



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113216917 A

(43) 申请公布日 2021.08.06

(21) 申请号 202110673906.X

(22) 申请日 2021.06.17

(71) 申请人 中国石油大学(华东)

地址 266580 山东省青岛市黄岛区长江西路66号

(72) 发明人 李松岩 胡智恒 卢辰 李宾飞 李兆敏

(74) 专利代理机构 济南竹森知识产权代理事务所(普通合伙) 37270

代理人 吕利敏

(51) Int. Cl.

E21B 43/16 (2006.01)

E21B 43/22 (2006.01)

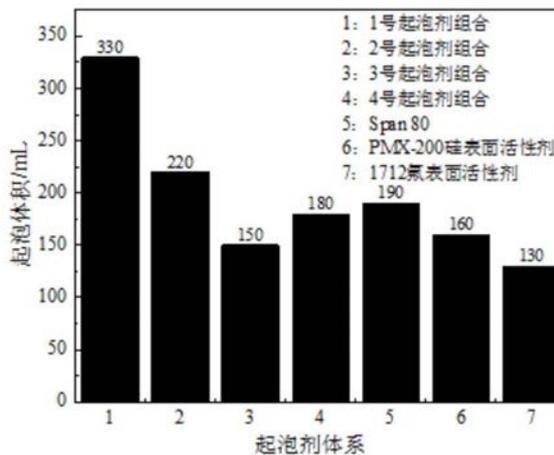
权利要求书1页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法

(57) 摘要

本发明属于石油开采的技术领域,具体的涉及一种油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法。首先将油溶性起泡剂雾化,然后通过氮气携带进入储层,溶解于原油中在储层产生油基泡沫,形成氮气油基泡沫防窜体系,抑制氮气气窜,对氮气吞吐的气体窜流进行控制。该方法可以有效抑制氮气气体窜流的发生,增加氮气的波及体积,提高氮气吞吐的开采效率,实现油藏氮气吞吐开发过程中气体窜流的有效控制;而且未明显改变氮气吞吐开采工艺过程和增加生产投入,开采工艺简单。



1. 一种油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,其特征在于,首先将油溶性起泡剂雾化,然后通过氮气携带进入储层,溶解于原油中在储层产生油基泡沫,形成氮气油基泡沫防窜体系,抑制氮气气窜,对氮气吞吐的气体窜流进行控制。

2. 根据权利要求1所述油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

(1) 油溶性起泡剂雾化:通过雾化喷嘴将油溶性起泡剂进行雾化,其中雾化油溶性起泡剂的氮气气体压力与油溶性起泡剂的液体压力比为3:1;

(2) 注入:将氮气与雾化的油溶性起泡剂在井口混合,与氮气同时注入井筒;

(3) 焖井:根据井口压力监测确定焖井时间,当井口压力停止下降则焖井结束,开始生产;

(4) 监测:监测吞吐开采阶段的日产油量,当日产油量小于1t/d时,结束本轮次吞吐生产,重复步骤(1)至步骤(3),进行下一个轮次的生产。

3. 根据权利要求1或2所述油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,其特征在于,所述油溶性起泡剂的用量根据周期采油量确定,油溶性起泡剂在吞吐周期采油量中的质量百分比为0.8%~1.2%。

4. 根据权利要求1或2所述油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,其特征在于,所述油溶性起泡剂由Span 80、PMX-200有机硅表面活性剂及1712氟表面活性剂在常温常压下混合复配而成。

5. 根据权利要求4所述油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,其特征在于,按照质量比Span 80:PMX-200有机硅表面活性剂:1712氟表面活性剂为5:3:2。

6. 根据权利要求2所述油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,其特征在于,根据油藏条件的不同,所述步骤(2)中井口注入氮气压力控制在15~45MPa。

7. 根据权利要求2所述油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,其特征在于,所述步骤(2)中氮气的注入流量为 $2 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$,每个吞吐轮次注入氮气总量为 $30 \times 10^4 \sim 50 \times 10^4 \text{Nm}^3$ 。

8. 根据权利要求2所述油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,其特征在于,所述步骤(1)中雾化喷嘴为内混式雾化喷嘴。

一种油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法

技术领域

[0001] 本发明属于石油开采的技术领域,具体的涉及一种油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法。

背景技术

[0002] 随着油田开发的不断深入,常规油藏可动用储量不断降低,此时低渗以及断块油藏的开发对油田产量的增加起到了重要作用,其中低渗透油藏产量在油气产量构成中的比例逐年上升,地位越来越重要。低渗油田的主要开采方式有机械采油,注水开采,储层改造,注气吞吐,微生物采油等。由于低渗透油藏具有厚度、渗透率以及平面物性差异大,地层能量下降迅速等特征,导致机械开采存在杆管偏磨、结蜡、泵效低的问题,同时注水开采的注采井网布置以及注水压力的保持难度较大。其他工艺实施时经常出现无法注入或注入发生堵塞而影响生产的情况。而断块油藏通常含油面积较小,一般不超过 0.5km^2 ,且断层多,含油条带窄,纵向上具有多套含油层系且油水关系复杂,不同区块以及不同层系的流体密度、黏度等物性均有较大差异。开发中断块油藏含油面积较小,储层连续性差、构造复杂,难以形成完善的注采井网,且油藏封闭,天然能量较弱,地层压力下降快,因此常规注水开采难度大、效益低。

