

# 飞马无人机 D2000 在大高差下 1:2000 地形测绘的应用

周禹

【重庆数地科技有限公司】

## 摘要：

在倾斜摄影技术飞速发展的前景下，使用飞马无人机 D2000 搭配 0P3000 镜头，结合本项目实际情况针对大高差地形进行仿地飞行作业，再搭配精密设计像控点点位，进行倾斜摄影作业，输出实景三维模型，再通过专业人员采集生产 1:2000 线划图，完成本项目生产应用。

## 关键词：

大高差；飞马无人机；像控点

## 1 项目背景

本项目为 9.36 公里面积的山地 1:2000 地形图测绘项目，应用与道路设计与施工。由于测区平均海拔为 1500 米，最高高差为 282.46 米，如若采用传统模式对测区进行实测，其作业难度非常高，实际生产周期也会非常长，且作业安全系数也较高；综合考虑采用倾斜摄影技术手段。实际测区情况如下图 1 所示：

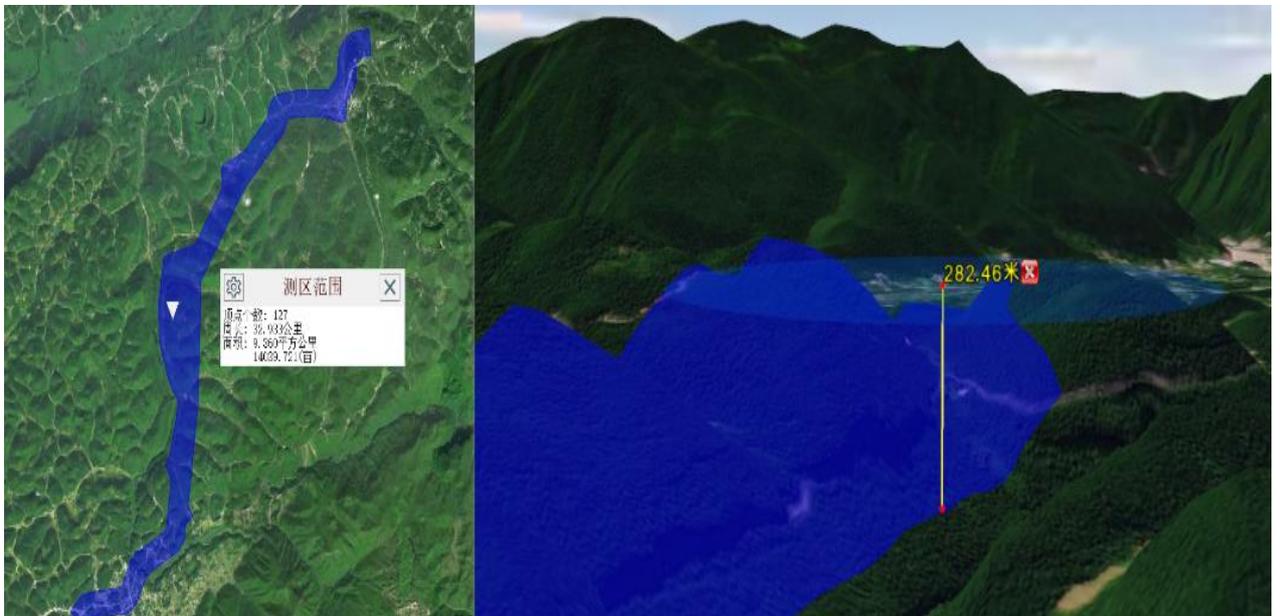


图 1 测区情况

## 2 技术方案

倾斜摄影技术流程分为外业作业和内业作业两大部分，其中外业作业起着至关重要的作用，整体项目是否技术达标就得看外业工作安排和执行是否到位；内业作业可控性较高，风

险性较低。

具体技术方案流程如下图 2:

