

飞马无人机在房地一体确权登记中的应用

刘锴铭

【江西省煤田地质局测绘大队】

1 项目背景

为贯彻落实《中共中央国务院关于坚持农业农村优先发展做好“三农”工作的若干意见》（中发[2019]1号）“加快推进宅基地使用权确权登记颁证工作”等文件要求，全面查清农村范围内包括宅基地、集体建设用地等每一宗土地的权属、位置、界址、面积、用途、地上房屋等建筑物、构筑物的基本情况，为农村房地一体确权登记发证工作提供基础资料，为实施不动产统一登记奠定基础。



图1 修文县位置概略图

2020年12月25日，我单位成功中标贵州省修文县农村房地一体、集体建设用地确权登记工作项目，工作量约63000户。根据贵州省确权办要求，我单位需要在2021年12月底前完成修文县农村集体建设用地和宅基地使用权确权调查任务，修文县有10个乡镇和2个社区，共有130个自然村，由于时间紧，任务量大，应用解析测量+外业丈量法的传统测量方式无法有效完成任务。随着倾斜摄影测量技术不断推广，在农村房地一体调查、规划、三维建模等项目运用广泛。项目部通过技术分析，决定采用倾斜摄影测量技术完成修文县农村

房地一体、集体建设用地确权登记工作。“天无三日晴，地无三尺平”，贵州不但少有晴朗天气，地势也起伏较大，现有倾斜摄影测量无人机只适合地势起伏较小的地方，为了顺利完成该任务，项目部申请采购了一批 D2000 飞马无人机。

2 技术路线

用 RTK 进行控制点测量，通过飞马无人机管家布设航线，选择晴朗光线足的天气进行野外航飞。外业结束后，用无人机管家导入 pos 数据，数据预处理后，通过瞰景 Smart3D 软件进行空三处理，再用 CC 软件进行三维建模。将生成的三维场景模型和 DOM 导入到 EPS 三维测图软件，制作地形图。外业人员展示三维模型，帮助权利人内业现场指界，对有疑问的将地形图作为调查底图，入户收集权属资料并签字，最后公示并完成数据库建设。详细作业流程如图 2 所示。

