

# 智慧变电站联合巡检技术及其应用

李钟凯 刘慧娟

国网冀北电力有限公司检修分公司

**摘要：**智慧变电站联合巡检系统整合全站多源数据，通过采用多种先进传感器和采集设备，实现设备状态全面感知，通过图像识别、音频分析、人工智能技术实现联合巡检、智能联动、综合诊断，实现故障隐患的主动发现、主动预警，通过三维可视化技术结合实时音视频及设备状态信息，实现虚实结合、立体可视的全景展示，最终实现智慧变电站运维的巡视无人化、操作自动化、维护少人化。

**关键词：**智慧变电站；联合巡检技术；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.20.158

## 引言

随着“大云物移智”等新一代信息技术与电网运维检修业务的深度融合，物联网、机器人、人工智能等技术在变电站中得到越来越深入的应用，变电站运维人员对运维智能化、可视化、远程化的需求也越来越突出，如何将各种新技术与运维专业生产实际相结合，实现可实用化的智能运维系统，是当前变电站智能运维面临的挑战。

### 一、智能变电站的基本特点

智能变电站具有全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化、高级应用互动化的特点，通过光纤网络把采集到的各种数据，经过信息一体化系统进行自动分析，自主完成控制、保护、监测等功能，实现智能告警、顺序控制、事故分析决策等自动化功能，与系统无缝对接。

### 二、智能变电站运维管理中存在的问题

#### （一）基本设备问题

保证变电站安全运行和维护的关键是保证基础设备的性能，而基础设备的完整性是一切工作的基础。变电站电力系统分为一次设备和二次设备；主要设备用于制造、传输和分销。在这个过程中，高压电气设备主要包括发电机、变压器、断路器、绝缘开关、电力电缆和电动机。辅助设备主要用于对阀门、控制开关、继电器、信号设备、自动化设备等主要设备进行监视、控制和调整。基础设备的故障会影响电气设备的运行稳定性，因此有必要对相关设备进行安全检查，及时发现故障并进行处理，以提高设备运行的稳定性和可靠性。

#### （二）管理流程问题

在变电站的运行维护中，建立保障机制尤为重要。相关方要严格控制操作流程，规范设备管理。事实上，设备维护之所以发生，是因为一些智能变电站人员没有完全执行标准的设备操作方案，没有使用合适的技术对设备进行检查和维护。这是不成熟和不合理的设备，这

将影响运行和维护效率。此外，设备运行中存在安全隐患，主要表现在部件老化、规格不符、标准与最新标准不一致、设备维修需要完善管理程序、更新技术方案等方面。

#### （三）信息安全问题

智能变电站主要采用最新技术对其设备进行管理和维护。智能变电站的信息传输非常重要，因此有必要提高信息的安全性，维护管理过程的稳定性。在智能变电站的运行维护过程中，必须重视信息安全，分析影响信息、数据采集和安全使用的各种因素，如保护技术的应用不当，设备维修人员安全意识低，存在其他安全隐患。智能变电站设备在受到外界干扰后会从其管理系统中崩溃，因此有必要强调这一点，考虑科学合理的维护措施。

#### （四）变电站的低质量运维

智能变电站的能量传输效率离不开变电站的维护质量和运维人员的整体素质。在实际工作中，变电站运维人员的技术水平参差不齐，大多数变电站运维人员不能适应智能化设备控制。在信息时代，他们缺乏丰富的专业知识，无法解决意想不到的问题。在智能变电站中，当出现问题时，传统的变电站运行维护人员不能立即提出明确的解决方案，对最新的智能系统缺乏了解。在我国，由于职工的疏忽，一些变电站发生了事故。这些问题也表明，电力企业要提高变电站运行维护的整体质量，通过培训提高智能变电站的管理能力，降低日常工作的维护质量，减少安全事故的发生，加强相关管理措施的制定，为变电站运维人员提供心理咨询，使其获得现代思想，不断提高业务水平，确保变电站的安全发展。

### 三、需求分析

国家电网公司将“具有中国特色国际领先的能源互联网企业”确立为引领公司长远发展的战略目标。变电站在电力传输过程中是至关重要的环节，电网规模越来越复杂，变电站数量众多。变电站的安全运行需要运维人员投入大量的精力，并且随着新技术的出现，运维人员对运维智能化、可视化、远程化的需求也更加迫切。

#### （一）远程化需求

传统运维模式基于人工、定期巡检，变电站运维人员需要到站内对设备缺陷、故障信息进行巡视记录，属于被动式的巡检模式，且受恶劣天气影响较大，缺少在运维班远程运维的手段。

