

# 基于无人机倾斜摄影测量的城市三维建模技术应用探讨

黄锐\* 刘昭玥 刘志勇 陈永凯

湖北省地质局武汉水文地质工程地质大队 湖北 武汉 430051

**摘要:** 无人机倾斜摄影测量作为当前热门的现代化测绘技术,涉及航线规划、数据采集、数据处理等。随着无人机倾斜摄影测量技术的不断发展与完善,其在城市三维建模中得到了广泛应用,且取得了良好的成效。文章主要针对城市三维建模中无人机倾斜摄影测量的优势和技术要点展开分析,探讨无人机倾斜摄影测量的实际应用,以提升城市三维建模的效率与质量。

**关键词:** 无人机;倾斜摄影;三维建模

**DOI:** <https://doi.org/10.37155/2717-5316-0209-2>

## 引言

近年来,“数字城市”在国内逐渐兴起,作为其最基础的数据载体,城市实景三维模型的构建技术也得到了快速发展。然而,在众多三维建模技术中,传统的航空摄影测量虽能高效大范围地获取地面三维数据,但仅能得到物体的空间坐标和顶面信息,对于侧面纹理则难以获取,由此造成三维建模过程非常复杂,并且缺乏有效的地面三维信息融合度而效果不佳。为了改变这一现状,倾斜摄影测量技术应运而生,该技术区别于常规的航空摄影测量,它通过飞行平台搭载多个镜头从不同角度来采集地面物体数据,在高效获取地面高分辨率正摄影像的同时还能得到侧面纹理,再经过定位、融合、建模等相关步骤,可快速生成真实直观的实景三维模型。

## 1 无人机倾斜摄影测量三维建模基本原理

基于倾斜摄影测量的三维建模是一个复杂的系统过程,会受到多方面因素的干扰,将无人机技术和倾斜摄影测量技术相结合,可制作出实景三维模型。无人机是飞行平台,可从垂直角度与倾斜角度采集影像数据,从而得到完整的纹理信息,经过后期制作软件加工处理,最后能够生成高质量的实景三维模型。

整个系统能够分解成两个子系统,分别为数据获取系统与数据处理系统。数据获取系统负责航线设计、采集控制点坐标,航线设计应充分结合成像参数、硬件参数等各项要素。数据处理系统的主要工作流程是提出目标、设计航线、获取数据、处理数据、生成模型、获得成果<sup>[1]</sup>。

影像匹配是制作三维模型的主要环节,影像数据之间用匹配算法获得匹配同名点,可以获得精准的地物像点坐标,其为构建三维模型的基础,直接影响密集点云的生成。SIFT属于一种特征匹配算法,有着较强的适应性,在亮度保持和仿射变换等方面有着很好的稳定性。SIFT特征匹配包括两个阶段,在海量数据中找出特征点,匹配特征向量。生成完毕后,应用欧式距离度量数据中点的相似性。

多视影像就是垂直影像与倾斜影像相结合,在联合平差阶段,应注重影像之间的失真与遮挡。空中三角测量就是联合平差的焦点,根据地面控制点坐标,实行控制点加密,获得像点外方位元素坐标。常用的平差方法有模拟法、解析法、航带法等,其中的空三加密是按照实测像点得出的误差方位解算,无论是理论层面还是具体应用,其加密精度已达到最高。

空三加密后获得像片外方位元素,参考面控制点坐标,通过区域网联合平差获得高精度的外方位元素,利用多视影像密集匹配的超高密集点云,要摆脱传统单一匹配的缺点,解决“病态解”问题。

获得超高密集点云后,要进行分割切块,在构建阶段,通常使用不规则三角网的方式,对点云数据开展TIN构建。

制作三维模型的最后阶段是纹理映射,又称作纹理贴图,就是将影像数据投影到三维地物表面。没有纹理信息的模型,表面较为单调光滑,无法真实反映地物特点。在不增加计算量与场景复杂度的基础上,在一定程度上解决了地物影像缺少表面细节的弊端,根本在于变换坐标系,从纹理空间变成地物空间再至实景图像空间,从简单的纹理映射

