

# 人工智能在输配电网络故障诊断中的运用

孙涛 张子康 骆亚菲

国网邯郸供电公司

**摘要:** 本文综合探讨了人工智能技术在输配电网络故障诊断中的应用及其效益。随着人工智能技术的不断进步,其在电力系统的应用日渐广泛,特别是在故障诊断和健康管理方面。文章首先回顾了输配电网络的基本结构和常见故障类型,随后详细分析了人工智能技术在故障检测、定位和诊断过程中的作用。通过案例研究,展示了利用机器学习和深度学习模型提高故障诊断准确性和效率的可能性。最后,文章讨论了在实际应用中可能遇到的挑战和未来的发展方向。

**关键词:** 人工智能; 输配电网络; 故障诊断; 机器学习; 深度学习

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.07.096

## 一、引言

随着社会对电力依赖程度的不断加深,输配电网络的稳定运行成为现代电力系统中至关重要的一环。在此背景下,及时准确地诊断网络中的故障,已经成为确保电力供应安全和可靠的关键任务。传统的故障诊断方法往往依赖于人工经验和简化的计算模型,这在处理复杂系统时显示出了明显的局限性。近年来,随着人工智能技术的飞速发展,尤其是机器学习和深度学习在数据处理和模式识别方面的突破,为电力系统的故障诊断提供了新的解决方案。本文旨在探讨人工智能技术在输配电网络故障诊断中的应用,评估其在提高故障检测准确性和效率方面的潜力,并探讨未来的发展方向。

## 二、输配电网络故障概述

### 1. 输配电网络的基本结构

输配电网络是电力系统的重要组成部分,其基本结构包括发电站、变电站、输电线路和配电网络。发电站是电能的生产地,通过变电站将电能转换到不同的电压等级,再通过输电线路将电能传输到远方。输电线路通常由高压线路构成,能够在较低的损耗下传输电能至较远的地方。配电网络则负责将电能分配给最终用户,通常涉及更低电压的电网。这一过程中,各种设备和技术确保电能的有效、安全传输。

### 2. 常见的故障类型和特点

输配电网络中常见的故障类型包括线路断线、短路、设备故障、过载等。其中,线路断线是指输电线路由于外力破坏或老化等原因断裂,导致电路中断。短路故障则是由于线路间出现异常连接,使电流突然增大造成的故障。设备故障如变压器或开关设备的损坏,也会导致电网运行中断。过载故障则是由于电网负荷超过设计容量,导致部分设备无法正常工作。这些故障具有突

发性和多样性的特点,对电网运行安全和稳定性构成了严重威胁。

### 3. 故障对电网运行的影响

输配电网络故障对电网运行的影响是深远和多方面的。首先,故障会导致供电中断,影响用户的正常用电,尤其是对那些对电力供应高度依赖的工业和商业用户影响更为严重。故障还可能导致电网的运行不稳定,如电压波动、频率波动等,这对电网设备的寿命和运行效率都有负面影响。在某些情况下,故障还可能触发连锁反应,导致更大范围的停电,甚至引发电网崩溃。因此,及时准确地检测和处理故障是确保电网安全稳定运行的关键。

为了有效地管理这些故障,需要对电网进行实时监控,并采用先进的故障诊断技术。传统的故障处理方法主要依赖于人工经验和简单的设备监控系统,这在处理复杂的电网故障时往往效率不高、准确性不足。随着技术的发展,尤其是人工智能技术的进步,为输配电网络的故障诊断和处理提供了新的思路和方法。例如,通过应用机器学习和深度学习技术,可以对电网的运行数据进行深入分析,及时发现异常模式,快速定位和诊断故障。这不仅提高了故障处理的效率和准确性,也为电网的智能化打下了基础。

## 三、人工智能在故障诊断中的应用

### 1. 人工智能技术概述

人工智能技术,特别是机器学习和深度学习,在近年来的科技发展中扮演着越来越重要的角色。机器学习技术通过算法让计算机系统能够从数据中学习,进而做出判断或预测。深度学习则是机器学习的一个分支,它模仿人脑的神经网络结构,通过多层的神经网络处理复杂的数据模式。这些技术在输配电网络故障诊断中的应

用，不仅提高了故障检测的准确性，还大幅度提升了处理速度。

### 2. 数据采集和处理

在利用人工智能进行故障诊断之前，首先需要收集和大量的电网运行数据。这些数据包括电压、电流、频率等各种参数，通常来自电网的各个监测点。通过对这些数据的分析，可以了解电网的正常运行模式。在此基础上，人工智能模型能够识别出偏离正常模式的异常数据，这是进行故障检测和诊断的基础。有效的数据处理包括数据清洗、特征提取和数据归一化等步骤，这些步骤对于提高后续模型的性能至关重要。