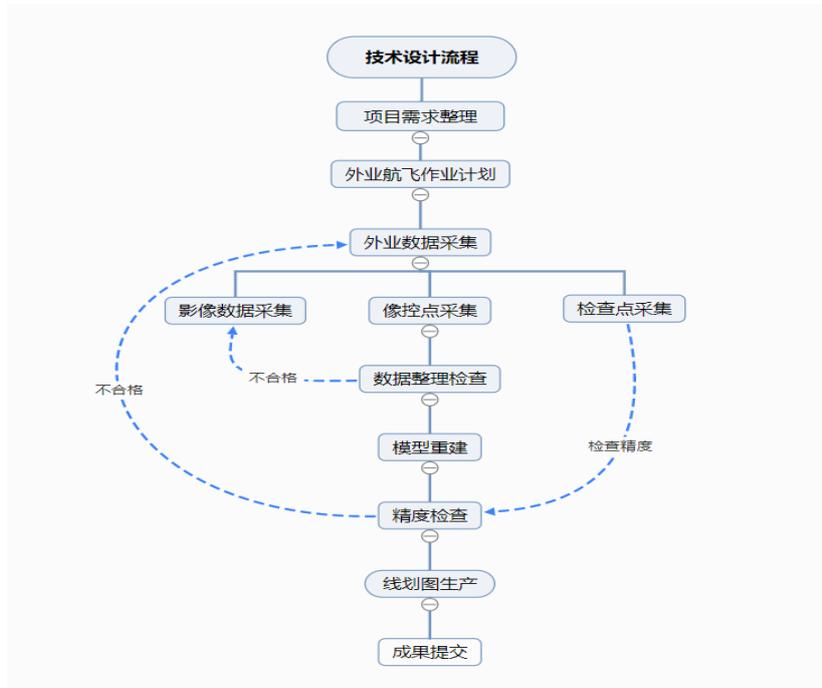


图 2 技术流程

### 3 生产流程

#### 3.1 项目简介

本项目为山地地形，海拔在 1200 米以上的高地，地形起伏很大，实际坡度陡峻，沟谷幽深，实际作业难度非常高，无论对人员还是仪器都有着相对较高的挑战。

本项目周边环境植被茂密，山上成片松树，很难找到道路上山，实际山林地形复杂且未知，山势也十分陡峭，坡度较高，要做到排查到底是十分困难。具体测区环境见下图 3:

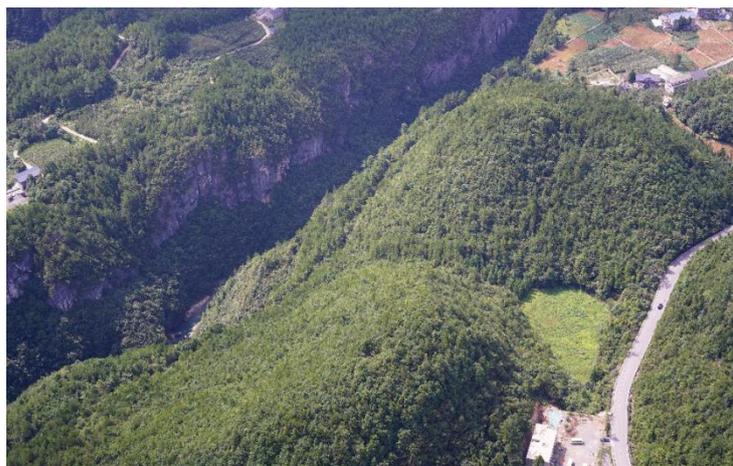


图3 测区环境

## 3.2 航飞计划

### 3.2.1 航飞计划流程

航飞计划流程见下图4:

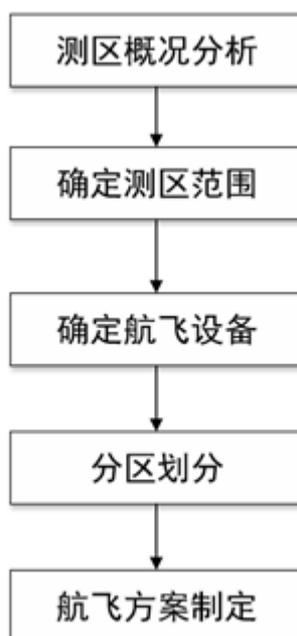


图4 航飞计划流程

根据测区实际情况：1) 采用飞马 D2000 搭配五镜头 OP3000；2) 航飞模式采用仿地飞行；3) 对长带状地形进行分区分块，实际生产时，测区与测区之间保持 1 条航线重叠，尽量减少了多余照片采集，减少工作量；4) 采用先布设像控点后无人机作业模式。

### 3.2.2 仪器设备说明

飞马 D2000 是一种基于高性能多旋翼平台，起降方式采用垂直起降方式，标准载荷 200g，

续航时间最高可达 74 分钟，采用创新的电池保护方案，可以非常轻松直观的了解到电池的使用情况，飞马 D2000 搭配无人机管家软件可实现后差分处理，解算高精度 POS 数据。

