

# Analysis of the Application of UAV Tilt Photogrammetry Technology in Cadastral Survey

Xin Tong

The First Surveying and Mapping Institute of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Changji, Xinjiang, 831100, China

## Abstract

Aiming at the problems of high cost, low efficiency, long production cycle and high work intensity of cadastral mapping method in traditional cadastral survey, this paper discusses the cadastral mapping scheme based on UAV tilt photogrammetry technology. Firstly, the image is collected by UAV tilt photography, and then the image is processed to generate a real three-dimensional model. On this basis, the surface features are collected, and finally the accuracy of the collected results is verified and analyzed. The results show that this method not only meets the requirements of technical specifications, but also reduces human and material resources and improves efficiency. It is worth popularizing in cadastral investigation.

## Keywords

UAV tilt photography; cadastral survey; real 3D model; 3D mapping; accuracy evaluation

## 浅析无人机倾斜摄影测量技术在地籍调查中的应用

佟鑫

新疆维吾尔自治区第一测绘院, 中国·新疆 昌吉 831100

## 摘要

针对传统地籍调查中地籍图测绘方法成本高、效率低、生产周期长、工作强度大等问题, 论文探讨了基于无人机倾斜摄影测量技术的地籍图测绘方案。首先通过无人机倾斜摄影采集影像, 然后对影像进行处理生成实景三维模型。在此基础上, 进行地物采集, 最后对采集的成果精度进行验证和分析。选取某市一个村庄进行试验, 结果表明, 该方法不仅成图精度满足技术规范要求, 而且降低了人力物力, 提高了效率, 值得在地籍调查工作中推广使用。

## 关键词

无人机倾斜摄影; 地籍调查; 实景三维模型; 三维测图; 精度评定

## 1 引言

地籍调查是获取和管理土地信息的一项重要工作, 通过权属调查和地籍测量, 查清每一宗土地的权属、界线、面积、用途和位置等情况, 形成地籍调查的数据、图件等调查资料, 为土地产权的保护、土地政策的制定和土地的合理利用提供基础资料, 从而达到更好地管理土地的目的。传统地籍调查工作在权属情况调查结束后, 使用测绘仪器人工野外测量界址点, 再内业结合草图绘制地籍图。此方法耗费大量人力物力、成本高、效率低、生产周期长, 易受天气等外部因素影响, 难以满足当今社会对地理信息产品现势性的需求。而传统摄影测量只能通过无人机航拍获取正射影像, 受正射影像数据二维属性的限制, 无法得知地物立面信息, 导致内业数据采集时存在诸如建筑物层数不详、房檐改正等问

题, 仍需要大量的外业测量工作, 工作效率较传统地籍测量方法并没有显著提高。

近些年, 随着无人机倾斜摄影测量技术的迅速发展, 其在地籍调查中的应用被越来越多地探索与研究。无人机倾斜摄影测量技术在无人机上搭载多镜头相机进行低空摄影, 获得目标区影像, 将影像进行建模处理, 利用建立的三维模型获取相关地理信息。该方法利用三维数据做支撑实现全方位、立体化还原地物特征, 可有效识别地物立面信息, 减少外业工作量, 提高数据采集效率。同时, 较低的飞行高度、较高的影像重叠度加之 POS 数据和高精度像控点的辅助, 使得无人机倾斜摄影测量技术满足地籍图测绘的精度要求成为可能。

## 2 无人机倾斜摄影测量技术测绘地籍图的技术方法

### 2.1 外业数据采集

航飞采集影像前要进行像控点布设, 像控点布设方案

【作者简介】佟鑫(1984-), 男, 锡伯族, 中国新疆昌吉人, 本科, 工程师, 从事测绘工程、工程测量应用研究。

满足测图精度要求是无人机倾斜摄影测绘地籍图的关键。布设像控点时,要综合考虑无人机像幅大小、航片之间的重叠度和基线长度,使布设的像控点满足测图精度要求。布设像控点的同时可进行检查点采集,根据测区范围大小,确定检查点采集数量,采集的检查点之后用来评定内业数据的精度。航飞采集影像是在飞行平台上设置飞行路线和坐标参数,使无人机沿着先前设定的航线和高度进行数据采集。航飞时要求航向重叠度至少为 60%,旁向重叠度至少为 30%<sup>[1]</sup>。

## 2.2 实景三维模型建立

实景三维模型的建立过程包括数据准备、倾斜摄影空中三角测量、多视影像密集匹配、TIN 网格构建、三维白膜构建以及纹理映射,技术流程如图 1 所示。

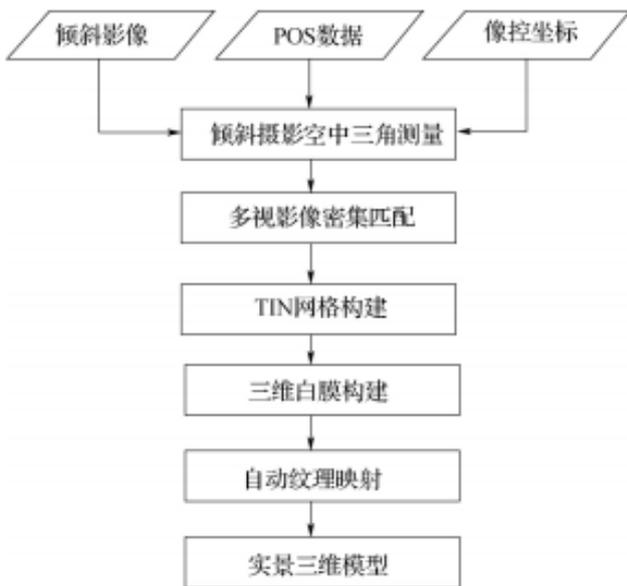


图 1 实景三维模型建立技术流程

构建实景三维模型的关键一步是倾斜摄影空中三角测量,而倾斜摄影空中三角测量的关键一步是同时对影像垂直方向和倾斜方向误差的进行调整。因倾斜摄影技术拍摄的影像有垂直和倾斜多种视角,故需要检查影像是否产生几何形变以及影像之间是否存在遮挡。论文利用从多角度连续拍摄的无人机影像,生成超高密度点云,继而生成高分辨率的具有地表真实场景的三维模型。利用该三维模型可有效识别地物立面信息,减少外业工作量,提高数据采集效率<sup>[2]</sup>。