#### （二）智能化需求

智能变电站实施需要应用新的技术，结合先进传感器技术、物联网技术、人工智能技术，实现变电站运维的自动化、智能化。

### （三）可视化需求

通过可见光摄像机拍摄实景，通过三维建模虚拟现实，虚实结合，实时采集和图像识别的设备状态在虚拟场景中实时再现，可视化的方式进行综合展示。

### （四）立体化需求

将激光导航轮式机器人、轨道机器人、固定点位摄像机相结合，互为补充，构建一个全方位、无死角的立体化巡检体系。

### （五）安全化需求

满足国家电网公司对信息安全的相关要求，应采用安全操作系统，双因子认证技术，使用国密算法对通信数据和通信链路进行加密，通过探针软件实时探测系统安全状态。

## 四、关键技术

### （一）图像采集技术

采集到高质量的图片是进行图像识别的基础，图像采集受摄像机镜头、安装位置、环境光线、拍摄角度等多种因素影响。图像采集需通过多种技术来保证高质量图片的获取：通过图像纠偏技术，消除摄像机云台转动的机械误差，确保多次拍摄角度一致；通过图像模糊搜索技术，消除摄像机镜头调焦时的机械误差，确保照片清晰；通过HDR技术，解决采集图像过曝或欠曝问题，确保图片照度适中。

### （二）图像识别技术

传统的图像识别技术包括：图像获取、预处理、特征提取、分类等。基于深度学习的图像识别技术相比于传统方法，能够提供基于学习的特征表示，在自动特征提取和分割识别准确率方面具有良好表现。基于深度学习的图像识别技术是基于目标检测算法，具有高效的自动学习和分类能力，在多领域的图像处理问题上取得了接近甚至超越人类水平的效果。

采用Darknet深度学习框架，基于端到端的以速度闻名的YOLO算法，使用darknet-53主干网络，将目标检测问题重新构造成一个回归问题，可以达到以下几个目标：（1）检测速度快，在GTX1060显卡上识别一张图片在0.02s左右，可以达到实时检测要求。（2）位置准确率高，即检测框与目标物的框交并比高。所以需通过输入不同尺度的图像训练，通过边界框回归来解决宽高比不常见的物体检测。（3）漏检率低，召回率高，必须尽量检测出所有的目标物体。即使在密集情况下，位置靠近的物体识别准确率高，小尺寸物体识别准确率高，所以需输入高分辨率图片，使用更多的网格来预测，mAP（平均精度）达到97%。

YOLO模型通过前馈运算包括卷积、池化、非线性激活等操作将图像中的高层语义逐渐由原始图像提取出来，在最后一层根据不同的任务（分类、回归）表示为损失函数（预测识别结果与真实值之间的误差函数）。训练过程是通过计算损失函数，再使用反向传播算法，逐层向前反馈更新每一层的神经元的参数，然后再进行

前馈操作，再反馈更新参数，最终达到损失值收敛的结果。

### （三）红外测温与诊断技术

红外监测诊断技术是利用带电设备的热效应，利用专用设备从设备表面获取红外辐射信息，进而判断设备状况和缺陷性质的综合技术。红外热像仪利用红外探测器和光学成像物镜接收被测目标的红外辐射能量分布，并将其反射到红外探测器的光敏元件上，从而获得与温度场相对应的红外热像。热像仪对所有运行设备进行扫描，找出温度异常点，然后重点检测温度异常部位，对异常点进行温度测量。为了判断设备是否有故障，将异常点的温度与正常运行时的温度进行比较，并考虑周围环境条件的影响。最后根据设备的相对温差以及是否超过规定值来判断设备故障。它不仅以形成某一时间某一关键设备的温度曲线，还可以形成某一历史时间某一设备的时温曲线。

### （四）智能巡检技术

通过预先设置的巡检策略，按特定逻辑并行或串行调用可见光摄像机、红外测温摄像机、导轨机器人、灯光控制器、轮式巡检机器人、噪声采集器、局放传感器等采集设备，对变电站一两次设备进行全方位立体式体检。智能巡检可分为例行巡检、特殊巡检、专项巡检、人工巡检等。

### （五）综合诊断技术

通过多种手段采集站内设备状态数据、图像、视频、声音等，对数据进行整合处理、抽象分类，筛选出最具代表性且能够灵敏反映站内关键设备工况的状态特征量，构建站内设备运行状态评价的基础数据库；通过建立各状态特征量间的潜在映射关系，构建设备运行状态趋势分析模型，定时进行运行趋势分析，辅以特定算法进行深度融合，从整体和趋势上分析设备健康状态，预判电力设备隐患、识别潜在故障；结合专家知识库，提供主动巡检的具体措施及建议，实现早发现、早处理、快恢复，避免事故，减损增益。

## 五、结束语

为了解决目前变电站运维人员对运维智能化、可视化、远程化的需求，分析了智能变电站的基本特点，研究了图像采集、图像识别、红外测温与诊断、智能巡检、综合诊断、可视展示等关键技术，进而提升变电站的安全运行。

### 参考文献

- [1] 谢艺辉. 智能变电站故障检修系统运维技术研究[J]. 无线互联科技, 2020, 17(22): 90-91.
- [2] 于邦业. 变电站运行维护工作的现状与完善[J]. 电力设备管理, 2020(11): 51-52+55.
- [3] 耿晓辉. 智能变电站集约式监控系统的研究[D]. 山东大学, 2020.
- [4] 翟晶晶. 智能变电站变电运维安全与设备维护探讨[J]. 技术与市场, 2020, 27(11): 161-162.