

工程测量变形监测的有效措施

葛贵陆

中国非金属材料南京矿山工程有限公司 山东 烟台 265699

摘要：随着城市化进程的迅猛推进以及各类大型工程项目的密集建设，工程测量中的变形监测工作愈发凸显其关键意义。本文聚焦工程测量变形监测，首先阐述变形监测包含沉降、位移、倾斜、裂缝监测等内容，接着分析水准测量、全站仪测量、GPS测量、InSAR、光纤传感等常见监测技术。同时指出监测中存在技术落后、数据处理能力不足、人员素质参差不齐、监测点布设不合理及外界环境干扰大等问题。针对这些问题，提出引入先进技术设备、加强数据处理能力建设、提高人员素质、科学布设监测点、减少外界干扰及建立健全质量管理制度等有效措施，旨在提升工程测量变形监测水平，保障工程安全。

关键词：工程测量；变形监测；有效措施

引言：在工程建设领域，变形监测是保障工程安全与质量的关键环节。随着各类大型、复杂工程不断涌现，工程结构在施工及运营过程中受多种因素影响，易产生变形，若变形超出允许范围，将引发严重安全事故，造成巨大经济损失和人员伤亡。工程测量变形监测能够实时掌握工程结构的变形情况，为工程安全评估提供准确数据支持。然而，当前工程测量变形监测工作仍面临诸多挑战，存在一系列亟待解决的问题。因此，深入探讨工程测量变形监测的有效措施具有重要的现实意义。

1 工程测量中变形监测的内容

1.1 沉降监测

沉降监测是工程测量变形监测的重要内容之一，主要针对建筑物、构筑物等在垂直方向上的沉降变化进行测量。在工程建设过程中，由于地基承载力不均、地下水位变化、土体固结等因素，建筑物可能会出现不均匀沉降。沉降监测通过设置沉降观测点，采用水准测量等方法，定期测量观测点的高程变化，从而获取建筑物的沉降量、沉降速率等数据。

1.2 位移监测

位移监测用于测量建筑物或构筑物在水平方向上的位置移动情况。工程结构可能因受到水平荷载、地震、风力等作用而产生水平位移。位移监测一般通过在监测对象上设置固定标志点，利用全站仪、GPS 测量技术等，精确测定标志点在不同时间的位置坐标，进而计算出位移量和位移方向。持续的位移监测能够实时掌握工程结构的水平变形动态，当位移量超过预警值时，可及时发出警报，以便采取加固、调整等措施，防止结构因过度位移而发生破坏，确保工程的安全稳定。

1.3 倾斜监测

倾斜监测旨在检测建筑物、高耸结构等的倾斜程度。在工程建设和使用过程中，由于地基不均匀沉降、结构受力不均等原因，可能导致结构发生倾斜。倾斜监测通常采用测斜仪、全站仪等仪器设备，通过测量结构顶部相对于底部的偏移量或结构各部位的倾斜角度来评估倾斜状况。准确掌握结构的倾斜情况对于判断其稳定性至关重要，若倾斜发展过快或倾斜角度过大，将严重影响结构的安全和使用功能。

1.4 裂缝监测

裂缝监测主要针对建筑物、岩土工程等结构表面出现的裂缝进行监测。裂缝的产生和发展往往是结构受力状态改变或内部损伤的外在表现，对结构的安全性和耐久性有重要影响。裂缝监测内容包括裂缝的位置、走向、长度、宽度等参数的测量。常用的监测方法有人工观测、裂缝测宽仪测量、摄影测量等。通过对裂缝的持续监测，可以了解裂缝的变化规律，判断裂缝是否处于稳定状态或是否在进一步扩展，为分析结构的受力情况和评估结构的安全性提供重要信息，以便及时采取维修、加固等处理措施，防止裂缝引发更严重的结构问题^[1]。

2 常见变形监测技术分析

2.1 水准测量技术

水准测量技术是变形监测中测定垂直位移的核心手段，其原理基于水平视线法测定两点间高差。通过水准仪望远镜与水准泡的协同作用，确保视线水平后读取前后视标尺读数，计算高差并推算未知点高程。该技术精度可达毫米级，尤其适用于建筑物沉降、地基固结等垂直变形监测。例如，在大坝安全监测中，通过布设闭合水准路线，可实时捕捉坝体微小沉降量，结合时间序列分析判断结构稳定性。

2.2 全站仪测量技术

全站仪集电子测角、电磁波测距与数据处理于一体，通过光电扫描度盘实现水平角/垂直角的高精度数字读数，并利用红外或激光束测量斜距。其核心优势在于单站即可获取目标点的三维坐标，适用于复杂地形下的位移监测。例如，在高层建筑倾斜监测中，全站仪可快速测量建筑物顶部与底部的坐标偏移量，结合三角函数计算倾斜角度。

