

# 浅析建筑工程主体结构检测方法及应用

## Analysis of Testing Methods and Applications for the Main Structure of Construction Projects

王兴龙

Xinglong Wang

河北天诚建筑科技集团有限公司 中国·河北 邯郸 056000

Hebei Tiancheng Construction Technology Group Co., Ltd., Handan, Hebei, 056000, China

**摘要:** 建筑工程主体结构的健康和稳定性对于建筑的使用寿命和人身安全具有至关重要的意义。近年来,各种检测技术的发展提升了对建筑工程主体结构进行快速、准确评估的能力。论文综合考察了非损伤性检测技术、损伤性检测技术、无人机遥感技术以及数码化扫描与建模技术,并分析了这些技术在结构安全评估与监测、施工质量控制与验收、维护与维修决策支持、建筑保险与风险评估等领域的应用情况。

**Abstract:** The health and stability of the main structure of construction projects are of crucial importance for the service life and personal safety of buildings. In recent years, the development of various detection technologies has enhanced the ability to quickly and accurately evaluate the main structure of construction projects. This paper comprehensively examines non damage detection technology, damage detection technology, drone remote sensing technology, and digital scanning and modeling technology, and analyzes the application of these technologies in structural safety assessment and monitoring, construction quality control and acceptance, maintenance and repair decision support, building insurance and risk assessment, and other fields.

**关键词:** 建筑工程; 主体结构; 非损伤性检测; 损伤性检测

**Keywords:** construction engineering; main structure; non destructive testing; damage detection

**DOI:** 10.12346/etr.v6i3.9177

## 1 引言

随着城市化进程的加快和建筑技术的不断进步,建筑工程的规模和复杂性呈上升趋势。建筑工程主体结构的安全直接关系到人们的生命财产安全,因此采用先进的检测方法保证结构性能及其耐久性已成为业界的共识。传统的检测方法往往依赖于直接接触式的评估,难以满足当前快速发展和高标准要求。

## 2 建筑工程主体结构检测方法

### 2.1 非损伤性检测技术

在现代建筑工程中,非损伤性检测技术种类繁多,包括但不限于超声波检测、地质雷达检测、磁粉检测、渗透检测、红外线热成像技术等。这些技术各有所长,通常根据具体的结构特点、材料种类和检测目标来选择使用。以超声波检测

为例,该方法利用超声波在材料中传播时的特性进行分析,依据超声波在结构中的传播速度及其回波特性来识别内部缺陷<sup>[1]</sup>。UT 检测对于发现混凝土、金属和其他均质材料中的裂缝、孔洞和其他缺陷极为有效。特别强调,在桥梁检测、筋连接质量评估以及焊缝检查等领域,UT 技术发挥着重要作用。

地质雷达检测方式则是通过发射电磁波,并分析反射波的特性来探测结构下隐藏的对象或缺陷。GPR 技术对于探测混凝土内部的空隙结构、钢筋布局以及其他介质的变化方面尤其有效,它还能应用于早期的裂缝和腐蚀检测中。红外热成像技术是通过检测材料表面的温度分布来找到潜在问题。材料内部的缺陷通常会导致热传输发生变化,进而在材料表面形成温度异常区域。这种技术在检测建筑混凝土结构的保温效果、找寻水管泄漏以及检查电气系统的故障时有着

【作者简介】王兴龙(1988-),男,中国山东梁山人,工程师,从事建筑工程研究。

显著效果。

## 2.2 损伤性检测技术

损伤性检测方法通常包括钻芯取样、载荷测试、拆除检测等。钻芯取样,亦称混凝土取芯,是通过在结构中钻取圆柱形样本,以评估混凝土的压缩强度、成分分析和碳化深度等属性。这种方法可以直观地获得内部材料的实际状况,提供精确的混凝土质量评估。载荷测试则是通过施加预定或逐步增加的荷载于结构上,以观察其响应行为,从而评估其承载能力和性能表现。这类测试通常包括静载测试和动载测试,能够提供结构响应的直接测量数据,为评估结构的安全性提供了依据。

拆除检测则是在结构需要被改造或拆除时,通过拆除部分结构以获得内部结构信息,分析其结构状况及使用影响。这种方法虽然会破坏已有的建筑部分,但在结构安全已无法通过非破坏检测来确认的情况下,则成为可行的手段。

实施损伤性检测时,深刻理解施工工艺、材料特性及结构行为至关重要,这要求从事此类测试的工程师不仅需要拥有专业的结构和材料方面的知识,还需清楚测量数据对安全评估的具体意义。此外,需要考虑到检测过程对结构整体性和后续使用的影响以及必须遵循的规范和安全操作程序。

