

风电机组齿轮箱常见故障统计及分析

崔凯

辽宁龙源新能源发展有限公司 辽宁 沈阳 110000

摘要: 在清洁能源重要性不断凸显的背景下,风电作为一种环保、可再生的能源形式,得到了广泛的关注和应用。而在风电机组中,齿轮箱作为核心组成部分之一,承担着将风能转化为电能的重要任务。然而,由于长时间高速运转和复杂工况的影响,齿轮箱常常会遇到各种故障,影响风电机组的正常运行。本文将对风电机组齿轮箱常见故障进行统计与分析,以期更好地理解存在问题,并为提高风电机组的可靠性和稳定性提供一些思路和建议。

关键词: 风电机组; 齿轮箱; 常见故障; 解决方法

Statistics and Analysis of Common Faults in Wind Turbine Gearboxes

Cui Kai

Liaoning Longyuan New Energy Development Co., Ltd. 110000, Shenyang, Liaoning Province

Abstract: In the context of the growing importance of clean energy, wind power, as an environmentally friendly and renewable form of energy, has been widely concerned and applied. In the wind turbine, the gearbox, as one of the core components, undertakes the important task of converting wind energy into electricity. However, due to the influence of high-speed operation and complex working conditions for a long time, the gearbox often encounters various failures, affecting the normal operation of the wind turbine. This paper will make statistics and analysis on the common faults of wind turbine gearbox, in order to better understand the existing problems, and provide some ideas and suggestions for improving the reliability and stability of wind turbine.

Key words: Wind turbines; Gearbox; Common faults; Solution

风能作为可再生能源的重要组成部分,在全球范围内得到了广泛的应用。风电机组作为风能发电的主要装置之一,具有可持续发展和清洁能源的重要地位。在风电机组中,齿轮箱具有重要的作用,齿轮箱故障对于风电机组的可靠性和性能产生了显著的影响,其故障不仅会导致设备停机维修,还会对维护成本和发电效益产生负面影响,因此需要深入研究齿轮箱的故障情况,分析其根本原因,对于提高风电机组的运行可靠性和降低运维成本具有重要意义。

1 风电机组齿轮箱概述

风电机组齿轮箱是将风能转化为机械能的重要组成部分,其主要功能是将风轮机叶片传来的动能通过齿轮传递到发电机,进而产生电能。齿轮箱通常由外壳、齿轮、轴承、润滑系统等部分组成,外壳起到保护齿轮和内部构件的作用,齿轮则实现动力的传递和转换,轴承支撑齿轮的旋转,润滑系统确保齿轮的正常运转和使用寿命。齿轮箱作为风电机组的核心部件之一,对整个风能发电系统具有重要影响,其传动效率、可靠性和使用寿命直接影响着风电机组的性能和经济效益。高效的齿轮传动能够提高发电效率,降低能源

损耗,稳定可靠的齿轮箱可以保障风电机组的长期稳定运行,减少维护成本和停机时间,所以齿轮箱在风能发电系统中具有不可替代的地位。虽然齿轮箱在风能发电中具有重要作用,但也面临着一些挑战,风电机组通常在恶劣的环境条件下运行,齿轮箱容易受到颠簸、冲击和湿度等因素的影响,导致故障和损坏,所以齿轮箱的设计和制造需要考虑到材料的耐久性和防护措施,同时随着风电技术的不断发展,齿轮箱也在不断创新,采用更先进的材料和制造工艺,以提高其可靠性和性能^[1]。

2 风电机组齿轮箱常见故障分析

2.1 齿轮损坏故障

故障形式: 齿轮齿面受到长时间高负荷运转的摩擦作用,容易出现磨损现象,导致齿轮的精度降低,传动效率下降; 齿轮齿面承受着巨大的载荷,如果超过材料的强度极限,就会出现齿面断裂,导致齿轮失去正常传动功能; 齿根是齿轮的薄弱部位,长时间的高负荷工作可能导致齿根断裂,严重影响齿轮的承载能力; 长时间的往复载荷作用会导致齿轮表面出现微小的裂纹,逐渐扩展形成疲劳裂纹,最终

导致齿轮损坏；不良的齿轮啮合会导致齿轮表面受到不均匀的应力，加剧磨损和断裂的风险。

故障原因：风电机组在风能转化时需要承受巨大的载荷，过大的载荷会超过齿轮的承载能力，导致损坏；不合理的润滑会增加齿轮之间的摩擦和磨损，进而引发齿轮损坏；齿轮制造过程中存在材料缺陷、加工不当等问题，容易导致齿轮的强度和精度不达标；齿轮箱的设计是否合理直接关系到其运行的稳定性，设计不合理会导致齿轮在运行中受到过大的应力；风电机组在风能转化过程中会产生振动和冲击，如果不加以有效的控制，会引发齿轮损坏；长时间的往复加载会导致齿轮表面出现疲劳裂纹，最终导致损坏；风电机组常常在恶劣的气候和环境条件下运行，如潮湿、高温等，容易加速齿轮的腐蚀和损坏。

