

# 风力发电机组故障预警策略探讨

张亚军 秦建宁 黄秉利  
郑州奥特科技有限公司 河南 郑州 450000

**摘要:** 风电作为我国实现二氧化碳减排和碳中和的关键措施,随着其机组规模的持续扩大,风电机组中的转子、主轴、齿轮箱、发电机、变频器、液压制动器等部位频发故障。这些故障导致部分传动链失效,增加了停机时间,并且零部件采购周期长,需要依赖大型机械设备如起重机进行维修。这不仅增加了风机运行维护成本,还影响了风机输出功率,降低了其经济性。为了降低运行成本、提高运行效率,预防性维护策略在风电场运行管理中备受关注。因此,对风机进行定期检修和检查,确保其无故障或损坏,是风电场运行管理中的重要任务。

**关键词:** 风力发电机组;故障报警;策略;分析

**前言:** 我国风电基地投资规模扩大,为提高运营效率,降低成本,风力发电公司应加大事故预防投入。保障风机安全稳定运行是关键。应对全球能源危机,需对风电机组进行风险评估与维护管理。大部分风电机组在偏远地区,发电技术中低端,导致安全事故频繁。本文分析危险因素,提出计算方法,为维护管理提供参考。

## 1 风力发电机组

### 1.1 风电机组简介

风力发电,顾名思义,乃是通过利用风能转化为电能的过程。在运行中,风力发电机组通过风机叶片的旋转,利用电磁感应原理,将机械能转化为电能。经过变压器的调压处理,电能得以顺利输送到全国各地,为国家的电力供应提供有力支持。为了确保风力发电的稳定运行,我国的风电机组多采用恒速恒频和变速恒频技术。在以往,恒速恒频技术是主流,但随着我国风电技术的不断进步与创新,变桨距风电机组逐渐成为主流。这种机组的特点在于其叶片转速能够根据风速的变化进行调整,同时结合变流技术实现转矩记忆控制,从而确保风电机组的输出频率始终保持稳定。由于变速恒频技术具有显著的优势,目前国内风电机组并网系统已广泛应用此技术。

### 1.2 风力发电机组故障特征

针对各种类型的风电机组,每年至少会发生20次的故障事件,其中由于产品质量问题所导致的故障比例超过70%。通常情况下,风机内部故障不会对辅助设备和整机的安全性构成直接威胁。因此,维护工作通常仅在负载率极低的情况下进行。许多机组厂商为了确保安全,明确规定仅在设备停止运行时才能进行维护操作。值得注意的是,风电机组故障大多发生在机组内部,其中传动系统是最为常见的故障部位。为了准确判断是否存在

故障,除了依靠日常巡检外,还需要依赖高质量的检测结果以及对振动谱的详细检测。

## 2 风电机组在运行中的主要失效形式

### 2.1 叶片组件失效

鉴于风机长期暴露在空气中,其表面极易受到腐蚀和磨损,从而影响风机的运行效率,甚至引发一系列故障。同时,在长时间高负荷运行过程中,由于叶片性能和质量存在差异,整体结构容易发生松动,导致叶片旋转受力不均,这严重影响了风机设备的正常运行。因此,技术人员必须对这些问题给予足够的重视,并及时修复受损的叶片和结构,以防止未来生产中出现更大的事故。

### 2.2 齿轮箱有故障

通常利用齿轮箱调控主轴的左转角速度,将风力有效转化为电能,进而提升电能的质量。一旦齿轮箱出现故障,将严重影响设备的正常运行。考虑到齿轮箱在长期运转中会伴随摩擦,其内部温度会迅速上升。若热量无法得到及时有效的散发,润滑油的性能将大打折扣,进而导致机组负荷出现波动,改变原有的工作转速。此外,部分设备内部的齿轮箱设计欠妥,使得我们难以精确评估齿轮的承载能力,引发设备启动后的失效问题。同时,由于齿轮箱长期在严苛的环境中服役,其内部难以避免地出现腐蚀和磨损等问题,严重影响了风电机组的正常运行。

### 2.3 电机系统有故障

风力发电机的运行状况与其所处的工作环境有着密切的关联。鉴于风电机组的特殊运作机制,其经常在露天环境中运作,因而容易受到诸如风沙、雨雪、强风等恶劣天气条件的影响。这些因素可能导致机械内部短路、轴承过度磨损和过热等故障。此外,由于轴承的磨

