



SK 系列旋转机械振动监测分析仪

进口仪器的性能、国产仪器的价格

上海数可测控仪器有限公司的技术人员具有二十多年从事振动、噪声测试仪器研发、现场振动测试的专业经验，可靠的高性能进口硬件，结合自主开发的专业测试软件，使SK系列旋转机械振动分析仪成为机械工程师理想的振动等动态信号测试分析仪器。在电力、冶金、石化、化工、航空航天、船舶、兵器、矿山等众多行业中有广泛的应用。

采用.net C#自主开发的专业测试软件

- 测量值列表：时间、转速、通频振幅、一倍频振幅/相位、二倍频2X振幅/相位、自定义倍频振幅/相位、间隙电压；积分前振动速度振幅、振动一倍频；频谱峰值
- 振动棒图、振动波形、振动频谱、阶次谱、三维瀑布图、轴心位置图、全息谱、轴心轨迹图（含指定阶次合成轨迹图）、Bode图、趋势图（Bode图、趋势图可选择显示通频、分频、转速、间隙电压曲线）、同相/反相图、全频谱、不同测量项目的波形、频谱、Bode图、趋势图比对、三瓦轴心轨迹图
- 振动加速度、振动速度传感器信号多重数字积分
- 数据存储触发：时间间隔、转速间隔、等时间或等转速间隔、振幅超限、振幅变化百分率、工频相位异常、手动，具有每秒捕捉5组以上记录的能力。
- 无键相测量模式：指定转速测量阶次谱、各通道相对相位；定频测量，用于电厂辅机等振动测量；无缝隙数据连续记录
- 测量中查看历史测量列表、波形、频谱；回放中可同时打开2个测试项目数据
- 内置上万种轴承参数，振动频谱图中叠加显示滚动轴承特征频率标识。用户可添加
- 多转速同时测量实时分析、包络谱分析、倒频谱分析
- 选件：多平面兼顾多转速现场动平衡软件、叶片测频
- 支持Windows Xp ~ Windows 11 所有Windows操作系统

便携式原装进口硬件（美国国家仪器NI产品）

- SK4432： 5个测量通道、ICP传感器供电、计算机USB供电，非常适合辅机测量
- SK9172： 单机箱4 ~ 56通道，以太网或USB接口选其一
- 多通道并行同步测量(测量模块A~D)
- 24位 Δ - Σ A/D、动态范围>100dB
- 模拟加数字双重抗混滤波优于-100dB
- 提供VB、VB、C#等用户再开发动态库

美国国家仪器公司(NI)高精度数据采集器，内置抗混滤波器自动跟踪采样频率，有效滤除了分析带宽之上的高频信号；24位A/D 动态范围>100dB，可以精确捕捉几个mV的微弱小信号。

用户：上海交通大学振动所、中国核动力研究院、三十家多电科院（河南、湖南等省电科院、大唐、华电、中电投等央企电科院）、大亚湾核电、海南核电、上海电气、哈汽、杭汽等



SK4432 旋转机械振动分析仪

5 个测量通道、计算机USB口供电

五个并行测量通道

每个通道24位 Δ - Σ A/D、动态范围好于100dB

输入电压范围: $\pm 40V_{peak}$

AC/DC信号耦合

从1~102.4kHz/每通道, 采样频率档间隔0.349 mHz。(转速 $\leq 60krpm$ 时, 相位精度 $\leq \pm 3^\circ$; 转速 $\leq 120krpm$ 时, 相位精度 $\leq \pm 10^\circ$)

输入阻抗: 800k Ω (信号输入); 对壳1k Ω

IEPE (ICP) 激励电源 (第5通道除外): [2.1mA@20VDC](#)(最小)、TEDS 智能传感器读/写

抗混滤波: 模拟滤波 + 数字滤波, 滤波器性能优于: -100dB、-180dB/Oct.

幅值精度: 典型: ± 0.05 dB ($\pm 0.58\%$)@1kHz; 平坦度: ± 0.05 dB (最大)

输入噪声: 0.3mV(最大)@46.4kHz频宽

通道一致性:

幅值匹配: [0.015dB@1kHz](#)

相位匹配: 0.02° /kHz(典型); 0.04° /kHz(最大)

输入通道间的相互影响: -105dB@1kHz

相位线性度: $\pm 0.05^\circ$ @20Hz ~ 46.4kHz

转速测量: 任何一个测量通道都可接入转速脉冲, 进行转速测量。

工作温度: -30°C ~ 70°C、湿度: 0 ~ 95%(非凝结)

