

# 无人机倾斜摄影的房地一体化农村宅基地测量方法

刘一鸣

中陕核工业集团二一四大队有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i6.4513

**[摘要]** 在推进农村宅基地确权登记的背景下,传统测量方法面临效率低、成本高、成果不直观等问题。无人机倾斜摄影测量技术以其高效、精准的特点,为房地一体化测量提供了创新解决方案。本文详细阐述了该技术的系统组成、多视角数据采集与三维建模原理,系统构建了包含前期准备、外业采集、内业处理、要素提取与精度验证的完整作业流程,并提炼了优化像控点布设、动态调整飞行参数、控制模型精度及融合多源数据等关键技术要点。该技术可显著提升测量效率与成果质量,降低综合成本,拓展应用场景,为宅基地的高精度测绘与信息化管理提供了有效技术支撑。

**[关键词]** 无人机倾斜摄影; 房地一体化; 农村宅基地测量; 三维建模; 测量精度

**中图分类号:** P231 **文献标识码:** A

## A Method for Rural Homestead Measurement with Integrated Building and Land Based on UAV Oblique Photography

Yiming Liu

No.214 Brigade of Shanxi Nuclear Industry Group Co., Ltd.

**[Abstract]** Against the background of promoting rural homestead registration and certification, traditional measurement methods face problems such as low efficiency, high cost, and unintuitive results. UAV oblique photogrammetry technology, with its high efficiency and accuracy, provides an innovative solution for integrated building and land measurement. This paper elaborates on the system composition of this technology, multi-angle data acquisition, and 3D modeling principles. It systematically constructs a complete workflow including preliminary preparation, field acquisition, indoor processing, feature extraction, and accuracy verification. Key technical points are refined, including optimizing control point layout, dynamically adjusting flight parameters, controlling model accuracy, and integrating multi-source data. This technology can significantly improve measurement efficiency and result quality, reduce comprehensive costs, expand application scenarios, and provide effective technical support for high-precision surveying and information management of rural homesteads.

**[Key words]** UAV oblique photography; integrated building and land; rural homestead measurement; 3D modeling; measurement accuracy

### 引言

农村宅基地测量是土地管理的重要基础,传统测量方式效率低、成本高且成果直观性欠佳。随着科技不断进步,无人机倾斜摄影技术凭借高效、精准、直观等特性,在房地一体化农村宅基地测量领域崭露头角。该技术通过多视角影像获取与先进算法处理,可快速生成高精度三维模型,为农村宅基地测量提供全新思路,对推动农村土地管理现代化进程意义重大。

#### 1 无人机倾斜摄影测量技术基础

##### 1.1 测量系统核心组成

无人机倾斜摄影测量系统的硬件架构是实现精准测量的基

础,主要由三部分协同构成。飞行平台选用多旋翼无人机,其垂直起降特性与灵活悬停能力可轻松适应农村复杂地形,确保在宅基地密集、障碍物多的区域稳定作业,为测量数据采集提供可靠载体<sup>[1]</sup>。倾斜摄影相机作为核心数据采集设备,通常配备五镜头系统,包含1个垂直正镜头和4个分别朝向前后左右的倾斜镜头,通过多角度拍摄实现宅基地地物全要素覆盖,解决传统单一视角测量的盲区问题。定位与姿态数据采集单元(POS系统)集成高精度惯性测量单元(IMU)与全球导航卫星系统(GNSS)接收机,飞行中可实时记录相机曝光瞬间的三维位置坐标与空间姿态参数,为后续影像几何校正提供关键定位基准,保障测量精度。

## 1.2 测量数据采集原理

该技术通过多视角影像获取机制,从根本上突破传统垂直摄影的测量局限。正镜头精准采集宅基地地物顶部纹理信息,四个倾斜镜头则分别从不同方位捕捉房屋立面、围墙轮廓、地形起伏等侧面特征,形成对宅基地测量目标的立体化描述。空间信息融合过程中,系统将纹理数据、轮廓特征与高程信息深度融合,依托POS系统提供的空间参考,将分散的影像数据统一至同一地理坐标系,确保测量数据的一致性。影像重叠度设计严格遵循航测规范,航向重叠率设置在60%至80%,保证相邻航线影像间有充足重叠区域用于特征匹配;旁向重叠率控制在40%至60%,确保不同飞行架次间影像的连续性,这种设计为后续空三加密处理提供充足冗余数据,提升测量成果可靠性。

## 1.3 三维建模与测量精度基础

三维模型构建是宅基地测量成果呈现的核心环节,其流程直接影响测量精度。空三加密与区域网平差是建模首要步骤,通过提取影像中的同名特征点,利用共线方程建立影像间几何关系,解算每张影像的外方位元素,实现所有影像的精确空间定位,为测量提供统一基准。多视影像密集匹配环节采用先进多基元匹配算法,从重叠影像中提取密集点云数据,点密度可达每平方米数百至数千个点,能精准刻画宅基地地形与房屋表面细节。数字表面模型(DSM)生成阶段对点云数据滤波处理,分离地面点与非地面点,构建反映宅基地真实地表形态的模型。最终通过纹理映射技术,将正射与倾斜影像的纹理信息赋予三维白模,生成具有真实感的实景三维模型,模型精度可满足1:500至1:2000比例尺的宅基地测绘需求。