**\*通讯作者:** 黄锐,男,汉族,1982年9月,湖北武汉,硕士研究生,工程师,研究方向:地矿勘查、地质勘查、探矿工程、岩土工程。

最终达到区域样本的纹理映射，纹理要和表面参数一一对应，具有局限性，否则容易导致地物表面纹理模糊不清。

## 2 无人机倾斜摄影测量技术

### 2.1 无人机遥感技术

无人机是通过无线电遥控设备或自动化程序进行操控的不载人飞行器，包括多旋翼、固定翼、飞艇、直升机等机种，其具有机动灵活、结构简单、使用成本低、响应快速等特点。无人机遥感是以无人机作为航空摄影平台，在快速获取空间遥感信息的同时，还能对遥感数据进行自动化的处理、建模和应用分析，在当今测绘领域有着无可比拟的应用优势<sup>[2]</sup>。

### 2.2 倾斜摄影测量技术

倾斜摄影测量技术是通过将多镜头相机安装在同一个飞行平台上（如图1所示，一般为5镜头），从四个倾斜和一个竖直共五个方向同时获取地面物体的影像，其中和地面垂直的一组影像称为正片，与地面成一定角度的四组影像称为斜片。在拍摄相片时，同时记录飞行器的航速、航高、旁向和航向重叠等参数，在一个时间段内，飞行器可连续拍摄出多组影像重叠的像片，内业人员可以在三张像片上找到同一个地物，并且选择其中最清晰的一张像片进行纹理制作，这样就可以轻松分析出建筑物的结构。所获影像再经过几何纠正、区域网联合平差、倾斜影像匹配、DSM点云生成、TIN构建、纹理映射等处理步骤，最终生成真实直观的实景三维模型。倾斜摄影测量的影像数据不但能反映地面物体的真实情况，而且还可以通过测量定位技术，将地理信息和属性信息嵌入到影像中，从而让航空遥感影像的应用范围得到极大的拓展。

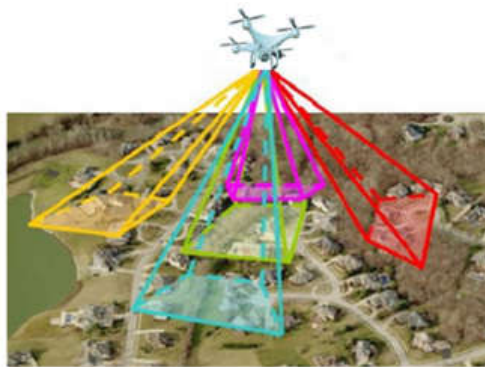


图1 多角度航空遥感影像获取示意图

## 3 无人机倾斜摄影测量的优势

### 3.1 精确性

借助无人机摄影的特殊技术与视野优势，无人机倾斜摄影可对城市建筑物、地形地貌、道路交通等情况进行准确测量，轻松获取与城市建筑物相关的基础数据，如建筑物的高度、位置、尺寸、外观等，从而真实反映地面物体的实际参数。

与传统的摄影技术相比，无人机倾斜摄影技术具有较大不同，主要体现在无人机倾斜摄影技术可快速、高效完成城市三维模型的重建任务。

### 3.2 低成本性

以往城市三维模型的构建，需要工作人员对地面物体参数进行逐一测量，工作人员需要将实际测量的数据转化为城市三维模型建模过程中需用到的数据。地面物体参数的测量工作需要耗费大量人力、物力，且会产生大量的数据校准工作。在此过程中，若出现信息采集有误的情况，需要重新对地面物体参数进行测量，加大了工作的重复性，增加了经济成本。无人机倾斜摄影测量技术的应用，可有效弥补传统摄影测量技术的不足，可在城市三维建模的过程中，同时完成地面物体参数测量与城市三维模型建立等工作，节约了大量的人力与物力。

