



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109682945 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 29

(21) 申请号 201910080749.4

(22) 申请日 2019.01.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109682945 A

(43) 申请公布日 2019.04.26

(73) 专利权人 中国地质大学(武汉)
地址 430000 湖北省武汉市洪山区鲁磨路
388号

(72) 发明人 宁伏龙 王冬冬 刘志超 张准
方翔宇 罗强

(74) 专利代理机构 武汉知产时代知识产权代理
有限公司 42238
专利代理师 孙妮

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

(56) 对比文件

- US 2017292904 A1, 2017.10.12
- US 2018172574 A1, 2018.06.21
- CN 209640338 U, 2019.11.15
- CN 105259018 A, 2016.01.20
- CN 107894383 A, 2018.04.10
- CN 108333091 A, 2018.07.27
- CN 105672993 A, 2016.06.15
- CN 105572014 A, 2016.05.11

审查员 董志勇

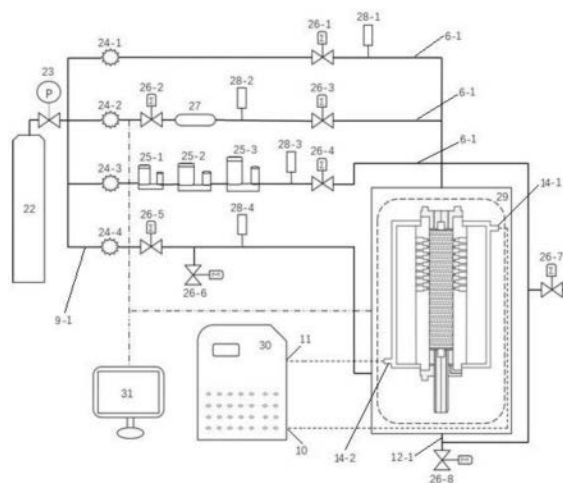
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

低温高压条件下水合物物性联测装置及其测试方法

(57) 摘要

本发明公开一种低温高压条件下水合物物性联测装置及其测试方法,装置包括:反应釜、温度控制装置、压力控制装置、物性参数测量装置;反应釜包括:釜体、上釜盖、下釜盖、活塞;温度控制装置包括:冷却水循环机和冷却桶,釜体的外壁被冷却桶包围;压力控制装置包括:气瓶、通过各管线与气瓶连接的减压阀、若干个通过各管线与减压阀连接的调压阀、若干个通过各管线与调压阀连接的电磁阀;物性参数测量装置包括:计算机,与计算机均电性连接的PS波探头、电阻率探头、温度传感器、流量计、定容器、压力传感器。本发明能测量模拟原位地层不同温度、压力、应力条件下的水合物沉积物的孔隙度、渗透率、饱和度和力学静态和动态参数。



1. 低温高压条件下水合物物性联测装置,其特征在於:包括:反应釜、温度控制装置、压力控制装置、物性参数测量装置;

所述反应釜包括:釜体,分别设于所述釜体顶端、底端的上釜盖和下釜盖,穿过所述下釜盖的活塞;所述釜体的顶端和底端均开口、有一内置腔体,所述上釜盖和下釜盖分别密封釜体的顶端和底端开口;所述温度控制装置包括:冷却水循环机和与冷却水循环机连接的冷却桶,所述釜体的外壁被冷却桶包围,为所述反应釜提供所需温度;所述压力控制装置包括:气瓶、通过各管线与所述气瓶连接的减压阀、若干个通过各管线与所述减压阀连接的调压阀、若干个通过各管线与所述调压阀连接的电磁阀,通过各路管线分别连接所述上釜盖和下釜盖,为所述反应釜中的水合物的形成、分解提供气源和控压;

所述物性参数测量装置包括:计算机,与所述计算机均电性连接的PS波探头、电阻率探头、温度传感器、流量计、定容器、压力传感器,用于孔隙度、渗透率、饱和度、力学参数的测量,所述PS波探头分别设于上釜盖和活塞上,所述电阻率探头和温度传感器设于釜体上,所述流量计、定容器、压力传感器均连接在调压阀与电磁阀之间的各管线上;

所述PS波探头包括:PS波发射探头和PS波接收探头,所述PS波发射探头设于上釜盖上、PS波接收探头内嵌于活塞顶端;

在所述上釜盖和下釜盖上分别设有上环形透水石和下环形透水石,所述上环形透水石环绕PS波发射探头,所述下环形透水石环绕PS波接收探头;

所述上釜盖上设有若干个进气口,所述下釜盖上设有围压入口和若干个出气口,进气管线、控压管线、出气管线分别对应通过所述进气口、围压入口和出气口;

所述调压阀包括:第一调压阀、第二调压阀、第三调压阀和第四调压阀,所述第一调压阀、第二调压阀、第三调压阀分别通过三根进气管线与减压阀连接,所述第四调压阀通过一根控压管线与减压阀连接。

2. 根据权利要求1所述的低温高压条件下水合物物性联测装置,其特征在於:在所述冷却水循环机上分别设有冷却液入口和冷却液出口,下进上出;所述冷却桶上分别设有上连接口、下连接口,所述上连接口在上、下连接口在下,所述冷却水循环机的冷却液入口、冷却液出口分别与冷却桶的上连接口、下连接口相连。

3. 根据权利要求1所述的低温高压条件下水合物物性联测装置,其特征在於:所述电磁阀包括:第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第四电磁阀、第五电磁阀、第六电磁阀、第七电磁阀和第八电磁阀,其中所述第一电磁阀连接在第一调压阀的进气管线上,所述第二电磁阀、第三电磁阀依次连接在第二调压阀的进气管线上,所述第四电磁阀连接在第三调压阀的进气管线上,所述第五电磁阀、第六电磁阀依次连接在第四调压阀的控压管线上,所述第七电磁阀连接在出气管线上,所述第八电磁阀连接在三根进气管线和一根控压管线之间。

