



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101936833 A

(43) 申请公布日 2011. 01. 05

(21) 申请号 201010234917. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 07. 21

G01N 1/28(2006. 01)

G01N 29/02(2006. 01)

(71) 申请人 中国海洋石油总公司

地址 100010 北京市东城区朝阳门北大街
25号

申请人 中海石油研究中心
中国石油大学(北京)

(72) 发明人 李清平 王志君 陈光进 孙长宇
姚海元 庞维新 李风光 杨新
张芹 朱振宇

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限
公司 11245

代理人 徐宁 关畅

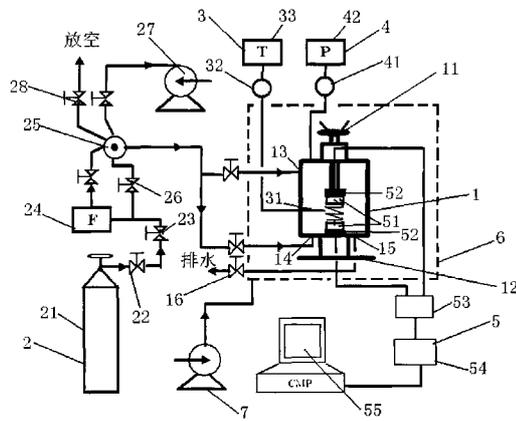
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置及方法,其特征在於:它包括一高压反应釜,高压反应釜分别连接一高压天然气配气系统、一温度测量系统、一压力测量系统和一超声波声速测量系统,高压反应釜设置于一冷浴槽内,冷浴槽连接一制冷压缩机;高压反应釜顶部滑动插设有一手柄滑杆;超声波声速测量系统包括分别设置在手柄滑杆底部和高压反应釜内底部的一超声波探头,两个超声波探头分别与一声电换能器连接,其中一声电换能器通过导线连接一超声波信号发射接受仪的发射端,另一声电换能器通过导线连接超声波信号发射接受仪的接收端,超声波信号发射接受仪连接一示波器,示波器的输出端连接一计算机采集系统,计算机采集系统内预置有气体水合物声波采集分析模块。



1. 一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置,其特征在于:它包括一其内填充实验介质的高压反应釜,所述高压反应釜分别连接一高压天然气配气系统、一温度测量系统、一压力测量系统和一超声波声速测量系统,所述高压反应釜设置于一冷浴槽内,所述冷浴槽连接一制冷压缩机;

所述高压反应釜顶部设置有一釜盖,所述釜盖上滑动插设有一手柄滑杆;

所述超声波声速测量系统包括分别设置在所述高压反应釜内所述手柄滑杆底部和所述高压反应釜内底部的一超声波探头,两个所述超声波探头分别与一声电换能器连接,其中一所述声电换能器通过导线连接到一超声波信号发射接受仪的发射端,另一个所述声电换能器通过导线连接到所述超声波信号发射接受仪的接收端,所述超声波信号发射接受仪通过导线连接一示波器,所述示波器的输出端通过导线连接一计算机采集系统,所述计算机采集系统内预置有气体水合物声波采集分析模块。

2. 如权利要求 1 所述的一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置,其特征在于:所述高压反应釜的釜壁上部设置有一上进气口,底部设置有一下进气口和一排水口,所述排水口通过一其上设置有截止阀的排水管路连接到所述冷浴槽外部。

3. 如权利要求 1 所述的一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置,其特征在于:所述高压天然气配气系统包括一高压天然气配气瓶,所述高压天然气配气瓶的输出管路依次通过一截止阀和一减压阀并列连接一气体流量计和一六通阀,所述六通阀和所述输出管路之间还设置有一截止阀;所述气体流量计的输出端通过一截止阀连接所述六通阀;所述六通阀有三个输出端,其中一输出端通过一截止阀连接一真空泵,一输出端通过一截止阀连接大气,还有一输出端并列连接两截止阀,其中一所述截止阀的输出端连接到所述高压反应釜的所述上进气口,另一所述截止阀的输出端连接到所述高压反应釜的所述气口。

4. 如权利要求 2 所述的一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置,其特征在于:所述高压天然气配气系统包括一高压天然气配气瓶,所述高压天然气配气瓶的输出管路依次通过一截止阀和一减压阀并列连接一气体流量计和一六通阀,所述六通阀和所述输出管路之间还设置有一截止阀;所述气体流量计的输出端通过一截止阀连接所述六通阀;所述六通阀有三个输出端,其中一输出端通过一截止阀连接一真空泵,一输出端通过一截止阀连接大气,还有一输出端并列连接两截止阀,其中一所述截止阀的输出端连接到所述高压反应釜的所述上进气口,另一所述截止阀的输出端连接到所述高压反应釜的所述气口。

