

# Research on high-precision Surveying Method Based on Unmanned Aerial Vehicle Technology

Jun Zhang

Shandong Geological and Mineral Surveying and Mapping Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250003, China

## Abstract

With the progress of science and technology and the development of society, the demand for accurate acquisition and efficient processing of geospatial information is increasing. In urban planning, disaster monitoring, resource management and other fields, high-precision surveying and mapping technology plays a vital role. The development of UAV technology provides new possibilities for high-precision mapping. Equipped with high-resolution cameras, lidar and other sensors, the UAV mapping system can quickly obtain a large amount of spatial data in different environments, providing a new technical means for surveying and mapping work.

## Keywords

high-precision surveying methods; 3D modeling method; key technologies in surveying and mapping

## 基于无人机技术的高精度测绘方法研究

张军

山东省地矿测绘有限公司, 中国·山东 济南 250003

## 摘要

随着科技的进步和社会的发展,对地理空间信息的准确获取和高效处理需求日益增长。在城市规划、灾害监测、资源管理等多个领域,高精度测绘技术都发挥着至关重要的作用。无人机技术的发展为高精度测绘提供了新的可能性。无人机测绘系统通过搭载高分辨率相机、激光雷达等传感器,能够在不同环境下快速获取大量空间数据,为测绘工作提供了新的技术手段。

## 关键词

高精度测绘方法; 三维建模方法; 测绘关键技术

## 1 引言

目前,国内外在无人机测绘领域已经取得了一系列的研究成果。许多研究者探索了无人机搭载不同类型传感器进行地形测绘、三维建模等方法,并研究了相应的数据处理和分析技术。激光雷达技术在无人机上的应用,更是极大提高了测绘的精度和效率。国内外的研究者还针对无人机测绘系统的稳定性、准确性、实时性等方面进行了深入的研究,并取得了一定的成果。然而,面对复杂多变的环境和不断增长的需求,现有的无人机测绘技术还存在一些挑战,如飞行控制、数据处理速度、精度和范围等。

## 2 研究目标和内容安排

本研究旨在探索基于无人机技术的高精度测绘方法,通过优化无人机搭载传感器的数据采集和处理技术,提高测绘的精度和效率。研究的主要目标包括:①研究无人机测绘

系统的最佳搭载传感器组合,以及相应的数据采集和处理策略,以适应不同的测绘需求。②优化无人机飞行控制算法,提高其在复杂环境中的稳定性和准确性。③发展高效的数据处理算法,包括图像拼接、点云处理、三维建模等,以实现高精度测绘结果的快速生成。④通过实际应用案例,验证所提出方法的有效性和实用性。

## 3 高精度测绘方法概述

### 3.1 传统测绘方法及其局限性

传统测绘方法主要依赖于地面测量、航空摄影和卫星遥感等技术。这些方法在测绘领域发挥着重要作用,但同时也存在一定的局限性。

地面测量:地面测量是测绘中最基础的方法,其精度受限于测量人员的素质、仪器设备的精度以及环境因素等。此外,地面测量只能获取有限的测点数据,难以满足大面积测绘的需求。

航空摄影:航空摄影可以获取大范围的地表影像数据,但受限于飞行高度和相机分辨率,其精度难以满足高精度测

【作者简介】张军(1982-),男,中国山东泰安人,本科,助理工程师,从事测绘地理信息系统工程研究。

绘的需求。同时,航空摄影受天气、光照等因素影响较大。

**卫星遥感:**卫星遥感技术可以获取全球范围内的高分辨率影像数据,但受限于卫星轨道和传感器性能,其测绘精度相对较低。此外,卫星遥感数据处理和解析难度较大,需要较高成本的专业软件和人才。

### 3.2 高精度测绘技术特点

高精度测绘技术是指在测绘过程中,采用高精度的仪器设备和先进的数据处理方法,以获取高精度、高分辨率的地表测绘数据。高精度测绘技术具有以下特点:

**高的测量精度:**高精度测绘技术采用高精度的仪器设备,如全站仪、GNSS接收器等,可以实现毫米级别的测量精度。

**高效的数据采集:**高精度测绘技术利用无人机、无人船等载体,实现大规模、高效率的数据采集。

**实时数据处理:**高精度测绘技术采用先进的数据处理方法,如三维激光扫描、遥感影像处理等,可以实时获取高质量的地表测绘数据。

**丰富的数据类型:**高精度测绘技术可以获取多种类型的数据,如点云、影像、地形等,为地表测绘和分析提供丰富的数据支持。

**广泛的应用领域:**高精度测绘技术在地籍管理、城市规划、地质调查、环境监测等领域具有广泛的应用前景。

### 3.3 高精度测绘方法可分为以下几类

**地面测量方法:**包括全站仪测量、GNSS测量等,主要用于获取地表测点坐标数据。

**航空摄影测量:**利用无人机、航空摄影相机等设备,获取地表影像数据,通过影像处理和解析获取地表信息。

**卫星遥感测量:**利用卫星遥感技术,获取全球范围内的高分辨率影像数据,通过遥感数据处理和解析获取地表信息。

**三维激光扫描:**利用三维激光扫描技术,获取地表三维点云数据,通过点云处理和建模获取地表三维模型。

**移动测量:**利用移动测量系统(如无人车、无人船等),实现地表测绘数据的实时采集和处理。

**地理信息系统(GIS):**将各类测绘数据集成到GIS系统中,进行地表测绘、分析和决策支持。

**集成测绘方法:**将多种测绘方法相结合,实现地表测绘数据的高精度、高效采集和处理。例如,将无人机摄影测量与全站仪测量相结合,提高测绘精度和工作效率。

## 4 无人机平台选择与优化

### 4.1 无人机平台选型依据

无人机平台的选择需基于测绘任务的具体需求、飞行环境以及预算等因素。首先,根据测绘范围和精度要求选择合适的无人机类型,如固定翼无人机、多旋翼无人机或垂直起降无人机。其次,考虑飞行高度、续航时间、载重能力等性能指标,以确保无人机能够完成预定任务。最后,考虑无人机的稳定性、抗风能力、操作简便性以及维护成本等因素。

### 4.2 无人机平台性能评估

在选定无人机平台后,应对其性能进行详细评估,以确保其满足测绘任务的需求。性能评估主要包括以下几个方面:

**飞行性能:**评估无人机的最大飞行高度、续航时间、爬升率、下降率等指标,确保其能够满足测绘任务的需求。

**载荷能力:**评估无人机携带测绘设备的能力,包括设备重量、体积以及安装位置等。

**定位精度:**评估无人机的定位系统精度,如GPS、GLONASS、Galileo等卫星导航系统的接收器精度。

**影像质量:**评估无人机搭载的相机或其他测绘设备的成像质量,包括分辨率、传感器尺寸、镜头焦距等。

**抗风能力:**评估无人机在恶劣天气条件下的稳定性和抗风能力,以确保其在测绘过程中的安全性。

### 4.3 无人机平台优化策略

为提高无人机测绘系统的整体性能,需要对无人机平台进行优化。优化策略包括:

**改进无人机设计:**根据实际需求,对无人机的外观、结构、动力系统进行改进,提高其飞行性能和稳定性。

**升级导航与定位系统:**采用更高精度的卫星导航接收器,或融合多种导航系统(如GPS、GLONASS、Galileo等)提高定位精度。

**提高影像质量:**选用高品质的相机和镜头,确保测绘影像的清晰度和分辨率。

**增加冗余系统:**为无人机配备备用电池、传感器等,提高系统的可靠性和安全性。

**开发智能化软件:**利用人工智能、大数据等技术,实现无人机自主飞行、自动避障、数据处理等功能,提高测绘效率。

**培训操作人员:**加强操作人员的技能培训,确保无人机测绘系统的安全、稳定运行。

## 5 高精度测绘传感器及其选型

### 5.1 测绘传感器类型及原理

测绘传感器是无人机高精度测绘系统中至关重要的组成部分,其主要作用是获取地球表面及其周围环境的几何和物理信息。目前,常见的测绘传感器主要有以下几种类型:

**光学成像传感器:**通过捕捉地球表面反射的阳光产生图像,如数码相机、多光谱相机和热红外相机等。光学成像传感器测绘原理是基于光学成像技术,将地球表面的景物通过光学镜头成像在传感器上,再将传感器上的光信号转换为电信号,最终得到数字图像。

**激光雷达传感器(LiDAR):**通过向目标发射激光脉冲,测量激光脉冲从发射到反射回来的时间,从而计算出目标的位置。激光雷达传感器测绘原理是利用激光脉冲的时间分辨率高和方向性好的特点,通过测量激光脉冲的飞行时间来获取目标距离,再结合相位差测量和波形分析等技术,获取目标的三维结构和属性信息。

**卫星导航系统(GNSS)接收机:**利用全球卫星导航系统发射的信号,测定无人机的位置和速度。卫星导航系统测绘原理是利用卫星发射的信号经过大气层到达接收机的过程中,信号的传播时间与卫星到接收机的距离成正比,通过解算接收到的信号延迟,得到无人机的位置和速度信息。

惯性测量单元 (IMU)：测量无人机在飞行过程中的加速度、角速度等运动信息。惯性测量单元测绘原理是利用惯性传感器 (如加速度计、陀螺仪等) 敏感无人机运动状态, 将敏感到的物理量转换为电信号, 最终得到无人机在各个方向上的加速度和角速度信息。

