

The innovative application and precision analysis of UAV remote sensing technology in engineering survey

Xiuli Lin

Liaoning Urban and Rural Construction Planning and Design Institute Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110015, China

Abstract

This paper discusses the innovative application and accuracy analysis of UAV remote sensing technology in the field of engineering measurement, expounds the principle and characteristics of UAV remote sensing technology, analyzes its innovative application mode in terrain mapping, deformation monitoring, engineering quantity calculation and other aspects in detail, and discusses the factors affecting its measurement accuracy, including hardware equipment, flight parameters, data processing and so on. And the corresponding precision improvement strategy is proposed. The aim is to provide theoretical and practical guidance for promoting the efficient and accurate application of UAV remote sensing technology in engineering measurement.

Keywords

UAV remote sensing technology; Engineering survey; Innovative application; Precision analysis

无人机遥感技术在工程测量中的创新应用与精度分析

林秀丽

辽宁省城乡建设规划设计院有限责任公司, 中国·辽宁 沈阳 110015

摘要

本文探讨无人机遥感技术在工程测量领域的创新应用及精度分析, 阐述无人机遥感技术的原理、特点, 详细分析其在地形测绘、变形监测、工程量计算等方面的创新应用方式, 探讨影响其测量精度的因素, 包括硬件设备、飞行参数、数据处理等方面, 并提出相应的精度提升策略。旨在为推动无人机遥感技术在工程测量中的高效、精准应用提供理论与实践指导。

关键词

无人机遥感技术; 工程测量; 创新应用; 精度分析

1 引言

随着科技的飞速发展, 无人机遥感技术在工程测量领域的应用日益广泛。传统的工程测量方法在面对大面积、复杂地形以及难以到达的区域时, 存在效率低、精度有限、成本高和安全风险大等问题。无人机遥感技术凭借其灵活性、高效性、低成本等优势, 为工程测量带来了新的解决方案, 能快速获取高分辨率的影像和三维数据, 为工程规划、设计、施工和运营提供准确、全面的信息支持。然而, 要充分发挥无人机遥感技术在工程测量中的优势, 必须深入了解其应用方式和精度影响因素, 采取有效的措施提升测量精度。

2 无人机遥感技术概述

2.1 技术原理

无人机遥感技术是利用无人机作为搭载平台, 携带各种传感器, 如光学相机、激光雷达 (LiDAR)、热红外相机

等, 对目标区域进行数据采集。以光学相机为例, 无人机在飞行过程中, 按照预设的航线和高度, 利用相机镜头对地面进行拍摄, 获取一系列的数字影像。这些影像记录地面物体的反射光信息, 对影像的处理和分析, 可提取出地物的特征、位置和属性等信息。激光雷达则是发射激光束并测量其反射光的时间延迟, 获取目标物体的三维坐标信息, 从而构建出高精度的三维地形模型 (图 1) [1]。

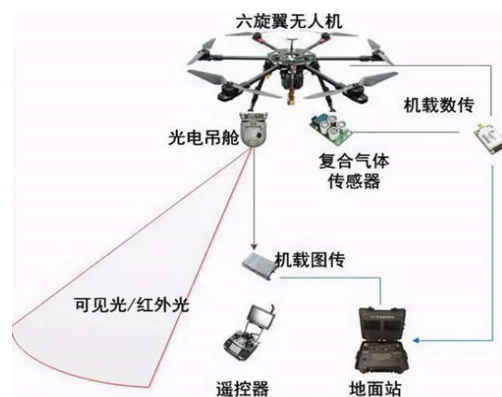


图 1 无人机遥感技术原理

【作者简介】林秀丽 (1981-), 女, 中国辽宁庄河人, 本科, 工程师, 从事摄影测量与遥感研究。

2.2 技术特点

无人机遥感技术具有如下技术特点：1. 灵活性高。无人机体积小、重量轻，操作灵活，可在各种复杂环境下进行作业。不受地形、交通等条件的限制，能快速到达测量区域，对特定目标进行精准测量。在山区、峡谷、城市高楼密集区等传统测量方法难以开展工作的区域，无人机可轻松完成数据采集任务^[2]；2. 高效性强。无人机在短时间内对大面积区域进行快速扫描和数据采集。相比传统的人工测量方式，其工作效率得到极大提高。在进行大面积的地形测绘时，无人机在一天内完成数平方公里甚至更大范围的测量工作，而传统测量方法需要数周甚至数月的时间；3. 成本较低。与卫星遥感和有人机遥感相比，无人机遥感的设备购置成本和运营成本相对较低。无人机的价格相对较为亲民，且不需要专门的机场跑道等基础设施，其飞行操作和维护成本也较低。同时，由于无人机可以快速完成测量任务，减少人力和时间成本，总体成本优势明显；4. 数据分辨率高。无人机在低空飞行，搭载高分辨率的传感器，获取的影像和数据具有较高的空间分辨率。使得无人机清晰地分辨出地面上的各种细节，如建筑物的轮廓、道路的纹理、植被的种类等，为工程测量提供丰富、准确的信息^[3]。

3 无人机遥感技术在工程测量中的创新应用

3.1 地形测绘

在地形测绘中，无人机按照预先设定的航线和高度进行飞行，搭载光学相机或激光雷达对地面进行扫描，获取大量的影像数据或三维点云数据。为保证数据的完整性和准确性，需要合理规划无人机的飞行航线，确保相邻影像之间有一定的重叠度。在进行山区地形测绘时，由于地形起伏较大，需根据地形特点调整飞行高度和航线，以确保全面覆盖测量区域。同时，采集到的数据需要进行处理和分析。对于光学影像数据，首先进行影像的拼接和校正，消除因无人机飞行姿态变化和地形起伏等因素导致的影像变形。然后，结合图像识别和分类算法，提取出地形、地物的特征信息，如等高线、河流、道路等^[4]。最后，利用专业的地理信息系统（GIS）软件，将提取的信息制作成地形图。对于激光雷达获取的点云数据，进行滤波、分类等处理，去除噪声点和非地形点，构建出高精度的三维地形模型。

3.2 变形监测

在进行变形监测时，首先需要在监测对象上布置监测点。对于建筑物、桥梁等工程结构，监测点通常布置在关键部位，如建筑物的墙角、屋顶、桥梁的桥墩、梁体等。对于地质灾害监测，如滑坡、地面沉降等，监测点则布置在灾害隐患区域。监测点可采用反射标志或天然特征点，以便无人机能准确识别和测量。此外，无人机定期对监测区域进行飞行测量，获取不同时期的监测数据。对比不同时期的数据，分析监测点的位移、沉降、倾斜等变形情况。利用三维激光

扫描技术获取建筑物的三维模型，对比不同时期的模型，计算出建筑物各部位的变形量。如果发现变形量超过预警值，及时发出警报，以便采取相应的措施进行处理^[5]。

3.3 工程量计算

在道路、水利等工程建设中，需准确计算土方量。无人机对施工现场进行飞行测量，获取地形的三维数据。利用这些数据，结合工程设计图纸，计算出施工前后的地形变化，从而准确计算出土方的开挖量和填筑量。与传统的测量方法相比，无人机遥感技术能快速、准确地获取大面积的地形数据，有效提高土方量计算的效率和精度。在工程施工现场，常常需要对材料堆放量进行计算，如砂石料堆、土堆等。无人机搭载的激光雷达或光学相机可以对材料堆放区域进行扫描，获取材料堆的三维形状和尺寸信息。结合专业的算法，计算出材料堆的体积，从而估算出材料的堆放量。避免人工测量的误差和繁琐工作，为工程施工的材料管理提供便利。

3.4 电力线路巡检

无人机可沿着电力线路进行低空飞行，对线路的杆塔、导线、绝缘子等设备进行拍摄和监测。搭载高清相机和红外热像仪等传感器，能清晰观察线路设备的运行状态，如杆塔是否倾斜、导线是否断股、绝缘子是否发热等。无人机在短时间内完成长距离电力线路的巡检工作，有效提高巡检效率。此外，无人机在巡检过程中获取的影像和数据，利用无线传输技术实时传输到地面控制中心。专业人员对传输回来的数据进行分析，及时发现线路设备存在的问题。对红外热像仪获取的温度数据进行分析，判断绝缘子是否存在过热故障。对于发现的问题，及时进行记录和处理，保障电力线路的安全运行。

4 无人机遥感技术在工程测量中的精度分析

4.1 硬件设备对精度的影响

无人机搭载的光学相机镜头存在一定的畸变，导致拍摄的影像出现变形，从而影响测量精度。镜头畸变主要包括径向畸变和切向畸变，径向畸变会使影像中的直线变成曲线，切向畸变会使影像产生倾斜和偏移。为减小镜头畸变对测量精度的影响，需在数据处理过程中对相机进行标定，校正镜头畸变。同时，激光雷达在测量过程中也会存在一定的误差，激光雷达的测距精度会受到大气能见度、目标物体表面反射率等因素的影响。在大气能见度较低的情况下，激光束的传播会受到散射和吸收，导致测距误差增大。此外，激光雷达的角度测量精度也会影响三维点云数据的精度。为提高激光雷达的测量精度，需选择性能优良的激光雷达设备，并在测量过程中尽量避免不利的环境因素。

