

无人机激光雷达技术在工程测绘中的应用与挑战

雷捷

仁化县市政工程公司, 广东 韶关 512300

[摘要] 无人机激光雷达技术在工程测绘中展现出高效精准的优势,能够快速采集复杂地形数据,生成精细化的三维模型,并提供实时的施工监控支持。通过数据处理技术的不断改进,点云数据的处理速度和准确性大幅提升,同时优化了设备成本和维护流程,降低了整体运营费用。在应对极端天气方面,抗干扰技术的应用使测绘精度得以保证。未来,激光雷达技术将与人工智能、物联网等新兴技术深度融合,推动行业标准化发展,为测绘行业的智能化、自动化提供更多可能性,助力大型工程项目的顺利实施。

[关键词] 无人机激光雷达技术; 工程测绘; 空间数据; 技术挑战; 应用案例

DOI: 10.33142/ec.v7i10.13717

中图分类号: P236

文献标识码: A

Application and Challenges of Unmanned Aerial Vehicle Laser Radar Technology in Engineering Surveying and Mapping

LEI Jie

Renhua County Municipal Engineering Company, Shaoguan, Guangdong, 512300, China

Abstract: Unmanned aerial vehicle (UAV) laser radar technology has demonstrated efficient and accurate advantages in engineering surveying and mapping. It can quickly collect complex terrain data, generate refined 3D models, and provide real-time construction monitoring support. Through continuous improvement of data processing technology, the processing speed and accuracy of point cloud data have been greatly improved, while optimizing equipment costs and maintenance processes, and reducing overall operating expenses. The application of anti-interference technology ensures the accuracy of surveying and mapping in dealing with extreme weather conditions. In the future, laser radar technology will be deeply integrated with emerging technologies such as artificial intelligence and the Internet of Things, promoting the development of industry standardization, providing more possibilities for the intelligence and automation of the surveying and mapping industry, and assisting in the smooth implementation of large-scale engineering projects.

Keywords: unmanned aerial vehicle laser radar technology; engineering surveying and mapping; spatial data; technical challenges; application cases

引言

无人机激光雷达技术凭借其高效的数据采集、精准的三维建模能力,迅速成为工程测绘领域的核心技术。激光雷达不仅可以在复杂地形下实现高精度测绘,还能在项目施工过程中进行实时监控和数据更新,为工程规划和执行提供可靠的数据支持。随着数据处理技术的提升和设备维护方案的优化,这一技术在降低成本的同时提高了效率。未来,激光雷达技术与人工智能、大数据等新兴技术的融合,将进一步推动测绘领域的智能化发展,为工程项目的顺利实施创造更大价值。

1 无人机激光雷达技术在大型基建项目中的应用场景

1.1 复杂地形下的高精度地形勘测

在复杂地形的勘测中,传统测绘方法通常面临效率低、精度受限的问题。无人机激光雷达技术通过其独特的空间扫描功能,可以在较短时间内覆盖大面积复杂地形,同时获取高精度的地形数据。这一技术的优势在于,其能够在不受地

形高度起伏和植被覆盖影响的情况下,准确采集地形特征信息。在某市的大型基建项目中,复杂的山地、河谷和密林区域需要详细的地形数据支持,以便后续的规划和设计工作顺利开展。激光雷达通过精确的激光脉冲,穿透植被,获取到地表的精准高程数据,确保了测绘结果的高精度和完整性。在地形勘测过程中,无人机激光雷达技术展现了比人工测绘更高的效率和更少的外界干扰,极大提高了测绘工作的效能。

1.2 基于激光雷达的三维地形建模

三维地形建模是工程测绘的重要环节,直接影响后续设计与施工的精准度。无人机激光雷达通过海量的点云数据,生成高分辨率的三维地形模型,为项目设计提供了精细化的数据支持。在某市基建项目中,该技术的应用使得复杂地形区域的三维模型得以快速构建。通过对点云数据的处理和优化,不仅可以精确再现地形的高低起伏,还能在施工提供实时的地形变化数据支持。这种实时更新的三维模型可以为施工中的地质变化、沉降监测等提供可靠的数据依据^[1]。借助激光雷达的强大数据采集能力,三维建

