

The Using of UAV Technology in the Main Transmission Line in Beijing

Hua Li, Lisan Yu, Juexiao Du

State Grid Beijing Maintenance Company, Beijing
Email: shc3211672163.com, lh167-@163.com

Received: Aug. 15th, 2017; accepted: Aug. 29th, 2017; published: Sep. 5th, 2017

Abstract

According to the needs of daily operation of overhead transmission line, this paper analyzes the factors such as line corridor topography, airspace management, unmanned aerial vehicle (UAV) technology and so on, and inspection of small rotor UAV was carried out in artificial patrol impossible lines, fault verification and extended inspection line of the main transmission line in Beijing. UAV patrol inspection can find various defects and hidden dangers in time, effectively make up for the shortage of manual inspection and improve the efficiency of line operation and maintenance.

Keywords

Overhead Transmission Line, Line Inspection, UAV Technology

无人机技术在北京主网架空输电线路中的应用

李 华, 于立叁, 杜觉晓

国网北京检修公司, 北京
Email: shc3211672163.com, lh167-@163.com

收稿日期: 2017年8月15日; 录用日期: 2017年8月29日; 发布日期: 2017年9月5日

摘 要

针对架空输电线路日常运维需求, 本文从线路走廊地势地形、空域管理以及现有无人机技术等多因素进行分析, 并在北京主网架空输电线路中的人工巡视无法到位、故障点核实、超期未登检线路开展小型旋翼无人机巡检。无人机巡检能够及时发现各类缺陷及隐患, 有效地弥补了人工巡检不足, 提高了线路运维效率。

关键词

架空输电线路, 线路巡检, 无人机技术

Copyright © 2017 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. 引言

输电线路长期在户外、野外环境运行, 常常跨越山川、道路、河流、湖泊、建筑物等, 线路走廊环境复杂, 容易受到雷害、风害、冰害、鸟害、外力等因素破坏, 及时获取各类状态信息对线路运维工作极为重要[1]。随着电网建设的快速发展, 架空输电线路长度大规模地增加, 导致传统的人工巡检工作量大大增加, 而无人机作为一种新兴运维辅助手段, 逐渐在电力线路巡检行业开始兴起。

近年来, 国家电网公司鼓励各网省公司开展输电线路无人机巡检, 并对无人机运用方面也提出了相关的标准和要求[1] [2]。目前, 各网省电力公司普遍在部分线路上开展人工巡检与无人机巡检相结合的模式, 包括线路日常巡视、故障点巡视等工作, 发挥了明显的效果, 但限于各方面存在的问题, 无人机巡检输电线路仍处于起步、探索阶段。如何针对现有无人机发展的技术程度、各地空域管理特点、线路特点等现存矛盾问题, 如何将各类因素综合分析, 制定出合理可行、效果切实的无人机巡检模式, 真正发挥无人机辅助人工巡检的作用, 仍需要在输电线路运维工作应用中不断地思考与探索。

2. 无人机应用因素分析

2.1. 运维需求

在输电线路日常巡视中, 常常遇到各类问题导致无法开展巡视工作, 对无人机巡检存在迫切需求: 一是地处高墙大院、孤岛等存在障碍物的设备, 巡视人员无法到位巡视; 二是在春夏大量绿化植树、树木生产快速的季节, 部分线路保护区及周边存在大片高大茂密树林, 巡视人员视线被遮挡; 三是度夏期间, 因大暴雨导致野外道路冲刷严重, 导致巡视人员无法开展防汛点检查工作; 四是传统带电登检人员限于承载力不足, 部分线路存在超期未登检。五是线路故障点位于档距中央导线上表面时, 或是异型结构杆塔, 人工故障巡视困难。

2.2. 地势地形

北京地区北部、西部以山区地形为主, 东部、南部为平原地形。山区架空输电线路占比较小, 线路走廊地形以平原为主, 地势海拔较低, 适合开展无人机巡检。

2.3. 空域管理

北京地区空域管理严格, 空域申请批复存在一定困难, 通常情况下六环以内禁止飞行, 六环外需要严格执行空域申请批复流程后, 方可进行无人机巡检作业。因此, 主要以六环外地区架空输电线路开展无人机巡检为主。

