

# 基于无人机倾斜摄影测量技术的三维建模和精度分析

范敏智

(南京市测绘勘察研究院股份有限公司, 江苏 南京 210019)

**摘要:** 无人机倾斜摄影测量技术是信息时代的重要产物, 应用该技术能在检测目标物三维立体情况的同时, 建立分辨率高、精确度高的空间模型, 为相关人员高效开展数据分析、建筑设计等工作提供技术支持。本文在简述无人机倾斜摄影测量技术的基础上, 重点分析其三维建模的关键技术与应用方法, 以供参考。

**关键词:** 无人机; 倾斜摄影测量; 三维建模

**中图分类号:** P231 **文献标志码:** A



随着数字地球、现代化城市建设、建筑物景观设计的不断发展, 人们对地物三维模型在实际应用场景中的质量要求越来越高。无人机倾斜摄影测量技术是近年兴起的一种测绘技术, 其研发与应用打破了正摄影像只能从垂直方向获取信息、测量数据的局限, 同时具有精度高、成本低、时效性强等优点, 目前被广泛应用于多个领域的测量工作中。

## 1 无人机倾斜摄影测量技术简述

### 1.1 概念分析

无人机主要由自动驾驶仪、导航装置、无线电遥控设备以及传感器组成。它不仅能按照既定的程序及拟定的航线飞行, 而且可以从5个角度(包括1个垂直角度与4个倾斜角度)对地物的影响数据进行收集和测绘<sup>[1]</sup>。除此以外, 无人机技术与倾斜摄影技术的结合应用, 为一些地形复杂地区测绘工作的有序开展创造条件、提供便利, 同时也可有效降低人工操作的数据偏差风险和人员安全风险。

### 1.2 技术介绍

(1) 无人机遥感技术。无人机上设有无线电操控设备, 人员可以借此进行远程监控。同时无人机上搭载高分辨率、多视角航空摄影仪作为遥感平台, 其在运行中能高效获取遥感影像, 快速收集地物的多项数据信息, 并将信息通过网络传输到安装的设备或地面的设备中进行处理与分析<sup>[2]</sup>。(2) 倾斜摄影测量技术。此项技术的应用原理为通过多个高清摄像设备和遥感设备对目标物的不同角度进行影像研究, 在此基础上经数据处理分析后进行三维建模。生成的三维实景模型既能真实地还原目标物的纹理、色彩等特征,

直观地反映目标物的地貌、地形等情况, 还能结合GPS (Global Positioning System, 全球定位系统) 技术获得准确的地理位置信息, 全面完善影像信息。

### 1.3 技术特点

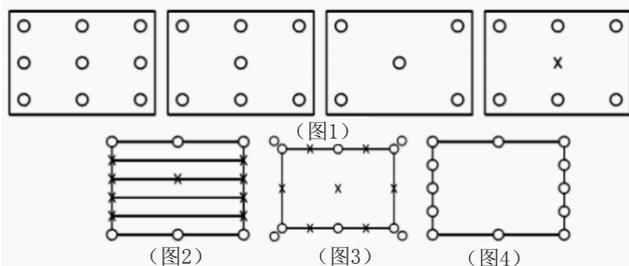
(1) 快速灵活, 实时性强。无人机因体积小、重量轻的特点, 为其运输带来极大便利, 并且它在飞行与起降中受天气与地形的影响较小, 主要体现在既可以灵活地在平坦地面如道路、草坪等垂直起降, 可以借助辅助设备如发射架、弹射器等弹射起飞, 还可以通过多种方式如滑行、伞降等实现回收。不仅如此, 无人机在运行中能精确地获得影像数据, 且直观性与实时性均比较强, 因此大幅度增加数据的时效性和科学性, 有利于相关人员据此高效开展三维建模与精度分析工作<sup>[3]</sup>。(2) 高分辨率遥感影像。无人机通常在低空飞行的过程中进行拍摄, 由于离地物比较近, 能获得多时相、多光谱的高分辨率遥感影像数据。(3) 成本低、风险小。无人机的组成并不复杂, 制作简单且易于组装, 虽然体型轻巧, 但安全可靠, 同时具有购买与保养成本低的明显优势, 可以被应用在多个领域。此外, 无人机航摄系统能按照编定好的程序在既定的航线上飞行, 即使发生意外损坏, 也能保障操控人员与影像数据的安全。(4) 数据真实可靠, 效率较高。倾斜摄影技术的应用可有效地反映出地物的外观、位置、高度等属性, 并且通过测量软件还能测量地物的角度、坡度、面积等, 同时输出DSM (数字表面模型)、DOM (数字正射影像图) 等多种数据成果, 使人们获得真实可靠的数据, 解决人工建模仿真度低的问题<sup>[4]</sup>。(5) 易于发布和共享。应用倾斜摄影

