

Application of Helicopter 3D Laser Scanning Technology in Inspection of Overhead Transmission Line

Hua Li, Juexiao Du, Zejun Zhang

State Grid Beijing Maintenance Company, Beijing
Email: lh167-@163.com, shc3211672@163.com

Received: Jan. 5th, 2018; accepted: Jan. 17th, 2018; published: Jan. 24th, 2018

Abstract

This paper introduces the technology of helicopter 3D laser scanning and the application to the inspection of a 500kV overhead transmission line in Beijing. By obtaining high density, high precision laser point clouds and optical image data in the transmission line corridor, it can realize 3D modeling, safety test of line instantaneous under working condition, safety distance analysis under different working conditions and output of plane section, of transmission line and surrounding environment. Then the risk point report of the safety distance analysis under real time working condition is given, which provides reliable information for the maintenance of line safety.

Keywords

Overhead Transmission Line, Line Inspection, 3D Laser Scanning

直升机3D激光扫描技术在架空输电线路巡检中的应用

李 华, 杜觉晓, 张泽军

国网北京检修公司, 北京
Email: lh167-@163.com, shc3211672@163.com

收稿日期: 2018年1月5日; 录用日期: 2018年1月17日; 发布日期: 2018年1月24日

摘 要

本文介绍了直升机3D激光扫描技术, 并将其应用到国网北京公司某500kV架空输电线路巡检中, 通过获

取的输电线路走廊的高密度、高精度激光点云和光学影像数据, 实现输电线路本体及周围环境的三维建模、线路瞬时工况安全距离检测、线路不同工况安全距离分析以及平断面图输出, 进而给出实时工况安全距离危险点分析报告, 为线路安全维护提供可靠信息。

关键词

架空输电线, 线路巡检, 3D激光扫描

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 概述

目前国家电网特高压线路建设稳步推进, 对电网监控与电网运维提出更高要求。我国高压输电线路的维护模式和巡检方式已经开始采用直升机搭载可见光检测仪和红外热成像仪进行电力巡线, 该方法虽然能够快速直观地发现输电线路的缺陷, 但无法三维展示和动态模拟输电设施的真实状况, 如架空线路弧垂, 线下树障等垂直空间层次信息[1] [2] [3]。

由于直升机巡检高压输电线路, 具有高科技、高效率、快捷、可靠、准确预测、不受地域影响等优点, 利用直升机平台搭载的 3D 激光扫描系统, 可以获取输电线路走廊的高密度、高精度激光点云和光学影像数据, 实现输电线路本体及周围环境的三维建模、线路瞬时工况安全距离检测、线路不同工况安全距离分析以及平断面图输出, 进而进行高精度三维空间量测、模拟分析及通道可视化管理[4] [5] [6] [7]。

直升机 3D 激光扫描在输电线路运维中数据成果主要包括精确台账、平断面图、交叉跨越检测报告、实时工况安全距离检测报告、模拟工况(高温、大风和覆冰)安全距离检测报告、数据三维展示系统等。

2. 直升机 3D 激光扫描技术系统介绍

直升机 3D 激光扫描指以直升机为平台, 通过搭载在直升机上的 3D 激光扫描系统获取被测区域的三维激光点云数据, 通过数据处理和分析, 生成相关数据成果和分析报告。3D 激光扫描系统组成部分包括激光扫描仪、定位定姿态系统(POS 系统)、航空数码相机和控制系统所构成综合系统, 如图 1 所示。综合系统搭载在直升机上实现对高压输电线路的维护和巡检, 随着这项技术进一步发展, 逐渐将综合系统搭载到无人机上完成线路维护和巡检任务。

