

# 测绘新技术在大型桥梁变形监测中的应用与实践

田士超

中煤湖北地质勘察基础工程有限公司 湖北 武汉 430000

**摘要：**测绘新技术在大型桥梁变形监测中的应用与实践，显著提升了监测的精度、效率和安全性。通过三维激光扫描、GPS与InSAR、无人机测绘等技术的综合运用，实现对桥梁结构变形的高精度、实时、非接触式监测。结合数据融合与多源信息整合、智能化数据分析与预警系统以及自动化数据处理等优化策略，进一步提高监测的可靠性和实用性。本文综述这些新技术的具体应用和实践成果，为大型桥梁的安全运营和维护提供科学依据和技术支持。

**关键词：**大型桥梁；变形监测；测绘新技术；应用

## 1 大型桥梁变形监测概述

### 1.1 桥梁变形监测的重要性

大型桥梁的变形监测显得尤为重要，它是对桥梁结构健康状况进行持续评估、预警潜在风险、确保桥梁安全运营不可或缺的一环。桥梁变形监测概述而言，是利用先进的测量技术和数据分析方法，对桥梁结构在不同时间、不同荷载条件下的位移、变形情况进行精确测量和记录的过程。这包括水平位移、垂直沉降、扭转、倾斜等多种变形类型的监测。随着科技的进步，传统的测量方法如水准测量、全站仪测量等已逐步融合现代技术，如GPS定位技术、三维激光扫描技术、InSAR（合成孔径雷达干涉测量）技术以及物联网传感器网络等，实现了从单点静态监测到全桥动态实时监测的跨越，极大地提高了监测的精度、效率和自动化水平。

桥梁变形监测的重要性体现在几个方面：第一，早期预警与风险控制。通过对桥梁变形的持续监测，能够及时发现异常变形趋势，为管理部门提供早期预警，便于采取必要的维护措施或应急预案，有效防止因桥梁失稳或坍塌引发的重大事故。第二，结构健康评估。变形数据是评估桥梁结构完整性和剩余使用寿命的重要依据。通过对长期监测数据的分析，可以了解桥梁结构随时间的退化规律，为制定合理的养护计划和改造方案提供科学依据。第三，设计与施工验证。在桥梁的设计阶段和施工期间，变形监测也是验证设计理论的正确性、评估施工质量的重要手段。通过对比理论计算值与实测值，可以调整设计参数，优化施工方案，确保桥梁达到预期的安全性能<sup>[1]</sup>。第四，科学研究与技术创新。桥梁变形监测技术的发展推动了相关领域科学研究的深入，如结构动力学、材料科学、数据处理算法等。监测过程中积累的大量数据也为人工智能、大数据分析等新技术在桥梁工程领域的应用提供了宝贵资源，促进了技术创新

与进步。

### 1.2 传统变形监测方法

传统变形监测方法主要包括水准测量、全站仪测量、以及位移计和倾斜仪的应用。水准测量，作为最基础的变形监测手段之一，通过测量桥梁各关键点相对于某一固定水准点的高程变化，来评估桥梁的垂直沉降情况。这种方法精度较高，适用于静态或缓慢变形的监测，但受限于测量点位的选取和测量人员的专业水平，以及天气条件的影响。全站仪测量，则结合了测距和测角的功能，能够实现对桥梁结构在三维空间中的位移监测。通过在不同位置设置全站仪和反射棱镜，可以精确测量桥梁各关键点的三维坐标变化，从而判断桥梁的水平位移、倾斜等变形情况。这种方法具有测量范围广、精度高的优点，但同样需要专业的测量人员和一定的测量时间。位移计和倾斜仪，则是直接安装在桥梁结构上，用于实时监测桥梁的微小变形。位移计通过测量桥梁结构某一点相对于其初始位置的位移变化，来反映桥梁的变形情况；而倾斜仪则通过测量桥梁结构相对于水平面的倾斜角度，来评估桥梁的倾斜变形。这些设备具有安装简便、实时监测、数据连续性好等优点，但受限于测量范围和精度，以及设备本身的稳定性和耐久性。

## 2 测绘新技术在提升桥梁变形监测精度、效率和安全性方面的重要性

测绘新技术在提升桥梁变形监测精度、效率和安全性方面的重要性不容忽视。（1）在精度方面，这些新技术以其非接触式测量、数据密度大、精度高等特点，突破了传统单点监测的局限，能够实现对桥梁结构变形的全方位、高精度监测。（2）在效率方面，测绘新技术大大缩短监测周期，提高数据获取和处理的自动化水平。无人机监测和卫星遥感技术能够实现对桥梁的大范围、连续监测，减少了人工测量的工作量和时间成本。物联

