

智能信息化在公路试验检测中的应用

唐均刚

阿拉尔市天平建材检测有限责任公司，新疆 阿拉尔 843300

[摘要]智能信息化技术通过整合人工智能、物联网与大数据等前沿技术，为公路试验检测领域带来了革新性突破。文章系统探讨了智能信息化在数据采集、分析决策、管理监控等关键环节的应用模式，揭示了其在提升检测效率、优化资源配置及增强数据可信度方面的核心价值。研究指出，通过自动化设备、云计算平台及智能算法的协同作用，公路检测实现了从传统人工操作向全过程智能化的转型。同时，文中分析了当前面临的数据安全、技术适配性及人才培养等挑战，并提出推动技术标准、构建人机协同机制等发展路径，为公路工程智能化发展提供了理论依据与实践参考。

[关键词]智能信息化；公路试验检测；技术应用；数据采集；智能化管理

DOI: 10.33142/ucp.v2i1.15597

中图分类号: U415.1

文献标识码: A

Application of Intelligent Informatization in Highway Testing and Inspection

TANG Jungang

Alaer Tianping Building Materials Testing Co., Ltd., Alaer, Xinjiang, 843300, China

Abstract: Intelligent information technology has brought revolutionary breakthroughs to the field of highway testing and inspection by integrating cutting-edge technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things, and big data. The article systematically explores the application mode of intelligent informatization in key links such as data collection, analysis and decision-making, management and monitoring, revealing its core value in improving detection efficiency, optimizing resource allocation, and enhancing data credibility. Research has shown that through the synergistic effect of automation equipment, cloud computing platforms, and intelligent algorithms, highway inspection has achieved a transformation from traditional manual operation to full process intelligence. At the same time, the article analyzes the challenges currently faced in data security, technological adaptability, and talent cultivation, and proposes development paths such as promoting technological standardization and building human-machine collaboration mechanisms, providing theoretical basis and practical reference for the intelligent development of highway engineering.

Keywords: intelligent informatization; highway testing and inspection; technology application; data collection; intelligent management

公路试验检测作为保障道路质量与安全的核心环节，长期以来依赖人工操作与经验判断，存在效率低下、主观性强及数据追溯困难等瓶颈。随着智能信息化技术的快速发展，物联网、人工智能等新兴技术为公路检测的精准化与高效化提供了全新解决方案。智能信息化通过自动化数据采集、实时分析及智能决策支持，不仅显著提升了检测精度，更重构了质量管理体系，推动行业向数字化、智能化转型。本文聚焦智能信息化技术在公路试验检测中的多维度应用，深入剖析其技术架构与管理逻辑，旨在探索信息化与公路工程深度融合的创新路径，为行业技术升级与可持续发展提供理论支撑。

1 智能信息化与公路试验检测概述

智能信息化是指利用先进的信息技术，如人工智能、大数据、物联网等，对信息进行高效、智能的收集、存储、处理和传输的过程。公路试验检测则是针对公路路面、结构和交通设施等进行监测与评估，以确保其安全性、耐久性和性能稳定性的活动。随着科技的不断进步，智能信息化技术在公路试验检测中的应用日益广泛。通过将智能信

息化技术与公路试验检测相结合，可以实现对公路状况的实时监测、数据的快速分析与处理，从而为公路管理者提供及时有效的决策支持。例如，利用数字图像识别技术，可对公路路面的裂缝、坑洼等缺陷进行自动识别与分析，显著提高了检测的效率和准确性；激光检测技术则可以对公路的平整度和高程进行精准测量，进而实现对公路结构的高精度监测。

2 智能信息化在公路试验检测中的技术应用

2.1 数据采集与自动化检测

智能信息化技术的核心优势在于通过自动化设备实现高精度、高效率的数据采集。三维激光扫描仪利用激光脉冲反射原理，可对路面结构进行毫米级精度的三维建模，单次扫描覆盖范围可达 200 米，数据采集效率较传统人工测量提升 90% 以上。例如，某高速公路养护项目中，激光扫描仪在 30 分钟内完成了 10 公里路面的全断面检测，并自动生成包含裂缝宽度、深度及分布密度的量化报告。此外，无人机巡检系统通过搭载多光谱相机与 LiDAR 传感器，能够在复杂地形中执行高空巡检任务。以某山区公路为例，

