



MS2000 面波测试仪

用 户

武汉建科 专业面波仪器商

册



whctco.com 武汉建科工程勘察群
QQ群号: 9986085



微信公众号: 武汉建科

武汉建科科技有限公司

2005 — 2016

尊敬的用户：

您好，非常感谢你选择使用我公司生产制造的仪器设备，在使用该仪器设备以前，务必请你认真阅读本用户手册，这对于你快速熟悉和使用我们的产品非常有帮助，通过本用户手册，你也可以在以后的使用中避免一些错误的操作，从而更好的开展工作。

谢谢，并祝你工作愉快！

武汉建科科技有限公司

武汉建科 专业面波仪器商

版权声明：

本用户手册版权归武汉建科科技有限公司所有，未经许可，任何单位和个人不得以赢利为目的复制、传播、引用本用户手册全文或部分内容，对于所有侵权行为，武汉建科科技有限公司保留诉诸法律的权利；科学研究、教学、学术探讨、论文撰写等非赢利性行为不在限制之列，但引用请注明出处。本手册内容如有变动，恕不另行通知。本手册作为培训之用，对于本公司产品不具有任何法律上的约束。

本手册所涉及到的商标、专利技术、文献资料等受版权法或专利法保护的内容归其所有者持有，武汉建科科技有限公司尊重他人的知识产权，同时也要求我们的使用者也尊重他人之权利。

© 2005 更多资料和资讯，请访问公司网站：<http://www.whctco.com>

中国·湖北·武汉建科科技有限公司

公 司 声 明

一、 安全声明

武汉建科科技有限公司所有产品采用直流或交流供电模式，请用户仔细阅读用户手册，严格按照仪器设备要求使用电源，交流供电请注意仪器接地。工程测试现场复杂，测试人员应按工地要求着装，配戴安全帽和其他防护用品。由于用户的疏忽造成的仪器设备和人员的损伤，本公司免责。

二、 标准和规范的引用

用户手册中涉及的相关测试方法和国家标准，均系普及性说明与引用，严格的描述和引用请查阅相关技术文献、规范规程以及国家标准。用户手册中的测试方法与测试内容仅供参考，以国家标准、规范、规程为最终唯一解释。本公司对于用户使用测试方法不当引起的任何争议免责。

武汉建科 专业面波仪器商 武汉建科科技有限公司

本用户手册包括了MS2000面波测试仪所能完成的所有测试功能描述和使用方法，内容较多，为了便于你快速获取需要的资料信息，请你参考以下用户手册使用快速指南。

用户手册快速指南：

- 1、关于面波勘探的概念，请阅读第一章
- 2、仪器的性能和指标，请参考第二章，第三章
- 2、使用MS2000进行现场测试，请阅读第四章
- 3、数据处理的详细讲解与说明，请阅读第五章
- 4、仪器日常保养请阅读第六章
- 5、岩土波速值，请参阅附录

武汉建科 专业面波仪器商

目 录

第一章 概 述	1
第二章 仪器性能指标	2
第三章 仪器组成.....	4
第四章 现场测试仪操作指南.....	7
第五章 测试数据后处理分析.....	16
第六章 仪器使用保养	20
附录 A 土的类型划分和剪切波速范围	21
附录 B 土的物性指标计算.....	22
附录 C 不同岩土的剪切波速值（铁路规范）	23
附录 D 不同岩土的剪切波速值（湖北省标准）	24
附录 E 面波测试野外工作要点	25
附录 F 岩石的弹性模量 E 和泊松比 μ 的值列举.....	26
附录 E 建筑地基检测技术规范摘录多道瞬态面波试验	27
公司联系信息.....	31

第一章 概述

面波勘探，也称弹性波勘探，是国内外近几年发展起来的一种新的浅层地震勘探方法。面波分为瑞雷波（R波）和勒夫波（L波），而R波在振动波组中能量最强、振幅最大、频率最低，容易识别也易于测量，所以面波勘探一般是指瑞雷波勘探。

瑞雷波法勘探实质上是根据瑞雷面波传播的频散特性，利用人工震源激发产生多种频率成分的瑞雷面波，找出波速随频率的变化关系，从而最终确定出地表岩土体的瑞雷波速度随场点坐标的变化关系，以解决浅层工程地质和地基岩土体的地震工程等问题。

面波勘探的原理

均匀介质或分层介质在点或面振源作用下，表面波场包含P、SV波及瑞利波，由于在表面P、SV波衰减快于瑞利波，当距振源一定距离表面波场以瑞利波为主。在大多数情况下，瑞利波能量集中在一个波长深度范围内，频率越低，波长越大，影响深度越深。在剖面参数（剪切波速、密度、泊松比）不同分层状态下，随着波长的增加，瑞利波穿越的层数也增加，瑞利波传播速度发生变化，瑞利波传播出现频散现象，即瑞利波传播速度随频率（或波长）的变化。

频散曲线的变化与分层参数、分层厚度等有关，通过对频散曲线的反分析可以得到场地分层剪切波速。

瞬态瑞雷波探测广泛用于：

（1）地层划分：通过对瑞雷波频散曲线进行定性及定量解释，得到各地层的厚度及弹性波的传播速度。

（2）地基加固处理效果评价：通过实测地基加固前后的波速差异得到处理后的地基较处理前的物理力学性质的改善程

（3）岩土体的物理力学参数原位测试：通过对实测资料的反演解释，可以得到岩、土层的S波速度、P波速度及密度等参数。

（4）公路、机场跑道质量无损检测：利用人工激发的高频瑞雷波，可以确定路面的抗折、抗压强度及路基的载荷能力，以及各结构层厚度。该方法用于机场跑道及高等公路的另一项意义是实现质量随年代变化的连续监控。

（5）地下空洞及掩埋物的探测：当瑞雷波的勘探深度与地下空洞及掩埋物的深度相当时，频散曲线会出现异常跳跃，据此可以确定其埋深及范围，这是瑞雷波勘探的独特优点之一。

（6）饱和砂土层的液化判别：根据一定场地内的饱和砂土层的埋深，地下水位的深浅等地质条件，可以计算出饱和砂土层的液化临界波速值。

（7）场地类型划分：通过面积性的瑞雷波探测，再结合微动观测，可以更可靠地划分场地类型，或更大范围的地震区划。

（8）其它方面的应用：滑坡调查、堤坝危险性预测、基岩的完整性评价和桩基入土深度探测等。

第二章 仪器性能指标

MS2000 型面波测试仪是我公司研发人员历时三年独立研发的新一代面波测试仪。基于我司长期在检测试验仪器上的研发经验，以及技术上的突破创新，本仪器采用一体化设计，波形采集精度高、速度快，操作简单、携带方便。亦适用于野外及复杂的地形环境下工作。

本仪器可实现多种地震方法：面波、高密度地震映像、脉动测量、折射、剪切波测量、城市爆破振动安全评价。

主控单元：	低功耗嵌入式工业计算机
显示模式：	真彩 8.4 寸液晶显示屏（LED 高明流背光）
操作方式：	触摸屏操作（USB 可选）
屏幕分辨率：	800×600
存储方式：	电子硬盘/移动硬盘
数据备份：	自动或手动备份
存储容量：	≤1 万组测试数据
输入输出接口：	USB 接口/ USB HUB
采样通道数：	12/24 可选
触发通道数：	一道
触发方式数：	外触发/通道触发
采样长度：	1024、2048、4096、8192、16384 可选
采样间隔：	10 μs~65535 μs
通频带：	0.5Hz~4000Hz
触发延时：	0~10000ms
前置放大：	动态可选
可调放大：	1/10/100
模拟滤波：	多道可选
数字滤波：	单道可控
时间示值误差：	≤1%
系统噪声电压：	≤0.2mV
A / D 转换精度：	TRUE 24 位
相位一致性：	优于 0.5ms
陷波：	50HZ
数据格式：	SEG-2
主机外壳：	高强度金属工程机箱
供电电源：	交流电/内置锂电池
工作温度：	-10℃~+50℃

符合标准

《多道瞬态面波勘察技术规程 JGTT143-2004》

仪器特点

1、采用低功耗操作平台，仪器内置可充电池，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、小巧方便、美观大方，重量轻便，便于携带，特别适用于复杂的物探测试现场，具有良好的抗振、防潮、防尘性能。

3、性能稳定：真 24 位 AD，24 道同时采集最快采样间隔达到 $10\mu\text{s}$ ，采用工控级主板，信噪比高，抗干扰能力强，适应恶劣环境。

4、大动态范围、高技术指标，充分满足城市物探的需求，同时也为野外勘探多提供了一种选择

5、数据采用 U 盘转存，方便快捷！

6、成熟试验理论支持，送货上门，现场培训

武汉建科 专业面波仪器商

第三章 仪器组成

标准配置（12道）

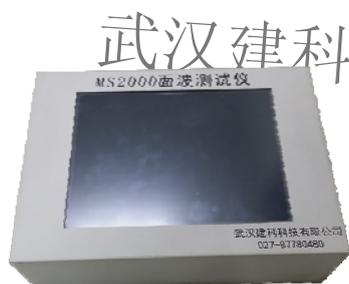
测试仪主机.....	1 台
面波覆盖电缆.....	1 根
面波检波器（4Hz）.....	12 只
触发开关及线缆.....	1 根

增配配置（24道）

面波覆盖电缆.....	2 根
面波检波器（4Hz）.....	12 只
瞬态面波解译处理软件.....	1 套

（一）主机介绍

MS2000 为一体机设计，相对于旧式分体设计，本仪器体型更小、更轻便，方便使用携带。显示采用真彩 8.4 寸液晶显示屏（LED 高明流背光）



武汉建科 专业面波仪器商



仪器背面是全部外组件的接线端口：外触发端口、电缆总线端口、USB 设备端口、外电以及充电端口。

（二）外接组件

面波覆盖电缆：12 道，道间距标配为 2m，也可根据需要定制。



检波器：配备 4HZ 检波器。



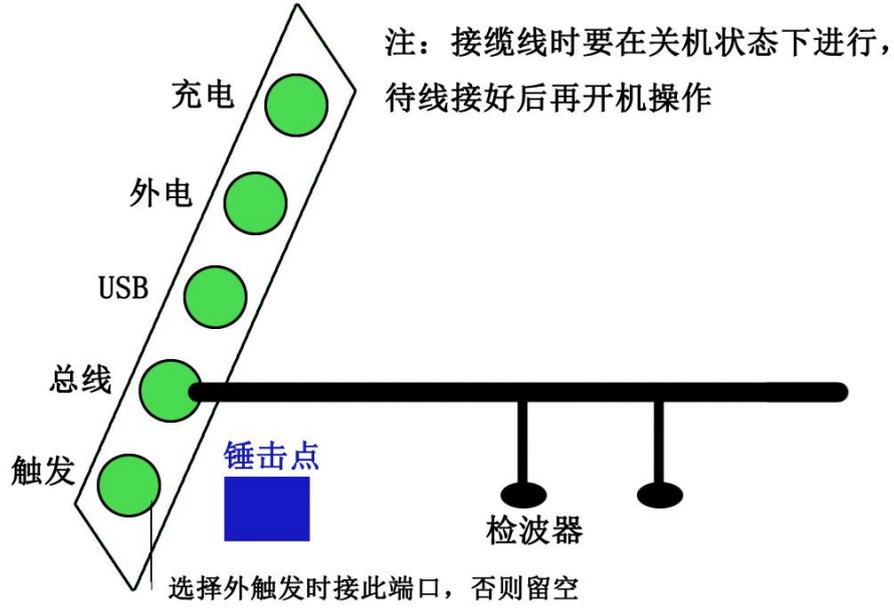
武汉建科 专业面波仪器商

触发器：

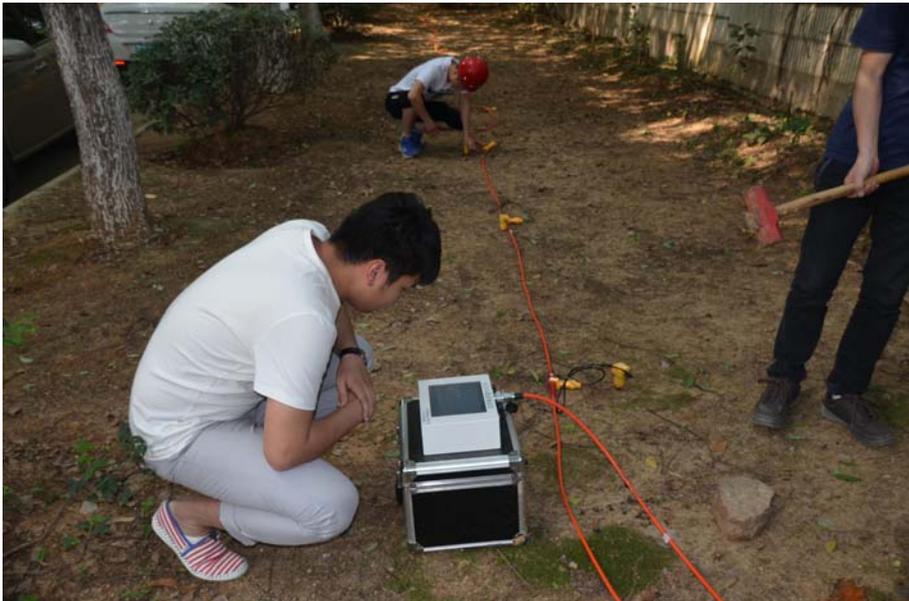


(三) 仪器连接

本仪器硬件默认为前端触发，触发器与仪器相连，锤击点需设置于近触发器端亦即近仪器端。



武汉建科 专业面波仪器商



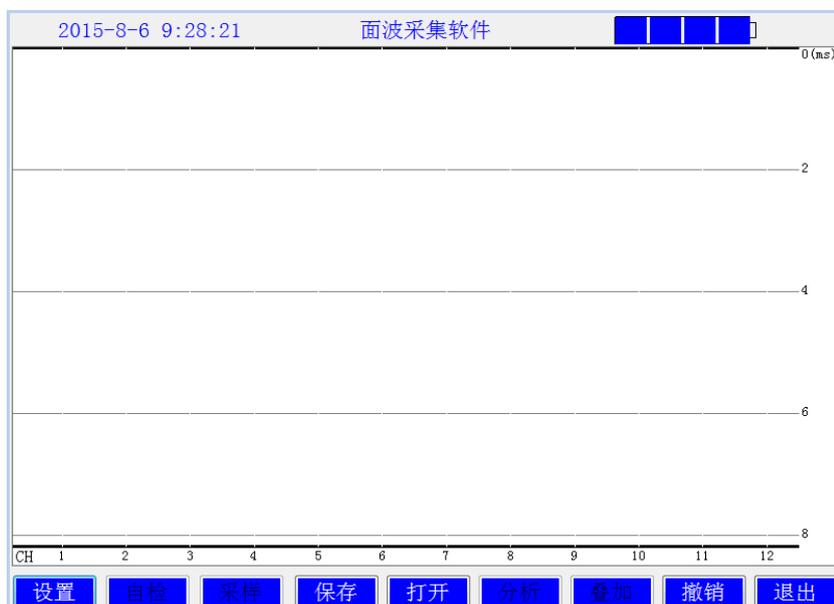
第四章 现场测试仪操作指南

(一) 现场使用操作

- 1、在现场试验前,确保仪器电量充足或携带外接电源(普通 12V 车载电瓶即可)。
- 2、将电缆线接在仪器上并固定好,使其按照试验需要的位置摆放好,并安好检波器。
- 3、按动仪器侧面电源键按钮进行开机,注意一定要在电缆线安装好后再进行开机。
- 4、点击进入“面波采集软件”,点击软件界面下方工具栏中“设置”按钮进行相关参数的设置,设置好后点击“确定”。
- 5、点击“采样”即可进行波形采集。
- 6、锤击设备:锤击可采用手锤,落锤、落重以及小型爆炸的方法,具体视勘探深度而定,一般可使用 10kg~100kg 的落锤,若测量深度为 30m 以内,30kg 落锤一般可以满足要求,落锤下面可采用铝合金垫块、木质垫块等。0~15m 可采用锤击,更大深度就需采用炸药。
- 7、工作要求及建议的参数设置:
 - A、检波器排列布置采用线性等道间距排列方式,震源在检波器排列以外延长线上激发(单端激发);
 - B、道间距应小于最小勘探深度所需波长的二分之一,合理数值 1~2m;
 - C、检波器排列长度应大于预期面波最大波长的一半(相应最大探测深度);
 - D、偏移距的大小,需根据任务要求通过现场试验确定,合理数值 5~10m(取决于最靠近激发点道的波形幅度,在不削波的前提下越小越好);
 - E、采样周期: 0.5~1ms;
 - F、采样长度: 2048,即总记录时间 1 秒左右,要求接收到完整面波;
 - G、击振大锤: 18 磅铁锤;
 - H、垫板: 铝合金材质;

(二) 测试软件操作流程

- 1、开机后点击面波采集软件的图标进入软件界面,界面主要分为两个区域,曲线显示窗口和工具栏,如图:



2、点击“设置”进行试验前相关参数的设置，如图：

检测日期：默认为当天的日期，可自行设置。

工程名称：用户自定义。

测试单位：用户自定义。

测试人员：用户自定义。

剖面编号：当前测试场地的名称，用户自定义。

背景色：界面背景颜色，默认为白色，可更改。

填充色：曲线颜色，默认为黑色，可更改。

基线色：基线颜色，默认为白色，当需要显示时，改变其颜色使之与背景色不同即可。

通道数量：通道选项有 12 通道和 24 通道。

触发方式：分为外触发和自动触发，自动触发也称为通道触发。

触发电平：分为高、中、低三个档位。

采样长度：1024/2048/4096/8192/16384

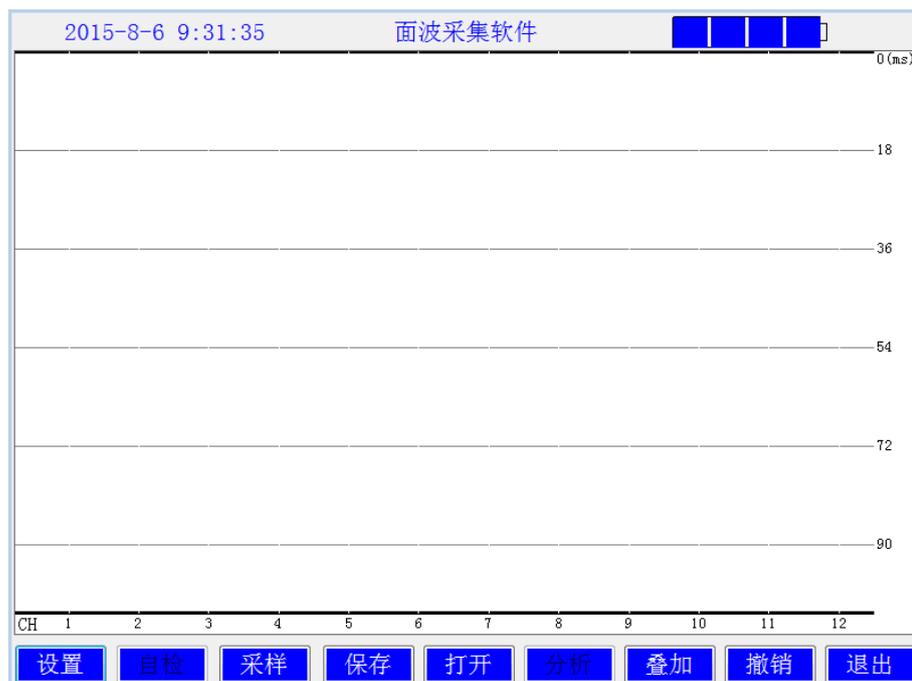
采样间隔：10 μ s ~ 65535 μ s，根据需求自行设定。

道间距：检波器之间的距离，可输入测量范围内任意数值。

偏移距：振源与最近一个检波器的距离。

延迟：根据需要自行输入，默认为 0。

3、按照上图所示设置完成后，点击确定，回到主界面

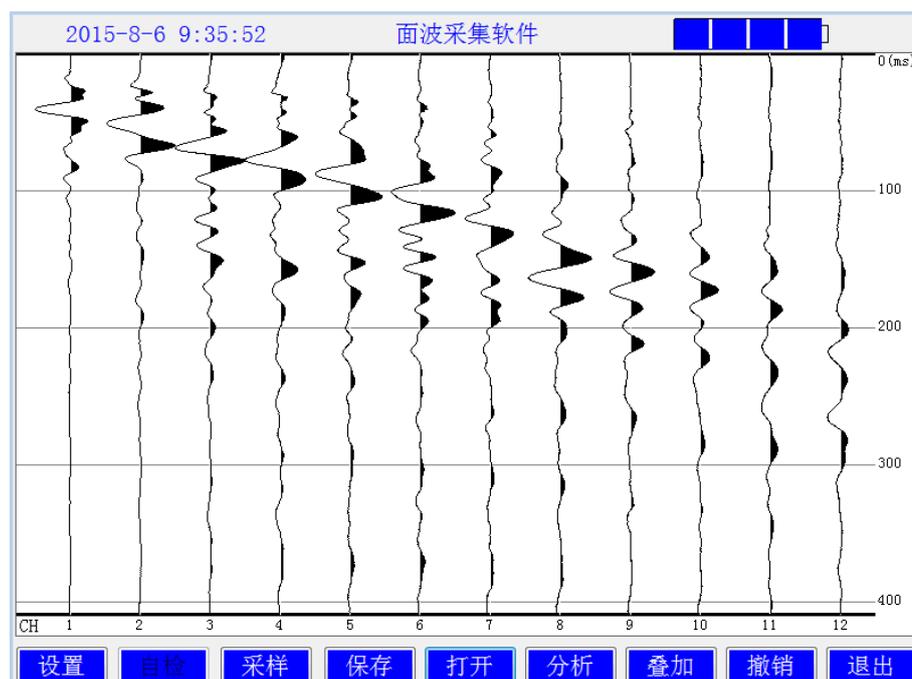


如图，原来显示灰色的按钮变亮，各选项皆为可使用状态。

自检：显示各个通道的噪声幅值情况。同时可以通过噪声的异常情况查看各个通道是否异常。

采样：点击采样后，即可开始锤击振源点产生振动来采集波形，

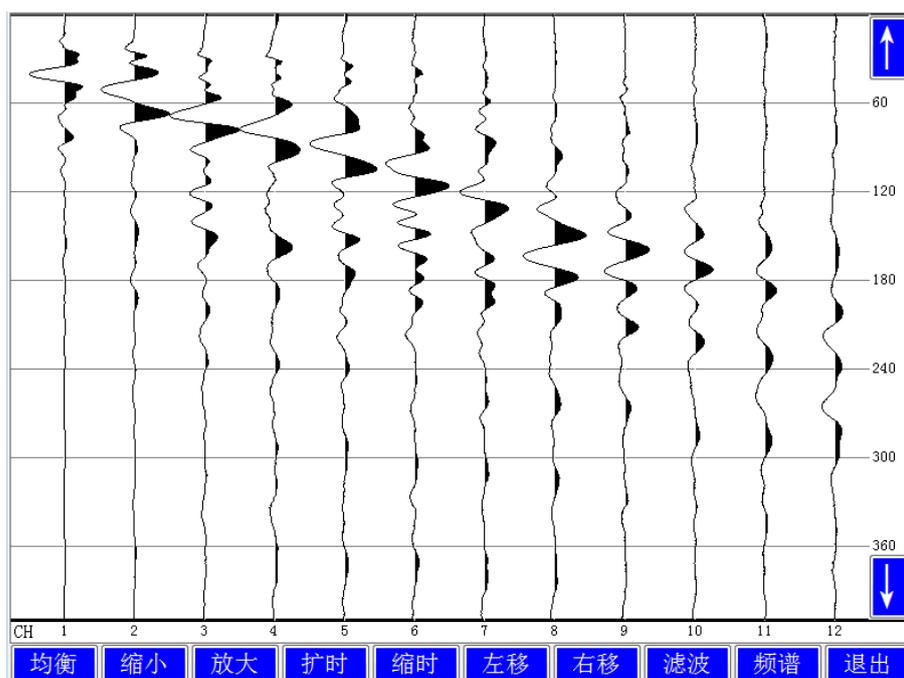
如图：



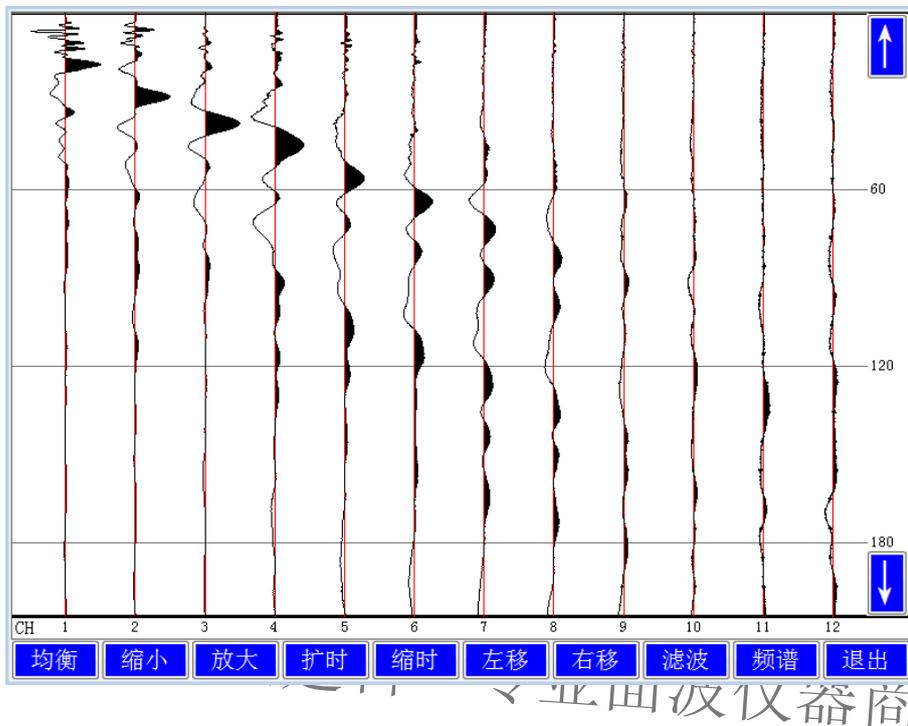
保存：采集结束，波形如上图所示，若不需进行分析，则点击保存，选择数据储存文件夹，自行设定好子目录名与文件名，点击保存即可结束波形采集工作。



分析：可对采集波形进行简单的分析。



均衡：以波形中的最高峰为标准，使波形按照统一的比例显示。此时基准线为白色，与背景色相同，改变基准线颜色，使其清楚显示，如图：



缩小、放大：改变波形的显示大小。

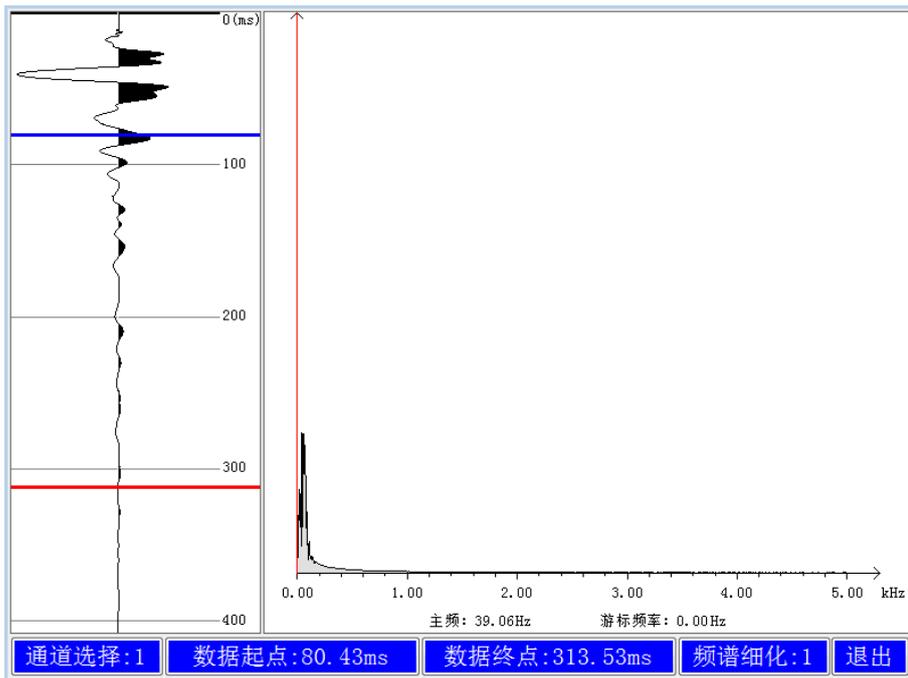
扩时、缩时：纵轴为时间轴，当波形太长或太短时，可使用此功能使波形以合适的比例在一个界面内完整的显示出来。

左移、右移：使整体波形左移或右移。

滤波：滤去特定波段波形，亦即去除干扰信号，使波形清晰可用。设定范围为 0—10000。

频谱：查看选定通道频率的图谱，
如图：





通道选择：选择需要查看的通道。

数据起点：选择数据的起始点，即图中左方框中蓝色横线，点击左方框中间蓝色垂直基准线左侧可进行上下位置调节。

数据终点：选择数据终点，即图中左方框中红色横线，点击左方框中间蓝色垂直基准线右侧可进行上下位置调节。

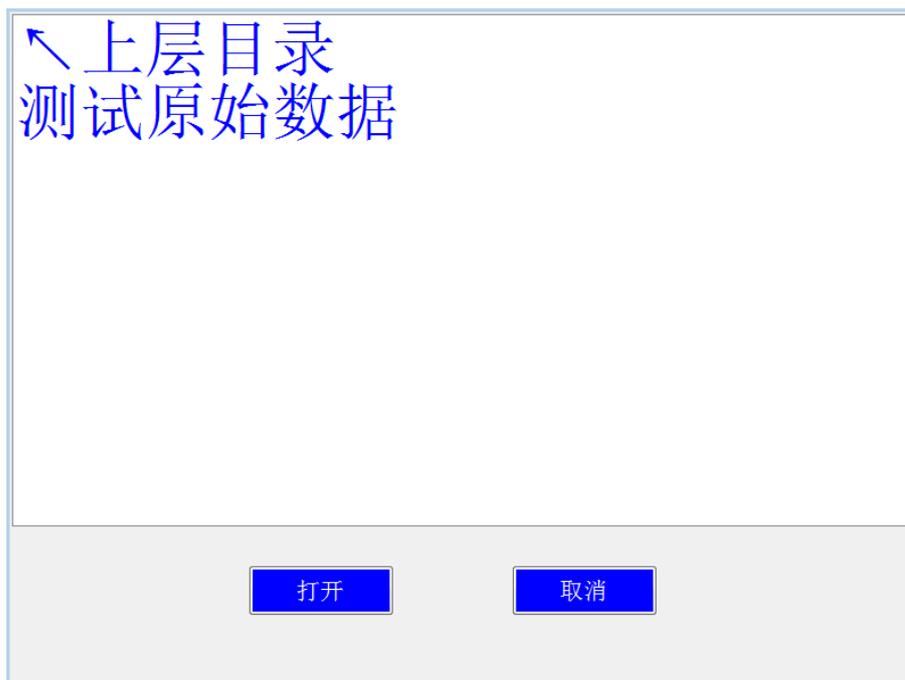
频谱细化：使右侧坐标曲线图进行放大缩小，以查看频率图细节部分。

主频：波形中的最高峰值对应的频率

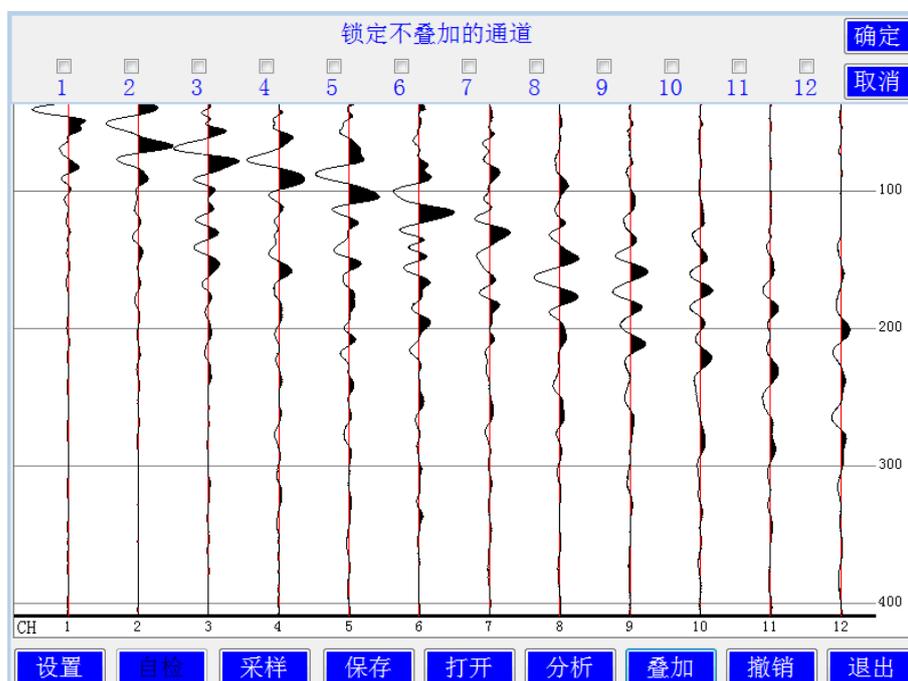
游标频率：游标（即坐标图中的红色竖线）对应位置的频率。

分析中的各项查看完毕后，逐次点击退出返回采集界面。

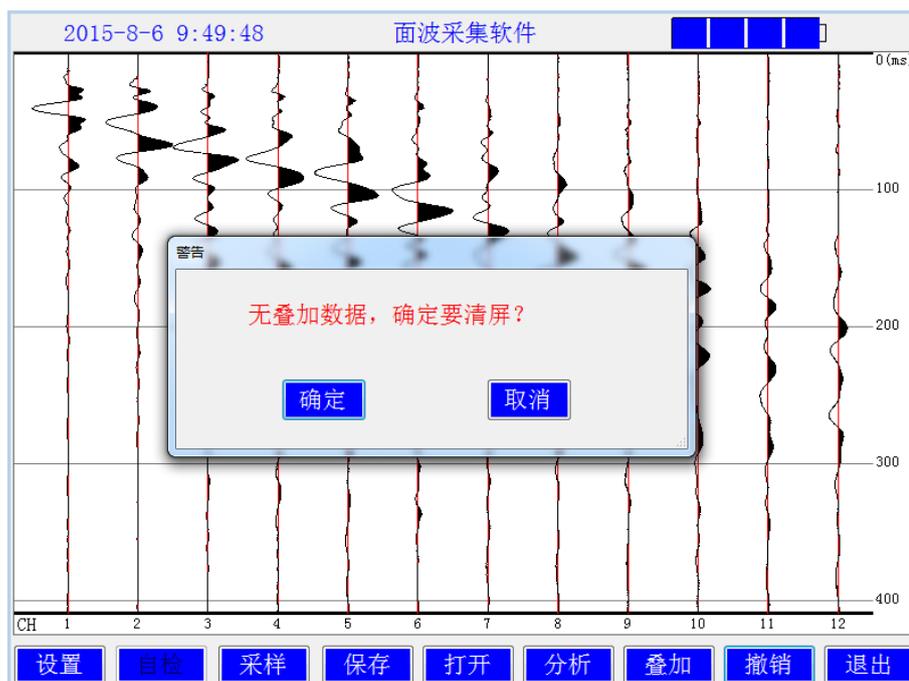
打开：打开保存在电脑中的实验数据。



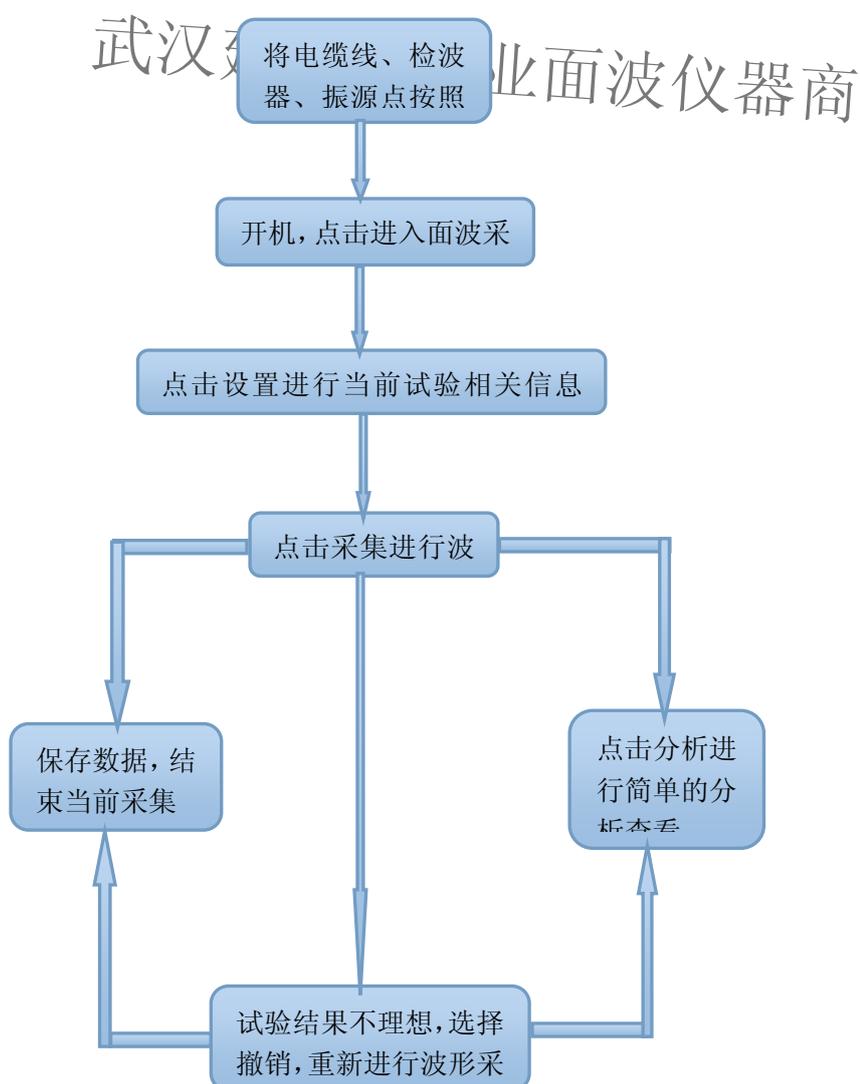
叠加：将两次采集的波形进行叠加。采集一次后，点击叠加，选定不叠加的通道，点击确定后，再次锤击振源点采集波形，即可得到叠加后的波形。