2.2 轴承失效故障

故障形式：高速旋转的轴承在长期运行中，受到载荷和振动的影响，容易产生疲劳磨损，表现为轴承表面的磨损和剥落；轴承滚珠在运行过程中，由于过大的载荷或不良的润滑等原因，可能脱离轨道，导致滚珠脱落，严重影响轴承的正常运转；轴承在运行中可能受到杂质进入、润滑不良等因素的影响，造成卡涩或卡住现象，导致轴承失去正常的滚动功能；轴承可能因为疲劳加载、冲击等原因出现裂纹，进一步扩展导致轴承的断裂，严重影响齿轮箱的工作稳定性^[2]。

故障原因：长时间的高温 and 过大的载荷会导致轴承的温度升高，进而引发轴承失效；风电机组在风能转化过程中会产生振动和冲击，如果不加以有效的控制，会引发轴承失效；轴承安装时若不平衡或装配不良，使得轴承受到不均匀的载荷，影响其寿命和性能。

2.3 转子不平衡故障

故障形式：转子不平衡会导致风电机组齿轮箱内部的振动增大，机组运行时可能出现异常的震动和颤动；引起齿轮箱内部的部件摩擦和碰撞增大，导致机组噪声明显增加；影响风电机组的运行平稳性，可能导致整个机组的振动异常，甚至影响机组的正常运转；长期运行下，转子不平衡会导致轴承、齿轮等部件受到不均匀的负载作用，从而加速其磨损和损坏；转子不平衡会引起机组内部的传动不平稳，导致传动效率下降，影响风电机组的发电效率。

故障原因：在齿轮箱的制造和装配过程中，产生零部件的制造误差，导致转子在装配后产生不平衡；齿轮箱零部件的装配如果不当，可能会导致转子在运行过程中产生不均匀分布的质量，从而引起转子不平衡；齿轮箱内部的磨损颗粒、杂质等，会改变部件的质量分布，导致转子不平衡。

2.4 油封泄漏故障

故障形式：油封失效导致齿轮箱内的润滑油泄漏，可能会造成润滑不足，进而影响齿轮和轴承的正常工作，加速磨损和损坏；导致齿轮箱内部的污染物，如灰尘、水分等进入，加速齿轮和轴承的磨损，影响设备寿命；导致润滑油的

流失，使齿轮箱内部的温度升高，可能引起润滑油变质，影响润滑效果；导致润滑不均匀，使齿轮箱内部部件的工作不稳定，影响风电机组的正常运行。

故障原因：油封在长期运行过程中会受到温度、压力等因素的影响，从而导致油封材料老化、变硬，失去密封性能；油封在安装过程中，如果没有正确的安装方法，可能导致油封变形、磨损，从而严重影响其密封效果；过度紧固齿轮箱螺栓等部件可能会导致油封处的压力不均匀，使油封失去密封性能。

3 风电机组齿轮箱常见故障的有效处理措施

3.1 齿轮损坏故障的处理

为了及时发现齿轮损坏问题，风电运维团队应该建立定期的检查与维护计划，对齿轮箱进行定期检查，以确保齿轮的运行状态和健康状况；振动监测技术可以帮助监测齿轮箱的振动情况，通过分析振动数据，可以判断齿轮的运行状态和是否存在异常；良好的润滑管理可以减少齿轮的磨损和摩擦，延长齿轮的使用寿命。风电运维团队应该确保齿轮箱内的润滑油质量和油位，及时更换润滑油，保持适当的润滑；在齿轮的加工制造过程中，应该严格控制加工质量，确保齿轮几何尺寸和表面质量符合设计要求，避免因加工质量不合格导致的齿轮损坏；一旦发现齿轮损坏故障，风电运维团队应该及时进行故障分析与诊断，找出故障的根本原因，以便采取有效的处理措施；对于严重损坏的齿轮，需要及时更换，确保风电机组的正常运行，在更换过程中要注意选择符合设计要求的齿轮，并确保更换过程的精准度；齿轮箱的维护和管理需要协同合作，包括设备制造商、运维团队等的共同努力，确保齿轮箱的正常运行^[3]。

