

# 论无人机遥感测绘技术在工程测绘中的应用

晶晶

科尔沁左翼后旗自然资源局 内蒙古 通辽 028100

**摘要：**工程测绘是工程建设全流程的关键基础，直接影响项目设计、施工与安全运营。本文围绕无人机遥感测绘技术在工程测绘中的应用展开研究。剖析了该技术的原理及系统组成；阐述了其高机动性、高效数据获取、高精度与高性价比四大优势；最后结合实际，从地形测绘制图、工程监测与变形分析、灾害评估与应急响应、城市规划与土地利用四大领域，详细分析技术应用流程与价值。研究表明，无人机遥感测绘技术能突破传统测绘局限，为工程测绘提供精准、高效的数据支撑，在工程领域具有重要应用与推广价值。

**关键词：**无人机遥感测绘技术；工程测绘；具体应用

引言：传统测绘受地形、效率、精度等因素制约，难以满足现代工程对数据的高要求。随着无人机技术与遥感技术的融合发展，无人机遥感测绘技术应运而生。该技术凭借独特优势，逐渐成为工程测绘的重要手段。本文旨在系统研究无人机遥感测绘技术，先阐述其原理与系统组成，再分析技术优势，最后深入探讨在四大工程测绘领域的具体应用，为工程测绘行业应用该技术提供理论与实践参考。

## 1 无人机遥感测绘技术的原理与系统组成

### 1.1 无人机遥感测绘技术原理

无人机遥感测绘技术以“空中数据采集-实时传输-地面处理分析”为核心逻辑，依托多学科技术协同实现精准测绘。首先，通过搭载的定位系统（如GNSS）与惯性测量单元（IMU），无人机可实时获取自身空间坐标与姿态参数，确保飞行轨迹稳定且符合测绘航线规划。其次，遥感传感器（如光学相机、多光谱相机、激光雷达等）按照预设参数采集地表信息，将地物反射或发射的电磁波信号转化为数字图像或点云数据。数据采集过程中，系统通过时间同步技术，将传感器数据与无人机位置、姿态数据绑定，形成带时空标记的原始测绘数据。最后，地面数据处理系统采用专业软件（如摄影测量软件、点云处理软件），对原始数据进行预处理（去噪、校正）、空三加密、图像拼接或点云建模，最终生成DSM（数字表面模型）、DOM（数字正射影像图）、DLG（数字线划图）等标准化测绘成果，为工程应用提供数据支撑。

### 1.2 无人机遥感测绘系统组成

无人机遥感测绘系统由以下四大核心模块构成，各模块功能互补，共同保障测绘作业高效开展。（1）飞行平台。作为载体其设计要兼顾稳定性与载荷能力，常见

类型包括多旋翼、固定翼、垂直起降固定翼等，平台需具备自主飞行、航线规划、应急返航等功能，确保在复杂环境下完成飞行任务。（2）遥感传感器模块。根据测绘需求配置不同类型传感器，光学传感器适用于高分辨率影像获取，多光谱传感器可捕捉地物光谱信息，激光雷达传感器则能快速获取三维点云数据，传感器的分辨率、视场角、数据采集速率直接影响测绘精度与效率。

（3）数据传输系统。分为实时传输与事后传输两种模式，实时传输通过无线电或卫星链路将关键数据回传至地面，便于作业人员实时监控；事后传输则在飞行结束后，通过存储设备导出完整原始数据，传输系统需保障数据传输的稳定性与完整性。（4）地面控制系统。由硬件（如操控终端、数据处理服务器）与软件组成，软件具备航线规划、飞行状态监控、数据预处理等功能，操作人员通过地面控制系统下达指令，实现对无人机飞行与数据采集过程的全程管控<sup>[1]</sup>。

## 2 无人机遥感测绘技术的优势

无人机遥感测绘技术的优势主要体现在以下方面：

（1）高机动性与环境适应性强。无人机突破传统测绘的环境限制，部署灵活。相较于固定设备或人工徒步测绘，可快速响应需求，在山地、河谷、建筑群等复杂地形中自主规划低空航线，避障并精准覆盖测区，无需大规模搭建地面平台，大幅降低环境干扰，尤其适用于传统测绘难触及的偏远或危险区域，提升复杂场景作业可行性。（2）数据获取效率与覆盖能力突出。无人机搭载高分辨率传感器，飞行速度快，单日作业范围达数十至数百平方公里，远超人工效率；通过多架次协同或长续航机型，可连续采集数据，减少天气、时间导致的作业中断，缩短项目周期。且数据采集无需中断地面正常活动，避免对交通、生产的干扰，兼顾效率与实用性。

