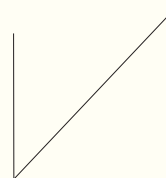


地形图测绘中航空摄影测量技术的应用

文 ◆ 北京迅联图业科技有限公司 于 伟 马春雨 梁尔奇

引言

地形图测绘是地理信息科学的一项核心任务。通过测绘，可以形成准确的地形图，为土地资源管理、工程建设、灾害监测等工作提供可靠依据。以往，地形图测绘通常采用全站仪等光学仪器开展工作，虽然能够达成一定的精度要求，但在面临复杂地形、大面积测绘场景中，往往也存在测绘效率较低、数据更新滞后等问题。因此，应用新的测绘技术以满足地形图测绘的新要求已是势在必行。航空摄影测量技术的发展，为地形图测绘提供了新的思路。通过航空平台搭载传感器，可以实现对地表信息的快速获取，相较于传统测绘方法优势明显。基于此，本文重点围绕地形图测绘中航空摄影测量技术的应用进行分析，以为地形图测绘实践提供一定的参考价值。



1 航空摄影测量技术及其应用优势分析

航空摄影测量技术是在航空器平台上搭载摄影测量设备，对地面实施摄影测量，从而获取地面物体形状、位置等信息的一种技术。航空摄影测量技术基于中心投影成像原理，利用飞行器平台搭载相机或传感器，从空中对地面进行连续拍摄，获取具有重叠度的航空影像。而后，基于中心投影的几何关系，通过影像上的像点坐标与地面点的空间坐标之间的数学转换，实现对地面点三维坐标的精确计算。可以说，航空摄影测量技术的出现，极大改变了地形图测绘的传统模式与效率格局，为地形图测绘带来了前所未有的技术变革。综合来看，航空摄影测量技术的优势主要体现在以下几个方面。

1.1 测绘效率高

航空摄影测量技术在地形图测绘中表现出极高效率。凭借飞行优势，它能够快速实现对被测区域的覆盖。这意味着通过单次飞行，即可覆盖数十乃至数百平方公里的范围，适合大范围的地形测绘。而传统的地面测量需要布设控制点，通常需要数周时间才能完成测绘。相比之下，航空摄影测量极大提高了测绘效率，提升了数据获取的时效性，能在有效时间内快速完成测绘作业。

1.2 数据准确

航空摄影测量技术搭载高分辨率摄像头和高精度传感器，能够从高

空识别地面的地形特征，并通过多视角影像生成三维点云，实现厘米级精度的测量，更好地支持复杂地形的精细表达。例如，在地形图测绘中，航测的平面精度通常在 $\pm 5\text{cm}$ 以内，高程精度误差不超过 $\pm 10\text{cm}$ 。不仅如此，通过自动化软件的处置，可以更好地对航测数据进行处理，减少人为误差因素导致的数据精度不足问题^[1]。

1.3 环境适应性强

航空摄影测量技术在地形图测绘中应用时，具有极强的环境适应性。高空飞行测量的特征使其不受地面物体的限制，航空器可以穿越峡谷、森林等多种地形

【作者简介】于伟（1987—），男，江苏宿迁人，本科，中级工程师，研究方向：工程测量。

障碍，获取传统方法难以获取区域的数据。尤其是无人机技术的成熟，凭借其体积小、自重轻、便于操作的优势，革新了航测技术的应用。即便是在复杂地形条件下，也可依靠航测技术来实现对各种地形数据的收集，提高地形图测绘的可靠性。

1.4 数据丰富

航空摄影测量能够实现多维度数据获取。一方面，高精度的航空影像提供了丰富的地表细节信息，包括地形地貌、植被覆盖等，能够辅助生成高精度的数字高程模型，精确反映地形起伏和地貌特征；另一方面，通过搭载多光谱传感器，可以获得多个波段的光谱信息，这些信息可用于地表物质的物理和化学特性，为地形图绘制提供依据。

