

## 关于倾斜摄影测量在城市三维建模中的应用研究

江浩

安徽省第三测绘院

DOI:10.32629/gmsm.v3i1.545

**[摘要]** 无人机倾斜摄影技术是现代测绘行业进行城市三维建模的有效方案,也是当前测绘领域的研究热点。因此,本文对倾斜摄影在城市三维建模中的应用进行了研究,研究的结果表明相对于传统的垂直摄影,倾斜摄影的方式具有成本低、建模细致、自动化程度高等优势,对现代城市模型的建立具有一定的使用价值。

**[关键词]** 倾斜摄影; 城市建模; 测绘行业

## Research on the application of tilt photogrammetry in urban 3D modeling

Jianghao

Anhui Third Survey and Mapping Institute

**[Abstract]** Drone tilt photography is an effective method for urban 3D modeling in modern surveying and mapping industry. Therefore, the application of tilt photography in urban 3d modeling is studied in this paper. the results show that compared with the traditional vertical photography, the way of tilt photography has the advantages of low cost, meticulous modeling, high degree of automation, and has a certain value for the establishment of modern urban model.

**[Keywords]** Oblique photograph; Urban modeling; Surveying and Mapping

城市三维建模是对城市中的地形以及各种建筑的仿真模拟,从而实现对城市结构的复现。城市三维建模在城建规划、交通管理、安防应急等领域有着广泛应用。而传统的由人工进行建模的方式不但成本高,且耗时较长,而随后出现的航空摄影建模的方式提升了建模的效率,但无法对城市建筑中的高度信息进行还原<sup>[1]</sup>。随着现代城市中高层建筑越来越多,倾斜摄影建模作为一种新的测量手段,通过一台无人机搭载多个摄像头的方式实现倾斜摄影,从而还原城市建筑中的高度信息,同时大幅降低建模所需的成本。因此对倾斜摄影在城市建模中的应用进行研究,对我国城建规划发展具有重要意义。

## 1 倾斜摄影的工作原理

## 1.1 倾斜航空摄影系统组成

倾斜摄影需要由无人机搭载多组摄像头完成,一般的无人机倾斜摄影系统主要由三部分组成:

**飞行平台:** 大多数的倾斜摄影选择的都是无人机,对于部分大型倾斜摄影工作来说,也可以使用双人驾驶的小型固定翼飞机完成,常用于农村等地域空旷的地区<sup>[2]</sup>。

**摄影仪器:** 主要的仪器是飞机上搭载的多模组摄像头,除此之外还包括距离传感器、重力传感器、GPS定位系统以及偏转记录系统等,方便将飞机摄影时的状态录入到系统中,后期通过这些数据可以计算图像的倾斜角度,从而为建模提供数据参考<sup>[3]</sup>。

**人员:** 无人机摄影的人员主要为地面操控人员,驾驶小型飞机进行摄影的还需要飞机驾驶员。

## 1.2 倾斜影像预处理

由摄像机拍摄的影像往往存在几何误差,因此在建模之前需要对影像进行预处理以提升其精确度。影像的误差主要有畸变误差和匀色误差两种,畸变误差是指进入镜头中的光线和离开镜头的光线由于各种因素的影响不互相平行,因此不能满足实物、镜头中心和拍摄影像共线的条件,使得拍摄的影像出现变形;匀色误差是指由光照不均匀导致的影像颜色误差,常见于多云天气或建筑物存在光线反射。由于本文中的倾斜摄影在晴天进行,且摄影区域内不存在可能会反光的建筑,因此仅考虑畸变误差即可。

## 1.3 纹理信息提取和映射

三维建模所得到的模型反应的是空间的结构,但实际的模型分析工作中,往往还需要模型具有较高的细节信息,因此在建立具有空间结构的模型后,需要根据拍摄图形中的细节信息,将其映射到模型上,最终得到的模型应当尽可能的与实物相符,此过程称为纹理映射。在进行纹理映射时,应当准确的判断进行映射的数据源,一般来说应当遵循以下条件:

对于模型的一个面来说,当图形中存在一个以上与该面对应的图像时,选取面积最大的进行映射;当只有一张图像与平面对应时,一定选取该图像进行映射;当没有任何图像与平面对应时,不对此平面进行映射,该平面不作为模型中的展示部分,因为其不能被多角度的摄影所捕捉,因此该平面对应的纹理信息不具备分析价值。

