

# 测绘工程测量中无人机遥感技术运用分析

胡广志 韩俊\*

湖北省国土测绘院 湖北 武汉 430014

**摘要:** 随着测绘工程领域对测量精度、效率及全面性要求的不断提高,传统测绘技术已难以充分满足日益复杂多样的实际需求,在此背景下,本文分析无人机遥感技术在测绘工程测量中的运用。阐述其监测范围与尺度、数据精度与分辨率、信息处理效率与实时性、系统兼容性与技术融合等核心优势。介绍在地形测绘、工程规划、资源勘查、应急测绘等场景的应用,探讨飞行任务规划、数据采集与处理、多技术协同等关键环节与优化策略,为测绘工程提供技术参考。

**关键词:** 无人机遥感技术; 测绘工程; 技术融合; 数据处理; 应用场景

引言: 传统测绘手段受空间覆盖、精度、效率等限制,难以满足复杂场景测绘需求。无人机遥感技术凭借独特优势,在测绘工程领域应用日益广泛。其灵活的飞行能力、高精度数据采集、高效信息处理及多技术融合特性,为测绘工作带来变革。深入研究其运用,对提升测绘工程质量与效率,推动行业技术进步具有重要意义。

## 1 无人机遥感技术的核心优势

### 1.1 监测范围与尺度优势

无人机遥感技术依托独特的低空飞行能力,成功打破了传统测绘手段在空间覆盖上的固有局限。传统测绘设备受限于固定观测点位的设置或卫星轨道参数的约束,难以对复杂地形区域或特殊场景实现连续且无缝的监测覆盖。而无人机通过灵活调整飞行高度与精心规划航线,能够同时满足大范围区域的整体监测需求与小尺度目标的精细化观测要求。在山区测绘场景中,无人机可实现单次飞行覆盖50平方公里区域的监测任务,同时具备穿越峡谷、贴近陡坡开展作业的能力,可获取传统设备难以触及的隐蔽区域数据<sup>[1]</sup>。在沼泽湿地等生态脆弱地貌中,其轻量化设计避免了设备对脆弱生态的二次破坏,实现了无接触式的安全测量。面对城市峡谷环境,无人机可在100米以下低空飞行,深入建筑群内部空间,精准捕捉高层建筑立面变形情况或地下管线分布走向等关键信息。这种全地形适应能力,使得无人机遥感成为复杂场景测绘任务中的首选技术工具。

### 1.2 数据精度与分辨率提升

传感器技术的持续革新为无人机遥感赋予了前所未有的数据采集能力。现代无人机搭载的成像设备已实现1厘米级甚至0.5毫米级的地面分辨率,能够清晰捕捉地表微小形变特征或地物细节信息。例如在地质灾害监测

领域,毫米级精度可精准识别岩体裂缝的扩展趋势或地面沉降的细微变化,为灾害预警系统提供可靠的数据支撑。多光谱传感器可同时捕捉8个以上波段的光谱信息,进一步扩展了数据维度,通过这些光谱信息可有效区分植被类型、评估土壤湿度状况或监测水体污染程度等环境参数。当与激光雷达技术实现融合应用时,系统能够同步获取地表三维坐标数据与反射强度信息,形成高密度点云模型。该模型的点云密度可达每平方米1000个点以上,不仅提升了地物分类的准确度,还能穿透植被冠层获取真实地形数据,在森林资源调查或城市三维建模等任务中展现出独特的技术优势。

### 1.3 信息处理效率与实时性

自动化处理流程是无人机遥感技术效率显著提升的关键所在。从影像采集到三维模型生成的全流程中,智能算法可自动完成影像拼接、畸变校正、特征匹配等复杂处理操作,将传统需要20天左右时间的手工处理周期压缩至4小时以内。在应急测绘场景中,这种效率优势体现得尤为突出。无人机可在灾害发生后30分钟内迅速升空执行任务,实时回传现场影像数据,并通过边缘计算设备在2小时内即时生成灾情分布图,为救援指挥部门提供及时的决策支持。对于施工监测类任务,系统可设定定时巡航模式,按每日1次或每3日1次的频率持续采集工程结构变形数据,并通过无线传输网络将处理结果推送至管理终端,实现施工质量的动态化管控。这种实时反馈机制使测绘工作从传统的事后分析模式转向过程干预模式,显著提升了工程管理的精细化水平。