网传感器网络能够实时监测桥梁的变形情况，并将数据传输至云端进行快速分析，使得监测工作更加高效、便捷。（3）在安全性方面，测绘新技术有效降低监测过程中的人为风险和安全隐患。传统的桥梁变形监测往往需要人工攀爬桥梁、设置测量点位等高风险作业，而新技术如无人机监测和三维激光扫描技术则能够在不接触桥梁的情况下完成测量工作，大大降低了监测人员的安全风险。

### 3 测绘新技术在桥梁变形监测中的应用

#### 3.1 三维激光扫描技术在桥梁变形监测中的应用

三维激光扫描技术，作为测绘领域的先锋，正逐步在桥梁变形监测领域展现其卓越优势。该技术利用激光扫描仪发射激光束，对桥梁结构进行非接触式高精度测量，迅速捕捉桥梁表面的几何信息，生成密集的点云数据。这些数据不仅包含桥梁的三维坐标，还详细记录了表面的纹理和形状特征，为变形监测提供了宝贵的数据资源。在桥梁变形监测中，三维激光扫描技术的应用亮点频现。首先，它能实现桥梁结构的整体扫描，获取全局变形信息。通过对比不同时间点的扫描数据，可精确计算出桥梁各部分的位移和变形量，为结构健康评估提供确凿依据。其次，该技术凭借高精度和高分辨率，能敏锐捕捉到桥梁表面的微小变形，如裂缝、剥落等，为桥梁的维护和修复工作提供精确指导<sup>[2]</sup>。三维激光扫描技术还能生成桥梁的三维模型，为虚拟仿真、结构分析及灾害预警等提供直观的可视化支持。这些三维模型不仅有助于更好地理解桥梁结构，还能在虚拟环境中进行各种模拟和分析，提高决策的科学性和准确性。在实际操作中，该技术需与专业软件配合，进行扫描数据的预处理、拼接、配准等步骤，以生成完整的桥梁三维模型。随后，利用变形分析软件对比不同时间点的模型，计算变形量和趋势，进而评估桥梁结构的安全性，并据此制定维护措施。

#### 3.2 GPS与InSAR技术在桥梁变形监测中的应用

GPS（全球定位系统）与InSAR（合成孔径雷达干涉测量）技术，作为两种先进的空间大地测量技术，正逐渐成为桥梁变形监测的重要手段。GPS技术通过接收卫星信号，精确测定桥梁结构的三维坐标，实现对桥梁位移和变形的实时监测。而InSAR技术则利用雷达波对地面进行连续观测，通过干涉测量原理，获取地面的微小变形信息。在桥梁变形监测中，GPS与InSAR技术的应用具有显著优势。GPS技术具有高精度、全天候、连续监测的特点，能够实时监测桥梁的位移和变形情况，为桥梁的安全运营提供及时预警。InSAR技术具有大范围、高分

辨率、非接触式测量的优势，能够捕捉到桥梁的微小变形，如地基沉降、桥梁倾斜等，为桥梁的结构健康评估提供有力支持。GPS与InSAR技术的结合使用，还能够实现桥梁变形的三维监测，提高监测的准确性和可靠性。在实际应用中，GPS与InSAR技术需要配合专业的数据处理和分析软件。通过GPS接收机接收卫星信号，计算桥梁的三维坐标，并实时传输至数据中心。利用InSAR技术获取桥梁的微小变形信息，并与GPS数据进行融合处理，生成桥梁的三维变形图。根据变形图的分析结果，评估桥梁的结构安全性，制定相应的维护措施。

#### 3.3 无人机测绘技术在桥梁变形监测中的应用

首先，能够实现桥梁结构的快速测绘，获取桥梁的全局信息，为桥梁的结构健康评估提供基础数据。其次，无人机测绘技术具有高精度、高分辨率的特点，能够捕捉到桥梁表面的微小变形和损伤，为桥梁的维护和修复提供详细指导。另外，该技术还能够实现桥梁的连续监测，通过定期或不定期的测绘作业，实时掌握桥梁的变形情况，为桥梁的安全运营提供有力保障。在实际应用中，无人机测绘技术需要配合专业的数据处理和分析软件。通过无人机搭载的测绘设备获取桥梁的三维空间信息，如点云数据、影像数据等。利用专业的数据处理软件对测绘数据进行处理和分析，生成桥梁的三维模型、变形图等成果<sup>[3]</sup>。根据成果的分析结果，评估桥梁的结构安全性，制定相应的维护措施。同时无人机测绘技术还需要考虑飞行规划、航线设计、飞行安全等因素，确保测绘作业的顺利进行。

