

无人机在高压输电线路巡检中的应用

柳坤全 李爽

国网江西省电力有限公司九江供电分公司

摘要: 随着我国电力需求的持续加大,我国的高压输电线路数量越来越多。传统人工巡检方法,不但会耗费较多的人力、物力,也已经无法满足当前我国高压输电线路巡检的实际需求。这就需要积极利用先进的无人机技术,提升高压输电线路巡检效率和巡检水平。基于此,本文概述了无人机的基本知识,分析了无人机在高压输电线路巡检中应用的必要性和应用优势,指出了无人机在高压输电线路巡检中的核心技术与具体应用,以供相关人员参考。

关键词: 无人机; 高压输电线路巡检; 应用优势; 核心技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.12.108

我国的高压输电线路分布范围广,故障类型多,检修难度一直比较大。而得益于科学技术的发展,目前我国高压输电线路巡检方式也实现了较大改进,开始采用无人机电力巡检技术来完成。但因为无人机线路检测是一种比较新型的检测技术,目前并未完全成熟。所以相关人员需要持续加强无人机技术在高压输电线路巡检中的应用研究,以便充分发挥无人机技术的各种应用优势,精准确定故障类型与故障位置,高质量完成相关电力巡检工作。

一、无人机概述

无人机又称无人驾驶飞行器,是一种具有智能、高空、遥控等多种明显特征的高度机电一体化产品。因为其运行系统有效融合了快速光谱照相、红外感应以及故障监控功能,所以能够较好对一些比较凶险或者复杂地区展开实时监控拍照。并即时将照片回传至电脑终端,方便操纵人员更深入地了解施工环境,针对性制定科学性高、安全性高的工作方案。

就目前无人机技术在我国各领域的应用状况与无人机自身的这些特点来讲,无人机技术十分适合应用到那些管理范围非常大,易受自然因素影响的大型工程。能够有效节省工程建设中的人力、物力、财力等资源,显著降低施工成本,提高施工企业的经济效益。比如军事工程中已经广泛应用,部分企业生产中也开始逐渐通过无人机巡检,更充分掌握企业运行状况。这其中又以无人机高压输电线路巡检最为典型^[1]。

二、无人机在高压输电线路巡检中应用的必要性

高压输电线路巡检的主要任务是检测铁塔、支架、导线等输电设备和相关附带设备是否存在运行故障。以便充分掌握这些电力设施的应用性能,保障高压输电线路顺利通畅,能够安全可靠供电。但是目前我国的高压输电线路巡检本身存在一些短板,制约了巡检效率和巡检质量的提升。

(一) 高压输电线路覆盖范围较广,运行环境差

在我国,大型电源网络通常是由许多负荷中心共同组成。为了充分满足社会发展用电,我国高压输电线路分布范围十分广泛,大部分暴露在野外,长年受风雨侵蚀。有些电力网络甚至安装在地形极为陡峭,环境比较恶劣的偏僻山区。输电线路、铁塔以及电线杆等电力设施的运行环境非常不理想。这就导致高压输电线路的电力传送功能可能会下降,输电线路巡检工作变得更加重要。

(二) 高压输电线路巡检人员配置不足,巡检任务重

就我国各地区电力企业的人员配置情况而言,目前各级别城市中基本配置100名左右输电人员。然而输电线路却经常会长达几千公里。其间平原、丘陵、山脉分布基本相同,几乎每个都能占据1/3。而地形崎岖区域的高压输电线路一般巡检周期较长,巡查频率低,维护、检修任务重。这样因为电力企业所配备的生产一线线路巡检人员偏少,工作人员就很难高质量完成区域内的巡检工作^[2]。

(三) 高压输电线路巡查难度大,风险高

我国地形复杂,经常多种地貌间次分布,且输电线路经常邻近铁塔海拔相差较大,距离间距很远。再加上交通不便,这在一定程度上也增加了高压输电线路的巡检难度。在巡检过程中不但受天气因素影响明显,而且危险性高。尤其是巡检那些人烟稀少、地形错综复杂的偏远山区的高压输电线路时,工作人员经常需要翻山越岭、风餐露宿,体力与心理都面临极大挑战。在雨雪等恶劣天气或者遇见野外动物时,还可能存在生命威胁,人身安全难以保障。

基于目前我国高压输电线路的多种缺陷,电力企业十分有必要积极引入先进的无人机技术,较好弥补这些不足,按时完成目标巡检工作。

三、无人机在高压输电线路巡检中的应用优势

(一) 应用便捷, 巡检效率高

无人机之所以可以安全飞行, 精准施工, 在于它自身有一个庞大的系统支持。在高压输电线路巡检工作中, 无人机一方面可以借助航空遥控、通信技术、输电、GPS、信息技术、红外遥感、GIS、数字监控等技术的有机融合, 充分保障飞行器按既定设置顺利飞行。并可以根据工作人员操作命令的要求, 完成相关检查、修复操作。另一方面, 还可以即时监控目标状态, 精准判断输电线路故障。此外, 无人机还能够及时分析确认自身的一些运行故障, 并出示具体的维修方案, 便于维修人员针对性维修。这些都极大方便了巡检工作的顺利进行, 十分有助于提升高压输电线路的巡检效率和检修质量, 目前无人机的巡查效率几乎达到了人工巡检效率的数十倍。

(二) 人员伤亡少, 检修质量高

我国的高压输电线路因为大部分位于地形崎岖陡峭的山区, 且高压输电线路的铁塔高度一般自几十米至几百米不等, 铁塔上安装了大量的金具和绝缘子串。一方面检修难度高, 工作人员不容易及时发现某些较为隐蔽的故障。另一方面巡检过程中的安全风险非常高, 工作人员稍一疏忽, 就可能失去生命。

而无人机在巡检过程中, 基本不受地形、高度影响, 能够自动全天候实施巡检工作, 较好免除了人工登塔、走线等高危工作。而且借助无人机上搭载的高清摄像机, 还可以更清晰监控高压输电线路的运行状况, 近距离拍摄高压输电线路配置的导地线、绝缘子和金具状况。通过分析拍摄的照片, 工作人员可以及时精准分析出具体的故障类型。确保相关故障缺陷在第一时间被发现与针对性处理, 避免故障严重化。这在显著提升整个高压输电线路运维质量的同时, 也明显减少了巡检人员的工作量和工作风险。可以说无人机在高压输电线路中的应用一定程度上推进了电力线路检修智能化的发展^[3]。

(三) 经济成本低, 参考价值大

无人机技术作为一种新型的可靠先进技术, 因为融合无线遥控技术、固定水平导航技术等一体, 能够帮助工作人员不必亲临困难检修环境, 就较好完成对杆塔、导地线等高压输电设备的相关巡检、维修工作。而且相较于人工手动检查, 无人机自动检查更加细致。能够依据工作人员操控指令, 逐一仔细观察杆塔、绝缘子、金具等。较好避免了人工手动检查过程中的一些常见视觉偏

差和光学器件性能故障。

就高压输电线路巡检整体而言, 无人机能够以较低的出行成本, 高质量完成相关巡检、维修操作, 并充分保障工作人员的人身安全。大幅度降低了电力企业的人力资源成本、材料成本以及其他物力成本, 十分有助于提升电力企业的经济效益。此外, 无人机还能够全无间断采集输电线路巡检数据。即时将获取的数据信息回传到计算机终端数据库。便于电力企业领导层参照这些数据信息, 做出更科学的综合管理决策, 促进电力企业的长远持续发展。

四、无人机在高压输电线路巡检中应用的核心技术

(一) 高速成像技术

利用无人机进行高压输电线路巡检, 其飞行速度经常需要设置在10m/s左右。要想在这种高速飞行过程中, 采集到比较清晰的图像信息, 就需要充分利用高速成像技术。目前该技术的具体实现方法非常多。比如借助高清摄像机的自动对焦性能或采用里倍光学变焦方法, 都可以确保获取的照片始终具有1000万以上的像素, 能够清晰呈现出高压输电线路存在的某些故障。此外, 近几年新开发的泵浦-探测(Pump-Probe)技术, 也可以基于强激光和材料的相互作用原理, 将激光机当作激发靶材, 确保高速移动条件下, 可以采集目标物体的清晰图像, 而后通过CCD等装置及时接收图像, 清晰呈现超快移动物体的图像状况。

(二) 激光雷达测量技术

无人机载搭的雷达测量系统一般包括激光扫描仪、惯性导航装置以及成像装置等。在无人机电力巡检过程中, 其搭载的激光雷达测量系统可以较好和光学影像数据系统实施同步协调操作。充分确保无人机拍摄到的巡查区域照片或视频, 可以真实可靠地还原现场实情, 切实提高了获取数据的精准性, 能够为地面三维仿真分析提供可靠的信息参考。比如无人机高压输电线路巡检过程中, 有时会遇见输电线路被高空树木枝叶部分遮挡的情况。如果输电线路过于靠近树枝或者已经搭在了树枝上面, 就很容易导致输电线路运行故障。而利用无人机激光雷达扫描定位系统与BOS系统, 进行GNSS和IMU算等云数据结算, 就能够成功构建起相应巡检目标的三维模型, 直观、形象、精确地标明树枝与电线之间的距离, 便于工作人员参照模型结果, 采取针对性处理措施^[4]。

五、无人机在高压输电线路巡检中的具体应用

(一) 飞控系统的应用

无人机的飞控系统一般由电源部分、通信部分、飞行控制部分、卫星导航部分、速度控制部分和地面站软件系统组成。它们都是无人机完成自动驾驶必不可少的支持模块。在高压输电线路巡检中，无人机主要借助飞控系统，有效控制与提前设定好相应的飞行高度、飞行速度以及飞行航线等多项参数，以便它能够按照设置好的指令自动完成机体起飞、高空盘旋和指定地点降落等飞行流程。而且在无人机飞行过程中，还可借助飞控系统的有力支持，根据巡检需要，实时调整飞行任务。便于无人机自主在巡检区域拍摄指定视频、记录巡查图像等级等。

（二）图像采集与处理的应用

利用无人机进行高压输电线路巡检，需要工作人员设置好无人机的操作程序，精准采集指令区域内的图像、视频等信息。这就需要在无人机上搭载相应的单相机实现。借助单相机的有力支持，无人机不但能够轻松在低空飞行状态下，采集大量高分辨率影像，还可以根据天气状况，在光线不充分的阴天中及时获得光学支持。此外，无人机还能够在高位条件下，进行长距离飞行探测。如果在无人机上加设空速管，还可以更精准控制无人机的飞行速度，确保无人机拍摄出的图像与保存的图像40%以上都能够重叠。这样通过对图像的继续加工处理，就可以精准找出高压输电线路的一些外在故障或隐匿缺陷。便于工作人员及时采取针对性处理措施，有效确保高压输电线路的安全稳定运行。

（三）在通道检测中的应用

无人机在高压输电线路通道检测中，可以通过检查相应半径范围内的污染源、违章施工、违章建筑物和防洪排水设施等多种设备状况，科学确定通道是否安全，有无存在不利于导线运行的相关障碍物。在通道检测荣期间，为了更精准分析危险源和高压输电线路路径之间的位置关系，还可以基于无人机采集到的原始影像，设置特定飞行路线，形成正射影像，帮助公用事业公司就特定区域，区域特征以及距离等要求，采集更准的数据信息等。以便工作人员及时精准辨别出高压输电线路相应半径范围内的安全隐患，加快现场事故处理响应速度。

（四）在精细化扫描中的应用

在进行高压输电线路精细巡查时，工作人员可以借助无人机，精细扫描检查高压输电线路中的导线、金具、杆塔杆、绝缘子以及接地装置和其他附属设施的结构，以便更好记录一些特定信息。同实地巡视检测相

比，无人机自动巡检既可以确保检查质量良好，也可以有效提高实际巡检效率。在无人机输电线路精细巡检期间，为尽可能降低无人机误差，减少对电网安全的不良影响，工作人员可以充分将自动控制模式与人工控制方法密切结合。在无人机距离待检塔15米时，就迅速采用人工控制方式，科学调整去云台角度，精准采集图像信息，进一步提高无人机巡查效率。

（五）在故障排查和特殊任务中的应用

采用无人机进行高压输电线路巡检，有时需要以故障和某些特殊任务为中心，针对性展开工作。这就要求无人员巡检过程中具有目标性与现实性，高压输电线路的巡检难度也因此增大。在具体操作中，工作人员可以利用无人机与增设的通信设备、视频采集设备等，实时采集高压输电线路的图像信息与视频信息。精准在线传输数据，将现场具体情况迅速反映给巡检人员，便于巡检人员依据自身专业能力与丰富经验，精准发掘高压输电线中存在的实际隐患，及时制定与落实针对性维修方案^[5]。

结语

无人机属于一种充分结合了红外线感测技术、现代通信技术、现代遥感技术、现代信息技术等的高科技飞行器。将它应用在高压输电线路巡检中，可以较好观测那些情况复杂，危险系数高的巡查区域，并及时完成图片分析与拍摄。便于工作人员参照回传的遥感图片全面细致了解复杂区域的高压输电线路实际运行情况，及时采取针对性处理措施。切实提升了我国高压输电线路巡检效率与巡检、运维质量，有助于促进电力企业的持续长远发展。

参考文献

- [1] 王双. 无人机在高压输电线路巡检中的应用[J]. 互动软件, 2021(10): 2779-2780.
- [2] 谢仁海, 周茂坤. 无人机在高压输电线路巡检中的应用[J]. 电脑高手, 2020(3): 4042.
- [3] 李敏, 于倩, 李捷, 等. 高压输电线路的无人机巡检技术分析[J]. 集成电路应用, 2023, 40(2): 126-127.
- [4] 陈强, 秦飞跃, 王丽明. 无人机在高压线路巡检中的关键技术及应用[J]. 科技与创新, 2022(18): 97-100.
- [5] 李斌. 高压输电线路的无人机电力巡检技术研究[J]. 新一代信息技术, 2022, 5(4): 49-51.