

# 无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用

饶国坤

孝感市城乡规划设计院有限责任公司 湖北 孝感 432000

**摘要：**无人机航空摄影测量在地形图测绘中展现出显著优势。该技术利用高分辨率摄像头，结合先进的无人机平台，实现了地形数据的快速、精准采集。无人机航测不仅提高了测绘效率，还降低了人力成本，适用于各种复杂地形环境。通过无人机拍摄的影像，能生成高精度的地形图，为城市规划、城市建设、灾害监测等领域提供可靠依据，展现出广阔的应用前景。

**关键词：**无人机航空摄影测量；地形图测绘；应用

引言：无人机航空摄影测量技术，以其独特的视角与高效能力，正深刻改变地形图测绘的传统格局。该技术融合无人机的灵活性与高精度摄影测量的精确性，能够快速捕捉复杂地形的详尽数据，为地形图的绘制提供前所未有的精度与细节。本文旨在阐述无人机航空摄影测量在地形图测绘中的核心应用，探讨其技术优势对测绘工作带来的变革，以及该领域未来可能的发展方向。

## 1 无人机航空摄影测量技术概述

### 1.1 无人机航空摄影测量技术简介

无人机航空摄影测量技术，作为遥感测绘领域的创新成果，近年来得到了飞速发展与应用。该技术依托于无人机平台的独特优势，结合高清相机、激光雷达等先进传感器，实现了对地表的高精度、高分辨率影像采集，为地形测绘、城市规划、城市建设、环境监测等领域提供了强有力的技术支持。（1）无人机技术的发展历程与现状：无人机技术自20世纪初诞生以来，经历了从军事侦察到民用领域的广泛拓展。随着电子、通信、材料科学的不断进步，无人机平台的载荷能力、续航时间和稳定性得到了显著提升。当前，无人机技术已趋于成熟，并在航拍、农业、物流、救援等多个领域展现出巨大潜力。在航空摄影测量领域，无人机凭借其低成本、高效率、灵活性强的特点，正逐步取代传统的有人机航空摄影，成为测绘行业的新宠。（2）无人机航空摄影测量系统的主要组成部分包括以下几个方面：1）无人机平台：作为传感器搭载的基础，无人机平台需具备稳定的飞行性能和足够的载荷能力。不同型号的无人机平台适用于不同的应用场景，如固定翼无人机适用于大面积区域的快速测绘，而多旋翼无人机则因其垂直起降和悬停拍摄的能力，在城市规划、城市建设、建筑监测等领域表现出色。2）高清相机：高清相机是无人机航拍的核心设备，其分辨率、焦距、快门速度等性能直接决定了

影像采集的质量。现代无人机航拍相机多采用高分辨率CCD或CMOS传感器，能够捕获到细腻、清晰的地面纹理信息。3）激光雷达（LiDAR）：激光雷达作为一种主动遥感技术，能够直接测量地表物体的三维坐标信息。与相机结合使用，激光雷达能够显著提升测绘数据的精度和丰富度，特别是在复杂地形（如山地、森林）的测绘中具有独特优势。4）数据处理软件：数据处理是无人机航空摄影测量的关键环节。通过专业的处理软件，可以对采集到的原始影像和LiDAR点云数据进行空三加密、影像匹配、DEM生成、DOM纠正等一系列处理流程，最终生成满足测绘精度要求的数字产品。

### 1.2 无人机航空摄影测量的特点

（1）快速、高效、机动、灵活：无人机航空摄影测量能够迅速响应测绘任务需求，短时间内覆盖大范围区域，且不受地形条件限制，能够轻松穿越复杂环境，提高测绘效率。（2）影像分辨率高、现势性高：无人机搭载的高精度相机和激光雷达能够采集到高分辨率、高清晰度的地表影像和三维数据，确保测绘成果的准确性和时效性。（3）系统作业能力强，适用于复杂地形：无人机航空摄影测量系统集成多种传感器和数据处理软件，能够根据不同应用场景进行定制化配置，适用于各种复杂地形的测绘需求。（4）处理费用低，操作简便：相比于传统的航空摄影测量方法，无人机航空摄影测量具有更低的成本投入和更简便的操作流程。

## 2 无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用

### 2.1 前期准备

（1）需求分析与机型选择。在地形图测绘项目启动之初，首先需进行详尽的需求分析。这包括明确测绘区域的地理特征（如地形起伏、植被覆盖、建筑物密集程度等）、测绘精度要求、成果输出类型（如DEM、DOM、DLG等）以及时间成本预算。基于这些需求，

