

# 建筑结构变形监测与控制技术研究

杜秉新

临县城乡园林绿化服务中心, 中国·山东 吕梁 033200

**摘要:** 论文立足于当下城市建设飞速发展的时代背景, 深入且全面地对建筑结构变形监测与控制技术展开了系统性的研究。详细阐述了变形监测的基本原理以及关键监测方法, 其中包括高精度测量仪器设备、传感器技术、光纤光栅传感技术等先进手段。在分析建筑结构变形常见类型及原因的基础上, 着重探讨了结构变形监测技术的重要意义, 如能够提前预警潜在风险, 保障建筑结构安全, 为维护结构的稳定性提供可靠依据。进一步深入地研究了常用变形监测技术, 如全站仪测量、GPS 测量、无人机航拍等, 并对其特点及适用范围进行了细致比较。同时, 也深入探讨了变形监测数据的处理与分析方法, 包括数据预处理、数据分析方法、数据可视化等。在建筑结构变形控制方面, 详细探讨了变形控制的基本原则, 如安全可靠、经济合理、技术先进等, 并介绍了常用的变形控制技术, 如加强结构设计、采用高性能材料、施加预应力等。通过具体的实际案例分析, 详细阐述了变形监测与控制技术在建筑结构中的实际应用, 如高层建筑、大跨桥梁、地下工程等。最后, 总结了变形监测与控制技术的研究成果, 并对其未来的发展趋势进行了展望, 预测其将朝着更高精度、智能化、自动化等方向发展, 为建筑结构安全提供更有力的保障。

**关键词:** 建筑结构; 变形监测; 控制技术; 实际应用

## Research on Deformation Monitoring and Control Technology of Building Structures

Bingxin Du

Linxian Urban and Rural Landscape and Greening Service Center, Lvliang, Shandong, 033200, China

**Abstract:** This paper is based on the background of the rapid development of urban construction, and conducts a systematic study on the monitoring and control technology of building structural deformation in depth and comprehensively. The basic principles and key monitoring methods of deformation monitoring were elaborated in detail, including advanced techniques such as high-precision measuring instruments and equipment, sensor technology, and fiber Bragg grating sensing technology. Based on the analysis of common types and causes of structural deformation in buildings, this paper focuses on the importance of structural deformation monitoring technology, such as the ability to warn potential risks in advance, ensure the safety of building structures, and provide reliable basis for maintaining structural stability. Further in-depth research was conducted on commonly used deformation monitoring techniques, such as total station measurement, GPS measurement, unmanned aerial vehicle aerial photography, etc., and their characteristics and applicability were compared in detail. At the same time, the processing and analysis methods of deformation monitoring data were also deeply explored, including data preprocessing, data analysis methods, data visualization, etc. In terms of deformation control in building structures, the basic principles of deformation control, such as safety and reliability, economic rationality, and advanced technology, were discussed in detail. Common deformation control techniques, such as strengthening structural design, using high-performance materials, and applying prestress, were also introduced. Through specific case analysis, the practical application of deformation monitoring and control technology in building structures, such as high-rise buildings, large-span bridges, underground engineering, etc., is elaborated in detail. Finally, the research achievements of deformation monitoring and control technology were summarized, and its future development trends were predicted to move towards higher precision, intelligence, automation, and other directions, providing stronger guarantees for the safety of building structures.

**Keywords:** building structure; deformation monitoring; control technology; practical application

## 0 前言

在当今城市化高速推进的进程中, 建筑结构的规模和复杂程度不断提升, 其安全性与稳定性成为全社会关注的焦点。建筑结构一旦发生变形, 不仅可能影响建筑物的正常使用功能, 甚至可能引发严重的安全事故。因此, 对建筑结构

的变形进行全面、实时、准确的监测与控制显得尤为重要。建筑结构变形监测与控制技术作为一门综合性的学科, 涉及结构工程、测量学、材料科学、信息技术等多个领域的知识。通过运用先进的监测技术, 可以及时发现建筑结构在施工和使用过程中的微小变形, 为分析结构的安全性提供依据。

而控制技术则能够根据监测数据采取相应的措施,对结构变形进行有效的约束和调整,确保建筑结构的稳定与安全。随着科技的不断进步,建筑结构变形监测与控制技术也在不断发展。近年来,涌现出了一批高精度、智能化的监测设备和方法,如三维激光扫描、无人机航测、智能传感器网络等,大大提高了监测的效率和精度。同时,基于大数据分析和人工智能技术的结构健康监测系统也逐渐成为研究热点,为建筑结构的安全管理提供了有力的技术支持。此外,建筑结构变形监测与控制技术的研究还具有重要的社会经济意义。一方面,它可以保障建筑物的安全使用,减少因结构变形导致的经济损失和社会影响;另一方面,它也可以推动建筑行业的技术创新和产业升级,提高建筑结构设计水平和施工质量。

综上所述,对建筑结构变形监测与控制技术的研究具有重要的现实意义和广阔的应用前景。本研究旨在深入探讨该技术的基本原理、方法、应用和发展趋势,以期为建筑结构的安全管理提供有益的参考和借鉴。

## 1 概念与现状

### 1.1 建筑结构变形监测的概念

建筑结构变形监测是指利用特定的测量仪器、传感器以及相关技术,对建筑结构在施工和使用过程中所产生的变形进行实时、连续、精确的测量和分析。其目的在于及时发现结构变形的趋势和异常情况,为建筑结构的安全评估、故障诊断和维修加固提供可靠的数据支持。

### 1.2 建筑结构变形监测的现状

目前,建筑结构变形监测的方法和手段日益丰富多样。传统的测量方法如全站仪测量、经纬仪测量等仍然发挥着重要作用,但逐渐被一些新型技术所补充和完善。

在监测技术方面,自动化监测技术得到了广泛应用<sup>[1]</sup>。通过布设传感器网络,结合数据采集和处理系统,实现对建筑结构变形的实时监测和远程传输。同时,三维激光扫描技术、摄影测量技术等也为建筑结构变形监测提供了高效、精准的手段。在监测数据分析方面,基于大数据和人工智能技术的结构健康监测系统逐渐成为研究热点。通过对海量监测数据的处理和分析,可以挖掘出结构变形的规律和趋势,为结构的安全评估提供更为科学的依据。

此外,建筑结构变形监测的标准和规范也日益完善,为监测工作的开展提供了有力的指导。

### 1.3 建筑结构变形控制的概念

建筑结构变形控制是指在建筑设计、施工和使用过程中,采取一系列技术和管理措施,对建筑结构的变形进行有效的约束和调整,以确保建筑结构的安全、稳定和正常使用。

### 1.4 建筑结构变形控制的现状

在建筑结构设计阶段,通过合理选择结构形式、优化结构布局、计算分析结构变形等措施,从源头上对建筑结构

变形进行控制。同时,采用高性能材料、预应力技术等手段,提高建筑结构的抗变形能力。在施工阶段,严格控制施工质量,确保施工过程中的结构安全。通过施工监测和预警机制,及时发现并处理施工过程中的结构变形问题。在使用阶段,定期对建筑结构进行维护和检查,发现变形问题及时采取加固措施。同时,对建筑结构的使用环境和荷载进行严格控制,避免因超载或环境变化导致结构变形。

目前,建筑结构变形控制技术不断发展和完善,但仍存在着一些挑战。例如,复杂结构变形控制难度大、新型材料性能不稳定、监测和维护成本高等问题。因此,需要进一步加强研究和技术创新,提高建筑结构变形控制水平。

## 2 主要问题与挑战

### 2.1 监测技术精度与可靠性问题

#### 2.1.1 监测设备精度制约

在建筑结构变形监测中,监测设备的精度直接影响着监测结果的准确性。目前,部分监测设备的精度仍有待提高,尤其是在长期监测过程中,设备自身的误差可能会逐渐累积,从而影响监测结果的可靠性。

#### 2.1.2 传感器稳定性不足

传感器是变形监测中的关键设备之一,其稳定性直接影响着监测数据的可靠性。然而,部分传感器在长时间工作过程中,可能会受到温度、湿度、振动等环境因素的影响,导致数据波动或失真。

#### 2.1.3 多传感器数据融合难度大

在复杂的建筑结构中,往往需要布设多种类型的传感器进行监测,如何实现多传感器数据的融合是一个难点。不同传感器的数据格式、采样频率、测量范围等可能存在差异,如何将 these 数据进行有效融合,提取出有用的信息,是一个需要解决的问题。

