

# 人工智能在电力故障诊断中的应用研究

魏大伟

新疆兵安电力建设有限责任公司 新疆 图木舒克 844000

**摘要:** 人工智能与电力故障诊断深度融合,为电力系统智能化升级提供核心支撑。本文梳理人工智能发展历程,分析其在电力故障诊断中的适用性。详细阐述电力故障数据采集、预处理方法,对比基于专家系统、机器学习、深度学习及混合智能的诊断方法。剖析实际应用中面临的数据质量、模型泛化等挑战,提出提升数据质量、优化模型等对策,助力电力系统安全稳定运行。

**关键词:** 人工智能; 电力故障诊断; 深度学习

**引言:** 电力作为现代社会运转的关键能源,其安全稳定供应至关重要。电力故障诊断是保障电力系统稳定运行的核心环节,传统方法依赖人工经验,存在效率低、准确率不足等问题。随着人工智能发展,其在电力故障诊断中展现出强大优势,能够高效处理海量数据、精准识别复杂故障模式。深入研究人工智能在电力故障诊断中的应用,对提升电力系统可靠性、推动行业智能化发展意义重大。

## 1 人工智能与电力故障诊断相关理论概述

### 1.1 人工智能的发展历程

人工智能是一门融合计算机科学、数学、心理学等多学科的综合性技术,其发展历程大致可分为三个阶段。起步阶段(20世纪50-70年代),以图灵测试为标志,专家系统初步研发,实现了简单的逻辑推理,但受限于计算能力,应用场景较为单一。发展阶段(20世纪80-90年代),机器学习算法逐步兴起,决策树、支持向量机等技术得到初步应用,人工智能开始从理论走向实践,但存在数据处理能力弱、泛化性不足等问题。成熟阶段(21世纪以来),随着大数据、云计算技术的突破,深度学习、强化学习等技术快速发展,人工智能实现了从“感知”到“认知”的跨越,在各行业广泛落地<sup>[1]</sup>。在电力领域,人工智能技术逐步渗透到故障诊断、调度优化等场景,为电力系统智能化升级提供核心支撑,其发展历程与电力行业的数字化转型深度绑定,逐步解决了传统电力故障诊断效率低、准确率不足的痛点。

### 1.2 电力故障诊断的基本概念

电力故障诊断是指在电力系统运行过程中,通过采集设备运行数据、分析故障特征,精准识别故障类型、定位故障位置、判断故障严重程度,并给出故障处置建议的一系列技术过程,是保障电力系统安全稳定运行的核心环节。其核心目标是及时发现故障、快速处置故障,最大

限度降低故障对电力供应的影响,减少经济损失和安全隐患。电力故障诊断涵盖发电、输电、变电、配电等全环节,涉及变压器、断路器、输电线路等各类电力设备,故障类型包括设备绝缘损坏、线路短路、设备老化等多种形式。传统电力故障诊断依赖人工经验,存在诊断效率低、误判率高、对复杂故障应对不足等问题,而现代电力故障诊断以数据为核心,结合各类智能技术,实现了故障诊断的自动化、精准化和高效化,为电力系统的可靠运行提供了重要保障。

### 1.3 人工智能在电力故障诊断中的适用性分析

人工智能技术在电力故障诊断中具有极强的适用性,其核心优势在于能够高效处理电力系统产生的海量数据、精准识别复杂故障模式,弥补传统诊断方法的不足。电力系统运行过程中会产生大量设备运行数据、故障记录数据,传统方法难以快速挖掘数据中的有效信息,而人工智能技术中的机器学习、深度学习等算法,可实现对海量数据的快速分析和特征提取,精准识别故障特征与故障类型的关联关系。同时,电力故障具有复杂性、随机性、隐蔽性等特点,单一故障可能引发连锁反应,人工智能技术能够通过模拟人类专家思维,实现复杂故障的分层诊断和精准定位,提升故障诊断的效率和准确率。

## 2 电力故障数据采集与预处理

### 2.1 电力故障数据来源与类型

电力故障数据是实现人工智能故障诊断的基础,其来源广泛且类型多样,主要涵盖电力系统全环节的监测设备和记录数据。数据来源主要包括三类:一是实时监测数据,来自同步相量测量装置、传感器、在线监测设备等,实时采集设备运行中的电压、电流、温度、振动等参数,为故障诊断提供实时依据;二是历史故障数据,来自电力企业的故障记录、检修报告、设备台账等,包含各类故障的类型、特征、处置过程等信息,用于模型

训练和优化；三是环境数据，包括温度、湿度、雷电、风速等自然环境参数，这些因素可能诱发电力故障，是故障诊断的重要辅助信息<sup>[2]</sup>。数据类型主要分为电气量数据（电压、电流、功率等）、非电气量数据（温度、振动、油色谱等）和文本数据（检修记录、故障报告等），不同类型的数据相互补充，共同构成电力故障诊断的完整数据支撑，为人工智能模型的训练和推理提供全面的信息输入。