模的精度和速度均得到了大幅提升，尤其在需要大规模、快速生成地形图的工程项目中，发挥了不可替代的作用。

1.3 无人机激光雷达在施工监控中的优势

施工监控是确保工程质量和进度的重要环节，而无人机激光雷达技术通过精确的测量和实时的数据采集，为施工过程提供了强有力的监控手段。在某市基建项目中，激光雷达被用于跟踪施工区域的地形变化，并及时反馈施工进度情况。该技术的优势体现在其能够在短时间内覆盖施工现场，实时获取精确的空间信息。施工过程中，任何地形的微小变化都可能影响工程的整体稳定性和安全性，因此，激光雷达可以通过高精度的测量，迅速发现潜在问题并进行反馈，避免了可能出现的施工偏差。实时的空间数据可以为工程决策提供有力支持，确保施工进度的合理安排。

2 无人机激光雷达技术在测绘中的技术优势

2.1 高效空间数据采集的实现

无人机激光雷达技术的核心优势在于其快速高效的空空间数据采集能力。通过在空中飞行，激光雷达能够以极高的速度和精度捕捉地表的详细信息，涵盖广阔的测绘范围。某市大型基建项目中，地形复杂、测绘面积广泛，传统测绘方法往往需要耗费大量时间和人力资源。而无人机激光雷达通过快速扫描，能够在短时间内获取全面的地形数据，确保项目的进度与精度要求。激光雷达系统利用激光脉冲的反射，准确测量地表的高度、深度等信息，即便在植被、建筑物等覆盖情况下，也能够清晰记录地面数据。数据的高效采集不仅减少了现场操作的复杂性，同时提高了整个项目的数据处理和应用的效率，保证了工程测绘的顺利进行。

2.2 全自动化数据处理流程的优化

随着无人机激光雷达技术的广泛应用，数据量的急剧增加对处理能力提出了更高要求。为了确保数据的准确性与可用性，必须依赖全自动化的数据处理流程。该流程包括数据的自动化过滤、校正、拼接和三维模型生成等一系列步骤。在某市基建项目中，激光雷达采集的海量点云数据通过优化的全自动化处理系统，得以迅速转换为清晰、准确的测绘成果^[2]。数据处理系统能够自动识别无效或重复数据，剔除不必要的信息，并通过先进的算法生成高精度的地形模型。

2.3 精细化测绘结果在工程设计中的应用

激光雷达技术生成的精细化测绘结果，为工程设计的精确性提供了强有力的数据支持。在某市基建项目中，基于激光雷达技术的高精度测绘结果，被直接应用于项目的规划与设计阶段。工程设计中，地形数据的精准度决定了设计方案的合理性和可行性。激光雷达所生成的三维模型，不仅展示了地形的高低起伏，还提供了区域的地理特征和空间布局，为工程师提供了全面的参考。通过这些精细化的测绘数据，设计师能够更准确地评估地质条件、选择合理的施工路径，并避免由于地形误判导致的工程偏差。

3 无人机激光雷达技术在测绘中的挑战

3.1 数据处理与存储的技术难点

无人机激光雷达技术在工程测绘中生成的海量数据

对数据处理和存储提出了巨大挑战。激光雷达通过激光脉冲反射产生大量的点云数据，这些数据需要经过复杂的处理流程，包括滤波、校正和拼接等，以确保最终生成的三维模型具有高度的精确性。由于点云数据量庞大且包含多维度的空间信息，处理速度和存储容量成为关键问题。在某市基建项目中，地形起伏较大，导致采集的数据更加复杂。为了实现高效的数据处理，需要利用先进的计算设备和高性能的存储系统。然而，当前数据处理算法的复杂性和存储设备的限制，往往导致处理时间过长，无法满足工程进度要求。即便在数据存储过程中，由于数据量巨大，还面临存储空间不足、数据检索效率低下等技术难点，这给项目的顺利实施增加了技术门槛。

