(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115877458 A
(43)申请公布日 2023.03.31

(21)申请号 202211379457.9

(22)申请日 2022.11.04

(71)申请人 同济大学
地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72)发明人 吴淇毓 彭铭 刘鎏 王林一 王登一 德凯 黄乐聪

(74)专利代理机构 北京风雅颂专利代理有限公司 11403
专利代理师 徐雅琴

(51)Int.Cl.
G01V 1/30(2006.01)

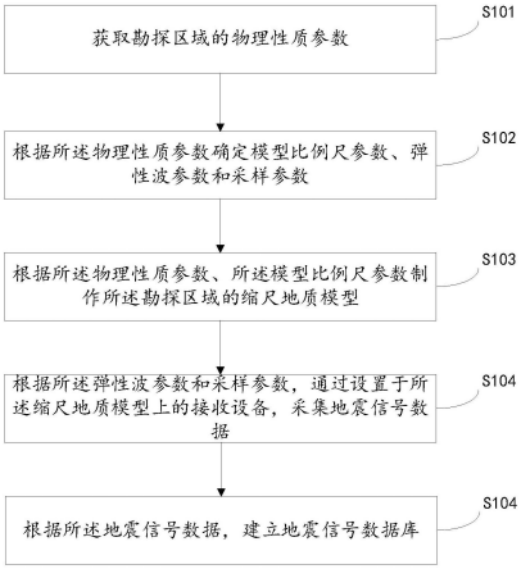
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

地震信号数据分析方法、装置、电子设备及存储介质

(57)摘要

本申请提供一种地震信号数据分析方法、装置、电子设备及存储介质。所述方法包括：获取勘探区域的震源数据和地质物理参数；根据所述震源数据和所述地质物理参数，得到地震信号数据；其中，所述地震信号数据是通过设置于所述缩尺地质模型上的接受设备采集的，所述缩尺地质模型是根据所述地质物理参数制作的；根据所述地震信号数据，建立地震信号数据库；根据所述地震信号数据库中的数据，对所述震源数据进行分析。通过所述方法，获取同时具有数量多、可验证、具有真实性等性质的地震信号数据。基于上述地震信号数据可以更有效地对进行后续研究。



CN 115877458 A

1.一种地震信号数据分析方法,其特征在于,包括:

获取勘探区域的震源数据和地质物理参数;

根据所述震源数据和所述地质物理参数,得到地震信号数据;其中,所述地震信号数据是通过设置于所述缩尺地质模型上的接受设备采集的,所述缩尺地质模型是根据所述地质物理参数制作的;

根据所述地震信号数据,建立地震信号数据库;

根据所述地震信号数据库中的数据,对所述震源数据进行分析。

2.根据权利要求1所述的地震信号分析方法,其特征在于,所述根据所述震源数据和所述地质物理参数,得到地震信号数据,包括:

根据所述地质物理参数,确定模型制作参数;

根据所述模型制作参数及所述震源数据,确定弹性波参数和采样参数;

根据所述弹性波参数和采样参数,得到地震信号数据。

3.根据权利要求2所述的地震信号分析方法,其特征在于,所述根据所述弹性波参数和采样参数,得到地震信号数据,包括:

根据所述缩尺地质模型,确定至少一个探测点、至少一个采样点;

根据所述弹性波参数,发射弹性波;其中,所述弹性波是设置于任一探测点的目标模拟震源发射的;

根据所述采样参数,采集所有所述采样点处的所述弹性波的振幅数据;其中,所述振幅数据是通过设置于所述采样点处的接收设备采集的;

将所述目标模拟震源的共炮点道集作为地震信号数据;其中,所述共炮点道集是该目标模拟震源对应的所有所述振幅数据的集合。

4.根据权利要求3所述的地震信号分析方法,其特征在于,所述根据所述地震信号数据,建立地震信号数据库,包括:

根据每个所述探测点处的模拟震源对应的地震信号数据,建立地震信号数据库。

5.根据权利要求4所述的地震信号分析方法,其特征在于,所述根据所述地震信号数据库中的数据,对地震信号数据进行分析,包括:

根据所述勘探区域的震源数据,确定所述地震信号数据库中对应的模拟震源;

根据所述模拟震源对应的地震信号数据,对所述震源数据进行分析。

6.根据权利要求5所述的地震信号分析方法,其特征在于,所述缩尺地质模型包括小试样模型;

所述方法还包括:

采集所述弹性波从该模拟震源的位置到任一采样点的传播时间;

测量所述小试样模型的高度;

根据所述传播时间和所述高度,计算得到该采样点处的标定声速;

根据所述标定声速和所述模拟震源对应的地震信号数据,对地震信号数据进行分析。

7.根据权利要求5所述的地震信号分析方法,其特征在于,所述缩尺地质模型还包括多层缩尺地质模型;

所述方法还包括:

将该模拟震源与任一所述采样点的连线作为基准线;

以该基准线为准，垂直切割得到的所述多层缩尺地质模型的剖面分布图；

根据所述剖面分布图和所述模拟震源对应的地震信号数据，对地震信号数据进行分析。

8.一种地震信号数据分析装置，其特征在于，包括：

获取模块，被配置为获取勘探区域的震源数据和地质物理参数；

数据采集模块，被配置为根据所述震源数据和所述地质物理参数，得到地震信号数据；其中，所述地震信号数据是通过设置于所述缩尺地质模型上的接受设备采集的，所述缩尺地质模型是根据所述地质物理参数制作的；

数据库建立模块，被配置为根据所述地震信号数据，建立地震信号数据库；

分析模块，被配置为根据所述地震信号数据库中的数据，对所述震源数据进行分析。

9.一种电子设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在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程序时实现如权利要求1至7任意一项所述的方法。

