

探究工程质量检测在建筑工程监督中的应用

文 / 李保强 鄞城县建筑工程综合服务中心

摘要：为切实提高建筑工程质量检测水平，解决当前建筑工程质量检测存在的问题，简要阐述了工程质量检测在建筑工程监督中的重要性，并列出了四类建筑工程监督中常用工程质量检测技术，包括地质雷达探测技术、光纤传感监测技术、相控阵超声检测技术、红外热成像检测技术；随后，针对建筑工程监督的四个关键环节，提出建筑工程监督中工程质量检测的应用策略；最后从检测制度、取样管理、质量监督三个角度，提出建筑工程监督中工程质量检测的应用保障，希望丰富该领域研究成果，并帮助建筑工程监督人员提高质量检测技术应用实效。

关键词：建筑工程；工程质量；质量检测；工程监督

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.075

引言

随着我国城镇化进程加速和建筑技术迭代升级，建筑工程正朝着超高层、大跨度、装配化的方向发展，工程结构的复杂性与施工技术难度显著提升。传统以目测检查、经验判断为主的监督模式已难以满足现代工程质量控制需求，尤其在隐蔽工程验收、材料性能验证、结构安全评估等关键环节存在监管盲区。与此同时，物联网、人工智能、无损检测等技术的突破性发展，为工程质量监督提供了新的技术路径。基于BIM的逆向检测技术可实现设计参数与实体工程的数字化比对，分布式光纤传感系统能实时捕捉结构应力应变状态，相控阵超声检测使焊缝内部缺陷可视化程度提升至毫米级。为此，探讨工程质量检测在建筑工程监督中的应用，对于建筑工程质量的提升，乃至建筑工程行业的发展，均具有重要意义。

一、工程质量检测在建筑工程监督中的重要性

（一）实现施工过程的动态质量控制

工程质量检测可基于多维度技术手段，对建筑材料、施工工艺和实体质量进行全过程监控，有效解决施工偏差导致的系统性风险。其一，检测技术可精准判定进场材料的物理力学性能是否满足设计要求，如钢筋原材的拉伸试验能揭示屈服强度、延伸率等关键指标是否达标；混凝土配合比的坍落度检测可控制工作性能，避免因流动性不足引发浇筑缺陷，由此从根本上杜绝因材料劣化导致的结构失效风险。

其二，针对关键施工工序，检测技术可将抽象施工要求转化为可测量的技术参数，为质量验收提供客观依据，量化评估工艺执行质量。混凝土振捣密实度的超声波检测能发现蜂窝、孔洞等缺陷；钢结构高强螺栓的扭矩系数测试可确保连接节点传力可靠。

其三，隐蔽工程覆盖前的检测构成质量控制的最后防线。防水层黏结强度的拉拔试验、预埋管线绝缘电阻测试等技术手段，能有效发现界面处理不当、安装误差等隐蔽问题，避免后续工序掩盖质量缺陷。

（二）预防工程系统的潜在风险

工程质量检测的多层次技术筛查，可识别工程实体中肉眼不可见的缺陷和性能短板，为风险防控提供决策依据。

在结构体系缺陷识别方面，混凝土结构的雷达扫描可探测内部钢筋间距偏差、保护层厚度不足等问题；钢构件的磁粉探伤能发现微裂纹、夹渣等制造缺陷，突破传统目测检查的局限，将质量控制深入到材料微观层面。在系统性能验证方面，建筑系统功能性检测可验证设计意图的实现程度。幕墙水密性检测模拟风雨交变荷载，可检验密封系统的可靠性；消防喷淋系统的联动测试能验证应急响应机制的有效性。而在环境适应性评估方面，针对特殊地质或气候条件的专项检测可为工程全生命周期管理提供数据支撑，预判工程耐久性。地下结构的抗浮锚杆检测能评估地下水作用下的结构稳定性；沿海项目的氯离子渗透试验可预测混凝土钢筋锈蚀速率^[1]。

