

# 电力系统故障诊断方法与应用研究

李 宏

中电伟恒(北京)科技发展有限公司 北京 101500

**摘 要：**电力系统作为现代社会的基础设施，其稳定运行至关重要。本文分析了电力系统常见故障类型，阐述了感官诊断法、数据分析与智能诊断法、物理检测法以及基于模型的诊断法等多种故障诊断方法。探讨了基于解析模型、信号处理和知识的故障诊断方法在电力系统中的实际应用。研究表明，这些故障诊断方法对于提高电力系统的稳定性和安全性具有重要意义，为电力系统的可靠运行提供了有力支持。

**关键词：**电力系统；故障诊断方法；应用

引言：电力系统作为现代社会的重要基础设施，其稳定运行直接关系到国家的经济发展和社会的稳定。但由于电力系统的复杂性和规模性，故障时有发生，给社会带来巨大损失。因此电力系统故障诊断方法的研究与应用显得尤为重要。本文旨在深入探讨电力系统故障诊断的重要性、常见故障类型以及多种故障诊断方法，并分析这些方法在电力系统中的实际应用效果。

## 1 电力系统故障诊断的重要性

电力系统作为现代社会的基础设施，其稳定运行对于国家经济发展、社会安定以及民众日常生活至关重要，它不仅关系到电力供应的可靠性和安全性，还直接影响到经济效益和社会效益，其重要性体现在以下方面：保障电力安全。输电线路的短路或断线可能导致火灾、电击等危险事件，对人员和财产构成直接威胁<sup>[1]</sup>。电力设备的异常运行还可能引发系统崩溃或大面积停电，给社会带来不可估量的损失。提高供电可靠性。在现代社会，电力已成为生产和生活不可或缺的资源。一旦电力系统发生故障，将直接影响各行各业的正常运转，甚至引发社会混乱。通过故障诊断技术，可以及时发现并排除故障，减少停电时间和范围，从而保障电力供应的连续性和稳定性。有助于降低经济损失。电力故障不仅会导致电力设备的损坏，还可能引发生产中断、数据丢失等问题，给企业带来巨大的经济损失。通过有效的故障诊断和预防措施，可以减少设备故障率，延长设备使用寿命，降低维修成本，从而提高企业的经济效益。

## 2 电力系统常见故障类型

### 2.1 输电线路故障

输电线路是电力系统中连接发电站与变电站、变电站与用户之间的关键环节。常见的输电线路故障包括短路故障、断线故障和接地故障。短路故障通常由于线路间绝缘损坏或导线直接接触导致，可能引发火灾和设备

损坏。断线故障则可能由于导线老化、外力破坏或自然灾害等原因造成，导致供电中断。接地故障则是指线路与大地之间发生异常连接，可能引发设备损坏和人员触电风险。

### 2.2 变压器故障

变压器是电力系统中用于改变电压等级的重要设备。常见的变压器故障包括绕组故障、铁芯故障和绝缘故障。绕组故障可能由于电流过载、短路或绝缘老化等原因导致，表现为绕组变形、短路或断路<sup>[2]</sup>。铁芯故障则可能由于铁芯松动、过热或受潮等原因引发，导致变压器性能下降。绝缘故障则是指变压器内部绝缘材料老化、损坏或受潮，可能引发相间短路和接地故障。

### 2.3 开关设备故障

开关设备用于电力系统的控制和保护，常见的开关设备故障包括断路器故障、隔离开关故障和负荷开关故障。断路器故障可能由于操作机构失灵、触头磨损或绝缘损坏等原因导致，无法正确分合闸。隔离开关故障则可能由于操作不当、触头接触不良或机械故障等原因引发，影响电力系统的安全运行。负荷开关故障则可能由于过载、短路或老化等原因导致，无法有效切断电路。

### 2.4 其他设备故障

除了上述主要设备故障外，电力系统还可能发生其他类型的故障，如互感器故障、避雷器故障和电容器故障等。互感器故障可能由于绝缘损坏、线圈短路或铁芯饱和等原因导致，影响电力系统的测量和保护功能。避雷器故障则可能由于老化、受潮或击穿等原因引发，无法有效保护电力系统免受雷电冲击。电容器故障则可能由于过载、过热或内部短路等原因导致，影响电力系统的无功补偿和电压稳定。

