智能化技术在电气工程故障中的诊断研究

岳宝林
内蒙古万瑞天然气有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 017400

摘 要 伴随着电网规模逐渐扩大、系统日益复杂，发生故障的概率也越来越大，而人工巡检、检修、简单的经验性排查等方式已难以适应复杂的、多变的故障情况，难以实时全面地监控；依靠个人经验判断故障位置误差较大，在一些隐蔽性强、关联性较强的问题上常常会出现准确辨识及快速诊断的难题，导致修复时间延长，造成巨大的经济损失以及生活不便。但与此同时，智能化应用能够对电力设备出现的故障进行新的角度判断。因此本文的研究中，主要是探讨了利用智能化技术来处理电力设备发生故障的问题以及其对策。

关键词 智能化技术；电气工程故障；诊断；应用

Research on the Diagnosis of Electrical Engineering Faults Using Intelligent Technology

Yue Bao-lin
Inner Mongolia Wanrui Natural Gas Co., Ltd., Ordos 017400, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Abstract As the scale of power grids expands and systems become increasingly complex, the probability of failures also rises. Traditional methods such as manual inspections, maintenance, and simple empirical troubleshooting are no longer sufficient to cope with complex and variable fault conditions, and they struggle to achieve comprehensive real-time monitoring. Relying on personal experience to determine fault locations often leads to significant inaccuracies, particularly in cases involving concealed or highly interconnected problems. This frequently results in difficulties in accurate identification and rapid diagnosis, prolonging repair times and causing substantial economic losses and inconveniences in daily life. However, intelligent applications offer a new perspective for diagnosing faults in electrical equipment. Therefore, this study focuses on exploring the use of intelligent technologies to address and manage faults in electrical equipment, along with corresponding strategies.

Key words Intelligent Technology; Electrical Engineering Faults; Diagnosis; Application

所谓“智能化”技术就是以计算机、精密测控技术、导航定位技术、人工智能技术、大数据技术等多种学科为基础的技术体系，在其基础上实现对传统自动化控制进行改进，具备类似人脑一样的思维能力和决策能力，并可以采用类似于神经网络算法、模糊算法等方式解决各类问题。利用海量异构数据挖掘其中存在的潜在联系，即从人的直接指令控制装置或机器转向依托系统的自主学习、自主检测、自主诊断及智能响应[1]。自提出这一概念以来，电力行业及相关技术人员一直在探索将这一智能化技术应用到电力系统电气工程自动化中的最优路径，它的目的就是为了克服传统的自动化所带来的弊端，在提升电力系统工作效率的同时保障了稳定性，并提高了对电力系统的监督及管理水平。当前，在电网调度管理、电厂运行、配电等领域都已经广泛地应用了电力工程自动化智能技术。借助于这种智能技术能够进行电网运行信息采集以及监控，并结合发电质量、节能效果、经济性等因素对电网运行加以优化；发电站自动化中，可以利用智能化的方法对发动机及其他电气设备的工作状态进行控制，并结合区域用电情况进行智能计算，从而得出所需要的电能并实现自动化的发电生产，并对其进行全过程监督；对于供电分配的自动化来说，则可以运用智能化技术对电网的工作方式进行改进，以降低电网损耗。在智能化科学技术的发展下，电力系统电气工程自动化的智能化运用也将会逐渐深入下去。

1 技术难题与瓶颈

1.1 数据质量与安全问题

人工智能技术在电气工程及其自动化故障诊断领域发挥了巨大作用，但数据质量及安全性问题是达摩克利斯之剑制约着它的应用水平。一方面，数据碎片化、劣质化是精准判断的最大障碍。电力系统设备所处场景复杂多变，受到电磁环境或其他物理条件的影响，例如温度及湿度都会对传感器的数据造成一定误差或者丢失；特别是对于变电设备监测，严重的电磁

干扰会使电流传感器所采集的电流值出现尖峰噪声，覆盖了真实存在的电流波形特征，基于该特征进行故障判定则会产生偏差，容易将正常的变化误判为故障隐患而产生不必要的检修成本和停电损失。另一方面，由于智能配电系统中大量设备运行信息通过网络传输存储，在线率越高就越容易遭受网络入侵造成数据泄露[2]。

1.2 算法适应性与精度局限

关键难点是智能故障监测技术存在算法自适应能力和准确率不足的问题，在面对复杂的多变的电网环境时，算法自适应能力不足的问题十分突出。不同种类电力设施有不同的工作特点以及运行工况，存在着高温高压高湿强腐蚀等恶劣环境条件，传统ML在这种复杂工况下的泛化性差。例如在风电场中，由于风速、风向的非稳态变化及机组损伤等因素，导致风机的工作状态是极其复杂而非线性的。但若采用只针对稳态条件训练得到的故障诊断算法去监测该风电机组，则因此不能有效检测出复杂的气流造成的早期裂纹缺陷，容易产生漏检或者错检，增加隐患源，最终会造成重大设备损坏，带来高昂的维修成本以及停机时间。

2 国有企业财务分析中数据整合处理方法

2.1 深度学习网络的故障模式识别

深度学习模型依托其多层次非线性变换特性，能够自主从大规模电气设备运行参数中挖掘潜在故障特征，完成对复杂故障类型的精确判别。该技术的关键价值在于省去了人工特征工程环节，采用端到端学习策略，将原始监测数据（包括振动曲线、电流频谱等）直接转换为故障诊断结果。常用架构涵盖卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）及其改进版本[如长短期记忆网络（LSTM）、门控循环单元（GRU）]，各自擅长处理空间维度特征（如频谱图像）和时间序列特征（如设备运行状态记录）。在电力设备监测场景下，深度学习通过卷积运算提取信号局部模式（如电机轴承异常时的振动峰值），借助循环结构捕捉历史状态关联（如变压器油中溶解气体的浓度变化趋势），最终经由全连接网络实现故障类型判定。

2.2 遗传算法优化的故障阈值设定

遗传计算技术（GA）借鉴生物进化机制中的优胜劣汰原理，针对电力设备故障检测参数进行动态调整，有效克服了常规预设阈值在多变运行环境下表现不佳的弊端。电气装置运行指标极易受到外部温度变化、负荷起伏等因素干扰，静态阈值设置往往导致错误警报或故障遗漏，而遗传算法将诊断精度、误警概率、漏检频次作为评估指标，通过基因编码、群体进化等步骤探寻最佳参数组合。以电力变压器过热异常检测为例，需调整的关键参数包括顶部油温警戒值T_1、线圈温度报警值T_2、油中气体甲烷含量警戒值C_1，其限制范围根据绝缘材料耐受温度及技术规范确定，评估函数设计为F=0.6 × 正确率 − 0.2 × 误警率 − 0.2 × 漏检率。具体操作时需将各参数转换为二进制基因序列构成个体，建立初始群体后，利用过往运行记录评估个体优劣，采用概率选择机制筛选优质个体，以80%的基因重组概率和1%的变异概率产生后代，循环优化直至评估指标趋于稳定或达到200次迭代[3]。

2.3 物联网协同的实时状态监测诊断

分布式传感网络（包含振动监测、温度监测、局部放电传感等设备）构成物联网协同诊断的基础架构，通过边缘计算节点实现设备多维度运行参数的实时采集与联合诊断。该体系由4个关键层级构成：数据采集层（智能传感装置集群）、通信传输层（5G/工业无线网络）、计算处理层（云端与边缘协同运算系统）、业务应用层（故障诊断可视化平台）。在电力设备监测领域，该方案通过三重机制优化诊断效率：边缘计算单元对高频信号（如机械振动波形）进行即时预处理，剔除冗余数据后向云平台传输；中央分析系统融合多源监测信息（包括变压器绕组温度、绝缘油色谱、套管放电量等），运用多维关联算法挖掘潜在缺陷；移动终端应用提供实时告警通知功能，便于维护团队随时调取设备运行状态记录。

3 智能化技术在电气工程故障应对中的策略

3.1 配电室内的巡检路径规划

在电力配电室智能化巡检过程中，路径规划技术发挥着关键作用，需要融合计算机视觉、运动控制算法、机电一体化及物联网感知等多领域技术。以优化后的Dijkstra路径算法为例，该技术使巡检设备能够基于预先构建的电子地图，通过环境感知与空间解析，准确定位配电室内所有待检设备，并建立带权有向图模型。该模型将设备位置设为顶点，顶点间的连接边权重则综合考量实际路径长度与潜在危险因素（如设备周边障碍物分布、高压区域范围等）。经过改良的Dijkstra算法不仅能求解起始点到各顶点的最优路径，还能通过动态权重调节机制，使机器人在执行巡检任务时主动规避高风险区域，在确保检测覆盖率的同时，显著提升路径效率并降低作业风险。执行过程中，设备通过实时定位与环境监测系统持续更新状态信息，当检测到突发障碍时，可立即启动路径动态优化模块，快速生成新的安全路线。

