

建筑工程与市政工程检测技术的创新与应用

陈明涛

河北雄安中天检测技术有限公司，雄安新区 070001

DOI:10.61369/ETQM.2025070035

摘要： 本文系统探讨了建筑工程与市政工程检测技术的创新发展趋势与应用实践，重点分析了智能化检测技术、无损检测方法和跨领域技术融合的最新进展。研究表明，人工智能算法、自动化设备和三维扫描技术显著提升了工程检测的精度与效率，5G、物联网和区块链技术为检测数据可信度与实时监控提供了创新解决方案。通过典型案例分析，验证了创新检测技术在高层建筑监测、装配式建筑验收和市政设施维护中的实际应用价值，为工程质量管理提供了技术支撑。

关键词： 工程检测技术；智能化；无损检测

Innovation and Application of Inspection Technology in Construction Engineering and Municipal Engineering

Chen Mingtao

Hebei Xiongan Zhongtian Testing Technology Co., LTD. Xiongan New Area 070001

Abstract： This paper systematically discusses the innovative development trends and application practices of inspection technologies in construction engineering and municipal engineering, with a focus on analyzing the latest progress in intelligent inspection technologies, non-destructive inspection methods, and cross-domain technology integration. Research shows that artificial intelligence algorithms, automated equipment and 3D scanning technology have significantly enhanced the accuracy and efficiency of engineering inspection. 5G, Internet of Things and blockchain technologies offer innovative solutions for the credibility of inspection data and real-time monitoring. Through the analysis of typical cases, the practical application value of innovative detection technology in the monitoring of high-rise buildings, the acceptance of prefabricated buildings and the maintenance of municipal facilities has been verified, providing technical support for engineering quality management.

Keywords： engineering inspection technology; intelligentization; non-destructive testing

引言

随着城镇化推进，建筑与市政工程规模扩大，工程检测技术重要性凸显。《“十四五”建筑业发展规划》（2022年）提出推动检测技术数字化、智能化转型。当前工程检测面临结构复杂、材料多样、隐蔽工程多等挑战，传统方法难以满足需求。新一代信息技术与检测融合，推动检测向智能化、自动化转变，无损检测技术提升评估精度，区块链保障数据可信度。研究检测技术创新与应用，对提升工程质量、推动建筑业发展意义重大，也是落实《质量强国建设纲要》（2023年）“提升建设工程品质”要求的实践。

一、建筑工程与市政工程检测技术概述

（一）建筑工程检测技术的基本内容

建筑工程检测技术主要涵盖结构安全性检测与材料性能检测两大领域^[1]。结构安全性检测聚焦于建筑物整体稳定性与承载能力评估，包括静载试验、动载试验及结构变形监测，确保建筑在设计及使用年限内满足安全要求^[2]。材料性能检测则针对混凝土、钢筋等关键建材，通过抗压强度试验、钢筋锈蚀检测及耐久性分析，验证材料是否符合规范标准^[3]。混凝土检测常采用回弹法、超声波法及钻芯法，钢筋检测则依赖电磁感应、X射线衍射等

技术，确保施工质量与长期可靠性。装配式建筑检测还需重点关注构件连接节点性能和整体结构稳定性^[4]。

（二）市政工程检测技术的基本内容

市政工程检测技术以道路与桥梁检测、地下管网与市政设施检测为核心。道路与桥梁检测涉及路面平整度、裂缝分布及桥梁结构健康状态评估，利用落锤式弯沉仪、探地雷达及光纤传感技术实现高效精准检测。无损检测技术在桥梁工程中可有效评估混凝土强度、裂缝深度等关键参数^[1]。地下管网检测重点针对给排水、燃气等隐蔽工程，通过闭路电视（CCTV）检测、声呐扫描及红外热成像技术，识别管道渗漏、堵塞及腐蚀问题。市政设施

地基基础检测需特别关注承载力测试和沉降观测等关键技术^[6]。市政设施检测则涵盖路灯、护栏等公共设施的耐久性与功能性评估，结合智能传感器与远程监控系统，提升城市基础设施运维效率。

二、传统检测技术的局限性

（一）建筑工程检测中的主要问题

传统建筑工程检测技术存在明显的效率与精度缺陷。人工检测方式占据主导地位，检测人员需现场逐项查验，不仅耗时费力，且检测范围受限于人员可及区域，难以实现全面覆盖^[6]。这种作业模式导致检测周期延长，无法满足现代工程建设快速推进的需求。环境因素对检测结果干扰显著，温度、湿度等外界条件变化会影响混凝土强度检测等关键指标的测量精度^[7]。人为操作误差同样不可忽视，检测人员的经验水平与操作规范程度直接影响最终数据可靠性。视觉检测等主观性较强的方法更易产生判断偏差，为工程质量评估带来不确定性，特别是在混凝土裂缝识别等关键检测环节。

