

RAEM1-C

电池内置室内无线同步时钟声发射检测系统

高精度同步，同步时钟精度优于 $\pm 10\mu\text{s}$

声发射系统的故障定位功能



产品概述

RAEM1-C 电池内置室内无线同步时钟声发射检测系统，由多个 RAEM1-C 声发射设备、路由器/交换机和平台服务器或电脑上位机软件组成。设备内部集成声发射传感器、采集电路、可充电锂电池和通信功能板，通过星形网络技术（1 个主机，其余为路由节点）实现同步组网功能，无线同步时钟精度优于 $\pm 10 \mu s$ 。该系统专为接收不到卫星信号的密闭环境（大坝厂房、隧道工程、核电厂房等）设计，在这些场景中提供高精度的时间同步功能，实现声发射系统的故障定位功能。

传感单元（即 RAEM1-C 设备）主体是一个金属外壳小圆筒，自带强磁性底座，每一个传感单元对应一个声发射通道，带有 AST 测试功能，可向传感器发出信号，检查 RAEM1-C 设备情况、传感器的耦合情况。



图 1 RAEM1-C 实物图



图 2 RAEM1-C 内部结构图

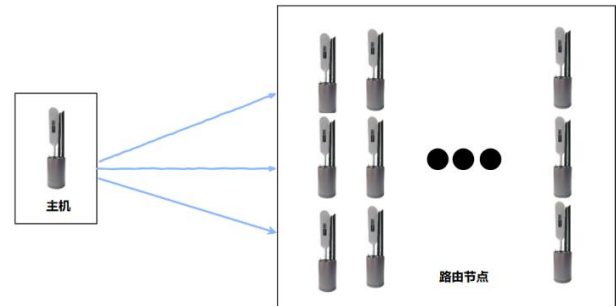


图 3 星形网络技术拓扑图

