

# 像控点布设对无人机倾斜摄影测量精度的影响

于学臣

威海高晟海洋技术服务有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i9.7227

**[摘要]** 经济社会不断发展,各种测绘新设备、新技术不断涌现,以无人机倾斜摄影测量技术为代表的测绘新技术已经广泛应用于各行业中。像控点作为无人机倾斜摄影测量技术中极为重要的位置参数,直接影响成果的几何精度,因此,开展像控点布设的方法尤为重要。本文以某地为实验区域,通过设计9种不同像控点布设方案,并对比不同方案下的成果精度,以验证像控点布设方案与数量对成果精度的影响,结果表明,9种像控点布设方案均能满足精度要求,随着像控点数量增加,实景模型成果精度趋于稳定,但是当像控点增加到一定数量时,实景模型成果精度提升不再明显。

**[关键词]** 无人机; 倾斜摄影测量; 像控点布设; 实景三维模型; 精度分析

## The influence of image control point layout on the accuracy of UAV tilt photography

Yu Xuechen

Weihai Gaosheng Marine Technology Service Co., LTD.

**[Abstract]** With the continuous development of economy and society, a variety of new surveying and mapping equipment and new technologies are constantly emerging, and the new surveying and mapping technology represented by uav tilt photogrammetry technology has been widely used in various industries. As an extremely important position parameter in the uav tilt photogrammetry technology, the image control point directly affects the geometric accuracy of the results. Therefore, it is particularly important to carry out the method of the image control point layout. This paper to somewhere for the experiment area, through the design of nine different like control point layout scheme, and compare the results of different scheme accuracy, to verify the image control point layout scheme and quantity of the influence of the accuracy, the results show that 9 like control point layout scheme can meet the accuracy requirements, as the number of like control points increase, real model results stable, but when like control point increased to a certain number, real model results accuracy improvement is no longer obvious.

**[Keywords]** UAV; tilt photogrammetry; image control point layout; real 3 D model and accuracy analysis

### 引言

土地勘测定界包括地籍调查、土地利用现状调查等内容,是为国土资源行政主管部门提供用地审批资料的基础性工作,因其工作的特殊性,具有精确性、及时性要求。当前,经济建设发展迅速,各行业作业规范要求越来越高,尤其是在建设用地领域,对于成果的要求越来越高<sup>[1]</sup>。传统的勘测定界方法虽然精度高,但是成果类型较为单一且现势性不高,随着测绘软硬件设备的发展与更新,将测绘新技术应用于勘测定界中成为了可能。倾斜摄影测量技术是测绘转型发展的产物,该技术通过搭载多视角相机,从五个方向对地观测,获取海量地表高清、高精的影像数据,并在影像数据的基础上衍生出立体像对、实景模型等成果数据<sup>[2]</sup>。基于对地观测影像能够生成反映空间场景特征的实景三维模型,实景三维模型具有精度高、特征细、真实度高的特征,实景三维模型制作的关键在于空间解算与纹理映射,国内外不少科研单位与公司对此进行了大量研究,并取得了积极的成果,大大提升了模型自动构建的效率。随着无人机硬件设备的迅速发展,出现以无人机为平台的倾斜摄影测量技术,无人机具有成本低、效率高、简单便于操作等优势,目前是主要的倾斜摄影测量平台。无人机倾斜摄影测量技术已经在基础测绘、电力选线等领域中发挥了重要作用,为相关领

域的研究与应用作出了积极的贡献<sup>[3, 4]</sup>。因此,可以考虑将无人机倾斜摄影测量技术应用于勘测定界中,通过对外业采集数据进行处理,得到实景三维模型,并在模型中开展勘测定界点、线数据的采集,相较于传统勘测定界作业方式,具备低成本、高精度、高现势性等优势。

像控点在无人机倾斜摄影测量中极为关键,通过对影像数据进行位置纠正,研究像控点布设方式与数量对于提升无人机倾斜摄影测量作业效率、降低外业工作成本意义重大。同样,将无人机倾斜摄影测量技术应用于勘测定界中,关键在于像控点的布设方案与数量,目前尚无统一论,因此,针对此问题开展研究对于保障无人机倾斜摄影测量技术在勘测定界项目中的有效利用具有积极作用。为此,本文将某地勘测定界区域作为实验区,通过设计不同像控点布设方案,对比不同方案下的实景三维模型成果精度,以确定像控点布设方案最优设计。

