

智能化技术在建筑工程材料检测中的应用

林 翔

(霍山县建材试验中心, 安徽 六安 237200)

摘 要 建筑材料检测技术的智能化转型, 本质上是材料科学、信息物理系统与非线性动力学理论的深度融合过程。建筑工程材料检测的质量控制直接影响结构安全与工程耐久性, 智能化技术的引入为传统检测方法带来革新机遇。传统依赖人工经验的检测方式存在主观性强、效率低下的问题, 传统检测体系在应对新型复合材料、智能建造工艺时呈现的理论滞后性, 催生了基于深度神经网络的智能识别框架。智能设备的应用不仅能提升检测精度, 也推动了检测节点从结果验收向过程控制前移, 为工程质量提供了全周期保障。本文就智能化技术在建筑工程材料检测中的应用展开探讨, 以为相关人员提供参考。

关键词 智能化技术; 建筑工程; 材料检测

中图分类号: TU712.3

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.08.010

0 引言

新型建筑体系复杂度的指数级增长, 正不断突破传统无损检测技术的表征维度极限。现有研究证实, 纤维增强复合材料的界面损伤演化具有显著的非平稳特性, 而传统时频分析方法在捕捉这类瞬态特征时存在固有局限。数字孪生技术的深度集成, 通过构建材料微结构演化与宏观性能衰减的跨尺度映射模型, 正在重塑全寿命周期质量评估的方法论基础。这种技术迭代不仅源于检测精度的提升需求, 更深层次地反映了工程哲学从“被动防御”向“主动预防”的认知跃迁。

1 建筑工程材料检测中智能化技术运用价值

1.1 提升建筑材料性能

建筑工程材料检测的智能化转型是材料科学与信息技术的深度融合过程, 其价值创造机制体现在全要素生产率的系统性提升。在材料性能优化层面, 基于多目标优化算法的智能配比系统突破了传统试错法的经验局限, 通过建立胶凝材料水化动力学模型与耐久性指标的映射关系, 实现混凝土配合比的精准设计。以高强混凝土为例, 集成压电传感网络的实时监测系统可捕捉早期收缩应力演化规律, 结合模糊控制理论动态调整矿物掺合料比例, 将碳化深度变异系数控制在 0.15 以下。值得关注的是, 数字孪生技术在材料研发中的应用, 通过构建虚拟—实体双向映射的实验环境, 显著缩短了新型建材的研发周期, 这在超高性能混凝土的界面改性研究中已得到实证^[1]。

1.2 提升建筑结构稳定性

从结构可靠性维度分析, 智能化检测体系重构了

质量控制的时空边界。分布式光纤传感网络与微波断层成像技术的耦合应用, 实现了材料内部缺陷的三维可视化诊断。对于装配式建筑的关键连接节点, 采用数字图像相关技术可量化界面滑移位移场, 结合声发射监测的裂纹扩展模式识别, 形成多物理场联动的损伤评估体系。实践表明, 基于机器视觉的表面微裂纹检测系统, 其空间分辨率可达亚毫米级, 较传统目测法的漏检率下降 60% 以上。在预应力结构监测领域, 智能张拉控制系统通过应变能密度算法优化荷载分布, 有效抑制了锚固区的应力集中现象, 这项技术在上海某大跨度桥梁工程中成功将结构变形量控制在设计阈值的 80% 以内。

1.3 降低建筑工程成本

成本控制范式的革新体现在检测数据的资产化转型。区块链技术的引入构建了材料溯源的可信机制, 从矿粉粒径分布到搅拌工艺参数的全程数据上链, 为质量纠纷提供不可篡改的电子证据。在供应链优化方面, 基于强化学习的物料采购模型, 通过分析历史价格波动与工程进度的非线性关系, 动态生成最优采购策略。某超高层项目应用表明, 该模型使钢材周转率提升 25% 的同时, 库存成本降低 18%。更为重要的是, 智能检测催生的预防性维护策略, 通过建立材料性能衰减的马尔可夫预测模型, 将结构大修周期延长 30% ~ 40%, 这种全寿命周期成本管控模式正在重塑建筑工程的经济性评价体系^[2]。

