

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102109513 A

(43) 申请公布日 2011.06.29

(21) 申请号 201010603251.0

(22) 申请日 2010.12.23

(71) 申请人 中国科学院广州能源研究所
地址 510640 广东省广州市天河区五山能源
路2号

(72) 发明人 李小森 李刚 王屹 张郁
陈朝阳 杨波 吴慧杰 黄宁生

(74) 专利代理机构 广州科粤专利商标代理有限
公司 44001
代理人 黄培智 莫瑶江

(51) Int. Cl.
G01N 33/22 (2006.01)
G01N 1/28 (2006.01)

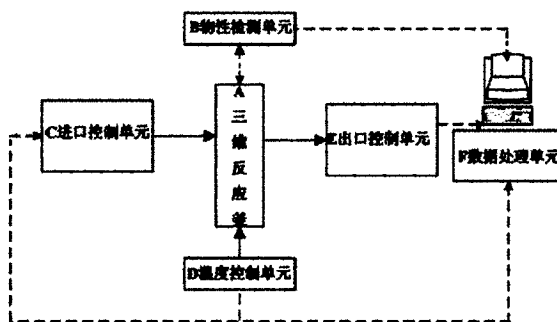
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置

(57) 摘要

本发明公开了一种天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,包括:三维反应釜,设有密封的模拟腔,用于模拟天然气水合物的生成及开采;物性检测单元,通过检测三维反应釜内的各种物性对三维反应釜内的情况进行监控;数据处理单元,对物性检测单元的信号进行采集和处理;进口控制单元,用于向三维反应釜内输入水和天然气,并控制输入的天然气的压力;出口控制单元,用于控制模拟开采之后的天然气、水等的输出压力;温度控制单元,用于控制三维反应釜的环境温度。采用上述方案,本发明的装置体积小、易操作、可以精确测量开采时物性变化,能用于综合研究各种水合物生成和开采时水合物藏内部的基础物性变化。



1. 一种天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,其特征在于,包括:
三维反应釜,设有密封的模拟腔,用于模拟天然气水合物的生成及开采;
物性检测单元,通过检测三维反应釜内的各种物性对三维反应釜内的情况进行监控;
数据处理单元,对物性检测单元的信号进行采集和处理;
进口控制单元,用于向三维反应釜内输入水和天然气,并控制输入的天然气的压力;
出口控制单元,用于控制模拟开采之后的天然气、水的输出压力;
温度控制单元,用于控制三维反应釜的环境温度。
2. 根据权利要求1所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,其特征在于,所述三维反应釜为耐压范围为0~40MPa、内腔容积为5~500L的正方体不锈钢反应釜,内腔三维空间长度均大于150mm。
3. 根据权利要求1所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,其特征在于,所述三维反应釜包括筒体、上法兰、下法兰,所述筒体、上法兰、下法兰之间的密封腔形成模拟腔,所述筒体、上法兰、下法兰三者靠近所述模拟腔一侧设有隔热板。
4. 根据权利要求1所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,其特征在于,所述物性检测单元设于三维反应釜之上,并采用以下测量点阵排布:把所述模拟腔的正方体空间划分为 $a*a*a$ 个大小完全相等、并与模拟腔正方体相似平行的小正方体空间,每个正方体空间的顶点在模拟腔内形成 $(a-1)*(a-1)*(a-1)$ 的测量点阵,其中, a 为大于3的正整数,用于测量的传感器或探头置于测量点阵上。
5. 根据权利要求4所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,其特征在于,所述 a 为6。
6. 根据权利要求4或5所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,其特征在于,所述物性检测单元具有温度测量、饱和度测量、压力测量、差压测量及超声波测量的功能。
7. 根据权利要求6所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,其特征在于,所述超声波测量是将超声波探头分别置于模拟腔垂直方向和水平方向各一个,其中,两相对探头中间无阻碍,并且垂直超声波探头和水平超声波探头分别独占一列测量点阵。
8. 根据权利要求6所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,其特征在于,所述饱和度测量是利用电极来实现,每一根电极包括正负极探头,每一根电极的正负极距离相同。
9. 根据权利要求8所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,其特征在于,所述电极的正负极距离为1cm。