### 1 研究数据

#### 1.1 研究区域

本文研究区域面积约为 0.4 km<sup>2</sup>,位于某地,研究区内视野较为开阔,无明显遮挡物,便于开展无人机倾斜摄影测量像控点布设实验。

#### 1.2 倾斜摄影测量系统及数据获取

采样FD-5120无人机倾斜摄影测量系统进行实验区数据采集，机身内置4块蓄电池，能够满足超过半小时的作业时长，最大载荷为5 kg。在进行影像数据采集时，POS数据的水平与垂直定为精度均优于±0.10 m。测区内像控点采集方式为RTK，共采集33个像控点，坐标系为地方独立坐标系，平面、高程精度均优于±0.01 m。

1.3 航摄参数

实验区影像数据采集过程中，飞行及仪器参数设置包括：相对航高为75 m，航向重叠度、旁向重叠度为80%，共完成3个架次飞行。

2 像控点布设方案及建模

像控点位置选择及坐标测量精度将直接影响影像空三加密与模型成果精度，全野外布点方案、非全野外布点方案、特殊情况布点方案是3种常见像控点布设方案。

2.1 像控点的选点

为了尽可能提高空三加密及实景模型成果精度，像控点应选择选择在影像中清晰明显的像点，实际地形可能产生变化、地势不平整以及水系区域均不能用于像控点布设，原因在于上述区域布设像控点会增加空三内业刺点误差<sup>[6-7]</sup>。由于实验区多为旱地，地形起伏较低，地势平坦，因此难以确定固定点作为像控点。因此，在乡村道路明显区域绘制“L”型像控点标志。

2.2 像控点布设方案

像控点布设的基本原则为：不能在近似平面或近似直线内布设像控点<sup>[8]</sup>，本文根据测区实际地形，共设计9种像控点布设方案，如图1所示。

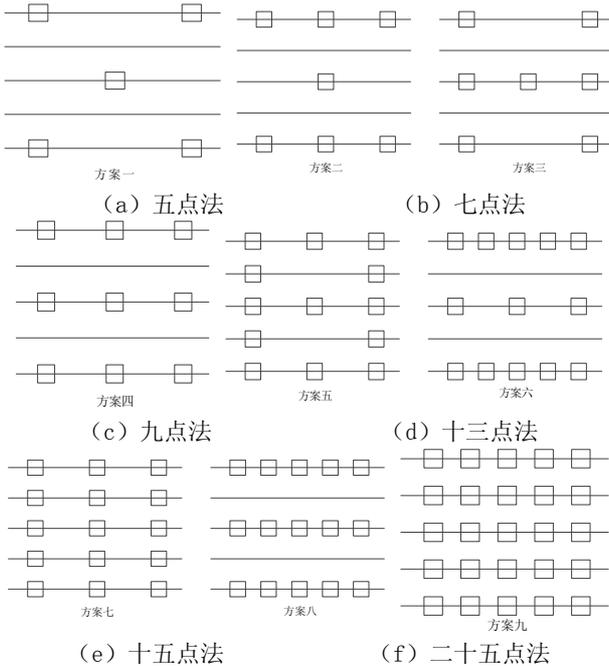


图1 像控点布设方案

Fig.1 Image control point layout plan

(1) 五点法。在测区内选取5个像控点，布设在测区中心区域与测区四周。

(2) 七点法。如图1(b)所示，在五点法的基础上，增加2个像控点，一种是沿航线方向加点，另一种是垂直航线方向加点。

(3) 九点法。如图1(c)所示，在五点法的基础上，增

加4个像控点，其中沿航向、垂直航向方向各2个。

(4) 十三点法。如图1(d)所示，在九点法的基础上，增加4个点，沿航向、垂直航向方向各2个。

(5) 十五点法。如图1(e)所示，在九点法的基础上，增加6个像控点，一种是沿航线方向加点，另一种是垂直航线方向加点。

(6) 二十五点法。如图1(f)所示，在九点法的基础上，增加16个像控点，沿航向、垂直航向方向各8个。

2.3 实景三维建模

利用ContextCapture软件进行实景三维模型构建，为了保证构建模型的质量，需要首先将质量较差的影像数据剔除，其次通过空三解算、纹理映射等步骤生成实景三维模型，如图2所示。通过图2可知，生成的测区实景模型较为清新，没有所谓的“蜡融”等现象，能够满足后续数据处理的要求。



