

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 2 月 13 日 (13.02.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/029015 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01V 1/30 (2006.01) **G01V 1/28** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/098980
- (22) 国际申请日: 2018 年 8 月 6 日 (06.08.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 南方科技大学(SOUTHERN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道 1088 号, Guangdong 518055 (CN)。
- (72) 发明人: 杨振涛(YANG, Zhentao); 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道 1088 号, Guangdong 518055 (CN)。 陈晓非(CHEN, Xiaofei); 中国广东省深

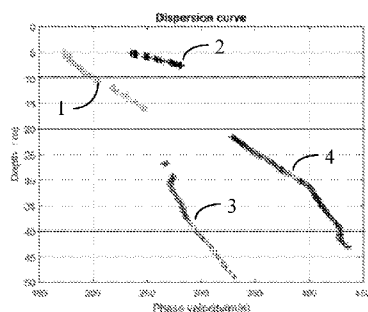
圳市南山区西丽学苑大道 1088 号, Guangdong 518055 (CN)。 王健楠(WANG, Jiannan); 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道 1088 号, Guangdong 518055 (CN)。 潘磊(PAN, Lei); 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道 1088 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳中一专利商标事务所(SHENZHEN ZHONGYI PATENT AND TRADEMARK OFFICE); 中国广东省深圳市福田区深南中路 1014 号老特区报社四楼 (5 号信箱), Guangdong 518028 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: ARTIFICIAL SOURCE SURFACE WAVE EXPLORATION METHOD, SURFACE WAVE EXPLORATION DEVICE AND TERMINAL DEVICE

(54) 发明名称: 一种人工源面波勘探方法、面波勘探装置及终端设备



a)

图 6

(57) Abstract: Disclosed is an artificial source surface wave exploration method, which is applicable to the technical field of the geological exploration technology. The method comprises: collecting, by a detector at a preset station, surface wave data transmitted from a seismic focus; calculating to obtain a frequency dispersion energy diagram on the basis of the vector wave-number transformational algorithm and according to the surface wave data; extracting a frequency dispersion curve from the frequency dispersion energy diagram, the frequency dispersion curve comprising a base-order surface wave frequency dispersion curve and a high-order surface wave frequency dispersion curve; and establishing an initial stratigraphic model according to the base-order surface wave frequency dispersion curve and the high-order surface wave frequency dispersion curve, and performing, according to the initial stratigraphic model, a joint inversion on the base-order surface wave frequency dispersion curve and the high-order surface wave frequency dispersion curve to obtain inverting data of a stratigraphic texture. According to the method, the accuracy of the surface wave exploration result is effectively improved. Further provided are a surface wave exploration device and a terminal device.

(57) 摘要: 一种人工源面波勘探方法, 适用于地质勘探技术领域, 该方法包括: 通过预设台站处的检波器采集从震源传播过来的面波数据; 基于矢量波数变换算法, 并根据面波数据计算得到频散能量图; 从频散能量图中提取频散曲线, 该频散曲线包括基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线; 根据基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线建立初始地层模型, 并根据初始地层模型对基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线进行联合反演, 得到地层结构的反演数据。通过该方法有效提高了面波勘探结果的准确率。还提供一种面波勘探装置及终端设备。

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

一种人工源面波勘探方法、面波勘探装置及终端设备

技术领域

5 本申请涉及地质勘探技术领域，尤其涉及一种人工源面波勘探方法、面波勘探装置及终端设备。

背景技术

面波，是地震波中一种特殊类型的波，是纵波和横波在震源区域内各界面处经过复杂的反射、透射后相互干涉叠加而成的。面波在传播过程中携带了大量的地层信息，呈现出
10 频散特征，也能够间接反映出层状介质本身所固有的一些特征。因此，通常利用主动源面波对地层结构进行勘探。

但是目前利用主动源面波对地层结构进行勘探，需要观测系统和震源成线性排列，而且要求检波器等间距放置。在城市复杂区域经常无法达到上述施工条件，即使可以勉强施工，也无法得到高分辨率的面波勘探图像，进而无法得到准确的地层结构的勘探结果。

15 技术问题

有鉴于此，本申请实施例提供了一种人工源面波勘探方法、面波勘探装置及终端设备，以解决现有技术中面波勘探结果不准确的问题。

技术解决方案

本申请实施例的第一方面提供了一种人工源面波勘探方法，包括：

20 通过预设台站处的检波器采集从震源传播过来的面波数据；

基于矢量波数变换算法，并根据所述面波数据计算得到频散能量图；

从所述频散能量图中提取频散曲线，所述频散曲线包括基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线；

根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线建立初始地层模型，并根据所述
25 初始地层模型对所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线进行联合反演，得到地层结构的反演数据。

本申请实施例的第二方面提供了一种面波勘探装置，包括：

采集单元，用于通过预设台站处的检波器采集从震源传播过来的面波数据；

计算单元，用于基于矢量波数变换算法，并根据所述面波数据计算得到频散能量图；

30 提取单元，用于从所述频散能量图中提取频散曲线，所述频散曲线包括基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线；

反演单元，用于根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线建立初始地层模

型，并根据所述初始地层模型对所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线进行联合反演，得到地层结构的反演数据。

本申请实施例的第三方面提供了一种终端设备，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现本申请实施例第一方面提供的所述方法的步骤。

本申请实施例的第四方面提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被一个或多个处理器执行时实现本申请实施例第一方面提供的所述方法的步骤。

有益效果

本申请实施例通过预设台站处的检波器采集从震源传播过来的面波数据，可以任意布置采集装置，降低了对布置场地的要求，提高了面波勘探场地的适应性。通过利用提取出的频散曲线建立初始地层模型，降低了反演运算的计算时间；之后根据初始地层模型对基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线进行联合反演，将高阶面波频散的信息加入到地层的反演运算中，从而降低了反演运算的不确定性，提高了反演运算的鲁棒性。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是本申请实施例提供的人工源面波勘探方法的实现流程示意图；

图 2 是本申请实施例提供的人工源面波勘探方法中计算频散能量图的实现流程示意图；

图 3 是本申请实施例提供的面波勘探装置的示意图；

图 4 是本申请实施例提供的终端设备的示意图；

图 5 是本申请实施例提供的提取到的 F-C 频散谱 (a)、频率区间分类 (b) 和格林函数核函数得到的理论 F-C 频散谱 (c) 的示意图；

图 6 是本申请实施例提供的深度域的频散谱和地层模型的示意图。

本发明的实施方式

以下描述中，为了说明而不是为了限定，提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节，以便透彻理解本申请实施例。然而，本领域的技术人员应当清楚，在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本申请。在其它情况中，省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明，以免不必要的细节妨碍本申请的描述。