3.2 轴承失效故障的处理

风电机组在运行过程中会受到不均匀的载荷作用，过大的载荷会加速轴承的损坏，因此通过合理的设计和安装，将负荷分担到多个轴承上，减少单一轴承的负荷，从而延长轴承的寿命，还采取减震措施，降低振动对轴承的影响，也能有效减缓轴承失效的发生。轴承过热是导致轴承失效的常见原因之一，为此需要采取有效的温度控制措施，通过设置温度传感器，及时监测轴承的温度变化，如果温度异常，可以采取紧急措施，比如停机降温等，从而避免轴承的进一步损坏。引入先进的技术监测和预警系统，如振动监测系统、温度监测系统等，可以实时监测轴承的运行状态，预测潜在问题，提前采取措施，避免轴承失效造成的影响。如果发现轴承失效，应立即进行维修或更换，根据实际情况，可以选择对轴承进行修复，或者更换全新的轴承，在更换轴承时需要严格按照制造商的要求进行，确保轴承的合适匹配和正确安装^[4]。

3.3 转子不平衡故障的处理

对风电机组的转子进行定期的动态平衡检测，可以有效识别转子是否存在不平衡问题，通过专业的平衡测试设备，

测量转子在不同转速下的振动情况,判断是否存在不平衡,如果发现不平衡现象,可以采取相应的调整措施,如在转子上增加平衡块等,以达到平衡状态。对于已经发生转子不平衡的情况,可以采取动平衡调整的方法,通过在转子上加装平衡块或调整平衡块的位置,使得转子在运行时产生的不平衡力得以抵消,从而减少振动和不稳定因素。在风电机组齿轮箱的设计和制造阶段,需要注意减少转子不平衡的可能性,合理设计转子的结构和装配方式,确保在高速运转时减少不平衡力的产生,且制造过程中要严格控制材料的质量和工艺的精度,以减少制造过程引入的不平衡因素。

3.4 油封泄漏故障的处理

定期检查和维修是预防油封泄漏故障的重要手段,风电机组运行时,应定期检查油封的状态,包括外观、密封性能等,及时发现油封的磨损、老化等问题,可以采取修复或更换,避免泄漏问题进一步加剧。在风电机组齿轮箱的设计和制造过程中,需要选择合适的油封,确保其耐磨损、耐高温、耐腐蚀等性能,根据工作环境和转速等条件,选用适当的材料和型号的油封,提高其密封性能和使用寿命。对于已经发生油封泄漏故障的情况,可以通过增强密封性能来解决问题,可以采用双层油封结构,增加油封的密封性,且需要使用适当的密封胶和填料,填补可能存在的间隙,减少泄漏风险^[5]。

4 风电机组齿轮箱故障的预防

在风能产业不断发展的背景下,风电机组齿轮箱故障的预防具有重要意义,需要采用科学的预防措施,确保风电发电的可持续运行。首先,在齿轮箱的设计和制造阶段,应该充分考虑各种工作条件 and 环境因素,合理设计齿轮箱的结构

和材料,通过优化设计降低齿轮箱的负荷、提高其耐久性,可以减少故障的发生。其次,选择优质的零部件和材料,是预防故障的基础,选用经过认证的供应商提供的零部件,确保其质量可靠,符合国际标准,有助于提高齿轮箱的可靠性和耐用性。第三,培训齿轮箱维护人员,提高其技术水平和故障处理能力,有助于更早地发现和解决问题,技术人员应该明确常见故障的迹象,掌握相应的预防和处理方法。最后,通过对风电机组运行数据的分析,了解故障的发生规律和影响因素,在实践中不断总结经验,优化预防措施,不断改进齿轮箱的设计和维修策略。

结束语

综上所述,风电机组齿轮箱常见故障的统计与处理具有重要的意义,通过分析常见故障的发生原因、频率和趋势,可以制定相应的预防和处理措施,提高风电系统的可靠性、稳定性和经济性,不仅有助于保障风电产业的健康发展,还为可持续清洁能源的推广做出了积极的贡献。

参考文献

- [1]陈庭记,桂帆,郭政等.基于不同运行状态的风电机组齿轮箱故障率预测模型[J].太阳能学报,2023,44(04):45-51.
- [2]许同乐,苏元浩,孟良等.优化GAN的风电机组齿轮箱故障诊断方法[J].北京邮电大学学报,2023,46(03):62-66.
- [3]成志伟,王晓丹,李雪娇等.基于大数据分析技术的风电机组齿轮箱故障预警[J].内燃机与配件,2023(04):73-75.
- [4]王少科,王培光,张照彦等.基于机器学习的风电机组齿轮箱故障预警[J].计算机仿真,2023,40(01):99-106.
- [5]陈文华,黄伟稀.基于卷积神经网络的海上风电机组齿轮箱故障诊断[J].电子设计工程,2022,30(21):6-10.

