

声发射机理应用范围

- ◆ 材料拉伸、压缩与疲劳测试
- ◆ 岩石力学特性测试
- ◆ 旋转设备故障诊断
- ◆ 电弧与局部放电监测
- ◆ 密封与泄漏检测与监测
- ◆ 结构健康监测
- ◆ 松动部件与撞击监测
- ◆ 纳米压痕测试
- ◆ 裂纹萌生、扩展、损伤与断裂监测
- ◆ 腐蚀生成、发展与活动状况监测
- ◆ 刀具磨/破损监测
- ◆ 植物与农作物干燥过程监测
- ◆ 摩擦、磨损状态监测
- ◆ 粉末与颗粒生产状态监测
- ◆ 化学反应过程状态监测
- ◆ 材料声学与力学特性测试

与机理有关的声发射应用范围

- ◆ 压力容器检测
- ◆ 储罐罐底腐蚀、泄漏检测
- ◆ 阀门内漏检测
- ◆ 变压器、GIS、开关柜、电缆局部放电检测
- ◆ 风力发电机、叶片在线监测
- ◆ 海洋平台在线监测
- ◆ 燃气汽轮机在线监测
- ◆ 绝缘子压接质量检测
- ◆ 人工关节、假肢、假牙质量与使用效果监测
- ◆ 金属切割、磨削状态监测
- ◆ 蓄电池充电状态监测
- ◆ 印刷电路板焊盘坑质量测试
- ◆ 复合材料测试
- ◆ 电站锅炉爆管在线监测
- ◆ 管道腐蚀、泄漏检测
- ◆ 起重机械、游乐设施检测
- ◆ 核电泄漏与松动部件监测
- ◆ 桥梁、大坝、隧道、混凝土结构在线监测
- ◆ 飞机整机疲劳裂纹检测
- ◆ 轧辊检测
- ◆ 轴承与齿轮故障诊断
- ◆ 冲压、挤压、锻制过程状态监测
- ◆ 岩石滑坡、岩爆、矿山煤矿微震、塌方监测

美国物理声学公司 (PAC) 北京代表处

地址: 北京市朝阳区北辰西路69号峻峰华亭C座2006室 邮编: 100029
电话: 010-58773631/58773632/58773672 传真: 010-58773673
邮箱: chunling@pacndt.cn support@pacndt.com.cn
网址: http://www.pacndt.cn www.pacndt.com.cn



中文域名: 声发射·中国

声发射产品及应用



锅/特检/石油石化



航空航天



桥梁/岩石/混凝土



能源/电力

美国物理声学公司 (PAC) 北京代表处

PHYSICAL ACOUSTICS CORP. BEIJING OFFICE

中文域名: 声发射·中国

美国物理声学公司 (PAC) 及其声发射产品简介

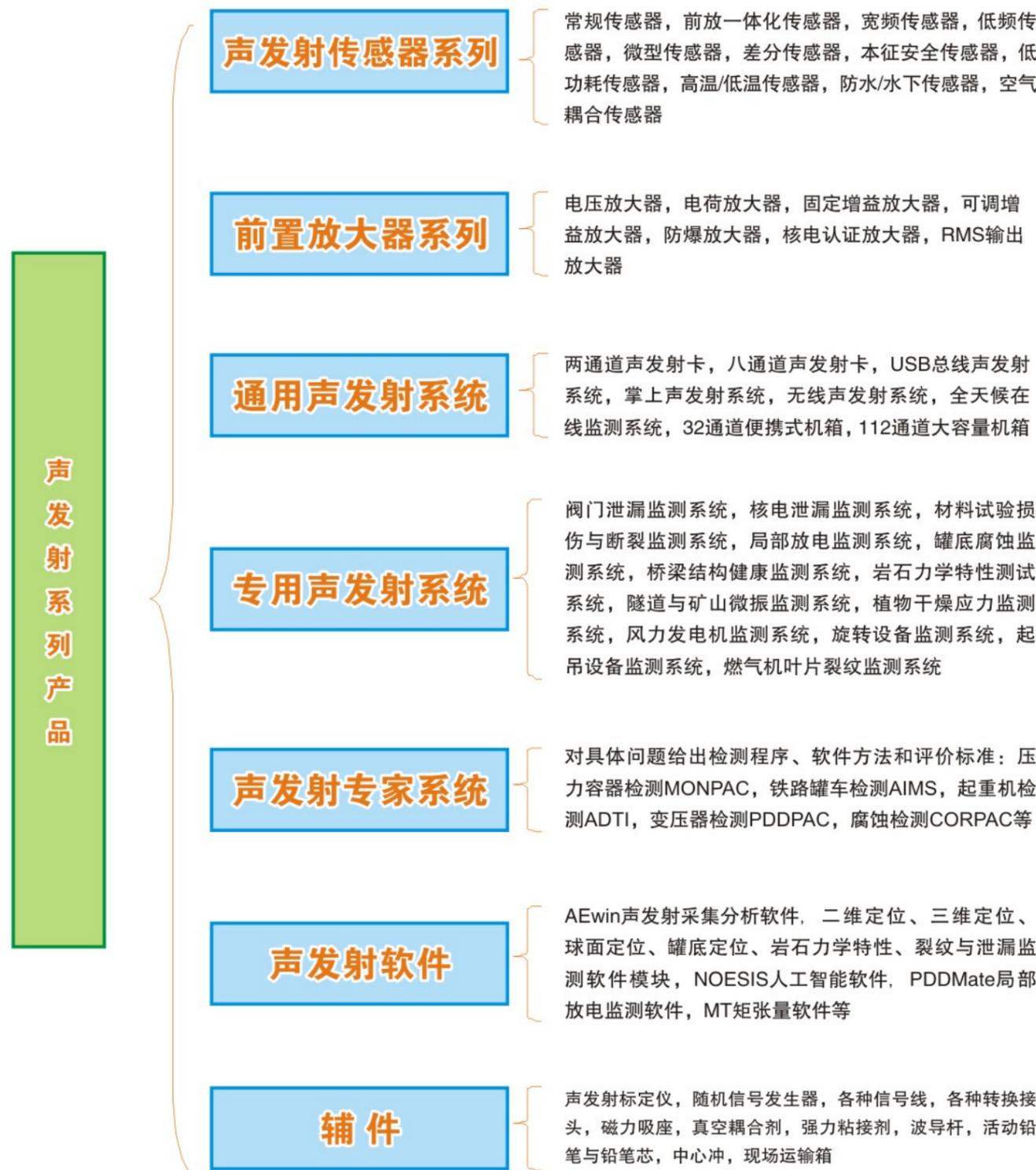
作为世界声发射及无损检测技术的领导者——美国物理声学公司 (PAC) 是以科技创新、应用开发、产品与服务、质量与以客户为本发展起来并立足于世界无损检测与状态监测领域之颠的高科技跨国集团公司。公司始创于1978年,由来自于美国贝尔实验室的知名科学家Sotirios J.Vahaviolos博士创立。通过40余年的创新发展,PAC公司已成为声发射检测、监测技术与设备的国际第一品牌。美国物理声学公司北京代表处于1997年成立,是第一家由国外知名的无损检测公司在中国设立的分支机构,也是目前在中国唯一一家设有独立办事处的声发射产品供应商。可以为中国的广大用户提供更直接、更可靠、更迅速、更及时、更长期的技术支持与服务。

PAC 是国际公认的世界声发射技术的前驱与领跑者,引领着声发射产品、技术与应用的潮流,美国物理声学公司提供最全面、最完整、最系列化的声发射产品,涵盖所有通用与特殊应用领域。声发射产品在全球市场的占有率为85%以上,处于世界声发射行业的主导和垄断地位。

PAC公司现已发展成Mistras集团,并于2009年在纽约证交所挂牌上市。成为一家集产品、NDT技术服务、资质培训、标准制定等全方位NDT解决方案的跨国集团公司。目前全球雇员总数超过5000人,在全球有十几个子公司和办事机构。

在中国,绝大多数的进口声发射产品均出自于PAC公司,我们的用户遍及国内所有主要工业领域(如航空、航天、国防、电力、石油、化工、铁路、桥梁、海洋、岩土、建筑、车辆、钢铁、矿山等)及研究所与大学,进口市场的占有率高达95%以上。

美国物理声学公司向广大用户提供最完整的声发射产品系列如下:





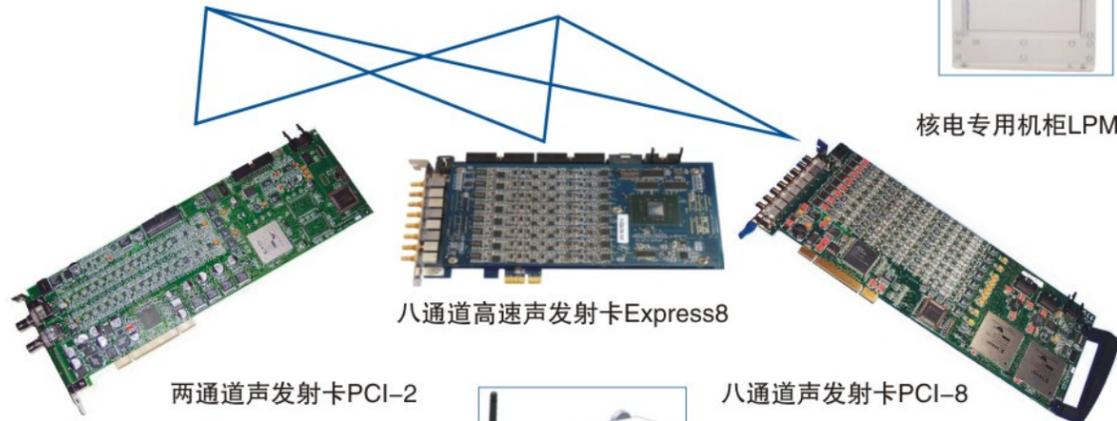
最轻巧32通道机箱Microll



单机最大通道(112通道)机箱SAMOS-112



核电专用机柜LPMS



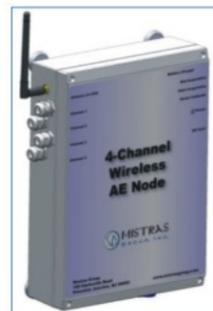
两通道声发射卡PCI-2

八通道高速声发射卡Express8

八通道声发射卡PCI-8



各种传感器



4通道无线系统1284



全天候在线监测系统SH-II (SHM)