一种天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种模拟实验装置,尤其涉及一种天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置。

背景技术

[0002] 天然气水合物(以下简称水合物)是指天然气与水在一定温度和压力下生成的一种笼状晶体物质,其遇火即可燃烧,俗称“可燃冰”。早期对天然气水合物的研究主要针对抑制水合物的生成,是为了解决油、气生产和运输过程中管道、设备的堵塞问题。随着人们对天然气水合物研究的不断深入,天然气水合物的特性及对环境的影响越来越为人类认识,其作为一种有效的替代能源的价值也益显突出。

[0003] 天然气水合物可以以多种方式存在于自然界中,天然气水合物在洋底埋藏时呈固体,在开采过程中分子构造发生变化,从固体变为气体,也就是说,水合物在开采过程中发生相变。基于天然气水合物的特点,它与常规传统型能源的开发方式不同。目前大多数有关天然气水合物的开发思路基本上都是首先考虑如何将蕴藏在沉积物中的天然气水合物进行分解,然后再将分解得到的天然气开采至地面。一般来说,人为地打破天然气水合物稳定存在的温度压力条件,造成其分解,是目前开发天然气水合物中甲烷资源量的主要方法。

[0004] 开采过程中伴随产生的水合物藏自身内部变化,主要有如下三方面:

[0005] (一) 温度场,由于生成分解水合物的能量消耗不同及水合物内存在不同情况导热的温度场,所以温度场变化及其复杂,多种数学模型尚不能完全成功描述。

[0006] (二) 压力场,压力和温度是水合物开采最为重要的两个参数,由于矿藏内部的水合物分解变成甲烷气和水,对压力产生直观影响,水合物藏内的压力变化直接影响到水合物开采的顺利程度。

[0007] (三) 水合物饱和度的变化,饱和度就是水合物占水合物藏空隙中的体积比例,饱和度的研究直接关系到水合物藏的可开采性。

[0008] 现有的开采方法大体上可分为以下三类:

[0009] 热力开采法,该方法主要是将蒸气、热水、热盐水或其它热流体从地面泵入天然气水合物储层,或采用火驱法、电极原位加热等诸多方法促使储层温度上升而达到水合物分解的目的。

[0010] 化学剂开采法,该方法主要是利用某些化学剂,诸如盐水、甲醇、乙醇、乙二醇、丙三醇等来改变水合物形成的相平衡条件,降低水合物稳定温度,以达到使其分解的目的。

[0011] 降压开采法,该方法主要是通过降低压力而引起天然气水合物稳定的相平衡曲线的移动,从而促使天然气水合物分解,开采水合物层之下的游离气是降低储层压力的一种有效方法。

[0012] 由于各地的地质条件和天然气水合物的成分不同,形成机制各异,所以需要通过模拟实验进行研究,通过实际开采对模型进行验证同时可以进一步对水合物开采的机理进行深入分析。但是,现有的设备大多为一维层面,三维模拟开采设备体积巨大,不便于操作,

也难以实现水合物开采时水合物层物性变化的精确测量。

[0013] 因此,现有技术有待于完善和发展。

发明内容

[0014] 本发明所要解决的问题在于提供一种体积小、易操作、精确测量开采时物性变化的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置。

[0015] 为了解决上述技术问题,本发明的技术方案如下:

[0016] 一种天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,包括:

[0017] 三维反应釜,设有密封的模拟腔,用于模拟天然气水合物的生成及开采;

[0018] 物性检测单元,通过检测三维反应釜内的各种物性对三维反应釜内的情况进行监控;

[0019] 数据处理单元,对物性检测单元的信号进行采集和处理;

