(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2025 年 1 月 2 日 (02.01.2025)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2025/000751 A1

(51) 国际专利分类号:
E21B 43/16 (2006.01) *E21B 43/22* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/124947

(22) 国际申请日: 2023 年 10 月 17 日 (17.10.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202310762016.5 2023年6月26日 (26.06.2023) CN

(71) 申请人: 中国石油天然气股份有限公司 **(PETROCHINA COMPANY LIMITED)** [CN/CN]; 中国北京市东城区东直门北大街 9 号, Beijing 100007 (CN)。

(72) 发明人:张新元**(ZHANG, Xinyuan)**; 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。 武凡皓**(WU, Fanhao)**; 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。 陈东明**(CHEN, Dongming)**; 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。 路达**(LU, Da)**; 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。 黄元辉**(HUANG, Yuanhui)**; 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。 丁怀宇**(DING, Huaiyu)**; 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。 冯恩库**(FENG, Enku)**; 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。 田淑芳**(TIAN, Shufang)**; 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。 王超**(WANG, Chao)**; 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究

(54) **Title:** METHOD FOR IMPROVING RECOVERY FACTOR DURING COLD PRODUCTION OF FOAMY OIL

(54) 发明名称: 一种提高泡沫油冷采采收率的方法

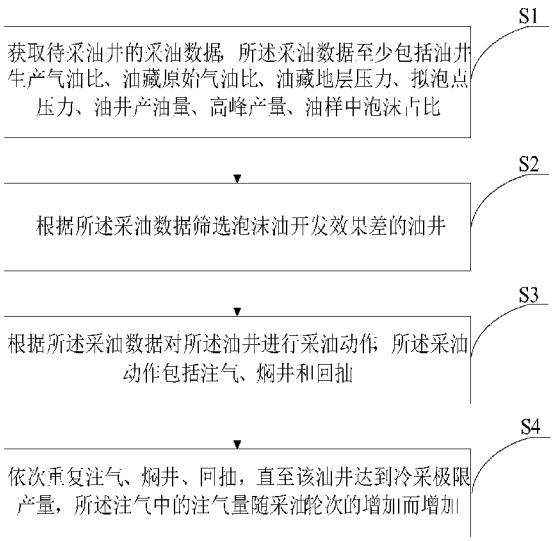


图 1

S1 Acquire oil production data of an oil production-pending well, the oil production data at least comprising a produced gas-oil ratio of the oil well, an initial gas-oil ratio of an oil reservoir, oil reservoir stratum pressure, pseudo-bubble point pressure, oil production of the oil well, a plateau production rate, and a foam proportion in an oil sample

S2 On the basis of the oil production data, screen for an oil well having a poor foamy oil development effect

S3 Perform oil production operation on the oil well on the basis of the oil production data, the oil production operation comprising gas injection, well soaking, and swabbing

S4 Successively repeat the gas injection, well soaking, and swabbing until the oil well reaches a cold production limit, the gas injection amount in the gas injection being increased along with the increase of rounds of oil production

(57) **Abstract:** Embodiments of the present invention provide a method and apparatus for improving a recovery factor during cold production of foamy oil, and a storage medium. The method comprises the following steps: S1: acquiring oil production data of an oil production-pending well, the oil production data at least comprising a produced gas-oil ratio of the oil well, an initial gas-oil ratio of an oil reservoir, oil reservoir stratum pressure, pseudo-bubble point pressure, oil production of the oil well, a plateau production rate, and a foam proportion in an oil sample; S2, on the basis of the oil production data, screening for an oil well having a poor foamy oil development effect; S3, performing oil production operation on the oil well on the basis of the oil production data, the oil production operation comprising gas injection, well soaking, and swabbing; and S4, successively repeating the gas injection, well soaking, and swabbing until the oil well reaches a cold production limit, the gas injection amount in the gas injection being increased along with

WO 2025/000751 A1

[见续页]

院, Liaoning 124010 (CN)。 李若懿(**LI, Ruoyi**); 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。 尹慧(**YIN, Hui**); 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。 陈璐(**CHEN, Lu**); 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。 王思博(**WANG, Sibo**); 中国辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街勘探开发研究院, Liaoning 124010 (CN)。

(74) 代理人: 北京润平知识产权代理有限公司 (**RUNPING & PARTNERS**); 中国北京市海淀区北四环西路9号银谷大厦515室, Beijing 100190 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

the increase of rounds of oil production. The method increases the production of a cold production stage, and achieves the effective treatment of a stripper well and an inactive well.

(57) 摘要: 本发明实施例提供一种提高泡沫油冷采采收率的方法、装置及存储介质，该方法包括以下步骤：S1：获取待采油井的采油数据，所述采油数据至少包括油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比；S2：根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井；S3：根据所述采油数据对所述油井进行采油动作，所述采油动作包括注气、焖井和回抽；S4：依次重复注气、焖井、回抽，直至该油井达到冷采极限产量，所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。该方法提高了冷采阶段的产量，实现了低产井及长停井的有效治理。

一种提高泡沫油冷采采收率的方法

相关申请的交叉引用

本申请要求 2023 年 06 月 26 日提交的中国专利申请 202310762016.5 的权益，该申请的内容通过引用被合并于本文。

技术领域

本发明涉及石油开采技术领域，具体地涉及一种提高泡沫油冷采采收率的方法。

背景技术

泡沫油是一种含气原油，其中气相以微小气泡的形式分散于油相中，这种特殊的状态使得泡沫油流动性强，产量高。在现有的石油开采中，只有当泡沫油油藏的地层压力下降至泡点压力以下，所述泡沫油油藏中的溶解气才从油相中得以释放。最初气相以微小气泡的状态存在，随着时间的推移和压力的下降，在不同位置形成的气泡不断增大并逐渐聚集形成连续的气相。

然而随着油井附近压力降低（低至拟泡点压力），原油脱气后逐渐形成自由相，泡沫油作用下降，油相粘度升高，油井产量降低，生产气油比增大，影响了油井的正常生产。

发明内容

本发明实施例的目的是提供一种提高泡沫油冷采采收率的方法，该方法提高了冷采阶段的产量，实现了低产井及长停井的有效治理。

为了实现上述目的，本发明实施例提供一种提高泡沫油冷采采收率的方法，该方法包括以下步骤：

S1：获取待采油井的采油数据，所述采油数据至少包括油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比；

S2：根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井；

S3：根据所述采油数据对所述油井进行采油动作，所述采油动作包括注气、焖井和回抽；

S4：依次重复注气、焖井、回抽，直至该油井达到冷采极限产量，所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。

可选的，所述根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井，包括：

当油井生产气油比>所述油藏原始气油比*10，且油藏地层压力<拟泡点压力，且油井产油量<高峰产量的*20%，且油样中泡沫占比<泡沫占比阈值，则该油井为泡沫油开发效果差的油井。

