

风电机组齿轮箱常见故障及防护措施

张正侯

大唐景泰新能源有限公司, 甘肃 白银 730400

[摘要]近年来,随着全球能源需求的增加和环境问题的加剧,风能作为一种清洁、可再生的能源形式,备受关注。然而,风电机组在长期运行过程中,由于受到复杂多变的气象条件和机械应力,齿轮箱的故障率相对较高。齿轮箱故障不仅直接影响风力发电系统的可靠性和稳定性,还可能对维护和运营成本造成巨大压力。因此,研究齿轮箱的常见故障及其防护措施,对提高风力发电系统的可靠性、降低运维成本具有重要意义。本篇文章分析风电机组齿轮箱的主要故障类型,包括齿轮损伤、齿轮箱油温高、轴承损坏、齿轮箱体故障以及其他可能出现的故障,并探讨有效的防护措施。

[关键词]风电机组; 齿轮箱; 齿轮箱常见故障

DOI: 10.33142/aem.v5i11.10258 中图分类号: TM614 文献标识码: A

Common Faults and Protective Measures of Wind Turbine Gearbox

ZHANG Zhenghou

Datang Jingtai New Energy Co., Ltd., Baiyin, Gansu, 730400, China

Abstract: In recent years, with the increase in global energy demand and the intensification of environmental issues, wind energy, as a clean and renewable form of energy, has attracted much attention. However, during the long-term operation of wind turbines, due to complex and variable meteorological conditions and mechanical stress, the failure rate of gearboxes is relatively high. Gearbox failures not only directly affect the reliability and stability of wind power generation systems, but also may cause significant pressure on maintenance and operating costs. Therefore, studying common faults and protective measures of gearboxes is of great significance for improving the reliability of wind power generation systems and reducing operation and maintenance costs. This article analyzes the main types of faults in the gearbox of wind turbines, including gear damage, high gearbox oil temperature, bearing damage, gearbox failure, and other possible faults, and explores effective protective measures.

Keywords: wind turbine; gearbox; common faults of gearbox

引言

风能作为一种可再生能源,得到了广泛应用并在全球范围内不断发展。在风力发电系统中,齿轮箱作为核心部件之一,承载着转动能量传递和转速调节的重要任务。然而,随着风力发电技术的不断进步,齿轮箱也面临着更加严峻的工作环境和挑战。齿轮箱的故障不仅可能导致风力发电系统的停机和生产损失,还可能对环境造成影响,因此齿轮箱的可靠性和稳定性对整个风力发电系统的运行至关重要。

1 齿轮箱的重要作用

齿轮箱作为风电机组中至关重要的组件,扮演着转动能量传递和转速调节的关键角色。在风力发电系统中,风轮叶片受到风的推动产生旋转,但由于风速的不稳定性,叶片转速也变化不居,无法直接输出恒定的电力。齿轮箱的作用就在于将叶片旋转的不稳定动能通过齿轮传动系统转换成相对稳定的转速,以适应发电机的工作需求。齿轮箱通过齿轮传动,将叶片旋转的高速运动转换成更适宜的转速,使其能够匹配发电机的额定转速。这种转速匹配是风力发电系统能够高效工作的关键,确保了风能被充分利用,最大程度地转化为电能。由于外部环境因素的变化,

比如风速的波动,需要调整叶片的旋转速度,以保持系统的稳定运行。齿轮箱可以通过不同齿轮比的设计,实现对转速的调节,从而使得发电机输出的电能保持在稳定的范围内。齿轮箱还具有承载巨大机械应力的能力^[1]。由于风力发电系统常常在恶劣环境下运行,齿轮箱必须能够承受来自叶片旋转、风力变化等因素引起的巨大力量,确保系统的稳定性和耐久性。齿轮箱的设计和制造质量直接影响到整个风电机组的可靠性和寿命。总之,齿轮箱在风力发电系统中具有不可替代的重要作用,它不仅实现了动能的转换和功率的调节,还承担了系统稳定性和可靠性的保障任务,是风电机组正常高效运行的关键组件之一。

2 风电机组齿轮箱主要故障

2.1 齿轮损伤

在风电机组齿轮箱中,齿轮损伤是一个常见而严重的问题。齿轮在高速、高负载条件下工作,长时间运行容易受到磨损和疲劳,导致齿面的变形、磨损甚至断裂。这种损伤可能是由于不良的润滑条件,缺乏足够的润滑油或者润滑油的污染,使得齿轮在摩擦和压力下受到更大的磨损。此外,制造过程中的缺陷,如材料选择不当或者加工精度不够,也可能导致齿轮的结构不稳定,容易在工作中产生

裂纹和断裂。过载工作和不适当的使用条件也是齿轮损伤的常见原因,因为长时间高负载运转容易使得齿轮受到过度的应力,加速疲劳和损耗。齿轮损伤会严重影响齿轮箱的性能和寿命。损坏的齿轮可能导致机械效率下降,引发噪音和振动,最终影响整个风力发电系统的稳定性和安全性。因此,齿轮损伤的及时诊断和修复对于维护风电机组的正常运行至关重要。

2.2 齿轮箱油温高

齿轮箱油温高是风电机组齿轮箱常见的故障之一。当齿轮箱内部润滑油温度升高到超过正常工作范围时,可能引起一系列严重问题。高油温通常是由多种因素引起的,其中包括过度摩擦、齿轮和轴承损伤、不足的润滑、油液老化或冷却系统故障等。这些因素可能导致油润滑性能下降,增加齿轮和轴承的摩擦,最终加速这些零部件的磨损。当齿轮箱油温升高到异常水平时,油润滑性能下降,导致齿轮和轴承的表面负荷增加。这样的过度负荷可能导致齿轮和轴承的损伤,加速零部件的磨损和老化。高温油液也可能引发油封漏油,加剧齿轮箱的损坏风险。此外,高温油液可能引起油液变质,降低了其冷却和润滑性能,导致齿轮箱内部的摩擦增加,加速机械零部件的磨损,最终影响整个风力发电系统的运行稳定性。因此,高油温问题如果不及时处理,不仅可能导致齿轮箱内部零部件的严重损坏,还可能影响到风力发电系统的稳定性和安全性。及时准确地诊断和解决齿轮箱油温过高的原因,对于确保风力发电系统的正常运行和延长设备寿命具有关键性意义。

2.3 轴承损坏

轴承损坏是风电机组齿轮箱常见的严重问题之一。在齿轮箱中,轴承承担着支撑和转动传动的关键作用。然而,在长时间、高负荷运转的环境下,轴承可能受到过多的振动、冲击负荷或者不足的润滑,逐渐发生磨损和损伤。轴承损坏可能由于外部环境的污染,如灰尘、水分或者颗粒物进入轴承内部,引发摩擦增加和表面磨损^[2]。此外,长时间的高速运转也会导致轴承过度疲劳,使其内部零部件出现裂纹或变形。轴承损坏的严重后果包括齿轮箱运行不稳定、噪音和振动加剧,最终可能导致风力发电系统的停机和生产损失。损坏的轴承可能无法提供足够的支撑和转动传动,使得齿轮箱内部的齿轮、轴等零部件承受过大压力,导致它们的磨损速度增加,进而影响整个风力发电系统的性能和寿命。

2.4 齿轮箱体故障

齿轮箱体故障是风电机组齿轮箱面临的严重问题之一。这种问题通常表现为齿轮箱外壳的变形、裂纹、焊接问题等。这些故障可能由多种因素引起,其中包括制造过程中的缺陷,例如焊接不牢固或金属材料质量不达标。外部环境因素,如风暴、雷击等,也可能引发齿轮箱体的结构故障。另外,长时间高温和高负载运行,以及外部冲击,都可能导致齿轮箱体的变形和裂纹。当齿轮箱体发生故障

时,可能导致油液泄漏,内部零部件松动或移位,甚至引发整个齿轮箱结构的崩溃。这不仅影响齿轮箱的润滑和冷却系统的正常运行,还可能引发严重的机械损坏,甚至导致风力发电系统的停机和生产中断。齿轮箱体的故障也可能导致安全隐患,因为可能发生机械部件飞出或机组倾倒等严重事故,威胁到人员和周围环境的安全。

