

# 无人机测绘开启实景三维新时代

孙武斌 涂超文

江西省自然资源测绘与监测院

DOI:10.12238/gmsm.v7i7.1895

**[摘要]** 近年来,无人机测绘技术的快速发展为实景三维测绘带来了新的机遇和挑战。传统的测绘方法难以满足日益增长的高精度、高效率的测绘需求。本文概述了无人机测绘的基本概念、工作原理等,重点介绍了基于影像、激光点云和多源数据融合的三维建模技术。在此基础上,探讨了无人机实景三维测绘在地形测绘、工程施工管理、竣工验收和市政管网等领域的应用。通过无人机测绘技术的应用,可以显著提高测绘效率,降低成本,获取高精度、高真实感的三维空间数据,为工程建设和管理提供重要的信息支持。

**[关键词]** 无人机测绘; 实景三维; 应用; 新时代

中图分类号: P2 文献标识码: A

## Drone Mapping Opens Up a New Era of Realistic 3D Mapping

Wubin Sun Chaowen Tu

Jiangxi Provincial Institute of Natural Resources Surveying and Mapping

**[Abstract]** In recent years, the rapid development of drone mapping technology has brought new opportunities and challenges to realistic 3D mapping. Traditional mapping methods are unable to meet the increasing demand for high-precision and high-efficiency mapping. This paper provides an overview of the basic concepts and working principles of drone mapping, with a focus on 3D modeling technologies based on imagery, laser point clouds, and multi-source data fusion. Building on this, the paper explores the applications of drone realistic 3D mapping in terrain mapping, engineering construction management, completion inspection, and municipal pipe networks. By applying drone mapping technology, it is possible to significantly improve mapping efficiency, reduce costs, and obtain high-precision, high-realism 3D spatial data, providing important information support for engineering construction and management.

**[Key words]** drone mapping; realistic 3D mapping; application; new era

### 引言

随着现代化城市建设的快速推进,对高精度、高时效的空间信息数据的需求日益增长。传统的测绘方法,如人工测量和航空摄影测量,存在效率低、成本高、灵活性差等限制。无人机测绘技术的出现为获取高分辨率影像数据和三维空间信息提供了新的解决方案。无人机具有体积小、重量轻、机动灵活等优势,可在复杂环境下实现快速、经济的数据采集。同时,无人机搭载的高分辨率相机和激光雷达等传感器,能够获取厘米级精度的影像和点云数据,为实景三维建模和精细化管理提供了高质量的数据源。

### 1 无人机测绘技术概述

#### 1.1 无人机测绘的基本概念

无人机测绘是一种利用无人机平台搭载高性能传感器,对地面目标进行数据采集和测量的先进技术。这些传感器通常包

括高分辨率相机、激光雷达、多光谱相机等,能够获取目标区域的影像数据、三维点云数据和特定波段的光谱信息。无人机测绘通过精确的航线规划和自主飞行控制,实现了高效、灵活的数据采集过程<sup>[1]</sup>。采集得到的海量数据经过一系列的处理和分析,如影像匹配、点云滤波、三维重建等,最终生成高精度的数字地形模型、正射影像图、三维实景模型等测绘产品。与传统的测绘方法相比,无人机测绘具有测绘效率高、运行成本低、机动性强等显著优势,特别适用于小区域、高频次的测绘任务。

#### 1.2 无人机测绘的工作原理

无人机测绘的工作原理可以分为三个主要环节:航线规划、数据采集和数据处理。在执行测绘任务之前,需要根据测绘目标和精度要求,综合考虑无人机性能、传感器参数、地形特点等因素,合理规划无人机的飞行航线和高度,确保数据采集的完整性和重叠度。在航线规划完成后,无人机便可按照既定航线自主飞

行, 搭载的高分辨率相机、激光雷达等传感器会对地面目标进行多角度、多重叠的数据采集<sup>[2]</sup>。相机可以获取高清影像数据, 激光雷达可以获取高精度的三维点云数据, 这些数据为后续的处理和建模提供了丰富的信息源。数据采集完成后, 需要将海量的原始数据进行预处理、影像匹配、三维重建等一系列复杂的数据处理过程。通过影像匹配算法, 可以在不同视角的影像之间找到同名点, 计算相机的位姿和三维坐标, 生成稀疏点云。在此基础上, 运用多视角立体视觉的原理, 生成密集点云和高精度的三维模型。最终, 无人机测绘可以生成数字地形模型、正射影像图、三维实景模型等多种高精度的测绘产品, 为各行业提供重要的空间信息支持。

## 2 无人机实景三维建模

### 2.1 基于影像的三维重建技术

无人机实景三维建模中, 基于影像的三维重建技术发挥着关键作用。无人机搭载高分辨率相机, 对目标区域进行全方位、多视角、高重叠度的影像采集, 获取大量高质量的影像数据。为了从这些影像中提取三维信息, 需要运用影像匹配算法, 如尺度不变特征变换(SIFT)、加速稳健特征(SURF)等, 在不同视角的影像之间找到对应的同名点, 计算出相机的空间位姿和同名点的三维坐标, 生成代表场景结构的稀疏点云<sup>[3]</sup>。在稀疏点云的基础上, 运用多视角立体视觉的原理, 如补片化多视图立体(PMVS)、多视图环境(MVE)等算法, 通过密集匹配和深度图融合, 生成高密度的点云和三角网格曲面, 最终构建出精细逼真、纹理清晰、几何结构准确的实景三维模型。基于影像的三维重建技术充分利用了无人机灵活机动的优势和高分辨率相机的高质量影像数据, 为高效、高精度的实景三维建模提供了有力支撑。

