



DASP V11

智能数据采集和信号处理

操作使用手册

东方所技术资料

名称：DASP-V11 操作使用手册

编号：CT2105.7

Copyright © COINV. All rights reserved.

北京东方振动和噪声技术研究所版权所有。

文件版本号 5，修改号 7，总页数 245，最后修订 2018-07-12，北京。

目 录

第一章 DASP-V11 简介和安装运行	1
1.1 软件功能简介	1
1.2 运行环境	6
1.3 软件安装	6
1.4 硬件安装	7
1.5 软件运行	7
1.6 软件卸除	7
第二章 基本操作	8
2.1 DASP 采样数据命名管理方式	8
2.2 选择分析数据	9
2.3 数据浏览	11
2.4 结果浏览	13
2.5 系统设置	13
2.6 设置参照测点号	15
2.7 波形滚动和定位	15
2.8 光标操作	16
2.9 选择使用采集仪	17
2.10 传感器数据库管理	17
2.11 滚动轴承数据库管理	18
2.12 自定义曲线管理	21
第三章 采样测量	23
3.1 信号示波和采样	23
3.2 静载试验测量分析	63
3.3 转子实验	66
3.4 幅频相频曲线测试	71
3.5 失真度测试分析	73
3.6 Z 振级测量分析	79
第四章 波形预处理	80
4.1 波形编辑和数字滤波	80
4.2 波形公式运算	84
4.3 波形微积分	89
4.4 跟踪滤波	92
4.5 流量计算分析	96
4.6 扭振分析	98
4.7 非线性灵敏度转换	100
4.8 采样波形重构	102
第五章 基本信号分析	103
5.1 时域波形分析	103
5.2 FFT 自谱分析	109

5.3 倍频程谱 (CPB) 分析.....	113
5.4 概率分析	120
5.5 自相关分析	122
5.6 互相关分析	124
5.7 X-Y 图分析(轴心轨迹)	126
5.8 互谱分析	128
5.9 传递函数分析	131
5.10 三维谱阵分析	139
5.11 长数据 LFFT 分析	143
5.12 幅域统计分析	146
5.13 时变参量分析	148
5.15 扫频传递函数分析	153
第六章 高级信号分析	157
6.1 峰值计数分析	157
6.2 变程计数分析	159
6.3 雨流法计数和疲劳分析	161
6.4 小波和小波包分析	164
6.5 最大熵和精熵谱分析	166
6.6 拟小波分析	169
6.7 冲击响应谱分析	171
6.8 倒频谱分析	175
6.9 包络谱分析	178
6.10 Hilbert-Huang 变换	184
6.11 地震反应谱分析	185
第七章 应用信号分析	188
7.1 静态应变测量分析	188
7.2 应变花分析	199
7.3 弹性模量分析	203
7.4 阻尼计算分析	206
7.5 阻尼材料特性测试	212
7.6 阻尼材料减振性能分析	216
7.7 冲击系数分析	218
7.8 索力测量和索力计算	221
7.9 动挠度测量分析	227
7.10 汽车平顺性分析	231
第八章 分析后处理	234
8.1 图形输出	234
8.2 数据导出	235
8.3 输出报告	235
8.4 绘图后处理	236
第九章 工具软件使用	239
9.1 DASP 数据格式转换器	239

9.2 DASP 波形连接器..... 241

9.3 DASP 信号发生器..... 241

9.4 DASP 采集仪选择器..... 245

第一章 DASP-V11 简介和安装运行

DASP-V11 是一套运行在 Windows 98/Me/NT/2000/XP/Vista/7/8 平台上的多通道信号采集和实时分析软件，通过和东方所的不同硬件配合使用，即可构成一个可进行多种动静态试验的试验室。

DASP-V11 既具有多类型视窗的多模块功能高度集成特性，又具有操作便捷的特点。基于东方所在各种工程应用领域的长期经验，DASP-V11 对各种功能模块重新进行整合，成为一套功能更加全面、操作更加便捷、界面更加美观、性能继续保持领先的动静态信号测试分析系统。

DASP-V11 软件的每一个模块中均包含了非常多的功能，各种功能可交错使用，在测试和分析的功能和性能上突破了以往信号分析仪的种种限制，与 INV 系列采集仪配合形成的系统的各项指标均可达到或超过国家高级仪器的标准。

1.1 软件功能简介

DASP-V11 软件的基本平台有四种版本：基础版、精选版、工程版和专业版。

1.1 DASP-V11 基础版

1.1.1 示波采样，多通道信号示波器和大容量数据连续采集仪。

- 1) 示波：含时域示波、频域示波和时频域双显示波，4 种频谱形式（单峰值幅值谱，有效值谱，功率谱和用于随机信号分析的功率谱密度），6 种坐标方式；
- 2) 超大容量连续采样（仅受硬盘大小限制），采样随启随停，并设计有示波—采样—回放流程，有效避免误采样；5 种采样方式（随机、信号触发、多次触发、转速触发、时钟触发），3 种触发方式（绝对值、上升沿和下降沿），支持定时自动采样；
- 3) 三思维采样：可一边采样、一边示波、一边进行频谱分析，示波采样分析同时进行；

1.1.2 INV 高精度多功能仪（位于示波采样模块中）

可在示波或采样过程中实时进行正弦信号（或信号中的主频成分）的 INV 高精度频率计、幅值计、失真度仪和阻尼计计算。

1.1.3 时域波形分析（多踪）

- 1) 波形浏览：可滚动回放，前向或后向滚动，多档滚动速度，可重叠对比滚动显示；
- 2) 波形快速定位：4 种方式快速定位到波形任何位置（按时间，按点号，按最大值和按最小值）；
- 3) 四种纵尺度方式：按满量程的固定尺度、统一尺度、自动尺度、按基线；
- 4) 波形分析：自动搜索若干极值，列表、排序，自动搜索最大最小值等；
- 5) 时域指标统计：可统计最大最小值、均值、有效值、偏态因数、峰值因数等 17 种时域指标；
- 6) 微积分：波形可进行微分和积分，用于振动的加速度、速度和位移量之间的转换；
- 7) 波形压缩：根据波形长度，在可压缩范围内，任意压缩，并可设置峰值保持压缩方式；
- 8) 波形合成：若干路波形可分别乘以一个系数后相加，合成为新的信号；

1.1.4 自谱分析（多踪）

- 1) 波形瞬时滚动分析，在波形滚动同时进行频谱分析；
- 2) 三种频谱全程分析方法，适合各种信号的频谱分析：
 - a 线性或指数平均方法：线性或指数平均，适合于稳态信号或随机信号的全程平均；
 - b 峰值保持方法：平均过程中保持各谱线的最大值，适合于扫频信号或非稳态信号；
 - c 最大值保持方法：搜索信号中能量最大的位置，进行频谱分析，适合非稳态信号或声学信号；
- 3) 四种频谱形式：

- a 单峰值幅值谱：反映信号中各频率成分的谐波单峰值，表示振幅大小，适合于正弦信号；
 - b 有效值谱：反映信号中各频率成分的有效值，表示能量大小，适合于正弦或随机信号；
 - c 功率谱：反映信号中各频率成分的能量，适合于正弦或随机信号；
 - d 功率谱密度(PSD)：反映信号中各频率成分的能量分布，适合于随机信号分析；
- 4) 谱线条数：100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800 可任选；
 - 5) 加窗函数：矩形、hanning、hamming、平顶等 11 种窗函数可选；
 - 6) 重叠平均：0, 1/2, \sim 127/128 等多档可选，提高平均计算的精度；
 - 7) 多种频谱校正方法：对于 FFT 的泄漏等造成的误差，可使用多种方法校正：加窗、INV 频率计和阻尼计、改变谱线条数进行细化等；
 - 8) 其它功能：频谱平滑、一次微积分、二次微积分、全程波形图、多种尺度方式、频谱纵向放缩和横向放缩，自动收极值标注等等。

1.1.5 虚拟信号发生器

能发生三十余种各类信号，极其适合教学、科研使用，连接 D/A 卡可以输出为模拟信号。

- 1) 基本形式：随机信号（白噪声）、窄带随机、正弦波、方波、三角波和任意合成波；
- 2) 周期信号：正弦波、三角波和方波信号具有波形偏置功能，并可以进行频率调制和幅度调制，调制的形式和方向有：线性单向、线性双向、对数单向、对数双向、分段单向、分段双向、单脉冲、半脉冲、阻尼衰减和猝发信号等。
- 3) 合成信号：多个上述各种信号可以分别乘以某个系数合成新的波形。
- 4) 参数可调：频率（起止频率）、幅值（起止幅值），初始相位、扫描方式、扫描周期、衰减阻尼比、猝发数目等。

1.1.6 数据格式转换器

对 DASP 数据和 AD 数据、文本数据及一些专用数据格式进行相互转换。

1.1.7 波形连接器

将多次试验号下相同测点号的数据首尾连接而形成新的数据。

1.1.8 结果输出

- 1) 图形打印：直接将显示的图形通过打印机打印；
- 2) 图形存盘：将显示内容保存为 6 种格式的图形文件（BMP, JPEG, GIF, TIFF, PNG, PCX）；
- 3) 图形复制：将显示内容复制到 Windows 系统剪贴板中，可在其它软件中进行粘贴操作；
- 4) 数据导出：5 种格式（TXT 文本、CSV、Excel 电子表格、Access 数据库和 Matlab 数据）；
- 5) 图文报告：直接将采样或分析结果的各种参数、设置、图形和数据以图文报告的方式输出为 3 种格式：Word 格式 (*.doc)、网页格式 (*.html)、文本格式 (*.txt)。

1.2 DASP-V11 精选版

精选版在基础版上增加如下功能：

1.2.1 变时基采样方法：

在“示波采样”模块中增加变时基采样方式，为东方所专利技术，配合变时基传函分析，可进行变时基模态测试和分析，非常适合于大型结构的锤击激励试验。

1.2.2 编辑滤波模块：

- 切除置零：对无用信号或者干扰信号段进行切除，或者置零操作，置零操作不影响信号的相位；
- 任意截取：从大容量数据中任意截取出一段波形；
- 基线移动：对具有零漂或者基线不为 0 的信号进行基线移动；
- 波形压缩：对长数据进行压缩，或者峰值保持压缩，可以保持大峰值不会在压缩过程中丢失；
- 梳状滤波：对大容量数据进行梳状滤波，一次操作可同时包括高通、低通和多个带通带阻的高衰

减率(>140dB)的数字滤波;

批量处理: 自动完成批量数据的各种编辑和滤波操作。

1.2.3 倍频程分析模块:

瞬时滚动分析: 在波形滚动同时进行倍频程分析;

三种平均分析: a 线性或指数平均方法; b 峰值保持方法; c 最大值保持方法;

倍频程分析: 完成多路信号的 1/1 或者 1/3 倍频程谱分析, 以及窄带谱分析;

声学分析: 提供 4 种声学计权(A,B,C,D), 即为声级分析;

振动分析: 提供 2 种振动计权, 反映人体或人手对振动的主观感受, 即为振级分析;

声级和振级基准: 自动根据信号类型设置基准值, 也可自由设置;

总值计算: 得到各种计权下的信号总值, 对于声信号则为声级, 振动信号则为振级;

6 种曲线绘制: 折线、标记、折线+标记、实心柱图、空心柱图、台阶图、面积图和点图

1.2.4 波形公式运算模块:

对多路采样波形进行各种运算, 可以通过自由输入运算公式, 进行复杂的组合运算。

例如对测点为 X,Y,Z 的三个波形, 可以自由输入一个复杂公式进行运算, 如:

$$\lg(\sqrt{X^2+Y^2} + \sqrt{Z^2+Y^2}) / \sqrt{X^2+Y^2+Z^2} + \sin(2\pi * X) / \exp(Z)$$

支持算术运算: 加、减、乘、除、幂、绝对值、任意多重括号等

支持逻辑运算: >、≥、<、≤、≠ 以及取反等

支持基本函数: 平方根、绝对值、符号位、指数、自然对数和十进对数等

支持三角函数: sin, cos, tan, arcsin, arccos, arctan, sinh, cosh, tanh 等

支持常量变量: 圆周率 π (pi)、Euler 常数 e、采样频率 sf、采样间隔 dt、序号变量 i 等

1.2.5 波形全景分析模块:

完成多路信号的全程波形的显示, 可任意选择信号中的一段波形进行全景显示分析, 可将多路信号任意分组进行重叠对比显示。

1.2.6 波形全程微积分转换:

对已经采样的波形数据, 进行离线的全程微积分转换, 包括一次积分、一次微分、二次积分和二次微分, 实现振动信号在加速度、速度和位移三种参量之间的转换。

1.3 DASP-V11 工程版

工程版在精选版的基础上, 增加了如下常用信号分析模块:

1.3.1 AVD 三测量和虚拟扩展通道采样 (位于示波采样模块中):

在“示波采样”模块中增加虚拟扩展通道技术, 可以虚拟扩展一、二次微积分通道(AVD 三测量)、合成通道、应力计算通道、应变花计算通道等。仅 AVD 三测量的微积分通道可以实现如下功能: 一个振动传感器, 占用一个物理通道, 即可同时连续获取加速度(A)、速度(V)和位移(D)三路信号。应变花通道可以实时获取主应力和剪应力的信号波形。

1.3.2 多时基采样 (位于示波采样模块中): 每个通道可以设置不同的采样频率, 在基本采样频率上可以设置 7 种不同的采样频率, 适合不同变化速度的信号的同时采集。

1.3.3 概率分析: 可设置不同的幅值范围和幅值等份数目, 得到信号的概率密度曲线和概率分布曲线;

1.3.4 X-Y 图分析: 对两个相互正交的信号进行 X-Y 轨迹分析, 可动态显示轴心轨迹变化过程;

1.3.5 自相关分析 (多踪): 可同时对多路信号进行自相关分析, 得到自相关系数和自相关函数;

1.3.6 互相关分析: 对两路信号进行互相关分析, 反映两个信号的相关性;

1.3.7 互谱分析: 对两路信号进行互功率谱分析, 反映两个信号的共同谱成分, 及其相位差, 可以显示幅频曲线、相频曲线、相干曲线、实部曲线、虚部曲线、奈奎斯特图、相干互谱曲线等;

1.3.8 传递函数分析:

- 1) 通用传函分析：对激励和响应信号进行通用传函分析，反映了系统对信号的传递特性；
- 2) 变时基传函分析：适合于大型低频结构在脉冲激励下的传函分析，对变时基采样数据进行传函分析，变时基采样时可对高频激励信号和低频响应信号采用不同的采样频率进行采样；
- 3) 响应传函分析：在对楼房、桥梁等大型结构进行模态试验时，通常采用天然脉动激励，此时只可测得响应信号，而激励信号不可测量，使用响应传函分析便可以解决此问题。
- 4) 滑动指数窗：可加不同程度的指数窗，在重叠平均过程中提取重要频率成分；
- 5) FFT 分析点数：1024, 2048, 4096, 8192, 16384, 32768 可选；
- 6) 平均重叠系数：0, 1/2, \sim 127/128 等多档可选，提高平均计算的精度；
- 7) 显示内容：幅频、相频、相干、实部、虚部、奈奎斯特图、相干传函、全程波形图；
- 8) 多种坐标方式：频率轴有线性和对数方式，幅值轴有线性、分贝 dB 和对数 lg 方式，其中频率轴对数方式适合于对数扫频激励或响应信号；

1.3.9 三维谱阵分析：

- 1) 适合于变频变速信号（如转子启停机过程）或非稳态信号，通过随时间变化的三维谱阵分析，反映信号频率成分随时间变化的特性；
- 2) 三维地貌图显示方式：消隐、不消隐和半消隐，可旋转不同角度进行观察；
- 3) 彩色图显示：使用不同的色彩表示频谱高度的二维直观显示，有三种不同的色标方案；
- 4) 灰度图显示：使用不同灰度级表示频谱高度的二维直观显示；
- 5) 剖面图显示：可显示谱阵任何位置的横剖面 and 纵剖面，横剖面反映某一时间的频谱图，纵剖面则反映某一频率的幅值随不同时间的变化曲线；
- 6) 三种纵坐标方式：三维立体图和剖面图的纵坐标可设为：线性、分贝 dB 和对数 Log 方式；
- 7) 显示曲线设置：可选择三维图的任何一部分显示，便于对谱阵的细节部位进行细致分析；

1.3.10 LFFT 分析(最大 1M 点的长数据 FFT 分析，超级细化频谱分析)：

- 1) FFT 分析点数：1K,2K,4K,...,256K,512K,1M；谱线条数最大可达 40 万条；
- 2) 频谱形式：单峰值谱、有效值谱、功率谱和功率谱密度；
- 3) 重叠平均：0, 1/2, \sim 127/128 等多档可选，提高平均计算的精度；
- 4) 其它功能：一次微积分、二次微积分、全程波形图、频谱纵向和横向放缩，自动收极值标注等。

1.3.11 幅域统计分析：

- 1) 幅域指标统计：包括最大绝对值、最大值、最小值、平均值、方差、标准差、有效值等；
- 2) 峰峰值统计：统计信号中若干最大的峰峰值，智能消除波峰中小毛刺的影响；

1.3.12 时变参量分析：

- 1) 分析信号中的多种参量随时间变化的曲线；
- 2) 可分析参量包括：有效值、平均值、峰峰值、最大幅值、平均幅值、方根幅值、均方值、方差、均方差、偏度指标、峭度指标、偏态因数、峰态因数、波形因数、脉冲因数、峰值因数、裕度因数、主频频率、主频单峰值、主频有效值、转速、声压级等；

1.4 DASP-V11 专业版

专业版在工程版基础上增加如下功能：（各功能模块也可单独选购）

1.4.1 小波和小波包分析：

典型的时频分析方法，分析结果既包含时间信息，又包含频率信息，适合于非平稳信号分析，尤其对突变信号，可用于机械故障信号(如通过振动)的检测分析、信号识别和降噪、信号滤波检测等。

1.4.2 拟小波分析：

利用高性能带通卷积滤波实现更好效果的分解和重构。

1.4.3 幅值计数分析：

统计载荷(如应力幅)的大小和出现频次,用于机器寿命设计和试验,从机件疲劳损伤角度研究载荷对其造成的损伤程度,并对寿命进行估计。

- 1) 峰值计数法:统计载荷波形中各等级的波峰和波谷的数目,偏于保守;
- 2) 变程计数法:统计载荷的振幅,即波峰波谷间的距离,忽略静态分量;
- 3) 雨流计数法:统计应力循环(或半循环)的大小和频次,较为符合材料应力应变循环的特性,最适合进行寿命估计;

1.4.4 冲击响应谱分析:

- 1) 最大冲击响应谱,可设置四段标准曲线,用户定义阻尼比和截止频率;
- 2) 频率点: $1/1, 1/2, 1/6, 1/12, \dots, 1/48$ 倍频程; 数据长度: 512, 1024, ..., 8192;

1.4.5 最大熵分析:

任取一段短信号进行快速 MEM 计算,并可任选频带进行无限细化。

1.4.6 精熵谱分析:

精确最大熵谱,除具有 MEM 的特点外,还可以消除 MEM 法幅值不准确以及谱峰分叉的缺点。

1.4.7 倒频谱分析:

包括常规倒富谱,此外还具有特殊的倒富熵谱、倒熵富谱、倒熵熵谱,用最大熵代替傅立叶,利用其抑制小峰的特点,使结果清晰明了。

1.4.8 共振解调和包络分析:

- 1) 包络线计算:计算共振波形的包络线,可显示单边或双边包络线;
- 2) 解调分析:计算包络线的频谱—包络谱,分析故障特征频率;

1.4.9 Hilbert-Huang 变换:

实现连续波形的 Hilbert-Huang 变换分析,可显示 IMF 或边际谱。

1.4.10 数字跟踪滤波器:

自动跟踪变频信号(例如升降速过程的转子振动)基频,进行带通滤波;

1.4.11 失真度测试分析:

- 1) 提供频域法和时频法测试手段,实现 THD 和 THD+N 两种失真度的测试;
- 2) 频域法测量 THD 时可指定谐波数,自动设置采样频率,自动适应被测信号的频率;
- 3) 失真度-频率曲线测试,反应被测设备工作频率范围内的失真度与频率的关系曲线;

1.4.12 幅频相频曲线测试分析:

- 1) 同步测量输入和输出信号,记录各频率点的幅值和相位结果,实时绘制幅度-频率特性曲线和相位-频率特性曲线;
- 2) 支持正弦扫描信号测试,自动记录扫描过程;

1.4.13 非线性灵敏度分析:

适合非线性灵敏度的传感器,可设置非线性灵敏度表,并将电压信号转换为物理量信号。

1.4.14 波形重构器:

对采样后的离散数字信号进行任意的重采样,重采样的采样频率可大于或小于原采样频率,并且两个采样频率可以不是整数倍关系。此重构可以很好地还原信号的特性,而不是简单的插值。

1.5 DASP-V11 应用测量分析(各功能模块必须单独选购)

1.5.1 静态应变测量:

静态应变的测量,支持自动、定时测量,可绘制不同测点的曲线以及同一测点不同时刻的曲线。

1.5.2 应变花分析

对常用的应变花测量数据,进行主应力、剪应力以及角度的分析。

1.5.3 弹性模量测量

直接进行构件的拉压力和变形测量，绘制力和变形的关系曲线，计算弹性模量。

1.5.4 索力测量分析

用于斜拉桥或悬索桥的索力测量，可智能定阶，具有考虑两端约束特性的精确算法。

1.5.5 阻尼分析

针对阻尼难以准确测量的问题，提供多手段分析技术，包括时域法、半功率带宽法和精确阻尼计法。

1.5.6 阻尼材料特性测试

按照 GB/T18258-2000 标准，采用共振法测量材料阻尼特性。

1.5.7 动挠度测试

基于低频振动传感器和先进的波形反演和外推算法，测量桥梁等的动挠度，操作极其简便。

1.5.8 扭振分析：

测量分析转轴的扭振特性，包括扭振相对转角的位移、速度和加速度波形。

1.5.9 冲击系数计算

通过冲击波形，使用拟合法或三点法计算冲击系数。

1.5.10 静载试验

测量缓慢加载的试验过程，并实时绘制两路信号关系曲线的测量分析。

1.5.11 流量计算

对测量流体流量的涡轮流量计的输出脉冲信号进行流量分析，可得到瞬时流速和累计流量。

在 DASP 工程版的平台上，还可以运行专业模态和动力学分析系统、虚拟仪器库、信号发生器以及针对声学、旋转机械、路桥土木、计量检定等行业的多种软件系统，满足各方面各层次的测试和分析需求。

1.2 运行环境

操作系统：Windows95/98/Me/NT/2000/XP/Vista/7/8 中文版。

建议配置：CPU：1GHz 或更高；内存：512MB 以上 显示卡：32 位以上颜色，1024×768 分辨率。

1.3 软件安装

1 将 DASP 安装光盘插入计算机的光驱，则会启动安装引导程序，如图 1.1，在其右侧有若干个安装选项，点击“安装 DASP V11”项即可开始安装 DASP-V11 软件。

2 若插入光盘后，计算机没有自动启动安装引导程序，则可以通过资源管理器找到光盘根路径上的 Setup.EXE，双击执行该程序，即可启动安装引导程序。

3 安装过程中，根据提示按“下一步”或者“是”便可一步步进行下去。

4 为阅读 DASP 工程版软件操作手册的电子文档(PDF 格式)，您的计算机中还需要安装 Adobe Acrobat Reader 软件。



图 1.1 DASP 安装引导软件界面



图 1.2 DASP-V11 主菜单界面

1.4 硬件安装

在安装软件之后,就可以安装 DASP 配套的硬件,包括软件狗、采集仪和接线盒等。此时计算机会自动安装相应的驱动程序,在 WindowXP 操作系统下,可能会出现“此驱动未经签名”等类似信息,此时只要按“继续进行”即可,并且不会对计算机系统产生任何不良影响。

注意: 请先安装软件, 然后再安装软件狗和采集仪等硬件, 尤其对于 USB 接口的硬件。

若采集仪为卡式,则需要打开计算机的机箱,将采样卡插到计算机的插槽中,请务必插牢,并用螺丝拧紧,然后合上机箱,并将采样卡配套的接线盒接到采样卡的接口上,最后将软件狗插到计算机的并口上即可,若计算机上还连有打印机的话,打印机可以接在软件狗的另一端。

若采集仪为盒式,则先将软件狗插到计算机的并口上,然后用连接线将采集仪连接到软件狗的另一端即可。另外,若软件狗为 USB 口方式,则只要将软件狗牢固插入计算机的 USB 口即可。

注意: 安装采集仪时,请务必关闭计算机,防止带电插拔,造成计算机或采集仪的损坏,更多需要注意的事项请详细阅读附录一。

1.5 软件运行

软件安装完毕后,可以通过两种方法运行 DASP-V11:

- 1 通过 Windows “开始→程序”菜单中的“Coinv DASP V11”程序组,运行“DASP V11”项即可;
- 2 在 Windows 的桌面上,将会有名为“Coinv DASP V11”的图标,用鼠标双击该图标即可运行。

DASP-V11 运行后,将会出现程序主界面,如图 1.2,其中第一个按钮为“测量和分析”,点击可以进入 DASP 平台软件。点击其它按钮,可以进入相应的功能软件模块。

在下方有一个“演示”选择项,可以选择 DASP 是否运行于演示采集状态。若不选择此项,则 DASP 将通过采样卡等硬件进行实际的信号采样,此时要求采样卡等必须已经正确安装;若选中此项,则 DASP 将运行于演示状态下,通过 DASP 信号发生器发生各种信号(参见 9.3),不需要任何采样卡,而是仿真 DASP 信号发生器的信号,由于 DASP 信号发生器可以发生各种标准信号,因而可以用于教学和科研,也可用于熟悉 DASP 软件的操作。提示:是否为演示采集模式,仅仅影响 DASP 的示波和采样等模块,对于各种信号分析模块则不会产生影响。

注意: 运行软件时,必须先将 DASP 软件配带的软件狗正确安装在计算机的并口或者 USB 口上。

注意: 若要切换采样是否演示模式时,必须先退出 DASP 的示波采样软件,然后从主菜单界面上进行选中或不选中“采样演示”项后,再进入 DASP 的示波采样模块。

1.6 软件卸载

DASP-V11 软件提供了完善的自动卸载功能,使您可以方便地从计算机中卸载软件的所有文件、程序组和快捷方式。具体步骤为:从“开始”菜单的“程序”中的“Coinv DASP V11”程序组中,运行其中的“DASP V11 卸载”,即可开始卸载功能,按照屏幕提示即可快速、安全、方便地卸载 DASP-V11。

第二章 基本操作

从主菜单中点击“测量和分析”按钮，即可进入 DASP 平台软件，其界面如图 2.0.1 所示。

点击工具条的“数据浏览”，可以浏览 DASP 采样数据的名称和对应的采样参数、说明等信息，并可以对采样参数进行更改，详细操作参见 2.3。

点击工具条的“结果浏览”，可以浏览 DASP 各种分析模块保存的分析结果文件名称，并可以直接调出各结果，详细操作参见 2.4。

在主菜单“采样测量”下可进行各种有关信号采样和直接测量分析的操作。

在主菜单“基本分析”下可进入一些基本信号分析的模块。

在主菜单“高级分析”下可进入一些高级信号分析的模块。

在主菜单“应用分析”下可进入一些应用信号分析的模块。

进入某一个模块，在进行一定的采样或者分析操作后，可以通过“结果输出”菜单功能将当前的结果通过几种方式输出。

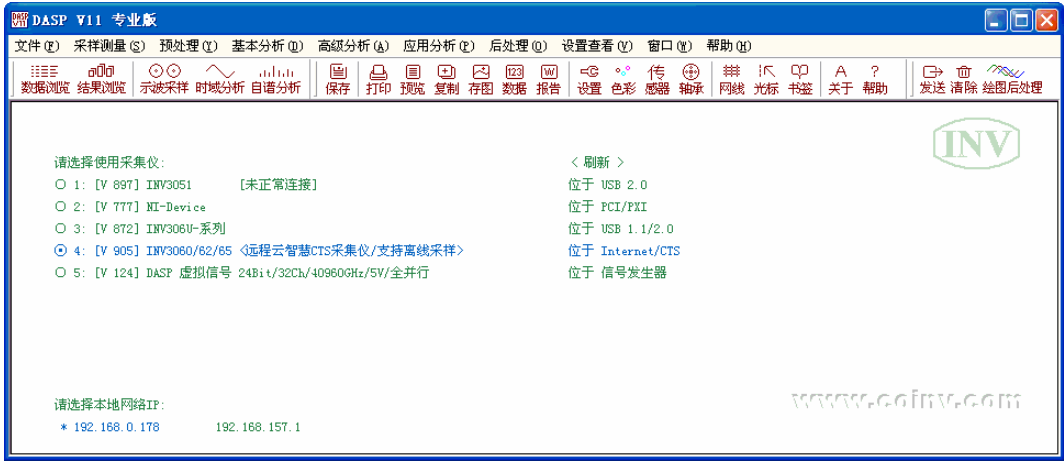


图 2.0.1 DASP-V11 软件

2.1 DASP 采样数据命名管理方式

在每次试验中，可能会有大量的数据要进行采集和处理，DASP 提供了一个简便明了的方法对这些大量的数据进行管理和标识。

DASP 主要使用三个参数来标识一个数据：试验名、试验号和测点号。每一个数据保存在计算机磁盘上的两个文件中，这两个文件一个为参数文件，文件名为： 试验名+试验号+“#”+测点号+“.TSP”，其中记录了该数据的一些参数（包括采样频率、数据长度、标定值等）；另一个文件为数据文件，文件名为： 试验名+试验号+“#”+测点号+“.STS”，其中以二进制方式记录了采样数据序列各点的值。

因此在使用 DASP 时，若要对某个（某些）数据调出分析或显示，则需要知道这个（这些）数据的试验名、试验号和测点号信息。

DASP 管理采样数据的方法举例：

对某一桥梁进行振动测试，在桥梁上选定十个测点，测取这十个点上的水平振动量和垂直振动量。

首先设置此次试验名为 BRG，数据存盘路径为 C:\BRGOUT。

然后测取水平振动量，设试验号为 1，设定十个通道的采样，每个通道对应一个测点，为这十个测点分

别取测点号为 1、2、3.....10。

接着测取垂直振动量，设试验号为 2，设定十个通道的采样，每个通道对应一个测点，为这十个测点分别取测点号为 1、2、3.....10。

最后将在 C:\BRGOUT 下生成 20 组文件，分别对应这十个测点的水平和垂直振动数据，每组文件包括一个参数文件和一个数据文件。

例如，第五个测点的水平振动数据为：试验号 BRG，试验号 1，测点号 5 的数据，数据文件保存在路径 C:\BRGOUT 下。第八个测点的垂直振动数据为：试验号 BRG，试验号 2，测点号 8 的数据，数据文件保存在路径 C:\BRGOUT 下。

提示：在设定试验号和测点号时，最好使用数字（如 1、2、3。。。）或字母+数字（如 F1、F2、F3。。。）的数字递增格式，这样可以在以后的分析中可以简单设定起止试验号和起止测点号后，就可以对多个数据进行批量处理。

2.2 选择分析数据

2.2.1 选择要分析的数据

在进行某一种分析时，DASP 一般都会先出现“选择分析数据”的对话框，从中可以选择要进行分析的数据，如图 2.2.1~2.2.3 分别为选择一个数据、选择两个数据和选择多个数据对话框。

其中试验名、数据路径栏，显示当前列表（包括试验号列表和测点号列表）数据的数据路径和试验名，通过“最近”、“浏览”、“输入”和“示例数据”四个按钮可以选择不同的数据路径和试验名，参见 2.2.2。

在“试验号列表”中，显示出在上述数据路径下该试验名的所有试验号，这些试验号可以进行多选，其右侧的“测点列表”栏中列出所选试验号下的所有测点数据。

对于仅需选择一个测点的时候，只需用鼠标在“测点列表”中选中一条即可。

对于需要选择两个或以上各测点的时候，先通过鼠标在“测点列表”中选择一条或多条，然后按“==>”按钮进行选择，选择后的测点数据显示在右侧的“已选择数据”列表中。

若要从“已选测点”中清除测点，则选中要清除的测点，然后按“<==”按钮即可。

按“全选”按钮则可以将左边“测点列表”中的所有测点选择到右侧的“已选测点”中。

按“全清”按钮则将“已选测点”中的所有测点都清除掉。

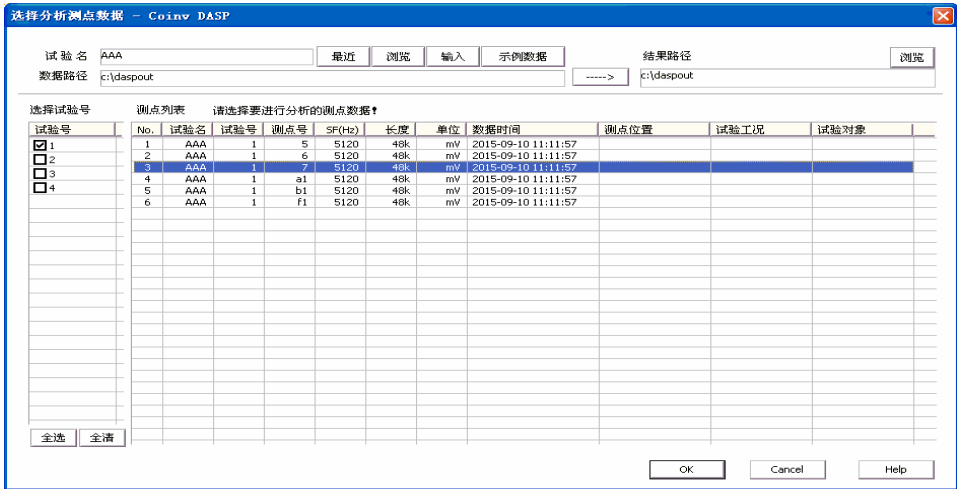


图 2.2.1 仅选择一个数据的“选择分析测点数据”对话框

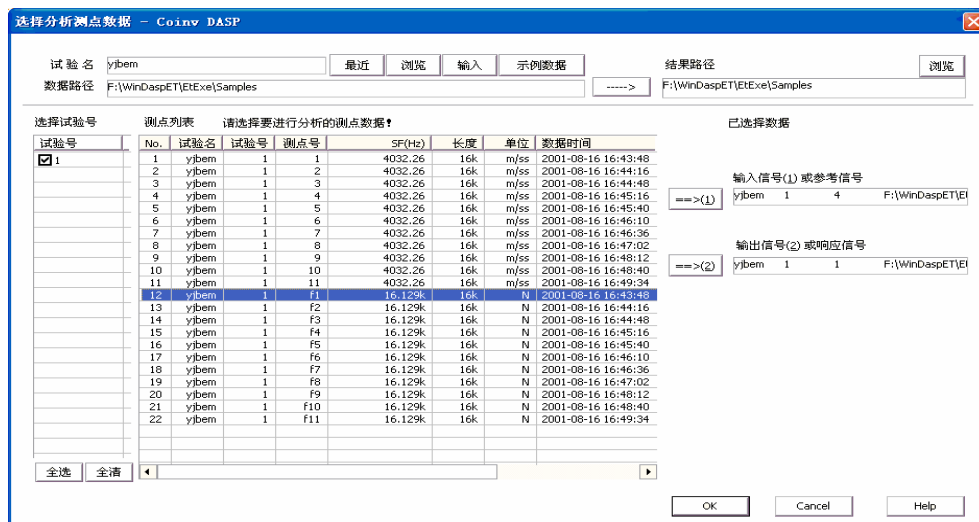


图 2.2.2 选择两个数据的“选择分析测点数据”对话框

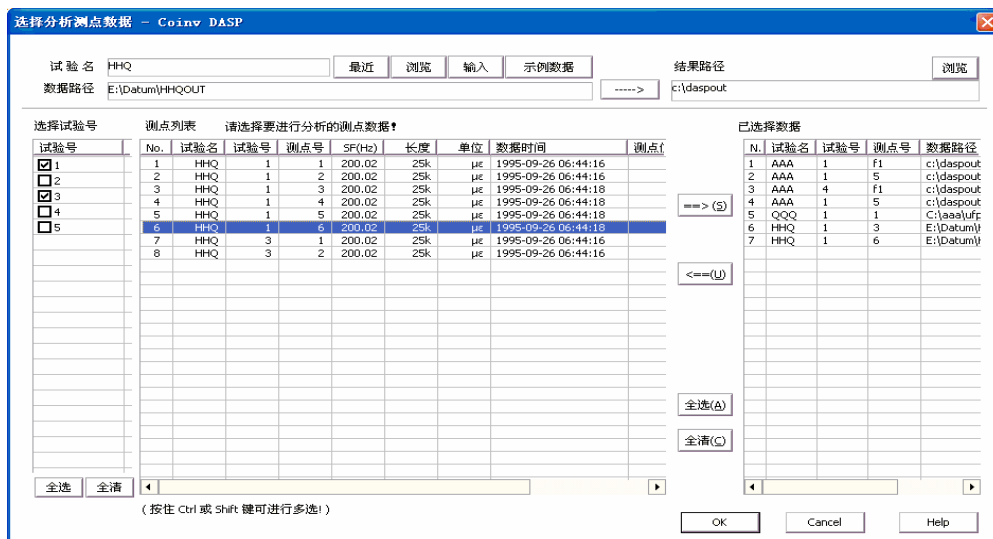


图 2.2.3 选择多个数据的“选择分析测点数据”对话框

2.2.2 更换数据路径和试验名

通过“最近”、“浏览”、“输入”和“示例数据”四个按钮可以选择不同的数据路径和试验名。

最近：按此按钮，在其下方列出最近调入分析的数据列表，可用于快速选择；

浏览：通过文件对话框，选择一个数据文件，来确定需要调入的数据路径和试验名；

输入：通过如图 2.2.4 的对话框，直接输入试验名、试验号和数据路径；

示例数据：将出现下拉菜单，用于直接调入 DASP 软件自带的几种典型示例数据。

2.2.3 同时选择不同路径和试验名的数据

对于允许多选的时候，当按 2.2.1 选择完一批测点数据后，可以按 2.22 重新更改数据路径和试验名，自动刷新试验号列表和测点号列表，再次按 2.2.1 节通过“==>”按钮选择新的测点数据。这样可实现同时选择不同路径、不同试验名、不同试验号、不同测点号的数据。

注意：多数分析模块要求同时选择的数据具有相同的采样频率，因此选择时应加以注意。

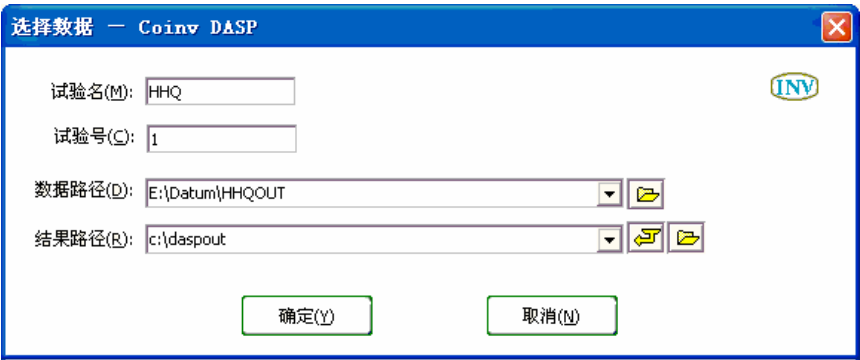


图 2.2.4 直接输入调入数据的名称

2.2.4 数据路径和结果路径

数据路径为 DASP 采样的原始波形数据存放的路径，分析时将从此路径中调出采样数据进行分析，而结果路径为保存分析结果的路径，在对数据进行各种分析后，可以按工具条的“保存”按钮将分析结果保存在结果路径下。两个路径可以设为相同，也可以设为不同。

2.3 数据浏览

点击工具条的“数据浏览”即可进入本模块，其中可以浏览计算机中的 DASP 采样数据，以及各数据的采样参数和说明等信息，并可对其进行修改。如图 2.3.1 所示。

在数据列表表中可以使用鼠标选择一个或者多个数据，然后在选择的数据上点击鼠标右键，即会弹出一个快捷分析菜单，可以对选择的数据直接进行相应的分析（在标准型或高级型中，根据选择数据的个数不同，分别会出现三种不同的弹出菜单，对应选择了一个数据、两个数据和多个数据）。

按“选择其它数据”按钮，可以设置不同数据路径下不同试验名和试验号的数据；

按“刷新”按钮可以刷新数据列表的各项内容，当列表的数据被改变时可使用刷新功能；

按“修改参数”按钮，可以对选择的数据修改其各种采样参数和说明信息，参见 2.1.5；

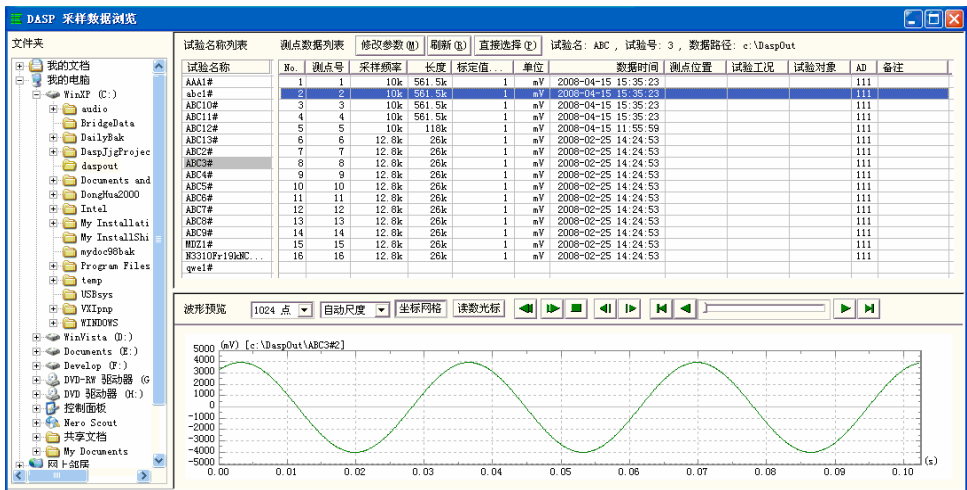


图 2.3.1 “数据浏览”窗口

2.3.1 修改数据参数

在“数据浏览”窗口中，选择一些数据后，按“修改参数”按钮，将进入 DASP 数据的参数修改模块，此处可以对数据的采样频率、标定值、工程单位、测点信息和试验信息等内容进行修改。如图 2.3.2。

其中在“修改数据范围”栏目中可以选择修改哪些数据的参数，第一项为“当前选择的测点”，表示刚刚从“数据信息”窗口的测点列表中选择的测点，第二项为“其它测点”，可以任意设定批量的数据，即可以选择要修改数据的试验号和测点号范围，在此范围内的所有测点的数据都将进行参数修改。注意：此范围只能是当前试验名的数据，不同试验名的数据不能同时进行参数修改的操作。

在“修改采样频率”栏目中，可以设置如何修改这些数据的采样频率，其中“修改方式”栏中可以选择不同的修改方式，包括“不修改”、“乘以”、“除以”、“加大”、“减小”、“固定值”几种，对应修改量在“设置值”栏中输入，例如选择“乘以”方式，设置值为 2.0，则表示将采样频率的值乘以 2.0 倍。

在“修改标定值”栏中可以设置如何修改标定值，其设置方式同采样频率的修改方式。

在“修改其它参数”栏中，可以将所有需要修改的数据的工程单位、AD 数据格式、试验工况说明、试验对象说明、测点位置说明等信息，统一设定为某一个值。

最后，按“确定”按钮，可以对您选择的数据进行相应的参数修改，并报告实际进行修改的情况；若按“取消”按钮，则不进行任何修改操作，并直接返回。

提示：这些参数在进行采样时就要求进行正确的设置，所以一般情况下无需进行参数修改，除非在采样时设置错误。

提示：数据参数修改不当，可能直接造成数据分析结果不正确，请谨慎设置！

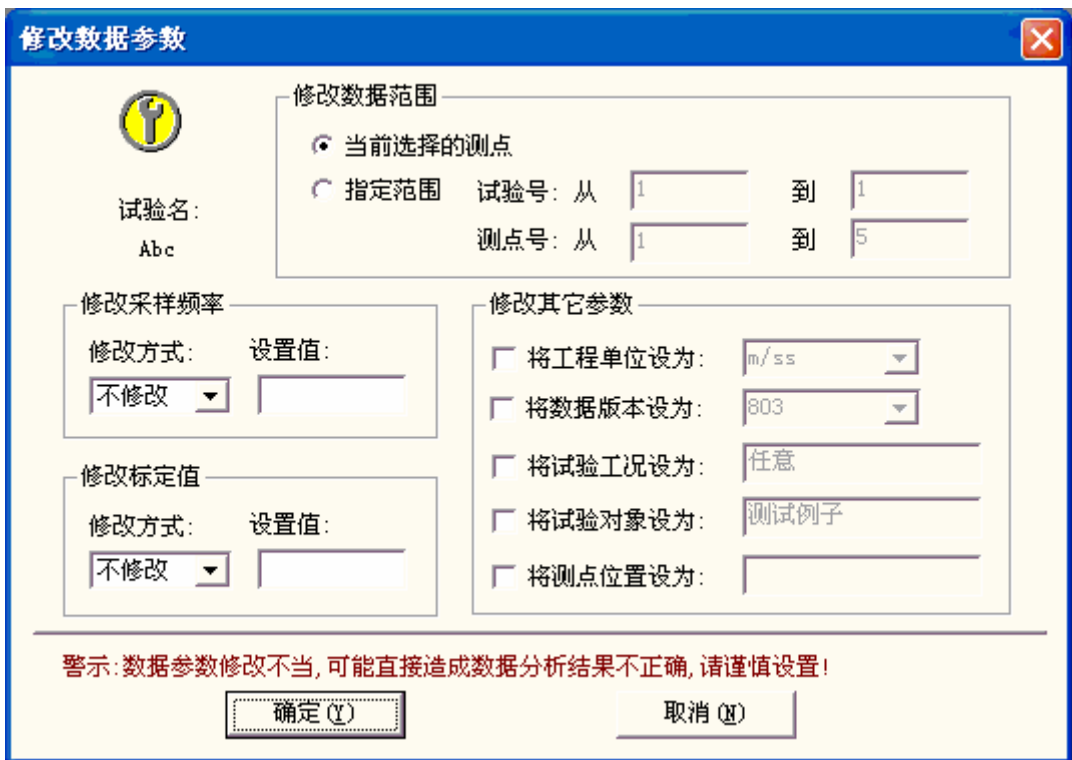


图 2.3.2 “修改数据参数”对话框

2.4 结果浏览

点击工具条的“结果浏览”即可进入本模块，其中可以浏览计算机中的 DASP 分析结果文件的文件名，以及各结果对应的试验和测点号等信息，并可将其调出显示。如图 2.4.1 所示：

提示：在 DASP 的各项分析模块中，完成分析后，均可以按工具条的“保存”按钮将分析结果保存为文件，文件将保存在结果路径中，结果文件名是由试验名、试验号和测点号等组成，而文件后缀则根据分析方法的不同而不同。

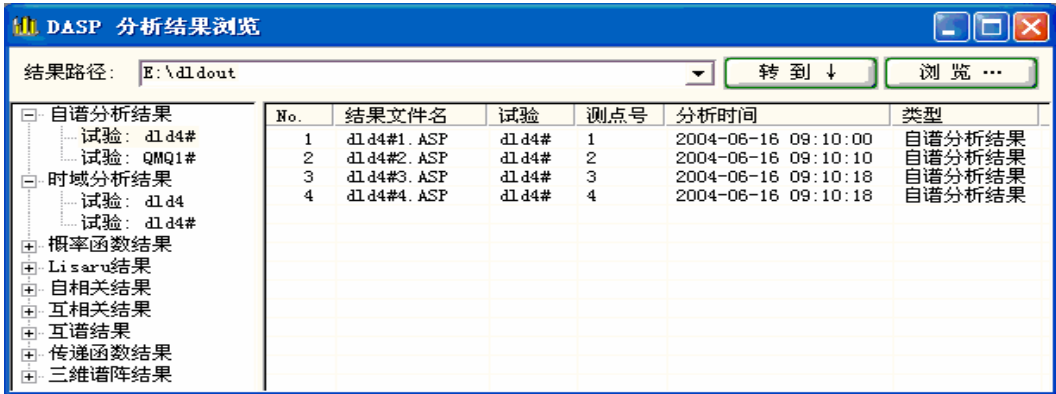


图 2.4.1 结果浏览窗口

在上方的“结果路径”栏中可以输入存放结果文件的结果路径，然后按回车键或者按“转到”按钮即可自动搜索该路径下的所有 DASP 分析结果，并在左边的树形控件中列出各种不同分析类型下有哪些试验的分析结果，选择某一种分析类型的某一个试验条目，在右侧的列表中将列出该试验下的所有此种分析类型的结果文件，包括文件的名称、试验名和测点号等信息。

在列表中可以选择一个或者多个结果文件，然后点击鼠标右键，将会弹出“显示该结果”的菜单，选择此菜单项即可将选择的结果调出。双击列表中的某一项也可直接调出该结果。

点击“浏览”按钮可以浏览计算机中的文件夹路径，并设置到“结果路径”栏中。

提示：有些分析类型的结果一次只能调出一个结果文件，此时即便选择了多个，也只能调出第一个；

提示：若多个结果同时调出的话，要求各结果文件中的数据是使用相同分析参数分析出来的结果，否则也将不能全部同时调出。

2.5 系统设置

通过主菜单“设置查看”或者工具条的相应按钮，可以进行一些系统设置和显示操作。

显隐坐标网线：选择菜单“设置查看| 坐标网线”或者工具条的“网线”进行设置。选择一次则隐藏坐标网线，再次选择则切换为显示坐标网线。注：此项设置仅对当前的子窗口同时起作用。

显隐读数光标：选择菜单“设置查看| 读数光标”或者工具条的“光标”进行设置。选择一次则隐藏读数光标，再次选择则切换为显示读数光标。注：此项设置仅对当前的子窗口同时起作用。

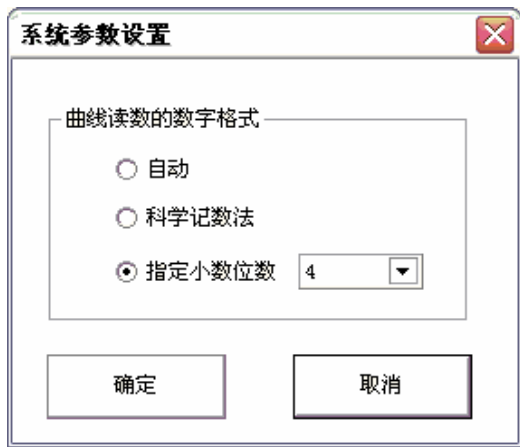


图 2.5.1 系统设置

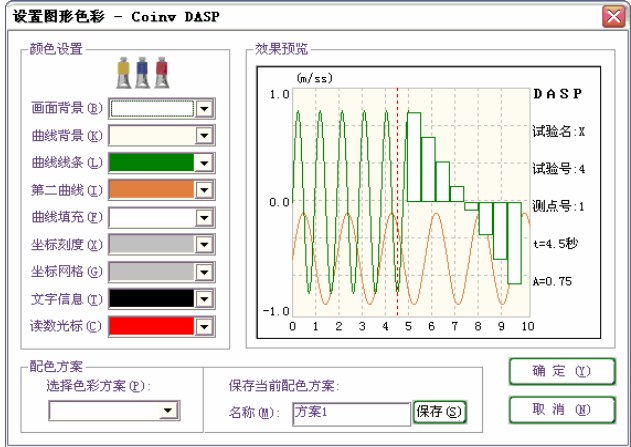


图 2.5.2 设置图形色彩

系统设置：选择菜单“设置查看| 系统设置”或者工具条的“设置”进入。

此时将出现如图 2.5.1 的对话框，其中可以设置软件中的曲线读书的数字格式，包括三种格式：自动格式、科学记数法和指定小数位数。其中自动格式下，系统将根据数字的大小自动选择合适的小数位数，而在指定小数位数的格式下，不论数字的大小，都将以固定小数位数的形式显示。

注：此设置仅仅对于曲线的纵坐标幅值读数有效，而曲线的横坐标数值显示内容（如曲线的时间或频率坐标）仍将使用自动格式。此项设置对于所有子窗口同时起作用。

图形色彩：选择菜单“设置查看 | 图形色彩”或者工具条的“色彩”进入。

此时将出现如图 2.5.2 的对话框，从中可以设置图形显示的各种元素的色彩，包括背景色、线条色、填充色、坐标刻度色、网格色、文字色、读数光标色等。通过“颜色设置”栏的各个按钮可以设置各项元素的颜色，在“效果预览”栏中可以预览色彩搭配的效果，设置各种色彩后可以通过“保存当前配色方案”栏为当前的设置内容起一个名字进行保存，以后可以通过“选择色彩方案”栏直接选择预设或保存的配色方案。

书签操作：选择菜单“设置查看| 书签”或者工具条的“书签”进入。

书签的说明：书签是加在时域波形中某个位置上的一个标记，用于标识记忆作用。例如在一次长时间连续采样过程中会经过三个不同的工况，若没有书签功能，则日后很难区分每一种工况对应波形中的哪一段。若使用书签功能，则在采样过程中每到一个工况时便加入一个不同名称的书签，以后在调出这个时域波形进行任何分析时，都可以通过这些书签进行波形的定位查找等操作。

选择“书签”功能时将会出现如图 2.5.3 的“书签操作”对话框，可以进行各种有关书签的操作。在各种分析模块中，只要与时域波形有关就可以调出书签操作对话框。其中各种操作功能如下：

显示/隐藏：此选择项可以选择是否在时域波形途中显示书签标记，如图 2.5.4 中的时域波形图的上部显示了三个书签标记，书签名称分别为“工况 1”、“工况 2”和“工况 3”。

选择测点：在有些分析模块中可以同时调入多个测点的波形进行分析，则此处可以选择对哪一个波形的书签进行操作。

已有书签：列表中列出被选择测点的波形中的所有书签，选择某一条书签则可以进行删除、定位和改名等操作，双击某一条目则进行定位操作，直接将波形定位到该书签所在页。

删除：删除“已有书签”列表中选择的书签。

定位：将波形定位到“已有书签”列表中选择的书签所在的页。注：有些分析是针对全程波形的平均分析则不存在波形定位功能。

新名称：为添加或改名操作设置一个书签的名称。

添加：在当前光标所在位置添加一个书签，书签的名称在“新名称”栏输入。
改名：将“已有书签”列表中选择书签的名称更改为“新名称”栏中的名称。



图 2.5.3 书签操作对话框

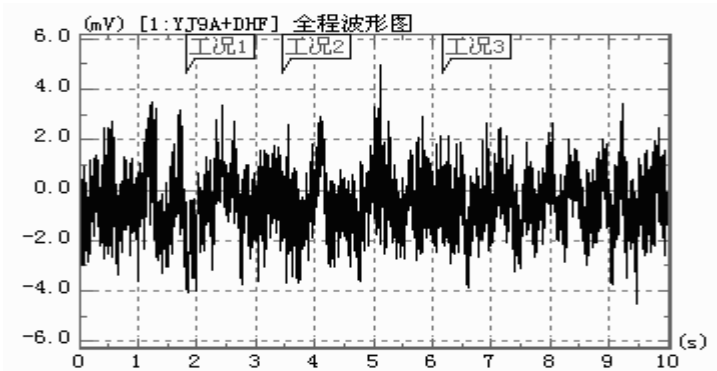


图 2.5.4 波形图中显示若干书签

提示：以上操作是在调时域波形进行分析时进行的。若要在采样过程中添加书签，则有不同的操作过程，具体操作请参见“信号采样和示波”模块的操作说明。

2.6 设置参照测点号

在一些分析操作模块中，可以同时多个测点号的数据进行分析，则结果图形中有相应的多条曲线，此时需要设置参照测点号，参照测点号主要用于一些波形定位、光标跳极值点等操作中。在这些分析模块的窗口左部的操作控制区中的“参照测点号”栏中可以选择哪一个测点作为参照测点。

2.7 波形滚动和定位

在一些可以进行波形滚动分析的分析模块中（如时域波形分析、自谱的瞬时分析方式等），在窗口上部的各种按钮和滑动条等控件就是用于选择不同位置的波形，如图 2.7.1。

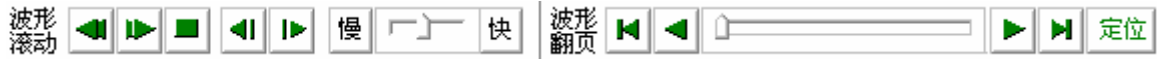
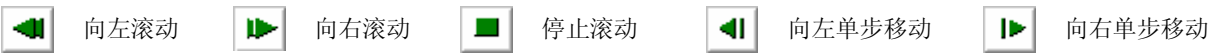
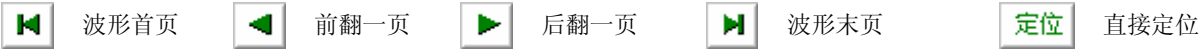


图 2.7.1 波形翻页和定位操作控件

在“波形滚动”栏中的各按钮可以实现波形的前向或者后向滚动，操作滑动条（或者按“快”“慢”按钮）可以改变滚动的速度，功能如下：



在“波形翻页”栏中的各按钮则可以实现波形的前后翻页，或者直接定位到某处，滑动条的位置反映当前显示波形页在整段波形中的位置，改变滑动条的位置，可以直接改变当前显示波形的页号。各功能如下：



在按下“定位”按钮后，将出现“数据定位”对话框，如图 2.7.2 所示，其中提供若干种定位方式：

- 1) 按数据点号定位，可以设置从波形的第几页第几点开始显示；
- 2) 按时间位置定位，可以设置从波形的某个时间位置处开始显示；
- 3) 定位到参照测点的最大值处；
- 4) 定位到参照测点的最小值处；

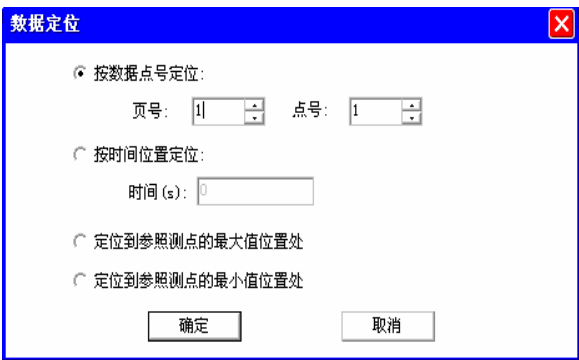


图 2.7.2 波形定位对话框



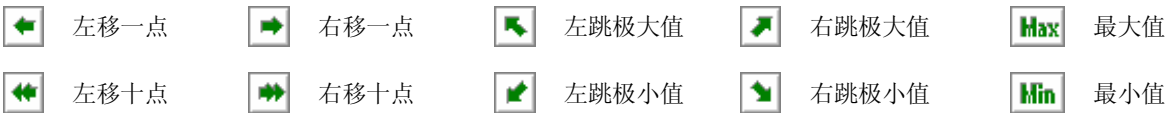
图 2.8.1 自动收数对话框

2.8 光标操作

2.8.1 光标移动操作

在各分析模块的结果曲线图上，通过点击鼠标即可将当前的读数光标定位到鼠标点击位置。按键盘的方向键可以使光标左右移动。在各曲线图的上方文字中含有当前光标的位置和读数等信息。

在左部的操作控制区，“光标移动”栏中可以完成一些光标移动的功能，分别如下：



提示：在选择跳极值或者最大最小值时，将以参照测点号的波形为基准进行光标的移动。

提示：通常对于全程波形图没有光标读数和移动等操作。

2.8.2 光标收数操作

在一些分析模块中，可以收取结果曲线图上的一些点的数据，通过“光标收数”栏的各按钮，可以收当

前光标位置点，进行标注、列表或者输出，各功能分别如下：

收数：收取当前光标位置的点并标注； 自动：通过“自动收数”对话框自动收取若干点；
列表：将收取的数据在图中列表显示； 清除：清除所有收数标注和列表；
复制：将收取的数据复制到剪贴板中； 存盘：将收取的数据保存到文本文件或 Excel 文件中；
标注方式：选择收取点的标注方式，通常有 5 种方式可选；
数据排序：对收取的数据按不同方式进行排序

按“自动”按钮时将出现“自动收数”对话框，从中可以设置按何种方式自动收取多少个数据点，此方式下将根据参照测点的波形进行自动收取的，如图 2.8.1 所示。

2.9 选择使用采集仪

在图 2.0.1 的主框架界面上会列出若干条采集仪选择项，每条信息包含采集仪的软件版本、型号、基本特性参数和连接接口方式，可以直接通过鼠标点击选择，或者按键盘的上下方向键进行选择。

一台计算机中可能同时连接多种采集仪，在进入有关采样的各种模块后，都将使用该选择的采集仪。

提示 1：V124 实际为虚拟信号发生器，不是物理采集仪，其使用操作可参见 9.3。

提示 2：对于网络接口的采集仪（如 INV3060 系列），即使连接多台，也只显示为一个条目，在“位于”栏中则显示所有连接的网络接口采集仪的 IP 地址，选择后，在进入“示波采样”模块后将出现搜索网络采集仪的对话框，其中将列出在局域网内搜索到的所有采集仪，并标明各采集仪的特性参数、空余存储、工作状态（是否处于空闲或工作状态）和仪器内嵌程序版本。此时可以重新选择需要连接的采集仪。

提示 3：在进入其他软件模块之间，此列表将间隔 5 秒钟自动刷新一次，但是若进入示波采样等模块之后，此处将不再自动刷新，但是可以点击“刷新”进行手工刷新。

选择本地网络 IP：

若计算机中存在多个物理或虚拟网卡，则具有多个网络接口，此时需要选择一个实际连接网络采集仪的网口 IP 地址，这对于能否正常搜索到网络接口采集仪非常重要。

2.10 传感器数据库管理

选择菜单“设置查看| 传感器管理”或者工具条的“传感器”进入。

传感器数据库的说明：DASP 系统中有一个传感器数据库，其中保存传感器的一些标定信息，包括传感器的型号、编号、灵敏度、直流偏置、工程单位等信息。将常用的传感器的信息存入该数据库，以后在进行测量采样等操作时，就可以非常方便地从传感器数据库中调出其标定数据。

选择“传感器管理”功能后将出现如图 2.10.1 的对话框，其中列出了当前数据库中所有传感器的信息，点击表格的各列标题，可以进行相应的排序。

表格下方的按钮可以进行有关数据库的维护操作。

添加：向数据库中添加一条新的记录，此时将出现如图 2.10.2 的对话框，输入传感器的各项信息后即可

将其存入数据库中；

复制：先在表格中选中某一条目，然后使用“复制”功能，将自动添加新的记录，出现如图 2.10.2 的对话框，并且这新的记录中将自动复制当前选中条目传感器的大部分信息。此功能适合添加相同型号传感器的记录，避免重复输入相似的数据；

修改：先在表格中选中某一条目，然后使用“修改”功能，可以修改选中条目传感器的任何参数；

删除：删除表格中当前选中条目的传感器信息。

导出：使用此功能可以将当前 DASP 系统中的额传感器数据库的内容导出到一个磁盘文件中，该文件可以用于将这些传感器信息导入到其他计算机的 DASP 系统中；

导入：从导出的传感器数据文件中导入各项传感器信息。注意：使用此功能将删除当前 DASP 系统中保存的所有传感器信息，然后将传感器数据文件中的所有信息导入。若要保持当前 DASP 系统中的信息，则请使用“合并”功能；

合并：将导出的传感器数据文件中的所有信息添加到当前 DASP 系统中，并保留已有的传感器信息。注意：使用此功能可能会添加重复的传感器数据，可手工将重复的条目删除。



图 2.10.1 传感器数据库管理

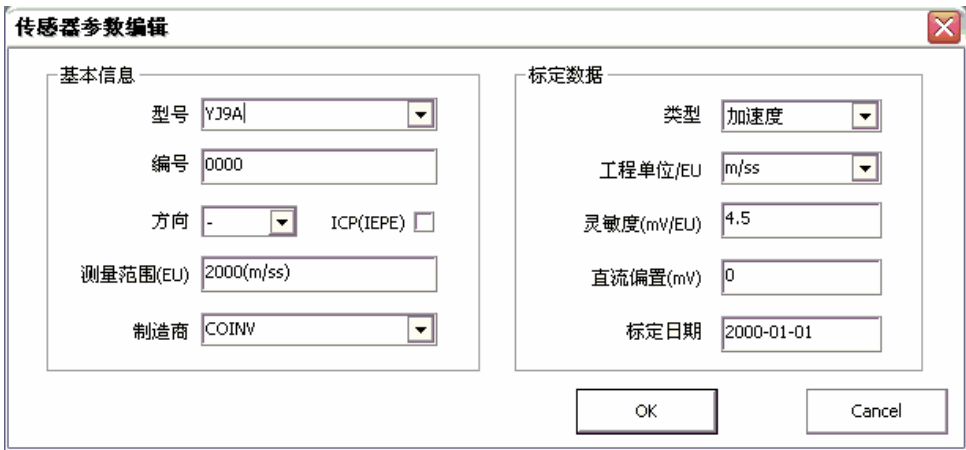


图 2.10.2 添加或修改传感器参数

2.11 滚动轴承数据库管理

选择菜单“设置查看| 轴承管理”或者工具条的“轴承”进入。

轴承数据库的说明：DASP 系统中有一个轴承数据库，其中保存一些滚动轴承的参数信息，包括滚动轴承的类型、型号、几何参数或故障频率系数等信息。将常用的轴承信息的信息存入该数据库，以后在进行分析等操作时，就可以非常方便地从数据库中调出其故障频率系数等数据。

选择“轴承库管理”功能后将出现如图 2.11.1 的对话框，其中列出了当前轴承库中的信息，

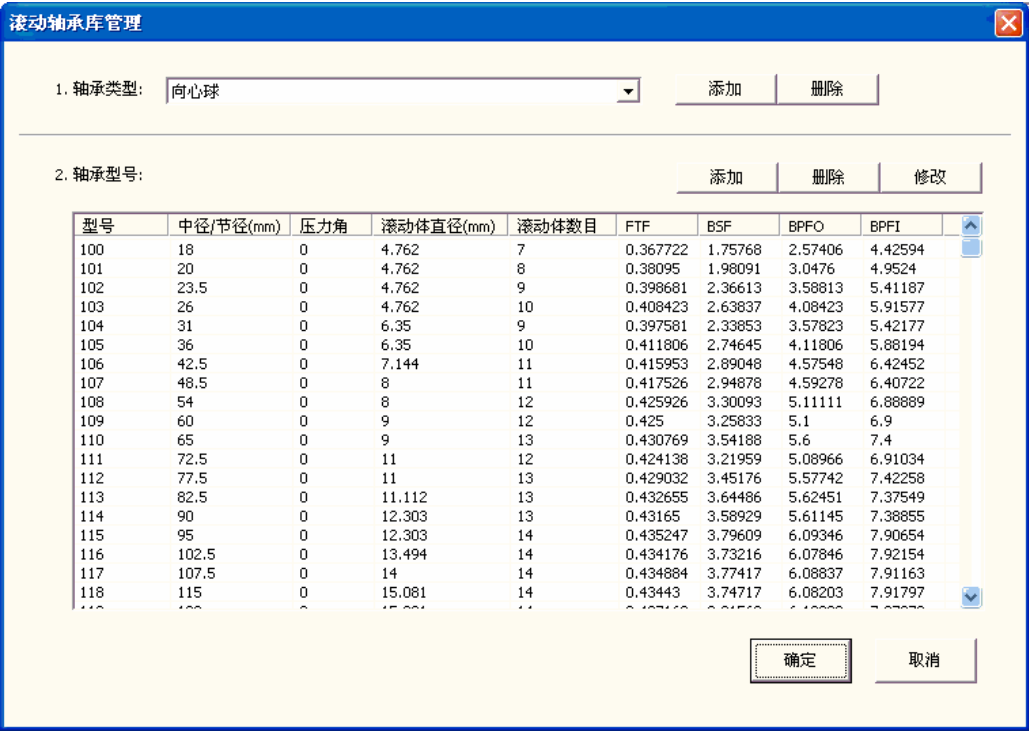


图 2.11.1 滚动轴承数据库操作窗口

选择轴承型号：首先从“轴承类型”栏中选择一种类型，然后在“轴承型号”栏中的列表中将自动列出该类型下的所有型号的轴承（包括轴承型号、中径、压力角、滚动体直径和滚动体数目等参数），点击其中一项，即可选择该型号的轴承，然后按“确定”即可；

添加一种轴承类型：按“轴承类型”栏中的“添加”即可添加一种轴承类型，此时出现如图 2.11.2 的对话框，要求输入新加轴承类型的名称，然后按“确定”即可；

删除一种轴承类型：按“轴承类型”栏中的“删除”即可删除当前其下方选择的轴承类型，但在删除之前 DASP 会确认是否需要删除，如图 2.11.3，由于删除操作会将该类型下的所有型号的轴承参数都删除，并且不可恢复，因此删除轴承类型时请慎重。

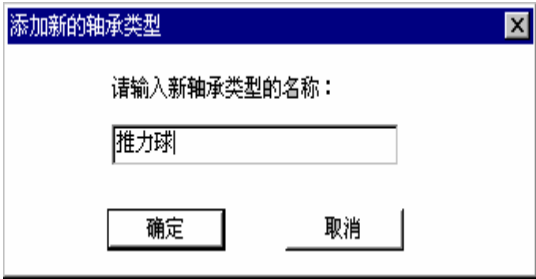


图 2.11.2 添加新的轴承类型

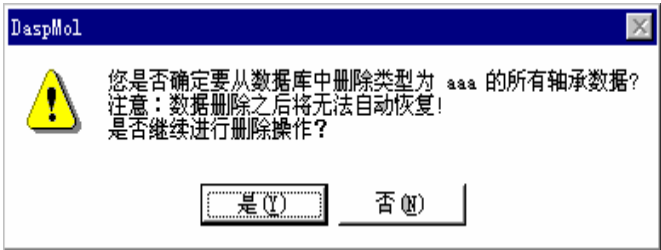


图 2.11.3 删除轴承类型的确认

添加一种轴承型号：按“轴承类型”栏中的“添加”即可添加一个型号的轴承，此时出现如图 2.11.4 的对话框，其中要求输入新轴承的型号、类型、中径、压力角、滚动体直径和滚动体数目等参数，然后按“确定”即可。

提示：轴承参数中有两套参数：“几何尺寸”和“频率系数”，只需选择输入一套即可。若选择“几何尺寸”，DASP 将会自动计算出频率系数。但是若选择输入“频率系数”，则不会自动计算出几何尺寸。

实际使用中仅需“频率系数”的这套参数，用于计算轴承的故障频率。

删除一种轴承型号：在“轴承类型”的列表中选择要删除的轴承，然后按“轴承类型”栏中的“删除”即可删除该型号的轴承，但在删除之前 DASP 会确认是否需要删除，如图 4.21，由于删除操作将不可恢复，因此删除轴承时请慎重。

修改轴承参数：在“轴承类型”的列表中选择要修改的轴承，按“轴承类型”栏中的“修改”即可修改该型号的轴承参数，此时出现如图 2.11.5 的对话框，其中要求输入新轴承的中径、压力角、滚动体直径和滚动体数目等参数，但是轴承型号和类型参数不可更改，然后按“确定”即可。

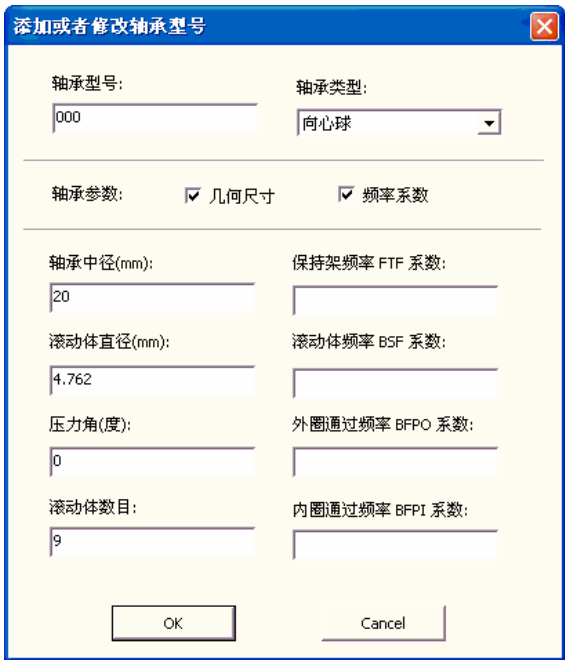


图 2.11.4 添加或修改轴承型号

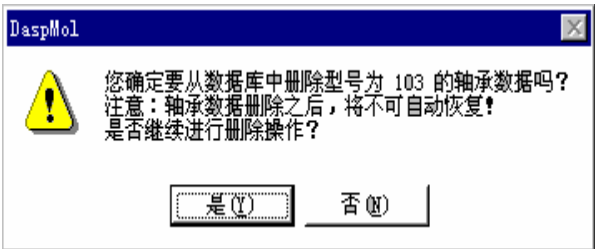


图 2.11.5 删除轴承型号的确认

2.12 自定义曲线管理

选择菜单“设置查看|自定义曲线管理”或者工具条的“标线”进入。

自定义曲线的说明：自定义曲线是用户自定义的由若干数据点组成的曲线，可添加在一些谱图上显示，用于进行一定的标识，例如规范门限、控制范围等示意。

自定义曲线的参数：每一条自定义曲线，需要输入一些参数，包括曲线名称、横轴单位（缺省为 Hz）、纵轴物理量单位、端点数目、每个端点的横纵数值、绘制的线型、线宽和颜色等。

自定义曲线的数据库：DASP 系统中有一个自定义曲线数据库，其中用户定义的各项自定义曲线的各项参数。在进行某种分析之后，需要在谱图上显示时，可以方便地从数据库中进行选取。

选择“自定义曲线管理”功能后将出现如图 2.12.1 的对话框，其中列出了当前数据库中所有自定义曲线的信息，点击表格的各列标题，可以进行相应的排序。

表格下方的按钮可以进行有关数据库的维护操作。

若当前正在进行自谱、倍频程谱、SRS 等分析时，还可以通过其中的“选择”按钮进行选择使用。

添加：向数据库中添加一条新的记录，此时将出现如图 2.12.2 的对话框，输入各项信息后即可将其存入数据库中，在曲线端点表格上方的“添加和删除”按钮可添加或删除一个端点，通过“导入”按钮，出现如图 2.12.3 所示，可以从一个 TXT 文本文件中导入，该 TXT 文本文件要求含有多列数据，可以从中选择两列作为当前自定义曲线的各个端点的横纵数值；

复制：先在表格中选中某一条目，然后使用“复制”功能，将自动添加新的记录，出现如图 2.12.2 的对话框，并且这新的记录中将自动复制当前选中条目的大部分信息。此功能适合添加相似的曲线，避免重复输入相似的数据；

修改：先在表格中选中某一条目，然后使用“修改”功能，可以修改选中条目的任何参数；

删除：删除表格中当前选中的条目。

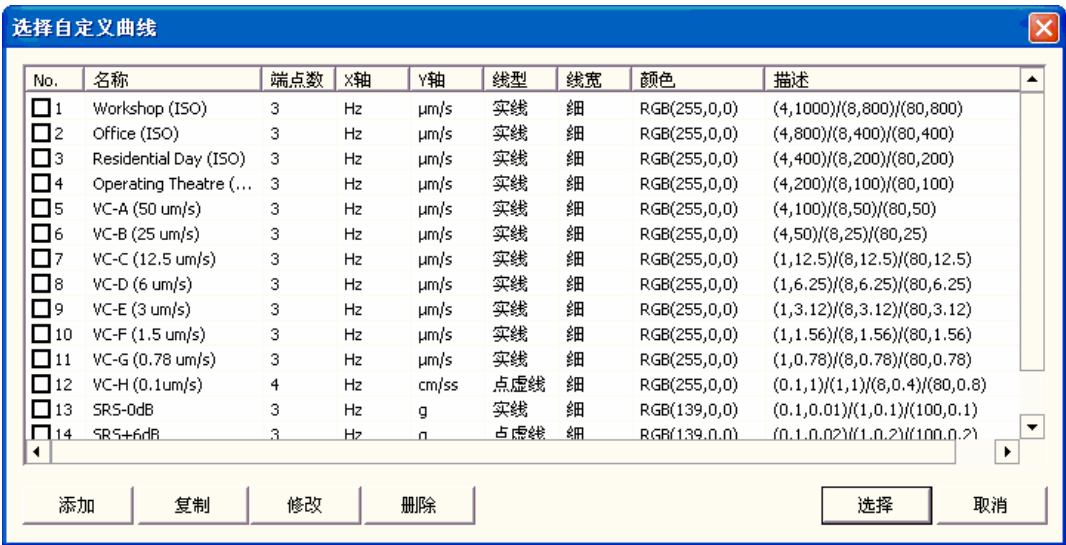


图 2.12.1 自定义曲线数据库管理

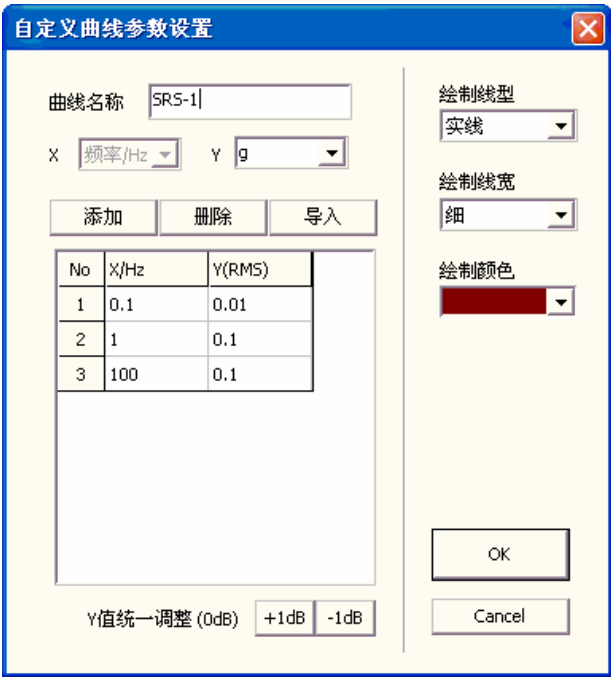


图 2.12.2 添加或修改自定义曲线

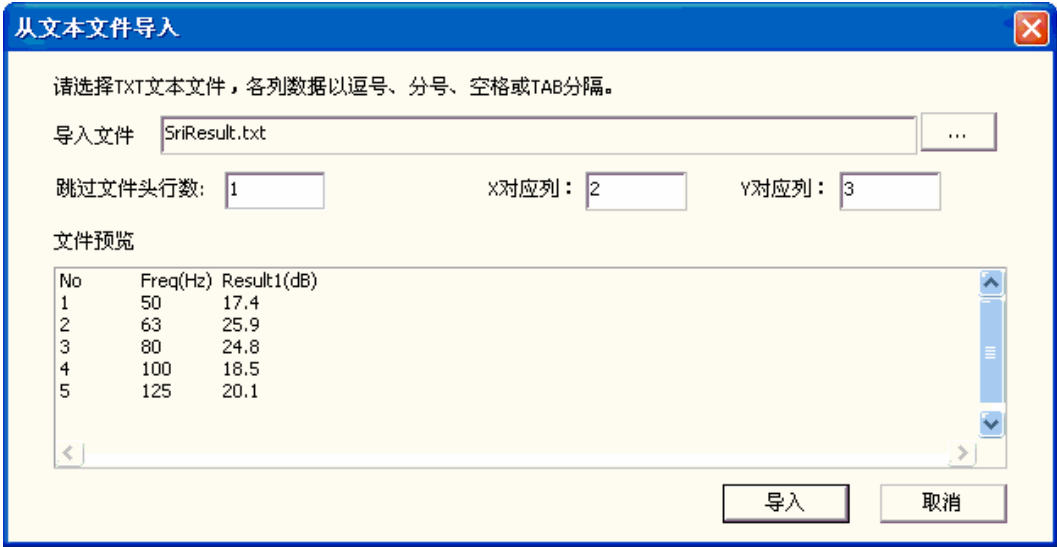


图 2.12.3 从文本文件中导入端点数据

第三章 采样测量

3.1 信号示波和采样

点击工具条的“示波采样”按钮，即可进入信号示波和采样模块，此时出现如图 3.1.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行基本的设置、示波和采样操作，左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、采样参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示示波和采样过程中的各种波形、频谱以及参数信息。

若选择当前使用 INV3060/3062 系列网络采集器(V903)，将先出现搜寻对话框，详见 3.1.9。

若选择当前使用 INV9500 系列无线采集器(V943)，将先出现搜寻对话框，详见 3.1.10。

注 1：进入采样模块之前，应先选择采集仪，请参见 2.10 节。

注 2：DASP-V11 基础版不包含变时基、AVD 和虚拟扩展通道采样功能。

注 3：DASP-V11 精选版不包含 AVD 和虚拟扩展通道采样功能。

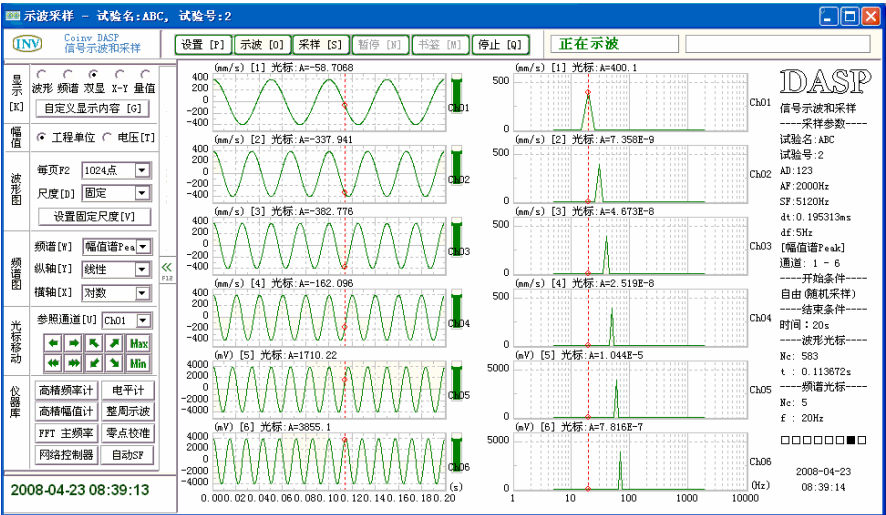


图 3.1.1 信号示波和采样窗口

3.1.1 示波采样的参数设置

按“设置[P]”按钮，或者按键盘的[P]键，可以调出采样参数对话框，其中包含“基本参数”、“通道参数”、“开始条件”、“结束条件”、“定时启动”和“高级设置”等若干设置页，如图 3.1.2 所示。

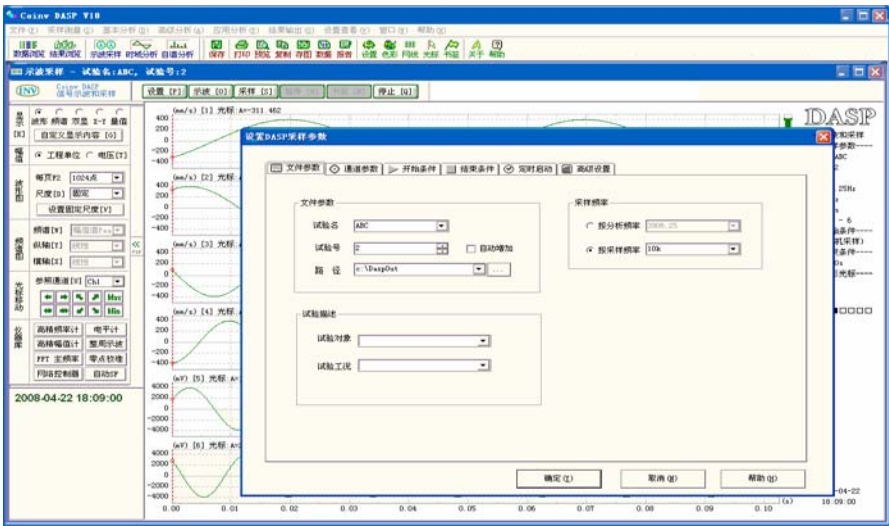


图 3.1.2 采样参数设置对话框

3.1.1.1 基本参数

此页主要设置采样数据文件的存储路径、名称、描述信息以及采样频率等参数。如图 3.1.3 所示。



图 3.1.3 基本参数设置页

(1)文件参数

试验名：此处可以输入测量试验的名称，在 DASP 中均称为试验名，通常由若干简单的字母组成。注意：由于试验名将用于文件命名，因此试验名必须符合计算机文件命名规范，不要使用特殊字符；

试验号：实际测量试验中，可能要进行多次采样，可以使用不同的试验号标识各次测量的数据，试验号建议使用数字，易于以后的批量分析和自动分析。试验号也可以使用字母，但同样必须符合计算机文件命名规范；在其右侧有一个“自动增加”的选择框，选中后 DASP 在每次采样完毕后，自动将试验号加 1，这样

在进行多次测量时，可以免去重复更改试验号的工作。

路径：采样数据将存放的计算机路径（文件夹）。

采样结束后进行数据备份和转存：选择此项，可在采样结束后，自动将采样数据文件进行备份，或者将其转存到另外的文件夹下。可通过后面的“备份和转存设置”按钮，设置详细的备份和转存参数。其中可以设置是否进行备份或转存操作，以及对应的备份文件夹或转存文件夹。对于备份操作，还可以选择是否在指定文件夹下按年月日建立子文件夹。

采样时在采集仪内部同时进行存储：对于具有内置存储功能的采集仪（如 INV3060 和 INV3062 系列），则会出现此选择项。若选中，采样过程中，采样数据文件同时在采集仪内部进行存储，实现数据的双存储，提高数据存储的可靠性。此外，对于 INV3062C 等采集仪具有 USB 外挂存储器，此时还会出现存储器的位置选择。

(2) 试验描述

试验对象：描述试验的对象名称等任何文字信息；

试验工况：描述试验的工况环境等任何文字信息。

(3) 采样频率

采样频率可以按两种方式设置：按分析频率或者按采样频率，DASP 中定义采样频率为分析频率的 2.56 倍，因此两种设置方式可以任选其一进行设置。一般在实际测量中，分析频率应不低于信号的频率，或者感兴趣的信号频率范围，高于分析频率的信号必须通过抗混叠滤波器进行滤除。

(4) 采集仪设置

此表格中列出当前工作的采集仪设备信息，并可以设置每个采集仪的采样通道数目、起始通道号、时钟源、传感器激励电压、GPS+1588 同步分组等。

采样通道数目、起始通道号两项可以设置采集仪从哪个通道开始使用多少个通道。若只有一台采集仪设备，则也可以在“通道参数”中设置采样通道数和起始通道号。

注意：采集仪的采样通道数加上起始通道号减一，不应大于采集仪的实际最大通道数。

有些采集仪具有 10MHz 外时钟输入，则在“时钟源”列可以选择“Ext.10MHz”项选择外时钟，或者选择“内部”项则使用采集仪自身的内部时钟。若采集仪不具有外时钟输入，则仅有“内部”项可选。提示：外时钟方式结合外触发等功能，实现不同厂商的仪器之间的时钟同步。

有些采集仪具有对连接的伺服传感器进行直流电压激励的功能，则在“传感器激励”列可以选择激励电压的类型，其中“OFF”表示不向外输出电压激励，其他项表示激励的直流电压。若采集仪不具有传感器激励功能，则仅有“OFF”项可选。

对于具有 GPS+1588 同步功能的采集仪，则可能需要对其进行分组设置。当一个局域网内的多台采集仪，有些通过网线有些通过 WIFI 方式连接时，则需要此项设置。由于 1588 同步仅限于网线连接，若 WIFI 无线连接的仪器间则不能进行 1588 同步，因此通过有线连接的仪器可以分在同一组中，通过 WIFI 连接的仪器必须分到不同的组中，此外每个组中至少有一台仪器连接 GPS，如此实现分组的 GPS+1588 同步。

3.1.1.2 通道参数（模拟输入 AI 通道）

本页设置有关模拟信号输入通道的参数以及虚拟扩展通道的设置参数。如图 3.1.4 所示。

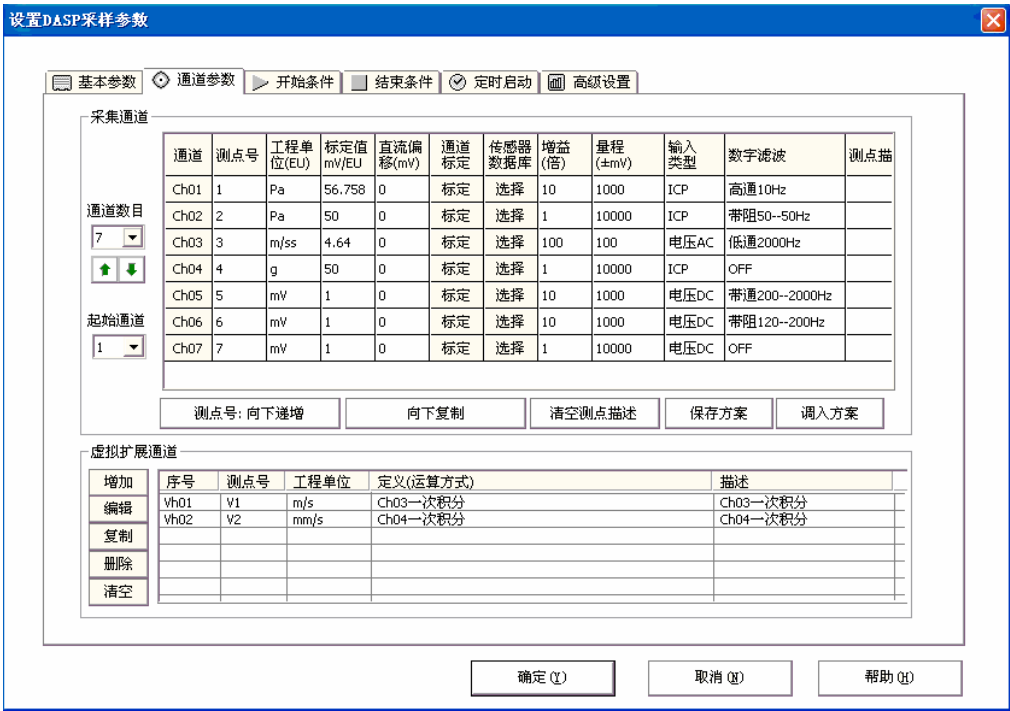


图 3.1.4 通道参数设置页

(1)采样通道（采集仪上的物理通道）

通道数目：设置采样的通道数，最大采样通道数根据不同型号的采集仪而不同。

起始通道：设置采样的起始通道。某些采样卡可能不能进行此项设置，则起始通道为 1。

提示：若同时连接多台采集仪，则上面两项内容不会出现，取而代之的为各台采集仪的 IP 地址等信息，此时若要设置各台采集仪的通道数目和起始通道，则必须在“基本参数”页的“采集仪设置”栏中设置。

表格：其中包含各模拟输入 AI 通道的各参数设置，内容如下：

通道	为通道序号，无需设置，总是选择前若干个通道进行采样。
测点号	可为各采样通道对应的测点命名，一般使用数字或者字母+数字的方式，这样以后在对数据进行分析时，便于进行一些批量分析和自动分析。
工程单位	即该通道测量信号的物理量单位。
标定值	即该通道测量的物理量信号经过传感器和放大器等设备后转变为电压量的比例关系，单位为 mV/EU。若某通道的标定值为 CV，则表示每 1 个物理量的信号经过转换后进入采集仪时被转换为 CV 个 mV 的电压。例如使用加速度传感器进行测量时，传感器的灵敏度为 A mV/g，经过放大器的放大倍数为 B，然后进入采集仪，则此测点的工程单位可以设为 g，灵敏度为 $CV = A \times B \text{ (mV/g)}$ 。
直流偏移	单位为 mV，一般情况下直流偏移量应设为 0，但有些传感器会有一个固定的直流偏移量，则可以在此处设置，则采样后的电压信号将首先减去此直流偏移。 提示 1：关于利用标定值和直流偏移，将采样电压信号转换为物理量的关系式为： $Y = (X - D) / CV$ ，其中 Y 为转换后的物理量数值（单位为工程单位 EU），X 为 AD 采

	样的电压值（单位为 mV），D 为直流偏移，CV 为标定值。
通道标定	<p>点击某一行的“标定”，则将弹出“采样通道系统标定”的对话框，可以对该通道进行系统标定。详细操作参见 3.1.2.1 节。</p> <p>提示 1：标定对话框中可以讲标定结果直接存入传感器数据库中。</p>
传感器数据库选择	<p>点击某一行的“选择”，将弹出“选择传感器”对话框，其中列出了当前 DASP 系统中保存的所有传感器信息，从中选择一条即可将该传感器的灵敏度、直流偏移、是否 ICP 输入方式等分别填入表格的“标定值”、“直流偏移”和“输入方式”中。</p> <p>提示 1：选择传感器时仅仅将传感器的灵敏度填入标定值中，若传感器与采集仪之间还有放大器等信号调理设备，则注意要将该通道的标定值修改为灵敏度乘以放大器放大倍数之后的数值。</p>
增益和量程	<p>每通道设置不同的增益倍数或量程范围，增益和量程是一一对应的，两列也是关联的，并且成反比，当更改其中一项设置，该通道的另一项设置也会随之自动改变。此外对于各通道量程不可独立设置的采集仪，只要改变任一通道的增益或量程，则其他通道将随之改变。</p> <p>提示 1：对幅值较小的信号可以进行放大，以提高 AD 转换的效果，可以通过两种方式设置：按放大倍数或者按量程范围。对于放大倍数为 1 时的采集仪满量程范围为 A 的情况下，放大倍数若设为 m，则量程范围将相应变为 A/m。两种设置方式具有同等效果，可以根据习惯选择某种方式进行设置。</p> <p>提示 2：当信号的最大幅值大约在采集仪满量程的 60~80%左右时，则能较为充分地利用 AD 精度。</p>
输入耦合	<p>采集仪的输入通道的类型设置，对于不同型号的采集仪，此处会有不同的选项，通常可能包含电压 DC、电压 AC、ICP(IEPE)、电荷和应变等几种中的若干种，其中电压 DC 方式可以直接接入电压信号或电压输出的传感器，电压 AC 方式则在接入电压信号同时还进行信号的隔直处理，ICP 方式为恒流源输入方式，适合 2~20mA 的恒流源传感器（ICP 或 IEPE 方式）接入，电荷方式下可以接入电荷输出的传感器，如电荷输出的压电加速度计，应变方式下可以连接应变桥盒进行应变测量。</p>
变时倍数 (每通道不同采样频率)	<p>为每个通道选择不同的变时倍数，则可以得到不同的采样频率，实际采样频率为基本采样频率除以变时倍数。变时倍数可选 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 几种可选。</p> <p>使用该功能可以实现不同通道使用不同采样频率进行采样，适合各通道测量信号类型不同的情况，例如同时测量噪声、振动、冲击、应变和温度信号，设置基本采样频率 48KHz，对于噪声和冲击通道选择 1 倍变时（采样频率 48KHz），对于振动和应变通道选择 8 倍变时（采样频率 6KHz），而温度通道可选 64 倍变时（采样频率 750Hz）。</p> <p>提示：DASP 基础版和精选版不包含此功能。</p>
数字滤波	<p>对采样的信号进行实时数字滤波处理，包括低通、高通、带通和带阻滤波。在此列中选择 OFF 则关闭数字滤波功能，选择“设置”则可以设置滤波参数，详细操作参见 3.1.2.2 节。</p> <p>提示 1：数字滤波中是对 AD 转换后的数字信号进行滤波处理的，因此数字滤波中的低通滤波一定不能替代抗混叠滤波器。对于内置抗混叠滤波器的采集仪（如 INV3018 系列），则可以直接接入信号，而没有内置抗混叠滤波器的采集仪（如 INV306U 系列），</p>

	<p>则应在传感器和采集仪之间增加滤波器进行抗混叠低通滤波。</p> <p>提示 2：对于内置 DSP 的采集仪，数字滤波在 DSP 中实时进行，不会影响采集仪的采样频率，而对于无内置 DSP 的采集仪，数字滤波则在 DASP 软件中进行，此时将耗费一部分计算机 CPU 资源，对于速度较慢的计算机，在较高采样频率进行采样时可能出现“采样来不及”的问题导致采样中断，因此若需要使用此功能，而计算机速度较低（如 Intel Pentium 以下的计算机）时，建议先进行试采样，确保采样可以连续进行。</p>
测点描述	可以输入测点位置描述等任何文字信息，也可以不填写。
传感器频响校正	<p>通常传感器根据其频响特性，只能选择一段幅频特性平坦的频率范围作为其使用范围，在此频率范围之外，其幅频和相频特性会有较大波动。例如一般传感器，其可用频率以下的频率区间，传感器的输出幅值会产生衰减，相位会产生变化，因此无法使用。但是通过 DASP 特有的频响实时校正功能，则可以在采样过程中根据传感器的频响特性曲线实时进行波形反演，使得在传感器可用频率范围之外的频率信号也可以被准确测量，从而拓展传感器的使用频率范围。例如常用的 941 型低频振动传感器，其可用频率下限为 0.7Hz，而使用本功能后则可以测量至 0.1Hz 甚至 0.01Hz 的低频范围。</p> <p>该功能可以在采样过程中实时进行信号的反演，反演包括同时对幅频和相频特性进行校正，因此实现了时域波形的反演，可以得到真实的时域波形。</p> <p>使用本功能，必须先对传感器进行频响特性的测量，包括幅频曲线和相频曲线，并保存为指定格式的文件（通过 DASP 的频响特性标定软件可获取该频响曲线的文件）。然后在使用该传感器的通道的“传感器频响校正”栏中选择该标定文件即可。</p> <p>提示：本功能不属于标准配置，除非在购买 DASP 时选择此功能。</p>

(2)自动或统一设置参数的按钮

测点号向下递增	<p>先用鼠标点击某一通道的测点号单元格，然后点击此按钮，DASP 将自动为该通道以后的所有通道的测点号进行自动命名。命名的方法为：以该通道测点号为基础，将测点号后部的数字部分自动递增。</p> <p>举例 1：若当前通道的测点号为 A5，则其以后通道的测点号将被命名为 A6、A7、A8...；若当前测点号为 XY，则递增的测点号为 XY2、XY3、XY4....</p> <p>说明 1：测点号递增时，仅仅递增测点号最后的数字部分，并且保持数字部分的位数，而前面或中间的数字部分不会变动。</p> <p>举例 2：例如测点号为 5T3H7，则递增的测点号为 5T3H8、5T3H9、5T3H10...；</p> <p>举例 3：若测点号为 W6H0007，则递增的测点号为 W6H0008、W6H0009、W6H0010...。</p>
向下复制	<p>将鼠标点中某一个单元格，然后点击此按钮，则该单元格的内容将被复制到其下方的所有单元格中。</p> <p>提示 1：对于测点号、通道标定和传感器数据库列，此功能无效。</p>
清空测点描述	将所有通道的测点描述文字清空

保存方案	将当前的物理通道设置和虚拟通道设置参数保存到一个方案文件中，此时需要输入方案的名称。保存后可以在以后直接调出使用。
调入方案	调入以前保存的通道设置方案，此时可以从弹出对话框的下拉列表中选择以前保存过的某一个方案。

(3)虚拟扩展通道和 AVD 三测量（基础版和精选版不含此功能，工程版和专业版包含此功能）

在“采样通道”栏中设置的通道均为实际采集仪的物理通道，DASP 还提供 AVD 三测量和虚拟扩展通道技术，可以通过某一个或几个物理通道的采集信号，按照设定的运算方式，实时生成虚拟扩展通道的信号。

在虚拟扩展通道的表格中列出当前设置的若干个虚拟扩展通道的序号、测点号、工程单位、运算方式和测点描述，该表格不可编辑，若需增加、修改或删除虚拟通道，则可以使用表格左侧的一系列按钮，如下：

增加	增加一个虚拟扩展通道，将出现“虚拟通道设置”对话框，其中设置虚拟通道的各项参数，可以设置某个物理通道的一次、二次微积分实现 AVD 三测量功能，或者设置某几个物理通道的合成通道、以及应变花计算得到的应力通道。详细操作请参见 3.1.2.3 的内容。
编辑	在表格中选中某一个已经存在的虚拟扩展通道，然后按“编辑”按钮，即可出现“虚拟通道设置”对话框，从中可以更改设置参数。
复制	在表格中选中某一个已经存在的虚拟扩展通道，然后按“复制”按钮，即可根据当前选中的虚拟扩展通道复制一个新的虚拟扩展通道，并出现“虚拟通道设置”对话框，可以对这个新的虚拟扩展通道继续设置参数。
删除	在表格中选中某一个已经存在的虚拟扩展通道，然后按“删除”按钮，即可删除该选中的条目。
清空	删除表格中所有的虚拟扩展通道。

(4) 转速通道

对于具有转速输入通道的采集仪器，则在物理通道参数表格的左侧还会出现“使用转速通道”的选择项，选中可开启采集仪的转速通道，并且在其下方可以设置转速信号的每转脉冲数。

提示：该转速通道是指采集仪上的专门用于测量转速的通道，而不是使用普通模拟输入通道测量转速信号的情况。

开启转速通道后，在采样界面的右侧文字信息区域将显示实时转速值，单位为 r/min。

除了测量转速外，某些采集仪（如 INV3018C、INV3020 等）的转速通道内部使用 20MHz 以上的采样率进行测量，因此还可以输出相位信息，该相位信息为采样脉冲距离最近一个转速脉冲的时间差，若某个采样脉冲，距离其前一个采样脉冲的时间差，由于采样率很高，该相位信息非常精确，可以用于转轴系统的扭振分析，有关扭振分析请参见 8.3。

当采样开始后，不仅模拟输入通道的数据被保存，转速通道的数据也同时被保存。各个转速通道的数据命名中使用当前采样的试验名和试验号，而测点号依次为 CT0、CT1…。若转速通道可以输出相位信息，则各个相位通道保存的测点号依次为 PH0、PH1…。若需要进行扭振分析，则直接使用测点号为 PHn 的数据

即可。

3.1.1.3 开始条件（触发方式和触发条件）

此页设置采样的开始条件（触发方式和触发条件），即在采样启动后满足何种条件才开始采样和存储，如图 3.1.5 所示。

采样开始方式：（触发方式）可以选择五种不同的方式，分别如下说明。

注意 1：通常 DASP 软件处于示波状态下，此时即使满足采样触发条件，也不会触发采样过程。只有在采样启动后，DASP 处于等待采样触发的状态时，各项触发条件才有效。在按下“采样”按钮或者定时启动条件满足后，DASP 才进入采样启动后的等待触发状态。

注意 2：一般采样波形记录的数据文件中，第一个点为 0 时刻，因此若设置触发之后的话，则触发点一般不是 0 时刻，例如触发之后时间为 1 秒，则触发点对应的时间为 1 秒。若希望将触发点的时间设置为 0 时刻，则需要选中“触发点作为 0 时标”，此时触发点以前的波形时刻为负时刻。

1) 自由触发

即随机采样，此方式下，DASP 在采样启动后，立即开始信号采样和存储；



图 3.1.5 开始条件设置页

2) 信号触发

此方式下根据被测信号的特征进行触发，在 DASP 采样启动后，并不立即开始进行采样，而是等待信号满足触发条件后才开始进行采样和存储。此方式下要求在“信号触发参数”栏中设置相关参数，如下：

通道触发参数	即每个通道是否参与触发、触发方式和触发电平，当任何一个参与触发的通道信号满足触发方式和触发电平的条件后，即作为触发条件满足，因此各通道的触发条件属于“或”的关系。
触发滞后	可以设置滞后点数或滞后秒数，此长度为采样数据存储时补充记录达到触发条

	件之前的一段信号，合理设置该参数可以保证记录较为完整的信号过程。
局域网同步触发	对于 DASP 采用网络控制采样模式下，此选择项有效，选中此项的下位机中只要有一台下位机的采样达到触发条件，则其他各台下位机也同时进行触发。 提示：各下位机连接的采集仪为各通道并行方式，并有时钟同步连接，则可以保证各采集仪之间的并行。而各采集仪的触发同步则可以通过采集仪的外触发或者 GPS 模块来保证。

3) 多次触发（锤击试验）

类似信号触发采样，只有当信号满足触发条件时才开始采样，但是多次触发采样可以在一次采样过程中，进行多次触发采样。此方式一般仅适合锤击试验，可以实现对同一点进行多次锤击激励采样，以便在传递函数（FRF 频响函数）分析时进行平均。在此方式下“信号触发参数”栏中设置相关触发条件等参数，如下：

触发通道	根据该通道的信号是否满足触发条件决定是否开始采样
触发方式	有三种方式，包括绝对值、上升沿和下降沿，与触发电平配合形成触发条件，当设置为绝对值触发方式时，则触发条件为信号的幅值绝对值大于触发电平时满足
滞后点数	采样时，保留触发点前的一些点，这样可以保证诸如触发脉冲等波形的完整性
触发次数	每次采样记录几次触发的波形，这几次触发的波形都将保存为一个数据文件
每次采样点数	每次满足触发条件后采样长度，每块为 1024 点
定时触发	选中此项，还将输入触发间隔时间。若不选择此项，则在多次触发采样过程中，当一次触发采样后，DASP 将处于暂停状态，直到再次人工按下“采样”按钮后才开始下一次的触发采样；而如果选择定时触发，则在一次触发采样后，等待触发间隔时间后，将自动进入下一次的触发采样，无需人工操作
变时基倍数	变时基采样方式的变时基倍数。若变时基倍数为 n ，则采样时，第一通道的采样频率为“采样频率”栏中设置的采样频率，而其它各通道的采样频率为第一通道采样频率的 $1/n$ 倍。 提示 1：若变时基倍数 $n=1$ ，则表示不使用变时基。 提示 2：基础版不包含此功能，精选版、工程版和专业版包含此功能
测点号自动增加	完成一个点锤击的若干次触发采样后，需要进行下一个点的锤击测量，若选中此项则在切换锤击点时，各个采样通道的测点号自动加 1。对于大量测点的实验，配合定时触发功能，可以大大提高测量操作的效率

4) 转速触发

此方式下根据指定的转速通道测量的转速大小决定采样是否触发，需要在“转速触发参数”栏中设置一些转速触发参数，根据转速达到所设定要求即开始采样。

触发转速	根据转速变化方式，当转速高于（升速方式）或低于（降速）此转速时开始进
------	------------------------------------

	行采样
转速变化	指升速或降速，用于触发转速的条件，与触发转速配合使用
转速通道	可选择 Tacho 通道,或某一个模拟输入 AI 通道。对于没有 Tacho 通道的采集仪，则只能选择 AI 通道
每转脉冲	当选择 AI 通道作为转速通道时，需要输入转速信号在每转一周内的脉冲数
检测电平	当选择 AI 通道作为转速通道时，需要输入转速脉冲的检测电平，对于转速信号不规则的情况下合理设置检测电平，可以提高转速计算的准确度。设置检测电平时，要求每个转速脉冲的上升沿和下降沿都经过此检测电平一次。

5) 时钟触发

此方式下根据指定的时钟时间决定采样是否触发，需要在“时钟触发参数”栏中设置一些触发日期和触发时间，采样启动后，当计算机的时钟时间大于设定的触发日期和时间后，即触发采样过程。

提示：由于此方式要根据计算机的时钟时间进行触发，因此请确认计算机系统的时间是正确的。

6) 外触发

对于具有外触发功能（仪器上具有名为 Ext.Trig 的外触发输入通道）的采集仪，则可以使用外触发方式。此时需要在“外触发参数”栏中设置有关参数。

该方式下，应将外触发信号接入 Ext.Trig 外触发通道上，当外触发信号中出现上升沿或下降沿脉冲时，将会触发采样。为保证可靠的外触发，外触发信号的上升或下降沿，需要能穿过 1V 到 2V 的区间，即外触发信号的高电平应大于 2V，低电平应小于 1V。

注：当有多台具有外触发功能的采集仪级联使用时，该外触发参数将会同等地设置到每一台仪器中，当其中任何一台仪器达到外触发条件时，所有连接的采集仪都将同时触发，即各台采集仪的外触发条件为“或”的关系。

触发方式	有两种方式，包括上升沿和下降沿。当外触发信号的上升或下降沿穿过 1V 到 2V 的区间时，则触发条件为满足
滞后	可以设置滞后点数或滞后秒数，此长度为采样数据存储时补充记录达到触发条件之前的一段信号，合理设置该参数可以保证记录较为完整的信号过程。

3.1.1.4 结束条件（采样停止条件）

此页设置采样开始后的结束条件，即满足何种条件则结束采样过程，如图 3.1.6 所示。

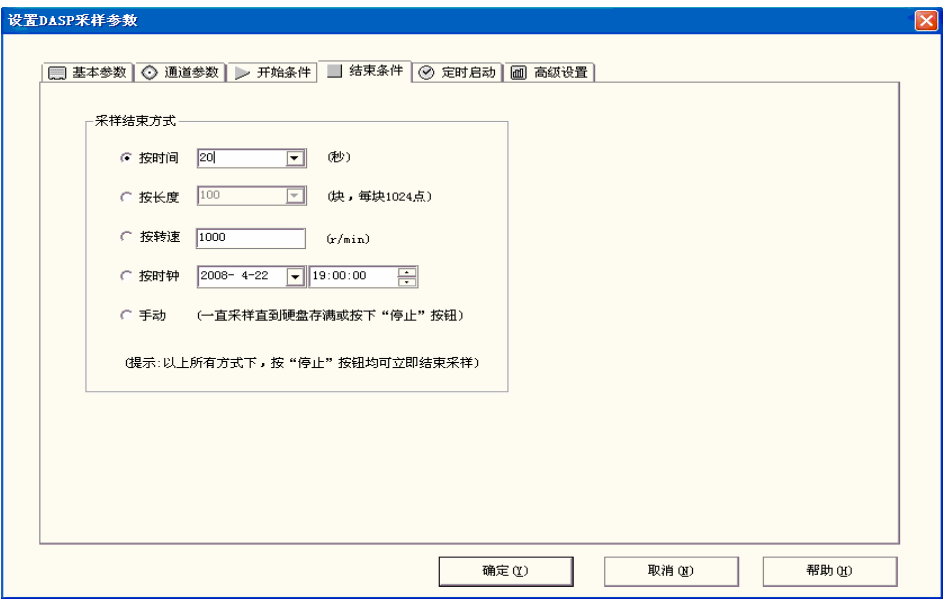


图 3.1.6 结束条件设置页

可以设置 5 种采样结束条件，如下所述。但不论使用何种结束条件，在采样过程中只要按下“停止”按钮，采样便立即结束。否则，当满足某种结束条件时，采样过程自动结束。

按时间	采样触发后，经过的时间加上触发滞后的时间，达到此处设置的时间后则结束
按长度	采样触发后，存储的数据（含触发前的触发滞后数据）长度达到此处设置的块数后则结束。 提示：采样时间和采样块数可以根据采样频率进行转换，设采样频率为 SF(Hz)，采样时间为 T(s)，采样块数为 M 块，每块 1024 点，则有： $T=M\times 1024/ SF$
按转速	采样开始条件为转速触发方式下，此选择项有效，此时在采样触发后，当转速满足此处设置的转速条件后采样结束。 注：此处仅仅设置转速值，同时还需要参考“采样开始条件”中“转速触发参数”下的“转速变化”方式，若该方式为升速，则结束条件相当于转速高于设置的转速值，若该方式为降速，则结束条件相当于转速低于设置的转速值
按时钟	采样触发后，等到计算机的时钟时间超过此处设置的日期和时间，则结束采样
手动	此方式下，采样一直进行，直到手动按下“停止”按钮或硬盘存满

3.1.1.5 定时启动

此页可以设置一些定时启动参数，设置启动参数后，采样将自动启动，并等待满足开始条件后即开始采样过程，实现无人值守的自动操作，如图 3.1.7 所示。

注：在“采样开始条件”的“多次触发”方式下，不能在此页中设置定时启动功能，多次触发采样参数中可以设置专门的定时功能。



图 3.1.7 定时启动设置页

定时自动启动采样：

选中此项则设置定时启动功能，不选中则表示取消此功能。

定时启动方式：

可以设置两种启动方式，一种为按等时间间隔，另一种为自定义若干个启动时钟。

在等时间间隔方式下，可以设置定时启动的次数（或无限次），以及时间间隔。注意：该时间间隔不是各次采样启动时间间隔，而是上一次采样结束后，再等待该时间间隔，才自动启动下一次采样。

在自定义时钟方式下，可以按“增加”或“插入”按钮在表格中追加或在当前条目之前插入一个新的自定义时钟时间，并可以在表格中直接更改自定义时钟的日期和时间，按“删除”按钮则删除表格中的当前条目，按“清空”按钮则清除所有的自定义时钟条目。注：表格中用鼠标点击某一条目，则该条目为当前条目，在当前条目的序号数字后面有点号标识。

数据自动编号方式：

试验号自动增加：此项为必选，则在定时自动启动状态下，每次采样的试验号将自动加 1，避免生成重名的数据文件。

自动试验号：使用采样开始的年月日时分秒数据组成试验号。

3.1.1.6 高级设置

此页设置一些有关的特殊设置，一般只在一些特殊要求时才需要设置，如图 3.1.8 所示。

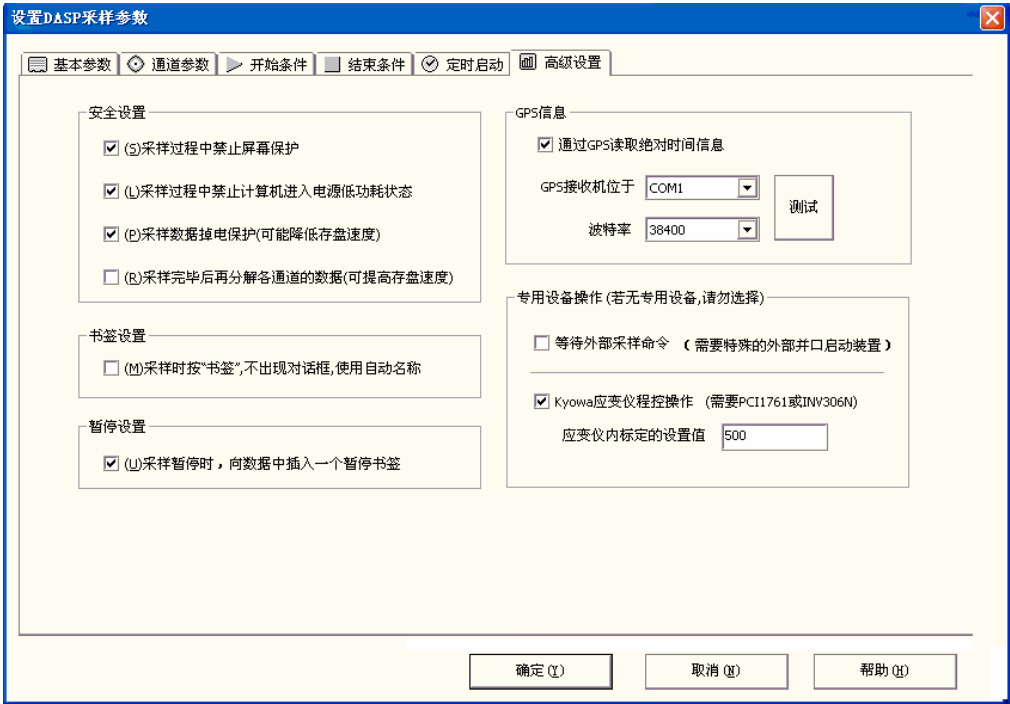


图 3.1.8 高级参数设置页

(1)安全设置:

采样时禁止屏幕保护:

在计算机处于高速采样过程中,若突然进入屏幕保护状态,则可能导致采样中断,因此建议用户选择此项。此设置仅在采样过程中有效,对于示波状态无效。此外在采样结束后将自动恢复原来的屏幕保护设置;

采样时禁止计算机进入低功耗状态:

在计算机处于高速采样过程中,若突然进入低功耗状态,则同样可能导致采样中断,因此建议用户选择此项。此设置也是在采样过程中有效。

采样数据掉电保护:

若计算机正在处于采样过程中,计算机突然掉电,或者由于病毒等原因造成系统崩溃和死机,采样过程强制中断,则已经采样的数据会丢失。选中此项则可以保证已经采样的数据可以被保存。

提示:掉电保护的选择可能降低采样过程中的存盘速度。对于较慢的计算机中使用较高采样频率进行采样时,可能出现由于“存盘来不及”导致采样中断的问题。

采样完毕后再分解各通道的数据:

在由于计算机存盘速度慢而无法连续采样的情况下,可以尝试选择此项以提高存盘速度;

提示 1: 对于采样通道数目很多(例如几十甚至几百通道)的情况下,此项选择可能非常有用;

提示 2: 选中此项,将在采样结束时需要一定的时间进行数据分解存盘。

(2)书签设置:

选择在采样中是否出现书签对话框,选中则在采样过程中按“书签[M]”按钮时不再提示书签对话框,而书签的名称将自动使用“书签 01”、“书签 02”、“书签 03”..... 的名称。

(3)暂停设置:

在采样过程中可以随时暂停,继续采样后的数据将连接到暂停前的数据后面,而实际上暂停前后的数据在时间上是不连续的,通常暂停采样是为了改变工况,因此为以后分析时便于区分暂停前后的各段数据,可以选择在暂停时向数据中加入一个书签,这样在进行分析时只要找到这个书签就可以确定暂停的位置。

(4)GPS 信息:

选中“通过 GPS 读取绝对时间”则 DASP 采样可以记录采样数据第一点的 GPS 绝对时间信息(UTC 时间,等于格林威治时间)。使用 GPS 时间信息,必须将符合 NMEA0183 标准的 GPS 模块连接到计算机的串口上(也可能是通过 USB 或蓝牙等装置转换的串口),并放置于室外环境保证可以正常接受卫星信息。

由于使用串口连接 GPS 模块,因此还需要正确设置连接的 COM 端口号以及波特率,并可以按“测试”按钮检测 GPS 是否正确连接以及串口参数是否正确。

提示:包含 GPS 信息的数据文件在“时域分析”等模块中调入时,将显示读数光标点的绝对(UTC)时间,同时也会显示读数光标点的本地(LMT)时间。北京时间处于+8 时区,则北京的 LMT 时间相对于绝对时间的 UTC 时间为超前 8 小时。

(5)专用设备操作:

设置若干特殊的专用设备,若未使用这些专用设备,请勿选择此处内容。若需要了解这些特殊设备,请直接与北京东方振动和噪声技术研究所技术支持部进行联系。

(6)数据通过 FTP 自动发送:

若需要将时域数据分段存储为文件并自动通过 FTP 发送到网络上的另一台计算机,则在“数据自动存储并通过 FTP 发送”栏中选中“启动 FTP 发送功能”,详细功能说明请参见 3.1.15

3.1.1.7 其他通道 (模拟信号以外的各种通道)

此页设置一些非模拟信号输入的有关通道的设置,包括温度测量、CAN 通讯、模拟输出 AO 通道等。这些通道根据实际硬件配置而定,若硬件系统部包含这些通道,则无需进行设置。

若硬件系统具有数字信号输入和输出(DIO)通道,则可以在“数字输入输出/DI/DO 通道”栏的“DIO 设备类型”中选择 DI/DO 硬件设备,选择“OFF”表示不开启,选择其他条目表示相应的硬件设备。开启 DIO 通道后,将出现 DIO 控制窗口。

若硬件系统具有模拟信号输出(AO)通道,则可以在“AO 通道/DA 输出/信号发生器”栏的“AO 设备类型”中选择 DA 输出硬件设备,选择“OFF”表示不开启,选择其他条目表示相应的硬件设备。开启 AO 通道后,将出现 AO 输出控制窗口,详细内容请参见 3.1.14。

若需要开启温度测量通道,则在“温度测量”栏的“测量方式”中选择测量温度的硬件类型,若选择“OFF”表示不开启温度通道,选择“ADAM6016/6018”则使用 ADAM6015 或 ADAM6018 型温度测量设备,此时可以按“设置”按钮进行详细设置。详细内容请参见 3.1.11。

若需要开启 CAN 总线信息获取,则在“CAN 信息获取”栏的“CAN 设备类型”中选择 CAN 硬件设备,若选择“OFF”表示不开启 CAN 设备,选择“CANET-I/II”则使用 CANET 型 CAN 设备,此时可按“设置”

按钮进行详细设置。详细内容请参见 3.1.12。

若需要在采样过程中同步进行语音录制，则在“语音录制(录音机)”栏选中“采样过程中通过计算机声卡进行录音”，并且可以选择几种不同的录音设置，包括录音的采样率和位数，推荐选择 8KHz/16Bit 的设置，可兼顾语音效果和语音文件大小。有关在采样过程中进行录音的操作详细内容请参见 3.1.13。

若采集仪支持采样过程中记录 GPS 的地理信息（包括经度、纬度和速率）功能，则在“北斗/GPS 地理信息”栏中选中“采样过程中记录地理信息”，可将上述几种地理信息与采样数据同时记录下来。每种地理信息会按一个通道进行记录，但是这些通道的采样频率要低于模拟通道的采样频率。在“时域分析”中的光标读数中，会额外显示与时域波形各点对应的经纬度和速率等地理信息。

3.1.2 参数设置的辅助设置

本节详细说明在“通道参数”设置中的“通道标定”、“数字滤波设置”和“虚拟通道设置”等内容。

3.1.2.1 通道标定

在通道参数表格中点击“通道标定”列的“标定”按钮，即可对某个采样通道进行系统标定。标定时将出现如图 3.1.9 的对话框，各项设定如下：

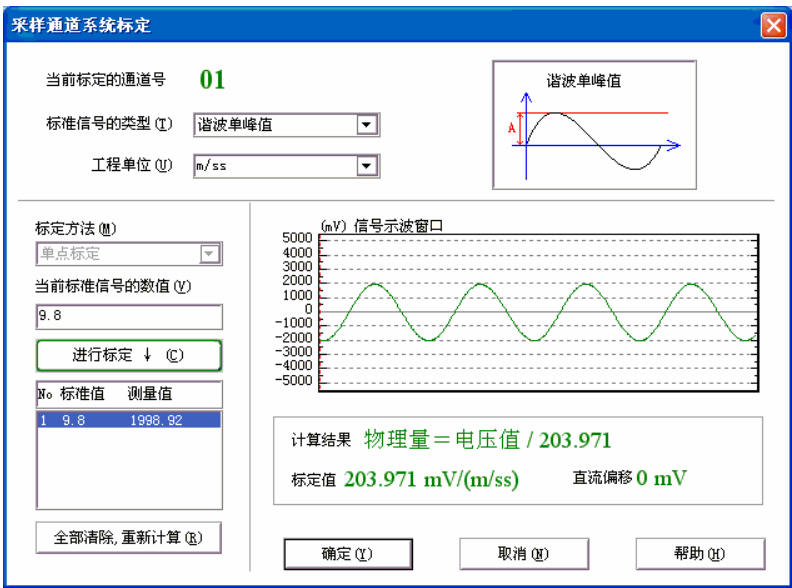


图 3.1.9 采样通道系统标定

当前标定的通道号：
此处无需更改，仅示意当前是在对哪个通道进行标定。

标准信号的类型：
指明标准信号是何种情形，包括声压级、谐波单峰值、谐波有效值、谐波峰峰值、静态固定值，分别对应各种不同的情况，选择不同的类型，在右侧将会显示相应的示意图形，如图 3.1.10。

工程单位：

该通道物理量的工程单位。

说明 1: 若对连接了传声器的噪声测量通道进行标定时, 应将传声器置入标准声源中 (如活塞发生器), 然后打开标准声源的开关使其处于发声状态, 然后再进行通道标定, 并且将“标准信号类型”项设置为“声压级”, “标准信号的数值”设为标准声源的声压级 (如 94dB), 工程单位默认为“Pa”, 无需更改。

说明 2: 若对测量振动的通道进行标定, 则一般先将传感器安装到振动台或传感器校准台等振动标定设备上, 并使振动台处于正常振动状态, 读取振动台的振动幅值 (可能为单峰值、有效值或者峰峰值), 根据振动台读数的幅值类型, 选择“标准信号类型”项为“谐波单峰值”、“谐波有效值”或“谐波峰峰值”, 并将读数填入“标准信号的数值”, 然后正确填写“工程单位”项, 就可以进行标定了。

说明 3: 若对应变或压力、温度等静态信号进行标定, 则“标准信号类型”项应设置为“静态固定值”, 此时的标准信号为稳定不变的直流值, 而不是谐波信号。例如对于应变测量通道, 可使用 INV2309 标准应变模拟仪模拟标准应变值, 若使用 SA 型动态应变放大器, 则可以使用该应变放大器输出标准应变信号。详细操作请参见 INV2309 应变模拟仪和 SA 动态应变放大器的使用说明书。

说明 4: 此处的标定为系统标定, 包括传感器、放大器等全部测量仪器的标定值。

在“信号示波窗口”中对当前该通道的信号进行示波, 您可以根据示波波形确认当前通道的传感器是否处于标定状态 (即是否将传声器正确置入处于工作状态的标准声源中、或者振动传感器是否安装于处于工作状态的振动校准装置上, 或者其它传感器是否处于标准的环境中)。

注: 若当前的采集仪等设备为正常连接, 则在示波窗口中将出现红色文字的提示信息。

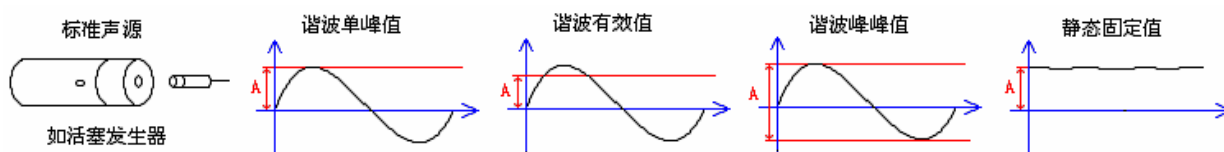


图 3.1.10 几种标准信号类型的示意图

当确认当前通道处于正常标定状态, 则可以开始进行标定操作, 如下:

第一步: 选择标定方法:

在“标定方法”栏中可以选择标定的方式, 对于“标准信号类型”为“静态固定值”方式, 则可以选择三种标定方法, 而其它方式下仅仅可以选择第一种单点标定方法, 三种标定方法说明如下:

(1) 单点标定: 根据一次测量的数据, 直接计算标定值, 标定值 = 电压值 / 标准物理量值, 而直流偏移数值为 0;

(2) 多点标定: 多次改变不同的标准物理量数值, 多次进行标定测量, 得到多组一一对应的电压值和标准值, 然后使用最小二乘法进行拟合计算, 得到最优的标定值结果, 此方式假定直流偏移为 0, 并且适合标准信号不太稳定的情形, 如应变、温度等;

(3) 多点标定(考虑直流偏移): 与(2)类似进行多次标定计算, 但是最小二乘法拟合计算时考虑直流偏移, 得到最后的标定值和直流偏移值, 此方法适合具有直流偏移的传感器, 如应变测量等。

第二步: 输入标准值:

在“标准信号的数值”栏中可以输入当前的标准物理量的数值, 对于声测量通道, 此数值单位为分贝。

第三步: 标定测量:

按“进行标定”按钮, 则对当前的信号进行测量得到电压值, 然后根据标准值, 计算标定值和直流偏

移，而电压值和标准值在其方的列表中显示，而标定值结果在右侧显示。

第四步：重复进行标定：

对于选择多点标定的方式，则可以改变标准信号源，然后重复进行第二步和第三步，其下方的列表中会增加一次测量的电压值和标准值，并且右方的标定值结果数据将随之更新，按“清除数据重新标定”按钮，则清除列表中的所有数据，等待重新标定的操作。对于单点测量的标定方式，则重复进行标定将覆盖上一次的数据，仅仅保留最后一次的标定计算结果。

第五步：将标定结果存入传感器数据库（可选步骤）：

标定完成后，按“保存”按钮，则可以将标定结果存入传感器数据库中。此时 DASP 首先将询问当前标定的传感器是否已经存在于数据库中，若选择“是”，则要求从当前的传感器数据库中选择该传感器，然后将标定结果中的标定值和直流偏移存入该传感器的灵敏度和直流偏置项中；若选择“否”则新建一个传感器记录，并需要输入传感器的型号、编号、类型等内容。

提示：此操作为可选操作，若不进行此操作，标定结果同样会填入通道参数表格中，但不会存入传感器数据库中。

第六步：结束标定：

标定操作完成后，按“确定”按钮，则返回“DASP 采样参数设置”对话框，并且自动将标定结果的标定值和直流偏移填写到通道参数表格中。按“取消”按钮则通道参数表格中的内容不会改变。

3.1.2.2 数字滤波设置

在通道参数表格中点击“数字滤波”列，选择“设置”后即可设置该通道的数字滤波参数，此时将出现如图 3.1.11 的对话框，如下：

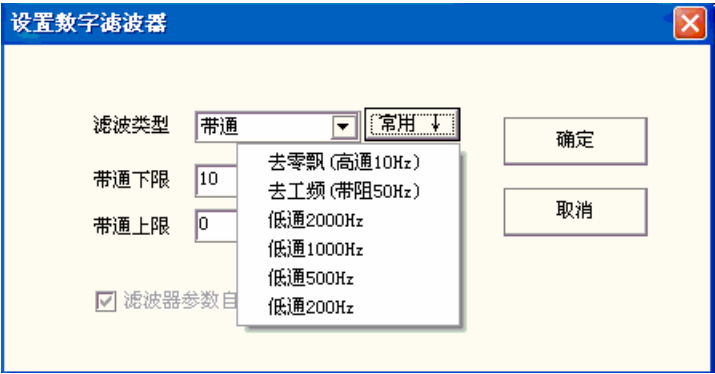


图 3.1.11 设置数字滤波参数

滤波类型：

列表中可以四种不同的滤波方式，包括低通、高通、带通和带阻方式。

当选择低通方式时，在其下方还需要设置低通截止频率；

当选择高通方式时，在其下方还需要设置高通截止频率；

当选择带通方式时，在其下方还需要设置带通的上限频率和下限频率；

当选择带阻方式时，在其下方还需要设置带阻的上限频率和下限频率。

常用按钮：

点“常用”按钮可以选择一些常用的滤波设置，包括去零飘（高通 10Hz）、去工频（50Hz 带阻）及若

干档低通滤波等设置。

滤波器形式:

当采集仪内置 DSP 滤波时, 滤波器可以选择三种方式:

(1) FIR(IN DASP): 不使用采集仪 D 内部的 DSP 滤波, 而是在 DASP 上位机软件中使用 Kaiser 窗函数方式实现的 FIR 滤波器, 该 FIR 滤波器具有较陡的过渡带衰减率和线性相位特点, 但是需要上位计算机具有较快的计算能力, 并且存在采样显示滞后的特点。

(2) IIR(Butterworth): Butterworth 型 IIR 滤波器, 在采集仪内部由 DSP 实时完成;

(3) IIR(Chebyshev): Chebyshev 型 IIR 滤波器, 在采集仪内部由 DSP 实时完成;

当采集仪不具有内置 DSP 实现滤波时, 则使用 FIR(IN DASP)方式。

3.1.2.3 虚拟通道设置

在“通道参数”设置中的“虚拟扩展通道”栏中, 按“增加”、“编辑”和“复制”按钮, 将会出现如图 3.1.12 的“虚拟通道设置”对话框, 通过此对话框可以设置微积分、合成、应力和应变花运算的虚拟通道。



图 3.1.12 虚拟通道设置—微积分方式



图 3.1.13 虚拟通道设置—线性合成方式



图 3.1.14 虚拟通道设置—应变计算方式



图 3.1.15 虚拟通道设置—应变花方式

微积分通道: (实现 AVD 三测量功能) (如图 3.1.12)

在“运算类型”中选择“微积分”, 并在“运算参数”栏中选择“微积分方式”, 包含四种选择: 一次积分、两次积分、一次微分、两次微分。选择合适的微积分方式, 可以实现位移、速度和加速度信号的相互转换。这样仅仅使用一个振动传感器 (位移、速度或加速度传感器均可), 占用一个物理采集通道, 只要增加若干微积分虚拟通道, 即可同时得到位移、速度和加速度三种信号, 即“AVD 三测量”功能。

在微积分方式下, 需要在“参与运算的物理通道”栏中选择采集仪的物理通道, 并在“运算后的虚拟通道”栏中设置虚拟通道的测点号和测点说明, 以及选择 (或输入) 微积分后的工程单位。

提示 1: 类似硬件的积分器, 对于信号中非常低频的成分的积分效果将会有所下降, 在 DASP 中, 若采

样频率为 SF（分析频率范围为 0~SF/2.56），则频率低于 SF/200 的频率成分的微积分效果将下降，因此若
要关心较低的频率成分，则需要降低采样频率，保证关心的频率大于 SF/200。

提示 2：由于微积分操作会产生滞后现象，因此包含微积分的虚拟扩展通道时，在实际采样或示波过程
中的显示波形会比实际信号有一定时间的滞后，但这并不会影响最终的采样结果数据。

线性合成通道：(如图 3.1.13)

在“运算类型”中选择“合成”，在“运算参数”栏中选择要参与合成运算的物理通道数目，在“参与
运算的物理通道”栏中选择采集仪的物理通道和对应的合成系数，即可将若干物理通道的波形合成为新的虚
拟通道，该虚拟通道的波形的每一点为参与运算的物理通道的波形乘以对应的合成系数后的累加结果。在“运
算后的虚拟通道”栏中设置虚拟通道的测点号和测点说明和工程单位。

矢量合成通道：

在“运算类型”中选择“矢量合成”，在“运算参数”栏中选择矢量合成的类型，包括二维矢量合成和
三维矢量合成两种方式，在“参与运算的物理通道”栏中选择参与矢量合成的通道，即可将 2 或 3 和物理通
道的波形进行矢量合成，得到新的虚拟通道，该虚拟通道的波形的每一点为参与运算的物理通道的波形平方
和后再开根号的结果。在“运算后的虚拟通道”栏中设置虚拟通道的测点号和测点说明和工程单位。

说明：参与矢量合成的通道信号的方向应相互为 90° 正交，假设参与二维矢量合成的通道分别为 X 和
Y，参与三维矢量合成的通道分别为 X、Y 和 Z，矢量合成后为 V，则矢量合成的公式为：

二维矢量合成 $V = \sqrt{X^2 + Y^2}$ ， 三维矢量合成 $V = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$

应力计算通道：(如图 3.1.14)

在“运算类型”中选择“应力计算”，在“运算参数”栏中选择“应变->应力”的方式，并输入弹性模
量，即可实现对某一个应变的物理通道乘以弹性模量得到应力的虚拟通道。在应力计算方式下，需要在“参
与运算的物理通道”栏中选择采集仪的物理通道，并在“运算后的虚拟通道”栏中设置虚拟通道的测点号和
测点说明以及工程单位。

应变花计算通道：(如图 3.1.15)

在“运算类型”中选择“应变花”，则可以通过应变花的应变信号进行运算，得到有关主应力或剪应力的
虚拟通道。

在“运算参数”栏中需要设置应变花的形式以及计算内容，如下：

计算内容	可选最大主应力、最小主应力、最大剪应力三种，为虚拟通道的内容
应变花形式	设置应变花的形式，包括两片 90 度、三片 45 度(直角型)、三片 60 度(等角型)、四片 45 度(扇型)、和四片 60 度(伞型)几种，分别对应不同的形式以及不同的物理通道数目。各种应变花的定义如图 3.1.16 所示。
弹性模量	被测材料的弹性模量，单位为 MPa
泊松比	被测材料的泊松比，无量纲

在“参与运算的物理通道”栏中选择应变花各应变片对应的物理通道，在“运算后的虚拟通道”栏中设
置虚拟通道的测点号和测点说明和工程单位。

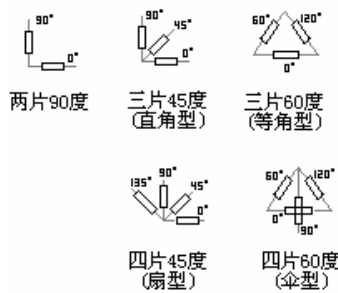


图 3.1.16 几种应变花的定义

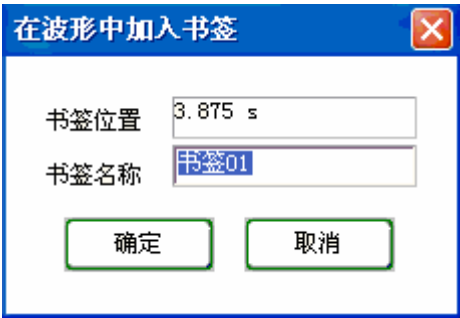


图 3.1.17 采样过程中加入书签标记

3.1.3 示波和采样操作

在正确设置完毕采样参数后，即可开始进行示波或采样操作。

按“示波[O]”按钮，或者按键盘的 [O] 键即可开始进行信号示波，此时要求计算机已经正确连接了对应的采集仪，否则将出现错误提示信息。

按“采样[S]”按钮，或者按键盘的 [S] 键即可开始进行信号采样，此时将在屏幕中央部位显示采样状态和进度信息。采样完毕后，将自动调出信号波形进行回放显示，参见 3.1.4 节。

在采样过程中，可以按“暂停[N]”按钮或按键盘的[N]键使采样进入暂停状态，此时按“继续[N]”按钮可继续进行采样。

在采样过程中，可以随时对某个时刻的波形添加书签标记，按“书签[M]”按钮或按键盘的[M]键则可以在波形中添加书签，此时将出现如图 3.1.17 的对话框，其中“书签位置”显示了在书签波形中的时间位置，此时间位置也是按“书签[M]”按钮或按键盘的[M]键的时刻（提示：书签的时间位置是按下“书签[M]”按钮或者按下[M]键的时刻，而不是按图 3.1.17 对话框中“确定”按钮的时刻），在“书签名称”栏中可以输入书签的名称，然后按“确定”按钮即可。

加入书签后在波形回放或者其他分析模块中可以通过工具条的“书签”按钮进行各种有关书签的操作(参见 2.1.8 节)。若不希望出现图 3.1.17 的对话框请参见提示 6。

按“停止[Q]”按钮，或者按键盘的 [Q] 键可以在采样过程中随时停止采样，停止采样操作并不丢弃已经采样的数据。因此在无法确定采样长度或者采样时间的情况下，通常可以设置一个较大的采样长度，然后开始采样，在确认可以结束采样时，按“停止[Q]”按钮随时结束。

提示 1：由于 Windows 操作系统的多任务性，各应用程序之间可能会出现抢夺系统资源的现象，因此在采样过程中，请避免进行其它操作，或者运行其它软件。否则可能导致采样不能连续进行。

提示 2：采样时 DASP 还会自动检查是否已经存在相同试验名、试验号和测点号的数据，若已经存在，将出现提示信息，提示是否进行覆盖，或者重新设置采样参数。

提示 3：暂停前后的采样数据虽然首尾连接，但在实际时间上是不连续的，因此在需要进行相位分析的情况下（如传递函数分析、模态分析、旋转机械分析）不要使用暂停功能。

提示 4：一般暂停采样是为了改变工况而进行的，例如希望在一个数据文件中同时记录若干不同工况下的数据，而又不希望在改变工况的过程中进行采样，则可以在改变工况的过程中使用暂停功能，等工况改变

完毕并达到稳定后继续进行采样。

提示 5: 暂停前后的数据是直接连接的, 为以后便于将暂停前后的数据区分开, 可以在采样设置的“高级设置”中选择插入一段 0 信号数据用于标记采样暂停的位置。

提示 6: 若希望在采样过程中按“书签”按钮时不出现书签对话框, 而以默认方式自动命名, 则可以在采样设置的“高级设置”中, 将“采样书签设置”项选中。

3.1.4 回放操作

当采样结束后, DASP 将自动调出刚刚采样的数据进行回放, 此时在窗口上部将出现如图 3.1.18 的回放按钮, 分别对应如下操作:

- | | |
|---------------------------------|-------------------|
| 首页: 将波形定位到最开始处; | 末页: 将波形定位到最末处; |
| 前页: 波形向前翻页; | 后页: 波形向后翻页; |
| 左滚: 波形自动由后向前滚动显示; | 右滚: 波形自动由前向后滚动回放; |
| 定位: 直接定位到波形的某一处, 或波形的最大值、最小值处。 | |
| 统计: 统计各通道信号的最大值、最小值、均方差和有效值等参数。 | |
| 提示: 再次进行采样或者示波操作, 这些回放按钮又将自动消失。 | |



图 3.1.18 波形回放按钮

3.1.5 显示和分析操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等, 通过它们可以进行显示和分析的操作。

在“显示”栏中有 5 种显示方式可以设置, 分别为波形、频谱、双显、X-Y 图和量值。在波形方式下将显示各通道的波形图, 在频谱方式下则显示各通道的频谱图, 双显方式下则同时显示各通道的波形图和频谱图, X-Y 图方式下则显示由某两个通道组成的 X-Y 图, 通过按“自定义显示内容”按钮可以设置 X-Y 图上 X 和 Y 轴波形对应的采样通道号, 量值方式下将显示个通道的某个统计量值, 包括有效值、平均值、转速、主频等等, 每个通道可以设置不同的量值类型, 具体方法则是通过按“自定义显示内容”按钮进行设置。

点击“显示”栏的“自定义显示内容”按钮, 将出现“设置显示内容”对话框, 其中可以设置一些显示内容以及各个通道的量值类型, 详细参见 3.1.5.1 节。

“页面内显示所有”的选择项可用于设置多通道波形或频谱的显示方式。选中, 则在当前窗口的画面内显示所有通道的波形或频谱, 当通道数目较多时会自动排成多列。不选中, 则按一列方式进行排列, 当通道数目较多时, 可以操作窗口右侧的滚动条使整个图面上下滚动, 以显示不同通道的图形。

在“幅值”栏中可以设置波形、频谱的纵坐标幅值方式, 可以为反映实际物理量的工程单位值, 也可以是采样的电压值。

通过“波形图”栏的“尺度”可以设置波形图纵向尺度的方式, 有三种方式可选: 固定尺度、统一尺度和自动尺度。其中固定尺度下, 各图的纵坐标范围缺省为采集仪的满量程范围, 此时可以按“设置固定尺度”按钮手动设置每个曲线图形的尺度范围; 统一尺度下, 各图使用相同的满刻度值, 这样各通道波形将在同一尺度下显示, 具有幅值的可比性; 自动刻度下, 各通道根据自身信号的大小分别独立调整满尺度, 使得各通道波形都以较好地占满显示图幅。

通过“波形图”栏的“每页波形”可以设置显示每页波形的点数。提示: 选择不同的点数, 将同时影响频谱图的谱线条数。

通过“频谱图”栏的“频谱形式”可以设置频谱的不同形式，共有四种频谱形式可以选择：幅值谱 **Peak**（反映信号谐波的单峰值）、幅值谱 **Rms**（反映信号谐波的有效值）、功率谱（反映信号谐波的能量，等于有效值的平方）、功率谱密度（反映随机信号的频谱能量分布）。

通过“频谱图”栏的“纵轴”和“横轴”可以设置频谱图的纵轴与横轴的坐标形式，其中纵坐标有三种形式，包括线性、dB 分贝和 Log10 对数，而横坐标有两种形式，包括线性和 Log10 对数。

3.1.5.1 自定义显示内容

在窗口左部的操作控制区中有“自定义显示内容”按钮，点击将出现“设置显示内容”对话框，从中可以设置一些显示内容和量值计算的有关设置，如图 3.1.19 所示。

其中“量值计算设置”栏中的表格，可以自由选择在必波或采样过程中各个通道的信号是否显示、进行何种量值的计算以及量值的名称，分别如下：

显示：设置该通道信号波形是否进行显示，注：此处仅仅设置是否显示，而不影响各通道的采样情况，不论这些通道是否显示，它们总是要进行采样的。

量值名称：此处设置各通道量值数据的名称，如“1#机振动”、“9 瓦温度”等，可以任意输入文字。若不输入任何文字，则默认使用该通道量值计算方法作为量值名称。注意：此处的名称仅仅作作为显示，量值如何进行计算还需要在“量值计算”栏中选择正确的计算方法。

量值计算：示波或采样过程中实时进行某种量值的计算，并进行显示；若选择“波形”或“频谱”显示时，在各通道图形的右上方显示量值数据，若选择“量值”显示方式，则以显目的字体显示这些量值数据。

辅助参数：某些量值计算类型还需要设置相关的辅助参数，点击此列即可出现对话框或下拉列表进行设置。注：对于“转速”方式，需要设置每转脉冲数；对于“流量”方式，需要设置流量计的每个脉冲表示多少升的流量；对于“声级”方式，需要设置计权方式。

监测报警：设置是否对量值进行监测和报警，若设置为 **OFF** 则不进行监测，否则可以设置监测的条件和门限值。



图 3.1.19 设置显示内容对话框

各种量值计算方法说明如下：

有效值：当前测量信号的总有效值，此项适合于振动、动应变、噪声等各种动态信号；

平均值：当前测量信号的平均值，此项适合于温度、压力、静应变等缓慢变化的静态和准静态信号；

最大幅值：当前测量信号中绝对值最大的幅值；

平均幅值：当前测量信号的平均幅值大小；

均方差：当前测量信号的均方差；

峰峰值：当前测量信号的最大值和最小值的差；

转速：根据当前的转速脉冲信号计算转速，适合于电涡流或光电传感器接受的转速信号，单位为 r/min，相当于 RPM（转/分钟），此时需要设置辅助参数——每转脉冲数；

主频：当前测量信号的主频（幅值最大的频率成分），适合于各种动态信号；

主频单峰值：当前测量信号主频成分的幅值（为单峰值），适合于各种动态信号；

主频有效值：当前测量信号主频成分的幅值（为有效值，约为单峰值的 0.707 倍），适合于各种动态信号，注：此处仅仅计算主频成分的有效值，而前面的“有效值”则计算所有频率成分的总有效值；

声级：当前测量信号的声压级，单位为分贝 dB，适合于噪声信号计算声压级，此时需要设置辅助参数——计权方式，有线性计权和 A 计权可选，其中 A 计权方式符合人耳的实际感受；

流量：当前测量信号的每分钟流量，单位为 l/min（升/分钟），适合于接受流量计发出的脉冲信号，此时需要设置辅助参数——每个脉冲对应多少升的流量。

在量值计算设置表格的周围还有一些其他操作，如下：

方案保存：为当前的通道量值计算和名称的内容进行保存，保存时可以起一个名字；

方案调入：调入以前保存的设置方案；

每次启动软件后自动调入该设置：选中此项则以后每次运行本软件，自动调入当前的有关量值设置，若不选中，则下次运行本软件时各通道的量值计算将为默认的有效值方式。

在“X-Y 图设置”栏中可以设置 X-Y 图的数目（1~4 可选），以及各个 X-Y 图对应的测量通道号。

在“1/3 倍频程谱设置”栏中可以设置频谱的计权方式（线性、人体 X/Y、人体 Z、声学 A、B、C、D 等）以及分贝计算的基准值。

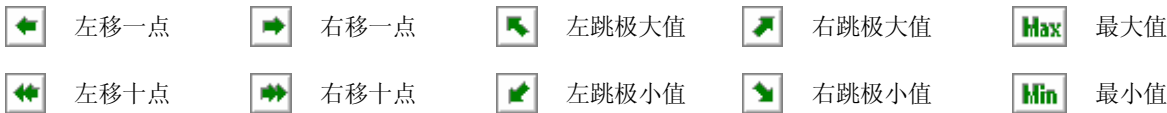
在“主频使用 INV 频率计”选择项可以设置量值计算中的主频的计算方法，若不选择此项，则主频为 FFT 谱的最大峰值频率，可能具有 $\pm 0.5df$ 的误差；若选择此项则使用东方所的 INV 频率计技术计算信号主频，精度可达 0.01%。（df 为频率间隔， $df=SF/N$ ，SF 为采样频率，N 为分析点数），此项设置同样影响量值计算中的“主频单峰值”和“主频有效值”的结果精度。

3.1.6 光标移动操作

鼠标在曲线图上点击，即可将当前的读数光标定位到鼠标点击位置。按键盘的方向键可以使光标左右移动。在各曲线图的上方文字中含有当前光标的位置和读数等信息。

在左部的操作控制区，“光标移动”栏中可以完成一些光标移动的功能，“参照通道”栏可以选择当前光标移动的参照通道。其下方的两排按钮可以完成各种光标移动的操作，分别如下：

提示：在选择跳极值或者最大最小值时，将以参照通道的波形为基准进行光标的移动。



3.1.7 仪器库

在“仪器库”栏中的各个按钮，点击后可调出相应的仪器模块窗口。

3.1.7.1 INV 高精度全息多功能仪

按“高精度全息多功能仪”按钮即可调出 INV 高精度高精度全息多功能仪对话框，如图 3.1.20，其中显示当前测量信号的两类内容：

1 主频成分数据，包括信号中主频谐波成分的精确频率、单峰幅值、谐波失真度、阻尼比和相位差。使用 INV 高精度频率计方法，频率计算精度大大高于 FFT 的频率精度，对于仿真信号可以达到 12 位（十进制）精度；对于实际采集的信号，则受采集仪硬件精度限制，一般在 5~6 位（十进制）精度，若使用 INV-Super 系列采集仪可达 8 位（十进制）精度。

提示：若信号中包含多个频率成分，则此处显示的为主频成分（幅值最大的频率成分）的数据。

2 频谱峰值列表，包括频谱曲线中的若干最高峰值的频率、幅值和阻尼比。

在“通道”栏可以选择当前显示某一个通道的结果；

对于主频成分的数据，可以有如下设置：

在“平均”栏中可以选择计算结果的平均方式和平均次数，对于稳态信号，为提高计算精度，建议选择平均方式，并设置一定的平均次数；

注意：平均方式下，仅仅是频率、幅值、失真度和阻尼比的平均，相位不参与平均计算。平均状态下，频率、幅值、失真度和阻尼比计算结果为各次计算结果的平均，因此平均方式仅仅适用于主频为定频定幅的信号。

在“相位差”栏可以选择计算相位差的参考通道，则显示的相位差为当前通道和该参考通道的相位差。

在“失真度”栏可以选择失真度的方式，包括 THD 和 THD+N 两种，其中 THD 含义为谐波失真度，为频域算法，符合 JJG948-2005 等标准，公式如下：

$$\gamma = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + A_5^2 + \dots}}{A_1}$$

式中： A_1 — 为信号基波幅值；

$A_2, A_3, A_4, A_5 \dots$ — 为 A_1 的二次、三次、四次、五次等谐波幅值。

可见 THD 仅仅考虑了信号基频各次谐波与信号基频的某种比例关系，若信号中存在另一个谐波，其频率不等于基频的任何一次谐波，则在计算失真度时就不予考虑；而 THD+N 则考虑除基频外的所有频率成分和噪声的影响，DASP 中使用时频算法，还可以实现超低频信号的失真度快速测量。

根据定义，THD+N 的结果常常大于 THD 的结果，在较小失真度的情况下，可以使用 THD 频域法；在较大失真度的情况下(如方波)，则建议使用时频法进行 THD+N 的计算。

对于频谱峰值列表，按“+”或“-”可以增加或减少自动读取的谱峰的数目，可设范围为 1~10。

注意：峰值列表的数据均为瞬时值，左侧的平均选择以及平均次数对于峰值列表是无效的。

自动设置采样频率：按“<”、“自动”和“>”按钮可以根据当前的主频频率自动设置系统的采样频率，其中“<”方式设置较低的采样频率，偏重于频域精度，“>”方式设置较高的采样频率，偏重于时域精度，“自动”方式则选择一个适中的采样频率。

注意：自动设置采样频率是根据当前信号主频频率为依据的，若被测信号是没有明确主频的随机信号，

则切勿使用本功能，以免设置不合适的采样频率。

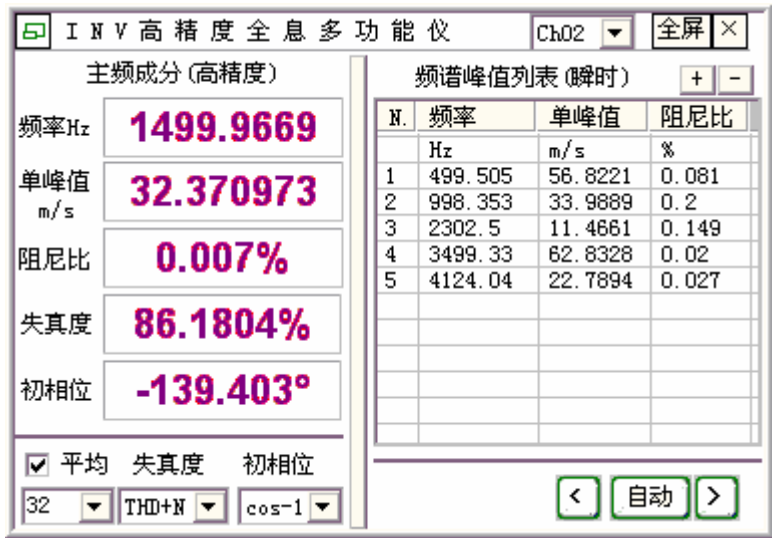


图 3.1.20 高精度全息多功能仪

3.1.7.2 FFT 主频频率

按“FFT 主频率”按钮即可调出 FFT 主频频率对话框，如图 3.1.21，显示了当前测量谐波信号的 FFT 计算的主频频率、幅值以及频率误差和幅值误差。使用 FFT 计算频率和幅值（不加窗处理），可能具有较大的误差，其中频率误差范围为 $\pm df/2$ ，幅值误差范围约为 0~36.3%，其中 df 为频率分辨率， $df=SF/N$ ， SF 为采样频率， N 为分析点数，在窗口左侧的“每页点数”栏中可以进行改变。

FFT 主频频率计在“频率”和“单峰幅值”栏显示当前信号主频成分的 FFT 计算的频率值和单峰值，在“频率误差”和“幅值误差”栏中显示 FFT 频率和幅值的计算误差。注：此误差是 FFT 计算的频率和幅值结果相对使用 INV 高精度频率计和 INV 高精度幅值计计算结果的误差。

提示：若信号中包含多个频率成分，则此处显示的为主频成分（幅值最大的频率成分）的数据。

在“通道”栏可以选择当前显示某一个通道的结果；

在“单次和平均”栏中可以选择计算结果的平均方式和平均次数，对于稳态信号，为提高计算精度，建议选择平均方式，并设置一定的平均次数；

注意：平均方式下，仅仅是主频频率和幅值的数值的平均。平均状态下，频率和幅值计算结果为各次计算结果的平均，因此平均方式仅仅适用于主频为定频定幅的信号。

自动设置采样频率：按“<”、“自动”和“>”按钮可以根据当前的主频频率自动设置系统的采样频率，其中“<”方式设置较低的采样频率，偏向于频域精度，“>”方式设置较高的采样频率，偏向于时域精度，“自动”方式则选择一个适中的采样频率。

注意：自动设置采样频率是根据当前信号主频频率为依据的，若被测信号是没有明确主频的随机信号，则切勿使用本功能，以免设置不合适的采样频率。

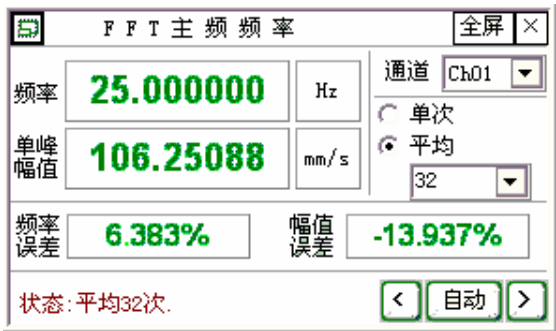


图 3.1.21 FFT 主频频率计

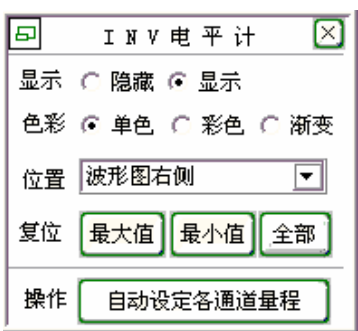


图 3.1.22 电平计

3.1.7.3 电平计

按“电平计”按钮即可调出电平计对话框，如图 3.1.22，电平计是在图形区的时域波形（仅物理采集通道的时域波形）右侧显示的柱状图，示意当前信号的幅值占采集仪满量程的比例，以及保持信号幅值变化的最大和最小值位置，根据该比例可以帮助设置合适的量程或外界放大器的放大倍数，并可以反应信号过载或欠载的可能性。

- 在“显示”栏可以选择是否在波形图右侧显示电平计柱状图；
 - 在“色彩”栏可以选择电平计柱状图的色彩方式；
 - 在“位置”栏可以选择电平计柱状图的显示位置，缺省为波形图右侧；
 - 在“复位”栏按“最大值”、“最小值”或“全部”按钮可以复位电平计柱状图中保持的幅值变化的最大或最小值位置；
 - 按“自动设置各通道量程”按钮可以根据各通道当前的信号幅值情况，自动确定合适的采集仪量程范围。
- 注：对于各通道量程不可独立设置的采集仪，则此按钮将不会出现。

3.1.7.4 网络控制器

按“网络控制器”按钮即可调出网络控制器对话框，如图 3.1.23，通过网络控制器可以实现一台上位机通过局域网同时控制多台下位机的采集过程，并实现下位机的局域网同步触发等功能，适合于一些恶劣环境下进行远程控制采集仪的要求。

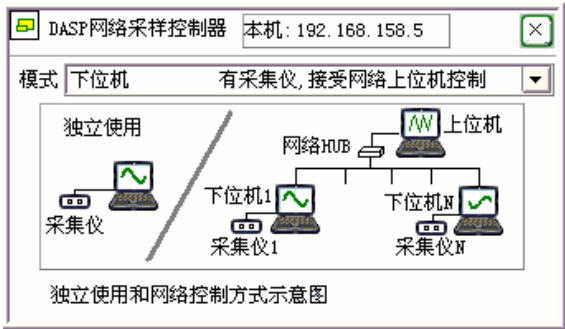


图 3.1.23 网络控制器

- 在“模式”栏中可以设置当前计算机处于哪一种运行模式，共有三种模式可选：
- 独立使用模式，此模式为一台计算机连接一台采集仪，独立使用，是一般情况下选择的方法，相当于不使用任何网络采集控制功能；
- 下位机模式，此模式的计算机为下位机，计算机连接采集仪进行实际的采集工作，同时受上位机的监视

和控制;

上位机模式,此模式的计算机为上位机,上位机不连接任何采集仪,但可以通过局域网监视任何一台下位机的工作状态以及实时波形数据,并可以对下位机进行采样参数的设置以及采样操作的启动停止等。

为保证网络采集控制的正常进行,上位机和下位机必须通过局域网连接,要求如下:

- (1) 上位机和所有下位机通过集线器或路由器连成局域网,并支持 TCP/IP 协议方式;
- (2) 上位机和所有下位机都必须设置静态 IP 地址,IP 地址必须在同一网段内(即 IP 地址的前三段应保持一致,第四段不同,如 192.168.0.1,192.168.0.12 等),子网掩码为 255.255.255.0;
- (3) 上位机和所有下位机都必须设置为相同的工作组,以便上位机可以自动搜索所有的下位机。

下位机操作:

设置为下位机模式时,将受到上位机的监控,但对于下位机本身而言,其所有操作与独立使用模式下的操作相同。一般在下位机模式时,大部分操作均可以通过上位机进行。

上位机操作:

设置为上位机模式后,网络控制器中将自动搜索工作组中的所有下位机,并在列表中显示,如图 3.1.24,其中监控列表示是否为上位机当前监控的下位机,即当前下位机,IP 列为下位机的 IP 地址,名称描述列为下位机的名称,状态列显示各台下位机的当前状态,状态为“×”的下位机表示未与上位机建立连接(可能原因是下位机没有运行 DASP 采样软件,或者 DASP 采样还没有设置为下位机模式),状态为“⊙”的表示已经和上位机连接成功。

此外,网络控制器上方还将出现“刷新”按钮,若中途由于网络故障等原因,使下位机与上位机失去联系,则可以按“刷新”按钮重新搜寻下位机并建立联系。

上位机中显示的采样波形和信息等内容将是在监控列中标识为“√”的当前下位机的采样数据和信息,而不是上位机本身的采样信息。在下位机列表中点击某一个状态为“⊙”的条目,则上位机当前监控的下位机就切换为选择的下位机。

上位机对下位机的控制操作:

参数设置:上位机按“设置”按钮进入参数设置功能时,所设置的各项参数均是对当前下位机进行的,其中的采样数据存放路径也是下位机的本地路径,而不是上位机路径。

注意:虽然上位机可以对所有成功连接的下位机监控和设置,但各下位机的采样数据仍然保存在本机中,而不是保存在上位机中。

仪器库中的自动采样频率设置功能也是当前下位机进行操作的。

示波、采样、停止和零点校准:上位机按“示波”、“采样”、“停止”按钮时,或从“零点校准”对话框中按“校准”或“复原”按钮时,将向当前下位机或全部下位机发送相应的命令,此时将出现“网络操作确认”的对话框,其中的“发送目标”栏中可以选择是向当前下位机还是全部下位机发送命令。

上位机对下位机的特殊操作:

在上位机的网络控制器中的右上角有“★”按钮,点击后出现如图 3.1.25 的对话框,可以对下位机进行重启或关机等特殊操作。



图 3.1.24 上位机模式的操作

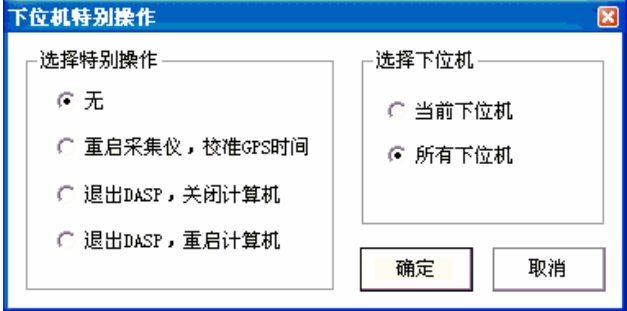


图 3.1.25 下位机特别操作

3.1.7.5 频响(幅值/相位)标定

按“频响(幅值/相位)标定”按钮即可调出该对话框,如图 3.1.26,其中显示两个通道的主频成分的频率、失真度、单峰值、有效值以及通道间的相位差和幅值比。

若一个通道为标准信号,或标准传感器的测量信号,另一通道为被校准传感器的测量信号,则可以通过幅值比得到被校准传感器的灵敏度,此外对多个频率点进行测量和记录,可获得传感器的频响曲线。包括幅频曲线和相频曲线。

注 1: 上述测量数据都是两个通道的主频频率成分的数据;可通过选择“指定频率”计算指定频率成分的数据。

注 2: 频率、幅值、失真度和相位数据均通过 INV 高精度频率计计算进行计算。

注 3: 可通过按“保存”按钮将个频率点的测量结果存入一个标定文件中。此功能需要在没测量完一个频率点后按一次“保存”按钮,并出现如图 3.1.27 的对话框,测量第一个频率点时可按“新建标定文件”按钮新建一个标定文件,此后可选择“存入当前标定文件”将结果添加入该标定文件中。

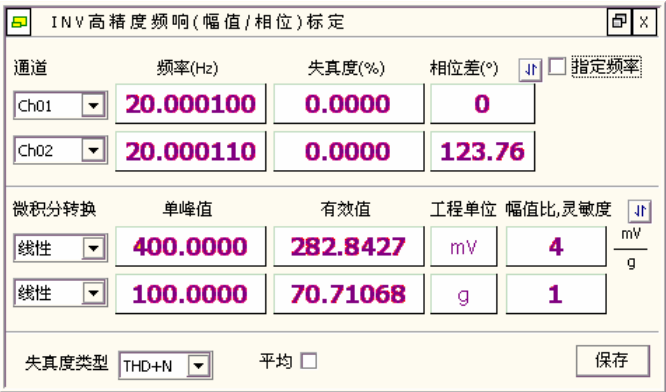


图 3.1.26 频响标定对话框

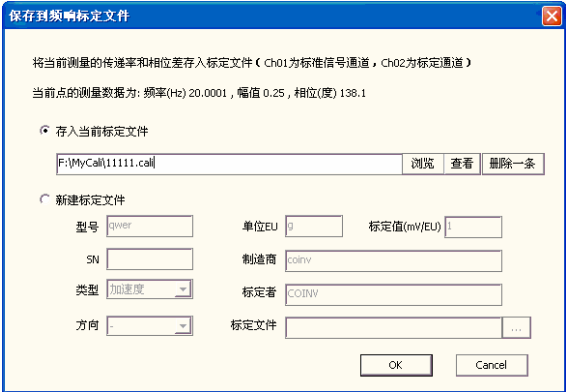


图 3.1.27 将标定曲线存入文件

3.1.8 工具箱

3.1.8.1 INV 整周期示波器

按“整周示波”按钮即可调出 INV 整周期示波器对话框,如图 3.1.28,通过 INV 整周期示波器可以实现某个通道信号的指定周期数目的整周期示波。

在“通道”栏可以实现选择某一个通道整周期示波；

在“周期数目”栏可以选择整周期示波的周期数，作为功能扩展，此处的周期数目不仅可以为整数，还可以为整数+0.5的数据；

设置完毕通道和周期数目后，按“设定”按钮即可自动根据选择通道的主频频率设置采样频率，实现指定周期数目的整周期示波。提示：此处的整周期示波是通过调整采样频率来实现的，不同于等相位采样方式，由于采集仪的采样频率具有一定的档位数，因此对于不同的信号频率，并不能实现准确的整周期示波。

在“当前信号”的“频率”和“周期”栏中显示当前信号的主频频率和对应周期。此处的周期是通过时域波形形状的识别而得到的，不是根据 FFT 或 INV 高精度频率计的计算结果。

3.1.8.2 零点校准

按“零点校准”按钮即可调出零点校准对话框，如图 3.1.29，通过零点校准模块可以校准通道中信号的直流偏移，若连接了可控的应变仪则还可以对应变仪进行平衡等操作。

在“选择通道”栏可以选择要进行零点校准的通道，然后按“校准”按钮，则自动计算该通道当前的直流偏移量，并设置到“参数设置”的“通道参数”页“直流偏移”项中，则采样结果中会自动减去这个直流分量，实现零点校准的功能，按“复原”按钮则复原零点校准的数据，即将直流偏移值设为 0；

在“KYOWA 操作”栏中可对 Kyowa 应变放大器进行自动平衡和内标操作，只有在“参数设置”的“高级设置”页中选择“Kyowa 应变仪程控操作”时才会显示本栏的操作控件。此栏属于特殊装置的特殊操作，若欲了解其详细操作内容请联系北京东方振动和噪声技术研究所的技术支持。

若当前采集仪连接了 INV1021 型程控信号调理器时，则会出现“应变通道的调理器平衡”栏，否则此栏不会出现。在“应变通道”中选择要进行操作的通道，然后按“自动平衡”即可使 INV1021 中的对应通道进行自动平衡操作，按“手动平衡”的“平衡+”和“平衡-”手动调整当前选择通道的平衡位置。

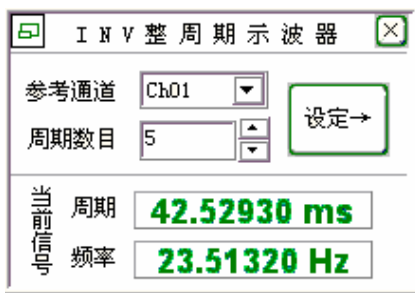


图 3.1.28 INV 整周期示波器

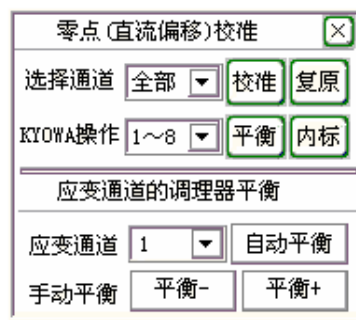


图 3.1.29 零点校准

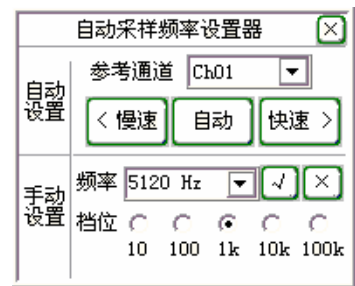


图 3.1.30 自动采样频率设置器

3.1.8.3 自动采样频率设置器

按“自动 SF”按钮即可调出自动采样频率设置器对话框，如图 3.1.30，可以方便地进行采样频率的设置和调整。

在“自动设置”栏中可以根据被测信号的频率自动调整采样频率。在“参考通道”中选择用于参考的通道，然后按“<慢速”、“自动”和“快速>”按钮可以根据参考通道的主频频率自动设置系统的采样频率，其中“<慢速”方式设置较低的采样频率，偏向于频域精度，“快速>”方式设置较高的采样频率，偏向于时域精度，“自动”方式则选择一个适中的采样频率。

注意：自动设置采样频率是根据参考通道的信号主频频率为依据的，若参考通道的信号是没有明确主频

的随机信号，则切勿使用本功能，以免设置不合适的采样频率。

在“手动设置”栏中可以手动输入采样频率，直接进行设置。在“频率”中输入或者选择采样频率的数值，然后按“√”按钮设置采样频率到 DASP 中，按“×”则恢复上一次的采样频率。在“档位”栏中点击不同的档位可以直接改变“频率”栏中的数值，然后再按“√”按钮进行设置。

3.1.8.4 同步校准

具有可级联功能的采集仪，在多台采集仪联网工作时，需要进行采集仪间的时钟同步，以保证各采集仪均可完全同步采集。此时需要使用本功能。

时钟同步可通过同步线、IEEE1588 以太网同步、GPS 或北斗无线同步等方式，还可以选择 GPS/北斗与同步线的组合方式。

点击“同步校准”将自动检查采集仪支持的同步方式，并出现如图 3.1.31 所示，注意，若采集仪不支持某种同步方式，则相关选择项将不能进行选中。

选择线同步方式，需要选择一台采集仪作为同步主机，如图 3.1.32 以 INV3062 为例；

选择 GPS 同步，需要选择自动同步或指定时间的同步方式，若所有采集仪都连接在同一个局域网内，则可以直接选择自动同步方式，由系统决定各采集仪的同步开始时间，如图 3.1.33 以 INV3062 为例。若采集仪不在同一个局域网内，则必须为各局域网内的采集仪指定同一个同步启动时间。如图 3.1.34 以 INV3062 为例；

选择 GPS+线同步方式，则 GPS 模块必须有效连接在线同步的主机上。如图 3.1.35 以 INV3062 为例；

选择 IEEE1588 方式，系统自动完成同步，无需进行其他设置。

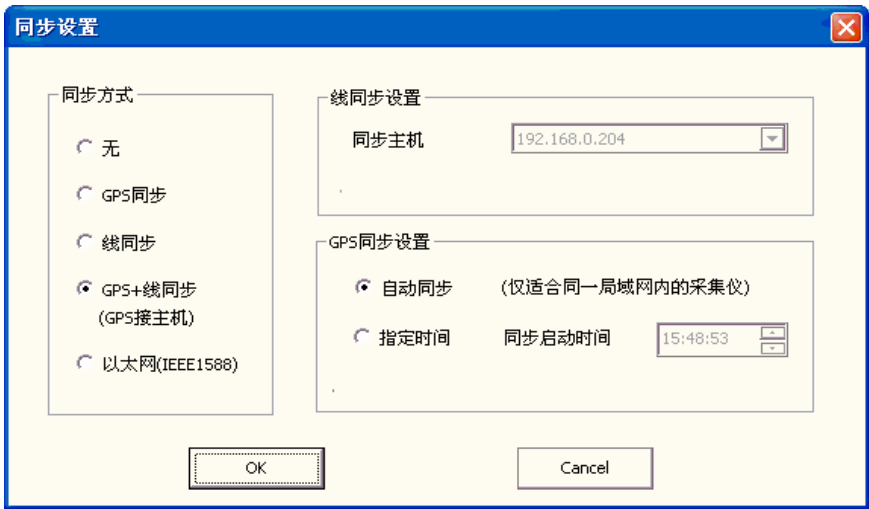


图 3.1.31 同步设置对话框

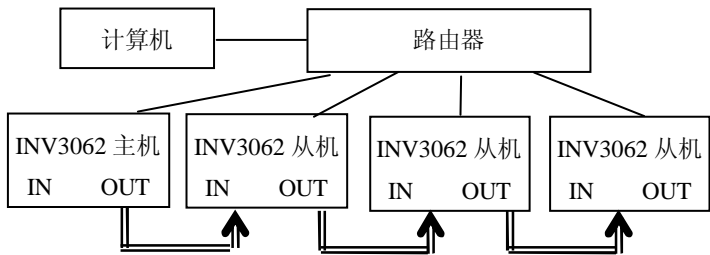


图 3.1.32 多台 INV3062 使用同步线同步

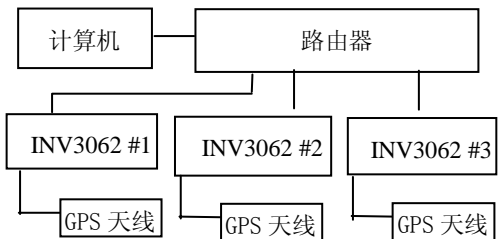


图 3.1.33 局域网内多台 INV3062 使用 GPS 同步

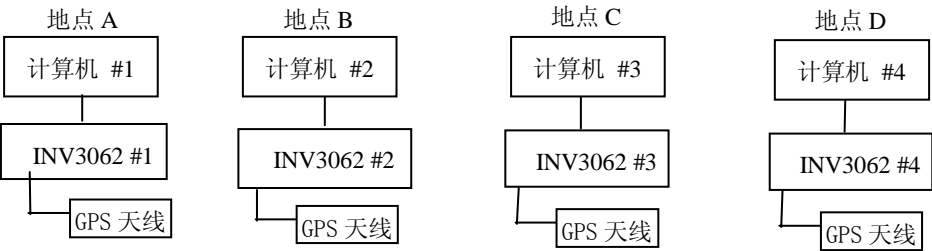


图 3.1.34 多台不同地点的 INV3062 使用 GPS 进行无线同步

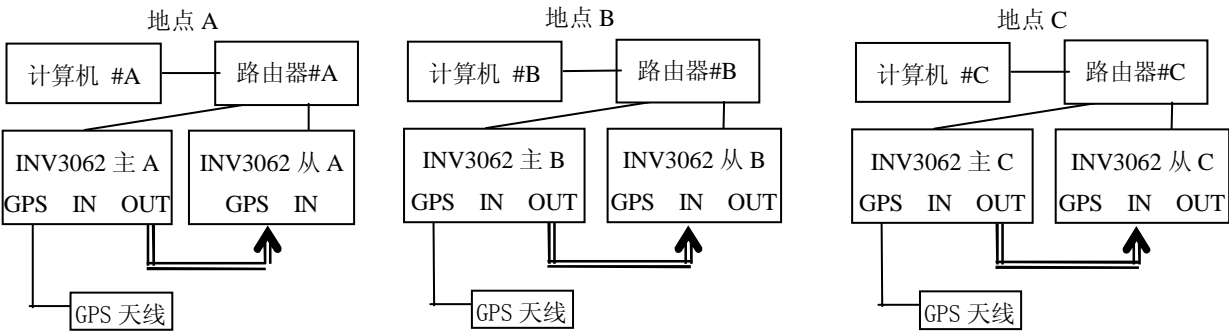


图 3.1.35 分布多地的多组 INV3062 的组合同步模式

3.1.8.5 数据在线传送至 SQL Server

按“SQL 连接”按钮将出现“数据在线传送至 SQL Server”对话框，如图 3.1.36。

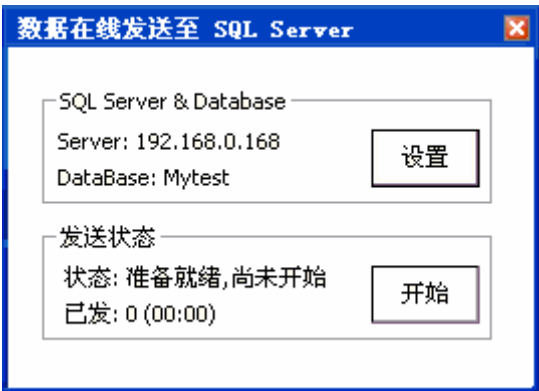


图 3.1.36 数据发送至 SQL Server



图 3.1.37 设置 SQL Server 连接

说明：使用该功能之前，计算机或网络系统中必须安装 SQL Server 2000 及以上版本的软件，并且使用某个帐户登录到 SQL Server 中，新建一个空数据库，该登录用户对新建的数据库具有读写等权限。

按“设置”按钮将出现如图 3.1.37 的对话框，从中设置连接 SQL Server 的各项参数，其中“服务器”指的是 SQL Server 服务器的名称（即为 SQL Server 服务管理器程序中的“服务器”项的内容，或者服务器计算机的 IP 地址），“登录帐户”和“登录口令”为有效的可以正常登录 SQLServer 的帐户和口令，“数据库”为使用上述帐户在 SQL Server 中新建的数据库的名称。

在“其他参数”中选中“进入采样模块后自动运行本功能”，则可以实现本功能的自动运行，否则需要在图 3.1.36 中按“开始”按钮才开始本功能，开始后此按钮变为“停止”，按下后可停止本功能。

本功能运行后，将在数据库中新建若干个数据表，数目等于当前连接的采集仪数目，即每个采集仪对应一个数据表，数据表的名称为：DevX-YYYYmmddHHMMSS，其中 Dev 为固定字母，X 为连接采集仪的序号，YYYY、mm、dd、HH、MM、SS 为建立时间的年、月、日、时、分、秒。

提示：每次开始本功能都将新建不同名称的数据表，因此数据库中将可能存在很多数据表，而 DASP 还将建立一个名为 CurrentTable 的数据表，其中记录当前正在使用的数据表的名称、以及对应采集仪的位置（如 IP 地址）和采集仪实际使用的采样频率。

本功能运行过程中，不断地将当前采样的波形数据发送到 SQL Server 数据库中的当前数据表中，大约每隔 5~20 秒发送一次数据，因此其他应用程序就可以通过访问该数据库在线获取采样波形数据。

提示：当按下“停止”按钮，或者采样程序退出，或者采样参数发生变化，或者采样 AD 重启，都将结束当前的发送过程，在下一次开始后将建立新的数据表。

数据表 DevX-YYYYmmddHHMMSS 的字段定义：

字段名	Point	T	Ch1	CH2
类型	int（4 字节）	float（8 字节）	float（8 字节）	float（8 字节）	float（8 字节）
说明	数据点序号	数据点的时间	所有使用的通道的数据，数目等于实际采样通道数目		

提示：Point 为数据点的序号，从 1 开始计数，T 为该数据点与第一个数据点的时间间隔，等于（序号-1）乘以 dt（dt 为采样间隔，等于采样频率的倒数）。各通道的数据用字母 CH 加上通道号组成字段名，每个通道对应一个字段。

数据表 CurrentTable 的字段定义：

字段名	DeviceNo	TableName	SF	Description
类型	int（4 字节）	char 50 字节）	float（8 字节）	char (50 字节)
说明	采集仪序号	当前使用中的数据表名称	采样频率，Hz	采集仪描述，对于网口采集仪为 IP 地址

提示：若当前连接了多台 LAN 网口采集仪，则采集仪描述内容为采集仪的 IP 地址。通过 CurrentTable 表即可得到各采集仪对应的 IP 地址、数据表名称和采样频率。

一般情况下，采集仪序号按照其 IP 地址从小到大进行排序的，序号为 1 的采集仪的 IP 地址最小。

提示：虽然 DASP 中使用了 SQL Server 的批拷贝功能以加速存储速度，但是访问数据库的速度一般还是大大低于 DASP 直接存储的速度。因此当采样频率较高时，使用本功能可能导致数据不能全部发送，或者影响采样程序不能连续运行。

3.1.8.6 录音机

按“录音机”按钮将出现“录音机”对话框，可实现采样过程中通过计算机声卡进行同步录音。有关操作详细内容请参见 3.1.14.。

3.1.8.7 锤击试验测点指示

当进行锤击激励的模态实验时，可在测量过程中，根据测量过程显示当前激励位置的示意图。按“锤击试验测点指示”按钮即可在采样窗口下方出现一个模态几何结构图，并标注当前的激励点的位置。

使用该功能，必须满足以下条件：

- (1) 采样开始条件为多次触发方式，即锤击试验；
- (2) 在数据路径下，通过 DASP 模态软件已经生成相同试验名和试验号的几何结构，并输入了约束信息。
- (3) 软件授权中包含模态分析软件授权。

3.1.9 INV3060/3062 网络采集器状态对话框

若选择使用 INV3060/3062 系列网络接口采集器（AD 版本为 903），则在进入本模块之前，将先出现采集器的搜寻和状态显示对话框，如图 3.1.38 所示，该对话框将自动搜寻当前可用的网络采集仪，并列出个采集仪的型号、主要特性参数、当前工作状态、空余存储空间和内嵌程序版本等信息。



图 3.1.38 网络接口采集仪的搜寻和选择对话框

若某台采集仪已经被网络中的其他计算机连接则显示被占用的信息，否则显示空闲状态。

若某台采集仪的内嵌程序版本较低，则自动对该采集仪的内嵌程序进行升级，升级后自动完成重启等过程，此时只需等待片刻即可。

对于所有连接的采集仪，可以任意选择其中几台进行连接，只需在列表中选中即可。然后按“开始”按钮即可进入示波采样模块。若某台采集仪已经被其他计算机占用，则选中后将会提示是否强制连接，若选择强制连接则强行将该采集仪从其他计算机上断开，并连接到本台计算机。

提示：若采集仪的空余存储空间为 0，则表示该采集仪可能不包含内置存储功能，或者内置存储器已经被用完，此时该采集仪不能将采样数据存储在该采集仪内部。

离线采样功能：

对于具备内置存储器和内嵌计算机的采集仪，可以脱离计算机进行离线工作。

离线采样之前，应先通过计算机连接各台采集仪，并设置好离线工作参数后，按“离线采样”按钮即可进入离线工作状态，此时就可以将计算机断开。

通常离线工作对于需要长期定时进行测量的工作，例如测量铁路振动的试验，需要将采集仪放置在铁轨附近进行若干天的离线工作。离线工作时，每当列车到来时触发采样和存储，待列车通过后，采集仪再次回到等待触发状态，直到下一辆列车到来时再次触发采样和存储。

因此合适的离线采样应该是设置采样开始条件为信号触发、采样结束条件为指定长度或时间方式（不能设置为手动停止），并且设置一定的定时启动参数。

离线采样的数据都将存储在采集仪内部的存储器中。

浏览或下载采集仪内部存储的数据：

对于存储在采集仪内部的数据，可以在任何正常连接的时候将数据下载到计算机中。具体方法为：从 DASP 软件主菜单的“文件|采集仪数据浏览”中调出 NetDatManage（网络数据管理）软件，从该软件中可以浏览采集仪中的所有数据，以及进行数据的下载、清除等操作。

3.1.10 INV9500 无线采集器状态对话框

若选择使用 INV9500 系列无线采集器（AD 版本为 943），则在进入本模块之前，将先出现采集器的搜寻和状态显示对话框，如图 3.1.39 所示，该对话框将自动搜寻当前可用的无线采集器，待各采集器搜寻完毕，列表中显示各采集器的 SN 序列号、连接状态、型号、通道数、电池电量、供电状态以及无线信号的发射和接收质量等信息。在右侧的文字窗口中，则显示当前计算机与各个采集器之间的通讯信息。



图 3.1.39 无线采集器状态对话框



图 3.1.40 下载数据的参数确认对话框

FLASH 数据下载：

无线采集器内置 FLASH 存储器，并保存最近一次采样的数据（最大不超过 FLASH 的容量），若需要重新将 FLASH 中的数据下载，可以先从列表中选择一个采集器，然后点击“下载数据”按钮，将出现如图 3.1.40 的对话框，要求确认保存下载数据的文件和通道参数。该对话框中缺省显示最近一次的采样参数，也可以进行更改，然后按 OK 按钮后开始数据下载过程，并显示下载进度对话框，下载完毕后，数据将被保存到指定

的文件中。注：采样频率和增益参数是直接 from 采集器中读出的，不可更改。

进入示波采样模块：

待各采集器搜寻完毕，可以从列表中选择要使用的采集器，然后按“开始采样”按钮，即可进入示波采样模块。未选择的采集器将进入休眠状态，并从列表中删除。

隐藏和显示状态对话框：

进入示波采样模块后，无线采集器状态对话框继续存在，按“X”则隐藏该对话框。隐藏后，按窗口上部工具条中的“无线采集仪状态”按钮后，可再次显示该对话框。

关于无线采集器的型号、序列号和组号：

无线采集系统一般包括一个无线网关和若干无线采集器。无线网关有 INV9501/9503/9504 等型号，它通过 USB 连接到计算机中，实现计算机与无线采集器的通讯。无线采集器包括 INV9532（1 通道，24bit，外接电压输入）、INV9526（4 通道，16bit，外接应变桥路输入）和 INV9512（3 通道，16bit，内置三轴加速度传感器）等类型。

每个无线网关和采集器都具有不同的序列号（SN 号）以便区别。例如图 3.1.32 中所示，网关为 SN283，无线采集器有 5 只，分别为 SN6118，SN6119，SN6120，SN6121 和 SN6122。

此外无线网关和采集器还具有一个组号，无线网关只能搜寻到与其组号相同的无线采集器。这样不同组号的无线采集器在同一个区域使用时就不会相互混乱。图 3.1.31 中网关和各个采集器的组号均为 0xAAAA。

关于无线通讯信息：

无线采集器状态对话框右侧显示计算机与采集器之间的所有通讯信息，一般包括三类信息。首先计算机向采集器发出各种命令信息（以“>>”开头）。采集器接收到命令，进行相关操作后将向计算机发出回复信息（以“<<”开头）。若计算机长时间没有收到采集器的回复信息，则提示超时信息（以“><”开头），此时说明通讯出现故障或干扰，采集器可能无法正常工作。

充分了解通讯信息的内容，可以帮助更好的使用无线采集器。下面为三种主要动作的通讯内容：

- 1) 搜寻采集器时，需要进行的步骤：唤醒该采集器、查询设备特性、查询版本特性、查询网络特性。
- 2) 开始采样时，需要进行的步骤：各采集器停止采集、向各采集器设置采集参数、擦除各采集器的 FLASH 数据、查询网关同步时间、各采集器开始同步采集等操作。
- 3) 采样结束时，需要进行的步骤为：各采集器停止采集、查询是否有丢失的数据，各采集器补足丢失的数据。在补足丢失数据时，若时间较长则会出现进度对话框。

关于无线通讯速度和稳定性：

无线采集器的每个动作都需要由计算机发出后并等待回复，这个过程可能较慢。对于多台采集器而言，则需要花费更多时间。因此使用无线采集器时，每当示波、采样或停止等命令发出后，都可能需要等待几秒甚至十几秒的时间，此时请耐心等待，并尽量不要进行其他操作，但是可以通过对话框右侧的通讯信息栏观察当前的通讯情况。

无线通讯不可避免会受到干扰，尤其在采集过程中实时进行数据传输时，更加容易丢失数据包。为保证大部分数据可以及时传输，则需要设置合适的采样频率。所有采集器的总通道数和最大采样频率的限制如下表，而实际应用时，建议选择更低的采样频率。

总无线传输通道数	1	2	4	8	16
最大采样频率(Hz)	2K	1K	500	250	100

采集过程时，若有数据包丢失，则只能在采集结束后补足，而采集过程中对于丢失的数据则使用折线直接连接前后的数据进行显示。

提示：丢失的数据是从采集器内部 FLASH 中找回的，而采集器内 FLASH 容量有限（一般为 2M 字节），因此当采样数据很长时，后面丢失的数据将无法找回。

常见问题

1 正常连接后，若将网关从计算机上拔下，然后再重新连接，则可能需要大约 1~2 分钟的时间才可以找回全部采集器。技巧：若将采集器的电源关闭后再打开，则可以很快被网关找到。

2 若某个采集器的通讯总是处于超时状态，或采集数据大量丢失，请检查采集器的电池电量是否太低，或者是否有阻碍通讯的情况。若通讯仍然不正常，可以将采集器的电源关闭后再打开。

3.1.11 温度设置和测量对话框

选择使用温度测量，则可以进行相应的设置，并将出现温度测量对话框以显示实时温度测量数据。若选择 ADAM6015/6018 型温度测量设备，则设置窗口如图 3.1.41 所示：

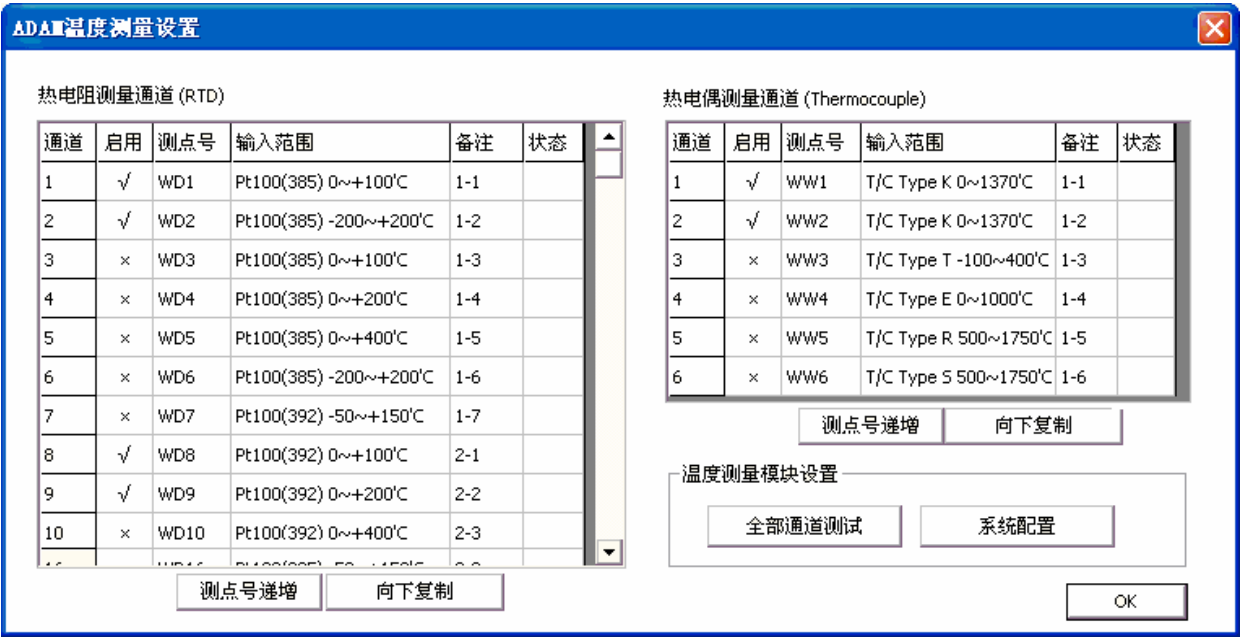


图 3.1.41ADAM6015/6018 型温度测量设置

其中包含热电阻和热电偶两种设置。在热电阻 (RTD)通道设置中，“启用”列用于设置是否开启某个通道，“测点号”栏则为各通道设置测点号，“输入范围”列则根据实际连接的热电偶类型进行选择，“备注”列显示该通道数据第几台 ADAM6015 的第几通道；在热电偶(Thermocouple)通道设置中，“启用”列用于设置是否开启某个通道，“测点号”栏则为各通道设置测点号，“输入范围”列则根据实际连接的热电偶类型进行选择，“备注”列显示该通道数据第几台 ADAM6018 的第几通道；

“全部通道测试”按钮用于测试各台设备的哥哥通道是否正常连接，点击后将自动监测所有通道，并在“状态”列显示结果，若某通道显示一个温度数据则表明正常，显示“未连接”表示 ADAM6015 或 6018 设备未正常连接待系统中，显示“开路”表示该通道为连接热电偶或热电阻传感器。

“系统配置”按钮用于配置 ADAM6015 和 6018 设备的参数，如图 3.1.42，其中设置各台 ADAM6018

和 ADAM6108 的 IP 地址。注意：该设置必须与实际设备设置的 IP 地址相同，实际设备的 IP 地址设置请参见 ADAM 产品说明书。

当温度测量通道选择并设置完毕后，将出现“温度测量表”对话框，实时显示各通道的温度数据，如图 3.1.43 所示，该窗口可通过鼠标改变其大小和位置，DASP 软件会自动记忆大小和位置信息。

当开始采样时，这些温度数据也会按照 DASP 采样数据的格式进行记录，温度数据的采样频率约为 1Hz。

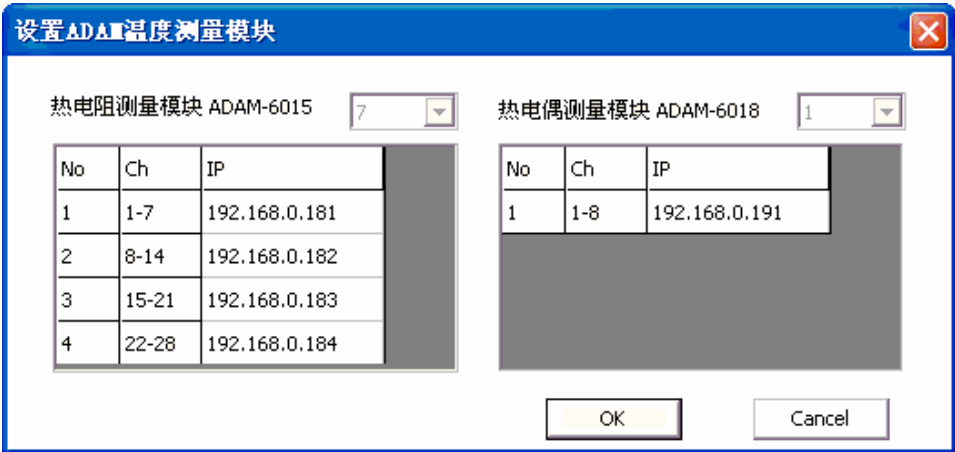


图 3.1.42 ADAM6015/6018 型设备的系统设置

温度测量表				
No.	测点号	温度(°C)	描述	备注
1	WD1	2.16	1-1	Ch1/192.168.0.181/RTD/ADAM6015
2	WD2	2.85	1-2	Ch2/192.168.0.181/RTD/ADAM6015
3	WD8	5.96	2-1	Ch1/192.168.0.182/RTD/ADAM6015
4	WD9	8.01	2-2	Ch2/192.168.0.182/RTD/ADAM6015
5	WW1	-0.18	1-1	Ch1/192.168.0.191/ThermoCouple/ADAM6018
6	WW2	-1.09	1-2	Ch2/192.168.0.191/ThermoCouple/ADAM6018

图 3.1.43 温度测量表

3.1.12 CAN 信息读取

选择使用 CAN 信息读取功能，则可以进行相应的设置，并将出现 CAN 信息对话框。

使用此功能可以从系统 CAN 总线中自动读取关心的信息并显示。提示：由于各系统的 CAN 信息定义各部相同，本功能仅仅用于读取信息，并以十进制或 16 进制进行显示，而不包括 CAN 信息发送功能。

若选择 CANET 型设备，则设置如图 3.1.44 所示。

在“CAN 设备与主机连接参数”栏中设置各个连接参数，包括 CAN 设备的 IP 和端口号，以及用于同 CAN 设备通讯的主机的 IP 和端口号，其中主机 IP 为计算机的网口 IP 地址，而 CAN 设备的 IP 必须与主机 IP 为同一网段，端口号可按缺省设置。

在“CAN 传输波特率”栏中设置 CAN 设备的波特率，可支持 1 个或 2 个 CAN 通道的设置。

在“CAN 信息选择 ID 范围”栏中可以选择若干个 ID 范围，则 DASP 仅仅读取这些范围内的信息，其他信息则被忽略。

选择 CAN 信息读取功能后，将出现“CAN-BUS Message”窗口，如图 3.1.45,其中将显示从 CAN-BUS

中读取的各条指定范围的信息，每条信息包括其 ID 号和内容。选中“HEX”，则以 16 进制格式显示信息内容，否则以十进制 ASCII 码显示信息内容。

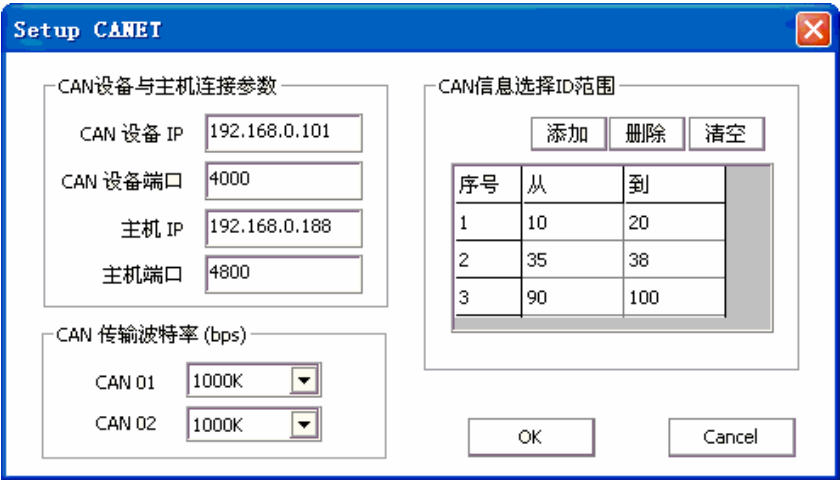


图 3.1.44 CANET 型设备参数设置

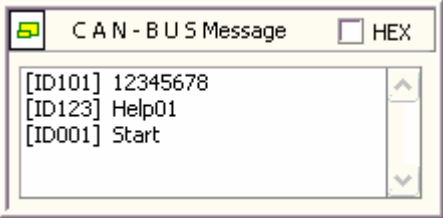


图 3.1.45 CAN 总线信息读取列表

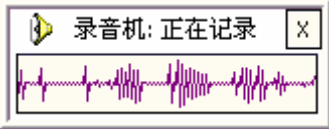


图 3.1.46 采样过程中进行语音录制

3.1.13 采样时同步进行语音录制

在进行变工况的信号连续采集过程，为标记工况变化信息，可以在采样过程中按“书签”按钮进行书签的标记（参见 3.1.3），也可以在整个采样过程中通过计算机声卡进行同步语音录制，在数据回放过程中，通过语音的播放来确定信号波形的不同位置标记。

若需要开启语音录制功能，必须在采样之前开启“录音机”，可以通过两种方式开启：1 从设置对话框的“其他通道”的“语音录制”栏，2 从左侧控制区的“录音机”按钮。

开启后将出现如图 3.1.46 的录音机对话框，其中显示当前通过计算机声卡录制的声音波形图和“录音机就绪”状态信息，当按下“采样”按钮开始采样时，将自动进行语音的保存，并显示“录音机：正在记录”的状态信息。通常语音文件保存在当前采样数据的存盘路径下，并且语音文件的名称为 试验名+试验号+“#.wav”，该语音文件为 WAV 格式，也可在其他软件中播放。

当以后调入本次采样的时域波形数据时，将自动调入对应的语音文件，并可进行显示、播放和定位，详细操作请参见“时域分析”模块。

3.1.14 模拟信号 DA 输出控制

若硬件系统具有模拟信号输出(AO)通道，则从“设置”中的“其他通道”属性页中选择相应的 AO 设备，确定后将出现“INV 信号发生器/模拟信号输出”控制对话框，如图 3.1.47，同时还将打开“DASP 虚拟信号发生器”。

请从 DASP 虚拟信号发生器中可以设置需要输出信号的各项参数（请设置前若干通道，对应前若干个 AO 输出通道），然后从“INV 信号发生器/模拟信号输出”对话框中控制输出操作。在“输出通道数目”栏中选择开启前几个通道，“DA 输出频率”中设置 DA 转换的频率，按“输出”按钮则开始数数模拟信号，输出过程在按“停止”按钮可停止模拟信号输出。

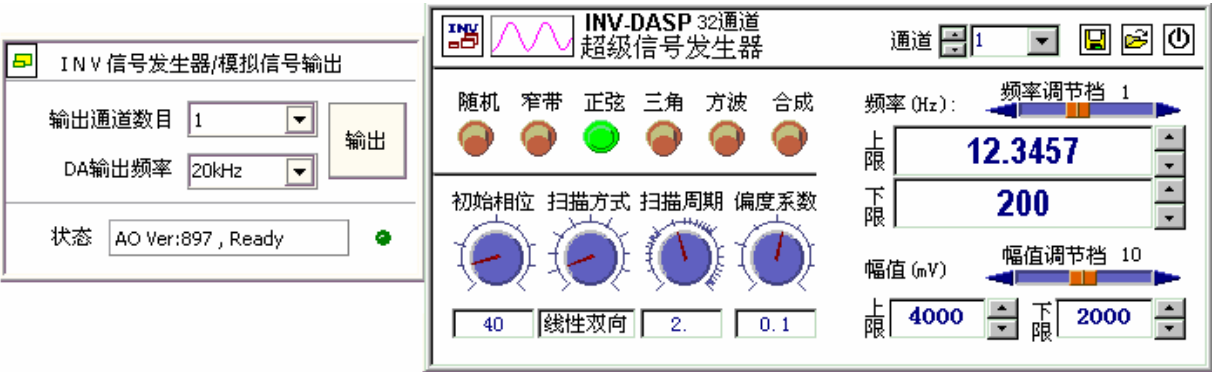


图 3.1.47 模拟信号输出控制和信号发生器设置

3.1.15 实时采集波形自动存储并通过 FTP 发送

从“设置”中的“高级设置”属性页中的“数据自动存储并通过 FTP 发送”栏中选中“启动 FTP 发送功能”，则可启动 DASP 的波形自动存储并发送功能，该功能如下：

DASP 在示波或采样过程中，自动将波形存储到本地磁盘文件中，并且是分段存储（分段存储的时间间隔可调），然后自动通过 FTP 发送到网络上的 FTP 服务器中，发送后则删除本地磁盘中的文件。

若使用此功能，则首先需要在网络上（局域网或互联网）的某一台计算机中运行有 FTP 服务，然后 DASP 将自动发送分段存储的文件到该 FTP 上。因此还需要在 DASP 中设置该 FTP 服务器的有关信息。

点击“FTP 发送设置”，将出现如下对话框：



图 3.1.48 数据通过 FTP 发送设置对话框

其中：分段存储时间为在本地磁盘上存储文件的分段秒数，

服务器 FTP 设置中包括如下参数：

FTP 主机：FTP 服务所在计算机的名称或 IP 地址，不需要 ftp:// 的前缀；

FTP 端口：FTP 服务使用的端口，一般缺省为 21；

FTP 子文件夹：FTP 路径下的子文件夹；

用户名和密码：可正常登录该 FTP 的用户名和密码，并且该用户必须具有读文件、写文件和创建子文件夹的权限。

以上图为例说明：

运行 DASP 软件的计算机称为本地计算机，与其联网的另一台计算机 IP 地址为 192.168.0.1，其上运行有 FTP 服务，采用 21 号端口，并建立账号 TestFtp，该账号的登录密码为 TestFtp，具有读写文件和创建文件夹的权限。

DASP 示波采样模块运行时，自动将每 30 秒的时域波形数据存盘至本地计算机的 c:\daspout 文件夹下，每个文件存储后将自动发送到 192.168.0.1 计算机的 FTP 上的子文件夹 aaa 下，然后删除 c:\daspout 下刚发送完毕的存盘文件。

FTP 发送的数据文件的名称为： 试验号+年+月+日+时+分+秒+.CSV。文件名中的时间为该数据文件的起始时间。

FTP 发送的数据文件的格式为 CSV 格式，即为逗号分隔的文本格式，其每一行为每个采样点的数据，每行均有若干列数据，每列依次代表采集仪的每个通道。

提示 1：若启动此功能，数据将不断进行存储和发送，请确保 FTP 服务正常启动。再次运行 DASP-V11 的“示波采样”时，此功能可自动启动。

提示 2：FTP 服务为标准的网络服务之一，可通过任何一个商用 FTP 软件建立 FTP 服务，也可以通过 DASP 软件中的免费 FileZilla 软件建立 FTP 服务。请在 DASP 安装路径下寻找 FileZillaServer.exe 运行可启动 FTP 服务，寻找 FileZilla Server Interface.exe 运行可设置 FTP 的用户等。

提示 3：在“高级设置”属性页中若选中“计算机启动后自动进入采样模块”，以及选中“启动 FTP 发送功能”，则可以实现计算机启动后，DASP 软件自动运行，并自动进行数据的 FTP 发送功能。

提示 4：由于需要实时存储文本文件并调用 FTP 发送功能，可能占用较多的计算机资源，因此在采样通道数较多并且采样频率较高的情况下，慎用此功能。

3.2 静载试验测量分析

选择菜单“静载试验”，即可进入静载试验模块，此时出现如图 3.2.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区则可以进行测量设置和分析显示操作。窗口主体部分为图形显示区，其中静载试验的测量曲线，按左侧的“测量[S]”按钮即可开始静载试验。

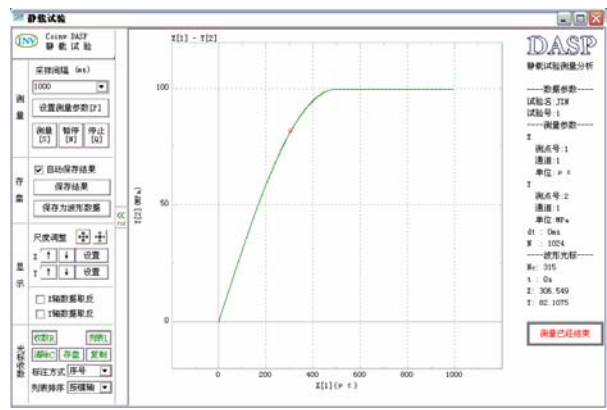


图 3.2.1 静载试验窗口



图 3.2.2 设置静载试验参数

3.2.1 静载试验方法介绍

静载试验模块是对测量缓慢加载的试验过程，并实时绘制两路信号关系曲线的测量分析软件。
静载试验模块可以对两路信号进行测量，通常这两路信号都是在缓慢加载试验中的慢变信号，包括逐渐变化的载荷信号，以及对应的响应信号，并且绘制这两路信号的曲线（即以第一路信号为 X 轴，第二路信号为 Y 轴绘制的 XY 图）。
例如进行材料的拉伸试验，试验中的拉伸力（载荷）是慢速加大的缓变信号，而同时材料的长度变化量（响应）也是缓慢变化的，使用静载试验模块，即可得到试件的拉力—变形曲线，如果测量的载荷和响应分别为应力和应变，则可以得到材料的应力应变曲线。

3.2.2 设置试验参数

在进行测量之前，首先要对测量通道等参数进行正确的设置，方法为点击左侧操作控制区的“设置测量参数”按钮，将出现如图 3.2.2 的对话框，其中可以设置试验名称参数、描述参数和通道参数，如下

- 试验名：此处可以输入测量试验的名称，在 DASP 中均称为试验名，通常由若干简单的字母组成。注意：由于试验名将用于文件命名，因此不要使用特殊字符（包括 \ | * ? ; : “ < > ”）；
- 试验号：实际测量试验中，可能要进行多次采样，可以使用不同的试验号标识各次测量的数据，试验号建议使用数字，也可以使用字母，但同样必须符合计算机文件命名规范。
- 数据路径：测量数据和结果将存放的计算机路径（文件夹）。
- 试验对象：描述试验的对象名称等任何文字信息；
- 试验工况：描述试验的工况环境等任何文字信息。

测量通道：实际连接采集仪的通道号；

测点号：可为两个通道的信号命名，建议为字母或者数字，必须符合计算机命名规范；

工程单位：即该通道测量信号的物理量单位；

标定值：即该通道测量的物理量信号经过传感器和放大器等设备后转变为电压量的比例关系，单位为 mV/EU。若某通道的标定值为 CV，则表示每个物理量的信号经过转换后进入采集仪时被转换为 CV 个 mV 的电压。例如使用加速度传感器进行测量时，传感器的灵敏度为 A mV/g，经过放大器的放大倍数为 B，然后进入采集仪，则此测点的工程单位可以设为 g，灵敏度为 $CV = A \times B$ (mV/g)；

直流偏移：单位为 mV，一般情况下直流偏移量应设为 0，但有些传感器会有一个固定的直流偏移量，则可以在此处设置，则采样后的电压信号将首先减去此直流偏移。

测点描述：可以输入测点位置描述等任何文字信息，也可以不填写。

“标定”按钮：点击某一行的“标定”，则将弹出“采样通道系统标定”的对话框，如图 3.2.3 所示，可以对该通道进行系统标定。对于静载试验，信号类型应选择为“静态固定值”。

注：关于利用标定值和直流偏移，将采样电压信号转换为物理量的关系式如下：

$Y = (X - D) / CV$ ，其中 Y 为转换后的物理量数值（单位为工程单位 EU），X 为 AD 采样的电压值（单位为 mV），D 为直流偏移，CV 为标定值。

3.2.3 进行静载试验

设置通道参数后即可开始静载试验测量，但测量前还可以对测量速率和保存方式进行设置。

采样间隔：

在左侧操作控制区中“测量”栏的“采样间隔”栏中可以设置采样的时间间隔，即每隔多长时间进行一次测量，单位为毫秒，对于缓慢变化的信号适当选择一个合适的采样间隔即可；

自动保存结果：

选中此项则在测量过程中自动保存测量的结果，若不选中，则在测量结束后需要点击“保存结果”按钮进行保存。

结果文件将保存在“设置测量参数”中的数据路径中，名称由试验名、试验号、“#”、X 测点号、“#”和 Y 测点号组成，后缀为“JIN”。以后通过工具条上的“结果浏览”可以找到该结果文件，并调出显示。

在操作控制区中还有“测量”“暂停”“停止”三个按钮，可以进行静载试验的开始和结束。

测量：

按此按钮即开始进行测量，并实时在右侧图形显示区中显示测量的结果曲线。若已经选中“自动保存结果”，则还将自动检查是否已经存在相同名称的结果文件，若有则提示是否覆盖。若已经存在同名结果文件，并且不想覆盖原来的文件，则可以重新进入“设置测量参数”对话框更改试验名、试验号或者数据路径即可。

暂停：

按此按钮后，测量暂停，此按钮变为“继续”，再次按此按钮可继续进行测量。

停止：

按此按钮便可结束此次测量，再次按“测量”按钮将清除原有数据，重新记录数据。

保存结果：

若没有选择“自动保存结果”则在测量结束后应按此按钮进行保存，否则退出软件或再次进行测量操作将会使目前测量的数据丢失。同样保存前将自动检查是否存在同名文件，若已经存在并且不想进行覆盖，则

可以进入“设置测量参数”对话框更改试验名、试验号或者数据路径。

保存为波形文件：静载试验的两路信号以单独的采样波形数据文件进行保存，以后可以像其它采样数据一样，进行各种分析操作。

3.2.4 显示分析操作

在“显示”栏中可以设置静载试验曲线图的一些显示方式。

尺度调整：



：满幅调整横纵坐标尺度，根据横纵坐标的最大最小值自动设置，使得图形较为满幅地显示；



：固定横纵坐标尺度，根据采样满量程设置横纵坐标的尺度范围。



：设置 X 轴的尺度，三个按钮的功能为：尺度缩小 10%（图形放大 10%）、尺度放大 10%（图形缩小 10%）、直接输入尺度范围数值；



：设置 Y 轴的尺度，三个按钮的功能为：尺度缩小 10%（图形放大 10%）、尺度放大 10%（图形缩小 10%）、直接输入尺度范围数值；

X 轴数据取反：将 X 轴的数据全部乘以-1；

Y 轴数据取反：将 Y 轴的数据全部乘以-1；

3.3 转子实验

转子实验模块软件是配合 INV1612 型多功能柔性转子实验系统的软件模块，可进行 INV1612 系统的基本实验项目（关于该系统的选择实验项目需要其它模块的软件），完成关于临界转速、轴心轨迹、油膜涡动和油膜振荡、旋转振动特性、启停机彩色谱阵、幅值转速特性、台体振动和柔性转子振型测量等实验。

进入本模块软件之后，将出现如图 3.3.1 的窗口，其中上部的工具条可以进行各种设置和测量等基本操作，左边的操作控制区可以进行有关分析和显示的操作，图形区域则根据不同要求显示当前的测量结果图形和数据。

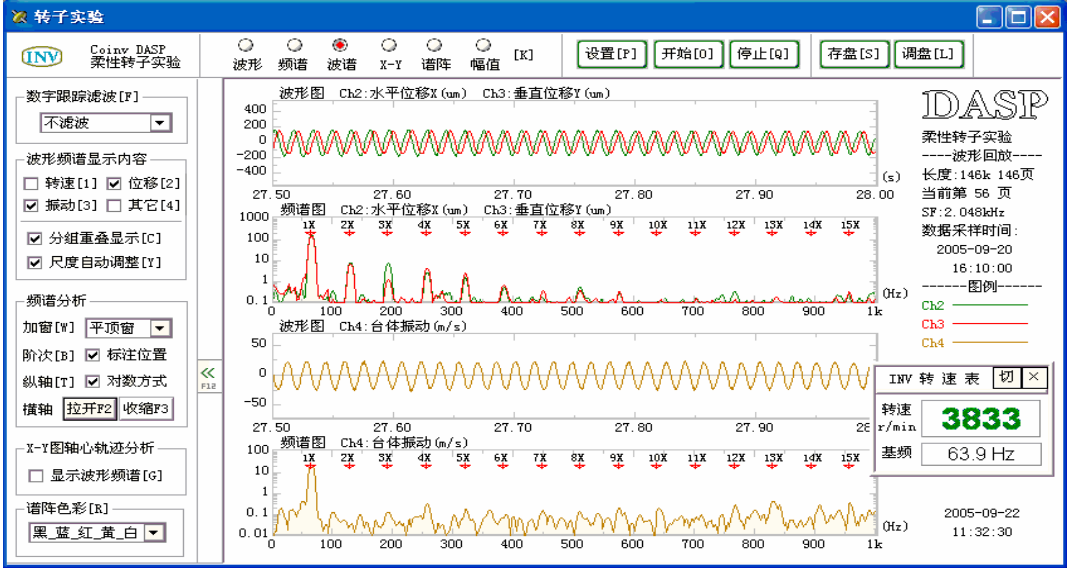


图 3.3.1 转子实验窗口

3.3.1 设置测量参数

在进行测量之前，首先应根据实验指导书的要求正确安装传感器，一般包括用于转速测量的涡流式传感器（或光电式传感器）、用于转轴振动位移测量的涡流式位移传感器、用于台体或支座振动测量的速度传感器等，在正确位置安装传感器之后，便需要在软件中进行相应的设置。方法为点击上方工具条的“设置”按钮，或者按 [P] 键，即可出现如图 3.3.2 的设置对话框。

各项设置如下：

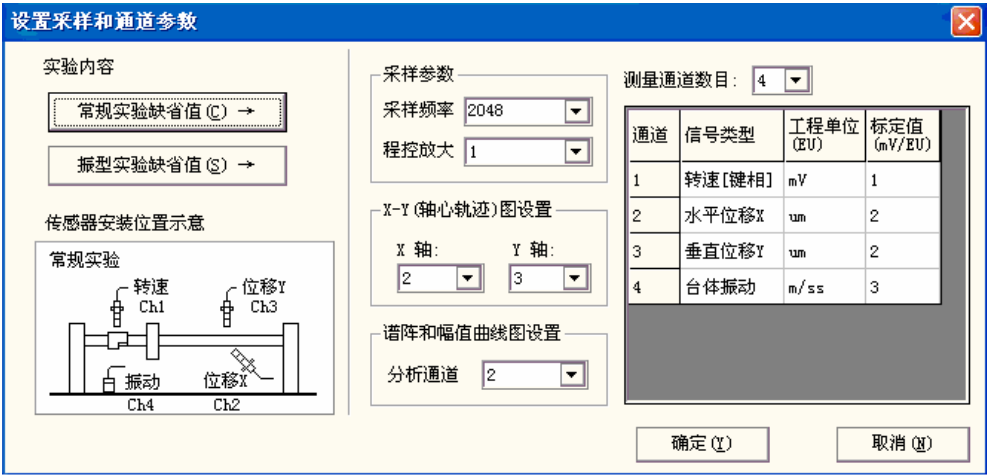


图 3.3.2 转子实验设置对话框

实验内容:

此项可以选择不同的实验内容，包括常规实验和振型实验。除振型实验外，前面提到的其它实验均包含在常规实验中，点击“常规实验缺省值”和“振型实验缺省值”，即可将测量的各种参数设置为缺省的数值。

对于常规实验，采样频率将被缺省设置 4 通道测量，第一通道为转速，第二、三通道为位移，第四通道为台体振动测点，各测点传感器安装如图 3.3.3(a)所示；对于振型实验，缺省设置为三通到水平或者垂直的位移测点，各测点传感器安装如图 3.3.3(b)所示。若实际实验的设置有所不同，也可以更改各项设置，如下所述。

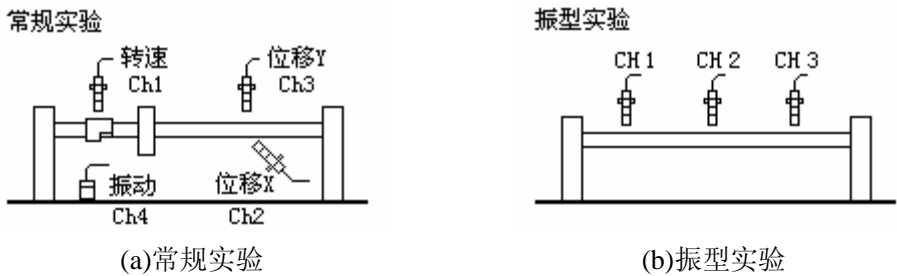


图 3.3.3 典型的转子实验传感器安装位置示意图

采样参数:

此栏中可以设置采样频率和程控放大倍数，对于 0~12000 转/分的转子实验装置，为兼顾时域和频域精度，一般采样频率应设置在 1024~4096Hz 的范围较为合适，若要分析较高阶次的倍频，则需要根据采样鼎力适当增大采样频率。程控放大可以将信号放大，单注意不要太大，以免信号过载。

测量通道参数:

测量通道数目项中可以选择使用多少个测量通道，下方的列表中可以设置各个通道的信号类型、标定值和工程单位。

X-Y 图设置:

此栏中可以设置显示 X-Y 轴心轨迹图是使用哪两个通道的信号，注意此处必须选择在转轴同一位置的水平和垂直两个位移测点。

谱阵和幅值曲线图设置:

此栏中可以设置三维谱阵图和幅值—转速曲线图中使用哪个通道的信号进行分析，一般选择转轴的水平和垂直振动位移测点。

各项设置完毕后，按“确定”按钮即可开始进行测量。

3.3.2 测量和结果存取

正确连接转子试验台装置和相关仪器，并在软件中进行对应的设置后，即可开始进行测量，此时仅需按上部的“测量”按钮即可，图形区中将显示各种测量结果。

按“停止”按钮即可随时停止实验的测量过程。

停止测量后，可以按“存盘”按钮，选择一个文件名称将实验测量数据进行保存，文件后缀为“CRS”。保存后的实验数据可以通过按“调盘”按钮调出并进行回放，此时出现如图 3.3.4 的对话框，从中可以

通过三种方法调入实验数据：

- 1 调取最近保存的数据，其列表中列出最近的保存数据文件的全路径名称，并可任选一个；
- 2 浏览调入实验数据，通过文件“打开”对话框在计算机中选择后缀为”CRS”的数据文件；
- 3 调入例子数据，可以选择一个例子数据进行回放演示。

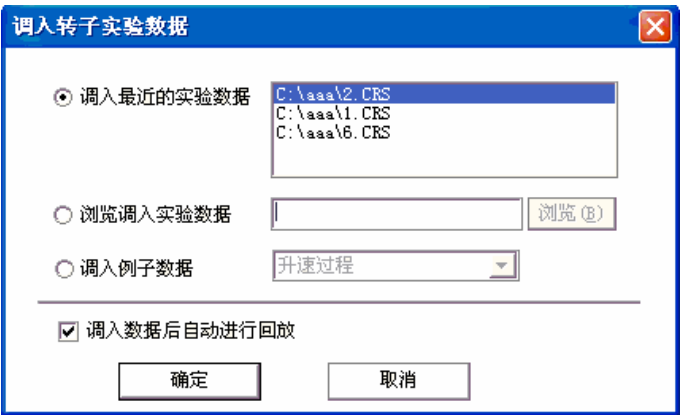


图 3.3.4 调入实验数据

调入数据后，在上部的工具条中将出现一组回放操作控件，其中的三个按钮可以实现波形的前后翻页，滑动条的位置反映当前显示波形页在整段数据中的位置，改变滑动条的位置，可以直接改变当前显示波形的



3.3.3 改变分析方法

在上部工具条中有一组选择按钮，如图 3.3.5，可以选择不同的分析方法，包括如下几种：



图 3.3.5 选择不同的分析方法

- 1 波形分析：显示各通道的时域波形，进行对比读数等分析；
- 2 频谱分析：显示各通道的频谱曲线，进行对比和读数分析；
- 3 波形和频谱双显分析：同时包含波形和频谱的分析，如图 3.3.6；
- 4 XY 图分析：可选择转轴上某点的水平和垂直位移信号，进行轴心轨迹分析，并结合数字跟踪滤波，进行轴心轨迹的提纯等分析，如图 3.3.7 显示的是转子出现油膜涌动时的轴心轨迹；
- 5 谱阵分析：可进行转子的时间三维谱阵分析，在转子的升速或降速过程中，显示各时刻的频谱，并形成三维时间谱阵，使用彩图方式，横坐标为频率，纵坐标为时间，彩图的色彩反映频谱的大小。该图可以清晰反映转子在升降速过程中的频谱变化特性，以及转子振动基频、半频、倍频等频率成分的全面信息，如图 3.3.8，其中显示的是转子升速过程的三维彩色谱阵图，其中随着时间推移，转速不断增大，其中最亮的红线为频谱的基频成分，其右侧依次为 2 倍频、3 倍频、4 倍频...的频谱成分，在大约 30 秒的时间上，基频成分最为强烈，表明此时经过第一界临界转速，读取此时的转速为 3560r/min，即为一阶临界转速；而在大约 40~50 秒的时间上还出现了明显的半频成分，表明此时出现了油膜涌动和油膜振荡，使用素级户光标读取此时的转速大约在 6000~7000r/min 的范围；
- 6 幅值曲线：可进行转轴振动位移信号的幅值—转速曲线，包括基频幅值—转速曲线和半频幅值—转速曲线，在转子的升速或降速过程中，进行幅值曲线的测量，可以分别反映转子振动基频幅值和半频幅值与转

速的关系，并可以准确方便地确定临界转速的大小和发生油膜振荡的转速范围，如图 3.3.9 为转速升速过程中测量的幅值曲线，在基频图上可见在 3500r/min 附近幅值明显增大，表明此处为一阶临界转速，在半频图上可见在 6700r/min 附近幅值明显增大，表明此转速附近发生了油膜涡动或油膜振荡。

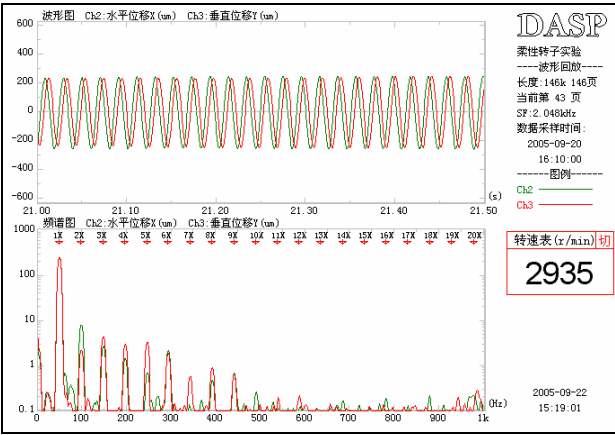


图 3.3.6 波形和频谱双显分析

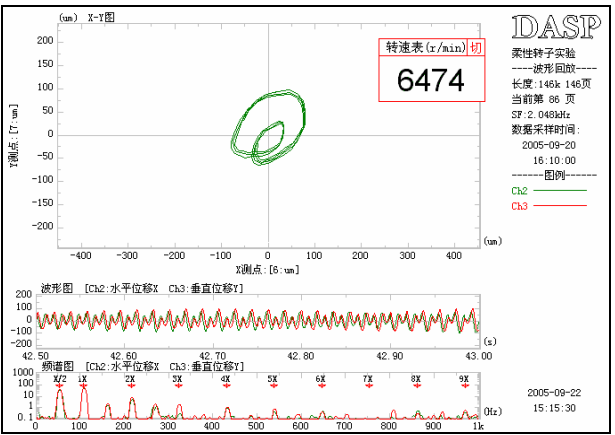


图 3.3.7 XY 图轴心轨迹分析

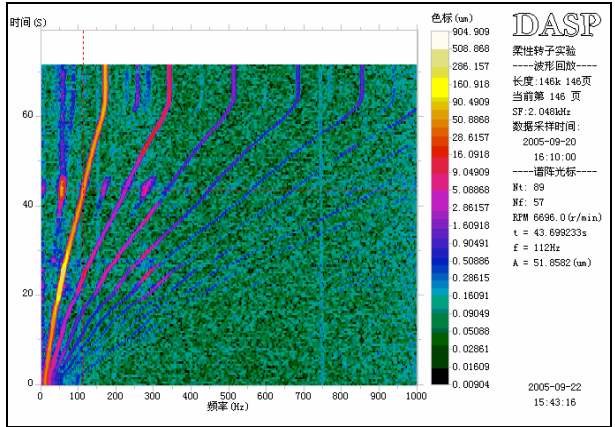


图 3.3.8 三维彩色谱阵分析

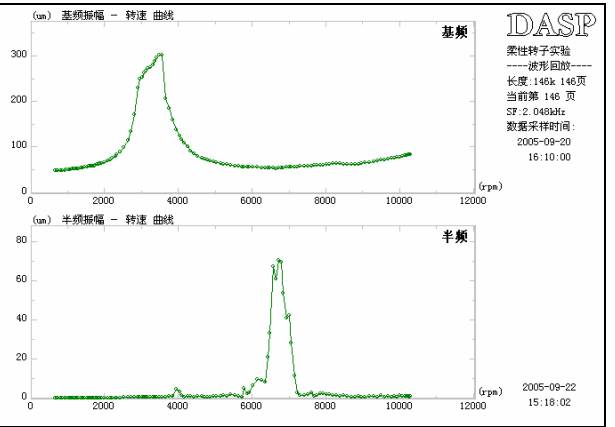


图 3.3.9 幅值—转速分析

3.3.4 转子振型测量

在设置测量参数时，若设置常规实验参数，则在测量中可以任意选择上述几种分析方式，而若设置了振型实验参数，则只能选择第一种时域波形分析方法，此时出现如图 3.3.10 的振型测量分析界面，其中上部的曲线为转子的实时振型。

在进行振型实验时，首先应按图 3.3.3(b)的方式在转轴上均匀布置 3 个以上的涡流传感器，并且所有传感器都为水平方向或者都为垂直方向，并按次序接入采集仪的各个通道。

按“设置”按钮，进入设置对话框，并按“振型实验缺省值”按钮，设为振型测量方式，若传感器数目大于 3 个，则相应更改通道数目和通道参数，最后按“确定”按钮完成设置。

然后调节转子试验台的转速控制旋钮，使转子系统处于临界转速下运转，观察振型曲线，得到临界转速下的柔性转子振型。注：振型曲线中的点数比实际测点数目要多两个，分别为振型曲线最两边的点，这两点分别代表转轴在两个轴承座位置的点，在振型曲线中一般认为这两点是不动的。

提示 1：通常转子的一阶振型为一次弯曲，二阶振型为二次弯曲，如图 3.3.11 示意。

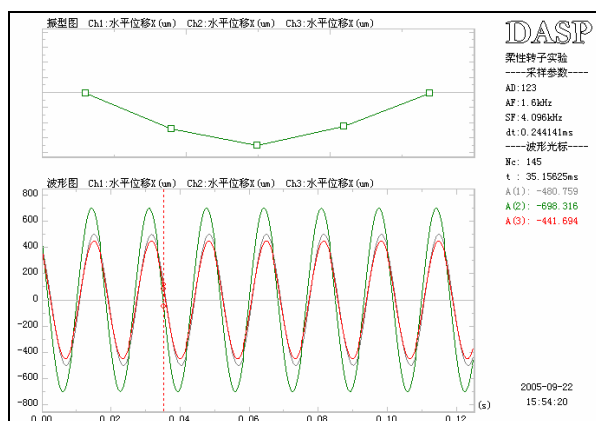


图 3.3.10 柔性转子振型实验

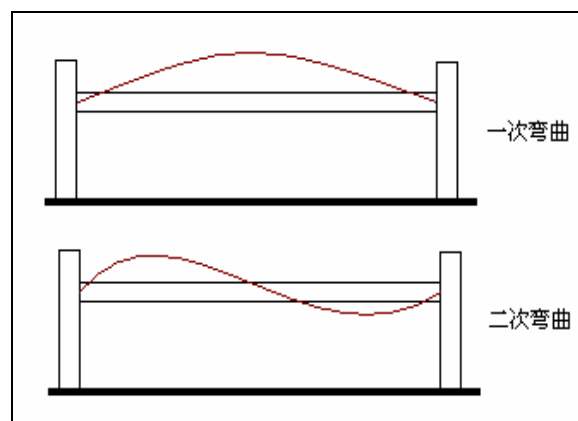


图 3.3.11 一次和二次弯曲振型示意

3.3.5 显示分析设置

数字跟踪滤波设置

在左侧的操作控制区的“数字跟踪滤波”栏中，可设置跟踪滤波的方式，如下四种：

1. 不滤波：即不进行数字滤波；

2. 基频 1X 带通滤波：跟踪转速信号，对信号的基频成分进行带通滤波，仅仅保留基频成分，二滤除其它所有成分，可以用于轴心轨迹的提纯，在研究转子经过临界转速轴心轨迹的变化特性时，使用次滤波方式，可以更加清晰地表现转子基频轴心轨迹的变化过程，但是要注意的是，此方式下将半频成分滤除，从而不能进行油膜涡动和振荡现象的观察；

3. 0~1X 低通滤波：跟踪转速信号，对信号的基频成分进行低通滤波，滤除基频以上的所有成分，该滤波方式下可以保留基频成分和半频成分，观察油膜涡动和油膜振荡的现象时可以消除各阶倍频的干扰；

4. 0~2X 低通滤波：跟踪转速信号，对信号的 2 倍频成分进行低通滤波，滤除两倍频以上的所有成分。

注：若测量中没有连接转速通道的信号，则以上的滤波操作将不起作用。

波形和频谱图显示设置

选择显示信号：在该栏下可以选择是否显示某一类信号的波形和频谱曲线。在转子实验中常常包括转速信号、转轴振动的位移信号、台体和支座的振动信号以及其它自由设置的信号，此处可以选择显示哪些信号。

分组重叠显示：选中则将同一类信号重叠在一幅图中对比显示，不选中则各路信号分别独立显示；

尺度自动调整：选择则自动调整显示的纵坐标尺度，使得不论信号大小，都能以较为合适的尺度进行显示，但有时不能直观反映信号幅度的变大或者变小。

频谱分析设置

加窗：选择频谱分析的加窗函数，选择适当的窗函数，可以减小频谱的泄漏误差，提高谱峰数据的准确性，此设置将影响频谱图、三维彩色谱阵图和幅值—转速曲线图中的幅值。

标注阶次位置：选择则将在频谱图的上方标注各阶次的位置，便于进行转子的各阶倍频的确定；

纵轴对数方式：选择则频谱图的纵轴使用对数方式。在线性方式下，有些频率成分（如倍频）的幅值较小而不明显，使用对数方式则可以较为明显地显示出这些幅值较小的频率成分；

横轴缩放：按“拉开”按钮可以拉开频率轴，显示较小的频率范围，每次点击可以是频率范围减小 100Hz，但最小不小于 300Hz，按“收缩”按钮则使频率范围较大 100Hz。

XY 图轴心轨迹显示设置

同时显示波形和频谱：选中此项可以在显示 X-Y 图的同时显示信号的波形和频谱图。

谱阵色彩设置：可以对三维彩色谱阵设置不同的色彩方案，适应不同的显示效果。

幅值曲线：可以选择在“幅值曲线”显示方式时是否显示基频幅值曲线和半频幅值曲线。

3.3.6 虚拟仪器

在“虚拟仪器”栏中可以打开转速表和幅值表。

转速表：

转速表如图 3.3.12 所示，其中转速栏显示当前测量过程中的转速，单位为 r/min，基频栏显示转速对应的旋转频率，单位为 Hz，点击“切”按钮，可以进行切换显示，使转速表切换到图形中，便于图形的保存和打印，再次按“切”，则切换回仪器对话框方式；按“×”按钮则关闭转速表。

幅值表：

幅值表如图 3.3.13 所示，其中可以显示某个通道信号的某个频率成分的幅值。在“通道”栏可以选择显示哪个通道的数据，在“频率”栏可以选择是半频成分、基频成分还是 2 倍频成分的幅值，在“单峰值”栏中显示对应通道对应频率成分的单峰值幅值。

使用幅值表可以很方便地读取一些重要幅值数据。点击“切”按钮，可以进行切换显示，使幅值表切换到图形中，便于图形的保存和打印，再次按“切”，则切换回仪器对话框方式；按“×”按钮则关闭幅值表。

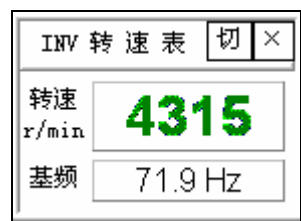


图 3.3.12 转速表



图 3.3.13 幅值表

3.4 幅频相频曲线测试

选择菜单“幅频相频曲线测试”，即可进入幅频相频曲线测试模块，此时出现如图 3.4.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括分析方法、显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示当前测量的幅频曲线、相频曲线和各通道的波形等。

进入本模块后，一般先按左侧的“设置测量参数”按钮，设置各种测量参数，然后按“开始测量”按钮即可开始连续进行测量，按“停止测量”按钮可停止测量。

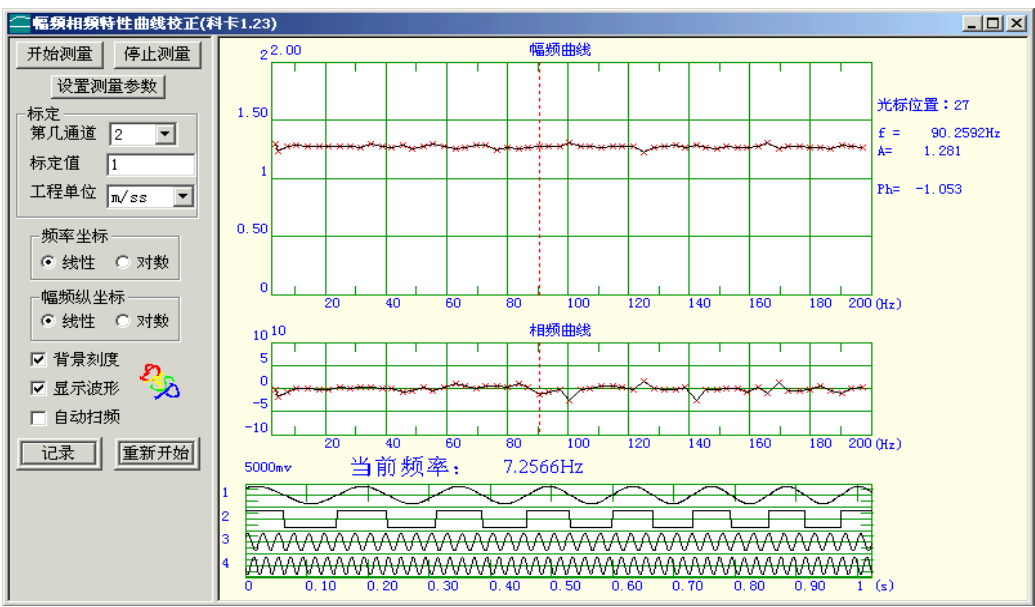


图 3.4.1 幅频相频测试窗口

3.4.1 幅频相频曲线测试介绍

本模块软件用于振动台上对一组传感器进行幅频相频特性的标定。测量的第一通道必须连接标准传感器，作为标准信号，其它各通道连接被标定传感器，并计算其幅频特性曲线和相频特性曲线。各通道的标定值和工程单位一定要设置正确。

本软件也可以测量信号调理仪表的幅频和相频特性曲线。将信号发生器发出的标准信号连接到第 1 通道，该标准信号经过信号调理仪器后的输出信号连接到第 2、3...通道，就可以测量各调理仪表的幅频和相频特性。

3.4.2 设置测量参数

首先按左侧的“设置测量参数”进行参数设置，如图 3.4.2 所示。参数设置除设置第一通道标准传感器的标定值和工程单位以外，还要设置示波频率，程控倍数，示波通道数。示波通道数为需要标定的传感器个数加 1。因此一次最多可同时测量 15 个传感器的特性曲线。最后设置要标定的幅频相频特性曲线的频率范围，即起始频率和截止频率。此程序中工程单位只允许在“m/ss”、“m/s”、“m”中选择一种。



图 3.4.2 设置测量参数

3.4.3 测量和分析操作

用户界面分为两个区，参数区和图形区。图形区和参数区的大小可通过鼠标拖动随意进行改变。其它通道的标定值和工程单位通过参数区设定。

首先改变通道号，再设定此通道号对应的标定值和工程单位。各道的标定值和工程单位设置完成后，按空格键、双击鼠标左键、或按“开始测量”进入测试状态，这时图形区显示的是和参数区通道号对应的幅频曲线和相频曲线。

测试方式有两种，“自动扫频”和不“自动扫频”，当振动台控制信号为扫频信号时，可选择“自动扫频”方式，自动进行测试。不选择“自动扫频”方式时，参数区出现一个“记录”按钮，按一次记录一点，扫频信号和手动调节信号都可选择此方式。“重新开始”按钮将以前记录数据全部清掉，重新开始测试。

选中“显示波形”可显示各通道时域波形或频域波形，按“K”键可在时域波形和频域波形间来回切换。

选中“背景刻度”，可在图形中加细刻度。

显示方式频率坐标可选“线性”或“对数”，幅频纵坐标可选“线性”或“对数”。

用“开始测量”命令进入测试状态，在测试状态按“停止测量”命令、单击鼠标左键或按回车键即进入读数状态，通过点击鼠标左键或方向键可移动光标进行读数。读数状态和测试状态可反复切换。

输出报告命令可直接输出分析报告，结果存盘命令可将分析结果存盘。在结果浏览中可将存盘结果调出。

3.5 失真度测试分析

选择菜单“失真度测试”，即可进入失真度测试分析模块，此时出现如图 3.5.1 的子窗口，其中上部的按钮可以设置测量的参数以及控制测量的启停，左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括分析方法、显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示当前测量的信号的波形、频谱和谐波棒图等，还可以显示失真度—频率曲线。

进入本模块后，一般先按上部的“设置”按钮，设置各种测量参数，然后按“开始”按钮即可开始连续进行测量，按“停止”按钮可停止测量。

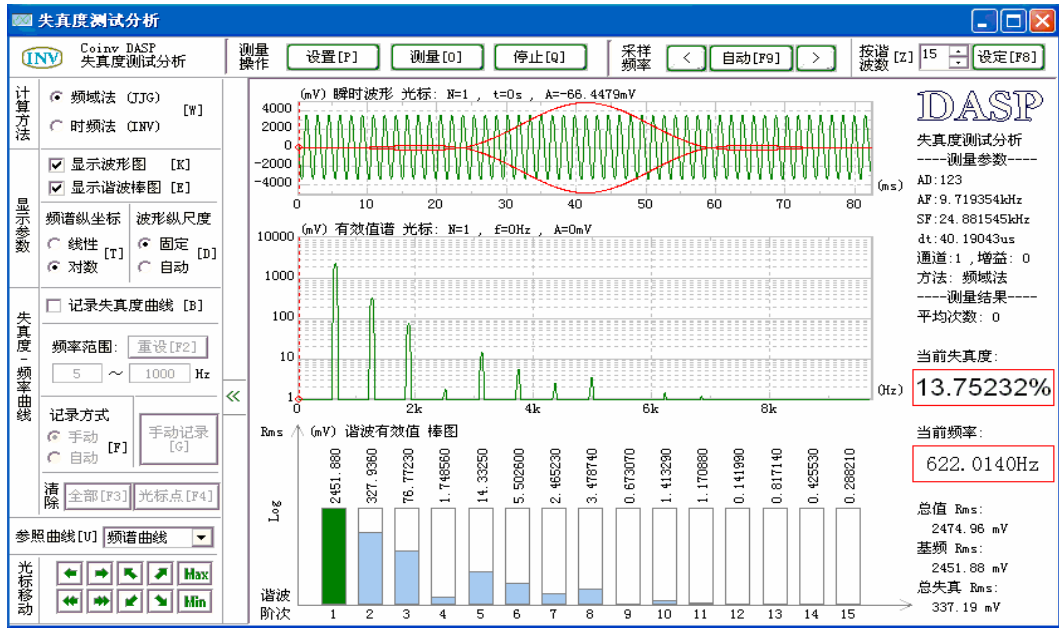


图 3.5.1 失真度测试分析窗口

3.5.1 失真度测试分析方法介绍

失真度测试是指对正弦信号进行谐波失真度的测量，目前有两种计算方法，两种方法具有不同的侧重点。

第一种为频域法，根据国家计量检定规程 JJG948-1999，谐波失真度计量时，应测量基波的幅值及其至少 5 倍的各次谐波的幅值，并按照下式计算失真度：

$$\gamma = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + A_5^2 + \dots}}{A_1}$$

式中： A_1 — 为信号基波幅值；

$A_2, A_3, A_4, A_5 \dots$ — 为 A_1 的二次、三次、四次、五次等谐波幅值。

此方法主要计算基频的各次倍频，将各次倍频成分作为总失真，与基频成分进行比较得到的失真度。此法仅仅考虑基频的各次倍频，而对于基频的非整数倍的频率成分则不予考虑。此外频域法是基于频谱的方法，因此要求信号的波形足够长、频谱中至少具有 5 次以上的谐波。

第二种方法为时频法，该方法结合时域和频域信号进行计算，将基频以外的所有成分都作为总失真。时频法的一个主要优点为不受频谱精度的影响，即便信号波形长度较短，甚至测量的波形不足一个周期都可以准确地计算信号的失真度。例如对于超低频信号，若测量多个周期的信号则需要较长时间，而使用时频法则可以测量不到一个周期（甚至不到三分之一周期）的信号就可以进行计算了。

频域法符合国家计量检定规程中的要求，适合于一般的正弦信号，大部分情况下谐波失真主要表现在其各次倍频成分上，此时两种方法的效果基本相当。对于信号中存在噪声和基频非整数倍频率成分的情况，则频域法的计算结果偏小。对于超低频信号的失真度计量，使用频域法的将需要较长的时间，而时频法则可以实现快速测量。

失真度的测试中还有另外一部分的内容，就是失真度—频率曲线的测量。由于一些设备（如振动台）在不同频率下的失真度不同，因此需要测量设备在其工作频率范围内的各频率下的失真度，然后绘制成失真度—频率曲线，这样就可以更加全面地反映设备在各个频率下的失真度。

3.5.2 失真度测试过程

连接好采集仪等硬件设备，将被测信号连接到采集仪上，然后进入失真度测试软件模块，即可开始进行失真度的测试和分析。

3.5.2.1 设置测量参数

按上部的“设置”按钮（或者按键盘的“P”键），可以设置失真度测量的各种参数，此时出现如图 3.5.2 的对话框，其中：



图 3.5.2 设置失真度测量参数

采样频率：

可以按分析频率设置，也可以按采样频率设置，两者的关系为：采样频率=分析频率×2.56。分析频率表示了可以分析到的频率范围，因此采样频率或分析频率的设置就决定了分析信号的倍频范围，若需要分析某个信号的 10 倍频谐波成分，则需要设置分析频率不小于信号频率的 10 倍。

通道和标定值：

采样通道：设置当前被测信号连接在采集仪的哪个通道上；

工程单位和标定值：当前信号的物理量单位以及物理量和电压之间的转换关系。此两项数据可以根据实际情况输入，也可以不进行设置，因为它们不会影响失真度分析的结果。

采样点数：每次采样的点数，较多的点数可以提高频谱的分辨率，对于频域法可提高测试的精度。

增益和程控：

可以按增益或者按量程进行设置，增益倍数和量程范围一一对应，对于幅值较小的信号建议选择较大的增益倍数，以提高计算精度。

平均方式：

平均是对频谱进行平均，因此仅仅对使用频域法才有效。可以选择四种平均方式：

- 1 单次不平均：不进行任何平均，只计算当前数据的失真度；
- 2 一直平均（线性方式）：连续进行线性平均。若需要重新进行平均，则必须先停止测量，然后再开始测量时就重新进行平均。
- 3 一直平均（指数方式）：连续进行指数平均。若需要重新进行平均，则必须先停止测量，然后再开始测量时就重新进行平均。
- 4 平均若干次后停止：连续进行若干次的线性平均，当平均次数达到预设的平均次数后自动停止。

正确设置各项参数之后，按“确定”按钮即可。

3.5.2.2 开始测量

按上部的“开始”按钮（或者按键盘的“O”键），可以开始进行测量，此时将从采集仪上测量信号，然后进行失真度的计算和显示，并循环测量过程，若采集仪未正确连接则测量停止，并出现错误信息。

测量过程中，在图形区显示测量的各种结果。

其中最上部的为信号波形，对于使用频域法计算，则必须使用平顶窗，波形曲线上用读数光标颜色的曲线示意平顶窗的形式。

其下方为频谱曲线，若没有平均设置则频谱为上面波形的频谱，否则为经过平均后的频谱。

频谱下方为谐波有效值棒图，该图用棒图的形式反映信号基频以及各次谐波的有效值，可以直观地反映失真主要集中于哪些谐波。对于频域法，棒图中包含基频和分析频率内的各次谐波频率，而对于时频法，棒图中只包括基频和总失真，其中总失真为信号中除基频外的所有成分之和。

若进行失真度—频率曲线的记录，则在最下方还将出现失真度—频率曲线图。

在曲线图的右侧为文字信息区，其中不仅包含当前的一些主要测量参数，还显示当前的失真度测试结果，包括：当前失真度、当前频率（信号基频）、总值（有效值）、基频有效值和总失真有效值。其中总值为信号在分析频率范围内的总有效值，基频有效值为基频成分的有效值，总失真为失真信号的总有效值（对于频域法而言，总失真为基频的各次谐波之和；对于时频法而言，总失真为信号中除基频外的所有频率成分之和）。

3.5.2.3 停止测量

开始测量后，除非设置了“平均若干次后停止”的方式，否则将循环进行测量，此时按“停止”按钮（或者按键盘的“Q”键），即可停下测量的过程，屏幕显示最后的测量结果。再次按“开始”按钮，可以重新进行测量。

3.5.2.4 调整采样频率

对于使用频域法检测，要求至少分析信号的 5 次以上谐波数目，此外由于 FFT 频率分辨率的限制，分析谐波次数也不能太多，一般不大于 60 次，因此就要求设置的采样频率必须合适。例如要求分析信号的谐波数目在 5~60 的范围，则需要分析频率为信号基频的 5~60 倍左右，而采样频率为分析频率的 2.56 倍。若采样频率不满足此条件，则不能正确计算信号的失真度，此时在谐波棒图中将显示“采样频率太高”或者“采样频率太低”的信息，这就要求重新设置采样频率。

可以通过按“设置”按钮进入设置对话框并输入合适的采样频率，但是这需要操作者自己计算出合适的数值。更加简便的方法是利用本软件模块的自动调整功能和指定谐波调整的方法，如下：

自动调整采样频率：

按图形上部的“采样频率”栏的“<”、“自动”和“>”按钮（或者按键盘的“<”、“F9”、“>”键）即可实现采样频率的自动调整。由于合适的采样频率在一个较大的范围内都可以，则这三个按钮将在合适的范围内分别选择较小、居中和较大的采样频率。注意：对于超低频信号，若按“<”按钮后的采样频率仍然偏大的话，则需要按“设置”按钮后在对话框中手动输入采样频率，或者选择时频法进行计算。

指定谐波次数：

有时需要指定分析若干次谐波的失真度，则可以通过上部的“按谐波数”栏中的控件直接进行设置，例如要求分析 25 次谐波的失真度，则在“按谐波数”栏中的编辑框中输入 25，然后按其右侧的“设定”按钮，软件将自动调整采样频率，使被分析的谐波数为 25。按键盘的“Z”键也将出现一个对话框进行谐波次数的设置。

注：只有使用频域法时才受采样频率的影响，使用时频法则基本不受此影响，但通过自动调整的采样频率可以兼顾信号的时域和频域精度，对提高失真度计算的精度总是有好处。

3.5.3 分析和显示操作

在左侧的操作控制区中，有各种按钮等控件，可以进行一些分析和显示的设置。

分析方法：

可以选择使用频域法或者时频法进行失真度计算，两种方法的介绍请参见本节内容的第一小节。

注：选择频域法则自动加平顶窗，选择时频法则不加窗。

显示参数：

显示时域波形：选择是否显示时域波形图；

显示谐波棒图：选择是否显示谐波棒图；

频谱纵坐标：选择频谱图的纵坐标为线性或者对数方式；

波形纵尺度：选择波形图的纵尺度为固定方式或者自动方式。固定方式下，纵向最大尺度为采集仪的满量程，此方式下可以直接反映当前信号幅度与采集仪量程的比例，若信号幅度过小，建议增加信号放大倍数；自动方式下将根据当前信号的幅值调整纵向尺度，不论信号幅度如何，总是以较为满幅的比例进行显示。

3.5.4 记录失真度—频率曲线

一些设备（如振动台）常常在不同频率下具有不同的失真度，因此需要在测量过程中，记录下各频率对应的失真度，即失真度—频率曲线。在左侧操作控制区中的“失真度—频率曲线”栏中的各种控件可以用于失真度—频率曲线的记录和设置。

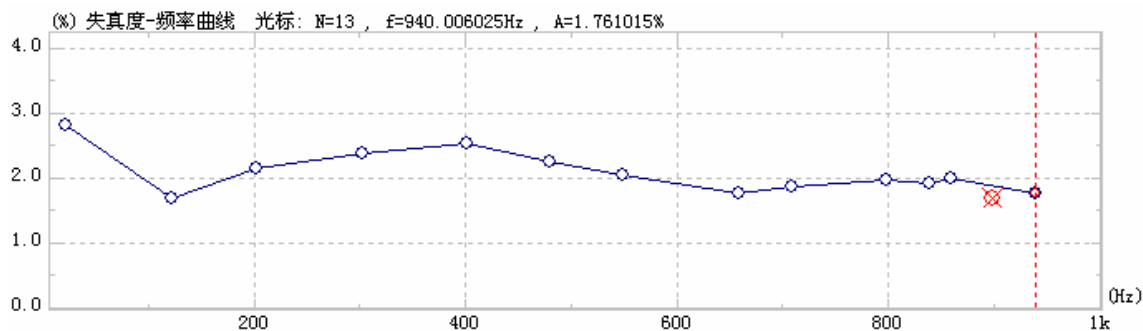


图 3.5.3 失真度-频率曲线

记录失真度曲线:

选中此项才可以进行失真度曲线的记录,此时“失真度-频率曲线”栏的其它控件才有效,在图形区中也将增加一条失真度-频率曲线,显示记录的各频率点的失真度。如图 3.5.3,其中曲线上的各个圆圈节点为实际记录点,而“X”表示当前测量结果在图形中的位置。

频率范围:

此处显示了当前记录哪个频率范围内的失真度数据,若当前测量结果的频率不在此频率范围内则不予记录。按“重设”按钮(或者按键盘的“F2”键),将出现一个对话框,从中可以改变记录频率范围。

记录方式:

有手动和自动两种方式可供选择。在手动方式下,必须按其右侧的“手动记录”按钮(或者按键盘的“G”键),才将当前的失真度测量结果记录到失真度-频率曲线中;而在自动方式下,当前的失真度测量结果自动记录到失真度-频率曲线中。

注:若在相同频率点上多次记录失真度结果,则曲线上仅仅保留最后一次的记录数据。

清除:

有时需要清除失真度-频率曲线中一些测量无效或者不正确的点,则可以通过“清除”栏下的两个按钮来实现。按“全部”按钮(或者按键盘的“F3”键),则清除失真度-频率曲线中的全部点,按“当前点”按钮(或者按键盘的“F4”键),则清除曲线中光标位置的点,在失真度-频率曲线图上的某个点的位置处点击鼠标左键(或者选择参照曲线为失真度曲线,并且移动键盘方向键)可以改变读数光标在曲线中的位置。

3.5.5 设置参照曲线

图形区中,除谐波棒图外,一般会显示两到三条曲线,包括波形曲线、频谱曲线、失真度-频率曲线,在一些光标移动和收数等操作时,有时需要按照某一曲线进行一定的操作,此曲线就是参照曲线,在窗口左部的操作控制区中的“参照曲线”栏中可以选择哪一个曲线作为参照曲线。

3.6 Z 振级测量分析

选择菜单“Z 振级测量”，即可进入 Z 振级测量模块。

第一步：进入后，在左侧的面板中设置测量平均次数、基准加速度以及测量通道的标定值。

第二步：按左侧的“测量”按钮，即开始进行测量。Z 振级每测一次需要 5.12 秒的时间，如多次平均，时间更长。在测量状态时，只有完成一次测量后，才能执行其它指令，所以操作时要稍有耐心。

第三步：读数，测量过程结束后，或者测量过程中按回车键或单击鼠标左键，进入读数状态，可读各中心频带的值。在读数状态按空格键、双击鼠标左键或执行测量命令，进入测量状态。如图 3.6.1 所示为 Z 振级实时测量的读数状态。

在读数状态下，可用方向键移动光标或单击鼠标左键将光标移到指定的位置。

测量参数的设置：

基准加速度为 0dB 对应的加速度值，根据标准一般为 $1\text{E-}6 \text{ m/ss}$ ，无特殊要求可以不必改动。

最大振级保持选中时在显示当前 Z 振级的同时，显示所测到的最大振级。

平均次数为测量一次振级需要平均的次数，可在 1~64 次中选择。

标定值由传感器灵敏度和信号调理的放大倍数得到，也可通过通过振动台进行系统标定得到。

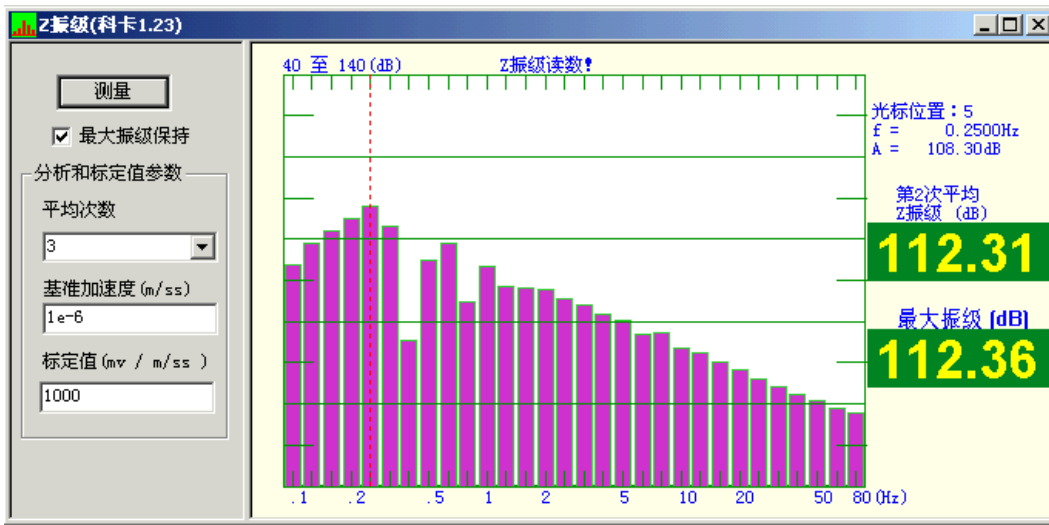


图 3.6.1 Z 振级测量窗口

第四章 波形预处理

波形预处理中包含的模块，均对时域波形进行各种处理和变换，输出新的时域波形，可由各种信号分析模块进行进一步的分析。

4.1 波形编辑和数字滤波

选择“编辑滤波”菜单，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，此时出现如图 4.1.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区中包括两大组设置控件：波形图-波形编辑和频谱图-数字滤波，分别可以进行波形的编辑操作和梳状数字滤波操作。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形、频谱以及参数文字信息等内容。

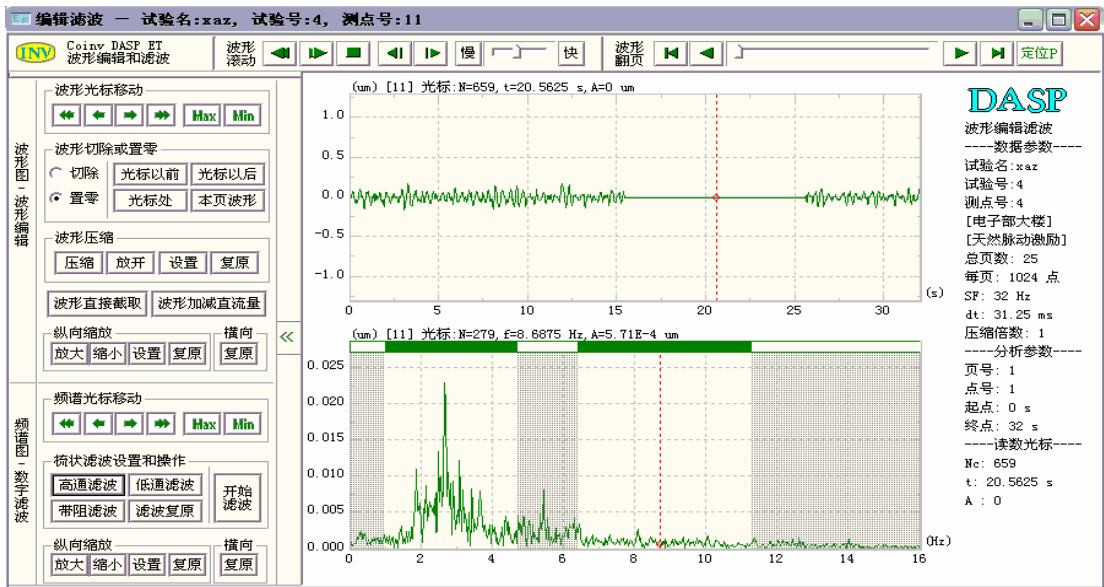


图 3.2.1 编辑滤波分析窗口

4.1.1 编辑滤波方法介绍

编辑滤波分析可以对采集来的数字信号进行各种波形编辑和数字滤波处理。

波形编辑是从信号的时域上表现的，包括对波形进行各种切除、置零、加减一个直流分量等操作，波形切除就是将波形中的一段切除掉，此操作之后波形长度将减短，被切除段后面的波形的时间位置将会发生变化；波形置零就是将一段波形的数据幅值都设为零，波形长度不会发生变化；波形加减直流量就是波形的所有点数据幅值都同时增加一个数值，若增加的数值为负数，则相当于减小一个直流流量。

通常对于信号中冗长无用的波形段可以使用切除操作。有时信号中可能包含一段干扰信号（或误采样信号），为避免其影响最终分析结果，可以对此段干扰信号采用切除或者置零的操作。

对于具有基线漂移的信号，则可以使用波形加减直流量的方法使信号基线移至零位。

此外波形编辑功能还可以对波形进行压缩处理，压缩时可以峰值保持。所谓波形压缩，就是从波形数据中每隔一定的点数选择一点，重新形成一个新的波形，若压缩倍数为 n ，则每隔 n 点选取一点，这样形成新

的波形点数就为原波形点数除以 n 后取整的数，这个新的波形可以以更少的点数（长度）表示更长时间内波形的概貌。若压缩倍数为 1 则表示不压缩。通常压缩 n 倍过程中，每隔 n 点选择其中的第一点，当采用峰值保持方式压缩时，则每 n 点中选择幅值最大的一点，以保证压缩过程中较大的幅值点不被丢失。

滤波处理是从信号的频域上表现的，是对采样后的数字信号进行数字滤波，该滤波方式为梳状滤波，即可以同时包括低通、高通、多个带通和多个带阻的滤波，即在频率轴上，可以任意设置哪些频率区间将被滤除，哪些频率区间将被保留，这些频率区间可以很多个，并且可以是不连续的。

3.2.2 波形编辑操作

在窗口左部的操作控制区的波形编辑操作控件，结合图形区中上部的波形图操作，可以方便地完成各种波形编辑功能。

4.1.2.1 波形翻页和定位：参见 2.1.10，可以完成波形的翻页等操作；

4.1.2.2 波形光标定位：

直接在波形图上点击鼠标左键，可以将波形光标定位到鼠标点击处；

按键盘上的“← → ↓ ↑”按键，可以使波形光标左移一点、右移一点、左移十点、右移十点；

操作“波形光标移动”栏的各按钮可以实现波形光标的移动。

4.1.2.3 波形切除和置零：

其中有“切除”和“置零”两个互斥选择项，置零处理不会引起数据相位的改变。

选择“切除”项时：

按“光标以前”按钮，则切除波形图中光标位置以前的所有波形；

按“光标以后”按钮，则切除波形图中光标位置以后的所有波形；

按“光标处”按钮，则切除波形图中光标位置处的一点；

按“本页波形”按钮，则切除波形图中当前显示的波形；

选择“置零”项时：

按“光标以前”按钮，则将波形图中光标位置以前的所有波形数据置为零；

按“光标以后”按钮，则将波形图中光标位置以后的所有波形数据置为零；

按“光标处”按钮，则将波形图中光标位置处的一点数据置为零；

按“本页波形”按钮，则将波形图中当前显示的波形数据置为零；

4.1.2.4 波形压缩：

“压缩”按钮可以使波形的压缩倍数加 1，“放开”按钮可以使波形的压缩倍数减 1，“设置”按钮可以直接设定波形的压缩倍数，并选择压缩时是否峰值保持，“恢复”按钮使波形回到不压缩的状态。

说明 1：所谓波形压缩，就是从波形数据中每隔一定的点数选择一点，重新形成一个新的波形，若压缩倍数为 n ，则每隔 n 点选取一点，这样形成新的波形点数就为原波形点数除以 n 后取整的数，这个新的波形可以以更少的点数（长度）表示更长时间内波形的概貌。若压缩倍数为 1 则表示不压缩。

说明 2：压缩也相当于重采样，由于降低了采样频率，压缩前若不进行低通滤波，压缩后的波形有可能造成频率混叠。

说明 3：通常压缩 n 倍过程中，每隔 n 点选择其中的任何一点，当采用峰值保持方式压缩时，则每 n 点中选择幅值最大的一点，以保证压缩过程中较大的幅值点不被丢失。

4.1.2.5 波形加减直流量：

此功能可以在全程波形上加减一个直流量，以便对信号的基线位置进行调整，此时将出现“设置加减直流量”对话框，其中输入的数据可为正数，也可以为负数，并且数据的单位为工程单位（实际的物理量）。

4.1.2.6 鼠标选取一段波形进行操作：

在波形图上，按住鼠标左键，横向拖动鼠标，便可选择一段波形，松开鼠标左键后将会自动弹出如图 4.1.2 的“波形编辑操作”对话框，从中可以进行若干编辑操作；

在对话框的“选择编辑区域”栏中，默认范围为拖动鼠标选择的范围，也可以重新输入；在“选择操作类型”栏中，可以选择三种操作方式：

- 1) 将此区域波形拉开显示：仅仅将“选择编辑区域”栏中范围的波形拉开显示；
- 2) 将此区域波形切除：将“选择编辑区域”栏中范围的波形进行切除操作；
- 3) 将此区域波形置零：将“选择编辑区域”栏中范围的波形进行置零操作；

说明：对波形进行拉开显示操作后，可以按波形编辑操作区的“横向”栏的“复原”按钮恢复每页 1024 点的波形显示。

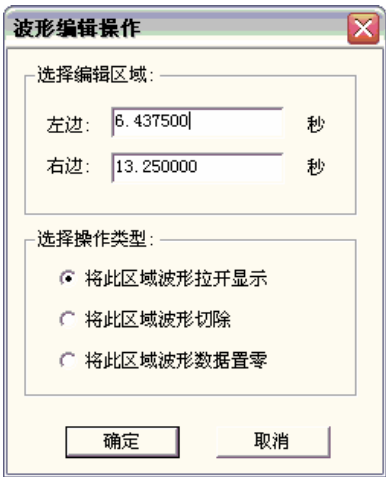


图 3.2.2 波形编辑操作对话框

4.1.3 数字滤波操作

在窗口左部的操作控制区的数字滤波操作控件，结合图形区中下部的频谱图操作，可以方便完成各种数字滤波功能。

4.1.3.1 频谱光标定位：

直接在频谱图上点击鼠标左键，可以将频谱光标定位到鼠标点击处；
操作“频谱光标移动”栏的各按钮可以实现频谱光标的移动；

4.1.3.2 滤波选择：

按“高通滤波”按钮，则将频谱图中光标位置的频率设为高通滤波的高通起始频率。

按“低通滤波”按钮，则将频谱图中光标位置的频率设为低通滤波的低通截止频率。

按“带阻滤波”按钮，则将频谱图中光标位置的频率设为带阻滤波频率。

设置滤波频率时将出现如图 4.1.3 的确认对话框，可再次确认滤波方式和截止频率。

按“滤波复原”按钮，则取消所有滤波设置，即不进行任何滤波操作。

按“开始滤波”按钮，在进行上面几个关于滤波设置的操作后，波形还没有真正滤波，此时还必须按“开始滤波”按钮才开始以上的设定进行波形滤波，滤波后的波形显示在波形图中。

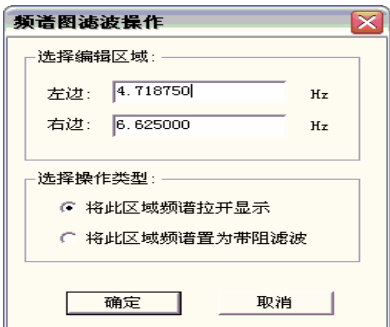
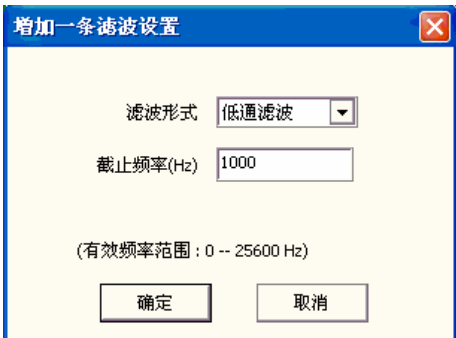


图 4.1.3 设置滤波参数对话框

图 4.1.4 频谱图滤波操作对话框

4.1.3.3 鼠标选取一段频谱进行操作：

在频谱图上，按住鼠标左键，横向拖动鼠标，便可选择一段频谱，松开鼠标左键后将会自动弹出如图 4.1.4 的“频谱图滤波操作”对话框；

在对话框的“选择编辑区域”栏中，默认范围为拖动鼠标选择的频率范围，也可以重新输入；在“选择操作类型”栏中，可以选择两种操作方式：

- 1) 将此区域频谱拉开显示：仅仅将“选择编辑区域”栏中范围的频谱拉开显示；
- 2) 将此区域频谱置为带阻滤波：将“选择编辑区域”栏中范围的频谱区间置为带阻；

说明：对频谱进行拉开显示操作后，可以按频谱编辑操作区的“横向”栏的“复原”按钮恢复初始的全频段频谱显示。

4.1.4 其它操作

保存结果：按操作控制区的“保存结果”按钮，可以将当前编辑和滤波的结果保存为一个新的数据文件。此时将出现“设置保存数据参数”对话框，其中可以设置新保存的数据文件的各项参数。

提示：进行编辑和滤波操作后，必须将其保存为一个新的数据文件，原来的数据文件不会改变。

批量处理：按操作控制区的“批量处理”按钮，可以对多组数据自动进行编辑滤波分析，而各种编辑和滤波操作参数按当前进行的参数，使用批量分析可以轻松完成大量数据的处理，大大节省操作量和时间。

波形直接截取：直接从当前数据中选择一段，保存为新的数据文件，此时将出现如图 4.1.5 的对话框。

波形截取批处理：批量数据进行直接截取，将出现如图 4.1.6 的对话框。

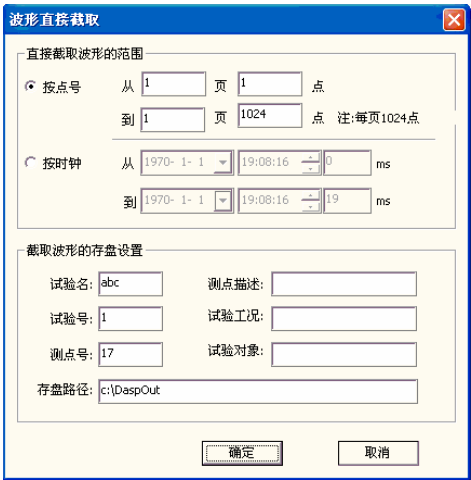


图 4.1.5 波形直接截取

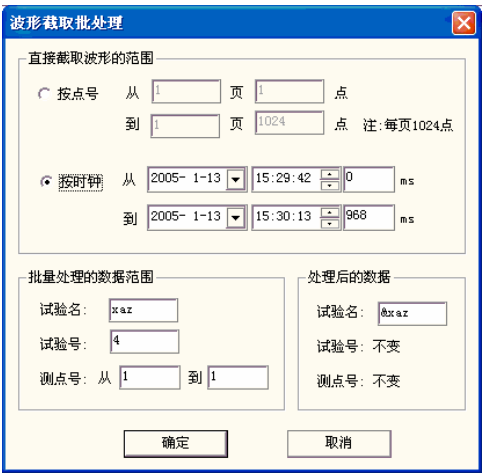


图 4.1.6 波形截取批处理

4.2 波形公式运算

选择“波形公式运算”菜单，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个或者多个将参与运算分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入公式运算模块，此时出现如图 4.2.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形以及参数文字信息等内容。

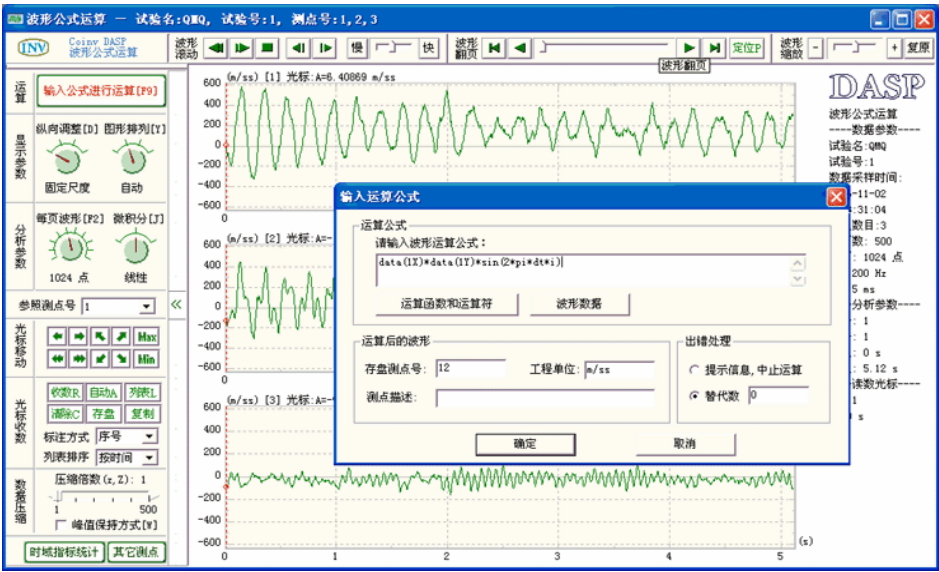


图 4.2.1 公式运算分析窗口

4.2.1 公式运算方法和公式规则

在工程测试中，有些物理量常常无法直接进行测试，而是通过测量其它物理量，然后再进行一定的数学运算，间接得到要测试的物理量。

其中的数学运算可能比较简单，也可能需要一个较为复杂的公式进行运算。公式运算模块就是针对此情况，可以输入一个复杂的公式，对若干波形进行运算，得到新的波形。

例如：在三维空间上测量任意方向的运动速度 V 的大小，由于事先不能确知运动方向，或者运动方向时刻变化，因此可以使用三个传感器分别测量运动的 X 、 Y 和 Z 方向运动分量 V_x 、 V_y 和 V_z ，然后通过 V_x 、 V_y 和 V_z 的数据计算主方向的运动速度 V ，运算公式为：

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$$

4.2.1.1 公式运算方法

使用若干波形通过某个公式计算得到新的波形，其过程为：根据波形数据点数，依次取出各波形对应点的数据，然后通过公式运算，得到新波形对应点的数据。

例如，通过波形 X 和 Y 计算 $Z=X+Y$ ，其中 X 和 Y 的波形为 N 点长度，则计算 Z 的过程如下：

从 1 到 N 点逐个进行运算，当计算第 k 点时($0 < k < N+1$)，先取出 X 和 Y 波形的第 k 点值 $X(k)$ 和 $Y(k)$ ，然后通过公式 $Z(k) = X(k) + Y(k)$ 得到第 k 点的 Z 波形数据，这样运算后的 Z 波形长度也为 N 点。

4.2.1.2 公式规则

由于实际公式可能非常复杂,并且表示方式多样,因此在本软件模块中的公式输入需要遵循一定的规则,否则可能无法正确对输入的公式进行识别。

输入的公式可以包括一些算术运算符、逻辑运算符、数学函数、数字、常量、波形数据、括号等。

算术运算符包括如下内容:

- + 加法, 两个数相加, 如 $1+2$, 结果为 3
- 减法, 两个数相减, 如 $1-2$, 结果为 -1
- * 乘法, 两个数相乘, 如 $2*3$, 结果为 6
- / 除法, 两个数相除, 如 $6/2$, 结果为 3, 注意除数不能为 0, 否则会出错
- ^ 幂, 如 2^3 , 表示 2 的 3 次方, 结果为 $2*2*2=8$
- || 取绝对值, 如 $|-1.5|$, 结果为 1.5
- () 括号, 括号是用于改变运算优先级的, 它具有最高优先级

逻辑运算符包括如下内容:

- > 大于, 用法 $a>b$, 若 a 大于 b 则结果为 1, 否则结果为 0
- >= 大于或等于, 用法 $a>=b$, 若 a 大于或等于 b 则结果为 1, 否则结果为 0
- < 小于, 用法 $a<b$, 若 a 小于 b 则结果为 1, 否则结果为 0
- <= 小于或等于, 用法 $a<=b$, 若 a 小于或等于 b 则结果为 1, 否则结果为 0
- <> 不等于, 用法 $a<>b$, 若 a 不等于 b 则结果为 1, 否则结果为 0
- ! 取反, 用法 $!a$, 若 a 不等于 0 则结果为 1, 否则结果为 0

常用数学函数包括如下:

- sqrt 平方根, 用法 $\text{sqrt}(a)$, 例如 $\text{sqrt}(16)=4$, 注意 a 不能小于 0, 否则会出错
- abs 取绝对值, 用法 $\text{abs}(a)$, 若 a 小于 0 则结果为 $-a$, 否则结果为 a
- sign 取符号, 用法 $\text{sgn}(a)$, 若 a 小于 0 结果为 -1, 若 a 等于 0 结果为 0, 否则结果为 1
- exp 指数函数, 用法 $\text{exp}(a)$, 表示 e 的 a 次方, e 为 Euler 常数
- ln 自然对数, 用法 $\ln(a)$, 表示 a 的自然对数, 以 e 为底, 例如 $\ln(10)=2.3025\dots$
- lg 十进对数, 用法 $\lg(a)$, 表示 a 的十进对数, 以 10 为底, 例如 $\lg(100)=2$

常用三角函数包括如下:

- sin 正弦函数, 用法 $\sin(a)$, 注意 a 为弧度
- cos 余弦函数, 用法 $\cos(a)$, 注意 a 为弧度
- tan 正切函数, 用法 $\tan(a)$, 注意 a 为弧度
- arcsin 反正弦函数, 用法 $\arcsin(a)$, 注意: $-1 \leq a \leq 1$, 否则会出错
- arccos 反余弦函数, 用法 $\arccos(a)$, 注意: $-1 \leq a \leq 1$, 否则会出错
- arctan 反正切函数, 用法 $\arctan(a)$, 例如: $\arctan(1) = \pi/4$
- sinh 双曲正弦函数, 用法 $\sinh(a)$
- cosh 双曲余弦函数, 用法 $\cosh(a)$
- tanh 双曲正切函数, 用法 $\tanh(a)$

波形数据如下表示

data(XXX), XXX 为该波形的测点号

常量和变量包括如下：

- pi 圆周率，说明： pi = 3.1415926535898
- e Euler 常数，说明： e = 2.718281828
- sf 被计算波形的采样频率，单位为 Hz
- dt 被计算波形的采样时间间隔，单位为 s ， dt = 1.0 / sf
- i 变量，点号，运算中表示波形各点的序号，从 1 开始

注意事项：公式中的乘号不能省略，例如 2sin(3pi) 的公式是不能被识别的，正确的为 2 * sin(3*pi)

4.2.1.3 运算优先级

不同的操作符和函数具有不同的优先级，例如乘法和除法的优先级就大于加减法，DASP 如下定义：

操作	优先级
(),	1 （最高优先级）
函数	2
!	3
^	4
*, /	5
+, -	6
<, <=, >, >=, <>	7 （最低优先级）

4.2.2 输入公式进行运算

进入公式运算模块的窗口后，将显示调入数据的波形，可以按左侧操作控制区的“输入公式进行运算”实现波形运算的功能。此时将出现如图 4.2.2 的对话框，其中可以设置运算的全部参数。

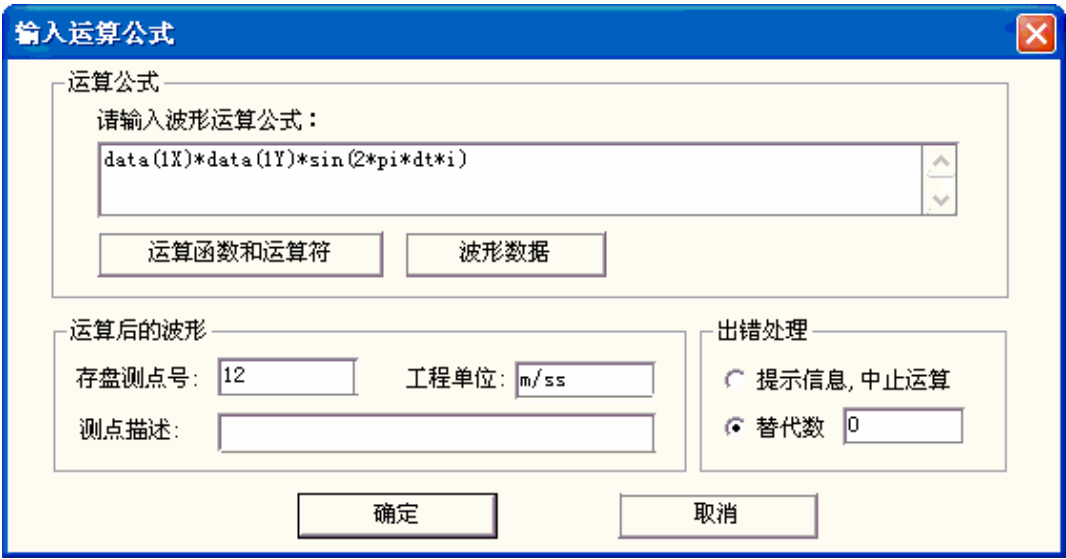


图 4.2.2 公式运算设置对话框

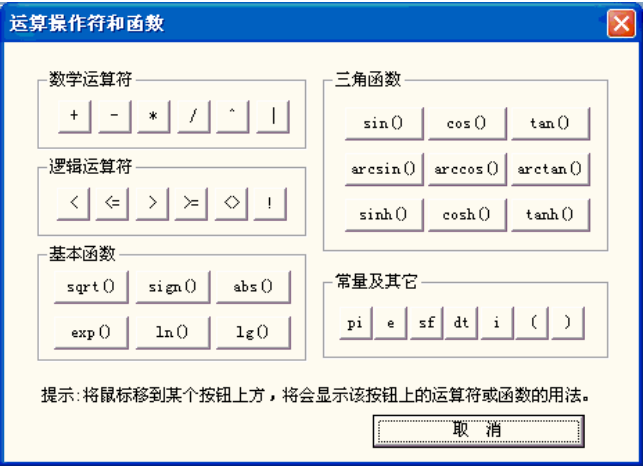


图 4.2.3 函数和运算符对话框




图 4.2.4 波形数据选择对话框

输入公式：

运算公式栏： 可以输入符合 DASP 有效规则的公式，在输入过程中也可以按其下方的“运算函数和运算符”和“波形数据”，选择某个函数、运算符或波形数据，插入到运算公式输入框的光标位置。

插入运算函数和运算符：按“运算函数和运算符”按钮将出现如图 4.2.3 的对话框，可选择其中某一项，并插入到输入公式的光标位置。注意：插入前，请先将输入公式的光标移到合适的位置。

插入波形数据：按“波形数据”按钮将出现如图 4.2.4 的对话框，可选择某一个测点的数据，并插入到输入公式的光标位置。注意：插入前，请先将输入公式的光标移到合适的位置。

选择最近输入：点击公式输入栏右侧的“”按钮，即可显示最近输入的公式列表，从中可直接选择。

运算后的波形设置：

存盘测点号：输入运算后得到新波形的存盘数据的测点号。说明：新数据的试验名、试验号和数据存放路径同当前调入波形的试验名、试验号和数据路径。

工程单位：输入新波形数据的工程单位（物理量纲）；

测点描述：为新数据输入描述文字，也可以不填写此项；

出错处理：

由于自由输入公式，而有些函数和操作符不能对任何数据进行计算，例如除法计算中除数不能为 0，对数计算中数据必须大于 0，因此在进行实际运算过程中，可能出现如下几种错误：

- (1) 除零错误 (2) 超出函数定义域 (3) 其它未知错误

并将导致计算无法进行，因此在“出错处理”栏中需要设定如何处理，有两种选择：

1 提示信息，中止运算：选择此方式，则在计算过程中一旦遇到运算出错，立即提示出错信息，并停止运算，即运算取消；

2 使用替代数：此方式可以输入一个替代数据，当出现运算无法进行时，使用该替代数据作为出错运算的结果，这样运算就可以继续完成，并得到结果波形，但要注意的是：此时的运算结果不是严谨的。

设置完毕后，按“确定”按钮开始进行运算，运算结束后，会自动将运算后的波形加入当前显示窗口中的最后一个。

4.2.3 显示和分析操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等，通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

在“显示参数”栏的“纵向调整”旋钮可以设置波形图纵尺度的方式，有四种方式可选：

- 1) 固定尺度：各图的纵坐标范围为采集仪的满量程范围；
- 2) 统一尺度：各图使用相同的满刻度值，这样各波形将在同一尺度下显示，具有幅值的可比性；
- 3) 自动尺度：各通道根据自身信号的大小分别独立调整满尺度，各波形都较好地占满显示图幅；
- 4) 按基线调整：在自动尺度方式的基础上，还根据信号基线位置调整波形的上下限尺度，这种方式对于信号基线不在 0 的附近时，可以较好地使波形占满显示图幅。

在“显示参数”栏的“图形排列”旋钮可以改变多个波形图的排列方式，具有四种方式可选：

- 1) 单列方式：所有通道的波形排成一行显示，当波形数目较多时可能会产生波形图纵向尺寸过小而影响显示和观察的情况；
- 2) 自动方式：当波形数目较少时排成一行显示，当波形数目较多时则自动排成两列；
- 3) 重叠方式：将所有波形使用不同颜色绘制在一幅图中，可以方便进行波形的比较，此时的“纵尺度调整”方式将自动使用“统一尺度”方式；
- 4) 单个方式：仅仅显示当前的参照测点号的波形。

在“分析参数”栏的“每页波形”旋钮可以设置显示每页波形的点数。

在“分析参数”栏的“微积分”旋钮可以对波形进行微分或者积分操作，其中选择“微分”档将对波形进行一次微分操作，“积分”档则对波形进行一次积分操作，而“线性”档则不进行变换。

在“数据压缩”栏中可以完成数据的压缩功能，改变滑动条的位置。可以改变压缩的倍数，滑动条的刻度范围反映了当前数据的可压缩倍数的范围。

提示：压缩倍数 n 表示数据压缩过程中每 n 个点中抽取一点，得到压缩后的波形，若压缩倍数等于 1，则表示不压缩。

“峰值保持方式”选中后，可以实现压缩过程的峰值保持。

按“时域指标统计”按钮，可以对各波形进行若干种时域指标的统计，统计结束后将出现“数据列表”窗口，其中包括：最大值、最小值、平均值、平均幅值、有效值、方根幅值、偏度指标、峭度指标、偏态因数、峰态因数、波形因数、脉冲因数、峰值因数和裕度因数等。

4.3 波形微积分

选择“波形微积分”菜单，即可进入波形全程微积分转换模块，此时出现如图 4.3.1 的子窗口，可以进行有关微积分转换的设置和预览，并完成微积分转换。

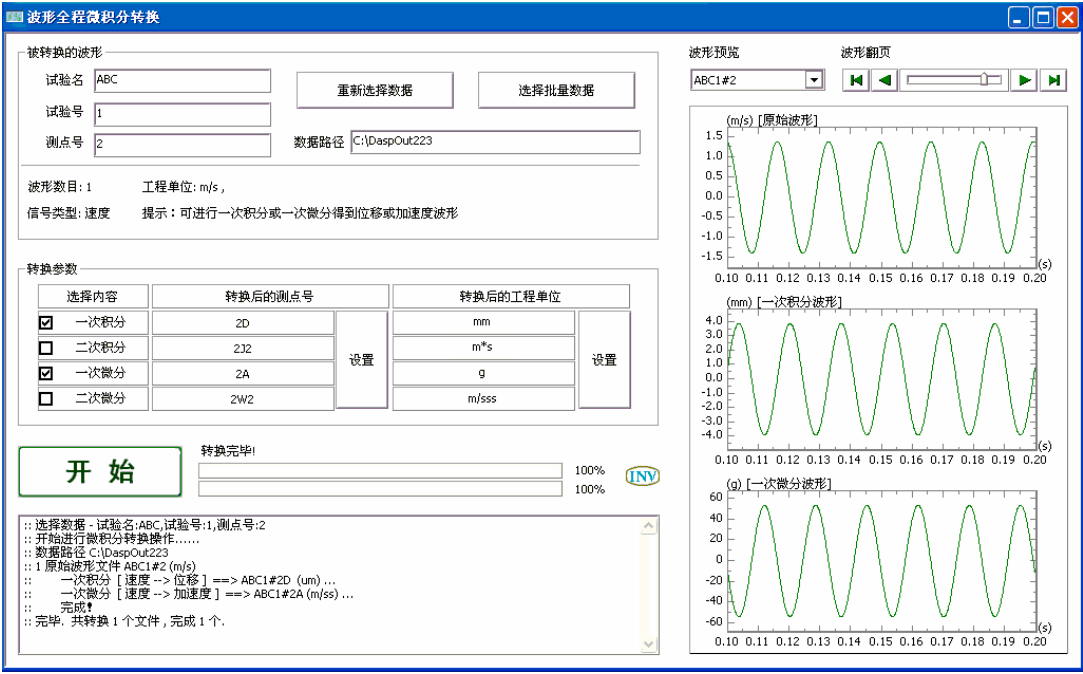


图 4.3.1 波形全程微积分转换窗口

4.3.1 波形全程微积分转换功能

波形全程微积分转换模块主要完成对大容量长数据进行全程的微积分转换，包括一次积分、二次积分、一次微分和二次微分，使用此功能可以对振动信号进行加速度(A)、速度(V)和位移(D)三种参量之间的转换，即只要获取 AVD 中的一种信号，就可以通过本功能得到另外两种信号。AVD 三种参量的描述和微积分关系如下：

位移

速度

加速度

$x = A \sin(\omega t + \phi)$

$\dot{x} = A \omega \cos(\omega t + \phi)$

$\ddot{x} = -A \omega^2 \sin(\omega t + \phi)$

位移

速度

加速度

$\xrightarrow[\text{积分}]{\text{微分}}$

$\xrightarrow[\text{积分}]{\text{微分}}$

x

\dot{x}

\ddot{x}

图 4.3.2 三种振动参量的相互关系

AD 采样后的离散信号，若使用常规的微积分计算方法，对于较长的波形常常会得到很差的效果。在积分操作中，由于信号中微弱的基线漂移导致整个积分波形的基线大幅度波动，在微分操作中由于各离散采样点的误差导致微分后波形的局部误差放大，对于二次微积分操作则上述现象更为严重。

DASP 软件中采用先进的微积分方法，综合考虑整段波形的特征，从而克服上述问题，实现长数据波形的全程微积分转换。但是由于离散采样数据的两端（波形开始处和结束处）存在波形截断的问题，因此微积分操作后的波形在两端仍然会出现截断误差引起的波形畸变。

4.3.2 选择波形文件

在“被转换的波形”栏中显示了当前选择波形数据的试验名、试验号、测点号和数据路径。

按“重新选择数据”按钮将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择多个要进行转换的采样数据，详细操作请参见 2.1.2。

按“选择批量数据”按钮将出现如图 4.3.3 的对话框，从中可以设定试验号和测点号的范围，以便批量进行选择。

提示：微积分转换后的波形数据将保存在相同的数据路径中。



图 4.3.3 批量选择数据



图 4.3.4 设置转换后的工程单位

4.3.3 设置转换参数

在“转换参数”栏中显示了当前选择转换的内容以及转换后波形的工程单位和测点号。

在“选择内容”列中可以选择需要进行转换的内容，包括一次积分、二次积分、一次微分和二次微分，可以根据需要选择一种或多种。

在“转换后的工程单位”列中显示各数据转换后的工程单位，按此列的“设置”按钮可以对此进行设置，此时出现如图 4.3.4 的对话框，其中分两种情况，若转换后的单位是 AVD 的一种，则可以分别选择 AVD 的单位类型，否则 DASP 会自动确定转换后的工程单位，自动确定的方法为：一次积分后的单位乘以 s（秒），二次积分后的单位乘以 s^2 ，一次微分后的单位除以 s，二次微分后的单位除以 s^2 。

在“转换后的测点号”列中显示转换后的数据的测点号，按此列的“设置”按钮可以设置转换后的测点号命名方式，此时出现如图 4.3.5 的对话框，其中分两种情况，若转换后的单位是 AVD 的一种，则可以根据 AVD 的类型设置测点号附加文字，否则根据转换方式的不同设置测点号的附加文字。

说明：DASP 在对原始波形进行微积分转换后，将在相同的数据路径下产生新的波形数据文件，新的波形文件与原始波形的试验名和试验号均相同，但测点号不同，新波形的测点号为原始波形的测点号加上一定的附加文字，图 4.3.5 的对话框中即可设置附加文字。例如原波形的测点号为“5”，经过一次积分之后得到新的波形，若新波形为位移信号则测点号为“5D”，若新波形不是 AVD 类型，则测点号为“5J1”。

4.3.4 波形微积分效果预览

在“波形预览”栏中可以选择要进行微积分效果预览的波形，“波形翻页”栏中的按钮和滑动条可以进行预览波形的翻页操作。

在图形显示区中显示原始波形以及经过某几种微积分转换后的波形。

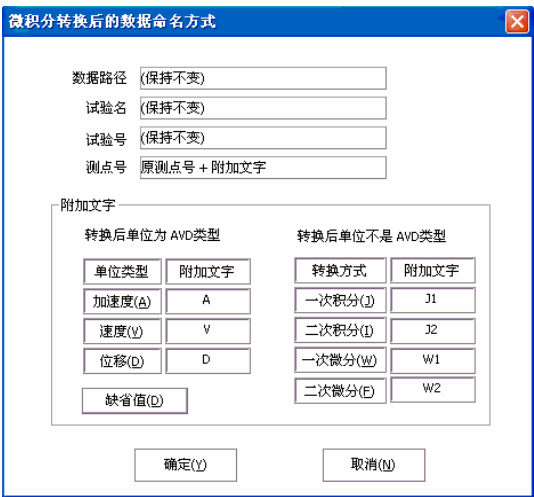


图 4.3.5 设置转换后的测点号

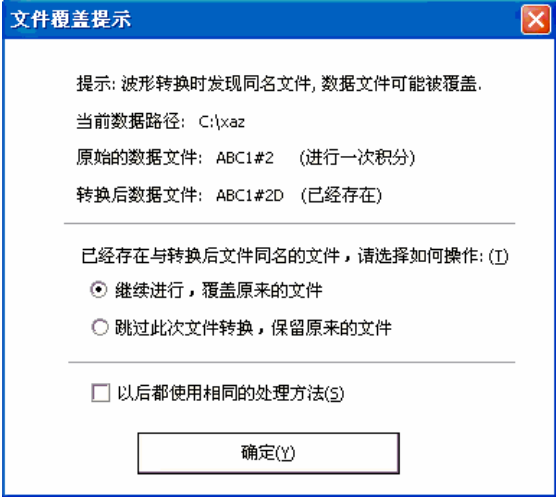


图 4.3.6 文件覆盖提示

4.3.5 进行微积分转换

各项设置完毕后，按“开始”按钮即可进行微积分转换操作，同时该按钮文字变为“停止”，在转换过程中可以按此按钮随时中断转换过程。

转换过程中，右侧的两个进度条分别显示当前被转换波形的转换进度以及所有波形的总体转换进度，在下方的文字框中则显示转换过程中的信息文字。

若转换后的波形文件已经存在同名文件，则会出现如图 4.3.6 的提示对话框，从中选择是否继续进行（覆盖原文件），或者跳过该文件的转换。此外，若选中“以后都使用相同的处理方法”则再次遇到同名文件时将直接采用相同的处理方法而不出现此提示信息。

4.4 跟踪滤波

选择菜单“跟踪滤波”，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行跟踪滤波的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入跟踪滤波分析模块，此时出现如图 4.4.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形、频谱以及参数文字信息等内容，按左侧的“开始跟踪滤波”按钮即可开始进行跟踪滤波，滤波结束后的图形区中还将显示滤波后的波形和频谱。

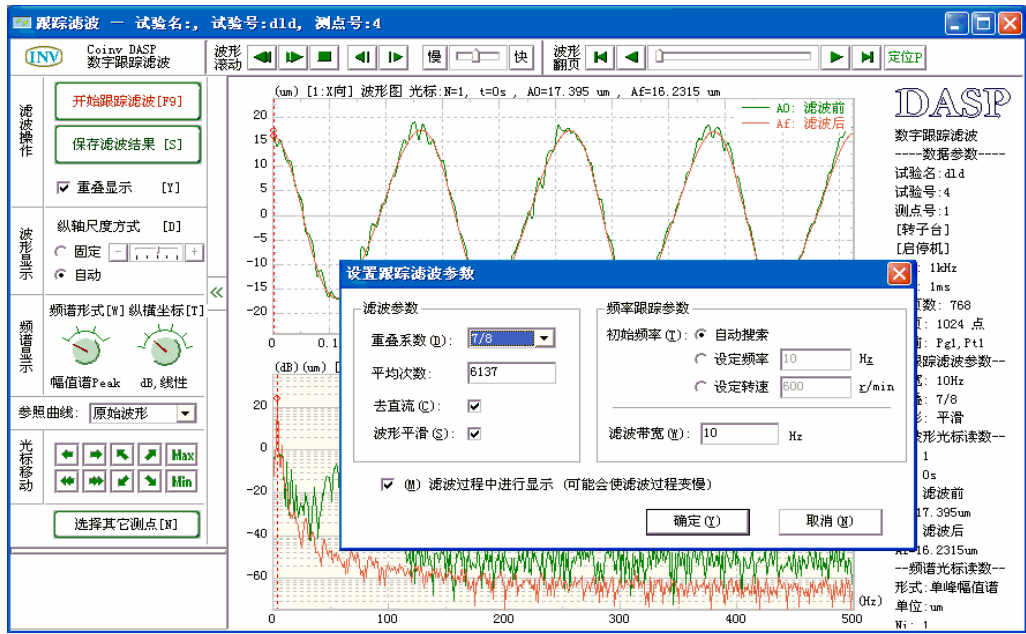


图 4.4.1 跟踪滤波窗口

4.4.1 数字跟踪滤波方法介绍

数字滤波是常用的波形处理手段，可以用于滤除信号中不需要的频率成分，保留重要的频率成分。滤波处理通常需要指定滤波的频带范围，例如给定一个频率范围的带通滤波，则可以在滤波后保留该频带内的频率成分，而滤除频带以外的所有频率成分。

但是在实际应用中，信号的主频有可能是变化的，为了在滤波过程中保留主频的频率成分，就要求滤波的频带根据信号频率的变化而变化，这时固定频带的带通滤波就不能适用了。此外，在信号的频率变化过程中，信号的主频可能并非频谱中最大的谱峰（主峰），于是简单地按照频谱主峰进行带通滤波也不能实现主频的带通滤波。

以常见的出现严重油膜涡动的滑动轴承支承的转子系统升速过程中的振动信号为例，假设转子的转速从 600r/min 升至 9000r/min，转子的临界转速为 3000r/min，测量该转子升速全过程的振动，则该信号中的转动基频从 10Hz 连续变化至 150Hz，并且在转速 6000r/min 附近时出现严重的半频油膜涡动（即除了转动基频 100Hz 外，还出现了比基频幅值更大的半频 50Hz，该半频接近于转子的临界转速对应的频率），此时的转动基频已经不是频谱中的主峰。对于这样的信号，若要进行一定的滤波处理，使得滤波后的信号仅仅包含转动基频频率，而滤除其它频率成分（包括 6000r/min 附近的幅值超过基频幅值的半频成分），则必须考虑使用跟踪滤波处理。

跟踪滤波是对变频信号进行的带通滤波，它可以自动跟踪变频信号的某一阶频率（常常是基频），然后进行带通滤波，带通滤波的频带中心为跟踪的信号频率，并按照设定的频率带宽为频带的宽度。此种方法可以有效跟踪变频信号（例如转子的升降速过程）的某一阶频率，然后进行带通滤波，滤除此阶频率之外的各种频率。以上述转子的例子，跟踪滤波可以在信号开始阶段指定要跟踪的基频 10Hz，然后随着信号频率的变化，自动跟踪该基频的变化，并进行带通滤波，即便在出现半频油膜涡动时，也不会以半频频率为带通，而是以跟踪的基频进行带通滤波，这样滤波后的信号中仅仅包含转动基频的频率。

4.4.2 进行跟踪滤波操作

在窗口左部的操作控制区中“滤波操作”栏有各种选择按钮，通过它们可以进行跟踪滤波的操作。

按“滤波操作”栏中的“开始跟踪滤波”按钮，或者按“F9”键就可以开始进行信号的跟踪滤波，此时出现如图 4.4.3 的对话框，其中可以设置一些关于滤波的参数。其中包括滤波参数和频率跟踪参数，如下：

滤波参数：

重叠系数：滤波的重叠系数，以重叠方式进行信号跟踪的滤波操作，选择较大的重叠系数将会得到较好的滤波效果，但同时需要较多的计算量，选择不同的重叠系数，其下方的“平均次数”表示了将要进行的计算次数，平均次数越大则计算过程越长。

去直流：在滤波过程中对信号进行去直流处理，可以尽量避免信号中直流漂移的不良影响。

波形平滑：由于信号的频率不断变化，则滤波频带参数也在不断变化，这样可能造成滤波后各段波形连接处的不光滑，选择波形平滑则可以对连接处进行平滑处理。

频率跟踪参数：

初始频率：开始时设定要跟踪信号中的哪一个频率，有三种选择：

- 1) 自动搜索：开始时自动搜索信号频谱中的主峰作为跟踪频率；
- 2) 设定频率：指定一个频率作为跟踪频率；
- 3) 设定转速：指定一个转速对应的频率作为跟踪频率， $\text{转速(r/min)}/60=\text{频率(Hz)}$ ；

滤波带宽：对跟踪频率进行带通滤波的频带带宽，该带宽不要设置太小，否则可能造成跟踪失败；

滤波过程中进行显示：

选择此项则在滤波过程中显示波形和频谱以及频谱中的跟踪频带示意。注意：若选择此项则由于要不断显示波形和频率，而使得滤波过程变慢。

各项设置完毕后，按“确定”按钮即可开始跟踪滤波，并出现一个进度条，显示滤波进度。若选择了“滤波过程中进行显示”则还将同时显示滤波过程中的滤波前后波形和频率，在频谱图上还将以读数光标的颜色（通常为红色）显示一个矩形框，该框表示当前跟踪频率的滤波频带。

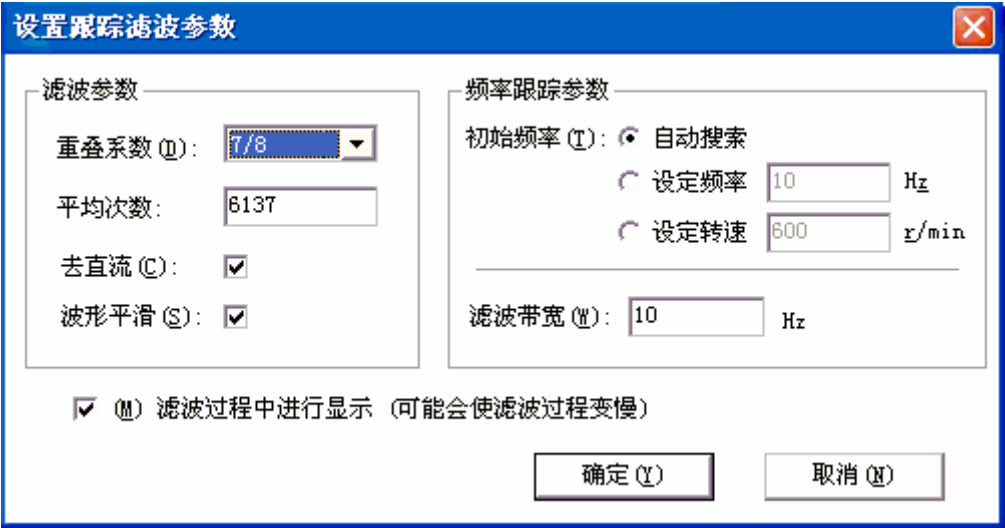


图 4.4.3 设置跟踪滤波参数

滤波结束后，在图形显示区中不仅显示滤波前的波形和频率，还显示滤波后的波形和频谱，默认情况下，滤波前后的波形和频谱时用两种不同的颜色重叠显示的（两种波形的颜色可以通过工具体上的“色彩”按钮调出“设置图形色彩”对话框进行设置，分别对应“曲线线条”和“第二曲线”的颜色）。

在“滤波操作”栏的“重叠显示”选择项可以设置是否重叠显示滤波前后的波形和频谱。

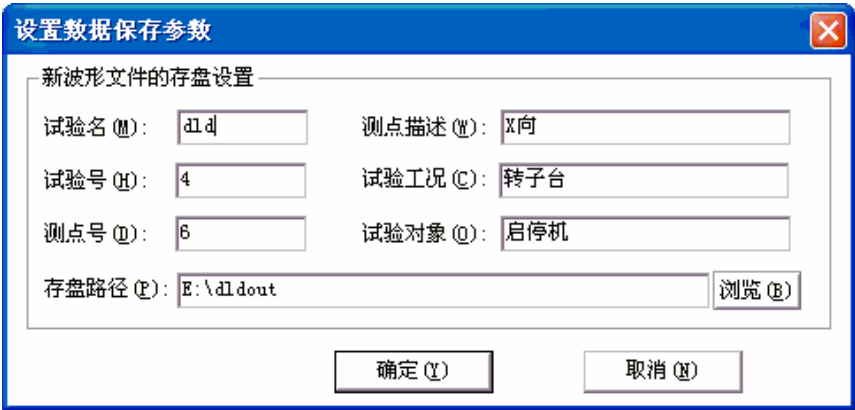


图 4.4.4 保存跟踪滤波结果波形

按“滤波操作”栏中的“保存滤波结果”按钮，或者按“S”键就可以将滤波后的波形进行保存，。保存时将出现如图 4.4.4 的对话框，要求设置保存参数，即以什么试验名、试验号和测点号进行保存，并且可以输入该波形的各种描述文字。由于按照采样数据的方式进行保存，因此保存后的滤波波形将可以像其它采样数据一样在 DASP 软件中进行各种分析操作。

4.4.4 跟踪滤波显示操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等，通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

在“波形显示”栏中可以设置波形图的纵轴尺度方式，两种选择如下：

- 1) 固定尺度：在波形滚动浏览过程中尺度保持不变，其后面的滑动条和“+”、“—”按钮可以改变当前的尺度大小；

2) 自动尺度：在波形滚动浏览过程中自动根据波形幅度的大小，确定尺度，使得波形不论幅度大小总是以较为满幅地进行显示。

在“频谱显示”栏中可以设置频谱图的一些分析和显示参数，如下：

1) 频谱形式：可以选择四种不同的频谱形式，包括单峰值幅值谱、有效值幅值谱、功率谱和功率谱密度；

2) 坐标形式：可以设置纵轴形式为线性、分贝 dB 或者对数 Log10 方式，横轴坐标为线性或对数方式；

4.5 流量计算分析

选择菜单“流量分析”，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行流量计算的脉冲波形，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入流量分析模块，此时出现如图 4.5.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区则可以进行各种流量计算操作和设置。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入的脉冲波形，按左侧的“流量计算”按钮即可开始流量计算和分析。

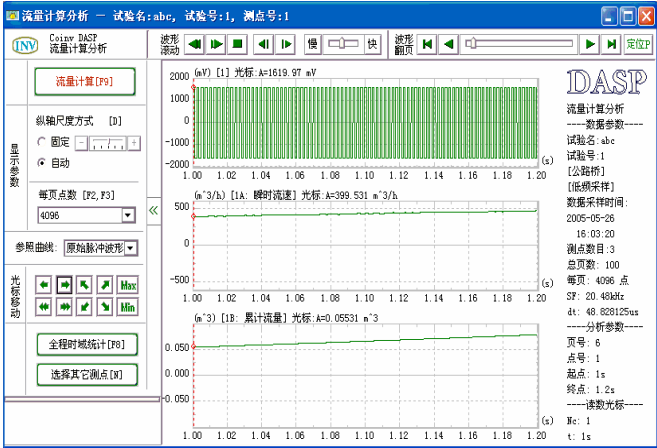


图 4.5.1 流量分析窗口

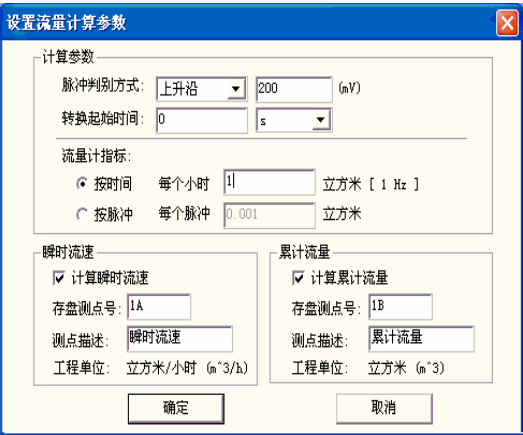


图 4.5.2 设置流量计算参数

4.5.1 流量分析方法介绍

流量分析模块是对测量流体流量的涡轮流量计的输出脉冲信号进行流量分析的。

涡轮流量计在实际使用中可以输出脉冲电压信号，并且其输出脉冲的频率与实际流速成正比。根据脉冲的频率和脉冲的数目就可以计算出实际的瞬时流速和累计流量。

由于流量计输出脉冲的频率与实际的流速成正比，因此可以根据各个时刻的脉冲的频率计算出该时刻的流速，即每小时的流量（ m^3/h ），此为瞬时流速的计算。

此外对瞬时流速进行积分，即可得到累计的流量，即总的流量（ m^3 ），此为累计流量的计算。

4.5.2 进行流量计算

进入本模块时，先需要选择脉冲波形的信号，进入后将显示该脉冲波形的波形图，按左侧的“流量计算”按钮即可进行流量的计算和分析，此时出现如图 7.7.2 的设置对话框，其中需要设置有关计算和分析的参数。

脉冲判别方式：

进行流量计算关键是要对脉冲进行识别，有时由于测量信号的实际情况比较复杂，为准确判别脉冲，因而需要设置脉冲的判别方式。通常可以选择脉冲的上升沿或者下降沿，并且经过某一个电压大小作为一个脉冲的开始。例如流量计输出脉冲的高电平约为 300 到 500mV，低电平约为-100 到 100mV，并且上升沿比较清晰，则可以设置脉冲判别方式为上升沿的 200mV 比较可靠。又例如流量计输出脉冲高电平约为 2000mV，低电平约为 1000mV，并且下降沿比较清晰，则应设置脉冲判别方式为下降沿的 1500mV 比较可靠。

转换起始时间：

有时测量的脉冲信号中前面一段为无用信号，为防止该无用信号被作为脉冲计算，可以设置计算的起始时间。例如一点 10 秒的信号，其中前面 2 秒的信号为噪声信号，则可以设置转换起始时间为 2 s。

流量计指标：

该指标一般随流量计的使用说明等资料一起提供，它是相当于脉冲到流量的转换比例。可以选择两种方式输入：按时间的流量和按脉冲的流量。有些流量计提供在 1Hz 脉冲的条件下的每小时流量(m^3/h)，则可以使用按时间的流量指标，注意若为其它单位（如 cm^3/s ），则需要先将该数值转为每小时的立方米流量(m^3/h)。有些流量计提供每个脉冲代表的流量($\text{m}^3/\text{脉冲}$)，则可以使用按脉冲的流量指标。

瞬时流速：

可以设置是否进行瞬时流速的计算，同时指明瞬时流速计算的结果波形用什么样的测点号进行文件存盘，其存盘路径、试验名和试验号同脉冲信号的文件设置，缺省的测点号为脉冲信号测点号后面加上字母 A。此外在“测点描述”栏中还可以输入瞬时流速波形文件的描述信息文字。对于瞬时流速的波形，其工程单位为 m^3/h ，即 立方米每小时。

累计流量：

可以设置是否进行累计流量的计算，同时指明累计流量计算的结果波形用什么样的测点号进行文件存盘，其存盘路径、试验名和试验号同脉冲信号的文件设置，缺省的测点号为脉冲信号测点号后面加上字母 B。此外在“测点描述”栏中还可以输入累计流量波形文件的描述信息文字。对于累计流量的波形，其工程单位为 m^3 ，即 立方米。

压缩存储计算后波形：

若不选择此项，则计算后的瞬时流速和累计流量波形的数据长度同原始的脉冲波形数据长度一致。有时脉冲波形的长度很大，这样计算后的瞬时流速和累计流量波形显得很冗长。此时可以选择此项，这样计算后的流速和流量曲线就只有 1024 点，而且在一幅图面上就可以显示整个时间上的曲线。

注意：若选择压缩存储，则计算后的波形的数据点数就和脉冲波形的数据点数不同。

各项设置完毕后，按“确定”按钮即可开始流量计算，计算完毕后，在图形区域中将加入刚刚计算的瞬时流速波形和累计流量波形，此外瞬时流速和累计流量的波形也按照上述测点号保存为 DASP 数据文件，而且可以使用 DASP 的其它分析模块进行调用和分析操作。

若选择了压缩存储计算后波形，则计算完毕后将仅仅显示计算后的瞬时流速波形和累计流量波形，而原始脉冲波形就不再显示了。

4.5.3 显示分析操作

纵轴尺度：在“纵轴尺度方式”栏中可以设置波形图的纵轴尺度方式，两种选择如下：

1) 固定尺度：在包络波形滚动浏览过程中尺度保持不变，其后面的滑动条和“+”、“—”按钮可以改变当前的尺度大小；

2) 自动尺度：在包络波形滚动浏览过程中自动根据包络波形幅度的大小，确定尺度，使得包络波形不论幅度大小总是以较为满幅地进行显示。

每页显示点数：在每页显示点数栏中可以设置波形显示的每页点数，按“F2”和“F3”也可以改变。

全程时域统计：按“全程时域统计”按钮，可以对各波形进行全程统计，统计最大值、最小值、平均值、有效值、方差等十几种指标参数，然后出现数据列表窗口，显示统计的结果数据。

4.6 扭振分析

对于某些采集仪（如 INV3018、INV3020 等系列）的转速通道，其内部采样率大于 20MHz，因此可支持高精度相位测量，该相位数据可供扭振分析使用。

扭振测量和分析可用于测量转轴扭振的三个参量，包括相对转角位移、转角速度和转角加速度，用于表示扭振的转角随时间变化的时域波形、转角变化速度的时域波形和转角变化加速度的时域波形。

扭振中的转角为相对角度，扭振计算的波形的第一个采样点时刻的转角定义为 0 度，其他采样点的转角为相对该时刻的转角。一般情况下，若测量过程中的转速为不变的，则相对转角在 0 附近波动，若转速从一个数值变化到另一数值，则相对转角会变化到某一固定数值的附近波动。

扭振测量需要在采样时开启转速通道，详细参见 2.2.1.2 节。

为准确描述扭振转角及其变化信息，需要实际测量中的 PPR（每转脉冲数）为较大的数据，例如 30~120 甚至更大，越大的 PPR 则可以获取越高的转角精度。

在采样中的转速通道可以输出两路信号，一路为转速时间波形，其波形上每点的数据为该采样时刻的转速（单位为 r/min），另一路为相位时间波形，其波形上大部分点为 0，不为零的点表示该采样时刻距离其最近一个转速脉冲的时间差，单位为微秒。利用相位时间差信息，即可计算出扭振的转角，并可以计算出转角变化的速度和加速度。

另外，当转速产生较大变化时，转轴的相对转角会产生一个固定的角度值。因此测量扭振时，一般应保证被测对象处于稳定转速下。如果测量过程中转速发生变化，则变化之后的相对转角将会在一个固定的角度附近变化，此时该固定角度值是由于转速变化引起的，而在该角度附近的波动才是真正的扭振。在 DASP 软件中，可通过跟踪转速变化来消除该固定的相对转角（注：若转速为突变，则突变时刻的相对转角的数值还是会受影响，此影响在其后的 1 转时间之后将逐渐消除）。

因此扭振分析模块式基于上述相位波形进行计算的，在采样中转速通道的相位波形存盘测点号为 PH0,PH1...等形式。从菜单“高级分析 | 扭振分析”可进入，此时将出现“选择分析数据”对话框，需要选择一个测点号为 PHx 的相位通道的波形数据，然后出现如图 4.6.1 的计算对话框。

扭振计算

转速相位波形

试验名

abcf

数据路径

D:\扭振数据

试验号

3

测点号

PH0

每转脉冲数

32

☒ 消除转速变化引起的相对转角变化

计算参数

计算内容	存盘测点号	单位	测点描述
<input checked="" type="checkbox"/> 转角位移	TD0	deg	相对转角
<input checked="" type="checkbox"/> 转角速度	TV0	deg/s	转角速度
<input checked="" type="checkbox"/> 转角加速度	TA0	deg/ss	转角加速度

开始计算

取消

图 4.6.1 扭振计算设置对话框

其中：

在“转速相位波形”栏中显示当前选择的相位通道数据信息，以及每转脉冲数，若实际的每转脉冲数不同，则可以在此处进行更改。

选中“消除转速变化引起的相对转角变化”项，则 DASP 将跟踪转速变化，并消除由于转速变化引起的相对转角，以获取“纯粹”的扭振成分。

在计算参数中可以选择是否计算“转角位移”、“转角速度”和“转角加速度”三项内容，并且设置相应的存盘测点号、单位和测点描述信息。

工程单位中的角度可选角度 deg 或弧度 rad，对应的位移、速度和加速度单位分别为 deg,deg/s,deg/ss 和 rad,rad/s,rad/ss。

设置完毕后，按“开始计算”将出现计算进度条，此时将根据输入的相位波形数据，计算出 1~3 个新的时域波形数据，根据选择设置可能包括扭振的转角位移、转角速度和转角加速度三个波形。

计算完毕后将自动进入“时域波形”分析模块，并调入原始的相位波形（测点号为 PHx）、对应的转速波形（测点号为 CTx）和计算后的扭振波形，如图 4.6.2 所示，从上而下五条波形分别为原始的转速波形、原始的并用于扭振计算的相位波形、计算后的扭振转角位移波形、计算后的扭振转角速度波形和计算后的扭振转角加速度波形。

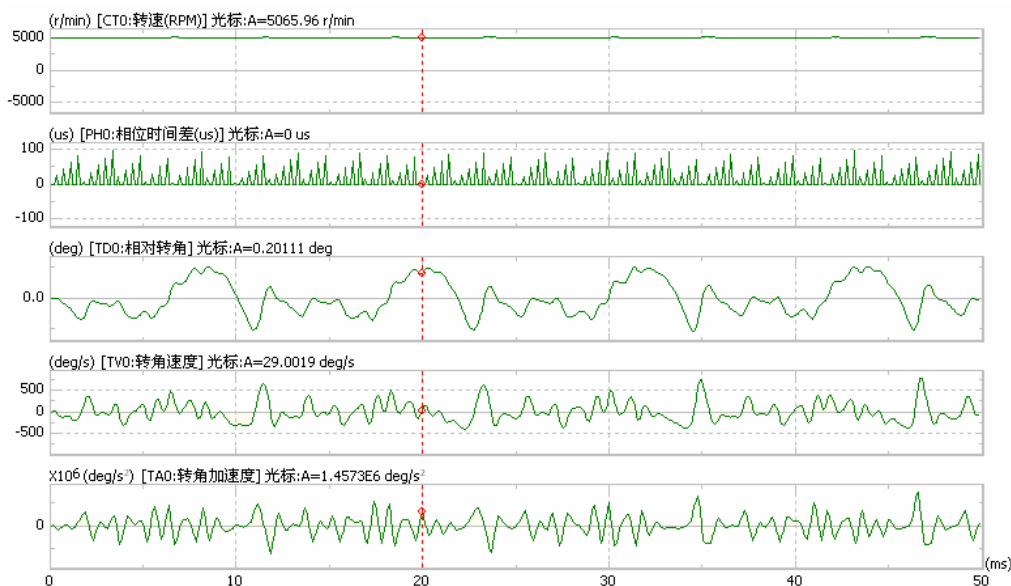


图 4.6.2 扭振分析结果

提示：计算后的扭振数据（包括转角、转角速度和转角加速度）已经被保存为标准的 DASP 时域波形数据，因此可以进行频谱等各种分析。

4.7 非线性灵敏度转换

选择菜单“非线性转换”，即可进入非线性灵敏度转换模块，此时出现如图 4.7.1 的窗口。

在测量中，有些传感器是非线性的，即所测得的实际电压和所代表的实际测量值不是成正比的，如热电偶，实际测量值需要通过查表得到。因此非线性的测量数据不能用 DASP 的分析功能直接进行处理，而需要通过本程序进行转换后进行处理。

非线性传感器采样时的标定值和线性传感器的标定值有所不同。

对于线性传感器，通道的标定值通常为传感器的灵敏度和电压放大倍数的乘积，假设某通道标定值为 CV(mV/EU),采样数据某点的电压值为 X mV，其对应物理量的实际测量值为 X/CV（EU）。

对于非线性转换，由于灵敏度是非线性的，因此标定值 CV 一般只是电压放大倍数，即传感器输出的电压到 AD 采样卡之间的电压放大倍数，因此 X mV 的测量电压对应传感器输出的实际电压为 X/CV mV，而其对应物理量的测量值工程单位为 EU，大小需要通过传感器的灵敏度对应表查表得到。本软件就是实现这个查表计算的过程，转换后的数据就是代表实际物理量的数值了。其程序窗口如图 4.7.1。

软件左部的表格中可以输入非线性灵敏度的电压和物理量对照表，方法为点击需要进行输入或者修改的表格单元，然后进行输入操作。

其下部有一排按钮，可以进行如下操作：

- 1 增加：在表格最后添加一空白行；
- 2 插入：在当前行的前面插入一个空白行；
- 3 删除：删除当前行，若无当前行，则不进行任何操作；
- 4 清空：将表格内容全部删除；
- 5 保存：将表格内容保存到磁盘文件中，此时将弹出“保存”对话框，从中可以设置要保存的文件名和磁盘路径。保存后的文件后缀为 ".TAB"，文件名称通常可以使用传感器号，以便于以后调用；
- 6 调入：若曾经将表格中的内容保存到一个磁盘文件中，此处可以直接将其调出，此时出现“打开”对话框。从中可以选择要调入的文件名称，文件后缀为 "*.TAB"，调入新的表格数据时，表格中原来的数据将自动清除，然后填入从磁盘文件中调入的数据。

7 热电偶：自动调入热电偶传感器的非线性转换表，对于使用热电偶进行温度测量时，可以直接使用本转换表，将测量的电压转变为温度。

当系统进行数据转换时，电压对应的工程单位通过最相邻的两点插值得出。当电压小于输入的最小转换电压时，其工程单位的物理量取最小转换电压对应的值；当电压 大于最大转换电压时，工程单位的物理量取最大转换电压对应的值。

在程序窗口的右侧可以设置要进行转换的数据文件。

在“被转换数据”栏中，可以选择要进行转换的数据，其中包括以下内容：

数据路径、数据的试验名、数据的试验号范围和测点号范围



图 4.7.1 非线性转换窗口

由于可以输入试验号和测点号的范围，因此可以选择批量的数据进行转换。

在“**转换后的数据**”栏中，可以输入新的试验名，而数据路径、试验号和测点号都是保持不变的。转换后的数据将保存在同一个数据路径下，而且仅仅改变试验名，各个数据的试验号和测点号保持不变。注意：转换后的数据的试验名不要与转换前的数据试验名相同。

非线性对照表和转换数据的各项内容都设置完毕后，并确定正确无误时，就可以按“转换”按钮，开始进行数据的非线性转换，转换的过程将在其下方用文字显示，当文字显示“共转换文件 xx 个，成功 xx 个，转换完毕！”的内容时，表示转换已经完毕。

转换完毕后，若要继续转换其它数据，可以重新打开并设置转换表，然后再次按“转换”按钮进行转换。若不需要转换其它数据，可以按“关闭”按钮退出程序。

4.8 采样波形重构

选择菜单“采样波形重构”，即可进入采样波形重构模块，此时出现如图 4.8.1 的窗口。

已经经过数字采样的数据，可以通过“采样数据重构”进行重采样，重采样的采样频率既可以提高，也可以降低，并且重构前后的采样频率之间的倍数（即重构倍数）可以不是整数。重新采样时遵循的原则是：原始采样的信号满足采样定理，即原始信号的频率范围在原始采样频率的一半以内。

进入软件之后将出现如图 4.8.1 的设置对话框，从中可以选择要进行重构的采样数据以及重构倍数。按“完成”即开始重构过程，并显示重构前后的波形，如图 4.8.2 所示。

注意：每次可选中一次试验的多个测点数据进行重构。如对话框所示。重构后的数据，试验名、试验号、测点号不变，但存放在不同的路径中。

在文件菜单中选择采样数据重构可进行下一次重构，重构完毕可用退出命令退出或直接关闭文件。

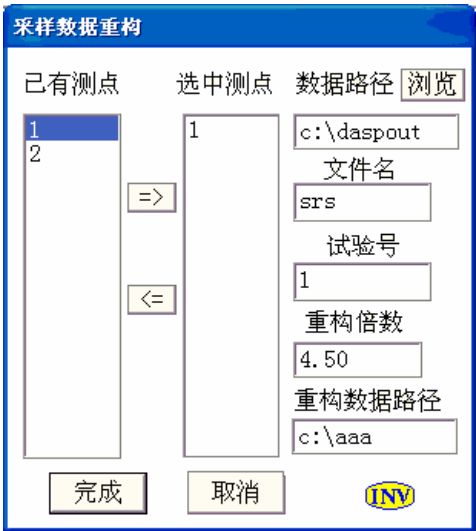


图 4.8.1 数据重构的参数设置

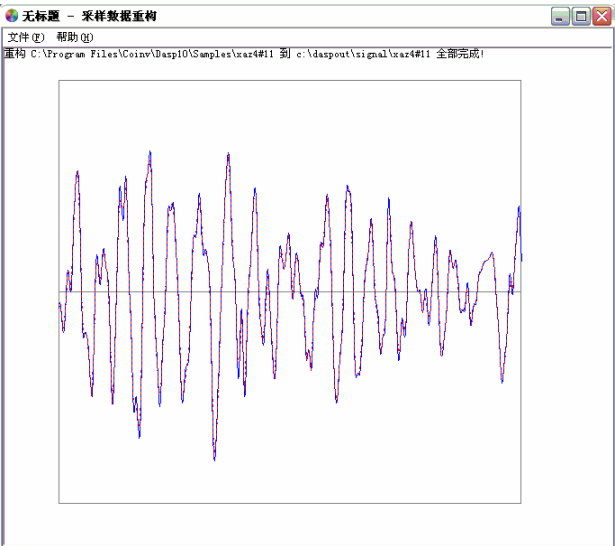


图 4.8.2 数据重构过程

第五章 基本信号分析

5.1 时域波形分析

点击工具条的“时域分析”按钮，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入信号时域波形分析模块，此时出现如图 5.1.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形以及参数文字信息等内容。

若调入分析的数据具有同步录制的语音信息（该功能在采样时进行操作，详细操作参见相关章节），则在波形图的上方还将显示语音波形图，通过该语音波形可以回放语音信息并定位波形，详细操作参见 5.1.8。

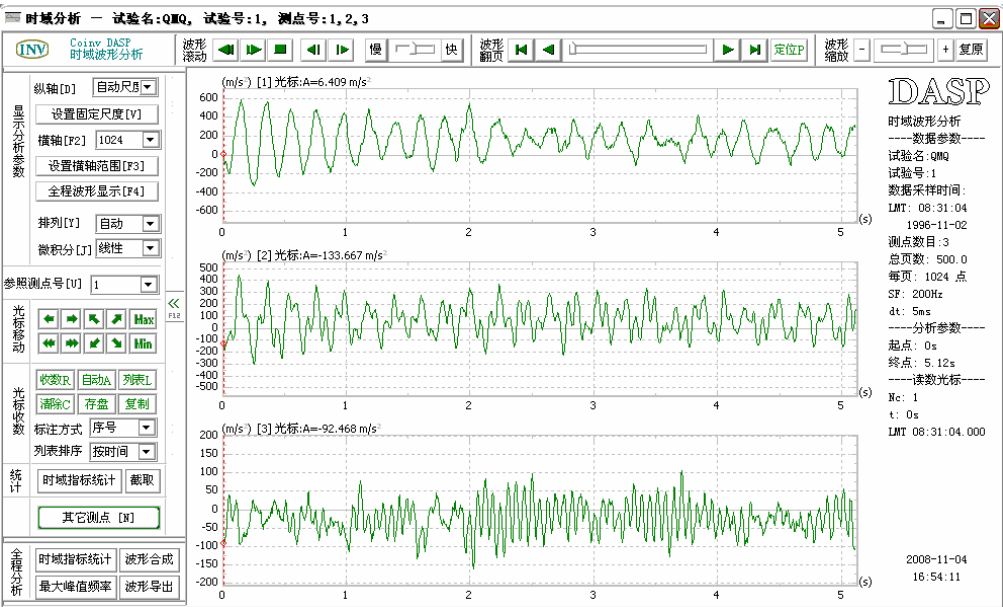


图 5.1.1 时域波形分析窗口

5.1.1 时域分析方法介绍

时域分析可以对多通道的信号从时间域上，即对时域波形进行分析，它显示信号随时间的幅值波形，从波形图上可以得到信号在各个时间点的幅值大小。可以观察信号幅度随时间的变化情况。可以搜索整个时间历程中信号的最大、最小、极大或极小值的位置。还可以进行多个信号的比较、压缩、叠加合成等操作。

时域分析是信号最基本的分析方法之一，它直观给出了信号原始的时域波形，在各个方面有重要的作用。对于具体的信号，它表现出不同的应用特点。

此外，在振动测量中，有三个基本参量：位移、速度和加速度，三者之间可以通过微积分进行相互转换，以一个谐波为例，其转换公式和示意如图 5.1.2 所示。

位移	$x = A \sin(\omega t + \phi)$	$ \begin{array}{ccccc} & \xrightarrow{\text{微分}} & & \xrightarrow{\text{微分}} & \\ \text{位移} & \xleftrightarrow{\text{积分}} & \text{速度} & \xleftrightarrow{\text{积分}} & \text{加速度} \\ x & & \dot{x} & & \ddot{x} \end{array} $
速度	$\dot{x} = A \omega \cos(\omega t + \phi)$	
加速度	$\ddot{x} = -A \omega^2 \sin(\omega t + \phi)$	

图 5.1.2 三种振动参量的相互关系

5.1.2 显示和分析操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等，通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

“显示分析参数”的“纵轴”栏可以设置波形图纵尺度的方式，有四种方式可选：

- 1) 固定尺度：各图的纵坐标范围为固定设置的范围，缺省为采集仪的满量程范围，可以通过其下方的“设置固定尺度”按钮单独为每个测点的波形图设置显示尺度的上下限；
- 2) 统一尺度：各图使用相同的满刻度值，这样各波形将在同一尺度下显示，具有幅值的可比性；
- 3) 自动尺度：各通道根据自身信号的大小分别独立调整满尺度，各波形都较好地占满显示图幅；
- 4) 按基线调整：在自动尺度方式的基础上，还根据信号基线位置调整波形的上下限尺度，这种方式对于信号基线不在 0 的附近时，可以较好地使波形占满显示图幅。

“显示分析参数”的“横轴”栏可以选择显示每页波形的点数。也可以按“设置横轴范围”按钮将出现对话框，任意设置要显示的横轴时间范围，按“全程波形显示”则设置横轴为全程范围。

注：当横轴范围较大，点数超过 32768 点时，则有关波形滚动和微积分的功能将无效。

“显示分析参数”的“排列”栏可以改变多个波形图的排列方式，具有四种方式可选：

- 1) 单列方式：所有通道的波形排成一列显示，当波形数目较多时可能会产生波形图纵向尺寸过小而影响显示和观察的情况；
- 2) 自动方式：当波形数目较少时排成一列显示，当波形数目较多时则自动排成两列；
- 3) 重叠方式：将所有波形使用不同颜色绘制在一幅图中，可以方便进行波形的比较，此时的“纵向调整”方式将自动使用“统一尺度”方式；
- 4) 单个方式：仅仅显示当前的参照测点号的波形。

“显示分析参数”的“微积分”栏可以对波形进行微分或者积分操作，其中选择“微分”档将对波形进行一次微分操作，“积分”档则对波形进行一次积分操作，而“线性”档则不进行变换，参见图 5.1.2。注意：若当前显示横轴范围的点数超过 32768 点，则不能进行微积分操作。

5.1.3 同步录制的语音

若调入分析的数据具有同步录制的语音信息，则在波形图上方显示语音图，其左侧有喇叭图标作为标识。如图 5.1.7，不论数据波形显示时间范围如何，此处显示的语音图总是全程的，但是在语音图上有橙色的方框表示当前波形图显示范围对应应在语音图上的时间位置。



图 5.1.3 同步录制的语音图及其播放和定位操作

该语音图上可以通过点击鼠标定位光标，或者通过右侧有四个按钮，可以进行播放和定位操作如下：

按 “▶” 按钮开始语音播放，若在语音图上有选择区域，则仅仅播放选择区域的语音，否则从语音图上的光标位置开始一直播放到结束。

按 “▶▶” 按钮不仅进行语音播放，同时还滚动显示波形，实现波形和语音同步播放。

按 “■” 按钮，则停止当前的语音播放过程，此外在语音播放过程中，若点击语音图改变光标位置或者重新选择区域时，也会自动停止语音播放。

按 “🔍” 按钮，则可以定位波形，若在语音图上有选择区域，则将当前显示波形定位到该时间区域上，否则将当前显示波形定位到语音图上的光标对应时间位置上。

5.1.4 计算面积

在“面积”栏的三个按钮可以完成对某一段波形的面积计算。面积计算可以用于对一小段信号的积分运算，例如对一个加速度脉冲波形的脉冲段进行面积运算，则可以得到该段脉冲的速度变化量。

面积计算过程为：

首先用读数光标确定面积计算波形段的左右边界，然后即可计算该段波形的面积。

按“左边”按钮则将当前读数光标位置设置为面积计算区段的左边界；

按“右边”按钮则将当前读数光标位置设置为面积计算区段的右边界，注意：左右边界位置必须在同一页显示波形上。

按“计算”按钮将出现如图 5.1.4 的对话框，此时可以选择面积计算的方式，有三种方式可选，分别为仅仅计算正向波形的面积、仅仅计算负向波形的面积、计算全部正向和负向波形的面积。设置后按“确定”按钮即可完成计算，此时如图 5.1.5 所示，波形图中将使用填充方式显示计算的面积区域，并在图中出现“计算面积”的列表，其中列出计算面积的左右边界时间以及各测点的面积计算结果数值。

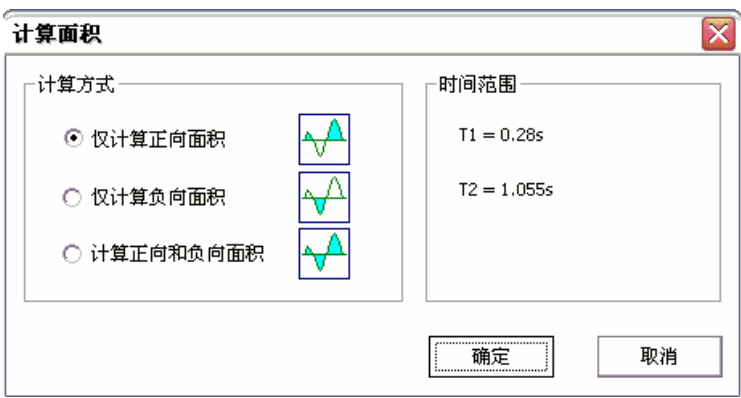


图 5.1.4 设置计算面积对话框



图 5.1.5 计算面积的计算结果

5.1.5 后续分析

后续分析用于进行若干种基于时域波形的特殊计算。按“后续分析”按钮，将出现对话框，如图 5.1.6，从中选择某一种计算分析。

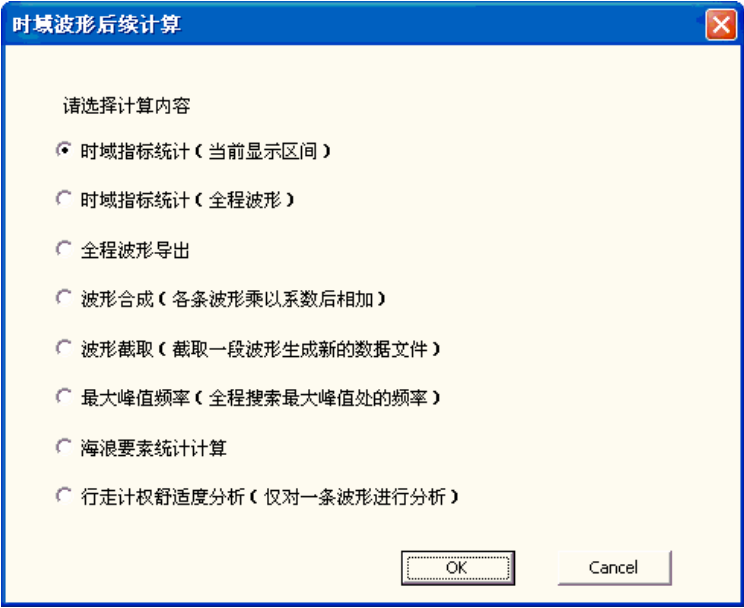


图 5.1.6 时域波形的后续分析

5.1.5.1 时域指标统计（当前显示区间）

对各个测点的当前显示区间的波形进行若干种时域指标的统计，统计结束后将出现“数据列表”窗口，其中列出各指标的统计结果。

统计指标包括：最大值、最小值、平均值、平均幅值、有效值、方根幅值、偏度指标、峭度指标、偏态因数、峰态因数、波形因数、脉冲因数、峰值因数和裕度因数等。

提示：关于峰态因数的说明，在本软件中峰态因数的计算公式中有“-3”的项，而有些书本或软件中可能没有此项，因此两者的计算结果可能相差 3，在使用和对比时应注意此点区别。

各指标的计算公式如表 5.1.1 所示。

表 5.1.1 各种时域指标的定义

最大峰值:	$\hat{X} = \max x(t) $	平均值:	$\bar{X} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$
平均幅值:	$\bar{X}_p = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$	有效值:	$X_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$
方根幅值:	$X_r = \left(\frac{1}{T} \int_0^T \sqrt{ x(t) } dt \right)^2$	标准差:	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [x(t) - \bar{X}]^2 dt}$
偏度指标:	$a_3 = \frac{1}{T} \int_0^T [x(t) - \bar{X}]^3 dt$	偏态因数:	$C_s = \frac{a_3}{\sigma^3}$
峭度指标:	$a_4 = \frac{1}{T} \int_0^T [x(t) - \bar{X}]^4 dt$	峰态因数:	$C_e = \frac{a_4}{\sigma^4} - 3$
波形因数:	$K = \frac{X_{RMS}}{\bar{X}_p}$	脉冲因数:	$I = \frac{\hat{X}}{\bar{X}_p}$
峰值因数:	$C = \frac{\hat{X}}{X_{RMS}}$	裕度因数:	$L = \frac{\hat{X}}{X_r}$

5.1.5.2 时域指标统计（全程）

对各个测点的全程区间的波形进行若干种时域指标的统计，统计内容同上。

5.1.5.3 全程波形导出

将当前调入的各个测点的全程波形数据进行导出，并将出现“数据导出”对话框，在“输出内容”项中可以选择要输出哪些数据，在“输出格式”项中则可以选择输出文件的格式，在“输出文件”栏中可以输入要输出文件的名称和路径，各项设置完毕后，按“输出→”按钮，即可将数据输出到指定的文件中。

提示：此处导出的数据是全程波形数据，并且忽略微积分和压缩等设置。而从工具条中按“数据”按钮则导出的是当前窗口中显示的波形段。

5.1.5.4 波形合成

将多个波形合成为一个波形的功能，此时将出现如图 5.1.7 的对话框，其中要求输入各被合成测点的合成系数，以及合成后波形的测点号。合成系数可以为任何数字，包括 0 和负数，合成的过程为各个被合成波形的各点乘以相应的合成系数，然后相加，得到一个新的波形，新的波形的试验名、试验号和数据路径不变，而测点号为对话框中设置的合成波形测点号，并自动进行合成波形的保存。

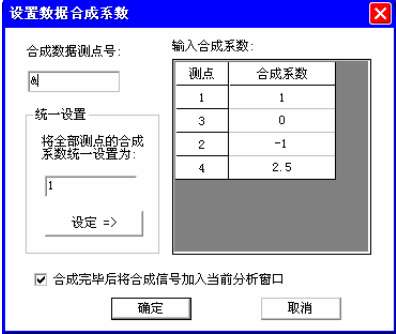


图 5.1.7 波形合成对话框

5.1.5.5 波形截取

可以截取波形的当前显示区域，并另保存为新的 DASP 波形数据文件。

5.1.5.6 最大峰值位置的频率计算

该功能用于寻找波形中振幅最大位置的信号频率，并列出各个波形的最大峰值的幅值、时间位置和该段波形的主频频率。

5.1.5.7 海浪要素统计

该功能用于对海浪波形进行统计计算。对于高频信号，可指定周期时间，并统计出各个周期内的最大值；对于低频信号，可自动搜索各个上跨零点，并计算相邻跨零点之间的波高。最后在所有周期最大值或波高的数据中，统计最大 1/3、1/10、1/100、1/1000 的平均波高。

所有统计数据将导出到 CSV 文件中。

5.1.5.8 步行计权分析

该功能用于对步行冲击产生的加速度波形，通过步行计权滤波器（Footfall Filter），获取步行滤波后的波形，并滚动统计每秒钟的有效值（Rolling RMS）。根据有效值的最大值（Maximum Rolling RMS）与参考加速度的比值，计算最大响应因子（Maximum Response factor。该方法用于评级结果对步行冲击的响应特性。

该功能紧随加速度曲线进行分析，分析后将新产生两条数据波形，一条为经过步行滤波的波形（测点号为原测点号后加“-Foot”），另一条为滚动有效值的波形（测点号为原测点号后加“-RMS”）。

5.2 FFT 自谱分析

点击工具条的“自谱分析”按钮，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2 节，选择完毕后，将出现“设置自谱分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 5.2.2 节）。设置完毕分析参数后即可进入 FFT 自谱分析模块，此时出现如图 5.2.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的频谱、波形以及参数文字信息等内容。

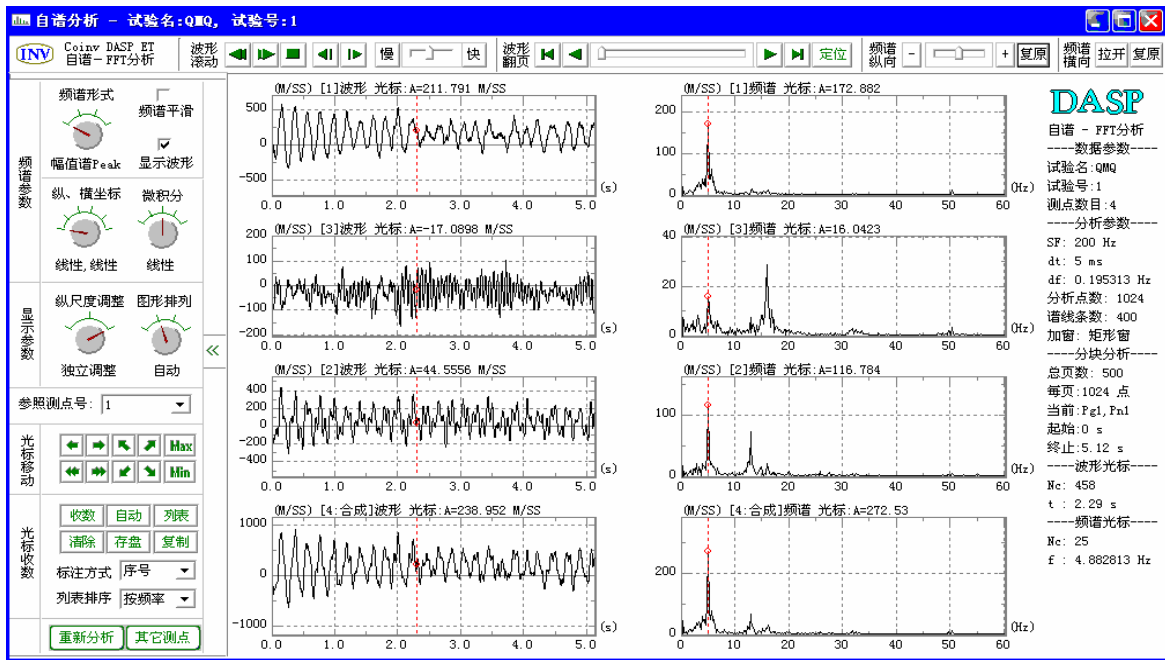


图 5.2.1 自谱分析窗口

5.2.1 自谱分析方法介绍

对于一个振动信号或其它类型的随机信号，有时为了研究其内在规律，需要分析随机信号的周期性，这就需要将信号从时域变换到频域，得到的频谱中每个频率都对应信号的一个周期谐波分量。

频谱分析是信号处理中最基本的分析方法之一，广泛应用于各种工程技术领域。

自谱分析就是对一个信号进行频谱分析，包括幅值谱(PEAK)、幅值谱(RMS)、功率谱和功率谱密度等。其中幅值谱(PEAK)反映了频域中各谐波分量的单峰幅值，幅值谱(RMS)反映了各谐波分量的有效值幅值，功率谱反映了各谐波分量的能量（或称功率），功率谱密度反映了各谐波分量的能量分布情况。

频谱分析通常使用一定长度（例如 1024 点）FFT 分析方法，当信号数据长度大于 2 倍的 1024 点时，可以对信号数据采用两种不同的分析方式：全程平均方式和瞬时分析方式，使用全程平均方式时，将整个信号分成若干段数据，分别进行 FFT 分析，得到各自的频谱之后，再进行平均，最后的结果较全面反映全程数据的频谱特性；当使用瞬时分析时，可以随意选择一段数据，进行 FFT 分析，得到的频谱就是最后结果，它不能反映全部数据的频谱特性，但反映了当前选择的数据段的频谱特性。

FFT 为快速傅立叶变换，傅立叶变换的定义为：

$$\text{正变换: } F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$$

其中： $\omega = 2\pi f$ ， $f(t)$ 为时域数据序列， $F(\omega)$ 为频域的谱函数序列。

傅立叶变换本身是连续的，无法使用计算机计算，而离散傅立叶变换的运算量又太大，为提高运算速度，通常使用快速傅立叶变换方法(FFT)，但此时所得到的频谱不是连续的曲线了，具有一定的频率分辨率 Δf ，且 $\Delta f = SF / N$ ， SF 为信号采样频率， N 为 FFT 分析点数（常为 1024 点）。由于频率分辨率的存在，以及时域信号为有限长度等原因，使 FFT 分析结果具有泄露的可能，为此常常使用一些措施来消除，如平滑、加窗、能量修正、细化分析等等。

当使用 FFT 分析后，由于频率分辨率造成的泄露原因使频谱主峰的幅值偏小，使用平滑处理可以使频谱主峰的幅值更加准确。

由于时域信号的截断造成的泄露，使用加窗也是一个有效的办法，DASP 提供以下几种窗函数：矩形窗、指数窗、hanning 窗、Kaiser-Base 窗、平顶窗、hamming 窗、Y1 窗、Y2 窗、余弦矩形窗和三角窗，不同的窗函数具有不同的效果，但都可以提高主频处的幅值精度。其中矩形窗相当于没有加窗。

为了提高频率分辨率，可以使用各种细化方法，DASP 中提供以下几种细化分析方法：FFT/FT 细化、ZoomFFT 细化、ZOOMBDFT 细化、BDFWPS 细化、长数据 FFT 细化等方法。

各种细化方法都需要较复杂的过程和较长的运算时间，有时仅仅需要几个频率点处的精确频率值，这就可以使用 DASP 的频率计技术，快速准确地得到少数几个点的精确频率和幅值。

5.2.2 设置自谱分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置自谱分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数，选择不同分析方式时对话框形式有所不同，分别如图 5.2.2 和 5.2.3 所示。



图 5.2.2 瞬时分析方式的自谱参数设置



图 5.2.3 全程分析方式的自谱参数设置

在“分析方式”栏中可以选择两种分析方式：瞬时分析和全程分析，瞬时分析方式下可以选择波形中的任意一页进行自谱分析，而全程分析则是对全程波形进行某种平均方式的分析。

两种方式下都要进行“频谱计算参数”栏中各参数的设置，而全程分析方式下还要对“平均参数”栏的参数进行设置。

频谱计算参数:

“FFT 分析点数”可以选择每次进行 FFT 计算的数据点数,此点数影响频谱谱线条数,分析点数越多,则谱线条数越多,谱线条数为分析点数的 1/2,考虑到滤波斜率,常常显示谱线数为分析点数的 1/2.56;

“去直流分量”,选中则在每次 FFT 计算之前,先去除信号中的直流分量;

“加窗形式”栏中可以选择 FFT 计算时的加窗函数,有 10 种窗函数形式可选,若选择“指数窗”,则还要在其下方的“指数窗系数”栏中设置指数窗的系数 EP。

注:指数窗函数定义如下:

$$Y = \exp(10^{-3} * EP * t * SF) \quad (0 \leq t \leq T)$$

其中:EP 为指数窗参数, SF 为采样频率, $T=N/SF$, N 为 FFT 分析点数。

平均参数:

“平均方式”:有四种方式可选,分别如下:

- 1) 线性平均:全程分析过程中的每次 FFT 结果进行线性平均;
- 2) 峰值保持:全程分析过程中,每条谱线分别保持其最大值,常用于扫频信号的分析;
- 3) 最大值保持:全程分析过程中,搜索能量最大的一幅波形(总有效值最大),对其进行频谱分析,作为最后的结果;
- 4) 指数平均:全程分析过程中的每次 FFT 结果进行指数平均,越后面分析的结果所占权重越大,最后一次占 1/2,倒数第二次占 1/4,依此类推。

“重叠系数”:可以在平均过程中设置各幅波形的重叠程度,通常重叠系数越大,则最终计算结果越好,但同时计算量也就越大。

“分析范围”:从全部波形中选择其中一段进行平均分析,有四种选择方式:

- 1) 全部:从波形开始直到波形结尾的全部范围;
- 2) 按块数:指定数据的范围,范围以块数定义,每块为 1024 点;
- 3) 按时间:指定数据的范围,范围以时间定义,单位为秒;
- 4) 平均次数:设定进行多少次的平均。

提示:平均分析方式下,可以通过全程波形图直接选择分析范围,参见 5.2.5 节。

5.2.3 频谱分析和显示操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等,通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

在“频谱参数”栏中的“频谱形式”旋钮可以设置频谱的不同形式,共有四种频谱形式可以选择:

- 1) 幅值谱 Peak (反映信号谐波的单峰值);
- 2) 幅值谱 Rms (反映信号谐波的有效值);
- 3) 功率谱 (反映信号谐波的能量,等于有效值的平方);
- 4) 功率谱密度 (反映随机信号的频谱能量分布);

在“频谱参数”栏中的“微积分”选择框可以设置是否进行频谱的微积分计算,注意:波形图不进行微积分计算;微积分计算可以对振动的三种基本参量进行相互转换。

在“频谱参数”栏中的“纵轴”、“横轴”项可以设置频谱图的不同坐标形式,其中纵坐标有三种形式,包括线性、dB 分贝和 Log10 对数,而横坐标有两种形式,包括线性和 Log10 对数;

在“频谱参数”栏中的“频谱平滑处理”选择框可以设置是否进行频谱平滑操作;

若选中“频谱参数”栏中的“计算总有效值”选择项,则在图形中将出现一个数据表格,其中列出各分

析测点的频谱的总有效值，该有效值是当前频谱显示频率区间内的总有效值，若改变频谱横向频率显示范围（横向拉开），则总有效值的数据随之改变。

在“频谱参数”栏中的“显示波形”选择框可以设置是否显示各测点的时域波形图；

在“显示参数”栏的“纵尺度”项可以设置频谱图和波形图纵尺度的方式，有三种方式可选：

- 1) 固定尺度：各波形图的纵坐标范围为设定的数值，缺省为采集仪的满量程范围，可通过下方的“设置固定尺度”按钮来设置每个波形或频谱图显示的纵向最大和最小尺度；
- 2) 统一尺度：各图使用相同的满刻度值，这样各通道的曲线将在同一尺度下显示，具有可比性；
- 3) 自动尺度：各曲线根据自身大小分别独立调整满尺度，使得各曲线都可以较好地占满显示图幅；

在“显示参数”栏的“图形排列”旋钮可以改变多个频谱图和波形图的排列方式，具有四种方式：

- 1) 单列方式：所有通道的曲线图排成一列显示，当分析测点数目较多时可能会产生纵向尺寸过小而影响显示和观察的情况；
- 2) 自动方式：当分析测点数目较少时排成一列显示，当分析测点数目较多时则自动排成两列；
- 3) 重叠方式：将所有曲线使用不同颜色绘制在一幅图中，可以方便地进行比较，此时的“纵尺度调整”方式将自动变为“统一尺度”方式；
- 4) 单个方式：仅仅显示当前的参照测点号的曲线。

5.2.4 光标移动和收数操作（仅对频谱图有效）

光标移动和光标收取方式请参见 2.9 节以及下面的内容。

在频谱分析中具有额外的光标收数功能，如下：

倍频：自动收取以当前光标位置为基频的各次倍频位置；

边频：自动收取主频及其两边的边频谱峰位置，需要先收取主峰和其附近的一个边频谱峰，然后按此按钮即可自动收取其他边频的谱峰；

谱峰使用 INV 频率计：选中此项，则收取数据后进行列表显示时，若某数据点位于谱峰上，则使用 INV 频率计技术校准此点的频率和幅值。注：此选择项仅在对单个波形数据进行分析时有效。

5.2.5 直接选择平均分析范围（仅对全程平均分析方式有效）

进入平均分析之后，将显示全程波形图和频谱图，在全程波形图上，按下鼠标左键不放，横向拖动鼠标，可以选择波形中的任意一段，然后松开鼠标左键，将提示“是否要对选择区域的波形进行自谱平均分析”，选择“是”，则出现如图 5.2.3 的对话框，其中“分析范围”选择为“按时间”方式，并且时间范围为鼠标选择区域的时间起止位置，按“确定”按钮即可对该区域进行平均分析。

5.2.6 阻尼比计算

半功率带宽法：按此按钮，可以对参照测点的频谱进行阻尼比计算，频谱图中的读数光标将自动移到最近的谱峰上，然后使用半功率带宽法计算该谱峰的阻尼比，并显示在图形右侧的文字上。

INV 阻尼计：按此按钮，则使用 INV 阻尼计方法进行阻尼比计算。

5.3 倍频程谱（CPB）分析

选择“倍频程 CPB 分析”菜单，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个或者多个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，将出现“设置频谱分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 5.3.2）。分析参数设置完毕后即可进入倍频程谱分析模块，此时出现如图 5.3.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的倍频程谱、波形以及参数文字信息等内容。

5.3.1 倍频程谱分析方法介绍

对声音或者振动信号的频谱分析，尤其是对声音信号或者需要进行计权分析的振动信号，除了常规的 FFT 频谱分析外，还常常使用倍频程分析方法，也称为 CPB 分析。常用的倍频程分析包括 1/3 倍频程谱和 1/1 倍频程谱，将频谱中按 1/3 倍或者 1/1 倍的关系划分一系列频带，计算各频带内的谱值，即为 1/3 倍频程谱或 1/1 倍频程谱。1/3 倍频程谱或 1/1 倍频程谱的频带划分如表 5.3-1 和表 5.3-2 所示。

在进行倍频程分析时，为反映人对声音或者振动的主观感受，常常对频谱结果进行各种计权处理。例如对于声音信号，由于人耳对不同频率的声音的感受程度是不一样的，同样强度的声音，若其频率不同，则人耳的感受也不同，因此在进行声学分析时常常对频谱进行各种计权，常用的有 A、B、C、D 四种计权。A 计权得到的结果与人耳感觉十分接近，因此应用十分广泛，C 计权则比较接近于线性不计权的结果，D 计权用于评价单个的飞机噪声和脉冲噪声，B、C 计权一般较少使用。

在振动信号分析中也会使用一些计权，振动的人手感觉度的手触计权就是反映人手对各种频率振动的感觉，Z 振级则是反映人体竖直方向对环境振动的感受。

此外，工程中还常常使用级值表示振动或者声压的大小，单位为分贝。

例如对于声压信号，其总级值称为声压级，简称声级，计算公式如下：

$$L_p = 20 \lg(P/P_0) \text{ dB}$$

式中 P 为测量的声压有效值，单位为 Pa（帕斯卡）， $P_0 = 20 \text{E-}5 \text{Pa} = 20 \text{ uPa}$ 为基准声压。

同样对于振动信号，其总级值称为振动级，简称振级，计算公式如下：

$$L_v = 20 \lg(A/A_0) \text{ dB}$$

式中 A 为测量的振动加速度有效值，单位为 m/ss ， $A_0 = 1 \text{E-}6 \text{ m/ss} = 1 \text{ um/ss}$ 为基准值。

在风能发电机的噪声测量中，需要通过其噪声信号进行音值分析，结合风速信息，分析某些整数风速下的音值，主要包括窄带谱中寻找明显的音调频率、临界频带、掩蔽噪声、音值和可听度等参数。本软件中的音值分析符合 GB/T22516-2008/IEC61400-1:2002 的标准要求。

在本模块中，首先需要确定整数风速对应的若干 1s 时间段的数据，然后分别选择这些数据段进行 CPB 分析，并观察窄带谱，选择可能的音调频率，即可计算出该音调对应的如下参数：音调频率 f_c 、临界带宽 f_w 、L70% 声压级、局部最大声级 L_{\max} 、掩蔽音调 $L_{\text{pn,avg}}$ 、掩蔽噪声声压级 L_{pn} 、音调声压级 L_{pt} 和音值 dL_{tn} （ $dL_{\text{tn}} = L_{\text{pt}} - L_{\text{pn}}$ ）等。

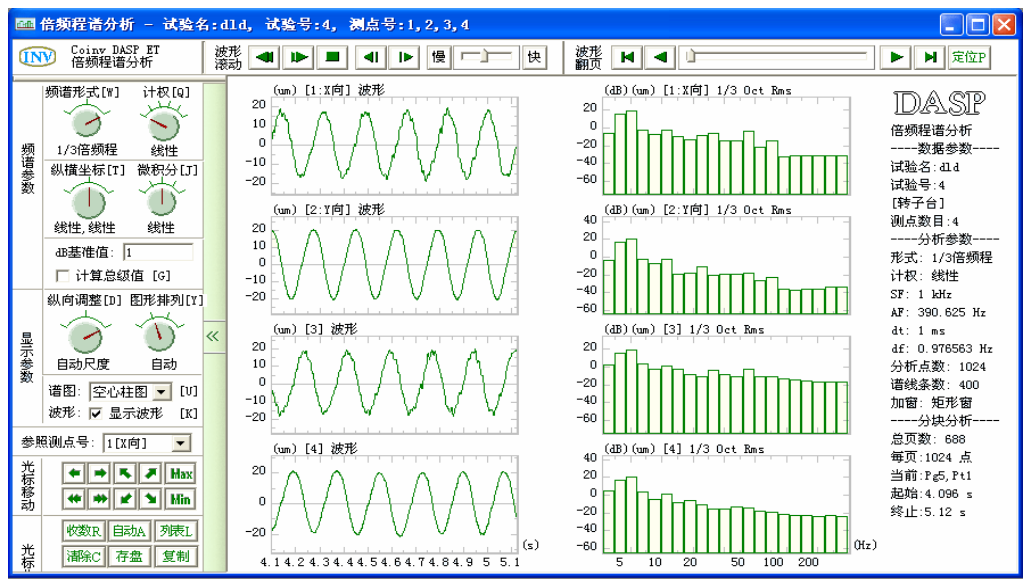


图 5.3.1 倍频程谱分析窗口

表 5.3-1 常用 1/3 倍频程的中心频率和上下限频率

中心频率(Hz)	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
上下限频率(Hz)	18 ~ 22	22 ~ 28	28 ~ 36	36 ~ 45	45 ~ 56	56 ~ 71	71 ~ 89	89 ~ 112	112 ~ 141	141 ~ 178
中心频率(Hz)	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
上下限频率(Hz)	178 ~ 224	224 ~ 282	282 ~ 355	355 ~ 447	447 ~ 562	562 ~ 708	708 ~ 891	891 ~ 1122	1122 ~ 1413	1413 ~ 1778
中心频率(Hz)	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000
上下限频率(Hz)	1778 ~ 2239	2239 ~ 2818	2818 ~ 3548	3548 ~ 4467	4467 ~ 5623	5623 ~ 7079	7079 ~ 8913	8913 ~ 11224	11224 ~ 14131	14131 ~ 17789

表 5.3-2 常用 1/1 倍频程的中心频率和上下限频率

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
中心频率(Hz)	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
上下限频率(Hz)	22 ~ 44	44 ~ 88	88 ~ 177	177 ~ 355	355 ~ 710	710 ~ 1420	1420 ~ 2840	2840 ~ 5680	5680 ~ 11360	11360 ~ 22720

5.3.2 设置频谱分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置频谱分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数，选择不同分析方式时对话框形式有所不同，分别如图 5.3.2 和 5.3.3 所示。



图 5.3.2 瞬时分析方式的频谱参数设置



图 5.3.3 全程分析方式的频谱参数设置

在“分析方式”栏中可以选择两种分析方式：瞬时分析和全程分析，瞬时分析方式下可以选择波形中的任意一页进行频谱分析，而全程分析则是对全程波形进行某种平均方式的分析。

两种方式下都要进行“频谱计算参数”栏中各参数的设置，而全程分析方式下还要对“平均参数”栏的参数进行设置。

频谱计算参数：

“FFT 分析点数”可以选择每次进行 FFT 计算的数据点数，此点数影响频谱谱线条数，即影响频率分辨率，较多点数可以提高倍频程谱的准确度，但对于多次触发采样数据，则应使用缺省设置的点数；

“去直流分量”，选中则在每次 FFT 计算之前，先去除信号中的直流分量；

“加窗形式”栏中可以选择 FFT 计算时的加窗函数，有 10 种窗函数形式可选，若选择“指数窗”，则还要在其下方的“指数窗系数”栏中设置指数窗的系数 EP。

注：指数窗函数定义如下：

$$Y = \exp(10^{-3} * EP * t * SF) \quad (0 \leq t \leq T)$$

其中：EP 为指数窗参数，SF 为采样频率， $T=N/SF$ ，N 为 FFT 分析点数。

平均参数：

“平均方式”：有四种方式可选，分别如下：

- 1) 线性平均：全程分析过程中的每次频谱结果进行线性平均；
- 2) 峰值保持：全程分析过程中，每条谱线分别保持其最大值，常用于扫频信号的分析；
- 3) 最大值保持：全程分析过程中，搜索能量最大的一幅波形（总有效值最大），对其进行频谱分析，作为最后的结果，常用于声压测量过程中，记录一段时间内的最大声压级；
- 4) 指数平均：全程分析过程中的每次频谱结果进行指数平均。

“重叠系数”：可以在平均过程中设置各帧波形的重叠程度，通常重叠系数越大，则最终计算结果越好，但同时计算量也就越大。

“分析范围”：从全部波形中选择其中一段进行平均分析，有四种选择方式：

- 1) 全部：从波形开始直到波形结尾的全部范围；
- 2) 按块数：指定数据的范围，范围以块数定义，每块为 1024 点；
- 3) 按时间：指定数据的范围，范围以时间定义，单位为秒；
- 4) 平均次数：设定进行多少次的平均。

提示：平均分析方式下，可以通过全程波形图直接选择分析范围，参见 5.3.4 节。

5.3.3 倍频程谱分析和显示操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等，通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

在“频谱参数”栏中的“频谱形式”旋钮可以设置倍频程谱的不同形式，共有三种可以选择：

- 1) 窄带谱 Rms，相当于 FFT 分析的有效值谱；
- 2) 1/1 倍频程谱（频率坐标按照 1 倍频方式划分频带），幅值为频带内的有效值；
- 3) 1/3 倍频程谱（频率坐标按照 1/3 倍频方式划分频带），幅值为频带内的有效值；

在“频谱参数”栏中的“计权”旋钮可以设置倍频程谱的计权方式，8 种可选：线性、声学 A 计权、声学 B 计权、声学 C 计权、声学 D 计算、振动手触感觉度计权、振动人体竖直方向的 Z 振级计权、振动人体水平方向的 X 振级计权；

在“频谱参数”栏中的“纵坐标”旋钮可以设置频谱图的纵坐标形式，其中有三种形式，包括线性、dB 分贝和 Log10 对数；

在“频谱参数”栏中的“dB 基准值”栏中可以设置 dB 分贝计算时的基准值，对于声压信号应设置 2E-5 Pa，对于加速度信号应设为 1E-6 m/ss。（只有当纵坐标方式为 dB 分贝时才会出现本设置项）。

在“频谱参数”栏中的“微积分”选择框可以设置是否进行频谱的微积分计算，注意：波形图不进行微积分计算；微积分计算可以对振动的三种基本参量进行相互转换。

注：对于声压信号（单位为 Pa），一般不应进行任何微积分处理。

若选中“频谱参数”栏中的“计算总值”选择项，则在图形中将出现一个数据表格，其中列出各分析测点的倍频程谱的总有效值，以及总值（总有效值的分贝数）；当 dB 基准值和计权方式改变时，各频谱的总有效值和总值将会改变。

对于声压信号，若基准值为 2E-5Pa，则总值就是声压值；若选择 A 计权，则总值就是 A 计权的声压值。对于振动加速度信号，基准值为 1E-6 m/ss，总值为振级，若选择 Z 计权则为 Z 振级。

在“显示参数”栏的“纵向调整”旋钮可以设置频谱图和波形图纵尺度的方式，有三种方式可选：

- 1) 固定尺度：各波形和频谱图的纵坐标范围为采集仪的满量程范围；
- 2) 统一尺度：各图使用相同的满刻度值，这样各通道的曲线将在同一尺度下显示，具有可比性；
- 3) 自动尺度：各曲线根据自身大小分别独立调整满尺度，使得各曲线都可以较好地占满显示图幅；

在“显示参数”栏的“图形排列”旋钮可以改变多个波形图和倍频程谱图的排列方式，具有四种方式：

- 1) 单列方式：所有通道的曲线图排成一列显示，当分析测点数目较多时可能会产生纵向尺寸过小而影响显示和观察的情况；
- 2) 自动方式：当分析测点数目较少时排成一列显示，当分析测点数目较多时则自动排成两列；
- 3) 重叠方式：将所有曲线使用不同颜色绘制在一幅图中，可以方便进行比较，此时的“纵尺度调整”方式将自动变为“统一尺度”方式；
- 4) 单个方式：仅仅显示当前的参照测点号的曲线。

在“显示参数”栏中的“显示波形”选择框可以设置是否显示各测点的时域波形图；

在“显示参数”栏中的“谱图”下拉列表中可以设置倍频程谱图绘制方式（窄带谱不使用此设置）；

选择振动计权标准：

振动计权一般包括人体 X/Y/Z 计权和手传计权，但是由于国内和国际标准的差异，使得在实际使用中可能需要参照不同的标准，通过“选择振动计权标准”按钮可以选择使用标准，如图 5.3.4。



图 5.3.4 选择振动计权标准

规范曲线：

按“规范曲线”按钮，可以向 CPB 谱图中增加若干条标准的或者自定义的规范曲线，这些规范曲线通常用于评价地脉动的量级。此时出现如图 5.3.5 的对话框，可以选择 9 种标准的规范曲线（包括 Wokeshop、Office、Residential day、Operating Theatre、VC-A、VC-B、VC-C、VC-D 和 VC-E），此外还可以设置自定义的规范曲线，自定义规范曲线由 1~9 段相连的折线组成，需要分别设置其 2~10 个端点的位置（位置由横轴频率和纵轴的幅值来确定，纵轴幅值的类型由其单位来确定）。

注意：只有在速度信号的频谱上添加规范曲线才是有意义的。若当前分析的信号为加速度或位移信号，则建议先进行积分或微分操作，将其转换为速度后再进行添加振动规范曲线的操作。

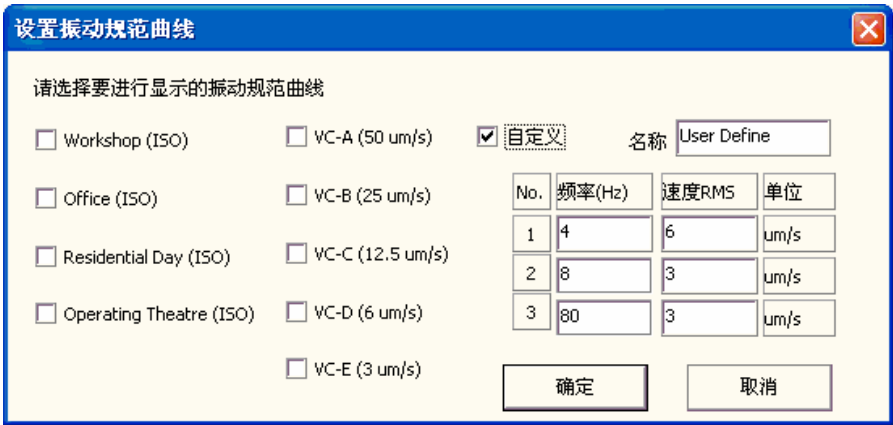


图 5.3.5 设置和选择规范曲线

5.3.4 直接选择平均分析范围（仅对全程平均分析方式有效）

进入平均分析之后，在全程波形图上，按下鼠标左键不放，横向拖动鼠标，可以选择波形中的任意一段，然后松开鼠标左键，将提示“是否要对选择区域的波形进行倍频程谱平均分析”，选择“是”，则出现如图 5.3.3 的对话框，其中“分析范围”选择为“按时间”方式，并且时间范围为鼠标选择区域的时间起止位置，按“确定”按钮即可对该区域进行平均分析。

5.3.5 诺模图

对于振动速度信号在完成 CPB 分析后，可以按“诺模图”按钮将其输出到诺模图坐标系统中，如图 5.3.6 所示。由于需要速度信号才可以输出到诺模图，因此若信号的工程单位不是 DASP 可识别的速度单位时，会出现提示信息，并要求输入该单位到标准速度单位 m/s 的换算关系。

若已经选择了规范曲线，则在诺模图中也将显示该规范曲线。

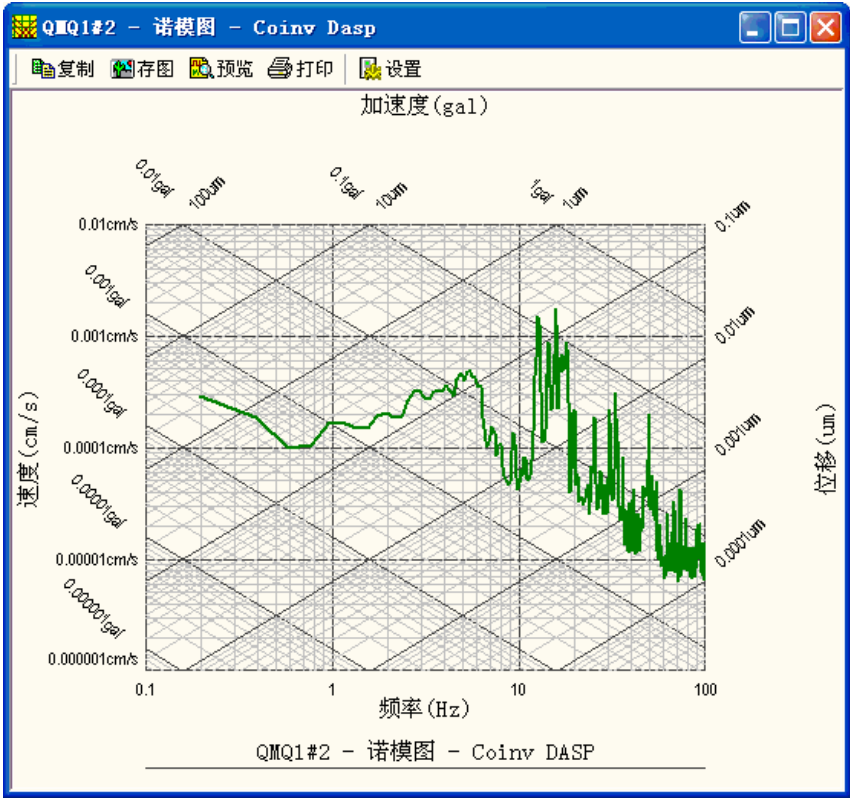


图 5.3.6 输出诺模图

5.3.6 音值分析

若被分析数据为风能发电机的噪声信号，则可以进行音值分析，方法为：首先在频谱参数形式中选择“窄带谱”形式，然后将读数光标定位到窄带谱上的某个可能音调频率上，最后点击“音值分析”按钮即可。此时频谱的横轴范围将自动选择该频率对应的临界频带，并显示两条横线，分别为 $L_{70\%}+6\text{dB}$ 和 $L_{\text{max}}-10$ 两条标准线，高于这两条线的频率成分为“音调”，同时在右侧文字信息区显示如下参数：音调频率 f_c 、临界带宽 f_w 、 $L_{70\%}$ 声压级、局部最大声级 L_{max} 、掩蔽音调 $L_{\text{pn,avg}}$ 、掩蔽噪声声压级 L_{pn} 、音调声压级 L_{pt} 和音值 dL_{tn} ($dL_{\text{tn}}=L_{\text{pt}}-L_{\text{pn}}$) 等。如图 5.3.7 所示。