五镜头 OP3000 具体参数见下图 5：

D-OP3000倾斜模块			
相机型号	SONY a6000	有效像素	约2430万x5像素
传感器尺寸	23.5x15.6mm (aps-c)	镜头焦距	25mm定焦 (下视) 35mm定焦 (倾斜)

图 5 五镜头 OP3000 参数

### 3.2.3 航线分区规划

使用图新地球 LSV 和飞马无人机管家智理图进行航线的规划，本项目总面积为 9.36 平方公里，本次分区 6 块，航线分区规划见下图 6：

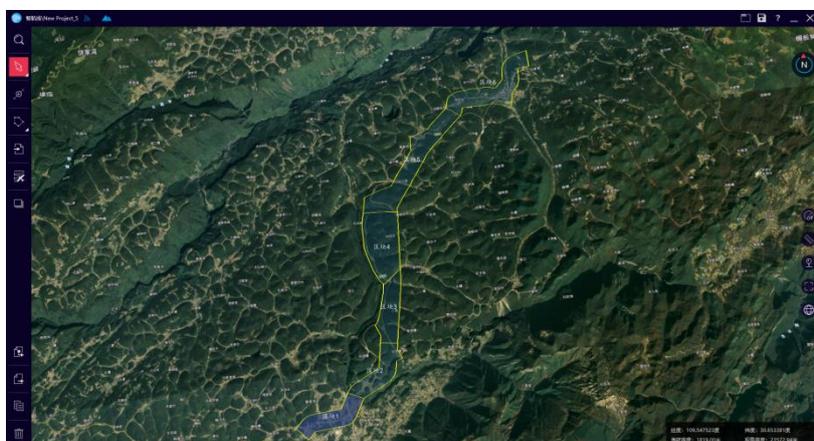


图 6 航线分区规划

### 3.2.4 像控点布设

飞马无人机 D2000 采集数据可通过后差分处理解算出高精度定位信息，因此像控点布设可适当调整布设密度，本次项目像控点布设最大间距为 1.2 公里，实际布设 19 个像控点，对比无后差分处理的情况，像控点减少 40%。像控点分布情况见下图 7：

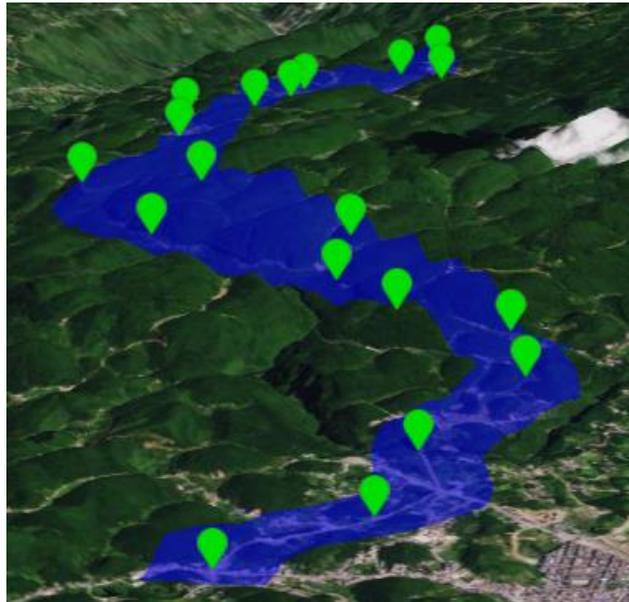


图 7 像控点分布情况

### 3.3 外业采集

#### 3.3.1 像控点采集

像控点采集使用连续运行卫星定位综合服务系统进行观测，采用当地 CORS 账号测量数据由当地 CORS 中心统一解算成果。像控点优先选择特征点位，在无法选择特征点时，采用喷漆模式制作点位，具体的现状和尺寸严格按照标准执行。像控点采集按照 10 次平滑，进行三次采集，每一次重新开始都需倒置仪器使仪器进行信号重置，再求平均值，降低误差。像控点布标以及采集情况如下图 8：



图 8 像控点实际采集情况

#### 3.3.2 影像数据采集

使用飞马无人机 D2000 搭载五镜头 OP3000，采用仿地分区快模式进行影像数据采集。

本项目实际飞行高度为 300 米，地面分辨率为 4.8 厘米，飞行照片数量 44000 张。采集时选择天气晴朗、阳光适中，以达到影像反差适中、层次丰富、清晰度高、曝光适当、无明显雾。仪器设备情况如下图 9：



图 9 仪器设备

### 3.3.3 检查点采集

本项目用于设计施工，针对模型精度有着较高的要求，因此在一般检查点布设情况下，增加对模型高差错落较大处、高程异常变化陡坡、区块分区交接处进行检查点采集，检查点分为平面、高程检查点和高程检查点。