技术获取的影像数据量较小,有利于较为快速地上传到网络上,进而实现资源共享。

## 2 无人机倾斜摄影测量三维建模的关键技术

### 2.1 像片控制点的布设方案

在利用无人机倾斜测量技术获得航摄像片后,便要开展后期数据处理分析工作,首先需在野外布设像控点并测量出其大地坐标,然后再将测点位置一一标记出来,以此为空三(空中三角测量)加密的顺利进行打下良好基础。其中像控点布设采取非全野外布点方式,现阶段通常实施的布设方案包括以下两种:航带网法布点和区域网法布点。(1)航带网法布点。该方案的设计目的是提高加密成果精度、降低数据误差风险,设计原理是按照航线进行布设,同时限制相邻两个布设像控点的间隔距离和基线数。航带网法进行布设像控点的过程中,会采用以下几种方法:①六点法。此种方法是目前最标准的布点方法,在航带网布点中得到广泛的应用。其具体应用情况为,当通过一张像片覆盖一幅图进行作业,同时区域网范围内图像不超过16张时,利用该方法在每个航带中分别布设6个平高点<sup>[5]</sup>。②八点法。此种方法的具体应用情况为,当通过一张像片覆盖一幅图进行作业,同时区域网范围内图像在16~48张时,在每个航带中分别布设8个平高控制点。③五点法。此种方法的具体应用情况为,当某条航带长度为最长航带网的50%~70%时,分别布设5个平高控制点。(2)区域网法布点。如果实际布设中利用区域网平差开展作业,就要将像对数作为标准对区域进行合理的划分,且要求所划分的区域面积不能大于它。其中像对的定义为,在高程点与平高点连接的区域内,当出现某像对基线跨入附近控制点连线大于半数时,便可视为1个像对,而像对之和即为像对总数。一般来说,在应用该方法时,会在区域网中间布设1个高程点,随后根据实际情况在四周分别布设平高点(图1);若出现像片的旁向重叠过少的情况,则可以在重叠之处增设高程点(图2);若实际布设中利用光束法区域网平差开展作业,那么就要采用互相间隔法分别设置平高点与高程点(图3);如果实际布设中利用GPS法开展外业测量工作时,则可以适当增设平高点(图4)<sup>[6]</sup>。



### 2.2 外业控制点的施测

像片控制点布设的合理性以及测量的准确性与最终成果的精度息息相关,因此有效完成外业控制点的

施测是无人机倾斜摄影测量技术的应用要点。在正式开展这项作业前,要做好一系列的准备工作,包括整理现有数据、利用专业软件处理数据等,并通过获取及分析空三加密平差的结果,形成测量区域的全景影像图,为后期的布设与测量工作的顺利进行提供重要保障。就现阶段而言,像控点的联测常用GPS定位技术,且多采取分级控制的方式实施开展。具体应用流程为:(1)获取基础控制点的大地坐标。该坐标可以通过在研究区域内进行基础控制测量获得,或者通过直接分析近期的地形图等相关资料获得<sup>[7]</sup>。(2)构成GPS定位网。按照低空数字航空摄影测量外业规范布设像控点,并将此和大地点连接,构成GPS定位网。

(3)获取高精度坐标。在接收到GPS卫星信号后,利用数据链将观测数据实时传输给相应设备,然后通过内部自带软件进行处理分析,以此解算出两个位置的基线向量以及目标物的点位坐标<sup>[8]</sup>。

### 2.3 多视影像联合平差

多视影像联合平差是倾斜影像处理过程中的重要环节,其应用可以借助多层次、多条件的约束方法获得影像的同名点,有利于误匹配率的降低,进而获得更为准确的影像姿态数据,同时将加密点数据计算的误差控制在一定范围内。与部分传统的空三加密法相比,多视影像不仅包含垂直影像,还具有倾斜影像,考虑到影像之间的变形问题与遮挡现象,还能通过联合平差进行有效处理。就现阶段而言,主要采取的多视影像联合平差方式为:首先使用SIFT(尺度不变特征变换)特征提取算法提取影像特征,其次建立自检校区域平差的误差方程,再次运用多种数据进行联合平差计算,最后通过整理分析数据得到每张像片的外放元素和全部加密点的物方坐标<sup>[9]</sup>。

### 2.4 多视影像密集匹配

完成上述操作后,密集匹配所需的相关数据就已经基本采集完毕,随后便要开展影像的匹配工作。影像匹配作为摄影测量的关键步骤,如果只靠一种匹配单元或匹配方法是难以获得后续三维建模中所需要的同名点的,因此近年来相关研究将焦点放在多单元、多视影像等匹配法的研发与应用中,其中CMVS(散列图像聚簇)、PMVS(基于贴片模型的密集匹配)等方法目前已取得一定应用成果。

### 2.5 产品成果的生成

经多视影像密集匹配后,高精度、高分辨率的数字表面模型(DSM)便已获得,由于它可以将目标物的表面特性完整且精确地展示出来,该技术已成为现阶段空间数据基础设施的重要技术。产品成果的生成主要包括以下几个步骤:(1)对DSM数据采取滤波处理,同时融合不同匹配单元,以此获得具有真实感观

的DSM。(2)对影像数据采取归一化处理 and 增强处理,同时将纹理映射到DSM数据表面,以此形成初级的三维模型。(3)检查验收上述操作中所获得的各项成果,同时输出相应的数据和文件,最后上交全部成果数据。