[0003] 针对上述两种类型的油藏,相比其他开采工艺,注气吞吐开发具有独特的优势,气体容易流动并且穿透性极强,在储层流动中具有降粘、抽汲的作用,同时由于气体的可压缩性极强,利于提高储层能量,在低渗以及断块油藏领域得到越来越多的应用。注气进行吞吐开发可以有效补充地层能量,保持油气藏的地层压力,以实现油藏的持续有效开发。目前注气吞吐开采所注气体主要以氮气、二氧化碳为主。相较注二氧化碳开采,氮气吞吐开采工艺在开发低渗以及断块油藏过程中效果显著,氮气不溶于水,难溶于油,具有良好的膨胀性能,将其注入天然能量低的油藏进行吞吐开发,可迅速且持续的补充地层能量,延缓产量的递减速度,对于抑制油藏压力下降具有较好的效果,且来源广、价格低,开发成本低。

[0004] 针对低渗油藏,氮气可以进入水所不能进入的低渗透层段,将低渗透带处于束缚状态的原油驱替成为可流动的原油,对原油起到“抽提”或“携带”作用。氮气具有良好的可压缩性和膨胀性,在能量释放时具有良好的解堵、助排、驱替和气举等作用。针对断块油藏,氮气吞吐技术能够有效挖掘断块油藏构造顶部富集剩余油,从而提高断块油藏采收率。但由于氮气吞吐过程中气体黏度和密度较低等问题,导致气体窜流严重,吞吐效率较低。氮气吞吐过程中一旦发生气窜,形成气窜通道,日产油量会大幅下降,日产气量和井口压力上升,氮气波及体积大幅减小,开采效率降低,安全生产风险加剧。因此氮气吞吐过程中的气体窜流控制,对于改善氮气吞吐开采效果意义重大。

[0005] 目前针对氮气吞吐过程中的气体窜流控制,有氮气泡沫吞吐技术、凝胶防窜技术、水气交替注入技术等。氮气泡沫吞吐技术是将氮气、水和起泡剂一同注入到地层中,转变氮气吞吐为氮气泡沫驱,通过形成的氮气水基泡沫控制氮气的气体窜流,抑制气窜。但是氮气泡沫吞吐技术主要采用的是水基泡沫,遇到原油泡沫破灭严重,会影响开采的效果。凝胶防

窜技术是利用凝胶封堵高渗地层,使氮气转向低渗区域,增加氮气的波及体积,控制氮气的气体窜流,具有强度高,稳定性好的特点。但是凝胶的黏度普遍较大,对于低渗油藏来说,利用凝胶防窜体系来控制氮气吞吐的气体窜流注入难度大,同时也更易堵塞伤害地层。水气交替注入技术是将水和氮气交替注入到地层中,利用水来控制氮气的气体窜流,减缓氮气的指进现象,进行水气复合吞吐。氮气泡沫吞吐和水气交替注入技术均向地层中注入了水相,这将本来氮气吞吐的油气两相流动转变为油气水三相流动,渗流规律更加复杂,也增加了水相对于采油设备以及管材的损耗,增加了开采工艺的复杂程度。同时由于低渗油藏普遍存在注入困难、易堵塞的特点,因此水相的注入对于低渗油藏来说也是一个技术难点。因此这三种方法对于低渗或断块油藏氮气吞吐开采过程中的氮气气体窜流控制均存在不同的困难与弊端。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于针对上述存在的缺陷而提供一种油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,该方法可以有效抑制氮气气体窜流的发生,增加氮气的波及体积,提高氮气吞吐的开采效率,实现油藏氮气吞吐开发过程中气体窜流的有效控制;而且未明显改变氮气吞吐开采工艺过程和增加生产投入,开采工艺简单。

[0007] 本发明的技术方案为:一种油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,首先将油溶性起泡剂雾化,然后通过氮气携带进入储层,溶解于原油中在储层产生油基泡沫,形成氮气油基泡沫防窜体系,抑制氮气气窜,对氮气吞吐的气体窜流进行控制。

[0008] 所述油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,该方法包括以下步骤:

[0009] (1) 油溶性起泡剂雾化:通过雾化喷嘴将油溶性起泡剂进行雾化,其中雾化油溶性起泡剂的氮气气体压力与油溶性起泡剂的液体压力比为3:1;