### 3. 故障检测

利用人工智能模型进行实时故障监测是现代电网管理中的一大创新。这些模型能够实时分析电网数据，迅速识别出可能的故障迹象。例如，一旦检测到电流或电压的异常波动，系统就能立即报警，提示运维人员进行检查。与传统的故障监测方法相比，人工智能模型能够处理更复杂的数据，识别更微妙的异常模式，大大提高了故障检测的准确性和效率。

### 4. 故障定位

在检测到故障后，迅速准确地定位故障点是非常重要的。传统方法依赖于运维人员的经验和现场检查，耗时且不总是准确。而人工智能算法可以快速分析故障信号，结合电网的拓扑结构，准确地定位故障发生的位置。这一过程中，算法会考虑各种因素，如电网的布局、历史故障数据、天气条件等，从而大幅提升定位的速度和准确性。

### 5. 故障诊断

在故障定位之后，人工智能技术还可以用来进行故障诊断，这涉及对故障原因和可能的影响进行综合分析。利用机器学习和深度学习模型，可以从历史数据中学习故障的各种模式和特征。这些模型能够识别不同类型故障的特定信号，如短路、过载或设备损坏等，从而帮助运维人员快速了解故障的性质。通过分析故障对电网其他部分的影响，可以更有效地制定恢复计划，减少停电时间，降低经济损失。

例如，在一个复杂的输电网络中，当某个节点出现故障时，深度学习模型可以迅速分析故障点的数据，结合网络的整体运行状况，预测故障可能导致的连锁反应。这样的预测不仅有助于迅速修复故障，还能帮助电网运营商采取措施，防止故障扩散。

人工智能在故障诊断中的应用还包括对故障后果的评估。通过模拟不同的修复方案，AI模型可以帮助运维团队评估每种方案的效果和成本，选择最优的恢复路径。同时，通过对历史故障数据的分析，人工智能可以帮助电网设计更为有效的维护策略，预防未来可能出现的故障。

在实践中，人工智能在故障诊断的应用已经取得了显著成效。许多电网公司开始部署基于AI的故障诊断系统，以提高电网的可靠性和效率。这些系统能够全天候监控电网状态，一旦发现异常立即进行分析，确保电网运行的平稳和安全。

## 四、案例研究

### 1. 实际案例分析

在探讨人工智能技术在输配电网络故障诊断中的应用效果时，一个具体的案例分析至关重要。以某城市电网为例，该电网在过去的一年中共发生了约150次故障，其中包括线路短路、设备故障和过载等类型。在引入基于人工智能的故障诊断系统后，系统在数月的运行中记录和分析了大量的电网运行数据。

在一个具体的故障事件中，电网的一个主要变电站发生了短路故障。人工智能系统通过实时分析变电站的电流和电压数据，迅速识别出异常模式。系统在故障发生后的3分钟内成功发出报警，并准确预测了故障点的位置。通过这一预测，运维团队能够快速响应，缩短了故障恢复时间。在这次故障中，人工智能系统的介入将停电影响区域的用户数量从预期的2000户减少到了仅500户，大大减轻了故障的影响。

### 2. 效能比较

将人工智能方法和传统方法的效能进行比较，可以清晰地看到AI技术在故障诊断中的优势。在传统方法中，故障的检测和定位主要依赖于人工巡检和经验判断，这不仅耗时较长，而且准确性有限。以往，电网在发生故障时，从故障发生到完全恢复供电，平均需要约2小时的时间，影响范围通常涵盖数千户用户。

而在应用了人工智能技术后，故障的检测和定位时间显著缩短。据统计，在引入AI系统的几个月内，平均故障响应时间从原来的30分钟减少到了5分钟，故障定位的准确性提高到了95%以上。同时，停电影响的用户数量也显著减少。在传统方法下，平均每次故障影响约1500户用户，而采用AI技术后，这一数字降低到了平均500户。

人工智能技术还对电网的维护和预防性维修产生了积极影响。通过对历史故障数据的深入分析, AI系统能够预测潜在的故障点, 指导维护工作更加针对性。这不仅提高了维护工作的效率, 还减少了因突发故障导致的维修成本。据估计, 采用人工智能技术后, 电网的年维护成本比传统方法减少了约20%。

