

无人机智能巡检在风电光伏故障检测中的应用

鲜旭魁

国电电力广西风电开发有限公司 广西南宁 530022

摘要: 故障检测是光电光伏电站日常管理运营中的重要工作,检测效果可直接影响电站发电效率,在当前全域智能化时代,可引入无人机智能巡检办法,创新故障检测方法。基于此,本文首先阐述了风电光伏故障检测困境及无人机智能巡检的优势,讨论无人机智能巡检系统的结构组成,总结无人机智能巡检故障检测路径,进一步展开实例分析,以此明确风电光伏故障检测无人机智能巡检的应用要点。

关键词: 无人机; 智能巡检; 风电光伏; 故障检测

随着可再生能源的快速发展,风电和光伏发电已成为全球能源转型的重要组成部分。风电和光伏设备通常部署在偏远、环境恶劣的地区,其长期稳定运行对设备的维护和管理提出了更高的要求。传统的人工巡检方式因受限于人员安全、巡检效率和天气条件等因素,往往存在局限性,无法及时发现故障并进行有效处理。

在此背景下,无人机(UAV)智能巡检技术应运而生,成为风电和光伏设备故障检测中的重要手段。无人机能够快速、准确地对风电机组和光伏电站进行全面的巡检,采集高清影像和传感数据,并通过人工智能(AI)技术进行故障诊断。与传统方式相比,无人机巡检不仅提高了工作效率,还大大降低了人力成本和安全风险。

1. 电力系统故障检测中存在的困难

1.1 故障位置的定位困难

电力系统覆盖范围广,且设备分布复杂。一旦发生故障,尤其是电力传输线路的故障,通常需要快速准确地定位故障点。然而,由于电力线路的跨度长、地理环境复杂,传统的人工巡视和地面检测方法往往无法迅速发现故障所在,且巡检人员需要进行较大范围的排查,效率较低。

1.2 环境因素的干扰

电力系统通常分布在各种复杂的地理环境中,如山区、河流、荒野等。这些环境可能会阻碍人工检查和检测设备的部署,尤其是在天气不良(如大风、雷雨、冰雪等)或者夜间时,人工检测的安全性和有效性都会大打折扣。

1.3 传统检测手段的局限性

传统的电力故障检测方法,如地面巡视、人工爬塔等,

效率低,且可能存在较大的安全隐患。这些方法往往依赖于人工判断和手工记录,容易出现疏漏,且无法实时、精准地获取电力设备的运行状态。此外,人工巡视的周期较长,导致故障可能未能及时发现,影响电力供应的稳定性。

1.4 设备监测与数据获取滞后

在一些偏远地区,电力设备可能缺乏足够的监测设施或智能化程度较低,导致电力公司无法实时获取设备的运行数据。即便有一些监控设备,信号传输或数据处理可能存在延迟,导致故障发生后未能及时反馈,增加了电力系统故障响应的难度。

2. 无人机在电力系统故障检测中的应用优势

随着无人机技术的快速发展,尤其是在飞行控制、传感器集成、图像处理等方面的技术突破,无人机在电力系统故障检测中展现出了显著的优势。以下是无人机在电力系统故障检测中的几个应用优势:

2.1 高效的故障定位和巡检

无人机能够快速飞行到电力线路的任何位置,并通过搭载高清摄像头和红外热像仪等传感器,实时获取电力设备的图像和温度数据。与传统人工巡检相比,无人机可以迅速覆盖广泛的区域,精确定位故障点。例如,无人机可以发现高压线路上的断线、过热、短路等问题,及时回传图像和数据,大大提高了故障检测的效率和准确性。

2.2 适应复杂和恶劣环境

无人机的机动性和灵活性使其能够在复杂和恶劣的环境中进行作业。它能够飞越山区、河流、森林等地理障碍,穿越城市高楼,克服人工巡检无法完成的任务。特别是在恶

劣天气条件下（如大风、雷暴、冰雪天气等），无人机能够在更安全、快速的情况下完成电力设备的检查，大大减少了人工巡检的风险。

2.3 实时监控与数据反馈

无人机可配备实时视频传输系统和温度传感器，将电力设备的运行状态实时反馈至地面控制中心。通过无人机携带的红外成像设备，可以快速识别设备的过热、漏电等异常情况。结合大数据和人工智能技术，进一步提高故障诊断的准确性，缩短故障响应时间，减少对电网运行的影响。

2.4 降低安全风险

传统的电力线路巡视和设备检查常常需要工作人员登高作业或进入高压区域，存在较大的安全隐患。使用无人机进行巡检，不仅能够避免人工巡视过程中可能出现的危险，还能减少人员的暴露时间和暴露风险。无人机可以代替人工完成高空作业，从而保障巡检人员的安全。

