

AGI-T3 三维成像隧道地质 超前预报系统

云南航天工程物探检测股份有限公司

1系统简介

云南航天工程物探检测股份有限公司三维成像隧道地质超前预报系统(简称: AGI-T3) 应用数值仿真分析,研发了三维信号观测系统,利用三分量检波器实现了空间三维信号快速 高效率采集;根据负速度原理,提出了应用"F-K"二维滤波有效提取章子面前方回波信号, 提高了三维成像的精度和准确度;基于地震绕射偏移三维成像和计算机绘图技术,研发了无 线分布式三维成像隧道地质超前预报仪器系统。

无线分布式三维成像隧道地质超前预报主要工作原理是在隧道内使用锤击(或炸药)震 源激发弹性波,弹性波沿掌子面前方传播过程中,遇到断层面、岩溶等不良地质体,会产生 反射与散射回波信号,然后被安置在隧道内的传感器所接收,根据回波信号走时和能量大小, 应用三维成像技术分析得出不良地质体空间分布的位置和类型。



图 三维成像隧道地质超前预报仪

主要应用: (一超前探测预报范围段的岩体波速及围岩级别判定;

□探测掌子面前方地质的变化情况及灾害体的分布、性质;□探测掌子面前方有效长度约 100m[~]200m。

2系统特点

2.1三点定位无线采集系统



剖面「+」(35,1,5),探测范围(50,50,20)~CRP_Px_L2R3(6) 欢迎试用!

2.2 "F-K" 滤波去噪







2.3速度扫描分析 纵横波综合分析

地震成像质量依赖于成像速度,并且对速度的误差具有很强的敏感性。在地震资料速度 分析中,速度扫描和速度谱分析是最常用的方法。速度扫描是确定成像速度最简单直观的方 法,其方法是用一组共炮点(或共中心点)记录进行速度扫描。速度扫描示意图所示,当给 定的扫描速度正确时,根据其波速计算的同相位信号迭加会得到最大值(实线)。基于速度 扫描法的基本原理,提出对散射波(及反射波)进行速度扫描对比分析,速度扫描对比分析 图所示,首先提取出共散射点信号记录并计算其扫描速度谱,然后采用人机对话方式,通过 选择确定速度谱能量最大值并且使其对应的时程曲线与信号同相位曲线相一致。





纵横波综合分析

2.4绕射偏移三维成像

绕射扫描偏移叠加是建立在射线理论的基础上,将反射波自动偏移归位到其空间真实位 置上的一种方法,这种方法的最大优点就是计算效率高。如地震波绕射扫描便宜叠加图所示, 在地震勘探中使用这一方时首先将地下剖面划分为网格,然后沿着网格点进行扫描。利用绕 射扫描偏移叠加进行三维成像时,首先将隧道掌子面前方探测范围内的地质划分成不同的剖 面,如绕射偏移三维成像图所示,在划分地质剖面时根据三维观测系统的特点,以隧道左边 检波点、拱脚处为坐标原点进行纵向的切分,然后分别对每一个剖面进行偏移成像,最后应 用计算机绘图技术生成三维地质剖面图。





3系统组成

	操作系统	Windows8/10		
计算机终端	屏幕显示	1920×1080 以上		
(平板电脑)	Wi-Fi 功能	支持 802.11b/g/n 无线协议		
	续航时间	可连续工作 8h~12h		
	通道个数	12 通道(3×4 可扩展)、独立采样		
	A/D 精度	24		
	采样间隔	8µs~2000µs 可调		
信号采集器	频率响应	0.5Hz \sim 20KHz		
(AGI-WDAQ)	放大增益	1、10、100、1000		
	触发方式	无线触发,内置无线射频(RF)		
	数据采集	无线传输,内置 Wi-Fi 802.11b/g		
	工作时间	大于 8h		
	触发信号	加速度传感器(锤击)、起爆器感应(炸 药)		
工化铀尘哭	信号带宽	20Hz \sim 20KHz		
(AGI-WTF)	信号幅度	-3V~+3V(过压保护)		
	触发方式	无线触发,内置无线射频(RF)		
	工作时间	大于 8h		
	方向个数	3 轴、X/Y/Z(三分量 MEMS 型、内置 IC 放大器)		
三分量检波器	信号带宽	1Hz~2KHz		
(传感器)	灵敏度	600mV/g~1000mV/g		
	输出方式	差分输出		

3.1硬件子系统(设备参数)

3.1.1信号采集器(AGI-WDAQ)

采集器轻便节能,四通道独立采祥,超长待机。支持 WIFI 无线数据传输,根据应用需 求,信号触发可选择有线或无线等多种方式,实现无线分布式多测点同时采集。





AGI-WDAQ采集器内部接线图



3.1.2三分量检波器





加速度传感器内部接线图





10芯航	空插头	8芯线缆		三轴插件
1				
2				
3		红色		x-
4		灰色		X+
5		绿色		¥-
6		棕色		¥+
7		橙色		z-
8		蓝色		Z+
10芯航	空插头	8芯线缆	I	电源插件
9		黑色		-
10		黄色		+

3.1.3无线触发器(AGI-WTF)





AGI-WTF触发器内部接线图





3.1.4计算机终端(平板电脑)

使用平板电脑(Win8/10)作为控制终端,操作方便快捷,同时承担实时信号采集、保存、数据处理、成果报告等一系列工作。

3.2软件子系统

正版软件全部功能有效可用,同时软件可直接免费试用,运行时某些功能会有限制说明。

3.2.1 信号采集软件

AGI-T3 隧道地质超前预报信号采集软件,其设计目标和功能主要是依据三维成像原理, 根据现场所设定的三维观测方式,实现快速信号采集。软件具有操作简单、参数调整灵活方 便、信号实时放大滤波等特点,软件运行界面如图:



在主控界面,点击【信号采集】

🔞 AGI(T3) -	隧道地质超前预报信号采集与分析【V21.04】						-	
【图形操作】	📙 保存图形 🚑 打印图形 📴 粘贴图形							
	仪器参数							
读取文件	采样点数 采样间隔us 2560 ~ 96 ~	基站个数 左拱R1 右拱R2 2 ~ R1 (X0Y1	70)	隧道断面宽度/高度m 12 7	震源 锤击 ~	☑ 站点校对		
(1) 分析信号	触发方式 触发电压(¥) 无线信号 ~ 3.0 ~	信号放大 100 ~	0.0	接收点里程/到掌子面m 100.0 35.0	方向 正向 ~	🗹 零漂校正		
() (采集信号							Rx(n) I 1 2 3	iy(n) Rz(n) ^
保存文件	科技心	人為 年 /					4 5 6	
Lî.							8	
设置仪器							9	
5							10	
							12	
大闭采里							13	
							14	
							15	
							16	
							17	
							10	
							20	
							21	
	移动光标、显示信号读数	提示: 采集器0通道接锤击信号, 1~3通道推	度传感器X/Y/Z信号 航天	检测[www.aerospace.net.cn](义器事业部[www.	geook.com] .::	22	~

即可进入信号采集软件运行初始界面

3.2.2三维成像软件

AGI-T3 三维成像隧道地质超前预报软件,其设计目标和功能主要是根据现场所采集到的 三维弹性波信号,进行快速校对编排和三维成像。软件具有信号预处理、频谱分析滤波、坐 标校对编排和信号波场分离、多参数三维成像等功能;具有操作简单,参数调整灵活方便等 特点,软件运行界面如图:



在主控界面,点击【三维成像】

🕜 AGS(T3) - 三维成值	隧道地质超前预报【V21.05】注册有效,欢迎使用!		– 🗆 ×
↓ 读取文件 信号分	析 ∭▲ 频谱分析 坐标编排 三维成像	<u>」</u> 关闭菜单	管理样本
8 6 h 🕷	1 S S M S S		
操作指南00			应用说明
首先读取信号 读取.分析	高科技保证高品	质!	应用目的 ●坐标编排 ○三维成像 绘图说明.指南 □目录 □说明 ☑指南
8			成果说明: ^
			< > > ×
			分析预览 确定保存
光标:	图幅:	文件:	航天检测[www.aero:

即可进入三维成像软件运行初始界面

4 系统使用

4.1软件安装



⑤功能板块安装完成,可正常使用

4.2信号采集

4.2.1采集方法

1、根据所设计的观测系统,在掌子面后方确定一个隧道断面,断面左边墙与底面交点 为 坐标原点,坐标轴 X、Y、Z 方向如图所示,

2、震源点沿左、右两边墙布置,距底面高度约 1m;震源点距一般为 1.5m,每条测线 震 源点数约为 20~24 个。

3、偏移距根据震源类型确定,使用锤击震源偏移距一般为 3m,检波点到掌子面距离一般为 35m;使用炸药震源偏移距为 15m,检波点到掌子面距离一般 50m。

4、两侧壁和拱顶接收点应在一个断面内,三个检波点所对应的采集器编号分别为①、
②、③:检波器的 X、Y、Z 方向应与设计方向一致,两侧壁接收点与激发点应在同一平面上。

5、对接收点和激发点位置进行编号标识。

6、采集信号时,首先沿左边墙测线激发信号,3个检波点采集器同时接收信号,并通过 Wi-Fi 无线方式把信号传输到主机(PC);然后沿右边墙测线激发并采集信号。

7、信号采集器为独立四通道,分别记录触发记时信号和三分量检波器信号,具有无线 信号触发记时和无线数据传输功能,实现无线分布式信号采集。



4.2.2仪器无线连接与信号传输

计算机终端通过 Wi-Fi 无线网络与信号采集器相连接, 然后通过运行信号采集软件执行相应功能实现信号采集, 具体连接方式如下。

1、分别将电脑、仪器基站、信号采集器打开。

2、在电脑右下角点击打开无线网络图标,然后在WLAN 网络列表中选择仪器基站所对应的名称 (AGI-T3-11xxx),输入密码(1234567890),即可实现电脑与基站的Wi-Fi 无线连接。



3、上述步骤设置完成之后,表明仪器无线采集系统
 自动构建完成,运行采集软件即可实现信号无线传输(电脑 --基站--采集器),进行信号采集。

4、特别说明:整个连接过程中无需更改任何参数,若出现如上图所示情况,关闭所弹出的窗口即可。

当无线采集系统自动构成运行软件进行信号采集时,点击[采集]按钮之后仪器进入

采样等待状态。如图右所示,通过锤击(或 炸药) 激发震动信号,震动信号首先通过触发传感器产 生零点计时信号,并通过无线发射器触发启动 AGI-WDAQ 无线采集器进行实时信号采集,采集 完成后通过 Wi-Fi 无线传输把地震波信号传递 给电脑并显示保存和分析。



仪器信号传输示意图

4.2.3仪器设置

软件运行后会首先显示仪器相关参数设置菜单,如下图所示。软件会对其中多个参数自 动设置,需要根据观测系统和现场条件进行修改的参数只有很少几个参数,参数使用说明如 下。

📙 保存图形 🎒 打印图形 🛅 粘	贴图形			
仪器参数				
采样点数 采样间	隔us 基站个数	左拱R1 右拱R2	隧道断面宽度/高度m	震源
2560 ~ 96	~ 2 ~	R1 (X0Y1Z0)	12 7	锤击 → ☑ 站点校对
触发方式 触发电】	压(V) 信号放大	0.0 1.0 0.0	接收点里程/到掌子面m	方向
无线信号 ~ 3.0	~ 100 ~		100.0 35.0	正向 → 🛛 零漂校正

1、显示道数:每个文件最多可记录的信号道数(N)。

2、采样周期:即信号样点之间隔△t(us),当设置为 96us(0.096ms)时,信号采样频

率为 f=1000/96=10.417kHz。

3、基站个数:即信号接收点个数,每次信号采集个数(n)等于 3 倍接收点个数加 1 个触发记时信号(每个文件最多可记录炮点数为 N/n)。

4、触发方式:信号采集触发计时方法可选择无线信号触发或通道自动触发,通道自动 属于内触发方式,用于室内仪器检测标定。现场信号采集使用无线信号方式又可分为:传感 器震动信号触发、线路短断触发、启爆器信号同步触发。

5、触发电压:当触发方式选择通道自动,在室内进行仪器检测标定时,需要选择确定 触发电压(灵敏度)。

6、信号放大:即信号输入放大倍数,分为 1/10/100/1000 四个档次可选。

7、特别说明:在上述 6 个参数中,基站个数需要根据检波点个数选择确定,其它参数 软件会自动设置无需更改。当信号采集使用左右和上部三个接收点时,菜单会显示要求输入 每个信号采集点所对应的坐标值(X/Y/Z,为观测系统所定义的相对坐标值)。

8、隧道断面宽度和高度:主要用于在成像结果中绘制隧道分布位置示意图。

9、震源:可选择为锤击或使用炸药两种不同震源方式,激发方式确定之后,软件会自动设置①号采集点到掌子面距离以及激发点数。

10、接收点里程:即隧道左边①号采集点所对应的隧道里程,例如当里程为(K1+700)时,可输入 1700。

11、到掌子面距离:即①号采集点到掌子面距离,一般使用软件自动设置即可。

12、开挖方向: 定义从小里程向大里程方向开挖为正向,从大里程向小里程方向开挖为 反向。

13、站点校对:选择此功能时,软件会根据测点坐标自动检测校对基站编号与安置顺序 是否正确。

14、零漂校正:当仪器所受干扰较大、实测信号均值偏离零点较大时,选择[零漂校正] 可校正信号误差,一般使用软件自动设置即可。

15

4.2.4参数设置

信号采集参数菜单如图所示,其主要功能含意说明如下。

📙 保存图形 🎒 打印图形 🖺 粘肌	上图形				
采集信号					
测线编号 01061650		震源起点步长点数 3.0 1.5 22		□ 零点校正	口信号迭加
测线位置 左边线L1 ~	1 4 6 Tr.	激发点位(X,Y,Z) 3.0 1.0 0.0	里程 103.0		•

1、测线编号:软件自动设置为测点工作时间,也可设置为隧道里或其它标识,当信号 保存时会自动添加到文件名之前,这样即确保文件不会重名被覆盖,又可以方便之后文件分 类管理和查找。

2、测线位置:根据观测系统分为左边测线(L1)和右边测线(L2)两条测线进行信号 采集,一般首先选择左边测线进行进行信号采集并保存,完成之后再选择右边测线进行信号 采集。

3、震源起点和步长:震源起点为当屏幕上信号清除之后,接收第 1 组信号时,震源点 到接收信号传感器之距离(X)。步长为震源点之间距,当震源点从传感器向掌子面方向移 动时,其值为正;反之当震源点从掌子面向传感器方向移动时,其值为负。同时其右边显示 出此测线最多可布置激发点个数。

4、激发点位:软件自动显示震源点相对坐标(X/Y/Z)值,当震源移动时其值随之变化, 保持与观测系统定义坐标一致。同时其右边显示出震源点所处的隧道里程位置。

5、零点校正:信号触发计时零点有两种方式可选,忽略条件下当采集到的计时信号大于触发电压时,为信号零点开始计时。当选择[零点校正]时,软件会自动查找触发信号零点之后最大值位置做新的计时零点。

6、信号迭加:当在某个测点进行重复激发和信号采集时,如果选择[信号迭加],则 新采到的信号会与之前信号相加,通过多次迭加可增加实测信号精度。忽略条件下新采集到 的信号会直接覆盖取代上次不合格信号。

7、信号迭加之下方为信号动态显示条,当采集信号时可实时显示信号大小变化情况。 最下方为信号增益显示快速控制,通过点击鼠标可以选择设置信号增益(1/10/100/1000)。

4.2.5采集数据

在仪器参数检查设置之后,点击窗口左侧【采集信号】功能按钮,即可进入信号采集界面, 仪器和采集相关参数检查无误,开始采集和保存信号。

16

1、复测与继续:当测点所采集到信号正确合格之后,点击[继续]按钮,开始采集下一个测点信号,同时其上方显示的测点号随之改变。此处所显示的测点号与右边屏幕上所记录的信号相对应(即每个新的文件都会从编号 1 开始)。在采集过程中如果需要对某个测点信号重新采集,可点击[复测]按钮返回到指定的测点号,然后进行重新采集。

2、采集与保存:在完成其它操作之后,第一次点击[采集]按钮时,软件会首先自动 检测电脑与信号采集器是否已经连接成功。若提示已经连接成功,可再次点击[采集]按钮, 屏幕会显示[等待触发]提示,这时使用锤击(或启爆炸药)产生震动信号,然后仪器被自 动触发并采集记录信号。若所采集的信号不合要求,可重新[采集]覆盖上次所采集的信号。 当所采集的信号符合要求之后,点击[继续]按钮选择下一个测点进行信号采集。在所有测 点完成信号采集之后,点击[保存]按钮即可保存所测信号,同时屏幕上文件信号会被清除 置零,然后继续对其它测点信号采集。若只想临时保存所测信号并不需要屏幕上的文件清零, 可点击窗口左边[保存文件]功能按钮。



信号采集示意图

3、清除与停止:在信号采集过程中,点击[清除]按钮,可直接对屏幕上的文件数据 清零,然后接着进行下一步打操作。在点击[采集]仪器等待触发过程中,这时可点击[停

止]按钮结速采集。如果是数据传输有误,这可点击[停止/回放]按钮,对采集器中的数据进行再次传输接收。

4、特别说明: 若仪器没有连接, 当点击 [采集] 按钮时会提示找不到信号采集器,

这时如果按下 [Ctrl] + [采集] 按钮,可进行仿真模拟信号采集。

5、在窗口顶部有 3 个 [图形操作] 按钮,选择点击可 [保存/打印/粘贴] 屏幕上所绘制的信号图形。在窗口中部是信号绘图区域(按组依次绘制),每组首先绘制的是触发计时信号,然后是第1个接收点X方向纵波信号(P)和 Y/Z 方向横波信号(S),之后是绘制

第2和第3接收点信号。

6、在窗口底部是光标位置状态栏,可实时显示所指位置信号分组编号,零点是否又重新设置(t0≠0)和信号走时读数(△t);同时还可显示每个信号最大值和光标处读数(mV)。

4.2.6分析信号

在进行信号采集或读取信号分析时,可随时点击屏幕左边[分析信号]功能按钮,对信 号绘图和分析参数进行修改设置

1、曲线间距:设置屏幕上相邻两组信号曲线之间距离(像素)。

2、相对高度:设置屏幕上所绘信号最大振幅之高度值(%)。

3、曲线点数:设置屏幕上所绘信号之样点个数。

4、样点间距:设置屏幕上所绘信号之长度是否压缩,或放大接伸显示。

信号间距	波形幅度			🗌 信号放大(t‰en)	首波速度
50 ~	40 ~	屏幕显示		0.2 ~ 3 ~	3500 ~
绘图点数	样点间距	◉ 信 号	〇频 谱	□ 带通滤波(f0f1)	图名.标题
1024 ~	连续 ~			50 🗸 700 🗸	信号采集与分析

5、信号放大:选择确定后会对信号进行实时放大显示,只会改变屏幕上所绘制的效 果, 不会对改变或影响实测文件数据。修改调整指数放大长度(t%)和指数放大倍数(en), 会得到不同的放大效果。

