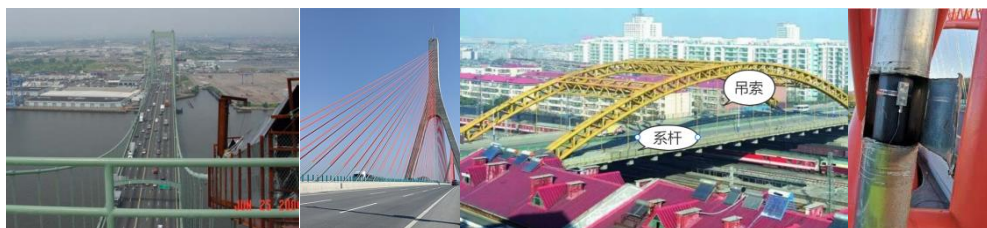


桥梁断丝声波（声发射）监测检测

1、简介

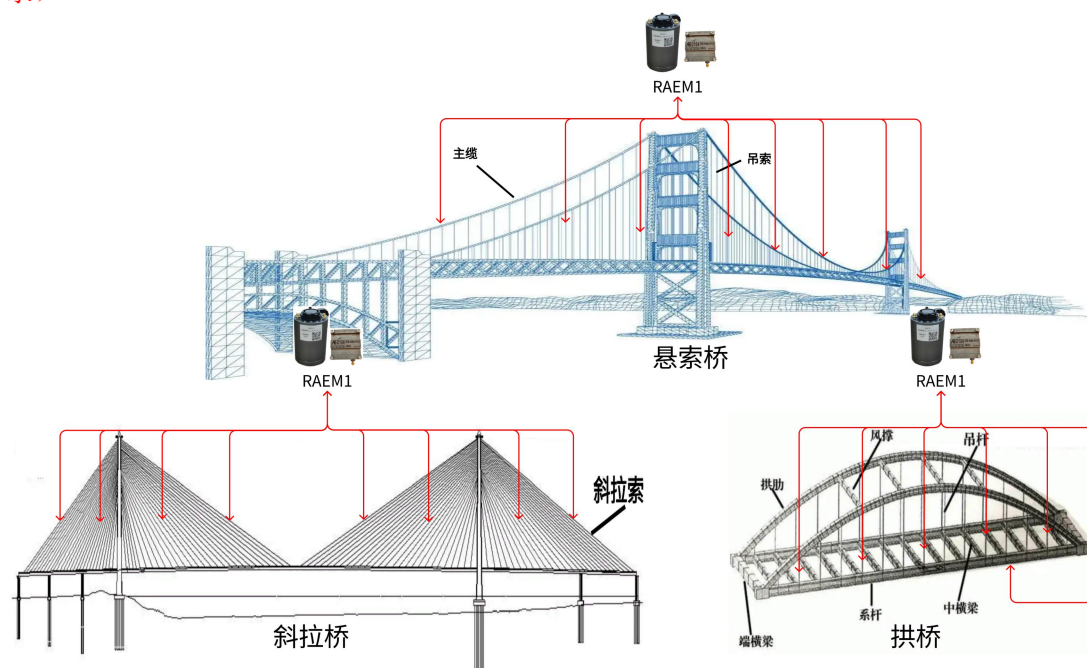
在长期使用过程中，桥梁受大载荷、环境腐蚀、应力腐蚀、腐蚀疲劳、氢脆等影响，容易发生缆索断丝事故。



应用：

悬索桥吊索、主缆，斜拉桥斜拉索，拱桥吊杆（索）或系杆的桥梁钢索结构断丝声波（声发射）监测检测。

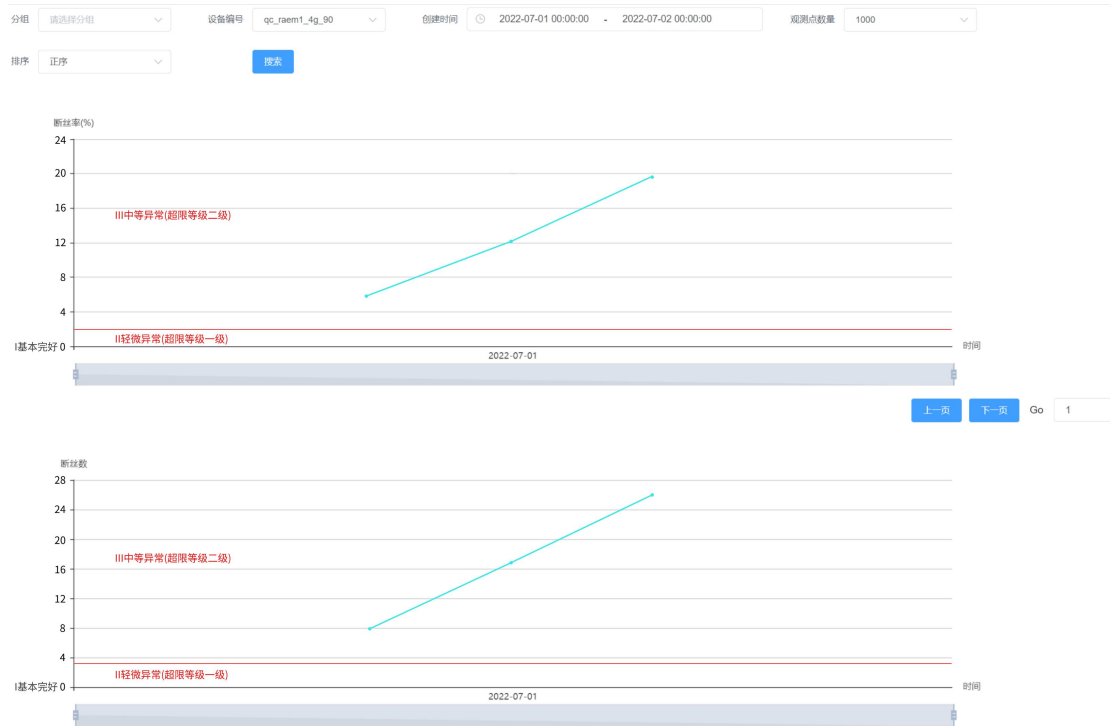
（本文所述的监测检测符合标准 JT / T 1037-2022 公路桥梁结构监测技术规范方法的相关要求）



部件位置	型号, 主要指标	数量	原理
安装在需要监测的吊索、主缆、斜拉索、系杆上。	RAEM1。 DC 供电。	多个。 断丝测点可布设在锚头端部位置或易腐蚀断丝位置等。	桥梁钢丝绳断丝瞬间会产生强烈的弹性波,并沿着钢缆内部传播到安装在钢缆上的声波（声发射）传感器,系统识别提取有效的断丝信号,分析钢丝绳断丝状况。

应用结果：

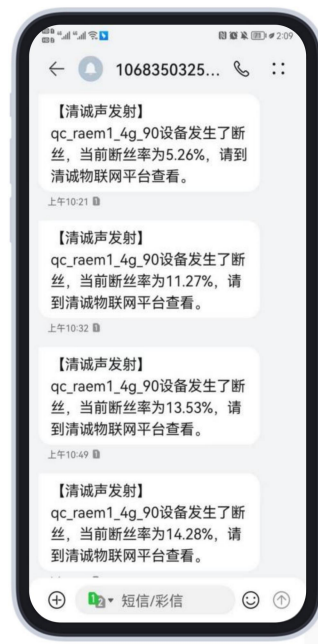
365 天在线监测检测，全过程自动分析结果，支持手机蓝牙巡检，物联网远程操作使用，手机报警推送。



云平台数据图



手机 APP 蓝牙巡检



手机短信报警

- 自动给出监测诊断结果
- 在线和历史数据屏幕显示
- 在线手机报警推送

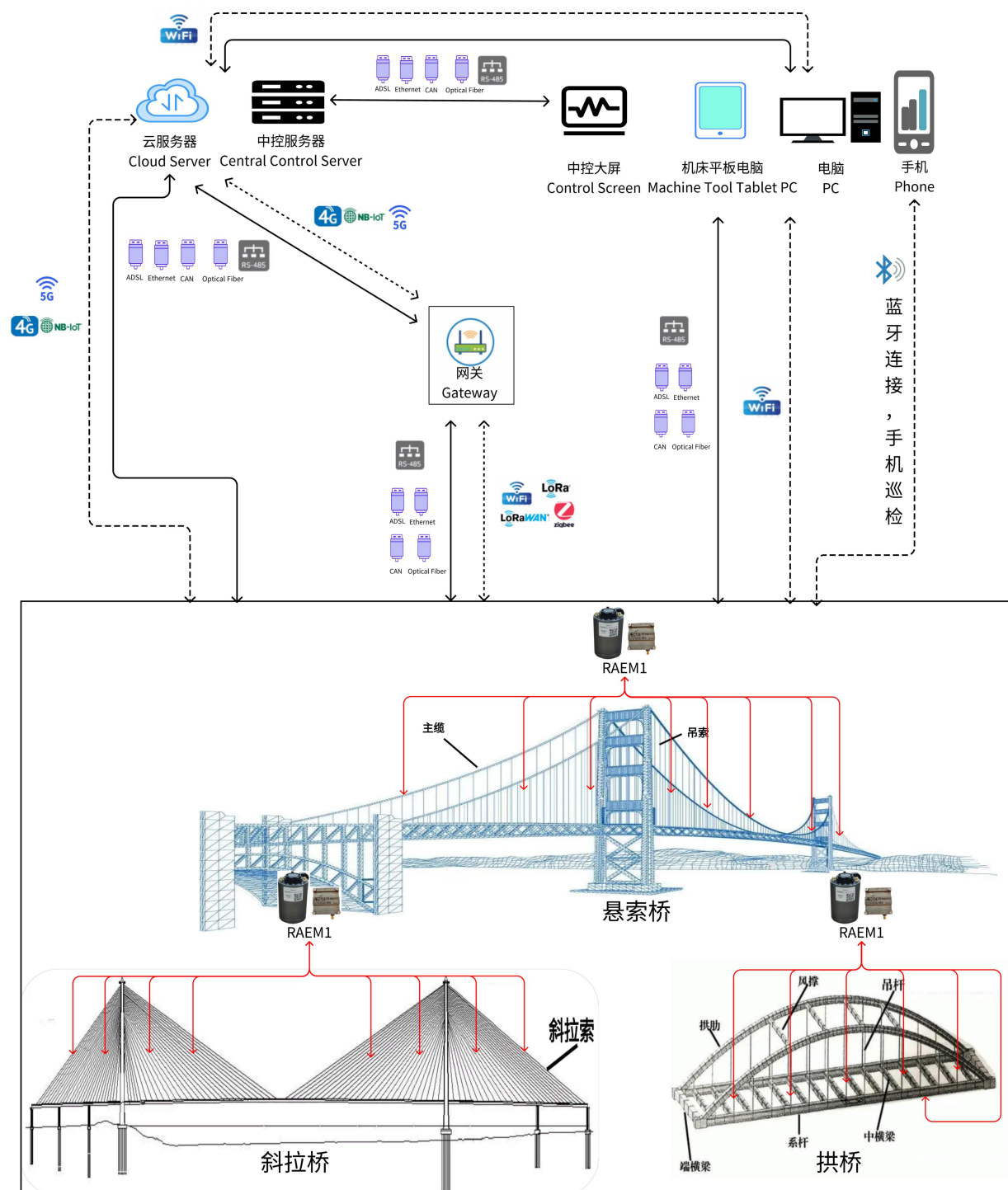
2、解决方案 - RAEM1 系列远程声波（声发射）监测系统

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。

实线(Solid line): 有线连接(wired connection)

虚线(Dotted line): 无线连接(wireless connection)



系统示意图

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。

RAEM1+桥梁专用传感器:



重量: 220g

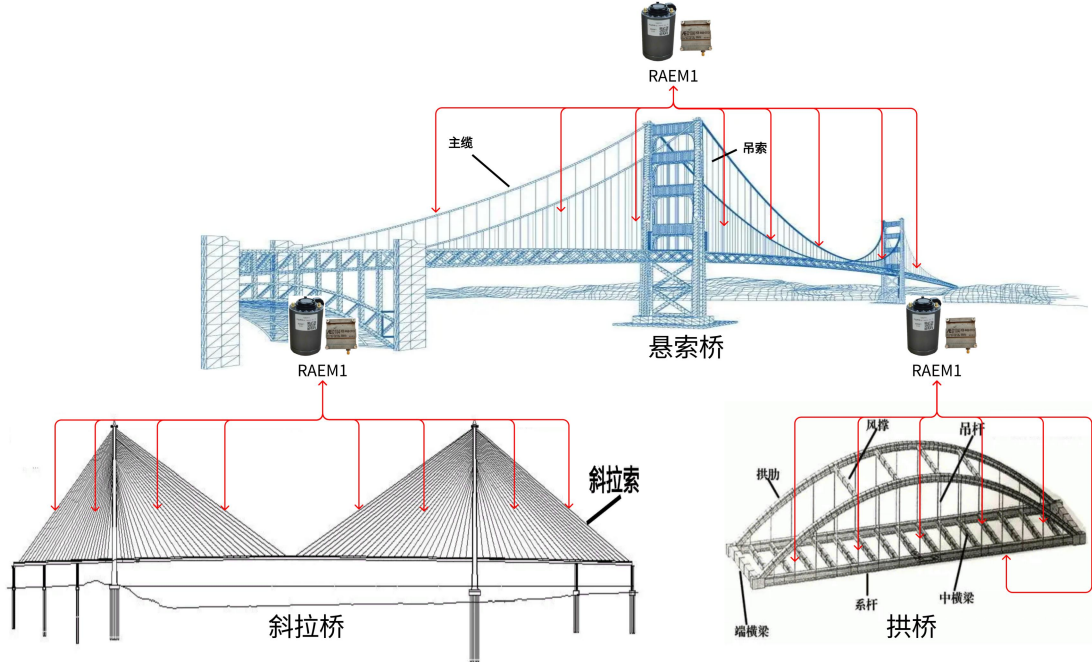
RAEM1 采集器



桥梁专用传感器

安装:

安装在需要监测的悬索桥吊索、主缆，斜拉桥斜拉索，拱桥吊杆（索）或系杆上。
断丝测点可布设在锚头端部位置或易腐蚀断丝位置等。



特点	过程
<ul style="list-style-type: none"> • 信号和时间触发 • 瞬态信号和连续信号采集 • 长期监测诊断 • 远程监测和无线单通道检测仪 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 关键部位安装 RAEM1，监测钢丝绳断丝 ◆ 开启采集 ◆ 分析验证，得到判据标准 ◆ 验证效果良好，关闭波形和参数输出 ◆ 设置判据，手机平台推送信息

3、主要软硬件介绍

RAEM1 系列远程声波（声发射）监测系统：

系统组成	RAEM1 采集器，平台，客户终端
------	-------------------



1) 配置表

桥梁专用传感器		GI50
		DI50-1
采集器	名称	RAEM1 采集器
	有线	RS-485
		CAN
		LAN
		4G(流量计费参考运营商套餐)
	无线	WIFI
		蓝牙(手机蓝牙巡检)
LORA(组网)		
终端输出	手机	APP
		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 设置软件

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) RAEM1 采集器技术指标

集传感器、采集卡、数据通讯(蓝牙等)、电池供电、无线时钟同步为一体的 RAEM1 智能声波（声发射）采集器。

通道组合	单通道或多通道组合使用	采样精度	16 位
------	-------------	------	------

采集方式	门限触发/时间触发	系统噪声	优于 30dB
采样频率	单个通道最大采样率 2M 点/秒	动态范围	70dB
防护等级	IP65	输入带宽	10kHz-1000kHz
供电	12VDC	重量	220g
模拟滤波器	30kHz、125kHz 两个高通滤波器，80kHz、175kHz 两个低通滤波器组合，默认 30kHz~80kHz，125kHz~175kHz 两种带通滤波器组合，可按需求更改，出厂固定		
数字滤波器	256 阶的 FIR 滤波器，0kHz~1000kHz 频率范围内任意数值设置直通、高通、低通、带通		
传感器	内置前放系列传感器，三种内置前放可选 28V40dB，12V34dB，5V26dB		
数据输出	波形、参数、参数评级		
AE 特征参数参数	到达时间，幅度，振铃计数，能量，上升时间，持续时间，RMS，ASL		
内置 SD 卡容量	64G（可拓展至 512G）		
通讯方式	4G、网口、WiFi、RS485（可根据用户要求定制其他通讯方式，如 NB-IOT、Lora 等）		
使用温度范围	-20℃~60℃。（WiFi 版本为 0℃~60℃）		
尺寸	圆筒直径 Φ 62mm，高度 100mm		
安装	底部自带磁性，可吸附于被测物体表面		

3) 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

4) 云平台

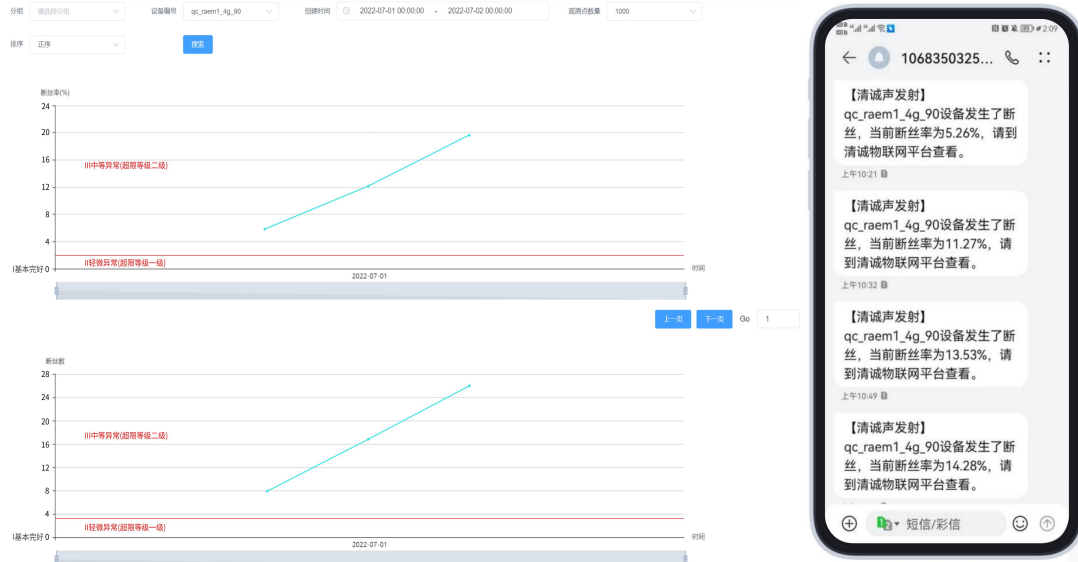
清诚物联网云平台、阿里云平台、亚马逊云平台等。

(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, 如评级配置、断丝率配置、断丝率报警配置等。

The '评级配置' (Rating Configuration) interface for device 'qc_raem1_4g_90' includes the following settings:

- 设备: qc_raem1_4g_90
- 评级功能开关: 开启 关闭
- 强度设置: + 添加强度
 - 强度1: + 添加规则
 - 规则1:
 - 参数选项: 振铃计数(次)
 - Power(Kp): 10000
 - 振铃计数(次): 150
- 灵敏度设置: + 添加灵敏度
 - 灵敏度1: 1
- 评级统计时间 (s): 5
- 实时强度上报类型: 不上报 上报1级强度
- 实时强度上报最小间隔 (s): 1

评级配置

断丝率配置

* 设备编号
qc_raem1_4g_90

断丝率功能开关 开启 关闭

断丝数
133

断丝判定 强度>=1 强度>=2 强度>=3 强度>=4

断丝率报警

设备编号
qc_raem1_4g_90

通知方式 email sms

频率(5min)
1

断丝率报警配置

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。

打包

* 设备编号 qc_raem1_1_0001

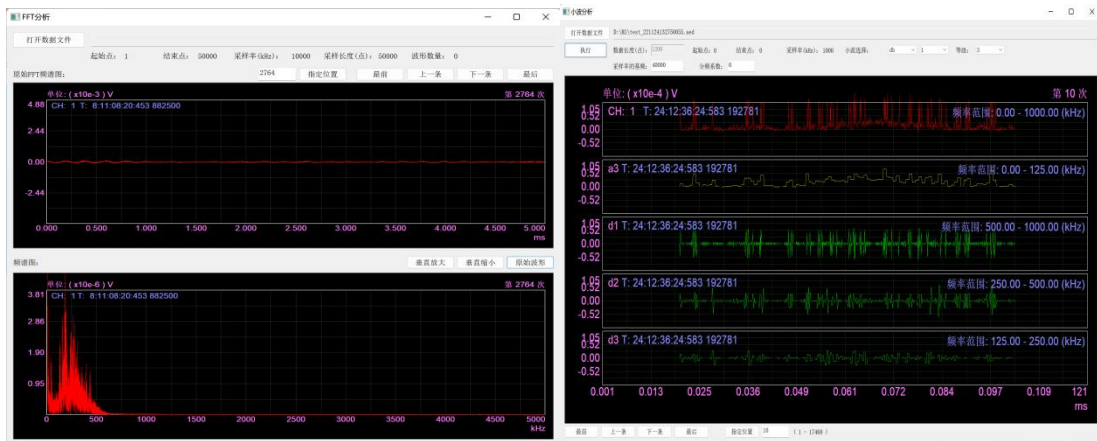
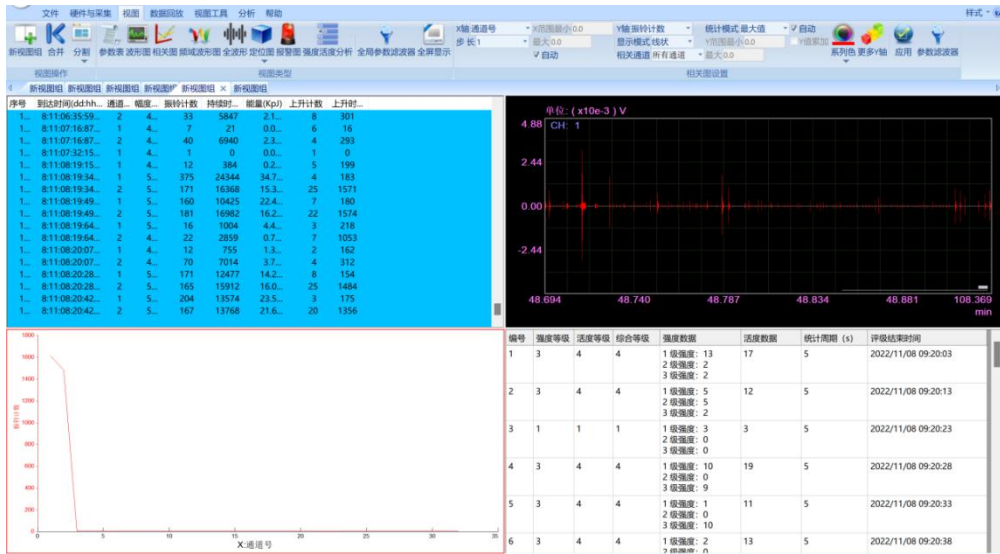
* 日期时间范围 2022-07-05 00:00:00 - 2022-10-05 00:00:00

设备编号	文件名称	文件大小	开始时间	结束时间	包数	进度	操作
qc_raem1_w8_81	2022102409418024276.zip	802729	开始时间: 2022-10-17 09:41:38 结束时间: 2022-10-24 09:41:29 包数: 2022-10-24 09:41:38	100%	完成	http://8.136.201.16:9010v/raem102409418024276.zip 13024276.zip 13024276.zip	总 删除 下载
qc_raem1_4g_90	202210181153307804.zip	13128100	开始时间: 2022-08-28 00:00:00 结束时间: 2022-07-01 11:08:20 包数: 2022-10-18 11:53:35	100%	完成	http://8.136.201.16:9010v/raem10181153307804.zip 3357804.zip 3357804.zip	总 删除 下载
qc_raem1_4g_30	20221018115328947.zip	3084982	开始时间: 2022-08-30 00:00:00 结束时间: 2022-07-01 10:09:12 包数: 2022-10-18 11:51:02	100%	完成	http://8.136.201.16:9010v/raem1018115328947.zip 1022847.zip 1022847.zip	总 删除 下载
qc_raem1_w8_0015	20221008170314807.zip	1148	开始时间: 2022-10-01 17:02:51 结束时间: 2022-10-08 16:48:41 包数: 2022-10-08 17:03:21	100%	完成	http://8.136.201.16:9010v/raem1008170314807.zip 170314807.zip 170314807.zip	总 删除 下载

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。

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



4、方案案例

案例：对某实桥吊杆进行 4 次断丝试验，并对其进行在线桥梁断丝声波（声发射）监测

第 1 次为调整采集参数后的预测试，不开启断丝报警，验证断丝判据是否合理；

第 2-4 次拉断试验为断丝监测及断丝率监测报警的验证。

已知钢丝数量为 133，4 次试验实际断丝数量分别为：7 根，8 根，9 根，9 根。

1) 云平台

云平台图 1：第 1 次拉断实验断丝时各参数数据图：



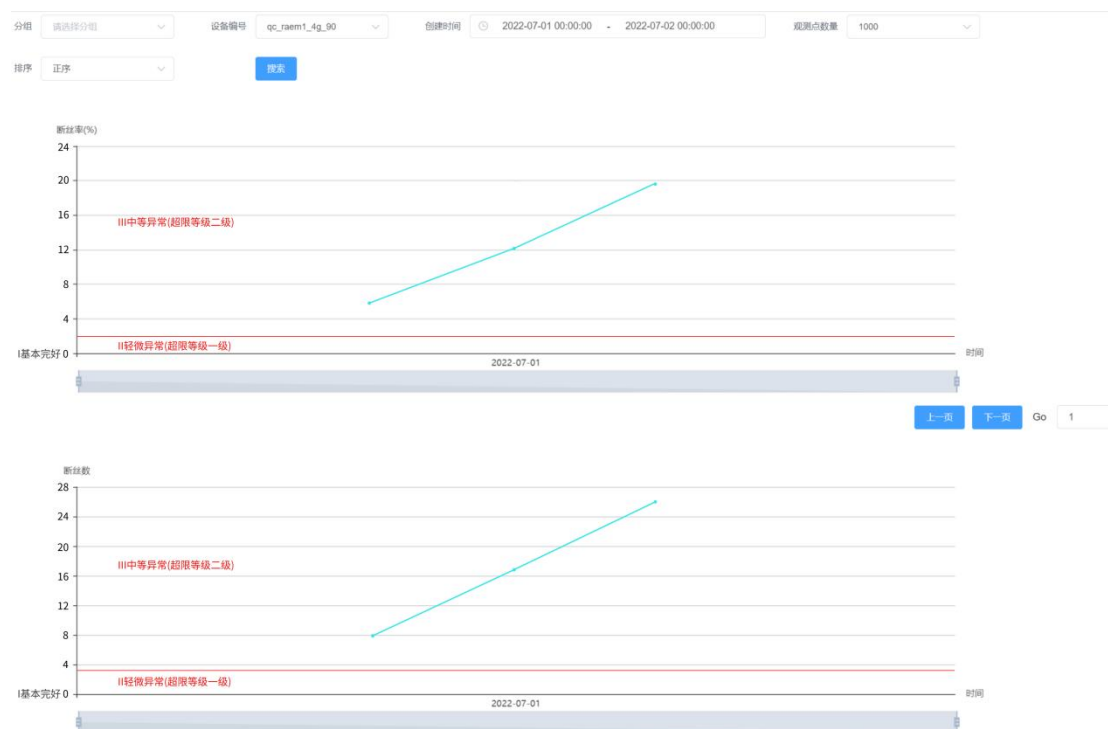
据云平台数据，第 1 次拉断实验系统监测到 7 根断丝。

据云平台数据绘制的第 1 次断丝实验数据统计表

断丝序号	幅度 (dB)	能量 (kPj)	RMS (mV)	ASL (dB)	振铃计数
1	100	16502	5.1	68.4	206
2	100	15692	5.0	68.4	211
3	99	15551	4.9	68.6	211
4	100	45427	8.4	73.1	283
5	100	43030	8.2	72	252
6	100	24257	6.2	70.2	233
7	100	25005	6.3	70.5	218

推测断丝预警设置合理。

云平台图 2：第 2~4 次拉断试验断丝数量及断丝率：



第 2~4 次拉断试验断丝根数及断丝率、预警准确性、健康度/超限等级统计表

	云平台断丝数量	累计断丝根数	断丝率	监测报警准确率	健康度等级	超限级别
第 2 次拉断实验	8	8	6.01%	100%	III	二级
第 3 次拉断实验	9	17	12.78%	100%	III	二级
第 4 次拉断实验	9	26	19.55%	100%	III	二级

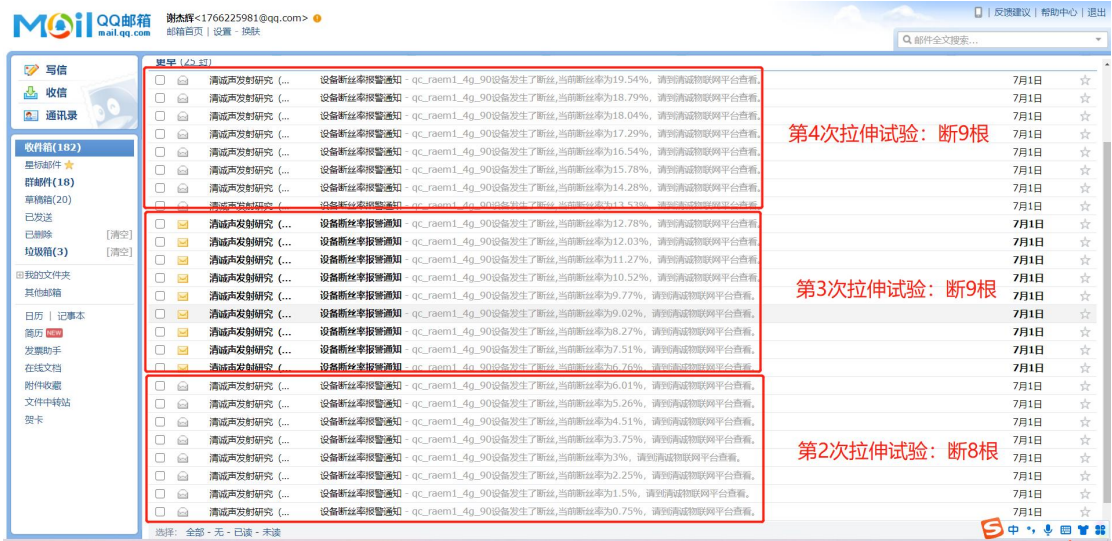
按标准 JT / T 1037-2022 公路桥梁结构监测技术规范条款 11 监测应用中的表 9 超限报警阈值设定表和表 11 桥梁结果健康度等级评定判据，当发生断丝时，为轻微异常（超限级别二级）；当断丝率达到 2%时，为中等异常（超限级别二级）。得到各次试验级别如上表。

第 2、3、4 次拉断试验的健康度级别都是 III 中等异常，超限级别都为二级。按标准 JT / T 1037-2022 公路桥梁结构监测技术规范条款 11 监测应用中的表 10 监测数据超限检查建议，建议进行特殊检查。

2) 报警推送

当发生断丝时，自动报警推送，并提示当前断丝率。

报警方式：邮箱、手机短信、手机小程序/APP 等。



邮箱推送



短信推送



小程序/APP 推送

5、总结

实现了按标准（JT / T 1037-2022 公路桥梁结构监测技术规范）对悬索桥吊索、主缆，斜拉桥斜拉索，拱桥吊杆（索）或系杆的桥梁钢丝绳断丝声波（声发射）监测检测。并按标准给出断丝监测中桥梁结构健康等级、超限等级。用户可根据标准内容及时开展检查维修，以延长桥梁寿命，杜绝因损伤累积发展而导致的损失和事故。

优点：

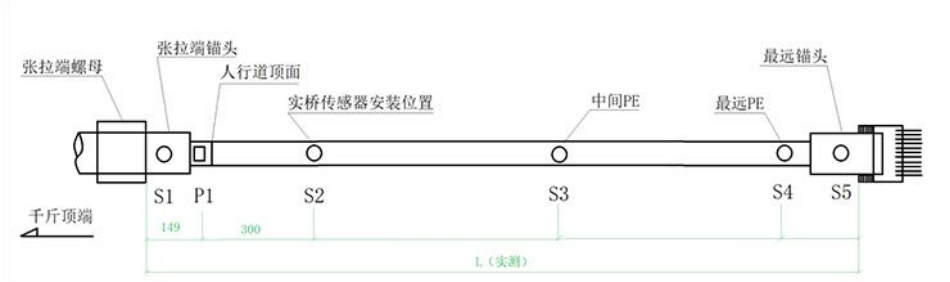
- 在线——声波（声发射）采集器安装在被监测诊断的对象上，实现全时段全天候状态监测故障诊断。

- 智能——自动给出监测诊断结果，自动分析断丝数量和断丝率并报警，不需人工操作，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) 全尺寸桥梁拉索断丝成功声波监测

2022年6月，清诚公司与合作单位在某桥梁拉索制造公司，成功进行了全尺寸桥梁拉索断丝声波监测试验。



拉索加载断丝刻槽位置和 RAEM1 位置示意图

(P1 断丝位置, S 为 RAEM1 位置)

实际全尺寸拉索上预制刻槽加载产生断丝，在拉索护套上和锚头部位安装传感器和 RAEM1，清诚公司的 RAEM1 型号声波（声发射）智能传感报警信息会发送到指定的智能手机。

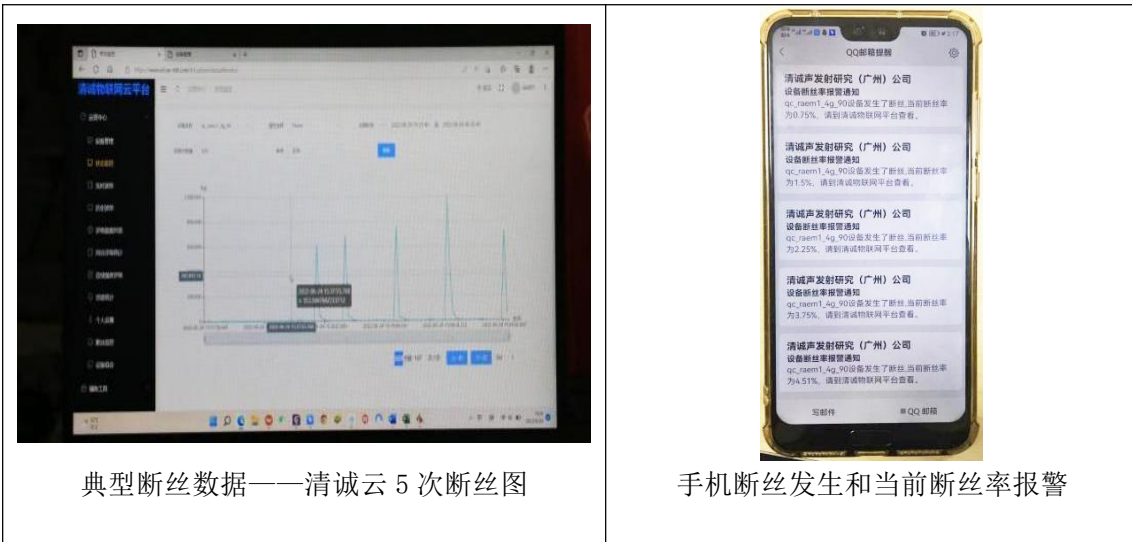
RAEM1 传感器距离断丝位置最远约 40 米距离，试验中对几十根断丝进行了监测，断丝监测正确率达 100%，无漏报无误报。



预制刻槽加载产生断丝的全尺寸拉索现场图



安装在拉索上的 RAEM1 智能传感器



典型断丝数据——清诚云 5 次断丝图

手机断丝发生和当前断丝率报警

2) 太平湖大桥钢缆断丝监测

2021 年交通运输部对国内 11 座公路长大桥梁做为试点监测桥梁的结构健康。其中安徽省黄山市的太平湖特大桥针对吊杆断丝首次使用智能声波（声发射）监测系统进行监测，我司的 RAEM1 智能声波（声发射）监测系统很荣幸的被设计养护单位选中，为大桥健康保驾护航。



太平湖大桥钢缆断丝监测现场图



现场场景视频.mp

4

现场场景视频