

# 无人机倾斜摄影技术 在美丽乡村规划建设中的应用

投稿单位：

青岛市勘察测绘研究院

投稿人：门茂林、刘宝华、赵亚波

2019年09月25日

**摘要：**本文从无人机倾斜摄影技术积极服务于美丽乡村规划建设入手，首先利用无人机搭载倾斜模块相机获取测区倾斜像片，其次通过国内最先进的空三建模软件生产实景三维模型，然后对获取的地理信息数据采集与加工，并对多种数据产品的具体应用简单介绍。在精度验证方面，利用飞马无人机采集的数据，经内业数据处理，不仅达到了大比例尺地形图的要求，而且为乡村宅基地确权、基础数据调查及大数据平台建设等后续工作提供数据支持。

**关键词：**倾斜摄影；无人机；乡村规划；实景三维模型

## 1 项目背景

### 1.1 项目介绍

习近平总书记说：推动乡村振兴，要规划先行、精准施策，规划引领是实施乡村振兴战略的重要保障，坚持推进数字乡村建设和农村信息化发展。要开展村庄的基础建设工作，需要对村庄进行统一规划，而规划离不开测绘，乡村规划这张蓝图的底图必须由测绘部门超前提供。

近年来迅速发展的无人机倾斜摄影技术，具有机动灵活、作业高效迅速、可快速获取三维数据以及成本低廉等特点，在小区域大比例尺测图领域具有明显的优势。全自动建模生产的实景三维数据可以真实反映地物的外观、位置、高度等属性，输出 DOM、DLG 等多种成果，服务于规划设计和领导决策。

### 1.2 项目内容

本项目旨在用传统测绘和无人机倾斜摄影技术相结合，获取该村庄的第一手地理信息资料，一是为规划院提供 1:500 和 1:2000 地形图资料，用于其规划设计；二是为帮扶单位、村委会提供二维和三维专题数据资料，作为其工作用图。项目主要包括：

- (1) 倾斜三维模型，作为地形图和三维专题数据的基础资料。
- (2) 1:500（居民地）、1:2000 地形图（整个村庄），作为规划设计的依据。
- (3) 正射影像，作为村庄二维专题图制作纸质的基础资料。

## 2 技术路线

技术路线分为前期准备、外业数据采集、内业空三建模、数据编辑与加工四个工序。首先通过低空摄影获取整个测区的航片（居民地部分采用飞马 F200，其余部分采用飞马 F1000），然后内业利用 Context Capture 软件建立倾斜三维模型，其次基于 EPS 三维测图系统进行

1:500 和 1:2000 地形图采集，最后输出正射影像用于二维专题图和三维专题数据的制作。具体内容包括像控点测量、无人机外业采集、倾斜三维建模、EPS 三维测图、数据编辑与加工等过程，项目技术路线详见图 1。

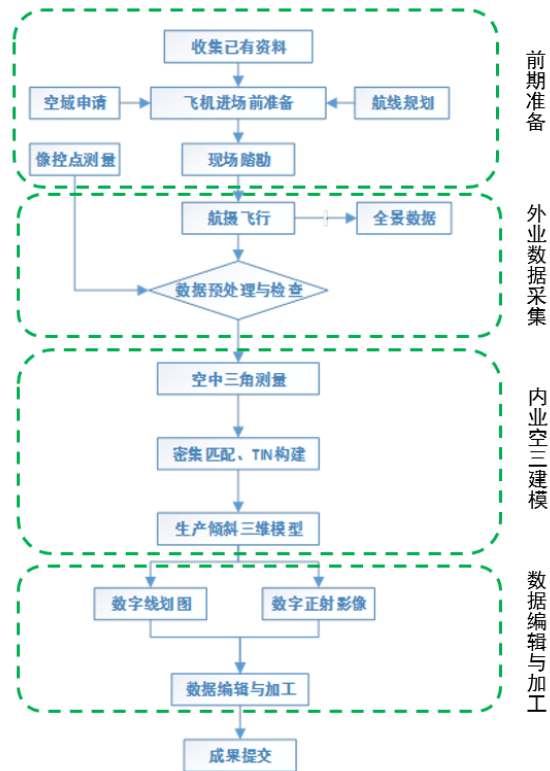


图 1 项目技术路线图

### 3 作业流程

#### 3.1 像控点测量

测区采用区域网布点模式，为提高 POS 数据与空中三角测量联合平差精度，在区域四角附近和中部附近各布设 1~2 个像片平高控制点，其余像片控制点均匀布设，测区共布设 25 个像片控制点。