## 2 项目背景

## 2.1 试验区概况

表1.1 倾斜摄影和相机参数

检测项目	参数	相机指标	相机参数
拍摄面积 (km <sup>2</sup> )	0.14	像素大小 (μm)	4.2
航线长度 (km)	12	镜头焦距 (mm)	55
地面分辨率 (cm)	2.8	倾斜角 (°)	45
拍摄高度 (m)	180	存储容量 (GB)	512
航线敷设	南北	畸变差 (m)	≤2
重叠度 (%)	80%	颜色模式	8bit
相机型号	Riy-D3	曝光时间 (s)	1.6
拍摄焦距 (mm)	30	感光度	120
相机像素	6000*4000		

利用无人机进行倾斜摄影和三维建模的区域大小为0.45km<sup>2</sup>,位于蚌埠的经济开发区,因此其存在大量的高层建筑,范围内的建筑面积为0.21km<sup>2</sup>,地势较为平坦,建筑类型多样化,包括中国古典园林建筑以及现代商业建筑等,建筑的高度落差也相对较大,因此需要使用倾斜摄影的方式进行三维建模,本次建模实验中所使用的无人机共搭载5个摄影镜头,正常飞行的高度为180m,倾斜摄影的旁向重合度为70%,航向重合度为80%。该经济开发区内共设置无人机航线40条,倾斜摄影的摄影点共计1010个,摄影完毕后我们对照片进行

了统计,共拍摄照片4525张,多视影像5套,具体的摄影指标如表1.1所示。

2.2 三维模型建立与精度分析

2.2.1 三维建模流程

在得到倾斜摄影的影像、校验文件和POS文件后,对原始影像进行基本的预处理后,利用三维建模软件Smart 3D导入文件并完成模型的制作,具体流程如图1.1所示。

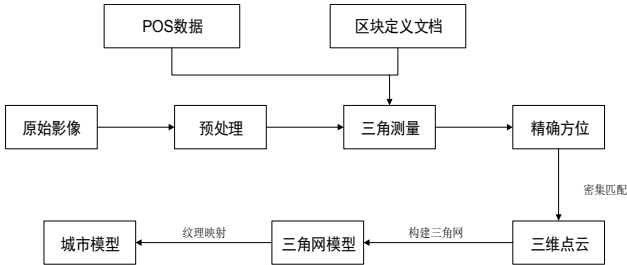


图1.1 三维建模具体流程

2.2.2 影像预处理

倾斜摄影中的畸变问题是由于所使用的摄像机非量测型相机,因此在拍摄过程中难以获得高层建筑的内方位参数,使得相机在摄影过程中出现光学残差,形成畸变问题。在进行摄影之前,需要对摄像机进行标定,得到校正后的摄像机的内方位参数,例如相机的镜头焦距、偏心畸变值、径向畸变值等,并在后期的预处理过程中将这些参数用于修正图像的畸变差,得到准确的图像用于建模。

2.2.3 三维模型构建

Smart 3D是一种应用较为广泛的三维建模软件,因此本文选择使用此软件进行三维模型的建立,在应用Smart 3D进行建模时,需要以下步骤:

空三加密:首先对拍摄的影像进行检查,在确定没有遗漏后,将其划分为若干区块并导入软件,同时利用软件自带的预览功能查看导入的影像,当发现影像有模糊或漂移问题时,应当将其删除。在确保导入软件中的影像没有质量问题后,将相关的数据参数输入软件并提交到空三工程中。此时Smart 3D软件就可以提取影像中的重合点和图像特征,同时进行平差计算并输出相应的空三加密报告,得到没有畸变差的影像。

构建三维模型:在构建三维模型时,利用图形影像匹配算法,通过分析图像中的特征点完成三维场景的运算,得到城市区域的地物三维点云。之后对三维点云进行分割使其形成三角网模型,利用软件的处理功能进一步将三角网模型转化为白模型,随后在白模型上补全从图像中提取的信息并对其进行纹理映射后形成实景三维模型,如图1.2所示。



图1.2 由Smart 3D软件建模得到的实景三维模型

在实际进行建模时,由于城市区域的面积较大,采用整体建模的方式最终

得到的模型体积也会非常大,现有的计算机设备可能难以负担,因此我们采用了对模型进行分割的方式,将整体模型分割为若干“瓦片”,即小模型,对小模型进行处理可以提升处理的速度。本文的建模过程共计拆分了1545个“瓦片”。

