



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102012347 B

(45) 授权公告日 2012. 08. 29

(21) 申请号 201010287666. 1

(22) 申请日 2010. 09. 19

(73) 专利权人 中国海洋石油总公司

地址 100010 北京市东城区朝阳门北大街
25 号

专利权人 中海油田服务股份有限公司

(72) 发明人 罗宇维 凌伟汉

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理
有限公司 11262

代理人 胡剑辉 王漪

(51) Int. Cl.

G01N 3/10(2006. 01)

G01M 3/26(2006. 01)

审查员 李思源

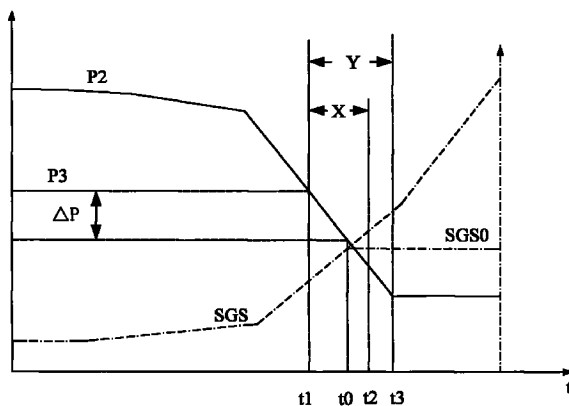
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种水泥静胶凝强度测窜方法

(57) 摘要

本发明提供了一种水泥静胶凝强度测窜方法,包括以下步骤:(1) 根据测窜井及水泥浆参数获取水泥浆的测窜点和测窜压力 ΔP ; (2) 按 API 标准配置水泥浆;(3) 将水泥浆放置在封闭容器中进行搅拌;(4) 连续测量水泥浆的静胶强度;(5) 停止搅拌水泥浆;(6) 对封闭容器中的水泥浆一端卸压,另一端输入压力气体或水或油;(7) 根据该水泥浆另一端冒气情况判断水泥浆在该测窜井条件下窜通情况;(8) 慢慢加大压差,直至窜通为止,记录最大防窜能力。本发明采用封闭容器模拟井下环境,方便对设置在该封闭容器中的水泥浆进行通气、加压及测压,可完全模拟井下温度、压力和流动条件,并方便通过观察冒气情况判断水泥浆的窜通情况。



1. 一种水泥静胶凝强度测窜方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 选取水泥浆的测窜井参数,并根据该测窜井及水泥浆参数获取该水泥浆的测窜点和测窜压力 ΔP ,所述测窜点即为测窜时间位置点;

(2) 按 API(American Petroleum Institute) 标准配置水泥浆;

(3) 将水泥浆放置在封闭容器中在固井的温度和压力下搅拌;

(4) 搅拌时间达到水泥浆从混配至顶替到位所需的时间后,连续测量水泥浆的静胶凝强度;

(5) 步骤(4)中所测静胶凝强度达到测窜点对应的强度时停止搅拌水泥浆;

(6) 对封闭容器中的水泥浆一端卸压,另一端输入压力气体或水或油,对水泥浆施工的起点反向压差为步骤(1)中测窜压力 ΔP 值;

(7) 根据该水泥浆另一端冒气情况判断水泥浆在该测窜井条件下窜通情况,起点反向压差下水泥浆不窜通,说明该水泥浆在本次固井条件下固井不会窜;

(8) 慢慢加大压差,直至窜通为止,记录窜通时的压差,此压差为本水泥浆在本次固井条件下的最大防窜能力。

2. 如权利要求1所述的水泥静胶凝强度测窜方法,其特征在于:所述步骤(1)还包括以下步骤:

(1.1) 根据测窜井的环空尺寸和水泥浆封固段长,计算水泥浆失压值 P_1 :

$$P_1 = \frac{4 \times \text{SGS} \times L}{(D-d)} \times 10^{-3} \quad (1)$$

其中:

P_1 :水泥静胶凝强度造成的失压值,MPa;

SGS:静胶凝强度,Pa;

L:地层流体顶部尾浆柱长度,m;

D:井眼直径,mm;

d:套管外径,mm;

(1.2) 根据环空流体的垂厚和密度,计算净液柱压力值 P_2 :

$$P_2 = \frac{\rho_L H_L + \rho_T H_T + \rho_m H_m}{100} - P_1 \quad (2)$$

其中:

P_2 :环空净液柱压力值,MPa;

H_L :领浆垂厚,m;

H_T :流体顶部尾浆垂厚,m;

H_m :泥浆垂厚,m;

ρ_L :水泥浆领密度, g/cm^3 ;

ρ_T :流体顶部尾浆密度, g/cm^3 ;

ρ_m :钻井液密度, g/cm^3 ;

(1.3) 根据地层流体孔隙参数,计算地层孔隙压力 P_3 :

$$P_3 = \rho_o \cdot H_o / 100 \quad (3)$$

其中:

P_3 :地层孔隙压力值, MPa ;

ρ_0 :孔隙压力当量密度, g/cm^3 ;

H_0 :地层流体顶部垂高, m ;

(1.4) 根据步骤 (1.1)、(1.2) 及 (1.3) 中获取的参数关系, 获取平衡点 t_1 时水泥浆的静胶凝强度 SGS_1 , 所述平衡点 t_1 时静液柱压力值 P_2 与地层孔隙压力 P_3 相等:

根据所述步骤 (1.1)、(1.2)、(1.3) 中式 (1)、(2) 和 (3) 计算当 $P_2 = P_3$ 时, 即压力平衡点 t_1 时的水泥浆的静胶凝强度 SGS_1 ;

(1.5) 获取在测窜点 t_0 时的静胶凝强度 SGS_0 及测窜压力 ΔP

根据所述步骤 (1.1) 中式 (1) 计算 $P_1 = \Delta P$ 时的静胶凝强度 SGS_0 , 测窜时间点水泥浆的静胶凝强度 $SGS = SGS_0 + SGS_1$, 测窜压力为 ΔP 。

3. 如权利要求 2 所述的水泥静胶凝强度测窜方法, 其特征在于: 所述步骤 (3) 中, 还包括根据测窜井的温度和压力变化情况对容器中的水泥浆进行温度和压力控制。

4. 如权利要求 2 所述的水泥静胶凝强度测窜方法, 其特征在于: 所述步骤 (4) 中用机械方法测量水泥浆的静胶凝强度。

5. 如权利要求 2 所述的水泥静胶凝强度测窜方法, 其特征在于: 所述步骤 (1) 中, 在水泥浆平衡点压力加 0.3-0.5MPa 压差对应的静胶凝强度作为起始测窜点对应的强度。

6. 如权利要求 1-5 任一所述的水泥静胶凝强度测窜方法, 其特征在于: 所述水泥浆从模拟井下固井过程、到测量静胶凝强度、到施加测窜压力全过程均连续使用同一份水泥浆。

一种水泥静胶凝强度测窜方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种水泥静胶凝强度测窜方法。

背景技术

[0002] 固井有两个最主要的目的：环空水泥有足够的强度支撑套管和封隔地层。目前，API(American Petroleum Institute) 标准的水泥浆“稠化试验、失水试验、抗压强度试验及流变性试验”等评价方法可设计出把地面水泥浆安全泵送至井下预定位置，并可确保在规定的候凝时间后有足够的强度支撑套管，但尚未有行业试验标准判别所用水泥浆是否具有足够的防止层间窜通的能力。

