

浅析测绘工程测量中无人机遥感技术的运用

罗邦 陈剑锋

江西省自然资源测绘与监测院

DOI:10.12238/gmsm.v7i8.1929

[摘要] 无人机遥感技术凭借其灵活性、经济性、获取数据时效性高等特点,在测绘工程测量中得到广泛应用。本文在分析无人机遥感系统组成和技术优势的基础上,结合工程实践,从像控点布设、影像获取、相机检校、空中三角测量、内业处理等环节入手,探讨了无人机遥感技术在测绘工程测量中的具体应用。无人机遥感通过低空获取高分辨率影像,结合高精度定位和摄影测量,可快速获取测区地表信息,为测绘工程提供高效、准确的数据支撑。为充分发挥无人机遥感技术优势,相关人员应加强对核心技术的攻关,完善作业流程和数据处理方法,扩大其在更多工程领域的应用。

[关键词] 无人机遥感; 测绘工程; 低空摄影; 数据处理; 应用探索

中图分类号: U41 文献标识码: A

A brief analysis on the application of UAV remote sensing technology in surveying and mapping engineering

Bang Luo Jianfeng Chen

Jiangxi Provincial Institute of Natural Resources Surveying and Monitoring

[Abstract] UAV remote sensing technology has been widely used in surveying and mapping engineering due to its flexibility, economy and high timeliness of data acquisition. Based on the analysis of the composition and technical advantages of UAV remote sensing system, this paper discusses the specific application of UAV remote sensing technology in surveying and mapping engineering from the aspects of image control point layout, image acquisition, camera calibration, aerial triangulation and internal processing. Uav remote sensing can obtain high-resolution images through low altitude, combined with high-precision positioning and photogrammetry, can quickly obtain the surface information of the survey area, and provide efficient and accurate data support for surveying and mapping engineering. In order to give full play to the advantages of UAV remote sensing technology, relevant personnel should strengthen the research of core technologies, improve the operation process and data processing methods, and expand its application in more engineering fields.

[Key words] UAV remote sensing; Surveying and mapping engineering; Low altitude photography; Data processing; Application exploration

随着现代测绘技术的快速发展,无人机遥感凭借其灵活机动、经济高效、获取数据时效性高等显著优势,在各类测绘工程中得到了广泛应用。相比传统人工测量和航空遥感,无人机遥感具有响应速度快、重访周期短、受气象条件限制小等特点,尤其适用于小区域、高频次的测绘作业。将无人机遥感技术与摄影测量、卫星定位等现代测绘技术相结合,可大幅提升测绘工程的作业效率和成果精度。本文将在剖析无人机遥感技术内涵的基础上,结合工程实践探讨其在测绘工程测量中的运用方法,期为相关工作提供参考。

1 无人机遥感系统概述

无人机遥感系统一般由飞行平台、遥感设备、导航定位、

地面监控等部分组成。其中,飞行平台通常选用多旋翼或固定翼无人机,安装数码相机、激光雷达、红外热像仪等遥感设备,获取可见光、多光谱、热红外等影像数据。飞行平台还搭载GNSS接收机和惯性导航系统,实现高精度实时定位。地面监控系统可对无人机实施远程控制和状态监测。

与传统遥感方式相比,无人机遥感具有如下优势:一是机动灵活。无人机体积小、重量轻、架次费用低,可根据需要随时出动,对突发事件响应及时。二是分辨率高。得益于低空慢速飞行,无人机获取的影像分辨率可达厘米级,远高于卫星和有人机。三是获取信息丰富。无人机可搭载多种类型的遥感传感器,实现可见光、多光谱、高光谱、热红外、雷达等多源数据的同步获取,

为地表目标的综合分析提供了丰富的信息维度。四是效率高。无人机受天气条件的限制相对较小,可在大风、多云等条件下执行任务。同时,无人机可实现自主导航、自主起降等智能控制,结合任务规划和自动航线设计技术,可大幅提高作业效率,实现全天候连续工作,降低人力成本^[1]。