2.5 降低成本和提高工作效率

无人机的使用能够显著降低人工巡检的成本，减少因设备故障导致的停运损失。无人机的飞行可以覆盖较大范围，缩短了每次巡检的时间，相比传统方法更加高效。通过无人机系统的集成化操作，可以实现无人值守和自动化巡检，大幅度提高了巡检频次和效率，从而提高了电力系统的整体管理水平。

2.6 智能化与数据分析

无人机配备先进的传感器和计算机视觉系统，能够自动检测电力设备的异常状况并进行数据存储。通过数据分析，系统可以智能化地对故障原因进行预判，为运维人员提供精准的故障诊断和修复建议。结合云计算和物联网技术，无人机的应用将进一步提升电力系统的智能化管理水平。

3. 无人机智能巡检在风电光伏故障检测中的应用

3.1 风电巡检

无人机在风电领域的应用已经成为提升风力发电设备运维效率和安全性的重要工具。传统的人工巡检方式通常需要工作人员攀爬到风力发电机的高塔进行检查，这种方式不仅耗时且存在较大的安全风险，特别是在恶劣天气条件下，人工巡检的难度和危险性大大增加。相对而言，无人机巡检能够提供一种更为高效、精准且安全的替代方案。

首先，风机叶片检查。风机叶片是风电机组中最易受损的部分之一，叶片裂纹、腐蚀、脱落或冰雪积聚等问题会显著影响风电机组的运行效率。无人机可以在不接触设备的

情况下，通过高清摄像头、红外热成像等技术，捕捉到叶片的微小裂纹或损伤。这些设备能有效识别叶片表面的裂纹、脱落、腐蚀等问题，甚至能够检测到叶片在运行中可能产生的温度变化，这对于及时发现隐患至关重要。

其次，塔筒与结构检查。风机塔筒和基础结构的稳定性对于风电机组的安全至关重要。无人机搭载高清摄像头和激光扫描设备可以对风机塔筒进行高精度的检查，快速识别塔身的裂纹、腐蚀、变形等结构性损伤。传统的检查方法通常依赖于人工爬塔或使用吊车，这种方法费时费力且风险较大，而无人机的应用则能够大幅提高检查效率和安全性。

另外，润滑油泄漏检测。风电机组中的机械部件，如齿轮箱、轴承等，需要定期注入润滑油以减少摩擦和磨损。润滑油泄漏可能导致设备过热或损坏，严重影响机组的运转。通过无人机配备的红外热成像技术，可以检测到设备表面温度的异常变化，及时发现润滑油泄漏或温度过高的潜在问题。

另一方面，性能监测与数据采集。人机除了进行视觉和热成像检查外，还可以搭载各种传感器，如温湿度传感器、风速计、振动传感器等，收集风电机组运行过程中的数据。这些数据可以用于评估设备的工作状态，帮助工程师分析设备是否处于最佳运行状态，及时发现潜在的故障问题，提前做好维修安排，避免设备停机和降低运行效率。

随着无人机技术的不断进步，未来的无人机将可能集成更多高端传感器与智能分析功能，例如通过人工智能和机器学习算法对巡检数据进行深度分析，提供更为精准的故障预测和诊断。这不仅能提高风电设备的故障发现能力，还能进一步推动智能化运维的发展，延长设备的使用寿命，提高风电场的整体运行效率。

3.2 无人机设备识别故障

无人机智能巡检不仅限于拍摄图像或视频，更通过人工智能（AI）、机器学习（ML）和图像识别技术分析设备的故障。无人机拍摄的高分辨率图像或视频可以通过AI算法进行分析，检测出风机叶片是否有裂纹、风机塔是否有变形等异常。通过红外热成像技术，无人机可以识别风机设备内部的过热区域，及时发现电气系统或机械设备的潜在故障。除此之外，借助传感器（如震动传感器、加速度计等），无人机可以监测设备的健康状态，评估设备的运行状况，及时发出预警。无人机结合智能分析能够大大提高故障识别的准确性与及时性，避免设备损坏的扩大和停机时间的增加。

3.3 在人工巡检中的相关应用

虽然无人机智能巡检提供了很大的便利,但在一些情况下,它仍然需要与人工巡检相结合。无人机获取的高精度数据可以为人工巡检提供参考,人工巡检人员根据无人机提供的图像和分析结果,做出更有针对性的检查和修复。无人机可用于定期巡检任务,而人工巡检人员则在设备出现异常时进行更深入的现场检查 and 维修。无人机能够大大减少人工巡检的时间和频率,提高工作效率。无人机收集的所有数据(如图像、视频、传感器数据)可以存储在云平台上,供人工巡检人员或管理人员随时查看,为后续的设备维护和故障追踪提供依据。

