



勘察物探系列

RSM-SWS

面波仪
使用说明书

OPERATING INSTRUCTIONS



武汉中岩科技股份有限公司

Wuhan Sinorock Technology Co.,ltd

总部地址:湖北省武汉市武昌区小洪山1号中国科学院武汉分院行政楼

邮 箱: whrsm@whrsm.com



企业总机:

027-87198699



网址: www.whrsm.com

关注官方微信, 获取更多产品资讯



目 录

CONTENTS »»

第一章 序言.....	1
1.1 仪器特性.....	1
1.2 性能指标.....	2
1.3 注意事项.....	2
1.4 温馨提示.....	3
第二章 仪器组件与外围设备.....	4
2.1 仪器组件.....	4
2.2 外围设备.....	5
第三章 仪器的主要功能.....	7
第四章 检测仪使用方法.....	9
4.1 现场操作步骤.....	9
4.2 软件的安装.....	9
4.3 软件的操作流程.....	11
4.3.1 显示界面说明.....	11
4.3.2 具体操作流程.....	15
4.3.3 计量功能介绍.....	16
4.3.4 现场测试注意事项.....	16

第一章 序言

本仪器是我公司历时2年，结合我公司软件和硬件研发的长处精心研制开发的新一代面波仪。融入我公司多年来在波形采集、处理领域的优点，采用最新的电子技术，结合我公司最新的硬件研发平台，具有高精度、高速度、高可靠性、低功耗、易操作和轻便小巧等特点，特别适应复杂的野外物探工作，可谓广大物探工作者的利器。

面波测试在勘察领域内的，具有现场原位测试简单、测试速度快、费用低以及对原结构物无破损等优点。瑞雷面波在目前的实际应用中，可应用于探查覆盖层厚度、划分松散地层沉积层序；探查基岩埋深和基岩界面起伏形态，划分基岩的风化带；探测构造破碎带；探测地下隐埋物体、古墓遗址、洞穴和采空区；探测非金属地下管道；探测滑坡体的滑动带和滑动面起伏形态；地基动力特性测试；地基加固效果检验等。

1.1 仪器特性

► 本面波仪的主要功能特点如下：

1. 功耗低：采用低功耗操作平台，仪器内置可充电池，支持连续独立工作10小时，同时可一直外接蓄电池供电，充分满足面波现场测试需要。

2. 性能稳定：真24位AD，24道同时采集最快采样间隔达到10 μ s，整机密封，采用工控级主板，信噪比高，抗干扰能力强，适应恶劣环境。

3. 主机小巧方便，重量轻便，便于携带，特别适用于复杂的物探测试现场，同时采用进口机箱，美观牢固，具有良好的抗振、防潮、防尘性能。整机尺寸为：350*300*150 整机净重：3.5KG。

4. 采集界面美观大方、一目了然，上手快速。

第五章 数据预处理	17
5.1 预处理软件操作界面介绍	17
5.2 预处理软件功能介绍	18
5.2.1 主菜单	18
5.2.2 编辑菜单	22
第六章 WinSws面波分析软件用户手册	33
6.1 面波测深原理要点	33
6.2 数据采集方法指导	34
6.3 处理过程总体说明	35
6.3.1 X-T Source 时距域原始数据页面	35
6.3.2 F-K Extract 频率波数域提取页面	36
6.3.3 X-F Stack 距离频率域叠加页面	39
6.3.4 Z-V Inversion 深度速度域反演页面	40
6.4 处理页面操作说明	42
6.4.1 X-T Source 时距域原始数据处理	42
6.4.2 F-K Extract 频率波数域提取	44
6.4.3 X-F Stack 距离频率域数据叠加	45
6.4.4 Z-V Inversion 深度速度域数据反演	46
6.5 数据和图形存档文件格式	48

1.2 性能指标

主控形式：低功耗嵌入式系统 主频：1GHz 内存：512M

显示模式：笔记本显示

操作方式：笔记本操作

操作系统：WindowsXP ~ Win8均可

通讯方式：有线通讯兼容无线通讯

通道数：24道

触发方式：外触发和自触发

采样间隔：10 ~ 16000 μ S多档可调

采样长度：0.5 ~ 16k多档可调

动态范围： ≥ 120 dB

模拟滤波：多道可选

频带宽度：0.5 ~ 4000Hz

相位一致性：相位绝对误差 ≤ 0.5 ms

数字滤波：可任意输入

A/D转换精度：24位

供电模式：内置锂电池 ≥ 8 h

工作温度： $-20 \sim +55$ $^{\circ}\text{C}$

前放增益：12dB ~ 72dB多道可选

外形尺寸：350 × 300 × 150mm

重量：3.5kg（含锂电池）

由于产品升级，相应指标后续可能会有变动，请以中岩官方网站产品性能指标为准。

（网址：www.whrsm.com）

1.3 注意事项

使用本面波仪时需要注意如下事项：

1. RSM-SWS面波仪系精密贵重仪器，在使用、运输、保管和维护方面应按相关的规程规范和要求办理。

2. 当用大锤作为震源时，需要用锤击开关来触发。为了保证有效触发，将锤击开关绑

到锤把上时应注意：

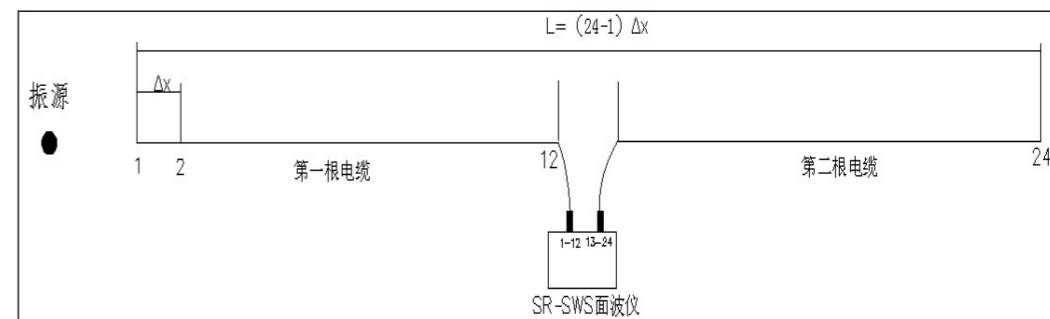
① 将锤击开关的粗糙面向上，置于离锤头约0.5 ~ 1厘米处；

② 用胶带将其牢固地绑紧在锤把上，如果绑扎不紧会造成触发不灵。

3. 当用落重作为震源时，可采用检波器触发。将触发检波器插入落点附近，把信号延长线一端与检波器相连，信号延长线的另一端与触发插头相连。

4. 检波器的夹子有宽、窄之分，将检波器与电缆相连时，要注意与电缆线上接口的宽窄相对应。

5. 面波电缆为每根12道，每一套中的两根电缆规格一样，道序号为从远离电缆插头起为1、2、3……12道排序。仪器端1-12和13-24接口线序不同，两者不能随意更换，现场测试时需要认真区别。



6. 本仪器为分体机，野外采用笔记本连接主机操作，建议实验前将笔记本电池充满，长时间工作也可以携带笔记本外挂电池。

7. 现场试验前建议将各接线连好后，再开机，等待1分钟主机更新配置，再打开采集软件进行操作，否则容易出现通讯出错的问题。

1.4 温馨提示

尊敬的用户：

您使用的产品含有内置电池，请您按照下面的要求进行维护：

1. 请使用随机配备的电源充电器给仪器电池进行充电；
2. 仪器的电池充电应在关机的状态下进行，并保证在良好的通风散热环境中进行充电；在仪器充电过程中，请勿将充电器及仪器放置在易燃物体上；
3. 为延长电池的使用寿命，仪器电池既不能长时间不充电，也不能长期处于充电状态；
4. 仪器在使用过程中，应远离热源；切勿自行拆卸电池、摔打电池。

第二章 仪器组件与外围设备

包括仪器各部分的介绍（主要是接口及接插件的配置）、与外接传感器的连接（包括外接传感器的有些使用注意事项），充电情况等

2.1 仪器组件

本仪器为分体机，分为计算机和采集仪两部分，计算机为配置的笔记本电脑，采集仪将采集的数据通过网线或者Wifi无线传输给笔记本。



仪器左边的接插件有：1~12通道插座、13~24通道插座，外触发开关插座。如下图所示：



仪器右边的接插件有：扩展、通讯网口、充电口、电源开关。如下图所示：



2.2 外围设备

电缆线：12道，道间距可根据需要定制。



检波器：面波测试采用4Hz检波器。



触发开关及延长线：



第三章 仪器的主要功能

本仪器主要是针对面波勘察测试而研制的一款新型面波仪，支持12和24通道的面波测试。

瑞利面波是由英国学者 Rayleigh于1887年首先在研究弹性介质中波动时发现的。随着计算机技术的飞速发展及工程勘查的需要，近几年瞬态瑞利面波勘探已被广泛地用于查明工程区地下介质结构并进行地层划分，对岩土体的物理力学参数进行原位测试，工业与民用建筑的地基基础勘察，地下管道及埋藏物的探测，地下空洞（如煤矿采空区等）、岩溶、古墓及废弃矿井的埋深范围探测，公路、机场跑道质量的无损检测，水库大坝中软弱夹层的探测和加固效果评价及石油地震勘探应用该方法确定地表低速带厚度及速度，为静校正提供依据等领域。

瞬态面波法是通过锤击、落重乃至炸药震源，产生一定频率范围的瑞雷波，再通过振幅谱分析和相位谱分析，把记录中不同频率的瑞雷波分离出来，从而得到一条 V_r-f 曲线或 V_r-K_r 曲线。根据现场所测瑞利波频散曲线，可进一步分析得到成层地基结构中各层的厚度及剪切波速度，从而能反映结构的强度变化。

在地面施一适当的激振力(可用大锤敲击地面或吊高重物自由下落)，地下介质中可产生纵波、横波和瑞利波，可用如下的波动方程来描述它们的运动。

$$\nabla^2 \phi = \frac{1}{V_p^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} \quad \nabla^2 \psi = \frac{1}{V_s^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

其中为质点位移场的势函数， V_p 和 V_s 分别为纵波和横波的速度。对于平面波可得上式的一个解为：

$$\varphi(X, Y, Z, t) = A e^{-KV_z z} e^{ik(x-Vt)}$$

$$\varphi(X, Y, Z, t) = B e^{-KV_z z} e^{ik(x-Vt)}$$

式中: $V_r = [1 - (V_r/V_p)]$ $V_s = [1 - (V_r/V_s)]$

K为波数, V_r 为瑞利波速, A、B为常数。

由上式可得到瑞利波传播的二个特性: 一是瑞利波振幅随深度衰减, 能量大致被限制在一个波长以内; 二是由地面振动波的瞬时相位可确定瑞利波传播的相速度。瞬态面波法即根据这二个特性, 在相距一定距离的地面二点安置拾振器, 接收面波振动, 通过频谱分析, 做出波长——波速频散曲线, 从而算出地下土层的瑞利波速 V_r 。瑞利波速和横波波速的关系为:

$$V_s = \frac{1+\nu}{0.87+1.12\nu} V_r \quad (\nu \text{ 为泊松比})$$

当 ν 为0.25至0.5时, V_r/V_s 为0.92至0.95。由此可将瑞利波波速换算成横波波速。

瞬态多道瑞利波法是在地面上沿着面波传播的方向布置间距相等的多个拾振器, 一般可为12道或24道。选择适当的偏移距和道间距, 以满足最佳面波接收窗口和最佳探测深度。将多个拾振器信号通过逐道频谱分析和相关计算, 并进行迭加, 得出一条频散曲线, 从而消除了大量的随机干扰, 信号中各频率成分能量大为增强, 使得地质体在频散曲线上的反映更加突出, 判断准确性大大增强。

第四章 检测仪使用方法

4.1 现场操作步骤

1. 出野外工作之前, 应保证笔记本和采集仪有足够的电量。
2. 将面波电缆与仪器的“1—12”、“13—24”插座对接, 并将检查好的检波器接在大线上。
3. 把触发电缆连接到仪器的“触发”插座上。
4. 将检波器按设计要求等间距插入待测地表。
5. 打开仪器电源开关。此时, 仪器电源指示灯(红灯)亮。
6. 笔记本与采集仪连接: 如采用有线通讯, 则将配置的网线一端接笔记本网口, 一端接采集仪网口, 配置笔记本IP与采集仪IP在同一网关即可。如采用无线通讯, 打开笔记本电脑后, 连接WiFi:RSM-SWS, 密码12345678。通讯连接后, 即可打开采集软件开始设置参数进行数据采集。

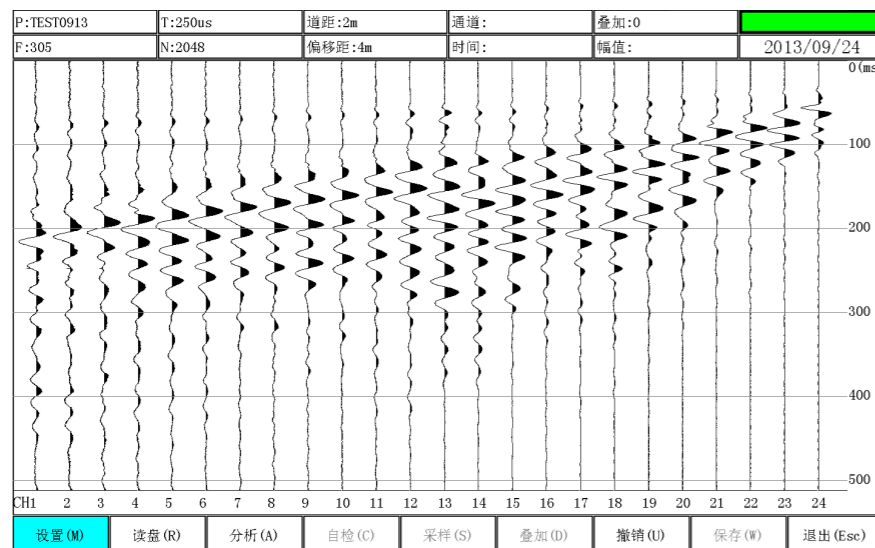
4.2 软件的安装

在光盘驱动器中插入面波仪安装光盘, 双击程序安装包。之后按提示信息执行即可。



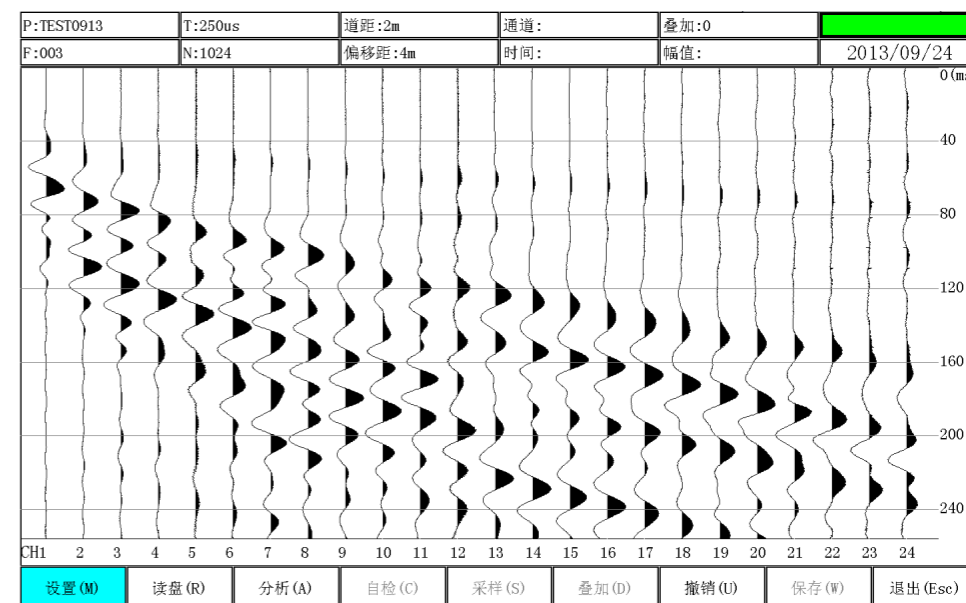
面波测试仪采集软件
Setup.exe
应用程序

安装完成后，双击图标即可打开采集程序。



4.3 软件的操作流程

本仪器的操作界面简单大方，采用按键式的命令操作，也可采用笔记本鼠标和键盘操作，所有的功能键都可以通过ALT+快捷键的方式进行操作。



简单快捷的操作界面

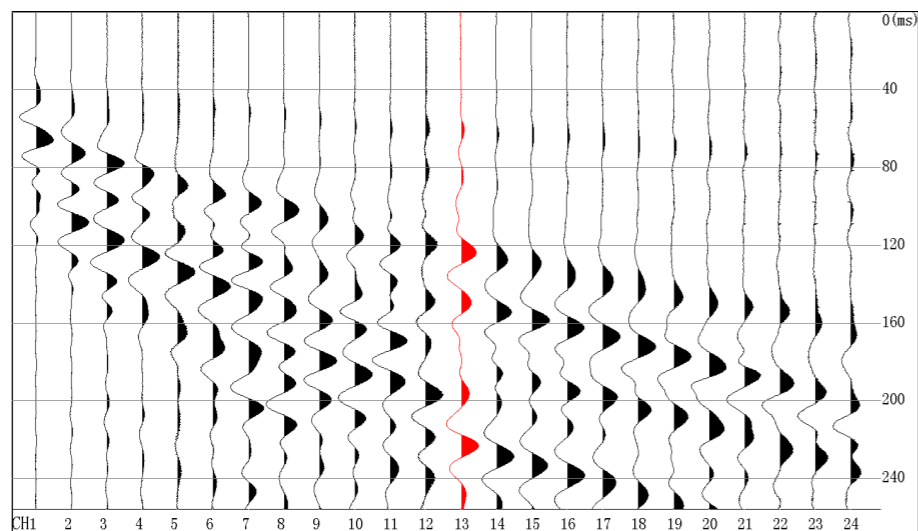
4.3.1 显示界面说明

主界面主要分为三个区域：曲线显示窗口、信息显示窗口和操作栏。

a、曲线显示窗口栏：曲线显示窗中，主要是显示各通道的波形和幅值。

纵坐标轴表示的是时间信息，单位为ms，坐标轴向下，起点为0点，往下为正数。横坐标显示的是通道排列情况。

面波测试的曲线图图例如下：



b、信息显示栏

P:SINOROCK	T:10us	道距:4m	通道:	叠加:0	
F:	N:1024	偏移距:5m	时间:	幅值:	2013/09/24

单击一个通道，相应的通道变成红色，自动弹出标记线，显示栏显示具体的通道号、具体时间和此通道此时间点的波形幅值。同时，显示本次采集的工地名、文件名、采样间隔、采样点数、道距、偏移距、电量、叠加次数和时间等信息。

c、操作栏

设置(M)	读盘(R)	分析(A)	自检(C)	采样(S)	叠加(O)	撤销(U)	保存(W)	退出(Esc)
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------

操作栏中主要是对仪器采集等进行操作的工具栏，界面和具体介绍如下：

①设置：对瑞雷面波测试参数进行设置。设置界面如下：

工程名称 JKACK	测试单位 SINOROCK	测试人员 SINOROCK	测试剖面编号 001	颜色 设置
道序 顺	通道数量 12	采样间隔 10us	采样长度 1024	增益 设置
道间距 4.0m	偏移距 5.0m	延迟 0ms	滤波 512Hz	传感器 设置
触发方式 外触发	触发水平 中	计量 关闭	2014/06/12 10:08:57	确定

- 1) 工程名称、测试单位、测试人员。支持大写字母和数字结合的命名方式。
- 2) 测试剖面编号：记录剖面名称。
- 3) 颜色设置：设置波形、基线和填充的颜色。
- 4) 勘探方式：勘探方式为面波勘探。
- 5) 通道数目：通道选择项有12和24。
- 6) 采样间隔：根据不同的测试深度可选择10、15.625、31.25、62.5、125、250、500、1000、2000、4000、8000、16000 μ s。
- 7) 采样长度：512、1024、2048、4096、8192、16384。
- 8) 道序：振源传播方向上拾震器的通道号是由小到大为顺，反知，振源传播方向上拾震器的通道号是由大到小为反。
- 9) 道间距：检波器之间的距离，可输入任意数值，单位米。
- 10) 偏移距：振源与最近一道检波器之间的距离，可任意输入数值，单位米。
- 11) 延时：正负数任意输入。
- 10) 滤波：面波测试一般不需要滤波、其它测试则需滤波。
- 11) 传感器设置：可单个设置各个传感器的灵敏度系数。
- 12) 触发方式：外触发和自动触发两种方式。
- 13) 触发水平：高、中、低三档触发水平。
- 14) 计量：开启计量，可以在采集界面上显示工具栏，同时可以人为选择通道的时间区域，并在上方显示栏显示该区域段的Vpp值。方便计量单位计量使用。

15) 时间: 设置仪器系统时间。

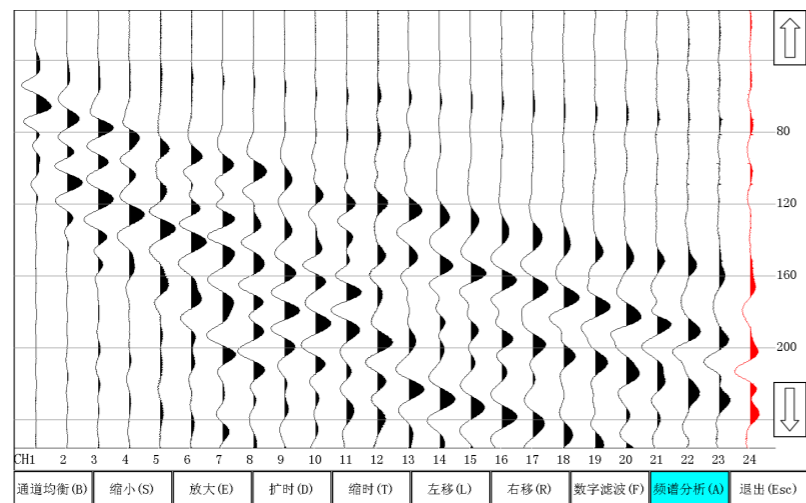
② 读盘

浏览数据盘，读取文件。

文件名:	<input type="text"/>	确定	取消	更换工地
TEST0913/文件	创建时间			
001	2013/09/23	上一页		
002	2013/09/23			
003	2013/09/23			
004	2013/09/23	下一页		
005	2013/09/23			

③ 分析

对打开的文件进行图像编辑、滤波和频谱分析。



分析界面

通过点击放大、缩小、左右移动可以将波形显示调到合适的界面。通过数值滤波可以将一些毛刺等杂波过滤掉。通过频谱分析可以判断波形的主频，并分析采集数据的频带宽度，以此调整振源条件。

④ 自检

显示各个通道的噪音幅值情况。同时可以通过噪音的异常情况查看各个通道是否异常。

⑤ 采样

点击采样后，仪器等待触发，触发后开始采集。

⑥ 叠加: 进行叠加可将本次采集的波形与上次的波形叠加，增加信噪比。点击“叠加”后弹出通道锁定和释放窗口，通道的锁定和解锁操作。

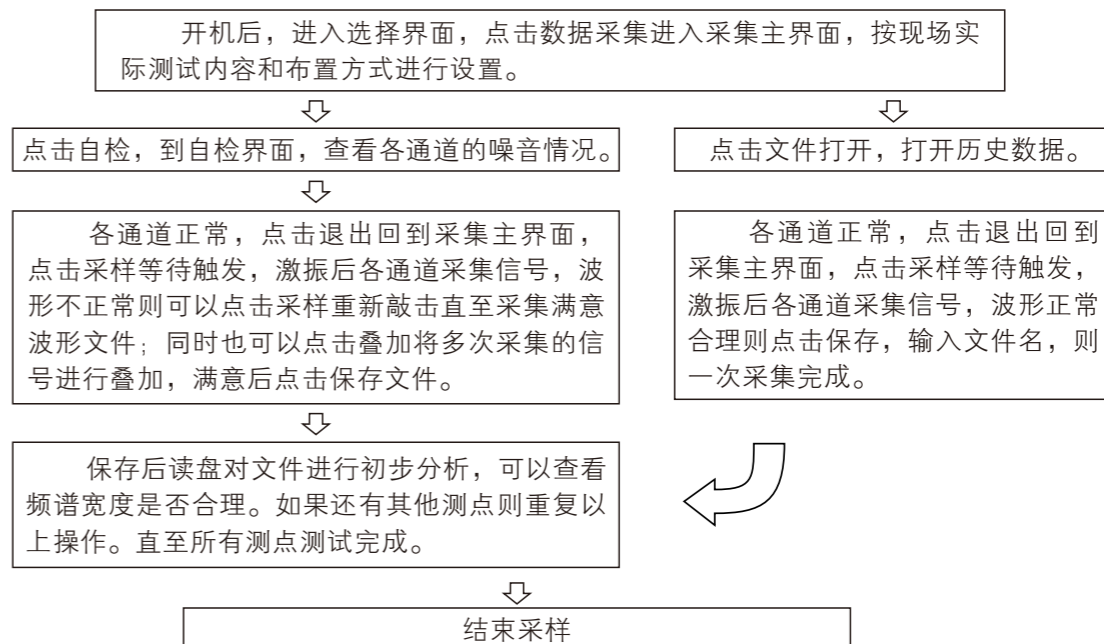
⑦ 撤销: 撤销叠加的数据，会弹出提示窗口，对于没有叠加的数据可进行屏幕清屏，再进行数据采集。

