



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106837273 A

(43)申请公布日 2017.06.13

(21)申请号 201710019917.X

(22)申请日 2017.01.11

(71)申请人 西南石油大学

地址 610500 四川省成都市新都区新都大道8号

(72)发明人 乐平 刘东晨 杜志敏 陈小凡 郭忠良 唐潮 陈文刚 丰妍

(74)专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 夏艳

(51)Int. Cl.

E21B 43/20(2006.01)

E21B 47/06(2012.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

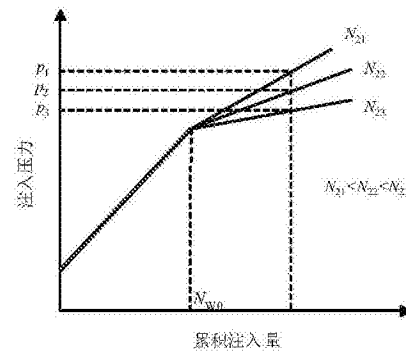
碳酸盐岩油藏双溶洞储集体注水指示曲线解释模型

(57)摘要

本发明提供一种碳酸盐岩油藏双溶洞储集体注水指示曲线解释模型,即当油藏注入一定水量Nw时,压力与累积注水量的函数模型为:

$$p = \begin{cases} \frac{N_w B_w}{N_1 B_{01}(R_1 C_w + C_{01})} + p_0, & N_w \leq N_{w0} \\ \frac{(N_w - N_{w0}) B_w}{N_1 B_{01}(R_1 C_w + C_{01}) + N_2 B_{02}(R_2 C_w + C_{02})} + \frac{N_{w0} B_w}{N_1 B_{01}(R_1 C_w + C_{01})} + p_0, & N_w > N_{w0} \end{cases}$$

该模型可以计算注水替油过程中两套溶洞储集体相互的油水补给交换情况。改进的新模型初始条件更符合碳酸盐岩油藏离散型多储集体的真实情况,注水替油过程中存水率变化与矿场实际更接近,利用理论模型可以初步判断储集体类型,更准确地确定两套溶洞储集体容积、原油和地层水的体积,以及分析多轮次注水替油过程中两套溶洞储集体间油水交换情况。



1. 一种碳酸盐岩油藏双溶洞储集体注水指示曲线解释模型,其特征在于,当油藏注入一定水量 N_w 时,压力与累积注水量的函数模型为:

$$p = \begin{cases} \frac{N_w B_w}{N_1 B_{oi} (R_1 C_w + C_o)} + p_0, & N_w \leq N_{w0} \\ \frac{(N_w - N_{w0}) B_w}{N_1 B_{oi} (R_1 C_w + C_o) + N_2 B_{oi} (R_2 C_w + C_o)} + \frac{N_{w0} B_w}{N_1 B_{oi} (R_1 C_w + C_o)} + p_0, & N_w > N_{w0} \end{cases}$$

其中,

N_1 为溶洞1原油体积, m^3 ;

N_2 为溶洞2的原油体积, m^3 ;

N_{w0} 为注水替油过程中注入水波及到第二套储集体时的累计注水量, m^3 ;

B_w 为水的体积系数,小数;

B_{oi} 为原始压力下原油的体积系数,小数;

R_1 为溶洞1的水油体积比,小数;

C_o 为原油的压缩系数, MPa^{-1} ;

p_0 为注水替油前地层压力, MPa ;

C_w 为地层水的压缩系数, MPa^{-1}

通过3轮次以上注水指示曲线斜率的变化,以及生产数据统计的各注水轮次间的产油量、产水量数据,可求解上述方程计算出:溶洞储集体1、2的体积 N_1 、 N_2 和水油体积比 R_1 和 R_2 。

2. 根据权利要求1所述的碳酸盐岩油藏双溶洞储集体注水指示曲线解释模型,其特征在于,

当不考虑溶洞中水的弹性能量时,即认为水的体积系数恒为1,则压力与累积注水量的函数模型简化为:

$$p = \begin{cases} \frac{N_w}{N_1 B_{oi} C_o} + p_0, & N_w \leq N_{w0} \\ \frac{(N_w - N_{w0})}{N_1 B_{oi} C_o + N_2 B_{oi} C_o} + \frac{N_{w0}}{N_1 B_{oi} C_o} + p_0, & N_w > N_{w0} \end{cases}$$

