

## 基于深度学习的电力系统故障诊断与自愈控制研究

胡 猛

国网四川省电力公司古蔺县供电分公司 四川泸州

**【摘要】**本文研究了基于深度学习的电力系统故障诊断与自愈控制技术，提出了一种智能化的解决方案来应对电力系统中日益复杂的故障情形。通过深度学习模型，能够从海量的电力系统数据中自动提取特征，快速准确地识别故障类型与位置，并结合诊断结果实现自愈控制，如自动切换负荷、调整电网拓扑结构等。实验表明，所提出的故障诊断与自愈控制方法相比传统方法在准确性、实时性和自动化水平上具有显著优势，能够有效提升电力系统的稳定性与智能化程度，为智能电网的建设提供了坚实的技术支持。

**【关键词】**深度学习；电力系统；故障诊断；自愈控制；智能电网

**【收稿日期】**2025 年 2 月 20 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.jjea.20250096

### Research on fault diagnosis and self-healing control of power systems based on deep learning

Meng Hu

State Grid Sichuan Electric Power Company Gulin County Power Supply Branch, Luzhou, Sichuan

**【Abstract】** This paper studies fault diagnosis and self-healing control technologies for power systems based on deep learning, and proposes an intelligent solution to address the increasingly complex fault scenarios in power systems. Through deep learning models, it is possible to automatically extract features from massive power system data, quickly and accurately identify fault types and locations, and implement self-healing control based on diagnostic results, such as automatic load switching and adjustment of the power grid topology. Experiments show that the proposed fault diagnosis and self-healing control method significantly outperforms traditional methods in terms of accuracy, real-time performance, and automation level. It can effectively enhance the stability and intelligence of power systems, providing a solid technical support for the construction of smart grids.

**【Keywords】** Deep learning; Power system; Fault diagnosis; Self-healing control; Smart grid

### 引言

电力系统的稳定性和可靠性对现代社会的正常运行至关重要。然而，随着电力系统规模的扩大与运行环境的日益复杂，传统的故障诊断与控制方法已难以满足高效、实时的需求。深度学习技术在电力系统中的应用，为故障诊断与自愈控制提供了新的解决思路。深度学习能够通过大数据分析和模式识别，从电力系统中提取出复杂的故障特征，进行准确的故障识别，并通过自愈控制实现系统的自动恢复。本文将探讨基于深度学习的电力系统故障诊断与自愈控制方法，分析其在提升电力系统智能化、自动化运维中的潜力和应用效果，旨在为智能电网的发展提供技术支持。

#### 1 基于深度学习的电力系统故障诊断框架

电力系统的故障诊断是确保系统稳定运行的关键，传统的诊断方法依赖人工经验和简单算法，难以应对复杂多样的故障类型。随着电力系统规模的扩大，故障种类日益增多，传统方法面临较大挑战<sup>[1]</sup>。深度学习技术的引入为故障诊断提供了新的解决思路。基于深度学习的诊断框架通过数据预处理、特征提取、模型训练和故障预测四个关键步骤，能够高效分析电力系统运行数据，快速识别故障类型与位置。通过多层神经网络模型，系统能自动从原始数据中学习潜在规律，优化诊断精度，提升故障诊断的效率和准确性，解决传统方法在复杂故障情境中的局限。

在基于深度学习的故障诊断框架中，数据预处理是至关重要的第一步。电力系统中通常涉及到

量的传感器数据和设备监测信息，这些数据可能包括电压、电流、频率等多种变量，且存在噪声和缺失值。在进行深度学习建模之前，必须对这些数据进行清洗和归一化处理，以确保模型能够从高质量的数据中提取有效信息。特征提取是框架中的第二步，通过使用卷积神经网络（CNN）、长短时记忆网络（LSTM）等深度学习方法，能够从原始数据中提取出与故障相关的高阶特征，这些特征可以帮助模型在处理高维复杂数据时保持高效性和准确性。

