

# 风机关键部件故障诊断与检修流程优化研究

孙永上

华能新能源股份有限公司辽宁分公司 辽宁 沈阳 110000

**摘要：**风机关键部件因结构、功能及工作环境差异，故障类型多样。故障诊断技术涵盖振动监测、温度监测、油液分析及智能诊断等，可精准捕捉故障。现有检修流程存在弊端，需向基于状态的预知性检修及数字化协同化优化。同时，需从技术与设备、人员素质与管理机制、数据积累与持续改进等方面提供保障，以提升风机运维水平。

**关键词：**风机关键部件；故障诊断；检修流程；优化研究

**引言：**在工业领域，风机作为关键设备，其稳定高效运行至关重要。然而，风机关键部件因结构、功能及工作环境差异，故障类型与特点多样。传统检修流程存在诸多弊端，难以满足现代运维需求。在此背景下，先进的故障诊断技术不断涌现，为风机运维提供了有力支撑。同时，风机检修流程优化成为必然趋势，而技术与设备、人员素质与管理机制、数据积累与持续改进机制等方面的保障措施，是推动风机故障诊断与检修流程优化、保障风机稳定运行的关键所在。

## 1 风机关键部件及故障特点分析

风机作为众多工业领域中不可或缺的关键设备，其关键部件是维持其稳定、高效运行的核心所在。然而，不同部件由于自身结构、功能特性以及所处工作环境的差异，所呈现出的故障类型与特点也各不相同。（1）叶轮是风机输送流体的核心部件，在长期运行过程中，它直接与输送介质接触，会受到介质的持续冲刷。同时，在风机启停以及运行过程中的交变载荷作用下，叶轮极易产生疲劳损伤。常见的故障表现为叶片磨损，这会导致叶片表面粗糙度增加，影响气流的顺畅通过；叶片出现裂纹，裂纹会随着运行时间的延长逐渐扩展，降低叶片的结构强度；叶片变形则会使叶轮的动平衡遭到破坏，进而影响气流的稳定性和风机的运行效率。（2）轴承作为支撑风机旋转部件的关键组件，长期处于高速运转状态。在这种工况下，容易出现润滑不良的情况，导致摩擦力增大，进而引发磨损。磨损严重时会产生过热现象，表现为轴承部位温度升高，同时还会伴随振动异常。（3）电机是风机的动力来源，其内部绕组可能因长期运行而出现绝缘老化问题，降低绝缘性能，增加短路风险。转子失衡会导致电机运行时产生异响，输出功率下降，严重时甚至会烧毁电机。此外，接线故障也会影响电机的正常供电，造成运行异常。（4）齿轮箱在风机的变速传动中承受着较大的扭矩，常见的故障有齿轮磨

损、齿面胶合以及轴承损坏等，这些故障往往会伴随冲击振动和异常噪声的产生<sup>[1]</sup>。

## 2 风机关键部件故障诊断技术

### 2.1 振动监测与分析技术

在风机故障诊断领域，振动监测堪称应用最为广泛且行之有效的技术手段之一。（1）其核心原理在于，通过在风机关键部件，如轴承座、电机端盖、齿轮箱壳体等位置，精准安装振动传感器，实现对风机运行过程中振动信号的实时、精准采集。（2）采集到的振动信号蕴含着丰富的故障信息，借助专业的分析软件，可对其进行时域、频域等多维度分析。在时域分析中，能直观观察到振动信号随时间的变化规律；而频域分析则可深入挖掘信号中不同频率成分的特征。例如，当轴承滚动体出现磨损时，会产生特定频率的振动峰值；叶轮不平衡会引发与风机转速同步的振动分量；齿轮箱齿轮啮合不良时，会表现为啮合频率的谐波异常。（3）通过持续监测并结合振动信号的趋势变化，能够敏锐捕捉到风机潜在故障的早期迹象，及时发出预警，为技术人员精准定位故障位置、制定合理的维修策略提供坚实可靠的依据。

### 2.2 温度监测与油液分析技术

在风机状态监测与故障诊断体系中，温度监测与油液分析技术发挥着不可或缺的重要作用。（1）温度监测主要借助红外测温仪、热电偶等先进设备，对风机关键部件如轴承、电机绕组、齿轮箱等的温度进行实时、精准监测。部件温度的异常升高往往是故障的先兆，可能暗示着润滑失效，使得部件间摩擦增大、产热增多；也可能是过载运行，导致能量损耗加剧、温度上升；亦或是内部短路，引发局部过热。（2）油液分析技术聚焦于齿轮箱、轴承等润滑系统，通过专业检测手段，深入分析油液中的磨粒含量、粒度分布以及污染物成分等关键指标。例如，若油液中出现大量铁磁性磨粒，基本可判定齿轮或轴承存在严重磨损；而油液水分超标，则提示

密封失效，外界水分侵入，需及时采取处理措施，以防故障进一步恶化。

### 2.3 智能诊断技术的应用

在科技飞速发展的当下，随着人工智能技术的持续进步，基于机器学习、深度学习的智能诊断技术正逐步且广泛地应用于风机故障诊断领域。（1）智能诊断技术的实施，首先依赖于构建全面且详尽的故障数据库，它涵盖了风机在不同工况、不同故障类型下的各类数据。随后，借助神经网络、支持向量机等先进算法，对振动、温度、声音等多源数据进行深度训练。通过大量数据的“学习”与“优化”，建立起精准可靠的故障识别模型。（2）这一模型具备强大的功能，能够实现对风机故障的自动分类与精准预测。例如，在处理振动信号时，通过有效的特征提取手段结合深度学习算法，可显著提高对早期微弱故障的识别准确率。这不仅极大地减少了人工判断过程中可能存在的主观性与误差，还为风机故障诊断提供了更为高效、精准的技术支撑，有力保障了风机的稳定运行<sup>[2]</sup>。

## 3 风机检修流程的现状与优化方向

### 3.1 现有检修流程的问题

在当前的风机运维管理中，检修流程大多仍沿用传统的定期预防性检修或故障后维修模式，然而这两种模式均存在较为突出的弊端。（1）定期预防性检修模式虽旨在通过预设的检修周期来预防故障发生，但实际操作中却难以精准把握检修时机。一方面，可能因尚未到达故障实际发生周期就进行拆检，使得风机不必要的停机次数增加，不仅打乱了正常的生产计划，还大幅提高了检修成本，包括人力、物力和时间成本等。另一方面，若故障提前出现，而定期检修周期未到，就极有可能因未能及时检修而导致故障进一步扩大，引发更严重的设备损坏，甚至造成整个生产系统的瘫痪。（2）故障后维修模式则更为被动，完全是在故障发生后才采取行动，缺乏前瞻性和计划性。这往往会导致生产中断时间过长，给企业带来巨大的经济损失。而且，由于是应急维修，在维修前的准备工作可能不充分，如备件储备不足、技术人员准备不充分等，进而影响维修质量，使得风机在修复后仍可能存在潜在隐患。

### 3.2 基于状态的预知性检修流程优化

在风机运维领域，以先进的故障诊断技术为基石，构建基于状态的预知性检修流程，已然成为优化检修模式的核心方向。这一流程借助全方位、实时的监测手段，对风机关键部件的运行状态进行精准把控，通过深入分析故障诊断结果，科学判断设备的健康程度，进而

量身定制个性化的检修计划。其具体流程严谨且有序：首先进行状态监测与数据采集，利用各类高精度传感器，实时收集振动、温度、压力等多维度数据；接着开展故障诊断与寿命预测，运用智能算法对数据深度剖析，精准识别潜在故障并预测部件剩余寿命；随后制定检修决策与计划，依据诊断结果合理安排检修时间与内容；之后进行备件准备与资源调配，确保检修所需物资和人力及时到位；再开展检修实施与质量验收，严格按照标准流程作业并严格检验检修质量；最后进行检修后评估与数据反馈，总结经验教训，为后续检修提供参考。该流程真正实现了“按需检修”，有效避免了过度维修造成的资源浪费和欠维修引发的故障扩大，显著提高了检修的针对性与经济性，为风机的稳定运行提供了坚实保障<sup>[3]</sup>。

### 3.3 检修流程的数字化与协同化优化

在风机检修流程的优化进程中，借助物联网、大数据平台实现数字化管理是关键的一步。通过在风机各关键部位部署物联网传感器，能够实时采集设备参数、运行状态等海量数据，并与故障记录、检修历史等信息一同整合存储于大数据平台。随后，运用先进的数据分析算法对这些数据进行深度挖掘，精准找出设备故障的潜在规律和影响因素，进而优化检修方案，提高检修的精准度和前瞻性。例如，利用数字孪生技术构建风机的虚拟模型，该模型能够实时映射实际风机的运行状态。在此基础上，模拟不同检修方案的效果，直观呈现各方案对风机性能、寿命等方面的影响，为检修决策提供科学、可靠的参考依据。与此同时，加强检修团队、技术部门、备件管理部门之间的协同至关重要。通过搭建统一的信息化系统，实现信息的实时共享与高效传递。检修团队能及时获取技术支持和备件信息，技术部门可快速了解现场检修情况并提供指导，备件管理部门能根据检修需求精准调配物资。如此一来，大大缩短了检修准备时间，提高了各环节的衔接效率，确保检修工作能够有条不紊、高效有序地推进。

## 4 风机故障诊断与检修流程优化的保障措施

### 4.1 技术与设备保障

在风机故障诊断与检修流程优化工作中，技术与设备的保障是基础且关键的环节。（1）要加大对先进故障诊断设备的资金投入力度。积极引进高精度振动分析仪，其具备高灵敏度和精准的分析能力，能够捕捉到风机运行过程中细微的振动变化，为准确判断故障类型和位置提供有力依据；部署在线油液监测系统，可实时监测风机润滑油中的磨粒、水分、酸值等关键指标，及时

发现齿轮、轴承等部件的磨损和润滑状态异常；安装智能传感器，能对风机的温度、压力、转速等多参数进行全方位、实时监测，拓宽数据采集的维度和广度。（2）要大力推动诊断技术与信息技术的深度融合。组织专业团队开发适用于风机的智能诊断系统与数字化检修管理平台，利用大数据、人工智能等技术实现数据的智能分析和处理，为故障诊断提供更科学、高效的决策支持，也为检修流程的优化提供强大的技术支撑。（3）还需建立完善的设备维护管理制度，定期对诊断设备进行校准与维护，确保其始终处于性能稳定可靠的状态，从而保障数据采集与分析的准确性，为风机故障诊断与检修工作的高质量开展奠定坚实基础。

#### 4.2 人员素质与管理机制保障

在风机故障诊断与检修流程优化工作中，人员素质与管理机制保障是确保各项措施有效实施的关键要素。

（1）针对运维人员，需加强专业培训力度。通过组织系统化的课程学习与实操演练，让运维人员熟练掌握振动分析技术，能够精准解读振动信号中的故障特征；熟悉油液检测流程，依据油液中的磨粒含量、成分等指标判断部件磨损状况；熟练操作智能诊断系统，利用先进算法快速准确地定位故障。以此全面提升运维人员的故障判断与处理能力，为高效开展检修工作奠定坚实基础。

（2）要建立健全检修管理制度。明确各岗位的职责边界与工作流程，制定详细、规范的检修操作标准，确保每一个环节都有章可循、有据可依。此外，引入科学合理的绩效考核机制，将检修效率、故障处理质量、成本控制等关键指标与员工绩效紧密挂钩。通过量化考核，激发员工的工作积极性与责任心，促使他们主动遵循优化后的检修流程，保障检修工作的高质量完成，进而推动风机故障诊断与检修流程优化工作取得实效<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 数据积累与持续改进机制

在风机运维修管理的精细化进程中，数据积累与持续改进机制是推动故障诊断与检修流程不断优化的核心驱动力。（1）要高度重视故障数据与检修数据的系统性积累。构建完善且全面的数据库，详细记录每一次故障的

类型、具体表现、触发原因，以及所采用的诊断方法、检修方案、处理后的实际效果等信息。这些数据不仅是风机运行状态的“病历本”，更是后续故障诊断与流程优化的宝贵“智囊团”，能为技术人员提供丰富的参考依据，助力快速准确地判断故障、制定科学合理的检修策略。（2）需建立定期评估机制，对检修流程的实施效果进行全面、深入的分析。通过对比预期目标与实际成效，精准找出存在的问题与不足。在此基础上，结合行业技术发展动态和风机设备的实际运行状况，动态调整检修策略，确保其始终与设备需求相匹配。如此，形成“监测-诊断-检修-改进”的闭环管理模式，使风机运维工作在不断循环中持续完善，实现运维水平的螺旋式上升，为风机的稳定运行和高效发电提供坚实保障。

#### 结束语

风机关键部件故障特点多样，故障诊断技术不断发展，从传统振动、温度监测到智能诊断，为运维提供有力支撑。然而现有检修流程存在诸多问题，基于状态的预知性检修以及数字化与协同化优化成为必然趋势。在此过程中，技术与设备保障是基础，确保数据采集精准、分析科学；人员素质与管理机制保障是关键，提升运维能力与流程执行力；数据积累与持续改进机制是核心驱动力，推动运维水平不断提升。通过全方位保障措施的协同推进，形成“监测-诊断-检修-改进”的闭环管理模式，实现风机运维的精细化、科学化，保障风机稳定高效运行。

#### 参考文献

- [1]彭凌云,韩虎.关于风电机组检修维护的要点讨论[J].机电产品开发与创新,2022,35(06):173-176.
- [2]刘旭.风机变流器主断路器失效分析与维护检修[J].电机技术,2021(01):26-31.
- [3]魏清.风电企业风机检修维护管理模式[J].现代制造技术与装备,2020(06):223-224.
- [4]孙佳伟.风力发电厂风机的检修和维护[J].当代化工研究,2018(08):134-135.