

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102253410 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 12

(21) 申请号 201110166845. 4

(22) 申请日 2011. 06. 21

(73) 专利权人 上海申丰地质新技术应用研究所
有限公司

地址 201107 上海市闵行区华漕镇闵北路
200 号

(72) 发明人 夏学礼 赵东 孙秀容

(74) 专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司
31001

代理人 吴宝根

(51) Int. Cl.

G01V 1/22 (2006. 01)

G01V 1/28 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 202110291 U, 2012. 01. 11, 权利要求
1-5.

JP 2003043152 A, 2003. 02. 13, 全文 .

CN 101021566 A, 2007. 08. 22, 全文 .

王振东 . 面波勘探技术要点与最新进展 . 《物探与化探》. 2006, 第 30 卷 (第 1 期), 第 1-6、12 页 .

赵东 . 被动源面波勘探方法与应用 . 《物探与化探》. 2010, 第 34 卷 (第 6 期), 第 759-764 页 .

审查员 王敏

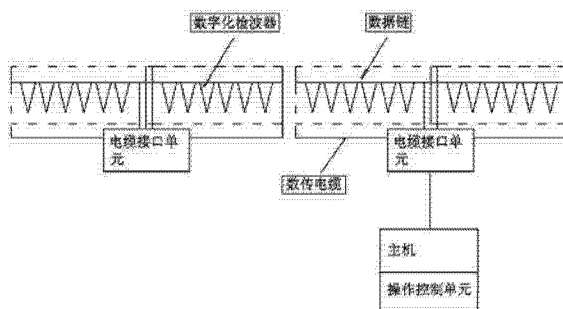
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统

(57) 摘要

本发明公开了一种全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统, 包括主机、数字化低频检波器、电缆接口单元、操作控制单元、数传电缆、震源触发线总成和电瓶电缆总成, 由多个数字化低频检波器组成数据链, 数据链通过数传电缆、电缆接口单元连接主机的输入端, 主机和操作控制单元相连接, 震源触发线总成连接人工源和主机, 电瓶电缆总成连接电瓶、主机和数据链; 所述数字化低频检波器采集人工源面波信号和天然源面波信号, 并将采集信息进行模数转换, 通过数传电缆经电缆接口单元传输到主机, 由主机进行数据处理, 本发明既能采集与处理人工源面波数据, 又能采集与处理天然源微震数据, 同一系统可探测地表以下至 300m, 甚至可达 1000m 的勘探深度。



1. 一种全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统,其特征在于,采用数字化低频检波器作为拾振器,该系统包括主机、数字化低频检波器、电缆接口单元、操作控制单元、数据传输电缆、震源触发线总成和电瓶电缆总成,由多个数字化低频检波器组成一串数据链,所述数据链通过数据传输电缆接入电缆接口单元的输入端,电缆接口单元输出端通过数据传输电缆连接主机的输入端,主机的输出端连接操作控制单元的输入端,震源触发线总成连接人工源和主机,电瓶电缆总成连接电瓶、主机和数据链;所述数字化低频检波器采集人工源面波信号和天然源面波信号,并将采集信息进行模数转换;模拟增量变化信号转化为数字信号,数字信号通过数据传输电缆经电缆接口单元传输到主机,主机将接收到传输数据进行包括存储和绘图的数据处理,并同时采集的数据进行屏幕回收显示;所述的数字化低频检波器为密封结构,在数字化低频检波器顶部的两侧连接有数据传输电缆的接口,在数字化低频检波器下部为一锥体,数字化低频检波器上部内设有芯体,在所述芯体的上端设有模数转换的微处理器,芯体的两侧置有感应线圈,芯体通过弹簧固定在锥体的上部,当插入地面的锥体受到地震信号的震动时,弹簧带动芯体振动,芯体相对感应线圈而振动,通过切割磁力线产生一个模拟增量变化信号,微处理器将检测到模拟增量变化信号转化为数字信号,数字信号通过数据传输电缆的接口传输到电缆接口单元。

2. 根据权利要求 1 所述的全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统,其特征在于,所述数字化低频检波器芯体频率 $\leq 4.5\text{Hz}$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统,其特征在于,所述的数据传输电缆的传输速率为 100Mbps ;网络中,每个数字化低频检波器都有独立的 IP 地址。

4. 根据权利要求 1 所述的全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统,其特征在于,所述数字化低频检波器上设有的微处理器包含有 $0\text{dB} \sim 36\text{dB} \sim 60\text{dB}$ 的前置放大元件;在采集到微弱的微动信号后即进行信号放大和 24 位 $\Delta - \Sigma$ A/D 转换。