### 3 基于无人机倾斜摄影测量技术的三维建模方法研究

#### 3.1 关键技术

虽然无人机倾斜摄影测量技术具有数据真实、可靠、操作简单、方便等优势,但在应用该技术建立三维城市模型的过程中,由于会受到设备性能、大气环境、软件功能等不确定因素的影响,可能导致模型的建立出现误差,不利于后续工作的高效开展。其原因主要为:(1)无人机在运行中的姿态是处于动态变化状态的,再加上飞行线路的影响,影像在重叠度、几何畸变等方面可能出现一定问题,进而造成模型畸形。(2)大气环境是无法完全精准预测的,即使事先做足准备工作,在技术应用中也有可能因此受到影响,比如大气噪声引起的模型飞面与凸包等。(3)不同时段的光照强度是存在差异的,这也导致模型会出现纹理不均的现象。以上问题导致无人机倾斜摄影测量技术的应用存在局限性,对此还需加大对关键技术以及解决措施的研究力度,以提高三维建模的水平。

#### 3.2 优化方法

由上述分析可以看出,基于无人机倾斜摄影测量技术的三维建模还存在一定问题,而这些问题为测量精度带来不同程度的影响。为减轻影响,提高精度,需要采取行之有效的优化处理措施加以解决,对此提出以下两点建议:(1)几何修复。包括修补模型的破洞问题、还原模型的凸包问题、删除模型的飞面问题等,以利于建模质量的提高。(2)纹理修补。为确保模型的纹理足够清晰且均匀,需对光照强度的影响进行深入研究,同时在发现纹理不清、不均等问题后,应及时修补或替换模型。

#### 3.3 实践分析

传统建模虽不如三维建模的质量高,但仍可以借鉴其优点,利用其成熟的技术对三维建模中需要改进的地物目标或区域进行二次处理。举例说明,可以通过构建完善的辅助编辑系统,将空三加密成果与初始模型分别导入其中,利用空三技术的特点找出初始模型存在的问题,并开展相关修复修补工作。不仅如此,该系统还具备同名点搜索、纹理提取、模型交互等核心功能,而通过这些功能可以高效完成定向建模。另外,还可以借此在空三后影像上进行绘制,并利用拉伸等方法、自动贴图等功能,生成三维模型。

#### 3.4 精度分析

精度分析是确保模型真实可靠的关键步骤,在建模前需要对倾斜影像空三匹配结果进行精度验证,具

体流程为:(1)在测区范围内均匀布设若干个检查点。(2)利用网络RTK(Real Time Kinematic,实时动态载波相位差分)分别测量检查点,并在三维模型上读取检查点的坐标。(3)将外业实测坐标作为真值,将读取的坐标作为计算值,计算两者的校差。在建模后,要对模型进行成果精度分析,具体流程为:

(1)在三维模型上随机抽样采集特征明显的直线距离,如建筑的高、马路的宽等,以保证数据的代表性。(2)使用全站仪开展外业测量,精准记录数据。(3)将测量结果与外业实测结果进行对比分析,计算得到误差。

### 4 结束语

综上所述,无人机倾斜摄影测量技术的研发与应用促进三维建模质量与水平的提升,主要体现在其不仅在测量精度和效率等方面有显著优势,并且数据收集的方法也比较简单、便捷,同时能对一些地形复杂的区域进行有效测量,降低人工操作的误差风险和安全风险,受到业内人士的高度认可。不过从实际来看,当前该项技术的应用仍存在一定缺陷需要弥补,对此需加大研究力度,并开发出新技术,以促进测绘事业的进一步发展。

#### 参考文献

- [1] 王成,潘少炜,李岩.基于无人机倾斜摄影测量的露天矿山三维建模及精度分析:以广西为例[J].南方自然资源,2022(5):57-62.
- [2] 赵建春.基于倾斜摄影测量技术的实景三维建模及精度分析[J].科学技术创新,2022(7):127-130.
- [3] 薛雷,邓连生,张国武,等.无人机倾斜摄影技术三维建模及精度分析[J].湖北理工学院学报,2022,38(1):4-8,31.
- [4] 裴建隆.基于三维激光扫描与无人机倾斜摄影技术对异形建筑三维建模的融合应用[J].江西科学,2021,39(6):1060-1064.
- [5] 何湘平,梁运强,黎志坚,等.无人机倾斜摄影测量技术在农村房地一体化测量中的应用[J].南宁师范大学学报(自然科学版),2021,38(3):129-134.
- [6] 成枢,程旭明,桑泽磊,等.倾斜摄影测量技术在城市三维建模中的应用[J].新型工业化,2021,11(8):81-82.
- [7] 刘振.无人机倾斜摄影测量技术的三维建模与精度分析[J].山西建筑,2020,46(15):154,174.
- [8] 李芳,刘洋洋,李孙桂.基于无人机倾斜摄影测量技术的三维建模和精度分析[J].江西测绘,2019(3):40-42.
- [9] 方忠平.基于无人机倾斜摄影测量技术的三维建模和精度分析[J].工程建设与设计,2019(10):247-248.