此外，根据相关标准，在某个整数风速下，需要选择连续 12 个 1s 时间段的数据，分别进行一次音值分析，将 12 次的 dL_{tn} 进行能量平均后，得到 dL_k ，然后通过 dL_k 进行频率修正得到音调的可听度 $dL_{a,k}$ ，只有 $dL_{a,k}$ 大于等于 -3.0dB 时才进行记录。因此本模块的音值分析只能作为一次计算结果，需要根据实际风速信息选择 12 个 1s 时间段分别计算，并记入表格中，通过平均计算 dL_k 获取可听度 $dL_{a,k}$ 。该过程不包含在本软件中，需要使用者手工进行记录，可参考如下图 5.3.8 的表格格式。

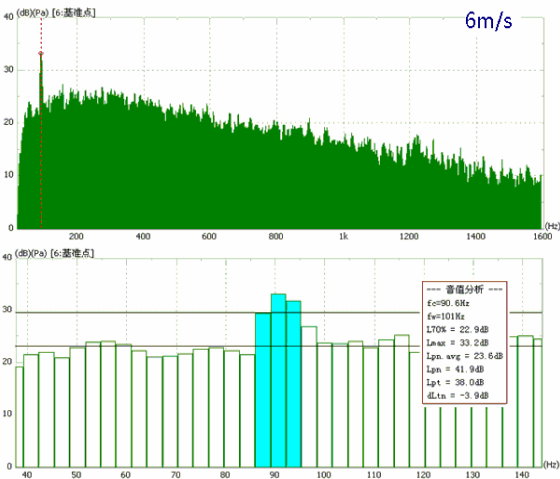


图 5.3.7 适合于风力发电机的音值分析

8m/s 117Hz

频谱序号	频率	带宽	L70%	最大	掩蔽声	掩蔽声级	音调声级	音值
Spec	Fc	Width	L70%	Lmax	Lpn, avg	Lpn	Lpt	deltaLtn
	Hz	Hz	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA
5899	115.6	101	24.5	40.8	24.5	42.8	44.2	1.4
5900	115.6	101	24.9	41.4	25.8	44.1	43.9	-0.2
5901	115.6	101	25.8	39.7	26.9	45.2	43.9	-1.4
5902	121.9	102	25.8	39	26.4	44.8	44.6	-0.1
5903	118.8	102	23.9	38.4	25	43.3	43.1	-0.2
5904	125	102	25.5	36.7	26.5	44.8	42.7	-2.1
5911	115.6	101	24.3	38	24.9	43.2	42.1	-1.1
5912	115.6	101	24.6	37.1	25	43.3	43	-0.2
5913	115.6	101	24.1	37.1	24.1	42.4	42.4	0
5914	115.6	101	25.1	37.7	26.1	44.4	42.3	-2.1
5915	112.5	101	23.9	36.8	23.9	42.2	42.7	0.5
5916	115.6	101	24.7	39.5	25.4	43.7	42.8	-0.9

Fc, avg / Hz	Delta L / dBA	La / dBA	Delta La / dBA	
117	-0.42	-2.01	1.59	

图 5.3.8 某风速下 12 次音值分析结果的处理方法

5.4 概率分析

选择“概率分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入概率分析模块，此时出现如图 5.4.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的全程波形、概率密度和概率分布曲线以及参数文字信息等内容。

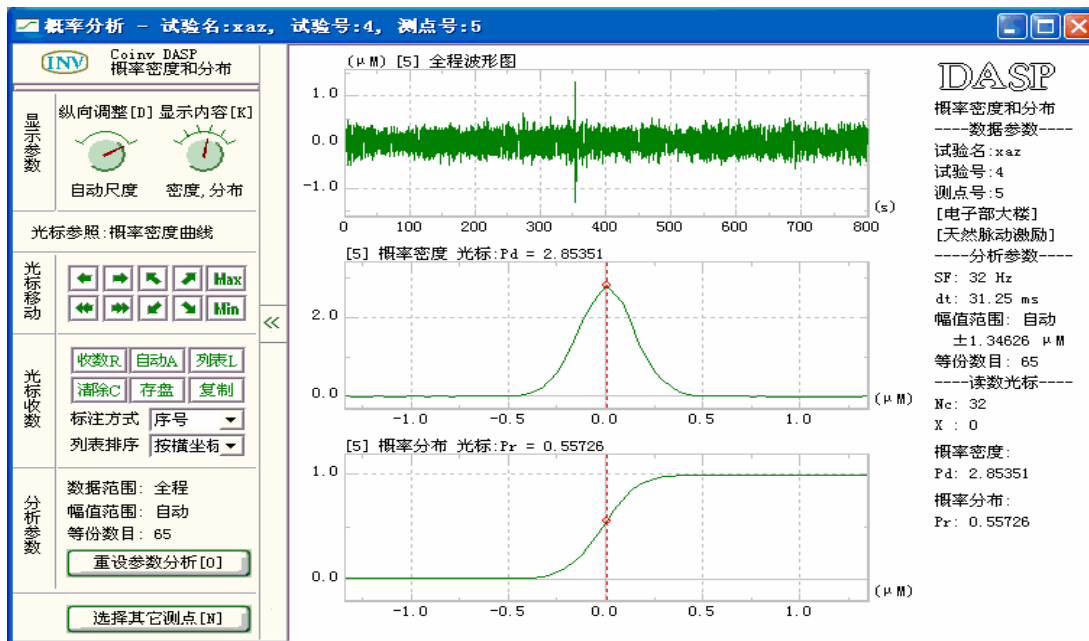


图 5.4.1 概率分析窗口

5.4.1 概率分析方法介绍

概率分析描述数据在幅值域的分布情况，包括概率密度函数和概率分布函数两部分，常用于对统计数据进行分析。

概率密度函数描述信号的幅值在某一个范围内的概率，对于信号 $x(t)$ ，其幅值落在 $x-dx/2$ 到 $x+dx/2$ 的范围中的概率可用下式估计：

$$P[x, dx] = \text{Prob}[(x - dx/2) \leq x(t) \leq (x + dx/2)]$$

则概率密度函数的定义为：

$$p_d(x) = \lim_{dx \rightarrow \infty} \frac{P[x, dx]}{dx}$$

概率分布函数描述信号的幅值小于某个值的概率，对于信号 $x(t)$ ，其幅值小于 X_v 的概率可用下式估计：

$$P[X_v] = \text{Prob}[x(t) \leq X_v]$$

概率分布函数与概率密度函数有如下关系式：

$$p_r(v) = \int_{-\infty}^{X_v} p_d(x) dx$$

5.4.2 设置概率分析参数

进入概率分析之后，可以按左边操作控制区的“重设参数分析”重新设置概率分析的参数，此时出现如图 5.4.2 的对话框。

在“分析幅值范围”栏中可以设置概率分析的幅值范围，三种方式可选：

- 固定：按采样的满量程；
 - 自动：根据信号的最大幅值决定范围；
 - 指定：任意给定一个幅值范围的数据；
- 分析幅值范围等于分析结果的横坐标范围。

在“幅值等份数目”栏中可以设置在上述幅值范围内划分多少等份进行概率统计，此数目等于概率分析结果曲线的横坐标点数。

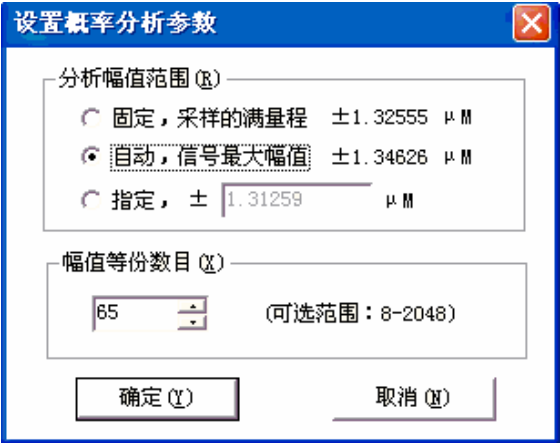


图 5.4.2 “设置概率分析”对话框

5.4.3 概率分析和显示操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等，通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

在“显示参数”栏的“纵向调整”旋钮可以设置概率曲线图纵尺度的方式，有两种方式可选：

- 1) 固定尺度：各图的纵坐标范围为固定默认尺度；
- 2) 自动尺度：各曲线根据各自大小分别独立调整，使得各曲线都可以较好地占满显示图幅；

在“显示参数”栏的“显示内容”旋钮可以设置显示哪些内容，具有六种方式：分别为概率密度、概率分布和全程波形图的几种组合方式；

重设参数分析：按“重设参数分析”按钮，将出现“设置概率分析参数”对话框，可重新设置参数。
选择其它测点：按“选择其它测点”按钮，可以选择不同的数据进行分析。

5.5 自相关分析

选择“自相关分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择多个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入自相关分析模块，此时出现如图 5.5.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形、自相关结果以及参数文字信息等内容。

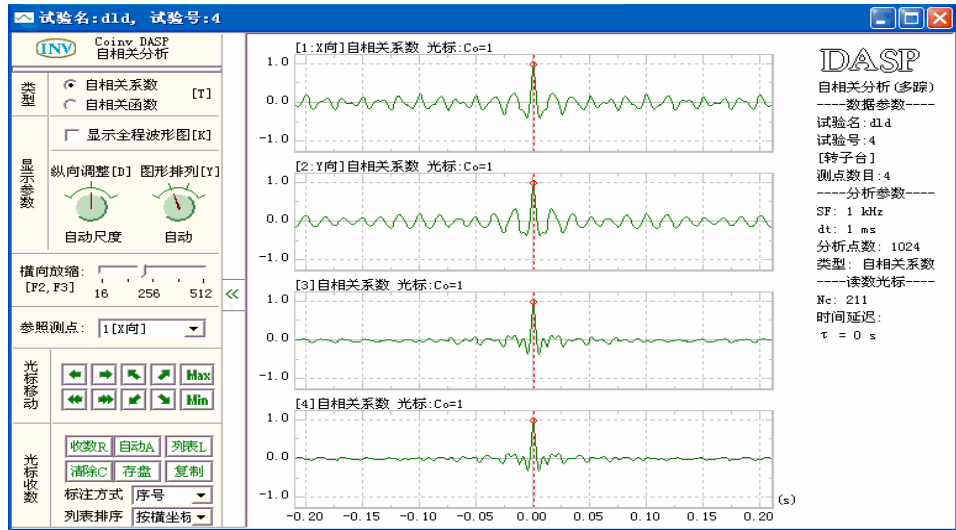


图 5.5.1 自相关分析窗口

5.5.1 自相关分析方法介绍

所谓“相关”是指变量之间的线性关系。对于确定性信号，两个变量之间可以用函数关系来描述，对于两个随机信号之间就不具有这样的确定性关系，但是通过大量统计就可以发现它们之间还是存在具有某种内涵的物理关系。通常相关分析用于研究两个信号之间的相关性，如测定管道损伤位置、判定设备振动和噪声与其部件振动的关系等。在振动控制、故障源识别、雷达测距、运动物体的精确测速和声发射探伤等方面均有相关分析的应用。

相关分析分为自相关分析和互相关分析两种。

自相关函数是描述信号 $x(t)$ 一个时刻的取值与另一个时刻的取值之间的依赖关系，计算公式为：

$$R_x(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot x(t + \tau) dt$$

其中： $R()$ 为相关函数， $x(t)$ 为要分析的信号序列， τ 为时间延迟。

工程中通常使用相关系数来描述相关性，更具有对比性和方便性。DASP 提供的就是相关系数函数，定义如下：

$$\rho_x(\tau) = \frac{R_x(\tau) - \mu_x^2}{\sigma_x^2} \quad \mu_x \text{ 为均值, } \sigma_x^2 \text{ 为方差。}$$

自相关分析的应用举例：

- 1 判断信号的性质。周期信号的自相关函数仍为同周期的周期函数；对于随机信号，当时间延迟趋于无穷大时，自相关函数趋于信号均值的平方，当时间延迟为零时，自相关系数为最大，等于 1。
- 2 用于检测随机信号中的周期成分，尤其是噪声中的确定性信号。因为周期信号在所有时间延迟上，自

相关系数不等于零，而噪声信号当时间延迟趋于无穷大时，自相关系数趋于零。

3 对自相关函数进行傅立叶变换，可以得到自功率谱密度函数。

5.5.2 自相关分析参数设置

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置相关分析参数”的对话框，如图 5.5.2，其中要求选择分析方式。选择全程平均方式，则对全程信号进行线性平均计算得到平均的自相关结果，适合稳态信号的分析，对于非稳态信号则可以选择瞬时滚动分析，可在波形滚动过程中计算各段波形的相关曲线。

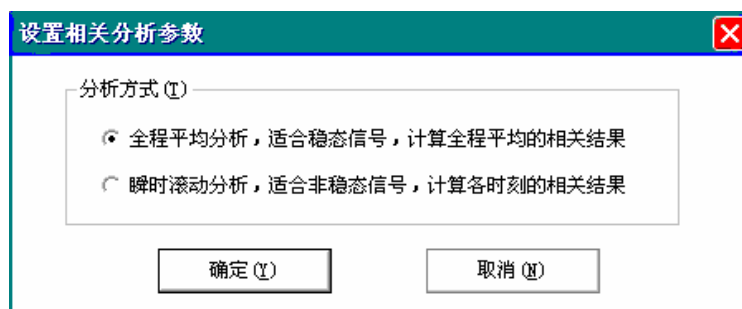


图 5.5.2 设置自相关分析参数

5.5.3 自相关分析和显示操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等，通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

在“类型”栏中可以选择分析结果的两种形式：自相关函数和自相关系数，其中自相关系数是根据自相关函数的结果得到的，其取值在 $[-1,1]$ 范围内，可以直观反映相关性。

在“显示参数”栏的“显示波形图”选择项可以设置是否同时显示各测点波形图。在平均分析方式下，显示全程波形图；在瞬时分析方式下，显示当前分析段的波形图。

在“显示参数”栏的“纵向调整”旋钮可以设置相关图和波形图纵尺度的方式，有三种方式可选：

- 1) 固定尺度：各波形图的纵坐标范围为采集仪的满量程范围，相关系数为 $[-1,1]$ ；
- 2) 统一尺度：各图使用相同的满刻度值，这样各通道的曲线将在同一尺度下显示，具有可比性；
- 3) 自动尺度：各曲线根据自身大小分别独立调整满尺度，使得各曲线都可以较好地占满显示图幅；

在“显示参数”栏的“图形排列”旋钮可以改变多个相关图和波形图的排列方式，具有四种方式：

1) 单列方式：所有通道的曲线图排成一列显示，当分析测点数目较多时可能会产生纵向尺寸过小而影响显示和观察的情况；

2) 自动方式：当分析测点数目较少时排成一列显示，当分析测点数目较多时则自动排成两列；

3) 重叠方式：将所有曲线使用不同颜色绘制在一幅图中，可以方便进行比较，此时的“纵尺度调整”方式将自动变为“统一尺度”方式；

4) 单个方式：仅仅显示当前的参照测点号的曲线。

在“横向放缩”栏中的滑动条可以设置相关曲线的横向显示点数，较少的点数可以较好地拉开显示。

波形滚动和定位、光标读数和收数等操作请参见 2.8~2.9 节。

提示：波形滚动和定位功能仅对瞬时分析方式有效。

提示：对于波形图没有光标读数和移动等操作。

5.6 互相关分析

选择“互相关分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择两个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入互相关分析模块，此时出现如图 5.6.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形、互相关结果以及参数文字信息等内容。

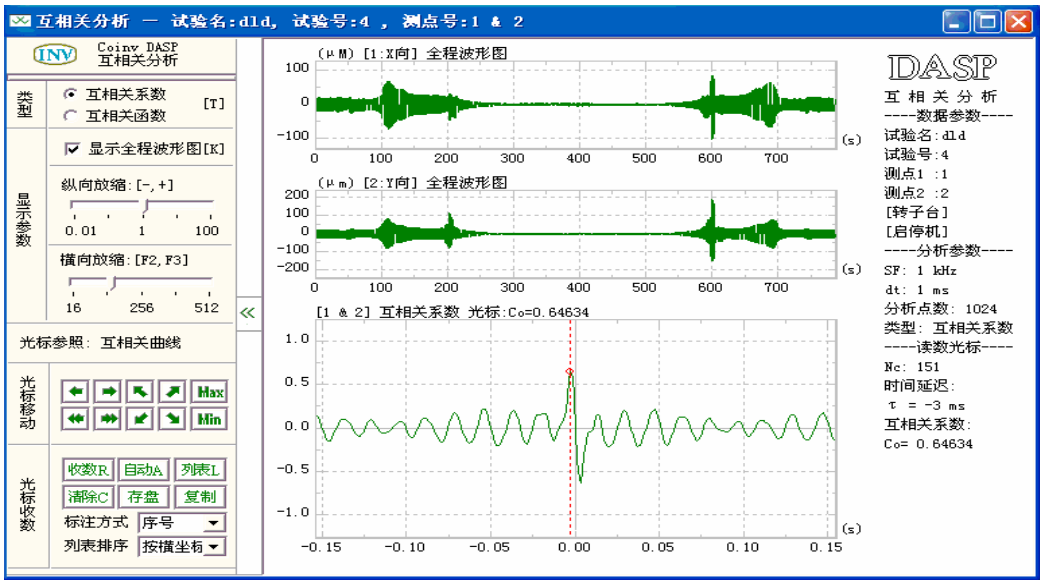


图 5.6.1 互相关分析窗口

5.6.1 互相关分析方法介绍

互相关函数是对两个信号 $x(t)$ 和 $y(t)$ 进行分析的，描述 $x(t)$ 一个时刻的取值与 $y(t)$ 另一个时刻的取值之间的依赖关系，可以表示为：

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot y(t + \tau) dt$$

同样，互相关系数的定义如下：

$$\rho_{xy}(\tau) = \frac{R_{xy}(\tau) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$$

互相关分析的应用举例：

- 1 研究系统的时间滞后性质，系统输入信号和输出信号的互相关函数，在时间延迟等于系统滞后时间的位置上出现峰值。
- 2 利用互相延时和能量信息可以对传输通道进行分析识别。
- 3 检测噪声中的确定性信号。
- 4 确定设备振动噪声主要来源于哪一个部件。
- 5 对互相关函数进行傅立叶变换，可以得到互功率谱密度函数。

提示：根据定义，自相关系数和互相关系数的值总是在[-1,1]的区间上。自相关分析，当时间延迟 $\tau=0$ 时，相关系数总是等于 1，但互相关分析则未必如此。

5.6.2 互相关分析参数设置

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置相关分析参数”的对话框，如图 5.6.2，其中要求选择分析方式。选择全程平均方式，则对全程信号进行线性平均计算得到平均的互相关结果，适合稳态信号的分析，对于非稳态信号则可以选择瞬时滚动分析，可在波形滚动过程中计算各段波形的相关曲线。

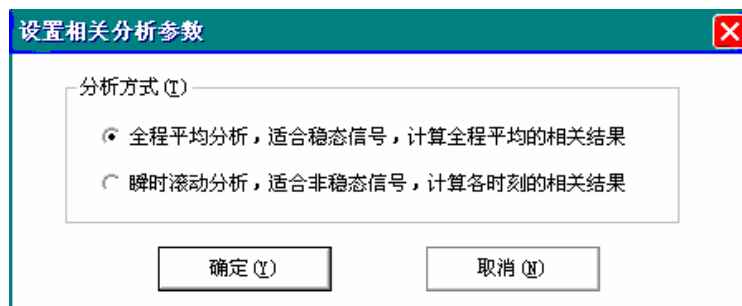


图 5.6.2 设置互相关分析参数

5.6.3 互相关分析和显示操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等，通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

在“类型”栏中可以选择分析结果的两种形式：互相关函数和互相关系数，其中互相关系数是根据互相关函数的结果得到的，其取值在[-1,1]范围内，可以直观反映相关性。

在“显示参数”栏的“显示波形图”选择项可以设置是否同时显示两个测点波形图。在平均分析方式下，显示全程波形图；在瞬时分析方式下，显示当前分析段的波形图。

在“显示参数”栏的“纵向缩放”滑动条可以设置相关图的纵向放大或者缩小

在“显示参数”栏“横向放缩”滑动条可以设置相关曲线的横向显示点数，较少的点数可以较好地拉开显示。

波形滚动和定位、光标读数和收数等操作请参见 2.1.9~2.1.12 节。

提示：波形滚动和定位功能仅对瞬时分析方式有效。

提示：对于波形图没有光标读数和移动等操作。

5.7 X-Y 图分析(轴心轨迹)

选择“X-Y 图分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择两个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入 X-Y 图分析模块，此时出现如图 5.7.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形、X-Y 图以及参数文字信息等内容。

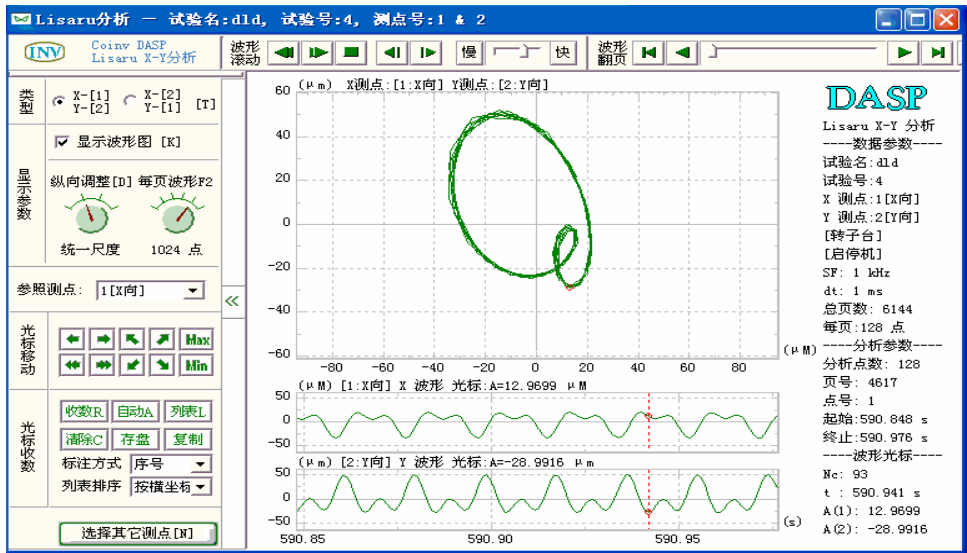


图 5.7.1 X-Y 图分析窗口

5.7.1 X-Y 图分析方法介绍

X-Y 图分析将两路信号分别作为平面坐标系中的 X 轴和 Y 轴而绘出的图形，它常常用于两路相互正交的信号序列，如分别测量旋转机械中转轴某点的水平和垂直方向的位移，将这两个位移信号作为 X-Y 图的 X 轴和 Y 轴序列，则绘出的就是轴心的运动轨迹。当数据滚动时，就可以动态显示轴心轨迹的变化。

X-Y 图分析常常用于旋转机械的测量和诊断中。图 5.7.1 显示的是一个转子轴承系统半频油膜涡动的轴心轨迹图，图 5.7.2 显示的则是油膜振荡的轨迹图。

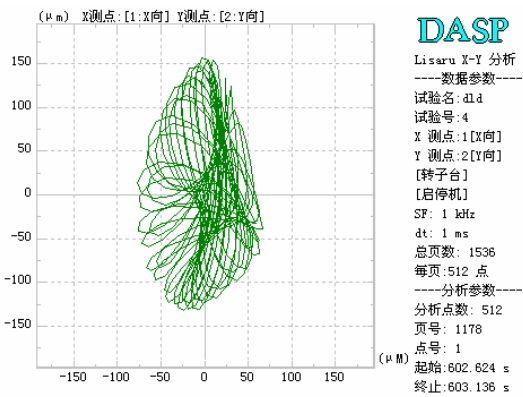


图 5.7.2 转子处于油膜振荡时的轴心轨迹

5.7.2 X-Y 图分析和显示操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等，通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

在“类型”栏中可以选择两个测点的数据分别作为 X-Y 图的 X 轴还是 Y 轴。

在“显示参数”栏的“显示波形图”选择项可以设置是否同时显示波形图；

在“显示参数”栏的“纵向调整”旋钮可以设置两路波形图纵尺度的方式，有 4 种方式可选：

- 1) 固定尺度：各波形图的尺度范围为采集仪的满量程范围；
- 2) 统一尺度：各图使用相同的满刻度值，这样两测点波形将在同一尺度下显示，具有可比性；
- 3) 自动尺度：各曲线根据自身大小分别独立调整满尺度；
- 4) 按基线调整：X-Y 图中 X 轴和 Y 轴的 0 刻度不再位于正中，刻度正中将为两条曲线各自的基线位置。当轴心轨迹远远偏离轴中心位置时，此方式可以较满幅面地显示轴心轨迹；

在“显示参数”栏的“每页波形”旋钮可以改变显示轴心轨迹的波形点数，对于变化较慢的信号，可以选择较多的点数，而在变化较快的情况下则可能需要选择较少的点数；

波形滚动和定位、光标读数和收数等操作请参见 2.1.9~2.1.12 节。

提示：对于全程波形图没有光标读数和移动等操作。

5.8 互谱分析

选择“互谱分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择两个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，将出现“设置互谱分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 5.8.2）。分析参数设置完毕后即可进入互谱分析模块，此时出现如图 5.8.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示分析结果的图形以及参数文字信息等内容。

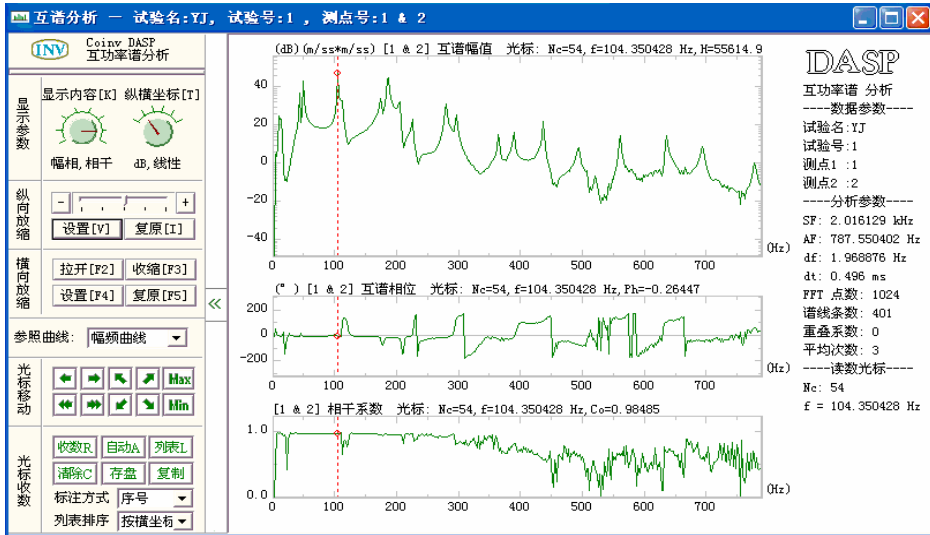


图 5.8.1 互谱分析窗口

5.8.1 互谱分析方法介绍

互谱分析就是对两个信号进行互功率谱计算，两路时域信号序列 $x(n)$ 、 $y(n)$ 经过 FFT 计算得到的幅值谱为 $X(K)$ 、 $Y(K)$ ，其乘积 $X^*(K) \cdot Y(K)$ 称为互功率谱 $P_{xy}(K)$ ，其数学定义为：

$$P_{xy}(K) = X^*(K) \cdot Y(K)$$

式中： K 为频域序列号， $X^*(K)$ 表示 $X(K)$ 的共轭函数。

互功率谱的实际定义在于表示了两个时域信号序列在频域中所得两种谱的共同成分，及其相位差关系。

互谱分析中进行 FFT 分析后，就得到了实部和虚部，实部是傅立叶变换的余弦项幅度，虚部是傅立叶变换的正弦项幅度。以每个频率下的实部作为横坐标，以虚部作为纵坐标，绘出的图形就是奈奎斯特图。

相干函数（又称为凝聚函数）定义为：

$$r^2_{xy}(f) = \left| P_{xy}(f) \right|^2 / (P_{xx}(f) \cdot P_{yy}(f))$$

式中： $r^2_{xy}(f)$ 为相干函数， $P_{xy}(f)$ 为互功率谱， $P_{xx}(f)$ 、 $P_{yy}(f)$ 为两个信号的自功率谱。

相干函数反映了两个信号进行互功率谱计算中外来不相干的噪声影响的大小，相干越大则表示外来影响越小。相干互谱则是互功率谱的幅值与相干函数相乘得到的结果。

5.8.2 设置互谱分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置互谱分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数，如图 5.8.2 所示。

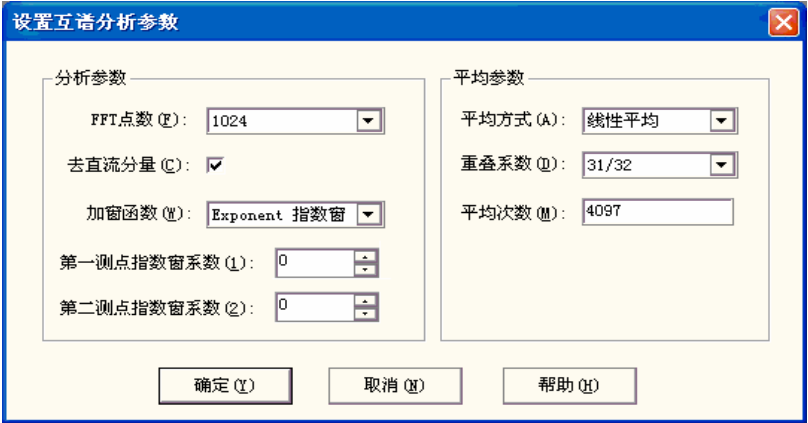


图 5.8.2 设置互谱分析参数对话框

分析参数：

FFT 点数：选择不同的 FFT 分析点数，可以相应改变谱线条数，通常谱线条数为分析点数的 1/2.56 倍（也可以为 1/2 倍，相当于考虑分析频率为采样频率的 1/2）；

去直流分量：可以设置是否在进行计算前去除信号中的直流分量。

加窗函数：可以选择 FFT 计算时的加窗函数，有 10 种窗函数形式可选，若选择“指数窗”，则还要在其下方的“指数窗系数”栏中设置指数窗的系数 EP。

注：指数窗函数定义为： $Y = \exp (10^{-3} * EP * t * SF) \quad (0 \leq t \leq T)$

其中：EP 为指数窗参数，SF 为采样频率， $T=N/SF$ ，N 为 FFT 分析点数。系数为 0 表示不加指数窗。

平均参数：

平均方式：有 2 种方式可选，分别如下：

- 1) 线性平均：全程分析过程中的每次互谱结果进行线性平均；
- 2) 峰值保持：全程分析过程中，每条谱线分别保持其最大值，常用于扫频信号的分析；

重叠系数：在互谱计算的平均过程中，可以进行重叠平均，一般情况下对于稳态信号，较大的重叠系数可以提高计算结果的准确性，但是同时计算量将增大。

平均次数：缺省的平均次数为全程波形数据按照上面的重叠系数进行平均时的平均次数，此数据可以设为较小的值，则相当于选择较少的数据进行平均计算。

5.8.3 设置参照曲线

互谱分析结果中可能同时显示若干种曲线，包括幅频曲线、相频曲线、相干曲线、实部曲线、虚部曲线等，在光标移动等操作时，有时需要按照某一条曲线进行一定的操作，此曲线就是参照曲线，在窗口左部的操作控制区中的“参照曲线”栏中可以选择哪一条曲线作为参照曲线。

5.8.4 互谱分析和显示操作

在“显示参数”栏中的“显示内容”旋钮可以设置显示不同的互谱曲线，包括：

- 1 幅频和相频：上图幅频曲线（互谱幅值—频率曲线），下图相频曲线（互谱相位—频率曲线）；
- 2 幅频和相干：上图幅频曲线，下图相干曲线；
- 3 实部和虚部：上图为互谱实部曲线，下图为互谱虚部曲线；
- 4 两测点自谱：上图为第一测点的自功率谱，下图为第二测点的自功率谱；
- 5 奈奎斯特图：以互谱实部为横轴，虚部为纵轴，绘制的 X-Y 曲线；
- 6 相干互谱图：上图为相干幅频曲线（互谱幅频曲线乘以相干系数），下图为相干曲线；
- 7 幅频、相频和相干：显示三条曲线，自上而下分别为幅频、相频和相干曲线；
- 8 全程波形图：上图为第一测点的全程波形图，下图为第二测点的全程波形图。

在“显示参数”栏中的“纵横坐标”旋钮可以设置不同的横坐标和纵坐标形式，其中横坐标频率轴有两种方式：线性和对数，纵坐标幅值有三种方式：线性、分贝 dB 和对数 Log10；

提示：纵坐标的各种形式仅仅对幅频曲线、实部曲线、虚部曲线、相干互谱和自功率谱曲线有效，而相频曲线和相干曲线的纵坐标总是为线性方式。

在“纵向放缩”栏中可以设置曲线图的纵向放大和缩小，拖动滑动条或者点击两侧的“+”“-”按钮，可以改变放缩的比例，按“设置”按钮，可以直接为各曲线图输入显示的纵向满尺度值，按“复原”按钮，可以使各曲线图的纵向放缩比例还原为 1；

在“横向放缩”栏中可以设置曲线图的横向显示范围，按“拉开”按钮可以使横向显示谱线数目减少 25%，按“收缩”按钮则可以使横向显示谱线数目增加 25%，按“设置”按钮可以直接输入横向显示的频率范围，按“复原”按钮则还原到横向显示全部谱线；

波形滚动和定位、光标读数和收数等操作请参见 2.1.9~2.1.12 节。

提示：对于全程波形图没有光标读数和移动等操作。

5.9 传递函数分析

选择“传递函数”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择两个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，对于通用传函（包括变时基传函），其中两个测点应分别为输入(激励)信号和输出(响应)信号，而对于响应传函分析，则两个测点应分别为相位参考信号和响应信号。

选择完毕后，将出现“设置传递函数分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 5.9.4）。分析参数设置完毕后即可进入传递函数分析模块，此时出现如图 5.9.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示分析结果的图形以及参数文字信息等内容。

5.9.1 传递函数分析方法介绍

传递函数分析就是对一个系统，通过其输入信号和输出信号，进行系统的频率响应分析，它反映了系统对信号的传递特性（幅频特性和相频特性），取决于系统的本身特性，与输入无关。若系统的输入和输出分别为 $x(t)$ 、 $y(t)$ ，则传递函数定义为输出信号的傅立叶变换 $S_y(f)$ 与输入信号的傅立叶变换 $S_x(f)$ 之比。也可以利用输出与输入信号的互功率谱 $P_{xy}(f)$ 与输入的自功率谱之比得到传递函数 $P_{xx}(f)$ ，其数学定义为：

$$H_{xy}(f) = S_y(f) / S_x(f) = P_{xy}(f) / P_{xx}(f)$$

式中： $H_{xy}(f)$ 为传递函数。

传递函数分析后，得到的 $H_{xy}(f)$ 为复数，具有实部和虚部，以每个频率的实部作为横坐标，以虚部作为纵坐标，绘出的图形就是奈奎斯特图。

相干函数（又称为凝聚函数）定义为：

$$r_{xy}^2(f) = |P_{xy}(f)|^2 / (P_{xx}(f) \cdot P_{yy}(f))$$

式中： $r_{xy}^2(f)$ 为相干函数， $P_{xy}(f)$ 为互功率谱， $P_{xx}(f)$ 、 $P_{yy}(f)$ 为输入信号和输出信号的自功率谱。提示：相干函数总是小于 1，说明系统中总存在外来的噪声，或有其他不相关的输入，或系统存在非线性特性。相干传函则是传递函数的幅值与相干函数相乘得到的结果。

在进行系统的脉冲激励传递函数分析时，DASP 还提供了性能非常好的变时基传递函数分析方法，尤其对于大型低频结构，使用变时基方法，可以极大提高传函分析精度，详细内容见 5.9.2 变时基传函原理。

对于更大型的桥梁、楼房等结构，常常无法对其实施人为激励，而只能依靠各种天然脉动（如风、水流、海浪、大地脉动等），此时的激励是不可测量的，而只能测量结构的响应信号，在进行基于传递函数的频域法模态分析时，就需要使用响应传递函数方法，详细内容参见 5.9.3 的响应传递函数原理。

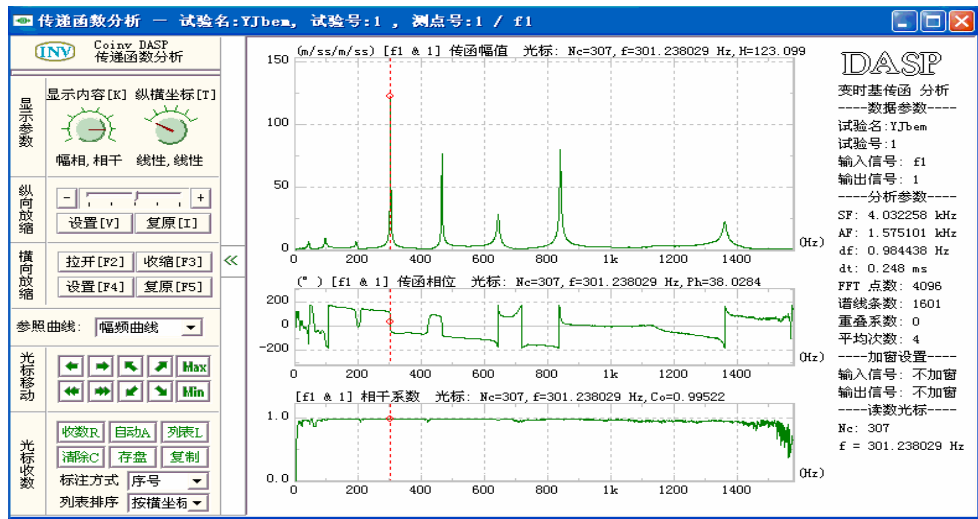


图 5.9.1 传递函数分析窗口

5.9.2 变时基传递函数分析方法介绍

A.问题的提出:传统的等时基传递函数做脉冲激励传函分析时,激励与响应之间,特征时间与特征频率的差异太大,激励是ms级的,响应是几百ms级到秒级,因而就存在频率分辨率(采样频率越低,分辨力越高)和时域波形精度(采样频率越高,时域波形精度越高)这一对无法克服的矛盾。

由于脉冲激励信号作用时间较短,为了确保频率分辨率,采样频率不能太高,从而导致以下几种情况:

- (1)采样得到的激励信号偏大; (2)采样得到的激励信号偏小; (3)激励信号没有采上。如图5.9.2。

此时使用传统等时基方法计算出来的导纳值和相位可能非常不准。因此在变时基提出之前,大型结构(如大型运煤货车)无法用锤击法测出模态,只能使用小型火箭激励,因为小型火箭激励时加长了激励时间,且它可以产生方波激励信号。(参考文献: Ying H.Q., Liu J.M. Ao Q.B. and Yang J.X. Small Rockets Extincting Qian-Tang Great Bridge For Modal Analysis, Proceeding of 17th IMAC, pp 2056-2060, 1999.)

也就是说对于脉冲激励系统,低频段的传递函数具有时间分辨率和频率分辨率之间的一个矛盾。对于输入信号 $x(t)$ (即力脉冲信号), 需要一个较高的采样频率, 以保证力脉冲能被准确地采样。但是, 如果测试对象为一个大型结构, 则输出信号 $y(t)$ (即结构的响应信号) 的频谱具有窄带和低频的特性。因此对于响应信号则需要一个较低的采样频率进行采样以保证低频处的频率分辨率。为解决这个问题, 应怀樵教授提出了一个新的方法—变时基(VTB)传递函数细化分析方法。

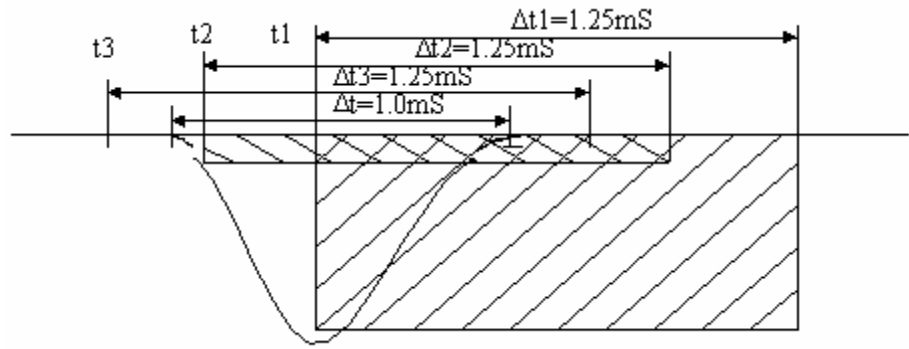


图5.9.2 脉冲激励信号的采样失误

B.变时基的原理：该方法是基于一种特殊的采样方式，即变时基采样。通常， $x(t)$ 和 $y(t)$ 需要用相同的采样频率进行采样。而在变时基方法中，对于输入信号和输出信号的采样频率却是不同的。例如，对力脉冲信号的采样时间间隔为 Δt_1 ，对响应信号的采样间隔为 Δt_2 。

$$\Delta t_2 = m \times \Delta t_1$$

m 为变时倍数，它可以是一个整数如 2, 4, 8, 16 等。

当采样 N 点后，脉冲信号的时间长度 T_1 也就不同于响应信号的时间长度 T_2 ，

$$T_1 = N \times \Delta t_1; T_2 = N \times \Delta t_2$$

相应的频率分辨率为：

$$\Delta f_1 = 1/T_1, \Delta f_2 = 1/T_2$$

于是

$$T_2 = m \times T_1, \Delta f_1 = m \times \Delta f_2$$

Δt_1 比较小，因此力信号可以被准确地采样。 Δf_2 比较小，因此响应信号的频率分辨率就较好。由于两个信号的采样频率不同，所以通常的传递函数分析方法就不再适用，而需要使用 DASP 提供的变时基传递函数分析方法。这是一个特殊的方法，已获中国国家发明专利（ZL91 1 03388.2）。VTB 法的低频特性优越，因此可以解决以往不能测试的低频大型系统的传递函数分析，瞬态激励的波动研究，地球物理勘探，故障诊断问题，提高了时间分辨率、幅值分辨率和频率分辨率，大大提高了大型低频结构的脉冲传函分析精度。

5.9.3 响应传递函数分析方法介绍

在对大型桥梁、楼房等结构进行模态试验等测试过程中，由于激励为天然脉动而不可测取，因而仅仅能够测量结构的响应，此时可以使用响应传函分析方法。

响应传函分析时需要结构的响应信号和一个参考信号，该参考信号非常重要，在对结构的多点进行响应测量时，必须额外设置一个测点为参考测点同时进行测量，若多个测点需要分批测量时，在每一批测量过程中都需要同时测量该参考测点的信号，这样所有测点的响应信号都可以和该参考测点的某一次测量信号相对应，也就是说各测点的响应信号的幅值关系和相位关系通过该参考测点而得到。

实际上，对于同批测量的测点，通过与该参考测点信号的比较，可以给出各测点信号之间的相位关系，而对于分批测量的测点，通过与该参考信号的比较，不仅得到了相位关系，还得到了幅值比的关系。

在实际测量中，参考测点的位置通常应选择结构振动较大的部位，并且尽量远离模态振型的节点位置。例如对于楼房的测量中，我们通常可以选择最高层作为参考测点位置。

5.9.4 设置传递函数分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置传递函数分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数，如图 5.9.3 所示。



图 5.9.3 设置传递函数分析参数对话框

在“传函类型”栏中可以选择传函的方式：通用传函和响应传函。其中变时基传函方式属于通用传函，无需人工设置，对于变时基采样的激励和响应信号，DASP 自动作出判断，自动设置为变时基方式的通用传函，并且不允许设置为响应传函方式。

在“测点号及加窗”栏中，可以为两个信号设置加窗参数：

在通用传函方式下，可以为输入信号加力窗或者指数窗，为输出信号加指数窗。若输入信号为脉冲激励信号，则建议加力窗，去除脉冲力以外的噪声信号，若输入信号和输出信号为衰减振动信号，则建议加指数窗，使信号在结束时衰减到 0，避免截断误差。详细参见 5.9.5。

对于非脉冲激励响应的传递函数分析，则可以选择除力窗之外的“其他”窗，可选择 hanning、hanning、平顶、kaiser 等若干种。提示：若选择其他窗，则输出和输出的窗函数总是一样的。

在响应传函方式下，一般不需加力窗，但可以为加指数窗。

在“计算参数”栏中可以设置传函计算的一些参数：

计算点数：指 FFT 计算点数，计算点数越多，则谱线条数越多；

重叠系数：平均计算过程中的重叠计算程度，0 表示不重叠，较大的重叠系数需要较多的计算量，但可以提高计算结果的准确性。

去直流：设置在每次计算前是否先去除信号中的直流分量；

提示：当被分析数据为多次触发采样数据（包括变时基采样数据），由于采样时就已经设置了每次触发采样长度，因此在此处的“计算点数”设置中将自动设置为该采样长度，“重叠系数”也将自动设置为 0，并且不允许改变，否则可能降低计算结果的精确性，

“计算范围”：从全部波形中选择其中一段进行平均分析，有四种选择方式：

- 1) 全部：从波形开始直到波形结尾的全部范围；
- 2) 按时间：指定数据的范围，范围以时间定义，单位为秒；
- 3) 按块数：指定数据的范围，范围以块数定义，每块为 1024 点；

4) 平均次数：设定进行多少次的平均。

提示：平均分析方式下，可以通过全程波形图直接选择分析范围，参见 5.9.9 节。

完成各项设置后，可按“确定”按钮，此时若在“测点号及加窗”栏选择了加窗，将出现“加窗设置”对话框设置详细的加窗参数。若没有选择加窗，或者设置完毕加窗参数后，DASP 即可根据各种设置开始传函分析和操作。

5.9.5 设置加窗参数

在设置传递函数参数时，若选择为信号加力窗和指数窗，则还需要设置具体的参数，如图 5.9.4，

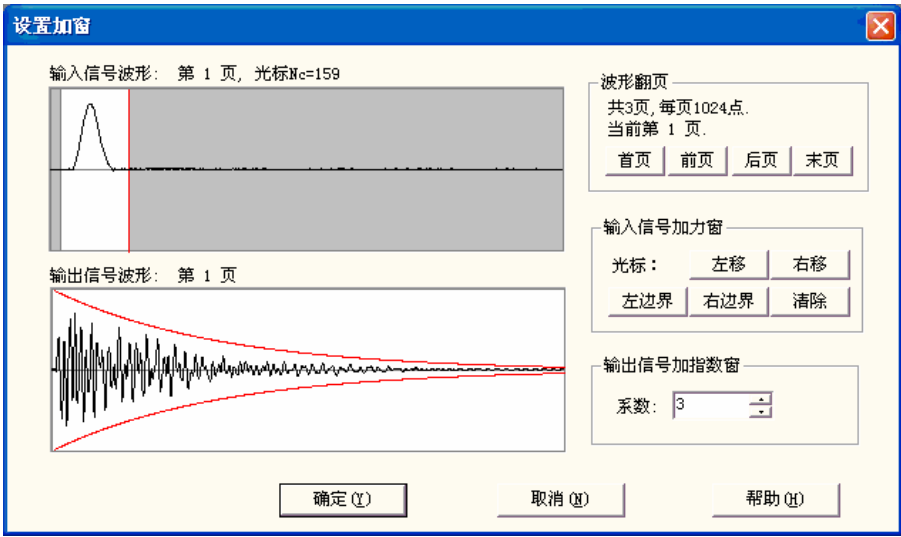


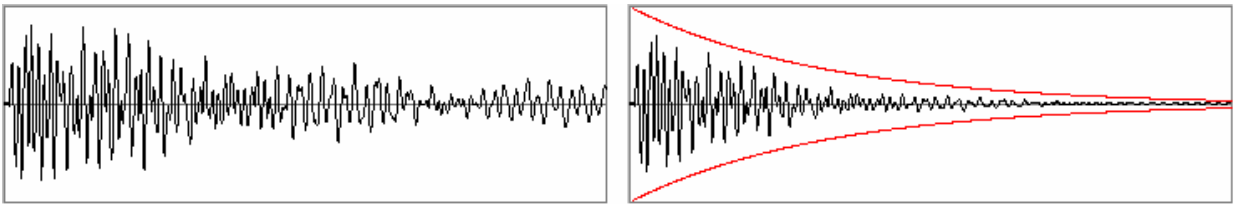
图 5.9.4 信号加力窗和指数窗设置对话框

图中显示的情形为：输入信号加力窗，输出信号加指数窗。

在“波形翻页”栏中，可以选择显示不同页的波形进行查看；

在“输入信号加力窗”栏中，可以为输入信号设置力窗，方法为：在输入信号曲线图中点击鼠标，可以将红色光标定位到点击处，再按“左边界”或者“右边界”按钮，即可将力窗的边界设置到光标位置，如图所示，通常要求力窗左右边界范围内包括完整脉冲力，力窗边界以外部分认为是噪声而将被置零；按“清除”按钮可以清除设置的力窗；

在“输出信号加指数窗”栏中，可以设置指数窗的系数，为衰减信号加指数窗的目的是为了使信号能衰减到 0 避免截断误差，如图 5.9.5(a)所示信号在结束时没有衰减完毕，此时可以适当加指数窗，使得信号如图 5.9.5(b)而不会在结束时有明显的截断。



(a) 信号结束时未衰减完毕

(b) 加指数窗使信号结束时没有明显截断

图 5.9.5 为衰减信号加指数窗的目的和效果

注：指数窗如下定义

$$Y = e^{(EP*t*SF*0.001)} \quad (0 \leq t \leq T)$$

其中：EP 为指数窗系数，SF 为采样频率， $T=N/SF$ ，N 为 FFT 分析点数。

合理设置完毕各加窗参数后，按“确定”按钮即可开始传函分析。

5.9.6 设置参照曲线

传函分析结果中可能同时显示若干种曲线，包括幅频曲线、相频曲线、相干曲线、实部曲线、虚部曲线等，在光标移动等操作时，有时需要按照某一条曲线进行一定的操作，此曲线就是参照曲线，在窗口左部的操作控制区中的“参照曲线”栏中可以选择哪一条曲线作为参照曲线。

5.9.7 传函分析和显示操作

在“显示参数”栏中的“显示内容”旋钮可以设置显示不同的传函曲线，包括：

- 1 幅频和相频：上图幅频曲线（传函幅值—频率曲线），下图相频曲线（传函相位—频率曲线）；
- 2 幅频和相干：上图幅频曲线，下图相干曲线；
- 3 实部和虚部：上图为传函实部曲线，下图为传函虚部曲线；
- 4 两测点自谱：上图为第一测点的自功率谱，下图为第二测点的自功率谱；
- 5 奈奎斯特图：以传函实部为横轴，虚部为纵轴，绘制的 X-Y 曲线；
- 6 相干传函图：上图为相干传函曲线（传函幅频曲线乘以相干系数），下图为相干曲线；
- 7 幅频、相频和相干：显示三条曲线，自上而下分别为幅频、相频和相干曲线；
- 8 全程波形图：上图为第一测点的全程波形图，下图为第二测点的全程波形图。

各种传函曲线分别如图 5.9.6 所示。

在“显示参数”栏中的“纵横坐标”旋钮可以设置不同的横坐标和纵坐标形式，其中横坐标频率轴有两种方式：线性和对数，纵坐标幅值有三种方式：线性、分贝 dB 和对数 Log10；

提示：纵坐标的各种形式仅仅对幅频曲线、实部曲线、虚部曲线、相干传函和自功率谱曲线有效，而相频曲线和相干曲线的纵坐标总是为线性方式。

在“纵向放缩”栏中可以设置曲线图的纵向放大和缩小，拖动滑动条或者点击两侧的“+”“—”按钮，可以改变放缩的比例，按“设置”按钮，可以直接为各曲线图输入显示的纵向满尺度值，按“复原”按钮，可以使各曲线图的纵向放缩比例还原为 1；

在“横向放缩”栏中可以设置曲线图的横向显示范围，按“拉开”按钮可以使横向显示谱线数目减少 25%，按“收缩”按钮则可以使横向显示谱线数目增加 25%，按“设置”按钮可以直接输入横向显示的频率范围，按“复原”按钮则还原到横向显示全部谱线；

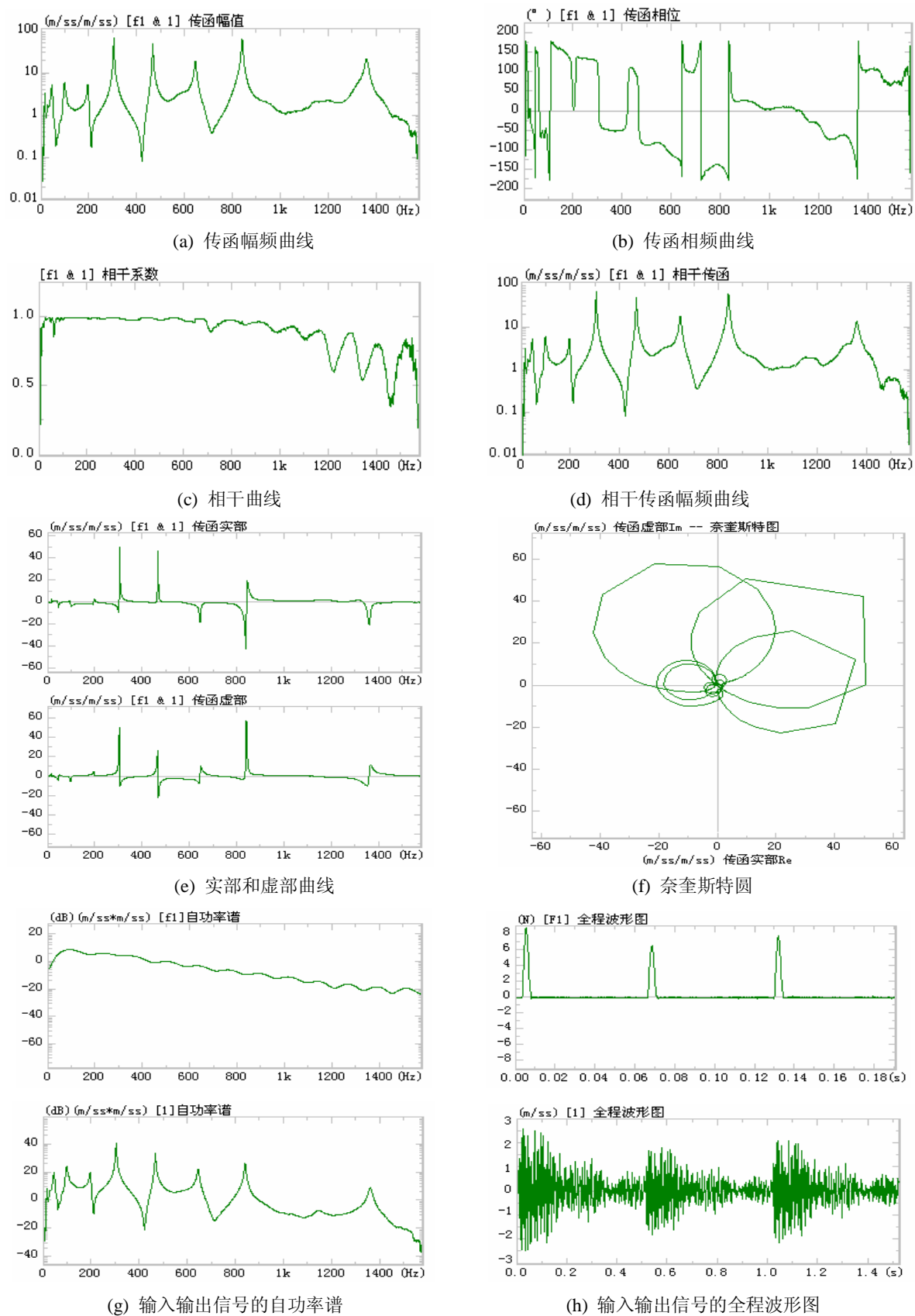


图 5.9.6 几种典型的传函曲线

5.9.8 阻尼比计算

通过幅频曲线计算某一个频率下的阻尼比是阻尼测试中的常用方法之一。在“阻尼计算”栏中的三个按钮可以进行阻尼比的计算，三个按钮分别表示三种阻尼计算方法，按下某一个按钮时，就可以对幅频曲线中当前光标位置处谱峰对应频率进行阻尼比的计算。

注意：本功能为 DASP 选件功能，只有在购买 DASP 时选购了“阻尼分析”功能模块时才会有此功能。

半功率带宽法是最常见的计算方法，一般有关书籍中都会有所介绍，它根据频谱中某个谱峰的半功率带宽计算阻尼比。该方法常常具有一定的误差，原因有：该方法的理论上有一定的近似，其次由于 FFT 频谱是具有一定频率间隔的离散谱，因此计算谱峰的主频和半功率带宽是都不可避免存在误差。尤其在低频和小阻尼的情况下误差更为显著，常常会出现百分之几百的误差而导致结果根本不可信。

INV 阻尼计法是针对半功率带宽法的问题而发展的，为 DASP 软件的特有方法，结合时域法和频谱的特点，并基于不受频率分辨率影响的 INV 频率计技术，可以得到更加准确的阻尼结果。该方法对仿真信号进行计算时误差小于百分之一，对于工程中的实际信号，计算结果非常稳定。

选定频带的整体阻尼计法则是基于 INV 阻尼计法的，在频谱中谱峰上具有较多毛刺的情况（例如低信噪比的情形，或者随机振动的情形等）或者谱峰中不存在半功率点的情况，前两种方法由于无法正确计算半功率带宽而不能进行计算，此时需要使用选定频带的整体阻尼计，人工选择谱峰两边的频带范围，然后进行阻尼比的计算。

具体操作方法：首先在显示幅频曲线的情况下，将读数光标定位到要进行计算的频率谱峰处，然后按某一个按钮即可进行阻尼比的计算，计算之后在幅频曲线图的该谱峰位置处显示结算的结果频率和阻尼比。

在使用选定频带阻尼计方法时，将出现“设置图形横向范围”的对话框，要求从中输入频带的左右频率，然后按“选定频带整体阻尼计”即可。此外还可以使用更加直接的操作方法，即直接通过鼠标在频谱图上选择一个频带（在频谱图上按鼠标左键，然后拖动鼠标即可选择一个区域），松开鼠标左键将弹出“设置图形横向范围”的对话框，其中的左右频率范围的数据就是鼠标选择的区域，按“选定频带整体阻尼计”即可。

5.9.9 直接选择平均分析范围

进入平均分析之后，在“显示内容”栏选择全程波形图，在全程图上按下鼠标左键不放，横向拖动鼠标，可以选择波形中的任意一段，然后松开鼠标左键，将提示“是否要对选择区域的波形进行倍频程谱平均分析”，选择“是”，则出现如图 5.9.3 的对话框，其中“分析范围”选择为“按时间”方式，并且时间范围为鼠标选择区域的时间起止位置，按“确定”按钮即可对该区域进行平均分析。

5.10 三维谱阵分析

选择“三维谱阵”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，将出现“设置三维谱阵分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 5.10.2）。设置完毕分析参数后即可进入时间三维谱阵分析模块，此时出现如图 5.10.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示分析结果的图形以及参数文字信息等内容。

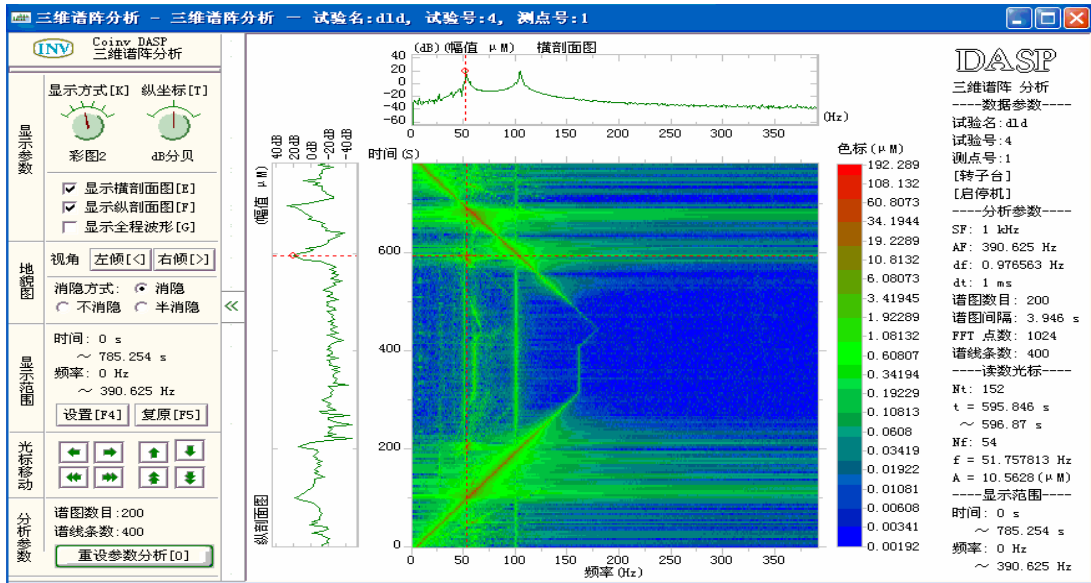


图 5.10.1 三维谱阵分析窗口

5.10.1 三维谱阵分析方法介绍

信号的傅立叶频谱只能反映信号在整个时间过程中的平均频率情况，使用三维谱阵分析则可以反映长数据信号的频率特性随着时间变化而变化的情况。

三维谱阵分析是对一个长信号在其不同时间位置上，取一定长度的数据点（一般为 1024 点）分别进行傅立叶谱分析，然后将各次的谱分析结果在三维空间中依次排列起来，以表现在不同时间位置上的信号频谱特性。相邻两条谱线所取时间的间隔通常相等，并使各次分析的时间位置在整个时间轴上均匀分布。分析谱线条数越多，则时间间隔越小，越能精确反映信号频率随时间变化的特性，但计算量也越大。

但是基于傅立叶变换的谱阵分析，每次计算的数据长度一般不可太短，默认为 1024 点，一般不宜小于 256 点，因此对于较短的信号，若要求每次分析点数为几个点到几十个点的情况下，傅立叶频谱就难以胜任了，此时可以选择基于最大熵(MEM)分析的频谱谱阵，该方法允许每次分析点数低至几个点，而分析后的谱线条数不受分析点数的限制。

最大熵分析虽然适合极少点数的频谱分析，但是也具有一定的缺点，主要是其频谱谱峰的幅值精度极差，而且可能出现谱峰分裂的现象，通常使用最大熵谱仅仅读取谱峰的频率值，而其幅值是没有意义的。DASP 中则提供了东方振动和噪声技术研究所特有的精确最大熵(PMEM)方法，该方法通过特殊的细化技术，不仅可以得到精确的谱线频率值，还可以使谱线的幅值精度达到可接受程度，甚至非常精确。

提示：只有 DASP 专业版软件或者单独选购最大熵模块的 DASP 工程版软件才具有最大熵谱阵分析方

法，而只有单独选购精熵谱模块的 DASP 软件才具有精确最大熵谱阵分析功能。

三维谱阵可以使用多种形式表现，其目的都是为了从不同角度来反映信号频谱随时间变化的特性，DASP 种提供了可变换视角的地貌图、不同色标的彩色图和灰度图来显示。三维谱图可以选择其中一个区域显示，以便在整个谱阵中能细致地观察某些细节部位，三维地貌图还可以旋转不同的视角进行观察。

三维谱阵的剖面图包括横剖面（时间剖面）和纵剖面（频率剖面），时间剖面是在某一时间位置上的剖面，反映该时间位置的频谱幅值与频率的曲线（通常的单个频谱谱图），频率剖面则是在某一个频率位置的剖面，反映该频率的幅值随时间变化的曲线。

5.10.2 设置三维谱阵分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置三维谱阵分析参数”的对话框，其中要求设置各种分析参数，如图 5.10.2 所示。

在“频谱计算参数”栏中设置谱阵中的频谱计算参数：

计算方法：频谱计算方法，可选 FFT、MEM 最大熵和 PMEM 精确最大熵；提示：MEM 和 PMEM 方法只有在选购相应软件模块的 DASP 软件中才会出现，否则只有 FFT 一个选项；

谱线条数：频谱的谱线条数，对于 FFT 方法来讲，谱线条数将与实际 FFT 分析点数有关，FFT 分析点数为谱线条数的 2.56 倍，而频谱分析带宽等于信号采样频率的 1/2.56；对于 MEM 和 PMEM 方法来讲则与 MEM 分析点数无关，MEM 分析点数在其下方的“MEM 点数”栏进行设置；

去除直流：设置是否在计算频谱之前去除信号的直流分量；

MEM 点数：当选择 MEM 或 PMEM 计算方法时，此处设置 MEM 的分析点数，该点数范围为 10-1024 点，适合短信号的谱阵分析；

在“谱阵分析范围”栏中可以设置选择数据的哪一部分或者全部进行分析，三种方式：

- 1 全部，选择全部数据；
- 2 按时间，设置分析数据的范围；
- 3 按块数，设置分析数据的范围，每块数据的定义为 1024 点；

在“分析间隔（偏移量）”栏中可以设置谱阵分析的相邻频谱对应分析数据的偏移量，四种方式：

- 1 自动，即偏移量等于分析点数，对于 FFT 方法，分析点数等于谱线条数的 2.56 倍；对于 MEM 和 PMEM 方法，分析点数为 MEM 点数；
- 2 按等分，即在所选分析范围内等分若干等份，则分析偏移量为分析范围的数据总长度除以等份数，分析结果的谱阵中的谱图数目就等于该等分数；
- 3 按时间，以时间定义分析偏移量；
- 4 按点数，以数据点数定义分析偏移量。

提示：不论选择何种偏移量方式，最终谱阵计算的谱图数目将被限制到 1000 以内。



图 5.10.2 设置三维谱阵分析参数对话框

5.10.3 三维谱阵分析和操作

在“显示参数”栏中可以设置谱阵图的一些显示方式：

显示：可以设置显示不同谱阵显示方式，其中包括地貌图、3 种彩色图和 2 种灰度图，如图 5.10.1 为一种彩色图方式，图 5.10.3 为地貌图方式，而图 5.10.4 为灰度图方式；

纵轴：可以设置纵坐标形式，包括线性、分贝 dB 和对数 Log。此纵坐标形式对地貌图和剖面图有效，而彩色图和灰度图使用色彩表示幅值大小，不存在坐标形式。

彩图尺度：对于彩图和灰度图方式，此处设置色标对应的最大值和最小值的比例的分贝数，通常色标的最大值根据谱阵中的最大值确定，而最小值则通过此尺度而定。

显示横剖面图：此选择框可以设置是否显示谱阵图中光标位置处的横剖面图；

显示纵剖面图：此选择框可以设置是否显示谱阵图中光标位置处的纵剖面图；

显示全程波形：此选择框可以设置是否显示被分析信号的全程波形图；

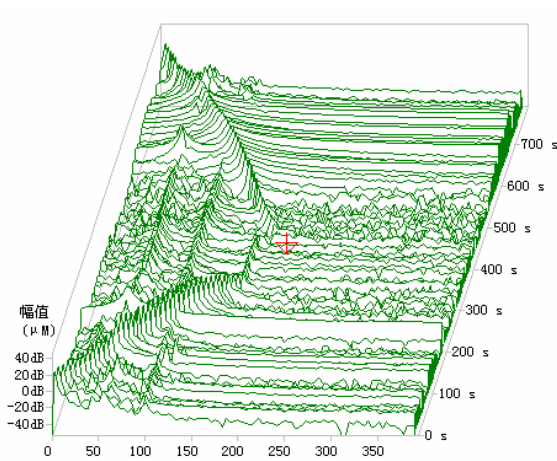


图 5.10.3 地貌图

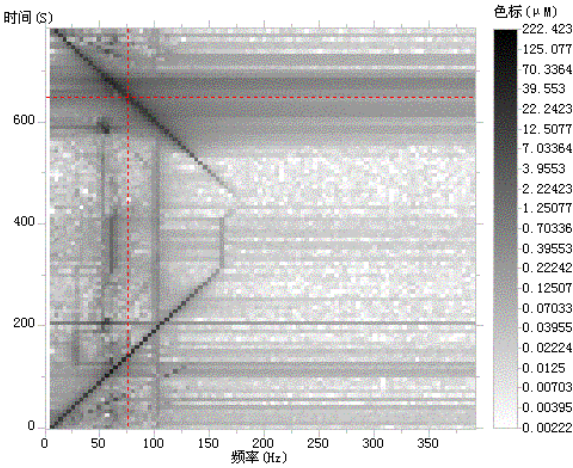


图 5.10.4 灰度图

在“地貌图”栏中可以设置地貌图显示的一些参数，这些设置仅在选择地貌图形式时有效：

- 视角：按“左倾”和“右倾”按钮，可以使地貌图左右旋转到不同倾斜程度进行观察；
- 消隐：三种消隐方式，在选择地貌图的一个细节区域显示时，可以更好地反映细节频谱特性；

在“显示范围”栏中显示了当前的谱阵频率范围和时间范围，按“设置”按钮将弹出“设置三维谱阵显示范围”对话框，从中可以输入要显示的时间范围和频谱范围，按“复原”按钮，恢复初始的显示范围；

5.11 长数据 LFFT 分析

选择“长数据 LFFT”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行 LFFT 分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，将出现“设置 LFFT 分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 5.11.2）。设置完毕分析参数后即可进入 LFFT 分析模块，此时出现如图 5.11.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示分析结果的图形以及参数文字信息等内容。

5.11.1 长数据 LFFT 分析方法介绍

通常对数据进行 FFT 分析时，使用 1024 点（即 1K 点）进行计算的，有时也进行 2048(2K)点 FFT 分析，但最多一般为 32768(32K)点 FFT 分析。

以 1024 点 FFT 分析为例，当被分析数据长度远远大于 1024 点时，则使用平均方法，即将数据分为若干个 1024 点的数据段，各自进行 FFT 分析，然后将各自的分析结果进行平均。平均的结果可以提高频谱幅度的精度，但并不能提高频谱的频率分辨率。因为频率分辨率等于信号采样频率除以 FFT 分析点数，在平均分析中每次参与 FFT 计算的数据长度都为 1024 点，所以频率分辨率只能为采样频率除以 1024，不论平均多少次。

为提高频谱的频率分辨率，DASP 提供了多种解决方案，长数据 LFFT 分析就是其中一种，此外还有 FFT/FT、ZoomFFT、ZOOMBDFT 等方法。

长数据 FFT 分析就是在一次 FFT 计算中用更多的数据点参与，目前 DASP 可以进行以下长度的数据的 FFT 计算：1K、2K、4K、8K、16K、32K、64K、128K、256K、512K、1024K(1M)。假如信号数据的长度不小于 1024K 点（1024K=1M=1024×1024），就可以进行 1024K 点的 FFT 分析，也就是说 FFT 变换的数据长度为 1024K 点，变换后得到的频谱谱线条数为 512K(512×1024=524288)条，频率分辨率为采样频率除以 524288，此时的频率精度就非常高了。

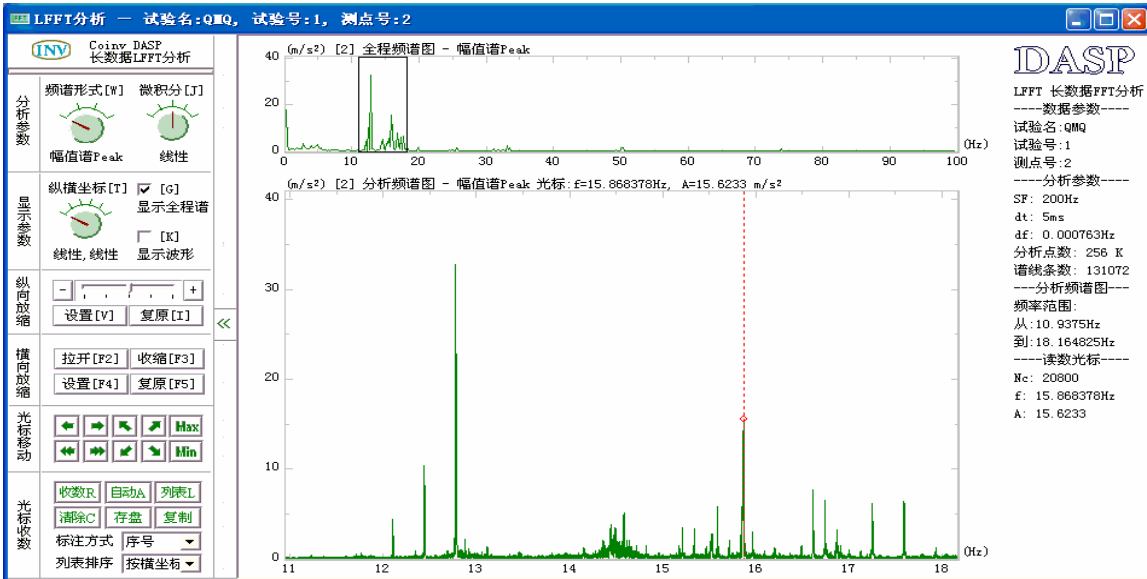


图 5.11.1 长数据 LFFT 分析窗口

5.11.2 设置 LFFT 分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置 LFFT 分析参数”的对话框，其中要求设置各种分析参数，如图 5.11.2 所示。

FFT 分析点数：FFT 分析的点数，即计算每个谱图时选择的数据的长度，较大的点数使谱线数较多；最大能够进行 1024K 点的 FFT 分析，但实际选择的分析长度不能超过数据本身的长度，否则将提示相应信息，并自动选择最大可能长度的数据进行分析，例如数据长度为 25K 点，则只能选择分析长度为：1K、2K、4K、8K、16K 几种，而不能选择 32K 或其它长度。

重叠系数：可以在平均过程中设置各幅波形的重叠程度，通常重叠系数越大，最终计算结果越好，但同时计算量也就越大；

平均次数：根据当前的重叠系数进行平均分析时的平均次数，缺省的平均次数为最大可设置数据，若设置较小的平均次数则相当于选择数据的前面一部分进行计算；

去直流分量：可以设定是否在进行 FFT 计算时，先将信号中的直流量去除。

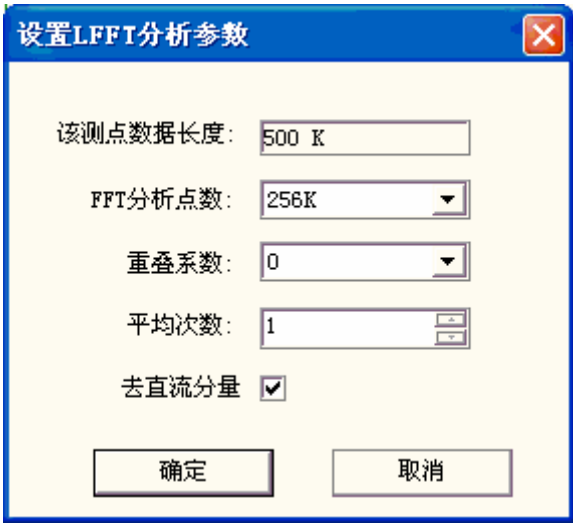


图 5.11.2 设置 LFFT 分析参数对话框

5.11.3 LFFT 分析显示和操作

进入 LFFT 分析模块后，图形区将显示上下两个曲线图，上图为全程频谱图，显示全程频谱的概貌，下图为分析频谱图，细致显示某一区间的频谱，通过“选择分析频谱段”的方法可以设置分析频谱图中的频谱显示范围，右侧的文字显示当前调入数据的信息和分析结果数据。

选择分析频谱段：

在全程频谱图，或者分析频谱图上，按住鼠标左键不放，拖动鼠标即可选择一段频谱，松开鼠标后，分析图上将仅仅显示刚刚选择的频谱段，而在全程频谱图上，使用两条竖线表示被选择的频谱区间。通过“横向放缩”栏的各种按钮页可以选择不同的分析频谱段。

在“分析显示参数”栏中可以设置频谱的一些分析参数：

频谱形式：设置频谱的不同形式，共有四种频谱形式可以选择：

- 1) 幅值谱 Peak（反映信号谐波的单峰值）；
- 2) 幅值谱 Rms（反映信号谐波的有效值）；
- 3) 功率谱（反映信号谐波的能量，等于有效值的平方）；
- 4) 功率谱密度（反映随机信号的频谱能量分布）；

微积分：设置是否进行频谱的微积分计算，注意：波形图不进行微积分计算；微积分计算可以对振动的三种基本参量进行相互转换，其中转换关系如下。

位移

速度

加速度

$$x = A \sin(\omega t + \phi)$$
$$\dot{x} = A \omega \cos(\omega t + \phi)$$
$$\ddot{x} = -A \omega^2 \sin(\omega t + \phi)$$

位移

速度

加速度

$$x \xrightleftharpoons[\text{积分}]{\text{微分}} \dot{x} \xrightleftharpoons[\text{积分}]{\text{微分}} \ddot{x}$$

纵横坐标：设置频谱图的不同坐标形式，其中纵坐标有三种形式，包括线性、dB 分贝和 Log10 对数，而横坐标有两种形式，包括线性和 Log10 对数。

显示全程谱：是否显示全程频谱示意图；

显示波形：是否显示全程波形图；

在“纵向放缩”栏中可以设置曲线图的纵向放大和缩小，拖动滑动条或者点击两侧的“+”“-”按钮，可以改变放缩的比例，按“设置”按钮，可以直接为曲线图输入显示的纵向满尺度值，按“复原”按钮，可以使纵向放缩比例还原为 1；

在“横向放缩”栏中可以设置曲线图的横向显示范围，按“拉开”按钮可以使横向显示谱线数目减少 25%，按“收缩”按钮则可以使横向显示谱线数目增加 25%，按“设置”按钮可以直接输入横向显示的频率范围，按“复原”按钮则还原到横向显示全部谱线；

重设参数分析：按“重设参数分析”，将出现“设置 LFFT 分析参数”对话框，可重新设置分析参数。

选择其它测点：按“选择其它测点”，可以选择其它的数据进行分析。

5.12 幅域统计分析

选择“幅域统计”菜单将出现“设置幅域统计参数”对话框，从中可以选择需要进行统计的采样数据以及统计参数（参见 5.12.2），选择完毕后，将进行统计计算，并出现进度条显示计算进度，计算完毕后即进入幅域统计分析模块，此时出现如图 5.12.1 的子窗口，其中以列表方式列出所有统计结果。

No.	试验号	测点号	最大绝对值	最大值	最小值	平均值	方差	标准差	均方值	有效值	工程单位
1	1	1	2089.84	2089.84	-1950.68	11.4123	2.8483E5	1687.69	2.8484E5	1687.73	mV
2	1	2	125	118.713	-125	-1.56646	1360.79	36.889	1363.25	36.9222	um
3	1	3	125	124.938	-125	-1.62915	2632.61	51.3089	2635.26	51.3348	um
4	1	4	8.17871	8.17871	-7.14111	-0.0154	22.9137	4.78683	22.9139	4.78685	um
5	1	5	9.76562	9.39941	-9.76562	-0.04714	36.247	6.02055	36.2492	6.02073	um
6	1	6	8.97216	8.97216	-8.72802	0.00691	28.2948	5.31928	28.2948	5.31929	um
7	1	7	13.6108	13.6108	-13.2446	-0.81008	52.9863	7.27917	53.6425	7.32411	um
8	2	1	2500	2022.7	-2500	2.57744	2.7683E5	1663.84	2.7683E5	1663.84	mV
9	2	2	16.6931	15.747	-16.6931	-0.1587	24.9149	4.99149	24.9401	4.99401	um
10	2	3	29.9987	29.9987	-29.3579	-0.19662	67.0448	8.18809	67.0835	8.19045	um
11	3	1	2498.77	2498.77	-1929.93	-11.5853	2.5328E5	1591.5	2.533E5	1591.54	mV
12	3	2	30.3955	23.6342	-30.3955	-1.56935	19.5992	4.4271	22.1253	4.70375	um
13	3	3	21.4843	18.6157	-21.4843	-1.66433	11.8276	3.43914	14.5977	3.82089	um
14	3	4	6.958	6.958	-6.07299	0.00412	7.97093	2.82328	7.97095	2.82328	um
15	3	5	9.49096	9.49096	-7.65991	0.00651	9.9801	3.15913	9.98015	3.15913	um
16	3	6	7.08007	7.08007	-6.19506	3.576E-4	8.54577	2.92331	8.54577	2.92331	um
17	3	7	8.94165	8.94165	-5.79834	0.00439	12.2974	3.50677	12.2974	3.50677	um
18	4	1	2498.77	2498.77	-2094.72	10.4852	2.9723E5	1724.04	2.9724E5	1724.07	mV
19	4	2	39.0625	31.4636	-39.0625	-1.58425	39.2512	6.26508	41.7611	6.46228	um
20	4	3	35.0646	35.0646	-35.0036	-1.65772	36.1692	6.01408	38.9173	6.23837	um
21	4	4	7.65991	6.4392	-7.65991	-1.44477	11.8189	3.43786	13.9062	3.72911	um
22	4	5	10.6506	7.9956	-10.6506	-1.54739	13.2461	3.63952	15.6405	3.95481	um
23	4	6	7.4768	6.53076	-7.4768	-1.1556	9.85802	3.13974	11.1934	3.34565	um
24	4	7	9.552	8.05664	-9.552	-1.80973	16.1872	4.02334	19.4623	4.41162	um
25	5	1	2500	2498.77	-2500	-32.7599	2.7114E5	1646.65	2.7125E5	1646.98	mV
26	5	2	40.9545	32.6843	-40.9545	-1.63947	54.9126	7.41031	57.6005	7.5895	um
27	5	3	46.6613	46.6613	-43.7011	-1.71034	58.4613	7.646	61.3866	7.83496	um
28	5	4	8.27026	6.85283	-8.27026	-1.5195	14.1817	3.76587	16.4406	4.06087	um

图 5.12.1 幅域统计分析窗口

5.12.1 幅域统计分析方法介绍

幅域统计分析是在信号的幅值域上进行一些统计计算，包括两类统计方式：

- 1 幅域指标统计，包括一些常用的指标数据，如下面的一些公式所示；
- 2 波形峰峰值统计，统计信号中若干最大的峰峰值，并可智能识别并消除波峰上的小毛刺的影响。

最大值： $x_{\max} = \max(x_i)$

最小值： $x_{\min} = \min(x_i)$

平均值： $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$

最大绝对值： $x_m = \max(|x_{\max}|, |x_{\min}|)$

方差： $S^2 x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$

标准差： $Sx = \sqrt{S^2 x}$

均方值： $\hat{x}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2$

有效值： $Rms(x) = \sqrt{\hat{x}^2}$

5.12.2 设置幅域统计分析参数

进入本模块时，首先将出现如图 5.12.2 的对话框，从中可以设置统计的参数和统计数据范围。

其中：

“统计波形中”栏中可以选择统计的类型，包括两种方式：

- 1 统计各项幅域指标，包括最大绝对值、最大值、最小值、平均值、方差、标准差、有效值等；

2 统计最大的峰峰值，此时还需要设置统计峰峰值的数目，结果中将包含各信号中若干最大的峰峰值的数据。

“统计数据范围”栏中可以设置统计数据的数据范围，包括：

试验名：统计数据的试验名，可以通过右侧的“...”按钮选择*.STS 文件进行设置；

试验号：统计数据的试验号范围，该范围内的试验号的数据将被统计；

测点号：统计数据的测点号范围，该范围内的测点号的数据将被统计；

数据路径：要被统计的数据的存放路径；

结果路径：统计数据的结果保存时的存放路径。



图 5.12.2 设置幅域统计分析参数

5.12.3 幅域统计结果的显示和操作

参数设置完毕后，将自动进行所有符合条件的数据的统计计算，并出现进度条显示计算进度，计算完毕后将在窗口中显示统计的结果。

对于幅域指标统计方式，结果列表中将列出各数据的试验号、测点号、最大绝对值、最大值、最小值、平均值、方差、均方值、有效值和工程单位等信息；

对于峰峰值统计方式，结果列表中将列出各数据的试验号、测点号、若干峰峰值的排序、峰峰值大小、波峰大小、波峰的时间位置、波谷的大小、波谷的时间位置以及工程单位等信息。

保存结果：按工具条的“保存”按钮可将结果保存到结果文件中，以后可以通过“结果浏览”模块调出；

数据打印：按工具条的“打印”按钮即可，若数据条目较多，则可能需要打印在若干张纸面上；

数据导出：按工具条的“数据”按钮即可将数据导出成多种格式的文件，包括文本、Excel 电子表格、Access 数据库、Matlab 数据文件等；

输出报告：按工具条的“报告”按钮即可将统计参数和结果表格输出到 Word 或 Html 格式的文件中。

注：本模块软件对“复制”和“存图”的命令不作响应。

5.13 时变参量分析

选择“时变参量分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，将出现“设置时变参量分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 5.13.2）。设置完毕分析参数后即可进入时变参量分析模块，此时出现如图 5.13.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示分析结果的图形以及参数文字信息等内容。

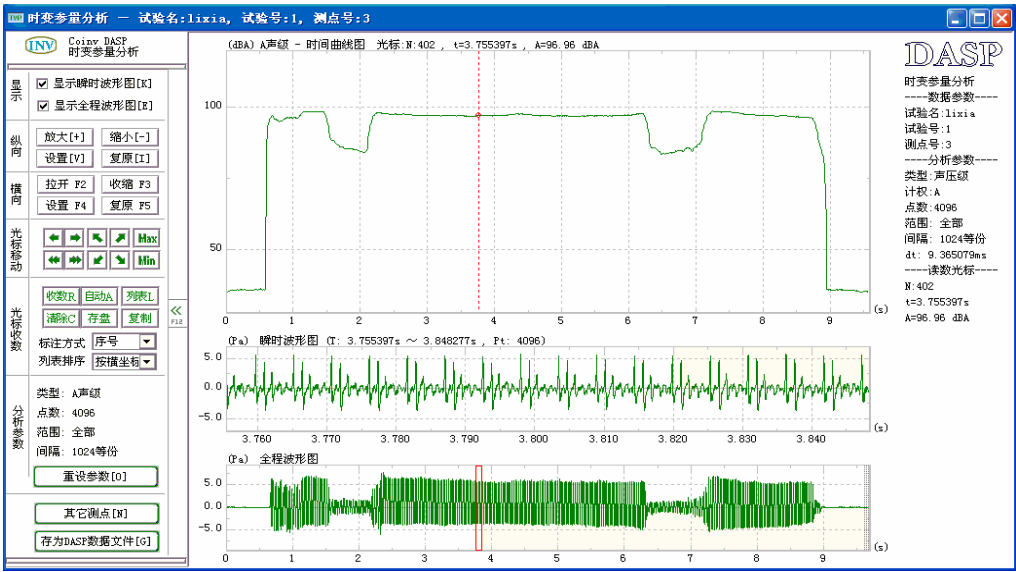


图 5.13.1 时变参量分析窗口

5.13.1 时变参量分析方法介绍

DASP 的时变参量分析用于分析信号的某个参量随时间（或转速）变化的特性，例如对于变化的声音信号，可以通过时变参量分析得到各个时刻的声压级，获取声压级—时间曲线；对于变化的振动信号，则可以得到振动有效值—时间曲线等。

时变参量分析从名义上看是分析信号在各个时刻的参量量值，但实际上是分析各个时刻开始的一个时间段内的参量量值。因此在 DASP 的时变参量分析模块中需要设置分析点数，对应分析的时间段，此外还要设置分析偏移，对应两次分析（即两个时间段开始点）的数据间隔。

例如被分析数据长度为 A 个点，设置分析类型为有效值，分析点数为 B 个点，分析偏移为 C 点，则 DASP 将首先从第一点开始取 B 个点数据计算其有效值得到分析结果的第一个数据点，然后从第 C 点开始再取 B 个点计算有效值得到结果的第二个点，再后则从第 $2 \times C$ 点开始取 B 个点计算，依次进行，最后可以得到 $(A-B)/C$ 个点的有效值—时间曲线结果。

若被分析信号还具有参考转速信号，则 DASP 时变参量分析还可以进行某个参量随转速变化的特性。

在 DASP 时变参量分析中可以进行如下类型的参量分析：

有效值、平均值、峰峰值、最大幅值、平均幅值、方根幅值、均方值、方差、均方差、偏度指标、峭度

指标、偏态因数、峰态因数、波形因数、脉冲因数、峰值因数、裕度因数、主频频率、主频单峰值、主频有效值、转速、声压级等。各参量的定义如下：

对于一段时域波形数据 $x(t)$ ：

有效值：	$X_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$	均方值：	$X_{RM} = \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt$
最大幅值：	$\hat{X} = \max x(t) $	方差：	$\sigma^2 = \frac{1}{T} \int_0^T [x(t) - \bar{X}]^2 dt$
平均幅值：	$\bar{X}_p = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$	标准差：	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [x(t) - \bar{X}]^2 dt}$
方根幅值：	$X_r = \left(\frac{1}{T} \int_0^T \sqrt{ x(t) } dt \right)^2$	平均值：	$\bar{X} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$
偏度指标：	$a_3 = \frac{1}{T} \int_0^T [x(t) - \bar{X}]^3 dt$	偏态因数：	$C_s = \frac{a_3}{\sigma^3}$
峭度指标：	$a_4 = \frac{1}{T} \int_0^T [x(t) - \bar{X}]^4 dt$	峰态因数：	$C_e = \frac{a_4}{\sigma^4} - 3$
波形因数：	$K = \frac{X_{RMS}}{\bar{X}_p}$	脉冲因数：	$I = \frac{\hat{X}}{\bar{X}_p}$
峰值因数：	$C = \frac{\hat{X}}{X_{RMS}}$	裕度因数：	$L = \frac{\hat{X}}{X_r}$
主频：	信号频谱中最大谱峰的频率值(Hz)，可以选择 FFT（加窗）或 INV 频率计方法		
主频单峰值：	信号主频成分的谐波单峰值，可以选择 FFT（加窗）或 INV 频率计方法		
主频有效值：	信号主频成分的谐波有效值，等于单峰值的 $1/\sqrt{2}$ ，可以选择 FFT（加窗）或 INV 频率计方法		
转速：	单位为 r/min，要求被分析信号为转速（键相）信号，并可以设置每转脉冲数		
声压级：	声音信号的声压级，单位为 dB，可以设置 L、A、B、C 计权方式		
振级：	振动加速度信号的计权，单位为 dB，通常 dB 基准为 1E-6 m/ss，可以设置线性、人体垂直 Z 计权、人体水平 X 计权和手传计权		

由于时变参量分析的结果为某个参量在各个时间上的数据，因此可在整个分析时间范围内对其结果数据进行统计，DASP 中可进行如下内容的统计：最大值 Max、最小值 Min、平均值 Mean 以及若干个累积百分值 Ln（包括 L5，L10，L25，L50，L75，L90 和 L95）。其中累积百分值 Ln 的含义为：在结果数据中，有 n% 的数据点的数值大于 Ln。在声级和振级的统计中常常称为累积百分声级和累积百分振级。

5.13.2 设置时变参数分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置时变参数分析参数”的对话框，其中要求设置各种分析参数，如图 5.13.2 所示。

在“时变参数”栏中可以设置选择分析数据的参量类型和分析参数：

参量类型：分析时变参量的类型，包括有效值、平均值、峰峰值、最大幅值、平均幅值、方根幅值、均方值、方差、均方差、偏度指标、峭度指标、偏态因数、峰态因数、波形因数、脉冲因数、峰值因数、裕度因数、主频频率、主频单峰值、主频有效值、转速、声压级等。

分析点数：参量分析时选取的分析点数

辅助参数：根据“参量类型”的不同会出现不同的辅助参数，如下：

去直流分量：除“峰峰值”参量分析外，均会出现此项设置，若选中则再每次参量计算前先去信号中的直流分量，可以避免信号中直流偏移的不良影响；

主频计算方法：当参量类型选择“主频”、“主频单峰值”、“主频有效值”时，将会出现此项设置，可以选择 INV 频率计方法或者 FFT 方法计算信号的主频及其幅值，FFT 方法还包括加窗方式，可选的窗函数包括 hanning、hamming、平顶窗、指数窗、kaiser 窗、余弦矩形窗；

指数窗参数：当“主频计算方法”选择“FFT+指数窗”时将出现此项设置，设置指数窗的系数 EP，指数窗函数定义为 $Y = \exp(10^{-3} * EP * t * SF)$ ，($0 \leq t \leq T$)，其中：EP 为指数窗参数，SF 为采样频率， $T = N/SF$ ，N 为 FFT 分析点数。

