

科技论坛

无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用

王硕

辽宁省冶金地质勘查研究院有限责任公司 辽宁鞍山 114000

【摘要】目前已有的地形图测绘方法主要有编绘成图和实测成图。编绘成图是对已有的地形图进行扫描，将扫描后的影像进行矢量化，对其坐标系统进行纠正，将矢量化成果进行编辑处理，然后形成地形图。摄影测图是航空摄影技术下形成的一种测图方式，主要有虚拟立体像对测图和裸眼测图。航空摄影测量技术，特别是无人机航空摄影测量技术，以其高效、快速、精准的特点，成为现代城市地形图测绘的重要手段。该技术通过搭载高精度相机和定位系统的无人机，对城市地面进行连续拍摄，利用计算机视觉和图像处理技术。

【关键词】无人机；航空摄影测量；地形图测绘；应用

Application of UAV aerial photogrammetry in topographic map mapping

Wang Shuo

Liaoning Metallurgical Geological Exploration Research Institute Co., LTD., Liaoning Anshan 114000

【Abstract】At present, the existing topographic map mapping methods mainly include compilation and mapping and measured mapping. The compilation diagram is to scan the existing topographic map, vector the scanned image, correct the coordinate system, edit the vectoring results, and then form the topographic map. Photographic is a mapping method formed by aerial photography technology, mainly including virtual stereo image mapping and naked eye mapping. Aerial photogrammetry technology, especially UAV aerial photogrammetry technology, has become an important means of modern urban topographic map mapping with its efficient, fast and accurate characteristics. The technology uses a high-precision camera and positioning system, using computer vision and image processing technology.

【Key words】UAV; aerial photogrammetry; topographic map mapping; application

引言

无人机航空摄影测量技术作为现代遥感技术的重要分支，利用无人机平台搭载摄影测量设备进行空中拍摄，通过对获取的影像数据进行处理与分析实现对地表地理信息的快速、高效采集。在现代测绘工程中，无人机摄影测量技术逐渐取代了传统测绘手段，极大地提高了测绘效率，并有助于缩短测绘周期与节省成本费用。然而，地形图测绘易受到多重因素影响，存在一定误差，影响测绘成果的利用价值。为此，应重点控制地形图测绘精度，发挥无人机摄影测量优势，减少误差，提升作业效率。

1 无人机航空测量技术特点

无人机航空测量技术实现了与全球定位系统（global positioning system, GPS）的有效结合，数据获取速度较快，方便测量人员操作控制，具有较强的灵活性，能够在短时间内精准完成地形图测绘工作。无人航空测量技术具有灵活快速

的特点，将其应用于地形图测绘，与GPS接收机结合后可对工程采集点进行有效采集，同时能够将采集的数据整合构建数字化地图，提高数据采集准确性和有效性，节约工程测量过程中所投入的成本。

无人机航空测量技术数据收集速度较快。传统工程测量中主要应用卫星遥感技术，但是测量过程中所需要的时间较长，且会对测量数据时效性产生影响。无人机航空摄影测量技术可缩短整个测量周期，测量人员随时都可以进行拍摄，有助于保证测量数据的准确性和时效性。无人机航空测量技术在地形图测绘中应用，有助于提高工程测量精准度，主要原因是无人机航空测量技术中应用了GPS技术。测量过程中对无人机操作系统的控制较为灵活，不会受到地区的限制，在地形图测绘中应用较为广泛。

2 无人机摄影测量测绘概述

根据项目情况针对性搭建测绘系统，充分适应现场复杂环境与作业条件。①飞行平台。以小型无人机作为飞行平台，

对无人机重量、速度、续航能力等性能有严格要求。正常情况下,要求无人机重量不低于 2kg、航行速度保持在 60km/h ~ 160km/h 以内、续航能力保持在 1.5h 以上。②控制程序。选用 GPS 定位系统或是 IMU 系统作为控制程序,实时感知无人机飞行状态,远程下达姿态调整、航高调整、航线纠偏等控制指令。③遥感设备。根据地质测绘要求选择设备型号、种类,为获取高分辨率影像信息,确保测绘信息完全涵盖测区现场情况,需要配备合成孔径雷达、红外扫描仪和数码相机作为测绘设备。④地面控制站。在测区现场架设地面控制站,以控制站作为无人机摄影测量测绘系统控制核心,实时监控无人机外业测量过程,持续采集外业测量数据并传送给数据处理软件。⑤发射回收装置。根据现场条件选择无人机起飞降落方式。

