



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112558153 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 29

(21) 申请号 201910908826.0

审查员 陈文爽

(22) 申请日 2019.09.25

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112558153 A

(43) 申请公布日 2021.03.26

(73) 专利权人 中国石油天然气股份有限公司

地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号

(72) 发明人 桂金咏 高建虎 雍学善 李胜军

王洪求 刘炳杨

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

代理人 周永君 孙乳笋

(51) Int. Cl.

G01V 1/30 (2006.01)

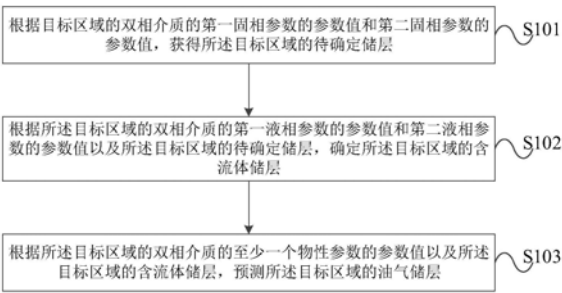
权利要求书3页 说明书20页 附图7页

(54) 发明名称

一种双相介质的油气储层预测方法及装置

(57) 摘要

本发明提供一种双相介质的油气储层预测方法及装置,所述方法包括:根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值,获得所述目标区域的待确定储层;根据所述双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及所述目标区域的待确定储层,确定所述目标区域的含流体储层;根据所述双相介质的至少一个物性参数的参数值以及所述目标区域的含流体储层,预测所述目标区域的油气储层。所述装置用于执行上述方法。本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测方法及装置,提高了油气储层预测的准确性。



1. 一种双相介质的油气储层预测方法,其特征在于,包括:

根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值,获得所述目标区域的待确定储层;

根据所述目标区域的双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及所述目标区域的待确定储层,确定所述目标区域的含流体储层;

根据所述目标区域的双相介质的至少一个物性参数的参数值以及所述目标区域的含流体储层,预测所述目标区域的油气储层;

其中,所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值是预先获得的,所述至少一个物性参数的参数值是根据所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值获得的;

其中,获得所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值的步骤包括:

根据双相介质弹性阻抗方程对所述目标区域的至少四个不同入射角度的叠前角度部分叠加道集进行双相介质弹性阻抗反演,获得每个所述入射角度对应的双相介质弹性阻抗数据体;其中,所述双相介质弹性阻抗方程是基于双相介质反射系数的简化方程以及双相介质反射系数的阻抗表达式获得的,所述双相介质反射系数的简化方程是预设的,包括所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述第二液相参数;

根据所述至少四个入射角度对应的双相介质弹性阻抗数据体以及各自对应的双相介质弹性阻抗方程,获得所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述双相介质反射系数的简化方程为固相部分和液相部分之和,所述固相部分根据所述第一固相参数和所述第二固相参数以及各自对应的系数获得,所述液相部分根据所述第一液相参数和所述第二液相参数以及各自对应的系数获得;其中,所述第一固相参数对应的系数、所述第二固相参数对应的系数、所述第一液相参数对应的系数和所述第二液相参数对应的系数都与所述入射角度相关。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述第一固相参数为阻止所述双相介质的固体骨架横向压缩所需的拉应力的度量,所述第二固相参数为所述双相介质的固体骨架抵抗剪切应变的度量,且所述第一固相参数对应的系数是根据等效介质反射系数方程的拉梅参数的系数确定的,所述第二固相参数对应的系数是根据等效介质反射系数方程的剪切模量的系数确定的。

4. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,获得所述第一液相参数对应的系数和所述第二液相参数对应的系数的步骤包括:

根据叠前道集角度范围的I个入射角度和J组双相介质弹性参数以及所述双相介质反射系数的简化方程,构建 $I \times J$ 阶矩阵方程组;其中,每个入射角度和每组双相介质弹性参数对应的纵波反射系数根据双相介质反射系数的一般方程求解获得;每组双相介质弹性参数包括所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述第二液相参数;

对所述 $I \times J$ 阶矩阵方程组进行求解,获得所述I个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值和所述I个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值;

根据所述I个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值,获得所述入射角度与所述第一液相参数对应的系数的关系,并根据所述I个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值,获得所述入射角度与所述第二液相参数对应的系数的关系。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,根据所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值获得所述至少一个物性参数的参数值包括:

将所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值输入至物性参数目标反演函数,获得待求解方程;其中,所述物性参数目标反演函数是基于所述至少一个物性参数以及对应的第一固相参数、第二固相参数、第一液相参数和第二液相参数的样本训练数据集训练后获得的;

对所述待求解方程进行求解,获得所述至少一个物性参数的参数值。

6. 根据权利要求1至5任一项所述的方法,其特征在于,所述至少一个物性参数包括孔隙度和/或油气饱和度。

7. 一种双相介质的油气储层预测装置,其特征在于,包括:

待确定储层获得单元,用于根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值,获得所述目标区域的待确定储层;

含流体储层确定单元,用于根据所述目标区域的双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及所述目标区域的待确定储层,确定所述目标区域的含流体储层;

油气储层预测单元,用于根据所述目标区域的双相介质的至少一个物性参数的参数值以及所述目标区域的含流体储层,预测所述目标区域的油气储层;

其中,所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值是预先获得的,所述至少一个物性参数的参数值是根据所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值获得的;

所述装置还包括:

第一获得单元,用于根据双相介质弹性阻抗方程对所述目标区域的至少四个不同入射角度的叠前角度部分叠加道集进行双相介质弹性阻抗反演,获得每个所述入射角度对应的双相介质弹性阻抗数据体;其中,所述双相介质弹性阻抗方程是基于双相介质反射系数的简化方程以及双相介质反射系数的阻抗表达式获得的,所述双相介质反射系数的简化方程是预设的,包括所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述第二液相参数;

第二获得单元,用于根据所述至少四个入射角度对应的双相介质弹性阻抗数据体以及各自对应的双相介质弹性阻抗方程,获得所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值。

8. 根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述双相介质反射系数的简化方程为固相部分和液相部分之和,所述固相部分根据所述第一固相参数和所述第二固相参数以及各自对应的系数获得,所述液相部分根据所述第一液相参数和所述第二液相参数以及各自对应的系数获得;其中,所述第一固相参数对应的系数、所述第二固相参数对应的系数、所述第

一液相参数对应的系数和所述第二液相参数对应的系数都与所述入射角度相关。

9. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述第一固相参数为阻止所述双相介质的固体骨架横向压缩所需的拉应力的度量,所述第二固相参数为所述双相介质的固体骨架抵抗剪切应变的度量,且所述第一固相参数对应的系数是根据等效介质反射系数方程的拉梅参数的系数确定的,所述第二固相参数对应的系数是根据等效介质反射系数方程的剪切模量的系数确定的。

10. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,还包括:

构建单元,用于根据叠前道集角度范围的I个入射角度和J组双相介质弹性参数以及所述双相介质反射系数的简化方程,构建 $I \times J$ 阶矩阵方程组;其中,每个入射角度和每组双相介质弹性参数对应的纵波反射系数根据双相介质反射系数的一般方程求解获得;每组双相介质弹性参数包括所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述第二液相参数;

求解单元,用于对所述 $I \times J$ 阶矩阵方程组进行求解,获得所述I个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值和所述I个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值;

第三获得单元,用于根据所述I个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值,获得所述入射角度与所述第一液相参数对应的系数的关系,并根据所述I个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值,获得所述入射角度与所述第二液相参数对应的系数的关系。

11. 根据权利要求7所述的装置,其特征在于,还包括:

第四获得单元,用于将所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值输入至物性参数目标反演函数,获得待求解方程;其中,所述物性参数目标反演函数是基于所述至少一个物性参数以及对应的第一固相参数、第二固相参数、第一液相参数和第二液相参数的样本训练数据集训练后获得的;

第五获得单元,用于对所述待求解方程进行求解,获得所述至少一个物性参数的参数值。

12. 根据权利要求7至11任一项所述的装置,其特征在于,所述至少一个物性参数包括孔隙度和/或油气饱和度。

13. 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计算机程序时实现权利要求1至6任一项所述方法的步骤。

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

一种双相介质的油气储层预测方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及地质勘探技术领域,具体涉及一种双相介质的油气储层预测方法及装置。

背景技术

[0002] 在地震勘探领域,油气勘探已从构造勘探转向岩性勘探,隐蔽型油气藏是新的油气勘探目标,而这些油气藏都是由岩石固体骨架和岩石孔隙中的流体构成的双相介质。

[0003] 现有技术中,油气预测方法通常将含油气储层等效为单一固体,利用地震波反射振幅随偏移距变化特征开展叠前AVO反演,其理论基础是Zoeppritz方程。Zoeppritz方程是描述地震振幅在两种单相固体介质分界面处的反射与透射规律的基本方程。然而,含油气储层并非完全固体的弹性介质。通常情况下,含油气储层为孔隙、裂缝型,表现为固体骨架与流体双相介质特征。由于流体的存在以及固体与流体的相互作用会弱化岩石的力学性质,弹性波在双相介质中的传播比在单相介质中的传播更具复杂性。因此,现有技术中基于单相介质理论的Zoeppritz方程难以准确描述地震波在双相介质中的传播过程和规律。

[0004] 因此,如何提出一种双相介质的油气储层预测方法,能够实现对目标区域油气储层的预测,以提高油气储层预测的准确性成为本领域需要解决的重要课题。

发明内容

[0005] 针对现有技术中的问题,本发明实施例提供一种双相介质的油气储层预测方法及装置。

[0006] 一方面,本发明提出一种双相介质的油气储层预测方法,包括:

[0007] 根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值,获得所述目标区域的待确定储层;

[0008] 根据所述目标区域的双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及所述目标区域的待确定储层,确定所述目标区域的含流体储层;

[0009] 根据所述目标区域的双相介质的至少一个物性参数的参数值以及所述目标区域的含流体储层,预测所述目标区域的油气储层;

[0010] 其中,所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值是预先获得的,所述至少一个物性参数的参数值是根据所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值获得的。

[0011] 另一方面,本发明提供一种双相介质的油气储层预测装置,包括:

[0012] 待确定储层获得单元,用于根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值,获得所述目标区域的待确定储层;

[0013] 含流体储层确定单元,用于根据所述目标区域的双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及所述目标区域的待确定储层,确定所述目标区域的含流体

储层；

[0014] 油气储层预测单元，用于根据所述目标区域的双相介质的至少一个物性参数的参数值以及所述目标区域的含流体储层，预测所述目标区域的油气储层；

[0015] 其中，所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值是预先获得的，所述至少一个物性参数的参数值是根据所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值获得的。

[0016] 再一方面，本发明提供一种电子设备，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述任一实施例所述双相介质的油气储层预测方法的步骤。

[0017] 又一方面，本发明提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现上述任一实施例所述双相介质的油气储层预测方法的步骤。

[0018] 本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测方法及装置，根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值，获得目标区域的待确定储层，然后根据双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及目标区域的待确定储层，确定目标区域的含流体储层，最后根据双相介质的至少一个物性参数的参数值以及目标区域的含流体储层，预测目标区域的油气储层，能够实现对目标区域进行油气储层的定量预测，提高了油气储层预测的准确性。

附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，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发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。在附图中：

