

# 无人机倾斜摄影测量技术在桥梁检测中的应用分析

刘明东

江苏现代工程检测有限公司, 江苏 南京 210000

[摘要] 随着我国基础设施建设的快速发展, 桥梁工程在国民经济中的地位日益重要。然而, 桥梁的安全性和可靠性问题也日益凸显。为确保桥梁工程的安全运行, 定期对其进行检查和评估是必不可少的。本篇文章主要探讨无人机倾斜摄影测量技术在桥梁检测中的应用, 分析其优势和局限性, 并对未来发展趋势进行展望。

[关键词] 无人机; 倾斜摄影; 桥梁检测; 应用分析

DOI: 10.33142/sca.v7i9.13418

中图分类号: U446

文献标识码: A

## Application Analysis of Unmanned Aerial Vehicle Oblique Photogrammetry Technology in Bridge Inspection

LIU Mingdong

Jiangsu Modern Engineering Testing Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

**Abstract:** With the rapid development of infrastructure construction in China, bridge engineering has become increasingly important in the national economy. However, the safety and reliability issues of bridges are becoming increasingly prominent. Regular inspections and evaluations are essential to ensure the safe operation of bridge engineering. This article mainly explores the application of unmanned aerial vehicle oblique photogrammetry technology in bridge inspection, analyzes its advantages and limitations, and looks forward to future development trends.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle; oblique photography; bridge inspection; application analysis

### 引言

桥梁作为我国交通基础设施的重要组成部分, 承担着巨大的运输任务。然而, 由于长期受到各种自然因素和人为因素的影响, 桥梁的安全性和可靠性问题日益凸显。为了确保桥梁工程的安全运行, 定期对其进行检查和评估是必不可少的。传统的桥梁检测方法往往需要耗费大量的人力、物力和时间, 而且检测结果的精度也受到很大限制。近年来, 无人机倾斜摄影测量技术作为一种新兴的检测手段, 逐渐在桥梁检测领域得到应用。本文将对无人机倾斜摄影测量技术在桥梁检测中的应用进行分析。

### 1 无人机倾斜摄影测量技术原理及优势

倾斜摄影测量技术其核心优势在于提供更为全面和精确的地理信息数据。该技术通过无人机平台上安装的倾斜摄影相机实施, 相机相对于飞行器呈倾斜姿态, 故此得名。相较于传统的正射摄影技术, 无人机倾斜摄影测量技术显得尤为突出, 主要在于它能够捕捉到地面目标的三维信息和丰富的纹理信息, 进而在各种应用场景中大大提升数据处理的准确度和实用性。

倾斜摄影相机通常具备多个镜头, 从不同的角度同时拍摄地面物体, 这样获取的图像资料更为立体, 能够更真实地反映出地物的实际形态。通过先进的摄影测量软件进行处理, 这些图像可以转化为精确的三维坐标, 为城市规划、地形测绘、灾害评估等多个领域提供高精度的数据支

持。在实施无人机倾斜摄影测量时, 无人机的飞行路径和速度、相机的曝光时间和参数都需要精确控制。该因素都将直接影响到最终测量数据的质量和准确性。因此, 倾斜摄影测量技术通常需要配合先进的无人机操控技术和精准的时间同步系统, 确保在整个拍摄过程中, 各个镜头获取的图像数据保持一致性和高同步性。

此外, 无人机倾斜摄影测量技术还具有以下优势。(1) 高效性。无人机搭载的倾斜摄影相机能够迅速地对大面积区域进行拍摄, 相较于传统的摄影测量方法, 大幅提高了检测效率。无人机可以迅速抵达拍摄区域, 不受地面条件限制, 无论是复杂的地理环境还是高空作业, 都能迅速展开工作, 从而在短时间内完成对大面积区域的拍摄任务。

(2) 准确性。该技术能够获取到地物的立体信息, 从而提高检测结果的精度。传统的摄影测量方法只能获取到地物的二维信息, 而无人机倾斜摄影测量技术可以获取到地物的三维信息, 使得检测结果更加真实、准确。通过立体影像, 可以更精确地测量地物的大小、形状和位置, 为工程设计和施工提供更为精确的数据支持<sup>[1]</sup>。(3) 安全性。无人机无需接触桥梁结构, 可以在远离桥梁的位置进行拍摄, 降低了检测过程中的安全风险。在桥梁检测等高空作业中, 运用无人机倾斜摄影测量技术, 可以避免检测人员进入危险区域, 降低事故发生的概率。同时, 无人机可以连续工作, 避免了因人工操作失误或疲劳导致的安全问题。

## 2 无人机倾斜摄影测量关键技术研究

### 2.1 多视角影像特征点识别与匹配

无人机倾斜摄影测量技术其关键技术通过多视角影像特征点识别与匹配。多视角影像特征点识别与匹配是无人机倾斜摄影测量中的一个重要环节,其主要目的是从多个视角拍摄的影像中识别出特征点,并通过匹配这些特征点来获取场景的几何信息和纹理信息。

在多视角影像特征点识别与匹配过程中,首先,对影像进行预处理,以提高特征点识别的准确性和匹配的成功率。预处理主要包括影像去噪、影像增强和影像分割等步骤。通过对影像进行预处理,可以有效地去除噪声和干扰,增强影像中的特征信息,并准确地提取出感兴趣的区域。其次,需要利用特征点识别算法来检测影像中的特征点。特征点是指在影像中具有独特性和稳定性的点,如角点、边缘点和纹理点等。常见的特征点识别算法有 SIFT、SURF 和 ORB 等算法通过计算影像中点的局部特征,如梯度、曲率和二值化等,来识别出特征点<sup>[2]</sup>。在特征点识别完成后,需要进行特征点匹配。特征点匹配是指将不同视角拍摄的影像中的特征点进行对应。特征点匹配的准确性直接影响到后续几何信息和纹理信息的获取。常见的特征点匹配算法有暴力匹配、FLANN 和 Brute-Force 等算法通过计算特征点之间的相似性度量,如欧氏距离、汉明距离和互信息等,来找到特征点之间的最佳匹配。

为提高特征点识别和匹配的准确性,还可以利用机器学习和深度学习技术进行优化。例如,可以利用卷积神经网络(CNN)来提取影像中的特征信息,并利用支持向量机(SVM)或随机森林(RF)等算法来进行特征点识别和匹配。综上所述,多视角影像特征点识别与匹配是无人机倾斜摄影测量中的关键技术,通过对影像进行预处理、特征点识别和匹配,可以获取场景的几何信息和纹理信息,从而为后续的地图制作、城市规划和环境监测等应用提供支持。

### 2.2 三维表面重建

无人机倾斜摄影测量技术其关键是通过多视角影像匹配技术得到密集特征点云,并自动构建不规则三角网表面,从而生成高精度、高分辨率的三维数字地面模型(DSM)。这种方法可以有效地表达地表和地物的三维结构特征,为地形分析和地籍管理提供了重要的技术支持。

在倾斜摄影测量中,无人机携带高清相机,从多个角度对地面进行拍摄,获取大量的影像数据。通过多视角影像匹配技术,可以将这些影像数据进行融合,得到地面上的密集特征点云。这些特征点云包含了地面上的详细信息,如位置、形状和纹理。其次需要将这些特征点云自动构建不规则三角网表面。不规则三角网是一种常用的三维表面建模方法,将地面上的点分为多个三角形面片,每个面片都与相邻的面片共享一个顶点,可以有效地表示地面的

