

航空摄影测量技术及其应用研究

黄泉挺 戴少平

广州白云国际机场建设发展有限公司

摘要:随着我国社会经济的飞速发展,国内的科学技术水平也随之不断提升。航空摄影测量是在航空器上安装航空摄影相机,在空中对地球一定范围内的地面进行拍摄,以获取一定比例尺和重叠程度的航空摄影数据。通常,航空摄影图像具有一定的倾角,容易造成地面点的偏移。另外,虽然地球表面是严格平整的,但在航空摄影时,由于飞机的震动等原因,图像会发生倾斜,从而引起像点位置的偏差。同时,地球表面起伏较大,得到的图像像点位也会有一定的偏移,这就是所谓的“像片投影差”。通常情况下,离影像的边缘越近,影像的投影差就越大;随着海拔的升高,投影差异增大。在地球表面上观测到的地物图像中,由于投影量的差异,使其产生了一些偏差,这种情况下,就必须对其进行控制测量进行修正。因此,针对航测过程中的控制测量问题进行了探讨,并对其中的关键点进行了分析,以期对改善航测结果有一定的借鉴作用。

关键词: 航空摄影; 测量技术; 应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.22.113

引言

近年来,无人机倾斜摄影、人工智能及图像识别等技术广泛应用在传统的测绘生产工作中。在农房一体不动产权籍调查登记工作中,倾斜摄影测量起到了关键的作用。同时,在现代不动产测量项目,无人机倾斜摄影测量技术对提高测量精度、缩短测量周期、保障测量成果质量有重要价值。为进一步解决不动产测量难题,提高测量精度,应加强对无人机倾斜摄影测量技术的实践研究,满足日益增长的不动产测量需求,为不动产量测提供高精度、高效率的测量方式。

一、航空摄影测量原理

传统的摄影测量是利用光学摄影机拍摄照片,通过照片来研究被拍摄物体的形状、大小、位置和相对关系。这种方法的特点是不用与被摄物体接触就可以获得丰富的客观的几何信息和物理信息。经过模拟和解析摄影两个阶段的发展,得益于计算机、数码相机和无人机等技术的进步,航空摄影测量进入了数字阶段。数字航

空摄影测量就是采用数码摄像机获取数字相片,经过专业计算机软件进行数值和影像处理,提取其中的几何和物理信息的测量方法,数字产品包括DOM、DSM和数字化地形图等。航空摄影测量技术即搭载有数码相机的无人机平台通过在空中连续获取地面照片,通过专业软件结合地面控制点和空中三角测量方法生产DOM和DSM,在立体测图软件中绘制数字地形图。该技术主要包括内外业两部分内容,其作业流程为项目规划、地面控制点布测、数字相片获取、空中三角测量、生成DOM和DSM、数字地形图生产、外业调绘和检查等。

其中最重要的是数字相片获取和空中三角测量两部分。

数字相片获取采用无人机平台搭载数码相机进行航空摄影。航摄时地面点光线通过物镜后在底片上成像,即我们获得的航摄相片。此时物镜中心为投影中心,地面光线汇聚于该点,所得的航摄相片是地面的中心投影,而地图是地面在水平面上缩小的正射投影,两者是有区别的。所以摄影测量需将航摄相片的中心投影转换为地形图的正射投影。

空中三角测量的方法主要有航带法、独立模型法和光束法,其中光束法区域网平差由于方法严密,借助计算机的高效运算能力,能够快速求解误差方程中的未知数,所以得到广泛的应用。该方法的数学模型是以每束连接地物点、像点和投影中心的光线共点建立共线条件方程,通过加入每张相片的控制点坐标和像点坐标列出误差方程式,按循环分块的求解方法,依次获取每张相片的外方位元素,然后用空间前方交会联合解算地面点坐标。

目前,虽然数字摄影测量工作站的自动化能力在不断提高,但也只局限于几何处理,如自动内定向、外定向、空中三角测量、DOM和DSM制作等,地形图的绘制主要以人工交互方式进行,即相片的室内目视解译。根据地形图的用途和比例尺,按相关规范要求对地物进行综合取舍,用规定的图式符号将地物、地貌元素进行绘制和标注,对分区绘制的地形图还要进行接边,整饰后形成初步地形图底图。