2.4. 无人机特性

无人机主要有固定翼、旋翼机, 由于固定翼无人机对起降场地的尺寸宽度、地面开阔性有着硬性要

求，而北京地区大面积的开发建设，人类活动密集，找到满足合适固定翼起降的场地存在较大困难。大中型旋翼机在携带、操作、以及作业风险方面，都不适用于北京地区线路巡检，而小型旋翼机操作方便、机动灵活，对起降场地要求甚少，因此，开展小型旋翼无人机巡检较为合适。

综合分析各类因素，北京主网架空输电线路以开展小型旋翼无人机巡检为主，以六环路以外的线路巡检为主，巡检对象主要为人工巡视无法到位、树线矛盾、故障点核实、防汛点检查、超期未登检线路为主，巡检计划根据实际制定灵活应用，可以是某一基塔、某一个档距，也可是某一条线。

3. 无人机巡检系统

目前，国网北京检修公司采用 FCZ 型小型四旋翼无人机开展各类作业，该巡检系统主要由无人机巡检系统平台、地面控制站、运输包装箱以及地面保障设备组成。空中 FCZ 型小型旋翼无人机巡检系统上装有 CCD 摄像机、飞控与导航系统、遥控遥测系统、数字电台等；地面设备主要有遥控发射机、导航地面站、数字电台、接收天线等设备。FCZ 型小型四旋翼无人机及其主要组成部分如图 1 所示，FCZ 型小型四旋翼无人机技术参数如表 1 所示。

在技术参数上，该四旋翼无人机具有自动增温、地面控制变焦、续航时间长、抗风能力强等特点，基本满足现场应用需要。

作业人员通过地面站、遥控器设备操控无人机对架空输电线路开展巡检，无人机可搭载高清相机对架空输电线路本体及通道环境拍摄照片及视频，及时发现线路本体缺陷及通道环境隐患。

4. 无人机技术应用实践

4.1. 人工到位困难的线路巡检

北京地区经济建设不断地快速发展，架空输电线路通道环境日益复杂，线下及周边大量的圈地建设、工程施工等活动造成部分输电线路设备被围圈在高墙大院内，部分杆塔所处位置形成孤岛。无人机巡检



图传设备无人机机体地面站、数传设备遥控器

Figure 1. FCZ small four rotor UAV

图 1. FCZ 型小型四旋翼无人机

Table 1. FCZ small four rotor UAV technical parameters

表 1. FCZ 型小型四旋翼无人机技术参数

外形尺寸	对角电机轴距 105 厘米	电池充放电次数	300 次
空载起飞重量	9 KG	正常起降风速	≤6 级
最大任务载荷	8 KG	工作/存储温度	-20°C - +55°C/-20°C - +65°C
续航时间	60 分钟	工作湿度	5%~95% 无冷凝
抗风能力	10 m/s (距地面两米高，瞬时风速)	有效控制半径	2 km (可扩展为 5 km)
飞行高度	4000 米(海拔)以下	最大升限	2000 米(相对高度)

人工到位困难的杆塔主要有地处高墙大院内、孤岛上的线路设备。通过无人机巡检，可拍摄高墙大院内线路通道环境状况，并可以对设备本体查找缺陷，及时获取线路状态信息，巡检结果如图 2 所示。

4.2. 线路走廊存在大片高大树木的线路巡检

近年来，北京地区园林绿化工程大量实施，部分线路保护区及周边种植大片高大树木，人工沿线路地面巡视时，往往视线受阻，很难判断线路与树木距离，利用无人机可以从空中角度拍摄线下树木整体状态以及与树线之间距离状态，巡检结果如图 3 所示。无人机巡检可以为线路巡视及树线矛盾治理工作提供参考依据。

4.3. 线路故障点巡检核实

架空输电线路长期在户外，常常在大风天气下会发生异物搭挂导致线路跳闸，当故障放电点在导线档距中央，尤其是故障点在导线上表面，此外，当故障点在横担结构尺寸紧凑或是异型结构的杆塔时，地面人工巡视及人工登检查找故障点都存在困难和风险，此时可用无人机在空中拍摄架空线路故障点照片，为故障查找及故障分析工作提供参考依据。无人机核实故障点巡检结果如图 4 所示。

4.4. 超期未登检线路巡检

由于承载力的不足，部分输电线路带电登检工作存在超期问题，利用无人机对此类线路杆塔进行精细化巡检，重点巡检塔头部位各类金具、绝缘子、附属设施部件运行状态，及时发现各类塔头部位的缺陷，来弥补人工登检不足，在一定程度减轻了部分承载力。无人机精细化巡检杆塔发现缺陷如图 5 所示。



