

# 智能化技术在电力工程设备故障诊断与维修中的应用

张晨

国网宁阳县供电公司，山东 泰安 271400

DOI: 10.61369/SSSD.2025190043

**摘要：**电力工程作为能源供给的重要来源之一，其所用设备是否能够稳定运行，将会直接影响社会生产生活的正常秩序。但是，传统的电力工程设备故障诊断和维修的效率相对较低，精度也不够准确，并且缺乏前瞻性，很难适应现代电力系统运行的复杂要求。而智能化技术的发展和应用，为电力工程设备故障的诊断和维修带来了新的思路。基于此，本文主要针对智能化技术在电力工程设备故障诊断与维修中的应用展开了相关分析与研究，旨在进一步提高现代电力系统的运维效果，仅供参考。

**关键词：**智能化技术；电力工程；设备故障；诊断与维修

## Application of Intelligent Technology in Fault Diagnosis and Maintenance of Power Engineering Equipment

Zhang Chen

State Grid Ningyang County Power Supply Company, Tai'an, Shandong 271400

**Abstract :** As one of the important sources of energy supply, the stable operation of equipment used in power engineering directly affects the normal order of social production and life. However, the traditional fault diagnosis and maintenance of power engineering equipment have relatively low efficiency, insufficient accuracy, and lack of predictability, making it difficult to meet the complex requirements of modern power system operation. The development and application of intelligent technology have brought new ideas for the fault diagnosis and maintenance of power engineering equipment. Based on this, this paper mainly conducts relevant analysis and research on the application of intelligent technology in the fault diagnosis and maintenance of power engineering equipment, aiming to further improve the operation and maintenance effect of modern power systems, for reference only.

**Keywords :** intelligent technology; power engineering; equipment faults; fault diagnosis and maintenance

电力系统不仅是国民经济的重要基石，同时也是能源供给体系的核心关键，其运行与人们的生产生活息息相关。其中，设备的故障诊断和维修是保障电力系统能够实现稳定、安全运行的一大关键环节。在新时代背景下，随着“双碳”目标的持续推进和新型电力系统的不断涌现，风电、光伏等新能源大规模并网，电力设备也因此逐渐呈现出数量激增、类型多样、运行工况复杂多变等特点<sup>[1]</sup>。在此形势下，传统的依赖人工经验的设备运维模式已经很难满足标准化、精细化的现代运维目标。而从技术演进的角度来看，人工智能、物联网、大数据等智能化技术的发展和应用，为现代电力系统的运维升级提供了强有力的技术支持，能够促进故障诊断从“事后排查”向“事前预测”转变，促进维修模式从“被动响应”向“主动适配”转变，有利于推动电力运维从“被动抢修”向“主动预防”转型，进而达到提高电力系统可靠性和经济性的目的<sup>[2]</sup>。可见，探索智能化技术在电力工程设备故障诊断与维修中的应用具有重要意义。

## 一、电力工程中的传统故障诊断与维护方法概述

### (一) 传统故障诊断方法及特点

传统的电力工程设备故障诊断大多都是依托于人工经验，所采用的方法主要有感官诊断法、仪器测量法、离线分析法定。这些方法的特点分析如下：

感官诊断法大多依赖运维人员的各种感官检查来判断设备是否出现了问题故障，比如观察设备外观是否存在破损、变形、渗

漏；聆听设备运行时是否存在异常声响；触摸设备外壳感受设备温度的变化；闻是否有绝缘材料燃烧的异味等<sup>[3]</sup>。这种方法操作相对比较简单，而且不需要用到复杂的设备，不过却有着较强的主观性，其诊断结果大多都是依靠相关工作人员的检修经验，所以，对于那些隐性故障或者是早期故障问题，常常很难精准识别出来。

仪器测量法主要是通过利用各种常规仪器（如万用表、示波器、绝缘电阻测试仪等）来对设备的电压、电流、电阻等数据参

数进行现场测量，然后将测量的结果和标准数值进行对比，以此来确定问题故障。相较于感官诊断法，这种方法的诊断精度有一定提高，但是在对仪器进行测量时，通常需要中断设备运行。所以，这种“停机诊断”的方式会在一定程度上影响电力供应的连续性，而且所获得的数据参数也仅限于某局部，无法全面反映设备的运行状态<sup>[4]</sup>。

