

建筑工程中的变形监测技术研究

胡尊礼

江苏鑫源岩土勘察工程有限公司，无锡市宜兴市，214200；

摘要：建筑工程变形监测对保障工程安全十分重要。本文阐述了其内涵与意义，分析了沉降、倾斜等监测内容及方法，包括水准测量等传统方法和 GNSS 等现代技术。同时探讨了该技术在高层建筑、桥梁等工程中的应用，指出其能预防灾害、优化设计和延长建筑寿命。最后展望了发展趋势，强调其将为工程安全提供更坚实保障。

关键词：建筑工程；变形监测技术；监测内容；监测方法；工程应用

DOI：10.69979/3029-2727.26.01.022

引言

随着城市化进程的加速，建筑工程呈现出规模扩大、结构复杂、高度增加的趋势。高层建筑、桥梁、隧道等工程在施工运营中易受地质、荷载、温度、地震等因素影响产生变形，超出允许范围会威胁工程安全，甚至引发事故。变形监测可实时获取变形信息，为工程各阶段提供依据，因此研究该技术具有重要现实意义。

1 变形监测的内涵与意义

1.1 变形监测的定义

变形监测是利用专业仪器和方法，对变形体在外力作用下形状或体积变化进行的系统性观测。变形体包括建筑物、边坡、桥梁等工程结构和地表。变形分为自身形变和刚体位移两类。通过测量代表性离散点的变化描述变形，分为静态和动态监测，前者通过周期观测，后者通过持续监测获得。

1.2 变形监测的意义

变形监测在建筑工程中具有重要意义。它能及时发现建筑物异常变形，预防结构性灾难。监测数据有助于理解材料和结构表现，优化工程设计，确保安全经济。施工中实时监测可避免过度应力损害，保障施工安全和顺利。定期监测能发现潜在问题，通过维护延长建筑使用寿命。

2 建筑工程变形监测的主要内容与方法

2.1 沉降监测

2.1.1 沉降监测内容

沉降监测测定建筑物地基的沉降量、沉降差及沉降速度，并计算基础倾斜、局部倾斜等。沉降量为某点沉

降大小，沉降差为两点沉降量之差，倾斜为沉降差与距离的比值，局部倾斜为砌体结构纵向 6-8 米内沉降差与距离的比值。

2.1.2 沉降监测方法

沉降监测常采用水准测量方法，周期性地监测建筑物上的沉降观测点与水准基点之间高差的变化。水准基点的布设至关重要，它必须具备足够的稳定性，远离沉降影响范围，并位于冰冻线以下 0.5m 的深度。同时，为了相互检核和保证观测精度，水准基点应至少布设三个。建筑物的沉降观测点应精心选择，通常位于建筑物的四角、沉降缝两侧、荷载变化处、大型设备基础以及地质条件变化处，以全面反映建筑物的沉降情况。观测周期的确定需根据工程实际情况，一般在建筑物主体开工前进行第一次观测，施工过程中每盖 1 - 2 层观测一次，中途停工和复工时都需观测，封顶或竣工后观测频率可调整为每月一次，当沉降速度明显放缓时，可延长至 2 - 3 个月观测一次，直至沉降完全稳定。沉降观测的水准路线应设计为闭合水准路线，以利于数据分析和处理，两次后视读数之差应控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内，以确保观测精度。对于多层建筑物，可采用 DS3 水准仪进行普通水准测量，其水准路线的闭合差应控制在 $\pm 2.0\sqrt{n}\text{mm}$ 以内（ n 为测站数）。

2.2 倾斜监测

2.2.1 倾斜监测内容

倾斜监测主要监测建筑物整体或局部的倾斜情况，测定建筑物顶部观测点相对于底部观测点的偏移值，再结合建筑物的高度来计算主体的倾斜度。对于圆形建筑（构）筑物，需要在两个互相垂直的方向上，测量其顶部中心相对于底部中心的偏移值。

