

# 基于无人机技术的大比例尺测图中像控点布设方案研究

华超艺

广东省珠海工程勘察院 广东省珠海市 519000

DOI : 10.12238/jpm.v5i7.7030

[摘要] 针对像控点布设方案合理性研究较少的情况,本文讨论了如何通过不同的像控点布设方案来提高无人机倾斜摄影测量技术的成果精度。本文以某地区实景三维模型应用于大比例尺成图项目为试验区,设计并比较了9种像控点布设方案的三维模型绝对精度与边长二者的表现。试验结果证明了像控点数量的增加,三维模型绝对精度增加,并逐渐稳定,数量增加到一定程度时,成果精度的提升并不明显了;同样边长精度统计表现出相同的特性。

[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

## Research on the layout scheme of image control points in large scale mapping based on uav technology

Hua Chaoyi

Guangdong Zhuhai Engineering Survey Institute Guangdong Zhuhai 519000

[Abstract] In view of the rationality of the image control point layout scheme, this paper discusses how to improve the accuracy of the UAV tilt photogrammetry technology through different image control point layout scheme. In this paper, the absolute accuracy of the 3 D model and the performance of the side length are designed and compared. The test results prove that the number of control points increases, the absolute accuracy of the 3 D model increases, and gradually stabilized, when the number increases to a certain extent, the accuracy of the results is not obvious; the same side length accuracy statistics show the same characteristics.

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

### 引言

大比例尺地形图作为国家基础地理信息的数字化成果,在工程勘察、设计、施工,国土空间规划,房地产测量等领域应用广泛。目前国内传统大比例尺地形图获取方法一般采用全野外数字化测图方式,技术虽成熟但存在效率底、工作量极大的缺点。搭配的RTK仪器时,还需要考虑接收机遮挡导致的信号问题,并且在卫星贫瘠区域信号较弱且卫星结构不合理,很难保证成图精度与效率。

近年来,实景三维模型建设在国内城市掀起了热潮,国内主要城市先后推出的适合本地的实景三维建设纲要,并指导该地区稳步推进。三维模型建设工程依靠无人机搭载倾斜镜头实现,其中无人机以低成本、工作效率高、内外业人工操作简单,不受场地环境限制等优点。实景三维模型常用来矢量化地形图,而外业航飞过程中,像控点布设与采集是必不可少的一环。如何合理布设像控点减少外业工作量的同时,又能保证三维模型精度与矢量化地形图精度。由此可见深入研究像控点布设方案并科学优化方案是具有工作中生产现实意义。

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大比例尺测图工作中,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以消费级无人机为平台的倾斜摄影测量在地形图工程项目中的有效利用具有积极作用。为此,本文将某地大比例尺成图项目作为实验区,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

本文以某工程项目为试验区,面积约为1.3 km<sup>2</sup>。该研究区范围内视野较为开阔,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。此地区开展大比例尺测图任务,为尽快满足项目时间要求,采用无人机技术的大比例尺测图,布设9种像控点,来探讨像控点的合理方案。

#### 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：航向重叠度设置为 70%，旁向重叠度设置为 80%，相对航高设置为 120m，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，实际工作中三种常见的像控点布设方案，本文选择全野外布设点方案。

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。地势起伏区域不能布设像控点，主要顾及内业刺点误差导致的空三计算超限。本文试验区内多为耕地，地势较为平坦，特殊地物作为像控点数量较少，因此本文布设事先做好的像控点标靶。像控点标靶采用黑白色，十字叉形状。中心用钢钉固定于地面，四周用钢钉或者重物压实，以防丢失。

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>，本文考虑试验区地形走势，研究设计了如图 1 所示的 9 种像控点方案。