[0003] 目前，气/液窜性能的测定大多采用“气窜敏感性分析仪”之类的水泥浆气窜能力评价仪。这些仪器虽能模拟井下温度，但模拟的井下压力较低，而且不能模拟流动状态的变化过程，不能真实反映井下水泥浆相应时刻的水化程度，导致测得的抗窜能力结果与真实数据有很大差距，且可重复性差，所以只能作相对比较，而不能用来判别在给定井下条件下水泥浆是否窜通。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种可完全按照井下温度、压力情况测试水泥浆窜通的且方便判断、可靠性高的水泥静胶凝强度测窜方法。

[0005] 为了解决上述问题，本发明提供了一种水泥静胶凝强度测窜方法，包括以下步骤：

[0006] (1) 选取该水泥浆的测窜井参数，并根据该测窜井及水泥浆参数获取该水泥浆的测窜点（即测窜时间位置点）和测窜压力 ΔP ；

[0007] (2) 按 API(American Petroleum Institute) 标准配置水泥浆；

[0008] (3) 将水泥浆放置在封闭容器中在固井的温度和压力下搅拌；

[0009] (4) 搅拌时间达到水泥浆从混配至顶替到位所需的时间后，连续测量水泥浆的静胶凝强度；

[0010] (5) 步骤(4)中所测静胶凝强度达到测窜点时停止搅拌水泥浆；

[0011] (6) 对封闭容器中的水泥浆一端卸压，另一端输入压力气体或水或油，对水泥浆施工的起点反向压差为步骤(1)中测窜压力 ΔP 值；

[0012] (7) 根据该水泥浆另一端冒气情况判断水泥浆在该测窜井条件下窜通情况（起点压差下水泥浆不窜通，说明该水泥浆在本次固井条件下固井不会窜）；

[0013] (8) 慢慢加大压差，直至窜通为止，记录窜通时的压差，此压差为本水泥浆在本次固井条件下的最大防窜能力。

[0014] 进一步，所述步骤(1)还包括以下步骤：

[0015] (1.1) 根据测窜井的环空尺寸和水泥浆封固段长，计算水泥浆失压值 P_1 ；

[0016]

$$P_1 = \frac{4 \times \text{SGS} \times L}{(D-d)} \times 10^{-3} \quad (1)$$

[0017] 其中：

[0018] P_1 ：水泥静胶凝强度造成的失压值，MPa；

[0019] SGS：静胶凝强度，Pa；

[0020] L：地层流体顶部尾浆柱长度，m；

[0021] D：井眼直径，mm；

[0022] d：套管外径，mm；

[0023] (1.2) 根据环空流体的垂厚和密度，计算净液柱压力值 P_2 ：

[0024]

$$P_2 = \frac{\rho_L H_L + \rho_T H_T + \rho_m H_m}{100} - P_1 \quad (2)$$

[0025] 其中：

[0026] P_2 ：环空净液柱压力值，MPa；

[0027] H_L ：领浆垂厚，m；

[0028] H_T ：流体顶部尾浆垂厚，m；

[0029] H_m ：泥浆垂厚，m；

[0030] ρ_L ：水泥浆领密度， g/cm^3 ；

[0031] ρ_T ：流体顶部尾浆密度， g/cm^3 ；

[0032] ρ_m ：钻井液密度， g/cm^3 ；

[0033] (1.3) 根据地层流体孔隙参数，计算地层孔隙压力 P_3 ：

$$P_3 = \rho_0 \cdot H_0 / 100 \quad (3)$$

[0035] 其中：

[0036] P_3 ：地层孔隙压力值，MPa；

[0037] ρ_0 ：孔隙压力当量密度， g/cm^3 ；

[0038] H_0 ：地层流体顶部垂高，m；

[0039] (1.4) 根据步骤 (1.1)、(1.2) 及 (1.3) 中获取的参数关系，获取平衡点 t_1 (静液柱压力值 P_2 与地层孔隙压力 P_3 相等时) 水泥浆的静胶凝强度 SGS_1 ：

[0040] 根据所述步骤 (1.1)、(1.2)、(1.3) 中式 (1)、(2) 和 (3) 计算当 $P_2 = P_3$ 时 (压力平衡点 t_1) 的水泥浆的静胶凝强度 SGS_1 ；