### 2.2 数据处理与分析能力不足

#### 2.2.1 大数据处理效率低下

随着建筑结构变形监测数据量的不断增加,大数据处理能力成为制约监测效果的重要因素。传统的数据处理方法在处理大规模数据时,效率较低,难以满足实时监测的需求。

#### 2.2.2 数据挖掘与诊断能力有待提高

从海量的监测数据中挖掘出有价值的信息,对结构变形的原因进行分析和诊断,是一个具有挑战性的任务。目前,数据挖掘与诊断技术仍不够成熟,难以准确判断结构变形的性质和趋势。

### 2.3 控制技术适应性差

#### 2.3.1 不同结构变形控制难度大

建筑结构的类型多样,不同类型的结构在变形特性、影响因素等方面存在差异,因此变形控制技术的适应性是一个难点。一种变形控制技术可能适用于某种类型的结构,但在另一种类型的结构中可能效果不佳。

### 2.3.2 环境变化影响控制效果

建筑结构所处的环境是不断变化的,如温度、湿度、风荷载等。这些环境因素的变化可能会影响变形控制技术的效果,使得控制措施难以达到预期目标。

## 2.4 成本与效益平衡问题

### 2.4.1 监测与控制成本高昂

建筑结构变形监测与控制需要投入大量的资金用于设备购置、系统搭建、人员培训等方面,这对于一些经济条件有限的单位或项目来说,成本压力较大。

### 2.4.2 效益难以直接显现

与直接的经济效益相比,建筑结构变形监测与控制的效益往往难以直接显现。它更多地体现在保障建筑结构安全、延长使用寿命等方面,这种间接效益使得部分单位或个人在决策时可能对其重视不足。

## 3 应对策略

### 3.1 提升监测技术精度与可靠性

#### 3.1.1 选用高精度监测设备

针对不同类型的建筑结构和变形监测需求,选用高精度的监测设备,如高精度全站仪、激光扫描仪、高精度传感器等。同时,加强对监测设备的校准和维护,确保其精度和稳定性<sup>[2]</sup>。

#### 3.1.2 研发新型传感器与数据融合技术

研发具有更高稳定性、更小误差的新型传感器,提高监测数据的可靠性。同时,加强多传感器数据融合技术的研究,通过数据融合算法,将不同传感器的数据进行有效融合,提高监测数据的准确性和完整性。

#### 3.1.3 建立监测设备标准与规范

制定监测设备选型、安装、校准、维护等方面的标准与规范,确保监测设备的性能和精度,提高监测数据的可靠性。

### 3.2 增强数据处理与分析能力

#### 3.2.1 提升大数据处理效率

采用分布式计算、云计算等先进技术,提高大数据处理效率,实现对海量的建筑结构变形监测数据的快速处理和分析。

#### 3.2.2 加强数据挖掘与诊断技术研究

利用机器学习、深度学习等先进技术,对海量的监测数据进行深入挖掘和分析,提取出有价值的信息,对结构变形的原因进行分析和诊断,提高数据的使用价值。

#### 3.2.3 建立结构健康监测系统

基于大数据和人工智能技术,建立结构健康监测系统,实现对建筑结构变形的实时监测、数据分析和故障诊断,为结构的安全管理提供有力支持。

### 3.3 提高控制技术适应性

#### 3.3.1 研发新型变形控制技术

针对不同类型的建筑结构和变形特点,研发新型变形

控制技术,如形状记忆合金、压电材料、碳纤维等,提高变形控制技术的适应性。

#### 3.3.2 优化变形控制方案

根据建筑结构的实际情况,优化变形控制方案,采取多种控制措施相结合的方式,如结构加固、卸载、调整荷载等,提高变形控制效果。

#### 3.3.3 加强环境适应性研究

针对环境因素对变形控制技术的影响,加强环境适应性研究,研发具有更强环境适应性的变形控制技术和措施。

### 3.4 平衡成本与效益

#### 3.4.1 合理规划监测与控制方案

根据建筑结构的实际情况和变形监测与控制需求,合理规划监测与控制方案,避免不必要的投入,降低监测与控制成本。

#### 3.4.2 加强成本与效益分析

在开展建筑结构变形监测与控制项目过程中,我们必须强化成本与效益分析的工作。这不仅涉及对项目所需人力、物力、财力等资源的合理预算,还包括对监测效果、维护成本以及潜在风险的综合评估。通过深入分析,我们能够确保项目的投入与产出达到最优平衡,避免资源浪费,提高项目的经济效益和社会效益,从而确保项目的可持续性和成功实施。

