



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103926267 B

(45) 授权公告日 2016.05.04

(21) 申请号 201410174667.3

(22) 申请日 2014.04.28

(73) 专利权人 西安石油大学

地址 710065 陕西省西安市雁塔区电子二路东段 18 号

(72) 发明人 高辉 王雅楠 蔡文斌 高永利 张荣军

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

代理人 陆万寿

CN 201902206 U, 2011.07.20, 全文.

CN 102353625 A, 2012.02.15, 全文.

CN 103528934 A, 2014.01.22, 全文.

US 4542343 A, 1985.09.17, 全文.

WO 2013148508 A1, 2013.10.03, 全文.

刘建军 程林松. 低渗储层物性压力敏感性研究.《新疆石油科技》.2005, 第 15 卷(第 2 期), 刘丽. 低渗透油藏两相渗流参数及驱油效率的应力敏感性研究.《科学技术与工程》.2012, 第 12 卷(第 23 期),

审查员 王超

(51) Int. Cl.

G01N 24/08(2006.01)

(56) 对比文件

CN 103257151 A, 2013.08.21, 说明书第 0005-0023 段.

CN 103257151 A, 2013.08.21, 说明书第 0005-0023 段.

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种定量评价应力敏感过程中孔喉变化程度的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种定量评价应力敏感过程中孔喉变化程度的方法,包括:取实验用岩心,洗油烘干,测岩心孔隙度和气测渗透率;配制实验用模拟地层水,达到地层水矿化度;选取模拟地层水驱替速度,将岩心置于岩心夹持器中,加围压,用模拟地层水驱替岩心;根据岩心入口压力和驱替速度计算水测渗透率,并测该围压下的核磁共振 T₂ 谱;逐渐升高围压,测不同围压下的核磁共振 T₂ 谱;不同围压下的核磁共振 T₂ 谱换算成孔喉半径 r;绘制不同围压下的孔喉半径分布曲线图,定量得出不同围压下的孔喉变化程度。该方法可实时在线测试,无所多次卸装样品,避免卸装过程中围压变化对孔喉变化的影响;从而实现对应力敏感过程中孔喉变化程度定量评价。



CN 103926267 B

1. 一种定量评价应力敏感过程中孔喉变化程度的方法,其特征在于,包括下述步骤:

步骤一、从全直径岩心上钻取直径2.5cm和长度介于4-6cm的岩心,洗油烘干,测岩心孔隙度和气测渗透率;

步骤二、配制实验用模拟地层水,达到地层水矿化度;

步骤三、根据岩心气测渗透率大小选取模拟地层水驱替速度,将岩心置于岩心夹持器中,加围压至2MPa,用模拟地层水驱替岩心;

所述根据岩心气测渗透率大小选取模拟地层水驱替速度满足条件为小于发生速敏的临界流速;所述速敏是为流体在岩心中流动时,因流体流动速度变化引起岩心中微粒运移和堵塞喉道,导致岩心渗透率下降的现象;

步骤四、驱替稳定后,记录岩心入口压力,根据岩心入口压力和驱替速度计算水测渗透率,并测该围压下的核磁共振 T_2 谱;

步骤五、保持岩心入口驱替速度不变,逐渐升高围压,重复步骤四,测不同围压下的核磁共振 T_2 谱;

步骤六、根据下列公式将不同围压下的核磁共振 T_2 谱换算成孔喉半径 r ;

$$r = \frac{2 \times T_2 \times \rho}{1000}$$

式中: T_2 为核磁共振测得的横向弛豫时间,ms;

r 为孔喉半径, μm ;

ρ 为表面弛豫率, $\mu\text{m/s}$;

步骤七、绘制不同围压下的孔喉半径分布曲线图,定量得出不同围压下的孔喉的尺寸大小及含量变化程度。

2. 根据权利要求1所述的定量评价应力敏感过程中孔喉变化程度的方法,其特征在于,所述地层水矿化度达到所取岩心所在油藏的地层水矿化度。

3. 根据权利要求1所述的定量评价应力敏感过程中孔喉变化程度的方法,其特征在于,所述模拟地层水驱替岩心稳定后等待时间需2-3小时。

4. 根据权利要求1所述的定量评价应力敏感过程中孔喉变化程度的方法,其特征在于,所述根据岩心入口压力和驱替速度计算水测渗透率通过下式实现:

$$K = \frac{Q \times L \times \mu \times 100}{A \Delta P}$$

式中: K 为水测渗透率, $10^{-3}\mu\text{m}^2$;

Q 为驱替速度, ml/s ;

L 为岩心长度, cm ;

μ 为模拟地层水粘度, $\text{mPa}\cdot\text{s}$;

A 为岩心横截面积, cm^2 ;

ΔP 为岩心入口压力, MPa 。

一种定量评价应力敏感过程中孔喉变化程度的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及油气开发实验技术领域,特别涉及一种定量评价应力敏感过程中孔喉变化程度的方法。

背景技术

[0002] 油气藏开发过程中,孔隙压力不断减小,而上覆岩石压力没有变化,导致有效应力增大,孔喉不断减小,这一特征在低渗透油气藏表现的尤为明显,明确应力敏感过程中孔喉的变化程度,对于减小应力敏感程度,采取相应措施,进而指导油田合理开发具有重要的参考价值。现有研究中,专利CN103528934A,一种测量超低渗岩石渗透率应力敏感性的互相关技术。CN202066847U,疏松砂岩储层应力敏感模拟测试装置及其专用岩心夹持器。CN102721636A,一种基于尺度模型确定裂缝性低渗储层应力敏感性的方法。CN102011581A,应力敏感性地层钻井堵漏模拟评价装置。2002年第29卷第6期,成都理工学院学报,向阳等人在《致密砂岩气藏应力敏感的全模拟试验研究》一文中利用高温高压全模拟全直径致密砂岩气藏岩石降压开采试验数据揭示了致密砂岩气藏高速开采可对储层造成渗透率损害。2007年第27卷第3期,天然气工业,康毅力等人在《致密砂岩微观孔隙结构参数对有效应力变化的响应》一文中采用有效应力增加单面进汞测试技术分析致密砂岩微观孔隙结构特征。2007年第28卷第4期,石油学报,于忠良等人在《致密储层应力敏感性及其对油田开发的影响》一文中对致密储层的渗透率及应力敏感性进行了实验研究,建立了以原始储层有效应力为有效应力起点的压敏评价方法。2011年第32卷第3期,焦春艳等人在《超低渗透砂岩储层应力敏感性实验》一文中采用全自动岩心驱替系统,应用双重有效应力理论对鄂尔多斯盆三叠系超低渗露头全直径岩心进行应力敏感性评价。2012年第19卷第2期,油气地质与采收率,刘丽在《低渗透油藏启动压力梯度的应力敏感性实验研究》一文中借助室内岩心流动实验,模拟再现地层压力的下降过程,研究了低渗透油藏有效上覆压力对岩石启动压力梯度的影响。2013年第40卷第2期,石油勘探与开发,赵伦等人在《异常高压碳酸盐岩油藏应力敏感实验评价—以滨里海盆地肯基亚克裂缝-孔隙型低渗透碳酸盐岩油藏为例》一文中采取气测法,先逐级增加人造岩心样品围压,然后逐级降压,稳定后测定每个压力点的孔隙度和渗透率,分析岩心的应力敏感性。2013年第12卷第3期,岩石力学与工程学报,孙军昌等人在《特低渗储层不同渗流介质应力敏感特征及其评价方法研究》一文中选取大庆油田外围特低渗油藏及长庆油田某露头储层砂岩岩石进行不同渗流介质(氮气、盐水、煤油)渗透率应力性试验,分析岩样渗透率、孔喉变形、流体压缩性及流固耦合作用机制等因素对应力敏感性的影响。

[0003] 现有研究主要是通过应力敏感过程中渗透率的变化或结合压汞、铸体薄片、扫描电镜等手段去分析应力敏感前后的孔喉变化,存在的主要问题是:渗透率只是微观孔喉的宏观反应,推测只能是定性评价;而应力敏感前后的压汞、铸体薄片、扫描电镜分析并不是在相同的样品上完成,所得结论有待商榷。而核磁共振能够实现无损测试,可以在实验过程中任何阶段进行测试,能够保证整个过程在相同样品上完成,而且核磁共振T2谱与孔喉半

径存在一一对应关系,能够实现定量评价。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种定量评价应力敏感过程中孔喉变化程度的方法,该方法通过实验,可始终保持地层条件,实时在线测试,无所多次卸装样品,避免卸装过程中围压变化对孔喉变化的影响;从而实现对应力敏感过程中孔喉变化程度定量评价,克服定性分析的不足。

[0005] 本发明的目的是通过下述技术方案来实现的。

[0006] 一种定量评价应力敏感过程中孔喉变化程度的方法,包括下述步骤:

[0007] 步骤一、从全直径岩心上钻取直径2.5cm、长度介于4-6cm的岩心,洗油烘干,测岩心孔隙度和气测渗透率;

[0008] 步骤二、配制实验用模拟地层水,达到地层水矿化度;

[0009] 步骤三、根据岩心气测渗透率大小选取模拟地层水驱替速度,将岩心置于岩心夹持器中,加围压至2MPa,用模拟地层水驱替岩心;

[0010] 步骤四、驱替稳定后,记录岩心入口压力(一般稳定等待时间需2小时左右),根据岩心入口压力和驱替速度计算水测渗透率,并测该围压下的核磁共振 T_2 谱;

[0011] 步骤五、保持岩样入口驱替速度不变,逐渐升高围压,重复步骤四,测不同围压下的核磁共振 T_2 谱;

[0012] 步骤六、根据下列公式将不同围压下的核磁共振 T_2 谱换算成孔喉半径;

$$[0013] \quad r = \frac{2 \times T_2 \times \rho}{1000}$$

[0014] 式中: T_2 为核磁共振测得的横向弛豫时间,ms; r 为孔喉半径, μm ; ρ 为表面弛豫率, $\mu\text{m/s}$;

[0015] 步骤七、将不同围压下的孔喉半径分布曲线绘制在同一张图上,对比可定量得出不同围压下的孔喉变化程度。

[0016] 进一步地,所述地层水矿化度达到所取岩心所在油藏的地层水矿化度。

[0017] 进一步地,所述根据岩心气测渗透率大小选取驱替速度满足条件为小于发生速敏的临界流速;所述速敏为流体在岩心中流动时,因流体流动速度变化引起岩心中微粒运移、堵塞喉道,导致岩心渗透率下降的现象。

[0018] 进一步地,所述根据岩心入口压力和水驱速度计算水测渗透率通过下式实现:

$$[0019] \quad K = \frac{Q \times L \times \mu \times 100}{A \Delta P}$$

[0020] 式中: K 为水测渗透率, $10^{-3}\mu\text{m}^2$; Q 为驱替速度, ml/s ; L 为岩心长度, cm ; μ 为模拟地层水粘度, $\text{mPa}\cdot\text{s}$; A 为岩心横截面积, cm^2 ; ΔP 为岩心入口压力, MPa 。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0022] (1)能够保证整个实验过程都在同一样品上完成,克服由于样品不同而带来的分析结果缺陷;

[0023] (2)实验过程可始终保持地层条件,实时在线测试,无所多次卸装样品,避免卸装过程中围压变化对孔喉变化的影响;

[0024] (3)核磁共振 T_2 谱与孔喉半径存在一一对应关系,可以实现定量评价,克服定性分析的不足。

[0025] 本方法主要利用核磁共振无损测试,定量、实时、在线评价应力敏感实验过程中,围压变化对同一样品孔喉变化的影响。能够明确应力敏感过程中孔喉的变化程度,对于减小应力敏感程度,采取相应措施,进而指导油田合理开发具有重要的参考价值。

附图说明

[0026] 图1为本发明方法流程框图。

[0027] 图2为核磁共振 T_2 谱图。

[0028] 图3为孔喉半径分布图。

具体实施方式

[0029] 下面选取某油田样品结合附图对本发明做详细叙述。

[0030] 如图1所示,本发明定量评价应力敏感过程中孔喉变化程度的方法,包括下述步骤:

[0031] 步骤一、从全直径岩心上钻取直径2.5cm、长度介于5cm的岩心,洗油烘干,测孔隙度为10.70%,气测渗透率为 $0.33 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;

[0032] 步骤二、配制实验用模拟地层水,达到地层水矿化度为65670mg/L;

[0033] 步骤三、根据岩心气测渗透率大小选取模拟地层水驱替速度为0.11ml/min,根据岩心气测渗透率大小选取驱替速度满足条件应小于发生速敏的临界流速;速敏是指流体在岩心中流动时,因流体流动速度变化引起岩心中微粒运移、堵塞喉道,导致岩心渗透率下降的现象。然后将岩心置于岩心夹持器中,加围压至2MPa,用模拟地层水驱替岩心;

[0034] 步骤四、驱替稳定后,记录岩心入口压力为2.31MPa,计算水测渗透率为 $0.081 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,测核磁共振 T_2 谱;

[0035] 计算水测渗透率通过下式实现:

$$[0036] \quad K = \frac{Q \times L \times \mu \times 100}{A \Delta P}$$

[0037] 式中:K为水测渗透率, $10^{-3} \mu\text{m}^2$;Q为驱替速度,ml/s;L为岩心长度,cm; μ 为模拟地层水粘度,mPa.s;A为岩心横截面积, cm^2 ; ΔP 为岩心入口压力,MPa。

[0038] 步骤五、保持岩样入口驱替速度为0.11ml/min不变,逐渐升高围压至6MPa、10MPa、15MPa、20MPa,驱替稳定后岩心入口压力分别为2.81MPa、3.06MPa、3.17MPa、3.25MPa,计算水测渗透率分别为 $0.066 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $0.061 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $0.058 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $0.057 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、测核磁共振 T_2 谱见图2;

[0039] 步骤六、根据下列公式将不同围压下的核磁共振 T_2 谱换算成孔喉半径;

$$[0040] \quad r = \frac{2 \times T_2 \times 2.39}{1000}$$

[0041] 步骤七、将不同围压下的孔喉半径分布曲线绘制在同一张图上,参照图3,根据图3对比可知当围压从2MPa增加至6MPa,分布于 $0.14 \mu\text{m} \sim 5.22 \mu\text{m}$ 范围内的孔喉含量减小;当围压增加至10MPa,分布于 $0.30 \mu\text{m} \sim 2.61 \mu\text{m}$ 范围内的孔喉含量减小;当围压增加至15MPa,主要

是分布于 $0.49\mu\text{m}\sim 1.13\mu\text{m}$ 和 $0.05\mu\text{m}\sim 0.09\mu\text{m}$ 范围内的孔喉含量减小;当围压增加至20MPa,主要是分布于 $0.02\mu\text{m}\sim 0.25\mu\text{m}$ 范围内的孔喉含量减小。

[0042] 实验方法的原理说明

[0043] 岩心饱和流体后置于均匀分布的静磁场中,流体中的氢核(^1H)会被磁场极化,产生磁化矢量。核磁共振T2谱主要反映了孔隙介质中流体的流动特性,而这一流动特性受孔喉制约,核磁共振T2谱与孔喉半径存在对应关系,T2谱的变化反映了孔喉的分布情况。实验过程中模拟地层温度和压力,流体采用模拟地层水,岩心夹持器用不含磁PEEK材料制成,用不含氢信号的氟油加围压来模拟地层压力,实验室在恒温箱中进行,可在线实时测试T2谱。不同有效应力条件下,核磁共振T2谱分布不同,将核磁共振T2谱转换成孔喉半径,即可反映孔喉的变化,可定量评价应力敏感过程中孔喉的变化程度。

[0044] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施方式仅限于此,对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单的推演或替换,都应当视为属于本发明由所提交的权利要求书确定专利保护范围。

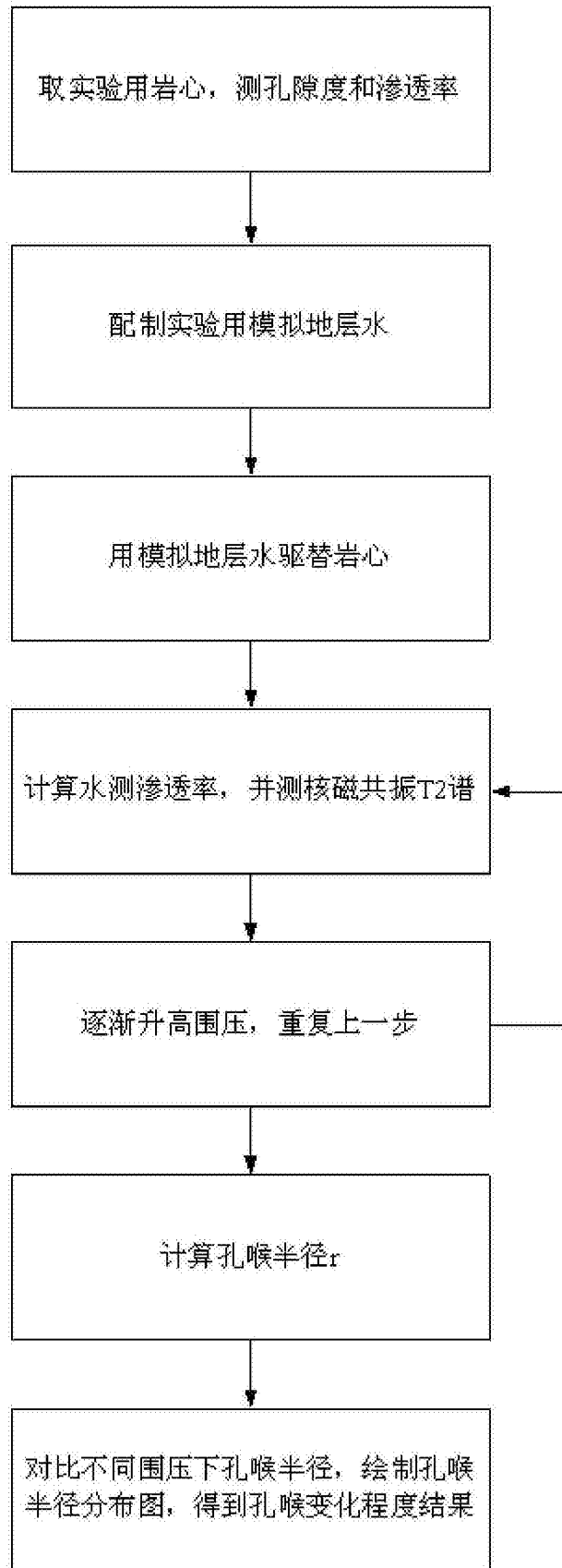


图1

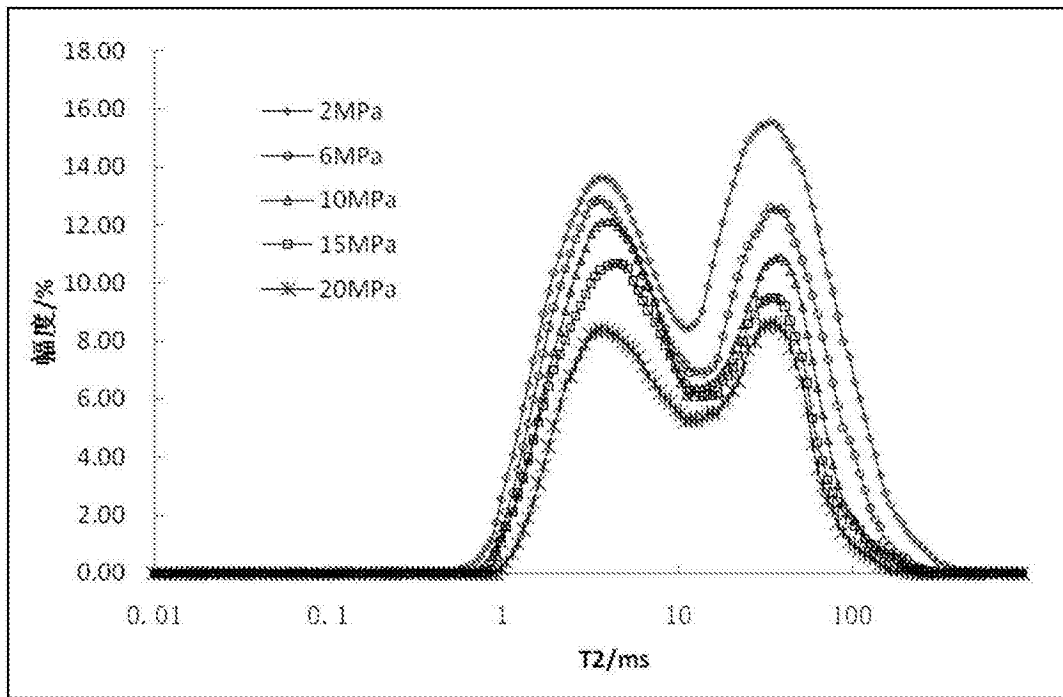


图2

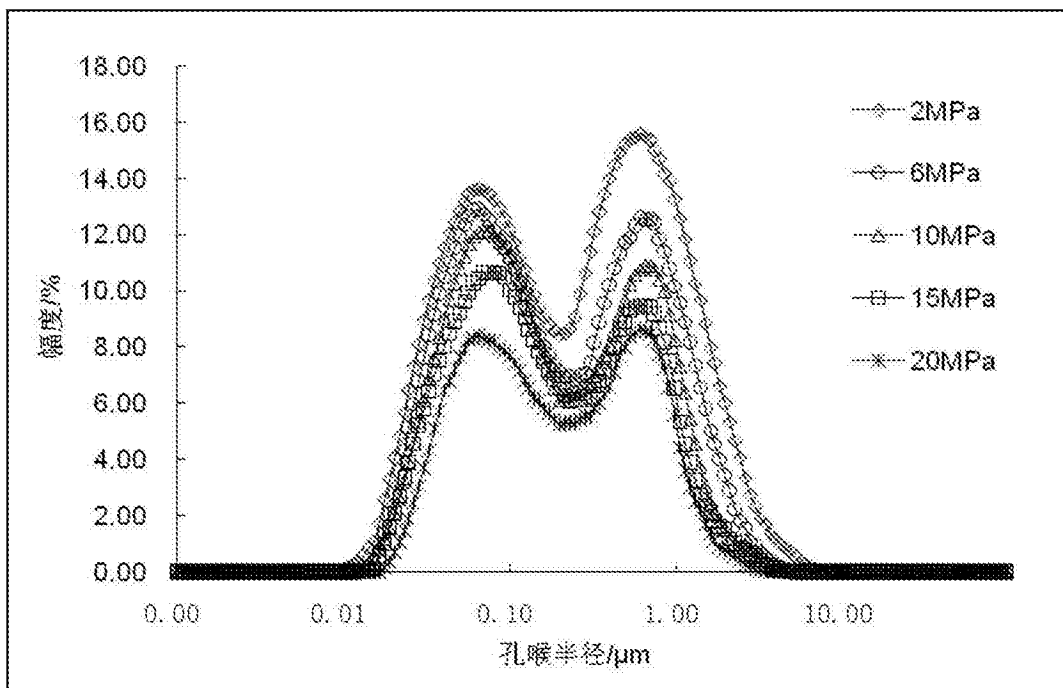


图3