

基于激光点云数据的输电线路安全检测分析研究

刘 军

(贵州电网有限责任公司贵阳供电局双龙分局, 贵州 贵阳 550002)

摘 要:输电线路安全检测与分析是电力系统的智能化、数字化建设不可或缺的重要组成部分。当前输电线路超高压、大容量建设趋势,增加了输电线路检测与维护的难度。因此为提高人工巡检效率,突破复杂地形对巡线的局限性,提高空间定位精度,设计了一种基于激光点云数据的输电线路安全检测分析系统。系统功能主要包括电力走廊点云自动分类提取与安全检测分析,能够对电力线、杆塔等输电设备数据以及建筑物、河流等其他走廊地物数据进行自动分类提取;通过检测电力线与其他走廊地物之间的距离判别危险点类型,生成安全分析报告;为验证系统有效性,将系统分析数据与人工现场测量数据进行对比分析,结果表明,该系统能够精准地判别输电线路危险点,具有较高的实际应用价值。

关键词:激光点云;输电线;危险点;安全检测

文章编号:2096-4633(2018)07-0036-03 **中图分类号:**TM75 **文献标志码:**B

激光雷达测距^[1-3]作为一种遥感技术,能够通过主动发射和接收高频率的激光脉冲,获取探测目标表面距离、粗糙度和反射率等高密度的信息,并处理生成点云数据。由于激光雷达测距技术具有高精度、高密度、高效率等优点,近年来广泛应用于林业资源调查^[5]、文化遗产保护^[5]、灾害监测^[6]、电力建设^[7]等领域。

输电线路安全检测与分析^[8-10]是电力系统的智能化、数字化建设不可或缺的重要组成部分。在当前输电线路超高压、大容量建设趋势下,特别是在复杂地形环境下,增加了输电线路检测与维护的难度。其中电力线与其他走廊地物间的空间距离、杆塔倾斜程度可以作为输电线路安全检测的重要指标,因此选取激光雷达测距技术对输电线路进行三维建模分析具有重要意义。

近年来,为提高输电线路人工巡检效率,突破复杂地形对巡线的局限,提高空间定位精度,激光雷达测距技术开始逐渐应用于输电线路巡线工程中。国内外研究人员针对激光雷达测距技术在电力巡检方面做了大量的研究工作,其中文献[11]提出了一种基于分层随机抽样和电力线三维重建数学模型约束的单档电力线 LiDAR 点云聚类方法;文献[12]提出了一种高效的电力线点云分类方法;文献[13]提出一种无人机电力巡检 LiDAR 点云数据的自动安全

距离诊断方法;文献[14]研究了基于点云数据的电力线提取以及安全距离检测方法;文献[15]研究了一种基于三维激光扫描技术的电力铁塔变形监测方法,上述研究为输电线点云数据处理以及电力安全检测提供了有效的技术支撑,但是缺少一种高效的、实用性强的、与输电线路安全检测分析紧密结合的点云数据处理系统。

因此,本文面向超高压、大容量输电线路安全检测分析需求,研发了一种基于激光点云数据的输电线路安全检测分析系统,系统整合了电力线提取、杆塔提取、形态学滤波、建筑物提取、道路提取等功能,实现了电力走廊点云数据自动分类提取,能够完成输电线路与其他走廊地物之间的距离计算,进行危险点分析,判别危险点类型并生成安全分析报告,便于根据检测报告进行线路维护,有效提升电力巡检的效率。

1 系统功能设计

基于激光点云数据的输电线路安全检测分析系统功能主要包括电力走廊点云自动分类提取、安全检测分析,其中具体工作流程图如图 1 所示。首先系统通过自动分类提取功能对读取输电线路点云数据进行分类,确定电力线、杆塔等输电设备数据以及建筑物、河流等其他走廊地物数据,完成数据提取与三维

重建;其次通过安全分析检测功能,结合走廊地物数据,实现电力线的危险点分析;最后根据电力线危险点、杆塔倾斜度分析数据生成安全检测分析报告。

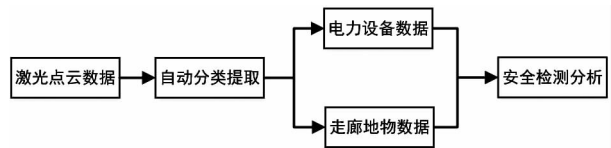


图 系统具体功能流程
Fig. System specific functional process

2 电力走廊点云自动分类与安全检测分析

2.1 电力走廊点云自动分类

为有效提取电力线、杆塔等输电设备以及建筑物、道路等走廊地物进行三维重建,系统通过自动分类模块将数据分段、电力线提取、杆塔提取、形态学滤波、建筑物提取、道路提取功能进行整合,提高点云分类效率。

