

超特高压线路巡检无人机与智能监控的探索应用

李德兴 李文博 王永忠 梁磊

新疆送变电有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]在智能电网发展和运营模式变革的背景下, 面对超/特高压输电线路安全运行的挑战和风险, 利用无人机基于 GIS 集中控制、海量图像识别、缺陷诊断、集中监控和分布式数据库集群技术的输电线路智能巡检系统, 实现了人、财、物的集约管理。通过对输电线路巡视的实践, 表明该系统为集中监控与数据处理提供了一种全新的、高效的集中监控与数据处理方法, 提高了监控系统的协同工作能力, 有效地保证了监控资源的合理分配, 提高了整个监控系统的信息化、自动化。

[关键词] 高压输电; 线路巡检; 智能监控; 无人机

DOI: 10.33142/hst.v5i4.6592

中图分类号: TM75

文献标识码: A

Exploration and Application of Unmanned Aerial Vehicle and Intelligent Monitoring for Ultra-high Voltage Line Patrol

LI Dexing, LI Wenbo, WANG Yongzhong, LIANG Lei

Xinjiang Transmission and Substation Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Under the background of the development of smart grid and the change of operation mode, facing the challenges and risks of safe operation of UHV/UHV transmission lines, an intelligent patrol and inspection system for transmission lines based on GIS centralized control, mass image recognition, defect diagnosis, centralized monitoring and distributed database cluster technology is used by unmanned aerial vehicles to achieve intensive management of people, money and objects. Through the practice of power line patrol, it shows that this system provides a new and efficient centralized monitoring and data processing method for centralized monitoring and data processing, improves the collaborative ability of the monitoring system, effectively guarantees the rational allocation of monitoring resources, and improves the informationization and automation of the entire monitoring system.

Keywords: high voltage transmission; route inspection; intelligent monitoring; UAV

引言

为了建设坚强的智能电网, 超/特高压输电线路的运行和维护需要先进、科学、高效的检测方式, 直升机和无人机检测是两种比较先进的检测方式。直升机巡检系统具有较高的检测效率和精度, 但其维护成本高, 且存在安全问题。无人机与人工检测相比, 降低了劳动强度, 提高了工作效率。无人机与直升机检测相比, 提高了安全性, 降低了成本, 增强了检测的灵活性。

为了克服现有技术的不足, 本文开发了一套无人机控制和海量数据处理的集中式输电线路巡检系统, 考虑现场状况、设备、人员等因素, 便携调度设备、人员、时间和巡检线路。基于输电线路和 GIS 信息, 本文开发了巡检海量图像检索系统和方法, 利用分布式数据库集群, 利用监测影像的拍摄时刻及无人机在空中的 GPS 定位, 确定输电塔架与线路设备的相应影像, 并标记出故障点, 实现远程集中监测与局部监测的有机结合, 实现了多个无人机巡视状态与监测结果的统一控制。

1 超特高压输电线路巡检概述

输电线路系统由一个导体系统组成, 将电力从发电站输送到住宅和工业用途的配电站。与架空输电系统相比, 地下输电配置是环保的, 但成本很高。因此, 架空输电线路

路在世界范围内更常用于电力传输。这些电力线有时会穿越恶劣的环境(炎热的沙漠、山脉、茂密的森林和水体), 使用绝缘子、垫片和阻尼器等安装在垂直固定的塔上。

为了高效、可靠地传输高压电力, 输电线路需要进行日常检查, 以便及早发现故障并进行维护。输电设备上的故障检测和定位是非常关键的, 因为它可以帮助输电公司最大限度地降低维护成本, 防止不必要的停电。在美国, 半小时的停电会给大中型工业客户带来 15, 707 美元的平均损失, 而 8 小时的停电则几乎是 94, 000 美元。除此之外, 全球人口的不断增长和对电力供应的过度依赖, 使得我们有必要提供有效的策略来检查超特高压输电线路。

2 超特高压输电线路巡检监控技术发展现状

2.1 监控技术发展现状

全球能源互联网是一个以特高压电网为骨干的强大智能电网, 由清洁能源驱动, 全球互联。在这个系统中, 特高压电网起着关键作用, 将清洁能源从偏远地区传输到中心。确保特高压输电网的稳定和可靠运行是能源互联网建设中的一个重要问题。在电力生产和需求之间的巨大地理跨度中, 目前全世界只有中国在运行特高压输电线路。

利用现代智能检测和维护设备来替代人力已是许多工业部门的趋势。无人机等终端处理设备, 能够搭载各种

智能传感器,如图像、声音、激光、红外、紫外、动量和探测设备、远程通信设备、位置信息收发设备等。在中央处理器、大数据云处理技术的帮助下,人工智能在一些重复性工作和专家判断等领域表现出强大的处理性能和更精确的处理精度,在替代人力方面的潜力逐渐显现。