安全符合: IEC 61010-1, EN 61010-1、UL 61010-1, CSA 61010-1

电磁兼容符合: EN 61326-2-1 (IEC 61326-2-1): Class A emissions; Basic immunity、EN 55011

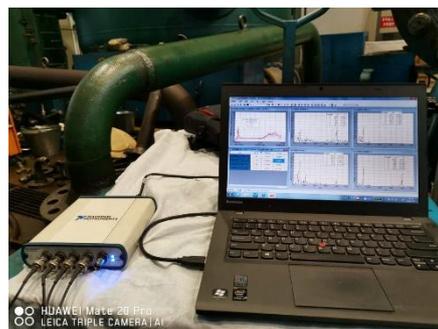
(CISPR 11): Group 1, Class A emissions、AS/NZS CISPR 11: Group 1, Class A emissions

FCC 47 CFR Part 15B: Class A emissions、ICES-001: Class A emissions

最大功耗: 2.5W ; 与计算机通讯: USB2.0

单独USB 数据采集模块由计算机提供工作电源, 不需要外接电源。

外形尺寸: 142 X 180 X 38 mm、重量675克





SK9172 旋转机械振动分析仪

4~56通道、以太网或USB接口



八槽机箱：多个测量模块， 4~32 通道
外形尺寸：254 X 88 X 110 mm
32 通道仪器重量： ~ 2.4kg
抗振设计，可用于车载测量



14 槽机箱：4~56 通道
外形尺寸：402 X 88 X 110 mm
56 通道仪器重量： < 6.4kg
抗振设计，可用于车载测量

NI 振动测量模块A主要性能指标

- 测量通道：4 通道
- 各路独立24位 Δ - Σ A/D，并行同步采集
- 最高采样频率：50 kHz/每通道（转速 ≤ 30 krpm时，相位精度 $\leq \pm 3^\circ$ ；转速 ≤ 60 krpm时，相位精度 $\leq \pm 10^\circ$ ）。
- 测量动态范围：128dB
- 抗混滤波：模拟滤波 + 数字滤波
通带：0.453 fs、阻带：0.547 fs
通带到阻带落差 -100dB
- 输入电压范围： ± 60 V(Peak)
- 输入噪声：0.32mVrms
- 幅值精度： $\pm 0.5\%$ @25 $^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$
- 相位线性度：0.11 $^\circ$ （最大）
- 通道一致性：
 - 幅值匹配：0.22dB(最大)
 - 相位匹配：0.045 $^\circ$ /kHz（最大）
- 输入通道间相互影响：-130dB@1kHz
- 内部采样时钟：12.8MHz
精度：好于 ± 100 ppm
- 输入阻抗：1 M Ω ；
- 信号耦合方式：DC
- 抗振(工作状态)：
 - 随机IEC60068-2-64 5grms,10~500Hz
 - 正弦IEC60068-2-6 5g, 10 ~ 500Hz
- 工作温度-40 ~ 70 $^\circ\text{C}$ ，存储-40 ~ 85 $^\circ\text{C}$



4 槽原装机箱: 4 ~ 16 通道系统
外形尺寸: 159 X 88 X 59 mm
16 通道仪器重量: ~ 1.4 kg
抗振设计, 可用于车载测量



单槽机箱: 可插入一个测量模块, 构成 3 通道或 4 通道 SK9172 并行测量系统, USB 单槽机箱不需外部供电



NI 振动测量模块 A、B



NI 振动测量模块 C、D

NI 振动测量模块 B/C/D 主要性能指标

- 测量通道/模块:
模块 B: 4 通道; 模块 C、D: 3 通道
- 各路独立的 24 位 Δ - Σ A/D, 并行同步采集
- 最高采样频率/每通道及相位精度:
模块 B: 51.2 kHz (转速 \leq 30krpm 时, 相位精度 $\leq \pm 3^\circ$; 转速 \leq 60krpm 时, 相位精度 $\leq \pm 10^\circ$)
模块 C: 102.4kHz (转速 \leq 60krpm 时, 相位精度 $\leq \pm 3^\circ$; 转速 \leq 120krpm 时, 相位精度 $\leq \pm 10^\circ$)
模块 D: 12.8kHz (转速 \leq 12krpm 时, 相位精度 $\leq \pm 3^\circ$; 转速 \leq 30krpm 时, 相位精度 $\leq \pm 10^\circ$)
- 测量动态范围:
模块 B 105 dB; 模块 C/D: 99dB
- 抗混滤波: 模拟滤波 + 数字滤波
- 输入电压范围: 模块 B: $\pm 5V(\text{Peak})$
模块 C、D 输入电压范围: $\pm 30V(\text{Peak})$
- 幅值精度:
典型: $\pm 0.1\% @ 25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$
最大: $\pm 0.34\% @ -40 \sim 70^\circ\text{C}$
- 通道一致性:
幅值匹配: 0.01dB(典型); 0.01dB(最大)
相位匹配: $f \times 0.045 + 0.04$ (最大); f: 输入信号频率 kHz
- 输入通道间的相互影响: -110dB@1kHz
- 内部采样时钟: 13.1MHz; 精度: 好于 $\pm 50\text{ppm}$
- 输入阻抗: $> 300 \text{ k}\Omega$;
- 信号耦合方式: DC、AC、ICP
- AC 耦合: **-3dB@0.5Hz(典型)**
- ICP 激励电流: 典型 2.1mA@19V(最大电压); 2.0mA(最小电流)
- 外形尺寸: 140 X 86 X 25 mm、重量 275 克
工作温度: $-40 \sim 70^\circ\text{C}$