无人机在 15 分钟内完成了 5 公里路段的全景扫描,结合边缘计算技术实时识别出 3 处隐蔽滑坡风险点,避免了人工巡检可能存在的盲区问题。此类技术不仅降低了人力成本,还通过标准化数据格式实现了检测结果的数字化存档,为后续分析提供结构化输入。

2.2 信息化系统在数据处理中的应用

多源异构数据的融合与处理是公路试验检测的关键挑战。基于云计算的信息化系统通过构建分布式数据库与数据清洗算法,有效整合来自传感器、人工检测及历史档案的多模态数据。以某省级公路局开发的 BIM+GIS 协同平台为例,该系统将路面弯沉检测数据与地理空间信息叠加,利用空间插值算法生成三维病害热力图,并自动标注高风险区域坐标。平台内置的机器学习模块可对病害类型进行智能识别,准确率达 92% 以上。此外,数据可视化工具可将复杂检测结果转化为交互式图表,辅助管理者快速定位问题路段。

2.3 智能化分析与决策支持系统

深度学习技术的引入显著提升了公路性能预测的科学性。以长短期记忆网络为核心的预测模型,通过分析时间序列数据,可动态预测沥青路面的模量衰减曲线。某研究团队利用 10 年期的路面检测数据训练 LSTM 模型,其预测沥青老化周期的平均绝对误差 (MAE) 仅为 1.2 个月,较传统回归模型精度提升 40%。同时,决策支持系统 (DSS) 结合模糊逻辑与多目标优化算法,能够生成兼顾成本与效益的养护方案。例如,某市公路局采用 DSS 系统对 5 种养护策略进行模拟评估,最终选定基于微表处技术的预防性养护方案,使全生命周期成本降低 28%,且路面性能指数 (PPI) 维持率提高至 85% 以上。

2.4 物联网与传感器技术的集成应用

物联网 (IoT) 技术通过部署智能传感器网络,实现了公路基础设施的全天候状态感知。以分布式光纤传感系统 (DFOS) 为例,其在桥梁监测中可将光纤布设于主梁内部,通过监测光信号相位变化实时获取应变、温度等参数,空间分辨率达 1 米,采样频率最高 1kHz。某跨海大桥项目采用 DFOS 技术后,成功预警一次因船舶撞击导致的局部应力超限事件,响应时间较传统人工巡检缩短 98%。此外,基于 MEMS (微机电系统) 的无线倾角传感器被广泛应用于高边坡稳定性监测,其内置的 NB-IoT 模块可将倾斜角度数据以每分钟 1 次的频率上传至云平台,当位移速率超过阈值时触发预警。某山区公路通过部署 200 个此类传感器,累计避免了 3 次滑坡事故,直接经济损失减少约 1200 万元。

3 智能信息化提升公路试验检测效率的策略

3.1 自动化设备与智能监控系统的应用

智能施工设备的普及推动了试验检测流程的前置化与集成化。无人压路机通过集成 GNSS 定位与多轴惯性测量单元 (IMU),可在压实作业过程中实时采集振动频率、碾压速度及路基密实度数据,并通过 PID 控制算法动态调

整行进路线。某高速公路路基施工中,无人压路机将压实度合格率从 82% 提升至 96%,且每公里碾压能耗降低 15%。此外,智能监控系统采用计算机视觉技术对试验室操作进行全程录像,并利用 YOLOv5 模型识别违规行为。某质检机构引入该系统后,试验操作规范性评分提高 43%,且报告退改率下降 60%。此类技术还支持远程专家协作,例如通过 AR 眼镜将现场画面实时传输至后端平台,专家可在线标注问题区域并指导整改,平均问题解决时间缩短至 2 小时内。