⑧ 保存: 当波形采集完后，得到满意波形，点击保存，弹出文件命名窗口，命名后点击保存将文件保存。

⑨ 退出。返回操作选择界面。

4.3.2 具体操作流程

面波测试软件操作流程:



4.3.3 计量功能介绍

为方便仪器的计量工作，特增加计量功能，具体如下：

①计量功能开启后，采集界面变全屏显示为最大化显示，可以显示桌面任务栏，方便切换界面。

②在计量功能开启状态下，可以点击采集界面上方的通道显示框，弹出通道数选项，可以选择一屏的通道数。有6道、12道和24道3种选项。

③在计量开启时，通过鼠标选择点击通道基线左/右幅分别选择区间上/下限，在采集界面上端，会自动显示所选区域的Vpp值（区间内最大值与最小值的差值）。

4.3.4 现场测试注意事项

①仪器应设置在全通状态，对定点仪器应设置各道增益一致；

②记录长度为“采样点数”和“采样间隔”的乘积，采样点数可选择1024点或2048点；采样间隔的选择视采集记录的长度要求，应满足最远通道基阶面波形完整清晰的采集需要；

③记录的近震源道不应出现削波，排列中不宜有坏道；

④排列方向的设计应视地形条件和规避干扰波的需要确定；排列上的道间距应小于最小勘探深度所需波长的二分之一；

⑤检波器安置的位置应准确；

⑥检波器应与地面（或被检测物表面）安置牢固，并力求埋置条件一致；

⑦检波器的安置：在地表介质松软时，应挖坑埋置；在地表为稻田或潮湿条件时，应防止漏电。检波器周围的杂草等易引起检波器微动之物应清除；风力较大条件下工作，检波器应挖坑埋置；

⑧检波器与电缆连接应正确，防止漏电、短路或接触不良等故障；

⑨使用锤击震源、落重震源应在激振点敷设专用垫板。专用垫板是硬材料，有利于激发高频波，专用垫板是软材料，有利于激发低频波；

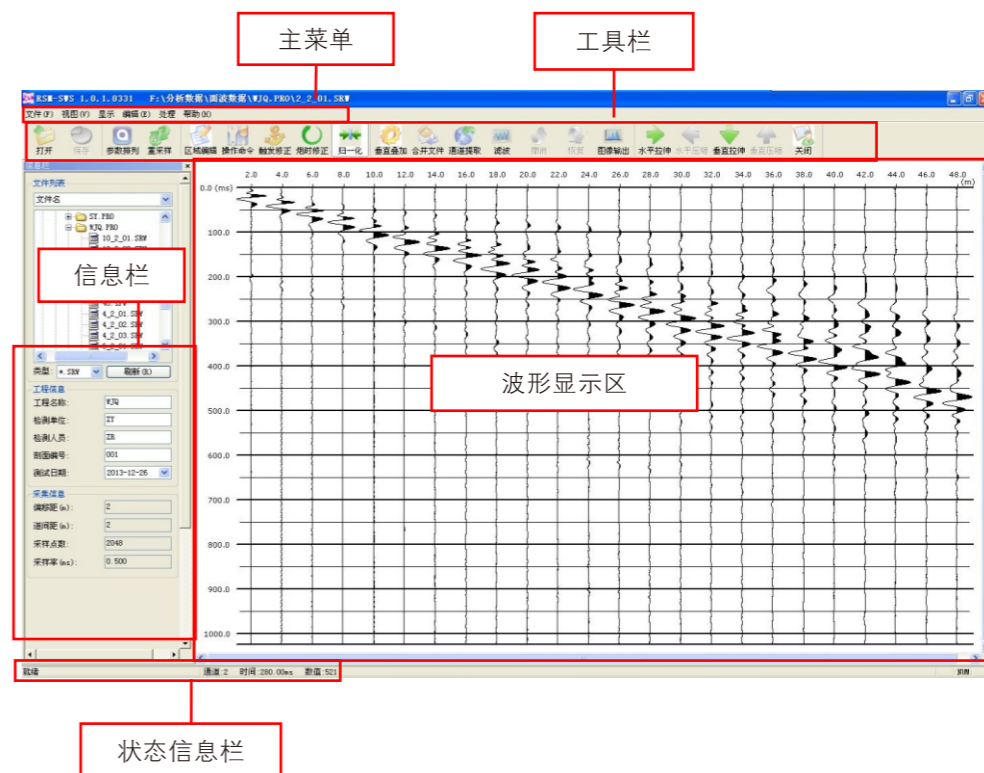
⑩采集工作结束后，要及时从仪器拷贝数据做好备份，以防数据丢失，同时做好现场采集班报表记录。

第五章 数据预处理

针对公司数据采集的数据，我公司专门研发一款预处理软件，可进行进一步对文件进行编辑、数据格式转换、合并集成等处理工作。

5.1 预处理软件操作界面介绍

预处理主界面区域分布如下：



主界面包括主菜单栏、工具栏、信息栏、状态信息栏和波形显示区。信息栏显示文件的路径和文件夹内所有的面波数据文件；采集时输入的采集信息和工程信息。工程信息可进行输入，采集信息固定显示。

波形显示区内，可以通过左下角和右下角的角标进行波形处理，左下角为横向的压缩、放大和恢复，右下角为纵向的压缩、拉伸和恢复。

5.2 预处理软件功能介绍

5.2.1 主菜单

文件 视图 显示 编辑 处理 帮助

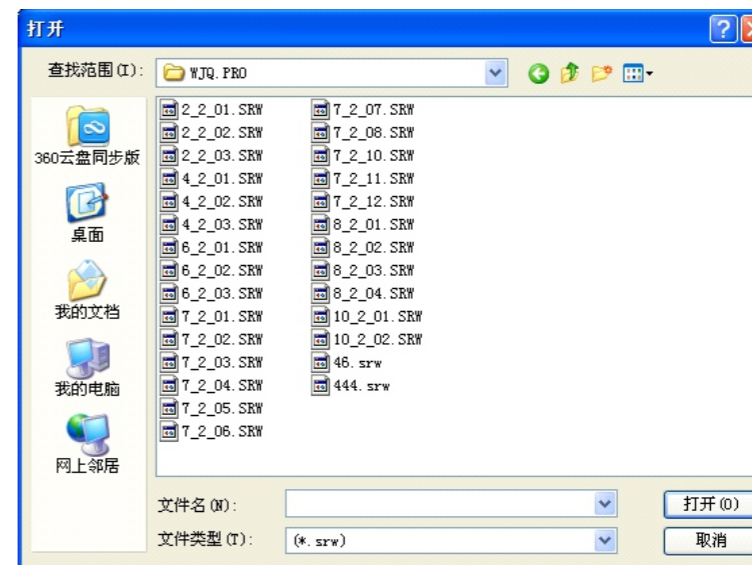
主菜单包括文件、视图、显示、编辑、处理和帮助功能。

① 文件菜单

文件菜单包括打开、保存、单波读取、格式转换、单波保存、打印、打印机设置和退出功能。如下图所示。

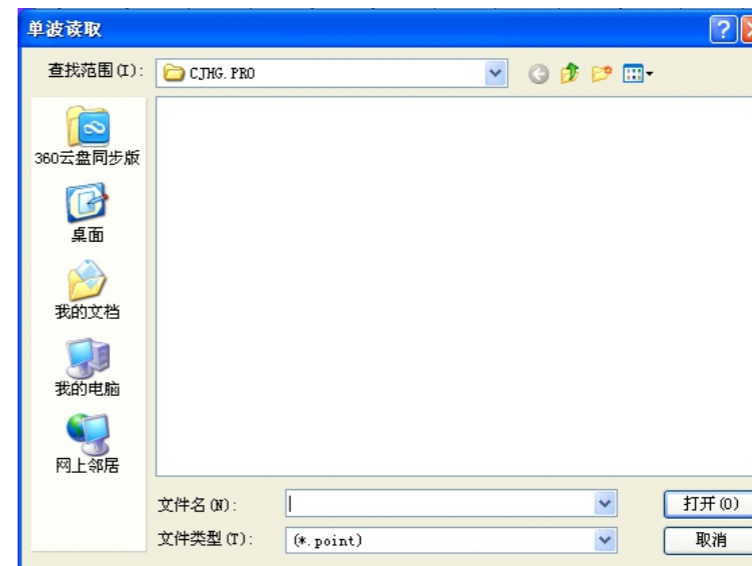
文件：
打开
保存
单波读取
格式转换
单波保存
打印
打印机设置
退出

打开界面：支持打开本公司仪器采集的数据格式和标准的SGY、SG2数据格式。

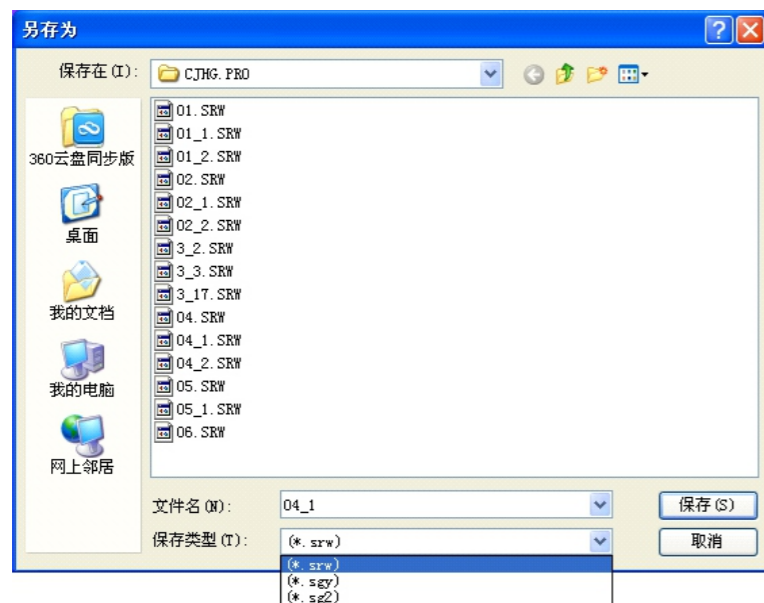


保存：将修改好数据直接保存。

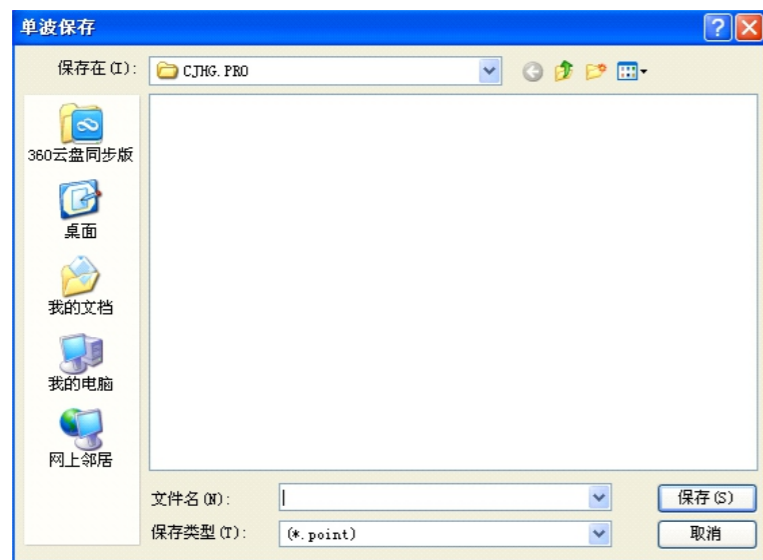
单波读取：将“单波保存”的单个通道的波形，保存在选定的通道上。此功能在区域编辑单道时才能使用。