[0010] (2) 注入:将氮气与雾化的油溶性起泡剂在井口混合,与氮气同时注入井筒;

[0011] (3) 焖井:根据井口压力监测确定焖井时间,当井口压力停止下降则焖井结束,开始生产;

[0012] (4) 监测:监测吞吐开采阶段的日产油量,当日产油量小于1t/d时,结束本轮次吞吐生产,重复步骤(1)至步骤(3),进行下一个轮次的生产。

[0013] 所述油溶性起泡剂的用量根据周期采油量确定,在吞吐周期采油量中的质量百分比为0.8%~1.2%。

[0014] 所述油溶性起泡剂由Span 80、PMX-200有机硅表面活性剂及1712氟表面活性剂在常温常压下混合复配而成。

[0015] 按照质量比Span 80:PMX-200有机硅表面活性剂:1712氟表面活性剂为5:3:2。

[0016] 所述步骤(2)中,根据油藏条件的不同,井口注入氮气压力控制在15~45MPa,以保证起泡剂喷雾具有足够大的流量,能够进入足够深部的储层。

[0017] 所述步骤(2)中氮气的注入流量为 $2 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$,每个吞吐轮次注入氮气总量为 $30 \times 10^4 \sim 50 \times 10^4 \text{Nm}^3$ 。

[0018] 所述步骤(1)中雾化喷嘴为内混式雾化喷嘴。利用内混式雾化喷嘴将油溶性起泡剂雾化,使起泡剂能够充分的分散,以便能够更加均匀的溶解到储层的原油中。气液比例可以通过雾化总液量及气体与液体的雾化压力比例进行量化。

[0019] 本发明的有益效果为:本发明所述方法采用利用雾化喷嘴将油溶性起泡剂雾化的注入方式,随后通过氮气携带注入地层,利用氮气雾化的油溶性起泡剂在油藏中形成氮气油基泡沫,氮气油基泡沫较水基泡沫在接触原油后泡沫强度高,稳定性好,不会在接触原油后迅速破灭,可以对地层大孔道进行有效封堵,实现对氮气吞吐的气体窜流进行控制,可以有效抑制氮气气体窜流的发生,增加氮气的波及体积,提高氮气吞吐开采效率。

[0020] 本发明采用雾化的方式将油溶性起泡剂注入储层,注入阻力小,对于油藏的氮气吞吐气体窜流控制具有注入难度小,操作简易的优势,而且没有注入水相,因此既没有改变开采时油气两相流动的渗流状态,也未明显改变氮气吞吐开采工艺过程和增加生产投入,开采工艺简单,操作简易,施工难度低,安全系数高。同时为了实现以上目的,本发明针对氮气对表面活性剂进行了筛选组合。

附图说明

[0021] 图1为实验例2中不同起泡剂体系下的油基泡沫起泡结果图。

[0022] 图2为实验例2中不同起泡剂体系下的油基泡沫半衰期结果图。

[0023] 图3为实验例3中不同配比体系下的油基泡沫起泡结果图。

[0024] 图4为实验例3中不同配比体系下的油基泡沫半衰期结果图。

[0025] 图5为实验例4中氮气吞吐三个轮次下进行氮气气体窜流控制与不进行气体窜流控制的采收率对比图。

[0026] 图6为对比例1中氮气吞吐三个轮次下不同起泡剂体系以及不进行气体窜流控制的采收率对比图。

[0027] 图7为对比例2中氮气吞吐三个轮次下不同注入方式以及不进行气体窜流控制的采收率对比图。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图,通过具体实施方式对本发明的技术方案进行详细的说明。

[0029] 所述油藏注氮气吞吐开采过程中控制氮气窜流的方法,首先将油溶性起泡剂雾化,然后通过氮气携带进入储层,溶解于原油中在储层产生油基泡沫,形成氮气油基泡沫防窜体系,抑制氮气气窜,对氮气吞吐的气体窜流进行控制。具体步骤如下:

[0030] (1) 油溶性起泡剂雾化:通过内混式雾化喷嘴将油溶性起泡剂进行雾化,其中雾化油溶性起泡剂的氮气气体压力与油溶性起泡剂的液体压力比为3:1;

[0031] (2) 注入:将氮气与雾化的油溶性起泡剂在井口混合,与氮气同时注入井筒,根据油藏条件的不同,井口注入氮气压力控制在15~45MPa,氮气的注入流量为 $2 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$,每个吞吐轮次注入氮气总量为 $30 \times 10^4 \sim 50 \times 10^4 \text{Nm}^3$;

[0032] (3) 焖井:根据井口压力监测确定焖井时间,当井口压力停止下降则焖井结束,开始生产;

