



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107607451 A

(43)申请公布日 2018.01.19

(21)申请号 201710671959.1

(22)申请日 2017.08.08

(71)申请人 广州海洋地质调查局

地址 510000 广东省广州市环市东路477号
大院

申请人 江苏华安科研仪器有限公司

(72)发明人 谢文卫 陆程 李占钊 于彦江
叶建良 张建华 陆红锋 尉建功
康冬菊 匡增桂 于哲 王静丽
杨承志

(74)专利代理机构 广州君咨知识产权代理有限
公司 44437

代理人 江超

(51) Int. Cl.

G01N 15/08(2006.01)

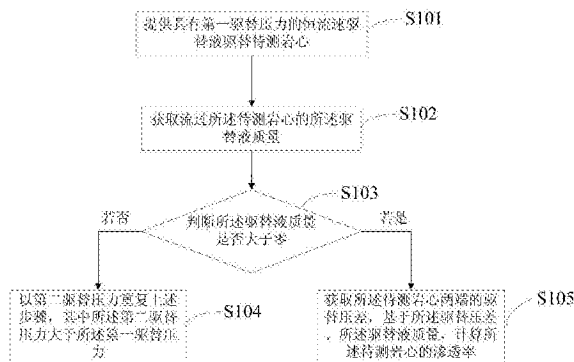
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法

(57)摘要

本发明公开了一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法,通过获取流过待测岩心的驱替液质量和待测岩心两端的驱替压差即可得到待测岩心启动压力梯度与临界速敏压力梯度,为开采待测岩心对应的储层提供数据支撑。



1. 一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法,其特征在于,包括:
提供具有第一驱替压力的恒流速驱替液驱替待测岩心;
获取流过所述待测岩心的所述驱替液质量;
判断所述驱替液质量是否大于零;
若否,以第二驱替压力重复上述步骤,其中所述第二驱替压力大于所述第一驱替压力。
若是,获取所述待测岩心两端的驱替压差,基于所述驱替压差、所述驱替液质量,计算所述待测岩心的渗透率。
2. 如权利要求1所述的天然气水合物岩心流速敏感性测定方法,其特征在于,还包括:
当所述驱替液质量大于零时,获取第三驱替压力对应的第一渗透率,获取第四驱替压力对应的第二渗透率,其中所述第四驱替压力大于所述第三驱替压力;
获取所述第二渗透率与所述第一渗透率的第一差值;
判断所述第一差值是否大于等于预设阈值;
当所述第一差值大于等于所述预设阈值时,以所述第四驱替压力计算所述待测岩心的速敏临界压力梯度。
3. 如权利要求2所述天然气水合物岩心流速敏感性测定方法,其特征在于,还包括:
当所述第一差值小于所述预设阈值时,获取第五驱替压力对应的第三渗透率,其中所述第五驱替压力大于所述第四驱替压力;
获取所述第三渗透率与所述第二渗透率的第二差值;
判断所述第二差值是否大于等于所述预设阈值;
当所述第二差值大于等于所述预设阈值时,以所述第五驱替压力计算所述待测岩心的速敏临界压力梯度。
4. 如权利要求3所述天然气水合物岩心流速敏感性测定方法,其特征在于,所述第三驱替压力,所述第四驱替压力,所述第五驱替压力构成等差数列。
5. 如权利要求1-4任一项所述的天然气水合物岩心流速敏感性测定方法,其特征在于,所述待测岩心为未胶结无骨架岩心。
6. 如权利要求5所述的天然气水合物岩心流速敏感性测定方法,其特征在于,驱替所述待测岩心的时长不少于12小时。

一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及天然气水合物勘采技术领域,尤其涉及一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法。

背景技术

[0002] 天然气水合物又称“可燃冰”,是分布于深海沉积物或陆域的永久冻土中,由天然气与水在高压低温条件下形成的类冰状的结晶物质。由于其燃烧污染比煤、石油、天然气都小得多,而且储量丰富,全球储量足够人类使用1000年,因而被各国视为未来石油天然气的替代能源。中国、日本、加拿大等国已进行了可燃冰的试开采,均使用降压开采的方法。

[0003] 降压开采法是一种通过降低压力促使天然气水合物分解的开采方法。降压方案的制定需要有水合物储层实物岩心的实验数据作为依据。

[0004] 现有的岩心测试方法均是针对常规油气胶结有骨架的岩心设计的,常规岩心测试方法不能用来测试水合物储层未胶结无骨架岩心,无法获取水合物储层的基本参数,不能为水合物试采降压方案的制定提供指导。

发明内容

[0005] 为克服现有技术的不足,本发明的目的在于提供了一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法,其能解决现有测定方法无法获取水合物储层基本参数,不能为水合物试采降压方案的制定提供指导的问题。

[0006] 本发明的目的采用以下技术方案实现:

[0007] 一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法,包括:

[0008] 提供具有第一驱替压力的恒流速驱替液驱替待测岩心;

[0009] 获取流过所述待测岩心的所述驱替液质量;

[0010] 判断所述驱替液质量是否大于零;

[0011] 若否,以第二驱替压力重复上述步骤,其中所述第二驱替压力大于所述第一驱替压力。

[0012] 若是,获取所述待测岩心两端的驱替压差,基于所述驱替压差、所述驱替液质量,计算所述待测岩心的渗透率。

[0013] 优选地,还包括:

[0014] 当所述驱替液质量大于零时,获取第三驱替压力对应的第一渗透率,获取第四驱替压力对应的第二渗透率,其中所述第四驱替压力大于所述第三驱替压力;

[0015] 获取所述第二渗透率与所述第一渗透率的第一差值;

[0016] 判断所述第一差值是否大于等于预设阈值;

[0017] 当所述第一差值大于等于所述预设阈值时,以所述第四驱替压力计算所述待测岩心的速敏临界压力梯度。

[0018] 优选地,还包括:

- [0019] 当所述第一差值小于所述预设阈值时,获取第五驱替压力对应的第三渗透率,其中所述第五驱替压力大于所述第四驱替压力;
- [0020] 获取所述第三渗透率与所述第二渗透率的第二差值;
- [0021] 判断所述第二差值是否大于等于所述预设阈值;
- [0022] 当所述第二差值大于等于所述预设阈值时,以所述第五驱替压力计算所述待测岩心的速敏临界压力梯度。
- [0023] 优选地,所述第三驱替压力,所述第四驱替压力,所述第五驱替压力构成等差数列。
- [0024] 优选地,所述待测岩心为未胶结无骨架岩心。
- [0025] 优选地,驱替所述待测岩心的时长不少于12小时。
- [0026] 相比现有技术,本发明的有益效果在于,本发明提供了一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法,通过获取流过待测岩心的驱替液质量和待测岩心两端的驱替压差即可得到待测岩心启动压力梯度与临界速敏压力梯度,为开采待测岩心对应的储层提供数据支撑。

附图说明

- [0027] 图1为本发明所公开的一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法实施例1的流程图;
- [0028] 图2为本发明所公开的一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法实施例2的流程图;
- [0029] 图3为本发明所公开的一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法实施例3的流程图;
- [0030] 图4为本发明所公开的一种天然气水合物岩心流速敏感性测定系统的结构示意图;
- [0031] 图5为本发明所公开的一种天然气水合物岩心流速敏感性测定系统中岩心夹持器的结构示意图。
- [0032] 图中,1为水管立柱、2为注入泵、3为第一排出支路、4为第二排出支路、5为第三排出支路、6为第四排出支路、7为第一阀、8为第二阀、9为第一压力传感器、10为第二压力传感器、11为岩心夹持器、1101为岩心夹持器筒体内表面、12为电子秤、13为数据采集系统。
- [0033] 具体实施方
- [0034] 下面,结合附图以及具体实施方式,对本发明做进一步描述:
- [0035] 请参阅图1、图4,图1为本发明所公开的一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法实施例1的流程图,图4为本发明所公开的一种天然气水合物岩心流速敏感性测定系统的结构示意图。所述方法包括以下步骤:
- [0036] S101、提供具有第一驱替压力的恒流速驱替液驱替待测岩心;
- [0037] 在测定天然气水合物岩心时,需要提供恒定流速、恒定压力的驱替液。实验者可通过注入泵2获取符合实验需求的驱替液,也可从保持了一定液位高度的水管立柱1处获取,具体的水管立柱1竖直设置,驱替液从水管立柱1顶端按一定流速持续不断注入,实验者开启水管立柱1上某一排出支路上对应的开关阀,关闭其他排出支路上的开关阀,所述排出支

路对应高度以上的液体就会沿着该排出支路流出,水管立柱1中液位高度稳定在该排出支路对应的高度,为驱替实验提供一恒定压力的驱替液,通过开闭不同流出支路可以获得流速相同,驱替压力不同的驱替液。待测岩心通过岩心夹持器11固定,岩心夹持器11与注入泵2或水管立柱1连接即可向待测岩心提供驱替液。其中注入泵2为恒压恒流速泵。

[0038] S102、获取流过所述待测岩心的所述驱替液质量;

[0039] 获取驱替液的质量,可通过电子秤12直接称重,或通过流量计间接获取。驱替液一经选定,其密度已知,通过流量计测量驱替液的流量,得到驱替液质量。对应的电子秤或流量计设置在岩心夹持器11与注入泵2或水管立柱1连接的另一侧,用于获取流过待测岩心的驱替液质量。本发明中所用的待测岩心为未胶结的无骨架岩心,对应的岩心夹持器筒体内表面1101经过激光打磨处理,增加其表面粗糙度,用其装填非胶结的岩心样品在不给岩心加围压的情况下可以消除岩心和岩心夹持器内壁面1101二次界面的影响,从而可以达到实验目的。

[0040] S103、判断所述驱替液质量是否大于零;

[0041] 判断流过待测岩心的驱替液的质量是否为零,即可判断是否有驱替液流过待测岩心。

[0042] S104、若否,以第二驱替压力重复上述步骤,其中所述第二驱替压力大于所述第一驱替压力;

[0043] 若具有第一驱替压力的驱替液不能完成对待测岩心的驱替,则表明第一驱替压力小于待测岩心的启动压力,需要加大第一驱替压力,用第二驱替压力重复上述步骤S101、S102、S103、S104。本方法中以较小的第一驱替压力开始对待测岩心进行驱替,按一定量值逐渐增加,直至找出待测岩心的启动压力为止。例如第一驱替压力为0.01Mpa,增量为0.01Mpa,第二驱替压力为0.02Mpa,对应的按从小到大压力依次驱替待测岩心,找出可驱替待测岩心的最小驱替压力即为该待测岩心启动压力。结合待测岩心的长度,计算出待测岩心的启动压力梯度。其中第一驱替压力与第二驱替压力对应驱替液流速不相同。

[0044] S105、若是,获取所述待测岩心两端的驱替压差,基于所述驱替压差、所述驱替液质量,计算所述待测岩心的渗透率。

[0045] 其中驱替压差通过压力传感器9或压力传感器10测得,计算待测岩心的渗透率,其中所述渗透率为绝对渗透率,通过流过待测岩心的质量计算其流量,驱替压差由压力传感器测得,待测岩心的横切面积与对应的岩心夹持器11筒体内表面的横切面积相同,驱替液体粘度、待测岩心长度等数据经实验者选定为已知。

[0046] 综上所述,在上述实施例中,提供具有第一驱替压力的恒流速驱替液驱替待测岩心;获取流过所述待测岩心的所述驱替液质量;判断所述驱替液质量是否大于零;若否,以第二驱替压力重复上述步骤,其中所述第二驱替压力大于所述第一驱替压力;若是,获取所述待测岩心两端的驱替压差,基于所述驱替压差、所述驱替液质量,计算所述待测岩心的渗透率。通过从小到大依次增大驱替压力测定待测岩心的启动压力从而得到待测岩心的启动压力梯度,通过驱替压差和驱替液质量计算得到待测岩心渗透率,为开采待测岩心对应储层提供的了实验数据支撑。

[0047] 如图2所示,图2为本发明所公开的一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法实施例2的流程图,所述方法包括以下步骤:

[0048] S201、当所述驱替液质量大于零时,获取第三驱替压力对应的第一渗透率,获取第四驱替压力对应的第二渗透率,其中所述第四驱替压力大于所述第三驱替压力;

[0049] 通过渗透率计算公式计算第一渗透率和第二渗透率,实验者可通过实验数据自行计算,也可通过处理器自行获取数据根据写入其的程序进行计算得到。优选第四驱替压力与第三驱替压力差值小于一定值,即防止差值过大,测量的速敏临界压力梯度不够准确,可以选定其差值不超过0.1Mpa,其中,驱替液的流速会随着驱替压差的增大而增大。

[0050] S202、获取所述第一渗透率与所述第二渗透率的第一差值;

[0051] 将第二渗透率与第一渗透率做差,得到第一差值。

[0052] S203、判断所述第一差值是否大于等于预设阈值;

[0053] 预设阈值为判断待测岩心渗透率是否发生明显改变的界定值。本实施例中以1mD(毫达西)作为预设阈值。

[0054] S204、当所述第一差值大于等于所述预设阈值时,以所述第四驱替压力计算所述待测岩心的速敏临界压力梯度;