格式转换：点击后将当前打开的文件进行格式转换，可转化为标准的SG2和SGY格式。



单波保存：将选择的单道波形单独保存。此功能在区域编辑单道时才能使用。



打印：（方格上的1只是示意）

打印机设置：



② 视图菜单

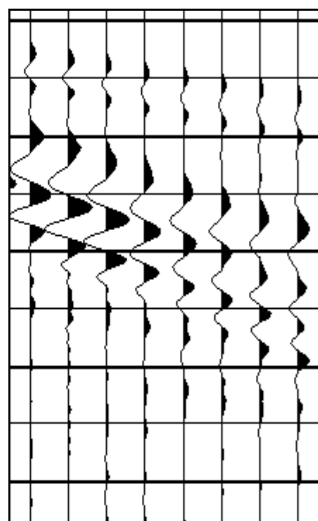
视图：
工具栏
参数信息栏
状态栏

通过勾选相应的项目，在主界面上进行显示。

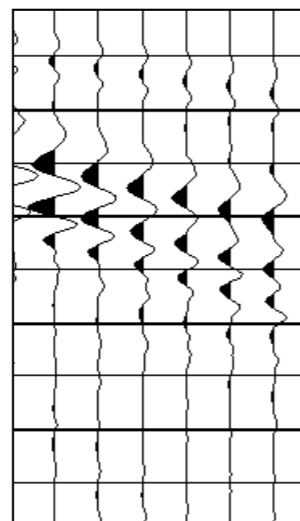
③ 显示菜单

显示：
正向填充
反向填充
波形

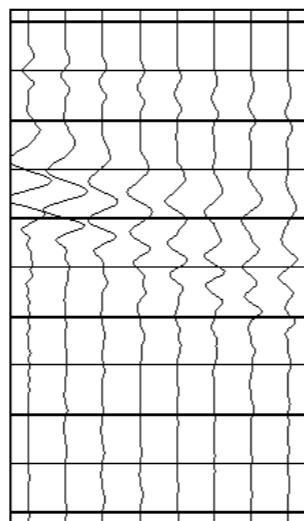
波形的三种显示方式：



正向显示



反向显示



波形显示

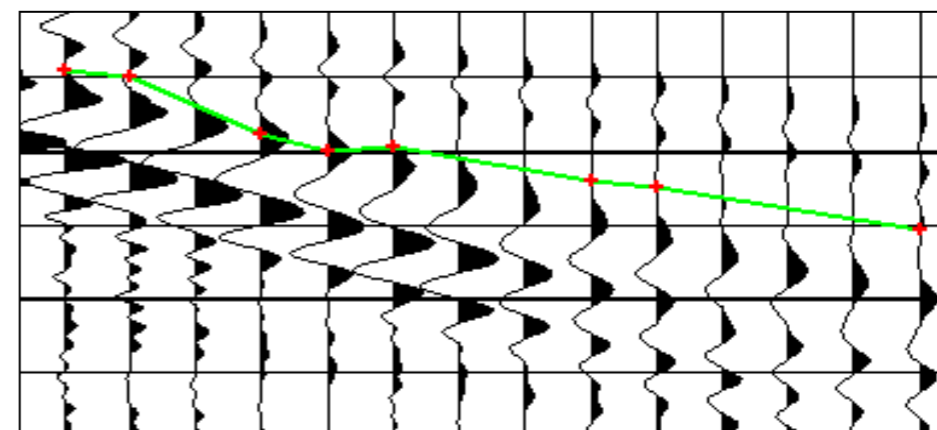
5.2.2 编辑菜单

编辑：
区域编辑
操作命令
炮时修正
复制
粘贴

区域编辑 上方
下方
单道
多道
重设

操作命令 放大
缩小
切除
调换
极性反转

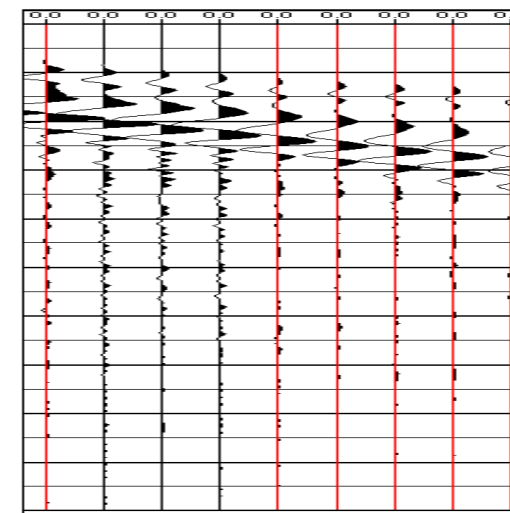
区域编辑和操作命令是两个操作联合对波形进行处理，必须先进行区域编辑选择相应的编辑方式。“上方”或者“下方”，通过单击鼠标拖动划线，区分上下区域。“单道”，选择单道后，单击相应的通道，通道整体用灰色框包围。“多道”通过单击左键可以一个通道一个通道的选择，也可以按住左键拖拉连续选择通道。“重设”：点击后重新选择区域编辑进行操作，以前区域操纵全部取消。



上下方区域选择示例图



单道波形选择示例图



多道波形选择示例图

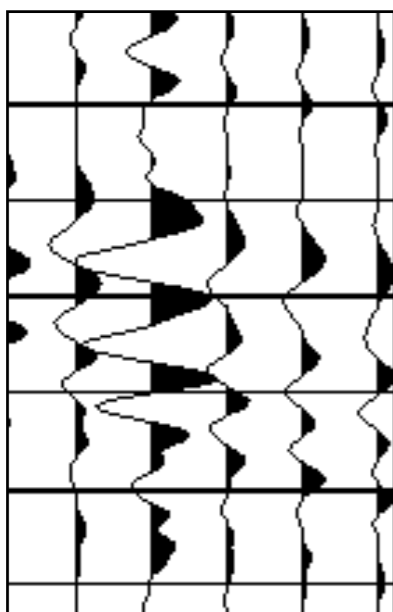
操作命令：放大、缩小、切除、调换、极性反转。

“放大”“缩小”：波形直接放大缩小。

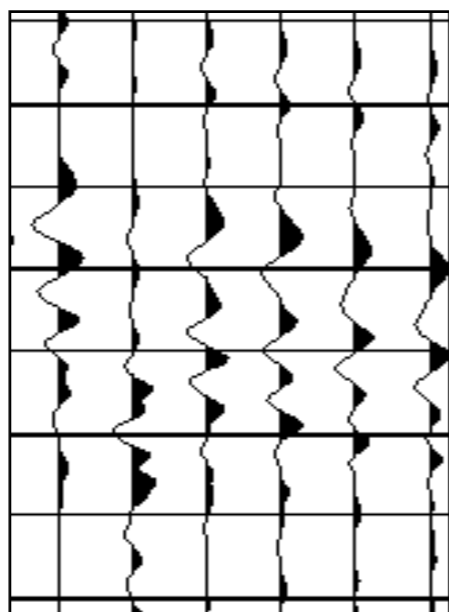
“切除”：对区域编辑内的波形进行切除。

“极性反转”：支持对“单道”“多道”的波形进行反转操作。

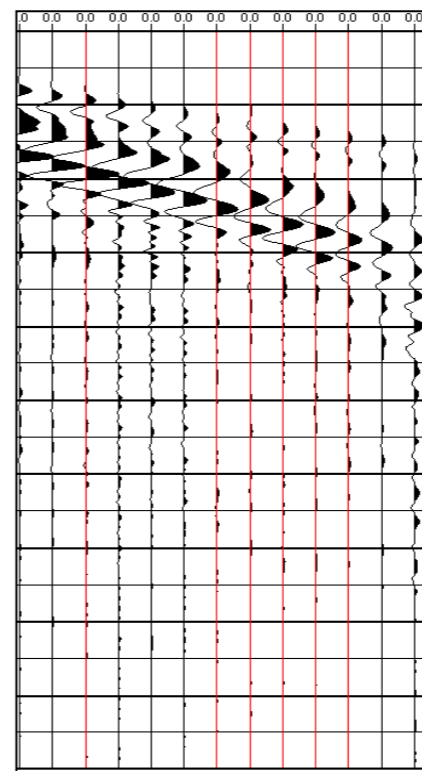
“调换”：对“多道”中选择的通道波形进行对称互换。



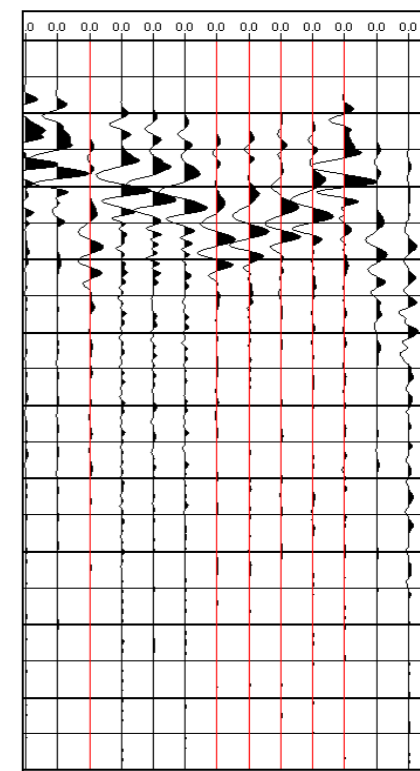
单道波形放大



单道波形缩小



多通道调换前



多通道调换后

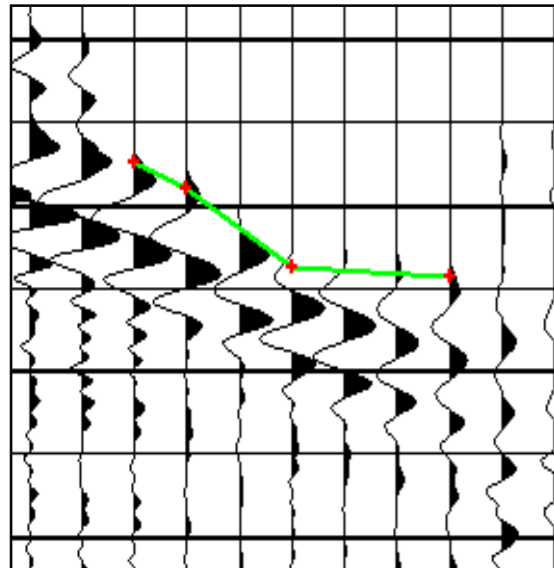
炮时修正:

对于单道波形进行上下移动。选择炮时修正后，单击波形，在鼠标单击地位置出现一条红色的基线，按住鼠标上下拖动，则红色基线和波形随鼠标移动，蓝色基线不动。

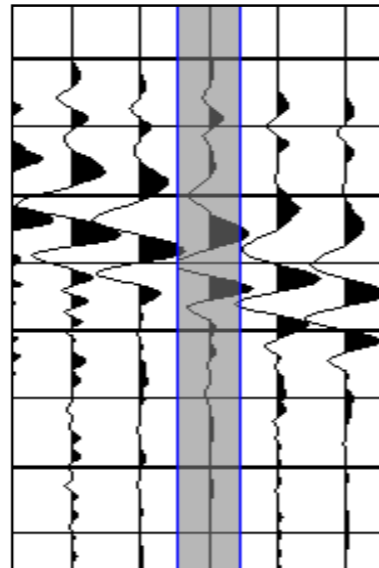
复制、粘贴：主要是针对单道的波形进行相应的复制与粘贴。

④处理菜单

处理：
参数排列
重采样
滤波
垂直叠加
批量重采样
合并文件
通道提取
触发延迟修正



对上方进行切除

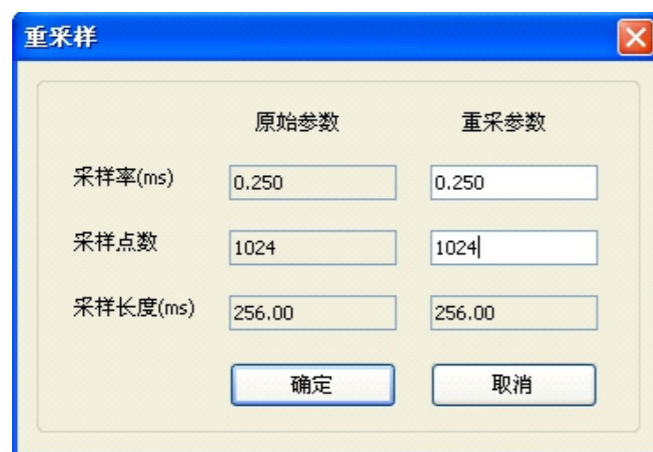


单道极性反转

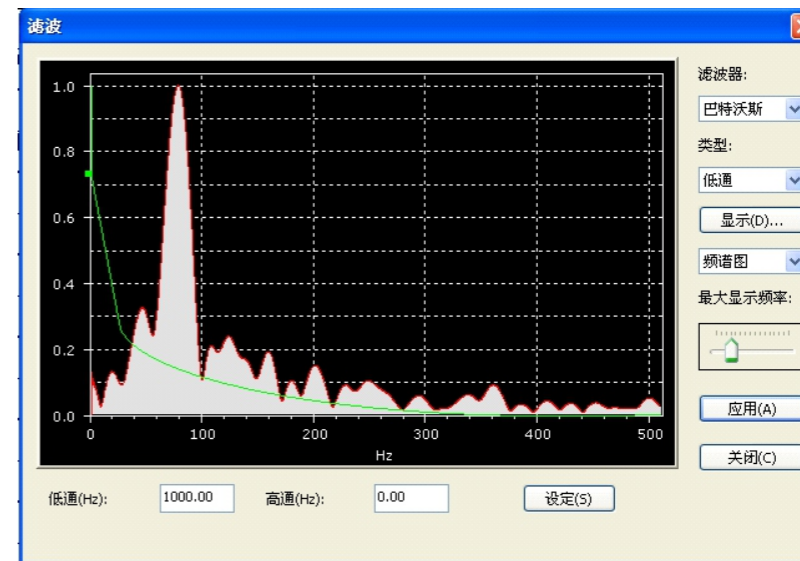
参数排列：对排列点位置、炮点位置进行重新排列。默认手动填写，测点号为折射分析测量的共反射点编号。



