

无人机激光雷达智能识别输电线路缺陷探究

张旻昊

航天晨光股份有限公司 江苏南京

【摘要】 电路输电线路是保证供电稳定性的重要设施，但是在输电线路日常维护和巡检过程中施工作业周期长，巡检作业难度大，并且无法确保巡检结果的精准性。在这种情况下，就应引入现代化的无人机三维激光雷达技术，对输电线路的缺陷及故障问题进行智能化的识别。此种技术在输电线路缺陷检测的过程中首先需要利用自动化分类法将输电线路通道三维点云进行数据采样并进行归类处理。然后在利用分档好的数据自动划分输电线路附近地面和植被以及塔杆等物体；最后根据电网输电线路运行安全稳定性的实际要求判断导线与周围地物存在的缺陷。通过无人机激光雷达技术应用的实践证明能够有效的提升电网输电线路巡检的效率和质量。

【关键词】 无人机；激光雷达；智能识别；输电线路缺陷

Research on Intelligent Identification of Transmission Line Defects by UAV Lidar

Minhao Zhang

Aerosun Corporation Nanjing,jiangsu,china

【Abstract】 Transmission line is an important facility to ensure the stability of power supply, but in the process of daily maintenance and inspection of transmission line, the construction cycle is long, the inspection is difficult, and the accuracy of inspection results cannot be ensured. In this case, we should introduce modern UAV 3D lidar technology to intelligently identify the defects and faults of transmission lines. In this technology, in the process of transmission line defect detection, it is first necessary to use automatic classification to sample and classify the data of three-dimensional point cloud of transmission line channel. Then, the classified data is used to automatically divide the ground, vegetation, tower poles and other objects near the transmission line. Finally, according to the actual requirements of the safe and stable operation of power transmission lines, the defects of conductors and surrounding ground objects are judged. The application practice of UAV lidar technology proves that it can effectively improve the efficiency and quality of power grid transmission line inspection.

【Keywords】 Laser radar; Intelligent identification; Transmission line defect

激光雷达测量属于一种主动探测技术，在电网输电线路缺陷检测中的应用具有良好的应用效果。与无人机进行有效的结合，能够在地物上产生反射并被接收器接收，结合激光器的位置和状态，就能够获得准确的激光束反射点的三维坐标，同时激光还能够穿透植被，获得反射强度等信息，为得到输电线路的运行状态智能化识别提供技术支持。无人机激光雷达系统是一种新兴的遥感技术，在多个领域中已经获得了广泛的应用。在电力系统输电线路巡检中的应用，能够精准的收集到输电线路通道内线路自身以及通道地物的三维点云数据，进而对输

电线路的缺陷以及交叉跨越等数据信息进行分析，为电力线路运维和检修工作带来更大的便利。

1 无人机激光雷达技术的功能

1.1 无人机激光雷达技术实现距离的准确测量

无人机雷达技术在应用过程中，可以实现对输电线路通道和电力设备以及相关设施开展实时的监测与检查，在电力线路和设备在运行过程中一旦发生运行风险问题以及潜在安全隐患等问题，电力部门能够快速的派驻技术人员到故障现场进行检查和维修，并且能够为维修人员提供真实可靠的数据信息以及线路故障的精准位置。同时无人机激光雷达

技术还能够结合电力线路走廊中跨越物所带来的线路运行风险问题做出精准的分析 and 预警^[1]。无人机激光雷达技术在应用期间,所有具有高精度激光雷达测量系统对输电线路的运行情况都能够实施高精度的点云检测,从而及时的获得电力线路建设过程中所跨越的建筑物以及植被等线路距离是否符合线路运行规范和标准,无人机激光雷达技术能够做出更加精准的测算和判断。

1.2 无人机激光雷达技术实现线路资产管理

无人机激光雷达技术的应用,可以在电力线路巡线采集的点云和高清影像数据方面具有较大的优势,通过专业的设备和技术对电力线路巡检过程中采集的点云和高清影像数据进行及时高效的处理,并且转换为 DOM 和 DEM,利用获得的转换数据能够提出更加精准的判断和分析,同时还能够将数据分类后的点运用于电力线路三维立体模型的构建,进而达到实时掌握电力线路运行状态的目的。同时还能够对电力线路周围真实的地形地貌特征以及周围环境等进行监控,进而构建出电力线路周围离地的位置模拟。使电力线路附近真实的地表环境进行还原,并通过专业的显示设备还原到技术人员面前,使电力技术人员能够通过构建的三维立体模型将电力线路运行过程中所有的额参数进行实时线路资产管理的录入,有效的提升了电力线路巡检工作开展效率,同时也能够对电力线路的运行状态和运行质量进行保障。