[0055] 当第一差值大于或等于1mD时,以第四驱替压力计算岩心的速敏临界压力梯度。为保证所测定的速敏临界压力梯度的准确性,通常需要限定第四压力与第三压力的差值小于一定值,本实施例中设定第四驱替压力与第三驱替压力相差不超过0.1Mpa。

[0056] 如图3所示,图3为本发明所公开的一种天然气水合物岩心流速敏感性测定方法实施例3的流程图,所述方法包括以下步骤:

[0057] S301、当所述驱替液质量大于零时,获取第三驱替压力对应的第一渗透率,获取第四驱替压力对应的第二渗透率,其中第四驱替压力大于第三驱替压力;

[0058] 通过渗透率计算公式计算第一渗透率和第二渗透率,实验者可通过实验数据自行计算,也可通过处理器自行获取的数据根据写入其中公式进行计算得到。

[0059] S302、获取所述第一渗透率与所述第二渗透率的第一差值;

[0060] 将第二渗透率与第一渗透率做差,得到第一差值。

[0061] S303、判断所述第一差值是否大于等于预设阈值;

[0062] 预设阈值为判断待测岩心渗透率是否发生明显改变的界定值。本实施例中以1mD(毫达西)作为预设阈值。

[0063] S304、当所述第一差值大于等于预设阈值时,以所述第四驱替压力计算所述待测岩心的速敏临界压力梯度;

[0064] 当第一差值大于或等于1mD时,以第四驱替压力计算待测岩心的速敏临界压力梯度。为保证所测定的速敏临界压力梯度的准确性,通常需要限定第四驱替压力与第三驱替压力的差值小于一定值,本实施例中设定第四驱替压力与第三驱替压力相差不超过0.1Mpa。

[0065] S305、当所述第一差值小于所述预设阈值时,获取第五驱替压力对应的第三渗透率,其中所述第五驱替压力大于所述第四驱替压力;

[0066] 当第一差值小于1mD,说明第三驱替压力,第四驱替压力都不是待测岩心对应的临界速敏压力,需要进一步增大驱替压力进行测试。以大于第四驱替压力的第五驱替压力进行实验。优选第五驱替压力与第四驱替压力差值小于一定值,即防止差值过大,测量的速敏临界压力梯度不够准确,可以选定其差值不超过0.1Mpa。

- [0067] S306、获取所述第三渗透率与所述第二渗透率的第二差值；
- [0068] 将第三渗透率与第二渗透率做差，得到第二差值。
- [0069] S307、判断所述第二差值是否大于等于所述预设阈值；
- [0070] 预设阈值为判断待测岩心渗透率是否发生明显改变的界定值。本实施例中以1mD(毫达西)作为预设阈值。
- [0071] S308、当所述第二差值大于或等于所述预设阈值时，以所述第五驱替压力计算所述待测压力的速敏临界压力梯度；
- [0072] 当第二差值大于或等于1mD时，以第五驱替压力计算待测岩心的速敏临界压力梯度。为保证所测定的速敏临界压力梯度的准确性，通常需要限定第五压力与第四压力的差值小于一定值，本实施例中设定，第五压力与第四压力相差不超过0.1Mpa。
- [0073] 进一步的为确保测试实验的准确性，提高测试数据的可信度，第三驱替压力，第四驱替压力，第五驱替压力构成等差数列。在测定过程中，实验者按驱替压力由小到大的顺序依次进行实验。控制所述等差数列的公差值，即可控制该实验的精度，其公差值越小，测定的数据的可信度越高，反之越低。
- [0074] 为确保实验的可靠性与数据测试的可信度，将驱替实验的时长设置为12小时，确保驱替液已经充分进行了驱替。
- [0075] 如图4所示、图5，图4为本发明所公开的一种天然气水合物岩心流速敏感性测定系统的结构示意图，图5为本发明所公开的一种天然气水合物岩心流速敏感性测定系统中岩心夹持器的结构示意图。
- [0076] 下面结合天然气水合物岩心流速敏感性测定系统做具体描述。
- [0077] 本发明的方法主要依托与该测定系统实施。该测定系统包括：岩心夹持器11，用于固定放入岩心夹持器11的岩心，岩心夹持器的筒体内表面1101经激光打磨处理；注入泵2通过管线与岩心夹持器11流体注入口相连，按照恒定压力驱替驱替液进入固定在岩心夹持器中11的待测岩心，以驱替出待测岩心中原本的流体；电子秤12通过管线与岩心夹持器11流出口相连，用于测量流过岩心的驱替液体的质量；压力传感器，通过管线与岩心夹持器11相连，用于测量注入岩心夹持器注入口与流出岩心夹持器流出口的驱替液的驱替压差；数据采集模块13，与压力传感器、电子秤12通信连接，用于记录压力传感器、电子秤12测量数据。在本实施例中天然气水合物岩心为的未胶结无骨架岩心，对应的岩心夹持器11的筒体内表面1101经过激光打磨处理，增加其表面粗糙度。用其装填非胶结的岩心样品在不给岩心加围压的情况下可以消除岩心和岩心夹持器内壁面二次界面的影响，从而可以达到实验目的。注入泵2为恒压恒速泵，用以向岩心夹持器11中的岩心提供恒压恒流速的驱替液，驱替岩心原有的流体。本实施例中所用的岩心夹持器11为对称结构，可选其任一连接端为注入口端与注入泵2连接，另一端为流出口端与电子秤12连接。压力传感器量程与注入泵2相适配，其靠近岩心夹持器11注入口端设置。用于测量注入岩心夹持器11的驱替液的驱替压差，将数据实时传输至数据采集模块13。流过岩心夹持器11的驱替液可通过管线流过电子秤12的秤台面，电子秤12将一定时间内的测量数据传送至数据存储单元13，驱替液在选定后，其密度为已知，故可将所测得的质量数据，换算成流量数据。本领域技术人员可以理解的是，将电子秤12直接替换为流量计，亦可实现上述功能。
- [0078] 在具体操作时，实验人员在岩心夹持器11注入口端加上滤纸和岩石挡板，流出口