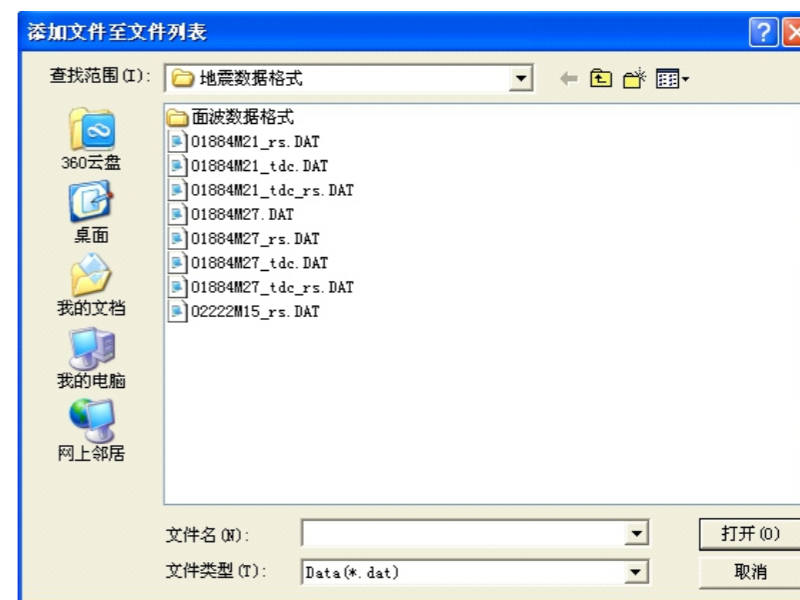
重采样：左边表格显示采集的原始参数，右边输入需要修改的参数，两者差别不能太大，其主要目的是数据合并、叠加等集成处理时，保证参数一致，避免突变。重采样后源文件不变，在同一文件中生成重采样文件，在源文件名后面加-cc。



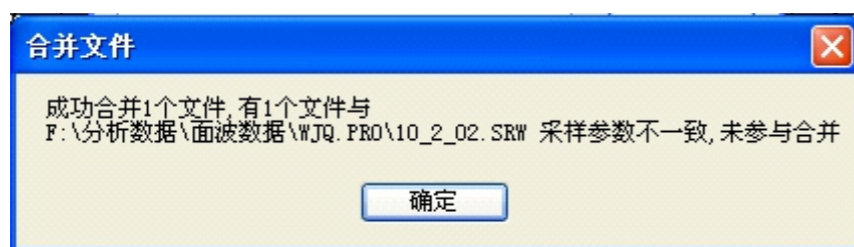
滤波：对整个波形进行数字滤波。



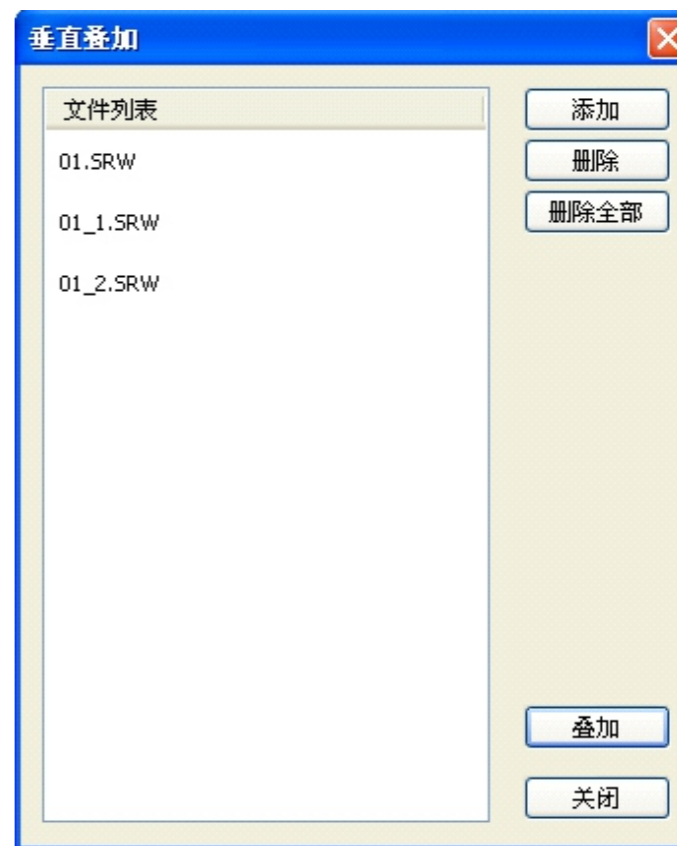
垂直叠加：将选择的多个文件的波形进行叠加处理。点击“添加”，弹出添加窗口，选择需要添加的文件，输入添加后的文件名并选择保存路径，点击“确定添加”即将选择的文件进行叠加并保存。点击添加的文件要求采样点数和采样率一致，否则弹出提示窗口。



添加窗口



批量重采样：将选择的多个文件一次性的进行参数统一设置。



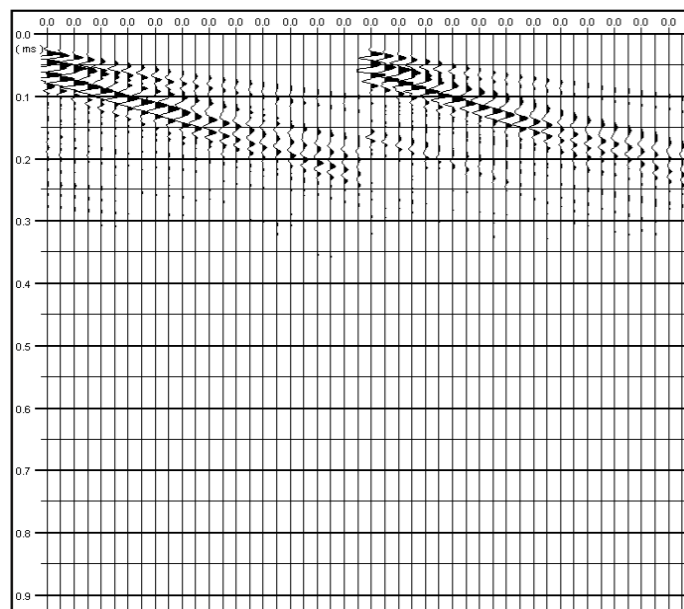
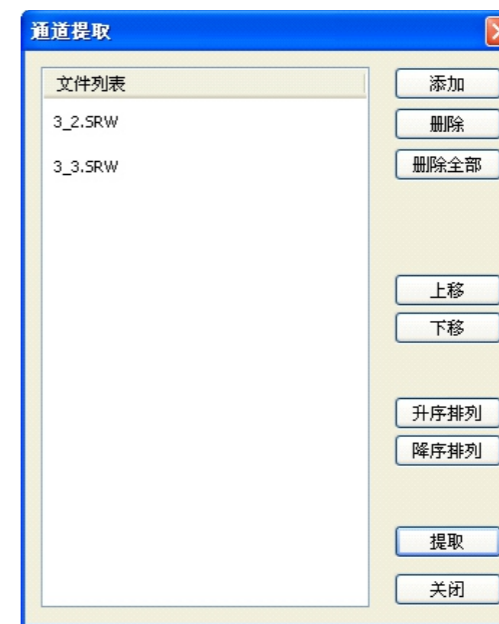
合并文件：将选择的多个文件的通道波形按照文件列表的顺序全部进行合成拼接成一个文件。

点击“添加”弹出添加窗口，选择需要添加的文件，对同一命名方式的文件名可通过升序和降序进行整体排列，也可以手动选择单个或多个文件上移下移，点击路径，选择合并后文件的保存位置，并输入合成文件名，点击保存回到合并窗口，点击确定文件合并完成。

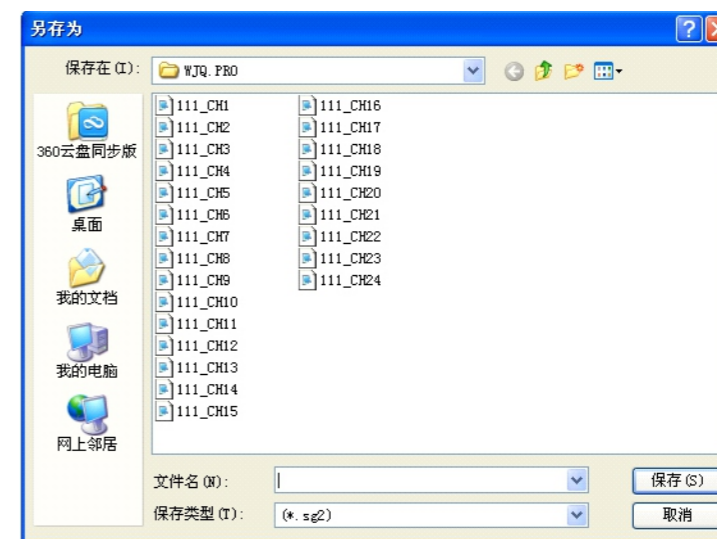


通道提取：把一条测线的所有地震数据，按相同偏移距的通道数据抽取到一个文件中。生成的文件自动在命名的文件后面增加下划线和通道号。

点击“添加”将一条测线的地震数据按顺序排列在左边空白框处，点击路径确定文件保存路径，并输入文件名。点击确定后，自动在保存路径文件里，在输入文件名后面加-通道号，分别将所选数据相同道数的通道波形提取并保存。



合并后的效果图



触发延迟修正：修正目的是调整所有波形的延迟时间。选择触发延迟后，在主界面左上方弹出触发延迟修正窗口，同时右边弹出十字交叉的红色基线。在框内输入相应的值，负数则整体上移，正数则整体下移，也可通过上下移动基线进行调整，点击水平红色基线按住鼠标不动，上下拖动出现蓝色水平基线，修正输入框内自动计算蓝色基线与红色基线的差值，放开鼠标蓝色基线固定，点击“应用”波形移动。



⑤帮助菜单

关于：显示软件版本和公司名称、电话与网址。



手册：弹出预处理软件操作说明书。

⑥快捷菜单栏



快捷菜单主要包括常用的波形编辑处理、图片输出等功能。

相对主菜单增加归一化、撤销、图像输出、关闭。

归一化：对波形进行归一化显示。

撤销：对上一次波形处理编辑进行撤销，可以连续撤销多次。

图像输出：采用所见即所得的方式，对主界面的波形曲线进行BMP格式的图像输出。

关闭：关闭当前数据，回到打开软件的初始界面，如有波形修改，提示是否保存。

第六章 WinSws面波分析软件用户手册

6.1 面波测深原理要点

地震瑞雷面波是由 P 和 SV 型非均匀平面波叠加而成。点状震源产生的球面波在地表自由面上传播时，就可能发生瑞雷面波，其振幅随深度增大而迅速减小。均匀各向同性半空间中形成的瑞雷波不具有频散特性，其相速度与频率无关。

在弹性分层的半空间中，瑞雷波表现出频散特征，包涵了各个分层界面弹性差异的影响。其中除了地表自由面的瑞雷波外，还有各个分层的界面波（斯通利波）的作用，以及低速层中的导波和高速复盖层中的漏能式导波的影响。由此，我们从地表采集的地震面波数据，是多个界面波、导波及其相互作用的合成，对应于同一频率的波形数据，可能存在几个不同相速度的组分，从而面波总体的频散数据谱，也可以区分出基阶和高阶的不同面波组分归属。

