

# 测绘工程测量中无人机遥感技术运用分析

罗 芳

昆明麦普空间科技有限公司临沧分公司 云南 临沧 677000

**摘要：**随着信息技术与航空航天技术的飞速发展，无人机遥感技术作为一种新兴的对地观测手段，正以前所未有的速度和深度融入传统测绘工程领域。本文旨在系统性地分析无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用现状、核心优势、关键技术流程、面临的挑战及未来发展趋势。文章首先阐述了无人机遥感技术的基本原理与系统构成，继而深入探讨其在地形图测绘、工程勘察、变形监测、应急测绘等典型场景中的具体应用模式与实践价值。通过对比传统测绘方法，凸显了无人机遥感在效率、成本、安全性及数据维度等方面的显著优势。同时，本文也客观指出了当前该技术在法律法规、数据处理、精度控制及续航能力等方面存在的瓶颈，并对未来智能化、多源融合、实时化的发展方向进行了展望。研究表明，无人机遥感技术已成为推动测绘工程向高效率、高精度、高维度转型升级的核心驱动力，其规范化、标准化应用将为国家基础地理信息建设与重大工程建设提供强有力的支撑。

**关键词：**无人机；遥感技术；测绘工程；摄影测量；三维建模；倾斜摄影

## 引言

测绘工程是国民经济与社会发展的基础性、先行性工作，核心在于精准获取、处理、管理和应用地球空间信息。传统测绘依赖全站仪、水准仪、GNSS接收机等地面设备，以及载人航空摄影测量和卫星遥感，虽成熟可靠，但在大范围、复杂地形、危险区域或需快速响应的任务中，存在作业周期长、人力成本高、安全风险大、数据维度单一等局限。21世纪，高新技术发展催生了小型化、智能化、低成本的无人机平台。无人机遥感技术应运而生，它利用无人机搭载高分辨率数码相机、多光谱/高光谱相机等多种遥感载荷，进行非接触式信息采集，填补了卫星遥感与地面测量间的空白，形成“空地”一体化新型测绘模式。近年来，国家重视地理信息产业，相关技术标准不断完善，无人机遥感技术在测绘领域的应用已从探索试验迈向规模化、业务化。从城市三维建模到矿山储量计算，从地质灾害应急响应到大型基础设施健康监测，其应用广泛。因此，梳理分析无人机遥感技术在测绘工程中的运用逻辑、技术路径与综合效益，对理论研究和指导工程实践、优化作业流程、提升服务质量意义深远。

## 1 无人机遥感技术概述

### 1.1 技术原理与系统构成

无人机遥感系统是一个集成了飞行平台、任务载荷、地面控制站和数据处理软件于一体的综合性技术体系。（1）飞行平台：根据动力和结构可分为固定翼、多旋翼和复合翼三大类。固定翼无人机续航时间长、飞行速度快、覆盖面积广，适用于大范围、长距离的测绘

任务；多旋翼无人机起降灵活、可悬停、操控简便，特别适合小范围、精细化的作业，如建筑物立面测绘、电力巡检等；复合翼无人机则结合了二者的优势，兼具垂直起降能力和较长的航程。（2）任务载荷：是无人机感知世界的眼睛。在测绘工程中最核心的载荷是高分辨率RGB相机，用于获取可见光影像，进行摄影测量。此外，倾斜摄影相机（通常由一个下视镜头和四个倾斜镜头组成）能够一次性获取地物顶部和多个侧面的纹理信息，是构建真实感三维模型的关键<sup>[1]</sup>。对于植被茂密或需要穿透能力的场景，轻型机载LiDAR系统可以主动发射激光脉冲，直接获取高精度的三维点云数据，不受光照条件影响。多光谱/高光谱相机则用于资源调查、环境监测等专业领域。（3）地面控制站（GCS）：包括遥控器和任务规划软件。操作员通过GCS设定飞行航线、高度、速度、重叠度等参数，并实时监控无人机状态和飞行轨迹，确保作业安全高效。（4）数据处理软件：航拍获取的原始影像数据需经过专业的摄影测量软件（如Pix4Dmapper, Agisoft Metashape, ContextCapture等）进行处理。核心流程包括影像预处理、空中三角测量（Aerotriangulation, AT）、密集匹配生成点云、数字表面模型（DSM）/数字高程模型（DEM）/数字正射影像图（DOM）制作、三维实景模型构建等。

