

电气系统故障预测与数据处理中人工智能技术的应用

宋 凯

中国神华煤制油化工有限公司鄂尔多斯煤制油分公司，内蒙古 鄂尔多斯 017209

摘 要：电气系统是工业与生活的核心基础设施，其稳定运行至关重要。传统故障诊断依赖人工经验，响应滞后、预测能力不足，难以适配复杂系统运维需求。人工智能技术凭借强大的数据处理与模式识别能力，为其故障预测与数据处理提供新方案。本研究结合电气系统故障及数据特征，分析AI应用价值，阐述其在数据预处理、特征提取等环节的实践路径，探讨应用挑战并提出优化策略，为电气系统运维向智能化、精准化转型提供理论支撑。

关键词：人工智能；电气系统；故障预测；数据处理；运维优化

0 引言

随着工业智能化与能源互联网的快速发展，电气系统的规模不断扩大，结构日趋复杂，其运行过程中产生的各类数据呈爆发式增长。电气系统一旦发生故障，不仅可能导致生产中断、设备损坏，还可能引发安全事故，造成巨大的经济损失与社会影响。传统电气系统故障处理多采用“事后维修”或“定期检修”模式，依赖运维人员的经验判断，难以提前识别潜在故障隐患，且面对海量运行数据时，数据处理效率低下、故障特征提取困难，无法满足现代电气系统对运维精准性与及时性的要求^[1]。

人工智能技术涵盖机器学习、深度学习、神经网络等多个分支，具备强大的非线性拟合、自适应学习与模式识别能力，能够有效处理电气系统运行中的多维度、非结构化数据，精准挖掘数据背后隐藏的故障规律，实现对故障的提前预测与精准诊断。将人工智能技术应用于电气系统故障预测与数据处理，是推动电气系统运维模式从“被动应对”向“主动预防”转型的关键举措，对提升电气系统运行稳定性、降低运维成本具有重要的现实意义。因此，深入研究人工智能技术的应用路径与优化策略，成为当前电气运维领域的重要课题。

1 人工智能技术应用于电气系统的核心价值

1.1 提升数据处理效能，破解海量数据难题

现代电气系统运行过程中，通过传感器、智能终端等设备实时采集电压、电流、温度、绝缘性能等多维度数据，这些数据不仅数量庞大，还包含大量噪声与冗余信息，传统数据处理方法难以高效筛选与分析。人工智能技术中的深度学习算法具备强大的数据处理能力，能够自动完成数据清洗、去噪、归一化等预处理工作，剔除无效数据，保留关键信息；同时，

其并行计算特性可大幅提升数据处理速度，快速完成对海量数据的整合与分析，为故障预测提供高效的数据支撑。

1.2 强化故障预测精度，实现主动运维

传统故障诊断多基于故障发生后的特征进行分析，属于“事后判断”，而人工智能技术能够通过对历史故障数据与实时运行数据的学习，构建故障预测模型，实现对潜在故障的提前识别。机器学习算法可通过分析电气系统正常运行与故障状态下的数据差异，挖掘故障发生的规律与特征，建立故障与数据特征之间的映射关系；当系统运行数据出现异常波动时，模型能够快速识别并发出预警，精准定位潜在故障位置与类型，为运维人员提供充足的处理时间，实现从“事后维修”到“主动预防”的转变，降低故障发生概率。

1.3 优化运维管理模式，降低运维成本

人工智能技术的应用能够推动电气系统运维管理向智能化、精准化转型，有效降低运维成本。通过精准的故障预测，运维人员可针对性制定检修计划，避免“定期检修”带来的过度维修问题，减少设备损耗与维修费用；人工智能技术构建的智能运维平台能够实现对电气系统的实时监控与自动预警，减少人工巡检的工作量与人为失误，提升运维效率^[2]。通过对故障数据的积累与分析，还可优化系统设计与运行参数，从源头降低故障发生风险，进一步降低长期运维成本。

2 人工智能技术在电气系统故障预测与数据处理中的应用路径

2.1 数据预处理：奠定高质量数据基础

数据质量直接影响故障预测的精度，人工智能技术首先应用于数据预处理环节，解决数据冗余、噪声干扰等问题。针对电气系统采集

的数据中存在的缺失值,采用基于机器学习的插值算法进行补充,确保数据的完整性;对于因设备干扰产生的噪声数据,利用深度学习中的卷积神经网络等算法进行滤波处理,剔除异常数据,保留真实有效的运行信息。通过归一化、标准化等数据转换方法,将不同维度、不同量级的数据转化为统一标准,为后续特征提取与模型构建消除数据差异带来的影响,奠定高质量的数据基础。