## 2.3 无人机遥感技术

运用无人机进行主体结构检测时,可依据检测需求搭载不同的传感器。例如,通过高清相机获取的影像可以用于表面裂缝、剥落等病害检测。通过无人机搭载热成像设备,能够探测结构表面的温度异常,帮助识别潜在的水分渗透点或结构内部缺陷。同时,LiDAR技术可以生成高精度的三维点云模型,为结构变形分析或位移监测提供详实基础。

应用无人机遥感技术进行建筑工程检测的过程中,飞行规划和数据处理技术至关重要。飞行规划涉及无人机的飞行路径、高度、速度及拍摄角度等参数设置,以确保数据的完整性和精准性。数据处理方面,采集的原始影像需经过校正、拼接和解析处理,才能形成可用于进一步分析的高质量数据。

在实际的建筑工程应用中,无人机遥感技术可用于大规模的基础设施监测、受灾建筑快速评估、历史建筑保护以及施工进度跟踪等。例如,对于高层建筑或大型结构物,传统的人工检测方法不仅成本高、耗时长,还存在安全风险<sup>[2]</sup>。无人机能够轻松飞达高处或难以接近的位置,进行影像采集,实时反馈结构状况。同时,为应对可能的隐蔽性缺陷,这一技术还可以与其他检测手段联用。比如,先用无人机进行大范围快速检测定位,再通过针对性的非破坏性检测方法进行深入诊断。

## 2.4 数字化扫描与建模技术

激光扫描技术通过发射激光束并测量其反射回来的时间,来计算物体的距离和位置,从而生成物体的精确三维点云数据。这种技术可以在几分钟内扫描大量的空间数据,不

仅效率极高,而且精度可以达到亚毫米级别。这样的数字化记录既可以用来评估新建筑的符合设计情况,也可以分析老旧结构的磨损和损伤情况。光学扫描则是通过高分辨率摄像机从各个角度对结构物进行拍摄,然后利用立体视觉将多张照片合成为一幅三维的图像。该技术不仅可以捕获到建筑的几何信息,还能获取其表面的纹理和颜色信息。光学扫描技术适用于对建筑细节(如浮雕和装饰)的记录与分析,特别是在文物保护和历史建筑修复方面有着不可替代的作用。

这两种扫描技术所获得的数据通常需要导入专业软件进行处理,通过软件中的算法对点云数据进行清洗、对齐、融合和重建,最终生成高精度的三维模型。这一过程对技术人员的专业能力有较高要求,包括数据处理能力和对建筑及结构工程的深度理解。所生成的三维模型不仅可用于建筑的保养与维护计划,还可作为扩建、翻修中设计仿真的基础。通过对三维模型进行结构分析,可以预测建筑结构在自然和人为负载下的行为,为结构设计的优化和安全评估提供依据。

## 3 建筑工程主体结构检测应用

### 3.1 结构安全评估与监测

在现代建筑工程实践中,结构安全评估与监测是一项综合性工作,包括但不限于对结构的静态和动态特性分析、老旧建筑物的承载力测试、结构响应的监测以及结构损伤的辨识等。静态特性分析通常包括结构的刚度和强度测试以及对可能影响结构安全性的裂缝、变形和局部破损等缺陷的检测<sup>[3]</sup>。利用各种无损检测技术,如超声波检测、激光扫描、X射线检测等,可以对结构主体的钢筋位置、混凝土密实度、裂缝宽度等进行评估,从而得到结构当前的安全状况。

动态特性分析则更多关注于结构在外力作用下的响应,这些外力可能包括风、地震、车辆等。通过传感器,如加速度计、倾斜计、位移计和应变计等,结构监测系统能够实时记录结构的响应数据,然后依靠模型分析和数值仿真技术,评估结构的动力特性和抗震能力。在老旧建筑物的结构安全评估中,承载力测试是核心环节。借助加载试验、材料取样分析等方法,结合历史使用状况、损伤情报和必要的数码扫描数据,评估专家团队可以准确评判结构的剩余承载力和使用年限。

结构响应监测多运用在对重要公共设施或特殊功能建筑的长期跟踪。其中应用多种传感网络,这些网络不但能够实现定位和量程内实时监控,而且对于数据的分析处理皆有独到之处。结合先进的数据处理算法和专业的结构工程知识,监测系统可对结构的长期变化趋势进行预测,并在必要时发出预警。

