



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105510531 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201510907372. 7

(22) 申请日 2015. 12. 09

(71) 申请人 中国石油天然气股份有限公司  
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

(72) 发明人 杨怀军 郭志强 程海鹰 杨德华  
柳敏 张杰 崔丹丹

(74) 专利代理机构 北京华沛德权律师事务所  
11302  
代理人 马苗苗

(51) Int. Cl.  
G01N 33/00(2006. 01)

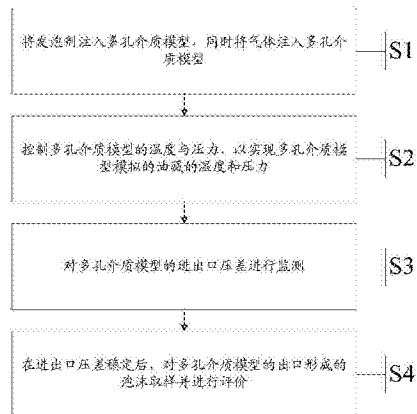
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法以及评价系统

(57) 摘要

本发明公开了一种发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法以及评价系统,所述方法包括:将发泡剂注入多孔介质模型,同时将气体注入所述多孔介质模型;控制所述多孔介质模型的温度与压力,以实现所述多孔介质模型模拟的油藏的温度和压力;对所述多孔介质模型的进出口压差进行监测;在所述进出口压差稳定后,对所述多孔介质模型的出口形成的泡沫取样并进行评价。本发明为准确地评价发泡剂在地层孔隙形成的多孔介质下的发泡性能提供了方案,继而为使用在驱油过程中使用发泡剂提供了准确的理论基础。



1. 一种发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法,其特征在于,包括:  
将发泡剂注入多孔介质模型,同时将气体注入所述多孔介质模型;  
控制所述多孔介质模型的温度与压力,以实现所述多孔介质模型模拟的油藏的温度和压力;  
对所述多孔介质模型的进出口压差进行监测;  
在所述进出口压差稳定后,对所述多孔介质模型的出口形成的泡沫取样并进行评价。
2. 如权利要求1所述的评价方法,其特征在于,所述对所述多孔介质模型的出口形成的泡沫取样并进行评价,具体包括:  
至少通过阻力系数、发泡率、泡沫半衰期及析液半衰期评价所述发泡剂的发泡性能。
3. 一种发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价系统,其特征在于,包括:  
液体注入泵,用于注入配置水;  
恒温箱;  
发泡剂液储罐,设置于所述恒温箱内且与所述液体注入泵相连,用于存储待评价发泡剂;  
气体储罐,用于存储待配置气体;  
气体质量流量控制器,与所述气体储罐相连,用于控制所述气体储罐输出的气体的质量与流量;  
多孔介质模型,设置于所述恒温箱内且与所述发泡剂液储罐和所述气体质量流量控制器相连;  
压差监测器,所述压差监测器的第一监测端与第二监测端分别连接于所述多孔介质模型的入口与出口;  
回压泵,与所述出口相连,所述回压泵用于调节所述多孔介质模型内的压力;  
其中,通过所述发泡剂液储罐向所述多孔介质模型注入与所述配置水混合后的所述待评价发泡剂,并通过所述液体注入泵控制向所述多孔介质模型注入所述待评价发泡剂的剂量,通过气体储罐向所述多孔介质模型注入气体,并通过所述气体质量流量控制器控制向所述多孔介质模型注入的气体的体积,并通过所述恒温箱控制所述多孔介质模型所处的温度,并通过所述回压泵控制所述多孔介质模型所处的压力;在通过所述压差监测器确定所述入口和所述出口的压差稳定后,对所述多孔介质模型的出口形成的泡沫取样并进行评价。
4. 如权利要求3所述的评价系统,其特征在于,所述回压泵的最高工作压力10MPa。
5. 如权利要求3所述的评价系统,其特征在于,所述评价系统还包括泡沫搜集容器,与所述出口相连,所述泡沫搜集容器用于搜集所述出口流出的泡沫。
6. 如权利要求3所述的评价系统,其特征在于,所述液体注入泵的最高工作压力50MPa,流量控制范围为0.01-100ml/min。
7. 如权利要求3所述的评价系统,其特征在于,所述气体质量流量控制器包括流量计、控制仪和单流阀,所述气体质量流量控制器的最高工作压力为20MPa,流量控制范围为0-1000ml/min。
8. 如权利要求3所述的评价系统,其特征在于,所述恒温箱温度控制范围为20-100℃。
9. 如权利要求3所述的评价系统,其特征在于,所述多孔介质模型由60-200目玻璃珠制