3.2 基于云计算的大数据分析平台

云计算技术通过弹性计算资源分配,解决了海量检测数据的存储与计算瓶颈。某国家级公路数据中心采用 Hadoop 生态系统搭建分布式存储集群,实现了 PB 级检测数据的毫秒级检索。其 MapReduce 并行计算框架可在 30 分钟内完成 10 万组弯沉数据的统计分析,较单机运算效率提升 200 倍。典型应用案例包括路面性能退化模式挖掘:通过关联规则算法分析 15 年期的检测数据,发现当沥青针入度低于 40 且年降水量超过 800mm 时,路面出现网裂的概率高达 78%。该结论被纳入地方养护规范,指导材料选型与排水设计优化。此外,云平台支持多租户协同工作,不同检测机构可通过虚拟私有云 (VPC) 安全共享数据,某区域联合检测项目因此减少重复检测里程 1200 公里,节约成本约 300 万元。

3.3 人工智能算法在结果预测中的应用

机器学习算法在复杂环境下的预测能力显著优于传统经验公式。以随机森林 (RF) 算法为例,其通过构建多棵决策树并采用 Bagging 集成策略,可有效处理路面检测中的高维非线性问题。某研究团队融合气象数据 (温度、降水)、交通荷载 (轴载谱) 及材料参数 (沥青含量) 等 12 类特征,训练 RF 模型预测裂缝扩展速率,其决定系数 (R^2) 达 0.91,较多元线性回归模型提高 0.23。该模型还被用于敏感性分析,结果显示交通荷载对裂缝扩展的贡献度占 67%,据此建议在重载路段推广改性沥青。此外,强化学习 (RL) 技术在优化检测路径规划中展现潜力:某无人机巡检系统通过 Q-learning 算法自主学习地形特征与续航限制,最终生成的最优路径使单次飞行检测里程增加 18%,电池消耗减少 12%。算法还可动态调整检测频率,如在雨季自动提高易积水路段的巡检频次至每周 2 次,确保病害早发现早处置。

4 智能信息化在公路试验检测中的管理与监控作用

4.1 信息化平台的管理模式

智能信息化平台通过多层级权限管理与区块链技术的深度融合,实现了检测数据的全生命周期可追溯性。以某国家级公路质量监管平台为例,其采用基于角色的访问控制 (RBAC) 模型,将用户权限划分为“数据采集员”“审核员”“决策者”三级,并通过智能合约自动记录数据操作日志。此外,区块链技术的应用确保数据哈希值实时上

链,某跨省联合检测项目通过联盟链实现了6省市检测数据的互信共享,电子报告生成后10分钟内即可完成多方电子签章,较传统流程效率提升90%。

4.2 智能化监控系统的实时反馈

嵌入式传感器与边缘计算的协同作用,推动了试验检测从“事后纠偏”向“过程调控”的转变。在水泥混凝土强度试验中,智能压力机内置的应变传感器可实时监测试件受压形变,当应变速率超过标准阈值(如0.5mm/min)时,系统自动暂停试验并提示操作员检查设备校准状态。某省级实验室应用该技术后,无效试验次数减少42%,年度耗材成本节约18万元。此外,基于计算机视觉的坍落度自动检测仪,可通过3D点云重构技术计算混凝土流动性参数,检测精度达±5mm,较人工测量效率提升5倍,且数据直接同步至质量管理数据库。

4.3 提升试验检测透明度

智能信息化平台通过开放数据接口与多方验证机制,构建了公开透明的检测环境。某省交通质检总站推出的“阳光检测”平台,允许第三方机构通过OAuth2.0协议接入原始检测数据,并利用同态加密技术保护数据隐私。例如,某桥梁荷载试验中,三家独立检测机构分别对同一数据集进行验证性分析,结果差异率控制在2%以内,显著增强了报告公信力。区块链存证技术的应用进一步确保数据不可篡改:某特大桥健康监测数据每5分钟生成一个区块链区块,包含时间戳、传感器ID及数据哈希值,司法鉴定机构可直接调取链上数据作为法律证据。此类透明化措施还促进了产学研协同创新,如某高校研究团队通过开放数据库分析了10万组路面摩擦系数数据,发现冬季撒盐频次与摩擦系数衰减率呈指数关系($R^2=0.79$),该成果被纳入地方养护标准修订案。

