

# 人工智能在配电自动化故障定位与隔离中的应用

韩志宏

内蒙古电力(集团)有限责任公司薛家湾供电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

**摘要:**本文探讨了人工智能技术在配电自动化故障定位与隔离中的应用，介绍了人工智能技术的基础定义、发展历程以及主要技术分类。随后，文章分析了配电系统故障定位与隔离的传统方法，包括基于规则、模型和信号的诊断方法，并讨论了它们的优缺点。详细阐述了人工智能在配电自动化故障定位中的应用，如基于大数据与机器学习的故障预警、基于专家系统的故障诊断和基于深度学习的故障定位。另外，还介绍了人工智能在配电自动化故障隔离中的应用，如基于实时数据的故障隔离策略、基于神经网络的控制策略优化以及配网故障自动修复系统的实现。

**关键词:**配电自动化；故障定位；故障隔离

## 1 人工智能技术基础

### 1.1 人工智能的定义与发展历程

人工智能是一门旨在使机器能够模拟人类智能的学科和技术领域，它涵盖了多个学科的知识，包括计算机科学、数学、神经科学、心理学等。其目标是让机器具备感知、理解、学习、决策和行动等能力，从而完成人类智能能够完成的任务。人工智能的发展历程波澜起伏，经历了多个阶段。早期，人们提出人工智能的概念并开展了一些基础研究，但由于当时计算机性能和算法的限制，发展较为缓慢。随后进入了第一次寒冬，研究进展遭遇瓶颈。随着计算机技术的飞速发展和算法的不断创新，人工智能迎来了复苏和快速发展期，如今已在众多领域展现出巨大的应用潜力。

### 1.2 主要的人工智能技术分类

人工智能技术犹如一片广袤且充满无限可能的领域，涵盖了众多不同类型且各具特色的技，主要包括机器学习、深度学习、专家系统、自然语言处理以及计算机视觉等。(1)机器学习堪称人工智能的核心领域之一，它赋予机器自主学习的能力。通过让机器接触并分析海量的数据，从中挖掘出隐藏的模式和规律，进而实现对新数据的精准预测和有效分类。无论是市场趋势预测，还是客户行为分析，机器学习都发挥着关键作用。

(2)深度学习作为机器学习的一个重要分支，借助深度神经网络来模拟人脑复杂的神经元结构。这种独特的方式使它能够自动提取数据的高级特征，在图像识别领域，能精准识别出图像中的物体、场景等；在语音识别方面，可准确将语音转化为文字，在诸多领域取得了令人瞩目的巨大成功。(3)专家系统基于领域专家的深厚知识和丰富经验构建而成，它如同一位虚拟专家，能够模拟专家的决策过程，为特定领域内复杂的问题提供科

学合理的解决方案。自然语言处理致力于让机器理解和处理人类语言，实现人机之间自然流畅的交流。计算机视觉则赋予机器“看”的能力，使其能够识别和理解图像和视频中的丰富内容，广泛应用于安防监控、自动驾驶等领域<sup>[1]</sup>。

## 2 配电系统故障定位与隔离的传统方法

### 2.1 基于规则的诊断方法

基于规则的诊断方法是一种依托配电系统长期运行积累的经验以及领域专家深厚知识来构建故障判断体系的方式。工作人员会依据过往故障案例和专家总结，精心制定一系列规则，这些规则以“如果-那么”的清晰逻辑形式呈现。比如，当监测到某条线路的电流在短时间内急剧上升，同时电压出现明显下降情况时，按照规则就可初步判定该线路发生了短路故障。在系统运行过程中出现故障时，系统会迅速将实时采集到的各类数据，如电流、电压、功率等，与预先设定的规则逐一进行匹配。一旦匹配成功，就能快速确定故障的大致情况。这种方法优势显著，其简单直观的特性使得运维人员能够轻松理解和操作，而且实现过程相对容易，无需复杂的算法和高端设备支持，所以在早期配电系统故障诊断领域得到了极为广泛的应用，为保障配电系统初期稳定运行发挥了重要作用。

### 2.2 基于模型的诊断方法

基于模型的诊断方法着重于构建配电系统的精确数学模型。这个模型犹如一个虚拟的配电系统，详细且精准地描述了系统中各个元件，像变压器、断路器、线路等之间的电气关系以及运行特性。它涵盖了元件的参数、连接方式以及在不同工况下的电气响应等诸多信息。当配电系统实际发生故障时，该诊断方法会将实际测量得到的数据，如各节点的电压、电流实际值，与模

