

# 倾斜摄影及 1 : 500 数字地形图测绘技术在实际项目中的应用

## Application of Oblique Photography and 1 : 500 Digital Topographic Mapping Technology in Practical Projects

陈晓阳

Xiaoyang Chen

广东省有色地质测绘院 中国·广东 广州 510080

Guangdong Nonferrous Geological Surveying and Mapping Institute, Guangzhou, Guangdong, 510080, China

**摘要:** 无人机倾斜摄影测量技术是测绘地理信息领域近年来兴起的一项高新技术, 已成为探索和试验的热点方向。结合实际工程案例, 论文详细介绍基于倾斜摄影技术开展大比例尺地形图测绘的技术流程, 验证了方法的可行性。

**Abstract:** Unmanned aerial vehicle tilt photogrammetry technology is a high-tech emerging in the field of surveying and mapping geographic information in recent years, and has become a hot direction for exploration and experimentation. Combining with practical engineering cases, this paper provides a detailed introduction to the technical process of conducting large-scale topographic mapping based on oblique photography technology, and verifies the feasibility of the method.

**关键词:** 倾斜摄影; 数字地形图他; 测绘

**Keywords:** oblique photography; digital terrain map; surveying and mapping

**DOI:** 10.12346/sc.v5i2.8710

## 1 任务来源及内容

为满足广佛江快速通道江门段辅道工程新会段项目工作需要, 现需对江门市新会区江门大道(全长 15.5km, 面积约为 2.4km<sup>2</sup>), 进行倾斜摄影及 1 : 500 数字地形图测绘, 该工程起于五邑路, 沿会城大道、新锋路、新会大道、江门站、南车路, 在茶坑村连接省道 S270, 终点位于三江镇变电站。受江门市新会规划勘测院委托, 笔者所在单位承接“广佛江快速通道江门段辅道工程新会段项目倾斜摄影及 1 : 500 数字地形图测绘”项目。

项目的主要工作内容首级控制测量(采用城市测了规范动态卫星定位一级测量)、像控点测量、无人机航摄影、数字正射影像(DOM)制作、数字三维模型制作、数字线划图 1 : 500 制作。

## 2 测量技术

### 2.1 控制测量

控制测量组共选设 64 个控制点, 均匀分布于测区。根

据动态卫星定位二级技术指标, 进行外业观测。观测成果符合规范要求, 点位中误差均优于 5cm, 边长相对中误差优于 1/10000。

### 2.2 无人机航空摄影

依据项目工期和实际情况, 技术人员经过讨论研究决定使用大疆悟 2 无人机航摄系统进行航摄作业并最终顺利完成<sup>[1]</sup>。

### 2.3 航摄系统

本项目采用大疆悟 2 无人机航摄系统进行作业。大疆悟 2 无人机航摄系统因其安全稳定、快速高效、适应性强等特点, 近年来在测绘行业得到迅速发展和应用, 非常适合在小面积、分辨率要求高的测区进行航摄作业。

#### 2.3.1 航线设计执行情况

##### ①飞行方式。

大疆悟 2 无人机航摄系统所搭载的传感器为单镜头固定焦距微型相机, 云台可实现 -90° 至 +30° 旋转。系统地面站“易飞无人机智能航测系统”自动实现倾斜摄影航线规划, 即 45° 倾斜镜头 4 个方向和 0° 下视 1 个方向共计飞行 5 架

【作者简介】陈晓阳(1972-), 男, 助理工程师, 从事地形测绘、工程测量、国土调查、变形监测等研究。

次可获取完整一个航摄分区的倾斜影像数据。

### ②航摄分区。

根据大疆悟 2 无人机航摄系统的有效控制半径和续航时间以及测区实际地形地貌等特点,将测区共划分为 72 个航摄分区。

### 2.3.2 飞行实施

#### ①数据获取。

按照航摄设计及相关技术要求,获取数据。

#### ②天气选择。

根据航摄规范和设计要求,航摄时选择了水平能见度大于 3km,垂直能见度大于 5km 的晴好天气进行航空摄影。

### 2.3.3 航摄数据检查

#### ①影像概况检查。

影像从存储卡下载后,按航线检查了原始影像的数量,并查看了影像大小,查看影像是否能够正常打开。其次逐张图片预览,检查影像的清晰度,是否存在模糊、曝光过度或不足等情况。

阶段飞行结束后,对获取的数据进行整理,同时从以下几方面检查:

一是曝光点与影像数量一致性检查:地面站记录曝光数量与所拍摄的影像数量是否一致。

二是每条航线的连续性检查:影像按照预设点位均匀分布,未发现有漏曝情况,且与实地一致。

在检查中发现任何问题,及时进行补飞或重飞,直至完全合格为止。

#### ②影像重命名。

对获取的原始影像按照相关规范和技术设计书要求更改影像名称,并对 5 个角度获取的影像加以区分,本项目影像命名规则为:下视:XH01ZS-0001.jpg;倾斜 1 镜头:XH01Q1-0001.jpg;倾斜 2 镜头:XH01Q2-0001.jpg 等方式进行命名……

#### ③质量检查。

使用相关专业软件对影像的航向、旁向重叠度以及航线弯曲度等进行了检查,相关参数符合相关规范要求,且航向和旁向重叠度不存在相对、绝对漏洞。套合范围红线,所获取数据完全覆盖测区范围,航摄成果符合要求<sup>[2]</sup>。

## 3 像片控制测量

### 3.1 像控点布设方案

像控点采用全野外布点方案。根据无人机低空摄影测量外业测量规范的相关要求以及航摄分区划分、航线布设情况,每隔 300~500m 布设一个像控点,除个别人员无法到达的区域外,原则上每个航摄分区不能少于 5 个像控点,且像控点必须保证相邻的航摄分区能够共用。

### 3.2 像控点测量

本项目所有像控点测量采用网络 RTK 测量方法进行。

网络 RTK 测量基于 GDCORS 的网络 RTK 模式进行观测。每次观测前均在已知点上进行检查,确定各项参数输入正确后方开始正式作业。

观测时认真量测每一点的天线高度,并正确输入每一站的天线高度,确保每点观测成果的正确可靠。观测时使天线水平气泡居中并保持稳定。实地观测时每点应作相应记录,如仪器高等。

### 3.3 质量控制

本次项目中,最终像控点数据成果输出平面坐标为平面坐标系统采用 2000 国家大地坐标系,高程基准采用 1985 国家高程基准,共采集包含检查点在共 181 个像控点。

外业像控点所采集数据的平面坐标和高程的收敛精度皆小于 0.05m,满足城市测量规范要求。

每次观测完毕及时对外业采集的数据导入计算机,进行数据备份、数据处理;并进行观测成果精度指标、测回间观测值较差检查,并对外业量测点名和设计像控点名一一对应,在当天外业结束后对外业测量点位置进行核实,避免出现由于点名输入有误引起的错误<sup>[3]</sup>。

## 4 影像数据处理

利用 ContextCapture 进行三维实景建模,在三维模型处理好后,进行高分辨率正射影像生产。

### 4.1 数据预处理

把无人机拍摄的照片,按照航线规划、飞行架次、正片和斜片整理到不同的文件夹中。同时需整理的还有照片对应的 POS 数据、像控点数据以及相机文件(相机参数如焦距、传感器尺寸),这些数据可以给专业建模软件参考修正解算的空三结果。

### 4.2 数字空中三角测量

将准备工作完成之后在软件中进行空三计算。软件会对所有图片进行大量关键点的计算提取。对获取的特征点再采用多视角匹配同名点,然后反向解算出每张图片的空间位置还有图片的姿态角度,从而确定图片间的关系。空三计算完成后,可以在 Smart3D 里面查看到整个航带的飞行情况、解算出空三三点的位置密度,每张相片的相对位置还有图片所覆盖的范围方位角等信息。