6、带通滤波:选择确定后会对屏幕上所绘制的信号进行实时带通滤波(不会对改变 或影响实测文件数据),频带宽度由区间参数决定(f0..f1)。

7、首波速度:输入纵波信号传播平均速度,软件会根据每组信号收发之间距离,自 动计算首波走时并标注在波形图上,这一功能有助于现场判断识别信号质量(或是否有误)。

8、图名标题:可输入修改屏幕上所信号之图名标题。

9、特别说明:在窗口右边的数据表,会显示每一个信号所对应的接收点坐标,点击可 对其进行校对修改。

10、读取回放:在窗口左边【读取文件】功能按钮,可选择读取已经保存好的信号文件 进行屏幕显示或分析。如果所采集的信号还没保存,则在读取信号之前需要首先保存,否则 会被读取的信号覆盖。

4.3三维成像

4.3.1读取文件

软件运行后会首先显示仪器相关参数设置菜单,软件会对其中多个参数自动设置,需要 根据观测系统和现场条件进行修改的参数只有很少几个参数,参数使用说明如下。

Na.	文件名	大小	次件運動: 220
1	06231034L1(100.0 134 5	1828.8K	限号点数> 2048 安韓開間: 96 (un)
2	06231039£2(100.0 134.5	1828.8K	记录短时, -4,800 0ms) 文件調整: wrs2003. ms.1
			🐂 (A)() 🛸 (5 to 🕐 (6 to)

读取信号文件菜单

1、点击[读取]按钮,可选择读取一个或多个实测信号文件进行分析处理;也可以选择读取一个或多个波场分离后的共接收点信号文件(CRP)进行三维成像。

2、点击[添加]按钮,可在已经读取的信号之后继续添加信号文件,所有的读取信号 文件名自动在窗口左边列表显示,并且当光标点击任意文件名时,会在窗口右边显示其相关 文件信息和信号波形示意图。

3、点击 [返回] 按钮,直接返回到主窗口,如果读取的是现场实测信号文件,接下来可选择信号一维滤波和信号编排(波场分离)等功能;如果读取的是共接收点信号文件(CRP)接下来可选择信号二维滤波和三维成像等功能。

4、特别说明:在主窗口右边有一个[应用说明]菜 单,如图所示,软件会根据所读取的文件类型,会自动显 示说明需要进行信号编排或可以直接进行三维成像。在[绘 图说明]一栏,选择确定[目录]在所绘信号图形下方自 动标出其文件名称和所在目录;选择确定[说明]在其下

	应用目的 ● 信号約	約 編排 ○三	维成像
**	≧图说明.掛	皆南 □ 说明	☑指南

方的文字说明栏中内容(可编写修改)会自动写在图上;选择确定[指南]在窗口左边的快速指南菜单会自动打开,反之会自动关闭。

4.3.2信号分析

在读取现场实测信号之后,可对信号进行初步分析和预处理,如果信号完全合格无质量

问题,这一步骤可以忽略不需要使用。在对所读取的信号 进行分析时,如右图所示,可选择对所读取的全部信号文件 进行同步分析;或者是对所读取的信号文件进行逐个分析。

选择信号		
○ 全部记录		
◉ 选择分析	1	

选择信号菜单

4.3.2.1信号处理

1、在选择确定好所需要处理的信号文件之后,接下来需要进一步选择确定文件中的具体信号和处理方法。如下图所示,首先确定选择信号方法(全部/区间/点选/追踪/取消),然后根据所确定的选择信号方法在窗口波形中选择所需要处理的信号。

2、在选择好所需要处理的具体信号之后,然后需要选择具体处理方法,包括信号零点 校正、噪声切除(上部/下部)、废道处理(左右道替 换或平均/直接置零或删除)等功能选项。

3、在选择确定好信号和处理方法之后,点击窗口 右下方[分析预览]功能按钮,在屏幕上可实时绘制出 处理效果,若处理效果符合要求继续点击窗口右下方[确 定保存]功能按钮,则处理后的文件会被保存同时代替

信号处理		
◉ 选择方法	点选	\sim
○处理方法		
□ 零点校正	0.0	
□ 噪声切除	上部	\sim
□ 废道处理	置零	\sim

之前所读取的原始文件,处理后的文件名为在原始文件之前添加一个(★)号字符,确保 原始文件不被随意修改。

4、特别说明:在许多应用分析过程中点击窗口右下方[分析预览]功能按钮之后,若 在屏幕绘制出处理效果不符合要求,这时可选择点击[选择方法]-[取消],或者在任何 条件下都可以再次点击窗口上方所选定的功能按钮,取消信号处理并恢复到之前状态。 信号分析包括[信号处理]和[信号增强] 两项主要功能,如下图所示:

信号增强	
□振幅归—	□双色
□ 剖面均衡.Wt	49

在信号增强菜单中,选择确定[振幅归一]会对所选择的文件信号数据进行归一化处理, 处理之后每个信号的最大值为数值 1。若选择确定[剖面均衡]软件会对每个信号同时进行 振幅归一和窗口扫描放大两个方面处理,软件初始设置扫描窗口长度为 50ms,可根据处理 效果适当调节。若选择确定[双色]屏幕所绘制的信号会使用两种颜色显示,有某些条件下 有利于信号识别。