2.3 GPS测量技术

GPS技术通过接收至少四颗卫星信号，利用空间距离交会法确定地面点三维坐标，具有全球覆盖、全天候作业与高精度特性。在变形监测中，GPS可实时捕捉建筑物、边坡等目标的水平与垂直位移，尤其适用于大范围动态监测。例如，在跨海大桥健康监测中，GPS接收机可连续记录桥塔在风荷载作用下的微小摆动，结合差分技术消除电离层误差，实现毫米级定位精度。

2.4 InSAR技术

InSAR技术通过合成孔径雷达干涉测量，提取地表形变引起的相位差信息，实现大范围、高精度形变监测。其原理为：利用两幅覆盖同一区域的SAR影像，通过相位差生成干涉图，结合卫星轨道参数与地形数据解算地表位移场。例如，在城市地面沉降监测中，InSAR可识别毫米级沉降区域，并生成连续形变时空序列图，揭示沉降与地下水开采、地质构造活动的关联。DInSAR（差分干涉测量）通过引入外部DEM消除地形相位，进一步提升形变监测精度；PSInSAR（永久散射体干涉测量）则聚焦于稳定目标（如建筑物角点），通过长时间序列分析消除大气延迟误差，适用于城市区域微小形变监测。

2.5 光纤传感技术

光纤传感技术利用外界物理量（如应变、温度）对光纤光参数（波长、相位）的调制作用，实现分布式或准分布式变形监测。其核心原理包括：光纤光栅（FBG）通过波长漂移反映应变变化，适用于桥梁、隧道等结构的健康监测；分布式光纤（如BOTDR）利用拉曼散射或布里渊散射效应，沿光纤路径连续测量温度与应变分布，监测长度可达数十公里。例如，在大型水坝渗流监测中，分布式光纤可埋设于坝体内部，实时捕捉渗流通道扩展引起的温度异常与结构应变变化，结合数值模型评估坝体安全性^[2]。

3 工程测量中变形监测存在的问题

3.1 监测技术相对落后

当前工程变形监测中，部分技术手段仍显陈旧。一些项目还在使用传统水准仪、经纬仪进行人工测量，效

率低下且精度受限，难以满足大规模、高精度监测需求。在复杂地形或恶劣环境下，传统设备易受通视条件制约，数据采集不完整。新兴技术如三维激光扫描、无人机摄影测量等虽已出现，但普及程度低，应用经验不足，且设备成本高昂，限制了其在一般工程中的推广，导致监测技术整体水平滞后于工程建设发展速度。

3.2 数据处理与分析能力不足

变形监测数据量庞大且复杂，但现有处理与分析能力难以满足需求。一方面，数据处理软件功能单一，自动化程度低，大量数据依赖人工整理，易出现错误且效率低下。另一方面，数据分析方法落后，多停留在简单的统计描述层面，缺乏对数据深层次规律的挖掘，难以建立精准的变形预测模型。

3.3 监测人员专业素质参差不齐

变形监测工作对人员专业素质要求较高，但实际中人员水平差异较大。部分监测人员缺乏系统培训，对监测原理、仪器操作和数据处理方法掌握不熟练，导致监测数据不准确、不完整。一些人员责任心不强，工作中敷衍了事，不按规定频率和精度进行监测，影响监测结果的可靠性。

3.4 监测点布设不合理

监测点布设是变形监测的关键环节，但目前存在诸多不合理之处。部分项目布设监测点时缺乏科学规划，未充分考虑工程结构特点和变形规律，导致监测点不能准确反映结构变形情况。有的监测点位置选择不当，易受施工活动干扰或被遮挡，影响数据采集的连续性和准确性。

3.5 外界环境干扰大

工程变形监测易受外界环境因素影响。在沉降监测中，温度变化会使测量仪器产生热胀冷缩，导致测量结果出现偏差；大气折光也会影响水准测量的精度，使高程数据不准确。位移监测时，风力、振动等会干扰全站仪、GPS等设备的正常工作，造成测量数据波动。在裂缝监测中，雨水冲刷、温度应力等可能使裂缝宽度、长度发生变化，掩盖真实变形情况^[3]。

4 工程测量变形监测的有效措施

4.1 引入先进监测技术和设备

积极引入如三维激光扫描、无人机摄影测量、北斗高精度定位等先进技术。三维激光扫描能快速获取物体表面三维坐标，实现高精度、高效率的变形监测，尤其适用于复杂结构；无人机摄影测量可突破地形限制，获取大面积监测区域影像，通过影像匹配技术提取变形信息；北斗高精度定位技术能提供实时、动态的三维位置