## 3.4 内业生产

### 3.4.1 模型生产

照片数据匀色微调、后差分解算、工程文件整理等预处理均使用飞马无人机管家，照片预处理空三和刺像控点平差处理使用飞马无人机管家集群处理，从内业航线规划到内业模型生产整体 workflow 全部使用飞马无人机管家完成。飞马无人机管家在几次迭代更新后针对内业处理繁琐工序做到了极大程度的优化，使得内业 workflow 更加便捷。预处理如下图 10 无人机管家智理图处理，图 11 无人机管家智拼图处理：



图 10 无人机管家智理图处理

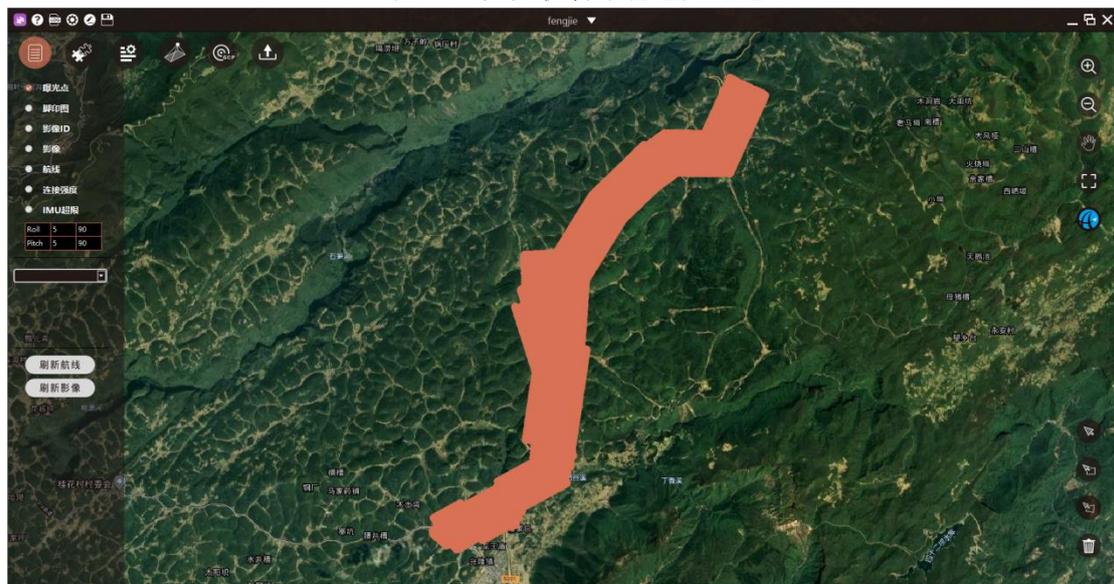


图 11 无人机管家智拼图处理

### 3.4.2 模型精度检查

通过检查点检查模型精度，计算精度结果为平面中误差为 $\pm 5\text{cm}$ ，高程中误差为 $\pm 6\text{cm}$ ；模型精度完全满足 1:2000 地形图测图精度要求，部分检查点精度报告见下图 12 所示（其中坐标已做特殊化处理，非真实坐标值）：

检测报告精度									
检查点	X坐标	Y坐标	高程	模型点	X坐标	Y坐标	高程	平面点误差	高程误差
1	4510.540	616.107	1120.808	1c	4510.544	616.129	1120.837	0.0223	0.0293
2	3192.070	542.187	1183.873	2c	3192.063	542.248	1183.965	0.0614	0.0921
3	2729.370	884.161	1265.552	3c	2729.371	884.160	1265.590	0.0016	0.0383
4	2170.750	388.099	1299.650	4c	2170.675	388.157	1299.726	0.0946	0.0761
5	1486.680	149.693	1344.129	5c	1486.665	149.687	1344.164	0.0166	0.0348
6	0616.090	038.202	1326.491	6c	0616.088	038.233	1326.565	0.0315	0.0742
7	9789.760	998.949	1276.326	7c	9789.760	998.933	1276.338	0.0159	0.0119
8	0576.910	930.783	1352.145	8c	0576.913	930.843	1352.228	0.0598	0.0827
9	0091.140	519.121	1335.868	9c	0091.089	519.145	1335.938	0.0567	0.0696
10	0410.000	882.347	1309.156	10c	0410.045	882.352	1309.203	0.0450	0.0471
11	0078.940	206.942	1312.760	11c	0078.949	206.958	1312.803	0.0182	0.0426
12	8542.500	964.851	1241.450	12c	8542.496	964.866	1241.520	0.0153	0.0703
13	7686.100	768.275	1237.021	13c	7686.100	768.293	1237.026	0.0175	0.0049
平面中误差	高程中误差								
0.0434	0.0583								

