

# Smart3D 2019 在房地一体倾斜摄影三维中的应用

## Application of Smart3D 2019 in integrated Oblique Photogrammetry of Premises

车登科 王文敏

Dengke Che Wenmin Wang

中煤（西安）地下空间科技发展有限公司 中国·陕西 西安 710199

ARSC Underground Space Technology Development Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710199, China

**摘要：**在房地一体农村宅基地和集体建设用地使用权确权登记项目中，运用倾斜摄影测量技术，可大大提高生产效率，减少成本。为解决倾斜影像数据量巨大，创建实景三维模型效率低下的问题，论文详细阐述了基于 Smart3D 2019 软件进行实景三维建模的技术流程，最后分析了该方法的可行性和优越性。

**Abstract:** In the real estate integration rural homestead and collective construction land use right confirmation and registration project, the use of oblique photogrammetry technology can greatly improve production efficiency and reduce cost. In order to solve the problem of huge amount of oblique image data and low efficiency of creating real scene 3D model, this paper expounds the technical process of real 3D modeling based on Smart3D 2019 Software in detail, and finally analyzes the feasibility and superiority of this method.

**关键词：**倾斜摄影；Smart3D 2019；房地一体

**Keywords:** oblique photogrammetry; Smart3D 2019; the real estate integrated

**DOI:** 10.12346/se.v4i2.6525

## 1 引言

房地一体农村宅基地和集体建设用地使用权确权登记项目（简称“房地一体项目”），是中华人民共和国国务院新形势下关于“三农”工作的重要部署，是深化农村产权制度改革，促进城乡统筹发展的基础性工作。其工作内容主要是根据《不动产单元设定与代码编制规则》和《宗地代码编制规则》要求，编制不动产代码；测量农村宅基地和集体建设用地使用权宗地及地上建筑物；并对集体建设用地、农村宅基地和农村房屋调查；最后公示权籍调查结果，确权登记发证<sup>[1]</sup>。

长期以来，传统的作业模式主要采用全野外数字测图模式。外业劳动强度大、作业效率低、耗工费时、成本高，已不能满足当今发展的需求。倾斜摄影测量是近十几年发展起来的一项高新测绘技术，广泛应用于很多行业，如城乡规划、应急保障、国土管理、公安消防等。该技术通过高效的数据采集设备、专业的自动化数据处理流程以及高精度的实景三

维模型成果，为实现房地一体不动产权籍调查测绘工作提供了一套高效的解决方案。利用实景三维模型，可以获取界址点的坐标、宅基地的面积、房屋和附属设施的边长及相关的属性数据，并可将实景三维模型应用于房地一体确权登记。将原来很多外业工作或者需要外业配合才能完成的工作，都搬到了内业处理，大大提高了工作效率。随着倾斜摄影测量技术在房地一体项目中的广泛应用，相关研究也越来越多，有关于整个作业流程如何实施的研究；有关于采集成果精度分析的研究；有关于如何布摄像控点的研究；等等。论文结合项目生产需求，主要研究了在房地一体项目中，如何快速、高效创建实景三维模型，体现运用倾斜摄影测量技术的优越性。

## 2 房地一体倾斜摄影三维建模存在的问题

基于房地一体的倾斜摄影测量影像数据，为了满足模型数据高精度的采集需求，其地面分辨率一般在 1~2cm 之间，

【作者简介】车登科（1982-），男，中国山西运城人，硕士，高级工程师，从事实景三维建模和BIM建模的数据处理和应用方面的研究。

较之前 5cm 的倾斜影像数据，数据量翻倍甚至呈指数级增长。同样，为了满足精度要求，外业像控点的布设间隔一般为 120m 左右，导致像控点数量成倍增加，人工刺点的工作也会相应增加。指数级增长的倾斜影像数据和密集布设的像控点，给实景三维建模工序，包括空三加密、转刺像控点、创建三维模型等多个流程，都相应增加了几倍甚至几十倍的数据处理时间<sup>[2]</sup>。例如，目前广泛应用的倾斜摄影三维建模自动化处理软件 Context Capture Center 平台，在处理基于房地一体的无人机倾斜摄影测量数据时，空三运算（刺像控点前的自由网运算）一般需要 1~3 遍，耗时较长且通过率低；像控点数量多，刺点工作量大，且不能实时平差，刺点耗时较长。此外，由于影像地面分辨率较高，匹配点云密度大，创建三维模型的时间也较长。鉴于以上几种问题，急需优化作业流程或选择更合适的数据处理平台，才能满足基于房地一体的实景三维模型创建的迫切需求，体现运用新技术的优越性。