### 1.4 系统兼容性与技术融合

无人机遥感技术并非孤立存在,而是与地理信息系统(GIS)、建筑信息模型(BIM)、物联网等技术协同应用。与GIS结合,可以将无人机获取的地理信息数据

与GIS中的空间数据进行分析和处理,实现更深入的地理空间分析和决策支持。与BIM融合,能够为建筑工程的设计、施工和管理提供更精准的地理信息,提高工程质量和效率。与物联网技术结合,可以实现对各种设备和设施的实时监测和管理,提升智能化水平。多源数据融合也是无人机遥感技术的一大亮点。将光学影像、热红外、雷达数据等多种数据进行融合,可以充分发挥不同数据源的优势,弥补单一数据源的不足,从而提升测绘的全面性和准确性,为各行业提供更丰富、更可靠的信息支持。

## 2 无人机遥感技术在测绘工程中的核心应用场景

### 2.1 地形测绘与三维建模

无人机遥感技术在地形测绘领域展现出卓越的数据获取能力,能够快速生成高精度数字高程模型与数字表面模型。通过搭载激光雷达或多光谱传感器,系统可同步采集地表三维坐标与反射特征信息,经智能算法处理后形成厘米级精度的地形模型。该模型可精确刻画分辨率为0.1米的植被覆盖、建筑轮廓等地表要素,为地形分析提供详实的数据基础<sup>[2]</sup>。在复杂地形监测中,无人机可定期巡航滑坡体或矿山区域,按每月2次的频率采集数据,通过多期数据对比分析地形变化趋势。系统自动提取地表位移矢量,结合地质参数构建风险评估模型,对潜在地质灾害进行量化预警。这种动态监测模式突破了传统人工巡检的时空限制,显著提升了灾害防范的时效性。

### 2.2 工程规划与施工监测

在工程规划阶段,无人机遥感技术通过三维仿真模拟为设计方案优化提供可视化支持。系统将实景模型与BIM数据叠加,生成包含地形、建筑、管线等要素的虚拟场景。设计人员可在虚拟环境中进行通视分析、日照模拟等操作,提前发现设计缺陷并调整方案参数。这种沉浸式规划模式大幅缩短了方案迭代周期,提高了设计成果的可行性。施工阶段,无人机搭载的倾斜摄影系统可按每7天1次的频率定期采集工程影像数据,通过特征点匹配技术生成三维变形曲线。系统自动识别桥梁沉降、建筑倾斜等异常形变,当变形量超过5毫米的预设阈值时立即触发预警机制。监测数据实时传输至工程管理平台,为质量管控与安全决策提供数据支撑。这种全生命周期监测模式确保了工程建设始终处于可控状态。

### 2.3 资源勘查与环境监测

矿产资源勘查中,无人机遥感技术通过多光谱成像实现矿体边界的精准划定。不同矿物成分在特定波段具有独特反射特征,系统利用这一原理自动识别矿体分布

范围。结合地质勘探数据,算法模型可估算煤炭等资源的储量规模,为开采规划提供科学依据。该技术可将勘查作业效率提升,单架无人机单日可完成15平方公里的勘查任务,减少了野外作业强度,降低了勘探成本。生态环境监测方面,无人机可搭载多类型传感器构建立体监测网络。光学影像用于监测森林覆盖变化,热红外数据可识别水体污染热源,激光雷达则能穿透冠层获取植被生长状况。系统按每季度1次的频率定期生成生态指数报告,量化评估区域生态环境质量演变趋势。这种多维度监测模式为生态保护与修复工程提供了全面的数据支持。

### 2.4 应急测绘与灾害评估

灾害发生后,无人机遥感技术可快速构建灾情信息采集网络。多架无人机协同作业,可在2小时内完成50平方公里大面积受灾区域影像采集。智能算法自动识别道路损毁、建筑倒塌等灾害特征,生成灾情分布热力图。结合地理信息系统,系统规划出最优救援路径,为救援力量调配提供决策参考。这种快速响应机制显著缩短了灾情评估周期,提高了救援效率。对于火山喷发、泥石流等动态灾害,无人机可实施跟踪监测。系统按每10分钟1次的频率持续采集灾害体形态变化数据,通过流体力学模型模拟灾害演进趋势。监测数据实时更新至灾害预警平台,为人员疏散与灾害防范争取宝贵时间。这种实时监测模式构建起立体化的灾害防御体系,有效降低了灾害损失。