离线分析法的诊断精度相对比较高，需要将故障设备的部件进行拆卸，然后送至实验室进行专项检测，所以在流程上比较繁琐、复杂且耗时较长，很难充分满足设备快速抢修的需求。从这一层面来看，该诊断方法更适用于重大故障的深度排查。

### （二）传统维护方法及特点

传统的电力工程设备维护方法主要有两类，一类是定期维护，一类是事后维护。定期维护主要是指按照特定的时间周期，比如月度、季度、年度等对设备进行全面维护，比如清洁、紧固、润滑、部件更换等等，其目的主要是为了通过固定周期的干预来降低设备问题故障发生的频率<sup>[5]</sup>。这种设备维护方法的应用，可以很好地避免部分设备因磨损、老化而发生问题故障，不过却也存在一定的局限性，即：维护周期固定，无法根据设备的实际运行状态和老化程度进行动态化调整。对于运行状态良好的设备，可能会造成过度维护，从而增加运维成本；而对于运行状态不佳的设备，则可能会因维护周期未到而错过最佳维护时机，容易导致设备在运行的过程中发生故障。

事后维护主要是指在设备发生问题故障停止运行以后，相关维修人员对设备进行抢修，即“故障后维修”。这种方法的维护成本相对较低，通常只是在设备出现问题故障的时候需要一定投入，不过却也存在较为明显的弊端，那就是：当问题故障发生以后，容易直接导致电力供应中断，从而造成相对严重的经济损失和社会影响，而且故障发生后还需要临时组织人员、调配设备，设备抢修的效率相对，容易延长停电的时间<sup>[6]</sup>。

## 二、智能化技术在电力工程设备故障诊断中的应用

### （一）智能传感器和数据采集在故障诊断中的应用

智能传感器可以作为“感知器官”对电力工程设备的问题故障进行智能化诊断，能够有效突破传统仪器测量的局限性，并实现对设备运行状态的实时、全面、精准感知<sup>[7]</sup>。相较于传统的传感器，智能传感器不但可以更便捷地采集电压、电流、温度等常规参数，持续对设备的隐性故障问题的关键参数进行持续监测，如噪声、局部放电等，而且还能够对数据进行预处理、自校准和自诊断，有利于大大提高数据采集的可靠性。

在实际应用中，智能传感器可以被嵌入到输电线路、发电机、变压器、断路器等关键设备的核心部位，通过无线通信技术将采集到的数据信息实时地传输到数据中心，从而实现对设备的“不停机、非接触式”监测。例如，在对变压器监测时，智能传感器可以同时采集绕组温度、铁芯接地电流、油中氢气、甲烷等特征气体浓度以及振动频率等数据参数，通过这种方式采集多维数据，有利于为设备的问题故障诊断提供更加全面的数据源<sup>[8]</sup>。

同时，在此过程中，还可以引入边缘计算技术，借此来对海量的实时数据进行本地初步处理，从中迅速筛选出存在异常的数据并上传至云端，这样可以大大降低数据传输的压力，保障诊断的实时性。

### （二）大数据与机器学习在故障预测与诊断中的应用

传统的故障诊断大多都是依赖于人工经验总结的规律，很难快速处理设备运行过程中所产生的大量的非线性数据。而通过利用大数据技术，可以从海量数据中挖掘出与设备问题故障有关的潜在规律。机器学习算法则主要是通过对历史故障数据、设备运行数据、维护记录等数据的学习，构建相对应的故障预测与诊断模型，进而实现对设备运行问题故障的预测和诊断。

一方面，在故障预测方面，通过利用回归分析等各种算法，可以对设备运行参数的变化趋势进行分析，并以此为基础和依据识别出参数偏离正常范围的早期特征，从而提前预警可能存在的问题故障，最终实现“事前预测”<sup>[9]</sup>。另一方面，在故障诊断方面，机器学习算法能够通过模式匹配、特征提取等方式，快速定位故障部位和故障类型。当设备出现异常时，模型可以将实时监测数据与训练好的故障特征库进行对比，瞬间识别出故障原因，这样可以大大提高设备诊断的效率和精度。