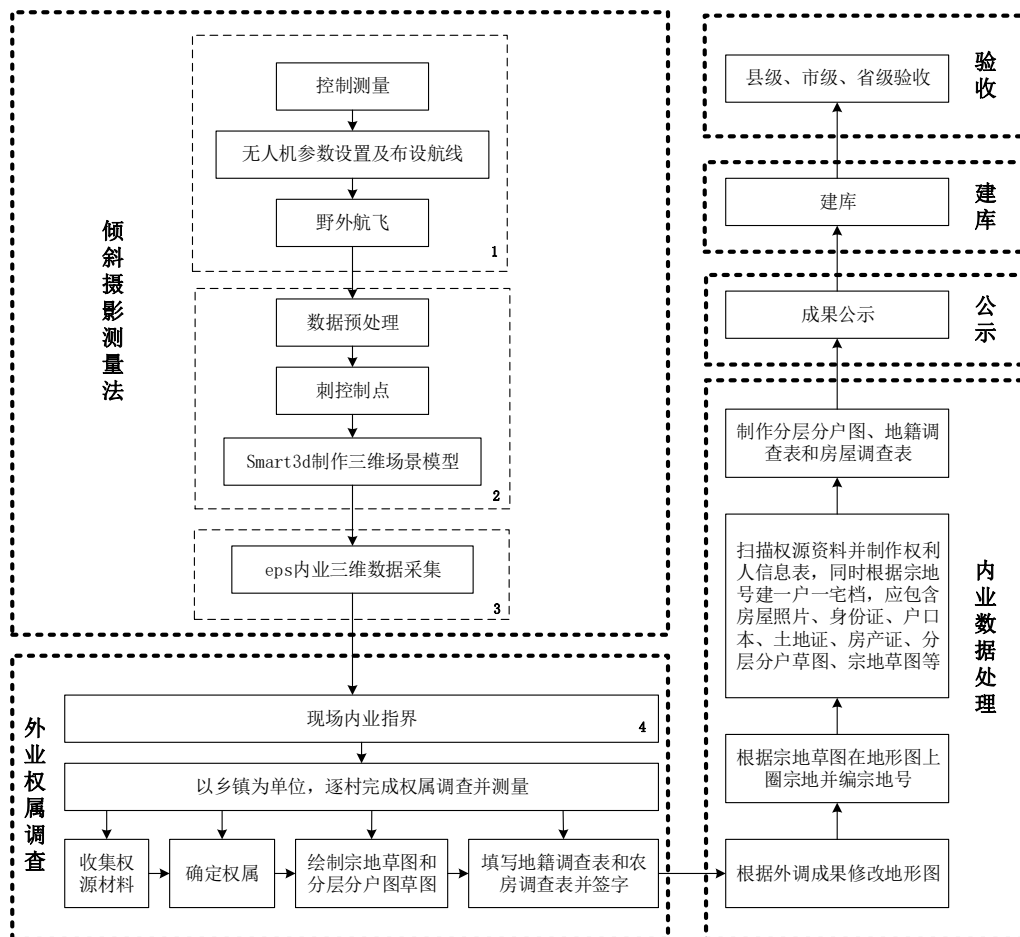


图 2 作业流程图

3 实际作业流程

由于房地一体工序复杂，本文主要讲述倾斜摄影测量主要流程：先测区踏勘，然后进行航线设计和像控点布设，采用飞马 D2000 无人机进行外业航飞，利用飞马无人机管家对航飞数据进行预处理和 POS 数据导入，应用瞰景 Smart3D 软件进行三维建模，最后通过 EPS 三维测图软件制作地形图，如图 3 所示。