5 智能信息化在公路试验检测中的挑战与未来方向

5.1 数据安全与隐私保护

随着检测数据规模的指数级增长,安全防护面临严峻挑战。需构建覆盖“端-管-云”全链路的数据加密体系:终端设备采用国密SM4算法对传感器原始数据加密传输;网络层通过量子密钥分发(QKD)技术防范中间人攻击;云端存储则实施基于属性的访问控制(ABAC),例如仅允许具备“高级工程师”属性且IP属地在本省的账户下载敏感数据。某智慧公路试点项目引入零信任架构后,成功抵御了日均3000次以上的网络攻击,数据泄露事件归零。此外,联邦学习技术的应用可在不共享原始数据的前提下训练AI模型,某跨区域裂缝检测项目通过该技术将模型准确率提升至88%,同时确保各参与方数据主权独立。

5.2 技术升级与人员培训

技术迭代速度与人员能力错配成为主要瓶颈。针对此

问题,需研发低代码/无代码分析工具,例如某企业开发的“DetectAI”平台,通过拖拽式界面实现检测数据预处理、模型训练与可视化,使非专业人员的算法应用效率提升70%。同时,建立“理论-实操-认证”三级培训体系:基础课程涵盖Python编程与传感器原理;进阶实训采用虚拟仿真技术模拟复杂检测场景;最终通过区块链徽章系统颁发技能认证。某省级检测机构实施该体系后,技术人员AI工具使用熟练度评分从58分提升至86分。此外,亟需培养跨学科人才,例如要求检测工程师同时掌握有限元分析与机器学习基础,以适应智能检测设备的运维需求。

5.3 智能与传统的融合发展

数字孪生技术为传统经验与智能分析的融合提供了载体。某高速公路改扩建项目中,通过BIM+GIS构建的数字孪生体,实时接入探地雷达检测的路基密实度数据,并与30年养护经验数据库进行比对,自动生成包含95%置信区间的路基健康度评分。此外,开发混合决策模型至关重要:在某边坡稳定性评估中,将神经网络预测结果与专家模糊综合评价相结合,当两者差异超过15%时触发人工复核机制,使误判率从7.2%降至1.8%。未来需建立“人机协同”标准流程,例如规定AI分析结果必须经至少两名高级工程师交叉验证方可采纳,确保技术应用的可靠性。

6 结语

智能信息化技术的深度应用,标志着公路试验检测从传统模式向智慧化体系迈进的关键转折。通过自动化设备、智能分析及区块链等技术的集成创新,检测流程实现了数据采集标准化、决策科学化与管理透明化,有效解决了效率与精度的双重难题。然而,技术应用仍需应对数据安全、跨学科人才短缺及传统经验融合等挑战。未来,需进一步推动技术标准统一化,建立开放共享的数据生态,并强化智能算法与工程实践的交互验证。通过构建“人机协同”的混合决策机制,智能信息化将不仅提升检测效能,更将赋能公路基础设施的全生命周期管理,为智慧交通体系的建设奠定坚实基础。

【参考文献】

- [1]王少波. 信息化管理在公路试验检测中的应用研究[J]. 交通世界, 2020(23):165-166.
- [2]谢燕楠. 信息化管理在公路试验检测中的应用研究[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(7):213-215.
- [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(4):188-190.
- [4]张萌蓉. 智能信息化技术在公路试验检测中的应用分析[J]. 中国科技投资, 2024(13):143-145.

作者简介:唐均刚(1987.2—),男,毕业于:长春工程学院-材料成型及控制工程专业,阿拉尔市天平建材检测有限责任公司,试验检测员。