2.2 监控技术现存弊端

目前无人机输电线路智能巡检及监控系统存在诸多问题:虽然超特高压输电线路承担着巨大的能源输送任务,经过的输电距离大,环境复杂,高压输电线路对整体运行安全的要求更高。特高压交直流线路的大规模发展也使中国电网的结构得到加强,但仍高度依赖物理结构。由于输电系统在电网的复杂和恶劣的工作环境中,需要投入大量的人力物力来确保系统的安全。但是,由于输电线路的规模越来越大,常规的维修方法也越来越不适应。每年发生在输电线路维修中的坠落死亡、触电事故、失踪事故、地面事故等事故,对维修和运营单位造成了很大的影响。同时,由于监测资源有限,对监测资源、设备的合理安排也存在不足;无人机大规模巡检的结果,不能对其进行有效的识别和故障诊断;目前的监测系统仅限于对无人机的影像进行传送,缺少对飞行状态、吊舱、天气等方面的监测。

3 超特高压输电线路巡检无人机技术关键

3.1 超特高压输电线路监控技术需求

智能巡检集中控制和海量数据处理系统由集中管理子系统和现场子站两部分组成。集中管理子系统划分了多级控制权限,集中调度和监控接入现场变电站,集中管理大量巡检结果的数据分析,并通过与电力生产管理系统(PMS)集成,实现缺陷消除的闭环管理。现场变电站系统实现了对无人机飞行检查的现场管理和监控,通过执行从集中管理子系统接收的检查任务,预处理检查结果和提交的数据。

本论文所提出的基于 GIS 的电力线路巡检集中调度系统及方法,综合考虑了巡检状态、设备、人员等方面的信息,利用调度终端对巡检设备、人员、时间、路线进行调度,在资源受限的条件下,尽量实现巡检作业。基于 GIS 的无人机输电线路监测调度中心包括调度平台、调度终端和报批终端。

该系统通过调度终端和调度终端进行一对多通信。通过对巡检设备状态的分析,对巡检设备、巡检人员和巡检的巡检工作进行调度。调度终端通过串口、以太网、无线网等方式与现场控制站进行通信,通过图像传送和数据传送等方式获取无人驾驶状态,并通过接收调度命令作为对调度平台的响应。现场控制站利用影像传送及资料传送台对无人机的姿态进行调整,同时对巡逻期间的影像进行拍摄。

无人机巡检调度算法是在有限的资源和时间、空间的约束下,对无人机巡检相关资源进行协调,尽可能多地安排巡检任务,以提高无人机巡检的效率。无人机检查任务调度算法主要分为两部分:

- ① 根据给定的任务评估阶段信息自动完成任务调度,

也可以手动调整调度方案。任务调度完成后,由检查管理部门对任务调度方案进行审核。

② 巡视任务优先级评价:根据输电线路近三年来的历史缺陷数、巡视数和故障巡视频率等因素分析,确定各因素的权重,得到巡视任务优先级的计算方法。 $F=[X1*In(缺陷数(历史))+X2*In(巡视数)+X3*In(巡视故障时间)]*电压调整系数*优先权系数$ 。

综上,本文的技术需求为构建基于 GIS 的无人机输电线路巡检集中调度方法,实现了对巡检无人机、巡检设备和巡检人员的要素形成高效的自动调度。

3.2 超特高压输电线路巡检无人机监控系统设计方案

电力线路监控系统是指通过智能监控设备,对整个电力系统及电力系统的运行状态进行实时拍摄,并在后台对线路的运行情况进行可视化。在线路上安装的智能监测装置不得低于 50%以上的铁塔,即每隔一基一座,并确保其可见度。

线路的特殊部位要有足够的能见度,其中包括:外力损害的易发区,通道的竹林生长区,易覆冰区,山火易发区,防护区,施工隐患区等,线路运行危险点、缺陷易发区。在防洪监控应用领域,利用无人机的激光雷达可以得到快速、精确的观测数据,为山洪灾害的预测和预测提供依据。通过对激光点云的数据进行分析,可以判断出哪些地区是需要防洪的,并采取相应的防治措施。在地震发生后,对地震现场的状况进行及时的分析,对于快速的应急响应具有十分重要的意义;在防火监控应用领域,无人机配备了高精度的摄像机,能够搭载高负载的红外线探测仪,从而能够对火灾进行近距离的监视,并悬浮在空中,对现场的情况进行实时监测,尤其是在工作人员未抵达现场之前,可以第一时间赶到现场进行监视。同时,无人机还能对火灾现场进行自动分析,为消防队员提供最优的扑救方案。它自己的装置能够探测到风速、风向、迅速捕捉到这一区域的影像,并通过对火势和环境状况的分析,迅速确定火情的范围和方向。所以,侦察飞机更适用于对灾害进行近距离侦察,能够迅速获取所需的情报,但其不足之处在于,飞行的时间太短,必须有足够的耐力;在故障监控应用领域,通过无人机遥感技术,可以更好地实现电力系统的故障诊断,从而有效地进行故障诊断。红外探测技术在电线金属无损检测方面有很好的应用前景,对检测工作有一定的指导意义。在电力系统中,当电力系统中的某个地方或某个地方发生异常的过热现象时,可以通过红外检测及时发现并进行相应的处理。监控设备必须满足《输电线路图像/视频监测装置技术规范》Q/GDW 1560-2014 标准的要求。