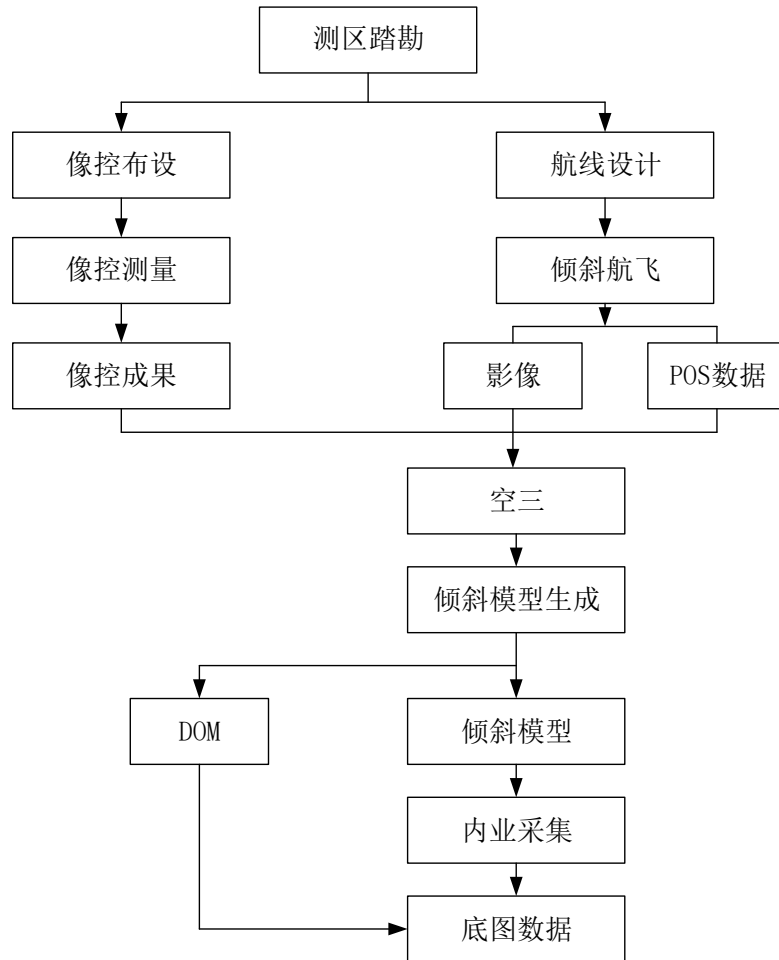


图 3 倾斜摄影测量流程图

3.1 控制测量

无人机航摄获取的影像相幅小、像片数多，根据测区的面积大小、地形地貌，像控布设和航线布设相结合，在影像上先进行点位预刺，选取合乎要求的控制点大致点位，然后在实地进行地标布设和量测作业。像控点测量采用 RTK 进行测量，基准站设置和航飞基站采用同一个，测量全部使用脚架进行对中整平测量，测量位置需在“L”形标记的内拐点位置，图 4 是控制点测量。



图 4 像控点测量图

3.2 无人机航飞

3.2.1 航线规划设计

(1) 航摄分区的划分原则

分区界线应与建模范围线相一致；分区内的地形高度差在保证影像地面分辨率及相邻像对正确连接的情况下，一般不大于 $1/4$ 航摄航高；分区按照建筑物密集程度进行划分。分区时结合像控点布点情况。

(2) 航线布设

在飞马无人机管家中进行航线的设计，如图 5，分别将每个摄影分区的四角坐标输入到地面站软件，设置航线的间距和飞行的方向，软件可自动生成航线文件。

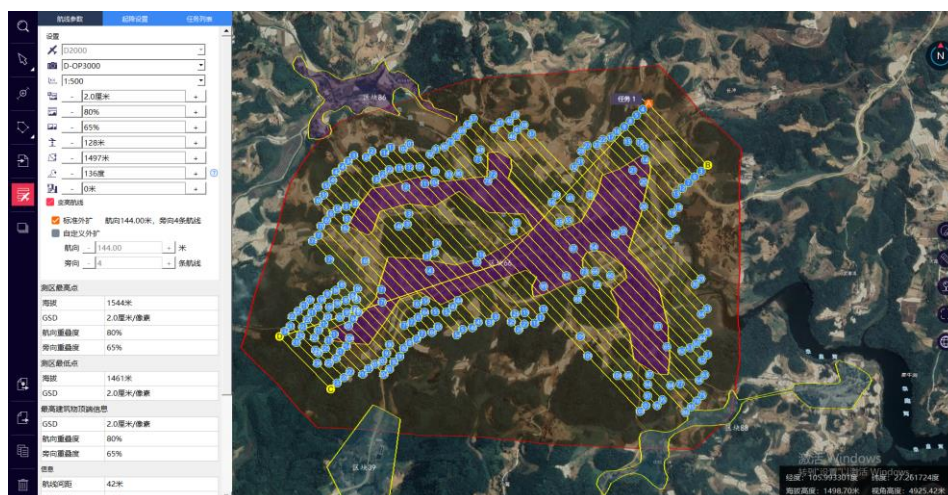


图 5 航线规划

3.2.2 起飞前检查

航摄作业时，安全是首要考虑的要素，因此飞机组装完成后，要进行一系列严格的检查并进行详细的记录，在确保安全的情况下才能升空作业。具体的检查项包括：GPS 定位检查、电池测试、接插件检查、动态传感器数据观察、相机检查。

3.2.3 航飞任务执行

航摄分区尽量按照地形特征进行，地面分辨率优于 0.015m。航向重叠度在 80%左右，旁向重叠度在 70%左右。航向覆盖超出摄区边界线应不少于两条基线。旁向覆盖超出摄区边界线不少于像幅的 50%；在便于施测像片控制点及不影响内业正常加密时，旁向覆盖超出摄区边界线应不少于像幅的 30%。同一航线上相邻像片的航高差一般不应大于 30m，最大航高与最小航高之差一般不应大于 50m，实际航高与设计航高之差一般不应大于 50m。航线任务规划好后，无人机垂直升空至指定高度，开始执行飞行任务。

完成飞行后应检查影像质量，保证清晰，层次丰富，反差适中，色调柔和；应能辨认出地面分辨率相适应的细小地物影像，能够建立清晰的立体模型。影像上不应有大面积的云、云影、烟、反光（水域除外）、污点等缺陷。如出现大规模的质量问题应重新航飞。

