

机载 LiDAR 测量技术在输电运维中的应用

吴 亮

(中国电建集团贵州电力设计研究院有限公司, 贵州 贵阳 550002)

摘 要:输电线路运维是输电管理的重要环节,传统输电线路巡检依靠人巡为主机巡为辅的作业模式,其巡线测量精度、准确率、时间周期长难以保证。当前机巡作业在一定程度上缓解了运维压力,解决输电线路通道大致情况的检查,但仍未实现树障的精确巡检,机载 LiDAR 技术的出现使得输电运维模式得以改善,其作为新兴测量手段使输电通道危险点精准测量检测成为可能。文章探讨了传统输电线路运维存在的工作效率、安全度及作业强度等问题,结合机载 LiDAR 的特点研究该技术在电力工程勘测成图及输电通道危险点检测分析领域技术实现流程与应用情况,以及激光点云数据快速处理与分类,实现对输电通道环境的及飞及测,探讨进一步提升运维应急抢险反应速度和隐患判定的精度,以减少运维人工巡线的投入,提高运维效率。

关键词:机载 LiDAR;测量技术;输电线路运维

文章编号:2096-4633(2018)03-0051-04 **中图分类号:**TM75 **文献标志码:**B

机载 LiDAR(Light Detection And Ranging) 技术作为是近年来测绘行业兴起的一项新技术已在测绘、电力、林业、城市规划等诸多领域得以运用^[1-3]。随着国民经济的快速发展,我国的电力建设正在高速发展,面对庞大的电力网络,如何对其进行有效的管理,以保证电网的正常运行,确保电力的正常输送,显得非常重要。近年来,由于机载激光雷达测量技术能同时获取输电线路走廊影像及三维空间坐标信息,且具有测量精度高、全三维、自动化程度高、效率高、定位准确的特点,在电力巡线中得到日益广泛的应用。应用该项技术是应对智能化电网发展趋势、增强数字化电网生产应用能力和提高数字化电网数据精度,解决目前输电线路日常运维难题的重要手段,能够为输电线路的设计、建设和维护提供方便、快捷、准确的技术支撑,便于更有效的保障输电线路运行的安全稳定。

1 机载 LiDAR 的特征

机载 LiDAR 即激光探测及测距。激光雷达以激光器作为发射光源,以光电探测传感器为接收元件,依据激光测距的原理进行距离和角度的测量和记录,以此确定被测对象的方位信息;其可以获取被探测物体的空间几何结构信息,是激光技术、计算机技术、高动态载体姿态测定技术和高精度动态 GPS 差分定位技术迅速发展的集中体现,是实现地面三

维坐标和影像数据同步、快速、高精度获取,并快速、智能化实现地物三维实时、变化、真实形态特征再现的一种国际领先的测绘高新技术。

激光雷达技术特点具体特点体现在以下方面^[4-6]:

(1)非接触式、主动式测量。属于主动遥感技术,无需接触即可完成测量任务。

(2)分辨率高、密度大。激光雷达可以获得更高的分辨率,分辨率高是激光雷达的最显著的优点,其多数应用都基于此。

(3)蔽性好、抗有源干扰能力强。激光直线传播、方向性好。传统雷达易受自然界广泛存在的电磁波影响的,然而自然界中能对激光雷达起干扰作用的信号源不多,因此激光雷达的抗干扰能力更强。

(4)低空探测性能好。激光雷达接收的回波只是其发射的激光信号的反射,不会受地物回波的影响,低空探测性能更强。

(5)植被穿透能力强。由于激光雷达具有多次回波特性,激光脉冲在穿越植被空隙时,可返回树冠、树枝、地面等多个高程数据,有效克服植被影响,更精确探测地面真实地形。

激光雷达主要由激光发射系统、接收系统、旋转棱镜、控制系统及供电单元等部分组成。激光发射系统用于激发和发射激光,发射出的激光通过旋转

棱镜,以折射或者是反射的形式从激光雷达发射窗口发射出去,激光束遇到目标物之后发生漫反射,反射的激光信号被接收单元接收,通过系统内的信号处理单元转换成测量信息^[7]。目前国际上的激光雷达设备系统高程测量精度可达 0.1 m 以下,相对和绝对平面测量精度优于 0.05 m,扫描头射程普遍在 100 m~1 000 m 左右,机载激光雷达体积小,重量轻,主要搭载在直升机、多旋翼无人机以及固定翼无人机上。

2 传统电力运维存在的问题

电力运维中传统的人工巡检方式依靠地面交通工具或徒步行走、利用普通仪器或肉眼来巡查设施、处理设备缺陷,其中人工肩扛经纬仪或全站仪测量方法由于需要人工到达电力杆塔下方或附近区域进行测量,因此导致外业作业劳动量极大、选线定位时也无法确保线路的走向经济合理、另外该方法几乎无自动化、而且得出的平断面精度低、准确率低、从测量到成果周期长,已无法匹配电网建设速度,渐遭淘汰^[8-9];现阶段,人工肩扛仪器与飞机航测结合的方法已经越来越成为线路测量方法的主流,在该方法中人工肩扛仪器与飞机航测各自独立却又相互融合,飞机(有人机或无人机)航测方法发挥其大局优势,采集大数据以确保线路基本走向的合理与经济,同时测绘出不间断的平断面图,人工肩扛仪器的测量方法则用来检验与修正飞机航测的平断面图。然而,很多长距离输电线路分布在地形陡峭、自然环境恶劣的崇山峻岭、广袤森林之间,这导致这种模式下发的作业劳动强度大、工作条件艰苦、效率低、复巡周期长、巡检数据准确率不高,而且无法获取对建设成本和后期运行维护有极大影响的树竹以及通讯线、高铁等交叉跨越物的高度信息。

目前,机载 LiDAR 电力运用研究主要集中在电力线路走廊激光雷达点云分类及典型目标识别、地形图及 DEM 的快速成图、电力线三维重建、杆塔三维重建、危险点检测、电力线走廊三维可视化这几个方面。但是如何有效且准确的实现点云分类,如何实现长距离特高压、超高压、高压架空输电线路的电力线三维重建,如何提升三维建模的效率,如何做到及时发现危险点及时解决树障威胁仍然有待改善解决。

3 机载 LiDAR 在输电运维中的运用

3.1 电力工程勘测成图

通过收集线路区段内的综合基础资料,结合现场实地踏勘结果,依据要求作出相应技术准备,分析并制定适用于测区内的飞行计划,并根据飞行计划实施飞行任务,结合 IMU 惯导技术,以无人机平台搭载激光 LiDAR 测量系统集中扫描采集输电线路及其走廊环境内的杆塔、线路、植被及其它地物的高精度三维点云数据,利用 GPS 基站控制点数据及差分误差解算技术,解算出每个点云的精确空间坐标^[10-12],通过现场检查实现点云数据的质量控制,最终获取架空线路走廊的点云数据和数字影像数据。通过对激光点云的处理获取高精度的 DEM 和 DSM,运用 DEM 内插算法生成数字线化图,结合高分辨率的 DOM 实现地图调绘从而生成电力走廊范围内的地形图从而为电力工程建设提供基础测量图纸。