4. 根据权利要求3所述的低温高压条件下水合物物性联测装置,其特征在於:所述流量计包括:第一流量计、第二流量计和第三流量计,所述第一流量计、第二流量计和第三流量计依次连接在第三调压阀和第四电磁阀之间的进气管线上。

5. 根据权利要求4所述的低温高压条件下水合物物性联测装置,其特征在於:所述压力传感器包括:第一压力传感器、第二压力传感器、第三压力传感器和第四压力传感器,所述第一压力传感器连接在第一电磁阀的进气管线上,所述定容器、第二压力传感器依次连接

在第二电磁阀和第三电磁阀之间的进气管线上,所述第三压力传感器连接在第三流量计和第四电磁阀之间的进气管线上,所述第四压力传感器连接在第六电磁阀的控压管线上。

6. 利用权利要求1所述的低温高压条件下水合物物性联测装置进行测试的方法,其特征在于:包括如下步骤:

检查装置气密性和安全性:样品安装前,检查各密封件及易损部件是否完好无损;装样:每次实验首先需清洗所述釜体的内部并干燥;然后先安装下釜盖,再加入按实验设计含水量的样品,最后依次安装所述上釜盖、连接各路管线;装置准备:样品装备完成后,将所述反应釜分别连接温度控制装置、压力控制装置、物性参数测量装置;通气:每次实验先打开连接所述下釜盖的管线上的调压阀、电磁阀,使气体进入所述釜体的密闭腔室,以推动所述活塞使釜内样品受应力,达到实验设计值并稳定后,再操作所述上釜盖的各管线上的各调压阀、各电磁阀通入合成水合物的实验气体;调温:根据实验方案调温,每次实验先打开所述冷却水循环机,使其中的冷却液降或升至同一初始温度;

监测:由各压力传感器和釜体上的温度传感器监测水合物生成和分解过程,其全程利用所述电阻率探头、PS波探头、流量计、定容器,测量动态的饱和度、力学参数和孔隙度;而气测静态孔隙度、渗透率,需要更换气瓶,并利用所述计算机控制的物性参数测量装置完成测量,且整个测试过程中保持应力不变,使样品始终处于恒定的应力环境下进行测试。

低温高压条件下水合物物性联测装置及其测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及非常规油气藏工程与岩土工程基础物性测量技术领域,尤其涉及一种低温高压条件下水合物物性联测装置。

背景技术

[0002] 自然界中天然气水合物储层(矿藏)在低温高压条件下才能维持稳定,其主要分布在深海陆坡、永久冻土带以及一些内陆湖泊的深水沉积物中。现阶段天然气水合物开采多基于打破其相平衡条件,生产时储层中的水合物分解、沉积物骨架改变,导致储层孔隙度、渗透率、饱和度和应力状态发生巨变,从而诱发出砂、井壁失稳、储层沉降等问题,严重影响产能;甚至诱发海底滑坡、重力流和海啸等次生灾害,严重制约天然气水合物的大规模商业开采。

[0003] 准确测量模拟原位地层低温高压条件下水合物生成,分解全程的孔隙度、渗透率、饱和度、力学的静态、动态物性参数,研究其变化规律和相互关系,是实现天然气水合物可控可采与环境安全的重点。近年来,含水合物沉积物孔隙度、渗透率、饱和度和力学等物性参数的实验测试和研究工作,获得了大量的数据,总体上可分为间接计算和直接测试,但间接计算多基于常规油气、岩土领域的经验公式,直接测量也多为单一影响因素的静态实验测试,对自然状态下赋存于储层中的水合物的原位温度、压力和应力条件,其既是资源也是储层沉积物骨架的组成部分,开采时固态水合物分解为水、气,储层有效应力发生改变的实际情况考虑不足。

[0004] 因此,为满足天然气水合物资源开发利用的需求,降低开采风险,推进其商业化进程,确有必要设计一种水合物在低温高压条件下的物性联测装置。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的实施例提供了一种低温高压条件下水合物物性联测装置及其测试方法,能测量模拟原位地层温度、压力、应力条件下的水合物沉积物的孔隙度、渗透率、饱和度和力学静态和动态参数。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用了一种技术方案:低温高压条件下水合物物性联测装置,包括:反应釜、温度控制装置、压力控制装置、物性参数测量装置;

[0007] 所述反应釜包括:釜体,分别设于所述釜体顶端、底端的上釜盖和下釜盖,穿过所述下釜盖的活塞;所述釜体的顶端和底端均开口、有一内置腔体,所述上釜盖和下釜盖分别密封釜体的顶端和底端开口;

[0008] 所述温度控制装置包括:冷却水循环机和与冷却水循环机连接的冷却桶,所述釜体的外壁被冷却桶包围,为所述反应釜提供所需温度;

[0009] 所述压力控制装置包括:气瓶、通过各管线与所述气瓶连接的减压阀、若干个通过各管线与所述减压阀连接的调压阀、若干个通过各管线与所述调压阀连接的电磁阀,通过各路管线分别连接所述上釜盖和下釜盖,为所述反应釜中的水合物的形成、分解提供气源

和控压；

[0010] 所述物性参数测量装置包括：计算机，与所述计算机均电性连接的PS波探头、电阻率探头、温度传感器、流量计、定容器、压力传感器，用于孔隙度、渗透率、饱和度、力学参数的测量，所述PS波发射探头设于上釜盖上、PS波接收探头内嵌于活塞顶端，所述电阻率探头和温度传感器设于釜体上，所述流量计、定容器、压力传感器均连接在调压阀与电磁阀之间的各管线上。

[0011] 进一步地，所述PS波探头包括：PS波发射探头和PS波接收探头，所述PS波发射探头设于上釜盖底部、PS波接收探头内嵌于活塞顶端。

[0012] 进一步地，在所述上釜盖和下釜盖上分别设有上环形透水石和下环形透水石，所述上环形透水石环绕PS波发射探头，所述下环形透水石环绕PS波接收探头。

[0013] 进一步地，在所述冷却水循环机上分别设有冷却液入口和冷却液出口，下进上出；所述冷却桶上分别设有上接口、下接口，所述上接口在上、下接口在下，所述冷却水循环机的冷却液入口、冷却液出口分别与冷却桶的下接口、上接口相连。