（二）市政工程检测中的主要问题

市政工程的特殊性使传统检测技术面临严峻挑战。大型桥梁、隧道等设施结构复杂，检测点位分布广泛，常规检测设备难以到达高空、水下等特殊部位，存在大量检测盲区^[8]。隐蔽工程检测尤为困难，地下管网、基础桩等隐蔽结构的位置特殊性导致可视化检测手段失效。道路工程材料的传统取样检测方法不仅破坏路面结构，且样本代表性有限，难以全面反映工程质量状况。传统检测方法对设施内部缺陷的识别能力有限，表面检测无法准确反映内部损伤情况，可能遗漏潜在安全隐患。动态荷载作用下的结构性能监测也缺乏有效手段，难以及时捕捉结构响应变化，影响工程安全评估的准确性。

三、检测技术的创新方向

（一）智能化检测技术

1. 基于人工智能（AI）的缺陷识别

人工智能技术在工程缺陷识别领域展现出显著优势，其中图像识别技术在市政路桥工程裂缝检测中的应用尤为突出^[9]。深度学习算法通过训练海量工程图像数据，可自动识别混凝土结构表面裂缝的形态特征，包括裂缝宽度、长度和走向等关键参数。卷积神经网络模型能够有效区分真实裂缝与表面污渍、纹理等干扰因素，显著提升识别准确率^[10]。智能分析系统可实时处理检测图像，自动生成缺陷分布图和损伤评估报告，大幅降低人工判读的主观性和漏检率。该技术已成功应用于桥梁、隧道等大型结构的健康监测，实现从定性判断到定量分析的转变。

2. 自动化检测设备

无人机与机器人技术正在重塑工程检测作业模式。多旋翼无人机配备高清摄像和激光扫描设备，可快速获取建筑物外立面、屋顶等高空区域的详细影像数据，克服传统检测的安全风险和效

率瓶颈。爬行机器人搭载多种传感装置，能够在管道、隧道等密闭空间内自主移动检测，实时传输结构内部状态信息。水下机器人则解决了桥梁墩台、码头等水下结构的检测难题。这些自动化设备集成定位导航、数据采集和无线传输系统，形成完整的移动检测平台，显著提升检测覆盖范围和作业效率，同时降低人员作业风险。

（二）无损检测技术的进步

1. 超声波与红外热成像技术

超声波检测技术在混凝土结构评估中至关重要，高频声波传播特性可识别内部空洞、裂缝等缺陷，脉冲回波法能测强度、定位缺陷深度，穿透波法适用于大体积构件整体性评估。红外热成像技术通过表面温度场非接触式检测剥离、渗漏等问题，热像仪捕捉温差识别潜在缺陷，适用于外墙空鼓检测。两技术结合可实现从表面到内部的全面检测。

2. 激光扫描与三维建模

三维激光扫描技术为市政工程检测提供全新的数据采集方式。激光测距系统快速获取目标物体表面数百万个坐标点，构建毫米级精度的三维点云模型。该技术应用于道路平整度检测时，可一次性完成全断面测量，替代传统水准仪逐点测量方式。在桥梁检测中，通过多期扫描数据对比分析，精确量化结构变形发展情况。三维建模技术将点云数据转化为可视化模型，支持虚拟检测与尺寸测量，为市政设施数字化管理提供基础数据。高密度点云还能识别肉眼难以察觉的细微裂缝，提升检测的全面性与准确性。

四、创新技术的工程应用案例

（一）建筑工程中的应用

1. 高层建筑结构健康监测

现代高层建筑结构健康监测系统通过分布式传感器网络实时采集加速度、位移等关键参数。光纤光栅传感器嵌入结构，抗干扰、耐久性强，保障长期稳定采数。监测数据经无线传输至云端平台，结合机器学习识别异常振动。可视化界面展示响应趋势，超阈值自动报警。该系统提升超高层建筑安全管理水平，为预防性维护提供数据支撑。

2. 装配式建筑的质量检测

基于BIM技术的数字化验收体系革新了装配式建筑质量管理模式。预制构件出厂前嵌入RFID芯片，记录产品信息和质量数据。现场验收时，移动终端扫描芯片调取BIM模型中的设计参数，通过三维激光扫描实测数据与模型对比分析。增强现实技术辅助检查人员直观识别构件安装偏差，自动生成质量评估报告。数字化验收流程实现全过程质量追溯，确保构件从生产到安装各环节的质量可控性，大幅提升装配式建筑的整体建造质量。