3.3 超特高压输电线路巡检无人机监控系统软件设计

为了匹配无人机检测信息和传输线的图像,开发了用于无人机检测的海量检测结果数据处理系统和方法。该系统对无人机检测结果数据和过程数据进行处理,通过对检

测信息传输线的图像进行检测和识别,同时提供基于检索和传输线信息的管理方法。瑕疵与图像数据分离,用于显示、存储和管理。

用于无人机检测的质量检测结果数据处理系统包括以下部分:无人机、现场控制站和分布式处理平台。

在监控系统的质量检测结果数据处理流程中,无人机质检结果数据处理流程包括以下步骤,首先无人机将检测结果传输到现场控制站,其次现场控制站将数据导入检测处理平台。经过传输线信息匹配、缺陷诊断和缺陷识别,完成缺陷识别并上传到集控系统进一步处理,以消除缺陷。

现场控制台是将传输线的杆塔或探测图像中的塔架进行匹配,并通过所探测到的影像所记录的时间,得到相应的GPS信号。采用传输线信息数据库,对已知GPS定位附近的输电线路杆塔进行查询。将此杆与无人机拍摄照片时的GPS定位值进行对比,判断误差在10米以内。如果超过此距离,就会对一座塔楼进行前后搜寻,直至发现偏离10公尺以内的塔楼,并最终确认符合塔台或塔段的探测影像,进行最终的计算。

在分布式数据库集群网络平台,面对海量巡检产生的图像和飞控数据,单一的数据库服务器无法满足高效、准确的处理要求。通过采用分布式数据库集群网络技术,在子站侧部署MySQL本地数据库,用于数据预处理分析,与集中式管理系统组成分布式数据库集群网络,高效准确地处理数据。

整个系统基于无人机控制系统收集检测数据和设备运行信息,对海量数据进行采集和管理,支持人工检测数据录入。建立了无人机与人工检测数据平台。通过数据挖掘方法实现输电线路状态检测,并建立了输电线路缺陷诊断专家库,实现了现场变电站内输电线路巡视缺陷图像的自动诊断。

在集中控制方面,通过对整批巡视时间序列图像的分析,得到整条输电线路所有缺陷数据的时间序列,包括周期和缺陷的位置,通过聚类分析得出该位置出现缺陷的可能性高;结合对当前缺陷的统计分析结果,确定什么时间、什么地点、哪个基塔可能出现的问题,从而给出巡视密度、巡视周期建议和输电线路的预警装置状态。

以上研究了一种对无人机检测结果进行数据处理的方法,将图像数据中的缺陷分离出来进行缺陷数据的显示、存储和管理,利用分布式网络数据库,实现了从数据采集、上传、智能分析、到报告生成的全过程自动化。

无人机输电线路巡检集中监控系统由集中监控系统、现场变电站和无人驾驶平台组成。中央控制系统与现场变电所一对多相连,而现场变电所和无人驾驶的飞行平台是一对的。

3.4 超特高压输电线路巡检监控系统

经过20多次的各种实验验证,在高电压、大电流环境下的运行、测试和功能,无人机智能巡检集中控制和数据处理系统已成功应用于线路巡检,并得到了用户的好评。本次±1100kV线路检查验收共包含8座铁塔、7条线路,

线路检查里程为4公里,时间为40分钟。验收结果表明,无人机可以极大地提高新线验收的效率。同时此次验收检查飞行行为平原线路检查飞行路线规划奠定了基础。验收飞行路线图见图1。



图1 ±1100kV 巡检飞行路线图

在执行任务时,首先需要定位巡检位置。在选择检查塔段后,配置适当的资源来执行发布给可用的现场子站的任务。然后无人机检测的海量图像数据与传输线信息相匹配,对缺陷进行识别和标记。再利用远程集中监视系统,将无人机的飞行状态、吊舱、传输线路、探测结果等信息与当地的监测点相结合,实现对无人机探测的信息化、自动化管理和控制。

4 总结

应用结果表明,输电线路智能巡检系统为集中监控管理和控制提供了一种新的高效方式,通过与智能监控系统结合,增强了无人机巡检系统各模块之间的协调能力,保障了资源的合理配置,提高了巡检作业中对大型故障的监测和故障诊断的信息化、自动化程度。

[参考文献]

- [1]王迎霞,罗宏洋,祁玉金. 无人机自主巡检助力宁夏电网实现可视化综合监控[N]. 科技日报,2021-12-29(5).
 - [2]余晓明,郝后堂,钟平,黎华灿,原来钰. 输电线路无人机自主巡检系统的设计与实现[J]. 河北电力技术,2021,40(5):11-14.
 - [3]赵越,周小宝,安国昊. 巡检无人机能量转换及管理系统分析[J]. 电子技术与软件工程,2021(19):240-241.
 - [4]周帅. 无人机在输电线路巡检中的应用[J]. 电子技术,2021,50(8):276-277.
 - [5]战悦. 复杂场景下无人机巡检小目标检测方法研究[D]. 北京:北京交通大学,2021.
- 作者简介:李德兴(1970.7-),专业输电线路高压带电检修高级技师,单位名称新疆送变电有限公司,毕业学校:乌鲁木齐市职业大学。