

无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用

赵建磊

河南省资源环境调查四院

摘要:随着新时期社会发展水平的不断提升,国土资源管理以及项目管控已经成为社会发展多方关注的重点,而在项目建设以及土地资源管理的过程中,地形图测绘是最常见的工作,本文则是以提升地形图测绘工作质量和效率为目的,围绕着无人机航空摄影测量技术的具体应用展开分析。

关键词:无人机;航空摄影测量;地形图;测绘工作

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.03.122

地形图测绘,对于当前的工程建设以及国土资源管理有一定的促进作用,能够了解工程的各项细节,对于土地资源划分以及细节调整起到了决定性的影响,但是由于大部分工程项目的规模较大,地形图测绘的难度较高,还需要做好精准度和标准性地控制,导致地形图测绘作业的落实往往存在较多的问题,那么打造一种方便且效率更高的地形图测绘技术至关重要,其中无人机倾斜摄影测绘技术是航空摄影测量中的重要组成部分,其低空飞行的优势以及灵活的运转体系,能够满足绝大部分地形图测绘作业的应用需求,而探究其实际应用细节,对于提升地形测绘的质量和效率也有一定促进作用。

一、理论基础分析

(一) 无人机航空摄影测绘技术

无人机航空摄影测绘技术通常以倾斜摄影测绘技术为主,通过无线电遥控设备,配合计算机前期自动编程进行无人机驾驶,利用低空飞行以及倾斜拍摄的方法,获取地表地物信息以及项目的各项细节,无人机上装有自动驾驶仪以及导航装置,可以结合实际情况进行自动调整,同时搭载的高分辨率多视角航空摄影仪,又可以按照规划的区域进行自动拍摄,在拍摄的过程中会同步将相机所采集到的信息传输到中央控制站,形成地理坐标。

而采集到的数据信息以及拍摄到的影像,再通过后期的内业作业,可以将其转换成三维实景模型,其中需要经历密集计算、点云匹配、空三角网络设计、纹理映射等流程,最终可以形成完善的地理测绘数据图,其比例尺可以结合实际的测绘需求进行调整。总体来讲,在当前的地理数据信息测绘的过程中,无人机航空摄影测绘技术以无人机作为基础,综合遥感传输技术、pos定位技术、gps差分技术、远程操控技术、无线传输等等^[1],能够代替大量的人工操作,进一步提升了地形图

测绘的科学性和规范性,进而满足新时期项目测绘以及土地资源管理的具体需求。

(二) 应用优缺点

无人机航空摄影测绘技术在地形图测绘中的应用优势大于常见的缺陷主要体现在以下几个方面,首先具有极强的灵活性,受到的外界限制较少,可以进行低空飞行,申请航空飞行过程较为简单,对于起降场地的要求较低,整体的测绘作业较为灵活。其次,具备高分辨率的特点,无人机可以携带高分辨率多视角航摄仪进行数据采集和测量,同时配备红外测量仪以及GPS定位器,整体的测绘过程具有较强的动态性、实时性和灵活性。其分辨率可以达到0.05米左右,经度满足了当前1:500以及1:1000等大比例地形图的具体设计需求,最终测绘的结果也可以应用到三维景观图设计以及高精度dsm数据转换中;另外在使用的过程中成本较低且风险可控,与传统的大型飞机以及遥感卫星相比,无人机航空摄影,测绘技术的整体步骤较少,流程简单,维修成本较低且方便进行保养。其中的无线传输技术又可以实时进行数据获取,有助于缩短测绘时间。

二、无人机航空摄影测量技术的系统构成及细节

摄影测量系统的结构较为简单,主要包含了常规的飞行平台、导航控制系统、数据传输系统、地面控制系统以及综合保障系统等应用,其详细的设置情况如下。

(一) 飞行平台

为了确保无人机在作业的过程中有着稳定的姿态,且具备较强的抗干扰能力,无人机的飞行平台系统是维持正常运作的根本保障。从具体结构上来讲,飞行平台包含了发动机、控制系统、无人机机体、起飞着陆设备等等。其中绝大部分的材料为玻璃钢以及碳纤维复合材料,这也就导致无人机的整体重量较小。发动机主要给无人机的正常运作提供动力,而起飞着陆设备主要是提升无人机起降期间的安全性,能够为后续的作业奠定良好基础。

(二) 导航和控制系统

通过无人机进行航空摄影测量,其导航和控制系统的运行状态,将直接影响作业效果,而从系统的组成来看,通常涉及飞行控制系统、惯性导航系统、高度传感器、速度传感器以及红外自带传感器等^[3]。其中飞行导航控制系统是摄影过程中的核心组成部分,能够检测无人机运行过程中的飞行姿态以及飞行轨迹,确保按照前期设定的参数进行作业。一旦出现危险状况,无人机的

惯性导航系统、速度以及高度传感器会快速捕捉周边的实际状况，通过无线传输系统传输给指挥中心。在可以进行远程遥控的基础上及时摆脱危险。若无法通过远程进行操控，无人机的自动定位系统以及GNSS接收机会及时传递无人机位置，便于后期寻回。