WiFi 网内的无线主端设备为控制主体，以特定无线模式的无线定向广播方式，向目标设备群组中若干无线从端设备发送包含同步时间标识和同步数据包的同步序列信标。

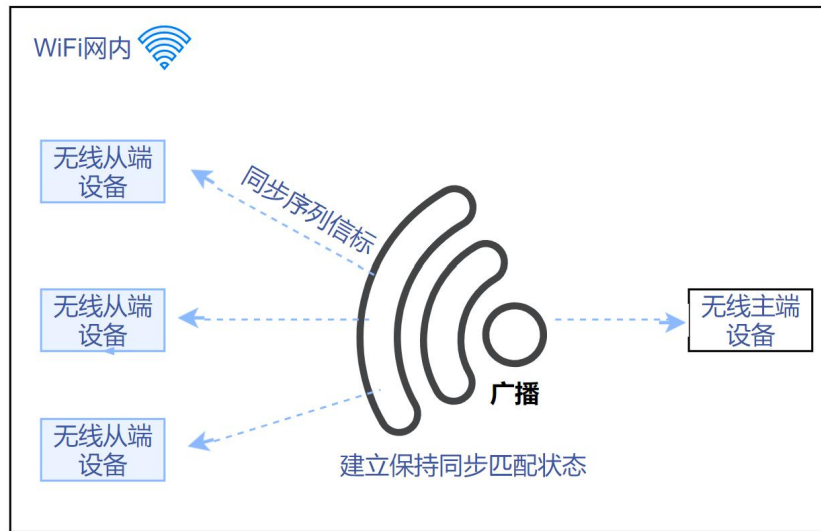


图 4 WiFi 同步原理图

高精度的同步功能，WiFi 无线同步时钟精度优于 $\pm 10\mu\text{s}$ ；

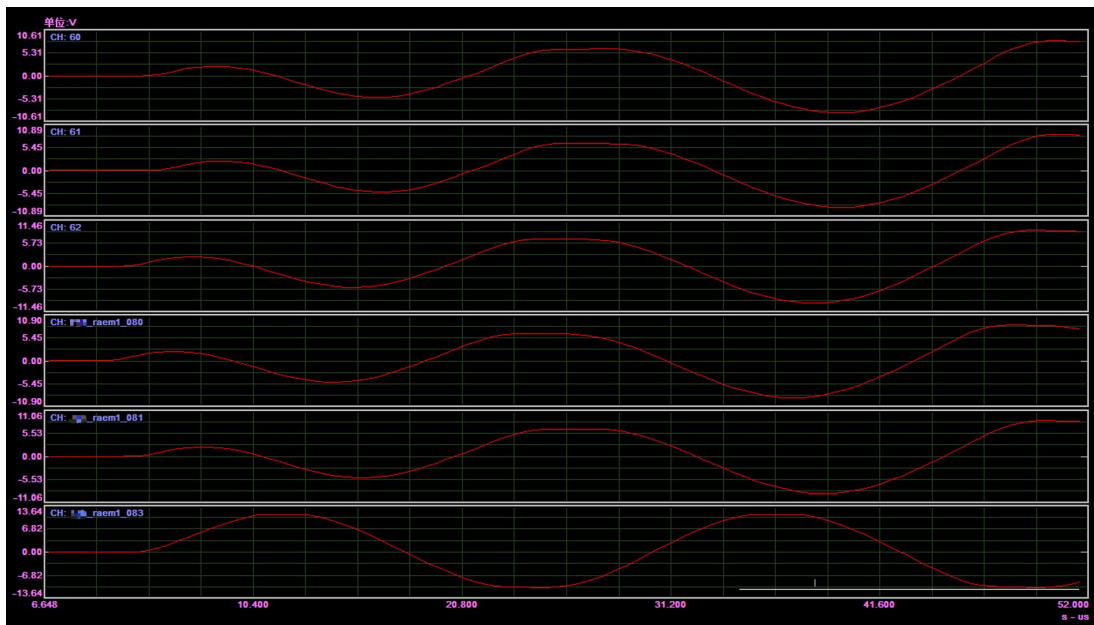


图 5 WiFi 同步精度测试结果图

- 自带 AST（自动传感器测试）功能，可向传感器发出信号，检查 RAEM1-C 设备情况、测试传感单元耦合情况；确保安装质量可靠，设备可靠；
- RAEM1-C 底部自带钕铁硼磁铁，传感单元吸附牢靠；
- 内置 6800mAh 锂电池，高频采集-波形传输状态可连续工作 6.6 小时；间歇采集模式（采集 1 分钟+休眠 10 分钟）可达 47 小时。

传感单元通过 WiFi 连接路由器，路由器通过光纤或网线连接采集终端。通过上位机软件实现远程遥控启停、状态切换、参数设置等，至多支持 100 台 RAEM1-C 设备组网。

