

(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
2024 年 12 月 19 日 (19.12.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/255065 A1

(51) 国际专利分类号:

E21B 47/06 (2012.01) *E21B 43/00* (2006.01)
E21B 47/00 (2012.01) *F04B 47/00* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/127392

(22) 国际申请日: 2023 年 10 月 27 日 (27.10.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

202310700992.8 2023年6月13日 (13.06.2023) 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: 李旭日 (LI, Xuri); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 田伟 (TIAN, Wei); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 刘毅 (LIU, Yi); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 解永刚 (XIE, Yonggang); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 王宪文 (WANG, Xianwen); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 常永峰 (CHANG, Yongfeng); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 贾友亮 (JIA, Youliang); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 王亦璇 (WANG, Yixuan); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。 李耀德 (LI, Yaode); 中国北京市西城区六铺炕街六号 316 室, Beijing 100724 (CN)。

(54) Title: PLUNGER GAS LIFT CONTROL METHOD AND SYSTEM

(54) 发明名称: 柱塞气举控制方法及系统

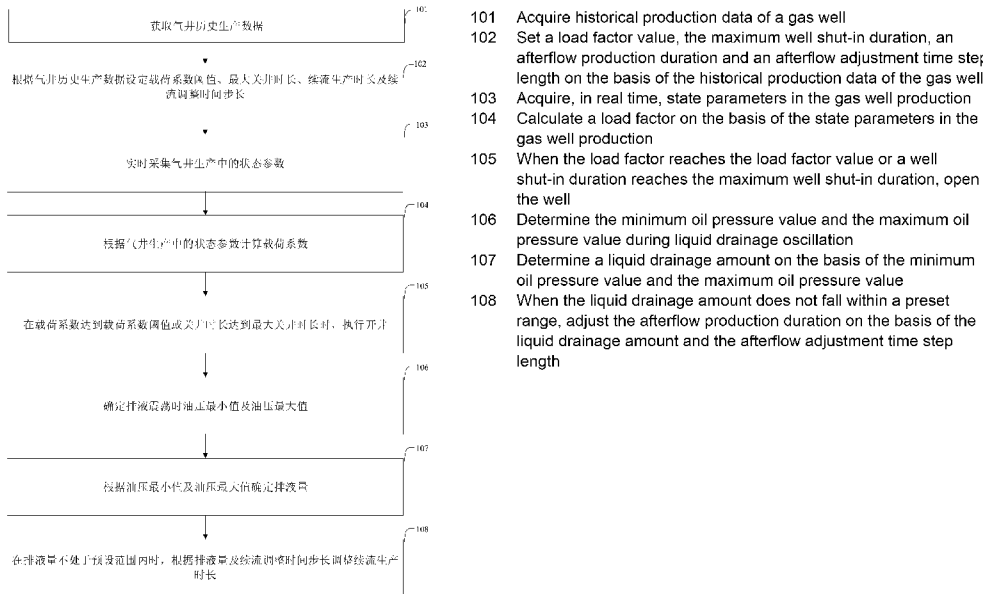


图 1

(57) Abstract: A plunger gas lift control method, comprises: acquiring historical production data of a gas well; setting a load factor value, the maximum well shut-in duration, an afterflow production duration and an afterflow adjustment time step length on the basis of the historical production data of the gas well; acquiring, in real time, state parameters in the gas well production; calculating a load factor on the basis of the state parameters in the gas well production; when the load factor reaches the load factor value or a well shut-in duration reaches the maximum well shut-in duration, opening the well; determining the minimum oil pressure value and the maximum oil pressure value during liquid drainage oscillation, wherein the oil pressure is the pressure at an oil pipe at the wellhead of the gas well; determining a liquid drainage amount on the basis of the minimum oil pressure value and the maximum oil pressure value; and

100724 (CN)。杨亚聪(YANG, Yacong); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。惠艳妮(HUI, Yanni); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。李彦彬(LI, Yanbin); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。宋洁(SONG, Jie); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。龚航飞(GONG, Hangfei); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。谷诏闯(GU, Zhaochuang); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。李丽(LI, Li); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。

(74) 代理人: 北京三友知识产权代理有限公司 (BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国北京市西城区金融街35号国际企业大厦A座16层, Beijing 100033 (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))。

when the liquid drainage amount does not fall within a preset range, adjusting the afterflow production duration on the basis of the liquid drainage amount and the afterflow adjustment time step length. Also provided are a computer device and a computer-readable storage medium. The method, the computer and the computer readable storage medium can realize periodic cyclic on/off control and automatic optimization on a plunger gas lift well on the basis of the set load factor value and the liquid drainage amount, thereby achieving efficient liquid drainage and stable operation of the plunger gas lift well.

(57) 摘要: 一种柱塞气举控制方法, 包括: 获取气井历史生产数据; 根据气井历史生产数据设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调整时间步长; 实时采集气井生产中的状态参数; 根据气井生产中的状态参数计算载荷系数; 在载荷系数达到载荷系数阈值或关井时长达到最大关井时长时, 执行开井; 确定排液震荡时油压最小值及油压最大值; 油压为气井井口油管处的压力; 根据油压最小值及油压最大值确定排液量; 在排液量不处于预设范围内时, 根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长。还包括一种计算机设备和一种计算机可读存储介质。该方法、计算机和计算机可读存储介质可根据设定载荷系数阈值和排液量对柱塞气举井进行周期性循环开关控制和自动优化, 实现柱塞气举井高效排液和稳定运行。

柱塞气举控制方法及系统

技术领域

本发明涉及柱塞气举技术领域，尤其涉及柱塞气举控制方法及系统。

5

背景技术

本部分旨在为权利要求书中陈述的本发明实施例提供背景或上下文。此处的描述不因为包括在本部分中就承认是现有技术。

10 柱塞气举技术通过设定合适运行参数来控制柱塞举液运行，目前常用的控制方式为定时、定压开关井方法，需要人工根据气井能量恢复情况和液量判断，定期计算设定运行参数，设定过程工作量大，当分析不及时或不准确时，会影响技术效果。

随着柱塞气举应用井数增多，由于人工调参工作量大、控制精细化不足，现有的控制方法不能满足控制需要，使气井出现积液水淹，影响气井产能发挥，降低气井采收率，因此，亟需柱塞气举控制，用以解决上述问题。

15

发明内容

本发明实施例提供一种柱塞气举控制方法，用以提高柱塞举液效率和运行正常率，该方法包括：

获取气井历史生产数据；

20 根据气井历史生产数据设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调整时间步长；

实时采集气井生产中的状态参数；

根据气井生产中的状态参数计算载荷系数；

在载荷系数达到载荷系数阈值或关井时长达到最大关井时长时，控制执行开井；

25 确定排液震荡时油压最小值及油压最大值；油压为气井井口油管处的压力；

根据油压最小值及油压最大值确定排液量；

在排液量不处于预设范围内时，根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长。

本发明实施例还提供一种计算机设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现如下柱塞气举控制方法：

获取气井历史生产数据；

- 5 根据气井历史生产数据设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调整时间步长；

实时采集气井生产中的状态参数；

根据气井生产中的状态参数计算载荷系数；

在载荷系数达到载荷系数阈值或关井时长达到最大关井时长时，控制执行开井；

- 10 确定排液震荡时油压最小值及油压最大值；油压为气井井口油管处的压力；

根据油压最小值及油压最大值确定排液量；

在排液量不处于预设范围内时，根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长。

本发明实施例还提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现如下柱塞气举控制方法：

- 15 获取气井历史生产数据；

根据气井历史生产数据设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调整时间步长；

实时采集气井生产中的状态参数；

根据气井生产中的状态参数计算载荷系数；

- 20 在载荷系数达到载荷系数阈值或关井时长达到最大关井时长时，控制执行开井；

确定排液震荡时油压最小值及油压最大值；油压为气井井口油管处的压力；

根据油压最小值及油压最大值确定排液量；

在排液量不处于预设范围内时，根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长。

- 25 本发明实施例中，获取气井历史生产数据；根据气井历史生产数据设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调整时间步长；实时采集气井生产中的状态参数；根据气井生产中的状态参数计算载荷系数；在载荷系数达到载荷系数阈值或关井时长达到最大关井时长时，执行开井；确定排液震荡时油压最小值及油压最大值；油压为气井井口油管处的压力；根据油压最小值及油压最大值确定排液量；在排液量不处于预设范围内时，根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长，与现有技术相比，根据油压最小值及油压最大值确定排液量；根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产
- 30

时间，在不增加设备情况下，避免柱塞气举运行中无效关井和举液过载运行，提高了柱塞举液效率和运行正常率。根据设定载荷系数阈值和排液量对柱塞气举井进行周期性循环开关控制和自动优化，实现柱塞气举井高效排液和稳定运行。

5 附图说明

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的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。在附图中：

- 10 图 1 为本发明提供的柱塞气举控制方法的流程示意图；
- 图 2 为本发明提供的柱塞气举控制方法的流程示意图；
- 图 3 为本发明提供的气井的柱塞气举运行曲线的示意图；
- 图 4 为本发明提供的气井优化后的柱塞气举运行曲线的示意图；
- 图 5 为本发明提供的柱塞气举控制系统的示意图。

15

具体实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚明白，下面结合附图对本发明实施例做进一步详细说明。在此，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，但并不作为对本发明的限定。

- 20 图 1 为本发明实施例提供的一种柱塞气举控制方法所对应的流程示意图，如图 1 所示，该方法包括：

步骤 101，获取气井历史生产数据。

步骤 102，根据气井历史生产数据设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调整时间步长。

- 25 根据气井历史生产数据，分析气井运行参数，设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调整时间步长。

本发明实施例中，续流生产时长是根据套管压力在续流生产时间段变化来确定。柱塞举液到达井口后，气井进入续流阶段，实时监测气井套管压力变化情况，当套管压力

出现升高时，则确定所开井的时间为续流生产时长，设定依据是续流生产过程中套管压力升高，即油套压差增大反映气井开始出现积液。

步骤 103，实时采集气井生产中的状态参数。

步骤 104，根据气井生产中的状态参数计算载荷系数。

5 气井生产中的状态参数包括套压、油压、回压。

根据套压、油压、回压计算载荷系数。

需要说明的是，其中，套压为井口油套环空处的压力；回压为管线输压。

采用关井套压和关井油压的差值与关井套压和井口节流后压力即回压的差值之比计算载荷系数。

10 关井套压和关井油压的差值反映气井井筒积液情况，为柱塞气举运行的阻力，关井套压和井口节流后压力的差值反映柱塞举升提供纯动力，两者比值为阻力和动力的对比，其值越小对柱塞举液运行越有利。

