



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104406864 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 11

(21) 申请号 201410718032. 5

(22) 申请日 2014. 12. 01

(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 李栋梁 梁德青 卢静生

(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 3/24(2006. 01)
G01N 1/28(2006. 01)

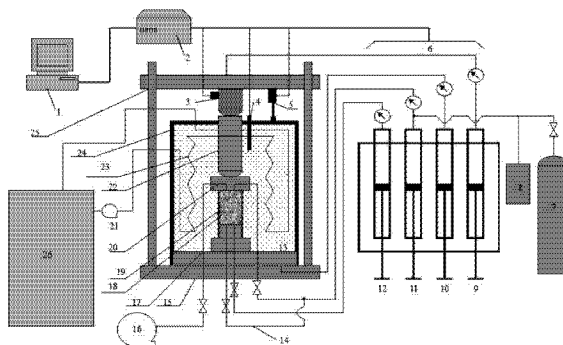
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种天然气水合物力学特性测试装置

(57) 摘要

本发明公开一种天然气水合物力学性质测量装置, 包括数据采集系统、抽真空系统、天然气增压进气系统和水合物反应釜, 所述水合物反应釜包括有反应釜底座、端盖、加力杆、反应釜外壳和反力架, 反应釜外壳和反应釜底座通过螺栓连接并通过密封圈密封, 端盖通过螺旋状不锈钢管线与反应釜底座相连, 加力杆从反应釜外壳顶部穿入并用密封圈密封, 加力杆一端顶住端盖, 另一端顶住反力架, 端盖上开有第一进出口和第二进出口, 反应釜底座开有第三进出口和第四进出口, 其从反应釜底座具有的凸台的正中穿过, 上述四个进出口与抽真空系统和天然气增压进气系统连接。本测量装置可在高压低温下原位测量固体力学特性, 扩展了目前现有装置的使用范围, 提高测量精度。



1. 一种天然气水合物力学性质测量装置,包括数据采集系统、抽真空系统和天然气增压进气系统,数据采集系统包括有计算机、测控采集器、应力传感器、温度传感器和压力传感器,天然气增压进气系统包括有气源、进气增压系统、底部进气旁路、顶部进气管路组成,其特征在于:还包括有水合物反应釜,所述水合物反应釜包括有反应釜底座、端盖、加力杆、反应釜外壳和反力架,反应釜外壳和反应釜底座通过螺栓连接并通过密封圈密封,端盖通过螺旋状不锈钢管线与反应釜底座相连,加力杆从反应釜外壳顶部穿入并用密封圈密封,加力杆一端顶住端盖,另一端顶住反力架,端盖上开有第一进出口和第二进出口用以分别连接抽真空系统和顶部进气管路,反应釜底座开有第三进出口和第四进出口,其从反应釜底座具有的凸台的正中穿过并分别连接底部进水系统和底部进气旁路,所述应力传感器设置在加力杆上,温度传感器设置在反应釜外壳内部顶部,压力传感器设置于反力架和反应釜外壳之间,所述天然气增压进气系统还包括有与气源连接的缓冲罐。

2. 根据权利要求1所述的天然气水合物力学性质测量装置,其特征在于:所述水合物反应釜还包括有第五进出口和第六进出口,第五进出口和第六进出口都从反应釜底座穿出,并分别连接围压加载系统和围压液加注系统。

3. 根据权利要求1所述的天然气水合物力学性质测量装置,其特征在于:所述加力杆还与轴压加载系统连接。

4. 根据权利要求1所述的天然气水合物力学性质测量装置,其特征在于:还包括有恒温控制系统,其包括有依次通过连接的恒温浴、循环水泵和反应釜内置换热管。

5. 根据权利要求1所述的天然气水合物力学性质测量装置,其特征在于:所述数据采集系统还包括有位移传感器,其设置在轴压加载系统,围压加载系统,进气增压系统,底部进水系统的输出管路中。

一种天然气水合物力学特性测试装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种天然气水合物力学特性的测试装置,具体涉及一种在高压低温下原位测量固体力学特性的装置。

背景技术

[0002] 天然气水合物是一种由气体(或易挥发的液体)与水在一定温度压力条件下形成的冰状固体,俗称可燃冰,广泛分布于冻土带地表以下和大陆边缘海底之下的沉积物中。天然气水合物具有巨大的天然气储藏能力,理想结构 I 型的甲烷水合物含有 164 倍标准状态下的甲烷气,II 型结构的天然气水合物含有 184 倍标准状态下的天然气。全世界天然气水合物储量非常巨大,估计水合物中天然气资源量为 $2 \times 10^{16} \text{m}^3$,相当于 2×10^5 亿吨油当量,是全球常规燃料总碳量的 2 倍。

[0003] 天然气水合物的开采需要大量分解天然气水合物,而海底水合物的大量分解将造成含水合物地层的力学性质发生变化,可能导致海底滑坡等灾害。天然气水合物的稳定条件主要受温度、压力以及地质构造等条件的影响,当上述条件发生变化时,其存在状态也将发生变化。天然气水合物分解会产生大量的气体和水,增大了含水合物地层的孔隙压力,同时也降低了水合物与沉积物颗粒间的胶结强度,使得地层的承载能力大为降低,分解所形成的润湿带将形成一个向下的滑动面,此时一旦受地震或者沉积载荷增大等因素触发,便可引起海底滑坡。天然气水合物的危害性还表现在其分解将导致地层承载力的不均匀,这种承载力的不均匀将威胁到海洋工程的安全,如造成钻井平台桩腿的不均匀沉降,使平台倾斜甚至翻倒等。因此,在进行天然气水合物开采时,只有准确了解地层的强度特性等力学性质,才能指导天然气水合物开采的顺利进行,降低天然气水合物分解而导致海底滑坡和全球气候变化的可能性。

[0004] 因此,研发天然气水合物力学性质测试装置,深入研究天然气水合物及储层的力学特性,探索不同影响因素对水合物藏力学特性的响应机制,分析水合物开采过程力学风险因素,建立评价模型,对天然气水合物的开发具有重要意义。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服上述不足,提供一种天然气水合物原位合成及其力学特性测试的装置,尤其是一种在高压低温下原位测量固体力学特性的装置,扩展了目前所存在装置的使用范围,提高测量精度。

[0006] 为达到上述发明的目的,本发明通过以下技术方案实现:

[0007] 本发明的一种天然气水合物力学性质测量装置,包括数据采集系统、抽真空系统和天然气增压进气系统,数据采集系统包括有计算机、测控采集器、应力传感器、温度传感器和压力传感器,天然气增压进气系统包括有气源、进气增压系统、底部进气旁路、顶部进气管路组成,测量装置还包括有水合物反应釜,所述水合物反应釜包括有反应釜底座、端盖、加力杆、反应釜外壳和反力架,反应釜外壳和反应釜底座通过螺栓连接并通过密封圈密

封,端盖通过螺旋状不锈钢管线与反应釜底座相连,加力杆从反应釜外壳顶部穿入并用密封圈密封,加力杆一端顶住端盖,另一端顶住反力架。上述水和物反应釜的结构设计紧凑,可承载 243K 的温度和 30MPa 围压,能模拟 3000 米水深的海底天然气水合物形成环境,采用反力架结构,可实现水合物反应釜的整体移动,保证系统安全可靠。

[0008] 端盖上开有第一进出口和第二进出口用以分别连接抽真空系统和顶部进气管路,反应釜底座开有第三进出口和第四进出口,其从反应釜底座具有的凸台的正中穿过并分别连接底部进水系统和底部进气旁路。反应釜底座和端盖分别设置了两路气体管线,可实现底部进气或顶部进气或底部顶部同时进气,也可进行水驱排气,达到合成不同天然气水合物沉积物样品柱的目的。

[0009] 所述应力传感器设置在加力杆上,温度传感器设置在反应釜外壳内部顶部,压力传感器设置于反力架和反应釜外壳之间。通过上述传感器的设置实现实验数据的实时采集。

[0010] 所述天然气增压进气系统还包括有与气源连接的缓冲罐。可通过调整缓冲罐的有效容积,实现不同气体压力下的定容天然气水合物合成,有利于计算天然气水合物合成过程中耗气量的计算,因为定容条件只要测量温度和压力即可。

