

# 基于信息化背景的土木工程施工质量检测方法研究

文 / 韦连宽 广西万众工程检测有限公司

**摘要：**信息化技术的发展给土木工程施工质量检测领域带来了翻天覆地的变化，传统的基于人的经验进行质量检测已经向基于信息技术自动化检测快速转变，同时利用各类新型传感设备与大数据分析等前沿技术实现了对质量管理工作质量和时效性的提升，在工程中利用全生命周期数据采集与分析系统实现质量问题隐患的早期发现，是当前较为有效的技术和管理方法。

**关键词：**信息化背景；土木工程；施工质量；检测方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.21.023

## 引言

目前我国土木工程项目均呈现规模更大、结构更复杂的发展趋势，因此也需要相应的质量检测手段来保证其安全。在此情况下，结合BIM、物联网及大数据所构建的智能检测体系可以满足施工过程动态化质量监测的需求，可解决传统质量检测滞后性的问题，而且能够更好地建立全生命周期的质量追溯机制，提高工程质量管理水平。

### 一、土木工程施工质量检测的重要性

土木工程项目质量检测是保障工程质量安全的重要环节。从工程安全角度，可以及时发现工程材料缺陷和施工工艺问题，避免隐蔽工程质量不合格造成结构安全隐患；在经济效益方面，能够节省返工、修缮成本，避免因质量问题带来的工期延误及资源浪费；技术发展视角看，做好现代检测技术积累，利用工程的数据指导我们的施工工艺以及规范标准的完善；质量控制层面，建立行之有效的检测体系，科学合理地控制每一项工程质量。质量检测是工程验收的重要依据，能维护建设各方合法利益，维护建筑市场良好秩序；随着建筑结构日趋复杂以及工程质量要求提高，检测的职能也发生了变化，已经不是单纯的被动验收而是变为主动过程控制<sup>[1]</sup>。

### 二、信息化质量检测技术发展现状

#### （一）技术标准体系不完善

不同检测系统的数据格式和接口协议参差不齐，实现互联互通难度较大；有些新出现的技术还未形成标准流程，难以保证检测结果的可比性及权威性；加之传统的检测标准未能及时更替，无法做到与时俱进，难以满足新材料、新技术等质量检测要求，致使技术脱离应用，工程失去支撑。而体系的落后无疑将阻滞信息化检测技术的大规模普及使用，也会导致工程质量的风险隐患不容易得到控制。

#### （二）数据孤岛与集成度不足

信息化检测实际使用过程中存在很多的数据分散、系统割裂的现象。不同种类的检测仪器分别单独运行、各存储在一个系统中。各个施工单位、监理方、检测方之间不能实现互联互通，形成信息壁垒。而且检测数据与BIM模型、项目管理系统之间联动性较差，不能做到

充分协作。在这种碎片化的管理模式下不利于检测及时、准确完成，也不利于问题的全过程追溯，影响信息化检测技术的应用效果。

#### （三）技术应用深度不足

虽然信息检测技术被运用到施工现场当中，但是大多数只是处于初级的数据采集阶段，还不能实现深层次的数据分析及决策；人工智能算法缺乏足够的样本数据训练，造成风险识别容易出错；物联网传感器布局少，覆盖不了整个工程的每一个部位，存在一定的监测盲区；大数据分析主要采用事后统计方式，没有形成实时监测。因为技术应用表浅化的原因，信息化检测对于精细化管理没有起到实质性的作用，难以满足精细化质量管理的要求。

#### （四）专业人才与技术推广瓶颈

现有的检测人员多掌握传统检测方式，对信息技术、数据分析了解不充分，施工单位对于新技术的学习成本及应用的风险有所顾忌，因此并不愿意增加人力物力的投入。技术供应商的售后支持力度较弱，不能及时深入到项目现场为相关问题提供解决方案；另外，行业缺乏相关课程的培训，同时缺少针对信息化检测技术的技能培训，技能认证的标准有待完善。以上几点成为目前阻碍信息质量管理检测技术的推广的主要原因。

