

# 无人机航测技术在中小型区域地形测绘中的应用

殷熙明

四川南充水利电力建筑勘察设计研究院 四川 南充 637000

**摘要:** 中小型区域地形测绘在城市规划、农业发展等领域需求迫切,传统测绘技术存在效率低、成本高的问题。无人机航测技术凭借集成化的软硬件系统,成为该领域的理想解决方案。本文阐述无人机航测技术原理与中小型区域地形测绘特点,从影像获取、信息采集等维度分析技术优势,详解高精度定位、影像拼接等关键技术,结合城市规划、农业监测等场景说明实际应用。研究表明,无人机航测技术可提升中小型区域测绘效率与精度,为相关领域提供精准数据支撑,推动地形测绘行业智能化发展。

**关键词:** 无人机航测; 中小型区域; 地形测绘

引言: 中小型区域地形测绘涵盖城市近郊、乡镇村落、农田地块等范围,其数据成果是规划决策、资源管理的重要依据。无人机航测技术以无人机为载体,融合定位、影像传感等技术,实现地形数据的高效获取。该技术的灵活特性与中小型区域的测绘需求高度契合,不仅能突破传统技术局限,还能降低作业成本。深入研究其应用价值与实现路径,对提升中小型区域测绘质量具有重要意义。

## 1 无人机航测技术与中小型区域地形测绘概述

### 1.1 无人机航测技术原理

无人机航测技术是通过无人机平台搭载高精度影像传感器、定位导航系统及数据传输设备,实现地形信息采集与处理的综合技术。其核心原理为:先通过地面站系统规划飞行航线,设定飞行高度、速度及影像重叠度等参数;无人机按预设航线飞行时,GPS/北斗定位模块实时获取自身位置与姿态数据,同步触发影像传感器拍摄地形影像,确保影像带有精确的地理坐标信息。飞行过程中,数据传输模块将实时影像与定位数据传回地面站,便于操作人员监控作业状态。飞行结束后,利用专业软件(如Pix4D、ContextCapture)对影像数据进行空三加密、影像拼接及三维建模,最终生成DOM(数字正射影像图)、DSM(数字表面模型)等标准化测绘成果,完整还原区域地形特征。

### 1.2 中小型区域地形测绘特点

中小型区域地形测绘的核心特点体现在范围界定、地形复杂度、成果需求及作业条件四个方面。范围上,通常以几平方公里至几十平方公里为界,如乡镇全域、产业园区、单个行政村等,相比大型区域更聚焦局部细节。地形复杂度差异大,既包含城市近郊的平坦区域,也涵盖山区村落、丘陵农田等起伏地形,部分区域存在建筑物

密集或植被遮挡的情况<sup>[1]</sup>。成果需求呈现“高精度、快更新”特征,如农业地形监测需精准到米级的地块边界数据,地质灾害应急测绘需几小时内提供初步成果。作业条件受环境限制小,无需大规模场地布置,但需适应狭窄空域、复杂地形等场景,对测绘技术的灵活性与适应性要求更高。

## 2 无人机航测技术在中小型区域地形测绘中的优势

### 2.1 高分辨率影像获取能力

无人机航测技术具备卓越的高分辨率影像获取能力,可满足中小型区域对地形细节的精准测绘需求。其搭载的专业影像传感器像素普遍达到2000万以上,部分高精度设备像素突破5000万,结合100-500米的低空飞行高度,能获取地面分辨率0.05-0.5米的高清影像,清晰呈现道路边线、田埂边界、房屋轮廓等细微地形特征。相比卫星遥感,无人机低空飞行不受大气扰动影响,影像畸变更小,在建筑物密集区域可有效规避卫星影像的阴影遮挡问题;相较于传统地面测绘,能快速覆盖大范围区域,避免局部细节遗漏。这种高分辨率优势,使测绘成果可直接用于1:500至1:2000大比例尺地形图绘制,为中小型区域的精细化规划提供数据支撑。

### 2.2 多角度拍摄与全面信息获取

无人机航测通过灵活的多角度拍摄模式,实现区域地形信息的全面获取,解决传统测绘“视角单一、信息残缺”的问题。作业时可通过调整无人机云台角度,实现垂直正射、倾斜45°、侧视等多方位拍摄,垂直影像用于构建标准地形模型,倾斜影像则能捕捉建筑物侧面、地形陡坡等隐藏信息。在山区中小型区域,无人机可沿等高线航线飞行,对山谷、沟壑等区域进行多角度拍摄,完整记录地形起伏特征;在城市近郊区域,通过环绕拍摄获取建筑物三维轮廓数据,为地形测绘与地物建模提供