[0041] (1.5) 获取测窜点 t_0 的静胶凝强度 SGS_0 及测窜压力 ΔP

[0042] 根据所述步骤 (1.1) 中式 (1) 计算 $P_1 = \Delta P$ 时的静胶凝强度 SGS_0 ，测窜时间点水泥浆的静胶凝强度 $\text{SGS} = \text{SGS}_0 + \text{SGS}_1$ ，测窜压力为 ΔP 。

[0043] 进一步，所述步骤 (3) 中，还包括根据测窜井的温度和压力变化情况对容器中的水泥浆进行温度和压力控制。

[0044] 进一步，所述步骤 (4) 中用机械方法测量水泥浆的静胶凝强度。

[0045] 进一步，所述步骤 (1) 中，在水泥浆平衡点压力加 0.3-0.5MPa 压差对应的静胶凝强度作为起始测窜点。

[0046] 进一步，所述水泥浆从模拟井下固井过程、到测量静胶凝强度、到施加测窜压力全过

程均连续使用同一份水泥浆。

[0047] 本发明具有如下优点：

[0048] 1、本发明采用封闭容器模拟井下环境，方便对设置在该封闭容器中的水泥浆进行通气、加压及测压，可完全模拟井下温度、压力和流动条件，并方便通过观察冒气情况判断水泥浆的窜通情况，该方法简单易行且可靠性高。

[0049] 2、本发明根据测窜井及水泥浆参数获取测窜点及测窜压力 ΔP ，建立的验窜点静胶强度和验窜压差的数学模型，使得水泥浆的室内防窜试验数据与井下的实际情况建立了有机的统一。

[0050] 3、用一份水泥浆就可判别测试水泥浆在给定固井条件下固井是否窜槽，并测出在给定固井条件下的最大防气 / 液窜的能力，达到定性定量测量的目的。

附图说明

[0051] 下面结合附图对本发明的实施方式作进一步说明：

[0052] 图 1 示出了本发明中水泥浆静胶凝强度变化及测窜点的选择示意图；

[0053] 图 2 示出了本发明中测试装置结构示意图。

具体实施方式

[0054] 本发明包括以下步骤：

[0055] (1) 选取该水泥浆的测窜井参数，并根据该测窜井及水泥浆参数获取该水泥浆的测窜点（即测窜时间位置点）和测窜压力 ΔP 。水泥浆静胶凝强度变化及测窜点的选择如图 1 所示，对于测窜点的选取及测窜压力 ΔP 的设置包括以下步骤：

[0056] (1.1) 根据测窜井的环空尺寸和水泥浆封固段长，计算水泥浆失压值 P_1 ：

[0057]

$$P_1 = \frac{4 \times SGS \times L}{(D-d)} \times 10^{-3} \quad (1)$$

[0058] 其中：

[0059] P_1 ：水泥静胶凝强度造成的失压值，MPa；

[0060] SGS：静胶凝强度，Pa；

[0061] L：地层流体顶部尾浆柱长度，m；

[0062] D：井眼直径，mm；

[0063] d：套管外径，mm；

[0064] (1.2) 根据环空流体的垂厚和密度，计算净液柱压力值 P_2 ：

[0065]

