

# 倾斜摄影测量技术在不动产测绘中的运用优势研究

刘琴 付旺

深圳市国测测绘技术有限公司

**摘要：**倾斜摄影测量技术借助多个传感器可快速获取实景三维影像，测绘成果具有现实感强、纹理清晰具有可量测等特点。本文对该技术应用过程中出现的问题进行了分析，提出了倾斜摄影技术在不动产测绘大比例尺竣工图中生产运用工作中的具体解决方案，并以深圳市盐田深国际鹏深智慧保税物流园为实例，采用了基于三维模型上采集地形图和虚拟立体像对技术结合，成功地制作了实景三维影像并绘制出了1:500平地地区地形图。结果表明：其精度符合1:500平地地区地形图精度要求，且该方案减少外业工作，降低成本，实用性高，为大比例尺地形图生产提供了有效参考。

**关键词：**倾斜摄影；测绘技术；不动产测绘；测绘1:500竣工图；虚拟立体像对技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.21.114

## 一、倾斜摄影原理

随着摄影测量技术的进步，人们对精细的拍照要求也日益提高。因此，倾斜摄影便成为当今拍照的主流。

无人机倾斜摄影测量技术就是通过同一飞行平台上搭载下前、后、左、右五镜头相机或单镜头相机，同时从下视、前视、后视、左视、右视5个不同方向采集影像，结合影像照片POS数据，通过高效的数据采集及专业的数据处理软件生成倾斜三维模型<sup>[1]</sup>。它可以提供全局的视野，使拍照者可以从多个角度捕捉到物体的细节，比如高低、光线、阴暗等，而且可以提供完整的图片。使用相关的软件，我们可以快速准确地检测出物体的尺寸，例如高度、长度、面积、角度和坡度。

倾斜摄影测绘结果具有比竖直摄影更高的精度，也能更直观地显示被测物体的真实状态，克服传统测量方法的局限性，提高测绘数据的完整性和准确性，能使不动产测量成果更加科学。

## 二、问题分析

尽管倾斜摄影和竖直摄影的基本原理是一致的，但它们仍存在许多挑战，例如：（1）在数据获取中容易造成数据遮挡；（2）不动产区域有效设定问题；（3）目前的确可以实现测绘区域的模型搭建工作，但是无法为房地一体开展可视化管理提供帮助，不利于不动产以

及土地产权的有效提升。

## 三、解决方案

### （一）进行详细项目需求分析

首先我们确定航摄项目的目的：测绘1:500竣工图，需要采集的数据包括各地物点、地形点的平面位置和高程数据。

范围：1:500地形图测量范围在红线外15米左右。

检查测区内是否有高压线、通讯塔等障碍物，以及它们对航摄安全的影响。

### （二）技术方案制定

根据需求分析，制定详细的航摄技术方案，包括航摄高度、航线设计、重叠度、倾斜角度等。考虑到建筑物倾斜角度和地面覆盖类型，选择合适的无人机型号和倾斜摄影相机，以及所需的辅助设备（如GPS、IMU等），调整倾斜摄影的拍摄角度，进行不动产区域有效设定。

### （三）布设像控点

控制点选择：现场确定地面控制点的位置，选择明显、稳定的地面标志物。

确保控制点在航摄过程中能够清晰可见，便于后续的数据处理。

在后期成图过程中，控制点的布局非常重要。首先，应该至少有4个控制点，并且应该占总控制点数量的10%-20%。如果遇到地形复杂，植被茂盛的区域，应该加强控制点的布局，以保证飞行区域的均匀覆盖。否则，会导致地形弯曲，从而影响平差数据的精度。如表1。

表1 像控点的布设密度

影像分辨率	像控点密度	项目类型
1.5cm	100-200米/个	地籍高精度测量
2cm	200-300米/个	1:500地形图测量
3cm	300-500米/个	1:1000地形图测量
5cm	500米	常规规划测量设计

随着时代的大步发展，传统二维数据已不能满足城市行业的日常工作需要了，三维数据可视化已经开始慢慢代替二维，渐渐融入城市基础建设、规划的重要环节。在未来，这将是数字城市的重要表现手段，数字城

市是城市地理信息和其他城市要素信息相结合、并存储在计算机网络上,供用户访问的一个城市和城市外空间连在一起的虚拟空间,是数字地球的重要组成部分。<sup>[2]</sup>

