



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106199712 B

(45)授权公告日 2018.06.01

(21)申请号 201610497331.X

(22)申请日 2016.06.29

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106199712 A

(43)申请公布日 2016.12.07

(73)专利权人 中国石油天然气集团公司  
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号

专利权人 中国石油集团东方地球物理勘探  
有限责任公司

(72)发明人 刘伟 王熙明 张宇生 徐刚  
万小平 常疆华

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 李辉 徐焕

(51) Int. Cl.  
G01V 1/30(2006.01)  
G01V 1/28(2006.01)

(56)对比文件

- CN 101012746 A, 2007.08.08, 全文.
- CN 101059076 A, 2007.10.24, 全文.
- CN 101397904 A, 2009.04.01, 全文.
- CN 102562052 A, 2012.07.11, 全文.
- CN 103670372 A, 2014.03.26, 全文.
- CN 105089654 A, 2015.11.25, 全文.
- WO 2015/023386 A1, 2015.02.19, 全文.
- 陈勇等. 套管钻井中套管屈曲变形的有限元分析.《石油机械》.2006,第34卷(第9期),第22-24页.
- 张波. 哈拉哈塘超深水平井套管下入可行性研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程技术I辑》.2014,(第03期),第B019-28页.
- 刘伟. 中原油田高压注水诱发的油水井套管损坏原因分析.《中国地质灾害与防治学报》.2010,第21卷(第2期),第94-99页. (续)

审查员 张敏

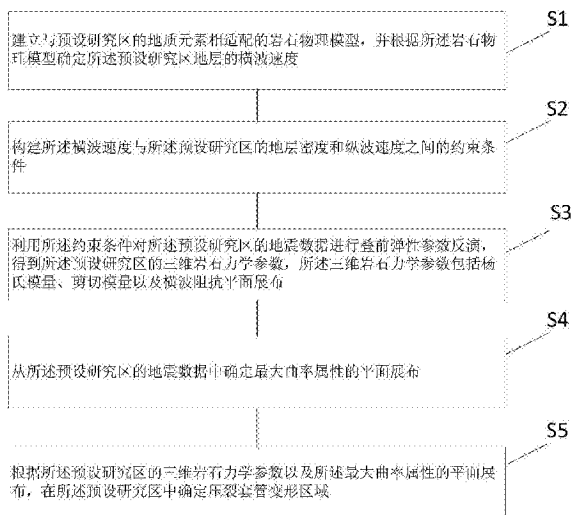
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种确定压裂套管变形区域的方法及装置

(57)摘要

本申请提供一种确定压裂套管变形区域的方法及装置,其中,所述方法包括:建立与预设研究区的地质元素相适配的岩石物理模型,并根据所述岩石物理模型确定所述预设研究区地层的横波速度;构建所述横波速度与所述预设研究区的地质密度和纵波速度之间的约束条件;利用所述约束条件对所述预设研究区的地震数据进行叠前弹性参数反演,得到所述预设研究区的三维岩石力学参数;从所述预设研究区的地震数据中确定最大曲率属性的平面展布;根据所述预设研究区的三维岩石力学参数以及所述最大曲率属性的平面展布,在所述预设研究区中确定压裂套管变形区域。本申请实施方式提供的一种确定压裂套管变形区域的方法及装置,能够提高套管变形区域的预测精度。



CN 106199712 B

[接上页]

**(56)对比文件**

张军 等.基于小波变换的套管金属磁记忆检测信号处理.《石油学报》.2006,第27卷(第2期),第137-140页.

林莉莉.大港油田油水井套管变形损坏规律与修复研究.《中外能源》.2014,第19卷(第6期),第56-58页.

1. 一种确定压裂套管变形区域的方法,其特征在于,包括:

建立与预设研究区的地质元素相适配的岩石物理模型,并根据所述岩石物理模型确定所述预设研究区地层的横波速度;

构建所述横波速度与所述预设研究区的地层密度和纵波速度之间的约束条件;

利用所述约束条件对所述预设研究区的地震数据进行叠前弹性参数反演,得到所述预设研究区的三维岩石力学参数,所述三维岩石力学参数包括杨氏模量、剪切模量以及横波阻抗平面展布;

从所述预设研究区的地震数据中确定最大曲率属性的平面展布;

根据所述预设研究区的三维岩石力学参数以及所述最大曲率属性的平面展布,在所述预设研究区中确定压裂套管变形区域;

其中,根据所述预设研究区的三维岩石力学参数以及所述最大曲率属性的平面展布,在所述预设研究区中确定压裂套管变形区域具体包括:

将所述预设研究区中三维岩石力学参数的变化率大于预设变化率阈值并且最大曲率属性大于预设曲率属性对应的区域确定为压裂套管变形区域。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,按照下述公式构建所述横波速度与所述预设研究区的地层密度和纵波速度之间的约束条件:

$$\rho = 0.31 \cdot (8.74 \times 10^{-5} V_s^2 + 0.994 V_p + 1250)^{0.25}$$

$$V_p = 8.74 \times 10^{-5} V_s^2 + 0.994 V_s + 1250$$

其中, $\rho$ 为所述地层密度, $V_s$ 为所述横波速度, $V_p$ 为所述纵波速度。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,从所述预设研究区的地震数据中确定最大曲率属性的平面展布具体包括:

根据所述预设研究区的地震数据,确定沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值;

按照下述公式确定最大曲率属性的平面展布:

$$b = \frac{\partial q}{2 \partial y}$$

其中, $b$ 为所述最大曲率属性的平面展布, $q$ 为所述沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值, $y$ 为垂直于所述预设研究区中接收线的方向。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,根据所述预设研究区的地震数据,确定沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值具体包括:

从所述地震数据中选取数据子体,并按照预设步长将所述数据子体划分为预设数量的数据组;

计算相邻数据组之间的相干系数;

将计算的所述相干系数按照二次曲面进行拟合,得到相干系数的曲面展布;

从所述相干系数的曲面展布中提取相干系数的极值点,并将提取的所述极值点确定为沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,按照下述公式计算相邻数据组之间的相干系数:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^M x_i \cdot y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^M x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^M y_i^2}}$$

其中, $\alpha$ 为所述相干系数, $x_i$ 为预设数据组中的第*i*个数据, $y_i$ 为与所述预设数据组相邻的数据组中的第*i*个数据, $M$ 为所述数据组中数据的总数。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的方法,其特征在于,在确定压裂套管变形区域之后,所述方法还包括:

在所述压裂套管变形区域减小压裂液的注射量或者舍弃与所述压裂套管变形区域相邻的水平井段。

7. 一种确定压裂套管变形区域的装置,其特征在于,所述装置包括:

岩石物理模型建立单元,用于建立与预设研究区的地质元素相适配的岩石物理模型,并根据所述岩石物理模型确定所述预设研究区地层的横波速度;

约束条件构建单元,用于构建所述横波速度与所述预设研究区的地层密度和纵波速度之间的约束条件;

三维参数获取单元,用于利用所述约束条件对所述预设研究区的地震数据进行叠前弹性参数反演,得到所述预设研究区的三维岩石力学参数,所述三维岩石力学参数包括杨氏模量、剪切模量以及横波阻抗平面展布;

最大曲率属性确定单元,用于从所述预设研究区的地震数据中确定最大曲率属性的平面展布;

套管变形区域确定单元,用于根据所述预设研究区的三维岩石力学参数以及所述最大曲率属性的平面展布,在所述预设研究区中确定压裂套管变形区域;

其中,所述套管变形区域确定单元将所述预设研究区中三维岩石力学参数的变化率大于预设变化率阈值并且最大曲率属性大于预设曲率属性对应的区域确定为压裂套管变形区域。

8. 根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述最大曲率属性确定单元具体包括:

视倾角值确定模块,用于根据所述预设研究区的地震数据,确定沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值;

公式确定模块,用于按照下述公式确定最大曲率属性的平面展布:

$$b = \frac{\partial q}{2\partial y}$$

其中, $b$ 为所述最大曲率属性的平面展布, $q$ 为所述沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值, $y$ 为垂直于所述预设研究区中接收线的方向。

9. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述视倾角值确定模块具体包括:

数据组划分模块,用于从所述地震数据中选取数据子体,并按照预设步长将所述数据子体划分为预设数量的数据组;

相干系数计算模块,用于计算相邻数据组之间的相干系数;

曲面拟合模块,用于将计算的所述相干系数按照二次曲面进行拟合,得到相干系数的曲面展布;

确定模块,用于从所述相干系数的曲面展布中提取相干系数的极值点,并将提取的所述极值点确定为沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值。

## 一种确定压裂套管变形区域的方法及装置

### 技术领域

[0001] 本申请涉及油气田开发技术,特别涉及一种确定压裂套管变形区域的方法及装置。

### 背景技术

[0002] 非常规油气藏是最近几年研究的焦点。开采方式的差异是非常规油气藏与常规油气藏的最大区别之一。常规油气藏孔渗相对较大,在钻完井后一般无需其它辅助措施就能实现有效开采。而对于非常规油气藏,特别是对于页岩气、致密砂岩气,其孔渗达纳米级,只有通过储层改造增加其渗透率才能实现商业开采。水力压裂是目前非常规储层改造的一项关键技术,水力压裂效果直接影响非常规油气藏开发效益。但是,在水力压裂期间,常常因套管发生损伤或变形而导致水力压裂施工进度受阻或舍弃几段,严重的套管变形有时导致整个水平井成为废井,不仅影响开发进展,而且还造成大量经济损失。

[0003] 研究表明,影响套管变形的因素很多,主要分为地质因素和工程因素,直接原因是套管周围应力发生变化,超过其承受范围,导致变形。影响套管变形的地质因素主要有:区域地质条件(如构造)、岩性、断裂/微裂缝、储层力学性质;影响套管变形的工程因素主要有:井身结构及套管质量、施工压力、固井质量及出砂情况等。当然,外界一些因素也可能触发套管变形,如天然地震。

[0004] 国内外学者很早就注意到套管变形对水力压裂的影响,但一直没有很好的解决方案。在90年代,压裂现场施工主要通过压裂施工曲线和套管的抗张强度来预防套管变形,当施工压力接近或快达到套管的抗压强度后,通过改变压裂参数来降低施工压力,保证套管安全。然而,在实际生产中,由于压力上升很快,在还没来得及降压时,施工压力已达到套管抗压极限,因此,这种方法并未在实际生产中取得较好效果。随后油田工作也在实际生产中对套管变形进行分析。张志全等对港西油田套变形的分类和形态进行了统计分析,分析表明油层出砂、断层复活、泥岩吸水膨胀、频繁修井作业、施工不当及固井质量不合格是引起套管损坏的主要原因,从防砂治砂和套管柱的设计两个方面提出了预防港西油田套变的措施。夏竹君等分析了介绍了普光气田套管变形监测情况及套管变形结果,分析了套管变形与地层岩性、盐层厚度、固井质量、套管厚度、地震以及时间延长等之间的关系,对预防套管变形有一定作用。陈明等从天然地震引起的岩石蠕变及固井质量方面分析了普光气田套管变形的的主要原因,并根据套管变形程度的不同,提出了以液压滚压整形为主的套变治理技术和后续钻井技术方案,在后期预防套管变形方面取得了较好的效果。张立民等分析了冀东油田疏松砂岩油藏套变部位,分析认为出砂造成套管失去支撑,是套管变形的原因之一,上覆岩层的压力是套变直接原因,进而对由于出砂、地层压力下降造成的上覆地层压力变化使套管发生变形的机理进行了分析,采用ABAQUS软件对射孔套管变形情况进行模拟对射孔套管在上覆地层压力作用下变形的形态规律进行了研究分析,为指导出砂井预防套变提供了依据。

[0005] 最近几年,微地震监测的出现能够很好的诊断水力压裂人工裂缝形态,极大的提

升了储层改造效果。在压裂过程中,水力压裂诱发可能诱发天然裂缝,引起地层发生蠕变,可能引发套管变形,能量大的信号可能被微地震监测仪器监测到,在一定程度上,可以利用微地震监测来诊断套管变形位置。但很多情况下,发生套管变形时,有时能量并不是很大,微地震监测仪器并不能很好的记录,在这种情况下,利用微地震监测仪器无法诊断套管变形位置。最为重要的是,微地震监测虽然在某种程度能诊断套管变形位置,但却是在发生套管变形之后才能检测到,并不能达到预防套管变形的效果。

[0006] 总体而言,国内外虽然开展了相关套管变形研究,主要存在以下问题:现阶段对套管变形的预测研究仅仅局限于工程因素,这样研究的方法比较片面,容易造成预测结果不准确。

[0007] 应该注意,上面对技术背景的介绍只是为了方便对本申请的技术方案进行清楚、完整的说明,并方便本领域技术人员的理解而阐述的。不能仅仅因为这些方案在本申请的背景技术部分进行了阐述而认为上述技术方案为本领域技术人员所公知。

## 发明内容

[0008] 本申请实施方式的目的在于提供一种确定压裂套管变形区域的方法及装置,能够提高套管变形区域的预测精度。

[0009] 为实现上述目的,本申请一方面提供一种确定压裂套管变形区域的方法,所述包括:建立与预设研究区的地质元素相适配的岩石物理模型,并根据所述岩石物理模型确定所述预设研究区地层的横波速度,所述地质元素包括油气比和矿物含量;构建所述横波速度与所述预设研究区的地层密度和纵波速度之间的约束条件;利用所述约束条件对所述预设研究区的地震数据进行叠前弹性参数反演,得到所述预设研究区的三维岩石力学参数,所述三维岩石力学参数包括杨氏模量、剪切模量以及横波阻抗平面展布;从所述预设研究区的地震数据中确定最大曲率属性的平面展布;根据所述预设研究区的三维岩石力学参数以及所述最大曲率属性的平面展布,在所述预设研究区中确定压裂套管变形区域。

[0010] 为实现上述目的,本申请另一方面提供一种确定压裂套管变形区域的装置,所述装置包括:岩石物理模型建立单元,用于建立与预设研究区的地质元素相适配的岩石物理模型,并根据所述岩石物理模型确定所述预设研究区地层的横波速度,所述地质元素包括油气比和矿物含量;约束条件构建单元,用于构建所述横波速度与所述预设研究区的地层密度和纵波速度之间的约束条件;三维参数获取单元,用于利用所述约束条件对所述预设研究区的地震数据进行叠前弹性参数反演,得到所述预设研究区的三维岩石力学参数,所述三维岩石力学参数包括杨氏模量、剪切模量以及横波阻抗平面展布;最大曲率属性确定单元,用于从所述预设研究区的地震数据中确定最大曲率属性的平面展布;套管变形区域确定单元,用于根据所述预设研究区的三维岩石力学参数以及所述最大曲率属性的平面展布,在所述预设研究区中确定压裂套管变形区域。

[0011] 由以上本申请实施方式提供的技术方案可见,本申请实施例在建立的岩石物理模型的基础上,通过构建的约束条件,能够得到预设研究区内相对准确的三维岩石力学参数。本申请通过对所述预设研究区的地震数据进行分析,从而可以确定最大曲率属性的平面展布。本申请可以综合所述三维岩石力学参数以及所述最大曲率属性的平面展布,从而能够精确地预测出预设研究区中可能发生套管变形的区域。

[0012] 参照后文的说明和附图,详细公开了本申请的特定实施方式,指明了本申请的原理可以被采用的方式。应该理解,本申请的实施方式在范围上并不因而受到限制。在所附权利要求的精神和条款的范围内,本申请的实施方式包括许多改变、修改和等同。

[0013] 针对一种实施方式描述和/或示出的特征可以以相同或类似的方式在一个或多个其它实施方式中使用,与其它实施方式中的特征相组合,或替代其它实施方式中的特征。

[0014] 应该强调,术语“包括/包含”在本文使用时指特征、整件、步骤或组件的存在,但并不排除一个或多个其它特征、整件、步骤或组件的存在或附加。

## 附图说明

[0015] 所包括的附图用来提供对本申请实施方式的进一步的理解,其构成了说明书的一部分,用于例示本申请的实施方式,并与文字描述一起来阐释本申请的原理。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施方式,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。在附图中:

[0016] 图1为本申请实施方式提供的一种确定压裂套管变形区域的方法流程图;

[0017] 图2为本申请实施方式中相干系数的曲面展布示意图;

[0018] 图3为本申请实施方式提供的一种确定压裂套管变形区域的装置功能模块图。

## 具体实施方式

[0019] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案,下面将结合本申请实施方式中的附图,对本申请实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施方式仅仅是本申请一部分实施方式,而不是全部的实施方式。基于本申请中的实施方式,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施方式,都应当属于本申请保护的范围。

[0020] 本申请实施方式提供一种压裂套管变形区域的方法。图1为本申请提供的一种确定压裂套管变形区域的方法流程图。虽然下文描述流程包括以特定顺序出现的多个操作,但是应该清楚了解,这些过程可以包括更多或更少的操作,这些操作可以顺序执行或并行执行(例如使用并行处理器或多线程环境)。如图1所示,所述方法可以包括以下步骤。

[0021] 步骤S1:建立与预设研究区的地质元素相适配的岩石物理模型,并根据所述岩石物理模型确定所述预设研究区地层的横波速度,所述地质元素包括油气比和矿物含量。

[0022] 在本实施方式中,考虑到预设研究区中压裂套管变形区域的位置往往与地层结构相关联。影响套管变形的因素可以包括地层的杨氏模量、剪切模量、横波阻抗等。为此,在本实施方式中,可以针对所述预设研究区的常规测井资料,建立与预设研究区的地质元素相适配的岩石物理模型。其中,所述预设研究区的地质元素可以包括所述预设研究区的油气比和矿物含量。所述岩石物理模型可以将所述预设研究区中的岩石理想化,通过内在的物理学原理建立通用的关系。在本领域中,有些岩石物理模型可以假设岩石中的孔隙和颗粒是层状排列的;有些岩石物理模型可以认为岩石是由颗粒好某种单一几何形状的孔隙组成的集合体,其中孔隙可以是球体、椭球体或者是球形或椭球型的包含体;还有些岩石物理模型可以认为岩石颗粒是相同的弹性球体。这样,鉴于上述不同的岩石理想化的过程,可以将岩石物理模型划分为四类:层状模型、球形孔隙模型、包含体模型以及接触模型。

[0023] 其中,所述层状模型假设等效介质由各种不同的均匀弹性相组成,其中包括孔隙流体和组成岩石颗粒的各种矿物,并呈层状排列。岩石总体的物理参数是由各组分物性参数综合而成,这类模型主要可以用来计算岩石骨架的弹性模量。

[0024] 所述球形孔隙模型假设岩石是由颗粒和球状孔隙组成的集合体,所有孔隙都是连通的并且孔隙中饱含流体。这类模型主要是用于计算饱含流体的岩石弹性模量,其中经典的方程主要用于计算低频条件下饱含流体岩石的弹性模量,随后将方程拓展到全频率段。

[0025] 所述包含体模型假设岩石是由颗粒和球形或椭球形的包含体组成的集合体,并且每个包含体在均匀的骨架中是孤立的,整体上具有和等效介质相同的弹性性质。这类模型不仅能用来估计饱含流体岩石中的地震速度,而且可以用来计算骨架速度。

