



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111594161 B

(45) 授权公告日 2022.03.11

(21) 申请号 202010650993.2

(22) 申请日 2020.07.08

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111594161 A

(43) 申请公布日 2020.08.28

(73) 专利权人 西南石油大学  
地址 610500 四川省成都市新都区新都大  
道8号

专利权人 延长油田股份有限公司七里村采  
油厂

(72) 发明人 彭小龙 孟选刚 王超文 邓鹏  
冯宁 吴昊镗 高飞龙

(74) 专利代理机构 北京中索知识产权代理有限  
公司 11640

代理人 房立普

(51) Int.Cl.

E21B 49/00 (2006.01)

E21B 43/30 (2006.01)

G06F 30/20 (2020.01)

(56) 对比文件

US 2007068674 A1, 2007.03.29

US 2016312596 A1, 2016.10.27

审查员 龙川

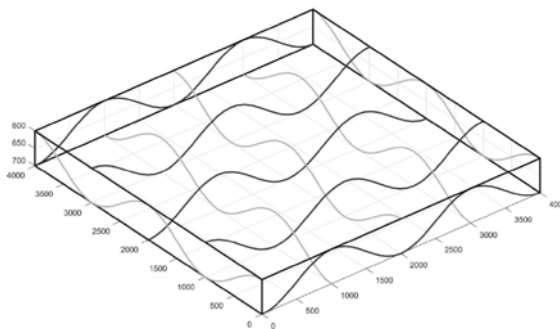
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种巨厚或多层油气藏的编织井网提高采  
收率方法

(57) 摘要

本发明公开了一种巨厚或多层油气藏的编  
织井网提高采收率方法,通过设计编织井网提高  
所述巨厚或多层油气藏的采收率,所述编织井网  
通过以下方法设计而成:划分油气藏的立方体开  
发单元;测量所述立方体开发单元的物性参数;  
根据所述物性参数计算井网设计参数,所述井网  
设计参数包括井数量和井身轨迹;根据所述井网  
设计参数钻取大位移水平井;其中所述划分油气  
藏的立方体开发单元的具体步骤为:通过地震体  
数据获得油气藏的边界;根据探井参数建立的地  
质模型,获得油气藏的主力开发层系;在所述主  
力开发层系内建立体积最大的立方体,该立方体  
即为所述立方体开发单元。本发明能够有效提高  
巨厚或多层油气藏的采收率。



1. 一种巨厚或多层油气藏的编织井网提高采收率方法,其特征在于,通过设计编织井网提高所述巨厚或多层油气藏的采收率,所述编织井网通过以下方法设计而成:划分油气藏的立方体开发单元;测量所述立方体开发单元的物性参数;根据所述物性参数计算井网设计参数,所述井网设计参数包括井数量和井身轨迹;根据所述井网设计参数钻取大位移水平井,得到所述编织井网;

所述井网设计参数的计算方法具体为:

计算井网密度:

$$E_R = E_d e^{-B/S} \quad (1)$$

$$B = a \left( \frac{kh}{\mu} \right)^2 - b \left( \frac{kh}{\mu} \right) + c \quad (2)$$

式中: $E_R$ 为油田采收率,小数; $E_d$ 为驱替效率,小数; $e$ 为自然底数; $B$ 为井网指数, $\text{口}/\text{km}^2$ ; $S$ 为井网密度, $\text{口}/\text{km}^2$ ; $a$ 、 $b$ 、 $c$ 为拟合参数,小数; $k$ 为油气藏的渗透率, $h$ 为立方体开发单元的厚度, $\mu$ 为原油黏度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ;

通过所述立方体开发单元的长度和宽度计算所述立方体开发单元的平面面积,所述平面面积乘以所述井网密度即可获得所述井数量;

根据所述井数量,将井均匀正交设置在所述立方体开发单元内,形成空间编织井网,长度方向和宽度方向的井身轨迹通过下式计算得到:

$$x = h \sin \left( \frac{n\pi y}{l_y} + y_i \right) \quad (3)$$

$$y = h \sin \left( \frac{n\pi x}{l_x} + x_i \right) \quad (4)$$

式中, $x$ 和 $y$ 分别为沿着水平井身方向和油藏垂直方向的井身坐标; $n$ 为井网的编织程度,取值在2-6; $l_x$ 和 $l_y$ 分别为所述立方体开发单元的长度和宽度, $\text{km}$ ; $x_i$ 为长度方向第 $i$ 条裂缝起点相位角; $y_i$ 为宽度方向第 $i$ 条裂缝起点相位角, $x_i$ 与 $y_i$ 之间呈 $90^\circ$ , $x_i$ 与 $x_{i+1}$ 之间、 $y_i$ 与 $y_{i+1}$ 之间分别呈 $90^\circ$ 。

