

# 配电设备的状态监测与预测性维护

王永胜

鄂尔多斯供电公司乌审供电分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017300

**摘要：** 本文主要研究了配电设备的状态监测和预测性维护。在现代电力系统中，配电设备的状态监测和预测性维护是保证电力系统稳定运行和提高供电质量的关键。介绍了配电设备的状态监测技术，包括传感器技术、数据采集和处理技术，以及基于人工智能的故障诊断技术。预测性维护的概念和方法，包括基于历史数据的故障预测、基于机器学习的故障预测以及基于模型预测控制的故障预测。总结了配电设备状态监测和预测性维护的实用案例，并探讨了未来的发展方向。

**关键词：** 配电设备；状态监测；预测性维护；故障预测

## Condition Monitoring and Predictive Maintenance of Power Distribution Equipment

Wang Yongsheng

Wushen Power Supply Branch, Ordos Power Supply Company, Inner Mongolia, Ordos 017300

**Abstract：** This paper focuses on the condition monitoring and predictive maintenance of power distribution equipment. In modern power system, condition monitoring and predictive maintenance of distribution equipment is the key to ensure the stable operation of power system and improve the quality of power supply. The condition monitoring technology of power distribution equipment is introduced, including sensor technology, data acquisition and processing technology, and fault diagnosis technology based on artificial intelligence. The concepts and methods of predictive maintenance, including fault prediction based on historical data, fault prediction based on machine learning, and fault prediction based on model predictive control, are presented. Practical cases of condition monitoring and predictive maintenance of power distribution equipment are summarized, and future development directions are discussed.

**Key words：** power distribution equipment; condition monitoring; predictive maintenance; fault prediction

## 引言

随着电力系统的不断发展，配电设备的状态监测和预测性维护已经成为保障电力系统稳定运行的重要手段。配电设备的状态监测可以及时发现设备的异常情况，避免设备故障导致停电等严重后果。而预测性维护则可以通过对设备的运行状态进行预测，提前进行维护和更换，从而避免设备的故障和损坏，提高设备的可靠性和运行效率。

## 一、配电设备状态监测与预测性维护概述

### （一）配电设备状态监测的概念

随着近年来电网的迅速发展，电力企业加大对设备故障的预防和维修力度，以避免设备出现差错，造成经济损失。因此，以输变电设备状态在线监测及诊

断技术为基础的状态检修需求增大。<sup>[1]</sup> 配电设备状态监测是指通过各种监测手段和技术，实时获取配电设备在运行过程中的各种参数和状态信息，以评估设备的健康状况和运行状态。

### （二）配电设备状态监测技术

#### 1. 振动监测技术

振动监测技术是通过检测配电设备的振动信号，分析其频谱特征和时域特征，判断设备的健康状态。振动监测技术可以有效地检测配电设备的机械故障，如轴承、齿轮箱等部件的损伤。

#### 2. 温度监测技术

温度监测技术是通过检测配电设备的温度信号，分析其变化趋势和异常情况，判断设备的健康状态。温度监测技术可以有效地检测配电设备的过热、过载等故障，并及时采取措施进行维护

和保障。

### 3. 电流监测技术

电流监测技术是通过检测配电设备的电流信号，分析其变化趋势和异常情况，判断设备的健康状态。电流监测技术可以有效地检测配电设备的过载、短路等故障，并及时采取措施进行维护和保障。

#### (三) 配电设备的预测性的概念

配电设备的预测性维护是指基于对设备运行状态的实时监测和分析，预测设备未来可能出现的故障或性能下降，并据此提前采取维护措施，以减少故障发生、延长设备寿命并降低维护成本。

#### (四) 配电设备的预测性的维护技术

##### 1. 基于数据挖掘的故障预测

基于数据挖掘的故障预测是指通过对设备的历史数据进行挖掘，发现故障的规律，从而实现了对设备的故障预测。<sup>[2]</sup>数据挖掘技术具有高效性、准确性、智能化等特点。

##### 2. 基于人工智能的故障预测

基于人工智能的故障预测是指通过对设备的运行数据进行人工智能分析，实现对设备的故障预测。人工智能技术具有智能化、高效性、准确性等特点。

##### 3. 基于支持向量机的故障预测

基于支持向量机的故障预测是指通过对设备的历史数据进行支持向量机分析，实现对设备的故障预测。支持向量机技术具有准确性、智能化、高效性等特点。

## 二、配电设备状态监测与预测性维护的关系

配电设备状态监测与预测性维护之间存在密切的关系，它们共同构成了一个高效、经济的配电系统运维策略。<sup>[3]</sup>状态监测是预测性维护的基础，而预测性维护则是状态监测的延伸和深化。

配电设备状态监测为预测性维护提供了数据支持。通过实时监测设备的运行状态，如温度、振动、电流、电压等参数，可以获得设备的实时数据。这些数据是预测性维护分析的基础，通过分析这些数据，可以发现设备的异常模式，从而预测设备可能出现的故障或性能下降。

