

无人机航测技术在工程测绘中的精度控制与应用优化研究

张慧聪

内蒙古科瑞房地产土地资产评估有限公司 内蒙古自治区 呼和浩特 010000

【摘要】：无人机航测技术凭借机动性强、作业效率高等优势，在工程测绘领域得到广泛应用，但测量精度受设备性能、飞行参数及数据处理方式等因素影响，容易出现误差累积问题。工程测绘对数据精度要求较高，如何实现稳定可靠的精度控制成为关键问题。通过分析无人机航测在工程测绘中的作业流程与精度影响因素，构建涵盖航线设计、控制点布设、影像获取及数据处理的精度控制体系，并对航测作业流程进行优化。结果表明，合理的精度控制措施能够有效降低测量误差，提高测绘成果质量，同时提升工程测绘效率，为无人机航测技术在工程建设中的应用提供可靠技术路径。

【关键词】：无人机航测；工程测绘；精度控制；作业优化

DOI:10.12417/3041-0630.26.04.001

工程建设规模持续扩大，对测绘数据的精度与获取效率提出更高要求。传统测绘方式在复杂地形环境下作业周期较长，数据获取效率有限，难以满足工程建设快速推进的需求。无人机航测技术凭借灵活部署、高分辨率影像获取以及自动化数据处理能力，逐渐成为工程测绘的重要技术手段。然而在实际应用过程中，飞行高度设置、航线规划、控制点布设以及影像匹配精度等因素均会影响测量成果质量，导致数据精度存在波动。工程测绘对空间数据可靠性要求严格，精度控制与作业流程优化成为无人机航测技术应用中的关键环节。通过系统分析相关技术要点并构建合理的作业模式，可为工程测绘提供更加稳定可靠的数据支撑。

1 工程测绘中无人机航测精度影响因素分析

工程测绘作业对空间数据精度具有较高要求，无人机航测在实际应用过程中，测量成果质量受到多方面因素共同影响。其中，飞行平台稳定性是影响测绘精度的重要技术条件。无人机在航测过程中需要保持稳定的姿态和均匀的飞行速度，当飞行过程中受到气流扰动或姿态控制不稳定时，航摄影像容易产生倾斜、重叠度不足等问题，进而影响影像匹配精度与三维模型重建效果。飞行高度与航线规划同样对数据精度产生直接影响，不合理的航线布局可能导致航向重叠率和旁向重叠率不足，造成影像连接点数量减少，从而降低空三加密计算的稳定性。

地面控制点布设质量对工程测绘精度具有关键作用。控制点数量不足或分布不均会导致空中三角测量约束条件不足，使得整体测量模型稳定性下降^[1]。控制点坐标测定精度若存在偏差，还会直接影响航测成果的定位精度。在复杂地形区域开展工程测绘时，地物遮挡、地形起伏及建筑密集程度都会对影像获取质量产生干扰，部分区域影像纹理信息不足，容易影响特征点提取与匹配效果，从而增加数据处理难度。

影像传感器性能也是影响测绘成果质量的重要因素。相机分辨率、镜头畸变参数以及曝光控制都会影响影像清晰度和几何精度。当影像分辨率不足或镜头畸变未经过严格校正时，影像几何信息容易产生误差累积，对后期摄影测量计算产生不利影响。数据处理阶段中的空三加密、密集点云生成以及数字高程模型构建等环节同样会对精度产生影响，算法参数设置不合理或数据匹配精度不足，都会导致测量成果偏差增大。综合多方面因素分析，无人机航测在工程测绘中的精度表现与飞行控制、控制点布设、影像质量以及数据处理技术等条件密切相关。

2 无人机航测精度控制方法与作业流程优化

无人机航测在工程测绘中的应用，需要通过系统化的精度控制措施与科学的作业流程设计保障数据质量。航测任务实施前，应对测区地形特征、工程规模以及测绘精度等级进行综合分析，并在此基础上制定合理的飞行方案。飞行高度、航向重叠度和旁向重叠度等关键参数需要结合测区实际条件进行精确设定，以保证影像覆盖完整且具有充足的同名点数量。航线规划过程中应保持航线间距均匀，避免出现影像空缺或重复覆盖过多的情况，从而提升空中三角测量计算的稳定性。飞行设备在执行任务前需完成系统标定与性能检测，包括惯性导航系统校准、相机参数校正以及姿态稳定测试，以减少设备误差对影像几何质量产生的影响。