## 2.2 电力故障数据采集方法

电力故障数据采集需遵循实时性、准确性、全面性原则，结合电力系统不同环节的特点，采用多种采集方法协同作业。针对发电、变电、输电、配电等不同环节，采用对应的采集设备和方法：在输电线路中，采用架空线路监测装置、无人机巡检等方法，采集线路的运行状态数据和故障隐患信息；在变电站中，通过在线监测系统、红外热成像设备等，采集变压器、断路器等核心设备的电气量和非电气量数据；在配电环节，利用智能电表、配电终端等设备，采集用户侧的用电数据和故障信息。同时，采用同步相量测量技术，实现对电力系统运行状态的实时同步采集，提升数据的时效性；通过物联网技术，实现各类监测设备的互联互通，确保数据采集的全面性；针对隐蔽性故障，采用超声检测、局部放电检测等专用方法，采集故障特征数据，弥补常规采集方法的不足，为后续数据预处理和故障诊断提供高质量的数据支撑。

## 2.3 电力故障数据预处理技术

电力故障原始数据中存在大量噪声、缺失值、异常值等问题，若直接用于模型训练，会严重影响故障诊断的准确率，因此数据预处理是电力故障诊断的关键环节，主要包括数据清洗、数据集成、数据转换和数据降维四大技术。数据清洗主要通过删除异常值、填充缺失值、消除噪声等方式，剔除无效数据，确保数据的准确性，常用方法有均值填充法、异常值检测法等；数据集成是将来自不同来源、不同类型的数据整合到统一的数据集中，消除数据冗余和格式差异，实现数据的统一管理和利用；数据转换通过归一化、标准化等方法，将不同量纲的数据转换为统一范围，避免因数据量纲差异影响模型训练效果；数据降维则针对高维数据，通过主成分分析、因子分析等方法，提取数据的核心特征，减少数据维度，降低模型训练的复杂度，提升训练效率。

## 3 基于人工智能的电力故障诊断方法

### 3.1 基于专家系统的电力故障诊断方法

基于专家系统的电力故障诊断方法是人工智能在电力故障诊断中的早期应用，其核心是将电力领域专家的

知识和经验转化为系统可识别的规则，通过推理机制实现故障诊断。该方法主要由知识库、推理机、解释器三部分组成：知识库用于存储专家经验、故障规则、设备参数等信息，是诊断系统的核心；推理机根据输入的故障数据，结合知识库中的规则，通过正向推理、反向推理等方式，得出故障诊断结论；解释器用于解释诊断过程和结果，让用户了解诊断逻辑。该方法的优点是结构简单、易于实现，能够模拟专家思维，适用于常见的简单故障诊断，在电力系统故障诊断的早期得到了广泛应用。但存在明显局限性，知识库的更新依赖专家经验，难以覆盖复杂故障和新型故障，推理能力有限，且对模糊故障的诊断准确率较低，随着电力系统的复杂化，其应用场景逐渐受限。

### 3.2 基于机器学习的电力故障诊断方法

基于机器学习的电力故障诊断方法以数据为核心，该方法无需依赖人工专家经验，能够通过数据训练自主优化诊断模型，适用于复杂故障和多类型故障的诊断。常用的机器学习算法包括支持向量机、决策树、随机森林、贝叶斯网络等：支持向量机适用于小样本数据的故障诊断，能够有效处理高维数据，提升诊断准确率；决策树结构清晰、易于解释，能够快速实现故障分类和定位；随机森林通过多棵决策树的集成学习，降低过拟合风险，提升模型的泛化能力；贝叶斯网络能够处理不确定性故障信息，适用于模糊故障的诊断<sup>[3]</sup>。该方法的核心是数据质量和特征提取，通过高质量的数据和有效的特征提取，能够显著提升故障诊断的准确率和效率，广泛应用于变压器、输电线路等设备的故障诊断。

### 3.3 基于深度学习的电力故障诊断方法

基于深度学习的电力故障诊断方法是机器学习方法的延伸，该方法能够自动提取数据的深层特征，无需人工手动设计特征，有效解决了传统机器学习方法特征提取繁琐、对复杂故障诊断不足的问题。常用的深度学习模型包括卷积神经网络、循环神经网络、长短期记忆网络等：卷积神经网络擅长提取数据的空间特征，适用于图像类故障数据（如红外热成像图像）的诊断；循环神经网络和长短期记忆网络能够处理时序数据，适用于电力系统中电压、电流等时序故障数据的诊断，可精准识别故障的演化过程。该方法的优点是诊断准确率高、泛化能力强，能够应对电力系统中复杂的、多类型的连锁故障，但对数据量要求较高，模型训练复杂度高，需要较强的计算能力支撑，目前已在大规模电力系统故障诊断中逐步推广应用。

