标准不统一：目前缺乏统一的国家标准与行业规范，如物联网传感器选型标准、大数据平台数据格式、人工智能模型评估指标尚未明确，导致不同厂家设备与系统无法兼容，数据共

享难度大；

2. 前期投入成本高：智能信息化检测设备（如高精度GNSS模块、人工智能检测车）与平台建设前期投入大（一套路面病害智能检测系统约50万元），中小型检测机构或农村公路项目难以承担；

3. 专业人才短缺：需要既掌握公路试验检测知识，又熟悉物联网、大数据、人工智能技术的复合型人才，目前行业内此类人才较少，部分项目虽引入智能设备，但无法充分发挥功能；

4. 数据安全风险：检测数据涉及工程质量核心信息，云端存储与无线传输存在数据泄露、被篡改的风险，若平台防护措施不足，可能影响工程质量判断。

（三）智能信息化在公路试验检测应用中的优化建议

针对上述难点，结合行业发展需求，提出以下优化建议：

1. 完善技术标准体系：由交通运输主管部门牵头，联合科研机构、设备厂家、检测单位制定智能信息化检测技术标准，明确传感器性能指标、数据格式、系统接口、检测方法等，实现设备与系统互联互通，例如制定《公路试验检测物联网传感器技术要求》；

2. 加大政策扶持力度：通过财政补贴、专项基金等方式，支持中小型检测机构与农村公路项目引入智能信息化技术；鼓励设备厂家研发低成本、轻量化的智能检测设备，降低应用门槛；

3. 加强人才培养力度：高校可增设“公路检测智能化”相关课程，培养复合型人才；行业协会可组织智能信息化技术培训，提升现有从业人员技能；企业可与科研机构合作，建立人才培养基地；

4. 强化数据安全防护：采用数据加密、访问权限控制、实时监控等技术手段，保障检测数据安全；制定数据安全管理制度，明确数据采集、存储、使用的安全规范；定期开展数据安全演练，提升应急处置能力。

四、结语

智能信息化技术为公路试验检测行业带来了革命性变革，通过物联网、大数据、人工智能、BIM技术的融合应用，有效解决了传统检测模式效率低、精度差、管控滞后等问题，实现了检测过程自动化、数据利用智能化、质量管控全周期化，为公路工程质量提供了坚实保障。

参考文献

- [1] 刘娇, 李晓. 道路与桥梁工程试验检测关键技术研究 [J]. 奥秘, 2023, (20): 19-21.
- [2] 何丽娜. 基于物联网技术的公路路面病害智能检测方法 [J]. 物联网技术, 2024, 14(06): 18-20.
- [3] 黄美焦. 信息化管理在公路试验检测中的应用 [J]. 企业科技与发展, 2022, (04): 188-190.
- [4] 王建国, 刘敏, 陈晓峰. 智能压实监测系统在高速公路施工中的应用研究 [J]. 公路交通科技, 2024, 41(5): 38-44.
- [5] 赵丽, 吴斌, 孙杰. 大数据驱动的公路工程质量动态管控体系构建 [J]. 交通运输工程学报, 2023, 23(6): 112-120.