

电力工程中电气设备故障诊断与维护研究

郝长军 纪少阳 徐银谋

临沂市阳光热力有限公司 山东 临沂 273400

摘要：电气设备故障诊断与维护管理是保障电力系统稳定运行的关键环节，本文首先分析了电气设备短路、绝缘、机械、过载等常见故障类型及成因；接着介绍了基于信号处理、人工智能等的故障诊断方法，以及红外测温、超声波检测等其他方法；阐述定期、状态监测、以可靠性为中心的维护策略；最后提出了从制度、人员、信息化、产学研协同方面优化维护管理，实现维护资源优化配置，形成预防性维护为主、预测性维护为辅的智能化维护管理体系。

关键词：电力工程；电气设备；故障诊断；维护策略

引言：电气设备作为电力系统的核心组成部分，其运行状态直接影响电力供应的稳定性与安全性。随着电气设备复杂程度提升，故障类型呈现多样化特征，传统维护模式已难以满足现代电力系统需求。本文聚焦电气设备故障诊断与维护管理，系统梳理常见故障类型及成因，分析多种诊断方法的技术原理与应用场景，探讨不同维护策略的适用条件，提出优化维护管理的实施路径，为构建智能化维护管理体系提供理论支撑。

1 电气设备常见故障类型及成因分析

短路故障是电气设备常见故障，含相间短路与对地短路，成因复杂，绝缘损坏是主因，电气设备长期运行受温度、湿度、电压等因素影响，绝缘材料老化变质致绝缘性能下降引发短路，误操作如带负荷拉刀闸、误合接地刀闸等以及外力破坏如机械碰撞、动物啃咬等损坏绝缘也会引发短路。绝缘故障直接影响设备安全运行，除绝缘老化外，绝缘受潮、绝缘油劣化等也是重要原因，设备密封不良水分侵入使绝缘材料受潮降低绝缘电阻引发故障，绝缘油质量不佳或长期使用劣化影响绝缘性能致故障发生^[1]。机械故障方面，电气设备机械部分长期运行会因磨损、疲劳、松动等出现故障，电机转子不平衡、轴承磨损、齿轮啮合不良等影响设备正常运行，导致振动加剧、噪声增大，严重时损坏设备，且机械故障可能引发电气故障，如电机轴承损坏致电机扫膛引发短路。过载故障是设备长期超额定负载运行，会过热、加速绝缘老化、降低使用寿命甚至引发故障，成因包括负荷预测不准确使设备容量与实际负荷不匹配，实际负荷超额定容量引发故障，设备选型不当选用容量过小设备易过载，运行管理不善如未及时调整负荷分配、未定期维护设备等也会引发过载故障。

2 电气设备故障诊断方法

2.1 基于信号处理的故障诊断方法

(1) 时域分析法，对电气设备运行信号的时间历程展开分析，提取均值、方差、峰值等特征参数，以此判断设备是否存在故障。该方法简单直观，适用于对故障特征明显的信号进行分析，通过分析信号在时间维度上的变化情况，能快速察觉设备运行状态的异常。(2) 频域分析法，将时域信号经傅里叶变换转换为频域信号，再分析信号的频谱特征，从而判断设备故障类型与位置。它可有效提取信号中的周期性成分，在检测电气设备的机械故障和电气故障方面作用重大，能发现一些在时域中难以察觉的故障信息。(3) 时频分析法，针对非平稳信号，由于时域和频域分析难以全面反映其特征，所以采用短时傅里叶变换、小波变换等时频分析法，能在时域和频域同时对信号进行分析，提取信号的时频特征，为故障诊断提供更丰富的信息，可更精准地把握信号在不同时间和频率上的变化情况，进而提高故障诊断的准确性和可靠性。

2.2 基于人工智能的故障诊断方法

专家系统是基于知识的计算机程序，模拟人类专家决策过程，利用领域专家知识与经验诊断电气设备故障，由知识库、推理机、解释器等部分组成，知识库存储专家知识与经验，推理机依据用户输入信息运用知识推理得出诊断结果，其诊断速度快、准确性高，但存在知识获取困难、更新不及时的问题，限制了应用^[2]。神经网络模拟人脑神经元结构，具有自学习、自组织、自适应等优点，在电气设备故障诊断中，可通过学习大量故障样本数据，建立故障特征与故障类型的映射关系，实现准确诊断，能依据数据特征自动调整内部参数以适应不同故障情况。模糊逻辑是处理不确定性信息的有效方法，模拟人类思维模糊性，将精确数学语言转化为模糊语言变量，通过模糊推理诊断故障，在电气设备故障诊断中，因故障现象与原因间常存在不确定性关系，它

