

遥感航测技术在地图测绘中高效运用研究

谢谨阳^{1,2} 边皓然^{1,2}

1 广东省国土资源测绘院 2 自然资源部华南热带亚热带自然资源重点实验室

DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1739

[摘要] 在地图测绘工作中,遥感航测是一种新型技术手段,具有效率高、成本低、操作灵活简单等优点。本文针对遥感航测技术在地图测绘中的应用进行研究,采用文献总结法、案例借鉴法,首先指出遥感航测技术原理和应用优势;然后从技术流程、技术要点两个方面,阐述了该技术在地图测绘中的运用;最后以某河道区域为背景案例,对遥感航测完成地图测绘进行分析,主要包括布设像控点、飞行航测、影像分析、绘制地图四个环节。研究结果表明:将遥感航测技术应用在地图测绘中,航测得到的图像精度高,绘制的地图满足精度规范要求。而且,相较于传统测量技术,遥感航测技术实现了降本增效的目标,可在类似测绘项目中大力推广,为地图测绘作业提供新思路,提高测绘工作的质量水平。

[关键词] 遥感航测; 地图测绘; 技术方法; 像控点; 影像分析

中图分类号: TP7 文献标识码: A

Research on Efficient Application of Remote Sensing Aerial Survey Technology in Map Surveying and Mapping

Jinyang Xie^{1,2} Haoran Bian^{1,2}

1 Institute of Land Resource Surveying and Mapping of Guangdong Province

2 South China Tropical and Subtropical Natural Resources Key Laboratory of the Ministry of Natural Resources

[Abstract] In map surveying and mapping work, remote sensing aerial survey is a new type of technical means, which has the advantages of high efficiency, low cost, and flexible and simple operation. This article focuses on the application of remote sensing aerial survey technology in map surveying and mapping, using literature review and case study methods. Firstly, the principles and application advantages of remote sensing aerial survey technology are pointed out; Then, the application of this technology in map surveying and mapping was elaborated from two aspects: technical process and key points; Finally, taking a certain river area as a background case, the analysis of remote sensing aerial surveying and mapping is carried out, mainly including four steps: setting image control points, flying aerial surveying, image analysis, and drawing maps. The results show that the application of remote sensing aerial survey technology in map surveying and mapping results in high image accuracy, and the drawn map meets the accuracy specifications. Moreover, compared to traditional surveying techniques, remote sensing aerial surveying technology has achieved the goal of reducing costs and increasing efficiency, which can be vigorously promoted in similar surveying and mapping projects, providing new ideas for map surveying and mapping operations, and improving the quality level of surveying and mapping work.

[Key words] Remote sensing aerial survey; Map surveying and mapping; Technical methods; Image control points; Image analysis

地图测绘作业范围广,既包括反映城市、村落形貌的行政地图,也包括反映生产、水利、交通、旅游等情况的专题地图^[1]。传统测绘工作的作业效率低,通过实地勘察获得相关数据信息,了解地形地貌特征,为地图绘制提供依据。但是,该作业模式会受到地形、天气的影响,部分区域的测绘作业具有一定风险,急需创新测绘工作模式。遥感航测既能保证测绘数据的准确性,

又能缩短工作周期,将其应用在地图测绘中具有较高的价值。

1 遥感航测技术原理和应用优势

1.1 技术原理。遥感指的是利用电磁波敏感的仪器,在远离目标、非接触目标的条件下探测目标地物。航测即航空摄影测量,是在飞行器上利用航摄仪器对地面连续摄取像片,经数据处理后得到地形图。遥感航测是一种新型的测绘技术,作业人员不

许进入测绘现场,借助于卫星扫描、航摄仪器得到测绘区域的图像信息,极大提高了工作效率和测绘质量。

在系统组成上,遥感航测系统主要包括三个部分:一是信息源,即目标地物及其电磁波特征,能提供信息源头。二是信息获取装置,以遥感航测平台为代表,如人造卫星、无人机等、雷达、扫描仪等,获得高精度的测量数据。三是信息处理装置,主要是计算机及专业软件、光学仪器等,对航测影像进行分析处理,呈现出目标地物的特征,最终绘制地图。

1.2 应用优势。总结遥感航测技术的优势如下:一是利用无人机航测,测绘作业效率高,而且能减少地形、天气等因素的影响,加快外业作业速度。二是遥感航测中利用高性能的摄像设备,能获得高分辨率的影像,提高测绘数据的真实性,为后续数据处理打下基础。三是面对河流、陡坡等危险区域,遥感航测不需人员进入其中即可得到测量数据,不仅能降低人力成本,而且能保护人员的安全。四是无人机机身小、重量轻,操作起来具有较高灵活性,而且具备自动返航、电量预警等功能,满足自动化、智能化测绘的要求^[2-3]。

