

# 基于智能预警技术的输电线路在线巡视

王晓慧 栗维冰 崔超超

国网河南省电力公司焦作供电公司

**摘要:** 科学技术的发展,我国的智能预警技术有了很大进展,并在输电线路中得到了广泛的应用。各国对智能电网的建设高度关注,我国也制定了智能电网综合发展战略方案。在线监测输电线路故障成为电网发展的必备要求。因此,本文首先对智能管理系统效益及价值分析,其次探讨基于智能预警技术的输电线路在线巡视方法,以期相关人员提供参考。

**关键词:** 输电线路; 在线巡视; 智能预警

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2022.09.205

## 引言

为提升输电线路通道巡视质量和效率,有效防范输电线路外破风险,强化通道隐患的精准管控和精益运维,提高隐患处置响应速度,输电专业引入可视化、无人机、激光点云、红外测温等多种智能化巡检方法,以保障电力设备设施的安全运行。为了能够更好地提升电力系统的稳定性,平稳、安全地输送电流,对变电站的设计显得尤为重要。

## 一、智能管理系统效益及价值分析

输电线路无人机巡检智能管理系统的引入将带来多方面的效益和重要价值。首先,该系统通过利用无人机进行巡检工作,能够显著降低工作人员所需的时间和资源成本。相较于传统手动巡检,无人机巡检不需要耗费大量人力物力去登塔、攀爬等危险操作,从而减少了潜在风险和事故发生的可能性。其次,无人机巡检智能管理系统采用先进的图像处理技术和遥感数据分析方法,能够快速、高效地识别出输电线路存在的异常情况或潜在问题。这种实时监测功能有助于及早发现并解决设备故障、杂草覆盖、树木倾斜等常见问题,在保证供电可靠性的同时减少停电事件发生频率。此外,在系统架构中加入路径规划和飞行控制算法,可以实现优化巡检路线的自动规划,提高巡检效率和完备性。通过智能管理系统的使用,管理人员可以更好地跟踪巡检任务进度、分析数据,以及进行维护计划的制定。这将有助于提高工作效率和决策准确性,减少了人为因素对输电线路运行安全带来的潜在影响。

## 二、基于智能预警技术的输电线路在线巡视方法

### 1. 在线巡视整体方案设计

输电线路在线巡视时,当发现异常故障,通过融入5G通信、无线数据通信技术等多种通信方式实现输电线路的智能预警,提高在线巡视能力。该方案在逻辑架构上分为四层:输电线路层、巡检层、信息交互层和

巡检处理层。在输电线路层中,设置不同的电网线路分支,在这些电网线路分支中设置不同的网络节点,输电线路运维过程中,依靠这些分支实现不同节点网络信息的传递。在巡检层中,本研究采用无人机技术实现不同输电线路的巡检,无人机携带监测设备,机载系统根据指挥系统发出的指令开展巡检工作,通过采用ARM+DSP双核处理器实现输电线路故障识别。在进行数据交互时,结合GPS服务器与SMS服务器,实现云服务数据中心数据交互。当采集到异常数据信息时,通过语音通知模块实现异常数据信息的播放,通过STC89C52单片机作为语音模块播放的核心,采用ShockBurstTM收发模式,实现调度预警信息的接收。数据信息通过数据链路将数据库服务器与双光纤存储交换机连接。应用数据库服务器、光纤存储交换机和存储系统构成SAN调度预警模块。采集到的数据信息通过巡检处理层实现数据信息的异常处理。

### 2. 模块组成

组成模块是输电线路无人机巡检智能管理系统设计与实现中的关键部分。在设计输电线路无人机巡检智能管理系统时,需要考虑以下几个主要组成模块,并将其结合在一个整体框架中,具体模块组成包括以下几种。

(1) 传感器模块:该模块涉及选择和安装在无人机上的各种传感器。典型的传感器可以包括高分辨率摄像头、红外热像仪、激光测距仪等。这些传感器用于采集与输电线路相关的数据,如图像、温度、距离等信息。

(2) 图像处理与识别模块:该模块主要使用计算机视觉技术对从传感器获取的图像数据进行处理和分析。例如,通过图像处理算法进行边缘检测、目标检测和特征提取等操作。此外,还可以应用深度学习和机器学习算法来实现自动化识别输电线路设备、故障或异常情况。

