

# 风力发电机组叶片音频（外部）监测系统说明书

山东威尔勒技术服务有限公司

---

## 目 录

1. 产品概况 .....	3
2. 配置说明 .....	3
3. 技术标准 .....	3
4. 系统详细描述 .....	4
4.1 系统原理 .....	4
4.2 硬件说明 .....	4
4.3 功能说明 .....	6
5. 技术参数 .....	7

## 1. 产品概况

近年叶片尺寸越来越大，更大的扫风面积，单机容量的大幅攀升，有助于度电成本的进一步降低，但大叶片的结构非线性与弯扭耦合效应、叶片涡激振动、呼吸效应、高柔塔的整机复杂多体动力系统等问题的耦合，加上制造难度更大、运输吊装乃至存储支架损伤等难以避免，导致大叶片在风场运行早期暴露出了前所未有的结构损伤、开裂等失效问题，乃至叶片断裂，进一步引发风机倒塔等重大经济安全事故，使得叶片损伤的早期识别与预警变得尤为重要。

风力发电机组叶片音频监测是一种利用音频识别技术来分析风力发电机组叶片产生的声音信号，以评估叶片的性能和运行状况的方法。

该技术通过采集风力发电机组叶片产生的声音，并借助音频识别算法对声音信号进行处理和分析。音频是通过声音信号中固有的特征来识别和鉴别物体的特征。在叶片音频监测中，通过对叶片声音信号的特征提取和匹配，可以判断叶片是否存在异常情况，如结构损伤、疲劳裂纹、龟裂等。

## 2. 配置说明

表 1 叶片音频监测配置清单

序号	位置	名称	单位	数量	规格型号/说明
1	风机侧设备	音频传感器	个	1	安装于塔筒门上方
2		边缘采集单元	个	1	风机端采集及处理音频数据（低成本方案可去除）
3		塔底采集柜	个	1	包括供电、交换机等
4		安装辅料	套	1	胶、扎带、螺栓、支架等
5	上位机系统	服务器	台	1	如只采集数据，可用小型工控机代替
6		一体机显示终端	台	1	
7		拉格朗日平台软件	套	1	

## 3. 技术标准

设计应满足但不限于下列规范和标准：

GL WIND风电机组认证指南

DIN VDE 0113工业机械电气设备标准

GB/T 14048.1-2012低压开关设备和控制设备 第1部分：总则

GB/T 2423.1-2008电工电子产品环境试验 第2部分 试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2-2008电工电子产品环境试验 第2部分 试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.4-2008 电工电子产品环境试验 第2部分 试验方法 试验：交变湿热运行和贮存试验

GB/T 2423.3-2008 电工电子产品环境试验 第2部分 试验方法 试验：恒定湿热运行和贮存试验

GB/T 2423.10-2008 电工电子产品环境试验 第2部分 试验方法 试验Fc：振动（正弦）

GB/T 2423.18-2008 电工电子产品环境试验 第2部分 试验方法 试验ka：盐雾

GB/T 17626.5-2008 电磁兼容性试验浪涌（冲击）试验

GB/T 17626.2-2008 静电放电试验

GB/T 17626.3-2008 辐射抗扰度测量

GB/T 17626.4-2008 电快速脉冲群抗扰度

GB/T 17626.6-2008 传导抗扰度测量

IEC 60068-2-27:2008 运输振动冲击试验

ISO 4180:2009 运输振动跌落试验

ISO 4180:2009 随机振动耐久试验

GB 4208-2008 外壳防护等级

GB/T 3797-2016 电气控制设备

ISO 9001:2015 质量管理体系。

## 4. 系统详细描述

### 4.1 系统原理

风力发电机组叶片音频监测通过音频传感器监测风机转动时叶片的声音信号，音频采集单元采集到叶片音频信号后，传输到监控中心。中心端部署智能算法进行音频信号处理，提取叶片运行状态特征信号，识别损伤。系统根据识别的损伤及程序变化趋势进行报警，支持运维人员进行检查/维修/保护性运行或停机等运维决策，避免叶片发生重大失效乃至断裂，保障风力发电机组安全运行。

### 4.2 硬件说明

风力发电机组叶片音频监测系统由部署在塔筒门上方的音频传感器与音频采集单元组成。音频传感器部署在主风向方向，传感器接入到塔底音频采集单元，塔底音频采集单元直接在塔底接入到环网中，然后将数据传给上位机服务器。