### 3 解决方案

#### 3.1 Smart3D 2019 软件的建模优势

近年来，中国倾斜摄影全自动实景三维建模软件的发展也比较成熟，如上海瞰景公司的 Smart3D 2019、泰瑞天际科技公司的 Skyline PhotoMesh、中测智绘公司的 Mirange3D、武汉大势智慧公司的重建大师等软件都已广泛应用于市场，且各有千秋。

论文采用的是 Smart3D 2019 软件（如图 1 所示），该软件是由上海瞰景公司自主研发的，具有知识产权的国产三维建模软件。可以根据用户需求，增加定制化功能<sup>[3]</sup>。

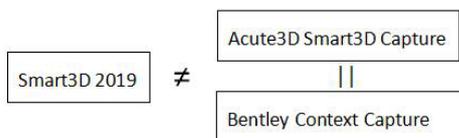


图 1 Smart3D 2019 软件

该软件系统稳定，支持 Linux 及各种国产操作系统。拥有稳健的空三解算算法，空三加密运算一遍通过率达 95%。科学智能的集群化管理，促使实景三维模型创建效率也大幅提高，包括软件自动化处理数据的效率和人工操作效率都显著提高。影像密集匹配点云密度高，建模细节明显改善，噪点悬浮物也内置了参数设置，创建的实景三维模型修补工作明显减少<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 基于 Smart3D 2019 软件的实景三维建模流程

在房地一体项目中，实景三维建模的作业流程如图 2 所示。

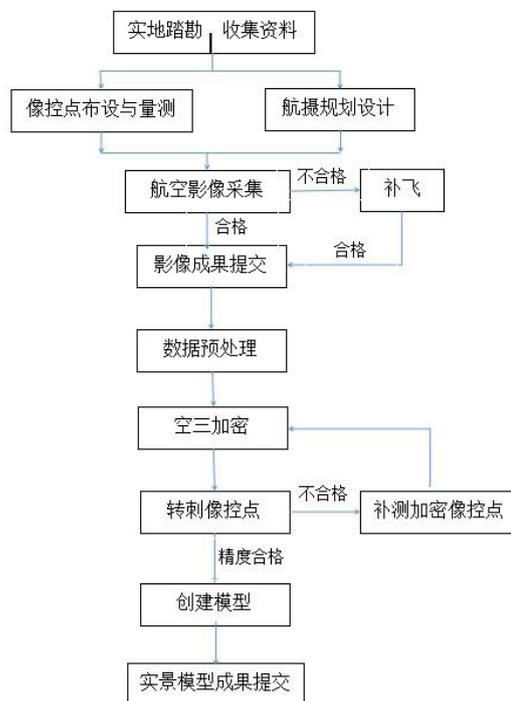


图 2 Smart3D 2019 实景三维建模流程

#### 3.2.1 项目概述

为贯彻落实 2020 年中央和省委 1 号文件精神，根据《安徽省自然资源厅财政厅住房和城乡建设厅农业农村厅关于进一步推进全省房地一体农村宅基地和集体建设用地使用权确权登记颁证工作的通知》（皖自然资〔2019〕212 号）文件要求，全面启动房地一体农村宅基地和集体建设用地确权登记颁证工作，力争 2020 年底前完成权籍调查任务，2021 年底完成权籍调查数据整合与汇交。

本项目测区包含 4 个乡镇、55 个行政村（居委会），权籍调查区域面积 301km<sup>2</sup>。涉及农村宅基地约 41963 户、集体建设用地约 185 宗。该项目工期时间紧，作业任务重，迫切需要探索一种新的高效作业模式。随着无人机技术、倾斜摄影测量技术以及三维模型测图技术的不断发展与完善，将倾斜摄影测量技术应用到房地一体项目中，可打破原来人海战术的测量模式，大大提高生产效率。论文选用 Smart3D 2019 软件平台，基于高分辨率的倾斜摄影测量影像数据，生成高精度的实景三维模型成果，用于采集地籍数据与不动产房屋数据<sup>[5]</sup>。

#### 3.2.2 航空摄影与像控布设

外业航飞工作开始前，首先要进行测区环境踏勘，然后进行航线规划设计。航线设计时，应尽量避开禁飞区、障碍物、险恶地形等复杂地理环境区域。依据项目设计书，为了满足成果数据的精度要求，倾斜摄影地面分辨率应优于 1.5cm。航高根据航飞区域的建筑物高度、地面分辨率，现场周边情况综合考虑设计。航高设计公式如下：

$$h = f \times \text{GSD}/a$$

式中,  $h$  为相对飞行高度;  $f$  为镜头焦距;  $a$  为像元尺寸; GSD 为地面分辨率。考虑测区房屋的密集程度, 航向、旁向重叠度都设置为 80%。

