

Application of Oblique Photogrammetry in Large-scale Topographic Map

Yongquan Wang Yong Peng

Xinjiang Corps Survey and Design Institute (Group) Co., Ltd., Urumqi, Xinjing, 830000, China

Abstract

The workload of large-scale surveying and mapping task is large, and the existing traditional surveying and mapping mode can no longer meet the needs of social development. With the rapid development of drone technology, the oblique photography technology of small and even light drones leads the surveying and mapping work to a new direction. This paper focuses on the method of large-scale mapping by using oblique photography technology of drones, and briefly introduces the technical route and process of large-scale mapping by oblique photography technology.

Keywords

drone; oblique photography technology; 3D model; 3D mapping

倾斜摄影测量在大比例尺地形图中的应用

王永全 彭勇

新疆兵团勘测设计院(集团)有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

大比例尺测图任务工作量大, 现有传统测绘模式已不适应于社会的发展需求。随着无人机技术的飞速发展, 小型乃至轻型无人机倾斜摄影技术将测绘工作引向了一个新的方向。本文重点对利用无人机倾斜摄影技术进行大比例尺测图的方法进行探讨, 简要介绍了倾斜摄影技术进行大比例尺测图的技术路线和流程。

关键词

无人机; 倾斜摄影技术; 三维模型; 三维成图

1 引言

摄影测量以前局限于飞行平台的限制, 必须在大面积的地形图测量中才能得以应用。传统航空摄影测量测绘地形图, 对空域、机场和天气条件有着严格的要求, 存在着成本高, 作业周期长的缺点, 限制了数字摄影测量技术在大比例尺地形测绘中应用^[1]。目前随着无人机的快速发展, 无人机具备灵动、快速、经济、便捷的特征, 将无人机当作航空摄影平台可以快速高效率的获取高质量、高分辨率的影像。倾斜摄影测量技术, 借助无人机快速采集影像数据, 并利用数据处理平台, 快速建立实景三维模型, 真实反映建筑物体量、外观、相对位置。在数字城市建设、城市管理和应急救援中得到了广泛的应用^[2-4]。

把三维模型导入测绘软件, 利用测绘软件可以快速进行大比例尺地形图的测绘, 可以把大量的外业工作转化为内业,

节约人工成本, 并有效缩短项目周期, 提高工作效率。本文利用倾斜摄影测量技术, 结合三维建模软件, 生成地物、地貌的实景三维模型。在三维测图软件平台上进行大比例尺地形图的测绘, 实现利用航测的手段进行 1: 500 地形图测图。

2 倾斜摄影测量关键技术

2.1 航测外业

2.1.1 飞行平台

考虑到作业环境的复杂性, 航空摄影使用无人机需具有小场地起降的能力以及能够在航摄过程中保持稳定, 优先采用兼顾效率与稳定的垂直起降的固定翼无人机, 配备飞控系统同步记录拍摄时位置、姿态等信息。其飞行可靠性高、操作使用简单、起飞和着陆场地要求低。

2.1.2 倾斜摄影仪器

为建立三维模型, 航空摄影传感器需获取目标地物在各

个方向的实景影像信息,包括顶视方向及四个侧面方向。

2.2 航测内业

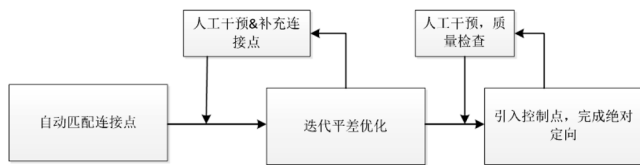
2.2.1 加密分区及分区接边

根据不同计算机硬件性能限制,当测区太大时,需进行加密区域的分区,为保证分区接边的精度,要求采取以下措施:

- (1) 不同分区必须保证足够的覆盖区域的重叠;
- (2) 要求同一测区的不同分区的瓦片切割方式最好统一:包括瓦片大小,瓦片的原点坐标;
- (3) 模型坐标系统一:包括坐标系定义及坐标系原点设置。

2.2.2 空中三角测量

本次针对无人机倾斜摄影数据的特殊性,采用多视角影像联合平差的技术方法进行空三加密。目前倾斜影像区域网平差主要分为:无约束区域网平差、附加约束的区域网平差和倾斜影像的直接定向^[5]。目前,常用的密集匹配算法有共线条件约束的多片最小二乘影像匹配算法、多基元多影像匹配算法、基于物方的多视立体匹配算法^[6]。技术流程如下:



2.2.3 空中三角测量成果精度指标

- (1) 直观点云检测
检查点云有无漏洞、异常漂浮、扭曲变形,若存在需调整参数及删除个别异常照片重新计算;
- (2) 内符合精度指标 1: 自由网平差后连接点质量指标: 所采用的建模软件的空三质量报告。
- (3) 内符合精度指标 2: 约束平差后控制点精度指标: 约束平差后像控点的水平、垂直中误差。

