

# 智能化技术在工程检测中的应用实践研究

柯剑峰

温州市正诚工程质量检测有限公司 浙江 温州 325024

**【摘要】**：随着工程建设规模不断扩大以及结构复杂度的不断提升，传统工程检测方式在效率、精度以及数据处理能力方面已难以满足现代工程质量控制的需求。在智能化技术快速发展的背景下，人工智能、物联网、大数据分析、机器视觉等新兴技术开始广泛应用于工程检测领域，为工程监测、评估与管理提供了更加高效、精准和智能化的技术手段。智能化技术能够实现检测自动化、数据实时采集及分析、结构健康状态预测等功能，极大提升检测的科学性与可靠性。本文以工程检测为研究对象，围绕智能化技术的应用特点、关键技术、实践方式及优化路径进行系统分析，探讨智能化技术推动工程检测体系转型升级的机制。研究表明，智能化技术能够提升工程检测全过程的信息化程度，使检测工作向智能化、可视化与预测化方向发展，为增强工程质量安全保障能力提供重要支撑。

**【关键词】**：智能化技术；工程检测；机器视觉；物联网；结构健康监测

DOI:10.12417/3083-5526.25.06.008

## 引言

工程建设是国民经济发展的重要基础，工程质量检测作为保障工程安全的重要环节，长期以来依赖人工方法与传统检测设备。然而，随着工程规模增大、结构形式复杂化以及使用环境多样化，传统检测方式在效率、精度、持续监测能力等方面逐渐暴露问题，难以适应现代工程建设对高质量发展的要求。在此背景下，智能化技术的快速发展为工程检测提供了新的解决思路。智能化技术通过人工智能算法、传感器网络、数据处理系统以及可视化平台的融合，从数据采集、处理到监测预警的全过程进行优化，使检测更加精准化、实时化、自动化。与此同时，工程检测行业面临的数据量急剧增加，人工方式已难以满足处理需求，而智能分析技术能够深度挖掘数据价值，实现结构状态识别、损伤预测与健康评估功能，为工程全生命周期管理提供科学依据。基于此，本文从智能技术的基本特征、工程检测中的应用模式、存在问题及优化策略等方面展开研究，以为智能化工程检测体系构建与实践推广提供理论支持与参考路径。

## 1 智能化技术在工程检测中的功能价值分析

(1) 智能化技术在工程检测过程中对检测精度、数据分析效率以及自动化水平的提升具有核心意义，其价值首先体现在检测结果的可靠性显著提升。传统工程检测方法受人为经验差异影响明显，检测精度容易受到操作技能、现场环境、主观判断等因素的干扰，而智能化检测技术通过算法建模、自动识别、数据拟合等方式有效减少人为影响，使检测结果更加客观科学。例如，通过集成式智能传感设备可实现对结构表面细微变化的自动捕捉，而数据分析模型可对波形特征、应力变化、结构响应趋势进行智能识别，为工程状态评估提供高精度数据支撑。其次，智能设备的自动化运行特点使工程检测从以人工劳动为主转向以设备驱动为主，从而大幅度减少人工干预，提高检测工作的连续性和效率，避免因现场环境复杂而导致的检

测盲区。再次，智能技术可通过实时数据采集与动态分析实现结构变化的精准追踪，使工程检测过程不再局限于某一时间节点，而是能够覆盖整个工程周期，为后续的维护、加固及运维管理提供持续的数据依据，从而使工程检测进入全生命周期质量监控的阶段。此外，智能化技术还能够根据检测数据自动生成结构变化模型、危险等级评估报告等内容，使工程管理者能够快速了解工程性能的变化趋势，为管理决策提供科学参考，从而全面提升检测工作的技术价值。

(2) 智能化技术在工程结构状态的动态监测过程中发挥着不可替代的作用，尤其是在对大型结构、跨区域工程及长期运行设施的监测中具有明显优势。在传统监测体系中，检测往往以阶段性检查为主，周期较长，难以反映结构的实时变化规律，而智能化监测体系通过建立多类型传感网络实现连续数据采集，可实时反映应变、温度、振动、位移等多种参数的变化，使工程结构的运行状态得到持续关注。这种持续性监测对于识别早期损伤、掌握结构老化趋势、评估环境因素影响等具有重要意义。尤其对于桥梁、大坝、隧道等复杂工程结构，智能监测可提前发现微弱损伤的征兆，对潜在风险进行预测和预警，使工程管理从传统的“事后处理”转变为“事前控制”。此外，通过动态监测收集到的大量数据还可以用于建立结构性能退化模型、环境影响模型等，为结构剩余寿命预测、维护计划制定提供基础数据支持，使工程检测从单一检测行为升级为持续监控体系，提升工程安全管理的科学性与前瞻性。

