

建筑工程与市政工程检测中的智能化技术应用

陈明涛

河北雄安中天检测技术有限公司, 河北 雄安 070001

DOI:10.61369/ERA.2025070037

摘要：建筑工程与市政工程检测是保障基础设施质量与安全的关键环节，其重要性随城市化进程加速而愈发凸显。传统检测方式效率低下、精度不足，智能化技术应运而生，推动工程检测变革。《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》（2020 年）明确要求加快智能建造技术在工程建设各环节的应用，促进建筑产业现代化升级。无人机、BIM 技术及智能传感器系统等智能化技术在检测中的应用，提高了检测效率与准确性，降低了人力成本与安全风险。然而，数据处理复杂、技术标准不完善等问题仍制约其发展。深入研究智能化技术在工程检测中的应用现状、优势及改进方向，对推动行业高质量发展、提升基础设施安全水平具有重要意义。

关键词：建筑工程检测；智能化技术；应用研究

Application of Intelligent Technology in Construction and Municipal Engineering Testing

Chen Mingtao

Hebei Xiong'an Zhongtian Detection Technology Co., Ltd., Xiong'an, Hebei 070001

Abstract： Construction and municipal engineering testing is a crucial link in ensuring the quality and safety of infrastructure, which has become increasingly important with the acceleration of urbanization. Traditional testing methods are inefficient and lack precision, and intelligent technology has emerged to drive changes in engineering testing. The "Guiding Opinions on Promoting the Coordinated Development of Intelligent Construction and Building Industrialization" (2020) clearly requires the accelerated application of intelligent construction technology in all aspects of engineering construction, promoting the modernization of the construction industry. The application of intelligent technologies such as drones, BIM technology, and intelligent sensor systems in testing has improved testing efficiency and accuracy, and reduced labor costs and safety risks. However, issues such as complex data processing and incomplete technical standards still constrain its development. In-depth research on the current status, advantages, and improvement directions of intelligent technology in engineering testing is of great significance for promoting the high-quality development of the industry and improving the safety level of infrastructure.

Keywords： construction engineering testing; intelligent technology; application research

引言

随着城市化进程加速，建筑工程与市政工程检测作为保障基础设施质量和安全的关键环节，重要性日益凸显。传统检测方式因效率低下、精度不足等问题，难以满足现代工程建设需求^[1]。在此背景下，智能化技术应运而生并迅速发展，为工程检测领域带来变革。2020 年《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》明确提出加快智能建造技术在工程建设各环节的应用，推动建筑产业现代化升级。无人机、BIM 技术及各类智能传感器系统等智能化技术在工程检测中的应用不断拓展，不仅提高了检测效率和准确性，还降低了人力成本和安全风险^[2]。但目前智能化检测技术在实际应用中仍面临数据处理复杂、技术标准不完善等挑战。深入研究智能化技术在工程检测中的应用现状、优势及改进方向，对推动工程检测行业高质量发展、提升基础设施安全水平意义重大。

一、建筑工程与市政工程检测概述

（一）建筑工程检测内容与特点

建筑工程检测作为保障建筑质量和安全的关键环节，涵盖众

多关键项目，其中结构安全检测尤为重要。通过对建筑主体结构的承载能力、稳定性等进行检测，确保建筑在使用过程中的安全性^[3]。材料性能检测同样不可或缺，涉及建筑材料的强度、耐久性、防火性能等方面，直接关系到建筑的使用寿命和功能。建筑

工程检测的复杂性体现在多个方面，建筑结构的多样性导致检测方法和标准需因项目而异。检测过程需考虑多种因素的相互影响，如施工环境、材料批次差异等。高精度要求则源于建筑安全的严格标准，微小的误差可能导致严重的安全隐患，因此检测技术需不断更新以满足日益提高的精度需求^[4]。

（二）市政工程检测范围与难点

市政工程检测的范围广泛，涵盖道路、桥梁、排水系统等重要设施。道路检测需关注路面平整度、承载能力以及耐久性，以保障交通顺畅和行车安全^[5]。桥梁检测则侧重于结构的稳定性、耐久性和抗震性能，确保其在长期使用中的可靠性。排水系统检测主要针对管道的畅通性、结构完整性以及排水能力，防止城市内涝等灾害。市政工程检测面临的挑战众多，环境干扰是其中之一，如恶劣天气、交通流量等对检测过程和结果的影响^[6]。隐蔽工程检测更是难点所在，地下管道、桥梁内部结构等难以直接观察，需借助先进的检测设备和技术手段。此外，市政工程设施的使用频率高，检测时需尽量减少对正常运行的影响，这对检测的效率和准确性提出了更高要求。