5. 如权利要求 1 或 2 或 3 或 4 所述的一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置,其特征在于:所述温度测量系统包括设置在所述高压反应釜内壁上的热电偶,所述热电偶的输出端通过一温度传感器连接一温度显示仪。

6. 如权利要求 1 或 2 或 3 或 4 所述的一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置,其特征在于:所述压力测量系统包括设置在所述高压反应釜内顶壁上的压力传感器,所述压力传感器的输出端连接一压力显示仪。

7. 如权利要求 5 所述的一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置,其特征在于:所述压力测量系统包括设置在所述高压反应釜内顶壁上的压力传感器,所述压力传感器的输出端连接一压力显示仪。

8. 一种如权利要求 1~7 任一项所述装置的模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的方法,其包括以下步骤:

1) 根据需要,按照任意比例将沉积物与水溶液混合均匀后,装入高压反应釜内,安装上釜盖,将高压反应釜放入冷浴槽内,连接高压天然气配气系统、温度测量系统、压力测量系统和超声波声速测定系统,调节手柄滑杆使两超声波探头之间保持一定距离,距离范围为 0~60mm;

2) 开启制冷压缩机,使冷浴槽内达到并保持设定温度在溶液冰点温度以下,同时开启超声波声速测定系统中的超声波信号发射接受仪和示波器,通过计算机采集系统内预置的气体水合物声波采集分析模块,记录结冰过程中样品的声学参数变化;

3) 当沉积物和水溶液完全结冰后,重新设定冷浴槽内的温度在溶液冰点温度以上,检测并保证高压反应釜及各条管线的气密性,然后开启真空泵,将高压反应釜及各条连接管线内的空气抽掉;

4) 开启高压天然气配气瓶,向高压反应釜内通入甲烷气,同时通过气体流量计记录下通入气体的量,当高压反应釜内达到根据试验需要预设定的压力值时,通气结束;

5) 通过计算机采集系统内预置的气体水合物声波采集分析模块,观测水合物的开始生成并计时,任意选取时间间隔,分别通过温度测量系统、压力测量系统和超声波声速测定系统,对应记录水合物生成过程中的温度、压力及声学参数的变化;

6) 当压力不再降低,温度趋向于一定值,声速振幅也稳定于一定值,实验结束,得到了水合物分布均匀的沉积物样品。

9. 如权利要求 8 所述的一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的方法,其特征在于:所述沉积物为石英砂,所述水溶液为盐水溶液。

一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种测量装置及方法,特别是关于一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置及方法。

背景技术

[0002] 天然气水合物广泛分布于大陆岛屿的斜坡地带、活动和被动大陆边缘的隆起处、极低大陆架海洋和深水环境中等。每立方米的天然气水合物可储存 $160 \sim 180\text{m}^3$ 的天然气,被誉为 21 世纪重要的后续能源。天然气水合物作为一种能源资源,对其的勘探开发受到了世界各国政府和研究机构的高度重视,并且对天然气水合物的研究也成为近年来的研究热点。了解天然气水合物在地层的资源量及其基本分布特征,对天然气资源的勘探开发具有重要的指导意义。由于天然气水合物的资源量与水合物层的面积、储层厚度、孔隙度,以及水合物的饱和度、水合物指数等参数密切相关;并且在自然条件下,天然气水合物因赋存环境的不同,这些参数常受到沉积物的物质组成、有机质丰度、地质结构、地温场、地热梯度、海洋温度压力随深度的变化等诸多因素的影响,因此,目前对天然气水合物资源量的评价方法尚未完善,对其资源量的估算多具有推测性,且估算的差异较大。

[0003] 模拟天然气水合物的生成并对其生产过程中各项物性参数的测量是天然气水合物勘探开发的一项基础研究,其中对天然气水合物各项物性参数的测量成为有效性研究的关键。在模拟天然气水合物生成的实验中,常用的对天然气水合物各项物性参数进行检测的方法有光学法、声学法和电学法等。但是,目前采用上述方法进行测量的实验装置比较少。其中:美国地质调查局的实验装置 GHASTLI 探测手段较多,包括超声探测技术,但只能用于岩心样品,不能用于松散的沉积物中;青岛海洋地质研究所的实验装置安装有超声探测技术,并有光通过率的检测系统,但光通过率检测系统不能用于沉积物中水合物的检测;中国石油大学(华东)石工学院的实验装置也装有声速测量,其应用于传感器的电压为 1000V,脉冲频率为 2MPa,其电压和脉冲频率较高,跟地震测井的脉冲频率差别较大,虽然可以测量沉积物中水合物的声速,但合成的沉积物样品中水合物分布的均匀性未知。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种模拟天然水合物生成并测量其物性参数的装置及方法,该装置及方法可对松散沉积物中天然气水合物在生成/分解过程中的物性参数变化进行测量,进而为天然气水合物资源的勘探及资源量估算提供准确的物性参数。

[0005] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:一种模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的装置,其特征在于:它包括一其内填充实验介质的高压反应釜,所述高压反应釜分别连接一高压天然气配气系统、一温度测量系统、一压力测量系统和一超声波声速测量系统,所述高压反应釜设置于一冷浴槽内,所述冷浴槽连接一制冷压缩机;所述高压反应釜顶部设置有一釜盖,所述釜盖上滑动插设有一手柄滑杆;所述超声波声速测量系统包括

分别设置在所述高压反应釜内所述手柄滑杆底部和所述高压反应釜内底部的一超声波探头,两个所述超声波探头分别与一光电换能器连接,其中一所述光电换能器通过导线连接到一超声波信号发射接受仪的发射端,另一个所述光电换能器通过导线连接到所述超声波信号发射接受仪的接收端,所述超声波信号发射接受仪通过导线连接一示波器,所述示波器的输出端通过导线连接一计算机采集系统,所述计算机采集系统内预置有气体水合物声波采集分析模块。

[0006] 所述高压反应釜的釜壁上部设置有一上进气口,底部设置有一下进气口和一排水口,所述排水口通过一其上设置有截止阀的排水管路连接到所述冷浴槽外部。

[0007] 所述高压天然气配气系统包括一高压天然气配气瓶,所述高压天然气配气瓶的输出管路依次通过一截止阀和一减压阀并列连接一气体流量计和一六通阀,所述六通阀和所述输出管路之间还设置有一截止阀;所述气体流量计的输出端通过一截止阀连接所述六通阀;所述六通阀有三个输出端,其中一输出端通过一截止阀连接一真空泵,一输出端通过一截止阀连接大气,还有一输出端并列连接两截止阀,其中一所述截止阀的输出端连接到所述高压反应釜的所述上进气口,另一所述截止阀的输出端连接到所述高压反应釜的所述气口。

[0008] 所述温度测量系统包括设置在所述高压反应釜内壁上的热电偶,所述热电偶的输出端通过一温度传感器连接一温度显示仪。

[0009] 所述压力测量系统包括设置在所述高压反应釜内顶壁上的压力传感器,所述压力传感器的输出端连接一压力显示仪。

[0010] 上述装置的模拟天然气水合物生成并测量其物性参数的方法,其包括以下步骤:
1) 根据需要,按照任意比例将沉积物与水溶液混合均匀后,装入高压反应釜内,安装上釜盖,将高压反应釜放入冷浴槽内,连接高压天然气配气系统、温度测量系统、压力测量系统和超声波声速测定系统,调节手柄滑杆使两超声波探头之间保持一定距离,距离范围为0~60mm;2) 开启制冷压缩机,使冷浴槽内达到并保持设定温度在溶液冰点以下,同时开启超声波声速测定系统中的超声波信号发射接受仪和示波器,通过计算机采集系统内预置的气体水合物声波采集分析模块,记录结冰过程中样品的声学参数变化;3) 当沉积物和水溶液完全结冰后,重新设定冷浴槽内的温度在溶液冰点以上,检测并保证高压反应釜及各条管线的气密性,然后开启真空泵,将高压反应釜及各条连接管线内的空气抽掉;4) 开启高压天然气配气瓶,向高压反应釜内通入甲烷气,同时通过气体流量计记录下通入气体的量,当高压反应釜内达到根据试验需要预设定的压力值时,通气结束;5) 通过计算机采集系统内预置的气体水合物声波采集分析模块,观测水合物的开始生成并计时,任意选取时间间隔,分别通过温度测量系统、压力测量系统和超声波声速测定系统,对应记录水合物生成过程中的温度、压力及声学参数的变化;6) 当压力不再降低,温度也趋向于一定值,声速振幅等也稳定于一定值,实验结束,得到了水合物分布均匀的沉积物样品。

[0011] 所述沉积物为石英砂,所述水溶液为盐水溶液。

[0012] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下优点:1、本发明由于设置有高压反应釜,高压反应釜连接一高压天然气配气系统,且高压反应釜置于一冷浴槽内,冷浴槽连接一制冷压缩机,因此可以通过控制配气系统的进气量,高压反应釜内加入的沉积物以及冷浴槽温度,来进行不同组分气体、不同粒径沉积物、不同反应条件下的沉积物中水合物声学性

质的测量,同时还可以进行溶液中水合物的测定。2、本发明通过模拟沉积物中天然气水合物的生成过程,利用超声波声速测定系统测量天然气水合物在沉积物中生成/分解过程中声速、振幅等声学物性参数,来评价沉积物中的水合物分布,为天然气水合物资源的勘探及估算提供准确的物性参数。3、本发明由于测量天然气水合物在沉积物中生成/分解过程中声速、振幅等声学性质物性参数,而沉积物中天然气水合物的声学物性参数,对于研究沉积物中天然气水合物的饱和度与声学特性之间的关系,建立正确的水合物与声学特性模型具有重要意义,因此,可以为天然气水合物资源的勘探及估算提供必要的、准确可靠的声学物性数据。4、本发明由于设置有冷浴槽和制冷压缩机,高压反应釜置于冷浴槽内,因此,可以控制实验在设定的温度下进行。5、本发明由于采用了先结冰再生成天然气水合物的方法,因此,可使在沉积物中生成的天然气水合物比较均匀,测量的声速实验数据较准确。本发明装置构思巧妙,方法简单易操作,不但可以测量天然气水合物的声学性质,而且可以测量沉积物中天然气水合物的声学性质,且测量数值准确,可广泛用于天然气水合物资源的勘探及资源量估算过程中。

附图说明

- [0013] 图1是本发明测量装置结构示意图
[0014] 图2是本发明测量装置中反应釜的结构示意图
[0015] 图3是本发明超声波声速测定系统工作原理示意图
[0016] 图4是本发明气体水合物声速采集分析模块工作界面示意图
[0017] 图5是本发明具体实施例中温度、压力随反应时间变化示意图
[0018] 图6是本发明具体实施例中声速随反应时间变化示意图

具体实施方式

[0019] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0020] 如图1、图2所示,本发明的测量装置包括一其内可以填充实验介质的高压反应釜1,高压反应釜1分别连接一高压天然气配气系统2、一温度测量系统3、一压力测量系统4和一超声波声速测定系统5,高压反应釜1设置于一冷浴槽6内,冷浴槽6连接一制冷压缩机7。

[0021] 本发明的高压反应釜1顶部设置有一釜盖,釜盖上滑动插设有一手柄滑杆11,高压反应釜1底部设置有一支撑架12。高压反应釜1的釜壁上部设置有一上进气口13,底部设置有一下进气口14和一排水口15,排水口15通过一其上设置有截止阀16的排水管路连接到冷浴槽6外部。

[0022] 本发明的高压天然气配气系统2包括一高压天然气配气瓶21,高压天然气配气瓶21的输出管路依次通过一截止阀22和一减压阀23并列连接一气体流量计24和一六通阀25,六通阀25和输出管路之间还设置有一截止阀26。气体流量计24的输出端通过一截止阀连接六通阀25。六通阀25有三个输出端,其中一输出端通过一截止阀连接一真空泵27,一输出端通过一截止阀28连接大气,还有一输出端并列连接两截止阀,其中一截止阀的输出端连接到高压反应釜1的上进气口13,另一截止阀的输出端连接到高压反应釜1的下进气口14。

[0023] 本发明的温度测量系统 3 包括设置在高压反应釜 1 内壁上的热电偶 31, 热电偶 31 的输出端通过一温度传感器 32 连接一温度显示仪 33。

[0024] 本发明的压力测量系统 4 包括设置在高压反应釜 1 内顶壁上的压力传感器 41, 压力传感器 41 的输出端连接一压力显示仪 42。

[0025] 如图 1 ~ 3 所示, 本发明的超声波声速测定系统 5 包括分别设置在高压反应釜 1 内手柄滑杆 11 底部和高压反应釜 1 内底部的一超声波探头 51, 其中手柄滑杆 11 底部的超声波探头 51 可以随手柄滑杆 11 上下移动, 以便于调节上、下两超声波探头 51 之间的距离, 适应不同长度样品的测量。两个超声波探头 51 分别与一声电换能器 52 连接, 其中一声电换能器 52 通过导线连接到一超声波信号发射接受仪 53 的发射端, 另一个声电换能器 52 通过导线连接到超声波信号发射接受仪 53 的接收端, 超声波信号发射接受仪 53 通过导线连接一示波器 54, 接受到的信号经处理放大后在示波器 54 上显示, 示波器 54 的输出端通过导线连接一计算机采集系统 55, 计算机采集系统 55 内预置有气体水合物声波采集分析模块。

[0026] 气体水合物声波采集分析模块可将示波器 54 上的波形信号进行采集、存储、分析, 并计算出声学参数。超声波声速测定系统 5 中的计算机采集系统 55 用于采集数据并分析、保存一定模拟实验条件下 (温度、压力、水饱和度等) 沉积物中水合物样品的声学参数。气体水合物声波采集分析模块既能完成数据的采集处理, 又能很好的完成自动识别和控制声电换能器 52 的工作。

[0027] 上述实施例中, 高压反应釜 1 由不锈钢材料加工而成, 其可耐压 32MPa, 高压反应釜 1 的容积为 2L, 内径为 130mm, 有效高度为 150mm。在高压反应釜的排水孔 15 和下进气孔 14 的孔径为 $\phi 3\text{mm}$, 上进气孔 13 的孔径为 $\phi 6\text{mm}$ 。高压反应釜 1 内的实验介质可以为溶液, 也可以为不同粒径的沉积物, 具体根据实验条件进行选择。

[0028] 上述实施例中, 冷浴槽 6 采用 HA-5 型低温冷浴槽, 功率为 4.5Kw, 最低制冷温度为 -253.2K。冷浴槽 6 和与其连接的制冷压缩机 7 的作用主要是控制实验在设定的温度下进行。

[0029] 上述实施例中, 高压天然气配气系统 2 主要用于供给反应所需要的气体。其中, 气体流量计 24 可准确记录进入高压反应釜 1 内的气体流量, 以便于计算反应所消耗的气体流量。

[0030] 上述实施例中, 超声波声速测定系统 5 中的超声波探头 51 为主频是 1MHz 的 P 波探头。超声波信号发射接受仪 53 应用于声电换能器 52 的电压为 400V, 脉冲频率为 1MHz。示波器 54 的采集频率为 100MHz。

[0031] 由于天然气水合物在沉积物中能否均匀分布是测量的关键, 因此, 为了使天然气水合物在沉积物中均匀分布, 本发明采用了先将沉积物冻结再通气生成天然气水合物的方法, 此方法在沉积物中生成的水合物比较均匀, 测量的声速实验数据较准确, 其包括以下步骤:

[0032] 1) 将沉积物与水溶液混合均匀后装入清洗干净的高压反应釜 1 内, 安装上釜盖, 将高压反应釜 1 放入冷浴槽 6 内, 连接好高压天然气配气系统 2、温度测量系统 3、压力测量系统 4 和超声波声速测定系统 5, 调节手柄手柄 11 使两超声波探头 51 达到合适的距离, 一般为 0 ~ 60mm。

[0033] 2) 开启制冷压缩机 7, 使冷浴槽 6 内达到并保持在溶液冰点温度以下, 使沉积物和

水溶液先结冰,同时开启超声波声速测定系统 5 中的超声波信号发射接受仪 53 和示波器 54,并通过计算机采集系统 55 内预置有的气体水合物声波采集分析模块,记录结冰过程中样品的声学参数的变化。

[0034] 3) 当沉积物和水溶液完全结冰后,重新设定冷浴槽 6 内的温度,达到溶液冰点温度以上,在高压反应釜 1 及各条联结管线气密性良好的前提下,开启真空泵 27,通过真空泵 27 将高压反应釜 1 及各条联结管线内的空气抽掉,排除空气对实验的干扰。

[0035] 4) 开启高压天然气配气瓶 21,向高压反应釜 1 内通入天然气,同时通过气体流量计 24 记录下通入气体的量,当高压反应釜 1 内达到设定的压力时,一般为 12MPa 左右,通气结束。

[0036] 5) 通过计算机采集系统 55 内预置的气体水合物声波采集分析模块,观测水合物的开始生成并计时,任意选取时间间隔,分别通过温度测量系统 3、压力测量系统 4 和超声波声速测定系统 5 对应记录水合物生成过程中的温度、压力及声学参数的变化。当水合物不断生成时,由于消耗气体,压力不断降低,声速和振幅不断增加。当反应结束后,压力不再降低,温度也趋向于一定值,声速振幅等也稳定于一定值。

[0037] 6) 实验结束,得到了水合物分布均匀的沉积物样品,同时也已记录下水合物在沉积物中生成过程中的温度、压力及声学物性参数的变化。

[0038] 利用上述步骤生成的水合物样品,还可以测量在水合物分解过程中温度压力及声学物性参数的变化。

[0039] 上述实施例中,步骤 1) 中的沉积物孔隙体积与水溶液体积可以按照任意比例进行混合;步骤 5) 中,高压反应釜内的压力值可以根据试验需要,测量在任意压力值下水合物生成过程中温度、压力及声学参数的变化。

[0040] 针对上述方法,下面列举一个具体实施例:

[0041] 1) 先将高压反应釜 1 内部用去离子水清洗干净,确保没有任何杂质,然后用吹风机吹干。

[0042] 2) 将热电偶 31 安装到高压反应釜 1 的壁上,便于测量沉积物中生成天然气水合物过程中温度的变化。

[0043] 3) 将一定目数的经清洗干净并干燥过的石英砂与盐水溶液按照一定比例混合,混合均匀后一起装入高压反应釜 1,并将沉积物压平,然后将釜盖安装在高压反应釜 1 上。

[0044] 4) 用电动滑轮将高压反应釜 1 置于冷浴槽 6 中,然后分别与高压天然气配气系统 2、温度测量系统 3、压力测量系统 4 和超声波声速测定系统 5 连接好。通过调节高压反应釜 1 的手柄 11,将两超声波探头 51 调节到一合适的距离,尽量使每次实验的探测样品的距离相近,以具有可比性。

[0045] 5) 将冷浴槽 6 的温度设定为 268.2K,然后启动制冷压缩机 7 开始降温,使沉积物完全结冰,同时打开超声波信号发射接受仪 53、示波器 54 和计算机采集系统 55 中的内预置的气体水合物声波采集分析模块,记录结冰过程中沉积物样品的声学性质变化。

[0046] 6) 待沉积物完全结冰后,通入 3.0MPa 的甲烷气检查实验装置的气密性,气密性良好的前提下,先将甲烷气排出,再用真空泵 27 将高压反应釜 1 及进气管路抽真空 20min,再用通入 1.0MPa 甲烷气置换三次。

[0047] 7) 确保装置的气密性良好后,打开高压天然气配气瓶 21,以及高压天然气配气瓶

21 与气体流量计 24 之间、体流量计和六通阀 25 之间、六通阀 25 与高压反应釜 1 之间的截止阀,缓慢向高压反应釜 1 进气至 12.0MPa,并由气体流量计 24 测量进气的量,进气完毕关闭上述三处的截止阀。

[0048] 8) 重新设定冷浴槽 6 的温度为 272.2K,同时开始计时,记录温度、压力的变化,通过气体水合物声波采集分析模块采集波形信号并保存,提取出波形信号的声速振幅供分析,软件工作界面如图 4 所示。

[0049] 9) 当温度、压力趋于一定值,波形信号不再变化后,实验即可判定已经反应结束;

[0050] 水合物生成过程中温度、压力随时间的变化,如图 5 所示,水合物生成过程中声速随时间的变化如图 6 所示。

[0051] 对于不同粒径的沉积物,不同初始压力,不同含水饱和度的沉积物都可按照此步骤重复实验,以测得不同条件下的沉积物中水合物声学物性参数。

[0052] 采用本发明方法,测得不同试验条件下,样品的声学物性参数下表所示:

[0053]

样品名称	沙子目数	含水百分比, %	含水沉积物声速, m/s	含冰沉积物声速, m/s	含水合物沉积物声速, m/s	声速, m/s
冰	0	0	1455 (水)	0	0	3880
沉积物结冰	20~40	28%	0	4300	0	0
沉积物结冰	60~80	30%	0	3976	0	0
水+甲烷+沉积物	20~40	12.7%	0	3901	3309	0
水+甲烷+沉积物	20~40	16%	0	4111	3850	0

[0054] 上述各实施例仅用于说明本发明,其中各部件的结构、连接方式等都是可以有所变化的,凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本发明的保护范围之外。

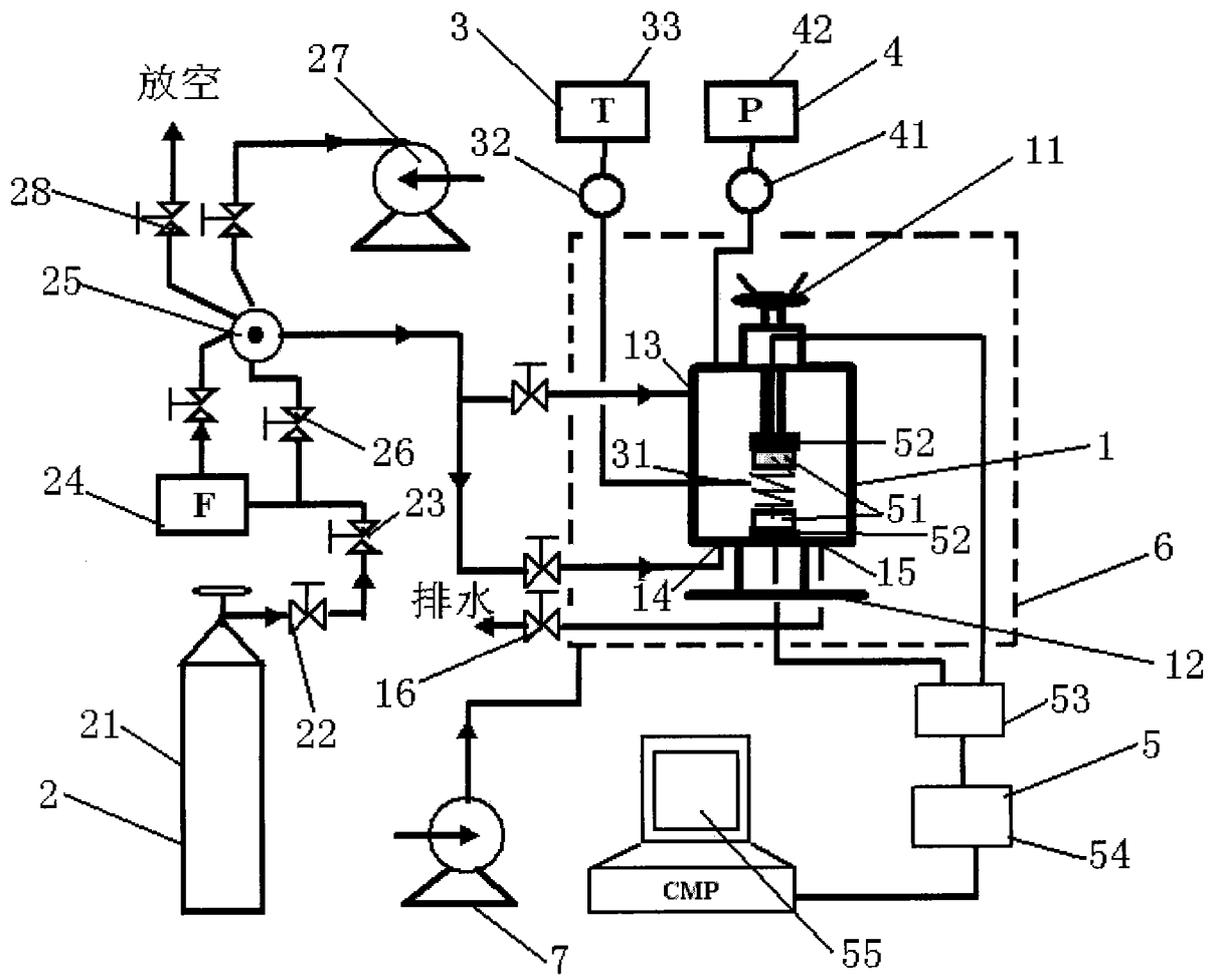


图 1

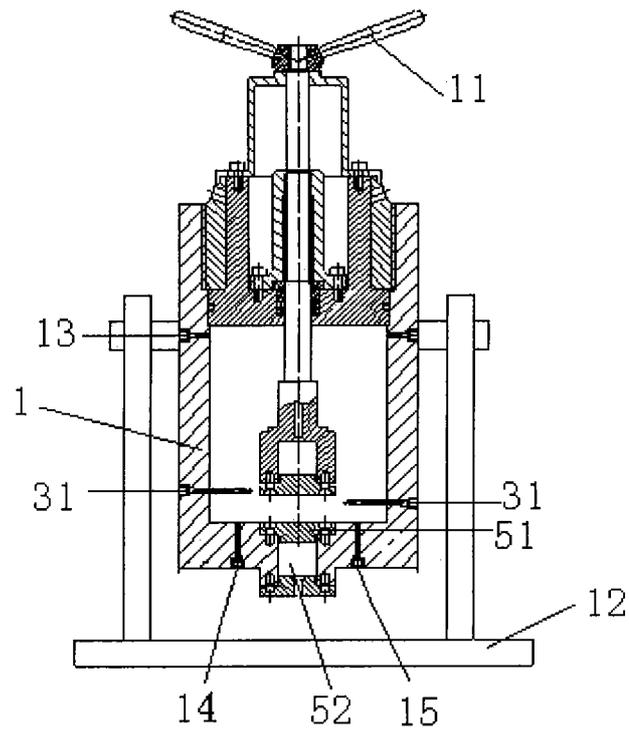


图 2

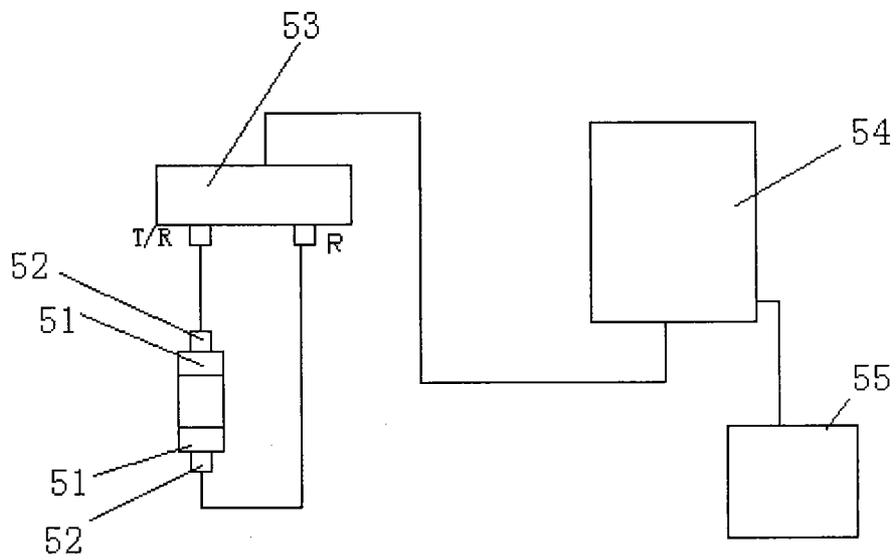


图 3

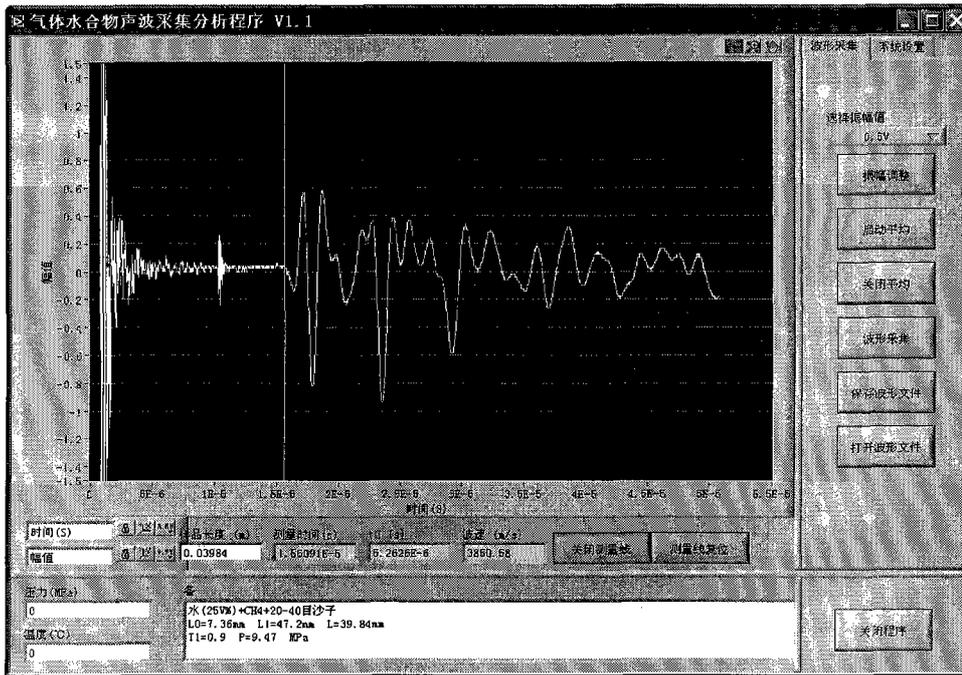


图 4

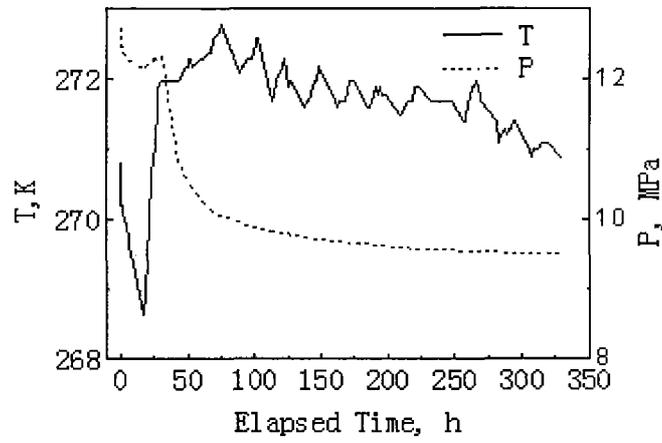


图 5

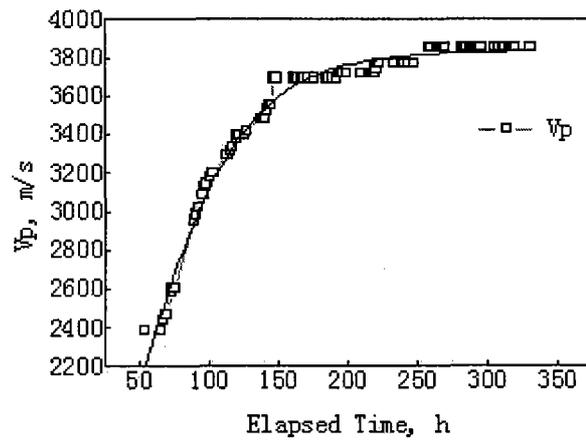


图 6