

倾斜摄影测量与背包扫描技术相结合的不动产测绘研究

马华宇

河南建筑职业技术学院

DOI: 10.12238/jpm.v5i8.7128

[摘要] 不动产测绘作为一项重要的基础性测绘工作，其技术的发展与改进能够最大限度提升土地利用效率以及不动产登记效率，传统的不动产测绘技术手段包括全站仪测站法、GNSS-RTK方法，存在作业效率低、耗时耗力等缺陷。基于此，本文以某不动产测绘项目为依托，设计与实现了一整套融合无人机倾斜摄影测量技术与移动背包三维激光扫描系统的不动产测绘混合作业方法。通过分析试验结果精度得知，基于新型测绘技术的不动产测绘能够有效提升作业效率，两种技术采集的不动产数据的平面中误差均满足一级界址点精度要求；同时，相较于单一的作业技术手段，融合两种测绘技术的不动产测绘新方法采集不动产数据更加完整，较单一作业技术手段的不动产测绘成果精度更高。

[关键词] 不动产测绘；倾斜摄影测量；背包三维激光扫描；融合；精度评价

Real estate mapping research of tilt photogrammetry combined with backpack scanning technology

Ma Huayu

Henan Vocational and Technical College of Architecture

[Abstract] As an important basic surveying and mapping work, the development and improvement of its technology can maximize the land utilization rate and the efficiency of real estate registration. The traditional real estate surveying and mapping technology includes the whole station measurement method and GNSS-RTK method, which has defects such as low operation efficiency, time consumption and force consumption. Based on this, based on a real estate surveying and mapping project, this paper designs and realizes a complete set of real estate surveying and mapping hybrid operation method integrating UAV tilt photogrammetry technology and mobile backpack 3-dimensional laser scanning system. By analyzing the accuracy of the test results, the real estate mapping based on the new mapping technology can effectively improve the operation efficiency, and the accuracy of the real estate data and the accuracy is higher than the single operation method.

[Key words] real estate mapping; tilt photogrammetry, backpack 3 D laser scanning; fusion; accuracy evaluation

1 引言

不动产权籍调查是通过多种技术手段获取不动产资源与权利信息的工作，不动产测绘是获取不动产信息的重要基础之一^[1-2]。常用的不动产测绘方法主要有两种传统测绘技术，分别为全站仪测站法以及全球定位系统 (Global Positioning System, GPS)-网络实时动态载波相位差分技术 (Real Time Kinematic, RTK)。传统测绘技术手段主要存在外业强度大、作业速度慢、内外协同效率低下等问题，严重影响不动产统一登记的进度与质量。近年来，以无人机倾斜摄影测量技术、三维激光扫描技术为代表的新型测绘技术逐渐应用于地籍测量以及不动产测绘中，测绘新技术凭借作业效率高、覆盖面广、采集数据全等优势，有效弥补传统测绘手段的一些不足之处^[3-5]。考虑现有测绘新技术的优势，本文依托某不动产测绘项目，设计一整套基于无人机倾斜摄影测量技术与移动背包激光扫描技术的不动产测绘混合作业新方案。对于背包激光扫描仪无

法获取的建筑物顶部信息，可采用无人机倾斜摄影测量技术进行采集，通过结合两种作业技术手段的优势，最大程度采集完整的不动产数据，保证成果精度。通过对比分析不同作业测绘技术作业的成果精度，检验两种技术混合作业的优势。

2 基于测绘新技术的不动产测绘

2.1 倾斜摄影测量技术

无人机倾斜摄影测量工作原理如图1所示，该技术是在摄影测量技术的基础上发展与改进而来，具备更加宽广的视场角、更多的分辨力以及更加丰富的纹理影像数据。无人机倾斜摄影的平台为无人机，通过携带传感器从五个视角获取地表影像数据，最终生产得到三维实景模型。如图1所示为无人机倾斜摄影测量数据处理以及应用于不动产测绘的技术流程，包括外业数据采集、内业数据处理以及基于实景模型的不动产数据采集。