损以及设备内部温度过高的原因，也可能引发设备故障，甚至导致停机。因此，风力发电系统的稳定运行对确保机组运行效率和电能质量具有重要的意义。

### 3 风力发电机组故障风险评价

#### 3.1 运行维护管理制度不完善

当前，中国风电场运营管理系统仍存在明显不足，其建设标准尚未统一，相关规章制度有待完善。在施工过程中，由于缺乏统一的数据核查整理规范，导致故障发生后难以彻底解决，给检修管理工作带来了混乱。此外，由于风电机组运行与维护管理机制不完善，风电机组在运行与建设过程中面临的风险加大，大量故障未能及时发现，严重影响了风电场的整体运行效率和经济效益。

#### 3.2 风力发电机维护管理人员的专业技能不足

风机运行管理水平不足是导致机组安全运行的直接原因，而整体状态监控能力的欠缺则是影响机组安全运行的关键因素。然而，目前国内风电机组在运行中普遍存在对机组故障管理认识不足的问题，未能从根源上解决故障。更令人担忧的是，许多维修人员对一些小故障问题不予重视，导致不能及时检修，严重影响了维修工作的正常进行。

### 4 故障诊断理论

近年来，尽管风机故障诊断理论研究已取得显著进步，但仍面临一定程度的局限性。为了达到最佳效果，我们必须充分利用现代信息技术，强化其预警功能和应用能力。同时，单凭一种故障诊断理论无法全面预测和处理各类故障，因此需整合各类故障诊断理论，以发挥不同特征数据算法的优势，提高结果的准确性。小波分析法在时域和频域解析方面具有显著优势。该方法首先对每个尺度进行小波滤波，然后对每个小波半区进行分离，从而获得更精确的分解结果。在此基础上，结合小波包理论和数据网络，我们研究了一种新型的风机故障诊断方法。该方法结合了小波包数据网络和BP神经网络，通过去噪、特征向量提取等技术手段，实现了风机故障的准确诊断。

### 5 检修方案

#### 5.1 故障检修方式

##### (1) 风速仪失效的处理方法

风速仪作为风电机组的核心部件，其正常与否直接关系到发电机组的正常运行。一旦风速仪发生故障，将导致发电机无法正常运行，进而影响到电动交通的正常运作和转速。因此，必须对风速仪进行全面的检修，确保其性能和灵活性，以防止故障的发生。在检修过程中，需要仔细检查风速仪的相关零件，并对其余部件进

行全面的检查，确保风速计能够正常工作，从而保证风力发电机稳定运行。

##### (2) 非正常移动故障的处理方法

针对风力发电过程中产生的异常噪声，我们必须高度重视其识别和排除工作。对于可能出现的传输系统故障，应进行全面的温度和振动监测，以预防潜在问题。为了确保风力发电的正常运行，我们必须及时解决当前的故障状况，并满足相关标准要求。

##### (3) 温度过高时停止故障的技术处理措施

风机运行时，若温度异常，系统将自动停机以防设备受损。停机原因可能包括风机、控制盒、晶闸管等设定值超出安全范围。为确保风机正常运行，维修人员需精确调整各部件间隙，并对冷却系统和机油质量进行检查，以便分析故障原因。完成故障排除后，风机可重新启动运行。

##### (4) 桨距调节装置失效的技术对策

风机桨距系统故障时，需及时排查、修复，分析原因。进叶轮区时，保证安全门关闭。调整沥青机构时，适当改变机构并检测可靠性。遵循技术规范进行维护，如精确测量手动调距链条尺寸及性能测试。合格后方可投入使用。

##### (5) 关于电网故障的处理方法

设备运行中，风机与电网稳定性密切相关。定期维护时，全面检查机组，确保正常工作。检测电压、频率，保证风机运行。必要时，断开主空气开关，检查电力探测元件、电路、保险丝及电压力保护装置。确认符合要求后，重启风机。

#### 5.2 改良性检修方式

改良性检修是风电装备故障及固有缺陷的常见维护方式。风电装备初期可能存在协调障碍和设计缺陷，导致部分部件未经检测直接运行，增加故障风险。为避免事故，及时发现并解决潜在问题，提高稳定性和可靠性，确保风电场正常运行，实施改良性检修至关重要。

#### 5.3 预防性检修方式

预防性维护模式通过定期检查、调整和加固风电机组内部部件及易损部位，确保风机稳定运行。此模式的优势在于能及时发现故障源头或问题，快速准确应对，减少停机时间。提前更换组件预防故障，保证正常运作，提高运行效率。同时，有助于节能，实现高效能源管理。

