



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103806865 B

(45)授权公告日 2016.08.17

(21)申请号 201410051851.9

(22)申请日 2014.02.14

(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 中海石油(中国)有限公司湛江分
公司
中海油田服务股份有限公司
中国石油大学(北京)
沈阳金欧科石油仪器技术开发有
限公司

(72)发明人 谢玉洪 张勇 罗宇维 黄凯文
李炎军 张超 徐一龙 朱江林
邓金根 王玉田

(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 惠磊 曲鹏

(51)Int.Cl.

E21B 33/14(2006.01)

(56)对比文件

CN 103513019 A, 2014.01.15,
CN 101942997 A, 2011.01.12,
CN 1536341 A, 2004.10.13,
US 7621186 B2, 2009.11.24,
US 2013/0340505 A1, 2013.12.26,

审查员 李东鹏

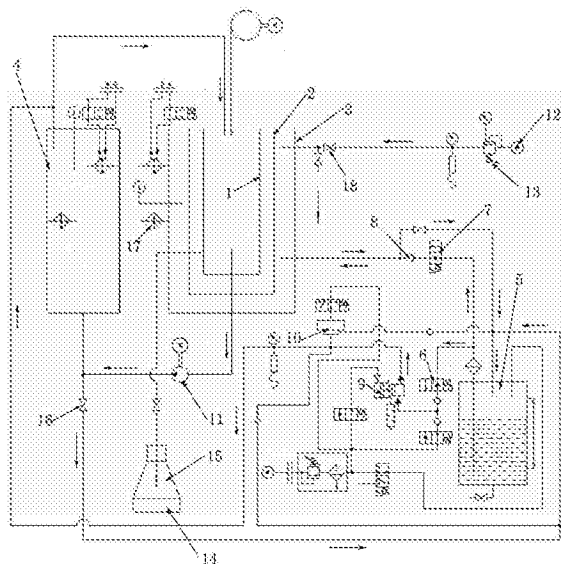
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种模拟压力变化引起固井胶结失效的方法

(57)摘要

一种模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,通过采用包括高压釜、套管组件等形成的模拟装置,在真实模拟井下工况的情况下,保持高压釜的温度恒定、高压釜和套管组件之间围压恒定,在多个压差级别下,检测水泥环在压力变化过程中其与套管之间是否发生气窜,以未发生气窜的时所能承受的最大压力和初始压力之间的差值作为被测试水泥环配方所能承受的最大压差;通过对所述水泥环配方以最大压差反复加压和泄压,检测其与套管之间是否发生气窜,并测定气窜量;以承受压差最大、加压和泄压循环次数最多的水泥环配方为最佳配方。本方法实现在室内实现对工程工况的仿真模拟,得到对工程实践有指导意义的数据和参数,寻找出水泥环的最佳配方。



1. 一种模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,包括:

安装套管组件,并往套管组件内注入水泥浆;所述套管组件由内层套管、外层套管和橡胶套组成,所述橡胶套位于内层套管和外层套管之间的环空,所述外层套管由两个对半的半套管对拼而成,所述半套管上开设有围压孔;

将套管组件吊入试验装置的高压釜,并封闭套管组件顶部和高压釜顶部;

给套管组件内部充高压油并加温;给高压釜和套管组件之间环空加压,给高压釜加温,并将高压釜内的压力、温度调整至与实际井下工况一致,养护水泥浆至水泥环成型;

保持高压釜的温度恒定、高压釜和套管组件之间围压恒定,在多个压差级别下,检测水泥环在压力变化过程中其与套管之间是否发生气窜,以未发生气窜时的所能承受的最大压力和初始压力之间的差值作为被测试水泥环配方所能承受的最大压差;

通过对所述水泥环配方以最大压差反复加压和泄压,检测其与套管之间是否发生气窜,并测定气窜量;

以承受压差最大、加压和泄压循环次数最多的水泥环配方为最佳配方。

2. 根据权利要求1所述的一种模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,其中,安装套管组件方法为:将内层套管安装在试验装置外部的工作台上,在内层套管外部套上水泥支架,然后在水泥支架内填充泡沫,然后将橡胶套套在水泥支架外;再将外层套管安装在橡胶套外,并将橡胶套顶部外翻将外层套管包裹住。

