



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114088487 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 25

(21) 申请号 202111340474.7

G01N 3/08 (2006.01)

(22) 申请日 2021.11.12

(71) 申请人 中国地质调查局油气资源调查中心

地址 100083 北京市海淀区北四环中路267号北京奥运大厦

申请人 中国科学院力学研究所

(72) 发明人 陆程 张旭辉 张帅 辛云路

庞守吉 肖睿 边航 夏宇轩

刘晖 张运波 汪锐

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 11390

代理人 焦海峰

(51) Int. Cl.

G01N 1/28 (2006.01)

G01N 1/36 (2006.01)

权利要求书2页 说明书4页

(54) 发明名称

一种含块状水合物沉积物样品的制备方法
及模量分析方法

(57) 摘要

本发明公开了一种含块状水合物沉积物样品的制备方法及模量分析方法,包括:用纯四氢呋喃水合物球形颗粒模拟储层沉积物中的块状天然气水合物;依据原位土层处天然气水合物的分布来等同模拟水合物球形颗粒的直径及数量配比;依据原位土层处天然气水合物的总体积分数,计算获得某一大小天然气水合物的体积分数,获得水合物球形颗粒的体积分数;依据设定的目标重塑样品体积,结合体积分数,计算不同直径的水合物球形颗粒的数目;混合后分五层填入土工三轴制样三瓣膜模具内并砸实达到目标高度,以获得目标重塑样品,并在三轴仪上进行测试以达到与现场相似,以该样品进行模量分析,为天然气水合物开发海底灾害和环境保护提供技术保障。

1. 一种含块状水合物沉积物样品的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤100、向球形模具内注入四氢呋喃溶液后放入低温控制箱体内保持温度0~4.4摄氏度之间24~48个小时,以形成多个纯四氢呋喃的水合物球形颗粒,用于模拟层沉积物中的块状天然气水合物;

步骤200、采样获取天然气水合物储层沉积物,所述天然气水合物储层沉积物中的天然气水合物发生自然的分解相变,得到原土样品;

步骤300、依据所述原土样品所在原位土层处不同尺寸的天然气水合物的分布比例来等同模拟确定不同大小的所述水合物球形颗粒的直径,及不同直径水合物球形颗粒的数量配比;

步骤400、依据所述原土样品所在原位土层处天然气水合物的总体积分数,计算获得某一大小的天然气水合物的体积分数,从而获得对应一种直径D的水合物球形颗粒的体积分数 δ_{hd} ;

步骤500、依据三轴压缩试验的样品尺寸要求设定目标重塑样品的体积V,并结合体积分数 δ_{hd} ,计算确定直径为D的水合物球形颗粒的数目:

$$n_D = \frac{\varepsilon_{hd} \cdot V}{\pi \cdot D^3 / 6}, \text{若计算为非整数,则取整};$$

依据不同直径水合物球形颗粒的数量配比计算获得每种直径的水合物球形颗粒的数目;

步骤500、依据所述原土样品所在原位土层处的土层骨架的干密度 ρ_d 和目标重塑样品的体积V计算获得目标土样品的所需称取的质量:

$$m_s = \rho_d \cdot V;$$

步骤600、将目标土样品和水合物球形颗粒混合后分五层填入土工三轴制样三瓣膜模具内并砸实达到目标高度,以获得目标重塑样品;

步骤700、在目标重塑样品的外部加装橡皮膜,安装于三轴仪上,通过水头饱和的方式进行水的注入,直至达到样品含水量的指标,再分级逐步地加载围压和注气,直至最终目标重塑样品具有与现场相似的含水量、水合物体积分数以及含气量,达到三轴力学性能测试的要求,以获得含块状水合物沉积物样品。

2. 根据权利要求1所述的一种含块状水合物沉积物样品的制备方法,其特征在于,所述球形模具的直径为5mm~2cm。

3. 根据权利要求1所述的一种含块状水合物沉积物样品的制备方法,其特征在于,所述四氢呋喃溶液中四氢呋喃质量分数19%。

4. 根据权利要求1所述的一种含块状水合物沉积物样品的制备方法,其特征在于,所述步骤600和所述步骤700均在低于0摄氏度的条件下完成。

5. 一种含块状水合物沉积物样品的模量分析方法,其特征在于,包括如下步骤:

将含块状水合物沉积物样品进行三轴加载实验得到应力应变曲线,以得到割线模量;

以水合物和土层骨架的体积分数为控制量将样品模量预测的物理模型分解,形成若干个水合物次单元与土颗粒次单元并联合成的单元;

模量预测公式如下:

$$E(f_1, f_2) = \left(\frac{r}{d} \right)^\alpha \left(\frac{1}{2} \left(\frac{f_1}{E_v} + \frac{f_2}{E_r} \right) + \frac{1/2}{E_v f_2 + E_r f_1} \right)^{-1}$$

$$\text{其中: } E_v = E_a V_a + E_b V_b; E_r = \left(\frac{V_a}{E_a} + \frac{V_b}{E_b} \right)^{-1} \quad f_1 + f_2 = 1;$$

其中, a、b 分别代表土颗粒和水合物颗粒, E_a 、 E_b 分别表示土颗粒和水合物颗粒的模量、 V_a 、 V_b 分别表示土颗粒和水合物颗粒的体积分数, E_v 、 E_r 分别表示类似土骨架和水合物两种材料的唯象的类似弹簧并联路径的模量, r、d 分别代表水合物颗粒直径和土颗粒平均粒径; α 表示尺寸效应指数; f_1 、 f_2 分别表示类似弹簧并联、串联路径的比例。

一种含块状水合物沉积物样品的制备方法及其模量分析方法

技术领域

[0001] 本发明涉及沉积物分析技术领域,具体涉及一种含块状水合物沉积物样品的制备方法及其模量分析方法。

背景技术

[0002] 天然气水合物是我国的战略能源资源。天然气水合物的成藏有扩散型和渗漏型两种,扩散机制下形成的含天然气水合物土孔隙内分布相对均匀,而渗漏机制下以块状天然气水合物分布为主。

[0003] 以往研究工作主要是集中在孔隙型天然气水合物分布的力学特性,含块状水合物沉积物力学特性认识不清,缺乏相关样品制备技术与理论建模等研究。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种含块状水合物沉积物样品的制备方法及其模量分析方法,以解决现有技术中的技术问题。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明具体提供下述技术方案:

[0006] 一种含块状水合物沉积物样品的制备方法,包括如下步骤:

[0007] 步骤100、向球形模具内注入四氢呋喃溶液后放入低温控制箱体内保持温度0~4.4摄氏度之间24~48个小时,以形成多个纯四氢呋喃的水合物球形颗粒,用于模储层沉积物中的块状天然气水合物;

[0008] 步骤200、采样获取天然气水合物储层沉积物,所述天然气水合物储层沉积物中的天然气水合物发生自然的分解相变,得到原土样品;

[0009] 步骤300、依据所述原土样品所在原位土层处不同尺寸的天然气水合物的分布比例来等同模拟确定不同大小的所述水合物球形颗粒的直径,及不同直径水合物球形颗粒的数量配比;

[0010] 步骤400、依据所述原土样品所在原位土层处天然气水合物的总体积分数,计算获得某一大小的天然气水合物的体积分数,从而获得对应一种直径D的水合物球形颗粒的体积分数 ε_{hD} ;

[0011] 步骤500、依据三轴压缩试验的样品尺寸要求设定目标重塑样品的体积V,并结合体积分数 ε_{hD} ,计算确定直径为D的水合物球形颗粒的数目:

[0012]
$$n_D = \frac{\varepsilon_{hD} \cdot V}{\pi \cdot D^3 / 6}$$
,若计算为非整数,则取整;

[0013] 依据不同直径水合物球形颗粒的数量配比计算获得每种直径的水合物球形颗粒的数目;

[0014] 步骤500、依据所述原土样品所在原位土层处的土层骨架的干密度 ρ_d 和目标重塑样品的体积V计算获得目标土样品的所需称取的质量:

[0015]
$$m_s = \rho_d \cdot V;$$

[0016] 步骤600、将目标土样品和水合物球形颗粒混合后分五层填入土工三轴制样三瓣膜模具内并砸实达到目标高度,以获得目标重塑样品;

[0017] 步骤700、在目标重塑样品的外部加装橡皮膜,安装于三轴仪上,通过水头饱和的方式进行水的注入,直至达到样品含水量的指标,再分级逐步地加载围压和注气,直至最终目标重塑样品具有与现场相似的含水量、水合物体积分数以及含气量,达到三轴力学性能测试的要求,以获得含块状水合物沉积物样品。

[0018] 作为本发明一种优选地方案,所述球形模具的直径为5mm~2cm。

[0019] 作为本发明一种优选地方案,所述四氢呋喃溶液中四氢呋喃质量分数19%。

[0020] 作为本发明一种优选地方案,所述步骤600和所述步骤700均在低于0摄氏度的条件下完成。

[0021] 另外本发明还提供了一种含块状水合物沉积物样品的模量分析方法,包括如下步骤:

[0022] 将含块状水合物沉积物样品进行三轴加载实验得到应力应变曲线,以得到割线模量;

[0023] 以水合物和土层骨架的体积分数为控制量将样品模量预测的物理模型分解,形成若干个水合物次单元与土颗粒次单元并联合成的单元;

[0024] 模量预测公式如下:

$$[0025] \quad E(f_1, f_2) = \left(\frac{r}{d} \right)^\alpha \left(\frac{1}{2} \left(\frac{f_1}{E_v} + \frac{f_2}{E_r} \right) + \frac{1/2}{E_v f_2 + E_r f_1} \right)^{-1}$$

$$[0026] \quad \text{其中: } E_v = E_a V_a + E_b V_b; \quad E_r = \left(\frac{V_a}{E_a} + \frac{V_b}{E_b} \right)^{-1} \quad f_1 + f_2 = 1;$$

[0027] 其中,a、b分别代表土颗粒和水合物颗粒, E_a 、 E_b 分别表示土颗粒和水合物颗粒的模量、 V_a 、 V_b 分别表示土颗粒和水合物颗粒的体积分数, E_v 、 E_r 分别表示类似土骨架和水合物两种材料的唯象的类似弹簧并联路径的模量,r、d分别代表水合物颗粒直径和土颗粒平均粒径; α 表示尺寸效应指数; f_1 、 f_2 分别表示类似弹簧并联、串联路径的比例。

[0028] 本发明与现有技术相比较具有如下有益效果:

[0029] 本发明通过四氢呋喃溶液来模拟天然气水合物在土颗粒中的分布,从而进行模量分析,为天然气水合物开发海底灾害和环境保护提供技术保障。

具体实施方式

[0030] 下面将结合本发明实施例,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,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0031] 本发明提供了一种含块状水合物沉积物样品的制备方法,包括如下步骤:

[0032] 步骤100、向球形模具内注入四氢呋喃溶液后放入低温控制箱体内保持温度0~4.4摄氏度之间24~48个小时,以形成多个纯四氢呋喃的水合物球形颗粒,用于模储层沉积物中的块状天然气水合物;

[0033] 步骤200、采样获取天然气水合物储层沉积物,所述天然气水合物储层沉积物中的天然气水合物发生自然的分解相变,得到原土样品;

[0034] 步骤300、依据所述原土样品所在原位土层处不同尺寸的天然气水合物的分布比例来等同模拟确定不同大小的所述水合物球形颗粒的直径,及不同直径水合物球形颗粒的数量配比;

[0035] 步骤400、依据所述原土样品所在原位土层处天然气水合物的总体积分数,计算获得某一大小的天然气水合物的体积分数,从而获得对应一种直径D的水合物球形颗粒的体积分数 ε_{hD} ;

[0036] 步骤500、依据三轴压缩试验的样品尺寸要求设定目标重塑样品的体积V,并结合体积分数 ε_{hD} ,计算确定直径为D的水合物球形颗粒的数目:

[0037]
$$n_D = \frac{\varepsilon_{hD} \cdot V}{\pi \cdot D^3 / 6}$$
,若计算为非整数,则取整;

[0038] 依据不同直径水合物球形颗粒的数量配比计算获得每种直径的水合物球形颗粒的数目;

[0039] 步骤500、依据所述原土样品所在原位土层处的土层骨架的干密度 ρ_d 和目标重塑样品的体积V计算获得目标土样品的所需称取的质量:

[0040] $m_s = \rho_d \cdot V$;

[0041] 步骤600、将目标土样品和水合物球形颗粒混合后分五层填入土工三轴制样三瓣膜模具内并砸实达到目标高度,以获得目标重塑样品;

[0042] 步骤700、在目标重塑样品的外部加装橡皮膜,安装于三轴仪上,通过水头饱和的方式进行水的注入,直至达到样品含水量的指标,再分级逐步地加载围压和注气,直至最终目标重塑样品具有与现场相似的含水量、水合物体积分数以及含气量,达到三轴力学性能测试的要求,以获得含块状水合物沉积物样品。

[0043] 其中,所述球形模具的直径为5mm~2cm。所述四氢呋喃溶液中四氢呋喃质量分数19%。

[0044] 步骤600和所述步骤700均在低于0摄氏度的条件下完成。

[0045] 另外本发明还提供了一种含块状水合物沉积物样品的模量分析方法,包括如下步骤:

[0046] 将含块状水合物沉积物样品进行三轴加载实验得到应力应变曲线,以得到割线模量;

[0047] 以水合物和土层骨架的体积分数为控制量将样品模量预测的物理模型分解,形成若干个水合物次单元与土颗粒次单元并联合成的单元;

[0048] 模量预测公式如下:

[0049]
$$E(f_1, f_2) = \left(\frac{r}{d} \right)^\alpha \left(\frac{1}{2} \left(\frac{f_1}{E_v} + \frac{f_2}{E_r} \right) + \frac{1/2}{E_v f_2 + E_r f_1} \right)^{-1}$$

[0050] 其中: $E_v = E_a V_a + E_b V_b$; $E_r = \left(\frac{V_a}{E_a} + \frac{V_b}{E_b} \right)^{-1}$ $f_1 + f_2 = 1$;

[0051] 其中,a、b分别代表土颗粒和水合物颗粒, E_a 、 E_b 分别表示土颗粒和水合物颗粒的

模量、 V_a 、 V_b 分别表示土颗粒和水合物颗粒的体积分数， E_v 、 E_r 分别表示类似土骨架和水合物两种材料的唯象的类似弹簧并联路径的模量， r 、 d 分别代表水合物颗粒直径和土颗粒平均粒径； α 表示尺寸效应指数； f_1 、 f_2 分别表示类似弹簧并联、串联路径的比例。

[0052] 本发明通过四氢呋喃溶液来模拟天然气水合物在土颗粒中的分布，从而进行模量分析，为天然气水合物开发海底灾害和环境保护提供技术保障。

[0053] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例，不用于限制本申请，本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内，对本申请做出各种修改或等同替换，这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。