

无人机航测技术在工程测量中的应用与实践

李卫超

北斗数云(天津)科技有限公司 天津 300000

摘要: 工程建设行业快速发展,传统工程测量技术在复杂地形、大范围作业中暴露出效率低、精度欠佳、作业风险高等问题。无人机航测技术凭借灵活、高效、精准的优势,逐渐成为工程测量领域的核心技术。本文结合其系统组成、工作原理与特点,分析在地形测绘、城市规划等典型场景的应用要点。以广西南宁芦仙山景区地形测绘、广州城市规划三维建模项目为例,阐述技术应用流程与成效,探讨其发展趋势,为工程测量数字化、智能化转型提供参考。

关键词: 无人机航测技术;工程测量;应用实践;发展趋势

引言: 工程测量是工程建设全流程的基础,关乎项目设计、施工管控与竣工验收质量。传统测量依赖全站仪、水准仪等设备,受地形与作业范围限制大,在山区、矿区等复杂区域作业时效率低且存在作业风险。近年来,无人机与航测技术深度融合,无人机航测技术凭借低空飞行、快速采集、精准建模优势,突破传统测量局限,广泛应用于各类工程测量场景。本文结合真实案例,梳理应用要点,分析发展趋势,推动其规范化应用。

1 无人机航测技术概述

1.1 无人机航测系统的组成

无人机航测系统是集成多种设备与技术的综合系统,核心由飞行平台、传感器设备、数据处理系统三部分组成,各组件协同保障航测数据精准采集与高效处理。飞行平台作为航测载体,工程测量中常用多旋翼与垂直起降固定翼无人机,其中大疆M350RTK无人机凭借稳定性和长续航,成为主流设备,可适应复杂地形与气象条件。传感器设备是数据采集核心,包括激光雷达、高清相机、多光谱相机等,禅思L2激光雷达能精准扫描细小目标、获取高精度点云数据,高清相机采集地形地物影像,满足不同工程需求。数据处理系统是成果输出关键,依托大疆智图、Hi-LiDAR等软件,对影像、点云数据进行清洗、拼接、建模,生成DOM、DEM、DLG等成果,为工程测量提供精准支撑。

1.2 无人机航测技术的工作原理

无人机航测技术的核心原理是通过无人机搭载传感器,在预设航线内低空飞行,采集测区影像、点云等空间数据,经专业软件加工处理,生成符合工程要求的精准成果。具体分为三个阶段:前期准备阶段,技术人员结合测区实际(如广西南宁芦仙山景区地形、植被情况),规划航线、设置航高、航速、重叠率等参数,并依据测区范围布设像控点,调试校准无人机与传感器,确保设

备正常运行。数据采集阶段,无人机按预设航线自主飞行,传感器同步采集数据,激光雷达可穿透植被获取地面点数据,高清相机连续拍摄影像,数据实时传输至地面终端,技术人员实时监控。数据处理阶段,将原始数据与像控点坐标导入软件,经清洗、去噪、拼接、配准及空三加密,生成三维模型与测绘成果,精度检验合格后应用于工程测量^[1]。

1.3 无人机航测技术的特点

与传统工程测量技术相比,无人机航测有显著优势,也存在一定局限,核心特点体现在四方面。一是高效性,低空快速飞行可覆盖大范围区域,大幅提升采集效率,如云南某矿山测量中,10分钟完成0.3平方公里矿坑外业采集,效率是传统全站仪测量的50倍以上,缩短测量周期。二是精准性,搭载激光雷达、RTK定位系统的无人机可实现厘米级采集,该矿山测量高程中误差仅4.8cm,规避人为操作误差,满足高精度要求。三是灵活性,体积小、机动性强,可适应山区、矿区等传统设备难以到达的区域,如广西山口红树林保护区,通过仿地飞行完成采集,无需人员进入复杂区域。四是经济性与安全性,1-2名技术人员即可作业,减少人力投入,降低外业安全风险,其局限主要是受天气影响大,暴雨、强风会影响飞行安全与数据质量。

2 无人机航测技术在工程测量中的应用场景

2.1 地形测绘

地形测绘是工程测量的基础,核心是获取测区地形地貌、高程、坡度等数据,为工程设计和施工提供依据,无人机航测已成为地形测绘的主流手段,广泛应用于景区、山区、滩涂等各类场景。在广西南宁芦仙山景区地形测绘项目中,测区植被覆盖率高、地形起伏大,传统测量效率低且精度不足,技术人员采用大疆M350RTK搭载禅思L2激光雷达,设置航高150米、航速15m/s、重叠

率40%，仅用14分钟就完成0.5平方公里测绘，效率较传统测绘方式大幅提升，数据精度控制在5cm内。生成的正射影像和地形图精准呈现景区地形，为景区规划升级和基础设施建设提供支撑。

2.2 城市规划

城市规划需精准掌握城市地形、建筑分布、基础设施布局等数据，无人机航测凭借三维建模优势，为城市规划提供高效精准支撑，广泛应用于三维建模、城市更新、地标测绘等场景。在广州城市规划三维建模项目中，为补充实景三维数据，技术人员采用大疆M350RTK搭载禅思L2激光雷达，对广州塔进行部件级三维重建，先以经纬M30机场版无人机采集粗模数据，再规划航点航线，控制无人机距目标物60米、云台角度0°，3个架次完成外业采集，生成的点云完整细腻，精准呈现广州塔钢架结构细节。在深圳城市更新项目中，无人机通过倾斜摄影快速获取旧城区建筑分布、密度、高度等数据，生成三维实景模型，为旧改规划、拆迁测算和基础设施设计提供精准参考，大幅提升城市规划的科学性与效率。

2.3 矿山测量

矿山测量是矿山开采与生态修复的核心，涵盖矿区地形测绘、矿坑体积测算、开采进度监测等，无人机航测凭借高效、精准、安全的优势，有效解决传统测量的痛点，在云南、内蒙古等矿山集中区域广泛应用。在云南某露天矿山测量项目中，测区面积0.3平方公里，地形复杂、落差大，精度要求高于5cm，技术人员采用大疆M350RTK搭载禅思L2激光雷达，设置航高160米、航速15m/s、重叠率50%，外扩35米仿地飞行，10分钟完成外业采集，经大疆智图处理后，高程中误差4.8cm，满足精度要求。生成的点云与DLG数据，为矿山土方测量、开采量计算提供精准依据^[2]。无人机还可定期监测矿区地形变化，跟踪生态修复进度，对比修复前后数据，为修复效果评估提供支撑，推动矿山绿色开采与生态保护协同发展。

2.4 交通工程测量

交通工程测量涵盖高速公路、航道、桥梁等项目，对精度和效率要求较高，无人机航测可适应复杂作业场景，广泛应用于路线选址、施工监测、桥梁检测等环节。在房五高速兴长段测绘项目中，测区为山区，地形复杂，传统测量难以快速完成全线测绘，技术人员采用大疆M300RTK搭载激光雷达系统，15天完成15.03公里全线测绘，生成厘米级点云模型，密度达200点/平方米，通过三维模型发现九畹溪特大桥主墩下方暗河，平移12米避开危险，节省成本2000万元以上。在长沙湘江航道桥梁

净空尺度测量中，无人机搭载禅思L2激光雷达，对湘潭航道辖区桥梁多频次扫测，将点云数据转换为三维模型，精准获取净空尺度，为航道安全通航与数字化建设提供支撑，大幅提升交通工程测量的效率与安全性。

3 无人机航测技术在工程测量中的实践案例分析

3.1 案例一：广西南宁芦仙山景区地形测绘项目

该项目位于广西南宁芦仙山景区，测区面积0.5平方公里，植被覆盖率高、地形起伏较大，核心需求是获取1:500的正射影像和地形图，为景区规划升级、步道建设提供精准的地形数据支撑，项目要求数据精度达到5cm内。项目采用大疆M350RTK搭载禅思L2激光雷达作为核心设备，配备大疆智图数据处理软件，作业流程主要分为前期准备、数据采集、数据处理、精度检验四个阶段。前期准备阶段，技术人员实地勘察测区，结合植被覆盖情况与地形起伏，规划仿地飞行航线，设置航高150米、航速15m/s、重叠率40%，并依据测区地形布设了5个地面像控点，完成无人机与传感器的调试校准。数据采集阶段，无人机按照预设航线自主飞行，采用5回波、重复式扫描模式，有效穿透茂密植被，获取地面点数据，仅用14分钟即完成全测区外业采集，效率优势显著。数据处理阶段，将采集的点云数据与像控点坐标导入大疆智图，进行去噪、滤波、拼接及绝对定向处理，生成正射影像、数字高程模型与地形图。精度检验阶段，选取多个地面检查点与生成成果进行比对，数据平面中误差为3.2cm，高程中误差为4.9cm，完全满足项目1:500测图精度要求^[3]。该项目验证了无人机航测在复杂地形下高效、精准获取测绘成果的能力，为景区规划提供了可靠的数据支撑。

