

人工智能辅助电网故障诊断与处理效率提升研究

祖丽莉

宁夏雷利祥科技有限公司 宁夏银川市 750011

摘要: 本研究聚焦人工智能在电网故障诊断与处理中应用。阐述了专家系统、神经网络与支持向量机等技术在电网中应用现状,通过案例分析了其在发电、输电、变电场景及智能巡检中作用。提出了人工智能提升电网处理效率方法,包括需求响应管理、故障检测与修复、智能巡检等。最后展望了未来人工智能在电网中发展趋势,为提高电网可靠性和安全性提供参考。

关键词: 人工智能; 电网故障诊断; 处理效率; 智能巡检

1. 引言

随着我国经济快速发展,电力需求持续增长,电网安全稳定运行变得至关重要。电力故障不仅会导致经济损失,还会影响社会秩序和居民生活质量。人工智能技术快速发展为电网故障诊断与处理带来了新解决方案。机器学习、深度学习等人工智能技术具备强大数据处理能力,能够自动提取数据特征,为解决复杂电网问题提供了新思路。在电网领域,人工智能技术可实时监测和分析电网运行数据,快速准确识别故障类型和位置,为故障处理提供决策支持。同时,人工智能技术还能预测潜在故障风险,提前采取预防措施,降低故障发生概率。本研究旨在探讨人工智能在电网故障诊断与处理中应用,深入分析基于神经网络、支持向量机、专家系统等故障诊断模型,并探讨故障隔离、恢复和优化等方面应用。期望通过本研究,为提高电网故障诊断与处理效率提供理论支持和实践指导,提升电网可靠性和安全性。

2. 人工智能在电网故障诊断中应用现状

2.1 专家系统在电网故障诊断应用

专家系统在输电网络故障诊断中应用广泛,它通过产生式规则系统,将保护、断路器动作逻辑及运行人员经验转化为规则,构建知识库。多层流式功能模型能创新性地生成变电站停电恢复方案,配电变压器测试与诊断解释系统,以及面向对象保护系统设计专家系统,都强调了保护系统与电力网络设计协调。然而,专家系统面临知识获取和维护难题,且难以应对故障诊断中不确定因素,影响诊断准确性。融入模糊理论后,专家系统从精确推理转为近似推理,显著增强了容错性,有助于克服这些挑战。

2.2 神经网络与支持向量机在电网故障诊断应用

神经网络凭借强大的自学习与自适应能力,能够训练学习大量的电网故障数据,建立故障特征与故障类型之间的映射关系,实现对故障类型的准确判断和位置的精确定位。其并行计算能力和泛化能力使得神经网络能够快速处理复杂的电网数据,提高故障诊断的准确性和稳定性。然而,神经网络的性能高度依赖于输入数据的质量,且网络结构设计是一个关键问题。另一方面,支持向量机作为一种基于统计学习理论的分类方法,能够处理高维特征空间的数据,适用于复杂的电网故障诊断问题。通过分析多个特征,支持向量机能够准确判断电网设备是否存在故障,并实现对故障类型的分类。其较强的泛化能力使得支持向量机在训练样本有限的情况下也能准确地进行分类。但支持向量机在处理大规模数据时效率较低,且对噪声和异常数据较为敏感。因此,在实际应用中,需要根据具体情况选择和优化这两种技术,以充分发挥它们在电网故障诊断中的潜力。

2.3 其他人工智能技术应用

人工智能技术集脑科学、神经学、信息技术于一体,能够模仿人脑原理和行为,研制出自动化机器以分析、识别和发现问题。在电力系统中,人工智能技术通过智能化分析电网参数,及时诊断故障。目前,专家系统、神经网络与支持向量机等人工智能技术被广泛应用于电力系统故障诊断中,它们各有优缺点,相互结合能提高诊断准确性和效率。我国电力设备故障诊断技术经历了从理论化到模式识别、智能化专家故障检测系统转变,研发出了 SIS 应用系统,实现了实时监测和管理。电网中电力设备故障诊断技术包括主观

诊断、仪器诊断、数学模型诊断和智能诊断，其中智能诊断通过建立特征数据库，模拟人脑思维，提高了诊断准确性和效率。

3. 人工智能辅助电网案例分析

3.1 发电场景

在发电场景中，人工智能技术在设备健康管理与预测性维护、能源管理与优化、智能控制与自动化以及安全管理与风险评估等方面发挥着重要作用。通过实时监测和分析设备运行数据，人工智能算法能够准确预测设备健康状态，提前发现潜在故障风险，及时预警并提醒工作人员进行检查和维护，减少非计划停机时间，提高设备利用率。同时，结合历史数据和设备运行规律，人工智能建立设备健康评估模型，为设备维护和管理提供科学依据。在能源管理与优化方面，人工智能算法能够准确预测能源需求，优化能源分配和调度，实现能源智能调配，降低能源消耗和运营成本。此外，人工智能技术还建立精确数学模型和算法，实现发电过程自动化控制和优化，提高发电效率。智能巡检系统利用无人机、机器人等智能设备搭载高清摄像头和传感器，对发电设备进行自动巡检，提高巡检效率和准确性。在安全管理方面，人工智能技术通过对设备运行数据和环境参数实时监测，及时发现安全隐患并进行风险评估和预警，建立安全风险评估模型，为安全管理提供决策支持，提高安全管理针对性和有效性。

