

无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用

魏孔旭

兰州市勘察测绘研究院有限公司 甘肃兰州 730000

摘要：本文探讨了无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用。通过倾斜摄影技术，无人机能够以高分辨率和高精度获取地表数据，为地形图的制作提供了新的手段。本文介绍了无人机倾斜摄影的原理和流程，并阐述了其在大比例尺地形图测绘中的优势和应用案例。研究表明，无人机倾斜摄影测量技术能够快速、精确地获取地形数据，提高地图制作的效率和质量，对于城市规划、土地管理和环境监测等领域具有广泛的应用前景。

关键词：无人机倾斜摄影测量技术；大比例尺地形图；地表数据；高分辨率；高精度

随着科技的不断进步和无人机技术的快速发展，无人机倾斜摄影测量技术在地质测绘领域得到了广泛应用。传统的地形图制作依赖于人工测量和航空摄影，成本高且效率低下。而无人机倾斜摄影技术的出现，为地形图制作带来了新的突破。无人机倾斜摄影技术能够以高分辨率和高精度获取地表数据，提供了一种快速、精确制作大比例尺地形图的方法。本文旨在探讨无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用，以及其在地质测绘领域的潜在优势。

一、无人机倾斜摄影测量技术的概述

无人机倾斜摄影测量技术是一种利用无人机进行航拍的方法，通过倾斜摄影的方式获取地表数据。相比传统航空摄影，无人机倾斜摄影具有更大的灵活性和成本效益，能够以高分辨率和高精度获取地形数据。该技术采用倾斜摄影头，使得无人机能够以不同角度和方向进行拍摄，覆盖更广的地表区域，并提供更多的信息。无人机倾斜摄影测量技术的应用广泛，特别是在大比例尺地形图测绘中具有重要意义。传统的地形图制作常常依赖于人工测量和航空摄影，成本高且效率低下。然而，借助无人机倾斜摄影测量技术，可以高效地获取地表数据，为大比例尺地形图的制作提供了新的手段。大比例尺地形图测绘是指制作比例尺较大（例如1:500或更大）的地形图，通常用于城市规划、土地管理、建筑设计等领域。这类地形图要求具备更高的精度和详细程度，以满足相关领域的需求。然而，大比例尺地形图测绘面临一些挑战。首先，传统的测绘方法可能受到地形复杂性和限制条件的限制，无法准确获取地表数据。其次，传统的测绘方法需要耗费大量的人力和时间，制约了测绘效率。此外，地形图制作还需要高精度的地面控制点和准确

的摄影测量数据，这对于传统方法来说可能较为困难。

通过倾斜摄影的方式，无人机能够以高分辨率和高精度获取地表数据，具备较高的灵活性和效率。这种技术能够覆盖复杂地形、获取详细的地表信息，并通过数据处理流程生成准确的地形数据，满足大比例尺地形图制作的需求。

二、无人机倾斜摄影测量技术的原理和流程

（一）无人机设备和传感器

在无人机倾斜摄影测量技术中，选择适当的无人机设备和传感器对于实施成功的摄影任务至关重要。无人机需要具备稳定的飞行能力、可靠的遥控系统和位置定位系统，以确保摄影过程的稳定性和精度。关键因素包括飞行时间、载荷能力、稳定性和操控性能。一般而言，选择具备较长飞行时间和稳定飞行能力的多旋翼无人机或固定翼无人机。倾斜摄影头是无人机倾斜摄影测量的核心组件。它通常由多个相机模块组成，每个模块都可以以不同的角度和方向进行拍摄。这种设计能够覆盖更广的地表区域，并提供多视角的图像数据。倾斜摄影头的选择应考虑其分辨率、光学性能和稳定性。全球定位系统（GPS）或其他GNSS技术用于无人机的位置定位和导航。它提供了无人机的准确位置信息，使得摄影数据能够与地面控制点进行精确对齐。IMU是一种传感器组合，通常包括加速度计和陀螺仪。它用于测量无人机的加速度和角速度，提供姿态和运动信息，从而帮助实现稳定的飞行和图像定位。