[0033] (4) 监测:监测吞吐开采阶段的日产油量,当日产油量小于1t/d时,结束本轮次吞吐生产,重复步骤(1)至步骤(3),进行下一个轮次的生产。

[0034] 所述油溶性起泡剂的用量根据周期采油量确定,在吞吐周期采油量中的质量百分比为0.8%~1.2%。所述油溶性起泡剂由Span 80、PMX-200有机硅表面活性剂及1712氟表

面活性剂在常温常压下混合复配而成。按照质量比Span 80:PMX-200有机硅表面活性剂:1712氟表面活性剂为5:3:2。

[0035] 实验例1

[0036] 利用氮气通过雾化喷嘴雾化油性起泡剂的效果实验。

[0037] 一、实验目的:评测不同氮气压力下通过雾化喷嘴形成的油性起泡剂喷雾在岩心中的分布效果。

[0038] 二、实验条件:

[0039] (1) 实验温度:70℃;

[0040] (2) 实验用气:氮气,纯度99.99%,青岛天源气体制造有限公司生产;

[0041] (3) 实验用油性起泡剂溶液:Span 80,PMX-200有机硅表面活性剂,1712氟表面活性剂按照质量比为5:3:2的比例混合液体;

[0042] (4) 实验岩心:人工胶结圆柱型岩心($\Phi 2.5 \times 30\text{cm}$),渗透率 $40 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;

[0043] (5) 实验仪器:内混式雾化喷嘴,型号:ST-6,最高工作温度120℃,最大工作压力5MPa,洛阳踏拓环保器材有限公司生产。

[0044] 三、实验步骤:

[0045] (1) 准备五个相同岩心并抽真空,编号1、2、3、4、5;

[0046] (2) 利用内混式雾化喷嘴向五个岩心中以氮气气压与起泡剂溶液压力比分别为1:1、2:1、3:1、4:1、5:1注入0.05PV的雾化起泡剂溶液;

[0047] (3) 注入结束后对五个岩心进行核磁共振测试,观察岩心中起泡剂的分布情况。

[0048] 四、实验结果与分析:

[0049] 通过核磁共振测试结果发现氮气气压为3MPa,起泡剂溶液压力为1MPa下的岩心中起泡剂溶液的分布最均匀,波及范围也最为广泛。1号及2号岩心中起泡剂溶液集中在岩心的前半段,并未能波及整个岩心。4号、5号岩心中的起泡剂在轴线上集中,在岩心径向上波及较差。

[0050] 实验例2

[0051] 利用油基泡沫控制氮气吞吐气体窜流方法的性能实验。

[0052] 一、实验目的:评测该方法提供的油基泡沫控制氮气吞吐气体窜流方法形成的氮气油基泡沫防窜体系的起泡和稳泡性能。

[0053] 二、实验条件:

[0054] (1) 实验温度:20℃;

[0055] (2) 实验用气:氮气,纯度99.99%,青岛天源气体制造有限公司生产;

[0056] (3) 实验用油:某低渗区块原油;

[0057] (4) 实验用起泡剂:Span 80,PMX-200有机硅表面活性剂,1712氟表面活性剂;

[0058] (5) 实验仪器:高速搅拌机(GJ-3S型),青岛海通达有限公司生产,转速为0-11000r/min。

[0059] 三、实验步骤:

[0060] (1) 将Span 80、PMX-200有机硅表面活性剂和1712氟表面活性剂按照质量比为5:3:2的比例进行组合,得到1号起泡剂混合溶液;

[0061] (2) 将复配得到的1号起泡剂混合溶液按照质量百分比为1%的比例,溶解于100mL

的原油中,倒入1号搅拌杯中;

[0062] (3) 将Span 80与PMX-200有机硅表面活性剂按照质量比为5:3的比例进行组合,得到2号起泡剂混合溶液;将Span 80与1712氟表面活性剂按照质量比为5:2的比例进行组合,得到3号起泡剂混合溶液;将PMX-200有机硅表面活性剂与1712氟表面活性剂按照质量比为3:2的比例进行组合;得到4号起泡剂混合溶液;

[0063] (4) 将复配得到的2号、3号、4号起泡剂混合溶液按照质量百分比为1%的比例,溶解于100mL的原油中,倒入2号、3号、4号搅拌杯中;

[0064] (5) 将Span 80、PMX-200有机硅表面活性剂和1712氟表面活性剂按照质量百分比为1%的比例各自溶解于100mL的原油中,倒入5号、6号、7号搅拌杯中;

[0065] (6) 向7个搅拌杯中通入氮气1min,并密封静置10min;

[0066] (7) 设置高速搅拌机转速为7000r/min,搅拌时间为3min,在密封条件下对上述四种起泡剂溶液进行机械搅拌,形成氮气油基泡沫;

[0067] (8) 将搅拌形成的氮气油基泡沫体系缓慢倒入500mL的量筒中,记录起泡体积和半衰期(析液50mL所需时间),对以上实验均进行三次平行实验,取三次有效测试结果的平均值作为实验结果。