### 三、基于信息化背景的土木工程施工质量检测方法

#### （一）传统无损检测技术

传统无损检测技术是工程质量控制过程中最基本的检测方法之一，主要有回弹法、超声法及雷达法等成熟的检测方法。回弹法能通过测得混凝土表面的硬度来推测出混凝土抗压强度，此种方法对人的依赖性较小，但是混凝土表面质量对结果的影响较大；超声法是根据弹性波在不同介质中具有不同的传播特性来进行缺陷识别，对检测人员的技术水平要求较高；雷达法则可基于电磁波反射原理进行钢筋位置及保护层厚度检测，这种方法适用于做大面积的快速扫描。由于这种方法的仪器投入较少，所以在应用过程中也难免存在检测精度差、易受人为主观因素干扰等问题，不能满足现今工程检测的要求，在面对越来越复杂的检测对象时，难以达到要求，往往需要和其他检测手段搭配运用以加强数据可靠性<sup>[2]</sup>。

## （二）现代智能传感技术

基于现代智能传感技术，通过布置各种传感器对工程施工质量实施监测。光纤传感技术可利用光信号的变化判断结构的应变及温度场分布，并具有较强的抗电磁干扰能力与长距离监测的能力。微机电系统的传感器能够嵌入到混凝土中，用以监测硬化过程和早期强度的发展情况。无线传感网络技术摆脱了以往有线监测须将线路预先布置好的束缚，可以进行自由组网，并能远程传输数据。这些先进的传感技术都能够发现并获取施工过程中的细节，及时进行质量预警，但由于设备的成本高，在实际工程项目使用中也往往是视情况而定<sup>[3]</sup>。

## （三）数字化三维扫描技术

三维激光扫描技术可直接获得高密度点云数据，利用高密度点云数据可实现工程实体几何特征的高质量检测，尤其适用于异型结构、钢结构节点等难以人工检测的部位尺寸检测，并能快速构建现场实际结构和设计模型的三维比对分析；利用摄影测量技术基于多角度影像重建三维模型，可用于大范围结构构件外观质量检测，这些数字化检测手段能够大幅提高检测精度和效率，但数据量大、需采用专业软件处理，对硬件设备和操作人员均有较高的要求，目前在重点工程中逐步推广应用<sup>[4]</sup>。

## （四）人工智能图像识别技术

图像识别技术是利用此技术来进行结构构件外观质量检测的一种智能方法。通过对大量的样本数据进行训练，通过算法能实现对于裂缝、蜂窝、孔洞等常见的质量缺陷的自动识别，以及对其特征参数的定性。利用红外热成像技术可以通过对温度场的分析来发现渗漏等问题。该类技术的优点是检测速度快、客观度高，但是还需要不断的优化算法模型的识别精度，考虑到现场光线等影响因素，在客观地获得检测结果的同时能够保证检测的精确程度，从而发挥出最大的效用。

## （五）材料性能微观分析技术

从材料科学角度上剖析工程质量本质特征，应用电子显微镜可以观察到混凝土的微观结构，分析孔隙分布及界面过渡区性质；采用X射线衍射(XRD)技术检测材料组成成分，查看材料相关性能是否达标；运用核磁共振(NMR)检查水泥基材料内部结构发展情况，根据氢原子分布判断水泥基材料能否发挥设计作用。高端仪器设备虽然较为昂贵且操作烦琐，但是其具备了了解材料性能劣化的深层次优势，是进行问题根源质量控制的有效依据，在大型工程重点项目工程当中开展质量分析<sup>[5]</sup>。

## （六）信息化综合管理平台

现代质量管理开始往构建集中的管理平台、对多元信息的综合分析等方面发展。通过物联网把各个检测设备联起来，制定统一的标准来做数据采集以及储存。BIM作为信息载体把检测数据同工程实体相联系，让质量的状态可以以一种直观的形式表现出来，移动终端应用支持现场实时录入和查询检测结果<sup>[6]</sup>。这种方式打破了之

