

Research on the Progress of the Online Monitoring Technology of Wind Turbine Tower Tube

Fang Cui Yilei Niu

Zhejiang Huadong Surveying and Mapping and Engineering Safety Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310014, China

Abstract

Monitor the wind turbine tower cylinder bolt lack of pretension force, early stiffness attenuation, uneven settlement of the tower foundation, foundation cracking. With the increasing saturation of wind power development in onshore areas rich in wind resources, low-wind-speed wind turbines and offshore wind turbines have become important topics in wind farm development. Low wind speeds and offshore wind turbines have larger wheel diameter and higher tower height, so the tower receives more loads. In addition, the inherent frequency of soft tower wind turbine with high tower cylinder is lower than that of impeller rotation frequency, and the vibration is large through the resonance area during the start and stop process, so it is very critical to understand the operation status of wind turbine tower cylinder.

Keywords

wind turbine; tower; monitoring

风电机组塔筒在线监测技术的进展研究

崔芳 牛义磊

浙江华东测绘与工程安全技术有限公司, 中国·浙江 杭州 310014

摘要

监测风力发电机组塔筒螺栓预紧力不足、早期刚度衰减、塔基不均匀沉降、基础开裂。随着风力资源丰富的陆上地区风电开发日趋饱和, 低风速风电机组和海上风电机组已经成为风电场开发的重要课题。低风速和海上风电机组的风轮直径更大, 塔筒高度更高, 因此塔筒所承受载荷更大。另外, 高塔筒的柔塔风电机组固有频率低于叶轮转频, 风电机组启停过程中通过共振区振动大, 因此了解风电机组塔筒运行状态非常关键。

关键词

风电机组; 塔筒; 监测

1 成果背景

目前影响塔筒安全运营的主要问题有地基不均匀沉降或松动、塔筒异常倾斜与弯曲、塔筒法兰螺栓疲劳失效。针对前两个问题已经出现了大量的研究报道, 对塔筒地基、倾斜动态、静态监测提出了多种技术方案。风电机组的塔式结构使塔筒承担机舱及叶片的自重及风的水平荷载, 由于风速的时变特性, 导致风电机组运行在交变载荷工况下, 随着运行时间的增加, 塔筒的连接螺栓承受的交变应力作用易引发其疲劳失效, 如果定检过程中没有及时发现将引发较为严重的后果。随着风电技术的发展, 智能化成为中国风电技术研究的热点, 智能运维、无人值守风电场逐步走向产业应用, 但无人值守必须配备更加完善的传感和数据实时分析手段; 同时, 对大兆瓦机组而言, 频繁停机检查、

维修将大幅降低发电效益。因此, 研究部署在线监测系统, 实时监控机组关键部件与系统的健康状态, 实现故障实时报警甚至异常征兆预警机制已经成为产业技术发展的方向。

2 塔筒安全在线监测的必要性

塔筒变形、焊缝开焊螺栓松动、法兰断裂等因素容易引起风电机组发生倒塔的安全事故, 塔筒形态监测系统可连续监测机组塔筒形态的变化情况, 实现机组全寿命周期的安全监测, 精度高, 人为干扰因素小, 避免倒塌事故的发生。特殊的地质、气因素易诱发基础发生倾斜或塔筒变形, 如地震、山洪、泥石流、潮水、台风高寒冻土带。人为因素可改变地质和基础状况, 诱发基础倾斜。例如, 开矿、挖沙等风机的转动部件的状态监测已很完备, 但塔筒及基础的状态处于状态监测的盲区, 无法及时有效地对倒塔进行安全监测和预警。

【作者简介】崔芳(1980-), 女, 中国甘肃陇南人, 本科, 工程师, 从事风电、水电监测研究。

3 风电机组系统概述

风力发电机组的远程在线监测是风电场智慧运维的基础,风力发电机组从发电机到齿轮箱以及变桨距机构整个传动链都安装了运行状态的远程在线监测系统,但承载着风力发电机动力来源的叶片和支撑风力发电机全部载荷的塔筒却没有进行有效的监测,主要原因是叶片和塔筒的体积大,布置传感器的范围大。传统的电传感器面临两个难题:一是电传感器的供电保障难度大,电源可靠性差;二是输电导线无法规避雷击及电磁波干扰,导致系统可靠性差、寿命短。光纤传感器是无源传感器,不需要供电,且传感器的信号采用光纤传输,不受雷击及电磁波干扰的影响,系统可靠性高,寿命长(可以保持和叶片及塔筒同寿命周期)。采用光纤传感技术开发的叶片和塔筒运行状态监测系统能够实时监测叶片和塔筒的健康状态^[1]。

3.1 系统优势

光纤传感技术开发的纤维载荷传感器、纤维温度传感器及纤维加速度传感器具有以下特点:纤维传感器技术作为无源传感器,无需配置额外的电源供电,组网简单,因而更容易植入结构;基于纤维光栅及纤维技术开发的光纤传感器,灵敏度高,可靠性好;抗电磁干扰能力极强,且抗雷击,电绝缘,耐腐蚀,因而使用寿命更长,能更好地配合监测需求作业。

3.2 系统监测方案

3.2.1 载荷在线监测系统

如图1所示,风电机组叶片承受无规律、变速变载荷的风力作用,通过拜安科技的风机叶片纤维载荷在线监测系统可对叶片运行状态的载荷实时监测,防止叶片过载,同时载荷数据可支撑独立变桨算法,提升风机发电效率。通过在叶片内部安装纤维载荷传感器和纤维温度传感器,监测风电机组叶片摆阵和挥舞方向的载荷,在轮毂内安装有纤维传感器数据采集分析仪,对数据进行实时处理、分析。纤维载荷传感器内部采用镀金光栅焊接工艺制作,保证传感器零点无漂移和长期盐雾腐蚀环境的可靠性。

3.2.2 风机塔筒纤维传感在线监测系统

如图2所示,风电机组塔筒受自重、风压、叶片作用力等多种复杂载荷作用,会出现一定程度的摇摆与扭曲,此外还受地基沉降等因素的影响而发生倾斜。通过拜安科技的风机塔筒纤维传感在线监测系统可对塔筒载荷、振动、倾斜等物理量进行监测,能够及时发现塔筒倾斜、过载、早期表面损伤等故障并发出警报,从而避免塔筒深度损伤、失效等一系列风险。通过在塔筒上分别布置倾角传感器、纤维加速度传感器、焊接式纤维应变传感器和纤维温度传感器,实现对风机塔筒倾斜、振动、载荷、变形的实施时间来判断塔筒安全状态^[2]。



图1 系统示意图

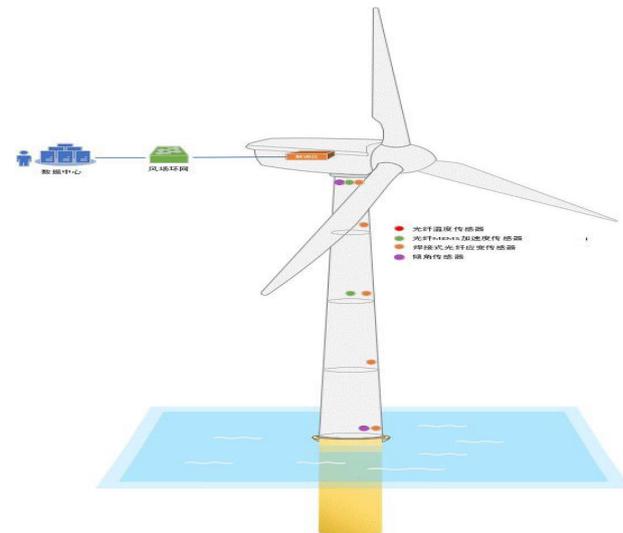


图2 风机塔筒纤维传感在线监测系统

4 风电机组塔筒电路回路技术螺栓松动报警技术

采用电路回路技术对螺栓松动实现报警。其技术原理是将螺栓松动位移量转换成检测电路的开关量实现预警,该方案将检测电路(A 预警电路, B 报警电路)的开关与检测螺栓松动的装置绑定,螺栓的松动带动开关位移,当位移量变大、使得电路形成闭合回路时即可实现预警或报警。该技术在风力发电塔筒法兰螺栓及基础预应力锚栓防松监测方面可达到监测技术的经济、快速和便利,不足之处在于无法实时获取螺栓的工况信息。

5 风电机组塔筒监测模块

①实现对风力发电塔筒的振动特性、动态倾斜、动应变的实时监测,可在线分析塔筒振动加速度峰值和振动主频

率、塔筒顶部晃动位移峰值、塔筒壁应力峰值、动态倾斜峰值等动力特性,可根据阈值进行报警,可快速评估台风后的塔筒的关键部位及塔筒整体刚度变化情况、塔筒共振、基础沉降等常见病害。塔筒检测测点布置见图3。

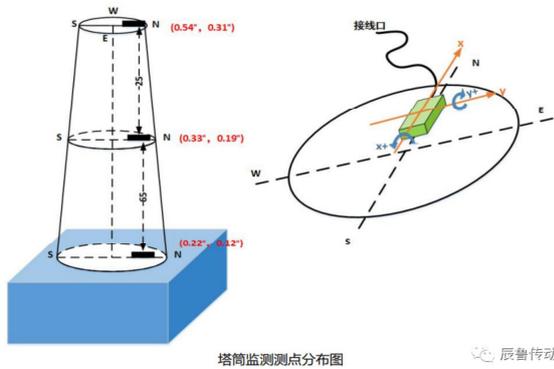


图3 塔筒检测测点布置图

②传动链振动监测模块,风力发电机组传动链振动监测系统是对风电机组传动链上旋转部件进行振动监测,通过对传动链振动信号的在线采集、处理和分析,可以及时发现风机传动链故障、评估风机的健康状态、预测部件的剩余寿命,以便有计划地合理安排风电机组的检修工作,更好地保障风力发电机组的正常运行,节省维护费用。测点布置见图4。