[0014] 进一步地，所述上釜盖上设有若干个进气口，所述下釜盖上设有围压入口和若干个出气口，进气管线、控压管线、出气管线分别对应通过所述进气口、围压入口和出气口。

[0015] 进一步地，所述调压阀包括：第一调压阀、第二调压阀、第三调压阀和第四调压阀，所述第一调压阀、第二调压阀、第三调压阀分别通过三根进气管线与减压阀连接，所述第四调压阀通过一根控压管线与减压阀连接。

[0016] 进一步地，所述电磁阀包括：第一电磁阀、第二电磁阀、第三电磁阀、第四电磁阀、第五电磁阀、第六电磁阀、第七电磁阀和第八电磁阀，其中所述第一电磁阀连接在第一调压阀的进气管线上，所述第二电磁阀、第三电磁阀依次连接在第二调压阀的进气管线上，所述第四电磁阀连接在第三调压阀的进气管线上，所述第五电磁阀、第六电磁阀依次连接在第四调压阀的控压管线上，所述第七电磁阀连接在出气管线上，所述第八电磁阀连接在三根进气管线和一根控压管线之间。

[0017] 进一步地，所述流量计包括：第一流量计、第二流量计和第三流量计，所述第一流量计、第二流量计和第三流量计依次连接在第三调压阀和第四电磁阀之间的进气管线上。

[0018] 进一步地，所述压力传感器包括：第一压力传感器、第二压力传感器、第三压力传感器和第四压力传感器，所述第一压力传感器连接在第一电磁阀的进气管线上，所述定容器、第二压力传感器依次连接在第二电磁阀和第三电磁阀之间的进气管线上，所述第三压力传感器连接在第三流量计和第四电磁阀之间的进气管线上，所述第四压力传感器连接在第六电磁阀的控压管线上。

[0019] 为实现上述目的，本发明采用了另一种技术方案：利用上述所述的低温高压条件下水合物物性联测装置进行测试的方法，包括如下步骤：

[0020] 检查装置气密性和安全性：样品安装前，检查各密封件及易损部件是否完好无损；

[0021] 装样：每次实验首先需清洗所述釜体的内部并干燥；然后先安装下釜盖，再加入按实验设计含水量的样品，最后依次安装所述上釜盖、连接各路管线；

[0022] 装置准备：样品装备完成后，将所述反应釜分别连接温度控制装置、压力控制装置、物性参数测量装置；

[0023] 通气：每次实验先打开连接所述下釜盖的管线上的调压阀、电磁阀，使气体进入所

述釜体的密闭腔室,以推动所述活塞使釜内样品受应力,达到实验设计值并稳定后,再操作所述上釜盖的各管线上的各调压阀、各电磁阀通入合成水合物的实验气体;

[0024] 调温:根据实验方案调温,每次实验先打开所述冷却水循环机,使其中的冷却液降或升至同一初始温度;

[0025] 监测:由各压力传感器和釜体上的温度传感器监测水合物生成和分解过程,全程可利用所述电阻率探头、PS波探头、流量计、定容器,测量动态的饱和度、力学参数和孔隙度;而气测静态孔隙度、渗透率,需要更换气瓶,并利用计算机控制的物性参数测量装置完成测量,且整个测试过程中保持应力不变,使样品始终处于恒定的应力环境下进行测试。

[0026] 本发明的实施例提供的技术方案带来的有益效果是:(1)反应釜设计压力为0-40MPa,设计温度下限为-40℃,能完成模拟不同原位水合物储层温度、压力和应力环境下的水合物孔隙度、渗透率、饱和度和力学参数的联合测试;(2)可获得模拟实际水合物储层及其开采时,对应的静态和动态孔隙度、渗透率、饱和度和力学参数;(3)采用模块化设计,各模块之间互相独立,便于操作和维护,同时由计算机辅助完成自动化控制,数据采集和处理。

附图说明

[0027] 图1为本发明的低温高压条件下水合物物性联测装置的工作系统图;

[0028] 图2为本发明的低温高压条件下水合物物性联测装置的组成示意图;

[0029] 图3为本发明的低温高压条件下水合物物性联测装置的反应釜示意图一;

[0030] 图4为本发明的低温高压条件下水合物物性联测装置的反应釜示意图二;

[0031] 图5为本发明的低温高压条件下水合物物性联测装置的测试方法流程图。

[0032] 其中,1-PS波探头,1-1-PS波发射探头,1-2-PS波接收探头,2-电阻率探头,2-1-第一电阻率探头,2-2-第二电阻率探头,3-温度传感器,4-釜体,5-下釜盖,6-上釜盖,6-1-进气管线,7-进气口,7-1-气体第一入口,7-2-气体第二入口,8-出气口,8-1-气体第一出口,8-2-气体第二出口,9-围压入口,9-1-控压管线,10-冷却液入口,11-冷却液出口,12-活塞,12-1-出气管线,13-1-上环形透水石,13-2-下环形透水石,14-冷却桶,14-1-上连接口,14-2-下连接口,15-上釜盖密封圈,16-PS波探头密封圈,17-下釜盖密封圈,18-活塞密封圈,19-螺丝,20-螺栓,21-保温层,22-气瓶,23-减压阀,24-调压阀,24-1-第一调压阀,24-2-第二调压阀,24-3-第三调压阀,24-4-第四调压阀,25-流量计,25-1-第一流量计,25-2-第二流量计,25-3-第三流量计,26-电磁阀,26-1-第一电磁阀,26-2-第二电磁阀,26-3-第三电磁阀,26-4-第四电磁阀,26-5-第五电磁阀,26-6-第六电磁阀,26-7-第七电磁阀,26-8-第八电磁阀,27-定容器,28-压力传感器,28-1-第一压力传感器,28-2-第二压力传感器,28-3-第三压力传感器,28-4-第四压力传感器,29-反应釜箱体,30-冷却水循环机,31-计算机,32-反应釜,33-温度控制装置,34-压力控制装置,35-物性参数测量装置。

具体实施方式

[0033] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地描述。

[0034] 如图1-2所示,本发明的实施例提供了一种低温高压条件下水合物物性联测装置,

包括:反应釜32、温度控制装置33、压力控制装置34、物性参数测量装置35,所述温度控制装置33为反应釜32模拟水合物生成和分解的温度;所述压力控制装置34控制水合物合成气体的进气压力,同时通过控制产生不同大小的应力,能模拟不同深度水合物储层的应力状态;所述物性参数测量装置35能利用气体测量静态的渗透率和孔隙度,同时还可实时监测沉积物样品中水合物生成、分解过程的电阻率、波速变化,从而得到动态的饱和度、力学参数和孔隙度等。

[0035] 如图3-4所示,所述反应釜包括:釜体4,分别设于所述釜体4顶端、底端的上釜盖6和下釜盖5。所述釜体4的顶端和底端均开口,有一内置腔体(例如,腔体的直径为70mm、高度为350mm),所述上釜盖6和下釜盖5分别固定在釜体4的顶端和底端(例如,采用螺栓固定),以起到密封作用。优选的,所述釜体4的材质为钛合金材料。在所述釜体4上还设有电阻率探头2和温度传感器3,所述电阻率探头2包括:第一电阻率探头2-1和第二电阻率探头2-2,所述第一电阻率探头2-1和第二电阻率探头2-2对称设于釜体4上,图中以8个第一电阻率探头2-1和8个第二电阻率探头2-2为例。通过所述温度传感器3实时检测水合物生成和分解的温度变化,图中以3个温度传感器3为例。

[0036] 所述上釜盖6上还设有若干个进气口7,进气管线6-1可通过所述进气口7进入釜体,所述进气口7包括:气体第一入口7-1和气体第二入口7-2;所述下釜盖5上设有若干个出气口8,出气管线12-1可通过所述出气口8进入釜体,所述出气口8包括:气体第一出口8-1和气体第二出口8-2。在所述上釜盖6和下釜盖5上分别设有上釜盖密封圈15和下釜盖密封圈17,所述上釜盖6和下釜盖5上均集成有PS波探头1,所述PS波探头1包括:PS波发射探头1-1和PS波接收探头1-2,所述PS波发射探头1-1设于上釜盖6的底部、PS波接收探头1-2内嵌于活塞12的顶端,在所述PS波发射探头1-1和PS波接收探头1-2上均设有PS波探头密封圈16。在所述上釜盖6和下釜盖5上分别设有上环形透水石13-1和下环形透水石13-2,其中所述上环形透水石13-1环绕PS波发射探头1-1,所述下环形透水石13-2环绕PS波接收探头1-2。所述上釜盖密封圈15、下釜盖密封圈17、PS波探头密封圈16便于维修、更换,同时保障所述上釜盖6和下釜盖5的整体密封性。

[0037] 活塞12贯穿所述下釜盖5后与反应釜32的内壁密闭形成压力腔室,当气体通入时产生压力,推动所述活塞12运动,可模拟地层应力。在所述活塞12设有活塞密封圈18,优选的,所述活塞12的柱体为十字形。

[0038] 所述温度控制装置33采用恒温水浴形式,包括:冷却水循环机30和冷却桶14,所述冷却水循环机30的循环介质为普通冷却液,在所述冷却水循环机30上分别设有冷却液入口10和冷却液出口11,下进上出。所述釜体4的外壁被冷却桶14(例如,所述冷却桶14为环形冷却桶)包围,形成了一个密闭的环形空间,冷却液在其中循环并直接与反应釜外壁接触,控制实验所需的温度。所述冷却桶14上分别设有上接口14-1、下接口14-2,所述上接口14-1在上、下接口14-2在下,呈对角布置。在所述冷却桶14的外围还可以包裹保温层21(例如,保温塑料层),避免与外界有大量热量交换。所述冷却水循环机30的冷却液出口11与冷却桶14的下接口14-2相连,泵入冷却液,所述冷却水循环机30的冷却液入口10与冷却桶14的上接口14-1相连,所述冷却桶14中的冷却液再流回冷却水循环机30中,有利于冷却液与所述反应釜32的热量交换;同时所述冷却桶14外围包裹的保护层21避免其与外界的热量交换。

[0039] 所述压力控制装置34可精准控压,包括:气瓶22、通过所述进气管线6-1和/或控压管线9-1与气瓶22连接的减压阀23、若干个通过所述进气管线6-1和/或控压管线9-1与减压阀23均连接的调压阀24、若干个通过所述进气管线6-1和/或控压管线9-1与各调压阀24分别连接的电磁阀26,所述压力控制装置34分为两部分,第一部分为气体通过所述上釜盖6中的进气管线6-1、活塞12上的出气管线12-1为釜内沉积物中的水合物形成、分解控压,第二部分为实验所需的原位地层应力控压,其采用计算机31控制,气体经控压管线9-1通过所述下釜盖5的围压入口9进入活塞12与反应釜32内壁形成的密闭腔室,产生压力可推动所述活塞12运动实现模拟地层应力。优选的,所述调压阀24可以是手动调压阀。所述减压阀23用于统一控压,保障实验安全;所述调压阀24分别控制气测时的围压和、入孔压力;所述电磁阀26通过计算机,实现全自动调压。

[0040] 所述调压阀24包括:第一调压阀24-1、第二调压阀24-2、第三调压阀24-3和第四调压阀24-4,所述第一调压阀24-1、第二调压阀24-2、第三调压阀24-3分别通过三根进气管线6-1与减压阀23连接,所述第四调压阀24-4通过一根控压管线9-1与减压阀23连接。所述电磁阀26包括:第一电磁阀26-1、第二电磁阀26-2、第三电磁阀26-3、第四电磁阀26-4、第五电磁阀26-5、第六电磁阀26-6、第七电磁阀26-7和第八电磁阀26-8,其中所述第一电磁阀26-1连接在第一调压阀24-1的进气管线6-1上,所述第二电磁阀26-2、第三电磁阀26-3依次连接在第二调压阀24-2的进气管线6-1上,所述第四电磁阀26-4连接在第三调压阀24-3的进气管线6-1上,所述第五电磁阀26-5、第六电磁阀26-6依次连接在第四调压阀24-4的控压管线9-1上,所述第七电磁阀26-7连接在出气管线12-1上,所述第八电磁阀26-8连接在三根进气管线6-1和一根控压管线9-1之间。

[0041] 所述物性参数测量装置35采用计算机31全自动控制,包括:计算机31、与所述计算机31均电性连接的PS波探头1、电阻率探头2、温度传感器3、流量计25、定容器27、压力传感器28,可以用于孔隙度、渗透率、饱和度、力学等的测量。所述流量计25包括:第一流量计25-1、第二流量计25-2和第三流量计25-3,其中,所述第一流量计25-1、第二流量计25-2和第三流量计25-3依次连接在第三调压阀24-3和第四电磁阀26-4之间的进气管线6-1上。所述压力传感器28包括:第一压力传感器28-1、第二压力传感器28-2、第三压力传感器28-3和第四压力传感器28-4,其中,所述第一压力传感器28-1连接在第一电磁阀26-1的进气管线6-1上,所述定容器27、第二压力传感器28-2依次连接在第二电磁阀26-2和第三电磁阀26-3之间的进气管线6-1上,所述第三压力传感器28-3连接在第三流量计25-3和第四电磁阀26-4之间的进气管线6-1上,所述第四压力传感器28-4连接在第六电磁阀26-6的控压管线9-1上。

[0042] 通过所述第二调压阀24-2、第二电磁阀26-2、定容器27、第二压力传感器28-2实现孔隙度测量,其原理基于波义耳定律,即用已知体积的标准气体,在设定的初始压力下,使气体向处于常压下的反应釜32内作等温膨胀,气体扩散到样品孔隙之中,利用压力的变化和已知体积,依据气态方程,求出被测岩样的有效孔隙体积和颗粒体积,算出岩样静态孔隙度。通过所述第三调压阀24、第一流量计25-1、第二流量计25-2、第三流量计25-3、第三压力传感器28-3、第四电磁阀26-4实现静态渗透率测量,测量原理基于达西定律,例如,将所述第一流量计25-1、第二流量计25-2和第三流量计25-3的量程范围分别设为:10SCCM、200SCCM、1000SCCM,流量值通过485数字接口直接显示。通过所述电阻率探头2实现饱和度

测量,通过所述PS波探头1实现力学测量,可获取釜内水合物在沉积物中生成和分解全程的电阻率和波速的动态值,用于计算动态饱和度、孔隙度和杨氏模量、剪切模量、泊松比等力学参数,上述系统数据均采用PCI8340数据采集板和计算机自动采集、处理。

[0043] 如图5所示,本发明的实施例还提供了一种低温高压条件下水合物物性联测装置的测试方法,可开展接近水合物开采实际的物性参数测试实验,获取含水合物沉积物在原位地层低温高压条件下的气测静态孔隙度、饱和度参数,以及釜内沉积物中水合物形成和分解过程中的孔隙度、饱和和力学动态物性参数,掌握其物性变化规律,建立储层孔、渗、饱和力关联的数值模型,从而为水合物降压开采产气、产水规律,井壁、地层稳定性评价,井身设计和井位部署等提供可靠的基础数据和理论支撑。包括如下步骤:

[0044] 步骤S11:检查装置气密性和安全性:样品安装前,检查各密封件及易损部件是否完好无损;重点检查所述电阻率探头2、PS波探头1以及上釜盖6、下釜盖5与釜体4连接处的密封性;

[0045] 步骤S12:装样:每次实验首先需清洗所述釜体4的内部并干燥;然后先安放所述下环形透水石13-2,再加入按实验设计含水量的样品,最后依次安放所述上环形透水石13-1、安装上釜盖6、连接各路管线;

[0046] 步骤S13:装置准备:样品装备完成后,将所述反应釜32分别连接温度控制装置33、压力控制装置34、物性参数测量装置35;

[0047] 步骤S14:通气:每次实验先打开连接所述下釜盖5的围压入口9的控压管线9-1上的第四调压阀24-4、第四电磁阀26-4,使气体进入所述釜体4的密闭腔室,从而推动所述活塞12使釜内样品受应力,达到实验设计值并稳定后,再操作各进气管线6-1上的各调压阀24、各电磁阀26通入合成水合物的实验气体;

[0048] 步骤S15:调温:根据实验方案调温,调温时需注意,由于外界环境温度不同,每次实验必须先打开所述冷却水循环机30,使冷却液降或升至同一初始温度;

[0049] 步骤S16:监测:由所述进气管线6-1和控压管线9-1上的各压力传感器28和釜体4上的温度传感器3监测水合物生成和分解过程;全程可利用所述电阻率探头2、PS波探头1、流量计25、定容器27,测量动态的饱和度、力学参数和孔隙度;而气测静态孔隙度、渗透率值,需待水合物状态稳定后,先关闭所述减压阀23,更换气瓶22,然后打开第七电磁阀26-7,第八电磁阀26-8,排空管线内气体后立即关闭,再打开减压阀23,调节调压阀24至实验设计要求,并利用计算机31控制的物性参数测量装置35完成测量,整个静态测试过程中需保持应力不变,使样品始终处于恒定的应力环境下进行测试。

[0050] 通过上述实验方法,本发明能够实现以下功能:(1)真实模拟原位水合物储层所需的温度、压力和应力环境;(2)精确气测水合物沉积物的静态孔隙度和渗透率;(3)实时测量水合物生成和分解过程中动态的饱和度、孔隙度和力学参数;(4)综合探究原位地层温度、压力、应力条件下含水合物沉积物孔隙度、渗透率、饱和度和力学参数的变化规律及相互关系。

[0051] 为了更好的理解本发明的观测装置,下面将详细介绍所述反应釜32的安装过程、检查装置气密性的过程、测试样品的安放过程、物性参数测试的过程。其中所述反应釜32的安装包括如下步骤:

[0052] 步骤S21:清洗所述反应釜32的内壁并干燥,将所述上釜盖密封圈15、下釜盖密封

圈17、活塞密封圈18涂抹上适量密封油脂,将所述下环形透水石13-2卡入PS波接收探头1-2的前端,并使PS波接收探头1-2顶部与下环形透水石13-2顶面保持水平,将所述活塞12顶端穿过下釜盖5,再插入所述釜体4内与其固定(例如,用螺栓20),将温度传感器3的传输线提前引出,然后将所述反应釜32整体与包裹有保温层21的冷却桶14连接固定(例如,用螺丝19),并将其整体吊装至反应釜箱体29内;

[0053] 步骤S22:将所述上环形透水石13-1卡入上釜盖6上的PS波发射探头1-1的前端,并使PS波发射探头1-1的底部与上环形透水石13-1的底面保持水平,然后整体与釜体4连接固定(例如,用螺栓20),最后用金属软管将冷却液入口10、冷却液出口11与冷却水循环机30连接,并连接各进、出气管线、计算机31数据传输线。

[0054] 检查装置气密性

[0055] 步骤S31:反应釜安装好后,依次打开气瓶22、减压阀23、手动调压阀24-4、电磁阀26-5,让气体通入密闭腔室,推动活塞12向上运动,直至与上环形透水石13-1直接接触;

[0056] 步骤S32:打开所有其他阀门,让达到装置检漏设计压力值的气体通入反应釜开始检漏,判断装置气密性好的标准是釜内压力10小时以上维持恒定;

[0057] 步骤S33:检查气密性完好后,注意先关闭手动调压阀24-4,保持电磁阀26-6处于关闭状态,让密闭腔室保持压力,然后再打开其他阀门排除管线和釜内气体,最后才打开直通电磁阀26-6,排除密闭腔室内的气体,待气体全部排尽后,关闭所有阀门。

[0058] 测试样品安放

[0059] 步骤S41:装样,检查完装置气密性后卸开上釜盖的螺栓20,打开上釜盖6,向釜内装入配备好的样品;

[0060] 步骤S42:通气,首先依次打开气瓶22、减压阀23、手动调压阀24-4、电磁阀26-5,向密闭腔室通入达到实验设计压力的气体,推动活塞12向上运动,直至达到稳定。然后手动调压阀24-1、电磁阀26-1,向釜内的样品中注入用于生成水合物的实验气体;

[0061] 步骤S43:降温,冷却水循环机30中的冷却液从环形冷却桶14上的进口11进入,出口10流回,不断的循环降温至实验所需温度,最终在样品中形成水合物;注意每次实验开始前,都可最先打开冷却水循环机30,提前给冷却液降温至同一起始温度,节约实验时间;

[0062] 步骤S44:水合物的生成和分解均可通过压力传感器28-1,温度传感器3监测,水合物的分解模拟实际开采,通过温度控制装置控温或者压力系统控压实现。

[0063] 物性参数测试

[0064] 步骤S51:样品中水合物生成和分解过程中的动态饱和度、孔隙度、力学参数由PS波发射探头、电阻率探头和计算机组成的测量系统自动采集、处理。

[0065] 步骤S52:样品中水合物稳定时的静态孔隙度、渗透率由计算机全自动控制的孔隙度测量系统、渗透率测量系统完成。

[0066] 本发明的实施例提供的技术方案带来的有益效果是:(1)反应釜设计压力为0-40MPa,设计温度下限为-40℃,能完成模拟原位水合物储层温度、压力和应力环境下的水合物孔隙度、渗透率、饱和度和力学参数的联合测试;(2)可获得模拟实际水合物储层及其开采时,对应的静态和动态孔隙度、渗透率、饱和度和力学参数;(3)采用模块化设计,各模块之间互相独立,便于操作和维护,同时由计算机辅助完成自动化控制,数据采集和处理。

[0067] 值得说明的是:在本发明的描述中,“若干个”的含义是两个或两个以上,除非另有

明确具体的限定。在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接,可以是机械连接,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0068] 在本文中,所涉及的前、后、上、下等方位词是以附图中零部件位于图中以及零部件相互之间的位置来定义的,只是为了表达技术方案的清楚及方便。应当理解,所述方位词的使用不应限制本申请请求保护的范围。

[0069] 在不冲突的情况下,本文中上述实施例及实施例中的特征可以相互结合。

[0070] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

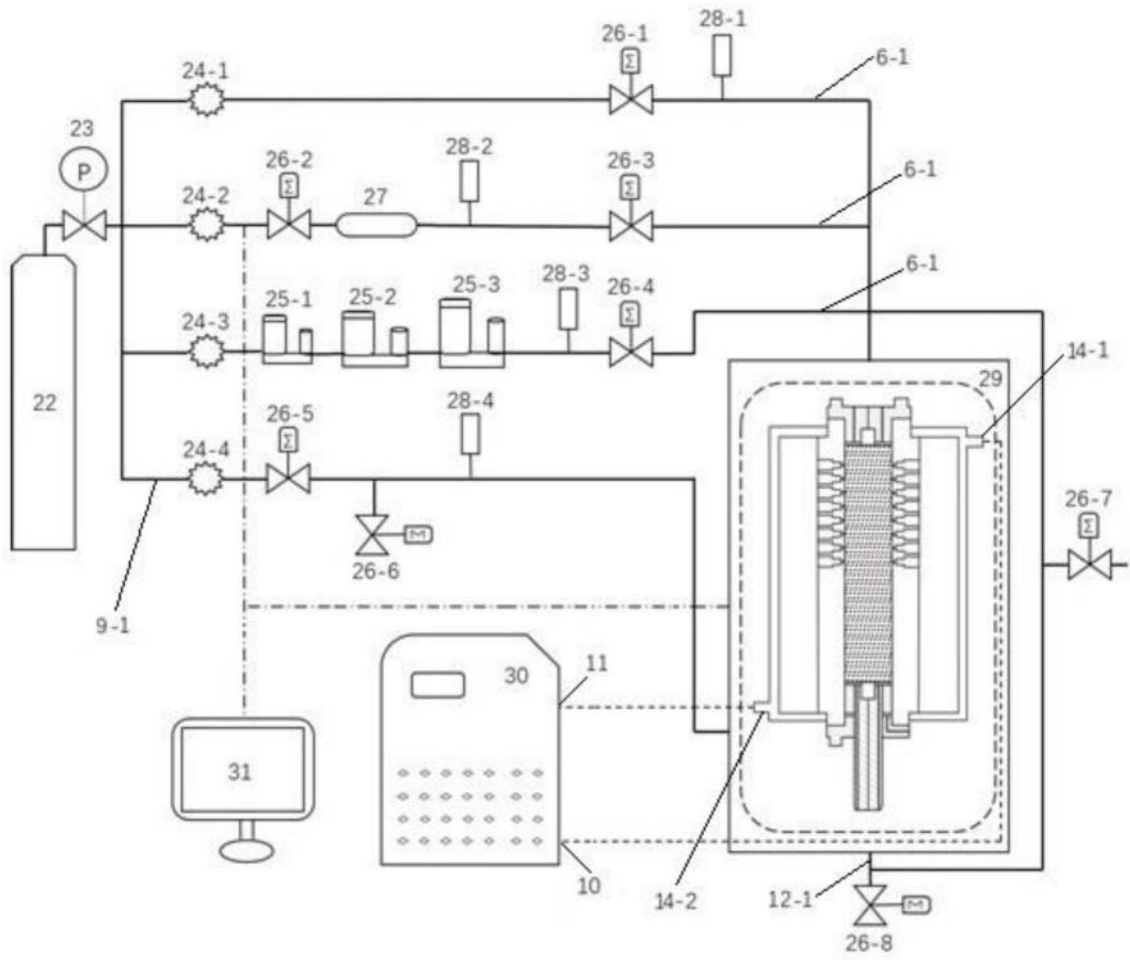


图1

