



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105510165 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201510880674. X

(22) 申请日 2015. 12. 04

(71) 申请人 中国石油集团川庆钻探工程有限公司

地址 610051 四川省成都市成华区府青路 1 段 3 号川庆钻探公司科技处

(72) 发明人 陈星宇 尹丛彬 朱炬辉 肖剑锋 何封 王素兵

(74) 专利代理机构 成都天嘉专利事务所(普通合伙) 51211

代理人 冉鹏程

(51) Int. Cl.

G01N 3/56(2006. 01)

E21B 43/267(2006. 01)

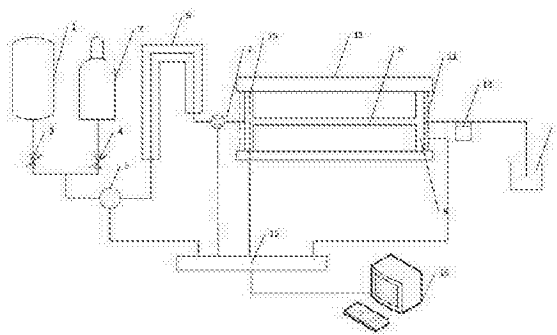
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

非连续铺砂裂缝缝内支撑剂砂团冲蚀评价装置及测试方法

(57) 摘要

本发明涉及一种模拟脉冲式加砂压裂压后返排及生产过程中支撑剂砂柱边缘颗粒流化、缝内孔道率变化的测试装置及方法。该测试装置主要由储液罐、储气罐、恒流泵、管线加热套、流量计、冲蚀区、位移传感器、液压机、砂粒收集器、废液罐、数采控制板、计算机组成。本发明可模拟脉冲式加砂压裂条件下压后非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱受闭合压力及流体冲蚀的真实条件,满足不同测试条件下非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱受压及冲蚀的测试要求。



1. 一种非连续铺砂裂缝缝内支撑剂砂团冲蚀评价装置,其特征在於:主要由储液罐(1)、储气罐(2)、储液罐阀门(3)、储气罐阀门(4)、恒流泵(5)、流量计(7)、管线加热套(6)、冲蚀区腔体(19)、位移传感器(11)、液压机(12)、砂粒收集器(13)、废液罐(14)、数采控制板(15)和计算机(16)组成,所述冲蚀区腔体(19)由上活塞(17)、下活塞(18)通过密封圈(19)与冲蚀区腔体(19)腔体构成;所述上活塞(17)、下活塞(18)与液压机(12)相连;活塞内表面间为支撑剂砂柱铺置区;所述冲蚀区腔体(19)两端分别为进液通道(22)、出液通道(24);所述进液通道(22)依次连接进液接头(25)、流量计(7)、管线加热套(6)及恒流泵(5);所述出液通道(24)依次连接出液接头(26)、砂粒收集器(13)、废液罐(14);所述进液接头(25)与出液接头(26)通过紧固螺栓与冲蚀区腔体(19)腔体两端固定,利用密封垫圈实现贴合密封;所述位移传感器(11)与液压机(12)连接;所述恒流泵(5)、管线加热套(6)、流量计(7)、温度传感器、位移传感器(11)均与数采控制板(15)连接,数采控制板(15)与计算机(16)连接。

2. 根据权利要求1所述的一种非连续铺砂裂缝缝内支撑剂砂团冲蚀评价装置,其特征在於:所述上活塞(17)和下活塞(18)内表面为非均匀刻蚀壁面。

3. 根据权利要求1所述的一种非连续铺砂裂缝缝内支撑剂砂团冲蚀评价装置,其特征在於:所述进液通道(22)连接进液接头(25)内为喇叭口流道。

4. 根据权利要求1所述的一种非连续铺砂裂缝缝内支撑剂砂团冲蚀评价装置,其特征在於:所述出液通道(24)连接出液接头(26)内为圆形流道。

5. 根据权利要求1所述的非连续铺砂裂缝缝内支撑剂砂团冲蚀评价装置的测试方法,包括以下步骤:

(1)称取设定裂缝孔道率及铺砂浓度条件下的支撑剂颗粒;

(2)打开上活塞(17)、下活塞(18),利用支撑剂砂柱成形模具在支撑剂砂柱铺置区铺置形成非连续支撑剂砂柱;

(3)装载上活塞(17)和下活塞(18),利用密封圈(19)完成密封;

(4)使用液压机(12)加载初始闭合压力;

(5)关闭储气罐阀门(4),开启储液罐阀门(3)及恒流泵(5),以最低排量驱替使测试管线及冲蚀区腔体(19)内充满测试流体;

(6)装载位移传感器(11),将液压机(12)加载至设计闭合压力,启动计算机(16),输入实验参数;

(7)启动管线加热套(6),调节恒流泵(5)按设计流量大小注入测试流体,所有实验数据通过数采控制板(15)传输至计算机(16);

(8)逐级增加测试流体流速,至砂粒收集器(13)出现砂粒,得到一定闭合压力条件支撑剂砂柱边缘颗粒流化临界流速;

(9)单级闭合压力及临界流速条件下测试完毕后,打开冲蚀区腔体(19)上、下活塞(18),记录支撑剂砂柱铺置区内支撑剂砂柱形态并计算一定闭合压力及流体冲蚀作用下非连续铺砂裂缝孔道率变化值;

(10)改变闭合压力大小,重复步骤(7)、(8)、(9),得到不同闭合压力条件下支撑剂砂柱边缘颗粒流化临界流速及孔道率变化值。

非连续铺砂裂缝缝内支撑剂砂团冲蚀评价装置及测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种脉冲式加砂压裂压后返排及生产过程中支撑剂砂柱边缘颗粒流化、缝内孔道率变化的测试装置及方法。

背景技术

[0002] 脉冲式水力加砂压裂作为油气藏增产改造领域新兴的技术手段目前已在全球范围内逐步推广应用。该技术通过形成不连续铺砂裂缝,提高缝内孔道率及流体流动效率为油气井压后高效开发提供技术支撑。然而,受地层闭合压力、流体流速、支撑裂缝宽度及支撑剂颗粒本身性质等因素影响,在压后返排过程及生产过程中支撑剂砂柱边缘将出现局部流化现象,降低支撑剂砂柱稳定性并引起油气流通道溃缩,同时支撑剂颗粒流化将带来近井地带裂缝导流能力迅速下降、堆积掩埋井底部储层、冲蚀地面管线及仪表等不利影响,对压后生产工作的正常进行造成消极作用。因此,开展闭合压力作用下不连续充填裂缝支撑剂砂柱冲蚀稳定性研究工作,对优化工艺参数提高压后效果具有重要意义。

[0003] 目前模拟支撑裂缝支撑剂冲蚀的测试装置及方法主要基于连续充填裂缝,如公开号为102183796A,公开日为2011年9月14日的中国专利文献公开了一种模拟支撑剂回流的测试装置及方法,该测试装置主要由储液罐、腔室泵、管线加热套、流量计、导流室、位移传感器、油压机、砂样收集器、废液罐、数据采集控制板、计算机组成。该测试方法如下:首先将支撑剂铺置于两块岩板之间,装载于导流室内;然后开启腔室泵,以小排量驱替;油压机两侧装载位移传感器,并加载至设计压力;启动计算机、管线电加热套、电加热棒,调节腔室泵排量,所有数据通过数据采集控制板传输至计算机;逐级增大排量,得到一定闭合压力下支撑剂回流临界流速;改变闭合压力,可得到不同闭合压力条件下支撑剂回流临界流速。

[0004] 但以上述专利文献为代表的现有技术仍然存在以下缺陷和不足:

- 1、不能考察非连续铺砂裂缝内流体冲蚀对支撑裂缝孔道率的影响;
- 2、未考虑裂缝壁面粗糙度对非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱冲蚀稳定性的影响;
- 3、不能对不同流速条件下非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱边缘颗粒流化现象展开研究;
- 4、不能模拟地层闭合压力与流体冲蚀双重作用下非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱稳定性变化情况。

发明内容

[0005] 本发明旨在针对上述现有技术所存在的缺陷和不足,提供一种非连续铺砂裂缝缝内支撑剂砂团冲蚀评价装置,使用该测试装置,可模拟非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱稳定性的真实条件,满足不同环境条件下支撑剂砂柱稳定性的测试要求,可用以指导形成合理的压裂工艺参数降低脉冲式加砂压裂工艺条件下支撑剂砂柱稳定性下降带来负面影响,及确定合理的压后生产工艺。

[0006] 同时,本发明还提供了该测试装置的测试方法。

[0007] 本发明是通过采用下述技术方案实现的:

一种非连续铺砂裂缝内支撑剂砂团冲蚀评价装置,其特征在于:主要由储液罐、储气罐、储液罐阀门、储气罐阀门、恒流泵、流量计、管线加热套、冲蚀区、位移传感器、液压机、砂粒收集器、废液罐、数采控制板和计算机组成,所述冲蚀区由上活塞、下活塞通过密封圈与冲蚀区腔体构成;所述上活塞、下活塞与液压机相连;活塞内表面间为支撑剂砂柱铺置区;所述冲蚀区两端分别为进液通道、出液通道;所述进液通道依次连接进液接头、流量计、管线加热套及恒流泵;所述出液通道依次连接出液接头、砂粒收集器、废液罐;所述进液接头与出液接头通过紧固螺栓与冲蚀区腔体两端固定,利用密封垫圈实现贴合密封;所述位移传感器与液压机连接;所述恒流泵、管线加热套、流量计、温度传感器、位移传感器均与数采控制板连接,数采控制板与计算机连接。

[0008] 本发明中,所述上活塞和下活塞内表面为非均匀刻蚀壁面,可真实模拟地层条件下人工裂缝壁面粗糙形态,保证测试结果的真实可靠。

[0009] 本发明中,所述进液通道连接进液接头内为喇叭口流道,与进液通道契合,可避免测试流体进入模拟裂缝内腔对支撑剂砂柱形成射流冲击,保证测试结果有效性。

[0010] 本发明中,所述出液通道连接出液接头内为圆形流道,可模拟射孔孔眼及流化支撑剂颗粒由裂缝经孔眼流至井筒的过程。

[0011] 一种非连续铺砂裂缝内支撑剂砂团冲蚀评价装置的测试方法,包括以下步骤:

- (1)称取设定裂缝孔道率及铺砂浓度条件下的支撑剂颗粒;
- (2)打开上活塞、下活塞,利用支撑剂砂柱成形模具在支撑剂砂柱铺置区铺置形成非连续支撑剂砂柱;
- (3)装载上活塞和下活塞,利用密封圈完成密封;
- (4)使用液压机加载初始闭合压力;
- (5)关闭储气罐阀门(模拟压后返排),开启储液罐阀门及恒流泵,以最低排量驱替使测试管线及冲蚀区内充满测试流体;
- (6)装载位移传感器,将液压机加载至设计闭合压力,启动计算机,输入实验参数;
- (7)启动管线加热套,调节恒流泵按设计流量大小注入测试流体,所有实验数据通过数采控制板传输至计算机;
- (8)逐级增加测试流体流速,至砂粒收集器出现砂粒,得到一定闭合压力条件支撑剂砂柱边缘颗粒流化临界流速;
- (9)单级闭合压力及临界流速条件下测试完毕后,打开冲蚀区上、下活塞,记录支撑剂砂柱铺置区内支撑剂砂柱形态并计算一定闭合压力及流体冲蚀作用下非连续铺砂裂缝孔道率变化值;
- (10)改变闭合压力大小,重复步骤(7)、(8)、(9),得到不同闭合压力条件下支撑剂砂柱边缘颗粒流化临界流速及孔道率变化值。

[0012] 所述支撑剂砂柱铺置区为非连续充填铺置。

[0013] 与现有技术相比,本发明所达到的有益效果如下:

一、采用本测试装置及方法,可模拟非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱稳定性的真实条件,满足不同环境条件下支撑剂砂柱稳定性的测试要求,可用以指导形成合理的压裂工艺参数降低脉冲式加砂压裂工艺条件下支撑剂砂柱稳定性下降带来负面影响,及确定合理的压后生产工艺。

- [0014] 二、可模拟非连续铺砂裂缝内流体冲蚀对支撑剂孔道率的影响。
- [0015] 三、考虑裂缝壁面粗糙度对非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱冲蚀稳定性的影响。
- [0016] 四、可开展不同流速条件下非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱边缘颗粒流化现象的研究。
- [0017] 五、可模拟地层闭合压力与流体冲蚀双重作用下非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱稳定性变化情况；

六、本发明提供了一种模拟脉冲式加砂压裂压后返排及生产过程中地层闭合压力作用下支撑剂砂柱冲蚀的测试装置,原理可靠,结构简单,测试方法有效。本发明不仅可用于研究脉冲式加砂压裂条件下地层闭合压力作用下受流体冲蚀作用的支撑剂砂柱稳定性,确定支撑剂砂柱边缘颗粒流化临界流速,考察缝内孔道率变化情况,克服了现有技术缺陷,为研究脉冲式加砂压裂压后非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱稳定性提供了专用设备及测试方法。

附图说明

[0018] 下面将结合说明书附图和具体实施方式对本发明作进一步的详细说明,其中:

图1为模拟脉冲式加砂压裂压后非连续铺砂裂缝内支撑剂砂柱稳定性的测试装置结构示意图;

图2为平板夹持裂缝结构示意图;

图3为 裂缝壁面侧视图。

具体实施方式

[0019] 实施例1

参照说明书附图1、2和3,作为本装置的最佳实施方式为:

按照设计的非连续铺砂裂缝孔道率,所需支撑剂质量:

$$m_p = S \cdot \phi_0 \cdot C_p$$

式中:

m_p —实验所需支撑剂质量,g; S —模拟裂缝面积, m^2 ; ϕ_0 —非连续铺砂裂缝初始孔道率;
 C_p —单柱支撑剂砂柱铺砂浓度, kg/m^2 。

根据力矩平衡方程,可以得到支撑剂砂柱边缘颗粒流化临界流速:

$$v = \sqrt{0.284 \frac{\epsilon \gamma}{d_s \rho} + 0.284 \frac{g h \delta}{d_s}}$$

式中:

v —砂柱边缘颗粒流化临界流速, m/s ; d_s —支撑剂直径, m ; g —重力加速度, m^2/s ; ρ_s —支撑剂密度, kg/m^3 ; ρ —实验流体密度, kg/m^3 ; ϵ —粘结力系数, $0.00256Pa \cdot m$; γ —纤维对内聚力修正系数; h —裂缝滤失高度, m ; δ —薄膜参数, $0.213 \times 10^{-6}m$;

本测试装置主要由储液罐1、储气罐2、储液罐阀门3、储气罐阀门4、恒流泵5、流量计7、管线加热套6、冲蚀区8、位移传感器11、液压机12、砂粒收集器13、废液罐14、数采控制板15、计算机16组成。所述冲蚀区8内侧有盲道用于装入电阻加热丝20、温度传感器10;冲蚀区8由上活塞17、下活塞18及冲蚀区腔体9组成,上活塞17、下活塞18内表面间为支撑剂砂柱铺置

区;上活塞17、下活塞18均与液压机12相连,上活塞17、下活塞18与冲蚀区腔体9通过密封圈19完成密封;冲蚀区腔体9两侧分别有进液通道22、出液通道24;所述进液通道22接进液接头25、流量计7、管线加热套6、恒流泵5;所述出液通道24接出液接头26、砂粒收集器13;所述进液接头25内部为喇叭口流道;所述出液接头26内部为圆形孔眼;所述进液接头25与出液接头26通过紧固螺栓21与冲蚀区腔体9连接,利用密封垫圈23完成密封。

[0020] 所述液压机12连接位移传感器11;所述恒流泵5、管线加热套6、流量计7、温度传感器10、位移传感器11均与数采控制板15连接,数采控制板15与计算机16连接。

[0021] 假设模拟对象为气井脉冲式加砂压裂压后不连续铺砂裂缝,主要参数为:单柱铺砂浓度 $7\text{kg}/\text{m}^2$ 、非均匀铺砂裂缝孔道率35%、储层温度 100°C 、地层闭合压力 20MPa 、裂缝面积 0.12m^2 ,则所需砂量为:

$$m_s = S \cdot C_p \cdot C_r = 0.12 \cdot 0.35 \cdot 7 = 0.294\text{kg}。$$

[0022] 实施例2

采用上述测试装置的测试方法如下:

(1)称取实验测试所需支撑剂颗粒 0.294kg ,并配置实验用测试流体;(2)利用支撑剂砂柱模具制作支撑剂砂柱,在设计裂缝孔道率条件下

于冲蚀区8支撑剂砂柱铺置区内铺置形成不连续支撑裂缝;

(3)装载冲蚀区8上(下)活塞17(18),加装进液接头25和出液接头26,液压机12加载至初始闭合压力 6.9MPa ;

(4)模拟压后返排流体冲蚀过程,关闭储气罐阀门4,开启储液罐1、储液罐阀门3,开启恒流泵5,以最低排量驱替,使实验测试流程管线及支撑剂砂柱铺置区充满测试流体;

(5)设定管线加热套6、冲蚀区8电阻加热丝20温度为 100°C ;

(6)装载液压机12两侧位移传感器11,加载闭合压力至设定大小 20MPa ;

(7)启动计算机16,输入实验参数,通过数采控制板15采集数据至计算机16;

(8)控制恒流泵流量加载时间间隔,逐级增加测试流体排量,观察砂粒收集器13直至出

现砂粒,采用 $v = \sqrt{0.284 \frac{e\tau}{d_s \rho} + 0.284 \frac{gh\delta}{d_s}}$ 计算得到 20MPa 闭合压力条件下支撑剂砂柱边缘颗

粒流化临界速度;

(9)卸载闭合压力,取下冲蚀区8上(下)活塞17(18),图像记录并计算试验后裂缝孔道率大小,得到一定闭合压力及流体冲蚀作用下不连续铺砂裂缝孔道率变化值;

(10)改变闭合压力大小,重复步骤(7)-(9),得到不同闭合压力条件下支撑剂砂柱边缘颗粒流化临界流速及不连续铺砂裂缝孔道率变化值。

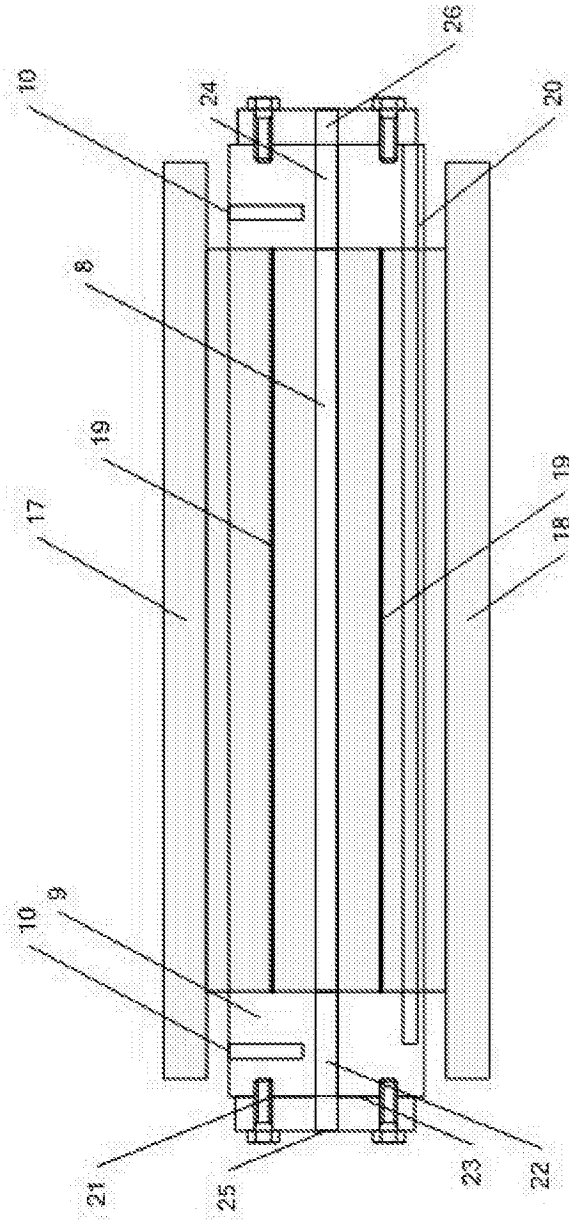


图2

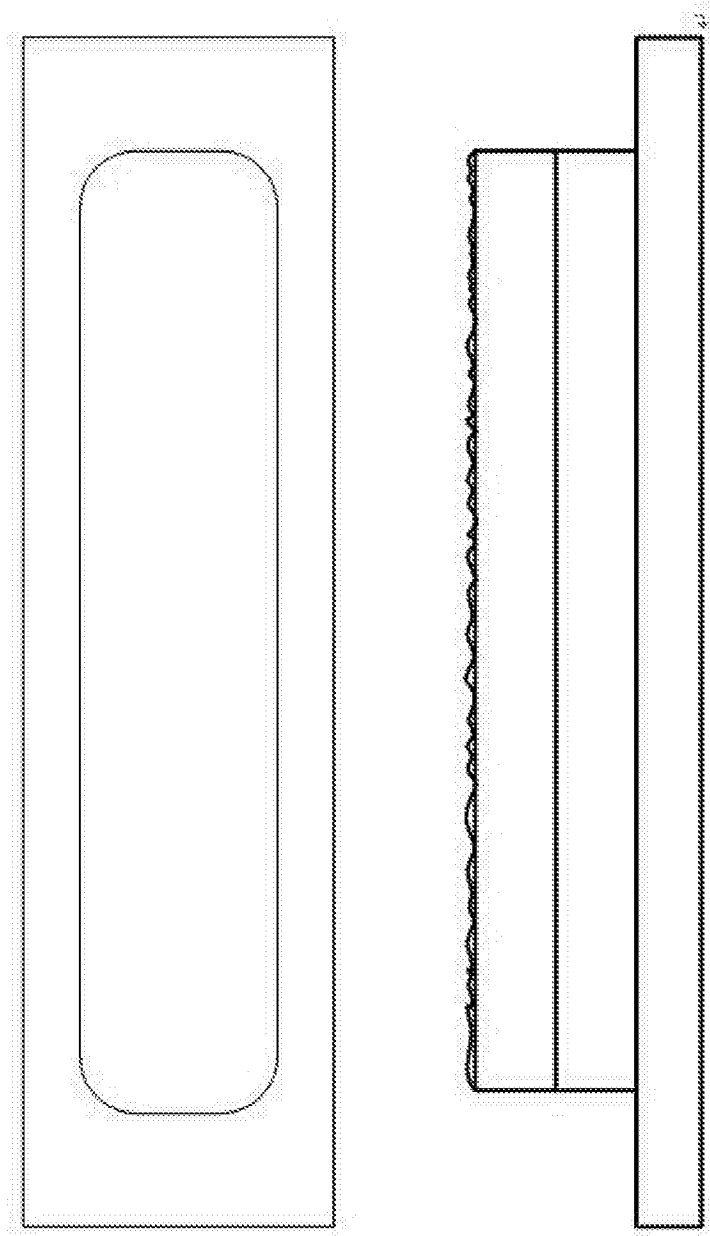


图3