### 2.2 基于激光点云的三维重建技术

无人机搭载激光雷达传感器, 通过主动式的测距原理, 直接获取目标物体的三维空间坐标信息, 形成高精度、高密度的点云数据, 为实景三维建模提供了另一种有效途径。激光雷达通过发射高频率的激光束, 并接收目标物体反射回波的时间和强度, 根据激光的传播速度和时间差, 计算出每个激光点的三维坐标, 形成大规模的点云数据集<sup>[4]</sup>。为了从原始点云数据中提取有用的信息, 需要运用点云处理算法, 如滤波、分割、融合等, 去除噪声点和冗余数据, 并根据几何特征和属性信息, 将点云数据划分为地面、建筑、植被等不同的类别。在此基础上, 通过三角网格化算法, 将离散的点云数据转化为连续的三角网格曲面, 并通过纹理映射和颜色插值等技术, 赋予模型真实的纹理和色彩信息, 最终生成高精度、高逼真度的实景三维模型。基于激光点云的三维重建技术克服了影像法的局限性, 能够直接获取物体的三维几何信息, 适用于复杂环境和大范围的三维建模任务。

### 2.3 多源数据融合的三维建模技术

多源数据融合技术是提升无人机实景三维建模精度和完整性的有效途径。由于单一数据源在获取三维信息时存在各自的优缺点, 如影像数据的遮挡问题、激光点云的噪声问题等, 单独使用某一种数据源难以满足高精度、高质量三维建模的需

求。多源数据融合技术旨在充分利用无人机采集的影像数据和激光点云数据的互补特性, 通过数据配准、优化等算法, 实现不同数据源之间的高精度匹配和无缝融合。数据配准是多源数据融合的关键步骤, 常用的方法包括基于特征点的配准、基于表面的配准等<sup>[5]</sup>。通过特征提取和匹配, 可以找到影像和点云之间的对应关系, 并计算最优的变换矩阵, 将不同坐标系下的数据统一到同一个坐标框架内。在完成数据配准后, 需要进一步优化融合的结果, 如利用图割、马尔科夫随机场等算法, 考虑影像和点云的局部一致性和全局优化, 生成更加准确、完整的三维模型。融合后的数据集不仅包含了影像的纹理信息, 还包含了点云的高精度几何结构, 可以生成细节更加丰富、形貌更加逼真的实景三维模型。

## 3 无人机实景三维测绘在工程测绘中的应用

### 3.1 地形测绘与地质灾害监测

无人机实景三维测绘技术在地形测绘和地质灾害监测中发挥着日益重要的作用。传统的地形测绘方法, 如全站仪测量、GPS测量等, 虽然精度高, 但效率低、成本高, 难以满足大范围、高精度地形测绘的需求。无人机搭载高分辨率相机, 通过低空飞行和影像采集, 可以快速获取大面积的高清影像数据。利用摄影测量和计算机视觉算法, 如航空三角测量、密集匹配等, 可以从影像数据中自动生成高精度的数字地形模型(DEM)和正射影像图, 为工程建设提供了详细准确的地形信息, 大大提高了测绘效率和质量。同时, 无人机实景三维测绘技术在地质灾害监测中也得到了广泛应用。针对滑坡、泥石流等地质灾害易发区, 通过无人机定期采集高分辨率影像数据, 并构建多期三维模型, 通过模型的对比分析, 可以及时发现地形变化和异常情况, 如裂缝扩展、地表位移等, 为地质灾害的预警和防治提供了重要依据。与传统的地面监测方法相比, 无人机监测具有覆盖范围广、数据获取快、安全性高等优势, 已成为地质灾害监测的重要技术手段之一。

### 3.2 工程施工现场管理与进度监控

随着无人机技术的不断发展和普及, 无人机实景三维测绘在工程施工现场管理和进度监控中的应用日益广泛。传统的施工现场管理主要依赖于平面图纸和现场巡查, 存在信息不直观、更新不及时等问题。无人机实景三维测绘通过定期对施工现场进行低空倾斜摄影和激光扫描, 获取高清影像和点云数据, 并利用三维重建算法, 生成施工现场的高精度实景三维模型。通过将实景三维模型与BIM模型进行融合, 可以实现施工现场的三维可视化管理, 直观展示施工进度、材料堆放、设备布置等信息, 为现场管理提供了直观、准确的数据支撑。管理人员可以通过三维模型, 及时发现施工偏差和质量隐患, 优化施工方案和资源调度, 提高施工效率和质量。此外, 通过对不同时期的实景三维模型进行对比分析, 可以量化评估工程进度, 生成施工进度曲线和完成百分比等直观的进度指标, 为进度控制和决策优化提供依据。无人机实景三维测绘为工程施工现场管理和进度监控提供了新的技术手段, 提高了管理的精细化和信息化水平。

### 3.3 工程竣工验收与精细化管理

工程竣工验收是工程建设的重要环节,关系到工程的质量和后续运维管理。无人机实景三维测绘技术在工程竣工验收和精细化管理中得到了广泛应用,极大地提高了验收效率和精度。传统的竣工验收主要依赖于人工测量和资料审核,存在工作量大、时间长、精度不高等问题。利用无人机对已建成的建筑物和构筑物进行低空高清影像采集和激光扫描,通过三维重建技术,可以生成毫米级精度的实景三维模型,真实再现建筑物的外观、结构和空间关系。基于实景三维模型,可以开展工程量计算、尺寸检查、空间碰撞分析等工作,自动识别设计和施工中的问题,提高验收的准确性和全面性。验收完成后,高精度的实景三维模型可作为工程档案的重要组成部分,用于后续的运维管理和改造升级。管理人员可以通过三维模型,直观了解建筑物的空间结构和设备布局,进行虚拟漫游和模拟演练,优化运维方案和应急预案。无人机实景三维测绘技术为工程竣工验收提供了高效、准确的技术手段,推动了工程管理的精细化和数字化发展。

### 3.4 市政管网与地下空间测绘

在城市地下空间日益拥挤和复杂的今天,市政管网和地下空间的测绘与管理面临着新的挑战。传统的地下管线测绘主要依赖于人工探测和现场勘查,存在工作强度大、精度不高、数据更新滞后等问题。无人机实景三维测绘技术为市政管网和地下空间的测绘与管理提供了新的解决方案。通过在地下管廊和空间内部部署无人机,搭载高分辨率相机和激光雷达等传感器,对管线和空间进行全方位、高精度的数据采集。利用三维重建算法,生成管网和空间的高精度三维模型,包括管线的空间位置、尺寸、材质等属性信息,以及空间的结构、设施、通道等要素。基于三维模型,可以直观展示复杂的地下管网和空间结构,进行可视化的管理和分析。管理人员可以通过三维模型,快速定位管线的位置和故障点,优化管网的布局和维护策略,提高应急抢修的效率。同时,无人机实景三维测绘技术还可以应用于地下工程的设计、施工和运维管理,通过与BIM模型的融合,实现地下工程的全生命周期管理。无人机实景三维测绘技术为市政管网和地下空间的测绘与管理开辟了新的途径,提高了管理的效率和水平,为城市的可持续发展提供了重要的技术支撑。

### 4 无人机测绘开启实景三维的未来展望

无人机测绘技术的快速发展,为实景三维测绘开启了新的时代。高分辨率影像和激光雷达等传感器的不断升级,使无人机

获取的数据更加精细和全面。人工智能、大数据等前沿技术与无人机测绘的深度融合,将进一步提升数据处理和三维建模的自动化水平和智能化程度。未来,无人机实景三维测绘将在智慧城市、数字孪生、自动驾驶等领域发挥越来越重要的作用,为城市管理、工程建设、环境监测等提供高精度、高时效、高真实感的三维空间信息服务。同时,无人机测绘也将与5G通信、云计算等技术紧密结合,实现海量三维数据的高效采集、传输和处理,促进实景三维测绘向更加智能化、网络化和服务化的方向发展。

### 5 结束语

无人机测绘技术的发展为实景三维测绘开启了新的篇章。随着高分辨率传感器、人工智能和大数据等技术的不断进步,无人机测绘将迎来更加广阔的应用前景。未来,无人机实景三维测绘将在智慧城市、数字孪生、自动驾驶等领域发挥越来越重要的作用,为城市管理、工程建设、环境监测等提供高精度、高时效、高真实感的三维空间信息服务。同时,无人机测绘也将与5G通信、云计算等技术深度融合,实现海量三维数据的高效采集、传输和处理,促进实景三维测绘向更加智能化、网络化和服务化的方向发展,为社会各领域提供更加高效、精准的空间信息支持。

### [参考文献]

- [1]李阳靖,陈志,罗超.无人机倾斜摄影在平立面一体化测绘中的应用[J].测绘通报,2024(S2):201-203+238.
- [2]李宇国,张自辉.实景三维建模技术在消落区景观打造中的应用[J].经纬天地,2024(04):60-63.
- [3]侯忠伟.基于无人机倾斜摄影测量的大比例尺地形图测绘方法研究[J].工程技术研究,2024,9(16):220-222.
- [4]王明爽,卢廷军.面向智慧城市的数字孪生实景三维建模方法研究[J].测绘与空间地理信息,2024,47(08):89-92+96.
- [5]王凯,李伟,祖维涛.基于无人机影像的三维模型地形图绘制方法[J].长江信息通信,2024,37(08):8-11.

### 作者简介:

孙武斌(1990--),男,汉族,江西吉安人,本科,助理工程师,研究方向:测绘工程。

涂超文(1996--),男,汉族,江西南昌人,本科,助理工程师,研究方向:测绘工程。