(a) 整体效果 (b) 局部效果

图2 测区实景三维模型效果

Fig.2 Realistic 3D model effect of the measurement area

3 实景模型精度分析

根据9种不同的像控点布设方案进行空三加密解算与实景模型构建，对于实景模型使用相同的检查点、检查线进行精度检查。

3.1 点位精度分析

在测区设置8个检查点并采用与像控点测量一致的观测方式获取检查点坐标，其中4个检查点位于测区左侧区域，另外4个检查点位于测区右侧区域。通过8个检查点对不同像控点布设方案构建的实景三维模型进行点位精度检验。对比检查点与模型中同名点坐标，统计误差结果如表1所示，模型成果精度如图3所示。

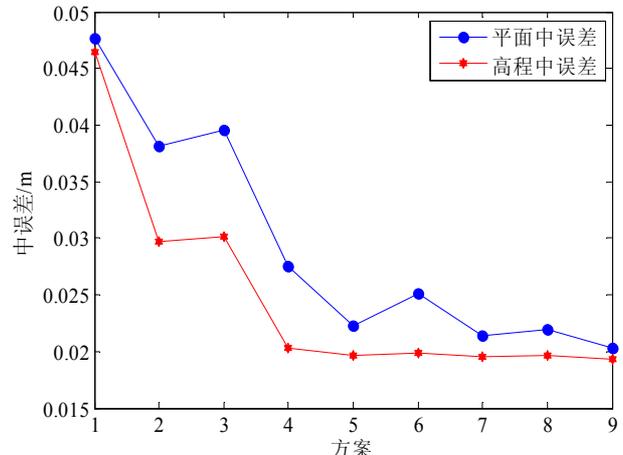


图3 实景模型平面、高程中误差曲线

Fig.3 Mean squared error curves of the plane and elevation of the real-life model

表1 实景模型平面与中误差/m

Tab.1 Realistic model plane and mean square error/m

方案编号	像控点数量/个	平面中误差	高程中误差
方案一	5	0.0477	0.0465
方案二	7	0.0381	0.0297
方案三	7	0.0396	0.0302
方案四	9	0.0275	0.0203
方案五	13	0.0223	0.0197
方案六	13	0.0251	0.0199
方案七	15	0.0214	0.0195
方案八	15	0.0219	0.0196
方案九	25	0.0203	0.0193

通过表1可知,所有方案下的模型成果平面中误差最小值、最大值分别为0.0203m、0.0477m。规范中规定界址点一级测量点位中误差为0.05m<sup>[9]</sup>,因此可知所有像控点布设方案构建实景三维模型平面精度均能够满足要求。所有方案下的模型成果高程中误差最小值、最大值分别为0.0193m、0.0465m, [参考文献]<sup>[10]</sup>中规定:1:500比例尺模型高程中误差小于0.5m,因此可知所有像控点布设方案构建实景三维模型高程精度均能够满足要求。通过对比不同像控点布设方案构建实景三维模型精度,主要得出的结论有:

1) 方案二与方案三、方案五与方案六、方案七与方案八

表2 真实边长值与模型量测值对比/m

Tab.2 Comparison between real edge length values and model measurements/m

边序号	真实长度	方案一长度	方案二长度	方案三长度	方案四长度	方案五长度	方案六长度	方案七长度	方案八长度	方案九长度
L1	53.98	53.88	53.90	53.91	53.90	53.91	53.93	53.96	53.97	53.97
L2	73.56	73.45	73.46	73.47	73.48	73.55	73.59	73.53	73.54	73.55
L3	82.39	82.27	82.30	82.29	82.31	82.34	82.32	82.36	82.35	82.37
L4	98.26	98.15	98.18	98.17	98.22	98.24	98.24	98.27	98.25	98.26