NI 其他测量模块

- PT100 温度测量模块
- 热电偶测量模块
- 频率测量模块



SKVMA 旋转机械振动分析仪功能

SKVMA 是旋转机械振动分析仪基本软件包, 集成了 SK-10 基本分析软件包和 SK-30 阶次跟踪分析软件包, 具有旋转机械振动分析常用的功能。可在没有键相信号时进行测量、数据连续记录。阶次分析(需要键相位信号)可转速跟踪整周期采样得到各阶次振动幅值、相位; 定频数据采集可得到间隙电压、振动波形、频谱(最高谱线数 25600 条)。数字积分可将来自振动速度、加速度传感器的信号转换为振动位移。

◆ 信号

测量值列表: 时间、转速、通频振幅、一倍频振幅/相位、二倍频 2X 振幅/相位、自定义倍频振幅/相位、间隙电压; 积分前振动速度振幅、振动一倍频; 频谱峰值

振动波形、振动频谱(非同步)、阶次谱、轴心轨迹图、轴心位置图、Bode图、趋势图(可选择同时叠加显示通频振幅曲线、任意阶次振幅/相位、间隙电压、转速曲线)、全息谱、全频谱、同相/反相图、三瓦轴心轨迹图

稳态测量模式时还可提供: 平均波形、平均谱、平均阶次谱

三维瀑布图: 常规三维瀑布图、彩色三维瀑布图、二维色谱图; 横向切片(某时刻或转速的频谱)、纵向切片(某频率分量随转速或时间的变化)

同时打开 2 个测试项目同窗口显示

◆ 分析参数

定频采样: 最高分析频宽参见硬件、最高谱线数 25600; FFT 窗函数: 矩形窗、海宁窗、平顶窗
连续数据采集: 磁带机功能, 连续无缝隙记录。
整周期采样: 转速跟踪整周期采样, 最高阶次数 256 阶(512 点/每转)、最高阶次分辨率 1/32 阶每转转速脉冲数(PPR)

接入信号可选: 电涡流、振动速度、振动加速度
测量结果: 可选择积分得到速度或位移

电涡流传感器安装角度、各通道报警振幅限
扣除轴振动低速偏摆振幅

指定转速测量: 阶次谱、各通道相对相位

瞬态测量模式

稳态测量模式: 可多次平均

◆ 数据存储触发

等时间间隔、等转速间隔、等时间或等转速间隔、手动

异常保存: 振幅报警、振幅或 1X 相位异常波动百分比, 可设定异常保存时间间隔

快速记录: 具有每秒捕捉 5~10 组记录的能力

◆ 实时显示

最多可同时打开 32 个显示窗口, 每个窗口可显示 8 条曲线

平铺或级联图显示

数量不限的用户自定义图形显示界面

试验中显示界面的动态修改

所有图形或选定图形自动刻度显示

图形细化显示、鼠标拖拽框选择显示区域

图形格线、曲线、光标、标记、用户注释

Bode图、趋势图可选择显示通频、分频、转速、间隙电压曲线

◆ 显示功能

显示刻度: 自动、缺省、用户定义、x-y
线性或对数

刻度: 十进制数、科学计数或工程刻度
小数点位数系统自动计算或用户自定义

◆ 光标读数

单光标、双光标、峰值搜索、谐光标

多个峰值列表显示, 最多前 15 个峰值

谐光标显示, 最多 100 个谐峰

峰值或谐峰光标读数

光标读数标记(Marking)

同类型信号图形窗同步光标

连动: Bode 图、趋势图光标同步刷新波形、频



谱图形窗口

统计值: 最大、最小、有效值、峰峰值、均值

◆ 典型界面及管理

不同的功能模块系统配置了多种典型显示界面, 用户自定义的界面可存入典型界面

◆ 测量保存

测量数据存贮在硬盘或联网计算机上

按用户定义的测试项目名、路径存贮测量数据, 同时可保存其它信息如: 测量参数、显示界面等。

◆ 轴承数据库

内置上万种轴承参数, 振动频谱图中叠加显示滚

动轴承特征频率标识。用户可添加

◆ 其它分析功能: 多转速同时测量实时分析、包络谱分析、倒频谱分析

◆ 输出数据文件

文本文件(txt)、万能格式文件(UFF)

