

风机智联监测系统在风电机组中的应用

——四川跟云电力技术服务有限公司

A decorative horizontal bar at the bottom of the slide, consisting of three overlapping blue layers of varying shades, creating a gradient effect from light blue at the top to dark blue at the bottom.

目录

CONTENTS



行业背景



产品概述



价值体现



总结与展望

现有监测手段不足：

- 多数针对设备固定点位测量，无法全局考虑（如不易安装传感器的位置、设备表面等）；
- 大机组长叶片的安全性监测问题；
- 风电机组分布广泛，常规故障处理流程缓慢；
- 风电运维初期泄露隐患难以发现；
- 环境艰苦，人员离职率高。

巡检频次不够，故障由小变大

按照月检、季检规范频次进行上机舱检查，初期渗漏、发热、破损等问题无法及时发现

故障检修，停机损失加大

系统告警后，停机诊断，损失有效发电
检修备件准备不及时，检修时间加长

火灾发现晚，无法有效控制火灾

机舱内设备温度发展趋势无法全面掌控，初期火灾无法发现，等火势发展并触发消防系统，已经无法挽救

01行业背景

延伸人眼 机器人高频次巡检，发现细初期缺陷，开展计划性检修

机舱内安装微型巡检机器人、携带高清相机、热成像设备，将关键部位的图像、温度图像传输到监控中心，监盘人员即可提前了解机舱内的设备温度、外观状态的变化，预判缺陷的发生及计划性检修

发热侦测 热成像温度监测，对设备发热趋势进行分析及预警，可预防火灾的发生

机器人具备多光谱融合热像测温技术，对机舱内重要部位进行温度监测，对异常发热问题提前处置，可预防火灾的发生

语音通话 高保真语音通话，监控中心与机舱现场建立高效交流通道

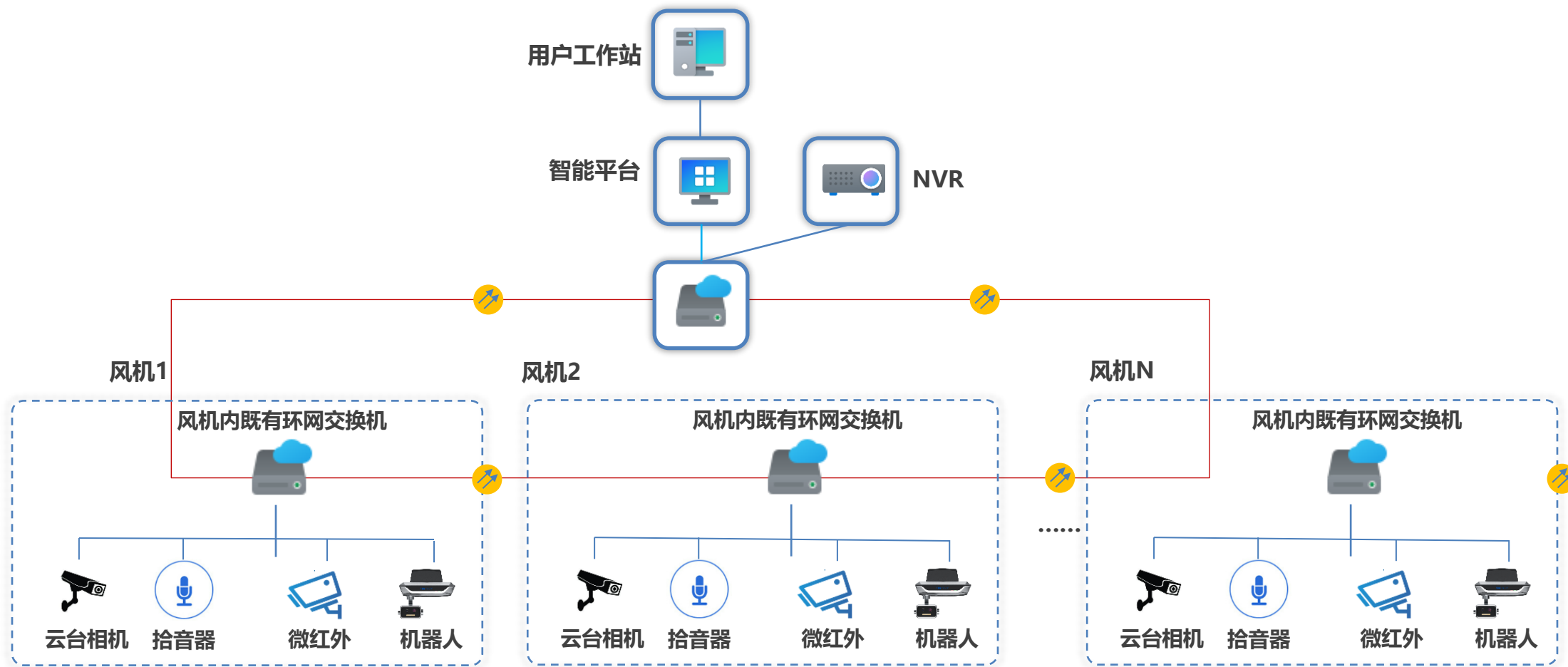
机器人具备高保真通话系统，监控中心人员与现场作业人员进行语音交互，快速形成便捷的提醒、指导通道