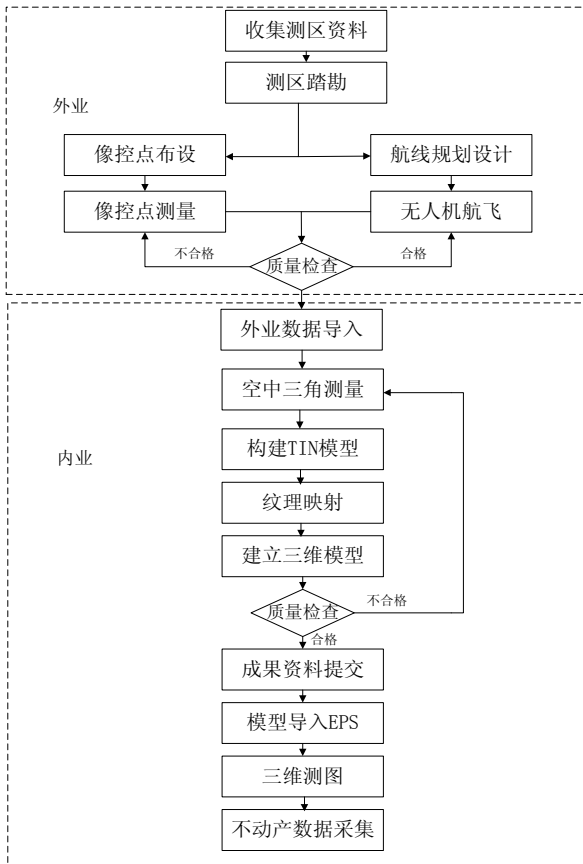


图 1 无人机倾斜摄影测量数据处理流程

2.1.1 外业数据采集

在进行无人机航摄作业前，首先检查仪器设备以及装置的检查，确保设备安装与各种参数设置的正确性。收集测区的地形、地貌信息，根据收集信息确定航摄路线以及像控点布设位置，其中像控点不舍得基本原则为：在测区内均匀布设，且尽量布设在旁向重叠线中线附近^[7-8]。完成像控点布设后，使用高精度测绘技术手段获取像控点平面坐标，为保证航摄影像质量，选择有利的气象条件开展航摄。

2.1.2 内业数据处理

首先对外业采集数据进行预处理，过程包括影像纠正、格式转换以及匀色处理等，无人机倾斜摄影测量中至关重要的一步就是空中三角测量，该步骤是串联航测外业与内业的一个关键^[9]。对影像进行密集匹配，从而减少空三解算后的冗余数据，构建完不规则三角网后，映射纹理信息至白模表面，获取具有纹理与分辨信息的实景模型。对于生产的三维实景模型，将 LOD 分层设置为 20 层以上，实现数据快速加载与浏览。

2.2 移动扫描背包数据采集与处理

移动扫描背包技术具备大数据、速度快、易操作以及精度高等优势，能够在短时间内获取海量点云数据，是新时代测绘领域的高新技术^[10]。虽然目前移动扫描背包技术已经在不动产相关项目中得以应用，但是至今没有形成统计的技术标准，本文以实际项目为依托，设计并实现了基于移动背包扫描技术的不动产测绘方法。

2.2.1 HERON 移动背包激光扫描系统工作原理

HERON 移动背包激光扫描系统的主要组成部分包括高精度全球导航卫星定位系统、IMU 惯导系统、2 个激光扫描仪以及 5 个高清相机，系统根据多系统集成以及支持 SLAM 能够在短时间内采集彩色点云数据与照片。该系统基于 IMU 结合点云配准算法的定位方式，扫描点云精度能够达到 5cm。

2.2.2 HERON 移动背包激光扫描系统测量方法

Pegasus Backpack 移动扫描背包的外业数据采集包括 5 个部分，分别为基站架设、背包初始化、移动测量、控制点测量以及数据处理与分析，具体步骤为：

(1) 在测区一定范围内已知控制点上架设 GNSS 接收机，设置为静态模式，静态 GNSS 接收机作业时需覆盖背包扫描测量时间，将静态 GNSS 观测数据作为基站数据；

