

工程测绘中无人机遥感测绘技术的应用

刘 敬

乐陵市自然资源局 山东 德州 253600

摘要：随着科技的飞速发展，工程测绘领域正经历着前所未有的变革，其中无人机遥感测绘技术以其高效、精准、灵活的特点脱颖而出。该技术通过搭载高精度传感器与智能飞行平台，能够迅速获取大范围、高分辨率的地理空间信息，为地形测绘、城市规划、灾害监测等工程提供强有力的数据支持。无人机遥感测绘不仅显著提升了测绘效率与精度，还大幅降低了作业成本与风险，成为现代工程测绘中不可或缺的重要手段，推动着测绘行业向智能化、自动化方向迈进。

关键词：工程测绘；无人机遥感测绘技术；应用

引言：在工程测绘不断追求高效与精准的当下，传统测绘方式在应对复杂地形、大面积测绘任务时，逐渐显露出效率低、成本高、数据更新慢等不足。而无人机遥感测绘技术凭借其独特优势，成为工程测绘领域的“新宠”。它搭载多种先进传感器，能快速获取高分辨率影像与精确空间数据，不受地理环境限制，可灵活穿梭于各种场景。本文将深入剖析其在工程测绘中的具体应用，展现这一技术为行业带来的革新与突破。

1 无人机遥感测绘技术概述

1.1 无人机遥感系统的组成

(1) 飞行平台：固定翼无人机续航能力强（通常1-4小时）、飞行速度快，适合大范围区域测绘，如国土调查；多旋翼无人机（常见四旋翼、六旋翼）操控灵活、可垂直起降，能在狭窄空间作业，适用于小范围精细测绘，如建筑立面测量。(2) 传感器类型：光学相机获取高分辨率可见光影像，用于地形地貌直观呈现；LiDAR（激光雷达）通过激光脉冲测量距离，可穿透植被获取地表三维数据，适用于森林资源调查；多光谱/高光谱传感器捕捉特定波段光谱信息，能识别作物长势、水体污染等，助力农业与生态监测。(3) 数据处理与分析软件：Pix4D可快速处理影像数据，生成正射影像图、数字高程模型；ContextCapture擅长构建高精度三维模型，支持大场景复杂地形建模，为后续测绘分析提供数据支撑。

1.2 技术特点

(1) 高时空分辨率：空间分辨率可达厘米级，能清晰呈现地表细微特征，如道路裂缝、植被分布；时间分辨率灵活，可根据需求短时间内多次飞行，捕捉动态变化，如灾害应急监测。(2) 快速响应能力：无人机部署便捷，无需复杂场地准备，接到任务后可快速升空作业；数据获取与初步处理周期短，能在数小时内提供初

步测绘成果，为决策提供及时支持，尤其适用于突发灾害场景。(3) 低空作业适应性：可在低空（通常10-500米）飞行，不受高空气流、云层等影响，能获得更清晰、准确的地表数据；可深入山区、峡谷、城市建筑群等传统测绘难以抵达的区域，填补测绘盲区。(4) 成本效益优势：相比有人机测绘，无人机购置、运营及维护成本更低，且无需专业飞行员长时间培训；单次作业覆盖范围虽小于卫星测绘，但单位面积成本更低，尤其适合中小范围测绘项目，性价比更高^[1]。

2 工程测绘中无人机遥感测绘技术的应用

2.1 地形测绘与三维建模

(1) 复杂地形的快速测绘：山区地形崎岖、植被茂密，传统人工测绘易受地形阻碍，存在安全风险且效率低下；城市峡谷高楼密集，遮挡严重，全站仪、GPS-RTK等设备信号易中断。无人机可低空飞行避开遮挡，搭载LiDAR传感器穿透植被缝隙，快速获取山区地表数据；在城市峡谷中，通过多航线规划实现建筑立面与地面地形的同步测绘，例如在山区公路勘察中，无人机可在1-2天内完成传统团队1周的测绘工作量，且能覆盖悬崖、陡坡等危险区域。(2) 数字高程模型（DEM）与数字正射影像（DOM）生成：无人机采集的影像数据经Pix4D等软件处理，可自动生成高精度DEM与DOM。DEM能清晰呈现地形起伏，为道路选线、水库选址提供地形坡度、坡向等关键参数；DOM具备像片的直观性与地图的准确性，可作为工程规划的基础底图，例如在工业园区规划中，DOM能精准标注现有建筑物、道路位置，辅助设计人员优化园区布局，避免与现有设施冲突^[2]。(3) 三维实景建模在工程规划中的应用：通过无人机获取的多视角影像与点云数据，可构建工程区域的三维实景模型。该模型能真实还原地形、地貌与现有建

筑,让规划人员直观了解场地现状,例如在桥梁建设规划中,三维实景模型可模拟桥梁选址处的水文、地形条件,辅助分析桥梁跨度、墩台位置的合理性,减少因前期规划不足导致的后期设计变更。

