

# 风力发电机偏航振动问题及解决对策

邓文兴

国华爱依斯(黄骅)风电有限公司 河北黄骅 061100

**摘要:** 现如今,随着社会的不断发展,风能作为一种可以再生的清洁型新能源,在能源危机和环境污染日益严重的今天,具有着巨大的发展空间和环保力。近年来风力发电在电力市场中占有的比例日益增高,但风力发电设备存在环境恶劣且复杂多样性运行情况,导致设备运维成本增加,风电机组高额的运行维护成本在一定程度上限制了风电产业的经济效益。其中风电机组偏航振动大是影响机组安全稳定运行重要因素之一,偏航振动可造成叶片开裂损坏、齿轮箱、发电机内部损坏、螺栓松动损坏、精密设备损坏及线路松动接触不良导致机组出现机组故障、倒塌等安全事故,针对偏航振动出现的问题进行分类、细化和研究,制定切实有效的解决对策确保设备的稳定运行,因此,关于风力发电机的偏航振动类故障诊断及处理方法的研究意义重大。

**关键词:** 振动; 风力发电机; 解决对策

## Yaw vibration problem of Wind Generator and its Solutions

Wenxing Deng

Guohua Aires (Huanghua) Wind Power Co., LTD., Hebei Huanghua 061100

**Abstract:** Nowadays, with the continuous development of society, wind energy is a renewable clean new energy. The energy crisis and environmental pollution are increasingly serious today, it has a huge space for development and environmental protection. In recent years, the proportion of wind power generation in the electricity market is increasing. However, wind power equipment has a poor environment and complex and diverse operation conditions, leading to an increase in equipment operation and maintenance costs. The high operation and maintenance cost of wind turbines limits the economic benefits of the wind power industry to a certain extent. The large yaw vibration of the wind turbine is one of the important factors affecting the safe and stable operation of the unit. Yaw vibration can cause blade cracking damage, gearbox, generator internal damage, bolt loosening damage, precision equipment damage, and line loosening poor contact leading to unit failure, collapse, and other safety accidents. Aiming at the problems of yaw vibration, we carried out classification, refinement, and research, and formulated effective solutions to ensure the stable operation of the equipment. Therefore, the research on the fault diagnosis and treatment of yaw vibration of the wind turbine is of great significance.

**Keywords:** vibration; wind turbine; solutions

### 1 风电机组概述

#### 1.1 风电机组的基本结构

风力发电机组的使用原理是利用风力带动风电机组叶轮旋转,再透过增速机将旋转的速度提升,促使发电机发电。风力发电机组由:叶片、轮毂、齿轮箱、发电机及变频系统、偏航系统、油冷系统、水冷系统及散热系统等一系列部件、系统组成。

#### 1.2 风力发电机组偏航振动导致的常见故障类型

风力发电机组在运行过程中,收到的力是自然力,

是不可控的风力,输出频率并不是一成不变的,机组运行过程中使得偏航系统中偏航衬垫承受不断变化带来的冲击力、摩擦力等,偏航衬垫出现缺陷,会导致风力发电机组的叶片、发电机、齿轮箱及变频系统、偏航系统等部件、系统都极易发生故障,部件发生故障以后势必会造成风力发电机组故障停机,从而影响到电力的生产<sup>[1]</sup>。偏航振动可引发设备故障,常见的故障类型包括叶片断裂、齿轮箱齿断裂卡死、发电机线圈断开、功率变频器内部器件松动短路着火、PLC控制器失真控

制、线路断开故障等。

## 2 偏航系统自主检测技术手段及新式更换方案

2.1 振动传感器是被安装在机舱轮毂附近，其能够对超过允许幅值的最大振动起到监测作用，当振动幅值过大时，振动传感器利用高低电压等原理反馈至主控制器信号，随之会引起风机振动报警及故障停机，机组保护的措施分为振动报警和故障停机，功能的分类设定能够有效避免问题扩大，但是正常风机机组的运行与发电量会受到连续振动报警到停机的影响而带来极大的经济损失。