深度学习模型的训练过程通常需要大量标注过的历史数据。在训练过程中，通过优化算法使得模型能够最小化预测误差，从而提升其故障识别能力。随着训练的不断进行，深度学习模型逐渐具备了更高的泛化能力，能够适应不同电力系统的运行环境。一旦模型训练完成，便可以应用于实际的电力系统监测中，实时地预测可能发生的故障，提前报警，并为后续的自愈控制策略提供可靠的数据支持。总的来说，基于深度学习的电力系统故障诊断框架通过数据驱动的方式，提升了诊断的准确性和实时性，为电力系统的稳定性和安全性提供了坚实的保障。

## 2 深度学习在故障类型识别中的应用与优化

深度学习在电力系统故障类型识别中的应用展现了巨大潜力。传统的故障识别方法依赖人工规则或浅层算法，难以应对电力系统中复杂多变的故障类型。常见故障如短路、过载和接地故障，其特征差异较大，传统基于经验的方法无法满足高实时性和高精度的要求。深度学习凭借其强大的数据处理与模式识别能力，能够自动从大规模监测数据中学习复杂的故障模式，快速且准确地识别故障类型。通过训练深度神经网络，系统能够在故障发生时，结合历史和实时数据，精确区分并分类故障类型，为后续故障处理提供及时、精准的决策支持。

在深度学习应用于故障类型识别中，模型优化是提高诊断准确度的核心。电力系统中存在多种复杂故障模式，不同类型的故障可能表现出相似特征，增加了模型区分故障类型的难度。优化策略通常包括调整网络结构、优化损失函数、采用不同类型的神经网络（如卷积神经网络、长短时记忆网络）以及引入数据增强技术。这些措施帮助深度学习模型从噪声中提取有效信息，提升对多类故障的识别能力。深度学习在处理复杂非线性及时变特征方面具有天然优势，能够更好地挖掘电力系统故障中的深层次

模式，从而增强故障类型识别的精度和鲁棒性。

尽管深度学习在故障类型识别中表现出色，但其应用中仍面临一些挑战。深度学习模型需要大量标注过的历史数据进行训练，这对数据收集与处理提出了较高要求。深度学习算法对计算资源和时间的消耗较大，特别是在大型电力系统中，实时处理故障识别任务可能面临一定的延时问题<sup>[2-6]</sup>。为了解决这些问题，当前的研究着重于开发高效的训练算法，利用小样本学习和迁移学习技术提升模型的学习能力，通过硬件加速技术，如 GPU 和 TPU，来提升计算效率。这些优化措施的实施，将进一步提升深度学习在电力系统故障类型识别中的应用效果，为电力系统的安全与稳定运行提供更有力的支持。

## 3 基于诊断结果的自愈控制策略研究

基于深度学习诊断结果的自愈控制策略在电力系统的自动化与智能化发展中扮演着至关重要的角色。电力系统一旦发生故障，如果能够及时采取有效的自愈控制措施，不仅能够降低故障对系统的影响，还能减少电力供应中断的时间，从而保障电力系统的稳定性和可靠性。自愈控制策略的核心在于根据故障诊断结果，快速采取相应的调整措施，以恢复系统正常运行。通过结合深度学习的故障诊断模型，可以在故障发生时，及时识别故障类型和故障位置，为自愈控制系统提供精准的数据支持。这一策略能够通过实时监控、自动分析与响应，确保电力系统在故障发生后的快速恢复，有效提高电力系统的韧性。

在自愈控制策略的设计过程中，如何根据故障诊断的精确结果进行快速响应是一个关键问题。深度学习模型为故障诊断提供了强大的数据处理能力，能够对系统运行中的实时数据进行深度分析，识别故障的具体类型与位置。基于这些诊断结果，控制系统可以制定具体的恢复措施，例如自动切换负荷、调整电网拓扑结构、启动备用电源等。这些自动化的控制措施，不仅减少了人工干预的需求，还大大缩短了故障恢复的时间。在实施过程中，智能算法与实时监控相结合，通过快速识别故障并实施自愈控制，有效降低了电力系统对外部故障的依赖性，提升了系统的自主恢复能力。

尽管基于深度学习的自愈控制策略具有明显的优势，但在实际应用中仍面临一些挑战。电力系统中故障的多样性和复杂性使得自愈控制策略的实施

必须考虑多种因素,如负荷波动、设备状态等。为了确保控制策略的适应性和有效性,需要对深度学习模型进行优化,使其能够更好地处理各种复杂故障情况。控制策略的实时性也是一大挑战<sup>[7]</sup>。为了解决这一问题,当前的研究正在探索更高效的算法,例如边缘计算和分布式控制技术,这些技术能够将计算负担从中心控制系统分散到靠近故障发生位置的边缘设备,从而加速故障诊断与自愈控制的响应速度。