能很好处理这种不确定性，可综合考虑多种故障特征因素，提高故障诊断准确性，为电气设备故障诊断提供更可靠的依据。

2.3 其他故障诊断方法

(1) 红外测温技术，借助检测电气设备表面温度分布来判断是否存在过热故障，电气设备运行中若出现接触不良、过载等故障，会使局部温度升高，该技术能实时且非接触地检测设备表面温度，可及时发现过热隐患，为后续故障诊断提供关键依据，有助于提前采取措施避免故障扩大，保障设备正常运行。(2) 超声波检测技术，则是利用超声波在电气设备中的传播特性来检测内部缺陷与故障，当电气设备存在局部放电等情况时，会产生超声波信号，通过对这些信号进行检测与分析，能够定位局部放电位置并判断放电严重程度。此技术具备灵敏度高的特点，能精准捕捉到微弱的超声波信号，同时抗干扰能力强，可在复杂的环境中有效工作，减少外界因素对检测结果的干扰，所以它非常适用于对电气设备内部缺陷的检测，有助于深入了解设备内部状况，及时发现潜在问题，为电气设备的稳定运行提供有力支持。

3 电气设备维护策略

3.1 定期维护

定期维护指按固定时间间隔对电气设备开展全面维护工作，包含检查、清洁、紧固、润滑与调整等环节，旨在及时发现潜在故障隐患并做预防性处理，从而延长设备使用寿命。定期维护内容涵盖外观检查、电气性能测试与机械部分检查。外观检查聚焦设备外壳与连接部位，通过目视观察外壳有无破损、变形，用手触碰或使用工具检查连接部位是否松动，以此判断设备外部结构完整性，防止因外壳损坏导致内部元件受潮、短路，或连接松动引发接触不良、发热等问题^[1]。电气性能测试包含绝缘电阻测试与直流电阻测试，绝缘电阻测试利用兆欧表测量设备各带电部分与外壳间绝缘电阻值，判断绝缘性能是否良好，避免漏电事故；直流电阻测试通过直流电阻测试仪测量设备绕组、线路等直流电阻，对比标准值判断是否存在短路、断路或接触不良等故障，确保电气性能符合要求。机械部分检查重点在设备机械传动部分与轴承，通过手动盘车或空载运行观察机械传动部分是否灵活，有无卡滞、异响现象，检查轴承有无磨损、过热痕迹，必要时添加润滑油或更换轴承，保证机械传动顺畅，减少设备运行阻力与振动，降低机械故障发生率。定期维护是保障电气设备稳定运行的关键措施，通过系统全面的检查与维护，可提前发现并消除设备隐患，提高设备可靠性，减少非计划停机时间，降低

维修成本，延长设备整体使用寿命。

3.2 状态监测维护

状态监测维护通过实时监测电气设备运行状态获取温度、振动、电流、电压等状态信息，运用故障诊断技术分析评估设备状态并制定维护策略，实现设备实时监控与预测性维护，在故障发生前采取措施避免故障，提升设备可靠性与可用性，其核心在于准确获取状态信息与有效运用故障诊断技术。在线监测技术通过在设备关键部位安装传感器实时采集运行数据并传输至监控系统，系统处理分析数据后判断设备状态是否正常，如监测变压器绕组温度，当温度超过设定阈值时发出报警信号提示维护人员检查处理，防止变压器因过热损坏，该技术可实现设备运行状态的连续监测，及时发现潜在故障隐患减少非计划停机时间。离线监测技术定期使用便携式检测设备对设备状态进行检测，获取相关数据后分析评估，如使用振动分析仪定期检测电机振动情况，根据振动频谱分析判断电机是否存在轴承磨损、转子不平衡等故障，该技术适用于对设备进行周期性检查，可降低监测成本，同时能发现一些在线监测难以捕捉的故障特征^[4]。状态监测维护还能根据设备状态变化趋势预测设备剩余寿命，为制定维护计划提供依据，合理安排维护时间与资源，避免过度维护或维护不足，通过状态监测维护可及时发现设备潜在故障隐患，将故障消除在萌芽状态，减少设备非计划停机次数，降低维修成本提高设备运行效率与经济效益，保障电力系统安全稳定运行，满足生产生活对电力持续供应的需求，同时状态监测维护需要结合设备的历史运行数据、故障记录以及行业经验，不断优化监测参数与诊断模型，提高故障预测的准确性与及时性，为电气设备的智能化维护管理提供有力支持。

