

# 无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺测图中的应用

蔚立军

(云南经济管理学院, 云南 昆明 650106)

**摘要:** 大比例尺地形图, 特别是 1: 500 或 1: 2000 的地形图, 在工程建设中占据着基础性作用, 已经在地理国情普查、土地确权 and 国防建设中广泛应用。测制大比例尺地形图的方式, 随着技术的发展始终在优化, 过去多采用经纬仪钢尺平板测图、GNSS-RTK 全野外数字测图等。发展至今, 无人机倾斜摄影测量技术已经开始在实际中应用。本文以无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺测图中的应用为切入点, 对无人机倾斜摄影测量技术的优势、关键技术以及制作方法展开了研究。

**关键词:** 无人机倾斜摄影测量技术; 大比例尺测图; 优势; 关键技术; 制作方法

全站仪、GNSS-RTK 全野外数字测图方式, 尽管测点的速度相较过去, 得到了提升, 不过作业人员的劳动强度却大幅增加。另外, 全站仪测图在导站期间, 误差也在日渐累积, 导致 GNSS-RTK 测图会因信号问题受到制约。总体来说, 野外实测地形图, 会增加人员劳动强度, 既要付出时间成本, 还要付出高昂的经济和人力成本。将其应用于部分特殊地形中, 开展测绘工作时, 在测绘难度大的同时, 作业人员的安全问题也无法得到保障。目前, 在大比例尺测图中, 无人机低空数字摄影测量技术应用是最为广泛的。本文将对无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺测图中的应用进行简要剖析, 以供参考。

## 一、无人机倾斜摄影测量技术优势

第一, 倾斜摄影不但涵盖了传统垂直摄影技术拍摄的地面垂直影响, 而且还可以呈现出不同方向的侧面信息影响, 相较于传统方式, 信息量更大; 第二, 传统垂直摄影方向极为单一, 一旦地物有遮挡, 或是其他原因遮挡, 就无法获取精准影响。倾斜摄影从不同方向对同一地物拍摄, 拍摄角度更加灵活, 获取的影像更加全面, 能够避免地物遮挡; 第三, 倾斜摄影数据被软件处理之后, 将会生成三维模型, 其侧面的纹理极具丰富性。这里形成的模型可以说是实地数字化缩放, 直观性与精准性热点较为显著。三维建模技术自动化水平高, 最终的工作效率要明显高于人工建模。

## 二、无人机倾斜摄影测量关键技术

### (一) 数据预处理

数据预处理主要是以倾斜摄影像片与位置姿态为对象进行的数据处理。倾斜影像预处理包含对格式、对比度、色彩以及曝光等方面的调整, 旨在让影像对地物显示的画面更为清晰, 层系也可以更为分明。部分无人机倾斜摄影系统, 会在照片中存储上已经曝光的大地坐标, 进入后期展开计算时, 软件就会经过预先设定, 自动获取影像的 POS 数据。而无人机倾斜摄影系统, 通常会植入后差分模块, 对物地进行航空拍摄时, 负责记录不同数据信息。后期后差分软件会对相关数据进行分析, 获得较高精度的 POS 成果, 这对于提高三维模型精度有巨大帮助。

### (二) 空中三角测量

影像匹配通常应用的是灰度下的匹配方法与特征下的匹配方法, 灰度下的影像匹配将影像上局部范围中的灰度值和分布视为匹配基元, 以实体间相似性测度的匹配值计算, 来寻找同名点。以特征为基础的影像匹配, 主要捕捉的是点、线或灰度值边缘方面的特点, 通过在不同的影像提取这些特点, 再分析特点, 寻找

共性, 实现对影像的匹配。两种匹配算法方式不同, 优劣势明显, 单独应用某一种匹配方式, 并不能达到最大化科学性。所以, 实际的匹配中, 工作人员经常会把二者结合, 力争对影像进行多基元匹配, 使影像匹配的可靠性更强。影像的匹配工作完成之后, 就需要针对已经检测出的匹配粗差, 加以剔除, 从而织起影像区域自由网。随后, 再引入像片控制点的相关数据, 进行区域网平差, 进而计算每张像片外方位元素与不同加密点地面的坐标。根据笔者了解, 实际中的无人机倾斜摄影测量, 应用光束法区域网平差是最为广泛的。

### (三) 倾斜影像密集匹配

与垂直航空影像相比, 倾斜摄影下获得的影响因为地物几何变形较大、分辨率的变化大, 以及影像旋转与特征信息有巨大差别等问题, 如果把传统影像匹配的模型和算法应用在倾斜航空影像的获取上, 无论是成功率, 还是可靠性, 都会大幅降低, 甚至最后可能会失败。倾斜影像密集匹配技术能够在很大程度上解决这一问题, 针对同一个地区, 可以获取不同角度下的影像图片, 获取影像更具多角度性, 继而最终形成高精度和高密度的点云。倾斜影像采用密集匹配之后, 就会生成密集点云。