#### 四、倾斜摄影测量技术在不动产测量中的运用

以测绘深圳市某项目1:500地形图为例。

##### (一) 测区踏勘

调查测区的地形地貌、植被覆盖、水域分布等自然环境特征,了解测区周边的交通状况、人口密度、建筑分布等社会环境因素。还需核实测区是否位于禁飞区、限制飞行区或其他法律法规规定的敏感区域,确认航摄活动是否符合当地政府和相关部门的规定和要求。根据测区的实际环境和条件,初步设计航摄航线,包括飞行高度、航向、重叠度等。

##### (二) 航摄准备

向相关部门申请飞行许可,确保航摄活动合法合规。进行安全评估,制定应急预案,确保飞行安全。

##### (三) 规划航线获取数据

实际运用中我们需将地形地貌、建筑物分布等因素结合专业软件(如Pix4Dcapture、Mission Planner等)进行航线规划,确保航摄覆盖范围全面,数据重叠度合理。

主要设计的几个要点包括航点、航向、飞行高度等。

如:飞行高度。改变飞行高度对GSD(每个像素的实际大小)有重大的负面影响,这将直接决定摄像头的图像质量,如我们使用的摄像头高度与GSD的关系值通过实际飞行数据可以得出,飞机离地面越近,GSD数值越小,则精度越高。研究表明,在地形复杂的环境下,正确的飞行高度可以显著改善航空摄影的准确性。

##### (四) 测量解算空中三角

解算空中三角测量(简称空三解算)是摄影测量中的一个关键步骤,它通过处理航拍或倾斜摄影获取的影像数据,计算出大量地面点的三维坐标。这个过程主要依赖于数学和几何原理,以及少量的地面控制点。以下是空中三角测量解算的基本步骤:(1)内定向:对影像进行内定向,确定影像的内部参数,如主点坐标、焦距和镜头畸变系数。这个步骤是主要是建立从影像坐标到地面坐标转换关系的基础。(2)相对定向:在具有重叠的影像对之间进行相对定向,确定它们之间的相对位置关系。通过匹配影像上的特征点,计算出相对旋转和平移参数。(3)绝对定向:使用地面控制点将相对定向的结果转换为绝对地理坐标系统。通过最小二

乘法等数学方法,计算出影像的外部参数,如位置和姿态。(4)空三网构建:将所有影像通过相对定向和绝对定向的结果连接成一个整体的空间三角测量网。这个网包含了影像之间的相互关系和与地面控制点的连接。(5)平差计算:对空三网进行平差计算,调整参数以减少误差,提高整体解算精度。这个步骤通常使用最小二乘法进行迭代计算,直到达到预定的精度要求。

(6)质量控制:检查解算结果,包括控制点残差、模型连接点误差等,确保精度符合要求。必要时进行迭代修正,直到满足质量标准。(7)成果输出:输出空三解算的最终成果,包括影像的位置和姿态参数,以及大量地面点的三维坐标。这些数据可以用于后续的数字地形建模、城市规划、土地管理等领域。

##### (五) 生产实景三维模型

无人机倾斜摄影实景三维建模流程主要包括数据采集、图像预处理、影像配准、点云生成、面模型构建和质量评价等步骤。如图1。



图1 盐田深国际鹏深智慧保税物流园三维影像成果图

##### 1. 数据采集

(1)在模型精度高、完整的区域,使用EPS软件直接在三维模型上采集地形图,并通过叠加正射影像检查成果,确保无遗漏。采集时,可多角度查看模型,直接对屋檐等进行修正。在等高线和高程点采集方面,根据地形选择合适方法,植被稀少区可用自动化提取,复杂地形则手动采集。等高线生产可通过高程点或“水面淹没”方式自动生成。采集时段建议在中午至下午进行,

避免光照过强或过弱的情况。

(2) 对于模型质量较差的区域, 采用虚拟立体像对技术补充测绘。利用航天远景MapMatrixGrid软件, 结合内外方位元素和照片, [3]创建虚拟立体像对, 基于此采集未完成的地形图区域, 以获得更完整的地形图成果。

## 2. 图像预处理

图像预处理主要包括去除畸变、色彩校正和图像裁剪步骤。畸变校正是指将因相机或透镜系统导致的图像变形进行消解, 以保证达到图像几何精度。色彩校正则更关注调整图像的亮度、饱和度和色彩对比度等色彩信息, 以保证图像的一致性和真实性。图像裁剪是指对原始图像进行剪裁操作, 保留建模目标的最有效区域。