3.3 可靠性为中心的维护(RCM)

可靠性为中心的维护(RCM)是以设备可靠性为根基，综合设备重要性、故障模式及故障后果等因素制定合理维护策略的方法。其核心在于通过风险评估确定设备维护优先级，对关键设备实施重点维护，对非关键设备采取适宜维护方式，以此优化维护资源配置，提升维护效率并降低成本，同时保障设备可靠性。实施RCM需开展设备故障模式与影响分析(FMEA)，系统梳理设备各组成部分可能出现的故障模式，明确每种故障模式产生的具体原因，如设备老化、操作不当、环境因素等，并深入分析故障发生后对设备性能、生产流程、人员安全等方面造成的后果，包括设备停机时间、产品质量下降、安全隐患等。基于FMEA结果，将设备故障按严重程

度和发生频率进行分类,识别出对系统影响重大的关键故障模式,针对这些模式制定针对性维护措施,如预防性更换易损件、加强设备巡检频次、优化设备运行环境等。对于发生概率低且后果轻微的故障模式,则采取事后维护或状态监测维护方式,减少不必要的维护投入。RCM维护策略还注重维护计划的动态调整,根据设备实际运行状况、故障历史数据及新技术应用情况,定期对维护策略进行评估与优化,确保维护策略始终与设备可靠性需求相匹配。通过实施RCM,企业能够实现设备维护从被动维修向主动预防的转变,提高设备综合效率,降低全生命周期维护成本,增强企业市场竞争力。

3.4 维护管理优化

在制度层面需构建完善的维护管理体系,明确各层级维护人员的职责边界与工作流程标准,通过制定标准化作业指导书规范维护操作步骤,减少人为失误风险。同时建立覆盖设备全生命周期的维护档案,记录设备运行参数、故障历史及维修记录,为维护决策提供数据支撑。人员能力建设方面,需制定系统化培训计划,定期组织维护人员参加专业技能培训,内容涵盖设备原理、故障诊断、维修工艺及安全规范等模块,并通过理论考核与实操评估相结合的方式检验培训效果,确保维护人员具备独立处理复杂故障的能力。信息化手段应用上,应搭建设备维护管理信息系统,集成设备台账管理、工单派发、备件库存、故障预警等功能模块,通过物联网技术实现设备运行数据实时采集与传输,利用大数据分析预测设备劣化趋势,提前生成维护工单^[5]。系统须具备移动端接入能力,便于维护人员随时查询设备信息、上报维护结果,实现维护流程闭环管理。产学研协同方面,需与设备制造商建立长效合作机制,定期开展技术

交流活动,获取设备最新技术资料与维护建议,针对新型设备或复杂系统邀请厂家专家进行专项培训。同时参与行业技术论坛与标准制定,及时掌握前沿维护技术与管理理念。通过维护制度标准化、人员能力专业化、管理手段信息化、技术支持多元化四维联动,可实现维护资源优化配置,缩短设备停机时间降低全生命周期维护成本,最终形成预防性维护为主、预测性维护为辅的智能化维护管理体系。

结束语

综上所述,电气设备故障诊断与维护是保障电力系统安全稳定运行的核心环节。通过全面分析故障类型与成因,融合信号处理、人工智能及新型检测技术提升诊断精度,结合定期、状态监测及可靠性为中心的维护策略,可有效延长设备寿命。同时,从制度、人员、信息化及产学研协同角度优化维护管理,实现资源高效配置。最终构建以预防性维护为主、预测性维护为辅的智能化体系,为电力系统可靠运行提供坚实支撑。

参考文献

- [1]孙文锋.电力工程中电气设备状态监测与故障诊断[J].灯与照明,2025,49(6):170-172.
- [2]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(2):102-104.
- [3]朱孝奇.电气设备运行维护中的故障预测与诊断技术研究[J].陕西建筑,2025(8):161-164.
- [4]吴学超,赵晶晶.电气设备故障诊断中电力与通信数据融合技术的研究[J].通信电源技术,2025,42(9):225-227.
- [5]彭雅林.电气设备故障诊断与智能维护技术研究[J].科技与创新,2025(22):91-93.