[0020] 进口控制单元,用于向三维反应釜内输入水和天然气,并控制输入的天然气的压力;

[0021] 出口控制单元,用于控制模拟开采之后的天然气、水等的输出压力;

[0022] 温度控制单元,用于控制三维反应釜的环境温度。

[0023] 所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,所述三维反应釜为耐压范围为 0 ~ 40MPa、内腔容积为 5 ~ 500L 的正方体不锈钢反应釜,内腔三维空间长度均大于 150mm。

[0024] 所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,所述三维反应釜包括筒体、上法兰、下法兰,所述筒体、上法兰、下法兰之间的密封腔形成模拟腔,所述筒体、上法兰、下法兰三者靠近所述模拟腔一侧设有隔热板,以减少模拟腔与外界的热交换,提高模拟腔的恒温效果。

[0025] 所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,所述物性检测单元设于三维反应釜之上,并采用以下测量点阵排布:把所述模拟腔的正方体空间划分为 $a*a*a$ 个大小完全相等、并与模拟腔正方体相似平行的小正方体空间,每个正方体空间的顶点在模拟腔内形成 $(a-1)*(a-1)*(a-1)$ 的测量点阵,其中, a 为大于 3 的正整数,用于测量的传感器或探头置于测量点阵上。

[0026] 所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,所述 a 为 6。

[0027] 所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,所述物性检测单元具有温度测量、饱和度测量、压力测量、差压测量及超声波测量的功能。

[0028] 所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,所述超声波测量是将超声波探头分别置于模拟腔垂直方向和水平方向各一个,其中,两相对探头中间无阻碍,并且垂直超声波探头和水平超声波探头分别独占一列测量点阵。

[0029] 所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,所述饱和度测量是利用电极来实现,每一根电极包括正负极探头,每一根电极的正负极距离相同。

[0030] 所述的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置,所述电极的正负极距离为 1cm。

[0031] 采用上述方案,本发明提供的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置可以

综合研究各种水合物生成和开采时水合物藏内部的基础物性变化,其具有如下优点:

- [0032] 1、本实验装置中的三维反应釜体积较小,装卸方便。
- [0033] 2、通过本实验装置可准确的得到生成及开采的物性变化数据;
- [0034] 3、由于反应釜体积小,试验周期较短。
- [0035] 4、在实验时,三维反应釜可同时检测各种水合物生成开采方案的数据;
- [0036] 5、本发明所述实验装置可以真实的模拟水合物物性,对开采和生成的数学模型进行验证。

附图说明

- [0037] 图 1 是本发明所述实验装置的系统示意图;
- [0038] 图 2 是本发明所述实验装置中三维反应釜的结构图;
- [0039] 图 3 是本发明所述实验装置中三维反应釜的俯视图。
- [0040] 附图标记说明:1-三维反应釜;2-筒体;3-模拟腔;4-隔热板;5-上法兰;6-下法兰;7-恒温水浴;8-超声波探头;9-测量点阵。

具体实施方式

- [0041] 下面结合附图,对本发明的较佳实施例作进一步详细说明。
- [0042] 请参见图 1-图 3,本发明的天然气水合物三维生成开采物性检测实验装置(见图 1),包括 A:三维反应釜、B:物性检测单元、C:进口控制单元、D:温度控制单元、E:出口控制单元、F:数据处理单元,共六个单元。
- [0043] A 三维反应釜 1:三维反应釜 1 置于恒温水浴 7 中,三维反应釜 1 内为密封的模拟腔 3,。釜内填充制备完成的多孔介质,作为水合物生成的空间,模拟海底高压环境,物性检测单元 B、进口控制单元 C、温度控制单元 D 和出口控制单元 E 分别均通过控制阀和管道连接至三维反应釜 1。
- [0044] B 物性检测单元:利用各种测量手段的组合对三维反应釜 1 内的情况进行详细监控。可以检测三维反应釜 1 内的温度、压力、差压以及电阻,并由数据处理单元进行处理分析,可根据各感应元件的输入信号输出温度场三维云图,压力场三维云图和电阻三维云图,时间-温度曲线、时间-压力曲线、时间-差压曲线、时间-电阻曲线、压力-开采量曲线等等,以对各数据进行综合评价。
- [0045] C 进口控制单元:进口控制单元用于向三维反应釜内输入水,天然气,并可控制输入的天然气的压力。
- [0046] D 温度控制单元:温度控制单元用于控制三维反应釜 1 的环境温度。
- [0047] E 出口控制单元:出口控制单元用于控制模拟开采之后的天然气、水等的输出压力。
- [0048] F 数据处理单元:用于感应信号的采集和处理。记录各感应元件所感应的压力、差压、温度、电阻开采量等参数。通过各种软件将各感应元件的感应信号进行处理,以取得温度场三维云图,压力场三维云图和电阻三维云图,时间-压力、时间-差压、时间-温度、时间-开采量等曲线,用于对生成开采的物性情况进行分析。物性检测单元、进口控制单元、出口控制单元、温度控制单元内各感应元件均通过信号线与数据线与数据处理单元连接。

[0049] 所述三维反应釜 A 优选为耐压范围为 0 ~ 40MPa, 内腔容积为 5 ~ 500L 的正方体不锈钢反应釜; 内腔容积优选 6 ± 0.5 L, 内腔三维空间长度均大于 150mm。

[0050] 如图 2、图 3 所示, 置于恒温水浴 7 中的三维反应釜 1 包括筒体 2、上法兰 5、下法兰 6, 所述上法兰 5 与筒体 2、下法兰 6 与筒体 2 之间分别使用若干螺栓固定密封; 筒体 2、上法兰 5、下法兰 6 之间的密封腔形成模拟腔 3。所述筒体 2、上法兰 5、下法兰 6 三者靠近所述模拟腔 3 的一侧设有隔热板 4, 以减少模拟腔 3 与外界的热交换, 提高模拟腔 3 的恒温效果。所述模拟腔 3 分别通过管道和控制阀与进口控制单元 C 和出口控制单元 E 相连。

[0051] 所述物性检测单元 B 置于三维反应釜 1 之上, 主要为如图中所示的测量点阵 9, 其中设有多组温度传感器, 多组电极, 多组压力传感器及压差传感器, 两组超声波探头, 用于温度测量, 饱和度测量, 压力测量, 差压测量及超声波测量。

[0052] 为准确测量出温度场, 饱和度场, 绘制云图, 采用特定探头排布。例如, 可以把所述模拟腔 3 的正方体空间划分为 $a * a * a$ (a 为大于 3 的正整数) 个大小完全相等, 并与模拟腔 3 正方体相似平行的小正方体空间, 每个正方体空间的顶点在模拟腔 3 内形成 $(a-1) * (a-1) * (a-1)$ 的测量点阵, 为保证测量点密度合适, a 优选 6, 即形成 $5 * 5 * 5$ 的点阵。

[0053] 各种测量方式的安装方式如下:

[0054] 如图 2、图 3 中所示, 所述超声波测量优选将超声波探头 8 分别置于模拟腔 3 垂直方向和水平方向各一个, 用于探测水合物生成速度和分布情况。要求超声波探头 8 两相对探头中间无阻碍, 并且垂直超声波探头和水平超声波探头分别独占测量点阵 9 中的一列。

[0055] 所述温度测量选用热电偶温度传感器直接测量, 在所述三维反应釜 1 的上法兰 5 上开孔后垂直插入热电偶温度传感器并密封。温度传感器布置于所述测量点阵 9 上。

[0056] 所述测量饱和度利用电极, 每一根电极包括正负极探头, 令每一根电极的正负极距离相同, 优选 1cm, 令电极的探头放置在所述测量点阵 9 上。

[0057] 所述压力测量和差压测量分别由测量点阵 9 连接至压力传感器和差压传感器。

[0058] 本发明模拟实验装置的使用方法如下:

[0059] 实验开始时, 往模拟腔 3 内填充多孔介质, 之后关闭三维反应釜 1, 连接管线, 调节温度控制单元 D 至试验温度 8°C , 通过进口控制单元 C 向反应釜注入一定量的纯水, 并注入一定量甲烷使得釜内压力达到要求值 (20MPa 左右)。关釜等待水合物生成。

[0060] 此时打开物性测量单元 B, 通过数据处理单元 F 记录各感应元件所感应的压力、差压、温度、电阻开采量等参数。通过各种软件将各感应元件的感应信号进行处理, 以取得温度场三维云图, 压力场三维云图和电阻三维云图, 时间 - 压力、时间 - 差压、时间 - 温度, 用于对生成的物性情况进行分析。

[0061] 当水合物生成完毕时开始模拟开采, 使用注热或降压的方法进行开采, 由出口控制单元 E 计量并控制出口产气。此时物性测量单元 B 继续工作, 通过数据处理单元 F 记录各感应元件所感应的压力、差压、温度、电阻开采量等参数。通过各种软件将各感应元件的感应信号进行处理, 以取得温度场三维云图, 压力场三维云图和电阻三维云图, 时间 - 压力、时间 - 差压、时间 - 温度、时间 - 开采量等曲线, 用于对开采的物性情况进行分析。

[0062] 应当理解的是, 对本领域普通技术人员来说, 可以根据上述说明加以改进或变换, 而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

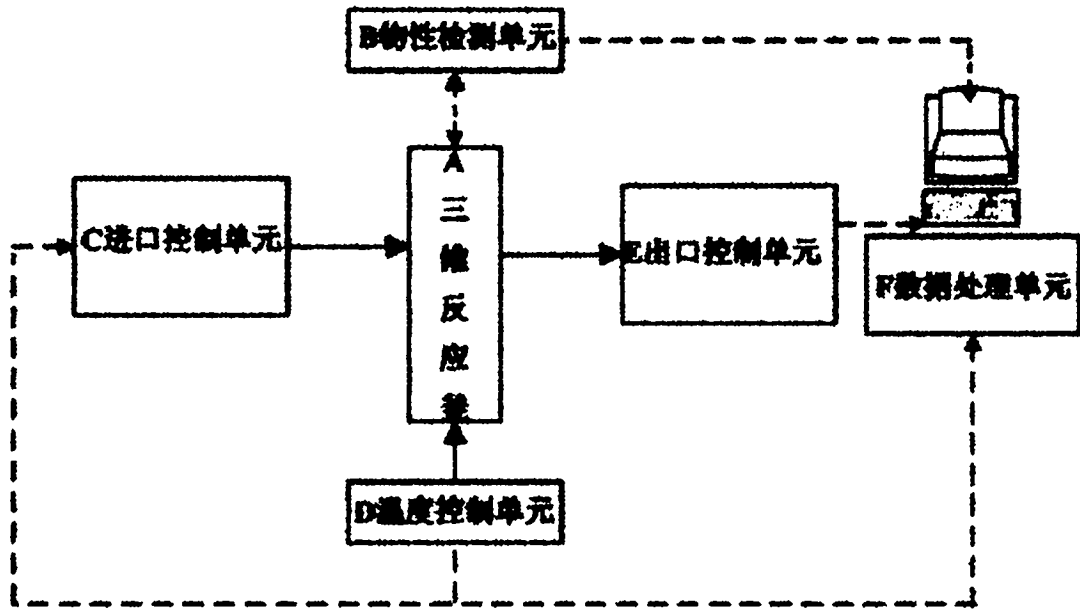


图 1

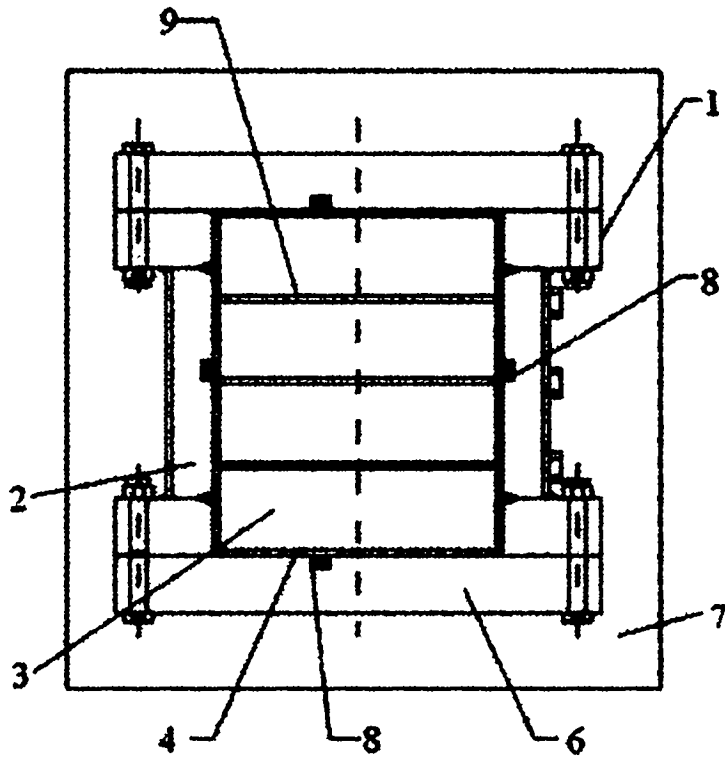


图 2

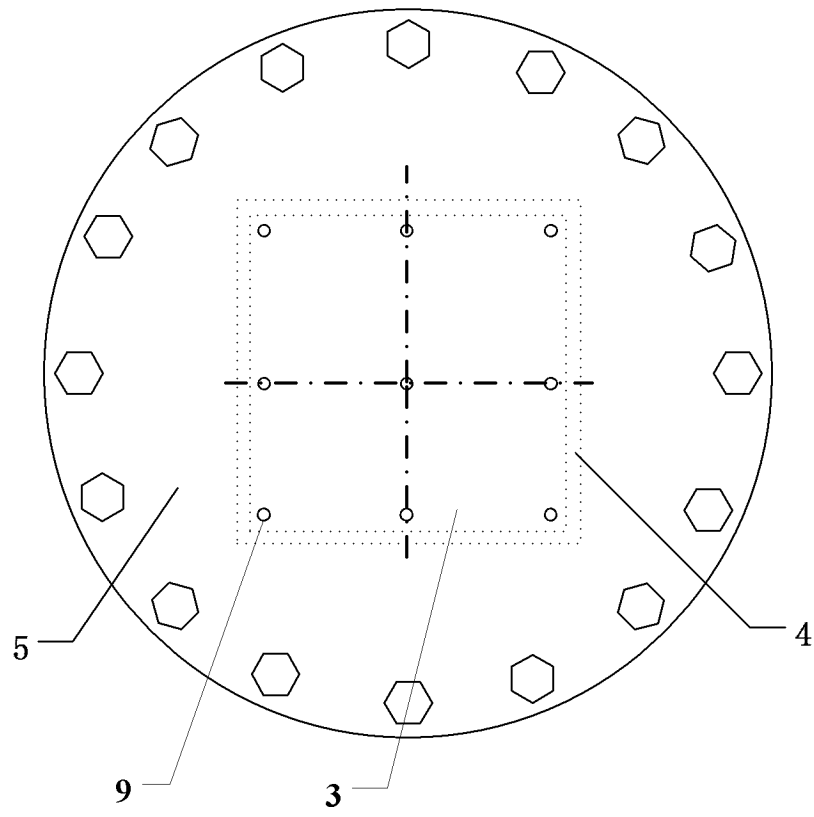


图 3