◆ 测试报告

测试报告可设定图形、统计信息栏、加注释行(页眉/脚注)、叠加公司图标等

测试报告输出到打印机或生成 word 文档

图形 Copy/Paste 粘贴到其它 Windows 程序

	转速	ch 1, p-p	1.00 X	2.00 X	间隙电压V	ch 2, p-p
10:39:24.043	1321	27	26∠123	3∠51	-7.973	22
▶ 10:39:25.156	1331	29	28∠125	3∠58	-7.973	21
10:39:25.258	1340	30	29∠127	3∠61	-7.974	22
10:39:25.463	1356	32	31∠127	2∠68	-7.972	21
10:39:25.566	1367	34	32∠130	2∠71	-7.973	22
10:39:25.668	1382	36	35∠132	2∠68	-7.972	24
10:39:25.770	1391	37	37∠132	1∠67	-7.972	26
10:39:25.873	1404	39	38∠134	1∠71	-7.972	26
10:39:25.984	1413	40	39∠136	1∠71	-7.972	26
10:39:26.086	1424	43	42∠136	1∠67	-7.973	28
10:39:26.189	1434	44	44∠137	1∠66	-7.970	29
10:39:26.291	1443	48	48∠139	1∠67	-7.972	29
10:39:26.496	1455	53	52∠141	1∠70	-7.972	30
10:39:26.598	1463	56	56∠143	1∠77	-7.970	29
10:39:26.796	1472	63	62∠144	1∠61	-7.970	31

机组转速快速变化, SK 每秒钟最多可保存 5 组以上记录。上图记录列表是在转子试验台上快速降速中捕捉的记录(注: 数据存盘触发转速间隔设置为 10 rpm)



◆ 水轮机组振动置信度分析功能

在回放已有测量数据时可启用“置信度分析功能”，置信度值可设置。满足“GB_T_32584-2016 水力发电厂和蓄能泵站机组机械振动的评定-2016”、“GB/T 17189-2017 水力机械(水轮机、蓄能泵和水泵水轮机)振动和脉动现场测试规程”的需要。

GB/T 32584—2016

推荐采用 97% 置信度融合平均时段法, 每个时段至少包含 8 个旋转周期, 97% 置信度计算取值方法见图 G.1。

推荐算法流程如下(以包含 8 周期为例):

a) 选取计算区间

以键相信号为起点, 选取包含 8 个旋转周期的数据为一个计算区间。下一计算区间为右移一个旋转周期(即包括本计算区间的后 7 个旋转周期及后紧接着该计算区间的 1 个旋转周期), 依次类推。