应当理解，当在本说明书和所附权利要求书中使用时，术语“包括”指示所描述特征、整体、步骤、操作、元素和/或组件的存在，但并不排除一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元素、组件和/或其集合的存在或添加。

还应当理解，在此本申请说明书中所使用的术语仅仅是出于描述特定实施例的目的而并不意在限制本申请。如在本申请说明书和所附权利要求书中所使用的那样，除非上下文清楚地指明其它情况，否则单数形式的“一”、“一个”及“该”意在包括复数形式。

还应当进一步理解，在本申请说明书和所附权利要求书中使用的术语“和/或”是指相关联列出的项中的一个或多个的任何组合以及所有可能组合，并且包括这些组合。

如在本说明书和所附权利要求书中所使用的那样，术语“如果”可以依据上下文被解释为“当...时”或“一旦”或“响应于确定”或“响应于检测到”。类似地，短语“如果确定”或“如果检测到[所描述条件或事件]”可以依据上下文被解释为意指“一旦确定”或“响应于确定”或“一旦检测到[所描述条件或事件]”或“响应于检测到[所描述条件或事件]”。

为了说明本申请所述的技术方案，下面通过具体实施例来进行说明。

图 1 是本申请实施例提供的人工源面波勘探方法的实现流程示意图，如图所示，所述方法可以包括以下步骤：

步骤 S101，通过预设台站处的检波器采集从震源传播过来的面波数据。

在实际应用中，采集从震源传播过来的面波数据所用的装置包括但不限于检波器，例如，可以采用多道有线连接的工程地震仪，或者独立无线连接的地震仪。优选地，检波器可以为主频不高于 4hz 的宽频带检波器，采集带宽越快越有利于各种频率的面波的采集。检波器的个数大于等于预设个数，例如检波器的数量大于等于 12 个。检波器的采样频率应满足勘探目的，工程勘探采样率一般不低于 200hz。另外，预设台站是人为预先设定的，每个预设台站处放置有一台检波器。

其中，面波是地震波的一种，主要在地表传播，能量最大，波速约为 3.8 千米/秒，低于体波，往往最后被记录到。面波实际上是体波在地表衍生而成的次生波。面波的传播较为复杂，既可以引起地表上下的起伏，也可以是地表做横向的剪切，其中剪切运动对建筑物的破坏最为强烈。面波包括瑞雷波、拉夫波、水力波、斯通利尔波等。而经研究发现 Rayleigh 波（瑞雷波）在层状介质中相速度随频率改变而改变，呈现明显的频散特性。水平层状介质中的 Rayleigh 波实际上是纵波和横波在震源区域内各界面处经过复杂的反射、透射后相互干涉叠加而成。它携带了各层介质的 P 波速度、S 波速度、密度等参数信息，且速度主要取决于层状介质中 S 波速度的分布。Rayleigh 波在传播过程中能量和速度的变化特征携带了大量地下地层的信息，呈现出的频散特征，也间接反映了层状介质本身所固

有的一些特征。由此研究天然地震波中的低频 Rayleigh 波频散可以解决深部地质构造问题；研究人工震源激发的较高频率的 Rayleigh 波可以解决工程勘察、场地和地基处理评价、障碍物和空洞探测等浅层地质问题。因此，本申请实施例中优选地采用瑞雷波。

步骤 S102，基于矢量波数变换算法，并根据所述面波数据计算得到频散能量图。

- 5 采用矢量波数变换算法，预设台站处的检波器可以不必按照预设规则（现有技术中要求检波器和震源线性排列且等间距放置）进行放置，这样降低了施工难度，增加了施工场地的适应性。

步骤 S102 的具体实施步骤可参见图 2 实施例中的描述。

- 10 步骤 S103，从所述频散能量图中提取频散曲线，所述频散曲线包括基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线。

实际接收的背景噪声数据由各种震动产生的波组成，不仅包含面波，也包含了体波。而且面波在非均匀介质中会发生频散现象，即面波由不同相速度的模态组成。经大量研究证明，频散曲线中的高阶面波部分在地层结构反演分析中起着关键作用。利用本申请实施例中的矢量波数变换算法，通过计算得到的频散能量图就能有效分离出由不同速度的面波
15 （即能够分离出基阶面波和高阶面波）和体波的组分。

步骤 S104，根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线建立初始地层模型，并根据所述初始地层模型对所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线进行联合反演，得到地层结构的反演数据。

- 20 目前工程应用中的人工源面波勘探方法只在频散能量图中按能量极大值，手动或自动连接频散曲线，根据频散曲线中的“之”字型特征来反演地层深度和厚度。上述反演方法，必须对高阶面波的阶数有个准确的判断。但当地层存在低速层或高速层时，不但瑞雷波各个模态的能量分布发生变化，各个模态的速度随频率的变化也会发生改变，从而经常会产生“模式接吻(mode kissing)”现象，这样就会对高阶模态频散曲线的判断带来很大困难。而且当在高频范围内在水平层状的地层模型中存在软弱夹层时，高阶面波比基阶面
25 波具有更大的能量，这就意味着在一定频率范围内通过目前的方法是无法得到基阶面波的，而仅能得到高阶面波。在实际勘探中，真实地层并不是理想的水平层状各向同性的结构，从而导致瑞雷波(Rayleigh)在频散谱波高阶模态的成像质量通常不高，以上这些因素都制约了利用高阶频散曲线进行反演。

- 30 经研究发现当地层存在低速或高速夹层时，夹层埋深对应的频率范围区间内 Rayleigh 波能量从基阶向一阶或更高阶模态阶跃，从而导致基阶和高阶面波频散曲线出现只在某一频率范围内连续，在实际数据中成像质量可能更差。因此在频散能量图中，各个模态能量的分布也与地层结构有着密切的联系。在本实施例中，根据在频散能量图中各个不同频率

区间各模态的能量分布的关系，对频率区间进行分类，从而迅速建立简单的层状地层模型，作为后续精确反演的初始模型。

另外，在本实施例中，可以采用模拟退火算法、遗传算法等反演算法，对频散曲线进行反演，得到地层信息和/或振动波的速度信息。例如，可以得到地层深度信息和速度剖面，从而实现对地层结构的勘探；地层信息可以包括地层埋深、S波速度、密度、P波速度等。