与传统的高压线路巡检与维护方式相比, 搭载在直升机上 3D 激光扫描技术具有很大的优势。1) 精

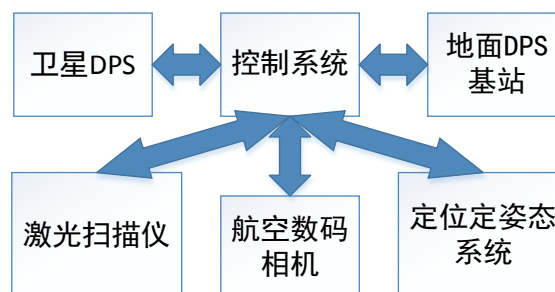


Figure 1. Block diagram of airborne laser scanning system

图 1. 机载激光扫描系统框图

确台账数据。利用直升机激光扫描技术, 可以获取线路杆塔基本数据, 包括杆塔位置、杆塔高度、线路弧垂、杆塔倾斜角、相间距、杆塔位移、地线保护角等基本信息。2) 输电线路本体及走廊三维地形地貌还原。实现点云的类别、高程和单色渲染, 通过激光点云直观还原线路走廊本体及地形地貌特征。此外还可以将影像与高程进行叠加显示, 进行更逼真的线路走廊展示。还支持加载矢量图层和三维模型图层。3) 三维量测。激光雷达扫描效率高、误差小, 通过快读获取线路走廊的激光点云, 基于点云可进行高精度的三维量测。4) 平断面图。在三维显示的电力设施视图上, 选择特定的位置就会自动输出电力设施的平面断面图, 还可以设置输出的区段及打印幅面。提供为电力设施模型自动添加注释的功能。在生成电力设施模型时, 会为每一个电力设施模型生成默认的注释信息。5) 瞬时工况安全距离检测报告。依据运行规范等相关线路规范, 对瞬时工况下的线路走廊进行安全距离评估。根据安全距离配置文件, 自动对电力设备与其他信息(如地面、植被、道路、河流等)的距离进行安全距离检测。6) 最大工况安全距离分析报告。可以根据不同的导线参数、环境参数、运行参数模拟不同工况的导线弧垂, 并进行安全距离分析。还可以根据九大典型气象区, 同时模拟不同典型气象的弧垂曲线。7) 三维成果展示。可以将获得的数据进行综合处理, 进行三维展示。

3. 直升机 3D 激光扫描技术在某 500 kV 架空输电线路巡检中的应用

目前国内对于超高压、特高压线路的巡检工作具有以下特点:

1) 跨区线路, 线路长, 地理环境多样化。特高压输电线路跨区运行, 线路长度几千公里不等, 巡视任务繁重、测量数据巨大。

2) 电压等级高, 输送功率大, 影响范围广, 在国民经济和电网运行框架中均具有重要地位。

3) 巡视频率高, 安全运行要求严格。

4) 沿线山区、无人区居多, 常规人工巡线难度大, 工作量大。

5) 线路空间交跨复杂, 常规巡检很难对线路通道信息统一管理。

6) 架空输电线路弧垂受温度、风偏和覆冰影响明显。

基于直升机 3D 激光扫描技术实现对高压输电线路的维护和巡检, 可以通过搭载在直升机上的 3D 激光扫描系统获取被测区域的三维激光点云数据, 通过数据处理和分析, 生成相关数据成果和分析报告。根据《DLT741-2010 架空输电线路运行规程》[8]《机载激光雷达数据处理技术规范》[9]等技术规范, 可将点云分为 6 大类, 24 小类。

1) 电力线及铁塔中包含交叉线、其他塔、屏蔽线、变电站、导线、铁塔。

2) 植被及其他中包含植被及土堆、其他地上物体。

3) 水系及设施中包含运河、沟渠、湖泊、河流。

4) 地面点能真实反映地面起伏, 落于裸地表面的点, 包括落在道路、广场、堤坝等反映地表形态的地物之上的点。

5) 居民地及设施中包含建筑物和地下建筑物, 建筑物包括房屋、地面上窑洞、蒙古包、工矿设施、公共设施、名胜古迹、宗教设施、观测站等地物结构。

6) 交通设施中包含铁轨、公路、土路、停车场、桥梁, 公路包含各级公路, 土路包含机动车能行驶宽度的路面。桥梁包含车行桥、立交桥、过街天桥、人行桥、廊桥、索道等。

依据运行规范等相关线路规范, 对瞬时工况下的线路走廊进行安全距离评估。根据安全距离配置文件, 自动对电力设备与其他信息(如道路、建筑物、地面、植被、河流、其他线路等)的距离进行安全距离检测, 500 kV 交流输电线路对地面安全距离为 11 m, 对建筑物安全距离为 9 米, 对树木安全距离为 7 m, 对公路和铁路安全距离为 14 米, 对其他电力线安全距离为 6 米, 对承力索或接触线安全距离为 6 米, 对不通航河流安全距离为 6.5 米, 对通航河流安全距离为 9.5 米, 对安全距离为 6 米等。基于直升机 3D 激光