b) 计算区间内的峰峰值

对计算区间内的数据进行 97% 置信度分析, 计算 97% 置信度后的最大值与最小值之间的差值, 为该计算区间的峰峰值。

c) 时段内的峰峰值

时段内所有计算区间的峰峰值的平均值为该时段内的峰峰值。

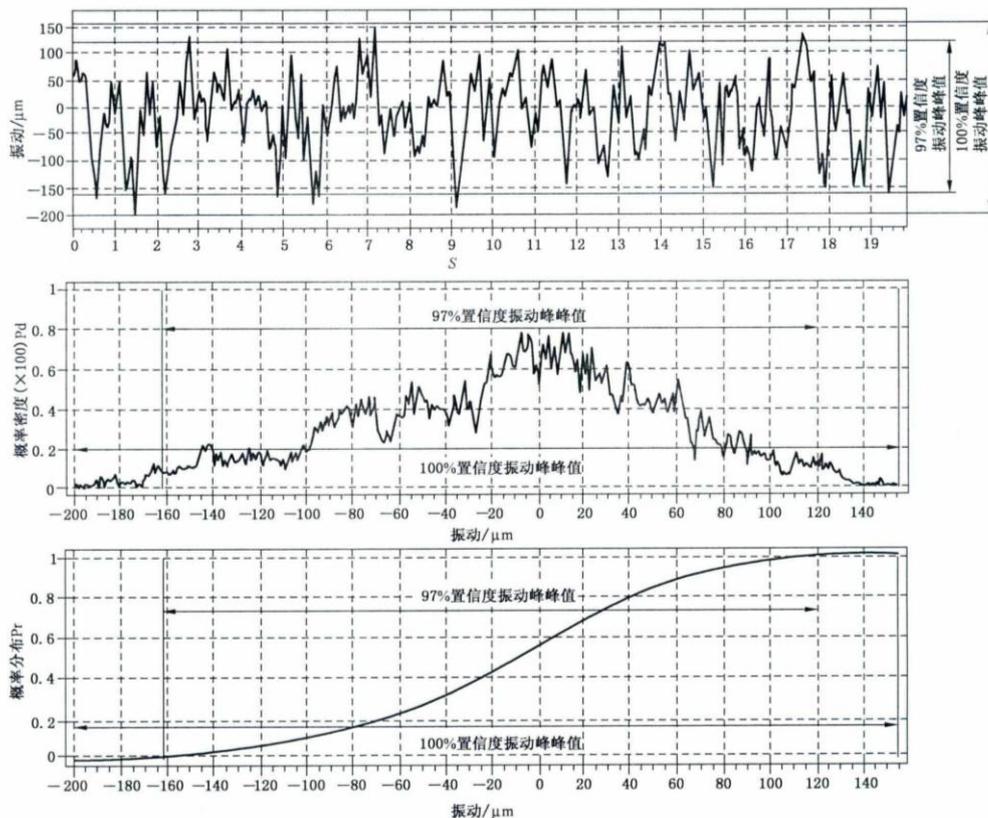
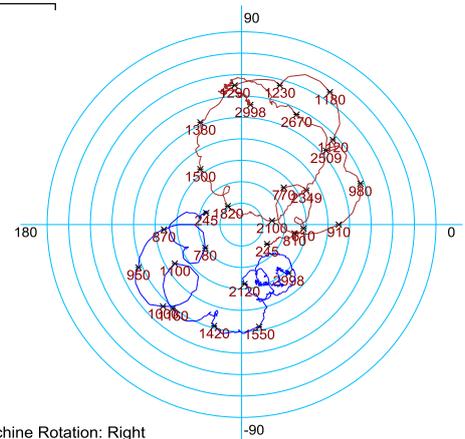
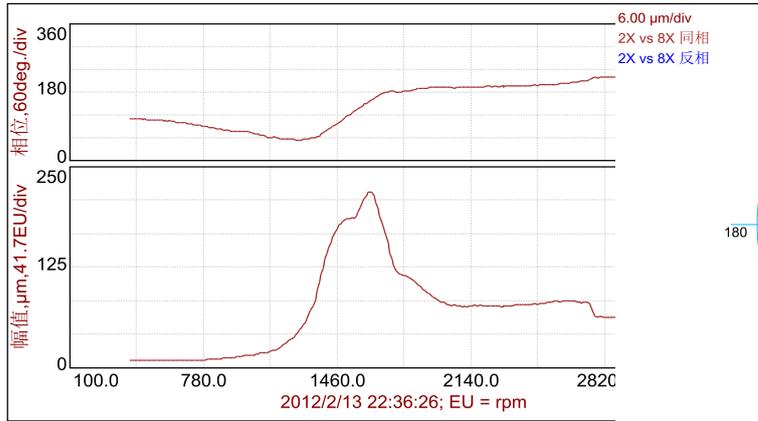


图 G.1 97% 置信度振动位移峰峰值计算取值方法

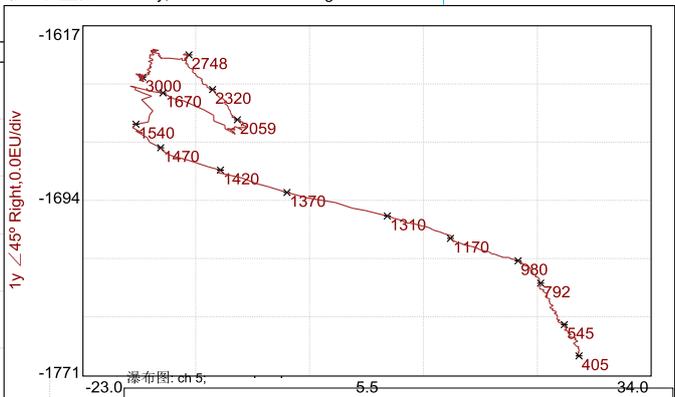
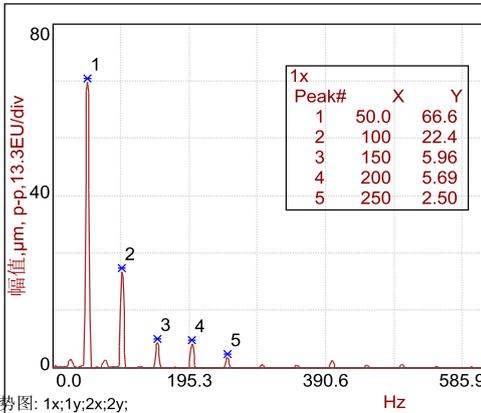


Bode图: 1x;