二、航空摄影测量技术的优势及特点

(一) 航空摄影测量技术的优势

随着矿井智慧化的发展,数据的采集、管理与更新越来越多,传统的监测手段已经不能满足矿井智慧化建设的需要。传统的地质灾害监测手段,尤其是地质灾害防范预警和区域地质调查,都是以手工方式逐个进行,费时费力。利用航空摄影图像检测技术,能够实现对矿井信息的准确掌握,对矿井中的一些危险部位进行监控,对矿井中的安全信号进行反馈。仅用少量的无人机,就能完成全矿监控与检测,节省了大量的人工劳动,提高了矿井的生产效率。在此基础上,结合航空摄影影像,可构建一幅完整的矿井虚拟地形图。从而可以对矿井的整体情况有一个较为全面的认识,对矿井的安全隐患进行辨识,提高矿井的稳定性。同时,利用航空摄影技术对矿区内的地质情况进行较为全面的认识,为矿区环境保护及生态管理提供了依据。

(二) 航空摄影测量技术的特点

当前,多项技术要素已被整合在一起,从而使各技术要素能够按照航空摄影测量不同的要求进行配置与优化。按其技术元素,可将其划分为三大类。一种是利用全球定位系统对某一特定地区进行有效的控制。二是全数字空间三角测量技术,它能综合已测得的2D与3D立体影像,进行全方位的测量。三是采用象差控定点探测技术,通过增强同步数码运算的能力,极大地提升摄影与探测的效率。同时,这种方法还将空三加密技术、数字生成技术、3DEPS地图建模技术有机地结合在一起。与其他常规的测量方法相比,航空摄影测量具有以下几个优点:①减少了测量人员的劳动强度;在采用常规的地质勘查方式时,必须随身携带各种仪器,并且要根据实际情况经常变换观察地点。采用航空摄影技术,既能缩短测量时间,又能有效地解决常规方法难以实施的问题。②更快速的测量处理。将小型仪器用于航测,可有效地提高复杂地表地质勘察的工作效率。③整合多个测量手段。航空摄影测量技术由于其自身的一些特性,能够对可能存在的风险进行评估,在实际应用中表现出了显著的优越性。

三、航空摄影测量技术的应用

(一) 无人机倾斜摄影

1. 像控点布设与测量

倾斜摄影主要包含外业像控点布设与测量、外业飞

行航线设计、航飞摄影。对于空三加密和测图来说,正确的控制点对于获得高质量的结果至关重要,因此野外操作时必须注意控制点测量精度。像控点布设原理如下:①为保证无人机倾斜摄影的精确性和多视角覆盖,像控点必须设于没有阻碍的位置,远离人群密集和车流量大的地方,避免人员活动导致像控点损坏。此外,建议采用醒目的颜色来标识像控点,例如红色的油漆涂料,并将像控点布置成L形或者田字形,便于有效捕捉倾斜相机。②在进行控制点测量时,使用高精度RTK进行两次独立测量。如果差异小于2.5cm,就选择算术平均值作为控制点坐标数据,否则需要重新测量。

2. 航线规划及航空摄影

航飞路线设计时要考虑地形起伏、测区位置及天气状况。在充分覆盖测区范围情况下,结合无人机平台,进行航摄重叠度设计,沿航飞方向相邻两张影像的重叠度设置为70%~85%,避免内业建模出现加密失败、建模失真等现象。无人机航飞获取的照片清晰度较高,且布设的像控点在照片上清晰可见,未出现树木遮挡、房屋遮挡等现象。

(二) 数据处理与质检分析

航空摄影测量技术能够在野外对观测数据进行校正,并能够对观测数据进行统计分析,这对观测数据的处理、质量的检查分析等都有很大的应用价值。在常规的测量方法中,由于外界因素的干扰,使得测量结果不够精确。而航空摄影技术能有效地降低人为因素的影响。虽然在实际测量中存在着一些“盲区”,但是利用三角法可以对这些“盲区”进行估算,使其在实际测量中得到较高的精度。同时,航空摄影技术还能进行补摄,降低因影像模糊而造成的测量误差。另外,还可通过建立地面控制系统,对无人机和地面设备进行双向探测,从而提高摄影测量精度。这种方法能有效地解决无人机拍摄时出现的“死角”问题,并能有效地提高地面摄影测量的精度。在进行地质调查之前,要对地表观测站进行合理的布局,使其能够在地表发生改变的情况下,得到实时的观测结果。同时,还可基于航空摄影图像的数据进行滤波,使其能够更好地对所构建的三维测量模型进行校正,从而保证航空摄影图像的实时性和质量检测的精确性。同时,通过设定准确的座标位置,保证尺度与量程符合1:1000,实现对误差的实时控制,从而提高测控的精确度。

