

# 输电线路无人机智能巡检应用研究

李 权

国网河南省电力公司开封供电公司 河南 开封 475000

**摘 要：**随着我国用电量的逐年递增，电力企业施工范围不断扩大规模，无人机智能巡检技术被广泛应用。随着无人机在电力巡检领域应用的逐步推广，为电力企业在山区等地形复杂区域进行巡检提供了较大便利，但是由于基层单位配备的无人机巡检高度依赖专业人员，并且需要对海量巡检图像和数据进行处理，对无人机智能自主巡检提出迫切需求。本文通过对无人机智能巡检所需影像数据处理技术、自主巡航技术及续航等技术进行分析，探索无人机智能自主巡检的可行化方案。

**关键词：**输电线路；无人机；智能巡检；应用

## 引言

借助无人机巡检技术，进一步提升电力企业输电线路巡检效果，规避与消除以往线路巡检期间存在的弊端与问题，提高电力企业线路巡检水平。鉴于此，应加大对无人机巡检技术的应用与开发，满足电力企业具体线路巡检要求，为线路稳定、安全运行提供保障。

### 1 输电线路巡视内容阐述

现阶段输电线路巡查作业开展，具体包括故障巡视、正常巡视以及特殊巡视3种方式，在以往工作期间，无论开展哪种类型巡视，所采用的模式均为人工地面巡查，只有在突发特殊情况时，才会出现人员灯塔巡视的情况，此巡查模式的应用无法发挥出巡检工作的最大作用与功能<sup>[1]</sup>。传统人工巡检方式的应用，无法与现阶段不同运行状况线路的不同巡视要求相契合，影响到巡检工作开展有效性，无法帮助电力企业精确及时地获取输电线路的具体运行状态与情况，不仅造成人力资源的浪费，甚至对输电线路的稳定、安全运行产生影响。

### 2 输电线路无人机智能巡检现状

无人机智能巡检技术是一种由飞手远程操控无人机，通过机载传感设备对架空高压输电线路进行巡查和检修的技术。根据无人机机体结构的不同，可将无人机分为无人直升机、多旋翼无人机、固定翼无人机和复合翼无人机。其中，无人直升机体积较大，控制难度和使用成本较高，已很少应用于输电线路巡检中；多旋翼无人机小巧灵活，可垂直起降、精准悬停，但它可承受的负载较小，机动性和飞行高度较低，且续航时间较短；固定翼无人机巡航速度较快，且续航时间长，但需要跑道起降，也无法悬停；结合了多旋翼和固定翼的复合翼无人机兼具多旋翼和固定翼无人机的优势，但其成本较高，尚未在高压输电线路巡检中使用。

在输电线路无人机巡检中，无人机是承载监测输电线路运行状态遥感设备的平台。常用的遥感检测手段包括可见光成像、紫外成像、红外热成像、激光雷达电能等。其中，可见光遥感检测利用相机等可见光采集设备，检查肉眼可见的输电线路及其附属电力设备的特性和性质变化，已被广泛应用输电线路无人机巡检工作中；紫外遥感检测主要利用紫外遥感设备，检测输电线路和电力设备是否发生电晕放电或局部闪络的现象。由于成本较高，紫外遥感检测尚未在输电线路无人机巡检中被广泛使用；红外遥感检测主要利用红外热像仪等设备，检测运行中的电力设备是否出现过热缺陷的现象；激光雷达检测主要用于输电线路的地理信息测绘和定位导航中<sup>[2]</sup>。

无人机在巡检输电线路的过程中，会拍摄大量的输电线路和附属电力设备的图片数据。由于这些图片的智能处理还处于研究阶段，后期还是需要人工处理。此外，现有输电线路巡检无人机还不能做到完全自主巡检，巡检质量严重依赖的无人机巡检人员专业水平。

### 3 无人机在输电线路运检中应用的主要优势

#### 3.1 实现图像的实时传输

应用无人机能够保证在输电线路运检过程中进行实时的图像传播与处理，无人机会搭载高清摄像头，在飞行过程中可以通过摄像头将输电线路的实际情况反馈给地面接收装置，从而可以帮助地面工作人员对输电线路的状态信息进行处理和分析，切实减少了以往人工巡检的安全性问题，同时也减少了工作人员翻山越岭的压力和负担<sup>[3]</sup>。此外，应用无人机的实时图像处理作用，也能够根据输电线路的不同高程和运检天气环境进行实时处理，有效减少各类风险隐患，方便运检人员对无人机的飞行路径进行实时调整，提高运检效果。

### 3.2 故障检测技术

当前,无人机的电力检查工作包括无人机巡检时采集相关图像和视频,并由地面服务器对接收到的图像、视频等进行分析,实现输电线路的健康状态评价并确定是否存在缺陷或故障。常见的故障分析方法包括温度测量分析和线性形状分析。影响故障检测准确性的主要因素包括拍摄角度、图像和视频文件的清晰度以及分析技术的准确性等。每个部件的准确性和稳定性决定了输电线路整体故障检测的准确性,因此不可忽视。

### 3.3 实现设备的飞行挂载

对输电线路进行运维检修时,可以通过无人机实现飞行挂载,这也是无人机的独特优势所在。可以挂载的设备种类繁多,能够根据输电线路运维检修作业实际情况需求和工作环境等对挂载设备和挂载装置进行有针对性的选择设计与开发。例如在针对输电线路进行缺陷复核以及日常检修时,可以分别挂载不同水平和功能的监测设备,以实现输电线路相关信息的全面收集,方便工作人员开展运维检修作业<sup>[3]</sup>。例如在无人机中挂载红外线测温摄像头,以更好的识别输电线路的发热、放电隐患;或搭载刀具、喷火、喷水等简易清障装置,更安全、更迅速的开展隐患整治工作,进一步提升输电线路运维检修的整体质量与效果。

## 4 输电线路无人机智能巡检应用研究

### 4.1 异物清除

就电力输电线路巡检的整体情况来看,在实际工作中一旦有异物存在于输电线路中,而并未在第一时间将其清除,则极易导致输电线路出现故障,甚至存在一定触电风险。一般情况下,由巡检人员通过人工方式将异物清除,以防范故障问题的出现,但此种方式下存在一定安全风险,极易威胁到巡检人员的生命健康,并且整个清除操作需要消耗较多的时间。以无人机为支持,对电力输电线路中的异物进行清除时,传统方式下主要是将激光二极管模组搭载于无人机的机载部分,发挥光纤聚焦作用,将异物烧断,针对激光二极管模组所发射的平行激光,通过凸透镜来实现光纤聚焦,以异物所在位置为光纤聚焦点,将异物烧断。随着科学技术水平的不断提升,传统异物清除的方法得以改进,多旋翼无人机中搭载的激光模组,以云台摄像头为支持,巡检人员对异物所在位置进行观察,调整无人机位置,锁定异物位置,保证激光模组焦点的准确性。

### 4.2 影像数据处理技术

现阶段可见光影响处理技术是无人机电力巡检目标检测中最主要的研究方向,依托深度学习技术的深度应

用,通过人工设计特征提取的机器学习图像目标检测方法或基于深度学习技术的特定的目标检测算法,实现系统对无人机航拍图像的电力设备缺陷进行自动识别,部分技术手段能够达到90%左右的检测准确率,但由于输电线路电力部件型号多样,不同种类设备外观存在一定的差异,实现针对全部设备缺陷的准确识别还需要完善的电力巡检影像样本库或在人工智能深度学习算法上进行进一步的创新突破。

除可见光影响处理技术外,红外影像以及紫外检测技术也是无人机巡检中有一定的技术应用,但受限于较高的技术研发和成本投入,该类型的商业化应用存在一定的推广瓶颈。

### 4.3 自主巡航技术

自主巡航技术是实现无人机自主巡航的核心技术,常规分为人工示教和建模与定位技术2种,示教航线学习技术主要是在巡检过程中由巡检人员设定精准位置和姿态信息,无人机在存储相关信息后,无人机依照预先设定信息进行自主巡检。但是由于该技术主要由北斗和GPS定位技术进行技术支撑,而民用无人机定位精度误差在2~10m,电力巡检过程中需要面对较为复杂且不断变化的航道环境,同时根据电网巡检工作规范,无人机需要与线路保持10m以上安全距离,因此现阶段主流主要采用RTK(real-time kinematic)实时动态载波相位差分定位技术,即通过借助激光雷达扫描精度高、数据处理快速、数据采集多样等优势,获得激光点云,并以此为基础实现三维地图的构建,并结合人工智能深度学习算法实现自主巡航<sup>[4]</sup>。

随着AI技术、边缘计算、5G的快速发展,结合现有有人工示教和高精度定位技术,借助高效率的智能识别无人机在实现自主巡航的同时还能够根据设备结构及实际环境选择适宜的拍摄距离和拍摄角度,实现无人机的“一键巡航”。

### 4.4 无人机续航

无人机续航能力不足是输电线路无人机智能巡检技术中存在的另一关键问题,已严重制约了输电线路巡检的效率。目前,无人机续航时间通常为30min左右。为解决无人机的续航问题,部分地区已开始采用了设置无人机机巢的方法。无人机机巢主要有巡检车改装而成的移动式机巢和固定于杆塔顶部的固定式机巢。其中,移动式机巢可在一定程度上提高无人机巡检的续航时间,但并不适应无人机自主巡航的发展趋势,并且人工、维护等成本较高;而固定式机巢仅需少量的人工干预,更加契合无人机自主巡检的要求,因而具有较好的应用前

景。然而，如何将固定式机巢完备地融合于输电线路无人机智能巡检技术中，还有诸多技术难点需要攻克。此外，对无人机进行动态充能是一种更加理想的解决方案。通常这种方式，可直接提高无人机的续航能力，但也存在着一些需要解决的关键技术问题。

结束语：无人机输电线路的巡检作业是一个系统性、复杂性工程。需要对巡检中生成的海量视频数据及图像做出有效处理，基于J2EE技术研究了无人机输电线路巡检管理系统，通过深度学习算法，有效地处理无人机执行任务期间采集的图像数据。结合了无人机巡检平台本身的特点，对各种数据信息加以归纳、整理。此外，管理系统又可集成巡检作业全部程序，可对巡检作业进行自动调度。相关工作人员需不断地积累经验，优

化无人机智能巡检管理系统，为输电线路故障识别及检修提供更大的支持。

#### 参考文献：

[1] 廖希仁，刘志颖，鄢齐晨. 无人机输电线路智能巡检技术综述[J]. 福州大学学报(自然科学版)，2020，48(02):198-209.

[2] 张星炜. 无人机在输电线路巡检中的应用[J]. 通信电源技术，2020，37(01):234-235.

[3] 李岩，彭玉金，时海刚. 无人机在输电线路巡检中的应用[J]. 国网技术学院学报，2021(01):9-11.

[4] 廖希仁，刘志颖，鄢齐晨. 无人机输电线路智能巡检技术综述[J]. 福州大学学报(自然科学版)，2020，48(02):198-209.