



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103513272 B

(45) 授权公告日 2016.05.04

(21) 申请号 201210210041.4

(22) 申请日 2012.06.19

(73) 专利权人 中国石油化工股份有限公司

地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街
22号

专利权人 中国石油化工股份有限公司石油
物探技术研究院

(72) 发明人 宗遐龄 虞立 王跃 周中彪
黄德娟

(74) 专利代理机构 北京思创毕升专利事务所
11218

代理人 郭韞

(51) Int. Cl.

G01V 1/133(2006.01)

G01V 1/16(2006.01)

G01V 1/24(2006.01)

(56) 对比文件

CN 201859225 U, 2011.06.08,

US 2008/0133186 A1, 2008.06.05,

CN 102053254 A, 2011.05.11,

陈勉等 .《大尺寸真三轴水力压裂模拟与分析》.《岩石力学与工程学报》.2000,第19卷第868—871页.

C. J. de Pater et al..《Active seismic monitoring of hydraulic fractures in laboratory experiments》.《International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences》.2001,第777—785页.

孙东生 .《滨南油田水力压裂模拟试验研究》.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 基础科学辑》.2008,(第02期),第41-47页.

张平 .《低渗透底水油藏压裂技术研究与应用》.《中国博士学位论文全文数据库 工程科技 I辑》.2010,(第5期),第35—40页.

审查员 孙珍珠

权利要求书2页 说明书9页 附图6页

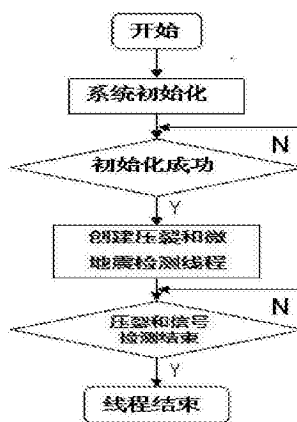
(54) 发明名称

一种微地震模拟监测方法

(57) 摘要

本发明提供了一种微地震模拟监测方法,属于微振动生成、检测领域。所述方法将压裂液加压注入到被测模型的内部,利用压裂液使被测模型的内部产生裂缝,裂缝产生时发出微地震信号,通过安装在被测模型表面上的加速度传感器和安装在被测模型表面上方的激光多普勒测振仪检测到所述微地震信号并将其转变为电压信号,然后将该电压信号转换为数字信号,最后利用计算机对该数字信号进行存储、计算和分析得到裂缝的信息。利用本发明能够在室内条件下使用微压裂方式产生微地震信号并进行监测,模拟了野外油气井水压裂和三维微地震监测过程。

CN 103513272 B



1. 一种微地震模拟监测方法,其特征在于:所述方法将压裂液加压注入到被测模型的内部,利用压裂液使被测模型的内部产生裂缝,裂缝产生时发出微地震信号,通过安装在被测模型表面上的加速度传感器和安装在被测模型表面上方的激光多普勒测振仪检测到所述微地震信号并将其转变为电压信号,然后将该电压信号转换为数字信号,最后利用计算机对该数字信号进行存储、计算和分析得到裂缝的信息;

所述方法采用微地震监测模拟系统对微地震信号进行模拟检测,所述微地震监测模拟系统包括模拟实验压裂装置、微地震信号检测装置和微地震模拟采集装置;

所述模拟实验压裂装置用于产生裂缝,发出微地震信号;

所述微地震信号检测装置用于检测所述微地震信号并将微地震信号转换为模拟电信号;

所述微地震模拟采集装置用于对所述模拟实验压裂装置进行控制,并对微地震信号检测装置产生的模拟电信号进行处理;

所述方法包括以下步骤:

1,开始;

2,微地震监测模拟系统初始化;

3,判断微地震监测模拟系统初始化是否成功,如果成功,则转入步骤4,如果不成功,则返回步骤2;

4,创建压裂线程和微地震信号检测线程,然后等待压裂和信号检测结束信号;

5,判断是否收到压裂和信号检测结束信号,如果是,则转入步骤6,如果否,则返回步骤5;

6,结束压裂线程和微地震信号检测线程;

其中,所述步骤4中的压裂线程具体包括以下步骤:

A1,启动加压进程,即压裂控制装置控制压裂液的压力增加;

A2,启动微地震信号检测线程;

A3,判断输出压力下降是否小于正常波动值,如果是,则转入步骤A3,如果否,则暂停加压,显示信号波形,然后转入步骤A4;

A4,根据信号波形和当前压力值来判断是否继续加压,如果是,则转入步骤A1,如果否,则发出结束采集指令,然后发出压裂和信号检测结束信号;

A5,退出。

2. 根据权利要求1所述的微地震模拟监测方法,其特征在于:所述步骤4和所述步骤A2中的微地震信号检测线程具体包括以下步骤:

B1,开始;

B2,微地震模拟采集装置初始化;

B3,采集参数设置;

B4,创建一个采集线程;

B5,判断是否满足触发条件,如果满足,则转入步骤B6,如果不满足,则返回步骤B5;

B6,采集数据:按照步骤B3中设定的采集参数进行数据采集;

B7,判断每块数据是否满了,如果是,则存盘,然后转入步骤B8,如果否,则转入步骤B6;

B8,判断是否收到结束采集指令,如果收到,则转入步骤B9,如果没收到,则转入步骤

B6;

B9,采集结束。

3.根据权利要求2所述的微地震模拟监测方法,其特征在于:所述方法在进行所述步骤B6至步骤B9的同时采集、记录压裂控制装置给被测模型的内部施加压力的压力变化和对应时间,在步骤B9完成后利用该压力变化和微地震信号的对应关系剔除随机噪音。

一种微地震模拟监测方法

技术领域

[0001] 本发明属于微振动生成、检测领域,具体涉及一种微地震模拟监测方法,能在室内条件下使用微压裂方式产生微地震信号并进行检测,用于模拟油气井水压裂产生微地震信号和对微地震信号的检测过程。

背景技术

[0002] 目前我国多数大型油气田已进入开采后期,低渗油气田的油气资源有望成为未来能源和经济发展的动力,而这些致密储层中的油气需要通过压裂才能够实现经济开采。压裂就是用压力将地层压开一条或几条水平或垂直的裂缝,并用支撑剂将裂缝支撑起来,减少油气水的流动阻力,沟通油气水的流通通道,从而达到增产增注的效果。其中的支撑剂又称为压裂液,其是在流体矿(如气、汽、油、淡水、盐水、热水等)在开采过程中,为了获得高产而借用液体传导力(如水力等)来压裂流体层时所用的液体。对压裂液的性能要求是:黏度高,润滑性好,滤失量小,对被压裂的流体层无堵塞及损害,对流体矿无污染。压裂液可分为:A水基压裂液(稠化水压裂液,水冻胶压裂液,水包油压裂液,水基泡沫压裂液);B油基压裂液(稠化油压裂液,油冻胶压裂液,油包水压裂液,油基泡沫压裂液)。