2.5 其他故障

除了齿轮损伤、齿轮箱油温高、轴承损坏和齿轮箱体故障之外,风电机组齿轮箱还可能面临各种其他故障。其中一种常见的问题是电气系统故障,可能由于电线老化、接触不良或电子元件故障引发。电气系统的故障可能导致齿轮箱的监控和控制系统失效,影响到系统的运行状态监测和故障诊断。

外部环境因素也可能引发齿轮箱的其他故障,如雷击、风暴等极端天气条件。雷击可能导致电气设备的损坏,风暴可能引发机械部件的振动和冲击,加剧齿轮和轴承的磨损,最终影响到齿轮箱的正常运行。此外,操作错误也是潜在的问题,错误的启动、停机和操作方式可能导致齿轮箱受到不必要的应力,影响其寿命和性能。

这些其他故障可能不太常见,但一旦发生,同样可能对风电机组的正常运行造成重大影响。因此,及时地监测、维护和操作规范是预防和解决这些其他故障的关键。定期的系统检查、维护和培训操作人员的正确操作方法,都是确保风力发电系统稳定运行的重要手段。

3 齿轮箱故障防护措施

3.1 定期检查和维护

定期检查和维护是确保齿轮箱长期稳定运行的基本措施。通过定期的检查,可以及时发现潜在问题,减少故障发生的可能性。随着时间的推移,润滑油会受到污染和老化,其润滑性能下降,可能引发摩擦和磨损。定期更换新鲜的润滑油,确保齿轮箱内部零部件始终处于良好的润滑状态,减少磨损和摩擦,延长零部件的使用寿命。定期清洗齿轮箱内部,除去灰尘、杂质等污染物,可以减少摩擦和磨损的可能性。同时,定期检查齿轮、轴承等关键零部件的状态,及时发现裂纹、磨损、变形等问题,可以采取维修或更换措施,避免因零部件故障引发的严重问题。轴承是齿轮箱内部的重要部件,其润滑状态直接影响整个齿轮箱的运行。定期润滑轴承,确保其充分润滑,减少摩擦和磨损。同时,定期检查轴承的状态,包括振动、温度等参数的监测,可以早期发现轴承问题,采取相应的措施,避免轴承损坏引发的故障。

3.2 振动监测系统

振动监测系统是一项关键的技术,用于实时监测齿轮箱的振动状况。通过在齿轮箱上安装振动传感器,可以连续、精准地监测齿轮箱的振动频率、振幅和相位等参数。异常的振动通常是齿轮箱问题的早期指标,可能表明齿轮、轴承等关键零部件存在问题。

振动监测系统具有高度敏感性,能够检测到微小的振动变化,从而帮助运维人员及时发现潜在的故障迹象。通过分析振动数据,工程师可以判断齿轮箱内部零部件的磨损程度、偏心度、不平衡等问题。这种早期预警系统可以帮助运维团队在问题升级前采取必要的维修和保养措施,防止齿轮箱内部零部件的严重损坏,延长设备的使用寿命。除了帮助检测内部故障,振动监测系统还可以在设备运行过程中提供实时的性能数据。通过持续监测齿轮箱的振动状况,运维人员可以了解设备的健康状况,判断其是否在正常工作范围内运行。这种信息有助于进行预防性维护,提前发现潜在问题,减少停机时间,提高设备的可靠性和稳定性。

3.3 温度监测系统

齿轮箱内部油液的温度监测是一项关键的措施,旨在实时追踪齿轮箱的工作温度。高温通常是齿轮箱问题的预警信号,可能暗示着油液老化、润滑不足或者齿轮和轴承的摩擦增加。通过温度监测系统,运维人员能够定期监控油液的温度,并确保其在安全范围内。如果温度超过正常水平,系统会发出警报,提示操作人员采取相应的措施,例如停机冷却或者检查润滑系统。及时检测和处理高温问题,有助于预防油液老化,减少齿轮和轴承的磨损,维护齿轮箱的正常运行状态。

3.4 环境密封保护

齿轮箱的环境密封保护是一项关键的措施,用于防止外部环境因素(如灰尘、水分等)进入齿轮箱内部,降低零部件的摩擦和磨损。通过保持齿轮箱外壳的完整性和有效密封,可以避免外部污染物侵入,减少零部件的磨损。密封保护还有助于防止油封漏油,确保润滑系统的稳定性。采用高质量的密封材料和严密的设计,可以增加齿轮箱的耐久性,延长其寿命。定期检查和维修密封系统,确保其正常运行,对于维持齿轮箱内部环境的清洁和干燥非常重要。