2.2.4 模型精度评定

模型精度评定可以确定模型的质量,在进行模型精度评定时,需要在模型中设置若干检查点,通过对检查点的实地检查和将之与模型中反应的状态进行对比,即可得知模型与真实城市对应的状态,对应的程度越高,模型的精度就越高。对检查点的检查参数包括2000国家大地坐标与大地高程数据,数据的真值为外业测绘所得到的实际值,计算值为在模型上计算得到的值,本文中设置了20个检查点,取其平均数据作为检测模型精度的参数,具体结果如表1.2所示。

表1.2 三维模型精度评定结果

检测值	最小误差	最大误差	平均误差	中位误差
$\Delta X$	0.006	0.245	0.125	0.147
$\Delta Y$	0.004	0.268	0.131	0.151
平面位置	0.057	0.347	0.056	0.074
大地高程	0.009	-0.214	-0.075	0.123

从表1.2中可以看出,平面位置和大地高程的实际参数和通过模型计算的参数的最大误差分别为0.347和-0.214,符合《三维地理信息模型数据产品规范》中对模型误差的规定,说明我们所建立的模型具有较高的精度,可以进行城建规划方面的分析和计算,满足测绘工程的相关需求。

2.3 纹理映射实验

2.3.1 纹理映射技术流程

纹理映射是指将无人机所拍摄的具有真实细节的图形中的细节因素映射到建立的素模中,使模型更加真实,细节更加丰富。虽然普通的模型可以用于进行城建规划相关的分析,但现代技术的进步使得测绘行业对模型的需求越来越高,因此纹理映射技术便应用到三维建模中。目前常用的纹理映射技术基于OpenGL图像显示技术,首先利用显示环境读取模型文件中的三维坐标和图形文件中的细节元素,随后将图形中的细节元素绑定到指定的纹理坐标中,将其映射到模型上,进行后续的贴图处理后即可得到基本真实的模型。

2.3.2 纹理映射结果分析

在本次建模实验中我们选取了部分结构较为简单的建筑进行纹理映射实验,其结果如图1.3所示。在图1.3中,左图为使用建模软件建立的模型,可以看出模型仅仅是具备基本的结构特征,没有真实建筑中的各种细节;而右图为纹理映射后的模型,此模型的真实感比左图中的素模更强,模型细节更加丰富和真实,已经基本可以还原城市中真实建筑的形态。这种真实模型的可用性更高,能够在很大程度上取代以往需要现场实地调查才能够得到的资料,对城建行业的分析工作有很大帮助。



图1.3 模型纹理映射的结果

# 基于GPS测绘技术在测绘工程中的应用探析

马良

重庆市勘测院

DOI:10.32629/gmsm.v3i1.492

**[摘要]** 随着科学技术不断前行的脚步推动了我国在测绘技术的发展,致使大量不同种类的测绘技术不断更新与创新,而且朝向数字信息化与智能化发展,而GPS测绘技术以其独特的优势在测绘工程中被广泛的使用,在这一过程中取得了良好的效果,有效提高了测绘工程的准确率。文章主要分析了将GPS测绘技术使用在测绘工程中的具体优势,促进了GPS测绘技术在测绘工程中的广泛使用与发展。

**[关键词]** GPS; 测绘技术; 测绘工程

## 引言

随着我国科学技术前行脚步不断加快,GPS技术应运而生,而且已经应用在各行各业中,将GPS技术使用在测绘工程中呈现出来的社会价值也逐步在增高,有利于我国社会发展与进步,将GPS技术应用于测绘工程中可以将GPS的优势更加完美的展现出来,有效提升测绘技术的准确率,尤其是在地籍以及房地产的工程测绘过程中发挥出来的作用更大,因此使用GPS测绘技术可以有效的提升测绘工程的工作效率。

## 1 简述 GPS 技术的测绘原理

随着科学技术的不断发展,促使全球定位技术测绘设计的产生,其主要的原理为:以卫星上发射出相关信号作为基础,利用各种轨道中卫星分布的不同特征,从多个角度与多个维度实施具体的定位。测绘技术人员能够以卫星运行的轨道和赤道间存在着的交叉角度与卫星运行周期等的详细资料来提高GPS测绘技术的定位功能用以保证定位的精准度。将现代化的科学技术与全球定位技术融合在一起,可以确保地球上所有信号的接收点,都可以得到特定卫星发出的相应信号。测绘专业技术人员依据收到的相关信息数据,实施在岗位上实施各自测绘工作内容。除此之外,使用GPS测绘技术展开测绘工程时,专业技术人员可以进行间断式工作,在这一过程中只需对有关数据信息进行记录与分析。目前,我国通信技术已经在大范围内应用GPS测绘技术,主要是利用静止状态下的三维坐标测定出来的信息转换成为动态测定信息,并且还能够对测绘工程展开实时测绘定位与导航,在这一过程中,可以借助数据处理就能独立完成,对于GPS测绘技术而言,将其用于测绘工程领域中,其广度与深度都被进一步扩展。当下在地形与土地测量中已经十分广泛的应用GPS技术,而且其也在地表沉

