

机载激光雷达在地形测绘中的实践与应用

作者：李子金

单位：腾冲市土地收购储备中心

摘要：地形测绘是国土空间规划、工程建设、地质灾害治理的基础性工作，测绘数据质量直接影响工程设计与决策的科学性。传统地形测绘受植被遮挡、地形起伏等条件制约，存在效率低、成本高、隐蔽区域数据缺失、精度有限等问题，难以适配山区、林区复杂场景的高精度测绘需求。机载激光雷达作为新型主动式测绘技术，具备穿透性强、精度高、全天候作业的优势，可快速获取三维点云数据、还原真实地表地形。本文阐述该技术的原理与应用优势，梳理标准化作业流程，分析现存应用问题并提出优化对策，为地形测绘数字化发展提供参考。

关键词：机载激光雷达；地形测绘；点云数据；测绘精度；测绘应用

一、引言

随着新型基础测绘体系不断完善，传统人工测绘、航空摄影测绘的短板日益凸显，无法适配现代测绘精细化、高效化的发展需求。机载激光雷达依托航空飞行平台作业，突破传统测绘的视角与环境局限，可高效完成复杂区域地形数据采集。该技术有效解决了传统测绘难以穿透植被、无法获取真实地面高程的难题，显著提升了复杂地貌测绘的精准度与覆盖范围，现已成为大比例尺地形测绘的核心技术手段。

相关研究指出，机载激光雷达技术能够快速、连续获取地物的三维数据信息，相较于传统遥感技术，该方法受天气影响相对较小，自动化程度较高，成图速度快。另有期刊研究表明，可见光航测相机往往只能得到植被表面的高程数据，无法获取真实地面高程数据，而机载激光雷达凭借激光穿透特性，可有效剥离植被干扰，精准采集地表地形信息。两段权威期刊原话，精准体现了机载激光雷达相较于传统测绘技术的核心优势与应用价值。

二、机载激光雷达技术核心原理与应用优势

（一）技术核心原理

机载激光雷达属于主动式遥感测绘技术，通过飞行平台搭载激光扫描设备、定位定姿系统、数据存储模块，向地面发射高频激光脉冲。激光脉冲接触地面地物后反射回弹，设备记录激光发射与回弹的时间差、角度、位置信息，结合卫星定位与姿态数据，通过算法解算生成高密度三维激光点云数据。经过点云去噪、分类滤波、地面点提取等处理，剔除植被、建筑、杂物等干扰信息，最终生成精准的地表地形模型与测绘成果。

（二）地形测绘应用核心优势

机载激光雷达具备良好的植被穿透能力，可穿透林区枝叶捕捉被覆盖的地表高程数据，解决了传统测绘植被遮挡、数据失真的痛点，适配山区、林地等复杂场景。该技术自动化程度高，无需大量人工现场作业，可快速完成大范围测绘，有效缩短工期、降低人工成本。同时其受光照、天气干扰较小，支持全天候规模化作业，点位密度与高程精度优异，可满足 1:500 至 1:2000 大比例尺地形测绘规范要求。

三、机载激光雷达地形测绘标准化作业流程

（一）前期勘测与航线规划

作业前期需全面勘测测区地形地貌、植被覆盖、空域条件，结合测绘精度要求制定专项作业方案。根据测区范围合理设置飞行高度、飞行速度、扫描重叠度、激光脉冲频率等参数，规避高层建筑、高压线路等障碍物，规划全覆盖、无盲区的飞行航线，保障数据采集完整均匀。同时按需布设少量像控点与检查点，为后续精度校正提供基准支撑。

（二）外业点云数据采集

严格按照规划航线开展外业飞行作业，依托机载激光设备持续发射激光脉冲，同步采集三维坐标、姿态、距离等原始数据。作业过程中实时监测设备运行状态与数据传输情况，及时排查设备故障、信号干扰等问题，确保原始点云数据完整、无缺失、无畸变，从源头保障测绘基础数据质量。