3.2 输电场景

在输电场景中，智能巡检与故障预测已成为重要应用。无人机、机器人等智能设备搭载高清摄像头和传感器，实现对输电线路实时巡检，智能分析系统能自动进行缺陷识别并报警。南方电网利用无人机进行日常巡检，中国科学院自动化研究所与国家电网合作研发无人机技术实现对跨黄河输电导线精细化巡检，采用智慧电力解决方案，通过云边端一体化，精准识别输电线路中风险，减少巡检人员工作量。此外，人工智能技术为无人机装上“大脑”，实现自主决策式巡检。在输电容量优化与调度方面，人工智能技术通过分析电网运行状态、负荷情况和天气条件，实现优化调度。南方电网通过数字化赋能新型电力系统建设，智能巡检支撑故障精确定位，同时研发“夸父”新能源高精度功率预测系统，有效提升新能源功率预测精度，辅助调度决策及电力市场交易。

输电线路安全监控与风险评估方面，实时监测线路运行状态，及时发现异常情况并进行风险评估和预警是关键。电网输电线路故障诊断装置利用人工智能技术识别诊断故障，输出故障类型和具体位置^[2]。南方电网智能巡检系统也能在复杂环境中通过视觉智能分析判断，及时发现设备异常并自动报警。

智能化设备管理与维护方面，对输电设备进行实时监测，预测维护周期和更换时间，实现精准定位和快速处理故障是提高管理效率重要手段。南方电网通过充分使用人工智能技术，有效解决了数据分析难题，提高了巡检效率。同时，对设备运行数据和环境参数实时监测，及时发现安全隐患并进行风险评估和预警，为设备维护和管理提供决策支持。此外，芯盾时代申请电力设备诊断方法及其系统专利，提高了电力设备故障诊断效率和准确性。

3.3 变电场景

在变电场景中，人工智能技术为变电站安全稳定运行提供了坚实保障。通过高清摄像头和传感器收集运行数据，结合图像识别和数据分析技术，人工智能技术能够实时监控变电站设备，自动识别异常状态外观缺陷和发热情况，并发出预警，以便运维人员及时处理。同时，结合历史数据和设备运行规律，人工智能技术还能建立故障预测模型，预测潜在故障风险，提前采取预防措施，降低故障发生率。

智能操作与控制也是人工智能在变电场景中重要应用。机器学习算法使设备能自动学习操作规律，实现自动开合和调节，根据电网状态和负荷情况自动调整变压器分接头位置。此外，人工智能技术还支持远程控制和操作，减少现场工作量，提高工作效率和安全性，利用无人机、机器人等设备自动巡检变电站，发现异常并通过远程控制系统处理。

在优化资源配置与调度方面，人工智能技术通过分析电网状态、负荷情况和设备性能，实现电力资源优化配置和调度。通过预测分析技术预测未来负荷变化趋势，提前调整变压器容量和配置，应对负荷高峰。同时，根据设备运行状态和性能参数，自动调整设备运行模式和负荷分配，提高设备利用效率和降低能耗。人工智能技术还能智能调配电力资源，根据不同用户需求合理分配，提高利用效率。

3.4 电网智能巡检案例

百度飞桨与国家电网及山东信通合作，打造电网智能巡检方案在输电线路外破隐患识别上表现卓越，准确率超

90%，实现秒级报警，有力保障电网安全稳定运行。该方案运用云边协同技术，随着云端样本更新和模型迭代升级，不断优化识别算法适用场景，提升识别精度，确保不同季节、环境变化下隐患识别准确性。此外，采用模型压缩库 PaddleSlim 和端侧推理引擎 Paddle Lite，解决小内存设备运行难题，降低功耗，使得巡检系统在偏远或设备条件有限地区也能正常运行，扩大电网覆盖范围，提升可靠性^[3]。这些技术应用不仅提高了电网智能巡检灵活性和可扩展性，还符合可持续发展要求，为电网运维带来显著效益。

