

基于无人机倾斜摄影测量的三维重建及精度分析

3D Reconstruction and Accuracy Analysis Based on UAV Tilt Photogrammetry

朱勇

Yong Zhu

西南有色昆明勘测设计(院)股份有限公司 中国·云南昆明 650000

Southwest Nonferrous Kunming Exploration Surveying and Designing (Institute) Inc., Kunming, Yunnan, 650000, China

摘要: 现阶段,无人机已被广泛应用在摄影测量工作中,对扩大摄影测量覆盖面,提升摄影测量精度意义重大。基于此,论文以无人机倾斜摄影测量技术原理为切入点,提出无人机倾斜摄影测量优势,分析存在于无人机倾斜摄影测量环节的不足之处,阐述无人机倾斜摄影测量三维重建及精度分析流程,以期对相关工作人员提供理论性帮助。

Abstract: At the present stage, UAV has been widely used in photogrammetry work, which is of great significance to expand the coverage and improve the accuracy of photogrammetry. Based on this, this paper takes the principle of UAV tilt photogrammetry as the starting point, proposes the advantages of the UAV, analyzes the tilt photogrammetry existing in the shortcomings of the UAV, expounds the 3D reconstruction and precision analysis process, in order to provide theoretical help for relevant staff.

关键词: 无人机倾斜摄影测量; 三维重建; 精度分析

Keywords: UAV tilt photogrammetry; 3D reconstruction; precision analysis

DOI: 10.12346/se.v3i4.6350

1 引言

随社会经济及科学技术发展速度不断加快,无人机倾斜摄影测量技术应用范围日渐扩大。从硬件角度分析,无人机倾斜摄影测量微信平台趋于小型化发展,传感器功能更加完善,数据处理软件多数为国产软件,信息传输质量与效率能够得到根本上保障。在无人机倾斜摄影测量工作开展过程中,需要着重关注三维重建工作,分析三维重建环节精度,从根本上保障三维重建工作的质量与效率。

2 概述无人机倾斜摄影测量技术

2.1 倾斜摄影测量原理

倾斜摄影技术从传统摄影技术演变而来,通过增加1个垂直、4个倾斜等多角度开展影像采集工作,获取更加全面的建筑物顶面、侧视高分辨率纹理。倾斜摄影技术能够更加真实地反映出地面物体位置,并获取物体纹理信息。借助定

位技术、融合技术、建模技术等绘制三维模型。

2.2 无人机倾斜摄影测量优势

2.2.1 灵活性强

通过将无人机应用在倾斜摄影测量工作中,测量工作的灵活性更强,对起降场地的要求不高。由于无人机及倾斜摄影像机的体积较小,更加便于运输携带,有效节省了摄影测量工作成本^[1]。

2.2.2 运行效率高

无人机倾斜摄影测量技术可被应用在生产实景三维模型构建、1:500测图等环节中,实际工作效率比传统摄影测量工作效率高出数倍或数10倍。同时,倾斜摄影测量方式还能够有效突破地点、时间的限制,为从根本上提升摄影测量工作精度及全面性奠定了坚实技术基础。

2.2.3 测量精准度高

无人机倾斜摄影测量期间的三维模型及测图成果精度

【作者简介】朱勇(1969-),男,中国云南师宗人,本科,高级工程师,从事工程测量、不动产测绘、摄影测量方面的技术质量管理等研究。

主要受到倾斜相机分辨率、像控点等因素影响。在相机分辨率超过 1.5cm，像控点精度小于 2cm 的情况下，获得的成果点位精度将为 95%。

2.2.4 测量限制少

传统全站仪数字测量工作在实施过程中会受到通视条件影响，导致免棱镜测量难度较大，图面不完整，精准度难以得到有效把控。而通过使用无人机倾斜摄影测量技术，能够突破地形限制，被更好地应用在复杂地形条件测量工作中，从根本上提升测量水平。

3 无人机倾斜摄影测量现状

在无人机倾斜摄影测量工作开展过程中，还会受到诸多因素影响而出现各类问题。

首先，无人机倾斜摄影测量工作会受到航空空域影响。如果依照具有流程申请空域，审批时间较长，导致无人机倾斜摄影测量工作的灵活性及便捷性，难以被充分发挥出来。

其次，无人机倾斜摄影设备也会受天气因素影响^[2]。例如，下雨、下雪、雾霾天气下，空气中的能见度较低，不仅会导致航设能见度下降，还会引发无人机故障问题。

最后，无人机倾斜摄影测量工作在部分植被茂密地带的区域也难以正常开展。由于较高植被会遮挡住构筑物或测量地点的地形地貌特征，还需要在倾斜摄影测量工作开展基础上配合使用外业调绘、补测工作。

4 无人机倾斜摄影测量三维重建流程

现阶段各领域对实景测量中的三维模型分辨率、纹理色彩、清晰度等要求日渐提升，需要再使用无人机倾斜摄影测量时着重关注三维重建工作。论文以某地区以三维模型数据为例，通过收集该地区 3.0km² 范围内的数万张无人机倾斜摄影影像资料，构建倾斜摄影模型，确保该模型能够为城市规划建设工作提供重要参考依据。

4.1 数据准备

无人机倾斜摄影测量工作使用旋翼无人机，在无人机上配备 5 台摄像机，并使用 Context Capture 作为数据处理平台搭建起实景三维模型，然后对三维模型进行精修处理。

在航摄参数设置过程中。测区的最大高差值为 38m，倾斜角度为 45°，焦距为 20mm^[3]。下摄影像为 0.1m，平均航高为 200m，航向与旁向重叠度为 80%。依据续航时间设置 18 个架次，共 54 条航线。

在像控布点过程中，应当严格遵照当地颁布的地形图，航空摄影测量外业规范布置像控点。要求基线及航线相隔布

置 2~4 条。由于测量地区的重叠度较高，城区建筑面积大，可以适当将间隔层数放宽。同时，航向点必须布置在航向及旁向的 6 片重叠范围内，切实满足测量外业要求。在整个测量区域内布置 57 个相控点，这些相控点多为平高点，并采用隔网法布置。每个网格区域内还需要设置一个控制点，方便后期检查与判断测量结果的精准度。

4.2 航飞数据处理

①对无人机倾斜摄影测量采集到的数据进行处理，做好数据空三加密、平差以及三维重建工作。配合使用下视影像的空三成果加相机间位置关系开展光束法平差计算工作，而后匹配多视点影像高密度点云，通过这些点云构建起三角网模型，赋予模型影像纹理。

②整理航飞数据，要求航飞数据内需要设计相机参数，影像 POS 数据、数据存放路径、控制点数据以及平面坐标参数。着重检查 POS 数据，确保 POS 数据与影像保持对应关系。编辑展点文件，设计影像好点位，提炼出具有较高利用价值的数据集。

③空三平差工作应当将测量区划分成两个区域。对下室影像进行空三加密，设置定向点检查点，通过计算定向点、检查点以及实测值，分析空三精度，获得精准度更高的下视外方位元素。

④在实际测量开展过程中，应当严格遵守数字航空摄影中的空中三角测量规范，确保定向点与检查点能够满足现差要求。

⑤明确下视影像的精准外方位元素，依照各视角相机之间的角度与位置关系，计算出同一设站各测试影像的外方位元素。

⑥配合使用倾斜影像，外方位角、内方位角等元素，计算出倾斜摄影光束平差，获取倾斜摄影精确外方位元素值。

⑦借助倾斜摄影测量获得数据与影像精准的内方位元素及外方位元素，构建三维密集点云图纸，并设置三维网模型畸变纠正影像纹理。

5 无人机倾斜摄影测量精度分析

在无人机倾斜摄影测量的区域网中，设置了多个定向点与检查点。检查点的平面位置误差为 0.373m，高程误差为 0.273m^[4]。通过对无人机倾斜摄影测量展开三维重建以及精度分析，发现在实际测量工作中存在以下问题：

首先，相控点分布对倾斜空三精度的影响主要体现在边角点处。该测量区域采用网格发布点，区域中的控制点密度

(下转第 19 页)

表 4 靠江侧防汛墙平面位移数据

点号	纵坐标 (m)	横坐标 (m)	本次变化量 (mm)		累计变化量 (mm)		备注
	X	Y	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	
W1	765.9306	1840.5646	-0.2	-4.7	0.6	-3.7	
W2	765.6643	1840.5066	-0.3	-4.7	0.3	-3.9	
W3	745.5337	1836.1161	-0.8	-4.7	0.3	-3.9	
W4	745.2422	1836.0593	-0.5	-4.5	0.6	-3.6	
W5	725.1931	1832.4461	-0.3	-4.8	0.8	-3.9	
W6	724.9312	1832.4065	-0.6	-4.9	0.2	-3.8	
W7	704.5821	1829.5213	-0.5	-5.3	0.9	-3.5	
W8	704.2854	1829.4611	-0.9	-5.5	0.3	-3.5	
W9	683.9272	1827.0839	-0.3	-5.8	0.8	-3.6	
W10	683.6822	1827.0501	-0.6	-5.8	0.5	-3.7	

5 结语

通过本项目可以看出该测量方法在空箱式设计结构建筑物的监测中有很好的应用；监测数据稳定，具有很好的延续性，能真实地反映该类建筑物的实际变化情况；监测成果对防汛墙维护保养提供全方位的数据支撑；测量过程中固定测站、关闭空调、三联脚架法等对类似变形监测项目提供很好的借鉴。

参考文献

- [1] 徐艳超. 东营地区高层建筑地下车库不均匀变形分析与优化设计[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2018.
- [2] 刘鹏晨. 管道穿越河道防汛安全影响分析[J]. 城市道桥与防洪, 2019(12): 5.
- [3] 孙磊峰. 上海市黄浦江防汛墙的安全性评价及洪水危险性分析[D]. 上海: 华东师范大学, 2020.

(上接第 11 页)

大，但难以有效提升倾斜影像空三精度值。

其次，检查点的精度较低^[5]。由于经学摄影使用的数据处理软件空三模块难以有效去除粗差连接点，检查点中的计算值与实测值误差较大，实际精度难以得到有效把控。

最后，为从根本上提升无人机倾斜摄影测量结果的全面性及精度，还需要着重优化无人机倾斜摄影 POS 数据的精度，加强三维模型构建环节管控力度。

6 结语

总而言之，在使用无人机倾斜摄影测量期间开展三维重建工作，可以以无人机加载普通相机的方式作为硬件平台，最大限度控制摄影测量成本。利用可靠软件开展三维重建工作，并对三维重建期间的精度进行严格管控，确保无人机倾

斜摄影测量技术能够在扩大测量覆盖面，提高测量精度中发挥出重要作用。

参考文献

- [1] 曹帅帅. 无人机倾斜摄影测量三维建模的应用试验研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.
- [2] 陈明杰. 无人机倾斜摄影测量三维建模及模型可视化研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2019.
- [3] 管建军. 无人机倾斜摄影测量精度分析与泥石流单体要素提取及易发性评价研究[D]. 焦作: 河南理工大学, 2018.
- [4] 陈星佑. 基于倾斜摄影测量三维重建中的空洞修补研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2018.
- [5] 冯雪峰. 无人机单镜头倾斜摄影测量的精度研究[D]. 唐山: 华北理工大学, 2018.