3.2 设备成本与技术维护的瓶颈

无人机激光雷达技术的设备采购和日常维护成本在当前测绘行业中依然是一个显著的瓶颈。激光雷达系统和无人机平台的硬件设备造价高昂，同时需要配备高性能的计算机系统来处理海量的数据。这种高端设备不仅初始购置成本高，还需定期进行维护和校准，以确保其在各种复杂环境中的稳定运行。某市的大型基建项目中，长时间、高频率使用无人机激光雷达设备，增加了设备磨损和损耗的风险，设备故障率上升^[3]。而设备维修需要专业的技术人员，且相关配件的采购周期较长，导致维修时间长、维护费用高，这些问题都成为限制该技术广泛应用的瓶颈。

3.3 应对极端天气对测绘精度的影响

在工程测绘中，极端天气条件对无人机激光雷达的测绘精度构成了不小的挑战。强风、暴雨、雾霾等气象因素都会直接影响无人机的飞行稳定性及激光雷达的精确度。在某市基建项目中，地理环境复杂，天气变化频繁，使得无人机在空中飞行过程中面临着强风扰动，而这种外部干扰容易导致飞行路线偏差，从而影响数据的准确性。降雨和雾霾等环境条件还可能对激光雷达的信号反射造成干扰，降低激光的穿透力，进而影响地表信息的采集精度。为保证项目的顺利推进，需要采取合理的应对策略，选择最佳的测绘时机，配备防风防雨等相关技术装置，并利用天气预报系统对测绘条件进行提前预判和调整，从而尽量减少极端天气对测绘精度的影响。见表1。

4 针对无人机激光雷达技术应用挑战的解决策略

4.1 数据处理技术的改进与升级

无人机激光雷达在测绘中产生的海量数据需要先进的数据处理技术支持。某市基建项目中，激光雷达采集了数亿点的点云数据，传统处理方式效率低下，且难以应对数据量的增长。为应对这一挑战，该项目采用了基于云计算的数据处理技术，极大缩短了数据处理的时间。通过分布式计算平台，数据处理效率提升了近40%。数据算法也进行了升级，采用多层次滤波技术剔除冗余数据，使得点云的准确性提高了12%。数据处理的改进不仅加速了项目的进展，还有效保证了测绘精度的稳定性。

表 1 某市基建项目中无人机激光雷达技术成本和维护费用（单位：万元）

项目类别	设备购置费用	数据处理系统成本	维护费用	能耗费用	技术人员培训费用	数据存储设备费用
无人机平台	120	50	10	5	8	30
激光雷达系统	200	60	15	6	12	40
高性能计算设备	150	70	8	4	5	25
数据处理与存储	-	90	5	3	7	50
合计	470	270	38	18	32	145

4.2 成本优化与设备维护的解决方案

设备维护和运行成本是大型基建项目中的重要考量。在某市项目中，激光雷达设备的日常维护费用较高，为此，项目团队引入了预测性维护系统，通过对设备运行状态的实时监控，降低了设备故障率。维护周期从原本的每月一次延长至每两个月一次，节省了约 20% 的维护费用^[4]。同时，项目在设备管理上采用了集成化运营平台，设备的统一调度减少了闲置时间，设备使用效率提升了 15%。通过优化成本控制与合理调配资源，项目大幅减少了运营开支。

4.3 提升激光雷达设备抗环境干扰能力的措施

极端天气对激光雷达设备的精度产生了较大影响，某市基建项目中引入了新型抗干扰装置来应对这一问题。项目团队对激光雷达系统进行了硬件升级，增强了抗风和抗雨性能，使设备在风速达到 8m/s 的环境中依旧能保持稳定测绘。数据反映，升级后的设备在恶劣天气下误差减少了约 10cm，远低于行业平均水平。设备增加了气象监控系统，能够根据天气状况自动调整激光脉冲频率，确保在不同环境下的数据采集精度。