2.2.4 三维建模

对空三合格的分区根据三维 TIN 的空间位置信息,自动寻找最佳视角影像,并完成模型纹理的构建,最终形成完整且真实的三维模型体。



图 1 3D 模型与倾斜影像效果示意图 (自动建模流程)

(1) 初始化建模区域

根据作业区实际范围,划定建模区域。由于建模需要在标准直角三维空间坐标系内进行,因此软件会将项目切块坐标系转换为笛卡尔三维坐标系。建模区域会划分根据用户需要,以长宽相等的正方形瓦片为划分的最基本单位,每个瓦片 (Tile) 是三维建模的最小单元。

(2) 建立三维像对

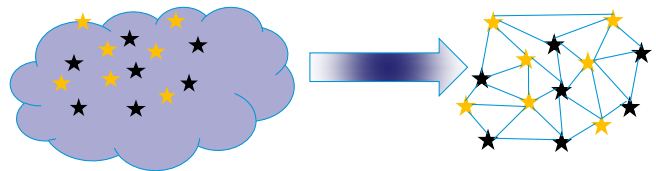
基于空三平差输出的外方位元素成果和相机安置位置关系,软件可以自动寻找合适的两张影像组成三维像对。

(3) 生成像对点云

对 Tile 内包含的所有三维像对分别进行点云匹配计算,并将这些像对点云进行汇总合并与过滤。

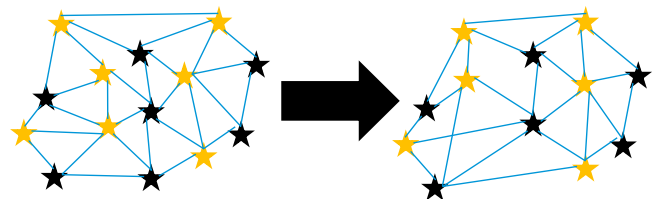
(4) 构建三维 TIN 网

将前面环节得到的点云进行三角网化处理,在这个过程中,一些异常的点由于无法构建正常的三角形而被作为粗差点进行舍弃处理。



(5) TIN 网优化

对不合理的三角网表面进行自动优化,对平坦表面的三角网密度实现自动简化稀疏化处理,同时对复杂表面的三角网密度予以保留。



(6) 纹理匹配

根据 TIN 网中每个三角形的空间位置,自动映射最佳视角的影像作为模型纹理。

(7) 实景模型成果要求

A、模型经过目测检测,无空洞、无异常破面,超出像控以外的部分尽可能都裁剪掉,保证整齐美观;

B、模型精度指标:符合精度

满足空中三角测量技术要求而生成的三维模型,其地面地物要素的平面和高程精度需要用外业散点数据进行检测,

内业进行精度统计,精度指标见下表:

表1 精度指标

序号	项目	平地、丘陵地 (mm)	山地、高山地 (mm)	备注
1	加密点中误差	±0.1	±0.15	荒漠、高原、山地、森林及隐蔽区域等可放宽至1.5倍。
2	地物点中误差	±0.15	±0.2	

平面和高程中误差不大于上表规定,则视为此三维模型满足数字化地形图的精度要求,方可进行数据采集;如超出上表规定,则检查航摄数据是否合格、检查内业空中三角测量的方法是否正确。

(8) TDOM 生产

实景模型生产完成后,利用建模软件生成 TDOM 真正射影像,和实景模型一起作为地物采集的底图。

(9) 点云生产

实景模型生产完成后,利用建模软件生成点云。

2.3 地形图数据采集

2.3.1 采集环境

基于三维实景模型及真正射影像相结合的方式进行数据采集,无需立体显示设备和三维采集设备,仅需台式计算机即可。

2.3.2 采集方法及软件

利用三维模型及正射影像相结合的方式进行数据采集。一般三维模型中主要采集房屋、房屋附属设施、属性标注;除此之外的其他地物可在正射影像上采集。利用这两种采集方法,可以依据具体的地物情况,灵活转换。

利用三维成图软件进行图库一体采编工作;

在 TDOM 上采集地物,针对电杆、路灯等杆状地物采集较有优势,由于三维模型中,杆状地物建模效果不理想,通常无法判断其准确位置,利用正射影像可以弥补这一不足。如在正射影像中地物由于树木或其他地物遮挡无法判断其位置,也可以转换至三维模型自由视图中量测,确保地物的全要素采集。利用三维模型与正射影像采集相结合的方法具体实施情况,需要内业进行数据实验和总结,在数据采集之前针对经验性问题进行整体培训,以确保地物不漏绘、错绘。