一体化信息。此外,部分无人机可搭载多光谱传感器,实现可见光、近红外等多波段影像采集,同步获取地形形态与地表覆盖信息,提升数据利用价值。

### 2.3 实时数据传输与快速处理

实时数据传输与快速处理能力是无人机航测技术的核心优势,尤其契合中小型区域测绘的高效需求。无人机搭载的4G/5G数据传输模块,可将飞行过程中采集的影像与定位数据实时传回地面站,操作人员通过地面站软件实时查看影像质量,发现模糊、漏拍等问题可立即调整飞行计划,避免后期返工。数据处理环节,依托智能化处理软件,实现“自动空三加密—影像拼接—成果输出”的流程化操作,几平方公里的中小型区域数据处理时间可控制在1-3小时内,相比传统测绘的数天处理周期大幅缩短<sup>[2]</sup>。在应急测绘场景中,该优势更为突出,如小型地质灾害发生后,无人机可在半小时内完成区域航测,2小时内提供初步地形成果,为救援决策争取时间。

### 2.4 自动化程度高与低成本作业

无人机航测技术自动化程度高,大幅降低人工成本与作业难度,适配中小型区域测绘的成本控制需求。作业前,地面站软件可根据测区范围自动生成最优飞行航线,精准设置影像重叠度、飞行高度等参数,无需专业人员手动规划;飞行过程中,无人机具备自动起飞、自动巡航、自动降落功能,遭遇障碍物时可触发避障系统自动绕行,单架次航测仅需1-2人即可完成操作,相比传统测绘的多人团队作业模式,人工成本降低60%以上。设备与运营成本同样具有优势,中小型无人机航测系统购置成本约10-30万元,单次航测燃油与耗材成本仅几百元,而传统卫星遥感单次数据获取成本高达数万元,尤其适合资金预算有限的中小型区域测绘项目。

### 2.5 灵活多变的飞行策略

无人机航测具备灵活多变的飞行策略,可适应中小型区域复杂多样的地形与测绘需求。针对不同地形特征,可定制差异化飞行方案:平坦农田区域采用平行航线飞行,确保影像均匀覆盖;山地丘陵区域采用等高线航线,保持飞行高度与地形的相对稳定;建筑物密集区域采用网格加密航线,提升地物细节采集精度。在作业时间选择上,可灵活规避恶劣天气,利用短时间晴好窗口完成航测;对于狭窄空域或特殊限制区域,可选用小多旋翼无人机,在10米以内的低空完成精准飞行。这种灵活性使无人机航测能深入传统测绘设备难以抵达的区域,如山区村落、峡谷地带等,确保中小型区域地形测绘无死角。

## 3 中小型区域地形测绘的关键技术

### 3.1 高精度定位与姿态测量

高精度定位与姿态测量是保障无人机航测成果质量的核心技术,直接决定地形测绘的精度水平。该技术通过集成多系统实现精准定位:采用GPS/北斗双模定位模块,结合RTK(实时动态定位)技术,使无人机定位精度达到厘米级,确保每幅影像都带有精确的地理坐标;搭载IMU(惯性测量单元),实时采集无人机的姿态参数(航向角、俯仰角、横滚角),精度可达0.1°,有效修正飞行过程中的姿态波动对影像拍摄的影响。在复杂地形区域,单独依赖卫星定位易出现信号中断问题,需引入PPK(后处理动态定位)技术,通过事后数据解算弥补实时定位的不足,确保定位数据连续可靠。作业前需在测区布设一定数量的地面控制点,用于航测成果的精度校验与修正,控制点密度按每平方公里3-5个设置,通过全站仪精准测量其坐标,为定位数据提供基准参考,最终使地形测绘的平面精度达到0.1-0.5米,满足中小型区域的测绘精度要求。

### 3.2 影像快速拼接与三维重建

影像快速拼接与三维重建技术是将离散影像转化为完整地形成果的关键,依托计算机视觉与图形学实现高效处理。影像快速拼接的核心是特征点匹配技术,通过SIFT、SURF等算法自动识别不同影像中的同名特征点,计算影像间的位置关系,再利用空三加密技术构建测区的三维控制网,确保拼接后的影像无错位、无扭曲。针对中小型区域的影像数据,智能化软件可实现拼接过程全自动化,几百张影像的拼接时间可控制在30分钟以内。三维重建则基于密集匹配技术,通过匹配海量特征点生成密集点云,再构建三角网格模型,结合影像纹理映射生成真实感强的三维地形模型<sup>[3]</sup>。该技术可自动识别地形起伏与地物轮廓,在农业地形测绘中能精准还原地块坡度与边界,在城市规划中可清晰呈现建筑物高度与布局,为中小型区域提供直观、精准的三维地形成果,满足多场景应用需求。