3.3 三维建模

3.3.1 倾斜三维模型生产

(1) 数据预处理

通过对航摄数据进行数据检查、影像匀光匀色处理等步骤对数据进行预处理。对倾斜数据进行检查，检查航摄数据 5 个镜头的影像亮度与颜色是否基本一致，如果一致则可以直接进行空三加密，如果不一致则需进行影像匀光匀色处理。

作为航摄成果的影像，包括下视影像和倾斜影像两种不同类型的成果，由于大气对光的折射能使光在大气层中传播的路线由直线变成曲线，能使生成的影像产生位移与变形。尤其拍摄角度较大的倾斜影像，影像位移、变形和色差更为明显，大气介质能吸收光的能量，因而使光传播的速度变得缓慢而引起亮度减弱。倾斜摄影中大气对光的折射、吸收和散射直接影响着影像的色差、反差、影调和清晰度，以此在大多数情况下，倾斜影像和下视影像会存在一定程度上的色调差异。

因此我们需要将影像根据不同类型，分别制作对应色调模板进行批量匀光处理，可以保证影像纹理细节信息不丢失，无过度曝光或破坏色彩平衡现象，同时较好的实现影像一致性。

(2) 空三加密和空三测量

测区获取的所有原片，在瞰景 Smart3D 软件中处理。空三速度较慢，可将测区划分为多个区块分别进行空三处理，最后对模型进行合并。通过空三加密过程，对于内业检核无误的外业像控成果，直接使用外业测量数据提供下工序使用；对于外业无法获得的像控成果，使用空三加密后的成果资料提供下工序使用；对于空三加密过程中发现的精度超限点位，要分析原因，确认外业成果有误的，若像控点位于加密区内部，可以舍去，图 6 为空三加密过程。

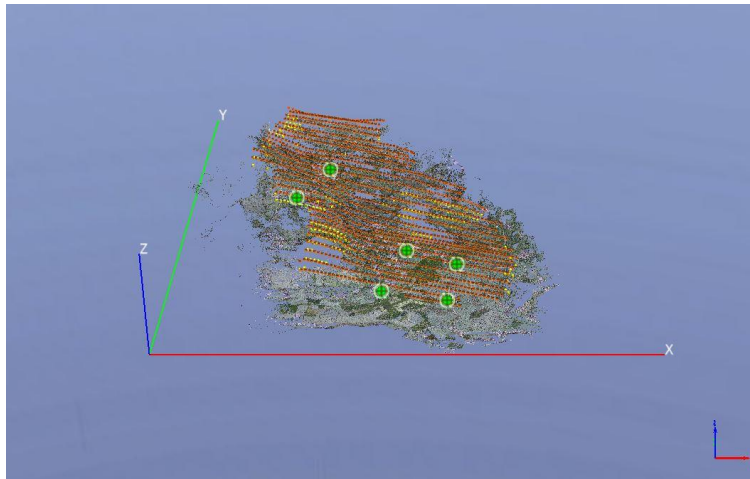


图6 空三加密

(3) 导入相控点

导入像控点之前需要先选择坐标系，此次坐标系更加像控点的坐标系进行选择。如果像控点使用的是地方坐标系，建议使用局部坐标系笛卡尔（cartesian）坐标系。

按住 Shift，将光标移动到像控点位置，点击鼠标左键即可完成刺点，按 Ctrl 可查看照片上像控点的位置。刺点一般尽量分布在多个航带的照片上，每个航带刺点数量不少于 9 张，若是边缘点或者某些航线照片较少可以低于此标准，一般不低于 3 张，如图 7 所示。