Figure 2. UAV used in artificial difficult patrol place
图 2. 无人机巡检人工到位困难杆塔

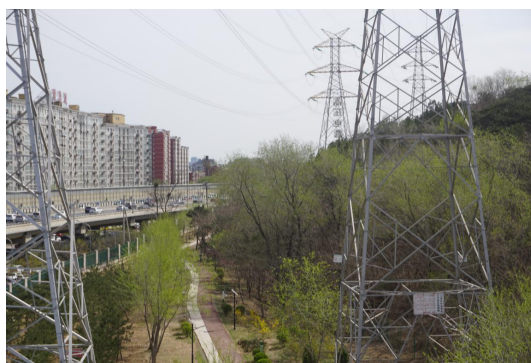
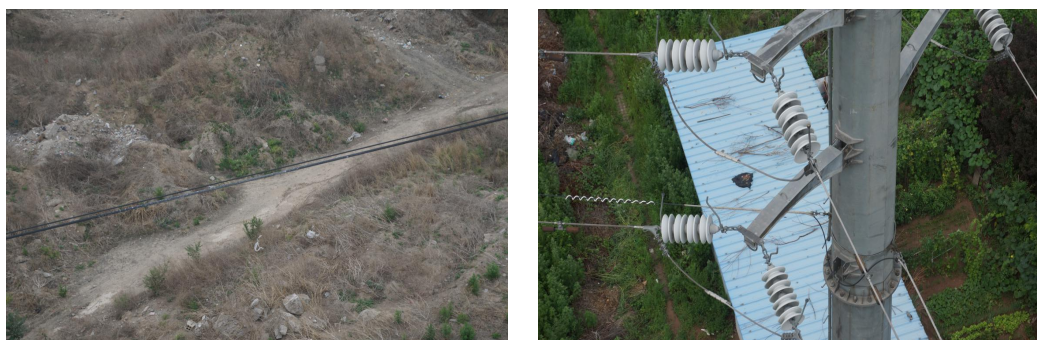


Figure 3. UAV inspection tree line contradiction
图 3. 无人机巡检树线矛盾



导线上表面放电点故障巡检核实并串联间隙故障点巡检核实

Figure 4. UAV verification fault point
图 4. 无人机核实故障点



销子缺失标识牌缺陷



鸟刺损坏直角挂板缺销子



并钩线夹处导线头未绑扎塔头锈蚀

Figure 5. UAV fine inspection tower found defects
图 5. 无人机精细化巡检杆塔发现缺陷



Figure 6. Application of UAV in line construction of mountain area
图 6. 山区线路工程施工无人机放线应用

4.5. 工程施工放线应用

无人机在输电线路巡检工作应用外，在线路架线施工过程中也逐步开始应用。在输电线路施工放线过程中，通常会遇到跨越山谷、铁路、公路等阻碍，传统人工放线成本高、工作量大。放线施工过程中，采用无人机可携带重量轻、轻度高的一级牵引绳来协助完成放线施工，在节省人工劳动力的同时，提高了施工效率。山区线路工程施工无人机放线应用如图 6 所示。

5. 结语与展望

无人机作为人工巡检的一种辅助技术手段，应结合地区架空输电线路运维特点进行针对性地应用。本文结合北京地区主网架空输电线路通道环境情况复杂、空域管理严格等特点，以小型旋翼无人机巡检应用为主，主要开展对人工巡视到位困难的杆塔巡检，对树线状态核实巡检，对线路档距中央故障点巡检核实以及超周期未登检杆塔精细化巡检。在一定程度上有效补充了人工巡检的不足，切实发挥了无人极巡检技术的辅助功能。

然而，无人机技术在输电线路中，尤其是在线路运维工作中如何合理且有针对性地应用，还需要线路运维单位在实践中不断地探索，从而制定适合本单位的应用模式。此外，无人机巡检完成后产生大量的图像等巡检资料，如何对拍摄的图片进行批量快速处理分析，仍需要进一步研究。近年来，随着图形智能识别技术的不断发展，无人机巡检智能识别设备缺陷及隐患势必将成为今后应用发展趋势。

参考文献 (References)

- [1] 国家电网公司. 国家电网公司架空输电线路运维管理规定[Z]. 2014.
- [2] 国家电网公司. 国家电网公司输电专业精益化管理考核评价规范[Z]. 2015.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

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

期刊邮箱：ojcs@hanspub.org