再次特别说明,选择好信号增强方法之后,点击窗口右下方[分析预览]功能按钮, 若处理效果符合要求可继续点击窗口右下方[确定保存]功能按钮;若处理效果不符合要求 需要再次点击窗口上方所选定的功能按钮,取消信号处理并恢复到之前状态。

4.3.3频谱分析

信号频谱分析与滤波处理是信号滤除噪声干扰提高成果精度的重要方法之一,在读取 现场实测信号之后,点击窗口上方 [频谱分析]功能按钮,即可选择信号一维或二维频谱分 析滤波处理,一般来讲在读取现场实测信号之后,应该首先对信号进行一维频谱分析和滤波 去除现场噪声干扰;在对实测信号进行波场分离得到共接收点信号记录之后(要求震源点为 等间距),可对其进行二维频谱分析和"F-K"速度滤波处理,更为有效提取掌子面前方回波 信号提高成像精度。

4.3.3.1一维滤波

1、在初步设置好一维滤波区间(f0-f1)数值之后,选择[频谱分析]带通方法,然则点击窗口右下边[分析预览]功能按钮,如图所示,即可得到信号频谱曲线图。

21



2、在频谱图中使用红色粗线 标出了所设置的带通区间(f0-f1),可以直接修改其数值,或者使用光标点击拉动红线调节其数值大小,确保有效信号主要频谱 能量在其区间之内。

3、选择确定有效信号频谱区间(带宽)之后,选择[信号去噪]方法,然后点击窗口 右下方[分析预览]功能按钮,屏幕上即可绘制出信号滤波之后效果,如下图所示,如果滤 波效果符合要求,可继续点击窗口右下方[确定保存]功能按钮,把滤波之后的信号文件保 存并代替原始文件;如果滤波效果符合要求,可继续修改调节滤波区间直到效果满意。



4、在分析方法中如果选择[带阻]参数其滤波效果正好与选择[带通]参数相反,即 红线区间内无效信号能量将会被阻止滤掉,而其区间外有效信号能量会被保存下来,仅当信 号噪声频带区间很小时,可直接选定噪声频带区间将其阻止滤掉。

4.3.3.2二维滤波

1、当现场实测信号文件通过波场分离排列为共接收点信号文件之后,可通过二维频谱
 分析滤波,可有效提取掌子面前方回波(负速度)信号提高成像精度。

2、在初步设置好二维滤波区间(f0-f1)和(v0-v1)数值之后,选择[频谱分析]反 射波方法,然则点击窗口右下边[分析预览]功能按钮,如图下所示,即可得到信号二维频 谱图。



3、在频谱图中使用蓝色粗线标出了所设置的带通区间(f0-f1)和波速区间(v0-v1), 四条直线组成了一个梯形区域,可以直接修改其数值,或者使用光标点击拉动水平蓝线调节 其频带宽度;使用光标点击拉动梯形的底边交点(在图中已经用红色圆圈标出)可调节其波 速区间,确保有效信号(负速度)主要频谱能量在其梯形区域之内。

4、选择确定有效信号梯形区域之后,选择[信号提取]方法,然后点击窗口右下方[分析预览]功能按钮,屏幕上即可绘制出信号滤波之后效果,如下图所示,如果滤波效果符合要求,可继续点击窗口右下方[确定保存]功能按钮,把滤波之后的信号文件保存并代替原始文件;如果滤波效果不符合要求,可继续修改调节滤波区间直到效果满意。

5、在信号提取过程中,若同时选择了[同步均衡]功能,在对信号进行滤波之后会同 步 对信号均衡处理,若信号已进行过均衡处理则该选项会自动变为无效。6、在分析方法中如 果选择[直达波]参数其滤波效果正好与选择[反射波]参数相反,即梯形区域内所选择确 定的信号能量是直达波(正速度),因此滤波之后提取的是直达波信号,可用于分析隧道内 接收点到掌子面岩石波速。

7、在信号波形图上同时会有一条红色直线,使用鼠标点击拉动直线左边(在图中已经用红色圆圈标出)可上下移动直线,使用鼠标点击拉动直线右边(在下图中已经用蓝色圆圈

23

标出)可调节直线斜率,当直线与信号相位一致时直线斜率近似为信号平均波速,并且会 被 自动保存在菜单下边参数栏中,如果选择确定为[成像波速]有效,在选择[三维成像] 功 能按钮时会作为成像波速之初值。