## 5.2 传感器性能评估与选型

传感器性能评估与选型是确保无人机高精度测绘系统可靠性和实用性的关键环节。选型需考虑以下方面：

**测绘精度：**传感器所能达到的测绘精度直接关系到无人机高精度测绘系统的性能。测绘精度包括位置精度、高程精度和成像精度等, 需根据实际应用需求进行综合评估。

**测绘范围：**传感器所能覆盖的测绘范围关系到无人机测绘任务的适用场景。测绘范围包括视场角、覆盖面积和分辨率等, 需根据实际应用场景进行选型。

**稳定性与可靠性：**传感器在复杂环境下的稳定性和可靠性是保证无人机测绘系统连续、稳定工作的关键。需评估传感器的抗干扰能力、抗振动能力和耐用性等指标。

**数据处理能力：**传感器获取的数据处理速度和能力关系到无人机测绘系统的实时性。需评估传感器的数据采集速度、数据传输速度和数据处理算法等指标。

**系统集成与兼容性传感器：**与无人机平台、数据处理软件等其他系统的集成和兼容性是确保无人机测绘系统整体性能的关键。需评估传感器的接口类型、通信协议和系统集成成本等指标。

## 5.3 传感器数据融合方法

传感器数据融合是指将不同传感器获取的数据进行整合, 以提高无人机高精度测绘系统的性能。传感器数据融合方法主要包括以下几种：

**数据预处理：**对传感器获取的数据进行去噪、校准等预处理, 提高数据质量。

**数据对齐：**将不同传感器获取的数据在时间、空间和坐标系上进行对齐, 保证数据的一致性。

**数据集成：**将不同传感器获取的数据进行合并, 形成一个完整的数据集。数据集成方法包括拼接、合并和融合等。

**数据解算：**通过对融合后的数据进行解算, 获取无人机的位置、速度、姿态等参数。数据解算方法包括卡尔曼滤波、粒子滤波和状态估计等。

**数据输出：**将解算后的数据输出给测绘软件, 用于生成测绘成果。数据输出格式包括坐标系、数据类型和数据精度等。

通过以上五高精度测绘传感器及其选型、传感器性能评估与选型、传感器数据融合方法的研究, 可以为无人机高精度测绘方法提供有力支持, 进一步推动无人机测绘技术的发展。

# 6 高精度三维建模方法

## 6.1 三维建模算法概述

高精度三维建模是无人机技术在测绘领域中的重要应

用之一。其主要通过采集大量的无人机航拍数据, 利用计算机视觉、摄影测量学以及地理信息系统 (GIS) 技术, 生成真实感强、精度高的三维模型。核心算法通常涉及数据处理、特征提取、几何建模和纹理映射等步骤。

## 6.2 基于多源数据的立体建模方法

基于多源数据的立体建模方法是利用无人机搭载的多个传感器 (如相机、激光雷达等) 获取不同类型的数据, 通过数据融合提高三维建模的精度和可靠性。步骤如下：

**数据采集：**通过精确控制无人机的飞行轨迹和相机参数, 同步采集多角度、多波段的影像数据和三维激光扫描数据。

**数据预处理：**包括影像畸变校正、辐射校正、多源数据对齐和去噪声处理等, 确保数据质量。

**特征提取：**使用 SIFT (尺度不变特征变换)、SURF (加速稳健特征) 等算法提取关键特征点。

**立体匹配：**采用改进的 RANSAC (随机抽样一致性) 算法进行点对匹配, 并构建立体模型。

**深度估计与三维重建：**根据匹配点对估计视差图, 进而生成深度图, 利用三维重建算法如八叉树法、泊松重建等生成三维模型。

## 6.3 模型优化与质量评估

为了提高三维模型的精度和实用性, 模型优化和质量评估是不可或缺的环节。

**模型优化：**通过局部细化、缺失面修复、模型简化等操作减少模型的错误和不真实部分, 提高模型质量。

**质量评估：**依据专业标准对重建的三维模型进行精度评估。常用的评价指标包括绝对误差、相对误差、最大误差、平均误差以及模型的视觉质量等。可以通过自动化的质量评估流程快速识别和修正问题区域, 确保最终输出的三维模型满足应用需求。

综上所述, 基于无人机技术的高精度三维建模方法涉及多个技术层面, 从多源数据融合到三维模型的精确重建, 再到模型的优化与评估, 每一步都需要精确的控制和算法支持, 以确保最终成果在精度和实用性上的可靠性。

# 7 结语

基于无人机技术的高精度测绘方法研究已取得了丰硕的成果。首先, 无人机作为灵活的空中平台, 结合高分辨率相机、激光雷达等传感器, 实现了对大面积区域的高精度测绘和成像, 显著提高了测绘效率。其次, 通过自动飞行控制系统和 GPS 技术, 解决了无人机在测绘过程中的航行控制、高度保持和姿态控制等关键技术挑战。

## 参考文献

- [1] 佚名. 中国将推广最高分辨率达5cm的国产无人机测绘[J]. 国土资源, 2009, 25(12): 1.
- [2] 徐攻博, 陈建平, 阮祖洪. 低空无人机航摄应急响应试验[J]. 大坝与安全, 2009(S1): 3.
- [3] 来丽芳, 徐攻博. 浅谈低空无人机航摄试验[J]. 现代测绘, 2010(2): 2.