10.一种非暂态计算机可读存储介质，所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令，其特征在于，所述计算机指令用于使计算机执行权利要求1至7任一所述方法。

地震信号数据分析方法、装置、电子设备及存储介质

技术领域

[0001] 本申请涉及地震物理勘探技术领域，尤其涉及一种地震信号数据分析方法、装置、电子设备及存储介质。

背景技术

[0002] 随着对地下空间的开采，地下工程技术快速发展。地下空间信息的探测与解码任务也随着成为重要课题。其中，对地震勘探的研究尤为重要。

[0003] 地震探勘的研究方法包括如下流程：获取探勘区域的地质构造数据及物理性质数据、制作探勘区域地质模型、获取地震信号数据、研究地震信号数据的变化规律。其中，对地震信号数据，要求具有数据量大、可验证以及具有真实性等性质。

[0004] 相关技术中，通过现场勘测、全尺寸模型试验、数值模拟等方法获取地震信号数据。但都无法同时达到数据量大、可验证、具有真实性以及成本低的要求。

发明内容

[0005] 有鉴于此，本申请的目的在于提出一种地震信号数据分析方法、装置、电子设备及存储介质。

[0006] 基于上述目的，本申请提供了地震信号数据分析方法。具体包括：

[0007] 获取勘探区域的震源数据和地质物理参数；

[0008] 根据所述震源数据和所述地质物理参数，得到地震信号数据；其中，所述地震信号数据是通过设置于所述缩尺地质模型上的接受设备采集的，所述缩尺地质模型是根据所述地质物理参数制作的；

[0009] 根据所述地震信号数据，建立地震信号数据库；

[0010] 根据所述地震信号数据库中的数据，对所述震源数据进行分析。

[0011] 可选的，所述根据所述震源数据和所述地质物理参数，得到地震信号数据，包括：

[0012] 根据所述地质物理参数，确定模型制作参数；

[0013] 根据所述模型制作参数及所述震源数据，确定弹性波参数和采样参数；

[0014] 根据所述弹性波参数和采样参数，得到地震信号数据。

[0015] 可选的，所述根据所述弹性波参数和采样参数，得到地震信号数据，包括：

[0016] 根据所述缩尺地质模型，确定至少一个探测点、至少一个采样点；

[0017] 根据所述弹性波参数，发射弹性波；其中，所述弹性波是设置于任一探测点的目标模拟震源发射的；

[0018] 根据所述采样参数，采集所有所述采样点处的所述弹性波的振幅数据；其中，所述振幅数据是通过设置于所述采样点处的接收设备采集的；

[0019] 将所述目标模拟震源的共炮点道集作为地震信号数据；其中，所述共炮点道集是该目标模拟震源对应的所有所述振幅数据的集合。

[0020] 可选的，所述根据所述地震信号数据，建立地震信号数据库，包括：

[0021] 根据每个所述探测点处的模拟震源对应的地震信号数据，建立地震信号数据库。

[0022] 可选的，所述根据所述地震信号数据库中的数据，对地震信号数据进行分析，包括：

[0023] 根据所述勘探区域的震源数据，确定所述地震信号数据库中对应的模拟震源；

[0024] 根据所述模拟震源对应的地震信号数据，对所述震源数据进行分析。

[0025] 可选的，所述缩尺地质模型包括小试样模型；

[0026] 所述方法还包括：

[0027] 采集所述弹性波从该模拟震源的位置到任一采样点的传播时间；

[0028] 测量所述小试样模型的高度；

[0029] 根据所述传播时间和所述高度，计算得到该采样点处的标定声速；

[0030] 根据所述标定声速和所述模拟震源对应的地震信号数据，对地震信号数据进行分析。

[0031] 可选的，所述缩尺地质模型还包括多层缩尺地质模型；

[0032] 所述方法还包括：

[0033] 将该模拟震源与任一所述采样点的连线作为基准线；

[0034] 以该基准线为准，垂直切割得到的所述多层缩尺地质模型的剖面分布图；

[0035] 根据所述剖面分布图和所述模拟震源对应的地震信号数据，对地震信号数据进行分析。

[0036] 基于同一发明构思，本申请还提供了一种地震信号数据分析装置，包括：

[0037] 获取模块，被配置为获取勘探区域的震源数据和地质物理参数；

[0038] 数据采集模块，被配置为根据所述震源数据和所述地质物理参数，得到地震信号数据；其中，所述地震信号数据是通过设置于所述缩尺地质模型上的接受设备采集的，所述缩尺地质模型是根据所述地质物理参数制作的；

[0039] 数据库建立模块，被配置为根据所述地震信号数据，建立地震信号数据库；

[0040] 分析模块，被配置为根据所述地震信号数据库中的数据，对所述震源数据进行分析。

[0041] 基于同一发明构思，本申请还提供了一种电子设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述程序时实现如上述任意一项所述的地震信号数据分析方法。

[0042] 基于同一发明构思，本申请还提供了一种非暂态计算机可读存储介质，所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令，所述计算机指令用于使所述计算机执行上述任一所述的地震信号数据分析方法。

[0043] 从上面所述可以看出，本申请提供的地震信号数据分析方法、装置、电子设备及存储介质，通过制作勘探区域的缩尺地质模型，模拟实际勘探区域的地形地貌，采集地震信号数据。通过本申请提供的方法，可以低成本、高效率地获取地震信号数据，且该地震信号数据同时具有数据量大、可验证、数据真实的优点。为后续的工程地质地震研究提供了基础。