每转脉冲数：当参量类型选择“转速”时，将出现此项设置，可以设置转速信号的每转脉冲数，例如转速信号通过 Z 个齿的齿轮测得，则转速信号在每转中将出现 Z 个脉冲，即在此处设置此每转脉冲数。

声压级计权：当参量类型选择“声压级”时，将出现此项设置，设置声压级计算时的计权方式，包括 A、B、C 计权方式以及 L 不计权方式；

振级计权：当参量类型选择“振级”时，将出现此项设置，设置振级计算时的计权方式，包括线性、人体垂直 Z 计权、人体水平 X 计权、手传计权。



图 5.13.2 设置时变分析参数对话框

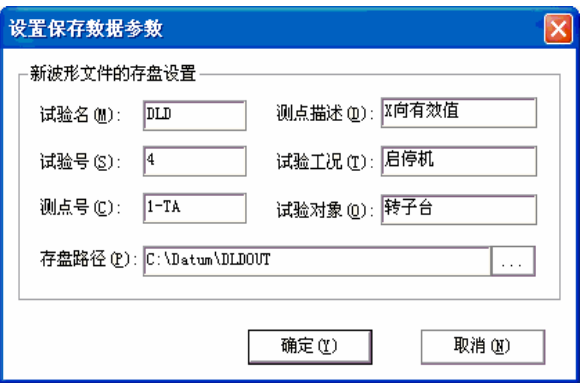


图 5.13.3 设置保存为 DASP 数据的参数

在“分析范围”栏中可以设置选择数据的哪一部分或者全部进行分析，三种方式：

- 1 全部，选择全部数据；
- 2 按时间，设置分析数据的时间范围；
- 3 按块数，设置分析数据的范围，每块数据的定义为 1024 点；

在“分析间隔”栏中可以设置分析偏移量，四种方式：

- 1 自动，此方式下的分析偏移等于分析点数；
- 2 按等分，在整个分析范围内等分若干等份，则分析偏移量为分析范围的数据总长度除以等份数；
- 3 按时间，以时间定义分析偏移量；
- 4 按点数，以数据点数定义分析偏移量。

各个参数设置完毕后，按“确定”按钮，DASP 将根据所设参数自动进行计算，并在图形显示区显示计算结果，显示内容包括时变参量分析结果曲线、读数光标对应时刻的瞬时波形图和全程波形图。

5.13.3 时变参量显示操作

在“显示”栏中可以设置显示内容：

显示瞬时波形图：设置是否在图形显示区中显示瞬时波形图，瞬时波形图显示的是时变参量分析结果曲线中读数光标对应时刻的时域波形曲线，注：读数光标处于隐藏状态时，不论是否选择此项，均不会显示瞬时波形图，只有在读数光标处于显示状态时，此选择项才有效；

显示全程波形图：设置是否在图形显示区中显示全程波形图，全程波形图显示了被分析数据的全程概貌图。若时变参量分析的范围不是全部范围时，则全程波形图中处于分析范围以外的部分将以灰色背景进行显示。此外，全程波形图中还以读数光标的颜色（通常为红色）绘制矩形框，示意当前瞬时波形图的波形处于全程波形中的位置。

在“纵向”栏中可以设置时变参量分析曲线图的纵坐标显示范围：

放大：曲线纵向放大 10%，即纵坐标范围缩小 10%；

缩小：曲线纵向缩小 10%，即纵坐标范围放大 10%；

设置：直接输入纵坐标的尺度范围数值；

复原：纵坐标尺度范围恢复为默认值。

在“横向”栏中可以设置时变参量分析曲线图的横坐标显示范围：

拉开：将曲线横向拉开显示，即横坐标范围减小 25%；

收缩：将曲线横向收缩显示，即横坐标范围扩大 25%；

设置：直接输入横坐标的尺度范围数值；

复原：横坐标尺度范围恢复为默认值，即最大有效范围。

存为 DASP 数据文件：可以将时变分析结果曲线转存为 DASP 的波形数据文件，这样它就可以通过 DASP 的其它模块（如时域波形分析等）调出此曲线进行更多的分析操作。点击此按钮将首先出现如图 5.13.3 的对话框，要求输出转存为 DASP 数据文件的各项文件参数，默认情况下试验名、试验号和存盘路径等参数将与被分析数据的文件参数相同，而测点号参数则有所改变。

对于分析结果的统计数据，在图形右侧的文字信息区的“结果统计”条目下，各统计结果依次为：Unit（单位）、Max（最大值）、Min（最小值）、Mean（平均值）以及累积百分值（L5、L10、L25、L50、L75、L90 和 L95）。

5.13.4 操作技巧

1. 如何将不同测点或者不同时变参量类型的分析结果放在同一个窗口中进行对比显示？

对于不同测点或者使用不同参量类型的时变分析结果，可以分别将各次分析结果转存为 **DASP** 数据文件，并且在转存时要保证各次设置的数据路径、试验名和试验号相同，而测点号不同。然后通过 **DASP** 的“时域分析”模块将该试验名和试验号下的各次测点号的数据同时调出，便可以使用“时域分析”模块中的所有波形分析、显示、对比和统计功能了。

但是，需要注意的是，在各次时变参量分析的“设置时变参量分析参数”对话框中，必须保证分析偏移量是相同的。因为分析偏移的时间就是转存为 **DASP** 数据文件的时间间隔（采样频率的倒数），而“时域分析”模块只能同时调入采样频率相同的数据。

5.15 扫频传递函数分析

选择“扫频传递函数分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择两个需要进行分析的采样数据，一个为扫频的激励信号，另一个为响应信号，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，将出现“设置扫频 FRF 分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 5.15.3）。设置完毕分析参数后即可进入扫频传递函数分析模块，此时出现如图 5.15.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示分析结果的图形以及参数文字信息等内容。

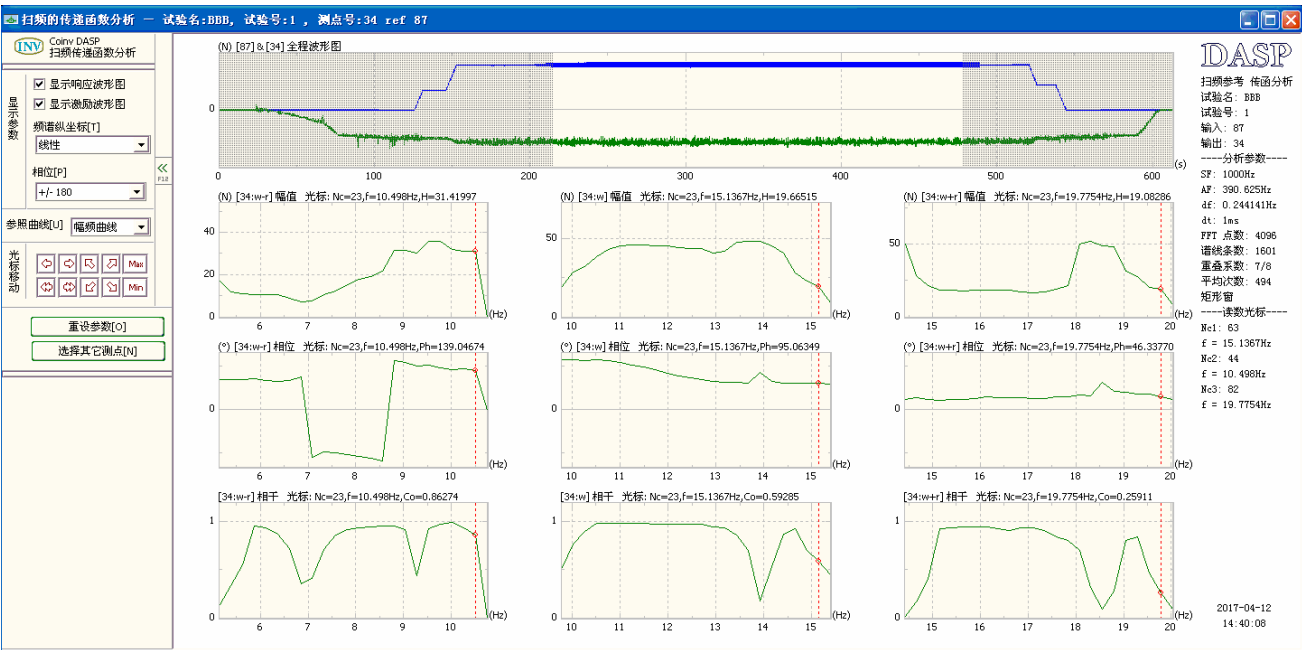


图 5.15.1 扫频传递函数分析窗口

5.15.1 扫频传递函数分析方法介绍

DASP 的扫频传递函数分析用于扫频激励获取系统传递函数的试验，其中激励信号为幅值稳定的扫频信号，响应信号则是在此扫频激励下的结构响应。

扫频传递函数的计算方法不同于传统的传递函数计算。传统计算是对每一幅信号进行 FRF 计算，最后对多幅计算结果进行平均。扫频传递函数则是跟踪激励信号的扫频频率，每一幅信号的 FRF 只取扫频频率范围的部分，对多幅计算结果进行峰值保持，而不是平均计算。

扫频传递函数分析还需考虑由于扫频因此的频谱泄露误差，以获取精确的 FRF 幅值曲线。因此其计算过程中采样了加窗和平滑等操作。对于一般情形而言，推荐使用 hanning 窗。

扫频传递函数的结果，只在扫频频率范围内有效，此范围之外的结果一般是不应被使用的。

5.15.2 旋转坐标转换的扫频传递函数计算

上述内容是对固定坐标系下的扫频激励和响应信号进行计算的过程。对于旋转旋翼的扫频激励试验，还

需要将坐标转换至旋转坐标下，进行跟踪计算。

从固定的激励坐标系转换至旋转坐标系的公式为：

$$A \sin \omega t * \cos \Omega t$$

固定激励器激励信号为 $A \sin \omega t$ ，旋翼旋转转速频率为 r ，其中 ω 为扫频的激励频率， A 是稳定的激励幅值， r 是固定的旋转频率，等于转速除以 60。

根据三角函数原理，此时将产生两个新的频率成分 $\omega - r$ 和 $\omega + r$ 。DASP 扫频传递函数分析，除了能跟踪 ω 外，还具有跟踪 $\omega - r$ 和 $\omega + r$ 两个频率成分的功能，因此最多可得到三组传递函数结果

5.15.3 设置扫频 FRF 分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置扫频 FRF 分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数，如图 5.15.2 所示。

设置扫频FRF分析参数

扫频分析参数

激励信号: 87 响应信号: 34

扫频 ω 范围 (Hz):
from 10 to 15
☒ 计算 $\omega \pm \text{rpm}$ 参考转速 (r/min): 210

计算参数

FFT分析点数(X): 32768
df: 0.0305176 Hz
重叠系数(C): 63/64
加窗函数(W): Hanning 汉宁1

计算范围(R)
☐ 全部
☒ 按时间 218.06 - 474.816 (s)
☐ 按块数 1 - 598 (块)
☐ 平均次数 1134

☒ 记住参数，为下次使用

OK Cancel

图 5.15.2 设置扫频 FRF 分析参数对话框

在“扫频分析参数”栏中：

扫频 ω 范围：扫频激励信号的扫频频率范围，单位为 Hz

计算 $\omega \pm \text{rpm}$ ：选择是否进行旋转坐标变换的扫频 FRF 分析（参见 5.15.2）。

参考转速：当选择“计算 $\omega \pm \text{rpm}$ ”时，则需要在此处输入旋转频率，单位为 r/min

幅频曲线形式：可选择两种方式，如下：

“响应/激励”，则为常规的形式，相当于响应信号除以激励信号；

“仅响应”，则仅仅使用响应信号的幅值作为 FRF 幅频曲线的幅值。对于激励信号仅仅作频率参考，其幅值没有实际物理意义时，可选择“仅响应”形式。

在“计算参数”栏中：

FFT 分析点数：指 FFT 计算点数，计算点数越多，则谱线条数越多；

重叠系数：平均计算过程中的重叠计算程度，0 表示不重叠，较大的重叠系数需要较多的计算量，但可以提高计算结果的准确性。由于扫频的特性，因此不建议选择 0，至少应选择 1/2 的重叠系数，当 FFT 分析点数较大时，DASP 会自动选择合适的重叠系数。

加窗函数：FFT 计算的窗函数，用于消除由于频率变化引起的幅值泄露，一般可选择 hanning 窗；

“计算范围”：

从全部波形中选择其中一段进行平均分析，有四种选择方式：

- 1) 全部：从波形开始直到波形结尾的全部范围；
- 2) 按时间：指定数据的范围，范围以时间定义，单位为秒；
- 3) 按块数：指定数据的范围，范围以块数定义，每块为 1024 点；
- 4) 平均次数：设定进行多少次的平均。

提示：可以通过全程波形图直接选择分析范围，参见 5.15.5 节。

5.15.4 扫频传函分析显示和操作

正确设置完毕计算参数后，DASP 开始计算，并显示分析进度，待计算完毕后，如图 5.15.1 进行显示。

图中上部为激励和响应信号的全程波形图，下部分传递函数的幅频、相频和相干曲线。若分析参数中选中了“计算 $\omega \pm \text{rpm}$ ”，则将有三组传递函数结果，分别以“ $\omega - r$ ”、“ ω ”和“ $\omega + r$ ”表示，共九条曲线。若未选择，则只有一组传递函数结果，共三条曲线。

窗口左侧为操作控制区，可进行一些显示操作。

其中“显示参数”栏中：

“显示响应波形图”：是否在全程波形图中显示响应信号的波形；

“显示激励波形图”：是否在全程波形图中显示激励信号的波形；

“频谱纵坐标”：可以设置幅频曲线的纵坐标形式：线性、分贝 dB 和对数 Log10；

“相位”：可以设置相频曲线的相位方式，0~360 或 ± 180 ；

“设置参照曲线”：

传函分析结果中同时显示幅频曲线、相频曲线、相干曲线，在光标移动等操作时，有时需要按照某一条曲线进行一定的操作，此曲线就是参照曲线，在窗口左部的操作控制区中的“参照曲线”栏中可以选择哪一条曲线作为参照曲线。

5.15.5 直接选择分析范围

进入分析之后，在全程波形图上按下鼠标左键不放，横向拖动鼠标，可以选择波形中的任意一段，然后松开鼠标左键，将提示“是否要对选择区域的波形进行分析”，选择“是”，则出现如图 5.15.2 的对话框，其中“分析范围”选择为“按时间”方式，并且时间范围为鼠标选择区域的时间起止位置，按“确定”按钮即

可对该区域进行分析。

当信号数据中包含正常激励之外的一些信号时，可通过此方法，方便选择有效的数据范围进行分析，以提高计算结果的准确性。

5.15.6 保存结果

按工具条中的“保存”按钮，则可以将计算结果进行保存。计算结果将按照常规的传递函数分析结果形式进行保存。

注意 1：保存的结果数据中，扫频范围之外的传函幅值、相位、相干等数值均为 0。

注意 2：对于“ ω -r”的曲线，保存结果将使用新的试验名，新的试验名为原试验名后面加上“-r”

注意 3：对于“ ω +r”的曲线，保存结果将使用新的试验名，新的试验名为原试验名后面加上“+r”

第六章 高级信号分析

6.1 峰值计数分析

选择“峰值计数”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，将出现“设置峰值计数分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 6.1.2）。设置完毕分析参数后即可进入峰值计数分析模块，此时出现如图 6.1.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的全程波形、峰值计数结果以及参数文字信息等内容。

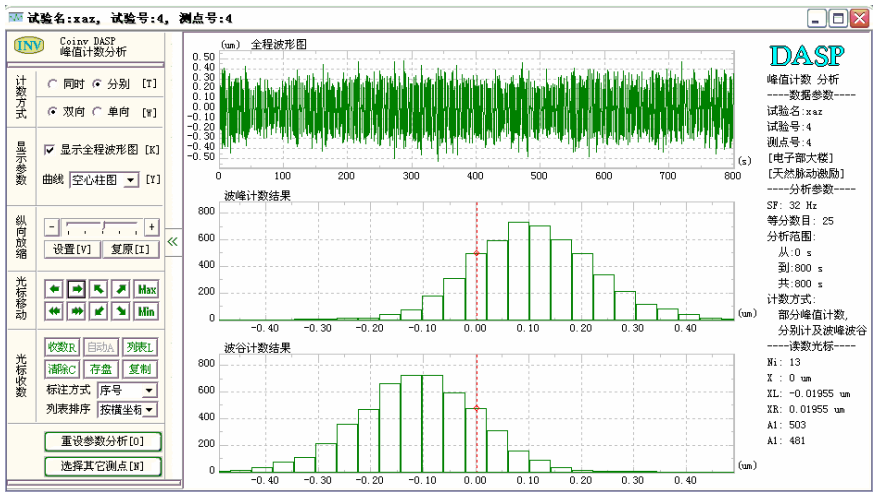


图 6.1.1 峰值计数分析窗口

6.1.1 峰值计数分析方法介绍

在机器寿命设计和试验中，用得最多的是载荷的幅值分布特性，即载荷幅值大小及其出现的频次。通常从采样来的载荷信号离散数据序列中找出载荷变化的幅值大小并进行计数，其实质是从机件疲劳损伤角度出发，研究复杂载荷波形中某些幅值出现的次数及载荷振幅造成的损伤，最后定量地反映出来。

峰值计数法是常用的几种方法之一，它通常有两种方法：

- 1 波峰波谷一齐计数（全峰值计数法），对载荷波形中落在各载荷等级中的所有峰值（波峰和波谷）的数目进行统计计数。这种方法纪录了载荷波动的信息，但夸大了实际载荷时间历程中小载荷波动的幅值，即夸大了载荷对机件的损伤程度。因此此计数法偏于保守。
- 2 波峰波谷分别计数（部分峰值计数法），分别统计波峰和波谷的个数，方法为全峰值计数法的变种形式，也偏于保守。

常用的计数法还有变程计数法和雨流计数法。

6.1.2 设置峰值计数分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置峰值计数分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数，如图 6.1.2 所示。

在“计算数据范围”栏中可以选择使用数据的哪一部分进行峰值计数分析，其中可以选择全部数据段，也可以任意选择数据中的一段进行分析；

在“分析幅值量程”栏中可以设置计数分析的幅值范围，以及在该幅值范围内划分的等份数目，例如设置幅值范围为 X，等份数为 Y，则在 $-X \sim +X$ 的范围内，均匀划分 Y 等份的区间，统计波形中各峰值点落在各划分区间的次数，就是峰值计数分析的结果。

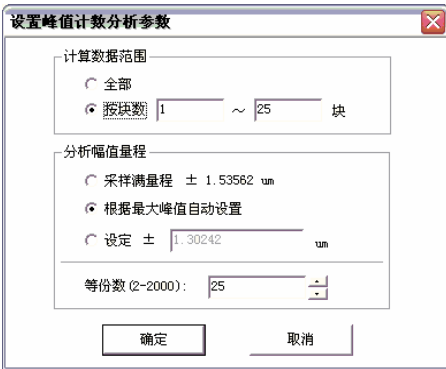


图 6.1.2 设置峰值计数分析参数

6.1.3 峰值计数分析和显示操作

在“计数方式”栏中可以选择同时计数或者分别计数方式：

- 1 同时计数：不区分波峰还是波谷，因此只有一个计数结果曲线，为全峰值计数方法；
- 2 分别计数：分别为波峰和波谷进行统计，有两条结果曲线，为部分峰值计数法；

在“计数方式”栏中还可以选择同时单向或者双向计数方式：

- 1 单向计数：不区分数据的正负，只统计波峰波谷的绝对值大小，统计范围为 $0 \sim +X$ ；
- 2 双向计数：区分数据的正负，统计幅值范围为 $-X \sim +X$ ；

在“显示参数”栏中可以进行显示的一些设置：

- 1 显示全程波形图：选中与否可以设置是否显示全程波形图；
- 2 曲线：可以选择若干种不同的曲线显示方式，包括折线图、标记图、柱状图、台阶图、面积图等；

在“纵向放缩”栏中可以设置曲线图的纵向放大和缩小，拖动滑动条或者点击两侧的“+”“-”按钮，可以改变放缩的比例，按“设置”按钮，可以直接为各曲线图输入显示的纵向满尺度值，按“复原”按钮，可以使各曲线图的纵向放缩比例还原为 1。

6.2 变程计数分析

选择“变程计数”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，将出现“设置变程计数分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 6.2.2）。设置完毕分析参数后即可进入变程计数分析模块，此时出现如图 6.2.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的全程波形、变程计数结果以及参数文字信息等内容。

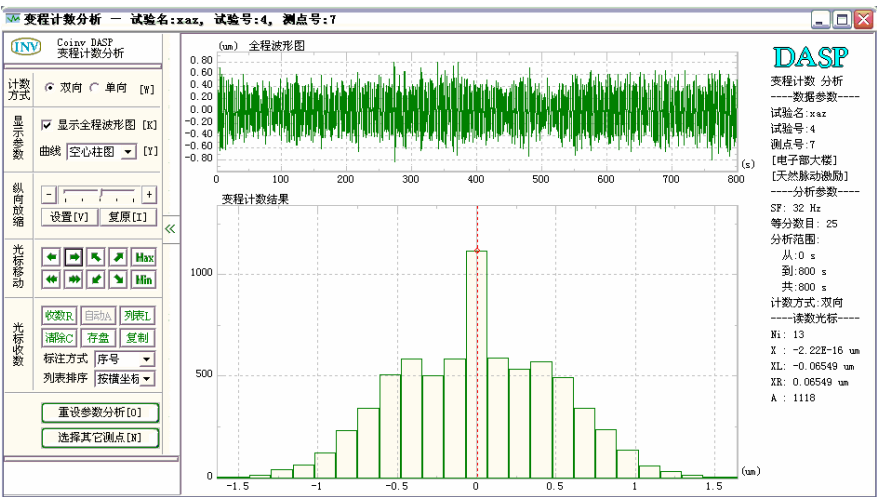


图 6.2.1 变程计数分析窗口

6.2.1 变程计数分析方法介绍

在机器寿命设计和试验中，用得最多的是载荷的幅值分布特性，即载荷幅值大小及其出现的频次。通常从采样来的载荷信号离散数据序列中找出载荷变化的幅值大小并进行计数，其实质是从机件疲劳损伤角度出发，研究复杂载荷波形中某些幅值出现的次数及载荷振幅造成的损伤，最后定量地反映出来。

变程计数法是常用的几种方法之一，它通常有几种方法，DASP 中提供了最常用的简单变程计数法（振幅计数法），它只计及载荷时间历程中峰谷之间的距离，而不考虑该振程距零载荷的距离，它考虑了影响机件寿命的主要因素——振幅，但是忽略了载荷的静态分量。

常用的计数法还有峰值计数法和雨流计数法。

6.2.2 设置变程计数分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置变程计数分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数，如图 6.2.2 所示。

在“计算数据范围”栏中可以选择使用数据的哪一部分进行变程计数分析，其中可以选择全部数据段，也可以任意选择数据中的一段进行分析；

在“分析幅值量程”栏中可以设置计数分析的幅值范围，以及在该幅值范围内划分的等份数目，例如设置幅值范围为 X，等份数为 Y，则在 $-X \sim +X$ 的范围内，均匀划分 Y 等份的区间，统计波形中各变程值落在各划分区间的次数，就是变程计数分析的结果。



图 6.2.2 设置变程计数分析参数对话框

6.2.3 变程计数分析和显示操作

在“计数方式”栏中还可以选择同时单向或者双向计数方式：

- 1 单向计数：不区分变程数据的正负，只统计变程的绝对值大小，统计范围为 $0 \sim +X$ ；
- 2 双向计数：区分变程数据的正负，统计幅值范围为 $-X \sim +X$ ；

在“显示参数”栏中可以进行显示的一些设置：

- 1 显示全程波形图：选中与否可以设置是否显示全程波形图；
- 2 曲线：可以选择若干种不同的曲线显示方式，包括折线图、标记图、柱状图、台阶图、面积图等；

在“纵向放缩”栏中可以设置曲线图的纵向放大和缩小，拖动滑动条或者点击两侧的“+”“-”按钮，可以改变放缩的比例，按“设置”按钮，可以直接为各曲线图输入显示的纵向满尺度值，按“复原”按钮，可以使各曲线图的纵向放缩比例还原为 1。

6.3 雨流法计数和疲劳分析

选择“雨流法计数”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，将出现“设置雨流法计数分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 6.3.2）。分析参数设置完毕后即可进入雨流法计数分析模块，此时出现如图 6.3.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的全程波形、雨流法计数结果以及参数文字信息等内容。

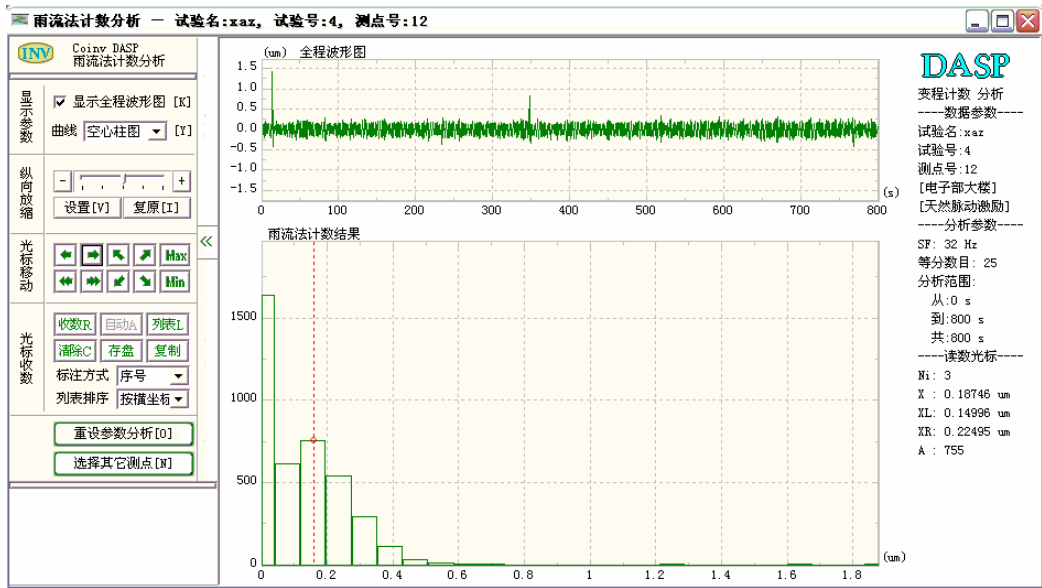


图 6.3.1 雨流法计数分析窗口

6.3.1 雨流法计数分析方法介绍

雨流计数法也叫塔顶计数法，提出这种方法的目的就是为了计数随机波形的循环或者半循环。这种方法的主要特点是根据研究材料的应力—应变过程进行计数。

应注意的是，应变—时间记录的每一部分只计而且仅计数一次。一个基本假设是一个大的幅值所引起的损伤并不受夹在大循环中的小幅值循环所引起应力应变回线而截断的影响。

利用这一特点，一个变幅历程可以简化成一系列它的最大值和最小值所确定的半循环，因而循环和半循环完全被确定。于是疲劳寿命可以利用累计损伤规律从等幅数据算出。

雨流法计数方法如图 6.3.2:

- (1) 雨流的起点依次从每个峰值的内侧边开始，波形左半部为内侧边；
- (2) 雨点在下一个峰值落下，直到对面有一个比开始时的峰值更大的峰值为止，也就是说比开始时的最大值更大的值或者比最小值更小的值为止；
- (3) 当雨流遇到来自上面屋顶流下的雨时，也就停止；
- (4) 按以上过程取出所有全循环，并记下各自的变程；
- (5) 再按正负斜率去除所有半循环，并记下各自的变程；
- (6) 把取出的半循环按修正的“变程对”计数法配成全循环。

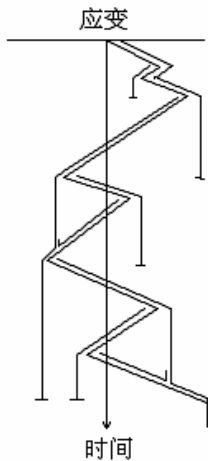


图 6.3.2 雨流法示意



图 6.3.2 设置雨流法计数分析参数对话框

6.3.2 设置雨流法计数分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置雨流法计数分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数，如图 6.3.2 所示。

在“计算数据范围”栏中可以选择使用数据的哪一部分进行雨流法计数分析，其中可以选择全部数据段，也可以任意选择数据中的一段进行分析；

在“分析幅值量程”栏中可以设置计数分析的幅值范围，以及在该幅值范围内划分的等份数目，例如设置幅值范围为 X，等份数为 Y，则在 $-X \sim +X$ 的范围内，均匀划分 Y 等份的区间，统计波形中各应力循环值落在各划分区间的次数，就是雨流法计数分析的结果。

6.3.3 雨流法计数分析和显示操作

在“显示参数”栏中可以进行显示的一些设置：

- 1 显示全程波形图：选中与否可以设置是否显示全程波形图；
- 2 曲线：可以选择若干种不同的曲线显示方式，包括折线图、标记图、柱状图、台阶图、面积图等；

在“纵向放缩”栏中可以设置曲线图的纵向放大和缩小，拖动滑动条或者点击两侧的“+”“-”按钮，可以改变放缩的比例，按“设置”按钮，可以直接为各曲线图输入显示的纵向满尺度值，按“复原”按钮，可以使各曲线图的纵向放缩比例还原为 1。

6.3.4 疲劳分析原理

实际生产中许多设备在正常工作状态下需要承受循环交变载荷，这种循环载荷在性质上既不同于静态载荷，也不同于振动载荷，但同时也具有两种载荷的某些特征。它常常具有低速重载的特点，一方面是循环受力，另一方面又具有很低的循环频率和较大的载荷。承担装卸任务的港口机械、需要左右倾倒的热轧设备等结构都长期处于循环交变载荷的作用下。即使设备具有足够的静态强度，并且不会产生共振，但却会在长期的循环受力过程中出现疲劳损伤，导致设备的损坏。因此需要对其进行疲劳测试分析，并进行寿命估计，保证设备的正常安全运行，并对设备的维修和故障诊断提供依据。

疲劳测试是直接通过测量获取设备承受载荷的数据。测量的物理量选择动态应变和应力，符合低速重载的特征。测点的选择需要结合实际结构特点和受力情况，在结构的关键部位和应力集中部位布置测点，然后

让设备处于工作状态或者模拟实际工况作业，记录各测点的动应变数据，并转换为应力数据。

应力幅的大小直接关系到结构的损伤度计算，因此需要对测量的数据进行统计，以便得到不同大小应力幅的出现概率。对于交变载荷下的应力波形，最合理的统计方法为雨流计数法。

得到了结构所受应力的雨流计数结果后，就可以对其疲劳寿命和损伤度进行计算。疲劳寿命一般可以通过 S-N 曲线进行计算，S 为应力幅大小，N 为对应的疲劳寿命，即承受 N 次大小为 S 的循环应力作用后将会导致结构损伤。S-N 曲线与结构的焊接或螺栓连接形式有关，不同的连接形式会有不同的计算结果。此外 S-N 曲线是基于统计分析的，因此计算中还需要指定可信度因子，通常可选取可靠度因子为 2，对应 97.7% 的可信度。结合各应力幅的大小和出现概率，就可以计算得到对应的损伤度，采用线性累计理论，求其总和便得到结构的总损伤度，以估算其寿命。

6.3.5 疲劳分析操作

在“疲劳分析”栏中有两个按钮，分别可以进入拟合统计的损伤度计算和实际统计的损伤度计算，点击后将出现如图 6.3.3 的对话框，输入 SN 曲线的两个参数：分级（对应连接形式）和可靠度因子，确定后即列出各应力幅的大小、出现频次、拟合或实际概率、对应寿命和损伤度，列表标题中还包含总损伤度的数据信息，如图 6.3.4。关于拟合统计的损伤度计算和实际统计的损伤度计算，分别适合以下两种情形：

a) 拟合统计的损伤度计算。对于许多情况下，不同大小应力幅的出现概率符合正态分布，若实际疲劳测试次数较少，统计结果可能不能完全反映真实情形，则可以对雨流统计结果进行拟合计算，得到较为接近真实的统计概率分布，再进行损伤度计算。

b) 实际统计的损伤度计算。有些设备由于长期承受一个或几个幅度较为固定的载荷，使得实际应力幅并不符合正态分布或其它分布的规律，此时就需要使用实际的统计结果进行损伤度计算，而不能对统计结果进行拟合计算，否则会影响这些固定载荷对应损伤度在总损伤度中的主导地位。

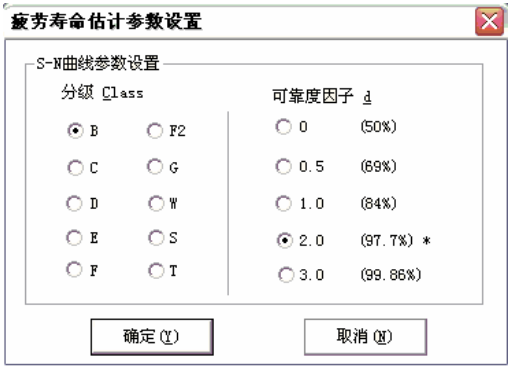


图 6.3.3 设置 SN 参数

DASP 数据列表					
测点 23 雨流法计数分析-疲劳寿命分析(实际统计)					
序号	平均应力幅	频次	实际概率(%)	S-N对应寿命	实际统计损伤度
1	3.333	37911	99.509	8.2032e+012	4.6215e-009
2	10.000	175	0.459	1.0127e+011	1.7280e-009
3	16.667	0	0.000	1.3125e+010	0.0000e+000
4	23.333	0	0.000	3.4166e+009	0.0000e+000
5	30.000	0	0.000	1.2503e+009	0.0000e+000
6	36.667	1	0.003	5.6029e+008	1.7848e-009
7	43.333	1	0.003	2.8722e+008	3.4817e-009
8	50.000	10	0.025	1.6204e+008	5.8628e-008
9	56.667	1	0.001	9.8218e+007	5.0907e-009
10	63.333	0	0.000	6.2946e+007	0.0000e+000
11	70.000	0	0.000	4.2180e+007	0.0000e+000
12	76.667	0	0.000	2.9314e+007	0.0000e+000

图 6.3.4 疲劳分析结果

6.4 小波和小波包分析

选择“小波(包)分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入小波和小波包分析模块，此时出现如图 6.4.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的全程波形、小波分析结果以及参数文字信息等内容。

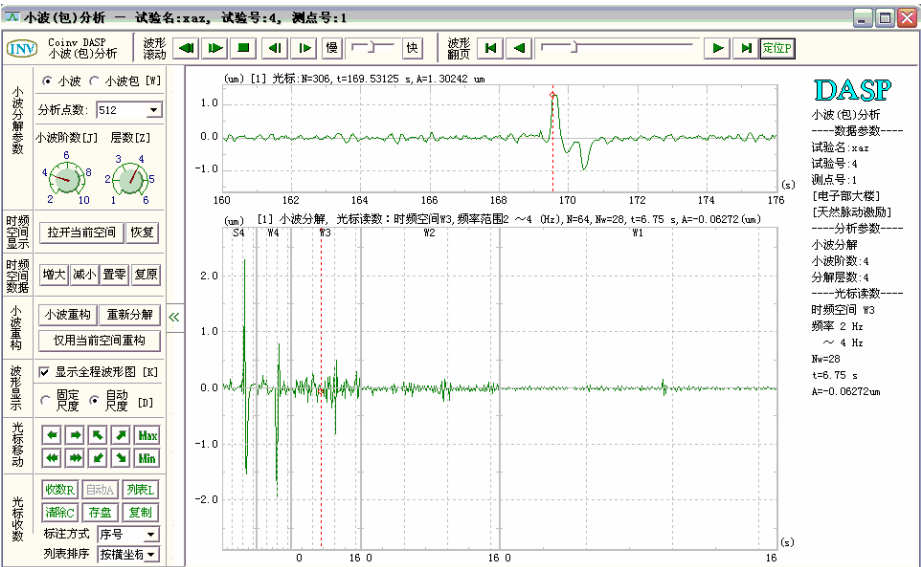


图 6.4.1 小波和小波包分析窗口

6.4.1 小波和小波包分析方法介绍

小波分析也就是小波变换，它同傅立叶变换一样，是对数字信号的一种变换分析方法，但是它属于时频分析方法的一种，具有时频局部化分析的特点，其结果中既包含时间相位信息，也包含频率信息。它对信号的局部化分析是在许多不同的尺度上进行的，因而又称为多分辨率分析。傅立叶变换适合于平稳性信号的分析，而小波变换则适合于非平稳性信号的分析，尤其对瞬变信号具有良好的分析效果。此外小波变换还常用于信号滤波、信号识别、降噪、故障诊断、语音分析、数据压缩、边缘检测等方面。

小波变换的定义如下：

$$W_f(a,b) = \left| a \right|^{-\frac{1}{2}} \int_R f(t) \overline{\psi \left(\frac{t-b}{a} \right)} dt$$

其中： $f(t)$ 为要分析的信号序列， $\psi \left(\frac{t-b}{a} \right)$ 为小波基函数。

在工程应用中通常使用二进离散小波变换，其尺度是按二进方式划分的，DASP 的小波分析模块是以德比契斯小波为基函数的二进小波变换实用软件，采用麻莱（Mallat）快速算法。以下解释也是对二进小波变换的说明。

小波分解是对信号一层一层进行分解的，每一层的分解都是将原信号分解到两个时频空间中，这两个时频空间内的数据相当于原信号分别经过两个滤波器（一个为低通滤波器，一个为带通滤波器）后再减点抽样而得到的两个包含不同频率成分的时域信号，再下一层的分解则是对经过低通滤波的时频空间再进行同样的分解。

例如，对于一段点数为 512 的信号，信号时间历程为 $T1-T2$ ，采样频率为 $SF(Hz)$ ，可以认为信号中包含了 $0-SF/2$ 的频率成分。现对它进行第一层小波分解，得到两个时频空间 $S1$ 和 $W1$ ，则 $S1$ 相当于原信号经过 $0-SF/4$ 的低通滤波器后再减点抽样的结果，时间历程仍为 $T1-T2$ ，称为尺度空间， $W1$ 相当于原信号经过 $SF/4-SF/2$ 的带通滤波器后再减点抽样的结果，时间历程仍为 $T1-T2$ ，称为小波空间。第二层的小波分解则是对上一层分解的尺度空间 $S1$ 继续进行同样的分解，以后各层分解可依此类推。

小波包分解类似于小波分解，不同的是每一层的小波包分解不仅对上一层的尺度空间进行分解，还对上一层的小波空间进行同样的分解。

6.4.2 小波分析和显示操作

在“小波分解参数”栏中可以选择小波方式或者小波包方式；

在“分析点数”栏中可以选择多长的数据进行小波分析；

在“小波阶数”栏中可以选择德比契斯小波的阶数，本软件中使用德比契斯小波基进行二进分析；

在“层数”栏中可以设置小波或者小波包的分解层数，可设范围为 1~6；

在“时频空间显示”栏中可以进行如下的显示操作：

拉开当前空间：仅仅显示当前光标所在时频空间的波形；

恢复：显示全部时频空间的波形；

在“时频空间数据”栏中可以对当前光标所在时频空间的数据进行如下操作：

增大：将光标所在空间的数据增大 10%；

减小：将光标所在空间的数据减小 10%；

置零：将光标所在空间的数据全部置为 0；

复原：复原所有时频空间的数据；

在“小波重构”栏中可以进行小波重构或者小波包重构分析：

小波重构：对当前的分解结果进行重构，得到重构的结果；

仅用当前空间重构：仅用当前光标所在空间的数据重构，相当于将其它时频空间的数据全部置零后重构得到的结果；

重新分解：重新回到小波或者小波包分解的结果形式上；

在“波形显示”栏中可以进行显示的一些设置：

1 显示波形图：选中与否可以设置是否显示波形图；

2 自动尺度和固定尺度：可以设置波形的纵向尺度为固定，还是自动根据波形最大幅值确定。

6.5 最大熵和精熵谱分析

选择“最大熵分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入最大熵分析模块，此时出现如图 6.5.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的全程波形、最大熵结果以及参数文字信息等内容。

注：精熵谱分析包含在本模块内部，若软件中包含精熵谱分析选项，则在左侧的操作控制区中将会出现“精熵谱分析设置”的按钮，用于设置精熵谱分析的参数。

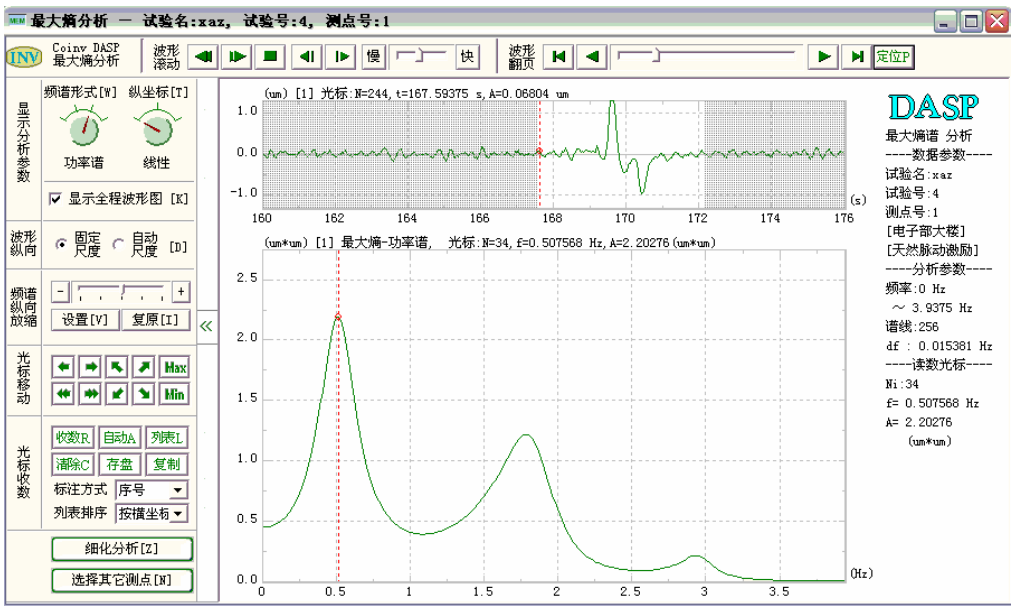


图 6.5.1 最大熵分析窗口

6.5.1 最大熵分析方法介绍

最大熵谱(MEM)是由 Burg 于 1967 年提出的一种现代谱分析方法,用这种方法可以观测区间以外的数据,以便填补出一个长得多的时区,因此最大熵法具有适合分析短时信号的特点,可用于分析采样点数较少的信号,信号的长度可以小于 128 点、64 点、32 点、20 点甚至 16 点。

最大熵分析是一种常用的谱估计方法,它相对于 FFT 谱分析而言,其最大的特点在于可以对较少的数据点(如 64 点甚至 20 点)进行谱分析,并且数据点数可以不是 2 的幂次方,其熵谱理论上可以有任意精细的频率分辨率。

最大熵谱分析是利用已有的自相关函数,在保证最大熵的前提下,构造出自相关函数的相邻值,重复这个步骤,把自相关函数向两边外推直至正负无穷处,最后作频域变换,求得连续的功率谱估计。Burg 最大熵法的实际计算公式为:

$$P_{Burg}(f) = \frac{P_{m+1} \cdot \Delta t}{\left| 1 - \sum_{n=1}^m a_n e^{-j2\pi f \cdot n \cdot \Delta t} \right|^2}$$

其中：f：频率，应小于或等于奈奎斯特频率；

P_{m+1} : 截止阶数为 m 的 $m+1$ 点预测误差滤波器的输出功率（在去均值时等于方差 σ_m^2 ）;

a_{mm} : 自回归系数或线性预测系数;

P_{m+1} 和 a_{mm} 由下面关系式给出:

$$\begin{bmatrix} R(0) & R(1) & \cdots & R(m) \\ R(1) & R(0) & \cdots & R(m-1) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ R(m) & R(m-1) & \cdots & R(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -a_{m1} \\ \cdots \\ -a_{mm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{m+1} \\ 0 \\ \cdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

MEM 谱值的计算常常占用时间较多，DASP 中提出了一种快速算法，将计算 MEM 谱值中的三角函数的复数运算改为一般自然数的运算，使计算速度提高若干倍。

精熵谱:

即精确最大熵分析。普通最大熵分析的特点在于它能够对短信号数据序列进行谱分析，并且由于它本身是连续谱，可以对谱进行无限细化，但是最大熵谱分析同时也具有两个缺点：谱的幅值精度很差、谱峰分裂。最大熵谱的幅值精度可以相差很大倍数，使得其幅值与信号实际幅值没有线性的关系，因此通常其幅值是没有意义的。为解决这两个问题，DASP 提供了精确最大熵谱分析，该方法通过特殊的细化技术，不仅可以得到精确的谱线频率值，还可以使谱线的幅值精度达到可接受程度，甚至非常精确。此外 DASP 中还提供了防止谱线分裂的措施，可以较为有效地防止谱线的分裂问题。

6.5.3 最大熵分析和显示操作

任选一段信号数据进行分析:

图形显示区上部的曲线为时域波形，下图为对应波形图中浅底色区段信号的最大熵谱，可以使用鼠标在时域波形图中任意选择一段波形，下图中将即时显示该段波形的最大熵谱。选择时域波形区段的方法是：在波形图中要选择区段起始位置处按住鼠标左键不放，拖动鼠标到要选择区段的结束位置，然后松开鼠标即可。

精熵谱分析:

本软件缺省状态为普通最大熵分析，若您的 DASP 中含有精熵谱选件，则在左侧的操作控制区中还将出现一个“精熵谱分析设置”的按钮，按此按钮将出现如图 6.5.2 的对话框，从中可以进行有关精熵谱分析的参数设置，如下：

使用精熵谱进行精确计算：选中此项将可以进行精熵谱运算，否则为普通最大熵计算；

精确指数：表示精确计算的程度，有效范围为 1~10，精确指数越大则计算精度越高，但计算速度越慢；

熵谱防裂变处理：选择是否在计算过程中加入防止谱线裂变的处理。

按“确定”按钮将自动重新进行分析。

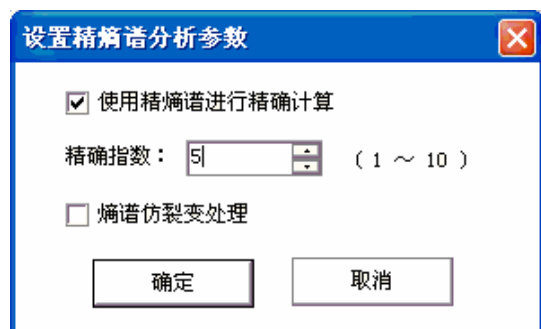


图 6.5.2 精熵谱分析设置

频率区间细化:

最大熵谱可以进行无限频率细化，可以在最大熵曲线上选择一个频率区段，然后进行细化计算。具体方法为：在最大熵曲线中的要细化区间的起始位置，按住鼠标左键，然后拖动鼠标到区间终止位置，松开鼠标左键后，将弹出“设置细化分析区间”的对话框，在该对话框中还可以精确输入要选择的频率区间，若按“细

化”按钮，将对所选的频率区间进行最大熵细化分析，若按“复原”按钮，则在全部频率区间上进行最大熵分析，若选择“取消”按钮，则不进行任何操作。

也可以直接点击左侧的“区间细化”按钮，直接设置细化频率区间。

显示设置：

在“显示分析参数”栏中还可以设置一些分析和显示参数：

- 1 频谱形式：可以选择四种不同的频谱形式
 - 1) 幅值谱 **Peak**（反映信号谐波的单峰值）；
 - 2) 幅值谱 **Rms**（反映信号谐波的有效值）；
 - 3) 功率谱（反映信号谐波的能量，等于有效值的平方）；
 - 4) 功率谱密度（反映随机信号的频谱能量分布）；
- 2 纵向坐标形式：可以设置纵轴形式为线性、分贝 **dB** 或者对数 **Log10** 方式；
- 3 显示波形图：选中与否可以设置是否显示波形图；

在“波形纵向”栏中可以进行波形显示的一些设置：

自动尺度和固定尺度：可以设置波形的纵向尺度为固定，还是自动根据波形最大幅值确定；

在“频谱纵向放缩”栏中可以设置谱图的纵向放大和缩小，拖动滑动条或者点击两侧的“+”“-”按钮，可以改变放缩的比例，按“设置”按钮，可以直接为各曲线图输入显示的纵向满尺度值，按“复原”按钮，可以使各曲线图的纵向放缩比例还原为 1；

6.6 拟小波分析

选择菜单“拟小波分析”，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入拟小波分析模块，此时出现如图 6.6.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形、拟小波分解和重构结果以及参数文字信息等内容。

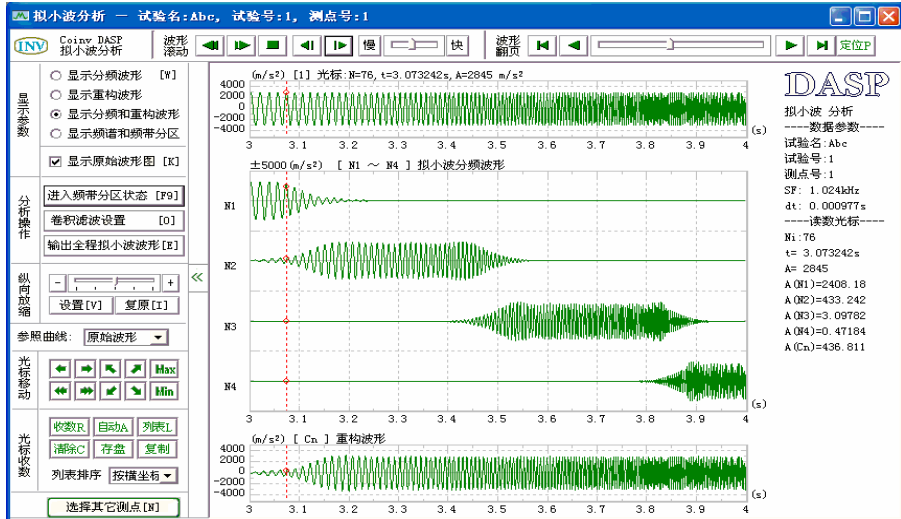


图 6.6.1 拟小波分析窗口

6.6.1 拟小波分析方法介绍

拟小波是一种基于卷积滤波的类似小波分析的时频分析方法，即使用卷积滤波，对动态信号分频段同时进行滤波，得到各个频段的滤波结果。

利用卷积滤波对动态信号进行的拟小波分析，滤波频带可以任意设置，得到每个频带的滤波波形可以不经压缩。在对大容量的波形进行分析时，除两端数据外，其它各段数据都可以避免截断引起的误差。

小波或者小波包分析实质上是对信号按一定方式划分频段进行滤波，因此拟小波通过卷积滤波达到同样效果，并且具有如下优点：

- 1 可以象连续小波一样任意划分频段；
- 2 各个频段的拟小波数据可以不经压缩；
- 3 在对大容量数据中的任意一段波形（除最两端的波形外）进行拟小波分析时，都不会出现截断误差。

拟小波的重构也类似小波重构，它可以将各个频段的拟小波波形乘以一定的重构系数后，重构回一个波形，若各个频段的重构系数都为 1，则重构波形同原始波形完全一样，若某个频带的重构系数为 0，则重构结果中将不包括该频带对应频率范围的信号成分。

6.6.2 拟小波分析和显示操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮，通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

在“显示参数”栏中可以选择四种显示方式：

- 1)显示拟小波分频波形;
- 2)显示拟小波重构波形;
- 3)显示拟小波分频和重构波形;
- 4)显示频谱和频带划分。

在“显示参数”栏中的“显示波形图”选择框可以设置是否显示原始时域波形图;

设置拟小波频带划分参数:

按“分析参数”栏中的“进入频带分析设置”按钮,可以进入频谱显示图,频谱图中还显示了各个拟小波分频区间的示意,以及各个区间的名称和重构系数,此时还将出现“设置拟小波频率分区”对话框,从中可以选择分区的数目,以及分区的方式,如下:

- 1 按二进小波分,即频率分隔按二进方式划分;
- 2 按等间隔划分,即将整个频段按均匀方式划分为若干频带;

3 手工划分,此时用鼠标点击频谱图中的某个位置,然后再按“当前光标设为分割点”按钮,即可将当前光标位置的频率作为分区频率,此操作可以进行多次,即可手工划分任意的拟小波频率分区。注意,在手工划分的区间数据不会超过在“分区数目”栏中设置的分区数目。

在该对话框中还可以设置各个分区的重构系数,方法为:用鼠标在频谱图点击某个分区,此时在对话框的“当前光标所在分区的重构系数”栏的编辑框中即显示该分区的重构系数,若需要改变该系数的值,可直接在该编辑框中进行更改。若所有分区的重构系数均为 1,则重构波形和原始波形完全一样。

分区设置完毕后,按“完成”即可回到拟小波显示状态。

设置拟小波卷积参数:

按“分析操作”栏中的“卷积滤波设置”按钮,将弹出一个对话框,从中可以设置拟小波卷积滤波的滤波器宽度。

导出全程拟小波波形:

按“分析操作”栏中的“输出全程拟小波波形”按钮,可以将全程波形进行拟小波分析,然后将各个分频曲线的拟小波波形和重构波形作为新的数据文件导出,导出后的文件将和普通 DASP 采样数据文件一样进行各种分析操作。

6.7 冲击响应谱分析

选择“冲击响应谱”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入冲击响应谱分析模块，其中显示选择的分析波形，此时通过左侧操作控制区完成波形的分析区间选择，并进行冲击响应谱计算，计算后的冲击响应谱如图 6.7.1 的子窗口，

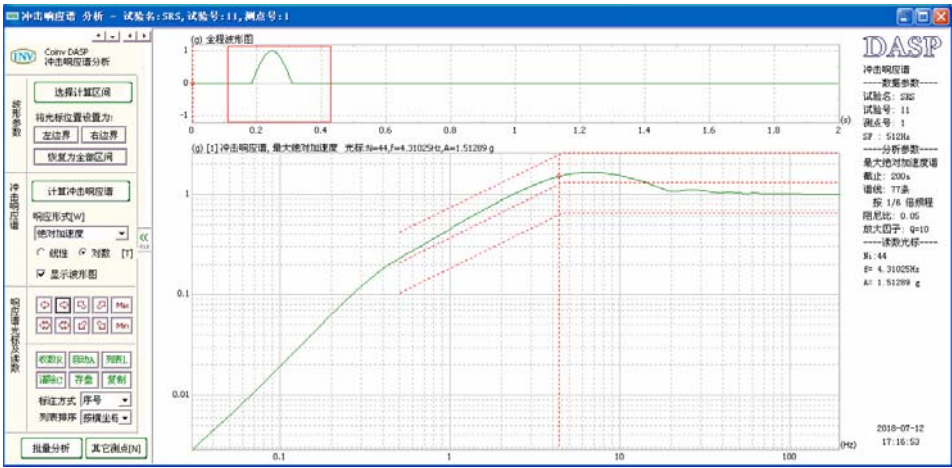


图 6.7.1 冲击响应谱分析窗口

6.7.1 冲击响应谱分析方法介绍

冲击信号与一般的振动信号在许多方面具有不同的特性，工程中，研究冲击信号的目的并不是研究冲击波形本身，而是更加注重冲击作用于系统的效果，或者说是研究冲击运动对系统的损伤势。不论用冲击的时间历程还是用频谱都难以描述冲击的损伤势，因此必须使用能够衡量冲击作用效果的冲击响应谱。

冲击响应谱是指一单自由度质量弹簧阻尼系统，当其公共基础受到冲击激励时产生的响应峰值作为单自由度系统固有频率的函数绘出的图形，其数学模型为如下微分方程的解：

$$\ddot{\delta}(t) + 2\zeta\omega\dot{\delta}(t) + \omega^2\delta(t) = -\ddot{u}(t)$$

其中 $\delta = x - u$, $\omega = \sqrt{k/m}$, $\zeta = c/(2m\omega)$, u 为基础运动位移, x 为单自由度系统运动位移, m, k, c 为单自由度系统的质量、刚度和阻尼。

冲击响应谱按响应峰值取法不同有几种形式，包括：

- 1 初始响应谱，简称“主谱”，系统冲击作用时间内的响应峰值求得的冲击响应谱；
- 2 剩余响应谱，简称“余谱”，系统冲击作用后的响应峰值作出的冲击响应谱；
- 3 最大响应谱，为主谱和余谱的包络谱，为最常用的形式。

冲击响应谱按响应形式不同可分为：

- 1 绝对加速度谱，为最常用形式
- 2 等效加速度谱

- 3 绝对速度谱
- 4 等效速度谱
- 5 绝对位移谱
- 6 相对位移谱

其中相对位移是绝对位移减去基础运动位移，而等效谱是以相对位移为变量的谱。

冲击响应谱具有多种用途：

- 1 用作衡量冲击作用效果的尺度。大部分系统和结构可以看成或者简化成单自由度系统，因此冲击响应谱可以容易地判定结构在冲击作用下的响应峰值的大小，得出是否会损伤的结论。
- 2 用于冲击事件的统计分析，可以得到具有给定置信度及可靠度的代表冲击环境的规范谱。
- 3 用于不同冲击波形的等效转换。
- 4 用于试验有效性及重复性检查。
- 5 用于指导承受冲击作用系统的设计。

6.7.2 选择分析波形区间

在选择完毕分析测点数据后，将显示被调入波形的全程波形图，如图 6.7.2 所示。此时可以从图中选择波形的某一段作为冲击响应谱的输入波形，若不进行选择，则表示选择全部波形段进行分析。

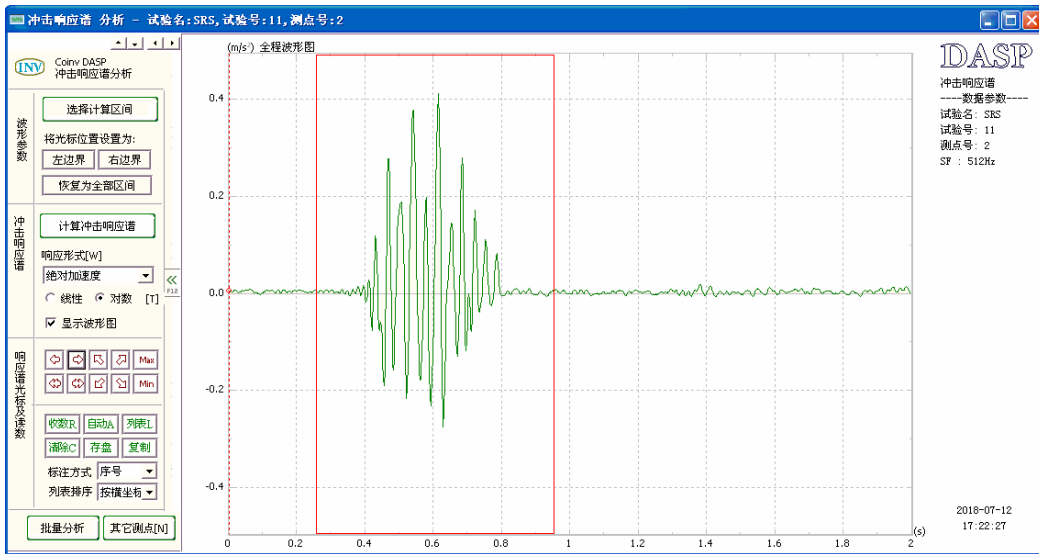


图 6.7.2 选择波形的一段进行分析

可以通过两种方法进行一段波形的选择：

- (1) 在波形图中要选择区段起始位置处按住鼠标左键不放，拖动鼠标到要选择区段的结束位置，然后松开鼠标，即可完成该段波形的选择；
- (2) 在波形图上，将读数光标定位到波形段的起始位置，按左侧操作控制区的“左边界”，再将光标定位到波形段的结束位置，按“右边界”按钮，即可完成选择。

若要恢复选择全部范围的波形，按“恢复为全部区间”即可。

注：在波形图上，若进行了一段信号的选取，则该段波形将使用红色方框表示。

6.8.3 设置分析参数

完成波形区间选择之后，可按“计算冲击响应谱”按钮，进行计算，此时将出现设置参数的对话框，如图 6.7.3 所示。

设置冲击响应谱分析参数

分析参数

谱类型: 最大响应谱

加速度

速度

位移

响应单位类型: g m/s mm

频率点选取按: 1/6 倍频程

阻尼比: 0.15

截止频率(Hz): 20

☒ 起始频率(Hz): 0.02

☒ 记住参数，为下次使用

绘制标准曲线和上下限 (仅对加速度谱)

No.	频率(Hz)	大小	dB/Oct
<input checked="" type="checkbox"/> 1	0.5	210	4.995223
<input checked="" type="checkbox"/> 2	4.5	1300	0
<input checked="" type="checkbox"/> 3	200	1300	0
<input type="checkbox"/> 4	1000	1300	0

上下限标准曲线范围: ± 6 (dB)

确定

取消

图 6.7.3 设置分析参数对话框

- 在“谱类型”栏中可以设置三种响应峰值取法类型；
- 在“响应类型”栏中可以设置六种响应形式；
- 在“单位类型”栏中可以为加速度、速度和位移选择各自的单位；
- 在“频率点选取按”栏中可以设置频率点的选取方式按何种倍频程；
- 在“阻尼比”栏中设置阻尼比的值；
- 在“截止频率”栏中设置响应谱分析的截止频率（上限频率）；
- 选中“起始频率”，可以手动设置响应谱分析的起始频率（下限频率）；

在“绘制标准曲线和上下限范围”栏的表格中可以设置一条标准曲线的若干个折点，最多可以选择四个折点，在分析结果图上将绘制该曲线，以及上下移动若干 dB 的曲线，在“上下限标准曲线范围”栏中可以设置上限曲线和下限曲线的范围，例如设为±3dB，则上限曲线为标准曲线上移 3dB，下限曲线为标准曲线下移动 3dB。

标准曲线可以有若干个连接成的一条折线，最后一个点以后的折线斜率由最后一点的斜率确定。在标准曲线的表格中，可以选择标准曲线的点数，即在相应点的序号前点击鼠标打勾，然后输入该点的频率位置和大小，其斜率将自动计算，但对于最后一点的斜率需要手工输入。

各项设置完毕并且确认正确后，按“确定”按钮即可开始计算，计算完毕后进入分析窗口显示分析的结果曲线等内容。

6.7.4 冲击响应谱显示操作

- 设置响应谱谱显示参数：
- 在“冲击响应谱”栏中可以设置响应谱谱的谱形式和纵轴形式；
 - 在“形式”栏中，选择不同的响应谱形式，包含 6 种形式：

- (1) 绝对加速度谱
- (2) 等效加速度谱
- (3) 绝对速度谱
- (4) 等效速度谱
- (5) 绝对位移谱
- (6) 相对位移谱

重新选择分析波形区间：按“选择计算区间”按钮，可回到选择波形区间的状态。

重新设置分析参数：点击“计算冲击响应谱”可重设参数，重新计算。

批量分析：按“批量分析”，可选择当前试验名下的多个试验号和测点号的数据，进行批量分析，分析结果导出为数据文件，也可输出包含分析结果图形的 Word 报告文件。

按“选择其它测点”按钮可以重新选择其它测量数据进行分析；

6.8 倒频谱分析

选择菜单“倒频谱分析”，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个或者多个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，将出现“设置频谱分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数（参见 6.8.2）。分析参数设置完毕后即可进入倒频谱分析模块，此时出现如图 6.8.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的频谱、波形以及参数文字信息等内容。

6.8.1 倒频谱分析方法介绍

倒谱分析也称为二次频谱分析，是频谱的再次谱分析。倒谱分析是一种用于在频谱中检测谱的周期性的工具，对具有同族或异族谱波以及多成分边频的频谱图分析甚为有效，因此常用于振动、噪声源识别、机器故障诊断、语音分析、回声剔除等方面的研究。

倒谱具有多种形式，DASP 提供了最常用的实倒频谱的幅值谱形式。常规的倒谱定义为倒富富（CEE）谱，即对功率谱进行对数转换后，再次进行傅立叶变换，可如下描述：

$$CFF_x(q) = |F\{\log[G_x(f)]\}|$$

其中： $G_x()$ 为功率谱， $\log[]$ 为对数运算， $F\{\}$ 为傅立叶变换， $CFF_x()$ 为倒富富谱分析，自变量 q 称为倒频率，具有时间的量纲。

通常信号的倒富富谱图杂乱无章，这是因为连续两次傅立叶变换的结果，DASP 则创新地在倒富富谱的基础上发展了另外三种倒频谱：倒富熵（CFE）谱、倒熵富（CEF）谱和倒熵熵（CEE）谱，将倒富富谱的两次傅立叶变换中的某一次或两次变为最大熵变换，利用最大熵抑制小峰的特点，使倒频谱结果更为清晰明了，并在实际应用中得到了很好的效果，它们的定义如下：

$$\text{CFE: } CFE_x(q) = \sqrt{E\{\log[G_x(f)]\}}$$

$$\text{CEF: } CEF_x(q) = |F\{\log[E_x(f)]\}|$$

$$\text{CEE: } CEE_x(q) = \sqrt{E\{\log[E_x(f)]\}}$$

其中 $E_x\{\}$ 为最大熵变换。

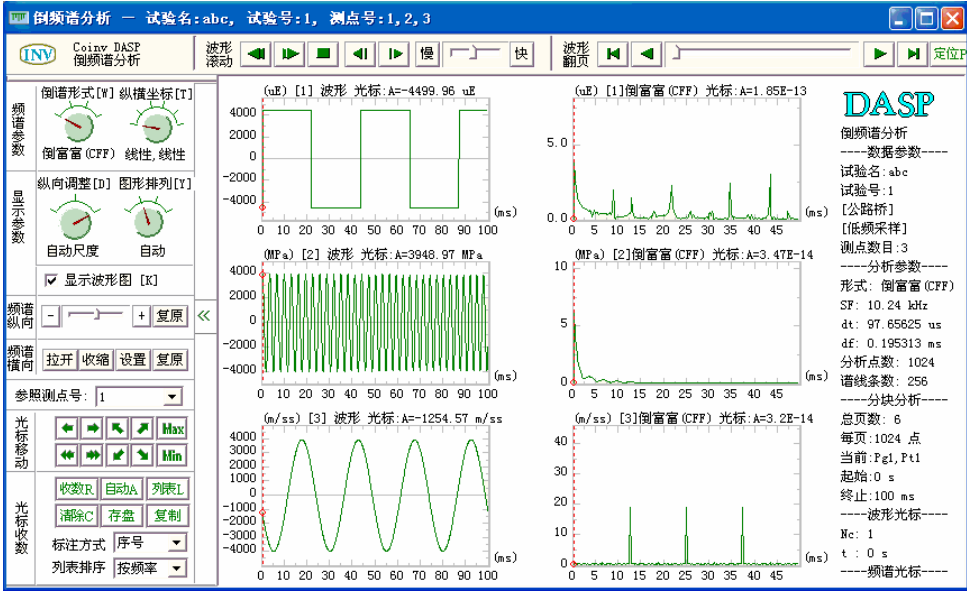


图 6.8.1 倒频谱分析窗口

6.8.2 设置倒频谱分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置频谱分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数，选择不同分析方式时对话框形式有所不同，分别如图 6.8.2 和 6.8.3 所示。

在“分析方式”栏中可以选择两种分析方式：瞬时分析和全程分析，瞬时分析方式下可以选择波形中的任意一页进行倒频谱分析，而全程分析则是对全程波形进行平均分析。

两种方式下都要进行“倒频谱计算参数”栏中各参数的设置，而全程分析方式下还要对“平均参数”栏的参数进行设置。



图 6.8.2 瞬时分析方式的参数设置



图 6.8.3 全程分析方式的参数设置

倒频谱计算参数：

“分析点数”可以选择每次进行倒频谱计算的数据点数，此点数影响频谱谱线条数，分析点数越多，则谱线条数越多，通常谱线条数为分析点数的 1/4；

“去直流分量”，选中则在每次倒频谱计算之前，先去除信号中的直流分量；

“倒谱形式”栏中可以选择倒频谱的形式，有四种选择：倒富富（CFF）谱、倒富熵（CFE）谱、倒熵富（CEF）谱和倒熵熵（CEE）谱。

平均参数：

“平均方式”：倒频谱分析中平均方式只能为线性平均，不可更改；

“重叠系数”：可以在平均过程中设置各幅波形的重叠程度，通常重叠系数越大，则最终计算结果越好，但同时计算量也就越大。

“平均起点”，可以设置从波形的何处开始平均，只有在先进行瞬时分析后，并将光标定位于波形的某处，然后重新设置分析参数时才可以选择此项中的“从当前光标处”，否则都只能选择“从波形起始点”处开始进行平均。

“平均范围”：有三种选择方式：

- 1) 全程数据：从平均起点处开始直到波形结尾的全部波形范围；
- 2) 指定：指定数据的范围，范围以块数定义，每块为 1024 点；
- 3) 平均次数：设定进行多少次的平均。

6.8.5 频谱分析和显示操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等，通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

在“频谱参数”栏中的“倒谱形式”旋钮可以设置倒频谱的不同形式，共有四种形式可以选择：

- 1) 倒富富（CFF）谱；2) 倒富熵（CFE）谱；3) 倒熵富（CEF）谱；4) 倒熵熵（CEE）谱；

注：在平均方式下，此处的旋钮不可用，不可改变倒谱形式。此时可以通过“重设分析参数”按钮，重新调出“设置频谱分析参数”对话框，然后从中选择不同的倒谱形式。

在“频谱参数”栏中的“纵、横坐标”旋钮可以设置倒频谱图的不同坐标形式，其中纵坐标有三种形式，包括线性、dB 分贝和 Log10 对数，而横坐标有两种形式，包括线性和 Log10 对数；

在“显示参数”栏中的“显示波形图”选择框可以设置是否显示各测点的时域波形图；

在“显示参数”栏的“纵向调整”旋钮可以设置相关图和波形图纵向尺度的方式，有三种方式可选：

- 1) 固定尺度：各图的纵坐标范围为采集仪的满量程范围；
- 2) 统一尺度：各图使用相同的满刻度值，这样各通道的曲线将在同一尺度下显示，具有可比性；
- 3) 自动尺度：各曲线根据自身大小分别独立调整满尺度，使得各曲线都能较好地占满显示图幅；

在“显示参数”栏的“图形排列”旋钮可以改变多个频谱图和波形图的排列方式，具有四种方式：

- 1) 单列方式：所有通道的曲线图排成一行显示，当分析测点数目较多时可能会产生纵向尺寸过小而影响显示和观察的情况；
- 2) 自动方式：当分析测点数目较少时排成一行显示，当分析测点数目较多时则自动排成两列；
- 3) 重叠方式：将所有曲线使用不同颜色绘制在一幅图中，可以方便进行比较，此时的“纵尺度调整”方式将自动变为“统一尺度”方式；
- 4) 单个方式：仅仅显示当前的参照测点号的曲线。

6.9 包络谱分析

选择菜单“包络谱分析”，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行包络谱—共振解调分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入包络分析模块，此时出现如图 6.9.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形、频谱以及参数文字信息等内容，按左侧的“包络线计算”按钮即可开始进行包络线的计算，包络线计算完毕后，图形区中将显示全程包络线图和某一区段的包络线图，此时再按“解调谱分析”可以继续对包络线的细化频谱分析，得到共振解调谱，并在图形区中显示解调谱曲线。

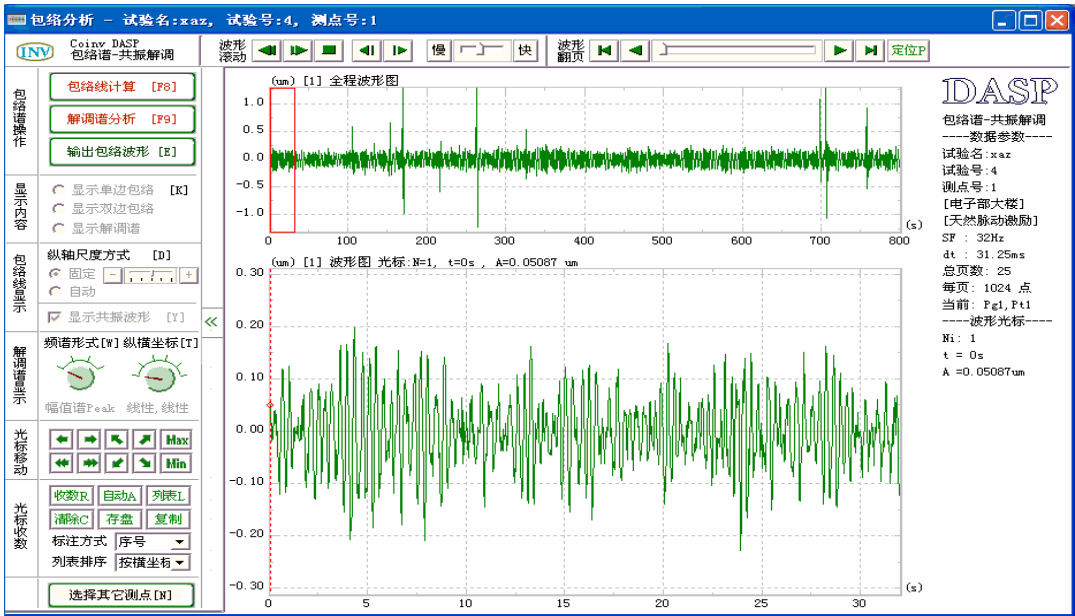


图 6.9.1 刚刚进入包络谱分析时窗口中显示原始波形

6.9.1 包络谱（共振解调）分析方法介绍

共振解调分析常常用于滚动轴承、齿轮等旋转机械元件的故障诊断中，共振解调一般是对信号中的共振波形的包络线进行频谱分析，所以称为包络谱分析。

共振解调分析诊断轴承损伤类故障的原理概述如下：当轴承某一元件表面出现局部损伤时，在负载运行过程中要与其他元件发生碰撞，产生冲击脉冲力，由于冲击脉冲力的频带很宽，必然包含了轴承外圈、传感器等的固有频率而激起这个测振系统的高频固有振动。根据实际情况，可以选择某一高频固有振动作为研究对象，通过带通滤波方法，将该固有振动分离出来。然后对这个分离出来的信号进行包络线计算，包络线中去除了高频衰减振动的频率成分，得到只包含故障特征信息的低频包络信号，此时对这个包络信号进行频谱分析就可以很容易地诊断出轴承的故障来，最后这个包络线的频谱就是共振解调谱。

当滚动轴承外圈上有单个损伤点时，其共振解调谱是一系列以外圈故障特征频率为间隔的随频率增大幅度逐渐减小的离散谱线。

当滚动轴承内圈上有单个损伤点时，其共振解调谱的特征是在内圈故障频率的各阶倍频处有幅值逐渐减小的谱线，并在这些倍频两边有间隔为旋转频率的调制边频谱线。

当滚动体上有单个损伤点时，包络信号为一系列指数衰减脉冲，脉冲的幅值受滚动体公转频率的调制；

调制解调谱是一系列以滚动体自转频率各阶倍频为中心的谱线族。

当滚动轴承元件有多个损伤点时，其包络信号和解调谱比较复杂，规律性不强，不过有一个重要的特征，就是频率成分同单个损伤点时完全相同，可以根据频率成分诊断是哪个元件有损伤，但损伤点数不易判断，损伤的程度可以根据谱线的幅值大致判断。

共振解调的一般步骤为：对振动信号进行采集，确定信号中的共振频率，以该共振频率为中心进行合适带宽的带通滤波，对滤波后的信号进行包络线计算（通常使用 Hilbert 变换），得到共振信号的包络线，最后对包络线进行频谱分析，得到共振解调谱。由于包络线的频率一般较低，在进行频谱分析时可以再进行细化分析。

6.9.2 使用共振解调进行轴承故障诊断实例

对一个型号为 206 的滚动轴承进行振动测量，其频谱图如图 6.9.2 所示，其中明显可见在 15200Hz 位置有一个高频共振峰，判断为测试中使用的加速度传感器的共振。

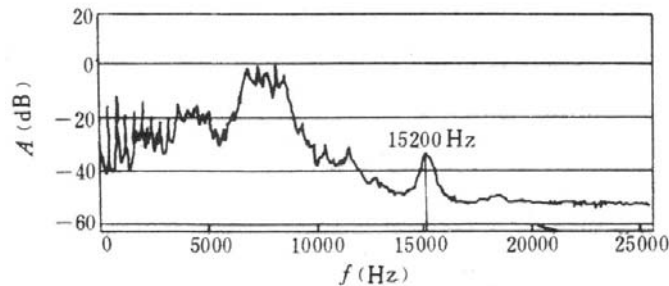


图 6.9.2 振动频谱图，其中可见 15200Hz 的共振峰

以此频率为中心，进行带宽为 3200Hz 的带通滤波，得到滤波后的波形的包络线如图 6.9.3 所示，可以看出该共振波形受一次次的冲击激励引起。

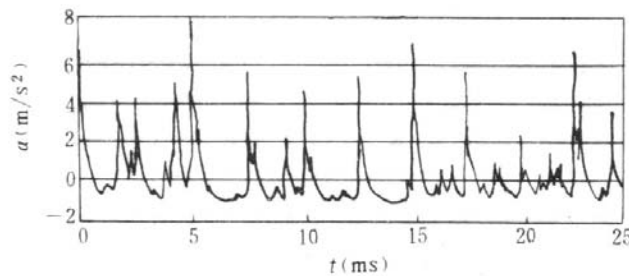


图 6.9.3 共振波形的包络线

对该包络线进行包络谱分析得到如图 6.9.4 的解调谱，其上明显看出具有 408Hz 的频率成分，而其二、三倍频的 816Hz 和 1224Hz 也很明显。

根据转速和 206 轴承的参数，计算得到其外圈的特征频率为 408Hz，因此可判断为外圈故障。相比而言，若在图 6.9.2 的频谱图上，可能改 408Hz 的频率成分并不明显，尤其对于故障早期。

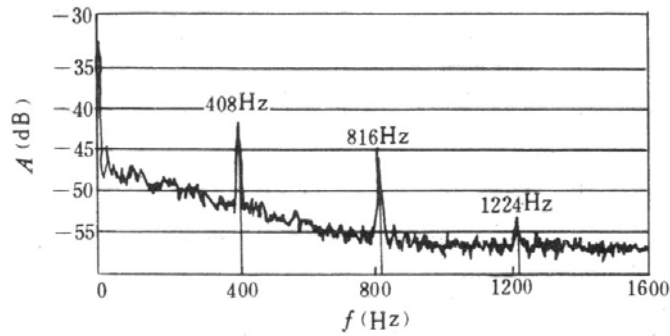


图 6.9.4 包络线的解调谱

6.9.3 进行包络线计算

调入波形后，首先需要对共振波形进行包络线计算，然后还需要对包络线进行频谱分析。在窗口左部的操作控制区中“包络谱操作”栏有各种按钮，通过它们可以进行包络分析操作。

按“包络谱操作”栏中的“包络线计算”按钮，或者按“F8”键就可以开始进行共振波形的包络线计算，此时出现如图 6.9.5 的对话框，其中可以设置一些参数。如下：

数据分析参数：

计算范围：可以选择波形中的一部分进行包络线计算，缺省时包括全部波形。

重叠系数：表示计算过程中重叠计算的程度，较大的重叠系数具有较好的效果和较长的计算时间。

共振频带范围：

共振解调是要求选择信号中的某一个共振频率下的振动波形进行包络谱分析，因此需要在此处设置信号的共振频带范围（频带的左边频率和右边频率）。

通常难以直接确知频带的左右边频率值，此时可以按“参考频谱图”按钮，弹出“确定共振频带宽度”对话框，如图 6.9.6，根据实际的频谱图选择频带的范围。

显示包络计算过程：

此选择项若选中，则在包络计算过程中不仅显示计算进行进度，而且显示计算过程中的包络和波形图。
注意：选择此项将使计算过程变慢。

确定共振频带宽度：

按“参考频谱图”按钮后将出现如图 6.9.6 的对话框，其中显示了当前波形的频谱，可以从方便地直接选择共振频带。

在频谱图上点击鼠标左键，可以将红色竖光标定位到某个频率上，然后按频谱图下方的“频带左边界”或“频带右边界”按钮可以选定频带的左右边界，选定后，频谱图上的白色底色区间为共振频带区间，按“确定”按钮结束。

按“光标左移”和“光标右移”按钮也可以移动频谱图中的红色光标位置。按“清除频带设置”则清除已经设置的频带左右位置。

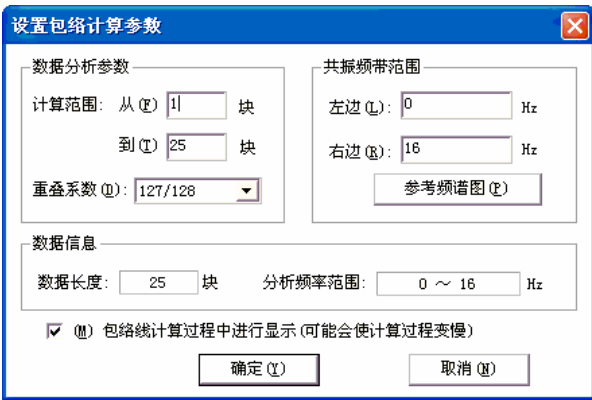


图 6.9.5 设置包络计算参数

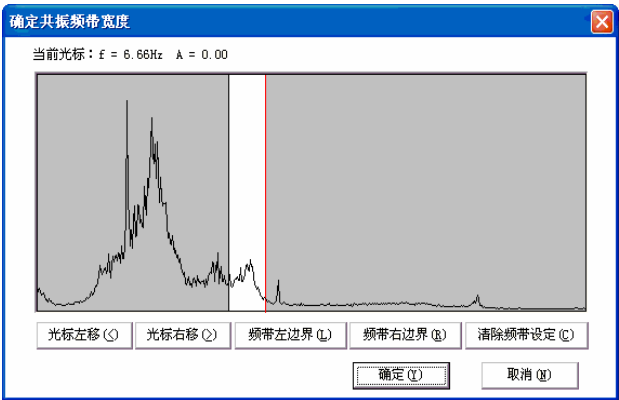


图 6.9.6 确定共振频带宽度

各项设置完毕后，按“确定”按钮即可开始包络线计算，并出现一个进度条，显示计算进度。若选择了“包络线计算过程中进行显示”则还将同时显示包络线过程中的各段原始波形、共振频带滤波波形、包络线波形，在全程波形图上还将以读数光标的颜色（通常为红色）显示一个矩形框，该框表示当前计算到波形的哪一部分。

包络线计算完毕后，在图形显示区中将显示全程包络线图和某一段包络线图，在全程包络线图上的矩形框示意了当前显示包络线区段的位置，如图 6.9.9。操作窗口上部的各种按钮和滑动条等控件可以选择显示不同位置的包络线，或者使包络线波形进行滚动浏览等。

输出包络波形：

包络线计算完毕后，可以将包络线曲线进行保存，保存时将出现如图 6.9.7 的对话框，要求设置保存参数，即以什么试验名、试验号和测点号进行保存，并且可以输入该波形的各种描述文字。由于按照采样数据的方式进行保存，因此保存后的包络波形将可以像其它采样数据一样在 DASP 软件中进行各种分析操作。

6.9.4 进行解调谱计算

包络线计算后，即可进行包络线的频谱分析—共振解调谱，由于包络线的频率一般较低，因此还可以进行细化的频谱计算。

按“包络谱操作”栏中的“解调谱分析”按钮，或者按“F9”键就可以开始进行包络线的频谱计算，此时出现如图 6.9.8 的对话框，其中可以设置一些参数。如下：

频谱细化倍数：

根据包络线波形的长度，将会有不同的细化倍数可供选择，选择较大的细化倍数，频率分辨率将会同比例变细，而可分析的频率范围也会同比例减小，在“频谱细化倍数”栏中可以选择细化倍数，在其下方的文字中将显示对应该细化倍数的分析频率范围和频率间隔等信息。

由于细化倍数越大，则分析频率范围越小，因此在难以确定包络谱频率特性时，可以首先使用 1 倍的细化倍数（相当于不细化）进行计算，得到完全的分析频率范围的频谱，然后再次按“解调谱分析”按钮，根据频谱中频率分布的特点重新选择合适的细化倍数，重新进行分析，得到细化的频谱。

解调谱计算完毕后，在图形显示区中将显示全程包络线图和其对应的频谱图，该频谱图就是共振解调谱。如图 6.9.10 所示。



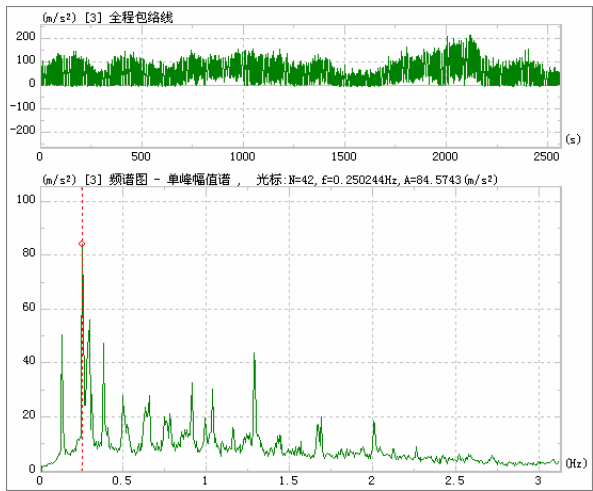
图 6.9.7 保存包络波形



6.9.8 设置解调谱分析参数



图 6.9.9 包络计算后显示包络波形



6.9.10 解调谱分析后显示解调谱

6.9.5 包络分析显示操作

在窗口左部的操作控制区中有各种选择按钮和旋钮等，通过它们可以进行一些显示和分析的操作。

在“显示内容”栏中可以设置显示包络线还是解调谱，三种选择如下：

- 1) 单边包络线；2) 双边包络线；3) 解调谱。

注：只有在完成包络线计算后，前两种选择才可用，只有在解调谱计算之后，第三种选择才可用。

在“包络线显示”栏中可以设置包络波形图的纵轴尺度方式，两种选择如下：

- 1) 固定尺度：在包络波形滚动浏览过程中尺度保持不变，其后面的滑动条和“+”“-”按钮可以改变当前的尺度大小；
- 2) 自动尺度：在包络波形滚动浏览过程中自动根据包络波形幅度的大小，确定尺度，使得包络波形不论幅度大小总是以较为满幅地进行显示。

显示共振波形：在显示包络线的时候，用另外一种颜色显示共振频带的滤波波形。

在“解调谱显示”栏中可以设置解调图的一些分析和显示参数，如下：

- 1) 频谱形式：可以选择四种频谱形式：单峰值幅值谱、有效值幅值谱、功率谱和功率谱密度；

2) 坐标形式：可以设置纵轴形式为线性、分贝 dB 或者对数 Log10 方式，横轴坐标为线性或对数方式；

6.10 Hilbert-Huang 变换

选择菜单“Hilbert-Huang 变换”，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择若干个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入 Hilbert-Huang 分析模块，此时出现如图 6.10.1 的子窗口，其中上部的滚动条可以进行波形的翻页操作，左侧的操作控制区则可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形、Hilbert-Huang 变换后的各层数据波形以及重构波形等内容。

在“测点号”栏选择不同的测点号可以选择不同数据进行分析。

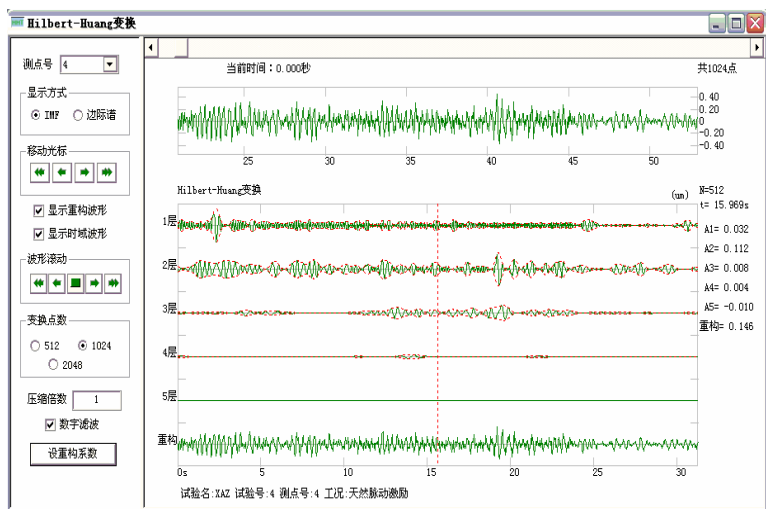


图 6.10.1 Hilbert-Huang 变换窗口

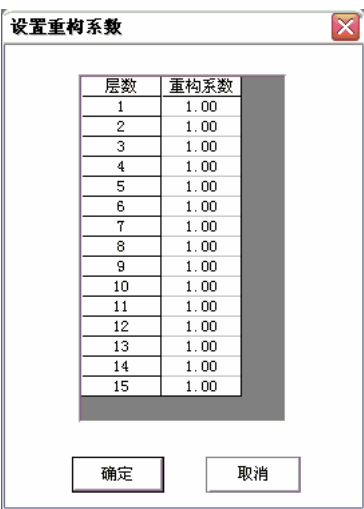


图 6.10.2 设置重构系数

显示方式：可在 IMF(Intrinsic mode function 内禀模态函数)、边际谱 (Marginal Spectrum, IMF 的 FFT 谱) 中选择一种。

移动光标：左边四个按钮分别为左移一点、右移一点、左移十点、右移十点。右边四个按钮分别为向左跳极大值、向右跳极大值、向左跳极小值、向右跳极小值。

显示重构波形：如选中，则在显示各层数据时，最后一层为各层数据通过重构系数加权得到的合成数据，重构系数可以设定。如每层重构系数都设为 1，重构以后的波形即为原始波形。

显示时域波形：如选中，则在显示频谱时可同时显示对应的时域波形。

波形滚动：五个按钮从左到右依次为“波形向左快速滚动”、“波形向左慢速滚动”、“停止滚动”、“波形向右慢速滚动”和“波形向右快速滚动”。也可通过移动图形上方的滚动条直接分析某一指定的时刻。

变换点数：每次进行变换及显示的点数，可选 512 点、1024 点或 2048 点。

压缩倍数：可将波形压缩后再进行分析，压缩后，如在分析频率以外仍有信号，应当选择数字滤波，以免产生混迭现象。

数字滤波：可以滤除压缩以后分析频带以外的频率成份。注意：如果频率混迭在采样时已经产生，则数字滤波也无法去除。

设置重构系数：出现如图 6.10.2 的对话框，输入各层数据的重构系数，将影响重构波形的数据。

6.11 地震反应谱分析

选择“地震反应谱”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，即可进入地震反应谱分析模块，其中显示选择的分析波形，此时可通过左侧操作控制区完成波形的分析区间选择，并进行地震反应谱计算，计算后的地震反应谱如图 6.11.1 所示。

DASP 提供 5 种不同形式的反应谱，包括加速度、速度、位移、等效加速度和等效速度反应谱。

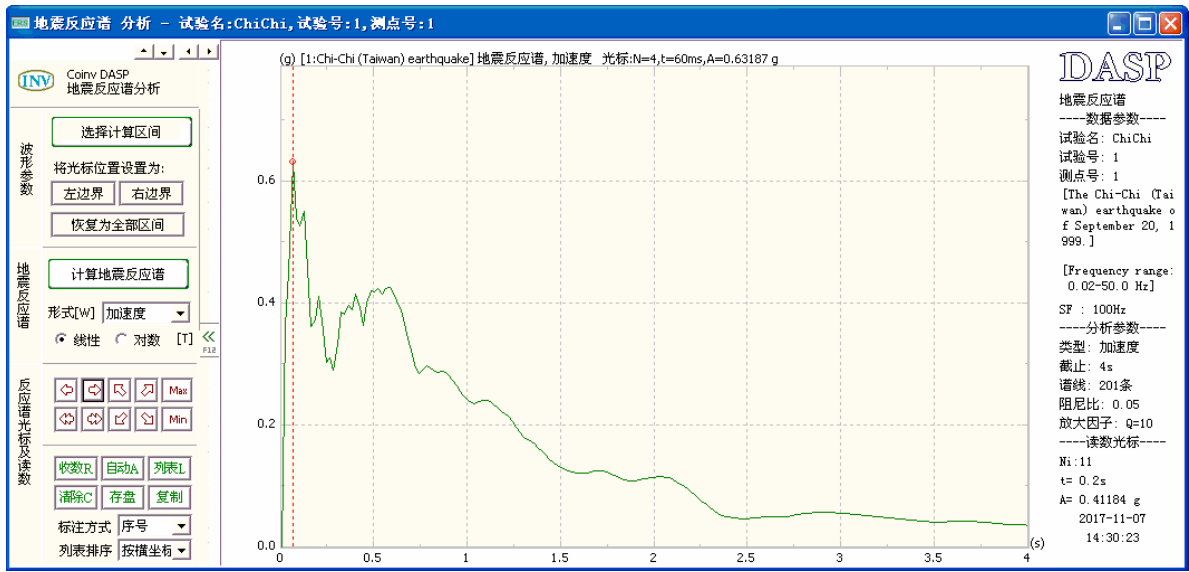


图 6.11.1 地震反应谱分析窗口

6.11.1 地震反应谱分析方法介绍

地震反应谱(Earthquake Response Spectrum)，就是单自由度弹性系统对于某个实际地震加速度的最大反应（可以是加速度、速度和位移）和体系的自振特征（自振周期或频率和阻尼比）之间的函数关系。