步骤 105，在载荷系数达到载荷系数阈值或关井时长达到最大关井时长时，执行开井。

15 柱塞气举井在关井状态下，实时监测分析载荷系数，当达到设定的载荷系数阈值后，执行开井；若一直无法达到载荷系数阈值，则在关井时长达到最大关井时长时，执行开井。

步骤 106，确定排液震荡时油压最小值及油压最大值。

油压为气井井口油管处的压力。

20 步骤 107，根据油压最小值及油压最大值确定排液量。

开井后，监测柱塞举液到达井口信息，实时跟踪分析气井油压变化，当油压出现最小值后再升高，即出现排液震荡，根据油压最小值和油压最大值之间压差自动计算排液量。

具体计算公式如下：

$$Q_1 = K \frac{\Delta P_t}{\rho g} \times s$$

$$\Delta P_t = P_t(\max) - P_t(\min)$$

Q_1 表示柱塞气举周期排液量, K 表示修正系数, ΔP_t 表示柱塞气举排液时油压最大值与油压最小值之间的压差值, ρ 表示产出液体密度, g 表示重力加速度, $P_t(\max)$ 表示油压最大值, $P_t(\min)$ 表示油压最小值。

步骤 108, 在排液量不处于预设范围内时, 根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长。

本发明实施例中, 根据气井历史生产数据设定排液量最小值和排液量最大值。

当排液量小于排液量最小值时, 柱塞气举低效举液运行, 进入续流优化流程, 根据续流调整时间步长增加续流生产时长, 提高气井开井时率, 优化完成后, 进入关井压力恢复阶段, 之后再进行下个周期运行。

当排液量大于排液量最大值时, 柱塞举液量过大, 超负荷运行, 同样进入续流优化流程, 根据续流调整时间步长缩短续流生产时长, 提升柱塞气举运行稳定性, 优化完成后, 进入关井压力恢复阶段, 之后再进行下个周期运行。

上述方案, 根据油压最小值及油压最大值确定排液量; 根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时间, 在不增加设备情况下, 避免柱塞气举运行中无效关井和举液过载运行, 提高了柱塞举液效率和运行正常率。根据设定载荷系数阈值和排液量对柱塞气举井进行周期性循环开关控制和自动优化, 实现柱塞气举井高效排液和稳定运行。

本发明实施例在根据油压最小值及油压最大值确定排液量之后, 在排液量处于预设范围内时, 则保持续流生产时长不变。

在排液量处于预设范围内时, 则保持续流生产时长不变, 完成后进入关井压力恢复阶段, 之后再进行下个周期运行。

本发明实施例在步骤 108 中, 所述根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长, 步骤流程如图 2 所示, 具体如下:

步骤 201, 根据气井历史生产数据设定排液量最小值和排液量最大值。

步骤 202, 当排液量小于排液量最小值时, 根据续流调整时间步长增加续流生产时长。

当排液量小于排液量最小值时, 柱塞气举低效举液运行, 进入续流优化流程, 根据续流调整时间步长增加续流生产时长, 提高气井开井时率, 优化完成后, 进入关井压力恢复阶段, 之后再进行下个周期运行。

步骤 203, 当排液量大于排液量最大值时, 根据续流调整时间步长缩短续流生产时长。

当排液量大于排液量最大值时, 柱塞举液量过大, 超负荷运行, 同样进入续流优化流程, 根据续流调整时间步长缩短续流生产时长, 提升柱塞气举运行稳定性, 优化完成后, 进入关井压力恢复阶段, 之后再进行下个周期运行。

上述方案, 根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时间, 在不增加设备情况下, 实现对柱塞运行自动优化控制, 避免柱塞气举运行中无效关井和举液过载运行, 提高了柱塞举液效率和运行正常率。

图 3 为本发明实施例提供的气井的柱塞气举运行曲线, 下面以该气井为例对本发明提供的柱塞气举控制方法进行说明。

图 3 中, t_1 为关井过程, t_2 为开井过程, P_1 为排液时油压最小值, P_2 为开井排液后油压最大值, P_1 为开井后套压最小值, ΔP 为套管压力达到最小值后, 气井开始出现积液后升高值, t 为设定的续流生产时长。

本发明实施例中, 通过该气井历史曲线, 选定 10 至 15 个能够代表生产特征的正常运行生产周期, 根据 P_2 、 P_1 计算出柱塞举液量 0.15 方, 设定该气井柱塞气举最小排液量和最大排液量, 最小排液量设定为 0.08 方, 最大排液量设定为 0.3 方。

根据曲线上的 P_1 和 ΔP 设定气井初始续流生产时长 t , 本井设定续流生产时长为 5 小时, 同时根据 ΔP 变化情况设定续流调整时间步长, 续流增加时间设定为 30 分钟, 续流缩短时间设定为 10 分钟。

根据气井开井前油压、套压和回压设定气井开井载荷系数阈值, 该井设定为 0.4。

设定完成后, 开始运行优化参数, 在关井时间 t_1 时间内, 实时监测气井载荷系数数值变化, 当载荷系数达到 0.4 后, 执行开井, 进入 t_2 生产阶段。

在 t_2 生产阶段, 实时监测气井油管压力变化情况, 当出现油压最小值后, 记录数值, 出现油压最小值时, 同时记录数值, 根据油压最小值与油压最大值计算本周周期柱塞排液量, 本周周期排液量为 0.16 方。

将本周周期排液量与设定的排液量最小值、排液量最大值进行对比, 在排液量处于预设范围内时, 则保持续流生产时长不变。当排液量小于排液量最小值时, 根据续流调整

时间步长增加续流生产时长；当排液量大于排液量最大值时，根据续流调整时间步长缩短续流生产时长。

执行完续流生产时长后，进入关井阶段 t_1 ，开始下一个周期优化运行，然后再按照周期性重复运行，实现柱塞气举井长期稳定运行。

- 5 优化运行后，优化运行曲线如图 4 所示，气井在不增加柱塞气举配套设备情况下，实现自动优化参数，无需人工分析管理，保持气井长期有效排液稳定生产，统计日产气量由 4000 方提高至 13000 方，增幅达 75%，产液量由 0.15 方增加至 0.48 方，增产效果显著。

- 10 本发明实施例中还提供了一种柱塞气举控制系统，如下面的实施例所述。该系统如图 5 所示，所述系统包括：

设定单元 501，用于获取气井历史生产数据，根据气井历史生产数据设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调整时间步长；

采集单元 502，用于实时采集气井生产中的状态参数；

- 15 自动执行单元 503，用于根据气井生产中的状态参数计算载荷系数，在载荷系数达到载荷系数阈值或关井时长达到最大关井时长时，执行开井；

控制单元 504，用于确定排液震荡时油压最小值及油压最大值，油压为气井井口油管处的压力，根据油压最小值及油压最大值确定排液量，在排液量不处于预设范围内时，根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长。

- 20 柱塞气举井处于关井状态时，自动执行单元实时监测和分析气井载荷系数的数值变化情况，当载荷系数达到设定数值范围后，执行开井命令，将开井命令发送给自动控制阀门，实现气井开井。

开井后，柱塞举升井筒积液上行，当举液达到井口被排出，此时气井油管压力会出现一个先下降后上升的震荡特征，压力震荡幅度能够反映气井排液量大小，当柱塞上升无举升积液时，则无压力震荡特征。

- 25 本发明实施例中，气井生产中的状态参数包括套压、油压、回压，所述自动执行单元 503 具体用于：

根据套压、油压、回压计算载荷系数；其中，套压为井口油套环空处的压力；回压为管线输压。

本发明实施例中，所述控制单元 504 还用于：

在根据油压最小值及油压最大值确定排液量之后，在排液量处于预设范围内时，则保持续流生产时长不变。

本发明实施例中，所述控制单元 504 具体用于：

根据气井历史生产数据设定排液量最小值和排液量最大值；

5 当排液量小于排液量最小值时，根据续流调整时间步长增加续流生产时长；

当排液量大于排液量最大值时，根据续流调整时间步长缩短续流生产时长。

当柱塞举升积液到达井口后，根据油压最小值及油压最大值确定排液量，当排液量在设定范围时，则保持续流生产时长不变，续流结束后执行关井命令进入关井阶段。若排液量小于排液量最小值时，则表明该井举液效果较差，柱塞低效运行，根据续流调整时间步长增加续流生产时长，增加气井井筒积液量，使柱塞气举处于高效排液运行；若排液量大于排液量最大值，表明柱塞举液量过大，同时容易引起柱塞举不动积液，出现举液回落井底，最终出现积液水淹情况，此时根据续流调整时间步长缩短续流生产时长，减少井筒积液量，续流结束后执行关井命令进入关井阶段。

本发明实施例中，所述控制单元 504 具体用于：

15 根据油压最小值及油压最大值确定排液量的具体计算公式如下：

$$Q_1 = K \frac{\Delta P_t}{\rho g} \times s$$

$$\Delta P_t = P_t(\max) - P_t(\min)$$

Q_1 表示柱塞气举周期排液量，K 表示修正系数， ΔP_t 表示柱塞气举排液时油压最大值与油压最小值之间的压差值， ρ 表示产出液体密度，g 表示重力加速度， $P_t(\max)$ 表示油压最大值， $P_t(\min)$ 表示油压最小值。

由于该系统解决问题的原理与柱塞气举控制方法相似，因此该系统的实施可以参见柱塞气举控制方法的实施，重复之处不再赘述。

本发明实施例中，获取气井历史生产数据；根据气井历史生产数据设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调整时间步长；实时采集气井生产中的状态参数；根据气井生产中的状态参数计算载荷系数；在载荷系数达到载荷系数阈值或关井时长达到最大关井时长时，执行开井；确定排液震荡时油压最小值及油压最大值；油压为气井井口油管处的压力；根据油压最小值及油压最大值确定排液量；在排液量不处于预设范围内时，根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长，与现有技术相比，根据油压最小值及油压最大值确定排液量；根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产

时间，在不增加设备情况下，避免柱塞气举运行中无效关井和举液过载运行，提高了柱塞举液效率和运行正常率。根据设定载荷系数阈值和排液量对柱塞气举井进行周期性循环开关控制和自动优化，实现柱塞气举井高效排液和稳定运行。

本领域内的技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本发明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，本发明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。

本发明是参照根据本发明实施例的方法、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。

以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限定本发明的保护范围，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1. 一种柱塞气举控制方法，其特征在于，包括：