(3) 测绘精度与数据可靠性高。依托先进配置,无人机的GNSS定位系统与IMU惯性测量单元协同,实时校正飞行姿态与位置,确保传感器数据附带精准时空坐标;配合专业软件的空三加密、误差校正算法,测绘成果(如数字正射影像、三维模型)平面精度达厘米级,满足工程严苛要求。数据采集自动化程度高,减少人工操作误差,进一步提升可靠性。(4) 成本控制与性价比优势明显。相较于传统测绘需大量人力、大型设备(如测绘飞机、全站仪),无人机硬件采购与维护成本更低,单架仅需1-2人操作,大幅降低人力成本;作业周期短、数据处理自动化高,减少时间成本与后期修正成本。对于中小型工程或分散性任务,无需承担传统测绘的高额设备租赁与人员调配费用,以更低成本实现高质量测绘,性价比显著<sup>[2]</sup>。

### 3 无人机遥感测绘技术在工程测绘中的具体应用

#### 3.1 在地形测绘制图领域的应用

在地形测绘制图中,无人机遥感测绘技术构建从数据采集到成果输出的闭环体系,具体如下:(1) 作业筹备阶段,技术人员需完成三项核心工作:一是基于工程测绘的精度指标(如1:500、1:1000比例尺),确定无人机机型与传感器选型——大区域测绘优先用固定翼无人机搭配高分辨率光学相机,兼顾续航与分辨率;复杂地形测绘用多旋翼无人机搭载激光雷达,穿透植被获取地表真实高程。二是通过GIS系统导入测区边界矢量数据,结合地形坡度、高差规划“之”字形或网格状航线,设定飞行高度、重叠度及快门间隔,避免数据缺失。三是均匀布设地面控制点(GCP),在测区周边及地形转折点设置,用GNSS静态测量获取精确WGS84与地方坐标系坐标,为数据校正提供基准。(2) 飞行作业阶段,无人机通过地面控制系统自主起降与航线飞行,实时监测电池电量、飞行姿态、传感器状态,数传链路回传实时影像,技术人员及时调整云影遮挡、影像模糊等问题的飞行计划。数据采集完成后进入专业处理流程:首先预处理原始影像,通过软件进行辐射校正(消光照、大气散射影响)、几何校正(结合GCP修正镜头畸变与飞行误差)、噪声去除(滤传感器电子噪声与振动干扰);随后开展空三加密运算,用特征点提取与同名点匹配构建三维点云模型,计算影像外方位元素,引入IMU数据优化解算精度;最后基于点云模型,用不规则三角网(TIN)算法生成数字高程模型(DEM),正射纠正生成数字正射影像图(DOM),矢量提取地物轮廓生成等高线、道路、水系的数字线划图(DLG),成果可导出CAD/GIS格式对接工程设计软件。

#### 3.2 在工程监测与变形分析领域的应用

在工程监测与变形分析中,无人机遥感测绘技术构建针对不同工程结构的监测体系具体如下:(1) 监测体系搭建初期,依工程对象结构特性与变形风险制定专项方案:桥梁、大坝等线性/大体积结构,先建监测基准网,用二等水准或GNSS大地测量在周边稳定区布设3-5个基准点,再划分监测单元,单元内均匀设监测点,首次高精度测绘获取初始坐标作为基准;高层建筑、边坡等竖向/斜面结构,调整无人机飞行角度,用倾斜摄影或垂直起降模式,确保传感器垂直/大角度拍摄监测面,获取完整立面影像,避免监测点漏测或精度不足。(2) 监测实施阶段,严格控制条件一致性:每次监测用相同机型、传感器参数与航线,选光照稳定、风力<3级时段飞行;监测频率依工程阶段调整——施工期1-3天/次,运营期1-2周/次,极端天气或结构异常时临时加密。(3) 数据处理环节,用专业变形分析软件开展多期对比:影像数据通过配准叠加,用特征匹配算法识别监测点位置变化,计算水平位移量;激光雷达点云数据通过ICP算法配准对齐,提取监测点三维坐标变化,计算垂直位移与三维矢量。(4) 引入时间序列分析,对监测数据趋势拟合,判断变形稳定或加速状态;通过方差分析、均方根误差计算评估数据可靠性,剔除异常值;生成变形云图、位移时序曲线、变形速率图,成果用于工程安全评估——变形超预警阈值时触发预警,为维护部门制定加固方案提供精准变形位置与量级数据<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 在灾害评估与应急响应领域的应用