地震反应谱的定义为：在给定的地震输入下，不同固有周期的地层或结构物将有不同的振动位移反应，这种反应的时程曲线是由多种频率成分组成的振动曲线叫地震反应谱，取对应于不同固有周期的位移时程曲线的最大值作为纵坐标，取所对应的固有的周期为横坐标，由此绘成曲线，供抗震设计中选用在设计周期下的相应振动幅值。

由于地震的作用，建筑物产生位移、速度和加速度。因此反应谱可以有加速度反应谱、速度反应谱和位移反应谱等形式。一般来说，随周期的延长，位移反应谱为上升的曲线；速度反应谱比较恒定；而加速度的反应谱则大体为下降的曲线。通常设计的直接依据是加速度反应谱。

6.11.2 选择分析波形区间

在选择完毕分析测点数据后，将显示被调入波形的去程波形图，如图 6.11.2 所示。此时可以从图中选择波形的某一段作为地震反应谱的输入波形，若不进行选择，则表示选择全部波形段进行分析。

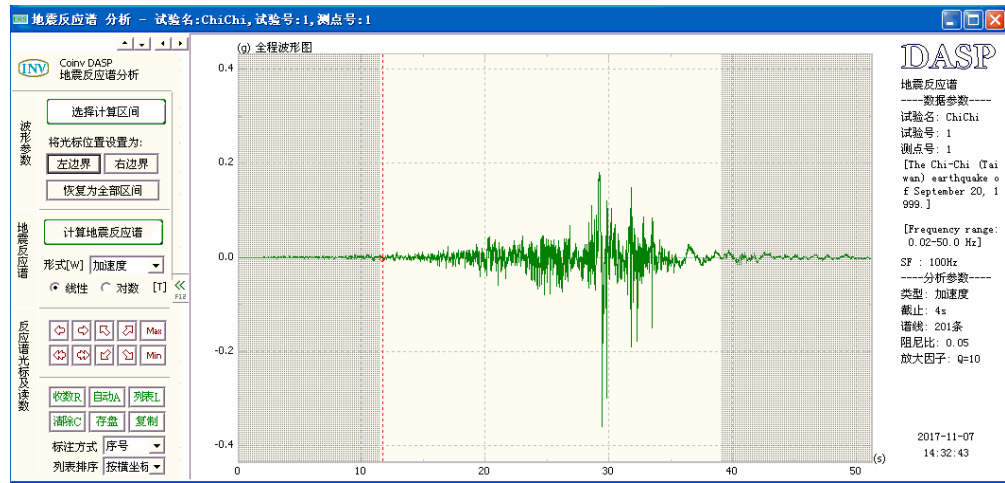


图 6.11.2 选择波形的一段进行分析

可以通过两种方法进行一段波形的选择：

- (1) 在波形图中要选择区段起始位置处按住鼠标左键不放，拖动鼠标到要选择区段的结束位置，然后松开鼠标，即可完成该段波形的选择；
 - (2) 在波形图上，将读数光标定位到波形段的起始位置，按左侧操作控制区的“左边界”，再将光标定位到波形段的结束位置，按“右边界”按钮，即可完成选择。
- 若要恢复选择全部范围的波形，按“恢复为全部区间”即可。
- 注：在波形图上，若进行了一段信号的选取，则该段波形使用红色方框进行表示。

6.11.3 设置分析参数

完成波形区间选择之后，可按“计算地震反应谱”按钮，进行计算，此时将出现设置参数的对话框，如图 6.11.3 所示。

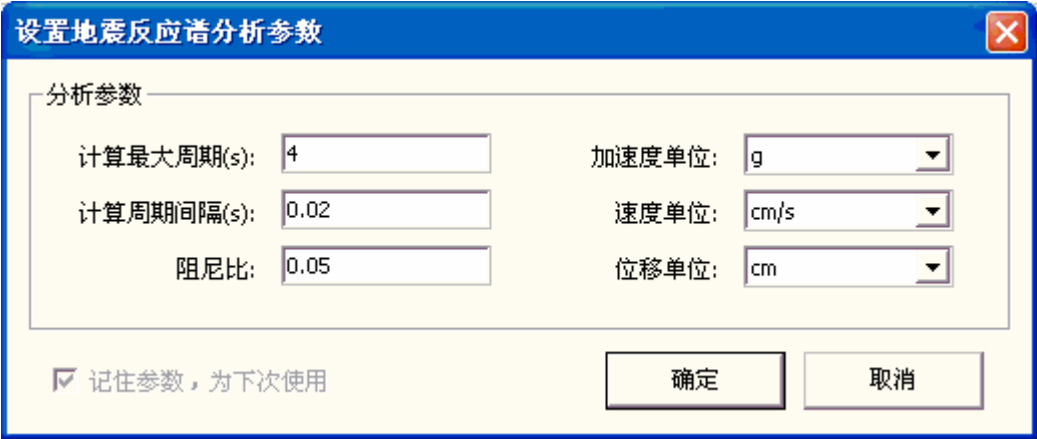


图 6.11.3 设置地震反应谱分析参数对话框

- 在“计算最大周期”栏中可以设置反应谱横轴的最大范围，单位为 s；
- 在“计算周期间隔”栏中可以设置反应谱横轴的间隔，单位为 s；
- 在“阻尼比”栏中设置阻尼比的值；
- 在“加速度单位”栏中设置加速度反应谱的纵轴单位；

在“速度单位”栏中设置速度反应谱的纵轴单位；在“位移单位”栏中设置位移反应谱的纵轴单位；

各项设置完毕并且确认正确后，按“确定”按钮即可开始计算，计算完毕后进入分析窗口显示分析的结果曲线等内容。

6.11.4 地震反应谱显示操作

设置反应谱显示参数：

在“地震反应谱”栏中可以设置反应谱的谱形式和纵轴形式；

在“形式”栏中，选择不同的反应谱形式，包含 5 种形式：

- (1) 加速度：最大加速度响应的反应谱；
- (2) 速度：最大速度响应的反应谱；
- (3) 位移：最大相对位移响应的反应谱；
- (4) 等效加速度：基于位移响应谱推算的加速度响应谱，也称为伪加速度(Pseudo-Acceleration)反应谱；
- (5) 等效速度：基于位移响应谱推算的速度响应谱，也称为伪速度(Pseudo-Velocity)反应谱。

重新选择分析波形区间：按“选择计算区间”按钮，可回到选择波形区间的状态。

重新设置分析参数：点击“计算冲击响应谱”可重设参数，重新计算。

批量分析：按“批量分析”，可选择当前试验名下的多个试验号和测点号的数据，进行批量分析，分析结果导出为数据文件，也可输出包含分析结果图形的 Word 报告文件。

按“选择其它测点”按钮可以重新选择其它测量数据进行分析；

第七章 应用信号分析

7.1 静态应变测量分析

选择“静态应变测量”菜单即可进入静态应变测量分析模块，此时出现如图 7.1.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种测量、分析、存取和显示设置，窗口主体部分为上下两个区域，上部为数据表格，显示各次测量的静态应变数据，下部为图形显示区，可以显示某次测量的各个测点的数据曲线，也可以显示某个测点的各次测量数据曲线。

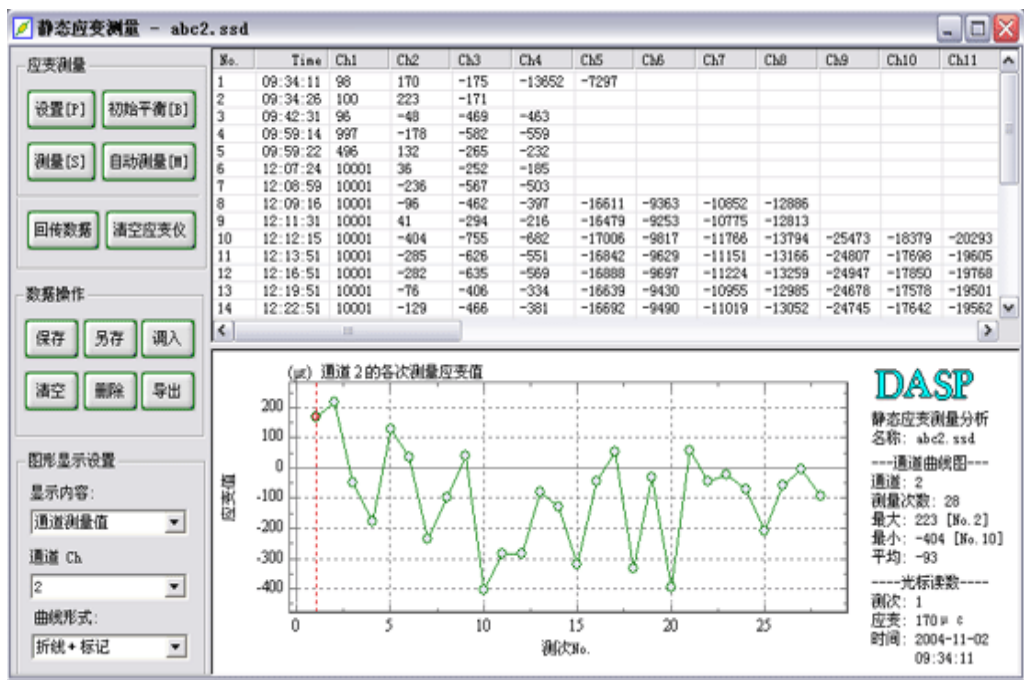


图 7.1.1 静态应变测量分析窗口

7.1.1 设置测量参数

点击窗口左边的操作控制区中的“设置[P]”按钮，或者直接按键盘的“P”键即可调出“设置参数”对话框，从中可以进行一些必要的设置，对话框如图 7.1.2 所示。



图 7.1.2 设置参数对话框



图 7.1.3 INV2312/2366/2308 通道设置



图 7.1.4 设置非线性灵敏度表



图 7.1.5 设置通道转换系数

在“静态应变仪型号”栏中可以设置当前连接的静态应变仪的型号，本软件可以连接以下几种静态应变仪：INV2305 系列、INV2305C 系列、7V14C 系列、INV1861、INV2312/2366 和 INV2308 系列。

注意：必须根据实际连接的应变仪正确设置此项参数，否则可能造成软件不能正常进行应变测量！

提示：选择 INV1861 时，由于 INV1861 仅仅是动态应变调理仪，实际上是需要使用动态数据采集仪器（如 INV3060）和 INV1861 相连进行测量。

当选择 INV2312、66 和 INV2308 系列应变仪时，可通过其下方的“通道设置”按钮进行通道参数的设置，如图 7.1.3，设置内容如下：

多台应变仪允许级连，所有级连仪器的参数可一次设定完成。通道号可以看出仪器的序号及通道，仪器序号及总通道数可自动识别。

桥路的设置由对应的仪器性能决定。通过下拉列表设定。设定桥路时必须和应变调理器连线方式一致。

电压方式即可测量电压，也可通过热电偶测量温度。测量温度时需要在非线性转换栏中选择对应的非线性表格，如非线性表格不存在，可以手工输入。

应变计系数在电压方式时不起作用。应变测量时一般也不需要手动设置，但也可手工设置。

量程范围可通过下拉列表手工设置。

非线性转换仅对桥路为电压方式有效，测量电压选择线性，测量温度通过下拉列表选择非线性表格，所有存放在子路径\Predata 下的非线性表格都可选择。

确定键对硬件进行设置，取消键不对硬件进行设置，保留以前的参数设置。

向下复制将当前表格内容在同一列中向下复制，具有自动判断功能，如非线性表格复制只对桥路为电压的方式有效。

当桥路方式向下复制完毕后，应当检查量程范围，或将量程范围也向下复制。

对 1/4 桥的连接方式，可选择考虑导线电阻，在导线较长时可增加测量精度。

非线性表格设置如图 7.1.4 所示，存盘时可给表格起名，不要改动缺省的存盘路径。

在“通讯串口选择”中可以选择静态应变仪当前和计算机的哪一个串口相连接，此项必须正确设置。（对于 INV1861 和 INV2312 系列，无需设置此参数）

在“测量内容”中的转换系数栏，可以设置每个通道测量结果乘以一定的系数，转换为其他物理量的数据。此时需要按的“转换系数->设置”按钮，出现如图 7.1.5 的对话框，可以输入各个通道的转换系数，以及转换后的物理量工程单位和名称。

注意：应变仪的输入方式可能为应变桥路方式输出应变结果，也可能为电压输入方式输出电压 mV 值。

对于应变通道，转换系数的单位为 $\text{EU}/\mu\epsilon$ 。若转换系数为 1 则表示不进行任何转换。也可以转为其他物理量，例如要将测量应变值转为应力值，需要乘以材料的弹性模量，假设弹性模量为 210000MPa，则对应于微应变的转换系数为 $210000 \times 1\text{E}-6 = 0.21$ ，EU 为 MPa。

对于电压通道，转换系数的单位为 EU/mV 。若转换系数为 1 则表示不进行任何转换。也可以转为其他物理量，例如电压通道接入了温度传感器，则要将测量电压值转为温度值，需要乘以温度传感器的灵敏度系数，假设温度传感器灵敏度系数为 $0.02^\circ\text{C}/\text{mV}$ ，则对应于转换系数为 0.02，EU 为 $^\circ\text{C}$ 。

在“测量参数”栏中可以选择测量仪器，以及设置测量的首末通道和扫描速度（）。

其中

“级联号”为连入系统的各台静态应变仪，可任意选择使用；

“首通道”为各台仪器的测量开始通道号（注：仪器的通道号从 1 开始计数）

“末通道”为各台仪器的测量结束通道号（注：仪器的通道号从 1 开始计数）

提示 1：选择 INV2312 系列时，可同时级联使用多台仪器；

提示 2: INV2305 系列应变仪不能在此处进行设置,若需要设置首末通道,必须直接在仪器面板上进行。

在“文件参数”栏中可以设置一些关于试验描述和保存文件等参数:

“试验对象描述”中可以输入对试验的一些描述性文字信息;

若选中“测量数据自动保存到文件中”选择项,则在每次测量后都自动将数据保存到一个预先设置好的文件中,此时可以通过其下方的“设置”按钮设置一个后缀为*.SSD 的文件名。若不选择此项则在测量之后需要按“保存”按钮进行保存。

在“显示参数”中有如下内容:

“时间信息”栏中可以设置在数据表格中显示每次测量时间的格式。

7.1.2 静态应变测量操作

初始平衡:

点击“初始平衡”按钮或者直接按键盘的“B”键即可进行初始平衡的操作,此操作将当时各测量点的应变作为零点,并自动记忆,除非初始测量条件发生变化,否则不必每次测量前都进行平衡操作。

单次测量:

点击“测量”按钮或者直接按键盘的“S”键即可进行一次测量,得到参与测量的各个通道的应变值,并自动在数据表格中增加一行数据。

自动测量:

点击“自动测量”按钮或者直接按键盘的“M”键将出现“设置自动测量参数”对话框,其中可以设置自动进行多少次的测量,以及每两次测量之间的时间间隔,如图 7.1.6。设置完毕按“确定”按钮,即可进行自动测量,即根据设置的时间间隔,定时进行测量。

定时启动自动测量:选中可设置一个给定的日期和时间,确定后将等待到该时间点后开始自动测量。

自动测量次数:自动进行多少次的测量。

测量时间间隔:两次相邻测量的时间间隔。

自动设置试验工况:选中,并输入前缀,则每次自动测量后的数据都将加上工况说明,工况说明文字由前缀+测次组成。

离线采集:对于一些型号的静态应变仪,具有离线采集功能,则此选择框将会出现,选中后将进行离线采集,采集的数据保存在应变仪内部,并不实时传输到计算机 DASP 软件中。需要使用“回传数据”的功能,将应变仪内部保存的采集数据下载到计算机中。

设置完自动测量后,将出现如图 7.1.7 的自动测量进度控制对话框,其中显示测量的进度信息,并可以通过“暂停”按钮暂停测量过程,以及通过“中止”按钮停止自动测量。

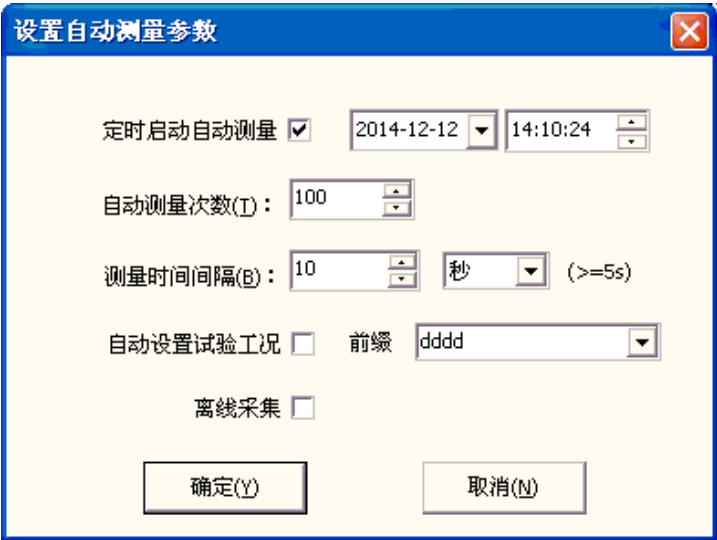


图 7.1.6 设置自动测量对话框



图 7.1.7 自动测量的进度控制

回传数据:

一些型号的采集仪具有离线采集功能,即在不连接计算机的情况下直接进行测量,并自动保存在仪器中,如 INV2305 型、INV2312 型等。按“回传数据”按钮,则可以在现场测量完毕后,再将其连接到计算机中,并将其保存的所有测量数据一次性传输到本软件中。

提示: 离线采集的容量是有限的,请参阅硬件使用说明书。

清空应变仪:

当 INV2305 型或 INV2312 型应变仪中已经保存了若干次的数据之后,可以按“清空应变仪”按钮将应变仪中保存的数据全部清除。

注意: 在进行此操作前,请务必确认应变仪中的数据已经无用或者已经传输到计算机中。

开/关风扇:

按“开风扇”或“关风扇”按钮可开启或关闭静态应变仪的内置风扇。

注意: 仅对某些型号的静态应变仪有效,请参阅硬件使用说明书。

电量:

按“电量”按钮可显示当前静态应变仪的内置电池的电量状态。

注意: 仅对某些型号的静态应变仪有效,请参阅硬件使用说明书。

ODS 彩色显示:

进行被测结构的三维彩色应变显示，详细操作参阅 7.1.5。

注：此功能为选件功能

应变花计算通道:

在测量过程中，可增加应变花计算功能。使用该功能，相当于在原测量通道的基础上增加了三个计算通道（包括最大主应力、最小主应力和最大剪应力）。

按“辅助功能”栏的“应变花”按钮将出现如图 7.1.8 的应变花计算参数对话框，其中需要设置是否开启应变花计算通道、应变花的形式、应变花对应的三个测量通道、弹性模量、泊松比，以及三个计算通道的名称。选中“开启应变花计算通道”并正确设置其他参数后，将在测量数据表格的最右侧增加三列数据，这三列分别为最大主应力、最小主应力和最大剪应力计算通道，单位均为 MPa。每进行一次静态应变测量，DASP 自动为完成对应的应变花计算，并在这三列中显示计算结果。



图 7.1.8 应变花计算通道的参数设置

7.1.3 数据文件操作

保存数据到文件: 点击“保存”按钮或者直接按键盘的“Ctrl+S”键即可将当前的所有数据保存到文件中，若还没有为保存文件起名，还将在保存前出现“文件保存”对话框，从中设置保存的文件名，保存的文件后缀为*.SSD。

另存数据文件: 点击“另存”按钮可以将数据保存为另外一个名字。

调入数据文件: 点击“调入”按钮可以将以前保存的数据调出，此时也将出现“文件打开”对话框，从中选择后缀为*.SSD 的静态应变测量数据文件，然后将其中的数据调出并显示在数据表格和图形中。

清空数据: 点击“清空”按钮可以将当前的所有数据清除，清除后的数据将无法恢复，请慎重使用该功

能。注意：在进行此操作前，请务必确认所有的数据已经不再需要。

删除：点击“删除”按钮可以选择若干次的测量数据进行删除，删除后的数据将无法恢复，请谨慎使用该功能，此时将出现“删除数据”对话框，如图 7.1.9，其中列出了所有的测量数据的测次，选择其中要删除的若干项，按“确定”按钮即可。

导出数据：点击“导出”按钮可以将数据以若干种格式导出。



图 7.1.9 删除数据对话框

7.1.4 图形操作

在窗口左边操作控制区的“图形显示设置”栏中可以设置左边下部图形显示区中的显示内容。

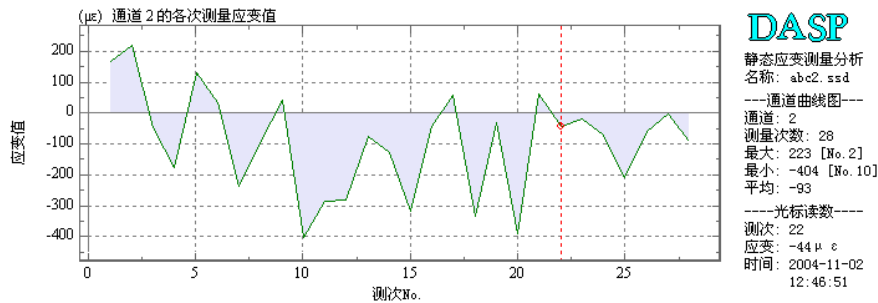
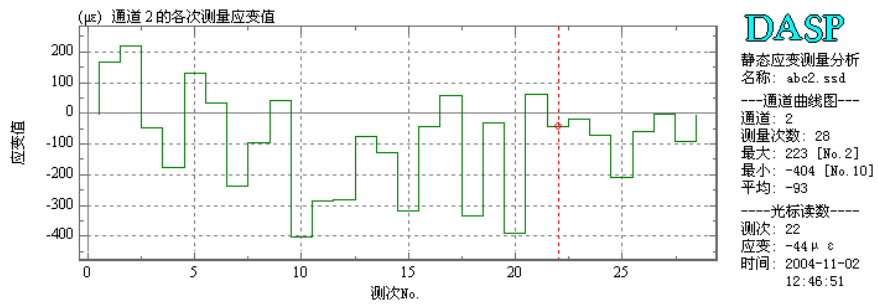
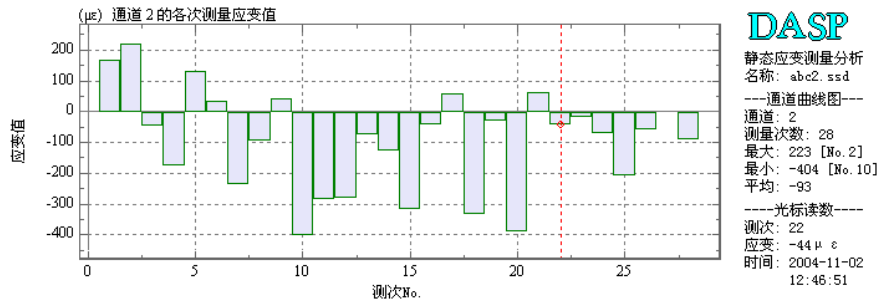
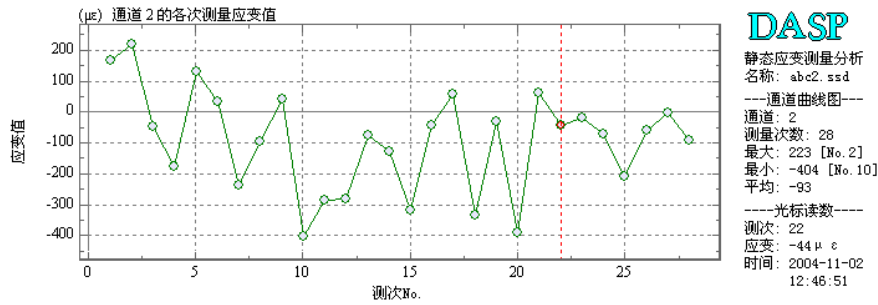
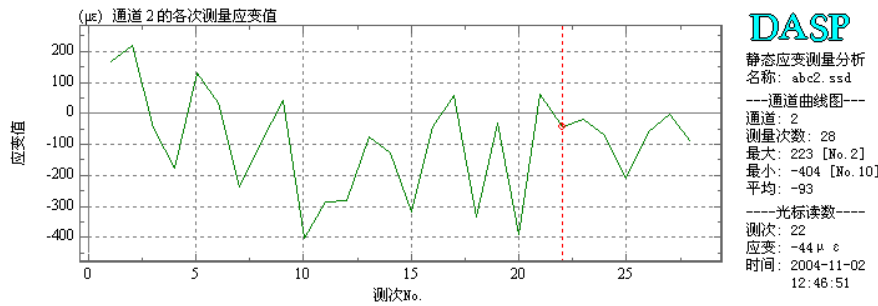
设置图形显示内容：在“显示内容”项中可以选择三种不同的显示内容：

- (1) 单次测量值：某一次测量的各通道测量应变值；
- (2) 通道测量值：某一个通道的各次测量应变值
- (3) XY 图：选择两个通道绘制 X-Y 图；

选择第 1 种方式，则其下方的“测次”下拉列表中可以选 择某一个测次；选择第 2 种方式，则其下方的“通道”下拉列表中可以选 择某一个通道；选择第 3 种方式，则其下方可分别选 择 X-Y 图的 X 和 Y 通道。

设置曲线形式：在“曲线形式”项中可以选择若干种不同的绘图形式，包括折线图、标记图、折线+标记图、实心柱图、空心柱图、台阶图、点图和面积图等方式，图 7.1.10 - 7.1.14 示意了其中几种形式的效果。

曲线光标读数：在曲线图上直接点击鼠标，则可以将读数光标直接定位到离鼠标点击点最近的一个数据点位置上，按键盘的移动键可以使读数光标位置左右移动。在曲线右侧的文字信息中的“光标读数”下方显示光标位置处的横纵坐标数据。



7.1.5 ODS 彩色显示

ODS 彩色显示是一个使用 3D 结构进行应变（或应力）变形的动态彩色显示功能。该功能为选件。
使用该功能包含进行以下操作：

- （1）按照被测对象建立 ODS 几何结构文件；
- （2）设置结构文件的约束信息，即结构上各个节点对应的应变测量通道，若使用应变花方式显示应力变形，则相连每三个测量通道对应结构上的一点；
- （3）设置显示内容，包括应变直接显示、换算成应力或应变花计算各种主应力的显示内容；
- （4）调入 ODS 显示模块，在应变测量过程中动态显示应变或应力图形。

点击左侧操作栏的“ODS 彩色显示”按钮，将出现如图 7.1.15 的对话框。

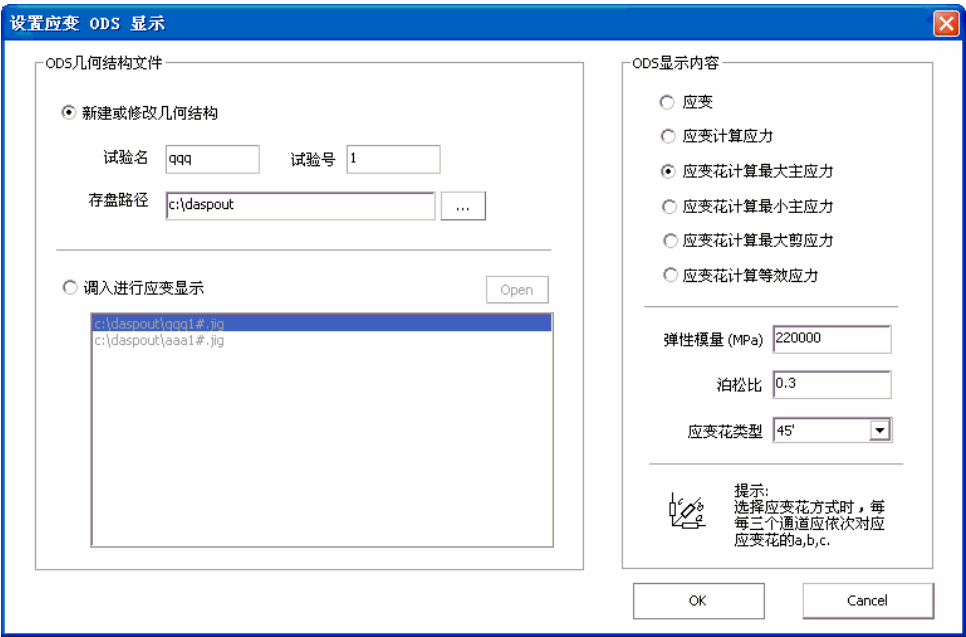


图 7.1.15 设置 ODS 显示参数

7.1.5.1 ODS 几何结构文件：

此栏下有两项选择，分别对应两种不同的操作：

（1）新建或修改几何结构：

此处填写几何结构文件的试验名、试验号和存储路径，设置完毕后按确定按钮，将会调出 DASP “Struct 结构生成” 程序，如图 7.1.16 所示，用于输入几何结构。若上述试验名、试验号的结构文件已经存在，则调出并可进行修改，若不存在，则新建。

提示 1：详细操作过程请参见该程序的帮助文件；

提示 2：实际应变测量的结构上每个测点，应在几何结构中对应一个节点，并合理设置节点连线 and 几何面的参数。此外还需要输入约束信息，即每个节点对应实际的应变采集通道号。若为应变花方式，则每三个应变通道计算一个主应力对应几何结构的一个节点。

提示 3：为显示直观，应将约束信息设置到 Z 方向上。

(2) 调入进行应变显示:

其下方的列表中列出了最近使用的几何结构文件, 也可通过 **Open** 按钮调入一个几何结构文件 (*.Jig), 列在下方的列表中, 然后从列表中选择几何文件。按“确定”按钮后, 将调出 ODS 程序, 如图 7.1.17 所示, 该 ODS 程序调入选择的几何结构文件, 并在进行一次测量后, 动态进行变形显示。

提示: 选择此项后, 还需设置 ODS 显示内容。

7.1.5.2 ODS 显示内容

可选择显示内容:

应变: 直接使用应变测量数据进行 ODS 显示;

应变计算应力: 使用测量的应变值乘以弹性模量后, 转为应力值进行 ODS 显示;

应变花计算最大主应力: 使用应变花测量, 每三个连续的应变通道进行一个应变花的测量, 计算一个最大主应力值进行 ODS 显示;

应变花计算最小主应力: 使用应变花测量, 计算最小主应力值进行 ODS 显示;

应变花计算最大剪应力: 使用应变花测量, 计算最大剪应力值进行 ODS 显示;

应变花计算等效应力: 使用应变花测量, 计算等效应力值进行 ODS 显示;

选择各种应力显示时, 还需要设置弹性模量、泊松比和应变花类型。

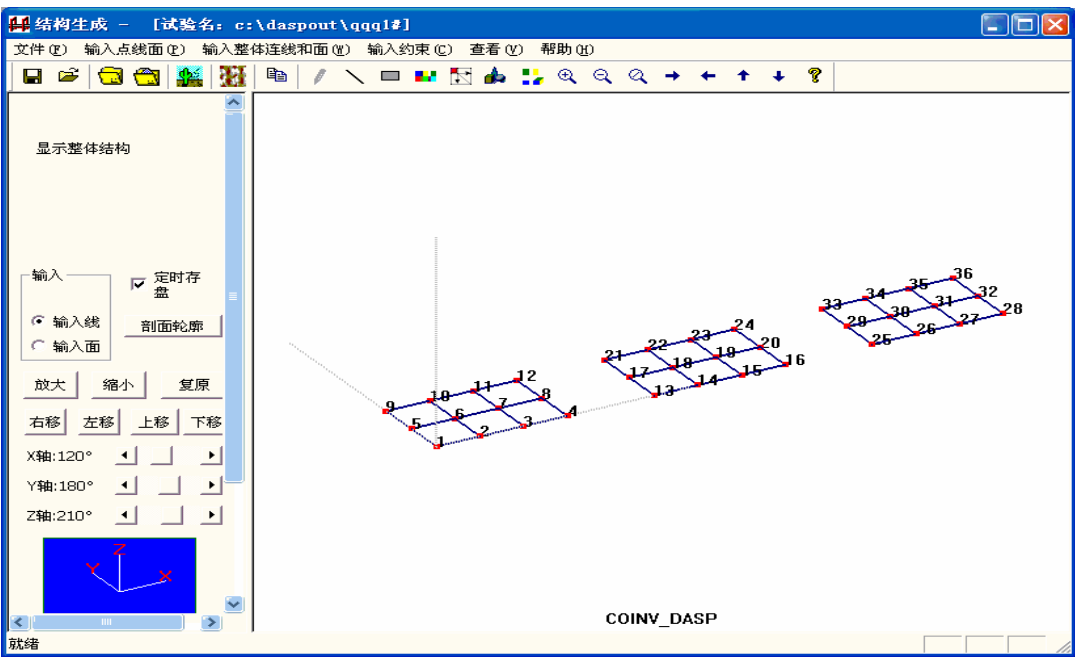


图 7.1.16 几何结构生成

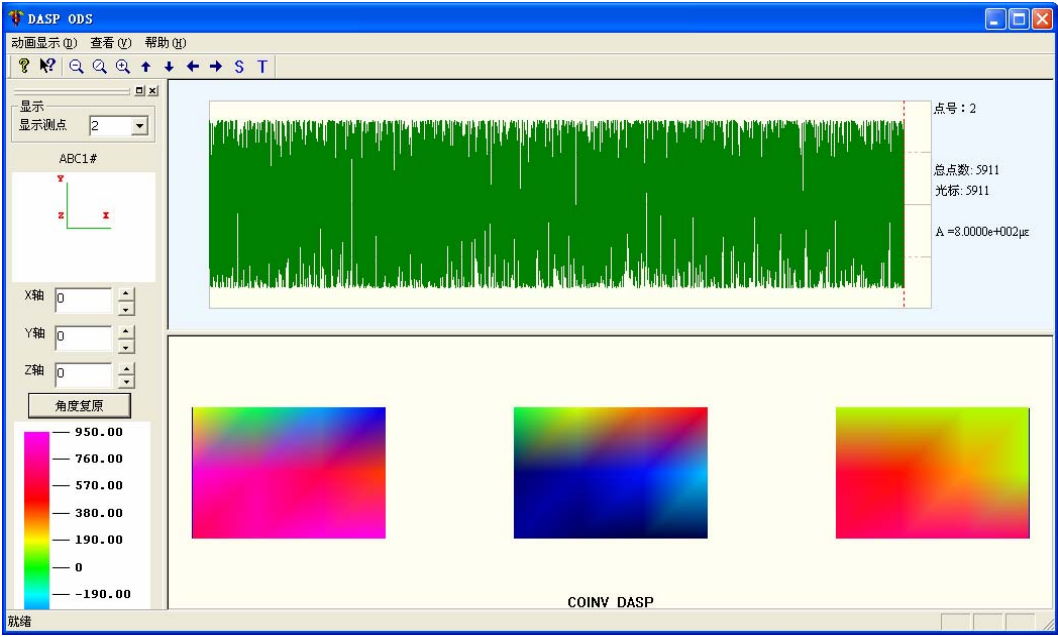


图 7.1.17 应变 ODS 显示

7.2 应变花分析

选择“应变花分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择三个以上需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.2，选择完毕后，将出现“设置应变花分析参数”对话框并可进行分析参数设置，设置完毕即可进入应变花分析模块，此时出现如图 7.2.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形、分析结果以及参数文字信息等内容。

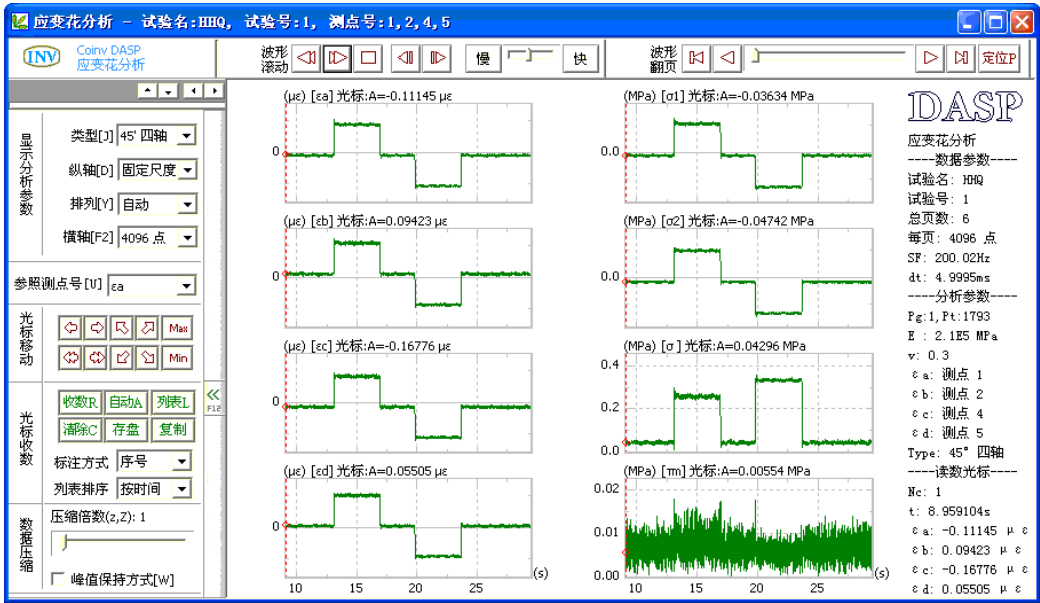


图 7.2.1 应变花分析窗口

7.2.1 应变花分析方法介绍

利用应变花的测量，可以测得测点的主应力大小、方向，以及最大剪应力的大小。通常使用三片应变片组成的三轴应变花，优势还使用四片应变片组成的四轴应变花，其贴片方式如下图，第一种为三轴 45 度角方式（也称直角型），第二种为三轴 60 度角方式（也称等角型），第三种为四轴 45 度角方式（也称扇型），第四种为四轴 60 度角方式（也称伞型）。

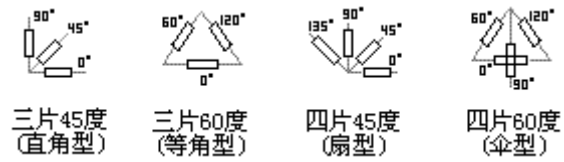


图 7.2.2 几种常见的应变花贴片方式

不同的贴片方式，计算方法不同：

对于 45 度角应变花，计算公式如下：

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} 2\theta &= \frac{2\varepsilon_b - \varepsilon_a - \varepsilon_c}{\varepsilon_a - \varepsilon_c} \\ \sigma_1 &= \frac{E}{2(1-\mu)}(\varepsilon_a + \varepsilon_c) + \frac{E}{\sqrt{2}(1+\mu)}\sqrt{(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2} \\ \sigma_2 &= \frac{E}{2(1-\mu)}(\varepsilon_a + \varepsilon_c) - \frac{E}{\sqrt{2}(1+\mu)}\sqrt{(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2} \\ \tau_m &= \frac{E}{\sqrt{2}(1+\mu)}\sqrt{(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2} \end{aligned}$$

对于 60 度角应变花，计算公式如下：

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} 2\theta &= \frac{-\sqrt{3}(\varepsilon_c - \varepsilon_b)}{2\varepsilon_a - \varepsilon_b - \varepsilon_c} \\ \sigma_1 &= \frac{E}{3(1-\mu)}(\varepsilon_a + \varepsilon_b + \varepsilon_c) + \frac{\sqrt{2}E}{3(1+\mu)}\sqrt{(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2 + (\varepsilon_a - \varepsilon_c)^2} \\ \sigma_2 &= \frac{E}{3(1-\mu)}(\varepsilon_a + \varepsilon_b + \varepsilon_c) - \frac{\sqrt{2}E}{3(1+\mu)}\sqrt{(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2 + (\varepsilon_a - \varepsilon_c)^2} \\ \tau_m &= \frac{\sqrt{2}E}{3(1+\mu)}\sqrt{(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2 + (\varepsilon_a - \varepsilon_c)^2} \end{aligned}$$

其中：

ε_a 、 ε_b 、 ε_c 、 ε_d ：对于 45 度角的贴片方式，分别表示 0° 、 45° 、 90° 、 135° 方向上的应变；对于 60 度角的贴片方式，分别表示 0° 、 60° 、 120° 、 90° 方向上的应变。

σ_1 、 σ_2 ：表示最大或者最小主应力。

τ_m ：表示最大剪应力。

θ ：表示最大主应力方向与 ε_a 应变片方向的夹角。

此外，对于主应力 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 ，可按第四强度理论计算出等效应力，如下：

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2}{2} + \frac{(\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2} + \frac{(\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

而对于平面问题， $\sigma_3 = 0$ 。

7.2.2 设置应变花分析参数

在选择完毕分析测点数据后，将出现“设置应变花分析参数”的对话框，其中要求选择分析方式和各种分析参数，选择不同分析方式时对话框形式有所不同，如图 7.2.6 所示。

在“应变花角度”栏中可以选择应变花的贴片形式，包括 45 度和 60 度两种可选；

在“弹性模量”栏中可以输入材料的弹性模量，单位为 MPa；

在“泊松比”栏中可以输入材料的泊松比；

在“选择测点号”栏中，可以将选择的数据测点与应变花的 a 、 b 、 c 三个应变片对应起来，如下：

在“分析测点号”列表框中可以选择某一个测点，然后：

按“ $\varepsilon_a \Rightarrow$ ”按钮，则选择该测点为 a 应变片的应变测量数据；

按“ $\varepsilon_b \Rightarrow$ ”按钮，则选择该测点为 b 应变片的应变测量数据；

按“ $\epsilon_c \Rightarrow$ ”按钮，则选择该测点为 c 应变片的应变测量数据；

按“ $\epsilon_d \Rightarrow$ ”按钮，则选择该测点为 d 应变片的应变测量数据；（注：选择三轴型应变花时则无此选择项）

对于不同的应变花形式，a、b、c、d 应变片与实际应变花中应变片的对应关系可参见应变花分析原理，或者参见“应变花角度”栏中对应的示意图形。

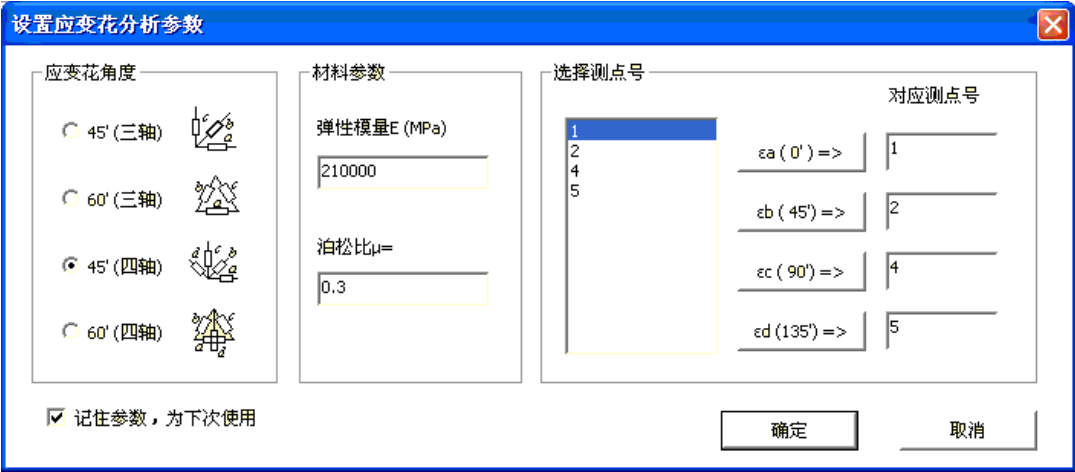


图 7.2.6 设置应变花分析参数对话框

7.2.3 设置参照测点号

在一些波形定位或者光标移动等操作时，有时需要按照某一测点的曲线进行一定的操作，此波形的测点就是参照测点，在窗口左部的操作控制区中的“参照测点号”栏中可以选择哪一个测点作为参照测点，其中 ϵ_a 、 ϵ_b 、 ϵ_c 、 ϵ_d 为各个应变片的应变波形， σ_1 、 σ_2 为最大或者最小主应力， τ_m 为最大剪应力。 σ 为按第四强度理论计算的等效应力。

7.2.4 应变花分析和显示操作

调入数据，完成参数设置后，便进入应变花分析，其中图形区显示 7 条曲线，其中 ϵ_a 、 ϵ_b 、 ϵ_c 三条为调入的应变片数据， σ_1 、 σ_2 为对应计算的最大或者最小主应力曲线， τ_m 为对应计算的最大剪应力曲线， σ 为对应计算的等效应力曲线。

移动光标到任何位置，在右侧的文字显示区中的“——光标读数——”栏下依次显示以下信息：

Nc: 光标位置点号；

t: 光标处的时间位置；

ϵ_a 、 ϵ_b 、 ϵ_c 、 ϵ_d : 光标位置处的各个应变片的应变幅值；

σ_1 、 σ_2 : 光标位置处计算的最大和最小主应力大小；

σ 、 τ_m : 光标位置处计算的等效应力和最大剪切应力大小；

θ : 光标位置处最大主应力方向与 ϵ_a 方向的夹角角度。

在左侧的操作控制区中有一些操作控件，可以进行一些显示和分析的操作。

在“显示参数”栏的“纵尺度调整”旋钮可以设置波形图纵尺度的方式，有四种方式可选：

- 1) 固定尺度：各图的纵坐标范围为采集仪的满量程范围；
- 2) 统一尺度：各图使用相同的满刻度值，这样各波形将在同一尺度下显示，具有幅值的可比性；

3) 自动尺度：各通道根据自身信号的大小分别独立调整满尺度，各波形都较好地占满显示图幅；

4) 按基线调整：在自动尺度方式的基础上，还根据信号基线位置调整波形的上下限尺度，这种方式对于信号基线不在 0 的附近时，可以较好地使波形占满显示图幅。

在“显示参数”栏的“图形排列”旋钮可以改变多个波形图的排列方式，具有四种方式可选：

1) 单列方式：所有通道的波形排成一行显示，当波形数目较多时可能会产生波形图纵向尺寸过小而影响显示和观察的情况；

2) 自动方式：当波形数目较少时排成一行显示，当波形数目较多时则自动排成两列；

3) 重叠方式：将所有波形使用不同颜色绘制在一幅图中，可以方便进行波形的比较，此时的“纵尺度调整”方式将自动使用“统一尺度”方式；

4) 单个方式：仅仅显示当前的参照测点号的波形。

在“分析参数”栏的“每页波形”旋钮可以设置显示每页波形的点数。

在“分析参数”栏的“应变花”旋钮可以设置应变花的贴片方式，包括 45 度和 60 度两种选择。

在“光标移动”栏中可以完成一些光标移动的功能，请参见 2.1.11。

通过“光标收数”栏可以收取波形图上的点，进行标注、列表或者输出，各功能请参见 2.1.12。

在“数据压缩”栏中可以完成数据的压缩功能，改变滑动条的位置。可以改变压缩的倍数，滑动条的刻度范围反映了当前数据的可压缩倍数的范围。

提示：压缩倍数 n 表示数据压缩过程中每 n 个点中抽取一点，得到压缩后的波形，若压缩倍数等于 1，则表示不压缩；

“峰值保持方式”选中后，可以实现压缩过程的峰值保持，即对于压缩倍数为 n 的压缩过程中，每 n 点中抽取绝对值最大的点。而不选择此项，则总是在每 n 点中的抽取其中的第一点。峰值保持压缩可以保证在数据压缩过程中不会将较大的峰值丢失，而普通方式的压缩则非常可能丢失一些大的峰值点。

重设参数：按“重设参数”按钮，将出现“设置应变花分析参数”对话框，可重新设置不同的分析参数。

其它测点：按“其它测点”按钮，可以选择不同的数据进行分析。

7.3 弹性模量分析

选择“弹性模量分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择两个采样数据，详细操作请参见 2.2，选择数据时必须注意：第一测点选择弹性模量试验中测量的应变信号，第二测点选择应力信号，选择完毕，即可进入弹性模量分析模块，此时出现如图 7.3.1 的子窗口。窗口主体部分为图形显示区，显示应力—应变曲线（即横轴为应变信号，纵轴为应力信号，绘值的曲线图），分析结果以及参数文字信息等内容。

对于拉伸或压缩试验，该应力—应变曲线在弹性变形区段的斜率反映了材料的弹性模量。

7.3.1 弹性模量试验过程

在进入弹性模量分析之前，必须先测量试件在拉伸或者压缩过程中的应力和应变数据，得到该数据之后，再进入本模块进行弹性模量的计算。一般步骤如下：

1 进入 DASP 的“示波采样”模块（通过工具条的“示波采样”按钮即可进入），在试件的拉伸或者压缩过程中，测量两路信号：应力信号和应变信号，得到应力和应变数据波形。

若直接测量不是应力和应变，则需要转换，简单的转换方法是通过标定值来完成。

例如：我们直接测量的是变形大小，而不是应变。测量使用位移传感器，传感器的灵敏度为 A (mV/m)，试件初始长度为 B (m)，若将该传感器等效成应变传感器，设等效应变传感器的灵敏度为 C (mV/uE)，可如下推导：

当试件长度变化 dx (m)时，传感器输出 $dx \cdot A$ (mV)电压，而此时的应变相当于 dx/B ，

即 dx/B 个应变会使传感器输出 $dx \cdot A$ mV 的电压，

→ 1 个应变 输出 $A \cdot B$ mV 的电压

→ 1 个微应变 输出 $A \cdot B \cdot 1E-6$ mV 的电压

这样等效为应变传感器的灵敏度相当于 $A \cdot B \cdot 1E-6$ mV/uE，其中 uE 为微应变单位。

注意：上述转换中， A 和 B 中关于长度的单位必须一致，本例中均为 m。

把该位移传感器当作灵敏度 $A \cdot B \cdot 1E-6$ (mV/uE)的应变传感器使用，即可测量得到应变数据。

2 进入本弹性模量分析模块，调入上个步骤中测量的应变和应力信号，其中第一测点选择应变信号，第二测点选择应力信号，即可进行弹性模量的计算。

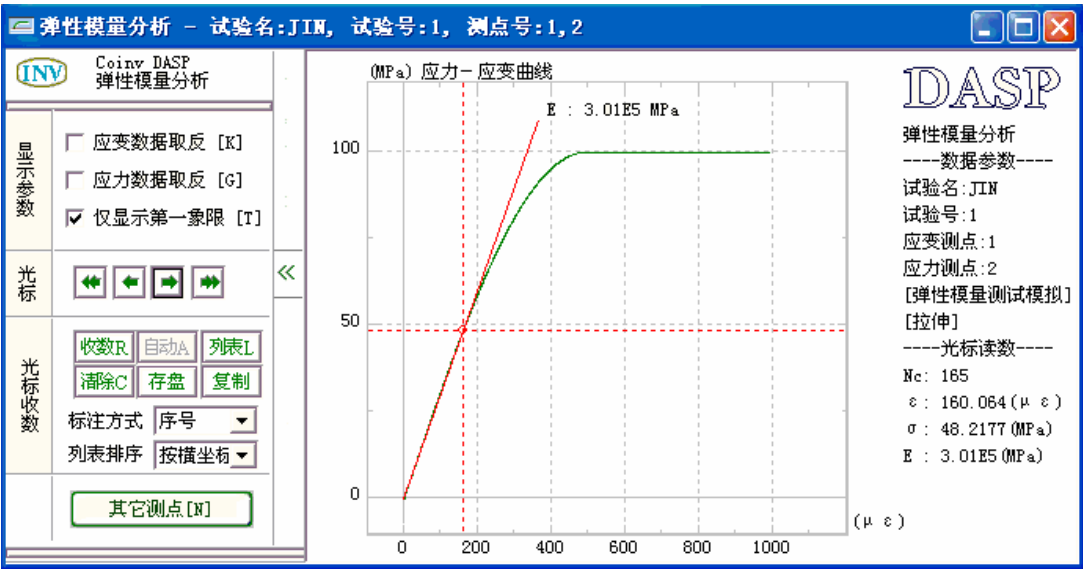


图 7.3.1 弹性模量分析窗口

7.3.2 弹性模量分析和显示

进入弹性模量分析窗口后，将显示应力—应变曲线，其中横坐标为应变，纵坐标为应力，根据材料弹性变形的有关理论，可知在弹性变形阶段，应力—应变曲线的斜率就反映了材料的弹性模量，

如图 7.3.1 中的曲线，其中红色实线为曲线在当前光标位置处的斜率直线，左右移动读数光标，可以改变斜率直线的位置，斜率直线末端显示的数值即为根据该斜率计算出的弹性模量。

左右移动读数光标，当斜率直线可以代表弹性变形的情形时，其末端显示的数据 E 就是该材料的弹性模量。注意：要得到正确的弹性模量值，必须将当前光标移动到合理的能代表弹性变形的位置上。

一般我们习惯在坐标系的第一象限绘制应力-应变曲线，因为应力和应变总是成正比，但在实际测量时，由于传感器的布置反向，可能使得实际的曲线位移第二、三、四象限，此时可以通过将应变数据或应力数据进行取反，使曲线回到第一象限中。具体方法为：在窗口左侧的操作控制区中，选择“应变数据取反”或者“应力数据取反”即可。此外若选择“仅显示第一象限”，则右部的应力-应变曲线将仅仅显示坐标系第一象限的部分。

在“光标移动”栏中可以完成一些光标移动的功能，分别如下：

 左移一点  右移一点  左移十点  右移十点

鼠标在曲线图上点击，也可将当前的读数光标定位到鼠标点击位置。按键盘的方向键可以使光标左右移动。

在曲线图右侧文字中的“光标读数”栏下显示当前光标的位置和读数等信息，其中：

- Nc : 当前光标位于数据位置的点号；
- ε : 当前光标位置处的应变值
- σ : 当前光标位置处的应力值
- E : 当前光标位置处绘制的斜率直线代表的弹性模量数值。

通过“光标收数”栏的各按钮，可以收取应力-应变曲线图上的当前光标位置的点，进行标注、列表或者输出，各功能分别如下：

收数：收取当前光标位置的点并标注；

列表：将收取的数据在图中列表显示； 清除：清除所有收数标注和列表；

复制：将收取的数据复制到剪贴板中； 存盘：将收取的数据保存到文本文件或 Excel 文件中；

标注方式：选择收取点的标注方式，通常有 5 种方式可选；

数据排序：对收取的数据按不同方式进行排序

7.4 阻尼计算分析

选择菜单“阻尼分析”，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行阻尼计算的采样数据，详细操作请参见 2.1.2，选择完毕后，即可进入阻尼分析模块，此时出现如图 7.4.1 的子窗口，其中上部的按钮可以进行波形的滚动、翻页和定位等操作，左侧的操作控制区则可以进行各种阻尼计算操作和设置。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的全程波形、瞬时波形、瞬时频谱(与瞬时波形对应)和全程平均频谱等曲线，操作左侧的各按钮可进行各种不同方法的阻尼计算。

提示：本模块软件只对结构的响应信号进行阻尼分析计算。若需要通过频响曲线（传递函数、共振曲线）进行阻尼计算，则请进入“传递函数”分析模块进行阻尼计算。若需要通过频响曲线进行实时测量，则请进入“阻尼材料特性测试”模块进行阻尼在线测量

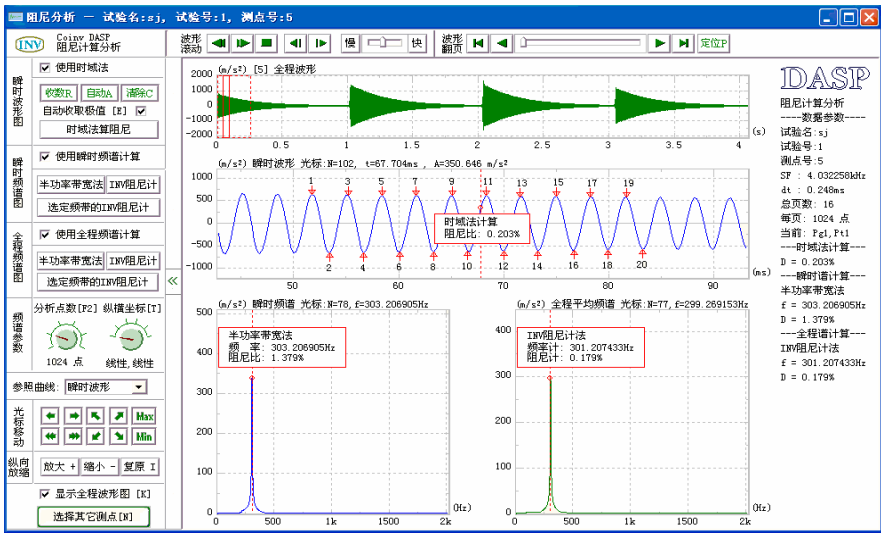


图 7.4.1 阻尼分析窗口

7.4.1 阻尼分析方法介绍

根据结构的振动信号计算阻尼比，通常包括时域法和频域法两类。

时域法是在测量单频自由衰减振动波形的基础上进行分析的，它要求必须能够测量结构的某一个固有频率（通常为最低阶固有频率）下自由衰减振动，然后根据波形的衰减速度计算阻尼比。该方法具有精度高的特点，但实际使用中受两方面的限制：信号必须为单频振动，并且是自由衰减振动波形。实际测量中常常使用松弛释放法等方法对结构进行激励，得到自由衰减的振动波形，然后收取自由衰减波形中相邻若干波峰和波谷，即可计算出阻尼比。

提示 1：时域算阻尼的方法适用于单一频率的自由衰减振动波形，若信号中含有多个频率成分，则不宜使用本方法，而可以使用频域方法；

提示 2：收数时，一定要收取相邻的若干波峰和波谷，并且数目不小于 3 个；

提示 3：可以仅仅收取若干相邻的波峰，也可以收取若干相邻的波谷，还可以同时收取若干相邻的波峰和波谷。建议使用同时收取波峰和波谷的方法，此法可消除波形中直流漂移的影响。如图 7.4.2。

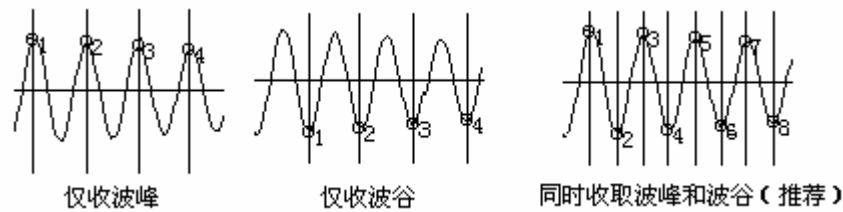


图 7.4.2 时域法计算阻尼比的收数方法

通过衰减信号的包络线进行拟合计算阻尼比也是属于时域法的一种。收取相邻波峰波谷的方法要求信号必须为单频衰减信号，而有些时候测取的衰减信号中可能包含多个频率成分，这时就需要使用包络线拟合的方法了。具体的方法如图 7.4.3 所示：首先从信号频谱中选择需要计算阻尼比的频率成分进行带通滤波，然后计算带通滤波后的包络线，最后对包络线按指数衰减函数进行拟合，得到指数函数的系数，并计算阻尼比。

提示：若不进行带通滤波，则通过包络线拟合得到的阻尼比为频谱中谱峰最大的频率成分的阻尼比，但是若其它谱峰的大小与其接近时，计算结果的误差将变大。

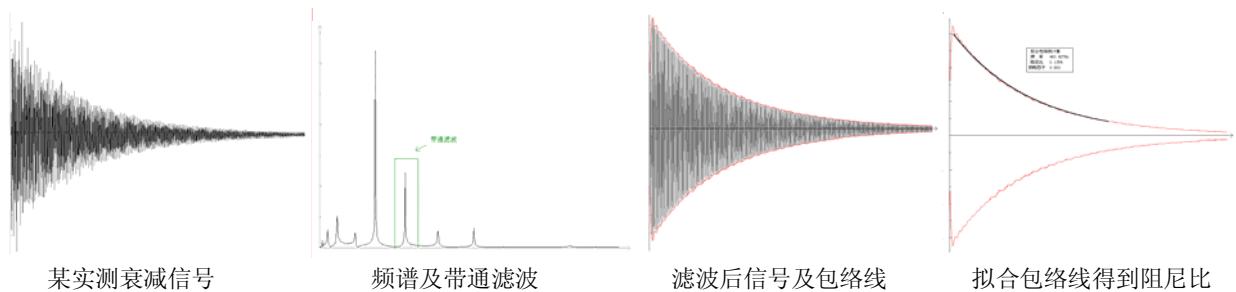


图 7.4.3 拟合包络线计算阻尼比的方法

频域法是通过信号的频谱进行阻尼比的计算。在 DASP 软件中提供三种频域方法：半功率带宽法、INV 阻尼计法和选定频带的整体阻尼计方法。

半功率带宽法是最常见的计算方法，一般有关书籍中都会有所介绍，它根据频谱中某个谱峰的半功率带宽计算阻尼比。该方法常常具有一定的误差，原因为：该方法的理论上有一定的近似，其次由于 FFT 频谱是具有一定频率间隔的离散谱，因此计算谱峰的主频和半功率带宽是都不可避免存在误差。尤其在低频和小阻尼的情况下误差更为显著，常常会出现百分之几百的误差而导致结果根本不可信。

INV 阻尼计法是针对半功率带宽法的问题而发展的，为 DASP 软件的特有方法，结合时域法和频谱的特点，并基于不受频率分辨率影响的 INV 频率计技术，可以得到更加准确的阻尼结果。该方法对仿真信号进行计算时误差小于百分之一，对于工程中的实际信号，计算结果非常稳定。

选定频带的整体阻尼计法则是基于 INV 阻尼计法的，在频谱中谱峰上具有较多毛刺的情况（例如低信噪比的情形，或者随机振动的情形等）或者谱峰中不存在半功率点的情况，前两种方法由于无法正确计算半功率带宽而不能进行计算，此时需要使用选定频带的整体阻尼计，人工选择谱峰两边的频带范围，然后进行阻尼比的计算。

在使用频域法时，有时需要使用信号中的一段波形的频谱（瞬时频谱）进行计算，有时需要使用全部数据的平均频谱进行计算，因此在本模块中同时给出瞬时频谱和全程平均频谱。可以根据实际需要选择瞬时频谱或者全程频谱进行阻尼计算。

提示 1：本软件给出两个计算结果：阻尼比和损耗因子。根据理论定义，两者关系非常简单，即损耗因子等于阻尼比乘以 2。但是一般习惯上阻尼比使用百分比形式表示。

提示 2：频域法既可以使用振动信号的频谱，也可以使用频响函数的幅频曲线。若要通过频响函数进行

阻尼计算，则不包含在本模块中，请进入“传递函数”模块中进行相关操作，或者进入“阻尼材料测试”模块进行在线测量。

7.4.2 波形滚动和定位

波形滚动和定位操作请参见 2.1.10，波形滚动和定位操作后，选择的波形段就是当前瞬时波形的范围，显示在瞬时波形图中，同时瞬时频谱图中的频谱也是对应当前瞬时波形的频谱。

瞬时波形图中可以通过鼠标拖拉（按住鼠标左键拖动鼠标即可选择波形图中的一段）选择瞬时波形中的任意一段进行拉开显示。在瞬时波形图中点击鼠标右键，弹出菜单中选择“波形图横向复原”则可以复原显示整段瞬时波形。

在全程波形图中，使用读数光标颜色的虚线框示意了当前瞬时波形段在全程波形中的位置，而实线框则示意了瞬时波形中拉开显示的一段。

7.4.3 进行阻尼比计算

调入波形后，将显示波形的全程波形图、瞬时波形图、瞬时频谱图和全程平均频谱图，此时还没有进行阻尼计算。在左侧的操作控制区中的各种按钮可以实现多种方法的阻尼比计算。

（1）时域法计算：

选中“使用时域法”选择项，则可以使用时域法，否则将不使用时域法计算。

若调入的波形为单频自由衰减振动波形，则可以通过时域法进行阻尼比的计算。在左侧的“瞬时波形图”栏中的各操作控件可用于时域法的计算操作。

第一步：收取若干相邻的波峰或者波谷。在瞬时波形图中某一个波峰或者波谷的位置上点击鼠标左键，可将读数光标定位到点击处，然后按“收数”按钮，或者按键盘的“R”键，即可收取该波峰或者波谷点，并用序号进行标记。连续收取若干个相邻的波峰或波谷（不少于三个，且必须为相邻的）。

第二步：按“时域法算阻尼”按钮，即可进行阻尼比的计算，并在瞬时波形图的中央显示计算结果。

若重新收取数据或者追加收取数据之后，计算结果将自动消失，此时需要再次按“时域法算阻尼”按钮进行新的计算。

按“自动”按钮，则出现“自动收数”对话框，选择“极值”方式，可自动收取若干最大的极值。只要信号是完全衰减的波形则自动收取的极值就是相邻的波峰和波谷。

按“清除”按钮，则清除收取的波峰或波谷点，同时消去计算结果。

若选中“自动收取极值”按钮，则在按“收数”按钮的操作时，将自动收取最靠近当前光标的某一个波峰或者波谷。否则将收取当前光标位置的点，即使光标位置不处于波峰或波谷上。而时域法要求收取波峰或者波谷，因此建议选中此项，保证收取的数据点总是波峰或者波谷。

（2）包络线拟合计算：

选中“显示全程波形图”选择项，则可以通过全程波形进行包络线拟合计算。

第一步：包络线计算。按“包络线计算”按钮，进行包络线的计算，此时将出现如图 7.4.4 的对话框，从中设置包络线计算参数，其中“数据分析参数”栏中，“计算范围”项缺省时包括全部波形，而“重叠系数”项表示计算过程中重叠计算的程度，较大的重叠系数具有较好的效果和较长的计算时间，此外还需要设置共振频带的范围，即对于信号中含有多个频率成分的情况下，选择要进行阻尼计算的频率，可以按“参考

频谱图”按钮，弹出“确定共振频带宽度”对话框，如图 7.4.5，根据实际的频谱图选择频带的范围。各项设置完毕后按“确定”按钮即可进行包络线计算，并在全程波形图中显示共振频率滤波后的滤波信号及其包络线，如图 7.4.7 所示。

第二步：阻尼比计算。按“拟合包络线算阻尼”按钮，即可根据当前已经计算后的包络线进行拟合计算，此时将出现如图 7.4.6 的对话框，可以选择包络线中的某一段来进行计算，计算后将在全程波形图中显示拟合后的衰减指数曲线，并显示阻尼比计算结果，如图 7.4.8。

提示：除了通过如图 7.4.6 的对话框选择包络线区段外，还可以通过鼠标在全程波形图上直接选取区段，方法为将鼠标移到全程波形图中对应要选择区段的左边位置，按住左键向右拖动鼠标，直到要选择区段的右边位置后，松开鼠标左键，将弹出如图 7.4.6 的对话框，此时对话框中缺省的参数就是刚刚通过鼠标拖拉选择的区间。



图 7.4.4 设置包络线参数

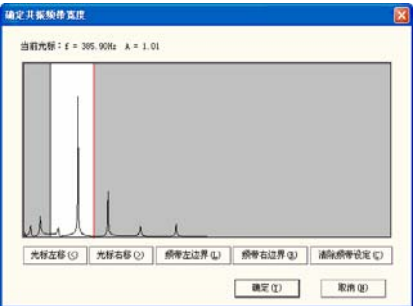


图 7.4.5 选择频带

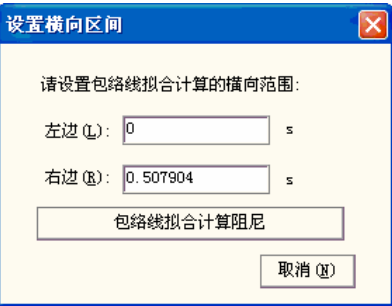


图 7.4.6 选择拟合计算参数

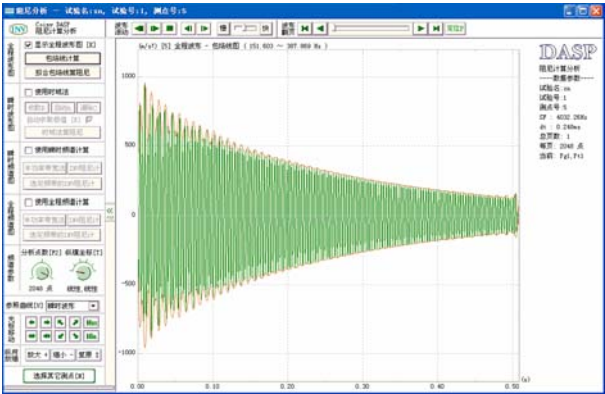


图 7.4.7 包络线计算结果

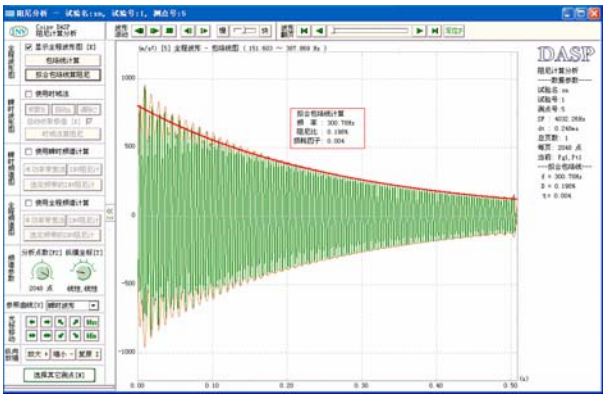


图 7.4.8 拟合计算阻尼比结果

(3) 使用瞬时频谱进行频域法计算：

选中“使用瞬时频谱计算”选择项，则可以使用瞬时频谱进行频域法计算，否则将不使用瞬时频谱。

若要使用信号中某一段信号的频谱进行频域法计算，则可以使用瞬时频谱。在左侧的“瞬时频谱图”栏中的各操作控件可用于瞬时频谱的频域法的计算操作。

第一步：定位谱峰。使用频域法可以对具有多个频率的信号进行阻尼计算，而每个频率下的阻尼比是不同的，若要计算某个频率的阻尼比，则首先将读数光标定位到该频率的谱峰位置处。可直接在瞬时频谱图上的该谱峰位置点击鼠标左键即可。

第二步：进行阻尼比计算。按“半功率带宽法”或者“INV 阻尼计法”或者“选定频带的 INV 阻尼计”按钮可以选择某一种方法计算当前光标位置处的频率的阻尼比，并在瞬时频谱图上显示计算的结果数据。其中计算结果中包括频率和阻尼比两个数据。

在使用选定频带阻尼计方法时，将出现如图 7.4.9 的对话框，要求从中输入频带的左右频率，然后按“选

定频带整体阻尼计计算”即可。此外还可以使用更加直接的操作方法，即直接通过鼠标在频谱图上选择一个频带（在频谱图上按鼠标左键，然后拖动鼠标即可选择一个区域），松开鼠标左键将弹出如图 7.4.10 的对话框，其中的左右频率范围的数据就是鼠标选择的区域。

当瞬时波形区段变化时，瞬时频谱将相应改变，则阻尼计算结果的数据将自动消去。

（4）使用全程频谱进行频域法计算：

选中“使用全程频谱计算”选择项，则可以使用全程平均频谱进行频域法计算，否则将不使用全程频谱。

若要使用全程信号的平均频谱进行频域法计算，则可以使用全程频谱。在左侧的“全程频谱图”栏中的各操作控件可用于全程频谱的频域法的计算操作。

第一步：定位谱峰。使用频域法可以对具有多个频率的信号进行阻尼计算，而每个频率下的阻尼比是不同的，若要计算某个频率的阻尼比，则首先将读数光标定位到该频率的谱峰位置处。可直接在全程频谱图上的该谱峰位置点击鼠标左键即可。

第二步：进行阻尼比计算。按“半功率带宽法”或者“INV 阻尼计法”或者“选定频带的 INV 阻尼计”按钮可以选择某一种方法计算当前光标位置处的频率的阻尼比，并在全程频谱图上显示计算的结果数据。其中计算结果中包括频率和阻尼比两个数据。

在使用选定频带阻尼计方法时，将出现如图 7.4.9 的对话框，要求从中输入频带的左右频率，然后按“选定频带整体阻尼计计算”即可。此外还可以使用更加直接的操作方法，即直接通过鼠标在频谱图上选择一个频带（在频谱图上按鼠标左键，然后拖动鼠标即可选择一个区域），松开鼠标左键将弹出如图 7.4.10 的对话框，其中的左右频率范围的数据就是鼠标选择的区域。

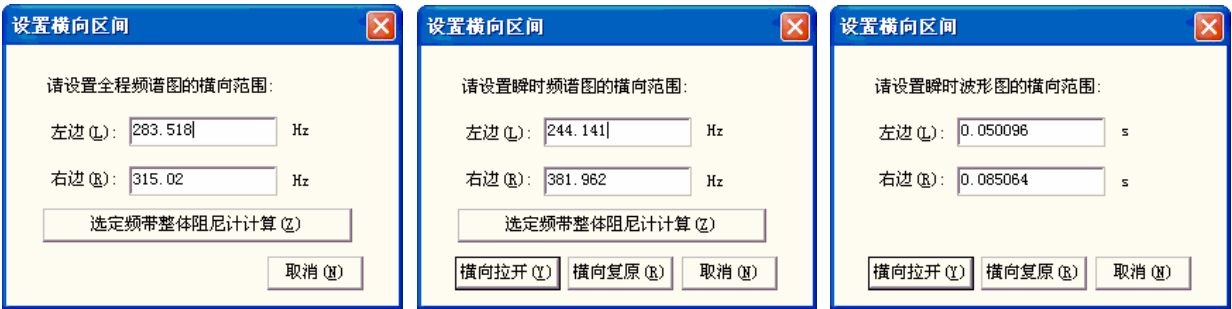


图 7.4.9 频带整体阻尼计对话框 图 7.4.10 频谱横向拉开对话框 图 7.4.11 波形横向拉开对话框

7.4.4 显示分析操作

频谱图拉开显示：在瞬时频谱图或者全程频谱图上使用鼠标（按住左键拖动鼠标）可直接选择一段区域，松开鼠标后将出现如图 7.4.10 的对话框，其中左右频率的输入框中就是鼠标选择的区域，也可以更改其数据，然后按“横向拉开”即可拉开显示该区段。若按“横向复原”则复原显示整个频谱区域。在频谱图上点击鼠标右键，弹出菜单中选择“××频谱横向复原”同样可以完成横向复原的功能。

瞬时波形图拉开显示：在瞬时波形图上使用鼠标（按住左键拖动鼠标）可直接选择一段区域，松开鼠标后将出现如图 7.4.11 的对话框，其中左右时间的输入框中就是鼠标选择的区域，也可以更改其数据，然后按“横向拉开”即可拉开显示该区段。若按“横向复原”则复原显示整个瞬时波形区段。在瞬时波形图上点击鼠标右键，弹出菜单中选择“波形横向复原”同样可以完成横向复原的功能。

在全程波形图中，使用读数光标颜色的虚线框示意了当前瞬时波形段在全程波形中的位置，而实线框则

示意了瞬时波形中拉开显示的一段。

分析点数：在左侧“频谱参数”栏中的“分析点数”旋钮可以设置瞬时波形的点数和频谱分析点数。

频谱坐标形式：在左侧“频谱参数”栏中的“横纵坐标”旋钮可以设置频谱图的横坐标和纵坐标形式，其中横坐标可以是线性和对数方式，纵坐标可以是线性、分贝 dB 和对数 Log10 方式。

显示全程波形图：“显示全程波形图”选择项的选中与否可以设置是否在图中显示全程波形图。

7.5 阻尼材料特性测试

选择菜单“阻尼材料测试”，即可进入阻尼在线测量模块，此时出现如图 7.5.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区则可以进行相关的阻尼测试操作和设置。窗口主体部分为图形显示区，其中显示在线测量的频响曲线和测量过程中的信号波形等。

提示：本模块实现通过频响曲线进行在线测量的功能。若要通过频响曲线进行离线阻尼计算，则请进入“传递函数”分析模块进行阻尼计算。若仅仅使用响应信号进行阻尼计算，则请进入“阻尼分析”模块。

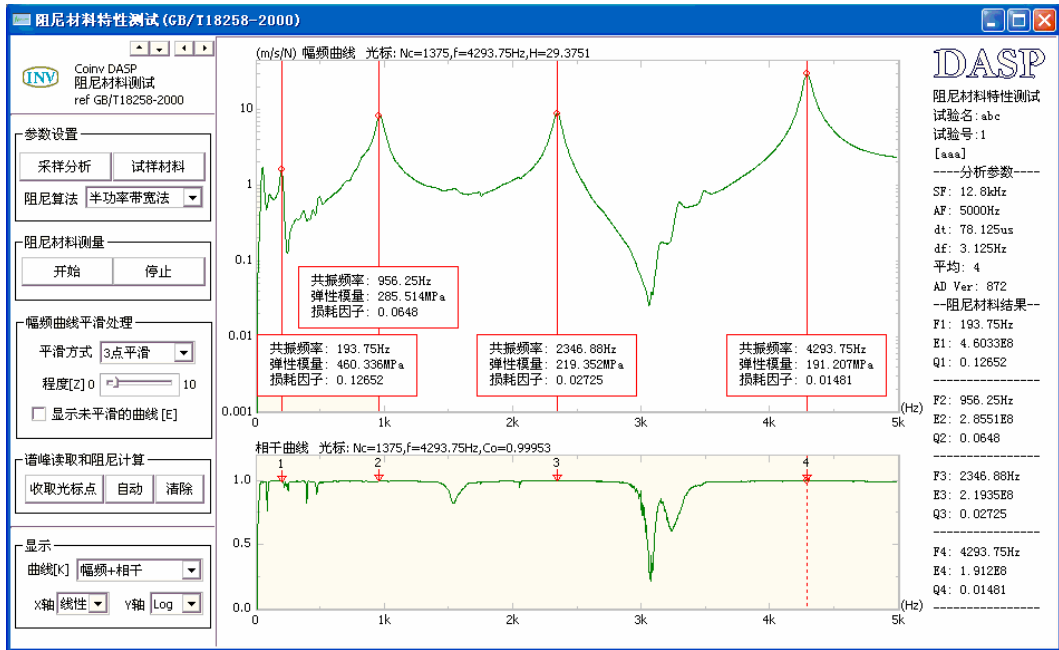


图 7.5.1 阻尼材料测试

7.5.1 共振法阻尼测试方法介绍

本模块是符合 GB/T18258-2000 和 GB/T16406-1996 标准的采用共振法测量材料阻尼特性的测量软件。测量过程中需要同时对激励信号和阻尼材料试样响应信号进行测量，并实时进行频响分析获取平均后的频响曲线，通过频响曲线的共振峰计算阻尼材料的损耗因子（损耗因子等于阻尼比乘以 2）以及弹性模量。

阻尼材料包括自支撑材料和非自支撑材料。对于自支撑阻尼材料可以直接进行激励和测量，而对于非自支撑阻尼材料则需要将其粘贴到金属板上进行测量，此时还需要先对金属板的共振频率和弹性模量等特性进行测量。

共振法测量需要对试样进行激励，并测量激励和响应信号，计算频响曲线的平均结果。激励可以是正弦扫频激励，也可以是随机激励。采用正弦扫频激励时需要选择峰值保持的平均方式，而随机激励下则应选择线性平均方式。

获取频响曲线后，可以通过共振峰区域的曲线计算材料的阻尼特性（损耗因子和弹性模量）。本软件中提供两种方法：半功率带宽法和 INV 阻尼计法。

半功率带宽法是最常见的计算方法，它根据频谱中某个谱峰的半功率带宽计算阻尼比。该方法常常具有一定的误差，原因为：该方法的理论上有一定的近似，其次由于 FFT 频谱是具有一定频率间隔的离散谱，因此计算谱峰的主频和半功率带宽是都不可避免存在误差。尤其在低频和小阻尼的情况下误差更为显著，常

常会出现百分之几百的误差而导致结果根本不可信。

INV 阻尼计法是针对半功率带宽法的问题而发展的，为 DASP 软件的特有方法，结合时域法和频谱的特点，并基于不受频率分辨率影响的 INV 频率计技术，可以得到更加准确的阻尼结果。该方法对仿真信号进行计算时误差小于百分之一，对于工程中的实际信号，计算结果非常稳定。INV 阻尼计方法海自动包含了选定频带的整体阻尼计法，当频谱中谱峰上具有较多毛刺的情况（例如低信噪比的情形，或者随机振动的情形等）或者谱峰中不存在半功率点的情况下，此方法自动选择谱峰两边的一个合适频带范围，进行整体阻尼比的计算。

提示 1：本软件根据相关标准给出若干共振频率上的损耗因子和弹性模量两个阻尼特性参数。

提示 2：常用的阻尼比参数与损耗因子的关系为：损耗因子等于阻尼比乘以 2；

提示 3：本软件给出的弹性模量数据是在阻尼试样处于悬臂梁约束下测量得到的，若实际被测试样不是悬臂梁约束方式，则请不要使用弹性模量的结果数据。

大阻尼问题：

共振曲线法测试阻尼是建立在线性小阻尼的理论基础上，若采用半功率带宽法，对于大阻尼（损耗因子大于 0.1）情形，则会产生一些偏差。使用 INV 阻尼计法则受影响较小。

首先，损耗因子的高阶项影响不可忽略，需要进行修正，在 DASP 中称为“高阶修正”算法；

其次，大阻尼的谱峰相对高度较低，可能无法寻找到半功率点（半功率点对应从谱峰下降 3dB 的位置），替代的办法是选择比共振峰下降 2dB 或者 1dB 的位置进行计算，此时的计算结果还需要乘以相应的修正，在 DASP 中称为“-2dB 带宽”和“-1dB 带宽”算法；

再次，对于谱峰不对称的情况（谱峰到两边半功率点的半带宽相差较大），可选择较窄的半带宽乘以 2 作为半功率带宽，在 DASP 中称为“窄边带宽”算法。

7.5.2 阻尼测试步骤

7.5.2.1 设置采样和分析参数

在左侧操作区的“参数设置”按“采样分析”按钮，即可进行有关信号采样和频响曲线分析的参数，此时出现如图 7.5.2 的对话框，各项参数如下：

采样通道参数：

此表格中设置两个通道（激励信号测量和响应信号测量）的有关工程单位、标定值、采集仪输入量程（增益）和输入耦合方式等设置，应根据实际选择的传感器和放大器等实际情况进行合理设置。

频响曲线分析参数：

采样频率：设置采样速率，单位为 Hz，右侧显示分析频率 AF，应保证分析频率包含实际需要测量的频率范围；

FFT 分析点数：进行 FFT 计算的点数，必须为 2 的幂次方，该分析点数和采样频率共同决定分析结果的频率分辨率，其右侧显示频率间隔 df，df 等于采样频率除以 FFT 分析点数。

平均方式：线性平均和峰值保持两种方式可选，前者适合随机激励，后者适合正弦扫频激励。

试验名称：为本次试验设置试验名，试验号和试验工况信息。

在左侧操作区的“参数设置”栏的“阻尼算法”项，可以设置阻尼计算使用的算法，包括半功率带宽法和 INV 阻尼计法。

在“大阻尼算法”项中允许在半功率带宽法计算时，选择大阻尼的修正计算方法，包括无修正、高阶修正、-2dB 带宽、-1dB 带宽和窄边带宽。

7.5.2.2 设置阻尼材料参数

在“参数设置”栏按“试样材料”按钮，即可进行有关阻尼材料制成的试样的一些参数，此时出现如图 7.5.3 的对话框，各项参数如下：

试样种类：实际测试使用的试样类型，请参照 GB/T18258-2000 的相关内容。

材料参数：设置阻尼材料的密度、长度和厚度；

金属板参数：（仅在试样类型为 B、C 和 D 时有效）设置金属板材料的密度和厚度；

提示：当试样种类选择 B、C 或 D 时，则进入下一步，设置或测量金属板特性参数（包括共振频率和弹性模量。若选择试样种类 A，则跳过下一步。

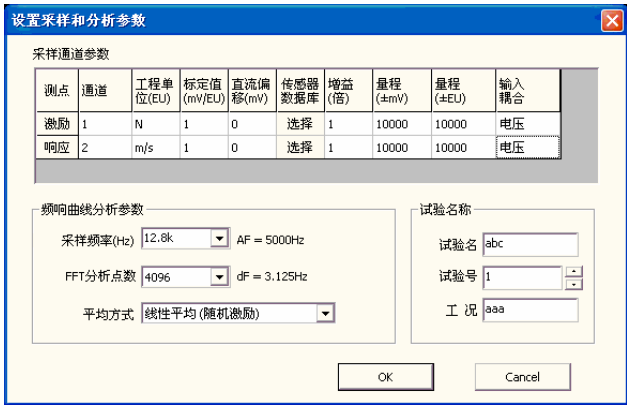


图 7.5.2 设置采样和分析参数

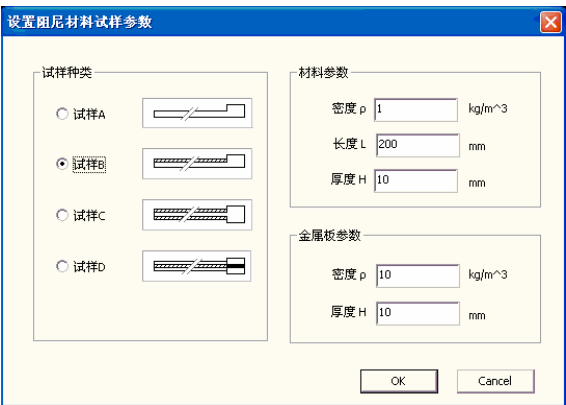


图 7.5.3 设置阻尼材料参数

7.5.2.3 设置金属板特性参数

在左侧操作区最下方的“金属板特性”栏中的表格显示最近一次使用的金属板参数，包括共振频率（符号为 f，单位 Hz）和弹性模量（符号为 E，单位 Pa）。若表格为空，或者需要重新测量金属板特性参数，则如下进行：

安装好金属板、激励装置和采集分析系统，按“测量”按钮，进行金属板共振曲线的测量，按“停止”按钮结束共振曲线的测量，并在图中显示共振曲线，通过鼠标点击和键盘方向键将读数光标移动到某一个共振峰处，然后按“读取”按钮即可读取该点的共振频率和弹性模量。重复操作可读取若干共振点的特性参数。按“清空”按钮可清除所选共振峰并重新进行操作。

对于需要使用的金属板特性参数，可以按“保存”按钮将其保存到磁盘文件中，以后可以按“调入”按钮直接调入金属板各项参数。

7.5.2.4 进行阻尼材料试样的测量

在“阻尼材料测量”栏中的“开始”和“停止”按钮可以完成实时测量过程。按“开始”后即开始进行测量，并实时进行频响曲线的平均计算，待平均一定次数后，即可按“停止”按钮阶数测量过程。此时在图中显示的就是频响曲线的测量结果曲线。

7.5.2.5 频响曲线预处理

在“幅频曲线平滑处理”栏中可以对共振幅频曲线进行平滑预处理，以削除共振峰上的杂波和毛刺。

平滑方式可选“3 点平滑”和“5 点平滑”。3 点平滑适合谱峰较“宽”（阻尼较大）的情况，而 5 点平滑由于阶数较高，更加适合谱峰较“尖”（阻尼较小）的情形。

平滑程度可设置 0~10 的范围，0 表示不平滑。

显示未平滑的曲线：选中则同时显示原始未平滑的曲线和平滑后的曲线，以此可判断平滑方式和平滑程度是否合适。若平滑后的曲线与原始曲线相差过大则请重新设置平滑参数。

7.5.2.6 共振峰选取与阻尼参数计算

通过鼠标点击和键盘方向键，将幅频曲线的读数光标移动某一个共振峰处，然后按“收取光标点”按钮即可读取该谱峰，并计算损耗因子和弹性模量，显示在图中的谱峰位置附近。

重复此操作可读取若干个共振峰。

按“自动”按钮可自动读取若干共振峰。对于试样 A，此时出现“自动收取数据”对话框，可设置自动收取若干个最大的谱峰（曲线上的极大值）。对于试样 B、C 和 d，则根据金属板的共振频率，直接收取对应的复合板的共振峰。

按“清除”按钮可清除所有读取的共振峰，以便重新操作。

7.5.3 显示操作

在左侧操作区的“显示”栏可设置显示内容和坐标方式。

曲线：选择显示的曲线，包括幅频曲线、相干曲线、相位曲线、实部和虚部、激励和响应的自功率谱、奈奎斯特图等。

X 轴：可选线性和对数 Log 坐标方式，对于低频段谱峰密集的情况可选对数方式。

Y 轴：可选线性、分贝 dB 和对数 Log 方式，选择 dB 或 Log 方式便于显示较小的谱峰。

7.6 阻尼材料减振性能分析

本模块通过分析不加阻尼材料的板和加阻尼材料的板两次振动试验数据，分析阻尼材料的减振性能。

对前后两次对比数据的要求：每次试验要求通过闭环随机控制系统，控制激励谱，要求前后两次激励谱大小和形状一致，当控制稳定后再开始采集数据。前后两次激励点位置相同，板的边界条件相同，测量点数量和位置相同。两次采样数据采样频率和采样长度相同。

闭环随机控制的操作参见随机控制软件操作手册，用力传感器代替加速度传感器进行控制，将工程单位“m/ss”看作“N”，输入加速度传感器的灵敏度。

7.6.1 基本操作

通过菜单“材料阻尼衰减性能分析”进入本软件模块，首先用“选择数据命令”调入两次对比数据

通过数据浏览可选择数据路径，通过文件名浏览可选择文件名。文件名下拉列表中有当前数据路径下所有的文件名。选择减振前试验号后减振后试验号，这时已有测点栏中列出当前所有测点，通过全选可选中全部测点进行分析。也可通过“=>”命令选一个测点，“<=”命令删除一个选中测点，选择部分测点进行分析。

