

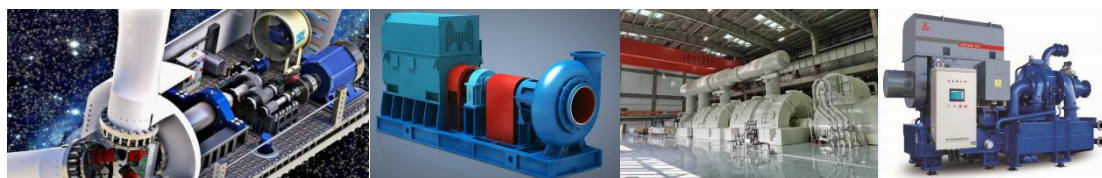
转动设备的声波（声发射）监测检测

1、简介

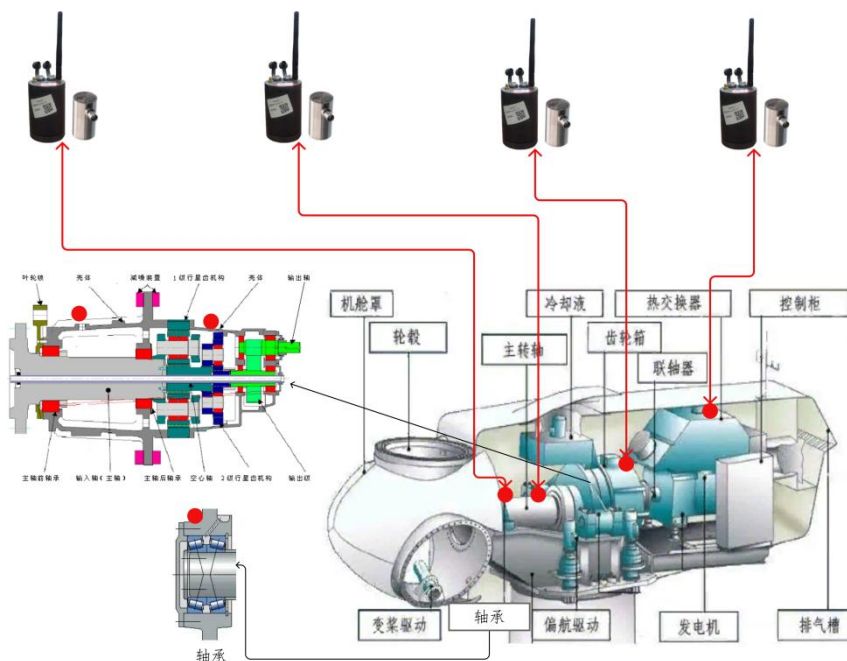
应用：

对主要依靠旋转动作完成特定功能的机械设备的状态监测(损伤状态、润滑状态等)。

如：齿轮箱、离心风机、离心泵、汽轮机、燃气轮机、发电机、电动机、离心压缩机、水轮机、航空发动机、离心式分离机、车床、磨床等转动机械设备。



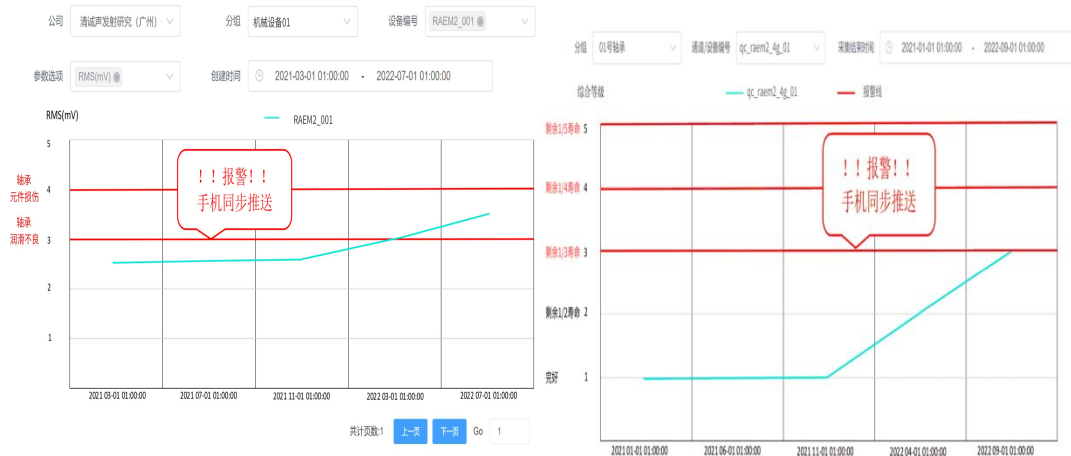
风力发电机轴承/齿轮箱 泵 汽轮发电机 离心压缩机
广泛应用于动力、电力、石化、冶金、机械制造和航空航天等重要工程领域。



★主要是对转动设备的轴承（滑动轴承、滚动轴承）及安装在转轴上各类零件的损伤监测。

监测对象	解决方案 (型号, 主要指标)	部件位置	数量	原理
滚动轴承	多个 RAEM2; 电池供电	转动设备适当位置。	多个	转动设备运转时产生声波, 包括人耳可听见的声波和人耳不能听见的音频范围外的声波。这个声波对不同的状态(正常运转, 磨损, 润滑剂污染劣化, 等)对应有不同的声波波谱。安装在转动设备上的 RAEM2 采集器传感器接收这个声波, 采集器和物联网云平台定性定量分析得到对应的状态。
滑动轴承				
叶轮				
齿轮				
联轴器				
.....				