2.2.2 倾斜监测方法

对于一般建筑物的主体倾斜观测，常采用全站仪投影法。

观测步骤如下：将全站仪安置在距建筑物 1.5 倍高度以上且视野开阔的测站，整平对中后瞄准墙上观测点 M 和 P，通过盘左盘右分中投点法确定下部对应点 N 和 Q 并记录数据。间隔后重新安置仪器，再次瞄准 M 和 P 得到新的下部点 N' 和 Q' 并记录。最后测量墙面偏移值 ΔA 和 ΔB ，矢量相加得总偏移值 ΔD 。根据总偏移值 ΔD 和建筑物高度 H，通过公式 $i = \Delta D/H$ 计算倾斜度。测量圆形构筑物时，在烟囱底部放置标尺，沿中垂线方向安置全站仪，距离为烟囱高度的 1.5 倍，并进行整平对中。用全站仪测得顶部中心偏移值 Δx ，通过矢量相加得到总偏移值 ΔD ，再计算倾斜度。全站仪配合反射装置或激光铅垂仪可直接测定建（构）筑物倾斜量。建筑基础倾斜观测一般采用全站仪结合精密水准测量方法。定期用全站仪测量基础两端沉降差 Δh ，记录距离 L，按公式 $i = \Delta h/L$ 计算倾斜度。对刚度好的建筑，可用沉降差推算主体偏移。具体操作是，通过结合全站仪的精密水准测量功能测定基础两端点的沉降量差值 Δh ，并根据建筑物的宽度 L 和高度 H，利用相应的几何关系和计算公式推算出该建筑物主体的偏移值 ΔD 。

2.3 位移监测

2.3.1 位移监测内容

位移监测是对建筑物平面位置随时间变化的大小和方向进行测定，包括水平位移和垂直位移监测。水平位移是变形监测点在水平面上的变动，垂直位移是变形监测点在铅直线方向上的变动。

2.3.2 位移监测方法

位移观测需在建筑物附近设控制点并在建筑上设观测点。水平位移监测方法包括角度前方交会法、基准线法、极坐标法等。角度前方交会法通过多点方向交会确定目标位置；基准线法测量目标点相对基准线偏移；极坐标法通过距离和角度计算坐标。垂直位移监测采用水准测量和电磁波测距三角高程测量，前者测高差，后者通过斜距和竖直角计算高差。

2.4 裂缝监测

2.4.1 裂缝监测内容

裂缝监测主要监测裂缝的产生、发展和变化情况，

包括裂缝的位置、长度、宽度、走向等参数的变化。

2.4.2 裂缝监测方法

常用裂缝观测方法有石膏板标志法和白铁皮标志法。石膏板法通过在裂缝两侧固定石膏板，观察其开裂情况以判断裂缝发展。白铁皮法在裂缝两侧分别固定正方形和矩形白铁皮，边缘重叠并涂红漆。裂缝扩展时两块白铁皮分离，露出未涂漆部分，其宽度可用尺子测量裂缝增宽程度。

2.5 现代变形监测技术

2.5.1 GNSS 监测技术

GNSS 监测利用卫星系统对结构物进行连续定位。通过卫星信号实时获取位移数据，适用于大范围长期监测。该技术精度高、速度快、操作简便，可实现全天候动态监测，精度达毫米至厘米级，不受天气和通视条件限制。

2.5.2 激光雷达技术

激光雷达（LiDAR）可生成高精度三维点云模型，准确捕捉微小变形。它通过激光束扫描结构表面，获取其三维空间数据，从而实现对结构变形的全面监测。激光雷达技术具有高精度、高分辨率的特点，适用于复杂形状或结构的变形监测，能够快速获取建筑物表面的详细信息，为变形分析提供丰富的数据支持。

