

基于人工智能的电力系统故障预测与维护优化

刘栖雯

中国石油大学（华东），山东 青岛 266580

摘要： 在现代社会，电力系统的稳定运行对经济发展和社会生活的作用至关重要。随着技术的日益进步，人工智能在电力系统故障预测与维护中的应用日益广泛，为提高系统可靠性提供了新的解决方案。本文旨在探讨人工智能技术如何优化故障预测与维护策略，以应对电力系统面临的挑战，并展望其未来发展潜力。本文将探讨人工智能如何通过数据分析、模型优化和智能化维护策略，提高电力系统的可靠性和效率，并展望其在未来的应用前景与发展潜力。

关键词： 人工智能；电力系统；故障预测；维护优化

Fault Prediction and Maintenance Optimization of Power System Based on Artificial Intelligence

Liu Qiwen

China University of Petroleum (East China), Qingdao, Shandong 266580

Abstract： In modern society, the stable operation of the power system plays a crucial role in economic development and social life. With the continuous advancement of technology, the application of artificial intelligence in power system fault prediction and maintenance is becoming increasingly widespread, providing new solutions for improving system reliability. This article aims to explore how artificial intelligence technology can optimize fault prediction and maintenance strategies to address the challenges faced by the power system, and to look forward to its future development potential. This article will explore how artificial intelligence can improve the reliability and efficiency of power systems through data analysis, model optimization, and intelligent maintenance strategies, and look forward to its future application prospects and development potential.

Keywords： artificial intelligence; power system; fault prediction; maintenance optimization

引言

随着电力系统复杂性的增加，传统的故障预测与维护方法已难以满足现代需求。人工智能技术的引入为电力系统带来了革命性的变革，特别是在故障预测与维护优化方面展现出巨大潜力。

一、电力系统的定义与功能

如下图所示：

项目	描述
定义	电力系统是由发电、输电、变电、配电和用电等环节组成的一体化系统，旨在将电能从生产地点安全、可靠、高效地传输到用户。
功能	发电：通过各种能源（如煤炭、天然气、水力、核能、风能、太阳能等）转化为电能。
	输电：将发电厂产生的大量电能通过高压输电线路传输到远距离的变电站。
	变电：在变电站中将高压电能转换为适合配电的中低压电能。
	配电：将变电后的电能通过配电网络分配到各个用户。
	用电：用户通过各种电器设备使用电能，满足日常生活和工业生产的需要。

二、基于人工智能的电力系统故障预测与维护面临的挑战

（一）数据质量与可用性问题

如下图所示：

挑战类别	具体问题描述	影响
数据质量问题	数据缺失、噪声、不一致	严重影响模型的训练和预测准确性
数据可用性问题	数据隐私、安全或技术限制导致部分关键数据无法获取或难以整合	限制了人工智能模型的全面应用
关键前提	确保数据的高质量和高可用性	实现有效故障预测与维护的关键前提

作者简介：刘栖雯（2003.4-），女，汉，新疆昌吉，本科学历，研究方向：电气工程及其自动化，电力系统方向

（二）模型复杂性与计算资源需求

如下图所示：

挑战类别	具体问题描述	影响
模型复杂性问题	模型结构日益复杂，参数数量急剧增加	增加模型训练的难度，降低训练效率
计算资源需求问题	大规模数据处理和模型训练需要强大的计算能力，包括高性能的 CPU、GPU 以及大量的内存资源	计算资源的获取和配置受到成本、技术或物理条件的限制，导致模型部署和运行面临实际困难

（三）实时预测与响应速度的挑战

如下图所示：

挑战类别	具体问题描述	影响
实时预测问题	需要实时或近实时的故障预测能力	对计算速度和算法效率提出了极高要求
响应速度问题	数据传输延迟、计算瓶颈或模型更新滞后等因素	可能导致预测结果的时效性不足，影响故障响应的及时性和准确性