获取气井历史生产数据；

根据气井历史生产数据设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调

5 整时间步长；

实时采集气井生产中的状态参数；

根据气井生产中的状态参数计算载荷系数；

在载荷系数达到载荷系数阈值或关井时长达到最大关井时长时，控制执行开井；

确定排液震荡时油压最小值及油压最大值；油压为气井井口油管处的压力；

10 根据油压最小值及油压最大值确定排液量；

在排液量不处于预设范围内时，根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长。

2. 如权利要求 1 所述的柱塞气举控制方法，其特征在于，气井生产中的状态参数包括套压、油压、回压，所述根据气井生产中的状态参数计算载荷系数，包括：

根据套压、油压、回压计算载荷系数；其中，套压为井口油套环空处的压力；回压

15 为管线输压。

3. 如权利要求 1 所述的柱塞气举控制方法，其特征在于，在根据油压最小值及油压最大值确定排液量之后，还包括：

在排液量处于预设范围内时，则保持续流生产时长不变。

4. 如权利要求 1 所述的柱塞气举控制方法，其特征在于，所述根据排液量及续流调

20 整时间步长调整续流生产时长，包括：

根据气井历史生产数据设定排液量最小值和排液量最大值；

当排液量小于排液量最小值时，根据续流调整时间步长增加续流生产时长；

当排液量大于排液量最大值时，根据续流调整时间步长缩短续流生产时长。

5. 如权利要求 1 所述的柱塞气举控制方法，其特征在于，根据油压最小值及油压最

25 大值确定排液量的具体计算公式如下：

$$Q_1 = K \frac{\Delta P_t}{\rho g} \times s$$

$$\Delta P_t = P_t(\max) - P_t(\min)$$

Q^1 表示柱塞气举周期排液量, K 表示修正系数, ΔP_t 表示柱塞气举排液时油压最大值与油压最小值之间的压差值, ρ 表示产出液体密度, g 表示重力加速度, $P_t(\max)$ 表示油压最大值, $P_t(\min)$ 表示油压最小值。

6. 一种计算机设备, 包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的
5 计算机程序, 其特征在于, 所述处理器执行所述计算机程序时实现如下柱塞气举控制方法:

获取气井历史生产数据;

根据气井历史生产数据设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调整时间步长;

10 实时采集气井生产中的状态参数;

根据气井生产中的状态参数计算载荷系数;

在载荷系数达到载荷系数阈值或关井时长达到最大关井时长时, 控制执行开井;

确定排液震荡时油压最小值及油压最大值; 油压为气井井口油管处的压力;

根据油压最小值及油压最大值确定排液量;

15 在排液量不处于预设范围内时, 根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长。

7. 如权利要求 6 所述的计算机设备, 其特征在于, 气井生产中的状态参数包括套压、油压、回压, 所述根据气井生产中的状态参数计算载荷系数, 包括:

根据套压、油压、回压计算载荷系数; 其中, 套压为井口油套环空处的压力; 回压为管线输压。

20 8. 如权利要求 6 所述的计算机设备, 其特征在于, 在根据油压最小值及油压最大值确定排液量之后, 还包括:

在排液量处于预设范围内时, 则保持续流生产时长不变。

9. 如权利要求 6 所述的计算机设备, 其特征在于, 所述根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长, 包括:

25 根据气井历史生产数据设定排液量最小值和排液量最大值;

当排液量小于排液量最小值时, 根据续流调整时间步长增加续流生产时长;

当排液量大于排液量最大值时, 根据续流调整时间步长缩短续流生产时长。

10. 如权利要求 6 所述的计算机设备, 其特征在于, 根据油压最小值及油压最大值确定排液量的具体计算公式如下:

$$Q_1 = K \frac{\Delta P_t}{\rho g} \times s$$

$$\Delta P_t = P_t(\max) - P_t(\min)$$

Q_1 表示柱塞气举周期排液量, K 表示修正系数, ΔP_t 表示柱塞气举排液时油压最大值与油压最小值之间的压差值, ρ 表示产出液体密度, g 表示重力加速度, $P_t(\max)$ 表示油压最大值, $P_t(\min)$ 表示油压最小值。

11. 一种计算机可读存储介质, 其特征在于, 所述计算机可读存储介质存储有计算机程序, 所述计算机程序被处理器执行时实现如下柱塞气举控制方法:

获取气井历史生产数据;

根据气井历史生产数据设定载荷系数阈值、最大关井时长、续流生产时长及续流调整时间步长;

实时采集气井生产中的状态参数;

根据气井生产中的状态参数计算载荷系数;

在载荷系数达到载荷系数阈值或关井时长达到最大关井时长时, 控制执行开井;

确定排液震荡时油压最小值及油压最大值; 油压为气井井口油管处的压力;

根据油压最小值及油压最大值确定排液量;

在排液量不处于预设范围内时, 根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长。

12. 如权利要求 11 所述的计算机可读存储介质, 其特征在于, 气井生产中的状态参数包括套压、油压、回压, 所述根据气井生产中的状态参数计算载荷系数, 包括:

根据套压、油压、回压计算载荷系数; 其中, 套压为井口油套环空处的压力; 回压为管线输压。

13. 如权利要求 11 所述的计算机可读存储介质, 其特征在于, 在根据油压最小值及油压最大值确定排液量之后, 还包括:

在排液量处于预设范围内时, 则保持续流生产时长不变。

14. 如权利要求 11 所述的计算机可读存储介质, 其特征在于, 所述根据排液量及续流调整时间步长调整续流生产时长, 包括:

根据气井历史生产数据设定排液量最小值和排液量最大值;

当排液量小于排液量最小值时, 根据续流调整时间步长增加续流生产时长;

当排液量大于排液量最大值时, 根据续流调整时间步长缩短续流生产时长。

15. 如权利要求 11 所述的计算机可读存储介质, 其特征在于, 根据油压最小值及油压最大值确定排液量的具体计算公式如下:

$$Q_1 = K \frac{\Delta P_t}{\rho g} \times s$$

$$\Delta P_t = P_t(\max) - P_t(\min)$$

5 Q_1 表示柱塞气举周期排液量, K 表示修正系数, ΔP_t 表示柱塞气举排液时油压最大值与油压最小值之间的压差值, ρ 表示产出液体密度, g 表示重力加速度, $P_t(\max)$ 表示油压最大值, $P_t(\min)$ 表示油压最小值。

10

15

20

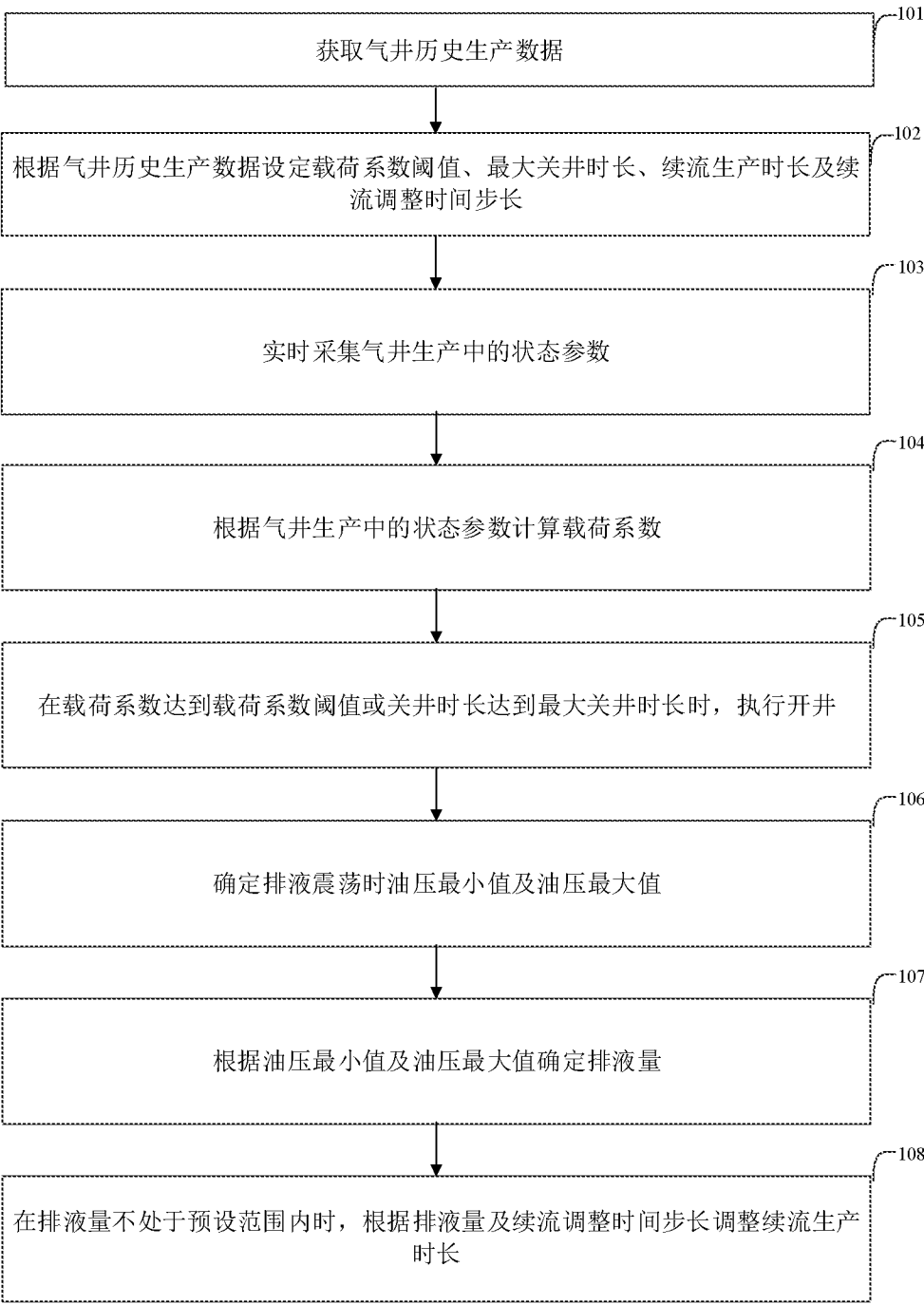


图 1

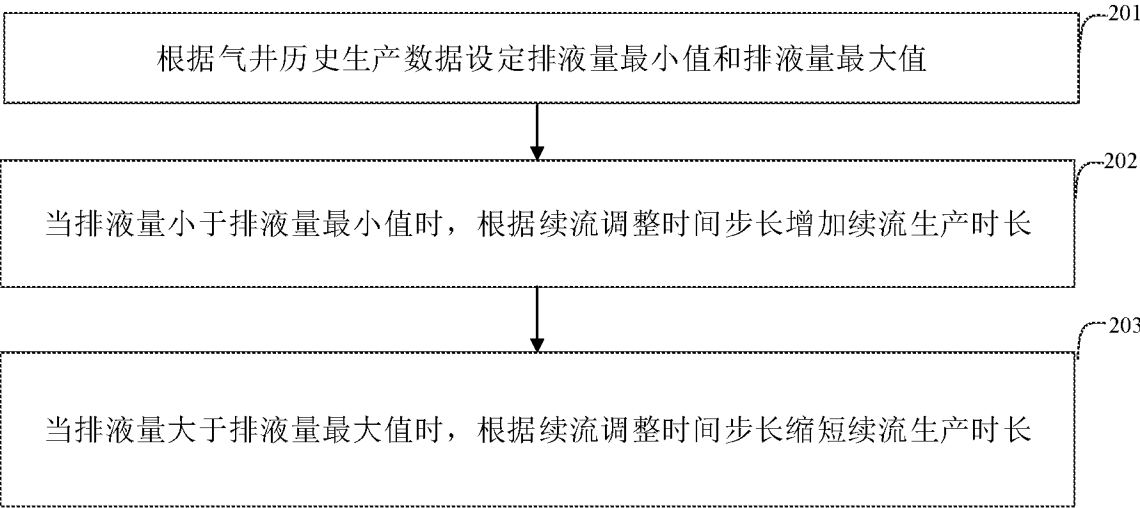


图 2

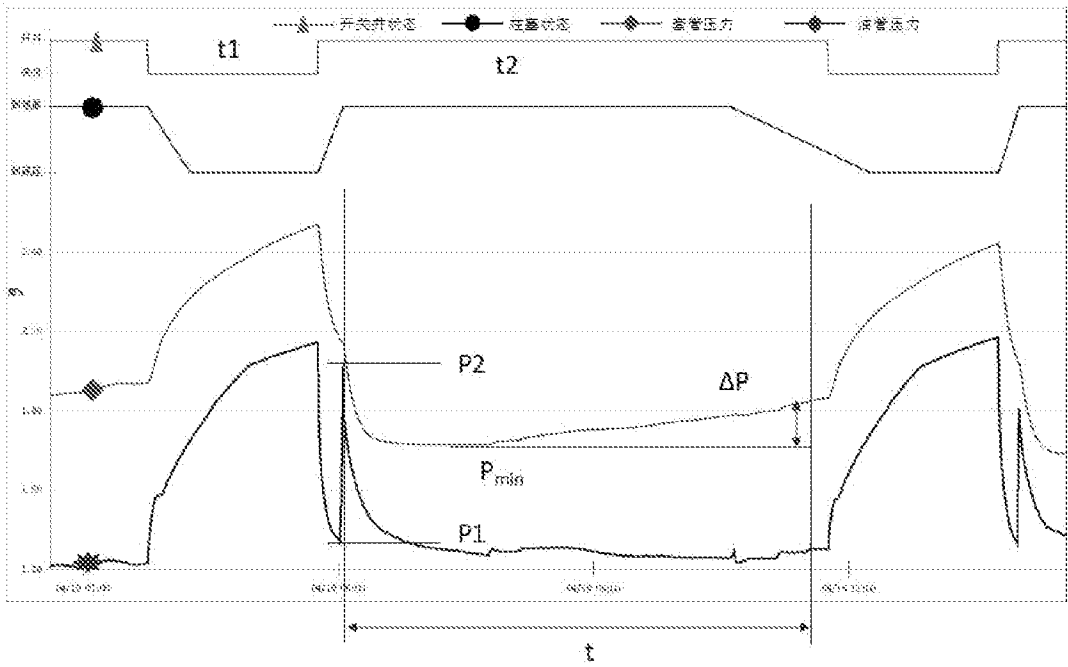


图 3

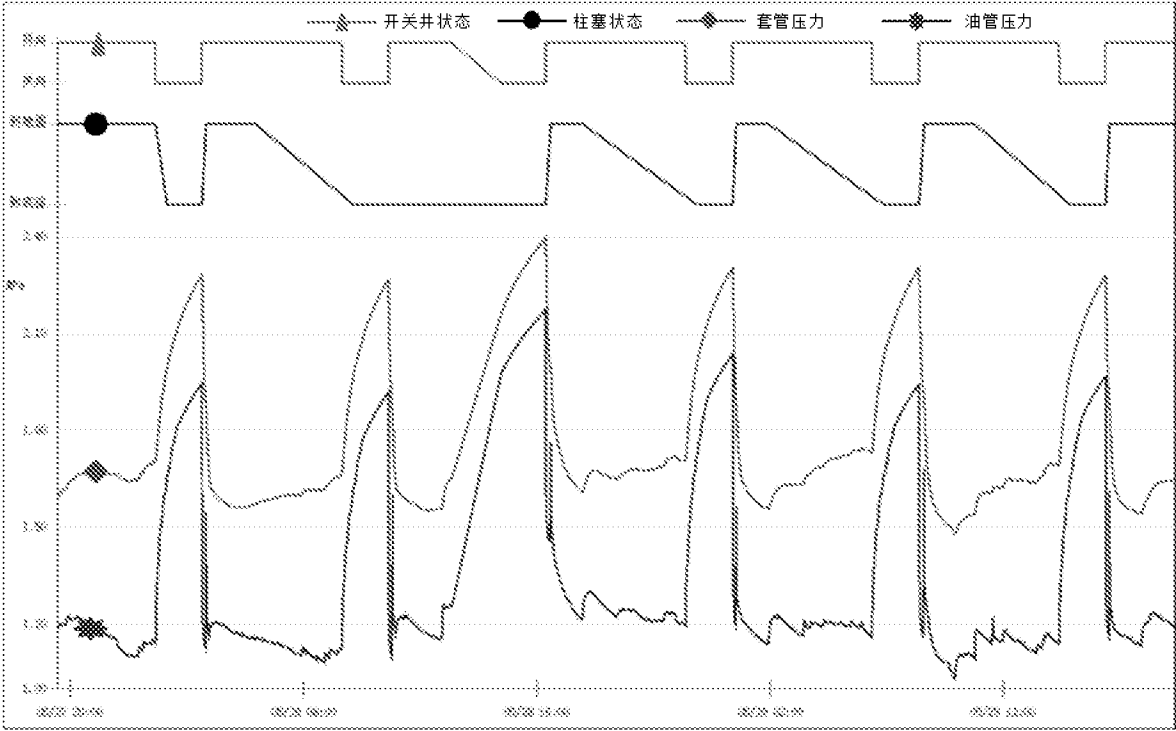


图 4

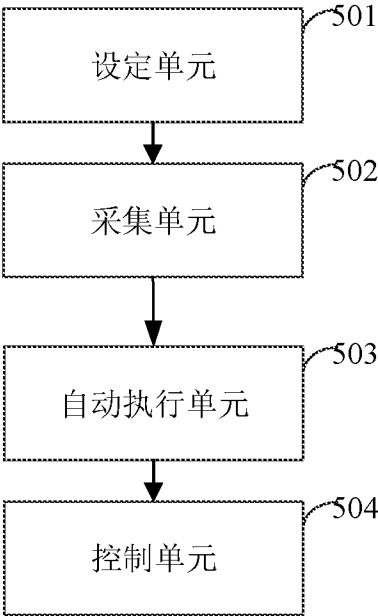


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/127392

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21B47/06(2012.01)i; E21B47/00(2012.01)i; E21B43/00(2006.01)i; F04B47/00(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)

E21B47/+; E21B43/+; F04B47/+

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, CNABS, CNKI, VEN, 万方, WANFANG: 柱塞, 气举, 开, 关, 控制, 计算机, 存储介质, plunger, gas w lift, on, opening, off, closing, control+, computer, storage w medium

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 114165220 A (CHINA NATIONAL PETROLEUM CORP.) 11 March 2022 (2022-03-11) description, paragraphs 7-22	1-15
A	CN 112943179 A (CHINA NATIONAL PETROLEUM CORP.) 11 June 2021 (2021-06-11) entire document	1-15
A	CN 105822259 A (CHINA NATIONAL PETROLEUM CORP.) 03 August 2016 (2016-08-03) entire document	1-15
A	CN 110318715 A (SICHUAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND ENGINEERING) 11 October 2019 (2019-10-11) entire document	1-15
A	US 2002074118 A1 (WEATHERFORD/LAMB, INC.) 20 June 2002 (2002-06-20) entire document	1-15
A	US 2002084071 A1 (MCCOY JAMES N.) 04 July 2002 (2002-07-04) entire document	1-15