[0068] 四、实验结果与分析:

[0069] 通过记录不同起泡剂体系的起泡体积和半衰期(见图1、图2),来分析评价油基泡沫控制氮气吞吐气体窜流方法形成的氮气油基泡沫防窜体系的起泡和稳泡性能。

[0070] 通过对比实验结果可以发现,本发明所述方法提供的油溶性起泡剂组合拥有最大的起泡体积和半衰期,分别为330mL和13.4min。因此本发明所述方法提供的油基泡沫防窜体系拥有最好的泡沫质量。

[0071] 实验例3

[0072] 利用油基泡沫控制氮气吞吐气体窜流方法的性能实验。

[0073] 一、实验目的:评测该方法提供的油溶性起泡剂组合在不同配比下的油基泡沫起泡和稳泡性能。

[0074] 二、实验条件:同实验例2。

[0075] 三、实验步骤:

[0076] (1) 将Span 80、PMX-200有机硅表面活性剂和1712氟表面活性剂按照质量比为5:3:2的比例进行组合,得到1号起泡剂混合溶液;

[0077] (2) 将复配得到的1号起泡剂混合溶液按照质量百分比为1%的比例,溶解于100mL的原油中,倒入1号搅拌杯中;

[0078] (3) 改变Span 80、PMX-200有机硅表面活性剂和1712氟表面活性剂的质量比例进行复配,分别以质量比3:5:2、2:3:5、1:1:1作为对照组,并分别命名为2号、3号和4号起泡剂混合溶液;

[0079] (4) 将复配得到的2号、3号、4号起泡剂混合溶液按照质量百分比为1%的比例,溶解于100mL的原油中,倒入2号、3号、4号搅拌杯中;

[0080] (6) 向1号、2号、3号和4号搅拌杯中通入氮气1min,并密封静置10min;

[0081] (7) 设置高速搅拌机转速为7000r/min,搅拌时间为3min,在密封条件下对上述四种起泡剂溶液进行机械搅拌,形成氮气油基泡沫;

[0082] (8) 将搅拌形成的氮气油基泡沫体系缓慢倒入500mL的大量筒中,记录起泡体积和半衰期(析液50mL所需时间),对以上实验均进行三次平行实验,取三次有效测试结果的平均值作为实验结果。

[0083] 四、实验结果与分析:

[0084] 通过记录不同起泡剂体系的起泡体积和半衰期(见图3、图4),来对比分析该方法提供的起泡剂配方在不同配比下的油基泡沫起泡和稳泡性能。

[0085] 通过实验结果的对比分析,发现在Span 80,PMX-200有机硅表面活性剂,1712氟表面活性剂按照质量比为5:3:2的比例进行组合,油基泡沫的起泡体积和半衰期,分别为330mL和13.4min,得到的油基泡沫体系是最稳定的,泡沫质量最高。

[0086] 实验例4

[0087] 利用油基泡沫控制氮气吞吐气体窜流的方法的性能实验。

[0088] 一、实验目的:模拟低渗油藏氮气吞吐开采过程,评测该方法对于氮气气体窜流的控制效果。

[0089] 二、实验条件:

[0090] (1) 实验温度:70℃;

[0091] (2) 实验压力:3MPa;

[0092] (3) 实验用气:氮气,纯度99.99%,青岛天源气体制造有限公司生产;

[0093] (4) 实验用油:室温黏度为11.2mPa·s的原油;

[0094] (5) 实验用起泡剂溶液:Span 80,PMX-200有机硅表面活性剂,1712氟表面活性剂按照质量比为5:3:2的比例混合液体;

[0095] (6) 实验岩心:人工胶结圆柱型岩心($\Phi 2.5 \times 30\text{cm}$),渗透率 $40 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;

[0096] (7) 实验仪器:内混式雾化喷嘴,型号:ST-6,工作温度120℃,工作压力5MPa,洛阳踏拓环保器材有限公司生产。

[0097] 三、实验步骤:

[0098] (1) 岩心抽真空,饱和原油;

[0099] (2) 利用内混式雾化喷嘴向岩心中以氮气气压为3MPa、起泡剂溶液压力为1MPa的压力注入0.05PV的雾化的起泡剂溶液,进行焖井,等待岩心压力稳定,在压力稳定后注入氮气进行第一轮次的氮气吞吐开采;

[0100] (3) 在第一轮次开采结束后,重复步骤(2)进行第二轮次的生产,相似的,在第二轮次开采结束后,重复步骤(2)进行第三轮次的生产;

[0101] (4) 另设一组不使用该方法进行氮气吞吐气体窜流控制的岩心,进行三轮次的氮气吞吐开采,做对照实验;

[0102] (5) 监测岩心压力变化,并记录每个轮次的采收率。

[0103] 四、实验结果与分析:

[0104] 记录上述实验各轮次采收率(见图5),不使用该方法进行气体窜流控制的岩心氮气吞吐实验三个轮次采收率分别为13.5%、5.2%、1.7%。在利用该方法进行气体窜流控制后,可以看到氮气吞吐第一轮次的采收率为18.3%,第二、第三轮次的采收率分别为11.6%、6.6%。同时通过对岩心压力的监测,发现该方法可以有效维持岩心压力,减缓压力降落速度,推迟气窜的发生。综上所述,该方法实现了对氮气吞吐气体窜流的有效控制,有

效的抑制了氮气的气窜,扩大了氮气的波及体积,显著提高了氮气吞吐开采效果。

[0105] 应用例1

[0106] 本发明在油田某低渗区块选择了G626井来说明油基泡沫控制氮气吞吐气体窜流,提高吞吐采收率的实际应用情况。但应该注意,本发明绝不限于该低渗区块。

[0107] 该油藏深度为1700m,油层厚度为20~23m,油藏温度下的原油粘度为5.8mPa·s,原始平均油藏温度为70℃,原始平均油藏压力为18MPa,原始平均油藏渗透率为 $27.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于低渗油藏。选择使用氮气吞吐的方式进行开采。该井初期使用氮气吞吐开采时,易发生气窜,平均日产油1.3吨。随后使用该方法对氮气吞吐的气体窜流进行控制。该方法包括以下步骤:

[0108] (1) 利用氮气通过内混式雾化喷嘴将油溶性起泡剂组合雾化,油溶性起泡剂组合由Span80、PMX-200有机硅表面活性剂及1712氟表面活性剂按照质量比为5:3:2的比例在常温常压下进行混合得到,起泡剂雾化时的氮气气压为3MPa,起泡剂溶液压力为1MPa,起泡剂组合用量根据周期采油量确定,在吞吐周期采油量中的质量百分比为1.1%;

[0109] (2) 雾化的起泡剂在井口与用作吞吐的氮气同时注入井筒,氮气气压控制在15~45MPa,以保证雾化的起泡剂能有足够大的流速,能进入足够深部的储层,氮气注入流量为 $3 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{d}$,每个吞吐轮次注入氮气总量为 $40 \times 10^4 \text{Nm}^3$;

[0110] (3) 焖井,焖井时间根据井口压力监测确定,当井口压力不再下降焖井结束,开始生产;

[0111] (4) 监测吞吐开采阶段的日产油量,当日产油量小于1t/d时,结束本轮次吞吐生产,重复步骤(1)到步骤(3),进行下一个轮次的生产。

[0112] 在通过该方法进行氮气吞吐气体窜流控制后,平均日产油量达到2.7吨,单日增油量1.4吨,有效时间为5个月,累积产油量增加211.5吨。可以看出在使用本方法进行氮气吞吐气体窜流控制以后,该井的产油量有了大幅增加,证明了该方法能有效控制氮气吞吐气体窜流,提升氮气吞吐开采效果。

[0113] 对比例1

[0114] 该例用于氮气吞吐控制气体窜流的油溶性表面活性剂体系由FS-50氟表面活性剂与司盘20按照体积比2:3的比例在常温常压下混合均匀制得。

[0115] 一、实验目的:评测上述油溶性体系在起泡剂雾化控制氮气吞吐流度实验中的应用效果。

[0116] 其中实验用起泡剂溶液:体系1:Span 80、PMX-200有机硅表面活性剂与1712氟表面活性剂按照质量比为5:3:2的比例混合液体;体系2:Span 20与FS-50氟表面活性剂按照质量比为3:2的比例混合液体。其余实验条件同实验例4。

[0117] 二、实验步骤:

[0118] (1) 岩心抽真空,饱和原油;

[0119] (2) 利用内混式雾化喷嘴向两个相同岩心中以氮气气压为3MPa、起泡剂溶液压力为1MPa的压力分别注入0.05PV的雾化的两种体系的起泡剂溶液,进行焖井,等待岩心压力稳定,在压力稳定后注入氮气进行第一轮次的氮气吞吐开采;

[0120] (3) 在第一轮次开采结束后,重复步骤(2)进行第二轮次的生产,相似的,在第二轮次开采结束后,重复步骤(2)进行第三轮次的生产;

[0121] (4) 另设一组不使用该方法进行氮气吞吐气体窜流控制的岩心,进行三轮次的氮气吞吐开采,做对照实验;

[0122] (5) 监测岩心的压力变化,并记录每个轮次的采收率。

[0123] 三、实验结果与分析:

[0124] 记录上述实验各轮次采收率(见图6)。使用该对比例1进行气体窜流控制的岩心氮气吞吐实验三个轮次采收率分别为14.7%、6.1%、2%,比不进行气窜控制下的各轮次采收率提高很小。而利用本发明所述方法进行气体窜流控制后,可以看到氮气吞吐实验三个轮次采收率分别为18.3%、11.6%、6.6%,增加明显。综上所述,对比例1所述体系对于低渗或断块油藏氮气吞吐开采过程中的氮气气体窜流控制并不适用。

[0125] 对比例2

[0126] 雾化注入与常规注入对控制氮气吞吐气体窜流的效果对比实验。

[0127] 一、实验目的:对比雾化注入与常规注入在氮气吞吐实验中对气体窜流的控制效果。

[0128] 二、实验条件:同实施例4。

[0129] 三、实验步骤:在实施例4基础上另外增加一组常规注入对比组,利用微量泵以0.05mL/min的速度向岩心中注入0.05PV的起泡剂混合溶液。

[0130] 四、实验结果与分析:

[0131] 记录实验各轮次采收率(见图7)。常规注入方式各轮次采收率分别为15.4%,7.5%,2.9%,雾化注入方式各轮次采收率分别为18.3%、11.6%、6.6%。对比可以发现本发明使用的雾化注入方式对于控制氮气吞吐气体窜流提高采收率效果更加显著,相较常规注入方式更加有优势。