外业航飞采用飞马 D200 型无人机, 获取倾斜影像数据。飞马 D200 无人机采用四旋翼布局, 集成了高精度差分 GNSS 模块, 差分 GNSS 模块可以提供高精度的初始位置信息, 从而保证航线的稳定性, 并有效减少外业控制点的数量, 提高生产效率。该平台可以灵活挂载多种飞行任务载荷, 续航时间长、机动性能好、飞行姿态平稳。其配套的无人机管家软件系统具有航线设计、飞行作业、数据解算等多种功能, 操作简单, 数据可靠<sup>[6]</sup>。另外, 飞马 D200 型无人机的变高飞行功能可以在地形起伏较大的区域保持相对航高基本一致, 可有效解决本测区部分山区的高分辨率影像数据获取难题, 从而保证影像的分辨率基本一致<sup>[7]</sup>。其中, 表 1 为 D-OP300 倾斜模块参数。

表 1 D-OP300 倾斜模块参数

相机型号	SONY ILCE-6000
相机数量	5
传感器尺寸	23.5mm × 15.6mm
相机倾斜角度	45°
有效像素	1.2 亿 (2400 万 × 5)
镜头焦距	下视 25mm, 斜视 35mm
重量	1.45kg

在房地一体农村宅基地和集体建设用地确权登记项目中, 为了满足数据成果高精度的需求, 像控点布设较多, 一般需要布设地标标志。像控点的布设原则为, 周围根据分区边缘形态布设, 中间均匀加密布设。像控点全部布设为平高点, 按每隔 150m 布设一个控制点。对于地形起伏高差较大、大面积植被及面状水域特征点非常少的区域, 需要酌情增加控制点数量。控制点测量完成后, 要及时制作控制点点位分布略图、控制点点之记, 便于内业刺点使用。点位多采用白色“L”形状油漆标; 需要现场做地面布标并测量后, 尽快安排航飞, 以免地标被破坏。

倾斜摄影测量航飞时, 要尽量选择碧空无云的晴朗天气, 在飞行前做好航摄设备检查维护。地籍子区内的村庄尽可能在同一架次或相似的气候条件下执行航飞任务。倾斜摄影过程中要做好数据保存工作, 以乡镇名称 + 分区名称 + 日期 + 架次的方式, 命名存储航测影像数据的文件夹<sup>[8]</sup>。

飞行完成后, 整理影像、POS 数据。使用影像预处理软件, 检查照片数量与 POS 数量是否一一对应, 并剔除外扩多余照片, 减少数据冗余, 提高内业处理效率。

### 3.2.3 空三加密运算

在倾斜摄影测量自动化三维建模处理平台中, 空三加密运算是自动完成的, 采用光束法区域网整体平差。即以一张像片组成的一束光线作为一个平差单元, 以中心投影的共线方程作为平差单元的基础方程, 通过各光线束在空间的旋转

和平移, 使模型之间的公共光线实现最佳交会, 将整体区域最佳地嵌入到控制点坐标系中, 从而恢复地物间的空间位置关系。作业时, 利用 POS 提供的多视影像的外方位元素作为初始值, 采用 ASIFT, SIFT 算法来进行多视影像的特征点匹配, 以获取不同影像之间的连接点。利用倾斜摄影测量影像连接点的像点坐标, 结合像控点, 通过严密的平差计算, 得到连接点的地面坐标和多视影像的外方位元素, 输出空三加密成果<sup>[9]</sup>。

本项目测区位于安徽省西南部, 大部分属平原圩垸地貌。航线设计分区基本上采用的是按居民地聚集区进行划分, 四个乡镇共划分约 400 个分区, 每天可飞 5~8 个分区, 外业航飞时间约 3 个月。内业处理空三运算时, 基本上与外业航飞分区一致, 每个分区的影像数量约 1 万张左右, 个别大的分区 (影像数量约 3 万~5 万张) 进一步分块进行处理<sup>[10]</sup>。

倾斜摄影自动化建模采用的软件为 Smart3D 2019, 相比之前广泛应用的 Context Capture Center (简称“CC”) 软件, 空三算法进行了优化, 大大提高了空三运算的通过率。原来在 CC 平台下需要迭代处理 1~3 遍的空三加密运算, 现在只需要一遍即可通过。空三加密运算采用内存配置为 64GB 的节点机, 共 10 台 (如图 3 所示)。Smart3D 2019 运算引擎可以一机多开, 开多少和硬件配置高低有关。内存配置 64GB 的节点机, 每台电脑可同时开 2 个运算引擎, 10 台节点机就相当于 20 个节点。每天可处理约 15~20 个分区的空三自由网运算。在人工刺点足够快的前提下, 每天可完成 10~20 个分区的空三加密运算。Smart3D 2019 人工转刺像控点时, 可实时平差, 大大提高了刺点的效率。由于其稳健的高鲁棒性算法, 同一个分区, 匹配的连接点数量是 CC 平台匹配数量的 5~10 倍。匹配连接点误差小于 0.5 个像素, 像控点平差精度较 CC 平台的精度也有所提高<sup>[11]</sup>。



