

# 风力发电机组齿轮箱故障诊断

王 跃

辽宁龙源新能源发展有限公司 辽宁 沈阳 110000

**摘 要:** 风力发电机组齿轮箱故障诊断是确保风电稳定运行的关键。本文介绍了齿轮箱的基本结构与运行原理,并探讨了常见故障及其影响。重点阐述了振动分析法、油液分析法、声发射法、温度检测法和无损检测技术在故障诊断中的应用。这些方法有助于及时发现并定位故障,为维修工作提供依据。为提高诊断准确性,需持续研究和改进相关技术。

**关键词:** 风力发电机组; 齿轮箱; 故障诊断

引言: 风力发电机组齿轮箱作为风力发电系统的核心部件,其正常运行对保障能源供应具有重要意义。然而,由于长期高负荷运转及环境因素的影响,齿轮箱常常发生故障,如不及时发现和处理,将对整个风电场的安全和经济效益产生严重影响。因此,对风力发电机组齿轮箱进行故障诊断至关重要。本文旨在探讨风力发电机组齿轮箱的故障诊断方法,为风电场的维护和管理提供参考。

## 1 风力发电机组齿轮箱的基本结构和运行原理

风力发电机组齿轮箱是风力发电机组的关键部件之一,其主要功能是将风轮的低速高扭矩动力传递给发电机。齿轮箱的基本结构主要包括输入轴、输出轴、齿轮、轴承、油封等部件。输入轴与风轮相连,将风轮的动力传递到齿轮箱内部。输出轴与发电机相连,将齿轮箱的动力传递给发电机。齿轮是齿轮箱的核心部件,通过齿轮的啮合传动,实现动力的传递和变速。轴承支撑齿轮箱内部的齿轮和其他运动部件,保证其正常运行。油封用于密封齿轮箱内部的润滑油,防止润滑油泄漏。风力发电机组在运行过程中,风轮受到风的作用产生旋转动力。风轮的旋转动力通过输入轴传递到齿轮箱内部。在齿轮箱内部,齿轮通过啮合传动,将输入轴的低速高扭矩动力转换为输出轴的高速低扭矩动力。然后,输出轴将动力传递给发电机,驱动发电机发电。齿轮箱的传动比由输入轴和输出轴上的齿轮齿数决定。通过调整齿轮的齿数,可以实现对风轮转速和发电机转速的匹配,以满足不同的发电需求。齿轮箱在运行过程中,可能会出现各种失效形式,主要包括齿轮磨损、轴承损坏、油封泄漏等。(1) 齿轮磨损: 齿轮在啮合传动过程中,由于摩擦作用,会产生磨损。长时间的运行会导致齿轮磨损加剧,影响齿轮箱的传动效率和使用寿命。

(2) 轴承损坏: 轴承在支撑齿轮箱内部运动部件的过程

中,承受较大的径向和轴向载荷。长时间的运行会导致轴承磨损、疲劳或损伤,影响齿轮箱的正常运行。(3) 油封泄漏: 齿轮箱内部需要润滑以减少摩擦和磨损。油封用于密封齿轮箱内部的润滑油,防止润滑油泄漏。然而,油封在长时间运行过程中,可能会因为老化、磨损等原因导致泄漏,影响齿轮箱的润滑效果和使用寿命。

## 2 风力发电机组齿轮箱常见故障及其影响

风力发电机组齿轮箱在运行过程中,由于受到各种因素的影响,可能会出现多种故障。这些故障不仅会影响风力发电机组的正常运行,还可能引发安全问题。以下是常见的故障及其产生的影响:(1) 齿轮故障。齿轮是齿轮箱中的核心部分,其故障通常包括齿面磨损、齿面胶合、断齿等。这些故障可能导致齿轮传动效率降低,甚至完全失效。磨损和胶合主要是因为润滑不当或超载引起的,而断齿则可能是因为材料缺陷、过载或疲劳引起的。(2) 轴承故障。轴承的故障包括滚动体损坏、内外圈断裂、保持架损坏等。这些故障可能是由于轴承选型不当、润滑不良、安装不当或超载引起的。轴承故障会导致轴的旋转精度降低,严重时可能引发停机事故。(3) 油液分析异常。油液分析是通过检测齿轮箱中润滑油的性能和成分,来评估设备的运行状况。油液分析异常通常包括油温过高、油质劣化、油中杂质过多等。这些异常可能是由于冷却系统故障、润滑油选用不当、设备内部磨损等原因引起的。油液分析异常不仅会影响齿轮箱的性能,还可能引发安全问题<sup>[1]</sup>。(4) 振动异常。齿轮箱在运行过程中出现振动异常,可能是由于齿轮或轴承的故障、安装基础不牢固、外部激励等原因引起的。振动异常不仅会导致设备磨损加速,还可能引发其他故障或安全问题。这些故障对风力发电机组的正常运行和发电效率产生了显著的影响。为了确保风力发电机组的稳定运行,需要对齿轮箱进行定期的检查和维护,及