附图说明

[0044] 为了更清楚地说明本申请或相关技术中的技术方案，下面将对实施例或相关技术

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的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0045] 图1为本申请一个或多个实施例的地震信号数据分析方法的流程示意图；

[0046] 图2为本申请一个或多个实施例的勘探区域岩层结构示意图；

[0047] 图3为本申请一个或多个实施例的地震信号数据分析的实验结果图；

[0048] 图4为本申请一个或多个实施例的地震信号数据分析装置的结构示意图；

[0049] 图5为本申请一个或多个实施例的电子设备硬件结构示意图。

具体实施方式

[0050] 为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本申请进一步详细说明。

[0051] 需要说明的是，除非另外定义，本申请实施例使用的技术术语或者科学术语应当为本申请所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本申请实施例中使用的“第一”、“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的组成部分。“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同，而不排除其他元件或者物件。“连接”或者“相连”等类似的词语并非限定于物理的或者机械的连接，而是可以包括电性的连接，不管是直接的还是间接的。“上”、“下”、“左”、“右”等仅用于表示相对位置关系，当被描述对象的绝对位置改变后，则该相对位置关系也可能相应地改变。

[0052] 如背景技术所述，随着对地下空间的开采，地下工程技术快速发展。地下空间信息的探测与解码任务也随着成为重要课题。其中，对地震勘探的研究尤为重要。

[0053] 其中，判断地震信号数据是否优质一般可以从其数据量大小、可验证性、数据真实性等三方面进行。

[0054] 相关技术中，一般通过现场勘测、全尺寸模拟试验、数值模拟等方法获取地震信号数据并进行地震信号分析。但是三种方法都有其局限性。其中，现场勘测通过现场布置测线并且通过探测探勘区域的岩层地层结构构造、岩土性质、地质异常体以及地下水等工程地质条件，获取地震信号数据。通过这种方式获取的数据具有真实性且数据量大，但是具有难以控制变量参数、难以对地震信号数据进行验证、成本高等缺点。虽然部分情况下可以采用钻探法取出岩心并进行测量，但无法实现对所有采样点进行探测。全尺寸模型试验通过1:1制作勘探区域的模型，并模拟现场环境获取地震信号数据。通过这种方法可以获取大量的数据，且该数据还具有可验证、真实的优点。但是这种方法需要消耗大量的人力物力，时间成本和金钱成本都非常高昂，不适宜推广。数值模拟方法也可以获取大量的、可验证的数据，但是由于计算过程中存在各种假设及近似公式，因而其数据无法完全保证具有真实性。

[0055] 由此，本申请提出一种满足数据的数据量大、可验证、真实三种要求的地震信号数据分析方法。同时这种方法还具有成本低的优点。

[0056] 以下，通过具体的实施例来详细说明本申请一个或多个实施例的技术方案。

[0057] 参考图1，本申请一个或多个实施例的地震信号数据分析方法，包括以下步骤：

[0058] 步骤S101：获取勘探区域的震源数据和地质物理参数。

[0059] 本步骤中，主要获取勘探区域的震源数据和地质物理参数。获取上述震源数据的主要目的为在后续步骤中通过模拟该震源数据设置模拟震源，探测对应的地震信号数据。获取地质物理参数的目的在于根据上述地质物理参数进行缩尺地质模型的制作。

[0060] 在一些实施例中，上述震源数据包括探勘区域的实际震源的地震波数据，具体的包括上述地震波数据的频率、波速等。在一些实施例中，上述波速具体指地震波的纵波波速。

[0061] 在一些实施例中，上述地质物理参数主要包括勘探区域的岩石的弹性参数和岩石密度。

[0062] 综合弹性力学中的运动方程、几何方程和物理方程，可得拉梅运动方程，在不计体力的情况下，该方程可表示为：

[0063] $$(\lambda + G_d)\frac{\partial \theta}{\partial x} + G_d \nabla^2 u = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

[0064] $$(\lambda + G_d)\frac{\partial \theta}{\partial y} + G_d \nabla^2 v = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}$$

[0065] $$(\lambda + G_d)\frac{\partial \theta}{\partial z} + G_d \nabla^2 w = \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$$

[0066] 其中，u,v,w分别代表x,y,z方向的位移分量；λ代表拉梅常数，其值为$\frac{\mu_d E_d}{(1+\mu_d)(1-2\mu_d)}$；$E_d$代表介质的动弹性模量；$G_d$代表动剪切模量，其值为$\frac{E_d}{2(1+\mu_d)}$，$\mu_d$为介质的动泊松比；ρ代表介质密度；t代表时间。

[0067] 上述三式分别对x,y,z求偏导，并相加，得体积应变θ的波动方程：

[0068] $$\rho \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = (\lambda + 2G_d)\nabla^2 \theta$$

[0069] 其中，θ为表示弹性体膨胀、收缩状态的物理量。

[0070] 假设在实验中采用正弦波作为震源，即

[0071] $\theta = \theta_0 \sin \omega t$

[0072] 其中，θ_0代表初振幅，ω代表角频率。

[0073] 假定正弦波在各向同性的岩体中只考虑单方向传播的条件下，可得纵波在岩体中的传播速度v_P：

[0074] $$v_P = \left(\frac{\lambda + 2G_d}{\rho}\right)^{0.5}$$

[0075] 可见，纵波速度主要与介质密度有关。推广到任意振动波形、各向异性介质的条件下，此结论仍成立。

[0076] 由此，缩尺地质模型的制作材料的密度需要与勘探区域的岩石或地质体的密度保持一致，以保证通过该缩尺地质模型采集的弹性波波速与实际勘探区域相对应位置处采集的地震波波速保持一致。