### 1.2 核心技术流程

无人机遥感测绘的标准作业流程（SOP）通常包含以下几个关键环节：（1）项目规划与设计：明确测绘任务目标、范围、所需成果类型（如1:500地形图、三维模型等）及精度要求。基于此，选择合适的无人机平台和传感

器,并利用专业软件进行精细化的航线规划,确保航向重叠度(通常70%-80%)和旁向重叠度(通常60%-70%)满足后续空三解算的要求。(2)外业数据采集:在现场进行像控点(Ground Control Points, GCPs)布设与测量。像控点是连接影像坐标系与大地坐标系的桥梁,对最终成果的绝对精度至关重要。随后,执行预设的飞行任务,无人机自动完成影像采集。对于高精度要求的项目,还需布设检查点用于精度验证。(3)内业数据处理:将采集的影像、POS(Position and Orientation System,即机载GNSS/IMU组合导航系统)数据和像控点坐标导入处理软件。软件首先通过特征点匹配和光束法平差进行空中三角测量,解算出每张影像的精确外方位元素。在此基础上,通过密集匹配算法生成海量的三维点云,进而衍生出DSM、DEM、DOM和三维实景模型(Mesh Model)。(4)成果输出与应用:根据项目需求,对处理后的数据进行编辑、修饰和格式转换,最终输出符合规范的测绘产品,并应用于具体的工程场景中。

## 2 无人机遥感技术在测绘工程中的具体应用

### 2.1 大比例尺地形图测绘

这是无人机遥感最经典的应用之一。传统的大比例尺(如1:500, 1:1000)测图依赖大量外业人员进行碎部点采集,劳动强度大、周期长。无人机通过一次飞行即可获取测区全覆盖的高分辨率影像,经处理后生成的DOM和DSM/DEM,配合少量像控点,可以快速绘制出要素齐全、现势性强的数字线划图(DLG)。尤其在城市更新、新农村建设、土地确权等项目中,其效率优势极为突出,作业效率可提升数倍乃至数十倍。

### 2.2 工程勘察与规划设计

在交通、水利、能源等大型工程项目的前期勘察阶段,无人机可快速获取沿线或场址的三维地形地貌信息。工程师可以在真实的三维场景中进行线路比选、土方量计算、淹没分析、通视分析等,极大地提升了规划设计的科学性和直观性<sup>[2]</sup>。例如,在公路选线中,可以基于无人机生成的DEM进行纵断面和横断面设计;在风电场选址中,可以分析地形起伏对风能的影响。

### 2.3 土方量与体积计算

在矿山开采、水利工程、建筑工地等领域,定期进行土方量或矿石储量的精确计算是管理的关键。传统方法采用断面法或方格网法,不仅费时费力,且难以反映复杂的地表形态。无人机通过定期航拍,生成不同时期的DSM,通过两期DSM做差值运算,即可快速、精准地计算出挖方量、填方量或堆体体积,结果直观、准确,为工程计量和资源管理提供了可靠依据。

### 2.4 变形监测与灾害评估

对于滑坡、崩塌、地面沉降等地质灾害隐患点,以及大坝、桥梁、高层建筑等重要基础设施,持续的形变监测至关重要。通过在不同时间点对同一区域进行重复航测,可以获取高精度的三维变化信息。利用点云比对或影像相关技术,能够定量分析毫米至厘米级的位移变形,及时发现安全隐患。在灾害发生后(如地震、洪水),无人机可以快速抵达灾区,获取灾情影像,为应急指挥、损失评估和救援决策提供第一手资料,其“快速响应、灵活机动”的特点在应急测绘中无可替代。

### 2.5 城市三维实景建模

倾斜摄影测量技术是构建城市级实景三维模型的核心。无人机搭载五镜头倾斜相机,从一个垂直、四个倾斜的角度同步采集影像。经专业软件处理后,可自动生成具有真实纹理、可量测、可分析的“一张图”式城市三维模型。这种模型不仅用于城市规划、智慧城市、数字孪生等宏观管理,也为公安、消防、文旅等行业提供了沉浸式的可视化平台,实现了从“二维平面”到“三维立体”的跨越。

