

# 无人机智能巡检在光伏故障检测中的应用

王永成

国华(哈密)新能源有限公司

**[摘要]**改革开放后,我国的综合国力与居民生活保障都得到了极大的提高,以我国的供电为例,我国的人口基数较大,加上多个领域的发展均需要右电力供应作为保障,使得我国的电力需求极大,加上我国各个地区的地形复杂、横跨经纬度以及气候差异较大,使得我国的供电系统的发电来源多种多样,借助风力、光伏、水力等多种自然资源的发电系统成为我国供电系统中不可缺少的一部分,然而与供电系统的多样、复杂、庞大相对应的是在供电系统的长期应用中实时的故障检测和维修上的困难,本文就我国光伏发电系统中故障检测上存在的困难进行阐述,并提出了智能无人机在这两种发电系统实际故障检测中的应用。

**[关键词]**智能无人机;光伏发电;故障检测

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.588

随着光伏发电技术的不断进步,光伏发电已成为能源行业投资新宠,“十四五”期间,我国光伏装机预期以70-90GW/年的速度增长,是实现“3060”目标的关键低碳清洁能源。光伏组件占地面光伏系统初始成本的40%左右,且组件缺陷例如灰尘、阴影、热斑将对发电收益的影响可达5%~30%,因此光伏组件是影响电站投资、收益的关键因素。考虑到光伏规模的持续扩大及现有光伏电站运行年限的上涨,亟须研发一套光伏电站组件的高效定时检查与准确评价方法。光伏电站组件的传统检查方式以人工巡检为主,但由于光伏电站设备属于分散式发电设备,具有设备数量多、占地面积大的特点,且大部分光伏电站地处荒漠、山地、水上及采矿沉降区等复杂环境中,采用传统的人工巡检方式时运维人员日常巡检工作任务繁重,费时费力,受安装高度、地形、天气等影响,人员常难以对组件进行近距离检查,容易产生巡检盲点,在巡检质量、巡检频次上很难达到要求,无法及时发现故障,从而大大影响光伏电站组件的检测质量。而这些难题遇到无人机都将迎刃而解,无人机搭载多光谱镜头,能实现光伏组件多光谱图像的快速采集,完成光伏电站的全面巡检,其立体化、范围广的特点能大幅提高工作效率、降低工作危险度。

近年来,无人机在光伏电站的应用逐渐普及,一些无人机应用公司如中科利丰、复亚、创动科技等也开始提供解决方案,但是当前方案存在智能化程度不高,自主飞行、图像处理、故障自主检测等功能不齐全等不足。通常需要结合人工进行无人机定区域图像采集,且多段航线间的充换电需要人工进行。另外在光伏组件故障识别部分需通过人工或图像识别算法进行,图像识别算法目前基本仅适用于组件热斑的识别,尚不能实现全自动化的组件智能评估。本文针对现有解决方案自动化程度不足,人工需求大的特点,提出了无人机智能巡检在光伏电站组件诊断中的全面应用方案,从无人机智能巡检系统的组成、组件智能诊断流程、无人机智能诊断特点这三方面展开。

## 1 无人机智能巡检系统的组成

### 1.1 多旋翼无人机

多旋翼无人机,是一种具有三个及以上旋翼轴的特殊的无人驾驶直升机,操控性强,可垂直起降和悬停,主要适用于低空、低速、有垂直起降和悬停要求的任务类型,是目前民用无人机的首选,能很好地应用于光伏电站的日常巡检与

缺陷排查。

### 1.2 云台相机

为减少无人机运动过程中对成像设备造成的影响,成像设备一般需安装在云台上,云台具备水平和俯仰的转动性能。云台相机包括可见光云台相机、红外热成像云台相机、近红外成像云台相机等。可见光相机用于光伏组件可见光图像的拍摄,可识别组件的破裂、污损等情况;热红外相机可用于识别组件的热斑;近红外相机可用于拍摄组件的EL图像,识别光伏组件电池片的隐裂情况。