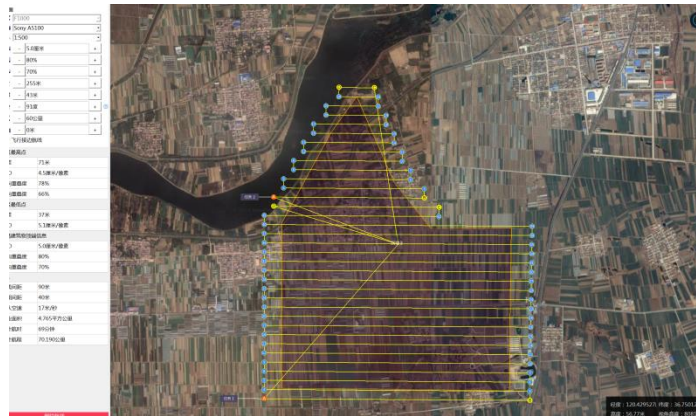


图 3 航线规划图

在像控点布设完成后，考虑到两者航高不同及现场天气原因，临时调整方案，决定让 F200 和 F1000 相继起飞作业，1 个架次完成航摄。



图 4 航摄作业现场

### 3.3 倾斜三维建模

#### 3.3.1 数据预处理

数据预处理采用无人机管家专业版软件，不仅可以对航飞质量进行检查，还可以快速获取航飞质量报告，为后期数据处理提供保障，提高了无人机数据质检工序的效率。

#### 3.3.2 空中三角测量

项目采用 Context Capture 软件自带的空三结算是基于光束法区域网整体平差下自动完成，基于空间直角坐标系的方式进行优化，它的优势在于不依赖 POS 的优化，纯依赖于控制点的拉动来完成绝对定向，这种优化模式无需椭球投影定义，因此对项目 POS 控制点的椭球投影的一致性无太高的要求。考虑到本次项目两款飞机像片参数不一致，先独立进行空三，然后两次空三合并后融合建模。Context Capture 软件给出空三质量报告，主要包括像控点的精度和连接点的误差等质量指标，见图 5 和图 6。

Control Points Errors								
Name	Category	Accuracy [meters]	Number of Photos	RMS of Reprojection Error [pixels]	RMS of Distances to Rays [meters]	3D Error [meters]	Horizontal Error [meters]	Vertical Error [meters]
K1	3D	Horizontal: 0.010 Vertical: 0.010	18	0.06	0.0024	0.0025	0.0024	0.0004
K2	3D	Horizontal: 0.010 Vertical: 0.010	23	0.07	0.0026	0.0024	0.0024	0.0003
K3	3D	Horizontal: 0.010 Vertical: 0.010	17	0.09	0.0036	0.0036	0.0036	-0.0001
K4	3D	Horizontal: 0.010 Vertical: 0.010	17	0.11	0.0044	0.0045	0.0044	0.0006
K5	3D	Horizontal: 0.010 Vertical: 0.010	19	0.11	0.0043	0.0044	0.0043	0.0002
K6	3D	Horizontal: 0.010 Vertical: 0.010	18	0.05	0.0018	0.0017	0.0016	0.0004

图 5 控制点精度测量报告

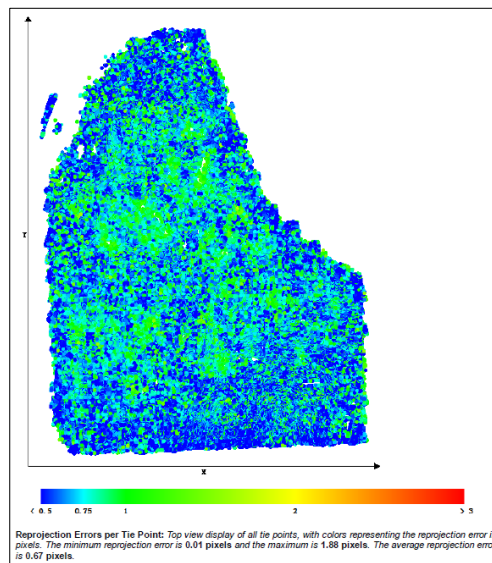


图 6 连接点二次投影误差

### 3.3.3 倾斜三维模型

自动空三结束后即可进行倾斜三维模型的生产工作。模型的生产基于空中三角测量成果进行模型分块，在分块模型的基础上，提取测区密集点云，构建不规则三角网，建立三维模型；同时利用 5 镜头获取的多角度纹理信息，自动拼贴得到测区倾斜三维模型。