2 遥感航测技术在地图测绘中的运用

2.1 技术流程。以无人机航测为例,一般技术流程是准备工作→航摄作业→空三测量→一体化成图。在准备工作环节,包括测区踏勘、资料收集、编制技术方案,并对无人机、相机进行性能检查。在航摄作业环节,包括布设像控点、设置飞行路线、数字航空摄影等内容。在空三测量环节,基于外业像控点进行相对定向、绝对定向,前者提取连接点、自由网平差;后者区域网平差。在一体化成图环节,是对影像数据纠正后,完成地图绘制,并进行质量检查。

2.2 技术要点。(1)完善前期准备。遥感航测前,需要准备的工作包括:一是熟悉测绘任务,明确测区地形和地物,通过实地勘察的方式收集相关资料,如地质、水文、建筑物、道路交通等,为编制测绘方案提供支持。二是与相关部门或单位协商,确定具体的航测时间,选择合适的装置设备,设定路线、区域、技术要求等指标,并对航测作业的可行性进行验证^[4]。三是分配作业任务,对作业人员进行技术、安全上的交底,不同测量小组之间保持良好通讯,以便及时调整作业任务。(2)合理布设像控点。像控点的布设直接影响测绘精度,一般按航线全区统一布设,像控点在测区内构成一定的几何强度。合理布设像控点应做到:第一,如果是大面积规整区域,像控可按照“品”字形布点;如果是带状测区,可按照“S”或“Z”字型路线布点。第二,像控点需选择较为尖锐的标志物,尽量选择在平坦地方,且像控点标志物尺寸应>70cm,不易出现方向性错误。第三,像控点和周边色彩需形成鲜明对比,若选择地物作为特征点,应选择比较大的地物,并提供现场照片2-4张,以说明像控点的位置。第四,考虑测区地形和精度要求,如地形起伏较大、地貌复杂,需增加像控点的布设数量10%~20%^[5]。(3)精确数据处理。遥感航测得到的图像信息丰富,既能完成大区域目标检测,也能完成小尺度地物检测,为后续地图绘制提供数据支持。在数据处理环节,为了保证数据的精准度,与实际地物信息相吻合,首先应剔除质量不高、

价值较低的数据,对格式存在偏差的数据统一格式。其次在数据分析环节,选择合适的软件,将计算机处理与人工核对相结合,避免出现差错。最后合理选择地图的比例尺,无法选择适当比例时进行标记操作。(4)数字线划图生产。数字线划图是没有纹理信息的地图,能获得区域地名、高程、河流分布等信息^[6]。在遥感航测的基础上,借助于测图软件可在虚拟环境下采集地形图,获得每个图像的精准方位元素。作业人员要充分了解空间要素信息,上传至测绘系统中,进行空间分析与计算,最终完成数字线划图。

3 工程案例分析

以某河道区域的地形图测绘为例,综合分析测区情况,决定采用遥感航测技术,利用无人机完成目标地物影像的采集。

3.1 布设像控点。布设像控点是航测和解析空三加密的基础,通过建立三维坐标系,形成网状结构,既确保覆盖所有测区,又要保证成图精度。本项目采用五点式布设方案,河床上布设2个像控点,道路上布设6个像控点,精度控制在2.5cm。因布控区域内的地物数量少,选择道路交叉口、建筑转角等作为像控点。在每个像控点,使用白石灰标记十字形,线宽15cm、长度1.2m。

3.2 飞行航测。本项目航测使用大疆Air3无人机,主要技术参数见表1。

表1 大疆Air3无人机主要技术参数

序号	设备装置	技术指标	参数
1	飞行器	最大升降速度 (m/s)	10
2		最大飞行速度 (m/s)	21
3		最大飞行高度 (m)	6000
4		最长飞行时间 (min)	46
5		最大倾斜角度 (°)	35
6	相机	最大照片尺寸	8064×6048
7		视频最大码率 (Mbps)	150
8		数字变焦	广角1-3倍, 中长焦3-9倍
9	云台	结构设计范围 (°)	俯仰-135~70, 横滚-50~50, 偏航-27~27
10		可控转动范围 (°)	俯仰-90~60, 偏航-5~5
11		最大控制转速 (° /s)	100