直观呈现 关键观测位图像呈现直观化，快速获得每个机舱的观测状态

对每个风机的关键位进行高清图像抓拍与温度监测，平铺展示并可开展缺陷标记，高效浏览每台风机的设备状态

风机巡检痛点拆分	问题原因	解决方案
测温：温度监测覆盖不全面	原来是点温计，而且只在主设备的关键位置有，不能形成大范围的温度分布评估	使用热成像测温，对机舱内设备大范围温度覆盖分布进行呈现对设备温度超标及趋势异常进行预警
外观：设备外观看不到，无法对细小问题进行诊断维护	初期的线缆破损、螺栓松脱、初期油品泄漏、润滑油量等问题在线监测系统发现不了	使用移动机器人，携带高清摄像机将设备重点部位进行巡查业务平台上可直观呈现每台风机全部重点部位的图像，实现高效巡查
火灾：机舱内如果发热导致火灾，无法扑救	机舱里面的消防系统需要等到温度、烟雾扩散到探测器上才能触发灭火弹，但是火一旦燃烧起来，基本无法有效扑灭，初期小火有可能控制住	采用热成像的温度预警，识别可能的高温点位及初期火点，报警信息推送到平台上，给监控人员报警
安全：人员安全监护无有效手段，监控中心跟前方无有效通话条件	摄像头死角太多，无法兼顾到位 卫星信号不良、电话信号不良、不方便使用手机等原因	移动机器人，发现违规操作及时发出提醒，机器人搭载语音对讲功能
成本：多热像观测点方案 投资成本太高	机舱内多角度覆盖，至少需要4~6台，而且热成像的视场角要大	使用移动式热成像监测，减少设备投资

02 产品概述



风机智联巡检监测系统架构

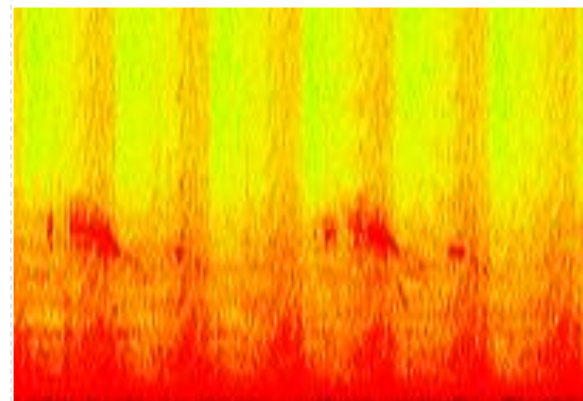
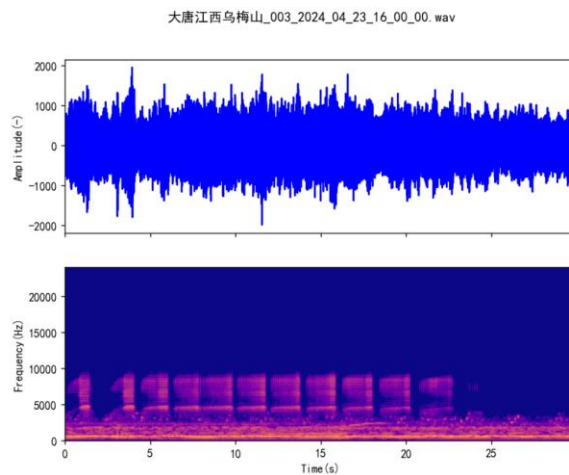
02 产品概述