各种前置放大器

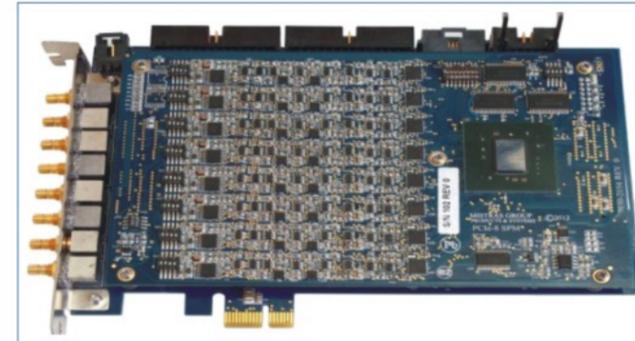


两通道掌上系统



USB总线专用声发射仪

新一代PCI-Express总线结构声发射系统



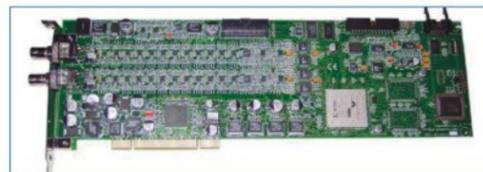
采用全新的Express总线技术, 远高于PCI、VME及USB总线处理速度。一块卡上8个通道, 但是尺寸只有PCI-8卡的一半, 板卡更短更结实, 可靠性更高。同PCI-2卡一样, 具有波形流功能, 适合研究与各类现场应用。

Express8的主要特性:

- 每一块Express卡具有8个声发射通道;
- 尺寸更小, 板卡尺寸: 16.5cm × 10.7cm × 1.8cm
- 重量更轻: 只有0.1Kg
- 每通道4个高通, 3个低通模拟滤波器;
- 超过500个自由组合数字滤波器;
- 16位A/D精度, 10MHz采样率;
- 8个外参数通道;
- 实时/同步声发射特征抽取及波形采集/分析;
- 不受板卡内存限制的连续波形流采集。
- 报警输出
- 8个数字输入, 8个数字输出口
- 支持5v, 28v放大器
- 支持示波器模式(无前放信号直接输入)
- 方便使用的SMB连接头;
- 1KHz-1.2MHz的带宽;
- 支持本公司所有放大器类型, 包括26dB和40dB放大器及前方一体化传感器;
- 搭配两种全新主机: 32通道主机, 96通道主机;
- 不同主机间可通过扩展接口实现实时同步;
- 可提供Labview/C++驱动开发程序。

PCI-2高性能、低噪声声发射研发工具

PCI-2是PAC公司最新研制的适用于大学等高端声发射研究的高性能/低价位声发射采集卡(系统)。该系统具有18位A/D, 1KHz-3MHz频率范围。PCI-2具有独特的波形流数据存储功能, 可将声发射波形以每秒10兆采样点的速率连续不断地存入硬盘。



PCI-2的主要特性:

- 低噪声、低价格、内置波形及HIT处理器的2个声发射通道集成在一块标准的32位的PCI板卡上;
- 内置的18位A/D转换器和处理器更适合用于低幅度、低门槛值的设置;
- 输入电压范围: ± 10 伏;
- 1KHz-3MHz带宽;
- 4个高通、6个低通滤波器, 通过软件控制可选择滤波范围;
- 40MHz、18位A/D转换器可对采样进行实时分析且具有更高的信号处理精度;
- 每个通道上声发射特性实时处理FPGA硬件进行高速信号处理;
- PCI总线和DMA技术进行数据传输、存储;
- PCI-2上装有8个外参数通道;
- 并行多个FPGA处理器和ASIC Ic芯片, 可提供非常高的性能和更低的成本;
- 数字信号处理器可以达到高精度和可信度的要求;
- 该系统除了具有全部的声发射功能外, 还可以作为通用的数字信号处理卡和高性能的研发工具;
- 可提供Labview/C++驱动开发程序。

SAMOS (PCI-8) 适用于工程检测的高集成、通用型系统

SAMOS系统是PAC公司第三代全数字化系统, 其核心是并行处理PCI总线的声发射功能卡PCI-8卡。在一块板卡上具有8个通道的实时声发射特征提取、波形采集及处理的能力。是PAC公司目前集成化最高、价格最低的系统, 更适用压力容器、起重设施、游乐设施、桥梁、变压器等工程检测应用。



SAMOS系统的主要特性:

- 每一块PCI-8卡具有8个声发射通道;
- 可提供Labview/C++驱动开发程序。
- 16位A/D精度, 3MHz采样率;
- 1KHz-400KHz的带宽;
- 2个外参数通道
- 每通道4个高通, 4个低通模拟滤波器, 可通过软件进行控制来组成13个率波段;

声发射软件

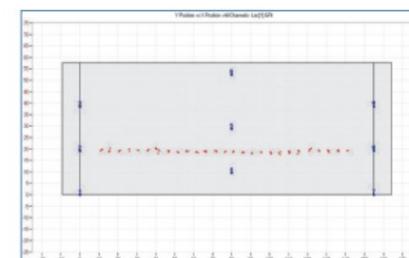
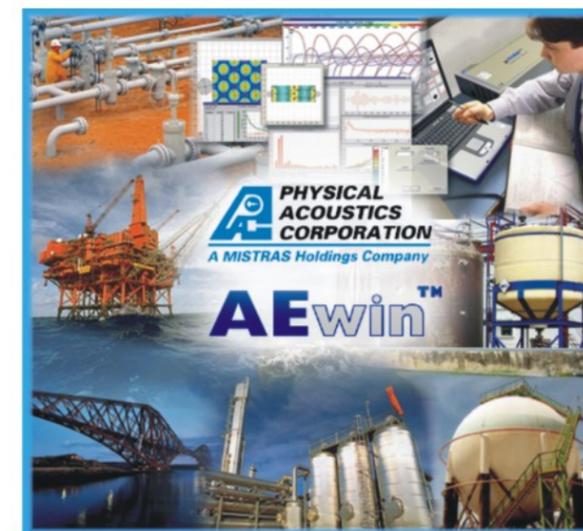
AEwin-信号采集与分析一体化软件及应用模块

- 2D-二维定位(含柱面与锥面定位)模块
- 3D-三维定位(含岩石与变压器局放定位)模块
- Sphere-球面定位模块
- TB-罐底定位模块
- Aewinroll-岩石力学特性测试模块
- LeakTec-泄漏与裂纹监测模块
- TAFI-周期故障诊断模块
- Intensity-强度分析模块

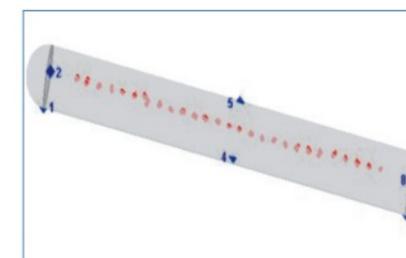
MONPACwin-压力容器检测专家软件

ADTIwin-起重设备检测专家软件

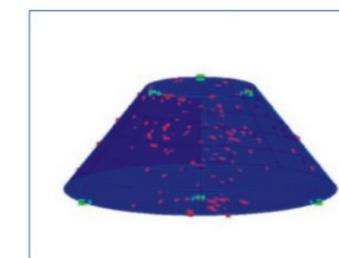
NOESIS-人工智能信号分析软件



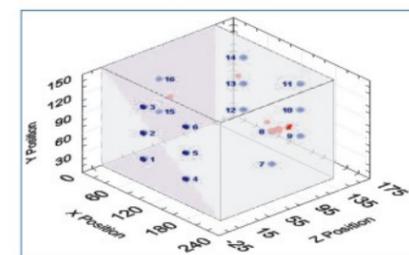
二维定位



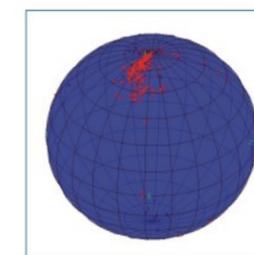
二维柱面定位



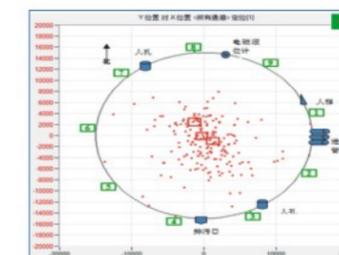
二维锥面定位



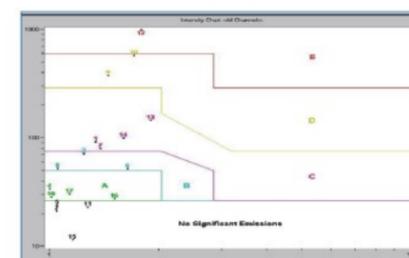
三维定位



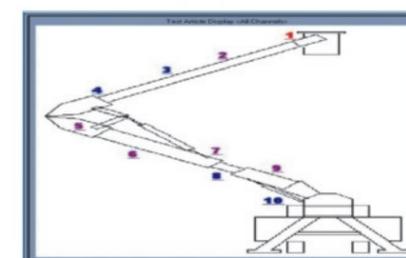
球面定位



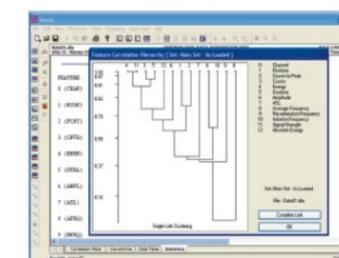
罐底定位



MONPACwin专家软件



ADTIwin专家软件



NOESIS人工智能软件

Sensor Highway II全天候结构 健康监测 (SHM) 系统



主要特点:

