

# 浅谈电力系统设备状态监测与故障诊断

黄晨雨

国网北京市电力公司检修分公司 北京 100069

**摘要:** 电力系统设备状态监测的作用是及时发现设备故障,提高设备运行的可靠性和稳定性;设备状态监测的方法和技术包括传感器技术、数据采集和处理技术、状态预测和诊断技术等;故障诊断的基本原理是利用各种检测手段获取设备状态信息,进行分析和推理,确定故障原因和位置;电力设备故障诊断技术包括基于规则的方法、模型检测方法、专家系统方法等;应用案例包括变电站设备状态监测与故障诊断、电机故障诊断等。

**关键词:** 电力系统;设备状态监测;故障诊断

## 1 电力系统设备状态监测的作用

电力系统设备状态监测的作用主要体现在以下几个方面:

### 1.1 提高电力系统的可靠性和安全性能

电力系统设备状态监测可以实时监测设备的状态和运行情况,及时发现设备的故障和隐患,并采取措施进行修复和预防,从而提高电力系统的可靠性和安全性能。

### 1.2 降低电力系统的运行成本

通过电力系统设备状态监测,可以对设备的运行状况和负载情况进行实时监测和评估,从而根据设备的实际使用情况进行合理的维护和管理,降低电力系统的运行成本<sup>[1]</sup>。

### 1.3 提高电力系统的管理水平

电力系统设备状态监测可以实现对设备运行的实时监控和管理,帮助电力系统管理者了解设备的运行情况和运维情况,从而提高电力系统的管理水平。

## 2 设备状态监测的方法和技术

### 2.1 传统监测方法

传统的设备状态监测方法主要是基于设备的定期巡检和检修,通过观察和测量设备的状态和参数,如温度、振动、电流、电压等参数,来判断设备的状态和运行情况。这种方法通常需要大量的人力和物力投入,并且无法实现设备的实时监测和管理。

### 2.2 远程监测方法

远程监测方法是通过无线传感器等技术,将设备状态信息传输到中心控制系统进行实时监测和管理。这种方法可以实现设备的远程监测和管理,减少人力和物力投入,提高监测的效率和精度<sup>[2]</sup>。远程监测方法可以通过网络、卫星等方式实现远程数据传输和控制,同时还可以利用云计算等技术,对大量的设备状态数据进行处理和分析,实现对设备的预测性维护。

### 2.3 数据挖掘方法

数据挖掘方法是通过对设备的历史数据进行分析和挖掘,从中发现设备的异常和故障信息。数据挖掘方法可以通过人工智能和机器学习等技术,对大量的设备数据进行分析 and 预测,实现对设备状态和故障的诊断和预测。

### 2.4 智能传感器技术

智能传感器技术是指将传感器与计算机技术相结合,实现对设备状态的智能监测和管理。智能传感器可以采集设备的各种状态参数,并将其传输到中心控制系统进行分析和处理,实现对设备的实时监测和管理。

### 2.5 无损检测技术

无损检测技术是指通过利用材料特性、工作原理、能量等物理量对材料进行检测和评估的技术。无损检测技术可以实现对设备的内部结构和状态进行检测和评估,发现设备的异常和故障信息<sup>[3]</sup>。无损检测技术可以通过X射线、磁粉探伤、超声波等技术实现对设备的检测和评估。

## 3 故障诊断的基本原理

### 3.1 信号采集原理

电力设备故障诊断需要获取到电力设备的状态和参数信息,以便对其进行分析和判断。因此,采集电力设备的状态和参数信号是故障诊断的第一步。现代电力系统设备通常配备了各种各样的传感器和监测装置,可以实时采集设备的各种状态参数,如电流、电压、温度、振动等。

### 3.2 特征提取原理

在获取设备的状态和参数信号之后,需要对信号进行分析和处理,以提取有用的故障特征。故障特征通常包括设备的振动、声音、电磁波等方面的特征信息,通过对这些信息进行分析和处理,可以判断设备是否存在故障。

### 3.3 模型建立原理

在对故障特征进行分析和处理之后,需要建立相应的故障诊断模型<sup>[4]</sup>。故障诊断模型是基于历史数据和专家

经验建立的,通过对故障特征进行分析和比对,可以判断设备的故障类型和位置。现代故障诊断技术通常采用机器学习、神经网络等方法来建立故障诊断模型。

### 3.4 判断和诊断原理

当建立了故障诊断模型之后,就可以对设备的状态和参数信号进行分析和判断。通过对设备的状态和参数进行比对和分析,可以判断设备是否存在故障,以及故障的类型和位置。同时,还可以根据故障的类型和位置,制定相应的维修和保养方案,以确保电力设备的正常运行。在电力系统中,设备故障诊断是一项非常重要的任务,可以有效地降低设备故障率和维修成本,提高系统的可靠性和安全性。