2.2 特征提取:精准捕捉故障关键信息

故障特征提取是实现精准预测的核心环节,人工智能技术能够从复杂数据中自动提取与故障相关的关键特征,避免传统人工提取的主观性与局限性。对于结构化的电气参数数据,可采用支持向量机、决策树等机器学习算法,通过对数据的分类与回归分析,筛选出与故障关联度高的特征参数,如电压波动幅度、电流峰值、温度变化率等;对于非结构化的图像数据(如设备红外热成像图),则利用卷积神经网络的图像识别能力,自动提取设备温度异常区域、绝缘层破损等视觉特征^[3]。通过多维度特征的融合提取,构建全面的故障特征向量,为故障预测提供精准判断依据。

2.3 模型构建:实现故障精准预测与诊断

基于提取的故障特征,利用人工智能技术构建预测模型,是实现故障预测与诊断的关键步骤。根据电气系统故障类型的不同,可选择适配的模型构建方法:对于简单的线性故障关系,采用逻辑回归、朴素贝叶斯等传统机器学习算法构建模型,实现快速预测;对于复杂的非线性故障关系,如电力变压器、高压开关柜等设备的多因素故障,采用深度学习中的循环神经网络、长短期记忆网络等算法,通过对历史故障数据的深度学习,捕捉故障发生的时序特征与隐含规律,提高模型的预测精度。通过模型的持续训练与参数优化,不断提升模型对新型故障的识别能力,确保预测结果的可靠性。

2.4 运维应用:形成闭环式智能运维体系

人工智能技术的应用不仅止步于故障预测,还延伸至运维实践环节,形成闭环式智能运维体系。基于故障预测模型的预警信息,智能运维平台可自动生成运维方案,明确故障位置、处理流程与所需资源,为运维人员提供精准指导;在故障处理完成后,将处理结果与新产生的故障数据反馈至模型中,实现模型的持续迭代优化。同时,通过大数据与人工智能的结合,对电气系统的运行状态进行实时监控与趋势分析,为系统的升级改造、参数优化提供数据支撑,从源头提升系统运行的稳定性,形成“预测—处理—优化”的智能运维闭环。

3 人工智能技术应用面临的核心挑战

3.1 数据管理难题:数据质量与共享不足

人工智能模型的训练与优化依赖大量高质量的标注数据,但当前电气系统数据管理存在明显短板。部分老旧电气设备缺乏智能采集终端,数据采集不完整,且不同设备的数据格式不统一,增加了数据整合难度;数据标注工作需要专业的电气知识与运维经验,人工标注成本高、效率低,导致高质量标注数据匮乏。不同企业、不同部门之间的电气数据存在“信息隔阂”现象,数据共享机制不完善,难以形成大规模的数据集支撑模型训练,制约了模型泛化能力的提升。

3.2 技术适配问题:模型与系统特性匹配度低

电气系统类型多样,不同行业、不同场景的电气系统在运行特性、故障模式上存在较大差异,导致通用人工智能模型难以适配具体系统需求。部分人工智能模型虽在实验室环境下表现出较高的预测精度,但应用于实际复杂场景时,受电网波动、环境干扰等因素影响,模型预测精度大幅下降,出现“实验室效果优、现场应用差”的问题。人工智能模型的“黑箱”特性导致其预测逻辑难以解释,运维人员无法清晰了解故障预测的依据,降低了对模型的信任度,影响技术的推广应用。

3.3 人才储备短板:复合型人才供给不足

人工智能技术在电气系统中的应用需要既掌握人工智能技术,又熟悉电气系统运行与运维知识的复合型人才。当前,电气行业从业人员多具备丰富的电气专业知识,但缺乏人工智能技术的系统学习,难以完成模型的构建、训练与优化;而人工智能领域人才又对电气系统的复杂特性了解不足,无法针对具体故障问题设计适配的技术方案^[4]。这种人才结构的失衡导致技术应用过程中缺乏专业的指导与支撑,制约了人工智能技术与电气系统的深度融合。

3.4 安全风险隐患:数据与模型安全保障不足

电气系统属于关键基础设施,其数据与运行安全至关重要。人工智能技术的应用带来了新的安全风险:电气系统运行数据包含大量敏感信息,数据采集、传输、存储过程中若缺乏有效的安全防护措施,易出现数据泄露、篡改等问题;人工智能模型本身存在安全漏洞,可能被恶意攻击导致模型失效或输出错误预测结果,引发运维决策失误,甚至导致电气系统故障,造成严重后果。当前,针对人工智能技术应用的安全保障体系尚不完善,安全风险防控能力有待提升。

