

# 无人机载激光雷达在地形测绘中的应用

李 蒙

内蒙古自治区测绘地理信息中心 内蒙古自治区 呼和浩特 010010

**摘要:** 无人机搭载激光雷达模块、高精度惯导、测绘相机、云台等模块,能够形成一体化的地形测绘方案,轻松实现全天候、高效率实时三维数据获取以及复杂场景下的高精度后处理重建。以下对无人机载三维激光雷达在地形测绘中的应用进行了探讨。

**关键词:** 无人机; 激光雷达; 地形测绘

引言: 无人机搭载相机进行地形测绘已经在各行各业进行了广泛的应用,随着激光雷达的高度集成化,设备在重量大大减轻,为无人机搭载激光雷达创造了条件,激光雷达具有相机无法比拟的优势,其精度高、穿透性强、能够全天候作业,逐渐成为研究的新宠。

## 1 无人机激光雷达系统概述

无人机激光雷达系统是无人机应用中的一个重要技术,可以用于建筑、水利、农业、林业等领域的地形测量和三维地形扫描。它能够利用激光雷达技术快速、准确地获取三维地形数据,并通过与GPS等位置技术相结合的方法,实现对要点地方的定位、定高和周界构建。接下来,我们来详细了解一下无人机激光雷达系统的技术原理和应用方法。

### 1.1 技术原理

无人机激光雷达系统由激光雷达设备和无人机组成。其中,激光雷达是主要的数据采集器,它通过激光脉冲扫描的形式,对地面物体进行探测和测量,获取地表面和地貌的三维数据。激光雷达发射的激光脉冲在地面反弹后,通过依次接收对激光反射的时间,测量出每个激光脉冲的三维坐标信息。激光雷达采集到的数据需要与GPS定位系统相结合才能得出精确的地面三维数据模型。无人机的GPS定位系统主要用于定位无人机在空间中的位置。该系统可以记录无人机的运动轨迹,实现交通运输、土地变化、建筑物变化的监测,同时也是进行地形模型、数字制图、3D可视化等任务的基础。

### 1.2 应用方法

无人机激光雷达系统的应用主要分为地形测量和三维地形扫描两种方式。(1)地形测量。作为一种快速高效的地形测量方法,无人机激光雷达系统可以用于创建三维模型、地图制图和高程计算。通过无人机系统采集的数据,可以实现地形数据的高精度测量和成图,也可以实现对复杂地形条件下的道路、桥梁和建筑物等设施

的测绘。同时,它还可以在不同分辨率下,对地形表面进行量化、分类、提取和分析,为环境保护和资源管理提供支持。(2)三维地形扫描。无人机激光雷达系统还可以通过扫描获取大面积范围、高精度的三维地形数据,用于服务于如农业生产、城市规划等多个领域。无人机系统可以在不受时间、地域限制的情况下,对目标地区进行统一的扫描,快速获得3D模型,进而对地形进行分析和处理<sup>[1]</sup>。

### 1.3 总结

无人机激光雷达系统具备高精度、高效率、高自由度等特点,其应用领域十分广阔。未来,随着无人机激光雷达技术的不断升级和完善,配合人工智能和大数据等技术的发展,无人机激光雷达系统将在农业、地质矿产勘探、水利水电等领域拥有更广阔的应用前景。

## 2 无人机载激光雷达在地形测绘中的应用

### 2.1 测区概况

该测区位于山区,总面积约为200平方公里,地形起伏较大,最高海拔约为2000米,最低海拔约为300米。由于地形崎岖,交通不便,传统的测绘技术难以满足工程测绘的需求,因此需要采用新型测绘技术来完成精确的地形测绘。由于无人机载激光雷达具有高精度、高效率、高精度等优点,因此被选为本次地形测绘的主要技术手段。首先,研究团队采用了先进的无人机载LIDAR设备,其搭载了高精度GPS定位系统、惯性导航系统以及飞行控制系统等,并严格按照操作规范进行操作,以保证测量精度。其次,研究团队充分整合获得的数据,通过数据处理软件对高密度点云数据进行数据融合和分割,去除掉误差点和杂乱点,最终实现生成高精度的数字地形模型(DTM)和数字高程模型(DEM)的目的。总之,通过无人机载激光雷达技术的应用,能够高效、准确地获取复杂地形数据,大大提高了地形测绘效率和质量。因此,在山区地形测绘等领域,无人机载激光雷达技术的

应用前景广阔，未来将拥有更广泛的应用场景。

## 2.2 像控点的布设和测量

在使用无人机激光雷达系统进行地形测绘时，精确的像控点是保证测绘结果精度的重要保证。像控点的布设应根据地面地貌、数据密度和点采集的灵敏度等因素综合考虑。通常，像控点应该均匀分布，覆盖全部测绘区域，并且数量应该足够多，以保证数据的可靠性和精度。像控点的测量要求准确，主要包括像点坐标、地面地貌点的三维坐标及其精度，对于大面积测绘区域，还需要进行标高测量以进行水准对准，以保证后续处理精度。

(1) 像控点的布设。在进行像控点的布设时，需根据地图的比例尺、数据密度等因素进行合理规划。一般情况下，像控点之间要超过3倍的紧密度，以避免数据重复和浪费。为了提高像控点的质量，每个点的应覆盖一个面积范围，未被景物遮挡等条件下多次扫描以提高精度，如这样的配合可以保证像控点在地形测量中的准确性。(2) 像控点的测量。对于像控点的测量，主要包括获取像点坐标、地面地貌点的三维坐标、标高等信息。像点坐标通过测绘仪器的计算机视觉系统来测量，测量时应保证像点重合精度高于0.2像素，测量结果需要进行校正和精度评定。地面地貌点的三维坐标需要靶标点进行标记，获取靶标点的三维坐标可以通过全站仪或GPS仪器获得。在进行标高测量时，需要覆盖足够多的样本，控制标高的可靠性和准确性。在实际测绘中，像控点的布设和测量是一个比较复杂的过程，需要依据具体情况进行综合考虑和规划，以保证测绘数据的精确性和可靠性。

## 2.3 测绘数据获取

(1) 数据采集。为了确保测绘的数据具有适当的密度和质量，需要选择合适的飞行方案和数据采集参数，例如采集点密度、飞行条带宽度、飞行高度和速度、点采集频率等参数。根据测量任务需求，数据采集方案应该考虑以下几个因素：1) 地形物体的特性和复杂程度：地形物体的特性和复杂程度不同，采集方案也应有所区别。在地势平缓、地形物体简单的区域，可以采用较大的飞行高度、较大的飞行速度和较少的采集条带宽度，可以大大提高采集效率和数据处理效率；在地形物体复杂、地势崎岖的区域，应采用较低的飞行高度、较小的飞行速度和较小的采集条带宽度，以保证数据的稳定性和精度。2) 数据采集设备和工具：数据采集设备和工具对数据质量也有着重要的影响。激光雷达扫描时激光束的扫描频率、数据采集系统的精确度、惯性导航系统的稳定性、通信系统的可靠性等都会影响数据的采集精度和有效性。3) 地形覆盖面积：地形测绘面积的大小也会

对采集方案产生影响。如果需要测绘的区域面积较大，则需要采用多个无人机同时进行测量，或通过采用更先进的传感技术以提高采集效率。(2) 数据处理。在数据采集后，需要对采集到的大量点云数据进行处理，以获得可视化的测绘数据。数据处理的主要任务包括点云数据去噪、配准、过滤、三角网格生成等操作。根据待测地形特点、采集设备的性能等因素，为了尽可能的减少误差，数据处理过程应该结合实际情况进行分析和处理，采用合适的处理方法提高数据的精度和质量。(3) 数据质量控制。无人机激光雷达系统在地形测绘中采集的数据质量受到多个因素的影响，如无人机飞行姿态的稳定性、大气温差的影响、数据采集系统的限制等，为了确保数据的真实性、客观性和准确性，需要进行质量控制，尽可能降低误差。在数据质量控制过程中，需要采用多尺度、多层检查的方法进行数据一致性过检查，特别是在采集崎岖地形和有植被覆盖的地段数据时，设置合适的控制点和像控点，定期进行数据的比对和校正，避免采集过程中可能产生的偏差和误差<sup>[2]</sup>。

## 2.4 数据处理

在无人机激光雷达系统的数据采集过程中，获取的数据点云数量庞大，对于数据的处理可以通过点云处理软件来实现。以下将从数据去噪、坐标配准、地物提取、三维模型生成等方面介绍无人机激光雷达系统的数据处理方法。(1) 数据去噪。激光雷达在采集数据时可能会受到不可避免的干扰，比如树叶、建筑物等。这些干扰物导致采集到的数据中出现许多不符合实际地形形态的“噪点”。因此，在数据处理中，需要通过去噪技术将这些噪点剔除，以达到更准确的地形表达。常用的去噪方法有高斯滤波、中值滤波、基于距离值的离散滤波等。(2) 坐标配准。在无人机激光雷达系统的数据采集过程中，由于固定的误差和非均匀地球形状等原因，选择相同坐标系下监测点的高程值，通过坐标配准修正激光雷达系统测量精度，避免在模型中表现出现实数据不吻合的现象。一般通过使用全球定位系统(GPS)和惯性测量单元(IMU)等外部设备来进行数据坐标配准。坐标配准的目的是将采集到的原始数据与真实的地形表达相对应，提高数据的表达准确率和稳定性。(3) 地物提取。地物提取是利用点云数据分离出地物和地表点所处的位置。通常地物提取分为两步，首先去除掉地面的噪点，接着提取点云中物体的包围盒或几何特征，并通过对这些特征进行分类分析，比如突壳体积和角度分析，进行地物判断和描述。因此，在地表点的基础上，需要使用地物提取技术提取出各类地物的三维空间信

