

# 利用飞马 E2000 无人机对土地征收当中的应用

投稿人：朴文渊 张洪伟 赵振宇 金虎 李裕卿

《延吉天远土地勘测规划有限公司》

## 摘要：

本文以吉林省延边朝鲜族自治州延吉市朝阳川镇太东村土地征收项目为依托，介绍飞马 E2000 无人机航测系统采用倾斜摄影测量方式，完成项目区的 4D 测绘产品生产，并通过精度评定验证了该方式在满足大比例尺测绘成果精度前提下，能够提高生产效率，高效快速，数据准确，作业成本低，适用范围广，生产周期短等特点。提供丰富多样化的测绘成果，为今后的测绘生产具有一定的指导意义。

## 关键词：

飞马无人机；征收补偿；三维模型；土地收储；无人机航测

## 1 引言

随着城镇化和工业化的不断加快，耕地保护与建设用地供给矛盾日益突出，提升土地资源利用效率成为保障社会经济持续发展的重要前提。土地储备是合理有效配置土地资源、加快城市建设步伐的重要途径。然而，在当前土地储备工作中出现的征地补偿纠纷，收储范围盲目扩大等问题，制约着相关工作的开展。故此，如何在摸清土地储备区域内在收储时期地物现状的基础上，科学确定土地储备范围，是工作中迫切需要解决的问题。

本次任务以延吉市朝阳川镇太东村土地征收为例，依托无人机航测技术，采用飞马 E2000 无人机航测系统对测区进行摄影测量，获取测区的 4D 测绘产品。最终的质检结果表明：在满足相关规范（规程）的作业前提下，采用飞马 E2000 无人机航测系统进行土地储备测绘，测绘成果完全满足地籍测量精度要求，作业效率更高效，数据产品更丰富。

## 2 测区概况

延吉市朝阳川镇太东村位于朝阳川镇北部，测区面积为 107 公顷。全村共有 10 个自然屯，16 个村民小组，547 户，2197 人，其中朝鲜族 2170 人，全村耕地面积 401 公顷，其中水田面积 298 公顷，旱田面积 103 公顷，村主导产业是水稻。东邻延吉市城区，西邻延吉西高速入口，南邻朝阳川镇镇区，北邻吉林省延吉国际空港新区。延吉市属中温带半湿润气候区，大陆性季风特点明显，四季分明。春季干燥多风、夏季温热多雨、秋季温和凉爽、冬季漫长寒冷。5~8 月盛行东北风，常年主导风向为西北风。

本项目是延吉市人民政府及吉林省延吉国际空港新区招商引资拟建设项目用地，由朝阳川人民政府对延吉市朝阳川镇太东村组织负责征收太东村土地约 107 公顷土地，涉及朝阳村、光荣村等 15 个生产队。其中地类包括：水田、旱地、其他草地、水渠及农村建设用地。