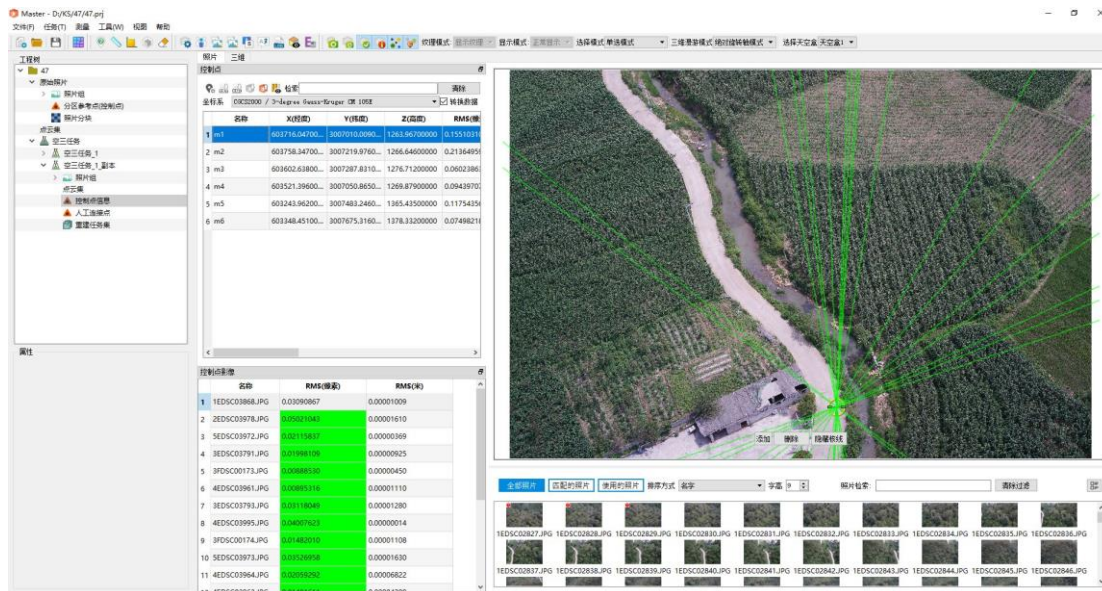


图7 导入像控点

(4) 模型构建及要求

坐标系设置、建模范围设置、设置瓦片划分方式和大小、生产模型、模型修补。

1) 三维模型是根据倾斜影像匹配确定体块构模而成，地形、建筑物等模型一体化表示，模型的纹理以获取的航空影像表现。建筑物三维体块模型应完整，位置准确、具有现实性，应于获取的航空影像表现一致。

2) 建筑物三维模型应精准反映房屋屋顶及外轮廓的基本特征。在 200m 视点高度下浏览模型，模型没有明显的拉伸变形或纹理漏洞，不存在拉伸变形、侧视。当所在区域建筑物较为密集，或建筑物较高，存在相互遮挡时，则无法获取遮挡部分建筑物的侧视纹理，相应的模型无法表现其全部的细节，允许出现些许的拉伸变形。

3) 建筑物模型的高度与平面尺寸应于实际保持一致的比例，建筑物模型高度误差不超过 10%，并且完成的三维图像能够清晰的分辨重点装置情况。

3.4 EPS 三维测图

项目测图采用 EPS2016 测图软件对生成实景三维模型（OSGB 格式）转化为 DSM 格式数据进行导入，采用五点房交会法和直接从模型采集房角方法分别获取房角点的平面坐标，如图 8 为 EPS 三维测图的操作系统。为了避免测图人为原因产生的误差，测图分别由两个作业人员单独完成，并进行精度比对。

