

城镇地籍测绘中无人机倾斜摄影测量的应用研究

徐先燕 赵宁 吴楷文 傅俊

江苏煤炭地质物测队

摘要:针对以往传统城镇地籍测绘方法效率低、程序复杂、工作强度大等缺点,本文围绕无人机倾斜摄影测量技术开展城镇地籍测绘应用研究。首先对无人机倾斜摄影特点等进行简单阐述,围绕具体化步骤对这一测量测绘技术要点进行研究,以此为基础引入实际项目案例结合具体工作对无人机倾斜摄影测量应用做出相应分析。

关键词:无人机;城镇地籍测绘;倾斜摄影

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.19.116

引言:在当今地籍测绘工程项目中,无人机倾斜摄影测量技术凭借其显著优势受到广泛关注,比如可以有效规避无法快速形成图像的问题,或是提高测量测绘效率等。尤其在数据采集环节,相较于全站仪、GPS-RTK等设备,此项技术作为一门全新的测绘技术获得的应用效果更为理想。因此,为充分发挥无人机倾斜摄影测量技术的功能作用,满足地籍二级精度需求,研究技术应用是必要的。

一、无人机倾斜摄影相关概述

倾斜摄影测量技术采取多个拍摄角度,依托于低空无人机以及多镜头航摄仪的挂载,实现多角度影响的高质量获取,相较于其他测量测绘技术,影像具有重叠度高、盲区少的特征优势。但是不可否认的是,非量测数据相机的挂载将会导致影像出现畸变,但是这一问题在数据处理阶段予以纠正即可,即:根据摄影关系和像控点,恢复影像地物上彼此之间的关系。

飞行平台、倾斜航摄仪、电脑硬件和数据解算软件构成无人机倾斜摄影系统,倾斜摄影领域相关建模软件的结合运用可以帮助测量人员构建实景三维模型,更加准确、直观的获取测量测绘数据,因而具有高真实性、高性价比、高效率等技术特点^[1]。

二、无人机倾斜摄影测量在城镇地籍测绘中的应用要点

(一) 前期准备

开展基于无人机倾斜摄影测量技术的城镇地籍测绘工作前,一线测量等相关技术人员应全面、实时掌控目标区域内的各项条件,以此保证测量方案的可靠性与可行性。具体包括环境、气候、地质状况等条件,正确认识环境要素的影响。需要注意的是,在前期准备期间,除了要把握环境数据,一线测量技术人员还要科学选取坐标系统、控制点位、高度基准参数等数据,并核实对应的地形图成果,确认其无误。

对于现场测量活动,一线测量技术人员还要细致

分析、策划相关测量活动,期间的重点在于尺寸比例、路线规划、具体高度、地面采集数据图像的重叠度与分辨率等,确保各项参数符合测绘需求。此外,实际测量前,还要开展设备仪器的质量检查工作,依托于性能调试判断是否存在异常、是否满足后续测量使用要求,确保其后续工作中不会出现突发问题,或是数据偏差等。总而言之,在运用无人机倾斜射影像测量测绘城镇地籍时,要落实前期准备工作,明确测绘环境,调试软件及硬件设施,合理调控各项参数等,从而为城镇地籍测绘工作的有序展开提供保障。

(二) 基于倾斜摄影测量的数据采集

一线测量相关技术人员应对气象条件加以分析,由于测量工作的载体是无人机,在其飞行过程中受风力、雨雪等天气的影响,所以,摄影作业应尽可能在天气晴朗、无风稳定的环境下开展,以此保证数据采集质量。具体来说,在倾斜摄影测量数据的采集工作中,测量技术人员应明确当前落实的技术标准,合理布置现有像控点。尤其开展空中三角加密测量作业时,应严格按照GB_T 23236-2009等业内规范展开工作,一方面增强数据采集的科学性和合理性,另一方面实现资源设备的有效利用,避免浪费时间成本^[2]。