5 未来无人机激光雷达技术在工程测绘中的发展路径

5.1 新技术与激光雷达技术的融合发展

随着科技的进步，激光雷达技术与其他新兴技术的融合成为推动测绘行业发展的关键。某市的大型基建项目中，激光雷达技术与人工智能算法的结合，显著提高了测绘数据的处理效率。通过智能化的点云数据分析系统，地形特征识别和分类更加精准，自动化程度也进一步提升。同时，该项目还引入了物联网技术，利用实时传感器数据增强了对施工现场环境的监控，提升了激光雷达设备的工作稳定性。这种技术融合不仅优化了测绘过程，还为后续工程的规划和实施提供了更为详细的决策依据。

5.2 行业标准化的推动及其对测绘的影响

测绘行业的标准化对于无人机激光雷达技术的广泛应用至关重要。某市基建项目采用了最新的国家测绘标准，使得激光雷达测绘结果能够与其他技术数据无缝对接。项目中所有测绘数据均按照统一格式进行处理和存储，确保了数据在不同部门之间的共享和使用^[5]。标准化要求也促使激光雷达设备的性能指标和操作流程进一步规范化，使得不同设备和系统之间的兼容性得以提升。这一标准化进程有效提高了测绘工作的效率和准确性，同时推动了无人

机激光雷达技术在全国范围内的推广。

5.3 无人机激光雷达技术在智能测绘中的应用趋势

无人机激光雷达技术的发展逐步向智能测绘方向转变，为未来的工程建设提供了更多可能性。某市基建项目中，激光雷达系统结合大数据和云计算平台，形成了智能化的测绘系统。这一系统能够实时分析采集到的数据，动态更新地形模型，并根据工程进展调整测绘策略。项目团队通过智能平台实现了测绘数据的自动处理和分类，减少了人为干预的风险。未来，随着自动驾驶技术和 5G 通信技术的进一步发展，激光雷达测绘系统将能够实现更高效的实时监控和分析，为大型工程项目的智能化管理提供更强有力的支持。

6 结语

无人机激光雷达技术在工程测绘中的应用为测绘行业带来了显著的变革，高效的数据采集、精准的三维建模以及实时的施工监控为工程项目提供了强有力的支持。随着数据处理技术的改进、设备成本优化以及抗干扰能力的提升，激光雷达技术在复杂环境中的适应性逐步增强。未来，随着新兴技术的融合和行业标准化的推动，激光雷达在测绘领域的应用将更加广泛。智能化测绘系统的发展趋势表明，测绘工作将向自动化、智能化方向迈进，为工程项目的规划、实施及管理提供更精确、高效的解决方案，助力测绘行业的持续创新与进步。

[参考文献]

- [1] 杨健, 黄小兵, 李康, 等. 无人机激光雷达技术和倾斜摄影技术在地形测绘中的应用[J]. 北京测绘, 2024, 38(7): 974-979.
- [2] 陈西强. 无人机机载激光雷达技术在电力线路工程中的应用分析[J]. 福建建设科技, 2024(3): 96-98.
- [3] 陈西强. 无人机机载激光雷达技术在电力工程中的应用分析[J]. 价值工程, 2023, 42(34): 124-126.
- [4] 王明伟. 无人机机载激光雷达技术在矿山三维测绘中的应用研究[J]. 世界有色金属, 2023(21): 7-9.
- [5] 江木春, 韩亚民, 林剑锋. 无人机机载激光雷达测绘技术在航道整治工程中的应用[J]. 水运工程, 2022(4): 157-160.

作者简介：雷捷（1993—）男，籍贯：广东省始兴县，职称（助理工程师），研究方向（无人机航拍在工程测绘中的应用）。