

机载 LiDAR 技术在电力线路测量中的应用

段兴全

(四川电力设计咨询有限责任公司,四川 成都 610041)

摘要:随着我国基础设施建设不断加快,电力工程项目建设的数量不断增多,工程测量技术应用的问题也逐渐增多。在电力工程建设之前,需要获得准确的工程建设参数,并且为工程设计提供有效的数据支持。激光雷达测量(light detection and ranging, LiDAR)是一种非接触式高时空高分辨率高效率的三维对地观测技术,可获取物体表面密集点云,在电力工程线路选线中起到十分重要的作用。基于此,本文就机载 LiDAR 技术在电力线路测量中的应用展开探索。

关键词:机载 LiDAR 技术;电力工程测量;特点;优势

中图分类号:TM75

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2023)03-0052-03

0 引言

科学技术的进步推动了各行业的发展,目前,我国已经进入信息快速发展的时代,各种科学技术的应用越来越广泛,工程测量技术也得到了快速的发展。在对工程进行测量的过程中,使用现代化测量技术能够快速得到测量数据,并且操作简单,同时还可以保证工程测量数据的准确性,保障工程建设的质量。以往电力工程测量的过程中,需要人工对测量的数据进行分析、归类、整理,对所有的测量数据进行汇总,形成完整的数据库,保证测量的准确性,但是这样需要大量的人力、物力、资金才能保证测量工程的顺利进行,人工测量的过程中经常因为各项失误导致测量数据的不准确性,影响工程测量的结果。

20世纪90年代以来,激光 LiDAR 技术在测绘中的应用越来越广。无人机搭载 LiDAR 技术采集的点云数据能够进行各类地物要素的提取,具有数据采集速度快、实时性强、精度高等优点,可以极大地提高工作效率。同时, LiDAR 的多回波技术,能够穿透一定的植被,在植被较多的南方有着更大的优势。

在电力工程线路测量中,机载 LiDAR 技术的有效应用,可以减少人工测量中数据产生的误差,为工程建设提供有力保障。

1 激光雷达测量系统组成

激光雷达由二氧化碳激光器、掺钕钇铝石榴石激光器、半导体激光器、固体激光器等扫描器、光学望远镜天线、光电倍增管、半导体光电二极管、雪崩光电二极管、红外和可见光多元探测器等接收机,速度传感器、微机以及数据采集和传输装置等硬件和软件部分组成^[1]。

激光雷达测量系统硬件设备中扫描器类型为三维

激光扫描器,速度传感器、微机以及数据采集和传输装置等硬件设备与软件联系较为紧密,主要通过不同设备实现数据采集、通讯处理、三维重建、可视化等功能。

激光雷达测量系统软件主要包括工程管理、数据采集、三维显示等模块,工程管理模块主要包含工程数据信息,该模块对激光雷达测量系统可视化功能的实现具有重要作用。数据采集模块主要采用各个传感器对三维数据信息进行采集,而利用微机及其他电子元件对采集到的地面三维数据进行预处理和预算,最后在计算机和三维激光扫描器之间进行数据交换和存储。三维显示模块可以实现场景可视化,该模块是激光雷达测量系统的最终输出模块,该模块需要利用各类三维数据和工程项目资料明确物体的体积、变化量等信息,这样才能利用三维数据构建可视化场景。

2 激光雷达数据特点及优势分析

在新形势下,我国激光雷达测量技术深入发展,广泛应用到我国许多领域,促进我国城市化建设和城市化布局,推动我国数字化城市的建设进程。激光雷达是一种主动传感器,它能够有效地获取信息,获取精准的地理坐标,能够明确植被、物体、房屋建筑等不同建筑物,同时还会产生回拨数据,形成多次的数据回流。目前,我国商业系统在申请激光雷达测量技术时通常会生成4次以上的数据回拨,能够获取更加精准的数据信息^[2]。而在新形势下,我国激光雷达技术不断深入发展,激光雷达系统能够提供新型的数字化技术服务,能够增加回波发生的频率,减少回拨间隔的时间,能够在计算机形成完整的模型,能够对回拨的相关数据进行多次的精准分析,并及时进行记录,同时利用先进的互联网计算机的处理算法有效地去除数据中不确定的因素,分析植被或房屋建筑的高度,减少人为因素或其他

因素对激光雷达技术应用的干扰,从而获得更加真实的数字信息,及时了解地面的实际情况,并建立系统的模型。

与传统的遥感技术相比,激光雷达系统具有较多的优势,能够更加及时准确地获取地标的信息,能够获得准确的三维坐标,能够对地面的建筑物进行及时的测量,克服外界因素对激光雷达系统的干扰,同时还可以采用雷达观测测量技术避免传统人工操作的方式造成数据泄露或数据丢失,我国传统的摄影测量技术通常是采用间接的方式获取地表的三维数据,具有一定的信息误差,不能够及时地将信息进行传递。其次,激光雷达系统能够精准定位,能够透射地面植被,能够避免地面植被高度影响激光雷达系统的应用,而采用传统人工摄影测量技术不能够克服地面植被的影响,受植被高度影响较大,会影响信息收集的精准度,影响信息的采集^[9]。

此外,激光雷达技术能够直接应用,是一种主动式的传感器,不受光照或恶劣天气的影响,受外界自然环境的影响较少,与传统的光学遥感技术相比具有较多的优势,即使在某些困难地区或地势条件复杂的地区,也能够进行使用,能够对地势复杂、荒漠、沙漠、高山等地区的地形进行测量,获得更加高精度、高分辨率的详细信息,从而有利于制定决策,具有十分重要的社会价值。

3 机载 LiDAR 测量基本原理

机载 LiDAR 系统是一种可昼夜测量的主动式全数字化设备,能够穿透茂密森林的树冠来采集高密度、高精度的 LiDAR 点云数据。原始数据主要包含激光脚点三维坐标信息、激光反射强度信息及激光被多次反射的回波次数。LiDAR 系统由机载 GNSS 系统、惯性导航系统、激光雷达扫描仪、中心控制单元、飞行器载体、多光谱相机及其他辅助设备构成。

LiDAR 系统搭载在移动系统上,对空气和植被(空中激光)甚至水(测深激光)发出脉冲激光。搭载激光雷达的载体沿着运动方向移动,扫描仪在垂直运动方向上扫描。雷达扫描仪接收返回的激光脉冲,记录测量距离和角度。不同的扫描速度会影响 LiDAR 系统测得的点数和回波数^[6]。若 LiDAR 波束呈现圆锥扫描的同时飞机持续运动,则地面扫描线会呈现一系列重叠的椭圆形。

全球导航卫星系统(GNSS)提供有关传感器位置(纬度、经度、高度)的准确地理信息。惯性测量单元(IMU)通过加速度计和陀螺仪记录在此位置传感器的精确方位(俯仰角、横滚角、偏航角)。然后转换处理这两个设备记录的数据,形成静态数据。

机载平台搭载微机系统,处理各种设备获取及发

送的信息。机载平台控制中心完成数据采集,实现各组成设备精确同步,同时记录存储采集的大量点云数据。除正常搭载的 IMU 和 GNSS 设备外,机载平台还可携带相机采集影像。GNSS 基站与机载 GNSS 配合判断平台航行轨迹是否与预设航线重合。微机解压处理 GNSS 和 IMU 数据,计算外方位元素,根据激光雷达定位原理,生成点云并实时输出^[6]。

机载 LiDAR 进行测量主要包括资料收集、机载数据采集、点云数据处理、点云测图等工作,具体工作流程如图 1 所示。

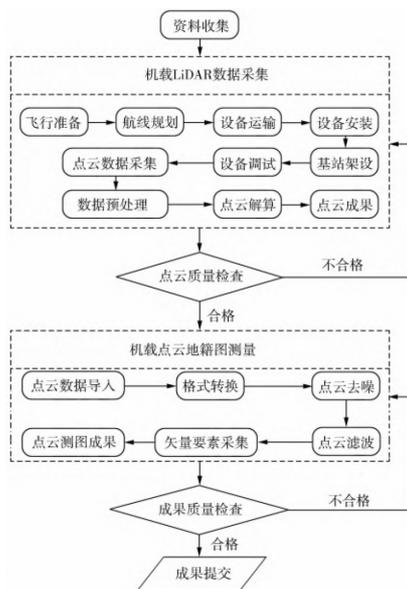


图 1 机载 LiDAR 数据采集整体方案

其中,资料收集主要包括飞行区域范围、空域情况和天气等与飞行相关的资料;机载数据采集依据三维激光扫描仪特性,选择井字或其他符合需要的飞行方式;点云数据处理包括预处理、点云解算、点云精处理等;点云测图是利用解算处理后的点云进行测量图等的矢量化工作。

4 案例应用

在某 500kV 线路工程中,应用机载激光雷达技术进行优化选线,缩短线路长度 1.5km,塔位节约 4 基,交叉跨越减少 2 处,总体节约工程投资 3000 余万元,切实达到了线路路径优化的目的。

4.1 设备简介

无人机载激光雷达系统主要由无人机飞行平台、激光扫描仪、定位与惯性测量单元以及控制单元等组成。由于激光扫描仪具有脉冲回波次数、反射率等信息,很好地解决了植被遮挡问题。本次试验采用大疆 M600 飞行平台和 QLiDAR-H200H1C 载荷获取实验数据,该系统具有机身轻巧可靠、结构紧凑、性能卓越的优点,同时激光雷达的多次回波技术可以穿透植被,可