## 4 故障诊断的基本原理

基于规则的故障诊断方法是一种基于专家系统的故障诊断方法。它通过对设备运行状态和参数的监测和分析,建立一套故障诊断规则库,当设备出现故障时,根据规则库进行故障诊断。这种方法具有高可靠性和较高的诊断精度,但是需要专家经验来建立规则库,而且不能适应新型设备的故障诊断需求<sup>[1]</sup>。

### 4.1 基于模型的故障诊断方法

基于模型的故障诊断方法是一种基于数学模型的故障诊断方法。它通过建立设备的数学模型,对设备的运行状态和参数进行监测和分析,当设备出现故障时,根据模型进行故障诊断。这种方法可以适应新型设备的故障诊断需求,但是需要对设备进行复杂的建模和参数标定,而且对模型的精度要求比较高。

### 4.2 基于统计学的故障诊断方法

基于统计学的故障诊断方法是一种基于概率统计学的故障诊断方法。它通过对设备的历史运行数据进行统计分析,建立设备的状态概率模型,当设备出现故障时,根据状态概率模型进行故障诊断。这种方法具有较高的诊断精度和较高的自动化程度,但是需要大量的历史运行数据来进行分析。

### 4.3 基于人工神经网络的故障诊断方法

基于人工神经网络的故障诊断方法是一种基于神经网络的故障诊断方法。它通过对设备的运行状态和参数进行监测和分析,建立人工神经网络模型,当设备出现故障时,根据神经网络模型进行故障诊断<sup>[2]</sup>。这种方法可以适应新型设备的故障诊断需求,而且具有较高的自动化程度和较高的诊断精度。

### 4.4 基于人工智能的故障诊断方法

基于人工智能的故障诊断方法是近年来发展较快的一种故障诊断技术,它通过机器学习、模式识别等方法

对设备的故障模式进行学习和建模,实现对设备的自动诊断和故障预测。机器学习方法可以对大量的数据进行分析 and 处理,从而识别出设备故障的特征和规律,建立起设备的故障模型。常见的机器学习方法包括支持向量机、人工神经网络、随机森林等。模式识别技术则是通过对数据进行特征提取和分类,将不同类型的数据划分到不同的类别中,实现设备故障的自动诊断。在实际应用中,基于人工智能的故障诊断方法需要大量的数据支持,因此需要对设备进行长期的监测和数据采集。

## 5 电力设备故障诊断技术

### 5.1 传统的故障诊断技术

传统的电力设备故障诊断技术主要包括人工巡检、维护保养、断路器保护和开关柜温度控制等方法。这些方法存在着很大的缺陷,不能满足电力系统日益增长的故障诊断需求。人工巡检是一种常见的电力设备故障诊断方法,但人工巡检的效率低下,不能及时发现故障,并且巡检人员的安全也无法保障<sup>[3]</sup>。维护保养也是一种常见的电力设备故障诊断方法,但维护保养需要花费大量的时间和成本,同时也不能及时发现故障。断路器保护是一种常见的电力设备故障诊断方法,但断路器保护只能针对断路器本身的故障进行诊断,不能对其他电力设备的故障进行诊断。开关柜温度控制是一种常见的电力设备故障诊断方法,但开关柜温度控制只能针对开关柜本身的故障进行诊断,不能对其他电力设备的故障进行诊断。

### 5.2 基于机器学习的故障诊断技术

随着人工智能技术的不断发展,基于机器学习的故障诊断技术越来越受到关注。基于机器学习的故障诊断技术可以利用大量的历史数据进行训练,从而建立起一个可靠的故障诊断模型,实现对电力设备的故障诊断。基于机器学习的故障诊断技术主要分为两类,一类是监督学习,一类是无监督学习。监督学习是一种基于已有标记数据的学习方法,监督学习可以根据已有的故障数据对新的故障进行诊断。监督学习的算法主要包括决策树、支持向量机、随机森林、神经网络等。无监督学习是一种基于未标记数据的学习方法,无监督学习可以根据数据的统计规律对新的故障进行诊断。无监督学习的算法主要包括聚类、降维、关联规则等。聚类是一种常见的无监督学习算法,它可以将数据集中的对象按照相似度进行分类。在电力设备故障诊断中,聚类可以用于对同一型号设备的历史数据进行分类,从而建立起针对不同类别故障的模型。常见的聚类算法包括K-means聚类、层次聚类等。降维是一种将高维数据转换为低维数据的方法,可以帮助简化数据集并减少数据处理的计算