### (四) 数字表面模型生产

以倾斜影像密集匹配得到的高密度点云, 然后点云会形成不规则三角网, 就此就会构成分辨率较高、精度较高的数字表面模型。当工作人员获得具有分辨率较高的表面模型数据之后, 就会进入滤波处理阶段, 随后把具有较大差异的匹配单元加以融合, 形成最后的模型。根据实际来看, 从不同角度拍摄的倾斜影像, 有着较为明显的尺度差距, 加之会出现其他遮挡物遮挡, 出现阴影, 倾斜影像自动获取 DSM 就延伸出了新的困难。

### (五) 纹理映射

纹理映射指的是为了可以顺利构建数字表面模式而进行纹理绘制的过程。该过程的本质就是让二维空间点和三维物体的表面可以建立对应关系, 三维物体表面上会有和二维空间点一一对应的颜色, 由此形成模型的不同色彩, 继而构建成功三维模型。颜色的展现被称为映射, 映射方式涵盖了正向映射、两步纹理映射与逆向映射。分别来看, 正面映射指的是由纹理空间到屏幕空间的映射, 其可以节约大量空间, 不过很容易造成图像扭曲。逆向映射与正向映射相对, 可以从很大程度上弥补正向映射的不足, 不过却会占用较大的存储空间。两步纹理映射的提出是以参数化曲面为基础, 来展现纹理映射的问题。这里涉及到的, 主要包括文英社图片、纹理映射坐标与纹理图片三者关系。数字表面模型经过纹理映射之后, 就能够得到色彩与纹理兼具的三维模型。

## 三、倾斜摄影数据的大比例尺地形图制作方法

### (一) 高程要素的获取

#### 1. 利用 EPS 平台, 加载数据信息

EPS 软件无法直接将数据信息打开, 而是需要先转换数据信息, 完成转换流程后, 在自动生成的“Data”文件夹之中会有默认的文件, 格式为“Data.dsm”。EPS 软件加载到本地的倾斜模型选项之中, 工作人员选择对应的 Data.dsm 文件, 三维测图平台上就会现实刚刚转换的数据信息。此时, 绘图区域有两个窗口, 左右侧分别为二维、三维窗口, 三维模型与三维窗口对应, 于右边显示。

## 2. 高程点和辅助线生成

工作人员绘制大比例尺地形图时,打高程点需要按照相关原则进行。具体如下:第一,高程点的设置务必要在地面,若高程点设定于房屋、墙壁或是草丛上面,那么所获得高程数值一定会大于实际的高程数值,高程误差将会增大;第二,高程点需要具备一定密度。打高程点旨在生成等高线,另外就是在地形图的表面留下一定的高注记程点。所以,工作人员在打高程点时,为了把控间距,地势复杂之地多打,地势简单之地少打,打点最大间距要不可超过保留高程注记点间距。简而言之,高程点应该选择在地形有变化之地,例如山谷、山脊或是有坡度变化的地方,也可以选择有重要地物的位置,例如路边、水边或是房角等。施工人员应用三维测图软件,打高程点期间,可根据实际需求,选择是否绘制性线等辅助线,这对于后期地形图的编辑,有一定帮助。地性线为地貌形态的骨架线,包含了山谷线和山脊线。一般来说,绘制等高线之前,都会调整三角网。在此过程中,施工人员可以根据地性线的走向,及时调整三角网,可将等高线生线错误与修线工作量控制在最小范围内。通过三维模型,可了解地形走势,所以施工人员选择在三维模型上绘制地性线不仅便捷,并且也极具现实意义。除地性线之外,也可以根据实际的工程所需,选择绘制坡顶线、坎边线或是坎下线,这些线条在协助施工人员及时调整三角网的同时,也可以对斜坡、陡坡等进行标记。

### (二) 平面要素的获取

#### 1. 批量加载正射影像

施工人员想采用 DOM 在南方 Cass 当中绘制地物,就需要先把 DOM 查到南方的 Cass 当中。一般而言,ContextCapture Master 软件输出的 DOM 会按照规定尺寸进行裁剪,成为正方形瓦片。若采用手动形式,将其一一插入,就需要确定位置,并对大小进行调整,整体流程极为烦琐。此时,工作人员就可应用 AutoCAD 软件对光栅插件进行加载,插件格式为 ARD.fas,这样就能够批量把文件中所哦呦 DOM 瓦片加载到南方 Cass 软件当中。

#### 2. 绘制地物

地形图上所展现出来的不同平面要素就是所谓的地物,在 DOM 为底图的基础上,按照一定顺序来绘制地物,总体的顺序为先大后小、先框架后细节。根据上面的原则,绘制地物顺序如下:交通设施、水系设施、居民地设施、管线设施以及其他地物。完成地物绘制后,要填充部分面状要素。绘制期间,若地物不够清晰,就可以打开三维模型图,尽可能让地物更加清楚。若通过三维模型图依然无法清晰显示,就需要做出标记,外业调绘的时候开展实地调查。