#### 4 深度学习方法在电力系统中的应用效果

深度学习方法在电力系统中的应用已经显现出显著的效果,特别是在故障诊断与自愈控制方面。通过深度学习技术,电力系统能够自动化地处理大量的监测数据,识别出系统中的潜在问题并预测故障的发生。传统的故障诊断方法往往依赖人工经验和规则库,难以应对电力系统中复杂多变的故障类型。而深度学习通过其强大的特征学习能力,能够从多维数据中提取出关键信息,在故障类型识别和位置定位方面展现出更高的准确性和效率。大量实际应用案例表明,基于深度学习的故障诊断模型不仅提高了故障识别的实时性和准确性,还减少了由于人为因素导致的误诊率,为电力系统的稳定运行提供了强有力的技术保障。

在电力系统的故障诊断中,深度学习的应用效果主要体现在其对多种故障类型的准确识别。通过对历史故障数据的训练,深度学习模型能够自动从传感器数据中提取出复杂的故障特征,进而实现快速且准确的故障分类。与传统方法相比,深度学习模型在故障诊断的精度和速度上都有了显著提升,尤其在面对复杂非线性和多重干扰的情况下,仍能够保持较高的鲁棒性<sup>[8]</sup>。深度学习还能够处理大规模的电力系统数据,不仅能诊断出单一故障,还能应对系统中多重故障的情况,提供更加全面的故障识别结果。通过这样的深度分析,电力系统能够在更短的时间内识别问题,减少了停电时间,降低了经济损失。

在自愈控制方面,深度学习的应用效果同样显著。电力系统在出现故障时,基于深度学习的自愈控制系统能够自动执行故障隔离、负荷调度和电网拓扑重构等操作,从而实现快速恢复。通过对电力系统运行状态的实时监测与预测,深度学习能够为自愈控制提供精准的决策依据。在多个实验和实际

部署中,基于深度学习的自愈控制策略展现出了较高的故障恢复效率和准确性,特别是在复杂网络结构和多节点故障的情况下,系统能够灵活应对并快速恢复供电。这些应用效果的提升,标志着深度学习在电力系统中的全面成熟,推动了智能电网的建设,提升了电力系统的自适应和自恢复能力。

#### 5 结语

基于深度学习的电力系统故障诊断与自愈控制技术,显著提升了电力系统的稳定性与智能化水平。通过精准的故障诊断与高效的自愈控制策略,系统能够实现快速故障识别与恢复,减少停电时间,保障电力供应的可靠性。随着技术不断发展,深度学习将在电力系统的安全、自动化及智能化运维中发挥更加重要的作用,推动智能电网建设向更高层次发展。

#### 参考文献

- [1] 郭小强,王巧珍,陈志毅,等.基于深度学习的电力系统主站负荷控制算法研究[J].电气技术与经济,2025,(02):22-24.
- [2] 高琴,徐光虎,夏尚学,等.基于深度强化学习的电力系统紧急切机稳控策略生成方法[J].电力科学与技术学报,2025,40(01):39-46.
- [3] 高翔宇.基于深度学习的电力系统故障检测与智能诊断技术研究[J].电气技术与经济,2025,(01):350-352.
- [4] 焦昊,赵佳伟,韦磊,等.基于深度迁移学习的电力系统暂态状态估计[J].电力建设,2025,46(01):97-106.
- [5] 朱美晔.基于深度学习的电力系统低频振荡模式评估[J].电气应用,2024,43(12):24-31.
- [6] 马保慧,吴沂飞,赵利民,等.深度学习模型下电力系统检测与保护的预测技术分析[J].电气传动自动化,2024,46(06):36-40.
- [7] 任智飞.基于深度学习的电力系统调度研究[J].电气技术与经济,2023,(06):60-63.
- [8] 胡博文.基于深度学习的电力系统暂态稳定预测研究[D].贵州大学,2023.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS