

# 高精度倾斜摄影应用于高层建筑三维建模研究

林剑南 廖志东 林勇

海南撰云空间信息技术有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i2.7175

**[摘要]** 本论文主要探讨高精度无人机倾斜摄影应用于高层建筑三维实景建模方法,解决高精度倾斜摄影航高过低对高层建筑顶部模型破损及大面积相似纹理建模失败的研究。基于Phantom4R TK使用双低航带方法、单低航带方法及JOUAV CW-30C使用单高航带方案三种方法进行实验,通过比较三种方法的空中三角加密计算的结果和模型的效果与精度,确定建模效果与精度最佳的作业方法。

**[关键词]** 无人机航空摄影测量; 倾斜摄影测量; 三维建模

**中图分类号:** V279+.2 **文献标识码:** A

Research on the application of high precision oblique photography in 3D modeling of high rise buildings

Jiannan Lin Zhidong Liao Yong Lin

Hainan Zhuanyun space information Technology Co., LTD

**[Abstract]** This paper mainly discusses the 3D real scene modeling method of high precision UAV oblique photography for high-rise buildings, and solves the research on the damage of the top model of high-rise buildings and the modeling failure of large area similar texture with high precision oblique photography. Based on Phantom 4 RTK, experiments were carried out using dual low sideband method, single low sideband method and JOUAV CW-30C single high sideband scheme. By comparing the results of air triangle encryption calculation of the three methods and the effect and accuracy of the model, the optimal operation method for modeling effect and accuracy was determined.

**[Key words]** UAV aerial photogrammetry; Tilt photogrammetry; Three-dimensional modeling

## 1 背景与意义

倾斜摄影测量技术<sup>[1]</sup>是近年来发展的新测量技术。它改变了以往航测遥感影像只能从垂直方向拍摄的局限性,通过多台传感器从不同的角度进行数据的采集,快速、高效获取丰富的数据信息,真实地反映地面的客观情况,满足人们对三维信息的需求。目前倾斜摄影测量技术已经普遍应用于生产实践,但是依然存在很多不足和局限,针对这些问题,张祖勋、张剑清探讨了几何建模和纹理映射的基本原理和存在问题及其解决的途径<sup>[2]</sup>。但对于无人机在城市高层建筑倾斜摄影测量存在的问题缺乏指导,因此,本文针对高层建筑的高精度倾斜摄影三维建模进行研究。

随着我国城市现代化发展进程的不断加快,现有的平面地图和二维地理信息技术已经很难满足需求。三维不动产测绘、城市数字孪生等行业应用,倒逼斜摄影测量技术发展,只有高精度和高质量三维实景模型才能满足更多行业应用的需要。

## 2 技术路线

通过对航高、航带、像片重叠度、航测设备等条件的约束,

完成高精度的三维建模方法研究,以解决高航带相片地面分辨率与倾斜摄影航高过低,造成的高层建筑顶部及大面积相似纹理建模失败的问题。

使用以下两种方法进行探究:(1)合理划分不同高度的航带,解决不同建筑物高度分辨率和相片重叠度的问题;(2)采用高像素相机在满足地面分辨率的前提下,提升航高保证相片重叠度。前者的优点是使用普通航带无人机,成本低,解决了高层建筑顶部模型破损。但大面积相似纹理建模失败问题仍旧存在,工作效率低。后者的优点是较好地解决了高层建筑顶层模型破损及大面积相似纹理建模失败的问题,工作效率高,但设备成本高。

## 3 高精度倾斜摄影实验方案设计及实施

3.1 倾斜摄影实验场地选择。实验场地是某中学校园,面积约0.24km<sup>2</sup>。平均房屋高度为29米,最高房屋45米,屋顶存在大面积相似纹理,贴合实验要求。区域内均匀布设5个像控点,及15个精度检查点。