撤销：清除当前数据，重新进行采集。



4、使用流程图

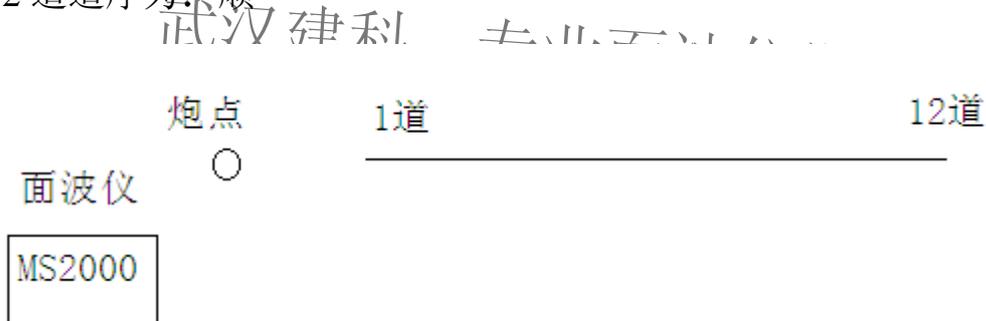


5、现场注意事项

- a. 仪器默认为全通状态，道序为顺序，故振源点应设置在近采集仪端；
- b. 采样间隔的选择视采集记录的长度要求，应满足最大源检距基阶面波的采集要求；
- c. 记录的近振源道不应出现削波，排列中不宜有坏道；
- d. 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；
- e. 检波器安置的位置应准确；
- f. 检波器应与地面（或被检测物表面）安置牢固，并尽量保证安置条件一致或相近；
- g. 检波器的安置：在地表介质松软时，应挖坑埋置；地表为潮湿条件时，应注意防止漏电；附近有杂物影响干扰时，需要清除干净；在大风环境下，检波器应挖坑埋置；
- h. 检波器与电缆要正确连接，避免出现漏电、短路、接触不良等故障；
- i. 振源点需要铺设专用垫板。硬材料垫板，有利于激发高频波；软材料垫板，有利于激发低频波；
- j. 采集结束后，及时做好数据备份，以防止数据丢失。

6、现场布置图

12 道道序为：顺

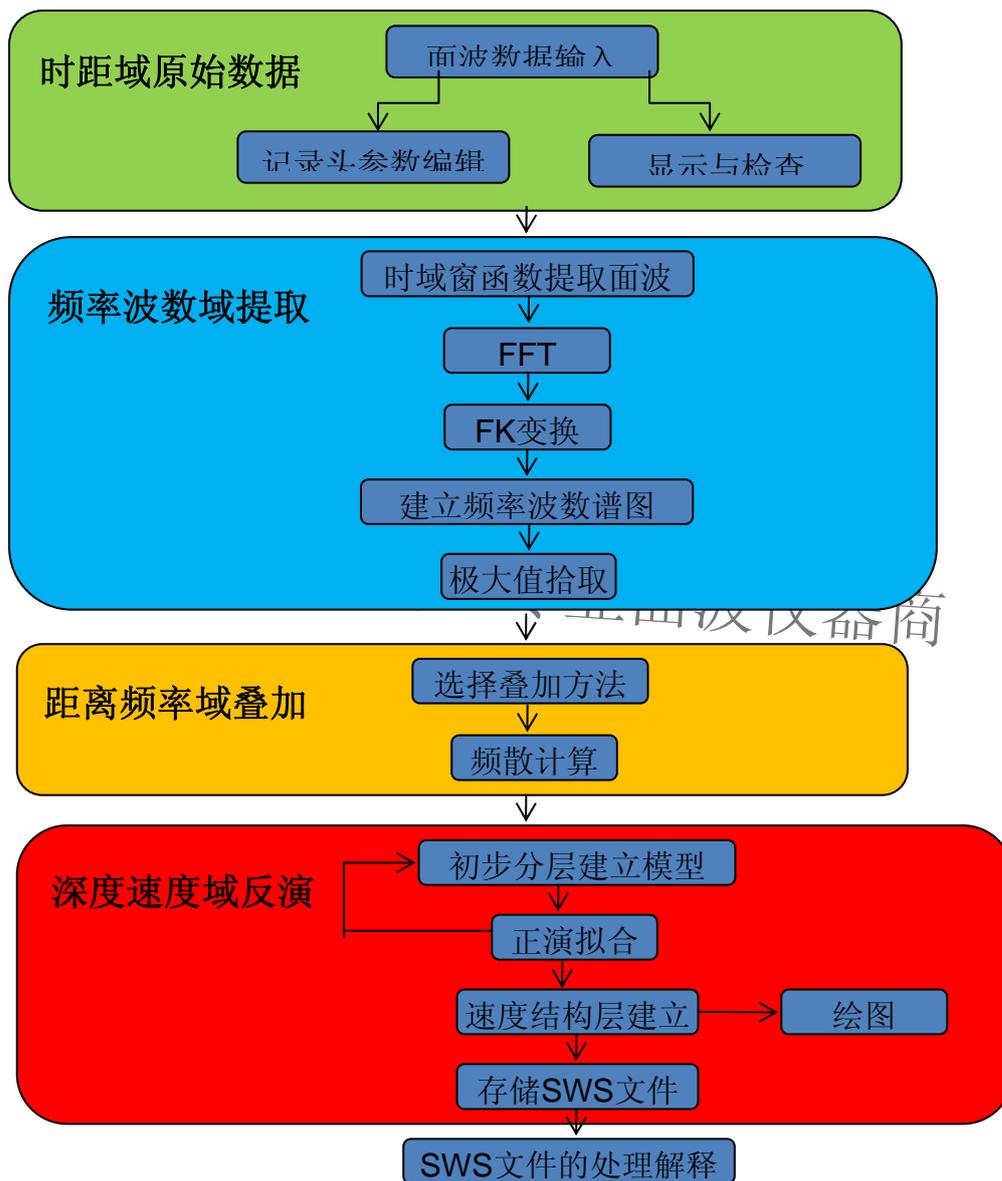


12 道道序为：反



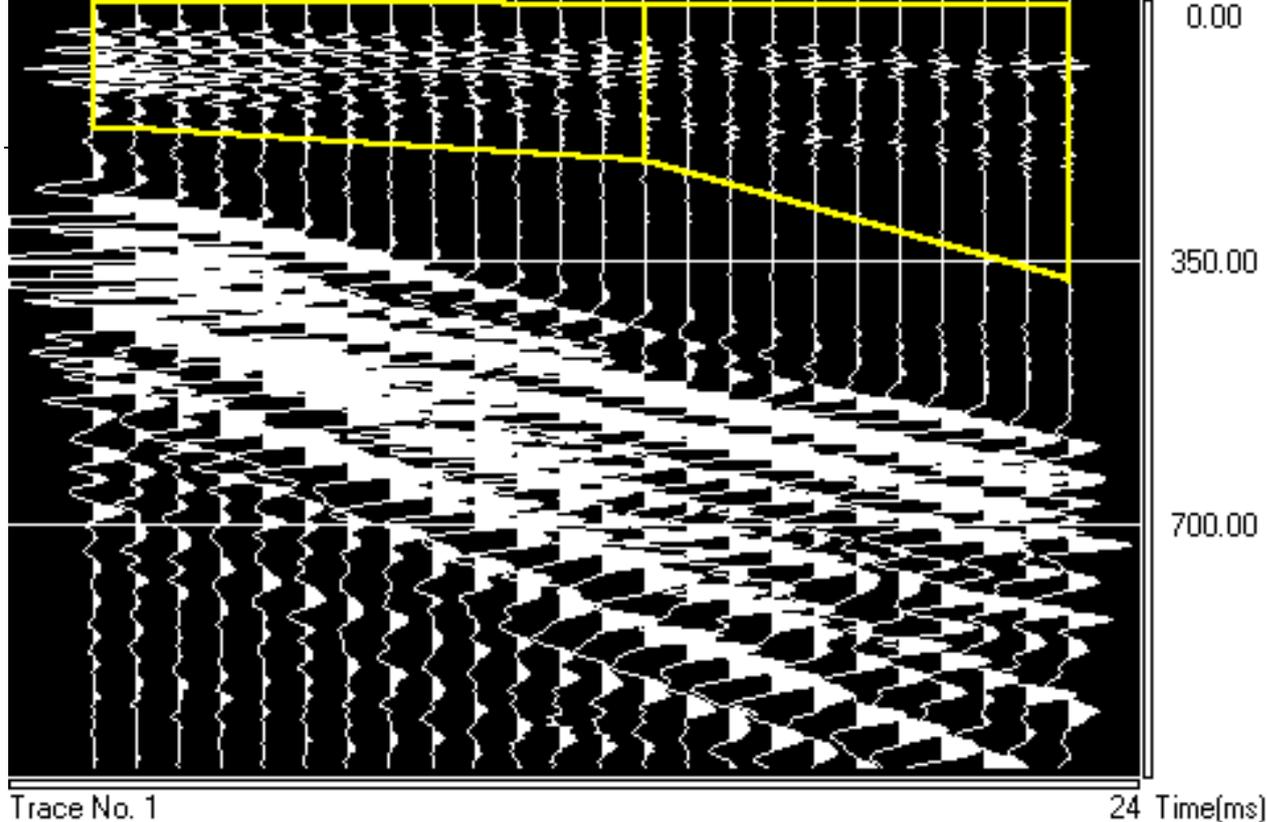
第五章 测试数据后处理分析

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。



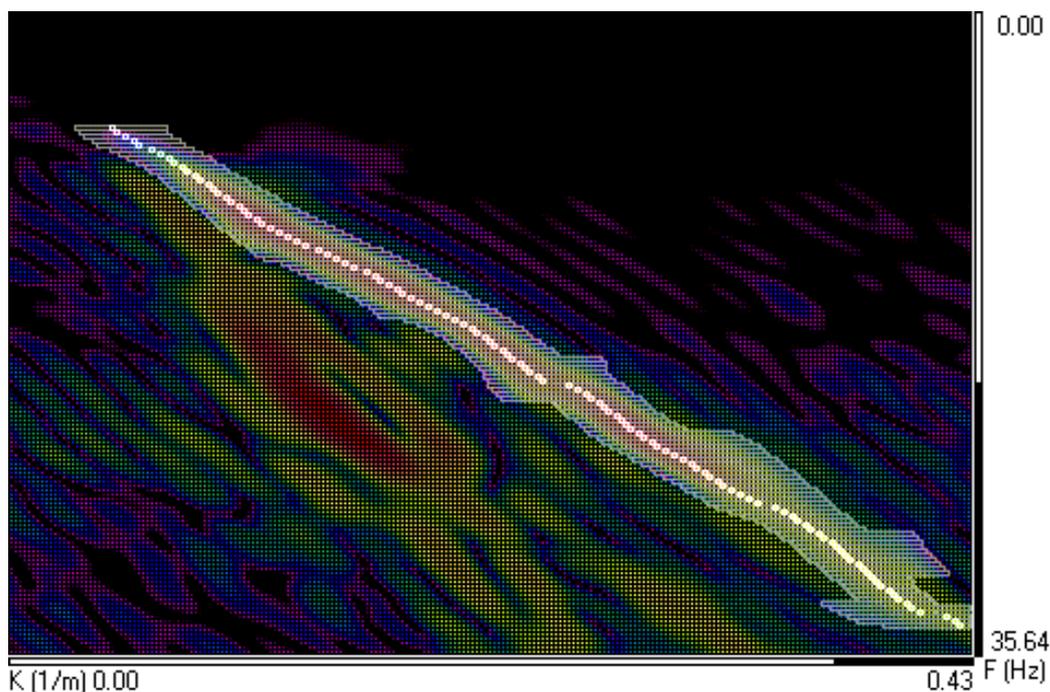
X-T Source 时距域

点击【load X-F File】载入原始数据，然后主要是以下3步操作，第一步，核定采集距离参数、第二步，识别与清理干扰波、第三步，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。