但是空三计算并不是每次都可以顺利正确解算出来,这涉及航片的重叠度、清晰度和角度等问题,解算出来的空三计算点可以在 Smart3D 工程软件里面查看,也可以在其他建模软件中查看。空三计算完成后必须查看软件解算出来的空三计算点是否存在漂移、分层等问题,出现问题的区域是边缘还是中心,或是整个空三计算点的相对位置是否正确等。如果空三计算点相对位置不正确或是出现漂移、分层,并且是中心地段或是重要区域,则必须重新进行空三计算直至空三结果良好。期间过程中可以使用整体空三代替分区空三、删除质量较差、姿态较差的航片的方法来提高空三效果。

多个架次的不同高度的航片融合在一起进行实景三维模型建设时,空三计算因为硬件的缘故不能把所有的航片同时加载计算。这种情况下就需要多个 Block,把不同航片导入不同的 Block 里面分块进行空三计算。空山计算完成后可以通过合并的方式将所有空三计算通过的区块合并在一起。这样可以比较完美的解决不同架次、不同航高的航片空三计算困难的问题。

### 4.3 刺像控点

①制作像控点点位信息表,像控点的刺点、点位说明和现场照相在实地进行,并经第二人实地检查。野外测量时在随身携带的纸质像控点点位信息表进行上确认,刺点者、检查者签名。在实地刺点时,遇因实地情况需要变更点位的,结合现场情况、考虑像控点相片条件,由经验丰富的外业作业人员进行调整,及时记录相应的改正信息,并在相片上进行校核。

②为方便测量人员根据点位信息找到实地野外像控点,外业人员携带了点位分布位置图,其中底图为摄影航飞影像快拼成果图,并带有相应的 WGS84 坐标信息,将所设计像控点注记在底图上,打印输出,为野外人员找寻像控点的相对位置关系、提高野外工作效率建立了有效保障。

③所有像控点都进行了野外拍照,分别拍摄远、中、近景照片,作为控制点位置检查和像控点位置变化时室内检查和确认的评判依据。

## 5 倾斜三维模型制作

本项目采用的三维建模软件为 ContextCapture, Context Capture 软件的建模流程是通过计算机图形计算,结合 POS 信息进行空中三角测量,生成三维点云数据,由三维点云数据构成格网,最后结合照片生成赋有纹理的三维模型。

空三计算、控制点刺完之后就开始模型建立贴图。软件通过空三计算点计算出来的不规则三角网 TIN,并且生成白模的三维模型,在通过三维模型形状位置从航片里面截取最合适的图片来进行纹理的贴合,最后输出纹理逼真的实景三维模型。

## 6 数字正射影像图制作

采用摄影测量软件进行数字微分纠正与镶嵌,生成区域 DOM。相邻的数字正射影像必须精确匹配,并进行可视化的检查,以确保相邻的数字正射影像中地面特征没有偏移。利用镶嵌线避开由于高程特征引起的偏移和错位,保证地物的完整性。检查像片数字正射影像的影像质量,避免出现影像模糊、错位、扭曲、变形、漏洞等问题及现象。为了解决完整性和接边问题,采取分层编辑 DOM 办法进行多次正射纠正和拼接。

选择线状地物作为镶嵌线,如河、路、沟、渠、田埂等的边沿等。镶嵌后的影像无明显拼接痕迹,过渡自然,纹理

清晰。

最终获得的正摄影像成果色彩真实、影像清晰、层次丰富、反差适中、色调饱满,影像色调一致,影像没有重影和明显的拼接痕迹。

## 7 Idata 软件数据采集

①测图范围到测区范围线以外 10m。

②立体测图对能够准确判读的地物、地貌要素,应全部采集,对不能准确判读的要素(包括隐蔽地区、阴影部分、遮盖部分和小的独立地物)应做出标记,由调绘确定。

③影像不清晰、要素不确定而无法采集时,用特殊符号标记,以便进行实地补测或补调。

④要素采集宜先采集水系、道路、居民地、再采集其他要素。基础控制点按坐标准确导入。

⑤要素采集的平面位置精度和高程精度应符合相关规定。要素的几何类型和空间拓扑关系应正确。点状要素采集要定位点;线状要素采集定位线,且应保持连通性,相交处应形成结点,不应重叠、自相交;面状要素采集外围轮廓线,并闭合。有向点和有向线的方向应正确。公共边宜以主要要素为准采集一次,次要要素的公共边拷贝生成。