### 3.4 混合智能诊断方法

混合智能诊断方法是将多种人工智能技术结合,取长补短,实现更高效、更精准的电力故障诊断,其核心是融合不同方法的优势,弥补单一方法的局限性。常见的混合模式主要包括三类:一是专家系统与机器学习结合,利用专家系统的规则推理能力,结合机器学习的自主学习能力,既能够处理常见故障,又能够应对复杂故障和新型故障;二是机器学习与深度学习结合,通过机器学习进行特征筛选和初步诊断,利用深度学习进行深层特征提取和精准诊断,提升模型的诊断效率和准确率;三是深度学习与物联网、大数据技术结合,利用物联网实现海量数据的实时采集,通过大数据技术进行数据处理,结合深度学习模型实现故障的实时诊断和预警。该方法能够适应电力系统的复杂性和多样性,兼顾诊断效率、准确率和泛化能力,能够应对不同类型、不同场景的电力故障,是未来电力故障诊断的重要发展方向,目前已在复杂电力系统中展现出良好的应用效果。

#### 4 人工智能在电力故障诊断中面临的挑战与对策

##### 4.1 面临的挑战

尽管人工智能技术在电力故障诊断中得到了广泛应用,并取得了显著成效,但在实际应用过程中仍面临诸多挑战。数据质量参差不齐,电力系统中部分监测设备老化、精度不足,导致采集的数据存在噪声、缺失值等问题,同时不同来源的数据格式不统一,数据冗余严重,影响模型训练效果;模型泛化能力不足,电力系统运行工况复杂多变,不同区域、不同类型的电力设备故障特征存在差异,训练好的模型难以适应不同工况和设备类型,易出现误判;算力支撑不足,深度学习等模型训练需要大量的计算资源,而部分电力企业尤其是基层电力企业,算力资源有限,难以满足大规模数据处理和模型训练的需求;人才短缺,电力故障诊断需要既掌握电力专业知识,又熟悉人工智能技术的复合型人才,目前这类人才供给不足,制约了人工智能技术的推广应用;模型可解释性差,深度学习等模型存在“黑箱”问题,诊断过程和结果难以解释,影响运维人员对诊断结果的信任和应用<sup>[4]</sup>。

##### 4.2 对策与建议

针对人工智能在电力故障诊断中面临的挑战,结合电力系统的实际需求,提出以下对策与建议。一是提升数据质量,加大监测设备的更新和升级力度,更换老化、精度不足的设备,建立统一的数据标准,规范数据格式,通过数据预处理技术剔除无效数据,构建高质量的故障数据库,为模型训练提供支撑;二是优化诊断模型,采用迁移学习、强化学习等技术,提升模型的泛化能力,结合不同工况和设备类型,针对性优化模型参数,实现模型的自适应调整;三是加强算力建设,加大对算力资源的投入,搭建分布式计算平台,结合云计算技术,提升数据处理和模型训练的效率,满足大规模电力故障诊断的需求;四是培养复合型人才,加强电力专业与人工智能专业的融合教育,开展在职人员培训,提升从业人员的综合能力,同时引进优秀的复合型人才,弥补人才缺口;五是提升模型可解释性,研发可解释性人工智能技术,优化模型结构,清晰展示诊断过程和逻辑,增强运维人员对诊断结果的信任,推动人工智能技术在电力故障诊断中的深度应用,助力电力系统智能化升级。

#### 结束语

人工智能在电力故障诊断领域已取得显著成果,多种诊断方法各具优势,为电力系统故障精准识别与处理提供了有力支持。然而,实际应用中仍面临数据质量、模型泛化等诸多挑战。通过提升数据质量、优化诊断模型、加强算力建设、培养复合型人才以及提升模型可解释性等对策,可有效推动人工智能技术在电力故障诊断中的深度应用,助力电力系统迈向更高水平的智能化。

#### 参考文献

- [1]王丽洁,杨静,孙军辉.基于人工智能的电力工程故障诊断模型优化与实证研究[J].消费电子,2025(19):164-166.
- [2]刘利琴,王初初,李兴文.人工智能技术在电力设备运维检修中的研究及应用[J].模型世界,2025(28):8-10.
- [3]杨畅,周瑶.人工智能在输配电网故障诊断中的应用研究[J].电力设备管理,2025(5):124-126.
- [4]孙雅丽,李君妍,李孟特.人工智能技术在变电站继电保护系统故障诊断中的应用研究[J].自动化应用,2025,66(z1):218-221.