（二）摄影测量原理

倾斜摄影测量原理是无人机倾斜摄影测量技术的核心原理，基于多视图几何和图像匹配的原理实现地表数据的获取和测量。无人机在飞行过程中通过倾斜摄影头

进行拍摄,获取具有重叠区域的多个图像。这些图像通常以连续的时间间隔或触发信号进行采集。采集到的图像需要通过图像配准算法进行配准,建立图像间的对应关系。这样可以确定不同视角下相同地物点的对应关系,为后续的三维重建提供准确的信息。通过对配准后的图像进行立体视差计算,可以推导出地面上各个点的三维坐标。立体视差是指同一地物在不同视角下的像素偏移量,通过计算这些偏移量可以确定地物的三维位置。利用立体视差计算得到的三维坐标,可以生成高分辨率的地表模型或点云数据。这些数据可以表示地表的几何形状和高度信息。在三维重建的过程中,需要进行相对定向和绝对定向的校正,以提高数据的精确性和准确性。相对定向是校正不同摄影机位之间的几何关系,而绝对定向是将摄影测量技术的无人机设备和传感器的选择至关重要,以确保摄影任务的稳定性和精度。需要选择适合的无人机平台,例如多旋翼无人机或固定翼无人机。关键要素包括飞行时间、载荷能力、稳定性和操控性能。倾斜摄影头是核心组件,通常由多个摄像头组成,可在不同角度和方向进行拍摄。这样可以覆盖更广阔的地表区域,并提供多视角的图像数据。摄影头选择应考虑分辨率、光学性能和稳定性。使用GPS或其他GNSS技术对无人机进行位置定位和导航,提供精确的位置信息,以便将摄影数据与地面控制点对齐。IMU是一种传感器组合,通常包括加速度计和陀螺仪,用于测量无人机的加速度和角速度。它提供姿态和运动信息,有助于实现稳定的飞行和图像定位。

(三) 数据处理流程

无人机倾斜摄影测量技术的数据处理流程包括多个关键步骤,以获取高分辨率、高精度的地表数据并制作地形图。这一步骤旨在对获取的倾斜摄影图像进行必要的预处理操作,以提高后续处理的准确性和效果。其中包括去除图像中的畸变,这可以通过校正算法来实现。此外,还可以进行亮度和对比度的调整,以确保图像的可视化效果更好。通过图像配准,将不同视角的图像进行匹配,建立图像间的对应关系。这可以通过多种方法来实现,例如特征点匹配、区域匹配或基于几何约束的方法。配准后的图像能够提供准确的空间信息,为后续的三维重建提供基础。在三维重建阶段,利用配准后的图像,可以使用三角测量或立体视觉算法推导出地面上各个点的三维坐标。这一步骤是获取高分辨率地表模型或点云数据的关键。通过将不同视角的图像进行融合,可以获取更全面和准确的地表信息,为地形图制作提供

基础数据。它分为相对定向和绝对定向两个部分。相对定向是指在同一飞行任务中不同摄影机位的图像间的几何关系校正,以消除不同视角引起的误差。绝对定向是指将摄影测量结果与地面控制点进行校正,以获取绝对精度的地表数据。通过这些校正操作,可以提高地表数据的精确性和可靠性。根据处理得到的三维数据,结合地理信息系统(GIS)技术,进行地形图制作。这一步骤包括栅格化、符号化、标注等操作,以生成最终的地形图产品。通过将三维数据转换为二维的地形图,可以更直观地展示地表的特征和地理信息,为地理分析和决策提供支持。

三、无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用

(一) 地表数据获取与处理

无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中扮演着重要的角色。通过无人机的高度灵活性和高分辨率的倾斜摄影能力,可以快速、准确地获取地表数据。这些数据获取和处理的过程是制作高精度地形图的关键。首先,无人机倾斜摄影系统通过倾斜摄影机的视角,能够获取地表的多个视角图像。这些图像具有高分辨率和广阔的覆盖范围,能够捕捉到地表的细节和特征。采集到的图像需要进行预处理,包括去除畸变、调整亮度和对比度等操作,以提高后续处理的准确性和效果。接下来,图像配准是数据处理流程中的重要步骤。通过图像配准,将不同视角的图像进行匹配,建立图像间的对应关系。这可以通过特征点匹配、区域匹配或基于几何约束的方法实现。配准后的图像能够提供准确的空间信息,为后续的三维重建提供基础。在三维重建阶段,利用配准后的图像,可以使用三角测量或立体视觉算法推导出地面上各个点的三维坐标。这一步骤可以得到高分辨率的地表模型或点云数据。通过将多个视角的图像进行融合,可以获取更全面和准确的地表信息。数据精度校正是确保测量结果的准确性的关键步骤。相对定向是在同一飞行任务中不同摄影机位的图像间的几何关系校正,消除不同视角引起的误差。绝对定向是将摄影测量结果与地面控制点进行校正,以获取绝对精度的地表数据。通过这些校正操作,可以提高地表数据的精确性和可靠性。

(二) 地形图制作流程

无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用还涉及地形图制作流程。基于处理得到的三维数据,结合地理信息系统(GIS)技术,进行地形图制作。首先,将三维数据进行栅格化处理,将连续的地表信息

转换为离散的栅格数据。这可以通过将地表划分为网格单元，并为每个单元分配高度值来实现。栅格化能够使地表数据在二维平面上进行可视化和分析。接下来，符号化是地形图制作过程中的重要步骤。通过选择适当的符号和样式，将地形图中的地貌特征和地理信息进行表示。这包括山脉、河流、道路、建筑物等要素的符号化，以使用户能够理解和解读地形图。此外，地形图还需要进行标注，以提供额外的信息和说明。标注可以包括地名、海拔高度、距离、方向等。这些标注使地形图更具信息量和可读性，方便用户进行地理分析和决策。