$$P_2 = \frac{\rho_L H_L + \rho_T H_T + \rho_m H_m}{100} - P_1 \quad (2)$$

[0066] 其中：

[0067] P_2 ：环空净液柱压力值，MPa；

[0068] H_L ：领浆垂厚，m；

[0069] H_T ：流体顶部尾浆垂厚，m；

[0070] H_m ：泥浆垂厚，m；

- [0071] ρ_L :水泥浆领密度, g/cm^3 ;
- [0072] ρ_T :流体顶部尾浆密度, g/cm^3 ;
- [0073] ρ_m :钻井液密度, g/cm^3 ;
- [0074] (1.3) 根据地层流体孔隙参数, 计算地层孔隙压力 P_3 ;
- [0075] $P_3 = \rho_o \cdot H_0/100$ (3)
- [0076] 其中:
- [0077] P_3 :地层孔隙压力值, MPa;
- [0078] ρ_o :孔隙压力当量密度, g/cm^3 ;
- [0079] H_0 :地层流体顶部垂高, m;
- [0080] (1.4) 根据步骤 (1.1)、(1.2) 及 (1.3) 中获取的参数关系, 获取平衡点 t_1 (静液柱压力值 P_2 与地层孔隙压力 P_3 相等时) 水泥浆的静胶凝强度 SGS_1 ;
- [0081] 根据所述步骤 (1.1)、(1.2)、(1.3) 中式 (1)、(2) 和 (3) 计算当 $P_2 = P_3$ 时 (压力平衡点 t_1) 的水泥浆的静胶凝强度 SGS_1 ;
- [0082] (1.5) 获取测窜点 t_0 的静胶凝强度 SGS_0 及测窜压力 ΔP
- [0083] 根据所述步骤 (1.1) 中式 (1) 计算 $P_1 = \Delta P$ 时的静胶凝强度 SGS_0 , 测窜时间点水泥浆的静胶凝强度 $SGS = SGS_0 + SGS_1$, 测窜压力为 ΔP 。在水泥浆平衡点压力加 0.3-0.5MPa 压差对应的静胶凝强度作为测窜点则更佳。
- [0084] (2) 按 API RP10B 试验标准配置水泥浆。
- [0085] (3) 将水泥浆放置在符合 API 稠化试验的封闭容器中, 在固井的温度和压力下搅拌, 转速为 150 转 / 分钟。该封闭容器为测试装置的一部分, 测试装置结构如图 2 所示, 包括封闭容器 11、搅拌浆叶 12、扭矩器 13 等稠度和静胶凝强度感应系统 1, 磁力驱动的变速马达 21、联轴节、稠度和静胶凝强度测量转化开关等搅拌系统 2, 加热器、温控器和热电偶等温度控制系统 3, 油罐 41、泵 42、单向阀和阀门等液压控制系统 4, 氮气瓶 51、调压阀 52、稳压罐 53、压力表 54、单向阀 55、截止阀 56 等地层气 / 液压力模拟系统 5 以及数据图形处理系统 6。
- [0086] 该测试装置可完全模拟井下温度、压力情况, 并可实时变化, 模拟井下流动变化情况, 并可进行在线监控, 从而大大提高了测试的准确性及可靠性, 并可真实了解水泥浆的变化情况。
- [0087] (4) 搅拌时间达到水泥浆从混配至顶替到位所需的时间后, 连续用机械方法测量水泥浆的静胶凝强度。此时转速调整为 0.2° / 分钟。
- [0088] (5) 步骤 (4) 中所测静胶凝强度达到测窜点时停止搅拌水泥浆。
- [0089] (6) 对封闭容器中的水泥浆一端卸压, 另一端输入压力气体或水或油, 对水泥浆施工的起点反向压差为步骤 (1) 中测窜压力 ΔP 值。使得水泥浆两端产生压力差, 此时如果水泥浆防窜能力不足就可导致压力气体从水泥的一端窜通至另一端。相反, 如果水泥浆防窜能力足够, 就可防止该压力气体窜通到另一端。该压力气体在实际测试中选择氮气。
- [0090] (7) 观察该水泥浆另一端是否冒气, 并根据该水泥浆另一端冒气情况判断水泥浆在该测窜井条件下窜通情况。观察时间一般为 1-3 分钟, 需要根据实际情况判断。在设定观察时间内, 发现该水泥浆另一端冒气, 则证明该水泥浆在该条件下窜通, 反之则证明该水泥浆在该条件下不窜通。除了直接观察冒气情况外, 也可根据实际情况测量气体流动状态, 以更准确测量该水泥浆的防窜能力。