效果：365 天实时在线监测检测，物联网远程操控使用，支持手机蓝牙实现人工巡检，全程自动分析结果，手机报警推送。



云平台数据图



手机蓝牙巡检

轴承故障邮箱推送

轴承损伤程度短信推送

润滑状态小程序推送

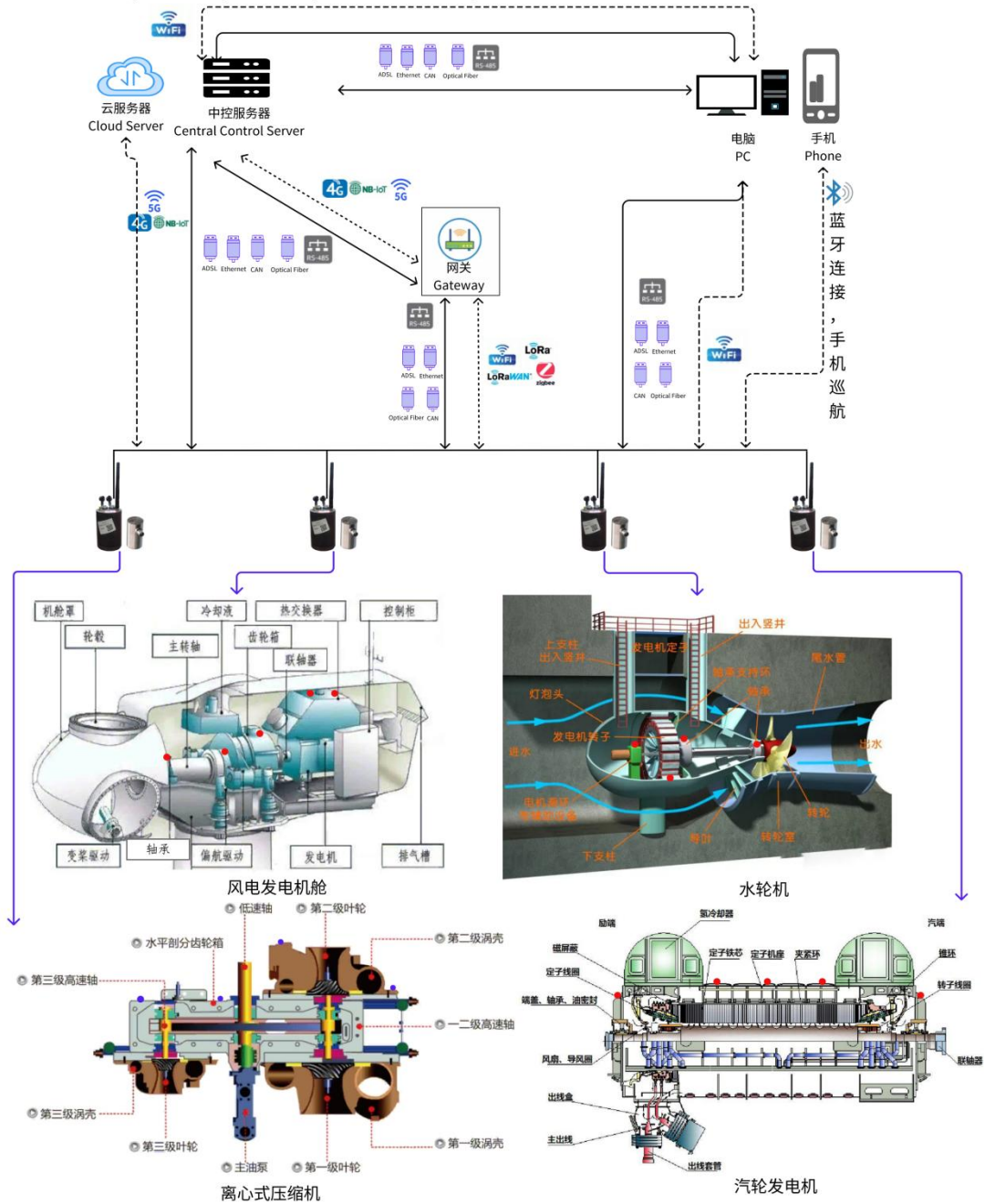
- 实时在线和历史数据屏幕显示
- 自动给出监测诊断结果
- 在线手机报警推送

2、解决方案 —— RAEM2 声波（声发射）监测系统

多种数据输出通讯方式（WiFi、4G、以太网、RS485 等），可根据用户需求配置，实现定期检测/本地长期监测检测/远程长期监测检测等多种应用方式。

（因地制宜选择合适的通讯方式）

实线(Solid line): 有线连接(wired connection)
 虚线(Dotted line): 无线连接(wireless connection)

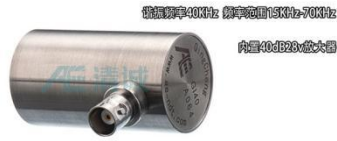


注: 上述系统都有手机 app 蓝牙通讯巡检和现场调试设置功能。

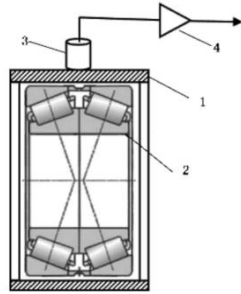
RAEM2+40 系列传感器:



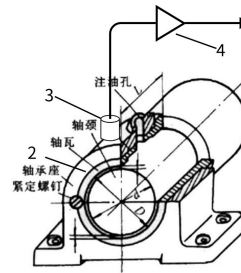
G140窄频带内置前放一体化传感器



G140窄带一体化传感器，内置40dB26v放大器，广泛应用于常压储罐罐底板的腐蚀、局放等的检测、监测领域。



滚动轴承



滑动轴承

- 1——部件壳体
- 2——转动部件
- 3——声发射传感器
- 4——信号采集系统

安装（可多个采集器组成多通道监测系统，对大型设备实时监测）：

转动设备适当位置。

如对游乐设施等转动构件整体监测时，传感器应尽量远离螺栓连接、支座等位置；局部监测时被测部分应尽量位于传感器阵列中间。

特点	步骤
<ul style="list-style-type: none"> • 时间触发 • 连续信号采集 • 远程监测，长期监测诊断 • 低功耗低成本 	<ul style="list-style-type: none"> ◆转动设备（轴承，齿轮箱等）安装 1-8 个 RAEM2。 ◆采集器无线 wifi 或网关通讯到中控服务器、监控屏等，或 4G 通讯输出到物联网平台。 ◆定时启动和休眠系统, 定时采集数据。 ◆数据分析验证，得到判据标准 ◆验证效果良好 ◆设置判据，手机平台推送信息