## 三、智能化技术在电力工程设备维修中的应用

### （一）自动化修复技术

在传统的电力工程设备维修工作中，很多才做都是需要人工在高空、高压、狭窄空间等十分危险的环境下完成，不但安全性低，而且维修精度很难保证。自动化修复技术可以通过专用维修机器人替代人工完成这些复杂的操作。例如，在输电线路维修中，线路巡检维修机器人可以搭载机械臂、焊接设备、紧固工具等，在带电或停电状态下对线路的断股、腐蚀、接头松动等故障进行自动化修复，机械臂的精准控制能够确保维修操作的一致性和稳定性，能很好地避免人工操作的误差<sup>[10]</sup>。再比如，在设备内部组件维修中，微型维修机器人可以进入设备内部狭窄空间对故障部件进行拆卸、更换和安装，不需要对设备进行大规模拆解，如此便可以减少维修对设备的二次损伤。

### （二）无人机与远程检测技术

将无人机和远程监测技术结合起来，能很好地解决传统电力设备维修中“检测难、可达性差”等问题，有利于实现大范围、高效率的故障检测和远程维修指导。例如，在输电线路、变电站、风电场等大范围、高分散的电力场景中，传统的人工巡检维修通常需要耗费大量人力物力，而且对于山区、跨江河等复杂地形的输电线路，人工巡检难以实现全面覆盖，存在较大的安全隐患。而无人机可以搭载高清摄像头、红外热像仪等检测设备，按照预设航线进行自主巡检并对设备的问题故障进行快速、精准检测，有利于及时发现设备的问题故障。与此同时，无人机巡检所产生的数据信息也可以实时地传输到地面控制中心。维修人员则可以通过远程分析数据精准定位问题故障，不需要到达现场。而对于部分需要现场维修的问题故障，维修专家可以通过利用远程

监测技术向现场人员提供远程指导，这样可以大大提高维修的效率。

### （三）自适应维修技术

自适应维修技术主要是通过智能感知系统实时监测设备的运行参数、老化程度、环境条件等，然后再结合大数据分析和机器学习算法来构建设备健康状态评估模型，借此来实时评估设备的健康水平并预测设备可能出现的故障类型和时间。该技术的应用可以很好地实现对设备的“按需维修”，不但能延长设备的使用寿命，还能大大降低设备运维的成本。例如，在风力发电场中，自适应维修系统可以根据每台风机的运行时间、发电效率、齿轮箱温度、叶片振动等数据参数自动评估设备的健康状态。对于发电效率略有下降但没有发生故障的风机，可以安排预防性维护，更换老化的密封件。对于齿轮箱温度异常升高的风机，则会立即

发出预警并制定专项维修方案，避免齿轮箱损坏导致的长时间停机。

## 四、结语

总而言之，电力工程设备故障诊断与维修是保障电力系统稳定运行的关键环节之一。在数智化时代背景下，传统的诊断与维修方法已经很难适应现代电力系统运维的高要求。因此，相关工作人员有必要将智能化技术与电力工程有机地融合起来，促进问题故障诊断与维修实现精准化、自动化、无人化和绿色化，从而为构建安全、高效的现代电力系统提供坚实的支撑，最终达到推动电力行业向更高质量方向发展的目的。

## 参考文献

- [1] 项灵军, 马钢成, 程雄, 等. 电力工程中输电线路智能化施工技术的应用研究 [J]. 仪器仪表用户, 2025, 32 (09): 79–80+83.
- [2] 吴杰. 电力工程中电力设备故障诊断与控制技术探析 [J]. 电力设备管理, 2025, (16): 217–219.
- [3] 孙洁莹. 电力工程技术中输配电线路智能化监测与故障诊断方法 [J]. 信息与电脑, 2025, 37 (16): 37–39.
- [4] 王瑞达, 刘士凯, 黄景帅. 电力工程中电力设备故障诊断技术的研究与应用 [J]. 电气时代, 2025, (02): 102–104.
- [5] 刘文文, 段恩强. 智能化技术在电力工程设备故障诊断与维修中的应用 [J]. 光源与照明, 2025, (01): 105–107.
- [6] 卢华堂, 丁鼎. 智能化技术在电力工程信息化建设中的应用研究 [J]. 自动化应用, 2024, 65 (S2): 111–113.
- [7] 金杰. 电力工程系统中的自动化技术应用 [J]. 电子技术, 2024, 53 (11): 210–211.
- [8] 樊建鹏. 智能变电运维技术在电力工程中的实践 [J]. 电力设备管理, 2024, (17): 188–190.
- [9] 姜伟伟. 电力自动化技术在电力工程中的应用研究 [J]. 中国高新科技, 2021, (22): 51–52.
- [10] 彭诚, 周敬勇. 电力工程施工机械设备维护及保养分析 [J]. 中国设备工程, 2020, (11): 37–38.