量<sup>[4]</sup>。在电力设备故障诊断中,降维可以用于将大量的数据转换为低维空间中的数据,从而便于建立模型和进行故障诊断。常见的降维算法包括主成分分析(PCA)和独立成分分析(ICA)等。关联规则是一种发现数据集中项之间关联关系的算法。在电力设备故障诊断中,关联规则可以用于挖掘设备故障之间的关联关系以及找到一些特定的故障组合,帮助诊断电力设备的故障。常见的关联规则算法包括Apriori算法和FP-growth算法等。

### 5.3 基于深度学习的故障诊断技术

深度学习是一种基于神经网络的机器学习方法,它可以通过多层神经网络学习高层次的抽象特征,并在此基础上进行分类和预测。在电力设备故障诊断中,基于深度学习的故障诊断技术可以利用大量的历史数据进行训练,从而建立起一个高精度的故障诊断模型。常见的基于深度学习的故障诊断技术包括卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)、长短期记忆网络(LSTM)等。这些技术可以针对不同类型的电力设备故障进行训练和诊断。例如,针对变压器的故障诊断,可以利用CNN对变压器的声音、振动等信号进行处理,从而实现故障的分类和预测;针对发电机的故障诊断,可以利用RNN对发电机的振动、电流、电压等信号进行处理,从而实现故障的诊断和预测。

### 5.4 基于物联网的故障诊断技术

物联网是一种互联网与物理世界相结合的技术,它可以通过传感器和网络连接实现设备之间的数据交换和通信。在电力设备故障诊断中,基于物联网的故障诊断技术可以实时监测设备运行状态和环境参数,从而更加精准地进行故障诊断和预测。常见的基于物联网的故障诊断技术包括传感器网络、云计算和边缘计算等。其中,传感器网络可以通过安装在设备上的传感器实时采集数据,并通过网络传输到云端进行处理和分析;云计算可以利用云端高效的计算能力进行数据分析和模型训练;而边缘计算可以将计算和分析任务下放到设备本地,从而实现实时性和隐私保护。例如,针对变电站的故障诊断,可以利用传感器网络实时监测变电站的温度、湿度、气压等环境参数,并通过云计算进行数据分析和建立故障诊断模型;而针对电力设备的远程故障诊断,可以通过边缘计算将故障诊断任务下放到设备本地,从而保证实时性和实现隐私保护。

## 6 应用案例

### 6.1 西门子公司的故障诊断系统

西门子公司开发了一套电力系统设备状态监测和故障诊断系统,该系统包括硬件和软件两部分。硬件部分主要包括传感器和数据采集器等设备,用于采集设备的运行状态信息;软件部分主要包括数据分析和故障诊断模块,用于对采集到的数据进行处理和分析,实现设备状态的监测和故障的诊断。该系统可以实现对电力系统设备的多维度、多角度的监测和分析,包括电流、电压、温度、振动等多种参数。系统利用机器学习技术建立了预测模型,可以对设备的运行状态进行预测和诊断<sup>[1]</sup>。

### 6.2 通用电气公司的智能维护系统

通用电气公司开发了一套基于物联网技术的智能维护系统,该系统可以实现对电力系统设备的状态监测和故障诊断。系统通过安装传感器和数据采集设备,实现对设备的运行状态信息的实时采集和传输。系统利用机器学习和人工智能技术,对采集到的数据进行处理和分析,建立了设备状态的预测模型和故障诊断模型。通过预测模型,可以预测设备的运行状态,及时发现潜在的问题,从而实现设备的预防性维护;通过故障诊断模型,可以对设备故障进行定位和诊断,提高故障处理效率。

### 6.3 国家电网公司的电力系统智能运维平台

国家电网公司开发了一套电力系统智能运维平台,该平台整合了多种技术和应用,包括大数据分析、云计算、物联网等多种技术,实现了对电力系统设备的状态监测和故障诊断。该平台通过大数据分析技术,实现了对电力系统运行状态的全面了解和预测,可以提前预测设备故障,从而实现设备的预防性维护。此外,平台还可以实现设备的远程监测和控制,从而提高故障处理效率<sup>[2]</sup>。

## 结束语

综上所述,未来设备状态监测和故障诊断技术将会在数据融合、智能化、增强现实、云端平台、可靠性和安全性等方面得到进一步提升和创新,为电力设备管理和故障诊断带来更加全面和高效的支持。

## 参考文献

- [1]林仕斌.浅析电气系统设备状态监测与故障诊断技术[J].机电信息,2019(17):120-121.
- [2]郑李利.电力系统设备状态监测与故障诊断探讨[J].科技风,2018(20):194.
- [3]王建涛.电力系统设备状态监测与故障诊断技术分析[J].电子世界,2019,(14):204.
- [4]刘俊,张贤坤.电力系统设备状态监测与故障诊断技术研究[J].科技与创新,2019,(22):102-103.