以在复杂地形条件下快速获取高精度激光点云，且可以获得复杂山区的点云数据^[6]。QLiDAR-H200H1C 无人机 LiDAR 系统的主要参数如表 1 所示。

表 1 QLiDAR-H200H1C 无人机 LiDAR 系统的主要参数

模块	项目	参数
激光器	激光器等级	Class1 人眼安全
	波长	905nm
	探测距离	0.3-200m (10%反射率)
	旋转频率	10Hz、20Hz
	扫描原理	机械旋转
激光器	相机类型	APS-C (23.4mm×15.6mm)
	像素	6000×4000
	镜头	16mm 定焦
	俯仰角/横滚角精度	0.025°
惯导系统	航向角精度	0.08°
	采样频率	200Hz
	支持卫星	GPS、GLONASS、Galileo、北斗、QZSS、SBAS
整体参数	尺寸	总体轮廓尺寸长宽高: 229.5mm×116mm×116mm
	重量	2.2kg
	平均点密度	优于 200 点/m ² , @100m 高度 @10m/s

4.2 实地踏勘及航线规划

依据项目需求，在整理已经收集到的测区资料后，需要进行实地踏勘。实地踏勘的目的主要是为飞行规划做准备。踏勘时主要注意以下内容：飞行区域是否在禁飞区，飞行区域内是否有影响飞行安全的高大建筑物，飞行范围规划，房屋类型等。

实地踏勘后，充分考虑实地地形地貌、项目需求、房屋类型等因素，在飞行前进行采集路线规划、基站设置点、扫描参数规划等工作。

4.3 机载 LiDAR 数据采集

为了得到更为精确的数据，在解算过程中，通过加入 IMU 数据以及精密星历提高解算精度与可靠性。因此，在进行机载 LiDAR 数据采集前，需要进行基站的架设，采集基站点坐标记录 GNSS 数据。基站架设好后，通过以下两步进行数据的采集工作。

4.3.1 LiDAR 设备设置

LiDAR 设备与飞行器分属 2 个控制体系，在进行数据采集前，根据测区需要对 LiDAR 参数进行设置。将控制端连接 LiDAR，在控制端控制软件中进行参数设置。将 LiDAR 数据点频设置为 55 万/s，将单线速度设置为 120 线/s，激光有效距离设为 150m^[7]。当 LiDAR 设备参数设置完成后，为确保 IMU 达到作业状态，需将设备静置 3~5min。

4.3.2 测区数据采集

LiDAR 设备静置完成后，开始进行点云数据采集。启动飞行器，按照事前规划的航线进行数据采集。

4.4 内业数据处理

4.4.1 数据解算

机载 LiDAR 数据解算包括飞行轨迹解算和点云格式解码。其中，飞行轨迹解算是通过融合基站信息、机载 GNSS 信息、机载 IMU 信息等，通过计算得到载体位置、姿态等信息。点云格式解码是将激光扫描仪采集的原始数据通过软件解码，并进行坐标转换得到当地坐标系下的点云数据。

4.4.2 点云精度检查

获得点云数据后，需要对其进行精度检查。检查包括外业打点检查和内业点云质量检查。外业在进行数据采集的同时，利用 GNSS 设备进行检核点数据采集工作。提取点云中相应检核点位置信息与检核点进行比较，可检查点云位置精度。内业点云质量检查主要进行数据完整性检查、点云密度检查、点云分层检查以及点云噪声检查等^[8]。经检查合格的点云成果才能进行电力线路测绘要素采集工作。

5 结语

综上所述，电力企业利用机载 LiDAR 技术进行电力线路测量，比较于电力企业传统的数字摄影技术，有效获取信息，提高信息采集的密度，增大信息数据的储存量。能够有效提高电力企业的生产效率，缩短电力企业的工期，能够为电力企业开展工作提供重要的智力保障，充分发挥电力企业的社会价值和经济价值。

参考文献

- [1] 樊敬敬, 张华, 郝明. 面向对象的机载 LiDAR 数据建筑物提取[J]. 应用科学学报, 2016, 34(1): 84-94.
- [2] 隆华平, 兰增荣. 基于机载 LiDAR 数据的电力线提取[J]. 大众科技, 2011(6): 110-111.
- [3] 齐永波. 无人机三维激光雷达技术在房地一体测量中的应用研究[J]. 西部资源, 2021(3): 199-200, 202.
- [4] 吴端松. 机载激光雷达测绘技术矿山测量中应用研究[J]. 世界有色金属, 2019(2): 21-22.
- [5] 杨卫. 机载激光雷达技术在高山区水电工程测绘中的应用[D]. 重庆: 西南交通大学, 2016.
- [6] 刘世振, 邓建华, 冯国正, 等. 机载 LiDAR 在山区型河道地形测绘中的适用性研究[J]. 人民长江, 2021, 52(1): 108-113.
- [7] 于洋洋. 机载激光雷达点云滤波与分类算法研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2020.
- [8] 蒋桂美, 聂倩, 陈小松. 利用机载激光点云数据生产 DEM 的关键技术分析[J]. 测绘通报, 2017(6): 90-93.

作者简介: 段兴全(1987—), 男, 汉族, 湖南岳阳人, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事电力行业勘察设计及项目管理工作。