

# 无人机遥感在小型区域地形测绘中的应用与数据处理研究

张霞

达州市自然资源调查监测中心

DOI : 10. 32629/j pm. v7i 5. 8919

**[摘要]** 随着工程建设对地形测量、土地资源调查、建筑工程测量及环境监测等场景提出更高的要求,针对不同测绘场景中精准测量能力和灵活作业模式的对比,传统测绘技术在小型区域地形测绘中存在效率低、成本高、复杂环境适应性差等问题,本文开展无人机遥感地形测绘应用与数据处理研究。首先阐述无人机遥感技术的工作原理与技术分类,分析其机动灵活、采集高效、精度可靠、环境适应性强的测绘优势。同时系统梳理传感器配置、飞行参数规划等数据采集方法,规范影像预处理、空三测量、三维建模、地物提取等处理流程,并通过实测数据开展精度分析与质量检验。

**[关键词]** 无人机遥感; 小型区域地形测绘; 数据处理

## Research on the Application and Data Processing of UAV Remote Sensing in Small-Scale Regional Topographic Mapping

Zhang Xia

Dazhou Natural Resources Survey and Monitoring Center

**[Abstract]** As engineering projects impose higher demands on terrain measurement, land resource surveys, construction site surveying, and environmental monitoring, traditional mapping technologies exhibit limitations such as low efficiency, high costs, and poor adaptability to complex environments when applied to small-scale regional topographic surveys due to constraints in precise measurement capabilities and operational flexibility across different scenarios. This study investigates the application and data processing of UAV remote sensing for topographic mapping. First, it explains the working principles and technical classifications of UAV remote sensing technology, highlighting its advantages including mobility, efficient data acquisition, reliable accuracy, and strong environmental adaptability. The paper systematically outlines data collection methods—including sensor configuration and flight parameter planning—and standardizes processing workflows such as image preprocessing, aerial triangulation, 3D modeling, and feature extraction, complemented by precision analysis and quality validation using field measurement data.

**[Key words]** UAV remote sensing; small-scale regional topographic mapping; data processing

### 引言

遥感技术是地表空间信息快速获取的主要技术,在现代地形测绘工作中应用价值越来越大<sup>[1]</sup>。传统小型区域地形测绘大多依靠人工实地测量作业,受人力、设备、地形条件等各方面的影响,在山区、丘陵等复杂地貌区域作业时,常常会出现作业效率低、经济成本高、野外作业安全风险大等问题<sup>[2]</sup>。目前,国内中小型基建、国土整治、生态监测等工程建设快速发展,对小区域地形数据的精度、时效性要求越来越高,传统的测绘手段已经不能满足精细化工程测绘的发展需要。遥感技术具有

非接触式作业、地形适应性强、数据获取速度快等优点,可以很好地弥补传统测绘的不足。随着无人机遥感、激光雷达遥感等新型技术以及数据处理算法的不断改进,遥感测绘的精度和效率得到极大提高,已经成为小型区域地形测绘的主要技术。但是目前该技术在微地貌精准还原、精细化数据处理等方面还存在不足,各种遥感技术的适配场景也缺乏系统规范。

### 1 无人机遥感技术概述

#### 1.1 无人机遥感技术的基本原理

无人机遥感技术就是利用无人驾驶航空器搭载遥感传感

设备,依靠无线通信和自动控制技术完成地面信息采集和处理的一种现代化遥感手段<sup>[3]</sup>。无人机依靠自身飞行器的机动灵活特性以及高精度定位系统,可以对地表目标进行准确的观测。常用的遥感传感器有光学传感器、激光雷达、热红外探测器、多光谱相机等,这些传感器可以获取目标区域的几何特征、光谱特性、热辐射信息。采集到的数据经由无线传输或者存储卡存入地面站,地面站再对图像进行处理并分析信息,最后生成可以用于工程应用的测绘成果。

### 1.2 无人机遥感技术的分类

无人机遥感技术按照传感器种类、任务需求和应用领域不同,可以分为以下几种主要形式,光学遥感利用可见光和近红外波段进行成像,主要应用于地形测量和土地资源监测,成像分辨率高、地物细节丰富,可以清楚地反映地表形态和纹理特征<sup>[4]</sup>。激光雷达遥感利用激光脉冲测距技术,可以得到高密度三维点云数据,特别适合于森林覆盖区域、地形起伏地带以及三维建模等复杂场景,具有穿透植被冠层、准确测量真实地面高程的能力。多光谱、超光谱遥感可以采集不同波段的光谱反射信息,广泛应用于植被健康分析、环境污染监测、矿产资源探测等各个领域,可以提供丰富的光谱数据来支持地物分类和物质识别。热红外遥感是根据目标自身热辐射的特性来探测的,主要用于热源分布分析和夜间测量作业,具有很强的适应性,不受可见光条件的限制,在全天候环境下工作。