2 无人机遥感技术在测绘工程测量中的具体应用

2.1 像控点布设与影像获取

2.1.1 像控点布设

像控点布设是无人机遥感测绘的重要环节,其目的是在测区内建立高精度的地面控制网,为空中三角测量提供可靠的几何约束。像控点的合理布设需要综合考虑测区地形特点、像片比例尺、航线设计等因素。通常在测区四周和中间区域按一定间隔均匀布设像控点,尤其要加强对航线首末端和旁向重叠区的控制。对于山区、丘陵等地势起伏较大的区域,像控点的布设密度应适当加大,以保证各航带精度的一致性。选择像控点位置时,应优先选取地物特征明显、影像清晰、易于识别的地物点,如道路交叉口、永久性建筑物边角等。对于控制高程精度的高程点,应选择在地势开阔平坦、视野良好的区域,避开高大树木、建筑物等遮挡物的影响。

2.1.2 影像获取

合理的航线规划是获取高质量影像的前提和基础。航线方向的选择要综合考虑测区地形特点和太阳光照条件,一般与主导地形走向一致,并尽量与太阳光照方向垂直,以减少阴影对影像质量的影响。根据测区的地形复杂程度和面积大小,可灵活采用区域网、航带网等多种布线形式。为确保影像的几何质量和重叠度,飞行过程中要严格控制航高和飞行速度的稳定性。对于地形起伏较大的区域,宜采用变高飞行的方式,实时调整航高以保持影像地面分辨率的一致性。外业飞行时,操作人员应严格遵照飞行作业规范,对无人机的姿态、高度、速度等参数进行实时监控,确保飞行的安全性和影像获取的完整性。获取的原始影像还需进行质量检查,剔除畸变严重、清晰度不足、色彩失真等质量不合格的影像,为后续的数据处理奠定良好基础。

2.2 相机检校与空中三角测量

2.2.1 相机检校

数码相机是无人机遥感系统的核心成像设备,其成像质量直接决定了最终测绘成果的精度。然而,由于相机制造工艺、组装精度等因素的影响,相机的内参数如主距、主点位置、镜头畸变等往往存在一定的误差。如果不加以校正,这些误差会导致影像测量精度的降低。因此,在无人机遥感作业前,必须对相机进行严格的检校和标定^[2]。

相机检校一般在专门的检校场进行。检校场内布设多个高精度控制点,利用全站仪、经纬仪等测量相机到各控制点的准确空间距离。通过多张影像的联合解算,采用光束法平差等数学模型,精确求解出相机的内方位元素参数。检校的主要内容包括相机主距、主点位置、像主点坐标、镜头径向畸变差和切向畸变差等。整个检校过程要严格控制环境条件,定期进行系统标定,

及时更新相机参数。只有通过精心的相机检校,才能消除相机内参数误差对测绘精度的影响,为高精度数据处理奠定基础。

2.2.2 空中三角测量

空中三角测量(Aerial Triangulation, AT)是无人机遥感数据处理的核心环节,其目的是通过少量控制点,解算出测区内所有影像的外方位元素和加密点的三维坐标,实现影像的空间拼接和几何纠正。与传统的立体测图相比,空三加密大大减少了野外控制测量的工作量,显著提高了测图效率^[3]。空三加密一般采用GPS辅助代码法或独立方法进行。首先利用自动匹配技术,如SIFT、SURF等算法,在相邻影像重叠区提取大量同名像点。然后以像控点、GPS/IMU数据、同名点等为观测值,构建误差方程,采用光束法平差模型求解各像片的外方位元素和加密点坐标。在匹配和平差过程中,要充分考虑到影像畸变、视角差异等因素的影响,提高特征点提取和匹配的精度。同时,平差计算一般采用分区域、分步骤的策略,并在每个步骤进行粗差探测,以保证数据处理的可靠性。对平差结果还要进行精度评定,特别要注意检查航带拼接精度,查找可能存在的漏洞和误差。通过空三解算,最终可生成覆盖整个测区的数字正射影像(DOM)和数字表面模型(DSM),为后续的地图制作、三维建模等应用提供基础数据支撑。