可选的，该方法还包括：

如果所述油井的邻井未达到冷采极限产量，则对该油井和邻井进行组合式注气吞吐；

所述组合式注气吞吐为多口油井的采油动作同步进行。

可选的，所述注气量为：

$$V = (2rL + \pi r^2) \cdot h \cdot \varphi \cdot S_o \cdot R \cdot \rho \cdot （1 + A）^{n-1}$$

其中，r 为吞吐半径，

L 为水平井段生产长度，

h 为油层厚度，

φ 为油层的孔隙度，

S_o 为含油饱和度，

R 为地层条件下单位体积原油溶解气体体积，

ρ 为气体地面密度，

A 为注气量增加的幅度，n 为采油轮次。

可选的，所述注气量增加的幅度为 5%-30%。

可选的，油藏水平井的排距为吞吐半径的 2 倍。

可选的，注气吞吐最大轮次为 6，最大轮次下的吞吐半径为最大吞吐半径。

可选的，所述焖井的时长与注气的性质、注入量、原油性质、地层温度及地层压力有关。

可选的，注气过程中，注气压力低于油井所处地层的破裂压力。

可选的，回抽过程中，采液速度为单井控制储量的 1.0%-4.0%。

另一方面，本发明提供一种提高泡沫油冷采采收率的装置，该装置包括：

获取模块，用于获取待采油井的采油数据，所述采油数据至少包括油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比；

筛选模块，用于根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井；

采油模块，用于根据所述采油数据对所述油井进行采油动作，所述采油动作包括注气、焖井和回抽；

依次重复注气、焖井、回抽，直至该油井达到冷采极限产量，所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。

可选的，所述根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井，包括：

当油井生产气油比>所述油藏原始气油比*10，且油藏地层压力<拟泡点压力，且油井产油量<高峰产量的*20%，且油样中泡沫占比<泡沫占比阈值，则该油井为泡沫油开发效果差的油井。

可选的，所述采油模块还用于如果所述油井的邻井未达到冷采极限产量，则对该油井和邻井进行组合式注气吞吐；

所述组合式注气吞吐为多口油井的采油动作同步进行。

可选的，所述注气量为：

$$V = (2rL + \pi r^2) \cdot h \cdot \varphi \cdot S_o \cdot R \cdot \rho \cdot （1 + A）^{n-1}$$

其中，r 为吞吐半径，

L 为水平井段生产长度，

h 为油层厚度，

φ 为油层的孔隙度，

S_o 为含油饱和度，

R 为地层条件下单位体积原油溶解气体体积，

ρ 为气体地面密度，

A 为注气量增加的幅度，n 为采油轮次。

可选的，所述注气量增加的幅度为 5%-30%。

可选的，油藏水平井的排距为吞吐半径的 2 倍。

可选的，注气吞吐最大轮次为 6，最大轮次下的吞吐半径为最大吞吐半径。

可选的，所述焖井的时长与注气的性质、注入量、原油性质、地层温度及地层压力有关。

可选的，注气过程中，注气压力低于油井所处地层的破裂压力。

可选的，回抽过程中，采液速度为单井控制储量的 1.0%-4.0%。

另一方面，本发明还提供一种机器可读存储介质，该机器可读存储介质上存储有指令，该指令用于使得机器执行上述所述的提高泡沫油冷采采收率的方法。

本发明的一种提高泡沫油冷采采收率的方法包括以下步骤：S1：获取待采油井的采油数据，所述采油数据至少包括油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比；S2：根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井； S3：根据所述采油数据对所述油井进行采油动作，所述采油动作包括注气、焖井和回抽；S4：依次重复注气、焖井、回抽，直至该油井达到冷采极限产量，所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。本发明通过筛选泡沫油开发效果差的油井，并对其进行注气时机的判定，实现了降低脱气后原油的粘度，增大地层压力，减小原油界面张力，进而通过形成类似泡沫油来延长泡沫油冷采生命周期，继续发挥泡沫油生产能力，提高了冷采阶段的产量，实现了低产井及长停井的有效治理。

本发明实施例的其它特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

附图说明

附图是用来提供对本发明实施例的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与下面的具体实施方式一起用于解释本发明实施例，但并不构成对本发明实施例的限制。在附图中：

图 1 是本发明的一种提高泡沫油冷采采收率的方法的流程示意图；

图 2 为本发明的直井注气波及范围平面示意图；

图 3 为本发明的水平井注气波及范围平面示意图；

图 4 为本发明的水平井注气波及半径优选图；

图 5 为本发明的水平井注气焖井时间优选图；

图 6 为本发明的水平井注气采液速度优选图；

图 7 为本发明的水平井注气较上次注气增量优选图。

具体实施方式

以下结合附图对本发明实施例的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是，此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明实施例，并不用于限制本发明实施例。

图 1 是本发明的一种提高泡沫油冷采采收率的方法的流程示意图，如图 1 所示，步骤 S1 为获取待采油井的采油数据，所述采油数据至少包括油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比。所述油藏为泡沫油油藏。

具体的，所述待采油井一般为长停油井。获取所述长停油井的油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比等采油数据。

按照一种具体的实施方式，查找油田前期资料以确定区块原油原始气油比的值；通过注气前一段时间内油井所产气体和原油体积确定油井生产气油比的值；计算所述待采油井注气前的当前生产气油比和原始气油比的比值，根据同样的方法确定到停产井停产前生产气油比和原始气油比的比值。通过前期资料确定油田原油的拟泡点压力和油藏地层压力，对比拟泡点压力和油藏地层压力以确定二者的关系。油井高峰期产油量为油井产量较高的生产期（至少 2 个月）产油量（一般为方/天），油井产油量为注气前一段时间内（至少 15 天）的平均产油量。具体的，原始气油比又称原始溶解气油比，指在原始地层条件下，单位体积或重量原油所溶解的天然气量。油层压力是指油藏投入开发后某一时期的地层压力。

泡点压力是在恒温条件下逐步降低系统压力，当液体混合物开始汽化出现第一个汽泡时的压力。稠油冷采技术是借助于泡沫油的作用来开采稠油油藏的开发技术。泡沫产生的压力区间就是泡点压力至拟泡点压力。拟泡点压力是用来描述稠油油藏的衰竭式开采，根据常规室内压力、体积、温度数据描述泡沫油流体特性。当地层压力低于热力学平衡泡点压力以下，原油中的溶解气会以扩散气的形式析出，形成一个自由移动气相，直到更低的压力，即拟泡点压力。在拟泡点压力以下，部分扩散的气体会变成自由气体，随着压力的递减，扩散在原油中的

气体会减少直到全部变为自由气体。随着泡沫油油藏冷采开发的深入，地层压力进一步降低（低于拟泡点压力），溶解气逐渐逸出成连续相，泡沫油优势发挥殆尽，油井生产气油比上升，产油量下降，甚至导致油井关停。

步骤 S2 为根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井。所述泡沫油开发效果差的油井为冷采产量低、生产气油比高的油井或停产油井。

具体的，所述根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井，包括：当油井生产气油比>所述油藏原始气油比*10，且油藏地层压力<拟泡点压力，且油井产油量<高峰产量的*20%，且油样中泡沫占比<泡沫占比阈值，则该油井为泡沫油开发效果差的油井。当泡沫油井生产气油比上升至原始气油比 10 倍以上、地层压力低于拟泡点压力、油井产油量低于高峰产量 20%且油样中泡沫占比明显减少时，则可以确定泡沫油井生产效果明显变差，则需要进行注气以延长泡沫油冷采生命周期以改善泡沫油冷采开发。

步骤 S3 为根据所述采油数据对所述油井进行采油动作，所述采油动作包括注气、焖井和回抽。

具体的，所述注气量为：

$$V = (2rL + \pi r^2) \cdot h \cdot \varphi \cdot S_o \cdot R \cdot \rho \cdot (1 + A)^{n-1}$$

其中，r 为吞吐半径，L 为水平井段生产长度，h 为油层厚度，φ 为油层的孔隙度，So 为含油饱和度，R 为地层条件下单位体积原油溶解气体体积，ρ 为气体地面密度，A 为注气量增加的幅度,n 为采油轮次。优选的，所述注气量增加的幅度为 5%-30%。采油数据与油井控制范围的平均含油饱和度有关。优选的，油藏水平井的排距为吞吐半径的 2 倍。注气吞吐最大轮次为 6，最大轮次下的吞吐半径为最大吞吐半径。

按照一种具体的实施方式，注气量由待采油井钻遇油层厚度、油层孔隙度、波及半径及气体在原油中的溶解度决定。采油数据与溶解度油有关。通常，直井波及范围可以认为是一个圆柱体，如图 2 所示；而水平井注气波及范围则是一个长方体+两个半圆柱体，如图 3 所示。注入气体应适量，注入过多会导致气体无法溶解在所波及的原油中，对后期转抽造成困难且造成浪费，注入过少会造成无法达到想要的增压、降粘、提高驱油效率的效果。经发明人研究发现，在注入气体后波及半径范围内油井井底的地层压力上升了 0.5MPa，原油粘度下降了

50%-80%，地层驱动力及原油流动性明显增强。冷采液量高低关系到油藏压力以及原油脱气程度，与后期注气后气体在原油中的溶解状况及焖井时长有关。所述焖井的时长与注气的性质、注入量、原油性质、地层温度及地层压力有关，例如注气量在一定范围内越大，则焖井时长越长。注气过程中，注气压力低于油井所处地层的破裂压力。

步骤 S4 为依次重复注气、焖井、回抽，直至该油井达到冷采极限产量，所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。

按照一种具体的实施方式，首轮吞吐半径为 30-110m 时油井阶段生产效果，随着注入量的增大，油井产油量增加，但换油率下降，吞吐半径在 50m 时换油率下降幅度减缓，因此本申请优选的首轮吞吐半径为 50m，具体如图 4 所示。

焖井的时间一般以注入气体充分溶解于原油得到利用为准，如图 5 所示，如果焖井时间过短，气体未溶解直接就回采会造成浪费；如果焖井时间过长，则会导致油井生产时率低，影响一定时间内的产量，也可造成注入的气体远离井底造成浪费。经发明人研究发现，随着焖井时间延长气体换油率变低，因此优选焖井时间为 10 天。

其中，采液速度的高低可反映气体在地层中助排作用的大小。如图 6 所示，在周期总排液量相当的情况下，排液速度过大会导致井底附近压力过快下降，原油粘度增大，不利于原油流动。排液量过低将会导致单井产量低，不能达到提高产量目的。因此本申请的发采液速度为 1.0%-4.0%，在采液速度 2.0%以后阶段换油率下降加快，且此时可以保证单井有较高产量，因此本申请的优选采液速度为 2.0%。

所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。具体的，根据注气波及半径增大的需要，注气量较前一次增加一定比例。照现场生产效果实施，注气量过大会在回抽时无法及时回采，注气量少会导致无法发挥油藏能力，影响总体增产效果。优选的，回抽过程中，采液速度为单井控制储量的 1.0%-4.0%。单井控制储量为单井控制流体流动范围内的地质储量。可根据试油取得的成果数据，采用地层测试资料处理解释方法进行计算。

经发明人研究发现，注气量较首轮增加幅度为 5%-30%时的生产效果最佳，并且随着增量变大，二轮次产油量逐渐增加，在注气量增加 20%时换油率下降减

缓，因此本申请的新一次较前一次注气量增加 20%，如图 7 所示。

而且，随着注气轮次增加，井底含油饱和度降低，周期产油量下降达到冷采极限产量，本申请优选的注气吞吐最大轮次为 6 轮次，此时得到注气吞吐极限半径。通过确定注气吞吐极限半径，可初步确定泡沫油油藏水平井最优排距应为吞吐半径的 2 倍。根据泡沫油油藏水平井开发现状，判定前期井距适应性，指导后期井网井距调整，实现泡沫油经济有效开发。排距就是水井井排与油井井排之间的距离。

本申请的采油方法还包括：如果所述油井的邻井未达到冷采极限产量，则对该油井和邻井进行组合式注气吞吐；所述组合式注气吞吐为多口油井的采油动作同步进行。具体的，所述组合式注气吞吐包括：如果相邻的油井均达到需注气来延长泡沫油冷采生命周期时机，应使相邻油井同时注气同时开井采油，可以避免注入的气体窜至正回采的邻井，从而导致注入气体浪费，影响邻井生产。

本发明的一种提高泡沫油冷采采收率的方法包括以下步骤：S1：获取待采油井的采油数据，所述采油数据至少包括油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比；S2：根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井； S3：根据所述采油数据对所述油井进行采油动作，所述采油动作包括注气、焖井和回抽；S4：依次重复注气、焖井、回抽，直至该油井达到冷采极限产量，所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。本发明通过筛选泡沫油开发效果差的油井，并对其进行注气时机的判定，实现了降低脱气后原油的粘度，增大地层压力，减小原油界面张力，进而通过形成类似泡沫油来延长泡沫油冷采生命周期，继续发挥泡沫油生产能力，提高了冷采阶段的产量，实现了低产井及长停井的有效治理。

本发明还提供一种提高泡沫油冷采采收率的装置，该装置包括：获取模块，用于获取待采油井的采油数据，所述采油数据至少包括油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比；筛选模块，用于根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井； 采油模块，用于根据所述采油数据对所述油井进行采油动作，所述采油动作包括注气、焖井和回抽；依次重复注气、焖井、回抽，直至该油井达到冷采极限产量，所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。

泡点压力是在恒温条件下逐步降低系统压力，当液体混合物开始汽化出现第一个汽泡时的压力。稠油冷采技术是借助于泡沫油的作用来开采稠油油藏的开发技术。泡沫产生的压力区间就是泡点压力至拟泡点压力。拟泡点压力是用来描述稠油油藏的衰竭式开采，根据常规室内压力、体积、温度数据描述泡沫油流体特性。当地层压力低于热力学平衡泡点压力以下，原油中的溶解气会以扩散气的形式析出，形成一个自由移动气相，直到更低的压力，即拟泡点压力。在拟泡点压力以下，部分扩散的气体会变成自由气体，随着压力的递减，扩散在原油中的气体会减少直到全部变为自由气体。随着泡沫油油藏冷采开发的深入，地层压力进一步降低（低于拟泡点压力），溶解气逐渐逸出成连续相，泡沫油优势发挥殆尽，油井生产气油比上升，产油量下降，甚至导致油井关停。

