

# 无人机倾斜摄影测量在城市复杂地形三维建模中的应用

姚远

徐州陆港勘察测绘有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i8.1922

**[摘要]** 倾斜摄影测量技术作为新型测绘的主要数据收集方法之一,既可以得到常规航空摄影无法获取的地物立面纹理图像和几何信息,又可以迅速建立三维模型,同时具备了构建造型逼真、纹理丰富、模型精度高、制作周期短、对人工要求较低、成本低等优势。

**[关键词]** 城市; 复杂地形; 三维建模; 无人机倾斜摄影测量; 运用

中图分类号: C912.81 文献标识码: A

Application of UAV tilt photogrammetry in 3 D modelling of complex urban terrain

Yuan Yao

Xuzhou Land Port Survey and Mapping Co., LTD.

**[Abstract]** tilt photogrammetry technology as one of the main data collection method of surveying and mapping, can get conventional aerial photography cannot obtain the ground elevation texture image and geometric information, and can quickly establish a 3 d model, at the same time have the build modelling realistic, rich texture, high precision, short production period, low requirements for artificial, low cost.

**[Key words]** city; complex terrain; 3 D modeling; UAV tilt photogrammetry; application

在过去的几年里,倾斜摄影测量作为一种创新的测绘手段正在迅速发展。它打破了传统摄影测量的限制,以前只能从垂直角度拍摄,而现在可以从多个角度,包括垂直和倾斜,在测量区域上空进行拍摄。这种技术利用飞行平台搭载多个传感器,迅速并高效地捕获大量的地面影像信息,真实地展现了地面的实际情况。相比之下,传统的航空摄影测量技术对气候条件和机场的依赖性较大,测量周期长,成本高,而且工程量大,效率低下。然而,无人机倾斜摄影测量技术克服了这些问题。它能够获取厘米级高分辨率的垂直和倾斜影像,通过全自动空三加密技术进行全自动纹理映射,从而创建三维模型。这些三维模型能精确地提供地物的地理坐标,并且能准确地展示地物的细节特征。随着“智慧城市”等理念的普及,无人机倾斜摄影测量已成为现代测绘技术的重要发展方向之一。它在城市实景三维建模中具有广泛的应用前景,这使得对三维模型的质量和准确性提出了更高的要求。

## 1 无人机倾斜摄影测量的概述

### 1.1 无人机倾斜摄影测量定义及原理

无人机倾斜摄影测量是指利用无人机搭载多台相机,从多个角度对目标区域进行拍摄,获取高清晰度的影像数据,并利用相关软件进行数据处理和分析,最终得到目标区域的测量结果和地形信息。

无人机倾斜摄影测量的原理主要基于摄影测量学和计算机

视觉技术。通过从不同角度拍摄照片,可以获取目标区域更全面的信息,弥补了传统正射影像只能从垂直角度拍摄的缺陷。同时,利用计算机视觉技术对获取的影像数据进行处理和分析,可以实现自动化、快速、高精度的测量和地形重建。无人机倾斜摄影测量的应用非常广泛,可以用于城市规划、土地调查、灾害监测、环境保护等领域。例如,在城市规划中,无人机倾斜摄影测量可以快速获取城市建筑和地形信息,为城市规划提供科学依据;在土地调查中,无人机倾斜摄影测量可以高效地监测土地利用情况,为土地管理和决策提供数据支持。无人机倾斜摄影测量的优点在于其高效、快速、灵活、精度高、成本低等。随着无人机技术的不断发展,无人机倾斜摄影测量的应用前景将更加广阔。

### 1.2 无人机倾斜摄影测量的应用优势和局限

#### 1.2.1 无人机倾斜摄影测量的应用优势

第一,高效性与经济性。无人机倾斜摄影测量技术以其高效和经济性在测量领域崭露头角。传统的测量方法费时费力,而无人机倾斜摄影测量技术则能快速获取地面信息,大大节省了人力、物力和时间成本。同时,无人机操作简便,降低了运营成本。第二,高精度与高分辨率。无人机倾斜摄影测量技术能够获取多角度的影像数据,这比传统航拍更精确。它能够提供厘米级甚至毫米级的测量精度,满足各种高精度需求。无论是地形地貌的描绘,还是建筑物结构的分析,它都能提供高分辨率的影像。第

三,强大的兼容性。无人机倾斜摄影测量技术适用于各种无人机平台,如固定翼无人机、无人直升机、多旋翼无人机等。这使得该技术在各种环境和场景中都能发挥出色。无论是在国土调查、城市规划的大面积区域,还是在工程测量、农业监测的小范围场所,它都能胜任。第四,即时性强。无人机倾斜摄影测量的另一大优势是实时性强。它能实时传输拍摄的影像数据,使操作人员能实时监控拍摄效果,及时调整参数,确保数据的准确性和可靠性。用户也能快速获取所需的测量结果,大大缩短了项目周期。