- Sensor Highway II是PAC公司最新研发的防风、防雨、防震等能力, 适合在室外各种恶劣环境下工作的全天候、长期、结构健康安全在线监测系统。
- 该系统不但拥有最多16个AE通道, 还拥有16个外参数通道, 可以集成AE以外的振动、位移、应力/应变、温度等多种参数。
- 并且可以通过以太网、internet等现代网络系统进行远程通讯、控制、报警及数据传输, 并可在恶劣条件下(-35℃-70℃)正常工作。
- 基本功耗仅为15W, 可由蓄电池或太阳能电池供电。

主要技术参数:

- 最多可扩展到16个声发射通道(由4块4通道微型声发射卡组成)
- 系统带宽: 1KHz-1MHz(AE); 1Hz-20KHz(振动)
- 18位A/D精度, 20M采样率
- 16个低速(10KSPS)外参数通道
- 主机功耗15W, 适合配合低功耗PK系列传感器使用
- 除了网口外, 还有其它可选接口, 例如RS-232, RS-422、USB、CF卡等
- 10-28V DC或者95-250V AC供电
- 尺寸40 cm x 50 cm x 20 cm
- 工作温度-35℃-70℃
- Ip66防水机箱



主要应用领域:

- 钢结构/混凝土桥裂纹与腐蚀监测
- 变压器局部放电在线监测
- 山体滑坡状态监测
- 关键阀门与管道泄漏的在线监测
- 悬索桥/斜拉桥/后张力桥断丝监测
- 大型建筑结构关键部位健康监测
- 特种设备生产安全性实时监测

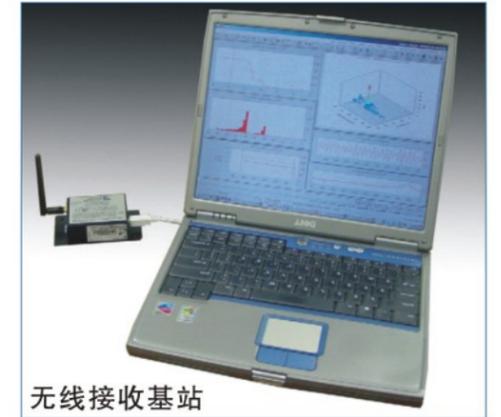


4通道数字无线声发射系统1284



声发射传感器

4通道无线系统



无线接收基站

主要技术参数与功能特点:

- 声发射通道数: 4
- 应变通道数: 1
- 其他辅助参数通道: 6
- 数据卡容量: ≥15GB
- 防水: IP67
- 工作温度: -40℃-70℃
- 无线网络: Zigbee
- 多功能传感器集成
- 实时声发射信号特征抽取与波形记录

- 无线结构健康预警监测系统
- 独立工作模式及无线网络双重工作模式
- 大容量信号本地存储或无线网络传输
- 智能前端滤波
- 预警监测与实时决策报警
- 二维与三维声发射源定位
- 高能量可调频率脉冲发射
- 双电源工作模式, 能量自供给

各种USB型专用声发射仪器



- 裂纹/损伤动态监测仪
- 刀具磨、破损监测仪
- 植物干燥应力监测仪



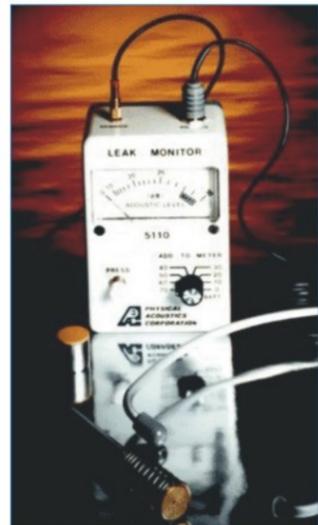
- 牙齿、人造骨骼检测仪
- 冲击、碰撞监测仪
- 岩石微振监测仪

阀门内漏定量检测仪VPAC-II



- VPAC-II—拥有阀门泄漏检测系统及其数据库
- VPAC-II系统是由Mistras Group公司与BP、Shell公司联合开发的 (从1982年)
- 内漏阀门的确定对于安全生产和降低损失是非常重要的
- 气体、液体介质都可检测
- 通过配套软件, 估算泄漏率
- 满足防爆标准
- 适合阀门内漏定量评估

微型阀门内漏检测仪Valve Squeak 5132/5110



- 小巧便携, 电池供电
- 满足防爆标准
- 通过指示灯判断是否内漏
- 适合阀门内漏巡检

特点:

- 指针读数, 结实可靠
- 高-低温测量
- 自动监测 (头戴耳机)

应用:

- 压力容器、阀门、蒸汽锅炉管道泄漏检测
- 储罐、高温换热器检测
- 外部泄漏检测

多功能掌上声发射系统



- 超声通道数: 2
- 外参数通道: 1
- 超声带宽: 1 KHz-1 MHz
- 采样速率: 20 兆数据点/秒 (40 MB/秒)
- 采样分辨率: 18 位
- 调理与滤波: 内置调理与硬、软件滤波
- 定位功能: 区域定位与线性定位
- 传感器测试: 自动传感测试
- 屏幕显示: 点触式3.52英寸LCD彩显
- 检测方式: 定时、手动或长时间在线监控
- 操作系统: Windows CE
- 数据存储: 1 GB (标准配置, 可配置更高) 闪存卡
- 计算机接口: USB 2.0
- 语言: 中文、英文
- 图形显示类型: 点图、线图、棒图、图形叠加及数据列表
- 数据、图形输出: BMP图形存储及在PAP或PC中重放
- 音频监控: 内置扬声器
- 供电要求: 6节7.2伏NiMH充电电池或220/12伏交直流转换器
- 使用环境温度: -5°C - 45°C

适用范围: 电力设备 (GIS、变压器、开关柜) 局放检测, 轧辊活性裂纹检测, 材料腐蚀检测

掌上腐蚀/裂纹检测/监测系统Pocket-CORPAC



- 应力腐蚀开裂专家系统
- 轻巧便携, 重量不超过1公斤
- 配有波导杆, 可检测高温部位
- 可在生产过程中的嘈杂环境中检测, 无需停产
- 专用软件, 内置检测程序, 指导用户找出活跃腐蚀源
- 现场监测, 给出诊断结论, 并出具PDF格式报告

适用范围: 储罐、管道、反应器、铁路罐车、蒸馏塔的活性腐蚀与应力、腐蚀开裂 (SSC)、氧致腐蚀开裂 (HIC) 检测

品种繁多、门类齐全的声发射传感器 (部分型号及参数)

传感器型号	传感器尺寸 (mm)	工作温度 (°C)	中心频率 (KHz)	频率范围 (KHz)	接口形式
常规传感器					
R3 α	19 × 22	-65-105	30	20-180	SMA
R6 α	19 × 22	-65-175	60	35-100	SMA
R15 α	19 × 22	-65-175	150	50-200	SMA
R30 α	19 × 22	-65-175	300	100-400	SMA
R50 α	19 × 22	-65-175	500	100-700	SMA
R80 α	19 × 22	-65-175	800	200-1000	SMA
前放一体化传感器					
R3I	29 × 39	-65-105	30	20-180	BNC
R6I	29 × 40	-65-175	60	40-100	BNC
R15I	29 × 31	-65-175	150	70-200	BNC
R30I	29 × 31	-65-175	300	125-450	BNC
R50I	29 × 31	-65-175	500	300-550	BNC
宽频传感器					
S9208	25 × 25	-55-120	45	20-1000	Microdot
UT-1000	18 × 17	-65-175	65	60-1000	Microdot
WD	18 × 17	-65-175	55	100-1000	DUAL BNC
WS α	19 × 21	-65-175	55	100-1000	SMA
低频传感器					
R.45	29 × 33	-45-150	7.5	1-30	BNC
R1.5	29 × 33	-45-150	14	5-20	BNC
R.45I	29 × 50	-35-75	7.5	1-30	BNC
R1.5I	29 × 46	-35-75	14	5-20	BNC
微型传感器					
Micro30	10 × 12	-65-175	125	100-600	Microdot
Micro80	10 × 12	-65-175	250	175-1000	Microdot
Nano30	8 × 8	-65-175	140	125-750	BNC
PICO	5 × 4	-65-175	250	200-750	BNC
S9225	3.6 × 2.4	-55-120	250	250-1000	BNC
差分传感器					
R6D	19 × 22	-65-175	55	35-100	DUAL BNC

本征安全传感器					
ISR3	33 × 36	-45-125	29	10-50	Pigtail
低功耗传感器					
PK3I	21 × 27	-35-80	28	15-40	SMA
高温传感器					
S9215	20 × 20	-200-540	60	50-650	BNC
低温传感器					
R15-LT	20 × 20	-200-200	58	50-200	BNC
水下传感器					
R6IUC	29 × 41	-35-75	50	35-100	BNC
R15UG	18 × 17	-35-75	50	50-200	BNC
空气耦合传感器					
AM2I	29 × 51	0-70	23	20-50	BNC
AM4I	29 × 51	0-70	40	30-90	BNC

各种前置放大器和后端放大器 (部分型号及参数)

放大器型号	放大倍数	带宽 (KHz)	供电方式
2/4/6前置放大器	20,40,60dB三档可调	0-1200插拔滤波器	PAC声发射卡供电
2/4/6C前置放大器	20,40,60dB三档可调	0-1200插拔滤波器	外接28V直流供电
1222电荷放大器	40dB	100-300插拔滤波器	PAC声发射卡供电
1222LF低频	40dB	3-32	ALMS系统供电
1222HF高频	40dB	100-300插拔滤波器	ALMS系统供电
1224D二次放大器	20dB	通带	PAC声发射卡供电
1278本安放大器	14dB	30-200,30-1000,100-700可选	PAC声发射卡供电
1281本安放大器	14dB	通带	PAC声发射卡供电
AE2A后置放大器	可调	10-2000	220V
AE5A后置放大器	可调	10-5000	220V



锅特检/石油石化声发射相关应用



锅炉



铁路槽车



起重设备



管道



容器



阀门内漏



游乐设施



气瓶



储罐

压力容器声发射检测

MONPAC专家系统

- MONPAC是一个“专家系统”，基于数千个容器多次试验经验，用于金属压力系统和罐体的安全评估，PAC公司独有的仪器和软件包，它广泛用于压力容器声发射检测，量化的专家系统。
- MONPAC已在许多国家成为工业标准。目前PAC公司用MONPAC在全球已完成超过20000台压力容器的检测评价。
- PAC公司提供全套方法和发证培训。



MONPAC的全球认可

- ASME直接采用认可。
- 中国的国家标准《金属压力容器声发射检测及结果评价方法》——GB/T18182-2000也是参照ASME第12章制定。
- 在法国，IPAC(MONPAC)已经取得官方的法国工业部(French Ministry of Industry)接受认可。
- 在俄罗斯，MONPAC及其评价准则已经被采纳于官方文件《声发射用于压力容器、结构、锅炉及管道检测的组织与实施》之中(index PB 03-595-03)。

压力容器检测仪器-SAMOS系统



最轻巧的32通道主机MICRO-II

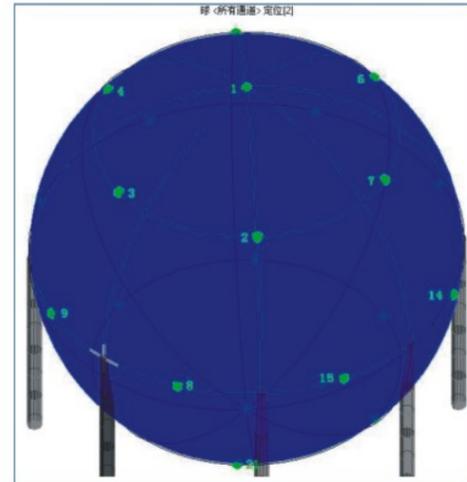


112通道便携式主机

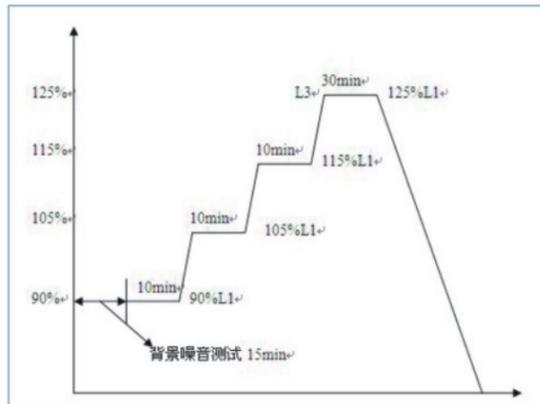
声发射压力容器检测案例



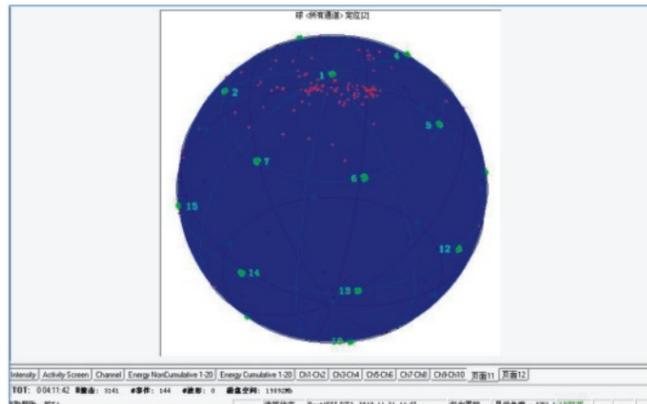
600立方氧气球罐



球罐探头布置图



加载曲线图



信号定位图

声发射技术不同于常规无损检测方法的优势:

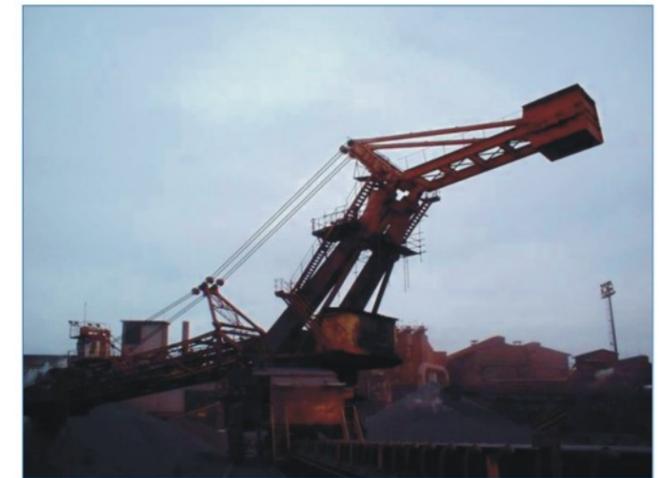
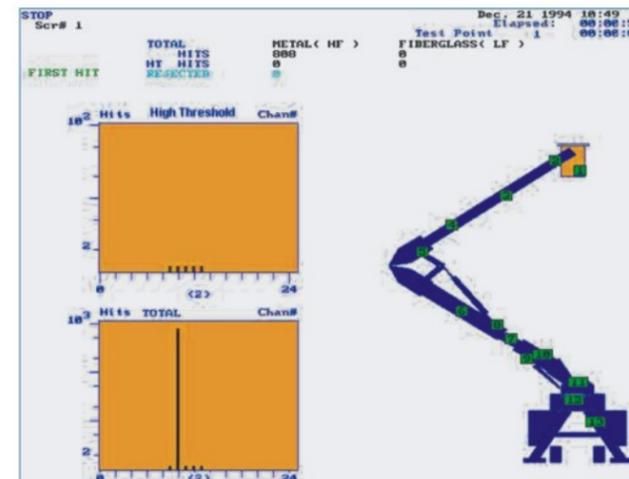
- 可获得缺陷的动态信息, 评价缺陷的危害程度以及结构的预期使用寿命
- 对大型结构进行整体检测, 不需要移动传感器进行扫查, 省时、省力、高效
- 可提供随载荷、时间等工况的瞬态和连续信息, 适用于过程监控和破坏前预报
- 对被检工件接近要求不高, 适用于其他无损检测方法难以接近的高低温、辐射、易爆、极毒等环境下检测
- 对结构几何形状不敏感, 适于其他方法不能检测的复杂结构的检测
- 几乎所有材料在变形和断裂时都产生声发射信号, 适用范围广
- 安装探头只需在保温层上开一个小孔, 而不需要整个拆掉保温层检测
- 所以最好的方案是用声发射进行整体检测, 发现有问题的区域再用常规方法进行二次测试, 这样将大大提高检测效率, 降低检测成本

特种设备声发射检测

用于空架/吊车结构检测的ADTI系统

使用声发射技术评估起重设备的整体安全性, 不但会节省费用, 也具有技术上的先进性。专家系统所开发的ADTI软件系统是根据ASTM F914-97的要求(起重设备检测)进行的。目前, 由美国物理声学公司发展的空中提升类装置的声发射检测技术已经陆续发展成如下ASTM标准:

- 美国材料试验学会ASTM F914-97: 《Standard Test Method for Acoustic emission for Insulated Aerial Personnel Devices》。
- 美国材料试验学会ASTM F1430-98 《Standard Test Method for Acoustic Emission Testing of Insulated Aerial Personnel Devices with Supplemental Load Handling Attachments》。
- 美国材料试验学会ASTM F1797-97 《Standard Test Method for Acoustic Emission Testing of Insulated Digger Derricks》。



- 起重机械专用检测系统(桥式、门式、塔式、悬臂式、流动式、铁路起重机等)
- 游乐设施在线动态安全检测
- 电站锅炉及其相关设备(锅炉整体、三通管座、管排、变压器、涡轮机、发电机)
- 电梯驱动主轴裂纹检测