[0020] 图1是本发明一实施例提供的双相介质的油气储层预测方法的流程示意图。

[0021] 图2a是本发明一实施例提供的第一固相参数的反演结果的示意图。

[0022] 图2b是本发明一实施例提供的第二固相参数的反演结果的示意图。

[0023] 图3a是本发明一实施例提供的第一液相参数的反演结果的示意图。

[0024] 图3b是本发明一实施例提供的第二液相参数的反演结果的示意图。

[0025] 图4a是本发明一实施例提供的孔隙度的反演结果的示意图。

[0026] 图4b是本发明一实施例提供的油气饱和度的反演结果的示意图。

[0027] 图5是本发明另一实施例提供的双相介质的油气储层预测方法的流程示意图。

[0028] 图6是本发明一实施例提供的不同入射角度的双相介质弹性阻抗曲线的示意图。

[0029] 图7是本发明一实施例提供的双相介质弹性参数的对比示意图。

[0030] 图8是本发明又一实施例提供的双相介质的油气储层预测方法的流程示意图。

[0031] 图9是本发明再一实施例提供的双相介质的油气储层预测方法的流程示意图。

[0032] 图10是本发明一实施例提供的不同方法获得的物性参数的曲线示意图。

[0033] 图11是本发明一实施例提供的双相介质的油气储层预测装置的结构示意图。

[0034] 图12是本发明另一实施例提供的双相介质的油气储层预测装置的结构示意图。

[0035] 图13是本发明又一实施例提供的双相介质的油气储层预测装置的结构示意图。

[0036] 图14是本发明又一实施例提供的双相介质的油气储层预测装置的结构示意图。

[0037] 图15是本发明一实施例提供的电子设备的实体结构示意图。

具体实施方式

[0038] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚明白，下面结合附图对本发明实施例做进一步详细说明。在此，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，但并不作为对本发明的限定。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0039] 图1是本发明一实施例提供的双相介质的油气储层预测方法的流程示意图，如图1所示，本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测方法，包括：

[0040] S101、根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值，获得所述目标区域的待确定储层；

[0041] 具体地，对所述目标区域的叠前道集数据进行双相介质的第一固相参数的反演，可以获得所述目标区域的第一固相参数的反演结果，由于储层和非储层的第一固相参数的取值范围不同，根据所述目标区域的第一固相参数的反演结果中各个第一固相参数的参数值以及储层的第一固相参数的取值范围，可以确定储层的分布位置。同理，对所述目标区域的叠前道集数据进行双相介质的第二固相参数的反演，可以获得所述目标区域的第二固相参数的反演结果，由于储层和非储层的第二固相参数的取值范围不同，根据所述目标区域的第二固相参数的反演结果中各个第二固相参数的参数值以及储层的第二固相参数的取值范围，可以确定储层的分布位置。如果所述第一固相参数的参数值在储层的第一固相参数的取值范围内且对应的所述第二固相参数的参数值在储层的第二固相参数的取值范围内，那么上述第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值对应的所述目标区域的位置属于所述目标区域的待确定储层。对所述目标区域的第一固相参数的反演结果和第二固相参数的反演结果都进行上述判断过程，从而可以确定所述目标区域的待确定储层。

[0042] 其中，所述第一固相参数可以是表示阻止双相介质的固体骨架横向压缩所需的拉应力的度量，单位可以为牛/平方米；所述第二固相参数可以是双相介质的固体骨架抵抗剪切应变的度量，单位可以为牛/平方米；所述第一固相参数的反演结果和所述第二固相参数的反演结果中对应相同道集数据和时间数据的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值相对应。所述第一固相参数的反演结果包括时间、道集和第一固相参数的对应关系，所述第二固相参数的反演结果包括时间、道集和第二固相参数的对应关系。所述第一固相参数的反演结果和所述第二固相参数的反演结果是预先获得的。所述目标区域的叠前道集数据可以通过所述目标区域采集的叠前地震数据获得；储层的第一固相参数的取值范围根据实际经验进行设置，本发明实施例不做限定；储层对应的第二固相参数的取值范围根据实际经验进行设置，本发明实施例不做限定。本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测方法的执行主体包括但不限于计算机。

[0043] 例如，图2a是本发明一实施例提供的第一固相参数的反演结果的示意图，如图2a所示，横坐标表示道集，单位为道，纵坐标表示时间，单位为毫秒，图中灰度深浅表示第一固相参数的参数值，单位为牛/平方米，灰度越浅代表第一固相参数的参数值越大。由图2a可

以显示出道集数据、时间数据和第一固相参数的参数值的对应关系。本发明实施例中,储层相较于非储层固性较弱,固相参数取值较小。通过图2a第一固相参数取值的大小,可以观察出储层的分布位置,如图2a中椭圆所示。

[0044] 图2b是本发明一实施例提供的第二固相参数的反演结果的示意图,如图2b所示,横坐标表示道集,单位为道,纵坐标表示时间,单位为毫秒,图中灰度深浅表示第二固相参数的参数值,单位为牛/平方米,灰度越浅代表第二固相参数的参数值越大。由图2b可以显示出道集数据、时间数据和第二固相参数的参数值的对应关系。本发明实施例中,储层相较于非储层固性较弱,固相参数取值较小。通过图2b第二固相参数取值的大小,可以观察出储层的分布位置,如图2b中椭圆所示。

[0045] S102、根据所述目标区域的双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及所述目标区域的待确定储层,确定所述目标区域的含流体储层;

[0046] 具体地,对所述目标区域的叠前道集数据进行双相介质的第一液相参数的反演,可以获得所述目标区域的第一液相参数的反演结果,由于含流体储层和非含流体储层的第一液相参数的取值范围不同,根据所述目标区域的第一液相参数的反演结果中各个第一液相参数的参数值以及含流体储层的第一液相参数的取值范围,可以确定油气储层的分布位置。同理,对所述目标区域的叠前道集数据进行双相介质的第二液相参数的反演,可以获得所述目标区域的第二液相参数的反演结果,由于含流体储层和非含流体储层的第二液相参数的取值范围不同,根据所述目标区域的第二液相参数的反演结果中各个第二液相参数的参数值以及油气储层的第二液相参数的取值范围,可以确定含流体储层的分布位置。如果所述第一液相参数的参数值在含流体储层的第一液相参数的取值范围内,所述第一液相参数的参数值对应的第二液相参数的参数值在含流体储层对应的第二液相参数的取值范围内,并且上述第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值对应的所述目标区域的位置属于所述目标区域的待确定储层,那么上述第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值对应的所述目标区域的位置属于所述目标区域的含流体储层。对所述目标区域的第一液相参数的反演结果和第二液相参数的反演结果都进行上述判断过程,从而可以确定所述目标区域的含流体储层。

[0047] 其中,所述第一液相参数可以是反映固体体积与流体体积变化间耦合关系的度量,单位可以为牛/平方米;所述第二液相参数可以是使预设体积的流体流入双相介质而又保持双相介质的总体积不变所需力的一种量度,单位可以为牛/平方米;所述第一液相参数的反演结果和所述第二液相参数的反演结果中对应相同道集数据和时间数据的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值相对应。所述第一液相参数的反演结果包括时间、道集和第一液相参数的对应关系,所述第二液相参数的反演结果包括时间、道集和第二液相参数的对应关系。所述第一液相参数的反演结果和所述第二液相参数的反演结果是预先获得的。含流体储层的第一液相参数的取值范围根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定;含流体储层的第二液相参数的取值范围根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定。所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述第二液相参数被称为双相介质弹性参数。

[0048] 例如,图3a是本发明一实施例提供的第一液相参数的反演结果的示意图,图3a所示,横坐标表示道集,单位为道,纵坐标表示时间,单位为毫秒,图中灰度深浅表示第一液相

参数的参数值,单位为牛/平方米,灰度越浅代表第一液相参数的参数值越大。由图3a可以显示出道集数据、时间数据和第一液相参数的参数值的对应关系。本发明实施例中,含流体储层较非含流体储层具有较高的液相参数取值。通过图3a第一液相参数的取值大小可以观察出含流体储层的分布位置,如图3a中椭圆所示。

[0049] 图3b是本发明一实施例提供的第二液相参数的反演结果的示意图,图3b所示,横坐标表示道集,单位为道,纵坐标表示时间,单位为毫秒,图中灰度深浅表示第二液相参数的参数值,单位为牛/平方米,灰度越浅代表第二液相参数的参数值越大。由图3b可以显示出道集数据、时间数据和第二液相参数的参数值的对应关系。本发明实施例中,含流体储层较非含流体储层具有较高的液相参数取值。通过图3b第二液相参数的取值大小可以观察出含流体储层的分布位置,如图3b中椭圆所示。

[0050] S103、根据所述双相介质的至少一个物性参数的参数值以及所述目标区域的含流体储层,预测所述目标区域的油气储层;

[0051] 具体地,根据所述目标区域的第一固相参数、第二固相参数、第一液相参数和第二液相参数,对所述双相介质的至少一个物性参数中每个物性参数进行反演,可以获得所述目标区域的每个物性参数的反演结果。如果所述至少一个物性参数为一个物性参数,将所述目标区域的该物性参数的反演结果中每个物性参数的参数值与对应的油气阈值进行比较,如果该物性参数的反演结果中存在物性参数的参数值大于对应的油气阈值,且大于油气阈值的物性参数的参数值对应的所述目标区域的位置属于所述目标区域的含流体储层,那么大于油气阈值的物性参数的参数值对应的所述目标区域的位置属于所述目标区域的油气储层。对所述目标区域的该物性参数的反演结果中每个物性参数的参数值都进行上述判断过程,从而可以预测出所述目标区域的油气储层。

[0052] 如果所述至少一个物性参数包括多个物性参数,将所述目标区域的每个物性参数的反演结果中每个物性参数的参数值分别与对应的油气阈值进行比较,如果所述多个物性参数中的每个物性参数都存在大于各自对应的油气阈值的物性参数的参数值,且上述分别大于各自对应的油气阈值的物性参数的参数值都对应相同的所述目标区域的位置,而且上述相同的所述目标区域的位置属于所述目标区域的含流体储层,那么上述分别大于各自对应的油气阈值的物性参数的参数值对应相同的所述目标区域的位置属于所述目标区域的油气储层。对所述目标区域的多个物性参数的反演结果中每个物性参数的参数值都进行上述判断过程,从而可以预测出所述目标区域的油气储层。其中,所述至少一个物性参数包括但不限于孔隙度和油气饱和度。每个物性参数对应的油气阈值根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定。

[0053] 例如,所述至少一个物性参数包括一个物性参数,为孔隙度。图4a是本发明一实施例提供的孔隙度的反演结果的示意图,如图4a所示,横坐标表示道集,单位为道,纵坐标表示时间,单位为毫秒,图中灰度深浅表示孔隙度的参数值,灰度越浅代表孔隙度的参数值越大。由图4a可以显示出道集数据、时间数据和孔隙度的参数值的对应关系。本发明实施例中,油气储层物性较好,具备较高的孔隙度参数取值,通过图4a可以观察出高孔隙度对应油气储层的分布位置,如图4a中椭圆所示。

[0054] 例如,所述至少一个物性参数包括一个物性参数,为油气饱和度。图4b是本发明一实施例提供的油气饱和度的反演结果的示意图,如图4b所示,横坐标表示道集,单位为道,

纵坐标表示时间,单位为毫秒,图中灰度深浅表示油气饱和度的参数值,灰度越浅代表油气饱和度的参数值越大。由图4b可以显示出道集数据、时间数据和油气饱和度的参数值的对应关系。本发明实施例中,油气储层物性较好,具备较高的油气饱和度取值,通过图4b可以观察到高油气饱和度的分布位置,如图4b中椭圆所示。

[0055] 例如,所述至少一个物性参数包括两个物性参数,孔隙度和油气饱和度。在获得

[0056] 图4a所示的孔隙度的反演结果和图4b所示的油气饱和度的反演结果之后,获得孔隙度的反演结果中各个孔隙度的参数值大于孔隙度对应的油气阈值的位置,记为第一类位置,并获得油气饱和度的反演结果中各个油气饱和度的参数值大于油气饱和度对应的油气阈值的位置,记为第二类位置;然后,获取第一类位置和第二类位置的交集,即对应相同的时间数据和道集数据的位置,得到第三类位置;接着从第三类位置中获取位于所述目标区域的油气储层中的位置,从而可以获得所述目标区域的油气储层。其中,所述孔隙度对应的油气阈值可以设置为0.045,所述油气饱和度对应的油气阈值可以设置为0.7。

[0057] 本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测方法,根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值,获得目标区域的待确定储层,然后根据双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及目标区域的待确定储层,确定目标区域的含流体储层,最后根据双相介质的至少一个物性参数的参数值以及目标区域的含流体储层,预测目标区域的油气储层,能够实现对目标区域进行油气储层的定量预测,提高了油气储层预测的准确性。

[0058] 图5是本发明另一实施例提供的双相介质的油气储层预测方法的流程示意图,如图5所示,在上述各实施例的基础上,进一步地,获得所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值的步骤包括:

[0059] S501、根据双相介质弹性阻抗方程对所述目标区域的至少四个不同入射角度的叠前角度部分叠加道集进行双相介质弹性阻抗反演,获得每个所述入射角度对应的双相介质弹性阻抗数据体;其中,所述双相介质弹性阻抗方程是基于双相介质反射系数的简化方程以及双相介质反射系数的阻抗表达式获得的,所述双相介质反射系数的简化方程是预设的,包括所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述第二液相参数;

[0060] 具体地,双相介质弹性阻抗方程可以表示如下:

$$[0061] \quad DEI(\theta) = I_0 \left(\frac{A}{A_0} \right)^{2a(\theta)} \left(\frac{N}{N_0} \right)^{2b(\theta)} \left(\frac{P}{P_0} \right)^{2c(\theta)} \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^{2d(\theta)} \quad (1)$$

[0062] 其中,DEI(θ)表示入射角度θ的双相介质弹性阻抗数据体, I_0 表示目标区域的平均纵波阻抗,A表示双相介质的第一固相参数,N表示双相介质的第二固相参数,P表示双相介质的第一液相参数,Q表示双相介质的第二液相参数, A_0 表示目标区域的第一固相参数的平均值, N_0 表示目标区域的第二固相参数的平均值, P_0 表示目标区域的第一液相参数的平均值, Q_0 表示目标区域的第二液相参数的平均值,a(θ)表示第一固相参数对应的系数,b(θ)表示第二固相参数对应的系数,c(θ)表示第一液相参数对应的系数,d(θ)表示第二液相参数对应的系数,a(θ)、b(θ)、c(θ)和d(θ)入射角θ相关。

[0063] 由于双相介质弹性阻抗方程包括第一固相参数、第二固相参数、第一液相参数和第二液相参数四个参数,至少需要反演四个不同入射角度的弹性阻抗数据体。根据所述双相介质弹性阻抗方程,对所述目标区域的至少四个不同入射角度的叠前角度部分叠加道集

进行双相介质弹性阻抗反演,可以获得至少四个不同入射角度的双相介质弹性阻抗数据体。其中,所述目标区域的入射角度的叠前角度部分叠加道集可以通过所述目标区域的叠前道集数据获得。每个入射角度的双相介质弹性阻抗反演的具体过程,与现有技术中等效介质弹性阻抗反演的算法与流程相同,此处不进行赘述。

[0064] 所述双相介质弹性阻抗方程是基于双相介质反射系数的简化方程以及双相介质反射系数的阻抗表达式获得的。所述双相介质反射系数的简化方程可以表示为固相部分与液相部分之和,如下所示:

$$[0065] \quad R(\theta) = a(\theta) \frac{\Delta A}{A} + b(\theta) \frac{\Delta N}{N} + c(\theta) \frac{\Delta P}{P} + d(\theta) \frac{\Delta Q}{Q} \quad (2)$$

[0066] 其中, $R(\theta)$ 表示入射角 θ 对应的纵波反射系数, A 表示双相介质的第一固相参数, N 表示双相介质的第二固相参数, P 表示双相介质的第一液相参数, Q 表示双相介质的第二液相参数, $a(\theta)$ 表示第一固相参数对应的系数, $b(\theta)$ 表示第二固相参数对应的系数, $c(\theta)$ 表示第一液相参数对应的系数, $d(\theta)$ 表示第二液相参数应的系数, ΔA 表示反射界面两侧双相介质的第一固相参数之差, ΔN 表示反射界面两侧双相介质的第二固相参数之差, ΔP 表示反射界面两侧双相介质的第一液相参数之差, ΔQ 表示反射界面两侧双相介质的第二液相参数之差。 $a(\theta) \frac{\Delta A}{A} + b(\theta) \frac{\Delta N}{N}$ 表示固相部分,代表双相介质的固体骨架对反射系数的贡献;

$c(\theta) \frac{\Delta P}{P} + d(\theta) \frac{\Delta Q}{Q}$ 表示液相部分,代表孔隙流体对反射系数的贡献。

[0067] 入射角度 θ 对应的纵波反射系数可以用阻抗的对数表示成双相介质反射系数的阻抗表达式如下:

$$[0068] \quad R(\theta) = \frac{DEI_2(\theta) - DEI_1(\theta)}{DEI_2(\theta) + DEI_1(\theta)} \approx \frac{1}{2} \Delta \ln(DEI(\theta)) \quad (3)$$

[0069] 其中, $R(\theta)$ 表示入射角度 θ 对应的纵波反射系数, $DEI_1(\theta)$ 表示反射界面的上层双相介质弹性阻抗值, $DEI_2(\theta)$ 表示反射界面的下层双相介质弹性阻抗值, $DEI(\theta)$ 表示入射角度 θ 的双相介质弹性阻抗数据体。

[0070] 根据公式(2)和公式(3),可以获得如下表达式:

$$[0071] \quad \frac{1}{2} \Delta \ln(DEI(\theta)) = a(\theta) \frac{\Delta A}{A} + b(\theta) \frac{\Delta N}{N} + c(\theta) \frac{\Delta P}{P} + d(\theta) \frac{\Delta Q}{Q} \quad (4)$$

[0072] 假设忽略反射界面的上层双相介质和下层双相介质的性质差异,那么可以获得

$$\ln A = \frac{\Delta A}{A}, \quad \ln N = \frac{\Delta N}{N}, \quad \ln P = \frac{\Delta P}{P} \text{ 和 } \ln Q = \frac{\Delta Q}{Q}, \text{ 从而可以获得如下表达式:}$$

$$[0073] \quad \frac{1}{2} \Delta \ln(DEI(\theta)) = a(\theta) \ln A + b(\theta) \ln N + c(\theta) \ln P + d(\theta) \ln Q \quad (5)$$

[0074] 对公式(5)进行对数运算及合并同类项,可以获得如下表达式:

$$[0075] \quad \Delta \ln(DEI(\theta)) = \ln A^{2a(\theta)} + \ln N^{2b(\theta)} + \ln P^{2c(\theta)} + \ln Q^{2d(\theta)} \quad (6)$$

[0076] 对公式(6)进行积分运算,可以获得如下表达式:

$$[0077] \quad DEI(\theta) = A^{2a(\theta)} N^{2b(\theta)} P^{2c(\theta)} Q^{2d(\theta)} \quad (7)$$

[0078] 为了便于不同入射角度的双相介质弹性阻抗间的比较,对上式(7)进行尺度化可

以获得所述双相介质弹性阻抗方程(1)。

[0079] 图6是本发明一实施例提供的不同入射角度的双相介质弹性阻抗曲线的示意图,如图6所示,入射角度分别为10度、15度、20度和25度,可以看到不同角度的双相介质弹性阻抗曲线存在有一定差异,可以利用这种差异反演双相介质弹性参数:第一固相参数、第二固相参数、第一液相参数和第二液相参数。其中,图6所示的不同入射角度的双相介质弹性阻抗曲线是利用所述目标区域的单井数据计算得到的。

[0080] S502、根据所述至少四个入射角度对应的双相介质弹性阻抗数据体以及各自对应的双相介质弹性阻抗方程,获得所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值。

[0081] 具体地,由于同一双相介质弹性阻抗数据体,各采样点处的指数项均相同。对双相介质弹性阻抗方程进行对数运算,带入至少四个不同入射角度的双相介质弹性阻抗数据体及对应角度的指数项,获得多元一次方程组。通过求解多元一次方程组,即可得到第一固相参数的参数值、第二固相参数的参数值、第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值。

[0082] 例如,四个不同入射角度分别为 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 和 θ_4 , θ_1 的双相介质弹性阻抗数据体为DEI(θ_1), θ_2 的双相介质弹性阻抗数据体为DEI(θ_2), θ_3 的双相介质弹性阻抗数据体为DEI(θ_3), θ_4 的双相介质弹性阻抗数据体为DEI(θ_4)。对 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 和 θ_4 的双相介质弹性阻抗方程进行对数运算,带入 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 和 θ_4 的双相介质弹性阻抗数据体及对应角度的指数项,获得四元一次方程组如下:

$$[0083] \begin{bmatrix} 2a(\theta_1) & 2b(\theta_1) & 2c(\theta_1) & 2d(\theta_1) \\ 2a(\theta_2) & 2b(\theta_2) & 2c(\theta_2) & 2d(\theta_2) \\ 2a(\theta_3) & 2b(\theta_3) & 2c(\theta_3) & 2d(\theta_3) \\ 2a(\theta_4) & 2b(\theta_4) & 2c(\theta_4) & 2d(\theta_4) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ln \frac{A}{A_0} \\ \ln \frac{N}{N_0} \\ \ln \frac{P}{P_0} \\ \ln \frac{Q}{Q_0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ln \frac{DEI(\theta_1)}{I_0} \\ \ln \frac{DEI(\theta_2)}{I_0} \\ \ln \frac{DEI(\theta_3)}{I_0} \\ \ln \frac{DEI(\theta_4)}{I_0} \end{bmatrix} \quad (8)$$

[0084] 求解上述四元一次方程组(8),即可获得第一固相参数A的参数值、第二固相参数N的参数值、第一液相参数P的参数值和第二液相参数Q的参数值。其中, $a(\theta)$ 、 $b(\theta)$ 、 $c(\theta)$ 和 $d(\theta)$ 的具体获得过程见下文所述,此处不进行赘述。

[0085] 例如,图7是本发明一实施例提供的双相介质弹性参数的对比示意图,如图7所示,第一固相参数A的实际值,第二固相参数N的实际值,第一液相参数P的实际值和第二液相参数Q的实际值以实线表示,通过求解四元一次方程组(8)获得的第一固相参数A的求解值,第二固相参数N的求解值,第一液相参数P的求解值和第二液相参数Q的求解值以虚线表示。分别对比第一固相参数A的实际值的曲线和求解值的曲线,第二固相参数N的实际值的曲线和求解值的曲线,第一液相参数P的实际值的曲线和求解值的曲线,第二液相参数Q的实际值的曲线和求解值的曲线图,可以看到,各个双相介质弹性参数的实际值的曲线和求解值的曲线差异不大,各个双相介质弹性参数的求解值的曲线能够反映对应的真实值的曲线。

[0086] 在上述各实施例的基础上,进一步地,所述双相介质反射系数的简化方程为固相部分和液相部分之和,所述固相部分根据所述第一固相参数和所述第二固相参数与各自对

应的系数获得,所述液相部分根据所述第一液相参数和所述第二液相参数与各自对应的系数获得;其中,所述第一固相参数对应的系数、所述第二固相参数对应的系数、所述第一液相参数对应的系数和所述第二液相参数对应的系数都与所述入射角度相关。

[0087] 具体地,所述双相介质反射系数的简化方程参见公式(2)。所述固相部分为 $a(\theta) \frac{\Delta A}{A} + b(\theta) \frac{\Delta N}{N}$,代表双相介质的固体骨架对反射系数的贡献,其中,A表示双相介质的第一固相参数,N表示双相介质的第二固相参数,a(θ)表示第一固相参数对应的系数,b(θ)表示第二固相参数对应的系数,c(θ)表示第一液相参数对应的系数, ΔA 表示反射界面两侧双相介质的第一固相参数之差, ΔN 表示反射界面两侧双相介质的第二固相参数之差;所述液相部分 $c(\theta) \frac{\Delta Q}{R} + d(\theta) \frac{\Delta R}{R}$,代表孔隙流体对反射系数的贡献,P表示双相介质的第一液相参数,Q表示双相介质的第二液相参数,c(θ)表示第一液相参数对应的系数,d(θ)表示第二液相参数应的系数, ΔP 表示反射界面两侧双相介质的第一液相参数之差, ΔQ 表示反射界面两侧双相介质的第二液相参数之差。其中,所述第一固相参数对应的系数、所述第二固相参数对应的系数、所述第一液相参数对应的系数和所述第二液相参数对应的系数都与所述入射角度相关。

[0088] 在上述各实施例的基础上,进一步地,所述第一固相参数为阻止所述双相介质的固体骨架横向压缩所需的拉应力的度量,所述第二固相参数为所述双相介质的固体骨架抵抗剪切应变的度量,且所述第一固相参数对应的系数根据等效介质反射系数方程的拉梅参数的系数确定,所述第二固相参数对应的系数根据等效介质反射系数方程的剪切模量的系数确定。

[0089] 具体地,所述第一固相参数为阻止所述双相介质的固体骨架横向压缩所需的拉应力的度量,单位可以为牛/平方米。所述第二固相参数为所述双相介质的固体骨架抵抗剪切应变的度量,单位可以为牛/平方米。双相介质中的固相部分反射系数类似于等效介质反射系数,所述第一固相参数类似于等效介质反射系数方程中的拉梅参数,所述第二固相参数类似于等效介质反射系数方程中的剪切模量,因此,所述第一固相参数对应的系数可以根据等效介质反射系数方程的拉梅参数的系数确定,所述第二固相参数对应的系数可以根据等效介质反射系数方程的剪切模量的系数确定。

[0090] 所述第一固相参数对应的系数a(θ)可以表示为:

$$[0091] \quad a(\theta) = \frac{1}{4} - \frac{1}{2} K \sec^2 \theta \quad (9)$$

[0092] 所述第二固相参数对应的系数b(θ)可以表示为:

$$[0093] \quad b(\theta) = \left(\frac{1}{2} \sec^2 \theta - 2 \sin^2 \theta \right) K + \frac{1}{1+2r} \quad (10)$$

[0094] 其中,K为常数,可以为固体介质平均横波速度与平均纵波速度比值的平方;r为常数,可以取固体介质横波速度变化率与密度变化率的平均比值。K和r可以由所述目标区域的测井资料分析得到。

[0095] 图8是本发明又一实施例提供的双相介质的油气储层预测方法的流程示意图,如图8所示,在上述各实施例的基础上,进一步地,获得所述第一液相参数对应的系数和所述

第二液相参数对应的系数的步骤包括:

[0096] S801、根据叠前道集角度范围的I个入射角度和J组双相介质弹性参数以及所述双相介质反射系数的简化方程,构建I×J阶矩阵方程组;其中,每个入射角度和每组双相介质弹性参数对应的纵波反射系数根据双相介质反射系数的一般方程求解获得;每组双相介质弹性参数包括所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述第二液相参数;

[0097] 具体地,根据所述目标区域的岩石物理模型,随机构建J组双相介质弹性参数,每组双相介质弹性参数包括所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述第二液相参数。设置I个入射角度,I个入射角度属于叠前道集角度范围。将I个入射角度和J组双相介质弹性参数自由组合输入到所述双相介质反射系数的简化方程中,可以获得I×J个双相介质反射系数的简化方程,由I×J双相介质反射系数的简化方程构成I×J阶矩阵方程组。其中,所述目标区域的岩石物理模型是根据实际经验设置的,本发明实施例不做限定。所述叠前道集角度范围根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定。I和J的具体数值根据实际需要进行设置,本发明实施例不做限定。

[0098] I×J阶矩阵方程组可以表示如下:

[0099] $D = S_s W_s + S_F W_F$ (11)

[0100] 其中,D为I×J维的纵波反射系数向量, $D = \begin{bmatrix} R_1(\theta_1) & R_2(\theta_1) & \cdots & R_J(\theta_1) \\ R_1(\theta_2) & R_2(\theta_2) & \cdots & R_J(\theta_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_1(\theta_I) & R_2(\theta_I) & \cdots & R_J(\theta_I) \end{bmatrix}$, D中的

第j行第i列的元素为第j组双相介质弹性参数和第i个入射角度对应的纵波反射系数, S_s 代

表固相系数矩阵, $S_s = \begin{bmatrix} a(\theta_1) & b(\theta_1) \\ a(\theta_2) & b(\theta_2) \\ \vdots & \vdots \\ a(\theta_I) & b(\theta_I) \end{bmatrix}$, W_s 代表固相弹性参数矩阵, $W_s = \begin{bmatrix} \frac{\Delta A_1}{A_1} & \frac{\Delta A_2}{A_2} & \cdots & \frac{\Delta A_J}{A_J} \\ \frac{\Delta N_1}{N_1} & \frac{\Delta N_2}{N_2} & \cdots & \frac{\Delta N_J}{N_J} \end{bmatrix}$,

S_F 代表液相系数矩阵, $S_F = \begin{bmatrix} c(\theta_1) & d(\theta_1) \\ c(\theta_2) & d(\theta_2) \\ \vdots & \vdots \\ c(\theta_I) & d(\theta_I) \end{bmatrix}$, W_F 代表液相弹性参数矩阵,

$W_F = \begin{bmatrix} \frac{\Delta P_1}{P_1} & \frac{\Delta P_2}{P_2} & \cdots & \frac{\Delta P_J}{P_J} \\ \frac{\Delta Q_1}{Q_1} & \frac{\Delta Q_2}{Q_2} & \cdots & \frac{\Delta Q_J}{Q_J} \end{bmatrix}$, i为正整数且i小于等于I, j为正整数且j小于等于J, I和J为正

整数。

[0101] 第j组双相介质弹性参数和第i个入射角度对应的纵波反射系数可以根据双相介质反射系数的一般方程求解获得,具体求解过程为现有技术,此处不进行赘述。其中,所述双相介质反射系数的一般方程可以表示如下:

$$[0102] \quad \begin{bmatrix} \cos \alpha_{11} & \cos \alpha_{12} & -\sin \beta_1 & \cos \alpha_{21} & \cos \alpha_{22} & -\sin \beta_2 \\ \sin \alpha_{11} & \sin \alpha_{12} & \cos \beta_1 & -\sin \alpha_{21} & -\sin \alpha_{22} & -\cos \beta_2 \\ l_1(A_1 + 2N_1 \cos^2 \alpha_{11} + m_{11}Q_1 + Q_1 + m_{11}R_1) & l_2(A_2 + 2N_2 \cos^2 \alpha_{12} + m_{21}Q_2 + Q_2 + m_{21}R_2) & -l_1 N_1 \sin 2\beta_1 & -l_2(A_2 + 2N_2 \cos^2 \alpha_{21} + m_{21}Q_2 + Q_2 + m_{21}R_2) & -l_2(A_2 + 2N_2 \cos^2 \alpha_{22} + m_{22}Q_2 + Q_2 + m_{22}R_2) & N_2 l_2 \sin 2\beta \\ N_1 l_1 \sin 2\alpha_{11} & N_1 l_1 \sin 2\alpha_{12} & N_1 l_1 \cos 2\beta_1 & N_2 l_2 \sin 2\alpha_{21} & N_2 l_2 \sin 2\alpha_{22} & N_2 l_2 \cos 2\beta_2 \\ \phi_1(1-m_{11})\cos \alpha_{11} & \phi_1(1-m_{12})\cos \alpha_{12} & -\phi_1(1+\frac{\rho_{11}^{(1)}}{\rho_{22}^{(1)}})\sin \beta_1 & \phi_2(1-m_{21})\cos \alpha_{21} & \phi_2(1-m_{22})\cos \alpha_{22} & -\phi_2(1+\frac{\rho_{22}^{(2)}}{\rho_{11}^{(2)}})\sin \beta_2 \\ \frac{l_{11}}{\phi_1}(Q_1 + R_1 m_{11}) & \frac{l_{12}}{\phi_1}(Q_2 + R_1 m_{12}) & 0 & -\frac{l_{21}}{\phi_2}(Q_2 + R_2 m_{21}) & -\frac{l_{22}}{\phi_2}(Q_2 + R_2 m_{22}) & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{p_{11}} \\ R_{p_{12}} \\ R_{s_1} \\ T_{p_{21}} \\ T_{p_{22}} \\ T_{s_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_i \\ -\sin \alpha_i \\ -l_i(A_i + 2N_i \cos^2 \alpha_i + m_{i1}Q_i + Q_i + m_{i1}R_i) \\ N_i l_i \sin 2\alpha_i \\ \phi_i(1-m_{i1})\cos \alpha_i \\ -\frac{l_i}{\phi_i}(Q_i + R_i m_{i1}) \end{bmatrix}$$

[0103] 其中, $R_{p_{11}}$ 为快纵波反射系数, $R_{p_{12}}$ 为慢纵波反射系数, R_{s_1} 为横波反射系数, $T_{p_{21}}$ 为快纵波透射系数, $T_{p_{22}}$ 为慢纵波透射系数, T_{s_2} 为横波透射系数, A_1 、 N_1 、 Q_1 、 R_1 为上层介质弹性参数, $\rho_{11}^{(1)}$ 、 $\rho_{22}^{(1)}$ 、 $\rho_{12}^{(1)}$ 为上层介质密度, A_2 、 N_2 、 Q_2 、 R_2 为下层介质弹性参数, $\rho_{11}^{(2)}$ 、 $\rho_{22}^{(2)}$ 、 $\rho_{12}^{(2)}$ 为下层介质密度, ϕ_1 为上层介质孔隙度, ϕ_2 为下层介质孔隙度, l_{11} 、 l_{12} 、 l_1 、 l_{21} 、 l_{22} 、 l_2 、 l_i 分别为 P_{11} 、 P_{12} 、 S_1 、 P_{21} 、 P_{22} 、 S_2 、 P_i 的圆波数, m_{11} 、 m_{12} 、 m_{21} 、 m_{22} 分别为 P_{11} 、 P_{12} 、 P_{21} 、 P_{22} 对应的流体振幅与固体振幅之比, α_{11} 、 α_{12} 、 β_1 分别为 P_{11} 、 P_{12} 、 S_1 的反射角, α_{21} 、 α_{22} 、 β_2 分别为 P_{21} 、 P_{22} 、 S_2 的透射角; α_i 为 P_i 的入射角。

[0104] S802、对所述 $I \times J$ 阶矩阵方程组进行求解, 获得所述 I 个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值和所述 I 个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值;

[0105] 具体地, 在 $I \times J$ 阶矩阵方程组 (11) 中, I 个入射角度和 J 组双相介质弹性参数为已知数, D 已经求出, 固相系数矩阵 S_s 可以根据公式 (9) 和 (10) 求出, 固相弹性参数矩阵 W_s 可以根据 J 组双相介质弹性参数中的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值求出, 液相弹性参数矩阵 W_f 可以根据 J 组双相介质弹性参数中的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值求出。 $I \times J$ 阶矩阵方程组 (11) 可以转换成如下表达式:

$$[0106] \quad S_F = ((D - S_s W_s)^T (D - S_s W_s))^{-1} (D - S_s W_s)^T W_F \quad (12)$$

[0107] 利用最小二乘法求解上述方程组 (12), 即可求出液相系数矩阵 S_F , 从而获得所述 I 个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值和所述 I 个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值。

[0108] S803、根据所述 I 个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值, 获得所述入射角度与所述第一液相参数对应的系数之间的关系, 并根据所述 I 个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值, 获得所述入射角度与所述第二液相参数对应的系数之间的关系。

[0109] 具体地, 在获得所述 I 个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值之后, 可以通过数据拟合的方式建立所述入射角度和所述第一液相参数对应的系数之间的关系, 在已知入射角度的情况下就可以求出该入射角度对应的第一液相参数对应的系数。在获得所述 I 个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值之后, 可以通过数据拟合的方式建立所述入射角度和所述第二液相参数对应的系数之间的关系, 在已知入射角度的情况下就可以求出该入射角度对应的第二液相参数对应的系数。

[0110] 图9是本发明再一实施例提供的双相介质的油气储层预测方法的流程示意图, 如图9所示, 在上述各实施例的基础上, 进一步地, 根据所述第一固相参数的参数值、所述第二

固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值获得所述至少一个物性参数的参数值包括：

[0111] S901、将所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值输入至物性参数目标反演函数，获得待求解方程；其中，所述物性参数目标反演函数是基于所述至少一个物性参数以及对应的第一固相参数、第二固相参数、第一液相参数和第二液相参数的样本训练数据集训练后获得的；

[0112] 具体地，在获得所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值之后，将所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值作为已知量输入到物性参数目标反演函数中，获得待求解方程，所述待求解方程的未知量包括所述至少一个物性参数。

[0113] 基于贝叶斯理论，所述目标区域的物性参数为在已知双相介质弹性参数的前提下，其后验概率密度最大值所对应的一组物性参数的取值，物性参数目标反演函数可以表示为：

$$[0114] \quad \tilde{\mathbf{X}} = \arg \max_{\mathbf{X}_i \in \mathbf{X}} P(\mathbf{X}_i | \mathbf{E}) = \arg \max_{\mathbf{X}_i \in \mathbf{X}} \{P(\mathbf{E} | \mathbf{X}_i) \times P(\mathbf{X}_i)\} \quad (13)$$

[0115] 其中，向量 $\mathbf{X}$ 表示所述至少一个物性参数， $\mathbf{X}_i$ 表示所述至少一个物性参数的第 i 组参数值，如果所述至少一个物性参数为油气饱和度 S_g 和孔隙度 Por ，那么 $\mathbf{X}_i$ 可以表示为 $\mathbf{X}_i = [S_{g_i} \text{ } Por_i]^T$ ， S_{g_i} 表示油气饱和度的第 i 个参数值， Por_i 表示孔隙度的第 i 个参数值；向量 $\mathbf{E}$ 表示双相介质弹性参数，所述第一固相参数为 A 、所述第二固相参数为 N 、所述第一液相参数为 P 、所述第二液相参数为 Q ，那么 $\mathbf{E}$ 可以表示为 $\mathbf{E} = [A \text{ } N \text{ } P \text{ } Q]^T$ ；后验概率密度函数 $P(\mathbf{X}_i | \mathbf{E})$ 表示在双相介质弹性参数已知的情况下，获得所述至少一个物性参数的第 i 组参数值的概率，先验分布函数 $P(\mathbf{X}_i)$ 表示获得所述至少一个物性参数的第 i 组参数值的概率，似然函数 $P(\mathbf{E} | \mathbf{X}_i)$ 表示已知所述至少一个物性参数取第 i 组参数值的情况下，双相介质弹性参数取值的概率分布。向量 $\tilde{\mathbf{X}}$ 表示物性参数目标反演函数的求解结果，即后验概率密度最大时，所对应的一组物性参数的取值。

[0116] 目标反演函数由先验分布函数和似然函数组成，其中的先验分布函数 $P(\mathbf{X}_i)$ 由研究区测井样本统计得到，而似然函数 $P(\mathbf{E} | \mathbf{X}_i)$ 需要借助岩石物理模型与随机模拟技术统计得到。双相介质弹性参数与所述至少一个物性参数的岩石物理模型的关系可以表示如下：

$$[0117] \quad \mathbf{E} = f(\mathbf{X}) + \sigma \quad (14)$$

[0118] 其中，向量 $\mathbf{E}$ 表示双相介质弹性参数， $\mathbf{E} = [A \text{ } N \text{ } P \text{ } Q]^T$ ，向量 $\mathbf{X}$ 表示所述至少一个物性参数， σ 表示岩石物理模型与测井实测值间的误差，函数 $f(\cdot)$ 表示岩石物理模型关系，根据实际经验进行设置，例如根据双相介质岩石物理实验或研究区经验关系设置，本发明实施例不做限定。

[0119] 借助马尔科夫链蒙特卡洛随机模拟技术，依据所述至少一个物性参数的先验分布概率，随机生成所述至少一个物性参数，并根据随机生成的所述至少一个物性参数和公式(14)获得随机生成的所述至少一个物性参数对应的双相介质弹性参数。基于随机生成的所述至少一个物性参数及其对应的双相介质弹性参数，构建所述至少一个物性参数以及对应的第一固相参数、第二固相参数、第一液相参数和第二液相参数的样本训练数据集，然后基

于所述样本训练数据集进行常规贝叶斯分类训练,可以获得所述似然函数 $P(E|X_i)$ 。

[0120] S902、对所述待求解方程进行求解,获得所述至少一个物性参数的参数值。

[0121] 具体地,在获得所述先验分布函数 $P(X_i)$ 、似然函数 $P(E|X_i)$ 后,所述目标反演函数即可确定,对所述待求解方程进行求解。由于所述至少一个物性参数中的每个物性参数的取值范围有限,可以通过对所述至少一个物性参数中的每个物性参数进行枚举,求得目标反演函数的后验概率密度值,可以求得多个后验概率密度值。取后验概率密度最大值对应的一组所述至少一个物性参数的枚举值作为所述至少一个物性参数的参数值。也就是取得目标反演函数后验概率密度最大值所对应的至少一个物性参数的参数值作为最终物性参数的反演值 $\tilde{X}$ 。其中,每个物性参数的取值范围根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定。

[0122] 例如,图10是本发明一实施例提供的不同方法获得的物性参数的曲线示意图,如图10所示,图中虚线为采用本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测方法获得油气饱和度和 S_g 的曲线和孔隙度 Por 的曲线,图中点划线为采用常规技术中的单相介质物性反演方法反演得到的油气饱和度 S_g 的曲线和孔隙度 Por 的曲线,图中实线为实际的油气饱和度 S_g 的曲线和孔隙度 Por 的曲线。通过比较油气饱和度 S_g 的三种曲线,以及比较孔隙度 Por 的三种曲线,可以发现图中虚线相对于点划线与实线的拟合程度更高,也就是说通过本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测方法反演得到的物性参数相对于常规技术的单相介质物性反演方法得到的物性参数更精确。

[0123] 在上述各实施例的基础上,进一步地,所述至少一个物性参数包括孔隙度和/或油气饱和度。

[0124] 图11是本发明一实施例提供的双相介质的油气储层预测装置的结构示意图,如图11所示,本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测装置包括待确定储层获得单元1101、含流体储层确定单元1102和油气储层预测单元1103,其中:

[0125] 待确定储层获得单元1101用于根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值,获得所述目标区域的待确定储层;含流体储层确定单元1102用于根据所述目标区域的双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及所述目标区域的待确定储层,获得所述目标区域的含流体储层;油气储层预测单元1103用于根据所述目标区域的双相介质的至少一个物性参数的参数值以及所述目标区域的含流体储层,获得所述目标区域的油气储层;其中,所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值是预先获得的,所述至少一个物性参数的参数值是根据所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值获得的。

[0126] 具体地,对所述目标区域的叠前道集数据进行双相介质的第一固相参数的反演,可以获得所述目标区域的第一固相参数的反演结果,由于储层和非储层的第一固相参数的取值范围不同,待确定储层获得单元1101根据所述目标区域的第一固相参数的反演结果中各个第一固相参数的参数值以及储层的第一固相参数的取值范围,可以确定各个所述第一固相参数的参数值是否在油气储层的第一固相参数的取值范围内。同理,对所述目标区域的叠前道集数据进行双相介质的第二固相参数的反演,可以获得所述目标区域的第二固相参数的反演结果,由于储层和储层的第二固相参数的取值范围不同,待确定储层获得单元

1101根据所述目标区域的第二固相参数的反演结果中各个第二固相参数的参数值以及储层的第二固相参数的取值范围,可以确定各个所述第二固相参数的参数值是否在油气储层的第二固相参数的取值范围内。如果所述第一固相参数的参数值在储层的第一固相参数的取值范围内且对应的所述第二固相参数的参数值在储层的第二固相参数的取值范围内,那么上述第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值对应的所述目标区域的位置属于所述目标区域的待确定储层。对所述目标区域的第一固相参数的反演结果和第二固相参数的反演结果都进行上述判断过程,从而可以确定所述目标区域的待确定储层。

[0127] 其中,所述第一固相参数可以是表示阻止双相介质的固体骨架横向压缩所需的拉应力的度量,单位可以为牛/平方米;所述第二固相参数可以是双相介质的固体骨架抵抗剪切应变的度量,单位可以为牛/平方米;所述第一固相参数的反演结果和所述第二固相参数的反演结果中对应相同道集数据和时间数据的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值相对应。所述第一固相参数的反演结果包括时间、道集和第一固相参数的对应关系,所述第二固相参数的反演结果包括时间、道集和第二固相参数的对应关系。所述第一固相参数的反演结果和所述第二固相参数的反演结果是预先获得的。所述目标区域的叠前道集数据可以通过所述目标区域采集的叠前地震数据获得;储层的第一固相参数的取值范围根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定;储层对应的第二固相参数的取值范围根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定。

[0128] 对所述目标区域的叠前道集数据进行双相介质的第一液相参数的反演,可以获得所述目标区域的第一液相参数的反演结果,由于含流体储层和非含流体储层的第一液相参数的取值范围不同,含流体储层确定单元1102根据所述目标区域的第一液相参数的反演结果中各个第一液相参数的参数值以及油气储层的第一液相参数的取值范围,可以确定各个所述第一液相参数的参数值是否在油气储层的第一液相参数的取值范围内。同理,对所述目标区域的叠前道集数据进行双相介质的第二液相参数的反演,可以获得所述目标区域的第二液相参数的反演结果,由于含流体储层和非含流体储层的第二液相参数的取值范围不同,含流体储层确定单元1102根据所述目标区域的第二液相参数的反演结果中各个第二液相参数的参数值以及含流体储层的第二液相参数的取值范围,可以确定各个所述第二液相参数是否在含流体储层的第二液相参数的取值范围内。如果所述第一液相参数的参数值在含流体储层的第一液相参数的取值范围内,所述第一液相参数的参数值对应的第二液相参数的参数值在含流体储层对应的第二液相参数的取值范围内,并且上述第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值对应的所述目标区域的位置属于所述目标区域的待确定储层,那么上述第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值对应的所述目标区域的位置属于所述目标区域的含流体储层。对所述目标区域的第一液相参数的反演结果和第二液相参数的反演结果都进行上述判断过程,从而可以确定所述目标区域的含流体储层。

[0129] 其中,所述第一液相参数可以是反映固体体积与流体体积变化间耦合关系的度量,单位可以为牛/平方米;所述第二液相参数可以是使预设体积的流体流入双相介质而又保持双相介质的总体积不变所需力的一种量度,单位可以为牛/平方米;所述第一液相参数的反演结果和所述第二液相参数的反演结果中对应相同道集数据和时间数据的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值相对应。所述第一液相参数的反演结果包括时间、道集和第一液相参数的对应关系,所述第二液相参数的反演结果包括时间、道集和第二液

相参数的对应关系。所述第一液相参数的反演结果和所述第二液相参数的反演结果是预先获得的。含流体储层的第一液相参数的取值范围根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定;含流体储层的第二液相参数的取值范围根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定。所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述第二液相参数被称为双相介质弹性参数。

[0130] 根据所述目标区域的第一固相参数、第二固相参数、第一液相参数和第二液相参数,对所述双相介质的至少一个物性参数中每个物性参数进行反演,可以获得所述目标区域的每个物性参数的反演结果。如果所述至少一个物性参数为一个物性参数,油气储层预测单元1103将所述目标区域的该物性参数的反演结果中每个物性参数的参数值与对应的油气阈值进行比较,如果该物性参数的反演结果中存在物性参数的参数值大于对应的油气阈值,且大于油气阈值的物性参数的参数值对应的所述目标区域的位置属于所述目标区域的含流体储层,那么大于油气阈值的物性参数的参数值对应的所述目标区域的位置属于所述目标区域的油气储层。油气储层预测单元1103对所述目标区域的该物性参数的反演结果中每个物性参数的参数值都进行上述判断过程,从而可以预测出所述目标区域的油气储层。

[0131] 如果所述至少一个物性参数包括多个物性参数,油气储层预测单元1103将所述目标区域的每个物性参数的反演结果中每个物性参数的参数值分别与对应的油气阈值进行比较,如果所述多个物性参数中的每个物性参数都存在大于各自对应的油气阈值的物性参数的参数值,且上述分别大于各自对应的油气阈值的物性参数的参数值都对应相同的所述目标区域的位置,而且上述相同的所述目标区域的位置属于所述目标区域的含流体储层,那么上述分别大于各自对应的油气阈值的物性参数的参数值对应相同的所述目标区域的位置属于所述目标区域的油气储层。油气储层预测单元1103对所述目标区域的多个物性参数的反演结果中每个物性参数的参数值都进行上述判断过程,从而可以预测出所述目标区域的油气储层。其中,所述至少一个物性参数包括但不限于孔隙度和油气饱和度。每个物性参数对应的油气阈值根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定。

[0132] 本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测装置,根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值,获得目标区域的待确定储层,然后根据双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及目标区域的待确定储层,确定目标区域的含流体储层,最后根据双相介质的至少一个物性参数的参数值以及目标区域的含流体储层,预测目标区域的油气储层,能够实现对目标区域进行油气储层的定量预测,提高了油气储层预测的准确性。

[0133] 图12是本发明另一实施例提供的双相介质的油气储层预测装置的结构示意图,如图12所示,本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测装置还包括第一获得单元1104和第二获得单元1105,其中:

[0134] 第一获得单元1104用于根据双相介质弹性阻抗方程对所述目标区域的至少四个不同入射角度的叠前角度部分叠加道集进行双相介质弹性阻抗反演,获得每个所述入射角度对应的双相介质弹性阻抗数据体;其中,所述双相介质弹性阻抗方程是基于双相介质反射系数的简化方程以及双相介质反射系数的阻抗表达式获得的,所述双相介质反射系数的简化方程是预设的,包括所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述

第二液相参数;第二获得单元1105用于根据所述至少四个入射角度对应的双相介质弹性阻抗数据体以及各自对应的双相介质弹性阻抗方程,获得所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值。

[0135] 具体地,双相介质弹性阻抗方程可以表示如下:

$$[0136] \quad DEI(\theta) = I_0 \left(\frac{A}{A_0} \right)^{2a(\theta)} \left(\frac{N}{N_0} \right)^{2b(\theta)} \left(\frac{P}{P_0} \right)^{2c(\theta)} \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^{2d(\theta)} \quad (1)$$

[0137] 其中, $DEI(\theta)$ 表示入射角度 θ 的双相介质弹性阻抗数据体, I_0 表示目标区域的平均纵波阻抗, A 表示双相介质的第一固相参数, N 表示双相介质的第二固相参数, P 表示双相介质的第一液相参数, Q 表示双相介质的第二液相参数, A_0 表示目标区域的第一固相参数的平均值, N_0 表示目标区域的第二固相参数的平均值, P_0 表示目标区域的第一液相参数的平均值, Q_0 表示目标区域的第二液相参数的平均值, $a(\theta)$ 表示第一固相参数对应的系数, $b(\theta)$ 表示第二固相参数对应的系数, $c(\theta)$ 表示第一液相参数对应的系数, $d(\theta)$ 表示第二液相参数对应的系数, $a(\theta)$ 、 $b(\theta)$ 、 $c(\theta)$ 和 $d(\theta)$ 入射角 θ 相关。

[0138] 由于双相介质弹性阻抗方程包括第一固相参数、第二固相参数、第一液相参数和第二液相参数四个参数,至少需要反演四个不同入射角度的弹性阻抗数据体。第一获得单元1104根据所述双相介质弹性阻抗方程,对所述目标区域的至少四个不同入射角度的叠前角度部分叠加道集进行双相介质弹性阻抗反演,可以获得至少四个不同入射角度的双相介质弹性阻抗数据体。其中,所述目标区域的入射角度的叠前角度部分叠加道集可以通过所述目标区域的叠前道集数据获得。每个入射角度的双相介质弹性阻抗反演的具体过程,与现有技术中等效介质弹性阻抗反演的算法与流程相同,此处不进行赘述。

[0139] 由于同一双相介质弹性阻抗数据体,各采样点处的指数项均相同。第二获得单元1105对双相介质弹性阻抗方程进行对数运算,带入至少四个不同入射角度的双相介质弹性阻抗数据体及对应角度的指数项,获得多元一次方程组。通过求解多元一次方程组,即可得到第一固相参数的参数值、第二固相参数的参数值、第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值。

[0140] 在上述各实施例的基础上,进一步地,所述双相介质反射系数的简化方程为固相部分和液相部分之和,所述固相部分根据所述第一固相参数和所述第二固相参数以及各自对应的系数获得,所述液相部分根据所述第一液相参数和所述第二液相参数以及各自对应的系数获得;其中,所述第一固相参数对应的系数、所述第二固相参数对应的系数、所述第一液相参数对应的系数和所述第二液相参数对应的系数都与所述入射角度相关。

[0141] 具体地,所述双相介质反射系数的简化方程参见公式(2)。所述固相部分为

$a(\theta) \frac{\Delta A}{A} + b(\theta) \frac{\Delta N}{N}$, 代表双相介质的固体骨架对反射系数的贡献,其中, A 表示双相介质的第一固相参数, N 表示双相介质的第二固相参数, $a(\theta)$ 表示第一固相参数对应的系数, $b(\theta)$ 表示第二固相参数对应的系数, $c(\theta)$ 表示第一液相参数对应的系数, ΔA 表示反射界面两侧双相介质的第一固相参数之差, ΔN 表示反射界面两侧双相介质的第二固相参数之差;所述液相部分 $c(\theta) \frac{\Delta Q}{Q} + d(\theta) \frac{\Delta R}{R}$, 代表孔隙流体对反射系数的贡献, P 表示双相介质的第一液相参数, Q 表示双相介质的第二液相参数, $c(\theta)$ 表示第一液相参数对应的系数, $d(\theta)$ 表示第二

液相参数应的系数, ΔP 表示反射界面两侧双相介质的第一液相参数之差, ΔQ 表示反射界面两侧双相介质的第二液相参数之差。其中,所述第一固相参数对应的系数、所述第二固相参数对应的系数、所述第一液相参数对应的系数和所述第二液相参数对应的系数都与所述入射角度相关。

[0142] 在上述各实施例的基础上,进一步地,所述第一固相参数为阻止所述双相介质的固体骨架横向压缩所需的拉应力的度量,所述第二固相参数为所述双相介质的固体骨架抵抗剪切应变的度量,且所述第一固相参数对应的系数是根据等效介质反射系数方程的拉梅参数的系数确定的,所述第二固相参数对应的系数是根据等效介质反射系数方程的剪切模量的系数确定的。

[0143] 具体地,所述第一固相参数为阻止所述双相介质的固体骨架横向压缩所需的拉应力的度量,单位可以为牛/平方米。所述第二固相参数为所述双相介质的固体骨架抵抗剪切应变的度量,单位可以为牛/平方米。双相介质中的固相部分反射系数类似于等效介质反射系数,所述第一固相参数类似于等效介质反射系数方程中的拉梅参数,所述第二固相参数类似于等效介质反射系数方程中的剪切模量,因此,所述第一固相参数对应的系数可以根据等效介质反射系数方程的拉梅参数的系数确定,所述第二固相参数对应的系数可以根据等效介质反射系数方程的剪切模量的系数确定。

[0144] 图13是本发明又一实施例提供的双相介质的油气储层预测装置的结构示意图,如图13所示,在上述各实施例的基础上,进一步地,本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测装置还包括构建单元1106、求解单元1107和第三获得单元1108,其中:

[0145] 构建单元1106用于根据叠前道集角度范围的I个入射角度和J组双相介质弹性参数以及所述双相介质反射系数的简化方程,构建 $I \times J$ 阶矩阵方程组;其中,每个入射角度和每组双相介质弹性参数对应的纵波反射系数根据双相介质反射系数的一般方程求解获得;每组双相介质弹性参数包括所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述第二液相参数;求解单元1107用于对所述 $I \times J$ 阶矩阵方程组进行求解,获得所述I个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值和所述I个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值;第三获得单元1108用于根据所述I个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值,获得所述入射角度与所述第一液相参数对应的系数的关系,并根据所述I个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值,获得所述入射角度与所述第二液相参数对应的系数的关系。

[0146] 具体地,根据所述目标区域的岩石物理模型,随机构建J组双相介质弹性参数,每组双相介质弹性参数包括所述第一固相参数、所述第二固相参数、所述第一液相参数和所述第二液相参数。设置I个入射角度,I个入射角度属于叠前道集角度范围。构建单元1106将I个入射角度和J组双相介质弹性参数自由组合输入到所述双相介质反射系数的简化方程中,可以获得 $I \times J$ 个双相介质反射系数的简化方程,由 $I \times J$ 双相介质反射系数的简化方程构成 $I \times J$ 阶矩阵方程组。其中,所述目标区域的岩石物理模型是根据实际经验设置的,本发明实施例不做限定。所述叠前道集角度范围根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定。I和J的具体数值根据实际需要进行设置,本发明实施例不做限定。

[0147] 在 $I \times J$ 阶矩阵方程组(11)中,I个入射角度和J组双相介质弹性参数为已知数,D已经求出,固相系数矩阵 S_s 可以根据公式(9)和(10)求出,固相弹性参数矩阵 W_s 可以根据J组双

相介质弹性参数中的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值求出,液相弹性参数矩阵 W_F 可以根J组双相介质弹性参数中的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值求出。 $I \times J$ 阶矩阵方程组(11)可以转换成如下表达式:

$$[0148] \quad S_F = ((D - S_s W_s)^T (D - S_s W_s))^{-1} (D - S_s W_s)^T W_F \quad (12)$$

[0149] 求解单元1107利用最小二乘法求解上述方程组(12),即可求出液相系数矩阵 S_F ,从而获得所述I个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值和所述I个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值。

[0150] 在获得所述I个入射角度各自对应的第一液相参数对应的系数的值之后,第三获得单元1108可以通过数据拟合的方式建立所述入射角度和所述第一液相参数对应的系数之间的关系,在已知入射角度的情况下就可以求出该入射角度对应的第一液相参数对应的系数。在获得所述I个入射角度各自对应的第二液相参数对应的系数的值之后,第三获得单元1108可以通过数据拟合的方式建立所述入射角度和所述第二液相参数对应的系数之间的关系,在已知入射角度的情况下就可以求出该入射角度对应的第二液相参数对应的系数。

[0151] 图14是本发明还一实施例提供的双相介质的油气储层预测装置的结构示意图,如图14所示,在上述各实施例的基础上,进一步地,本发明实施例提供的双相介质的油气储层预测装还包括第四获得单元1109和第五获得单元1110,其中:

[0152] 第四获得单元1109用于将所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值输入至物性参数目标反演函数,获得待求解方程;其中,所述物性参数目标反演函数是基于所述至少一个物性参数以及对应的第一固相参数、第二固相参数、第一液相参数和第二液相参数的样本训练数据集训练后获得的;第五获得单元1110用于对所述待求解方程进行求解,获得所述至少一个物性参数的参数值。

[0153] 具体地,在获得所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值之后,第四获得单元1109将所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值作为已知量输入到物性参数目标反演函数中,获得待求解方程,所述待求解方程的未知量包括所述至少一个物性参数。

[0154] 在获得所述待求解方程之后,第五获得单元1110对所述待求解方程进行求解。由于所述至少一个物性参数中的每个物性参数的取值范围有限,可以通过对所述至少一个物性参数中的每个物性参数进行枚举,求得目标反演函数的后验概率密度值,可以求得多个后验概率密度值。取后验概率密度最大值对应的一组所述至少一个物性参数的枚举值作为所述至少一个物性参数的参数值。也就是取得目标反演函数后验概率密度最大值所对应的至少一个物性参数的参数值作为最终物性参数的反演值。其中,每个物性参数的取值范围根据实际经验进行设置,本发明实施例不做限定。

[0155] 在上述各实施例的基础上,进一步地,所述至少一个物性参数包括孔隙度和/或油气饱和度。

[0156] 本发明实施例提供的装置的实施例具体可以用于执行上述各方法实施例的处理流程,其功能在此不再赘述,可以参照上述方法实施例的详细描述。

[0157] 图15是本发明一实施例提供的电子设备的实体结构示意图,如图15所示,该电子设备可以包括:处理器(processor) 1501、通信接口(Communications Interface) 1502、存储器(memory) 1503和通信总线1504,其中,处理器1501,通信接口1502,存储器1503通过通信总线1504完成相互间的通信。处理器1501可以调用存储器1503中的逻辑指令,以执行如下方法:根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值,获得所述目标区域的待确定储层;根据所述目标区域的双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及所述目标区域的待确定储层,确定所述目标区域的含流体储层;根据所述目标区域的双相介质的至少一个物性参数的参数值以及所述目标区域的含流体储层,预测所述目标区域的油气储层;其中,所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值是预先获得的,所述至少一个物性参数的参数值是根据所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值获得的。

[0158] 此外,上述的存储器1503中的逻辑指令可以通过软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,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,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0159] 本实施例公开一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括存储在非暂态计算机可读存储介质上的计算机程序,所述计算机程序包括程序指令,当所述程序指令被计算机执行时,计算机能够执行上述各方法实施例所提供的方法,例如包括:根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值,获得所述目标区域的待确定储层;根据所述目标区域的双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及所述目标区域的待确定储层,确定所述目标区域的含流体储层;根据所述目标区域的双相介质的至少一个物性参数的参数值以及所述目标区域的含流体储层,预测所述目标区域的油气储层;其中,所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值是预先获得的,所述至少一个物性参数的参数值是根据所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值获得的。

[0160] 本实施例提供一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储计算机程序,所述计算机程序使所述计算机执行上述各方法实施例所提供的方法,例如包括:根据目标区域的双相介质的第一固相参数的参数值和第二固相参数的参数值,获得所述目标区域的待确定储层;根据所述目标区域的双相介质的第一液相参数的参数值和第二液相参数的参数值以及所述目标区域的待确定储层,确定所述目标区域的含流体储层;根据所述目标区域的双相介质的至少一个物性参数的参数值以及所述目标区域的含流体储层,预测所述目标区域的油气储层;其中,所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值、所述第二液相参数的参数值是预先获得的,所述至少一个物性

参数的参数值是根据所述第一固相参数的参数值、所述第二固相参数的参数值、所述第一液相参数的参数值和所述第二液相参数的参数值获得的。

[0161] 本领域内的技术人员应明白,本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0162] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0163] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0164] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0165] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一个具体实施例”、“一些实施例”、“例如”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0166] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