## 2 无人机遥感技术在地形测绘中的应用优势

### 2.1 灵活机动的飞行能力

无人机遥感在地形测绘、土地监测中具有独特优势。无人机依靠灵活机动的飞行能力以及高分辨率影像传感器,可以快速获取各个地形区域的详细数据<sup>[5]</sup>。在山区、丘陵、高原等复杂地貌中,传统测绘方式受人力、设备条件的限制,无人机可以以低空、多角度获取地表影像,结合数字高程模型、三维点云数据、倾斜摄影技术,形成高精度、多维度的地形成果,大大提高了测绘效率,减少了人工测量产生的误差,保证了数据的完整性、精确度。

### 2.2 高效率的数据采集

无人机遥感技术在地形测量中具有明显的优势,尤其在大范围或者复杂地形的测量任务中表现尤为突出。依靠高精度传感器搭载的无人机,在较短时间内可以获取大量的地面数据,从而得到地形图和高程模型。无人机遥感技术相比传统的地面测量方法,工作效率更高,人力成本更低,现场操作安全风险更小,具有高效性、低成本、广泛适用性,适用于地形建模、考古调查、林业监测等众多应用场景。

### 2.3 高精度数据获取

由于无人机遥感技术具有高效灵活、高精度的特点,已经成为现代地形测量的主要方法。微型无人机系统在小面积测绘中具有明显的优势,可以应用于各种场合,坡地测绘精度可达 $\pm 1$ 米,河流测绘精度可达 $\pm 0.28$ 米。根据实际测量数据可知,

无人机遥感技术在不同地形区域进行地形测量时的表现如下,平原地形的采集范围为10平方公里,数据获取时间为3小时,像素分辨率为5厘米,高程精度为0.10米;丘陵地形和山地地形具有类似的精度表现。高精度的数据获取能力使无人机遥感在工程测量、城市规划、灾害评估等工程中有着不可替代的作用。

### 2.4 特殊环境适应性

在灾害地形或者人迹罕至的地方,无人机遥感能够克服恶劣环境造成的困难,保证数据采集的安全性、连续性。无人机测绘技术在特殊地形测量、数据处理、采集精度提高方面具有明显优势,可以代替人工进入危险区域,提高测量安全性。在洪涝灾害、山体滑坡等应急测绘场景中,无人机可以在短时间内快速获取受灾区域的高精度地形数据,给应急决策提供及时可靠的数据支持,这是传统测绘手段所不能比拟的优势。

## 3 无人机遥感数据采集与处理技术

### 3.1 数据采集技术

#### 3.1.1 遥感传感器配置

遥感传感器技术有多光谱、高光谱、红外、雷达等,可以获取地表的物理、化学特性,给地形测绘、植被分析、环境监测等提供丰富的数据来源。无人机可以搭载激光扫描仪、摄影测量系统、激光雷达等设备,获取高分辨率多源数据。不同的传感器组合使用可以弥补单一传感器的不足,多光谱传感器可以获取地物分类信息,激光雷达可以穿透植被获取真实的地面高程,两者结合可以大大提高测绘成果的综合质量。

#### 3.1.2 飞行参数规划

无人机在地形测量中具有安全可靠、机动灵活、数据处理费用低等优势,可以提供高分辨率多角度影像进行测量。利用控制测量、空中三角测量、立体采编测量等方法,无人机可以得到高精度的地形数据。飞行参数规划要考虑采集范围、数据获取时间、像素分辨率、高程精度等关键指标,根据不同的地形类型制定相应的飞行方案。合理的航线规划和飞行参数设置是保证数据质量的前提,重叠率一般设置在航向60%~80%、旁向30%~50%,以保证后续空三解算的可靠性。

### 3.2 数据处理流程

#### 3.2.1 影像预处理

利用无人机对项目区进行低空摄影测量作业,得到具有一定重叠度的原始影像数据,经过数据处理后得到项目区的数字正射影像。数据预处理包含飞行控制软件的后差分处理(PPK),把每一张航拍照片曝光时的坐标写入照片属性里。影像预处理还包括畸变校正、色差调整、影像匀色等操作,消除由于镜头畸变、光照不同造成的影像质量问题,为后续空三解算提供高质量的影像数据基础。

#### 3.2.2 空中三角测量

空中三角测量属于无人机遥感数据处理的重要部分。通过采用摄影测量软件,如Pix4Dmapper、ContextCapture(原

3dsmart)、Photoscan、Inpho 等,进行空三解算,计算点云坐标,生成三维纹理模型。空三解算精度直接影响到最终测绘成果的质量,一般要结合地面控制点(GCP)做绝对定向,提高成果的绝对精度。在小型区域测绘中,合理地布设5~10个地面控制点就可以满足1:500比例尺测图的精度要求。

### 3.2.3 三维建模与数据处理

在数据处理阶段,使用先进的摄影测量软件,用复杂的影像匹配算法将影像精准拼接、分析,得到高精度的数字高程模型(DEM)。如果只计算面积和土方量,不需要进行坐标系转换,在WGS84坐标系下解算,模型可以直接上传到WebGIS系统中。三维建模技术把地形数据由二维平面表达变成三维立体展示,明显改善了地形信息的直观性以及可分析性,为工程设计和施工管理赋予了更为丰富的数据支撑。