3.5 过载保护装置

过载保护装置是一种关键的安全设备,旨在避免齿轮箱受到过大负载,从而减少零部件的应力和磨损。当风力发电系统受到异常负载时,过载保护装置会自动启动,停止或减少叶片的旋转,从而降低齿轮箱的工作负荷。这种装置能够避免齿轮和轴承等关键部件因过大负载而受到破坏,保护齿轮箱免受损坏和过度磨损的威胁。通过及时切断不正常的负载,过载保护装置确保了整个风力发电系统的安全运行,延长了设备的寿命。

3.6 操作培训和规范

操作培训和规范是预防齿轮箱故障的关键步骤之一。确保操作人员接受系统的全面培训,了解正确的启动、停机和操作程序,可以避免因操作错误导致的齿轮箱损坏。操作规范不仅包括日常操作,还包括异常情况下的应对措施。培训操作人员以正确、规范的方式使用风力发电系统,可以降低不必要的应力和磨损,提高设备的使用寿命。此

外,建立和遵守相关的操作规程和安全标准,确保操作人员在操作齿轮箱时遵循正确的操作步骤和安全程序,从而预防意外事故和设备故障的发生。操作培训和规范的合理实施,为保障风力发电系统的长期稳定运行提供了重要保障。

3.7 环境适应性设计

齿轮箱的环境适应性设计是确保其在各种气候和工作条件下稳定运行的关键因素。在设计阶段,考虑到齿轮箱将在多样化的环境中运行,采取相应的环境适应性设计措施至关重要。这种设计考虑了齿轮箱所处环境的温度、湿度、风速、海拔高度等因素,以确保齿轮箱在各种气候条件下都能够可靠工作。在寒冷地区,环境适应性设计可能包括采用低温润滑油、防冻液、加热系统等,以防止润滑油凝固和齿轮箱零部件受到低温影响^[3]。在高温地区,可能需要采用高温润滑油、散热系统等,以确保齿轮箱在高温环境中保持稳定的工作温度。此外,在潮湿或腐蚀性环境中,环境适应性设计可能包括采用防腐蚀涂层、密封设计等,以延长齿轮箱的使用寿命。环境适应性设计还可能考虑到齿轮箱的结构强度,使其能够抵御恶劣天气条件下的外部冲击,例如风暴、雷击等。确保齿轮箱外壳的耐用性和抗腐蚀性,以及内部零部件的可靠性,对于提高齿轮箱的抗恶劣环境能力至关重要。

4 结束语

在风力发电系统中,齿轮箱作为核心组件承担着传递动力、减速和转向的重要任务。保障齿轮箱的正常运行对于风力发电系统的稳定性和可靠性至关重要。在风力发电行业快速发展的今天,我们必须高度重视齿轮箱的健康状况,及时发现问题,采取措施,确保风力发电系统的稳定运行。只有通过持续不断的监测、维护和改进,我们才能更好地应对未来的挑战,推动可再生能源的发展,为人类创造更清洁、可持续的能源未来做出贡献。

【参考文献】

- [1]周国栋,杨健.风电机组齿轮箱部件失效故障分析与处理[J].风能,2019(6):94-98.
 - [2]孙燕霞,孙武.风电机组齿轮箱故障分析[J].内蒙古科技与经济,2016(1):79-80.
 - [3]龙寰,杨婷,徐劲辉,等.基于数据驱动的风电机组状态监测与故障诊断技术综述[J].电力系统自动化,2023(10):1-15.
- 作者简介:张正侯(1994.5—),男,毕业院校:兰州交通大学,所学专业:工业工程,当前就职单位:大唐景泰新能源有限公司,职务:运维工,职称级别:助理工程师。2017年参加工作,主要从事于2*660MW火电厂汽机专业的检修维护工作,期间参与参加了660MW机组的A、B、C级修理工作、90MW水轮机组大修及技改工作,拥有丰富的机务检修工作经验,2022年进入新能源行业,从事风力发电机组的检修维护工作。