上位机拉格朗日系统完成风机端数据的接收、存储，并实现机组叶片音频数据的处理及智能诊断。

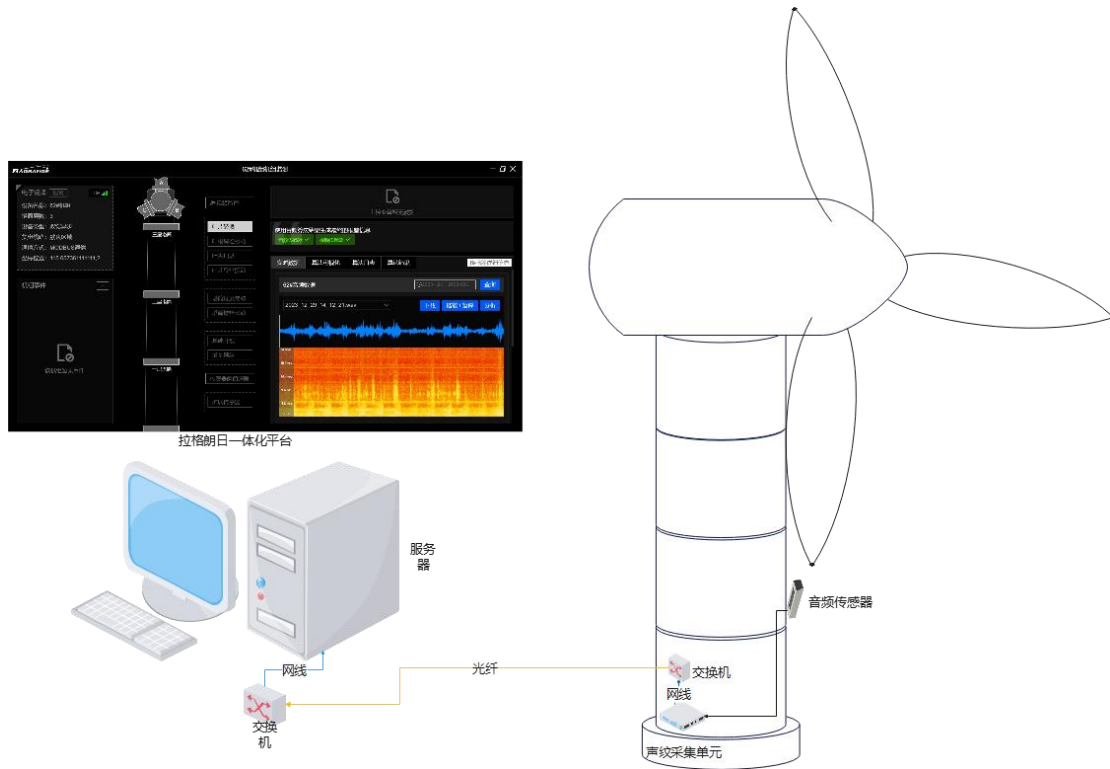


图 1 叶片音频监测系统拓扑图

音频传感器为高灵敏度 8 咪头麦克风阵列，内置高速 DSP 数字信号处理器，保证输出强度，采用高灵敏度全指向性电容咪头，高保真、高灵敏、噪音低。内置自动 AGC 电路，消除远近距离声音差异，使声音输出幅度更平衡，声音回放效果更平滑舒适。集成专业 SMT 音频处理器，可直接驱动有源音箱、硬盘录像机、网络摄像机等。超远拾音户外防风噪，传输距离远，抗干扰能力强，布线方便。可根据现场环境调节拾音器的声音大小。内置雷击保护、电源极性反转和 ESD 保护模块。传感器可使用在  $40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$  工作环境温度范围，并且，外壳经过防腐处理防盐雾，满足各种恶劣环境下工作条件。外形尺寸如下图所示。



图 2 音频传感器外形图

音频边缘采集单元具备音频数据实时采集、实时处理计算功能，完成对于叶片音频数据的预处理、筛选与本地存储功能。边缘采集单元部署音频算法模型，在本地直接对音频文件缺陷对比识别，当有故障时，直接推送上位机平台进行预警。边缘采集单元具备断点续传功能，保证数据存储的完整性。音频边缘处理单元采用定制工控机板作为核心单元，设计一体化外散热柜体，内部集成供电，通讯等模块，集成度较高。



图 3 音频采集单元处理板图

#### 4.3 功能说明

叶片音频监测系统特点及实现功能如下：

- 1) 音频识别技术可以对叶片产生的声音信号进行高灵敏度和准确的分析，可以检测到微小的异常声音，对叶片的健康状况进行及时监测和诊断。
- 2) 叶片音频监测系统可以实时地监测和分析叶片声音信号，将监测结果传输到监控中心，运维人员可以通过远程监控系统实时获取叶片的运行状态，并及时采取相应的维护措施。
- 3) 叶片音频监测可以提供准确的叶片健康状况评估，帮助运维人员制定更

加精准的维护计划。通过及时发现叶片异常情况并进行维护，可以降低维护成本，延长叶片使用寿命。

## 5. 技术参数

表 2 音频传感器技术参数

类别	名称	指标
音频传感器	指向性	指向型
	灵敏度	-35dB
	动态范围	100dB(@1KHz)
	输入电源	POE IEEE 802.3at/af
	频率响应	20Hz~20kHz
	采样频率	最高 48KHz
	保护电路	雷击保护/电源极性反转保护
	信号输出幅度	1Vrms(@1KHz)/ 2.8Vpp(@1KHz)
	信号传输距离	3000 米
	环境降噪	1-16 级可调
	防风噪	支持
	网络通讯速率	10M/100M 自适应
	网络通讯速率	10M/100M 自适应
	防雷等级	TVS 2000V 防雷（共模）、防浪涌
	材质	铝合金
	安装方式	螺丝固定/磁吸固定/粘胶固定
	产品尺寸	224.6mm*78mm*36mm
	产品重量	835g
工作温度和湿度	-40℃~60℃, 小于等于 90%RH（无结露）	
防盐雾等级	C5VH	
防护等级	IP67	

表 3 音频采集单元参数

类别	名称	指标
音频采集单元	处理器	4 核 4 线程, 2.0 Ghz/2.6 Ghz
	内存	8G
	硬盘	256G
	操作系统	Ubuntu20.04