本项目采用的 F200 双镜头和 F1000 单镜头融合建模，效果质量还可以，见图 7。



图 7 倾斜三维效果图

### 3.4 EPS 三维测图

规划设计需要的 1:500 和 1:2000 地形图就需要通过 EPS 三维测图系统采集来实现能够通过无人机快速获取数据解决数据的现势性，为规划设计提供地形图资料。

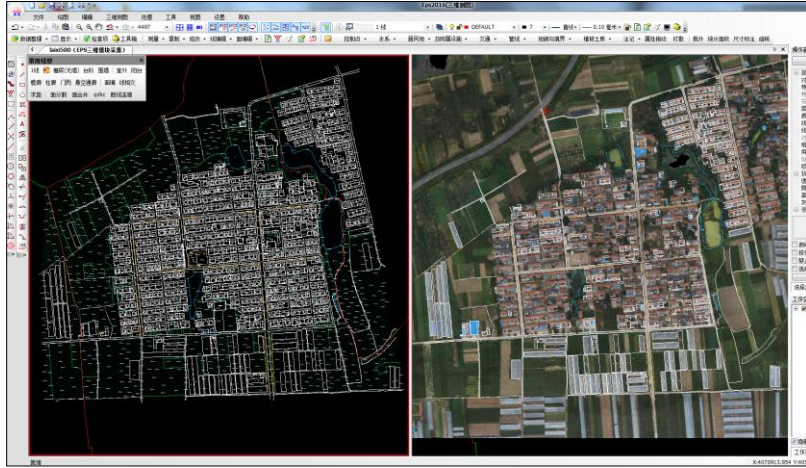


图 8 大比例尺地形图数据采集

### 3.5 数据编辑与加工

#### 3.5.1 二维专题图

根据 Context Capture 软件输出的正射影像，先用 ArcGIS 软件进行合并，然后叠加村界，最后用 Photoshop 软件制作村庄二维专题图，服务于领导决策。



图 9 乡村振兴专题影像图

#### 3.5.2 三维专题数据

项目提供开源浏览软件，用于浏览倾斜三维模型数据。原理是把 OSGB 数据分块文件建立索引生成一个 lfp 文件，该文件包含三维模型所在的经度、纬度、高度值，便于倾斜摄影三维模型在地球上进行定位。除了浏览功能以外，该软件还具有通视分析、填挖方分析、淹没模拟、距离高度测量等功能，还可以叠加设计三维模型，以更直观的方式服务领导决策分析。



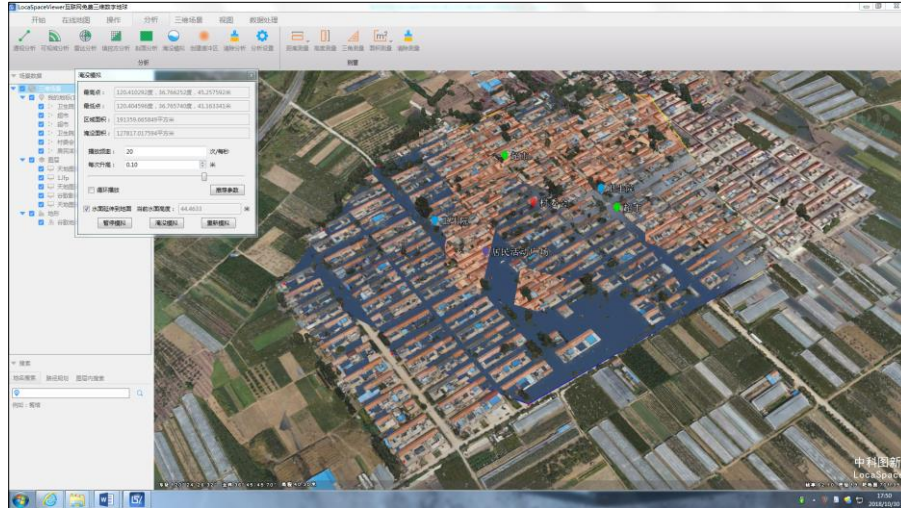


图 10 村庄淹没模拟分析

## 4 精度验证

本项目根据测区情况，采用航测内业判读测图，再野外对进行补测、调绘的方法，主要是对航测内业成图进行全面实地检查和测测，因房屋层数和房檐改正工作已在内业完成，通过此采集方法不仅大幅度减少了野外调绘的工作量，而且还提高了调绘效率。