[0091] (8) 慢慢加大压差,直至窜通为止,记录窜通时的压差,此压差为本水泥浆在本次固井条件下的最大防窜能力。试验过程中,从模拟井下固井过程、到测量静胶强度、到施加测窜压力全过程均使用同一份水泥浆并连续测量。

[0092] 本发明采用封闭容器模拟井下环境,方便对设置在该封闭容器中的水泥浆进行通气、加压及测压,可完全模拟井下温度、压力和流动条件,并方便通过观察冒气情况判断水泥浆的窜通情况,该方法简单易行且可靠性高。

[0093] 本发明根据测窜井及水泥浆参数获取测窜点及测窜压力 ΔP ,建立的验窜点静胶强度和验窜压差的数学模型,使得水泥浆的室内防窜试验数据与井下的实际情况建立了有机的统一。

[0094] 用一份水泥浆就可判别测试水泥浆在给定固井条件下固井是否窜槽,并测出在给定固井条件下的最大防气 / 液窜的能力,达到定性定量测量的目的。

[0095] 综上所述,以上仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围,因此,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

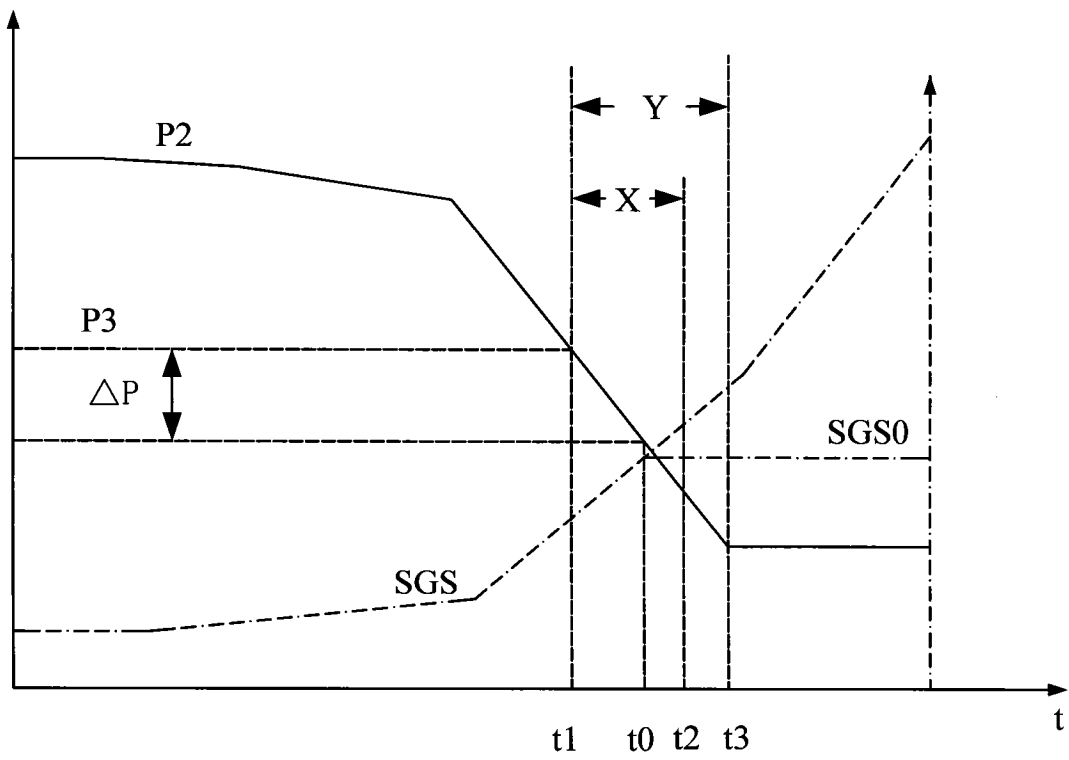


图 1

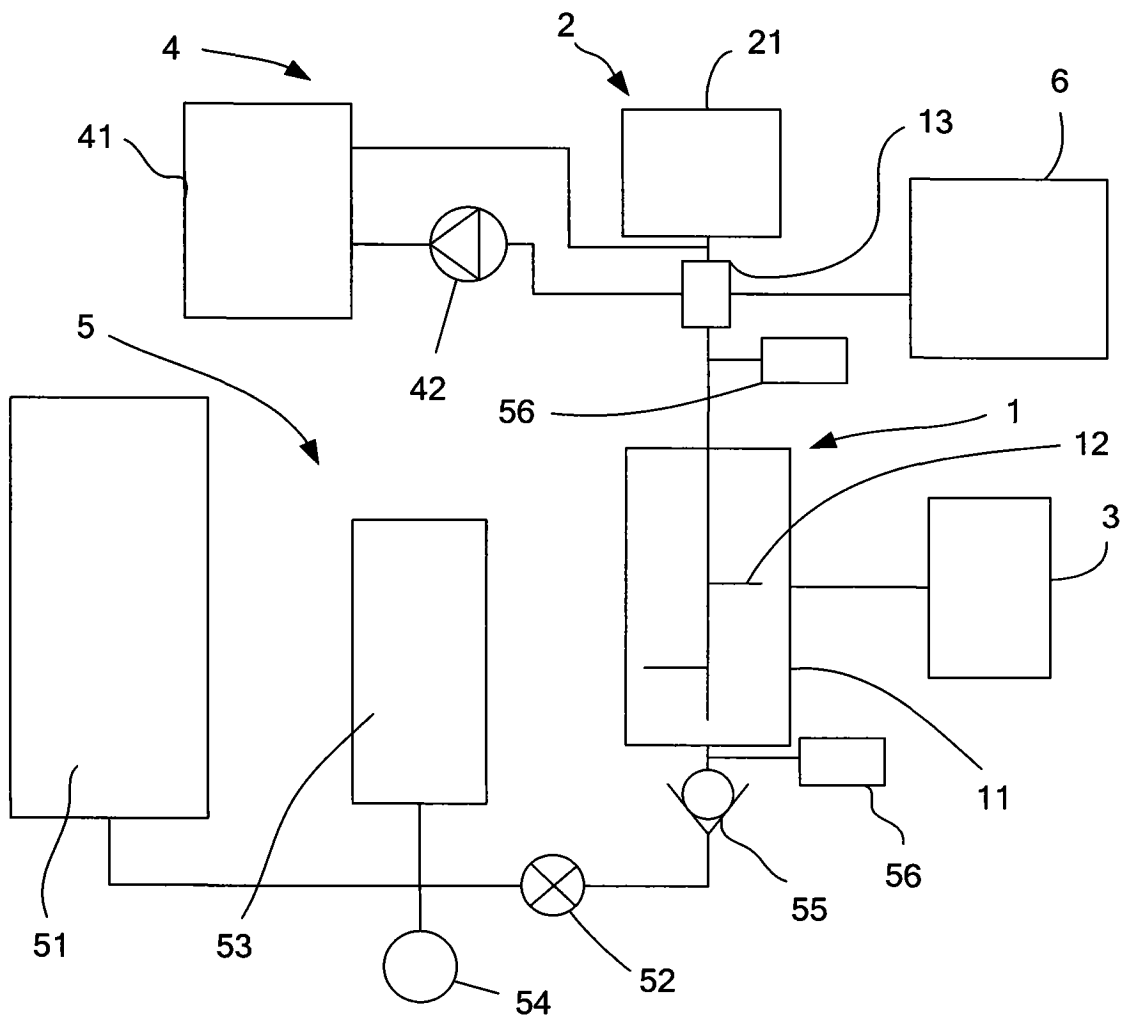


图 2