叶片常见故障：

- 叶片雨蚀
- 叶片前缘腐蚀
- 保护膜损伤
- 雷击损伤
- 前后缘开裂
- 排水孔堵塞

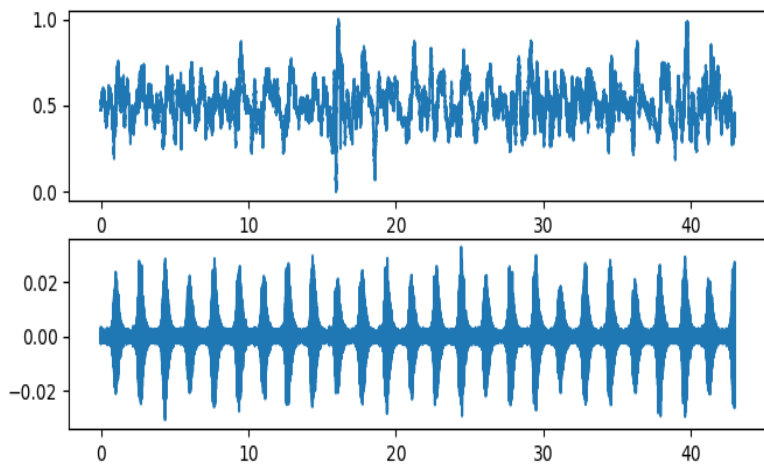


叶片音视频传感器安装与预警模式

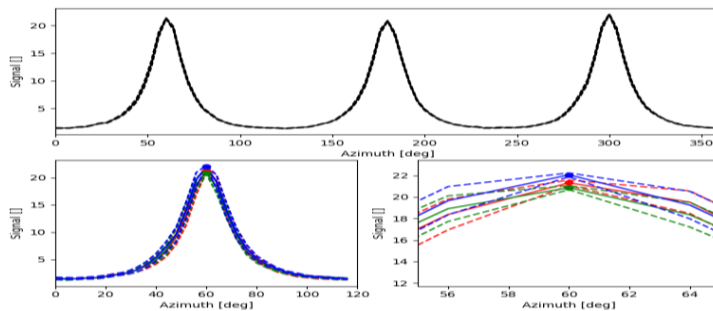


02 产品概述

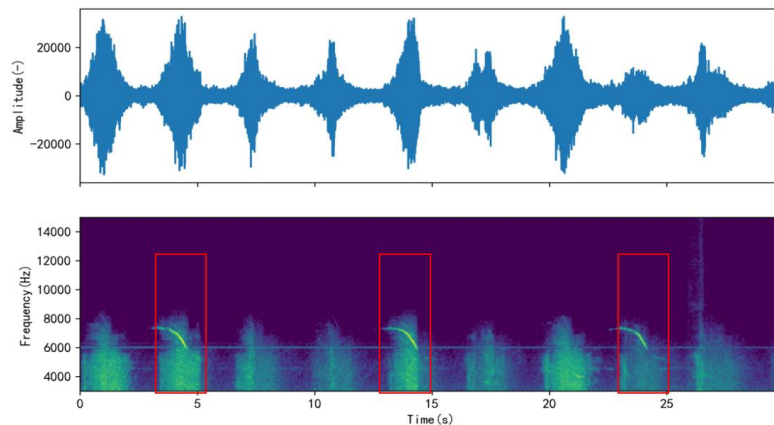
叶片音视频传感器安装与预警模式



时域特征提取



频域特征提取



叶片频谱
差异因子

- 单文件高通滤波
- 单文件信噪比评价
- 多文件异常比重判断

基于采集积累的叶片损伤案例，首先进行频谱转换，得到频域特征。通过频域图像进行卷积神经网络（CNN）训练。基于训练好的模型可以自动实现叶片损伤类型的识别。

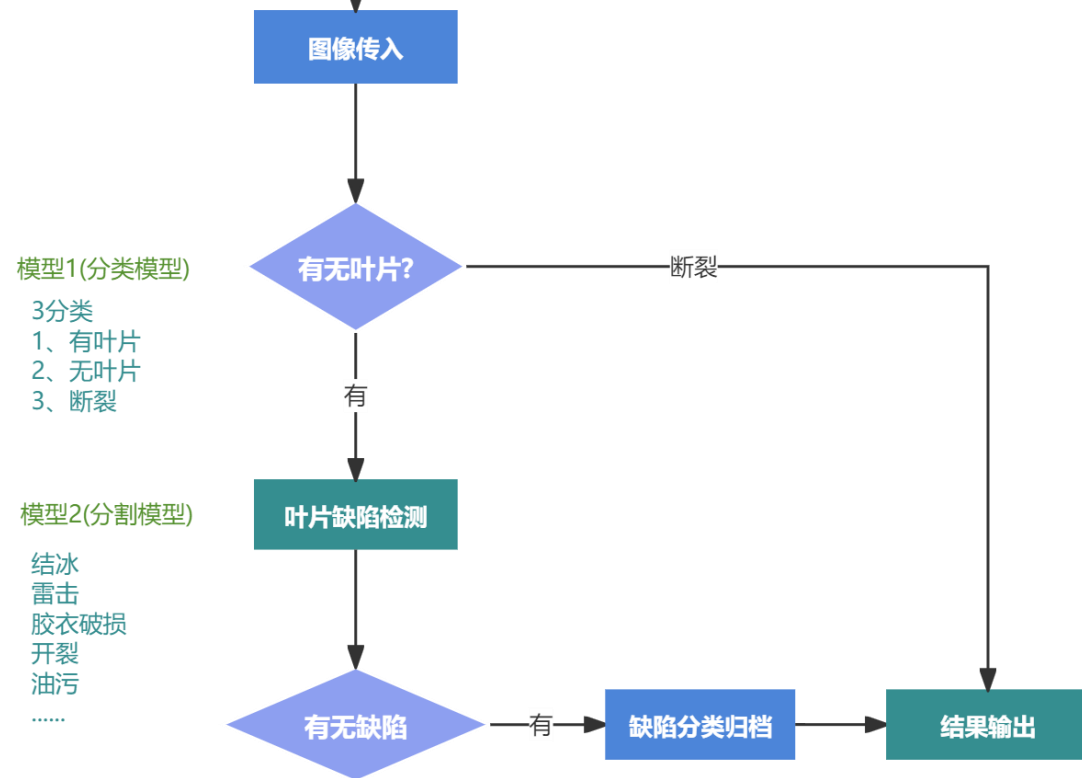


- 事件型预警信息推送，直接闭环处理

02 产品概述

叶片视频缺陷检测模型：

- 1、叶片分类模型。提高模型检测效率，无叶片、叶片切入切出部分均视为无叶片，大大减少后续检测频率。
- 2、缺陷分割模型。叶片、结冰、标识符和开裂、雷击等缺陷使用单个分割模型检出。



叶片音视频传感器安装与预警模式

叶片视频监测



叶片结冰监测



叶片细纹监测



叶片雷击监测



风向标监测



风速仪监测



叶片开裂监测



02 产品概述

智能巡检单元





自动充电



自动运行



高清视频传输



热成像测温与阈值告警

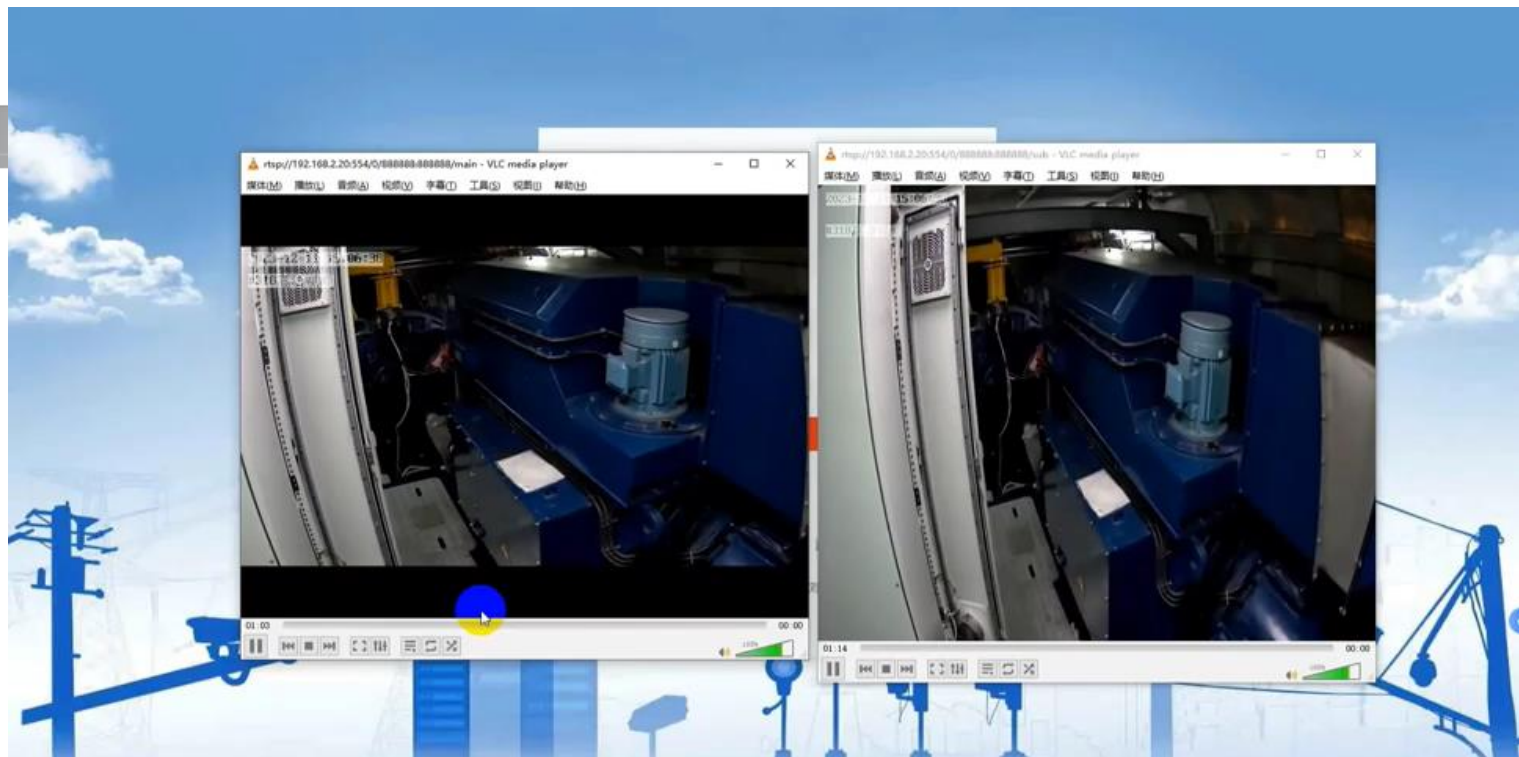


高保真双向语音通讯

产品参数（设计使用寿命20年）	
尺寸	292(L) × 160(W) × 290(H)
重量	约5kg
使用环境要求	-30~60℃，5%Rh ~ 95%Rh 无冷凝
IP等级要求	IP66
轨道	0.8kg/m
充电形式	接触式充电
续航时间	综合工况4h
通讯形式	Wifi，可选5G
速度	0.2m/s
爬坡角度	45°
电池特性	磷酸铁锂电池，5年免维护。
电池容量	12V，3300mA.
到点精度	< 5mm
可见光相机	3840*2160 800万像素
红外热像仪	双光谱融合显示， 640*480
云台转动范围	水平转动范围：-120° 至+120°
	垂直转动范围：向下90° 至 向上30°

02 产品概述

机舱内智能巡检单元以智能巡检机器人为依托，采用领先防抖技术与高海拔强适应技术，可稳定运行于抖动、高海拔、高低温、潮湿等严苛机舱环境、易于维护。



02 产品概述

叶片监视



智能巡检



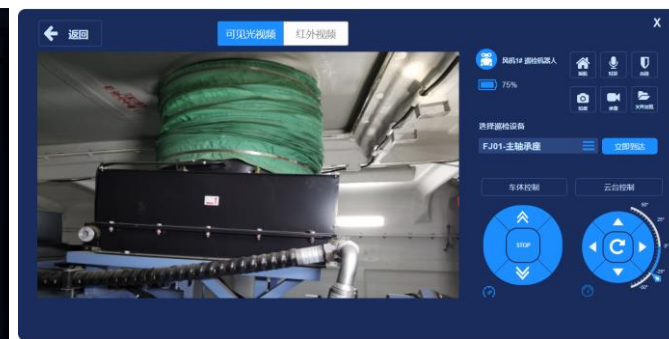
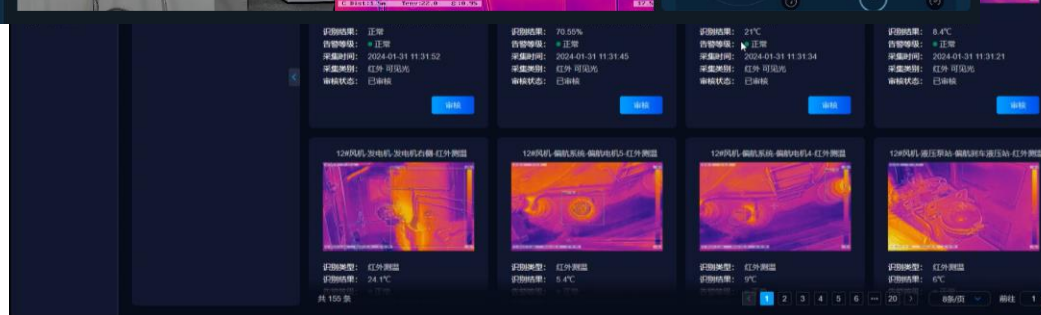
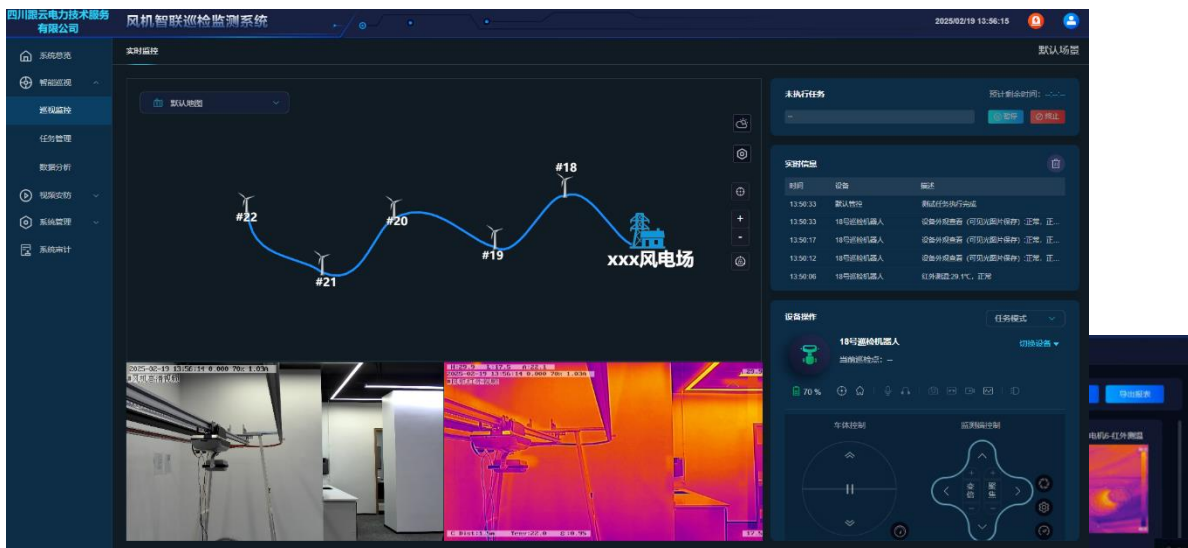
设备运行



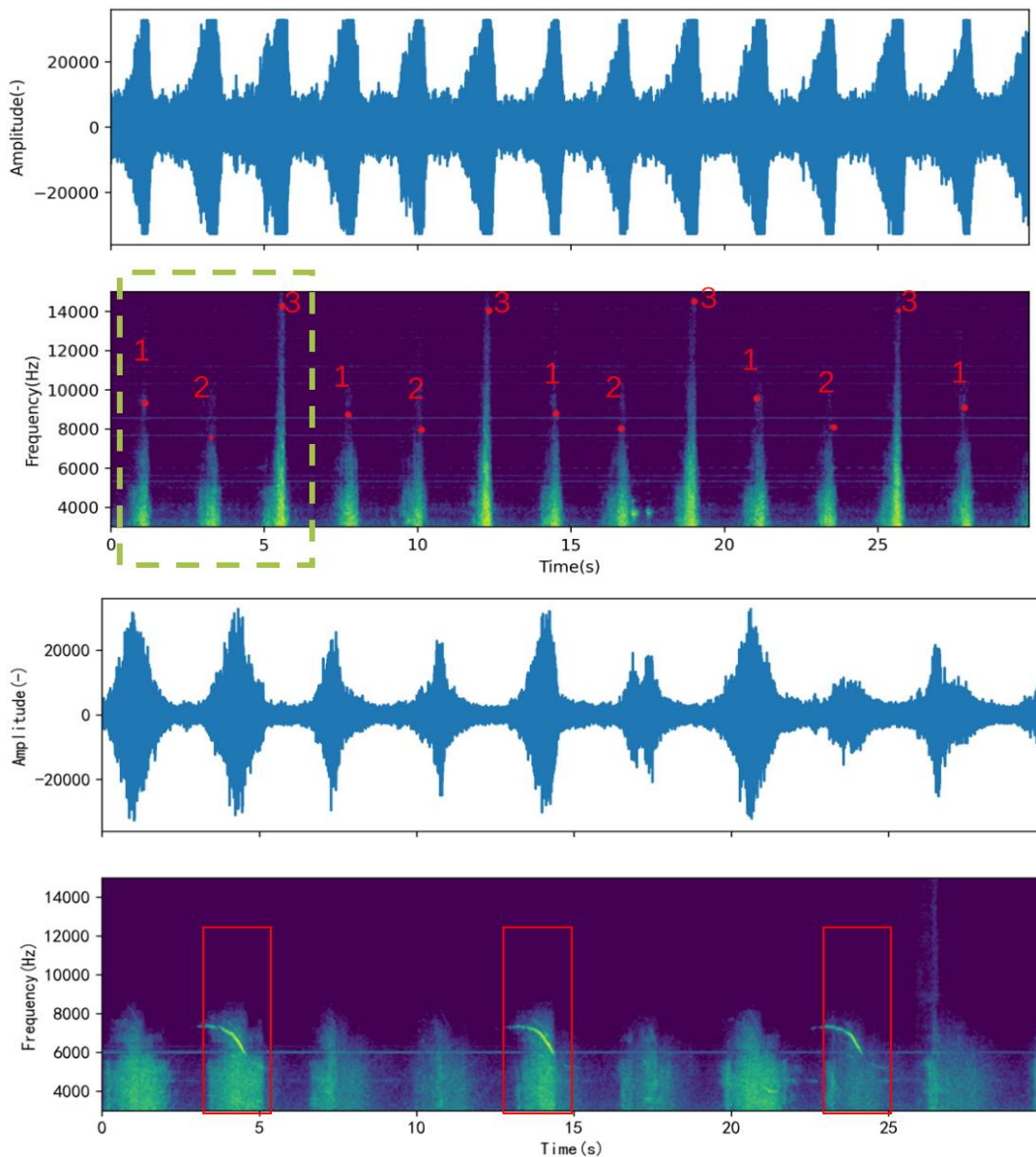
02 产品概述

- ✓ 以100%国产化软件为核心
- ✓ 搭载自主研发的智能控制平台
- ✓ 高精度AI视觉引擎融合热成像技术
- ✓ 年维护频次低至1次

2025年02月25日 星期二 15:39:16



03 价值体现



- 该机组根据语谱图可清晰的看到三只叶片存在明显**音频能量不平衡**，推测机组可能存在不平衡或潜在损伤，建议风场关注该机组运行状态。



- 该机组语谱图可看到清晰的哨音特征，经算法判断该机组存在**哨声**，推测可能为排水孔堵塞；
- 经过现场排查，确为排水孔堵塞。



03 价值体现

巡检场景	巡检内容
主机架及其附件	主机架、集油槽、前悬臂、发电机底座、尾部悬架及电缆桥架的外观破损腐蚀、表面温度、渗漏油、螺栓状态
齿轮箱区域	齿轮箱表面温度、渗漏油、油位、防雷接地状态
油冷系统	油路、冷却器、过滤器及油泵的外观破损腐蚀、表面温度、运行声音、渗漏油、螺栓、油位状态
电控系统	电控柜、接线盒的外观破损腐蚀、表面温度、连接线及仪表指示灯状态
发电机区域	发电机、电缆、润滑系统的外观破损腐蚀、表面温度、运行声音、渗漏油、碳刷状态
联轴器区域	联轴器区域设备的外观、表面温度及运行声音状态
制动系统	制动器、制动泵、液压管路的渗漏油、运行声音、表面温度、油位及接线状态
机舱罩区域	机舱罩的外观破损腐蚀、密封及螺栓状态

03 价值体现

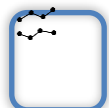
提升运营效益