表3 边长相对误差/%

Tab.3 Relative error of side lengths/%

边序号	真实长度	方案一长度	方案二长度	方案三长度	方案四长度	方案五长度	方案六长度	方案七长度	方案八长度	方案九长度
L1	0.1853	0.1482	0.1297	0.1482	0.1297	0.0926	0.0371	0.0185	0.0185	0.1853
L2	0.1495	0.1359	0.1223	0.1088	0.0136	0.0408	0.0408	0.0272	0.0136	0.1495
L3	0.1456	0.1092	0.1214	0.0971	0.0607	0.0850	0.0364	0.0485	0.0243	0.1456
L4	0.1119	0.0814	0.0916	0.0407	0.0204	0.0204	0.0102	0.0102	0.0000	0.1119

通过计算得知,9种方案的边长平均相对精度分别为0.1481%、0.1187%、0.1162%、0.0987%、0.0561%、0.0597%、0.0311%、0.0261%、0.0141%。边长的相对精度均控制在0.15%以内,可用于勘测定界工作中。

#### 4 结束语

本文通过设计9种不同像控点布设方案并对比不同方案下的模型成果精度,得出的结论有:

1) 本文设计9种像控点布设方案,均能获取满足勘测定界精度要求的模型成果,在勘测定界工作中均可用;

2) 模型成果精度会随像控点数量增加而有所增加,像控点个数从5个增加到25个时,点位平面中误差从0.0477m降到了0.0203m,高程中误差从0.0465m降到了0.0193m,但是当像控点数量增加到一定时,点位精度与测线精度的提高不再明显;

3) 通过对比像控点个数一致时,布设方向不同方案构建的实景三维模型点位精度可知,平行于航线方向布设像控点效果要优于垂直于航线方向布设像控点,因此在实际像控点布设

像控点数量相同,但不同方向像控点个数不一样,当平行于航线方向像控点数量多时,模型成果精度更高,因此,方像控点数量相同时,模型精度与像控点布设方向有一定关系;

2) 方案二、方案三与方案一相比增加了两个像控点,其中方案二较方案一构建实景模型的平面精度提高了0.0096m,高程精度提高了0.0168m;方案三较方案一构建的实景模型,在平面与高程上的精度分别提升了0.0081m、0.0163m,因此可知高程精度改善效果优于平面。

3) 随着像控点布设数量的增加,模型精度逐渐提升并趋于稳定,当像控点数量继续增加时,模型成果精度改善不明显。

#### 3.2 测线精度分析

对实景三维模型中的道路以及建筑物等几何结构进行评价对于权属界线、土地利用现状等测量工作尤为重要,通过边长精度可评价几何结构,同时只有测线精度满足要求时,才可将实景模型应用于勘测定界中。本文通过在实景模型中测量4条具有代表性的长边值与实地测量长边值进行对比得到测线精度,测线精度表示为:

$$\delta = \frac{|L - \mu|}{\mu} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中, $\delta$ 为测线精度;L为模型测量值; $\mu$ 为真实值。统计模型边长量测值与真实值,如表2所示,相对精度如

表3所示。

时可优先考虑平行于航线方向的像控点布设方案;

4) 目前,基于实景三维模型的矢量数据采集与编辑已经相对成熟,下一步将重点对基于实景三维模型制作的地籍图精度进行研究与分析,推动实景三维模型的进一步应用,为后续项目生产者提供借鉴与参考。

#### [参考文献]

- [1]孙瑶,吴定邦,杨智翔,等.像控点布设对无人机倾斜摄影测量精度的影响[J].人民长江,2024,55(S1):109-112.
- [2]潘绍林,邓小东.倾斜摄影像控点对山区河道建模精度的应用分析[J].黑龙江水利科技,2024,52(05):88-92.
- [3]朱鹏程.丘陵地DEM建模精度受像控点空间分布影响研究[J].地理空间信息,2024,22(05):57-61.
- [4]焦小建,王朝霞,武焕咪.大比例尺航空摄影测量中像控点布设方法的测试与研究[J].陕西水利,2024(05):181-183.
- [5]朱鹏程.无人机监测矿区道路沉降的像控点布设方法[J].测绘与空间地理信息,2024,47(04):30-33.