

# Research on Building Deformation Monitoring Based on 3D Laser Scanning Technology

Huasen Li

Beijing Xinxing Huanyu Information Technology Co., Ltd., Beijing, 100000, China

## Abstract

With the development of the construction industry, building deformation monitoring has gradually become an important means of ensuring the safety and structural stability of buildings. Three-dimensional laser scanning technology, as a high-precision and high-efficiency data collection and analysis tool, has been widely applied in building deformation monitoring. This technology allows for the precise acquisition of three-dimensional point cloud data from building surfaces, enabling the collection of large amounts of deformation information in a short period, greatly improving the accuracy and efficiency of monitoring. Based on three-dimensional laser scanning technology, this paper explores its application in building deformation monitoring, analyzes the theoretical foundations and methods of deformation monitoring, and provides theoretical and practical guidance for the development of building deformation monitoring technology, which has high practical value.

## Keywords

Three-dimensional laser scanning; Building deformation; Monitoring technology; Point cloud data; Precision evaluation

## 基于三维激光扫描技术的建筑物变形监测研究

李华森

北京新兴环宇信息科技有限公司, 中国 · 北京 100000

## 摘要

随着建筑行业的发展, 建筑物的变形监测逐渐成为保障建筑安全和结构稳定的重要手段。三维激光扫描技术作为一种高精度、高效率的数据采集与分析工具, 在建筑物变形监测中得到了广泛应用。该技术通过精确获取建筑物表面的三维点云数据, 可以在短时间内获得大量的变形信息, 极大提升了监测的准确性和效率。本文基于三维激光扫描技术, 探讨了其在建筑物变形监测中的应用, 分析了变形监测的理论基础和方法, 为建筑物变形监测技术的发展提供了理论依据和实践指导, 具有较高的应用价值。

## 关键词

三维激光扫描; 建筑物变形; 监测技术; 点云数据; 精度评估

## 1 引言

建筑物在长期使用过程中, 常因地基沉降、外部荷载、环境变化等因素而发生不同程度的变形。这些变形可能对建筑物的结构安全产生重大影响, 甚至导致事故的发生, 因此, 及时、准确地监测建筑物的变形是确保建筑物安全运行的关键。传统的变形监测方法多依赖人工测量, 存在测量周期长、精度低、操作繁琐等问题, 难以满足现代建筑物安全管理的需求。三维激光扫描技术的出现, 突破了传统监测手段的局限, 凭借其快速、精准、高效的特点, 已成为变形监测领域的重要技术手段。通过对建筑物表面的高密度点云数据进行处理与分析, 三维激光扫描能够全面、准确地反映建筑物的

变形情况, 并为后续的结构分析与修复提供依据。本文将重点探讨三维激光扫描技术在建筑物变形监测中的应用, 分析其优势、精度问题及系统设计等方面内容, 旨在为相关领域的研究和实践提供借鉴与指导。

## 2 三维激光扫描技术概述

三维激光扫描技术通过激光束测量物体表面的三维坐标点, 利用反射时间或相位差原理获取每个扫描点的空间位置, 从而生成高精度的三维点云数据。该技术依靠激光扫描仪发射激光束, 并通过反射回波计算出激光束与物体表面之间的距离。随着计算机技术的发展, 三维激光扫描技术逐渐成熟, 成为现代测量领域的重要工具。最初, 三维激光扫描主要用于大规模的地形测绘和工业检测。随着技术的进步, 激光扫描仪的精度不断提高, 扫描速度显著加快, 数据处理能力不断增强, 应用范围也从单一的地形测量扩展至建筑、

【作者简介】李华森 (1992-), 男, 中国北京人, 工程师, 从事工程测量研究。

桥梁、隧道等领域的监测。近年来,随着激光扫描仪价格的逐步降低和相关软件的不断优化,三维激光扫描技术得到了更广泛的应用,尤其在建筑物变形监测、文化遗产保护和智能城市建设等领域,展现出巨大的潜力。

### 3 建筑物变形监测的理论基础

#### 3.1 建筑物变形的定义与分类

建筑物变形指的是建筑结构在外部荷载、温度变化、地质运动等因素作用下,发生的形状、尺寸或位移的变化。变形不仅可能影响建筑物的外观,还可能危及建筑物的结构安全,甚至导致灾难性后果。根据变形的性质,建筑物变形可以分为弹性变形和塑性变形。弹性变形通常是由于外部荷载造成的暂时性变形,当荷载去除后,建筑物会恢复到原来的形状;而塑性变形则是指建筑物在长期荷载或超载作用下发生的永久性变形。根据变形的表现,建筑物变形还可以分为平移、倾斜、弯曲、扭曲等多种类型,每种类型的变形都可能导致不同程度的结构风险。因此,对建筑物变形进行及时的监测,对于确保其安全性和稳定性至关重要。