★RAEM2 声波（声发射）监测系统通过对现场同型号多台设备、（无故障的，各种故障的）同台设备的监测数据，建立分析参考判据，实现对转动设备的不同故障发生、发生位置、故障程度等状态的分析。



3、主要软硬件介绍

1) 配置表

传感器		40 系列传感器	
采集器	名称		RAEM2 采集器
	通讯方式	有线	RS-485
			CAN
			LAN
	无线	4G (流量计费参考运营商套餐)	
		WIFI	
蓝牙 (手机蓝牙巡检)			
LORA (组网)			
终端输出	手机	APP	
		微信小程序	
		短信	
		邮件	
	云平台	清诚物联网云平台	
		阿里云平台	
		亚马逊云平台	
	电脑软件	SWAE 软件	
RAEM1 软件			

注：云平台可根据客户需求，选择客户的私有云平台，或清诚的私有云平台

2) 采集器技术指标

通道	单通道 AE 输入	采样精度	16 位
采集方式	时间触发采集	系统噪声	优于 30dB
采样频率	2M 点/秒	动态范围	70dB
防护等级	IP65	输入带宽	10kHz-400kHz
时间参数输出	AMP、RMS、ASL、能量		
可选择数据输出端口	4G、wifi、网口、RS485、CAN、lora、蓝牙等		
电池供电	电池供电、外部电源供电（直流 12V）		
使用温度范围	-20℃~60℃		
尺寸	圆筒直径 $\Phi 62\text{mm}$ ，高度 50mm-120mm，取决于内置模块内容		
安装	底部自带磁性，可吸附于被测物体表面		

