

## 浅谈机载激光雷达技术在工程测量中的应用

高斌

巴音郭楞蒙古自治州水利水电勘测设计有限责任公司, 新疆 库尔勒 841000

**[摘要]**传统的测量方法在大范围、复杂地形或恶劣环境中的效率低、精度差等问题,且高昂的人工测量成本,常常限制了其应用的广度与深度。随着城市化进程的加速以及环境保护要求的提升,对精确测量与时效性数据的需求变得愈加迫切。在这种背景下,机载激光雷达技术通过快速采集大规模三维数据,突破了传统方法的诸多局限,广泛应用于基础设施建设、灾害预警等领域,成为了提升测量精度与效率的关键技术。

**[关键词]**无人机;激光雷达;工程测量

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14724

中图分类号: TV51

文献标识码: A

### Brief Discussion on Application of Airborne LiDAR Technology in Engineering Survey

GAO Bin

Bayingol Mongolia Autonomous Prefecture Water Resources and Hydropower Survey and Design Co., Ltd., Korla, Xinjiang, 841000, China

**Abstract:** Traditional measurement methods have problems such as low efficiency and poor accuracy in large-scale, complex terrain or harsh environments, and the high cost of manual measurement often limits their breadth and depth of application. With the acceleration of urbanization and the increasing demand for environmental protection, the demand for accurate measurement and timely data has become increasingly urgent. In this context, airborne LiDAR technology has broken through many limitations of traditional methods by quickly collecting large-scale 3D data, and is widely used in infrastructure construction, disaster warning, and other fields, becoming a key technology to improve measurement accuracy and efficiency.

**Keywords:** airborne; LiDAR; engineering survey

#### 引言

随着工程测量需求的不断增长,机载激光雷达(LiDAR)技术凭借其高效且精准的空间数据采集能力,逐渐成为现代测量领域的重要工具。与传统测量方法相比,机载激光雷达能够在短时间内覆盖广阔区域,并提供精确的三维空间数据,从而大幅提升了测量作业的效率,特别是在复杂地形或难以到达的区域。其在道路、铁路、城市规划、环境监测等领域的广泛应用,标志着工程测量正朝着智能化、高效化的方向发展。

#### 1 机载激光雷达技术原理

机载激光雷达(LiDAR)是一种通过激光束照射地面并接收反射信号来获取三维空间数据的测量技术,基本原理基于激光束与物体表面相互作用后的反射时间差。激光雷达系统通常安装在飞机或无人机等平台上,激光脉冲发射后与地面或物体表面碰撞并反射回接收器,通过测量从激光脉冲发射到接收的时间,能够精确计算激光束的传播距离,从而获得物体表面的高程与空间位置。以高效性与高精度为显著特点,机载激光雷达在短时间内可以连续发射大量脉冲,迅速且精准地收集广泛区域的地面点云数据。每个脉冲返回的信号不仅包含距离信息,还包括反射物体表面特征的强度数据,通过对这些信号的处理,三维地形模型、地物模型的构建,甚至城市建筑与基础设施的数字

化复原均能够实现。与传统的光学测量或全站仪技术相比,机载激光雷达展现出独特的优势。光线变化或视距限制对其影响甚微,且在复杂地形、植被覆盖以及恶劣天气条件下仍能稳定工作。更为重要的是机载激光雷达能够在单次飞行中覆盖广阔区域,极大地提高了数据采集的效率,尤其适用于大规模、高精度的地理信息系统(GIS)数据收集、城市建模及灾后评估等场景。