时发现并处理潜在的故障。同时,也需要加强设备运行过程中的监控和预警系统,提高设备运行的可靠性。

### 3 风力发电机组齿轮箱故障诊断方法

故障诊断是风力发电机组维护的关键环节。当齿轮箱发生故障时,准确地识别和定位故障可以帮助维修人员迅速恢复设备的正常运行,从而提高设备的可靠性和效率。

#### 3.1 振动分析法

振动分析法是一种通过监测和分析齿轮箱的振动信号来诊断故障的方法。在齿轮箱运行过程中,齿轮和轴承会产生一定的振动,这是正常现象。然而,当齿轮或轴承出现磨损、松动、不对中或不平衡等故障时,这些振动的模式和参数会发生显著变化。因此,通过测量和分析这些振动信号,可以识别出齿轮或轴承的故障类型。振动分析法具有以下优点:(1)非侵入性:振动分析法不需要对齿轮箱进行拆卸或停机,可以在正常运行状态下进行故障诊断。(2)实时性:振动分析法可以实时监测齿轮箱的振动信号,及时发现异常情况,避免故障扩大。(3)灵敏度高:振动分析法对齿轮和轴承的微小故障具有较高的敏感性,可以发现一些其他方法难以检测到的故障。(4)应用广泛:振动分析法适用于各种类型的齿轮箱,包括圆柱齿轮、锥齿轮、行星齿轮等。然而,振动分析法也存在一些局限性:(1)对于复杂的故障模式,振动分析法可能存在一定的挑战。例如,当多个齿轮同时出现磨损或不对中时,振动信号可能会相互干扰,导致故障诊断困难。(2)振动信号的分析需要专业的知识和经验。对于初学者来说,可能需要较长时间的学习和实践才能掌握振动分析法。(3)振动分析法受到环境因素的影响较大。例如,温度、湿度、噪声等因素都可能对振动信号产生影响,需要在实际应用中加以考虑<sup>[2]</sup>。总之,振动分析法是一种有效的齿轮箱故障诊断方法,具有广泛的应用前景。然而,为了提高故障诊断的准确性和可靠性,还需要不断研究和改进振动分析技术。

#### 3.2 油液分析法

油液分析是一种通过检查齿轮箱润滑油的状态来诊断故障的方法。这种方法在许多工业领域都得到了广泛的应用,因为它能够有效地检测和预防设备故障,从而降低维修成本和生产损失。首先,润滑油中会携带齿轮和轴承磨损产生的微小颗粒。这些颗粒是由于齿轮和轴承在运行过程中的摩擦和磨损产生的。随着设备的运行时间的增加,这些颗粒的数量和大小也会逐渐增加。通过对这些颗粒进行检测,可以评估齿轮和轴承的磨损程

度。如果颗粒的数量和大小超过了正常范围,那么可能意味着齿轮或轴承已经出现了严重的磨损,需要及时更换或维修<sup>[3]</sup>。其次,油液的理化性质(如粘度、酸碱度等)也可以反映设备的运行状况。例如,如果润滑油的粘度过高,可能会导致润滑效果不佳,从而加速齿轮和轴承的磨损。而如果润滑油的酸碱度过高,可能会对设备造成腐蚀,影响设备的正常运行。因此,通过对油液的理化性质进行检测,可以及时发现设备的潜在问题,从而采取相应的措施进行处理。此外,油液分析还可以用于设备的早期预警和故障预测。通过对油液进行定期的检测和分析,可以发现设备的潜在问题,从而提前采取措施进行预防。这不仅可以减少设备的故障率,延长设备的使用寿命,而且还可以降低维修成本,提高生产效率。总的来说,油液分析是一种非常有效的设备故障诊断方法。通过对润滑油中的颗粒数量、大小和成分以及油液的理化性质进行检测,可以评估齿轮和轴承的磨损程度,发现设备的潜在问题,从而实现设备的早期预警和故障预测。

#### 3.3 声发射法

声发射技术是一种先进的无损检测方法,它通过监测材料和结构在受力过程中产生的声波信号,来评估其内部应力状态和损伤程度。这种方法具有非侵入性、实时性和高灵敏度等优点,因此在许多工程领域得到了广泛应用。当齿轮或轴承等关键部件因磨损、裂纹或剥落等原因产生应变时,会释放出能量,导致周围材料产生振动。这些振动以声波的形式传播出去,形成声发射信号。通过对这些信号的监测和分析,可以判断出故障的位置、类型和严重程度,从而为维修和保养提供依据。声发射技术在动态和瞬态事件监测方面具有显著优势。例如,在航空航天、汽车制造、能源开发等领域,许多关键部件在运行过程中可能会遇到突发性的故障,如断裂、疲劳等。传统的检测方法往往无法及时发现这些问题,而声发射技术则可以在第一时间捕捉到异常信号,为故障诊断和预防提供有力支持。然而,要充分发挥声发射技术的优势,需要具备一定的设备和专业知识。首先,声发射传感器需要安装在合适的位置,以便捕捉到足够强度的信号。此外,传感器的性能和灵敏度也会影响检测结果的准确性。因此,选择合适的传感器对于提高声发射技术的可靠性至关重要。其次,对声发射信号的处理和分析需要专业的知识和技能。这包括信号的滤波、特征提取、模式识别等方面。通过对大量实际数据的学习和总结,可以建立起一套有效的声发射分析方法,从而提高故障诊断的准确性和效率。