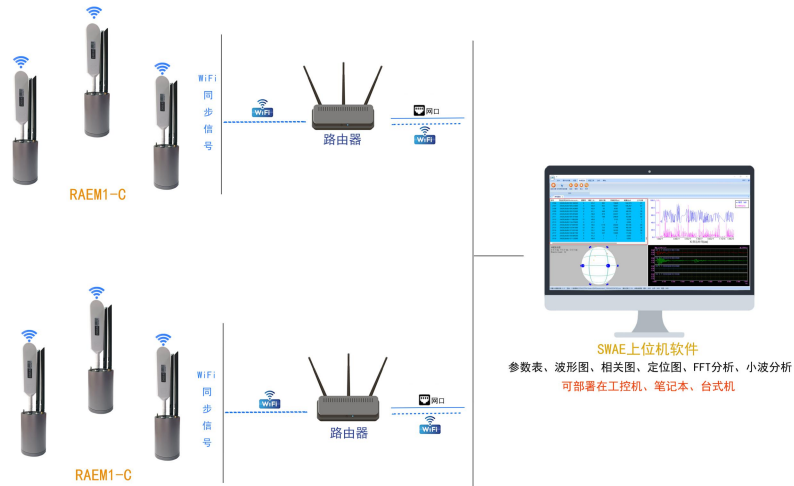
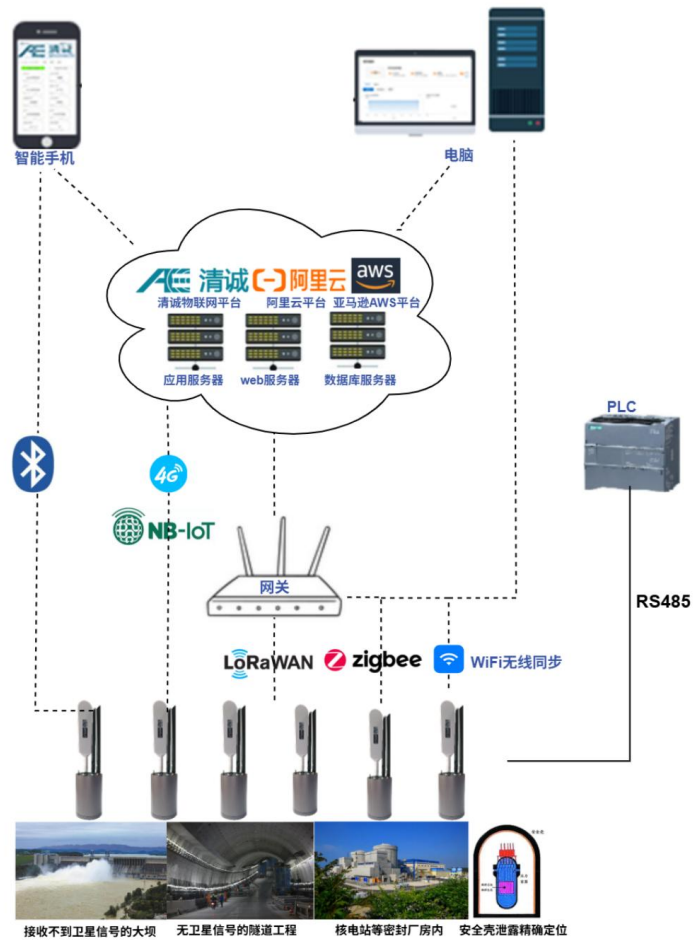


图 6 本地实时检测

- 电脑/手机/平板客户端访问清诚物联网云平台；
- 清诚物联网云平台功能介绍：远程配置参数、声发射数据监测等实时监测数据推送，报警设置、报警信息（发送方式：短信、邮箱）提醒功能。



注：目前只有 WiFi 通讯方式，若需要其他通讯方式可联系我们定制开发

图 7 云平台远程监测

应用场景

RAEM1-C 适用于在接收不到卫星信号的大坝厂房、隧道工程、核电等密闭厂房内，提供了高精度的同步功能，实现声发射系统的故障定位功能。



应用一：隧道工程

隧道围岩变形、裂缝扩展等声发射信号进行实时监测，精确定位异常区域



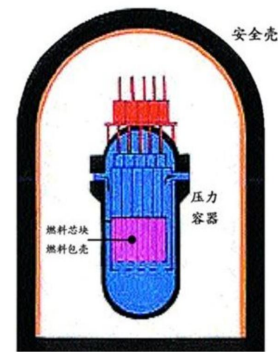
应用二：核电等密闭厂房内

实现多传感单元的高精度时间同步，对安全壳壁面泄漏信号进行感知-采集-传输，实现泄漏快速精确定位。



应用三：接收不到卫星信号的大坝厂房

WiFi 无线组网，免去大量布线工作，电池供电，适合在大坝廊道、溢洪道、发电机组等区域部署，对混凝土裂缝扩展、渗漏异常等进行实时监测。



应用四：安全壳泄漏精确定位

多台 RAEM1-C 组网部署在安全壳壁面， $\pm 10 \mu s$ 级的高精度无线同步时钟，实现对泄漏声发射信号的同步采集和定位。

技术参数表

通道组合	单通道 AE 输入
采样率	2MHz
采样精度	16 位
信号输入带宽	5kHz-200kHz
AE 特征参数	到达时间、幅度、振铃计数、能量、上升时间、持续时间、RMS、ASL
数据输出	原始波形、声发射特征参数
内置 SD 卡容量	64G
同步方式	WiFi 无线同步