A	US 2011024130 A1 (ABB INC.) 03 February 2011 (2011-02-03) entire document	1-15



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

27 February 2024

Date of mailing of the international search report

09 March 2024

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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/127392

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114165220	A	11 March 2022	None			
CN	112943179	A	11 June 2021	None			
CN	105822259	A	03 August 2016	None			
CN	110318715	A	11 October 2019	None			
US	2002074118	A1	20 June 2002	CA	2403493	A1	11 April 2002
				CA	2403493	C	11 December 2007
				US	6595287	B2	22 July 2003
				BR	0110526	A	08 April 2003
				AU	9213401	A	15 April 2002
				WO	0229197	A2	11 April 2002
				WO	0229197	A3	04 July 2002
US	2002084071	A1	04 July 2002	US	6634426	B2	21 October 2003
US	2011024130	A1	03 February 2011	US	8469103	B2	25 June 2013
				CA	2711019	A1	29 January 2011
				CA	2711019	C	12 January 2016

A. 主题的分类

E21B47/06(2012.01)i; E21B47/00(2012.01)i; E21B43/00(2006.01)i; F04B47/00(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)

E21B47/+; E21B43/+; F04B47/+

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))

CNTEXT, CNABS, CNKI, VEN, 万方: 柱塞, 气举, 开, 关, 控制, 计算机, 存储介质, plunger, gas w lift, on, opening, off,closing, control+, computer, storage w medium