2 无人机激光雷达技术的工作原理

现阶段电力系统在输电线路巡检和电力线路缺陷检测方面充分利用了无人机激光雷达技术,在使用过程中无人机通过激光雷达系统的巡线采集和电力线路沿线激光点云处理,将输电线路周围的环境状态进行真实的反应,同时还能够将特定范围内的地形地貌以及植被等进行真实的体现。技术人员利用无人机激光雷达技术传回的数据和参数等信息对电力线路所处的地表环境进行真实立体的呈现,使电力部门能够对电力线路运行状态以及电力设备设施结构信息等进行实时的掌握,并且还能够及时的发现电力线路和设备在使用过程中发现的异常情况以及潜在的安全隐患等,为电力部门提出紧急的维修和养护措施提供了可靠的技术支持,有效的避免了电力线路走廊中受到跨越物的影响导致电力线路

运行故障问题的发生^[2]。另外,无人机激光雷达技术的应用还能够实现智能电网技术的连接,对电力系统泄漏资产的高效管理,有效的保障电力线路运行的安全性和稳定性。

3 无人机激光雷达技术的数据预处理

3.1 剔除粗差

在利用三维激光扫描技术测量输电线路通道的过程中,会受到多种因素的影响,致使激光扫描受到遮挡和阻碍,包括树木和鸟以及人等活动的影响,这些因素的存在会导致扫描过程中云点数据的获取产生一定的误差。另外一种非常重要的影响因素就是实体自身存在的反射作用,其存在会使云数据采集时出现本不应该存在的物体。在对激光雷达技术采集的数据信息进行处理的过程中需要将这些多余的东西进行精准的提取并去除,这样才能有效的保证输电线路通道物体建模的精准性。虽然在激光雷达技术扫描过程中能够通过人工的方式进行遮挡和清理,但是并不能保障将这些影响因素全部清除干净,因此,在数据处理过程中就需要利用简单的方式对三维激光扫描点云数据进行粗差剔除。

3.2 均匀化抽稀

对于电力系统来说,输电线路建设的规模不断的扩大,输电线路所处的区域存在较大的差别,并且所处的地形情况不同。在对输电线路进行巡检的过程中无人机飞行的速度不同,所获得的点云的密度是存在较大差别的。点云的密度不同是无法对获得的数据信息利用相同算法进行处理的,需要对每次巡检获得的不同的数据参数信息进行抽稀处理^[3]。而由于移动设备硬件在应用过程中受到环境的影响,所以无法对获得的全部原始数据信息在移动终端上开展分析,这种情况下也需要对原始数据信息进行抽稀处理。均匀化抽稀算法需要严格遵循特定的步骤。一是将获得的点云数据信息进行分类保存,同时对原始点建立八叉树结构;二是要将八叉树结构点周围体的边界进行精细化的处理;三是要将全部数据信息中没有节点的八叉树结构进行彻底删除;四是要将八叉树所有涉及的节点进行处理,并保留 $1/N$ 个点作为抽稀完成后的激光点;五是需要将保存后的点作为抽稀后的点云数据,再将原始的点云进行清理。

3.3 电力输电线路故障识别

利用无人机激光雷达技术对输电线路通道的每个点进行扫描,同时对每个档次的点云数据都需要构建树形的数据结构图,根据电力系统输电线路安全稳定运行的标准和要求,对输电线路特定范围内是否存在植被以及建筑物等地物点进行全面的搜索,并通过显示设备传输到电力系统技术人员处,如果显示存在那么就证明给点就是输电线路的故障点位置,并对该点进行保存,电力系统针对故障及时制定维修措施。

4 无人机激光雷达智能识别输电线路缺陷的应用

4.1 无人机激光雷达技术的应用

无人机激光雷达技术应用的主要原理是根据GOS定位技术与激光测距技术进行合理的搭配,进而实现高效,精准的对地面物体进行三维坐标的测量和数据参数获取,具有测量精准度和测量水平高的应用优势,同时还能对地面坐标参数进行快速的获取。无人机激光雷达技术在多个领域都实现了广泛的应用,尤其是在测绘领域中,通过利用无人机激光雷达技术对地面地貌和地形特征进行扫描和勘查。在电力系统输电线路巡检和维护工作中,充分利用无人机电激光雷达技术能够对输电线路特点范围内的空间环境和地形等参数进行精准的获取,并通过显示器传输到电力系统运行监控平台中,构建出输电线路周围三维立体结构,为电力系统线路和设备的维护提供技术支持。无人机激光雷达技术运用原理主要是通过激光雷达技术能够对地形附近的附着物等进行全方位的物体反射强度信息获取,同时能够从激光点云数据中去掉地物回波点,进而获得数字高程模型,构建出三维立体结构模型。电力技术人员能够根据获得的参数数据构建三维立体模型,对电力线路通道的运行环境以及空间关系等进行监控,进而能够及时的发现输电线路运行过程中出现的故障问题。

4.2 地物点云分类中的应用

在电网系统中,输电线路通道供电过程中非常重要的环节,其内部包括了输电线路所处的地形地貌特征以及地标物电塔挂线点位置等,是输电线路通道点云分类中核心的监测数据信息,是电力系统中输电线路运行稳定性与安全性的核心观察对象。无人机激光雷达技术在电力系统实际应用期间,需