对于横向均匀的分层地层，瑞雷面波的频散特征比较直观地反映了地表以下（在大约相当于半个波长的深度范围内）地层的弹性参数，特别是剪切波的速度。基于层状介质中的面波理论，原则上是可以由面波的频散数据，反演出相应的地层模型的弹性参数，其中以地层的剪切波速和厚度参数对反演的确定性起主要作用。我们目前的反演方法，还只能对面波基阶组分的频散数据作出合理的数值反演。由此，对面波数据作数值反演，首先要提取面波数据的基阶组分。

对于地表高速复盖层中的漏能式导波，在恰当提取的频散数据中能明显地反映出来，但是从中如何取得高速层的波速和厚度参数，我们目前也还没有找到定量反演计算的方法，只能定性加以估计。至于高速复盖层以下的地层，往往在长波长的面波频散数据中有所反映，仍然可能作出数值反演。

对于横向不均匀的地层，地表以下各种形态的弹性界面、洞穴或地表的沟坎，都能影

响面波的传播，产生面波的散射和反射现象。对于这些面波的复杂表现，虽然我们目前还没有合适的数值或图象反演方法，但是它们在地表采集的地震面波数据，或提取的频散数据中，往往能突出地表现出来，形成值得研究的定性特征。

面波内含的各种波型，只有在频率波数域才能比较清楚地区分，而频散数据中相速度和埋深的关系，又只有把频率和波速换算成半波长才比较直观地对应。频散数据和埋深的关系，又随离炮点偏移距的增加而逐渐改变其侧重。因此，面波数据的显示和处理，必须从几个侧面、在不同的数据域进行。

为了理解、识别和应用瑞雷面波数据的多方面内涵信息，我们把数据处理的基本过程，按数据域划分为时间距离、频率波数、距离频率、深度速度四个阶段，逐步进行数据清理、提取、叠加和反演，并同时把处理的中间和最终结果，用图象和表格方式全部显示出来。相信这样能基本满足对面波数据处理各个方面的需要，也有利于进一步发掘面波数据内的潜在信息，扩展其应用前景。

6.2 数据采集方法指导

输入的原始数据应该是单端激发的共炮点等道距记录，总道数不少于六道。记录仪器通道频带与预期的面波频段一致，并尽可能向低频段扩展，各通道保持幅度和相位的一致性。采样时间间隔不大于预期面波最高频率的半个周期，以避免采样假频影响。记录时间长度应考虑包括最远道的预期低频面波最大波长。

排列长度应大于预期探测的深度，使排列至少能容纳半个预期的面波最大波长。道间距应小于欲探测的最小目标尺度，以避免数据处理中的空间假频影响。距炮点最近道的偏移距大小可以从偏重于浅部或深部目标考虑，一般反映浅部的面波频散特征在炮点近旁清晰，而反映深层的特征在离炮点远处更明确。

从能够反演分层的角度出发，探测的对象应该是横向均匀的地层，现场排列地表的两侧和对面近旁也不应有较大尺度的沟、坎、墙、柱等能产生面波反射或散射的障碍物，一般把不能回避的障碍物安排在炮点面对排列的背侧为好。

如果想同时获得地表高速薄覆盖层和底部地层的面波频散数据，接收排列应靠近炮点，因为高速薄层中的漏能式导波，频率很高，随离炮点的距离增大会迅速衰竭。

震源应是冲击式的地面震源，希望尽可能具有偏重低频的较宽频段能量。探测十米上下的土层可以用重磅大锤捶击，对于更大的深度应采用更重的吊锤或小药量的炸药爆炸。

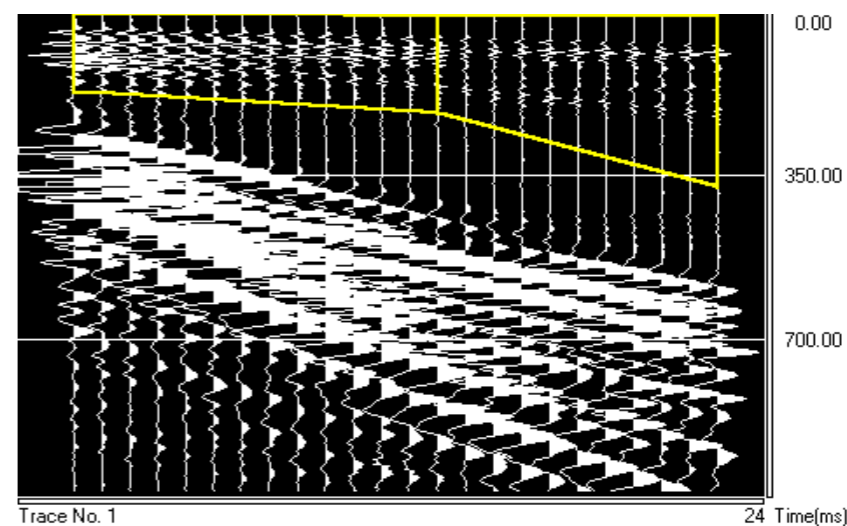
6.3 处理过程总体说明

整个面波数据处理在四个区别不同数据域的处理页面上逐步进行，每个处理页面都具备窗口显示和多页的操作控制。页面按处理顺序排列，共分：X-T 时距域、F-K 频率波数域、X-F 距离频率域、Z-V 深度速度域等四个处理页面。

6.3.1 X-T Source 时距域原始数据页面

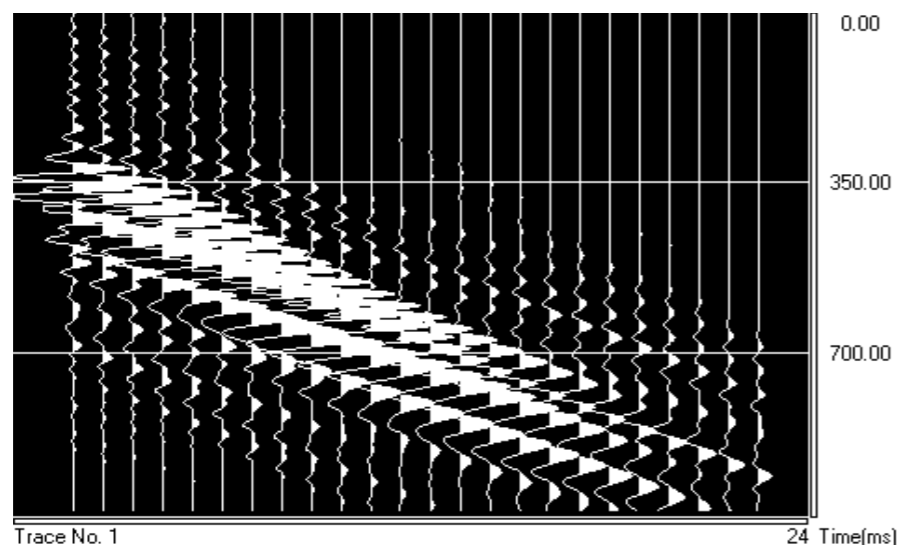
处理功能由载入原始数据开始，包括核定采集距离参数、识别和清理干扰波型（图一）、观察频谱特征、设定频率波数转换的频段上限，然后转入频率波数域页面，进行面波波型提取。在频率波数域提取的面波波型后，又同时在时距域显示提取结果（图二），可以和原本数据对比。

图一、横向均匀的分层地层上采集的地震记录，在时距域清理干扰波的显示图景：



图示的黄色线条圈出的时距域包含的干扰波将被清除。

图二、横向均匀的分层地层上采集的地震记录（图一），经过在频率波数域提取基阶面波波型后，反变换回时距域的显示图景：

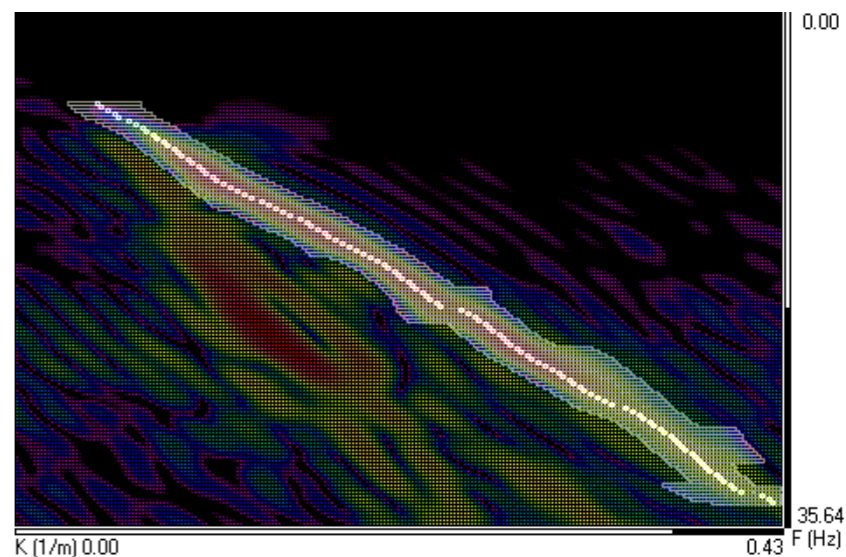


6.3.2 F-K Extract 频率波数域提取页面

处理过程是在显出的频率波数谱图形上，人工选择、追踪相应于提取波型的幅度峰，自动找出该频率的幅度峰脊，读取相速度，圈出幅度峰的范围，将此频率波数范围提供给下步 X-F Stack 距离频率域 叠加页面，求取该波型的频散数据，并将范围内的谱数据，反变换回 时距域，供观察比较。

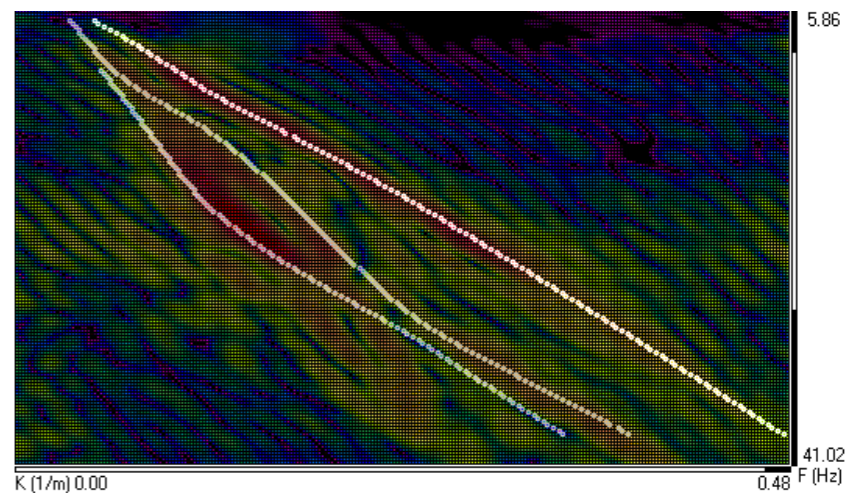
对于横向均匀的地层，一般在频率波数谱中偏向低相速度一方，都表现出明显连续的幅度峰脊，应归属于面波的基阶组分（图三）。在提取面波基阶组分的频散数据，并经过反演求得地层模型后，还将经认可的模型参数正演出基阶和高阶的相速度数据，折算回频率波数域显示，以便和原始数据的频率波数谱图形对比（图四）。

图三、横向均匀的分层地层上采集的地震记录（图一），在频率波数域提取基阶面波波型时的显示图景：



图示的白色阴影圈出的频率波数范围连续稳定，包含了面波的基阶组分，其中的白点显示出幅度峰脊，对应着不同频率的基阶面波频散相速度。

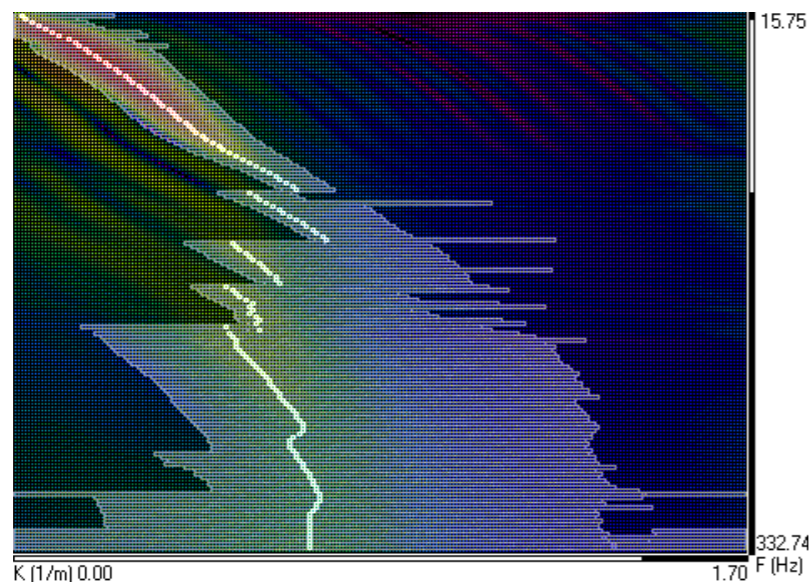
图四、横向均匀的分层地层上采集的地震记录（图一），提取基阶面波频散数据，求得地层模型正演出基阶和高阶的相速度数据在频率波数域的显示图景：