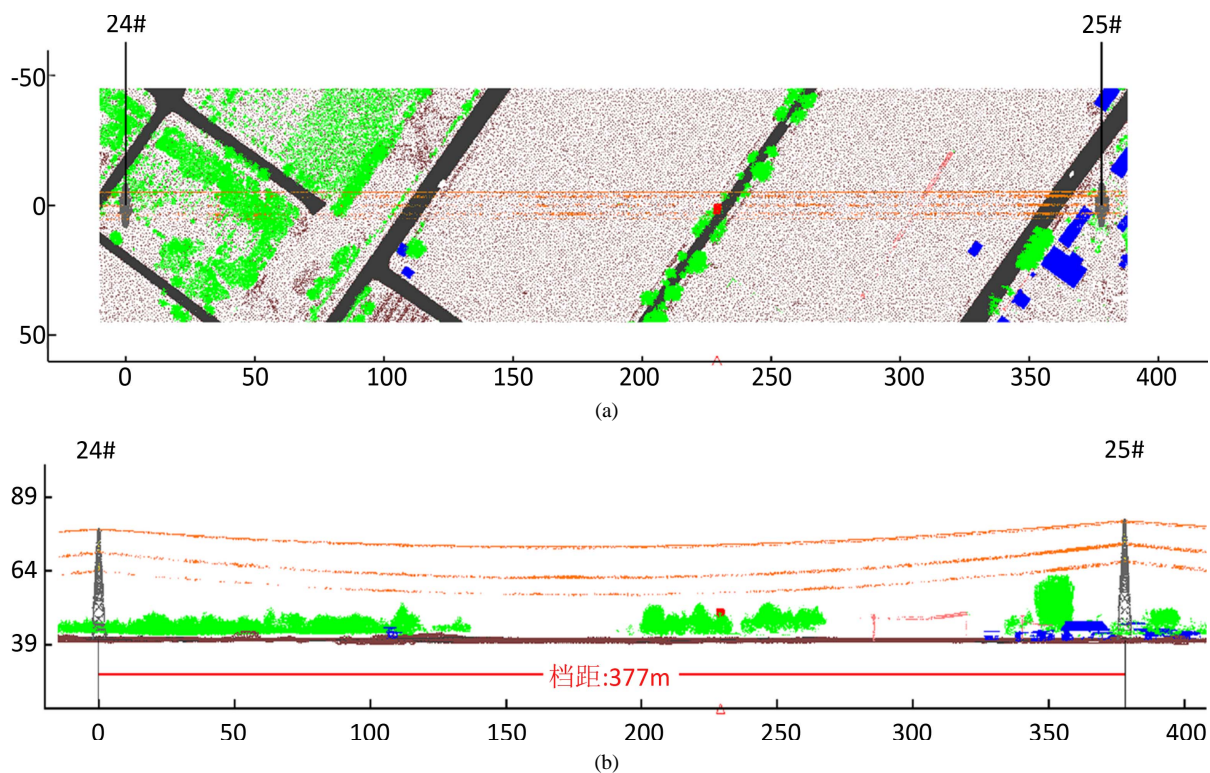


Figure 2. 3D diagram of the risk point of intersection of overhead transmission lines and trees; (a) overlook map; (b) plane view
图 2. 架空输电线路走廊与树木交汇危险点三维图; (a) 俯视图; (b) 平视图