3.2 高精度倾斜摄影参数设置。以《低空数字航空摄影规范》(CH/Z 3005-2010)(以下简称《规范》)为依据,在此基础上提

高一定程度精度指标要求, 保证高精度成果。同时, 为确保实验参照组变量单一, 除航高、无人机型号外, 其他参数保持一致。



图2-1校园鸟瞰图

其中, 方案一、方案三严格遵循《规范》标准, 摄影分区内地形高差大于1/6航高时, 划分不同航高摄区; 方案二是其他两组的参照组。

表2-1 航飞参数控制

地面分辨率 (cm)	航向重叠 (%)	旁向重叠 (%)	相机镜头与垂线夹角 (°)
2	80	70%	30°

表2-2 不同方案变量参数设置

方案	航高(m)	起算面相对高度(m)	摄区面积(km <sup>2</sup> )
方案一: Phantom 4 RTK	73	摄区地面	0.24
	98	摄区地面以上 25 米	
方案二: Phantom 4 RTK	73	摄区地面	0.24
方案三: JOUAV CW-30C	263	摄区地面	0.8

注: 固定翼飞机飞行存在转弯半径, 故扩大摄区范围, 不影响实验结果比较。

3.3 倾斜摄影三维建模。利用Context Capture Center 自动化建模软件, 结合无人机倾斜摄影测量进行三维实景建模, 包括数据获取、数据预处理、空中三角测量、倾斜影像密集匹配、DSM点云生成、TIN构建、纹理映射、模型修饰等流程, 最终生成实景三维模型<sup>[3]</sup>。

#### 4 实验结果对比

4.1 实验结果分析。方案一屋顶模型没有出现缺失, 但大面积相似纹理屋顶效果不佳, 见图3-1; 方案二出现了明显屋顶模型缺失及纹理混乱, 见图3-2; 方案三屋顶模型没有出现缺失, 大面积相似纹理屋顶效果清晰均匀, 见图3-3。

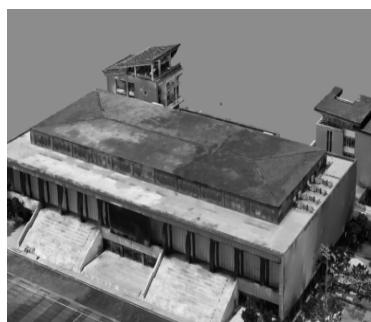


图3-1 模型效果图



图3-2模型效果图



图3-3 模型效果图

#### 4.2 三维模型质量差异原因分析。

4.2.1 空中三角测量质量分析。通过匹配连接点重建误差统计表(表3-1)可以分析得出方案一(见图3-4)、方案二(见图3-5)虽然均方根误差能够达到要求, 但最大重建误差达到3~4米, 误差分布离散, 空三连接点可靠度弱, 而连接点是后续建模密集点云匹配的基础, 会影响三维模型质量。方案三中(见图3-6), 像片匹配连接点重建误差最大仅为0.29米。误差分布收敛, 空三连接点可靠度高。有利于后续三维模型生成。

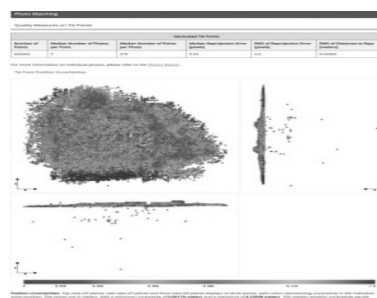


图3-4 方案一 空三报告

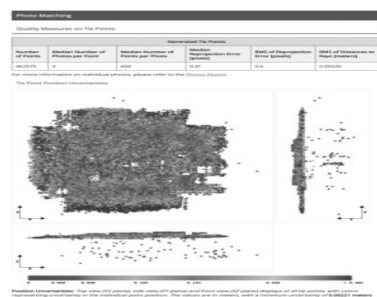
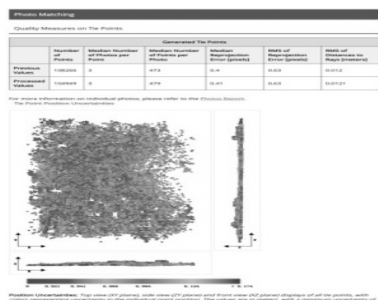


图3-5 方案二 空三报告图



3-6方案三 空三报告

表3-1 匹配连接点重建误差统计表

实验方法	重建误差均方根(RMS)m	最小重建误差(m)	最大重建误差(m)	航高(m)
方案一	0.03290	0.03289	4.23938	73、98
方案二	0.05573	0.00221	3.34108	73
方案三	0.04130	0.00350	0.29870	263

4.2.2控制点精度分析。从控制点误差统计表(表3-2)中可以分析出,三种方法均能达到空三计算的控制点精度要求,但方案三的精度要高于方案一、二精度一个数量级别。说明更好航飞指标,如:航带内高差、重叠度、分辨率等,才能取得更好的精度。