### 1.2.2 无人机倾斜摄影测量的局限性

第一,受天气条件影响。无人机的飞行和拍摄易受天气条件影响。恶劣的天气条件如大风、暴雨、雾霾等不仅影响无人机的正常飞行,还可能降低拍摄影像的质量,增加后期处理的难度。因此,在应用无人机倾斜摄影测量时,需充分考虑天气因素对测量结果的影响。第二,地形条件限制。在复杂地形区域,如高山、峡谷等地,无人机的飞行和拍摄会受到很大限制。此外,密集的建筑物、树木等障碍物也可能影响无人机的拍摄视野和效果。因此,在实际应用中需充分考虑地形条件对无人机倾斜摄影测量的限制。第三,数据处理与建模技术的挑战。虽然无人机倾斜摄影测量能获取大量影像数据,但数据处理和三维建模技术仍面临挑战。例如,影像匹配、噪声去除、模型重建等方面的技术难题仍需进一步研究和改进。此外,大规模数据的处理和存储也需要高效的算法和强大的计算能力。第四,安全与隐私挑战。在无人机飞行过程中,需确保安全以避免与空中飞行器发生碰撞。同时,在拍摄过程中也要保护个人隐私和信息安全。因此,在实际应用中需制定严格的安全措施和隐私保护方案以确保无人机倾斜摄影测量的合法性和合规性。

## 2 无人机倾斜摄影测量在城市复杂地形三维建模中的应用

### 2.1 工作准备

在进行城市复杂地形的三维建模,特别是运用无人机倾斜摄影测量时,充分而周密的工作准备是确保项目顺利进行的关键。首先,对于无人机的选择与准备是至关重要的。选用适合城市环境、能够完成倾斜摄影测量任务的专业无人机平台,确保其飞行性能、搭载的相机设备以及导航系统的高效稳定。在选择无人机的同时,需确保了解当地的法规和规定,取得飞行许可证,并规划合理的飞行路径。其次,相机设备的选择和配置也是工作准备中的关键步骤。倾斜摄影测量需要搭载倾斜摄影相机,以捕捉地面目标的多个方向的影像。相机的参数设置,如焦距、曝光等,需要根据实际测绘需求进行调整,以获得高质量的图像数据。此外,确保相机设备和无人机的兼容性,以及相机的校准与标定工作,有助于提高数据的准确性和一致性。在飞行前,对于城市复杂地形的三维建模,精确的飞行计划和路径规划是不可或缺的。通过先行地理信息系统(GIS)分析,明确建模区域的地形特征、建筑结构和植被覆盖等信息,有助于确定飞行高度、相机倾斜角度以及飞行航线。同时,对于城市环境的无人机飞行,

需要考虑到建筑物、电线、通信塔等障碍物的存在,进行风险评估并调整飞行路径,确保安全合规。此外,针对复杂地形,地面控制点的布设也是工作准备中不可忽视的环节。通过在地面布设精准的控制点,可以提高后续影像的几何精度,进而提高整体建模的精度。控制点的布设需要考虑到地形的起伏、覆盖范围等因素,以确保控制点的均匀分布,并满足建模精度的要求。

### 2.2 控制点布设及测量

在进行城市复杂地形的三维建模,特别是运用无人机倾斜摄影测量时,控制点的布设及测量是确保模型精度和一致性的关键步骤。首先,控制点的布设需要考虑到建模区域的地形特征、地物分布和建筑结构等因素。通过在地面选取具有代表性的位置,涵盖整个建模区域,并考虑地形的起伏,确保控制点的均匀分布,从而能够有效地校准无人机倾斜摄影测量的图像。在进行控制点的布设时,通常需要采用全球定位系统(GPS)等高精度测量工具,确保控制点的地理坐标精确可靠。为提高精度,可以考虑采用差分GPS或实时运动学定位等技术,以减小测量误差。此外,通过使用现代地理信息系统(GIS)软件,将控制点的坐标信息与建模区域的地理特征相匹配,有助于更好地理解建模环境和优化控制点的位置。控制点的测量工作通常包括对其三维坐标的获取。这可以通过使用精密测距仪、全站仪或其他高精度的测量设备来实现。在城市复杂地形中,由于建筑物、地形起伏等因素可能会遮挡控制点,因此需要采用不同高度和角度的观测位置,确保对控制点进行全方位、多角度的观测。通过精准的测量,可以获得控制点的立体坐标,为后续的摄影测量提供高精度的基准。此外,为了提高控制点的稳定性和可靠性,可以考虑使用地面标志物或人工设施作为控制点的参考。例如,在建筑物上安装反光板或标志,以便于在图像中进行识别和匹配。这样的标志物可以增加控制点的可见性,提高控制点的识别准确性。