所述根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井，包括：当油井生产气油比>所述油藏原始气油比*10，且油藏地层压力<拟泡点压力，且油井产油量<高峰产量的*20%，且油样中泡沫占比<泡沫占比阈值，则该油井为泡沫油开发效果差的油井。

所述注气量为：

$$V = (2rL + \pi r^2) \cdot h \cdot \varphi \cdot S_o \cdot R \cdot \rho \cdot （1 + A）^{n-1}$$

其中，r 为吞吐半径，L 为水平井段生产长度， h 为油层厚度，φ 为油层的孔隙度，So 为含油饱和度，R 为地层条件下单位体积原油溶解气体体积， ρ 为气体地面密度，A 为注气量增加的幅度，n 为采油轮次。优选的，所述注气量增加的幅度为 5%-30%。

按照一种具体的实施方式，注气量和待采油井钻遇油层厚度、油层孔隙度、波及半径及气体在原油中的溶解度有关。通常，直井波及范围可以认为是一个圆；而水平井注气波及范围则是一个类似椭圆（长方形+两个半圆）。注入气体应适量，注入过多会导致气体无法溶解在所波及的原油中，对后期转抽造成困难且造成浪费，注入过少会造成无法达到想要的增压、降粘、提高驱油效率的效果。经发明人研究发现，在注入气体后波及半径范围内油井井底的地层压力上升了 0.5MPa，原油粘度下降了 50%-80%，地层驱动力及原油流动性明显增强。

所述采油模块还用于如果所述油井的邻井未达到冷采极限产量，则对该油井和邻井进行组合式注气吞吐；所述组合式注气吞吐为多口油井的采油动作同步

进行。

具体的，所述组合式注气吞吐包括：如果相邻的油井均达到需注气来延长泡沫油冷采生命周期时机，应使相邻油井同时注气同时开井采油，可以避免注入的气体沿高渗通道窜至正回采的邻井，从而导致注入气体浪费，影响邻井生产，也导致本井达不到预期注气要求，也影响本经生产效果。

在泡沫油井冷采过程中，由于泡沫油作用，阶段产量较高，但随着生产延续，部分井因生产时间长，井底附近地层亏空较大，压力降低（低于拟泡点压力），原来分散于油相中的气泡会逐渐逸出形成自由状态的游离气。而原油在脱气后粘度增大，原油流动性变差，油井产量会下降，甚至有些油井会因生产气油比过高而关井，这导致油井总体生产效果变差。本申请在油井中有选择性的注入气体，可使原油膨胀增大地层压力，提高驱油效率、降低原油粘度、形成溶解气驱的效果，甚至可形成二次泡沫，继续应用泡沫油机理起到增产复产作用。

按照一种具体的实施方式，注入的气体进入井底，与原油接触后会逐步溶解于原油中。溶解时间的长短与气体性质、气体注入量、原油性质以及地层的温度压力有关，这个溶解过程中，油井会关闭，即所述焖井时间与注气的性质、注入量、原油性质、地层温度及地层压力有关。经过一段时间焖井后，待气体与原油充分溶解（井底压力相对稳定），可适时组织油井以一定的采液速度回抽，使得油井产量较注气前应有一定的提升，该停产井产量较停产前也会有较大幅度的上升；待经过一段时间生产，油井产量逐渐降低后（一般不高于注气前），可关停油井，进行下一轮注气，注气量较前一次增加一定比例；重复注气、焖井、回抽直至该油井达到冷采极限产量，该方法不仅实现了延长泡沫油冷采生命周期，改善冷采阶段开发的效果，还实现了增强流体驱动、降低原油粘度、提高洗油效率的效果。

焖井的时间一般以注入气体充分溶解于原油得到利用为准，如果焖井时间过短，气体未溶解直接就回采会造成浪费；如果焖井时间过长，则会导致油井生产时率低，影响一定时间内的产量，也可造成注入的气体远离井底造成浪费。经发明人研究发现，随着焖井时间延长气体换油率变低，因此优选焖井时间为 10 天。

其中，采液速度的高低可反映气体在地层中助排作用的大小。在周期总排

液量相当的情况下，排液速度过大会导致井底附近压力过快下降，原油粘度增大，不利于原油流动。排液量过低将会导致单井产量低，不能达到提高产量目的。因此本申请的发采液速度为 1.0%-4.0%，在采液速度 2.0%以后阶段换油率下降加快，且此时可以保证单井有较高产量，因此本申请的优选采液速度为 2.0%。

所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。具体的，根据注气波及半径增大的需要，注气量较前一次增加一定比例。照现场生产效果实施，注气量过大会在回抽时无法及时回采，注气量少会导致无法发挥油藏能力，影响总体增产效果。经发明人研究发现，注气量较首轮增加幅度为 5%-30%时的生产效果最佳，并且随着增量变大，二轮次产油量逐渐增加，在注气量增加 20%时换油率下降减缓，因此本申请的新一次较前一次注气量增加 20%。

而且，随着注气轮次增加，井底含油饱和度降低，周期产油量下降达到冷采极限产量，本申请优选的注气吞吐最大轮次为 6 轮次，此时得到注气吞吐极限半径。通过确定注气吞吐极限半径，可初步确定泡沫油油藏水平井最优排距应为吞吐半径的 2 倍。根据泡沫油油藏水平井开发现状，判定前期井距适应性，指导后期井网井距调整，实现泡沫油经济有效开发。

本申请还提出了一种具体的实施例，具体的：某油藏为稠油油藏，油井生产表现为泡沫油特征。其中，油藏埋深 800m，油层平均厚度 22m，工区范围内为纯油藏，油藏原始气油比为 15 方/方。对该油藏采用水平井冷采开发。水平井的高峰期产量为 122 吨/天，投产 11 年后，停产前产量降至 23.4 吨/天，生产气油比为原始气油比 21.7 倍，冷采效果较差。

在停产两年后，为复产该井注入气体，测算首周期波及半径为 50m 左右，然后注入气体焖井 10 天后开井生产，在控制采液速度 2.5%的情况下，初期日产油达到 95 吨，在产量下降至停产前产量时关井。第二次注气量在第一次的基础上增加 20%，继续生产，可循环注气生产 6 个轮次，循环注气阶段产量占前期泡沫油冷采产量的 40%以上。该实施例可以得出本发明的延长泡沫油冷采生命周期的方法有效延长了泡沫油井的冷采阶段。

本发明的一种提高泡沫油冷采采收率的方法在油井在泡沫油冷采效果变差或者已经停产的情况下，在油井中通过注入一定量的气体，使气体与原油接触一定时间而溶入原油，使得原油膨胀进而增加地层压力、地层原油粘度降低、原油