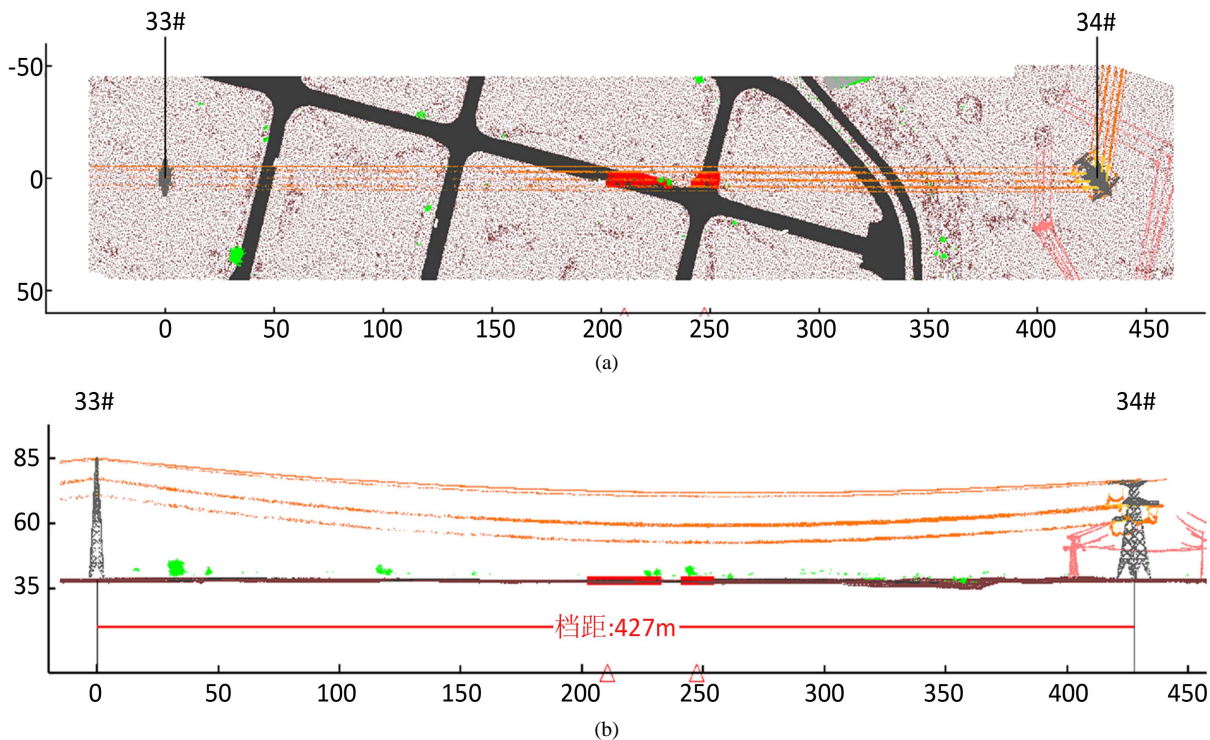


Figure 3. 3D diagram of the risk point of intersection of overhead transmission lines and highways; (a) overlook map; (b) plane view
图 3. 架空输电线路走廊与公路交汇危险点三维图; (a) 俯视图; (b) 平视图

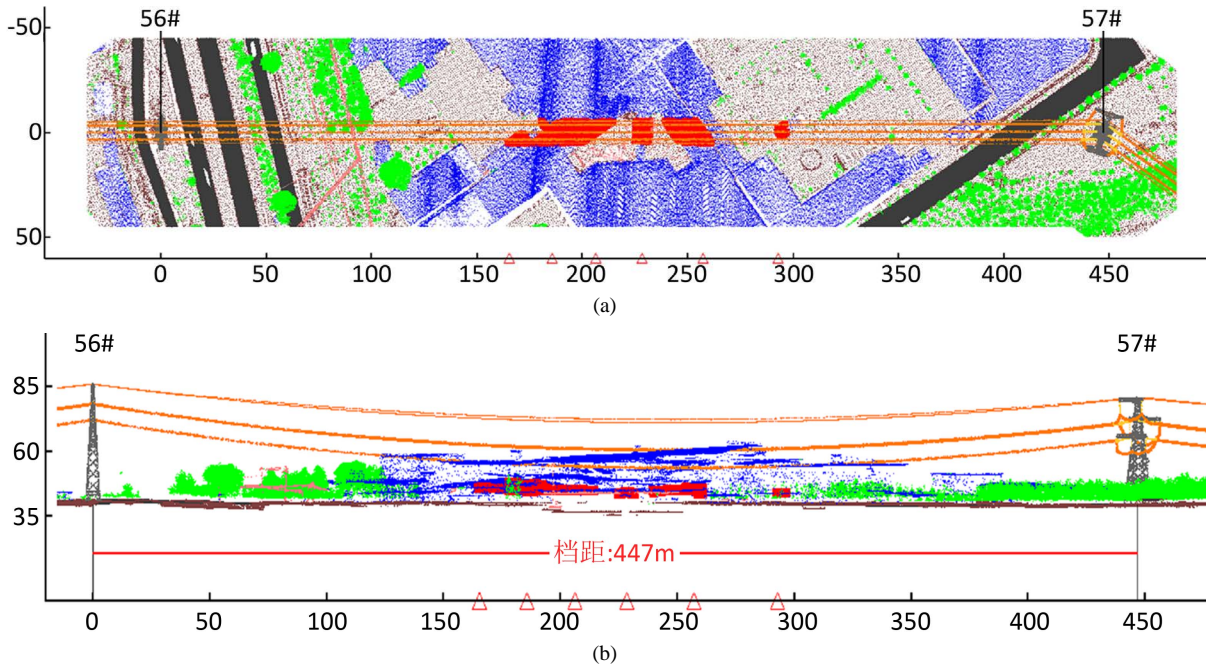


Figure 4. 3D diagram of the intersection of overhead transmission lines and buildings; (a) overlook map; (b) plane view
图 4. 架空输电线路走廊与建筑物交汇危险点三维图; (a) 俯视图; (b) 平视图