无线同步时钟精度	±10us
噪声有效值（带传感器）	≤7.3uv
内置传感器	定制版 G40（放大增益 60dB），放大增益可定制 26dB、40dB、60dB
供电方式	标称 11.1V 6800mAh 锂电池，可电源充电，高频采集-波形传输状态可连续工作 6.6 小时；采集+传输 1 分钟，休眠 10 分钟循环工作下可达 47 小时
尺寸(mm)	Φ82×130（含传感器，不含天线）
重量	970 克（含传感器，不含天线）
使用温度	-20℃~60℃
组网参数	
路由器型号	TP-Link AX6000 双频千兆 Wi-Fi6 无线路由器
WiFi 组网规模	单台路由器稳定承载 13 台 RAEM1-C
无线通讯传输距离	RAEM1-C 与无线路由器间稳定信号传输距离不小于 30m
路由器 2.4G 频段无线速率（标称）	1148Mbps

内置传感器

G40 窄频带声发射传感器，其 15kHz~70kHz 的宽带可以让其应用在岩土、泄漏等声发射检测，属于低频窄带声发射传感器。

谐振频率	频率范围(KHz)	灵敏度峰值	放大器
40kHz	15kHz~70kHz	>75dB	/
防护等级	外壳材料	接收面材料	使用温度(℃)
IP62	SUS-304	陶瓷	-20~120

AE SENSOR CALIBRATION CERTIFICATE

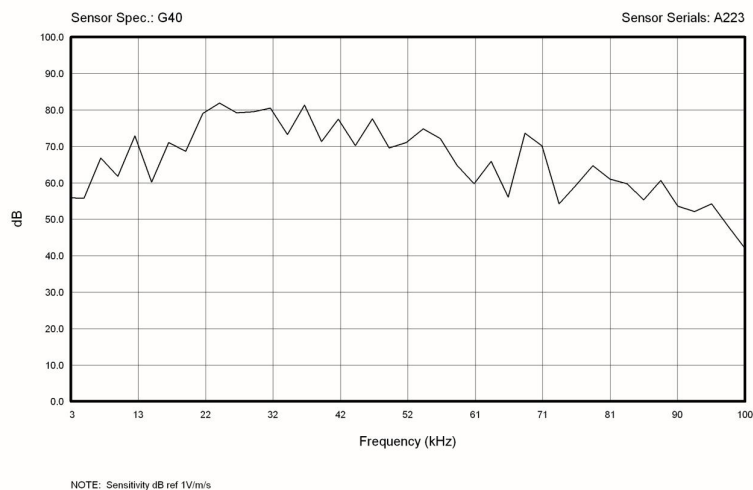
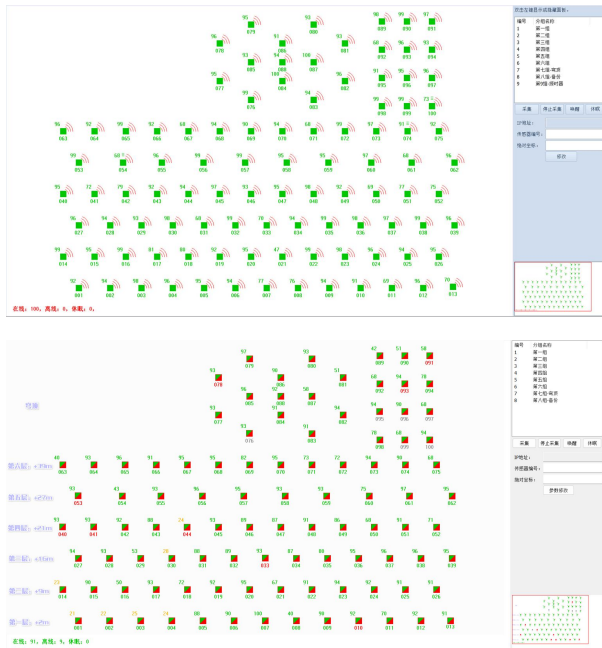


图 8 G40 传感器频谱图

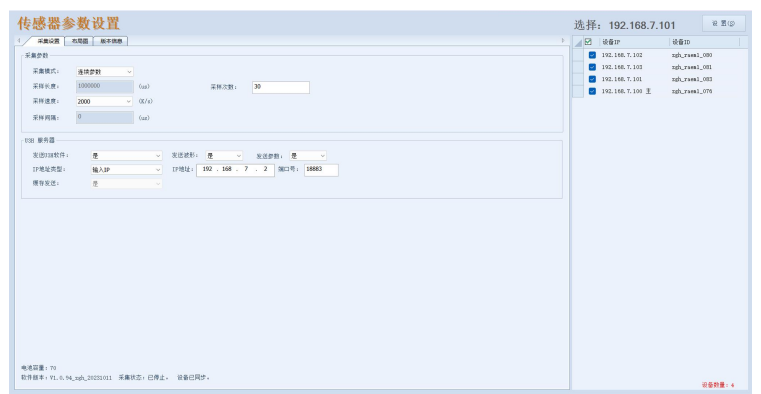
配置软件

配置软件提供数据接口，包括设置采集参数，上位机软件可以查看每个传感器单元工作状态。传感单元信号可实时传输到主机或笔记本电脑上，能满足断电不丢信号。

1、状态查看：在线、休眠、离线状态可远程查看；远程控制唤醒休眠设备、启停采集。布局图实时显示设备电量、同步情况、采集状态。



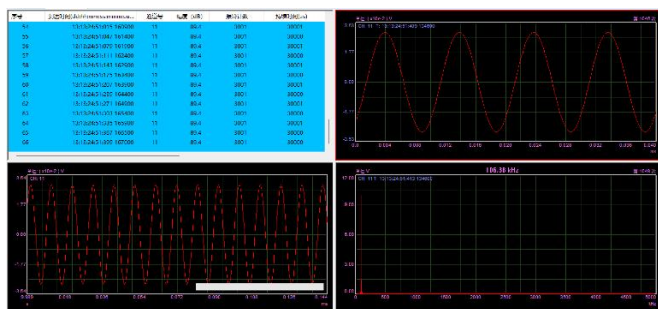
2、参数设置：滤波器设置、采样速度、采集模式（包络模式、连续参数模式）。连续参数模式支持设置采样次数；包络模式支持设置采样门限、HDT、HLT、EET。



SWAE 软件

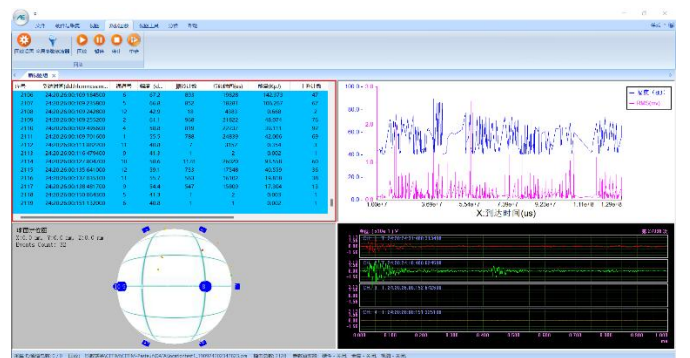
SWAE 声发射系统软件是实时采集分析和事后分析软件的集合，支持多台电脑协作分析，适配 64 位 Win11 等最新版本操作系统。

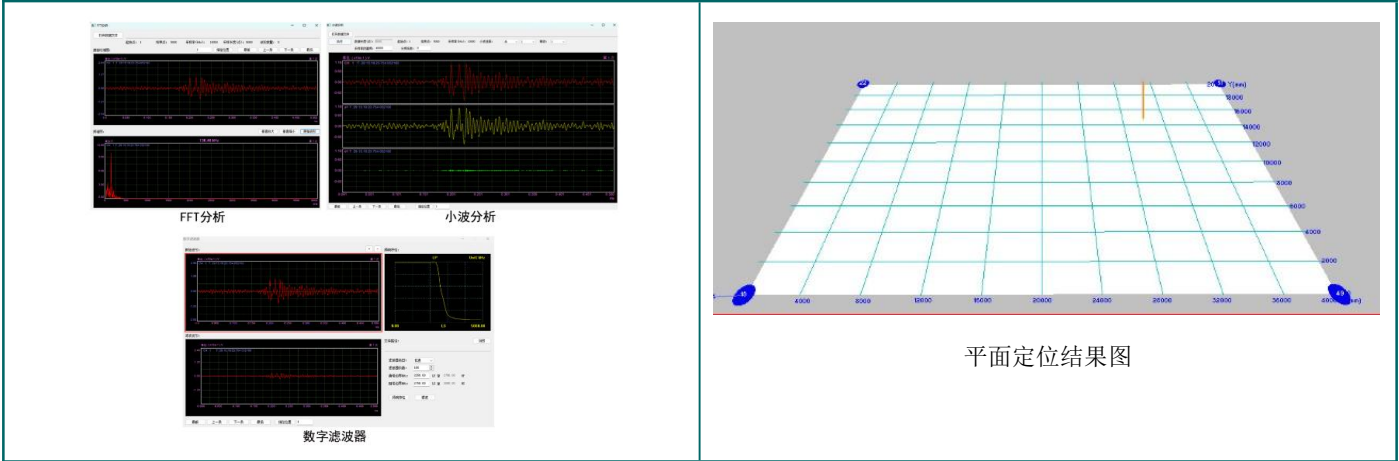
1、基础功能图：参数表、波形图、连续波形图、频域波形图等



3、数据分析处理：数字滤波器（可对波形回放时做滤波后在分析）、小波变换、FFT 分析、波形转参数等功能。

2、定位图（罐底定位图、球面定位图、柱面定位图、柱体定位图、立方体定位图、平面定位图、线性定位图）、饼图、3D 相关图、强度活跃度分析、综合评级等





❖ 特点

- 声发射参数波形数据采集：**实时声发射参数、波形数据显示与存储（注：采集过程中可对数据添加文字说明标签）；
- 数据存储及回放：**采集设置及视图设置可存储，支持回放调用数据；
- 强度活度分析：**自动评级功能，可根据用户需求，设置不同的强度、活度和综合评级规则；
- 相关图：**声发射参数相关图，两个数轴可任意选择不同参数，多种统计模式可选，Y轴可选多个变量；
- 定位图：**线性定位图、平面定位图、立方体定位图、罐底定位图、柱面定位图、柱体定位图、球面定位图
- 滤波器：**采集过程支持实时做参数滤波，也可回放时做事后滤波；
- 数据格式转换：**数据格式可转化为TXT、excel 格式等输出，支持按设定条件转换或多文件批量转换。

配置信息表

硬件组成			
序号	名称	产品信息	备注
1	RAEM1-C	内置 6800mAh 锂电池，WiFi 无线同步方式，标配清诚定制声发射谐振传感器 G40，放大增益 60dB	可换更换内置传感器型号、放大增益，需要更换请提前联系
2	TP-Link AX6000	TP-Link AX6000 双频千兆 Wi-Fi6 无线路由器	
配套软件			
1	配置软件		
2	SWAE 软件（68 版本）		

案例参考

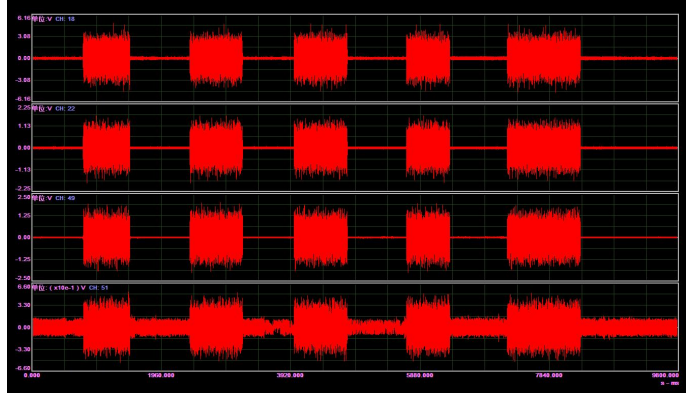
案例 1：某核电站安全壳泄漏检测

2023 年 11 月 3 日，清诚声发射研究（广州）有限公司与某核电站合作，共同开发《安全壳泄漏声发射检测系统》，在“安全壳整体打压试验”核电安全监测试验中投入实际应用。部署规模：100 台 RAEM1-C 无线传感单元。

RAEM1-C 无线传感单元能够精确感知并采集到安全壳泄漏的声发射信号，实现完整波形文件的无线传输功能，还能实探测到安全壳壁半径 10 米范围内（0.42MPa 压差正压泄漏）的泄漏。



RAEM1-C 设备安装图



安全壳内使用信号发生器模拟泄漏源测试图