

建筑变形监测技术及其应用实例分析

孔维鹏

广州市稳建工程检测有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i5.4769

[摘要] 建筑变形监测技术广泛应用于地面沉降、结构变化和抗震等领域。随着科技进步,技术不断升级,从手工测量发展到自动化和智能化,监测精度和实时性显著提高。目前,以全站仪、全球定位系统、激光扫描技术等为数据支持,提升了建筑安全性。智能化、自动化和大数据分析推动着建筑变形监测技术向更高效、更精准的方向发展,为行业转型升级提供了强大动力。

[关键词] 建筑变形监测; 智能化监测; 自动化技术; 大数据分析; 结构安全

中图分类号: TP212.6 **文献标识码:** A

Building deformation monitoring technology and its application analysis

Weipeng Kong

Guangzhou WENJIAN Engineering Testing Co., LTD

[Abstract] Structural deformation detection technology is extensively applied in ground subsidence monitoring, structural change analysis, and seismic engineering. With technological advancements, the field has evolved from manual measurements to automated and intelligent systems, achieving significant improvements in monitoring accuracy and real-time performance. Modern solutions like total stations, GPS systems, and laser scanning technologies provide robust data support to enhance building safety. The integration of intelligent automation and big data analytics is driving structural deformation monitoring toward greater efficiency and precision, serving as a powerful catalyst for industry transformation and upgrading.

[Key words] building deformation monitoring; intelligent monitoring; automation technology; big data analysis; structural safety

引言

建筑在运营阶段可能因荷载、地基沉降等因素出现变形,直接影响安全与性能。实时监测系统成为保障建筑稳定的核心手段。随着科技进步,传统人工检测逐步被自动化与智能化技术替代,物联网和大数据技术提升监测质量与效率。通过对各类监测技术的对比和工程实例分析,本文展示了建筑变形监测技术的应用效果,并为未来科技发展趋势提供参考。

1 建筑变形监测技术概述

1.1 监测技术的分类

建筑变形监测技术按照测量工具的差异,主要划分为传统手段、现代技术及智能化方法三大体系。

(1) 传统方法: 综合使用全站测距仪、水准标尺、测距仪等固定测量装置。全站仪凭借精准的角度与距离测量,实现建筑空间位置跟踪;水准仪在记录建筑垂直位移中发挥关键作用,适宜进行高精度沉降跟踪;量具用于对建筑局部变形进行周期性跟踪。传统技术的长处是操作简单、成本不高,但鉴于测量时间及环境要素的局限,信息收集略显迟缓。

(2) 现代技术: 涵盖激光扫描仪、三维地面激光雷达等实时监测装备。这些技术借助激光束,对建筑外表实施细致扫描,快速精准捕获大量三维信息,适用于大范围建筑物的结构变动跟踪。与先前的方法相较,现代技术的采集分辨率大幅提高,即时反馈时效性更佳。不过,购置此类设备需投入较大资金,实施过程需掌握专业的技术要领^[1]。

(3) 智能化方法: 将物联网与传感器阵列对接大数据挖掘,执行对建筑物变形进行实时跟踪。结合多种传感设备(位移、应变、温度等)及无线数据传输技术,可实现实时数据抓取与远程监控。此技术具有全天候监控能力,信息处理及分析能力强,适用于险峻或复杂的环境,可降低人工介入频率。

1.2 监测数据的采集与处理

(1) 数据采集的方式: 建筑变形监测的数据采集手段主要有手工记录与自动采集两大类。人工手动录入数据,精确性及效率有限,且易受主观干预;自动采集数据时,感应器与仪器实时监测,可减少人工偏差,提高数据采集的速率与精确率,特别契合大规模及长期监控需求。

(2) 数据处理方法: 数据收集完毕后, 务必对数据进行净化、筛选与解读, 保持其准确性及效能。数据处理中, 卡尔曼滤波技术占据核心位置, 该方法高效去除噪声干扰, 筛选真实变形动向, 在动态观测中普遍采用, 经处理的数据成果可为后续建筑安全评估提供坚实支撑。

(3) 数据存储与管理: 数据如巨浪般涌动, 云端架构主导数据监控及存储流程。依托云端资源, 数据监控技术支持统一存储、远程调阅及即时分析, 保证数据实时性与稳定性, 云端架构展现出强劲的计算实力及弹性扩展能力, 符合大规模监测系统实施标准。

1.3 监测精度与误差分析

建筑形态观测的精度受设备性能、环境因素和测量方法等多重因素影响。设备的精度是确保监测数据可靠性的核心, 而气温、湿度、振动等环境干扰亦会使结果产生偏差。不同测量手段的适用范围与精确度各异, 传统测量适合小范围、低频次监控, 现代动态监测技术则更契合大尺度、高精度需求。为提升监测数据的准确性与可信度, 应定期校准设备、科学选择监测方法、优化数据处理流程, 并结合工程实际在精度、效率与成本之间取得平衡, 从而实现建筑形态监测的科学化与精细化。