2. 根据权利要求1所述的巨厚或多层油气藏的编织井网提高采收率方法,其特征在于,所述划分油气藏的立方体开发单元的具体步骤为:通过地震体数据获得油气藏的边界;根据探井参数建立的地质模型,获得油气藏的主力开发层系;在所述主力开发层系内建立体积最大的立方体,该立方体即为所述立方体开发单元。

3. 根据权利要求2所述的巨厚或多层油气藏的编织井网提高采收率方法,其特征在于,所述物性参数的测量方法具体为:测量所述立方体开发单元的长、宽、高尺寸;从所述地质模型中获得所述立方体单元的孔隙度、渗透率以及饱和度。

4. 根据权利要求1所述的巨厚或多层油气藏的编织井网提高采收率方法,其特征在于,所述油田采收率通过数值模拟方法进行标定;所述驱替效率通过相渗曲线计算得到;所述拟合参数通过孔隙度和饱和度计算得到。

5. 根据权利要求1所述的巨厚或多层油气藏的编织井网提高采收率方法,其特征在于,当 $i$ 为奇数时, $x_i = \pi/2$ , $y_i = 0$ ;当 $i$ 为偶数时, $x_i = 0$ , $y_i = \pi/2$ 。

## 一种巨厚或多层油气藏的编织井网提高采收率方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及石油天然气开采技术领域,特别涉及一种巨厚或多层油气藏的编织井网提高采收率方法。

### 背景技术

[0002] 由于地质储量巨大,巨厚或多层油气藏的有效开发可以改善我国能源结构并补充常规油气藏在我国地域分布和供给量上的不足。由于巨厚或多层油气藏储层杨氏模量较高,储层压裂效果较差,压裂措施对储层的动用效果较差。同时,巨厚或多层油气藏的厚度较大,直井和常规水平井均难以高效动用储层,因此,储层难以有效动用,也难以进一步提高井网的采收率。然而,空间井网的布置,可以有效增大油井的控制面积。因此,空间井网的设计是进行巨厚或多层油气藏开发设计的关键问题。

[0003] 目前关于巨厚或多层油气藏的井网提高采收率方式,研究国内外学者都做了大量工作,普遍参考砂岩介质的井网设计进行,或进行水平井-直井联合井网设计。然而,针对巨厚或多层油气藏,目前尚无高效的开发井网设计,也没有进行过大位移空间开发井网的提高采收率的设计。巨厚或多层油气藏的空间井网提高采收率设计研究尚停留在探索方面,没有学者进行过大位移井的空间井网提高采收率设计研究。

### 发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明旨在提供一种巨厚或多层油气藏的编织井网提高采收率方法,通过设计编织井网,提高巨厚或多层油气藏的采收率。

[0005] 本发明的技术方案如下:

[0006] 一种巨厚或多层油气藏的编织井网提高采收率方法,通过设计编织井网提高所述巨厚或多层油气藏的采收率,所述编织井网通过以下方法设计而成:划分油气藏的立方体开发单元;测量所述立方体开发单元的物性参数;根据所述物性参数计算井网设计参数,所述井网设计参数包括井数量和井身轨迹;根据所述井网设计参数钻取大位移水平井,得到所述编织井网。

[0007] 作为优选,所述划分油气藏的立方体开发单元的具体步骤为:通过地震体数据获得油气藏的边界;根据探井参数建立的地质模型,获得油气藏的主力开发层系;在所述主力开发层系内建立体积最大的立方体,该立方体即为所述立方体开发单元。

[0008] 作为优选,所述物性参数的测量方法具体为:测量所述立方体开发单元的长、宽、高尺寸;从所述地质模型中获得所述立方体单元的孔隙度、渗透率以及饱和度。

[0009] 作为优选,所述井网设计参数的计算方法具体为:

[0010] 计算井网密度:

$$[0011] \quad E_r = E_d e^{-B/S} \quad (1)$$

$$[0012] \quad B = a \left( \frac{kh}{\mu} \right)^2 - b \left( \frac{kh}{\mu} \right) + c \quad (2)$$

