

工程测绘中无人机遥感测绘技术的应用

刘雪峰

内蒙古自治区测绘地理信息中心 内蒙古 呼和浩特 010000

摘要：无人机遥感测绘技术凭借高效、灵活、低成本等优势，在工程测绘领域实现突破性应用。该技术融合遥感传感器、导航定位、飞行控制等关键技术，通过无人机平台完成高分辨率数据采集与实时处理，可广泛应用于建筑、矿山、交通、水利及灾害应急等工程场景。本文从技术概述出发，剖析其核心技术体系，阐述在不同工程领域的应用价值，并展望智能化、集成化、高精度与绿色环保的未来发展趋势，为工程测绘技术革新提供理论与实践参考。

关键词：工程测绘；无人机；遥感测绘技术；应用

引言：工程测绘作为工程建设的基础环节，其精度与效率直接影响项目规划、施工与管理。传统测绘技术受地形、气候及作业成本限制，在复杂环境下常面临数据采集效率低、覆盖范围有限等挑战。随着遥感技术与无人机平台的深度融合，无人机遥感测绘技术以机动灵活、高分辨率成像、实时数据传输等特点，成为破解传统测绘瓶颈的重要手段。该技术通过搭载多类型传感器，实现大范围、动态化的空间信息获取，为工程建设各环节提供精准数据支撑，推动工程测绘向智能化、数字化方向转型。

1 无人机遥感测绘技术概述

无人机遥感测绘技术是融合无人机技术与遥感测绘技术的新型测量手段，依托无人机灵活机动的飞行特性，搭载各类遥感传感器，实现地理空间信息的快速、高效采集与处理。无人机作为载体，具备起降灵活、操作便捷、受地形限制小等优势，可在复杂地形、恶劣环境甚至人类难以抵达的区域开展测绘工作。遥感测绘技术则通过传感器收集地物反射或发射的电磁波信息，将其转化为图像或数据，以获取目标区域的地形地貌、地物特征等空间信息。无人机与遥感技术结合后，能够在低空环境下获取高分辨率影像数据，相较于卫星遥感，其空间分辨率更高、数据更新周期更短；与传统人工测绘相比，大幅提升了数据采集效率与覆盖范围，降低了人力成本与作业风险。该技术在工程测绘领域的应用，通过数据采集、传输、处理与分析全流程，可生成数字高程模型（DEM）、正射影像图（DOM）、三维模型等成果，为工程规划、设计、施工和运维提供精准的地理空间信息，是现代工程测绘从传统模式向智能化、数字化转型的重要技术支撑，在多领域展现出广阔的应用前景^[1]。

2 无人机遥感测绘的关键技术

2.1 遥感传感器技术

遥感传感器是无人机获取地理空间信息的“眼睛”。无人机常搭载光学相机、激光雷达（LiDAR）、多光谱及高光谱传感器。光学相机凭借高分辨率成像能力，可清晰捕捉建筑物轮廓、道路纹理等细节，常用于地形测绘与工程建设监测；激光雷达利用激光脉冲测距，能穿透植被覆盖，精准获取地形地貌三维数据，在森林地区测绘与电力巡线中表现出色；多光谱和高光谱传感器则专注于特定波段电磁波信息采集，可识别不同地物类型，监测植被健康状况或水体污染情况。

2.2 导航与定位技术

导航与定位技术为无人机测绘提供精准的坐标指引与飞行保障。全球卫星导航系统（GNSS），如我国北斗、美国GPS，为无人机提供厘米级定位服务，确定其空间位置；惯性导航系统（INS）通过陀螺仪和加速度计感知无人机姿态变化，实时修正飞行轨迹；视觉导航技术则借助摄像头采集图像，辅助无人机在复杂环境中实现自主避障。差分GNSS（DGNSS）与实时动态定位（RTK）技术的应用，进一步消除信号误差，将定位精度提升至亚米级甚至厘米级。

2.3 飞行控制技术

飞行控制技术是保障无人机测绘作业稳定、高效的核心。该技术由硬件设备与软件算法组成，通过接收导航定位信息及传感器数据，实时调整无人机姿态与飞行参数。姿态控制算法可精准调节无人机俯仰、横滚、偏航角度，使其在大风、降雨等恶劣气象条件下保持平稳；路径规划算法依据任务需求与环境数据，生成最优飞行航线，实现自动化作业；自主避障功能结合激光雷达、视觉传感器，实时感知障碍物并自动规划绕行路径。

2.4 数据采集与处理技术

数据采集与处理技术是将原始遥感数据转化为可用测绘成果的关键环节。采集阶段，无人机按规划航线获

取影像、点云、光谱等多源数据，确保数据完整性。处理过程中，先利用影像匹配、点云配准技术对数据进行拼接融合，构建目标区域三维点云模型；再通过数字图像处理算法，提取地物特征，生成数字高程模型（DEM）、正射影像图（DOM）等基础测绘成果。针对激光雷达点云数据，需经滤波、分类处理，分离地面点与非地面点，进而生成高精度地形模型。

2.5 通信与数据传输技术

通信与数据传输技术搭建起无人机与地面控制端的信息桥梁。常用通信方式包括无线电通信与卫星通信，前者适用于中短距离作业，具备传输速率高、延迟低的特点，可实时回传飞行状态与低分辨率影像；后者则突破距离限制，支持超视距远程作业，适用于偏远地区任务，但存在传输延迟与成本较高问题。为提升传输效率，压缩编码技术被广泛应用，在保证数据质量的前提下减少传输数据量；加密技术则确保数据传输安全，防止信息泄露^[2]。

3 无人机遥感测绘技术在工程测绘中的应用领域

3.1 建筑工程测绘

在建筑工程领域，无人机遥感测绘技术贯穿项目全生命周期。项目前期，通过搭载高分辨率光学相机的无人机，可快速获取大范围地形地貌数据，生成高精度数字高程模型（DEM）与正射影像图（DOM），辅助完成场地选址、规划设计与可行性分析。施工阶段，无人机能够定期采集施工现场影像，利用三维建模技术对比设计模型与实际施工成果，实时监测工程进度、发现施工偏差，为施工管理提供数据支撑。此外，无人机还可用于土方量计算，通过对施工前后地形数据的对比分析，精准测算土石方开挖与回填量，提高工程量核算的效率与准确性。在建筑运维阶段，无人机搭载热红外、激光雷达等传感器，可对建筑物外立面、屋顶、管线等进行检测，及时发现裂缝、渗漏、沉降等隐患，实现建筑设施的智能化运维管理，降低人工巡检成本与安全风险。

3.2 矿山工程测绘

矿山工程测绘中，无人机遥感测绘技术有效解决了传统测绘在复杂地形与高危环境下的难题。在矿山资源勘探阶段，多光谱与高光谱传感器可识别地表矿物特征，辅助圈定矿化异常区域，为找矿提供数据依据。开采过程中，无人机定期对矿区地形进行三维建模，实时监测开采进度与边坡稳定性，通过分析点云数据及时发现边坡位移、塌陷等隐患，预防地质灾害发生。同时，利用无人机测绘获取的地形数据，可精确计算矿坑体积、储量变化，为矿山开采计划制定提供可靠数据。在

矿山生态修复阶段，无人机能够快速获取矿区植被覆盖、土壤侵蚀等信息，辅助制定生态修复方案，并对修复效果进行动态监测，助力矿山生态环境恢复，实现资源开发与环境保护的协调发展。

3.3 交通工程测绘

交通工程建设与运维对测绘精度和效率要求极高，无人机遥感测绘技术成为重要助力。在公路、铁路选线规划阶段，无人机可快速获取沿线地形地貌、地质条件等信息，生成三维地形模型，帮助设计人员优化线路方案，降低工程成本与施工风险。施工过程中，无人机通过定期采集影像数据，对路基填筑、桥梁施工等关键环节进行进度监控与质量检测，利用对比分析及时发现施工偏差并进行整改。在交通设施运维阶段，无人机搭载激光雷达与高清摄像头，可对道路路面病害、桥梁结构损伤、隧道衬砌缺陷等进行检测，还能对交通流量、路况信息进行实时监测，为交通管理与养护决策提供数据支持，提升交通工程的智能化管理水平。

3.4 水利工程测绘

水利工程涉及流域广、地形复杂，无人机遥感测绘技术为其提供了高效精准的测绘手段。在水利工程规划设计阶段，无人机可快速获取流域地形、水系分布、植被覆盖等信息，生成高精度三维模型，辅助进行水库坝址选择、渠道线路规划与防洪排涝方案设计。施工过程中，无人机对大坝、渠道等工程建设进行实时监测，通过对比设计模型与实际施工成果，保障工程按设计要求推进。在水利工程运行管理阶段，无人机可对水库水位、水体面积、水质状况进行动态监测，及时发现水体污染、水生态破坏等问题；同时，利用激光雷达对河道地形进行测绘，分析河道演变趋势，为河道清淤、防洪调度等提供数据支撑，提升水利工程的科学化管理与安全运行能力。

3.5 灾害应急测绘

面对地震、洪水、山体滑坡等自然灾害，无人机遥感测绘技术凭借快速响应与灵活作业的特点，成为应急救援的关键技术。灾害发生后，无人机可迅速抵达灾区，搭载高分辨率光学相机与热红外传感器，快速获取受灾区域的影像与热红外数据，清晰呈现灾害范围、人员被困位置、基础设施损毁情况等信息，为应急指挥部门制定救援方案提供第一手资料。通过对灾害区域进行三维建模，分析地形变化与地质结构，评估次生灾害风险，指导救援队伍科学施救。在灾后重建阶段，无人机持续对重建区域进行测绘监测，为基础设施修复、居民安置选址等提供准确的地理空间数据，助力灾后恢复与

重建工作高效开展,最大限度减少灾害损失^[3]。

4 无人机遥感测绘技术在工程测绘领域的未来发展趋势

4.1 智能化发展

人工智能与机器学习技术将深度融入无人机遥感测绘,推动其向自主化、智能化方向迈进。一方面,无人机可利用深度学习算法,实现地物自动识别与信息提取,如自动区分建筑物、道路、植被等目标,大幅提升数据处理效率;另一方面,结合强化学习技术,无人机能够根据环境变化自主规划最优航线、动态调整飞行参数,甚至在复杂气象条件下独立完成测绘任务。此外,智能决策系统可实时分析采集数据,快速生成测绘成果并提供决策建议,使无人机遥感测绘从单纯的数据采集工具转变为具备分析与决策能力的智能系统,为工程测绘提供更高效、精准的服务。

4.2 集成化发展

无人机遥感测绘将呈现多技术融合的集成化趋势。硬件层面,无人机平台将集成光学、激光雷达、多光谱等多种传感器,实现多源数据同步采集,提升数据的丰富性与互补性;软件层面,数据处理系统将整合摄影测量、地理信息系统(GIS)、三维建模等技术,形成一体化数据处理流程,提高数据处理效率与成果质量。此外,无人机与卫星遥感、地面监测设备的协同作业将成为常态,构建“空天地”一体化测绘网络,实现大范围、多层次的地理空间信息获取与共享,为工程测绘提供更全面、准确的数据支撑。

4.3 高精度与实时化发展

随着传感器技术与定位导航技术的突破,无人机遥感测绘将实现更高精度与实时性。传感器分辨率将持续提升,激光雷达点云密度、光学影像清晰度将进一步增强,满足工程测绘对细节信息的需求;同时,高精度定位技术如实时动态差分(RTK)、惯性导航与视觉定位

融合等,将使无人机定位精度达到厘米级甚至毫米级。在数据传输方面,5G、卫星通信等技术的应用,将实现数据的高速、稳定传输,结合边缘计算技术,可在无人机端完成部分数据处理,实现测绘成果的实时生成与共享,满足工程建设对测绘数据时效性的要求。

4.4 绿色环保发展

绿色环保将成为无人机遥感测绘技术发展的重要方向。一方面,无人机动力系统将向电动化、氢能化转型,减少燃油消耗与废气排放,降低对环境的影响;另一方面,优化无人机设计与飞行路径规划,通过轻量化材料应用、高效气动布局设计,降低能源消耗,提高续航能力。此外,数据采集与处理环节将更加注重资源节约,采用高效的数据压缩算法减少存储与传输需求,降低硬件设备能耗,推动无人机遥感测绘技术在工程领域的可持续发展,实现经济效益与生态效益的双赢^[4]。

结束语

无人机遥感测绘技术以其高效、精准、灵活的特性,已成为工程测绘领域不可或缺的力量。从建筑施工到矿山开采,从交通规划到灾害救援,该技术通过关键技术的协同创新,有效提升了测绘效率与成果质量。随着智能化、集成化、高精度与绿色环保等趋势的深入发展,其应用场景将不断拓展。

参考文献

- [1] 张晓,王韵程.工程测绘中无人机遥感测绘技术的应用[J].中国设备工程,2023,(04):217-219.
- [2] 韩丹.工程测量中无人机测绘技术的应用探讨[J].石河子科技,2023,(01):173-174.
- [3] 冯骥.工程测绘中无人机遥感测绘技术应用分析[J].科技创新与应用,2022,12(32):166-169.
- [4] 梁旭.无人机遥感测绘技术在工程测绘中的应用研究[J].工程技术研究,2022,7(20):214-216.