图示的连续白点为地层模型正演的基阶频散相速度的波数显示，其下方两条灰色点带为模型正演的高阶频散相速度的波数显示。

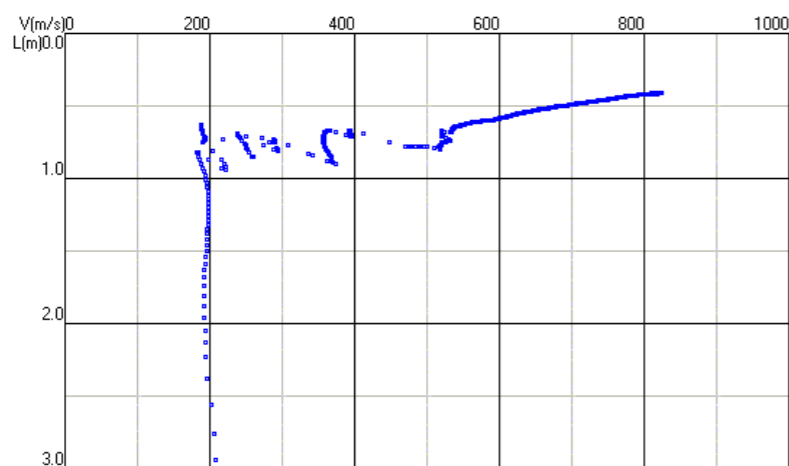
至于地表高速薄复盖层中的漏能式导波，则在明显的低相速度基阶面波幅度峰脊向高速度一侧，出现连续、平缓、幅度逐渐衰减的峰，归属于此类漏能式导波（图五a,b）。

图五a、地表高速薄复盖地层上采集的地震记录，在频率波数域提取基阶面波和漏能式导波波型时的显示图景：



图示的白色阴影圈出的频率波数范围，相速度由低到高，包含了面波的基阶、高阶组分，逐步过渡到高速复盖层中的漏能式导波波型。其中的白点显示出幅度峰脊，对应着频率由低到高的面波和导波相速度。

图五b、地表高速薄复盖地层上采集的地震记录，在频率波数域提取面波和漏能式导波波型后，经相关叠加获得频散数据的显示图景：



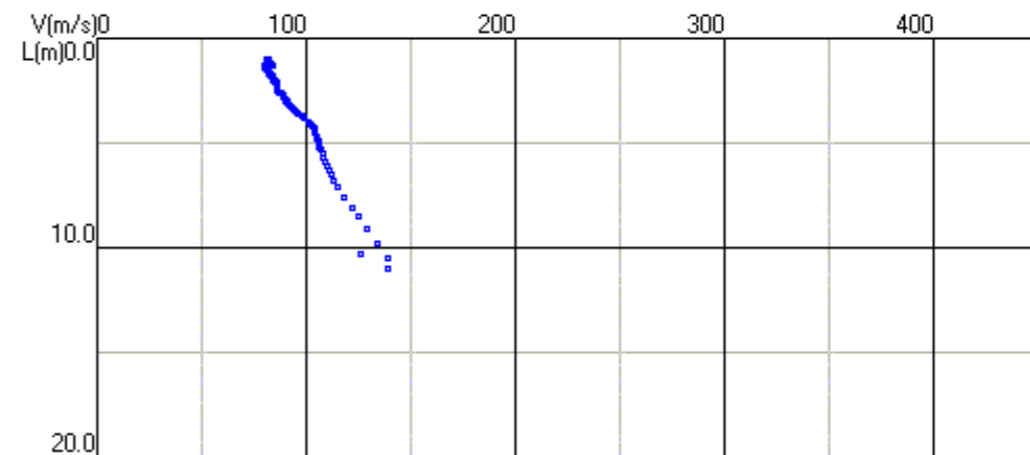
图示的蓝色点为频散数据，横座标为相速度，纵座标为半波长，形成倒L状的曲线。由上至下，反映了地层的波速特征：由高速薄复盖层中漏能式导波的高相速度，逐步过渡到下部地层界面波的低相速度。

6.3.3 X-F Stack 距离频率域叠加页面

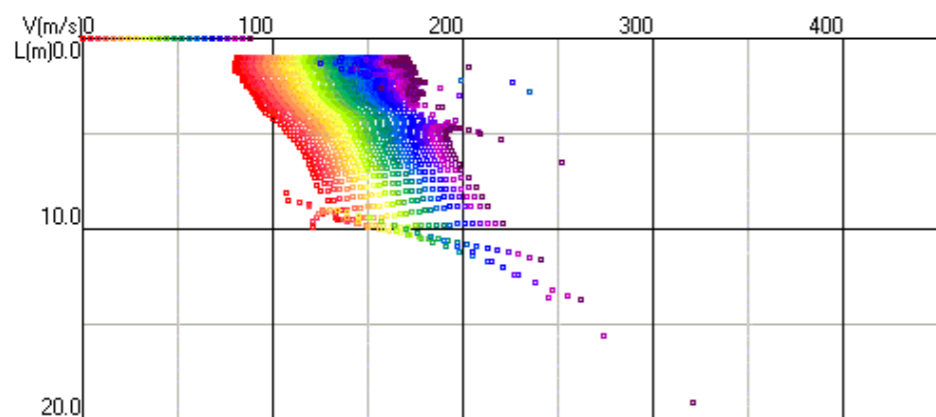
提供的处理功能容许全面观察排列道全部叠加的频散数据或偏移距由近到远的每两道间的频散数据。提供选择 Fix X 恒定偏移距或 Var X 变偏移距两种叠加方式，以及叠加的道数。选定的叠加结果组成频散数据文件（我们规定的 ZVF 格式），可以以 ZVF 格式或文本格式存盘，也可以直接转入 Z-V Inversion 深度速度域反演页面作数值反演。

对于横向均匀的地层，一般在近道的频散数据中浅部地层反映较好，而远道的频散数据反映深部地层好。如将全部远近道互相关叠加，求得的频散数据往往不能够全面地反映地层参数。用变偏移距叠加方法，高频段叠加近道，低频段叠加远道就可以弥补这个缺陷（图六 a,b,c）。

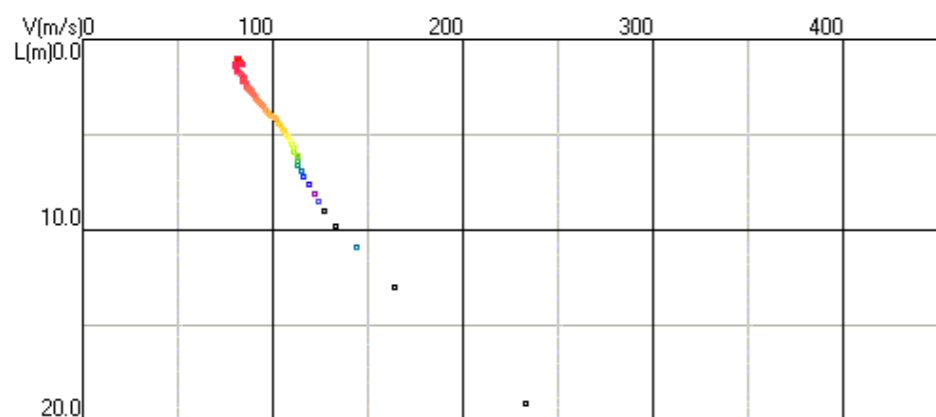
图六 a、图示全部远近道互相关叠加求得的频散数据，明显地在下端弯向低速度，但是并不能反映深层波速参数。



图六 b、图示偏移距由近（浅色）到远（深色）每两道互相关求得的频散数据（横座标零点依次右移），可以纵观频散数据在不同偏移距上的变化特征。



图六 c、图示用变偏移叠加求得的频散数据，比较好地反映了不同层次（特别是深层）的地层波速。



6.3.4 Z-V Inversion 深度速度域反演页面

反演根据的频散数据来自ZVF格式文件，可以直接由磁盘文件载入，也可以由X-F Stack距离频率域叠加页面转来。如果文件中没有反演模型参数，则必须从设定初始模型开始，否则可以直接进行拟合。

模型参数包括层数、该层厚度（H）及剪切波速（Vs）。初始模型的设定由人工在频

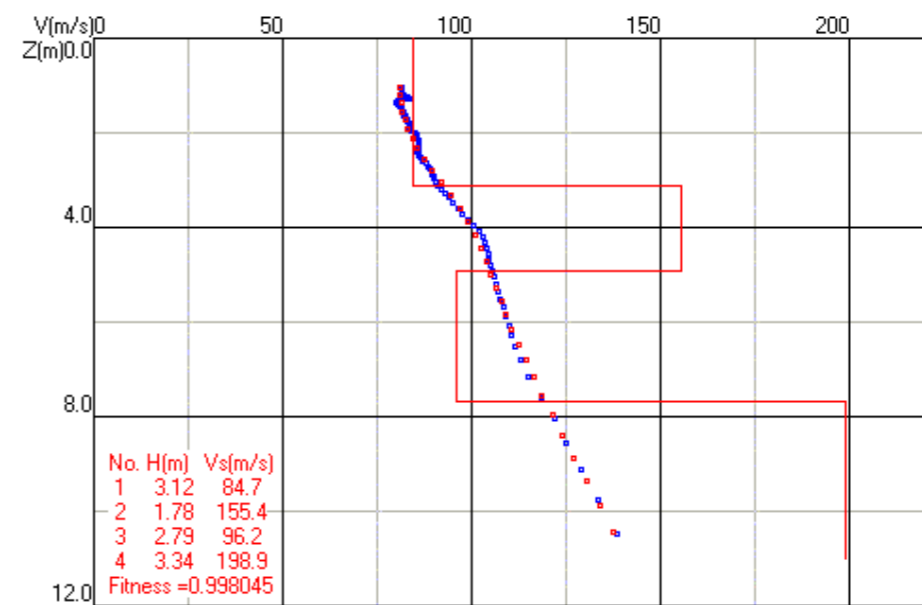
散数据的显示图形上用光标自上而下逐层选择确定。初始模型设定后当即显出初始的拟合度（Fitness）。

改进拟合程度可选择人工和自动两种方式：人工拟合时调试选定层的厚度或波速参数，同时参照对比立即显示的模型正演频散数据和拟合度，还可以插入新层或删除选定层。采用自动拟合方式时可以对选定的单独一层的参数进行自动优化，也可以对全部模型参数作自动优化。

反演中的拟合优化过程并不一定只收敛到一个参数集，多层的模型往往有多个拟合度接近的优化结果。建议交替运用人工和自动两种方式，以求得到比较符合现场地层条件，又具有满意的拟合度的优化结果。

拟合满意后将反演模型参数置入频散数据文件，可以ZVF格式或文本格式存盘，同时构成综合成果图像，包含：频散数据点、反演地层模型参数、地层波速断面、模型正演频散数据点及模型拟合度（图七）。

图七、横向均匀的分层地层上采集的地震记录（图一），提取基阶面波频散数据，反演求得地层模型构成综合成果的显示图景：



图示的连续蓝色点为面波频散数据点，红色点为模型正演频散数据点，红色线为地层波速断面，左下方为地层模型参数及模型拟合度列表。

对于横向均匀的分层地层，面波的高阶组份也反映了地层的分层特征。在确认反演模型的同时，把模型参数正演的基阶和两个有解的高阶相速度数据，转换到频率波数域，在原始采集数据的频率波数幅度谱上显示出来，供核对（图四）。

处理过程中，随时可以把当前显示的图形存盘备考。

6.4 处理页面操作说明

6.4.1 X-T Source 时距域原始数据处理

窗口显示时距域地震波形，横坐标为采集道序，纵坐标为走时。

操作控制页面有：

File文件操作页面

View视图操作页面

Cursor光标操作页面

Clean清理操作页面

Compare Src / Ext比较原本 / 提取数据操作页面（在波型数据提取后显出）

To F-K转频率波数操作页面

1. File文件页面

[Load X-T File] 载入时距域文件，同时检查文件内的排列方式参数。如需核实则自动显出窗口...