碳酸盐岩油藏双溶洞储集体注水指示曲线解释模型

技术领域

[0001] 本发明涉及油藏地质及开发技术领域,尤其涉及一种碳酸盐岩油藏双溶洞储集体注水指示曲线解释模型。

背景技术

[0002] 目前传统的注水指示曲线理论研究多集中在注入压力随累计注入量线性升高的直线型指示曲线模型,而现场实际中注水指示曲线经常出现曲线转折后斜率降低的情况,此类情况代表该井注水波及动用到两套或多套储集体,有必要对该指示曲线代表的内涵意义进行深入研究。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于解决上述现有技术存在的缺陷,提供一种碳酸盐岩油藏双溶洞储集体注水指示曲线解释模型。

[0004] 一种碳酸盐岩油藏双溶洞储集体注水指示曲线解释模型,当油藏注入一定水量 N_w 时,压力与累积注水量的函数模型为:

$$[0005] \quad p = \begin{cases} \frac{N_w B_w}{N_1 B_{oi} (R_1 C_w + C_o)} + p_0, & N_w \leq N_{w0} \\ \frac{(N_w - N_{w0}) B_w}{N_1 B_{oi} (R_1 C_w + C_o) + N_2 B_{oi} (R_2 C_w + C_o)} + \frac{N_{w0} B_w}{N_1 B_{oi} (R_1 C_w + C_o)} + p_0, & N_w > N_{w0} \end{cases}$$

[0006] 其中,

[0007] N_1 为溶洞1原油体积, m^3 ;

[0008] N_2 为溶洞2的原油体积, m^3 ;

[0009] N_{w0} 为注水替油过程中注入水波及到第二套储集体时的累计注水量, m^3 ;

[0010] B_w 为水的体积系数,小数;

[0011] B_{oi} 为原始压力下原油的体积系数,小数;

[0012] R_1 为溶洞1的水油体积比,小数;

[0013] C_o 为原油的压缩系数, MPa^{-1} ;

[0014] p_0 为注水替油前地层压力, MPa ;

[0015] C_w 为地层水的压缩系数, MPa^{-1} 。

[0016] 通过多轮次(3轮次以上)注水指示曲线斜率的变化,以及生产数据统计的各注水轮次间的产油量、产水量数据,可求解上述方程计算出:溶洞储集体1、2的体积 N_1 、 N_2 和水油体积比 R_1 和 R_2 。

[0017] 进一步地,如上所述的碳酸盐岩油藏双溶洞储集体注水指示曲线解释模型,当不考虑溶洞中水的弹性能量时,即认为水的体积系数恒为1,则压力与累积注水量的函数模型简化为:

$$[0018] \quad p = \begin{cases} \frac{N_w}{N_1 B_{oi} C_o} + p_0, & N_w \leq N_{w0} \\ \frac{(N_w - N_{w0})}{N_1 B_{oi} C_o + N_2 B_{oi} C_o} + \frac{N_{w0}}{N_1 B_{oi} C_o} + p_0, & N_w > N_{w0} \end{cases}$$

[0019] 本申请以双溶洞储集体模型为研究目标,研究注水过程中先后动用两套溶洞储集体对注水指示曲线形态影响。新模型可以用来计算两套溶洞储集体各自容积所占的比例,从而计算各自对应的体积,此外新模型可考虑水相弹性能量对注水指示曲线形态的影响,因此适用于下面两种情况下储集体油水体积的计算:①两套溶洞储集体内初始情况为纯油或油水共存,其中油水共存包括其中任一溶洞储集体或二者都为油水共存的情况;②后期注水替油过程中任意溶洞储集体内存水率逐步变化情况。因此本模型可以计算注水替油过程中两套溶洞储集体相互的油水补给交换情况。改进的新模型初始条件更符合碳酸盐岩油藏离散型多储集体的真实情况,注水替油过程中存水率变化与矿场实际更接近,利用理论模型可以初步判断储集体类型,更准确地确定两套溶洞储集体容积、原油和地层水的体积,以及分析多轮次注水替油过程中两套溶洞储集体间油水交换情况。

附图说明

[0020] 图1双溶洞储集体的注水指示曲线(不同的第二个溶洞体积 N_2);

[0021] 图2双溶洞储集体的注水指示曲线(不同的第一个溶洞体积 N_1)。

具体实施方式

[0022] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例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。