预设航线时,飞行高度计算方法是:

$$H = \frac{f \cdot GSD}{a} \quad (式1)$$

式中, H 表示无人机飞行高度, m; f 表示相机主距, mm; GSD 表示地面分辨率, cm; a 表示像元尺寸, mm。最终确定飞行高度为160m, 航向重叠度、旁向重叠度均为80%。

3.3 影像分析。结合以往经验,采集特征点数据时存在边界

模糊、稳定性差的点,此时要采用多阈值计算法,构建地形图像特征边界的灰度空间,将灰度数据代入高斯函数,就可求解出特征预制,最终提取图像的特征点。

3.3.1多阈值计算。采用图像分类法、随机森林算法,特征阈值计算公式是:

$$Q_{mm} = \begin{cases} \frac{x_{mm}}{x_T}, & x_{mm} \leq x_T \\ \frac{x_T}{x_{mm}}, & x_{mm} > x_T \end{cases} \quad (式2)$$

式中, Q_{mm} 表示特征阈值; x_{mm} 表示地形图像特征的灰度值; x_T 表示图像特征阈值的变化空间。然后计算图像像素的特征阈值,公式是:

$$f = w_1(u_1 - v)^2 + w_2(u_2 - v)^2 + Q_{mm} \quad (式3)$$

式中, w_1 、 w_2 表示最大、最小灰度值; u_1 、 u_2 表示地形图像阈值的差值与平均值; v 表示地形图像特征信息的灰度值总和。

3.3.2提取图像特征点。计算得到图像特征的多阈值后,先确定特征点边界;再根据图像模糊程度控制图像特征点的偏差范围,确保图像与实际地形相吻合。计算公式:

$$d_X^{along} = |d_{along} \cos(\kappa)|, \quad d_Y^{along} = |d_{along} \sin(\kappa)| \quad (式4)$$

$$d_{along} = \frac{V_{vehicle}}{f} \quad (式5)$$

$$d_X^{across} = |d_{across} \sin(\kappa)|, \quad d_Y^{across} = |d_{across} \cos(\kappa)| \quad (式6)$$

$$d_{across} = \frac{[H \tan(\Delta\alpha) \sec^2 \alpha]}{[1 - \tan(\Delta\alpha) \tan \alpha]} \quad (式7)$$

式中, d_{along} 表示图像特征点 X 、 Y 间的距离; d_X^{along} 表示图像特征点 X 的曲率角; d_Y^{along} 表示图像特征点 Y 的像素级别; $V_{vehicle}$ 表示提取速度; f 表示图像像素点总数; d_{across} 表示图像特征点 X 、 Y 间的图像噪声; d_X^{across} 表示图像特征点 X 的离散信号; d_Y^{across} 表示图像特征点 Y 的平滑信号; α 表示图像特征点 X 、 Y 的角度差; H 表示地形复杂程度。

利用公式2~7和尺度不变特征转换算法(SIFT),判断图像反射变换和多量特性,即可建构特征点空间。然后将原地形图、高斯差分地形图相结合,得到高可靠性的地形图像,能保证特征点的提取质量。

3.4绘制地图。影像分析处理后,得到3D成果见下图1。分析可见:①DOM图像中,边缘部分发生变形,其他部分清晰,图像质量较高。②DEM图像中,不同颜色表示了高程变化,可真实反映出

测区地形变化特点。③DLG图像由DOM图像和DEM图像叠加得到,计算显示满足规范中的成图精度要求。



图1 遥感航测得到的3D产品成果

4 结语

综上所述,随着信息技术的发展,测绘作业中采取的技术也在更新。遥感航测具有多种技术优势,将其应用在地图测绘中,既能提高工作效率,又能满足精度要求,具有较高的可行性。未来,应积极推广遥感航测技术,培养专业技术人才,以推动测绘工作高质量发展。

参考文献

- [1] 刘振.地图测绘中现代航测遥感技术运用研究[J].科学与信息化,2023,(13):49-51.
- [2] 王晓菁.航测遥感技术在地图测绘中的实践应用研究[J].甘肃科技,2021,37(24):4-6.
- [3] 梁思,洪亮,厉芳婷,等.多源遥感数据协同滑坡应急监测应用研究[J].地理空间信息,2022,20(1):52-55.
- [4] 许光辉,郝伟涛.低空无人机摄影测量技术在地质测绘中的应用研究[J].价值工程,2023,42(16):147-149.
- [5] 方宏涛.遥感航测技术在大比例地形图测绘中的应用[J].世界有色金属,2022,(24):175-177.
- [6] 王亚妮,周银朋.基于无人机测绘的复杂地形图像特征提取方法[J].电子设计工程,2022,30(19):149-152,158.