选择合适的无人机型号和配套设备至关重要。例如，对于大面积平坦区域的测绘，可选择载重大、续航时间长的固定翼无人机；而对于城市复杂环境或需高精度影像采集的区域，多旋翼无人机或配备高精度相机的无人机则更为合适<sup>[1]</sup>。（2）资料收集与空域协调。资料收集是前期准备的重要环节，它涵盖了测绘区域的地理信息数据（如地形图、行政区划图、交通网络图等）、气象数据（如风向、风速、云层厚度等）以及相关法律法规文件。这些数据为后续的航线规划、飞行安全评估及数据处理提供了基础支撑。此外，还需与相关部门进行空域协调，确保无人机飞行作业符合航空管理规定，避免与民航飞行冲突。（3）无人机飞行计划制定与航线规划。这包括确定飞行时间、起降点位置、飞行高度、速度及航向等参数。航线规划是飞行计划的核心部分，需综合考虑测绘区域的地形特征、飞行安全以及影像采集质量需求。通过专业的航线规划软件，可自动生成最优化的飞行路径，确保无人机能够高效、安全地完成测绘任务。

## 2.2 野外像控点的布设与测量

（1）像控点的选择与布设原则。像控点是地形图测绘中的重要控制点，其位置和精度直接影响最终测绘成果的准确性。在选择像控点时，应遵循分布均匀、易于识别、易于测量的原则。同时，还需考虑地形变化、遮挡物情况以及现有控制点资料等因素。在布设像控点时，需按照一定的密度和分布规律进行，确保在整个测绘区域内都能得到有效的控制。（2）野外实地测量方法及注意事项。野外实地测量通常使用GNSS（全球导航卫星系统）接收机进行。在测量前，需对接收机进行检校和初始化，确保测量数据的准确性。同时，还需注意天气变化和周围环境影响，如大风、雷雨天气及电磁干扰等都可能影响测量精度。在测量完成后，需对数据进行检查和归档处理<sup>[2]</sup>。

## 2.3 空中数据采集

（1）无人机飞行与影像数据采集。按照预定的飞行计划和航线规划，无人机搭载高清相机和激光雷达等设备升空作业。在飞行过程中，相机和激光雷达将实时采集地表的高分辨率影像和三维点云数据。为确保数据采集质量，需对无人机飞行状态进行实时监控和调整，如调整飞行高度、速度及航向等参数以适应不同地形特征和光照条件。（2）影像数据的实时传输与监控。通过无人机与地面站之间的无线通讯链路，可将采集到的影像数据实时传输至地面站进行处理和监控。

## 2.4 内业数据处理

（1）影像数据的预处理与校正。内业数据处理的第

一步是对采集到的影像数据进行预处理和校正。这包括去除噪声、校正畸变、增强对比度等处理，以提高影像的质量和可用性。对于无人机航空摄影来说，特别需要关注的是由于飞行姿态、相机内方位元素误差等因素导致的影像畸变，需要利用专门的软件或算法进行精确的畸变校正。（2）空中三角测量与影像匹配。空中三角测量是地形图测绘中的重要环节，它利用影像上的像点和已知的控制点信息，通过数学解算方法确定影像的内外方位元素，进而建立影像之间的几何关系。影像匹配则是寻找相邻影像中相同地物的像点，建立同名点对应关系。这两个过程相辅相成，是实现高精度地形图测绘的基础。这些软件能够处理海量的影像数据，快速而准确地生成密集的三维点云，为后续的DEM和DOM生成提供基础。（3）DEM（数字高程模型）与DOM（数字正射影像图）生成。在无人机航空摄影测量中，DEM的生成主要依赖于空中三角测量生成的密集三维点云数据。通过插值、滤波等算法处理，可以将离散的点云数据转化为连续的DEM数据，进而进行高程分析、地形分类等操作<sup>[3]</sup>。在无人机航空摄影测量中，DOM的生成需要对原始影像进行正射校正，消除由地形起伏和相机倾斜等因素导致的影像变形（如图1）。校正后的影像按照一定的投影方式和比例尺拼接成一幅完整的DOM图，用于地形图的制作和更新。

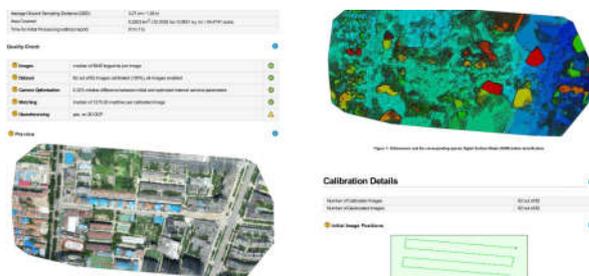


图1 内业影像数据处理

## 2.5 数字线划图制作

（1）使用VirtuoZo、AutoCAD等软件进行数字线划图编辑。数字线划图（DLG）是在DEM和DOM基础上，通过人工或自动化的方式提取地物要素信息，并按照一定的比例尺和符号系统绘制成的数字线划图（如图2）。在无人机航空摄影测量中，通常使用VirtuoZo、AutoCAD等专业软件进行数字线划图的编辑和制作。这些软件提供了丰富的绘图工具和编辑功能，可以方便地对影像数据进行矢量化处理，提取出道路、水系、房屋、植被等地物要素，并按照测绘标准和规范进行标注和编辑。同时，软件还支持多图层管理、属性编辑和空间分析等功能，有助于实现地形图的快速制作和动态更新<sup>[4]</sup>。（2）