地面控制点布设是航测精度控制体系中的重要环节。控制点位置应结合测区范围进行合理分布，在测区边缘及内部关键区域形成均衡的空间约束结构^[2]。控制点测量通常采用GNSS-RTK或全站仪进行高精度坐标获取，并对测点进行明显标识，以提高航摄影像识别度。控制点数量需要满足空三加密计算的约束要求，布设过程中还需考虑地形起伏和建筑遮挡因素，以保证控制点在影像中清晰可见。通过提高控制点测量精度与分布合理性，可以有效增强航测数据的定位可靠性。

航测数据处理阶段同样是精度控制的重要技术环节。影像数据进入处理系统后,需要通过空中三角测量实现影像之间的空间关系重建,并对影像外方位元素进行精确解算。在空三加密过程中,应对同名点匹配精度进行严格控制,利用自动匹配与人工校核相结合的方式提高计算稳定性。密集点云生成与数字高程模型构建阶段需要合理设置匹配参数,保证地表特征信息能够被完整提取。影像正射校正处理可消除地形起伏和相机倾斜带来的几何畸变,使最终成果满足工程测绘精度要求。通过对飞行设计、控制点布设及数据处理流程进行系统优化,可以在保证测绘效率的同时提升航测成果的空间精度与可靠性。

3 工程测绘成果质量提升路径分析

工程测绘成果质量的提升需要在数据获取、处理分析及成果检验等多个环节形成系统化技术保障。测区作业阶段应强化航测任务管理,通过精细化任务组织提高数据采集稳定性。无人机航测过程中需要对飞行姿态、航线执行情况以及影像获取状态进行实时监控,利用地面站系统对飞行参数进行动态调整,确保影像重叠度与航摄覆盖范围保持稳定。针对复杂地形区域,应适当增加航线密度并优化飞行高度,使影像分辨率能够满足工程测绘比例尺要求,从而为后续数据处理提供高质量基础数据。

数据处理阶段需要建立严格的质量控制机制,通过多层次数据校核提高成果可靠性。影像匹配完成后,应对空中三角测量计算结果进行精度检验,对残差较大的连接点进行重新匹配

或剔除处理,保证整体计算模型稳定^[3]。密集点云数据生成后,需要对异常点进行筛查与过滤,通过地面点分类算法提升地表模型表达精度。数字高程模型与数字正射影像生成过程中,应对影像拼接缝隙、几何畸变以及高程异常区域进行人工校核,以保证成果数据在空间位置和几何结构上的一致性。

工程测绘成果质量还依赖于完善的成果检验与数据管理机制。成果输出阶段需依据工程测绘技术规范,对平面精度、高程精度以及影像清晰度进行综合评定,并通过独立检核点开展精度验证工作。检核结果能够反映航测数据整体精度水平,为成果质量评估提供客观依据。在数据管理方面,应建立规范化的数据存储与归档体系,对航摄影像、控制点数据、空三计算成果以及模型数据进行统一管理,保证数据可追溯性与长期利用价值。通过强化作业过程控制、提升数据处理精度并完善成果检验机制,工程测绘成果质量能够得到持续提升,同时为工程建设提供稳定可靠的空间数据支持。

4 结语

无人机航测技术在工程测绘领域的应用不断深化,精度控制与作业流程优化成为保障测绘成果质量的重要技术环节。通过强化飞行参数管理、规范控制点布设以及完善数据处理流程,航测数据稳定性与空间定位精度得到明显提升。科学的质量检核机制与规范化数据管理体系能够进一步提高工程测绘成果的可靠性,为工程建设提供更加精准的空间信息支撑。

参考文献:

- [1] 张文凯.基于无人机航测的建筑工程地形测绘技术探究[J].建材发展导向,2026,24(02):100-102.
- [2] 熊华江.无人机航测技术在智慧城市测绘工程中的应用[J].智慧中国,2025,(12):78-79.
- [3] 李威.无人机航测在水利工程测绘中的应用分析[J].科技资讯,2025,23(21):61-63+156.