[0013] 式中： $E_R$ 为油田采收率，小数； $E_d$ 为驱替效率，小数； $e$ 为自然底数； $B$ 为井网指数， $\text{口}/\text{km}^2$ ； $S$ 为井网密度， $\text{口}/\text{km}^2$ ； $a$ 、 $b$ 、 $c$ 为拟合参数，小数； $k$ 为油气藏的渗透率， $h$ 为立方体开发单元的厚度， $\mu$ 为原油黏度， $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ；

[0014] 通过所述立方体开发单元的长度和宽度计算所述立方体开发单元的平面面积，所述平面面积乘以所述井网密度即可获得所述井数量；

[0015] 根据所述井数量，将井均匀正交设置在所述立方体开发单元内，形成空间编织井网，长度方向和宽度方向的井身轨迹通过下式计算得到：

$$[0016] \quad x = h \sin \left( \frac{n\pi y}{l_y} + y_i \right) \quad (3)$$

$$[0017] \quad y = h \sin \left( \frac{n\pi x}{l_x} + x_i \right) \quad (4)$$

[0018] 式中， $x$ 和 $y$ 分别为沿着水平井身方向和油藏垂直方向的井身坐标； $n$ 为井网的编织程度，取值在2-6； $l_x$ 和 $l_y$ 分别为所述立方体开发单元的长度和宽度， $\text{km}$ ； $x_i$ 为长度方向第 $i$ 条裂缝起点相位角； $y_i$ 为宽度方向第 $i$ 条裂缝起点相位角， $x_i$ 与 $y_i$ 之间呈 $90^\circ$ ， $x_i$ 与 $x_{i+1}$ 之间、 $y_i$ 与 $y_{i+1}$ 之间分别呈 $90^\circ$ 。

[0019] 作为优选，所述油田采收率通过数值模拟方法进行标定；所述驱替效率通过相渗曲线计算得到；所述拟合参数通过孔隙度和饱和度计算得到。具体方法参考行业标准SY/T100112006，在此不再赘述。

[0020] 作为优选，当 $i$ 为奇数时， $x_i = \pi/2$ ， $y_i = 0$ ；当 $i$ 为偶数时， $x_i = 0$ ， $y_i = \pi/2$ 。同理， $x_i$ 与 $y_i$ 的取值还可如下：当 $i$ 为奇数时， $x_i = 0$ ， $y_i = \pi/2$ ；当 $i$ 为偶数时， $x_i = \pi/2$ ， $y_i = 0$ 。

[0021] 与现有技术相比，本发明具有如下优点：

[0022] 本发明针对巨厚或多层油气藏难以空间动用的特点，设计巨厚或多层油气藏大位移空间井网系数，为巨厚或多层油气藏大位移空间井网的有效开发创造了良好的条件，弥补了目前巨厚或多层油气藏大位移空间井网提高采收率的技术空白。

## 附图说明

[0023] 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性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0024] 图1为本发明实施例碳酸盐岩储层的井网设计示意图；

[0025] 图2为本发明实施例采收率比较结果示意图；

[0026] 图3为本发明实施例空间平行井网单元示意图；

[0027] 图4为本发明实施例空间编织井网单元示意图。

## 具体实施方式

[0028] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的技术特征可以相互结合。除非另外定义，本发明公开使用

的技术术语或者科学术语应当为本公开所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本公发明开中使用的“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同,而不排除其他元件或者物件。

[0029] 以巴西巨厚碳酸盐油藏为例,通过地震体数据获得油气藏的边界,根据探井参数建立的地质模型,获得油藏的主力开发层系,在主力开发层系内做体积最大的立方体,使得立方体不超出主力层系的边界,该立方体即为油藏的立方体开发单元。

[0030] 该油藏的立方体开发单元的物性参数测量结果为:长4000m、宽4000m、高100m,从地质模型中获得油藏立方体开发单元的孔隙度为1.2%,渗透率为45mD,含油饱和度为80%。

[0031] 根据计算公式(1)和公式(2),计算得到井网密度 $S$ 为 $0.625$ 口/ $\text{km}^2$ ,通过与面积( $4\text{km} \times 4\text{km}$ )相乘得到需要10口井,将这10口井均匀正交布置在所述油藏的立方体开发单元内,长度和宽度方向的井身轨迹根据计算公式(3)和公式(4)计算得到,在本实施例中,所述井网的编织程度 $n$ 取4,井网设计结果如图1所示。

[0032] 沿着设计的井身轨迹,钻取大位移水平井。钻取时,井身轨迹可有细微误差,并不一定要完全按照设计的井身轨迹进行。本发明设计的空间编织井网其采收率与常规井网(空间平行井网、直井五点井网)的采收率结果如图2所示,从图2可以看出,生产10年,本发明的空间编织井网的采收率为21.53%,空间平行井网的采收率为20.77%和相同投入直井五点式井网的采收率为19.56%,本发明空间编织井网相比于空间平行井网和直井五点井网,其采收率分别提高了0.76%、1.97%,对于油藏而言,已是显著的提高。一个储量为100万吨的油藏,本发明空间编织井网的采收率相比空间平行井网和直井五点井网能够分别提高7600吨、1.97万吨。

[0033] 其中,空间平行井网单元如图3所示,空间编织井网单元如图4所示。对于目标区块,直井为传统的5点井网,因此,5点井网对应的井数为24口,而直井的投资在3200万元/口,空间水平井的投资在7500万元/口,空间水平井的总投资为75000万元,直井的总投资为76800万元,本发明需要的投资远小于直井所需的投资。

[0034] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围内,当可利用上述揭示的技术内容做出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例,但凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本发明技术方案的范围。

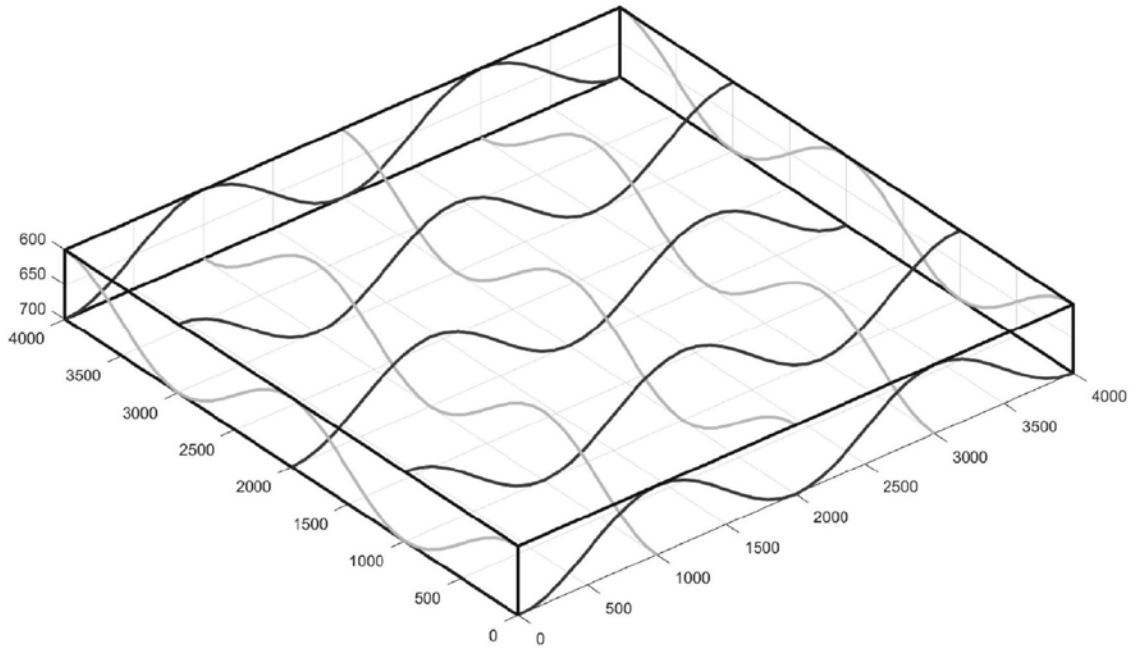


图1

### 采收率比较

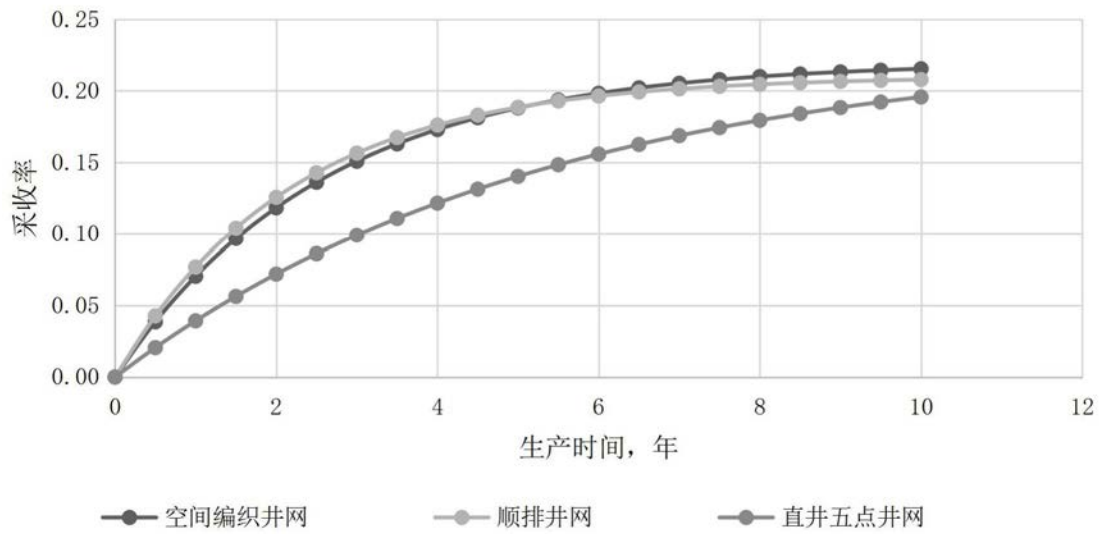


图2

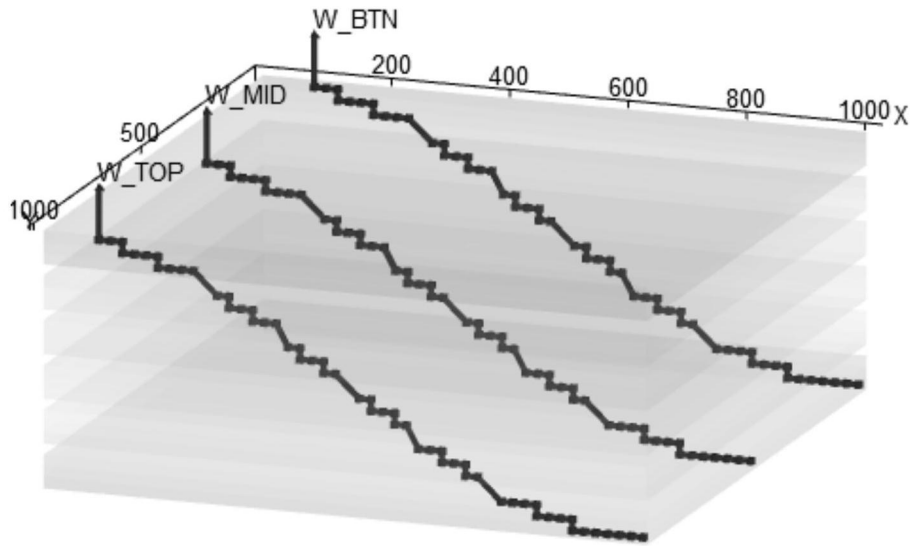


图3

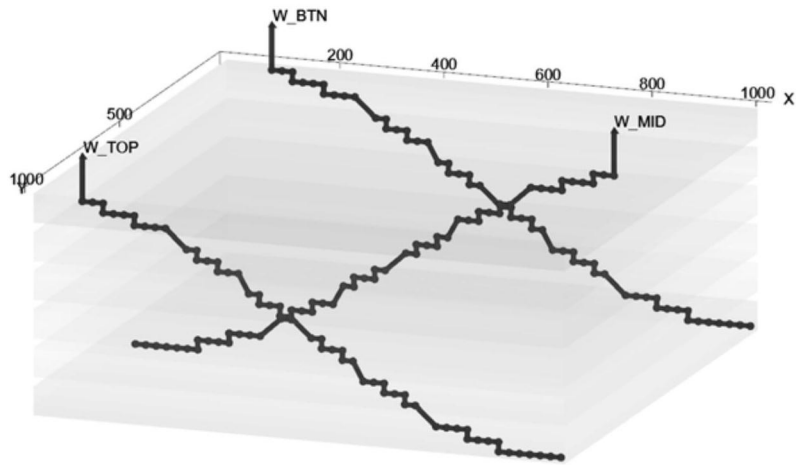


图4