

# 机载激光雷达在输电线路工程中的运用

解光耀

北京洛斯塔科技发展有限公司

**摘要：**随着机载激光雷达技术的不断发展，其应用领域也在不断扩大，成果可以广泛的运用在输电线路工程中。目前我国电网建设投入力度进一步加大，以及电网工程数字化转型的需要，对机载激光雷达技术的运用提出了更高的要求。为适应新时期对电力工程建设以及管理的实际需要，应积极推广运用机载激光雷达技术在输电工程中进行运用，促进电网工程数字化高质量发展。本文将对机载激光技术进行分析，分析机载激光技术原理以及机载激光技术在电力工程中的应用优势，从而促进机载激光技术在输电线路工程勘察设计、竣工验收、巡线维护以及数字化管理系统建设等全过程中的推广应用。

**关键词：**机载激光；技术原理；电力工程；技术应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.23.072

为满足我国社会高速发展对电力能源不断增长的需求，输电线路用工程的项目建设以及日常维护管理等方面的要求越来越高。机载激光技术是一项自动化水平较高的遥感技术，不仅能够快速高效的测距以及定向数据采集，而且其在数据精度和使用性等方面与传统摄影测量技术相比也有明显的技术优势，机载激光技术在电网工程全过程中进行运用，可发挥重要的作用。加强对机载激光技术的研究，充分了解其技术原理，并结合电网工程建设及管理工作的实际情况探讨机载激光技术的应用途径，进一步扩大机载激光技术在电力工程领域中的应用范围，从而全面提高电力工程项目建设水平和管理维护能力，促进我国电网工程数字化发展。

## 一、机载激光技术概述

### (一) 概述机载激光技术原理

所谓机载激光雷达技术主要是利用激光脉冲回波来进行定向和测距的技术方法<sup>[1]</sup>机载激光技术的基本原理是，首先通过激光器作为发射源，高频发射激光束，激光束遇到目标物体会产生反射，准确地测量激光束从发射到被反射回的传播时间，结合从IMU（惯性测量单元）得到的激光发射方向、从机载GPS得到激光器的位置等信息，通过计算可以得到每一个地面激光光斑的高精度三维坐标。采用机载激光技术时，也可以通过物体

反射以及激光径向传输速度等参数来准确判别目标，具有精度高、自动化高、效率高、植被地区穿透力强等优点，能够广泛适应多种条件下的扫描定位测量要求。

### (二) 机载激光雷达系统构成

机载激光雷达测量系统能够将激光技术、GPS动态差分定位、惯性导航技术等技术融合于一体，他的组成部分主要包括动态差分GPS接收机、惯性导航系统、激光测距仪和激光器控制单元，系统各部分需要协调一致。动态差分GPS接收机是用来对激光发射瞬间，激光的发射起点的坐标位置进行定位；惯性导航系统是用来确定激光发射器主光轴的精确姿态参数；激光测距仪是用来测出激光的发射起点到地面激光脚点之间的距离；激光控制单元是对机载激光各设备之间进行控制，并将各设备的信息进行同步，配置功能完善且性能优良的计算机设备，以满足数据处理、存储以及数据制作等相关任务。机载激光示意图见图1。

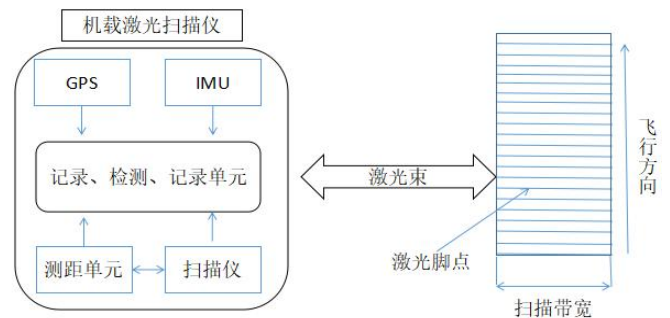


图1 机载激光示意图

## 二、机载激光技术应用优势

机载激光雷达技术是通过主动发射激光脉冲信号以及接收来获取相关数据信息，属于非接触主动式的测量，获取的激光点云数据是三维的，而且每个激光点都带有准确的三维坐标信息，三维坐标系统经过多次激光扫描的测算，对数据姿态的分析，所得到的数据精度较高。通过激光点云能够快速的获取数字表面模型和数字高程模型成果，地面目标的反射强度信息和回波次数信息，结合三维坐标信息，可以用于对探测目标进行识别和分类。和传统航测相比，机载激光雷达工作流程是更加简化，在整个过程当中，不会受到外界光照环境因素的影响，能够实现全天候测量，可以节省使用成本，提高工作效率。

机载激光具有一定的植被穿透能力,在实际工作过程当中,由于激光的波长较短,部分激光点云能都穿透植被达到地面,直接测量地面点。通过对数据处理分析,可以直接获取地面点的高度以及起伏状况。激光具备波长较短的优势,因此能够精准化测量出地面上细小的目标,如在细小沟壑,微小起伏,细小线路等,与传统的影像测量技术相比而言,机载激光技术优势明显。机载激光雷达在获取高精度点云时,还可以搭载高清航摄相机,同步采集高分辨率数码影像数据,能够大面积地快速获取被测对象的高精度三维坐标数据,建立被测对象的三维影像模型,在电网建设和管理的全过程中具有广泛的应用前景和重要意义。