2 地形图测绘中航空摄影测量技术的应用

2.1 空中三角测量技术

空中三角测量技术是一种利用少量地面控制点来确定影像外方位元素，并获取加密点地面坐标的一种技术。该技术的核心目标在于通过数学建模和计算，实现被测区域地形的三维重建。通常在室内环境下进行控制点的加密处理，而后计算加密点的高程和平面位置。空中三角测量技术通常需要先对影像进行预处理，通过几何校正、辐射校正消除影像中的畸变和噪声。获取影像特征点后，为后续的匹配提供良好的条件。借助特征匹配算法，在相邻影像之间自动匹配同名点，形成连接点。对被测区域进行划分，形成多个区域网，每个区域网均包含多条航带和若干影像，利用连接点和少量地面控制点，构

建误差方程，通过最小二乘法进行区域网平差，实现对影像外方位元素和加密点坐标的解算。然后，对平差结果精度进行评定，确认精度符合要求后，生成加密点坐标文件等成果数据，导入地形图测绘软件进行地形图的制作^[2]。在应用空中三角测量技术时，为获取稳定、可靠的数据，应在被测区域内布设一定数量的地面控制点，控制点精度直接影响平差结果。同时，要合理控制连接点精度，通过提高影像匹配算法的精度和鲁棒性，减少连接点误差，提高平差的可靠性。

2.2 相片控制测量技术

航空摄影测量中拍摄的一系列航空照片本身没有地理坐标信息，为了将这些照片用于地形图的精确测绘，需要建立精确的参考框架，该框架基于相片控制测量建立。相片控制测量是指在航空摄影获取的影像上，选择一定数量的控制点，利用地面测量或其他方法精确测定这些控制点的三维坐标。这些控制点的坐标通常用于校正和定向航空照片，从而建立影像与地面之间的几何关系，实现地形图的精确测绘。在应用相片控制测量技术中，需要先进行控制点布设，要求控制点在被测区域内均匀分布，覆盖整个测区，尤其是地形变化剧烈的区域，要确保控制点布设合理。利用全站仪、GPS 等技术精确获取控制点的三维坐标，然后在航空影像上准确识别并标记控制点，通过坐标转换将影像坐标转换为地面坐标，并借助平差算法确保精度满足地形图测绘要求。相片控制测量技术在地形图测绘中应用的优势在于，它提供了高精度的控制技术，使地形图能够基于该技术保证一定的精度和可靠性，确保地形图绘制的全面性和准确性。

2.3 DOM 技术

DOM 技术即数字正射影像图技术，是利用数字高程模型对经过几何纠正的航空影像进行差分纠正后，生成具有正射投影特性的影像图。简单来说，DOM 技术就是消除了几何变形，使影像效果更贴合地形图测绘标准，具有地图几何精度。DOM 技术及应用中，通常基于航空相机或数字相机获取航空影像，掌握地形图相关数据并通过选择定向方式对影像定向，生成数字高程模型。根据数字高程模型数据，对影像上每个像素进行差分纠正，消除几何变形。将多张纠正后的影像，拼接成一幅完整的影像图，而后按照范围对影像进行裁剪，得到所需的数字正射影像图。在影像定向环节，主要有 3 种定向方式，分别为内定向、相对定向、绝对定向，通过这 3 种定向可以获取可靠的数字正射影像模型。地形图测绘中，DOM 技术可以快速识别和提取地物信息，为地形图绘制提供可靠的依据。同时，该技术与空中三角测量技术的结合，可以更好地对测量区域特征进行识别，进而完成测区数据信息的有效处理，提高地形图测绘的质量^[3]。

2.4 数字线划图技术

数字线划图是基于矢量存储技术，对地形图要素进行数字化和结构描述的地理信息数据。简单来说，就是将纸质地图上的地貌、地物等要素，在相应编码规则和数据结构的支持下，转换为计算机能够识别和处理的矢量数据，这不仅可以精确表达地物要素的几何形状和位置等信息，还能够根据需要在不同比例尺下进行表达，更方便地进行编辑、修