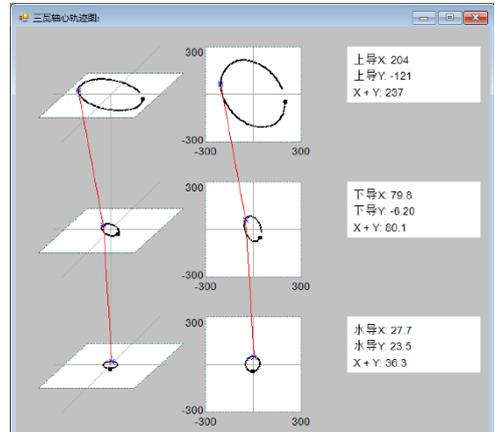
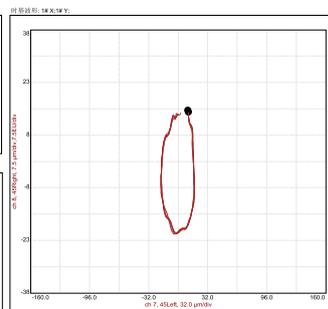
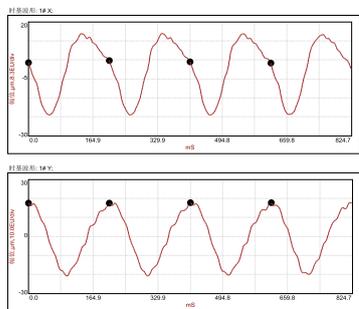
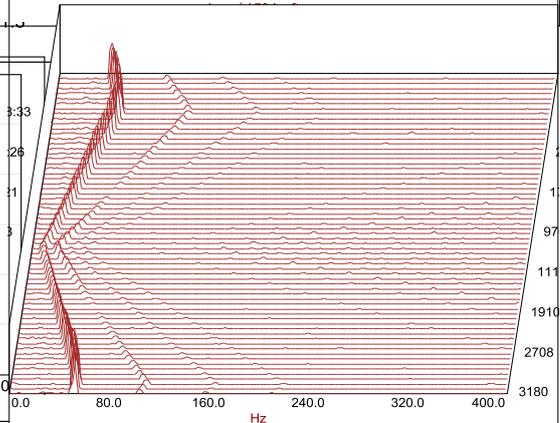
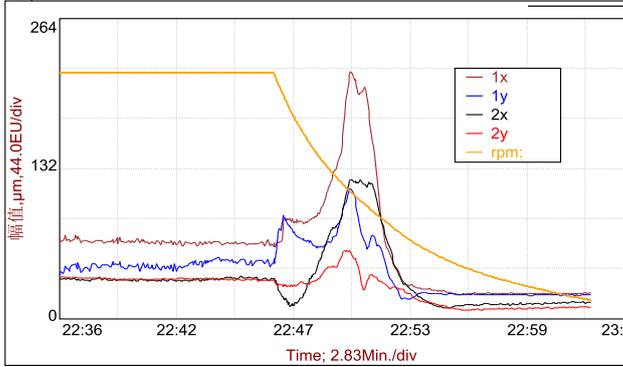


轴心位置图: 1x vs 1y; Machine Rotation: Right

频谱图: 1x;



趋势图: 1x;1y;2x;2y;



SK-31 多平面现场动平衡软件包 (选件)



转子动不平衡是工程应用中旋转机械最常见的振动故障之一，很多情况需要在现场对转子实施动平衡处理，减小机组的振动。普通动平衡算法只能在一个转速下对与动平衡面数相同数量的振动测点进行，而最简单的单转子系统有2个支撑轴承座。每个轴承座需要兼顾垂直、水平2个方向，如果是柔性转子还需要考虑过临界转速时的振动，这样动平衡应该考虑多测点、多转速时的振动。SK优化动平衡计算可以兼顾多转速，例如：在双平面动平衡时可以兼顾2个轴承座的4个振动测点、多个转速时的振动。