3) 云平台

清诚物联网云平台、阿里云平台、亚马逊云平台等。

（可根据客户需求，选择客户的私有云平台，或清诚的私有云平台）



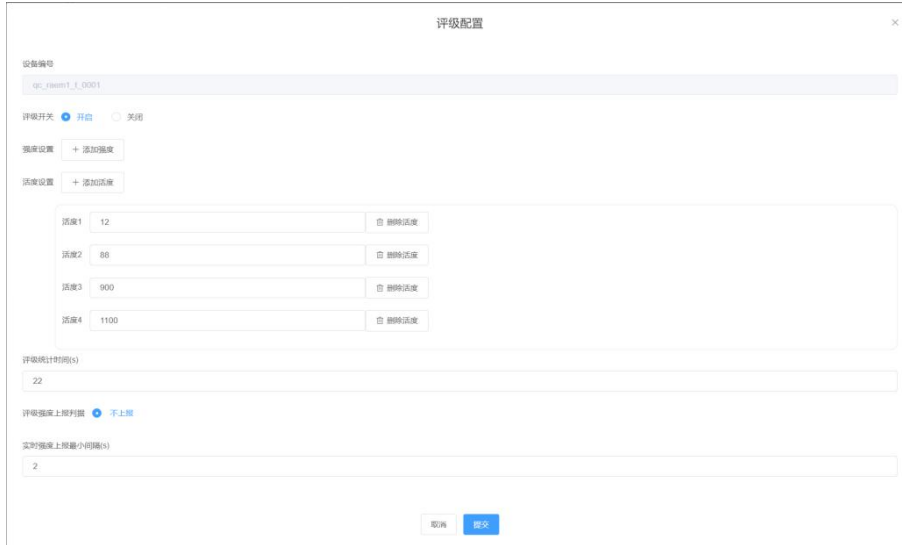
清诚物联网 阿里云平台 亚马逊AWS平台

①云平台数据显示：用户可以通过云平台进行远程监控，同时把报警信息推送给用户。

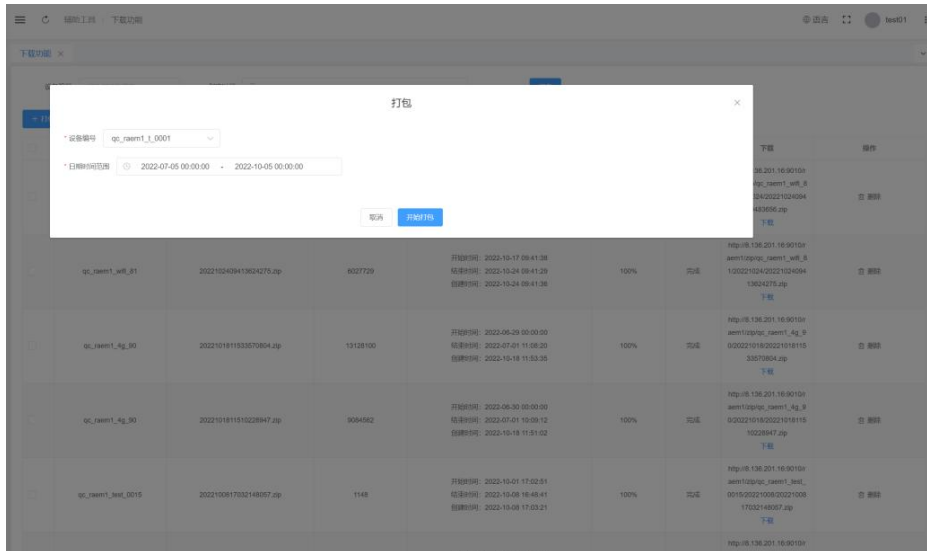


②远程系统升级：用户可以从云平台下载安装升级版软件、系统。

③采集参数设置：用户可以通过云平台进行远程配置，如参数配置、定时配置、评级配置等。



④数据下载：用户可以通过云平台，对历史数据进行远程数据下载。



4) 手机蓝牙巡检

支持手机蓝牙连接设备实现人工巡检，对设备进行设置和数据监控。

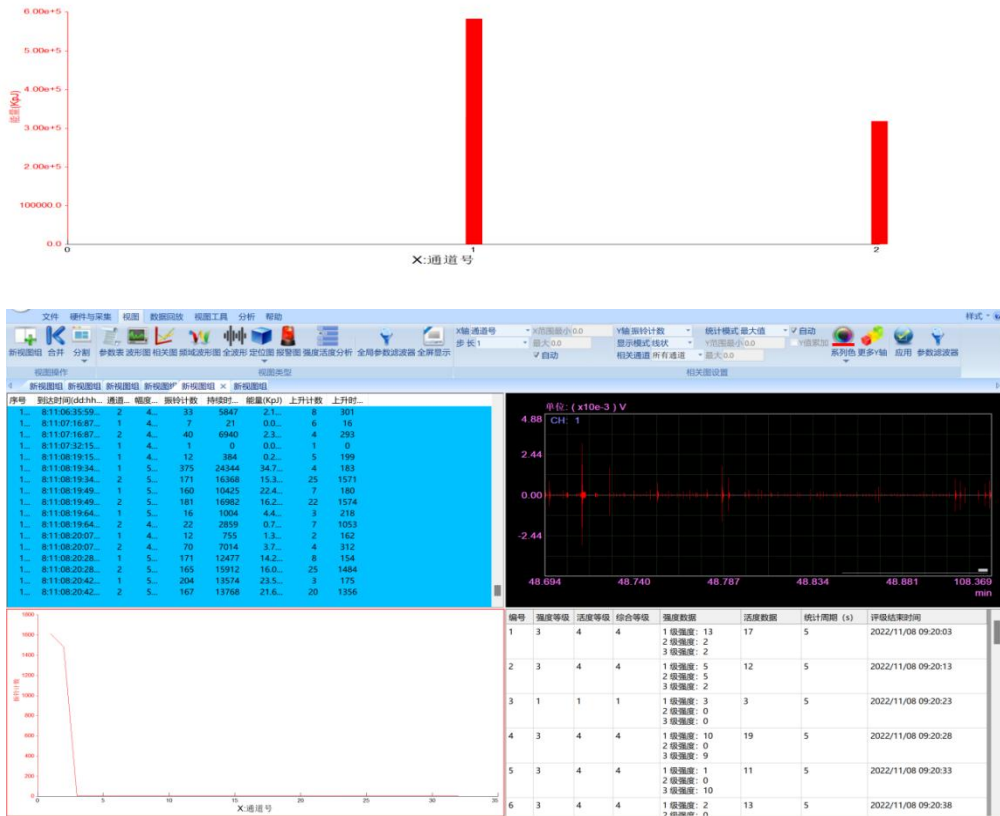


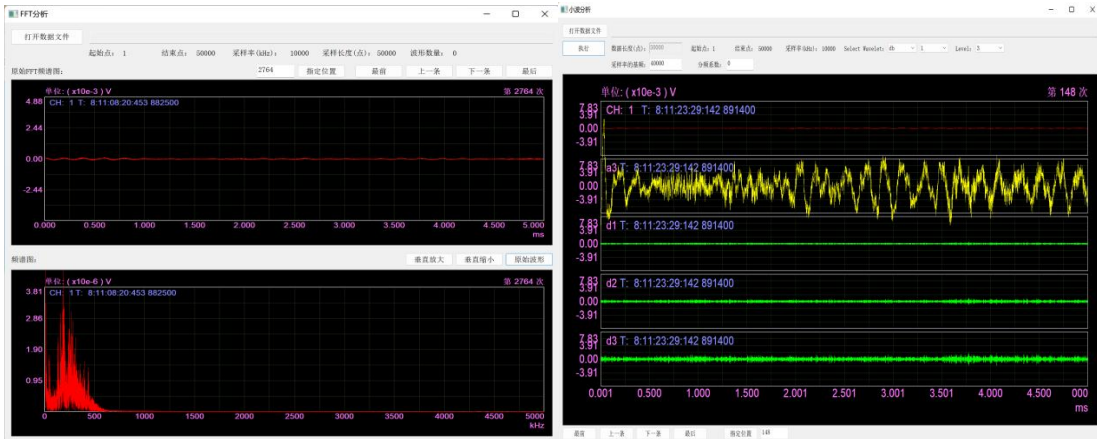
蓝牙巡检 APP 界面图

5) SWAE 软件- 电脑

数据可从云端下载后使用清诚的 SWAE 软件进行深度分析,也可以直接发送到 SWAE 软件进行实时分析处理,以详细了解缺陷详细情况。

如定位分析、参数分析、相关图分析、波形分析、快速傅里叶变换、小波变换、评级分析等





4、方案案例

原理：

转动设备运转时产生声波，包括人耳可听见的声波和人耳不能听见的音频范围外的声波。这个声波对不同的状态（正常运转，磨损，润滑剂污染劣化，等）对应有不同的声波波谱。安装在转动设备上的 RAEM2 采集器传感器接收这个声波，采集器和物联网云平台定性定量分析得到对应的状态。