## 3 电力系统故障诊断方法

### 3.1 感官诊断法

感官诊断法, 又称直观检查法, 是电力系统故障诊断中最基础、最直接的方法。它主要通过检修人员的感官(口问、眼看、耳听、鼻闻、手摸)来发现电气设备的异常情况, 从而初步判断故障原因和部位。具体如下: 口问。检修人员首先向设备操作人员或用户了解设备的使用情况、故障发生的过程及现象。这包括设备的运行历史、故障前的操作内容、故障发生时环境条件等。通过详细的询问, 检修人员可以获取关于故障的第一手资料, 为后续的诊断提供重要线索。眼看。检修人员仔细查看设备的外部状况, 如设备的外形、颜色、熔丝状态、电气回路有无烧伤、烧焦、开路、短路等现象。还要观察信号显示和仪表指示等, 以判断设备是否存在异常。耳听。电气设备在运行中会产生一定的噪声。检修人员可以通过细听设备运行中的声响, 判断设备是否存在异常。带病运行的电气设备其噪声通常会发生变化, 通过对比正常设备与故障设备的噪声差异, 可以初步判断故障类型。鼻闻。检修人员可以利用嗅觉判断设备是否存在过热、短路等故障。过热、短路等故障会导致设备内部的绝缘材料、润滑油等受热挥发, 产生烧焦味、火烟味等异常气味。通过嗅闻这些气味, 可以进一步确定故障部位。手摸。在遵守安全规程的前提下, 检修人员可以通过触摸设备的有关部位, 根据温度和震动判断故障。设备过载会导致其整体温度上升; 局部短路或机械摩擦则可能导致局部过热。通过手摸, 可以直观地感受到设备的温度变化和震动情况, 从而判断设备是否存在异常。感官诊断法虽然简单直观, 但很大程度上依赖于检修人员的经验和技能水平。

### 3.2 数据分析与智能诊断法

随着科技的发展, 数据分析与智能诊断法主要利用传感器、数据分析算法、人工智能等技术手段, 对电力系统进行实时监测和故障诊断, 具体方法如下: 电力系统监测与数据分析。通过监测电力系统的运行参数(如电压、电流、频率等), 并利用数据分析和统计方法来诊断系统中的异常和故障<sup>[3]</sup>。这种方法可以实时监测电力系统的运行状态, 及时发现潜在故障, 提高故障诊断的准确性和及时性。智能传感器技术。借助智能传感器实时获取电力系统的工作状态信息, 例如局部放电检测、温度监测等。通过对传感器数据分析, 可以诊断系统问题。智能传感器技术具有高精度、实时监测等优点, 为电力系统故障诊断提供了新的手段。人工智能与机器学习。利用人工智能、机器学习算法对大量电力系统数据进行分析 and 模式识别, 从而预测和诊断可能出现的故障。这种方法可以自动识别故障特征, 提高故障诊断的

智能化水平。人工神经网络(ANN)可以模拟人脑神经元的工作方式, 学习和识别数据中的模式, 广泛应用于电力系统故障检测、分类和定位。

### 3.3 物理检测法

物理检测法主要通过使用各种检测仪器和设备, 对电力系统进行直接观察和测量, 以发现故障现象并确定故障原因。这种方法在电力系统故障诊断中具有重要地位, 具体方法如下: 仪表测量。使用电压表、电流表、电阻表等仪表测量电路的电压、电流和电阻等参数, 通过与正常数值对比, 来确定故障原因和部位。这种方法可以直观地反映出电路的异常情况, 为故障诊断提供重要依据。红外热成像技术。利用红外热成像仪对电力设备进行红外探测, 并根据探测结果分析设备的热分布情况。通过对比正常设备与故障设备的热分布差异, 可以判断设备是否存在过热故障。红外热成像技术具有非接触、实时监测等优点, 适用于高压设备的故障诊断。超声波检测技术。利用超声波检测仪对电力设备进行超声波检测, 通过分析超声波的传播特性和反射特性来判断设备内部是否存在缺陷或故障。这种方法可以检测出设备内部的微小裂纹、松动等缺陷, 为故障诊断提供有力支持。

### 3.4 基于模型的诊断法

基于模型的诊断法主要通过建立电力系统的数学模型或仿真模型, 对故障进行理论分析和模拟, 以确定故障原因和部位。这种方法具体如下: 解析模型诊断法。不断将更多表征故障的信息引入解析模型, 使诊断模型更完备。通过对模型的分析 and 计算, 可以准确地判断出故障类型、位置和原因。然而, 这种方法可能存在模型复杂、求解困难等问题。数值计算分析诊断法。将电气量信息的数值计算分析结果映射为一个或一系列故障事件, 并与保护、开关等信息结合或应用不同电气原理进行诊断。这种方法可以解决单纯使用电气量信息进行数值计算分析面临的部分问题, 提高故障诊断的准确性和可靠性。多源信息融合诊断法。从电网、设备、环境等多角度出发, 收集并融合来自不同传感器和监测系统的数据, 以提高故障诊断的准确性和可靠性。这种方法可以充分利用各种数据源的信息优势, 提高故障诊断的全面性和准确性。