（二）市政工程中的应用

1. 桥梁健康监测与预警系统

现代桥梁健康监测系统集成多种传感技术实施全生命周期监控。GPS位移监测装置与倾角传感器捕捉桥梁形变及姿态变化，

振动监测通过加速度计和频谱分析识别结构频率偏移, 光纤传感网络监测主梁应变与温度场。数据融合算法建立性能退化模型, 预警系统基于机器学习模型, 参数异常偏离基准值时触发分级预警, 为养护决策提供依据。

2. 地下管网智能检测

管道检测机器人搭载高清摄像头、激光测距仪和声呐设备, 实现管网内部全景扫描。行进过程中自动记录管道缺陷位置坐标, AI图像识别算法实时分类缺陷类型并评估严重程度。多传感器数据融合技术准确量化裂缝宽度、腐蚀面积等关键参数。检测报告自动生成管网健康状态热力图, 直观展示病害分布规律。智能分析系统结合管网材质、使用年限等属性数据, 预测剩余使用寿命, 为管网更新改造提供优先级排序建议。

(三) 跨领域技术的综合应用

1. 5G与物联网(IoT)在检测中的集成

5G网络为工程检测提供高速率、低时延的数据传输通道, 实现检测设备的广域互联。物联网技术将各类传感终端组成智能监测网络, 持续采集结构振动、变形等关键参数。边缘计算节点就近处理海量监测数据, 降低云端传输负荷。远程监控平台整合多源异构数据, 通过大数据分析挖掘结构性能演化规律。数字孪生技术构建虚拟模型, 实时映射实体结构状态, 支持预测性维护决策。这种集成应用显著提升工程监测的实时性和覆盖范围, 实现从离散检测到连续监测的转变。

2. 区块链技术在检测数据可信度提升中的应用

区块链的分布式账本技术为工程检测数据建立不可篡改的存

储机制。检测数据上链时自动生成时间戳和数字指纹, 确保数据完整性和时序性。智能合约自动执行检测标准, 规范数据采集流程。各参与方通过共识机制验证数据真实性, 消除人为干预风险。全链条追溯功能可查询数据历史版本, 明确质量责任归属。区块链与检测报告数字签名结合, 构建可信的电子档案系统, 为工程质量争议提供权威证据。这种应用模式重塑了检测数据的信任机制, 提升行业监管效能。

五、结束语

工程检测技术的创新发展正在深刻改变建筑与市政工程质量管理模式。智能化检测技术通过人工智能算法和自动化设备显著提升缺陷识别精度与检测效率, 实现从人工经验判断向数据驱动决策的转变。无损检测技术的进步为工程结构评估提供更全面、精准的技术手段, 特别是超声波、红外热成像与三维激光扫描等技术的综合应用, 有效解决了传统检测方法的局限性。工程实践表明, 高层建筑健康监测、装配式建筑数字化验收、桥梁预警系统和地下管网智能检测等创新应用, 在提升工程质量和运维水平方面成效显著。跨领域技术融合开辟了新的发展方向, 5G与物联网实现检测数据实时互联, 区块链技术构建可信数据管理体系。未来工程检测将朝着智能化、自动化、数字化方向持续发展, 需要进一步完善技术标准体系, 加强专业人才培养, 推动检测技术与现代信息技术深度融合, 为工程建设质量安全提供更可靠保障。

参考文献

- [1] 严凯. 无损检测技术在道路桥梁工程中的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2015, 000(021): 839-839.
- [2] 周国朝. 浅谈房屋建筑工程质量检测技术与监管[J]. 工程质量, 2014(S2): 2.
- [3] 樊艳. 浅析建筑工程中的钢筋检测技术[J]. 广东科技, 2013, 22(20): 2.
- [4] 杨丹. 装配式建筑工程检测技术分析[J]. 建材与装饰, 2021, 017(005): 49-50.
- [5] 孙柏涛. 市政工程地基基础检测重要性及关键技术探讨[J]. 石油石化物资采购, 2019, 000(028): P.67-67.
- [6] 侯海宝. 建筑工程质量检测行业现状及发展对策研究[J]. 商品与质量, 2015, 000(027): 86-86.
- [7] 张华茂, 董亮. 建筑工程质量检测中的混凝土检测技术探讨[J]. 收藏, 2022(10): 0031-0033.
- [8] 孙涛. 试析市政道路工程材料的检测技术[J]. 百科论坛电子杂志, 2020, 000(014): 90.
- [9] 常兴莉. 浅谈市政路桥工程检测技术的应用及发展[J]. 建筑工程技术与设计, 2015, 000(029): 924.
- [10] 李鹏, 官敬阔. 市政建筑工程质量控制与施工技术管理的要点分析[J]. 安家, 2023(10): 0031-0033.