（四）维护策略的个性化与适应性问题

如下图所示：

挑战类别	具体问题描述	影响
个性化维护问题	传统的维护策略缺乏足够的个性化，难以针对特定设备或系统状态进行精准调整	限制了维护策略的有效性和效率
适应性维护问题	电力系统运行条件和外部环境的变化要求维护策略具有高度的适应性	维护策略难以及时响应系统状态的变化并做出相应调整

三、基于人工智能的电力系统故障预测与维护优化措施

（一）数据预处理与特征工程

在基于人工智能的电力系统故障预测与维护优化中，数据预处理与特征工程是至关重要的第一步^[1]。数据预处理涉及清洗原始数据，去除噪声、填补缺失值、解决不一致性，并通过归一化或标准化等方法提高数据质量。这一步骤确保了输入数据的一致性和可靠性，为后续的分析 and 模型训练打下坚实基础^[2]。特征工程则是从预处理后的数据中提取有意义的特征，这些特征能够代表电力系统的状态和潜在故障模式。这包括选择最相关的特征、通过变换增强特征的表达能力^[3]，以及构造新的特征以揭示数据中的隐藏关系。特征工程的目标是构建一个高效且具有预测力的特征集合，从而提升故障预测模型的性能。通过精心设计的数据预处理和特征工程，可以显著提高模型的准确性和鲁棒性，为电力系统的故障预测与维护提供强有力的数据支持^[4]。此外，这些步骤还有助于减少模型的复杂性，加快训练速度，使得模型能够更快地适应新的数据和变化，从而在电力系统的实时监控和预警中发挥重要作用^[5]。

（二）模型选择与优化

模型选择与优化是基于人工智能的电力系统故障预测与维护优化的关键步骤。在众多的人工智能模型中，选择最适合电力系统特点的模型至关重要。这可能涉及评估不同模型的性能，如决策树、支持向量机、神经网络等，并根据电力系统的数据特性和运行环境进行选择^[6]。模型优化则旨在通过调整模型的参数和结构，提高其泛化能力和预测精度。这包括使用超参数调优技术，如网格搜索或随机搜索，以及应用正则化方法来防止过拟合。此外，集成学习方法，如随机森林或梯度提升机，可以进一步提高模型的稳定性和预测能力^[7]。随着数据的变化和系统的发展，模型需要不断更新和迭代，以保持其预测性能。通过持续的模型选择与优化，可以确保故障预测系统在复杂多变的电力环境中保持高效和可靠，为电力系统的稳定运行提供有力保障。模型优化不仅提升了预测的准确性，还增强了系统的适应性和鲁棒性，为电力系统的智能化发展奠定了坚实的技术基础^[8]。

（三）实时监控与预警系统

实时监控与预警系统是基于人工智能的电力系统故障预测与维护优化的关键技术之一。在电力系统运行过程中，实时监控系統持续收集关键数据，如电流、电压、温度等，并通过人工智能算法进行即时分析，以识别异常模式和潜在故障^[9]。预警系统则根据监控结果发出警报，通知运维人员采取相应措施。这种系统需要具备快速响应能力，能够在故障发生前提供及时的预警，从而减少损失和提高系统可靠性。实时监控与预警系统的建立，不仅提高了故障预测的时效性，还增强了电力系统的自我保护和应急处理能力^[10]。通过实时监控与预警系统，电力系统能够实现对潜在故障的早期识别和快速响应，确保电力供应的连续性和稳定性。此外，该系统还能够通过数据分析提供故障原因的深入洞察，帮助运维人员更好地理解系统状态，优化维护策略，从而提升整个电力系统的运行效率 and 安全性^[11]。