2 建筑变形检测方法

2.1 地面监测技术

(1) 全站仪技术: 全站仪是高精度的角度距离测量工具, 广泛应用于局部建筑变形监测。它通过测定目标点的水平角、垂直角及斜向距离, 精确捕捉建筑及结构的三维坐标变化。全站仪上手容易, 适合周期性跟踪, 尤其适用于渐近性、局部性明显的建筑物变形监测, 虽然需要人工干预, 但在一定范围内非常有效^[2]。

(2) 水准测量技术: 水准测量技术以水平面为基准来测定建筑的垂直变化, 常用于跟踪细微垂直位移, 特别适用于基础和结构沉降监测。该技术保证了垂直位移数据的精确性与可靠性, 辅助判断建筑沉降的规律性。水准测量一般为低频人工测量, 适用于稳定的建造空间, 但在实时性要求高的工程中存在局限。

(3) 激光扫描技术: 激光扫描技术通过激光束反射收集建筑表面三维点云数据, 能够快速且精准地锁定建筑的三维轮廓和位移变化。激光扫描仪的高精度使其适用于大范围、高精度的变形监测, 相较于其他方法, 激光扫描技术能在瞬间采集大量数据, 生成高精度的三维模型, 特别适用于复杂建筑群和高密度区域。

2.2 空间监测技术

(1) GNSS技术: 全球定位系统 (GNSS) 通过卫星信号捕捉提供高精度的三维定位数据。GNSS技术可以实时、全天候地追踪大型建筑或宽广区域的变形, 广泛应用于基础沉降和建筑整体位移监控, 提供连续的数据流, 具有独特的远程监控优势。

(2) 遥感技术: 遥感技术利用航天遥感和空中无人机图像系统, 实时监测建筑及区域的变形轨迹。结合遥感图像和数字地形数据 (DEM), 可以收集建筑地表形态与变形数据。遥感技术适合

于广阔区域和难以接触的地方, 具有高效覆盖的优点, 但精度受限于分辨率与数据处理技术, 细节分析存在一定局限。

(3) 激光雷达技术: 激光雷达通过激光扫描机制, 采集建筑外表面的精确三维数据, 提供高精度的三维坐标定位, 可实时监控建筑外立面的细微位移, 尤其适合复杂结构物、桥梁和隧道的三维监测。激光雷达技术能够高效采集庞大的数据量, 适用于大尺度、精度要求高的监测任务。

2.3 智能监测技术

(1) 传感器网络: 传感器网络通过安装各类传感器 (位移、应变、温度等), 实现建筑物变形的实时跟踪。多个传感器能够输出多维度数据, 持续监测建筑形态变化。传感器网络可以自主采集、传输和存储数据, 提升监测效率和数据实时性, 特别适合复杂的建筑环境^[3]。

(2) 大数据分析技术: 大数据分析技术通过整合传感器网络的数据, 借助数据库构建、数据挖掘算法和模式识别方法, 能够高效分析大量监测数据。该技术能通过对庞大数据的分析, 预测建筑形态的变化, 识别潜在风险, 为决策提供支持。

(3) 机器学习与人工智能: 人工智能和机器学习技术能够基于历史监控数据进行训练, 优化监测模型, 提高监测精度和可靠性。智能系统可自动捕捉建筑物的变形情况, 预测未来变形趋势, 并通过自动化监控系统实现故障预警。

3 建筑变形监测的应用实例分析

3.1 地基沉降监测实例

(1) 项目概述: 该重大建筑工程地处软土地带, 地基沉降导致建筑物结构不稳定, 为保障项目顺利进行, 开展了地面沉降调查, 尤其是建筑物底部及邻近区域的垂直沉降情况。监测网络遍布多个监测点, 全面采集沉降数据, 必须及时应对沉降异常现象。

(2) 采用技术: 运用全站仪、水准仪及激光扫描技术相结合的地基沉降监控手段, 全站仪周期性检测建筑各点的水平变动, 水准仪擅长精准测定垂直位移, 激光扫描技术可获取大尺度、高精度三维沉降数据集, 尤其适合在复杂环境中快速收集数据。

(3) 结果分析: 对监测数据进行综合提炼, 观察到该建筑沉降态势与预期一致, 沉降速度不快。对水准仪与全站仪的测量结果进行对比, 误差符合标准要求, 监测仪器的稳定性与精确度上乘。对局部区域出现的小规模沉降现象予以关注, 采取了加固基础及调整建筑负荷的应对措施, 防止出现额外变形。

3.2 变形监测实例

(1) 项目概述: 在某座横跨江河的大桥建设阶段, 引入了众多高强钢与水泥制品, 该桥梁设计跨幅无垠, 结构的变形监测成为关键一环, 观测内容为桥梁整体移动、结构局部扭曲及温差造成的应力变动。