[0026] 所述接触模型假设岩石颗粒是由很多相同的弹性球体组成。这类模型大多是为了研究粒状物质的等效弹性特性而发展起来的。在岩石物理中这些粒状物质被称为非固结层,只要提供深度信息就能用接触模型以深度和孔隙度的函数形式来定性估计地震速度。

[0027] 在本实施方式中,具体地可以根据所述预设研究区的常规测井资料,分析所述预设研究区的地层中地质元素的实际构成,从而可以选用上述一种方式或者多种方式的结合来建立与预设研究区的地质元素相适配的岩石物理模型。在建立了所述预设研究区的岩石物理模型之后,便可以根据该岩石物理模型确定所述预设研究区地层的横波速度。

[0028] 步骤S2:构建所述横波速度与所述预设研究区的地层密度和纵波速度之间的约束条件。

[0029] 在本实施方式中,在确定出所述预设研究区地层的横波速度后,可以根据所述横波速度并结合测井资料,可以确定所述预设研究区地层的岩石力学参数,所述岩石力学参数例如可以包括杨氏模量、剪切模量以及横波阻抗。

[0030] 在本实施方式中,在后续对所述预设研究区的地震数据进行分析时,分析结果往往多种多样。为了从多种多样的分析结果中提取所需的分析结果,在本实施方式中可以建立不同参数之间的约束条件,从而可以根据建立的约束条件来限定不同参数的值。

[0031] 具体地,在本实施方式中,可以构建所述横波速度与所述预设研究区的地层密度和纵波速度之间的约束条件,从而可以利用所述横波速度来限制地层密度和纵波速度的取值。具体地,在本实施方式中可以按照下述公式构建所述横波速度与所述预设研究区的地层密度和纵波速度之间的约束条件:

$$[0032] \quad \rho = 0.31 \cdot (8.74 \times 10^{-5} V_s^2 + 0.994 V_s + 1250)^{0.25}$$

$$[0033] \quad V_p = 8.74 \times 10^{-5} V_s^2 + 0.994 V_s + 1250$$

[0034] 其中, $\rho$ 为所述地层密度, $V_s$ 为所述横波速度, $V_p$ 为所述纵波速度。

[0035] 步骤S3:利用所述约束条件对所述预设研究区的地震数据进行叠前弹性参数反演,得到所述预设研究区的三维岩石力学参数,所述三维岩石力学参数包括杨氏模量、剪切模量以及横波阻抗平面展布。

[0036] 在本实施方式中,可以根据确定的所述约束条件,并且对所述预设研究区的地震数据进行分析,可以采用Zoeppritz方程对所述预设研究区的地震数据进行叠前弹性参数反演。在本实施方式中,由于完整的Zoeppritz方程形式上很复杂,并且物理上呈现非直观性,特别在各向异性介质中更为复杂,因此可以在一定的前提条件下对其进行简化,从而获取Zoeppritz方程的近似方程。

[0037] 在本实施方式中,可以采用Shuey近似方程来对所述预设研究区的地震数据进行叠前弹性参数反演。Shuey近似方程中考虑了地层的泊松比对反射系数的影响,证明了相对反射系数随炮检距的变化梯度主要由泊松比的变化决定。

[0038] 在通过Shuey近似方程对所述预设研究区的地震数据进行叠前弹性参数反演后,便可以将所述研究区地层的岩石力学参数外推到三维工区,从而可以求取三维岩石力学参数,所述三维岩石力学参数同样可以包括杨氏模量、剪切模量以及横波阻抗平面展布。

[0039] 步骤S4:从所述预设研究区的地震数据中确定最大曲率属性的平面展布。

[0040] 在本实施方式中,还考虑到由地层构造引起的裂缝在水利压裂时最易导致套管变形,而由地层构造引起的裂缝可以通过曲率属性清晰地表征。因此,在本实施方式中,除了对所述预设研究区的三维岩石力学参数进行分析,还可以对所述预设研究区中曲率属性的平面展布进行分析。具体地,在本实施方式中可以从所述预设研究区的地震数据中确定最大曲率属性的平面展布。

[0041] 在本实施方式中,考到较小的局部地层范围,地层分界面对应的空间曲面可以通过下述公式来表示:

$$[0042] \quad z(x,y) = ax^2 + by^2 + cxy + dx + ey + f$$

[0043] 其中, $z(x,y)$ 可以表示地层界面对应的空间曲面, $(x,y)$ 为所述地层界面的坐标, $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 可以为上述公式中各个多项式对应的系数,这些多项式对应的系数分别表示高斯曲率、最大曲率、最小曲率、最正曲率以及最负曲率。

[0044] 在本实施方式中,可以通过求取 $b$ ,从而可以确定所述最大曲率属性。具体地,所述最大曲率属性的平面展布可以通过下式确定:

$$[0045] \quad b = \frac{\partial q}{2\partial y}$$

[0046] 其中, $b$ 为所述最大曲率属性的平面展布, $q$ 为所述沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值, $y$ 为垂直于所述预设研究区中接收线的方向。

[0047] 由上可见,在确定所述最大曲率属性的平面展布前,需要确定所述沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值。在本实施方式中,可以根据所述预设研究区的地震数据,确定沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值。

[0048] 具体地,在本实施方式中,可以在空间方向上以预设地震道位置为中心,选定道窗范围,并且在时间方向上以预设计算样点处为中心,选定时窗范围,从而可以从所述地震数据中选取一个三维的数据子体。在所述三维的数据子体中,可以按照预设步长将所述数据子体划分为预设数量的数据组,并可以计算相邻数据组之间的相干系数。

[0049] 在本实施方式中,可以按照下述公式计算相邻数据组之间的相干系数:

$$[0050] \quad \alpha = \frac{\sum_{i=1}^M x_i \cdot y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^M x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^M y_i^2}}$$

[0051] 其中, $\alpha$ 为所述相干系数, $x_i$ 为预设数据组中的第 $i$ 个数据, $y_i$ 为与所述预设数据组相邻的数据组中的第 $i$ 个数据, $M$ 为所述数据组中数据的总数。

[0052] 在计算出相邻数组之间的相干系数之后,可以将这些离散的相干系数按照二次曲

面进行拟合,从而可以得到如图2所示的相干系数的曲面展布。在本实施方式中,可以按照二次曲面求极值点的方法,从所述相干系数的曲面展布中提取相干系数的极值点,从而可以将提取的所述极值点确定为沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值,所述沿垂直于所述预设研究区中接收线方向可以为crossline方向。

[0053] 这样,在确定出所述沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值之后,便可以按照计算最大曲率属性的公式来确定最大曲率属性的平面展布。

[0054] 步骤S5:根据所述预设研究区的三维岩石力学参数以及所述最大曲率属性的平面展布,在所述预设研究区中确定压裂套管变形区域。

[0055] 在本实施方式中,通过步骤S3中得出的三维岩石力学参数往往会沿水平井段进行变化,变化较大的地方则可能发生套管变形,变化值越大,那么发生套管变形的可能性也越大。而步骤S4中得出的最大曲率属性也会随着位置的不同而改变,最大争取率值越大的区域,发生套管变形的可能性则越高。因此,在本实施方式中,可以将所述预设研究区中三维岩石力学参数的变化率大于预设变化率阈值并且最大曲率属性大于预设曲率属性对应的区域确定为压裂套管变形区域。

[0056] 在本申请一实施方式中,在预测出压裂套管变形区域后,可以对该压裂套管变形区域中的水平井进行调节。具体地,可以在所述压裂套管变形区域减小压裂液的注射量或者直接舍弃与所述压裂套管变形区域相邻的水平井段,从而避免套管变形的情况发生。

[0057] 本申请还提供一种确定压裂套管变形区域的装置。请参阅图3,所述装置包括:

[0058] 岩石物理模型建立单元100,用于建立与预设研究区的地质元素相适配的岩石物理模型,并根据所述岩石物理模型确定所述预设研究区地层的横波速度,所述地质元素包括油气比和矿物含量;

[0059] 约束条件构建单元200,用于构建所述横波速度与所述预设研究区的地层密度和纵波速度之间的约束条件;

[0060] 三维参数获取单元300,用于利用所述约束条件对所述预设研究区的地震数据进行叠前弹性参数反演,得到所述预设研究区的三维岩石力学参数,所述三维岩石力学参数包括杨氏模量、剪切模量以及横波阻抗平面展布;

[0061] 最大曲率属性确定单元400,用于从所述预设研究区的地震数据中确定最大曲率属性的平面展布;

[0062] 套管变形区域确定单元500,用于根据所述预设研究区的三维岩石力学参数以及所述最大曲率属性的平面展布,在所述预设研究区中确定压裂套管变形区域。

[0063] 在本申请一优选实施方式中,所述最大曲率属性确定单元400具体包括:

[0064] 视倾角值确定模块,用于根据所述预设研究区的地震数据,确定沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值;

[0065] 公式确定模块,用于按照下述公式确定最大曲率属性的平面展布:

$$[0066] \quad b = \frac{\partial q}{2\partial y}$$

[0067] 其中,b为所述最大曲率属性的平面展布,q为所述沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值,y为垂直于所述预设研究区中接收线的方向。

[0068] 在本申请一优选实施方式中,所述视倾角值确定模块具体包括:

[0069] 数据组划分模块,用于从所述地震数据中选取数据子体,并按照预设步长将所述数据子体划分为预设数量的数据组;

[0070] 相干系数计算模块,用于计算相邻数据组之间的相干系数;

[0071] 曲面拟合模块,用于将计算的所述相干系数按照二次曲面进行拟合,得到相干系数的曲面展布;