为评价基于无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘方法的精度水平，采用野外散点法分别进行平面和高程精度检测。平面精度检测共检测明显地物点 237 个，中误差 10cm，高程精度检测共检测明显地物点 276 个，中误差 5cm，检测数据如图 10 所示。

模型采集点与外业检核点坐标精度检查表							
测点号	模型X	模型Y	检测X	检测Y	ΔX	ΔY	ΔS
1	XXXX668.498	XXXX735.512	XXXX668.413	XXXX735.592	0.087	0.080	0.118
2	XXXX668.256	XXXX734.121	XXXX668.144	XXXX734.026	0.112	0.095	0.147
3	XXXX765.193	XXXX714.387	XXXX765.113	XXXX714.461	0.080	0.074	0.109
4	XXXX764.756	XXXX712.742	XXXX764.645	XXXX712.865	0.113	0.123	0.167
5	XXXX764.486	XXXX712.521	XXXX764.548	XXXX712.322	0.082	0.199	0.208
6	XXXX841.72	XXXX703.78	XXXX841.84	XXXX703.63	0.120	0.150	0.192
7	XXXX842.148	XXXX705.254	XXXX842.264	XXXX705.138	0.116	0.116	0.164
8	XXXX841.774	XXXX706.165	XXXX841.888	XXXX706.065	0.114	0.100	0.152
9	XXXX909.321	XXXX672.728	XXXX909.214	XXXX672.814	0.110	0.111	0.156
10	XXXX921.386	XXXX720.258	XXXX921.495	XXXX720.146	0.109	0.112	0.156

模型采集点与外业检核点高程精度检查表							
副图号	模型高程	检测高程	Δh	限值	备注		
1	56.10	56.10	0.00				
2	68.49	68.47	0.02				
3	42.04	41.97	0.07				
4	41.19	41.19	0.00				
5	42.24	42.21	0.03				
6	41.92	41.86	0.06				
7	41.63	41.73	0.10				
8	41.39	41.40	0.01				
9	42.00	42.06	0.06				

模型采集点与外业检核点平面中误差检查表							
副图号	模型X	模型Y	检测X	检测Y	ΔX	ΔY	ΔS
231	XXXX646.598	XXXX346.897	XXXX646.503	XXXX346.761	0.095	0.136	0.166
232	XXXX636.028	XXXX245.997	XXXX636.195	XXXX245.813	0.167	0.184	0.248
233	XXXX539.867	XXXX287.362	XXXX539.709	XXXX287.204	0.158	0.158	0.223
234	XXXX526.247	XXXX289.386	XXXX526.376	XXXX289.22	0.129	0.166	0.210
235	XXXX529.487	XXXX265.809	XXXX529.327	XXXX265.941	0.160	0.132	0.207
236	XXXX528.367	XXXX265.462	XXXX528.223	XXXX265.596	0.144	0.134	0.197
237	XXXX526.489	XXXX269.608	XXXX526.335	XXXX269.735	0.196	0.127	0.201
238							
239							
240							

模型采集点与外业检核点高程精度检查表							
副图号	模型高程	检测高程	Δh	限值	备注		
270	42.01	42.04	0.03				
271	42.50	42.50	0.00				
272	41.70	41.69	0.01				
273	41.85	41.85	0.00				
274	45.73	45.52	0.21				
275	41.99	41.99	0.00				
276	41.90	41.89	0.01				
277							

图 11 平面和高程精度检查表

根据野外测量进行的精度比对，模型采集点与外业检核点的平面中误差为 10cm，高程为 5cm，这也验证了倾斜摄影技术的精度，即平面精度=3\*地面分辨率，高程精度=2\*地面分辨率，以飞马无人机越来越先进的设备，完全可以达到工程应用的精度。

## 5 项目总结

因设计需要，项目工期仅为 7 天，且最终成果涵盖大比例尺地形图、数字正射影像及倾斜三维数据。借助无人机倾斜技术，极大缩短了工期，提高了作业效率。经过项目的实际生产，将项目得特点和经验总结如下：

- (1) 在满足用户需求的基础上，采用飞马 F200 和 F1000 联合作业，提高作业效率。
- (2) 采用 EPS 三维测图系统进行大比例尺地形图采集，实际投入人员 3~4 人，节约人力成本。
- (3) 可将数据加工，为用户提供二维和三维专题数据资料，作为其工作用图。

此次项目得到飞马技术人员的大力支持，衷心希望我国的无人机技术越来越先进，让我们的工作更加的安全、高效！