[0077] 在一些实施例中，该弹性参数可以根据原位测试、岩样测试以及常见岩土弹性介

质资料获取。岩石密度可以通过密度公式计算得到。

[0078] 步骤S102:根据所述震源数据和所述地质物理参数,得到地震信号数据;其中,所述地震信号数据是通过设置于所述缩尺地质模型上的接受设备采集的,所述缩尺地质模型是根据所述地质物理参数制作的。

[0079] 在本步骤中,根据步骤S101获取的数据,通过制作的缩尺模型,采集得到地震信号数据。

[0080] 根据上文内容可知,在介质密度确定的情况下,模型和探勘区域线性尺寸的相似比对波的传播无影响,因此模型的缩小比例只需要根据实际地质体尺度和范围加以决定。

[0081] 在一些实施例中,可以根据上述地质物理参数,确定模型制作参数;根据上述模型制作参数和上述震源数据,确定弹性波参数和采样参数;根据上述弹性波参数和采样参数,得到地震信号数据。

[0082] 具体的,由于本申请主要通过制作的勘探区域的缩尺地质模型探测模拟地震信号,因此需要确定勘探区域的地质物理参数中的线性尺寸参数与上述缩尺地质模型的预定的线性尺寸之间的比例。在一些实施例中,为了方便后续模型的大规模制作和批量生产,因此可以预定上述缩尺地质模型的线性尺寸。

[0083] 然后根据模型制作参数和震源数据,确定弹性波的参数。在一些实施例中,上述弹性波参数包括:纵波波速、弹性波频率。现场勘测时地震波的波长可以通过如下公式计算得到:

[0084] $$\lambda = \frac{v}{f}$$

[0085] 其中,f代表现场勘测时震源频率,v代表介质中的地震波波速,λ代表地震波波长。由于弹性波在相同介质中的传播速度是一致的,因此在保证模型与实际勘探区域岩石的密度相同的情况下,根据上述内容,缩尺地质模型需要的探测频率可以通过如下公式计算得到:

[0086] $$\frac{l'}{l} = \frac{f}{f'}$$

[0087] 其中,l′代表缩尺地质模型的尺度,l代表勘探区域的尺度,f代表现场勘测时的震源频率,f′代表缩尺地质模型所需的弹性波频率。

[0088] 同时,还可以通过如下公式计算缩尺地质模型中弹性波的传播时间:

[0089] $$\frac{l'}{l} = \frac{t'}{t}$$

[0090] 其中,t′代表弹性波在缩尺地质模型内的传播时间,t代表勘探区域内地震波的传播时间。

[0091] 在一些实施例中,还可以根据模型制作参数和震源数据,确定采样数据。具体的,上述采样数据包括采样频率和采样时间。在一些实施例中,采样频率和采样时间也与模型和勘探区域的线性尺寸的比例有关系。

[0092] 弹性波的振幅会在传播过程中逐渐衰减,其衰减公式如下所示:

[0093] $A(x) = -A_0 e^{-\omega t}$

[0094] 其中，A(x)表示振幅随时间衰减函数，A_0表示初始振幅，ω表示角频率，可以通过公式ω＝2πf计算得到，t表示时间。通过上述公式可以发现，弹性波的频率越高，其振幅衰减越快。在一些实施例中，为了获得信噪比较高且能够判读的地震波信号，可以提高采样频率。

[0095] 在一些实施例中，线性尺寸、介质密度、波速、震源激发频率、采样时间、采样频率，可以根据如下公式进行设置。

[0096]

参数名称	比例公式	比例系数
线性尺寸	L_m/L_r	1/m
密度	ρ_m/ρ_r	1
速度	v_m/v_r	1
震源激发频率	f_m/f_r	m
采样时间	t_m/t_r	1/m
采样频率	sf_m/sf_r	m

[0097] 其中，m表示缩尺地质模型的缩小比例。L_m、ρ_m、v_m、f_m、t_m、sf_m表示缩尺地质模型的线性尺寸、介质密度、波速、震源激发频率、采样时间、采样频率；L_r、ρ_r、v_r、f_r、t_r、sf_r表示探勘区域实际研究对象的线性尺寸、介质密度、波速、震源激发频率、采样时间、采样频率。

[0098] 根据上述内容确定模型制作参数、弹性波参数和采样参数后，根据上述所有参数，得到地震信号数据。

[0099] 具体的，首先根据上述模型制作参数，制作缩尺地质模型。在一些实施例中，上述缩尺地质模型包括多层缩尺地质模型。

[0100] 然后在上述模型上设置至少一个探测点和至少一个采样点。上述探测点用于设置信号发射装置作为震源，在一些实施例中，包括可以发射弹性波的声波探头。其不同的发射弹性波的装置只要能达到相应的目的，不同的装置均不会影响本发明的保护范围。上述采样点用于设置接收装置，在一些实施例中，包括可以接收弹性波信号的接收器装置。其不同的接收器装置只要能达到相应的目的，不同的装置均不会影响本发明的保护范围。

[0101] 在一些实施例中，可以根据上述弹性波参数进行设置的信号发射装置设置于任一探测点处，然后通过设置于所有采样点处的接收装置接收弹性波的振幅数据。

[0102] 同一个信号发射装置对应的所有振幅数据组成的集合，称为该震源的共炮点道集。将所述共炮点道集作为地震信号数据。

[0103] 在一些实施例中，在制作好的多层缩尺地质模型表面绘制等间距网格，并对每条网线按照从左到右、从下到上的顺序标记序号，各条网线的交叉点即为采样点。

[0104] 在任一预定的探测点位置处设置信号发射装置，信号发射参数根据步骤S101获得的弹性波参数进行设置。

[0105] 将采集装置设置于上述交叉点处。待发射信号稳定后，通过交叉点处的采集装置采集弹性波的振幅数据。所有采样点处的振幅数据组成共炮点道集。

[0106] 在一些实施例中，可以通过反射波探测、跨孔探测等地震物探方法模拟，采集地震信号数据。其不同的获取地震信号数据的方式只要能达到相应的目的，不同的方法均不会影响本发明的保护范围。