2.2 工程监测与变形分析

(1) 建筑物、桥梁、大坝等结构的动态监测:传统结构监测需在建筑表面布设大量监测点,人工定期采集数据,不仅耗时且难以实现全覆盖。无人机搭载高分辨率相机或InSAR(合成孔径雷达干涉测量)技术,可对建筑物、桥梁、大坝等进行周期性监测,通过对比不同时期的影像与点云数据,精准计算结构位移量。例如在高层建筑施工中,每月通过无人机监测一次,能及时发现墙体倾斜、沉降等问题;在桥梁运营期,可监测桥面平整度、桥墩变形,精度可达毫米级,为结构安全评估提供数据依据。(2) 滑坡、沉降等地质灾害的实时预警:在工程建设区域周边,若存在滑坡、地面沉降等地质灾害隐患,无人机可定期巡检并建立灾害隐患点数据库。通过分析多期监测数据,捕捉地表微小位移变化,提前预警灾害风险。例如在矿区复垦工程中,无人机可监测复垦区域是否出现地面塌陷,当监测到位移量超过安全阈值时,及时发出预警,避免人员伤亡与工程损失。

2.3 施工进度管理与质量控制

(1) 土方量计算与工程量核算:在道路、基坑、填方工程中,土方量计算是成本控制与进度管理的关键。传统土方量计算依赖人工测量,误差较大且效率低。无人机通过获取施工前后的DEM数据,利用软件自动计算土方开挖或填筑量,精度可达5%-10%,远高于人工测量水平。例如在高速公路路基施工中,每周通过无人机测算土方量,可实时核对实际工程量与计划工程量的偏差,及时调整施工方案,避免超量开挖或填筑导致的成本增加。(2) 施工场地三维可视化进度跟踪:无人机定期拍摄施工场地影像,构建不同阶段的三维实景模型,可实现施工进度的可视化跟踪。通过对比实际模型与BIM计划模型,能直观发现进度滞后或超前的区域,例如在住宅项目施工中,通过每月更新的三维模型,可清晰查看各楼栋的主体结构施工进度、脚手架搭设情况,帮助项目管理人员及时协调资源,确保工程按计划推进;同时,模型还能检查施工质量,如发现墙体垂直度偏差、构件安装错位等问题,及时要求施工方整改^[3]。

2.4 应急测绘与灾害评估

(1) 地震、洪水等灾害后的快速灾情评估:地震、洪水等灾害发生后,灾区交通、通讯中断,传统测绘难以快速进入现场。无人机可第一时间升空,避开危险区

域获取灾区影像与点云数据,快速生成灾情分布图,标注房屋倒塌范围、道路损毁情况、积水区域等关键信息。例如在洪水灾害后,无人机可在数小时内完成灾区测绘,为救援部门提供被困人员位置、救援通道规划的数据支持,提高救援效率;同时,灾情数据可辅助评估灾害损失,为后续救助方案制定提供依据^[4]。(2) 灾后重建规划支持:灾后重建需精准掌握灾区地形地貌变化与原有设施损毁情况,无人机遥感测绘技术可快速提供重建所需的基础数据。通过构建灾后三维实景模型,结合灾前数据对比,可明确哪些区域适合重建、哪些区域需避让地质灾害隐患点;同时,生成的DOM与DEM可作为重建规划的底图,辅助设计人员制定道路、房屋、公共设施的方案,例如在地震灾后重建中,无人机提供的测绘数据能确保重建房屋选址避开断裂带,保障建筑安全。

3 工程测绘中无人机遥感测绘技术优势与挑战分析

3.1 优势对比传统测绘技术

(1) 效率提升:传统人工测绘(如全站仪测量)单日作业面积通常仅0.5-2平方公里,且受地形限制大;无人机搭载合适传感器,单日可完成5-20平方公里测绘,山区、城市峡谷等复杂区域效率提升更明显,如山区测绘效率较传统方式提高3-5倍,大幅缩短工程前期测绘周期。(2) 精度验证:全站仪在短距离(百米内)测量精度达毫米级,但大范围作业精度易受影响;GPS-RTK精度受信号遮挡限制,在密林、高楼区易偏差。无人机结合LiDAR,大范围测绘精度可达厘米级,部分场景(如建筑变形监测)达毫米级,且精度稳定性更优,能满足多数工程测绘需求。(3) 数据多样性:传统测绘多获取单一地形数据,无人机可同时获取光学影像、LiDAR点云、多光谱数据等,通过软件融合生成DEM、DOM、三维模型等多元成果,不仅能呈现地形地貌,还能提取植被覆盖、建筑结构等信息,为工程提供更全面的数据支撑。