界面张力减小、残余油饱和度降低，进而增大驱油效率，使得油井回抽产量提升，延长了泡沫油冷采时长，改善了冷采开发的效果。

另一方面，本发明还提供一种电子设备，该电子设备包括：至少一个处理器；存储器，与所述至少一个处理器连接；其中，所述存储器存储有能被所述至少一个处理器执行的指令，所述至少一个处理器通过执行所述存储器存储的指令实现上述所述的提高泡沫油冷采采收率的方法。

所述处理器中包含内核，由内核去存储器中调取相应的程序单元。内核可以设置一个或以上，通过调整内核参数来提高了冷采阶段的产量，实现了低产井及长停井的有效治理。

存储器可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器，随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式，如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)，存储器包括至少一个存储芯片。

本发明实施例提供了一种存储介质，其上存储有程序，该程序被处理器执行时实现所述提高泡沫油冷采采收率的方法。

本发明实施例提供了一种处理器，所述处理器用于运行程序，其中，所述程序运行时执行提高泡沫油冷采采收率的方法。

本发明实施例提供了一种设备，设备包括处理器、存储器及存储在存储器上并可在处理器上运行的程序，处理器执行程序时实现以下步骤：（方法权项步骤，独权+从权）。本文中的设备可以是服务器、PC、PAD、手机等。

本申请还提供了一种计算机程序产品，当在数据处理设备上执行时，适于执行初始化有如下方法步骤的程序：获取待采油井的采油数据，所述采油数据至少包括油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比；根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井；根据所述采油数据对所述油井进行采油动作，所述采油动作包括注气、焖井和回抽；依次重复注气、焖井、回抽，直至该油井达到冷采极限产量，所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。所述根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井，包括：当油井生产气油比>所述油藏原始气油比*10，且油藏地层压力<拟泡点压力，且油井产油量<高峰产量的*20%，且油样中泡沫占比<泡沫占

比阈值，则该油井为泡沫油开发效果差的油井。该方法还包括：如果所述油井的邻井未达到冷采极限产量，则对该油井和邻井进行组合式注气吞吐；所述组合式注气吞吐为多口油井的采油动作同步进行。

本领域内的技术人员应明白，本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和／或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和／或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

在一个典型的配置中，计算设备包括一个或多个处理器 (CPU)、输入/输出接口、网络接口和内存。

存储器可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器，随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式，如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)。存储器是计算机可读介质的示例。

计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任

何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括，但不限于相变内存 (PRAM)、静态随机存取存储器 (SRAM)、动态随机存取存储器 (DRAM)、其他类型的随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器 (CD-ROM)、数字多功能光盘 (DVD) 或其他光学存储、磁盒式磁带，磁带磁磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质，可用于存储可以被计算设备访问的信息。按照本文中的界定，计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体 (transitory media)，如调制的数据信号和载波。

还需要说明的是，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

以上仅为本申请的实施例而已，并不用于限制本申请。对于本领域技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的权利要求范围之内。

权利要求书

1、一种提高泡沫油冷采采收率的方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：

S1：获取待采油井的采油数据，所述采油数据至少包括油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比；

S2：根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井；

S3：根据所述采油数据对所述油井进行采油动作，所述采油动作包括注气、焖井和回抽；

S4：依次重复注气、焖井、回抽，直至该油井达到冷采极限产量，所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井，包括：

当油井生产气油比>所述油藏原始气油比*10，且油藏地层压力<拟泡点压力，且油井产油量<高峰产量的*20%，且油样中泡沫占比<泡沫占比阈值，则该油井为泡沫油开发效果差的油井。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，该方法还包括：

如果所述油井的邻井未达到冷采极限产量，则对该油井和邻井进行组合式注气吞吐；所述组合式注气吞吐为多口油井的采油动作同步进行。

4、根据权利要求 1-3 中任意一项所述的方法，其特征在于，

所述注气量为：

$$V = (2rL + \pi r^2) \cdot h \cdot \varphi \cdot S_o \cdot R \cdot \rho \cdot （1 + A）^{n-1}$$

其中，r 为吞吐半径，

L 为水平井段生产长度，

h 为油层厚度，

φ 为油层的孔隙度，

S_o 为含油饱和度，

R 为地层条件下单位体积原油溶解气体体积，

ρ 为气体地面密度，

A 为注气量增加的幅度，n 为采油轮次。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，

所述注气量增加的幅度为 5%-30%。

6、根据权利要求 1-5 中任意一项所述的方法，其特征在于，

油藏的水平井的排距为吞吐半径的 2 倍。

7、根据权利要求 1-6 中任意一项所述的方法，其特征在于，

注气吞吐最大轮次为 6，最大轮次下的吞吐半径为最大吞吐半径。

8、根据权利要求 1-7 中任意一项所述的方法，其特征在于，

所述焖井的时长与注气的性质、注入量、原油性质、地层温度及地层压力有关。

9、根据权利要求 1-8 中任意一项所述的方法，其特征在于，

注气过程中，注气压力低于油井所处地层的破裂压力。

10、根据权利要求 1-9 中任意一项所述的方法，其特征在于，

回抽过程中，采液速度为单井控制储量的 1.0%-4.0%。

11、一种提高泡沫油冷采采收率的装置，其特征在于，该装置包括：

获取模块，用于获取待采油井的采油数据，所述采油数据至少包括油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比；

筛选模块，用于根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井；

采油模块，用于根据所述采油数据对所述油井进行采油动作，所述采油动作包括注气、焖井和回抽；

依次重复注气、焖井、回抽，直至该油井达到冷采极限产量，所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加。

12、根据权利要求 11 所述的装置，其特征在于，所述根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井，包括：

当油井生产气油比>所述油藏原始气油比*10，且油藏地层压力<拟泡点压力，且油井产油量<高峰产量的*20%，且油样中泡沫占比<泡沫占比阈值，则该油井为泡沫油开发效果差的油井。

13、根据权利要求 11 或 12 所述的装置，其特征在于，

所述采油模块还用于如果所述油井的邻井未达到冷采极限产量，则对该油井和邻井进行组合式注气吞吐；

所述组合式注气吞吐为多口油井的采油动作同步进行。

14、根据权利要求 11-13 中任意一项所述的装置，其特征在于，

所述注气量为：

$$V = (2rL + \pi r^2) \cdot h \cdot \varphi \cdot S_o \cdot R \cdot \rho \cdot （1 + A）^{n-1}$$