（四）维护策略的智能化

维护策略的智能化是基于人工智能的电力系统故障预测与维护优化的核心内容之一。传统的维护策略往往基于固定的时间表或经验规则，缺乏灵活性和针对性^[12]。智能化维护策略利用人工智能技术，根据实时数据和预测结果动态调整维护计划。这包括预防性维护的优化，如根据设备的健康状况和预测的故障风险调整维护周期和内容；以及预测性维护的实施，如在故障发生前进行精确的干预和修复^[13]。智能化维护策略能够提高维护的效率和效果，减少不必要的维护活动，降低成本，同时确保电力系统的高效和安全运行。通过智能化维护策略，电力系统能够更好地适应不断变化的环境和运行条件，实现更加精准和经济的维护。这种策略的实施不仅提升了电力系统的整体性能，还为电力行业的可持续发展提供了技术支持。智能化维护策略的推广应用，将极大地推动电力系统的现代化进程，为未来的智能电网建设奠定坚实基础^[14]。

四、结束语

基于人工智能的电力系统故障预测与维护优化是提升电力系统可靠性和效率的关键。通过数据预处理、模型优化、实时监控

和智能化维护策略，可以有效应对电力系统面临的挑战，实现故障的早期预警和精准维护^[15]。未来，随着技术的进步，人工智能将在电力系统中发挥更大的作用，推动电力行业的智能化发展。

参考文献

[1] 张晓明, 林宇, 刘纪才, 等. 电力系统中基于人工智能的故障预测技术 [J]. 智能物联技术, 2024, 56(01): 22–25.

[2] 牛娜娜. 基于人工智能的电力设备故障诊断与预测算法研究 [J]. 今日制造与升级, 2023(11): 151–153+164.

[3] 刘裕舸. 基于秃鹰搜索算法优化支持向量机的电力系统故障预测方法研究 [J]. 红水河, 2022, 41(06): 95–101.

[4] 王小东. 基于人工智能和数据挖掘的电力系统故障分类预测 [D]. 天津理工大学, 2021.

[5] 陈昊昊. 基于多层分布式卷积神经网络的电力故障预测系统 [D]. 扬州大学, 2019.

[6] 类 ChatGPT 大语言模型在电力系统中的应用前景 [J]. 于硕; 王司宇; 王超; 陈震宇; 张跃. 电气时代, 2023(10): 50–53.

[7] Exploration of Artificial-intelligence Oriented Power System Dynamic Simulators [J]. Tannan Xiao; Ying Chen; Jianquan Wang; Shaowei Huang; Weilin Tong; Tirui He. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, 2023(02): 401–411.

[8] 基于组合神经网络的配电网故障定位方法 [J]. 张雷; 李晓影; 张沛; 陈玉鑫. 电力系统及其自动化学报, 2023(09): 87–94.

[9] 基于电网专家策略模仿学习的新型电力系统实时调度 [J]. 朱介北; 徐思阳; 李炳森; 王云逸; 王杨; 俞露杰; 熊雪君; 王成山. 电网技术, 2023(02): 517–530.

[10] 新型电力系统仿真应用软件设计理念与发展路径 [J]. 沈沉; 陈颖; 黄少伟; 于智同; 宋炎侃; 高仕林. 电力系统自动化, 2022(10): 75–86.

[11] 面向新型电力系统的高性能电磁暂态云仿真技术 [J]. 陈颖; 高仕林; 宋炎侃; 黄少伟; 沈沉; 于智同. 中国电机工程学报, 2022(08): 2854–2864.

[12] 基于时空图卷积网络的电力系统暂态稳定评估 [J]. 庄颖睿; 肖谭南; 程林; 陈颖; 关慧哲. 电力系统自动化, 2022(11): 11–18.

[13] “十四五”智能制造发展规划解读及趋势研判 [J]. 董凯. 中国工业和信息化, 2022(01): 26–29.

[14] 能源互联网数字孪生及其应用 [J]. 沈沉; 贾孟硕; 陈颖; 黄少伟; 向月. 全球能源互联网, 2020(01): 1–13.

[15] 国家电网公司信息化“SG186”工程实施战略研究 [J]. 唐跃中; 魏晓菁. 电力信息化, 2007(10): 18–22.