### 3.3 多源数据融合

多源数据融合技术通过整合无人机航测数据与其他数据源,提升中小型区域地形测绘成果的丰富度与可靠性。融合的数据源包括传统测绘数据(如地面控制点坐标、全站仪实测数据)、卫星遥感数据、GIS(地理信息系统)基础数据等。融合过程中,以无人机航测获取的高分辨率影像与三维模型为核心,将传统测绘的精准控制点数据用于成果精度校准,修正航测数据的系统误差;融入卫星遥感的大范围宏观数据,弥补无人机航测视野局限的问题,实现局部精细测绘与整体区域的衔接;结合GIS基础数据(如道路、水系的矢量数据),对航测成

果中的地物进行属性标注与分类。通过数据融合技术,可消除单一数据源的缺陷,如利用地面实测数据修正无人机影像的植被遮挡误差,利用GIS数据完善地形成果的属性信息,最终形成“精准定位、丰富属性、完整覆盖”的中小型区域地形测绘数据集,提升数据的应用价值。

#### 4 无人机航测技术在中小型区域地形测绘中的应用

##### 4.1 城市规划与土地管理

在城市规划与土地管理中,无人机航测技术为中小型区域(如城市新区、乡镇街区)提供高效精准的测绘支撑。城市新区规划阶段,无人机可快速获取区域高清影像与三维地形模型,帮助规划人员直观掌握地形起伏、现有地物分布等情况,为道路布局、建筑选址提供数据依据。通过对比不同时期的航测成果,可动态监测新区建设进度,及时发现违规建设行为。在土地管理中,利用无人机航测的高分辨率影像,能精准识别土地利用类型,如耕地、建设用地、林地等,精度可达95%以上,为土地确权、耕地保护红线划定提供精准数据。针对城中村改造等项目,无人机航测可快速采集房屋轮廓、面积等数据,生成数字化档案,为拆迁补偿、规划重建提供客观依据,相比传统人工丈量,效率提升5倍以上,且数据更具公信力<sup>[4]</sup>。

##### 4.2 农业地形监测

无人机航测技术在农业中小型区域地形监测中,实现从地形测绘到精准农业的全链条支撑。在农田地形测绘方面,无人机可获取高精度的地形数据,生成农田坡度图、高程图,帮助农户规划灌溉系统布局,根据地形坡度设计合理的灌溉水流方向,提高水资源利用效率。搭载多光谱传感器的无人机,可同步采集农田的光谱数据,结合地形信息分析不同地块的土壤肥力差异,为精准施肥提供依据。在作物生长监测中,通过定期航测获取的影像,可对比分析作物长势与地形的关联,如低洼地块作物是否存在积水涝害,坡地作物是否出现干旱缺水等情况。针对果园等特色农业区域,无人机航测的三维模型可精准计算果树种植密度、冠幅大小,结合地形数据优化采摘路线与机械作业路径,降低农业生产成本,推

动传统农业向精准化、智能化转型。

##### 4.3 地质灾害应急测绘

在中小型区域地质灾害应急测绘中,无人机航测技术以其快速响应能力成为核心技术手段。地质灾害(如滑坡、泥石流)发生后,传统测绘设备难以快速进入灾害现场,而无人机可在短时间内抵达,完成灾害区域的航测作业。通过获取的高清影像与三维模型,能快速圈定灾害影响范围,识别滑坡体边界、泥石流堆积区域等关键信息,为救援队伍制定疏散路线、部署救援力量提供数据支撑。对比灾害发生前后的航测成果,可精准计算灾害造成的地形变化,如滑坡体的体积、位移量等,为地质专家分析灾害成因、评估灾害损失提供科学依据。在灾后重建阶段,无人机航测可定期监测灾害区域的地形变化,及时发现次生灾害隐患,同时为重建规划提供精准的地形数据,确保重建工程的安全性与合理性,最大限度降低地质灾害带来的损失。

##### 结束语

无人机航测技术凭借高分辨率、高效率、低成本优势,革新了中小型区域地形测绘模式,为城市规划、农业、灾害应急等领域提供精准数据支撑。关键技术突破保障了测绘成果质量,灵活飞行策略与多源数据融合能力使其适配多种场景。未来,与人工智能、5G等技术深度融合,将提升自动化与数据处理效率,实现测绘精度新突破。推动其规范化应用,加强人才培养与行业标准建设,能助力地形测绘行业高质量发展,为工程建设与资源管理提供有力保障。

##### 参考文献

- [1]朱钧.无人机航测技术要点及其在建筑测绘工程测量施工中的实践[J].陶瓷,2025,(01):179-181.
- [2]石恩强.无人机航测技术在测绘工程测量中的应用[J].工程技术研究,2024,9(16):223-225.
- [3]李智强.无人机技术在土地测绘与规划中的应用——以GH村土地优化为例[J].测绘地理信息,2021,46(03):68-70.
- [4]潘莉.小型无人机航测技术在土地测绘中的应用[J].安徽农学通报,2021,27(13):140-142.