(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103969407 A
(43)申请公布日 2014.08.06

(21)申请号 201410212430.X

(22)申请日 2014.05.19

(71)申请人 中国石油大学(华东)
地址 266580 山东省青岛市经济技术开发区长江西路66号

(72)发明人 李兆敏 张超 李宾飞 李松岩 刘己全 董全伟

(74)专利代理机构 济南金迪知识产权代理有限公司 37219
代理人 吕利敏

(51)Int.Cl.
G01N 33/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置及其应用

(57)摘要

本发明涉及一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置，包括气源部、评价釜、液体部和中间容器部。本发明所述装置中评价釜中安装有第一活塞，从而使得实验过程中可以利用第一平流泵采用向评价釜中泵入蒸馏水的方式维持或升高评价釜的压力，利用第一组阀门的开启向外排出蒸馏水的方式降低评价釜的压力，从而实现对评价釜压力的控制，便于测定气溶性表面活性剂在超临界二氧化碳中的浊点压力及浊点温度；本发明通过评价釜的转动不仅能够在测定气溶性表面活性剂在超临界二氧化碳中溶解度时使二者充分混合均匀，达到相平衡状态，而且可以在测定气溶性表面活性剂泡沫破灭后再生性能过程中，通过将评价釜的重力分异作用下上浮，进而评价其泡沫再生性能。

CN 103969407 A

1. 一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置，其特征在于，该装置包括气源部、评价釜、液体部和中间容器部；

所述的气源部包括二氧化碳气源；

所述的评价釜包括柱形釜体、在所述柱形釜体内设置有第一活塞、在所述柱形釜体的轴向两端分别设置有第一组阀门和第二组阀门，所述第一活塞将所述柱形釜体分割为驱替腔和混合腔，其中所述驱替腔通过第一组阀门与第一平流泵和第一储液罐相连，所述混合腔通过第二组阀门分别与气体管路和液体管路相连，所述气体管路与所述二氧化碳气源相连，所述液体管路通过第三组阀门的分别与液体部和中间容器部相连；在所述第一组阀门上设置有第一压力传感器；在所述第三组阀门上设置有第三压力传感器；

所述液体部包括顺次连接的液体管路和第四组阀门，所述第四组阀门包括三路，其中第一路与盛装气溶性表面活性剂的微量泵相连，第二路通过第二平流泵与第二储液罐相连，第三路为放空阀；

所述中间容器部包括柱形中间容器、在所述柱形中间容器内设置的第二活塞，所述第二活塞将柱形中间容器分割为评价腔和调压腔，所述第三组阀门与评价腔相连，所述调压腔分别通过第五阀门、第三平流泵与第三储液罐相连通，所述调压腔还通过第六阀门、回压阀和第四储液罐相连通；

在所述柱形釜体的表面设置有观察窗；在所述评价釜外部装有加热套。

2. 根据权利要求 1 所述的一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置，其特征在于，所述的二氧化碳气源包括液态二氧化碳源、柱塞泵和流量计，所述液态二氧化碳源顺次通过柱塞泵和流量计与所述气体管路相连。

3. 根据权利要求 2 所述的一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置，其特征在于，所述液态二氧化碳源包括顺次相连二氧化碳气瓶、干燥器和制冷部，所述制冷部包括制冷柜、在所述制冷柜内设置的盘管、高压储罐。

4. 根据权利要求 1 所述的一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置，其特征在于，在所述评价釜底部安装有第一底座，所述第一底座驱动所述柱形釜体沿水平轴向旋转；所述分别与评价釜相连的管路均为柔性管路。

5. 一种利用如权利要求 1-4 任一项所述的装置评价气溶性表面活性剂起泡性能的方法，包括步骤如下：

（一）测定不同压力或温度下各类气溶性表面活性剂在超临界 CO_2 中的溶解度；

(1) 通过流量计计量在评价釜中二氧化碳的加入量；

(2) 利用微量泵将气溶性表面活性剂注入评价釜中；

(4) 关闭第二组阀门，对评价釜加温至设定模拟底层温度，并保持温度不变，通过第一压力传感器记录温度稳定时评价釜中的压力；

(5) 利用第一底座驱动评价釜水平轴向匀速转动 1-2 个小时，记录评价釜中的压力；

(6) 通过可视窗进行观察，观察评价釜中体系是否浑浊，利用第一平流泵及第一组阀门来调节评价釜的压力以实现对评价釜中体系浑浊与否的改变，记录所述评价釜中浑浊液由浑浊转变为清澈时的压力及温度；

(7) 通过整个实验过程中记录的泵入评价釜中的气溶性表面活性剂的质量比上泵入评价釜中的二氧化碳的质量，按照公式 I 计算所得即为步骤 (6) 中所记录的压力及温度条件