4.3.4坐标编排

在读取现场实测信号之后,需要对信号测点坐标进行校对编辑,当确认坐标正确之后选择[波场分离]功能,对实测信号进行纵横波分类编排,生成新的共接收点信号记录。

4.3.4.1坐标校对

1、如图下所示,首先选择需要校对坐标的信号,包括选择全部读取的信号文件、或者 逐一选择单个文件、或者选择文件中某一个信号进行坐标校对。

2、当选择确定好具体信号之后,接下来需要在[坐标校对]参数栏中指定校对的坐标轴(X/Y/Z)。坐标轴选定好之后,测点相应的坐标值会写在信号曲线之上方。



3、如果图中信号上方所标出的测点坐标有误,在[校对点位]参数栏中首先[选择测 点] 可选择只校对接收点或发射(激发)点坐标,或者接收与发射点坐标同时校对。在输入相应 的正确校对参数之后,接下来点击窗口右下方[分析预览]功能按钮,屏幕上即可写出信号 坐标改正之后的数据,如果修改后数据正确继续点击窗口右下方[确定保存]功能按钮;如 果不正确需要取消重新设置参数修改。

4.3.4.2波场分离

1、选择[波场分离]功能之后,坐标校对功能失效且在其下方弹出里程校对参数栏, 然后对隧道断面宽高和信号接收点里程(坐标轴原点)等参数进行校对设置,如下图所示。

2、波场分离可选择只提取纵波(X)或者提取横波(X/Y),或者全部分离提取, 接下来点击窗口右下方[分析预览]功能按钮,屏幕上会显示出每个共接点排列信号个数, 如果信号个数正确继续点击窗口右下方[确定保存]功能按钮,则新生成的共接点排列信号 文件会代替之前现场实测信号文件。



3、共接收点信号文件命名: CRP 表示共接收点信号文件, Px 表示 X 方向纵波信号, Sy / Sz 分别表示 Y / Z 方向横波信号, L1 / L2 分别表示隧道左边测线和右边测线, R1 / R2 / R3 分别表示隧道左边 / 右边 / 上边信号检波点。例如信号文件名 [CRP_Px_L1R2.dat] 表 示沿左边 L1 测线激发、右边 R2 所采集到的纵波信号。

4.3.5三维成像

在读取的现场实测信号经过[波场分离]转换成为共接点信号记录(或者直接读取已 经

保存的共接点信号记录)之后,点击窗口上方[三维成像]功能按钮,选择成像方法和参数 之后,可首先对掌子面前方波速进行分析,然后根据所选择的信号排列和波速对掌子面前方 地质体进行三维成像。

4.3.5.1选择信号

1、在点击窗口上方[三维成像]功能按钮之后,软件界面显示如下图所示,在窗口中 部显示出三维成像区域示意图,并且可通过参数设置对其进行调整。在窗口右边是参数菜单, 通过对其修改调整可完成不同功能。



2、如果同时波场分离出(或读取)了全部纵横波信号,则在[选择方法]参数栏里可以选择使用纵波信号成像,也可选择使用横波信号或者使用全部信号进行综合成像。

3、在选择好纵横波信号之后,接下来还可进一步选择使的具体信号排列。选择[同侧] 表示只使用左边激发左边接收和右边激发右边接收这两个排列信号(L1 R1 / L2 R2); 若选 择[互换]表示除去同侧信号之其它全部信号;若选用[全部]表示使用选择方法栏中所选 定的信号全部参与波速分析或三维成像。

4.3.5.2 速度分析

 1、在点击窗口上方[三维成像]功能按钮之后,波速参数表会根据观测系统自动设置 初值,如下图所示,其中 X (m)表示掌子面前方反射层到检波点(坐标原点)距离,Vp /Vs 表示前方反射层到收发点之间的迭加速度(平均波速),Vph/Vsh 表示对应反射层之 间的地层波速。如果在[频谱分析]功能中,已经选择使用平均波速作为[成像波速],则

No.	X(m)	Vp	Vs	Vph	Vsh
1	55.0	3100	1800		
2	75.0	3200	1850		
3	95.0	3200	1900		
3	95.0	3200	1900		
	波速参数表				

表中初值会自动使用 [频谱分析] 中的所分析得到的平均波速。

2、基于表中平均波速值,可选择[速度扫描]分析,然后点击窗口右下方[分析预览] 功能按钮,如下图所示,在屏幕上可即实时绘制出速度扫描分析效果图。若分析过程中同时 打开[自动]功能,则软件会通过扫描迭代方法自动分层;同时可应用人机对话方式,通过 调节速度谱上反射点位置(在图中已经用绿色圆圈标出),更精确求解出迭加速度和地层速 度。分析结果符合要求之后,可使用鼠标双击图形绘制标准成果图。



3、特别说明:速度表初值预设为 4 个反射界面,如果通过速度谱分析需要增加反射界 面,可在表中第一列位置,使用 [Ctrl] +点击鼠标左键增加一行反射界面数据;反之使用 [Ctrl] +点击鼠标右键可减少一行反射界面数据。另一方面,如果直接使用鼠标左鍵点击 第一列,则会提示是否保存速度表数据;反之如果直接使用鼠标右鍵点击第一列,则会提示 是否读取之前所保存的速度表数据。