表3-2 控制点误差统计表

实验方法	平面误差均方根(RMS)	高程误差均方根(RMS)	航高(m)
方案一	0.03367	0.00661	73、98
方案二	0.03496	0.00309	73
方案三	0.0006	0.0001	263

4.3三维模型质量差异分析。航高、航带及航摄相机分辨率不同,影响影像重叠度、像片比例尺差异、单张像片覆盖的范围,进一步影响了空三计算与三维建模的质量。

区域内建筑物高度对重叠度的影像,与航高成反比,航高越低影像越大。最高点重叠度=重叠度+(1-重叠度)×(基准面-最高点)/相对(最高点)航高;最低点重叠度=重叠度+(1-重叠度)×(基准面-最低点)/相对(最低点)航高<sup>[4]</sup>。

表3-3 航向重叠度分析表

无人机	最大相对航高(m)	最小相对航高(m)	相机主距(mm)	最大航向重叠度(%)	最小航向重叠度(%)
大疆 Phantom 4 RTK	73	28	8.8	80	47
大疆 Phantom 4 RTK	98	53	8.8	80	63
JOUAV CW-30C	263	218	70	80	78

低航高单张像片覆盖区域小,影像内部地物单一、相似纹理过多,像点匹配困难,影响该区域模型质量。

航高过高会造成区域内最低点像片和最高点像片比例尺差

异过大,空三计算、模型重建困难。像片的比例尺变化越小,越利于空三计算和像片的匹配精度。从上述分析中也可看出,第三种方法最接近理想值。因此方案三能够得到更高的几何精度及模型质量。

表3-4航高与比例尺分析表

无人机	最大相对航高(m)	最小相对航高(m)	相机主距(mm)	最大比例尺	最小比例尺	比例尺差异系数
大疆 Phantom 4 RTK	73	28	8.8	1/8295	1/3181	2.60
大疆 Phantom 4 RTK	98	53	8.8	1/11136	1/6022	1.85
JOUAV CW-30C	263	218	70	1/3285	1/2905	1.13

注:航摄比例尺S=摄影机主距/相对航高

方案一通过不同航高摄影机弥补地面分辨率低与影像重叠度的不足矛盾,73米航高满足最低点地面分辨率达到2CM,98米的航高保证最高点的重叠度不低于60%的三维建模的最低重叠度,能够成功三维建模。但是由于相对航高偏低以及相机画幅过小,也会导致大面积屋顶照片数量过多,造成大面积屋顶纹理色差大,色彩不统一。方案二只用了73米航高的数据,虽然满足了地面分辨率的要求,但像片重叠度在楼顶仅47%,无法满足建模需要。导致三维模型房屋顶部破损,无法成功建模。方案三使用单高航带方法采用了中画幅相机,像素值达到1亿像素。在航高263米时就能达到2CM的地面分辨率,重叠度在最高点也能达到78%,并且画幅大,覆盖面积大,对应大面积屋顶建模使用的照片数量少,色彩统一。因此可以建出高质量的模型。

### 5 结论

高质量的建模需要对高层建筑区域的影像重叠度、地面分辨率、航高比进行控制。控制的方法:(1)使用高像素相机及长焦距镜头,在保证地面分辨率(GSD)的前提下最大限度的提高航高。(2)采用不同航高进行航拍,保证各个高度的建筑都有基本符合规范的影像重叠度和航高比。选择合适装备能够更好地完成建模任务。

三维模型纹理在实验中可以很显然的发现,航高越低相片覆盖的面积越小,纹理质量越差。影响三维模型效果的因素如反光面、慢速运动的物体、镂空复杂的建筑物、光照带来的纹理色彩差异问题,还需进一步的研究探索。

### [参考文献]

- [1]张祖勋.数字摄影测量学[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,1997.
- [2]张祖勋,张剑清.城市建模的途径与关键技术[J].世界科技研究与发展,2003(3):23-29.
- [3]潘红汐,任东风.Smart3D在三维实景建模中的应用研究[J].测绘与空间地理信息,2020,43(04):80-84.

### 作者简介:

林剑南(1996--),男,汉族,湖南常德人,学士,助理工程师,从事测绘生产。