在测量地面物体空间的基础上，无人机倾斜摄影技术可获取其他类型的数据，可为城市三维建模工作的横向发展与纵向延伸奠定良好的基础<sup>[3]</sup>。

### 3.3 高效率性

无人机倾斜摄影测量技术的高效性,可提高城市三维建模的效率,并可简化建模流程。无人机倾斜摄影测量可精简传统的城市三维建模过程,简化建模步骤,为建模后的工作提供强大的技术支持。

## 4 项目实施

### 4.1 项目背景

根据某地区数字城市规划建设的需要,某勘测公司参与了该地区实景三维数据生产项目。该测区形状近似正方形,南北长约15.3km,东西长约14.2km,共需要构建约200多平方公里的多层次多细节的中心城区精细三维模型,为社会公众和城市管理提供可持续发展的信息化服务。

### 4.2 倾斜影像

获取本次作业由南方“天巡”无人机执飞,飞机携带SWDC-5倾斜数字航空摄影相机、POS机载定位定姿系统,航线设计采用专用飞行管理系统和航摄规划软件。航带的旁向重叠度和航向重叠度都设定为70%,影像地面分辨率为0.06m,分别从四个倾斜和一个垂直方向进行拍摄,获取地面物体的多视角影像以及侧面纹理,同时通过POS系统得到所有像片的外方位元素。

### 4.3 倾斜影像处理

对采集的影像进行格式转换、光学畸变纠正、像片色彩均衡、区域网联合平差、倾斜影像匹配,通过处理得到最终的航摄成果,为后续的数字产品制作奠定基础。

### 4.4 实景三维建模

利用PhotoMesh7.0实景建模软件进行三维模型自动批量构建。PhotoMesh7.0融合计算机视觉、图形学、航空摄影测量学等高新技术,可将不同格式、不同分辨率的二维像片,经过DSM点云生成、TIN构建、纹理映射等步骤,快速批量构建带有纹理的精细三维网格模型。

### 4.5 应用于城市规划设计的三维建模

(1)在城市规划管理中应用三维建模,通过城市规划三维辅助审批系统,可提供各类管理数据,并可对城市街道分布情况、民居拆迁情况等辅助分析。

通过合理应用规划管理可对各类建筑物或地形情况进行全面测量,在城市拆迁辅助分析过程中,通过建筑基本属性可帮助技术人员计算拆迁实际成本。在街道剖面图中可掌握不同街道建筑物在不同方向中的实际情况、各建筑物之间的关系,可为城市规划建设、楼道美化建设等提供参考数据。

(2)三维建模在城市建筑物合理性审批中应用广泛,也可有效应用于现代化城市应急指挥工作,在交通管理、城区改建、土地资源管理等城市管理工作中具有较高应用价值。

(3)随着城市化建设规模的不断扩大,人们对电力资源的需求量在持续增加,同时增大了城市电力路线的规划与测量难度。无人机倾斜摄影测量技术可在短时间内对电力路线的三维模型进行合理设计与建设,准确提取与电路相关的基础信息<sup>[4]</sup>。

## 5 结束语

综上所述,基于无人机倾斜摄影测量的实景三维建模技术和传统摄影测量建模方式相比较,可以减少作业成本的投入,通过自动化建模优势,有利于缩短作业时间,大幅度提高工作效率与质量,该技术有明显的实用价值。

### 参考文献:

- [1]朱李忠,刘沼辉,杨伯宇.无人机倾斜摄影测量技术在南极三维建模中的关键问题探讨[J].测绘与空间地理信息,2021,44(S1):187-191.
- [2]田方,史佳豪,李昊燊.无人机航测倾斜摄影测量三维地理信息建模分析[J].能源与环保,2021,43(5):79-83.
- [3]于丽丽.基于无人机倾斜摄影测量技术的城市三维实景建模研究[J].测绘与空间地理信息,2021,44(5):86-88.
- [4]秦爱梅.试谈无人机倾斜摄影测量技术在三维数字城市建模中的应用[J].电脑编程技巧与维护,2020(2):143-144.