

Reflection on the Precision Control Measures of Large Scale Topographic Map Mapping Based on UAV Tilt Photogrammetry

Zhipeng Li

Nantong Chuangjia Surveying and Mapping Consulting Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226000, China

Abstract

The practical application of oblique photogrammetry technology in the field of large-scale topographic mapping, especially in the 1:500 topographic mapping project, reviews the effectiveness of traditional topographic mapping methods, mainly full field digital measurement. Although this method is classic, it has problems of low efficiency and high labor intensity. A series of practical case studies have demonstrated that in large-scale topographic mapping engineering, oblique photogrammetry technology not only improves data accuracy but also significantly shortens project completion time. Compared with traditional methods, tilt photogrammetry show higher efficiency and accuracy of photogrammetry during data acquisition, processing and analysis. This paper discusses the future development of inclined photogrammetry technology, and believes that with the continuous progress of the technology and the expansion of the application field, this technology will play an increasingly important role in the field of topographic map mapping.

Keywords

UAV; tilt photogrammetry; large scale topographic map

基于无人机倾斜摄影测量的大比例尺地形图测绘精度控制措施思考

李志鹏

南通创佳测绘咨询有限公司, 中国·江苏南通 226000

摘要

论文深入探讨了斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘领域的实际应用,特别是在1:500地形图测绘项目中的有效性,回顾了传统的地形图测绘方法,主要是全野外数字化测量,这种方法虽然经典但存在效率低下和劳动强度大的问题。一系列实际案例分析证明了在大比例尺地形图测绘工程中,倾斜摄影测量技术不仅提高了数据的精确度,还显著缩短了项目完成的时间。与传统方法相比,倾斜摄影测量技术在数据采集、处理和分析阶段表现出更高的效率和准确性。论文对倾斜摄影测量技术的未来发展提出了展望,认为随着技术的不断进步和应用领域的扩大,这一技术将在地形图测绘领域发挥越来越重要的作用。

关键词

无人机; 倾斜摄影测量; 大比例尺地形图

1 引言

全野外数字化测图方法在外业工作量大,内业数据处理复杂,导致数据处理周期长、更新速度缓慢等方面存在不足。这一技术在传统航空摄影测量的基础上进行了优化和提升,通过运用倾斜摄影获取的三维实景模型进行立体测图,有效地弥补了传统摄影测量只能从正上方获取正射影像的局限。倾斜摄影测量不仅为大比例尺地形图的快速批量生产提供了大量有用数据,还以其快速便捷、高效率、高性价比等优势,正逐渐成为传统地形测量的强有力竞争者,并展现

出广泛的应用潜力。

2 倾斜摄影测量原理和特点

倾斜摄影测量通过在飞行器(常用无人机)上安装带有多镜头(理想情况下是五镜头)的航测相机,以垂直和倾斜的多个角度对测区进行连续摄影。这种方法可以获取具有一定重叠度和拍摄角度要求的航空照片^[1]。接着,利用三维建模软件,结合定位系统(POS)数据和地面控制点,对收集的照片进行空间三角测量处理,最终生成三维实景模型和数字正射影像(DOM)等成果,并采用三维实景模型进行立体测图以绘制线划图。

倾斜摄影测量它可以从多个角度全方位立体展现地物的真实情况,使得三维实景模型相比传统正射影像更能准确

【作者简介】李志鹏(1995-),男,中国江苏南通人,本科,助理工程师,从事测绘工程研究。

反映地物的实际状态。其次，倾斜摄影测量生成的成果具有真实的三维坐标，支持基于三维模型的各种量测（如高度、长度、面积、角度和坡度）和线划图绘制。此外，这一技术相对于传统的全野外数字化测量方法，需要的人力更少，工作强度较低，从而有效降低生产成本。

3 应用实例

3.1 项目情况

该项目涉及某城市的一条新建快速道路的竣工地形测绘，此道路的宽度约 100m，全长 15.5km，涉及的测绘面积大约为 2.4km²。该测区地形平坦，交通条件良好，主要由高架桥组成，但也包含一些隧道，导致通视条件并不理想。此外，该区域车流量大，车速快，给测绘工作带来了额外的挑战。在技术实施方面，项目严格遵循技术设计方案进行。首先，在首级控制测量的基础上，在测区内按照设计要求设置了一定数量的地面控制点。项目接下来的步骤包括利用三维实景模型进行立体测图，结合野外调查和补测工作，完成所需数字地形图的制作。通过二级质量检查后，最终提交了成果。关于无人机航空摄影，技术团队在综合考虑项目工期和现场实际情况后，决定采用搭载禅思 X7 镜头的大疆悟 2 无人机航摄系统进行作业。由于其安全性、稳定性、高效率以及强大的适应性，大疆悟 2 无人机航摄系统近年来在测绘行业得到广泛应用，特别适合在小面积、分辨率要求高的测区进行作业。项目共分为 9 个测区和 72 个航摄分区。三维模型生产路线图如图 1 所示。