端加入水合物储层实物岩心后加上滤纸和岩石挡板,安装固定岩心夹持器11,后按上述的连接关系连接天然气水合物岩心流速敏感性测定系统。启动注入泵2,提供一恒定压力以及恒定流速的驱替液对岩心夹持器11内的岩心进行驱替,驱替时间为12小时,若电子秤12的数据发生变化,证明有液体从岩心夹持器流出,记录此时压力传感器的读数,即为待测岩心的启动压力。若电子秤12测量数据无变化则加大驱替液的压力,直到找出待测岩心的启动压力。在找到启动压力后需进一步加大驱替液压力,压力的增量可为一定值,如0.1Mpa。通过记录12小时电子秤数据,推算出驱替液流量数据,然后根据驱替液流量数据,驱替压差计算得到待测岩心的渗透率,将该渗透率与调整压力前的渗透率比较,若压力增加后的计算所得渗透率数值变化超过1mD,则判断增加后的驱替压力为岩心的速敏临界压力,并计算出待测岩心对应的速敏临界压力梯度。

[0079] 进一步,注入泵2还并联有水管立柱1,水管立柱主要1的设置扩大了该测定系统的使用范围,将驱替压力延伸至0.1MPa一下。具体的水管立柱1底部通过管线与注入泵2并联,水管立柱支路上设有第一阀7,注入泵支路上设有第二阀8。调整水管立柱1内的液面高度,即可调整驱替压力。用户选用较小的驱替压力进行实验时通过打开第一阀7,关闭第二阀8实现。并可通过调整不同液面高度实现0.1Mpa以下的驱替压力的调节。

[0080] 水管立柱1通过排出支路控制液面高度,排出支路数量为4,分别对应水管立柱1对应0.02Mpa、0.04Mpa、0.06Mpa、0.08Mpa的液位高度设置,4个排出支路上均对应设有控制对应排出支路启闭的开关阀。其中0.08Mpa对应支路为第一排出支路3,0.06Mpa对应支路为第二排出支路4,0.04Mpa对应支路为第三排出支路5,0.02Mpa对应支路第四排出支路6。各对应支路上设有控制该支路启闭开关阀,用户通过控制对应开关阀的启闭即可得到不同的驱替压力。驱替液从水管立柱1顶端持续不断注入,实验者开启水管立柱1上某一排出支路上对应的开关阀,所述排出支路高度以上的液体就会沿着该排出支路流出,水管立柱1中液位高度稳定在该排出支路对应的高度,为驱替实验提供一恒定压力的驱替液。例如驱替实验需要0.06Mpa的驱替液,实验者打开第二排出支路4上的开关阀,关闭第一排出支路3、第三排出支路5、第四排出支路6上的开关阀,水管立柱1顶端注入的驱替液通过第二排出支路4排出,水管立柱1中的驱替液保持在第二排出支路4所对应的高度,即该0.06Mpa所对应高度。