在本申请实施例中，所述根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线建立初始地层模型，包括：

根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线中各个频率区间的面波模态的能量分布，对所述频率区间进行分类。

根据分类后的频率区间与地层的对应关系建立所述初始地层模型。

如图5所示，图5a)为F-C频散能量图，图中点线为理论面波频散曲线；图5b)为根据频散能量提取得到的离散的频散点，并根据分布特性将频率区间分为4类；图5c)为格林函数核函数得到的理论F-C频散能量图。

将频率-速度域的频散点，根据半波长理论转换到深度-速度域，见图6。图6a)深度域的频散能量图，图6b)为地层模型。可以看到，频散能量图上1号和3号点线上的点为基阶频散曲线上的点，2号和4号点线上的点为高阶频散曲线上的点。将地层模型与得到的深度域的频散曲线进行对比，可以看到位移20-40m埋深的第三层（低速层）与深度-速度剖面中的4号频散点的分布基本一致；位移0-10m的第一层与深度-速度剖面中的2号频散点的分布也基本一致。这样我们可以看到高阶频散曲线的分布与地层确实存在一一对应的关系。由此证明，通过在频率域将频散点进行分类，对地层进行分层，建立初始建模的思路是正确的。

本申请实施例通过预设台站处的检波器采集从震源传播过来的面波数据，可以任意布置采集装置，降低了对布置场地的要求，提高了面波勘探场地的适应性。通过利用提取出的频散曲线建立初始地层模型，降低了反演运算的计算时间；之后根据初始地层模型对基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线进行联合反演，将高阶面波频散的信息加入到地层的反演运算中，从而降低了反演运算的不确定性，提高了反演运算的鲁棒性。

图2是本申请实施例提供的人工源面波勘探方法中计算频散能量图的实现流程示意图。如图所示，图1所示实施例中步骤S102可以包括以下步骤：

步骤S201，从所述面波数据中提取震源时间函数。

在实际应用中，可以有多种方法提取震源时间函数。例如，可以直接将震源时间函数近似为雷克子波；还可以从多道地震记录中根据相关性提取震源时间函数。只要能够提取出震源时间函数即可，不对提取方法做具体限定。

步骤 S202, 计算所述震源与所述检波器之间的炮检距, 并根据所述炮检距计算所述预设台站与所述震源之间的格林函数。

其中, 炮检距为震源与检波器之间的距离。因为检波器安装于预设台站处, 所以炮检距也可看作是预设台站与震源之间的距离。在计算式中, 可以用 g_{zz} 表示预设台站与震源之间的格林函数。

步骤 S203, 根据所述震源时间函数和所述格林函数计算得到频散能量图。

在本申请实施例中, 步骤 S203 还可以包括:

将所述震源时间函数与所述格林函数进行卷积处理, 得到所述预设台站处的面波数据在时间域的垂直分量数据。

其中, 所述时间域的垂直分量数据为:

$$u_z(\mathbf{x}, t) = f_0(t) * g_{zz}(\mathbf{x}, t)$$

其中, $u_z(\mathbf{x}, t)$ 表示所述垂直分量数据, f_0 表示所述震源时间函数, g_{zz} 表示所述格林函数。

对所述时间域的垂直分量数据进行傅里叶变换得到频率域的垂直分量数据。

其中, 所述频率域的垂直分量数据为:

$$U(r, \omega) = F_0(\omega)G(r, \omega)$$

式中, U 为所述频率域的垂直分量数据, $r = |\vec{r}|$ 为两个观测台站之间的距离, ω 为角频率, $\omega = 2\pi f$, f 为频率, F_0 为频率域的震源时间函数, G 为频率域的格林函数,

$G(r, \omega) = \int_0^{+\infty} g(\omega, k) J_0(kr) k dk$, $g(\omega, k)$ 是核函数, $k = |\vec{k}|$ 为波数, $J_0(kr)$ 是一类零阶贝塞尔函数。

对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到频散能量图。

在本申请实施例中, 所述对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到频散能量图, 还包括:

对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到中间计算式。

基于贝塞尔函数的正交性质, 将所述中间计算式转化为最终计算式。

基于所述最终计算式, 计算得到频散能量图。

在实际应用中, 当震源时间函数为雷克子波时, 频率域中 $F_0(\omega)$ 为纯实数函数, 即可得预设台站接收到的面波数据的谱函数近似为格林函数的虚部, 二者仅在幅值上有差异:

$$U(r, \omega) = A \cdot \{G(r, \omega)\}$$

其中, $A = F_0(\omega)$ 为常量。对频率域的垂直分量数据 U 进行矢量波数变换, 可得

$$\int_0^{+\infty} U(r, \omega) J_0(kr) r dr = A \int_0^{+\infty} G(r, \omega) J_0(kr) r dr。$$

将 $G(r, \omega) = \int_0^{+\infty} g(\omega, k) J_0(kr) k dk$ 带入上式, 可得中间计算式为:

$$5 \quad \int_0^{+\infty} U(r, \omega) J_0(kr) r dr = F_0(\omega) \int_0^{+\infty} \int_0^{+\infty} g(\omega, k') J_0(k'r) J_0(kr) k' r dk' dr。$$

根据贝塞尔函数的正交性 $\int_0^{+\infty} J_0(kr) J_0(k'r) r dr = \frac{1}{\sqrt{kk'}} \delta(k - k')$ 可将上式化简得到最终计

算式为:

$$\int_0^{+\infty} U(r, \omega) J_0(kr) r dr = F_0(\omega) \cdot g(\omega, k)。$$

这里核函数 $g(\omega, k)$ 具有如下特点: $g(\omega, k)$ 的值反比于确定面波频散特性的久期函数

10 值, 即

$$g(k, \omega) \propto \frac{1}{\det \left\{ I - \hat{R}_{du}^{(1)}(k, \omega) \hat{R}_{ud}^{(0)}(k, \omega) \right\}}$$

其中, $g(k, \omega) \propto \frac{1}{\det \left\{ I - \hat{R}_{du}^{(1)}(k, \omega) \hat{R}_{ud}^{(0)}(k, \omega) \right\}}$, R_{du} 为下行波的反射系数矩阵, R_{ud} 为上行

波的反射系数矩阵, I 为单位矩阵, $\det \{ \}$ 为矩阵行列式。当 $k = k_n(\omega) (n=1, 2, 3, \dots)$ 是核函