图 12 检测精度报告

### 3.4.3 地形图生产

使用无人机管家生产的实景三维模型，通过 CASS3D 将实景三维模型加载出来，专业人员再在其上进行绘制，将地物进行分类分别表示出来，将实景三维模型“解译为”地形图。这样就将无人机成功的应用在了测绘行业当中。

### 3.5 成果展示

模型整体效果见图 13，模型局部效果见图 14，1:2000 地形图局部见图 15:



图 13 模型整体效果



图 14 模型局部效果

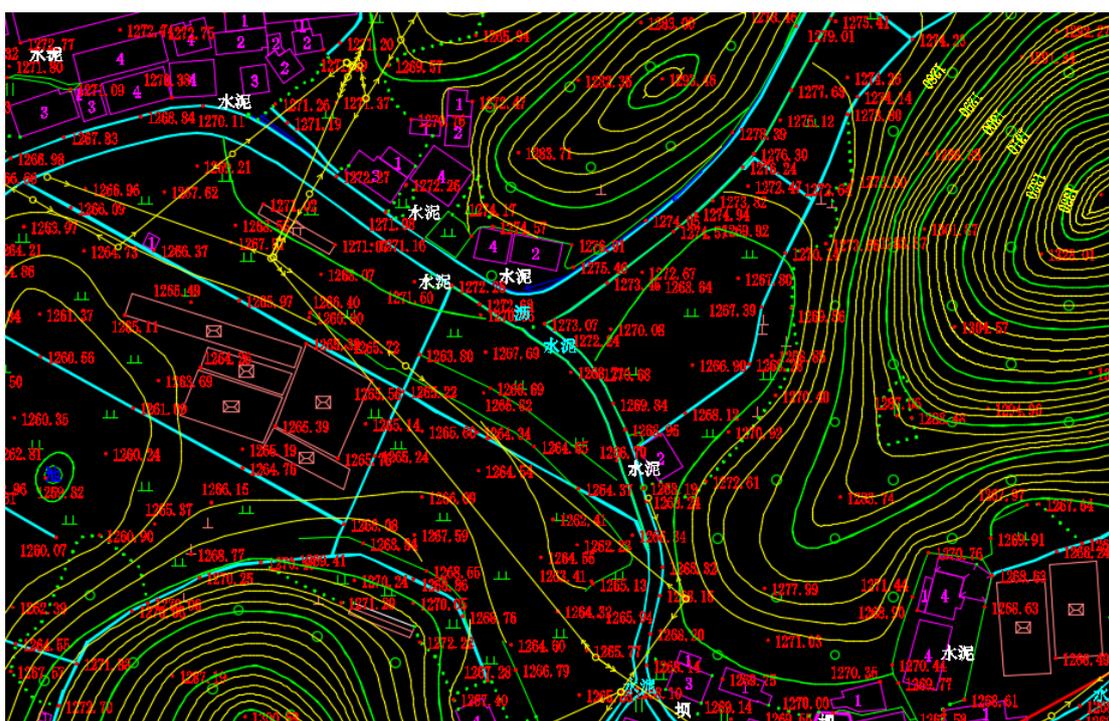


图 15 1: 2000 地形图局部

## 4 项目总结

本项目实际作业总周期为 17 天，较传统模式上时间缩短了百分之 50 以上，因项目精度要求较高，本项目照片采集数量较多，飞行时地面分辨率达 4.8 厘米，实际在普遍情况下应用与 1: 2000 地形图作业时，地面分辨率达 7-10 厘米即可，其照片数量可缩减四分之一左

右。本次飞马无人机在距离地面 300 米高空下作业情况，实际建筑物和地面无论是纹理还是结构上表达的信息还是非常丰富的，远超最开始的预期。在测绘上，在无像控点情况下，预处理好空三结果表现出来的平面定位精度还是非常高的，实际误差不超过 1 像素、照片解算后新定位信息较输入定位绝对差值小于 10cm，由此可见，其定位精度之准确，照片在空中三角测量联测时，照片定位变化极小。

从本项目中不难得出，飞马无人机在实际生产应用中所发挥的作用之大，其不仅在表面表现上体现了其实力，更是在真正内核处有所表达。