

风力发电机组齿轮箱扭力臂支撑轴故障处理

谢根福, 胡 拓, 蒋金林
(五凌电力有限公司新能源分公司, 湖南 长沙 410029)

摘 要: 齿轮箱作为风力发电机组核心组成部分,其运行状况直接影响着风力发电机组安全稳定运行。机组长时间、重负荷运行,容易使齿轮箱老化、磨损,进而发生故障造成安全事故。而齿轮箱故障处理往往工期长、风险大,因此如何减少故障处理时间显得尤为重要。本文从风力发电机组支撑轴工作原理出发,尝试探讨一种风机塔上更换齿轮箱支撑轴的方法,以期行业内相关人士提供参考。

关键词: 老化;磨损;齿轮箱支撑轴;故障处理

中图分类号: TK730.8 文献标识码: B 文章编号: 1672-5387(2024)06-0022-03
DOI: 10.13599/j.cnki.11-5130.2024.06.007

0 引言

某风电场共安装 35 台 2.0 MW 双馈式风力发电机组,2020 年 10 月 3 日风机后台监控系统报某风机“风机振动超限故障停机”,停机前机组风速 8.0 m/s,出力 1.8 MW。电场运行维护人员登机检查发现该台故障风机齿轮箱左侧扭力臂支撑轴断裂,齿轮箱轻微向上翘起,联轴器脱落。

1 情况介绍及原因说明

风力发电机组在运行过程中,叶轮及轮毂动载荷经过主轴传导至齿轮箱,使得齿轮箱产生较大振动和左右摆幅,因此一般齿轮箱设计均采用扭力臂+支撑轴+弹性支承的方式,将齿轮箱的轻微摆动传导至弹性支承上,用于减少齿轮箱的磨损及提高齿轮箱的可靠性^[1,2]。

风是一种可再生能源,但是其方向、大小、密度都是实时变化的,因此在机组满负荷运行情况下,若风速突然发生较大变化或电网突然掉电,外加气压梯度力的影响,叶轮气动不平衡会引起偏载,造成支撑轴疲劳断裂。

该风电场某台机组由于长期存在叶片气动不平衡且支撑轴圆弧处存在机加工台阶,气动不平衡会引起偏载,而支撑轴圆弧处存在机加工台阶则造成应力集中,这两方面的因素是造成该台风机齿轮箱支撑轴出现疲劳断裂的主要原因^[3-5]。

2 塔上更换支撑轴可行性分析

风力发电机组传动链主要由叶轮、主轴、主轴轴承、齿轮箱、联轴器等部件组成,且主轴略微向上抬起使叶轮远离塔筒。在机组正常运行情况下,以主轴轴承中心点为支点,齿轮箱力矩+主轴力矩小于叶轮力矩,因此需设计齿轮箱扭力臂结构以提供更多的力矩用于平衡传动系统力矩,如图 1 所示。

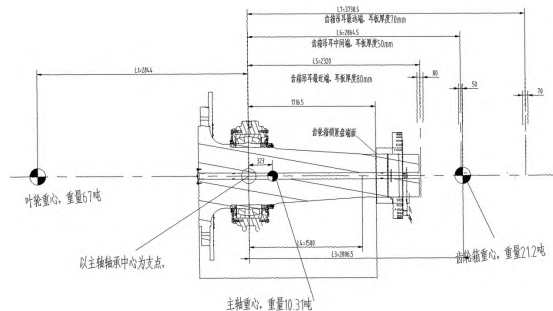


图 1 传动链力矩示意图

以主轴轴承中心为支点传动链系统各处力矩计算值如表 1。

表 1 传动链各处力矩值

	叶轮	主轴	齿轮箱
m/kg	$m_1=67\ 000$	$m_2=103\ 100$	$m_3=21\ 200$
L/m	$L_1=2.844$	$L_2=0.323$	$L_3=2.866$
$M/\text{N}\cdot\text{m}$	$M_1=1\ 867\ 370$	$M_2=32\ 635$	$M_3=599\ 595$

收稿日期: 2023-12-28

作者简介: 谢根福(1971-),男,工程师,从事新能源管理工作。

当齿轮箱支撑轴其中 1 根断裂后,机组因振动超限停机,传动链力矩在齿轮箱稍向上抬起后重新恢复平衡。此时只需要在主轴与齿轮箱连接处重新施加一个下压力矩 M_4 即可恢复平衡。

下压力矩 $M_4 = (M_1 - M_2 - M_3) = 1\,235\,140\text{ N}\cdot\text{m}$

现场测量 $L_4 = 1.58\text{ m}$

需下拉力 $F = M_4 / L_4 = 781\,734.177\text{ N}$ 。

因此需要手拉葫芦产生下拉质量, $m_4 = F/g = 79\,768.78\text{ kg}$, 即 79.77 t , 为确保安全, 采用 2 个 50 t 手拉葫芦在主轴与齿轮箱连接处拉紧可使力矩平衡, 恢复齿轮箱平衡以便进行支撑轴更换。