二、建筑工程监督中常用工程质量检测技术

在建筑工程质量监督体系中，检测技术的选择与应用直接影响质量控制的精确性。本文选取地质雷达探测、光纤传感监测、相控阵超声检测及红外热成像四种核心技术，系统阐述技术特征与工程价值。

（一）地质雷达探测技术

地质雷达探测技术基于电磁波反射原理，发射10MHz-2.5GHz高频脉冲接收介质界面反射信号，利用时域波形构建三维结构图像。该技术凭借介电常数差异识别混凝土密实度、钢筋分布及隐蔽缺陷，在隐蔽工程验收中具有独特优势，既可非接触式探测预埋管线走向、诊断混凝土内部蜂窝孔洞，又可测量沥青层厚度等关键参数。在技术实施中，需根据检测目标选择天线频率，1.6GHz天线适用于50cm内精细检测，400MHz天线则适合2m深度普查^[2]；同时需标定混凝土介电常数，并规避钢筋密集区的信号干扰。相较于传统开凿验证法，其检测效率提升80%以上，高度适用于不可破坏性检测场

景。目前常用的地质雷达包括钻孔地质雷达、推车式地质雷达以及全自动地质雷达机器人三大类，其中推车式地质雷达价格合理、检测精准度良好、速度较快，因此在工程中的普及度较高。



图1 推车式地质雷达

(二) 光纤传感监测技术

光纤传感监测技术在检测建筑中植入布拉格光栅或分布式光纤，将应变、温度等物理量转化为光信号变化，空间分辨率达1m，精度 $\pm 2\mu\epsilon$ 。该技术构建起工程结构的“神经系统”，在超高层建筑风振监测、基坑沉降预警、火灾源定位等领域实现全天候动态监控。实施过程需重点设计传感器布设方案，应力集中区域布置间距不超过2m，并以双光栅结构消除温度干扰。光纤传感监测技术的最大优势在于单模光纤80km的传输距离，可实现跨区域工程的多点同步监测，为智慧工地建设提供数据基础。

(三) 相控阵超声检测技术

相控阵超声检测技术采用电子控制探头阵列形成可调声束，以 $30\text{--}70^\circ$ 声束偏转生成三维缺陷图像。该技术突破传统超声的单向检测局限，在钢结构焊缝检测中可识别0.5mm级未熔合缺陷，检出率提升40%；对CFRP加固层的分层缺陷成像精度达 $\pm 0.5\text{mm}$ ^[3]。实施时需根据构件厚度选择探头频率，并运用动态深度聚焦技术优化检测精度。相较于射线检测，其无需辐射防护的特点使该技术的检测效率更高，特别适用于异型构件和在役设备检测。

(四) 红外热成像检测技术

红外热成像检测技术通过捕捉 $8\text{--}14\mu\text{m}$ 波段红外辐射，将表面温度分布转化为热图像，温差分辨率 0.05°C 。该技术为建筑围护系统提供热诊断，可识别外墙空鼓、屋面渗漏、电气过热等隐蔽缺陷。实施需控制环境干扰，

最佳检测时段为日出前或日落后，并校正材料发射率，混凝土建议指标0.92，金属漆面建议指标0.85。红外热成像检测技术的非接触、大范围检测特性，使该技术的单次检测可覆盖 2000m^2 立面，效率较传统敲击法提升5倍以上。某商业综合体幕墙检测中，通过连续12小时热像监测，发现3处密封失效点，指导针对性维修节省成本70万元。