◆ **动平衡数据录入**

- 指定动平衡过程的测试项目文件自动读入
- 手动录入

◆ **动平衡方式**

- 只考虑单转速时与动平衡面数相同的经典动平衡算法
- 多转速、多测点优化动平衡算法
- Polar图中直接拖拽加重矢量，动态计算并显示出残余振动

◆ **平衡面数**

- 1 ~ 6 个动平衡面

◆ **试重**

- 加重或去重、允许试重不去除

◆ **动平衡计算**

原理：影响系数法

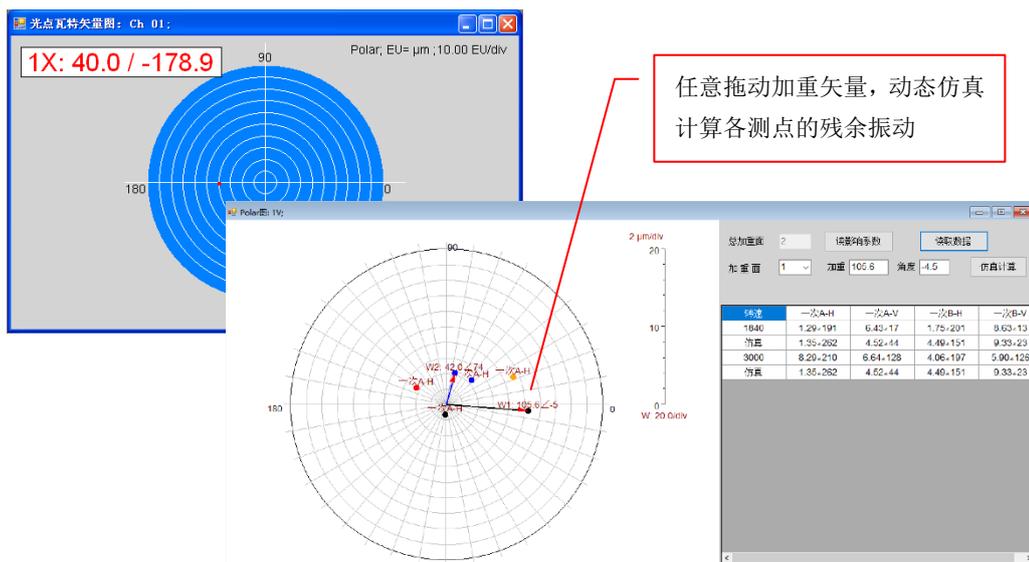
试加重次数：等于平衡面数，同类型或已做过动平衡的转子，不需要试重直接得到最终平衡配重结果。

◆ **残余振动仿真计算**

完成动平衡计算后，系统通过仿真计算即可给出加上配重后各个振动测点在关心的转速时的残余振动值。各动平衡面配重可用户修改并再次仿真计算可能的残余振动。

◆ **动平衡报告**

完整的测试报告：试验日期、单位名称、转子型号、每次测试的数据、配重、残余振动等



任意拖动加重矢量，动态仿真计算各测点的残余振动

SK-33 叶片静频测量软件包（选件）



旋转机械转子有多级叶轮，尤其是尺寸较大的叶片经过长期运行后可能存在松动、内部裂纹等潜在故障，如：汽轮发电机组的低压转子。通过对某级叶片的静频测量，SK-33可给出某阶固有频率的平均值、各叶片频率的离散度，方便找出有无叶片存在问题。符合“中华人民共和国机械行业标准 JB/T6320-92 汽轮机动叶片测频方法”中“静频测试”要求。