[0107] 步骤S103：根据所述地震信号数据，建立地震信号数据库。

[0108] 根据步骤S102,可以得到某个震源的共炮点道集,将其作为地震信号数据。

[0109] 在所有探测点处分别布置震源,可以得到多个共炮点道集。在一些实施例中,可以根据所有共炮点道集建立地震信号数据库。

[0110] 步骤S104:根据所述地震信号数据库中的数据,对所述震源数据进行分析。

[0111] 在一些实施例中,可以根据地震信号数据库中的数据建模型,研究地震信号数据的变化规律。在另一些实施例中,可以根据上述地震信号数据和勘探区域的震源数据或其他实际地震信号数据,进行正演或反演,确定勘探区域岩石层变化趋势。

[0112] 在一些实施例中,根据所述标定声速和所述模拟震源对应的地震信号数据,对地震信号数据进行分析。

[0113] 在一些实施例中,上述缩尺地质模型包括小试样模型。通过上述小试样模型,可以进行单层地层声速的标定。

[0114] 在一些实施例中,可以采用反射或透射的方法进行标定。在一些实施例中,可以同时采用反射和投射的方法进行标定,其结果互为印证。

[0115] 在一些实施例中,利用反射方法标定声速包括:首先根据单层地层模型的大小选取探测点,以便后续进行多次不同深度的探测。然后将超声波探头设置于任一探测点处,激发预定频率作为震源。该超声波探头同时作为接收器。待震源信号稳定、波形不再变化后,采集波形中每个采样点对应的振幅。利用上述方法对所有探测点进行探测。

[0116] 在一些实施例中,利用透射方法标定声速方法与上述方法类似,其区别在于,设置两个探头,分别作为震源和接收器,然后分别设置于模型上下底面处,二者轴心应当共线。

[0117] 在一些实施例中,根据所述剖面分布图和所述模拟震源对应的地震信号数据,对地震信号数据进行分析。

[0118] 在一些实施例中,通过多层缩尺地质模型,根据上述共炮点数据组成的共炮点道集中震源与接收器连线下的剖面形态进行二次分类,建立地震信号数据库。上述地震信号数据库有利于后续根据地震实测信号数据进行反演计算。

[0119] 在一些实施例中,可以先对地震信号进行预处理。在一些实施例中,具体的,可以运用滤波手段压制噪声。在一些实施例中,可以通过人工识别反射信号位置,求算该位置的标定声速,然后用多层模型反射信号时间校核声速精度。

[0120] 在一些实施例中,还可以通过训练好的神经网络模型对缩尺地质模型的反演精度、泛化能力进行评估。主要步骤包括:

[0121] 首先对上述步骤中得到的地震信息数据库中的数据进行预处理。

[0122] 将上述地震信息数据库中的数据和上述缩尺地质模型作为输入数据,通过训练好的神经网络模型,得到输出的预测波速数据。

[0123] 在勘探区域通过人为测量的方式得到实际波速数据。

[0124] 比较上述实际波速数据与预测波速数据,如果得到的预测波速数据与实际波速数据的偏差值小于预定阈值,则认为通过验证,通过本申请方法得到的地震信号数据具有真实性。

[0125] 在一些实施例中,上述步骤中的小试样模型的制作方法,包括:

[0126] 根据岩石密度选择调制模型的材料并按照比例调制模型材料。在一些实施例中,调制模型的材料包括水、砂、水泥。在一些实施例中,由于最终制成的模型密度受到各种因

素的影响，因此在实验过程中，可以按照不同配合比制作多份模型材料。在一些实施例中，上述模型材料需要在容器内充分搅拌，直至搅拌均匀且没有任何结块。

[0127] 之后将上述模型材料倒入小试样模具中，并排出气泡。模型初凝后，即可拔除上述小试样模具，倒出模型。

[0128] 将上述模型放在避光通风处保存，直至模型不再固结收缩。

[0129] 对小试样模型的密度进行测定。在一些实施例中，可以测量模型的质量和体积，然后通过密度计算公式，计算得到密度。

[0130] 选择多个模型中密度与所需密度值最接近的模型，并确定其制作过程中的材料配比，以便后续的多层缩尺模型和模型批量制作。

[0131] 在一些实施例中，可以通过3D打印的方式制作小试样模型。其不同的制作小试样模型的方式只要能达到相应的目的，不同的方法均不会影响本发明的保护范围。在一些实施例中，可以根据实验精度需求进行制作方法的选择。

[0132] 在一些实施例中，上述步骤中的多层缩尺地质模型的制作方法，包括：

[0133] 首先通过电脑建模软件根据勘探区域的实际情况进行三维模型建模。三维模型与勘探区域相比，缩放比例为1:1。通过上述三维模型，可以查看不同区域和位置的地质结构、形态特征。

[0134] 以图2所示的一个实施例的三维模型为例，通过上述三维模型可以确定上述三维模型中不同地质构造的岩层。根据上述三维模型加工被地址构造所分割或是模型表面为非水平面区域的模具，并以此为依据将模型划分为不同的区块。