下超临界二氧化碳中气溶性表面活性剂的溶解度：

$$\text{气溶性表面活性剂在超临界二氧化碳中的溶解度}=\frac{\text{气溶性表面活性剂的质量}}{\text{二氧化碳的质量}}\times 100\% \quad (\text{I})$$

（二）评价气溶性表面活性剂起泡能力

(1) 利用步骤（一）的方法在评价釜中配置出溶解有一定量气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳；

(2) 利用第三平流泵通过第五阀门向中间容器中泵入蒸馏水以调节其内部压力与评价釜的压力一致，通过第三压力传感器监测中间容器中的压力，压力稳定后关闭第五阀门；

(3) 将回压阀的开启压力设置成：高于评价釜内压力 0.1MPa；

(4) 开启第三平流泵，设定为恒压注入模式，压力设置与评价釜内压力一致，然后开启第二组阀门中通向液体管路、第三组阀门及第六阀门，将评价釜内的溶解有气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳在保持压力、温度条件不变的情况下全部泵入中间容器中；

(5) 关闭第三组阀门，并利用第二平流泵及放空阀作用对评价釜内部进行清洗，并使第一活塞处于最顶端，评价釜内部压力为大气压；

(6) 利用第二平流泵向评价釜中泵入一定量蒸馏水；

(7) 将中间容器中储存的溶解有气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳泵入评价釜中，监测第一压力传感器、泡沫柱高度，并记录泡沫半衰期；

（三）评价气溶性表面活性剂起泡后泡沫破灭再生性能力

(1) 待步骤（二）中评价釜中所产生的泡沫破灭后，将评价釜水平轴向旋转 180°；

(2) 按照步骤（二）中将评价釜中溶解有气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳在压力、温度不变的条件下泵入中间容器的方法，将泡沫破灭后评价釜中上层的超临界二氧化碳气体在压力、温度不变的条件下泵入中间容器中；

(3) 按照步骤（二）中 (6)、(7) 两个步骤进行起泡能力评价实验，以模拟步骤（二）中的泡沫破灭后，在重力分异作用下超临界二氧化碳携带气溶性表面活性剂上浮过程中遇到水后再次起泡的过程，评价其泡沫破灭后再生能力。

6. 根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述步骤（一）中 (1) 步骤所述二氧化碳的泵入过程为：

(1.1) 将二氧化碳气瓶中的二氧化碳通过干燥器进行干燥处理后，进入盘管中，在制冷柜的制冷作用下变为液态二氧化碳进入高压储罐中；

(1.2) 通过柱塞泵将高压储罐中的液态二氧化碳泵入评价釜中，利用流量计控制液态二氧化碳的泵入速度及泵入量。

一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置及其应用，属于二氧化碳提高油气田开采效率研究技术领域。

背景技术

[0002] 注二氧化碳（CO_2）提高原油采收率技术的发展已有50多年的历史，目前已经成为一种重要的提高原油采收率技术而得到世界的广泛应用。在全球EOR项目总数中，气驱项目个数占54％，即全球EOR项目中，近一半为气驱项目；在所有的气驱项目中，仅CO_2的项目个数就占到将近77％；因而CO_2驱提高原油采收率技术占全球EOR项目总数的41.46％，已成为最为重要的提高原油采收率技术之一。

[0003] 然而，在二氧化碳驱油技术进行现场应用时，由于二氧化碳具有较低的粘度和密度，在驱替过程中会发生粘性指进和重力分异现象。粘性指进使注入的二氧化碳绕过被驱替的原油而窜流，降低了波及效率，当地层中存在裂缝时，这种现象会更加严重。因此，改善注气效果的关键环节是控制二氧化碳的流度，减缓气窜。

[0004] 目前，常用的控制二氧化碳流度的技术有水气交替注入技术、泡沫驱技术。针对低渗透油藏水和泡沫流体可注性差、常规二氧化碳泡沫不稳定等问题，提出一种充分利用超临界二氧化碳呈良好溶剂的特性，采用气溶性表面活性剂，以二氧化碳作为载体将其携带注入地层中，产生超临界二氧化碳泡沫以实现对二氧化碳流度的控制。、

[0005] 基于气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳泡沫流度控制技术仍处于初期开发研究阶段，该项技术成功应用的关键是研发出高效廉价的二氧化碳气溶性表面活性剂，其中高效指的是该类表面活性剂：

[0006] 首先，要在超临界二氧化碳中具有良好的溶解度，即能以二氧化碳作为载体；

[0007] 其次，具有良好的起泡能力，即遇水后能够产生泡沫并且具有良好的起泡体积和泡沫半衰期；

[0008] 最后，能够具有良好的泡沫破灭再生性能，即泡沫在地层中破灭后，当二氧化碳在重力分异作用下上浮时，气溶性表面活性剂在上浮的二氧化碳的携带下能够再次起泡。