信息，满足不同工程场景需求。同时，配备先进的监测设备，如高精度全站仪、智能水准仪等，提高数据采集精度和效率。定期对设备进行维护和校准，确保其性能稳定可靠。通过引入先进技术和设备，提升变形监测的自动化、智能化水平，为工程安全提供更精准的数据支持。

4.2 加强数据处理与分析能力建设

建立专业的数据处理中心，配备先进的软件和硬件设施。采用自动化数据处理软件，实现数据的快速导入、整理和初步分析，减少人工操作误差。运用大数据、人工智能等技术，深入挖掘数据背后的规律，建立精准的变形预测模型。加强对数据处理人员的培训，提高其对复杂数据的处理和分析能力。同时，建立数据共享平台，实现监测数据的实时共享和交流，方便不同部门和人员获取所需信息。定期对数据处理结果进行评估和验证，确保分析结果的准确性和可靠性，为工程决策提供科学依据。

4.3 提高监测人员专业素质

制定系统的培训计划，定期组织监测人员参加专业培训课程，内容涵盖监测原理、仪器操作、数据处理等方面。邀请行业专家进行讲座和现场指导，分享最新技术和经验。鼓励监测人员参加学术交流活动，拓宽视野，了解行业动态。建立考核机制，对监测人员的专业知识和技能进行定期考核，考核结果与绩效挂钩，激励其不断提升自身素质。同时，注重培养监测人员的责任心和职业道德，确保其在工作中严格遵守规范和流程，认真对待每一个监测环节，保证监测数据的质量和可靠性。

4.4 科学合理布设监测点

在布设监测点前，充分研究工程结构特点和变形规律，结合地质勘察资料和设计文件，制定科学合理的布设方案。对于关键部位和易发生变形区域，应增加监测点密度，确保能全面、准确地反映结构变形情况。考虑监测点的可达性和稳定性，选择不易受施工活动干扰、便于长期观测的位置。采用多种监测手段相结合的方式，如在沉降监测点附近同时设置位移监测点，相互验证监测结果。定期对监测点进行检查和维护，确保其标识清晰、稳固可靠。通过科学合理的布设监测点，提高变形监测的代表性和准确性。

4.5 采取措施减少外界环境干扰

针对温度影响，在测量仪器上安装温度补偿装置，或选择在温度变化较小的时段进行监测。对于大气折光

影响，采用短边测量、往返观测等方法减小误差。在风力、振动较大的环境下，为全站仪、GPS等设备配备防风、减震装置，确保其稳定工作。对裂缝监测部位采取防护措施，如搭建防护棚，避免雨水冲刷和温度应力影响。在周边施工活动频繁的区域，与施工单位协调，合理安排施工时间和顺序，减少对监测工作的干扰。同时，在数据处理时，考虑外界环境因素对监测数据的影响，进行相应的修正和补偿，提高监测数据的准确性。

4.6 建立健全监测质量管理制度

制定完善的监测质量管理制度，明确监测工作的流程、标准和规范。建立质量检查机制，定期对监测工作进行检查和评估，包括监测点的布设、仪器设备的使用、数据处理和分析等环节。对发现的问题及时提出整改意见，并跟踪整改情况，确保问题得到彻底解决。建立质量追溯制度，对监测数据的来源、处理过程和结果进行详细记录，以便在出现问题时能快速追溯和查找原因。加强对监测合同的管理，明确双方的权利和义务，确保监测工作按照合同要求进行。通过建立健全监测质量管理制度，规范监测行为，提高监测工作的质量和可靠性^[4]。

结束语

程测量变形监测是保障工程安全、稳定运行的关键环节。通过引入先进监测技术和设备，我们提升了数据采集的精度与效率；加强数据处理与分析能力建设，挖掘出更有价值的变形信息；提高监测人员专业素质，为监测工作提供了坚实的人力保障；科学合理布设监测点，确保监测结果的代表性；采取有效措施减少外界环境干扰，保障了数据的可靠性；建立健全监测质量管理制度，规范了整个监测流程。

参考文献

- [1]李桃.高层建筑基坑工程监测方法[J].测绘与空间地理信息, 2021, 35 (11) : 176-177.
- [2]郭建平.GPS技术在工程变形监测中的应用[J].科学技术创新, 2022 (29) : 78-79.
- [3]李孝雁, 黄飒, 刘昌华.工程测量变形监测的有效对策探究[J].太原城市职业技术学院学报, 2021 (09) : 173-174.
- [4]邓永安.关于工程测量变形监测的有效措施的论述[J].科技与企业, 2022 (23) : 206.