要通过无人机反复的飞行巡检获得最原始的点云数据^[4]。点云数据获取的主要目的是能够将输电线路通道内所有的目标物以及线路附近地表附着物进行点云分类,并做好相应的数据分类记录,特别是对于不同类型的地物实施激光点分离,可以为滤波分类提供可靠的依据,使原始点云对地面点和非地面点进行更加精准的划分,与地面激光点进行有效的配合,从而构成差值和结构网,进而达到对地面输电线路通道的三维数字模型构建。但是在具体应用过程中需要重点考虑无人机多次飞行后,每次获得的数据需要进行对比分析,这样才能有效的提升采集数据的精准性和真实性。

4.3 激光雷达数据滤波功能的应用

激光雷达数据滤波功能主要是指在激光数据点云中可以获得数字表面高程模型,在应用过程中需要利用专业的技术对数据信息进行筛选和提取,并且要将一些数据焦点清除的功能。在应用激光雷达滤波功能期间,如需要将地面物体和建筑物进行提取,并构建出三维立体模型,这种情况下就需要充分利用激光焦点数据云将其进行精准的分割,并且要重点将植被数据点和人工地物点进行准确的区分。在这个环节中,技术人员将其成为激光雷达数据分割。在电力系统输电线路故障检测过程中电力线点的提取就可以通过滤波进行地面点与地物点的清晰分离。在具体实施过程中需要注意,在使用分割法的期间,对电力线路周围环境中的植被点和电力线点进行滤波分割的过程中,需要对数据处理进行重视,这直接影响到分析结构的准确性以及三维立体模型构建的精准性。

4.4 激光雷达扫描数据三维模型技术应用

电力系统输电线路三维模型的构建也是非常重要的技术,特别是在三维立体模型构建过程中的对象是电力系统的输电线路自身,这是一项技术性较强且较为复杂的工作。电力输电线路三维立体模型的构建是保证输电安全和稳定的重要技术措施^[5]。利用无人机激光雷达技术对输电线路周围的数据信息进行采集并对地理信息的数据进行实时的监测,从而有效的提升了输电线路故障问题及时发现的速度,为电力线路的稳定运行提供可靠的保障。因此,在输电线路通道巡检工作中,无人机激光雷达技术扫描过程中需要提供实时三维重建所需要的电力线

路地表模型和地物模型参数，通过获得的点云数据构成三维立体成像，进而得到精准的输电线路通道运行数据参数。但是在实践应用过程中需要对电塔与电力线路的具体位置进行精准的测量和确定，对输电线路通道的地物空间关系等进行合理的定位，这样才能保证传输回的数据符合实际地物空间情况，并且还要根据塔杆上设备感测到的温度和湿度等数据进行传输，这样可以为电力作业施工提供可靠的分析和模拟，确保输电线路故障维修人员的人身安全。

5 结束语

在电力输电线路缺陷检测过程中，相比传统的巡检方法，无人机激光雷达技术的应用，有效的提升了输电线路巡检工作开展的质量和效率。无人机激光雷达技术在输电线路缺陷检测中的应用，能够获得精准的输电线路点云数据，并利用自动化分类方式将输电线路通道三维点数据进行采样及分析处理，数据获取位置准确且速度快，有效地避免传统线路巡检工作中需要多名技术人员的情况；通过对采集的点云数据信息进行技术处理以及特征识别和人工分析，得到输电线路与周围地物存在的安全缺陷以及现有的缺陷情况，有效的提升了巡检数据的精准性，为电力输电线路的维护和检修提供了技术保障。

参考文献

[1] RUAN Jun, TAO Xiongjun, LIU Dongjia,等. 输电线路

多旋翼无人机激光雷达点云数据自动分类技术研究及应用[J]. 南方能源建设, 2019, 006(002):89-93.

- [2] 莫文抗, 宋庆志, 晏节晋, et al. 无人机激光雷达技术在输电线路三维设计中的应用[J]. 通讯世界, 2019, 26(11):02.
- [3] 付红安, 王学平, 田帅,等. 基于无人机激光雷达技术的输电线路走廊清理方法[J]. 电测与仪表, 2019, 56(23):06-07.
- [4] 王红星, 陈玉权, 张欣,等. 基于离线高斯模型的输电线路无人机巡检缺陷智能识别方法研究[J]. 电测与仪表, 2022, 59(03):07-08.
- [5] 杨春峰, 于荣华, 黄维,等. 基于激光雷达和可见光立体测量的无人机电力巡检技术研究[J]. 自动化技术与应用, 2021, 40(10):03-04.

收稿日期: 2022 年 10 月 12 日

出刊日期: 2022 年 11 月 18 日

引用本文: 张旻昊, 无人机激光雷达智能识别输电线路缺陷探究[J]. 工程学研究, 2022, 1(5) : 77-80
DOI: 10.12208/j.jer.20220170

检索信息: RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS