

无人机航测技术在地形测绘中的精度分析

沈业

如皋市勘测院有限公司, 江苏南通, 226500;

摘要: 地形测绘则是对测量位置的地形等在水平面上进行投影和高程测量, 按照标记和符号利用特定比例绘制地形图, 在最初的发展中主要采用测绘设备完成人工测量并绘制图纸, 通过全球定位系统技术和遥感技术完成测绘工作。伴随测绘技术的完善发展, 无人机航测技术在地形测绘领域得到了广泛应用, 并且在地形测绘中可以提升测绘工作的精度, 有助于地形测绘工作的发展。

关键词: 无人机; 航测技术; 地形测绘

DOI: 10.69979/3029-2727.25.09.038

地形测绘是获取地理空间信息的主要方法, 伴随科技的不断发展, 无人机航测技术通过高效灵活的优势, 在地形测绘中得到广泛应用。无人机航测技术则是通过无人机搭载航摄仪等设备, 获取地形的影响数据, 而后通过专业软件进行处理分析, 从而获取地形的三维模型和相关测绘信息^[1]。相比较传统测绘方法可以快速获取大面积的地形数据, 减少外业工作时间和劳动强度。然而, 无人机航测技术在地形测绘中的精度是关注的重点, 其精度直接影响后续工程建设、资源管理等工作的开展, 并受到多种因素的影响, 会导致测绘结果出现误差, 影响地形信息的准确性。为此, 对无人机航测技术在地形测绘中的精度分析具有现实的意义, 以此为相关领域提供准确可靠的地形数据。

1 无人机航测技术概述

在系统组成上无人机航测系统主要由无人机平台、飞行控制系统、数据采集设备和数据处理软件等组成, 无人机平台属于整个系统的载体, 具备灵活、便捷等特点, 可以在不同地形和环境条件下飞行, 飞行控制系统负责控制无人机的飞行姿态、航线和高度, 保证无人机按照预定的计划进行飞行。数据采集设备一般包含数码相机和激光雷达, 以此获取地面的影像和三维数据, 数据处理软件用于对采集到数据进行处理分析以及建模, 以此形成测绘所需的各种成果。在工作原理中, 无人机航测技术主要按照航空摄影测量原理, 在飞行过程中无人机搭载的数据采集设备按照一定的重叠和航向角对地面进行连续拍摄, 以此获取一系列的影响数据。其中包含了地面物体的几何信息与纹理信息, 通过对影响数据进行处理可得到地面物体的三维坐标和地理信息。相比较传统的地形测绘方法, 无人机航测技术具有明显的优势, 具备较高的灵活性和适应性, 可以在复杂的地形

和环境条件下进行作业, 并将测绘效率提升, 满足不用用户的需求。

2 无人机航测技术的应用特点

2.1 良好的及时性、准确性

传统地形测绘通常需要测绘人员采用大量设备进行长时间测量, 当遇到复杂地形时, 会面临交通不便或者测量困难等问题, 会耗费一定量的时间。无人机航测应用后仅仅需要在短时间内完成设备调试和航线规划, 以此起飞执行任务, 对于紧急测绘需求如地质灾害后的地形评估、工程建设前期勘查等情况, 无人机可以在第一时间内到达目标位置, 快速获取数据, 且处理数据速度较快, 可以及时生成测绘成果, 为后续决策提供及时依据^[2]。与此同时, 无人机航测技术具有一定的保障, 自身具备高精度的传感器和先进的定位系统, 可以准确获取地形各种信息, 在飞行时会按照预设的航线进行稳定飞行, 确保相对固定的知识, 保证拍摄的影响数据存在良好的重叠度, 通过专业的图像处理软件分析其影像, 可以准确描绘出地形的三维模型和地形图, 并且无人机航测可以减少人为因素干扰, 以免出现测量误差, 将测绘结果的正确性提升。

2.2 有效控制成本

采用传统地形测绘时一般需要一定的人力以及物力, 测量人员应进入到实地, 并携带沉重的设备, 会耗费一定的时间进行数据采集, 从而增加了人工成本, 并且效率较低。通过无人机航测后可以减少人力的大幅度投入, 仅需要少数的技术人员进行操作处理, 操作人员通过地面控制系统就可以远程操控无人机飞行, 并且对人员专业技能要求主要集中在无人机操作和数据处理方面, 因此也会相应降低培训成本。对于设备成本来说,

虽然购买无人机和相关设备会花费一定的资金，但是相比较传统测绘采用的大型且昂贵设备对比，成本有所下降，而无人机还可以重复使用，后续仅需要进行必要的维护保养，不会花费太多的费用。此外，无人机航测效率较高，可以快速获取大面积地形数据，减少测绘周期，由此说明项目整体时间成本降低，可以更快的交付，为企业节省了时间成本。