型在相同工况下预测得出的数据进行细致比较。通过深入分析两者之间的差异，包括差异的大小、出现的位置等，进而确定故障的具体位置和相关参数。这种方法能够深入剖析系统的内部运行机制，从原理层面理解故障产生的原因，所以诊断结果相对准确可靠。然而，它对模型的精度要求近乎苛刻，建立和维护模型需要投入大量的人力、物力和时间，且一旦系统参数发生变化，模型就需要及时更新，否则诊断准确性会大打折扣。

### 2.3 基于信号的诊断方法

基于信号的诊断方法主要聚焦于对配电系统中采集到的电气信号进行深度分析以实现故障诊断。在配电系统运行过程中，会通过各种传感器采集到大量的电气信号，这些信号蕴含着系统运行状态的关键信息。常用的信号分析方法有傅里叶变换和小波变换等。傅里叶变换是一种经典的信号分析工具，它能够将时域信号巧妙地转换为频域信号，通过细致分析频域中的特征频率成分，就可以判断系统是否存在故障以及故障的具体类型。例如，某些特定频率成分的出现可能暗示着特定类型的故障。小波变换则具备独特的优势，它具有多尺度分析的能力，能够像“显微镜”一样，从不同尺度对信号进行观察和分析，从而更好地捕捉信号的瞬态特征<sup>[2]</sup>。这对于准确检测故障的起始时刻以及精确定位故障位置具有极大的帮助，能在故障发生的初期就及时发现并确定其位置。

### 2.4 传统方法的优缺点分析

基于规则的诊断方法优点突出，其简单易用的特性使其在实际应用中极具优势。它无需构建复杂的数学模型，也无需进行大量繁琐的计算，仅依靠预先设定的规则和实时采集的数据进行匹配就能快速得出诊断结果，因此非常适合对实时性要求较高的场合，能够在故障发生的瞬间迅速做出反应。然而，这种方法也存在明显缺陷。规则的制定高度依赖于专家的经验，而专家的经验可能存在局限性，无法涵盖所有可能的故障情况，导致规则可能不全面和不准确。对于一些复杂的、非典型的故障情况，这种方法往往难以准确诊断。基于模型的诊断方法能够依据精确的模型深入分析系统，提供准确的诊断结果，为故障处理提供可靠依据。但模型的建立和维护需要专业的技术人员和大量的资源投入，成本高昂。而且模型对系统参数变化极为敏感，系统稍有变动就可能影响诊断准确性。基于信号的诊断方法可以充分提取信号的丰富特征，为故障诊断提供多维度信息。但在实际应用中，信号容易受到外界噪声的干扰，噪声会掩盖信号的真实特征，从而影响诊断的准确性，降低诊

断结果的可靠性。

## 3 人工智能在配电自动化故障定位中的应用

### 3.1 基于大数据与机器学习的故障预警

随着配电系统智能化程度的提高，大量的运行数据被采集和存储，这些数据包含了系统正常运行和故障时的各种信息。基于大数据与机器学习的故障预警方法通过对这些海量数据进行分析和挖掘，建立故障预警模型。首先，对采集到的数据进行预处理，包括清洗、特征提取等操作，然后选择合适的机器学习算法，如支持向量机、决策树等，对数据进行训练。训练好的模型可以根据实时采集的数据预测系统是否可能出现故障，并提前发出预警信息，以便运维人员及时采取措施，避免故障的发生或减轻故障的影响。例如，通过分析历史故障数据和正常运行数据，发现某些参数的组合与故障发生密切相关，当实时数据中出现类似的参数组合时，模型就会发出预警。

### 3.2 基于专家系统的故障诊断

专家系统在配电自动化故障诊断中发挥着重要作用。它将领域专家的知识和经验以规则的形式存储在知识库中，通过推理机对实时采集的数据进行分析和推理，从而诊断故障的位置和类型。知识库的构建是专家系统的关键，需要收集大量的专家知识和实际案例，并进行整理和归纳。推理机则根据知识库中的规则和实时数据，采用合适的推理策略，如正向推理、反向推理等，逐步推导出故障诊断结果。例如，当系统检测到某条线路的电压异常时，推理机会根据知识库中的规则，检查该线路的电流、功率等相关参数，进一步判断是短路故障还是断路故障，并确定故障的具体位置。专家系统具有解释性强、易于理解和维护的优点，能够模拟专家的决策过程，为运维人员提供可靠的诊断建议<sup>[3]</sup>。