2.3.3 数据采集一般规定

测图之前须引入像控点、基础控制点和外业检查点,检查三维模型、正射影像精度是否满足规范要求。

由于测区摄影资料较新,现势性强,易于判读,所以采

用先内业判读测图定位,后外业调绘定性的成图方法。面状地物的测定要求图斑边缘线连续且封闭,线状地物要求线段连续,一条直线上应减少多余的点。

2.3.4 等高线生成

采用点云处理软件对生成的点云进行分类处理,留下地面点,通过套合实景模型检核处理精度,若分类不好通过调整处理参数的方式重新分类,以至达到最终要求。

2.3.5 地形图精度检测

为了保证内业成图成果的可靠性及评定内业成图的精度,在测区均匀测量部分碎部点。

(1) 散点分布建议在远离地标点、加密分区中心的最弱区。

(2) 散点位置需在位置明显、唯一、不被遮挡易判读的地方。

(3) 外业散点点位说明要准确无误。

(4) 外业散点要根据实地情况采集平面检查点及高程检查点。

3 应用实例

3.1 测区概况

我单位承担兵团九个城市大比例尺地形图测绘任务,城市都为平原荒漠地带,气候干燥,飞行条件良好。

3.2 无人机航飞实施情况

采用的无人机的性能指标:最大任务载荷:6公斤;最大起飞重量:25公斤;巡航速度:100—110公里/小时;最大平飞速度:120公里/小时;最小失速速度:70公里/小时;发动机:70CC 双缸水平对置;最大升限:5000米;飞行方式包含自主飞行和手控飞行;能够在-10℃~+40℃的环境下使用;抗风等级应为地面5级或以上;续航时间3小时。同时为保证无人机的飞行安全,配置射弹降落伞模块。

由于各个城市分布于各处,需根据飞行当时的实际情况进行航线设计及分区。航向重叠度为80%,旁向重叠度为80%,影像分辨率为3-5cm。

3.3 内业处理

采用最新建模软件 Context Capture Center Edition,进行空三测量及后续模型、TDOM 的生产。

本次项目采用的是清华山维公司的 EPS 三维测图平台,

利用三维模型及正射影像相结合的方式 进行数据采集。

3.4 地形图精度

通过一定的项目验证, 利用倾斜摄影测量的方法: 地形图的平面与高程的精度均小于 10cm, 下面是近两年我院在 1: 500 地形图测绘项目中进行碎布点检查的精度统计:

序号	项目名称	平面精度	高程精度	备注
1	兵团城市 1: 500 地形图测量(北屯市)	0.056	0.067	
2	兵团城市 1: 500 地形图测量(石河子市)	0.048	0.043	
3	兵团城市 1: 500 地形图测量(图木舒克市)	0.051	0.078	
4	兵团城市 1: 500 地形图测量(双河市)	0.037	0.034	
5	兵团城市 1: 500 地形图测量(铁门关市)	0.041	0.036	
6	兵团城市 1: 500 地形图测量(阿拉尔市)	0.038	0.031	
7	兵团城市 1: 500 地形图测量(五家渠市)	0.055	0.038	
8	兵团城市 1: 500 地形图测量(可克达拉市)	0.043	0.029	

4 结语

本文通过无人机倾斜摄影技术获得测区的影像资料, 通过 Context Capture Center Edition 软件进行了空中三角测量, 生成了实景三维模型, 再通过 EPS 软件利用生成的三维模型

及其衍生产品进行了 1: 500 地形图采集。将外业检测散点坐标和生成地形图中的检查点的进行平面和高程的对比, 证明了倾斜摄影测量技术生成的大比例尺地形图在平面和高程上可以满足大比例尺地形图的精度要求, 为实际生产地形图提供了一种全新的生产方法。

参考文献

- [1] 卢晓攀. 无人机低空摄影测量成图精度实证研究 [D]. 中国矿业大学, 2014.
- [2] 杨永明. 无人机遥感系统数据获取与处理关键技术研究 [D]. 昆明理工大学, 2016.
- [3] 李镇洲, 张学之. 基于倾斜摄影测量技术快速建立城市三维模型研究 [J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(4): 117-119.
- [4] 王建强, 钟春惺, 江丽钧, 等. 基于多视航空影像的城市三维建模方法 [J]. 测试学报, 2014, 39(3), 70-74.
- [5] 孙亮, 夏永华. 基于无人机倾斜摄影技术测绘大比例尺地形图的可行性研究, 2017, 08: 34-38.
- [6] 王双亭, 程锬锬, 刘晓龙. 一种基于多视倾斜影像的 PMVS 改进算法 [J]. 河南理工大学学报 (自然科学版), 2015(1): 59-63.