(3) 数据存储与管理模块:该模块负责有效地存储和管理从无人机获得的大量数据。这包括对图像、传感器

数据和其他相关信息进行存储、索引和查询等功能。采用适当的数据库技术可以实现高效的数据管理，方便进一步分析和回溯。（4）路径规划与飞行控制模块：无人机巡检系统需要具备智能路径规划和飞行控制能力，以确保无人机安全、高效地完成巡检任务。在该模块中，采用路线规划算法确定最佳巡检路径，并考虑输电线路的特殊要求，如避开障碍物、合理利用充电站等。同时，还需设计飞行控制算法来实现精准悬停、航迹跟踪等操作。（5）用户界面与决策支持模块：该模块涉及用户交互界面的设计和实现，使操作员能够直观地监视无人机巡检过程并做出相应决策。例如，在界面上显示输电线路状态、故障报告或异常情况警示，并提供基于收集数据的智能分析结果和建议。（6）集成与通信模块：该模块是将各个子系统整合起来，并确保彼此之间能够通信和协同工作。这包括无人机与地面控制站之间的实时数据传输、指令下达和状态反馈等。

### 3. 动态扩容系统

在输电线路中，传感器的导线状态由网络系统监测传感器可知，及时获取导线运行中的相关数据，包括温度、风速和风向等。根据这些数据，可以判断输电线路的运行情况，并准确计算出线路在稳定状态下的输送容量上限。这个过程被称为动态扩容。在动态扩容过程中，通常会有温度监测设备来监测导线的运行温度，并将相应的数据传输给线路监测系统。而风速、风向等数据可以通过气象监测系统获取，并传送给监测系统。监测系统及时分析和研究当前的气象情况，并将处理后的信息发送给监测单位。监测单位进行分析，计算出输电线路的容量限制，并及时调度其他部门进行动态调整。因此，监测系统是动态扩容的重要基础，为其提供了重要的基础信息。

### 4. 遥感数据处理

遥感数据通常通过卫星、飞机或其他传感器获取，可以提供大范围、高分辨率的地理信息。在输电线路巡检中，可以利用遥感技术获取到影响输电线路安全性和性能的相关信息，例如树木覆盖程度、地形起伏以及线路设备状态等。首先，在遥感数据分析与处理方法中，需要对原始遥感影像进行预处理。这包括图像增强、去噪和图像配准等步骤，以确保数据质量和一致性。然后，针对特定的巡检需求，需要进行目标物体的识别和分类。例如，通过使用计算机视觉技术和机器学习算法，可以自动识别并分类出输电线路上的树木、杂草或其他障碍物。其次在遥感数据分析与处理过程中还需要进行地表特征提取。这意味着从原始影像中提取出有用的地

理属性信息。例如，利用数字高程模型（DEM）可以提取出地形起伏信息，帮助判断输电线路的高低点和悬挂情况。通过分析影像中的纹理、光谱特性等，不仅可以建立有效的系统数据库，同时还可以检测出线路设备的损坏或异常。

### 5. 线路视频在线监测技术

最近几年，城市现代化进程的加快，城市在进步发展过程中对电力需求增多，一些输电线路在运行过程中会经过城市人口密集地区。但智能电网输电线路在输送过程中产生的电压较高，如果输电线路产生故障，将会给周围民众带来生命财产威胁，影响供电企业形象，阻碍了供电企业的进步发展。对此，要想使输电线路运行更加稳定、安全，供电企业要在架设输电线路的基础上，合理应用线路视频在线技术，搭建视频在线监测系统。视频在线监测系统主要由视频监控子站构成，视频监控子站具有众多功能，能够监测输电线路周围环境，并将数据信息保存下来传递给主站监控管理平台中。监测人员借助主站监控管理平台分析与处理视频监控子站所上传的视频，及时发现输电线路运输过程中的安全隐患，并告知维护部门进行处理，确保智能电网输电线路能够安全稳定运行。

### 6. 无人机电力巡检智能化平台建立

现阶段无人机技术的发展水准有所提升，但是设备的精益管控与业务发展要求之间仍旧不一致。因为巡检无人机监督的装备只依赖于表格信息管控模式，巡逻数据保存较为分散，缺少科学合理的共享手段。因为无法形成统一的运用程序以及闭环管控，难以将巡逻数据运用到魔方分析与运用，也无法通过人工智能、海量数据、物联网等等提供精准的依据。使得企业标准化，实现智能控制目标，增强控制效果，满足无人机巡逻管控需求，提升管控水准，充分发挥作用。

### 7. 电流速断保护

根据相关理论可以得知，限时电流速断保护和定时限过电流保护具有相同的接线原理，但是各个继电器的整定值是不同的。电流速断保护和过电流保护共用的是电流互感器以及继电器，通过对动作电流进行整定和灵敏度进行校验，对电流速断保护进行分析。

## 三、智能技术应用的效果评估

本论文的研究结果表明，融合人工智能技术的输电基建智能监控与故障诊断方法具有很大的潜力和应用前景。然而，我们也意识到研究中存在一些局限性和可以改进的方向。（1）尽管我们的系统在实际案例中取得了较好的效果，但仍需要进一步的优化和验证。未来的

