

无人机航测技术在地形测绘中的应用与精度优化研究

范焰

自贡市自然资源和规划局，四川省自贡市，643000；

摘要：随着测绘技术的发展，无人机航测技术在地形测绘中得到了广泛地应用。由于无人机具有飞行灵活、操作简便等优势，在地形测绘领域已经成为一种重要的辅助手段。由于无人机具有快速高效、成本低廉等优点，在地形测绘中具有较强的市场竞争力。目前无人机航测技术应用于地形测绘领域已经有很长一段时间了，其技术的发展和应用也逐渐成熟。然而，由于无人机航测系统自身的缺陷以及外部环境因素的影响，目前无人机航测技术还存在一些精度问题。因此，本文将从无人机航测系统组成、作业流程、数据获取与处理方法以及精度影响因素等方面对无人机航测技术在地形测绘中的应用与精度优化进行分析。

关键词：无人机航测技术；地形测绘；精度优化

DOI：10.69979/3060-8767.25.11.065

引言

无人机航测技术作为一种新型测绘手段，具有成本低、效率高、操作简便等优点，已成为航空摄影测量领域的主要发展方向。近年来，随着无人机的不断发展和应用，无人机航测技术已经在测绘领域得到了广泛的应用。无人机航测技术与传统测绘技术相比，具有作业时间短、工作效率高、不受地域限制等特点，其在地形测绘中具有较强的市场竞争力。但由于无人机航测技术自身存在的缺陷以及外部环境因素的影响，目前无人机航测技术还存在一些精度问题。本文将对无人机航测技术在地形测绘中的应用与精度优化进行分析，为无人机航测技术在地形测绘领域的应用与精度提升提供参考。

1 无人机航测技术原理与系统组成

无人机航测系统是一种能够提供三维图像数据的智能化设备，其主要由地面控制站、无人直升机、回放系统、GPS接收机等部分组成。其中，地面控制站主要负责数据采集与传输，无人直升机负责数据采集、航线规划与飞行控制，GPS接收机则用于定位与导航。无人机航测系统的组成。其中，无人机航测系统由机载摄像头、飞控单元、航线规划单元、GPS接收机等部分组成，其基本原理是利用卫星定位技术对飞行器进行定位，通过计算飞行航迹和相关参数并结合卫星定位数据对飞行器的飞行状态进行监控和调整，最后利用无人机的机身携带摄像头获取影像数据^[1]。

2 无人机航测与传统测绘方法比较

无人机航测技术与传统测绘技术相比，具有成本低、

效率高、不受地域限制等优点。无人机航测技术利用机载摄像机或无人直升机获取影像数据，其原理与传统摄影测量基本相同，但是在拍摄的过程中不需要像控点，而是通过设置航线或者是选择航线的方式进行拍摄。因此，无人机航测技术具有快速灵活、高效精确的特点，能够在短时间内获取高精度的测绘成果。此外，无人机航测技术还能够解决传统测绘存在的一些问题。比如传统摄影测量在进行大面积影像获取时需要花费大量时间和精力，而无人机航测技术则能够通过快速、准确地获取高精度影像数据，从而有效地提升测绘工作效率。

3 无人机航测在地形测绘中的应用实践

3.1 航测作业流程（规划、飞行、数据采集、处理）

以某区域为例，根据地形地貌特点，利用无人机航测技术进行地形测绘，并根据航空摄影测量规范的要求，进行了外业航飞和数据采集工作。在实施区域中，利用航测规划软件进行航测规划设计，并根据航线和飞行计划执行飞行作业。在采集过程中，通过无人机系统，将相机数据传输到计算机中进行数据采集。然后利用软件对获取的数据进行处理，获得相应的航测影像成果。其中，在影像处理中，需要对原始影像进行纠正和空中三角测量、制作数字正射影像图以及三维模型等工作。完成这些工作之后，即可将获取的数据成果送到数据处理中心^[2]。

3.2 数据获取与处理方法（影像拼接、点云生成、DEM/DSM 提取等）

无人机航测技术获取影像数据的方式主要有两种，

一种是利用无人机搭载的摄像头进行拍照，另一种则是利用机载云台进行拍照。其中，无人机搭载的摄像头拍摄影像数据主要依靠摄像机上的传感器来完成，而机载云台则用于采集飞行时相机所拍摄的影像数据。在这两种方式中，由于机载云台的体积较小，因此在进行数据采集时具有较大优势。但是由于无人机航测系统所获取的影像数据存在着一定的畸变，因此需要对其进行矫正处理。具体包括对影像进行拼接、点云生成、DEM/DSM提取等。其中，点云生成以及DEM/DSM提取主要用于获取数字表面模型(DSM)和数字线划图(DLG)等成果。