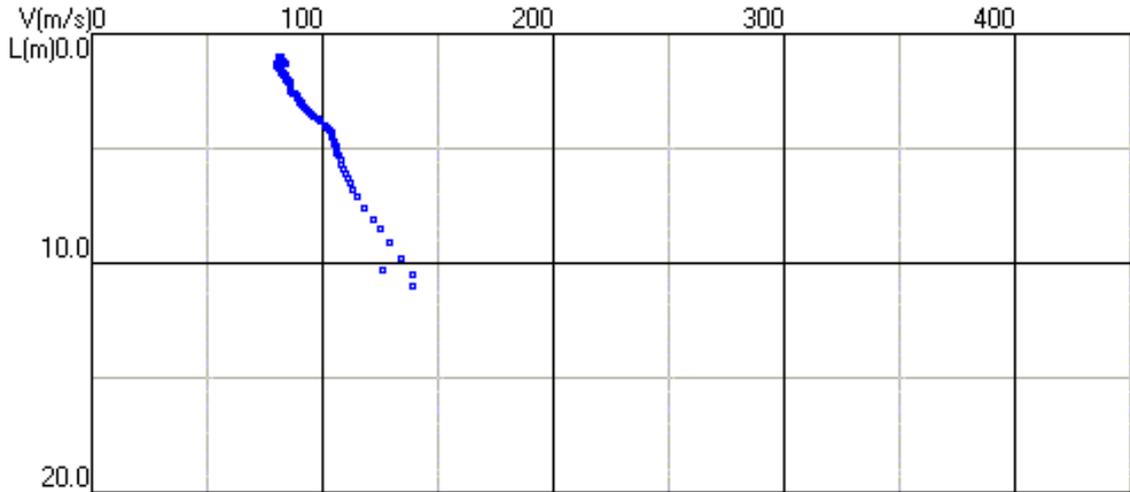
F-K Extract 频率波数域

在显示出的频率波谱图形上，人工选择、追踪相应于提取波型的基阶（低速低频率）组分，白色阴影圈出的频率波数范围连续稳定，包含基阶组分，其中的白点显示出幅度峰脊，对应着不同的频率的基阶面波频率相速度。



X-F Stack 距离频率域

这一界面处理主要是观察叠加数据，选择叠加方式和叠加道数，选定的叠加结果组成频散数据文件（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。

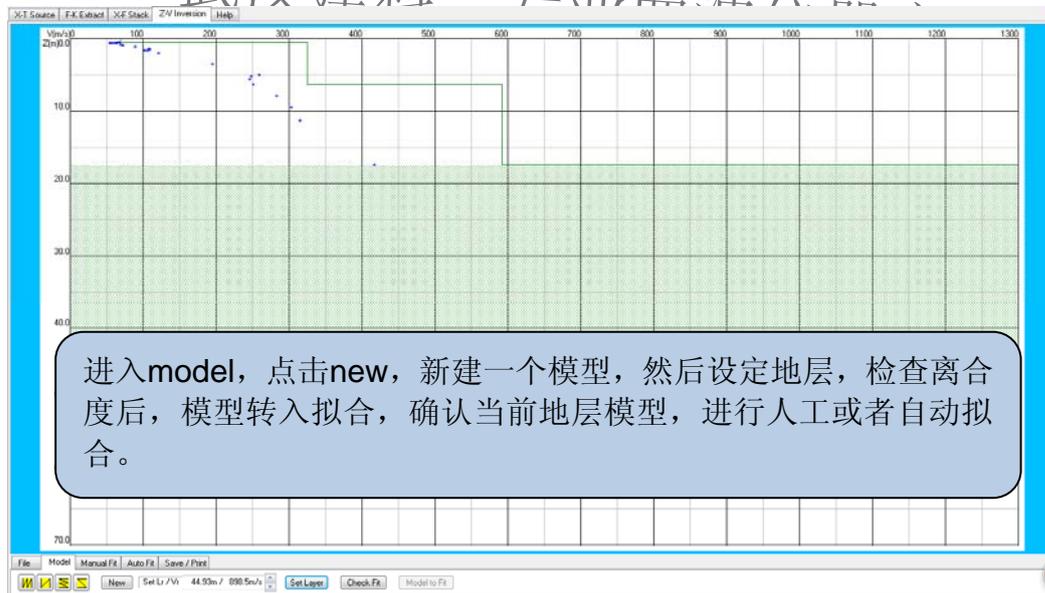


Z-V Inversion 深度速度域

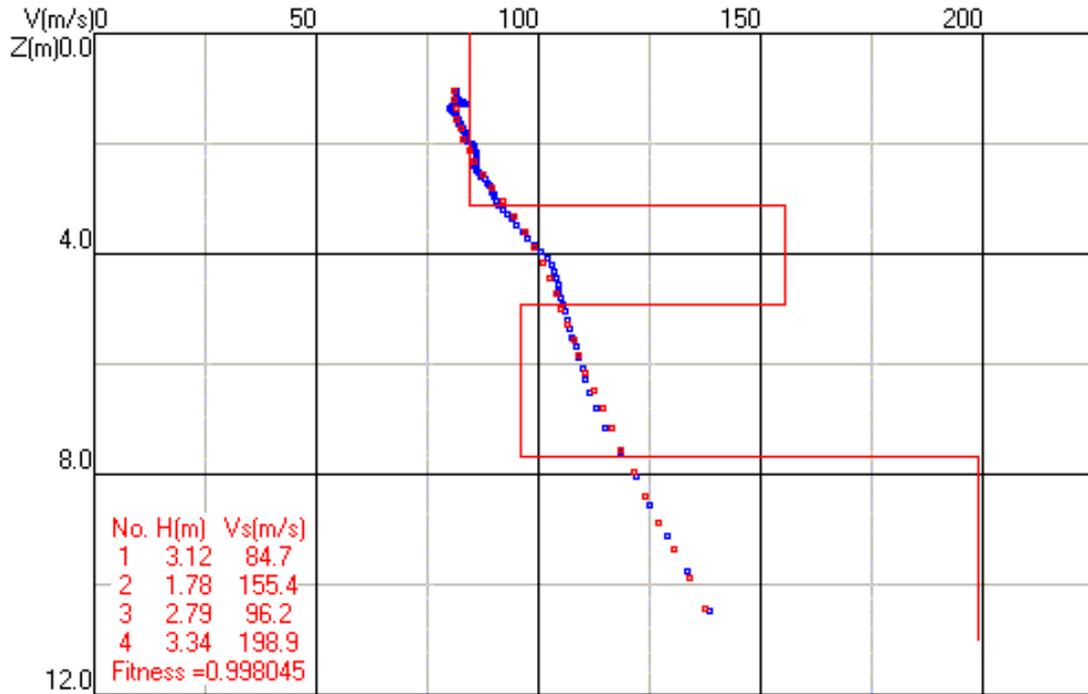
反演根据的频散数据来自 ZVF 格式文件，可以直接由磁盘文件载入，也可以由 X-F Stack 距离频率域叠加页面转来。如果文件中没有反演模型参数，则必须从设定初始模型开始，否则可以直接进行拟合。

模型参数包括层数，该层厚度以及剪切波速，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。

改进拟合度可以选择人工或者自动两种方式，人工拟合可以调试厚度和波速，同时立即显示的模型正演频散数据和拟合度，插入和删除选定的层。自动拟合则可以对选定的单独一层或全部模型参数作自动优化。



拟合完成后，得到地下分层的情况，每层厚度以及等效剪切波速。



操作步骤总结:

Load X-T File >>> TO F-K >>> Set FRE. Band >>> Contour >>> Extract Contour Data >>> To X-F Stack >>> Save To Z-V >>> To Z-V inversion >>> Model >>> set layer >>> check fit >>> model to fit >>> manual fit (auto fit 可选) >>> Fit All layers >>> save /print >>> Fitted Model to file >>> save file zvf 或者 TEXT >>> save picture >>> print picture >>> end

第六章 仪器使用保养

- 1、使用仪器前请熟读本用户手册，有不明确之处，请咨询我公司技术支持人员；
- 2、由于测试仪器是精密电子器件，请勿随意拆动，防止摔、碰、挤、压等有损仪器的动作，并注意防水、防潮；
- 3、本机没有自动关机功能，使用完毕必须手动关机；
- 4、主机不用时应放入包装箱中保管，平时应经常做清洁和保养工作。
- 5、为了减小交流信号干扰，保证测试信号的准确，本仪器设计为单一使用电池供电方式，在正常使用条件下，可以连续工作 4—5 小时。当操作面板的欠压红灯亮时，表示电池电源不足，需要充电，此时仪器还可以操作大约 20 分钟左右。充电时，充电器插到室内 220V 插座上后，此时，充电绿灯亮，表示充电器已经有电，外电源正常，打开仪器侧面板的充电开关，充电红灯亮，表示正在快速充电，快速充电完成后，红灯灭，此时还需要充电 2 个小时才能保证电池充满。建议用户连续充电 6 小时。如果使用锂电池，则当充电灯由红灯变为绿灯后，表示充电结束。
- 6、主机长期不用时，应定期对机内电池充电。一般一个月一次。