Validate Layout Mode 核实排列方式，其上的

Common-Shot gathered 共炮点道集、

Const.Trace's spacing 等道距，两项需核实，

Offset 1-st trace 第一道偏移距、

Trace's step 道步进距，两项可在编辑框中更正。

[Ok] 认可，承认当前的设置。

认可后，如不能满足对排列方式的要求，则在显出询问窗口时可以退出。

文件载入后其旁的列表框显出文件头信息。

[Correct Distances] 校对距离，按下后显出窗口...

Correct Layout Distances 校对排列距离，其上有

Offset 1-st trace 第一道偏移距、

Trace's step 道步进距，其后的编辑框可以输入更正数值。

[Ok] 认可，承认当前的数值。

[Cancel] 取消，不用当前的数值并退出窗口。

认可后，如能满足对排列方式的要求，则以当前的数值更正文件头并退出窗口，否则显出询问提示。

2. View 视图页面

除用通用标识按钮控制视图的移动、伸缩外，还有两个重叠的、随显示密度高低交替显现的标识按钮控制视图的显示方式或色调，它们是：

 改变黑白显示方式  改变彩色显示模板

Gain 数据显示幅度增益，其旁是增益分贝数框和增益数值调整按钮。

[Save Picture] 图形存盘，在弹出对话框，输入文件名后将当前显示的图形存为位图文件。

3. Cursor 光标操作页面

控制光标的移动，除用标识按钮外，还可以用鼠标在图形上点击的方式改变光标位置。

Trace No. 道号、Time 时间、Sample 数据值，其右侧为光标所在处的相应数值框。

4. Clean 清理操作页面

用鼠标在图形上标记需清除的波形范围：

在欲清除的波形上点击，即在该道上出现道标记线（黄色），不同道上的标记线相邻两端自动以直线相连，构成梯形范围。

在道标记线的中部按住左键拖动可以移动其位置，按住两端拖动可以改变其长短。

沿干扰波形上点击，延伸或加密道标记线并可拖动修改，如此组成圈出干扰组范围的一系列连接的梯形。

[Mark new] 重新标记，取消当前标记范围。

[Mute] 清除，将标记范围内的数据清零。

[Undo] 复原，恢复已被清零的数据。

5. Compare Src / Ext 比较原本 / 提取数据操作页面

[Source data / Extracted data] 原本 / 提取数据，交替显示原本/提取数据作比较。

[Save Extracted data] 提取数据存盘，在其旁的选择框内 SEG 2 格式后，将提取出的

波型数据存盘。

6.To F-K转频率波数操作页面

操作页面显露时屏幕出现一道数据频率谱窗口...

其上图形为该道的幅度频谱，并有黄色光标指出频率值，用其下两组数值调整按钮分别可移动光标或改变显出频段。

Spectrum of Trace频率谱道号，指出道号框和道号调整按钮。

[Set Frequency Band]设置频率段，按下后弹出窗口...

Set Frequency Band设置频率段，其下

Up to上限至，指出频率上限数值框和上限调整按钮。

[Ok]认可，认可此频率上限数值。

[Cancel]取消，不用此频率上限并退出窗口。

认可后，即按此频率上限将时距域数据转换到频率波数域。

6.4.2 F-K Extract 频率波数域提取

窗口显示频率波数转换后的幅度，横坐标为波数，纵坐标为频率，颜色标出幅度。

操作控制页面有：

View 视图操作页面

Contour 圈定操作页面

Extract > To X-F 提取及转向距离频率域操作页面

Model Vc 模型相速度操作页面（在反演地层模型认可后显出）

1. View 视图操作页面

控制频率波数幅度谱的图形显示，除通用标识按钮外，还有：

Zoom 图形缩放，带像元数值框和缩放调整按钮。

Gain 显示增益，带彩色标度的增益数值框和调整按钮。

[Save Picture]图形存盘，在弹出对话框，输入文件名后将当前显示的图形存为位图文件。

2. Contour 圈定操作页面

圈定提取波型，用鼠标在屏幕上进行：

将鼠标指向提取波型的频谱幅度峰。

按下左键后，图形上自动标出该频率行上的最近幅度峰顶、以及到两侧谷底的范围。

按住左键，沿幅度峰走向移动，即可将该波型的频谱峰的范围圈定出来。

页面中的列表框显示该频谱峰顶的全部频率和相速度数据。

[New] 重作，清除已圈定的范围。

Cursor at 光标指向，其旁的数值框显示光标指向像元的频率和相速度数值。

3.Extract > To X-F 提取及转向距离频率域操作页面

[Extract Contour data] 提取圈定数据，认可圈定范围后提取圈定数据，其旁的列表框中即列出全部频散数据。

[To X-F Stack] 转向距离频率域叠加，确认提请的频散数据，转入距离频率域叠加处理页面。

Model Vc 模型相速度操作页面

From Model来自模型，其旁的列表框内显出地层模型的参数。

[Save Picture]图形存盘，在弹出对话框，输入文件名后将当前显示的图形存为位图文件。

6.4.3 X-F Stack 距离频率域数据叠加

窗口显示提取波型的频散数据，横坐标为相速度，纵坐标为半波长，颜色标出不同的数据叠加方式，对应 Fix X 恒定偏移距方式为蓝色，而对于 Var X 变偏移距方式，近炮点数据为浅色，远炮点为深色。

操作控制页面有：

Overview 纵观视图操作页面

Stack 叠加操作页面

Save > To Z-V 存盘及转向深度速度反演操作页面

1. Overview 纵观视图操作页面

[Stack of All N Traces / Separated 1 to N Traces] 交替选择显示全部 N 道叠加频散数据，或分别显示 1 至 N 道邻道互相关频散数据，其旁的列表框内显出全部道叠加频散相速度数据。

2. Stack 叠加操作页面

[Fix X Stack N1 to N2 Trace / Var X Stack of N Traces] 交替选择恒定偏移距 N1 至 N2 道，或变偏移距 N 道两种叠加方式，视图显示选定方式的叠加结果，右端的列表框内显出叠加频散相速度数据。

当选定恒定偏移距叠加方式时：

其旁的数据框显出叠加起始道N1及终止道N2，两侧的调整按钮供改变N1及N2。

当选定变偏移距叠加方式时：

其旁的数据框显出叠加道数N，右侧的调整按钮供改变叠加道数。

3. Save > To Z-V 存盘及转向深度速度反演操作页面

[Fix X Stack N1 to N2 Trace / Var X Stack of N Traces] 交替选择恒定偏移距N1至N2道，或变偏移距N道两种叠加结果。

[Save File]文件存盘，在其旁的选择框内选定ZVF或TEXT格式后，将叠加结果数据存盘。

[Save Picture]图形存盘，将当前显示的图形存为位图文件。

[To Z-V Inversion]转向深度速度反演，将叠加结果数据传至深度速度反演处理页面作反演。

6.4.4 Z-V Inversion 深度速度域数据反演

窗口显示频散数据和反演的模型参数，对于频散数据：横坐标为相速度，纵坐标为半波长，对于模型参数：横坐标为剪切波速，纵坐标为深度。颜色标出频散数据为蓝色，反演的初始模型为绿色，拟合后的模型为红色。

操作控制页面有：

File 文件操作页面

Model 建立模型操作页面

Manual Fit 人工拟合操作页面（在具备地层模型时显出）

Auto Fit 自动拟合操作页面（在具备地层模型时显出）

Save / Print 存盘及打印操作页面

1. File 文件操作页面

[Load File(ZVF)]载入文件，如果从原始采集数据提取的面波频散数据已保留为ZVF格式文件，则可以载入进行反演。

此时，如果该频散数据文件中已含反演的模型层参数，并且其原始采集数据文件和频率波数域处理页面中的原始采集数据文件同名，则由该模型层参数将正演出基阶和高阶频散数据，然后导入频率波数域处理页面，在 Model Vc 模型相速度操作页面上显出，供在频率波数域核对比较。

2. Model 建立模型操作页面

屏幕上出现对应于频散数据点的红色水平标线，用以标识准备划分层位的界面位置，红色标线可以在已划定的界面下移动。

建立模型时的操作为：

按照屏幕显示频散数据（半波长和相速度）的形态，自上而下，移动红色标线，逐层确定层面位置，此时在屏幕上会显出由频散数据和界面位置估算的绿色的地层分层轮廓。

模型分层后，可检查模型的拟合程度，如基本满意，经确定转入人工或自动拟合，否则可以重新再分层。

[New]新建，在建立地层模型后可以重新由表层开始。

Set Lr / Vr 设置红色标线对应的频散数据点，其旁的数据框中显示标线位置的频散数据半波长和相速度，可以用右侧的调整按钮上下移动，或用鼠标按住红色标线拖动。

[Set Layer]设置层面，确认当前红色标线位置为层面。

[Check Fit]检查拟合，屏幕左下方显出当前模型的拟合度 Fitness。

[Model to Fit]模型转入拟合，确认当前地层模型，转入人工或自动拟合。

3. Manual Fit 人工拟合操作页面

Set Layer选定拟合层位，其右方的数据框中显示层号，用调整按钮改换选定。选定的层位在屏幕上由红色泽标示。

H 厚度、Vs 剪切波速，其右方的数据框中分别显示选定层的两个参数，用右方的调整按钮可以改变层参数，并随时可参考屏幕左下方显出的模型参数的拟合度 Fitness（红色为当前值、黑色为原来值）。

[Insert]插入，将选定层一分为二，以此插入新层。

[Delete]删除，将选定层删除。

4. Auto Fit 自动拟合操作页面

Show Layer 选定标示层位，其右方的数据框中显示层号，用调整按钮改换选定。选定的层位在屏幕上由红色泽标示。

H 厚度、Vs 剪切波速，其右方的数据框中分别显示选定层的两个参数。

[Fit Layer showed]自动拟合标示层位，自动优化标示层位的两个参数，随后屏幕左下方显出的优化后模型参数的拟合度。

[Fit All Layers]自动拟合全部层位，自动优化全部层位的参数，随后屏幕左下方显出的优化后模型参数的拟合度。

5. Save / Print存盘及打印操作页面

[Fitted Model to File]拟合后模型层参数写入文件，认可拟合后模型层参数，写入当前的 ZVF 频散数据文件，随后屏幕左下方显出模型参数的列表。

此时，如果当前频散数据文件的原始采集数据文件和频率波数域处理页面中的原始采集数据文件同名，则由该模型层参数将正演出基阶和高阶频散数据，并导入频率波数域处理页面，在 Model Vc 模型相速度操作页面上显出，供在频率波数域核对比较。

[Save File]文件存盘，在其旁的选择框内选定ZVF或TEXT格式后，将写有模型层参数的频散数据存盘。

[Save Picture]图形存盘，将当前显示的图形存为位图文件。

[Print Picture]打印图形，在弹出的对话框中选好打印机型后，打印当前显示的图形。

Source File : 原始采集数据文件名。

Number of Traces 原始采集数据文件的道数。

Traces Used N1 to N2 其中利用第 N1 至 N2 道。

Offset nnn.n to nnn.n m 偏移距为 nnn.n 至 nnn.n 米。

Stack of N traces 频散数据叠加 N 道，
by Fixed X(F) / Variant X(F) 采用恒定偏移距 / 偏移距方式。

Frequency Band : 频率范围为：

nnn.nn to nnn.nn Hz nnn.nn 至 nnn.nn 赫芝。

Velocity Band : 相速度范围为：

nnn.n to nnn.n m/s nnn.n 至 nnn.n 米/秒。

Total N F-V data points : 全部含 N 个频率速度点。

F(Hz) V(m/s)

下列表为各点的频率（赫芝）和速度（米/秒）数据。

Inversion Model of N layers : 反演地层模型含 N 层：

Vp(m/s) Vs(m/s) D(T/cub.m) H(m)

下列表为各层的纵、横波速度（米/秒）、密度（吨/立方米）和层厚度（米）。

屏幕图形的存盘文件为位图格式（*.BMP）。

6.5 数据和图形存档文件格式

波形提取的时距域数据存盘，选用 SEG-2 记录格式。

面波频散数据存盘，可以选用 ZVF（*.ZVF 我们的频散数据记录格式）或 TEXT（*.TXT 文本文件格式），但是只有 ZVF 格式的频散数据记录才能在深度速度域数据反演页面重新载入作反演。文本格式的频散数据文件，则可以由任何能处理文本文件的读出处理。

文本格式的频散数据文件中：

SWS File : 该频散数据文件名。



SINOROCK

微信公众号售后服务



微信扫码申请返修

淘宝配件商城首页



淘宝网扫码购买相关配件

设备返修邮寄地址

生产售后基地：武汉市洪山区民族大道163号中岩CBI科技产业园3楼
武汉中岩科技股份有限公司 维修部 027-87199304