[0003] 水力压裂是油气井增产的一项重要技术措施。它不仅广泛应用于低渗透油气藏,而且在中、高渗油气藏的增产改造中取得了很好的效果。它是利用地面高压泵将高粘液体以大大超过地层吸收能力的排量注入井中,在井底憋起高压。当此压力大于附近的地应力和地层岩石抗张强度时,在井底附近产生裂缝。岩石等脆性材料的破坏过程中,一般伴随着声、电磁和变形等物理现象,其中声发射是一种常见的物理现象。当岩石受外力或内力作用产生变形或断裂时,就以弹性波形式释放出应力应变能,这一现象被称为微地震现象,其已被广泛应用于岩石、混凝土等材料的破坏失稳机理研究。

[0004] 我国在五十年代起已开始进行压裂技术的研究,迄今为止已取得了很好的技术成就与较高的经济效益。为了监测压裂效果,近几年来微地震压裂监测技术得到了较快发展。微地震信号监测就是通过观测、分析生产活动中产生的小地震信号来监测生产活动的影响效果及地下状况的地球物理技术,其基础是声发射学和地震学。现场进行微地震压裂监测的原理如图3所示,其中的微地震传感器也可按照一定的矩阵排列放置在地面。

[0005] 微地震压裂监测技术是监测压裂过程中地下岩石破裂所产生的微地震信号,通过数据处理和解释,描述压裂过程中裂缝产生的几何形状和空间展布,绘制裂缝发育的方向、变化和发育程度,为油气和非常规气开发提供科学依据。其原理如图10所示,微地震传感器可以放置在微地震检测井中,也可放置在压裂作业井口附近的地面上。

[0006] 在压裂现场,强烈的机械噪音和其他环境噪音干扰使得微地震信号难以检测。由于压裂所产生的裂缝实际形态难于直接观察,人们往往只能借助于建立在种种假设和简化条件基础上的数值模型进行间接分析。数值模型是重要的,但常常因对压裂裂缝扩展机理认识的局限而带来较大的误差。压裂模拟实验是认识裂缝扩展机制的重要手段。通过在室内模拟压裂实验,可以对裂缝扩展的实际物理过程进行监测,并且对形成的裂缝进行直接

观察,从而得到裂缝微地震信号真实的特性。这对于正确认识特定层位水力裂缝扩展的机理,并在此基础上建立更贴近实际的数值模型具有重要的意义。

[0007] 目前,现有的压裂模拟实验方法存在下面几个问题:

[0008] ①模型仿真度低。

[0009] 现有的压裂实验模型一般采用体积较小的单一物质圆柱体材料(或岩石),其压裂原理如图1所示。如圆筒内径 R_1 ,外径 R_2 ,圆筒内液压 P_1 ,受压物体径向应力为:

[0010] $P_1 R_1^2 (1 - R_2^2 / r^2) / (R_2^2 - R_1^2)$,

[0011] 切向压力为:

[0012] $P_1 R_1^2 (1 + R_2^2 / r^2) / (R_2^2 - R_1^2)$,

[0013] 当外加压裂液体 P_1 达到起裂压力时,通过小孔使孔壁产生裂缝。如果继续加压,则被测物体最终会彻底破裂。因此,这种模型孔位比较固定,不能多次钻孔,一般不能模拟较大裂缝的产生过程并且不能多次使用。另外由于野外实际地层往往有多层多种岩石组成,因此,这种模型不能反映真实的地层情况。

[0014] ②不能模拟三维微地震

[0015] 由于模型较小,模型上能放置的振动传感器少(一般不大于六个),检测、定位精度较差。进行压裂时,在射孔位置,当压力超过岩石抗压强度,岩石遭到破坏,形成裂缝。裂缝扩展时,必将产生一系列向四周传播的微地震波,如图2所示。

[0016] 通过布置在模型面上的多个传感器收到微地震波的到时差,会形成一系列的方程组:

$$[0017] \begin{cases} \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2} - v(t_1 - t) = 0 \\ \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2} - v(t_2 - t) = 0 \\ \sqrt{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2} - v(t_3 - t) = 0 \\ \sqrt{(x_4 - x)^2 + (y_4 - y)^2 + (z_4 - z)^2} - v(t_4 - t) = 0 \end{cases}$$

[0018] 反解这一系列方程组,就可确定微地震震源位置,进而给出裂缝的方位、长度、高度、产状及其他参数。但是,上面的公式只是在理想状态下即模型是各向同性时才能成立。当模型是各向异性的,如波传播不是常数或传播路径上有缝洞时,情况要复杂得多,至少未知数一定会增加。

[0019] 正因为如此,在钻井现场进行微地震检测时,一般要在一个面上铺设数十个以上的振动传感器进行三维检测,因此放置较少的传感器意味着定位精度差,不能真实模拟野外三维微地震勘探。

[0020] ③不能进行宽频带接收模拟

[0021] 野外三维微地震勘探检测采用的传感器的频率范围一般在5-500Hz,在此频率范围内幅频特性较为平坦。目前微地震模拟检测采用的声发射传感器其频率范围25KHz-750KHz,是一种中心频率为150KHz的谐振式窄带传感器。其缺点是一方面幅频特性不平坦,另一方面不能模拟低频信号响应。

[0022] ④监测噪声大

[0023] 由于微地震信号比较微弱,很容易淹没在随机噪音中。噪音主要来自于空中的音频噪音和来自于地面的振动噪音。如何降低环境噪声干扰,并采取有效措施检出有效信号是进行微地震信号检测必须解决的问题。

发明内容

[0024] 本发明的目的在于解决上述现有技术中存在的难题,提供一种微地震模拟监测方法,以便在实验室内真实模拟野外微地震信号的采集过程,通过室内微地震实验,可以弄清楚水力压裂岩石破裂规律与岩石所受力的关系,可以知道岩石破裂产生的微地震波的特征、频率、能量等参数,对裂缝方位、形态和延伸情况进行监测和描述。通过采用新的微地震信号模拟采集方法对压裂裂缝产生的微地震信号进行宽频带、高保真和高精度采集,以取得高效、准确的采集效果,从而最终得到高质量的微地震检测数据。这些数据可用于裂缝形态的研究分析并用于指导野外三维微地震勘探,解决常规微地震模拟监测方法存在的模拟准确度不高和精度不高的问题。

[0025] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0026] 一种微地震模拟监测方法,所述方法将压裂液加压注入到被测模型的内部,利用压裂液使被测模型的内部产生裂缝,裂缝产生时发出微地震信号,通过安装在被测模型表面上的加速度传感器和安装在被测模型表面上方的激光多普勒测振仪检测到所述微地震信号并将其转变为电压信号,然后将该电压信号转换为数字信号,最后利用计算机对该数字信号进行存储、计算和分析得到裂缝的信息。

[0027] 所述方法采用微地震监测模拟系统对微地震信号进行模拟检测,所述微地震监测模拟系统包括模拟实验压裂装置、微地震信号检测装置和微地震模拟采集装置;

[0028] 所述模拟实验压裂装置用于产生压裂缝,发出微地震信号;

[0029] 所述微地震信号检测装置用于检测所述微地震信号并将微地震信号转换为模拟电信号;

[0030] 所述微地震模拟采集装置用于对所述模拟实验压裂装置进行控制,并对微地震信号检测装置产生的模拟电信号进行处理,包括数据变换、数据传输和数据存储。

[0031] 所述方法包括以下步骤:

[0032] (1)开始;

[0033] (2)微地震模拟检测系统初始化;

[0034] (3)判断微地震模拟检测系统初始化是否成功,如果成功,则转入步骤(4),如果不成功,则返回步骤(3);

[0035] (4)创建压裂线程和微地震信号检测线程,然后等待压裂和信号检测结束信号;

[0036] (5)判断是否收到压裂和信号检测结束信号,如果是,则转入步骤(6),如果否,则返回步骤(5);

[0037] (6)结束压裂线程和微地震信号检测线程。

[0038] 所述步骤(4)中的所述压裂线程具体包括以下步骤:

[0039] (A1)启动加压进程,即压裂控制装置控制压裂液的压力增加;

[0040] (A2)启动微地震信号检测线程;

[0041] (A3)判断输出压力下降是否小于正常波动值,如果是,则转入步骤(A3),如果否,

则暂停加压,显示信号波形,然后转入步骤(A4);

[0042] (A4)根据信号波形和当前压力值来判断是否继续加压,如果是,则转入步骤(A1),
如果否,则发出结束采集指令,然后发出压裂和信号检测结束信号;

[0043] (A5)退出。

[0044] 所述步骤(4)和所述步骤(A2)中的微地震信号检测线程具体包括以下步骤:

[0045] (B1)开始;

[0046] (B2)微地震模拟采集装置初始化;

[0047] (B3)采集参数设置;

[0048] (B4)创建一个采集线程;

[0049] (B5)判断是否满足触发条件,如果满足,则转入步骤(B6),如果不满足,则返回步
骤(B5);

[0050] (B6)采集数据:按照步骤(B3)中设定的采集参数进行数据采集;

[0051] (B7)判断每块数据是否满了,如果是,则存盘,然后转入步骤(B8),如果否,则转入
步骤(B6);

[0052] (B8)判断是否收到结束采集指令,如果收到,则转入步骤(B9),如果没收到,则转
入步骤(B6);

[0053] (B9)采集结束。

[0054] 所述方法在进行所述步骤(B6)至步骤(B9)(即采集、记录微地震信号)的同时采
集、记录压裂控制装置给被测模型的内部施加压力的压力变化和对应时间,在步骤(B9)完
成后利用该压力变化和微地震信号的对应关系剔除随机噪音。

[0055] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0056] ①本发明能模拟陆地钻井压裂微地震信号的完整产生过程;

[0057] ②本发明能模拟陆地钻井压裂微地震信号的完整采集过程;

[0058] ③本发明采用宽频带测量方法(是指采用了频带为1Hz-20KHz的加速度传感器和
频带为1Hz-1MHz的激光多普勒测振仪),解决了常规模拟方法不能进行宽带模拟和不能进
行低频模拟的问题;

[0059] ④本发明利用泵注压力和微地震信号的关系有效提高了噪声剔除能力,使信噪比
得到了较大提高,提高了微地震信号的检测质量;本发明方法解决了常规微地震模拟监测
方法存在的模拟准确度不高和精度不高的问题,能比较逼真地模拟野外油井压裂三维微地
震监测,对实际微地震勘探有一定的指导作用。

附图说明

[0060] 图1是现有技术中采用的被测模型的示意图。

[0061] 图2是利用现有技术中对图1所示的被测模型得到的检测结果图。

[0062] 图3是本发明微地震模拟监测方法的原理图。

[0063] 图4是本发明微地震模拟监测方法所用的微地震监测模拟系统的结构示意图。

[0064] 图5是本发明微地震模拟监测方法所用的微地震监测模拟系统中的压裂控制装置
的结构示意图。

[0065] 图6是本发明微地震模拟监测方法所用的微地震监测模拟系统中的微地震信号检

测装置和微地震模拟采集装置的结构示意图。

[0066] 图7是本发明微地震模拟监测方法的步骤框图。

[0067] 图8是本发明微地震模拟监测方法中的压裂步骤框图。

[0068] 图9是本发明微地震模拟监测方法中的数据采集步骤框图。

[0069] 图10是现有技术中的油井压裂微地震监测原理图。

[0070] 图11是声发射与泵注压力的关系曲线图。

具体实施方式

[0071] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述：

[0072] 本发明微地震模拟监测方法的原理图如图3所示，因为模型是立方体或横截面为正方形的长方体，模型表面铺设的传感器应该铺成一个面，即是多排的，但图3中只给出了6个传感器作为示意，实际检测可采用2x8, 4x4等多种传感器排列放置方式。该系统的工作过程简述如下：将压裂液加压注入到被测模型内部，同时启动微地震信号检测装置。当压力达到起裂压力时，产生裂缝。裂缝产生时，发出微地震声波信号向四周传播。铺设在模型表面的传感器组和悬挂在模型上方的多普勒激光测振仪检测到微地震信号，将其转换为模拟电信号传给微地震模拟采集装置，通过微地震模拟采集装置，模拟信号转换为数字信号存入计算机。

[0073] 本发明微地震模拟监测方法所用的微地震监测模拟系统的结构如图4所示，包括模拟实验压裂装置、微地震信号检测装置和微地震模拟采集装置；

[0074] 所述模拟实验压裂装置用于产生压裂缝和微地震信号；所述微地震信号检测装置用于检测微地震信号并将微地震信号转换为模拟电信号；所述微地震模拟采集装置用于数据变换、数据传输和数据存储。

[0075] 各个装置具体如下：

[0076] (1)模拟实验压裂装置

[0077] 模拟实验压裂装置包括压裂控制装置，压裂控制装置将压裂液通过套管输出到被测模型的侧面。

[0078] 所述被测模型通常由工程材料组成，可以用一种材料或多种材料叠合而成，如纯水泥块、粉状或小块状岩石粘和成块，这些材料可以经过再粘接组成多层材料模型，图3中给出的被测模型是一个三层模型，包括圆弧线上方的第一层、圆弧线下方的第二层和第三层。被测模型也可以采用野外采集的岩石，如石灰岩、泥岩、灰岩等加工成一定几何形状。

[0079] 本发明所用的测试模型选择的是体积较大的模型(不小于800(厚)×600×600mm)。本发明采用较大体积的模型的优点是：传感器安装方便且可铺设多个传感器，可用于多层模型测试，在模型不完全破裂的情况下，可以在模型的不同位置打孔进行多次实验。以图3中的被测模型为例，如果第一次实验只在第一层产生裂缝，那么可以在侧面上端打套管孔装入套管后对最上面一层进行压裂实验。

[0080] 被测模型的4个侧面均采用通过液压固定的钢板(但有一个侧面的钢板上需要打孔让金属套管伸出来)，顶部的盖板采用打孔厚钢板加螺栓固定，盖板上多处打孔是为了使传感器直接通过该检测孔与被测模型接触，以便直接测量模型表面的振动。同时激光光线也可以穿过该检测孔对模型表面进行直接测量。

[0081] 所述被测模型是立方体或者横截面为正方形的长方体,在被测模型一个侧面的上部或中部或下部开有套管孔,套管孔可以根据需要从任意层的侧面打入。如图3中的水平黑色粗线所示,所述套管孔是从第三层打入的,其位于被测模型内部的一端(称为底部)做成光滑的半球形(可以先用普通钻头打个直孔,然后用伞型钻头或将普通钻头磨成半球状后深入直孔底部继续打即可),将金属套管嵌入套管孔内(如图3所示),用水泥或者环氧树脂将金属套管与孔壁粘接好。金属套管的前端出口处蒙上胶皮,压裂液通过套管的胶皮(套管是个管子,在管子开口处蒙上胶皮,这样压裂液进来就像充气球一样)对套管孔中的半球形内壁进行加压。当达到模型的起裂压力时模型被压部位(指套管孔一端的所述半球形内壁)形成裂缝,发出微地震信号。套管前端蒙上胶皮的优点是为了在开始加压过程中,压裂液不会渗透到模型中去,这样可加快压裂过程。

[0082] 压裂控制装置主要用于模拟油田压裂形成裂缝,其结构如图5所示,主要由输出阀506、注入泵505和活塞容器504等组成。注入泵505的出口接入活塞容器504的输入端,活塞容器504的输出端通过输出阀506接入金属套管,在所述输出阀506与金属套管的入口之间的管路中还连接有压力传感器501和过压阀502。压裂液存储在活塞容器504中,注入泵通过推动活塞容器504的活塞给压裂液加压,活塞容器504通过输出阀将压裂液经被测模型503的侧面的金属套管输入到被测模型503的内部。当需要不同类型的压裂液时,可以将多个活塞容器504并联接入同一个注入泵内,每个活塞容器504与注入泵之间均装有输入阀,通过不同的输入阀接通不同的压裂液。

[0083] 过压阀502用于超压保护。压力传感器501的输出接入计算机内,计算机对注入泵505、输出阀506进行控制,通过压力传感器501随时检测压力的变化,压力变化的测量可用于有效信号的提取。

[0084] (2)微地震信号检测装置

[0085] 所述微地震信号检测装置包括安装在被测模型上端面的加速度传感器、安装在被测模型上方的激光多普勒测振仪和放大器。使用安装在被测模型表面的多只加速度传感器和被测模型上方的单台激光多普勒测振仪,对压裂时产生的微地震信号进行实时连续检测,将微地震信号转换成电压信号输出,输出信号送给放大器放大后,送给微地震模拟采集装置。

[0086] 采用的所述加速度传感器的频率范围是1Hz-20KHz。采用的所述激光测振仪的频率范围1Hz-1MHz。所述放大器选用低噪声、高精度放大器。使用多组加速度传感器可使裂缝定位测量精度大为提高,采用激光测振仪可对微地震信号进行全频带检测以便对各种裂缝的频率响应进行分析。本实施例中采用了十六个加速度传感器(如图4中的“多路加速度传感器组合”所示)加一台激光测振仪,也可以将十六个加速度传感器加一台激光测振仪作为一组,根据需要进行多组组合进行检测,图4中的“多路”都是指至少16个。

[0087] (3)微地震模拟采集装置

[0088] 所述微地震模拟采集装置包括模数转换器和计算机。由于各种材料(岩石)的模型的起裂压力是不同的,何时产生裂缝也是未知的,因此需要进行连续不间断监测,为此微地震模拟采集装置采用了连续并行采集方式。该装置采用了十六个采集通道为一组,并且可以根据需要进行多组组合,每个采集通道对应一个加速度传感器。每个采集通道均采用16道24位模数转换器将加速度传感器传来的模拟信号转换成数字信号以便计算机进行存储

和后期处理。本装置可进行二十四小时不间断连续采集。

[0089] 为了得到可靠、精确的定位结果,除了要求模数转换器(A/D)动态范围宽、精度高、道间相位误差小外,还要求模数转换器转换器各道(采用十六道的模数转换器,这十六道可以并行工作)对同一输入信号应保证同相位,否则会造出时间差,引起定位误差。因此应选择模数转换器通道间相位误差小的模数转换器。同时由于采集数据量大,要求计算机的数据存储速度快、存储容量大。

[0090] 每一组微地震模拟采集装置配置的模数转换器转换器和存储盘的技术指标是:采集的通道数为16道,采用24位/200KHz模数转换器。模数转换器通道间相位误差为0.01度(1KHz时),这就保证了各道之间信号的相位一致性。另外,上面的配置采集的速率为10M字节/秒,为了保证存储速度和24小时连续采集数据的存储,采用容量为1T的SDD固态硬盘存储,其存储速度25.6M字节/秒。

[0091] 微地震信号检测装置和微地震模拟采集装置的结构如图6所示,每个传感器与一个放大器连接,所有放大器均接入16道24位采集卡(每块采集卡有16道24位模数转换器,每道接一个传感器),该16道24位采集卡再接入计算机,多普勒激光测振仪的输出也接入计算机中;在计算机上装有快速大容量硬盘。

[0092] 本发明方法将压裂液通过从模型侧面升入的金属套管输入到被测模型的内部,引起地层压裂从而产生微地震信号向四周扩散,位于模型表面上的传感器和激光多普勒测振仪的激光头对传到模型表面的微地震信号进行采集将其变为电压信号,该电压信号经模数转换器转换为数字信号。然后传递给计算机进行存储、计算和分析,最后得到裂缝的三维位置信息和其他信息。

[0093] 基于多普勒原理的激光非接触测振技术,是国际上近十年来成熟起来的新型非接触测量手段,也是目前最先进的非接触振动测量技术,该技术通过探测从振动目标反射回的激光的多普勒频移,获得目标振动的实时速度信号。

[0094] 当地表面被测点有振动时,激光头发出的激光在从地表返回后其频率和相位会发生变化,频率的变化与振动速度有关,而相位的变化与测点的位移有关。

[0095] 本发明微地震模拟监测方法的流程如图7所示,包括以下步骤:

[0096] (1)开始;

[0097] (2)微地震模拟检测系统初始化;

[0098] (3)判断微地震模拟检测系统初始化是否成功,如果成功,则转入步骤(4),如果不成功,则返回步骤(3);

[0099] (4)创建压裂线程和微地震信号检测线程,然后等待压裂和信号检测结束信号;

[0100] (5)判断是否收到压裂和信号检测结束信号,如果是,则转入步骤(6),如果否,则返回步骤(5);

[0101] 所述压裂过程结束信号由模拟实验压裂装置发出的,可以用数字触发信号,也可人工发出结束指令。

[0102] (6)结束压裂线程和微地震信号检测线程。

[0103] 所述步骤(4)中的所述压裂线程的步骤如图8所示,包括:

[0104] (A1)启动加压进程,即压裂控制装置控制压裂液的压力增加;

[0105] (A2)启动微地震信号检测线程,即图8中的启动微地震信号连续采集;

[0106] (A3)判断输出压力(压裂控制装置从压力传感器处取得压力信号。这个传感器可以输出数字信号给压裂控制装置)下降是否小于正常波动值,如果是,则转入步骤(A3),如果否(此时就出现了压裂),则暂停加压,显示信号波形,然后转入步骤(A4);

[0107] (A4)根据信号波形和当前压力值来判断是否继续加压,如果是,则转入步骤(A1),如果否,则发出结束采集指令,即图8中的停止微地震信号连续采集,然后发出压裂和信号检测结束信号;(A5)退出。

[0108] 由于采集和存储是同时进行的,为了保证不丢失采集数据,所述步骤(4)和所述步骤(A2)中的微地震信号检测线程采用了如图9所示的采集方法,具体包括以下步骤:

[0109] (B1)开始;

[0110] (B2)微地震模拟采集装置初始化,具体包括:

[0111] 1.对采集设备初始化;2.从保存的当前软件运行参数,对波形显示窗口初始化;3.对保存数据的数组进行初始化;

[0112] (B3)采集参数设置,具体包括:采样频率、采样通道、耦合方式、量程、触发方式、采集模式、每块采集点数;2.采集参数是通过采集设备提供的动态链接库中的响应的函数进行设置的;

[0113] (B4)创建一个采集线程,该采集线程管所有加速度传感器的测量通道;

[0114] (B5)判断是否满足触发条件,如果满足,则转入步骤(B6),如果不满足,则返回步骤(B5);触发方式有:自由触发、某个通道的电平触发或数字高电平触发;其中,自由触发为按采集按钮后即开始采集;数字高电平触发条件是指当数字触发电平端口为高电平时开始采集。某个通道的电平触发方式在本系统中不用。这里的触发条件是指开始加压时,压裂控制装置输出数字高电平,触发采集。

[0115] (B6)采集数据;

[0116] (B7)判断每块数据是否满了,如果是,则存盘(即存到SDD固态硬盘上),然后转入步骤(B8),如果否,则转入步骤(B6);每块数据是指长度为定长的一组数据。每块数据不是指固态硬盘上的块。数据采集时有个参数是每块点数。在连续采集模式时,每当采集的点数达到每块数据点数时,读入数据,并将该数据存盘,采集继续。在非连续采集模式时,采集的点数达到每块数据点数时,读入数据,采集结束。

[0117] (B8)判断是否收到结束采集指令(由压裂控制装置发出的指令或者由试验操作人员发出指令,即自动或手动方式发出结束采集指令),如果收到,则转入步骤(B9),如果没收到,则转入步骤(B6);

[0118] (B9)采集结束。

[0119] 因为压裂控制装置在压裂过程结束时才会发出停止采集指令,因此压裂结束就意味着整个监测过程结束。

[0120] 图7和图8都是由图6中的压裂控制装置和计算机共同完成的。图7是本发明方法的总体流程,图8是压裂流程,图9是采集流程,采集流程受压裂流程控制,模拟实验压裂装置的计算机通过数据接口给微地震模拟采集装置的计算机发布启动和停止采集的信号,可以将采集的压裂变化的数据送给微地震模拟采集装置的计算机,而微地震模拟采集装置的计算机也可以通过数据接口将采集部分的状态送给模拟实验压裂装置的计算机。图8与图9在两台计算机上实现的,图7的流程在图8运行所在的计算机即加压控制的计算机上运行。实

实际上是加压后,再通过数字接口启动图9的采集,但是这个时间差很小,可以认为是同时进行的。

[0121] 另外,本发明利用泵注压力和微地震信号的关系提高信号检测质量:图11是声发射与泵注压力的关系曲线,从图11中可以看出,在注液过程中,微地震信号活动较为平静,直到泵注压力接近破裂压力时,才可以检测到较强的微地震信号。而在裂缝产生时泵注压力会下降,即微地震信号应在压力下降时间点前的附近区域内产生。在采集、记录微地震信号的同时采集、记录泵注压力变化和对应时间,就可以使利用泵注压力变化和微地震信号的对应关系剔除随机噪音从而有利于有效微地震信号的检出。具体实施时,压裂控制装置同时负责压力变化记录存储,在采集过程结束后,将压力变化数据送给采集计算机与采集的微地震数据进行比较。采集计算机将压力变化较大部分的区段内采集的数据留下,将其他数据舍去,这样就可以有效地提取微地震信号,驱出干扰信号。压裂控制装置可以由计算机控制,也可以用PLC控制。

[0122] 具体到流程中,是在进行所述步骤(B6)至步骤(B9)(即采集、记录微地震信号)的同时采集、记录压裂控制装置给被测模型的内部施加压力的压力变化和对应时间,在采集过程完成后(即步骤(B9)完成后)利用该压力变化和微地震信号的对应关系剔除随机噪音。

[0123] 本发明通过由新的微地震信号检测方法和采集方法构成一套完整的微地震模拟监测方法。该方法解决了常规微地震模拟监测方法存在的模拟准确度不高和精度不高的问题,能比较逼真地模拟野外油井压裂三维微地震监测,对实际微地震勘探有一定的指导作用。

[0124] 上述技术方案只是本发明的一种实施方式,对于本领域内的技术人员而言,在本发明公开了应用方法和原理的基础上,很容易做出各种类型的改进或变形,而不仅限于本发明上述具体实施方式所描述的方法,因此前面描述的方式只是优选的,而并不具有限制性的意义。

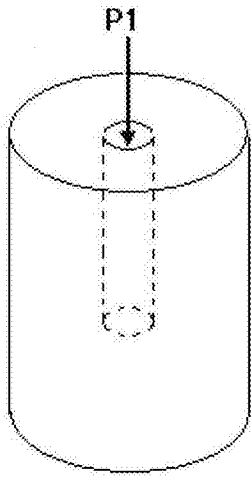


图1

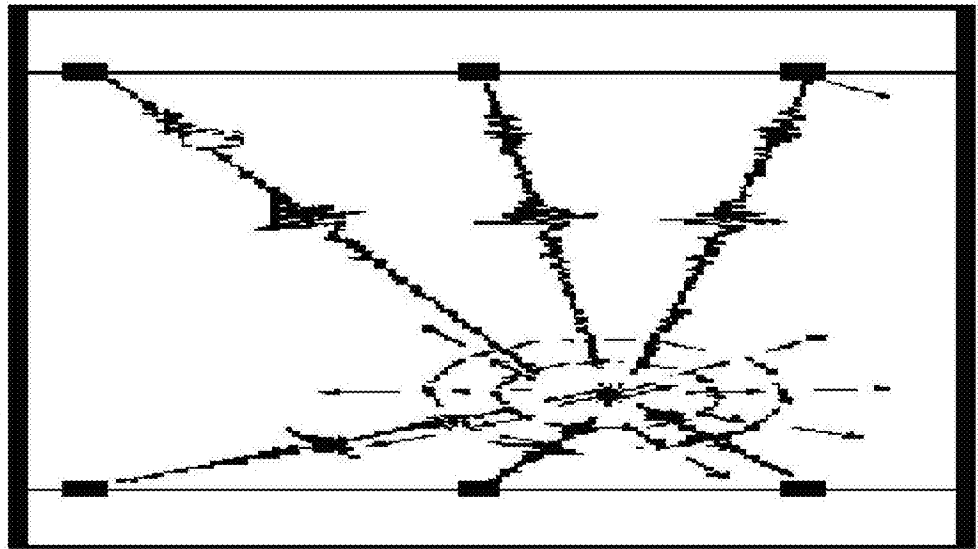


图2

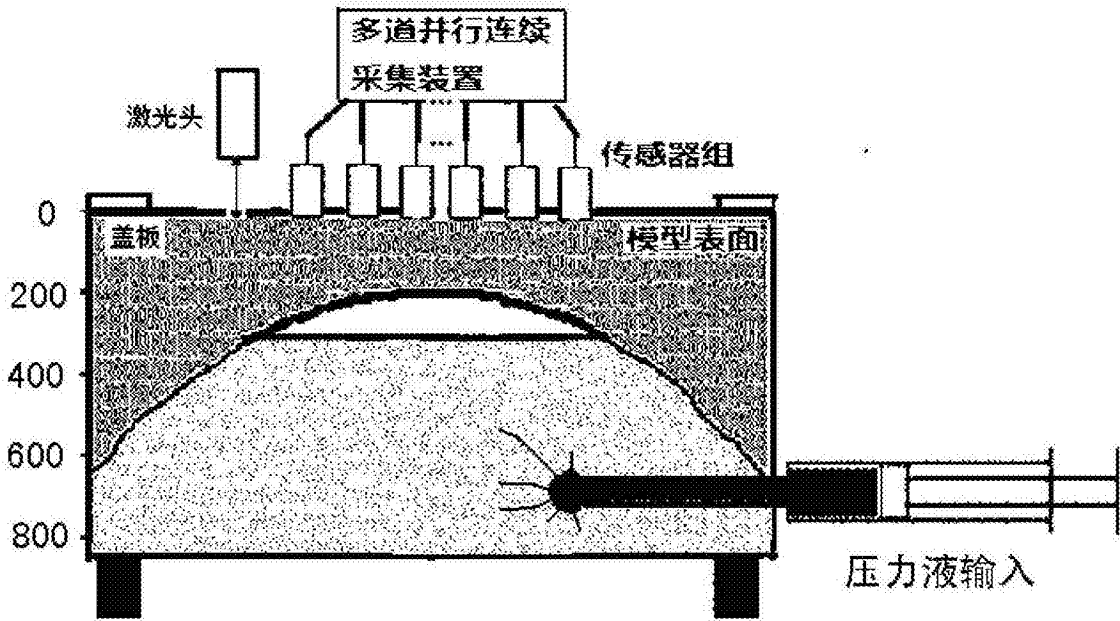


图3

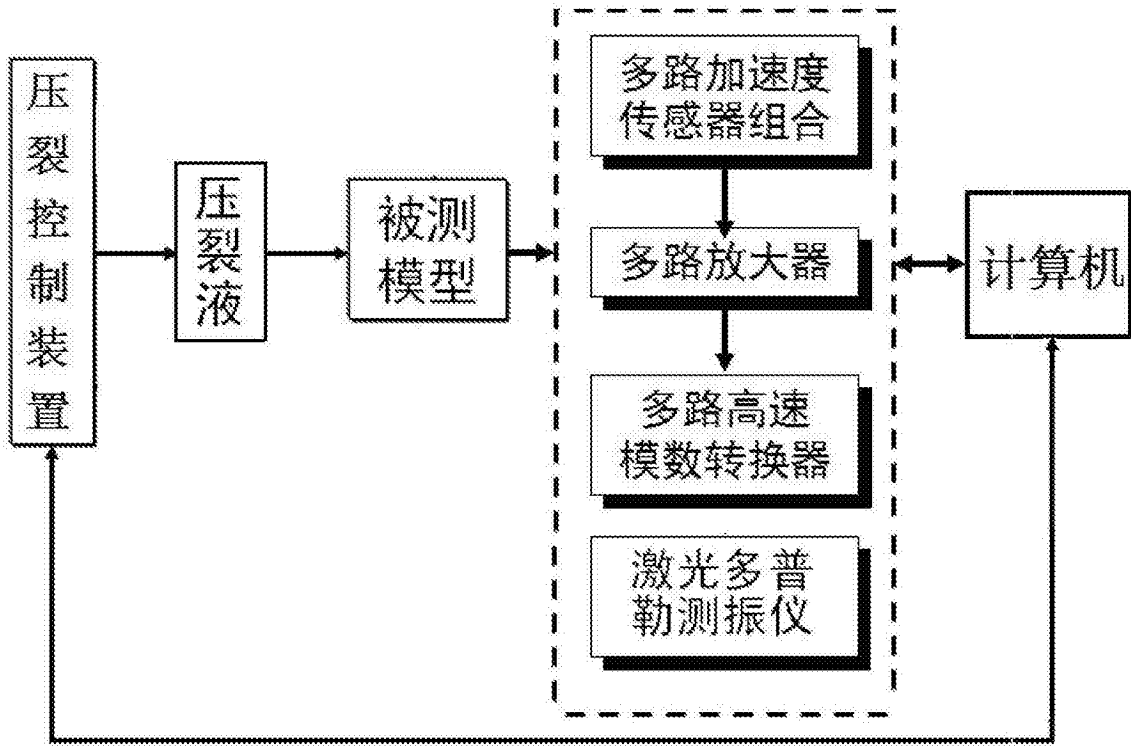


图4

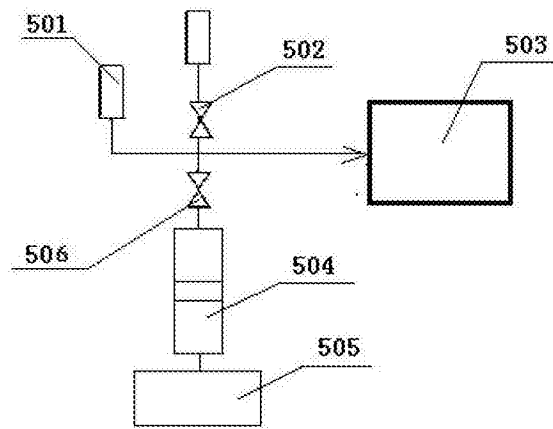


图5

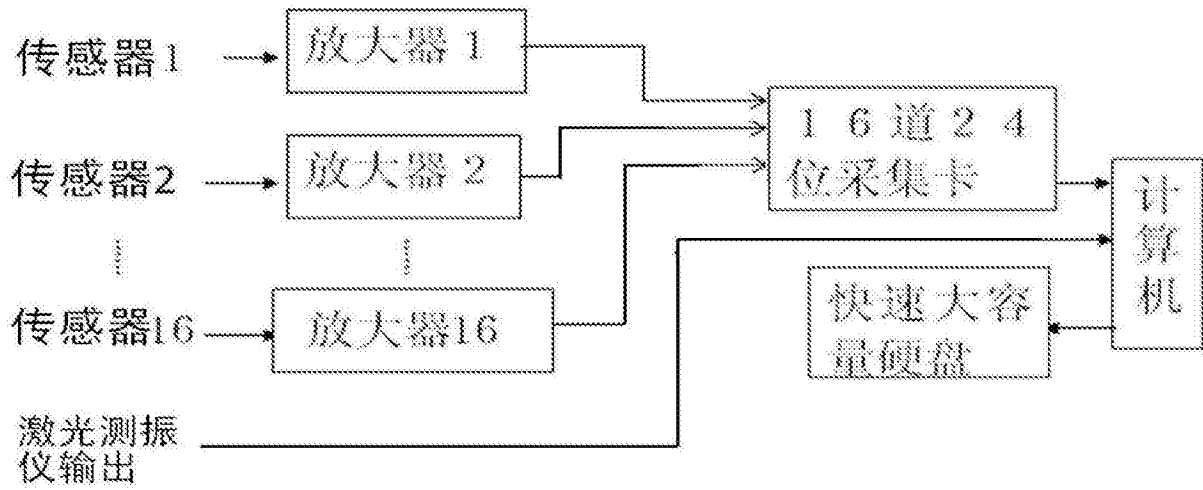


图6

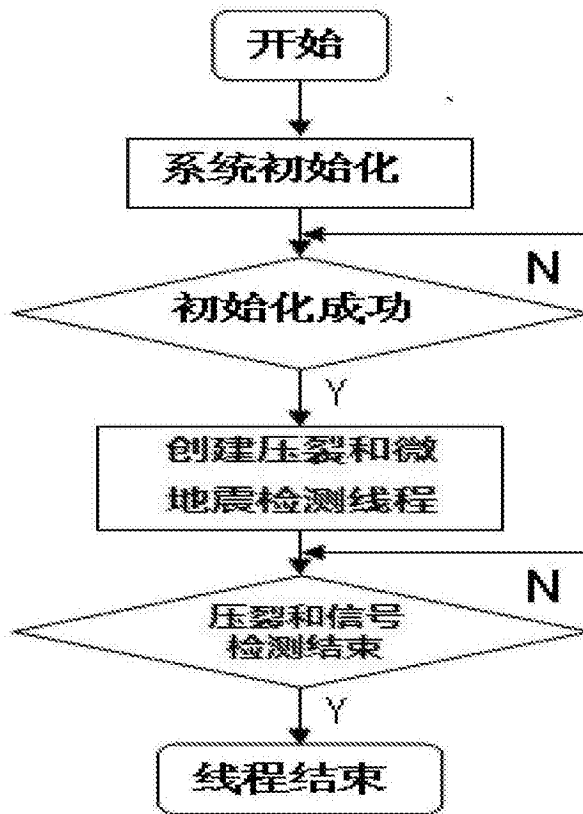


图7

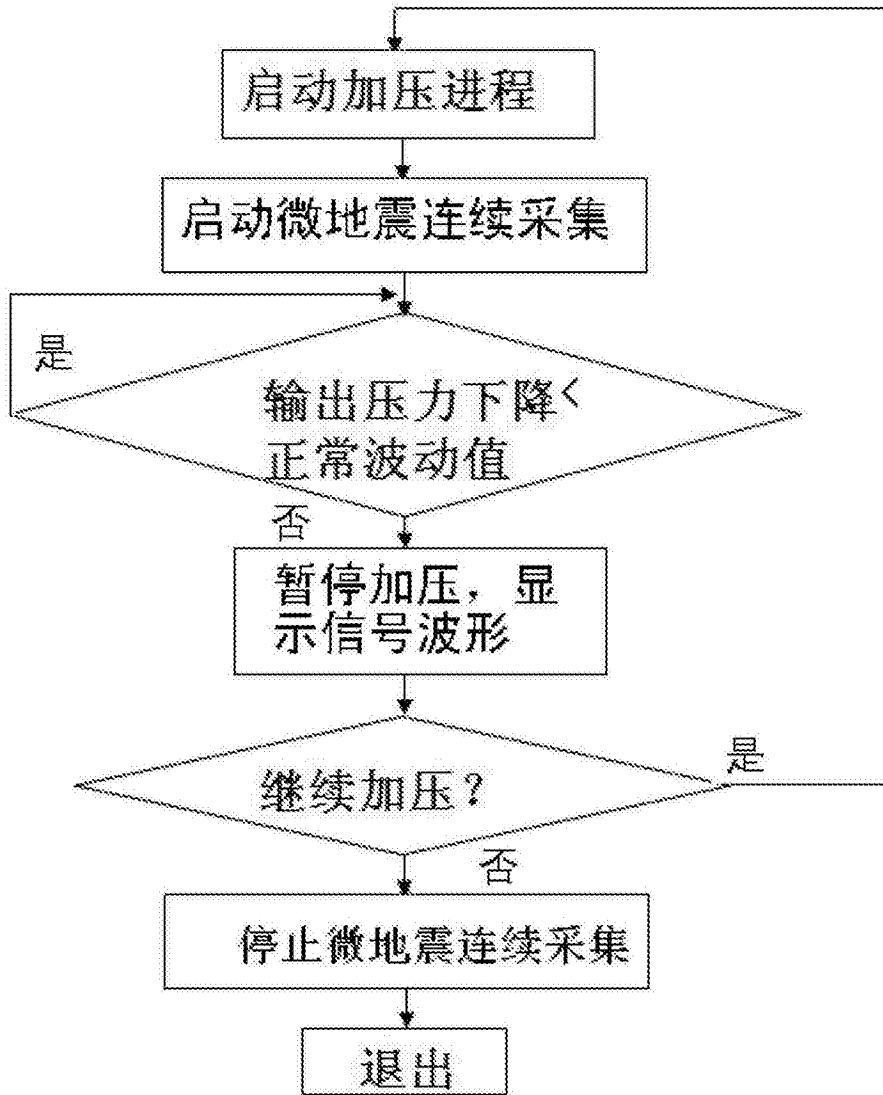


图8

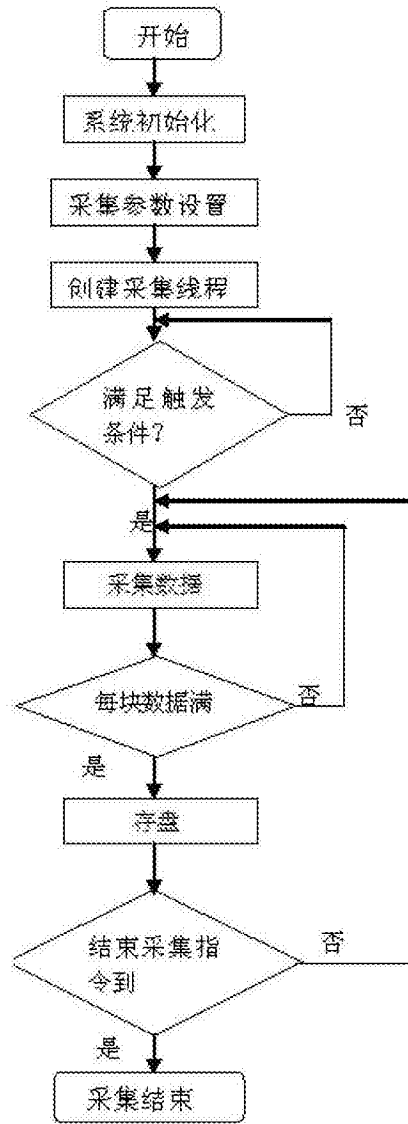


图9

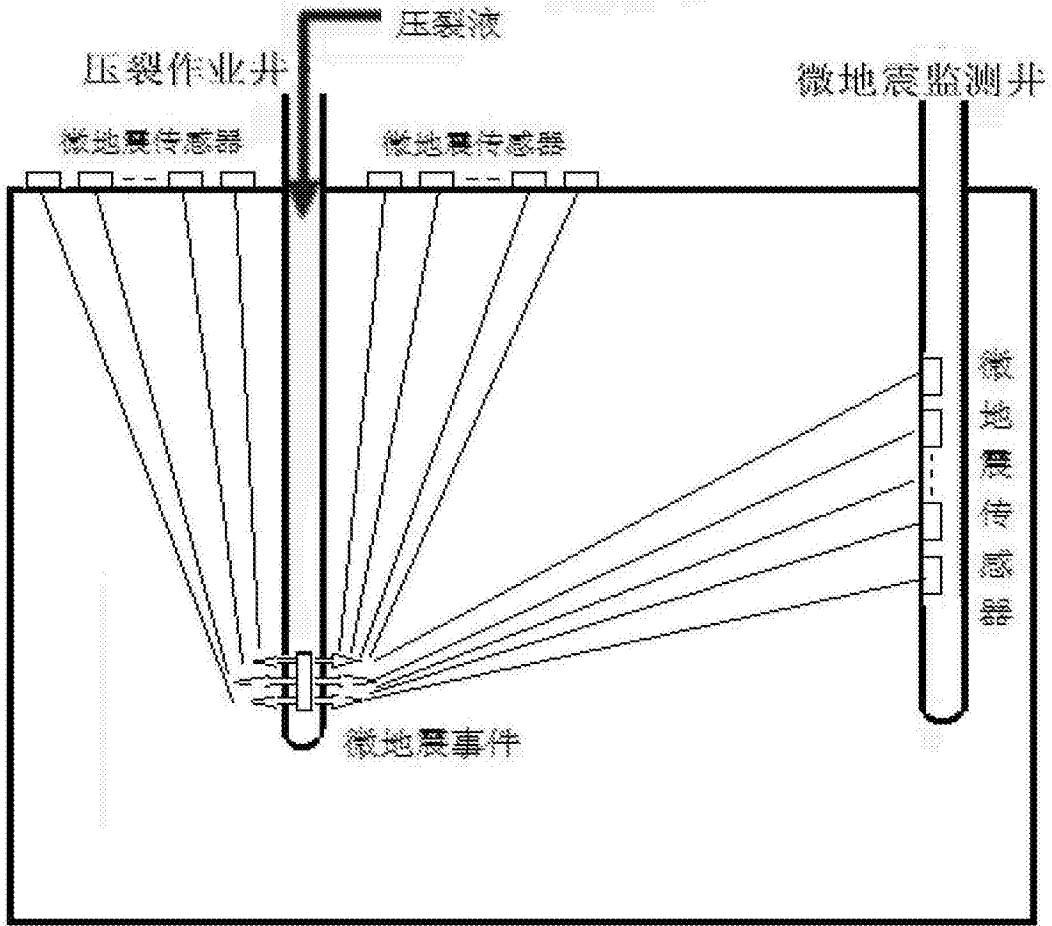


图10

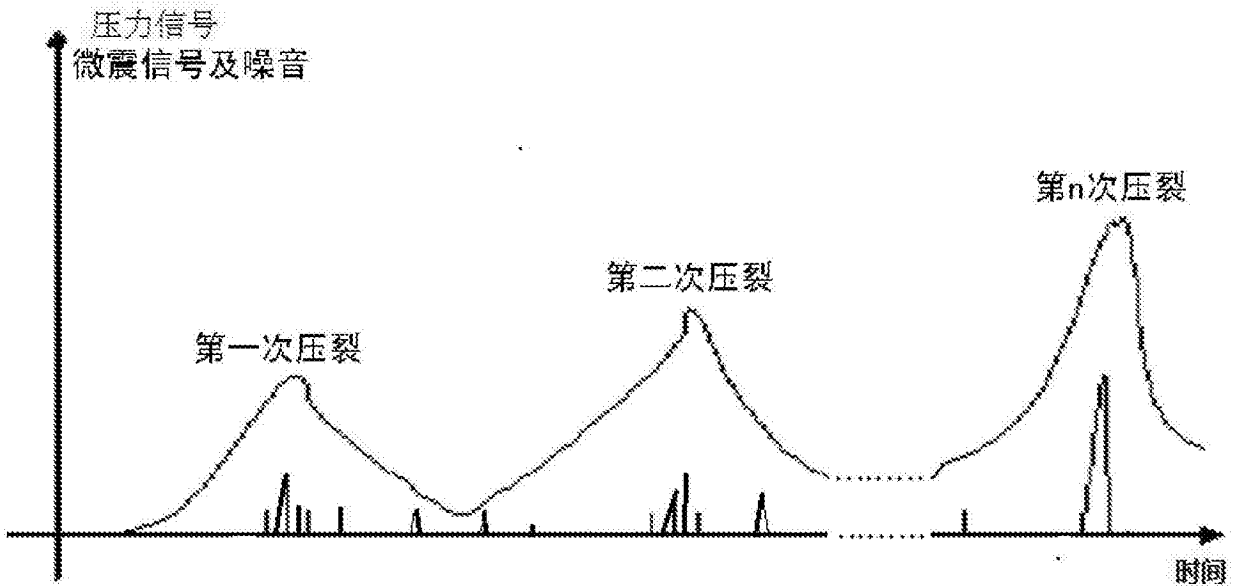


图11