3 支撑轴更换实施过程

3.1 工字钢横梁安装, 用于吊装支撑轴

(1) 将 100 mm 的 H 型钢横梁工装放置在机舱框架横向钢上方, 横梁工装下方分别对应齿轮箱高速轴和扭力臂支承轴位置, 便于吊装。使用螺杆固定横梁工装。

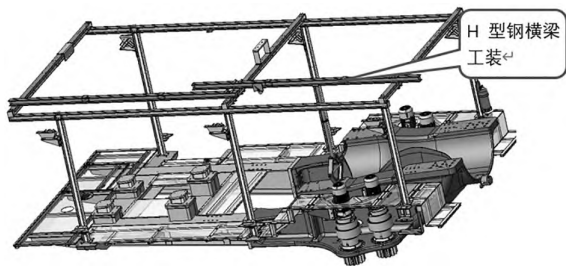


图 2 H 型钢横梁工装安装示意图

(2) 在 H 型钢横梁工装上安装手链单轨小车, 通过调节安装螺母进行安装。把 0.5 t 手拉葫芦与 1 t (具体型号应根据支撑轴重量而定) 圆吊带依次挂手链单轨小车上。

(3) 使用千斤顶加竖直支承加固横梁工装, 竖直支承应使用螺栓连接固定。

3.2 主轴固定

(1) 将 1 条 $50\text{ t} \times 2\text{ m}$ 高强 RH01 型圆型吊带两端分别穿过前底架圆孔。

(2) 用 1 条 $50\text{ t} \times 2.4\text{ m}$ 圆型吊带绕主轴固定位置一周, 吊带两端下放长度应等长。

(3) 各用 50 t (或 $25\text{ t} \times 2$) 手拉葫芦连接 $50\text{ t} \times 2.4\text{ m}$ 圆型吊带两侧。

3.3 齿轮箱固定

使用卸扣、吊带、手拉葫芦将齿轮箱各吊耳处与机舱架连接。

3.4 支撑轴更换

(1) 同时拉动主轴处手拉葫芦、齿轮箱各处手拉葫芦, 使主轴与齿轮箱向下移动, 将支撑轴断裂处与支撑上盖卡死处的位置脱开, 恢复间隙。完成主轴下压后应检查主轴承与主轴承支撑座上下间隙保持一致。

(2) 拆除弹性支承上盖及底座, 使用小吊车拉至不影响后续工装处。

(3) 拆除断的支撑轴, 将断轴两侧断面打磨平整, 使用磁力钻在断轴处沿扭力臂曲孔钻孔, 钻孔时注意断轴截面上孔的位置, 不得对扭力臂内孔造成损伤。

(4) 使用定制工装和 200 t 千斤顶将断轴取出。并将扭力臂内孔打磨光滑, 清洁。

(5) 持续加热扭力臂内孔至 90°C , 同时将新支撑轴放入液氮中冷却 3 h 以上, 使之形成过盈配合。

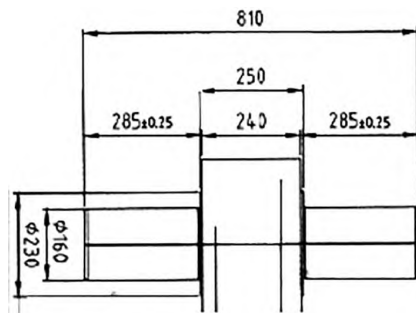


图 3 新轴安装过盈配合

(6) 销轴尺寸公差冷冻到位后快速将销轴安装到扭力臂销孔内并测量两端的尺寸为 $285 \pm 0.25\text{ mm}$, 配合公差: $H7(+0.046 \sim 0)/h6(+0.113 \sim +0.084)$, 具体型号根据各自扭力臂内孔及支撑轴确定。由于液氮温度为 -170°C , 工作人员应穿戴好防冻服, 戴好保温手套, 裸露的皮肤不得接触液氮, 防止冻伤; 同时打开机舱各通风口, 防止窒息。

(7) 安装增速机支撑底座, 销孔与定位销对正, 支撑底座落实与机架贴实; 安装增速机下减震垫, 减震垫侧面与支撑底座外端面平齐, 上端面与支撑底座的上表面平行; 带白线的减震垫安装在增速机的左下和右上方 (面向轮毂方向), 即承压侧。