明确拍摄控制点位,尤其在无人机设备低空航拍作业中,这一举措主要是保证测量区域的平坦性,以及该平坦性的持续性,避免对数据采集精度、摄影质量等造成影响。为保证控制点周边交通系统的通畅性,相关工作人员还应做好摄影点管控工作,同时,立足于区域内及周边的强电磁辐射源,控制无人机与辐射源的距离,尽可能降低电磁辐射对这一测量工作造成的干扰。在航空摄影过程中,难免遇到网络不完善区域,尤其在城镇区域,所以一线测量技术人员还要根据实际情况做好域网的铺设,用以辅助测量工作顺利推进。需要注意的是,一线测量技术人员要做好复测与对比核实等工作,控制测量误差,提高测量测绘结果准确性。

(三) 基于倾斜摄影的数据获取及预处理

对于城镇地籍测绘场景,一线测量工作人员采用无人机倾斜摄影测量开展作业时围绕目标区域的实际特征,同时结合无人机性能特点进行最佳飞行摄影时间的规划。在得到科学、准确的时间需求后,优选无人机类型,并配备合适的搭载相机,经过设备方案优选,能够保证后续的测量作业满足工程项目测绘的摄影需求,获得预期测量精度,为后续的工程分析提供科学有效的支持。虽然无人机飞行路线等具体作业内容均有相应的方案作基础,但是在具体航拍过程中,技术人员仍要结合

实际情况合理调整相机角度，落实方案的同时实现多个方向的拍摄。

待完成加密点、摄像控制点等拍摄工作后，面对大量的倾斜影像数据资料，技术人员应立即开展预处理工作，将无序的、杂乱的等不具有使用价值的资料予以剔除，同时处理影像资料，增强其清晰度与格式的一致性，便于后续数据运用及分析。为提高处理质量，技术人员可以通过反投影作业进行虚拟影像的建立，依托于可视化、立体化的虚拟影像，提高倾斜影像资料质量，减少地面垂直物体产生的重影影响。

（四）相片测量控制环节

于城镇地籍测绘中应用无人机倾斜摄影测量技术，能够精准展示、有效描绘目标区域的地势状况与整体建筑特征。在实际应用当中，为使此项测量技术的功能作用得以充分发挥，提高测量精度与所得数据的可靠性，一般引入相片控制测量技术对整个技术流程加以优化。在具体工作中，一线测量技术人员需从实际情况与具体要求出发，以此为基础合理布置像控点，对具体航向及其旁向重叠度予以明确，保证文件资料与影像数据的对应性与完整性。在空中三角测量过程中，还要设置像控点密度，并将布置密度与地理特征、地形地貌相联系，在相片控制测量技术的使用下，各个环节将高效率展开，利用其控制性能可快速完成上述工作。

（五）野外数字化测绘作业

在城镇地籍测绘工作中，势必涉及野外测绘工作，所以在运用无人机摄影测量技术时，还应注意野外数字化测绘技术的结合使用，以此提高测量测绘工作效率与质量。在技术具体应用过程中，应严格落实现有标准，灵活运用仪器设备，同时有效合理分析相关测量数据信息，丰富现有的数据表达形式，增强数据与地籍测绘工作的适配性，满足工作需要。此外，结合数字化地形，通过地面地形坐标采集数据，并利用计算机系统及软件进行分析，能够依托于其绘图功能的发挥有效输出数据，通过中心投影的透视防御以及投影过程的几何反演，实现立体映射^[3]。

三、实例分析

（一）项目简介

以某城镇农村地籍测绘项目为例，经实地勘察发现，目标区域内的房屋数量较多，且整体情况具有密集性特点，基于全站仪、GPS-RTK等传统测量测绘方式下测绘工作，将面临作业方式难度高、整体效率低的问题，不利于工作的展开。而经查询发现，目标区域属于非禁飞区，因此，对于目标区域地籍图项目的生产工作，项目组决定采用无人机倾斜摄影技术，利用其显著优势提高测量精度与项目效率。