图 3 空三运算

### 3.2.4 实景三维模型创建

利用影像多视角密集匹配的结果, 由空中三角测量建立的影像之间的三角关系构成三角 TIN, 再由三角 TIN 构成白模。自动化建模处理软件从影像中计算相对应的纹理, 并自动将纹理映射到白模上, 最终形成实景三维模型 (如图 4 所示)。Smart3D 2019 软件三维模型创建也可以实现一机多开。综合考虑建模参数和 tile 大小, 节点机内存配 32GB

的计算机,只开一个运算引擎;内存配64GB的计算机,可以一机开2个引擎进行运算<sup>[12]</sup>。

这样较之前CC平台建模的效率也可提高1~2倍。高密度的匹配连接点,改善了一些模型细节;同时贴图也更鲜艳、模型底部无悬浮物、拉花漏洞减少;这些都更有利于后面的房屋数据采集工作<sup>[13]</sup>。



图4 实景三维模型

#### 4 可行性分析

通过本项目的实践,从以下两个方面验证了应用Smart3D 2019软件处理房地一体倾斜影像数据的优越性。

①面对房地一体超大数据量的倾斜影像数据。Smart3D 2019稳健的空三运算,人性化的集群设置;在人工参与能够保障的前提下,较原来CC平台的空三运算速度可提高几倍,甚至几十倍。

②面对房地一体对实景三维模型数据高精度的需求。高密度点云和实时平差,大大提高模型数据的精度。刺点实时动态显示,误差超限提醒,减少了误差的积累;刺点过程也是检查过程,作业和质检高效二合一。

该方案运用新型测绘技术,提高了生产作业效率,降低了生产成本,通过实际生产证明是可行的。

#### 5 结语

无人机倾斜摄影测量技术凭借其原始数据获取快速、高效,成果数据精度高的特点,在房地一体农村宅基地和集体建设用地使用权确权登记项目中得到了广泛应用。但其原始影像数据量巨大,严重影响实景三维模型创建效率,成为自动化处理房地一体倾斜摄影数据的一个瓶颈,限制了后面作

业流程的生产效率。论文选用Smart3D 2019软件,一方面提高了空三运算通过率,加快了空三加密运算步骤;另一方面智能化的集群管理,也大大提高了建模效率。通过项目实践,运用该平台进行倾斜摄影自动化三维建模,即可满足精度要求,又可以解决目前效率低下的问题。因此,在房地一体项目中,应用该解决方案进行倾斜摄影自动化实景三维建模可行性高,不仅提高了倾斜摄影实景三维建模的效率,也进一步推进了该技术在房地一体项目中的广泛应用。

#### 参考文献

- [1] 李安福.浅析国内倾斜摄影技术的发展[J].测绘与空间地理信息,2014,37(9):57-60.
- [2] 黄健,王继.多视角影像自动化实景三维建模的生产与应用[J].测绘通报,2016(4):75-78.
- [3] 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.
- [4] 李德仁,胡庆武.集成倾斜航空摄影测量和地面移动测量技术的城市环境监测[J].武汉大学学报(信息科学版),2015,40(4):247-443.
- [5] 冯启翔.基于无人机倾斜摄影技术的实景三维建模技术研究[J].地理空间信息,2018,416(8):34-37.
- [6] 徐小强,王海峰.无人机倾斜摄影测量在农房地调查中的应用[J].矿山测量,2019,49(3):75-78.
- [7] 魏国忠.农村区域房地一体化高精度测绘方法研究[J].测绘科学,2020,45(2):98-103.
- [8] 张春森,张萌萌,郭丙轩.影像信息驱动的三角网格模型优化方法[J].测绘学报,2018,47(7):959-967.
- [9] 闫利,程君.倾斜影像三维重建自动纹理映射技术[J].遥感信息,2015(2):31-35.
- [10] 李想,张春奎,汪彬,等.倾斜摄影实景三维建模技术探讨与研究[J].城市勘测,2017(6):95-97.
- [11] 焦利伟,徐肖雷.基于倾斜摄影测量技术的农房不动产测绘方法研究[J].能源与环保,2020(9):96-100.
- [12] 张照杰,李娜.倾斜摄影在农村房地一体不动产确权登记项目中的应用[J].北京测绘,2021,35(1):66-68.
- [13] 金新平,戴竞辉,黄瑶,等.无人机像控点布设方式对实景三维模型成果精度的影响[J].经纬地,2020(6):40-45.