## 3. 影像配准

影像配准是指将多幅倾斜摄影图像进行坐标转换和几何变换, 将其对应到公共坐标系中, 消除相机位置姿态和地面高程的影响, 得到建模所需的轮廓、纹理和高程信息。影像配准的精度和可靠性是建模精度的关键, 涉及像点匹配、三维坐标转换、高程校正等多个环节。

## 4. 点云生成

点云是指由影像配准后的像素点所构成的三维空间坐标点集合, 这实际上是实景三维建模过程中的基本数据源。点云的生成主要依三角测量或立体匹配等算法实现, 根据像素的亮度和纹理等信息得到对应的三维坐标, 建立起点云模型。点云数据的准确性和密度是保障模型真实性和建模精度的重要因素。

## 5. 面模型构建

使用几何建模技术, 如多边形网格、曲面建模等, 构建出物体的基本形状。对于复杂的表面, 可能需要使用参数化曲面或非参数化曲面来表示。

## (六) 测绘 1:500 竣工图

我们通过飞机拍摄、数据分析、空中三角信息处理、三维空间模拟后, 使用产生的DOM、DSM等数据分析完成地形图制作。使用三维测图模组, 增加ODGB倾斜方式和正射影像DOM, 使用二维三维一体化测图方式收集高程点数据[4]信息。在大比例尺测图当中, 根据其相关数据, 完成三维模型、空三成果以及相关影像的制作。并在测量的基础上实现数据导入, 实现有效增强。作业时可以按照相关的测量要求, 对图层以及测量属性等信息进行加强, 通过CASS软件, 对正射影像进行处理, 收集地物信息并输出相应的海拔信息, 最终绘制出精确的地形图。

## (七) 精度评定

将检测点导入到EPS软件中, 对地形图精度进行检测, 利用同精度中误差计算方式, 对本次地形图精度进行检测, 计算得到本次地形图平面位置中误差为 $\pm 0.158\text{m}$ , 高程中误差为 $+0.216\text{m}$ , 并且均未出现粗差值, 成果精度符合1:500地形图精度要求。

综上所述, 在进行地形图的测绘工作中, 采用无人机倾斜摄影测量技术, 可以全面增强测绘工作效率, 保证最终测绘的精准性以及有效性, 并为后续测量工作提供严谨的参考依据, 极大地提升地形图测绘工作的准确性, 也为后续测绘工作提供必要的前提。

## (八) 倾斜摄影航拍的优势

(1) 工作周期短, 影像现势性高。(2) 携带方便、操作简单、反应迅速、起飞降落对环境的要求低、野外环境适应力强。(3) 低成本、高可靠性、可完成大比例尺航拍且可深入到传统手段无法覆盖到的区域弥补传统航测只有下视影像的不足。(4) 倾斜摄影技术能够生成实景三维, 减少外业踏勘工作量, 更好进行规划方案的确定。

## 结语

总之, 在不动产测量工作中, 倾斜摄影技术的运用, 可以使房屋的建筑面积测量更加全面、准确、且其成果多角度化, 有效的保证了测量工作的质量, 使测量的结果变得更加的准确。目前, 基于倾斜摄影的实景三维模型大量的更深度的多元的运用探索工作还需进一步深入开展[5], 该方向也正是未来智慧城市主要的发展方向。

## 参考文献

- [1] 石磊. 无人机倾斜摄影测量技术在道路工程测量中的应用研究[J]. 水利技术监督, 2022.
- [2] 陈志, 汪福源. 无人机倾斜摄影技术在1:500地形图测绘中的应用[J]. 江西科学, 2021, 39(6): 1056-1059, 1076.
- [3] 王飞. 倾斜摄影测量在不动产测量中的应用与评价[D]. 山东: 山东科技大学, 2020.
- [4] 海富成. 倾斜摄影测量技术在不动产测绘中的应用策略研究[J]. 工程建设2020, 3(5): 85-87.
- [5] 雷宇宏, 俞倩. 无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的应用探讨[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(24): 178-180, 184.

作者简介: 刘琴(1994.06-), 女, 汉族, 江西赣州, 本科, 助理工程师, 研究方向: 不动产测绘。