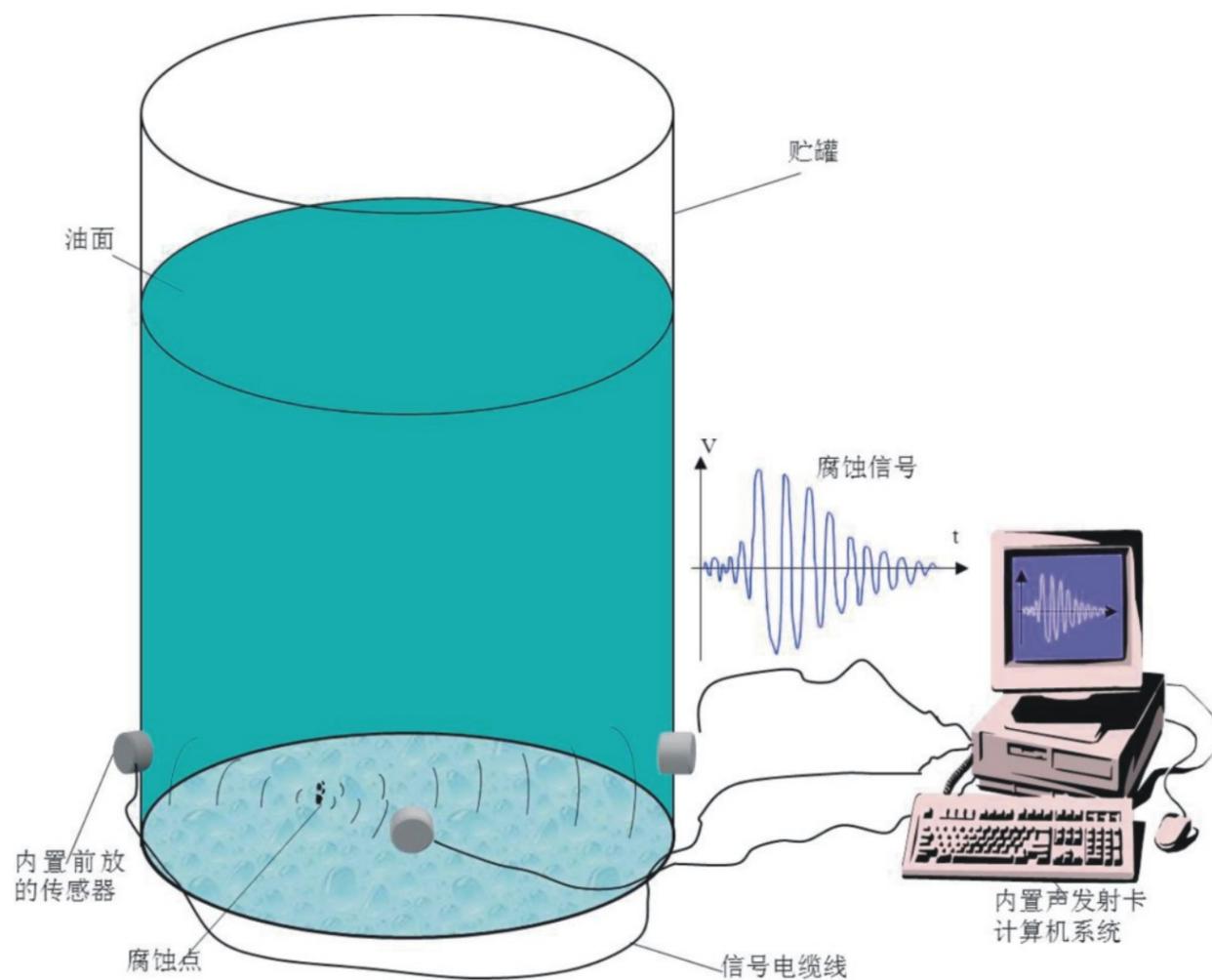
声发射罐底腐蚀泄漏检测

油罐罐底检测传统方法:

- 固定时间间隔维修: 许多油罐其实并不需要维修——造成巨大浪费, 有些油罐会在两次维修间隔内出现问题——留下巨大隐患
- 等待有故障时维修: 带来巨大的环境、经济问题

声发射检测:

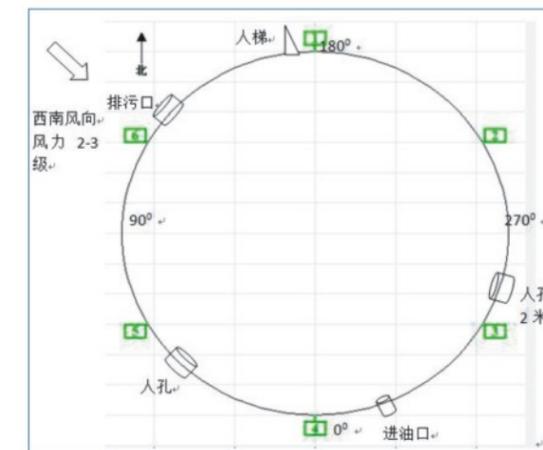
- 在测试之前, 只需要对罐做短期(24小时)隔离
- 典型测试每个罐只需用半天, 并且不需要特别操作
- 对于一个大型储油罐, 检测费用只是清罐并进入内部检查方法的零头
- 对多个储油罐进行状态排序以确定维修顺序



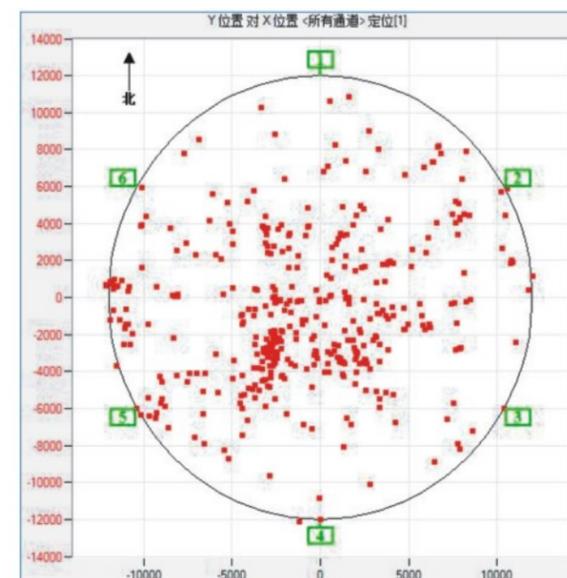
声发射罐底腐蚀检测案例



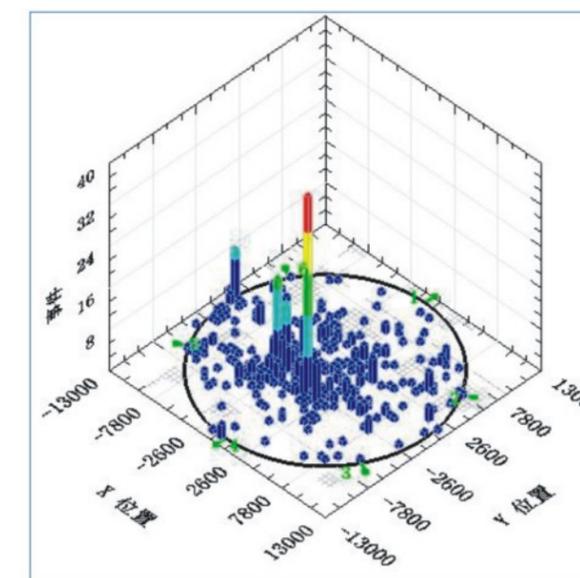
5000m³石脑油储罐



储罐罐底结构图



储罐罐底定位图



储罐罐底定位三维图

腐蚀状况的声发射分类级别及维修优先建议:

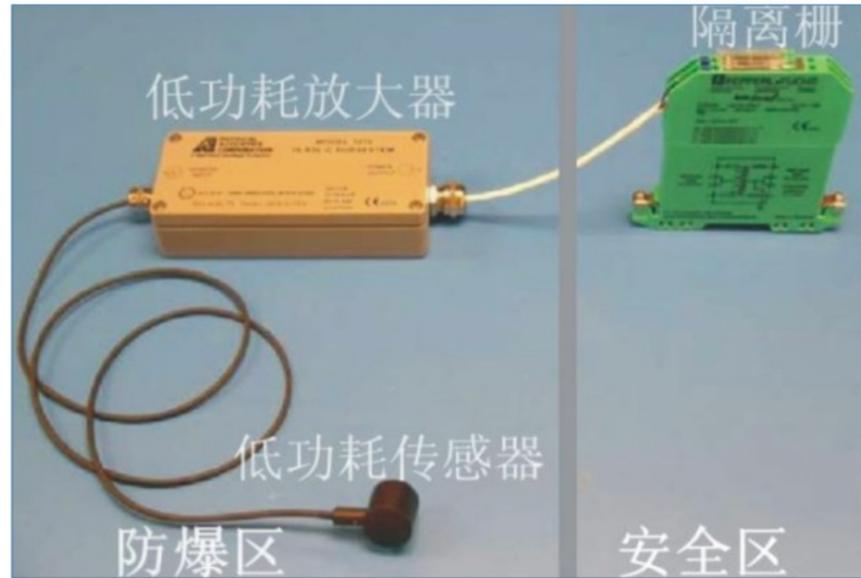
- A、无腐蚀, 不必维修
- B、微小腐蚀状态, 可暂缓维修
- C、中等腐蚀, 可考虑在可能的情况下维修
- D、动态腐蚀, 维修计划中优先考虑
- E、高动态腐蚀, 在维修计划中优先考虑

阀门泄漏检测

由于阀门固有的泄漏造成的损失对于炼油厂或电厂可造成每年成百上千万美元的损失。自从80年代初期，PAC公司已经同英国B.P公司开发一个简单、实用的系统来确定这些独立阀门的泄漏量，因此恰如其分的维修费用被制定出来。这项技术在现场应用中已成功地从生产现场中发现并更换了数千个有泄漏故障的阀门，其中任何一个更换的阀门都有可能为用户挽回高达几十万至上百万美元的泄漏损失。



阀门泄漏定量测试仪



阀门泄漏在线监测仪

现场经验统计

- 5-10% 的阀门有泄漏
- 1-2% 阀门所产生的泄漏量占总量的70%
- 有个别阀门泄漏量达1000 升/分钟
- 便携系统
- 操作简单/快捷
- 定量分析
- 适用于现场操作
- 低费用

电子表格计算泄漏量

- 在VPACII上直接显示泄漏量
- 在电脑Excel文件上计算泄漏量

- 阻止
 - ◆ 有害物质的混合
 - ◆ 阀门开闭装置受过大应力
- 避免
 - ◆ 贵重阀门在没有泄漏时的更换
 - ◆ 阀门的拆卸检修
- 验证
 - ◆ 阀门的正确安装
 - ◆ 阀门的开启/闭合状态