2 智能化技术在建筑工程材料检测中的应用

2.1 传感器在实时监测中的应用

现代工程结构健康监测体系的革新是多物理场传感技术与材料本构建模理论的深度融合过程。基于分

布式光纤传感网络的在线监测系统,通过布拉格光栅阵列实现应变场重构,其空间分辨率可达毫米量级,为捕捉混凝土徐变过程中的微应力演化提供了技术基础。值得指出的是,压电复合材料传感器的突破性应用,使得界面滑移位移的定量表征成为可能——在预应力锚固区监测中,通过逆压电效应转化的电荷信号,可精确反演钢绞线与灌浆体间的黏结退化规律。对于大跨空间结构,采用三轴 MEMS 加速度传感器的阵列式布设方案,结合盲源分离算法,能有效解耦环境激励与结构损伤响应的耦合振动模态,这项技术在杭州湾跨海大桥的涡振监测中成功识别出 0.05 g 量级的异常加速度分量^[3]。从损伤诊断维度审视,微波雷达传感器的引入突破了传统检测技术的空间限制。采用调频连续波原理的毫米波传感器,通过介电常数异常区域识别,实现了混凝土内部缺陷的非接触式三维成像。在深圳某超高层核心筒监测中,该技术准确探测到深度 2.3 m 处的蜂窝状孔隙分布,其检测精度较传统超声法提升 40% 以上。对于复合材料结构,基于石墨烯纳米涂层的柔性应变传感器,凭借其逾阈值敏感特性,可同步监测基体开裂与纤维剥离的协同损伤机制,这为 FRP 加固构件的寿命预测提供了新的技术路径。通过构建贝叶斯网络驱动的智能诊断模型,将应变、温度、振动等多模态传感数据与材料损伤本构方程耦合,形成具有时空关联性的结构状态评估体系^[4]。

2.2 收集样品与采集数据

建筑材料检测的数字化革新是样本溯源机制与数据治理体系的协同重构过程。在样本溯源层面,基于 RFID 射频识别技术的智能追踪系统,通过 EPC 编码规则实现样本全生命周期管理,其核心在于构建材料基因图谱与检测参数的动态映射关系。根据 ISO 17025 标准要求,采用区块链分布式账本技术固化样本流转信息,每个操作节点的哈希值加密存储,形成不可逆的审计追踪链条。值得关注的是,量子点标记技术的引入,使得微观尺度下的样本特征识别成为可能——在再生骨料检测中,通过荧光光谱特征解码,可精准追溯原料来源与加工工艺参数,这项技术已成功应用于安徽绿色建材认证体系。从数据采集维度分析,多源异构数据的融合采集标志着检测范式的根本转变。采用激光诱导击穿光谱联用技术,实现元素成分与力学性能的同步获取,其检测通量较传统方法提升两个数量级。对于纤维增强复合材料,基于数字图像相关法的全场应变测量系统,通过亚像素匹配算法解析微米级位移场,结合声发射信号的时频特征提取,构建起多物理场耦合的损伤演化模型。实践表明,在港珠

澳大桥沉管混凝土监测中,这种多维数据采集方案将异常预警时效提前 72 小时以上。数据质量控制体系的智能化升级体现在异常值检测算法的创新应用。基于孤立森林算法的自适应滤波系统,通过构建高维特征空间中的异常评分模型,可有效识别传感器漂移导致的系统性误差^[5]。

更值得关注的是,数字孪生技术在检测流程中的深度集成,通过虚拟空间中的蒙特卡洛模拟,预演不同采样策略下的数据分布特征,为优化现场检测方案提供决策支持。

2.3 实现远程监控管理

在信息化浪潮推动下,建筑材料检测领域正经历传统模式向自动化智慧化范式的迁移,远程监控技术嵌入成为变革进程的核心环节,技术迭代促使建筑行业质控标准持续升级,动态施工场景内建立高精度、高效率的材料质量追踪体系,逐渐成为项目管理的核心命题,远程监控架构的部署形成应对挑战的可行性方案,质量审核环节中,该架构对现场多维度检测指标实施深度拆解,同步将解析数值整合至项目数据核心,确保信息集群的完整性与可靠性,从数据采集到传输存储再到智能分析的全流程作业,已构成自动化闭环系统,有效降低人工操作误差概率,即使处于远程控制状态,仍可保持信息传输的稳定性与精准度,此类即时可视化数据特性,赋予管理者全局化施工动态监察权限,使其迅速识别潜在质控隐患并触发应对策略,实质性提升检测效率。

智能技术与监控架构的深度融合,赋予远程管理更高效能,以混凝土材料检测为典型,传统模式依托人工取样与实验室分析构成的流程繁琐,存在时效延迟与精度偏差双重问题,拌和监测系统的应用全面革新质控模式,该架构集成传感器阵列、物联网架构与数据分析组件,对混凝土搅拌环节的原料比例、混合时长及温度参数开展实时追踪,同步将过程数值即时整合至信息核心,管理人员通过智能设备即可完成材料状态的跨空间精确观测,推进检测规范的完善与标准化数据模型的建立,基于海量检测数据的深度挖掘,能够提取不同材料在特定环境中的性能变化轨迹,为建立科学检测基准提供实证依据,智能技术的融合同步推动检测流程的自动优化,减少人工操作的复杂性与错误风险,达成质控效能的阶梯式提升^[6]。