(3) 智能化技术能够优化工程管理方式并提升决策科学性，其价值不仅体现在检测阶段，还体现在对工程全流程管理的支撑作用。通过智能监测系统收集的工程运行数据可与数据管理平台进行联动，实现对结构状态的实时呈现与可视化分析，从而使工程管理人员能够全面掌握工程运行情况并根据数据变化制定管理策略。数据驱动的管理方式使决策不再依赖经验判断，而是以量化数据为依据，提高管理措施的科学性与合

理性。智能系统通过算法分析可快速生成维护建议、结构加固方案、风险等级分析等内容，从而提升决策效率。此外，智能化工程检测还能通过构建数据闭环体系，使检测、分析、反馈与维护形成统一流程，每次检测过程产生的数据都会作为模型训练的基础，使系统的判断能力不断提升，实现智能检测系统的自我优化，进一步提高智能化应用的效益。

## 2 工程检测中常用的智能化技术构成与特点

(1) 基于人工智能的图像识别与分析技术在工程检测中的应用主要体现在其能够快速、精准地识别结构表面损伤、裂缝形貌、腐蚀特征等外观类问题。深度学习算法通过大量图像样本学习结构损伤特征，从而具备较强的特征提取与分类能力，能够在复杂背景中识别细小裂缝，甚至能区分裂缝性质、发展方向等细节特征。图像识别技术的优势在于检测效率高、适应性强，可以应用于大面积结构表面检查，通过无人机、机器人等设备进行辅助检测，可极大降低人工巡检所需的时间与成本。此外，智能算法可以根据历史数据训练损伤发展趋势模型，预测裂缝扩展方向及速度，为结构健康评估提供前瞻性数据支持。

(2) 物联网与传感技术在工程监测中具有实时性强、布设灵活、数据量大等特点，通过构建传感网络对工程结构的关键节点进行全天候监测，可反映结构在不同工况下的物理变化特性。传感器技术包括振动传感器、应变传感器、温湿度传感器、光纤传感器等，它们能够在不同环境下持续采集结构运行状态信息。在传输方面，借助无线通信技术，监测数据可实时传输至数据中心或云平台，为后续分析提供快速响应。物联网系统的可扩展性使其能够适应不同类型工程检测的需求，并可根据工程规模、检测目标调整传感器类型与布局。

(3) 大数据分析预测模型技术能够处理工程检测中产生的海量数据，通过建模分析识别数据之间的相关性与变化规律。传统数据分析方法难以处理大量非结构化数据，而大数据技术可以高效完成数据清洗、特征提取、模式识别及规律分析，从而深度挖掘数据背后的结构行为特性。机器学习模型可根据历史数据训练出结构损伤预测模型，实现裂缝扩展、沉降趋势、承载性能退化等关键指标的预测，为工程维护提供科学依据。时间序列模型可根据工程结构运行规律预测未来变化趋势，使工程管理者能够合理制定维护计划。

## 3 智能化技术在工程检测实际应用中的典型模式

(1) 结构健康监测智能化升级模式强调通过传感网络、数据分析系统与自动预警系统的协同作用，形成完整的智能监测体系。传统监测方式多以人工检查为主，而智能化系统则通过布设多种传感器实现对结构状态的实时、连续监测。系统能够自动识别应力变化、振动特征异常、裂缝扩展趋势等结构行为，并利用人工智能算法判别数据中的异常模式，形成科

学的结构健康评价结果。智能化健康监测系统还通过可视化技术将检测数据转换为图形、曲线、三维模型等形式，使工程管理人员直观了解结构性能变化。自动预警机制能够在数据超出安全阈值时发出提示，帮助管理者及时采取措施，避免风险扩散。

