无人机倾斜摄影测量在大比例尺地形图测绘中的应用

谷　渊
腾讯大地通途（北京）科技有限公司　北京市　100000

摘　要：倾斜摄影测量可以通过构建三维模型进行大比例尺地形图的测绘，且精度能满足国家标准的要求。为进一步探索倾斜摄影测量在大比例地形图测绘中的应用，文章基于摄影测量特点研究了不同地形条件下测量精度情况和应用范畴，结合工程项目进行了多方面的研究探索。

关键词：无人机；倾斜摄影测量；大比例尺地形图测绘

引言

比例尺地形图是我国各类工程建设中必需的基础资料，广泛应用于地理国情普查、城乡建设、工程测量、国防建设等领域。传统的测制大比例尺地形图的方法主要是利用全站仪极坐标法和GNSS定位测量方法采集碎布点坐标。传统的测量方式劳动强度大、成本高，对于大范围、特殊地形的测量工作，难度大而效率不高。随着近年来无人机低空倾斜摄影测量技术的发展，当前地形图的主要测量方式已经发生改变。无人机倾斜摄影测量技术可以弥补传统方法的不足，实现大范围、高效率的空间数据采集。本文主要阐述了无人机倾斜摄影测量的优势及流程。

1 倾斜摄影技术概述

1.1　倾斜摄影是近几年来发展起来的一项测绘新技术，其是指在飞行器上搭载多镜头航摄仪，从空中对地面进行全方位、多角度影像数据获取的技术。首先利用无人机搭载多镜头非量测数码相机进行影像数据采集，然后利用专业的数据解算软件进行空三加密的解算和实景三维模型的生产，然后基于实景三维模型进行多类型测绘产品的制作。利用无人机倾斜摄影技术进行大比例尺地形图生产的作业流程如图1所示。

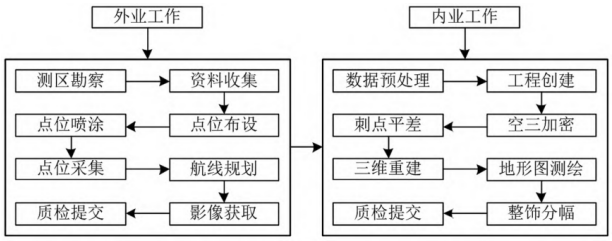

图1 基于无人机倾斜摄影生产大比例尺地形图流程图

1.2　影响因素。在无人机倾斜摄影测量过程中，存在着较多的影响因素，如飞行角度、相机参数、像片控制点等。其中，在无人机飞行过程中，由于受到天气环境、湿度等各方面自然因素的影响，致使飞行角度以及飞行平台均会发生相应的改变，容易造成像片位移的情况。同时，在相机参数设置过程中，由于透镜等各方面的误差，致使像点容易出现偏离。为此，工作人员通过对相机的校正，设置具体的参数值，为准确测量提供保障。并且，在控制测量过程中，应当明确曝光时的位置，准确标记像控点的坐标，掌握控制点、数量以及位置等因素之间的关系，以此解决无人机倾斜摄影测量中出现的问题[1]。

2 无人机倾斜摄影测量在大比例尺地形图测绘中的应用优势

2.1 有利于降低数据误差

（1）该技术只需把航拍的参数信息（也就是飞行高度、摄像头焦距等）加以合理确定，便可以有效提升影像分辨率，使采集到的信息数据更加精准。（2）该技术的运用可以确保空三加密达到更高的精度水平。在无人机倾斜摄影下，可采用人工加以干预的措施对空三结果的精准度作出调整，尽可能保证地形图绘制具有足够的精细度和准确度。（3）地形图绘制以往是采取人工方式收集信息数据的，但是收集的部分矢量参数值会因人的视觉偏差而产生改变，通过对无人机摄影的运用，只用对角度做出适当调整便可做到准确的数据采集，有效保证了数据的精确性以及绘成的地形图的质量[2]。

2.2 显著提高地形图绘制速度和质量

在大比例尺地形图的绘制过程中，无人机倾斜摄影技术可以与GPS技术加以结合，实现高精确度的定位，在目标区域中合理设置GPS便可以起到提升无人机采集地理位置信息的准确度的作用，而且利用无人机倾斜摄影技术采集到的信息数据制成的效果图更为直接明了、易于了解，有助于辅助绘图人员观察、分析目标范围的地形情况，因此能够减轻核算人员的整体工作负担。另外，考虑到大比例尺地形图具有较高的跨度，通常是要求核