3 无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用

3.1 DOM (数字正射影像图) 构建技术

在地形图测绘中,数字正射影像图(DOM)通过无人机系统捕捉的高分辨率影像,经过专门处理,制成地面的准确、比例一致的图像。DOM 的制作流程首先是无人机的飞行计划设计。飞行计划需确保覆盖所有目标地区,并设置适宜的飞行高度和相机参数,以获得所需的图像分辨率。例如,典型的城市地形测绘项目可能选择 400m 的飞行高度,配合每秒 2 帧的拍摄频率,确保足够的影像重叠和覆盖。无人机装备的相机具有高解析度和宽动态范围,以捕获清晰的地面细节。飞行完成后,收集的影像数据被传输到处理软件中。此过程中影像首先经过初始处理,校正光照和颜色偏差,然后,使用地面控制点进行几何校正。地面控制点是预先在地面上设定的已知坐标点,通过这些点校正影像,确保图像的几何精度。接下来,相关软件通过匹配重叠影像的共同特征,进行影像拼接,创建一个连续的、无缝的正射影像图。

在地形图测绘中,DOM 的作用是提供一个真实的地面视图,每个像素都对应一个实际的地面坐标,常用于城市规划、土地使用审批、环境监测和灾害管理等多个领域。DOM 允许城市规划者和工程师评估地形变化,规划基础设施建设,甚至在设计阶段预见潜在问题。此外,DOM 因其高精度和更新的便利性,经常用于更新老旧的地图数据,支持快速发展的城市区域的需求。

3.2 航线规划与优化

在无人机航空摄影测量技术中,有效的航线规划确保无人机能够在最短的时间内覆盖目标区域,同时收集到高质量的图像数据,为后续的地形图测绘提供精确的基础。航线规划首先考虑的是目标区域的地理特征和大小。通过使用高级的航测规划软件,规划人员可以输入目标区域的地理坐标,并根据无人机的飞行能力和相机的覆盖宽度,自动计算出最

优的飞行路径。如果目标区域为 10km²,规划软件会建议设定无人机的飞行高度为 200m,这样可以在保证图像分辨率的同时,最大化飞行时间的效率。接下来,航线规划需要考虑影像的重叠率。为确保图像能够被正确地拼接和覆盖整个区域,每条航线上的影像需要有至少 60% 的重叠率,而相邻航线之间则需有 30% 的侧向重叠。这样确保了地形的每一部分都被多次捕捉,提高地图的精度和完整性。此外,航线规划还要兼顾气象条件和飞行安全。规划人员需实时监控天气变化,避开强风、雨雾等不利天气,确保无人机可以在安全的环境中操作。

3.3 空中三角测量与精度控制

空中三角测量技术利用无人机拍摄的多角度照片,通过计算照片中同一地面点在不同角度下的位置,建立地面点的精确三维坐标。在操作过程中,无人机在预设航线上飞行,连续捕捉地面影像。每张影像的拍摄间隔设置为确保至少有 30% 的重叠率,有助于后续的图像匹配和三维重建。而影像处理软件通过识别各个影像间的相同特征点,利用重叠部分进行精确匹配。每个特征点的三维位置由多张照片共同确定,提高测量的准确性。此技术能够生成高精度的地形数据,还能在处理过程中自动检测和纠正可能的误差,从而优化最终的地形图。通过实时分析和校正飞行轨迹偏差,空中三角测量显著提高了地形测绘的准确性,使得无人机测绘成为可靠的高精度地形数据来源。

3.4 控制点布设与联测

控制点是地面上预先设定的、位置已知的点,用于校准空中拍摄的影像并验证其准确性。在布设控制点时,需要选择地形易于辨认且稳定的地点,如大型固定建筑或地形明显的自然标志。每个控制点的地理坐标和高程都需通过精密的地面测量设备事先精确测定。在无人机进行航空摄影时,控制点被用作校验点,以确保影像的地理编码准确无误。通过对控制点的影像进行精准匹配,精确计算出影像中每个像素的实际地理位置。联测则是控制点测量与无人机摄影数据结合的过程,分析控制点在地面的实际测量数据与无人机影像数据的对应情况,进一步校正任何偏差,保证地形测绘数据的高度一致性和准确性。

3.5 实景三维模型在地理信息处理中的应用

实景三维模型在地理信息处理中的应用,正日益凸显其独特优势。随着科技的不断进步,这种技术为地形图测绘工作带来了前所未有的便利和精确性。实景三维模型利用高精度的数据采集和处理技术,真实地再现了测区的地形地貌和地物信息。

实景三维模型的直观性使得地形图更加易于理解和使用,清晰地观察到地形的起伏变化、建筑物的空间位置和形状等详细信息,为地形图的使用者提供更加全面和准确的地理信息,有助于更好地进行决策和规划。传统的地形图测绘

往往依赖于人工测量和绘制,存在较大的主观性和误差,而实景三维模型通过高精度的数据采集和处理技术,能够准确地反映地物的位置和类别信息,提高数据的可靠性和精度。

在传统的地形图测绘中,外业调绘补测是一项繁重而耗时的的工作,而实景三维模型的建立过程高度自动化,减少了外业工作量,节省了人力和时间成本,高效推进地形图测绘工作,适应快节奏的工作环境需求。在地形图测绘中,实景三维模型的应用不仅局限于地物识别和分类,还体现在疑问记录和核查以及成果提交和验收等方面。通过实景三维模型,我们可以清晰辨别地物的位置和类别信息,并在绘图过程中记录疑问并交给外业工作人员进行核查。完成图形分幅整饰等工作后,成果需要提交给质检部门进行验收。

3.6 实景三维模型生产

实景三维模型生产主要包括多视影像密集匹配、稠密点云数据生产、不规则三角网构建、白模生产、基于倾斜摄影的纹理自动映射和实景三维模型格式转换输出。这些步骤解算非常耗时,在作业时,采用集群的方式,同步处理多个任务,可以提高模型的生产效率。在模型生产之前,首先设置模型输出框架坐标系,这里的坐标系和像控点坐标系相一致。选择瓦片切块方式为“规则平面格网”,设置切块瓦片大小为 150m×150m,占用内存约 10GHz。导入建模范围线,对范围线内的模型进行重建,可以有效提高模型数据的使用率。照片质量设置为 100%,模型输出格式设置为 OSGB,模型发布的坐标系与模型输出框架坐标系一致,其余参数全部默认。参数设置完成后,开启多个引擎同步生产实景三维模型。

3.7 数字线划图(DLG)生产

数字线划图(DLG)是地形图测绘中的一种输出格式,主要用于表示地形地貌、建筑物、水系以及其他地理标志的矢量数据。在无人机航空摄影测量技术中,DLG的生产开始于高分辨率的地面影像获取,无人机搭载高精度相机系统,在预设飞行高度和路线下进行系统的拍摄,确保所得图像能覆盖所有目标区域。接下来,是使用专业的地理信息系统软件进行影像的处理和分析。软件通过自动识别影像中的线状特征,如道路边缘、建筑轮廓、河流岸线等,将它们转

化为精确的矢量数据。矢量数据随后被标注具体的地理信息和属性,如道路宽度、建筑物高度、河流类型等,形成完整的 DLG。

3.8 内业数据处理与采编

在无人机航空摄影测量完成后,内业数据处理和采编阶段是将原始影像转化为可用地形数据的关键过程。数据处理首先是影像的校正和校准,包括光学畸变的修正、色彩平衡的调整以及地理位置的精确定位。使用高性能的计算机和专业软件,处理过程能够自动识别和校正影像中的错误和不一致。采编过程对处理后的影像进行信息提取和编辑,根据需要生成不同类型的地形数据产品,包括地形等高线的绘制、土地利用分类以及其他特定地理信息的标注。在此阶段,操作人员会根据项目要求和规范,手动编辑和完善数据。

3.9 无人机补测与精细测量

在广泛的地形测绘项目中,常常会出现某些区域由于特定条件未能获得足够的数据质量。无人机由于其灵活性高、部署快速的特点,可以快速针对这些区域进行重点测绘,补充必要的地形信息。在精细测量方面,无人机特别适合于复杂或难以接近的地形,如山脉、峡谷或密集的城市环境。通过使用高精度的摄影和定位设备,无人机能够获得高分辨率的地面图像,并通过后期处理精确地描绘出地面的详细特征,为城市规划、土地开发决策以及环境监测提供极为重要的数据支持。

结束语

倾斜摄影测量技术在地形图测绘中的应用,既提高了测绘效率,又在精度和细节表现上展现了显著优势。此技术的应用,克服了传统测量方法在面对复杂地形时的局限性,为地形图的快速、准确更新提供了有力支持。随着技术的不断成熟和普及,倾斜摄影测量技术将在未来测绘中发挥更大的作用,推动地理信息获取与处理向更高水平迈进。同时,这一技术的应用也要求工作人员不断更新知识和技能,适应新技术带来的挑战和机遇,共同促进测绘事业的繁荣与进步。

参考文献

- [1]江伟斌.空地一体影像三维建模技术在大比例尺地形图测绘中的应用研究[J].测绘与空间地理信息, 2023, 46(12): 215-217.
- [2]瞿华莹, 杨帆, 徐玲.倾斜摄影测量技术在地形图测绘中的应用研究[J].产业创新研究, 2023, (22): 132-134.
- [3]周瑾洁.无人机倾斜摄影技术在大比例尺地形图测绘中的应用研究[J].现代信息科技, 2023, 7(22): 119-122.
- [4]郑朝峰, 王东野.仿地飞行技术在山区大比例尺地形图测绘中的应用研究[J].科技创新与生产力, 2023, 44(09): 142-144.
- [5]施航.倾斜摄影测量技术在矿山大比例尺地形图测绘中应用[J].世界有色金属, 2023, (03): 40-42.