

Practice of Fast Tilt Photogrammetry Based on DJI Phantom 4RTK

Ziyi Zhu

CCCC (Tianjin) Eco-Environmental Design and Research Institute Co., Ltd., Tianjin, 300450, China

Abstract

Tilt photogrammetry is a new high-tech technology developed recently. With continuous research, this technology has been developed, and UAV tilt photogrammetry emerged at the historic moment. With the continuous development of science and technology, UAV tilt photogrammetry has been widely used in all walks of life. With the maturity of UAV manufacturing technology, tilt photogrammetry has been widely used in urban 3D modeling, digital terrain mapping, cadastral and real estate mapping. Compared with traditional topographic surveying, UAV tilt survey has significant advantages in low cost, high efficiency and diverse results. A 1 : 500 topographic map mapping experiment was carried out in a 300-meter section of Luanhai Highway from Zhao'ai Street to Luanhai Road, Luanan County, Tangshan, China, using the UAV tilt measurement technology. The results show that the method can meet the accuracy requirements of 1 : 500 topographic map, and has good efficiency and applicability.

Keywords

tilt photogrammetry; unmanned aerial vehicle (UAV); three-dimensional ground mode

基于大疆精灵 4RTK 快速倾斜摄影测量实践

朱籽祎

中交(天津)生态环保设计研究院有限公司, 中国·天津 300450

摘要

倾斜摄影测量是最近发展起来的一项高新技术,在不断地研究下,这一技术得到了新的发展,无人机倾斜摄影测量应运而生。随着科技的不断发展,无人机倾斜摄影测量在各行各业得到了广泛的应用,倾斜摄影测量技术随着无人机制造技术的成熟,已广泛应用于城市三维建模、数字地形测绘、地籍与房地产测绘中。相较于传统的地形测绘,无人机倾斜测量成本低、效率高、成果多样等方面具有显著的优势。运用无人机倾斜测量技术,在中国唐山滦南县兆才大街向滦海公路300米路段进行了1:500地形图测绘实验,结果表明,该方法可满足1:500地形图的精度要求,具有良好的效率和适用性。

关键词

倾斜摄影测量; 无人机; 三维地面模型

1 引言

中国城市基础测绘的工作手段大多依托 3S 技术,首先利用全站仪、GPS 接收机、水准仪、测距仪、探测仪等测绘仪器完成外业测量,然后根据外业测量数据,在计算机上利用相关成图软件进行编辑处理,最后生成测绘成果。工作强度大、效率低、成本高、危险因素多等缺点,特别是一些地形复杂、测量环境差的地方,精度难以保证^[1]。无人机摄影测量为测量领域增添了新的色彩,无人机倾斜摄影测量将传感器搭载在无人机平台上,多角度、多重叠度的获取测区地面多视影像,通过后期处理,建立地表三维模型与相关数字产品^[2]。

倾斜摄影测量技术具有真实性,其提取到的信息都是

实景拍摄而来,由于是多角度拍摄,具有明显的科学性及直观性,可以有效地对具体的环境情况进行真实地反应。结合无人机航空摄影测量的工作特点,已在地形图测绘、规划竣工测量、地籍测量、三维建模、土方量计算等基础测绘中得到有效应用。

大疆 Phantom 系列消费级无人机用于倾斜摄影测量时具有经济适用、对起飞场地要求低、操控灵活等优势。论文主要研究大疆精灵 4RTK 无人机,应用于唐山滦南县兆才大街向滦海公路 300 米路段带状地形图测绘时的案例,使 GNSS-RTK 连接千寻网络模式,进行测区控制点校正后获取像控点三维坐标,基于 Pix4Dmapper 和 Context Capture 完成三维建模,基于 EPS 进行后期处理。根据三维模型中获取的地面检查点坐标与实测坐标进行比对和精度评定,探索简单、高效、快速的消费级无人机小区域倾斜摄影测量方法^[3]。

【作者简介】朱籽祎(1995-),男,中国河北保定人,助理工程师,从事工程测量研究。

2 无人机倾斜摄影测量技术

2.1 倾斜摄影测量原理

倾斜摄影测量是将物体从多方向进行观测的航空摄影技术,从不同视角采集物体的侧面和顶面纹理,以高清晰、高精度、大范围的方式全面感知测区场景,后期利用先进的定位、融合、三维建模技术重建实景三维模型,直观反映地物的几何属性,为测绘级精度提供保证。倾斜摄影技术优势是可以高精细、高精度、全自动、高效率的构建地表全要素三维模型,在大数据、智慧城市的时代,全息三维将是地理信息产业服务于大数据、智慧城市的时代有力武器^[4]。

2.2 无人机倾斜摄影测量技术路线

大疆 phantom4RTK 进行倾斜摄影测量的主要过程为:

- ①在测区布置像控点,利用 GNSS-RTK 或全站仪测定像控点三维坐标;
- ②通过地面站软件操纵无人机按照地面站软件设计航线飞行,获取倾斜多视角影像;
- ③将影像导入后处理软件进行匀光、校正等预处理后,进行多视角影像连接点自动匹配,匹配粗差检查、构建自由网;
- ④加入地面像控点信息(刺点)、POS 数据等进行区域网平差,解算多视角影像外方位元素和加密点地面坐标,形成高密度点云数据;
- ⑤经过三角网构建和纹理映射进行三维建模和其他产品生产。

论文研究倾斜影像数据采集及精度分析技术路线如图 1 所示。

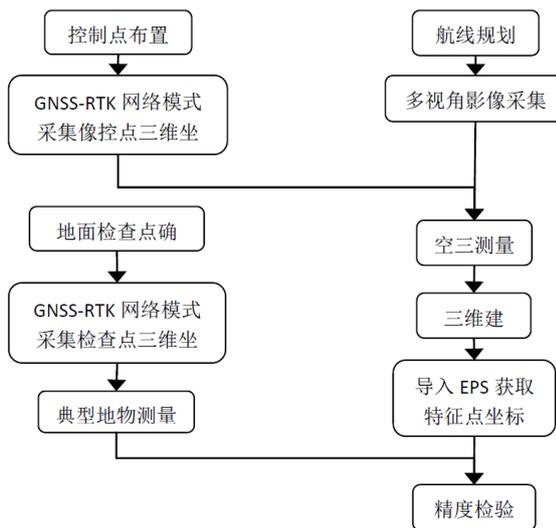


图 1 技术路线

3 实例分析

论文案例为中国唐山滦南县兆才大街向滦海公路带状地形,全长 300m,宽 60m,地势较平坦,居民地较少,交通便利。

3.1 数据采集

3.1.1 地面像控点布设和坐标测量

像控点采用油漆喷涂、像控板、地标线多种形式相结合,如图 2 所示,使用 GNSS-RTK 获取像控点三维坐标。因测区为带状,布设像控点时每隔 300m 左右布设一对点,尽量选择道路标记线作为像控点,条件无法满足时采用油漆喷涂或摆设像控板的形式。像控点坐标采用点校正后的 GNSS-RTK 方式测量,本测区共测量 5 个像控点,其中 4 个用于空中三角测量解算,另外 1 个像控点用于三维模型精度验证。



图 2 像控点形式

3.1.2 航线规划与倾斜影像采集

因为测区狭小,将整个测区划分为 1 个测段进行航飞。采用奥维互动地图浏览器(V7.4.0 Vip193)软件进行航线规划,制作 KML 文件导入无人机遥控器中,因 Phantom4RTK 无人机只有一个镜头,为了实现跟专业五镜头相似的效果,设置摄影测量 3D(五向飞行),实现倾斜摄影数据采集。航线飞行相对航高设置为 100m,航向重叠度 80%,旁向重叠度 70%,地面分辨率为 3cm,小于规范 CH/Z3005—2010《低空数字航空摄影规范》测图比例尺为 1:500 时,地面分辨率优于 5cm 的要求。本项目共采集 745 张影像,共计 6.1G。

3.1.3 内业处理

Pix4Dmapper 处理大疆精灵 4RTK 拍摄的垂直摄影相片时,由于每张相片中记录着准确的 POS 数据,无需再进行控制点的人工刺点,因此基本可实现一键生成 DSM、DOM、点云数据。人工参与的部分只有坐标系设置,飞行过程中 RTK 获取的 POS 数据为 BLH 格式,需将 BLH 转换成目标坐标系的 XYZ。若目标坐标系为 CGCS2000,则无需手动转换,其转换参数对应的 EPSG 编号为 4548, Pix4Dmapper 可查找 EPSG 的参数并直接转换,实现一键生成;若目标坐标系为 1980 西安坐标系或地方坐标系,则需先手动将每张相片的 BLH 转换为目标坐标系的 XYZ,再进行后续的影像处理。

此外,首次使用某架无人机时,需通过读取任意一张相片的参数信息,计算得到相机出厂时的中心点、焦距、径向畸变、切向畸变等相机参数,并保存到常用相机型号库中,以后可直接调用。然而,这个相机参数并不是严格准确的,是为影像处理提供的初始计算参数,在 Pix4Dmapper 计算过程中,相机参数会迭代计算出最终准确的数值,并在质量报告中呈现。最后,根据需求选择合适的处理选项模板, Pix4Dmapper 会自动完成空三加密,生成 DSM、DOM、点云数据^[5]。

Context Capture 经过刺点、空三解算、三维地面模型重建。在处理大疆精灵 4RTK 拍摄的倾斜摄影相片时,需要手动处理的部分与 Pix4Dmapper 类似,也是坐标系的设置。在得到空三加密解算成果后,若有明显倾斜的相片,则需手动删除,再进行后续的模式重建。需要注意的是,Context Capture 提供了多种数据格式的三维模型输出,可根据后续处理软件选择合适的输出格式,如后续操作是清华山维 EPS 软件立体测图,则需输出 OSGB 格式的三维模型,如图 3 所示。输出 DOM 为 TIF 格式,如图 4 所示。使用 ArcGIS 将所有 DOM 文件拼接为大图。将倾斜模型成果和 DOM 导入 EPS,进行地物矢量提取、建筑白模生成、高程数据提取^[6]。



图 3 正射影像



图 4 倾斜模型

3.2 精度评定

为了检测论文方法的成图精度,采用全站仪在测区内 5 个不同位置进行碎步测量,测得检查点 10 个,检查点均匀分布于测区范围。从三维地面模型上采集这 10 个检查点的三维坐标,分别与实测坐标对照,计算中误差。表 1 为测区检查点坐标对比,平面精度达到 0.015m,高程精度达到 0.028m,总体精度优于 GB50026—2020《工程测量标准》平地平面精度小于 0.02m,高程精度小于 0.03m 要求。可见消费级大疆无人机利用倾斜测量可以满足 1 : 500 地形测图要求。

表 1 检查点实测坐标与三维地面模型坐标对比表

点号	实测 X	实测 Y	实测 Z	模型 X	模型 Y	模型 Z	DX	DY	DZ
1	4376010.063	516363.160	12.226	4376010.082	516363.151	12.252	-0.019	0.009	-0.026
2	4375953.424	516343.284	12.241	4375953.409	516343.301	12.21	0.015	-0.017	0.031
3	4375884.545	516324.916	12.019	4375884.566	516324.901	11.992	-0.021	0.015	0.027
4	4375887.837	516330.131	12.022	4375887.843	516330.11	12.031	-0.006	0.021	-0.009
5	4375795.131	516339.258	11.332	4375795.122	516339.269	11.375	0.009	-0.011	-0.043
6	4375805.831	516352.868	11.317	4375805.849	516352.856	11.288	-0.018	0.012	0.029
7	4375784.222	516287.919	11.916	4375784.209	516287.938	11.931	0.013	-0.019	-0.015
8	4375774.557	516286.721	11.972	4375774.535	516286.706	11.948	0.022	0.015	0.024
9	4376072.708	516373.397	12.087	4376072.716	516373.402	12.046	-0.008	-0.005	0.041
10	4376064.895	516395.190	12.074	4376064.906	516395.196	12.081	-0.011	-0.006	-0.007
中误差							0.015	0.014	0.028

4 结语

利用大疆精灵 4RTK 对唐山滦南县兆才大街向滦海公路 300m 路段带状地形图进行倾斜摄影测量,将生成的三维地形模型加载到 EPS 软件进行矢量图的采集,完成测区 1 : 500 地形图测绘,经过检查点坐标对比表明,倾斜摄影测量技术能满足大比例地形图测绘精度要求,实践证明无人机倾斜摄影测量技术,相对传统航测和全野外测图,大大提高了测图效率,可以生成包括正射影像、点云、数字地面三维模型等多元化成果。

参考文献

[1] 周光耀,史超,凡孙健.无人机倾斜摄影快速地形图测绘方法研究

[J].北京测绘,2019,33(1):76-79.

[2] 徐思奇,黄先锋,张帆,等.倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用[J].测绘通报,2018(2):111-115.
 [3] 杨云源,吉健,石洪,等.大疆消费级无人机快速倾斜摄影测量实践[J].北京测绘,2019,33(3):243-248.
 [4] 李博,徐敬海.无人机倾斜摄影测量土方计算及精度评定[J].测绘通报,2020(2):102-106.
 [5] 石鼎.免像控无人机在地形图测绘中的应用[J].北京测绘,2020,34(2):163-166.
 [6] 许承权,黄小琴,施政.消费级无人机倾斜摄影测量 1 : 500 测图方法及精度研究[J].测绘地理信息,2020,45(1):117-120.