#### 2 机载激光雷达技术的优势

##### 2.1 高效的数据采集能力

机载激光雷达技术的高效数据采集能力无疑是其一大优势,与传统的地面测量方法相比,机载激光雷达能够在短时间内覆盖广阔区域,极大提高数据采集效率,通过将激光雷达系统安装于飞机或无人机上,每秒钟能够发射数千次激光脉冲,在这些脉冲传播至地面并返回接收器的过程中,精确的三维空间数据得以获取,迅速生成大范围的地形图与点云数据。例如,在一次约一小时的飞行中,机载激光雷达便可采集数十平方公里的地面数据,而传统的地面测量则需数天甚至更长时间才能完成相同区域的测量。尤其在复杂地形或交通不便的地区,机载激光雷达的优势尤为显著,通过空中测量难以到达的区域也能覆盖,从而大大减少了人工操作的复杂性与时间消耗。激光雷达技术能够适应各种天气条件进行作业,无论是雾霾、阴天,

还是小雨天气下,测量精度几乎不受影响,这保证了数据采集过程的稳定性与连续性。

## 2.2 高精度与高分辨率

机载激光雷达技术以卓越的高精度与高分辨率已成为工程测量及地理信息采集中的核心工具,通过精确测定激光脉冲从发射到返回的时间,激光雷达能够精准计算出激光束与物体表面之间的距离。每个激光脉冲的精度通常能达到厘米级别,远超传统地面测量设备,如全站仪或GPS系统所能提供的精度。依托这一精度激光雷达能够捕捉到地形中的微小变化,甚至对细小的建筑结构、植被高度等细节进行精准测量,这在地形建模及高质量测量结果的获取中至关重要。高分辨率亦是激光雷达在复杂地理环境中展现优势的重要因素,系统通过短距离内连续发射多个脉冲,以较高的频率进行扫描,从而采集到密集的点云数据,这种高密度数据的快速采集,在短时间内就能生成详细的三维点云图,提供每一处地物的精确轮廓与细节。在城市三维建模、森林资源调查、基础设施监测等应用中这一特性尤为关键,能够更加精准地呈现地面细节,并为后续的数据处理和分析奠定坚实的基础。以复杂城市环境为例,机载激光雷达能够清晰分辨建筑物之间的空隙、楼宇屋顶,甚至立交桥的结构等细节。结合其高精度数据,城市规划及交通管理得到了有力支持。

## 2.3 适应复杂地形与环境

机载激光雷达技术在适应复杂地形与环境方面展现了显著优势,尤其在面对传统地面测量方法难以应对的挑战时表现尤为突出。无论是在崎岖的山区、密集的森林还是城市中的高楼大厦,激光雷达均能高效地进行数据采集,这一优势源于激光脉冲能够穿透植被或树冠直接获取地面信息。在森林、湿地等地形复杂的区域,传统测量方法常因视距受限或地面覆盖物繁多而遭遇较大困难,测量效率低下且耗时长。而激光雷达则能够迅速且精准地采集地面数据,大大提升了勘测工作的效率。在城市环境中机载激光雷达同样展现出强大的适应性,即使在建筑密集的城区,激光雷达依然能够精确地进行测量,捕捉建筑外立面及建筑物之间的复杂空隙,甚至能准确描绘高楼大厦之间的细微结构或复杂的道路网络,这些高精度的三维数据为城市规划、基础设施建设与交通管理等领域提供了坚实的数据支持,提升了城市管理的科学性与精准度。机载激光雷达在不良天气条件下的表现亦同样出色,与依赖视距的光学测量工具不同,激光雷达不受光线变化的影响,不论白天或夜间、晴天或阴雨均可稳定工作。在雾霾、降雨等恶劣气象条件下,激光雷达仍能有效地进行扫描,确保测量的连续性与稳定性。适应不同环境条件的能力,使机载激光雷达在工程测量中展现了更高的灵活性与可靠性,尤其在传统测量技术难以覆盖的复杂或恶劣环境中表现得尤为突出。