#### 3.2 变形监测的基本理论与方法

建筑物变形监测的基本理论依赖于结构力学和变形分析理论。变形监测的主要目的是通过合理的手段,准确测量建筑物的变形程度,为结构安全评估和后续的维护提供依据。常用的变形监测方法包括传统的光电测量、激光测距、位移传感器以及现代的三维激光扫描技术。激光测距技术能够通过激光反射计算物体的距离,并在不同时间点记录建筑物的位移数据。三维激光扫描技术则通过获取高密度的点云数据,能更加全面、细致地反映建筑物的变形情况。此外,建筑物变形监测还依赖于地质力学和环境力学等基础理论,通过合理选择监测点位、设置合适的传感器,结合数据分析方法,实现对建筑物变形的精确评估。近年来,随着信息技术的进步,数据采集、存储和分析技术不断提升,变形监测方法趋向于更加自动化和智能化,能够提供更加实时、准确的数据支持。

### 4 三维激光扫描技术在建筑物变形监测中的应用

#### 4.1 三维激光扫描数据采集与处理流程

三维激光扫描数据采集与处理的流程通常包括数据采集、数据预处理、点云配准和数据分析四个主要步骤。首先,激光扫描仪通过发射激光束,获取建筑物表面的三维坐标数据,生成大量的点云数据。采集过程中需要确保扫描仪的位置、姿态以及扫描角度的准确性,以避免数据缺失或误差。其次,采集到的点云数据往往包含噪声和冗余数据,因此需要进行预处理,包括去噪、滤波和数据裁剪等操作。第三步是点云配准,即将不同位置或不同时间采集的数据进行匹配,以生成完整的建筑物三维模型。最后,通过数据分析软件对配准后的点云数据进行分析,提取建筑物的变形信息,

生成变形量的可视化结果。通过这一流程,可以实现对建筑物变形的精确监测,并为后续的安全评估提供科学依据。

#### 4.2 基于三维激光扫描的建筑物变形分析方法

基于三维激光扫描的建筑物变形分析方法,主要依靠点云数据与建筑物原始设计模型的对比,进行变形量的计算与分析。首先,通过对采集的三维点云数据进行表面重建,获得建筑物的三维模型,并与初始设计模型进行对比。通过计算两者之间的差异,可以有效识别建筑物的变形区域。常用的变形分析方法包括基于点云的形变提取、区域变形监测和全局变形评估等。形变提取主要通过算法对点云数据进行处理,计算出建筑物表面的位移量或变形量。区域变形监测则通过选取关键部位,重点监测这些区域的变形趋势。全局变形评估则基于整个建筑物的三维模型,进行全局的变形分析,综合考虑各个部位的变形程度,为建筑物的结构安全评估提供依据。这些分析方法能够高效、精确地获取建筑物的变形数据,帮助工程师及时发现潜在的安全隐患。

### 5 三维激光扫描技术的精度与可靠性分析

#### 5.1 三维激光扫描技术的精度评估方法

三维激光扫描技术的精度评估通常通过比较扫描数据与已知基准点或标准模型的偏差来进行。精度评估的常用方法包括几何精度评估、相对精度评估和绝对精度评估等。在几何精度评估中,通常通过在扫描区域内选定多个控制点,计算点云数据与控制点之间的距离差异,从而得出激光扫描仪的几何精度。在相对精度评估中,主要通过对比不同时间、不同位置或不同扫描设备所获得的点云数据,评估扫描设备在不同条件下的稳定性。绝对精度评估则是通过将扫描结果与实际物理尺寸进行比较,评估扫描仪的整体测量精度。精度评估的过程中,除了测量误差,还应考虑数据处理过程中的精度损失,通过对比分析,进一步验证扫描数据的可靠性和精确性,从而为建筑物变形监测提供更加精确的依据。

#### 5.2 影响三维激光扫描精度的因素分析

三维激光扫描精度受多种因素的影响,包括设备本身的性能、环境条件以及操作方法等。设备性能方面,激光扫描仪的精度受激光波长、接收器灵敏度、扫描频率等技术参数的限制。扫描设备的分辨率和扫描角度也会直接影响到测量结果的精度。环境条件如温度、湿度、光照和大气压力等因素,会对激光束的传播速度和反射强度产生一定影响,从而影响到数据的精度。在复杂的现场环境中,如建筑物表面不平整或存在遮挡物时,激光束的反射回波可能会受到干扰,造成数据误差。操作方法也是影响精度的一个重要因素。扫描过程中设备的摆放位置、扫描角度及点云数据的配准过程,都可能导致误差的产生。通过充分考虑这些因素,并采取有效的校准和补偿措施,能够提高三维激光扫描技术的测量精度。

