



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104278980 B

(45)授权公告日 2016.12.28

(21)申请号 201310286976.5

(22)申请日 2013.07.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104278980 A

(43)申请公布日 2015.01.14

(73)专利权人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

(72)发明人 樊凤玲 李忠兴 赵振峰 李宪文
张矿生 唐梅荣 王文雄 王广涛
曹宗雄 徐创朝

(74)专利代理机构 北京三高永信知识产权代理
有限责任公司 11138
代理人 刘映东

(51)Int.Cl.

E21B 43/26(2006.01)

(56)对比文件

CN 102606126 A, 2012.07.25,
CN 102606124 A, 2012.07.25,
CN 102913221 A, 2013.02.06,
US 2007/0083331 A1, 2007.04.12,
US 2004/0206495 A1, 2004.10.21,

王文东等.致密油藏直井体积压裂储层改造体积的影响因素.《中国石油大学学报(自然科学版)》.2013,第37卷(第3期),第93页-第97页.

王文东等.致密油藏直井体积压裂储层改造体积的影响因素.《中国石油大学学报(自然科学版)》.2013,第37卷(第3期),第93页-第97页.

审查员 夏凡壹

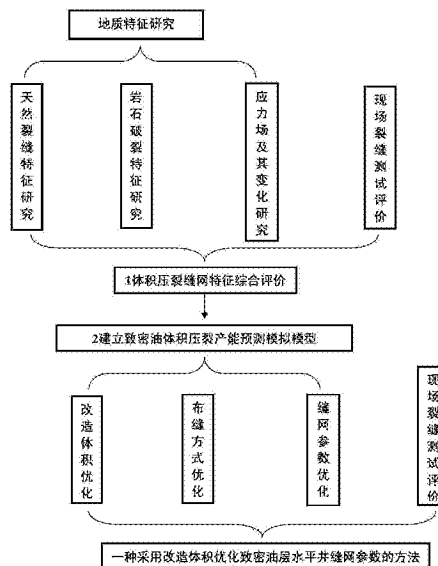
权利要求书3页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法

(57)摘要

本发明公开了一种采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,属于致密油水平井储层领域。本方法针对致密储层,首先评价储层地质特征,明确体积压裂形成体积缝网系统的具体储层条件,然后研究水平井体积压裂不同改造体积、布缝方式对产能的影响,优化具体的缝网参数;所述方法至少包括:1、建立致密储层体积压裂的缝网特征综合评价基础方法;2、建立致密油体积压裂产能预测模拟模型方法。通过以压裂时形成的改造体积来优化致密油层水平井压裂缝网参数,在致密油层内形成一定的改造体积,形成基质向裂缝最短距离渗流,大大降低有效流动的驱动压力,实现在极低渗透率条件下的流动。有利于大幅提高单井产量。



1. 一种采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,其特征在于,针对致密储层,首先评价储层地质特征,明确体积压裂形成体积缝网系统的具体储层条件,然后研究水平井体积压裂不同改造体积、布缝方式对产能的影响,优化具体的缝网参数;所述方法至少包括:1、建立致密储层体积压裂的缝网特征综合评价基础方法;2、建立致密油体积压裂产能预测模拟模型方法;

所述1、建立致密储层体积压裂的缝网特征综合评价基础方法,是通过研究区储层特征及裂缝评价,建立体积压裂的缝网特征,该方法至少包括:步骤1)天然裂缝特征评价;步骤2)岩石破裂特征评价;步骤3)应力场及其变化评价;步骤4)现场裂缝测试评价;其中,

步骤1)天然裂缝特征评价;

通过野外露头观察、岩心描述、成像测井解释手段对储层天然裂缝特征进行评价,并结合天然裂缝产状特征及岩石力学特征,结论是天然裂缝对水力裂缝延伸具有影响;

步骤2)岩石破裂特征评价;

通过对岩石破裂特征进行评价,结论是储层岩石脆性较强,通过体积压裂打碎储层,形成错断、滑移、剪切裂缝,在储层内形成体积改造基础;

步骤3)应力场及其变化评价;

a)通过对储层岩石应力特征进行评价,结论是储层水平两向应力差不大,且小于储隔层应力差,能够在油层内产生分支缝,形成一定程度的缝网;

b)通过水力压裂诱导附加应力对原应力场的作用评价,结论是水力压裂时在裂缝壁面附近会产生诱导应力场,当诱导应力差达到一定程度时,两向应力差变小,有利于形成复杂缝网;

c)致密储层压裂产生诱导附加应力后,裂缝附近的水平应力差为0.2-3.6MPa,利于裂缝方向改变,产生缝网;

步骤4)现场裂缝测试评价;

通过井下微地震实时监测,评价缝网特征,结论是致密储层体积压裂可产生较为复杂的缝网系统,通过体积压裂形成较大范围的改造体积基础;

所述各个步骤形成的缝网特征综合评价基础,实现致密储层压裂时,水力裂缝遇天然裂缝能够较为容易地开启天然裂缝,形成人工裂缝与天然裂缝的网络系统。

2. 根据权利要求1所述的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,其特征在于,所述2、建立致密油体积压裂产能预测模拟模型方法;是通过特定井网条件下,水平井体积压裂改造体积对采出程度的影响,优化改造体积,并优化水平井体积压裂布缝方式、缝网带宽、带长缝网参数;所述方法至少包括:步骤1)改造体积优化;步骤2)布缝方式优化;步骤3)缝网参数优化;步骤4)现场裂缝测试。

3. 根据权利要求2所述的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,其特征在于,所述

步骤1)改造体积优化;结合致密储层特征,建立体积压裂产能预测模拟模型,根据不同井网条件、不同改造体积对采出程度的影响,优化改造体积;建立缝网双重介质模型;

理论模型包括以下方程式:

(1)流动方程:

$$\bar{V}_m = -\frac{K_m}{\mu} \text{grad}P_m$$

式(1)中:

V表示渗流速度,K表示渗透率,P表示压力, μ 表示流体粘度;

(2)状态方程:

$$\rho = \rho_0 \exp(1 + C_L P)$$

式(2)中:

ρ 表示流体密度,C表示压缩系数,P表示压力;

(3)连续性方程:

$$\phi_m C_m \frac{\partial P_m}{\partial t} - \frac{k_m}{\mu} \text{div}(\text{grad}P_m) + \frac{\alpha K_f}{\mu} (P_m - P_f) = 0$$

式(3)中:

ϕ 表示孔隙度,C表示压缩系数,P表示压力,K表示渗透率, μ 表示流体粘度, α 是与岩石的比面、孔隙结构有关的,表示裂缝性岩石特征参数;

下标m表示基质(matrix)的参数,下标f表示裂缝(fracture)的参数。

4. 根据权利要求3所述的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,其特征在于,所述建立缝网双重介质模型的典型参数:油层孔隙度 ϕ 为9%,油层渗透率K为0.1-0.3mD,油层中部原始地层压力P为16-18MP,压力系数为0.75-0.85,地下原油粘度 μ 为0.7-0.8mPa.s,原始溶解油气比75.7m³/t,原油压缩系数C为14-16 $\times 10^{-4}$ /MPa。

5. 根据权利要求2所述的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,其特征在于,所述步骤2)布缝方式优化;依据最优改造体积下建立的数值模型,针对自然能量开采不同的井网形式下的水平井体积压裂对采出程度的影响,结合缝网长度、宽度参数对产量的影响,选用不同布缝方式,优化形成a)交错式布缝方式;b)哑铃式交错布缝方式。

6. 根据权利要求5所述的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,其特征在于,所述a)交错式布缝方式是针对自然能量井网优化形成交错式布缝方式;针对自然能量井网由人工压裂来产生多裂缝,然后进行压裂织网;相邻的水平方向上下n层基质岩块系统(2)全部在相邻的垂直方向裂缝系统(3)之间形成交错式布缝结构,构成多缝的缝网系统。

7. 根据权利要求5所述的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,其特征在于,所述b)哑铃式交错布缝方式;相邻的垂直方向裂缝系统(3)之间,位于相邻的水平方向上下n层基质岩块系统(2)的中部形成哑铃式交错布缝结构,构成多缝的缝网系统。

8. 根据权利要求2或3所述的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,其特征在于,所述步骤3)缝网参数优化;在最优改造体积下,根据不同的缝网带长、带宽、压裂段数对采出程度的影响,分别优化缝网带长、带宽缝网参数,形成根据改造体积优化缝网参数叠加的方法;所述a)交错式布缝方式和b)哑铃式交错布缝方式,采用裂缝与水平井垂直时的产能公式(1)流动方程、(2)状态方程、(3)连续性方程联立求解预测低渗透油田压裂水平井产量;对于交错部分,通过提高施工规模,包括液量为500m³以上、排量为6m³/min以上,获得优化的缝网叠加效果。

9. 根据权利要求2所述的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,其特征在于,所述步骤4)现场裂缝测试;通过在研究区致密油层内形成的改造体积目标,优化缝网参

数,形成基质向裂缝最短距离渗流。

一种采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及致密油水平井储层领域,特别涉及一种采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法。

背景技术

[0002] 致密油是致密储层油的简称,是一种非常规石油资源,主要赋存空间为致密砂岩、泥灰岩、白云岩等非常规储层。这些非常规储层具有孔隙度小、渗透率低等特点,一般情况下无自然产能或产能较低,勘探开发难度较大。

[0003] 在致密油气藏开发过程中,由于孔隙压力下降,导致有效应力增加,储层岩石孔隙、裂缝发生形变和渗透率受到影响。针对致密油藏储层致密、孔喉细微、油层非均质性强、天然裂缝发育,油层渗流特征复杂的特性。目前对于该类油层如何开展裂缝优化,没有可借鉴的方法。

[0004] 现有技术在前期采用常规低渗透油藏储层改造水力裂缝优化方法,所谓低渗油藏通常采用水平井压裂的方法来提高油层产能,由于地质条件复杂及多形态的断层发育,使得水平井压裂裂缝参数对压裂效果起着决定性的作用。这种改造水力裂缝方法是以裂缝导流能力与储层渗流能力匹配、裂缝方位、裂缝半长与井网相匹配来优化水力裂缝参数,传统的裂缝参数设计需要考虑穿透比,一般穿透比为0.4-0.7无因次,裂缝参数不会叠加在一起。该方法对于储层渗流能力相对较好的低渗透、超低渗透油层,在储层内形成油层到裂缝及裂缝到井筒的“双线性流”渗流模式,取得了较好应用的效果。

[0005] 然而,对于致密储层油,由于储层天然裂缝发育、储层致密、渗流特征复杂等原因,不适于采用传统低渗透油层改造水力裂缝优化的方法,而且现场试验表明,采用传统方法对致密油水平井提高单井产量幅度不大,难以实现致密油经济有效的开发。

发明内容

[0006] 为了解决现有技术的问题,本发明实施例提供了一种采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法。在致密油层内形成一定的改造体积,以最优的改造体积目标,优化缝网参数,形成基质向裂缝最短距离渗流,大大降低有效流动的驱动压力,实现在极低渗透率条件下的流动,利于实现致密油经济有效的开发。所述技术方案如下:

[0007] 一种采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,针对致密储层,首先评价储层地质特征,明确体积压裂形成体积缝网系统的具体储层条件,然后研究水平井体积压裂不同改造体积、布缝方式对产能的影响,优化具体的缝网参数;所述方法至少包括:1、建立致密储层体积压裂的缝网特征综合评价基础方法;2、建立致密油体积压裂产能预测模拟模型方法。

[0008] 具体地,所述1、建立致密储层体积压裂的缝网特征综合评价基础方法;是通过研究区储层特征及裂缝评价,建立体积压裂的缝网特征;所述方法至少包括:步骤1)天然裂缝特征评价;步骤2)岩石破裂特征评价;步骤3)应力场及其变化评价;步骤4)现场裂缝测试评

价。

[0009] 所述步骤1)天然裂缝特征评价;

[0010] 通过野外露头观察、岩心描述、成像测井解释手段对储层天然裂缝特征进行评价,并综合天然裂缝产状特征及岩石力学特征,结论是天然裂缝对水力裂缝延伸具有影响;

[0011] 步骤2)岩石破裂特征评价;

[0012] 通过对岩石破裂特征进行评价,结论是储层岩石脆性较强,通过体积压裂打碎储层,形成错断、滑移、剪切裂缝,在储层内形成体积改造基础;

[0013] 步骤3)应力场及其变化评价;

[0014] a)通过对储层岩石应力特征进行评价,结论是储层水平两向应力差不大,且小于储隔层应力差,能够在油层内产生分支缝,形成一定程度的缝网;

[0015] b)通过水力压裂诱导附加应力对原应力场的作用评价,结论是水力压裂时在裂缝壁面附近会产生诱导应力场,当诱导应力差达到一定程度时,两向应力差变小,有利于形成复杂缝网;

[0016] c)致密储层压裂产生诱导附加应力后,裂缝附近的水平应力差为0.2-3.6MPa,利于裂缝方向改变,产生缝网;

[0017] 步骤4)现场裂缝测试评价;

[0018] 通过井下微地震实时监测,评价缝网特征,结论是致密储层体积压裂可产生较为复杂的缝网系统,通过体积压裂形成较大范围的改造体积基础;

[0019] 所述各个步骤形成的缝网特征综合评价基础,实现致密储层压裂时,水力裂缝遇天然裂缝能够较为容易地开启天然裂缝,形成人工裂缝与天然裂缝的网络系统。

[0020] 具体地,所述2、建立致密油体积压裂产能预测模拟模型方法;是通过特定井网条件下,水平井体积压裂改造体积对采出程度的影响,优化改造体积,并优化水平井体积压裂布缝方式、缝网带宽、带长缝网参数;所述方法至少包括:步骤1)改造体积优化;步骤2)布缝方式优化;步骤3)缝网参数优化;步骤4)现场裂缝测试。

[0021] 所述步骤1)改造体积优化;结合致密储层特征,建立体积压裂产能预测模拟模型,根据不同井网条件、不同改造体积对采出程度的影响,优化改造体积;建立缝网双重介质模型;

[0022] 理论模型包括以下方程式:

[0023] (1)流动方程:

$$[0024] \quad \bar{V}_m = -\frac{K_m}{\mu} \text{grad}P_m$$

[0025] 式(1)中:

[0026] V表示渗流速度,K表示渗透率,P表示压力, μ 表示流体粘度;

[0027] (2)状态方程:

$$[0028] \quad \rho = \rho_0 \exp(1 + C_L P)$$

[0029] 式(2)中:

[0030] ρ 表示流体密度,C表示压缩系数,P表示压力;

[0031] (3)连续性方程:

$$[0032] \quad \phi_m C_m \frac{\partial P_m}{\partial t} - \frac{k_m}{\mu} \operatorname{div}(\operatorname{grad} P_m) + \frac{\alpha K_f}{\mu} (P_m - P_f) = 0$$

[0033] 式(3)中:

[0034] ϕ 表示孔隙度,C表示压缩系数,P表示压力,K表示渗透率, μ 表示流体粘度, α 是与岩石的比面、孔隙结构有关的,表示裂缝性岩石特征参数;

[0035] 下标m表示基质(matrix)的参数,下标f表示裂缝(fracture)的参数。

[0036] 进一步地,所述建立缝网双重介质模型的典型参数:油层孔隙度 ϕ 为9%,油层渗透率K为0.1-0.3mD,油层中部原始地层压力P为16-18MP,压力系数为0.75-0.85,地下原油粘度 μ 为0.7-0.8mPa·s,原始溶解油气比75.7m³/t,原油压缩系数C为14-16×10⁻⁴/MPa。

[0037] 所述步骤2)布缝方式优化;依据最优改造体积下建立的数值模型,针对自然能量开采不同的井网形式下的水平井体积压裂对采出程度的影响,结合缝网长度、宽度参数对产量的影响,选用不同布缝方式,优化形成a)交错式布缝方式;b)哑铃式交错布缝方式。

[0038] 所述a)交错式布缝方式是针对自然能量井网优化形成交错式布缝方式;针对自然能量井网由人工压裂来产生多裂缝,然后进行压裂织网;所述相邻的水平方向上下n层基质岩块系统全部在相邻的垂直方向裂缝系统之间形成交错式布缝结构,构成多缝的缝网系统。

[0039] 所述b)哑铃式交错布缝方式;所述相邻的垂直方向裂缝系统之间,位于相邻的水平方向上下n层基质岩块系统的中部形成哑铃式交错布缝结构,构成多缝的缝网系统。

[0040] 所述步骤3)缝网参数优化;在最优改造体积下,根据不同的缝网带长、带宽、压裂段数对采出程度的影响,分别优化缝网带长、带宽缝网参数,形成根据改造体积优化缝网参数叠加的方法;所述a)交错式布缝方式和b)哑铃式交错布缝方式,采用裂缝与水平井垂直时的产能公式流动方程、状态方程、连续性方程联立求解预测低渗透油田压裂水平井产量;对于交错部分,通过提高施工规模,包括液量为500m³以上、排量为6m³/min以上,获得优化的缝网叠加效果。

[0041] 所述步骤4)现场裂缝测试;通过在研究区致密油层内形成的改造体积目标,优化缝网参数,形成基质向裂缝最短距离渗流。

[0042] 本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果是:

[0043] 本发明实施例针对致密油层特性,通过以压裂时形成的“改造体积”来优化致密油层水平井压裂缝网参数的方法。该方法改变传统低渗透储层压裂优化设计理念,在致密油层内形成一定的改造体积,为致密油层水平井体积压裂缝网参数优化提供了一套适应性较强的方法,弥补了采用常规低渗透油层缝网参数优化方法不适应的问题。有利于大幅提高单井产量。

附图说明

[0044] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例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。

[0045] 图1是本发明实施例提供的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法流程

图；

[0046] 图2是本发明实施例提供的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法中改造体积优化立面结构示意图；

[0047] 图3是本发明实施例提供的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法中改造体积优化原理示意图；

[0048] 图4是本发明实施例提供的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法中交错式布缝方式结构示意图；

[0049] 图5是本发明实施例提供的图4的模拟缝网交错布缝结果示意图；

[0050] 图6是本发明实施例提供的采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法中哑铃式交错布缝方式结构示意图；

[0051] 图7是本发明实施例提供的图6的模拟缝网叠加布缝结果示意图。

[0052] 图中各符号表示含义如下：

[0053] 1井筒,2基质岩块系统,3裂缝系统,

[0054] 图中箭头方向为基质与裂缝的窜流方向。

具体实施方式

[0055] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0056] 参见图1所示,本发明实施例针对采用常规低渗透油层压裂裂缝参数优化方法应用于致密油层水平井储层改造存在不适应、单井产量提高幅度小的问题,提供了一种采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法。该方法针对致密储层,首先评价储层地质特征,明确体积压裂形成体积缝网系统的具体储层条件,然后研究水平井体积压裂不同改造体积、布缝方式对产能的影响,优化具体的缝网参数。主要包括:1、建立致密储层体积压裂的缝网特征综合评价基础方法;2、建立致密油体积压裂产能预测模拟模型方法两部分。

[0057] 1、建立致密储层体积压裂的缝网特征综合评价基础方法;是通过研究区储层特征及裂缝评价,建立体积压裂的缝网特征。具体地,所述方法至少包括:步骤1)天然裂缝特征评价;步骤2)岩石破裂特征评价;步骤3)应力场及其变化评价;步骤4)现场裂缝测试评价;其中,

[0058] 步骤1)天然裂缝特征评价;

[0059] 通过野外露头观察、岩心描述、成像测井解释手段对储层天然裂缝特征进行评价,并综合天然裂缝产状特征及岩石力学特征,结论是天然裂缝对水力裂缝延伸具有影响;

[0060] 步骤2)岩石破裂特征评价;

[0061] 通过对岩石破裂特征进行评价,结论是储层岩石脆性较强,通过体积压裂可以打碎储层,形成错断、滑移、剪切裂缝,在储层内形成“人造渗透率”,具有一定的体积改造基础;

[0062] 步骤3)应力场及其变化评价;

[0063] a)通过对储层岩石应力特征进行评价,结论是储层水平两向应力差不大,且小于储隔层应力差,能够在油层内产生分支缝,形成一定程度的缝网;

[0064] b)通过水力压裂诱导附加应力对原应力场的作用评价,结论是水力压裂时在裂缝

壁面附近会产生诱导应力场,当诱导应力差达到一定程度时,两向应力差变小,有利于形成复杂缝网;

[0065] c)致密储层压裂产生诱导附加应力后,裂缝附近的水平应力差为0.2-3.6MPa,利于裂缝方向改变,产生缝网;

[0066] 步骤4)现场裂缝测试评价;

[0067] 通过井下微地震实时监测,评价缝网特征,结论是致密储层体积压裂可产生较为复杂的缝网系统,通过体积压裂形成较大范围的改造体积基础。

[0068] 以上各个步骤形成的缝网特征综合评价基础,实现致密储层压裂时,水力裂缝遇天然裂缝能够较为容易地开启天然裂缝,形成人工裂缝与天然裂缝的网络系统。

[0069] 2、建立致密油体积压裂产能预测模拟模型方法;是通过特定井网条件下,水平井体积压裂改造体积对采出程度的影响,优化改造体积,并以最优的改造体积优化水平井体积压裂布缝方式、缝网带宽、带长等缝网参数。具体地,所述方法至少包括:步骤1)改造体积优化;步骤2)布缝方式优化;步骤3)缝网参数优化;步骤4)现场裂缝测试;其中,

[0070] 步骤1)改造体积优化;结合研究区致密储层特征,建立了体积压裂产能预测模拟模型,根据不同井网条件下,不同改造体积对采出程度的影响,优化了改造体积;

[0071] 参见图2、图3所示,由于井筒1周围的净压力比较高,所以四周的基质岩块系统2产生多裂缝系统3几率高,在相邻的第n层基质岩块系统2网格之间形成基质与裂缝的窜流,结论是天然裂缝发育的致密储层具有双重介质渗流特征,基于这种油藏特性,建立缝网双重介质模型;

[0072] 理论模型包括以下方程式:

[0073] (1)流动方程:

$$[0074] \quad \bar{V}_m = -\frac{K_m}{\mu} \text{grad}P_m$$

[0075] 式(1)中:

[0076] V表示渗流速度,K表示渗透率,P表示压力, μ 表示流体粘度;

[0077] (2)状态方程:

$$[0078] \quad \rho = \rho_0 \exp(1 + C_L P)$$

[0079] 式(2)中:

[0080] ρ 表示流体密度,C表示压缩系数,P表示压力;

[0081] (3)连续性方程:

$$[0082] \quad \phi_m C_m \frac{\partial P_m}{\partial t} - \frac{k_m}{\mu} \text{div}(\text{grad}P_m) + \frac{\alpha K_f}{\mu} (P_m - P_f) = 0$$

[0083] 式(3)中:

[0084] ϕ 表示孔隙度,C表示压缩系数,P表示压力,K表示渗透率, μ 表示流体粘度, α 是与岩石的比面、孔隙结构等有关的,表示裂缝性岩石特征的参数;

[0085] 下标m表示基质(matrix)的参数,下标f表示裂缝(fracture)的参数。

[0086] 建立缝网双重介质模型的典型参数为:油层孔隙度 ϕ 为9%,油层渗透率K为0.1-0.3mD,油层中部原始地层压力P为16-18MP(压力系数为0.75-0.85),地下原油粘度 μ 为0.7-0.8mPa.s,原始溶解油气比75.7m³/t,原油压缩系数C为14-16 $\times 10^{-4}$ /MPa。

[0087] 步骤2)布缝方式优化;依据在最优改造体积下建立的数值模型,针对自然能量开采、五点井网、七点井网等不同的井网形式下的水平井体积压裂对采出程度的影响,结合缝网长度、宽度等参数对产量的影响,选用不同布缝方式,优化形成a)交错式布缝方式;b)哑铃式交错布缝方式;

[0088] a)交错式布缝方式是针对自然能量井网优化形成了交错式布缝方式;参见图4所示,图中 X_f 为裂缝带长; W_f 为裂缝带宽;具体地,针对自然能量井网由人工压裂来产生多裂缝,然后进行压裂织网,所述相邻的水平方向上下n层基质岩块系统2全部在相邻的垂直方向裂缝系统3之间形成交错式布缝结构,构成多缝的缝网系统。

[0089] b)哑铃式交错布缝方式优化形成了哑铃式交错布缝方式;参见图6所示,图中 X_f 为裂缝带长; W_f 为裂缝带宽;具体地,以五点井网为例,所述相邻的垂直方向裂缝系统3之间,位于相邻的水平方向上下n层基质岩块系统2的中部形成哑铃式交错布缝结构,构成多缝的缝网系统。

[0090] 布缝方式的优化是对不同类型的储层,根据弹性力学采用不同的平面模型,分析形成缝网的力学条件;当施工时裂缝内净压力超过水平主应力差值与岩石抗张强度之和后,可在原始裂缝的基础上形成新裂缝,实现缝网。

[0091] 步骤3)缝网参数优化;在最优改造体积下,根据不同的缝网带长、带宽、压裂段数等对采出程度的影响,分别优化了缝网带长、带宽等缝网参数,形成了根据改造体积优化缝网参数,缝网参数叠加的方法;具体地,a)交错式布缝方式和b)哑铃式交错布缝方式,通常采用裂缝与水平井垂直时的产能公式(如公式1、2、3联立求解)预测低渗透油田压裂水平井产量;在裂缝性油藏开发中,单井的裂缝钻遇率直接影响其单井产能,水平井可以增大裂缝的钻遇率,因此水平井对裂缝性油藏开采具有一定优势;通过理论模拟,一定程度的缝网叠加设计,有利于提高致密油单井产量,参见图5、图7所示模拟缝网叠加布缝结果。

[0092] 现场实施时,一般对于交错部分,可通过提高施工规模,包括液量为 500m^3 以上、排量为 $6\text{m}^3/\text{min}$ 以上等,获得优化的缝网叠加效果。

[0093] 步骤4)现场裂缝测试;

[0094] 通过在研究区致密油层内形成的改造体积,以最优的改造体积目标,优化缝网参数,形成基质向裂缝最短距离渗流,大大降低有效流动的驱动压力,实现在极低渗透率条件下的流动。

[0095] 此外,本发明实施例还具有的优点,采用改造体积优化致密油水平井缝网参数的方法,在现场试验中取得了显著的效果。截止目前,在鄂尔多斯盆地安83井区长7层共现场试验水平井19口井,投产初期平均单井产量 $14.2\text{t}/\text{d}$,比同区水平井常规压裂优化设计单井产量高 $9.4\text{t}/\text{d}$,是直井的8-10倍以上。

[0096] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,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。

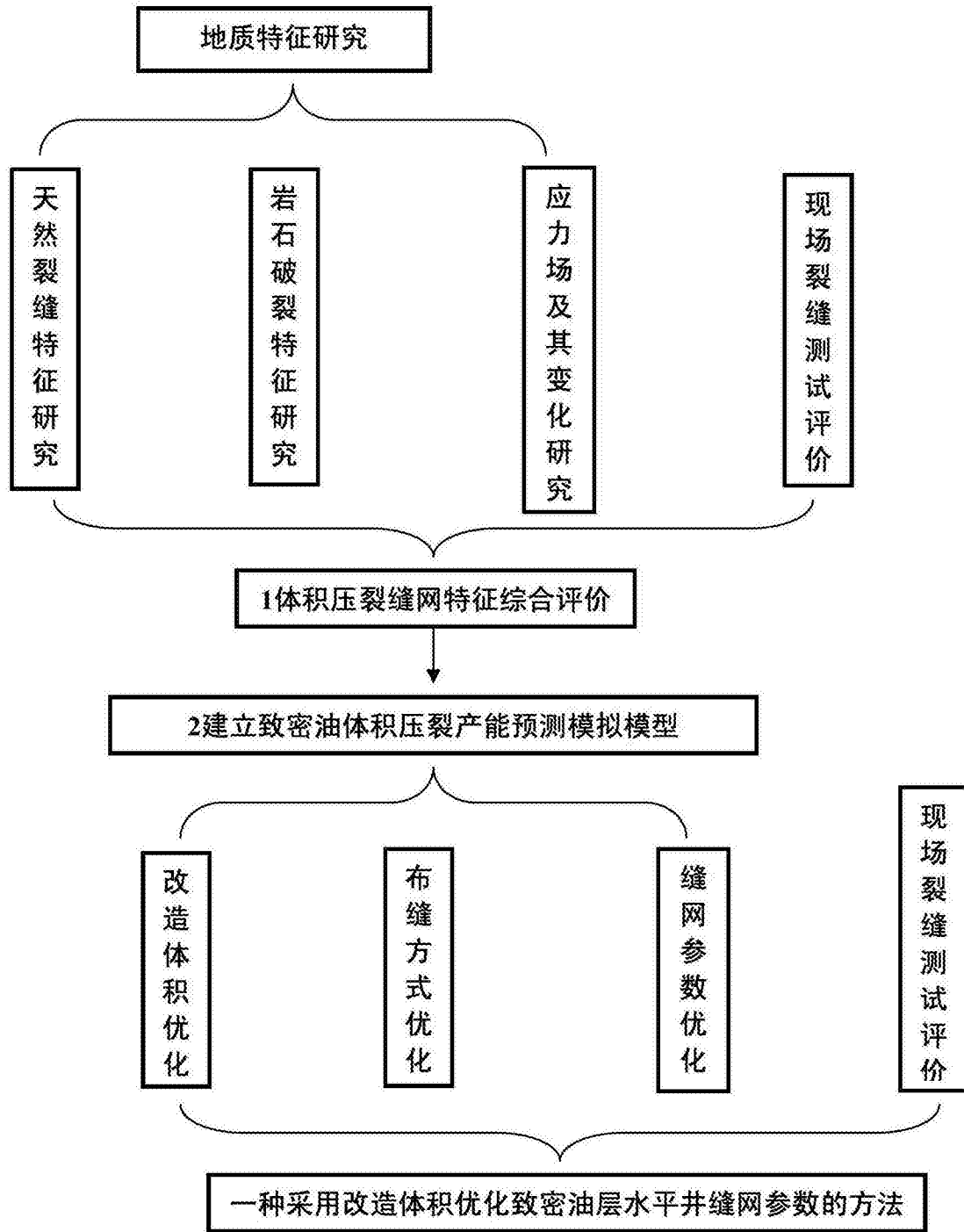


图1

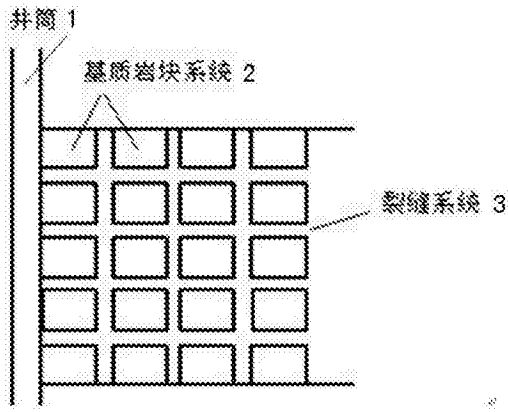


图2

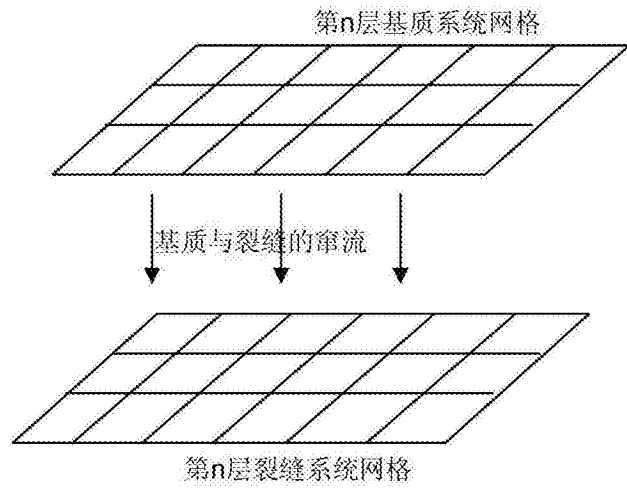


图3

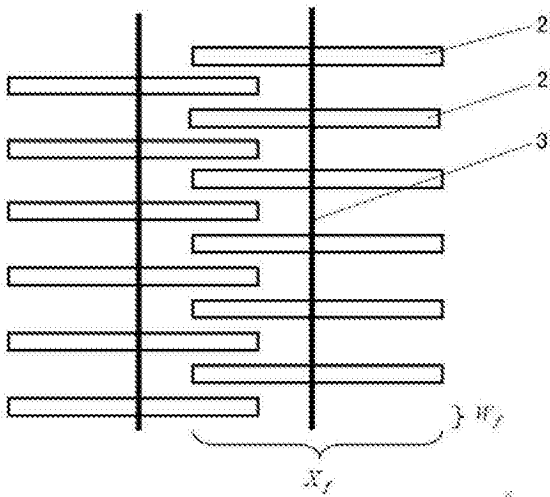


图4

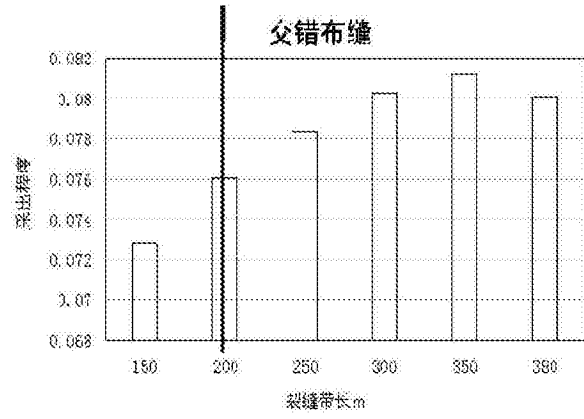


图5

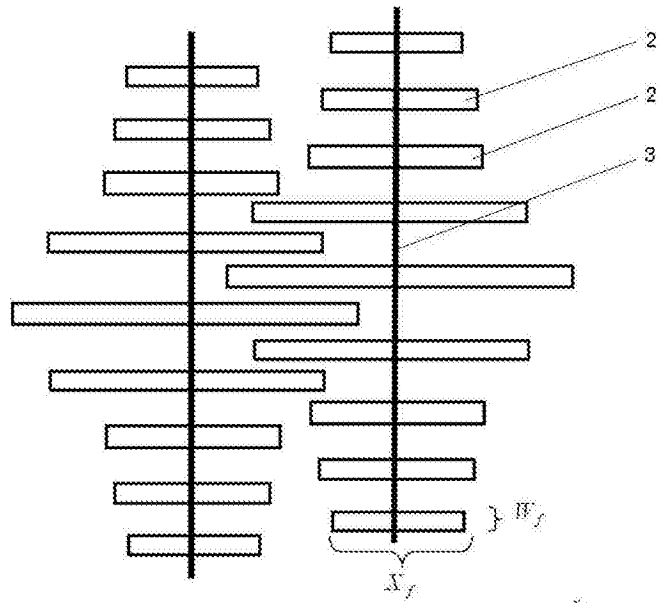


图6

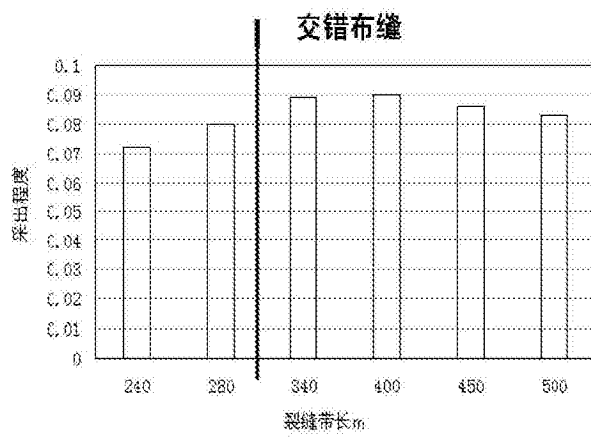


图7