成,所述多孔介质模型的孔隙度为20-40%,渗透率为1-10达西。

10.如权利要求3所述的评价系统,其特征在于,所述压差监测器包括:

第一压力传感器,设置于所述入口;

第二压力传感器,设置于所述出口;

处理器,分别与所述第一压力传感器和所述第二压力传感器相连,用于根据所述第一压力传感器和所述第二压力传感器采集的信号确定所述入口和所述出口之间的压差。

## 发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法以及评价系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及采油技术领域,尤其涉及一种发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法以及评价系统。

### 背景技术

[0002] 空气泡沫驱作为三次采油的一项新技术,近几年越来越受到重视。空气泡沫体系由发泡剂、稳泡剂和空气组成,不受高温、高矿化度、高浓度钙镁离子影响,气源丰富,比注氮气泡沫、活性水经济。空气注入油藏后, O<sub>2</sub>与原油发生低温氧化反应,产生CO<sub>2</sub>、水及含氧的烃类化合物。直接起驱油作用的并不是空气,而是在油层内生成的CO、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>和蒸发的轻烃组分等组成的烟道气,在地层孔隙中与发泡剂相互作用,由于液膜滞后、颈缩分离、薄膜卡断等原因形成泡沫,泡沫挤压、占据和乳化作用可达到驱油效果。泡沫在多孔介质中的视黏度随介质孔隙的增大而升高,高黏度和气阻效应抑制了黏性指进,对优势渗流通道有一定的封堵作用,提高波及体积和油藏能量;同时低温氧化反应消耗氧气,依靠气体重力分异作用,改善了油层上部的开发效果。从空气泡沫驱驱油机理可以看出,泡沫剂的发泡性能及泡沫的稳定性是提高采收率的关键。

[0003] 目前,石油工业采用的发泡剂性能评价方法仅仅局限于静态的评价,具体是通过高速搅拌器在大约6000r/min条件下对100mL发泡剂溶液进行搅拌,搅拌时间为1min后形成泡沫之后测定泡沫体积并测定泡沫半衰期及析液半衰期。此方法的局限性在于发泡剂在常温常压下发泡,泡沫生成是通过搅拌作用,而泡沫驱油过程是发泡剂与空气在地层多孔介质中通过孔喉的剪切作用形成,不能模拟这种多孔介质中的剪切作用,也不能证明发泡剂在多孔介质中渗流条件下能否有效发泡。

[0004] 因此,现有技术中发泡剂性能评价方法存在不能模拟多孔介质的剪切作用以及不能证明发泡剂在多孔介质中渗流条件下能否有效发泡的技术问题。

### 发明内容

[0005] 本发明实施例通过提供一种发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法以及评价系统,用以解决现有技术中发泡剂性能评价方法存在不能模拟多孔介质的剪切作用以及不能证明发泡剂在多孔介质中渗流条件下能否有效发泡的技术问题。

[0006] 本发明实施例第一方面提供了一种发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法,包括:

[0007] 将发泡剂注入多孔介质模型,同时将气体注入所述多孔介质模型;

[0008] 控制所述多孔介质模型的温度与压力,以实现所述多孔介质模型模拟的油藏的温度和压力;

[0009] 对所述多孔介质模型的进出口压差进行监测;