二、智能化技术简介

（一）智能化技术的内涵与外延

智能化技术是以人工智能、物联网、大数据、云计算等前沿技术为基础，通过模拟人类智能行为，实现对复杂系统和任务的自动化处理与优化^[7]。它涵盖了机器学习、深度学习、传感器网络、自动化控制、智能机器人、虚拟现实与增强现实等多种技术类型。在各领域，智能化技术展现出显著的通用优势，能够高效处理海量数据，快速识别模式与异常，实现精准决策。它可自动执行重复性任务，减少人为错误，提高工作效率与质量^[8]。同时，智能化技术还具备自适应与自学习能力，能够根据环境变化不断优化自身性能，为各行业带来智能化、高效化的变革。

（二）智能化技术在工程检测中的适配性

智能化技术与工程检测需求高度契合，工程检测要求高精度、高效率、全面性以及复杂环境的适应能力，而智能化技术恰好能够满足这些需求。在建筑工程检测中，无人机搭载高精度传感器可快速获取建筑结构的外观与部分内部信息，通过图像识别与数据分析，精准定位潜在缺陷。在市政工程检测中，智能机器人可深入排水管道、桥梁内部等难以人工进入的区域，实时传输数据并进行初步分析。利用大数据分析技术，可对海量检测数据进行挖掘与建模，提前预测工程结构的潜在风险，为预防性维护提供依据^[9]。智能化技术的自动化与智能化特性，能够显著提升工程检测的效率与精准度，降低人力成本与安全风险，推动工程检测行业向智能化、高效化方向发展。

三、智能化技术在建筑工程检测中的应用

（一）无人机检测技术

1. 无人机检测系统的组成与原理

无人机检测系统由无人机平台、传感器、数据传输模块以及地面控制站组成。无人机平台具备高机动性和灵活性，能够快速到达建筑外墙和屋顶等检测区域。传感器包括高清摄像头、红外热成像仪和激光扫描仪等，用于采集建筑表面的图像、温度分布和三维点云数据^[10]。数据传输模块通过无线通信技术将采集到的数据实时传输到地面控制站。地面控制站配备专业的图像处理和数据分析软件，用于对采集到的数据进行处理和分析。

无人机检测的原理基于图像识别和三维建模技术。图像识别技术通过对高清摄像头采集的图像进行分析，识别建筑外墙的裂缝、渗漏等缺陷。红外热成像仪则通过检测温度差异，发现隐藏在墙体内部的结构问题，如保温层缺失或水分渗透。激光扫描仪采集的三维点云数据用于构建建筑的三维模型，通过与设计模型或历史数据对比，检测建筑结构的变形和位移情况。这种多技术融合的方式能够全面、高效地完成建筑外墙和屋顶的检测任务。

2. 无人机检测在建筑外墙、屋顶检测中的应用案例

在某高层建筑的外墙检测中，无人机搭载高清摄像头和红外热成像仪，对建筑外墙进行了全面检测。通过图像识别技术，发现外墙存在多处细微裂缝，这些裂缝在常规检测中难以被发现。红外热成像仪检测到部分区域温度异常升高，经进一步检查确认为外墙保温层局部失效。针对这些问题，施工单位采取了针对性的修复措施，对裂缝进行了灌浆修补，并更换了失效的保温材料。无人机检测不仅提高了检测效率，还降低了检测成本和安全风险，确保了建筑外墙的质量和安全性。

（二）基于 BIM 的检测技术

1. BIM 技术在建筑工程检测中的优势

BIM 技术通过构建建筑的三维模型，将建筑的设计、施工和运维信息集成于一体。在建筑工程检测中，BIM 模型与检测数据的融合能够实现可视化效果，使检测人员能够直观地查看建筑结构的检测结果。例如，通过将无人机采集的图像和三维点云数据导入 BIM 模型，检测人员可以在模型中直接标注缺陷位置，生成详细的检测报告。此外，BIM 技术在施工过程检测中具有动态监测能力。施工过程中，BIM 模型可以实时更新，反映建筑结构的实际状态。通过与智能传感器采集的数据结合，BIM 模型能够实时监测施工过程中的应力、位移等关键参数，及时发现施工质量问题，为施工管理提供科学依据。

2. BIM 与智能传感器结合的检测实践

在某大型商业建筑的施工过程中，BIM 技术与智能传感器结合用于结构检测。智能传感器安装在建筑的关键部位，如梁、柱和基础，用于实时采集应力、应变和位移数据。这些数据通过无线网络传输到 BIM 模型中，与模型中的设计参数进行对比分析。

当检测到数据异常时，BIM 模型会自动发出警报，并提供详细的异常位置和原因分析。例如，在一次混凝土浇筑过程中，智能传感器检测到某根梁的应力值超过设计允许范围，BIM 模型及时发出警报，施工人员迅速采取措施，避免了结构损伤。通过 BIM 与智能传感器的结合，不仅提高了检测的精度和效率，还为施工过程的质量控制提供了有力支持。

四、智能化技术在市政工程检测中的应用

（一）智能化排水管道检测技术

1. 排水管道检测机器人的工作原理

排水管道检测机器人通过其先进的机械结构和传感器系统实现高效检测。机器人通常配备多自由度的移动装置，能够在复杂管道内灵活移动，适应不同直径和形状的管道。其前端搭载高清摄像头和光源，能够实时拍摄管道内壁的图像，并通过无线传输技术将图像数据发送至地面控制终端。同时，机器人配备定位系统，利用惯性导航和里程计技术，实时记录自身位置，确保检测路径的准确性和可追溯性。在识别管道裂缝、堵塞等异常情况时，机器人利用图像识别算法对拍摄的图像进行分析，通过对比标准图像模板和实时图像的差异，快速准确地识别出裂缝、变形、堵塞等病害，并标注其位置和严重程度，为后续维修提供精确数据。

2. 排水管道检测机器人的应用效果与优势

排水管道检测机器人在实际应用中展现出显著的高效性和准确性。以某城市排水管道检测项目为例，传统人工检测方法耗时长且难以进入狭窄管道，而机器人仅用时传统方法的三分之一，便完成了同等长度管道的检测任务。机器人能够进入直径仅 30 厘米的管道，检测精度可达毫米级，成功识别出多处微小裂缝和隐蔽堵塞点，这些病害在人工检测中极易被遗漏。其优势在于无需人工下井，大大降低了检测风险，同时高精度的图像识别和定位功能，为管道维护提供了详细且准确的数据支持，显著提升了排水管道检测的效率和质量，保障了城市排水系统的正常运行。

（二）智能化道路检测技术

1. 道路病害智能识别系统

道路病害智能识别系统基于先进的图像处理和机器学习技术，能够快速准确地识别路面病害。该系统通过车载摄像头采集道路表面图像，利用图像预处理算法去除噪声和干扰，增强图像质量。随后，系统运用深度学习算法，如卷积神经网络（CNN），对图像进行特征提取和分类，识别出裂缝、车辙、坑槽等常见病害。CNN 模型经过大量标注数据的训练，能够学习不同病害的特征模式，从而在实际检测中快速准确地识别病害类型和位置。系统还具备实时数据处理能力，能够在车辆行驶过程中即时输出病害检测结果，为道路养护决策提供及时依据，有效提高了道路检测的效率和准确性。

2. 智能化道路检测在道路养护中的作用

智能化道路检测技术对道路养护计划的制定具有重要指导意义。通过实时、准确的病害检测数据，养护部门能够全面掌握道路病害的分布和严重程度，从而制定科学合理的养护计划。例如，在某城市主干道的检测中，智能识别系统发现部分路段裂缝密集且深度较大，而另一些路段仅存在轻微车辙。根据这些数据，养护部门优先安排裂缝修复工作，采用针对性的修复材料和工艺，有效延长了道路使用寿命。同时，系统还能够对病害发展情况进行长期监测，为预防性养护提供数据支持，减少因病害恶化导致的突发性道路损坏，保障道路的通行安全和使用寿命，提升道路养护的科学性和经济性。