## 2.3 内业数据采集

无人机倾斜摄影测量技术获得三维模型后,便可以借助三维测图软件对模型中的地物进行数据采集,获取地物的焦点坐标信息和扩展属性信息,然后导入 CASS 软件中进一

步编辑和检查。内业数据采集完成之后,还需要进行外业补测,对内业判读存疑、遮挡严重以及属性信息不明的地籍要素进行检查、纠错与认定。

## 3 试验与结果分析

### 3.1 试验概况

论文以一个地籍调查项目为例,论述无人机倾斜摄影测量技术在项目中的实施过程,并验证成果精度。试验区位于新疆维吾尔自治区的一个村庄,面积约 130000 m<sup>2</sup>。试验区内房屋建筑密集程度不统一,建筑风格不一致,建筑材料、房屋结构也不尽相同。因项目时间短、任务重,要求在保证质量的前提下迅速完成该地 1 : 500 地籍图测绘工作<sup>[3]</sup>。项目使用六翼悬停式无人机搭载五镜头相机进行数据采集,同时获取 1 个垂直视角和 4 个倾斜视角的影像,相对行高设置为 80m,布设 7 条航线,航向重叠度为 70%,旁向重叠度为 60%,均匀布设 27 个像控点,如图 2 所示。



图 2 像控点布设情况和航线设计方案

本次航飞每个镜头拍摄 727 张照片,共计 3635 张照片。然后通过分块构建,自动匹配多视角的影像来构建最优像对模型<sup>[4]</sup>,并生成密集点云,基于这些点云数据完成不规则三角网模型的构建,根据不规则三角网的空间信息,得到最符合影像视角的纹理信息,并自动将这些最佳视角纹理赋予不规则三角网模型,最终输出三维模型成果。本项目生产的实景三维模型如图 3 所示。基于上述模型成果,使用三维测图软件进行内业数据采集,经外业补测和成果整饰,完成地籍图测绘工作。最终采集的成果图如图 4 和图 5 所示。



图 3 实景三维模型成果图



图4 试验区数据采集成果图

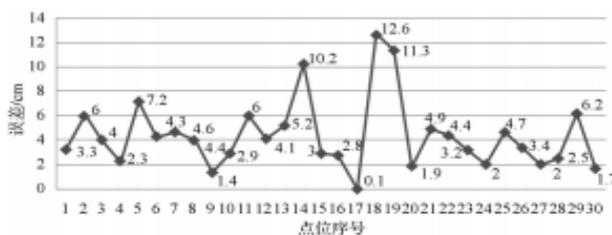


图6 点位序号



图5 试验区数据采集成果局部图

### 3.2 地籍图精度评定

TD T 1001-2012《地籍调查规程》中对界址点精度的有关要求为：一级界址点平面中误差为  $\pm 0.05\text{m}$ ，限差为  $\pm 0.10\text{m}$ ；二级界址点平面中误差为  $\pm 0.10\text{m}$ ，限差为  $\pm 0.20\text{m}$ 。检测的 30 个界址点坐标中误差约为  $\pm 3.7\text{cm}$ ，符合一级界址点对平面中误差的要求。由图 6 可知，最大点位误差为 12.36cm，最小点位误差为 0.1cm，个别点位误差波动较大，说明模型精度的稳定性方面还有待提升，但误差都在二级界址点限差范围之内<sup>[5]</sup>。

## 4 结语

论文探讨了无人机倾斜摄影测量技术测绘地籍图的技术方案，实例验证了该技术测绘地籍图的成果精度，求得测图成果的点位中误差约为  $\pm 3.7\text{cm}$ ，个别点位误差虽有波动，但都在限差之内，精度满足 TD T 1001-2012《地籍调查规程》中对二级界址点的精度要求。同时，该技术打破了传统地籍测量作业模式，将绝大部分外业测量工作转移到内业，极大降低了人力物力，提高了作业效率，值得在地籍调查项目中推广使用。另外，笔者在使用该技术过程中，发现几个有待提高的技术问题。

第一，目前三维建模软件对计算机的配置要求较高，未来可以通过优化建模算法来降低对计算机配置的要求，以便倾斜摄影测量技术的大规模推广使用。

第二，有时三维模型的某些细节如墙角、檐廊等较为模糊，不利于快速出图，针对该问题有待专题研究。

### 参考文献

- [1] 詹长根,唐祥云,刘丽.地籍测量学[M].武汉:武汉大学出版社,2011.
- [2] 马银,郑国强,姚国标,等.基于倾斜摄影的大比例尺地籍测量及精度验证[J].测绘工程,2019,28(1):67-72.
- [3] 郭岚,王春涛,赵元务.无像控无人机倾斜摄影测量在农村地籍测量中的应用[J].测绘与空间地理信息,2019,42(4):216-218.
- [4] 张文静,尉青梅,赵帅.倾斜摄影测量在地籍测量中的应用研究[J].测绘技术装备,2019,21(4):5-10.
- [5] 陈成斌.基于无人机倾斜摄影的房地一体化农村宅基地测量方法[J].测绘与空间地理信息,2020,43(3):197-200.