### 3 技术路线

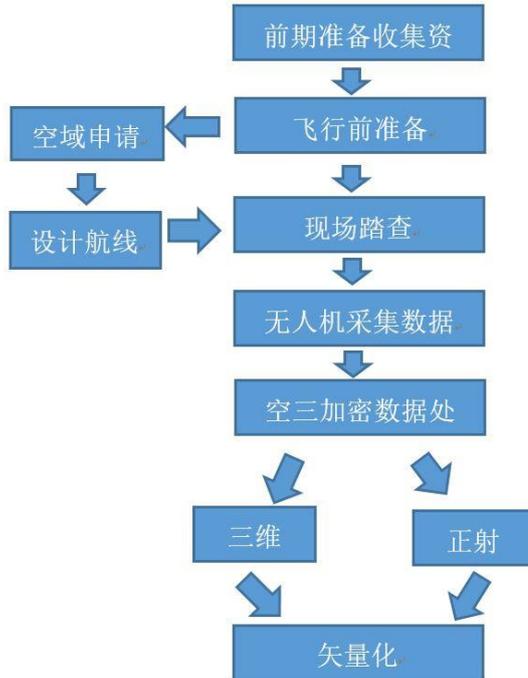


图 1 技术路线

### 4 作业流程

#### 4.1 技术要求

测绘基准：JLCORS 系统，隶属于吉林省自然资源厅

坐标系统：CGCS2000 坐标系

投影方式：高斯-克吕格投影，3° 分带，中央子午线 129° E

本次项目采用飞马 E2000 无人机进行作业，附表 1 飞马 E2000 系统参数。

表 1 飞马 E2000 系统参数

飞马E2000系统参数	
传感器尺寸	23.5x15.6mm (aps-c)
飞行器最大速度	20m/s (飞机倾斜25度时)
续航里程	50km
动力方式	电动
最大爬升速度	8.0m/s (手动), 5.0m/s (自动)
起降方式	无遥控器垂直起降
任务响应时间	展开≤10min, 撤收≤15min
最大起飞海拔高度	4000m
悬停精度RTK	水平1cm+1ppm 垂直2cm+1ppm
镜头参数	25mm定焦
续航时间	60min
导航卫星	GPS, BeiDou, GLONASS
工作温度	-20~45°
最大下降速度	5.0m/s (手动), 3.0m/s (自动)
测控半径	10km
抗风能力	6级 (10.8~13.8m/s)
差分GPS更新频率	20Hz

## 4.2 航线设计

航线设计使用的是飞马无人机管家设计, 本次成果要满足 1: 500 绘图比例。为满足地籍测量精度要求提高航测成果质量, 航线设计航向重叠度 80%, 旁向重叠度 80%, 飞行高度 147 米, 默认飞行速度 14/秒, 航线间距 36m, 拍摄间距 24m, 作业面积 1.07 平方公里, 飞行时长约 120 分钟, 曝光点数 3677 个。

表 2 飞马 E2000 作业效率表 (倾斜)

航速	GSD	航高	单架次		一天飞行		航程
			纹理最佳	作业最佳	纹理最佳	作业最佳	
m/s	cm	m	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	km
8.00	1.50	75	0.08	0.12	1.45	1.63	30.00
13.50	2.00	98	0.20	0.29	3.13	3.48	45.00
	2.50	123	0.24	0.37	3.90	4.39	
	3.00	147	0.28	0.45	4.64	5.28	

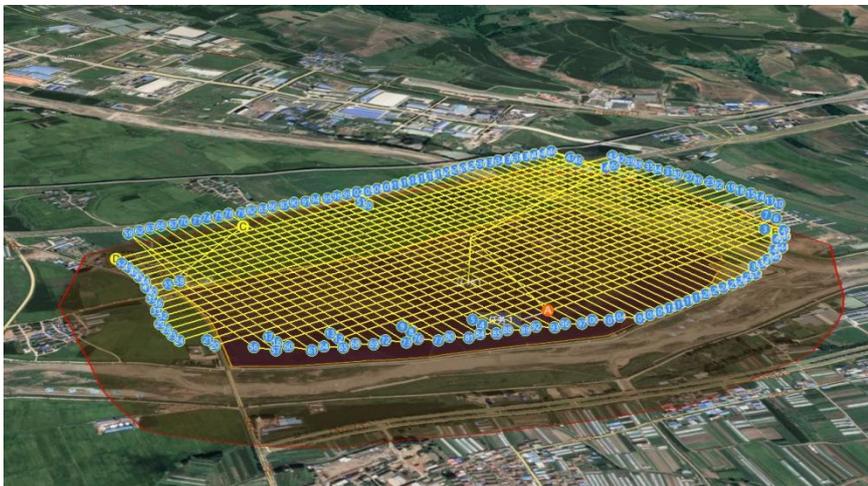


图 2 航线设计



图3 航线及像控点位置

### 4.3 像控点布设

像控点是无人机摄影测量加密的基础，外业像控点布设的好坏和标记点位的准确程度，直接影响成果的精度。像控点尽量选择地势较为平坦区域，避免树下，屋角等且容易被遮挡的地方，选择地物特征点作为像控点时，应选择特征较为明显的地物，并拍摄 2-4 张照片，现场照片需包含像控点及周围地物特征，并在照片内清晰指出像控点所在位置及编号。本次像控点采集使用合众思壮双频 G970II 型 GNSS 接收机施测。RTK 流动站观测时应采用三脚架对中、整平，每次观测历元数不应小于 20 个，采样间隔 2~5s，共观测 4 次，各次观测之间流动站应重新初始化，各次测量的平面坐标允许较差为 4cm。平面坐标取 4 次测量的中数作为最终成果。数据采集器设置控制点的单次观测的平面允许收敛精度为 2cm。共采集像控点 36 个，检查点 9 个。