查人员亲临现场进行核验，但是通过对无人机摄影方式的运用便可以将此流程省去，并且能够确保地形图绘制精确性，大幅提高地形图的绘制效率，绘制质量也会得到保障。

3 倾斜摄影测量数据处理关键技术

3.1 多视影像联合平差

多视影像包含垂直摄影影像数据和倾斜摄影影像数据，多视影像联合平差需充分考虑影像间的几何变形和遮挡关系。利用同步采集的多视影像外方位元素，采取分级金字塔匹配策略，由粗到精，在每级影像上进行同名点自动匹配和自由网光束法平差，得出匹配精度较高的同名连接点。建立连接点和连接线、控制点坐标、GPU/IMU辅助数据的多视影像自检校区域网平差的误差方程，并通过联合解算确保平差结果的精度[3]。

3.2 多视影像密集匹配

多视影像具有覆盖范围大、分辨率高、影像数据量大的特点。如何在匹配过程中充分考虑冗余信息，快速准确获取多视影像上的同名点坐标，进而获取地物三维信息，是多视影像匹配的关键。针对无人机影像特点，可采用基于影像分割的密集匹配算法：首先，采用mean shift方法对核线影像进行彩色分割，其次，采用半全局匹配方法生成初始视差图，以影像分割的块作为最小单位用Ransac方法拟合视差平面并精化，采用置信度传播方法进行视差平面分配，得到视差图，进行视差精化。

4 无人机倾斜摄影测量在大比例尺地形图测绘的具体应用

4.1 数据收集

在大比例尺地形图测绘的过程中，加强对无人机倾斜摄影测量的应用，可有效获取实时测量数据，便于工作人员对数据信息进行整理分析。其中，在数据收集时，通常会设定具体的摄影测量范围，明确测区内的地形高差，掌握地形的裸露程度。在此基础上，对无人机飞行的航线及测量区域合理划分，对航向的重叠度进行科学设置，保证无人机倾斜摄影的范围在规定的标准内。同时，通过对测量区域内的地形分析，可合理设置相应的像控点，并对各个像控点的坐标进行标记，利用无人机摄影功能对坐标位置进行采集，由此掌握测量范围内的地形情况。在控制测量过程中，应当合理选择相应的控制点，充分提高测量精度。通常情况下，针对密集区域应当在100~200m左右设置一个控制点，相对于其他区域可在300~400m左右设置相应的控制点，从而快速获取相应的坐标数据。与此同时，工作人员还可对拍摄的像片详细查看，并对其进行全面检测，保证信息数据采集的精确度。继而有助于工作人员对数据信息进行合理分析，快速完成大比例尺地形图的测绘工作，提高地形图的测绘质量。在无人机倾斜摄影测量下，可有效增强整体的测量效率，促使无人机倾斜摄影测量技术得以大范围推广[4]。

4.2 无人机航空摄影

（1）选取合适的起飞、降落区域，在收到起飞信号之后，便可将无人机予以启动发射。（2）地面站应当时刻密切观察无人机的数据收集情况，因为其有携带高精密度的差分系统，因而仅仅需要获得差分和基站数据便可。（3）在将航拍任务处理完毕之后，无人机需要返回至降落点上方区域，在操控人员可以做到切实控制无人机的基础上，通过遥控装置将其切换至人员操控模式，从而确保无人机平稳着陆。（4）自存储装置中把相关信息数据加以调出，再对相关数据进行检查，分析数据合格与否，若是存在不合格的问题，就要立刻安排下一次补飞工作。

4.3 数据处理及模型

精度检查三维模型建立：利用Context Capture Center Master软件进行空三数据处理和三维立体模型的恢复建立。模型精度检查：利用清华山维EPS软件，导入模型及人工矢量数据进行检查、统计[5]。

4.4 影像质量对比分析

相比于相片，模型恢复建立后的纹理品质会有所降低。相同摄影条件下，正射摄影模型与倾斜摄影模型在顶部轮廓上的纹理品质是一样的，然而侧立面表达上存在差异，即一定范围内，摄像机能摄到的地方纹理品质是良好的。对比影像可以看出，倾斜影像在建筑物侧立面的表达上具有较大优势，在房檐改正、房高测量上能够获得较高精度的测量结果。倾斜摄影恢复重建的三维模型精度与数据采集的精细程度相关，即采集的影像分辨率越高，模型的精细度越高，但作业效率越低。因此，应选择合适的分辨率。目前，倾斜三维模型的地面表达精细程度，可通过模型平整度检验。三维模型对植被的三维表达仍然存在不足，模型恢复效果不理想，会影响对地测量精度，主要是高程精度的影响。

4.5 内业工作

内业工作主要是对外业提供的成果进行预处理，并选择专业的建模软件进行工程的创建和数据的导入完善，然后进行空三加密和实景三维模型的重建，最后基于实景模型进行地形图的测绘。