在安全性方面, AI技术的应用也大大提高了电网的安全运行水平。传统的故障处理方法由于反应时间较长, 有时会导致故障扩大, 甚至引发安全事故。而AI系统的快速反应能力有效减少了这种风险, 提升了电网的整体安全性能。据统计, 在AI技术应用后, 电网的年度安全事故数量减少了约30%。

综上所述, 人工智能技术在输配电网络故障诊断中的应用, 不仅提高了故障处理的效率和准确性, 还对电网的维护管理和安全运行产生了积极影响。随着技术的不断进步和应用的深入, 预计AI将在电网管理中发挥更加重要的作用。

## 五、挑战与未来发展

### 1. 面临的挑战

在人工智能技术应用于输配电网络故障诊断的过程中, 数据质量是一个重要的挑战。高质量的数据是机器学习和深度学习模型准确性的基石。电网数据往往涉及大量的实时信息, 包括电流、电压、频率等参数。这些数据的准确性、完整性和及时性直接影响到故障检测和诊断的效果。不准确或不完整的数据可能导致误诊或漏诊, 从而影响整个电网的运行安全。因此, 如何保证数据质量, 包括数据的采集、处理和存储, 是当前面临的一个主要挑战。

模型准确性是人工智能在电网故障诊断中另一个关键挑战。机器学习和深度学习模型的性能高度依赖于其训练过程中使用的数据。在复杂的电网环境中, 故障类型多样, 且可能受到各种外部因素的影响。模型需要能够准确识别和区分这些复杂多变的故障模式。随着电网结构和运行模式的变化, 模型也需要不断调整和优化, 以适应新的条件。因此, 如何提高模型的准确性和适应性, 是目前亟须解决的问题。

### 2. 未来发展趋势

未来, 智能化将是输配电网络管理的主要发展方向。随着人工智能、物联网、大数据等技术的不断进步, 电网将越来越智能化。在智能化的电网中, 不仅故障诊断和处理可以实现自动化, 电网的运行优化、维护

计划制定、能源分配等方面也将实现更高层次的智能化。例如, 通过分析大量数据, 智能电网可以预测和平衡供需, 提高能源效率, 减少浪费。智能电网还可以更好地整合可再生能源, 促进能源结构的优化。

自动化是电网未来发展的另一个重要方向。随着人工智能技术的应用, 电网的运维工作将逐渐实现自动化。例如, 通过实时监控和分析系统, 可以自动检测电网中的异常情况, 及时进行调整或报警。在故障发生时, 自动化系统可以迅速作出反应, 减少对用户的影响。基于大数据的预测性维护也将成为自动化运维的重要组成部分。这意味着通过分析历史数据和运行趋势, 系统能够预测潜在的故障和维护需求, 从而在问题发生之前进行干预, 减少突发故障的发生概率, 提高电网的整体可靠性和效率。

## 六、结论

本文全面分析了人工智能技术在输配电网络故障诊断中的应用, 并对其潜在价值进行了深入探讨。通过对现有研究和案例的分析, 我们发现利用人工智能进行故障诊断能显著提高准确性和效率, 特别是在处理复杂数据和多变环境时。然而, 也存在数据质量、模型泛化能力及与现有系统集成等挑战。未来, 随着技术的进步和数据的积累, 这些挑战有望得到解决。人工智能技术的进一步发展将推动输配电网络向更加智能化和自动化的方向发展, 为电力系统的安全、高效和可持续发展提供强有力的技术支持。最终, 这不仅将提高电网的运行效率, 也将为用户提供更加稳定可靠的电力服务。

## 参考文献

- [1] 吴敏. 模糊神经网络在网络故障诊断中的应用[J]. 电脑知识与技术: 学术版, 2019, 15(5Z): 174-176.
- [2] 孙剑斐. 浅谈网络故障诊断技术中人工智能技术的应用[J]. 电脑知识与技术: 学术版, 2019, 15(7X): 178-179.
- [3] 秦静. 基于云平台的网络故障诊断系统[J]. 信息与电脑, 2020, 32(5): 188-190.
- [4] 张涛. 基于神经网络的计算机网络故障诊断研究[J]. 中国新通信, 2021, 23(4): 149-150.
- [5] 滑卫. 计算机网络智能诊断技术探讨[J]. 电子元件与信息技术, 2020, 4(11): 16-17.
- [6] 郑一鸣, 何文林, 孙翔, 王文浩, 詹江杨. 基于油色谱超立方映射的电力变压器缺陷援例诊断模型[J]. 电力工程技术, 2017, 36(4): 48-53.