(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111323359 B
(45)授权公告日 2024.06.18

(21)申请号 202010314290.2
(22)申请日 2020.04.17
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111323359 A
(43)申请公布日 2020.06.23
(73)专利权人 广东石油化工学院
地址 525000 广东省茂名市官渡二路139号
(72)发明人 王林 马飞英 刘全稳 彭朝阳
刘大伟 胡罡
(51)Int.Cl.
G01N 15/08(2006.01)
G01N 13/04(2006.01)
(56)对比文件
CN 212180570 U,2020.12.18

审查员 杨艺

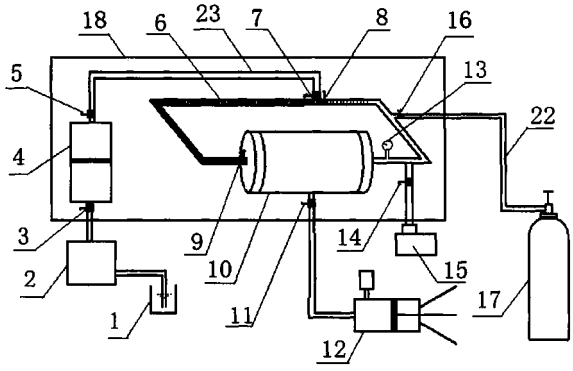
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量装置及方法

(57)摘要

本发明提出了一种高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量装置及方法,包括:测量管、岩心夹持器、真空泵、恒温箱和注入系统,注入系统包括储水罐、恒速恒压泵、中间容器、压力表和高压气瓶;中间容器的下端口与恒速恒压泵的出口连接,恒速恒压泵的入口与储水罐连接,中间容器的上端口与第一内螺纹接头连接;高压气瓶与第三内螺纹接头连接,第二内螺纹接头与岩心夹持器的左端连接,岩心夹持器的右端与注气管连接;真空泵与注气管连接。本发明的有益效果如下:操作方便,原理可靠,能够模拟压裂液在天然气储层中的渗吸过程,解决目前传统装置不能模拟气藏储层中高压天然气-水环境的问题,为更好地进行压裂液体系优化以及气井返排提供了依据。



CN 111323359 B

1.一种高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量装置,其特征在于,包括:测量管(6)、岩心夹持器(10)、真空泵(15)、恒温箱(18)和注入系统,所述注入系统包括储水罐(1)、恒速恒压泵(2)、中间容器(4)、压力表(13)和高压气瓶(17);所述中间容器(4)的下端口与恒速恒压泵(2)的出口连接,所述恒速恒压泵(2)的入口与所述储水罐(1)连接,所述中间容器(4)的上端口通过注水管(23)与所述测量管(6)的第一内螺纹接头(19)连接;高压气瓶(17)的出口通过注气管(22)与所述测量管(6)的第三内螺纹接头(21)连接,所述测量管(6)的第二内螺纹接头(20)与所述岩心夹持器(10)的左端连接,所述岩心夹持器(10)的右端与所述注气管(22)连接;所述压力表(13)位于所述注气管(22)上;所述中间容器(4)、所述注水管(23)、所述测量管(6)、所述岩心夹持器(10)以及所述压力表(13)均位于所述恒温箱(18)内部;所述真空泵(15)通过第七阀门(14)与所述注气管(22)连接;所述测量管(6)为由透明蓝宝石玻璃制成的带刻度的圆柱形毛细管,测量管(6)上设有用于控制注入的第三阀门(7)和用于控制平衡的第四阀门(8);所述岩心夹持器(10)由外壳和内部胶套组成,所述外壳与所述内部胶套之间留有空隙,所述外壳上设有与所述空隙相连通的围压加压孔,所述围压加压孔通过管线与手摇加压泵(12)连接,所述管线上设有第六阀门(11)。

2.根据权利要求1所述的一种高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量装置,其特征在于,所述外壳为采用金属材料制成的外壳,所述内部胶套为采用聚四氟乙烯材料制成的胶套。

3.一种根据权利要求1所述的高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量装置的测量方法,其特征在于,其方法步骤如下:

(1)开启恒温箱,设置目标温度值为测量地点的地层温度值;

(2)将从测量地点地层中取出的岩心放入100℃的干燥箱中进行干燥,直至岩心重量不再发生改变;

(3)将上述干燥后的岩心装入岩心夹持器中;

(4)检查测量装置的气密性,并关闭所有阀门;

(5)打开用于控制平衡的第四阀门以及与真空泵连接的第七阀门,对测量管和岩心夹持器抽真空,使得真空压低于200Pa,然后关闭真空泵、第七阀门及第四阀门;

(6)打开第六阀门,通过手摇加压泵对岩心夹持器加围压,使岩心夹持器内的岩心处于类似地层覆压环境中;

(7)打开注气管上的第八阀门以及高压气瓶的阀门,往岩心中注入天然气,当通过压力表观测到岩心中天然气的压力值达到目标压力值时,关闭第八阀门及高压气瓶的阀门;

(8)打开注水管上的第一阀门、第二阀门、第三阀门以及第五阀门,然后通过恒速恒压泵以恒定速度向测量管中注水,当恒速恒压泵的泵压突然升高时,关闭恒速恒压泵以及测量管上部的第三阀门;

(9)打开第四阀门,使天然气与水处于同一个压力系统中;

(10)观测并记录测量管中天然气-水界面的运动距离和时间数据,从而获得水向岩心的渗吸量和渗吸速度;

(11)通过公式$V(t)=\frac{\pi}{4}d^2L(t)$计算岩心中渗吸水或天然气的体积,式中V(t)为t时刻岩心自吸的流体体积,d为测量管的直径;L(t)为t时刻测量管中天然气-水界面的运动距离。

一种高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及天然气开发实验设备技术领域,特别是指一种高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量装置及方法。

背景技术

[0002] 自发渗吸是指在多孔介质中润湿性流体在毛细管压力的作用下自发驱替非润湿相的过程。随着大部分中、高渗常规天然气藏的衰竭,致密砂岩气、页岩气、煤层气等低渗透非常规天然气藏成为了主要接替资源。这些低渗透天然气储层一般需要通过水力压裂才能获得工业产能,当压裂液进入天然气储层后,在毛细管压力作用下会发生自发渗吸现象,而自发渗吸会对气藏采收率、返排率、气锁等产生重要影响。

[0003] 目前传统的自发渗吸测量装置大部分为油-水自发渗吸测量装置,仅有少部分自发渗吸测量装置可用于模拟气-水自发渗吸,且现有气-水渗吸测量装置均只能模拟常压下的空气-水自发渗吸过程(如申请公布号为CN 105628579 A的专利“一种用于页岩的自发渗吸测量装置”;申请公布号为CN 109374495 A的专利“一种页岩强制渗吸能力的实验测试装置及方法”;授权公告号为CN 207964565 U的专利“一种可记录渗吸全过程的常压渗吸测量装置”),不能模拟气藏压力下的天然气-水的自发渗吸。这与真实天然气储层的自发渗吸环境有很大差别。真实天然气储层的岩石孔隙中是高压天然气,而不是常压空气,压裂液进入储层后,在毛细管压力作用下会自发渗吸进入岩石孔隙中,导致天然气被水封锁住而不能被采出。

[0004] 由于在高压天然气-水系统中进行自发渗吸测量难度较大,因此传统岩心自发渗吸测量装置均选择在常压空气-水系统中进行,然而常压空气-水系统并不能完全真实地反映气藏储层岩石的自发渗吸规律。因此迫切需要设计一种高压天然气-水系统中岩心自发渗吸测量装置,来模拟天然气储层环境下的自发渗吸过程。

发明内容

[0005] 本发明提出一种高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量装置及方法,解决了现有技术中传统装置不能模拟气藏储层中高压天然气-水环境的问题。

[0006] 本发明的技术方案是这样实现的:

[0007] 一种高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量装置,包括:测量管、岩心夹持器、真空泵、恒温箱和注入系统,所述注入系统包括储水罐、恒速恒压泵、中间容器、压力表和高压气瓶;所述中间容器的下端口与恒速恒压泵的出口连接,所述恒速恒压泵的入口与所述储水罐连接,所述中间容器的上端口通过注水管与所述测量管的第一内螺纹接头连接;高压气瓶的出口通过注气管与所述测量管的第三内螺纹接头连接,所述测量管的第二内螺纹接头与所述岩心夹持器的左端连接,所述岩心夹持器的右端与所述注气管连接;所述压力表位于所述注气管上;所述中间容器、所述注水管、所述测量管、所述岩心夹持器以及所述压力表均位于所述恒温箱内部;所述真空泵通过第七阀门与所述注气管连接。

[0008] 作为优选,所述测量管为由透明蓝宝石玻璃制成的带刻度的圆柱形毛细管,测量管上设有用于控制注入的第三阀门和用于控制平衡的第四阀门。

[0009] 作为优选,所述岩心夹持器由外壳和内部胶套组成,所述外壳与所述内部胶套之间留有空隙,所述外壳上设有与所述空隙相连通的围压加压孔,所述围压加压孔通过管线与所述手摇加压泵连接,所述管线上设有第六阀门。

[0010] 作为优选,所述外壳为采用金属材料制成的外壳,所述内部胶套为采用聚四氟乙烯材料制成的胶套。

[0011] 一种高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量方法,其方法步骤如下:

[0012] (1)开启恒温箱,设置目标温度值为测量地点的地层温度值;

[0013] (2)将从测量地点地层中取出的岩心放入100℃的干燥箱中进行干燥,直至岩心重量不再发生改变;

[0014] (3)将上述干燥后的岩心装入岩心夹持器中;

[0015] (4)检查测量装置的气密性,并关闭所有阀门;

[0016] (5)打开用于控制平衡的第四阀门以及与真空泵连接的第七阀门,对测量管和岩心夹持器抽真空,使得真空压低于200Pa,然后关闭真空泵、第七阀门及第四阀门;

[0017] (6)打开第六阀门,通过手摇加压泵对岩心夹持器加围压,使岩心夹持器内的岩心处于类似地层覆压环境中;

[0018] (7)打开注气管上的第八阀门以及高压气瓶的阀门,往岩心中注入天然气,当通过压力表观测到岩心中天然气的压力值达到目标压力值时,关闭第八阀门及高压气瓶的阀门;

[0019] (8)打开注水管上的第一阀门、第二阀门、第三阀门以及第五阀门,然后通过恒速恒压泵以恒定速度向测量管中注水,当恒速恒压泵的泵压突然升高时,关闭恒速恒压泵以及测量管上部的第三阀门;

[0020] (9)打开第四阀门,使天然气与水处于同一个压力系统中;

[0021] (10)观测并记录测量管中天然气-水界面的运动距离和时间数据,从而获得水向岩心的渗吸量和渗吸速度;

[0022] (11)通过公式$V(t)=\frac{\pi}{4}d^2L(t)$计算岩心中渗吸水或天然气的体积,式中V(t)为t时刻岩心自吸的流体体积,d为测量管的直径;L(t)为t时刻测量管中天然气-水界面的运动距离。

[0023] 本发明的有益效果为:

[0024] 本发明所述装置操作方便,原理可靠,能够模拟压裂液在天然气储层中的渗吸过程,解决目前传统装置不能模拟气藏储层中高压天然气-水环境的问题,为更好地进行压裂液体系优化以及气井返排提供了依据。

附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以

根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1为本发明的整体结构示意图；

[0027] 图2为图1中测量管的内部结构剖视图。

[0028] 图中：

[0029] 1、储水罐，2、恒速恒压泵，3、第一阀门，4、中间容器，5、第二阀门，6、测量管，7、第三阀门，8、第四阀门，9、第五阀门，10、岩心夹持器，11、第六阀门，12、手摇加压泵，13、压力表，14、第七阀门，15、真空泵，16、第八阀门，17、高压气瓶，18、恒温箱，19、内螺纹接头，20、第二内螺纹接头，21、第三内螺纹接头，22、注气管，23、注水管。

具体实施方式

[0030] 下面将结合本发明实施例中的附图，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作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] 如图1-图2所示的实施例可知，本发明所述的一种高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量装置，包括：测量管6、岩心夹持器10、真空泵15、恒温箱18和注入系统，注入系统包括储水罐1、恒速恒压泵2、中间容器4、压力表13和高压气瓶17；中间容器4的下端口与恒速恒压泵2的出口连接，恒速恒压泵2的入口与储水罐1连接，中间容器4的上端口通过注水管23与测量管6的第一内螺纹接头19连接；高压气瓶17的出口通过注气管22与测量管6的第三内螺纹接头21连接，测量管6的第二内螺纹接头20与岩心夹持器10的左端连接，岩心夹持器10的右端与注气管22连接；压力表13位于注气管22上；中间容器4、注水管23、测量管6、岩心夹持器10以及压力表13均位于恒温箱18内部；真空泵15通过第七阀门14与注气管22连接。

[0032] 上述测量管6为由透明蓝宝石玻璃制成的带刻度的圆柱形毛细管，测量管6上设有用于控制注入的第三阀门7和用于控制平衡的第四阀门8；通过蓝宝石玻璃可以观测天然气-水界面的运动位置。

[0033] 上述岩心夹持器10由采用金属材料制成的外壳和采用聚四氟乙烯材料制成的内部胶套组成，外壳与内部胶套之间留有空隙，外壳上设有与空隙相连通的围压加压孔，围压加压孔通过管线与手摇加压泵12连接，管线上设有第六阀门11，通过上述围压加压孔往空隙内注水，可模拟地层覆压环境。

[0034] 目前自发渗吸测量主要有两种方法：重量法与体积法。重量法通过测量岩心的重量来获得渗吸液量，体积法通过测得被驱替相的体积来获得渗吸量，本发明将采用体积法来测量岩心的渗吸量。

[0035] 一种高压天然气-水系统岩心自发渗吸测量方法，其方法步骤如下：

[0036] (1)开启恒温箱18，设置目标温度值为测量地点的地层温度值；

[0037] (2)将从测量地点地层中取出的岩心清洗干净后放入100℃的干燥箱中进行干燥，直至岩心重量不再发生改变；

[0038] (3)将上述干燥后的岩心装入岩心夹持器10中；

[0039] (4)检查测量装置的气密性，并关闭所有阀门；

[0040] (5)打开用于控制平衡的第四阀门8以及与真空泵15连接的第七阀门14，对测量管

6和岩心夹持器10抽真空,使得真空压低于200Pa,然后关闭真空泵15、第七阀门14及第四阀门8;

[0041] (6)打开第六阀门11,通过手摇加压泵12对岩心夹持器10加围压,使岩心夹持器10内的岩心处于类似地层覆压环境中;

[0042] (7)打开注气管22上的第八阀门16以及高压气瓶17的阀门,往岩心中注入天然气,当通过压力表13观测到岩心中天然气的压力值达到目标压力值时,关闭第八阀门16及高压气瓶17的阀门;

[0043] (8)打开注水管23上的第一阀门3、第二阀门5、第三阀门7以及第五阀门9,然后通过恒速恒压泵2以恒定速度向测量管6中注水,设定流量小于1ml/s的恒定速度,通过恒速恒压泵2的压力显示可以判断岩心左侧端面与水是否接触,当恒速恒压泵2的泵压突然升高时,表明岩心左侧端面与水接触,此时关闭恒速恒压泵2以及测量管6上部的第三阀门7,使水开始向岩心渗吸;

[0044] (9)打开第四阀门8,使天然气与水处于同一个压力系统中,即天然气-水系统压力达到平衡;

[0045] (10)观测并记录测量管6中天然气-水界面的运动距离和时间数据,从而获得水向岩心的渗吸量和渗吸速度;

[0046] (11)通过公式$V(t)=\frac{\pi}{4}d^2L(t)$计算岩心中渗吸水或天然气的体积,式中V(t)为t时刻岩心自吸的流体体积,d为测量管6的直径;L(t)为t时刻测量管6中天然气-水界面的运动距离。

[0047] 本发明的目的在于研究天然气储层岩石对压裂液的自发渗吸,该装置模拟的渗吸环境与真实天然气储层自发渗吸环境接近,可以定量获得天然气储层对压裂液的自发渗吸能力。

[0048] 本发明能够较真实地反映高压天然气储层条件下岩石对压裂液的自发渗吸规律;既可以测水湿岩心的自发渗吸,又可以测烃湿和混合润湿岩心的自发渗吸。

[0049] 综上所述,本发明所述装置和方法操作方便,原理可靠,能够模拟压裂液在天然气储层中的渗吸过程,解决目前传统装置不能模拟气藏储层中高压天然气-水环境的问题,为更好地进行压裂液体系优化以及气井返排提供了依据。

[0050] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,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。

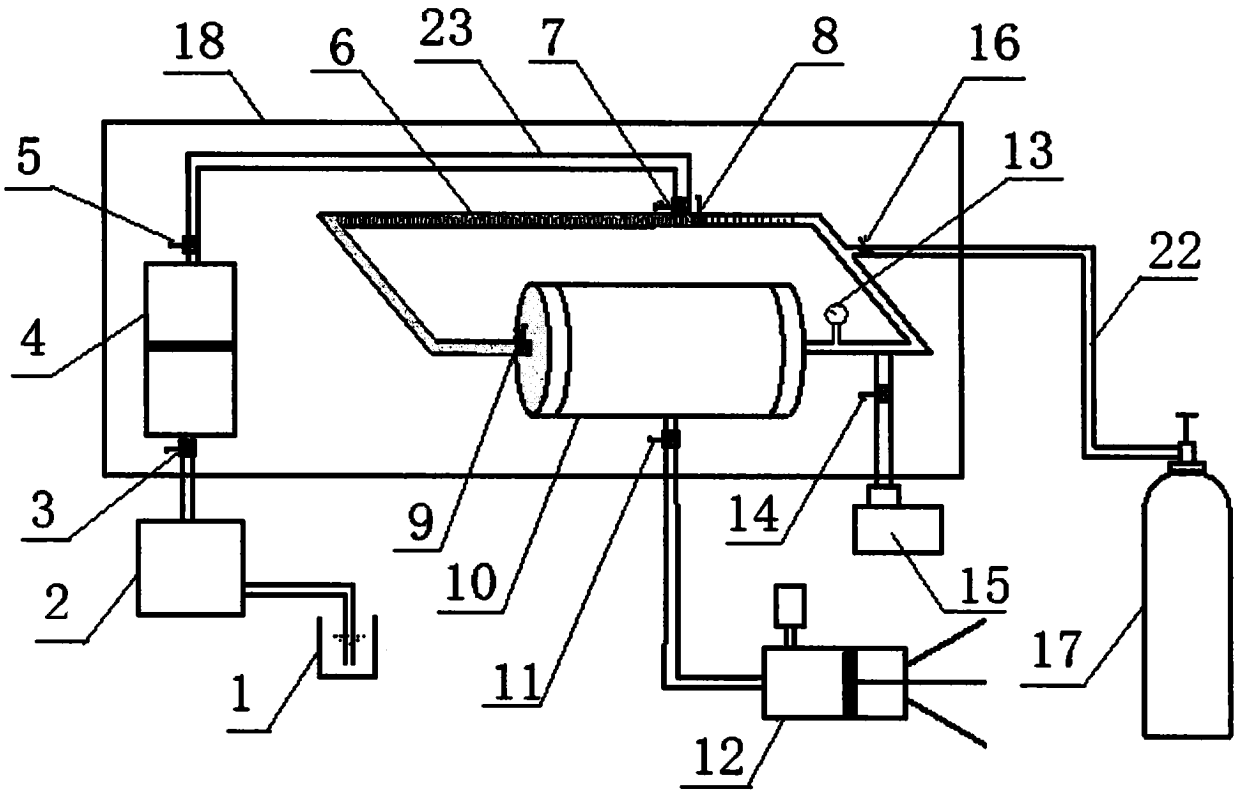


图1

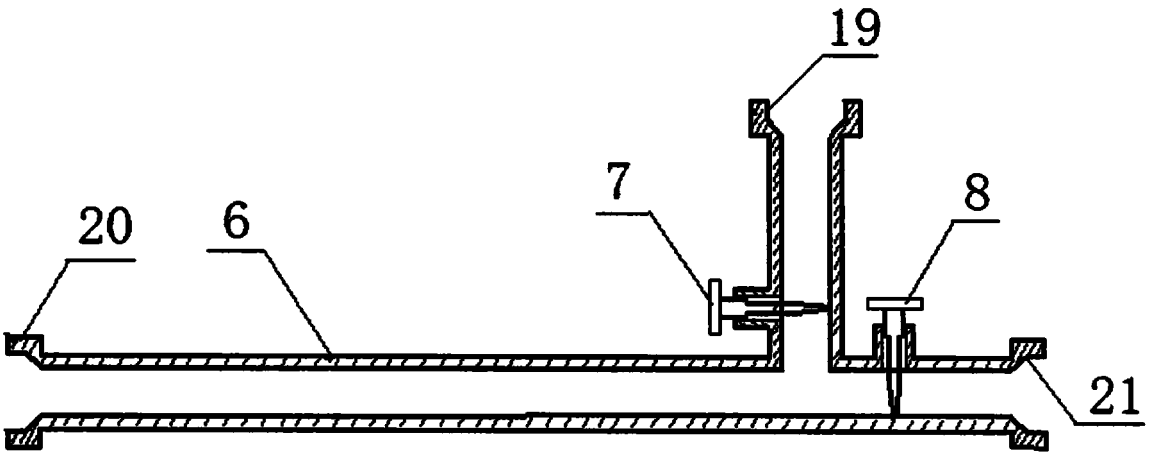


图2