2.3 保证测绘速度

无人机航测技术的应用可以快速达到测量位置，具有较快的飞行速度，并在短时间内覆盖大面积地形，测绘山区时无人机可以越过复杂地形，不需要像人工测量方式花费大量时间到达测量区域。由于无人机航测技术具有较高的自动化程度，从航线规划到数据采集均可以预先设置程序，按照既定路线飞行并自动采集数据，减少了人为操作的时间以及误差，进而提升了测绘效率。在城市地形测绘中，无人机可以对高楼大厦等建筑进行全面采集，但人工测量则需要逐层爬楼，会耗费一定的时间以及精力。

2.4 良好的机动性

无人机航测的机动性大致体现在起飞和降落的灵活性中，对于起降场地并无过多的要求，可以在狭小的空间内临时搭建简易平台完成起飞降落操作，在一些地形复杂且交通不便的地区，无人机可以快速到达测绘现场并开展工作。无人机的飞行路径还可以按照实际测绘需求进行调整，操作人员通过地面控制系统改变无人机的飞行高度、速度以及航向，当遇到障碍物或者需要对特定区域进行测绘时，无人机可以及时改变飞行轨迹，实时调整能够保证测绘工作的高效性，有助于测绘人员获取更全面的地形数据^[3]。当遇到紧急的测绘任务时，无人机可以在短时间内完成准确工作并投入飞行，可以迅速达到目标区域，快速获取地形数据，为后续的决策和救援工作提供信息支持。无人机的体积较小、重量较轻，有助于携带和运输，测绘人员可以将无人机及其相关设备轻松搬运到不同的测绘地点，可以开展测绘工作，此种便利性可使无人机航测技术适应各种复杂多变的测绘环境，将地形测绘的工作效率和覆盖范围提升。

3 无人机航测技术在地形测绘中的精度优化措施

3.1 硬件优化

无人机航测基础则是飞行平台，对其进行优化可以提升测绘精度，在此过程中应采用稳定性较高的无人机

机型，部分高端的多旋翼无人机飞行姿态控制系统更为先进，可以在复杂气象条件下保持平稳飞行，以免因为飞行姿态不稳定造成图像偏差。另外，要对无人机的动力系统进行优化，选择高性能的电池以及电机，保证无人机在飞行过程中具备充足的动力，延长续航时间，全面完成测绘任务。对于相机传感器应采用分辨率较高以及像元尺寸大的相机，高分辨率相机可以拍摄出细节丰富的影响，有助于后期对地形特征的识别分析。对相机进行严格的校准，以免镜头畸变影响图像质量，而定位与姿态传感器也具有关键意义，选择全球定位系统 GPS 和惯性测量单元 IMU，可以及时获取无人机的位置和姿态情况，以此为三维建模提供可靠数据支持。除此之外，还要配以大容量和高度写速度储存卡，保证可以及时完整的保存图像数据，在数据传输过程中通过稳定的无线传输技术，将采集到的数据快速传输到地面控制站，能够及时发现采集过程中出现的问题，并及时进行调整，提升测绘工作的效率。

3.2 软件升级

在地形测绘过程中，无人机获取的大量影响数据需要正确匹配，以此构建出准确的地形模型，传统的图像匹配算法在复杂地形或者特征不明显的位置会出现误差，影响测绘精度。对软件进行升级，可引入先进的图像匹配算法，自动学习影响中的特征信息，提升匹配的准确性和稳定性，软件还可以增加对影像的预处理功能，消除噪声和增强对比度，提升图像匹配的效果，为后续测绘提供依据。地形测绘包含大量的影像数据，如数据校正、拼接、三维建模等，软件升级能够优化数据处理流程，通过高效的算法进行数据拼接，使生成的地形图像更加完整，且升级后的软件还能够对测绘数据进行分析处理，可以自动识别地形特征、检测数据异常等，及时发现并纠正可能影响精度的问题^[4]。无人机测绘系统组成包含无人机平台、相机等硬件设备和软件系统，伴随硬件技术水平的不断发展，软件需要及时升级适应新的硬件设备，新的相机具备较高的分辨率和拍摄性能，软件升级也可以充分发挥优势，保证整个航测系统的稳定性和可靠性。良好的用户交互界面有助于测绘人员操作软件，减少人为操作误差，升级后的软件能够增加操作提示、错误预警等功能，引导测绘人员正确使用软件进行数据处理，并提供可视化功能，以图形或者图表形式呈现，有助于用户评估判断测绘精度。

