

无人机测绘在小型地形地貌勘测中的实践应用研究

邬福宏

荆门天地源土地评估勘测有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i8.21638

[摘要] 本文围绕无人机测绘技术在小型地形地貌勘测中的实践应用展开系统研究,通过对比人工实地勘测、卫星遥感测绘与无人机测绘的技术性能差异,明确了无人机测绘在小型勘测场景中的核心适配优势与应用局限性;完整梳理了从前期作业准备、外业数据采集到内业数据处理、成果校验优化的标准化作业流程,深入剖析了当前外业采集、内业处理及行业规范体系三个维度存在的现实问题,并针对性提出外业精准化优化、内业智能化升级、作业体系完善的对应策略。研究成果可为小型地形地貌勘测的无人机作业实践提供方法参考,对提升小型勘测项目的作业效率与成果质量具有一定的实践意义。

[关键词] 无人机测绘; 小型地形地貌勘测; 数据采集

中图分类号: P231 **文献标识码:** A

Research on the Practical Application of UAV Mapping in Small-Scale Topographic Surveying

Fuhong Wu

Jingmen Tiandi Yuan Land Appraisal and Survey Co., Ltd

[Abstract] This paper systematically investigates the practical application of UAV mapping technology in small-scale topographic surveying. By comparing the technical performance differences between manual field surveys, satellite remote sensing, and UAV mapping, it identifies the core advantages and application limitations of UAV mapping in small-scale survey scenarios. The study comprehensively outlines a standardized workflow from preliminary preparation, field data collection, to indoor data processing and result validation optimization. It also conducts an in-depth analysis of current challenges in field collection, indoor processing, and industry regulatory systems, proposing targeted strategies for field precision optimization, indoor intelligent upgrades, and operational system improvement. The research findings provide methodological references for UAV-based small-scale topographic surveying practices, offering practical significance for enhancing operational efficiency and result quality in small-scale survey projects.

[Key words] UAV surveying and mapping; small-scale topographic and geomorphological reconnaissance; data collection

引言

随着小型基建、土地整治等领域发展,小范围高精度地形勘测需求持续增长,传统人工与卫星遥感勘测均存在明显局限。无人机测绘具备灵活高效的技术优势,但在小型碎片化地形场景中仍有适配短板。本文就此展开分析,探究无人机测绘的实践应用路径与优化方向。

1 无人机测绘与传统勘测技术的适配性对比分析

1.1 传统小型地形地貌勘测技术概述

传统小型地形地貌勘测主要分为人工实地勘测与卫星遥感测绘两类。人工勘测以打点、钢尺测量、全站仪作业为核心,需现场布设点位、逐点采集,单点精度稳定但人力投入大、效率

低,复杂地形作业受限。卫星遥感通过星载传感器获取影像生成地形数据,覆盖广、不受通行限制,但小型精细化勘测中分辨率不足,难以捕捉微地形特征,且重访周期固定,灵活性差,无法满足小型地块的即时定制化需求。

1.2 各类勘测技术性能对比

从作业效率、勘测精度等六维度对比,无人机测绘与传统技术差异显著。作业效率上,人工采集效率低,卫星响应慢,无人机一次完成面状采集,效率与响应优势明显;精度上,人工单点精度高但整体地形表达易有偏差,卫星米级精度不足,无人机低空航测可达厘米级,地形细节还原度高;成本上,人工与卫星偏高,无人机仅需少量设备与人力,小型项目性价比更高;环境适应性

上,人工受地形植被限制大,卫星易受云层干扰,无人机低空适配性强;操作难度上,无人机半自动化降低专业门槛;安全系数上,无人机无需人员进入危险区域,规避野外作业风险^[1]。

1.3 无人机测绘在小型地形勘测中的适配优势

小型地形地貌勘察场景下,无人机测绘具有多方面优势。可一次性完成小面积扫描,快速生成正射影像、数字高程模型等结果,满足短工期勘察需求;在微地形的勘察上,高分辨率图像与高密度点云可清晰识别陡坎、冲沟等微地形变化,弥补传统测绘精细度不足;在复杂的小型地貌环境中,无人机起飞条件要求低,可于复杂地形中任意设定航线,对兴趣区加密采集,适用不规则地块,不需要太多的人力和昂贵的器材,具备高性价比及安全性的特点,兼顾了经济效益以及野外工作安全的考虑。

1.4 无人机测绘的应用局限性

无人机测绘用于小区域地形测量也存在诸多不足。天气因素影响显著,大风、大雾、大雨降低飞行稳定性与成像质量,光照不足影响处理精度;空域管制方面,部分区域需申报审批,影响及时性,机场及人口密集区禁限飞限制测绘范围;设备性能上,小型无人机续航短,在大的落差地形上传图效果不佳,对测绘范围和负载能力造成一定的影响;数据处理上,植被繁茂区易出现点云滤波错误,细小地物分类不准,部分需人工干预,降低自动化处理效率。