[0010] 在所述进出口压差稳定后,对所述多孔介质模型的出口形成的泡沫取样并进行评价。

- [0011] 可选地,所述对所述多孔介质模型的出口形成的泡沫取样并进行评价,具体包括:
- [0012] 至少通过阻力系数、发泡率、泡沫半衰期及析液半衰期评价所述发泡剂的发泡性能。
- [0013] 本发明实施例第二方面提供了一种发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价系统,包括:
- [0014] 液体注入泵,用于注入配置水;
- [0015] 恒温箱;
- [0016] 发泡剂液储罐,设置于所述恒温箱内且与所述液体注入泵相连,用于存储待评价发泡剂;
- [0017] 气体存储罐,用于存储待配置气体;
- [0018] 气体质量流量控制器,与所述气体存储罐相连,用于控制所述气体存储罐输出的气体的质量与流量;
- [0019] 多孔介质模型,设置于所述恒温箱内且与所述发泡剂液储罐和所述气体质量流量控制器相连;
- [0020] 压差监测器,所述压差监测器的第一监测端与第二监测端分别连接于所述多孔介质模型的入口与出口;
- [0021] 其中,通过所述发泡剂液储罐向所述多孔介质模型注入所述待评价发泡剂,并通过所述液体注入泵控制向所述多孔介质模型注入所述待评价发泡剂的剂量,通过气体存储罐向所述多孔介质模型注入气体,并通过所述气体质量流量控制器控制向所述多孔介质模型注入的气体的体积,并通过所述恒温箱控制所述多孔介质模型所处的温度;在通过所述压差监测器确定所述入口和所述出口的压差稳定后,对所述多孔介质模型的出口形成的泡沫取样并进行评价。
- [0022] 可选地,所述评价系统还包括回压泵,与所述出口相连,所述回压泵用于调节所述多孔介质模型内的压力,所述回压泵的最高工作压力10MPa。
- [0023] 可选地,所述评价系统还包括泡沫搜集容器,与所述出口相连,所述泡沫搜集容器用于搜集所述出口流出的泡沫。
- [0024] 可选地,所述液体注入泵的最高工作压力50MPa,流量控制范围为0.01-100ml/min。
- [0025] 可选地,所述气体质量流量控制器包括流量计、控制仪和单流阀,所述气体质量流量控制器的最高工作压力20为MPa,流量控制范围为0-1000ml/min。
- [0026] 可选地,所述恒温箱温度控制范围为20-100°C。
- [0027] 可选地,所述多孔介质模型由60-200目玻璃珠制成,所述多孔介质模型的孔隙度为20-40%,渗透率为1-10达西。
- [0028] 可选地,所述压差监测器包括:
- [0029] 第一压力传感器,设置于所述入口;
- [0030] 第二压力传感器,设置于所述出口;
- [0031] 处理器,分别与所述第一压力传感器和所述第二压力传感器相连,用于根据所述第一压力传感器和所述第二压力传感器采集的信号确定所述入口和所述出口之间的压差。
- [0032] 本发明实施例中的一个或者多个技术方案,至少有如下技术效果或者优点:

[0033] 由于采用了将发泡剂和气体注入到多孔介质模型,并控制多孔介质模型的温度与压力,在多孔介质模型的进出口压差稳定后,对多孔介质模型的出口形成的泡沫取样并进行评价的技术方案,能够准确地模拟多孔介质的剪切作用,同时还能够证明发泡剂在多孔介质中渗流调节下能否有效发泡,所以解决了现有技术中发泡剂性能评价方法存在不能模拟多孔介质的剪切作用以及不能证明发泡剂在多孔介质中渗流条件下能否有效发泡的技术问题,从而为准确地评价发泡剂在地层孔隙形成的多孔介质下的发泡性能提供了方案,继而为使用在驱油过程中使用发泡剂提供了准确的理论基础。

#### 附图说明

- [0034] 图1为本发明实施例提供的发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法的流程图;  
[0035] 图2为实施发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法而专门设计的评价系统的模块图;  
[0036] 图3为本发明实施例提供的不同液气比下发泡剂的阻力系数的对比示意图;  
[0037] 图4为本发明实施例提供的不同液气比下发泡剂的成泡效率的对比示意图。

#### 具体实施方式

[0038] 本发明实施例通过提供一种发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法以及评价系统,用以解决现有技术中发泡剂性能评价方法存在不能模拟多孔介质的剪切作用以及不能证明发泡剂在多孔介质中渗流条件下能否有效发泡的技术问题。

[0039] 请参考图1,图1为本发明实施例提供的发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法的流程图,如图1所示,本发明实施例提供的发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法包括:

- [0040] S1:将发泡剂注入多孔介质模型,同时将气体注入多孔介质模型;  
[0041] S2:控制多孔介质模型的温度与压力,以实现多孔介质模型模拟的油藏的温度和压力;  
[0042] S3:对多孔介质模型的进出口压差进行监测;  
[0043] S4:在进出口压差稳定后,对多孔介质模型的出口形成的泡沫取样并进行评价。  
[0044] 请同时参考图2,如图2所示,图2为实施发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价方法而专门设计的评价系统的模块图,如图2所示,该评价系统包括:  
[0045] 液体注入泵1,用于注入配置水;  
[0046] 恒温箱2;  
[0047] 发泡剂液储罐3,设置于恒温箱2内且与液体注入泵1相连,用于存储待评价发泡剂;  
[0048] 气体储罐4,用于存储待配置气体;气体储罐4例如可以是高压气瓶等等;  
[0049] 气体质量流量控制器5,与气体储罐4相连,用于控制气体储罐4输出的气体的质量与流量;  
[0050] 多孔介质模型6,设置于恒温箱2内且与发泡剂液储罐3和气体质量流量控制器5相连;  
[0051] 压差检测器7,压差检测器7的第一监测端与第二监测端分别连接于多孔介质模型

6的入口与出口；

[0052] 回压泵8,与出口相连,回压泵8用于调节多孔介质模型6的压力；

[0053] 请继续参考图2,如图2所示,液体注入泵1将配置水注入发泡剂液储罐3中,配置水与发泡剂液储罐3中的待评价发泡剂混合后即能够注入到多孔介质模型中,具体实施过程中,可以通过液体注入泵1控制进入发泡剂液储罐3的剂量,从而就完成了S1中将待评价发泡剂注入多孔介质模型这一步骤；同时,可以通过气体存储罐4向多孔介质模型6注入供发泡剂发泡的气体,在具体实施过程中,可以通过气体质量流量控制器5控制向多孔介质模型6注入的气体的质量与流量,从而就完成了S1中将气体注入多孔介质模型6这一步骤；通过恒温箱2控制多孔介质模型6所处的温度为一个恒定的温度,并通过回压泵8控制多孔介质模型6所处的压力为一个恒定的压力,该恒定的温度和恒定的压力可以为多孔介质模型6模拟的油藏的温度和压力,从而完成了S2中控制多孔介质模型所处的温度与压力的步骤；然后通过压差检测器7的第一监测端对多孔介质模型6的入口进行监测,通过压差检测器7的第二监测端对多孔介质模型6的出口进行监测,从而能够通过压差检测器7对多孔介质模型6的进出口压差进行监测,从而完成了S3中对多孔介质模型的进出口压差进行监测；在通过压差检测器7对多孔介质模型6的进出口压差温度后,即可以对多孔介质模型6的出口形成的泡沫取样并进行评价,从而完成了S4的步骤。

[0054] 通过上述部分可以看出,由于采用了将发泡剂和气体注入到多孔介质模型,并控制多孔介质模型的温度与压力,在多孔介质模型的进出口压差稳定后,对多孔介质模型的出口形成的泡沫取样并进行评价的技术方案,能够准确地模拟多孔介质的剪切作用,同时还能够证明发泡剂在多孔介质中渗流调节下能否有效发泡,所以解决了现有技术中发泡剂性能评价方法存在不能模拟多孔介质的剪切作用以及不能证明发泡剂在多孔介质中渗流条件下能否有效发泡的技术问题,从而为准确地评价发泡剂在地层孔隙形成的多孔介质下的发泡性能提供了方案,继而为使用在驱油过程中使用发泡剂提供了准确的理论基础。

[0055] 在具体实施过程中,回压泵8的最高工作压力10MPa。

[0056] 在具体实施过程中,评价系统还包括泡沫搜集容器9,与出口相连,泡沫搜集容器9用于搜集出口流出的泡沫,从而避免泡沫泄露,污染工作环境。

[0057] 在具体实施过程中,液体注入泵1的最高工作压力50MPa,流量控制范围为0.01-100ml/min。

[0058] 在具体实施过程中,气体质量流量控制器5包括流量计、控制仪和单流阀,气体质量流量控制器5的最高工作压力为20MPa,流量控制范围为0-1000ml/min。

[0059] 在具体实施过程中,恒温箱2温度控制范围为20-100℃。

[0060] 在具体实施过程中,多孔介质模型6由60-200目玻璃珠制成,多孔介质模型6的孔隙度为20-40%,渗透率为1-10达西。

[0061] 在具体实施过程中,压差检测器7包括:第一压力传感器,设置于入口；第二压力传感器,设置于出口；处理器,分别与第一压力传感器和第二压力传感器相连,用于根据第一压力传感器和第二压力传感器采集的信号确定入口和出口之间的压差。

[0062] 当然,上述本实施例提供的评价系统中各个部件的参数仅仅是为了举例,通过本实施例的介绍,本领域所属的技术人员能够根据实际情况,选择其他合适的参数,以满足实际情况的需要,在此就不再赘述了。

[0063] 在具体实施过程中,在对多孔介质模型的出口形成的泡沫取样后,即能够通过对应的计算方式计算出阻力系数、发泡率、泡沫半衰期及析液半衰期等数据,从而能够准确的评价待评价发泡剂的发泡性能,在此就不再赘述了。

[0064] 在具体实施过程中,本发明实施例提供的发泡剂在多孔介质下发泡性能的评价系统还能够评价不同的液气比、不同浓度的稳定剂、不同的稳定剂等参数对发泡剂的发泡效果的影响程度。

[0065] 例如,以不同的液气比对发泡剂的发泡效果的影响为例,先以液气比为1:1向多孔介质模型输入待评价发泡剂和气体,待多孔介质模型的进出口压差稳定后,可以通过量杯或者量筒等装置对多孔介质模型的出口形成的泡沫取样,并测量泡沫的阻力系数、发泡率、泡沫半衰期及析液半衰期等参数。

[0066] 在本实施例中,请参考图3,图3为本发明实施例提供的不同液气比下发泡剂的阻力系数的对比示意图,如图3所示,随着发泡剂与空气的注入,约注入两个孔隙体积(英文:Pore Volume;简称:PV)后,阻力系数趋于稳定,说明多孔介质中产生了质量稳定的泡沫,可以看出,随着液气比的提高,也就是空气量的增加,最终阻力系数也增加,当液气比大于1:5时,阻力系数可达50以上,也就是形成泡沫所产生的封堵作用可以产生比水驱高50倍的渗流阻力。

[0067] 同样的,请参考图4,图4为本发明实施例提供的不同液气比下发泡剂的成泡效率的对比示意图,如图4所示,随着液气比的提高,也就是空气量的增加,最终阻力系数也增加,单位发泡剂体积产生的泡沫体积显著增大。

[0068] 同理,通过本实施例的介绍,在其他实施例中,还可以测量出泡沫半衰期和析液半衰期等参数的对比示意图,在此就不再赘述了。

[0069] 本发明实施例中的一个或者多个技术方案,至少具有如下优点或有益效果:

[0070] 由于采用了将发泡剂和气体注入到多孔介质模型,并控制多孔介质模型的温度与压力,在多孔介质模型的进出口压差稳定后,对多孔介质模型的出口形成的泡沫取样并进行评价的技术方案,能够准确地模拟多孔介质的剪切作用,同时还能够证明发泡剂在多孔介质中渗流调节下能否有效发泡,所以解决了现有技术中发泡剂性能评价方法存在不能模拟多孔介质的剪切作用以及不能证明发泡剂在多孔介质中渗流条件下能否有效发泡的技术问题,从而为准确地评价发泡剂在地层孔隙形成的多孔介质下的发泡性能提供了方案,继而为使用在驱油过程中使用发泡剂提供了准确的理论基础。

[0071] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。



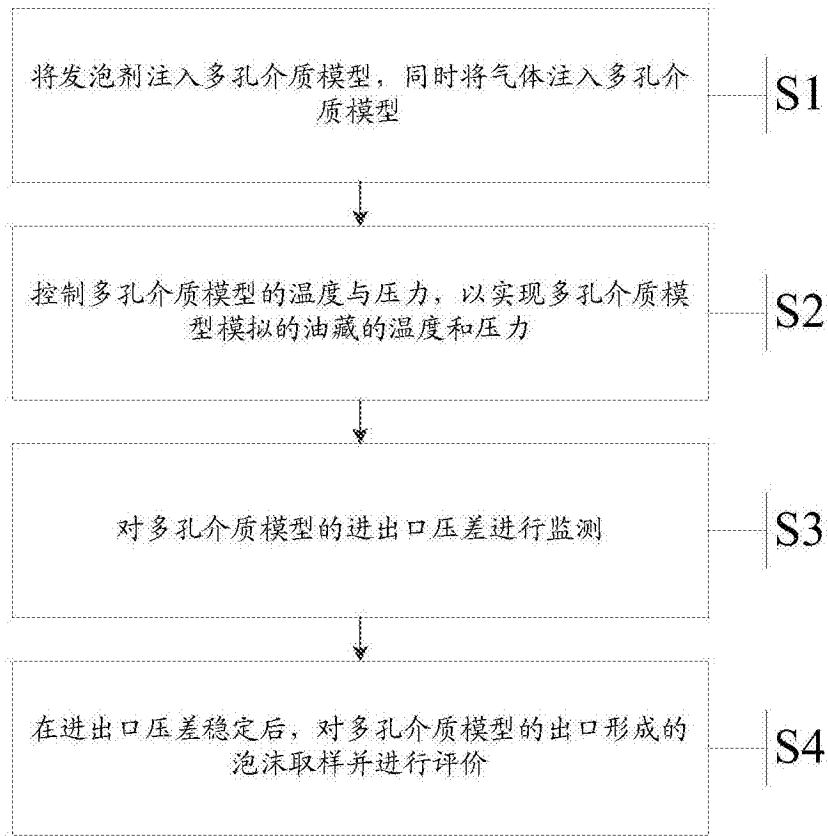


图1

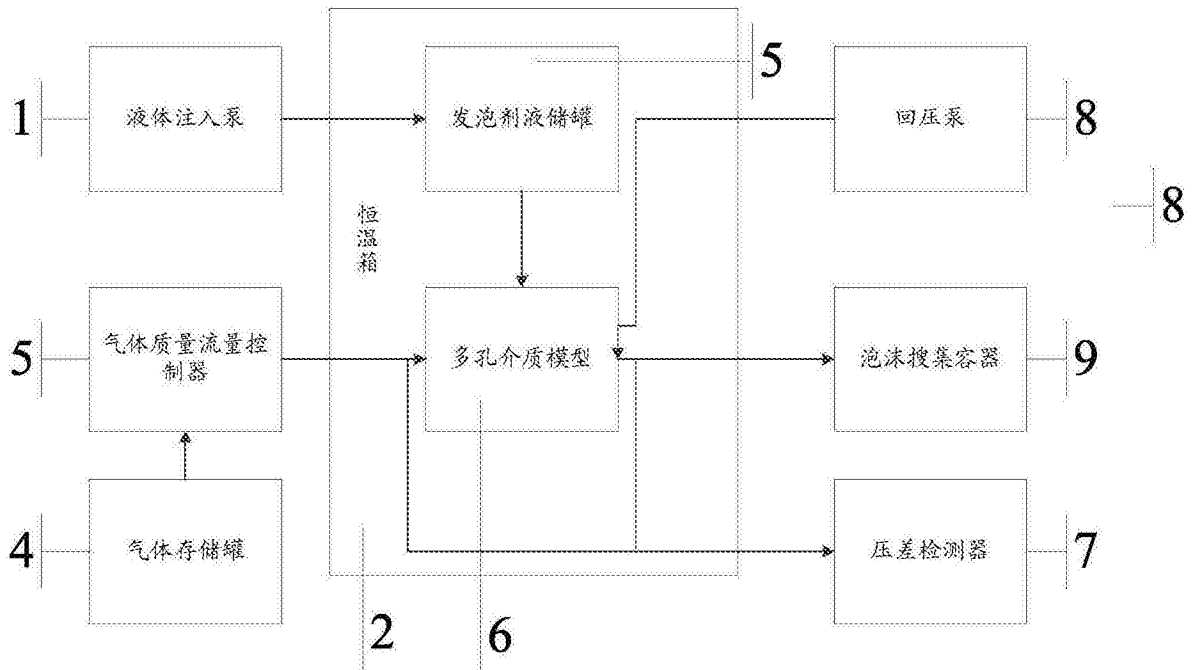


图2

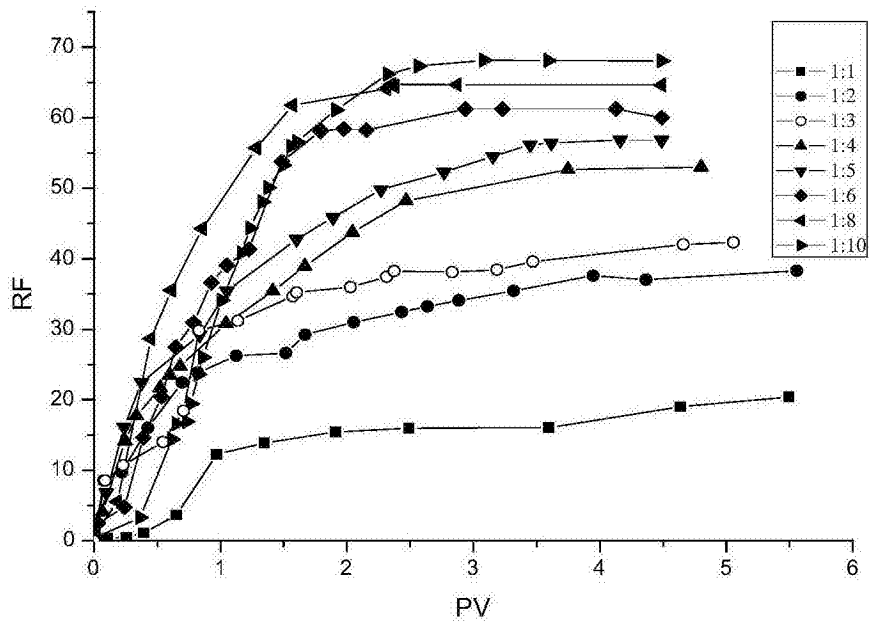


图3

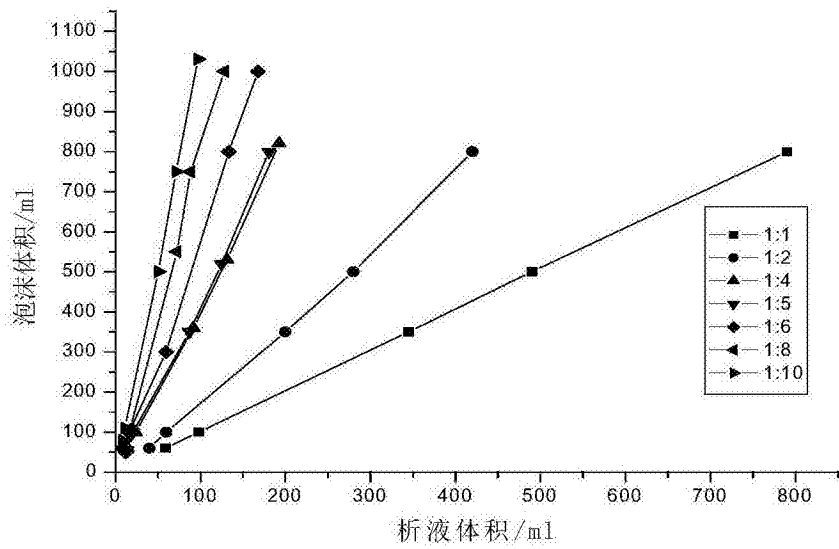


图4