[0011] 所述水合物反应釜还包括有第五进出口和第六进出口,第五进出口和第六进出口都从反应釜底座穿出,并分别连接围压加载系统和围压液加注系统。

[0012] 所述加力杆还外接有轴压加载系统,通过轴压加载系统可调节加力杆的位移及作用力。

[0013] 天然气水合物力学性质测量装置还包括有恒温控制系统,该系统包括有依次通过连接的恒温浴、循环水泵和反应釜内置换热管。通过恒温控制系统,可实现水合物合成及测量温度的调节和稳定控制。

[0014] 所述数据采集系统还包括有位移传感器,其设置在轴压加载系统,围压加载系统,进气增压系统,底部进水系统的输出管路中。采用该位移传感器,可实现精确进出气体或液体体积,相对于其他的采用泵站的系统,本发明具有精确计量、可控性高、成本可控和静音环保等特点。

附图说明

[0015] 图 1 为本发明的天然气水合物力学性质测量装置的结构示意图。

[0016] 图 2 为本发明的天然气水合物力学性质测量装置所测样品的成模过程示意图。

[0017] 附图标记说明:1- 计算机,2- 测控采集器,3- 应力传感器,4- 温度传感器,5- 位移传感器,6- 压力传感器,7- 气源,8- 缓冲罐,9- 轴压加载系统,10- 围压加载系统,11- 进气增压系统,12- 底部进水系统,13- 围压液,14- 底部进气旁路,15- 底座,16- 抽真空系统,17- 反应釜底座,18- 样品,19- 橡皮膜,20- 端盖,21- 循环水泵,22- 加力杆,23- 内置换热管,24- 反应釜外壳,25- 反力架,26- 恒温浴,27- 铝合金对开筒,28- 不锈钢击实器,29- 顶部进气管路。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图和实施例对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显

然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部实施例。

[0019] 实施例:

[0020] 本发明的天然气水合物力学性质测量装置的实施例,包括有水合物反应釜、沉积物制样成模系统、恒温控制系统、天然气增压进气系统、抽真空系统和数据采集系统。

[0021] 请参阅图 1,图 1 为本实施例的天然气水合物力学性质测量装置的结构示意图。

[0022] 上述水合物反应釜包括有反应釜底座 17、橡皮膜 19、端盖 20、加力杆 22、内置换热器 23、反应釜外壳 24 和反力架 25。

[0023] 反应釜外壳 24 和反应釜底座 17 通过螺栓连接并通过密封圈密封。端盖 20 通过螺旋状不锈钢管线与反应釜底座 17 相连。加力杆 22 从反应釜外壳 24 顶部穿入并用密封圈密封。加力杆 22 一端顶住端盖 20,另一端顶住反力架 25。反应釜底座 17 开有 6 个进出口,分别为第一进出口、第二进出口、第三进出口、第四进出口、第五进出口和第六进出口,其中第一进出口和第二进出口在一端与端盖 20 相连,另一端分别连接抽真空系统 16 及顶部进气管路 29。第三进出口和第四进出口,其从反应釜底座 17 具有的凸台的正中穿过并分别连接底部进水系统 12 和底部进气旁路 14。第五进出口和第六进出口分别连接围压加载系统 10 和围压液加注系统。

[0024] 所述恒温控制系统由循环水泵 21、反应釜内置换热器 23 和恒温浴 26 组成。循环水泵 21、反应釜内置换热器 23 和恒温浴 26 通过相应的管道连接。恒温浴中的液体分别通过恒温浴 26、循环水泵 21、反应釜内置换热器 23 和相应的连接管道流回恒温浴 26 完成循环,维持水合物反应釜的温度恒定。

[0025] 所述天然气增压进气系统由气源 7、缓冲罐 8、进气增压系统 11、底部进气旁路 14、顶部进气管路 29 组成。气源 7、缓冲罐 8、进气增压系统 11、底部进气旁路 14、顶部进气管路 29 通过不锈钢管线连接。

[0026] 所述数据采集系统包括计算机 1、测控采集器 2、应力传感器 3、温度传感器 4、位移传感器 5 和压力传感器 6。所述应力传感器 3 设置在加力杆 22 上,温度传感器 4 设置在反应釜外壳 24 内部顶部,压力传感器 6 设置于反力架 25 和反应釜外壳 24 之间,位移传感器 5 设置在轴压加载系统 9,围压加载系统 10,进气增压系统 11,底部进水系统 12 的输出管路中,温度、压力和位移通过相应传感器将信号传给测控采集系统,由测控采集器读取并传送给计算机进行显示、记录及分析数据。

[0027] 在本实施例中,温度和压力分别通过温度传感器 13 和压力传感器 15 将信号传给数据采集系统 1,由数据采集系统 1 读取并处理数据在传输到计算机 2 进行显示和存储。

[0028] 本发明所述的沉积物可以为各种沉积物,例如柱状样、表层样、筛分过的沉积物等。但是,测试过程中要求样品为柱状样,例如海底沉积物柱状样、湖泊沉积物柱状样、岩石岩芯等,但含水合物样品需要在高压低温状态下测量,因此很多时候都无法难保真样品来测试,因此本发明选取目标区沉积物后,通过沉积物制样成模系统制成柱状样。

[0029] 请参阅图 2 所示的样品成模过程示意图,所述沉积物制样成模系统包括铝合金对开筒 27、不锈钢击实器 28、橡皮膜 19 和端盖 20,首先在铝合金对开筒 27 内壁放置橡胶膜 19,再填入沉积物后以不锈钢击实器 28 压制成模,该沉积物制样成模系统用于将试验材料制成 $\varnothing 50 \times 100$ 的圆形试样,后将不锈钢击实器 28 换为端盖 20,再将铝合金对开筒 27 装设到反应釜底座 17 上。

[0030] 本实施例的天然水合物力学性质测试过程包括：

[0031] (a) 检查设备的气密性：连接相应排水排气管，关闭密封反应釜，用围压加载系统 10 将围压增至 5MPa，温度常温，用顶部气管通入氮气，用洗洁精水延缝检测气密性。气密性良好进入下一步。

[0032] (b) 样品装填：将橡皮膜 19 装入铝合金对开筒 27，铝合金对开筒 27，卡环卡紧，橡皮膜 19 下端套在反应釜底座 17 的凸台上，用橡皮圈使橡皮膜 19 紧贴反应釜底座 17 的凸台，密封。用含水饱和沙填充到橡皮套里直至高度为 100mm，连接端盖 20 并密封，用抽真空系统 16 抽真空，排出多余水和空气，待稳定，取掉卡环，拆除铝合金对开筒 27。

[0033] (c) 反应釜加压降温：将反应釜外壳 24 保持垂直闭合并密封，注入围压液 13。将反应釜围压逐步加压到 15MPa，同时用天然气增压进气系统注入 12MPa 的甲烷气体并稳定 12 小时，温度逐步降至 278K，稳定后温度逐步降至 243K，稳定后 24 小时稳固。降温加压过程中，每 10 秒记录一次主应力、围压、温度、形变，顶部压力、底部压力、进气量和进水量。

[0034] (d) 压力室剪切：通过轴压加载系统 9 以荷载以 0.1% 的形变量进行加载，每 10 秒记录一次主应力、围压、温度、轴向应变、顶部压力、底部压力、进气量和进水量，待到主应力出现峰值或 15% 形变后停止，保存数据。卸去荷载和围压，排出压力液，打开反应釜外壳 24，取出样本。

[0035] 在此过程中可以记录不同的主应力、围压、温度、轴向应变、顶部压力、底部压力、进气量和进水量。在水合物持续生长阶段，可通过温度和压力计算天然气水合物的生成量。

[0036] 上述实施例仅用以说明本发明而并非限制本发明所描述的技术方案；因此，尽管本说明书参照上述的各个实施例对本发明已进行了详细的说明，但是，本领域的普通技术人员应当理解，仍然可以对本发明进行修改或者等同替换；而一切不脱离本发明的精神和范围的技术方案及其改进，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