(2) 在测区内开始移动扫描背包仪并进行初始化，当满足惯导系统正常启动、天线接收机信号稳定时开始扫描作业，作业按照规划路线前进并尽可能包含被测量目标四周；

(3) 使用传统高精度测绘手段采集测区内特征点坐标，用于背包扫描行驶轨迹的纠正；

(4) 将 GPS 数据、惯导数据等观测数据导入计算机中，使用 Inertial Explorer 软件进行数据解算与照片拼接；

(5) 使用控制点对背包行驶轨迹进行纠正，最后根据纠正轨迹解算原始点云数据并输出符合要求的测区点云数据。

2.2.3 HERON 移动背包激光扫描系统不动产测绘

根据 HERON 移动背包激光扫描系统的数据采集与处理特征以及不动产测绘的技术要求，将 HERON 移动背包激光扫描系统应用于不动产测绘中。向 EPS 三维测图软件中加载扫描点云，通过对点云进行切割后，能够获取所有建筑物的高精度轮廓。HERON 移动背包激光扫描系统应用不动产测绘中的流程如图 2 所示。

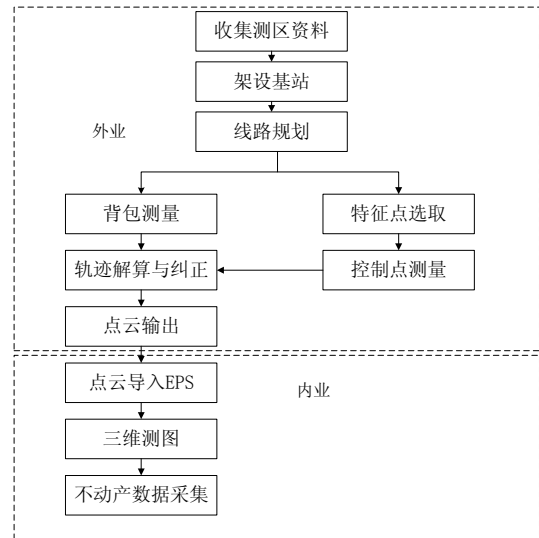


图 2 移动背包扫描的不动产测绘方法

3 试验与结果分析

3.1 试验区范围

本文以某不动产测绘项目为例进行试验，试验区范围约为 0.32km²，预估宗地数为 130 宗，使用无人机倾斜摄影测量技术与移动扫描背包技术对试验区进行测绘试验，并使用高精度全站仪与 RTK 测量检查不动产测绘成果精度。

3.2 试验步骤与结果

根据试验区地形、地貌特征进行无人机航线规划，航摄规划时避免高压电力线等危险源，本次项目使用大疆 M300 RTK 无人机搭载赛思 PS-DK102S 五镜头倾斜摄影相机进行试验区影像数据采集；使用 HERON 移动背包激光扫描系统进行试验区点云数据与照片采集。具体试验步骤为：

(1) 选定目标区域，分别使用赛思 PS-DK102S 倾斜摄影测量系统与 HERON 移动背包激光扫描系统进行试验区数据采集，倾斜摄影测量作业过程中的参数设置包括：无人机飞行高度约为 60 m，旁向重叠度与航向重叠度均为 75%。



(a) 倾斜模型



(b) 点云数据



(c) 二者融合

图 3 倾斜模型与点云数据

(2) 在 Context Capture 软件中导入航摄 POS 数据、照片数据以及像控点，通过空三解算、TIN 网构建以及纹理映射等操作生成 OSGB 数据格式的三维实景模型数据，如图 3 (a) 所示，可以看到模型整体效果较好，模型中地物没有明显变形。

(3) 对 HERON 移动背包激光扫描系统的扫描轨迹进行后差分解算，并使用控制点纠正扫描轨迹，将数据导入 Pegasus Manager 软件中生成全景照片与点云数据，部分点云数据如图 3 (b) 所示。