(8) 安装弹性支撑的双头螺柱, 用 $S12$ 六角扳手将双头螺柱拧紧。

(9) 安装支撑底座与支撑上盖配合的 4 个 $\Phi 20 \times 90$ 定位销, 将增速机上减震垫放在增速机支撑轴上, 安装支撑上盖。

转化为一个单纯的密集回归问题,通过直接预测每个 Bbox 的边角、分类得分和置信度来实现目标检测。

5 结语

一般情况下,红外热图像是以 RGB 颜色空间的形式呈现的。然而,RGB 颜色空间不能提供用于图像处理的有效直观特征。因此,将红外热图像从 RGB 颜色空间转换到 HSI 颜色空间,是为了提取更有效的图像特征。本文通过研究将光伏组件的缺陷从背景图像中分割出来,以便达到缺陷诊断的目的。将光伏组件红外热图像从 RGB 颜色空间转换到 HSI 颜色空间后再转换到 Lab 颜色空间,并采用 K-means 聚类算法在 Lab 颜色空间对图像进行颜色分类,可以更好地反映物体的温度分布和温度变化

趋势,更精准地定位物体,以及实现自动化检测和诊断,具有很高的实际应用价值。

参考文献:

- [1] 常慧. 基于光伏电站的无人机全自动巡检系统的应用研究 [J]. 太阳能, 2019(1): 45-47.
- [2] 朱莉, 张晶, 傅应锴, 等. 基于多模态特征图融合的红外热图像目标区域提取算法 [J]. 红外与毫米波学报, 2019, 38(1): 125-132.
- [3] 蒋琳, 苏建徽, 李欣, 等. 基于可见光和红外热图像融合的光伏阵列缺陷检测方法 [J]. 太阳能学报, 2022, 43(1): 393-397.
- [4] 曾飞, 林志鸿, 梁健锋, 等. 无人机红外热成像测试系统在光伏组件缺陷检测中的应用 [J]. 太阳能, 2022(9): 83-89.
- [5] 郭宝柱. 光伏阵列热斑的红外图像处理的研究 [D]. 天津: 天津理工大学, 2016.

(上接第 23 页)

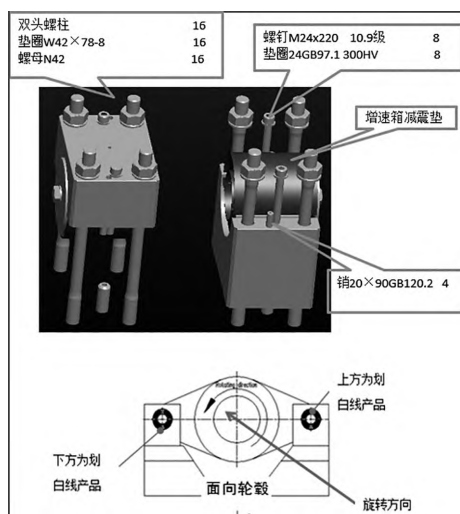


图 4 弹性支撑安装示意图

(10) 拉动固定主轴和增速机的各手拉葫芦,使增速机扭力臂与减震垫无间隙,预紧弹性支撑上盖螺栓。

(11) 支撑轴更换需持续 5~7 d,期间有突然起风风险,应安排专人在中控室对风机振动监测系统进行监视,出现振动数据过大时应及时偏航。

(12) 完成支撑轴更换后要持续对风机振动数据进行分析,特别是齿轮箱的振动数据,并出具检测报告,对于数据异常者要及时处理。

4 结语

在塔上更换支撑轴能避免主吊进场,节省更

换费用及周期,同时因避免了叶轮、轮毂下塔,可以有效地规避大件吊装相关风险。更为重要的是在确定塔上更换支撑轴方案后,从方案定稿到更换完成并恢复机组发电前后仅用 7 d 左右,相对下塔更换的方案,安全性、效率性、经济性更强。风力发电作为电网电源的不可或缺的组成部分,其发展势头已不可逆转,全国风电装机已超 3 亿 kW,对于风力发电故障处理相关的研究应进一步加强。只有重视并切实做好风机相关故障处理工作,不断缩短故障处理时间,才能更好的保障风电机组的安全、稳定运行,为市场提供更好的电源保障。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 风力发电机组装配和安装规范: GB/T 19568-2004[S].
- [2] 杨校生. 风力发电技术与风电场工程 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [3] 多级行星减速器运动学 / 动力学分析与加速寿命预测研究 [D]. 扬州: 扬州大学, 2023.
- [4] 曾雄峰. 减速机高速齿轮轴断裂失效分析 [J]. 中国设备工程, 2028(3): 105-106.
- [5] 闫云强. 浅析风电机组齿轮箱的常见故障及处理方案 [J]. 科学与财富, 2015(7): 350.