[0009] 因此，需要建立一套能够真实准确评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置及方法。

[0010] 术语说明：

[0011] 气溶性表面活性剂：该类表面活性剂是相对于水溶性表面活性剂来说，目前研究主要以分枝状和直链烷基酚聚氧乙烯醚、分枝状烷基聚氧乙烯醚等具有乙氧基化亲水物，亲二氧化碳的碳氢基或者氧化碳氢基等非离子表面活性剂，该类表面活性剂同时也是水溶性的，只不过在二氧化碳处于超临界条件下时能够少量溶解于二氧化碳中，为区别常规的水溶性表面活性剂称之为气溶性表面活性剂（CO_2soluble surfactuants）。

发明内容

[0012] 针对现有技术的不足，本发明提供一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置。

[0013] 本发明还涉及利用上述装置评价气溶性表面活性剂起泡性能的方法。本发明所述的装置及方法用于评价超临界二氧化碳对该类气溶性表面活性剂的携带能力、该类气溶性表面活性剂的起泡性能及其泡沫破灭后再生性能。

[0014] 本发明的技术方案在于：

[0015] 一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置，包括气源部、评价釜、液体部和中间容器部；

[0016] 所述的气源部包括二氧化碳气源；

[0017] 所述的评价釜包括柱形釜体、在所述柱形釜体内设置有第一活塞、在所述柱形釜体的轴向两端分别设置有第一组阀门和第二组阀门，所述第一活塞将所述柱形釜体分割为驱替腔和混合腔，其中所述驱替腔通过第一组阀门与第一平流泵和第一储液罐相连，所述混合腔通过第二组阀门分别与气体管路和液体管路相连，所述气体管路与所述二氧化碳气源相连，所述液体管路通过第三组阀门的分别与液体部和中间容器部相连；在所述第一组阀门上设置有第一压力传感器；在所述第三组阀门上设置有第三压力传感器；所述第一压力传感器直接测量的是驱替腔 17-1 中的压力，由于驱替腔 17-1 与混合腔 17-2 的压力相等，因而第一压力传感器测量的也是混合腔 17-2 中的压力。所述第三压力传感器 20 的作用与传感器 13 一样，也是用来直接测量评价腔 23-1 中的压力，进而测量调压腔 23-2 中的压力；

[0018] 所述液体部包括顺次连接的液体管路和第四组阀门，所述第四组阀门包括三路，其中第一路与盛装气溶性表面活性剂的微量泵相连，第二路通过第二平流泵与第二储液罐相连，第三路为放空阀；

[0019] 所述中间容器部包括柱形中间容器、在所述柱形中间容器内设置的第二活塞，所述第二活塞将柱形中间容器分割为评价腔和调压腔，所述第三组阀门与评价腔相连，所述调压腔分别通过第五阀门、第三平流泵与第三储液罐相连通，所述调压腔还通过第六阀门、回压阀和第四储液罐相连通；

[0020] 在所述柱形釜体的表面设置有观察窗；在所述评价釜外部装有加热套。

[0021] 根据本发明优选的，所述的二氧化碳气源包括液态二氧化碳源、柱塞泵和流量计，所述液态二氧化碳源顺次通过柱塞泵和流量计与所述气体管路相连。所述流量计用于计量液态二氧化碳的注入速度以及累计注入量。

[0022] 根据本发明优选的，所述液态二氧化碳源包括顺次相连二氧化碳气瓶、干燥器和制冷部，所述制冷部包括制冷柜、在所述制冷柜内设置的盘管、高压储罐。此处设计的优势在于，便于计量二氧化碳的量，此处设计的优点是用于将实验用二氧化碳进行干燥，防治二氧化碳中含有的水分在后续制冷过程中结冰堵塞管路；制冷柜 4，用于液化二氧化碳并恒温储存液态二氧化碳，其内部设有盘管用于延长二氧化碳在制冷柜中的流动时间，以达到对二氧化碳充分液化，高压储罐用于储存液态二氧化碳。

[0023] 根据本发明优选的，在所述评价釜底部安装有第一底座，所述第一底座驱动所述柱形釜体沿水平轴向旋转；所述分别与评价釜相连的管路均为柔性管路。

[0024] 在本发明所述的装置中，所述第一平流泵用于将第一储液罐中装有的蒸馏水以所需速度泵入第一活塞 15 的上部空间；泵入蒸馏水直接作用是推动第一活塞运动，进而改变

混合腔内的压力，但是当控制第二组阀门使混合腔与评价腔相连时，泵入蒸馏水作用在第一活塞上时，推动第一活塞的同时，将会使得混合腔中的流体以一定速度流入评价腔中，因此泵入蒸馏水具有这样两个作用；所述第一活塞的下部空间，即混合腔用于评价气溶性表面活性剂在超临界二氧化碳中的溶解度、气溶性表面活性剂的起泡能力以及其所产生的泡沫破灭后再生能力。

[0025] 所述第一底座用于支撑评价釜，并在支架部分安装动力装置以保证评价釜转动；所述微量泵用于向评价釜中定量地注入气溶性表面活性剂；第三压力传感器用于监测评价釜中混合腔的压力以及中间容器的压力；所述第三压力传感器和第二组阀门相连，并且通过第三组阀门分别与评价腔和第四组阀门相连，因此，当与第三压力传感器相连的第二组阀门中的那组阀门开启时，第三压力传感器测量的是评价釜中第一活塞下部空间的压力，如若此时再打开第三组阀门中与第四组阀门相连的那组阀门，则此时微量泵或第二平流泵又与第三压力传感器相连，则同时测得微量泵的注入压力或是第二平流泵的注入压力；如果是打开第三组阀门中与评价腔相连的那组阀门，则第三压力传感器与评价腔相连，则同时测的评价腔中的压力。

[0026] 所述中间容器内部设有第二活塞，用于在保持评价釜压力不变的情况下储存评价釜内流体，其中储存评价釜内流体的作用为：在评价气溶性表面活性剂起泡能力时，需要首先在混合腔中配制溶解有一定气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳气体，然后在保持其压力不变的情况下将混合腔中配制好的超临界二氧化碳气体转移至中间容器的评价腔储存，（转移过程中要保持压力不变是因为压力发生变化可能会导致气溶性表活剂析出，从而使得接下来评价其起泡能力时其气溶性表面活性剂的溶解度发生变化。）将配制好的超临界二氧化碳气体储存在中间容器的评价腔后才能对混合腔进行清洗，然后利用平流泵注入蒸馏水，然后将中间容器评价腔中的超临界二氧化碳泵入混合腔 17-2 中进行起泡能力测试实验。

[0027] 第二底座用于固定中间容器；第二平流泵用于向评价釜中泵入第二储液罐中的蒸馏水，蒸馏水是在阀门 26-2 与第三组阀门 21 同时开启时经由第二组阀门 18 泵入混合腔 17-2 中的，其作用是用于起泡能力测试实验；而微量泵是在阀门 26-3 与第三组阀门 21 同时开启时将气溶性表面活性剂经由第二组阀门 18 泵入混合腔 17-2 中的，其作用是在测试气溶性表面活性剂在超临界二氧化碳中溶解度及配制溶解有一定量的气溶性表面活性剂时向混合腔 17-2 中添加气溶性表面活性剂的，这两个过程不是同时进行的，因此蒸馏水和微量泵是分别泵入的，用于气溶性表面活性剂起泡能力及泡沫破灭后再生能力的评价；所述放空阀用于评价釜内部液体的排空及清洗；第三平流泵 30 用于向中间容器 23 中泵入第三储液罐 31 中的蒸馏水，其作用是通过第三平流泵 30 向中间容器 23 第二活塞的下部空间泵入蒸馏水的目的是调节中间容器 23 活塞上部空间即评价腔 23-1 中的压力；回压阀 32 用于控制中间容器 23 的内部流体压力，保证第二活塞 22 移动过程中，中间容器 23 的压力为所设压力；第四储液罐 33 用于储存中间容器 23 排出的液体；所述第四储液罐 33 是通过回压阀 32 及第六阀门 24-2 与中间容器 23 的下部空间即调压腔 23-2 相连通的，因此当中间容器 23 中第二活塞 22 向下移动压缩调压腔 23-2 中的蒸馏水使其压力上升达到回压阀 32 的开启压力时，调压腔 23-2 中的蒸馏水便会流入第四储液罐 33 中，因此第四储液罐 33 是用来储存调压腔 23-2 调压时排除其内部蒸馏水的。

[0028] 一种利用上述装置评价气溶性表面活性剂起泡性能的方法，包括步骤如下：

[0029] （一）测定不同压力或温度下各类气溶性表面活性剂在超临界 CO_2 中的溶解度；

[0030] (1) 通过流量计计量在评价釜中二氧化碳的加入量；

[0031] (2) 利用微量泵将气溶性表面活性剂注入评价釜中；

[0032] (4) 关闭第二组阀门，对评价釜加温至设定模拟底层温度，并保持温度不变，通过第一压力传感器记录温度稳定时评价釜中的压力；

[0033] (5) 利用第一底座驱动评价釜水平轴向匀速转动 1-2 个小时，记录评价釜中的压力；

[0034] (6) 通过可视窗进行观察，观察评价釜中体系是否浑浊，利用第一平流泵及第一组阀门来调节评价釜的压力以实现对评价釜中体系浑浊与否的改变，记录所述评价釜中浑浊液由浑浊转变为清澈时的压力及温度；具体操作为：利用第一平流泵向评价釜中注入蒸馏水以增大评价釜内压力，通过第一组阀门的开启排液来降低评价釜内压力；