应用场合

- 炼油厂
- 化工厂
- 海上平台
- 输气设施
- 可检测气体与液体阀门

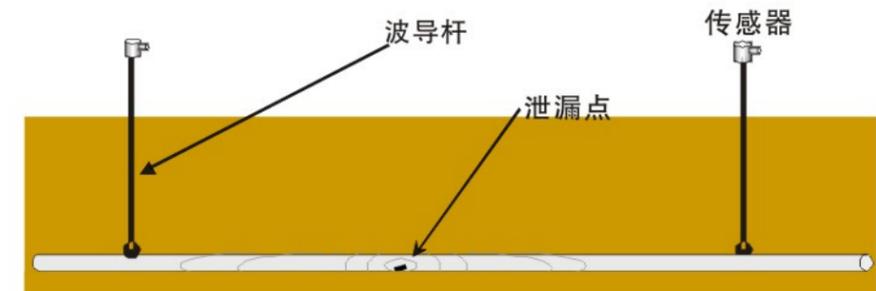
地下管道泄漏检测/监测及服务



由声发射检测发现的地下管道泄漏

检测所关心的问题解答

- ◆ 问：需要开挖管道进行检测吗？
- ◆ 答：否。只需在每隔50-80米的距离挖一个约0.5米的施工孔以便放置探头或波导杆。
- ◆ 问：检测时会不会影响生产，管道需要停止使用吗？
- ◆ 答：否。泄漏检测可以在管道正常工作状态下进行，对管道使用没有影响。
- ◆ 问：检测时管道是否需要加压，压力为多少？
- ◆ 答：是。压力为正常工作压力。
- ◆ 问：适合检测的地下管道类型？
- ◆ 答：适合各种油、气、水地下管道。
- ◆ 问：适合检测的地下管道材料？
- ◆ 答：对管道材料无限制，适合检测各种类型材料的管道。
- ◆ 问：对管道的直径大小有无限制？
- ◆ 答：否。适合各种直径的管道。
- ◆ 问：检测时需要在现场提供交流电源吗？
- ◆ 答：否。检测时采用的是电池供电的掌上声发射系统。
- ◆ 问：检测效率有多高？
- ◆ 答：这需要根据所使用的通道数及用户的配合情况确定，一般为每天2 公里甚至更高。



地下管道泄漏检测示意图

锅特检/石油石化声发射应用产品推荐

声发射采集卡



8通道高速采集卡Express8



八通道声发射卡PCI-8

声发射主机



最轻巧32通道声发射主机MICRO-II



全天候在线监测主机SH-II

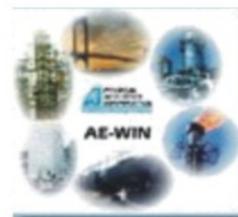


4通道无线声发射系统-1284

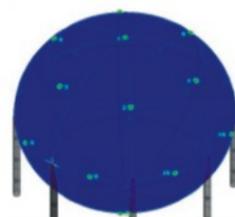


阀门内漏定量仪VPAC-II

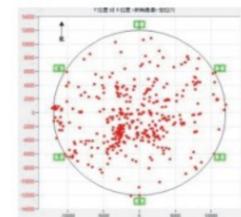
声发射软件



AEWin基本采集分析软件

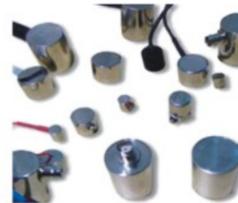


2D定位软件



罐底定位软件

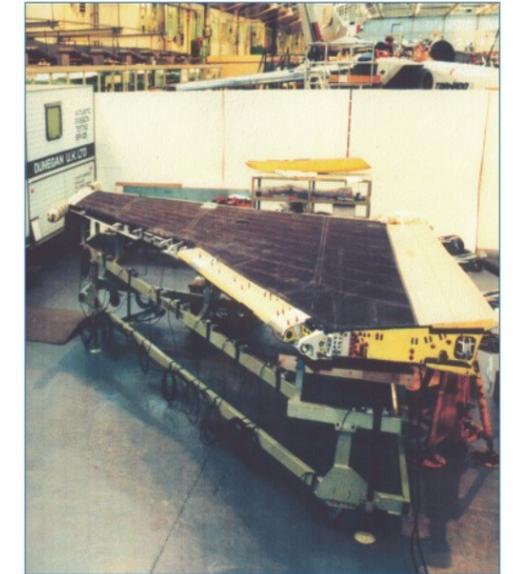
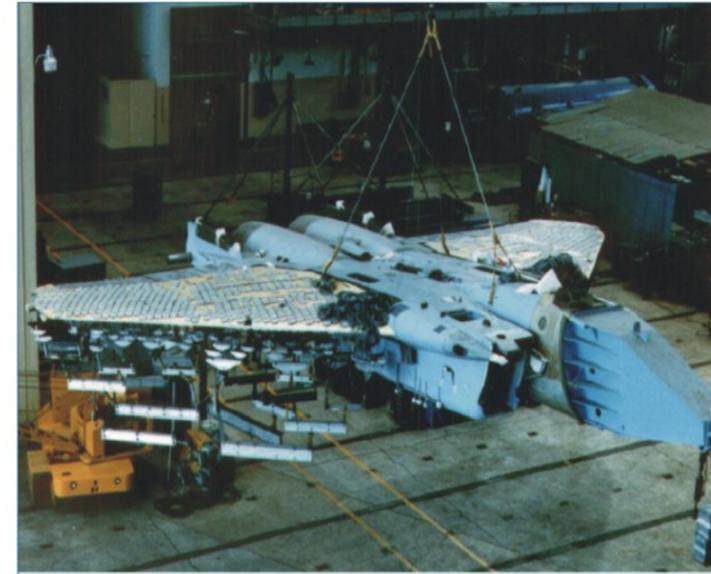
声发射传感器



各类压力容器、储罐等现场应用声发射传感器

R15I, 用于金属压力容器、管道、承重设备等的活性裂纹检测
R3I, 用于管道、储罐等的腐蚀及泄漏检测。

航空航天声发射相关应用



声发射在航空航天领域的应用概况

声发射作为一种动态无损检测新技术在航天工业中的应用起始于70年代中期，目前主要在航天飞行器的主承力构件的考核试验中大量应用，如各种贮箱、气瓶、阀体、发动机壳体以及金属和非金属支架构件等。近年来其应用还逐渐扩展至发射场地面设备的在役检测，例如发射台、管道、发射塔架等。

据不完全统计，在目前的飞机种类中，从美国空军的P-3、A4、F111、F14、F15、F16、RAH66；美国海军CH47、SH60；英国皇家空军VC-10；到波音的民机系列，如707、720B、737、747、777等；空中客车AIR BUS340以及MD公司系列都已将声发射技术作为常规的检测及研究手段。此外，在美国像NASA、NAVY、US AIR FORCE，以及从事直升机研制生产的BOEING VERTOL公司，BELL HELICOPTER公司，SIKORSKY飞机公司等都将声发射技术大量用于直升机的研制和生产中。

复合材料结构件及其他应用

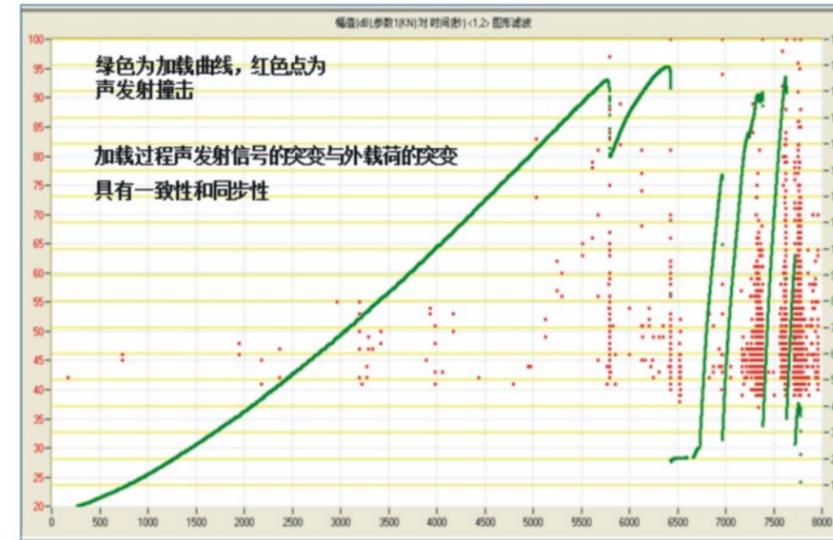
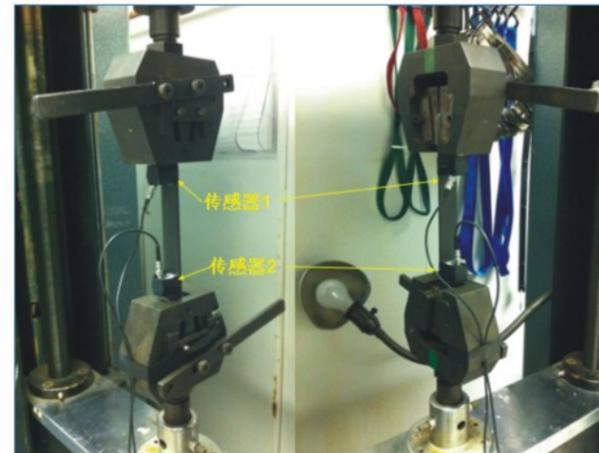
利用声发射技术还在多界面金属与非金属粘结结构检测中进行了探索研究，利用声发射幅度、能量计数、持续时间等参数对损伤进行了初步表征，显示出声发射技术在该领域的应用潜力。