3.3 应用场景与案例分析（城市、山区、农田等地形测绘）

无人机航测技术是一种快速高效的地形测绘技术，其工作效率高，且可以进行实时影像的获取与处理，对测量工作提供了极大的便利。对于城市、山区、农田等地形来说，无人机航测技术可以进行精准的地形测绘工作，满足了人们对高精度地形测量的需求。以某区域为例，通过无人机航测技术对该区域进行了地形测绘。

4 无人机航测精度影响因素分析

4.1 设备选择与配置对精度的影响

无人机航测系统主要包括两个部分，一是飞行平台，二是内业数据采集系统。飞行平台在整个航测系统中处于核心地位，对整个系统的性能、质量起决定性作用。飞行平台一般选择固定翼无人机，并配备相机、相机控制设备和电池。摄影参数设置是影响系统精度的关键因素，通过合理设置摄影参数可以有效提高无人机航测精度。另外，由于飞行平台体积较大，对其动力、续航能力有较高的要求，因此在选择飞行平台时需充分考虑。在实际操作中，作业人员需要根据实际情况合理选择飞行平台，并严格按照相关要求进行调试与设置，以提高飞行平台的稳定性和可靠性。

4.2 作业参数与飞行规划优化（航线设计、高度、重叠度等）

在进行无人机航测作业时，作业人员需要合理选择航线，并结合实际情况设计合理的飞行高度和飞行速度，以保证在最佳飞行高度进行拍摄，避免影响系统的整体精度。另外，无人机在进行航测时通常会根据飞行高度、航向角、旁向角以及重叠层等参数来确定飞行路线，从而使无人机能够获取更为精准的影像数据。在实际操作中，作业人员需要根据相关规范要求来选择航线与飞行

高度，并对航向和旁向角进行合理设置。另外，作业人员还需要根据实际情况合理调整无人机的重叠度和航线的长度。在作业过程中，还需要根据实际情况对相机进行设置，以保证无人机获得的影像数据更加准确、稳定^[3]。

4.3 数据处理及误差控制（定位精度、控制点布设、摄影测量算法）

无人机航测技术是一种快速、高效的地形测绘手段，但由于其自身存在着一定的缺陷，因此在实际应用中会受到一定的限制。首先，无人机航测技术存在着较大的误差。无人机航测技术获取的影像数据有较大误差，且数据量也非常庞大，这就导致了航测影像数据处理时需要花费大量的时间。其次，无人机航测技术存在着一定的局限性，在进行数字正射影像图制作时，通常需要布设像控点。而像控点布设不当将会影响整个数字正射影像图的精度。最后，由于无人机航测技术获取的数据量庞大、空间分辨率低，因此需要对影像数据进行处理才能提取所需信息。

4.4 外部环境因素（气象条件、地表状况等）

由于无人机自身的性能限制，在进行航拍时往往受到气象条件的影响，若大气情况差，则会导致拍摄图像出现较大误差。如果对该区域进行航拍，则会导致拍摄图像存在严重的畸变现象，并且在进行后期处理时也会产生较大误差。针对这一情况，在进行航拍时要尽量选择天气晴朗的时间段，避免阴雨天的拍摄。同时还需要注意对飞行高度、飞行速度进行控制，确保其在一定范围内。当地表状况较差时，无人机所处区域的地物纹理将会比较粗糙，造成相机拍摄到的图像不清晰或者出现模糊的现象，从而影响到其对地物的准确测量。所以在进行航拍时要尽量选择平坦且空旷的区域。

5 精度优化方法研究

5.1 控制点布设优化

无人机航测技术中控制点的布设是影响最终测图精度的重要因素，目前国内外都没有统一的规范，因此需要根据不同的项目、不同的区域环境和技术条件来选择合理的控制点布设方法。从理论上讲，控制点布设越密集、布设角度越合理，精度就越高。从实践中看，要得到高精度的测图成果，必须尽可能提高控制点的密度和精度，应保证测区内控制点的密度不低于1:5000（或1:2000）。同时应尽量使控制点分布均匀，每个像控点