2 无人机测绘在小型地形地貌勘测中的实践应用分析

2.1 前期作业准备

前期作业准备是无人机测绘勘测实施的必要条件,作业前必须了解整个测区的地形、植被、障碍物分布以及空域管理规定等相关情况,确定合适的起降点及潜在的安全隐患,根据作业范围、精度要求及地形地貌的复杂程度选择相应的无人机及相机型号,小范围的精细化测量一般使用小巧轻便的多旋翼无人机搭配高分辨率成像装置,在复杂的地形上可以增加倾斜摄影的模块,同时计划作业路线以及应急返回路线,设置飞行高度、影像重叠度等重要的精度指标,做好针对各种情况的安全预案,制定现场操作指南等。

2.2 外业数据采集流程

外业数据采集需遵循标准化流程保障原始数据的完整性与可靠性。作业人员依托专业航测软件生成全测区覆盖的飞行航线,设定匹配精度要求的航向与旁向重叠度,地形高差较大区域采用仿地飞行模式,维持全测区地面采样距离均匀一致;正式航摄前完成设备校准与起降测试,飞行过程中实时监控飞行姿态与影像采集质量;对植被遮挡、地形突变的局部区域补充定向采集,消除拍摄盲区;同步在测区均匀布设像控点,采集其精准坐标作为内业数据校正的空间基准^[2]。

2.3 内业数据处理流程

内业数据处理是将原始影像转化为标准化勘测成果的核心环节。首先对原始航摄影像开展辐射校正与镜头畸变校正,筛选剔除模糊、曝光异常的无效影像;再结合外业像控点坐标开展

空中三角测量解算,完成影像几何校正与整体拼接,生成测区正射影像底图;通过密集影像匹配生成高密度点云,经滤波剔除植被、人工地物等非地形要素后,解算生成数字高程模型,同步提取地貌特征线、构建三维地形模型,最终输出正射影像图、等高线图等勘测成果。

2.4 勘测成果校验与优化

勘测成果校验与优化是保障成果质量的收尾闭环。校验分为精度核验与完整性核验:精度核验通过选取测区内独立的野外检查点,比对实测坐标与成果数据,核验平面与高程精度是否达标;完整性核验重点核查测区边缘、地形突变区域是否存在影像缺失、模型变形或特征表达失真问题。针对核验发现的问题开展针对性优化,精度偏差区域可调整解算参数或局部补飞,地貌表达不准确的位置通过人工调整点云滤波参数、补充特征线约束提升还原精度,确保最终成果符合勘测规范与应用需求。

3 无人机测绘应用于小型地形勘测的现存问题

3.1 外业数据采集阶段问题

外业数据采集阶段是小型地形勘测误差产生的前端源头,多类现实因素共同制约着原始数据的质量与完整性。小型地形普遍存在微高差、陡坡、沟壑及低矮植被等复杂特征,对无人机低空航摄的环境适配性要求较高,大风、薄雾、逆光、短时多云等轻微气象变化便可能导致飞行姿态偏移、影像模糊、光影不均,引发局部地形细节缺失。小型地貌易形成地形遮蔽与阴影盲区,出现影像漏拍、数据空洞,难以保障全覆盖采集。通用航线规划多适配大面积规整地形,对碎片化、不规则地形适配不足,常出现重叠度不合理、边缘采样稀疏等问题;轻量化无人机存在的镜头畸变、定位偏差、校准不及时等硬件问题,会持续引入系统误差,直接影响微地形采集精度。此外,复杂地形下人工像控点布设难度大、点位可视性差,易出现遮挡与识别失效,且缺乏针对小型勘测的专项布点标准,作业中常出现布点疏密不均、边缘点位缺失等问题,直接制约后续空中三角测量解算与地形建模的整体精度^[3]。

3.2 内业数据处理阶段问题

内业数据处理是原始影像向勘测成果转化的核心环节,现有技术方法在小型精细化地形场景中仍存在明显的适配短板。微地形高差起伏与透视变形易造成影像特征点匹配失败,引发拼接错位、纹理扭曲、局部模型空洞;常规建模算法对微小地貌、缓坡变化、细碎特征提取能力不足,易弱化细节表达,导致数字高程模型、数字表面模型等成果精细化程度不足。同时,现有误差校正方法多针对大范围场景设计,对小型场景的微小系统误差与局部偶然误差校正针对性不足,数据格式适配、坐标基准统一、残差优化等环节操作规范不统一,易造成精度偏差逐层累积,影响最终成果的可靠性。

3.3 行业规范与体系层面问题

行业规范与支撑体系不健全,制约小型地形无人机测绘的规范化应用。国内现有规范多面向大型工程与大面积勘测,缺少适配小型、精细化、碎片化地貌的专属作业标准,飞行参数、布

点要求、精度指标缺乏统一依据,作业主观性强。小型勘测成果的校验维度、验收流程与评价标准较为模糊,缺乏针对性质量控制体系,易出现精度不足却合规输出的问题。此外当前作业多依赖人工操作,自动化航线适配、智能纠错等技术应用不足,作业效率参差不齐,成果稳定性与可重复性偏弱。

4 无人机测绘应用于小型地形勘测的优化策略

4.1 外业采集环节精准化优化策略

外业采集环节的精准化优化,是提升小型地形勘测原始数据质量的前端核心抓手。针对不规则、碎片化小型地块,采用自适应精细化航线规划,结合地形高差与坡度动态调整飞行高度、重叠度与航带间距,对陡坡、沟壑等关键区域加密采样,在高差起伏区启用仿地飞行,保障全测区地面采样距离均匀。结合场地气象条件优选光照均匀、气流稳定的时段,减少光影反差与曝光不均。建立小型勘测专属设备运维校准机制,形成作业前快速校准与定期专业检校的管控模式,每次作业前完成镜头畸变校正、云台姿态校准与GNSS定位检测,按周期开展精度检定,确保设备性能稳定在误差允许范围内,结合精度需求选配轻量化高精度传感器,从硬件端降低系统误差。同步制定适配小型地形的像控点布设规范,遵循均匀布设、重点加密原则,在高差突变、地形转折、测区边缘加密点位,避开植被、阴影与松散土体遮挡区域,采用统一规格醒目标识提升辨识度,保障后续数据匹配精度^[4]。

4.2 内业处理环节智能化优化策略

内业数据处理的智能化优化,是强化小型地形勘测成果精细化水平的核心路径。选用适配微地形特征的影像处理算法,强化弱纹理、大坡度区域的特征点提取与匹配能力,针对陡坡、沟壑等透视变形显著的区域,结合多视角影像数据提升匹配成功率,针对性修正影像畸变与拼接误差;同步优化三维建模流程,开启精细化地形重构模式,引入局部加密运算保留微起伏、缓坡等细碎地貌特征,避免常规算法的过度平滑处理,有效填补模型空洞、修正纹理失真问题。构建分层分级的误差校正体系,搭建覆盖外业粗差剔除、影像配准校正、模型残差优化、成果精度复核的全流程误差管控链条,针对小型勘测的微小误差特性细化局部校正标准,对边缘区域、高差突变区域开展重点残差优化,同时统一全流程的坐标基准与高程参数,避免基准转换引入额外误差,通过分层管控实现误差的逐级消减,系统性提升勘测成果的数据精度。

4.3 作业体系与行业规范完善策略

完善作业体系与行业规范,是推动小型地形无人机测绘规范化、规模化应用的底层支撑。结合小型地貌勘测精细化、小范围、高灵活度的场景特点,以现行测绘行业通用规范为基础构建专属标准化作业体系,细化不同精度等级项目的飞行参数、像控布设要求、数据处理流程与成果精度指标,填补细分场景的规范空白,让各环节作业都有明确执行依据,减少作业人员的主观判断偏差。完善成果质量管控与验收机制,建立适配小型地形勘测的多级质控体系,在外业采集、内业处理、成果输出各环节设置明确质检节点,划定各环节的验收标准与误差阈值,同步引入独立检查点实地复核机制,从数据完整性、坐标精度、地貌还原度等多维度核验成果质量,形成全链条的质量闭环。此外同步推进作业智能化升级与人才专业化建设,引入AI智能匹配、自动补空、智能降噪等技术提升数据处理自动化水平,减少人工操作偏差;强化作业人员的精细化勘测专项技能培训,规范小型复杂地形的作业操作流程,整体提升勘测作业的质量与效率^[5]。

5 结语

综上所述,无人机测绘在小型地形地貌勘测中的实践应用具备显著适配优势,契合小范围精细化勘测需求。但当前技术应用仍存在外业、内业及规范层面的短板,通过针对性优化策略可有效提升勘测质量。未来随着技术迭代与规范完善,无人机测绘的应用将更加规范成熟。

【参考文献】

- [1]尹晨宇.地形地貌勘测中无人机测绘精度优化研究[J].科技资讯,2026,24(4):195-197.
- [2]魏丽.无人机遥感技术在煤矿地质勘测中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2025,(16):172-174.
- [3]董敬文.探讨复杂矿山地质环境下无人机测绘技术的运用[J].中国金属通报,2022,(3):225-227.
- [4]崔诗宁.道路工程施工前期中无人机LiDAR的应用研究[J].城市建设,2026,(11):96-98.
- [5]谷二帅.无人机技术在矿山测绘中的应用研究[J].世界有色金属,2023,(24):149-151.

作者简介:

郭福宏(1995--),男,汉族,贵州遵义人,大专,研究方向:无人机测绘。