（三）内业数据处理与优化

外业采集完成后，开展内业精细化处理，首先剔除噪点、离散点、空中漂浮点等无效数据，净化原始点云。通过专业滤波算法区分地面点、植被点、建筑点，精准提取纯地表点云数据。结合外业控制点完成坐标校正与精度校准，消除系统误差，最终生成数字高程模型、数字地形模型、等高线等标准化测绘成果。

（四）精度检测与成果输出

选取测区不同位置的核查点位，对比实测数据与建模数据的偏差，重点检测高程精度与平面精度，确保成果符合行业规范。针对局部精度不足、地形细节缺失的区域进行二次优化处理，校验无误后输出地形图、地形分析报告等最终成果。

四、技术应用现存主要问题

（一）高密度植被区域滤波精度不足

在密林、厚灌木覆盖区域，植被层次复杂、点云分布密集，常规滤波算法难以完全区分植被点与地面点，容易出现地面点剔除过度或残留植被点的问题，导致局部地形凹陷、凸起失真，影响精细地形测绘精度。

（二）设备与作业成本相对较高

高精度机载激光雷达设备购置、运维成本较高，相较于传统航测设备投入更大。同时复杂区域作业对操作人员专业能力要求严苛，需要兼具设备操控、数据处理、地形研判能力的专业人员，基层测绘单位技术与设备配置压力较大，制约技术规模化普及。

（三）精细地形细节还原度不足

针对沟壑、陡坎、微型洼地等细微复杂地形，激光点云采集密度有限，容易出现地形细节缺失问题。部分特殊地貌的点云拟合效果较差，无法精准还原微地形特征，难以满足高标准精细化地形分析需求。

五、技术应用优化实践对策

（一）优化滤波算法与数据处理模式

针对不同植被覆盖区域选用差异化滤波算法,密林区域采用多级分层滤波处理,精准剥离植被点云,保留真实地面数据。结合人工辅助修模方式,修正算法处理产生的地形失真问题,提升复杂区域地形还原精度,保障测绘成果真实可靠。

（二）优化作业方案降低应用成本

结合测区地形差异化设置作业参数,常规区域合理降低点云密度,复杂区域加密扫描,实现精度与效率平衡。推广设备共享、项目协作模式,降低基层测绘单位设备投入压力。同时常态化开展技术培训,提升操作人员专业水平,减少人为操作误差与返工成本。

（三）强化微地形精细化处理

针对陡坎、沟壑等细微地形,适当降低飞行高度、提升扫描频率,加密激光点云采集密度。完成自动建模后,对照外业实拍影像与现场勘测记录,人工修正微地形细节缺陷,完善地形纹理与形态特征,全面提升地形测绘精细化水平。

六、结语

机载激光雷达凭借植被穿透性强、精度高、效率高、适配性广的优势,突破了传统地形测绘的技术瓶颈,是现代测绘技术升级的重要方向,可为各类国土、工程、地质项目提供精准地形数据支撑。随着数字化测绘建设不断推进,各行各业对地形数据的精细度、时效性要求持续提升,机载激光雷达的技术优势愈发凸显。针对当前滤波精度不足、应用成本偏高、微地形还原度有限等问题,通过优化作业方案、升级处理算法、强化精细修模等方式,可显著提升技术应用成效。持续优化推广该技术,能够推动地形测绘向数字化、精细化转型,助力基础测绘行业高质量发展。

参考文献

- [1] 陈强,王红林. 机载 LiDAR 技术在地形图测绘中的应用及精度分析[J]. 测绘技术装备,2022,24(03):70-74.
- [2] 杨新忠. 机载 LiDAR 技术在密林地区地形图测绘中的应用[J]. 北京测绘,2019,33(06):729-732.

- [3] 刘明,谈语,彭斌. 机载 LiDAR 在库岸地形测绘中的应用研究[J]. 测绘科学技术,2025,13(01):15-20.
- [4] 涂江林. 无人机机载 LiDAR 在山区地形测量中的应用[J]. 水利水电快报,2025,46(03):59-64.
- [5] 李文龙. 机载 LiDAR 技术在地质灾害地形测绘中的应用[J]. 中国地质灾害与防治学报,2024,35(06):164-172.