改,为叠加分析、缓冲区分析等空间分析提供支持。数字线划图技术在实际应用中,通常以全数字摄影测量技术作为核心支撑,借助专业化的工作平台,对所采集的地形图数据进行全面且系统的测试分析。数字线划图技术应基于规范的操作流程,确保测试数据可以转化为高质量的成果资料。具体实施过程中,应注意以下几个方面的技术要点。其一,测绘阶段应确保地形基础数据的准确性,通过构建模型为数字线划图分析提供可靠的数据支撑;其二,在数字线划图生成过程中,应注意通过适度的人工干预对参数配置进行优化,提高数字线划图与影像数据之间的匹配精度;其三,为保障测绘工作的持续稳定性,应构建自动化交互处理体系,通过智能算法来实现对异常数据的监测和修正,确保最终结果的准确性;其四,成图之前,应采用不同色彩编码方案对图像要素进行分类表示,通过特定色系直观展现空间要素分布特征^[4]。

2.5 内业数据处理与采编

地形图测绘中,内业数据处理与采编是在外业数据采集后,在室内进行的一系列数据处理、分析和编辑工作,主要目的在于将原始的航测影像、控制点数据、外业调绘记录等转化为具有实用价值的数字地形图数据。内业数据处理与采编首先要进行数据预处理,检查原始数据完整性、正确性和一致性,并进行数据清洗,清除其中的错误和冗余信息。通过色彩平衡、畸变修正等手段对影像进行校正,精确定位地理位置信息。借助高性能计算机设备和专业的数据处理软件,识别和校正影像中存在的各类错误和不一致之处。采编过程是对处理后的影像进行信息提取和编辑的重要过程,应根据地形图绘制的实际需求,生成多种类型的地形数据成果,如绘制地形等高线、开展土地利用分类等。处理完成后,应注意对数据质量进行检查,确保几何精度、属性精度等满足地形图测绘的要求。

2.6 外业调绘修编

外业调绘修编是在内业处理的基础上,到实地进行调查、核实和补充地形图内容的工作。实际上,地形图测绘中不可避免地存在干扰因素,为更好地保证地形图测绘质量,需要在初步成型的地形图基础上进行一定的外业补测,以调整和补充地形图。外业调绘修编需要测绘人员亲临现场,核查地物位置、类型、属性等信息,并进行修正、更正、补充记录,如确认房屋类型是否与实际相符、补充地物名称、标注植被类型等。若遇部分地形信息缺失,可利用无人机灵活的特点,搭载航测设备对这些区域进行补测,获取高分辨率的地形信息,为地形图绘制提供补充依据。此外,需要注意的是,基于阴影特性的调绘,需对光照条件的影响展开深度剖析,精准辨别光照的直射与散射情况。鉴于外业作业环节直接影响地形测绘的成果质量,若想切实提高地形图测绘的效率,测绘人员应严格按照外业测绘操作规范进行作业,以避免对测绘效率带来不利影响^[5]。

结语

航空摄影测量技术在地形图测绘中发挥着极为重要的作用,其凭借高效、快速等方面的优势,极大提升了地形图测绘的效率和精度。航空

摄影测量技术在实际应用中,应注意合理控制空中三角测量、相片控制测量等技术的相关参数,并做好内业数据处理与采编、外业调绘修编等工作,确保通过这些技术手段推动地形图测绘工作高效展开。随着技术进步,航空摄影测量技术也在持续发展,高分辨率影像、自动化数据处理等技术的应用,将使地形图测绘更加精确、可靠。^[6]

引用

- [1] 罗德敏.城市地形图测绘中航空摄影测量技术应用探讨[J].中国设备工程,2024(24):217-219.
- [2] 操振作.无人机航空摄影测量技术在地形图测绘中的应用研究[J].房地产世界,2024(21):164-166.
- [3] 邓绍波.地形图测绘中无人机航空摄影测量技术的应用[J].科技资讯,2024,22(21):24-26.
- [4] 陈晨.无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2024(9):46-48.
- [5] 张津瑞.仿地摄影测量技术在高山地区大比例尺地形图测绘中的应用研究[J].长江信息通信,2024,37(2):30-31+38.