陷等内容的监测中大放异彩。

## 2 GPS 测绘技术在测绘工程中的应用优势

### 2.1 具备测绘效率高并且节省资源的优势

近几年来,我国科学技术的水平一直在不断攀升推动了社会生产效率的提升速度,在测绘工程中使用GPS测绘技术的逐渐提高,主要以智能化与自动化的技术为基础,因此使测绘技术操作起来格外简洁,智能化操作逐步提升,减少了测绘现场工作人员的劳动量,并且在测绘时间以及测绘精度方面也得到了提升<sup>[1]</sup>。使工程测绘条件与技术条件得到极大改善,测绘工程中需要的测绘设备与测绘人员等方面的资源投入均在一定程度上得到了很大的节约。

### 2.2 具备灵活的技术使测绘时间得以提升优势

利用GPS测绘技术在测绘工程领域中拥有的特征为:具备测绘点之间的通视活动。在测绘工程现场施工的过程中,GPS测绘设计在没有高大障碍物的干扰时,可以展开测绘点选址,并且利用测绘点之间的通视功能来确保测绘工程使用的时间。所以GPS测绘技术在测绘工程领域中的使用更加灵活,在使用GPS测绘技术方法后,节约了测绘工程的准备时间以及实施时间,确保了测绘工程的进度。

### 2.3 具备测绘适应性强、精准度高的优势

随着科学技术的发展促使GPS测绘技术逐步走向成熟,现如今在大部分的测绘工程中都开始引进这项测绘技术,在这一过程中合理的规避了外界对测绘工程的干扰。因为GPS测绘技术在应用时的对外界条件的适当性非常强,促进了测绘工程施工效率以及测绘工作的精准性均得以有效提升<sup>[2]</sup>。GPS测绘技术主要实现地面和空中信号的有效传输,并且以测绘为前提条件使

## 3 技术总结分析

### 3.1 建模方式比较

除了传统的手工建模外,现代化的建模方式有激光扫描建模和点云建模两种,本文中经过权衡后选择点云建模,其优点在于更高的建模精度以及更广泛的适用性,激光扫描建模虽然也具备精度高的优势,但其建模的效率较低,且拼接大块模型时显得非常困难。

### 3.2 无人机比较

本文中倾斜摄影所用的是无人机,目前测绘行业常用的无人机有多旋翼无人机和固定翼无人机两种,固定翼无人机的优势是航线较长,具有更大的巡航面积和飞行高度,因此适合在自然环境如山脉中的应用;而多旋翼无人机虽然在续航和飞行高度上不如固定翼无人机,但其飞行较为灵活,可以实现悬停摄影,更加适用于地域狭小且建筑较多的城市,因此本文中选用多旋翼无人机搭载镜头进行倾斜摄影。

## 4 结论

本文以某市的经济开发区为例,对倾斜摄影在城市三维建模中的应用进行了研究。倾斜摄影由多旋翼无人机搭载多模组摄像机完成,后续的处理环节为预处理修正误差和纹理映射提升模型的精度。该方式可以建立仿真度相当高的城市模型,可以为城建规划、交通规划、自然资源管理等工作提供相当大的帮助。随着未来城市人口的增加和高层建筑的增多,这种倾斜摄影进行三维建模的方式应用前景将越来越广泛,期待本文能够为测绘地理信息行业的发展提供帮助。

## [参考文献]

- [1]倪炜.无人机倾斜摄影测量技术在规划竣工测量中的应用[J].住宅与房地产,2019,(28):172.
- [2]徐东华,谭金石,苏一丹.无人机倾斜摄影测量技术在露天矿区监测中的应用研究[J].广州航海学院学报,2019,27(03):66-70.
- [3]郭忠磊.倾斜摄影测量技术在城市1:500地形图测量中的应用[J].现代测绘,2019,42(05):58-60.