4.2 飞行参数对精度的影响

无人机的飞行高度对测量精度有重要影响，飞行高度越高，获取的影像分辨率越低，地物细节越模糊，测量精度也会相应降低。但是，飞行高度过低，无人机的飞行稳定性

和安全性会受到影响,同时测量范围也会减小。因此,需根据测量任务的要求和无人机的性能,合理选择飞行高度,在保证测量精度的前提下,兼顾飞行安全和测量效率。此外,无人机在飞行过程中的姿态变化,如俯仰角、滚转角和偏航角的变化,会导致拍摄的影像出现倾斜和旋转,从而影响测量精度。为减小飞行姿态对测量精度的影响,无人机通常配备高精度的惯性测量单元(IMU),用于实时监测和调整飞行姿态。同时,在数据处理过程中,也可利用影像校正算法,对因飞行姿态变化导致的影像变形进行纠正。

4.3 数据处理对精度的影响

在地形测绘和变形监测等应用中,需将无人机拍摄的多幅影像进行拼接,形成一幅完整的影像或三维模型。影像拼接过程中会出现误差,导致拼接后的影像出现裂缝、重叠或错位等问题。影像拼接误差主要是由于无人机飞行姿态不稳定、影像特征提取不准确等原因造成的。为提高影像拼接精度,需采用先进的影像匹配算法和拼接技术,同时在数据采集过程中保证无人机飞行姿态的稳定性。此外,对于激光雷达获取的点云数据,在进行三维模型构建之前,需要进行滤波和分类处理。滤波的目的是去除噪声点,分类的目的是将点云数据分为不同的类别,如地形点、建筑物点、植被点等。然而,在滤波和分类过程中,会出现误判和漏判的情况,导致三维模型的精度受到影响。为提高点云数据处理精度,需要选择合适的滤波和分类算法,并结合实际情况进行参数调整。

5 无人机遥感技术在工程测量中的精度提升策略

5.1 优化硬件设备

在选择无人机搭载的传感器时,应优先选择精度高、性能稳定的设备。选择具有低畸变镜头的光学相机,能够提高影像的质量和测量精度。对于激光雷达,应选择测距精度高、角度分辨率高的产品,以获取更准确的三维点云数据。同时,为保证传感器的测量精度,需要定期对无人机搭载的设备进行校准和维护。定期对相机进行镜头畸变校正,对激光雷达进行测距和角度校准。同时,要注意设备的日常维护,确保设备处于良好的工作状态。

5.2 合理规划飞行参数

在进行工程测量前,需根据测量任务的要求和地形特点,合理确定无人机的飞行高度。对于需要高精度测量的区

域,如建筑物变形监测,可适当降低飞行高度,以提高影像分辨率和测量精度。对于大面积的地形测绘,选择适当较高的飞行高度,以提高测量效率。此外,在无人机飞行过程中,要确保飞行姿态稳定。优化无人机的飞行控制算法,提高无人机的飞行稳定性。同时,在飞行前对无人机进行充分的检查和调试,确保无人机的各项性能指标正常。

5.3 改进数据处理方法

为提高影像拼接精度,可采用先进的影像匹配算法,如基于特征点的匹配算法、基于区域的匹配算法等。这些算法能更准确识别和匹配影像中的特征,减少影像拼接误差。同时,结合多视影像匹配技术,进一步提高影像拼接的精度和可靠性。此外,对于点云数据的滤波和分类,可采用机器学习和深度学习算法,提高点云数据处理的准确性。利用卷积神经网络(CNN)对激光雷达点云数据进行分类,可有效识别出不同类型的地物点。最后,结合地形特征和先验知识,对滤波和分类结果进行优化,提高三维模型的精度。

6 结论

无人机遥感技术在工程测量领域展现出强大的创新应用能力,为地形测绘、变形监测、工程量计算和电力线路巡检等工作提供了高效、准确的解决方案。灵活运用无人机搭载的各种传感器,能快速获取高分辨率的影像和三维数据,满足工程建设不同阶段的需求。然而,要充分发挥无人机遥感技术的优势,必须高度重视测量精度问题。硬件设备的性能、飞行参数的选择以及数据处理方法的优劣,都会对测量精度产生重要影响。通过优化硬件设备、合理规划飞行参数和改进数据处理方法,有效提升无人机遥感技术在工程测量中的精度,为工程建设提供更加可靠的数据支持。

参考文献

- [1] 张颖,熊云. 测绘工程测量中无人机遥感技术的运用[J]. 石材, 2024(3):153-155.
- [2] 曾杰. 无人机遥感技术在矿山测绘工程测量中的实践与应用[J]. 世界有色金属,2024(3):154-156.
- [3] 李盈盈,许斐. 无人机遥感技术在工程测量中的应用[J]. 电子产品世界,2024,31(10):13-16.
- [4] 刘柠伟. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用[J]. 中国科技成果,2024,25(19):30-32.
- [5] 董志国. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的运用策略[J]. 新疆有色金属,2024,47(2):34-35.