## 4 故障诊断方法在电力系统中的应用

### 4.1 基于解析模型的故障诊断方法在电力系统中的应用

基于解析模型的故障诊断方法主要依赖于对电力系统建立精确的数学模型, 并通过与实际测量数据的对比

来检测故障。这种方法在电力系统中的应用主要体现在以下几个方面：状态估计与残差分析。在电力系统中，状态估计是一种常用的故障诊断手段。它利用系统的冗余测量信息，通过构建电力系统的状态空间模型，对系统的运行状态进行估计。当实际测量值与估计值出现显著差异时，即产生残差，这些残差被用于检测故障。在输电线路故障检测中，可以通过状态估计方法计算线路的电流、电压等状态量，并与实际测量值进行比较，从而判断线路是否存在故障。参数辨识与故障定位：通过对系统参数的辨识来定位故障。当系统发生故障时，其电气参数（如电阻、电感、电容等）会发生变化。通过构建系统的参数辨识模型，并利用实际测量数据对参数进行估计，可以实现对故障位置的准确定位。这种方法在变压器、发电机等电力设备的故障检测中得到了广泛应用。模型预测与故障预警。结合模型预测技术，对系统的未来运行状态进行预测，从而实现故障预警。通过对系统历史数据的分析和学习，可以建立系统的预测模型，并预测未来一段时间内的运行状态。

#### 4.2 基于信号处理的故障诊断方法在电力系统中的实际应用

基于信号处理的故障诊断方法主要利用信号处理技术对电力系统的运行数据进行处理和分析，以检测并识别故障。这种方法在电力系统中的应用主要体现在以下几个方面：频谱分析与故障特征提取。在电力系统中，故障往往伴随着电气信号的频率、幅值等特征的变化。通过频谱分析技术，可以将电气信号从时域转换到频域，从而提取出故障特征。在电动机故障检测中，可以通过频谱分析技术提取出电动机振动信号的频谱特征，进而判断电动机是否存在轴承故障、不平衡故障等。小波变换与故障定位。小波变换是一种常用的信号处理技术，它能够在时域和频域上同时提供高分辨率的信息<sup>[4]</sup>。在电力系统中，小波变换被广泛应用于故障定位。通过对故障信号进行小波变换，可以提取出故障信号的时频特征，从而实现故障位置的准确定位。在输电线路故障定位中，可以利用小波变换技术提取出故障行波信号的到达时间，进而计算出故障位置。机器学习与故障分类。基于信号处理的方法还可以结合机器学习技术，对

提取出的故障特征进行分类和识别。

#### 4.3 基于知识的故障诊断方法在电力系统中的实际应用

基于知识的故障诊断方法主要利用人工智能、专家系统等技术，结合电力系统的历史数据和专家经验，对故障进行智能识别和诊断。这种方法在电力系统中的应用主要体现在以下几个方面：专家系统与故障推理。在电力系统中，专家系统是一种常用的基于知识的故障诊断方法。它利用专家的知识 and 经验，构建故障推理机制，对系统的运行状态进行实时监测和诊断。当系统出现故障时，专家系统可以根据故障现象和特征，结合知识库中的规则和信息，进行推理和判断，从而给出故障类型和位置的准确诊断结果。模糊逻辑与不确定性处理：由于电力系统中的故障往往伴随着不确定性因素（如噪声干扰、测量误差等），因此模糊逻辑技术被广泛应用于基于知识的故障诊断方法中。通过引入模糊集合和模糊规则，可以处理故障现象和特征中的不确定性因素，提高诊断结果的准确性和可靠性。在变压器故障检测中，可以利用模糊逻辑技术处理油中溶解气体的浓度信息，从而实现对变压器故障类型的准确判断。

结束语：通过对电力系统故障诊断方法与应用的研究，可以认识到故障诊断在电力系统稳定运行中的重要性。本文介绍了感官诊断法、数据分析与智能诊断法、物理检测法以及基于模型的诊断法等多种方法，并探讨了这些方法在电力系统中的实际应用。未来将继续深化这一领域的研究，为电力系统的安全、稳定和可靠运行提供更加坚实的保障。

#### 参考文献

- [1]李殿文.电力系统故障诊断中的智能化方法及其应用[J].科学与财富,2022(3):27-28.
- [2]黄世鸿.电力系统故障诊断方法研究[J].电脑爱好者(电子刊),2021(12):3691-3692.
- [3]宁剑,任怡睿,林济铿,等.基于人工智能及信息融合的电力系统故障诊断方法[J].电网技术,2021,45(8):2925-2933.
- [4]张方文.电力系统智能故障诊断技术应用[J].电子制作,2020(11):97-98.