在灾害评估与应急响应中,无人机遥感测绘技术构建“数据获取-分析-决策支持”快速通道,具体如下:(1) 灾害发生1小时内完成应急部署:依灾害类型(地震、洪水、滑坡)与灾区范围定无人机方案——地震灾区用多旋翼无人机;洪水灾区用长续航固定翼无人机;简化飞行审批,启用应急报备通道,保障快速升空。航线规划按“重点优先”原则,覆盖灾害核心区、救援通道及临时安置点周边,飞行高度50-150米。(2) 数据采集采用“实时传输+本地存储”双模式:通过4G/5G或卫星数传链路,将救援通道阻断、被困人员分布等关键影像回传指挥中心,供实时掌握动态;本地存储完整原始数据,为后续详评备用。(3) 数据处理采用应急快速流程:原始数据不做复杂辐射/几何校正,直接通过GPU加速拼接生成快速影像图;借助基于深度学习的半自动识别算法,快速识别灾害特征——地震识别倒塌建筑、裂缝、道路阻断;洪水识别淹没范围、水位线、被困人员(4) 评估分析阶段开展多维度评估:一是灾情评估,统

计受灾面积、受灾人口、基础设施损毁量,生成统计表与报告;二是风险评估,预判次生灾害,分析地形与灾害体特征,划定高风险区并标注等级;三是救援支持,依快速影像图规划救援路线,确定救援力量部署位置,指引被困人员搜救;将评估成果对接应急指挥系统,通过可视化平台展示灾区情况,辅助制定方案、调配物资,提升应急效率与决策科学性。

### 3.4 在城市规划与土地利用领域的应用

在城市规划与土地利用领域,无人机遥感测绘技术以“高精度数据支撑、动态化监管、可视化呈现”为核心,深度融入全流程,具体如下:(1)城市规划设计阶段:一是现状数据采集,采用倾斜摄影技术,无人机搭载5个角度相机获取全方位影像,处理生成三维城市模型,精度达厘米级,清晰呈现建筑高度、密度、道路宽度、绿地与水系分布,规避人工测绘漏测/误测;同时用多光谱传感器采集地表光谱数据,分析植被覆盖度、水体水质、建筑热环境,为生态规划提供基础数据。二是规划方案验证,将现状三维模型与规划设计模型(CAD/BIM)叠加,通过空间冲突检测算法判断建筑与地形、现有建筑的位置冲突,评估规划道路与现状路网衔接、规划绿地与生态用地兼容性;生成三维效果图与漫游动画,直观展示规划后空间形态,为评审提供依据,避免设计脱节。(2)土地利用监管阶段:一是构建动态监测体系,按土地利用总体规划划分网格单元,设定监测周期,用相同飞行参数与处理标准确保数据可比。二是数据处理,通过影像分类技术生成土地利用分类图;用变化检测算法对比多期图件,识别用地类型变化区,计算变化面积与率,生成报告并标注合法/非法变化。三是执法支撑,用高分辨率影像与三维模型定位非法用地,测量非法建筑占地、建筑面积与高度,生成证据图件;对接土地管理数据库查询审批情况,确认违法事实,为执法提供精准直观证据。(3)城市更新改造阶段:一

是基础数据采集,针对旧城区、城中村,无人机近距离飞行获取建筑立面、屋顶影像及地下管线地表标识,结合雷达生成含建筑内部结构、管线分布的三维模型;采集建筑密度、容积率、绿化率、道路红线宽度等指标,为方案设计提供参数。二是改造方案优化,依采集数据分析更新区人口密度、基础设施承载能力,评估方案可行性;模拟预判改造后交通流量、生态改善、居民生活品质变化,优化建筑布局与基础设施配套。三是施工监测,定期用无人机监测进度,对比施工现状与设计方案,及时发现建筑位置偏移、管线铺设错误等偏差,确保改造工程按规划实施<sup>[4]</sup>。

结束语:本文全面梳理了无人机遥感测绘技术在工程测绘中的应用。该技术以清晰的工作原理、完善的系统组成的为基础,依托四大优势,在地形测绘制图、工程监测等四大工程领域展现出强大应用能力,能有效解决传统测绘的诸多难题,提升工程测绘的效率与精度。随着技术不断创新,其在工程测绘中的应用将更广泛、深入。相信该技术将持续推动工程测绘行业变革,为工程建设的高质量发展提供更坚实的数据保障,助力工程领域实现更高效、安全的发展目标。

### 参考文献

- [1]李越.论无人机遥感测绘技术在工程测绘中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(1):170-171.
- [2]韦春丽.浅论无人机遥感测绘技术在工程测绘中的应用[J].中国科技期刊数据库工业A,2022(8):151-154.
- [3]孙晋超.无人机遥感测绘技术在工程测绘中的应用效能探讨[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(9):042-045.
- [4]谢雨杉.无人机遥感技术在测绘工程中的应用探究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(3):055-058.