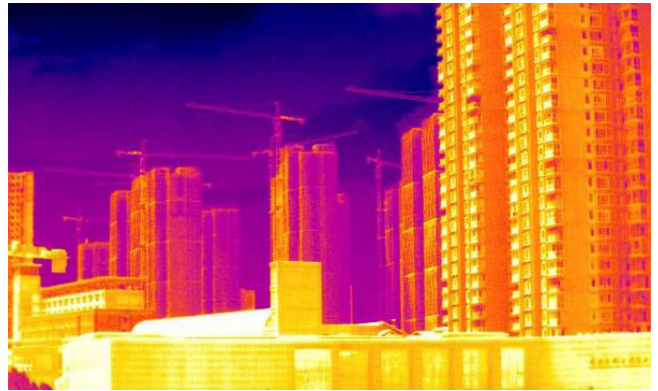


图2 红外热成像检测

三、建筑工程监督中工程质量检测的应用策略

(一) 结构稳定性检测策略

结构稳定性检测需建立多维度评估体系，将静力与动力检测结合、局部与整体分析联动，实现精准诊断。

在施工阶段，采用静载试验分级加载至设计荷载的1.2-1.5倍，通过位移传感器监测结构变形曲线，当挠度变化率超过 $0.05\text{mm}/\text{min}$ 时启动预警。对于高层建筑，布置倾角传感器阵列实时监测垂直度偏差，设置三级阈值：一级预警为 $H/1000$ （H为建筑高度），二级控制限值 $H/750$ ，三级干预阈值 $H/500$ ^[4]。动力特性检测采用环境激励法，通过加速度传感器采集结构振动频率，建立有限元模型进行模态参数识别，当实测频率与理论值偏差超过15%时判定存在刚度退化风险。

(二) 沉降情况检测策略

沉降检测建立基准网+监测网双体系，多技术联用实现毫米级精度控制。其中，基准网采用GNSS静态测量建立三维控制点，达到二等水准测量标准；监测网布设静力水准仪系统形成闭合观测环，重点区域加密至 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 网格。对于深基坑工程，在支护结构上安装测斜管阵列，采用伺服加速度计式测斜仪监测水平位移。

实施五级监测频率机制，土方开挖阶段每日2次监测，主体施工阶段每周3次，装修阶段每周1次，竣工后一年阶段每月1次，特殊气象条件则在特殊气象发生后立即补测。

(三) 材料质量检测策略

材料检测执行“进场检验-过程抽检-专项验证”三级管控体系。在进场验收阶段，实施全数初检+见证取样复检：钢材每60t为一检验批，进行屈服强度、抗

拉强度、断后伸长率在内的拉伸检测，弯曲检测以及重量偏差检测。水泥按袋装 200t/ 散装 500t 抽样，检测凝结时间，初凝需 $\geq 45\text{min}$ ；安定性以沸煮法检验合格度；抗压强度标准为 $3\text{d} \geq 17\text{MPa}$ ， $28\text{d} \geq 42.5\text{MPa}$ 。过程抽检采用动态调整方案：当连续 5 批合格率 $\geq 95\%$ 时降低抽检频率至 20%，出现不合格批次时提升至 100% 全检^[5]。

（四）结构质量检测策略

结构质量检测实施几何线形控制、力学性能控制、耐久性控制在内的“三线控制”体系。其中，几何线形控制以全站仪测量构件定位偏差，三维激光扫描检测截面尺寸；力学性能控制以超声回弹综合法检测混凝土强度、C30 以上允许推定值 $\geq 95\%$ 设计值，里氏硬度计检测钢结构强度；耐久性控制选择离子扩散系数检测、碳化深度测量。

实际开展检测时，应设计标准化检测流程。在预检准备阶段制定检测方案、校准仪器；现场实施阶段按网格法划分检测区域，每 50 m² 设置一个测区，标记缺陷位置；数据分析阶段采用统计过程控制分析质量离散性， $C_p \geq 1.33$ 为合格；在结果判定阶段依据 GB50204 分级评定，I 类构件 $\geq 90\%$ ，IV 类构件 $\leq 2\%$ ^[6]。