4. 人工智能提升电网处理效率方法

4.1 需求响应管理

人工智能技术在电力需求预测与能源调度中展现出显著优势。通过大数据平台对用户历史数据进行分析，形成用户画像，并实现标签化降维，深入了解用户用电习惯和需求。结合历史数据、实时数据以及天气、节假日等因素，构建精准电力需求预测模型，提高预测准确率，为能源调度提供有力支撑。在此基础上，人工智能实现对多种能源智能调度，通过收集和分析多源数据，运用先进优化算法，实现能源合理配置和优化利用，降低运营成本。面对新能源波动性和不确定性，人工智能技术能够提高新能源消纳能力，实现跨区域能源合理调配，提高新能源利用率和调度效率。综上所述，人工智能技术在电力需求预测与能源调度中应用，为实现经济、环保、安全能源管理提供了有力保障。

4.2 故障检测与修复

人工智能技术在电网监测与故障处理中发挥着重要作用。通过实时监测电网设备，利用传感器采集电压、电流、功率等运行数据，人工智能算法能够快速准确地识别异常情况，电压波动、电流过载等，并预测故障，提高电网可靠性和稳定性。结合天气、负荷等外部因素，人工智能还能提高异常识别准确性，为故障预防提供有力支持^[4]。在故障发生时，采用“暂态录波+AI 算法”技术，人工智能能够快速定位故障位置，抓取电网异常电波波形图，通过后台算法平台迅速识别故障点。同时，根据故障类型和周边环境，人工智能自动生成最优维修方案，推荐抢修路径和维修方法，实时监控维修进度，调整维修策略，确保故障尽快得到修复，减少停电时间和维修成本。

4.3 智能巡检

通过无人机、机器人等设备搭载人工智能技术，电网

设备自动巡检和状态评估得以高效实现。这些设备利用高清摄像头、温度传感器等传感器和人工智能算法，对电网设备进行全方位监测和评估，显著提高巡检效率和准确性，减少人为误差。无人机和机器人还能在复杂和危险环境中进行巡检，不受地形和环境限制，快速完成巡检任务，确保人员安全。同时，利用人工智能技术实时监测设备运行状态，及时掌握设备情况，提前发现潜在问题，为设备维护和管理提供依据。结合历史数据进行分析，人工智能算法还能预测设备故障趋势，为设备维护提供科学依据，避免设备故障发生，减少非计划停机时间，提高电网可靠性和稳定性。

4.4 未来人工智能在电网中发展趋势

人工智能技术正深度改变电力市场与系统运行。在智能电力市场方面，它通过数据分析精准预测价格走势与供需关系，助力市场透明化、公平化，优化资源配置，推动市场繁荣发展。同时，人工智能预测可再生能源发电功率，优化接入与调度，降低能耗与碳排放，促进节能减排。未来智能变电站将实现高度智能化运行与监控，依托先进传感器、数据采集系统及人工智能算法，实时监测设备状态，及时发现故障，确保安全与可靠性。数字孪生技术助力综合态势分析，实现直观掌控。自适应调度与优化方面，大数据深度学习与人工智能算法挖掘潜在规律，快速识别异常并自动调整调度策略，提升电网运行效率，实现资源最优配置。然而，安全与隐私保护问题也不容忽视。电力系统涉及大量敏感数据，需建立健全安全保护机制，加强数据加密、访问控制等防护措施，并对数据进行匿名化处理，确保用户隐私权益和系统安全运行^[5]。总之，人工智能技术在电力系统中应用需与安全、隐私保护并重，共同推动电力行业向更加智能、高效、绿色方向发展。

5. 结束语

本研究全面探讨了人工智能在电网故障诊断与处理中应用，取得了显著成果。首先，分析了人工智能在电网故障诊断中现状，包括专家系统、神经网络与支持向量机等技术应用，并通过案例分析展示了人工智能在发电、输电、变电及智能巡检等不同场景下应用效果。其次，提出了提升电网处理效率方法，需求响应管理、故障检测与修复、智能巡检等，利用人工智能技术实现电力需求预测、设备实时监测与异常识别、快速故障定位与处理等功能。此外，还探讨了未来人工智能在电网中发展趋势，包括智能电力市场、智能变

电站、自适应调度与优化、安全与隐私保护等方面。研究意义在于提高电网可靠性和安全性,降低运营成本,为未来人工智能在电网中进一步应用和发展提供了理论支持和实践指导。

参考文献:

- [1] 人工智能技术与新能源相结合打造智慧城市能源系统 . 高健 ; 谭日辉 ; 高卓 . 科技传播 ,2024(19)
- [2] 人工智能技术在电力营销数智化服务场景中应用 .

盛方正 ; 虞瑾 ; 王琮 . 电气技术与经济 ,2023(09)

[3] 人工智能技术在电力工程中应用 . 张硕 . 集成电路应用 ,2023(11)

[4] 电力行业人工智能技术应用网络安全风险分析 . 向英 ; 韩玄 . 信息安全与通信保密 ,2023(10)

[5] 电气自动化控制领域中人工智能技术应用探究 . 刘海 . 大众标准化 ,2024(01)