2.5.3 无人机遥感技术

无人机遥感技术利用高分辨率成像快速覆盖边坡、矿区等大范围区域，大幅提升监测效率。无人机平台灵活，可搭载相机或激光雷达进行快速变形监测，尤其适合高危区域。该技术具有便捷、自动化、无接触、高精度等优点，测量误差仅 2-3mm，满足规范二等精度要求，可通过等色图、等值线图直观展示监测结果。

2.5.4 智能传感器技术

智能传感器通过物联网自动采集、传输和分析数据，实现 24 小时连续监测和异常预警。例如光纤传感器能实时监测建筑物的应变与温度变化，物联网传感器可集成位移、倾斜、裂缝等监测功能，并将数据实时传输至监控中心，便于管理人员掌握变形状态。

3 变形监测技术在建筑工程中的应用案例

3.1 高层建筑变形监测

以某 300 米超高层建筑为例，其地处地质复杂区域。沉降监测采用二等水准测量，布设 5 个水准基点、

20 个沉降观测点, 每 7 天观测一次。施工至 150 米时, 部分区域沉降差达 8mm (规范允许 10mm), 及时调整施工方案、加强基础处理后, 后续沉降差控制在 3mm 内。倾斜监测用全站仪投影法, 每月进行一次观测。在监测过程中, 发现局部楼层存在倾斜趋势, 倾斜率达到 0.2%, 未超过允许的 0.3%。针对这一情况, 迅速对相关部位进行加固处理, 之后倾斜情况趋于稳定。GNSS 实时监测整体位移, 精度达 $\pm 2\text{mm}$, 及时处理了潜在安全隐患。

3.2 桥梁变形监测

某跨江大桥跨度 800 米, 长期受多种因素影响。水平位移监测用极坐标法与 GPS 法结合, 设 15 个观测点, 实时监测发现, 特定气象和交通下, 水平位移规律性变化, 最大 15mm (安全范围 30mm)。垂直位移用水准测量和电磁波测距三角高程测量, 每月一次, 最大沉降 10mm。激光雷达扫描生成三维点云模型, 对比发现微小变形。关键部位装智能传感器, 实时监测应变和振动, 为安全评估提供精准数据。

3.3 隧道变形监测

某地铁隧道穿越复杂地质, 布设 30 个监测点。水准测量和全站仪定期监测, 施工期沉降最大 6mm, 水平位移 4mm。测斜仪监测显示, 土体最大倾角变化 0.5°。分布式光纤传感实时监测应变, 精度达 $\pm 1\mu\varepsilon$, 及时发现异常变形, 调整施工参数、加固后, 保障了施工和运营

安全。

4 结论

建筑工程变形监测技术对保障工程安全稳定运行至关重要。通过监测沉降、倾斜等变形数据, 采用多种监测方法获取建筑物变形信息, 为工程设计、施工和维护提供依据。该技术已广泛应用, 有效预防灾害、优化设计、指导施工并延长建筑寿命。未来变形监测将向智能化、自动化、高精度和实时化发展, 融合智能传感器、物联网和大数据技术, 实现数据自动采集处理, 提高监测效率精度。多种技术综合应用将提升监测可靠性, 并在更多领域为工程安全可持续发展提供支持。

参考文献

- [1] 刘腾. 高支模架体变形监测施工技术建筑工程技术与设计[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (03): 126-128.
- [2] 黄东锋, 杜艳忠. 基于无人机测绘技术的建筑工程变形监测及分析策略[J]. 有色金属设计, 2024, 51(03): 81-84+97.
- [3] 刁玉雷, 方超, 卢业宁, 等. 房屋建筑工程深基坑变形监测技术研究[J]. 砖瓦, 2024, (06): 81-83.
- [4] 葛晓晓. 基于无人机测绘技术的建筑工程变形监测及分析方法[J]. 工程机械与维修, 2023, (05): 80-82.
- [5] 员嵩. 建筑工程地基沉降和黄土湿陷变形监测技术[J]. 江西建材, 2023, (03): 89-90+95.