(4) 将三维实景模型数据以及点云数据导入清华山维 EPS 三维测图软件中，采集三维地物界址点，采集过程中，通过旋转不同视角提取矢量数据，不同房屋类型选用的不同的数据提取方法，部分不动产测绘成果如图 4 所示。



图 4 基于倾斜模型与点云的不动产测绘成果

3.3 精度评价

在实验区内随机均匀、特征明显的检核点，使用高精度全站仪+RTK 工作模式，作为对比数据，精度检核统计结果见表格 1 所示。

在试验区均匀选取了具有代表性的平面检核点 37 个，精度统计计算平面点位中误差为

3.7 cm，最大较差为 9.3 cm，最小较差为 1.6 cm。平面点位较差分布如图 5 所示。

表格 1 精度检核汇总

系统	点位最大较差	点位最小较差	点位中误差	间距最大较差	间距最小较差	间距中误差	高程最大较差	高程最小较差	高程中误差
背包扫描系统	9.3	1.6	3.7	4.3	1.5	3.9	10.3	2.1	4.8

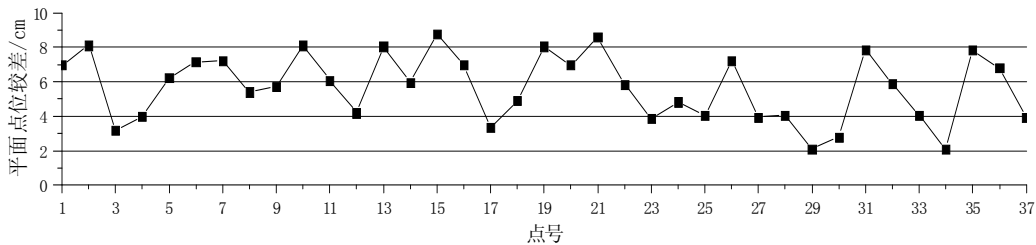


图 5 平面点位精度统计

间距检核共计选取 41 条，经过计算间距中误差 3.9cm，最大间距较差 4.3cm，最小间距误差 1.5cm，间距较差分布如图 6 所示。

高程点选择 46 处。经计算较差中误差 4.8cm，最大较差 10.3cm，最小较差 2.1 cm。高程较差具体分布如图 7 所示。

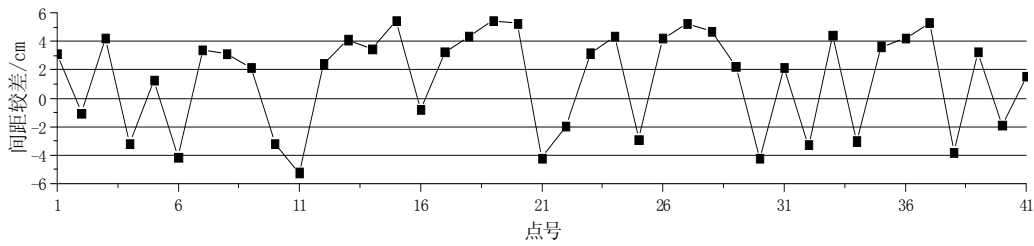


图6 间距精度统计

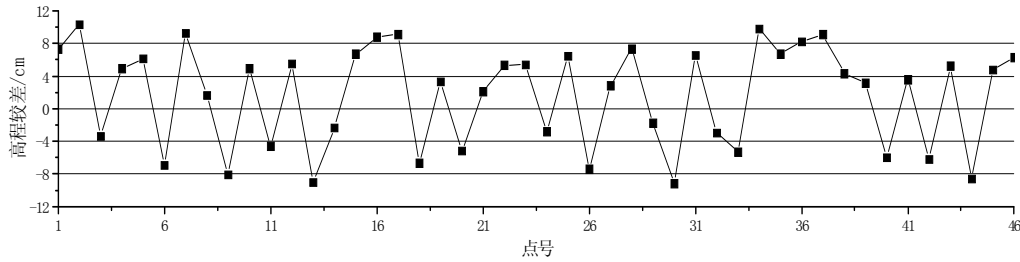


图7 高程精度统计

由表格 1、图 5、6、7 可知，使用全站仪测量对不动产测绘成果的几何精度进行检测，自然资源部发布《地籍调查规程》(TD/T1001-2012) 中规定一级界址点中误差不大于 5cm。证明了倾斜摄影测量技术与移动背包技术融合能满足不动产测绘常规任务。