#### 5.3 提升三维激光扫描监测精度的技术路径

提升三维激光扫描技术精度的技术路径主要体现在设

备改进、数据处理优化和环境适应性增强等方面。设备方面,选择高精度、高分辨率的激光扫描仪,可以显著提高测量的精确度。在数据处理方面,通过使用先进的点云配准算法,如精细的最小二乘法和配准精度优化算法,能够有效提高扫描数据的处理精度,减少误差。此外,采用多次扫描和多角度扫描结合的方法,可以增强数据的全面性和精度,从而避免因单一视角造成的测量盲区。环境适应性方面,采用激光扫描仪自动校准技术和温湿度补偿技术,能够有效克服外部环境变化对扫描精度的影响。进一步通过高精度控制点的布设及标定,提高扫描过程中各个点之间的相对精度。综合运用这些技术路径,可以实现对建筑物变形监测的高精度要求,确保监测结果的可靠性。

## 6 基于三维激光扫描技术的建筑物变形监测系统设计与优化

### 6.1 建筑物变形监测系统的设计框架

基于三维激光扫描技术的建筑物变形监测系统设计框架包括数据采集、数据处理与分析、结果展示三个核心部分。首先,系统应根据建筑物的实际情况布设扫描仪器,确保覆盖整个监测区域,并选择适当的扫描频率和扫描角度,以最大程度地捕捉建筑物表面的变形信息。数据采集过程中,监测点的位置和布设方式应科学合理,确保能够及时反映建筑物的变形趋势。其次,数据处理与分析模块是系统的核心,主要通过点对采集到的点云数据进行配准、精度校正和变形计算,生成反映变形程度的三维模型。最后,系统应能够将分析结果以直观的方式展示,提供实时变形数据及可视化报告,方便工程师和相关人员进行决策与维护。这一框架设计能够确保变形监测系统的高效性和可靠性,为建筑物的长期安全运行提供有效的技术支持。

### 6.2 数据处理与分析软件的选择与优化

数据处理与分析软件是建筑物变形监测系统的关键组成部分。选择适合的处理软件至关重要,常用的软件包括 LEICA Cyclone、Faro SCENE 等,它们能够有效支持点云数据的采集、配准、处理和分析。软件选择时需要考虑其数据处理能力、精度控制能力、用户友好性以及与其他设备的兼容性。在优化方面,首先应选择高效的点云配准算法,确保不同时间点的扫描数据能够准确对齐,减少配准误差。其次,采用先进的变形分析算法,如基于最小二乘法的变形提取技术,能够在大规模数据中提取出细微的变形信息。此外,优化软件的实时数据处理能力,使得建筑物变形数据能够实时

传输、实时处理,增强系统的响应速度和使用便捷性。通过优化数据处理与分析软件,能够显著提高监测结果的准确性和实时性。

### 6.3 监测系统的可行性与实用性分析

监测系统的可行性与实用性分析主要包括技术可行性、经济可行性和操作可行性三个方面。技术可行性分析需要评估三维激光扫描技术在建筑物变形监测中的应用效果,考虑到建筑物的复杂性、环境变化等因素,验证三维激光扫描系统是否能够实现预期的监测精度和效率。此外,经济可行性分析涉及系统的投资成本、维护成本和运营成本,确保在预算范围内能够实现高效的监测。系统的经济效益应通过提高建筑物的安全性,减少潜在的维修成本和事故损失来体现。操作可行性分析则需要考虑到系统在实际使用过程中的易用性和操作简便性,是否能够为现场工作人员提供便捷的操作界面和实时反馈。通过综合分析这些因素,能够为建筑物变形监测系统的设计和应用提供理论依据,并确保系统的有效性和广泛适用性。

## 7 结语

通过对三维激光扫描技术在建筑物变形监测中的应用研究,可以看出该技术在提高监测精度、效率和可靠性方面具有显著优势。三维激光扫描不仅能够提供高精度的点云数据,且在复杂环境和大范围区域的变形监测中表现出极强的适应性。本文对三维激光扫描技术的原理、特点以及应用方法进行了详细分析,并探讨了影响精度的关键因素及其优化路径。同时,设计了基于该技术的建筑物变形监测系统框架,提出了合理的数据处理与分析方法,以期为建筑物安全评估和后续维护提供科学依据。随着技术的不断发展和应用的不断深入,三维激光扫描技术必将在建筑物变形监测中发挥更加重要的作用,推动建筑行业向更加智能化和精细化的方向发展。此研究不仅为实际应用提供了理论支持,也为未来相关领域的技术创新提供了参考。

### 参考文献

- [1] 陈亮.三维激光扫描技术在历史建筑测绘中的应用与实践[J].智能建筑与智慧城市,2025,(10):37-39.
- [2] 卢清洋.基于三维激光扫描技术的高层建筑工程竣工测绘方法[J].江西建材,2022,(08):103-104+107.
- [3] 谢小芳,万勇,严可馨,张洪军.地下洞库三维激光扫描点云区域分割和容积计算[J].电子测量与仪器学报,2019,33(09):80-86.
- [4] 胡文武.基于三维激光扫描的地质快速测量关键技术研究[J].世界有色金属,2019,(09):263-264.