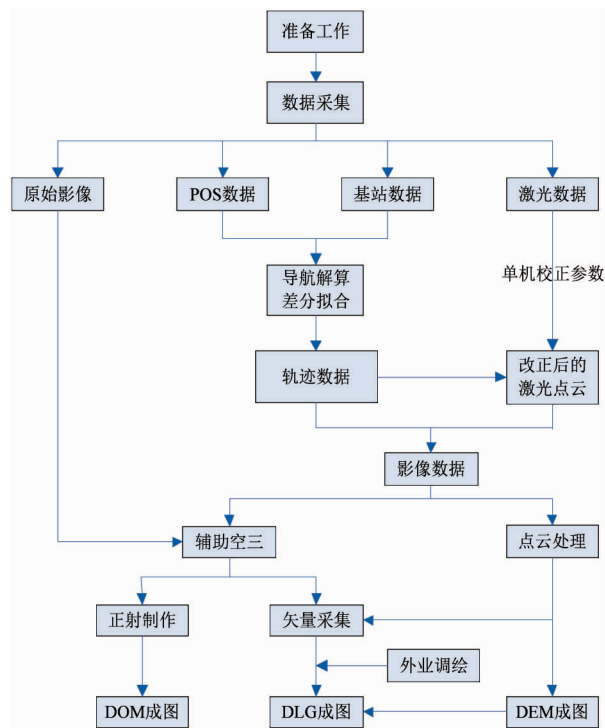


图 1 机载 LiDAR 勘测成图

Fig. 1 Airborne LiDAR survey map

3.2 输电通道危险点检测分析

对于采集的点云数据进行一系列预处理和后处理以实现地物之间点云分类,利用分类后的点云数据进行电力矢量线提取,根据提取的电力矢量线计

算输电线与地物距离,然后分析电力线通道内的树障及危险点,从而实现输电线路通道安全距离诊断,并生成树障缺陷分析及危险点统计报表^[13-15]。根据巡检区域的实际情况分析输电线路通道内的交叉跨越,对地弧垂,档距、电力通道树木及障碍点、塔形情况,对是否存在交叉跨越、对地弧垂距离、档距、是否存在电力通道树木及障碍点等进行记录与可视化展示。电力线走廊数字化重建后,即可得在电脑中直观立体显示电力线、电塔的位置、与走廊地物的空间关系^[16];结合杆塔上安装的温度、湿度、风速等监控设备传回的数据,即可在三维数字化电网基础上进行各种电力作业分析,如预测与模拟不同温度、风速、覆冰下弧垂变化情况,模拟树木生长情况等。

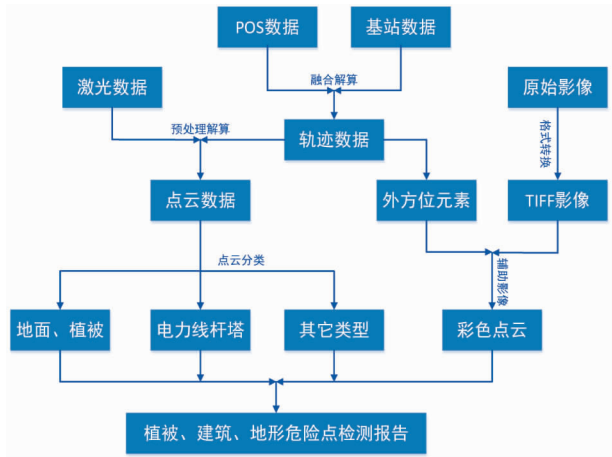


图2 机载 LiDAR 的输电通道危险点检测

Fig.2 Airborne LiDAR transmission channel hazard detection

4 结论

文章研究了机载 LiDAR 在输电运维中的运用,该技术不仅可用于电力工程勘测设计,也可应用于输电线路巡线,其给传统电力勘测与运维增添了新动力,解决人工巡检工作强度大,巡检数据准确度不高的难点,将工作人员从繁重低效率的日常人工巡检工作中解脱出来,进一步弱化现场人员的参与,促使运维工作更加便利,有效提高运维数据的使用率和运维质量,保障电网安全稳定运行。

参考文献:

[1] ZHANG C, XU Z, YANG S, et al. Power transmission line sag analysis and application based on airborne LiDAR[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2017(07).

[2] HUANG Z, HUANG S. Application of airborne LiDAR technology

to transmission lines engineering[J]. Journal of Geomatics, 2016(01).

[3] LIN X, ZHANG J. 3D power line reconstruction from airborne LiDAR point cloud of overhead electric power transmission corridors[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2016, 45(03): 347-353.

[4] ZHOU X W. Applications of LiDAR technology in power transmission line projects[J]. Science of Surveying and Mapping, 2010, 35(05): 83-85.

[5] 段敏燕. 机载激光雷达点云电力线三维重建方法研究[J]. 测绘学报, 2016, 45(12).

Duan Haiyan. 3D power line reconstruction from airborne LiDAR point cloud[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2016, 45(12).

[6] 张晓东, 窦延娟, 刘平, 等. 机载激光雷达技术在电力选线工程中的应用[J]. 长江科学院院报, 2010, 27(01): 26-28.

ZHANG Xiaodong, DOU Yanjuan, LIU Ping, et al. Airborne LiDAR technology used in electrical power line design project[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2010, 27(01): 26-28.

[7] 陈利明, 张巍, 于虹, 等. 无人机载 LiDAR 系统在电力线巡检中的应用[J]. 测绘通报, 2017(S1): 176-178.

CHEN Liming, ZHANG Wei, YU Hong, et al. Application of UAV-based LiDAR system for power line surveys[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2017(s1): 176-178.