息, 以便于后续的三维模型生成和地图制作。(4) 三维模型生成。对于采集到的激光雷达数据, 通过三维模型生成技术将点云数据进行处理, 绘制出真实的地形表现。三维模型生成是无人机激光雷达系统数据处理的最目标之一, 将采集到的点云数据进行加工处理, 以形成更加生动、贴近现实的三维地图。

### 2.5 点云数据成图

在无人机激光雷达系统中, 采集到的数据是点云数据, 需要将其处理成图像数据进行后续的分析应用。点云数据成图是指将采集到的点云数据处理成能够实现可视化的地图或模型。下文将从点云数据的预处理、生成数字表面模型、成图等方面介绍无人机激光雷达系统点云数据成图的方法。(1) 点云数据预处理。在点云数据处理成图之前, 需要进行预处理, 包括去除噪点、地物提取和配准等处理。去除噪点可以提高点云数据的质量, 对于建筑、道路、车辆等地物的提取则可以使得点云数据更加贴近实际地形形态。配准则可以使得点云数据坐标系与实际坐标系更加接近。点云数据预处理阶段的目的是为了保证后续成图工作的质量。(2) 数字表面模型生成。经过预处理后, 点云数据可用于生成数字表面模型(DSM), 通常DSM可用于制作数字高程模型(DEM)及三维模型。DSM是一种离散的三维地表表面数据, 通常使用TIN(三角形不规则网络)或constrainedDelaunay三角形网格算法生成。常见的融合算法如TIN-Fusion、HAT(Height-Above-TIN)法等, 它们通过处理DSM和激光点云数据, 将两者融合, 并形成尽可能贴近原数据的三维表面模型。生成DSM是无人机激光雷达系统点云数据成图的一个重要步骤, 可以为后续的图像处理提供更多数据。(3) 成图。当DSM生成完成后, 可以采用不同的图像处理软件, 例如GlobalMapper、ENVI、ArcGIS等生成地形图或地图产品。可以通过设置图像的显示范围、颜色填充、线条粗细等参数, 对地形图或地图产品进行编辑和美化, 以满足各种专业需求和实际应用。成图的目的是将成果图输出给用户或客户, 为后续的空间信息应用提供基础数据<sup>[3]</sup>。

### 3 无人机激光雷达在地形测绘中的应用展望

无人机激光雷达在地形测绘中的应用, 在不断地发展和拓展中, 未来的展望也非常广阔。首先, 随着技术的发展和成熟, 无人机载激光雷达的设备和工具将会变得更加智能和便携, 以适应更复杂的应用场景和环境。其次, 在数据获取和处理方面, 无人机激光雷达技术将会越来越成熟与准确, 可以获得更加精细的地形数据。同时, 随着技术的发展, 数据的处理与分析能力也将逐步提升, 可视化和数据挖掘等技术将会应用到更广泛的领域。除此之外, 无人机载激光雷达在未来的应用也可以拓展到更广泛的领域, 比如军事、地质、遥感、环境甚至是社会管理等领域。同时, 在城市地形测绘等领域, 无人机激光雷达技术也将会发挥出它巨大的应用潜力, 如捕捉建筑物外部和内部的地形数据, 提高城市规划和环境监测的效率和准确性。

### 结语

机载激光雷达发射的激光脉冲对于植被具有一定的穿透作用。在对森林等区域进行测量时, 存在着树木等植被的枝叶遮挡的情况, 这对测量的结果会有较大的影响。机载激光雷达技术发射的激光脉冲信号对植被具有一定的穿透能力, 可以很大程度上减少植被枝叶遮挡造成的信息损失, 获取森林地区的真实地形数据。机载激光雷达技术获取的数据精度较高, 测绘获取的数据的精度, 是评价该技术的重要方面和指标。机载激光雷达技术能快速获取大范围区域的地面目标的空间坐标, 获取的坐标具有较高的精度, 保证了数据的可用性。

### 参考文献

- [1]孙锐, 谢爽, 毋斌.基于无人机激光雷达的地形测量数据处理与分析[J].安全, 2018, 8(7): 109-110.
- [2]王丽.基于无人机激光雷达地形测绘的技术浅析[J].商务技能, 2020, 39(11): 126-127.
- [3]赵剑明, 袁彦龙, 孙俊超.基于无人机激光雷达的城市蓝线测量与应用[J].测绘与空间地理信息, 2017, 40(12): 127-129.