4.3.5.3三维成像

1、成像结果:表示信号迭加成像方法,有直接迭加、复数幅度、和瞬时相关等方法可
 选。一般使用软件自动设置的直接[迭加]方法即可得到很好效果。



2、数据显示: 在应用三维绘图方法过程中, 只有通过调节绘图数据量才能有效的忽略 背景值突出地质异常体。

3、单元边长: 三维成像区域剖分单元之边长,其数值越小成像精度越高,但随之计算时间越长。

4、中心坐标:成像区域之中心轴线(左边)起点坐标值,初始条件下软件会自动设置 其 中轴线与隧道中心轴线一致,成像剖面起点与掌子面一致重合。

5、探测深度: 表示三维成像区域之长度, 例如设置 80 表示长度为 80m。

6、垂直高度和水平宽度:分别表示三维成像区域之高度和宽度。

7、一般来讲在速度分析结束之后,取消[速度扫描]选项,然后点击窗口右下方[分析预览]功能按钮,如下图所示,软件会根据成像参数和速度表数据进行三维成像并绘图。 另一方面,也可再次修改成像参数,重复进行速度分析和三维成像。



5附录

5.1 现场工作布置快速指南

1、断面的选择。利用激光测距仪(皮尺)在离掌子面一定距离 L 处设定为安装检波器的断面。(锤击震源时,距掌子面 35m 最宜;炸药震源时,距掌子面 50m 最宜。实际距离视现场情况而定。)

2、隧道基本参数的确定。了解并记录测量断面处 R1 和隧道掌子面的里程桩号(确定 探测方向),使用激光尺(皮尺)测量断面处隧道的宽度 W、拱顶轴线距地面的高度 H,同断面到掌子面距离 L 一同记录保存。

3、检波器的安装。在断面左侧距地面 1m 高处安装①号检波器、右侧距地面 1m 高处 安装②号检波器(使用 3 个采集器时,可在拱顶轴线上安装③号检波器),并准确记录检 波点三维坐标(x, y, z);所有检波器的 X 方向均应指向掌子面,检波器用膨胀螺丝打孔固定, 同时在检波点下方(约 20CM)安装一个带勾膨胀螺丝,用于勾挂信号采集器和皮尺端头(当 布置测点时)。

4、测线震源点的布置。测线共有左、右测两条,布置方法相同。将皮尺从检波器定位 处(使用带勾膨胀螺丝固定)拉至掌子面附近处,第一个震源点在距检波器 3m 处(使用炸 药时,该偏移距离为 15m),第二个在 4.5m 处、第三个在 6m 处,以此类推之后的震源点 之间间隔为 1.5m。所有震源点用红色喷漆作为标记(距离逢 6 的倍数用数字标出,方便 采集信号时随时核对)。

5、采集系统的连接。将笔记本电脑和所有采集器(连接着检波器)打开、设置各采集 点的位置坐标、及其他隧道基本参数,之后测试采集系统是否连接成功。

6、采集信号。采集系统连接成功后,打开绑在大锤上的触发计时器(使用炸药时,利 用起爆器感应触发),按照震源点位顺序依次进行锤击(先左侧线进行锤击,并保存信号、 后右侧线锤击并保存信号)。根据信号传输特点和规律,对采集到的信号随时进行检查核对, 确保其正确无误。5-15页当 Wi-Fi 传输距离受周围钢筋设备影响较大时,①仪器尽可能远 离钢筋材料设备,②电脑与采集器保持较近距离,③基站路由器放置在采集器与电脑中间。

7、拆除设备,检查装箱。整个采集流程完毕后,拆除各检波器、采集器、基站、触发 计时器等主要设备装箱,并将其他配件搜集规整装箱。

8、注意事项。 现场应避免大的机械振动、各检波器 X 方向永远指向掌子面、锤击时

29

操作人员应避免 大锤晃动。

9、参考(现场信号采集观测系统图)

5.2 常见问题及解决方案

1、注册码:正版软件需要下载安装加密狗驱动程序【GrandDog—Setup.exe】,之后每次 运行正版软件之前,首先插入【USB软件加密狗】即可。或输入由云南航天工程物探检测股 份有限公司提供的注册码,电脑重装系统之后,需重新提供机器码,运算相匹配的注册码。

2、连接: 例如【12已连接,请检查3号采集器】

方法一:点击【采集】按钮,系统会自动重新连接;

方法二:重启3号采集器或者重启3号采集器无线网连接。

3、触发超时:首先排查硬件连接是否正常(无线触发器一连接线一锤击开关),然后 点击【停止】按钮,再点击【采集】按钮。

4、设备电量指示灯显示: 90%以上 白色, 30%~70% 绿色, 5%~10 红色, 0%~5% 红色 并且闪烁,设备使用前确保有足够的电量!

5、损耗:现场使用完成后,做好维护,擦拭仪器上的灰尘,拧紧防尘盖。定期进行测试校准。





客服热线: 63569813