

# Research on the Application of Artificial Intelligence in Power System Fault Diagnosis

Xinchang Yan

State Nuclear Information Technology Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250000, China

## Abstract

The stable operation of power systems is crucial for ensuring energy supply reliability. Fault diagnosis serves as a vital component in maintaining system safety, where its efficiency and accuracy directly impact fault resolution effectiveness. Traditional diagnostic methods, constrained by technical limitations, struggle to meet the demands of modern power systems characterized by increasing complexity and scale. This paper addresses the critical needs of power system fault diagnosis by comprehensively analyzing the shortcomings of conventional approaches, thereby demonstrating the necessity of adopting artificial intelligence (AI) technologies. Exploring intelligent fault diagnosis techniques holds significant value for enhancing system resilience and ensuring reliable power supply. The study systematically organizes foundational knowledge of key AI technologies, deconstructs their core logic in fault identification, localization, and analysis processes, summarizes the advantages of AI applications, identifies current challenges, and forecasts future trends. These insights provide theoretical references for the deeper integration of AI technologies in power system fault diagnosis.

## Keywords

Artificial intelligence; Power system; Fault diagnosis; Feature extraction; Model training

## 人工智能在电力系统故障诊断中的应用研究

闫欣昶

国核信息科技有限公司，中国·山东 济南 250000

## 摘要

电力系统要想稳定运行，这关乎能源供应能否得到保障，故障判断是维护系统安全的重要部分，它的效率和准确程度会影响故障处理的效果。传统的故障判断手段由于受制于技术原理，很难符合现代电力系统日益复杂又庞大的发展形势，本文从电力系统故障判断的关键需求出发，全面论述传统判断方法存在的不足，从而证明采用人工智能技术的必要性；因此，探索智能化故障诊断技术对提升系统韧性和保障可靠供电具有重要价值。整理有关人工智能关键技术的基础知识，拆解其在故障识别、定位以及分析过程中的主要逻辑；概括人工智能应用的优点，分解当下遭遇的问题，而且预测未来的趋势，给人工智能技术在电力系统故障判断方面深入应用提供理论层面的参照。

## 关键词

人工智能；电力系统；故障诊断；特征提取；模型训练

## 1 引言

电力系统朝着高电压、大容量、跨区域的方向发展时，系统结构变得越发复杂，故障产生的原因更多种多样，故障流传的途径也愈加隐秘，传统的故障判断模式很难达到即时性、精确性的判断需求。故障判断的关键目的在于尽快识别故障种类，准确找到故障所在之处，并深入剖析故障产生的缘由，进而给故障隔离和系统重建提供可靠的依据。人工智能技术有着很强的数据处理能力、自身适应学习的能力以及对复杂问题建模的能力，这为打破传统判断技术的瓶颈带来

了新的办法。本文将会系统地探究人工智能在电力系统故障判断中的应用相关问题，从技术根基、应用环境一直到发展预期实施全方位的剖析，有益于推进电力系统故障判断技术向着智能化方向提升。

## 2 电力系统故障诊断概述

### 2.1 电力系统故障的基本概念

电力系统故障指的是系统运行时，由于内部设备存在缺陷、外部环境产生干扰或者人员操作出现差错等因素，造成系统无法正常运行，电气参数超出预定范围，严重时还会致使供电停止或者设备受损的意外情况。故障实质上就是系统能量传递或者转换流程失去协调，一旦发生就常常伴有电压突然下降、电流猛然变化以及频率有所偏差等表现形式。

【作者简介】闫欣昶（1982—），男，中国山东德州人，本科，工程师，从事发电企业数字化应用研究。

按照故障影响的规模大小,可以将其划分成局部故障和系统故障两种类型。局部故障只是针对单个设备或者某段线路造成影响,而系统故障有可能激发一系列连锁效应,从而致使大量区域陷入断电困境。要想开展故障判断工作,首先就得精准把握故障的概念内涵,唯有清楚认识故障的关键属性及其判定准则,才能够给后续所采用的各种判断手段提供必要的理论支撑<sup>[1]</sup>。

## 2.2 传统故障诊断方法及其局限性

在我国电力事业的中长期发展中,随着我国电力系统规模的扩大、用电量的不断增加,电力故障的发生率有所增加。电力故障的出现,对于整个电力系统的正常运行带来较多的负面影响。如何准确、及时、科学地诊断电力故障,对电力系统中的各层次保护装置进行管理,成为我国电力系统运行中面临的关键性问题。传统电力系统的故障判断方法包含依靠保护继电器及断路器动作信息的逻辑推导法、凭借信号分析的阈值评判法以及按照专家经验的判断法等<sup>[2]</sup>。这些方法在结构较为简单的电力系统里曾经起到过重要的作用,它们的关键逻辑在于依照预先设定的规则或者阈值来对故障信号执行符合性评判。不过伴随着电力系统规模和复杂程度的增大,传统方法存在的弊端越发明显。逻辑推导法遵照固定的规则,很难处理多重故障并存或者故障信号发生畸变的情况;阈值评判法会受到系统运行工况变化的影响,其判断的准确度比较低;而依靠专家经验的判断法则因为单个经验带有主观性和局限性,所以无法达成标准化和大规模的应用,对于新出现的故障也没有足够的适应能力<sup>[3]</sup>。