### 1.3 无人机机库

无人机自动机库可提高多旋翼无人机在各应用领域的巡检效率,减少人力投入,节省运营维护成本。无人机机库采用封闭式舱体设计,可防水防尘,融合环境感知传感器,可在各种复杂的外场环境下实现远程操控巡检作业,支持精准降落,自动充换电等。无人机机库通过网络接入远程监控中心并保持与无人机的链路通讯,所以安装位置选址需便宜提供220V供电及光纤接入。

### 1.4 环境感知系统

环境感知系统主要为远程监控系统提供实时风速、风向、降雨量、温度、湿度、设备运行状态监测信息。监测到的气象信息为无人机可否作业提供参考;监测到的设备运行状态信息包括无人机机库的状态及无人机起飞降落时的状态信息。通常在无人机机库旁安装气象监测站,进行气象信息的准确预测,根据气象数据动态调整无人机飞行计划,可实现无人机最优巡检策略,提升无人机超视距及远程飞行的可靠性。

### 1.5 远程监控系统

远程监控系统通过网络与无人机机库及无人机进行通讯,可以实时接受无人机回传的超清视频和状态数据,整套远程管控系统与无人机和无人机库联动作业,形成一套自动化操作流程,具备任务计划制定,任务自动执行、远程操控、自动检测等功能,可实现无人机定时自动起降、按规定航线自动巡检、建图航拍等功能。

### 1.6 智能应用系统

智能应用系统在基础飞行控制的基础上结合人工智能、深度学习等算法开发的高级应用系统,包含巡检路径规划模块、缺陷识别与定位模块、故障跟踪与导航模块等。巡检路径规划模块可根据任务目标为无人机规划最优方案;缺陷识

别与定位模块应用图像识别技术,自动识别光伏组件的故障情况并实现组件缺陷的厘米级定位;故障跟踪与导航模块,根据故障类型、严重程度,为无人机制定跟踪飞行计划,并为运维人员提供精确的故障地导航服务。

## 2 基于无人机的组件诊断流程

### 2.1 光伏电站建模及组串地理位置提取

通过无人机搭载测绘相机对光伏电站进行全覆盖航拍,搭载正射镜头可进行光伏电站的二维建模,搭载倾斜摄影相机或五目相机可完成电站的三维建模。基于采集的航拍图像,通过特征点提取、图像拼接等图像处理等算法可实现电站模型的建立,目前已有成熟的三维/二维模型建立软件,包括Smart3D、Pix4D、大疆智图等。基于电站建立的地理模型应用图形检索算法,提取组串或箱变等关键设备的模型为模板,在全站地理模型中进行特征匹配与检索,得到各关键设备的地理信息。针对二维模型进行检索,可得到关键设备的大地坐标及经纬度坐标;针对三维模型进行检索,除经纬度等水平坐标外还能得到关键设备的海拔高度。

### 2.2 路径规划

首先确定无人机机库个数,无人机机库个数可依据电站大小、组串分布情况,同时结合电站实际运营需求具体确定,通常50MW及以下电站可配置一个无人机机库,50MW以上电站可以按需配置一个或多个无人机机库。无人机机库选址优先选取中控室旁,便于取电、网,且易于设备的保存与管理。若配置一个以上无人机机库,若有多个机库,其余机库可安装于箱变旁,易于电、网连接。

根据机库个数将整个光伏电站分为若干个管辖范围,各管辖范围大小及管辖范围内组串数量基本一致,每个管辖范围内设置机库一个,机库宜设置于管辖范围中心。以机库为中心,将每个机库的管辖分为若干个飞行小区,飞行小区的划分以无人机的续航为依据,即一个飞行小区内组串的巡检可由无人机在一次续航飞行中完成。在一个飞行小区内,无人机的巡检路径可按照常规往返遍历方式进行全区域的覆盖,也可以优化规划路径进行巡检,优化规划方法以无人机机库为起始点及终点,飞行小区中的组串中心点地理坐标为路径点,以巡检路径最短为目标进行求解,求解方法包括蚁群算法、遗传算法、粒子群算法、离散生态共生算法等,使用该方法确定的巡检路径能缩减无人机巡检距离与时间,提高巡检效率。以一小区为例,两种方法所得的巡检路径规划,用常规方法所得的巡检路径长度为768m,用优化规划方法所得的最短路径为453.32m,路径缩短比例达41%。

### 2.3 无人机图像信息收集

按照2.1、2.2节得到的巡检路径进行无人机巡检飞行,当采用常规方法进行巡检时,采用等时、等距的方式进行拍摄,在采用优化规划方法时,在各航点进行拍摄。拍摄的图像包括可见光图像、热红外图像、EL图像等多光谱图像。可见光图像包含了组件的可见缺陷信息,如外观缺陷,包括弯曲、变形、光伏电池破碎、栅线变色、蜗牛纹等,可由可见光云台相机采集所得,采集通常在多云或阴天进行,防止反射光强影响拍摄效果。热红外图像包含了组件的热红外信息,可用于识别组件是否存在影响安全生产的热斑问题,可判断电池、旁路二极管、接线盒、焊带、连接器等的运行状

况,热红外图像可由热红外云台相机采集所得,拍摄需在辐照度大于等于 $600\text{W}/\text{m}^2$ 时进行,同一组件外表面电池正上方的温度超过 $20^\circ\text{C}$ 时,视为发生热斑。EL图像可用于判断组件电池片的隐裂缺陷,在低光照、黑暗条件下,给组串两端施加约等于组串开路电压的直流电压时,可由近红外云台相机完成组串隐裂图像的拍摄。

### 2.4 缺陷识别与定位

对采集的多光谱图像进行缺陷的识别,缺陷识别方法包括人工识别及算法自动识别。算法自动识别可基于图像形态特征、对抗生成网络、深度学习等图像识别算法进行。

分别记录各光谱图像的识别结果,同时记录拍摄图像的经纬度信息,综合得到厘米级的组件缺陷定位信息。

## 3 无人机智能诊断特点分析

基于无人机巡检的组件缺陷诊断,与传统的组件人工巡检、检测相比,具有以下几个方面的特点。

### (1) 大幅提升检测效率节省人工成本

常规人工组件巡检,可见光视检及热红外成像检测需2个运维人员进行,1MW电站的巡检时间大致需要五六小时,而对于常规EL检测即使用手持式EL检测设备进行检测,一片组件的检测时间需要1min。而利用无人机智能巡检系统,组件的可见、热红外检测效率可达到 $5\text{MW}/\text{h}$ ,EL检测效率可达 $1\text{MW}/\text{h}$ 。

### (2) 检测精度

由于无人机拍摄图像时相机离组件距离较远,拍摄图像易受光线影响且分辨率受限,在图像缺陷识别中,存在一定缺陷误判断的可能,且组件可能存在非图像信息能识别的其他缺陷,需要结合其他检测方式对无人机检测结果进行补充与完善。如可利用手持式红外热成像仪对经无人机检测存在红外异常的组件进行小范围的再确认,可以进一步得到更为精确的测温结果。同时可对异常组件进行IV测试,结合IV曲线测量结果,对组件的缺陷类型、缺陷严重程度进行进一步的判断。结合无人机智能巡检,可对整个电站组件的运行状况进行整体的筛查,确定重点缺陷,为后期缺陷处置提供重点方向,但在缺陷处置中也建议结合其他测试手段进行缺陷的再确认。

## 结论

基于无人机的光伏电站智能巡检即应用结合无人机硬件、远程控制、高级应用系统形成的无人机智能巡检系统对光伏电站进行无人化巡检,可实现组件的高效诊断,对组件的热斑、破碎、隐裂缺陷实现全面的排查、定位、跟踪、记录。利用无人机智能巡检,可大幅提升光伏组件的巡检及故障诊断效率,降低人工成本,增加诊断系统性,结合IV测试等其他测试手段能对光伏电站组件的运行情况做出更精确的判断,是光伏电站运维及检测的新方向,有利于光伏组件全生命周期的健康可持续发展。

## 参考文献

- [1]王世江,金艳梅,江华,等.中国光伏产业发展路线图(2020年版)[R].光伏行业协会,2021.
- [2]王栓虎,温向炜.无人机在光伏组件巡视检查中的应用分析[J].太阳能,2021(1):51-54.