### 三、机载激光技术输电线路工程中的具体应用

机载激光技术在电力工程的勘察设计、工程建设、可视化管理以及维护等整个工作流程中均能够发挥其技术优势和价值,为建设数字电网的提供重要的数据支撑。

#### (一) 在输电线路优化选线中应用分析

线路选线是输电线路勘察设计中的重要环节,线路选线是否合理直接关系到线路的建设成本,也影响工程质量、运行安全、环境影响等,因而需要综合考虑输电线路通道的各种因素,选择最优的线路方案,实现经济效益和电力供应的双赢。机载激光雷达技术测绘能够大面积的获取输电线路沿线数据,且数据时效性好,精准的激光点云数据能够快速的获取数字高程模型和数字表面模型,在三维场景中选线,比二维场景中选线更加生动逼真,选线人员能更加便捷和准确的判读地形地物,测量高度、面积、距离、坡度、角度等空间信息,有利于在线路选线时对一些重要地物,例如公路、村庄、规划区、树木、矿区等进行避让,减少拆迁量,精准量测沿线待拆迁地物,估算拆迁费用。相较于传统航测技术机载激光雷达技术可以实现更高精度的断面图,特别是在植被覆盖区,利用激光雷达穿透植被的能力,能够获取植被覆盖区域的地面点数据,同时植被分布及高度等信息,可以减少植被的砍伐量,降低线路工程对自然环境的扰动<sup>[2]</sup>。

#### (二) 在输电线路基建验收中应用分析

竣工验收测量是线路基建验收的重要环节,对技术方案的安全性、效率、精度具有较高要求。传统竣工验收需要大量人工登塔、全站仪测量等步骤,验收过程十分繁琐,采样形式比较粗放,人为因素影响较大,并具有一定的人身安全风险,为后期运维工作带来了缺陷与隐患。激光雷达是一种主动式三维空间数据分析技术手

段,线路基建完成后,对输电线路进行激光扫描作业,可以获取通道三维模型,用于快速完成电器间隙、位置、角度等竣工验收测量项目,为线路基建验收提供数据支撑,在大幅提升竣工验收的安全性、效率、质量的同时,为日后线路运维工作提供相关佐证依据,具有巨大的经济效益和推广价值。

#### (三) 在输电线路巡检中应用分析

输电线路的巡检是电网运营维护管理部门需要进行的一项重要工作,需要通过定期对输电线路进行巡检,及时、全面地掌握设备当前的运行状况及周围环境的变化,发现设备自身的故障或缺陷以及有可能会危及到设备安全的一系列安全隐患,保证线路、设备安全、稳定地运行。确保输电线路的运营安全。传统的输电线路用巡线主要是采用人工作业方式进行,巡线人员的工作强度大,巡线效率低,效果差、错误率高、巡检记录的信息有限且无法长期保存、上报不及时、无法在巡检过程查询相关设备信息等问题,对工作人员的安全也存在一定的风险,而且输电线路的覆盖区域广、穿越区域的地形复杂,往往是崇山峻岭、翻江过河、无人区等,输电线路的运行维护日趋困难。在电力线路巡护工作中运用机载激光技术,具有效率高、不受地域影响等优势,满足复杂环境条件下的巡线要求,还可以减少人为因素对电力巡检的影像,巡线人员可以通过各类型无人机或者直升机搭载激光设备,对输电线路走廊进行激光点云数据采集,高精度的激光点云数据能够构建输电线路的三维模型,工作人员可以方便、快捷、准确的计算巡线过程中关心的安全距离数据,输电线路设备与横担和塔身的相地电气距离及相间距、导线与地面距离、线路与通道内地物距离等,结合输电线路相关运行规程对线路通道内树障、交跨等缺陷进行分析,出具巡检报告,评估电力线路是否有安全隐患,对线路隐患进行预警,并提供隐患点的精确坐标和检修建议,从而有效提高巡线工作的质量和效率。输电线路通道巡检点云见图2。