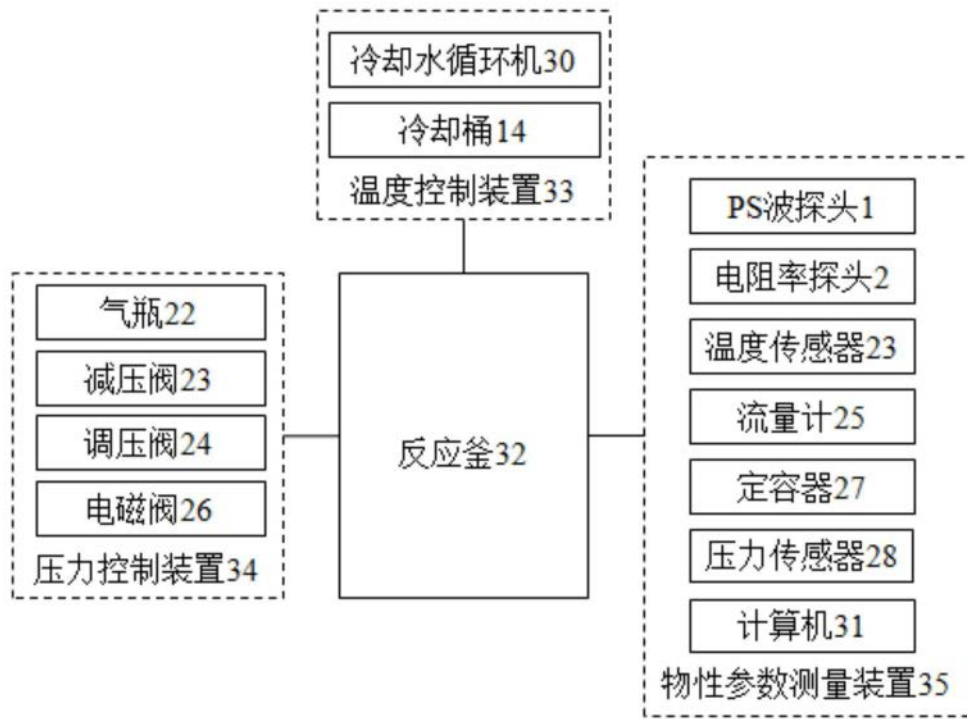


图2

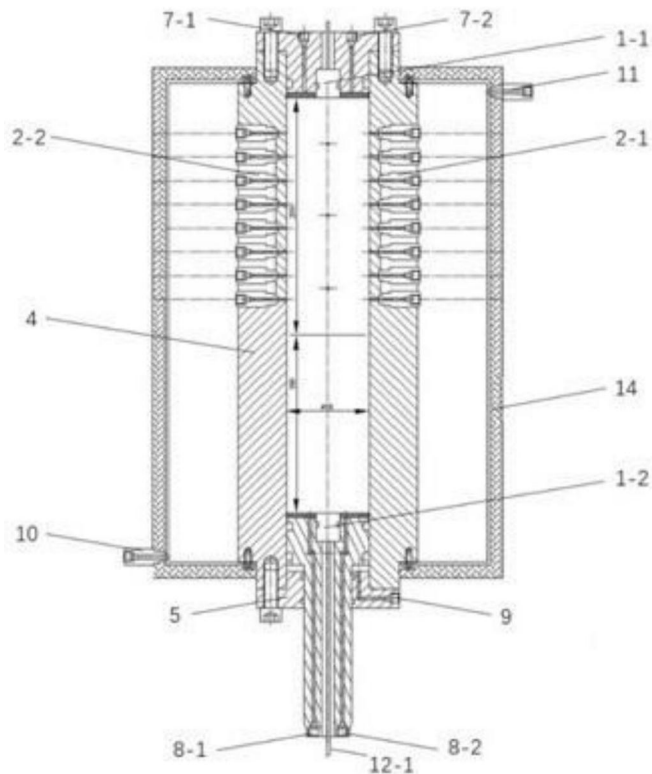


图3

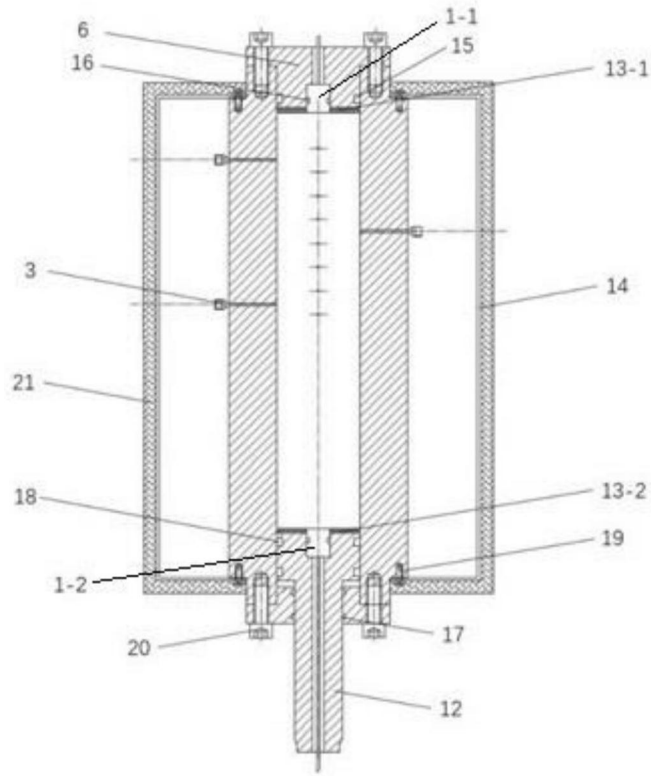


图4

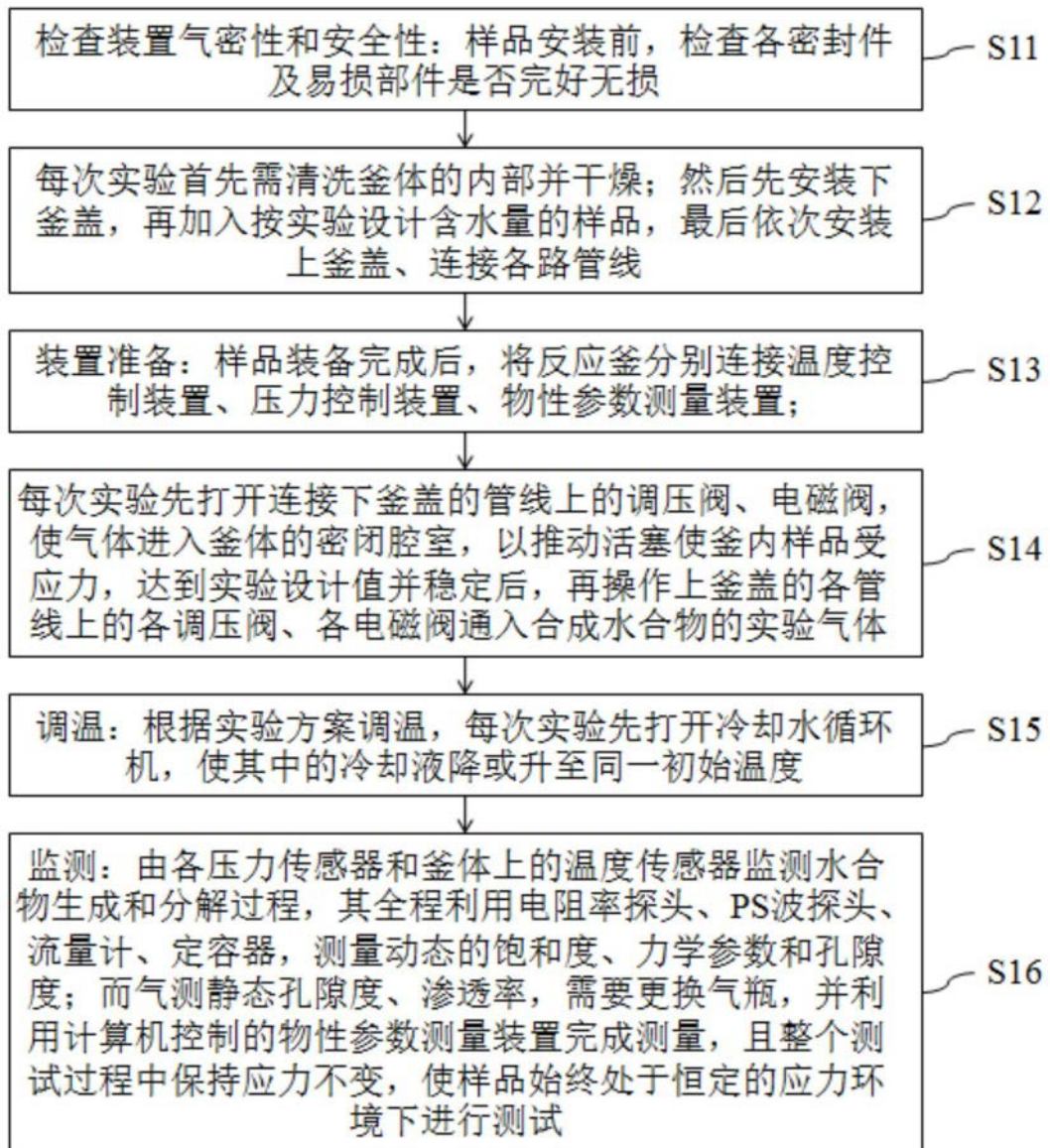


图5