

Application strategy of airborne laser scanning technology in “multi-measurement integration” work

Yifei Li Sen Zhang

Wuhan Real Estate Surveying Center, Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

Unmanned aerial vehicle-mounted laser scanning technology, as a surveying technique that leverages drones to carry out laser scanning, boasts diverse advantages and plays a significant role in current surveying work. With the development of the surveying industry, to avoid the shortcomings and deficiencies of single surveying technologies, integrated surveying has gradually become a necessity for the industry. This requires relevant personnel to integrate various surveying technologies, fully leveraging their strengths to ensure the accuracy of surveys. In the integrated surveying process, drone-mounted laser scanning technology is a crucial component, necessitating enhanced research and analysis by relevant personnel. By combining the practical aspects of integrated surveying, it is essential to analyze the advantages of drone-mounted laser scanning technology and develop application strategies.

Keywords

drone; Laser scanning; Integration of multiple tests

无人机机载激光扫描技术在“多测合一”工作中的应用策略

李逸飞 张森

武汉市房产测绘中心, 中国·湖北 武汉 430000

摘要

无人搭载激光扫描技术作为借助无人机搭载激光扫描技术的一项测绘技术, 具有多样化的优势, 在现阶段测绘工作中发挥重要作用。随着测绘行业的发展, 为了规避单一测绘技术的不足与缺陷, 多测合一逐渐成为测绘行业的需要, 要求相关人员将多种测绘技术进行整合, 充分发挥各种测绘技术的长处, 保证测绘的精准度。多测合一环节, 无人机载激光扫描技术作为其重要组成, 也就需要相关人员加强对该技术的研究与分析, 结合多测合一的实际, 对无人机载激光扫描技术的优点进行分析, 并制定应用策略。

关键词

无人机; 激光扫描; 多测合一

1 引言

随着科学技术的发展, 无人机作为先进技术手段的一种, 发展十分迅速, 而且鉴于无人机的灵活性以及迅速性等特点, 无人机搭载激光技术逐渐成为测绘的关键性技术。该技术具有灵活性、全面性、时效性以及精准性等优势, 在现代化的测绘中发挥重要功能。多测合一需要多种测量技术的结合应用, 要求测量人员结合多种测量技术的优势, 将测绘对象的整体数据进行收集。无人机搭载激光作为测绘技术的一种, 在该环节的应用就十分必要。本文就从多测合一入手, 分析其内容, 并且结合无人机搭载激光技术, 分析无人机在该环节的作用, 并制定合适的应用策略。

2 无人机机载激光扫描技术与多测合一概述

无人机机载激光扫描技术是一种利用激光脉冲扫描地面或物体, 并通过反射信号计算距离和生成高精度三维模型的技术。该技术结合了无人机的飞行能力和激光扫描的高精度特点, 广泛应用于测绘、地理信息系统(GIS)、环境监测、考古学、林业等领域。

多测合一(Multi-Sensor Integration)是指将多种不同的测量技术、设备和传感器集成到一个系统中, 以提高数据采集的效率、精度和应用范围的工作。通过融合不同类型的数据, 可以得到更加全面、准确的信息, 适用于地理信息采集、环境监测、城市规划、灾害评估等领域^[1]。一般而言, 多测合一具有数据互补、提高精度、提高效率以及应用场景丰富等诸多优势。

【作者简介】李逸飞(1990-), 男, 中国湖北武汉人, 本科, 工程师, 从事工程测量研究。

3 无人机机载激光扫描技术在“多测合一”工作中的优势

在多测合一的工作环境中，无人机机载激光扫描技术（LiDAR）具有显著的优势。

3.1 可以进行高精度的地形和物体数据获取

激光扫描技术能提供毫米级的精度，尤其在大范围、复杂地形的测量中，其精度远高于传统的摄影测量技术。结合高清摄像头或其他传感器，可以通过点云与图像的融合得到更加精细的三维模型，全面提升数据的准确性。

3.2 可以为数据融合提供丰富的信息

结合 LiDAR 数据与其他传感器（如高清相机、多光谱传感器、热成像仪等），可以获取更全面的数据。例如，LiDAR 可以提供地形的三维模型，而相机则可以提供详细的视觉图像。将两者结合，不仅能够更准确地分析地面形态，还能对环境变化、植被分布等进行全面评估。

3.3 实现了高效率的快速数据采集

无人机机载激光扫描系统能够在短时间内覆盖大面积区域，快速获取高精度的地理空间数据。在多测合一的工作中，无人机能同时搭载多个传感器（例如 LiDAR 与相机），进行同步数据采集，提高数据采集效率，减少人工测量的时间和成本。