武汉建科 专业面波仪器商

附录 A

土的类型划分和剪切波速范围

土的类型	岩土名称和性状	土层剪切波速范围 (m/s)
岩石	坚硬或较坚硬的稳定岩石	$V_s > 800$
坚硬土或软质岩石	破碎或较破碎的岩石或软和较软的岩石，密实的碎石土	$800 \geq V_s > 500$
中硬土	中密、稍密的碎石土，密实、中密的砾、粗、中砂， $f_{ak} > 150$ 的粘性土和粉土，坚硬黄土	$500 \geq V_s > 250$
中软土	稍密的砾、粗、中砂，除松散外的细、粉砂， $f_{ak} \leq 150$ 的粘性土和粉土， $f_{ak} > 130$ 的填土，可塑黄土	$250 \geq V_s > 150$
软弱土	淤泥和淤泥质土，松散的砂，新近沉积的粘性土和粉土， $f_{ak} \leq 130$ 的填土，流塑黄土	$V_s \leq 150$

注： f_{ak} 为由载荷试验等方法得到的地基承载力特征值（kPa）； v_s 为岩土剪切波速

来源：

《建筑抗震设计规范》(GB50011--2010)

附录 B

土的物性指标计算

$$V_S = \begin{cases} \frac{V_R}{0.93} & (V_R > 250\text{m/s}) \\ \frac{V_R}{0.94} & (150 < V_R < 250\text{m/s}) \\ \frac{V_R}{0.95} & (V_R < 150\text{m/s}) \end{cases}$$

$$K = [\log(V_S) - 1.875] / 0.398$$

$$P_y = [\log(V_S) - 1.998] / 0.51 \quad (\text{kgf/cm})$$

$$Q = [\log(V_S) - 2.127] / 0.443 \quad (\text{kgf/cm})$$

$$E_d = 2 \cdot \rho \cdot V_S^2 \cdot (1 + \nu) \cdot 10^{-3} \quad (\text{MPa}) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{当 } V_R > 250\text{m/s} \text{ 时, } \nu = 0.32 \\ \text{当 } V_R < 250\text{m/s} \text{ 时, } \nu = 0.38 \end{array} \right.$$

式中:

V_S —— 剪切波波速

V_R —— 瑞利波波速

K —— 静止土压系数

P_y —— 固结屈服力

E_d —— 动弹性模量 (kPa);

ρ —— 土的质量密度 (t/m^3 或 g/cm^3);

ν —— 泊松比.

Q —— 单轴压缩强度

附录 C

不同岩土的剪切波速值

岩土名称	岩土性质或基本承载力 σ_0 (kPa)	剪切波速值 V_s (m/s)
填土		100~200
淤泥、淤泥质土或软土	$\sigma_0 < 100$	90~140
黏土、粉质黏土	$100 \leq \sigma_0 \leq 400$	120~400
粉质黏土、粉土	$100 \leq \sigma_0 \leq 400$	100~380
黄土、黄土质土		130~300
粉砂、细砂	稍松	100~130
	中等密实	130~200
中砂、粗砂	稍松	110~160
	中等密实	160~250
粗砂、砾砂		200~350
粗、细圆砾土，粗、细角砾土，卵石土，碎石土	松散	200~300
	中等密实	300~400
	密实	>400
岩石	弱风化	500~1000
	未风化、微风化	>1000

注：1、本表系 10 米以内的值，深度大于 10 米时，应适当加大

2、根据土层深度、标贯击数、平均粒径、空隙比、液性指数等综合分析选择表中所列的剪切波速值。

3、黏土、粉质黏土、粉土可按 σ_0 内插取值

来源：

《铁路工程抗震设计规范》(GB50111-2006)

附录 D

不同岩土的剪切波速值

岩土层的剪切波速

土分类	人工填土	一般粘性土	淤泥质土	粉土	粉细砂	粗砾砂	砂砾卵石	老粘性土	强风化岩
Vs 范围值(m/s)	90 ~ 180	130 ~ 240	100 ~ 180	140 ~ 250	170 ~ 340	280 ~ 440	350 ~ 450	210 ~ 400	340 ~ 880
Vs 平均值(m/s)	140	170	130	180	240	350	390	310	560

粘性土的剪切波速

土类	一般粘性土					老粘性土					
N	3	5	7	9	11	13	18	23	26	29	32
Vs (m/s)	160	180	200	220	230	240	280	300	320	340	360

粉细砂的剪切波速

N	10	150	20	25	30	35	40
Vs (m/s)	200	230	250	260	270	280	290

以上两表内 N 为标贯锤击数平均值

淤泥质土、粘性土的剪切波速

土类	淤泥质土，一般性粘性土					老粘性土			
Ps(MPa)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
Vs (m/s)	130	170	210	230	24	250	270	300	330

上表 Vs 数据乘以 1.1 的系数为粉土的剪切波数值

Ps(MPa)	4	5	6	7	8	9	10	12
Vs (m/s)	170	190	210	230	250	270	290	310

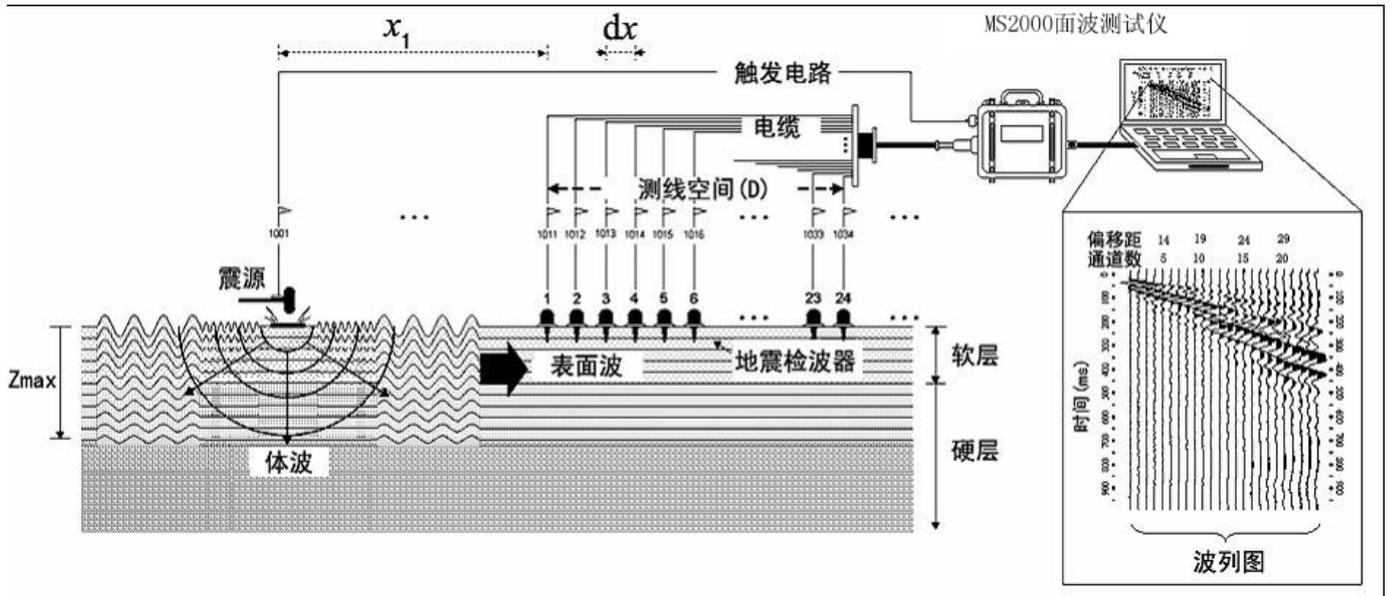
以上两表内 Ps 为比贯入阻力的平均值

来源：《湖北省地方标准 DB42 /169-2003 岩土工程勘察工作规程》

附录 E

面波测试野外工作要点

一、 单端激发



武汉建科 专业面波仪器商

二、 野外采集参数一般设置范围

偏移距	1.0—5.0 米	激振点到第一道检波器的距离。 取决于最靠近激发点的采集道的波形幅度,再不要削波的前提下, 越小越好
道间距	1.0—3.0 米	相邻两个检波器之间的距离。 一次激发的道间距要一致, 多次激发的最好一致, 道间距应小于最小勘探深度所需波长的二分之一; 推荐值: 1~2m
采样间隔	0.5—1ms	
采样长度	2048 个采样点	总时长 1 秒左右, 要求能看到完整的面波
击振大锤	18 磅铁锤	
垫板	铝合金材质	推荐尺寸 200×2000×30mm
山上布置方式	沿等高线布置检波器	使测试排列为层状

附录 F

岩石的弹性模量 E 和泊松比 μ 的值列举

岩石种类	E (10^4MPa)	μ
闪长岩	10.1021-11.7565	0.26-0.37
细粒花岗岩	8.1201-8.2065	0.24-0.29
斜长花岗岩	6.1087-7.3984	0.19-0.22
斑状花岗岩	5.4938-5.7537	0.13-0.23
花岗闪长岩	5.5605-5.8302	0.20-0.23
石英砂岩	5.3105-5.8685	0.12-0.14
片麻花岗岩	5.0800-5.4165	0.16-0.18
正长岩	4.8387-5.3104	0.18-0.26
片岩	4.3298-7.0129	0.12-0.25
玄武岩	4.1366-9.6206	0.23-0.32
安山岩	3.8482-7.6965	0.21-0.32
绢云母页岩	3.3677	+++++
花岗岩	2.9823-6.1087	0.17-0.36
细砂岩	2.7900-4.7622	0.15-0.52
中砂岩	2.5782-4.0308	0.10-0.22
中灰岩	2.4056-3.8296	0.18-0.35
石英岩	1.7946-6.9374	0.12-0.27
板状页岩	1.7319-2.1163	+++++
粗砂岩	1.6642-4.0306	0.10-0.45
片麻岩	1.4043-5.5125	0.20-0.34
页岩	1.2503-4.1179	0.09-0.35
大理岩	0.9620-7.4827	0.06-0.35
炭质砂岩	0.5482-2.0781	0.08-0.25
泥灰岩	0.3658-0.7316	0.30-0.40
石膏	0.1157-0.7698	0.30