⑥要素采集应无移位、无错漏。

⑦河流、溪流、湖泊、水库等水涯线,宜按摄影时的水位采集。图上宽度小于 0.5mm 的河流、沟渠宜采集为单线。

⑧采集房屋和街区轮廓时,应切准房角或轮廓拐角后打点连线,准确采集外围轮廓,反映建筑结构特征。

⑨道路数据采集时应正确处理道路的相交关系及与其他要素的关系,道路相交处应形成结点,道路应走向明确,衔接合理。公路与其他双线道路应按实际宽度依比例采集。道路采集时,应同时采集道路范围内的绿地或隔离带。

⑩地物、地貌的比例尺的比高或深度大于 2m 时,应量注比高。比高宜量注至 0.1m。立测图注困难时,由外量注。

⑪ Idata 软件采集的数据应先经检查再提供调绘使用。

⑫提供给调绘使用的成果或数据中,要素符号、颜色和注记设置应以方便调绘人员准确判读为原则。

## 8 遇到的问题、改进意见和建议

### 8.1 遇到的问题及解决情况

遇到的问题如下:

①本项目作业范围基本在快速车道中和道路两旁,车速快且车流量大,影响了外业作业的进度。

②无人机航摄分区块采集数据,内业数据采集没有及时同步进行,且内业和外业衔接不够顺畅,导致增加了内业和外业的重复工作。

③在进行野外调绘之前,缺乏统一的培训。内业和外业采集数据时,出现了同一地物用不同符号表示,增加了图形编辑的工作量。

## 8.2 改进意见和建议

①采用无人机航摄方式生产 1 : 500 数字地形图, 我院整体经验不足。下次承接同类项目时, 选择有经验的项目负责人和技术人员组建项目组, 明确各阶段生产人员的职责, 使各工序之间能够有序衔接。

②根据技术设计书中规范要求, 对全体参与人员进行技术交底和技术培训, 使各工序组明确各自的工作内容、技术要求。

③加强各工序的质量检查, 经过二级检查合格后才能进入下一道工序, 并保存好各级检查记录。具体包括以下内容:

一是像控点按规范要求测量, 并测量足够的测回数, 取平均值得到最终坐标成果。过程检查均匀选择 30% 的像控点进行重复测量, 最终检查均匀选择 10% 的像控点进行重复测量, 经过二级检查后的像控点成果, 才提交给影像数据处理组进行的空三测量。

二是无人机航摄影像数据按规范经过二级检查才提交到内业影像数据处理。

三是内业影像数据处理生成倾斜三维模型、数字正射影

像图, 均要按规范进行二级检查, 检查合格后才提交立体测图、野外调绘工作。

四是下一工序生产过程中发现上一工序的问题及时反馈到上一工序的作业组进行修改。

五是各工序作业组应编写工作总结, 内容包括生产时间、参与人员、使用仪器设备和软件、生产过程方法、遇到的问题及解决办法、质量检查等, 作为项目总结报告编写的参考内容。

## 9 结语

论文以实际项目为例, 主要介绍了倾斜摄影及 1 : 500 数字地形图测绘技术, 希望对以后的工作提供借鉴。

## 参考文献

- [1] 李阿娜. 浅析数字地形图测绘技术在测绘中的应用[J]. 华北自然资源, 2022(1).
- [2] 黄金鑫. 遥感航测技术在公路地形图测绘中的应用研究[J]. 运输经理世界, 2021(5).
- [3] 郭昕. 数字地形图测绘相关问题探索[J]. 工程建设与设计, 2022(9).