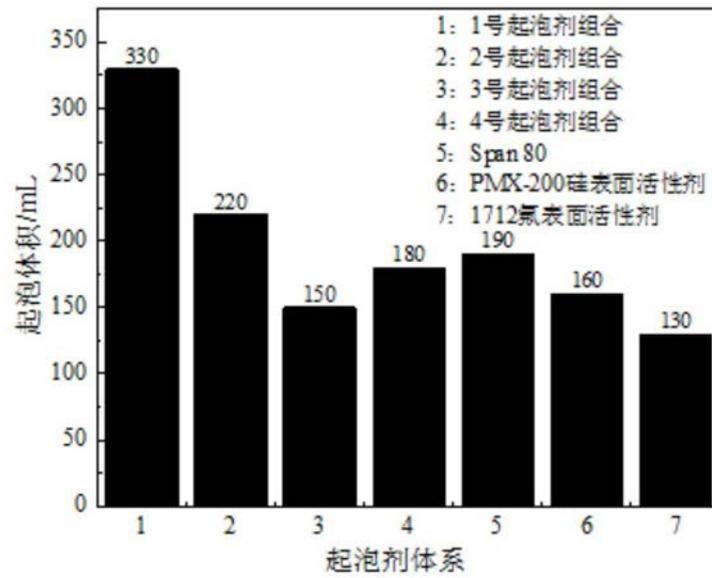


图1

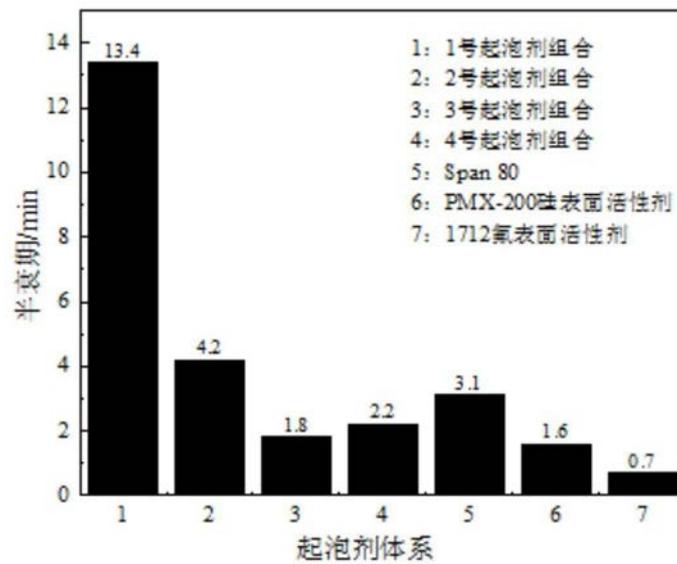


图2

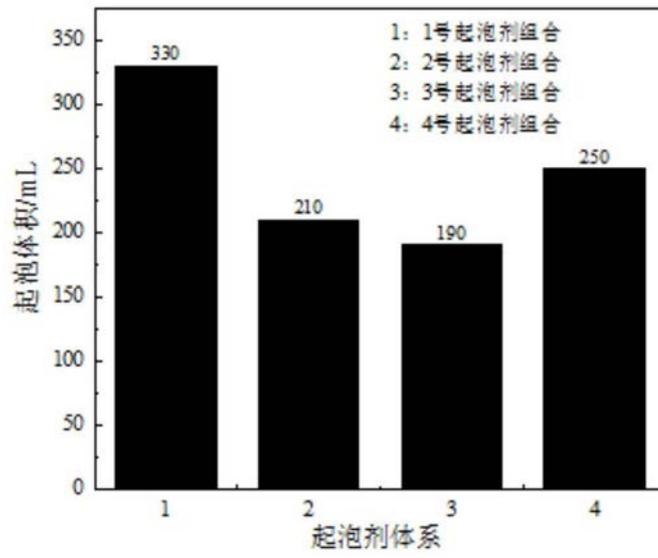


图3

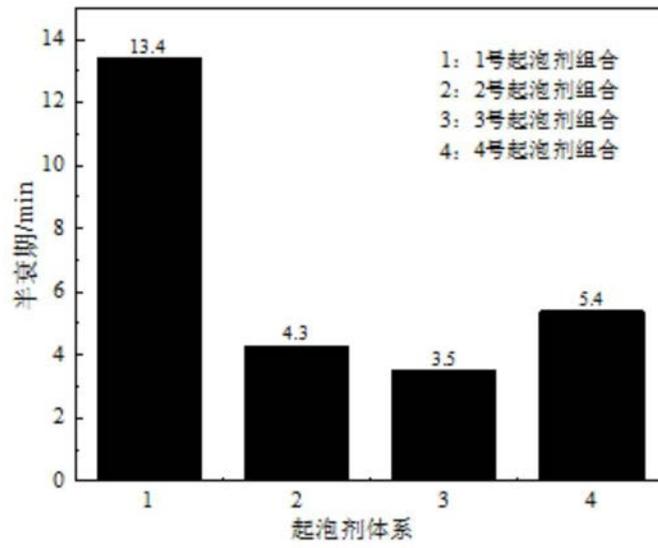


图4

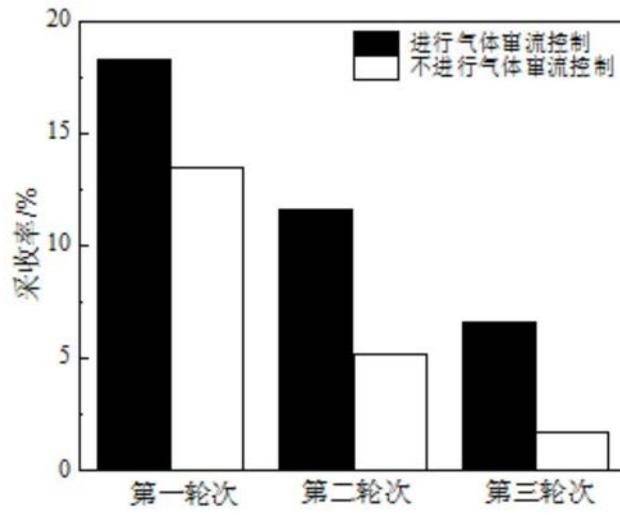


图5

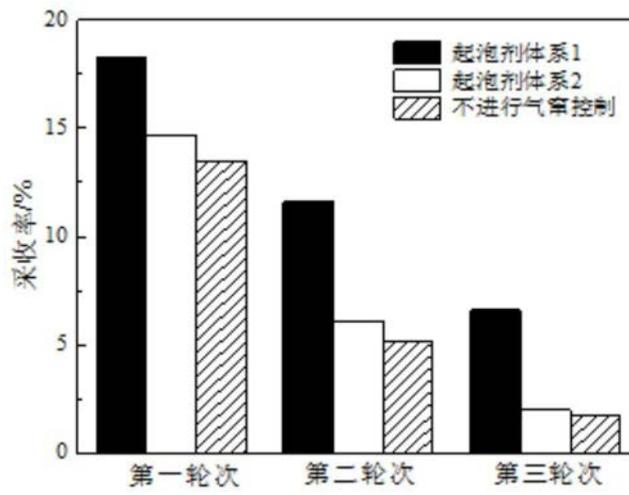


图6

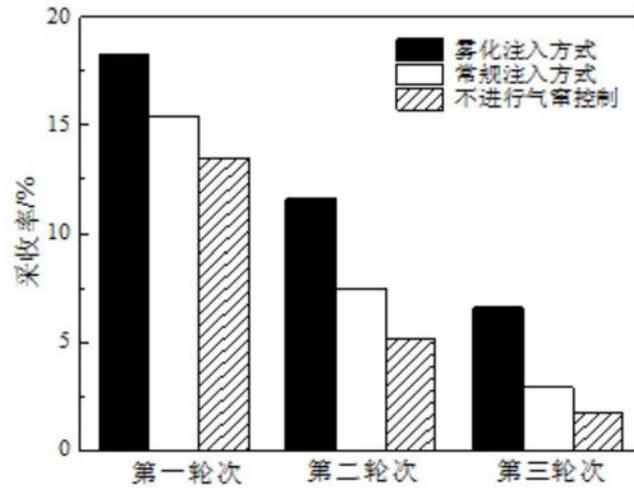


图7