重点围绕偏航系统衬垫磨损及噪音产生的原因进行科研攻关，采集机组偏航数据进行各工况下偏航系统载荷特性研究，已完全实现偏航系统自主检测技术手段及新式更换方案确认。

新工艺与市场常规更换方案具有以下明显创新点：

2.2 采用新工艺，能够使偏航齿圈上的六个侧面轴承均错开机舱爬梯口，更换过程更加便捷方便。

2.3 采用新工艺，对更换过程中所有关键安全见证点及质量把控点全过程监督，不受人员技术水平影响，操作更方便<sup>[2]</sup>。

2.4 采用新工艺，可以直接通过人工准确的将风力发电机原磨损严重的偏航衬垫进行更换，不动用大型设备，安装方便准确，能够确保更换后解决偏航噪音和振动问题。

2.5 采用新工艺，可以使轴承主体上下移动并与滑垫保持片分离，整个分离过程更加稳定，避免发生偏移，安装定位更加准确。截止目前，通过大量的理论研究及实践探索，已形成一套成熟完整的更换方案并荣获发明专利，同时采用新式更换方案已完成某风电场华锐风机偏航衬垫更换工作。自更换以来，风机发电机组未发因生偏航衬垫损坏导致的各类故障及机组缺陷，实现与传统更换方案的技术突破。下一步计划将新式更换方案对国内风电机组偏航噪音及振动大机组进行技术推广，实现偏航衬垫更换过程的全覆盖科学管控，打造企业标准流程，实现效益最大化<sup>[3]</sup>。

## 3 主要研发工作

现有的风力发电机组偏航轴承有滑动轴承和滚动轴承两种，滚动轴承是一种回转轴承，有内、外环和滚动体组成，采用滚动轴承时，系统必须有制动和阻尼装置，成本较高，偏航功率小。目前风电机组多采用滑动轴承，其由偏航盖板、回转盘、偏航滑板等组成，盖板、滑板与回转盘之间都衬有偏航减磨材料，以减少摩擦和磨损。

该轴承生产简单，与滚动轴承相比其摩擦力大且能调节，可以省却偏航阻尼器和偏航制动装置，整个系统成本低。由于滑动轴承其设计、偏航衬垫磨损或者偏航力矩调节不均匀等多方面原因，在对风偏航时，偏航衬垫与大齿圈滑动时发出刺耳的尖啸噪音，最大噪音前度达到90dB以，严重时伴有有机舱振动，易引起机组机械件松动，电气接触不良等问题发生，另外由于沿海区域偏航齿圈生锈腐蚀较为严重，偏航衬垫磨损速度较快，给风电场机组造成严重的安全隐患<sup>[4]</sup>。

本项目所解决的技术问题是针对现有国内偏航衬垫更换工艺水平不足，深入研究风机偏航系统电气及机械工作原理，从影响偏航衬垫磨损及噪音产生的原因进行深度剖析，对各工况的载荷特性进行研究，通过大量的偏航试验测量数据，发现偏航齿圈及衬垫的性能衰变趋势，提供一种新式风力发电机组偏航衬垫更换方法，此方法进行了反复实验论证并在实验过程中进行总结更新，最后此方法能够使新安装衬垫与原有偏航齿圈完美配合，从而确保齿圈及衬垫性能良好，彻底解决偏航噪音及衬垫磨损问题，保证风机发电机组全生命周期不再发生偏航衬垫损坏导致的各类故障及机组缺陷<sup>[1]</sup>。

## 4 风力发电机组状态监测与故障诊断

### 4.1 振动检测

主要是用来检测齿轮箱的齿轮、轴承、发电机的轴承、主轴等部件的振动情况来进行故障检测与分析。对收集检测到的信息进行分析与比较，从而得出较为准确的故障信息。振动检测的方式投入成本较高，但是技术相对成熟，诊断结果也比较准确，所以被广泛应用于风力发电机组的故障检测。

### 4.2 油液检测

对油液的状态进行检测与分析，可以得出两个结论：一是检测油液质量；二是通过对于油液想接触的部件的运行状态进行分析。采用的手段有污染度测试、红外光谱分析、油滤压降分析等。目前，风力发电机组的油液分析一直采用离线检查的技术，但是随着传感器技术的不断发展与进步，油液检测正逐步向在线监测发展，应用制作刹车片的材料通常具备良好的导热性能，可以将摩擦产生的动能转化为热能。同时，在刹车材料的作用下将热量进行吸收并散发，从而起到制动作用。由于技术的发展，风力发电机的制作越来越先进，其装机容量也在不断的增加，对于刹车材料的要求也不断的提升<sup>[2]</sup>。由于高速旋转会对刹车盘造成极大的运行压力，而刹车盘的性能又直接影响制动性能，所以，对摩擦材料的机