## 3 无人机遥感技术的优势与挑战分析

### 3.1 相较于传统测绘方法的显著优势

一是高效率与低成本:自动化飞行和数据处理大幅减少了外业人力投入和作业时间,尤其对于大范围、复杂区域,成本效益比极高。二是高灵活性与安全性:无人机可轻松进入人员难以到达或存在危险的区域(如陡峭边坡、灾区、高压线走廊),保障了作业人员的安全。三是高分辨率与高现势性:能够获取厘米级甚至更高分辨率的影像,且可根据需求随时安排飞行,保证了数据的时效性<sup>[3]</sup>。四是多维信息获取:一次飞行可同步获取DOM、DSM、DEM、三维点云、实景模型等多种数据产品,信息维度丰富,满足多元化应用需求。五是非接触式测量:对被测物体无任何物理干扰,适用于对敏感或脆弱目标的测量。

### 3.2 当前面临的主要挑战与瓶颈

(1)法律法规与空域限制:无人机的飞行受到严格的空域管制,申请飞行许可的流程有时较为繁琐,尤其是在城市或敏感区域,这在一定程度上制约了其应用的便捷性。(2)数据处理的复杂性与时效性矛盾:虽然自动化程度高,但海量影像数据的处理仍需较强的计算资源和一定的时间。对于需要“即时”成果的应急场景,如何实现“边飞边处理”或近实时处理仍是技术难点。(3)精度控制的稳定性:最终成果的精度受多种因素影响,包括像控点的布设方案与测量精度、POS数据的质量

量、影像质量、天气条件、数据处理算法等。在无像控或弱像控条件下，如何保证高绝对精度仍需深入研究。

(4) 续航能力与有效载荷的限制：目前主流的电动多旋翼无人机续航时间普遍在30-60分钟之间，限制了单次作业的覆盖面积。同时，轻量化要求也限制了可搭载的高性能传感器（如大型LiDAR）的能力。(5) 专业人才缺口：无人机测绘不仅是“会飞”，更要求操作者具备扎实的测绘专业知识、摄影测量原理理解以及数据处理和分析能力。复合型人才的培养尚需时日。

#### 4 未来发展趋势展望

尽管面临挑战，无人机遥感技术在测绘工程中的发展前景依然广阔，其未来演进将呈现以下趋势：(1) 智能化与自主化：结合人工智能（AI）和边缘计算技术，未来的无人机将具备更强的自主决策能力，如智能避障、自主航线优化、异常目标自动识别等。数据处理也将更加智能化，实现从“数据”到“信息”甚至“知识”的自动提取<sup>[4]</sup>。(2) 多平台、多传感器深度融合：无人机将不再是孤立的作业单元，而是与地面移动测量系统（MMS）、静态监测站点、卫星遥感等构成“空-天-地”一体化的协同观测网络。同时，RGB、LiDAR、多光谱、热红外等多种传感器的集成与数据融合，将提供更全面、更深层次的地物信息。(3) 实时化与云处理：5G/6G通信技术的发展将支持无人机数据的高速回传，结合云计算平台，有望实现数据处理的“云端化”和成果的“近实时”交付，极大提升应急响应和动态监测能力。(4) 标准化与规范化：随着应用的普及，国家和行业层面将出台更多关于无人机测绘的技术规程、精

度评定标准和数据格式规范，推动整个行业的健康、有序发展。

#### 5 结语

无人机遥感技术以其独特的优势，已经深刻地改变了测绘工程测量的传统范式，成为现代测绘不可或缺的核心工具。它不仅极大地提升了测绘工作的效率、精度和安全性，还拓展了测绘服务的内涵与外延，催生了实景三维中国、智慧城市建设等一系列新业态。尽管在法规、技术、人才等方面仍存在亟待解决的问题，但其强大的生命力和广阔的应用前景毋庸置疑。未来，随着相关技术的持续迭代与融合创新，无人机遥感将在测绘工程中扮演更加关键的角色。测绘工作者应当积极拥抱这一变革，深入理解其技术原理，熟练掌握其作业流程，并不断探索其在新场景下的应用潜力。唯有如此，才能充分发挥无人机遥感技术的价值，为国家经济社会高质量发展和自然资源精细化管理贡献坚实的测绘力量。

#### 参考文献

- [1]任彭睿智.无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用分析[J].建材发展导向,2025,23(10):1-3.
- [2]李因国.无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用[J].信息记录材料,2025,26(06):198-200.
- [3]周方平.无人机遥感技术在工程测量中的应用分析[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会.人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集(二).中铁水利水电规划设计集团有限公司,2025:1347-1349.
- [4]钟芳阳,胡增明,陈乔.基于测绘工程测量中无人机遥感技术应用研究[J].石材,2025,(11):69-70+112.