◆ 静频测量方法

自激法：静频测试一般采用敲击法，即通过敲击单个叶片同步测量叶片的振动响应，经过FFT信号分析得到该叶片的多阶固有频率

共振法：通过激振器对叶片或叶轮进行正弦扫描激励，得到扫频范围内的各阶固有频率。

传递函数法：力锤敲击或激振器激励同时测量结构振动响应，通过传递函数FRF识别固有频率。

◆ 测频参数及信号

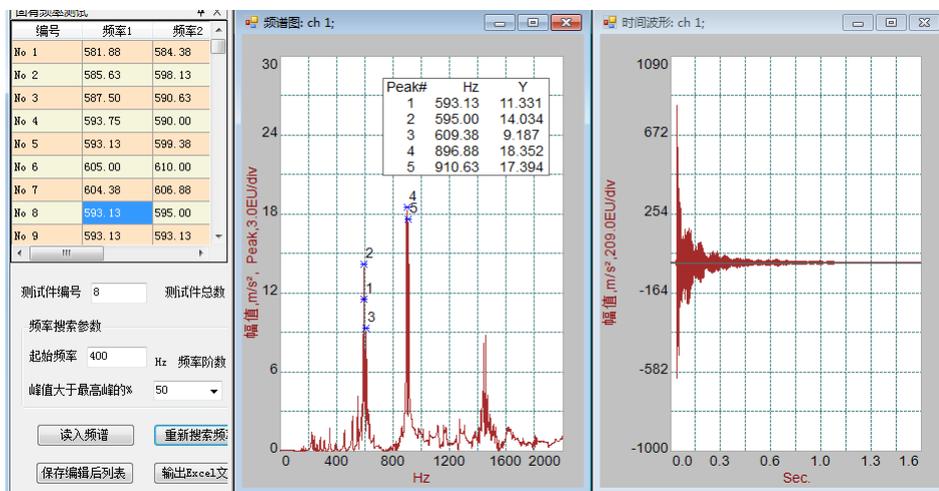
振动响应信号触发采集、共振法测频峰值保持

振动响应波形、频谱

固有频率测量阶数自定义

测频数据列表、离散度统计

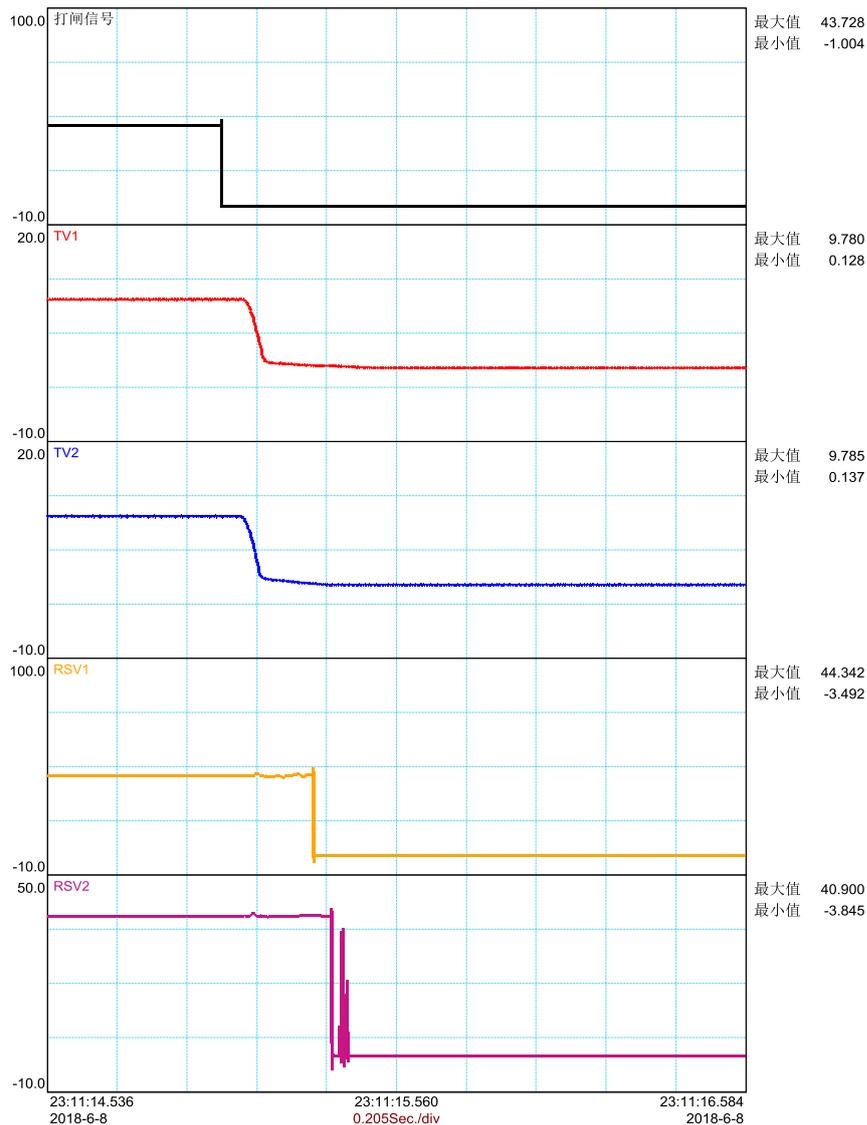
测频报告、输出到Excel表格



SK-35 高速录波仪（选件）



SK9172 旋转机械振动分析仪增加高速采集模块, 满足汽轮机调节控制系统静态特性试验、调节系统动态特性试验中发电机功率、发电机电压、发电机电流、转机转速、工质流量、工质压力、工质温度、调节门行程、转速指令信号、功率调节指令信号等参数的高速记录、事后分析、报告打印需求。SK9172 增加高速数据采集硬件: 4 通道转速信号 (3500rpm、134 齿) 高速采集、连续录波, 满足汽轮机甩负荷试验时每个毫秒测得一个转速。录波仪器分析功能满足: 中华人民共和国电力行业标准 DL/T711-1999 汽轮机调节控制系统试验导则。



上海数可测控仪器其它产品:

A) SK2016 旋转机械振动状态在线监测 TDM 系统



- 数据采集硬件整机进口，精度高、抗干扰强、可长时间连续稳定工作。
- 软件采用 .net C# 自主研发，功能齐全、使用简洁、可为用户量身定制系统。
- 状态监测系统既可以从已有的 TSI 系统接入信号，也可以直接布传感器
- 系统功能齐全：
 - 机组振动状态监测：振动状态、振动报警、趋势分析，具有振动故障预测功能，防患于未然自动数据记录、突发振动故障事故追忆功能
 - 实时在线监测：振动波形、频谱、趋势图
 - 多重报警事件定义：通频振幅报警、分频段报警
 - SQL 监测数据库：日记库、历史库、报警库
 - 在线故障诊断、转子动平衡
 - 直接生成 Word 文档报告
 - 多监测系统联网、SQL 数据库共享，实现远程监测、故障诊断

B) 动态信号分析仪 ----- 更多便携式硬件、更多应用领域

- SK-11 结构分析软件包：互功率谱、自相关函数、互相关函数、概率密度函数、累积分布函数、传递函数、相干函数、脉冲响应函数
- SK-20 跌落式冲击波形检测
- SK-21 连续碰撞冲击波形检测
- SK-22 冲击响应谱计算
- SK-41 传感器检定软件包、振动/冲击台检定、桩基完整性检测
- 模态分析软件包（可用于发电机端部模态测试）