## 3 机载激光雷达技术在工程测量中的应用

### 3.1 高程测量

机载激光雷达技术在高程测量中的应用,大幅提高了测量的精度与效率。与传统的水准仪和全站仪等方法相比,后者通常需要布设多个控制点进行逐一测量且操作复杂,受到地形限制效率低。而激光雷达通过测量激光脉冲与地面反射信号的时间差,可以在一次飞行中快速采集大范围的高程数据,精度达到厘米级。这种非接触式测量不仅减少了人工操作时间和劳动强度,还避免了复杂地形或高空作业带来的安全隐患。激光雷达采集的高密度点云数据能精确反映地面起伏,生成高分辨率的数字地面模型(DTM),为地形分析、城市规划和基础设施建设提供了详细的三维数据支持。特别是在植被覆盖密集或地形难以接近的区域,激光雷达仍能准确测量地面高程,弥补了传统方法的不足。此外,激光雷达还可在同一飞行任务中采集不同层次的高程数据,如地面高程、建筑物高度、植被冠层高度等,为高精度地形建模、灾后评估和资源调查等提供了有力的数据支持。

### 3.2 地形地貌建模

机载激光雷达在地形地貌建模中的应用,极大地提升了地理信息系统(GIS)数据的精度与分析深度,通过采集高密度点云数据,激光雷达能够细致地描绘地面微小的起伏与复杂的地形,从而生成精确的三维地形模型,这些点云数据不仅包含地面高程信息还能反映地表的各类细节特征,包括河流、山脊、坡度变化以及植被分布等,为深入的地形分析提供了丰富的资源。与传统的地形测量方法相比,机载激光雷达在速度与精度方面展现了显著优势。传统测量往往需人工布设多个控制点,操作繁琐且受到地形和视距的限制,而机载激光雷达则能够通过空中扫描迅速覆盖大范围区域,精确捕捉各种地形变化。无论是开阔的平地还是复杂的山地地形,激光雷达都能精准记录,激光雷达还能穿透植被覆盖,直接获取真实的地面数据,这一点是传统测量方法难以实现的。在对激光雷达采集的数据进行后期处理后,可以构建出高分辨率的数字地形模型(DTM)与数字表面模型(DSM)。DTM主要反映地面高程数据,而DSM则囊括了地表上的建筑物、植被层等所有物体,通过结合这两种模型能够全面呈现地形地貌的全貌,为土地利用规划、灾害预警及资源调查等提供精准的地理空间数据支持。在实际应用中,机载激光雷达技术还能够与其他数据源,如航空影像与卫星遥感数据进行融合,进一步提升地形地貌建模的精度与可靠性。如今,在水利、城市规划、环境监测等多个领域,激光雷达技术已成为实现精细地形分析和精准建模的重要工具。

### 3.3 路线勘测与规划

机载激光雷达在路线勘测与规划中的应用,显著提升了道路设计的精度与效率。传统的路线勘测通常依赖大量

的地面测量工作,尤其在复杂地形或偏远地区,常常面临交通不便、时间成本高及安全隐患等问题。而机载激光雷达通过空中扫描,在短时间内能够采集大量高精度的地形数据,从而为道路勘测与规划提供了全面的信息支持<sup>[1]</sup>。在实际操作中,整个区域的三维地形数据能够被激光雷达系统迅速捕捉,涵盖山体起伏、地面高程、植被分布以及现有道路等要素。经后期数据处理后,可形成高分辨率的数字高程模型(DEM),勘测人员因此能够准确分析地形特征,进一步处理这些数据后,潜在的路线选择能够被快速识别,且可依据地形、土质、环境等多方面因素进行优化,从而确保新路设计在施工难度、成本控制以及环境影响等方面达到理想平衡。在山地、河流或湿地等复杂地形中,路基的起伏与坡度能够精准描绘,激光雷达因此帮助规划人员避免选址过于陡峭或地形不稳定的区域减少工程风险。对于城市道路规划,现有建筑物、交通设施及桥梁等结构的数据同样能高效采集,确保新建道路设计与现有结构不发生冲突,从而提高规划的效率,激光雷达采集的点云数据还可与现有交通网络及流量数据相结合,进一步优化路线规划确保道路的交通畅通与安全。