在预测性维护中，通过对设备状态数据的分析，可以识别出可能导致故障的异常模式。这些异常模式将成为状态监测的重点，需要通过更加频繁和精确的监测来确保这些异常模式得到及时的发现和处理。

预测性维护和状态监测共同优化了配电设备的运维策略。<sup>[4]</sup>通过状态监测，可以及时发现设备的异常状态，而通过预测性维护，可以预测设备可能出现的故障或性能下降。

## 三、配电设备状态监测技术

### (一) 振动监测

1. 振动传感器：振动传感器是振动监测的核心设备，用于测

量设备运行过程中的振动信号。振动传感器可以安装在设备的各个关键部位，如轴承、齿轮、传动轴等。

2. 数据采集系统：数据采集系统负责将振动传感器的信号转换为数字信号，并进行实时采集和存储。数据采集系统通常包括信号调理、模数转换、数据存储等功能。

3. 振动分析软件：振动分析软件用于对采集到的振动信号进行处理和分析。通过对振动信号的分析，可以提取出设备的特征参数，如振动幅度、频率、相位等。这些特征参数可以用于评估设备的运行状态和健康状况。

4. 故障诊断：通过对振动信号的分析，可以发现设备的异常模式，如振动幅度过大、频率异常等。这些异常模式可能是设备磨损、松动、变形等问题的表现。通过对这些异常模式的识别，可以实现故障诊断和预测。

### (二) 温度监测

1. 温度传感器：温度传感器是温度监测的核心设备，用于测量设备运行过程中的温度变化。温度传感器可以安装在设备的各个关键部位，如电缆接头、开关设备、变压器等。

2. 数据采集系统：数据采集系统负责将温度传感器的信号转换为数字信号，并进行实时采集和存储。数据采集系统通常包括信号调理、模数转换、数据存储等功能。

3. 温度分析软件：温度分析软件用于对采集到的温度信号进行处理和分析。通过对温度信号的分析，可以提取出设备的特征参数，如温度变化趋势、温度分布等。这些特征参数可以用于评估设备的运行状态和健康状况。

4. 故障诊断：通过对温度信号的分析，可以发现设备的异常模式，如温度异常升高、温度分布不均匀等。<sup>[5]</sup>这些异常模式可能是设备接触不良、过热、局部故障等问题的表现。通过对这些异常模式的识别，可以实现故障诊断和预测。

### (三) 电流监测

1. 电流互感器：电流互感器是电流监测的核心设备，用于测量设备运行过程中的电流。电流互感器通常安装在配电线路的关键位置，如开关设备、变压器等。

2. 数据采集系统：数据采集系统负责将CT的信号转换为数字信号，并进行实时采集和存储。数据采集系统通常包括信号调理、模数转换、数据存储等功能。

3. 电流分析软件：电流分析软件用于对采集到的电流信号进行处理和分析。通过对电流信号的分析，可以提取出设备的特征参数，如电流变化趋势、电流波动等。这些特征参数可以用于评估设备的运行状态和健康状况。

4. 故障诊断：通过对电流信号的分析，可以发现设备的异常模式，如电流异常增大、波动异常等。<sup>[6]</sup>这些异常模式可能是设备接触不良、短路、断路等问题的表现。通过对这些异常模式的识别，可以实现故障诊断和预测。

### (四) 电压监测

1. 电压传感器：电压传感器是电压监测的核心设备，用于测量设备运行过程中的电压变化。电压传感器可以安装在设备的各个关键部位，如开关设备、变压器、电缆接头等。

2. 数据采集系统：数据采集系统负责将电压传感器的信号转换为数字信号，并进行实时采集和存储。<sup>[7]</sup>数据采集系统通常包括信号调理、模数转换、数据存储等功能。

3. 电压分析软件：电压分析软件用于对采集到的电压信号进行处理和分析。通过对电压信号的分析，可以提取出设备的特征参数，如电压波动、相位差等。这些特征参数可以用于评估设备的运行状态和健康状况。

4. 故障诊断：通过对电压信号的分析，可以发现设备的异常模式，如电压异常降低、相位差过大等。这些异常模式可能是设备绝缘性能下降、接头接触不良、设备过载等问题的表现。<sup>[8]</sup>通过对这些异常模式的识别，可以实现故障诊断和预测。

5. 维护决策：根据电压监测结果，可以制定相应的维护计划和策略。<sup>[9]</sup>例如，对于电压异常降低的设备，可以采取检查绝缘性能、更换损坏部件等措施；对于相位差过大的设备，可以采取调整设备布局、修复接触不良等措施。

## 四、配电设备预测性维护方法

### （一）基于故障树的预测性维护

1. 故障树构建：需要构建一个故障树模型，该模型描述了从设备正常运行状态到故障状态的所有可能路径。<sup>[10]</sup>这包括识别可能导致故障的各个组件和子系统，以及它们之间的相互作用。