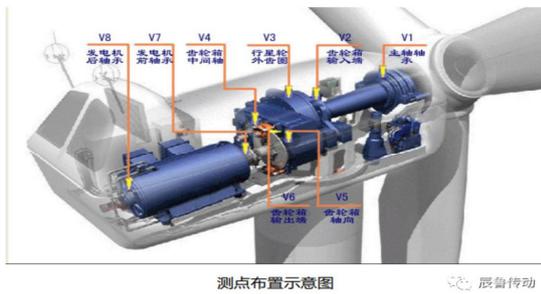


图4 测点布置示意图

③齿轮箱润滑油监测模块,风机齿轮箱润滑油在线监测系统通过安装的油液传感器对油液的水分、颗粒物、黏度、温度等参数进行实时监测,随时掌握润滑油油质情况,对润滑油更换提供参考意见。

④叶片在线监测模块,系统能够检测叶片覆冰厚度,指导风机启停,避免甩冰造成的机械冲击、不平衡动载荷;检测叶片早期内部结构损伤和表面,检测断裂失效、雷击损伤局部表面磨损纹断裂失效。保障机组安全,杜绝因叶片失效造成的事故扩大^[3]。

⑤螺栓松动在线监测模块,风力发电机组造价昂贵,且使用环境恶劣,工况复杂,在运行过程中,长期受振动、扭转、剪切等各种载荷的综合作用,各部件及部件间的连接

紧固件会出现不同程度的损伤。各部位螺栓尤其是叶根螺栓时常发生螺栓预紧力降低甚至螺栓断裂等故障。若故障发现不及时,会引发风电机组发生设备事故,造成巨大的经济损失,严重的会连带发生人身伤害事故。据统计,每年都会出现因螺栓松动、断裂等原因引发的倒塔、叶片脱落等严重设备事故。螺栓的预紧力是螺栓紧固的标准,为保证各连接部件的连接可靠性,工程施工中对螺栓的紧固均通过控制螺栓的预紧力来保证机组部件连接的可靠性^[4]。

6 应变式智能螺栓

智能螺栓的紧固件本体包括形变部和连接部,所述形变部与一测量单元连接,当所述紧固件本体安装时,所述连接部带动所述形变部变形进而促使所述测量单元移动生成一位移量。本发明还公开了一种智能紧固件的监测系统。本发明的智能紧固件能够通过测量单元测量的位移量而得到形变部的形变量,进而通过人工计算或者预定公式推算出预紧力,与现有技术的预紧应力指示螺栓相比具有精度高、结果数据化的优点。

7 结语

监测系统通过对塔筒的振动、晃度、倾角等信号进行实时监测和分析,并结合偏航、风速、功率等运行工况,跟踪塔筒刚度变化和基础沉降,及时发现塔筒连接螺栓预紧力不足、塔筒刚度劣化、基础开裂、基础不均匀沉降、锚杆断裂等问题,指导塔筒检修和维护。

本系统安装方便、免维护,具有良好的可扩展性和适应性,满足风电场大规模、多样化扩展的需要。为机组安全运行提供指导依据,及时发现设备故障,保证风电机组的稳定运行,防止因重大事故发生造成的经济损失与不良影响。

原建筑物的上部结构与基础框架柱之间,设置隔震橡胶支座,使上部结构与基础分离,原基础柱截面增大,采用钢支撑加设千斤顶施加顶升力,并对柱段、并梁、托板等构件变形及裂缝情况进行监测,然后进行隔震橡胶支座托换施工安装,该支撑体系改变了传统钢管扣件木模板体系,钢支撑成型尺寸易控,规格统一,连接方便,不易产生变形,保证了结构垂直度、平整度,有效控制了几何尺寸的正确性及托换过程的稳定。

参考文献

- [1] 王秀宏.机泵群在线状态监测系统在装置中的应用[J].化工管理,2020(29):2.
- [2] 杨秀峰,连华.一种风力发电机组的塔筒健康监测方法:中国,CN201910778793.2[P].
- [3] 田祥,岳旭,董楠.一种风电场风机塔筒智能螺栓安装装置:中国,CN202122657536.9[P].
- [4] 孙樵.1MW级风电机组的低风速改造[J].黑龙江科学,2013(6):2.