640*480融合显示热成像分辨率，测温精度优于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$



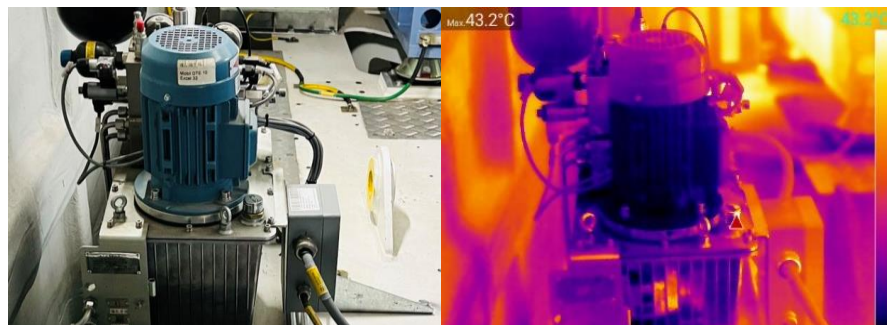
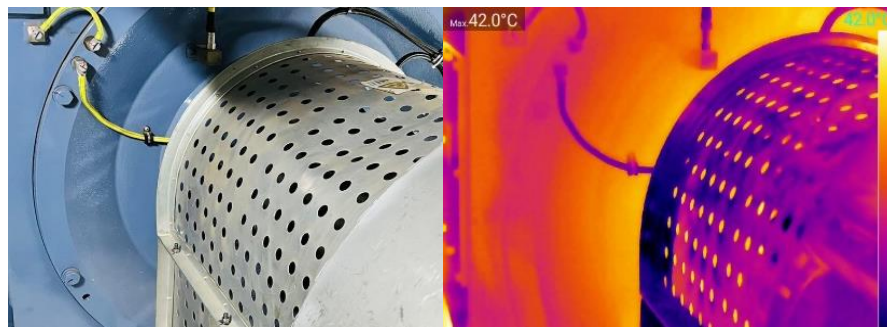
UniSpectra多光谱图像融合技术，便于快速准确定位设备的异常发热位置



采用历史趋势、阈值判定等多维度数据分析技术，提升数据准确性



异常温度位置可通过可见光图片标注，在后端平台首页集中展示



- ❑ 减少人工巡检的时间和劳动强度
- ❑ 机器人可以在各种环境条件下工作，不受时间和天气的限制
- ❑ 能够检测到肉眼难以发现的微小缺陷。

设备发热趋势及状态分析

03 价值体现

保障设备安全

基于视觉伺服、深度学习等技术，对舱内油液设备、管路、电缆、紧固件等进行外观监测与分析，识别泄漏、破损、锈蚀等异常。



视频图像实时传输



图像识别算法



多维度数据分析技术

- ❑ 机器人可以覆盖机舱内部的各个角落，确保无遗漏的全面检查。
- ❑ 机器人可以执行重复性高的巡检任务，确保每次巡检的一致性和全面性。



部件锈蚀



油液泄漏



状态判读



压力判读

03 价值体现

保障人员安全、减少人力成本

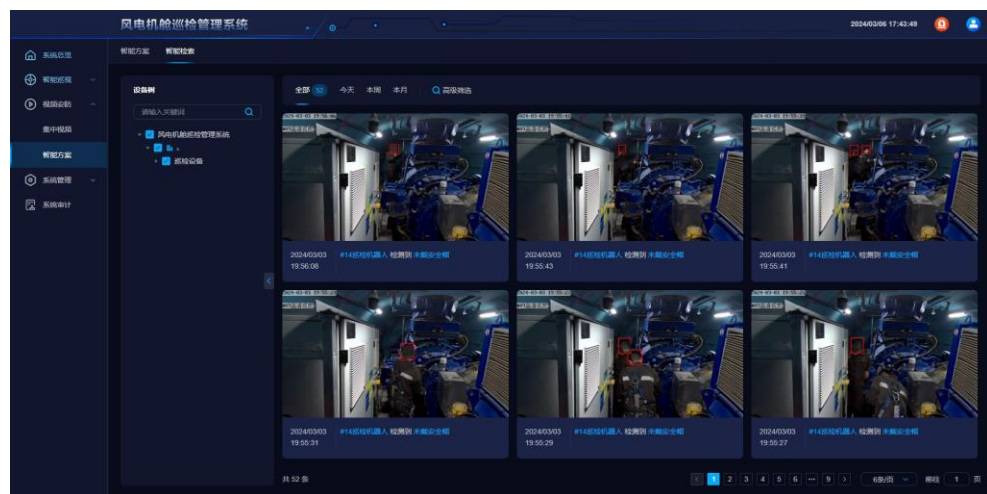
帮助用户识别检修作业过程中存在的安全风险，如作业过程中人员未安全帽佩戴报警、工作服穿戴报警、抽烟报警等，有效实现对舱内封闭空间作业的全过程监控，确保现场作业严格按照安全管理体系开展，防范事故的发生。



安全帽识别、报警



工作服穿戴报警



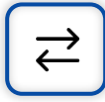
安全帽识别告警功能测试



安全帽识别



实时传输



双向通话



高清降噪

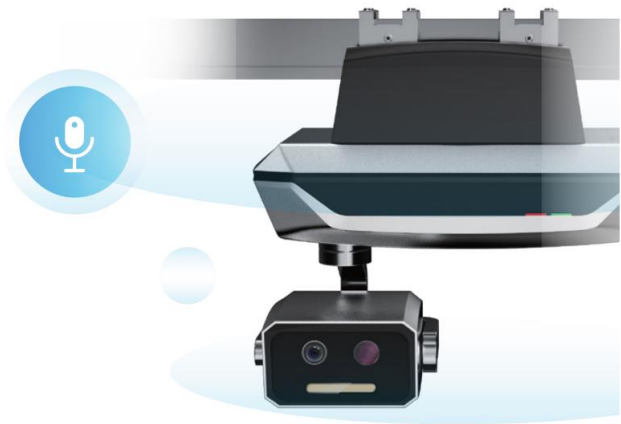


信号稳定

高保真双向语音通话功能

03 价值体现

经济性:



序号	项目	数值	备注
1	单台风机容量	7MW	陆上风电以7MW机型计
2	年等效小时数	2300小时	
3	上网电价	0.3元/度	
4	单次巡检停机时间	6小时	平均以6小时计
5	单次巡检损失电量	18000KW	小风下以3000KW/h计
6	单次巡检经济损失	5400元	
7	年度巡检经济损失	21600元	按运行规程每季度巡检一次计
8	单次巡检人员费用	1000元	以2人巡检1台风机，每人500元/天计
9	单次巡检车辆费用	500元	
10	年度巡检总经济损失	27600元	不计节省的人力资源、早期发现故障，重点巡检规避的大故障、巡检结果定期存档带来的管理效益等经济效益
11	成本回收周期	7.5年	

04 总结与展望

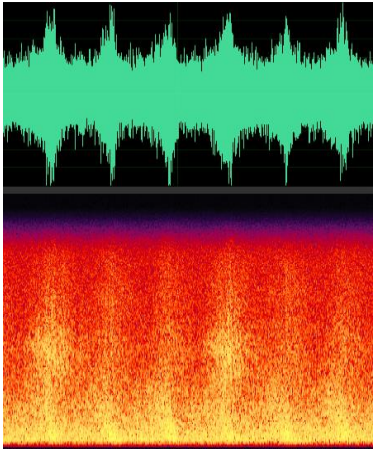
典型案例

四川某风电场



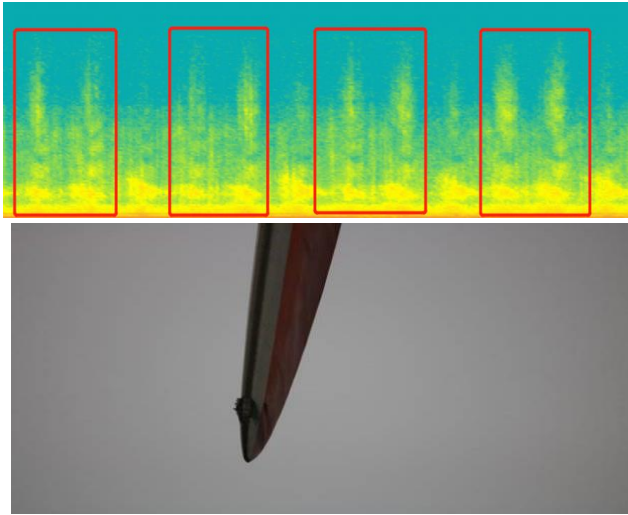
2023年7月，系统发现发电机滑环室温度超标并发出预警

内蒙古某风电场



2024年2月，系统发现叶片告警，人员
复检后确认存在雷击损伤

河北某风电场



2023年2月，音视频系统发现叶片告警，
人员复检后确认存在前缘保护膜破损



感谢聆听！

与您携手共创智能绿色能源！