[0023] 对于双溶洞模型,假设两溶洞间的裂缝仅起到导流作用,溶洞为主要的储集体,忽略裂缝的储集性能。假设溶洞1和2的原始体积分别为 V_{p1} , V_{p2} 。溶洞1中原油体积为 V_{oi1} ,地层水体积为 V_{wi1} ,溶洞2中原油体积为 V_{oi2} ,地层水体积为 V_{wi2} ,并分别定义各溶洞中原始的水油体积比为

$$[0024] \quad R_1 = V_{wi1}/V_{oi1} \quad (1)$$

$$[0025] \quad R_2 = V_{wi2}/V_{oi2} \quad (2)$$

[0026] 则:

$$[0027] \quad V_{p1} = V_{oi1} + V_{wi1} \quad (3)$$

$$[0028] \quad V_{p2} = V_{oi2} + V_{wi2} \quad (4)$$

[0029] V_{p1} 为溶洞1的初始总容积, m^3 ;

[0030] V_{p2} 为溶洞2的初始总容积, m^3 ;

[0031] 油藏注入一定水量(N_w),当 N_w 在小于 N_{w0} 之前,注入水仅仅波及储集体1,只有当累积注水量超过 N_{w0} ,即提供足够的压差后,注入水才沟通第二套储集体溶洞2。基于上述假设,当累积注水量小于 N_{w0} 之前油藏的压力与累积注水量变化同单一溶洞模型相同,即:

$$[0032] \quad p = \frac{N_w B_w}{N_1 B_{oi} (R_1 C_w + C_o)} + p_0, \quad N_w \leq N_{w0} \quad (5)$$

[0033] N_{w0} 为注水替油过程中注入水波及到第二套储集体时的累计注水量, m^3 ;

[0034] B_w 为水的体积系数, 小数;

[0035] B_{oi} 为原始压力下原油的体积系数, 小数;

[0036] R_1 为溶洞1的水油体积比, 小数;

[0037] C_w 为地层水的压缩系数, MPa^{-1} ;

[0038] p_0 为注水替油前地层压力, MPa ;

[0039] C_o 为原油的压缩系数, MPa^{-1} ;

[0040] N_1 为溶洞1原油体积, m^3 ;

[0041] 当注入水体积大于 N_{w0} 时: 压差超过裂缝与第二套储集系统溶洞沟通的最小压差时, 假设溶洞1, 2沟通时刻, 压力重新分布, 短时间内达到压力平衡。

$$[0042] \quad p = \frac{(N_w - N_{w0}) B_w}{N_1 B_{oi} (R_1 C_w + C_o) + N_2 B_{oi} (R_2 C_w + C_o)} + \frac{N_{w0} B_w}{N_1 B_{oi} (R_1 C_w + C_o)} + p_0, \quad N_w > N_{w0} \quad (6)$$

[0043] N_{w0} 为注水替油过程中注入水波及到第二套储集体时的累计注水量, m^3 ;

[0044] R_2 为溶洞2的水油体积比, 小数;

[0045] N_2 为溶洞2的原油体积, m^3 ;

[0046] 通过多轮次 (3轮次以上) 注水指示曲线斜率的变化, 以及生产数据统计的各注水轮次间的产油量、产水量数据, 可求解上述方程计算出: 溶洞储集体1、2的体积 N_1 、 N_2 和水油体积比 R_1 和 R_2 。

[0047] 显然沟通第二套溶洞储集体, 压力与累积注水量的函数关系, 斜率由 $\frac{B_w}{N_1 B_{oi} (R_1 C_w + C_o)}$

变为 $\frac{B_w}{N_1 B_{oi} (R_1 C_w + C_o) + N_2 B_{oi} (R_2 C_w + C_o)}$, 斜率变小, 曲线变平缓, 即出现折线的压力形式。

[0048] 对于上式 (6), 当不考虑溶洞中水的弹性能量时, 即认为水的体积系数恒为1, 则上式可进一步简化为:

$$[0049] \quad p = \frac{(N_w - N_{w0})}{N_1 B_{oi} C_o + N_2 B_{oi} C_o} + \frac{N_{w0}}{N_1 B_{oi} C_o} + p_0, \quad N_w > N_{w0} \quad (7)$$

[0050] 因此, 注水压力表达式可简化为如下的分段函数:

$$[0051] \quad p = \begin{cases} \frac{N_w}{N_1 B_{oi} C_o} + p_0, & N_w \leq N_{w0} \\ \frac{(N_w - N_{w0})}{N_1 B_{oi} C_o + N_2 B_{oi} C_o} + \frac{N_{w0}}{N_1 B_{oi} C_o} + p_0, & N_w > N_{w0} \end{cases} \quad (8)$$