3.2 数据采集及处理的实现

智能巡检机器人系统的核心功能模块包含数据采集与处理单元，该单元整合了高精度传感技术、边缘计算架构、云端分析平台及数据传输网络等关键技术。针对电力配电室特殊应用场景，机器人搭载了多模态传感器阵列：红外热成像模块用于设备表面温度场监测，电气参数检测模块负责实时采集电压电流波形数据，超声波传感组件则专用于局部放电现象探测。这些传感装置需满足严苛的精度指标与环境适应性要求。在数据采集过程中，机器人内置的边缘计算节点同步执行数据预处理操作，包括信号去噪、异常值剔除及关键特征提取等算法处理，实现对设备异常状态的实时诊断与预警。经处理后的结构化数据通过加密通信协议传输至配电室本地监控平台或远程云服务器。后端数据处理系统采用多级分析架构：初级分析层运用机器学习算法进行设备健康状态评估；高级分析层则融合历史运行记录、环境参数（如温湿度、气象数据）等多源信息，通过深度数据挖掘技术构建设备故障预测模型。该分析体系为配电设备的状态检修与运维策略制订提供动态决策支持[4]。

3.3 配电室安全和效率的增强效果分析

在配电室环境中引入智能机器人系统，其核心价值体现在运用先进技术手段对传统运维方式进行革新，从而显著提升电力系统的可靠性和降低人工成本。通过结合深度学习算法与视觉检测技术，这些智能装置能够精准判断各类电气设备的工况，并有效发现潜在故障征兆，包括导体绝缘劣化、元器件过热等异常现象。此外，智能巡检系统具备实时风险预警功能，可将检测到的异常情况立即反馈至监控中心，大幅降低电气事故发生的概率。针对配电室特有的运行环境，机器人系统必须配置环境适应性组件和自我保护功能模块，以保证在不同工况下都能稳定运行并确保监测数据的可靠性。有研究表明，采用深度强化学习技术的配电室巡检机器人，能够在动态变化的配电环境中实现自主定位与障碍规避，摆脱了对固定巡检路线的依赖，展现出较强的环境适应性和智能决策能力[5]。

3.4 分布式操控与协作处理体系

在电气自动化应用场景中，远程监测与控制系统已成为设备异常处置的重要技术手段。现代工业制造生产线通过构建工业物联网体系，将各类电气装置的运行参数实时回传至中央控制室，技术人员借助可视化界面和数字仪表盘等工具，能够全面掌握设备运行状况。当生产线电机发生异常停机时，技术人员可直接通过远程控制终端，根据系统诊断结果，快速执行重启命令、参数优化或启用备用设备等操作，有效缩短停机时间，最大限度降低生产损失。跨部门协作机制显著提升了故障处置效率。以商业综合体供电系统故障为例，当发生电力供应异常时，物业管理团队、设备制造商技术支持和电网运维单位等多方力量通过协同平台实现快速响应。物业管理团队负责现场情况通报，设备制造商通过远程诊断系统分析故障原因，电网运维单位则排查外部供电网络问题，各方信息实时互通，消除信息孤岛，共同制订并实施抢修计划，确保电力供应及时恢复，保障用户用电需求，大幅提升应急响应效能[6]。

4 结束语

通过上述分析可以看出，现代智能技术在电力系统故障检测领域展现出显著优势，为传统诊断方法提供了创新性解决方案。实践表明，这类技术能够有效提高故障定位的准确性和时效性。后续研究应重点突破多源信息融合瓶颈，加强特征提取算法改进与诊断模型迭代升级，从而构建更加完善的智能诊断体系，最终实现电力设备运行状态的实时监控与精准预警。

参考文献

[1]张倩,王凯.智能化技术在电气工程故障中的诊断与对策研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(14):4-6.

[2]解鑫.电气工程自动化中智能化技术探讨[J].中国设备工程,2025(9):31-33.

[3]孙正伟,赵金金.电气工程及其自动化技术的智能化应用研究[J].时代汽车,2025(4):22-24.

[4]黄金彪,冉飞.智能化技术在电气工程自动化控制中的应用[J].电工技术,2024(S2):147-149,152.

[5]徐波.电气工程中的故障与应对措施分析[J].中国设备工程,2024(6):176-178.

[6]薛倩.基于人工智能的配电室设备自动巡检系统的研究[J].自动化应用,2023,64(17):12-14,17.

（本文编辑　杜宇琪）

