

# 输电工程中的智能巡检技术应用

马振兴<sup>1</sup> 郝斌斌<sup>2</sup> 杜帅<sup>3</sup> 李真娣<sup>4</sup>

国网宁夏电力有限公司培训中心

**摘要:**随着科技的不断进步,电力机房自动化与智能化水平逐步提高,这也对电力机房的巡检工作提出了更高要求。地面上的检查通常会受到遮蔽物、距离等因素的干扰,很难有效判断绝缘子和相关电气设备是否处于良好状态。在某些特殊的天气条件下,通常很难通过正常爬塔来执行人工巡检。另外,在人们活动的区域,传输线经常受到外力的破坏。手动检查方法无法找到传输线错误。而且,不能及时阻止外力损坏传输线的问题。可以看出,通过在传输线上应用智能检查机器人来代替人工检查具有重要意义。

**关键词:**输电工程;智能化;巡检技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.06.070

## 一、导言

常规输电阶段会受到很多因素影响,包括很多内外因素,均会对线路的稳定性造成一系列的影响。例如人工智能在输电线路中的应用,要体现对杆塔、连接件、金具、绝缘子等缺陷的识别。还要有对外力破坏、飘挂物、山火等隐患的识别。分析了输电线路能量技术、全自动无人机检测技术、检验数据物联网通信技术、检验图像目标检测和智能故障识别技术等关键技术,可以有效地集成输电线路的智能检验系统,以增加经济和社会效益,对工程有非常重要的应用价值。

## 二、电力机房智能巡检概述

### (一) 电力机房日常巡检

电网的日常维护工作中最重要的任务是巡检工作<sup>[2]</sup>。一般情况下,巡检按照巡检时期不同可以分为例行巡检、自然灾害时期巡检、节假日时期巡检及重要通信时期巡检。根据电网机房的相关管理规定,维护人员必须定期对机房进行全面的巡检工作,如每天早晨或晚上的某一时段,巡检人员要进入机房进行全面检查,及时了解机房内的具体情况,及时发现设备存在的问题并采取有效措施进行处理,确保机房的高效高质运转。

对机房进行巡检时,巡检人员的主要工作是检查机房内各类基础设施的运行情况,查看各服务器是否处于正常状态、网络设备是否运转正常、安全设备是否正常开启。同时,巡检人员还要关注巡检设备是否处于正常工作状态,记录巡检设备是否出现警告,观察设备是否存在缺陷<sup>[3]</sup>。在机房巡检时,巡检人员需要安排好巡检路线,这样才能够确保巡检工作的质量。一般情况下,在对机房进行巡检时,工作人员首先要查看机房空调是否运转正常,随后观察机房内的温度和湿度变化,再按照机房设备的重要程度依次检查。

巡检人员要做好巡检记录,为机房的有效管理提供可靠的数据参考。巡检记录是巡检人员完成巡检任务的

重要参考依据,也是记录巡检结果的重要凭证,是体现机房内各种设备运状况的重要数据。不同类型的机房和不同区域的设备在巡检过程中形成的巡检记录会存在细节上的差异。一般情况下,巡检人员在做巡检记录时会更加关注机房的环境,注重记录机房内湿度和温度的变化,同时也会详细记录各种重要设备的运行指标,以此作为机房设备调整的有效依据<sup>[4]</sup>。

### (二) 智能巡检技术

随着信息技术的快速发展,电力企业的机房设备也在不断更新换代,智能化水平越来越高,推动了电力企业的信息化发展。在这样的背景下,电力企业的监控手段也朝着智能化和信息化的方向发展,进一步提高了机房巡检的质量和效率,让智能巡检技术有了更广阔的发展空间。如今,许多电力企业纷纷利用智能机器人、智能信息系统、大数据分析、云计算技术等提高巡检质量,充分发挥智能巡检技术的优势。

### 三、智能巡检系统的工作原理与优势分析

该系统结合了全球定位系统(GPS)、手持计算机设备(PDA)和计算机网络通信技术的最新研发成果。无需在线路上安装信息识别介质,配备了便携式照明设备、笔记本电脑和PDA。在无线网络覆盖的区域中,工作人员可以完成线路检查定和规范记录。可以采用无线网技术随时随地处理故障问题,缺陷处理和出勤率识别正逐渐标准化、数字化和信息化。数据服务器收集记录客户端计算机上的各种信息,完成数据信息的存储、查询、分析、汇总和报告输出,有效地监督从缺陷发现到缺陷处理的整个过程,并实现对缺陷的闭环控制。同时,实现了PDCA的高效循环。手持式计算机可以通过串行端口直接连接到装有PDA同步程序的客户端计算机,不仅可以下载编辑的工作说明,还可以在工作现场记录数据。网络多级组织垂直检查运营管理模式,上级部门可以随时查询、分析和计算下级机构的检查数据。