3.4 可以适应复杂和难以到达的区域

无人机具备灵活的飞行能力，可以轻松进入传统测量设备无法到达的地方，如森林、山区、城市密集区、高空建筑等。结合激光扫描和其他传感器，能够有效地完成这些区域的高精度数据采集，确保覆盖更广泛的测量范围。

综上所述，无人机机载激光扫描技术在多测合一工作中具备多种优势，能够有效地提高数据采集和分析的全面性、快速性和精准性，通过与其他传感器的协同工作，它可以为综合决策提供丰富的数据支持。

4 无人机机载激光扫描技术在“多测合一”工作中的应用策略

4.1 重视与其他传感器的协同以及数据融合

传感器协同指的是将无人机机载激光扫描技术与其他传感器一起工作，以实现信息互补和更高效地作业。再结合数据融合，就能够将无人机收集到的数据与其他设备结合，保证多测合一数据的全面性。

传感器结合环节，首先可以高分辨率相机与激光扫描仪协同，获取彩色图像数据，结合点云数据生成真实的三维模型，提供更高的可视化效果。例如，点云数据可以为场景提供精确的空间信息，而图像可以提供颜色、纹理等额外的信息。其次，可以借助红外传感器结合激光扫描技术进行高精度热成像与温度分布的测量，适用于灾后评估、建筑热效率评估等应用。LiDAR 为红外图像提供地形基础数据，帮助更准确地定位温度变化区域。

数据融合环节，首先要重视空间数据融合，空间数据融合涉及将不同传感器获取的空间数据（如 LiDAR 的点云数据、相机的图像数据、GNSS/INS 的定位数据等）进行合成，生成综合的三维模型或地图。这种融合的目的是将每种传感器的优势互补，形成准确、细致的空间数据模型；其次要重视时间数据融合，时间数据融合涉及对来自不同传感器的时间序列数据进行集成处理，通常适用于动态监测任务，如实时环境监测或灾后评估。不同传感器采集的数据可能具有不同的时间戳和更新频率，因此需要对其时间维度进行同步；然后要重视多模态数据融合，多模态数据融合指的是融合不同类型的传感器数据（如激光扫描、图像、温度、光谱等）进行综合分析。此种融合有助于全面分析地物特征和环境变化。例如，LiDAR 数据提供地形、地貌等基础信息，而其他传感器（如红外、超声波等）提供附加的功能性数据。结合这些传感器数据，可用于多种复杂任务，如灾后损毁评估、建筑物结构检测等。

综上，在多测合一的应用中，传感器协同与数据融合可以最大限度地利用不同传感器的优势，生成更加全面、精准的空间信息。

4.2 重视飞行路径的规划设计

无人机机载激光扫描技术在信息获取环节，飞行路径的规划十分重要，直接影响信息获取总量、精准度以及作业效率，就需要测绘人员合理设计。

一方面，不同的传感器（如 LiDAR、相机等）有不同的覆盖范围和分辨率要求。例如，LiDAR 的扫描范围、扫描频率、点云密度等都会影响飞行路径的选择。飞行路径需要确保在预定飞行高度下，LiDAR 传感器能够覆盖足够的地面区域。而且不同区域的大小和形状影响飞行路径的选择。对于大面积、规则形状的区域，采用矩形或规则的航线规划较为简单；而对于复杂形状的区域，需要根据实际情况进行特殊规划^[2]。需要注意的是，飞行高度直接影响激光扫描的精度和点云密度。较低的飞行高度可以提高点云数据的密度和精度，但飞行时间会增加；较高的飞行高度则可能导致数据精度下降。需要根据任务需求合理选择飞行高度，保持精度和效率的平衡。

另一方面，需要合理选择飞行路径规划的技术方法，首先是栅格化路径规划（Grid-Based Path Planning）。这种方法将目标区域被划分为规则的网格，每个网格代表一个扫描单元。飞行路径规划基于这些网格，通过保证无人机飞行路径覆盖每个网格来确保区域的完整覆盖。该方法适用于目标区域规则且较为简单的场景；其次要重视航向角调整与路径优化（Heading Angle Adjustment and Path Optimization），对于复杂地形或特殊形状的目标区域，飞行路径规划需要根据地形起伏和目标区域的特征进行航向角调整。通过对飞行路径的航向角进行优化，可以减少传感器的数据重叠，提高数据采集效率；此外，动态路径规划技术能够根据实时的飞

行环境和任务要求调整飞行路径。这对于复杂地形（如山区、河流、城市等）尤为重要。通过动态路径规划，能够实时规避障碍物，保证数据采集的完整性和飞行安全。

综上，无人机机载激光扫描技术在多测合一工作中的飞行路径规划至关重要。优化的飞行路径能够有效提高数据采集效率和精度，降低成本和飞行风险。

4.3 重视环境影响的规避

在多测合一工作中，无人机机载激光扫描（LiDAR）技术可能面临诸多环境风险，需要相关人员合理设计，以规避环境的影响。

首先，无人机的飞行和 LiDAR 数据采集对天气条件有较高的要求。极端天气条件可能影响飞行安全以及激光扫描的准确性。比如，降水会影响激光束的传播，导致激光信号反射不稳定，最终影响数据的质量。需要定期监测天气预报，避免在恶劣天气条件下进行飞行任务。再比如，强风可能导致无人机飞行不稳定，影响其姿态控制，需要设定风速上限，并通过飞行前评估确认当天风速是否符合飞行标准。还需要选择适宜的工作温度范围。配备适当的电池保温措施，并进行飞行前电池测试，确保电池性能正常。

其次，无人机飞行时，复杂的地形和障碍物（如建筑物、树木、山脉、电力线等）是潜在的飞行风险因素。要求相关人员飞行前进行区域勘查，利用高分辨率的地图和 3D 建模技术识别飞行路径中的障碍物。使用避障系统（如 LiDAR、视觉传感器等）实时监测飞行过程中可能出现的障碍物，并通过飞行计划避免这些障碍物。

然后，电磁干扰可能影响这些系统的正常工作，导致飞行失控或数据丢失。就需要确保飞行区域内没有强电磁干扰源，如高压电线、雷达站、通信基站等。可以通过飞行前对电磁环境进行评估，避开这些干扰源。如果需要在这些区域工作，选择具有抗干扰能力的设备。

综上，通过采取适当的规避措施，可以大大降低飞行中的环境风险，确保数据采集的准确性与飞行的安全性。

4.4 保证数据精准度

在多测合一工作中，无人机机载激光扫描技术（LiDAR）作为一种高精度的地形和物体测量手段，其数据的精准度控制至关重要（如图 1 所示）。首先要进行系统校准与标定，需要开展激光扫描仪的内外部参数标定，如扫描角度、激光束的偏差等。定期检查激光扫描仪的性能，避免因硬件故障或变化导致数据精度下降。还需要使用已知坐标点或标准目

标（如地面控制点）来验证和标定 LiDAR 系统，以确保数据的准确性；其次要开展数据质量控制，增加激光扫描的点密度有助于提高数据的空间分辨率。需要在不同的飞行任务中，选择合适的扫描密度，根据目标区域的特征进行调整^[3]。例如，森林或城市建筑区域需要较高的点云密度；然后要开展数据后处理与精度提升，为了提高位置精度，可以使用差分 GPS（DGPS）技术。通过设置地面基准站接收 GPS 信号，实时修正无人机接收到的 GPS 信号，从而提高定位精度。

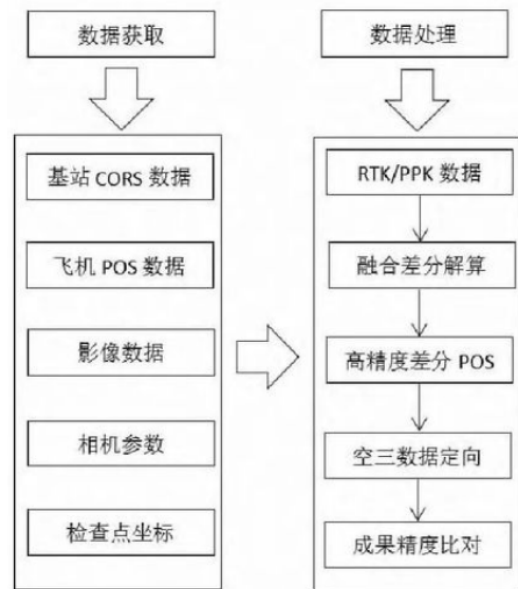


图 1 无人机激光扫描的信息获取与处理

5 结语

在多测合一工作中，结合无人机机载激光扫描技术与其他传感器的应用，可以通过高效飞行规划与路径设计、环境适应性与风险管理、数据质量控制与精度验证应用等手段实现。通过这些策略的有效实施，可以实现高效、精准、多维度的数据采集和分析，满足各类应用需求。

参考文献

- [1] 贾敬涛. 无人机机载激光扫描技术在“多测合一”项目中的应用[J]. 城市勘测, 2025, (01): 94-96.
- [2] 杨利军,张洪,万孝衡. 一种无人机机载三维激光扫描设备的新型应用场景[J]. 世界有色金属, 2024, (24): 123-125.
- [3] 李亚男,涂道勇,刘志隆. 无人机载激光扫描技术在高原测图中的应用[J]. 地理空间信息, 2023, 21 (08): 80-82.