#### 5.4 设备状态检修方式

其基本思路为：通过预测设备运行状态，制定科学的维护方案，以最大程度地节省人力和物力。根据设备

运行状态推测未来状态,科学调整方案中的各个细节,从而提高维护效率。该方案能及时准确地定位问题所在,并制定针对性的解决方案。此方案的核心优势在于能使机组在最佳状态下运行,从而提高工作效率,降低非计划停机成本。鉴于风机主要部件的价格较高且故障率较低,主轴承、风电机等大型部件一般不会出现故障,发电场也无需对这些部件进行备用。然而,一旦这些大型设备发生故障,将可能造成巨大的电能损失。通过实施状态监测,可以显著降低此类故障的发生概率,从而减少损失。为了准确判断风机的运行状态,我们需要采用多维度的监测方法,如振动在线监测、润滑油在线监测以及定期化验等。但这些方法的实际应用需以准确的故障诊断为前提。当前的机组诊断方法尚不够完善,因此若要全面诊断整个机组,尚需在现有基础上进行改进。此外,状态检测的成本相对较高,因此是否采用此方法还需专业人员综合考虑。

## 6 风力发电机运行维护的策略探讨

### 6.1 加强风电机组润滑油保养工作

在确保风电机组正常运行的过程中,润滑油起到了至关重要的作用。因此,维护和优化风电机组的润滑系统是首要任务。目前,广泛采用的方法是使用稀油润滑,并定期进行取样分析,以提升发电机轴承和传动装置的运行平滑度,进而提高整体运转效率。同时,滤芯的定期检查和更换也十分必要,这样可以确保油箱内润滑油的充足。除此之外,为了防止可能对风机运行及环境造成不利影响的状况发生,应及时处理机组排出的油。

### 6.2 做好日常维护工作

预防性维护是确保风电机组稳定运行的关键措施,因为风电机组在正常工作中难免会遇到各种故障。为了提高故障处理的效率,检修人员应对故障进行统一编码并详细记录,然后整理成册。这样,在将来遇到类似问题时,可以快速、准确地参考这些资料,确保维修工作的顺利进行。

#### (1) 注意事项

维护人员要用肉眼观察风机内的电缆有没有损坏或移位,并注意各元件有无违规放电现象,同时还要保证发电机的地碳刷与地面的接触情况,压力表的运转情况,可动部件是否磨损发热,齿轮箱及发电机是否堵塞。

#### (2) 聆听

在发电机的日常维修中,需密切关注其运转声音,因为一旦出现故障,往往伴随着异响。因此,维修人员

需仔细辨别是否存在接触不良或内部零件损坏的情况,以确保发电机的正常运行。

#### (3) 人工操作

在日常维护与修理工作中,我们需慎重对待润滑油泵的更换事宜,并在维修作业结束后,细致清扫工作现场,确保各部件均能正常运作。此外,还需对液压传动机构的运行状况进行细致检查,并手动测试桨叶的伸缩性能,以确保其正常工作。

### 6.3 提升检修人员的业务技能水平

机组人员的专业素质对于机组故障处理的成功与否具有至关重要的影响。因此,在选拔机组维护人员时,我们必须全面考察其技术能力,确保其技术水平能够满足风机故障风险评估和维护决策的需要,从而充分发挥其作用,提升风电场的经济效益。例如,在风机的日常运行过程中,如果发现任何部件出现故障,维护人员应具备基本的故障判断和处理能力,能够迅速定位并处理设备故障,避免故障扩大化。维护人员的工作能力直接关系到风电场的工作效率,因此,我们必须重视对维护人员进行相关知识和技能的培训,提高其维修技术水平,以降低小故障的发生率。

#### 结语

综上所述,为了增强风电机组运行的可靠性和经济性,我们必须全面评估风机的整体性能,显著提升其性能水平,从而降低风机失效的风险,确保其稳定运行。为此,本文提出了一系列针对性的预防措施,旨在预防和控制发电机故障。同时,工作人员也应增强自身的安全意识,采用更为高效的检测和维修方法,以便尽早发现设备和运营中的问题,提高设备的使用效率,进而提升风电场的整体经济效益。

#### 参考文献

- [1]薛鹏,李鑫泉,刘立峰,胡建华.浅析风力发电机组检修维护工作安全管理要点[J].中国设备工程,2019(02):58-59.
- [2]杨立忠.风力发电机组的检修策略分析与探讨[J].民营科技,2018(04):55.
- [3]彭效果,黎燕航.基于根因分析方法的风电场故障处理应用[C]//第七届中国风电后市场交流合作大会论文集,2020:121-123.
- [4]杨力.风机实时故障检测与预警研究[D].成都:电子科技大学,2021.
- [5]毛小丽.风力发电机组故障特征分析与诊断方法研究[D].华北电力大学,2017.