数据质量控制与误差校正。数据质量控制包括对数据源的可靠性、数据处理方法的正确性、数据成果的准确性等方面进行检查和评估。误差校正则是针对发现的问题进行修正和调整,以提高数据的精度和可靠性。为了确保数字线划图的质量,通常采用多种方法进行质量控制和误差校正。例如,可以利用现有的地形图、控制点等资料进行比对验证;可以采用交叉检查、重复测量等方法来发现潜在的错误;还可以使用专业的质量控制软件对成果进行自动检查和评分等。也可以有效地提高数字线划图的精度和可靠性,满足地形图测绘的精度要求和实际应用需求。

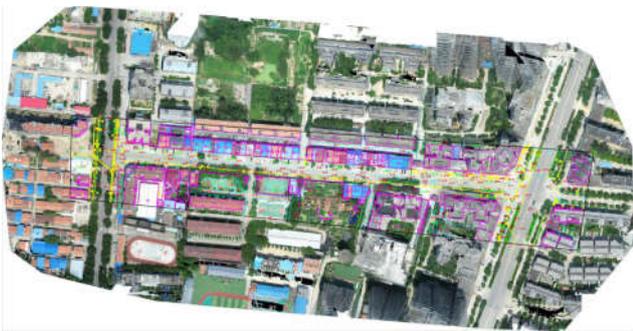


图2 数字线画图制作

### 3 无人机航空摄影测量在地形图测绘中的优势与挑战

#### 3.1 优势分析

(1) 高精度:无人机航空摄影测量凭借先进的传感器技术和精细的数据处理算法,能够实现厘米级甚至更高的精度,为地形图提供精确的基础数据。这种高精度特性对于地形复杂、精度要求高的测绘项目尤为重要。

(2) 高效率:相较于传统测绘方法,无人机能够在短时间内覆盖大面积区域,显著提高了测绘效率。其快速响应和灵活调整航线的能力,使得项目周期大幅缩短,满足了现代测绘对时间效率的需求。(3) 低成本:尽管无人机及其相关设备初期投入较高,但从长远来看,其高效率降低了人力成本和时间成本,使得总体成本更为经济。特别是对于大规模或重复性的测绘任务,无人机航空摄影测量的成本优势更加明显。(4) 灵活应对复杂地

形:无人机不受地形限制,能够轻松穿越山川、河流、森林等复杂环境,获取传统测绘手段难以触及的数据。

(5) 实时数据获取与动态监测:无人机可实时传输数据,为地形图的快速更新和动态监测提供了可能。

#### 3.2 面临的挑战

(1) 数据获取精度受干扰:恶劣天气(如大风、雨雾)和飞行状态的不稳定(如抖动、倾斜)都可能影响数据的采集精度。因此,在实际操作中需密切关注天气变化,并采取有效措施确保飞行稳定。(2) 影像质量控制与数据处理繁琐:无人机采集的影像数据量大,且可能包含噪声、冗余信息等,这增加了影像质量控制的难度。同时,数据处理过程复杂,涉及影像匹配、空三加密等多个环节,对技术人员提出了较高的要求。(3) 安全飞行与法规遵循:随着无人机应用的普及,安全飞行和法规遵循成为亟待解决的问题。

#### 结束语

无人机航空摄影测量技术在地形图测绘中的应用,无疑为测绘行业带来了革命性的进步。它不仅显著提高了测绘效率与数据精度,还拓宽了测绘的应用领域,为城市规划、城市建设、环境监测等提供了重要支持。展望未来,随着技术的不断成熟与应用的深入,无人机航空摄影测量将在更多复杂环境中展现其独特价值,进一步推动测绘行业的智能化、自动化发展。这一技术将为地形图测绘乃至整个地理信息领域带来更加广阔的发展前景。

#### 参考文献

- [1]刘静.无人机航空摄影测量技术在地形图测绘中的应用探讨[J].西部资源,2021(04):150-152.
- [2]王晓星.浅析无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用[J].中国地名,2019(10):67-68.
- [3]徐敏.无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用探讨[J].世界有色金属,2019(16):130-131.
- [4]李文飞.试论无人机航空摄影测量在地形图测绘中的应用[J].华北自然资源,2020,(02):72-73.