4.6 数据预处理

数据预处理主要是对POS数据进行解算，对影像质量

进行提升。（1）POS数据解算。在倾斜摄影中，通常记录的是下视镜头的POS，然后用下视镜头的POS代替侧视镜头的POS进行数据解算，这样由于侧视镜头POS精度不高，无法准确还原采集影像时的位置和姿态，容易导致解算失败。通过对航摄仪中安置的相机进行分析，结合平台安置参数，利用Matlab软件进行编程，然后以下视镜头POS为基准，对4个侧视镜头POS进行解算，使得影像和POS可以一一对应。（2）影像质量提升。5个镜头获取的影像名字是相同的，因此首先需要对影像进行重命名。利用拖把更名器，对5个镜头影像进行重命名，使得影像名和POS名可以对应上，且是唯一的，不存在重名的。通过人机交互的方式对影像进行查看，影像质量整体较差，对比度不明显。为了后续成果的质量有保障，首先利用Photoshop软件对其中1幅影像进行匀光匀色和调整亮度处理，然后利用软件中的批处理功能，对所有影像按照同样的处理步骤进行匀光匀色和亮度调整的处理[6]。

4.7 工程创建

工程创建主要的目的就是建立新工程，然后把POS数据、影像和相机参数进行导入。首先通过文件夹的形式，对5个镜头影像进行加载，然后将POS数据进行导入，将检校的相机参数进行填写完善。在实际作业中，由于倾斜镜头检校成本高，因此多数情况下利用软件自检校完成，本次在作业时也利用自检校方式对相机参数进行优化。

4.8 外业调绘、补测、检查精度

真实场景三维模型的构建可以轻易获取地物的分类和位置信息，然而拍摄区域的障碍也会影响后期的绘制工作，比如受到茂密的植被和建筑等影响。在工作期间，应标识出拍摄不清晰区域，后期进行补测。可以采用传统测量方式如全站仪、RTK等测量方式进行补测，并对部分已测区域进行重复测量以此进行比较，用于检查倾斜摄影测量的精度。本次测量钢铁加工区采用徕卡TS02全站仪，以前期布设的像控点为设站依据对测区内重要地物如建筑物、加固坎等进行测量。

4.9 大比例尺地形图绘制

在大比例尺地形图绘制过程中，工作人员需将软件系统内容的三维模型恢复到指定的格式，并借助软件系统内的自身功能，对模型内的数字进行全面采集，收集地形的各个要点。在数据信息采集完成后，需对采集内容的属性进行整理，针对部分裸露地形设置具体的范围。并在此过程中，应当明确高程点的密度，采取自动化的形式，适当提取高程点，从而有效减少实际测绘的工作量，加快地形图的测绘进程，提高整体的测绘效率，达到良好的测绘效果。同时，工作人员还需对区域内的地形进行补测，对于拍摄不够清晰的照片，可采取合理的方式，对地形以及地面上的物进行准确辨别，从而提高像片的清晰度，能够对大比例尺地形图进行精准测绘。此外，工作人员在地形图绘制完成后，需对其进行精度检测。应根据地形的参考数值进行充分的对比，并对高程点以及平面点进行测量。工作人员可深入到测量区域内，对部分检测点进行抽查，继而可有效降低测量的数据误差，满足大比例尺地形图对精度的需求。促进无人机倾斜摄影测量的广泛应用，提高该测量方式的利用率，体现出倾斜摄影测量方式在大比例尺地形图中的重要意义。

5 结束语

无人机倾斜摄影技术由于在测量领域具有多项优势，当前已经得到了普遍的运用。在开展大比例尺地形图测量工作时，需要按照具体地形特征，选取合适的测量方式，从而确保测绘具有足够高的精准度，并尽可能降低测绘误差的发生概率。

参考文献

[1]姜丽丽，李晓双，刘红军.基于倾斜摄影测量1:500比例尺地形图测绘的关键技术研究[J].测绘与空间地理信息，2019，42（6）：189-191+194.

[2]管威，李雷行至，张乐乐，等.消费级无人机免像控测图精度分析[J].测绘，2020，43（6）：269-272.

[3]张广振.基于无人机倾斜摄影测量的大比例尺地形图测绘方法研究［J］.中国高新科技，2020（17）：49-50.

[4]马学峰，屈利娜，全境富，等.无人机倾斜摄影测量在大比例尺地形图测量中的应用［J］.科学技术创新，2020（15）：27-29.

[5]吴献文，张鹏，曾琳.基于消费级无人机倾斜影像的三维测图技术探讨［J］.测绘通报，2019（7）：92-95.

[6]谢运广，无人机倾斜摄影测量在大比例尺地形图中的应用和精度分析，测绘与空间地理信息，2021（3）：44-46.