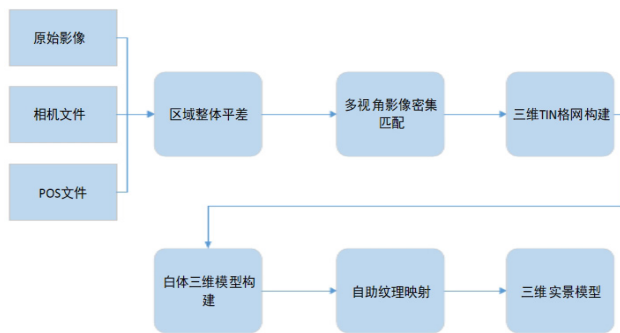


图 1 三维模型生产路线图

3.2 像片控制测量

在本项目中，为了确保航空摄影的准确性和效率，共布设了 122 个地面控制点。这些控制点在整个测绘工作中起到了关键的引导作用。控制点的标记方式因所处的地形特征而有所不同。目标是在每隔 300~500m 的区间内设置一个控制点，这样的密集布点能够有效地覆盖整个测区，从而提高测绘的精度和可靠性。在具体实施中，每个航摄分区至少被分配了 4 个控制点。这种布点策略不仅保证了各个分区内部的测量精度，而且还使得相邻航摄分区之间的控制点能够相互共用，这一点对于确保整个项目测绘工作的连续性和一致

性至关重要。此外，控制点的布设考虑了各种地理和环境因素，比如地形的起伏、植被的覆盖情况以及建筑物的分布。在一些难以直接到达的区域，采用了特殊的测量技巧和设备来确保控制点的准确设置^[2]。这些控制点在航摄期间不仅为无人机提供了必要的导航标记，而且在后续的数据处理中也发挥了重要作用，帮助精确地对接和校正航拍照片。在布设控制点的过程中，不仅要确保每个控制点的准确位置，还需考虑到其在不同天气和光照条件下的可见性。这些控制点的正确布设是整个测绘项目成功的关键，它们确保了数据的高精度和测绘工作的高效率。航拍完成情况统计表见表 1。

表 1 航拍完成情况统计表

序号	项目	参数		备注
		设计	实际	
1	面积	2.4 km ²	4km ²	
2	地面分辨率	5 cm	2-4 cm	
3	航向重叠度	75%	75%	
4	旁向重叠度	70%	70%	
5	飞行架次	300 架次	385 架次	含补飞
6	影像数量	115500 张	148000 张	

3.3 空中三角测量

影像数据处理在本项目中扮演着核心角色，其过程涉及使用 ContextCapture 软件进行三维实景建模。在空中三角测量的过程中，飞行参数、像控点布置和数据处理技术对最终的精度也有着重要影响。首先，通过空中三角测量的过程，确保了所收集数据的准确性和完整性，进而进行高分辨率正射影像的生成和三维建模。在数据预处理阶段，对无人机拍摄的照片进行了细致的分类整理。根据不同航线、飞行架次及照片类型，照片被存储在不同的文件夹中，以便于后续的处理和分析。此外，还整理了相应的 POS 数据、控制点数据及相机参数。这些数据在空中三角测量计算中极为重要，因为它们为软件提供了必要的参考信息，帮助在处理照片时进行更准确的修正。空中三角测量是一个复杂的计算过程，它涉及将大量的航摄照片结合 POS 数据和地面控制点数据进行精密计算。在 ContextCapture 软件的帮助下，能够通过计算机图形处理结合 POS 信息，生成三维点云数据并构建网格，进而结合照片制作出纹理逼真的三维模型。这个过程可能会面临重叠度、清晰度和角度等问题，因此需要在专业软件中进行仔细的检查。如果计算结果出现问题，如漂移或分层，尤其是在项目的关键区域，会重新进行计算，直到结果达到满意的效果。在合并多个架次不同高度航片的三维模型建设时，可能需要将工作分块进行，并在完成后将这些部分合并。这种方法能有效解决不同高度、不同角度拍摄的航片在空中三角测量计算中可能遇到的难题。完成空中三角测量后，下一步是进行三维建模。这一过程不仅涉及技术上的计算，还包括对生成的三维模型进行细致的审查和调整，