3.2 案例二：广州城市规划三维建模（广州塔区域）项目

该项目位于广州市海珠区广州塔区域，核心需求是完成广州塔部件级实景三维重建，补充广州城市实景三维数据，为城市规划、文旅开发提供精准的三维模型支撑，项目要求模型分辨率高、细节呈现完整，能够清晰反映广州塔的钢架结构特征。项目采用大疆M350RTK搭载禅思L2激光雷达与高清相机，结合经纬M30机场版无人机，作业流程分为粗模采集、精准航测、数据处理、模型优化四个阶段。前期，利用经纬M30机场版无人机环绕广州塔飞行，采集粗模数据，为精准航测航线规划提供依据；精准航测阶段，根据粗模数据规划航点航线，控制无人机距离广州塔60米、云台角度0°，采用非重复式扫描方式，3个架次完成外业数据采集，激光雷达传感器精准捕捉广州塔钢架结构细节，高清相机同步采集影像数据。数据处理阶段，将点云数据与影像数据导入大

疆智图,进行配准、融合处理,生成LAS点云与三维模型,对模型细节进行优化,去除冗余数据,提升模型清晰度。成果检验阶段,通过实地比对与模型分析,模型细节完整,结构特征清晰,分辨率满足项目部件级重建要求,精准呈现了广州塔的整体结构与局部细节。该项目的实践表明,无人机航测技术能够高效完成高空复杂建筑的精细建模,为城市级实景三维建设提供高效、精细的技术路径。

4 无人机航测技术在工程测量中的发展趋势

4.1 技术创新趋势

未来无人机航测技术将向高精度、智能化、集成化方向突破,全面提升工程测量效率与精度。传感器技术方面,激光雷达将向小型化、高穿透性升级,禅思L2等新型设备的量程与点云密度持续提升,光斑缩小以精准捕捉细目,多传感器融合实现激光雷达、高清相机、多光谱相机一体化,单次飞行可获取多类型数据,满足多样化工程需求。飞行控制技术,自主飞行与智能避障将持续优化,SLAM视觉导航与RTK定位深度融合,使无人机在城市高楼、峡谷等GNSS遮挡区域仍保持厘米级定位,实现全自主航线规划与避障。数据处理技术方面,人工智能与云计算算法将广泛应用,实现自动清洗、分类、建模,缩短处理周期,边缘计算技术将推动机载端实时处理,进一步提升作业效率。

4.2 应用拓展趋势

随着技术成熟,无人机航测应用场景将全面拓展,覆盖地形测绘、城市规划、矿山测量、交通工程之外的更多工程领域。水利工程中,将用于水库地形、河道水下测绘及堤坝变形监测,如孟底沟水电站项目中,无人机结合无人船高效完成水下测绘,克服湍急水流。风电工程中,将用于场址地形、植被及障碍物测绘,生成高精度DEM为点位优化提供依据,如高台县风电项目一次性完成90平方公里测绘,效率大幅提升。应急工程中,将用于地震、洪水等灾害后的测绘与灾情评估,快速提供

灾后影像支撑救援决策^[4]。另外,技术将与BIM、CIM深度融合,应用于智慧工地建设,实现施工全过程动态监测与精准管控,推动工程测量向全流程、智能化服务转型。

4.3 行业规范与发展趋势

随着技术规模化应用,行业规范将不断完善,推动技术规范、标准化发展。我国正逐步建立标准体系,未来将进一步明确航测设备要求、作业流程、精度标准与数据格式,统一数据接口与验收标准,解决不同设备、软件间的数据兼容问题。行业管理方面,将加强空域管理,完善适航认证体系,规范作业行为,保障飞行与数据安全。随着低空经济国家战略推进,无人机航测迎来广阔发展空间,产业链将持续完善,核心零部件国产化率提升,服务模式从单一数据采集向综合解决方案转型,全面推动工程测量行业向数字化、智能化、集约化发展。

结束语

无人机航测技术作为工程测量领域的新型技术手段,凭借高效、精准、灵活、安全的优势,打破了传统工程测量的局限,在地形测绘、城市规划、矿山测量、交通工程测量等场景中得到广泛应用。未来,需进一步推动无人机航测技术与工程测量的深度融合,加强技术创新与人才培养,完善行业标准体系,充分发挥其在工程建设中的支撑作用,推动工程测量行业向数字化、智能化转型,为我国工程建设高质量发展提供有力保障。

参考文献

- [1]谢海程.无人机航测技术在建筑工程测量中的核心优势及应用场景研究[J].现代工程科技,2025,4(23):145-148.
- [2]华鹏军.无人机航测技术在工程测量中的应用分析[J].工程技术研究,2022,7(4):209-211.
- [3]赵睿.无人机航测在城市工程测量中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2023(8):33-35.
- [4]王杨生,张海文,张璇.测绘新技术在测绘工程测量中的应用研究[J].科技与创新,2025(15):219-221,225.