前存在很多孤立的信息点的状况，但是还有一个问题就是信息不同系统之间的互联如何才能做到。

## 四、未来发展趋势与改进方向

### （一）智能化检测技术的深度融合

未来土木工程质量检测将加快与人工智能、物联网等新一代信息技术深度融合，基于深度学习的视觉识别算法将进行更为精准的缺陷自动判断，并不断提高针对复杂质量问题的识别准确度；随着智能化传感器的微型化和低功耗发展趋势，智能传感器网络将深入工程全生命周期，对工程进行全面、全过程嵌入式监测；利用边缘计算技术使检测设备具有本地数据处理能力，从而大大提高了实时检测和故障报警反应速度；利用数字孪生技术形成虚实互动的质量管控体系，以虚拟仿真的形式对检测过程中可能存在的问题提前进行预警；技术上集成以上各项先进技术以后，可使得质量检测实现由原先的离散式逐步转变为连续式的检测过程，形成智能感知、实时分析、自主决策的整体闭环。

### （二）多尺度协同检测体系的构建

将来工程质量检测将形成宏观、介观、微观多尺度相互协同的技术体系。宏观上运用卫星遥感及无人机航测手段，在大范围内实施工程总体状态的检测；介观上以三维激光扫描、红外热成像等方法为主，在局部范围开展区域化检测；微观上则以电子显微镜、X射线等相关设备为主，开展材料级检测。以上三者所获得的数据信息都可放到同一平台上，共同完成质量关联模型（如图1所示），以便达到由整体到局部，宏观与微观相结合的工程质量检测工作目的，为工程质量的系统评定提供全方位、多维度的科学参考，有效解决了现有检测技术过于单一的问题<sup>[7]</sup>。

### （三）标准化与规范化建设的完善

针对信息化检测技术快速发展与标准滞后的现实情况，将重点加强标准体系建设，制定智能检测设备性能评价标准，统一数据采集格式及处理流程；完善新型检测方法的操作规程，明确适用范围及技术要求；出台检测数据质量标准，实现各系统间的互操作；建立检测结果数字化认证体系，使电子报告具有法律效力并可溯查，开展上述标准化工作有利于扫清技术推广运用的制度障碍，促进行业的健康有序发展<sup>[8]</sup>。

### （四）专业化人才培养机制

顺应技术进步的要求，未来的质量检测人才需要适应新的职业能力要求，通过高校强化土木工程、信息技术等多学科的交叉融合，产教合作培养复合型专业人才；通过建立企业分级分类的培训认证制度提升从业人员的数字化能力；进一步完善产学研合作机制，通过建设实践基地实现技术理论化成果转化和不断更新继续教育平台的技术知识体系。多层次的质量检测人才培养体系有助于解决当前我国质量检测人才结构不平衡的现状，为行业发展提供更加健全的人力资源保证，并使检测行业的技术得到升级，推动检测技术从工具应用到思维方式的转变<sup>[9]</sup>。