(2) 智能无人机巡检模式通过搭载高分辨率摄像头、红外成像设备或激光扫描设备等，实现对工程结构外观状态的快速巡视检测。无人机可实现高空、狭窄、危险区域的非接触式检测，极大提高检测安全性。无人机采集的图像与点云数据可通过智能算法快速分析结构缺陷。无人机巡检模式的优势在于覆盖面积大、检测速度快、数据采集连续性强，可满足大型工程如桥梁、大坝、管线等设施的复杂检测需求。多架无人机协同作业甚至可实现大规模区域检测，为工程检测提供高效率解决方案。

(3) 基于智能算法的工程数据综合评估模式强调对来自不同检测手段的数据进行统一分析与处理，通过人工智能算法构建结构行为模型，实现智能判断与预测。综合评估模式不仅分析当前检测数据，还结合历史运行数据、环境影响数据等构建多维判断体系，使结构健康评估更加全面。算法能够根据不同数据权重计算结构风险等级，为工程维护提供决策依据。

## 4 智能化工程检测中的问题与挑战

(1) 智能化检测技术标准体系的不完善限制了其应用的展开。由于智能技术发展迅速，不同设备、不同算法以及不同检测系统之间存在较大差异，而缺乏统一标准会造成同类工程检测结果的对比性不足。工程行业对检测结果要求严格，一旦标准不统一，将导致智能检测难以替代传统检测。设备安装规范、算法精度评价标准、数据格式标准、检测流程规范等均需完善。

(2) 多源数据融合难度大主要体现在数据结构差异明显、采集频率不同、数据噪声影响大等方面。例如图像数据与传感器数据之间本质不同，数据融合需要进行特征对齐、时间同步以及异常数据处理，这对算法设计与系统运行提出较高要求。若数据融合不准确，将影响综合评估结果，降低智能检测体系的可信度。

(3) 系统运行与维护成本高使智能监测推广受到资金与技术限制。智能传感器成本、网络建设成本、数据平台维护费用均较高，尤其在大规模工程中投入更为复杂。此外系统维护需要专业人员，人工成本也不可忽视。这些因素导致部分工程项目对智能检测持保守态度，影响技术落地。

## 5 提升智能化技术在工程检测中应用成效的策略

(1) 健全智能检测标准化体系的核心在于建立统一的技术规范，对智能检测设备安装、数据采集方法、算法性能要求、检测精度等进行统一约束，以提高检测结果的可比性与行业认

可度。标准化体系应由行业主管部门与科研机构共同制定，形成科学、可推广的标准体系，为工程智能检测提供制度保障。

(2) 增强智能化数据融合与分析能力需要从技术创新与平台建设两个方面推进。首先，应开发更高效的数据融合模型，使不同来源数据能够准确结合。其次，应构建统一的数据管理平台，实现数据共享、可视化展示与智能分析。通过特征提取与深度学习模型，使算法能够识别结构损伤的隐含关系，从而提高判断精度。

(3) 降低系统运行成本的策略包括优化传感器布局、选用性价比高的硬件设备、开发轻量化智能算法、提高系统可维护性等。工程项目应根据实际需求合理选择监测内容，避免过度布设设备。此外，应加强技术培训，使管理人员能够独立操作系统，降低外部技术依赖，从而提高系统长期运行的稳定性

与经济性。

## 结论

智能化技术为工程检测提供了结构化、自动化与智能化的解决方案，使工程检测在精度、效率与数据处理能力方面得到显著提升。本文研究表明，通过人工智能、物联网、大数据等技术在工程检测中的应用，可以实现结构状态的实时监控、损伤识别与性能预测，推动工程检测行业向智慧化方向发展。然而，智能化检测体系仍面临标准体系不完善、数据融合难度大、技术成本较高等挑战，需要从技术、管理和制度层面进一步完善。未来应加强关键技术研发，构建标准化体系，推动智能检测技术在工程检测中的深度应用，为工程安全保障提供更有力的技术支撑。

## 参考文献：

- [1] 张伟. 智能化技术在工程检测中的应用分析[J]. 建筑技术开发, 2022.
- [2] 李强. 基于人工智能的工程结构检测方法研究[J]. 土木工程与管理学报, 2021.
- [3] 王敏. 物联网技术在建筑工程监测中的应用研究[J]. 建筑科学, 2020.
- [4] 刘海. 工程结构健康监测智能化发展趋势探讨[J]. 工程管理学报, 2023.
- [5] 陈杰. 智能算法在工程检测数据分析中的应用研究[J]. 建筑安全, 2022.