[0081] 进一步的,压力传感器的数量为一个以上,一个以上的压力传感器并联设置,并且一个以上的压力传感器的量程各不相同。具体可区分为小量程高精度传感器和大量程低精度传感器,用户可根据驱替压力选用对应的压力传感器进行测量。

[0082] 具体的,第一压力传感器9选用0-6Mpa量程,配合注入泵2的0.1-6Mpa的工作范围所使用,第二压力传感器10选用0-0.6Mpa的高精度压力传感器配合水管立柱1使用。使用时通过启闭各支路上对应的开关阀,即可实现组配。

[0083] 为保证测定系统的可靠性,将岩心夹持器11与电子秤12同一平面设置,防止两者之间由于高度差而产生背压或者驱替液冲击电子秤,给实验数据带来误差。

[0084] 对本领域的技术人员来说,可根据以上描述的技术方案以及构思,做出其它各种相应的改变以及形变,而所有的这些改变以及形变都应该属于本发明权利要求的保护范围之内。

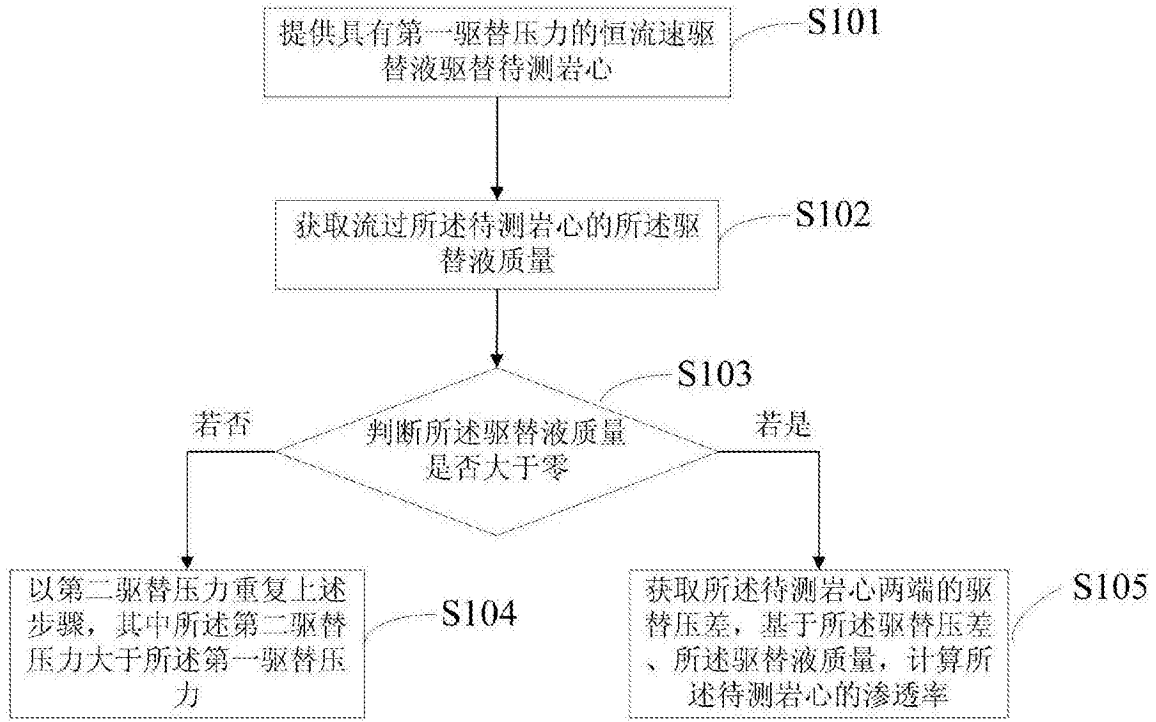