3.2 现存挑战

(1) 飞行安全与空域管理限制:无人机飞行易受天气影响,强风、雷雨天气可能导致坠机;同时,多数地区需提前申请空域,审批流程复杂,紧急场景(如灾害应急测绘)易因空域限制延误作业。(2) 复杂环境下的数据精度保障:在密林区,LiDAR信号易被植被遮挡,难以精准获取地表数据;暴雨后场地泥泞,影像易出现反光、模糊,导致数据精度下降,需额外采取技术手段修正,增加作业成本。(3) 大规模数据处理与存储需求:单次大范围测绘可产生数十甚至数百GB数据,需高

性能计算机与专业软件处理, 小微型工程企业硬件设备不足, 处理周期长; 同时, 海量数据长期存储需专用服务器, 增加企业运营成本。(4) 行业标准与规范不完善: 目前无人机测绘在数据精度评定、成果验收等方面标准不统一, 不同企业数据成果兼容性差; 部分细分场景(如古建筑测绘)缺乏专项规范, 易出现成果质量参差不齐的问题。

4 工程测绘中无人机遥感测绘技术优化与发展趋势

4.1 技术优化方向

(1) 传感器轻量化与集成化设计: 当前部分高精度传感器(如多光谱传感器)体积大、重量沉, 限制了小型无人机的搭载能力。未来将通过材料革新(如采用碳纤维外壳)与芯片微型化技术, 实现传感器减重30%以上; 同时推动多传感器集成, 将光学相机、LiDAR、定位模块整合为一体化设备, 减少设备连接故障, 让小型无人机也能同步获取多源数据, 提升复杂工程场景(如地下管廊测绘)的作业灵活性。(2) AI算法在数据处理中的应用: 传统数据处理依赖人工标注地物(如道路、建筑), 效率低且易出错。通过引入AI语义分割算法, 可自动识别影像中的工程要素, 如在道路施工测绘中, AI能快速提取路基边界、施工机械位置, 将数据处理周期缩短50%以上; 同时AI可自动修正数据误差(如剔除植被遮挡导致的无效点云), 减少人工干预, 提升成果精度稳定性^[5]。(3) 5G/物联网技术赋能实时传输: 现有无人机多在作业结束后回传数据, 无法满足工程实时监测需求。借助5G高带宽、低延迟特性, 可实现测绘数据(如实时影像、点云流)的同步传输, 例如在桥梁动态监测中, 工程师可远程实时查看无人机传回的桥梁表面影像, 及时发现裂缝等隐患; 结合物联网技术, 还能将无人机与工程现场传感器(如位移传感器)联动, 实现数据互通, 构建一体化监测体系。

4.2 未来发展趋势

(1) 集群无人机协同作业: 单无人机作业在大范围工程(如跨江大桥测绘、大型工业园区勘察)中效率有限, 未来集群无人机通过协同控制算法, 可实现多机同

步飞行、分区测绘, 作业效率较单机提升3-5倍, 同时通过数据互补, 减少测绘盲区, 提升大范围工程测绘的整体精度。(2) 与BIM/GIS技术的深度融合: 当前融合多停留在数据叠加层面, 未来将实现“无人机测绘数据-BIM模型-GIS系统”的动态联动, 例如无人机实时获取的施工数据可直接导入BIM模型, 更新进度与质量信息, 再结合GIS空间分析功能, 辅助工程规划、施工与运维全流程决策, 打造“实景+数字”的工程管理模式。

(3) 标准化与规范化建设推进: 针对当前行业标准混乱问题, 未来将逐步完善无人机测绘的技术标准(如飞行参数设置、数据精度指标)、成果验收规范(如三维模型精度评定方法), 同时建立数据共享与安全标准, 促进不同企业、不同工程场景的成果互通, 推动行业健康发展。

结束语

综上所述, 无人机遥感测绘技术在工程测绘领域的应用, 极大地提升了测绘工作的效率、精度与灵活性。它不仅克服了传统测绘方法在复杂地形与大面积作业中的局限, 还通过实时数据传输与分析, 为工程决策提供了更为科学、及时的依据。随着技术的不断进步与成本的进一步降低, 无人机遥感测绘的应用前景将更加广阔, 有望在更多工程领域发挥关键作用, 推动工程测绘行业向智能化、自动化方向持续迈进, 为社会经济发展贡献更大力量。

参考文献

- [1] 严兵. 简述工程测绘中无人机遥感测绘技术的应用[J]. 港工技术, 2023, 60(2): 78-81.
- [2] 黄卫忠. 工程测绘中无人机遥感测绘技术的应用研究[J]. 科学与信息化, 2024(2): 52-54.
- [3] 王林. 无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用[J]. 工程与建设, 2023, 37(06): 94-96.
- [4] 蔡丽军. 无人机遥感技术在测绘工程中的运用分析[J]. 低碳世界, 2023, 13(06): 34-36.
- [5] 赵亚蓓, 时建新. 无人机遥感技术在工程测量中的应用[J]. 电子技术, 2023, 52(3): 180-181.