[8] 韩文军, 肖雪. 基于机载 LiDAR 数据的输电铁塔建模方法研究[J]. 人民长江, 2012, 43(08): 22-25.

HAN Wenjun, XIAO Xue. Power tower modeling with airborne LiDAR data[J]. Yangtze River, 2012, 43(08): 22-25.

[9] 周卿, 李能国. 基于机载激光雷达技术的地形图成图的探讨[J]. 城市勘测, 2010(b06): 91-93.

ZHOU Qing, LI NengGuo. Discussion of mapping based on LIDAR[J]. Urban Geotechnical Investigation&Surveying, 2010(b06): 91-93.

[10] 林祥国, 段敏燕, 张继贤, 等. 一种机载 LiDAR 点云电力线三维重建方法[J]. 测绘科学, 2016, 41(01): 109-114.

LIN Xiangguo, Duan Minyan, ZHANG Jixian. A method of reconstructing 3D powerlines from airborne LiDAR point clouds[J]. Science of Surveying and Mapping, 2016, 41(01): 109-114.

[11] 李占英. 智能配电网大数据应用技术与前景分析[J]. 贵州电力技术, 2017(11): 18-20.

Li Zhanying. Intelligent power distribution network and prospect analysis technology of data applications[J]. Power Systems and Big Data, 2017(11): 18-20.

[12] 余洁, 穆超, 冯延明, 等. 机载 LiDAR 点云数据中电力线的提取方法研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2011, 36(11): 1275-1279.

YU Jie, MU Chao, FENG Yanming, et al. Powerlines extraction techniques from airborne LiDAR data[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2011, 36(11): 1275

- 1279.

[13] 王平华,习晓环,王成,等. 机载激光雷达数据中电力线的快速提取[J]. 测绘科学,2017,42(02):154-158.
WANG Pinghua, XI Xiaohuan, WANG Cheng, et al. Study on powerline fast extraction based on airborne LiDAR data [J]. Science of Surveying and Mapping,2017,42(02):154-158.

[14] LIANG J,ZHANG J,DENG K,et al. A New Power-Line Extraction Method Based on Airborne LiDAR Point Cloud Data [C]//International Symposium on Image and Data Fusion. IEEE,2011:1-4.

[15] TIAN X,XU L,XU T,et al. A new laser point offsets eliminating method for airborne LiDAR by compensating laser pointing deviations[J]. Lasers in Engineering,2015.

[16] 梁静,张继贤,刘正军. 利用机载 LiDAR 点云数据提取电力线的研究[J]. 测绘通报,2012(07):17-20.
LIANG Jing,ZHANG Jixian,LIU Zhengjun. On extracting power-line from airborne LiDAR point cloud data [J]. Bulletin of Surveying and Mapping,2012(07):17-20.

收稿日期:2018-01-14

作者简介:



吴亮,男,硕士,助理工程师,主要从事航空摄影测量和电力巡线工作.

(本文责任编辑:龙海丽)

The application of transmission and maintenance based on airborne LiDAR measurement technology

Wu Liang

(Power China Guizhou Electric Power Design & Research Institute Co., Ltd., Guiyang 550002 Guizhou, China)

Abstract: Transmission line operation and maintenance is an important link of transmission management, the traditional power line patrol auxiliary depends on the operation model of the host, the inspection precision, line measurement accuracy, a long period of time is difficult to guarantee the operation; patrol aircraft to ease the operation pressure to a certain extent, solve the transmission line channel is approximately to check the situation, but yet to achieve accurate inspection tree barrier, airborne LiDAR technology makes the transmission operation mode can be improved, as a new measure to make precise measurement of the dangerous point of transmission channels as possible, this paper discusses the problems of traditional transmission line operation and maintenance work efficiency, safety and work intensity, combined with the characteristics of the airborne LiDAR technology in the electric power engineering survey into danger point diagram and transmission channel detection and analysis technology realization process and application, research on laser point cloud data According to the rapid processing and classification, we can realize the transmission channel environment and flight and measurement, further improve the speed of operation and emergency response and the accuracy of hidden danger determination, so as to reduce the investment in operation and maintenance, and improve operation and maintenance efficiency.

Key words: Airborne LiDAR; measuring technique; Transmission line operation and maintenance