(2) 采用技术: 为深入剖析桥梁的变形现象, 采用全球导航卫星系统、传感器和全站仪技术执行三维变形监测任务, 全球定位网络供应大范围位移资料库, 传感器实时记录应力、温度起伏对变形的作用力, 全站仪在关键区域测量中扮演关键角色^[4]。

(3)结果分析: 监测数据披露, 桥梁整体变形未超过设计允许极限, 局部应力集聚区域受预期控制所限, 凭借数据洞察, 对桥梁承受重压时的应力分布及变形趋势进行了预测研究, 依托持续监控与信息回馈, 桥梁设计及施工流程进一步精炼, 维护了结构的稳定与安全性能的恒久性。

3.3 高层建筑抗震变形监测实例

(1)项目概述: 这座高楼坐落在地震多发地带, 为增强抗震实力, 工程团队开展了抗震性能变形跟踪, 地震触发后对建筑物位移、倾斜及结构响应数据的即时采集。

(2)采用技术: 运用智能传感器及大数据分析手段, 安装多样传感器对建筑抗震效果进行实时跟踪, 传感器主要任务是对建筑物的振动、位移、应力等数据进行监控, 借助物联网手段, 将收集到的资料实时传输至云端进行即时分析^[5]。

(3)结果分析: 在强震波作用下, 大厦结构变形未超出安全范围。通过海量数据解析, 发现地震波传播过程中建筑特定区域出现细微应力集聚迹象。基于分析结果, 项目方提出了关键部位结构加固优化方案, 并形成配套改进措施, 以保障建筑抗震能力的持久稳定。

4 建筑变形监测的挑战与发展趋势

4.1 监测技术的挑战

建筑变形监测在技术应用中仍面临多重挑战。首先, 技术精确度与即时性是核心难题。建筑变形虽多为缓慢演变, 但在地震、沉降等特殊情况下变化突发而剧烈, 要求监测系统具备高灵敏度与高速响应能力, 可以在多变环境中实时捕捉细微变形并快速刷新数据。其次, 数据处理的复杂性不容忽视。监测系统采集的信息量庞大, 涉及多源异构数据, 如何高效处理、准确分析并实现实时计算, 成为提高监测可靠性的重要技术支撑。再次, 环境干扰因素亦是制约精度的重要变量。气温、湿度、振动、施工活动及外部震动源等均可能造成数据偏差或波动, 需通过设备防护、算法滤噪与多点冗余观测等手段加以抑制。

4.2 未来发展趋势

未来建筑变形监测将朝智能化、集成化与数据化方向发展。借助人工智能和机器学习技术, 监测系统可实现自动化分析与

预测预警, 实时识别结构异常并自动报警; 通过全站仪、GNSS、激光雷达及多类传感器的集成应用, 构建多维度、全覆盖的监测平台, 实现建筑形态变化的精准捕捉与验证; 依托物联网和大数据技术, 监测信息可即时共享与深度分析, 形成云端智能决策支持体系, 从而显著提升建筑安全监测的精准性、时效性与管理效率。

4.3 政策与标准化发展

建筑变形监测领域技术日新月异, 我国对这一领域的政策扶持日益强化, 国家需制定相关行业规范与科技准则, 巩固监测作业的规范化与统一性基础, 尤其在建筑监测器械的挑选、信息处理及安全保障规范上, 以行业规范明确化推动技术普及及可靠性增长。

5 结语

建筑变形监测技术在维护建筑安全与增强监测效能上具有关键意义, 结合全站仪、GNSS、激光扫描等前沿技术, 采纳智能化与自动化监测途径, 建筑变形监测的准确性与即时性实现大幅提升。智能科技、海量数据及物联网推动建筑变形监测技术迈向新境界, 是对技术精确度、即时响应及系统整合能力的重大突破, 这将作为提升建筑安全与效率管理的核心驱动力。

[参考文献]

[1]伊尧国, 周俊召. 基于3D GIS的建筑变形自动化监测与管理系统的研究与开发[J]. 工程勘察, 2010, 38(8): 59-63+72.

[2]曾丽娟, 杨翼飞. 自回归估计模型在广西某高层建筑变形监测中的应用[J]. 天津城市建设学院学报, 2013, 19(4): 264-267.

[3]姚建东. 竣工后高层建筑变形监测中应用GPS技术的价值探究[J]. 工程建设与设计, 2018(12): 30-31.

[4]刘朋, 曹海军. 基于物联网技术的水厂建筑变形自动化监测[J]. 建材与装饰, 2020(17): 98-99.

[5]王学林. 高层建筑变形监测方案设计及监测措施[J]. 石材, 2024(04): 147-149.

作者简介:

孔维鹏(1995--), 男, 汉族, 广东肇庆人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 建筑变形监测技术及其应用。