3.3 环境应对策略

在飞行前需要关注天气情况，选择合适的天气条件

进行航测作业，通常而言不应在大风、暴雨、大雾等天气下进行，大风会导致无人机飞行姿态不稳定，会使影像获取出现偏差；暴雨或者大雾会将能见度降低，降低了影响质量。当风力达到 4 级以上无人机飞行会出现晃动，造成拍摄的影像重叠，在作业前 24 小时内应了解详细的气象信息，选择风速小于 3 级且能见度良好的时间段飞行，在飞行过程中也要实时监测气象变化，如果出现不利天气情况需要立即停止飞行。不同的地形地貌也会对无人机航测产生不同影响，在山区因为地形起伏较大会出现遮挡问题，影响影像的完整性。在航测前，对测区地形进行详细分析，按照地形起伏情况调整航线高度以及航点间距，如果高差较大的区域可适当增加航线高度，保证影像可以覆盖整个区域，缩小航点间距且提升影响的重叠度，确保后续数据处理的精度。平原地区虽然具有平坦的地形，但是会存在大面积的水域或者植被覆盖区域，水域会产生反射光，影响影像的清晰度；植被覆盖区域会被掩盖地形特征，为此可以采用多光谱影像获取技术，以不同波段的影响数据识别地形特征和表面覆盖物。无人机航测系统中的电子设备容易受到电磁干扰，会对飞行稳定性以及数据传输产生影响，作业前需要对测区的电磁环境进行监测，并对无人机的电子设备进行电磁屏蔽处理，将其抗感染能力提升。在飞行过程中，需要监测电磁信号强度，如果发现异常及时采取措施，保证无人机的正常运行。

3.4 航非规划改进

传统的航线设计过于规整，不能很好地适应复杂地形，在实际操作中应按照地形特征灵活调整航线，地势起伏较大的山区可通过变高航飞的方式，按照不同区域的海拔设置飞行高度，使得无人机可以和地面保持相对稳定的距离，减少因为距离变化造成的影像变形和误差^[5]。增加旁向和航向的重叠度，航向一般设置在 80%~90%，旁向重叠度设置在 70%~80% 之间，以此保证相邻影像之间具备足够的重叠区域，有助于后期的数据处理。光照条件对于无人机影像质量也存在一定的影响，应选择在光照均匀且无明显阴影的时间段进行飞行，一般在上午 10 点到下午 3 点之间，此时太阳高度合适，可以获取清晰的影像。在无人机飞行过程中，对飞行状态和影像质量进行实时监控，通过地面站软件查看无人机的飞行高度和速度等相关参数，保证在预设的范围内飞行，并对实时回传的影响进行质量检查，如果发现曝光过度或者影像模糊等问题，及时调整飞行参数或者重新飞行。

3.5 像控点布设与测量

像控点的位置在选择过程中需要综合考虑地形的特点和测绘要求，如果地形平坦且特征明显，像控点需要分布在测区内，保证每个区域均可以有效控制，将整体测绘精度提升。对于复杂的区域像控点应布设在地质较高且容易识别的地方，保证无人机在飞行过程中可以捕捉到像控点，以免因为遮挡造成数据不准确。在测量像控点时，应采用高精度的测量设备和科学测量方法，目前常用全球定位系统，在测量过程中保证设备的位置正确，并按照操作规程进行测量，减少测量误差，对于精度要求较高的测绘项目可选择静态 GPS 测量方式，通过长时间的观测和数据处理，会准确设置像控点坐标，并结合全站仪等测量仪器进行复核，将测量结果的准确性提升。在整个测绘过程中妥善保护像控点，以免受到破坏或者移动，在其周围摆放明显的标识，提醒人员注意保护，建立像控点数据库，对像控点的位置和测量数据等信息进行管理，有助于后续查询和使用。

4 结语

无人机航测技术在地形测绘中可以快速获取地形数据，将测绘周期减少，并降低了人力成本，对于复杂区域而言无人机可以灵活飞行，获取全面的信息。然而，想要提升无人机航测技术在地形测绘中的精度，应对飞行方案进行优化，保证飞行姿态的平稳，并在良好的天气条件下进行作业，合理布置地面控制点精确测量坐标，不断改进数据处理算法，提升数据处理的准确性。

参考文献

- [1] 宗瑜航. 地形测绘中无人机航测技术运用探究 [J]. 低碳世界, 2025, 15(05): 49~51.
- [2] 魏涛, 韩磊. 无人机航测技术在复杂地形测绘中的精度分析 [J]. 北斗与空间信息应用技术, 2025(02): 87~89+106.
- [3] 张贺, 张文静. 无人机航测技术在建筑工程地形测绘中的应用研究 [J]. 工程机械与维修, 2024(06): 127~129.
- [4] 叶彬彬, 戴砂妍. 无人机航测及地理信息技术在地形测绘中的应用 [J]. 电子技术, 2023, 52(08): 145~147.
- [5] 宋利奎. 无人机航测及地理信息技术在地形测绘中的应用 [J]. 中国金属通报, 2023(03): 204~206.

作者简介：沈业，男，（1998.03-），江苏如皋，汉，本科，助理工程师。