复杂形状和纹理信息。通过不规则三角网表面建模,可以生成高精度、高分辨率的三维数字地面模型(DSM)。DSM是一种表示地表三维结构的信息模型,可以用来分析地形的坡度、坡向等地形参数,为地籍管理和土地利用规划提供重要的数据支持<sup>[3]</sup>。然而,在实际应用中,由于无人机的飞行高度和拍摄角度的限制,获取的点云数据往往是超高密度的散乱点云。为解决该问题的,需采用基于散乱点的三角网重构技术。该技术通过对散乱点云进行预处理,如滤波和降噪等,去除其中的噪声点和异常点。然后,利用点云中的邻近关系,通过一定的算法将散乱点云构建三角网表面,可有效地处理超高密度散乱点云,生成准确的三维曲面模型。

总之,无人机倾斜摄影测量技术通过多视角影像匹配技术和不规则三角网表面建模,可以生成高精度、高分辨率的三维数字地面模型(DSM)。而基于超高密度散乱点云建立曲面模型是实现这一目标的关键技术。通过采用基于散乱点的三角网重构技术,可以有效地处理散乱点云,生成准确的三维曲面模型。

## 3 无人机倾斜摄影测量技术在桥梁检测中的应用

### 3.1 桥梁外观检测

无人机倾斜摄影测量技术对桥梁的外观进行详细检测,包括桥梁表面的裂缝、脱落、腐蚀等病害,通过处理和分析拍摄到的影像数据,可以准确地判断桥梁表面的损坏情况,为桥梁维修和加固提供依据。

在桥梁外观检测方面,传统的桥梁检测方法通常需要停工或封锁交通,不仅费时费力,而且对交通的影响较大。而无人机倾斜摄影测量技术可以在不停工、不封锁交通的情况下进行,大大提高检测的效率和安全性。通过无人机倾斜摄影测量技术获取的影像数据,可以利用专业软件进行处理和分析,能够识别出桥梁表面的裂缝、脱落和腐蚀等病害,并对其进行量化分析。这不仅提高了检测的精度,而且可以快速生成详细的检测报告,为桥梁维修和加固提供科学的依据。此外,通过对比不同时间的检测数据,可以对桥梁的损坏情况进行监测和评估,为桥梁的长期维护提供参考,例如无人机可以搭载多种传感器,如激光雷达或红外相机,以获取更加丰富和详细的数据。此外,无人机检测的成本相对较低,且操作简便,可以快速部署和执行任务。

### 3.2 桥梁结构参数测量

无人机倾斜摄影测量技术可获取到桥梁结构的立体信息,并通过三维重建技术,准确测量桥梁的结构参数。

(1) 测量桥墩的尺寸和形状。桥墩是桥梁的重要支撑结构,其尺寸和形状对桥梁的稳定性和安全性具有重要影响。通过无人机倾斜摄影测量技术,可以获取到桥墩的三维模型,从而准确测量其尺寸和形状,为评估桥梁的稳定性和安全性提供重要数据。

(2) 测量桥台的尺寸和形状。桥台是桥梁的另一个重要支撑结构,其尺寸和形状也对桥梁的稳定性和安全性具有重要影响。通过无人机倾斜摄影测量技术,可以获取到桥台的三维模型,从而准确测量其尺寸和形状,为评估桥梁的稳定性和安全性提供重要数据<sup>[4]</sup>。

(3) 测量梁体的尺寸和形状。梁体是桥梁的主要承重结构,其尺寸和形状对桥梁的承载能力和安全性具有重要影响。通过无人机倾斜摄影测量技术,可以获取到梁体的三维模型,从而准确测量其尺寸和形状,为评估桥梁的承载能力和安全性提供重要数据。

总之,无人机倾斜摄影测量技术在桥梁检测中,通过该技术可准确测量桥梁的结构参数,为评估桥梁的稳定性和安全性提供重要数据。随着无人机倾斜摄影测量技术的不断发展,其在桥梁检测中的应用将更加广泛,为桥梁的安全性和稳定性提供更好的保障。

### 3.3 桥梁健康状况评估

无人机倾斜摄影测量技术在桥梁检测中的应用为桥梁健康状况评估提供了新的手段。传统的桥梁检测方法往往依赖于人工现场检测,不仅工作效率低下,而且检测结果受到检测人员经验和现场环境等因素的制约。而无人机倾斜摄影测量技术能够快速、高效地获取桥梁的立体影像数据,为桥梁健康状况评估提供了更为准确和全面的信息。