尽量能覆盖整个测区。根据《地理国情监测技术规范》中对控制点间距的要求，在满足精度要求前提下，应尽可能减少控制点数量，以节约成本^[4]。

5.2 高精度定位技术（RTK/PPK 等）

在传统的测绘中，测量人员必须严格按照统一的操作规程进行作业，每个测量环节都必须保证精准无误，这样才能够达到测绘的要求。但是随着科技的发展，传统的测量技术已经无法满足现在社会发展对测绘技术的要求，所以必须采用高精度定位技术进行测量。在 GPS 定位技术出现之后，高精度定位技术也得到了快速地发展，在测绘行业中应用最广泛的就是 RTK（实时动态）测量技术。这种测量方法主要是在 GPS 卫星信号不能到达的地区进行作业。通过对 GPS 卫星信号进行分析和计算，可以得到高精度定位数据，而且测量人员也能够及时收到卫星信号。

5.3 数据处理算法优化（影像校正、点云滤波等）

数据处理算法优化主要指影像校正、点云滤波等。在进行航测数据处理时，由于受航摄时参数误差、目标遮挡以及目标间的同质性等影响，需要通过影像校正和点云滤波等方法来提高数据的质量。其中，影像校正是指通过对无人机拍摄的航摄影像进行几何纠正，消除或减弱拍摄设备本身产生的误差和干扰，使航测影像和目标真实的几何参数一致，提高摄影测量精度。点云滤波是指通过对无人机飞行采集的原始点云进行分析和处理，去除原始数据中由于飞机飞行造成的噪声等影响，提高数据质量。在进行点云滤波时，需要综合考虑点云密集程度、噪声特征和强度等因素。

5.4 多源数据融合与精度提升策略

数据融合主要是指通过对多源数据的综合处理，实现对原始数据的进一步优化。传统的测绘模式主要是由作业人员根据自己的经验来确定航摄的相关参数，从而确保其具有较高的精确度。但是由于航摄过程中往往会出现拍摄角度、拍摄位置以及天气等不可控因素，因此就会导致最终获取的数据结果存在较大差异。因此，对于传统的测绘模式而言，想要进一步提升其精度，就需要通过多源数据融合来实现对数据精度的优化。将多源数据进行有效地融合之后，就可以有效地提升整体的数据处理效率和精度。而多源数据融合主要包括：点云融

合、影像融合以及三维模型等多种方式。

5.5 精度评价方法与标准

在航测影像获取后，需要对其进行数据质量检查，通常需要采用传统的外业调查法来对其精度进行评价。目前，在实际工作中常用的方法是通过检查点法和影像密度法进行评价。检查点法主要是通过对影像密集度进行分析，对其重叠度、边缘清晰度等指标进行计算，以此来判断其测量结果是否符合规范要求。影像密度法主要是通过对像控点密度的计算来确定该区域的地物是否能够满足测量需求，具体的计算方法为：先计算出该区域的像控点数量，然后结合像控点数量和像控点的密度进行计算，以此来判断该区域是否能够满足测量要求，通常情况下影像密度法的计算公式如公式^[5]。

6 结语

无人机航测技术在地形测绘领域的应用与精度优化研究，主要针对无人机航测系统组成、作业流程、数据获取与处理方法以及精度影响因素进行分析，通过分析可知，无人机航测技术在地形测绘中具有较强的市场竞争力，但其自身也存在一定的缺陷，比如在地形测绘中不能得到精确的地物数据；在地形测绘中容易受到外界因素的干扰，导致测量结果出现误差；其本身还存在一些精度问题，影响了测绘的准确性。因此，为了进一步提升无人机航测技术的测量精度，应完善无人机航测技术自身的缺陷，提高其抗干扰能力；同时应该加大对无人机航测技术精度影响因素的研究，提高其测量结果的准确性。

参考文献

- [1] 王泽阳. 无人机航测及地理信息技术在地形测绘中的应用 [J]. 大众标准化, 2025, (18) : 169–171.
- [2] 亓峰, 卢雪玉. 无人机航测技术在复杂地形测绘中的应用研究 [J]. 坦克装甲车辆, 2025, (16) : 83–84.
- [3] 张胜, 赵勇, 田超, 等. 无人机航测在矿山露天采场动态监测中的应用 [J]. 中国金属通报, 2025, (07) : 56–58.
- [4] 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.
- [5] 冯建忠. 无人机航测技术在城市规划中的应用研究 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (14) : 53–55.