5. 根据权利要求 1 所述的全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统,其特征在于,所述数据采集通过以下方法实现:

作为拾振器的数字化低频检波器将采集到的信号进行模数转换;将多个数字化低频检波器串联组成同样数字道结构的数据链;每个电缆接口单元连接数字化低频检波器数据链,数据传输电缆将每个数据链的数据以二维 SEG-Y 格式传输并记录在磁介质上,所述的电缆接口单元里设有一个存储器的计算机;通过操作控制单元,在主机上接收到传输来的数据并进行数据的存储和绘图,同时对采集的数据进行屏幕回放显示。

6. 根据权利要求 1 所述的全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统,其特征在于,所述的数据处理,其流程为:人工源和天然源面波数据处理 \rightarrow 图形交互定义任意形状排列参数 \rightarrow 高分辨率面波频散曲线提取 \rightarrow 震源方位角分析 \rightarrow 频散曲线合并 \rightarrow 视速度剖面图制作 \rightarrow 反演,其中,面波数据中提取频散曲线的方法有基于空间相关分析的空间自相关方法、基于二维波场变换的 F-K 法即频散-波数法。

全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统

技术领域

[0001] 本发明涉及公共安全领域的重大生产事故预警与救援技术产品,特别涉及一种全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统。

背景技术

[0002] 以往使用的面波仪采用作为拾振器的检波器,只能采集人工源面波信号,不能用以采集天然源面波信号,且探测深度仅为地表以下 20m ~ 40m。用地脉动仪辅以低频摆采集天然源面波信号,但不能用以采集人工源面波信号,且探测深度不足 100m。目前市场尚没有既能采集人工源面波信号,又能采集天然源面波信号的勘探数据采集与处理系统。

发明内容

[0003] 本发明的目的是为了克服现有技术的缺点,提供一种即既能采集人工源面波信号,又能采集天然源微震信号;既能处理人工源地震数据,又能处理天然源微震数据,探测深度自地表以下至 300m,甚至可达 1000m 以下深度的全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统。

[0004] 本发明的技术方案是,一种全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统,其特点是,采用数字化低频检波器作为拾振器,该系统包括主机、数字化低频检波器、电缆接口单元、操作控制单元、数传电缆、震源触发线总成和电瓶电缆总成,由多个数字化低频检波器组成一串数据链,所述数据链通过数传电缆接入电缆接口单元的输入端,电缆接口单元输出端通过数传电缆连接主机的输入端,主机的输出端连接操作控制单元的输入端,震源触发线总成连接人工源和主机,电瓶电缆总成连接电瓶、主机和数据链;所述数字化低频检波器采集人工源面波信号和天然源面波信号,并将采集信息进行模数转换;模拟增量变化信号转化为数字信号,数字信号通过数传电缆经电缆接口单元传输到主机,主机将接收到传输数据进行包括存储和绘图的数据处理,并同时采集的数据进行屏幕回收显示。

[0005] 所述的数字化低频检波器为密封结构,在数字化低频检波器顶部的两侧连接有数据传输电缆的接口,在数字化低频检波器下部为一锥体,数字化低频检波器上部内设有芯体,在所述芯体的上端设有模数转换的微处理器,芯体的两侧置有感应线圈,芯体通过弹簧固定在锥体的上部,当插入地面的锥体受到地震信号的震动时,弹簧带动芯体振动,芯体相对感应线圈而振动,通过切割磁力线产生一个模拟增量变化信号,微处理器将检测到模拟增量变化信号转化为数字信号,数字信号通过数据传输电缆的接口传输到电缆接口单元。

[0006] 所述数字化低频检波器芯体频率 $\leq 4.5\text{Hz}$ 。

[0007] 所述的数传电缆的传输速率为 100Mbps;网络中,每个数字化低频检波器都有独立的 IP 地址。

[0008] 所述数字化低频检波器上设有的微处理器包含有 0dB ~ 36dB ~ 60dB 的前置放大元件;在采集到微弱的微动信号后即进行信号放大和 24 位 $\Delta - \Sigma$ A/D 转换。

[0009] 所述数据采集通过以下方法实现:

[0010] 作为拾振器的数字化低频检波器将采集到的信号进行模数转换;将多个数字化低频检波器串联组成同样数字道结构的数据链;每个电缆接口单元连接数字化低频检波器数据链,数传电缆将每个数据链的数据以二维 SEG-Y 格式传输并记录在磁介质上,所述的电缆接口单元里设有一个存储器的计算机;通过操作控制单元,在主机上接收到传输来的数据并进行数据的存储和绘图,同时对采集的数据进行屏幕回放显示。

[0011] 所述的全数字化工程双源面波勘探数据处理流程为:人工源和天然源面波数据处理→图形交互定义任意形状排列参数→高分辨率面波频散曲线提取→震源方位角分析→频散曲线合并→视速度剖面图制作→反演,其中,面波数据中提取频散曲线的方法有基于空间相关分析的 SPAC 方法、基于二维波场变换的 F-K 法即频散-波数法。

[0012] 所述的基于空间相关分析的 SPAC 方法,其基本原理是,给定一组被动源面波接收点,其中一个点位于中心,其余点等角度分布在圆周上,假设中心点 C (0, 0) 与圆周上任一点 X (r, θ) 接收的角频率为 ω 的面波信号分别为 u (0, 0,

[0013] $\omega, t)$ 和 u (r, $\theta, \omega, t)$, 则其空间自相关函数为 $\phi(r, \theta, \omega) = u(0, 0, \omega, t)u(r, \theta, \omega, t)$ 空间自相关系数则定义为空间自相关函数在所有方向

上的平均,即 $p(r, \omega) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \phi(r, \theta, \omega) d\theta$ 。上式的积分结果可表示为 $p(r, \omega) = J_0\left(\frac{\omega r}{v(\omega)}\right)$ 式中, $J_0(x)$

是第一类零阶贝塞尔函数, $v(\omega)$ 为面波相速度。由此可见,空间自相关系数是面波相速度和频率的函数,通过拟合计算的空间自相关系数 $p(r, \omega)$, 可以导出面波相速度。空间自相关法提取频散曲线的步骤是将实测记录分成若干个数据段,剔除干扰大的数据段,用中心频率不同的窄带滤波器处理各数据段,提取待分析的频率成分;再对各个频率分别计算中心接收点与不同圆周上各点之间的空间自相关系数并进行方向平均;最后拟合不同观测半径的空间自相关系数得到频散曲线。

[0014] 所述的二维波场变换的 F-K 法(频率-波数法),其中,相似性谱方法用中心频率不同的窄带滤波器提取各个频率成分,并计算功率谱,功率谱上最大值对应的波数 $k = (k_{x_0}, k_{y_0})$ 与优势波动信号对应,该信号的传播速度为 $v = \frac{\omega_0}{|k_0|} = \frac{2\pi f_0}{\sqrt{k_{x_0}^2 + k_{y_0}^2}}$, 其传播方向为

$\theta = \arctan\left(\frac{k_{y_0}}{k_{x_0}}\right)$ 。这样求出不同频率对应的相速度 v_r , 就可以得到一条实测的相速度频散曲线。

提取步骤是将实测数据分为若干段,剔除干扰大的数据段;接着对各个方向上应用二维波场变换生成频散谱;在将所有方向的频散谱叠加,得到总频散谱,并提取频散。前述频散曲线反演的目的是获取横波速度结构,通常采用遗传算法反演。所述的遗传算法作为一种非线性全局优化方法,不要求苛刻的初始速度-深度模型,得到的最佳拟合模型较传统的最小二乘法要稳定、可靠得多。

[0015] 本发明与现有技术相比,有益效果是:由于使用的拾振器是数字化低频检波器,而不是低频摆,在同一仪器上实现既能采集与处理人工源面波数据,又能采集与处理天然源微震数据,融两种勘探方法的硬件性能和软件功能于一体。其中,人工源面波勘探深度可在地表至以下 40m~60m 之间;天然源面波勘探深度可在地表以下 5m~300m,甚至可达 1000m 以深。二者叠加能得到更大频带宽度的频散曲线,达到更大的勘探深度。

附图说明

- [0016] 图 1 为全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统原理示意图；
- [0017] 图 2 为工程双源面波勘探数据采集与处理系统的 48 道数据采集实现原理图；
- [0018] 图 3 为数字化低频检波器结构示意图；
- [0019] 图 4 为人工源面波实测数据频散曲线图；
- [0020] 图 5 为天然源面波实测数据频散曲线图；
- [0021] 图 6 为地铁隧道上方的线性排列 H-V 频散曲线图；
- [0022] 图 7 为远离地铁隧道上方的线性排列 H-V 频散曲线图。

具体实施方式

[0023] 一种全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统,由图 1 所示,其特点是,采用数字化低频检波器作为拾振器,该系统包括主机、数字化低频检波器、电缆接口单元、操作控制单元、数传电缆、震源触发线总成和电瓶电缆总成,由多个数字化低频检波器组成一串数据链,所述数据链通过数传电缆接入电缆接口单元的输入端,电缆接口单元输出端通过数传电缆连接主机的输入端,主机的输出端连接操作控制单元的输入端,震源触发线总成连接人工源和主机,电瓶电缆总成连接电瓶、主机和数据链;所述数字化低频检波器采集人工源面波信号和天然源面波信号,并将采集信息进行模数转换;模拟增量变化信号转化为数字信号,数字信号通过数传电缆经电缆接口单元传输到主机,主机将接收到传输到主机,主机将接收到传输数据进行包括存储和绘图的数据处理,并同时采集的数据进行屏幕回收显示。

[0024] 本发明的设计思路:采用数字化低频检波器作拾振器,而不是低频摆,既能采集人工源面波信号,又能采集天然源微震信号。基于虚拟仪器技术的工程地震

[0025] 仪,应用局域网管理、控制和数据传输技术,利用数字化低频检波器都有独立的 IP 地址,快速传输数据,避免地震信号在传输过程中遭受能量损耗,带道能力强,达到高分辨率、高保真度、高信噪比的效果。应用嵌入式、终端/节点计算机技术和单片高速微处理技术,并使用了 21 世纪最新的电子元器件产品。采用人工源和天然源数据采集和处理技术,将采集数据进行高阶面波与基阶面波的分离,并进行频散曲线提取和频散曲线反演,达到在同一仪器上既能采集与处理人工源数据,又能采集与处理天然源数据的效果。

[0026] 本发明的主机系统的记录、生产和处理能力强,采用 1m~5m 道距接收。

[0027] 数传电缆以 100Mbps 的传输速率进行样点数据的实时传输。每一单体数字化低频检波器结构设计满足了传感器芯体的输出端子直接插入数字化总成,使传感器芯体输出的模拟信号传输路径最短,以致信号高保真度,并有效地保护了信号的输出能量。每个数字化低频检波器的电子总成都有一个微处理器,具有数据采集、数据编排、数据传输、模数转换、指令控制、网络管理等和实施传感器芯体、电子总成技术指标测试的功能。低频检波器的固有频率通常为 4.5Hz、2.5Hz,甚至更低,根据探测深度要求进行更换。主机系统配置为便携式计算机、中央记录单元(自配有一电源站)、操作控制单元及软件、智能数字化低频检波器数据链、震源触发线总成、电瓶电缆总成。主机重量 8kg,工作温度 $-35^{\circ}\text{C}\sim +75^{\circ}\text{C}$,通道数 6 道~48 道,系统平均单道功耗 $< 250\text{mV}$ 。用户根据排列台阵设置和探测深度要求进行配置。

[0028] 工程双源面波勘探数据采集与处理系统的 48 道数据采集实现如图 2 所示。图中, 每 6 个数字化低频检波器组成 1 串数据链, 4 串数据链接入电缆接口单元的输入端, 以此类推。电缆接口单元输出端通过数传电缆连接主机的输入端, 主机的输出端连接操作控制单元的输入端, 将测量和采集后的数据记录和显示。数据记录方式 SEG-Y。可记录在硬盘、光盘上。所述数字化低频检波器之间的道距由现场试验决定, 可为 1m ~ 5m。前述的 SEG-Y 格式接收为 6 道 ~ 48 道 / 0.25ms ~ 2.0ms 采样。前述的数传电缆的插头无插针、插孔的自清洁防水结构, 传输速率为 100Mbps; 网络中, 每个数字化低频检波器都有独立的 IP 地址, 可以实时样点数据传输。

[0029] 所述的数字化低频检波器为密封结构, 如图 3 所示, 在数字化低频检波器顶部的两侧连接有数据传输电缆的接口 1, 在数字化低频检波器下部为一锥体 6, 数字化低频检波器上部内设有芯体 4, 在所述芯体的上端设有模数转换的微处理器 2, 芯体的两侧置有感应线圈 3, 芯体 4 通过弹簧 5 固定在锥体 6 的上部, 当插入地面的锥体 6 受到地震信号的震动时, 弹簧 5 带动芯体 4 振动, 芯体 4 相对感应线圈 3 而振动, 通过切割磁力线产生一个模拟增量变化信号, 微处理器 2 将检测到模拟增量变化信号转化为数字信号, 数字信号通过数据传输电缆的接口传输到电缆接口单元。数字化低频检波器芯体频率 2.5Hz 或 4.5Hz。每个数字化低频检波器都有独立的 IP 地址。所述数字化低频检波器上设有的微处理器 2 包含有 0dB ~ 36dB ~ 60dB 的前置放大元件; 在采集到微弱的微动信号后即进行信号放大和 24 位 $\Delta - \Sigma$ A/D 转换。

[0030] 数字化低频检波器芯体 4 的主要测试项目有脉冲测试、自然频率测试、阻尼测试、畸变系数测试、倾斜度测试。数字化低频检波器电子部分的主要测试项目具有漂移测试、动态范围测试、畸变系数测试、系统脉冲测试、内部噪音测试、环境噪音测试。所有测试数据以 SEG-Y 格式记录。

[0031] 工程双源面波勘探数据采集与处理系统的数据采集系统使用的数字化低频检波器应采用固有频率低者, 通常 $< 4.5\text{Hz}$ 。探测更深目的层时, 甚至为更低频率, 为 $\leq 4.5\text{Hz}$ 。检波器和放大器一致性要求: 在通频带范围内, 以平均值为中心, 在 $\pm 9^\circ$ 以内, 放大器内部噪声 $< 1.5 \mu\text{V}$ 。分散采集时的时间精度(包括时钟精度和校正精度)误差在 $\pm 2.5\text{ms}/24\text{h}$ 以内。现场采集时, 通常采用二维排列。典型的排列方式有三角形、圆形、L 形, 条件许可时也可用线形排列。

[0032] 数传电缆为 8 芯有线遥测总线以发送数字化格式的检波器响应。电缆接口单元采用铝合金防水外壳, 具有重量轻、小型化、刚性化设计、防水、防静电等特点。每个电缆接口单元连接两串数据链, 通过数传电缆把每个数字化低频检波器的数据高速传送到主机。在电缆接口单元中有一个带有存储器的计算机, 具传输数据的错误进行校正等功能。电缆插头采用自清洁防水插头, 无插针、插孔结构, 提供连接的可靠性。

[0033] 本发明为一种全数字化工程双源面波勘探数据采集与处理系统, 采集用高速实时数据传输的有线以太局域网管理、控制网格, 应用了局域网管理、控制和数据实时传输技术, 每个接收点都有自己的 IP 地址。

[0034] 本系统具有方便、灵活的检测功能, 可随时对数字化低频检波器的传感器芯体和数字化电子单元进行技术指标测试, 所有测试数据以 SEG-Y 格式记录在特定文件号的数据文件里。

[0035] 所述数据采集通过以下方法实现,采集时,首先通过人工源激发产生地震面波或直接利用天然源微动信号,由数据链上的每一个数字化低频检波器开始采集数据,并对接收到的每个样点数据进行模数转换、数字滤波、数据编排后,通过数据链电缆把该样点的数据立即传送到放置在野外排列上的电缆接口单元,再由电缆接口单元和数传电缆组成的高速以太网以 100Mbps 的传输速率把数据传送到中央记录单元。在中央记录单元的控制下,对接收到的所有记录道的同一时刻的样点数据进行编排和记录。在完成全部数据采集后,按照要求对采集的数据进行屏幕回放显示、质量监控和绘图作业,随后进行高阶面波与基阶面波的分离,以及频散曲线提取和频散曲线反演。

[0036] 100Mbps 传输速率的数据传输技术,使 24 道~48 道的样点数据在 2.0ms 采样率、
[0037] 2min/1 个文件 ×10 个文件情况下,能够在完成模数转换、数据编排后即刻传送到中央记录系统,实现在数据采集完成的同时将所有采集道的数据传送到中央记录系统。在中央记录系统收到全部数据后,即进行数据的存储和绘图。

[0038] 工程双源面波勘探数据采集与处理系统的数据处理通过本发明软件实现。数据处理流程为人工源和天然源面波数据处理→图形交互定义任意形状排列参数→高分辨率面波频散曲线提取→震源方位角分析→频散曲线合并→视速度剖面图制作→反演。其中,面波数据中提取频散曲线的方法有基于空间相关分析的 SPAC 方法、基于二维波场变换的 F-K 法即频散-波数法。

[0039] 空间自相关 (SPAC) 法提取频散曲线的步骤是:首先将实测记录分成若干个数据段,剔除干扰大的数据段,用中心频散不同的窄带滤波器处理各数据段,提取待分析的频率成分;再对各个频率分别计算中心接收点与不同圆周上个点之间的空间自相关系数并进行方向平均;最后拟合不同观测半径的空间自相关系数得到频散曲线。该方法适用于观测的接收点。当接收点不规则时,可采用拟合贝塞尔函数的方法计算相速度。这种采用非规则台阵的空间自相关法称为扩展的空间自相关法 (ESPAC)。显然,ESPAC 法使实际工作更加方便。

[0040] F-K 法 (频率-波数法) 实现的步骤是:首先将实测数据分为若干段,剔除干扰大的数据段;接着对各个方向上应用二维波场变换生成频散谱;再将所有方向的频散谱叠加,得到总频散谱,并提取频散。

[0041] 上述 SPAC 法只需较少的接收点就能反映较宽的频率范围,但不能分辨高阶面波;F-K 法 (频率-波散法) 能分辨高阶面波,但要求较多的接收点,否则分

[0042] 辨率显著降低。

[0043] 一旦从双源面波中提取了频散曲线后,就可对频散曲线进行反演以获取视横波速度结构。采用遗传算法进行反演。遗传算法作为一种非线性全局优化方法,

[0044] 不要求苛刻的初始速度-深度模型,得到的最佳拟合模型较传统的最小二乘法稳定、可靠得多。

[0045] 利用本发明对某煤矿双层采空区双源面波勘查和某地铁隧道上方微动试验结果分别参见图 4—图 7。图 4 为用人工源面波勘探获得的 H-V 频散曲线。由图可见,H-V 频散曲线于地表以下 25m~30m 处呈现“之”字形回折,表明该处存在煤层采空区。图 5 为在同一仪器上同时采用天然源面波勘探获得的 H-V 频散曲线。由图可见,H-V 频散曲线于地表以下 120m~140m 处呈现“之”字形回折,表明该处存在煤层采空区。图 6 为用天然源面波勘

探获得的 H-V 频散曲线。由图可见, H-V 频散曲线于地表以下 12m 处呈现“之”字形回折, 表明该处存在地铁隧道。图 7 为用天然源面波勘探获得的 H-V 频散曲线。由图可见, H-V 频散曲线未见有“之”字形回折, 表明地表以下不存在地铁隧道。

[0046] 本发明硬件的技术指标为:

[0047] 通道数: 24 道、48 道

[0048] 采样率: 0.25ms、0.5ms、1.0ms、2.0ms

[0049] 动态范围: 145dB

[0050] 前放增益: 0dB、12dB、24dB、36dB

[0051] A/D: $\Delta - \Sigma$ 24 位

[0052] 频宽: 0 ~ 1600Hz@0.25ms、0 ~ 800Hz@0.5ms、0 ~ 428Hz@1.0ms、

[0053] 0 ~ 210Hz@2.0ms

[0054] 通频带带波纹系数: < 0.1dB

[0055] 工作温度: -35℃ ~ +75℃

[0056] 系统平均单道功耗: < 250mW

[0057] 主机重量(含 OCM): 8kg

[0058] 记录格式: SEG-Y

[0059] 检波器: \leq 4.5Hz

[0060] 综上所述, 本发明是为全数字化工程双源面波勘探而精心设计的一套地震勘探数据采集与处理系统。在同一仪器上实现既能采集人工源面波信号, 又能采集天然源微震信号; 既能处理人工源面波数据, 又能处理天然源微震数据。探测深度自地表以下至 300m, 甚至可达 1000m 以深。

[0061] 最后应说明的是, 以上实施说明仅用以说明本发明而并非限制本发明所描述的技术方案; 尽管本说明书参照上述的各个实施说明对本发明已进行了详细的说明, 但是仍然可以对本发明进行修改或等同替换; 一切不脱离发明的精神和范围的技术方案及其改进, 均应涵盖在本发明的权利要求范围中。

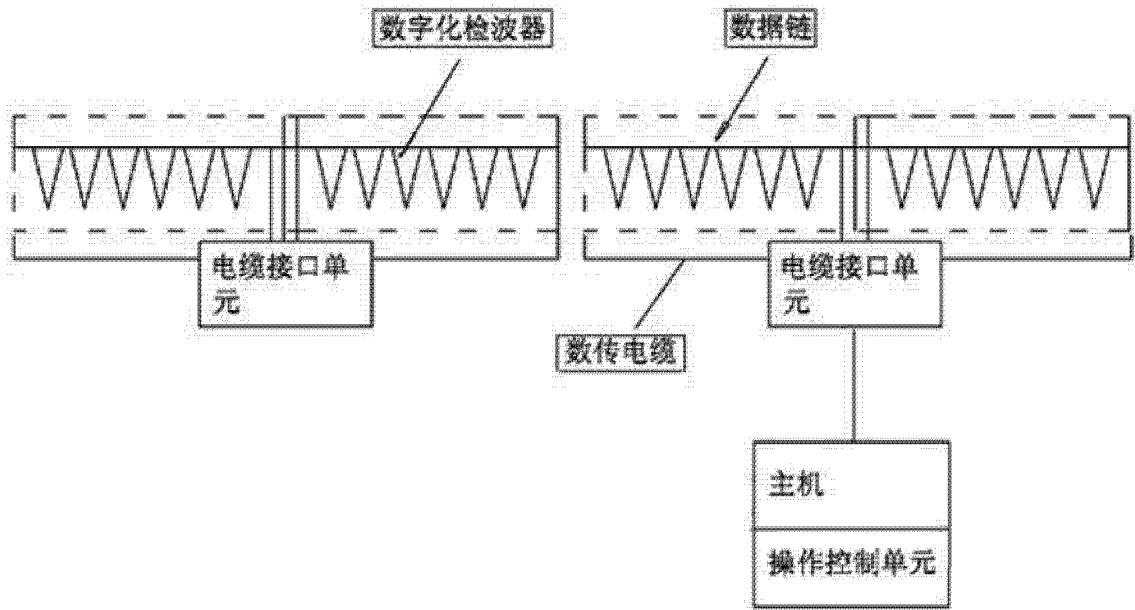


图 1

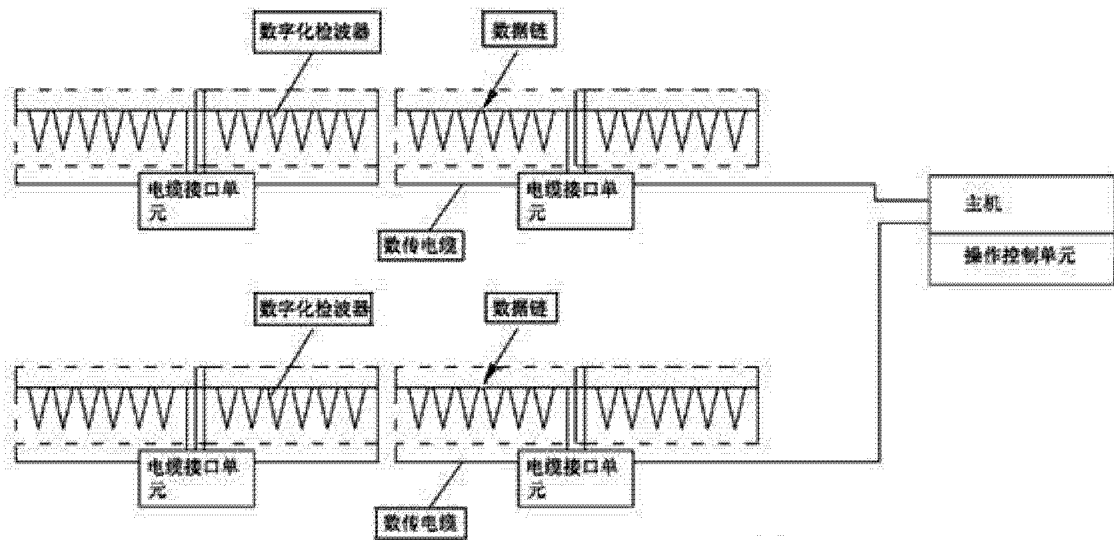


图 2

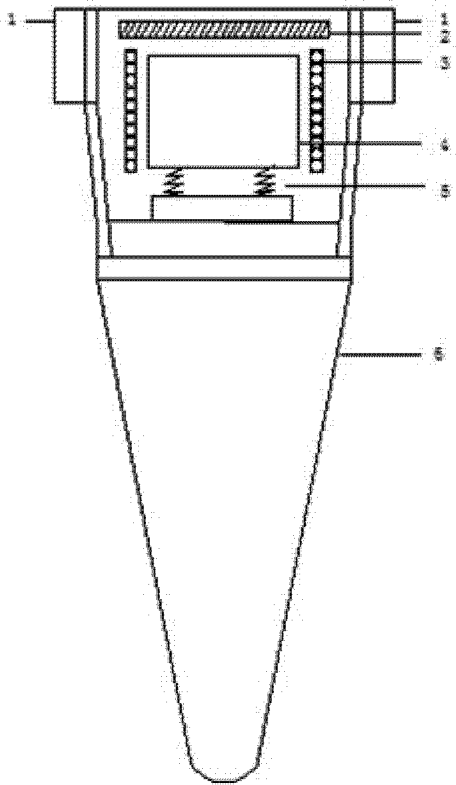


图 3

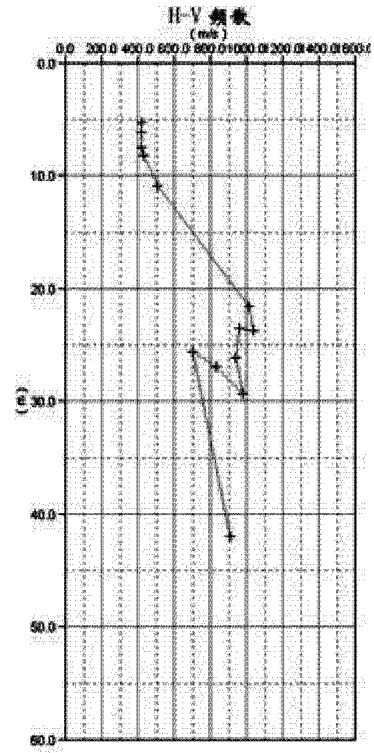


图 4

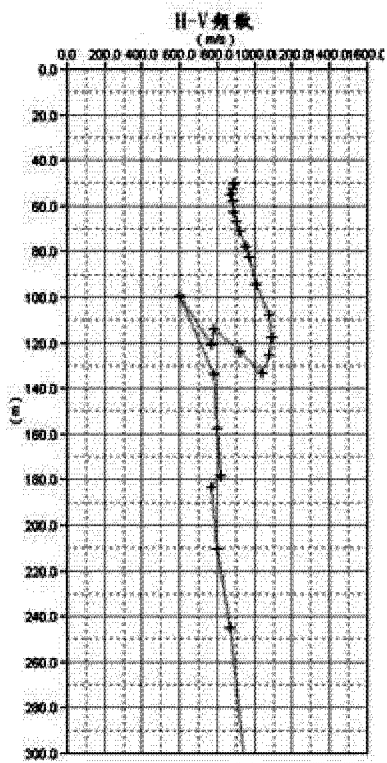


图 5

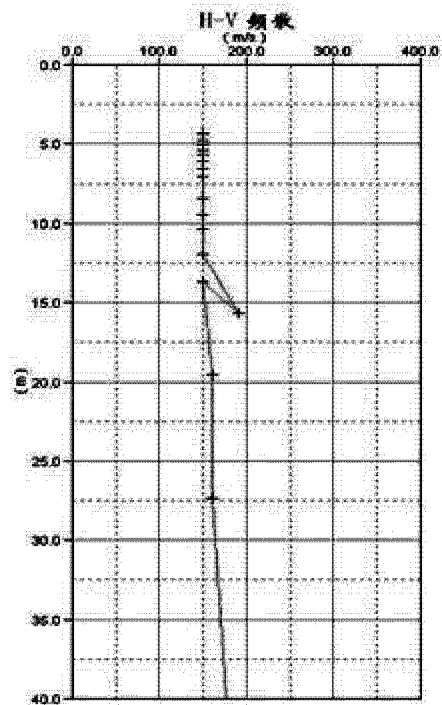


图 6

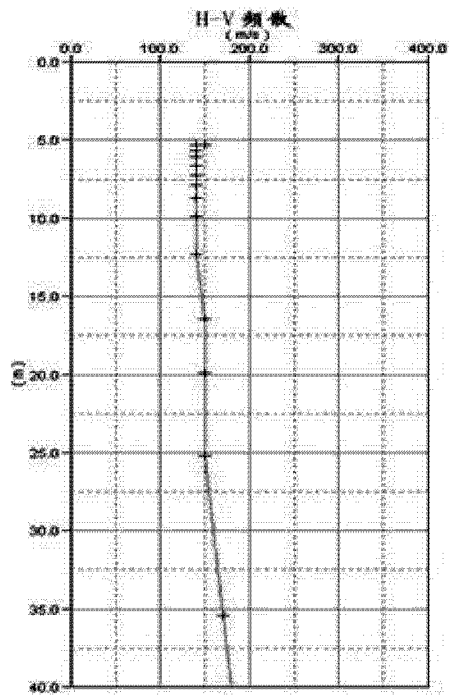


图 7