### 3.3 基于深度学习的故障定位

深度学习在配电自动化故障定位中具有独特的优势。它能够自动从大量的数据中学习高级特征，无需人工手动提取特征，大大提高了故障定位的准确性和效率。常用的深度学习模型包括卷积神经网络（CNN）和循环神经网络（RNN）及其变体。在故障定位中，可以将配电系统的拓扑结构和运行数据作为输入，通过深度学习模型进行训练。例如，利用CNN对配电系统的图像数据进行分析，识别故障发生的区域；或者使用RNN处理时间序列数据，捕捉故障发生时的动态特征，从而准确确定故障位置。深度学习模型还可以结合传感器网络采集的多源数据，进一步提高故障定位的精度。与传统的故障定位方法相比，基于深度学习的方法能够适应复

杂的配电系统结构和多变的故障情况，具有更强的泛化能力。

#### 4 人工智能在配电自动化故障隔离中的应用

##### 4.1 基于实时数据的故障隔离策略

在配电自动化系统中，实时数据的准确获取和快速处理对于故障隔离至关重要。基于实时数据的故障隔离策略通过安装在配电系统中的各种传感器，实时采集电压、电流、功率等数据，并将这些数据传输到控制中心。控制中心利用人工智能算法对实时数据进行分析，快速判断故障的位置和范围，然后根据预设的隔离策略，自动控制开关设备将故障区域与正常区域隔离开来。例如，当检测到某条线路发生短路故障时，系统会根据实时电流数据迅速定位故障点，并控制附近的断路器跳闸，将故障线路从系统中切除，同时调整其他线路的运行方式，保障非故障区域的正常供电。这种基于实时数据的故障隔离策略能够快速响应故障，减少停电范围和停电时间，提高供电可靠性。

##### 4.2 基于神经网络的控制策略优化

神经网络具有很强的非线性映射能力和自适应学习能力，在配电自动化故障隔离的控制策略优化中具有广泛应用。通过建立神经网络模型，将配电系统的运行参数和控制目标作为输入和输出，对神经网络进行训练。训练好的神经网络可以根据实时运行参数自动调整控制策略，实现故障隔离的最优控制。例如，在故障隔离过程中，需要考虑开关设备的动作顺序、动作时间等因素，以最小化对系统的影响。利用神经网络可以优化这些控制参数，使故障隔离过程更加快速、平稳<sup>[4]</sup>。同时，神经网络还能够适应系统的变化和不确定性，当系统结构或运行方式发生改变时，通过在线学习和调整，保持控制策略的优化性能。

##### 4.3 配网故障自动修复系统的实现

配网故障自动修复系统是人工智能在配电自动化故障隔离中的高级应用。该系统集成了故障检测、定位、

隔离和恢复等多种功能，通过人工智能算法实现故障的全自动处理。当系统发生故障时，故障检测模块迅速感知故障信号，并将信息传递给故障定位模块。故障定位模块利用人工智能技术准确确定故障位置后，故障隔离模块根据预设策略自动控制开关设备隔离故障区域。然后，恢复模块根据系统的拓扑结构和负荷情况，制定最优的恢复方案，自动调整非故障区域的供电方式，尽快恢复对用户的供电。配网故障自动修复系统能够大大缩短故障处理时间，提高供电可靠性，减少人工干预，降低运维成本。例如，在一些先进的配电自动化系统中，已经实现了对部分常见故障的自动修复，当发生单相接地故障时，系统能够自动检测并隔离故障线路，然后通过改变运行方式恢复非故障线路的供电。

#### 结束语

人工智能为配电自动化故障定位与隔离带来了新的思路和方法，有效弥补了传统方法的不足。通过大数据与机器学习、专家系统、深度学习等技术，实现更精准的故障预警、诊断和定位；基于实时数据、神经网络优化等策略，让故障隔离更加快速、智能。配网故障自动修复系统的实现更是迈向了全自动化的新台阶。随着人工智能技术的不断发展，其在配电自动化领域的应用将更加广泛和深入，有望进一步提升供电可靠性，降低运维成本，为电力系统的稳定运行提供更有力的保障。

#### 参考文献

- [1]夏付欣.人工智能技术在机械设计制造及其自动化中的应用[J].造纸装备及材料,2022,51(04):111-113.
- [2]李文辉.人工智能在机械设计制造及自动化中的应用—评《智能设计：理论与方法》[J].现代雷达,2022,44(03):110.
- [3]努丽亚·艾拉木江.人工智能在机械自动化中的运用[J].电子技术与软件工程,2021,(07):107-108.
- [4]王一雯.人工智能在机械制造及其自动化中的应用分析[J].锻压装备与制造技术,2021,56(01):10-11.