### 3.4 城市三维建模与测量

机载激光雷达技术在城市三维建模与测量中的应用,已经成为现代城市规划与管理的核心工具,通过高密度的点云数据激光雷达能够精确捕捉城市的三维结构,涵盖了建筑物的外立面、屋顶、街道、绿地、桥梁等各类基础设施的细节,这些数据在处理后能够生成详细的数字地面模型(DTM)与数字表面模型(DSM),为城市三维建模提供了坚实的数据支持<sup>[2]</sup>。传统的地面测量通常需要人工布设多个控制点,且受到地形、天气等因素的限制,测量过程既繁琐又受局限。而激光雷达通过飞机或无人机进行空中扫描,能够迅速覆盖整个城市并且能够穿透树冠及建筑物间狭小的空隙,采集到传统方法难以接触的区域数据,这些高精度的空间信息确保了城市三维模型能够全面反映建筑物、道路、桥梁及地下设施等的真实情况。采集到的激光雷达数据不仅可用于城市建筑物的建模,还为城市规划、灾害预防及基础设施管理等提供了精准支持,通过分析建筑物的高度、形状与密度等特征,城市管理者能够在新建道路、公共设施或住宅区时,做出更加科学与合理的决策,城市三维模型为虚拟城市建设、智能交通系统及环境监测等项目提供了强有力的数据支撑。这些激光雷达数据能够与其他地理信息系统(GIS)数据相结合,形成多层次、多维度的城市空间信息平台,从而进一步提升了城市管理的智能化水平。

### 3.5 水利工程与环境监测

机载激光雷达技术在水利工程与环境监测中的应用,已成为提升工作效率与精度的重要手段。传统测量方法在复杂地形与广阔水域中常面临测量困难与范围限制,而激光雷达通过空中扫描能够快速、精准地获取地面及水体的三维数据,克服了这些局限<sup>[3]</sup>。在水利工程中,激光雷达广泛应用于水库、大坝、河道等的勘测与设计,它能够精确测量水域周围的地形与地貌,包括河道坡度、水流路径等,生成高精度的数字地面模型(DTM),为大坝稳定性分析、水库蓄水能力评估等提供关键数据,确保工程顺利进行。在环境监测方面,激光雷达可用于监测河流、湖泊及湿地的水位变化、洪水风险及植被覆盖情况,支持生态环境保护及水污染治理。特别是在洪水监测中,激光雷达能够快速获取大范围的高程数据,评估洪水淹没区域预测水位变化,为决策部门提供及时依据。此外,激光雷达在森林生态监测和湿地保护等领域同样具有广泛应用,通过提供植被覆盖和树木高度等信息,帮助结合遥感影像与气象数据,全面支持生态环境的长期管理与保护。

## 4 结语

机载激光雷达技术在工程测量中的应用,显著提高了数据采集的效率与精度,尤其在复杂地形及广阔区域的测量中展现出独特的优势,通过高精度与高效率的点云数据获取,激光雷达已广泛应用于高程测量、地形建模、路线规划、城市三维建模及水利与环境监测等多个领域,为工程项目的科学性与可操作性提供了强有力的支持。尽管在数据处理的复杂性与误差控制等方面仍面临挑战,但随着技术的不断进步与算法的不断优化,机载激光雷达将在未来得到更加广泛与深入的应用。工程测量技术的革新将持续得到推动,而在城市规划、环境保护等众多领域,激光雷达所提供的精确数据支持也必将助力社会向智能化、数字化的方向迈进。

### [参考文献]

- [1]高波,纵瑾,李涛.机载激光雷达技术在高速公路横断面测量中的应用[J].测绘通报,2023(1):11-14.
- [2]杨波,付伟锋.机载激光雷达技术在不规则高边坡面积测量中的应用[J].广东水利水电,2023(6):89-93.
- [3]张友超.机载三维激光雷达技术在道路测量中的优势及应用实践研究[J].科技创新与应用,2023,13(9):185-188.

作者简介:高斌(1982.1—),毕业院校:新疆大学,所学专业:测绘工程,当前就职单位名称:巴音郭楞蒙古自治州水利水电勘测设计有限责任公司。