[0072] 确定模块,用于从所述相干系数的曲面展布中提取相干系数的极值点,并将提取的所述极值点确定为沿垂直于所述预设研究区中接收线方向的视倾角值。

[0073] 需要说明的是,上述各个功能模块的具体实现方式与步骤S1至S5中的描述一致,这里便不再赘述。

[0074] 由以上本申请实施方式提供的技术方案可见,本申请在建立的岩石物理模型的基础上,通过构建的约束条件,能够得到预设研究区的三维岩石力学参数。本申请通过对所述预设研究区的地震数据进行分析,从而可以确定最大曲率属性的平面展布。本申请可以综合所述三维岩石力学参数以及所述最大曲率属性的平面展布,从而能够精确地预测所述预设研究区中可能发生套管变形的区域。

[0075] 上面对本申请的各种实施方式的描述以描述的目的提供给本领域技术人员。其不旨在是穷举的、或者不旨在将本发明限制于单个公开的实施方式。如上所述,本申请的各种替代和变化对于上述技术所属领域技术人员而言将是显而易见的。因此,虽然已经具体讨论了一些另选的实施方式,但是其它实施方式将是显而易见的,或者本领域技术人员相对容易得出。本申请旨在包括在此已经讨论过的本发明的所有替代、修改、和变化,以及落在上述申请的精神和范围内的其它实施方式。

[0076] 上述实施方式阐明的装置、模块或单元,具体可以由计算机芯片或实体实现,或者由具有某种功能的产品来实现。

[0077] 通过以上的实施方式的描述可知,本领域的技术人员可以清楚地了解到本申请可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以存储在存储介质中,如ROM/RAM、磁碟、光盘等,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)执行本申请各个实施方式或者实施方式的某些部分所述的方法。

[0078] 本说明书中的各个实施方式均采用递进的方式描述,各个实施方式之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施方式重点说明的都是与其他实施方式的不同之处。尤其,对于装置实施方式而言,由于其基本相似于方法实施方式,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施方式的部分说明即可。

[0079] 本申请可用于众多通用或专用的计算机系统环境或配置中。例如:个人计算机、服务器计算机、手持设备或便携式设备、平板型设备、多处理器系统、基于微处理器的系统、置顶盒、可编程的消费电子设备、网络PC、小型计算机、大型计算机、包括以上任何系统或设备的分布式计算环境等等。

[0080] 虽然通过实施方式描绘了本申请,本领域普通技术人员知道,本申请有许多变形和变化而不脱离本申请的精神,希望所附的权利要求包括这些变形和变化而不脱离本申请的精神。

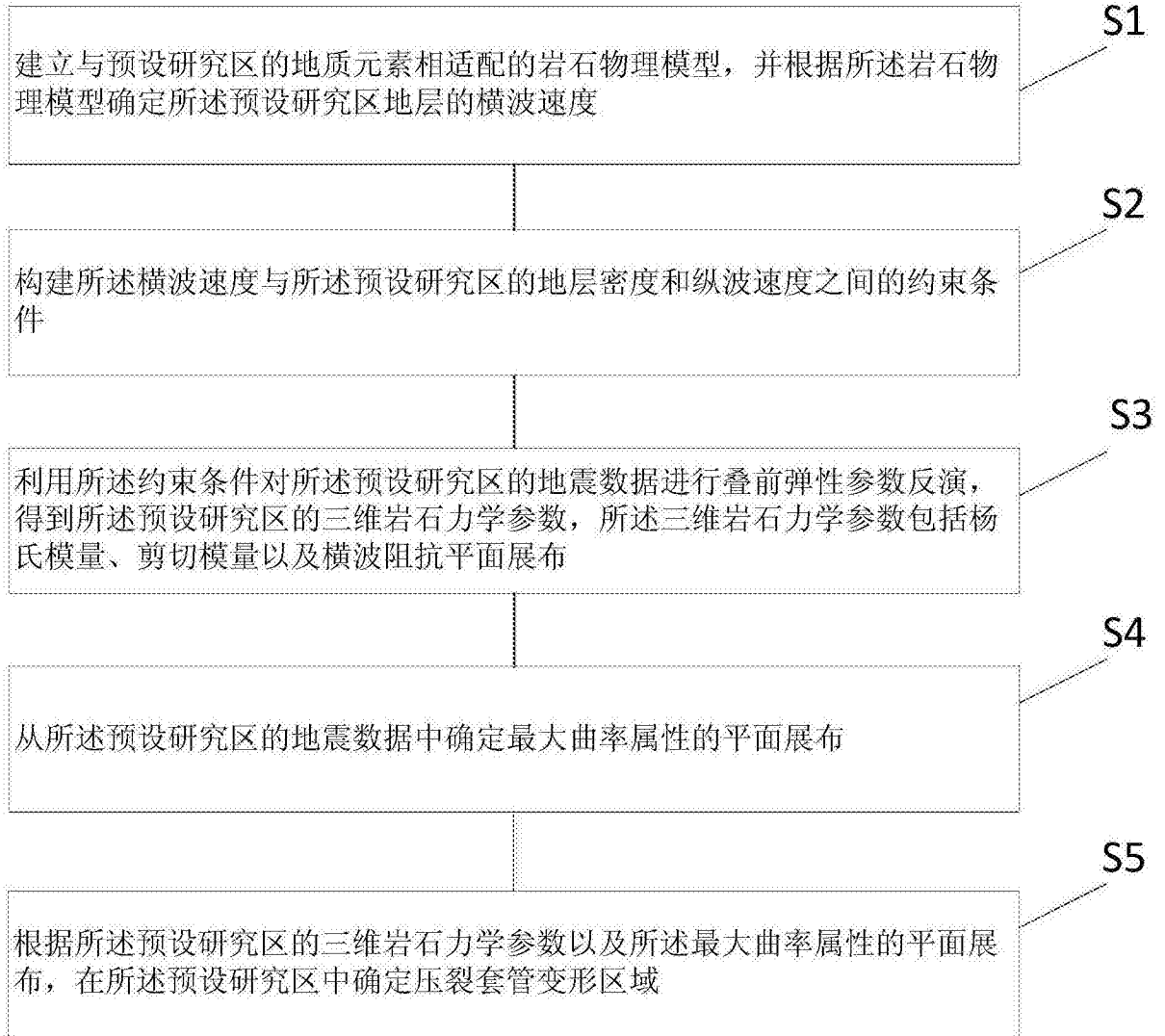


图1

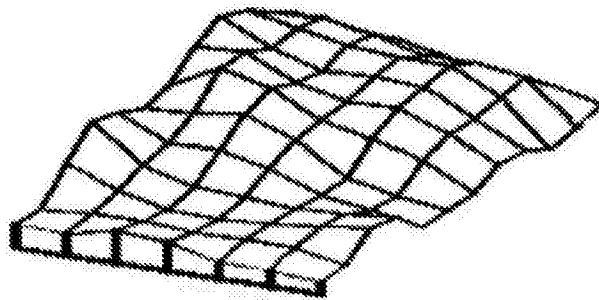


图2

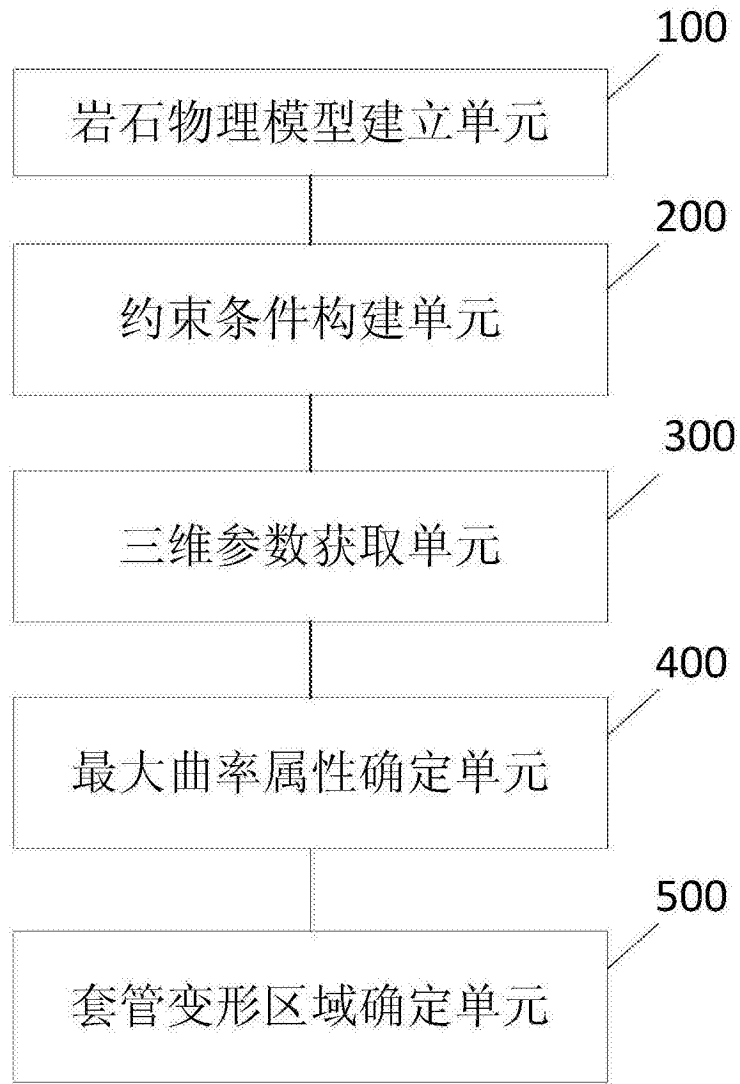


图3