[0135] 加工模型箱并调制模型材料。在模型箱四周画上刻度用于定位，在内侧四壁与底部插入双面均匀涂抹凡士林的薄塑料垫板便于脱模。计算制作多层缩尺地质模型所需材料类型及用量，并根据每个区块的用量分成多份。将材料根据区块倒入不同的模具，然后对材料进行充分搅拌均匀，直至内部没有任何结块。在一些实施例中，根据多层模型中每一区块顶面距离模型箱底部的距离，按照从下往上的顺序浇筑、定型每一区块模型并根据上述三维模型在相应位置添加地质异常体。

[0136] 对制作的多个多层缩尺地质模型进行通风保存，直至模型不再固结收缩。

[0137] 对上述多个多层缩尺地质模型进行密度测定。选择其中密度与实际勘探区域密度值最接近的多层缩尺地质模型，进行后续地质信号测定。

[0138] 在一些实施例中，可以通过3D打印的方式制作多层缩尺地质模型。其不同的制作小试样模型的方式只要能达到相应的目的，不同的方法均不会影响本发明的保护范围。在一些实施例中，可以根据实验精度需求进行制作方法的选择。

[0139] 如图3所示，通过实验可以发现，以波速数据为评价标准，通过本申请获取的地震信号数据具有极高的精度。由此可以认为本申请提供的方法具有数据量大、可验证、真实几大特性。

[0140] 需要说明的是，本申请实施例的方法可以由单个设备执行，例如一台计算机或服务器等。本实施例的方法也可以应用于分布式场景下，由多台设备相互配合来完成。在这种分布式场景的情况下，这多台设备中的一台设备可以只执行本申请实施例的方法中的某一个或多个步骤，这多台设备相互之间会进行交互以完成所述的方法。

[0141] 需要说明的是，上述对本申请的一些实施例进行了描述。其它实施例在所附权利

要求书的范围内。在一些情况下，在权利要求书中记载的动作或步骤可以按照不同于上述实施例中的顺序来执行并且仍然可以实现期望的结果。另外，在附图中描绘的过程不一定要求示出的特定顺序或者连续顺序才能实现期望的结果。在某些实施方式中，多任务处理和并行处理也是可以的或者可能是有利的。

[0142] 基于同一发明构思，与上述任意实施例方法相对应的，本申请还提供了一种地震信号数据分析装置。

[0143] 参考图4，所述地震信号数据分析装置，包括：

[0144] 获取模块，被配置为获取勘探区域的震源数据和地质物理参数；

[0145] 数据采集模块，被配置为根据所述震源数据和所述地质物理参数，得到地震信号数据；其中，所述地震信号数据是通过设置于所述缩尺地质模型上的接受设备采集的，所述缩尺地质模型是根据所述地质物理参数制作的；

[0146] 数据库建立模块，被配置为根据所述地震信号数据，建立地震信号数据库；

[0147] 分析模块，被配置为根据所述地震信号数据库中的数据，对所述震源数据进行分析。

[0148] 为了描述的方便，描述以上装置时以功能分为各种模块分别描述。当然，在实施本申请时可以把各模块的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。

[0149] 上述实施例的装置用于实现前述任一实施例中相应的地震信号数据分析方法，并且具有相应的方法实施例的有益效果，在此不再赘述。

[0150] 基于同一发明构思，与上述任意实施例方法相对应的，本申请还提供了一种电子设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述程序时实现上任意一实施例所述的地震信号数据分析方法。

[0151] 图5示出了本实施例所提供的一种更为具体的电子设备硬件结构示意图，该设备可以包括：处理器1010、存储器1020、输入/输出接口1030、通信接口1040和总线1050。其中处理器1010、存储器1020、输入/输出接口1030和通信接口1040通过总线1050实现彼此之间在设备内部的通信连接。

[0152] 处理器1010可以采用通用的CPU(Central Processing Unit，中央处理器)、微处理器、应用专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit，ASIC)、或者一个或多个集成电路等方式实现，用于执行相关程序，以实现本说明书实施例所提供的技术方案。

[0153] 存储器1020可以采用ROM(Read Only Memory，只读存储器)、RAM(Random Access Memory，随机存取存储器)、静态存储设备，动态存储设备等形式实现。存储器1020可以存储操作系统和其他应用程序，在通过软件或者固件来实现本说明书实施例所提供的技术方案时，相关的程序代码保存在存储器1020中，并由处理器1010来调用执行。

[0154] 输入/输出接口1030用于连接输入/输出模块，以实现信息输入及输出。输入输出/模块可以作为组件配置在设备中(图中未示出)，也可以外接于设备以提供相应功能。其中输入设备可以包括键盘、鼠标、触摸屏、麦克风、各类传感器等，输出设备可以包括显示器、扬声器、振动器、指示灯等。

[0155] 通信接口1040用于连接通信模块(图中未示出)，以实现本设备与其他设备的通信交互。其中通信模块可以通过有线方式(例如USB、网线等)实现通信，也可以通过无线方式

(例如移动网络、WIFI、蓝牙等)实现通信。

[0156] 总线1050包括一通路,在设备的各个组件(例如处理器1010、存储器1020、输入/输出接口1030和通信接口1040)之间传输信息。

[0157] 需要说明的是,尽管上述设备仅示出了处理器1010、存储器1020、输入/输出接口1030、通信接口1040以及总线1050,但是在具体实施过程中,该设备还可以包括实现正常运行所必需的其他组件。此外,本领域的技术人员可以理解的是,上述设备中也可以仅包含实现本说明书实施例方案所必需的组件,而不必包含图中所示的全部组件。

[0158] 上述实施例的电子设备用于实现前述任一实施例中相应的地震信号数据分析方法,并且具有相应的方法实施例的有益效果,在此不再赘述。

[0159] 基于同一发明构思,与上述任意实施例方法相对应的,本申请还提供了一种非暂态计算机可读存储介质,所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令,所述计算机指令用于使所述计算机执行如上任一实施例所述的地震信号数据分析方法。