3. 根据权利要求2所述的模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,其中,给套管组件内部充高压油的方法为:打开试验装置中的油箱、进油电磁阀一和增压泵实现高压油从油箱进入内层套管。

4. 根据权利要求3所述的模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,其中,给套管组件内部加温的方法为:通过开启试验装置中的循环釜的加热带使循环釜内部温度升高,通过连接内层套管和循环釜的内循环叶片泵将热量送至内层套管内。

5. 根据权利要求4所述的模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,其中,给高压釜加压的方法为:依次打开试验装置中的油箱、进油电磁阀二和单向阀实现油料从油箱进入外层套管和高压釜之间的环空,然后开启氮气源及调压阀给环空油料加压。

6. 根据权利要求5所述的模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,其中,给高压釜加温的方法为:开启设置在高压釜外壁上的热电偶实现对高压釜和外层套管之间的环空油料加温。

7. 根据权利要求1至6任意一项所述的模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,其中,压差级别的范围为20MPa至5MPa,压差的递减级数为5MPa。

8. 根据权利要求1至6任意一项所述的模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,其中,检验气窜量的方法为天平排水法。

9. 根据权利要求1至6任意一项所述的模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,其中,检验气窜量的位置为水泥环底部和水泥环中部。

一种模拟压力变化引起固井胶结失效的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在室内模拟固井工程中固井胶结情况的试验方法,特别是涉及一种在室内模拟压力变化对固井工程中固井胶结情况影响的试验方法。

背景技术

[0002] 在固井中,水泥环对地层的封隔性能对油气井的生产安全、寿命和油田开发效益具有重要意义,具有较高封窜能力的水泥环是安全、环保地开发油层,实现勘探开发效益最大化的重要基础。

[0003] 实际生产经验表明,水泥浆顶替到位后,CBL/VDL测试显示固井质量良好的井,在经历后续的钻进、钻井液密度增加、地层完整性试验、射孔、压裂、压力变化、生产、关井憋压、修井等作业后,会导致水泥环与套管、水泥环与地层的胶结面产生微缝隙,造成油气井井口窜流、井口环空带压等问题。这一问题造成安全、环保隐患,严重影响产能建设,大大降低勘探开发效益。

[0004] 因此选择一种对压力敏感性不明显的水泥环配比,是解决上述问题的根本。

[0005] 由于井下工况复杂,通过室内的仿真试验来研究压力对水泥环胶结情况的影响是行之有效的。而现有室内试验存在如下缺陷:

[0006] 1)没有按照实际使用的套管加工实验装置。实验设备在外径和壁厚上与实际套管的尺寸不一致。实验设备在设计加工时,没有采用具有实际使用外径和壁厚的套管,而是在几何尺寸上按照一定的比例缩小,这与实际工况不同;

[0007] 2)胶结过程与验窜实验过程分离。由水泥环胶结到模拟压力-胶结失效实验时的环境发生了改变,具体包括水泥浆的养护环境是否为高温高压、在模拟压力-胶结失效实验时是否加了围压、胶结环境与实验环境是否相互独立。现在设备普遍不能保证水泥浆能在同一套设备内完成胶结并开展压力-胶结失效的实验,这与实际工况不符;

[0008] 3)不能定量评价气窜。在模拟压力等因素改变引起水泥环胶结失效,引起气窜的过程中,只是定性检验气窜有无发生,并没有定量检验一定工况改变时造成气窜的量;

[0009] 4)水泥环长度偏小。在模拟的水泥环长度方面,普遍小于50cm,长度偏小,在实验中不能较为全面反映实际工况存在的问题;

[0010] 5)验窜范围不全面。在验窜方法上,普遍采用的是在水泥环一端注入气体,以另一端能否收集到气体作为判断水泥环与套管是否产生微环隙及评价水泥环胶结好坏的标准。不能检测在水泥环高度方向的中间位置产生微环隙而两端胶结良好的工况。

[0011] 6)实验成本高。与水泥环胶结的内层套管、外层的人造地层或套管在一次实验后均报废,造成实验研究成本过高。

[0012] 7)实验条件参数较低,不能同时模拟高温高压井内工况。

发明内容

[0013] 本发明提供一种模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,其目的是通过特别设计

的试验装置,实现在室内对工程工况的仿真模拟,得到对工程实践有指导作用的数据和参数,寻找出水泥环的最佳配方。

[0014] 其另一目的是,降低试验成本,实现试验结果的定量评价。

[0015] 为了实现上述发明目的,本发明采取的技术方案如下:

[0016] 一种模拟压力变化引起固井胶结失效的方法,包括:

[0017] 安装套管组件,并往套管组件内注入水泥浆;

[0018] 将套管组件吊入试验装置的高压釜,并封闭套管组件顶部和高压釜顶部;

[0019] 给套管组件内部充高压油并加温;给高压釜和套管组件之间环空加压,给高压釜加温,并将高压釜内的压力、温度调整至与实际井下工况一致,养护水泥浆至水泥环成型;

[0020] 保持高压釜的温度恒定、高压釜和套管组件之间围压恒定,在多个压差级别下,检测水泥环在压力变化过程中其与套管之间是否发生气窜,以未发生气窜的时所能承受的最大压力和初始压力之间的差值作为被测试水泥环配方所能承受的最大压差;

[0021] 通过对所述水泥环配方以最大压差反复加压和泄压,检测其与套管之间是否发生气窜,并测定气窜量;

[0022] 以承受压差最大、加压和泄压循环次数最多的水泥环配方为最佳配方。

[0023] 优选地,所述套管组件由内层套管、外层套管和橡胶套组成,所述橡胶套位于内层套管和外层套管之间的环空,所述外层套管由两个对半的半套管对拼而成,所述半套管上开设有围压孔。

[0024] 优选地,安装套管组件方法为:将内层套管安装在试验装置外部的工作台上,在内层套管外部套上水泥支架,然后在水泥支架内填充泡沫,然后将橡胶套套在水泥支架外;再将外层套管安装在橡胶套外,并将橡胶套顶部外翻将外层套管包裹住。

[0025] 优选地,给套管组件内部充高压油的方法为:打开试验装置中的油箱、进油电磁阀一和增压泵实现高压油从油箱进入内层套管。

[0026] 优选地,给套管组件内部加温的方法为:通过开启试验装置中的循环釜的加热带使循环釜内部升高,通过连接内层套管和循环釜的内循环叶片泵将热量送至内层套管内。

[0027] 优选地,给高压釜加压的方法为:依次打开试验装置中的油箱、进油电磁阀二和单向阀实现油料从油箱进入外层套管和高压釜之间的环空,然后开启氮气源及调压阀给进入给环空油料加压。

[0028] 优选地,给高压釜加温的方法为:开启设置在高压釜外壁上的热电偶实现对高压釜和外层套管之间的环空油料加温。

[0029] 优选地,压差级别的范围为20MPa至5MPa,压差的递减级数为5MPa。

[0030] 优选地,检验气窜量的方法为天平排水法。

[0031] 优选地,检验气窜量的位置为水泥环底部和水泥环中部。

[0032] 本发明和现有技术相比,具有如下有益效果:

[0033] 本发明可以实现模拟高温高压井井下实际工况、能够实现对测试水泥环气窜流量定量测试、以及对水泥环各个区段胶结情况进行全面测试和评价,避免了现有试验方法只能检测当水泥环中形成通缝时才能检测到,而无法检测在水泥环高度方向的中间位置产生微环隙而两端胶结良好的工况。

[0034] 本试验方法通过模拟高压高温井内最高静止压力160℃,套管内试压最高工作压

力10000psi及最高围压6000psi真实的井下工况,能够模拟周围环境的压力周期性变化下,水泥环的胶结情况,从而确定出耐压力变化最好的水泥浆配方,并能定量测试气窜流量、检测水泥环中间段的胶结情况。

附图说明

[0035] 图1是本试验方法采用的试验装置图。

[0036] 附图标记:1-内层套管、2-外层套管、3-高压釜、4-循环釜、5-油箱、6-进油电磁阀一、7-进油电磁阀二、8-单向阀、9-增压泵、10-卸压泵、11-内循环叶片泵、12-氮气源、13-调节阀、14-天平、15-锥形瓶、16-套管压释放阀、17-热电偶、18-溢出阀。

具体实施方式

[0037] 为使本发明的发明目的、技术方案和有益效果更加清楚明了,下面结合附图对本发明的实施例进行说明,需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例和实施例中的特征可以相互任意组合。

[0038] 本实施例为模拟6"井眼,4-1/2"尾管,在井底最高静止温度160℃,最高套管工作压力10000psi,地层孔隙压力(围压)6000psi的工况,压力对水泥胶结情况的影响的试验方法,其具体步骤如下:

[0039] 安装套管组件,并往套管组件内注入水泥浆;

[0040] 如图1所示,本方法所利用的试验装置中的套管组件由内层套管1、外层套管2和橡胶套组成,所述橡胶套位于内层套管和外层套管之间的环空,所述外层套管由两个对半的半套管对拼而成,所述半套管上开设有围压孔。因此,安装套管组件方法为:将内层套管安装在试验装置外部的 work台上,在内层套管外部套上水泥支架,然后在水泥支架内填充泡沫,然后将橡胶套套在水泥支架外;再将外层套管安装在橡胶套外,并将橡胶套顶部外翻将外层套管包裹住。

[0041] 往套管组件内注入水泥浆时,为了防止水泥环胶结过程中存在空腔,需要在注入过程中搅拌。

[0042] 将套管组件吊入试验装置的高压釜3,并封闭套管组件顶部和高压釜顶部;

[0043] 等水泥浆注入到预定位置后,在套管组件顶部安装辅助联接装置,并通过吊升装置将套管组件由外部工作台上吊入高压釜内;吊入高压釜后取下辅助联接装置,在套管组件顶部安装套管密封端盖,在高压釜顶面安装釜体密封端盖实现对套管组件和高压釜的封闭;

[0044] 给套管组件内部充高压油并加温;给高压釜和套管组件之间环空加压,给高压釜加温,并将高压釜内的压力、压力调整至与实际井下工况一致;具体过程参见图1,图1为本试验方法采用的试验装置图,图中箭头表示油料和气体的流动方向。

[0045] 给套管组件内部充高压油的方法为:打开试验装置中的油箱5、进油电磁阀一6和增压泵9实现高压油从油箱5进入内层套管1。

[0046] 给套管组件内部加温的方法为:通过开启试验装置中的循环釜4的加热带使循环釜内部升高,通过连接内层套管1和循环釜4的内循环叶片泵11将热量送至内层套管内。

[0047] 给高压釜加压的方法为:依次打开试验装置中的油箱5、进油电磁阀二7和单向阀8

实现油料从油箱进入外层套管2和高压釜3之间的环空,然后开启氮气源12及调压阀13给进入给环空油料加压。

[0048] 给高压釜加温的方法为:开启设置在高压釜外壁上的热电偶17实现对高压釜3和外层套管2之间的环空油料加温。

[0049] 通过操作伺服控制装置,将高压釜内的压力、压力调整至与实际井下工况一致。

[0050] 按照工程规范要求时间养护水泥浆,使水泥环胶结。

[0051] 保持高压釜的温度恒定、高压釜和套管组件之间围压恒定,在多个压差级别下,检测水泥环在压力变化过程中其与套管之间是否发生气窜,以未发生气窜的时所能承受的最大压力和初始压力之间的差值作为被测试水泥环配方所能承受的最大压差;

[0052] 通过对所述水泥环配方以最大压差反复加压和泄压,检测其与套管之间是否发生气窜,并测定气窜量;

[0053] 以承受压差最大、加压和泄压循环次数最多的水泥环配方为最佳配方。

[0054] 下面给出几种参考的实施方式:

[0055] 实施方式一:水泥浆配方1在恒定的静止温度160℃,围压压力40MPa,套管内压力35MPa,已经完全水化充分(养护一周时间)的情况下,5-10分钟内套管内压力迅速上升到55MPa(此时,套管内压差为20MPa),恒压15分钟,10分钟(缓慢)泄压到套管内压力35MPa,然后检验水泥环与套管内表面之间是否产生微环隙,同时检验气窜流量;若发生破坏,则水泥浆配方1失败;依次检验水泥浆配方2、水泥浆配方3……,选择出未产生微环隙的水泥浆配方,比如水泥浆配方3、4没有发生破坏,使用水泥浆配方3和4重复上述加压泄压步骤,看哪一个配方在初次发生窜流时重复升降压的次数多谁最优;并以试压10次以上为优,5-10次合格,5次以内不合格为标准确定水泥浆配方承压等级。若所有配方在套管组件内压力迅速上升到55MPa都失败,则重复前期实验,5-10分钟内套管组件内压力迅速上升到45MPa(套管内压差为10MPa),恒压15分钟,10分钟(缓慢)泄压到套管内压力35MPa,然后检验水泥环与套管内表面之间是否产生微环隙,同时检验气窜流量;依次检验水泥浆配方1、2、3……,优选配方方法同上。若套管内压差在最低压差5MPa和最高压差20MPa之间多次实验仍然无法优选出合适配方,则所有配方都不适合现场井况的使用,也无法指导现场,不能给出某种配方在现场套管试压的最大值和最多次数值。

[0056] 实施方式二:水泥浆配方1在恒定的静止温度140℃,围压压力35MPa,套管内压力30MPa,已经完全水化充分(养护一周时间)的情况下,5-10分钟内套管内压力迅速上升到40MPa(此时,套管内压差为10MPa),恒压15分钟,10分钟(缓慢)泄压到套管内压力30MPa,然后检验水泥环与套管内表面之间是否产生微环隙,同时检验气窜流量;若发生破坏,则水泥浆配方1失败;依次检验水泥浆配方2、水泥浆配方3……,选择出未产生微环隙的水泥浆配方,比如水泥浆配方3、4没有发生破坏,使用水泥浆配方3和4重复上述加压泄压步骤,看哪一个配方在初次发生窜流时重复升降压的次数多谁最优;并以试压10次以上为优,5-10次合格,5次以内不合格为标准确定水泥浆配方承压等级。若所有配方在套管内压力迅速上升到40MPa都失败,则重复前期实验,5-10分钟内套管内压力迅速上升到35MPa(套管内压差为5MPa),恒压15分钟,10分钟(缓慢)泄压到套管内压力30MPa,然后检验水泥环与套管截面之间是否产生微环隙,同时检验气窜流量;依次检验水泥浆配方1、2、3……,优选配方方法同上。若套管内压差在最低压差5MPa和最高压差20MPa之间多次实验仍然无法优选出合适配

方,则所有配方都不适合现场井况的使用,也无法指导现场,不能给出某种配方在现场套管试压的最大值和最多次数值。

[0057] 参见图1,上述实施例中检验气窜流量的方法为天平排水法,即将排气孔通过管线插入装有液体的锥形瓶15,锥形瓶15放置在天平14上,当有气窜发生时,气体会将锥形瓶中的液体排出,以排出锥形瓶中液体的重量来计量气窜量,从而评价水泥环胶结质量的好坏。

[0058] 为了全面衡量在压力变化下水泥胶结质量,本发明中对水泥环的底部和中部同时测试气窜量,具体方法为,通过釜体密封端盖的注气孔路注入气体,测试釜底和釜体中部有无气窜情况发生。

[0059] 试验结束,释放压力后开启套管上盖,油料经套管压释放阀16回油箱;外层套管和高压釜之间的油料通过开启气路上溢出阀18释放压力后回油箱。

[0060] 上述试验过程中,

[0061] 优选地,将水泥环高度设置为1000mm;

[0062] 优选地,采用具有弹性、能够受压密封的橡胶套为水泥环胶结提供腔室;

[0063] 优选地,针对釜底验窜出气孔,采用工业毛毡填充,既能确保不被水泥浆封堵,又可以使气体通过,不影响验窜;

[0064] 优选地,在外层套管与高压釜之间的环空,采用液体石蜡油作为传热、加压介质。

[0065] 优选地,套管回路由增压泵9和泄压泵10制定程序自动控制压力;围压回路由调压阀13和泄压泵10组成压力稳定控制。

[0066] 虽然本发明所揭示的实施方式如上,但其内容只是为了便于理解本发明的技术方案而采用的实施方式,并非用于限定本发明。任何本发明所属技术领域的技术人员,在不脱离本发明所揭示的核心技术方案的前提下,可以在实施的形式和细节上做任何修改与变化,但本发明所限定的保护范围,仍须以所附的权利要求书限定的范围为准。

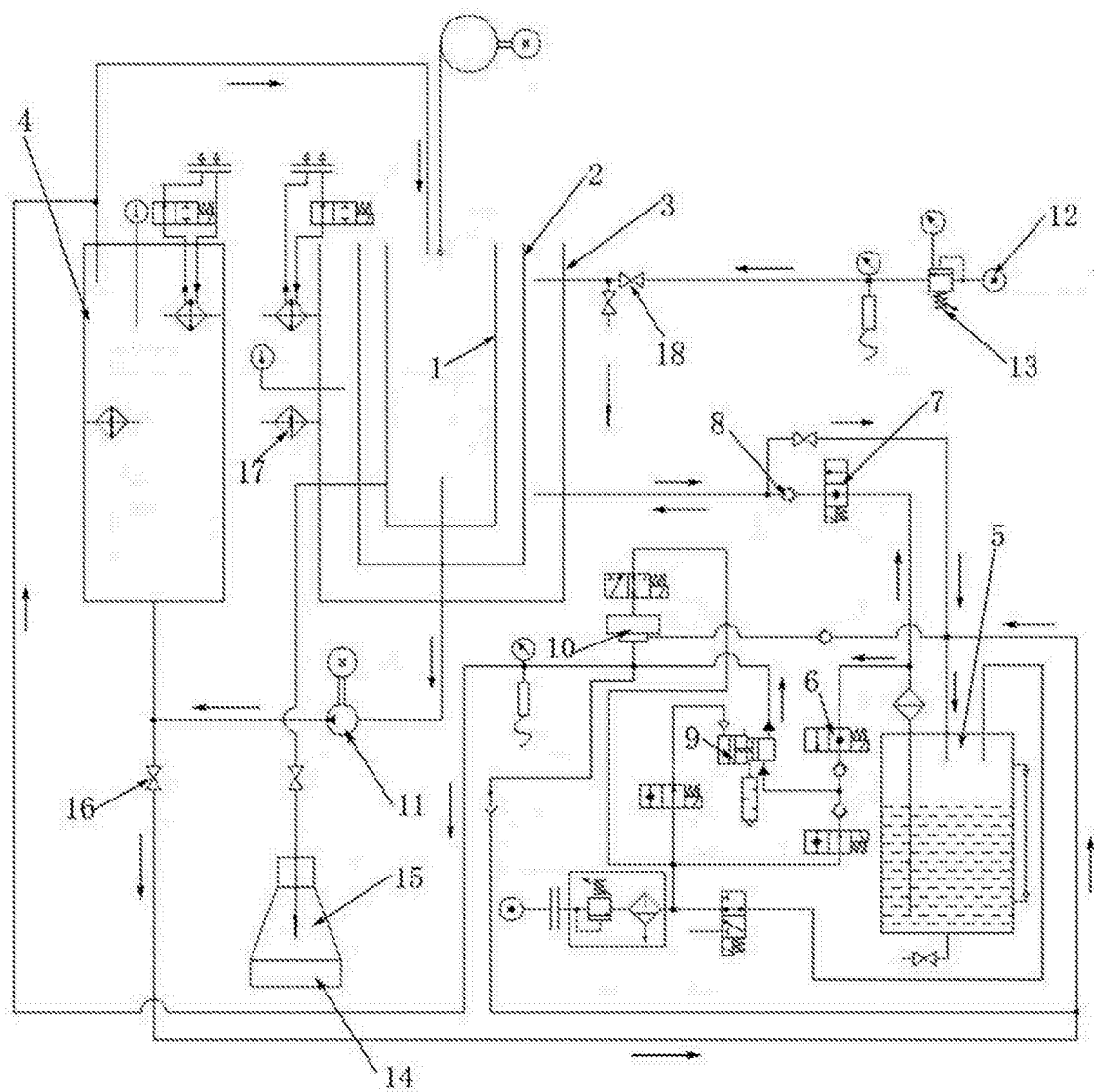


图 1