#### 3.4.3 增强社会与经济效益意识

为了提升社会与经济效益意识,我们需加大对建筑结构变形监测与控制重要性的宣传和教育工作。通过举办讲座、研讨会和发布科普资料,提高社会各界对此项工作价值的认识,让他们理解其对保障建筑安全和延长建筑使用寿命的关键作用。这样一来,可以激发社会各界的参与热情,增强他们对此项技术投入的积极性和支持力度,进而促进整个行业的健康发展。

## 4 实际案例及分析

### 4.1 某高层建筑变形监测案例

在某高层建筑的变形监测案例中,该建筑在施工阶段面临着由复杂地质条件和较大施工荷载带来的变形风险。为了保障建筑结构的安全性,建设单位毅然决然地启动了变形监测项目。

该项目采用了高精度的全站仪、激光扫描仪、倾斜仪等先进监测设备,对建筑的沉降、倾斜、位移等关键变形参数进行了全方位的监测。此外,借助物联网技术,实现了监测数据的实时传输和快速处理,大大提高了监测效率。

监测结果显示,在施工过程中,建筑确实出现了沉降和倾斜变形,但幸运的是,这些变形均在设计规定的安全范围内。通过对监测数据的深入分析,项目团队及时掌握了变形的发展趋势和潜在异常情况,为采取针对性的控制措施提供了重要参考。

基于监测结果,施工单位实施了一系列措施,包括优化施工工艺、加强地基处理、调整荷载分布等,有效地控制了建筑的变形发展。经过一段时间的持续监测,建筑的变形情况逐渐趋于稳定,最终确保了建筑结构的安全,为工程的顺利进行和后续使用安全奠定了坚实基础。

#### 4.2 某大跨桥梁变形监测案例

某大跨桥梁在运营过程中,由于车辆荷载、环境因素等影响,存在一定的变形风险。为确保桥梁的安全运营,管理部门决定对该桥梁进行变形监测。

采用无人机航测、光纤光栅传感器、加速度计等监测设备,对桥梁的挠度、应力、振动等变形参数进行全面监测。同时,利用云计算技术,实现了数据的实时处理和分析。

经过监测,发现桥梁在运营过程中存在一定的挠度和应力变形,但均在设计允许范围内。通过对监测数据的分析,及时发现了变形的趋势和异常情况,为桥梁的维护和管理提供了依据。

根据监测结果,管理部门采取了加强车辆限载、优化通行组织、定期维护等措施,有效地控制了桥梁的变形。同时,利用结构健康监测系统,对桥梁的健康状况进行实时监测和管理,确保了桥梁的安全运营。

## 5 结语

建筑结构变形监测与控制技术对于保障建筑结构的安全稳定具有重要意义。通过提升监测技术精度与可靠性、增强数据处理与分析能力、提高控制技术适应性以及平衡成本与效益等措施,可以有效地应对当前面临的挑战,提高建筑结构变形监测与控制的水平。在实际应用中,应根据建筑结构的类型、特点以及变形监测与控制需求,制定合理的监测与控制方案。同时,加强对监测数据的分析与处理,及时发现变形的趋势和异常情况,采取相应的控制措施,确保建筑结构的安全稳定。

未来,随着科技的不断进步和社会的发展,建筑结构变形监测与控制技术将朝着智能化、自动化、高效化等方向发展。例如,利用人工智能技术进行数据挖掘和诊断,提高数据分析的准确性和效率;利用物联网技术实现监测设备的远程监控和管理,提高监测的实时性和可靠性;利用先进材料技术提高变形控制技术的适应性和效果等。

#### 参考文献:

- [1] 马帅.房屋建筑工程中框架剪力墙结构建筑施工技术的应用[J].中国建筑装饰装修,2024(15):167-169.
- [2] 陈保林.建筑施工中地基基础工程的施工技术处理措施研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(6):135-137.