



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113236196 A

(43) 申请公布日 2021.08.10

(21) 申请号 202110709972.8

E21B 47/092 (2012.01)

(22) 申请日 2021.06.25

(71) 申请人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市铜山区大学路1号中国矿业大学

(72) 发明人 翟成 丛钰洲 徐吉钊 孙勇

余旭 郑仰峰 唐伟 李宇杰

朱薪宇 黄婷 王宇

(74) 专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所

(普通合伙) 32249

代理人 张联群

(51) Int. Cl.

E21B 43/01 (2006.01)

E21B 41/00 (2006.01)

E21B 47/001 (2012.01)

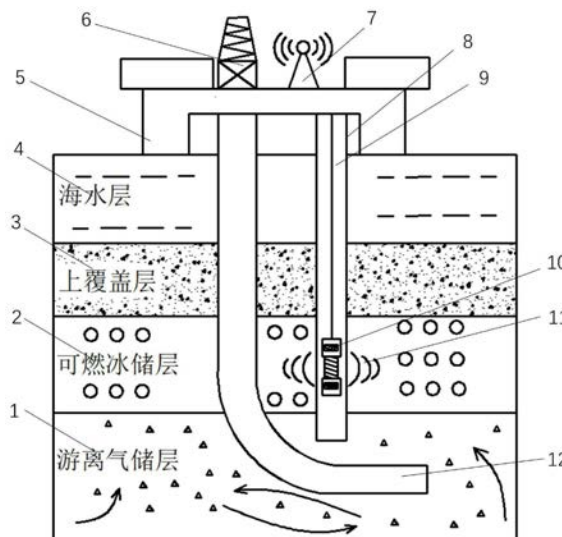
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法

(57) 摘要

一种基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法,主要适用于深海可燃冰储层开采过程中储层内可燃冰状态及孔隙结构变化的动态监测。首先通过海面作业平台,向下打入探测钻孔直至游离气储层,钻取可燃冰储层及游离气储层样品进行检测,同时查明可燃冰储层参数如深度、厚度等;向游离气储层内打入水平井进行可燃冰降压法开采,开采过程中利用核磁共振微缩传感器对不同位置处的游离气储层及可燃冰储层进行实时动态监测,得到储层不同位置处甲烷和水分的生成速率及空间运移,同时能够对储层沉降及范围进行监测预警,为可燃冰的持续稳定开采提供指导。其方法简便,易操作,安全可靠,精确度高,能够实现对深海可燃冰储层开采过程中的实时监测和预警。



1. 一种基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法,包括搭建海面作业平台(5)、设在海面作业平台(5)上的钻井塔(6)和5G信号发射塔(7),并采用核磁共振微缩传感器(10),其特征在于,可燃冰开采储层监测方法的步骤如下:

a. 先通过海面作业平台(5)向海底储层内垂直打入探测钻井(8),探测钻井(8)探测到可燃冰储层(2)后,继续向下钻进直至游离气储层(1),从可燃冰储层(2)顶端向下每隔一米进行一次取样,得到不同深度处可燃冰储层标准固体样品;

b. 利用核磁共振测量设备对不同深度处的可燃冰储层和游离气储层标准固体样品进行检测,识别标定出标准固体样品的甲烷H信号,得到可燃冰储层(2)不同深度处的初始水含量及可燃冰含量及游离气储层不同深度处的初试水含量和甲烷含量,为后续持续变化和空间位移的比较提供初始参考数据,并找到游离气储层(1)甲烷含量最高水含量小于百分之3位置处进行水平钻井;

c. 从钻井塔(6)向海底储层内垂直打入开采钻井(12),开采钻井(12)垂直施工至可燃冰储层(2)下方的游离气储层(1)后,在甲烷含量最高水含量小于百分之3位置处水平钻进50米距离,放入抽采管路支撑钻井,进行可燃冰开采作业;

d. 可燃冰开采过程中,利用智能升降装置(9)将核磁共振微缩传感器(10)从探测钻井(8)内送至可燃冰储层(2)位置并上下移动进行测量,每隔3小时由可燃冰储层(2)顶端向下每隔一米进行一次核磁甲烷H信号和水信号的测量;

e. 利用5G信号发射塔(7)将核磁共振微缩传感器(10)测得的数据传输至监控中心,数据反演后得到每隔3小时时间段内可燃冰储层(2)顶端向下每隔一米处水分和可燃冰的含量、空间位移以及可燃冰的解析速率,若储层出现沉降突变,及时对储层沉降范围进行监测预警。

2. 根据权利要求1所述的一种基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法,其特征在于:所述的可燃冰储层标准固体样品为探测钻井(8)在钻进过程中取出距可燃冰储层(2)顶端向下每隔一米处直径为50mm、长度为50mm制备的圆柱体。

3. 根据权利要求1所述的一种基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法,其特征在于:在所述探测钻井(8)的钻孔内设有一空心无磁钢管,钻井完成退钻后,将无磁钢管底部密封,抽空无磁钢管内的水分,使钻孔内部相对干燥。

4. 根据权利要求1所述的一种基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法,其特征在于:所述的核磁共振微缩传感器(10)包含有三个永磁体和线圈,最低承受温度为-40℃、最大承受压力为80MPa。

5. 根据权利要求1所述的一种基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法,其特征在于:当可燃冰开采过程中发现某测量点处发生信号突增或突降时,对该测量点周边测量点进行重点监测,若周边测量点同样存在信号突增或突降现象时进行预警,表明开采钻井存在塌井及储层沉降风险,同时根据反馈的发生突变测量点的距离范围,得到可燃冰储层(2)沉降的程度及范围大小,提前制定应对方案,减小损失。

## 一种基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法,尤其适用于深海可燃冰储层开采时实时监测甲烷和水分的生成速率及空间运移,并能够对储层沉降进行监测预警。

### 背景技术

[0002] 可燃冰,即天然气水合物,其分子结构式为 $\text{CH}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,是一种由甲烷和水在低温高压条件下结合形成的笼状结晶化合物固体,目前经过探测发现主要分布于我国的深海海底之中且储量丰富。根据最保守的估计,全球海底可燃冰中贮存的甲烷总量约为1.8亿亿立方米,约合1.1万吨,其储量相当于传统化石能源(石油、煤等)储量的两倍以上,够人类使用1000年,因此可燃冰是21世纪具有广阔前景的新能源,被西方学者称为“21世纪能源”或“未来新能源”。

[0003] 但是,可燃冰开采绝非易事,固结在海底沉积物中的可燃冰,一旦条件变化使甲烷气从可燃冰中释出,会改变海底沉积物的物理性质,极大地降低海底沉积物的力学特性,而造成海底软化,出现大规模的海底滑坡、海沟沉降坍塌等严重事故,进一步威胁到人类的生命财产安全。因此,可燃冰的持续稳定开采至关重要。

[0004] 目前,可燃冰开采过程中的监测,采用的是在开采钻孔上增加一些压力、温度及应变等小型传感器来实现监测,因此,探测范围小且无法对可燃冰储层进行监测,且无法为可燃冰开采提供可靠的指导。近年来,核磁共振(NMR)技术已被广泛应用于测甲烷H信号、测水信号,但基于NMR技术的工程应用目前还仅集中在隧道施工中的超前探水,无法充分发挥出NMR技术快速监测甲烷H信号和水信号的优点。在可燃冰储层开采过程中,若有效应用NMR技术,可以快速测量可燃冰储层开采时甲烷和水分的生成速率及空间运移,并在此基础上能够对储层沉降进行范围识别及监测预警,能够充分发挥NMR技术的优点,从而为可燃冰开采提供更加全面的数据,保障了可燃冰开采的持续稳定。因此,亟需一种基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法。

### 发明内容

[0005] 技术问题:本发明的目的是要克服现有技术所存在的不足之处,提供一种操作简单、探测精度高、安全有效的基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法。

[0006] 技术方案:本发明一种基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法,包括搭建海面作业平台、设在海面作业平台上的钻井塔和5G信号发射塔,并采用核磁共振微缩传感器,可燃冰开采储层监测方法的步骤如下:

[0007] a.先通过海面作业平台向海底储层内垂直打入探测钻井,探测钻井探测到可燃冰储层后,继续向下钻进直至游离气储层,从可燃冰储层顶端向下每隔一米进行一次取样,得到不同深度处可燃冰储层标准固体样品;

[0008] b.利用核磁共振测量设备对不同深度处的可燃冰储层和游离气储层标准固体样

品进行检测,识别标定出标准固体样品的甲烷H信号,得到可燃冰储层不同深度处的初始水含量及可燃冰含量及游离气储层不同深度处的初试水含量和甲烷含量,为后续持续变化和空间位移的比较提供初始参考数据,并找到游离气储层甲烷含量最高水含量小于百分之3位置处进行水平钻井;

[0009] c.从钻井塔向海底储层内垂直打入开采钻井,开采钻井垂直施工至可燃冰储层下方的游离气储层后,在甲烷含量最高水含量小于百分之3位置处水平钻进50米距离,放入抽采管路支撑钻井,进行可燃冰开采作业;

[0010] d.可燃冰开采过程中,利用智能升降装置将核磁共振微缩传感器从探测钻井内送至可燃冰储层位置并上下移动进行测量,每隔3小时由可燃冰储层顶端向下每隔一米进行一次核磁甲烷H信号和水信号的测量;

[0011] e.利用5G信号发射塔将核磁共振微缩传感器测得的数据传输至监控中心,数据反演后得到每隔3小时时间段内可燃冰储层顶端向下每隔一米处水分和可燃冰的含量、空间位移以及可燃冰的解析速率,若储层出现沉降突变,及时对储层沉降范围进行监测预警。

[0012] 所述的可燃冰储层标准固体样品为探测钻井在钻进过程中取出距可燃冰储层顶端向下每隔一米处直径为50mm、长度为50mm制备的圆柱体。

[0013] 在所述探测钻井的钻孔内设有一空心无磁钢管,钻井完成退钻后,将无磁钢管底部密封,抽空无磁钢管内的水分,使钻孔内部相对干燥。

[0014] 所述的核磁共振微缩传感器包含有三个永磁体和线圈,最低承受温度为-40℃、最大承受压力为80MPa。

[0015] 当可燃冰开采过程中发现某测量点处发生信号突增或突降时,对该测量点周边测量点进行重点监测,若周边测量点同样存在信号突增或突降现象时进行预警,表明开采钻井存在塌井及储层沉降风险,同时根据反馈的发生突变测量点的距离范围,得到可燃冰储层沉降的程度及范围大小,提前制定应对方案,减小损失。

[0016] 有益效果:由于采用了上述技术方案,本发明一方面通过核磁共振微缩传感器对可燃冰储层进行多维时空性监测,得到可燃冰储层开采时甲烷和水分的生成速率及空间运移;另一方面,通过核磁共振微缩传感器对可燃冰储层沉降进行监测预警,并且能够监测出可燃冰储层沉降范围,从而提前采取措施减少灾害损失。与现有技术相比,该技术不仅能够为可燃冰储层开采提供更为可靠详细的数据支撑,提高可燃冰开采过程的稳定性,而且突破了核磁共振技术仅隧道超前探水这一工程应用的单一性,测可燃冰储层H信号和水信号的同时表征出储层沉降的范围,对于核磁共振技术的进一步发展具有重要意义。

## 附图说明

[0017] 图1是本发明的基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法示意图。

[0018] 图中:1-游离气储层;2-可燃冰储层;3-上覆盖层;4-海水层;5-海上作业平台;6-钻井塔;7-5G信号发射塔;8-探测钻井;9-智能升降装置;10-核磁共振微缩传感器;11-核磁探测磁场;12-开采钻井。

[0019] 具体实施方法

[0020] 下面结合附图中的实施例对本发明作进一步的描述:

[0021] 本发明的基于核磁共振的可燃冰开采储层监测方法,包括搭建海面作业平台5、设

在海面作业平台5上的钻井塔6和5G信号发射塔7,并采用核磁共振微缩传感器10,可燃冰开采储层监测方法的具体步骤如下:

[0022] a.先通过海面作业平台5向海底储层内垂直打入探测钻井8,探测钻井8探测到可燃冰储层2后,继续向下钻进直至游离气储层1,从可燃冰储层2顶端向下每隔一米进行一次取样,得到不同深度处可燃冰储层标准固体样品;所述的可燃冰储层标准固体样品为探测钻井8在钻进过程中取出距可燃冰储层2顶端向下每隔一米处直径为50mm、长度为50mm制备的圆柱体。在所述探测钻井8的钻孔内设有一空心无磁钢管,钻井完成退钻后,将无磁钢管底部密封,抽空无磁钢管内的水分,使钻孔内部相对干燥。

[0023] b.利用核磁共振测量设备对不同深度处的可燃冰储层和游离气储层标准固体样品进行检测,识别标定出标准固体样品的甲烷H信号,得到可燃冰储层2不同深度处的初始水含量及可燃冰含量及游离气储层不同深度处的初试水含量和甲烷含量,为后续持续变化和空间位移的比较提供初始参考数据,并找到游离气储层1甲烷含量最高水含量小于百分之3位置处进行水平钻井;

[0024] c.从钻井塔6向海底储层内垂直打入开采钻井12,开采钻井12垂直施工至可燃冰储层2下方的游离气储层1后,在甲烷含量最高水含量小于百分之3位置处水平钻进50米距离后,放入抽采管路支撑钻井,进行可燃冰开采作业;

[0025] d.可燃冰开采过程中,利用智能升降装置9将核磁共振微缩传感器10从探测钻井8内送至可燃冰储层2位置,并通过智能升降装置9对核磁共振微缩传感器10上下移动进行测量,每隔3小时由可燃冰储层2顶端向下每隔一米进行一次核磁甲烷H(甲烷分子中的氢)信号和水信号的测量;所述的核磁共振微缩传感器10包含有三个永磁体和线圈,最低承受温度为-40℃、最大承受压力为80MPa。

[0026] e.利用5G信号发射塔7将核磁共振微缩传感器10测得的数据传输至监控中心,数据反演后得到每隔3小时时间段内可燃冰储层2顶端向下每隔一米处水分和可燃冰的含量变化、空间位移以及可燃冰的解析速率,同时对储层沉降程度及范围进行监测,若储层出现沉降突变,及时对储层沉降范围进行监测预警。

[0027] 可燃冰储层内的可燃冰解析速率获得,先由核磁共振设备对探测钻井8距可燃冰储层2顶端向下每隔一米处开采出的可燃冰样品内甲烷气体H信号进行识别标定,从而可以对甲烷分子进行识别,得出距可燃冰储层2顶端向下每隔一米处解析生成甲烷的速率,然后每隔3小时由上而下进行一次测量,即可得到甲烷的空间位移;可燃冰储层2内水分含量及空间位移的获得,由核磁共振微缩传感器10对距可燃冰储层2顶端向下每隔一米处进行测量,识别可燃冰储层内的水信号,从而定量反演得到距可燃冰储层2顶端向下每隔一米处的水分含量,然后每隔3小时同样由上至下进行一次测量,进而得到水分的空间位移。

[0028] 当可燃冰开采过程中发现某测量点处发生信号突增或突降时,对该测量点周边测量点进行重点监测,若周边测量点同样存在信号突增或突降现象时进行预警,表明开采钻井存在塌井及储层沉降风险,同时根据反馈的发生突变测量点的距离范围,得到可燃冰储层2沉降的程度及范围大小,从而能够提前制定应对方案,减小损失。

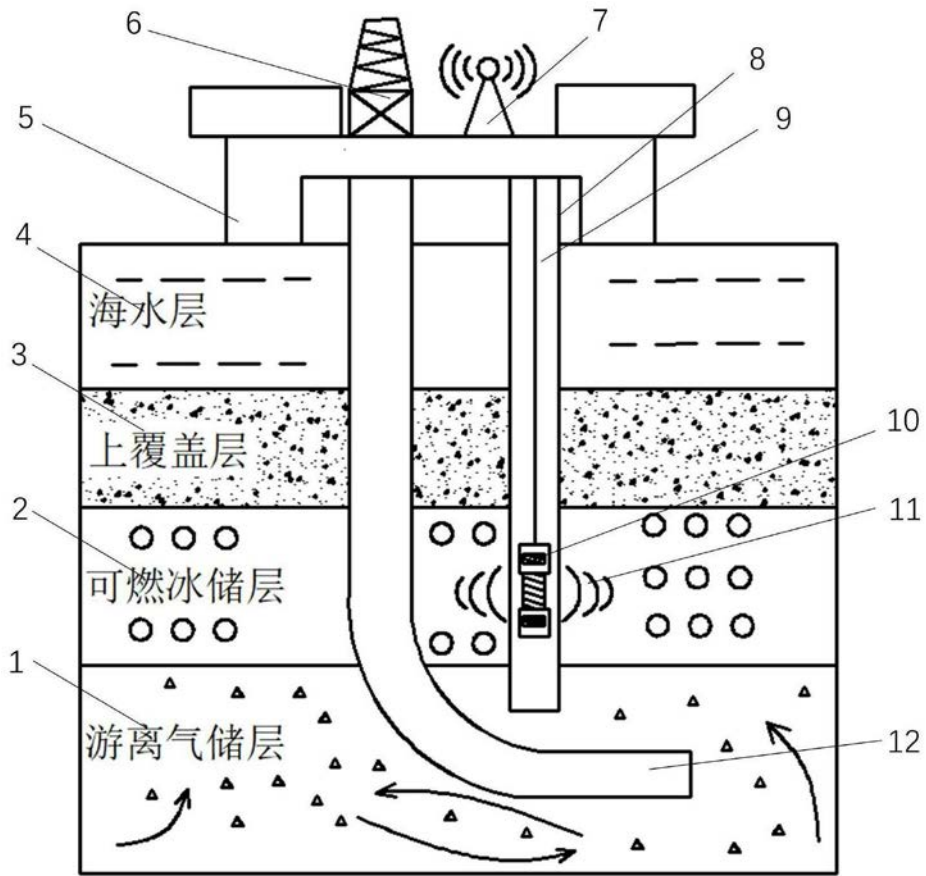


图1