## 2.3 引入人工智能技术的必要性

面对传统故障判断方法遭遇的瓶颈状况,要想符合现代电力系统的发展需求,就必须采用人工智能技术。现代电力系统运行时会产生大量的监测数据,这些数据给人工智能技术的应用供应了必要的依据。而且,人工智能技术具备自适应学习以及复杂建模的能力,可以有效地解决故障信号存在非线性、不确定这些特点所带来的问题。同传统方法比起来,依靠数据学习,人工智能技术能够自行找出故障的特性及规律,并不需要依照预先制定好的规则,所以其对于复杂故障和新出现的故障的适应能力得到了很大的优化。人工智能技术还具有随时处理数据的这种能力,这便能够缩减故障判断所需的时间,从而帮助快速解决故障,有益于加强电力系统运行过程中的安全性与可靠性。因而采用人工智能技术有着很强的现实意义<sup>[4]</sup>。

# 3 人工智能关键技术基础

## 3.1 常用人工智能算法简介

电力系统故障判断时,常采用的人工智能算法包含机器学习、深度学习、模糊逻辑以及专家系统等类型。其中机器学习算法属于基本核心部分,它覆盖支持向量机、决策树、随机森林等,这种算法主要优点在于通过样本学习来形成输

入与输出之间的关联关系,从而做到故障特征的精确对应。卷积神经网络、循环神经网络之类的深度学习算法具有深层特征获取的能力,能够直接针对原始检测数据展开运算,很适合用来探寻复杂故障信号所具有的特点。至于模糊逻辑算法,则特别适合应对带有模糊性质的故障信息,利用模糊推断把不确定的故障特征转变成可以被判定的诊断结论。专家系统则是借助融合领域内专家的知识体系创建起一套推导规则集,以此达成对故障的一种系统全面的分析判断过程<sup>[5]</sup>。

## 3.2 数据处理与特征提取方法

数据处理和特征获取属于人工智能故障判断的前期关键部分,会左右判断模型的性能。数据处理包含数据清洗、数据标准化和数据降维这些步骤。数据清洗要清除监测数据里的噪音、缺少值和异常值,以保证数据质量;数据标准化可以统一数据的量纲,防止不同参数的数值差别影响到模型训练;数据降维通过获取主要信息来缩减数据的维度,从而优化模型训练的速度。特征获取就是从经过处理的数据当中找出和故障有关的重要信息,比较常用的办法有时域特征获取、频域特征获取以及小波变换等。

## 3.3 模型构建与训练流程

人工智能诊断模型的形成与训练依照标准化流程,其中关键之处在于模型选型、数据集划分、参数改良以及模型验证这些环节。模型选型要按照故障诊断的实际需求,并结合各类算法合适的场景来确定。应对高维原始数据时可以选择深度学习模型,而应对小样本数据时则可选择支持向量机。数据集划分必要把处理过的特征数据拆解成训练集、验证集和测试集,它们分别用作模型训练、参数调节以及性能评定之用。参数改良通过反复调整模型超参数以加强模型的泛化能力。模型验证则是凭借测试集的数据去考量模型的诊断准确度和稳定性,从而保证模型能有效地适应真实的故障诊断环境。

# 4 人工智能在故障诊断中的主要应用

## 4.1 基于人工智能的故障识别

依靠人工智能的故障识别重点在于,通过模型去掌握故障特征和正常运行特征之间的差别,从而做到故障类型的精确判断。其中的核心逻辑就是把经过处理过的监测数据喂给已经训练好的人工智能模型,这个模型会拿特征向量和各种故障的特征模式来做对比,然后给出故障类型的判断结果。和传统的识别方法比起来,人工智能模型可以自行学习到不同故障那点点滴滴的特征,所以能有效地分辨出类似的故障种类,进而改善识别的准确性。而且,如果不断地用新的故障数据来学习,这个模型就会不停地改良自己的识别准则,加强对于新出现的故障的识别能力,进而给故障处理提供精确的依据。