开发该系统时需考虑到该系统必须具有更强大的功能、新技术以及更长的生命周期,以便该系统能够与计算机技术的发展趋势保持同步。因此,系统开发采用了更加先进、流行、稳定和成熟的技术。该系统采用B/S架构,指明了技术发展的方向。B/S体系结构具有许多优点,特别是当软件系统的改进和升级变得更加频繁时,B/S体系结构产品显然会显示出更加便捷的功能。无论有多少用户,即使有多个分支机构也不会增加维护和升级工作量,在服务器上就可以执行此操作。如果位于远程位置,则只需要将服务器连接到互联网,大量节省人力、时间和金钱,可以立即进行维护和升级。因此,智能检测系统采用基于Web的企业计算机客户端,整个系统运行在Windows98或更高版本的操作系统上,

在WindowsXP操作系统上运行最佳，并且易于操作。

#### 四、电力机房巡检现存问题

传统的电力机房巡检存在以下问题。（1）耗时费力。在实际工作中，通常由2~3人到各个变电站进行人工巡检，因为人数有限、巡检的工作量大，会花费很长时间，而且驾车往返于各个变电站，对于人力、物力、财力都会造成一定损耗。（2）巡视盲区较多。在对电力机房的巡视中，人力巡视通常凭借经验大致巡检，而且人员数量与时间有限，不能对每一个设备的所有区域进行细致检查，容易留下盲区。（3）实时性较差。机房内设备众多，设备环境参数的传输需要一定时间，缺乏高效性与及时性。

虽然电力机房开始逐步应用智能巡检替代传统人工巡检，但巡检中仍有一些不足。目前使用的智能巡检方案仅针对信息机房，虽然可以通过智能机器人开展自动化巡检，对机房内设备的使用情况、运行状态进行智能判断，及时发出故障警报。但是系统的网络有延迟，实时性较差，尤其是在偏远山区等信号较差的区域，一些站点甚至无法连接网络，导致智能数据采集后，信息无法及时传输到系统平台，影响巡检效果。

#### 五、人工智能在输电系统巡检中的应用

##### （一）输电线路智能巡检系统的设计要求

现有的检验方法是检验人员携带纸质检验工作簿，对设备进行检验，然后人工书写检验结果，巡检结束后将巡检记录册汇总到电网中心备案，并根据故障记录采取必要的维修措施。这种使用纸质标准检验工作表的检验方法价格昂贵且携带不便。手工创建检验记录容易出现遗漏、错误等人为错误，不适合信息统计分析和检验。

利用无人机实现输电线路智能巡检可以对各种输入信息进行整合处理，包括无人机姿态、飞行环境、指挥信息等，命令信息包括来自遥控器的控制命令。通过控制地面控制命令和控制系统设置的控制命令的集成，无人机可以自主飞行并收集有关输电线路的信息，完成对输电线路的智能巡检。无人机在输电线路智能巡检过程中，既要实现起降、定轨导航等基本功能，又要实现定点数据采集和自动避障。在保障飞行安全的同时，实现输电线路智能巡检

##### （二）“5G+AR”智能巡检

5G网络的传输速率是当前其他任何网络都无法比拟的，能够大大缩短各个移动终端的网络数据交互时间，实现更加多元的信息交互。AR作为一种智能感应的交互科技，与5G技术结合可以搭建智能管控的AR巡检数据中心，即“智慧机房”，将自动化管理、预警式故障处理、远程专家诊断、远程智控变成可能。过去的人工巡检耗时费力，会浪费较多的人力、物力，而且手抄检查记录报表的工作效率非常低。采用5G技术，可以利用其延迟低、速率高的优势，通过AR设备实时展示设备数据。巡检人员可以全面、深入地了解设备的运行状态，一旦有故障发生，可及时、高效地制定处理方案。而且，依据设备运行情况，系统还能自动生成“任务