2.2 安全检测分析

电力线危险点分析是电力安全检测分析的核心,它通过模拟计算电力线、杆塔等输电设备与建筑物、河流等其他走廊地物之间的距离,进行危险点位置的定位以及确定危险点类别,为电力巡线人员提供精准的信息,便于及时精确的进行线路维护,确保输电线路安全可靠运行。其中针对采集杆塔区间数据进行危险点分析,检测数据报告见表 1。通过分析报告数据,得出该段有 3 处危险点,危险点类型包括建筑物、公路、河流等。

表 1 测试杆塔区间危险点检测报告

Tab. 1 Test report on measuring the risk point
of pole and tower

序号	距小号塔 距离/m	危险点 类型	计算距离/m		
			水平	垂直	净空
1	275.85	建筑物	1.65	53.56	53.59
2	200.69	公路	0.75	96.68	96.68
5	225.48	河流	1.36	111.35	111.36

3 系统性能分析

为进行系统性能分析,利用无人机、激光测距仪、全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System,GNSS)接收机等技术手段对危险点实际净空距离进行测量,并与表 1 测试杆塔区间危险点检测报告进行对比分析,见表 2。

表 2 测试杆塔区间部分危险点净空距离误差分析

Tab. 2 Clearance error analysis of partial dangerous
point in test tower area

危险点序号	1	2	3
系统净空距离/m	53.59	96.68	111.36
测量净空距离/m	53.67	96.79	111.29
误差/m	0.08	0.11	0.07

其中表 2 中系统净空数据来源于系统分析结果,测量净空距离由测量仪器直接测量得来,根据误差数值可以得出,系统分析结果与实际测量结果最大误差 11 cm,最小误差 7 cm,平均误差为 8.67 cm。误差分析结果说明系统具有较高的检测分析精度,能够满足输电线路安全检测需求。因此,该系统在电力巡线工程中具有较高的实用性、有效性。

4 结束语

本文设计了一种基于激光点云数据的输电线路安全检测分析系统,系统能够对输电线路的点云数据进行自动提取与建模,并能够对输电线路危险点、杆塔倾斜程度进行分析计算,得出危险点信息。通过对系统有效性进行实验分析表明,系统安全检测分析结果与实际测量结果之间误差较小,满足实际工程需求,验证了系统实用性、有效性。

参考文献:

[1] KRAMER H A,COLLINS B M,GALLAGHER C V,et al. Accessible light detection and ranging: estimating large tree density for habitat identification[J]. Ecosphere,2016,7(12): e01593.

[2] WATANABE M,NOMA H,KURAI J,et al. Association between pulmonary function and daily levels of sand dust particles assessed by light detection and ranging in schoolchildren in western Japan: A panel study[J]. Allergol Int,2016,65(1): 56-61.

[3] ALJUMAILY H,LAEFER D F,CUADRA D. Urban point cloud mining based on density clustering and mapreduce[J]. Journal of Computing in Civil Engineering,2017,31(5): 04017021.

[4] GREGOIRE T G,NÆSSET E,MCROBERTS R E,et al. Statistical rigor in LiDAR-assisted estimation of aboveground forest biomass[J]. Remote Sensing of Environment,2016,173:98-108.

[5] 谢漠文,胡嫚,王立伟. 基于三维激光扫描仪的滑坡表面变形监测方法——以金坪子滑坡为例[J]. 中国地质灾害与防治学报,2013,24(04): 85-92.

XIE Mowen, HU Man, WANG Liwei. Landslide monitoring by three-dimensional laser scanner-case study of the displacement detection of the Jinpingzi landslide (Southwest, China) [J]. The

- Chinese Journal of Geological Hazard and Control,2013,24(04): 85-92.
- [6] 化蕾,黄洪宇,陈崇成,等. 基于激光点云数据的客家土楼三维建模[J]. 遥感技术与应用,2015,30(1): 115-122.
- HUA Lei, HUANG Hongyu, CHEN Chongcheng, et al. Three-dimensional Modeling of Hakka Earth Buildings based on the Laser Scanned Point Cloud Data[J]. Remote Sensing Technology and Application,2015,30(01): 115-122.
- [7] GUAN H, YU Y, LI J, et al. Extraction of power-transmission lines from vehicle-borne lidar data[J]. International Journal of Remote Sensing,2016,37(1): 229-247.
- [8] HU Y, LIU K, WU T, et al. Analysis of influential factors on operation safety of transmission line and countermeasures[J]. High Voltage Engineering,2014,40(11): 3491-3499.
- [9] BIRLASEKARAN S, LI H J. Detection of faulty insulators on power transmission line[C]// Power Engineering Society Winter Meeting, IEEE,2002: 2817-2821.
- [10] 袁捷. 贵州电网大数据应用探讨[J]. 电力大数据,2017,20(12): 4-7.
- YUAN Jie. Discussion on application of big data in Guizhou power grid[J]. Power Systems and Big Data,2017,20(12): 4-7.
- [11] 林祥国,宁晓刚,段敏燕,等. 分层随机抽样的单档电力线 LiDAR 点云聚类方法[J]. 测绘科学,2017,42(4): 10-16.
- LIN Xiangguo, NING Xiaogang, DUAN Minyan, et al. Clustering of airborne LiDAR point cloud of 3D powerline reconstruction in a span using stratified sampling[J]. Science of Surveying and Mapping,2017,42(04): 10-16.
- [12] 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+171.
- WANG Pinghua, XI Xiaohuan, WANG Cheng, et al. Study on power line fast extraction based on airborne LiDAR data[J]. Science of Surveying and Mapping,2017,42(02): 154-158+171.
- [13] 陈驰,彭向阳,宋爽,等. 大型无人机电力巡检 LiDAR 点云安全距离诊断方法[J]. 电网技术,2017,41(8): 2723-2730.
- CHEN Chi, PENG Xiangyang, SONG Shuang, et al. Safety Distance Diagnosis of Large Scale Transmission Line Corridor Inspection Based on LiDAR Point Cloud Collected With UAV[J]. Power System Technology, 2017,41(08): 2723-2730.
- [14] 徐博,刘正军,王坚. 基于激光点云数据电力线的提取及安全检测[J]. 激光杂志,2017,38(7): 48-51.
- XU Bo, LIU Zhengjun, WANG Jian. Extraction and Security Detection of Power Line Based on Laser Point Cloud Data[J]. Laser Journal,2017,38(07): 48-51.
- [15] 梁华,袁蕴良,王云端,等. 利用三维激光扫描技术进行输电铁塔变形监测研究[J]. 测绘通报,2017,(07): 156-157.
- LIANG Hua, YUAN Yunliang, WANG Yunduan, et al. Deformation monitoring of transmission tower based on 3D laser scanning technology[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2017,(07): 156-157.

收稿日期:2018-05-21

作者简介:



刘 军(1978),男,本科,工程师,主要从事电力工程技术电网前期、输变电设计管理、信息化管理、配电网安全、检修、运维管理工作。

(本文责任编辑:龙海丽)

Transmission line safety detection and analysis based on laser point cloud data

LIU Jun

(Shuanglong Power supply Bureau of Guizhou Power Grid Co., Ltd., Guiyang 550002 Guizhou, China)

Abstract: The safety detection and analysis of transmission lines is an indispensable part of the intelligent and digital construction of power system. At present, the trend of ultra-high voltage and large capacity building of transmission line increases the difficulty of transmission line detection and maintenance. So to improve the efficiency of artificial inspection, break through the limitations of complex terrain to patrol, space positioning accuracy, we design a based on laser point cloud data analysis system for transmission line safety testing. Automatic classification system function mainly includes the power point cloud corridor extraction, analysis of safety inspection, to be able to power, data transmission equipment such as tower, and building, river and other corridors automatic classification feature data are extracted; By detecting the distance between the power line and other corridor objects, the danger point type is identified and the safety analysis report is generated. For validity verification system, the system analysis and artificial field measurement data, this paper compares and analyzes the results show that the system can accurately distinguish transmission lines dangerous points, has higher application value.

Key words: laser point cloud; power line; dangerous points; security detection