## 2 房地一体化农村宅基地测量完整流程

### 2.1 测量前期准备方法

测区范围划定需综合行政边界、地形特征及测量需求,明确范围后优先收集测区既有地形图、权属登记资料等基础地理信息,为测量提供参考依据。飞行参数设计需结合宅基地分布特点个性化制定,飞行高度根据地面分辨率要求确定,确保影像地面采样距离满足精度指标;飞行速度与影像曝光间隔精准匹配,避免运动模糊影响测量质量;航向重叠率设为65%至80%,旁向重叠率设为40%至65%,兼顾建模效率与测量精度。像控点布设采用“均匀分布+重点加密”方法,在测区边缘与地形变化区域适当加密,点位选择通视良好、标志稳定的位置,采用高对比度、耐久性强的标识材料,确保外业识别与内业刺点精度,为后续测量数据校正提供可靠依据。

### 2.2 外业数据采集实施方法

无人机航线规划根据测区形状与障碍物分布,采用网格状或环绕式航线,确保宅基地影像覆盖无遗漏且重叠区域符合设计要求。飞行实施前必须执行全面设备检查流程,包括无人机电动力系统、倾斜相机曝光参数及POS系统通信状态,排除设备故障风险。影像采集过程中同步进行质量把控,重点检查影像清晰度、色彩一致性及重叠度,对模糊、曝光异常或重叠不足的影像立即补拍,避免影响后续测量处理。POS数据需全程完整记录,

飞行结束后立即导出并校验,通过比对GNSS观测值与IMU积分结果验证位置与姿态数据可靠性,确保外业测量数据的有效性。

### 2.3 内业数据处理核心方法

影像预处理是提升测量精度的关键环节,首先利用相机检校参数进行畸变校正,消除镜头误差对几何精度的影响;随后通过色彩均衡处理统一多视角影像色调,避免光照差异导致模型纹理失真。三维建模采用自动化与人工干预结合的方法,依托多视影像匹配软件自动完成空三加密、密集点云生成及数字表面模型构建,最终通过纹理映射生成实景三维模型<sup>[2]</sup>。模型精度优化阶段,导入外业像控点坐标进行刺点修正,对房屋边角等局部变形区域手动调整,确保模型几何精度符合宅基地测绘规范。

### 2.4 地籍要素精准采集方法

矢量数据提取基于三维模型开展交互式采集,界址点定位采用“高程+平面”双校验方法,结合模型高程信息与平面位置确保点位精准;房屋轮廓勾绘严格依据模型反映的建筑物特征,做到轮廓清晰、边界准确;围墙、棚舍等附属设施单独标注并详细记录空间位置。属性信息标注通过“权属资料关联+外业调查补充”的方法完成,全面记录权属人名称、土地用途、建筑层数等关键信息,确保成果数据完整且逻辑一致。成果图编制严格遵循地籍测绘规范,地籍图重点突出宅基地权属边界与空间关系,房产分户图细化至单栋房屋内部结构与分户信息,满足不动产登记需求。

### 2.5 精度验证与补测完善方法

界址点精度检测采用“实测比对”方法,通过全站仪或RTK设备实测部分界址点坐标,与模型采集坐标比对分析,点位中误差需满足对应比例尺测绘精度要求。面积测算误差分析采用几何算法与模型量测法双检核,对面积差异超限区域查明原因并及时修正。遮挡区域补测采用“分类处理”方法,树木遮挡区域优先通过外业补飞获取影像,建筑物遮挡区域则结合实地测绘完善数据,确保宅基地测量成果的完整性。

## 3 提升测量质量的关键技术要点

### 3.1 像控点布设优化方法

像控点布设采用“地形适配”优化策略,根据测区地形特征与模型精度需求动态调整分布密度。平坦区域适当放宽布设间隔以提升效率,山地或宅基地密集区则加密控制点约束模型变形。标识物选择遵循“耐久+易识别”原则,优先采用反光材料或标准化靶标,避免使用易受环境干扰的临时标记。针对植被覆盖区域,实施“障碍清理+高度提升”处理,清理标识物周边障碍物并提高标记高度,确保外业观测与内业刺点的可操作性。布设前开展地形预分析,识别高程突变带与地物密集区,针对性强化控制网络覆盖,为测量提供精准基准。

### 3.2 飞行参数动态调整

飞行参数设置需建立在地形自适应机制基础上,实现高度、速度与重叠率的协同优化。在山地测区,飞行高度应随地形起伏动态调整,保持相对恒定的成像视角;平原区域则可采用固定高度飞行以简化操作流程。速度参数需与影像曝光周期匹配,避免

因飞行过快导致运动模糊。复杂区域的重叠率设计需突破常规标准,在建筑物密集区或地形转折处,通过提高航向与旁向重叠率增强影像冗余度,为空三加密提供更可靠的几何约束。航线规划阶段应预判障碍物分布,对高大建构筑物设置安全缓冲距离,必要时采用环绕飞行模式获取完整影像覆盖。

### 3.3 三维模型精度控制

模型精度保障需贯穿空三解算与纹理映射全流程。空三处理阶段应严格校正相机畸变参数,消除光学误差对几何定位的影响;特征匹配环节采用多尺度算法增强弱纹理区域识别能力,提升空三加密的可靠性。纹理失真修正可通过局部替换与色彩融合技术实现,针对遮挡或光照差异导致的纹理断裂,导入外业补拍影像进行修复。对于模型拉花问题,可结合密集点云数据施加几何约束,通过平滑处理算法恢复真实地表形态。精度优化过程应建立“检测-修正-验证”的闭环机制,确保模型几何精度符合规范要求。

### 3.4 多源数据融合

多源数据融合需解决空间基准统一与信息互补两大核心问题。倾斜影像与正射影像的协同处理应建立严格的几何配准关系,前者提供立体细节信息,后者构建宏观地形框架,二者融合可生成兼具平面精度与立体表现力的复合模型。传统测量数据与三维模型的叠加分析需完成坐标系统转换,将RTK实测点转换至模型坐标系后,通过点云配准技术实现空间对齐。融合成果可应用于精度验证环节,利用全站仪观测数据修正模型局部误差,形成“数据采集-模型构建-精度优化”的完整技术链条<sup>[3]</sup>。这种融合模式既发挥了无人机测绘的效率优势,又保留了传统测量的精度特性,实现了测量成果的提质增效。

## 4 测量技术的优势与应用价值

### 4.1 大幅提升测量效率

传统宅基地测量中,外业人员需徒步逐点测量,工作强度大、耗时久。无人机倾斜摄影技术则实现效率突破,外业采用“无人机航测+少量像控点布设”模式,无人机按预设航线快速飞行,短时间内覆盖大面积区域,外业人员无需逐点测量,仅需完成设备检查与像控点布设,大幅缩短外业时间。内业依托自动化建模软件,自动完成空三加密、点云生成、模型构建及矢量提取,减少人工干预,内业处理效率提升50%以上,整体测量周期较传统方法缩短60%,可快速响应宅基地测量需求。

### 4.2 显著优化测量成本

人力成本方面,传统测量需配备多名专业人员,无人机技术仅需2-3人即可完成外业作业,人力需求大幅降低。设备成本上,

无人机与建模软件的综合投入低于多套全站仪、RTK设备的购置与维护成本,长期使用经济性显著。隐性成本方面,传统测量周期长,易因政策变化、土地纠纷导致重复测量;无人机技术快速完成测量,及时提供准确数据,有效避免重复作业,降低隐性成本。综合测算,采用无人机倾斜摄影技术的宅基地测量成本可降低40%左右。

### 4.3 保障测量成果质量

三维模型的直观性是核心优势之一,传统测量成果多为二维图纸,难以直观反映宅基地实际状况;无人机技术生成的实景三维模型,立体呈现宅基地地形、房屋轮廓及附属设施,可多角度观察,为权属确认、边界争议解决提供直观依据。数据精度方面,通过优化像控点布设、飞行参数及处理流程,界址点中误差可控制在5cm以内,面积测算误差满足不动产登记要求,为宅基地确权登记提供坚实数据支撑。

### 4.4 拓展测量应用场景

在农村规划与土地管理中,无人机测量可快速获取宅基地现状数据,为村庄规划、土地利用规划提供基础支撑,助力土地资源合理利用。灾害应急响应中,无人机可在灾后1-2小时内抵达现场,获取受灾区域影像并生成三维模型,快速评估宅基地受损情况,为应急救援与灾后重建提供决策依据。动态监测方面,定期采用无人机对宅基地进行航测,对比不同时期模型变化,可及时发现违法用地、房屋改建等情况,提升农村土地管理精细化水平。

## 5 结束语

无人机倾斜摄影应用于房地一体化农村宅基地测量,在效率、成本、成果质量及应用场景拓展等方面优势尽显。通过优化像控点布设、动态调整飞行参数、控制三维模型精度及融合多源数据等关键技术,测量质量得到有效提升。此方法契合农村宅基地测量实际需求,为农村规划、土地管理、灾害应急等工作提供有力支撑,在农村土地管理领域具备广阔的应用与推广空间。

### [参考文献]

- [1] 韦晓玲. 基于无人机倾斜摄影测量的农村房地一体测量研究[J]. 智能城市, 2021, 7(21): 58-59.
- [2] 樊艳梅. 无人机倾斜摄影的房地一体化农村宅基地测量方法浅谈[J]. 华北自然资源, 2021(4): 64-65.
- [3] 傅达好. 基于无人机倾斜摄影的房地一体化农村宅基地测量方法研究[J]. 工程建设与设计, 2021(14): 110-113.