[0052] 注水指示曲线形态分析

[0053] 以两缝洞模型为例, 当与油井沟通的第一个溶洞储集体的容积相等, 而第二个容积储集体的体积不相等时, 其对指示曲线第二段的斜率影响如图1所示:

[0054] 当溶洞1的原始条件相同, 累积注入量不超过溶洞拐点处的值, 指示曲线均相同, 当累积注入量超过 N_{w0} , 溶洞2的油藏体积越大, 则第二部分溶洞的弹性能量越大, 则第二阶段, 注入水更容易注入, 直线的斜率降低的更明显。

[0055] 当与油井沟通第二个容积储集体的体积相等,而第一个溶洞储集体的容积不相等时,其对指示曲线形态的影响示意图如图2所示,给定溶洞2的原始条件相同,当各曲线累积注入量导致溶洞的压力不超过 p_L 时,显然溶洞1的油藏容积越大,弹性能量越大,第一阶段的直线斜率越小,升高到达相同的油藏压力,需要注入更多的水,因此, $N_{w01} < N_{w02} < N_{w03}$ 。当累积注水超过各自拐点压力处对应的累积注入量,溶洞1和2同时发挥各自的弹性能量,因此斜率变小,尽管假设第二个溶洞的属性相同,但第二阶段溶洞的斜率受溶洞1和2弹性能量的共同作用影响,因此仍然满足当溶洞1的油藏容积越大时,第二阶段指数曲线的斜率越小。

[0056] 本申请适用于下面两种情况下储集体油水体积的计算:①两套溶洞储集体内初始情况为纯油或油水共存,其中油水共存包括其中任一溶洞储集体或二者都为油水共存的情况;②后期注水替油过程中任意溶洞储集体内存水率逐步变化情况。因此本模型可以计算注水替油过程中两套溶洞储集体相互的油水补给交换情况。改进的新模型初始条件更符合碳酸盐岩油藏离散型多储集体的真实情况,注水替油过程中存水率变化与矿场实际更接近,利用理论模型可以初步判断储集体类型,更准确地确定两套溶洞储集体容积、原油和地层水的体积,以及分析多轮次注水替油过程中两套溶洞储集体间油水交换情况。

[0057] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

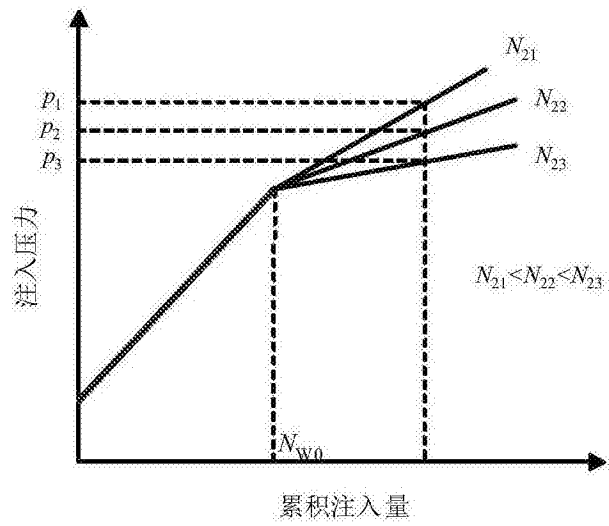


图1

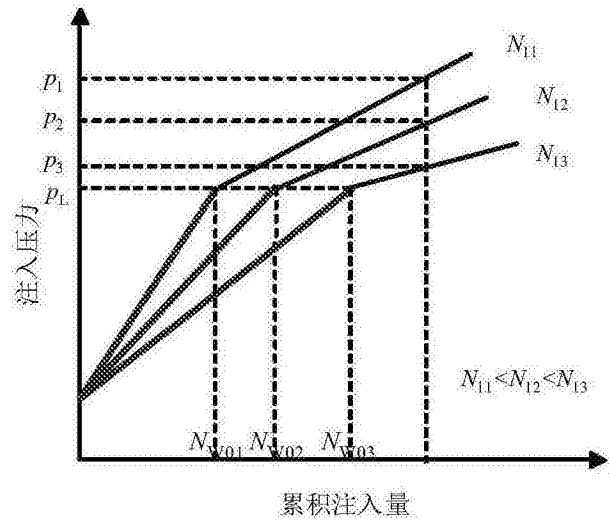


图2