## 3 技术实施的关键环节与优化策略

### 3.1 飞行任务规划与参数设置

飞行任务规划是无人机遥感技术高效应用的基础,需结合测绘区域的地形特征与精度需求进行系统性设计。航线设计需重点考虑重叠率、飞行高度及拍摄角度三个核心参数。重叠率直接影响后续影像匹配的精度,过低的重叠率可能导致特征点提取不足,而过高则会增加数据处理负担,通常需根据地形复杂度动态调整<sup>[3]</sup>。飞行高度的设定需平衡分辨率与覆盖范围,低空飞行可获取更高分辨率数据,但会缩短续航时间,需结合无人机续航能力与测绘面积综合确定。拍摄角度的选择需避免建筑物或地形遮挡,倾斜摄影可通过多角度拍摄弥补垂直影像的盲区,提升三维建模的完整性。飞行参数优化是提升数据质量的关键。曝光延迟需根据飞行速度与传感器响应时间调整,避免因延迟导致影像错位,尤其在高速飞行或复杂地形中需将延迟间隔缩短至10毫秒以内。转弯缓冲参数的设置需考虑无人机机动性能,过急的转弯可能导致姿态不稳定,影响影像清晰度,需通过

模拟飞行测试确定50米以上的最优缓冲距离。风速与风向对飞行轨迹的影响不可忽视,需在任务规划中预留修正空间,确保航线偏离度控制在允许范围内。

### 3.2 数据采集与质量控制

传感器校准是保障数据准确性的首要步骤。相机畸变校正需通过标定板获取畸变系数,消除镜头光学缺陷对影像几何精度的影响。激光雷达点云配准需解决多视角扫描时的坐标统一问题,需通过迭代最近点算法实现点云的高精度对齐。校准过程需在温度波动不超过5℃的稳定环境下进行,避免温度变化或机械振动引入误差。影像质量检查需覆盖清晰度、重叠度及航线弯曲度三个维度。清晰度检查需排除因对焦不准或运动模糊导致的影像退化,可通过频域分析或边缘检测算法实现自动化筛选。重叠度检查需确保相邻影像间有足够重叠区域,避免因重叠不足导致空三加密失败。航线弯曲度检查需评估实际飞行轨迹与规划航线的偏离程度,确保偏离值不超过10米,偏离过大可能因风场干扰或飞控误差导致,需重新规划任务或调整飞行参数。

### 3.3 数据处理与分析方法

影像预处理是提升数据可用性的核心环节。去噪处理需针对不同噪声类型选择滤波算法,高斯噪声可通过均值滤波抑制,椒盐噪声则需中值滤波处理。影像增强需平衡对比度与细节保留,直方图均衡化可提升整体对比度,而局部自适应增强能更好保留纹理信息。几何校正需消除地形起伏或相机姿态变化导致的影像变形,需结合地面控制点或DEM数据实现高精度校正。三维建模算法需根据数据类型选择适配方案。多视影像匹配通过提取同名点实现影像间的几何关联,需优化特征提取算法以提升匹配效率与鲁棒性。点云滤波需区分地面点与非地面点,渐进三角网加密算法可有效分离地形与地物,处理后的数据误差可控制在3厘米以内,基于高程突

变检测的滤波方法适用于复杂地形。点云分类需结合几何特征与辐射特征,通过机器学习算法实现建筑物、植被等类别的自动划分。

### 3.4 多技术协同与系统集成

无人机与地面测量设备的联合标定是实现多源数据融合的基础。全站仪与RTK提供的高精度地面控制点可用于无人机影像的几何校正,需通过坐标转换模型实现不同坐标系的统一。标定过程需进行不少于15次观测消除偶然误差,提升联合解算的精度。云端数据处理平台与边缘计算设备的协同工作可显著提升数据处理效率<sup>[4]</sup>。云端平台提供大规模存储与计算资源,适合处理海量点云或影像数据,而边缘计算设备可实现数据预处理与初步分析,减少数据传输延迟。协同工作需设计高效的任务分配机制,确保实时性要求高的任务优先在30分钟内完成处理,同时优化数据传输协议以降低带宽占用。

### 结束语

无人机遥感技术在测绘工程测量中展现出显著优势,广泛应用于多个场景,有效提升了测绘工作的精度、效率与全面性。通过优化飞行任务规划、加强数据采集与处理、促进多技术协同等策略,可进一步发挥其技术效能。随着技术不断发展,无人机遥感技术将在测绘工程领域持续发挥重要作用,为行业发展提供有力支撑。

### 参考文献

- [1] 苏国俏. 测绘工程测量中无人机遥感技术运用分析[J]. 城镇建设, 2022(12): 342-344.
- [2] 陈帆. 无人机遥感技术在矿山测绘工程测量中运用分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2024(9): 181-183.
- [3] 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.
- [4] 江子凯. 测绘工程测量中无人机遥感技术运用研究[J]. 低碳世界, 2023, 13(1): 60-62.