



影响无人机数字航空摄影测量精度的关键因素

传统摄影测量在讨论高程精度时，通常只关注基高比参数，然而影响高程精度的不仅是基高比，还有其它的影响因素。实际上高程精度是由 GSD（Ground Sample Distance，地面分辨率）、基高比和像点坐标量测精度综合决定的。特别是数码航空像片，虽然基高比偏小，但其地面分辨率高、像点量测精度高，仍然有能力获取较高的高程定位精度。由图可以看出，立体像对空间前方交会得到的空间点平面坐标精度为：

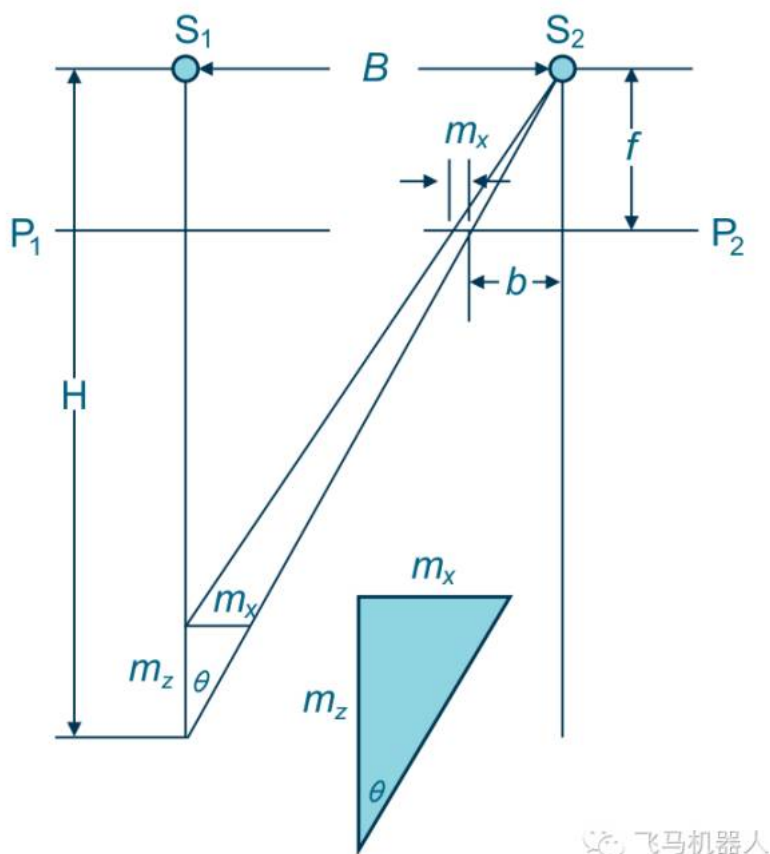
$$m_{XY} = m_{xy} H / f$$

式中， m_{xy} 为像方点量测精度， H 为相对飞行高度， f 为焦距。

设像方点量测精度 m_{xy} 为 $1/k$ 个像素，则有：

$$m_{XY} = GSD / k$$

式中 GSD 为像元对应的地面分辨率。



空间前方交会得到的空间点高程坐标精度为：

$$m_Z = m_{XY} / \tan \theta$$

$$\tan \theta = B/H = b/f$$

式中 θ 为交会角， $\tan \theta$ 为物方基线与航高的比值，合并平面精度公式后得：

$$m_Z = GSD/k * (H/B) = GSD/k * (f/b)$$

由上式可知，相机一定的情况下，空间前方交会的高程精度取决于三个因素：



- (1) 基高比，基高比越大，则高程精度越好；
- (2) 像点坐标的量测精度，像点坐标的量测精度越好，即 k 值越大，那么高程精度越好；
- (3) GSD 越小高程精度越高。

下面就不同情况下高程精度作简要的分析：

注：设定胶片影像的像点坐标量测精度为 $1/2$ 个像元（ $k=2$ ），数码航摄影像的像点坐标量测精度为 $1/3$ 个像元（ $k=3$ ）

示例一

假设胶片影像和数码影像的地面分辨率均为 8cm ，航向重叠度均为 80% ，那么胶片影像和数码航摄影像的高程精度对比如下表：

表格 1 不同相机等地面分辨率的高程精度对比

相机类型	胶片相机	DMC	$\alpha 5100$
像幅(mm)	230*230	165.9*92.2	23.4*15.6
像元大小(mm)	0.025	0.012	0.0039
摄影比例尺	1:3197	1:6666	1:20500
基线(mm)	46	18.44	3.12
飞行高度(m)	486	800	410
焦距(mm)	152	120	20
高程精度(cm)	13	17	17

示例二

数码航摄相机在实际飞行中，GSD往往高于规范的要求，如 1:1000 成图中数码航摄的GSD一般在 $7\sim 8\text{cm}$ 之间（规范要求 $8\sim 10\text{cm}$ ），所以高程精度进一步提高，下图给出Sony $\alpha 5100$ 相机不同分辨率情况下的高程精度情况。

表格 2 相同相机不同地面分辨率的高程精度对比

相机类型	像幅(mm)	像元大小(mm)	焦距(mm)
$\alpha 5100$	23.4*15.6	0.0039	20

摄影比例尺	GSD(cm)	基线(mm)	飞行高度(m)	高程精度(cm)	成图比例尺
1:10250	4	3.12	205	8.5	1:500
1:20500	8	3.12	410	17	1:1000
1:38500	15	3.12	770	32	1:2000

仅从相机性能角度出发，通过示例一可以看出，在等分辨率的情况下，无人机传感器与大幅面航摄仪具有相当的高程精度。通过示例二可以看出，针对Sony $\alpha 5100$ 相机在4、8、15cm地面分辨率的情况下，能够满足1:500、1:1000、1:2000航测成图规范精度要求。因此，基于无人机平台进行大比例尺测绘是可行的。