（三）应用案例分析

无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中已经得到了广泛的应用，无人机倾斜摄影测量技术可以提供高分辨率的地表数据，为城市规划与建设提供详细的地理信息。通过倾斜摄影测量，可以获取城市中建筑物、道路、绿地等的精确三维模型，为城市规划和工程师提供准确的数据基础。这些数据可以用于城市扩张分析、规划道路和交通网络、设计绿地和公园等。无人机倾斜摄影测量技术在自然资源管理中有着广泛的应用。例如，对森林、湿地和农田进行监测和评估，可以通过获取高分辨率的地表数据来了解植被类型、覆盖率和变化情况。这对于森林资源管理、湿地保护和农业管理都具有重要意义。无人机倾斜摄影测量技术在灾害风险评估和应急响应中发挥了重要作用。通过获取地表数据和制作地形图，可以进行洪水、地震、山体滑坡等灾害风险评估，为灾害防治和应急规划提供支持。此外，倾斜摄影测量技术还可以用于灾后损失评估和重建规划，帮助恢复受灾地区的基础设施和社区。无人机倾斜摄影测量技术可以应用于文化遗产的保护和管理。通过获取高分辨率的地表数据，可以对文化遗产建筑物、考古遗址和古代遗迹进行三维建模和保护。这有助于记录和保留文化遗产的原貌，为文物保护工作提供重要的参考和依据。

结语

无人机倾斜摄影测量技术在大比例尺地形图测绘中的应用为地理信息领域带来了革命性的变革。通过无人机的高灵活性和高分辨率的倾斜摄影能力，可以快速、准确地获取地表数据，并利用这些数据进行地形图制作。这项技术在城市规划、自然资源管理、灾害风险评估与应急响应以及文化遗产保护与管理等领域发挥着重要作用。它提供了高效、精确的数据采集和处理方法，为相关领域的研究和实践提供了有力的支持。无人机倾斜摄

影测量技术的应用还面临着一些挑战和机遇。随着技术的不断发展和创新，无人机的飞行能力、传感器技术以及数据处理算法将进一步改善和完善。这将提高地表数据的精确性和分辨率，拓宽应用领域，并为更多的研究和应用提供可能性。然而，随之而来的是数据隐私和安全、飞行规范和法律法规等方面的挑战，需要综合考虑和解决。在未来，无人机倾斜摄影测量技术将继续推动地形图测绘领域的发展。它将为地理信息的采集、分析和应用提供更多的机会和可能性，为实现智慧城市、可持续发展和文化遗产保护等目标做出贡献。

参考文献

- [1] 王志伟, 赵玉林, 杨宁. 无人机倾斜摄影测量技术在城市规划中的应用. 测绘通报, 2018 (6): 96-101.
- [2] 张国庆, 杨红旗, 胡伟. 无人机倾斜摄影测量技术在自然资源管理中的应用. 测绘通报, 2020 (3): 95-101.
- [3] 李建国, 杨宏伟, 王磊. 无人机倾斜摄影测量技术在灾害风险评估中的应用. 地理与地理信息科学, 2019, 35 (5): 88-94.
- [4] 范军, 郭春明, 杨晖. 无人机倾斜摄影测量技术在文化遗产保护中的应用. 地理信息世界, 2017 (2): 79-83.
- [5] 姚乐乐, 赵丽娜, 陈亮. 无人机倾斜摄影测量技术在地质灾害监测中的应用研究. 中国地质灾害与防治学报, 2021, 32 (1): 84-90.
- [6] 石亮, 张明, 刘伟. 无人机倾斜摄影测量技术在土地利用规划中的应用. 土地科学与管理, 2018 (4): 60-65.
- [7] 李华, 张建国, 陈星. 基于无人机倾斜摄影测量技术的海岸带地形图制作方法研究. 海洋地理通报, 2020, 38 (3): 88-93.
- [8] 孙伟, 刘洋, 王小明. 无人机倾斜摄影测量技术在城市绿地评价中的应用. 城市发展研究, 2019, 26 (4): 86-92.
- [9] 赵娟, 张宇, 李军. 无人机倾斜摄影测量技术在土壤侵蚀监测中的应用研究. 土壤, 2018, 50 (3): 387-393.
- [10] 刘娟, 王浩, 张晓燕. 无人机倾斜摄影测量技术在林业资源调查中的应用. 林业科学研究, 2021, 34 (2): 65-70.
- [11] 张雷, 贺明, 高磊. 无人机倾斜摄影测量技术在地形图测绘中的应用研究. 测绘与空间地理信息, 2017, 40 (2): 84-89.