（三）智能化桥梁检测技术

1. 桥梁结构健康监测系统的智能化构成

桥梁结构健康监测系统是智能化桥梁检测的核心组成部分，其智能化构成体现在多个方面。在硬件方面，桥梁上安装了多种智能传感器，包括应变传感器、加速度传感器、位移传感器以及环境传感器等。这些传感器能够实时采集桥梁在运营过程中的应力、应变、振动、位移以及环境因素等数据。同时，系统配备了先进的数据采集终端，具备高精度、高频率的数据采集能力，并通过无线或有线网络将数据传输至监测中心。在软件方面，系统采用了智能化的数据处理与分析算法，能够对采集到的海量数据进行实时处理和分析，识别出桥梁结构的异常状态。通过传感器与数据采集终端的协同工作，以及智能化软件的支撑，桥梁结构健康监测系统能够实现对桥梁关键参数的实时监测，为桥梁的安全运营提供有力保障。

2. 智能化桥梁检测技术对桥梁安全的保障

智能化桥梁检测技术在保障桥梁安全方面发挥了重要作用。以某城市的一座大型桥梁为例，该桥梁安装了智能化监测系统后，在一次暴雨天气中，系统通过应变传感器和位移传感器实时监测到桥梁部分区域的应力和位移出现异常变化。经过数据分析，发现是由于暴雨导致桥墩基础局部冲刷，影响了桥梁的稳定性。监测系统及时发出警报，相关部门迅速采取措施，对桥墩基础进行了加固处理，避免了可能发生的桥梁安全事故。这一案例充分说明了智能化检测技术能够及时发现桥梁安全隐患，为桥梁的安全运营提供有力支持。智能化检测技术不仅提高了桥梁检测的效率和准确性，还降低了检测成本和安全风险，对于保障桥梁的安全运营具有重要意义。

五、总结

智能化技术在建筑工程和市政工程检测中成果斐然。无人机检测技术，以其高机动性和多传感器融合优势，高效完成建筑外墙、屋顶检测任务，精准定位潜在缺陷，提高检测效率与安全性。基于 BIM 的检测技术通过三维模型与检测数据融合，实现可

视化动态监测，有力支持施工质量控制。排水管道检测机器人、道路病害智能识别系统及桥梁结构健康监测系统，在市政工程检测中显著提升了检测效率与质量，确保养护决策及时准确，保障桥梁安全运营。

然而，智能化检测技术应用仍面临挑战：复杂的数据处理、不同设备间的兼容性差以及部分设备成本较高，限制了其广泛应用。展望未来，随着人工智能算法优化和硬件性能提升，检测精

度与效率将进一步提高；大数据与云计算技术的应用将推动检测数据高效处理与共享，促进智能化协同作业。技术标准的完善不仅有助于不同技术的融合与集成降低成本，还将拓展应用范围，为工程检测行业的高质量发展提供强大动力，全面提升基础设施的安全水平。这样，智能化技术将在未来的建筑工程与市政工程检测中扮演更为关键的角色。

参考文献

[1] 张恩源. 电气工程的智能化技术及应用研究 [J]. 科技经济导刊, 2017(32):1.

[2] 朱敬冬. 建筑工程施工中智能化监测技术的研究与应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(10):96-98.

[3] 陆飞. 建筑工程检测中无损检测技术的应用分析 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023(4):4.

[4] 何伟. 智能化施工技术在装配式建筑工程施工管理中的应用 [J]. 中国航班, 2023:119-121.

[5] 马惠永. 现代项目管理在建筑智能化系统工程中的应用研究 [J]. 建材与装饰, 2022(006):018.

[6] 刘昊. 建筑工程中电气智能化技术的应用研究 [J]. 建材发展导向, 2021, 019(002):374-375.

[7] 朱江. 建筑电气工程项目中电气智能化技术的应用研究 [J]. 现代盐化工, 2021(5):155-156.

[8] 白爱丽. 基于建筑电气工程及其自动化和智能化技术研究 [J]. 电子乐园, 2022(005):000.

[9] 张志强. 智能化技术在建筑电气工程中的应用分析 [J]. 建筑工程技术与设计, 2018, 000(003):1875.

[10] 焦盛坤. 建筑电气工程智能化技术应用研究 —— 以康明斯厂房工程为例 [J]. 世界家苑, 2022(14):144-146.