2. 故障模式识别：通过故障树分析，可以识别出可能导致设备故障的各种模式。这些故障模式可能包括绝缘故障、接触不良、短路、过载等。

3. 风险评估：对识别出的故障模式进行风险评估，确定哪些故障模式对设备运行的影响最大，需要优先考虑进行预测性维护。

4. 数据收集：收集设备的运行数据，包括振动、温度、电流、电压等参数。这些数据将用于分析故障模式和预测设备故障。

5. 预测模型建立：基于收集到的数据，建立预测模型，用于预测设备故障的发生概率和时间。这些模型可以基于统计分析、机器学习或专家系统等方法。

6. 维护决策：根据预测模型的输出，制定维护计划和策略。这可能包括定期检查、更换磨损部件、调整运行参数等。

7. 维护执行：按照维护计划执行维护工作，包括检查、维修和更换部件。

### （二）基于数据的预测性维护

1. 数据收集：安装各种传感器来监测配电设备的运行参数，如电流、电压、温度、振动、油液状态等。这些传感器产生的数据被实时采集和存储。<sup>[11]</sup>

2. 数据预处理：对采集到的数据进行清洗、归一化处理，去除噪声和异常值，确保数据的质量和可用性。

3. 数据分析和建模：使用统计分析、机器学习算法（如监督学习、无监督学习、深度学习等）对预处理后的数据进行分析，建立设备正常运行的模式和异常检测模型。

4. 性能预测：通过模型预测设备在未来一段时间内的性能变化趋势，识别出可能导致故障的早期迹象。

5. 维护决策：根据预测结果，制定相应的维护计划，包括何时进行预防性维护、更换哪些部件等。

### （三）基于模型的预测性维护

1. 模型建立：根据设备的物理特性和运行机理，建立数学模型。<sup>[12]</sup>这可能包括电气模型、机械模型、热模型等。模型的建立可以基于物理定律、实验数据或先验知识。

2. 数据校准：使用实际运行数据对模型进行校准，确保模型能够准确模拟设备的正常运行状态。

3. 性能预测：通过模型预测设备在未来一段时间内的性能变化趋势，识别出可能导致故障的早期迹象。这包括预测设备的寿命、性能衰退等。

4. 维护决策：根据预测结果，制定相应的维护计划，包括何时进行预防性维护、更换哪些部件等。

## 结束语

本文的研究为配电设备的状态监测和预测性维护提供了一种新的思路和方法，对于提高电力系统的安全、稳定运行具有重要的意义。未来，将继续深入研究，探索更加准确、高效的状态监测和预测性维护方法，以满足不断增长的能源需求和提高能源利用效率的要求。

## 参考文献

- [1] 王记昌, 郑建欣, 吕俊霞. 配电设备在线状态监测及检修技术的发展趋势 [J]. 灯与照明, 2022, 46(01): 30-33.
- [2] 李伟龙. 配电网在线状态检修技术研究 [J]. 光源与照明, 2021, (12): 133-135.
- [3] 张冰纯. 徐州市区配电网状态检修模式及其关键技术研究 [D]. 中国矿业大学, 2021. DOI: 10.27623/d.cnki.gzkyu.2021.000391.
- [4] 孙宽舒. 电力系统电力一次设备状态检修应用研究 [D]. 南昌大学, 2020. DOI: 10.27232/d.cnki.gnchu.2020.001066.
- [5] 路军, 黄达文, 吴卫强, 等. 考虑配电设备多源监测数据缺失的深度森林状态评价方法 [J]. 新型工业化, 2020, 10(04): 1-6+12. DOI: 10.19335/j.cnki.2095-6649.2020.04.001.
- [6] 孙彤彤, 徐鹏鹏, 朱芸婷. 配电设备的关键状态监测与评价技术 [J]. 技术与市场, 2019, 26(08): 160.
- [7] 王荣. 基于设备健康指数的配电网状态评价方法的研究 [D]. 西安理工大学, 2019.
- [8] 勾旭东. 配电设备运行状态在线监测及能源优化调度研究 [D]. 沈阳工业大学, 2018.
- [9] 何江海, 张自然, 余龙, 等. 地铁供电系统设备状态在线监测的探讨 [J]. 电气化铁道, 2017, 28(06): 48-53. DOI: 10.19587/j.cnki.1007-936x.2017.06.013.
- [10] 周雨奇. 基于风险评估的配电网状态检修策略研究 [D]. 东南大学, 2017.
- [11] 朱新. 配电设备的关键状态监测与评价技术研究 [D]. 华北电力大学(北京), 2017.
- [12] 谭登亮. 配电设备状态检修技术研究 [J]. 电子测试, 2016, (09): 154+147. DOI: 10.16520/j.cnki.1000-8519.2016.09.086.