（三）航摄技术参数设置

在外业测量准备阶段，为适用现场复杂环境，避免因航线规划不当、航测参数设置有误而影响到测量成果质量，测量人员需要结合所掌握信息来确定各项航摄技术参数的最佳值，航摄参数包括分辨率、覆盖范围、重叠度、姿态角和飞行高度，设置要点如下。第一，分辨率。在计算公式内导入相机投射点、镜头主光轴方向、镜头焦距和无人机航高值计算垂直水平分辨率，根据垂直距离与目标建筑物高度来推导垂直地面分辨率。随后，在公式内导入镜头主光轴方向、无人机航高、垂直水平距离推导水平地面分辨率。第二，覆盖范围。考虑到现场测量期间所采集图像和地面存在夹角，致使地面投影边长无法保持对等状态。因此，需要在测区现场采取分区覆盖测量方式，以梯形作为覆盖范围形状，计算公式内导入倾角、航向重叠度、视场角、基线数与航线数，求解无人机飞行方向与垂直飞行方向的边界外扩范围理论值。第三，重叠度。在外业测量期间，由于各台相机曝光时的倾斜角度发生变化，相机投影范围具备随机性，各组图像位置呈现不同角度，这无疑会增加重叠度计算难度。因此，测量人员提前将无人机航行期间的相机位置、朝向进行固定处理，计算航向重叠度与旁向重叠度。计算航向重叠度时，公式内导入覆盖梯形范围长短边长度、梯形范围高度、重叠部分底边值推导前端相机覆盖航向重叠度；率先计算重叠梯形范围的长边、短边值，按照无人机飞行速度与曝光间距，对计算公式进行细微调节，推导后端两侧相机覆盖航向重叠度。计算旁向重叠度时，假设无人机按照理想飞行轨迹航行，把前端相机投影覆盖区沿图形底边平移，计算重叠部分与前端相机航向间距值，在其基础上推算前后端相机旁向重叠度。正常情况下，把航向重叠度控制在75%左右，旁向重叠度控制在70%左右。第四，姿态角。考虑到无人机重量较轻，受到风力影响，航行期间难以保持稳定姿态，处于晃动状态，需要计算侧滚角、俯仰角、旋偏角对重叠度造成的影响。以侧滚角为例，确定图像中心在投影面的移动距离，相邻航向的图像定义为2个梯形，无人机处于2个曝光点瞬间时图像形成背向侧滚角，计算图像阴影部分面积来判断侧滚角对航向重叠度造成的影响。第五，飞行高度。以无人机起飞点作为起算点，在公式内导入相机焦距、像元大小推导飞行高度，并要求同条航线内的航高差值不超过50m。

（四）全数字空中三角测量

空气三角测量，又称电子计算机解算（电算）加密。直接对像片中控制点（加密点）的位置进行测量，再以现场测量的部分控制点的大地坐标和高度为基础，通过合适的数学模型算法对其进行编程，再利用电子计算机对其进行求解，从而得到加密点的地面位置和高度，从而实现对其的测绘定向。目前最常用的空中三角测量方法有两种，一种是航带法，另一种是区域网法。区域网络方法可划分为航带法、独立模式法、光束法三种。航空三角测量的可靠性、客观性是获取航片的基本要求。要达到这个目的，就需要使用目前市面上能买到的专业的、高精度的、快速的自动录像及影像处理系统，例如Pix4D软件。在不需要人工介入的条件下，迅速地处理上百万的图片，并创造出专业而精确的二维地图和三维模型。同时，该系统还能对原图进行自动标定，使摄影效果更加准确、规范。

结束语

综上所述，在数字化时代背景下，借助无人机摄影测量技术展开相应的矿山勘查任务，能够让测量精准性得到根本上的提高。随着无人机航空摄影测量技术的发展，在地形测绘中的运用日益广泛，提升了地形测绘的工作效能，更好地保障了绘图结果正确性和准确性。当前，在矿山地形图绘制中，无人机航空摄影测量技术的使用范围十分广阔，具有良好的发展前景，它是矿山绘制技术最大的发展方向，能够产生更大的经济效益，因此，它一定要予以关注和普及。

参考文献

- [1]朱青. 无人机测量技术在地形测量及制图方面应用分析[D]. 华北理工大学, 2020.
- [2]饶兴元. 航空摄影测量技术在绿色矿山建设动态监测中的应用[J]. 资源导刊, 2023(6): 48-50.
- [3]陈宜东. 倾斜航空摄影技术在矿山地质灾害监测中的应用探讨[J]. 中国金属通报, 2022(17): 222-224.
- [4]罗万金. 低空摄影测量技术在矿山排土场工程量计算研究[J]. 通讯世界, 2023, 30(2): 166-168.
- [5]吴刚. 无人机倾斜摄影测量技术在废弃矿山环境恢复治理中的应用[J]. 世界有色金属, 2023(1): 16-18.