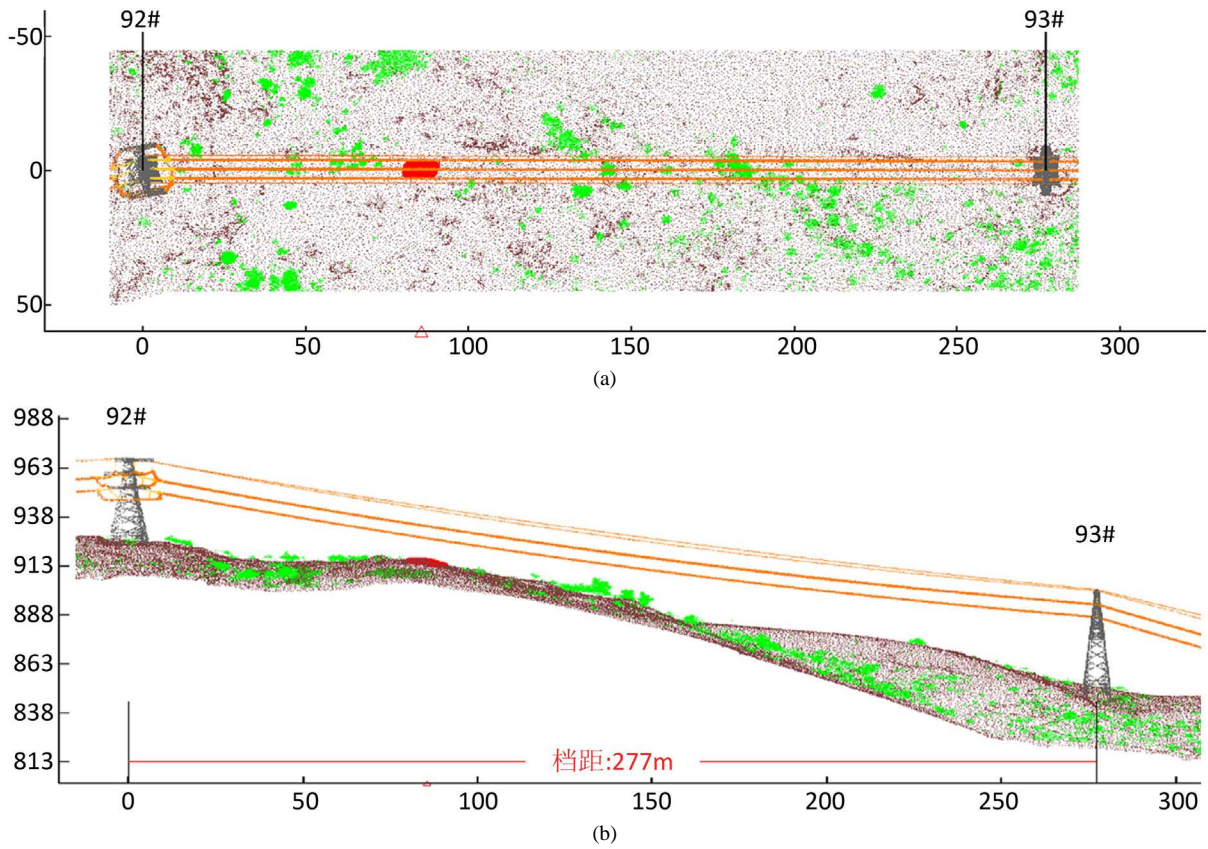
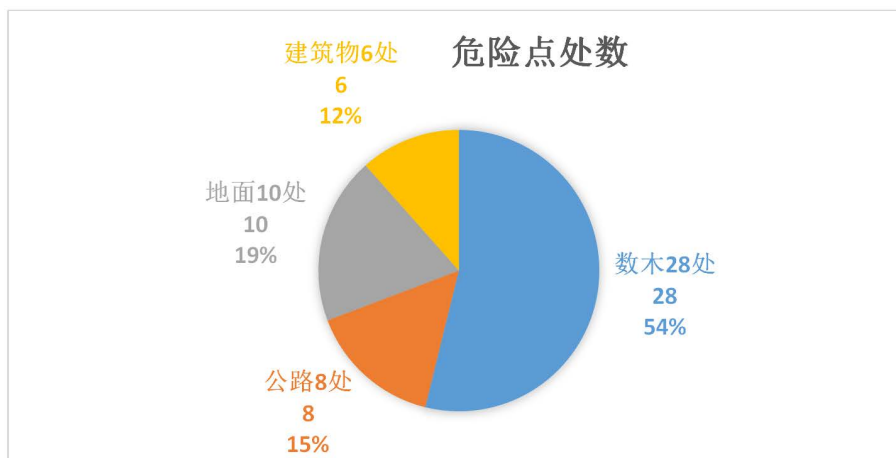