利用声发射平均信号电平法和区域定位原理，成功解决了飞机副油箱低压泄漏检测问题，其灵敏度远大于气泡检测法，并且不需要水池等辅助设施，非常适合于野战和阵地检测。

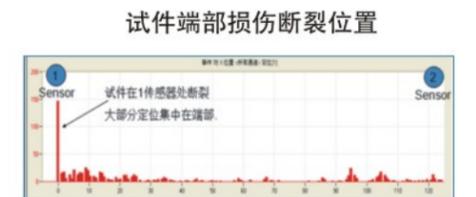
利用普通的声发射仪器配合150KHz谐振传感器还对航天飞行器中电子控制机箱多余物进行了探索性检测研究，在人工摇动试验中利用单通道系统灵敏的发现了直径仅0.1mm长为3mm的金属丝多余物。

通过声发射检测，可以确定：

- 1.材料或构件何时出现损伤；
- 2.材料或构件出现损伤的部位；
- 3.材料或构件出现损伤的严重程度及其危害性，对构件作出结构完整性评价。



复合材料拉伸试验装置图



拉伸过程声发射信号-载荷曲线相关图

声发射技术在这一领域的应用大致可分如下几个方面：

在复合材料性能研究方面的应用；在复合材料结构完整性检测方面的应用；在复合材料结构制造过程监测方面的应用。

近年来，复合材料无损检测与评价技术已经把重点转移到利用声发射技术检测材料与构件的缺陷与损伤的萌生与扩展，并据以评估缺陷的危害程度，测定结构强度、整体性和预期使用寿命。对复合材料的发展而言，声发射技术不仅仅是内部缺陷和损伤的无损检测手段，且已成为材料性能（包括断裂性能和力学性能等）研究、强度检测与使用寿命评估的必不可少的方法。

声发射技术在飞机的复合材料及其构件的研究和应用方面比金属材料更广泛和有效。这主要是由如下两方面原因决定的：

一方面，复合材料由于其各向异性、非线性和介质的非均匀性，其强度、寿命等力学特征和破坏机理比金属材料远为复杂，从而其它传统的检测和研究手段都更难胜任；另一方面，复合材料的损伤破坏时包括纤维断裂、分层、脱粘等缺陷形式的声发射特征比一般金属材料更明显，从而用声发射手段也更有效、准确。正因为这样，声发射技术在复合材料领域一直是最活跃、最成功的。

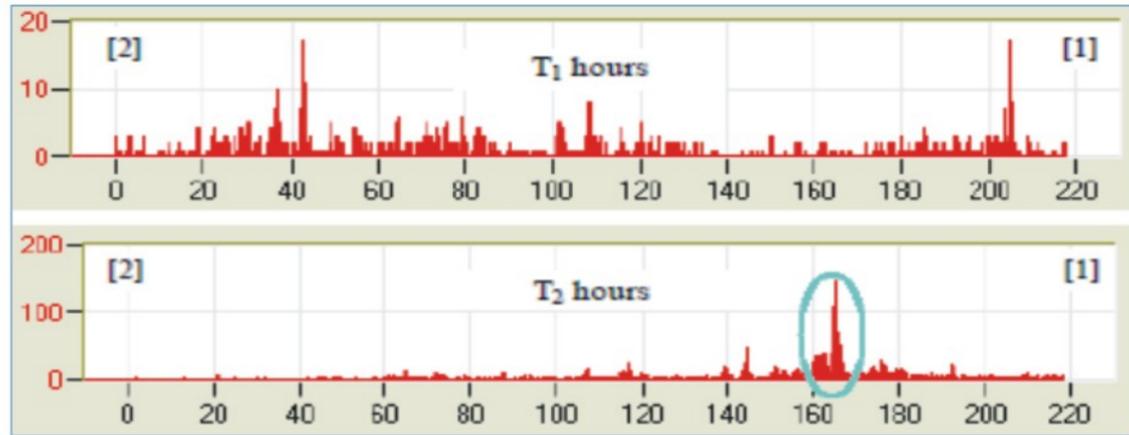
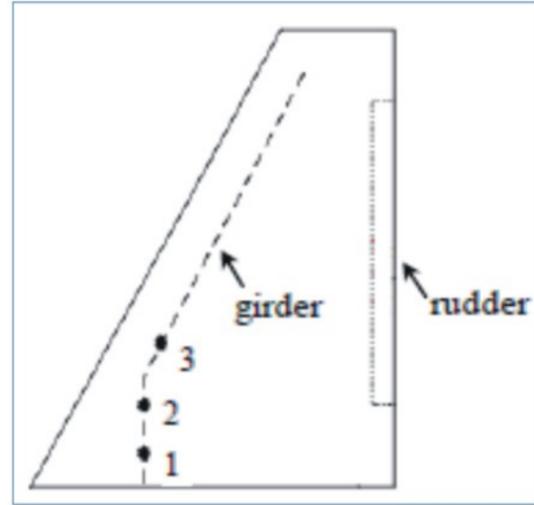
金属结构件声发射监测

钛合金一直是航天主要应用材料之一，钛合金气瓶是目前应用最为成熟并已列入工序检测的主要声发射检测对象之一。目前编制了相应的企业标准和国家军用标准。随着钛合金在航天产品更加广泛的应用，钛合金卫星贮箱、钛合金固体发动机固底、钛合金发动机封头等产品相继提出检测的需求。

试验1：

声发射用于监测不可接触的关键部位的健康状态，面临的主要困难是采集和数据处理过程的大量噪音信号，特别是较高的背景噪音、严重的振动、复杂构件的高衰减。

该次检测过程中，声发射技术被应用到航空器的垂直尾翼的疲劳监测试验，采用声发射方法包括空间滤波和线性声发射定位，通过拆卸检查发现位于结构结合处的疲劳裂纹，证明了声发射检测的有效性。



1-2号传感器之间监测区域疲劳裂纹萌生

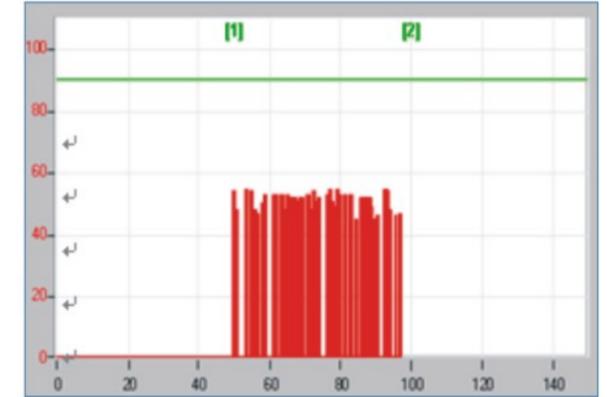
试验2:

本次试验监测的对象是某型机防扭支架疲劳试验, 加载载荷为拉-拉载荷, 其加载图如图所示。通过用声发射设备对疲劳试验过程实时监测, 及时了解防扭支架的破坏情况。经应力分析, 认为螺栓孔为应力集中点, 因此把螺栓孔作为主要裂纹监测点。

疲劳破坏一直是危及直升机安全的一个重要因素。现阶段, 预防疲劳破坏的有效方法之一就是进行疲劳试验, 从而给出直升机的飞行寿命。本文的一些尝试希望可以运用到未来的一些重要部件或结构件的疲劳试验中去, 为直升机定寿带来更准确、客观的依据。



声发射传感器布置图



Ae信号幅值最大值与位置关系图



损伤裂纹位置图



由于AE技术具有全面、准确、快速等特点, 70年代开始, 美国空军、BOEING公司、MD公司、以及FAA等就开始探索用AE技术检测在役飞机。这项工作于80年代在几种军用、民用飞机上取得成功而开始推广应用。

目前美国及欧洲大部分军用飞机、民用飞机及直升机的研制生产过程中对大部分的结构部件、材料及整机都进行声发射研究, 比如:

在部件的疲劳及寿命研究中, 根据对疲劳裂纹的AE信号变化曲线可以表征出 da/dN 曲线等疲劳性能, 进而根据载荷情况进行寿命预测和评估。比如SIKORSKY AIRCRAFT公司直升机的螺旋桨、尾端等承力部件都大量采用声发射技术进行强度和疲劳研究。

在整机的静力及疲劳试验中, 可以更有效地发现危害部位和危害程度, 尤其对那些其他手段很难检测到的部位, 声发射可以及时、准确地发现问题。比如, 瑞典SAAB的JAS-39飞机近期用PAC公司72通道的声发射系统成功地完成了整机静力试验的声发射研究, 取得非常满意的效果。目前正在进行整机疲劳试验的声发射研究。

飞机全尺寸疲劳试验(FSFT): 现在的无损检测技术, 像超声波、涡流和放射线照相术要求很高的经过培训的技术人员, 花费很多时间寻找显著区域, 且经常分解机架结构以确定裂纹位置和长度。目前, 检测位置和间隔必须依据以前的缺陷统计特征。然后必须在所有位置进行无损检测扫描来确定是否有真正的缺陷存在。使用声发射允许通过裂纹扩展声音识别点位置检测。