单”，进行智能化派单，不同类型的故障会派单给不同的技术人员，使巡检工作与故障处理更加有序、高效。巡检人员只需戴上AR眼镜，对准机房内设置好的服务器，眼前就会浮现出虚拟操作栏，其中涵盖了设备硬件信息、设备温度、内存使用率、CPU使用率等，而且操作人员可以通过手势进行交互操作，极大地方便了操作流程。此外，使用“5G+AR”技术还能够实现远程运维支援。例如，如果某台设备的数据出现改变，系统会发出警报，技术人员通过佩戴AR眼镜可以定位、导航故障位置，从而准确找到故障点，及时查明故障原因并作出处理。如果现场技术人员遇到难以处理的问题，还可以开启对话框和后台实时协助交互功能；后台人员会通过AR与系统交互产生的故障影像信息获取现场后端数据，从而对比数据，帮助查找故障原因；找到原因后，系统可以虚拟化标注有问题的配件，指导现场人员对故障进行准确处理。

AR技术作为一种增强现实技术，可以实时计算摄影机的摄影位置、角度，再利用3D模型、视频图像技术，可以将虚拟世界与现实世界融合，实现两者的互联互通。在5G技术的支持下，AR传输更具实效性，还能展开自动追踪，将为AR技术的使用与发展创造更多机遇。

##### （三）智能巡检终端结构设计

配电网设备作业环境较为特殊，需要长期在外部环境中运行，容易受到多种因素干扰，降低设备作业性能。例如，电气、机械等。除此之外，自然环境也会对其作业状态造成一定影响。在这些因素影响下，容易出现设备外观异常，导线温度过高，甚至发生断股现象。配网系统设备同样会受到较大影响，核心设备运行当中产生的电压和电流超出正常作业范围。所以，巡检工作显得尤为重要。本文提出的智能巡检系统终端，针对巡检期间故障多样化特点，设置异构状态信息，将其作为设备故障诊断参考依据，与现场采集信息进行比对，从人机交互模块输出诊断结果。

该结构框架加主要由微控制模块、检测模块、图像采集模块、人机交互模块、“GPS+北斗”双模定位模块、通信模块、电源模块、NFC身份识别模块、RFID扫描模块、巡检任务及巡检优化策略接收管理模块组成。其中，检测模块按照功能的不同，又分为5个子模块，分别是地电波局部放电检测模块、超声波局部放电检测模块、紫外局部放电检测模块、红外测温模块、专业传感器采集模块。在微控制模块作用下，对这些功能模块进行有效控制，从而完成电网设备作业状态信息采集，利用通信模块发送信息。为了实现全方位管理，本系统巡检终端增加了“GPS+北斗”双模定位模块，能够有效定位员工位置和故障设备位置，支持数据实时采集和存储，能够有效识别用户身份，从而为系统安全作业提供保障。整个终端由电源模块提供电能，该模块支持户外连续供电。

##### （四）专家系统

专家系统指的是在特定区域内大量经验和知识所集

合而成的一种成程序。其原理是推理,分析某一个专家的知识 and 经验。对人类专家需要解答的问题充分进行思维模拟工作,以此达到解决问题的目的。把复杂问题细化分解,求得各子问题的结果之后整合成问题的答案。专家系统可以有效地解决一些常见的问题。一般来说,专家系统包括咨询功能,学习功能和教育功能。例如说咨询功能的模块,就可以回答用户提出的问题,给出针对性的解决方案。专家系统在网络诊断中运用效果较为良好,这个系统可以表示出工作人员在断路器,保护器的动作经验,以此更具有针对性地找到诊断知识库的内容。结合诊断信息,做好故障推理,由此可以提高诊断的精准性。

### (五) 电力巡检安全监督

智能电力检查安全隐患监控是通过3步分析和评估来监督每个运维检查工作的过程,以确保运维工作的完成,并防止运维检查过程中的隐患。首先,在执行每个运维任务之前,将维护事件、时间和环境因素、运维人员与分析相关联,以评估运维风险和评估相应监控的当前水平。根据风险评估的结果进行维护管理工作。其次,在运维工作的实施过程中,采用北斗定位技术和面部识别技术对运维人员的心理状态、运维检查轨迹、耗时等指标进行实时监控,避免了检查过程中不必要的错误,导致检查失败并带来安全隐患。最后,结合运维前后的监控情况,对运维工作进行全面评估,根据评估结果评估维护人员的工作,并使用总体评估和人员评估结果作为监督的重要指标。

### (六) 神经网络技术

针对神经网络技术而言,借用生物激励系统,以此作为模型。其中涵盖了大量的神经元,结合特定的方式对神经元进行组织统筹。这项技术具有快速、高效的处理能力,同时还可以进行有效的分类。在输电专业巡检工作当中应用非常广泛。在神经网络技术的应用之下,可以动态化开展实时输电专业巡检的,对输电线路的负荷、故障等内容进行检测和判断,明确输电线路的运行状态。在人工智能体系当中,神经网络技术作为最为基础的输电专业巡检技术之一,可以有效地对输电线路当中的负荷进行预测,广泛应用到了电力系统当中,并且成为最具前景、最具潜力的技术手段之一。在暂态保护层面,神经网络技术也广泛应用,其速度非常快,并且具备精准性和高效性,不会受到故障类型以及系统运行等因素的影响。把神经网络运用到电力信号保护层面,可以第一时间提取故障的信号,有效突出仿真技术的优势,发挥良好的仿真作用。神经网络技术开关操作波以及在雷电波识别方面,一样可以取得较好的效果。

### (七) 设备缺陷管理

在现场检查过程中收集的设备缺陷数据通过智能手机传输到系统空间数据库。现场记录包括缺陷记录、维护记录、设备帐户、缺陷通知、设备文件、线路图、技术问题和解答等。检验管理人员可以分析和查询生产线上的特定条件,以对生产线的维护缺陷计划进行分类和

确定。通过查询查找生产线中的缺陷,计算生产线缺陷报告,对查询的缺陷记录进行分类、管理和清除,发布清除任务、汇总和打印。智能手机由检查员携带,对检查员的管理也就是对智能手机的管理。通过实时读取智能手机的GPS数据,检查速度是否到位,并自动生成巡逻轨迹图,以监控巡逻人员的位置和工作状态,并可以随时在现场了解错误信息,为现场人员提供远程技术支持。巡检管理人员可以通过智能手机实时跟踪在现场巡逻的人员,并根据巡逻人员发送的现场消息发送调度指令,协调检查任务。

### (八) 在线监测智能技术

由于现代工业科学技术的飞速发展,整个社会的经济也在快速增长,为了实现工业经济的进一步发展,各行业必须对过去的工业技术进行改进,以实现自身的飞跃,不断前进,获得更大的经济效益。这一理念推动了整个社会的快速发展,中国的电力系统管理也不例外。考虑到中国电力系统的结构分布,在检查高压输出线路时,具有广泛易受各种地形环境影响的特点。因此,在输电线路巡检中可以利用在线监测技术及时监测全线运行情况,保障中国电力系统安全。例如,某电力单位想通过该项技术对±500kV输电线路整个电力线路的运行情况进行监控。这也是在线稽查技术首次运行到高压电输出线路的巡查工作中,通过最后的巡查结果发现,这项技术在安装运行中,需要通过前端监测分机和监控后台这2方面的组成方可对整个线路进行全面的检查,该装置主要利用太阳能电池从能量采集中获取能量,并依靠GPRS+3G/4G双通道通信方式检测全线信息,这样可以保证整线检测的稳定性。

### 结束语

综上所述,对检查数据进行智能处理是无人机的一项紧迫任务,也是对无人机进行完全自主检查的关键技术,例如通过机器视觉辅助定位,机器视觉或激光雷达集成来获取检查图像。需要基于输电线路多源数据进行多维分析,采用人工智能技术,设计多源数据结构模型,聚焦多源数据,实施智能分析,形成高效的数据分析方法。

### 参考文献

- [1] 吴发献, 杨珂, 黄中华, 等. 智能输电巡检技术在输电线路规划设计中的应用[J]. 科技创新导报, 2016, 13(35): 17-18.
- [2] 葛黄徐. 输电线路智能巡检系统的应用分析[J]. 通讯世界, 2018, (3): 242-243.
- [3] 赖奎, 姚军艳, 马承志, 等. 输电线路智能巡检系统的设计研究[J]. 广东电力, 2016, 29(7): 105-110.
- [4] 卞胜, 杜彦巍, 赵婕, 等. 变电站和输电线路智能巡检系统的设计与实现[J]. 河北电力技术, 2014, (2): 24-26.
- [5] 王宇卓. 输电线路智能巡检系统的实用化研究[J]. 科学与信息化, 2017, (16): 26, 28.