Figure 5. 3D diagram of the risk point of intersection of overhead transmission lines and ground; (a) overlook map; (b) plane view
图 5. 架空输电线路走廊与地面交汇危险点三维图; (a) 俯视图; (b) 平视图

Table 1. Safe distance analysis of dangerous point list in real time**表 1.** 实时工况安全距离分析危险点列表

图号	杆塔区间	距小号塔距离(m)	危险点类型	水平距离(m)	垂直距离(m)	净空距离(m)	对地距离(m)
2	(24)-(25)	229.02	数木	1.35	6.60	6.74	14.81
3	(33)-(34)	210.50	公路	0.18	13.84	13.84	14.84
4	(56)-(57)	165.38	建筑物	4.82	8.49	9.76	14.11
5	(92)-(93)	85.53	地面	1.90	9.92	10.10	9.92

**Figure 6.** Safe distance analysis of dangerous points in real time**图 6.** 实时工况安全距离分析危险点处汇总

扫描技术实现对国网北京公司某 500 kV 架空输电线路巡检，部分距离检测结果如图 2、图 3、图 4、图 5 所示。图 2 为架空输电线路走廊与树木交汇危险点三维图；图 3 为架空输电线路走廊与公路交汇危险点三维图；图 4 为架空输电线路走廊与建筑物交汇危险点三维图；图 5 为架空输电线路走廊与地面交汇危险点三维图。具体的测量数据如表 1 所示。

结合国网北京公司某 500 kV 架空输电线路巡检，直升机沿架空输电线路单次飞行即可快速获得多处巡检信息，极大地节省了人力成本和时间成本。同时，对于多危险工况共存于一巡查点的工况，该方法也能将各个危险点情况准确区分。对 371 个测点进行检测中，共发现 52 处实时工况危险点，其中树木 28 处，地面 10 处，建筑物 6 处，公路 8 处，如图 6 所示。

4. 结论与展望

本文介绍了直升机 3D 激光扫描技术的原理与特点，并将其应用到国网北京公司某 500 kV 架空输电线路巡检中，通过获取的输电线路走廊的高密度、高精度激光点云和光学影像数据，实现输电线路本体及周围环境的三维建模、线路瞬时工况安全距离检测、线路不同工况安全距离分析以及平断面图输出，进而给出实时工况安全距离分析危险点报告。结合国网北京公司某 500 kV 架空输电线路巡检，对 371 个测点进行检测，快速准确地发现 52 处实时工况危险点，该方法能够节省大量的人力成本和时间成本，准确的危险点报告为线路安全维护提供可靠信息。

参考文献 (References)

- [1] 王永波, 盛业华. 基于三维激光扫描技术的超高压输电线路选线技术研究[J]. 测绘通报, 2011, 36(5): 60-61.

- [2] 顾咏军. 唐山地区架空输电线路弧垂分析与管理[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2010.
- [3] 于德明, 陈方东, 郭昕阳. 输电线路直升机激光扫描三维成像技术的应用[J]. 高压电技术, 2011, 37(3): 711-717.
- [4] 李树楷, 刘少创. 机载/车载激光扫描测距/成像制图系统的新进展[J]. 中国图象图形学报, 1999, 4(2): 89-94.
- [5] 阳锋, 徐祖舰. 三维激光雷达技术在输电线路运行与维护的应用[J]. 南方电网技术, 2009, 3(2): 62-64.
- [6] 徐祖舰, 王滋政, 阳锋. 机载激光雷达测量技术及工程应用实践[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2009: 5.
- [7] 于德明, 沈建, 汪峻, 等. 直升机在电网运行维护中的研究与应用[J]. 电网技术, 2009, 33(6): 107-112.
- [8] 国家能源局. DLT741-2010 架空输电线路运行规程[S]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [9] 国家测绘地理信息局. CH/T8023-2011 机载激光雷达数据处理技术规范[S]. 北京: 测绘出版社, 2012.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2329-549X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: gst@hanspub.org