在测区内均匀选择 30 个检查点分别对基于单一无人机倾斜摄影测量技术的不动产测绘成果、基于移动扫描背包测量的不动产测绘成果以及基于二者融合的不动产测绘成果进行精度检验，统计三种测量方法的残差与中误差，分别如表 2 所示。

表格 2 三种测量方法不动产测绘成果精度统计

测量方法	中误差
无人机倾斜摄影	4.23
移动背包扫描	4.89
人机倾斜摄影+移动背包扫描	4.03

通过表 2 可知，三种测量方法所得不动产测绘成果均满足规范要求，无人机倾斜摄影较移动背包扫描获取成果精度更高，但是移动背包扫描技术具有更高的数据处理效率。无人机倾斜摄影与移动背包扫描融合的测绘方式得到的不动产测绘精度最高，通过实践经验得出主要原因在于融合方法集合了空地一体数据采集方式，移动背包扫描可以弥补测区植被茂盛或者建筑物遮挡时，无人机倾斜摄影无法获取房屋不动产底部数据的缺陷。

3.4 效率分析

表格 3 效率统计 (单位: h)

工作内容	倾斜摄影测量+Heron 移动背包技术	全站仪+RTK 传统测量技术
踏勘前准备	0.5	0.5
外业采集	8.5	36.5
点云解算+ 倾斜模型生成	7	-
内业采集	16	16
调绘补测	8	8
数据编辑	8	8

巡视检查	2	2
修改成图	2	2
合计	52	73

为比较两种工作模式的效率，由两位经验丰富的工程师对试验区采用全站仪并辅助以 RTK 等传统设备进行实测，将其作为对照组，统计结果见表 3。由表格 3 汇总的工作时间可知，倾斜摄影技术配合背包扫描技术，比传统方法测量效率提高将近 0.5 倍。无人机结合移动背包与传统手段相比，内业采集时间相近，外业工作时间大幅缩减，使得工作受外界干扰因素的可能性降低，且所有工作皆可能单兵完成。

4 结论

本文以某不动产权籍调查项目为依托，设计一套基于无人机倾斜摄影测量技术与移动背包扫描技术的不动产测绘混合作业新方法，对两种作业技术手段以及混合作业手段进行几何精度验证，得出的结论主要有：

(1) 不动产测绘中引入无人机倾斜摄影测量与三维激光扫描，不仅更加直观准确地反映出真实三维场景，使产权内同表达更加清晰，同时解决落宗关联速度慢、信息定位不准确等问题，对于场景中其他地物现状的反映也更加直观与真实。

(2) 两种测绘新技术在不动产测绘中的应用均具有可行性，两种技术采集的不动产数据的平面中误差均满足一级界址点精度要求，在精度满足要求的前提下提升了作业效率，与此同时对于作业设备以及作业人员的素质也提出了更高的要求。

【参考文献】

[1]冷辉辉.基于测绘新技术的农村不动产测绘应用对比[J].测绘技术装备, 2022, 24(04): 60-64.

[2]李通,刘广彬,密兴刚等.移动三维激光扫描仪在建筑工程不动产测绘中的应用[J].北京测绘, 2022, 36(07): 892-896.

作者简介:马华宇(1981.8—)男,汉族,河南郑州人,硕士研究生学历,讲师,研究方向为测绘工程职业教育,测绘新技术应用。

项目名称:河南省职业教育教学改革研究与实践项目(豫教【2023】03016)