首先,无人机倾斜摄影测量技术可以在短时间内获取大量的桥梁影像数据,这些数据可以用于桥梁外观损伤检测和结构完整性评估。通过处理和分析这些影像数据,可以自动识别出桥梁表面的裂缝、剥落等损伤情况,从而为桥梁维修和加固提供依据。其次,结合其他检测手段,如红外热像、超声波检测等,可以对桥梁的健康状况进行全面评估。例如,红外热像技术可以用于检测桥梁表面的温度分布,从而判断桥梁是否存在热桥现象;超声波检测技术可以用于检测桥梁内部的损伤情况,如裂缝、空洞等。通过将这些检测结果与无人机倾斜摄影测量结果相结合,可以更全面地评估桥梁的健康状况。此外,无人机倾斜摄影测量技术还可以用于桥梁结构变形监测。通过对桥梁在不同时间点的影像数据进行处理和分析,可以监测桥梁的变形情况,为桥梁的安全运行提供保障。

总之,无人机倾斜摄影测量技术在桥梁检测中,通过与其他检测手段的结合,可以全面、准确地评估桥梁的健康状况,为桥梁维护计划制定和确保桥梁安全运行提供重要依据。

### 3.4 数据处理与计算

无人机倾斜摄影测量技术利用无人机搭载倾斜摄影相机,能够对桥梁进行高精度的三维建模和检测。首先,无人机倾斜摄影测量技术能够获取大量的桥梁数据。通过无人机上的倾斜摄影相机,可以对桥梁的侧面和顶部进行拍摄,从而获取桥梁的整体形态和细节信息。这些数据对于桥梁的检测和维护具有重要意义。其次,数据处理与计算能够提高桥梁检测的精度和效率。通过使用专业的数据处理软件,可以将拍摄到的桥梁照片进行处理,生成高精度的三维模型。同时,计算方法也可以用于分析桥梁的结构稳定性和应力分布情况。这些结果对于桥梁的检测和维护提供了科学依据。此外,无人机倾斜摄影测量技术还具有较高的安全性和经济性。与传统的桥梁检测方法相比,无人机不需要人员进入桥梁内部进行测量,大大降低了安全风险。同时,无人机的使用也减少了人力和设备的成本,提高了检测的经济性。总的来说,无人机倾斜摄影测量技术在桥梁检测中的应用,通过数据处理与计算,能够提供高精度的桥梁数据和分析结果,为桥梁的检测和维护提供了有力支持。

### 4 结语

无人机倾斜摄影测量技术在桥梁检测领域具有广泛的应用前景。通过不断提高无人机性能、发展多传感器融合技术和优化数据处理算法,有望实现桥梁检测的高效、准确和自动化,将为确保桥梁工程的安全运行提供有力支持,促进我国桥梁事业的持续发展。

#### [参考文献]

- [1] 罗远林,何宇恒,郑智超. 无人机倾斜摄影测量技术在水电站坝面裂缝检测中的应用[J]. 中国高新科技,2023(16):131-133.
- [2] 吴凌霄,段祝庚,江学良. 无人机倾斜摄影测量构建悬索桥三维模型与病害检测——以邵阳市桂花大桥为例[J]. 科学技术与工程,2023,23(8):3153-3161.
- [3] 裴俊华,谢爱萍,罗广元,等. 无人机倾斜摄影测量技术在桥梁检测中的应用[J]. 工程建设与设计,2022(23):155-158.
- [4] 张龙. 无人机倾斜摄影测量技术与三维建模的研究[J]. 数字通信世界,2020(4):177.

作者简介:刘明东(1992.12—),男,毕业院校:南京工业大学,所学专业:工程造价管理,当前就职单位:江苏现代工程检测有限公司,职务:检测工程师,职称级别:工程师。