在现有地籍图精度与地形地势等方面的综合考虑下，选用的无人机类型为多旋翼无人机，目标搭载5镜头相机。在测量参数方面，航高设置为80米，旁向重叠

度与航向重叠度均为85%，地面采样分辨率设置为0.015米。

（二）软件选用及测量方案

1. 软件选用

本次项目中用的软件主要有Context Capture实景三维模型生产软件、EPS地籍测软件。这是因为本次测量规模相对较小，所以对数据精度具有较高要求，而前者不仅支持高效率的集群作业，还能够高质量生产模型。在该情况下，加上后者提供的根据客户需求定制开发服务，能够为地籍图高质量采集与编辑工作的展开提供保障。

2. 测量方案

根据气象分析，选择某一无风晴天，于上午十点到下午两点之间开展飞行倾斜摄影测量工作。航飞架次为2，目标区域在1km²左右，于测量现场均匀布设30个采集像控点和15个采集检测点，布设间距为200米。

（三）获取外业数据

通常情况下，地籍测绘中的外业数据由影像数据采集前的测区勘察、已有资料收集、空域申请、影像数据采集、航线规划和像控点采集构成，不同类型的数据其采集要点不尽相同。在本次测量测绘项目中，基于无人机倾斜射影像测量技术的外业数据获取要点如下：

1. 测区勘察

一线测量及相关技术人员应面向目标区域开展深入、全面的地形勘查工作，并在勘查过程中积极与当地居民进行交流，了解其人情风俗，将其作为后续测量测绘工作的开展前提。

2. 空域申请

由于本次地籍测绘项目采用的测量技术为无人机倾斜摄影测量，所以无需开展空域申请等相关工作。但若是目标区域属于空域监管区或是禁飞区时，相关人员需要严格按照现行的空域申请流程，开展航飞摄影空域申请工作，直至审批通过方可开展飞行工作，避免意外的发生。当获得空域批准后，项目人员须得按照批准文件里明确要求的时间、范围与地点上开展后续飞行作业，不得违规。

3. 收集已有资料

围绕目标区域对其现有的测绘产品成果进行全面收集。在本次测量测绘项目中，相关技术人员收集到数据正射影像图、高精度埋石点，前者在后续作业中可作为工作底图使用，后者在精度检核作业中作为GPS-RTK已知点使用^[4]。

4. 规划航线

在无人机倾斜摄影测量工作中，一线测量相关人员可结合地面站设置实航向重叠度与旁向重叠度，具体参数为85%。与此同时对地面采样分辨率进行控制，0.015米即可。通过航线的精准、合理与提前规划，能够确保无人机在后续测量测绘工作中按照设置好的参数与方向

开展、完成航摄工作，满足项目要求。

5. 采集影像数据

对于影像数据采集工作而言，主要以航线规划方案为基础开展落实。但是在实际航摄过程中，难免突发以外情况，所以在影像数据采集过程中，相关技术人员需要在地面站上对飞机飞行状态、影像采集状态进行实时观察，若是发现异常则及时落实应对措施，避免航线偏离、数据丢失等问题，不利于工作的高效、高质量开展。针对这一问题，测量技术人员应在起飞前检测相机拍照质量，通过试验保证设备处于稳定状态，其内存卡正常存储影像数据，待一切符合预期后起飞，完成目标区域影像数据的采集工作。

6. 采集像控点

在本地籍测绘项目中，像控点的采集要点如下：

第一，根据像控点间的距离（200米）以及目标区域内地形地势，对最终确定的30个像控点位置进行鲜明标记，主要运用红色油漆进行喷涂。值得注意的是，像控点点位的喷涂作业应在影像数据采集前完成。第二，引入GPS-RTK采集已知埋石点，结合现有准确坐标开展对比分析工作，将误差控制在2公分之内。第三，围绕仪器设备开展检核作业，采集喷涂好的像控点点位坐标，为保证坐标采集的精准性，每个点位至少采集三次，对比分析三次的结果，同样将其控制在2公分以内。第四，采集时，要确保拍照角度的多样性，并在采集完成后开展平均值计算（像控点），按照像控点整理采集到的影像数据。

（四）处理内业数据

1. 预处理

首先，内业数据预处理环节。开展这一环节的数据处理工作时，只要是删除2架次的无效影像和POS，整理POS数据，删除无用的参数，仅对相机曝光时的经纬度坐标值、高程值予以保留。其次，由于后续需要开展空三解算工作，但是无人机姿态较差，姿态的引入难免对此项工作造成影响，因此在本项目中，数据预处理阶段删除了姿态角，影像空间位置和姿态的计算，通过软件空中三角测量解算实现。除此之外，运用EPT软件匀色处理原始影像，然后运用重命名软件对2架次影像进行调整，避免重名情况的发生。最后，更改POS点号名，并一次性导入相关数据^[5]。

2. 空中三角测量

共线方程是无人机倾斜摄影测量的依据，在开展测量工作时需做好共线方程的计算工作，但是对于共线方程而言，垂直地面摄影理论是计算工作的基础。在采取这一倾斜测量技术时，其所搭载的侧视相机具有影像变形问题，若是缺少基础性了解，直接运用空三算法获得倾斜数据，往往难以得到有价值的解算结果。因此，在本项目中，为实现倾斜数据的准确、高效率获取，相关技术人员可以先通过少量摄影测量空中三角，以此明确

相机参数。然后将参数带入到所有影像解算工作中，进而提高解算成功率。经切实落实发现，前期使用240张影像解算5个镜头相机的参数，经过上述操作与流程，最后在人机交互的方式下获得了精准判断。比如空三成果是否存在分层、弯曲情况等。根据空三报告，成果精度符合要求，满足测量测绘需要。

在实际工作中，技术人员围绕影像资料进行坐标系的设置，将像控点全部导入并转刺，依托于Context Capture软件对像控点位置进行实时计算。在此过程中，一个点转刺3张照片，在该情况下，精准点位的计算效率提高，也将提升像控点转刺效率。完成此项工作时，提交空三任务，期间连续保持连接点，落实带像控点平差调整。处理后，对像控点精度进行查看与分析，发现平面位置和高程中的误差分别为0.008米和0.006米，控点精度符合要求。

3. 生产三维模型

建模时以平面格网进行瓦片的划分，输出格式为OSGB，由计算机完成后续建模工作。生成后，提交正射影像输出任务，得到数字真正射影像产品。

4. 采集地籍图

运用EPS软件转换模型格式并加载正射影像，以实景模型等为参考采集地籍图。根据有无屋檐，可分别运用真正射影像采集和基于主体结构的实景三维模型采集；针对道路，以正射影像为地图采集；针对围墙等，运用地形图采集。对于缺失部分，结合运用外业采集予以补充，以此保证地籍图完整性。

结论：综上所述，无人机倾斜射影像测量作为先进的测绘技术，面向城镇地籍测绘项目时，应做好前期资料准备工作，开展规范的外业数据采集、内业数据预处理等工作，提高采集精度，满足地籍测绘完整性需求。

参考文献

[1] 李忠武, 陈桂华. 基于无人机倾斜航空摄影三维点云测量同震倾斜滑变形研究——以2021年玛多M-S7.4地震地表破裂为例[J]. 震灾防御技术, 2022, 17(01): 46-55.

[2] 卢立果, 梁乔, 孔双双. 无人机倾斜摄影应用于“房地一体化”测量——以高要区莲塘镇某村为例[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2022, 45(01): 74-78.

[3] 毕卫华, 赵星涛, 杨化超, 等. 基于智能手机的无人机低空倾斜摄影测量系统及其应用研究[J]. 国土资源遥感, 2021, 33(02): 248-255.

[4] 吴家杰, 刘锬铭, 孙立恒, 等. 加权最小二乘优化倾斜摄影测量模型矢量化精度方法研究[J]. 测绘通报, 2021(04): 116-119+135.

[5] 沈如稳. 无人机倾斜摄影测量技术在地籍测绘中的应用分析——以蚌埠市辖区宅基地确权登记为例[J]. 安徽建筑, 2021, 28(02): 178-186.