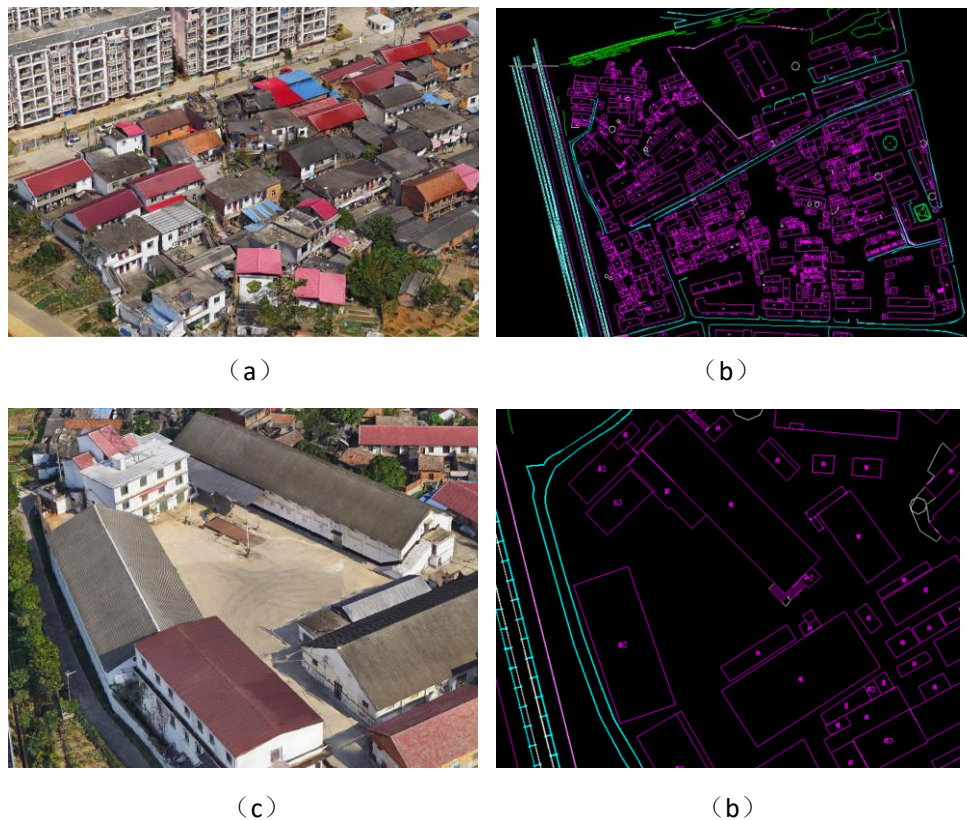


图 8 地物绘制

4 解决的生产问题

4.1 解决大量人力物力的投入

传统解析法测量需要投入大量人力物力进行地形图测量,同时需要安排大量的外业权属调查人员进行野外权属调查。采用倾斜摄影测量方法可以解决该问题,以修文县房地一体为例,表 1 是人力仪器等投入对比,从表中可以看出,倾斜摄影测量方法不但可以节省人力物力,同时生产周期也可大大缩短。

表 1 解析法测量和倾斜摄影测量对比

测量方式	仪器投入	人员投入	车辆投入	生产周期
解析法测量	20 套全站仪和 RTK	50 人	20 辆	12 个月
倾斜摄影测量法	4 架飞马无人机	8 人	4 辆	3 个月

4.2 地形复杂区域的航飞

项目初期,用某公司五镜头无人机进行外业测量,平坦地区能达到 5 公分以内,对应地形起伏较大区域,精度不稳定。为了解决该问题,提出用具有仿地飞行功能的 D2000 飞马无人机进行外业航飞,经过大量实验分析,仿地飞行无人机可有效提高地形起伏较大区域的精度。

5 创新型应用介绍

5.1 内业现场指界

房地一体外业权属调查一般是安排大量的调查人员现场指界,现场收集相关资料。利用倾斜摄影测量方法可以在内业完成指界,权利人通过观看三维场景模型,现场说明并指界,同时收集相关材料,并签字确认即可,通过该方式可节省大量人力物力,并且精度也可得到保证。



图9 内业现场指界

5.2 三维不动产管理

通过套合实景三维数据和房地一体数据库，可实现二维、三维不动产单元数据的互相查询定位。从三维空间直接查询农房信息，可立即展示农房信息。点击数据库，三维界面立刻定位到对应的三维实景模型上，如下图所示。