图1

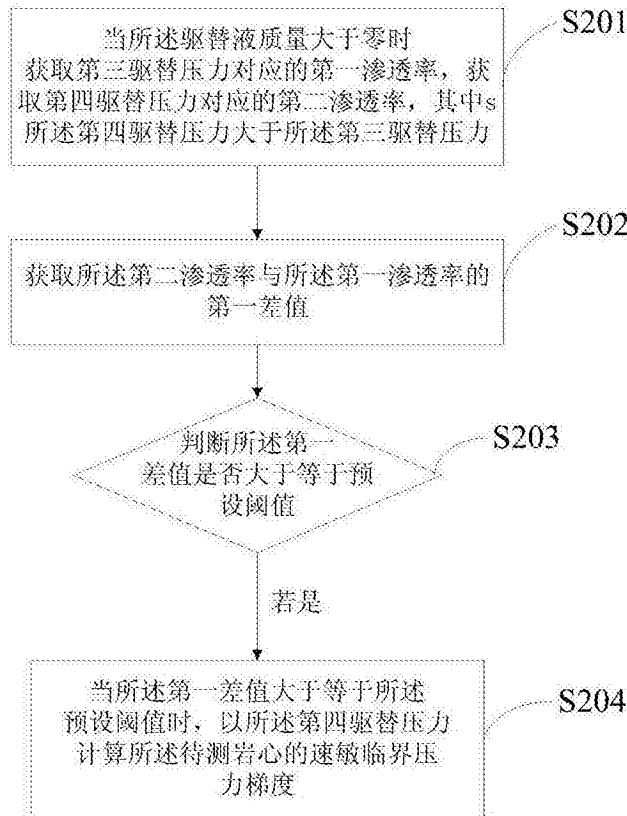


图2

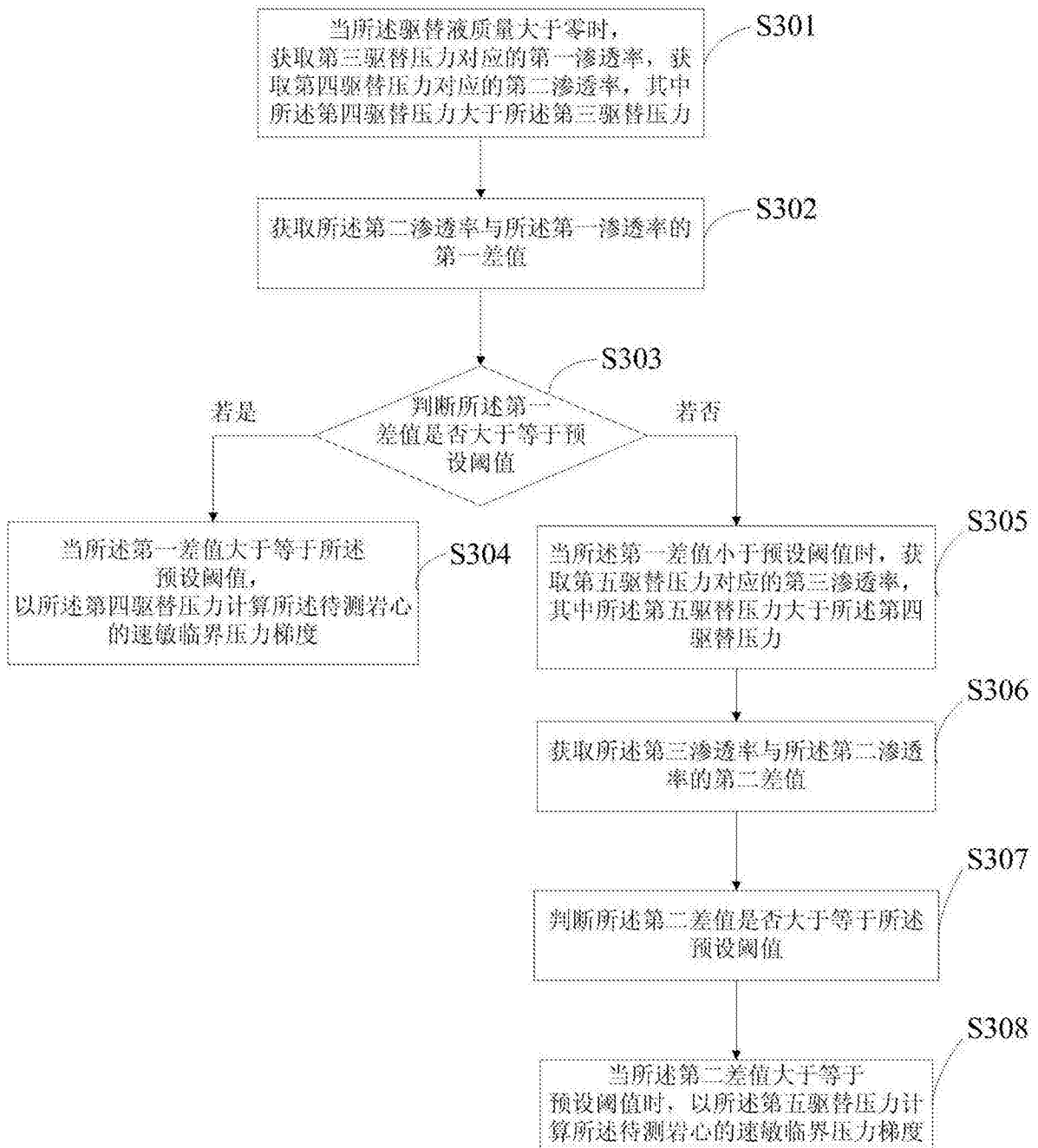


图3

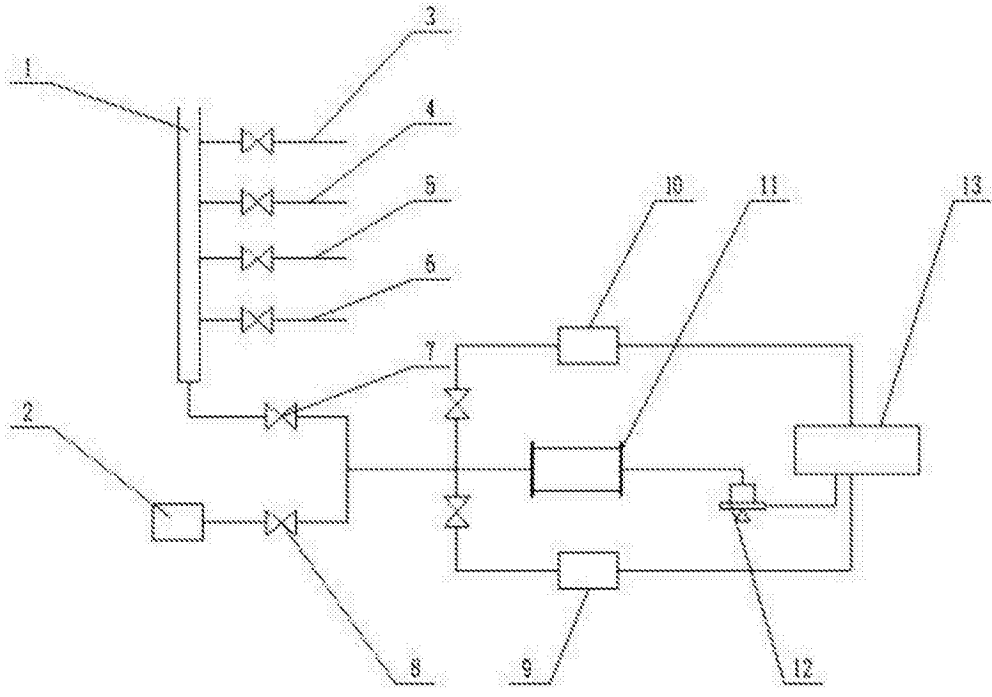


图4

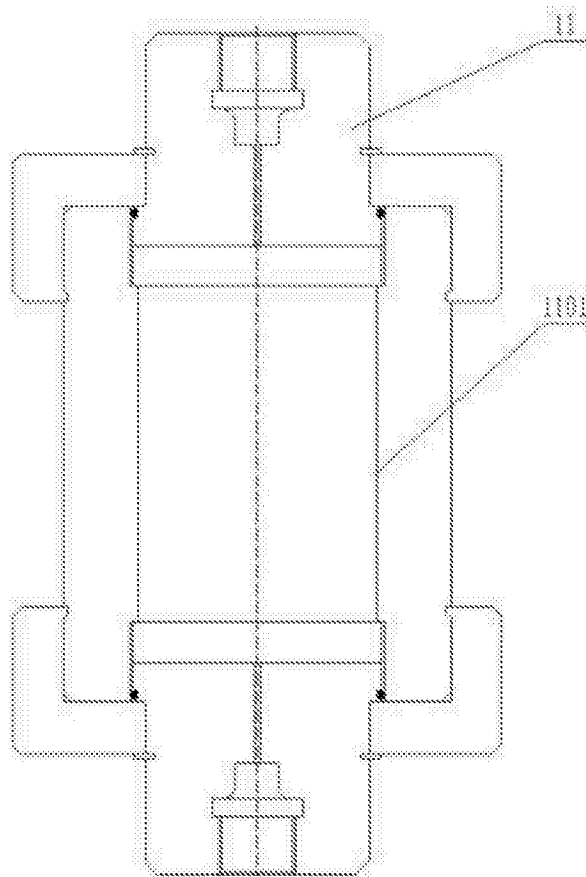


图5