### 4 测绘新技术在桥梁变形监测中的优化策略

#### 4.1 数据融合与多源信息整合在桥梁变形监测中的优化策略

在桥梁变形监测领域，数据融合与多源信息整合是提升监测精度和效率的关键策略。随着测绘新技术的不断涌现，如三维激光扫描、GPS与InSAR、无人机测绘等，桥梁变形监测所获取的数据类型日益丰富，数据量也急剧增加。优化策略之一在于构建统一的数据管理平台。该平台应具备强大的数据接收、存储、处理和分析能力，能够接收来自不同测绘技术的数据，如点云数据、影像数据、卫星数据等，并进行统一格式转换和标准化处理。通过数据管理平台，可以实现多源数据的无缝对接和高效整合，为后续的数据分析和应用提供坚实的基础。采用先进的数据融合算法是关键，数据融合算法能够综合考虑不同数据源的特点和优势，通过加权平均、卡尔曼滤波、贝叶斯网络等方法，实现多源数据的有机融合。在桥梁变形监测中，数据融合算法可以显著

提升数据的准确性和可靠性，减少单一数据源可能带来的误差和不确定性。由于不同测绘技术可能在不同时间、不同空间尺度上进行监测，因此需要对数据进行时空配准和校准，确保数据的时空一致性。

#### 4.2 数据分析与预警系统在桥梁变形监测中的优化策略

在测绘新技术不断发展的背景下，优化数据分析与预警系统成为提升桥梁变形监测效能的关键。优化策略之一在于构建智能化的数据分析模型。传统的数据分析方法往往依赖于人工经验和判断，难以全面、准确地捕捉桥梁变形的复杂性和非线性特征。而智能化的数据分析模型，如机器学习、深度学习等，能够自动学习桥梁变形的规律和模式，实现对桥梁变形趋势的精准预测和评估。通过智能化的数据分析模型，可以显著提高数据分析的准确性和效率，为桥梁变形监测提供更加科学的依据。建立实时的预警系统是必要的，预警系统能够实时监测桥梁的变形情况，当变形超过预设的阈值时，自动触发预警机制，向管理人员发送预警信息。这有助于及时发现潜在的桥梁安全风险，为采取应急措施提供宝贵的时间窗口。为了实现实时的预警系统，需要集成先进的传感器技术和数据处理算法，确保数据的实时性和准确性。数据分析与预警系统还需注重数据的可视化表达，通过图表、动画、三维模型等可视化手段，可以直观地展示桥梁的变形情况和趋势，帮助管理人员更好地理解桥梁的结构状态和安全风险。

#### 4.3 智能化监测与自动化数据处理在桥梁变形监测中的优化策略

智能化监测与自动化数据处理是提升桥梁变形监测效率和准确性的重要途径。优化策略之一在于构建智能化的监测网络，通过集成先进的传感器、无线通信技术和云计算平台，可以实现对桥梁变形的实时监测和数据

传输。智能化的监测网络能够自动采集、存储和传输监测数据，减少人工干预和误差，提高监测的效率和准确性。智能化的监测网络还能够实现数据的远程访问和共享，为多方协作和决策提供支持。自动化数据处理是提升监测效率的关键，通过开发自动化的数据处理算法和流程，可以实现对监测数据的快速处理和分析。自动化数据处理能够减少人工处理的时间和成本，提高数据处理的效率和准确性。自动化数据处理还能够实现数据的实时更新和动态分析，为桥梁变形监测提供更加及时、准确的信息支持。智能化监测与自动化数据处理还需注重系统的稳定性和可靠性。由于桥梁变形监测涉及的数据量大、处理复杂度高，因此需要确保系统的稳定性和可靠性，避免数据丢失、错误或延迟等问题。为了实现系统的稳定性和可靠性，需要采用冗余设计、故障检测和恢复机制等技术手段，确保系统的正常运行和数据的安全可靠。

#### 结束语

综上所述，测绘新技术在大型桥梁变形监测中的应用与实践，不仅提高监测的精度和效率，还为桥梁的结构健康评估和安全预警提供有力保障。随着技术的不断进步和应用经验的积累，相信测绘新技术将在未来大型桥梁的监测与维护中发挥更加重要的作用，为桥梁工程的安全、可持续发展贡献更多力量。

#### 参考文献

- [1] 强小俊. 北斗定位技术在高速铁路沉降变形监测中的应用[J]. 铁道建筑, 2020, 60(07): 81-84.
- [2] 张敏. 近景摄影技术在露天矿山边坡变形监测中的应用初探[J]. 科技创新与应用, 2020(20): 171-172.
- [3] 陆培庆, 唐超. 移动式三维激光扫描技术在地铁隧道变形监测中的应用[J]. 测绘通报, 2020(05): 155-157+160