2.2.3 内业数据处理与成果输出

(1)数据的内业处理流程。无人机遥感数据的内业处理是将外业获取的原始影像转化为各种标准测绘产品的过程,一般包括空中三角测量、影像正射纠正、影像镶嵌、色彩平衡、成果制作等多个环节。其中,数字表面模型(DSM)的生成是一项技术难点。传统的DSM制作主要通过立体像对匹配,提取物方点的三维坐标,形成稠密点云。然后经过滤波去噪、空间插值、格网化等处理,最终得到规则的DSM产品。但是,在林区、城区等地物遮挡严重的区域,由于影像信息缺失,往往难以获取地面真实高程。针对这一问题,可以引入多视角斜摄影像、机载激光雷达点云等多源数据进行联合处理,增加地面采样点,提高复杂地区的高程精度。正射纠正消除影像倾斜和地形起伏造成的几何变形,得到正射影像图。该过程以DSM为基础,因此DSM的精度直接决定了纠正结果的可靠性。纠正过程要严格控制DSM误差,减小高程引起的位置偏移。影像镶嵌是将多景正射影像拼接为完整的影像图的过程。镶嵌过程要充分考虑影像纹理特征和地物类型,合理划分镶嵌线,避免在建筑物等重要地物上出现接边痕迹,确保影像在色调、清晰度上的自然过渡。

(2)常用成果与质量控制。无人机遥感的常用成果包括数字正射影像(DOM)、数字线划地图(DLG)、数字高程模型(DEM)等。DOM是通过影像正射纠正、镶嵌、色彩平衡等处理形成的正射影像图,具有像素分辨率高、色彩真实、纹理清晰等特点。DOM一般要求色彩与实际地物基本一致,纹理清晰可辨,图幅接边自然平滑,不应有明显的变形或失真现象。DLG是通过立体采编、野外调绘等方法获取的地物矢量数据,包含了地物的空间位置、几何形态和属性信息。DLG的要素分类应完整、属性信息应齐全,

符号表达应规范化,与地形图的表示一致。DEM是表达地表高程变化的重要数据,通常以规则格网的形式存储。DEM的质量控制要点包括:误差剔除、地形结构线的合理性、等高线的光滑性等。DEM在山区、丘陵等地形起伏大的区域,相邻格网点高差变化要合理,不应出现异常的拔高或凹陷现象。各类成果的精度都要满足相应的测图规范要求,并通过严格的质量检查。成果数据一般采用通用的文件格式输出,如DOM可输出为GeoTIFF格式,DLG可输出为shapefile格式,DEM可输出为ASCII格式等。同时,还可根据用户的实际需求,定制各种专题数据产品,如三维模型、地类分布图、道路网络图等。

3 典型应用案例分析

3.1 案例一:露天矿山地形测量

本案例充分利用无人机遥感的高分辨率、高效率优势,为露天煤矿开采提供了精细的地形测量服务。通过多旋翼无人机获取厘米级分辨率可见光影像,并布设了32个高精度像控点进行空中三角测量加密。在此基础上,采用影像匹配技术提取矿区的高密度三维点云,并经过滤波、分类、插值等处理,生成了1:2000比例尺的数字线划图(DLG)和数字高程模型(DEM)。为验证成果精度,项目组利用RTK等传统测量方式获取了部分地面检查点,经比对分析,无人机测量结果的平面误差优于10cm,高程误差优于20cm,完全满足矿山监测和开采设计的需求。与传统人工测量相比,无人机作业模式可将外业工作量减少80%以上,测量效率提升5倍以上,大幅节约了人力物力成本。同时,无人机的低空灵活飞行,可对露天矿坑实现全方位、近距离观测,获取高清晰、高完整度的影像数据,为矿山地质灾害监测、采场现状评估提供了直观、可靠的信息支撑。