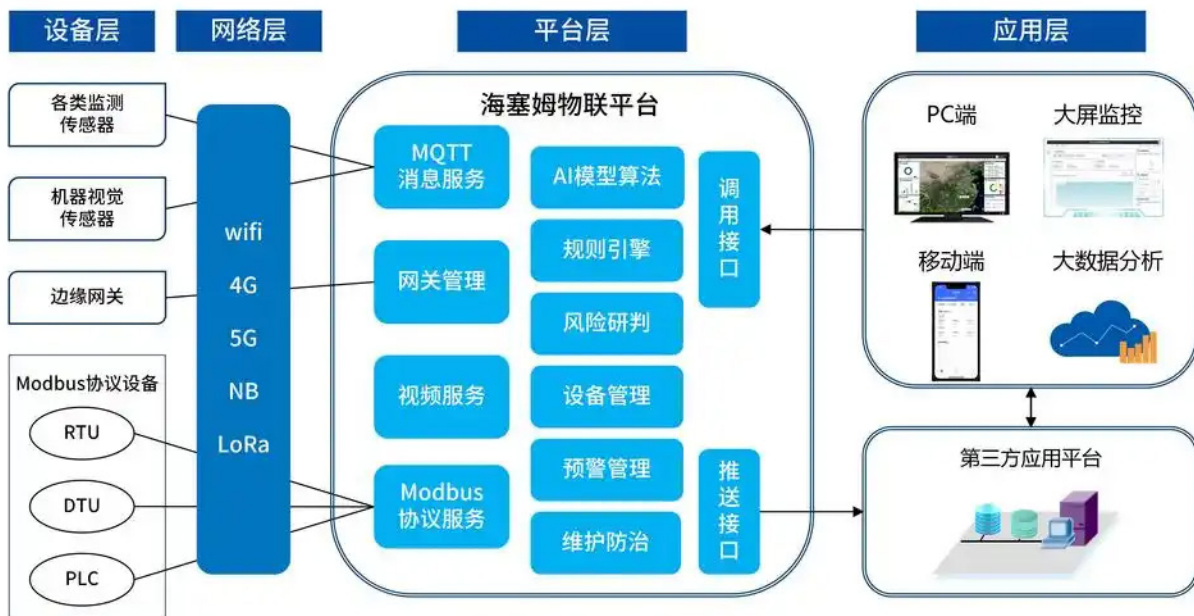


图1 多尺度协同检测体系架构图

（五）全产业链协同的质量管理生态

未来质量检测将打破原有的传统界限，实行全产业链协同的方式，形成涵盖设计、施工、检测、运行全链条的质量信息数据共享平台，实现全程质量可追溯；检测机构参与施工企业质量管理，预防性为主的质量控制方式；建立行业质量信用体系，增强各方主体的质量意识；采取生态化质量管理新模式，改变以往分段式管理模式的弊病，形成共建共治共享的质量新格局，全面提升工程建设项目整体质量水平。

（六）绿色低碳检测技术的创新发展

未来质量检测技术也将紧跟时代的脚步，在绿色环保、可持续发展的道路上探索，在研发时将更加注重投入低能耗、低污染的检测设备，同时要避免因为检测手段而带来的一些不利于保护环境的问题。积极推广非破坏检测技术，避免破坏性的采样测试方法对结构造成破坏。要充分利用生物可降解的材料来设计开发相应的检测传感器，降低电子检测设备产生的废弃物对环境造成的影响。还可以在检测过程中充分地利用太阳能、动能、风能等各种可再生能源给设备供电，打造一套完整的绿色检测用能体系。采用全寿命周期评估的方式寻找最优检测方案，并且兼顾检测质量和消耗资源之间的关系，绿色低碳的技术研发也将会推动工程质量检测与环保并行发展，共同促进建筑业为完成双碳目标作出一份贡献<sup>[10]</sup>。

结语

综上所述，基于信息化的土木工程质量检测方法创新会不断地深入开展下去，未来的发展趋势是重点突破智能传感、边缘计算等关键技术，完善多源数据融合分析算法，建立精度高可靠性强的质量评价模型，用标准

化和技术进步推动检测装备小型化、智能化发展，并建立适应于智慧建造的新型质量管控体系，以形成提升工程品质的技术屏障。

参考文献

[1] 王一棋. 土木工程中的无损检测技术及其实践分析 [J]. 大众标准化, 2024, (12): 184-186.  
 [2] 张奥林. 土木工程现场混凝土强度检测技术 [J]. 大众标准化, 2024, (12): 196-198.  
 [3] 李国栋. 建筑工程钢筋检测技术与应用 [J]. 散装水泥, 2024, (01): 33-35.  
 [4] 王鹏. 土木工程施工中绿色建筑材料的质量检测分析 [J]. 居舍, 2024, (05): 50-52.  
 [5] 郝勇, 殷徐, 雷龙坚. 土木工程领域中的无损检测技术 [J]. 广东建材, 2024, 40(02): 61-63.  
 [6] 张小琴. 房建土木工程施工质量管理探索 [J]. 居舍, 2023, (35): 165-168.  
 [7] 赵建, 周玄. 土木工程中的无损检测技术及其应用分析 [J]. 新城建科技, 2023, 32(23): 184-186.  
 [8] 白明, 邹方志. 建筑工程桩基检测中存在的问题及对策分析 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (34): 109-111.  
 [9] 吴明丽. 土木工程中的无损检测技术及其实践探索 [J]. 陶瓷, 2023, (08): 167-169.  
 [10] 蒋圣, 施刚, 左勇志, 骆晶, 赵华田, 张乃洲, 闫续. 建筑工程检验检测的现状与发展 [A] 第二十三届全国现代结构工程学术研讨会论文集 [C]. 天津大学、天津市钢结构学会, 全国现代结构工程学术研讨会学术委员会, 2023: 6.