图4 像控点



图5 检查点



图 6 像控点及检查点位置

#### 4.4 外业航飞

到达测区后，确定天气状况、云层分布情况适合航拍后，带上无人机、电台、电脑等相关设备赶赴预先选择好的起降点。起飞点通常事先进行考察，要求现场比较平坦，无电线，高层建筑等，并提前确定好航拍架次和顺序。无人机起飞前各项准备工作完毕后，就可以起飞了。待飞机进入航线后，时刻关注气象情况，观察飞机姿态及飞行高度。



图 7 飞行前准备

#### 4.5 数据处理

无人机采集数据完成后，需要通过常见的 CC (Smart3D)、Pix4D、DJI Terra 大疆智图等软件对数据进行处理。本次任务采用的是 DJI Terra 大疆智图来进行数据处理，实景建模软件可提供多种格式的二维和三维 GIS 模型及点云数据，根据需求来选择成果输出的格式。将无人机相机参数、影像数据和解算完成的 POS 信息一并导入到大疆智图，数据的 POS 信息是基于 RTK 和 PPK 解算，因此具有精确的空间位置信息。

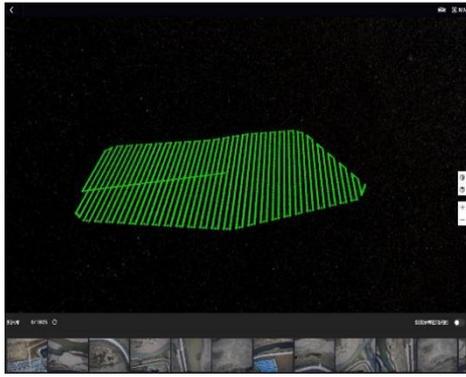


图 8 导入照片



图 9 选择格式

#### 4.5.1 三维建模及输出正射影像

空三加密达到质量要求后提交模型重建分别输出 OSGB 格式的三维模型及 TIF 正射影像图。

#### 4.5.2 数据采集与编制

使用的是南方 CASS9.2 软件加载 CASS3D 模块进行绘图，在实景三维模型的基础上制作矢量图。根据几何特性来绘制地图，把土地征收前的原始地貌真实体现到图纸当中。