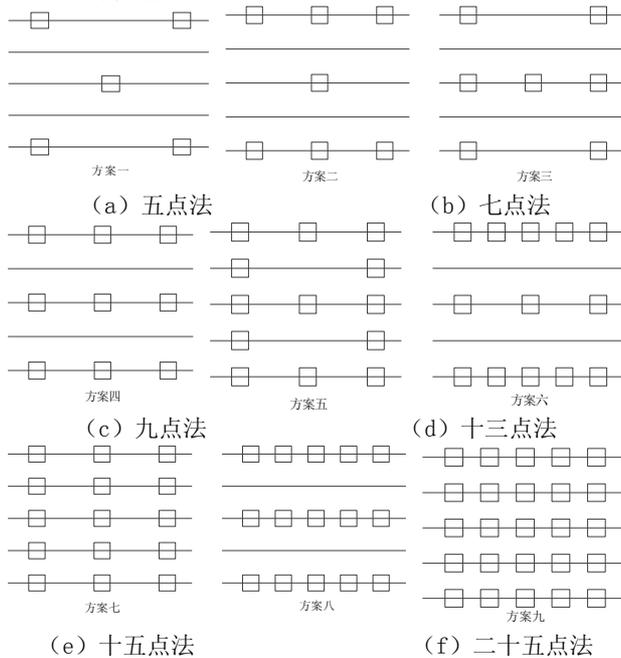


图 1 像控点布设方案

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 Context Capture 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、模型重建等关键步骤生成实景三维模型，效果如下图所示。图 2 中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

根据文中 9 种不同像控点布设方案生成的三维模型，采用相同位置与数量的检核点、检核线进行精度统计检查。

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。

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 |

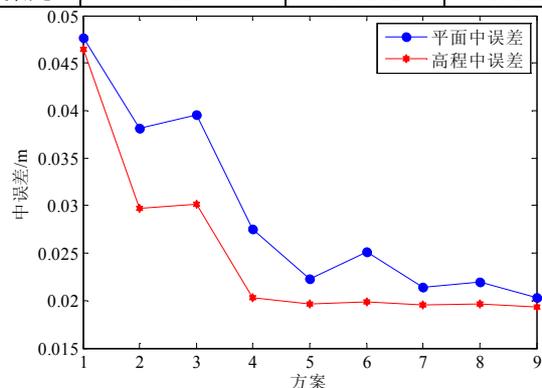


图 3 实景模型平面、高程中误差曲线

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

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0.020 3 m、0.047 7 m。规范中规地形图中一般点中误差为0.05 m<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0.019 3m、0.046 5m, [参考文献]<sup>[10]</sup>中规定: 1: 500比例尺模型高程中误差小于0.5 m,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0.0096 m,高程精度提高了0.0168 m;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0.008 1m、0.016 3m,因此

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,可用于大比例尺成图工作中。

#### 4 结束语

本文通过研究设计了9种像控点方案,并外业实现各方案与航飞采集数据,生成的三维模型精度得出以下几点结论:

1) 本文设计9种像控点布设方案,均能获取满足三维模型绝对位置精度;

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0.0477 m降到了0.0203 m,高程中误差从0.0465 m降到了0.0193 m,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,优先考虑像控点布设在平行于航线方向,次优先考虑垂直于航线方向布设像控点,因此在实际像控点布设时可优先考虑平行于航线方向的像控点布设方案;

#### [参考文献]

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

对实景三维模型中边长检核是外业检查中做重要一步,包括房屋边长、道路边长。通过边长的检核确保地物的相对位置关系准确可靠,保证模型不变形、不拉花。这样之后将模型用于矢量化地形图工作,可确保地形图中地物的相对关系符合规范要求。文中选择4条具有分布均且代表性的边长,在实地丈量长度与模型长度比较,比较计算误差如公式(1)所示:

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

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。

[1]贾雨欣,李剑南,张磊,等.复杂地形区像控点布设对低空无人机遥感成图的精度影响研究[J].北京测绘,2020,34(7):890-894.

[2]吴波,李俊,蒋大鹏,等.针对地质灾害隐患点的无人机航摄像控点布点方案[J].测绘通报,2020,(6):125-127+140.

[3]曹裕超,王健,徐福斌,等.缺少特征场景下提高摄影测量空三精度的方法[J].北京测绘,2021,35(10):1307-1311.

[4]王伟丽,许存玲,蒙晓攀.无人机数码影像外业像控点布点方案探讨[J].测绘标准化,2020,36(2):27-29.

[5]周胜洁,邸国辉,李秉乾,等.基于无人机倾斜摄影的像控点布设对空三精度的影响[J].测绘与空间地理信息,2021,44(11):23-26+30.

[6]桑文刚,李娜,韩峰,等.小区域消费级无人机倾斜摄影像控点布设及建模精度研究[J].测绘通报,2019,(10):93-96.

[7]国家测绘地理信息局.三维地理信息模型数据产品规范:CH/T 9015-2012[S].北京:测绘出版社,2012