4 人工智能技术应用的优化策略

4.1 完善数据管理体系, 构建高质量数据资源库

构建高质量数据资源库是人工智能技术应用的基础。要加大对电气系统数据采集设备的升级改造, 在关键设备上部署智能传感器与数据采集终端, 实现数据的全面、实时采集; 制定统一的数据标准与格式规范, 实现不同设备、不同部门数据的标准化整合^[5]。建立自动化数据标注系统, 结合电气专业知识与人工智能技术开发智能标注工具, 提高数据标注效率与精度; 推动行业内数据共享平台建设, 鼓励企业、科研机构共享故障数据资源, 形成大规模、多场景的数据集, 为模型训练提供支撑。

4.2 推动技术精准适配, 研发个性化预测模型

提升模型与电气系统的适配性是技术应用的关键。针对不同类型的电气系统, 开展个性化模型研发, 结合系统运行特性与故障模式, 优化模型结构与参数, 提高模型的现场应用精度; 引入可解释性人工智能技术, 开发“白箱”模型, 清晰呈现故障预测的逻辑与依据, 增强运维人员对模型的信任度。建立模型动态优化机制, 通过实时采集现场运行数据, 持续对模型进行训练与更新, 使模型能够适应系统运行状态的变化, 确保预测精度的稳定性。

4.3 加强人才培养, 打造复合型人才队伍

构建复合型人才队伍是技术深度应用的保障。高校与职业院校应优化人才培养方案, 开设“人工智能+电气工程”交叉学科专业, 系统培养兼具人工智能技术与电气专业知识的复合型人才; 企业应加强对现有从业人员的培训, 通过内部培训、外部合作等方式, 提升电气运维人员的人工智能技术应用能力, 同时组织人工智能技术人员深入了解电气系统特性, 实现知识互补。建立人才引进机制, 吸引跨领域高

端人才加入, 打造结构合理、专业互补的人才队伍。

4.4 构建安全保障体系, 强化风险防控能力

构建安全保障体系是人工智能技术在电气系统中安全应用的核心前提, 需从技术防护与制度管理双重维度强化风险防控能力。数据安全层面, 针对电气系统运行数据的敏感性, 采用端到端加密技术保障数据传输安全, 通过分级访问控制限制数据操作权限, 结合全流程安全审计实时追溯数据流转轨迹, 严防数据泄露、篡改等问题。模型安全层面, 建立常态化安全检测机制, 定期扫描模型漏洞并及时修复, 部署异常监测系统实时捕捉模型输出偏差, 防范恶意攻击导致的预测失效风险。制定覆盖数据与模型全生命周期的安全管理制度, 明确各环节责任主体, 定期开展应急演练, 为人工智能技术应用筑牢安全屏障。

5 结论

人工智能技术以其强大的数据处理与模式识别能力, 为电气系统故障预测与数据处理提供了革命性的解决方案, 在提升数据处理效能、强化故障预测精度、优化运维管理模式等方面展现出不可替代的价值。尽管当前技术应用面临数据管理、技术适配、人才储备、安全保障等多重挑战, 但通过完善数据管理体系、研发个性化模型、培养复合型人才、构建安全保障体系等优化策略, 能够有效破解这些难题, 推动人工智能技术与电气系统深度融合。未来, 随着人工智能技术的持续发展与电气系统的不断升级, 二者的融合将更加深入, 故障预测模型将更加精准、智能, 运维管理模式将实现全面智能化转型。人工智能技术将成为保障电气系统稳定运行的核心支撑, 为工业生产的安全高效、社会生活的稳定有序提供有力保障, 其在电气领域的应用前景将更加广阔。

参考文献:

- [1] 张翠翠, 刘竹. 基于深度学习的电气控制系统故障诊断与容错技术 [J]. 自动化应用, 2024, 65(08): 35-37.
- [2] 方连茂. 电气工程中智能监控系统的设计与实现 [J]. 信息记录材料, 2023, 24(09): 164-166.
- [3] 范召典, 孟庆超, 张军, 等. 基于故障录波图的电力系统故障特征分析 [J]. 光源与照明, 2023, (01): 234-236.
- [4] 缪继鹏. 电气自动化控制设备常见故障的维修及预防 [J]. 农业工程与装备, 2023, 50(02): 26-27+30.
- [5] 余爱荣. 浅谈电气控制系统故障原因分析及检修策略 [J]. 内燃机与配件, 2021, (20): 128-129.

作者简介: 宋凯 (1993.03—), 男, 汉, 陕西榆林, 助理工程师, 学历 大学本科, 研究方向: 电气试验, 故障处理。