### 3.2.4 地物要素提取

将无人机采集的高分辨率DOM(数字正射影像)数据导入ArcGIS地理信息系统,之后就可以提取地形要素构建图层。使用DOM数据可以创建房屋、水泥路面、道路等各类地形特征图层,还可以对图层进行精准分层和矢量化处理,从而丰富地形图的信息含量和空间表达能力。在ArcGIS平台中不仅可以高效地使用DOM数据,还可以将现场实地勘探所记录的各类地质特征点录入到系统中。常见的地形特征有地形突变点、地质构造线等,利用这些特征可以得到准确的地形图。

### 3.3 多源数据融合技术

在某些场合下为了提高数据处理精度,会用到多源数据融合技术。以垃圾填埋场运行监测为例,采用无人机倾斜摄影和机载激光雷达两种技术手段获取空间数据,针对倾斜摄影无法穿透植被、激光雷达点云纹理表现差的问题,研究了一种融合无人机倾斜摄影和激光雷达的地形测绘方法。利用三维重建和点云滤波算法,得到摄影测量点云和激光雷达地面点云,对两种点云数据进行深度融合,得到填埋场的精细地形测绘。利用点云数据融合可以提高地面点云的地形精度和纹理表现性,给复杂场景下的地形测绘提供了一条有效的技术途径。

## 4 精度分析与质量检验

### 4.1 精度评估指标

本次无人机遥感地形测量工作选取多项核心指标进行精度综合评价,全面反映设备作业性能和数据质量,主要包含采集范围、数据获取时长、像素分辨率、高程精度、数据存储量这五个主要参数。从实测实验数据可知,在不同的地形条件下,无人机作业精度和效率存在较大的差别,以平原地形为例,单次作业有效采集范围可达10平方公里,外业数据获取耗时3小时,影像像素分辨率达到5厘米,地形高程测量精度为0.10米,单次作业原始数据存储量为6GB。各项指标可以直观地体现无人机遥感测量的高效性、精准性,也可以给不同地形场景下的作业方案优化提供数据支持。

### 4.2 精度影响因素

根据实测研究结果,影响无人机遥感地形测量精度的主要因素有像控点布设数量、无人机飞行高度、影像重叠度、传感器成像性能这四个。像控点数量对三维地形模型重建精度影响最大,像控点布设过少会造成模型畸变、点位偏差增大,像控点布设过多会增加外业工作量。飞行高度决定影像分辨率,航向和旁向重叠度影响影像拼接效果,传感器的像素精度、防抖性能也会间接影响最终测量精度,实际作业要根据应用需求合理调配参数。

### 4.3 质量检验方法

为了保证测量数据的合规可靠,本次研究采用多重质量检验的方式,主要包括实测数据比对检验、多组数据精度对比分析、标准化质量指标评估三种方法。所有检验工作严格按照现行国家标准《工程测量标准》GB 50026中地形测量的规范要求进行,对地形点位、高程数据、模型完整性等主要内容逐一核查,剔除误差超限、残缺失真的数据,全面把控无人机遥感测量成果的准确性、规范性、可用性。同时,应完善调查监测评价成果的汇交、维护、管理、发布、共享和利用监督机制,构建成果全生命周期管控体系,保障数据规范流转与高效利用,提升测绘成果在工程建设中的应用价值。

## 5 结束语

综上所述,本文系统研究了无人机遥感技术在小型区域地形测绘中的实际应用以及数据处理体系。无人机遥感相比传统测绘方式来说,机动灵活、作业高效、精度高、适配特殊复杂地形,可以很好地解决传统测绘人力成本高、作业风险大、时效性差等痛点。本文对无人机遥感数据采集、处理、建模、精度检验的全流程技术方法进行了梳理,明确了各项作业参数、精度影响因素、标准化质检要求。未来可以进一步优化多源数据融合算法,提高复杂地貌下测绘精度,拓宽无人机遥感在精细化地形测绘领域的应用范围。

## [参考文献]

- [1]张鑫.无人机遥感在小型区域地形测绘中的应用与数据处理研究[J].数码设计(电子版),2023(3):0250-0252.
  - [2]苏俊峰,吴正鹏.无人机低空遥感测绘大比例尺地形图实践[J].青海国土经略,2015(2):3.
  - [3]沈洁,汤璞.无人机航空摄影测量在小型农田水利设计地形图测绘中的应用[J].江西测绘,2017(3):4.
  - [4]刘久双.基于无人机技术的小范围1:1000地形图测绘[J].测绘与空间地理信息,2024(003):047.
  - [5]黄国涛.测绘工程测量中无人机遥感技术运用分析[J].Engineering Management & Technology Discussion,2026,8(1).
- 作者简介:张霞,1979.12.23,女,四川达州,汉族,本科,中级,研究方向:摄影测量与遥感/自然资源工程(遥感方向)。