其中，r 为吞吐半径，

L 为水平井段生产长度，

h 为油层厚度，

φ 为油层的孔隙度，

So 为含油饱和度，

R 为地层条件下单位体积原油溶解气体体积，

ρ 为气体地面密度，

A 为注气量增加的幅度，n 为采油轮次。

15、根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，

所述注气量增加的幅度为 5%-30%。

16、根据权利要求 11-15 中任意一项所述的装置，其特征在于，

油藏水平井的排距为吞吐半径的 2 倍。

17、根据权利要求 11-16 中任意一项所述的装置，其特征在于，

注气吞吐最大轮次为 6，最大轮次下的吞吐半径为最大吞吐半径。

18、根据权利要求 11-17 中任意一项所述的装置，其特征在于，

所述焖井的时长与注气的性质、注入量、原油性质、地层温度及地层压力有关。

19、根据权利要求 11-18 中任意一项所述的装置，其特征在于，

注气过程中，注气压力低于油井所处地层的破裂压力。

20、根据权利要求 11-19 中任意一项所述的装置，其特征在于，

回抽过程中，采液速度为单井控制储量的 1.0%-4.0%。

21、一种机器可读存储介质，该机器可读存储介质上存储有指令，该指令用于使得机器执行上述权利要求 1 至 10 中任意一项所述的提高泡沫油冷采采收率的方法。

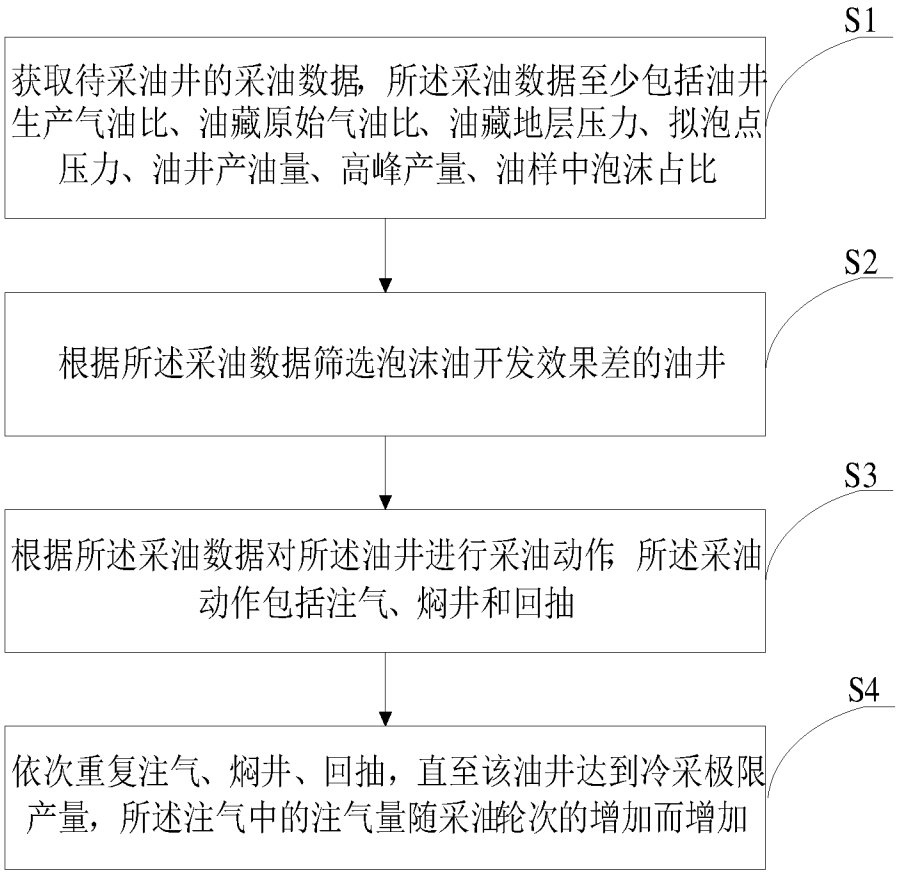

S1
获取待采油井的采油数据，所述采油数据至少包括油井生产气油比、油藏原始气油比、油藏地层压力、拟泡点压力、油井产油量、高峰产量、油样中泡沫占比
S2
根据所述采油数据筛选泡沫油开发效果差的油井
S3
根据所述采油数据对所述油井进行采油动作，所述采油动作包括注气、焖井和回抽
S4
依次重复注气、焖井、回抽，直至该油井达到冷采极限产量，所述注气中的注气量随采油轮次的增加而增加