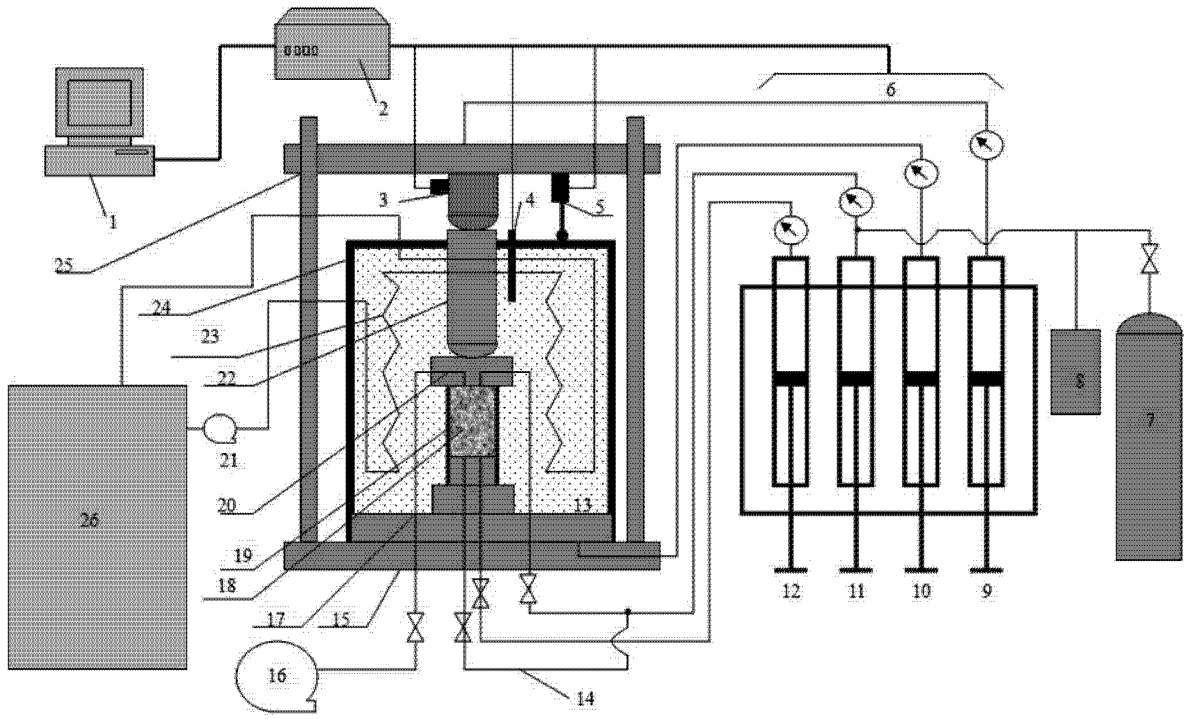


图 1

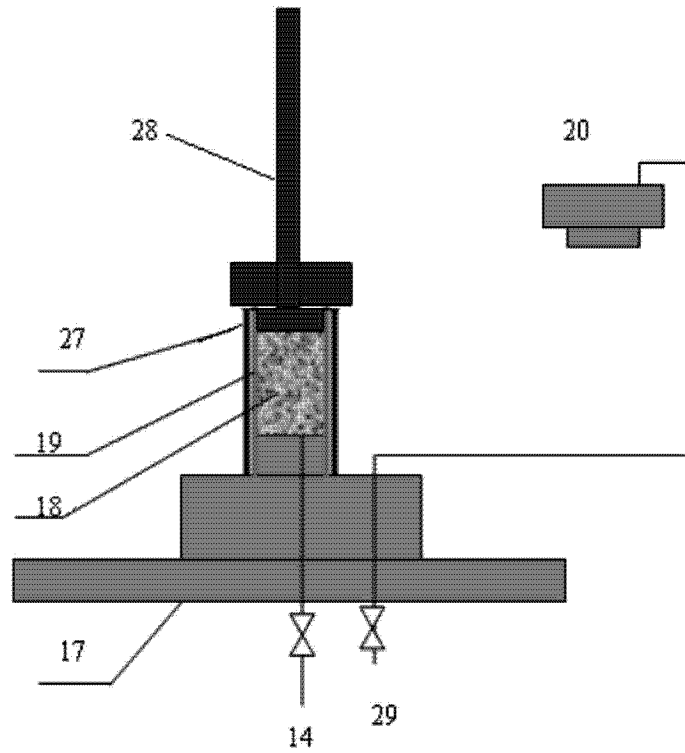


图 2