[0160] 本实施例的计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括,但不限于相变内存(PRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、其他类型的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储、磁盒式磁带,磁带磁磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质,可用于存储可以被计算设备访问的信息。

[0161] 上述实施例的存储介质存储的计算机指令用于使所述计算机执行如上任一实施例所述的地震信号数据分析方法,并且具有相应的方法实施例的有益效果,在此不再赘述。

[0162] 所属领域的普通技术人员应当理解:以上任何实施例的讨论仅为示例性的,并非旨在暗示本申请的范围(包括权利要求)被限于这些例子;在本申请的思路下,以上实施例或者不同实施例中的技术特征之间也可以进行组合,步骤可以以任意顺序实现,并存在如上所述的本申请实施例的不同方面的许多其它变化,为了简明它们没有在细节中提供。

[0163] 另外,为简化说明和讨论,并且为了不会使本申请实施例难以理解,在所提供的附图中可以示出或可以不示出与集成电路(IC)芯片和其它部件的公知的电源/接地连接。此外,可以以框图的形式示出装置,以便避免使本申请实施例难以理解,并且这也考虑了以下事实,即关于这些框图装置的实施方式的细节是高度取决于将要实施本申请实施例的平台的(即,这些细节应当完全处于本领域技术人员的理解范围内)。在阐述了具体细节(例如,电路)以描述本申请的示例性实施例的情况下,对本领域技术人员来说显而易见的是,可以在没有这些具体细节的情况下或者这些具体细节有变化的情况下实施本申请实施例。因此,这些描述应被认为是说明性的而不是限制性的。

[0164] 尽管已经结合了本申请的具体实施例对本申请进行了描述,但是根据前面的描述,这些实施例的很多替换、修改和变型对本领域普通技术人员来说将是显而易见的。例如,其它存储器架构(例如,动态RAM(DRAM))可以使用所讨论的实施例。

[0165] 本申请实施例旨在涵盖落入所附权利要求的宽泛范围之内的所有这样的替换、修改和变型。因此,凡在本申请实施例的精神和原则之内,所做的任何省略、修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

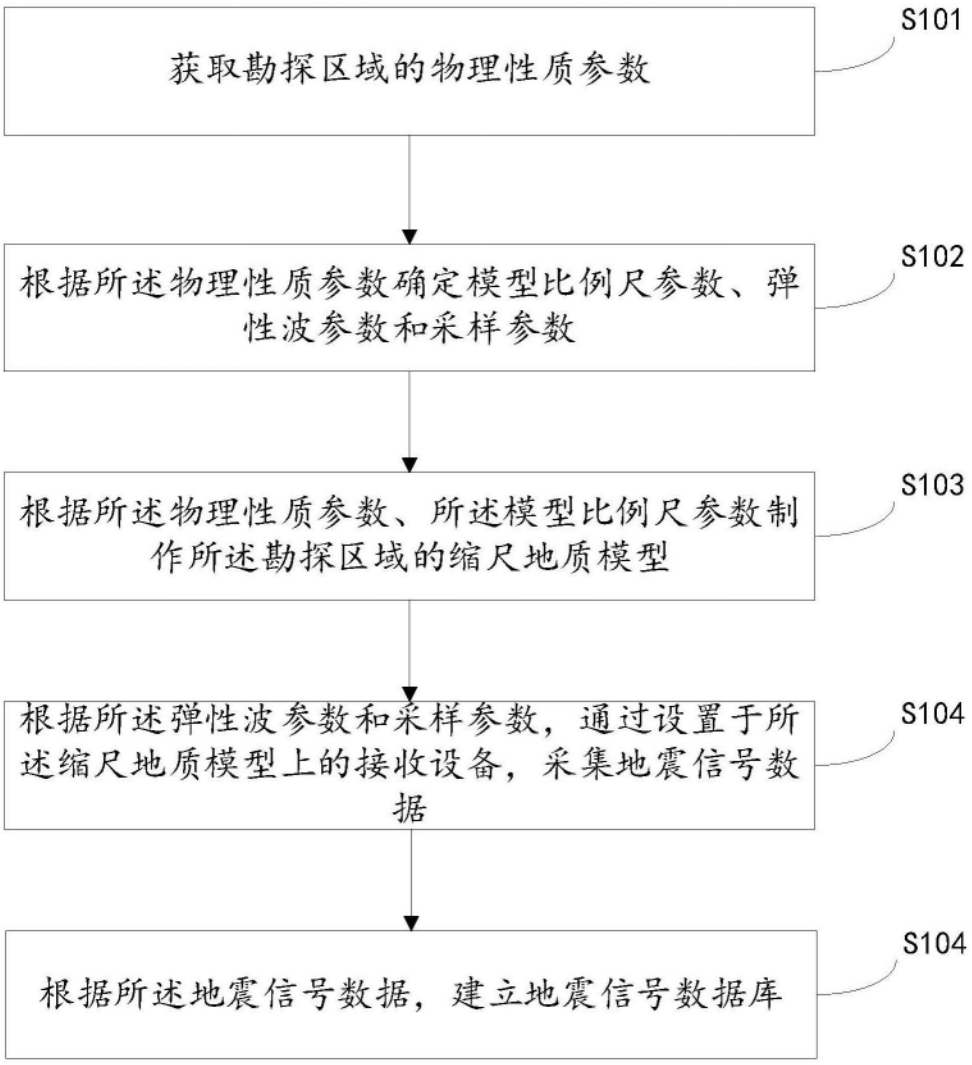

获取勘探区域的物理性质参数
S101
根据所述物理性质参数确定模型比例尺参数、弹性波参数和采样参数
S102
根据所述物理性质参数、所述模型比例尺参数制作所述勘探区域的缩尺地质模型
S103
根据所述弹性波参数和采样参数，通过设置于所述缩尺地质模型上的接收设备，采集地震信号数据
S104
根据所述地震信号数据，建立地震信号数据库
S104