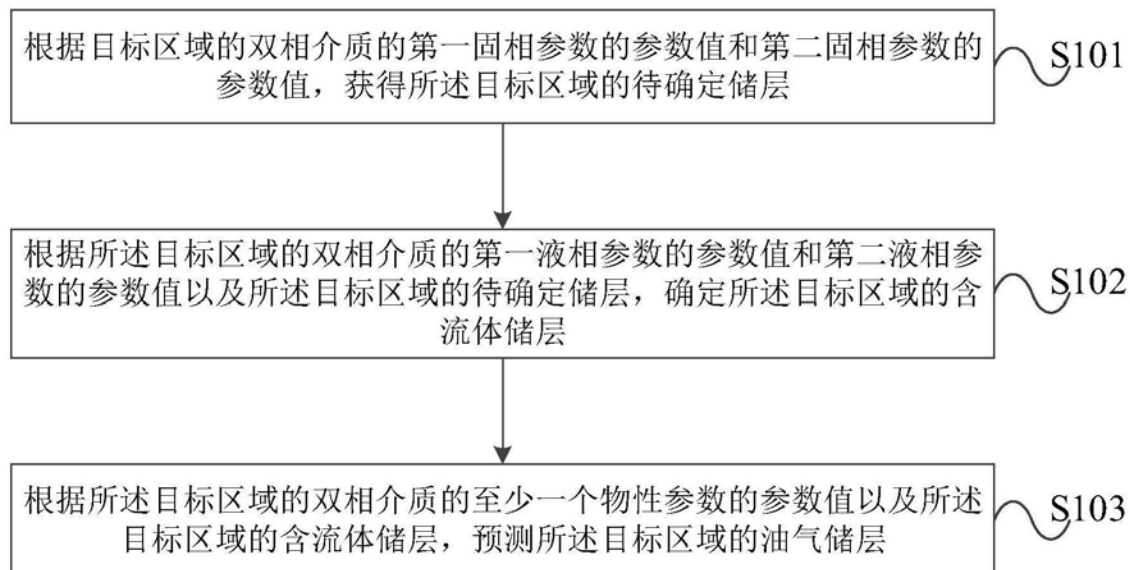


图1

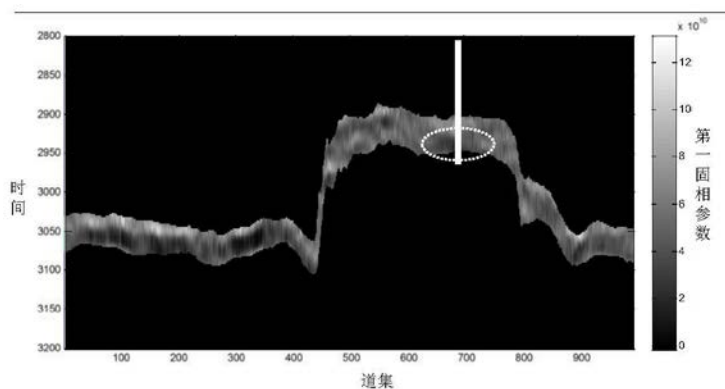


图2a

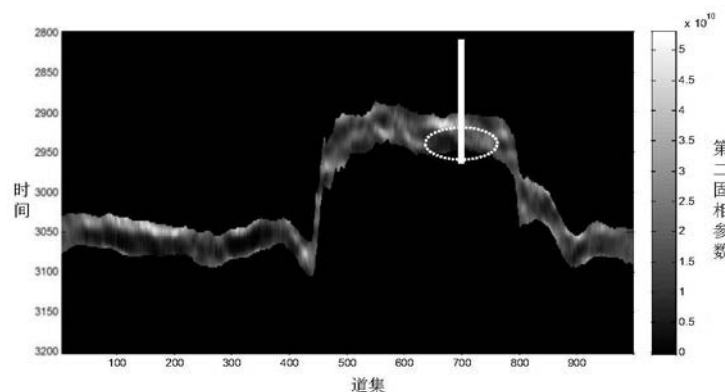


图2b

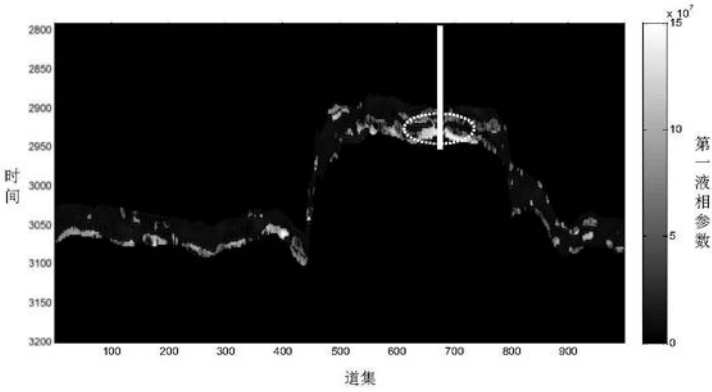


图3a

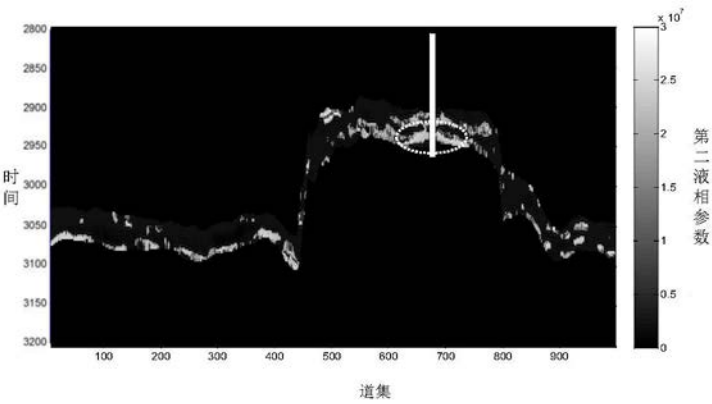


图3b

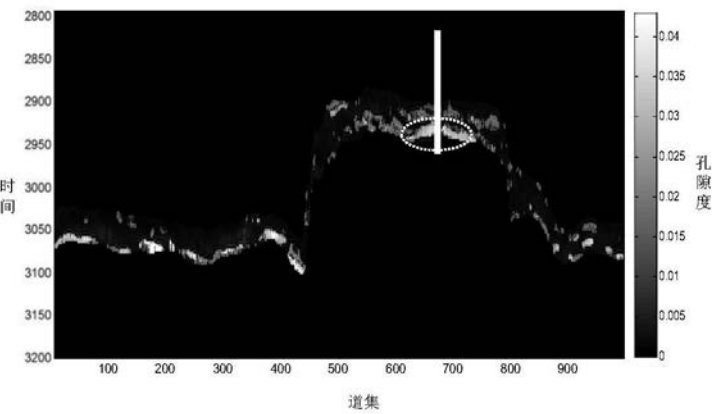


图4a

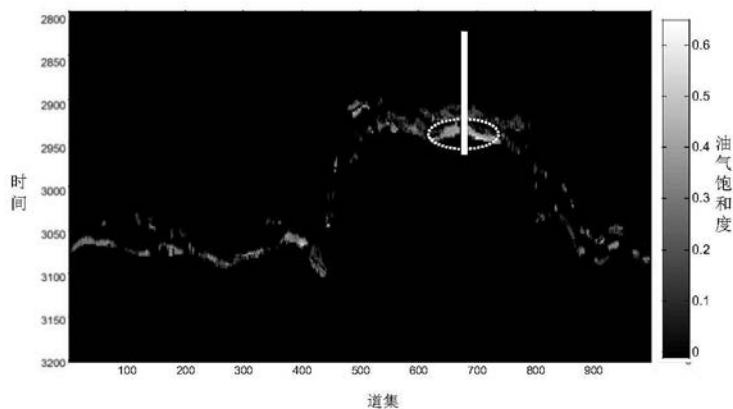


图4b

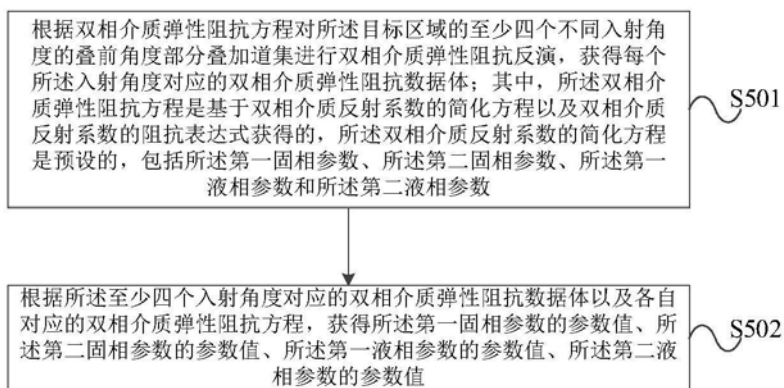


图5

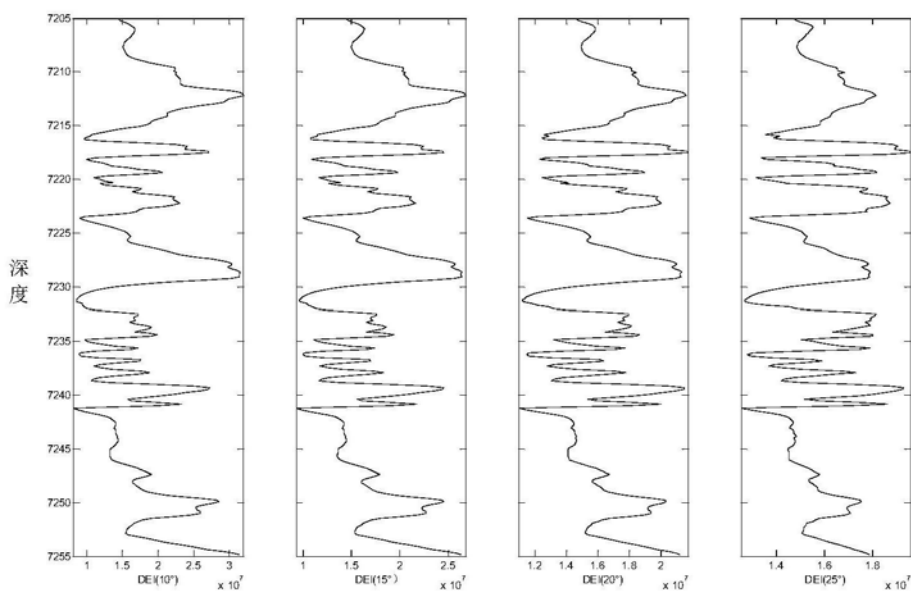


图6

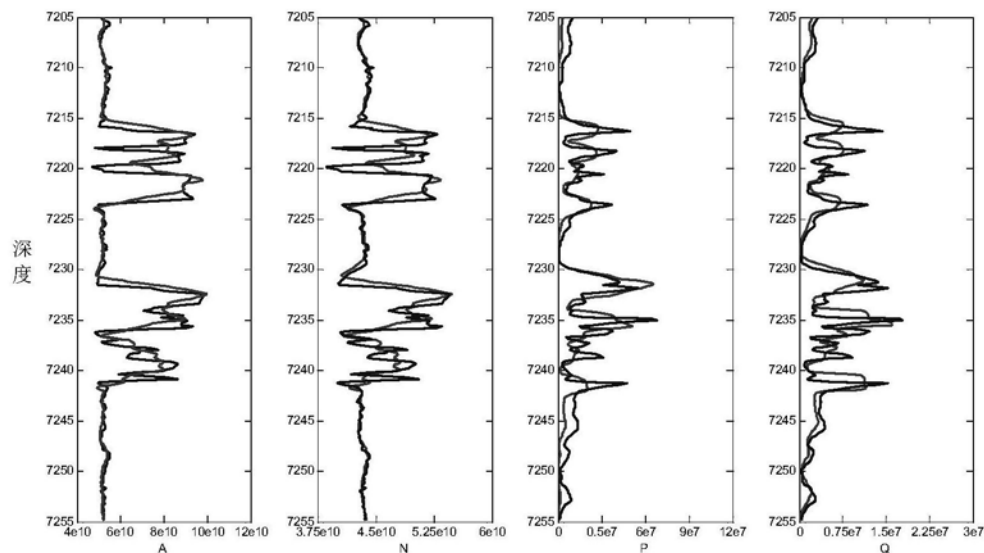


图7

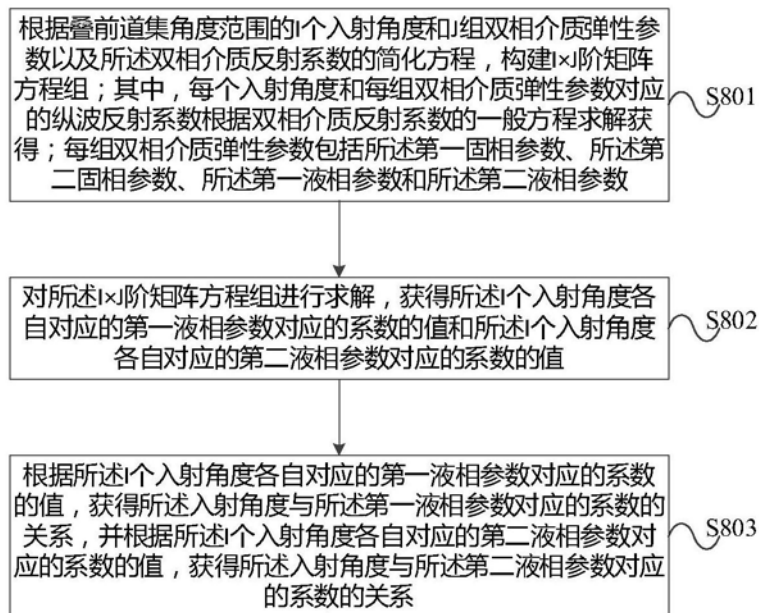


图8

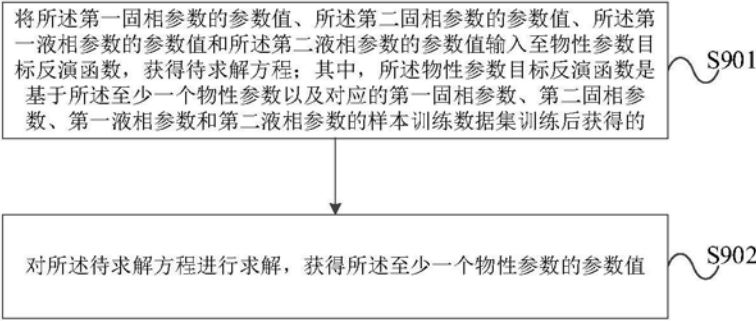


图9

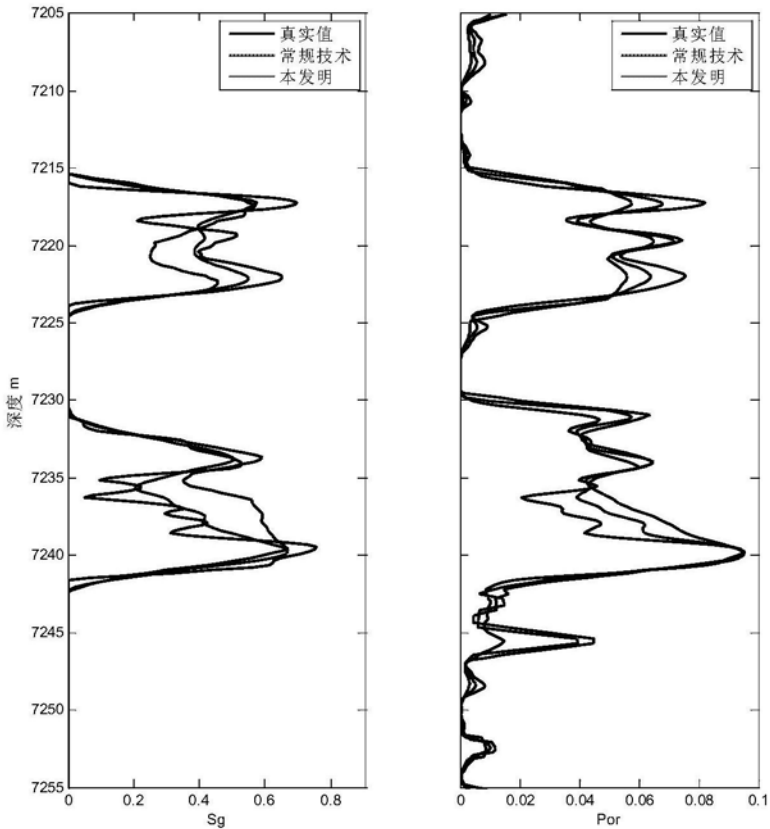


图10

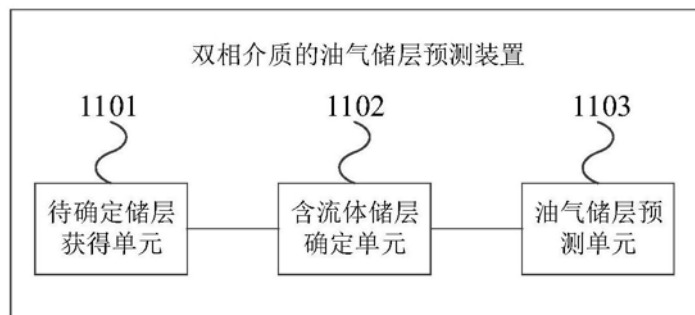


图11

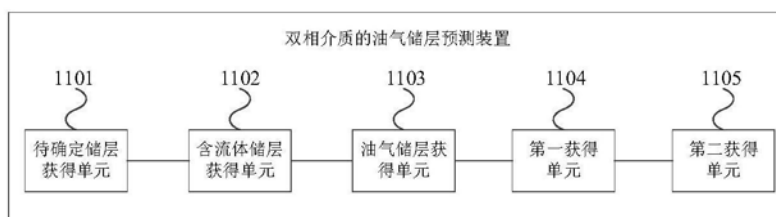


图12

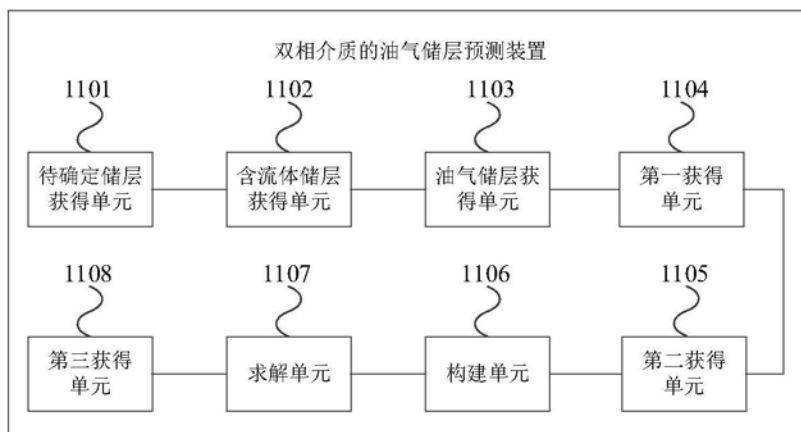


图13

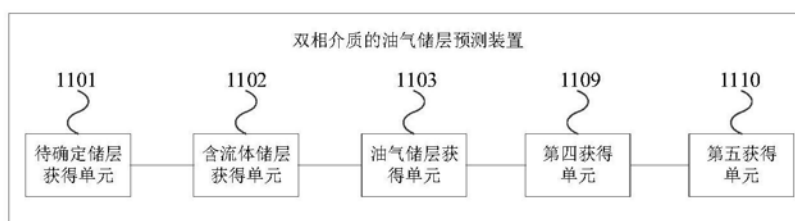


图14

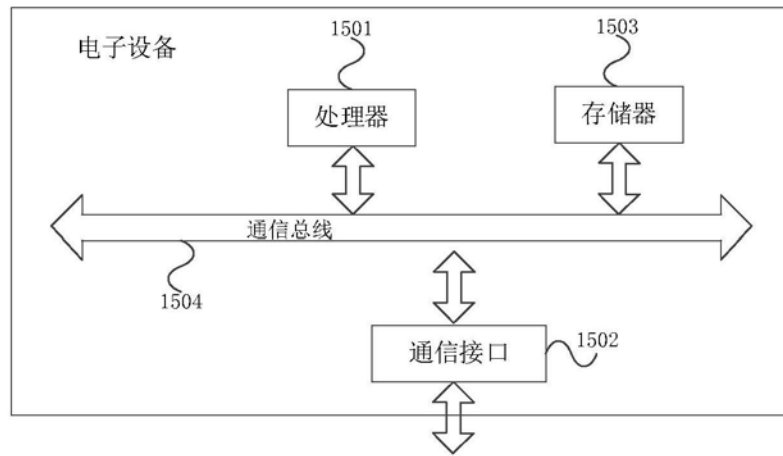


图15