数的 $g(\omega, k)$ 的极点时, 核函数的值趋于无穷大。利用这一性质, 提出了矢量波数变换法

15 (Vector Wavenumber Transform Method, VWTM) 提取频散曲线。

基于上述最终计算式, 即可计算得到频散能量图。

本申请实施例提出了一种矢量波数变换算法, 并基于这种矢量波数变换算法根据面波数据计算频散能量图, 从上述方法得到的频散能量图中能够有效分离出不同速度的面波, 即基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线。另外, 采用矢量波数变换算法, 预设台站无须
20 按一定规则进行摆放, 可以任意摆放, 提高了面波勘探场地的适应性。

应理解, 上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后, 各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定, 而不对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

图 3 是本申请实施例提供的面波勘探装置的示意图, 为了便于说明, 仅示出与本申请

实施例相关的部分。

图 3 所示的面波勘探装置可以是内置于现有的终端设备内的软件单元、硬件单元、或软硬结合的单元，也可以作为独立的挂件集成到所述终端设备中，还可以作为独立的终端设备存在。

5 所述面波勘探装置 3 包括：

采集单元 31，用于通过预设台站处的检波器采集从震源传播过来的面波数据。

计算单元 32，用于基于矢量波数变换算法，并根据所述面波数据计算得到频散能量图。

提取单元 33，用于从所述频散能量图中提取频散曲线，所述频散曲线包括基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线。

10 反演单元 34，用于根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线建立初始地层模型，并根据所述初始地层模型对所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线进行联合反演，得到地层结构的反演数据。

可选的，所述计算单元 32 包括：

提取子单元，用于从所述面波数据中提取震源时间函数。

15 第一计算子单元，用于计算所述震源与所述检波器之间的炮检距，并根据所述炮检距计算所述预设台站与所述震源之间的格林函数。

第二计算子单元，用于根据所述震源时间函数和所述格林函数计算得到频散能量图。

可选的，所述第二计算子单元包括：

20 卷积模块，用于将所述震源时间函数与所述格林函数进行卷积处理，得到所述预设台站处的面波数据在时间域的垂直分量数据。

第一变换模块，用于对所述时间域的垂直分量数据进行傅里叶变换得到频率域的垂直分量数据。

结果模块，用于对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到频散能量图。

可选的，所述结果模块包括：

25 变换子模块，用于在对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到频散能量图之后，对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到中间计算式。

转化子模块，用于基于贝塞尔函数的正交性质，将所述中间计算式转化为最终计算式。

计算子模块，用于基于所述最终计算式，计算得到频散能量图。

其中，所述时间域的垂直分量数据为：

$$30 \quad u_z(\mathbf{x}, t) = f_0(t) * g_{zz}(\mathbf{x}, t)$$

其中， $u_z(\mathbf{x}, t)$ 表示所述垂直分量数据， f_0 表示所述震源时间函数， g_{zz} 表示所述格林函

数。

所述频率域的垂直分量数据为：

$$U(r, \omega) = F_0(\omega)G(r, \omega)$$

其中， U 为所述频率域的垂直分类数据， $r = |\vec{r}|$ 为两个观测台站之间的距离， ω 为角频率， $\omega = 2\pi f$ ， f 为频率， F_0 为频率域的震源时间函数， G 为频率域的格林函数， $G(r, \omega) = \int_0^{+\infty} g(\omega, k) J_0(kr) k dk$ ， $g(\omega, k)$ 是核函数， $k = |\vec{k}|$ 为波数， $J_0(kr)$ 是一类零阶贝塞尔函数。

所述中间计算式为：

$$\int_0^{+\infty} U(r, \omega) J_0(kr) r dr = F_0(\omega) \int_0^{+\infty} \int_0^{+\infty} g(\omega, k') J_0(k'r) J_0(kr) k' r dk' dr。$$

所述最终计算式为：

$$\int_0^{+\infty} U(r, \omega) J_0(kr) r dr = F_0(\omega) \cdot g(\omega, k)。$$

其中， $g(k, \omega) \propto \frac{1}{\det \left\{ I - \hat{R}_{du}^{(1)}(k, \omega) \hat{R}_{ud}^{(0)}(k, \omega) \right\}}$ ， R_{du} 为下行波的反射系数矩阵， R_{ud} 为上行

波的反射系数矩阵， I 为单位矩阵， $\det \{ \}$ 为矩阵行列式。

可选的，所述反演单元 24 包括：

分类子单元，用于根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线中各个频率区间的面波模态的能量分布，对所述频率区间进行分类。

建立子单元，用于根据分类后的频率区间与地层的对应关系建立所述初始地层模型。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为了描述的方便和简洁，仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明，实际应用中，可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成，即将所述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块，以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中，上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。另外，各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分，并不用于限制本申请的保护范围。上述系统中单元、模块的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

图 4 是本申请实施例提供的终端设备的示意图。如图 4 所示，该实施例的终端设备 4 包括：处理器 40、存储器 41 以及存储在所述存储器 41 中并可在所述处理器 40 上运行的计算机程序 42。所述处理器 40 执行所述计算机程序 42 时实现上述各个人工源面波勘探方法实施例中的步骤，例如图 1 所示的步骤 S101 至 S104。或者，所述处理器 40 执行所述计算机程序 42 时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能，例如图 3 所示模块 31 至 34 的功能。

示例性的，所述计算机程序 42 可以被分割成一个或多个模块/单元，所述一个或者多个模块/单元被存储在所述存储器 41 中，并由所述处理器 40 执行，以完成本申请。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段，该指令段用于描述所述计算机程序 42 在所述终端设备 4 中的执行过程。例如，所述计算机程序 42 可以被分割成采集单元、计算单元、提取单元、反演单元，各单元具体功能如下：

采集单元 31，用于通过预设台站处的检波器采集从震源传播过来的面波数据。

计算单元 32，用于基于矢量波数变换算法，并根据所述面波数据计算得到频散能量图。

提取单元 33，用于从所述频散能量图中提取频散曲线，所述频散曲线包括基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线。

反演单元 34，用于根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线建立初始地层模型，并根据所述初始地层模型对所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线进行联合反演，得到地层结构的反演数据。

可选的，所述计算单元 32 包括：

提取子单元，用于从所述面波数据中提取震源时间函数。

第一计算子单元，用于计算所述震源与所述检波器之间的炮检距，并根据所述炮检距计算所述预设台站与所述震源之间的格林函数。

第二计算子单元，用于根据所述震源时间函数和所述格林函数计算得到频散能量图。

可选的，所述第二计算子单元包括：

卷积模块，用于将所述震源时间函数与所述格林函数进行卷积处理，得到所述预设台站处的面波数据在时间域的垂直分量数据。

第一变换模块，用于对所述时间域的垂直分量数据进行傅里叶变换得到频率域的垂直分量数据。

结果模块，用于对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到频散能量图。

可选的，所述结果模块包括：

第二变换子模块，用于在对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到频散能量图之后，对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到中间计算式。