四、建筑工程监督中工程质量检测的应用保障

（一）配套构建质量检测制度

构建三级四维检测制度框架，覆盖标准体系、责任机制、执行规程与监督闭环。在标准体系层面，制定《工程质量检测技术导则》，明确主材与关键工序的检测参数阈值，建立每两年修订的地方性检测规程动态更新机制，并编制涵盖超限结构、深基坑等特殊工程的专项方案指南。责任机制层面推行“三主体责任制”，要求建设单位委托第三方检测、施工单位落实 100% 自检、监理单位执行 5% 以上平行检验，同时实施检测责任追溯系统，绑定防伪编码并永久保存数据，对造假机构实行“一票否决”黑名单制度。执行规程层通过《现场检测标准化作业手册》规范常规检测流程，实施检测方案预审制及专家论证机制，并设立省级技术仲裁委员会解决争议。监督闭环层建立“检测-整改-复核”循环机制，构建检测大数据平台实时预警异常数据，以季度飞行检查抽查原始记录、设备校准及人员资质，确保检测流程的完整性、透明度。

（二）加强取样检测管理严格性

建立全链条取样管控体系，涵盖标准化取样、标识可溯化、规范化检测、数据保真化与程序化处置五大环节。取样环节严格执行《工程材料取样技术规程》，明确各类建筑材料的取样要求，如混凝土试块按每 100m³ 取 1 组、钢筋原材每 60t 取 5 根试样，并推行见证取样视频记录制度。标识环节采用 RFID 芯片封存材料关键信息，实施“盲样检测”模式隔绝干扰，建立电子台账记录样

品流转参数。检测环节要求实验室每 6 个月更新 CMA 资质，设备实施日常核查、周期检定、期间核查在内的三级校准，人员通过人脸识别上岗绑定权限。数据管理依托 LIMS 系统自动采集原始数据，检测报告需经三重审核，并采用区块链存证确保时间戳精度。处置环节明确不合格品 7 日内分析原因、15 日内闭环整改，设置钢筋强度负偏差 $> 10\%$ 等 6 类禁用红线，24 小时内上传不合格结果至监管平台。

（三）应用全周期工程质量监督

构建覆盖设计、施工、验收、运维四阶段的联动检测体系。设计阶段以地基承载力测试、节点原型试验、混凝土适配强度验证确保参数可行性，并将检测点预设至施工 BIM 模型，每层 8-12 个质量控制点。施工过程动态监控关键工序，检测模板刚度、钢筋连接扭矩、混凝土入模温度，部署物联网系统实时监测大体积混凝土温度、预应力张拉力及焊接变形情况。竣工验收执行结构安全、使用功能、耐久性能“三必检”制度，综合应用地质雷达取芯、无人机航测、声发射等技术组合。运维阶段制定周期性检测计划，每年幕墙安全检查、每 5 年结构耐久评估、灾后 48 小时应急检测，并采用微震监测、光纤腐蚀传感、红外热像等预防性技术，形成设计验证、过程管控、验收评估、运维监测的全周期质量闭环。

结语

在建筑工程监督中，灵活、科学、合理应用质量检测技术可实现施工过程的动态质量控制，预防工程系统的潜在风险，构建质量决策的技术闭环，具有较高重要性。在实际应用中，检测人员可在结构稳定性检测、沉降情况检测、材料质量检测、结构质量检测过程中，严格遵循检测标准，灵活应用地质雷达探测、光纤传感监测、相控阵超声检测、红外热成像检测等各类质量检测技术。为保障技术应用效果，也需配套构建质量检测制度，加强取样检测管理严格性，并应用全周期工程质量监督。

参考文献

- [1] 周鑫. 探究工程质量检测在建筑工程监督中的应用 [J]. 中华建设, 2024 (3): 29-31.
- [2] 姜晓轩. 探究工程质量检测在建筑工程监督中的应用 [C]//2024 人工智能与工程管理学术交流论文集. 2024: 1-3.
- [3] 吴红燕. 探究工程质量检测在建筑工程监督中的应用 [J]. 门窗, 2021 (19): 115-116.
- [4] 霍龙飞. 论工程质量检测在建筑工程监督中的应用 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2023 (7): 85-88.
- [5] 孟杨, 籍建新. 工程质量检测在建筑工程监督中的应用 [J]. 房地产导刊, 2017 (32): 21.
- [6] 李辉, 朱力. 工程质量检测在建筑工程监督中的应用研究 [J]. 建筑工程技术与设计, 2016 (013): 1609.