图1

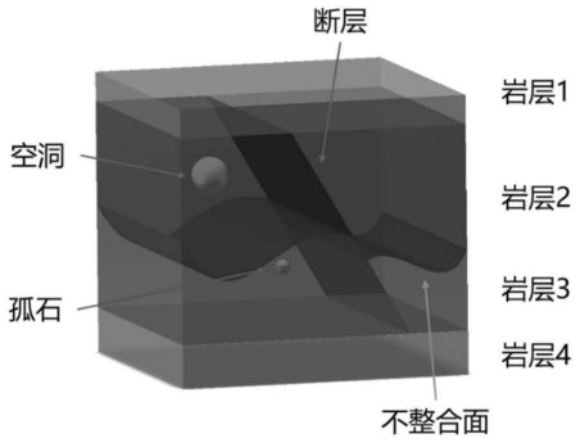
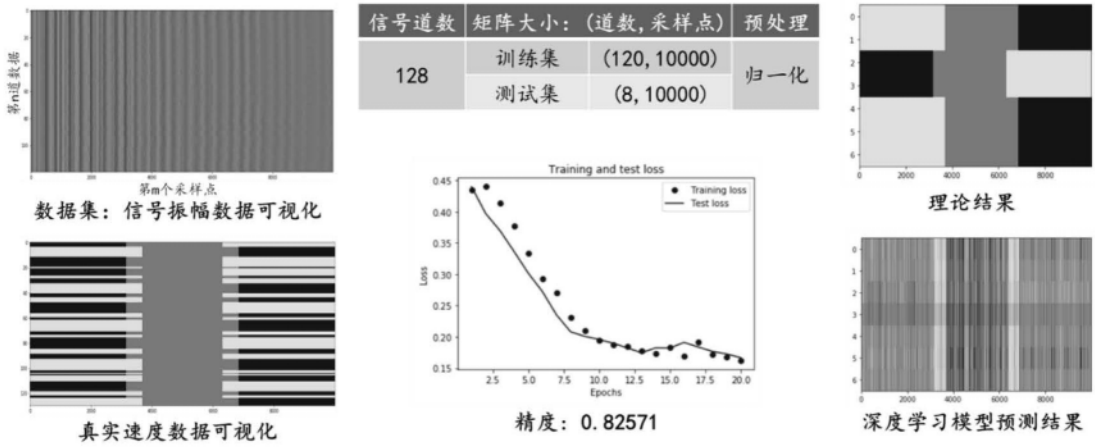

断层
岩层1
空洞
岩层2
岩层3
孤石
岩层4
不整合面

图2



信号道数	矩阵大小：（道数，采样点）		预处理
128	训练集	(120, 10000)	归一化
	测试集	(8, 10000)	

图3

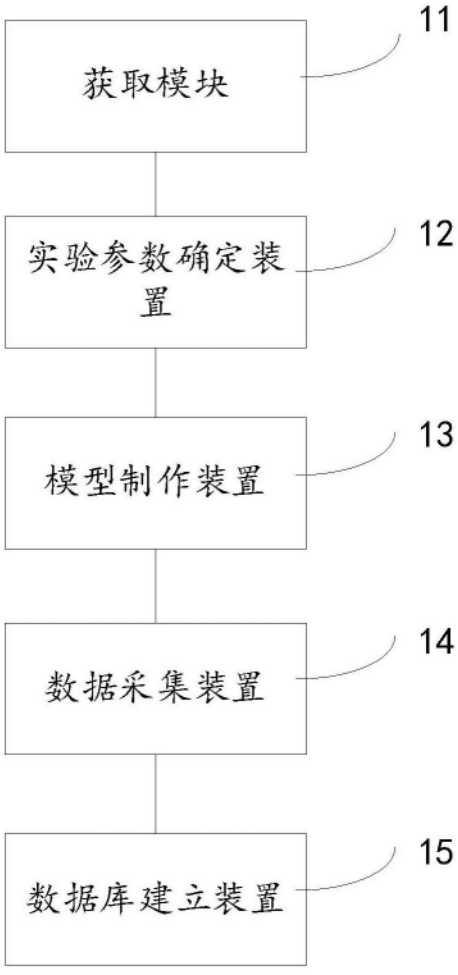


图4

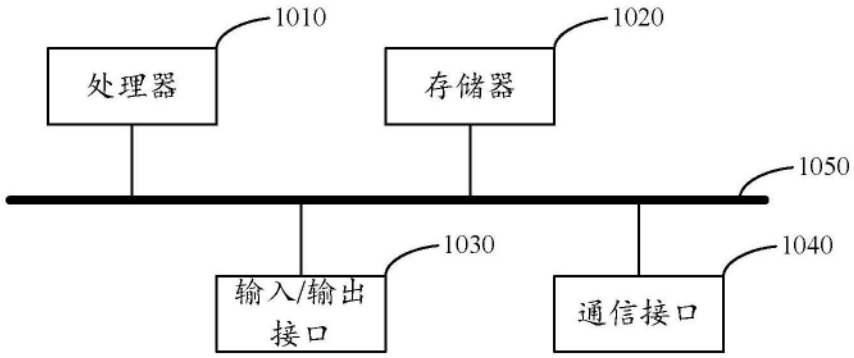


图5