转化子模块,用于基于贝塞尔函数的正交性质,将所述中间计算式转化为最终计算式。

计算子模块,用于基于所述最终计算式,计算得到频散能量图。

其中,所述时间域的垂直分量数据为:

$$u_z(\mathbf{x}, t) = f_0(t) * g_{zz}(\mathbf{x}, t)$$

5 其中, $u_z(\mathbf{x}, t)$ 表示所述垂直分量数据, f_0 表示所述震源时间函数, g_{zz} 表示所述格林函数。

所述频率域的垂直分量数据为:

$$U(r, \omega) = F_0(\omega)G(r, \omega)$$

10 其中, U 为所述频率域的垂直分类数据, $r = |\vec{r}|$ 为两个观测台站之间的距离, ω 为角频率, $\omega = 2\pi f$, f 为频率, F_0 为频率域的震源时间函数, G 为频率域的格林函数, $G(r, \omega) = \int_0^{+\infty} g(\omega, k) J_0(kr) k dk$, $g(\omega, k)$ 是核函数, $k = |\vec{k}|$ 为波数, $J_0(kr)$ 是一类零阶贝塞尔函数。

所述中间计算式为:

$$\int_0^{+\infty} U(r, \omega) J_0(kr) r dr = F_0(\omega) \int_0^{+\infty} \int_0^{+\infty} g(\omega, k') J_0(k'r) J_0(kr) k' r dk' dr。$$

15 所述最终计算式为:

$$\int_0^{+\infty} U(r, \omega) J_0(kr) r dr = F_0(\omega) \cdot g(\omega, k);$$

其中, $g(k, \omega) \propto \frac{1}{\det \left\{ I - \hat{R}_{du}^{(1)}(k, \omega) \hat{R}_{ud}^{(0)}(k, \omega) \right\}}$, R_{du} 为下行波的反射系数矩阵, R_{ud} 为上行

波的反射系数矩阵, I 为单位矩阵, $\det \{ \}$ 为矩阵行列式。

可选的,所述反演单元 24 包括:

20 分类子单元,用于根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线中各个频率区间的面波模态的能量分布,对所述频率区间进行分类。

建立子单元,用于根据分类后的频率区间与地层的对应关系建立所述初始地层模型。

所述终端设备 4 可以是桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备。

所述终端设备可包括,但不仅限于,处理器 40、存储器 41。本领域技术人员可以理解,图 25 4 仅仅是终端设备 4 的示例,并不构成对终端设备 4 的限定,可以包括比图示更多或更少

的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件，例如所述终端设备还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

所称处理器 40 可以是中央处理单元(Central Processing Unit, CPU)，还可以是其他通用处理器、数字信号处理器 (Digital Signal Processor, DSP)、专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, ASIC)、现成可编程门阵列 (Field-Programmable Gate Array, FPGA) 或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

所述存储器 41 可以是所述终端设备 4 的内部存储单元，例如终端设备 4 的硬盘或内存。所述存储器 41 也可以是所述终端设备 4 的外部存储设备，例如所述终端设备 4 上配备的插接式硬盘，智能存储卡 (Smart Media Card, SMC)，安全数字 (Secure Digital, SD) 卡，闪存卡 (Flash Card) 等。进一步地，所述存储器 41 还可以既包括所述终端设备 4 的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器 41 用于存储所述计算机程序以及所述终端设备所需的其它程序和数据。所述存储器 41 还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

在上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中未详述或记载的部分，可以参见其它实施例的相关描述。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

在本申请所提供的实施例中，应该理解到，所揭露的装置/终端设备和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置/终端设备实施例仅仅是示意性的，例如，所述模块或单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通讯连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通讯连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各

个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

所述集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请实现上述实施例方法中的全部或部分流程，也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中，该计算机程序在被处理器执行时，可实现上述各个方法实施例的步骤。其中，所述计算机程序包括计算机程序代码，所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括：能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U 盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是，所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减，例如在某些司法管辖区，根据立法和专利实践，计算机可读介质不包括是电载波信号和电信信号。

以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的精神和范围，均应包含在本申请的保护范围之内。

权利要求书

1、一种人工源面波勘探方法，其特征在于，包括：

通过预设台站处的检波器采集从震源传播过来的面波数据；

5 基于矢量波数变换算法，并根据所述面波数据计算得到频散能量图；

从所述频散能量图中提取频散曲线，所述频散曲线包括基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线；

根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线建立初始地层模型，并根据所述初始地层模型对所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线进行联合反演，
10 得到地层结构的反演数据。

2、如权利要求 1 所述的人工源面波勘探方法，其特征在于，所述基于矢量波数变换算法，并根据所述面波数据计算得到频散能量图，包括：

从所述面波数据中提取震源时间函数；

15 计算所述震源与所述检波器之间的炮检距，并根据所述炮检距计算所述预设台站与所述震源之间的格林函数；

根据所述震源时间函数和所述格林函数计算得到频散能量图。

3、如权利要求 2 所述的人工源面波勘探方法，其特征在于，所述根据所述震源时间函数和所述格林函数计算得到频散能量图，包括：

20 将所述震源时间函数与所述格林函数进行卷积处理，得到所述预设台站处的面波数据在时间域的垂直分量数据；

对所述时间域的垂直分量数据进行傅里叶变换得到频率域的垂直分量数据；

对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到频散能量图。

4、如权利要求 3 所述的人工源面波勘探方法，其特征在于，所述对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到频散能量图，还包括：

25 对所述频率域的垂直分量数据进行矢量波数变换得到中间计算式；

基于贝塞尔函数的正交性质，将所述中间计算式转化为最终计算式；

基于所述最终计算式，计算得到频散能量图。

5、如权利要求 4 所述的人工源面波勘探方法，其特征在于，所述时间域的垂直分量数据为：

30
$$u_z(\mathbf{x}, t) = f(t) * g_{zz}(\mathbf{x}, t)$$

其中， $u_z(\mathbf{x}, t)$ 表示所述垂直分量数据， f 表示所述震源时间函数， g_{zz} 表示所述格林函数；

所述频率域的垂直分量数据为:

$$U(r, \omega) = F(\omega)G(r, \omega)$$

其中, U 为所述频率域的垂直分类数据, $r = |\vec{r}|$ 为两个观测台站之间的距离, ω 为角频率, $\omega = 2\pi f$, f 为频率, F 为频率域的震源时间函数, G 为频率域的格林函数,
5 $G(r, \omega) = \int_0^{+\infty} g(\omega, k) J_0(kr) k dk$, $g(\omega, k)$ 是核函数, $k = |\vec{k}|$ 为波数, $J_0(kr)$ 是一类零阶贝塞尔函数;

所述中间计算式为:

$$\int_0^{+\infty} U(r, \omega) J_0(kr) r dr = F(\omega) \int_0^{+\infty} \int_0^{+\infty} g(k, \omega) J_0(kr) J_0(kr) r k dk dr ;$$

所述最终计算式为:

$$10 \quad \int_0^{+\infty} U(r, \omega) J_0(kr) r dr = F(\omega) g(\omega, k) ;$$

其中, $g(k, \omega) \propto \frac{1}{\det \left\{ I - \hat{R}_{du}^{(1)}(k, \omega) \hat{R}_{ud}^{(0)}(k, \omega) \right\}}$, R_{du} 为下行波的反射系数矩阵, R_{ud} 为上行

波的反射系数矩阵, I 为单位矩阵, $\det\{\}$ 为矩阵行列式。

6、如权利要求 1 所述的人工源面波勘探方法, 其特征在于, 所述根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线建立初始地层模型, 包括:

15 根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线中各个频率区间的面波模态的能量分布, 对所述频率区间进行分类;

根据分类后的频率区间与地层的对应关系建立所述初始地层模型。

7、一种面波勘探装置, 其特征在于, 包括:

采集单元, 用于通过预设台站处的检波器采集从震源传播过来的面波数据;

20 计算单元, 用于基于矢量波数变换算法, 并根据所述面波数据计算得到频散能量图;

提取单元, 用于从所述频散能量图中提取频散曲线, 所述频散曲线包括基阶面波频散曲线和高阶面波频散曲线;

25 反演单元, 用于根据所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线建立初始地层模型, 并根据所述初始地层模型对所述基阶面波频散曲线和所述高阶面波频散曲线进行联合反演, 得到地层结构的反演数据。

8、如权利要求 7 所述的面波勘探装置, 其特征在于, 所述计算单元包括:

提取模块, 用于从所述面波数据中提取震源时间函数;

30 第一计算模块, 用于计算所述震源与所述检波器之间的炮检距, 并根据所述炮检距计算所述预设台站与所述震源之间的格林函数;

第二计算模块，用于根据所述震源时间函数和所述格林函数计算得到频散能量图。

9、一种终端设备，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求 1 至 6 任一项所述方法的步骤。

5 10、一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1 至 6 任一项所述方法的步骤。

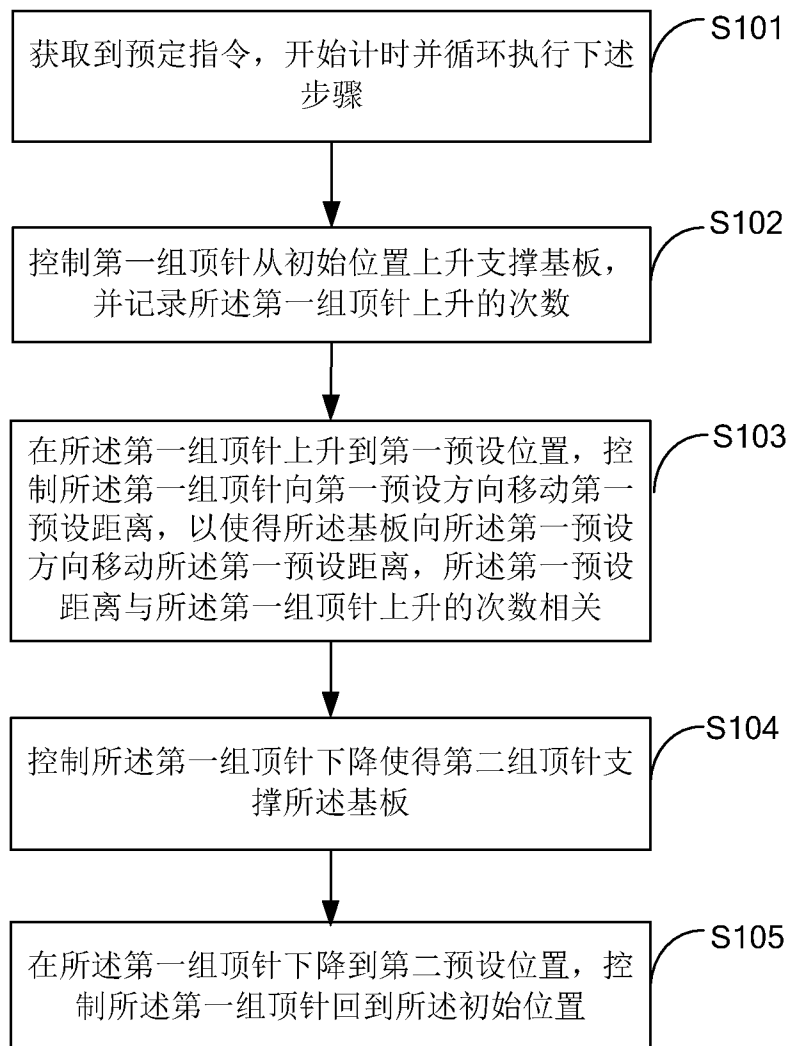


图 1

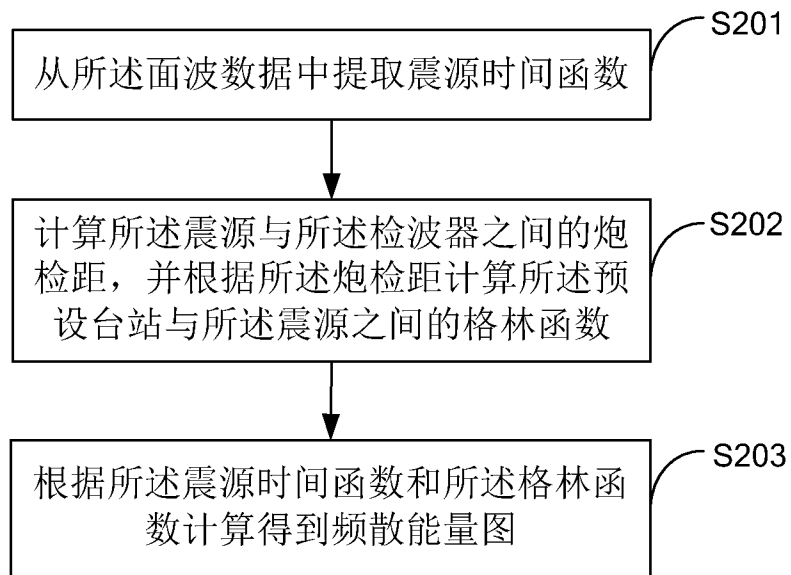


图 2

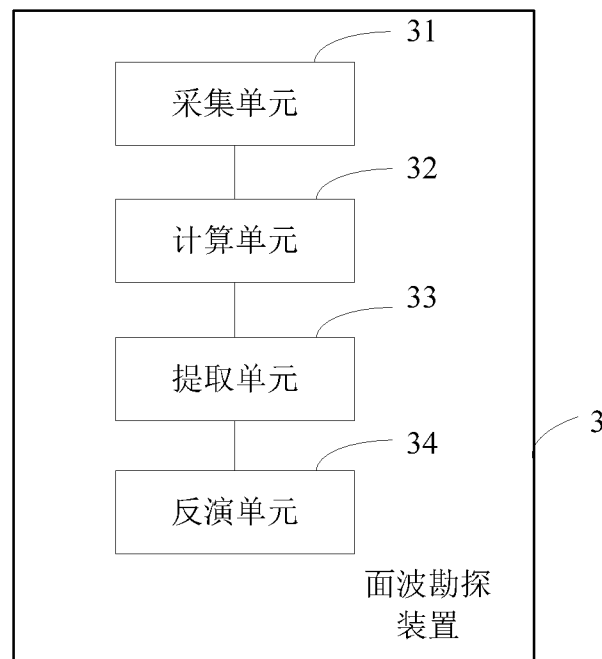


图 3

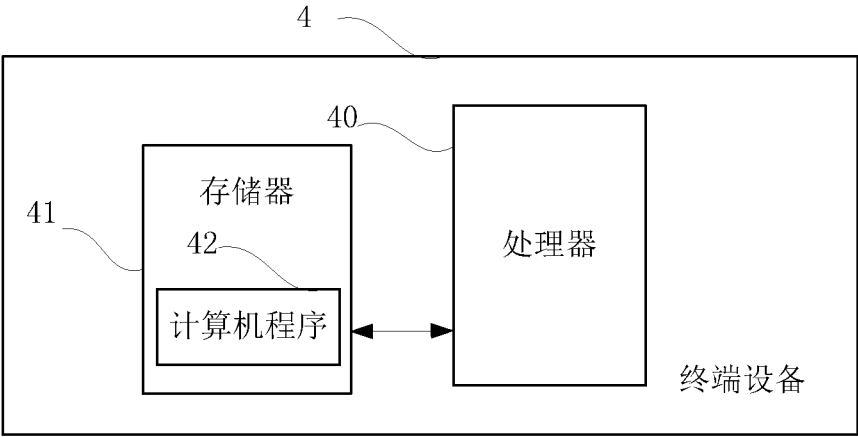


图 4

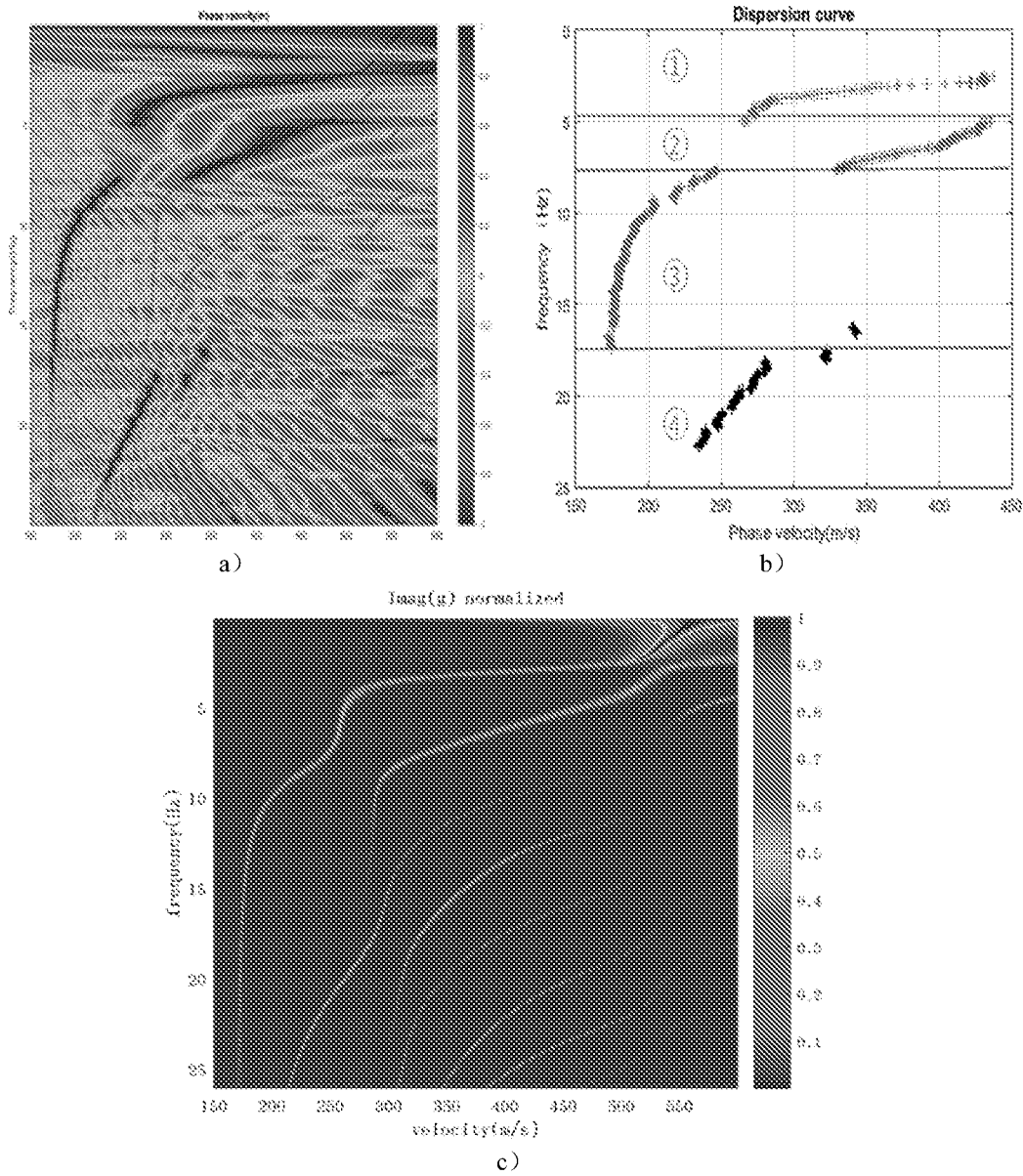


图 5

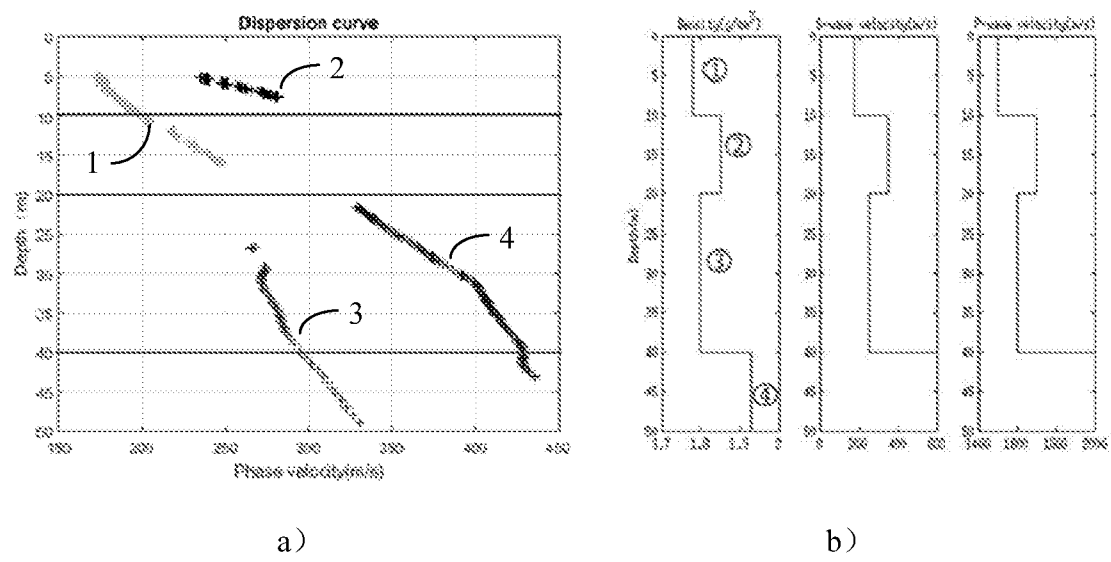


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/098980

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01V 1/30(2006.01)i; G01V 1/28(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01V 1/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, SIPOABS, DWPI: 面波, 频散, 模型, 分层, 反演, 时间, 炮检距, 格林, 傅里叶, 频率域, 贝塞尔, surface, wave, frequency, dispersion, model, distance, Green, Fourier, frequency, Bessel

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 106950599 A (BEIJING RUIWEI ENG DETECTION CO., LTD.) 14 July 2017 (2017-07-14) description, paragraphs 0074-0101, and figures 1-3 and 9-2	1, 7, 9, 10
Y	CN 104678435 A (LI, XINXIN ET AL.) 03 June 2015 (2015-06-03) description, paragraphs 0008-0013	1, 7, 9, 10
A	CN 104730579 A (CHINA PETROLEUM AND CHEMICAL CORPORATION ET AL.) 24 June 2015 (2015-06-24) entire document	1-10
A	CN 106772575 A (ANHUI UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 31 May 2017 (2017-05-31) entire document	1-10
A	US 2018100947 A1 (UNIV MISSOURI) 12 April 2018 (2018-04-12) entire document	1-10
A	WO 2016187252 A1 (CONOCOPHILLIPS CO. ET AL.) 24 November 2016 (2016-11-24) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 May 2019

Date of mailing of the international search report

10 May 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/098980

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106950599	A	14 July 2017	None			
CN	104678435	A	03 June 2015	None			
CN	104730579	A	24 June 2015	CN	104730579	B	13 February 2018