3.2 案例二:河道地形测绘

本案例利用无人机遥感的高分辨率、长航程优势,对50km长的河道进行了全面的地形测绘。项目采用固定翼无人机执行数据获取任务,获取了优于0.1m分辨率的可见光正射影像,为精细刻画河道地貌奠定了数据基础。针对河岸植被茂密造成的目标遮挡问题,测绘团队合理设计了影像重叠度,在航向上提高了重叠度,保证了复杂条件下的数据完整性。同时,为进一步提高植被下方地形的精度,项目补充获取了多视角斜摄影像,通过多视角影像匹配、点云滤波分类等技术,实现了地形与地物的有效分离。在此基础上,综合利用正射影像、斜摄影像、点云等多源数据,生成了真实反映河床地形起伏的高分辨率DEM产品。在后续的河道三维建模中,自动提取了堤防、河岸线等重要地形要素,并进行了属性赋值、拓扑检查等处理,最终生成了满足1:2000测图精度要求的三维数字线划图。与传统人工测量模式相比,

无人机遥感可将外业工作时间缩短80%以上,大幅提升了测绘效率。同时,无人机的灵活机动性使其能够到达人力难以到达的河道险段,在保证作业人员安全的同时,也提高了数据采集的完整性和精细程度。

3.3 案例三:应急测绘保障

本案例利用无人机遥感的快速反应、机动灵活的特点,在某次突发地质灾害的应急处置中发挥了关键作用。灾情发生后,测绘小组第一时间携带多旋翼无人机赶赴现场,获取了滑坡区域0.1m分辨率的高清可见光影像。在影像处理方面,充分发挥了无人机遥感数据处理快速性的优势,通过一系列自动化算法,在极短时间内生产了覆盖整个滑坡体的正射影像图和等高线图,直观反映了灾区地貌特征和地物分布,为现场救援人员提供了直观、可靠的地形参考,有效指导了抢险救援行动。在灾后评估阶段,测绘团队利用灾前和灾后两期无人机获取的高分辨率影像,通过差值计算的方法,精确评估了滑坡体的变形范围和方量,并进一步分析了滑坡的发育过程、形成机制,为后续的危害防治和管理提供了科学依据。

4 结束语

综上所述,无人机遥感技术以其灵活性、机动性、高分辨率等特点,在测绘工程测量中得到了广泛应用。从像控点布设到内业成果输出,每个环节都需要严谨的技术和规范的作业流程。工程实践表明,无人机遥感已在矿山测量、水利测绘、应急测绘等诸多领域发挥了重要作用,显著提升了测绘效率和质量。展望未来,随着无人机平台、传感器技术的不断进步,以及人工智能、大数据等新技术的深度融合,无人机遥感必将在测绘工程乃至更广泛的领域迎来更大的发展空间。这需要我们不断加强关键技术攻关,完善数据处理方法,建立行业标准规范,推动无人机遥感行业的健康、可持续发展。相信通过社会各界的共同努力,无人机遥感技术必将在测绘工程测量中发挥更大的价值,为经济社会发展提供更加优质高效的地理信息服务。

[参考文献]

- [1]晁冲,褚会鹏.无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用研究[J].工程技术研究,2024,9(12):202-204.
- [2]孙振杰.无人机遥感技术在测绘工程测量中的应用[J].世界有色金属,2024,(11):151-153.
- [3]董志国.无人机遥感技术在测绘工程测量中的运用策略[J].新疆有色金属,2024,47(02):34-35.

作者简介:

罗邦(1991—),男,汉族,江西省抚州市人,本科,中级工程师,测绘工程。