

# 输电线路无人机巡检智能管理系统设计及应用探究

李其浩

国网太原供电公司输电运检中心

**摘要:** 我国信息技术和我国各行各业的快速发展, 输电线路无人机巡检智能管理在电力行业中是重要工作。无人机飞行器技术在电力领域已得到了广泛的应用, 尤其使跨区电网和超高压输电线路工程的巡检效率和工作质量实现了质的飞跃。相较传统人工巡线而言, 无人机巡线具有超高的巡检精细程度, 可以采集到高压输电线路的超高清图像, 且大多变电站缺乏高压输电线路无人机巡检技术相关经验, 须要建立高效科学的无人机巡检技术运维管理机制, 来保障输电线路长久安全运行。

**关键词:** 输电线路; 无人机巡检; 智能管理系统

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.11.114

## 引言

输电专业目前正由传统人工巡检向“立体巡检”转变, 逐步实现“机器人”巡检模式, 目的是解决人员少设备多的突出矛盾, 达到设备运维提质增效目标。利用输电智能巡检应用主动派发可视化、无人机、人工巡视工单, 实时监控工单进度, 自主分析缺陷、隐患的跟踪管控情况, 深化大数据分析、状态评价、辅助决策等应用。

### 一、输电线路无人机巡检智能管理技术原理

输电线路无人机巡检智能管理技术原理是基于无人机、图像处理和数据分析等关键技术的综合应用。其核心目标是通过自动化和智能化手段提高输电线路巡检效率和准确性。首先, 无人机作为巡检工具, 具有灵活性和高效性。它可以在复杂的地形条件下飞行, 并且通过搭载各种传感器(如摄像头、热成像仪等)获取多种类型数据。无人机可以覆盖大范围的输电线路, 并且能够快速获得高清晰度的图像和视频数据。其次, 图像处理技术在无人机巡检中起着重要作用。这些技术包括图像增强、特征提取、目标识别与跟踪等方面。通过对采集到的图像进行预处理和优化处理, 可以提高图像质量并突出线路设备的特征。然后, 利用目标识别算法来自动识别输电线路可能存在的缺陷或故障(如断裂导线、倾斜杆塔等), 从而实现了对问题区域的准确定位。最后, 在系统级别上, 数据分析与决策支持成为实现智能管理的关键。通过对大量图像、视频和其他传感器数据进行有效处理, 可以提取有用信息, 并与历史数据进行比较分析, 以发现潜在问题或趋势。

### 二、无人机巡检技术

无人机巡检主要是将现代化信息技术搭载在无人机设备当中, 其中包含遥感技术、可见光红外热像技术以及大数据技术等, 促使无人机能够在电力线路巡检中得到有效运用。无人机巡检技术的实现, 主要是由无人机系统, 任务搭载系统、综合保障系统构成。其中无人机系统中包含遥感设备、地面站以及通信系统, 可以对无人机进行遥控, 以此完成巡检工作任务。而任务搭载系统中主要包含数据信息采集、管理以及检测等, 由云平台、地面控制装置以及光电吊舱等结构组成。综合保障系统则是包含了供电站以及基础设备设施以及动力设备等, 相对传统巡检技术而言, 无人机巡检技术在实际应用的过程中不需要任何辅助装置, 可以随时完成降落器以及起飞, 能够实现大范围巡检。无人机飞行航路能够得到有效控制, 可以结合电力巡检需求做好无人机飞行调整作业。对电力线路实现全方面巡检。在巡检的过程中, 无人机可以对电力线路数据信息进行采集, 并将数据信息及时传输到控制中线, 从而对电力线路所存在的问题进行具体分析, 及时掌握电力线路问题的具体位置, 从而采取合适的措施解决问题。

### 三、输电线路无人机巡检技术的应用

#### 1. 激光雷达巡检

激光雷达(Light Detection and Ranging, LiDAR)探测技术是获得3D地理信息的创新技术, 可以有效地避免由于风机切片纹理特性不够明显而不能完成图片特性提炼和配置等状况。以激光雷达放射脉冲激光作为勘察信号, 假如激光光速照到物体上, 通过漫反射将光反射到激光接纳设施。雷达依照收发信号的时间间距乘以光速再除以2, 能够换算出发射设备与事物间相距多远。

激光设备根据激光的特征，能够分成单线设施与多线设施。依照单帧的点云数据，能够获得事物的距离数据；依照若干帧的点云参数，对间距信息实施微分解读，可以得到物体的速率信息。在具体风电使用时，无人机配置360°多线设备，可以得到风机机身的3维点云数据。例如：为了去除背景与噪声，能够根据无人机与风机平面水平距离的检测完成无人机巡检。通过数学模型对离散状况下的波束进行分析。这类波束运算状态下开口大小的遴选对波段具备关键效能，依照设备与风速设备间距得到数据。通过先鼓胀后缩小的计算方法，能够将周围的数据连成一片再排除离散因子进行计算。

### 2. 缺陷识别技术和巡检数据技术

输电线路无人机巡检系统在实际应用中的核心技术主要为缺陷识别技术和巡检数据技术。缺陷识别技术主要是针对架空输电线路整体结构中的问题点进行分类规划，以便于操作无人机进行影像传输时能够自动分辨出现问题的故障结构。当前，我国将架空输电线路的故障规划主要分为9种，分别在塔杆、绝缘基础、接地装置、附属设施等多个层面上进行了详细的整理和归纳，并且出台了相关的书面操作说明。在自动无人机巡检技术中，将缺陷识别技术和相关数据输入无人机，无人机能通过自身拍摄的影像进行自动分类，帮助操作人员和工作人员筛选现场出现的主要问题，并做出标记，极大程度地提升了巡检工作的效率和质量。巡检数据应用主要是基于缺陷识别技术，提升无人机对于各项影像数据中的数据分析能力，优化无人机对于数据计算的主体算法，弥补传统无人机影像传输中识别问题的缺陷。虽然巡检数据应用技术在一些缺陷的判定规则上仍然不够完善，但随着科学技术的发展，无人机自动巡检技术的数据分析能力必然会越来越强，甚至一定程度上能够取代人工判断，完成相关巡检工作。

### 3. 飞控系统应用

在以无人机为基础的高压输电线路巡检中，可让无人机实现自动起飞、盘旋、降落，通过飞控系统的应用，完成无人机飞行的高度、速度、路线等参数的控制和预设。同时，在无人机实际飞行阶段，还可以实现实时调整飞行任务，并在飞行控制系统的支持下，让无人机独立完成视频和图像等级记录的巡检区域。对飞控系统而言，它主要由通信模块、电源模块、卫星导航模块、

飞行控制模块、速度控制模块等环节，给无人机自动驾驶打下坚实基础。操作人员主要负责无人机的设置，选择扫描式的空中实时侦查，对高压输电线路进行全方位监控，再由观察者直接观察高压输电线路故障发生中期的现场录像，以及高压输电线路故障发生初期的危情录像。在利用机载ROM硬件存储的高压输电线路故障视频文件和地面指挥控制系统的同时，将空中监控数据流量接入监控系统和安全防范系统。

### 4. 移动式机巢无人机智能巡检方案

当巡检区域是地势平坦或者是城市环境，可以采用移动式机巢无人机完成机动性输电线路三维信息巡检。移动式机巢无人机可以根据实际的输电线路前面边缘计算和现有塔杆的情况，采集装备信息并进行反馈，输电线路总监控平台通过对多源信息进行综合分析下达合适的巡检指令。相关巡检人员根据特定风险排查巡检任务和常规性巡检任务对巡检线路进行规划，后按照规划路线实施巡检任务。相关巡检人员操作移动式机巢无人机前往指定位置，达到后开始正常巡检工作，移动式机巢无人机根据接到的指令开展巡视和检测工作，并实时拍摄巡检图像，将巡检图像数据传输到车载服务器，通过边缘计算算法实时处理数据，并将处理的初始结果上传到巡检监控平台，以便平台对巡检数据的综合分析。巡检监控平台的分析结果会经有移动作业APP下载消缺信息，一旦接收到消缺信息，相关作业人员就开展消缺作业，作业完成后的消息和结果在经由作业APP回传到巡检监控平台，最终完成移动式机巢无人机巡检和隐患、故障信息确认，而后消缺指令下达、完成消缺作业的工作闭环流程。

### 5. 视觉识别及图像处理技术

在输电线路无人机巡检过程中，通过搭载摄像头或其他传感器设备，无人机可以获取并记录大量的图像数据。然而，这些原始图像可能包含噪声、光照变化等干扰因素，需要进行预处理以改善后续处理的质量。图像预处理步骤可以包括去噪、增强对比度、颜色校正等操作。在特征提取以及目标检测方面，视觉识别依赖于从图像中提取有意义的特征，并将其与已知模式进行匹配来实现目标物体的自动识别。在输电线路无人机巡检中，特征提取通常涉及边缘检测、角点检测和纹理描述符等算法。基于这些特征信息，目标检测算法可以定位

并识别出输电线路上的各种元件，如杆塔、导线、绝缘子等。此外在输电线路巡检当中，其中关键任务是检测并识别可能存在的缺陷和异常情况，如杆塔倾斜、导线断裂、绝缘子破损等。图像处理技术可以用于自动化地分析图像数据，以发现这些潜在问题。常见的方法包括基于机器学习或深度学习的分类器训练，通过对正常和异常样本进行学习，实现缺陷的自动检测和分类。最后在巡检过程中，需要对采集到的图像进行配准操作，确保不同时间拍摄得到的图像能够对齐，并提供一致性视角。配准后的图像可以用于构建三维模型或生成全景图片，进一步辅助巡检人员进行可视化分析和定位故障点。

### 6. 地面数据处理技术

为了全面发挥出无人机巡检技术的作用与优势，在地面数据处理过程中，可以通过摄影测量以及遥感数据信息处理等模式，对激光、相机以及红外成像仪等多个不同的传感器进行使用，可以自动获取电力线路的影像、坐标以及数据信息等，可以完成对电力线路多种数据信息的高精度处理。除此以外，在电力线以及电塔等建筑结构，则可以通过对无人机多传感器的有效运用，实现对电力线路的巡检智能管理，通过专家系统以及人工智能等技术，对输电线路所存在的安全隐患进行管理与判断，及时掌握电力线路的具体事故位置，并对电路线路及时做好诊断与故障解决工作。在无人机飞行控制技术中，则针对无人机飞行路线地理位置、传感器等参数，将其储存到无人机平台中，有系统对各项参数信息进行读取与保存，确保无人机在实际航飞的过程中能够得到有效控制，并且多传感器可以对各项数据信息进行读取。在多传感器控制技术的作用下，可以将红外成像仪、激光POS系统所生成的图像、视频以及坐标序列等进行有效管理，并对各项数据信息进行储存管理。在多传感器数据几何处理技术应用的过程中，需要对平台所储存的多项数据信息进行全面扫描管理，在测量以及遥感数据处理流程中，对多项数据信息完成高精度管理与控制。对输电线路所存在的安全隐患以及所存在的异常情况进行及时确认，在第一间内完成对电力系统的故障排查，生成相应的排查报告，并对报告数据信息进行有效储存管理。

### 四、输电智能巡检应用的优化策略

综合分析输电智能巡检的现状和发展方向，需要利用现代智能化、数字化技术手段继续全方位打造输电智能巡检体系，因地制宜地建立适应智能电网发展的“集中监控+立体巡检+网格处置”输电运检体系。集中监控全方位覆盖输电通道，支持基础设施，将传统的由人工隐患排查的被动方式变为智能化设备自动排查隐患的信息主动获取方式，实现“信息从远方来”，促进信息从线下离散模式向线上智慧模式转变。丰富输电智能巡检，摆脱人工巡检为主的传统方法，打造人工巡检与机器巡检相辅相成的双重防护，促进传统人工作业模式向人机协同作业模式转变，最终达到真正意义上的“机器代人”，通过在技术、管理等方面变革人工巡检方式，促进巡检模式转型升级，实现输电管理的科学化、标准化、信息化、专业化、自主化。

### 结语

通过实时监测和分析无人机采集的线路图像数据，可以更早地发现线路的异常情况，如杆塔倾斜、导线断裂等，并及时采取措施进行修复，有助于确保电力供应的可靠性和安全性。无人机采集的线路图像数据可用于数据分析和决策制订。通过对数据的处理和分析，可以评估线路的状态和健康状况，制订相应的维护计划和优化方案。无人机技术的应用使得线路巡检工作更加高效和便捷。数据的数字化和自动化处理，提高了工作流程的效率，为线路管理提供了更全面的信息支持。输电线路无人机巡检技术成本较高，对于技术操作能力要求较高，当前应用的范围仍然较小，但是在未来发展趋势下，无人机巡检技术必然会发挥更大的作用。

### 参考文献

- [1] 彭向阳, 刘正军, 麦晓明. 无人机电力线路安全巡检系统及关键技术[J]. 遥感信息, 2015(1): 7.
- [2] 黄晶. 无人机电力线路巡检航线设计和任务规划中的关键技术[J]. 华东科技: 学术版, 2016(5): 2.
- [3] 司维钊. 无人机电力线路安全巡检系统及关键技术[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2021(3): 2.
- [4] 张静, 刘晓铭, 黄国方. 基于双目测距的无人机电力线路巡检安全距离测量研究[J]. 微型电脑应用, 2020(2): 3.