### 3.4 温度检测法

温度检测法是一种常用的设备故障诊断方法，它通过监测设备的温度变化来判断设备的运行状态。在许多机械设备中，如齿轮、轴承等关键部件，其工作状态与温度密切相关。当这些部件出现故障时，如摩擦过大、过载等情况，会导致局部温度升高。因此，通过对设备温度的连续监测，可以及时发现异常并采取相应的措施，以防止设备进一步损坏或事故发生。温度检测法的优点在于简单易行，不需要复杂的仪器设备，只需使用普通的温度计即可进行测量。此外，温度检测法对于一些间歇性的高负载情况也具有一定的敏感性，可以在一定程度上反映设备的运行状况。然而，这种方法也存在一定的局限性。首先，温度检测法只能反映设备局部的温度变化，对于整个设备的运行状况可能无法全面了解。其次，对于一些隐蔽性较强的故障，如内部磨损、疲劳等问题，温度检测法可能无法准确判断。为了提高温度检测法的准确性和可靠性，可以采用以下几种方法：（1）选择合适的测温点：根据设备的结构和工作原理，选择能够反映设备运行状态的关键部位作为测温点，以提高检测的准确性。（2）定期校准温度计：为了确保温度测量的准确性，应定期对温度计进行校准，以消除因温度计误差导致的误判。（3）结合其他检测方法：温度检测法可以与其他检测方法相结合，如振动分析、油液分析等，以提高故障诊断的准确性和可靠性。（4）建立温度-故障数据库：通过对大量设备的温度和故障数据进行分析，建立温度-故障数据库，为故障诊断提供依据<sup>[4]</sup>。

### 3.5 无损检测技术

无损检测技术是一种非常重要的工程技术，它的主要目标是在不破坏设备的情况下，对设备的内部或表面进行全面、准确的检测。这种技术的应用范围非常广泛，包括但不限于航空航天、汽车制造、石油化工、电力设施等多个领域。无损检测技术的核心是利用各种物理原理和化学原理，通过测量设备的声波、电磁波、射线等信号，来获取设备内部的信息。这些信息可以帮助工程师了解设备的工作状态，预测设备的寿命，以及发

现潜在的故障和问题。例如，超声检测是一种常见的无损检测技术。它利用超声波在材料中的传播特性，通过测量超声波的反射、折射、衍射等现象，来检测设备内部的裂纹、气孔、夹杂等问题。超声检测不仅可以提供设备的详细结构信息，而且可以实时监测设备的运行状态。涡流检测是另一种常见的无损检测技术。它利用电磁感应的原理，通过测量金属材料中的涡流效应，来检测设备的疲劳损伤和腐蚀损伤。涡流检测具有非接触、快速、准确的特点，适用于各种形状和尺寸的设备。无损检测技术的应用，不仅可以提高设备的可靠性和安全性，而且可以降低维修和更换设备的成本。然而，无损检测技术也需要专业的设备和训练。例如，超声检测需要使用超声波探头和信号分析仪器；涡流检测需要使用电磁感应线圈和数据处理软件。此外，无损检测人员还需要具备一定的物理和数学知识，以及对设备结构和工作原理的深入理解。

### 结束语

风力发电机组齿轮箱是风力发电系统的核心部分，其稳定运行对保障能源供应至关重要。然而，随着风电场规模的扩大和运行时间的增长，齿轮箱故障问题日益突出。本文探讨了多种齿轮箱故障诊断方法，从振动分析到油液分析，从声发射技术到温度检测，这些方法为及时发现和解决故障提供了有力支持。然而，面对复杂多变的运行环境和日益增长的风电需求，我们需要不断深入研究和更为精确和高效的故障诊断技术。这不仅有助于提高风电场的运行效率，更能为全球能源结构的优化和可持续发展做出积极贡献。

### 参考文献

- [1]张树忠.风力发电机齿轮箱故障诊断系统的设计与实现[J].福建工程学院学报,2018,16(6):516-519.
- [2]符智,郭波江.风力发电机齿轮箱轴承故障诊断研究[J].低碳世界,2018(11):55-56.
- [3]王德海,王晓莉.浅谈风力发电机组齿轮箱常见故障分析及检测方法[J].农业与技术,2018,35(21):48-50.
- [4]陈积东.风力发电机的齿轮箱故障诊断技术[J].集成电路应用,2021,38(02):130-131.