附录 G 建筑地基检测技术规范 JGJ340-2015

14 多道瞬态面波试验

14.1 一般规定

14.1.1 多道瞬态面波试验适用于天然地基及换填、预压、压实、夯实、挤密、注浆等方法处理的人工地基的波速测试。通过测试获得地基的瑞利波速度和反演剪切波速，评价地基均匀性，判定砂土地基液化，提供动弹性模量等动力参数。

14.1.2 多道瞬态面波试验宜与钻探、动力触探等测试方法密切配合，正确使用。

14.1.3 采用多道瞬态面波试验判定地基承载力和变形参数时，应结合单位工程地质资料和载荷试验比对结果进行。

14.1.4 当采用多种方法进行场地综合判断时，宜先进行瑞利波试验，再根据其试验结果有针对性地进行布置载荷试验、动力触探等测点进行点测。

14.1.5 现场测试前应制定满足测试目的和精度要求的采集方案，以及拟采用的采集参数、激振方式、测点和测线布置图及数据处理方法等。测试应避免各种干扰震源，先进行场地及其邻近的干扰震源调查。

14.2 仪器设备

14.2.1 多道瞬态面波试验主要仪器设备应包括振源、检波器、放大器与记录系统、处理软件等。

14.2.2 振源可采用 18 磅大锤、重 60kg~120kg 和落距 1.8m 的砂袋或落重等激振方式，并应保证面波测试所需的频率及激振能量。

14.2.3 检波器及安装应符合下列规定：

1 应采用垂直方向的速度型检波器；

2 检波器的固有频率应满足采集最大面波周期（相应于测试深度）的需要，宜采用频率不大于 4.0Hz 的低频检波器；

3 同一排列检波器之间的固有频率差应小于 0.1Hz，灵敏度和阻尼系数差别不应大于 10%；

4 检波器按竖直方向安插，应与地面接触紧密。

14.2.4 放大器与记录系统应符合下列规定：

1 仪器放大器的通道数不应少于 12 通道；采用的通道数应满足不同面波模

态采集的要求；

2 带通 0.4Hz~4000Hz；示值（或幅值）误差不大于±5%；通道一致性误差不大于所用采样时间间隔的一半；

3 仪器采样时间间隔应满足不同面波周期的时间分辨率，保证在最小周期内采样（4~8）点；仪器采样时间长度应满足在距震源最远通道采集完面波最大周期的需要；

4 仪器动态范围不应低于 120dB，模数转换（A/D）的位数不宜小于 16 位。

14.2.5 采集与记录系统处理软件应具备下列功能：

1 具有采集、存储数字信号和对数字信号处理的智能化功能；

2 采集参数的检查与改正、采集文件的组合拼接、成批显示及记录中分辨坏道和处理等功能；

3 识别和剔除干扰波功能；

4 对波速处理成图的文件格式和成图功能，并应为通用计算机平台所调用的功能；

5 分频滤波和检查各分频率有效波的发育及信噪比的功能；

6 分辨识别及利用基态面波成分的功能，反演地层剪切波速和层厚的功能。

14.3 现场检测

14.3.1 有效检测深度不超过 20m 时宜采用大锤激振，不超过 30m 时宜采用砂袋和落重激振。

14.3.2 现场检测时，仪器主机设备等应有防风沙、防雨雪、防晒和防摔等保护措施。

14.3.3 多道瞬态面波测试记录通道应为 12 道或 24 道，道间距宜为 1.0m~3.0m，偏移距根据现场试验确定；宜在排列延长线方向，距排列首端或末端检波器 1.0m~5.0m 处激发，具体参数由现场试验确定。

14.3.4 多通道记录系统测试前应进行频响与幅度的一致性检查，在测试需要的频率范围内各通道应符合一致性要求。

14.3.5 在地表介质松软或风力较大条件下时，检波器应挖坑埋置；在地表有植被或潮湿条件时，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；检波器排列布置应符合、下列规定：

- 1 应采用线性等道间距排列方式，震源应在检波器排列以外延长线上激发；
- 2 道间距应小于最小测试深度所需波长的 1/2；
- 3 检波器排列长度应大于预期面波最大波长的一半，且大于最大检测深度；
- 4 偏移距的大小，应根据任务要求通过现场试验确定。

14.3.6 对大面积地基处理采用普测时，测点间距可按半排列或全排列长度确定，一般为 12m~24m。

14.3.7 波速测试点的位置、数量、测试深度等应根据地基处理方法和设计要求确定。遇地层情况变化时，应及时调整观测参数。重要异常或发现畸变曲线时应重复观测。

14.4 检测数据分析与判定

14.4.1 面波数据资料预处理时，应检查现场采集参数的输入正确性和采集记录的质量。采用具有提取频散曲线功能的软件，获取测试点的面波频散曲线。

14.4.2 频散曲线的分层，应根据曲线的曲率和频散点的疏密变化综合分析；分层完成后，可反演计算剪切波层速度和层厚。

14.4.3 根据实测瑞利波波速和动泊松比，可按下列公式计算剪切波波速：

$$V_s = V_R / \eta_s \quad (14.4.3-1)$$

$$\eta_s = (0.87 - 1.12\mu_d) / (1 + \mu_d) \quad (14.4.3-2)$$

式中： V_s ——剪切波速度 (m/s)；

V_R ——面波速度 (m/s)；

η_s ——与泊松比有关的系数；

μ_d ——动泊松比。

14.4.4 对于大面积普测场地，对剪切波速可以等厚度计算等效剪切波速，并应绘制剪切波速等值图，分层等效剪切波速可按下列公式计算：

$$V_{se} = d_0 / t \quad (14.4.4-1)$$

$$t = \sum_{i=1}^n (d_i / V_{si}) \quad (14.4.4-2)$$

式中： V_{se} ——土层等效剪切波速 (m/s)；

d_0 ——计算深度 (m)，一般取 2m~4m；

t ——剪切波在计算深度范围内的传播时间 (s)；

d_i ——计算深度范围内第 i 层土的厚度 (m)；

V_{si} ——计算深度范围内第 i 层土剪切波速 (m/s)；

n ——计算深度范围内土层的分层数。

14.4.5 对地基处理效果检验时，应进行处理前后对比测试，并保持前后测点测线一致。可不换算成剪切波速，按处理前后的瑞利波速度进行对比评价和分析。

14.4.6 当测试点密度较大时，可绘制不同深度的波速等值线，用于定性判断场地不同深度处地基处理前后的均匀性。在波速较低处布置动力触探、静载试验等其他测点。根据各种方法的测试结果对处理效果进行综合判断。

14.4.7 瑞利波波速与承载力特征值和变形模量的对应关系应通过现场试验比对和地区经验积累确定；初步判定碎石土地基承载力特征值和变形模量，可按表 14.4.7 估算。

表 14.4.7 瑞利波波速与碎石土地基承载力特征值和变形模量的对应关系

V_R (m/s)	100	150	200	250	300
f_{ak} (kPa)	110	150	200	240	280
E_0 (MPa)	5	10	20	30	45

注：表中数据可内插求得。

14.4.8 多道瞬态面波试验应给出每个试验孔（点）的检测结果和单位工程的主要土层的评价结果。

14.4.9 检测报告除应符合本规范第 3.3.2 条规定外，尚应包括下列内容：

- 1 检测点平面布置图，仪器设备一致性检查的原始资料，干扰波实测记录；
- 2 绘制各测点的频散曲线，计算对应土层的瑞利波相速度，根据换算的深度绘制波速-深度曲线或地基处理前后对比关系曲线；有地质钻探资料时，应绘制波速分层与工程地质柱状对比图；
- 3 根据瑞利波相速度和剪切波速对应关系绘制剪切波速和深度关系曲线或地基处理前后对比关系曲线，面波测试成果图表等；
- 4 结合钻探、静载试验、动力触探和标贯等其他原位测试结果，分析岩土层的相关参数，判定有效加固深度，综合作出评价。

武汉建科科技有限公司网址: <http://www.whctco.com>电邮: admin@whctco.com

邮编: 430074

地址: 武汉市光谷大道 35 号光谷总部时代 4 栋 503 室

技术支持 QQ 群: **9986085**

电话: 027-87780480; 027-87585802

技术咨询及售后:

张工: 18207101319; 分机: 601; QQ: 721786027

胡工: 18207101308; 分机: 603; QQ: 721786030

苏工: 18207101316; 分机: 604; QQ: 721786026

袁工: 18207134788; 分机: 602; QQ: 721786032

售前咨询及销售:

销售一部陈经理: 18207101318; 分机: 601; QQ: 721786028

销售二部张经理: 18207101319; 分机: 602; QQ: 721786027

销售三部袁经理: 18207134788; 分机: 603; QQ: 721786032

销售四部胡经理: 18207101308; 分机: 604; QQ: 721786030

销售五部苏经理: 18207101316; 分机: 605; QQ: 721786026

销售六部李经理: 18207134688; 分机: 606; QQ: 721786029

产品维修、检定及收发货:

甘经理: 18207101320; 分机: 605; QQ: 721786031

投诉建议及反馈:

张经理: 13971627136; 分机: 608; QQ: 330996255

版本修订纪要:

日期	修订内容	备注
2014 年	初撰	
2015 年	软件操作修改,增加接口定义	