### 3.2 施工质量控制与验收

施工质量控制与验收是确保建筑工程主体结构达到设计要求和规范标准的关键环节。施工现场管理人员需对施工过程实施严格监督,同时利用先进技术对施工用材进行全面检

测。例如,混凝土施工前应通过混凝土试配,确保混凝土的强度、和易性等基本性能满足设计要求。钢筋的质量与布置情况也需通过逐根检验,包括钢筋弯曲形状、直径规格、焊接或绑扎质量等方面的严格控制。使用工程测量设备,如全站仪、水平仪等,需确保建筑部位准确,如梁、柱、墙等组件在空间位置的准确度。同时,结构体浇筑完成后,应定期对其进行养护状况的检查,并在结构体的部分开展静载试验,核实其承载性能是否达标。

在施工各阶段结束时,进行阶段性的结构质量检查是必要的。局部结构或关键节点进行重点检验,包括焊接质量、混凝土密实度、构件尺寸偏差等。此外,应用非破坏性检测技术,诸如磁粉检测、渗透检测、超声波检测以及地质雷达等,能够进一步揭示结构内部缺陷和隐患。在工程完工后进行全面细致的验收工作,这包括结构的尺寸精度、外观质量、材料性能、构造及装配质量等方面的综合评定。

### 3.3 维护与维修决策支持

建筑工程在长期使用过程中,受到环境侵蚀、材料老化、载荷作用及意外事件等多方面影响,可能会出现裂缝、腐蚀、变形等病害。维护与维修决策支持系统首先需要依据建筑物的使用性质、设计寿命、历史维修记录等信息,建立包含时间维度的维护日志。定期的结构健康监测是其核心,而持续监测的数据积累是支撑维修决策的重要基础。在信息收集阶段,应用如声发射、红外热成像、数字图像处理、电磁场探测、拉力测试等前沿检测技术,能够准确评估结构的实时状态,并及时发现隐患。

针对不同的维护与维修需求,可进行有针对性的检测方案设计。对于承载力下降的结构,可采用加载试验评估其剩余寿命;而在应对裂缝和结构位移问题时,通过裂缝宽度监测器和位移传感器可以实现实时监测<sup>[4]</sup>。此外,对于混凝土腐蚀等问题,采用碳化深度测量和钢筋腐蚀电位测量等方法进行评估。得益于结构检测技术的应用,工程技术人员能够根据检测结果采取更加精准的维护与维修措施。加强损坏部位的维修或更换、改善防护措施以延缓病害扩展、提升结构改性处理的针对性等方面,均能基于检测数据进行合理规划。

### 3.4 建筑保险与风险评估

在建筑实践中,保险公司在承保建筑工程时,通常会依据建筑年限、设计特性、施工质量、所处地理环境、历史维

护和修缮记录等多方面因素,评估其风险等级。建筑主体结构的检测数据提供了评估过程中改变风险预期的科学依据。例如,通过对混凝土养护质量的检测、钢筋锈蚀状况的检测、裂缝发展的监测等,能够有效评估结构在未来一定周期内的稳定性和耐久性。

综合运用非破坏性检测技术,如超声波探测、地穿雷达(GPR)、荷载试验等,可以深入分析已有建筑工程的健康状况<sup>[5]</sup>。检测过程中积累的数据不仅仅可以用于当下结构安全的评价,还能够辅助保险公司在核保、定价、理赔等环节进行更为准确的判断和预测,将建筑物的实际情况和潜在问题数以及风险转移的成本进行量化匹配。

主体结构检测在风险评估方面的应用,还涉及历史事件模拟和未来风险预测模型的建立。通过结合结构检测数据和历史安全事故资料,建立起的风险数据库能够以往的损失事件进行模拟,标定建筑物可能遇到风险事件的发生频率和强度。在此基础上,结合数据分析和统计学方法,可以预测结构未来可能发生的损坏情况以及相应的维修成本。

## 4 结语

论文通过对比分析了多种主要的建筑工程主体结构检测方法,并详述了各自在实际工程应用中的功能和优势。非损伤性检测技术和损伤性检测技术为工程质量和安全评估提供了基础。同时,无人机遥感技术和数码化扫描与建模技术开辟了新的检测视角和方法。这些先进的检测技术在工程结构安全性评估、施工过程控制、维修决策支持以及风险评估和建筑保险中发挥着日益重要的作用。

## 参考文献

- [1] 钟梓或.建筑工程主体结构检测内容与方法分析[J].江苏建材,2023(5):45-46.
- [2] 曹立,周斌,苏宏洋.主体结构检测在建筑工程质量监督控制中的应用探讨[J].四川建材,2023,49(8):30-31+34.
- [3] 杜宜清.建筑工程建设中的主体结构检测方法探讨[J].居舍,2023(19):136-138.
- [4] 杨文婷.高层建筑主体结构质量检测方法与应用[J].广东建材,2023,39(6):51-53.
- [5] 梁北兴.建筑工程主体结构检测方法探讨[J].房地产世界,2022(12):131-133.