（三）任务设备

任务设备主要包含了无人机上所携带的摄影机以及摄影机的相关控制系统，其主要功能为采集并且储存航空飞行时获取的大量数据信息，其中的主要设备包含了专业级的航空摄像机，以及非专业级的数码摄像机，可以结合不同的测绘工程规模以及工作量进行调整，满足实际的使用需求即可^[4]。所有的任务设备在执行飞行作业之前需要及时校准，确保满足实际的采集需求，另外不同飞行设备之间进行重复的飞行操作，需要确保两次飞行的设备参数一致。

（四）数据传输系统

当前的无人机执行飞行任务时，通常以无线数据传输为主，不仅要传输无人机自身所在的位置，还需要及时传递任务设备采集到的影像信息，确保地面工作人员能够了解无人机当前的飞行高度、航向、方位、轨迹、姿态，有助于及时进行飞行操作和调整。

另外无人机采集到的数据信息能够实时传送给中央处置站，有助于快速地进行前期的数据预处理和分析。而数据传输系统的稳性运行依赖于地面移动站，能够与无人机之间形成信息传输回路，大大提升了信息传输的稳定性和安全性。

（五）无人机摄影三维建模系统

无人机航空摄像技术中的三维建模系统，是进行工程测绘的核心系统，其本质在于将无人机航空摄影过程中形成的各项数据信息以及影像图片通过数据解析和加工的方式转换成三维立体模型，构件图与图之间的关系，在这个过程中涉及大量复杂的操作和运算，但其中一部分都可以通过软件后台自行生成。

1. 影像匹配

影像匹配是建立不同影片之间的连接关系，其中涉及同名像点的提取和匹配。由于无人机航空摄影作业的过程中，涉及航线的重叠度以及航向的重叠度，同一个地物信息可能呈现在不同的影像数据照片中，将其提取出来，并且寻找其中的共同点，然后建立坐标系。在匹配的过程中通常要考虑模型、变换域、特征、灰度这些常见的类型，要进一步提升匹配的精准度以及适应性，才能够为后续的三维立体模型建立提供保障。

2. 空中三角测量

该项测量作业主要是结合一部分野外的控制点，利用空间前方以及后方交会的方式，将其中的位置点坐标以及影像的外方位元素解出，能够为后续的模式创建提

供最精准的依据^[5]。从空三角测量的技术上来讲，通常分为光学机械法以及解析法两种，解析法则是可以结合少量的控制点进行快速计算，是当前应用较为常见的方法，其中所涉及的前方以及后方交会方式，具体架构如图2所示，能够判定某一个点位的具体坐标，并且计算出最终结果。

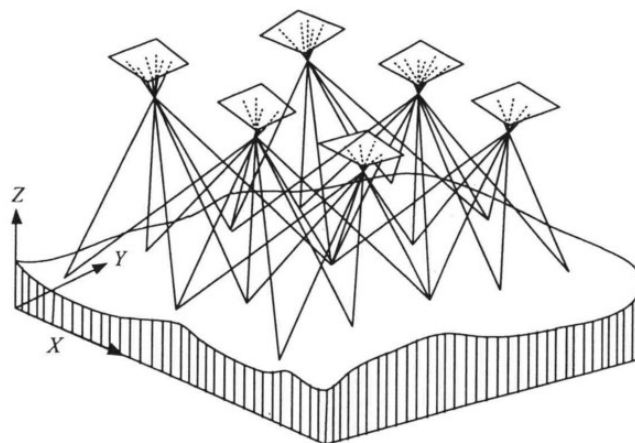


图2：空间前方以及后方交会原理

所构建的空中三角坐标，最终将作为密集匹配以及三角网建立的主要依据，三角网的形成，在于通过数据信息体现出地物信息的关键点位置，并且明确各个点之间的联系，能够真实地反映地物结构。

3. 纹理映射

纹理映射作业主要是在前期三角网建立结束之后，围绕着拍摄的多个照片，提取其中的关键点，并且和三交往中的坐标进行重合，寻找二维空间点和三维物体之间的对应关系，然后进行色彩、细节、线条、角度方面的映射^[6]。简单来讲，便是将实际的地物信息通过拆解之后覆盖在三角网上。这一流程也可以通过三维建模软件中的自动程序来完成，其中的一部分误差可以通过人工调整的方式进行优化。

三、无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用案例及细节分析

为了进一步提升本文论述的科学性和有效性，文章建立在具体案例解析的基础上展开论述，确保能够明确无人机航空摄影测量的应用方式，并且为相关工程的开展提供参考。

（一）工程概况

本工程为某露天矿区的矿权核查项目，工程所在区域的地形条件为丘陵地带，整体工程面积约为278069平方米，工程量比较小，但细节较多，为了进一步提升测绘工作的科学性，确定选择无人机航空摄影测量技术作为测绘的主要技术体系。测量设备为多旋翼无人机，搭载了5台索尼a6000微单APS-C画幅数码相机，其中4台倾斜镜头射影与垂直方向角度为45度，一台微单相机与地