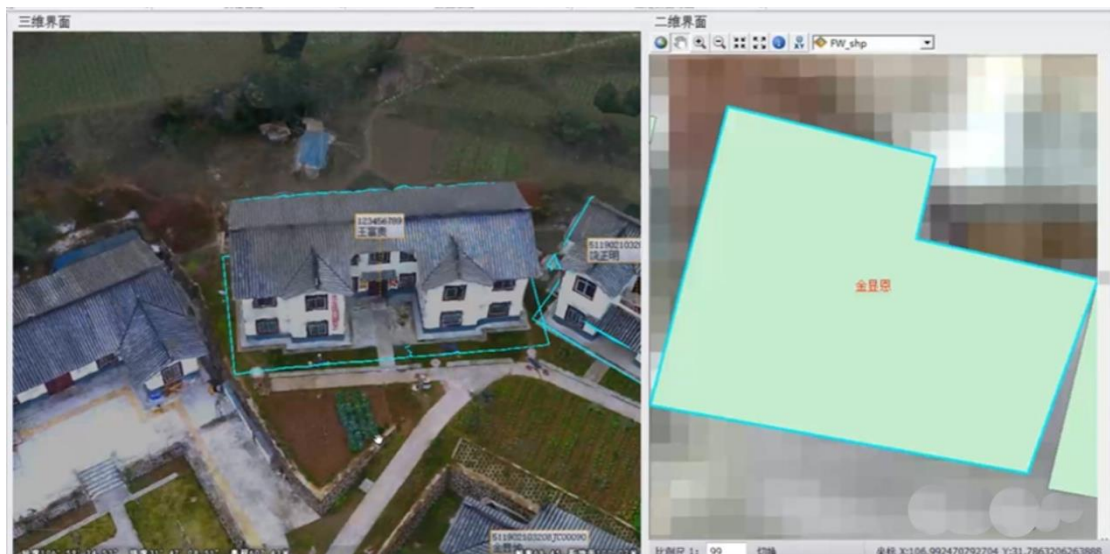


图10 三维不动产管理

6 精度

实景三维模型生产完毕后，使用 RTK 采集的平面和高程检查点（单独布设，采集方式同像控点）作为模型检核点，也可使用全站仪采集的有房檐的房屋房角点进行模型绝对精度检测。将试点村界址测量成果数据，与无人机航摄生产的三维模型进行对比，在倾斜摄影测量

技术制作的 1: 500 地籍图上随机均匀地选择了 200 个界址点作精度评定, 用 RTK 结合全站仪实测选好的界址点作为真值。根据国家质量监督检验检疫总局和国家标准化委员会发布《国家基本比例尺地形图更新规范》GB/T14268-2008 中的要求评定界址点精度, 式 (1) 为界址点点位中误差公式。

$$M = \pm \sqrt{\frac{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2}{2n}} \quad (1)$$

其中, M 为界址点点位中误差, ΔX_i 、 ΔY_i 分别为界址点与真值在 X 、 Y 方向上的较差, n 为样本数。界址点相对于邻近控制点的点位中误差与邻近界址点间距中误差应符合表 2 的规定。

表 2 界址点相对于相邻控制点和邻近界址点位中误差规定

地物点类别	与邻近控制点的点位中误差	与邻近界址点间距中误差
	(cm)	(cm)
城市建筑区和平地、丘陵地	≤5	≤5
山地、高山地和设站施测困难的旧街坊内部	≤7.5	≤7.5

选取的 200 个界址点如表 3 (数据量大, 只展示部分), 剔除 1 个粗差不符值, 通过式 2 计算得到界址点的点位中误差为 3.9 cm , 符合国家规范 1: 500 地籍图的精度要求, 表明倾斜摄影测量技术可用于生产 1: 500 地籍图。

表 3 界址点点位精度统计

m

地物名称	图上坐标		实测坐标		ΔX	ΔY	d_i
	X	Y	X	Y			
J1	****769.877	***757.864	****769.837	***757.858	-0.040	-0.006	0.040
J2	****780.829	***764.349	****780.801	***764.385	-0.028	0.036	0.046
J3	****790.234	***762.227	****790.245	***762.233	0.011	0.006	0.013
J4	****798.1	***760.537	****798.062	***760.564	-0.038	0.027	0.047
J5	****800.908	***764.155	****800.932	***764.142	0.024	-0.013	0.027
J6	****744.241	***795.674	****744.257	***795.697	0.016	0.023	0.028
Λ	Λ	Λ	Λ	Λ	Λ	Λ	Λ
J194	****758.102	***764.817	****758.126	***764.79	0.024	-0.027	0.036
J195	****757.645	***762.542	****757.673	***762.521	0.028	-0.021	0.035
J196	****763.463	***762.001	****763.481	***762.031	0.018	0.030	0.035
J197	****761.396	***751.715	****761.349	***751.692	-0.047	-0.023	0.052
J198	****760.782	***748.767	****760.767	***748.806	-0.015	0.039	0.042
J199	****768.679	***769.404	****768.646	***769.415	-0.033	0.011	0.035
J200	****771.559	***766.026	****771.55	***766.004	-0.009	-0.022	0.024