[0035] (7) 通过整个实验过程中记录的泵入评价釜中的气溶性表面活性剂的质量比上泵入评价釜中的二氧化碳的质量，按照公式 I 计算所得即为步骤 (6) 中所记录的压力及温度条件下超临界二氧化碳中气溶性表面活性剂的溶解度：

[0036]

$$\text{气溶性表面活性剂在超临界二氧化碳中的溶解度}=\frac{\text{气溶性表面活性剂的质量}}{\text{二氧化碳的质量}}\times 100\% \quad (I)$$

[0037] （二）评价气溶性表面活性剂起泡能力

[0038] (1) 利用步骤（一）的方法在评价釜中配置出溶解有一定量气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳；

[0039] (2) 利用第三平流泵通过第五阀门向中间容器中泵入蒸馏水以调节其内部压力与评价釜的压力一致，通过第三压力传感器监测中间容器中的压力，压力稳定后关闭第五阀门；

[0040] (3) 将回压阀的开启压力设置成：高于评价釜内压力 0.1MPa；

[0041] (4) 开启第三平流泵，设定为恒压注入模式，压力设置与评价釜内压力一致，然后开启第二组阀门中通向液体管路、第三组阀门及第六阀门，将评价釜内的溶解有气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳在保持压力、温度条件不变的情况下全部泵入中间容器中；

[0042] (5) 关闭第三组阀门，并利用第二平流泵及放空阀作用对评价釜内部进行清洗，并使第一活塞处于最顶端，评价釜内部压力为大气压；

[0043] (6) 利用第二平流泵向评价釜中泵入一定量蒸馏水；

[0044] (7) 将中间容器中储存的溶解有气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳泵入评价釜中，监测第一压力传感器、泡沫柱高度，并记录泡沫半衰期；

[0045] （三）评价气溶性表面活性剂起泡后泡沫破灭再生性能力

[0046] (1) 待步骤（二）中评价釜中所产生的泡沫破灭后，将评价釜水平轴向旋转 180°，如图 2 中实线框内部分所示；

[0047] (2) 按照步骤（二）中将评价釜中溶解有气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳在压力、温度不变的条件下泵入中间容器的方法，将泡沫破灭后评价釜中上层的超临界二氧

化碳气体在压力、温度不变的条件下泵入中间容器中；本过程只是将超临界二氧化碳泵入中间容器中，这一步的目的是泡沫破灭后超临界二氧化碳气体因为密度小与水，因此其在容器中的上部，又由于其能够溶解一定量的气溶性表面活性剂，因此上部空间的超临界二氧化碳中携带有部分量的气溶性表面活性剂，之所以说部分量是因为起泡结束后会有一部分气溶性表面活性剂残留在泡沫破灭后下部的蒸馏水中。评价釜 17 中残留的蒸馏水需要排出，这是因为其内部会残留溶于水中的气溶性表面活性剂，从而影响后续评价泡沫破灭后再生能力。评价泡沫破灭后再生能力是指泡沫破灭后超临界二氧化碳气体在重力分异的作用下上浮时由于其能够溶解一定量的气溶性表面活性剂，因此当其上浮时再遇到蒸馏水时会再次起泡，为了准确测得其起泡能力，因此需要将残留的蒸馏水排出，更换为新的蒸馏水来进行测试；

[0048] (3) 按照步骤（二）中 (6)、(7) 两个步骤进行起泡能力评价实验，以模拟步骤（二）中的泡沫破灭后，在重力分异作用下超临界二氧化碳携带气溶性表面活性剂上浮过程中遇到水后再次起泡的过程，评价其泡沫破灭后再生能力。

[0049] 根据本发明优选的，所述步骤（一）中 (1) 步骤所述二氧化碳的泵入过程为：

[0050] (1.1) 将二氧化碳气瓶中的二氧化碳通过干燥器进行干燥处理后，进入盘管中，在制冷柜的制冷作用下变为液态二氧化碳进入高压储罐中；

[0051] (1.2) 通过柱塞泵将高压储罐中的液态二氧化碳泵入评价釜中，利用流量计控制液态二氧化碳的泵入速度及泵入量。

[0052] 本发明具有以下优点及突出性效果：

[0053] 1、本发明所述装置中设有制冷单元，即制冷柜 4，使得实验过程中二氧化碳的注入方式为液态二氧化碳注入，不仅便于计量二氧化碳的注入量，提高实验精度，而且与油田现场二氧化碳采用液态注入保持一致；

[0054] 2、本发明所述装置中的评价釜 17 中安装有耐温耐压可视化玻璃窗 16，不仅保证了在测试气溶性表面活性剂在超临界二氧化碳中的溶解度时可以采用浊点法，而且可以在气溶性表面活性剂起泡能力评价过程中观察泡沫形态及泡沫性能；