2.4 人工智能在异常检测中的应用

建筑材料质量监控领域处于智能算法推动的革新阶段,其关键在于 AI 技术的数据解析能力,在异常识

别任务中展现出独特价值,为建材监测与预警机制开拓创新方案,机器学习与深度学习的结合使 AI 系统具备处理海量信息的特性,在辨识建材潜在缺陷层面凸显优势,视觉特征分析涉及表面纹理异常、色度偏移及微观形貌变异等层面,计算模型能够识别肉眼难察觉的微裂纹或构型畸变,建筑健康追踪体系与预判机制随之形成,这一机制依托高分辨率影像分析技术,同时需要卷积网络对多维视觉特征的提取能力。

声学诊断领域突显智能技术的工程价值,混凝土内部声波传导规律经算法处理后,可精确标定空隙与裂纹等隐蔽缺陷,该检测方式兼顾效率提升与结构保全需求,相较于常规手段在速度、精度及安全层级均有突破,金属构件监测范畴内,振动频谱的精细分析使算法模型获得预测金属疲劳裂纹发展的能力,该体系对隐患的早期发现与风险规避起决定性作用,在工程应用中,传感装置、影像资料与声学特征的多源数据融合,形成金属材料性能的动态评价框架,实时追踪与维保方案为工程安全构筑坚实防线。

多模态数据协同能力构成智能监测体系的另一关键特征,异源数据流的交叉验证实现建材性能的全方位评价与推演,监测结论的可靠性与全局性获得增强,工程决策支撑系统得到优化,伴随算法演进与技术更迭,建材质量监控体系将向智能化、精密化方向持续发展。

3 新时期优化建筑材料检测的建议

3.1 科学选择检测方法

新时期建筑材料检测体系的优化是构建全生命周期质量保障范式的认知跃迁。在材料性能表征层面,基于多尺度协同检测理论的分级评估框架,通过分形几何理论量化水泥颗粒级配特征,结合水化动力学模型预测强度发展规律。根据 ASTM C150 标准要求,采用压汞法精确测定水泥基材料的孔隙结构参数,其检测精度可达纳米量级。值得关注的是,同步辐射显微 CT 技术的引入,实现了硬化体界面过渡区的三维重构,为评估骨料—浆体协同效应提供了新的技术路径。

3.2 改善建筑材料贮存条件

在建筑工程项目推进的过程中,如何正确地储存建材十分关键,尤其水泥这一类的材料很容易受到周围环境的影响,如果工作人员不能够正确把控储存环境的温度以及湿度则会影响水泥的性能,最终引发质量问题,施工方在建材接收的过程中应当对材料展开严格的质量检验,在仓库管理这一层面也应当开展

标准化操作,使得仓库的温度以及湿度始终在理想的范围内,并运用专业的设备展开实时监控。除此之外,也应当加强对于仓库管理人员的工作指导,使得工作人员始终能够遵循正确的操作流程,在材料检测结束之后应当将水泥样本放置于专业的储存区域,从而减少周围环境对于最终结果的影响,确保检测结果的可靠性,避免出现误判。

3.3 构建科学的管理体系

智能化技术融入建筑材料质量检测领域,关键在于设计系统性管控方案,架构信息化管控框架确保数据完整安全,建立实验室职责结构细化检验环节人员分工,检测结果偏差或流程异常时实现快速溯源,重大事故发生后基于责任分配执行精准追责,优化设备维保制度与人员考核机制,强化仪器定期维护及技能培训,推动检测效率与质量管控同步提升^[7]。

4 结束语

材料检测技术的智能化升级,是工程质量管理与信息技术深度融合的必然趋势。施工现场复杂环境对检测设备的适应性提出更高要求,传统实验室检测难以满足现代工程进度需求,智能检测仪器的研发成为突破口。在建筑工程材料检测的过程中运用智能技术能够确保最终检测结果的准确性,工作人员也应当根据不同材料的检测标准选择相对应的基础方法,通过不断完善计算机系统健全算法程序,从而优化检测流程,确保检测的最终结果能够满足建筑工程建设的需求,推动建筑工程材料检测工作可持续发展。

参考文献:

- [1] 刘玉花. 建筑材料检测技术在建筑工程实体检测中的应用[J]. 质量与认证, 2025(01):99-101,105.
- [2] 康杰. 智能化技术在建筑工程材料检测中的应用[J]. 新城建科技, 2024,33(12):156-158.
- [3] 王成. 建筑工程中建筑材料检测的研究分析[J]. 实验室检测, 2024,02(12):148-150.
- [4] 朱大杰. 建筑工程材料试验检测技术及措施探究[J]. 建材发展导向, 2024,22(22):1-3.
- [5] 韩东, 邹屹立, 王喜. 关于建筑材料检测在建筑工程中的重要性分析[J]. 价值工程, 2024,43(29):149-151.
- [6] 雷国威. 建筑工程领域混凝土建筑材料检测及质量控制[J]. 中国水泥, 2024(08):114-116.
- [7] 朱景鹏. 试析建筑工程领域混凝土建筑材料检测及质量控制[J]. 产品可靠性报告, 2024(07):134-135.