图 1

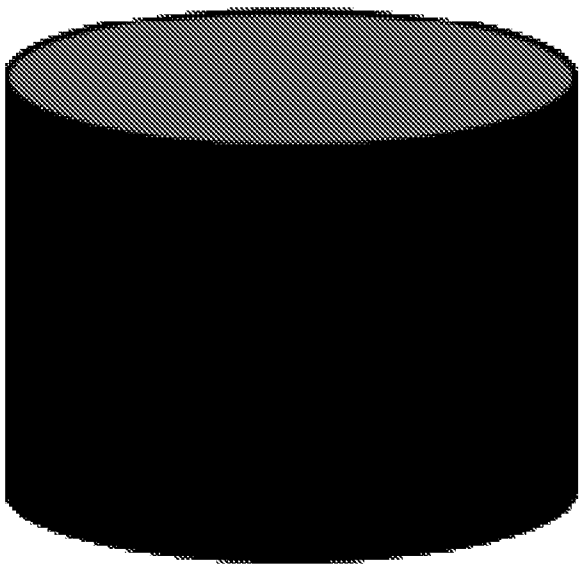


图 2

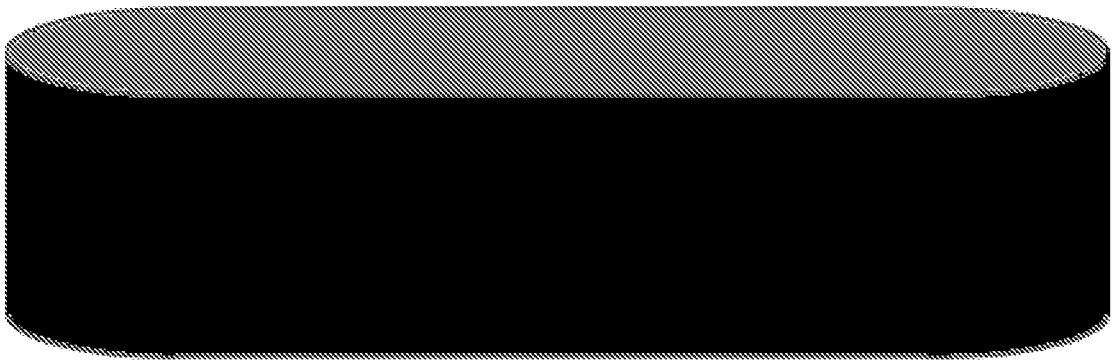


图 3

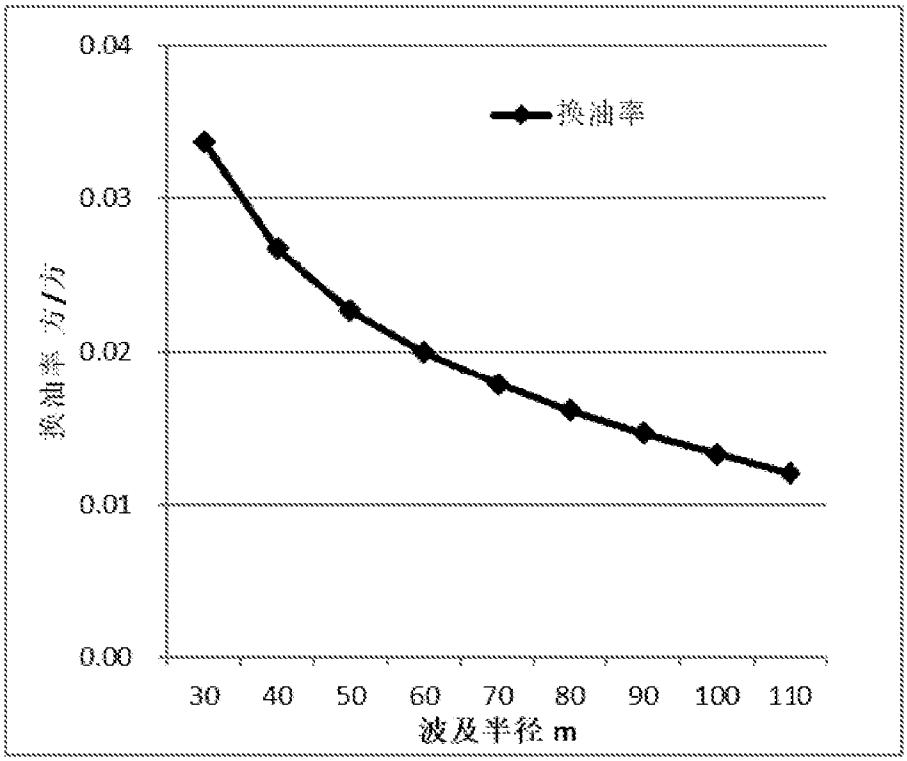


图 4

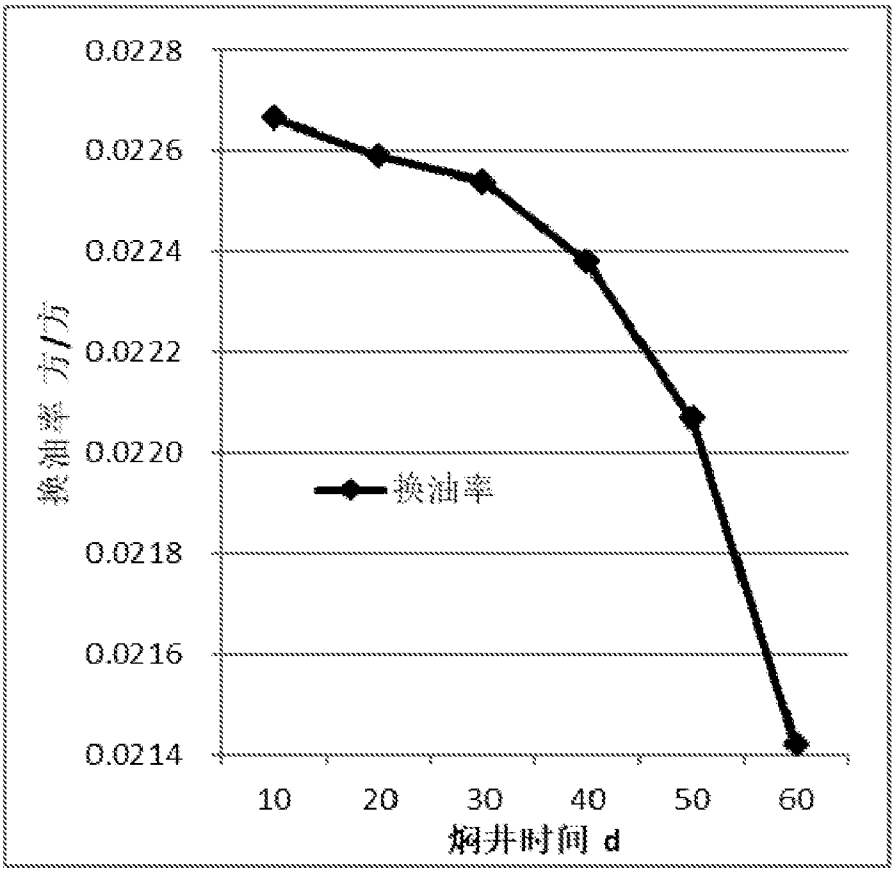

0.0228
0.0226
0.0224
0.0222
0.0220
0.0218
0.0216
0.0214
换油率 方/方
换油率
10
20
30
40
50
60
焖井时间 d

图 5

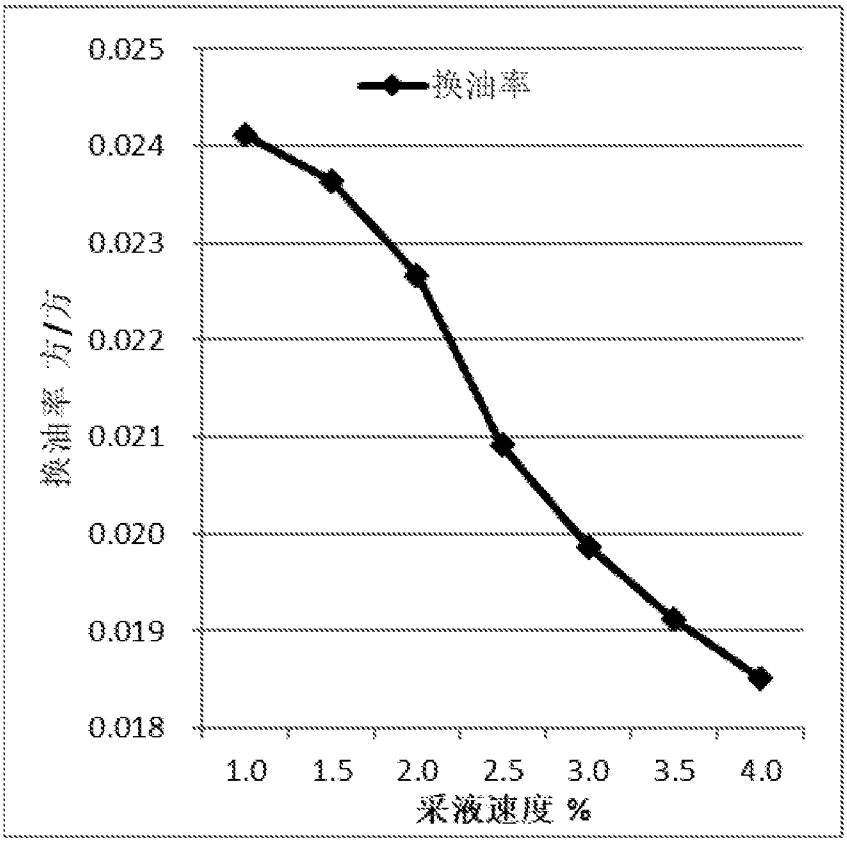

0.025
0.024
0.023
0.022
0.021
0.020
0.019
0.018
换油率
换油率 方/方
1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0
采液速度 %