械强度和磨损量提出了更高的要求,同时,由于摩擦温度的影响,刹车盘制作材料的耐热性、抗疲劳性等要求也随之提高。同时,该类型材料还具有良好的耐高温、载荷大等功能,因此,用于刹车片的制作中。由于其性能的特殊性,使得其极易被腐蚀,造成其摩擦系数不稳定,磨损量较大。而铜基粉末的性能与铁基粉末相反,该粉末具有很好的导热性和耐磨性,对制动盘的影响较小。但是,其制作成本相对较高,在低速时的摩擦系数和在高速时的摩擦系数相反,同时,还保证了磨损量的稳定性。所以,在除去制作成本的前提下,被广泛的应用于刹车片的制作中。

#### 4.3 偏航控制策略优化方法

4.3.1由偏航误差对风轮转速的影响分析可知,相同的偏航误差在不同风速阶段对风轮转速的绝对值影响程度有明显差异,在高速阶段时影响最大,低速阶段次之,中间风速段影响最小<sup>[3]</sup>。同时,相比于风剪切与塔影效应造成的转速波动幅值,偏航误差在 $15^\circ$ 以内时引起的转速波动量很小,不足其 $1/3$ ;当时当偏航误差达到 $20^\circ$ 及以上时造成的转速波动才与之相当。

4.3.2由偏航误差对机组功率的影响分析可知,使得风轮气动功率与偏航误差角的关系复杂化,并不完全遵循Cosine-cubed法则;偏航误差对机组功率损失的影响规律在不同风速范围及机组运行阶段内呈现非常明显的差异。在低于额定转速运行阶段,即风速低于 $7.4\text{m/s}$ 时,偏航误差对机组功率的影响随风速的增大迅速增大,但总体影响程度较小,此阶段内偏航误差对风速比较敏感。偏航误差较小( $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 和 $20^\circ$ )时,功率损失曲线迅速趋近并超过Cosine-cubed法则值,而偏航误差较大( $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 和 $60^\circ$ )时,功率损失曲线则近似的以Cosine-cubed法则值为极限线性趋近<sup>[4]</sup>。在低于额定功率运行阶段,即风速介于 $7.4\text{m/s}$ 与 $10.5\text{m/s}$ 之间,偏

航误差对机组功率的影响趋于稳定,风能损失率均达到最大值且基本不随风速的变化而变化。此阶段内小偏航误差( $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 和 $20^\circ$ )时机组功率损失均在 $17\%$ 以下,而大偏航误差( $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 和 $60^\circ$ )时的机组功率损失均在 $35\%$ 以上。在恒额定功率运行阶段,即风速大于 $10.5\text{m/s}$ 时,偏航误差对机组功率的影响出现严重分化,偏航误差较小( $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 和 $20^\circ$ )时,这种影响迅速降低为零,风机能够很快达到额定功率。当偏航误差较大( $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 和 $60^\circ$ )时,机组功率随风速变化出现发散性波动,机组不能达到额定功率。

#### 5 结语

设备具有复杂性的特点,设备的故障与故障原因之间的关系极其复杂,故障的诊断是一个探索过程,因此,不能仅仅依靠一种方法进行诊断推理。要在知识的层次上进行处理技术的系统学习,从而增加故障处理人员的专业性素质,通过概念和处理方式上的知识化,来实现职能化的诊断设备故障问题。

#### 参考文献:

- [1]孔德同,贾思远,王天品,等.基于振动分析的风力发电机故障诊断方法[J].发电与空调,2017,38(1):54-58.
- [2]杨静懿.风力发电机的整机故障诊断[D].东华大学,2014.
- [3]邹宇.风力发电机偏航控制系统设计仿真技术研究[J].计算机测量与控制,2016,24(5):99-102.
- [4]陈长征,刘闯,孙自强,等.基于ADAMS的风力发电机偏航齿轮动态特性研究[J].重型机械,2016(2):37-41.
- [5]高杨.降低风力发电机偏航减速箱断齿故障率初探[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2017(11):181-182.