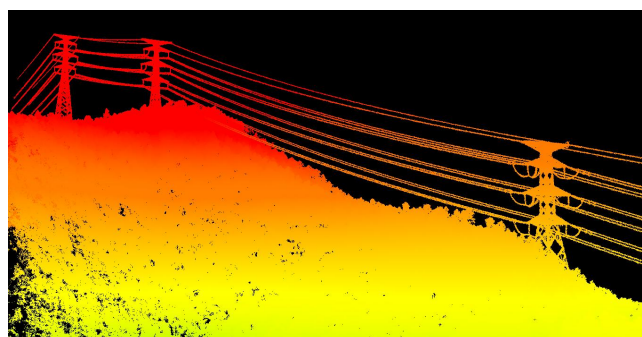


图2 输电线路通道巡检点云

## （四）在输电线路动态增容中应用分析

随着我国经济社会的快速发展，电力能源的需求也在不断地增加，除了通过新建输电线路来满足日益增长的用电需求，还可以在确保电网安全运行、不改变现有输电线路结构的前提下，通过建立输电线路动态增容的监测系统，安全有效的增加线路在短期内的输电容量，提高电力供应的效率，有效地延迟电网工程的建设和升级，降低电网工程建设成本。在配电增容工程中应用机载激光技术，通过机载激光系统对输电线路的快速全面扫描，恢复输电线路走廊的精确三维模型，获取走廊内地物、地形的三维空间位置及环境变量信息，将激光扫描获得数据与导线温度、线路的微气象条件和弧垂等实时监测数据相结合，考虑线路各种设备材料是否能承受荷载增大引起的温度升高、及荷载提高引起线路弧垂增大后的安全距离是否满足要求，对导线最高允许温度和安全距离进行实时校验分析，为实现动态增容提供依据<sup>[3]</sup>，全面提升电网运行效率。对于不能直接满足输电线路增容的杆塔，可以采取移动杆塔的位置、更换不适用部件、清除部分障碍物等方式，来提高输电线路的载荷容量。

## （五）在输电线路可视化管理中应用分析

传统的输电线路工程管理主要是以二维的方式，难以通过平面测绘图来准确展示输电线路及走廊杆塔状态、线路情况、各类电力设施情况以及周边环境等，且对输电线路走廊的地形地貌以及自然环境的展示也较为抽象，图层叠加会导致一些细节被忽略，存在一定的风险隐患。基于激光点云的输电通道三维模型，融合高清地形、高清影像等数据，构建输电线路设备本体和走廊的三维模型，反映杆塔、导地线等线路本体及走廊的真实位置情况。采用三维可视化技术，形成输电线路真实的三维运行场景，精确直观复现线路本体和通道运行情况，实现管理输电线路的台账、量测各类距离、分析运行工况、查询统计通道隐患、三维可视化展示等功能，三维可视化见图3。

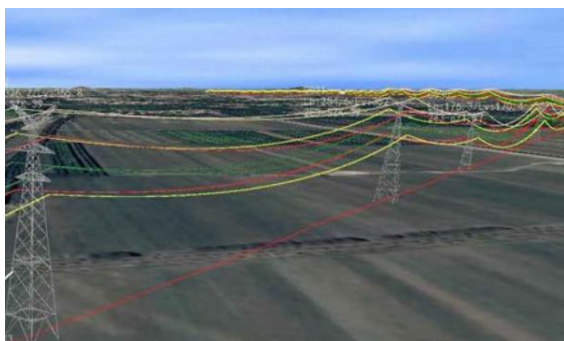


图3 三维可视化

## （六）在输电线路数字化中应用分析

随着我国电力工程的现代化发展，电网工程数字化已经成了主要的发展方向。数字电网建设的一项重要内容是进行三维建模，利用机载激光扫描技术可以高效率、高精度地实现线路走廊地形以及线路的三维建模，机载激光扫描数据处理得到DEM和DOM可以实现线路走廊地形，高密度激光点云数据经过矢量化提取可以获得三维建模，包括铁塔等。从而为电网工程数字化提供可靠的数据基础，对于促进数字电网建设具有十分重要的作用。

## 四、输电线路工程中机载激光技术应用发展分析

机载激光雷达技术能够广泛的运用于输电线路各阶段，尤其是在输电线路优化选线和巡检方面优势明显，发挥了重要的作用。机载激光的硬件也在迅速发展，激光的扫描频率能够从几十万到几百万，激光点云的获取效率不断提高，激光点云数据量越来越大，如何将海量的激光点云数据进行智能化、自动化的处理，快速进行滤波分类，提高复杂地形区域点云数据的滤波，同时对三维重建模型进行优化，提高三维模型的重建精度等方面还需要极的研究与探索。数据共享和行业合作还有待加强，充分发掘机载激光点云的潜在价值，建立数据信息系统，助力电力工程的规模化建设与运行管理，促进现代电网工程数字化的创新发展。

## 五、总结

为适应新时期电力工程建设及运维管理工作的实际需要，需加强对机载激光技术的研究，准确把握机载激光技术特点，并结合电力工程项目建设以及日常运维管理要求，科学应用机载激光技术，充分发挥机载激光技术在数据精度、时效性、全面性、应用便捷性以及应用成本等方面的技术优势，全面提高电力工程建设以及运维管理工作的数字化水平。同时，还应不断总结机载激光技术的实践应用经验，积极推进机载激光技术创新和改进，拓展机载激光技术在电力工程中的应用途径。

## 参考文献

- [1] 魏云峰. 机载激光雷达技术在电力工程中的运用[J]. 通信电源技术, 2020, 37(20): 123-125.
- [2] 王珂. 机载激光雷达技术在电力工程测绘中的应用[J]. 科技创新与应用, 2021(9): 191-193.
- [3] 王佩成, 漆振华. 机载激光雷达技术在电力工程测绘中的应用[J]. 中国科技纵横, 2018(20): 166-167.