图 6

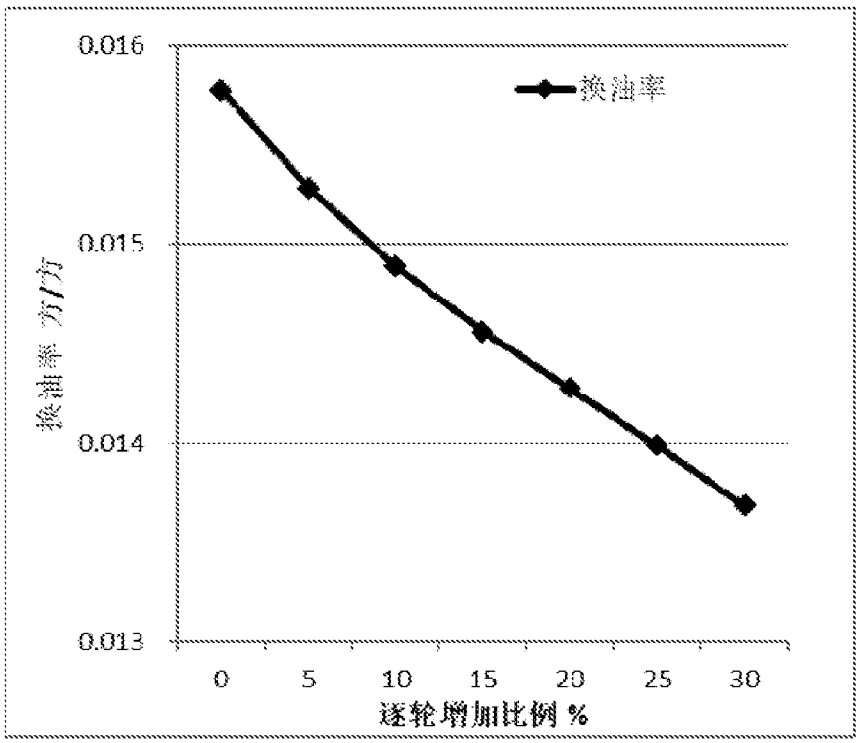

0.016
0.015
0.014
0.013
换油率
换油率 方/方
0 5 10 15 20 25 30
逐轮增加比例 %

图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2023/124947

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21B43/16(2006.01)i; E21B43/22(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: E21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT, CJFD, WPABSC, ENTXTC, VEN: 中国石油天然气股份有限公司, 泡沫油, 冷采, 采收率, 注气, 焖井, 吞吐, 重复, 注气量, 增加, 公式, foamy, oil, cold, heavy, production, inject, close, huff, puff

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 108071391 A (CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM (EAST CHINA)) 25 May 2018 (2018-05-25) description, paragraphs 2-75	1-21
A	CN 104314539 A (PETROCHINA CO., LTD.) 28 January 2015 (2015-01-28) entire document	1-21
A	孙晓飞等 (SUN, Xiaofei et al.). "泡沫油注气吞吐参数影响规律实验分析 (Experiments Analysis on the Influence Induced by Parameters of Nature Gas Huff and Puff in Foamy Oil Reservoir)" *重庆大学学报 (Journal of Chongqing University),* Vol. 36, No. 11, 15 November 2013 (2013-11-15), pages 115-119 entire document	1-21
A	孙晓飞等 (SUN, Xiaofei et al.). "泡沫油油藏冷采后期注气吞吐开采实验 (An Experimental Research on Gas-Injection Huff and Puff Recovery after the Cold Heavy-Oil Production of Foamy-Oil Reservoirs)" *石油学报 (Acta Petrolei Sinica),* Vol. 34, No. 06, 15 November 2013 (2013-11-15), pages 1143-1148 entire document	1-21

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 November 2023	**12 December 2023**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	Authorized officer Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104213886 A (PETROCHINA CO., LTD.) 17 December 2014 (2014-12-17) entire document	1-21
A	CN 106593376 A (PETROCHINA CO., LTD.) 26 April 2017 (2017-04-26) entire document	1-21
A	孙晓飞等 (SUN, Xiaofei et al.). "稠油注气二次泡沫油形成机理及数值模拟 (A Study on Mechanisms and Numerical Simulation of Secondary Foamy Oil by Gas Injection in Heavy Oil Reservoirs)" *石油与天然气地质 (Oil & Gas Geology)*, Vol. 38, No. 02, 28 April 2017 (2017-04-28), pages 391-398 entire document	1-21
A	US 5899274 A (ALBERTA OIL SANDS TECHNOLOGY AND RESEARCH AUTHORITY) 04 May 1999 (1999-05-04) entire document	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2023/124947

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 108071391 A	25 May 2018	None	
CN 104314539 A	28 January 2015	None	
CN 104213886 A	17 December 2014	None	
CN 106593376 A	26 April 2017	None	
US 5899274 A	04 May 1999	CA 2185837 A1	19 March 1998
		CA 2185837 C	07 August 2001

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2023/124947

A. 主题的分类

E21B43/16(2006.01)i；E21B43/22(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: E21B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNTXT, CJFD, WPABSC, ENTXTC, VEN: 中国石油天然气股份有限公司，泡沫油，冷采，采收率，注气，焖井，吞吐，重复，注气量，增加，公式，foamy, oil, cold, heavy, production, inject, close, huff, puff

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 108071391 A (中国石油大学（华东）) 2018年5月25日 (2018 - 05 - 25) 说明书第2-75段	1-21
A	CN 104314539 A (中国石油天然气股份有限公司) 2015年1月28日 (2015 - 01 - 28) 全文	1-21
A	孙晓飞等. "泡沫油注气吞吐参数影响规律实验分析" 重庆大学学报, 第36卷，第11期，2013年11月15日 (2013 - 11 - 15)，第115-119页 全文	1-21
A	孙晓飞等. "泡沫油油藏冷采后期注气吞吐开采实验" 石油学报, 第34卷，第06期，2013年11月15日 (2013 - 11 - 15)，第1143-1148页 全文	1-21
A	CN 104213886 A (中国石油天然气股份有限公司) 2014年12月17日 (2014 - 12 - 17) 全文	1-21
A	CN 106593376 A (中国石油天然气股份有限公司) 2017年4月26日 (2017 - 04 - 26) 全文	1-21

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2023年11月10日	2023年12月12日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	受权官员 高立虎 电话号码 (+86) 010-53961013

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	孙晓飞等. "稠油注气二次泡沫油形成机理及数值模拟" 石油与天然气地质, 第38卷，第02期，2017年4月28日 (2017 - 04 - 28)，第391−398页 全文	1−21
A	US 5899274 A (ALBERTA OIL SANDS TECH.) 1999年5月4日 (1999 - 05 - 04) 全文	1−21

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/124947

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108071391	A	2018年5月25日	无			
CN	104314539	A	2015年1月28日	无			
CN	104213886	A	2014年12月17日	无			
CN	106593376	A	2017年4月26日	无			
US	5899274	A	1999年5月4日	CA	2185837	A1	1998年3月19日
				CA	2185837	C	2001年8月7日