整机疲劳监测

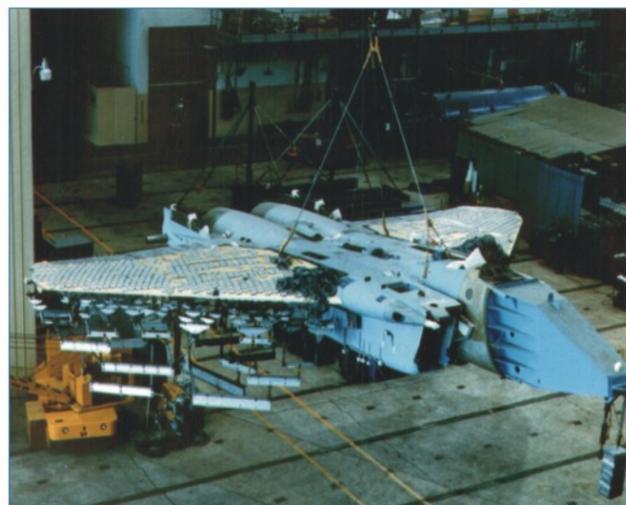


图3用声发射监控的全尺寸疲劳试验战斗机的照片

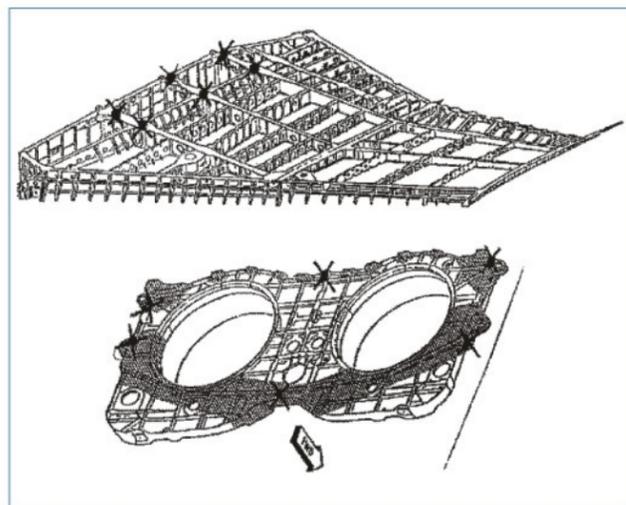


图4隔壁和机翼结构上典型传感器安装

声发射在F-15疲劳试验上的应用主要集中于飞机上的几个关键的结构(图4)。主要感兴趣的点是在机翼和机身之间的连接耳片。这些中间的和主翼梁上的耳片在工作过程承受巨大的载荷并经常在现场进行检测。机翼和机身固定耳片将机翼主梁与机身隔壁连成一体，由2124铝合金，7075铝合金和6A1-4V钛锻件加工而来。即使使用最现代的传统检测技术确定疲劳裂纹的位置也常常很困难。声发射有告诉检测人员什么时间什么区域检测的能力。用这个系统可以节省试验停车时间，减少试验样机发生灾难性故障的机率，用该系统获得较好地裂纹形成的理解。这种类型的仪器对疲劳研究是非常有用的，总有一天我们将看到空中声发射监控设备作为一种重要的监控系统。

声发射技术对检测人员提供了何时何地观察的可能性，我们希望减少测试时间，降低测试试样疲劳灾难性事故的机率，并且通过这套系统更好的理解裂纹的萌生过程，这种技术非常适合疲劳研究。

如果声发射技术能对结构完整性进行检查的话，那么运行飞机在晚间的逗留中，就能进行机体缺陷。

声发射本身并非新颖。将换能器安置在结构物上，通过其内压力的变化或施加作用力，改变结构内应力状况，其裂纹和腐蚀缺陷四周就会释放出特殊频率的信息，借助计算机通常情况下，便能确定缺陷的位置。

声发射技术是被联邦航空局所应用在飞机服役检查的一种方法。其它的技术还包括热象检查和全息技术。

CARL GLE说：“AE技术不是对任何其它技术的替代。我们想使大家了解的是AE确实是一种能对飞机进行全面检查，帮助我们摆脱10000多个全部接点逐个检查的一项技术。”

航空航天声发射应用产品推荐

声发射
采集卡



两通道声发射卡PCI-2



8通道高速采集卡Express8

声发射
主机



最轻巧32通道声发射主机MICRO-II



全天候在线监测主机SH-II



4通道无线声发射系统-1284



USB系统

声发射
软件



AEWin基本采集分析软件



模拟分析软件

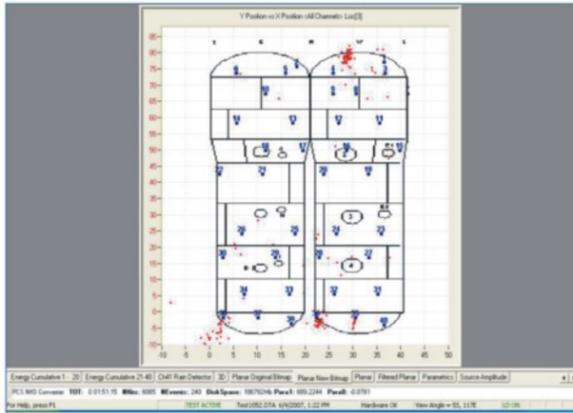
声发射
传感器



各类压力容器、储罐等现场应用声发射传感器

常用传感器：
R6a，微型传感器PICO，Nano30等。

声发射结构健康监测



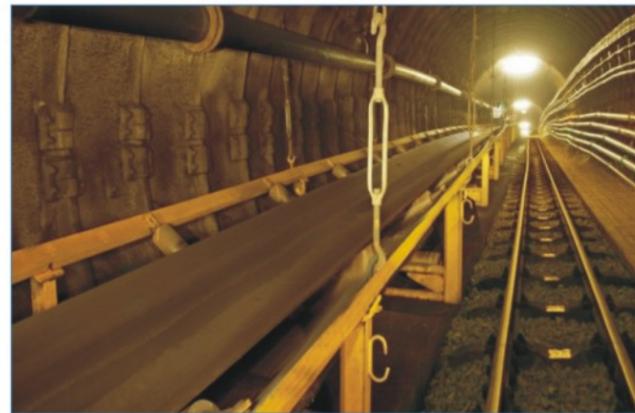
炼油厂反应器在线监测



海洋平台在线监测



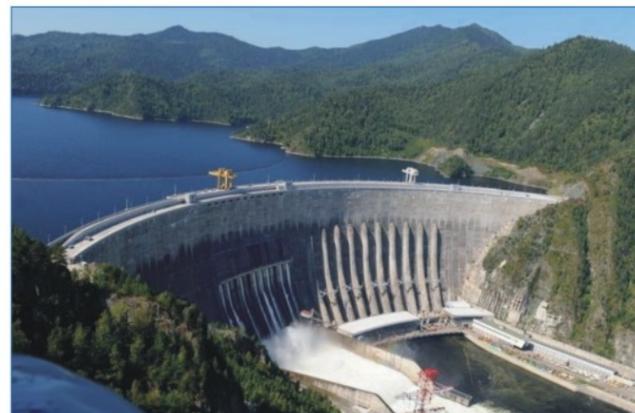
隧道安全在线监测



煤矿安全在线监测

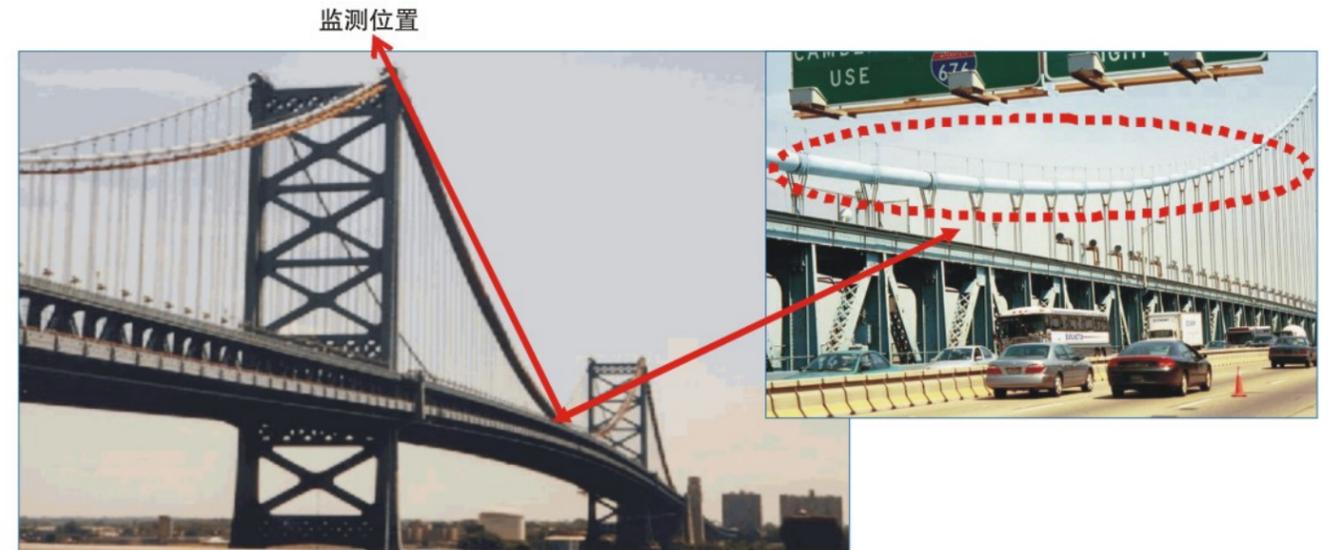


风电结构在线监测



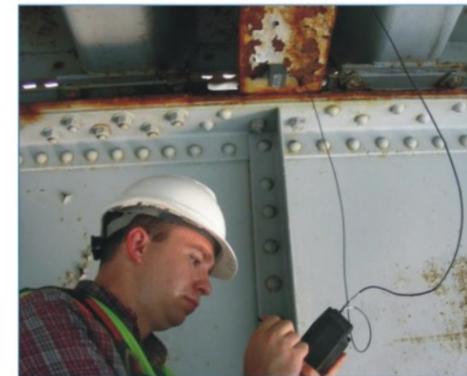
岩石、大坝在线监测

声发射桥梁在线监测



斜拉桥/悬索桥在线监测

斜拉桥/悬索桥在线监测/检测



钢结构桥在线监测/检测



混凝土桥在线监测/检测