图 10 倾斜模型绘制地物



图 11 绘图过程

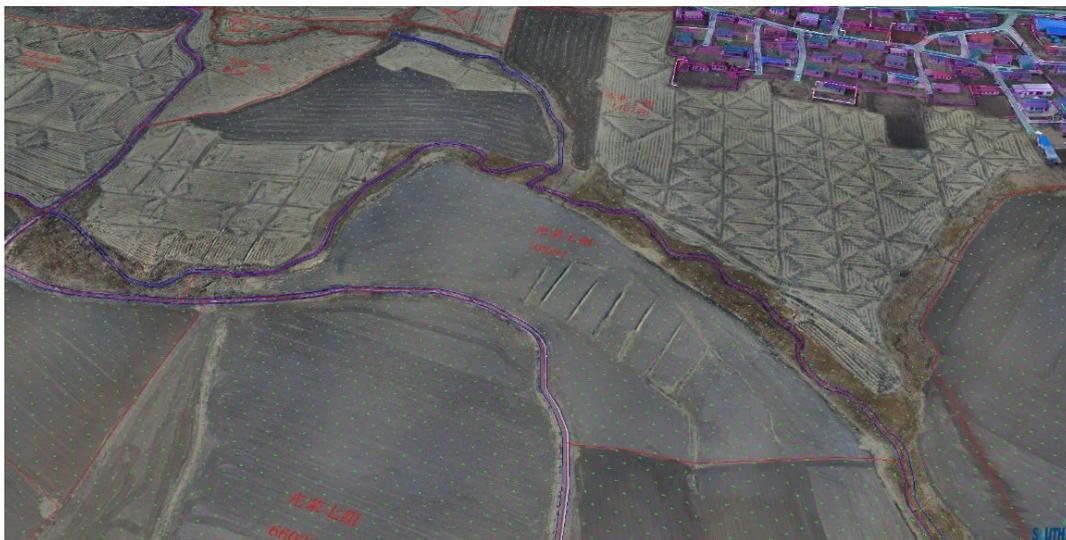


图 12 绘图过程

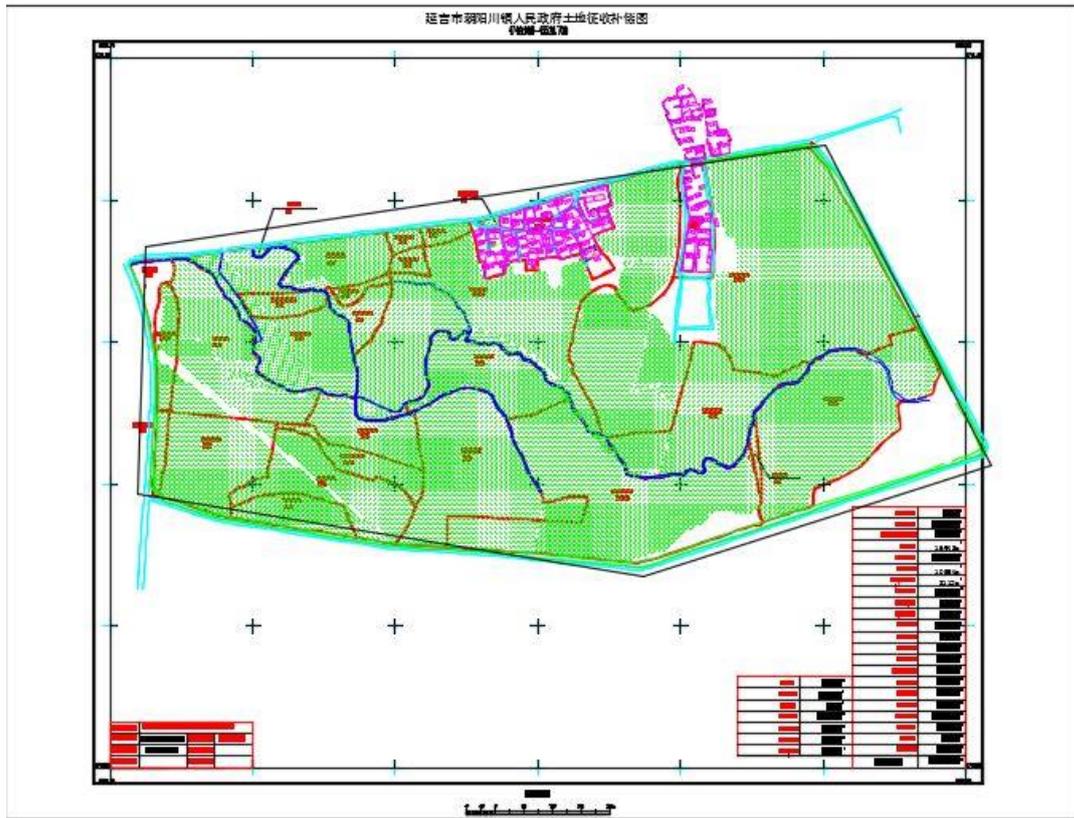


图 13 成果

## 5 总结

在以往的测绘工作当中很多测区受条件限制颇多，且由测区内地形地物较多复杂，劳动强度较大，人员投入多，工作人员采集完数据也总能通过绘制的草图来完成测绘成果编辑。在较大面积的地形、地籍测绘过程中，存在地形、地类无法一次作业完整体现的现象，导致测区内重复补测现象的出现。尤其是在征地补偿当中权利人对界址点指认模糊，征地补偿纠纷频繁出现。测量数据无法保证准确性，导致测绘成果生产周期延长，工作效率较降低。而无人机航测是传统测量的有力补充，高效快速，数据准确，作业成本低，适用范围广，生产周期短等特点。在困难地区高分辨率影像获取方面有明显优势，而且获得的影像数据更加全面、直观。生产高分辨率的测区影像成果对于项目规划设计、征地补偿提供了有力的证据，对权力人被征收范围直观展现提供了更好的帮助。因此该项目的顺利实施具有重大的意义。利用无人机测绘成果将真实的地形地貌展现给社会经济各部门提供快速及时的信息，从而增强其决策能力和服务水平，今后低空无人机航测技术会在经济建设中发挥越来越重要的作用。