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 114165220 A (中国石油天然气股份有限公司) 2022年3月11日 (2022 - 03 - 11) 说明书第7-22段	1-15
A	CN 112943179 A (中国石油天然气股份有限公司) 2021年6月11日 (2021 - 06 - 11) 全文	1-15
A	CN 105822259 A (中国石油天然气股份有限公司) 2016年8月3日 (2016 - 08 - 03) 全文	1-15
A	CN 110318715 A (四川轻化工大学) 2019年10月11日 (2019 - 10 - 11) 全文	1-15
A	US 2002074118 A1 (WEATHERFORD LAMB) 2002年6月20日 (2002 - 06 - 20) 全文	1-15
A	US 2002084071 A1 (MCCOY JAMES N) 2002年7月4日 (2002 - 07 - 04) 全文	1-15
A	US 2011024130 A1 (ABB INC) 2011年2月3日 (2011 - 02 - 03) 全文	1-15

☐ 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

2024年2月27日

国际检索报告邮寄日期

2024年3月9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

授权官员

李 谨

电话号码 (+86) 010-62086916

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/127392

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	114165220	A	2022年3月11日	无			
CN	112943179	A	2021年6月11日	无			
CN	105822259	A	2016年8月3日	无			
CN	110318715	A	2019年10月11日	无			
US	2002074118	A1	2002年6月20日	CA	2403493	A1	2002年4月11日
				CA	2403493	C	2007年12月11日
				US	6595287	B2	2003年7月22日
				BR	0110526	A	2003年4月8日
				AU	9213401	A	2002年4月15日
				WO	0229197	A2	2002年4月11日
				WO	0229197	A3	2002年7月4日
US	2002084071	A1	2002年7月4日	US	6634426	B2	2003年10月21日
US	2011024130	A1	2011年2月3日	US	8469103	B2	2013年6月25日
				CA	2711019	A1	2011年1月29日
				CA	2711019	C	2016年1月12日