### 2.3 无人机航摄

在进行城市复杂地形的三维建模,尤其是采用无人机倾斜摄影测量技术时,无人机航摄是实施该过程的核心步骤之一。首先,进行航摄任务前,需要对建模区域进行全面而精细的调查和规划。通过先行地理信息系统(GIS)分析,了解城市复杂地形的地物分布、建筑结构、植被覆盖和地形特征等情况。这有助于确定飞行路径、飞行高度以及相机的倾斜角度,从而更好地满足建模的需求。选择适用于城市环境的专业无人机平台是航摄任务的第一步。这需要根据建模区域的大小、复杂度以及摄影测量的要求,选择搭载倾斜摄影相机的无人机。考虑到城市地区的空间限制和复杂地形,无人机应具备灵活性、稳定性和高度的机动性,以确保能够在狭窄的城市街区和复杂的地形中执行航摄任务。在具备合适的无人机平台后,进行详细的飞行计划。这包括确定飞行高度、相机的倾斜角度、航摄路径等参数。在城市复杂地形中,需要特别考虑到建筑物、电线、通信塔等障碍物的存在,进行风险评估并调整飞行路径,以确保无人机的安全飞行。通过使用专业的飞行规划软件,可以优化航摄路径,最大程度地提高航摄效率和数据质量。

度地提高图像的重叠度,从而获得更高质量的倾斜摄影数据。在航摄任务执行时,需要确保无人机的导航系统和飞行控制系统正常运行。现代无人机通常配备全球卫星导航系统(GNSS)和惯性导航系统(INS),以提供高精度的定位和导航。通过实时监控飞行过程,及时调整飞行轨迹,确保数据采集的全面性和准确性。相机的工作状态和参数设置也是无人机航摄中需要关注的重要方面。在航摄任务中,倾斜摄影相机通常以既定的角度进行工作,捕捉地物的多个方向。相机的曝光、焦距等参数需要根据实际场景进行调整,以保证图像的清晰度和几何精度。此外,可以考虑使用全景相机或多台相机系统,以获得更广泛的视场覆盖。在完成航摄任务后,采集到的倾斜摄影数据需要进行后期处理。这包括图像的配准、坐标的转换和图像纠正等工作,以保证数据的一致性和准确性。同时,对于城市复杂地形的建模,可以使用三维重建软件对图像进行处理,生成高质量的三维模型。

#### 2.4 空中三角测量以及模型构建

在城市复杂地形的三维建模中,采用无人机倾斜摄影测量技术后,空中三角测量以及模型构建是至关重要的步骤。首先,空中三角测量是一种通过对多个影像中同一点的观测进行几何计算,以获取其三维坐标的方法。这个过程要求对每张倾斜摄影影像进行特征匹配和配准,通过识别共同的特征点,建立影像之间的对应关系。然后,利用相机的内外参数,结合这些对应点的视差信息,进行空中三角测量计算,最终获得地物的三维坐标信息。在进行空中三角测量时,首先需要对倾斜摄影影像进行高精度的内外参数标定,以确保相机的几何参数能够准确地反映影像和真实场景之间的关系。此外,为了提高空中三角测量的精度,可以在地面设置已知坐标的控制点,并在摄影过程中用无人机拍摄这些控制点,用于提供额外的约束条件。随后,模型的构建阶段是在空中三角测量的基础上实现的。通过将获得的地物三维坐标信息转化为点云数据,形成建筑物、道路等地物的点云模型。这可以通过点云处理软件进行,其中点云数据的配准、滤波和分割等步骤将有助于提高模型的精度和真实性。特别是在城市复杂地形中,通过合理设置算法参数,能够更好地处理建筑物

之间的遮挡和地形起伏,生成更准确地点云模型。在获得点云模型后,可以通过曲面重建和纹理映射等技术,将点云数据转化为具有表面细节的真实感三维模型。曲面重建的过程可以采用多边形网格生成技术,通过对点云数据进行拟合和光滑处理,构建建筑物和地形的真实表面。在此基础上,可以将原始的倾斜摄影影像投影到模型表面,实现模型的纹理映射,提高模型的视觉真实感。

综合而言,城市复杂地形三维建模运用无人机倾斜摄影测量中的空中三角测量及模型构建是实现高质量建模的关键环节。通过精确的影像特征匹配和配准、合理的内外参数标定、控制点的使用以及点云数据的处理,可以获得准确的三维坐标信息。在模型构建阶段,通过点云数据的处理和曲面重建技术,能够生成真实感十足的城市复杂地形三维模型,为城市规划、设计和管理提供了高精度的数字化工具。这种方法在城市规划、不动产管理、自然灾害风险评估等领域有着广泛的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 黄利章.无人机仿地飞行在复杂地形水库倾斜摄影测量中的应用[J].经纬天地,2022,(004):11.
- [2] 郭伟.无人机倾斜摄影技术在矿山大比例尺地形图测绘中的应用研究[J].科技创新与应用,2023,13(25):193-196.
- [3] 贺正训.倾斜摄影测量在城市精细三维建模中的应用研究[J].经纬天地,2022,(001):11.
- [4] 焦世强.复杂地形中消费级无人机倾斜摄影测量技术研究[J].经纬天地,2022,(001):14.
- [5] 余亨源.无人机倾斜摄影测量技术在三维数字城市建模中的应用[J].低碳世界,2022,(005):012.
- [6] 于奇,高宝成,张立胜.基于无人机倾斜摄影测量的城市精细化三维建模[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022,(11):15.

#### 作者简介:

姚远(1986--),男,汉族,江苏徐州人,中级工程师,本科,研究方向:测绘地理信息。