7 项目特点及优势总结

本项目最大的特点就是采用飞马无人机进行倾斜摄影航飞，再内业生产地形图，替代人工解析法测量，再通过三维场景模型进行现场指界，替代大量外调人员进村权属调查，无论是精度、效率、效益等都有很大提升。通过江西省某县的房地一体与修文县房地一体进行对比，从表 4 可以看出，在精度保证的前提下，采用飞马无人机可以缩短生产周期，减少外业返工率，缩减项目成本。

表 4 房地一体项目各方面对比

项目对比	方法	户数	生产周期	生产成本	人员投入	仪器投入
江西某县房地一体	解析法+勘丈法+外业权属调查法	61700 户	26 个月	86%	80 人	20 套全站仪+RTK+30 套激光测距仪
修文县房地一体	倾斜摄影测量法+内业权属调查法	63000 户	9 个月	72%	23 人	4 架飞马无人机+1 套服务器

8 现场照片



图 11 飞马无人机起飞



图 12 飞马无人机起飞



图 13 飞马无人机拉伸到指定高度



图 14 飞马无人机安全降落

9 成果图片



图 15 三维模型



图 16 三维模型



图 17 三维模型

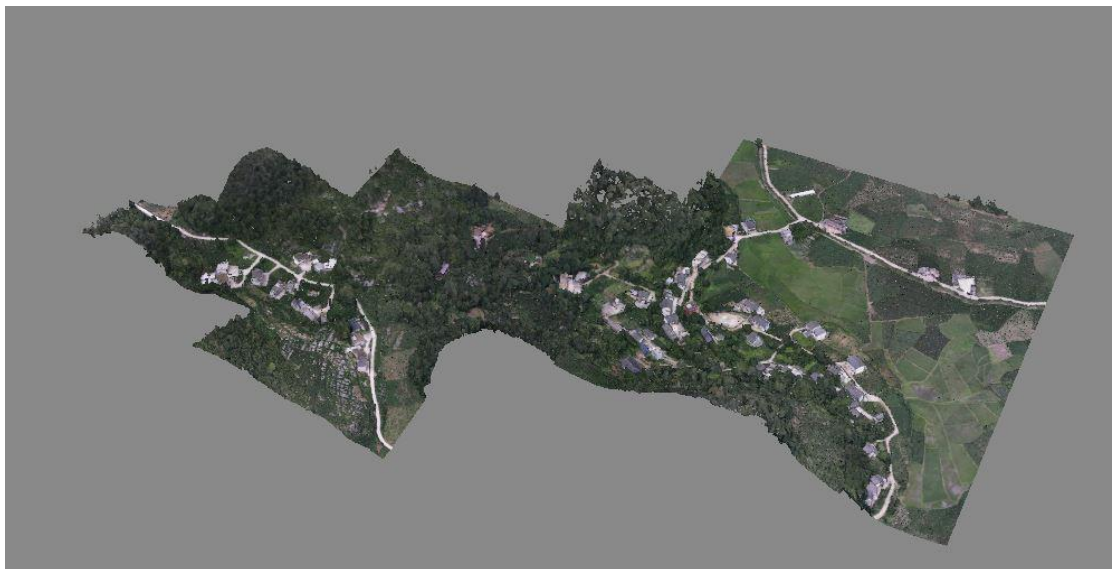


图 18 三维模型



图 19 三维模型



图 20 三维模型局部放大图