面垂直，能够全面获取地物顶面纹理信息。设计飞行高度为120米，旁向重叠度以及横向的重叠度分别为75%和80%，结合区域的测绘需求设计了22条航线。通过飞行作业共获取了980张影像数据资料，为方便后续进行内业，作业在测量区域中布置了13个像控点和检查点。

（二）地形图测绘作业的落实

结合无人机航空摄影得到的大量数据信息，建立三维实景模型以及大比例尺地形图，在作业的过程中采取倾斜摄影操作方式，真人地获取了项目的地貌信息。

1. 数据预处理。

将前期的影像数据在软件中进行加载，并且编辑POS数据，将前期设计的检查点和控制点引入数据中建立ContextCapture工程，由于工程中所采用了五台微单相机进行倾斜摄影作业，那么需要设置五个不同的相机文件，分别导入相对应的数据信息，然后参考大地水准面补偿模型进行数据解码，然后建立ContextCapture工程文件。

2. 空中三角测量

本项目采取的空中三角测量采用5点法进行局域网布点，在测区范围内均匀选择五个控制点，通过空三加密处理之后，确定了像控点的精准度，三维误差0.0088米，平面中误差控制为0.008米，高程中误差控制为0.0034米。

3. 实景模型的生成

建立在空中三角测量结果的基础上进行模型分块，在分块模型的层面进行点云密级数据的匹配，然后构建不规则三角网，通过五镜头所获取的多角度图片信息进行纹理映射，利用软件自动拼贴的方式形成实景三维模型^[7]。由于本次工程需要得出大比例尺地形图测绘结果，利用三维实景模型中的空间测量功能，进行地形信息以及地物信息的采集。其中选择了EPS三维测图模块进行数据转换，能够将ContextCapture软件形成的OSGB格式转换为DSM模型。对地表模型中呈现出的空间尺寸信息以及地物信息进行空间量算和数据采集，可通过旋转模型进行多角度观察，主要定位房屋以及高大树木等复杂建构物的实际数据，能够避免后期通过外业实测的方式进行数据补录，大大提升了地形图测绘的效率和质量。

（三）精度检测

为了确保无人机航空摄影技术能够为地形图测绘提供最为精准的保障还需要进行后续的精度检测。精度检测主要依托前期所设置的13个控制点进行人工测量，然后与自动生成的地形图进行数据对比，分析其中存在的误差是否符合标准，进而能够进行精准度检测。

本工程通过对控制点和检查点进行数据信息的对比，控制点的水平中误差为0.008米，高程中误差为

0.0034米，点位中误差为0.0088米。而检查点的水平中误差为0.035米，高程中误差为0.048米，点位中误差为0.059米。从数据对比上来看空中三角测量最终的精度较高，也代表着无人机航空摄影测量技术能够满足大比例尺地图测绘的具体需求。

另外针对最终测量结果的平面精度进行检测，主要采取人工rtk作业的方式，了解工程所在区域的特征点以及地形图，将其中的同名点进行统计。结果显示，共22个平面精度统计点中，其平面中误差仅为0.126米，符合1:500大比例尺地图的测绘需求。

另外针对工程的高程误差进行检测，主要依托rtk外业作业进行实地检测，选取其中的同名点位进行数据对比。工程中共选择了35个点位进行比对，其中所有点位的高程误差均在0.1米以下，最大误差仅为0.086米，同样满足1:500大比例尺地形图的测绘需求。

结束语

综上所述，随着我国社会发展水平的逐步提升，信息技术在工程测绘领域的应用价值不断增强，而无人机航空摄影测绘技术凭借着极大的优势，能够为地形图测绘工作的落实提供根本保障，本文建立，在理论分析以及案例解读的基础上进行了论述，通过精度对比，确定无人机航空摄影测量技术能够为大比例尺地形图的测绘，提供精准的数据线信息同时和常规的人工作业相比，无人机倾斜摄影，测量的效率更高，精准度更强，也避免了大规模的外业调绘以及补测作业，是当前工程测绘领域应用较为广泛的技术，具备极强的潜能和应用价值。

参考文献

- [1] 官晓春. 无人机倾斜摄影测量在地形图测绘中的应用[J]. 华北自然资源, 2023, (01): 111-113.
- [2] 刘秋红. 无人机航空摄影测量在地形测绘中的应用——以霍州煤电集团兴盛园煤矿矿区地形图测绘项目为例[J]. 华北自然资源, 2022, (05): 90-92.
- [3] 郭凯, 汪旭波, 杨荣欣. 无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45(S1): 256-258+261.
- [4] 黄群贤. 无人机倾斜摄影测量在大比例尺地形图测绘中的应用[J]. 工程技术研究, 2022, 7(08): 88-90.
- [5] 孙生海, 张建, 景钦刚. 无人机低空航空摄影测量在变电站大比例尺地形图的应用[J]. 电力勘测设计, 2020, (S2): 36-39.
- [6] 吴跟阳. 无人机低空摄影大比例尺地形图裸眼测绘[D]. 山东科技大学, 2019.
- [7] 康荔. ZC-1型无人机航空摄影大比例尺数字化成图的精度影响与分析[D]. 西安科技大学, 2018.