[0055] 3、本发明所述装置中的评价釜 17 中安装有活塞 15，从而使得实验过程中可以利用平流泵 12 采用向评价釜 17 中泵入蒸馏水的方式维持或升高评价釜 17 的压力，利用阀门 14-2 的开启向外排出蒸馏水的方式降低评价釜 17 的压力，从而实现对评价釜 17 压力的控制，便于测定气溶性表面活性剂在超临界二氧化碳中的浊点压力及浊点温度；

[0056] 4、本发明所述装置中设有流体带压带温储存单元，其主要工作部件为：中间容器 23、平流泵 30、回压阀 32。配备该单元能够实现：

[0057] ①评价釜中配制完成的完全溶解气溶性表面活性剂后的超临界二氧化碳能够在压力、温度不变的条件下转移至中间容器，该功能的实现能够避免压力或温度发生变化后对气溶性表面活性剂在超临界二氧化碳中的溶解度产生影响，导致气溶性表面活性剂的析出，产生实验误差，降低实验精度；

[0058] ②当评价釜 17 转至图 2 中所示位置时，能够将评价釜 17 中泡沫破灭后在重力分异作用下上浮的超临界二氧化碳气体在压力和温度不变的情况下转移至中间容器 23 中，以进行下一步泡沫破灭后再生性能的测试；

[0059] 5、本发明所述装置中在底座 19 上安装有动力装置，使得评价釜 17 可以沿图 1 所

示方向进行 360° 转动，通过评价釜 17 的转动不仅能够在测定气溶性表面活性剂在超临界二氧化碳中溶解度时使二者充分混合均匀，达到相平衡状态，而且可以在测定气溶性表面活性剂泡沫破灭后再生性能过程中，通过将评价釜 17 转至图 2 中所示位置来模拟泡沫破灭后超临界二氧化碳在重力分异作用下上浮，进而评价其泡沫再生性能。

附图说明

[0060] 图 1 为本发明提供的一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置。

[0061] 图 2 为本发明提供的评价釜 17 转动 180° 后的一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置。

[0062] 其中 ：1—二氧化碳气瓶 ；2—干燥器 ；3—阀门 ；4—制冷柜 ；5—盘管 ；6—高压储罐 ；7—阀门 ；8—柱塞泵 ；9—流量计 ；10—单向阀 ；11—第一储液罐 ；12—第一平流泵 ；13—第一压力传感器 ；14—第一组阀门 ；14-1—第组一阀门 14 中的一路 ；15—第一活塞 ；16—观察窗 ；17—评价釜 ；17-1—驱替腔 ；17-2—混合腔 ；18—第二组阀门 ；18-1—气体管路 ；18-2—液体管路 ；19—第一底座 ；20—第三压力传感器 ；21—第三组阀门 ；22—第二活塞 ；23—中间容器 ；23-1、评价腔 ；23-2、调压腔 ；24、第四组阀门 ；24-1、第五阀门 ；24-2、第六阀门 ；25—第二底座 ；26—第四组阀门 ；26-1—第四组阀门 26 中的放空阀 ；26-2—第四组阀门 26 中的第二路 ；26-3—第四组阀门 26 中的第一路 ；27—微量泵 ；28—第二平流泵 ；29—第二储液罐 ；30—第三平流泵 ；31—第三储液罐 ；32—回压阀 ；33—第四储液罐。

具体实施方式

[0063] 下面结合附图进一步说明本发明的原理、具体结构及最佳实施方式，但不限于此。

[0064] 实施例 1、

[0065] 一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置，包括气源部、评价釜、液体部和中间容器部 ；

[0066] 所述的气源部包括二氧化碳气源 ；

[0067] 所述的评价釜 17 包括柱形釜体、在所述柱形釜体内设置有第一活塞 15、在所述柱形釜体的轴向两端分别设置有第一组阀门 14 和第二组阀门 18，所述第一活塞 15 将所述柱形釜体分割为驱替腔 17-1 和混合腔 17-2，其中所述驱替腔 17-1 通过第一组阀门 14 与第一平流泵 12 和第一储液罐 11 相连，所述混合腔 17-2 通过第二组阀门 18 分别与气体管路 18-1 和液体管路 18-2 相连，所述气体管路 18-1 与所述二氧化碳气源相连，所述液体管路 18-2 通过第三组阀门 21 的分别与液体部和中间容器部相连 ；在所述第一组阀门 14 上设置有第一压力传感器 13 ；在所述第三组阀门 21 上设置有第三压力传感器 20 ；

[0068] 所述液体部包括顺次连接的液体管路和第四组阀门 26，所述第四组阀门 26 包括三路，其中第一路 26-3 与盛装气溶性表面活性剂的微量泵 27 相连，第二路 26-2 通过第二平流泵与第二储液罐相连，第三路为放空阀 26-1 ；