#### 3. 高程和平面要素叠加与装饰

第一,过滤高程点。因地形的不断变化,为准确体现地形的变化趋势,生成精度更高的等高线,工作人员在 EPS 上打取的高程点数量密度不得小于或等于保留密度。此时,要对高程注记点过滤,确保图面的整洁性。每平方分米只要根据情况保留 15 个左右的注记点即可。需要注意的是,过滤多余高程点的时候,要保留典型位置的高程点。

第二,及时对符号压盖进行调整,例如道路的边线、水边线或是坎线等,都要注记高程点压盖,可以把高程点注记移到周围地物密度低的地方。又如不同的填充符号对高程点与坎线,道路边线等压盖,都要把填充符号移到周围地物密度低的地方。

第三,针对地形图中相对封闭的等高线,可以添加示坡线,示坡线的指向为地势较低的一边。针对不好判断高程的等高线,可以添加高程注记,将较为密集的等高线进行局部打断。若同一测区地形图不是同一人完成,而是多人完成,需要每个绘图员做

好地形图的接边工作。

#### 4. 外业调绘和内业修测

进行外业调绘旨在以外业手段,更好地解决内业成图当中无法解决的问题。通常来说,工作人员会采取先内后外的调绘方式,运用先内后外的调绘手法时,影像上较为清晰的地物、地貌,能够在内业成图当中进行测绘,野外测绘只是针对影响上无法清晰显现的地物与地貌。在这里,工作人员对独立地物、水井、水窖、管线、境界、道路以及植被等要进行重点调绘,针对电力线与部分重要通信线转折点,要确保可以精准预判,并将其绘出。外业调绘过程中,工作人员要及时检查地图上地物与地貌标注是否准确、完整与合理,针对错误的地方更是要及时去除,不够完整的地方及时补充完整,不合理的地方则要及时修改,保证其合理性。外业调绘与补测工作下的工作底图需要工作人员及时进行清理、绘制、整理与装饰,检查达标之后,内业人员负责对地形图修测。地形图修测阶段完成后,质检部门检验无问题后,即可归档。

#### 5. 地形图精度的评定

地形图绘制完成之后,工作人员要结合实际,评判地形图精度是否达标。地形图精度达标的依据是地物点平面位置误差达到要求范围,此为合格。具体的指标包括高程注记点高程误差与图幅等高线高程误差,进行检测与计算的方法就是在测评区均匀的选择若干地物点作为平面检查点,对平面坐标进行实际测量,地形图的绘制完成之后,在地形图上量取相应平面检查点的图面坐标,先利用地物点的实测坐标和图面坐标计算平面位置较差,再利用中误差公式计算中误差。

### 四、结束语

无人机倾斜摄影测量技术主要是发挥了多个高分辨率的影像采集设备优势,从空中的不同角度收集数据信息,以此更为直观、准确和完整的反映地物信息。随着现代社会的发展,相关领域对大比例尺地形图精度要求也在不断提升,无人机倾斜摄影测量技术能够从一定程度上弥补传统测绘技术的不足。相较于大飞机航空摄影测量技术,环境和场地等因素对无人机的影响更低,不但起降更加灵活,并且即便身处恶劣天气,依然可以收集相关数据,测量效率得到大幅提升,应用范围也得以拓展。本文从不同角度分析了无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺测图中的应用,希望可以帮助更多人了解到该技术的优势,促使我国的测绘技术不断优化和创新,继而推动测绘事业的发展。

#### 参考文献:

- [1] 冯啸. 无人机倾斜摄影测量技术在地质灾害监测中的应用——以四川省茂县叠溪镇山体滑坡为例 [J]. 华北自然资源, 2022 (04): 98-101.
- [2] 刘兆, 杨丽丽. 基于倾斜摄影测量的大比例尺地形图测绘的质量控制——以某高原山地城市供暖测绘为例 [J]. 地矿测绘, 2021, 37 (04): 50-52.
- [3] 闫焯琛, 高学飞, 于向吉, 袁婷婷, 席雪萍. 无人机倾斜摄影测量技术在地质灾害隐患调查中的应用研究 [J]. 科技创新与应用, 2022, 12 (17): 193-196.
- [4] 苟彦梅, 陈代鑫, 杨发辉, 刘帅帅. 乡村振兴战略下无人机技术在数字乡村建设中的应用——以麦积区三岔镇吴砭村为例 [J]. 黑龙江科学, 2022, 13 (01): 37-40.
- [5] 武炜, 张丽丽, 司典浩, 郑佳荣, 王博, 李小利, 杨欢欢. BIM+ 无人机倾斜摄影测量融合技术在雄安管岗再生水厂工程中的应用 [J]. 北京工业职业技术学院学报, 2022, 21 (02): 1-5.