## 4.2 基于人工智能的故障定位

故障定位属于故障判断的关键部分,依靠人工智能的

故障定位会形成起系统拓扑和故障信号之间的关联模型，从而做到故障位置的精确定位。它的主要思路就是用人工智能模型找出故障信号流传的规律以及系统拓扑结构本质上的联系，然后按照故障发生时候来自许多源头的检测数据，逆向去找到故障发生的具体节点或者线路。这种方法打破了传统定位方法对于固定拓扑规则的依靠，可以跟着系统拓扑的变化走，而且当故障信号有干扰或者变形的时候，依然能保持比较高的定位准确度，有力地缩减查找故障所需的时间，给故障的快速隔离提供支持。

#### 4.3 基于人工智能的故障分析

依靠人工智能实施故障分析时，重点在于找出故障产生的原因、发展轨迹以及影响范围，从而给系统改良给予决策参考。关键之处在于通过模型整合故障出现前后有关系统运行的数据、设备状态数据等诸多源头的信息，自动剖析故障真正的原因，理顺故障扩散的主要途径，还要预测故障可能引发的一系列不良后果。同传统分析手段比起来，人工智能技术可以应对大量立体度很高的数据，达成故障分析的全面而深入的目的，免除传统分析手段存在的主观偏颇现象。凭借故障分析得到的结论，就可以有的放矢地去改良系统设计和运维方案，缩减故障再次发生的可能性。

### 5 应用总结与发展展望

#### 5.1 人工智能应用的优势总结

人工智能技术应用于电力系统的故障判断时有着明显的优势，主要集中于三个之处。第一点在于判断精度更高，它依靠自主学习故障特征，可以有效地分辨类似故障和复杂故障，从而减小误判和漏判的可能性。第二点是响应速度更快，凭借高效的数据处理能力，能够及时对故障信号加以分析，极大地缩减了判断时间。第三点则是适应能力更强，并不需要依照固定的规则，它可以顺应系统拓扑结构的改变以及新出现的故障情况，而且还能借助持续学习不断地改善判断性能。正是由于具备这些优势，人工智能技术才得以切实加强故障判断的总体水平，进而维持电力系统的稳定运行。

#### 5.2 当前面临的挑战与问题

人工智能技术在故障判断方面虽有明显优势，但当下应用遭遇不少挑战。其一为数据质量和数量受限，很难得到高质量标注的数据，而且数据分布不均也许会造成模型泛化能力不够。其二，模型缺乏足够的可解释性，过半深度学习

模型是“黑箱”模型，无法回溯判断结果的逻辑推理流程，这会损害该技术落地时的信任度。其三，应对极端工况的能力比较弱，遇到极端天气、系统振荡等特殊情况时，模型的判断性能可能会严重下滑。其四，与现存系统相融合较为艰难，传统电力系统的设备和人工智能判断系统之间，由于接口适配而存在技术难题。

#### 5.3 未来发展趋势

未来，人工智能在电力系统故障判断方面会朝着诸多方向深入发展。其一，模型轻量化和即时化将会成为主要方向，通过改善模型结构及算法，加强模型在边缘设备上的部署能力，达成故障的边缘即时判断；其二，多源数据融合判断会得到加强，整合电力系统、气象、地理等诸多领域的的数据，从而改进故障判断的全面性及其抗干扰能力。采用可解释性人工智能技术能够解决“黑箱”问题，改良判断结果的可信度；而且，数字孪生与人工智能相融合，可以做到故障的虚拟仿真和预先判断，促使故障判断从“事后判断”变为“事先警报”。

### 6 结语

人工智能技术给电力系统故障判断带来新的技术途径，有效地打破了传统判断方法存在的局限，在故障识别、定位及分析方面表现出独有的优势。文章全面整理了人工智能在电力系统故障判断方面的应用相关情况，梳理了技术根基和主要应用逻辑，归纳了应用的优势以及当下的难点，并且对未来发展趋向做了预测。即便现在应用还存在数据、可解释性等问题，但是随着技术不断更新换代，人工智能必定会在电力系统故障判断领域达成更深层次的应用，从而有力地推动形成安全、稳定、高效的现代电力系统。

#### 参考文献

- [1] 常欣远,王雯祺.基于人工智能的电力系统故障诊断与预测研究[N].市场信息报,2025-04-23(014).
- [2] 柴长清.基于人工智能的电力系统故障诊断与处理策略研究[J].电工技术,2024,(S2):263-265+269.
- [3] 郭佳强.基于人工智能的电力系统故障诊断与恢复策略研究[J].中华纸业,2024,45(02):86-88.
- [4] 杨子腾,王立志,张亮,等.人工智能技术在电力系统故障诊断中的应用研究[J].科学技术创新,2021,(30):12-14.
- [5] 方萌,史可敬.对于人工智能在电力系统故障诊断中的应用及研究[J].中国科技投资,2021,(22):63-64.