

# 分析风力发电机组故障诊断技术和状态监测措施

黄晓鹏

**摘要:** 风力发电机组故障诊断技术能够及时发现机组运行中的异常情况, 准确判断故障类型和位置, 为维修人员提供有力的技术支持, 从而缩短故障停机时间, 提高机组的运行效率。同时, 状态监测措施则能够实时监测机组的运行状态, 预测机组的维护需求, 为机组的预防性维护 and 健康管理提供科学依据。本文将对风力发电机组故障诊断技术和状态监测措施进行深入分析, 以期对相关领域的研究人员和实践者提供参考和帮助, 共同推动风力发电技术的持续发展和进步。

**关键词:** 风力发电机组; 故障诊断; 状态监测

## 引言

随着全球能源配置的不断完善和可再生能源的日益盛行, 风能发电作为一种环保且可持续的能源方式, 在世界各地都得到了广大的推广与实践。作为风力发电系统的关键组成部分, 风力发电机组的稳定运作在确保能源供给、减缓环境污染以及促进绿色能源发展方面具有不可忽视的重要性。然而, 风力发电机组由于其结构的复杂性和特殊的运行环境, 在运行过程中不可避免地会出现各种故障, 这不仅会妨碍机组的正常运行, 还可能引发严重的安全事故。因此, 对风力发电机组的故障检测技术和状态监控手段的研究与应用变得尤其关键。



## 一、风力发电机组故障诊断技术

### 1. 常用的故障诊断方法

#### (1) 基于模型的故障诊断

该方法首先构建一个精确的数学模型, 用以描述机组的正常运行状态。当机组出现故障时, 通过对比实际运行数据与模型预测数据, 可以及时发现异常。例如,

可以构建一个包含风速、发电机转速、功率输出等参数在内的动态模型, 用以模拟风力发电机组在各种风速下的运行状态。当实际监测到的发电机转速或功率输出与模型预测值出现较大偏差时, 即表明机组可能存在故障。此时, 通过进一步分析偏差的模式和趋势, 可以初步判断故障类型和位置, 如齿轮磨损、轴承故障等。这种基于模型的故障诊断方法, 能够实现了对机组运行状态的实时监测和预警, 有助于提高机组运行的可靠性和安全性。

#### (2) 基于信号处理的故障诊断

该方法利用传感器收集机组运行过程中的振动、声音、电流、电压等信号, 并运用信号处理技术对这些信号进行深入分析。例如, 通过频谱分析可以识别出机组运行中的周期性成分, 从而判断齿轮、轴承等关键部件的健康状态; 包络分析则能够提取出隐藏在复杂信号中的故障特征, 如冲击、摩擦等异常声音。当发现信号中的异常模式时, 如频率突变或振幅增加, 就意味着可能存在潜在的故障点。这种基于信号处理的故障诊断方法不仅灵敏度高, 而且能够实现对机组关键部件的实时监控, 及时发现并预防潜在故障, 从而确保风力发电机组的稳定运行。

### 2. 风力发电机组特定故障诊断

#### (1) 叶片故障

叶片是风力发电机组捕获风能的主要部件, 其性能直接影响机组的发电效率。叶片故障通常表现为裂纹、断裂或表面损伤。这些故障可能是由于长期疲劳、极端天气条件或制造缺陷导致的。

诊断叶片故障时, 通常会采用无人机或望远镜进行

**作者简介:** 黄晓鹏 (1997.07——), 男, 汉族, 本科学历, 助理工程师, 主要从事风力发电方面的研究工作。

目视检查，寻找叶片表面的明显损伤。此外，还可以利用振动传感器监测叶片在运行过程中的振动情况。若振动幅度或频率出现异常，可能意味着叶片存在结构问题。另外，声发射检测技术也可用于检测叶片内部的微小裂纹，这些裂纹在扩展前往往难以通过目视检查发现。

### (2) 齿轮箱故障

齿轮箱是风力发电机组中的关键传动部件，负责将风力驱动的低速高扭矩转换为发电机所需的高速低扭矩。齿轮箱故障通常包括齿轮磨损、断裂或轴承失效等。

诊断齿轮箱故障时，油液分析是一种有效的方法。通过定期分析齿轮箱油中的金属颗粒、水分和其他污染物，可以评估齿轮和轴承的磨损情况。此外，振动监测也是诊断齿轮箱故障的重要手段。安装在齿轮箱上的振动传感器可以捕捉到齿轮啮合过程中的异常振动，从而及时发现潜在的故障。

### (3) 发电机故障

发电机是将机械能转换为电能的核心部件。发电机故障可能包括绕组短路、绝缘损坏或轴承失效等。

诊断发电机故障时，电流和电压监测是关键。通过实时监测发电机的输出电流和电压，可以及时发现电气性能的异常。例如，电流的不平衡或电压波动可能意味着绕组存在问题。此外，红外热成像技术也可用于检测发电机绕组和轴承的温度分布，从而发现潜在的过热区域或故障点。

### (4) 控制系统故障

风力发电机组的控制系统负责监测和调节机组的运行状态。控制系统故障可能导致机组停机、性能下降或安全问题。

诊断控制系统故障时，通常会检查控制器的输入输出信号、传感器读数以及执行机构的响应。此外，还可以利用专业的诊断工具对控制系统的软件进行调试和分析，以找出潜在的逻辑错误或硬件故障。

综上所述，风力发电机组的特定故障诊断需要综合运用多种技术和方法。通过实时监测、油液分析、振动和声学检测以及电气性能测试等手段，可以及时发现并处理各种潜在故障，确保风力发电机组的稳定运行和高效发电。

## 二、风力发电机组状态监测措施

### 1. 振动监测

通过安装在机组关键部件上的振动传感器，如加速度传感器，实时监测机组运行时的振动情况。这些传感

器能够将机械振动转化为电信号，进而利用高精度的振动分析仪器对这些信号进行深入处理和分析。分析过程中，会关注振动的幅度、频率和方向等关键参数，以此来判断机组的工作状态和可能存在的故障。若振动特征发生异常变化，比如振动幅度突然增大或频率发生偏移，这可能意味着机组出现了如齿轮磨损、轴承损伤或不平衡等问题。通过这种方式，振动监测技术为风力发电机组的稳定运行提供了有力的保障。

### 2. 温度监测

通过在机组的关键部位，如发电机、齿轮箱、轴承等安装温度传感器，如热电偶或热电阻，可以实时监测这些部位的工作温度。正常工作时，各部件的温度会在一个稳定的范围内波动。然而，当机组出现故障或异常时，相关部件的温度往往会发生显著变化。例如，发电机绕组短路或过载时，其温度会迅速上升。同样，齿轮箱油液温度过高可能意味着润滑不良或齿轮磨损严重。温度监测系统的核心是对比实时监测到的温度数据与预设的安全阈值。一旦温度超过安全范围，系统会立即发出警报，提示操作人员及时进行干预，以防止故障扩大。通过这种方式，温度监测技术为风力发电机组的预防性维护 and 安全管理提供了有力的数据支持，确保了机组的稳定运行和延长了使用寿命。

### 3. 油液分析

油液分析是风力发电机组状态监测中不可或缺的一环，它通过对机组使用的润滑油、液压油等进行定期检测和分析，来评估油液的性能和机组的运行状态。这种分析方法涵盖了多个方面：其一，通过化学分析，可以检测油液中的化学成分，如酸值、碱值等，从而判断油液的污染程度和氧化状态；其二，物理分析则关注油液的粘度、密度、水分含量等物理指标，这些指标的变化能够反映出机组内部件的磨损情况和润滑效果；其三，光谱分析，如红外光谱、紫外光谱等，可以提供关于油液中化学成分和污染物的详细信息；其四，粒度分析则用于检测油液中颗粒物的大小和分布，以此评估油液的清洁度和机组的磨损状况。综合这些分析方法，油液分析能够为风力发电机组的故障诊断和预防性维护提供重要依据，确保机组的稳定运行并延长其使用寿命。

### 结束语

总的来说，风力发电机组的故障诊断技术和状态监测措施是保障风电场安全、高效运行的关键环节。随着

科技的进步和风电行业的发展，相信未来这些技术将更加成熟、智能化，为风电事业的可持续发展提供有力支撑。让我们共同期待一个更加绿色、高效、可靠的风电未来。

#### 参考文献

[1] 王景哲. 风力发电机组旋转机械的故障诊断技术分析[J]. 工程技术: 全文版, 2022 (11).

[2] 李亮军, 蒋喜, 张艳中, 等. 风力发电机组状态监测和故障诊断技术分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023 (4): 3.

[3] 张光奎, 童正, 朱志国, et al. 浅析风力发电机组轴承故障诊断及解决措施[J]. 电力设备管理, 2023 (18): 201-203.

[4] 付涛, 王元, 贺静怡. 风力发电机组状态监测和故障诊断技术研究[J]. 山西电力, 2023 (1): 4.