3.4 光伏巡检

在光伏行业中,太阳能电池板和相关设备的高效运行对于最大化发电效率至关重要。光伏电站的巡检工作,尤其是对太阳能电池板的维护,要求及时发现潜在问题并进行修复,以确保系统稳定运行。然而,传统人工巡检不仅工作量大,效率低,还存在较高的安全风险。随着无人机技术的不断进步,无人机在光伏电站巡检中的应用,已经成为一种高效、精确、低成本且安全的解决方案。具体来说,无人机在光伏电站的巡检主要体现在以下几个方面。

第一,光伏组件检测。无人机通过搭载高清摄像头、红外热成像仪和其他传感器,能够对太阳能电池板进行全方位的巡检,及时发现潜在的缺陷。例如,电池板表面的污垢、裂纹、老化、失效等问题,都可以通过高清摄像头和图像识别技术被准确检测到。无人机的飞行轨迹可以自动规划,确保对每一个光伏板的全面覆盖,极大提高了巡检效率。无人机可以通过高清视觉影像对电池板表面进行高清扫描,检测出由于灰尘、鸟粪或其他污染物导致的发电效率下降。无人机配备的高精度摄像设备可以捕捉到电池板的微小裂纹或损伤,及时发现光伏组件的结构性问题,从而防止其影响整体系统的效率。

第二,热成像检测。无人机搭载的红外热成像技术,在光伏电站巡检中尤为重要。热成像仪可以检测到电池板表面的温度变化,尤其是过热区域,这些区域可能是由于接触不良、线路故障或损坏所导致的。热成像技术能够精准地识别电池板或组件在工作过程中出现的异常高温,这可能是接触不良、损坏或内部故障的表现。例如,逆变器故障或光伏板内存在热斑,往往会导致局部区域温度升高。通过早期发现这些热斑,可以有效防止潜在的大规模设备损坏和电力损失。通过检测到的温差,系统能够在问题扩大之前进行预警,帮助维护人

员及时采取措施进行修复,减少停机时间和维修成本。

第三,数据分析与故障诊断。无人机不仅具备拍摄图像和视频的功能,还可以与人工智能(AI)算法结合,对采集的数据进行实时分析。AI算法能够自动识别光伏板的损坏、污染或性能衰退区域,并生成诊断报告。AI分析系统可以对图像和热成像数据进行深度学习处理,自动识别光伏组件的损坏区域。例如,自动检测出表面裂纹、污渍或其他可能导致发电效率下降的问题,生成故障报告,并直接反馈给运维人员。基于分析结果,无人机可以给出具体的维修建议或采取紧急措施,减少人工巡检的工作量并提高响应速度。

第四,大规模光伏电站巡检。随着光伏电站规模的不断扩大,传统的人工巡检方式面临着时间、人员和成本的多重挑战。无人机的应用,可以在大规模光伏电站中发挥巨大的优势。无人机能够在短时间内覆盖大面积的光伏电站区域,确保对每一个组件进行精确检查。通过预设飞行路径,无人机可以实现自动化巡检,全面覆盖光伏板,减少人工巡检的时间和 workload。无人机可在不同时间周期进行多次巡检,通过频繁的数据采集,确保及时发现潜在故障问题,提升巡检的准确性与及时性。这对于大规模电站尤其重要,因为传统人工巡检在时间和人力上通常无法做到如此高频的检查。

4. 结语

无人机智能巡检在风电和光伏领域的应用,极大地提高了设备检测的效率和精度。结合先进的传感器技术、人工智能和数据分析,无人机不仅能够发现设备故障,还能在人工巡检中提供辅助作用,帮助提高故障预防、维修和管理效率。在风电和光伏行业中,无人机的应用正在成为提升运维效率、降低成本、保障设备稳定运行的重要工具。

参考文献:

- [1] 周兵德. 无人机智能巡检在风电光伏故障检测中的应用[J]. 电子乐园, 2019(4):0029.
- [2] 徐进、宫永立, 无人机智能巡检在风电光伏故障检测中的应用[J]. 设备管理与维修, 2019,(7):170-172.
- [3] 核电站无人机室内自主巡检研究. 刘胜峰; 杨学成; 车熠; 孙志永; 王子俊. 智能物联网技术, 2024(05)
- [4] 基于改进粒子群的输电线路多无人机巡检任务分配方法. 张迪. 电气技术与经济, 2024(10)
- [5] 架空输电线路无人机巡检的自主导航与避障技术研究. 张贵涛; 刘贵新; 李旺. 智慧中国, 2024(10)