CN	106772575	A	31 May 2017	None			
US	2018100947	A1	12 April 2018	None			
WO	2016187252	A1	24 November 2016	US	2016341839	A1	24 November 2016
				AU	2016264120	A1	04 January 2018
				CA	2993028	A1	24 November 2016
				EP	3298438	A1	28 March 2018
				EP	3298438	A4	04 July 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/098980

A. 主题的分类 G01V 1/30(2006.01)i; G01V 1/28(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01V 1/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS, CNTXT, SIPOABS, DWPI:面波, 频散, 模型, 分层, 反演, 时间, 炮检距, 格林, 傅里叶, 频率域, 贝塞尔, surface, wave, frequency, dispersion, model, distance, Green, Fourier, frequency, Bessel		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 106950599 A (北京瑞威工程检测有限公司) 2017年 7月 14日 (2017 - 07 - 14) 说明书第0074-0101段, 图1-3, 9-2	1, 7, 9, 10
Y	CN 104678435 A (李欣欣等) 2015年 6月 3日 (2015 - 06 - 03) 说明书第0008-0013段	1, 7, 9, 10
A	CN 104730579 A (中国石油化工股份有限公司等) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 全文	1-10
A	CN 106772575 A (安徽理工大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文	1-10
A	US 2018100947 A1 (UNIV MISSOURI) 2018年 4月 12日 (2018 - 04 - 12) 全文	1-10
A	WO 2016187252 A1 (CONOCOPHILLIPS CO等) 2016年 11月 24日 (2016 - 11 - 24) 全文	1-10
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2019年 5月 5日		2019年 5月 10日
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		付强
		电话号码 62085746

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/098980

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	106950599	A	2017年 7月 14日	无			
CN	104678435	A	2015年 6月 3日	无			
CN	104730579	A	2015年 6月 24日	CN	104730579	B	2018年 2月 13日
CN	106772575	A	2017年 5月 31日	无			
US	2018100947	A1	2018年 4月 12日	无			
WO	2016187252	A1	2016年 11月 24日	US	2016341839	A1	2016年 11月 24日
				AU	2016264120	A1	2018年 1月 4日
				CA	2993028	A1	2016年 11月 24日
				EP	3298438	A1	2018年 3月 28日
				EP	3298438	A4	2018年 7月 4日