以确保其与实际地形的高度一致性和视觉效果的逼真性。此外,高分辨率正射影像的生成也是这一阶段的一个关键产出。这些影像为地形图的制作和地理信息系统的应用提供了从垂直角度看到的地表的详细视图,是极其宝贵的资源。在整个影像数据处理过程中,不仅要确保每一张照片的信息准确无误,还要在计算过程中持续监控,以确保所有数据输入正确,计算结果准确。在三维建模阶段,特别关注模型的几何精度和视觉逼真度,以确保最终产出的地形图在质量上符合最高标准。

3.4 倾斜三维模型及数字正射影像的制作阶段

在倾斜三维模型及数字正射影像的制作阶段,软件利用空中三角测量加密点构建不规则三角网(TIN),生成未纹理的三维模型^[3]。然后根据三维模型的形状位置选择合适的图片进行纹理贴合,最终输出纹理逼真的三维模型和数字正射影像(DOM)。生成的三维模型应该无明显拼接痕迹,过渡自然,纹理清晰;而数字正射影像(DOM)应保证色彩真实、清晰度高、层次丰富,无重影和明显拼接痕迹。

数字地形图的生产在本项目中是基于数字航空摄影测量方法,采用了1:500、1:1000和1:2000比例尺的数字线划图。生产过程遵循的是先进行内业处理,后进行外业作业的模式。具体来说,首先是在三维模型的基础上,使用南方Idata软件进行线划图的绘制。接着,结合内业线划图成果,进行外业调绘工作,包括使用传统测绘技术如RTK和全站仪进行必要的补测。最终,通过将内业处理的数据(Idata软件处理)与外业采集的数据结合起来进行编辑处理,形成1:500比例尺的数字地形图成果。在航摄分区进行的Idata数据编辑、调绘和补测可以同步进行。

3.5 结果分析

在本项目中,对成果的质量分析进行了严格的执行和细致的检查,以确保生成的1:500比例尺地形图达到了最高标准。这些地形图共覆盖了大约2.4km²的区域,分为40幅独立的图纸。在质量控制方面,采取了一系列内业和外业

工作的结合方法来确保成果的精度和可靠性。内业工作主要包括将地形图与正射影像图进行仔细的套合检查和图面检查。这个过程是为了确保地形图与实际地面情况的一致性和精准匹配。仔细比较了地形图与正射影像图之间的每一个细节,从地理要素的表示到注记和符号的正确性,以及地物的综合选择,确保每一项内容都准确无误。外业工作涉及随机抽取4幅1:500地形图,进行野外巡视和设站检查。这些检查旨在现场验证地形图上的信息,包括地物点的绝对位置和相对位置的准确性。通过实地考察,能够确保地图上的表示与实际地形完全一致,没有任何偏差或误差。最终的检查结果,证实了本项目地形图的高质量。检查表明,本项目的地理要素表示完整而准确,注记和符号的表示正确无误,地物的选择和表示都是合理的。此外,地物点的绝对位置和相对位置误差等关键指标均严格符合1:500数字地形图的规范要求。

4 结语

实际应用表明,通过引入先进的图像处理和数据融合技术,比如采用人工智能算法优化图像识别精度、结合地面激光扫描数据以提高测量细节,能够有效提高三维测图精度,以满足如竣工测量等更高精度测量的要求。使用无人机进行倾斜摄影测量不仅有效满足了1:500数字地形图的生产需求,而且显著降低了测量人员的投入和劳动强度,同时提升了工作效率,其经济效益相较于传统测量方法有显著提升。

参考文献

- [1] 杜洪涛,郭敏,魏国芳,等.基于无人机倾斜摄影测量技术的大比例尺地形图测绘方法[J].城市勘测,2018(6):63-66.
- [2] 陈文芳.航摄大比例尺地形图的优缺点及在城市规划中的应用[J].居业,2016(9):33-34.
- [3] 刘付领.地籍测量中大比例尺地形图的应用探究[J].江西建材,2014(19):194.