[0069] 所述中间容器部包括柱形中间容器 23、在所述柱形中间容器 23 内设置的第二活塞 22，所述第二活塞 22 将柱形中间容器 23 分割为评价腔 23-1 和调压腔 23-2，所述第三组阀门 21 与评价腔 17 相连，所述调压腔 23-2 分别通过第五阀门 24-1、第三平流泵 30 与第三储液罐 31 相连通，所述调压腔 23-2 还通过第六阀门 24-2、回压阀 32 和第四储液罐 33 相连

通；

[0070] 在所述柱形釜体的表面设置有观察窗 16；在所述评价釜 16 外部装有加热套。

[0071] 所述的二氧化碳气源包括液态二氧化碳源、柱塞泵 8 和流量计 9，所述液态二氧化碳源顺次通过柱塞泵 8 和流量计 9 与所述气体管路 18-1 相连。所述流量计用于计量液态二氧化碳的注入速度以及累计注入量。

[0072] 实施例 2、

[0073] 如实施例 1 所述的一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置，其区别在于，所述液态二氧化碳源包括顺次相连二氧化碳气瓶 1、干燥器 2 和制冷部，所述制冷部包括制冷柜 4、在所述制冷柜 4 内设置的盘管 5、高压储罐 6。

[0074] 实施例 3、

[0075] 如实施例 1 所述的一种评价气溶性表面活性剂起泡性能的装置，其区别在于，在所述评价釜 17 底部安装有第一底座 19，所述第一底座 19 驱动所述柱形釜体沿水平轴向旋转；所述分别与评价釜 17 相连的管路均为柔性管路。

[0076] 实施例 4、

[0077] 一种利用如实施例 1-3 所述装置评价气溶性表面活性剂起泡性能的方法，包括步骤如下：

[0078] （一）测定不同压力或温度下各类气溶性表面活性剂在超临界 CO_2 中的溶解度；

[0079] (1) 通过流量计 9 计量在评价釜 17 中二氧化碳的加入量；

[0080] (2) 利用微量泵 27 将气溶性表面活性剂注入评价釜 17 中；

[0081] (4) 关闭第二组阀门 18，对评价釜 17 加温至设定模拟底层温度，并保持温度不变，通过第一压力传感器 13 记录温度稳定时评价釜 17 中的压力；

[0082] (5) 利用第一底座 19 驱动评价釜 17 水平轴向匀速转动 1-2 个小时，记录评价釜 17 中的压力；

[0083] (6) 通过可视窗 16 进行观察，观察评价釜 17 中体系是否浑浊，利用第一平流泵 12 及第一组阀门 14 来调节评价釜 17 的压力以实现对评价釜 17 中体系浑浊与否的改变，记录所述评价釜 17 中浑浊液由浑浊转变为清澈时的压力及温度；具体操作为：利用第一平流泵 12 向评价釜 17 中注入蒸馏水以增大评价釜内压力，通过第一组阀门 14 的开启排液来降低评价釜 17 内压力；

[0084] (7) 通过整个实验过程中记录的泵入评价釜 17 中的气溶性表面活性剂的质量比上泵入评价釜 17 中的二氧化碳的质量，按照公式 I 计算所得即为步骤 (6) 中所记录的压力及温度条件下超临界二氧化碳中气溶性表面活性剂的溶解度：

[0085]

$$\text{气溶性表面活性剂在超临界二氧化碳中的溶解度}=\frac{\text{气溶性表面活性剂的质量}}{\text{二氧化碳的质量}}\times 100\% \quad (I)$$

[0086] （二）评价气溶性表面活性剂起泡能力

[0087] (1) 利用步骤（一）的方法在评价釜 17 中配置出溶解有一定量气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳；

[0088] (2) 利用第三平流泵通 30 过第五阀门 24-1 向中间容器 23 中泵入蒸馏水以调节其

内部压力与评价釜 17 的压力一致，通过第三压力传感器 20 监测中间容器 23 中的压力，压力稳定后关闭第五阀门 24-1 ；

[0089] (3) 将回压阀 32 的开启压力设置成 ：高于评价釜 17 内压力 0.1MPa ；

[0090] (4) 开启第三平流泵 30，设定为恒压注入模式，压力设置与评价釜 17 内压力一致，然后开启第二组阀门 18 中通向液体管路 18-2、第三组阀门 21 及第六阀门 24-2，将评价釜 17 内的溶解有气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳在保持压力、温度条件不变的情况下全部泵入中间容器 23 中 ；

[0091] (5) 关闭第三组阀门 21，并利用第二平流泵 28 及放空阀 26-1 作用对评价釜 17 内部进行清洗，并使第一活塞 15 处于最顶端，评价釜 17 内部压力为大气压 ；