1) 轴承故障

案例：每隔 4 个月对某转动设备的滚动轴承进行在线声波（声发射）监测，对设备轴承状态进行监测

根据现场数据分析验证，得到转动设备不同故障等级判据（该案例中使用 RMS 进行判断）设置 3 个等级：完好(1 级)，轴承润滑不良(2 级)，轴承元件损伤(3 级)

云平台图 1：1 号机械设备 qc_raem2_001 通道监测期间的时间-RMS 图：



云平台图 2：1 号机械设备 RAEM2_001 通道在 0、4、8、12、16 个月后的强度级别分别为：1，1，1，2，2



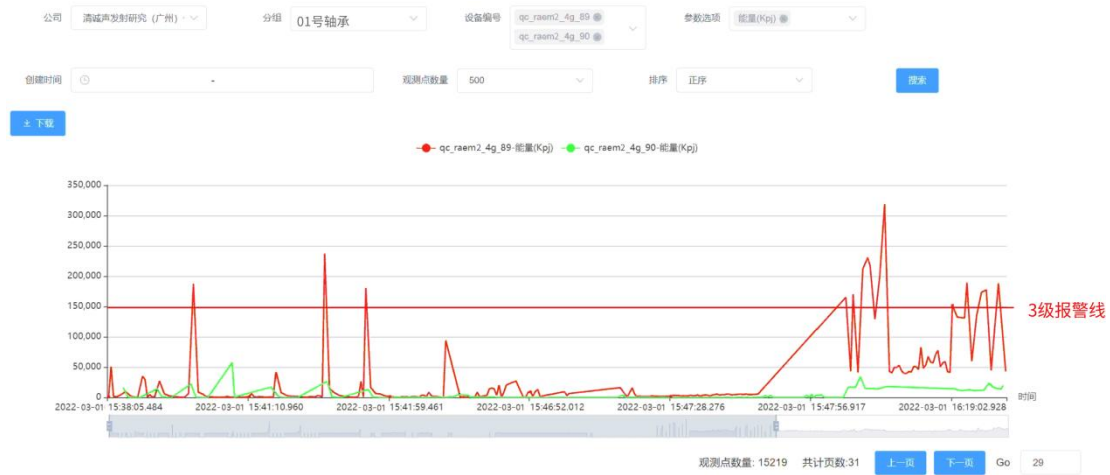
据云平台数据可知，1号机械设备 RAEM2_001 通道在 2022-03-01 触碰 2 级报警线，当前传感器附近发生轴承润滑不良，需要考虑检查维修（报警推送）。

2) 轴承润滑状态

案例 2: 每 4 个月对某转动设备某轴承润滑状态进行一段时间的在线润滑状态声波(声发射)监测，对轴承润滑状态进行评估。

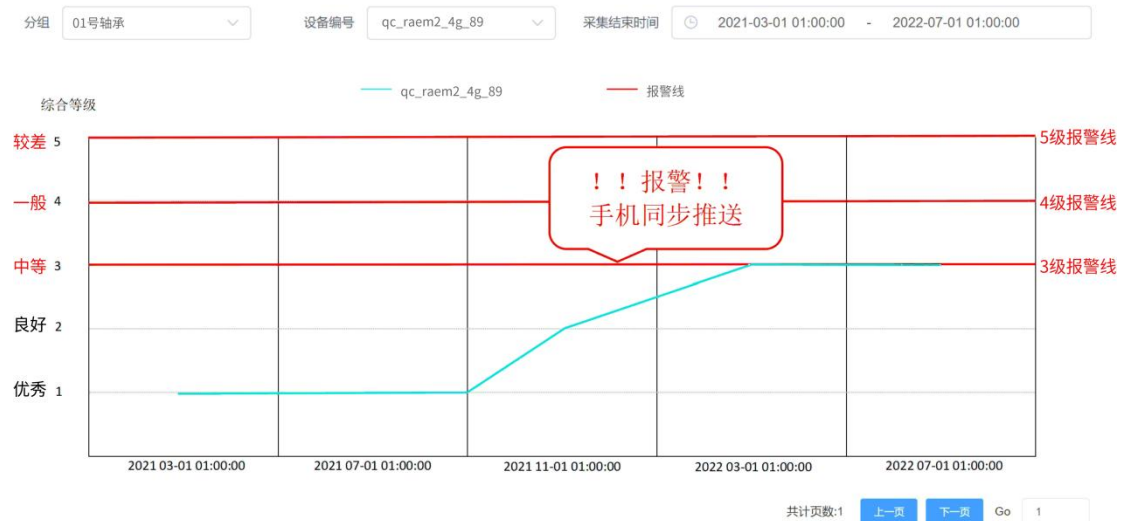
(用对润滑状态变化较为敏感的数据来评价，该案例中使用能量参数结合活度进行综合评级得出润滑状态)

云平台图 1: 1 号机械设备 qc_raem2_4g_89 通道和 qc_raem2_4g_90 通道在 2022-03-01 某段时间的能量显示



两个通道（位置）的润滑状态有差异，qc_raem2_4g_89 通道处润滑状态异常。

云平台图 2: 1 号机械设备 qc_raem2_4g_89 通道在监测期间的润滑状态评级。



据云平台数据可知，1号机械设备 qc_raem2_4g_89 通道，在 2022-03-01 触碰 3 级报警线，此处润滑状态为中等，需要考虑检查维修（报警推送）。

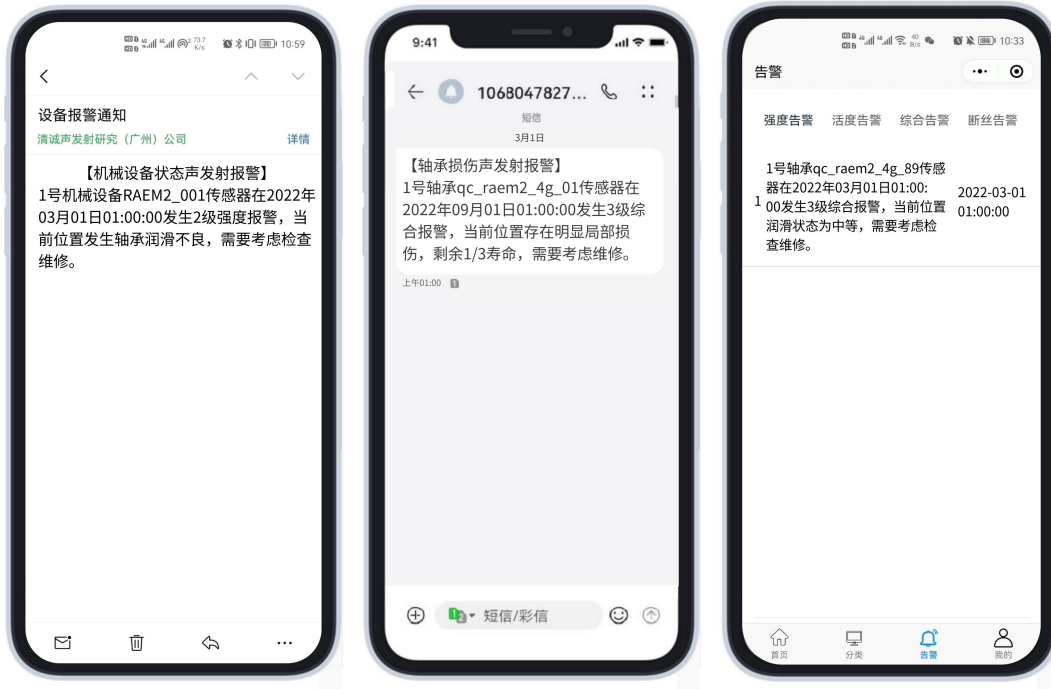
3) 轴承损伤状态

案例 3：每 5 个月对某转动设备某轴承进行一段时间状态监测，对轴承损伤程度进行评估。
云平台：机械设备 1 号轴承 qc_raem2_4g_01 通道在 0、5、10、15、20 个月后对应级别分别为：1，1，1，2，3



据云平台数据可知，1号轴承 qc_raem2_4g_01 通道在 2022-09-01 触碰 3 级报警线，当前轴承存在明显局部损伤，剩余 1/3 寿命，需要考虑维修（报警推送）。

对上述案例，都可设置手机同步报警推送（邮箱、短信、小程序、APP 等方式）。



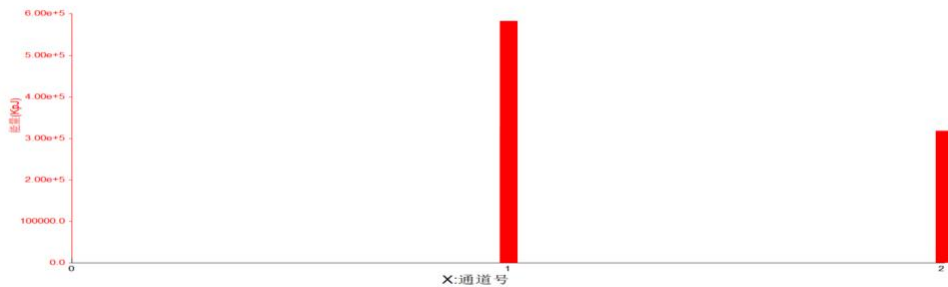
轴承故障邮箱推送

(轴承损伤程度)短信推送

(轴承润滑状态)小程序推送

也可使用清诚的 SWAE 软件进行深度分析，详细了解数据情况。

如对监测组处于不同润滑状态的两个通道的数据进行通道-能量图分析：



(通道-能量图中可看出，该组润滑状态监测中能量对变化较为敏感，可用来评价润滑状态)

5、总结

实现了对转动设备的(松动、损伤、润滑等)状态声波(声发射)监测检测，并将报警信息自动推送给用户，方便用户及时开展维修，以延长转动设备寿命，杜绝因损伤累积发展而导致的损失和事故。



优点:

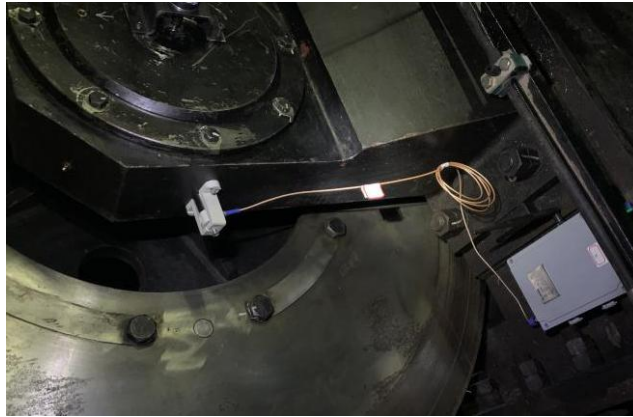
- 在线——声波（声发射）采集器安装在被监测诊断的对象上，实现全时段全天候状态监测故障诊断。
- 智能——自动给出监测诊断结果，不需要人工分析处理数据，不需要人工操作，数据采集分析报告展示整个监测诊断全过程自动进行。
- 远程——借助物联网系统，用户可以在任何位置得到任意不限距离位置的监测诊断点的监测诊断结果，在线即时结果和历史过程结果。

6、实际案例

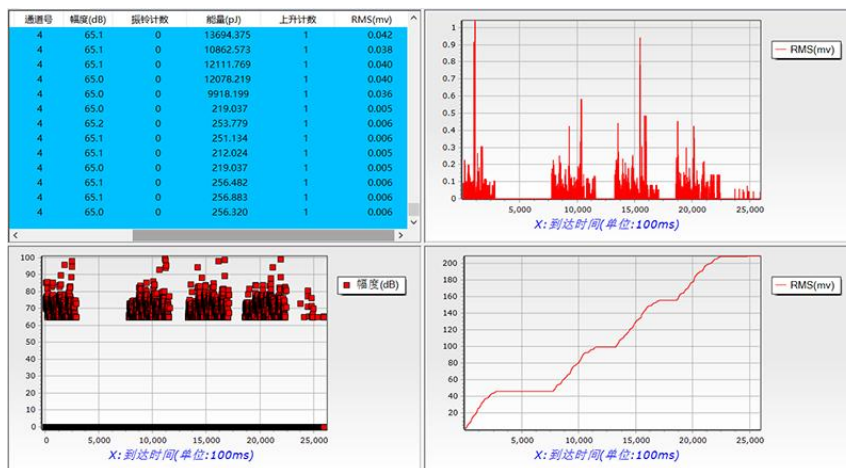
1) 游乐园设施轴承监测

①升降机卷扬机主轴轴承监测:

仪器布置采用电池供电，同时增加了通讯模块，将报警信号上传到云服务器，并推送到手机。



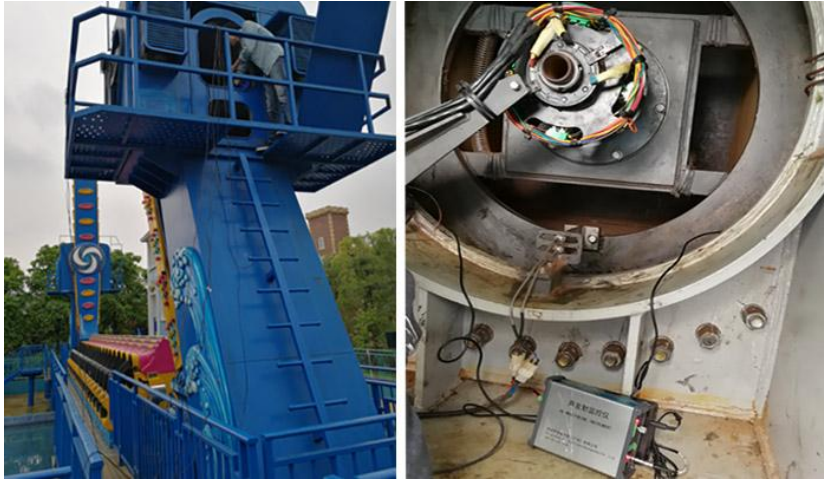
监测现场示意图



数据显示示意图

②波浪翻滚项目主轴轴承监测:

监测位置是两侧受力最集中的部位——旋转主轴轴承，传感器布置在轴承外圈座上。



2) 低速滚动轴承损伤检测监测

低速滚动轴承损伤检测（类工控机声发射）

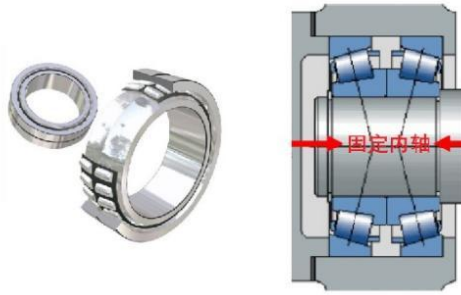


现场监测示意图 1

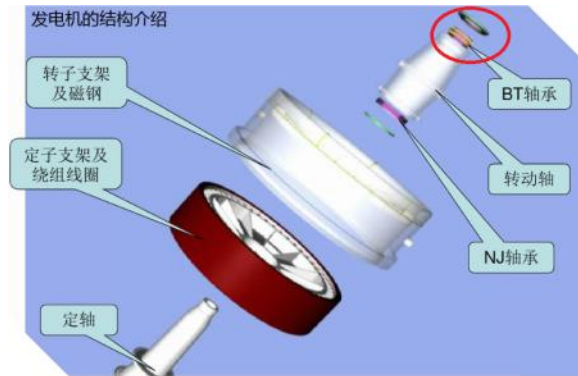


现场监测示意图 2

3) 江苏射阳风电轴承在线监测（BT 轴承）

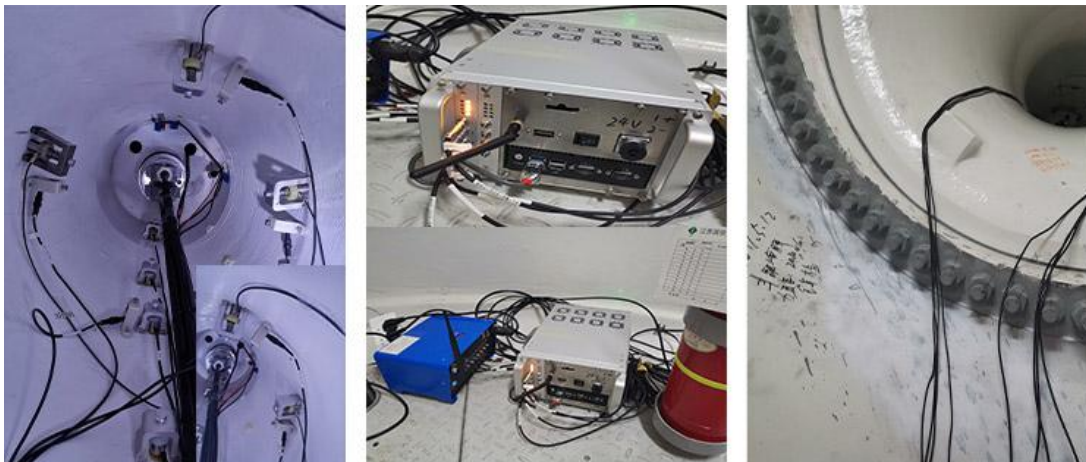


BT 轴承是双列圆锥滚子轴承，具有一个双滚道的外圈和两个内圈，两内圈之间有一隔圈。可以通过改变隔圈厚度来调整轴承游隙。该类型的轴承可以在承受径向载荷的同时承受双向的轴向载荷，可在轴承的轴向游隙方位内限制轴和外壳的轴向位移，主要用于承受以径向载荷为主的径向与轴向联合载荷，具有承载能力大，极限转速低的特点。

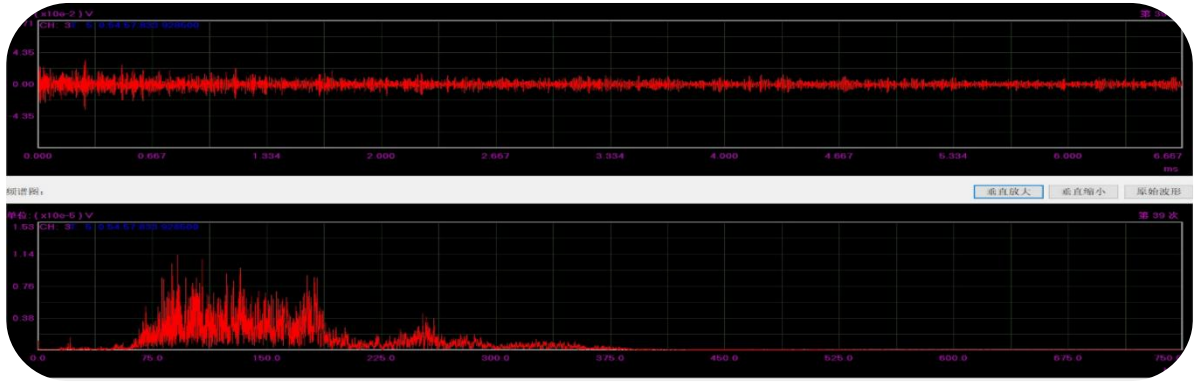


结构示意图

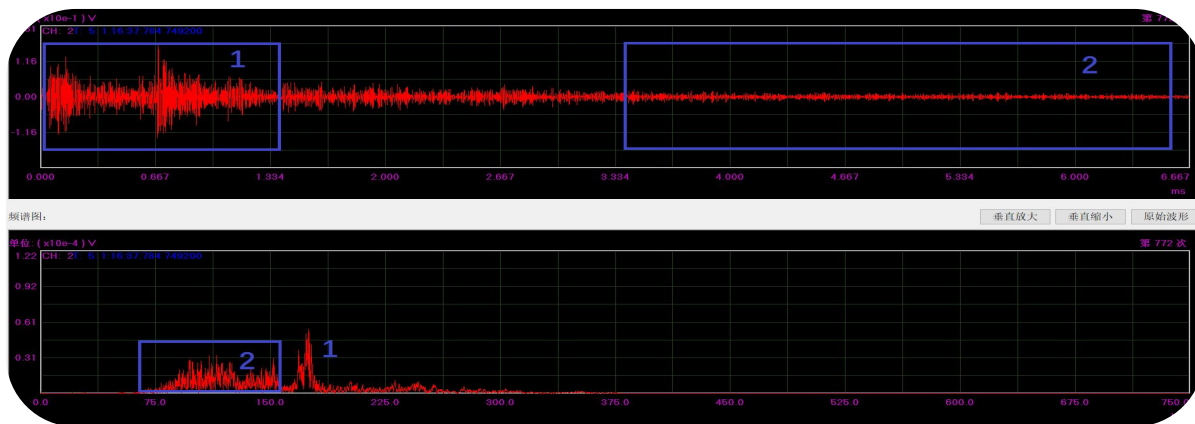
BT 轴承介于转动轴与定轴中间，位于主轴前端位置，声发射传感器后端有信号线与主机相连，只能布置在定轴内侧，靠近 BT 轴承位置。



传感器及采集器安装布置



“好”轴承时域与频域图



“坏”轴承时域与频域图

4) 低速轴承监测



风电轴承监测基本测试流程：

- ①传感器、放大器、检测仪主机等硬件安装；
- ②通过人工模拟源对各通道灵敏度标定，通道响应尽可能一致；
- ③通过施加人工模拟源在各结构件上，大致评估信号情况，如信号传导路径、衰减等；
- ④需要做定位分析时，需要用已知模拟源和定位源情况做误差分析；
- ⑤仪器传感器自标定测试（用于监测过程中判定仪器状态，尤其是传感器）；
- ⑥通过测试噪声确定门槛值；

- ⑦长时间大数据采集，记录运行情况，载荷情况、环境情况（天气、检修等）；
- ⑧仪器设备拆卸前，再次模拟源对各通道进行灵敏度标定，记录差异，分析数据时加以考虑。



场景实操图

数据处理的基本方法（单台数据）：

- ①单台监测对象声发射数据结合载荷情况纵向对比（第一台选取的3月27日和4月5日凌晨数据）；
- ②参数历程图看趋势和分布规律，结合分析的轴承故障特征，判断故障点结构；
- ③参数的相关性，大致判定是信号类型和种类，如：幅度-ASL、持续时间-上升时间、振铃计数-上升计数、幅度-能量等可大致判断是裂纹还是摩擦信号；
- ④典型时域信号与其频谱对照分析归类；
- ⑤异常特征参数与波形信号关联分析，符合性鉴定，如高能量高幅度的信号不一定是裂纹信号，主要是对第3条做验证（参数分析叫波形分析效率高）；
- ⑥时差定位分析（均匀结构件效果好，准确度高，但对通道一致性要求高）。