研究可以考虑引入更多的数据集和场景,以验证系统在不同条件下的适用性。此外,还可以进一步改进算法和模型,以提高系统的准确性和鲁棒性。(2)我们目前的研究主要集中在监控与诊断系统的设计和实施,对于系统的长期稳定性和可靠性的研究相对较少。未来的工作可以关注系统的可持续性和自适应性,以应对不同的变化和挑战。(3)随着人工智能技术的快速发展,我们可以考虑引入更多先进的算法和技术,如增强学习和深度强化学习等,来进一步提升监控与诊断系统的性能。这些先进的算法和技术可以帮助我们更好地处理大规模数据、提高故障诊断的准确性,并实现更智能化的决策支持系统。我们还可以将融合人工智能技术的监控与诊断系统与其他相关领域进行进一步的交叉应用。例如,结合物联网技术,可以建立起输电基建智能监控与故障诊断系统与智能电网的连接,实现对整个电力系统的综合监控和管理。同时,与大数据分析和云计算等技术相结合,可以实现对大规模数据的实时处理和分析,为运维人员提供更准确、及时的决策支持。最后,我们要注意研究成果的推广和应用落地。除了理论研究,我们还需要开展实际场景的验证和应用示范。与电力公司、输电基建运维单位等合作,将我们的研究成果应用到实际工程中,并收集反馈意见和改进建议,以不断改进和完善我们的方法和系统。

#### 四、智能电网输电线路的在线监测技术的发展趋势

智能电网输电线路在线监测技术的运用,逐渐代替了人工巡检这种传统监测方法,能够实时监测输电线路,了解输电线路实际运行状况,分析周围气象条件,从根源上消除覆冰、微风振动等事故。同时,输电线路在线监测技术还可以实时、全方位收集输电线路运行数据与气象资料,为接下来的线路设计、检测及维护提供数据支持。近年来,输电线路在线监测技术在智能电网中的应用较为广泛,成为一种关键技术,其今后发展方向为:(1)增强自身实用性。当前,应用较为广泛的在线监测技术,如覆冰、微风振动、气象等还需要相关部门不断完善。随着科学技术水平的日益提高,无人巡线飞机、线路巡线机器人等先进技术手段逐渐运用到输电线路监测中。(2)相关标准的出台及修订。我国最新出台的新标准中一些内容不科学,需要根据具体情况加以修订。例如CMA标准中没有重视电源限制,使得实际运行效果不理想,需要修订这一标准。另外,现阶段的输电线路在线监测技术招标规范中指出服务器版CMA,并克服各缺点。现行的通信规约不完善,传感器

和CMD两者间缺少通信规约,还需要对其做出进一步完善。除此之外,新技术的运用也需要根据实际情况制定新型技术标准。(3)输电线路状态评价技术发展。现阶段,输电线路在线监测技术是智能电网输电线路运行中一种重要维护手段,需要相关部门加大对在线监测技术状态评价技术的研究,国家电网及省电力企业已经成立了研究中心,对其展开深入研究。同时,一些骨干企业也构建了数据分析及状态评价中心,并开始对这一方面进行研究与探讨。

#### 结语

综上所述,以图像识别技术实现输电线路智能监控,虽然能够实现对输电线路24小时实时监控预警,提高了对外力破坏隐患的监管能力,但是数据采集的准确性无法考核;结合人工智能图像识别技术和无人机技术实现输电线路自动智能巡检,这相对常规技术已经有很大改善,但是该方案采用的无人机缺少定位功能,故障巡检误差大。针对输电线路在线巡检过程中存在的问题,提出一种新型的输电线巡检方案,通过融入5G通信、无线数据通信等技术提高了输电线路的智能预警和在线巡视能力。在无人机规划巡航线路实验中,本研究方法巡检能力强、故障定位精确,提高了输电线路巡检能力。

#### 参考文献

- [1]刘勋,闫宏伟,姬俊国,等.智能电网输电线路在线监测系统的设计与实现[J].电力系统装备,2019(24):2.
- [2]莫宝律.信息处理智能方法及其在高压输电线路故障分析中的应用[J].中国高新技术企业,2019(10):49-50.
- [3]周晓燕,凌天杨,曾胡贵,等.基于图神经网络的智能电网监测系统的设计[J].电脑知识与技术,2022(13):18.
- [4]董威佐.智能电网输电线路的在线监测技术[J].江西电力职业技术学院学报,2022,35(08):4-6.
- [5]黄新波,蒋兴良.智能电网输电线路在线监测技术进展[J].广东电力,2014,27(06):72-76.
- [6]刘勋,闫宏伟,姬俊国,等.智能电网输电线路在线监测系统的设计与实现[J].电力系统装备,2019(24):2.
- [7]廖志伟,岳苓,文福拴,等.基于规则网的高压输电线路故障诊断与保护动作性能评价[J].电力建设,2020,037(2):34-41.