数据选择完毕，按完成“调入”选中数据进行分析，“取消”命令忽略本次数据选择。

调入数据后如图 7.6.1 所示：

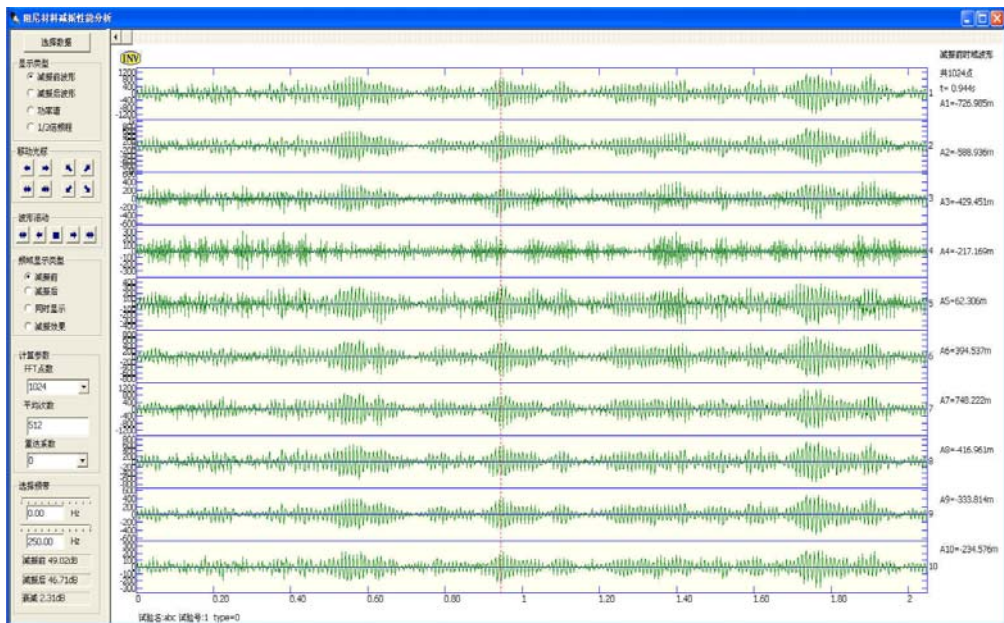


图 7.6.1 调入后显示波形图

波形滚动光标和图形上方的水平滚动条对波形滚动起作用。通过显示类型可选择减振前和减振后的波形。

频域显示类型对功率谱和 1/3 倍频程谱起作用。可显示减振前，减振后，同时显示及减振效果。振动量级的单位为 dB。

下图为同时显示 1/3 倍频程谱。

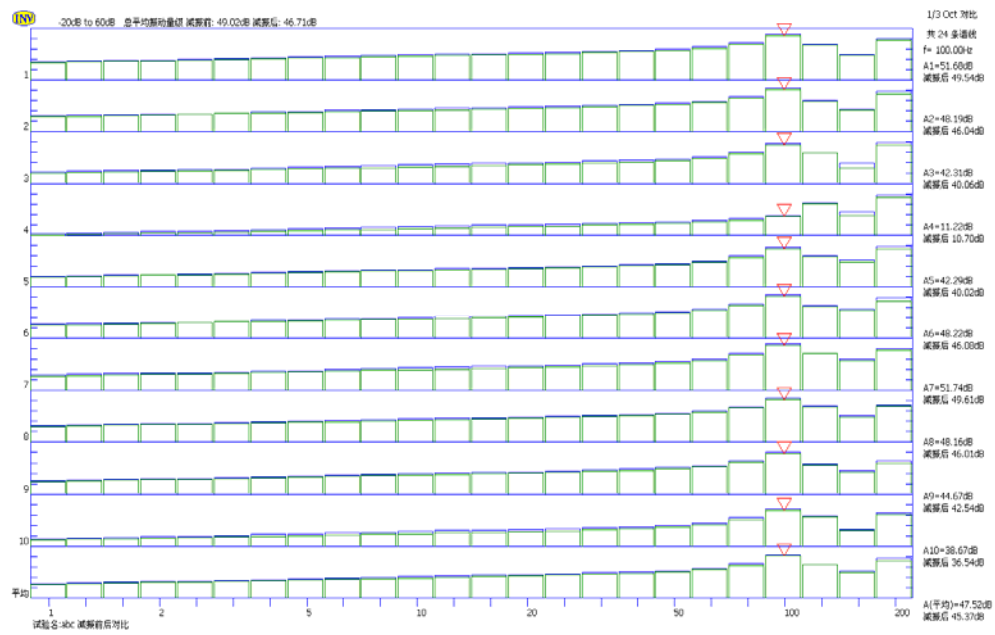


图 7.6.2 减振前后对比图，使用 1/3 倍频程谱显示

频谱显示时，即显示各测点波形，在最后一行也显示各点能量平均后的波形。在图形上端显示总平均振动量级。

减振效果显示如下图：

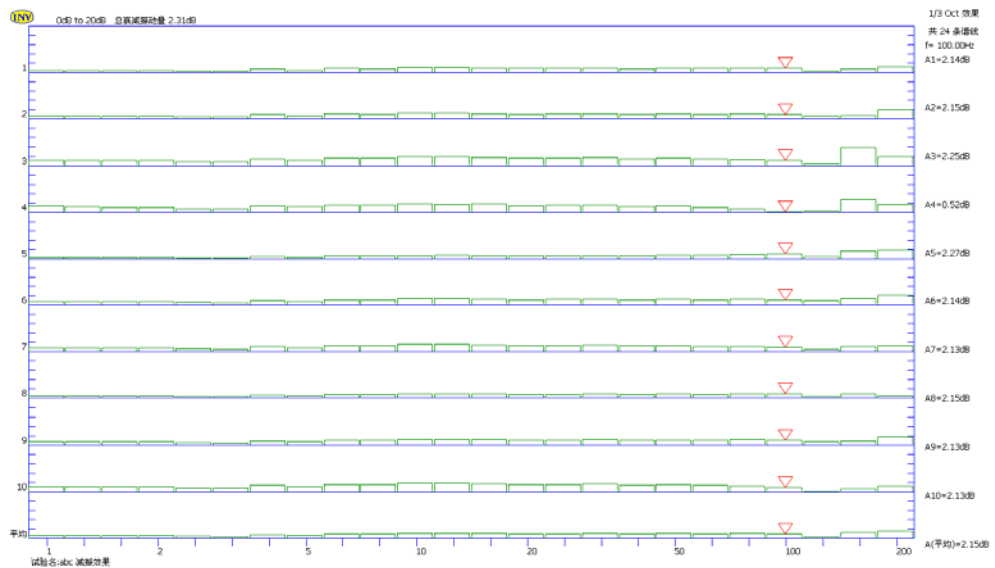


图 7.6.3 减振效果显示

7.6.2 显示分析操作

计算参数包括 FFT 点数，重叠系数和平均次数。改变参数后自动重新计算，计算时自动加汉宁窗。选择频带可任选某一频带计算总体衰减。可通过滚动条或直接输入的方式改变起始频率和截止频率。通过工具条可将图形复制，图形存盘，设置图形色彩，在线求助。

7.7 冲击系数分析

选择“冲击系数分析”菜单将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择一个需要进行分析的采样数据，详细操作请参见 2.1.2，选择完毕后，即可进入冲击系数分析模块，此时出现如图 7.7.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入数据的波形、分析结果以及参数文字信息等内容。

7.7.1 冲击系数分析显示和操作

进入冲击系数分析模块后，图形区将显示上下两个曲线图，上图为调入数据的全程波形图，下图为冲击系数分析图，右侧的文字显示当前调入数据的信息和分析结果数据。

选择冲击波形段：

若调入的波形中只有一段为冲击波形，则应选择这一段的信号进行分析，才能得出正确的结果，选择的方法如下：

在全程波形图，或者分析图上，按住鼠标左键不放，拖动鼠标即可选择一段波形，松开鼠标后，分析图上将仅仅显示刚刚选择的波形，而在全程波形图上，使用不同的背景底色区分被选择的波形部分和未选择的部分。注意：合理选择冲击波形的区段，才能得到正确的结果。例如图 7.7.1 中的全程波形图中，仅仅只有在 10 秒附近的波形才是冲击波形，此时就需要使用鼠标选择该段波形，如分析图中的那一段波形。

设置显示参数：

在左侧的操作控制区中，有“显示全程波形”的选择栏，可以设置是否显示全程波形图；其下方的“固定纵轴尺度”和“自动纵轴尺度”选择项，可以选择图形纵轴的尺度是固定的，还是自动根据波形幅值大小进行调整。

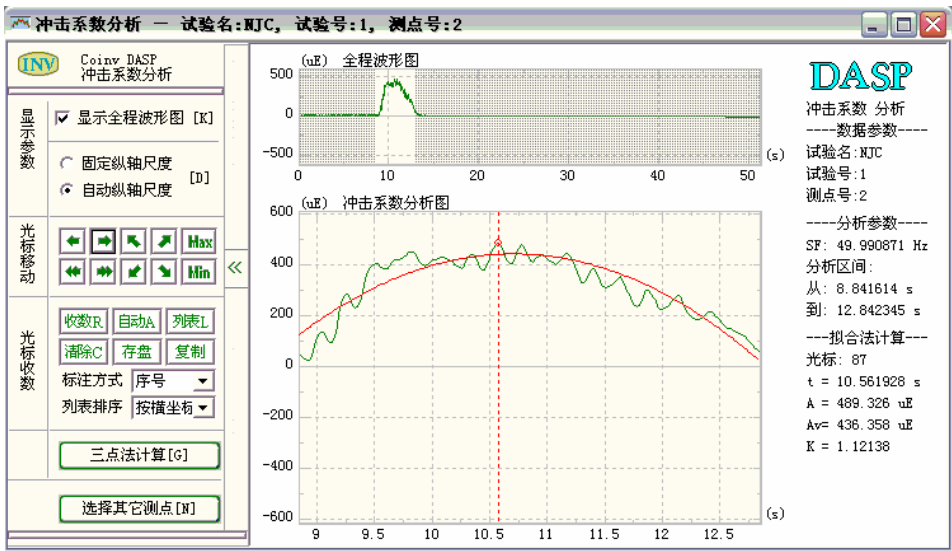


图 7.7.1 冲击系数分析窗口

7.7.2 拟合法计算冲击系数

在冲击系数分析图中，不仅显示当前分析的冲击波形段，而且还有一条与光标颜色相同（一般为红色）的曲线，该曲线是使用该段波形的数据进行最小二乘拟合得到的光滑曲线，选择不同区段的波形，其拟合的

红色曲线不同，因此合理选择冲击波形的区段是非常重要的。

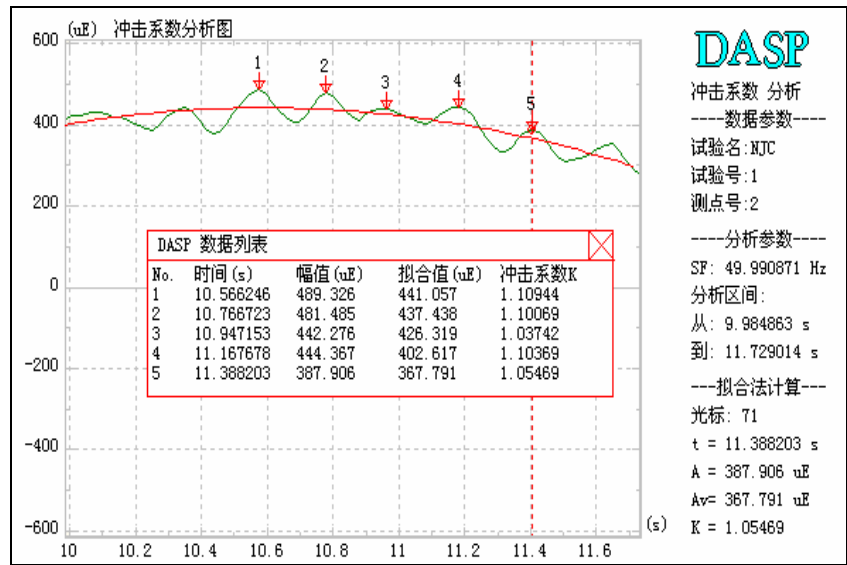


图 7.7.2 同时列表多个波峰点的冲击系数

点击鼠标或者按键盘方向键，将读数光标定位到某一个冲击的峰值点上，就可以得到该点的冲击系数，在右侧的文字信息区中的“---拟合法计算---”条目下方依次显示如下数据：

光标：光标的位置，点号，分析图中的最左侧为第一点；

t：光标处的波形的时间位置；

A：光标处的波形的幅值；

Av：拟合曲线在光标处的数值；

μ ：冲击系数，等于 $A/Av-1.0$ ；

$1+\mu$ ：动力系数，等于 A/Av ；。

若需要同时读取多个波峰点的冲击系数，则可以使用收数功能，收取若干波峰，然后使用列表功能，即可在图形区域显示一个数据列表，其中包括收取各点的 t、A、Av、 μ 、 $1+\mu$ 值。如图 7.7.2 所示。

7.7.3 两点法计算冲击系数

使用两点法计算冲击系数，首先需要选择一个波峰及其相邻的波谷，然后按左侧操作控制区的“两点法计算”按钮即可，此时在图形右侧文字区的“---两点法计算---”条目下方依次显示如下数据：

Nc：波峰点的点号；

t：波峰点的时间位置；

A：波峰点的波形幅值；

Av：两点法拟合的波峰点位置的拟合值，等于波峰和波谷的平均值；

μ ：冲击系数，等于 $A/Av-1.0$ ；

$1+\mu$ ：动力系数，等于 A/Av ；。

注意：使用两点法计算是必须正确选择一个波峰和其相邻的一个波谷。否则可能提示不能进行两点法计算，或者计算的结果不合理。选择两点方法如图 7.7.3 所示。

7.7.4 三点法计算冲击系数

使用三点法计算冲击系数，首先需要选择一个波峰的三个点（一个为波峰，另两个为相邻的波谷），然后按左侧操作控制区的“三点法计算”按钮，即可使用三点法计算中间一点的冲击系数，此时在图形右侧文字区的“——三点法计算——”条目下方依次显示如下数据：

- Nc: 波峰点（第二个点）的点号，分析图中的最左侧为第一点；
- t: 波峰点的时间位置；
- A: 波峰点的波形幅值；
- Av: 三点法拟合的波峰点位置的拟合值，等于波谷平均值与波峰的平均；
- μ : 冲击系数，等于 $A/Av-1.0$;
- $1+\mu$: 动力系数，等于 A/Av ;

注意：使用三点法计算是必须正确选择一个波峰的峰值点和左右各一点，而且第二点必须为峰值点。否则可能提示不能进行三点法计算，或者计算的结果不合理。选择三点方法如图 7.7.4 所示。

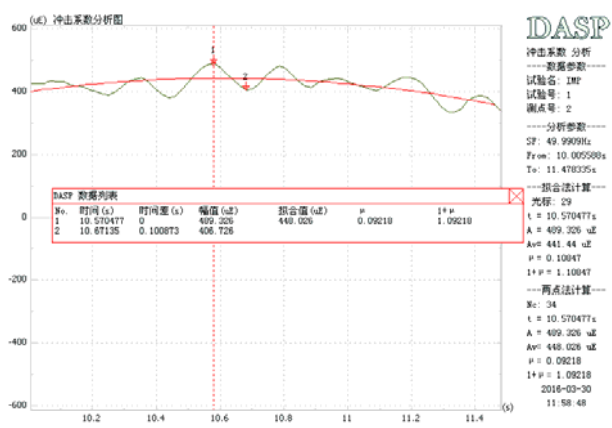


图 7.7.3 两点法计算冲击系数

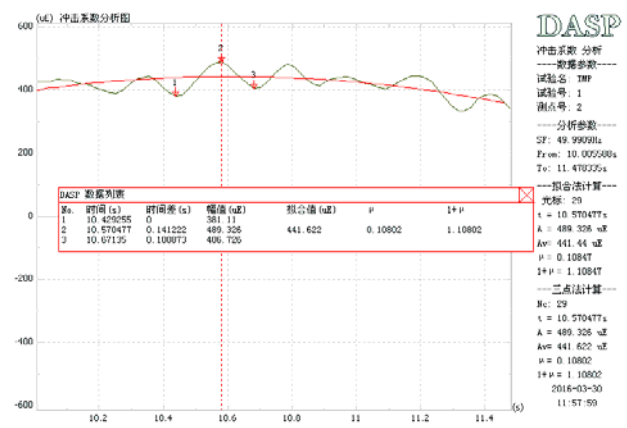


图 7.7.4 三点法计算冲击系数

7.8 索力测量和索力计算

选择“索力测试”菜单即可进入桥梁索力实时监测和测量模块。详细参见 7.8.1 和 7.8.2 节。

选择“索力计算”菜单则可以进入索力的计算分析模块，该模块将调出已经存在的悬索振动波形，然后进行离线的索力计算分析。详细参见 7.8.1 和 7.8.3 节。

选择“索力项目和精确计算”菜单则可以进入索力的精确计算分析模块，该模块通过振动信号中的多阶主频自动识别抗弯刚度和边界条件，从而得到精确结果。详细参见 7.8.1 和 7.8.4 节。

7.8.1 索力测量计算方法介绍

索力测量是用于对斜拉桥或者悬索桥的索力进行在线监测和记录的软件，并绘制索力随时间变化的曲线，用以确定悬索的健康状况。

根据索的振动频率可以计算索力的大小，可以选择振动前三阶中较大的一阶频率进行计算，也可以同时考虑多阶频率进行综合计算。

边界条件为两端固定时，索力的理论计算公式为：

$$T = 4 m l^2 f_n^2 / n^2$$

其中 T 为索力，单位为 (N)

m 为索的单位长度的质量，单位为 (kg/m)

l 为索长，单位为 (m)

n 为频率阶数， f_n 为索的第 n 阶自振频率，单位为 (Hz)

令 $\xi = \sqrt{T/EI}$ 其中 EI 为索的抗弯刚度。当 $\xi > 100$ 时，抗弯刚度对索力的影响可以忽略。

7.8.2 索力测量操作

点击工具条的“应用”按钮，并选择“索力测试”菜单即可进入索力实时测量模块，此时出现如图 7.8.1 的子窗口，其中左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示实时测量的振动波形、频谱和索力曲线等内容。

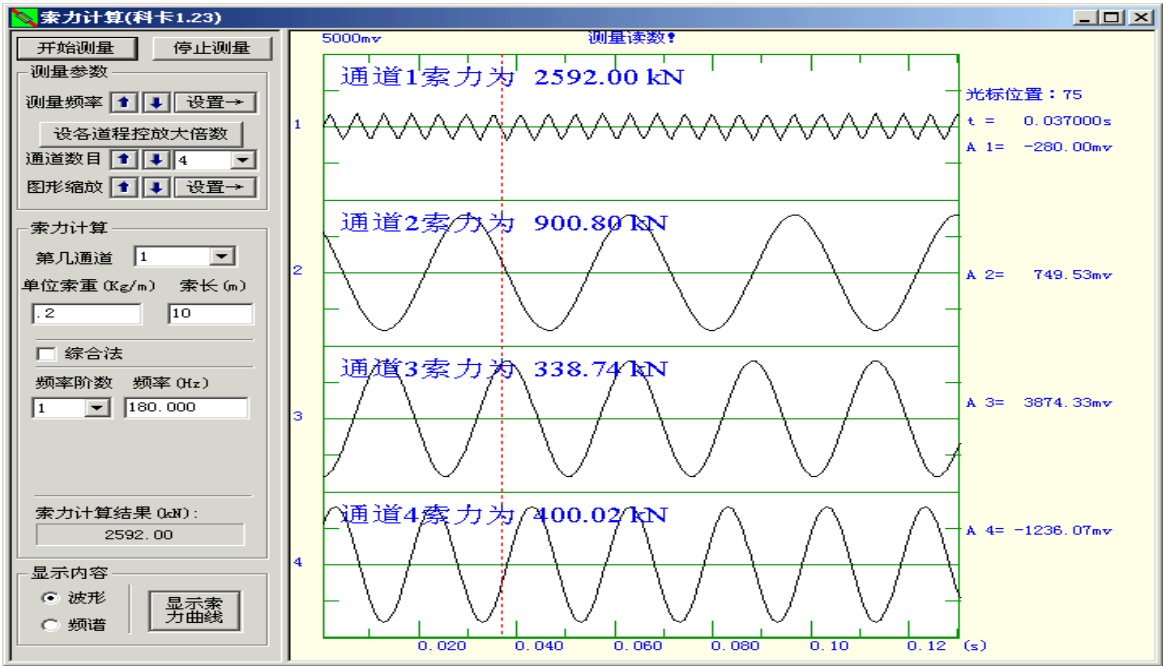


图 7.8.1 索力测量模块窗口

选“开始测量”命令开始索力测试，“停止测量”停止索力测试。此外，在图形上双击鼠标左键或者按空格键，也可以开始测量，而按回车键或单击鼠标左键可停止测量。

测量参数栏可设置测量频率（采样频率），程控倍数和测量通道数。图形缩放可纵向放大、缩小图形，设置功能可直接输入刻度尺。

索力计算栏可分别设置测量通道的单位索重和索长。选用综合法可同时用三阶谐次频率计算索力，计算时考虑边界条件和抗弯刚度的影响。在读数状态下，改变此栏中的参数，“索力计算结果”栏的数据也会随之变化。

显示内容栏可在时域波形和频谱间来回切换。显示索力曲线可显示一个通道索力曲线，通过索力计算中的通道设置可改变显示的通道数。

通过工具栏可将图形复制、存盘和打印。结果存盘可将各通道的索力曲线按文本方式将存放到一个文件中，文件中第一行为测量通道数，以后的数据按通道次序存放，各道数据第一行为测量点数，以后每行为所有测量点的测量的时间和对应的索力。

7.8.3 索力计算操作

选择“索力计算”菜单，将出现“选择分析数据”对话框，从中可以选择若干个需要进行索力计算的采样数据（这些采样数据应该为桥梁悬索的振动波形），详细操作请参见 2.2，选择完毕后，首先出现“设置频谱计算参数”对话框，然后即进入索力计算模块，此时出现如图 7.8.2 的子窗口，其中上部的工具条可以进行波形的翻页和滚动等操作，左侧的操作控制区可以进行各种设置，包括显示方式、分析参数等。窗口主体部分为图形显示区，其中显示调入的振动波形、频谱和索力数据等内容。

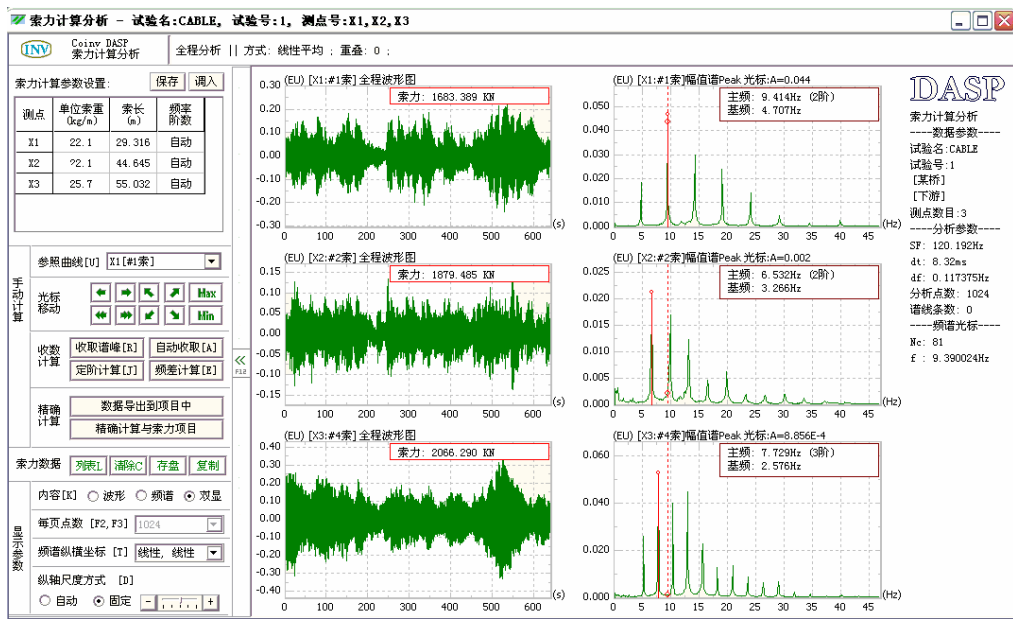


图 7.8.2 索力计算模块窗口

设置频谱计算参数

选择分析数据之后，首先将出现“设置频谱计算参数”对话框，从中可以设置有关 FFT 频谱的计算参数，详细内容可参见 2.4.2 节，设置完即进入如图 7.8.2 的索力分析窗口。

提示：通常对于稳态的悬索振动信号，为提高计算精度，建议使用“全程分析（平均计算）”方式。

索力计算参数

在左侧的操作控制区的“索力计算参数设置”表格中，可以设置当前调入数据的索力计算参数，表格中可以设置各测点波形的单位索重、索长和主频对应的频率阶数。

注：在图形区的频谱图中的红色竖线表示了当前波形的频谱主频位置，并在各个频谱图的右上侧显示了频率的频率值。根据主频的位置，请正确确定它对应的频率阶数，并设置在表格中。

注：在图形区的波形图的右上方红色框中显示该测点计算的索力值。

提示：频率阶数是指主频（频谱图中最高峰的频率）对应第几阶频率，通常可以设置为“自动”方式，由 DASP 系统智能判断，但在一些特殊情况下或信号受较大干扰时，DASP 自动判断的频率阶数可能不正确，此时需要人工确定后在“频率阶数”列中直接设置正确的主频频率阶数。

手动计算

若自动计算的结果不正确，还可以手动进行计算，手动计算要求先从频谱图中收取若干个谱峰，然后定义各个谱峰对应的频率阶数，以此来计算索力；或者收取若干和连续相邻的谱峰，然后使用个相邻谱峰之间的频率差作为第一阶频率，以此来计算索力。详细操作如下：

“参照曲线”：若同时调入多个测点的数据，在手动计算时每次只能对其中一个数据进行分析，在“参照曲线”栏中可以选择要进行手动分析的测点；

“光标移动”：按多种方式定位或移动频谱图上的读数光标；

“收取谱峰”：将光标移动到某一个需要收取的谱峰上，然后按此按钮即可；

“自动收取”：可自动收取若干个较大的谱峰；

“定阶计算”：收取若干谱峰后，按此按钮即可出现谱峰频率列表的对话框，在该表格中可以输入各频

率对应的阶数，还可以点中某一条目，然后按“删除选中条目”来删除误收取的谱峰。按“阶数向下递增”按钮，则一当前选中条目设置的阶数为基数，其后各条目的阶数依次自动递增设置。按“确定”后即按设置的频率阶数进行计算，最终的索力结果为各条目计算的平均值；

“频差计算”：先收取若干连续相邻的谱峰，然后按此按钮，即可自动以各相邻频率差的平均值作为第一阶频率，以此计算最终的索力结果。

“精确计算”：基于手动计算设置的频率及其阶数，可以进一步进行精确计算，详细操作参见 7.8.4

索力数据操作

在操作控制区的“索力数据”栏中的几个按钮，可以对索力数据进行一些操作，如下：

列表：在图形区中以表格形式列出各测点的索力计算参数、主频频率和索力数值，如图 7.8.3；

清除：清除图形区中的索力结果表格；

存盘：将上述列表的内容保存在磁盘文件中，有文本格式和 Excel 电子表格格式可选；

复制：将上述列表的内容复制到 Windows 的系统剪贴板中，以便在其它软件中进行粘贴操作。

DASP 数据列表						
No.	测点号	单位索重 (kg/m)	索长 (m)	主频 (Hz)	主频阶数 (阶)	索力 (kN)
1	1	10.00000	10.00000	4.4665	1	79.79840
2	2	10.00000	10.00000	12.793438	3	72.74310
3	3	10.00000	10.00000	15.837243	3	111.4740
4	4	10.00000	10.00000	4.475547	1	80.12200

图 7.8.3 索力数据列表示意

显示内容

在操作控制区的“显示内容”栏中可以选择图形去显示的内容，包括仅显示波形、仅显示频谱和同时显示波形和频谱。当同时显示波形和频谱时，将在波形图的右上方显示索力值，在频谱图的右上方显示主频频率值，当仅仅显示波形图或者频谱图时，则在波形图或者频谱图的右上方同时显示索力值和主频频率值。

显示参数

在操作控制区的“显示参数”栏的“每页点数”项中可以设置每页波形显示的点数和 FFT 分析点数；

在“频谱纵横坐标”项中可以设置频谱图的纵坐标和横坐标形式，其中纵坐标形式包括线性、dB 分贝和 Log 对数，而横坐标的形式包括线性和 Log 对数两种；

在“纵轴尺度方式”项中可以设置波形图和频谱图的总尺度方式，包括自动尺度和固定尺度。选择固定尺度方式时，其后面的滑动条和“+”“-”按钮可以改变当前频谱图的尺度大小。

7.8.4 索力项目和精确计算操作

精确索力计算原理

DASP 精确索力计算程序，利用动测得到的索的多个谐振频率，在索的抗弯刚度未知时，可自动识别出索的抗弯刚度，和索两端的边界条件（位于铰支和固支之间），从而得到精确的索力。在索的抗弯刚度已知时，可自动识别出索两端的边界条件（位于铰支和固支之间），从而得到精确的索力。如果知道一阶谐振频率，索的抗弯刚度，这时假定索两端的边界条件相同，给定边界条件（位于铰支和固支之间），可计算出索力。对于短索，索两端的边界条件对索力的影响很大，以前只知道两端同为铰支、同为固支、或一端铰支另一端固支时的频率方程，DASP 精确索力计算程序首次得到了两端为任意弹性嵌固时的频率方程。另外，对

于有多股细绳组合成的粗绳，如果将多股细绳看成一体化，将得到最大的抗弯刚度；将多股细绳看成无任何粘接，将得到最小的抗弯刚度。而实际的抗弯刚度位于两者之间，接近最大抗弯刚度。换言之，这时实际的抗弯刚度是不能直接得到的，和两端的边界条件一样，也需进行识别。

索力精确计算操作

在“索力计算”模块中按“数据导出到项目中”可将索力计算的结果导出到索力项目中，然后按“精确计算和索力项目”按钮，或者直接选择“索力项目和精确计算”菜单，即可进入精确计算模块，如图 7.8.4 所示。输入单位索重，索长，已知频率的阶数，多个谐振频率和对应的阶数。抗弯刚度 EI 未知时，如 EI 的最大值已知，输入 EI 的最大值，未知时输入零。抗弯刚度 EI 已知时，输入 EI 的值。按计算键即可计算得到索力，同时识别出两端的边界条件和 EI 的值（EI 未知时）。如果只知道一阶频率和对应的阶数，EI 未知，只能按弦的方程计算索力；EI 已知，可输入端点约束（按两端约束相同考虑），不输入将两端看成固支。计算结果中，K1,K2 为两端为弹性嵌固的值，0 表示铰支，1E+10 表示固支。无量纲系数 $\xi = \sqrt{H/EI}L$ ，值越小，抗弯刚度 EI 对索力的影响越大，同时两端边界条件对索力的影响也越大。抗弯刚度 EI 对高阶谐振频率的影响远大于对低阶谐振频率的影响，在已知谐振频率中，同时输入高阶频率和低阶频率，拉开频率阶数的差距，有助于提高索力计算的精度，但要注意不要输错频率的阶数。

“删除一行”按钮可删除一阶频率。

“调入项目”可通过对话框打开一个索力工程项目，同时计算一个项目中的多个索的索力。索力工程项目可通过“索力计算”模块的“数据导出到项目中”功能建立，也可用手工直接建立后缀为.CCA 的文本文件，文件格式可参见应用程序路径下 SAMPLES 子路径中的“索力演示数据.CCA”文件。只要将后缀.CCA 改为.CSV，则可将索力工程项目文件改为 Excel 能直接打开的文件。

“实例分析”可打开一个演示项目，同时计算一个项目中的多个索的索力，操作见下面项目计算，无结果存盘功能。

按“确定”键将保留对话框中的当前值，退出程序。

按“取消”键退出程序。

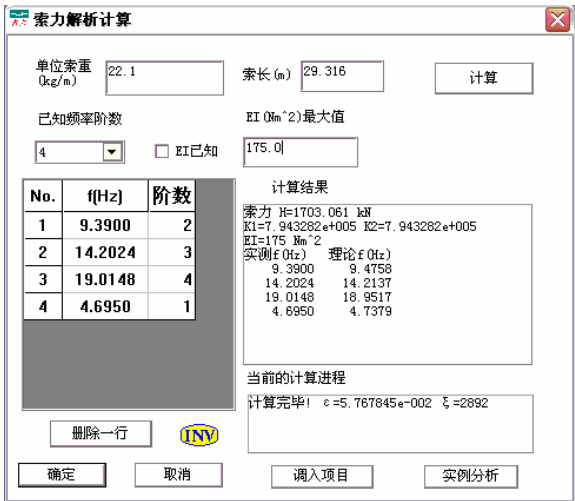


图 7.8.4 精确计算



图 7.8.5 项目计算

索力项目计算

项目计算用于一次计算出一个工程项目中的多根索的索力，如图 7.8.5 所示。

工程名可直接修改，删除一行可以删除表格中的一行。插入一行在当前行下插入一行，插入时，插入行的内容先按当前行进行复制。

表格中的内容允许直接修改，当某一行只有一阶频率时，EI 列为 EI 的值；有两阶以上的频率，EI 列为 EI 的最大值。0 表示 EI 值或 EI 最大值未知。

索力栏中值为 0 表示此行尚未计算，不为 0 表示已计算过，但随时允许重新计算更新。

计算本行计算当前行的索力，将计算对话框从项目计算对话框后拉到别处可显示计算过程。

全体计算计算所有行的索力，将计算对话框从项目计算对话框后拉到别处可显示计算过程。在计算过程中按退出键一次可提前结束计算。

结果存盘，将当前数据存入文件中，缺省为覆盖原来的文件。

7.9 动挠度测量分析

选择菜单“动挠度测试”，可进入动挠度直接测量模块，选择菜单“动挠度分析”，可调入现场测量数据进行动挠度的离线分析。

7.9.1 动挠度测量原理

本软件中的动挠度测量分析，主要用于测量桥梁等结构在经过列车或大型车辆时产生的动挠度。区别于一般的激光法或垂线法，DASP 动挠度测量基于普通低频振动传感器，外加先进的波形反演和外推算法，快速准确获取整个动挠度曲线，此方法不仅操作极其简便，而且成本非常低。

利用低频性能好的振动速度传感器直接测量动挠度，其原理为首先根据传感器的幅频相频曲线，进行波形反演。反演的过程中，根据动挠度前后两端位移基本为零的先验条件，反推出传感器无法直接测量的极低频信号。最后得到实际的物理位移。传感器的低频性能决定了可测动挠度的时间长度。例如 DP 型伺服传感器幅频曲线可标定到 0.1Hz,可测动挠度的时间长度为 20 秒之内，长度越短，精度越高。而无需外供电的 941 型第四档和 891 型第三档可测动挠度的时间长度为 10 秒之内，长度越短，精度越高。测量精度大致在 10% 的误差以内。

7.9.2 动挠度分析

动挠度分析为根据已采样数据，进行动挠度分析。首先需要调入数据，出现“调入数据”对话框，并按如下操作：

先设置数据路径（也可通过“浏览”命令得到），文件名，试验号，在已有测点栏中会自动显示出所有测点。通过文件名的浏览可以直接得到文件名和试验号。用鼠标左键单击测点号可选中测点，一次可选多个，用“=>”命令可将选中测点在“选中测点”栏中列出，供以后分析时使用。按全选命令，将已有测点中的所有测点都选中。选中“选中测点”的某一测点，用“<=”命令可将此测点从选中测点中删除。

对应的频响特性曲线：为同一行测点对应的频响特性曲线。可通过点中相应的频响特性曲线点进行双击，出现下拉列表供选择。选择“无”表示波形不需要反演，测点为通过光电测距仪得到的信号或物理的位移信号。

试验名：用来标识试验数据。

试验号：用来标识第几次试验。

数据路径：用来存放采样数据、分析结果。

调入演示数据：根据类型不同，可自动调入演示数据进行分析。按“调入”命令后，按“完成”命令即完成选择。

在左侧工具栏中按调入数据命令，可再次调入其它数据进行分析。

数据调入完毕后，显示数据波形，并可如下操作和设置：

移动光标左边四个键分别为左移一点、右移一点、左移十点、右移十点。右边四个键分别为第一道向左跳极大值、向右跳极大值、向左跳极小值、向右跳极小值。

移动滚动条上的滑块可任意移动波形位置进行分析。

波形滚动五个键从左到右依次为“波形向左快速滚动”、“波形向左慢速滚动”、“停止滚动”、“波形向右慢速滚动”和“波形向右快速滚动”。也可通过移动图形上方的滚动条直接分析某一指定的时刻。

重设信号起始点，以当前光标所在位置为动挠度信号的起始点。

重设信号信号截止点，以当前光标所在位置为动挠度信号的截止点。

分析点数，有 512, 1024, 2048, 8192 的长度可供选择，信号起始点到截止点的长度约占分析点数的 1/4 到 1/2 比较恰当。

当采样频率较高时，可对波形进行压缩，压缩倍数有 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 倍左右。压缩前最好先选择适当的低通滤波区间，以免产生信号混迭。

设置滤波区间，可设置高通，低通和带阻，设置时滤波区间累加，利用重置可重新开始，如图 7.9.1。

选中显示频域，在图形区左端显示时域波形，右端显示频域波形。

选中波形对比显示，数据处理结束后，除显示处理后的动挠度波形外，还以虚线方式显示处理前的波形。

选择开始处理，将波形进行反演以及根据信号的起始点和截止点推算出超低频信号，得到动挠度。刚调入波形时，会根据信号进行自动处理，包括选择分析点数，信号的起始点和截止点。处理完毕后，“开始处理”命令会显示成“处理完毕”。这时改变信号，如重选起始点或截止点，设置滤波区间，压缩倍数，移动波形，回到“开始处理”命令，可进行新的处理。

结果对比显示，将各测点得到的动挠度结果在同一坐标轴上显示，如图 7.9.2 所示：

结果存盘，将处理后得到的的动挠度波形以新的测点号在当前数据路径按采样数据格式存盘，新测点号中有动挠度的字样出现。

在图形上单击鼠标左键可将光标读数移动到相应的位置。

可将位图存盘、位图复制或图形打印输出。

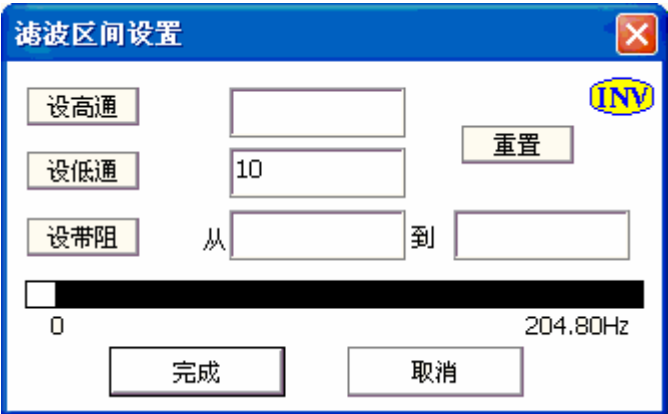


图 7.9.1 设置滤波参数

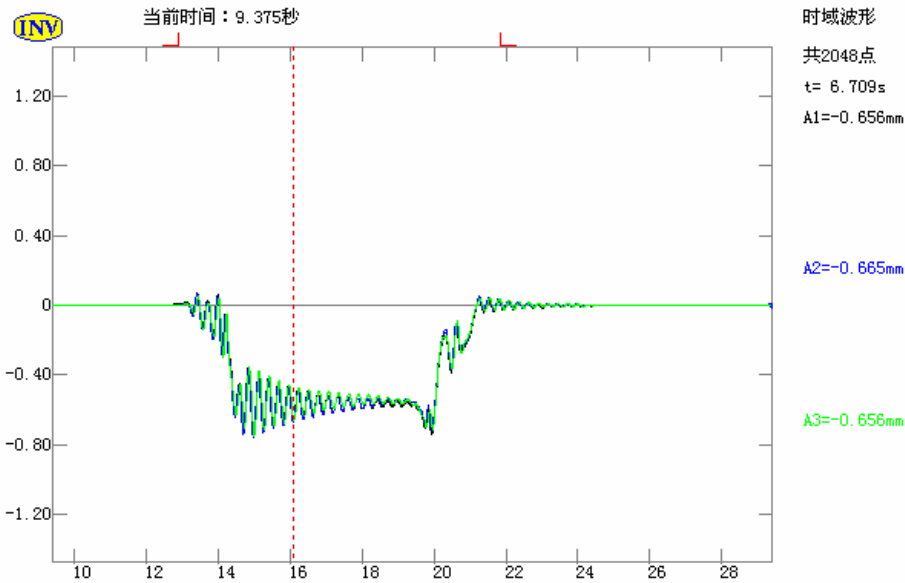


图 7.9.2 计算结果及对比

7.9.3 动挠度测试

动挠度测试为直接进行测量的过程。首先需要设置采样参数，如图 7.9.3，并按如下设置：

试验名和试验号是为了便于文件的管理和分析。

数据路径决定了采样数据所存放的路径，可通过浏览键改变路径，也可在数据路径中直接输入路径名。如果路径名对应的路径不存在，程序会自动建立，如为多级路径，只能一级一级地建立。

如选择自动增加试验号，每采样完成一次，试验号自动加一，这样可保证重要的数据不被覆盖掉。

采样的频率可直接设置或通过列表选择确定。一般取 51.2Hz,102.4Hz 或 204.8Hz。

采样通道数由实际需要的测点数决定。

采样的长度可通过采样块数、也可通过采样时间来设定，采样时间应当为动挠度时间的 3 倍以上。

触发方式：有绝对值，上升沿，下降沿三种方式可供选择，普通选绝对值方式。

触发电平：比本底噪声大一个量级以上，能避免误触发即可。

触发通道：在所有采样通道中选择一个通道作为触发通道。

滞后点数：满足触发条件的点以前保留的采样点数，因大于或相当于动挠度信号持续的点数。

可根据采样信号的大小设定不同的程控放大倍数，使得信号大小合适。对有些各通道独立的卡，可对每个通道设立不同的程控放大倍数。程控放大倍数和标定值无关。标定值按程控放大倍数为 1 时电压和工程单位的比例关系输入。

根据采集卡的类型，有些卡各道可设置 AC 或 DC 的工作方式。输入类型可选电压或 ICP。

对应频响特性曲线,为同一行测点对应的频响特性曲线。可通过点中相应的频响特性曲线网格进行双击，出现下拉列表，进行选择。选择“无”表示波形不需要反演，测点为通过光电测距仪得到的信号或物理的位移信号。

测试对象、工况是为了便于文件的管理，也可以不填。

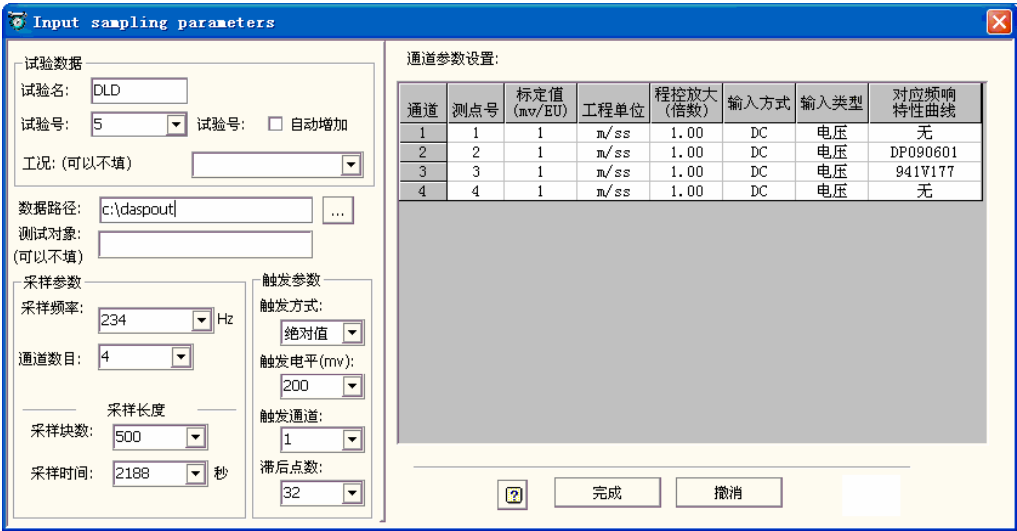


图 7.9.3 采样参数设置

设置完毕后，可进行示波、采样等操作，如下：

按开始采样键，开始采集，先检查同名文件。如同名文件存在，缺省的选择为停止采样，也可以选择覆盖原文件，继续采样。采样完毕后，会自动进行数据处理，得到动挠度。

采样过程中，按“提前终止采样”命令或[Q]键可提前结束采样过程。

数据采集完毕后如下操作：

移动光标左边四个键分别为左移一点、右移一点、左移十点、右移十点。右边四个键分别为第一道向左跳极大值、向右跳极大值、向左跳极小值、向右跳极小值。

移动滚动条上的滑块可任意移动波形位置进行分析。

波形滚动五个键从左到右依次为“波形向左快速滚动”、“波形向左慢速滚动”、“停止滚动”、“波形向右慢速滚动”和“波形向右快速滚动”。也可通过移动图形上方的滚动条直接分析某一指定的时刻。

重设信号信号起始点，以当前光标所在位置为动挠度信号的起始点。

重设信号信号截止点，以当前光标所在位置为动挠度信号的截止点。

分析点数，有 512, 1024, 2048, 8192 的长度可供选择，信号起始点到截止点的长度约占分析点数的 1/4 到 1/2 比较恰当。

设置滤波区间，可设置高通，低通和带阻，设置时滤波区间累加，利用重置可重新开始，如图 7.9.1。

选中显示频域，在图形区左端显示时域波形，右端显示频域波形。

选中波形对比显示，数据处理结束后，除显示处理后的动挠度波形外，还以虚线方式显示处理前的波形。

选择开始处理，将波形进行反演以及根据信号的起始点和截止点推算出超低频信号，得到动挠度。采集完波形时，会根据信号进行自动处理，包括选择分析点数，信号的起始点和截止点。处理完毕后，“开始处理”命令会显示成“处理完毕”。这时重新采样，或重选起始点或截止点，设置滤波区间，移动波形，回到“开始处理”命令，可进行新的处理。

结果对比显示，将各测点得到的动挠度结果在同一坐标轴上显示。

结果存盘，将处理后得到的的动挠度波形以新的测点号在当前数据路径按采样数据格式存盘，新测点号中有动挠度的字样出现。

在图形上单击鼠标左键可将光标读数移动到相应的位置。

可将位图存盘、位图复制或图形打印输出。

7.10 汽车平顺性分析

选择菜单“汽车平顺性分析”，可进入该模块，调入已经测量好的数据，进行平顺性分析。
本模块符合 GB/T 4970-2009 的规定。

7.10.1 汽车平顺性分析要求

本模块包含 GB/T 4970-2009 中的 脉冲输入分析方法和随机输入分析方法两大类。

对于脉冲输入分析，需要准备如下的数据：

8 个测点（驾驶员座垫、驾驶员靠背、驾驶员地板、最后排座垫、最后排靠背、最后排地板、车厢中心地板、距边板和后板 300mm 的地板）

6 种车速（10、20、30、40、50、60km/h）

每种转速至少测量 5 次

因此需要实现准备大量的数据，为分析时设置数据方便，建议按规律为大量测试数据进行命名：

试验名：需要是相同的

试验号：每种车速的每次测量，使用一个试验号，并且各次测量的试验号是连续递增的；

测点号：上述 8 个测点的测点号也是递增的。

对于随机输入分析，需要准备如下的数据：

8 个测点（驾驶员座垫、驾驶员靠背、驾驶员地板、最后排座垫、最后排靠背、最后排地板、车厢中心地板、距边板和后板 300mm 的地板）

4 种车速（30、40、50、60km/h 或者 40、50、60、70km/h）

每种转速至少测量 5 次

因此也需要实现准备大量的数据，为分析时设置数据方便，建议按如下规律进行命名：

试验名：需要是相同的

试验号：每种车速的每次测量，使用一个试验号，并且各次测量的试验号是连续递增的；

测点号：上述 8 个测点的测点号也是递增的，并且对于三个方向，分别使用 1X、1Y、1Z 的形式。

7.10.2 汽车平顺性分析输出结果

对于脉冲输入的分析，可输出各个测点的如下曲线：

(1)最大加速度响应 Z_{\max} 与车速的关系曲线。

对于随机输入的分析，可输出各个测点的如下曲线：

(1)综合总加权加速度均方根值 A_v 与 车速的关系曲线；

(2)X 向总加权加速度均方根值 A_{wx} 与 车速的关系曲线；

(3)Y 向总加权加速度均方根值 A_{wy} 与 车速的关系曲线；

(4)Z 向总加权加速度均方根值 A_{wz} 与 车速的关系曲线；

7.10.3 脉冲输入分析操作

进入本模块后，在上部的工具条上有两个按钮：“脉冲输入分析”、“随机输入分析”，点击不同按钮，进行不同的分析。

对于脉冲输入分析，将出现如下对话框：

平顺性分析的参数设置

试验类型：

脉冲输入

试验名

ABC

数据路径

c:\daspout\

...

各次试验数据的试验号和测点号

试验号向下复制

No	测点位置	选择	试验号范围 10 km/h	试验号范围 20 km/h	试验号范围 30 km/h	试验号范围 40 km/h	试验号范围 50 km/h	试验号范围 60 km/h	测点号
1	驾驶员座垫	Y	11-15	21-25	31-35	41-45	51-55	61-65	1
2	驾驶员靠背	Y	11-15	21-25	31-35	41-45	51-55	61-65	2
3	驾驶员地板	Y	11-15	21-25	31-35	41-45	51-55	61-65	3
4	最后排座垫	Y	11-15	21-25	31-35	41-45	51-55	61-65	4
5	最后排靠背	Y	11-15	21-25	31-35	41-45	51-55	61-65	5
6	最后排地板	Y	11-15	21-25	31-35	41-45	51-55	61-65	6
7	车厢地板中心	Y	11-15	21-25	31-35	41-45	51-55	61-65	7
8	边后300mm地板	Y	11-15	21-25	31-35	41-45	51-55	61-65	8

OK

Cancel

图 7.10.1 脉冲输入分析的参数设置

其中要求输入各个测点、各个车速、各次测量对应的数据文件，包括
试验名；
数据路径；
试验号范围表；
测点号表；

在表格中，还有“选择”内，可选择某个测点是否进行分析。

说明：试验号是按范围的方式输入，可使用-和,的形式，输入一个范围，对应某个车速下的多次测量。
例如： 1 1-10 1,2,5-6,9 2-3,6-8 等

各项参数确认无误后，按确定，将自动完成所有数据的计算，若计算过程中，某次的数据不存在或者不正确，则计算过程将终止。
如成功完成所有计算，将显示 各个测点的最大加速度响应 Z_{max} 与车速的关系曲线。

7.10.4 随机输入分析操作

对于随机输入分析，将出现如下对话框：



图 7.10.2 随机输入分析的参数设置

其中要求输入各个测点、各个车速、各次测量对应的数据文件，包括
试验名；
数据路径；
试验号范围表；
X-测点号表；
Y-测点号表；
Z-测点号表；

在表格中，还有“选择”内，可选择某个测点是否进行分析。

说明：试验号是按范围的方式输入，可使用-和,的形式，输入一个范围，对应某个车速下的多次测量。
例如： 1 1-10 1,2,5-6,9 2-3,6-8 等

各项参数确认无误后，按确定，将自动完成所有数据的计算，若计算过程中，某次的数据不存在或者不正确，则计算过程将终止。

如成功完成所有计算，将显示 各个测点的四种总加权加速度均方根值与车速的关系曲线。

7.10.5 结果输出

本模块支持三种结果输出方式：

- (1) 打印，直接将显示的曲线图，通过打印机打印输出
- (2) 存图，将显示的曲线图，保存成磁盘文件
- (3) 数据，将各条曲线的数据，导出到数据文件中。

第八章 分析后处理

在各模块窗口中将显示各种图形、文字和数据等，若要在其它软件中使用这些结果，可以通过 DASP 强大的“结果输出”功能，导出这些结果。方法为通过菜单“结果输出”下的各个命令完成，或者点击工具条相应按钮，分别如下：

No	菜单命令	工具条	功能
1	结果输出 图形复制	复制	将显示结果复制到系统剪贴板中
2	结果输出 图形存盘	位图	将显示结果保存到图形文件中
3	结果输出 打印	打印	将显示结果通过打印机打印出来
4	结果输出 打印预览	预览	预览打印效果
5	结果输出 数据导出	数据	将数据输出为各种文件格式
6	结果输出 图文报告	报告	将结果的图形和数据输出报告

8.1 图形输出

图形复制：

可将当前图形显示区中的图形复制到 Windows 的系统剪贴板中，复制到剪贴板的内容可以在其他应用软件（如 Microsoft Word）中通过粘贴功能使用。

图形存盘：

可以将当前图形显示区的内容保存到一个图形文件中，以便在其它软件中使用。此时会弹出一个“图形输出”对话框，可以从中选择六种图形格式，并输入图形文件的路径和名称。如图 8.1.1。

图形打印：

将图形显示区的内容通过计算机连接的打印机打印出来。打印图形时默认使用黑白图形，这样可以适合普通的黑白打印机。注意：打印时，请务必确定打印机已经连接在计算机上，并处于联机状态。

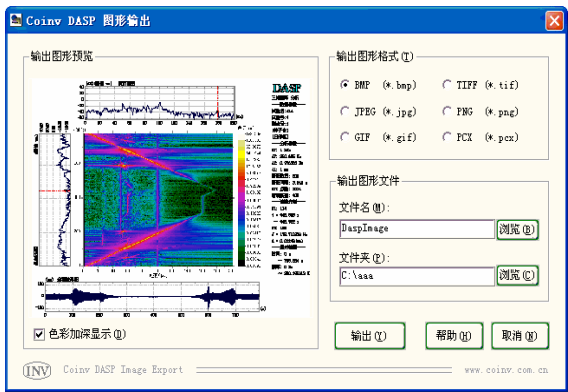


图 8.1.1 图形输出设置

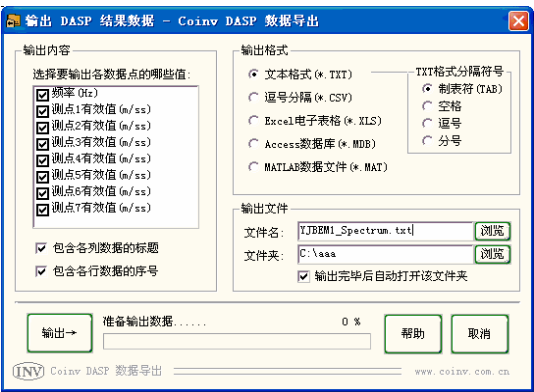


图 8.2.1 数据导出设置

8.2 数据导出

按“数据文本”可以将当前的结果数据以多种格式保存到一个文件中，具体有五类格式可选：

1 文本格式 (*.TXT)，ASCII 十进制文本文件，各数据之间的分隔符也可以有四种选择：制表符(TAB)、空格、逗号和分号。文本格式是一种可以通过 Windows 的记事本等软件直接阅读的数据格式，使用方便。

2 CSV 格式 (*.CSV)，就是用逗号分隔的文本格式，后缀为 CSV，可用于电子表格软件；

3 Excel 电子表格 (*.XLS)：是用于 Microsoft Excel 电子表格的文件格式，此文件可以直接使用 Excel 软件调用，是当前较为通用的电子表格格式；

4 Access 数据库 (*.MDB)：是用于 Microsoft Access 数据库软件的文件格式，可以直接使用 Access 软件调用，是当前较为通用的数据库格式之一，同时支持 ODBC 和 DAO 访问方式；

5 Matlab 数据文件 (*.MAT)：是 Matlab 软件的专用数据格式，当数据以此格式保存时，在 Matlab 软件中就可以直接调用，无需进行编程。

进行数据导出时，将出现如图 8.2.1 的数据导出设置界面，在“输出内容”项中可以选择要输出哪些数据，在“输出格式”项中则可以选择上述四种格式之一，在“输出文件”栏中可以输入要输出文件的名称和路径，各项设置完毕后，按“输出→”按钮，即可将数据输出到指定的文件中。

8.3 输出报告

根据当前的采样分析参数和结果，自动输出图文并茂的报告，此时将出现如图 8.3.1 的报告输出界面，在“输出报告类型”栏中可以选择 3 种报告格式：

1 Word 格式 (*.Doc)，此格式为 MS Word 软件的格式，选择此格式将自动调出 MS Word 软件进行报告输出，若计算机中没有安装 MS Word 软件，则将调出“Coinv Dasp Report”程序，如图 8.3.2，显示生成的报告，此时可以像使用 Windows 写字板一样，对 DASP 生成的报告文件进行各种编辑操作；

2 网页格式 (*.Html)，此格式为标准的网页格式，生成后可用 IE 等浏览器软件调出。

3 文本格式 (*.Txt)，此格式为标准的十进制文本格式，注意文本格式的报告中将不能包括图形。

报告为 DASP 自动生成的，其中主要包括四项内容：被分析数据的各种参数和信息，分析方法和分析计算参数，结果图形和图形简要说明，结果数据列表。

在“输出报告文件”中可以输入报告文件的名称和存盘路径等设置。各项设置完毕后，按“报告输出”按钮，即可将报告输出到指定的文件中。

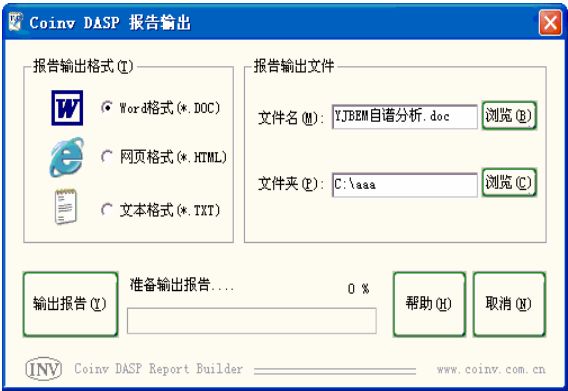


图 8.3.1 报告输出设置

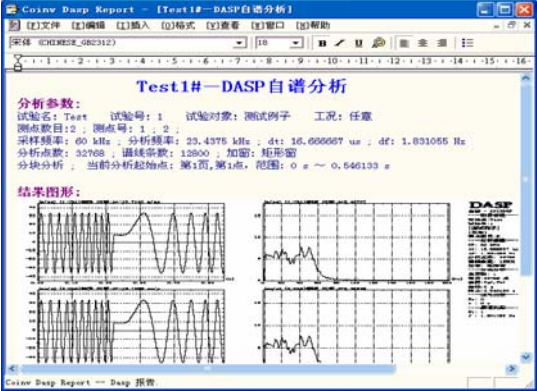


图 8.3.2 自动输出图文并茂的报告

8.4 绘图后处理

“图形输出”功能是每个模块独立进行的，即每个分析模块可输出自身模块的图形。

“绘图后处理”功能为独立于各分析模块的专门用于曲线绘制的功能模块。不同的分析模块可将其分析结果曲线的数据发送到同一个绘图后处理中，然后在该绘图后处理模块中进行曲线的统一绘制。

该功能可用于将不同分析模块的结果曲线，在同一幅图中进行绘制。从 DASP-V11 工具条中可进行相关操作，如图 8.4.1.所示。



图 8.4.1 用于绘图后处理的工具条按钮

8.4.1 发送至绘图后处理

在大部分分析模块中，完成分析操作后，可通过工具条的“发送”将结果曲线的数据直接发送至绘图后处理中，若发送成功，在工具条的“绘图后处理”按钮右上方将显示当前已经添加的曲线数目。

注意：对于同一次分析结果，仅可发送一次。

8.4.2 删除已添加曲线数据

在若干次“发送”操作后，绘图后处理中将包含多条曲线数据，可通过“清除”按钮进行选择清除。此时会出现已有曲线的列表，如图 8.4.2 所示，从中可选择若干条（或全部）进行删除操作。

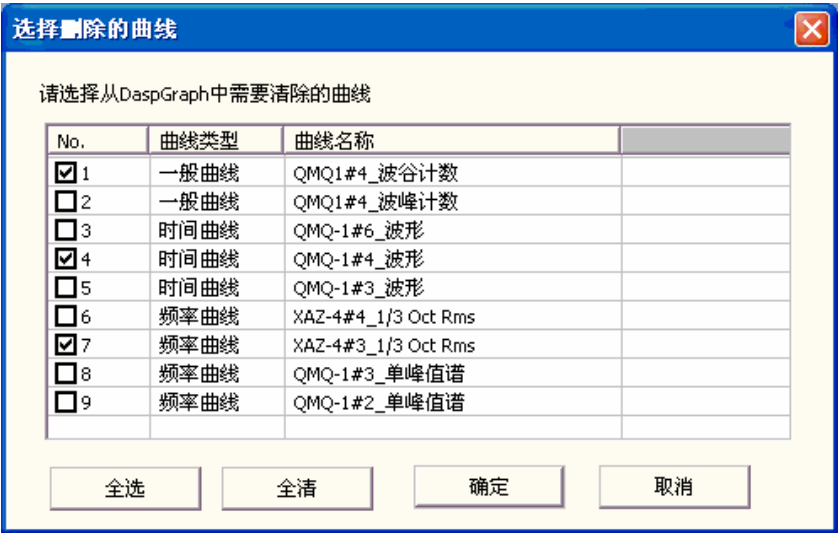


图 8.4.2 列出所有添加的曲线，并可选择进行删除

8.4.3 绘图后处理

点击“绘图后处理”按钮后，将打开绘图程序，如图 8.4.3 所示。

在该绘图程序中，会将所有添加的曲线分为三类：

- （1）时间曲线：横坐标为时间的曲线，如时域波形、相关曲线、倒谱、时变参量曲线等

- (2) 频率曲线：横坐标为频率的曲线，如自谱、互谱、FRF、倍频程谱、最大熵谱、冲击响应谱等
- (3) 一般曲线：横坐标既不是时间又不是频率的其他所有曲线。

在图形绘制、参数设置、读数光标等各项操作中，均对上述三类曲线分别进行。
工具条中的各项功能如表 8.4.1 说明。

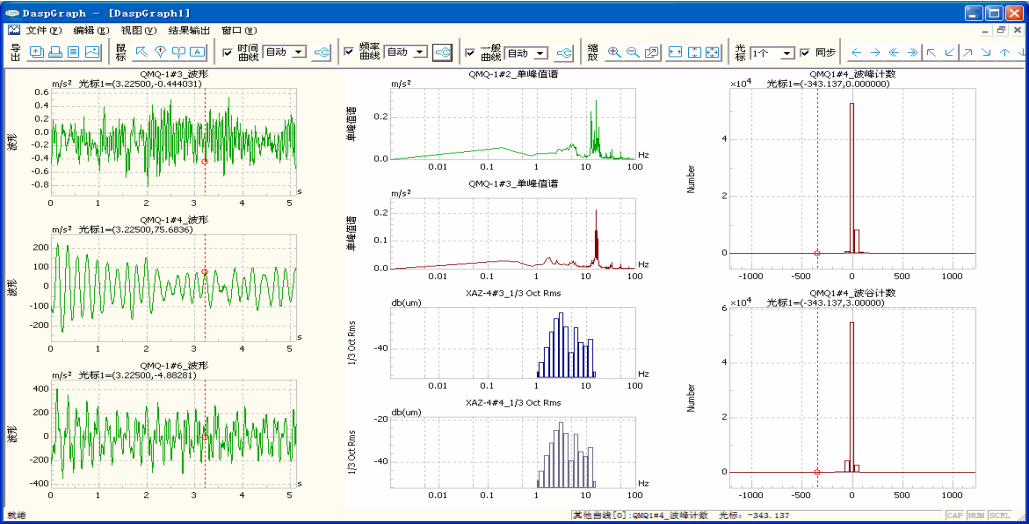



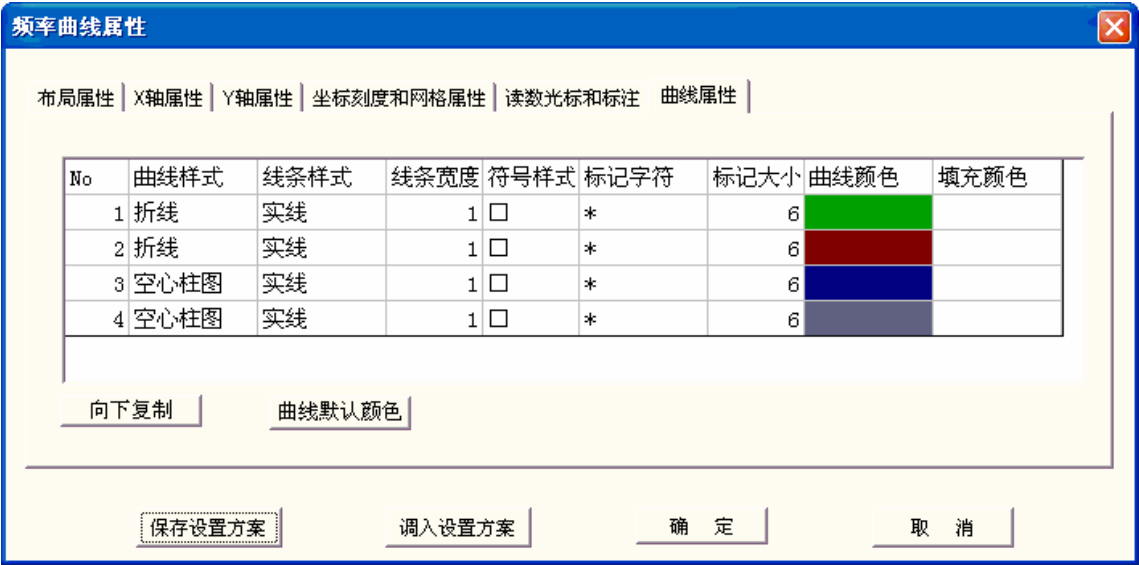


图 8.4.3 绘图后处理模块的软件界面

表 8.4.1 工具条功能说明

功能分类	工具条图形	功能说明
图形导出功能		从左到右依次为： 1 将绘图区复制到系统剪贴板，可在其他软件中进行粘贴 2 将绘图区通过打印机打印 3 打印预览 4 将绘图区保存为图形文件
鼠标操作功能		从左到右依次为： 1 设置为选择功能 2 对曲线的光标点进行数值标注 3 在曲线上的光标点位置添加书签 4 在绘图区上添加标签文字
时间曲线功能		从左到右依次为： 1 选择是否显示时间类曲线 2 时间类曲线的排列方式，自动、重叠、1 列和 2 列 3 时间类曲线的各项绘图设置，将出现如图 8.4.4 的绘图曲线属性设置对话框。
频率曲线功能		从左到右依次为： 1 选择是否显示频率类曲线 2 频率类曲线的排列方式，自动、重叠、1 列和 2 列 3 频率类曲线的各项绘图设置，将出现如图 8.4.4 的绘图曲线属性设置对话框。
一般曲线功能		从左到右依次为： 1 选择是否显示一般类曲线 2 一般类曲线的排列方式，自动、重叠、1 列和 2 列 3 一般类曲线的各项绘图设置，将出现如图 8.4.4 的绘图曲线属性设置对话框。

曲线缩放功能		从左到右依次为： 1 图形曲线放大 2 图形曲线缩小 3 图形曲线拖动 4 横坐标范围复原 5 纵坐标范围复原 6 横、纵坐标范围复原
读数光标功能		从左到右依次为： 1 读数光标的个数，可选无、1 个和 2 个 2 同步，选中后，同一类所有曲线的读数光标同步移动
光标移动功能		从左到右依次为： 1 光标左移一点 2 光标右移一点 3 光标左移十点 4 光标右移十点 5 光标向左跳极大值 6 光标向左跳极小值 7 光标向右跳极大值 8 光标向右跳极小值 9 光标跳至最大值位置 10 光标跳至最小值位置



8.4.4 曲线绘图参数设置对话框

第九章 工具软件使用

9.1 DASP 数据格式转换器

为了实现不同格式数据的转换，DASP 设计了数据格式转换器。进入 DASP 主界面，选择“工具箱”进入 DASP 数据格式转换器，即可进入本软件。在本软件中可以实现两类转换：“将其他格式数据转换成 DASP 数据格式”、“将 DASP 数据格式转为其他格式”，分别如图 9.1.1 和图 9.1.2 所示。



图 9.1.1 格式转换器界面 1(其他格式->DASP)



图 9.1.2 格式转换器界面 2(DASP->其他格式)

9.1.1 将其他格式数据转换成 DASP 格式

使用该功能，可以将其他软件中采集的数据转换为 DASP 格式，并在 DASP 软件中进行进一步的分析。

如图 9.1.1 所示，可以选择的格式包括：

(1) ASCII 十进制格式，此种格式为文本文件格式，每个文件中允许包含多个通道的数据，每个通道的数据为一列，数据之间使用空格或者 Tab 分隔。选择此种方式，将进入第二步如图 9.1.3 所示（其他格式转换时具有类似的设置），其中需要选择被转换数据文件的名称，并且允许使用*或？等通配符，以选择一批文件进行转换。

若要转换的数据文件中包含多个通道的数据，则还应指定通道的数目。

若要转换的数据文件中包含若干行文件头信息，则还应指定文件头信息的行数。

此外还需要设置转换后 DASP 数据的存盘路径、试验名、试验号、测点号以及采样频率和工程单位等信息，设置完毕后按“下一步”即可进入转换过程。

(2) 二进制 AD 格式，此格式为二进制整数形式的 AD 转换器输出数据格式，根据 AD 转换器的位数和型号不同，可能包含了 8 位、12 位、14 位和 16 位 AD 的多种形式，此时按“下一步”后还将出现如图 9.1.4 的设置界面，其中您可以通过波形确定哪个格式是被转换数据的实际格式。

通过样例文件可以选择一个数据文件来浏览使用各种 AD 格式的转换结果，AD 采样的满电压量程范围也可以设置，“数据翻页”栏的按钮可以选择波形的不同页进行显示。

若已经明确知晓 AD 转换的格式，则还可以按“高级”按钮，直接根据 AD 数据的存储方式选择正确的格式，否则需要通过显示的 10 种格式对应的波形是否正常来确定 AD 转换格式。若有两种以上格式的波形均表现正常，则尽量选择序号较小的格式。

(4) 二进制浮点数格式，包括单精度浮点数和双精度浮点数两种格式，并会出现如图 9.1.5 的选择界面。

(5) 声音波形文件 WAV 格式，此格式为计算机中标准的 wav 声音文件。

(6) UFF 格式，包括 UFF58 和 UFF58b 格式，UFF 格式中可以包含的数据类型很多，如时域波形、频谱、频响函数等等，在本软件中可以自动读取 UFF 文件中的以下数据：时域波形(时间历程)和频响函数，在进行频响函数的数据转换时，还会同时转换相关的自谱、相干以及用于模态分析的结构几何节点和约束信息。

(7) 特殊格式，包括若干种非通用的数据格式。

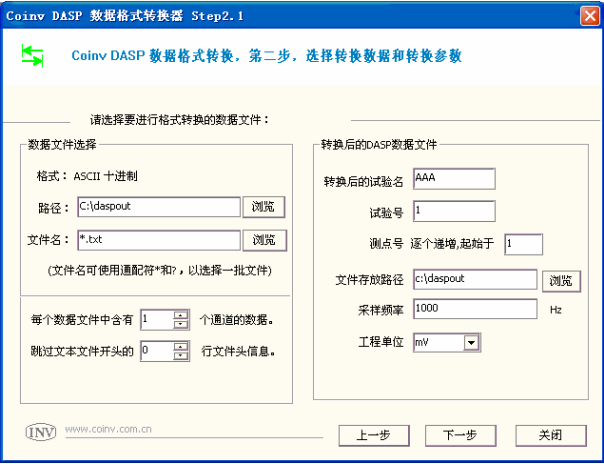


图 9.1.3 从 ASCII 转为 DASP

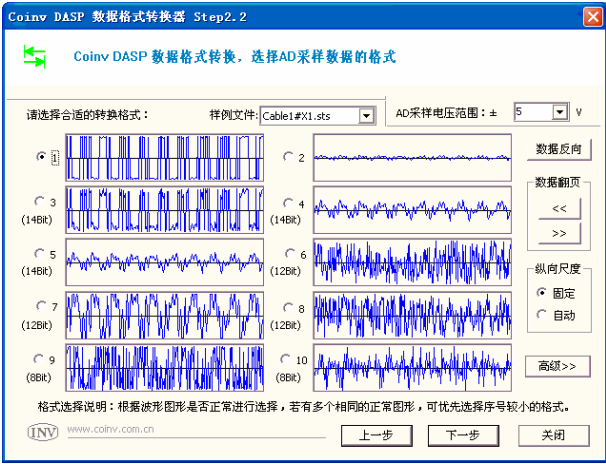


图 9.1.4 选择二进制 AD 格式

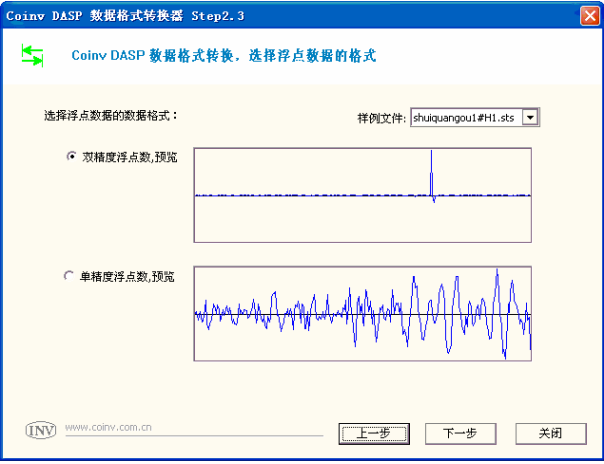


图 9.1.5 选择浮点数格式



图 9.1.6 从 DASP 转为 ASCII

9.1.2 将 DASP 格式转为其他格式

此功能可以将 DASP 采集的数据转为一些通用数据格式，并在其他软件中调用。如图 9.1.2 所示，可以支持如下格式：

(1) ASCII 十进制格式，此种格式为文本文件格式，按“下一步”后将会出现如图 9.1.6 所示（其他格式转换时具有类似的设置），需要选择被转换 DASP 数据的路径、试验名、试验号范围、测点号范围和时间范

围，然后设置转换后 ASCII 文件的路径和内容，并且可以设置数据之间的分隔符形式。

提示：由于 DASP 格式中每个通道（测点）的数据是作为单独一个文件保存的，因此转换后的文本文件也是每个通道一个文件，其文件名的标题部分与 DASP 数据文件名相同，后缀为 TXT。

(2) 声音波形文件 WAV 格式，此格式为计算机中标准的 wav 声音文件。

(3) UFF 格式，包括 UFF58 和 UFF58b 格式，可以选择 DASP 的时域波形(*.STS)或频响函数(*.FRF)。

(4) DASP 格式，此方式相当于在 DASP 的不同格式间相互转换，适合于对较老版本的 DASP 软件保存的数据转换为新的 DASP 数据，尤其适合于 DOS 版本 DASP 软件的数据。

(5) 特殊格式，包括 WAV 格式和若干种非通用的数据格式。

9.2 DASP 波形连接器

通过主菜单的“工具箱！波形连接”可进入波形连接模块。其界面如图 9.2.1 所示。

波形连接是将多次试验号下相同测点号的数据首尾连接而形成新的数据。

操作步骤如下：

1 选择需要连接数据的试验名及路径。

2 输入试验数据的试验号及测点号。

3 输入连接后数据的试验号。

4 单击“开始”按钮转换成功。

如图 9.2.1 所示，需要连接试验名为 ABC 的实验数据
连接范围为 试验号从 1 到 2
测点号从 1 到 2

则连接后将产生试验号为 3 的试验，该试验包含两个测点数据 ABC3#1,ABC3#2,其中 ABC3#1 是由 ABC1#1,ABC2#1 连接而成,ABC3#2 是由 ABC1#2,ABC2#2 连接而成，该试验数据存放在原目录下。

注意：被连接的测点数据的采样频率必须相同。



图 9.2.1 波形连接

9.3 DASP 信号发生器

DASP 超级信号发生器能发生各种数字信号，可代替信号发生器进行演示、教学、科学研究等。仿真信号发生器以软件代替硬件，在使用时，省去了发生器的连接调试，尤其在外出时，更省去了携带一个发生器的麻烦。它操作简单、使用方便、功能强大，能发生各种数字波形。

9.3.1 功能简介

DASP 信号发生器界面如图 9.3.1 所示，其主要功能如下：

- 1、能够 32 通道同时发生正弦波、三角波、方波、随机波、窄带波以及合成波，其中正弦波、三角波、方波的频率以及所有波形的幅值可任意调节。

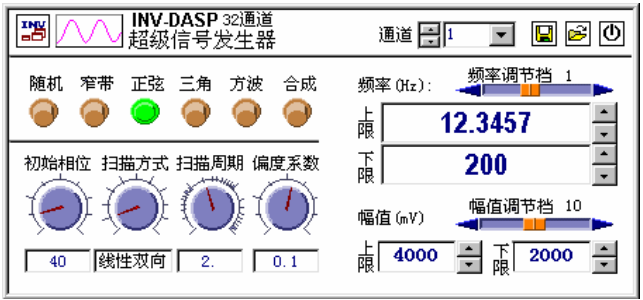


图 9.3.1 DASP 信号发生器界面

2、生成随机信号时为白噪声，可以设置信号幅值，如图 9.3.2 为随机信号的波形和频谱。

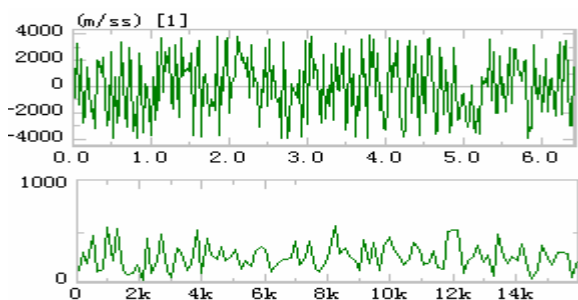


图 9.3.2 随机信号的波形和频谱

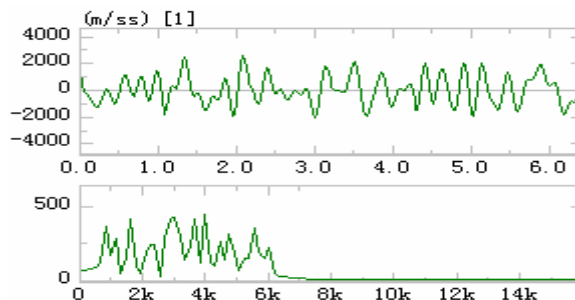


图 9.3.3 窄带随机信号的波形和频谱

3、生成窄带随机信号时，可以设定频带的上限与下限频率以及信号幅值，如图 9.3.3 为窄带随机信号的波形和频谱，其频率带宽范围为 100Hz~500Hz。

4、在生成正弦波、三角波及方波时，可以设置初始相位，如图 9.3.4，三条波形分别为正弦波、三角波和方波，并且初始相位分别相差 90°。

5、正弦波、三角波及方波还具有频率扫描功能。扫描方式有线性双向、对数双向、线性单向、对数单向、分段双向、分段单向、单脉冲、半脉冲、阻尼衰减及周期猝发信号，扫描起止频率和扫描周期可调。

线性扫描和对数扫描：线性扫描方式中，频率的变化为线性变化，即变化速度是均匀的，而在对数扫描方式下，频率以对数方式变化，即频率越大则变化越快，频率越小则变化越慢。

单向扫描和双向扫描：单向扫描方式中，频率从起始频率变化到终止频率，然后回到起始频率，再变化到终止频率；而双向扫描方式下，频率从起始频率变化到终止频率，又从终止频率变化到起始频率，再从起始频率变化到终止频率。

分段扫描：分段扫描方式下，频率变化不是连续的，而是在起始频率和终止频率之间分成几个台阶式的变化，频率是跳跃变化的。例如在 100Hz 到 200Hz 之间分 3 段扫描，则频率在第一个 1/3 扫描周期内为 100Hz，在第二个 1/3 扫描周期内为 150Hz，在第三个 1/3 扫描周期内为 200Hz。

单脉冲和半脉冲扫描：单脉冲方式下，将在每个扫描周期开始产生一个周期的正弦（或者三角波、方波）信号，而半脉冲方式下则再每个扫描周期开始产生半个周期的信号，信号的周期由信号的频率决定。

阻尼衰减方式下，信号的幅值按照给定的阻尼衰减系数进行衰减，直到下一个扫描周期开始，幅值回到起始的幅值，重新开始衰减过程。

猝发信号方式下，信号每过一个猝发周期，将发生若干个周期的正弦（或者三角波、方波）信号，猝发的周期个数随意可调。

图 9.3.5 示意了几种扫描方式下产生的波形，图中以正弦波为例，对于三角波和方波类似。

6、正弦波、三角波及方波还具有波形偏置功能。偏度系数决定波形的偏置程度，其范围为 -1.0~1.0，当偏度系数为 0 时不偏置，小于 0 向左偏置，大于 0 向右偏置，图 9.3.6 表示了几种不同程度的偏置信号。

7、信号幅值可任意调节，正弦波、三角波和方波在扫描方式下，扫描的起止幅值也可调。在频率和幅值的输入框上面各有一个“频率调节档”和“幅值调节档”的滑动条，可以设置不同的频率调节档和幅值调节档，这两个调解档对于频率和幅值的输入框右侧的上下按钮有效，例如设置频率调解档为 0.01，此时按频率输入框右边的上下按钮时，频率输入框中的频率值将增大或者减小 0.01Hz。

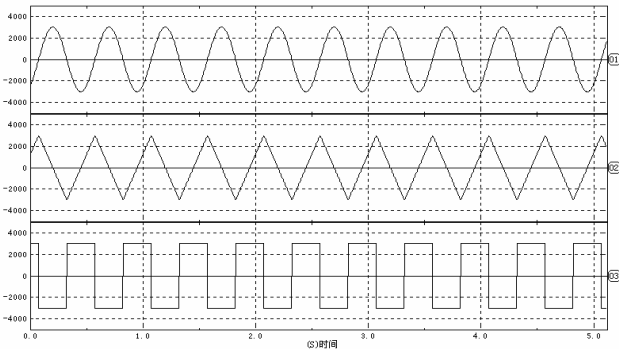


图 9.3.4 具有不同初始相位的信号

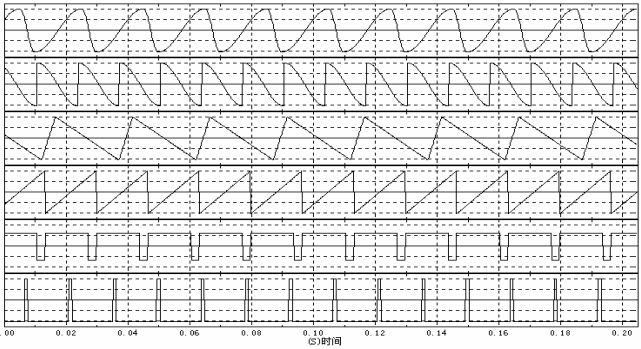


图 9.3.6 几种不同的偏置波形

8、 1~8 通道具有合成波功能，能够通过第 9~32 通道的波形进行合成，合成系数可任意设置。通过第 9~32 通道的波形及合成系数的不同设置，再进行排列组合，就可合成各种需要的波形。图 9.3.7 显示了正弦加窄带随机的波形。图 9.3.8 所示为由三个谐波合成的波形，该波形可以描述为：

$$x(t) = 400 * \sin(100\pi + 3\pi / 4) + 800 * \sin(200\pi) + 600 * \sin(350\pi + \pi / 4)$$

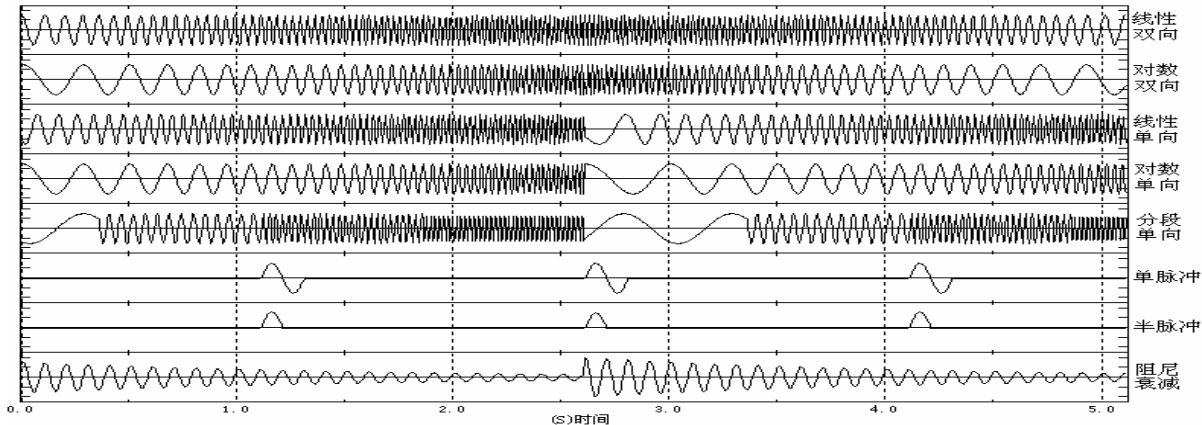


图 9.3.5 几种不同扫描方式下产生的正弦信号波形

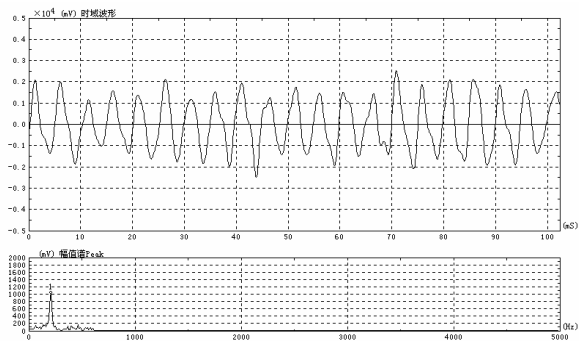


图 9.3.7 正弦+窄带随机的合成信号

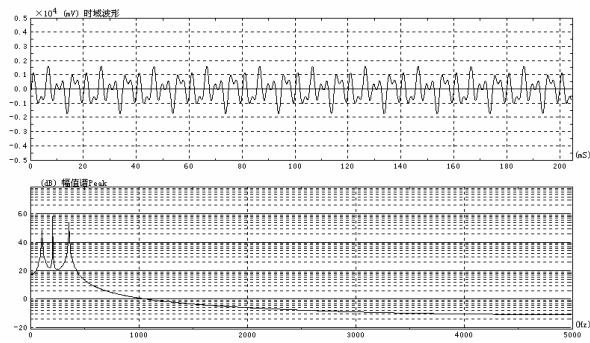


图 9.3.8 由三个谐波组成的合成波形

9.3.2 信号发生器的打开与关闭

在 DASP 主菜单上选中“采样演示”或“演示”选择框，则 DASP 会自动运行“DASP 信号发生器”。点击右上方的“关闭”按钮（图 9.3.11）即可关闭信号发生器。

9.3.3 各通道信号设置步骤

第一步，选择通道通道号。在通道栏中可以选择某个通道进行设置。

第二步，选择信号基本类型。可以选择六种信号，包括随机（白噪声）、窄带随机、正弦波、三角波、方波和合成波。若选择随机信号则直接进入第五步，若选择窄带随机信号，则直接进入第四步，若选择合成波，则直接进入 9.3.4 节。说明：只有第 1~8 通道的信号可以设为合成波。

第三步，设定相位、扫描方式、扫描周期等。当信号的基本类型为正弦波、三角波和方波时，可以设定信号的初始相位、扫描方式。

在“初始相位”栏的旋钮可以调节信号的初始相位，其下方的数字显示当前调节到的相位数值，也可以直接修改相位的数值。

在“扫描方式”栏中的旋钮可以设置不同的信号扫描方式，具体各种方式请参见 9.3.1 节的第 5 段，当选择某一种扫描方式时，可以通过“扫描周期”栏的旋钮设置扫描的周期（单位为秒），其下方显示的扫描周期数值可以直接进行修改。

当选择分段扫描方式时，将在下方出现一个小窗口，可以输入分段数目。

当选择阻尼衰减方式时，在下方出现另一个小窗口，可以输入阻尼系数的百分比。

当选择粹发信号方式时，在下方出现另一个小窗口，可以输入粹发脉冲数目。

第四步，设定信号的频率。在频率栏中，可以输入信号的频率，若信号为窄带随机信号或者扫描信号，则需要输入两个频率值，分别为起始频率和截至频率；否则仅仅需要输入一个频率值即可。频率调节可点击频率方框右边的上下按钮进行调节，也可直接键入所需的频率值。

第五步，设定信号的幅值。在幅值栏中，可以输入信号的幅值，若信号为扫描信号，则需要输入两个幅值数据，分别为起始幅值和截至幅值；否则只需要输入一个即可。

在线性、对数和分段扫描方式下，信号幅值的变化方式同频率变化方式相同；在单脉冲和半脉冲扫描方式下，只需要输入一个幅值数值，信号的幅值不变化；在阻尼衰减方式下，幅值按衰减系数的大小而衰减。

第六步：重新回到第一步，改变到其它的通道，继续设置其它通道的信号参数。

提示：最后得到的信号（包括合成信号）的幅值不能超过 5000mV，否则可能出现削波现象。

9.3.4 合成信号的设置方法

只有第 1~8 通道的信号可以设为合成波，使用第 9~32 通道的信号，乘以一定的合成系数后，合成为一个新的波形，此时如图 9.3.10 所示，右边出现一个合成表格，可以分别输入第 9~32 通道的合成系数，然后按表格左上端的“确定”按钮，完成合成波形的设置。

例如图 9.3.10 所示，当前正为第 3 通道的信号设置合成参数，在合成系数表格中，第 9 通道的合成系数为 0.5，第 10 通道的合成系数为 0.5，其它通道的合成系数为 0，则最后得到的第 3 通道的信号波形为：通道 9 的信号波形乘以 0.5 加上通道 10 的信号波形乘以 0.5。而第 9、10 通道的信号可以按照 9.3.3 节的方法随意设置。

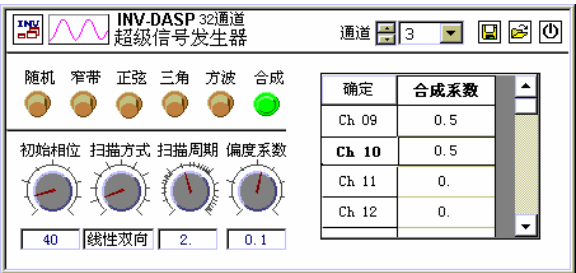


图 9.3.10 合成波形设置方法

9.3.5 信号参数的方案保存与调出

当完成各通道的信号参数设置后，若希望将各通道的参数保存下来，以便以后方便调出，则可以通过右上方的“保存”按钮，将各项设置保存下来，保存时可以为其起个名字，以后可以通过“调出”按钮将其调入，按钮如图 9.3.11 所示。



图 9.3.11 信号发生器中的几个按钮

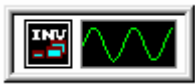


图 9.3.12 最小化的情形

9.3.6 DASP 信号发生器的最小化和移动

DASP 信号发生器总是占据计算机屏幕的一部分，若已经完成各通道的参数设置，可以将其最小化显示，这样就不再占据较大部分的屏幕，最小化的信号发生器如图 9.3.12 所示。若要恢复原来的大小，可以再按左边的最小化按钮即可。

9.3.7 模拟信号输出

如果当前的硬件系统含有模拟输出 AO 通道，则在信号发生器下方将出现“模拟信号输出”栏，其中可以选择输出通道数目和输出频率，然后按“输出”按钮即可开始输出。输出过程中按“停止”按钮可停止。

硬件系统可能具有 1 个或多个 AO 通道，其输出信号对应于信号发生器中的前若干个通道的设置。

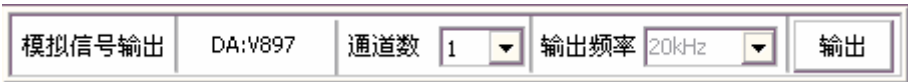


图 9.3.13 模拟信号输出窗口

9.4 DASP 采集仪选择器

DASP 软件可以支持所有 INV 系列采集仪，以及部分其他厂家的采集仪（如 ADLink、NI 等公司的部分采集设备）。一般情况下，DASP 的软件狗中仅授权一种或几种采集仪的支持，这是由与其配套的采集仪来确定的。如果软件狗中具有一种以上的采集仪支持，也就是说使用者持有一种以上型号的采集仪，则需要在使用不同类型采集仪之前，先进行选择。

通过主菜单的“工具箱！选择采集仪”可进入选择界面模块。其界面如图 9.4.1 所示。可以分别为模拟输入 AI 采集通道选择 AD 卡型号，以及为模拟输出 AO 通道选择 DA 卡型号。

提示 1：若软件狗中没有 DA 输出支持，则 DA 卡的选择项将不可设。

提示 2：一般需要在进入主菜单之后，运行各个模块软件之前，进行此设置。

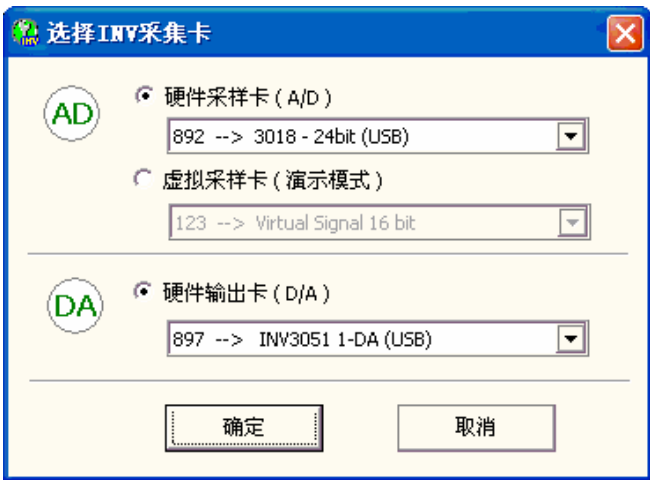
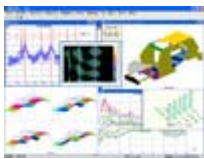


图 9.4.1 选择采样卡



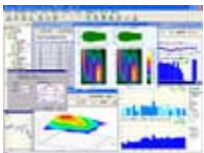
DASP-MAS 模态和动力学分析软件

支持 SIMO、MISO、MIMO、OMA、SMA 和 ODS 等模态试验，包含 SSI、ERA、PolyLSCF、EFDD、PPM、PZM、Prony 等方法，已经广泛应用在国防军工、教学科研、土木建筑、机械、铁路交通等各行业，成功完成航天器、军械、卫星、汽车、桥梁、井架、楼房等大量模态试验任务。



DASP-RMA 旋转机械和故障诊断软件

包括伯德图、谱阵分析、阶次分析、涡动比、分叉图、全息谱等旋转机械特征分析，第三代动平衡测试分析，设备运行状态的在线监测、巡检检测和故障诊断系统。



DASP-Acoustics 声学测量分析软件

多通道噪声和声压的实时连续测量、声强测量、声功率测量、噪声源定位（声强分布和声阵列测量）、声品质分析、混响时间、环境噪声评价、语图分析等。



北京东方振动和噪声技术研究所

China Orient Institute of Noise & Vibration

东方所（北京总部）

网址: <http://www.coinv.com>

地址: 北京市海淀区, 上地, 科贸大厦 516 号

邮编: 100085

电话: 010-62989889

传真: 010-62970728

邮箱: dasp@coinv.com

西南办事处（四川成都）

地址: 四川省成都市武侯区万寿桥南路 399 号 17-3-4

邮编: 610045

电话: 028-85030856

传真: 028-85030856

西北办事处（陕西西安）

地址: 西安市高新三路 108 号财富大厦 2 期 C 座 32011 室

邮编: 710015

电话: 029-65676803

传真: 029-65676803