[0092] (6) 利用第二平流泵 28 向评价釜 17 中泵入一定量蒸馏水 ；

[0093] (7) 将中间容器 23 中储存的溶解有气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳泵入评价釜 17 中，监测第一压力传感器 13、泡沫柱高度，并记录泡沫半衰期 ；

[0094] （三）评价气溶性表面活性剂起泡后泡沫破灭再生性能力

[0095] (1) 待步骤（二）中评价釜中所产生的泡沫破灭后，将评价釜水平轴向旋转 180°，如图 2 中红色实线框内部分所示 ；

[0096] (2) 按照步骤（二）中将评价釜中溶解有气溶性表面活性剂的超临界二氧化碳在压力、温度不变的条件下泵入中间容器的方法，将泡沫破灭后评价釜中上层的超临界二氧化碳气体在压力、温度不变的条件下泵入中间容器 23 中 ；本过程只是将超临界二氧化碳泵入中间容器 23 中，这一步的目的是泡沫破灭后超临界二氧化碳气体因为密度小与水，因此其在容器中的上部，又由于其能够溶解一定量的气溶性表面活性剂，因此上部空间的超临界二氧化碳中携带有部分量的气溶性表面活性剂，之所以说部分量是因为起泡结束后会有一部分气溶性表面活性剂残留在泡沫破灭后下部的蒸馏水中。评价釜 17 中残留的蒸馏水需要排出，这是因为其内部会残留溶于水中的气溶性表面活性剂，从而影响后续评价泡沫破灭后再生能力。评价泡沫破灭后再生能力是指泡沫破灭后超临界二氧化碳气体在重力分异的作用下上浮时由于其能够溶解一定量的气溶性表面活性剂，因此当其上浮时再遇到蒸馏水时会再次起泡，为了准确测得其起泡能力，因此需要将残留的蒸馏水排出，更换为新的蒸馏水来进行测试 ；

[0097] (3) 按照步骤（二）中 (6)、(7) 两个步骤进行起泡能力评价实验，以模拟步骤（二）中的泡沫破灭后，在重力分异作用下超临界二氧化碳携带气溶性表面活性剂上浮过程中遇到水后再次起泡的过程，评价其泡沫破灭后再生能力。

[0098] 实施例 5、

[0099] 如实施例 4 所述的评价气溶性表面活性剂起泡性能的方法，其区别在于，所述步骤（一）中 (1) 步骤所述二氧化碳的泵入过程为 ：

[0100] (1.1) 将二氧化碳气瓶 1 中的二氧化碳通过干燥器 2 进行干燥处理后，进入盘管 5 中，在制冷柜 4 的制冷作用下变为液态二氧化碳进入高压储罐 6 中 ；

[0101] (1.2) 通过柱塞泵 8 将高压储罐 6 中的液态二氧化碳泵入评价釜 17 中，利用流量计 9 控制液态二氧化碳的泵入速度及泵入量。

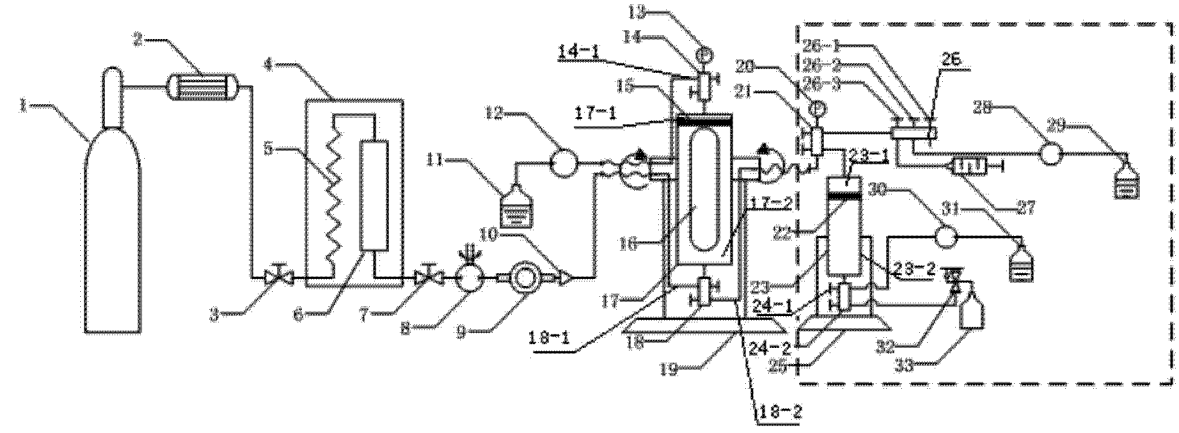

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
14-1
15
16
17
17-1
17-2
18
18-1
18-2
19
20
21
22
23
23-1
23-2
24-1
24-2
25
26
26-1
26-2
26-3
27
28
29
30
31
32
33

图 1

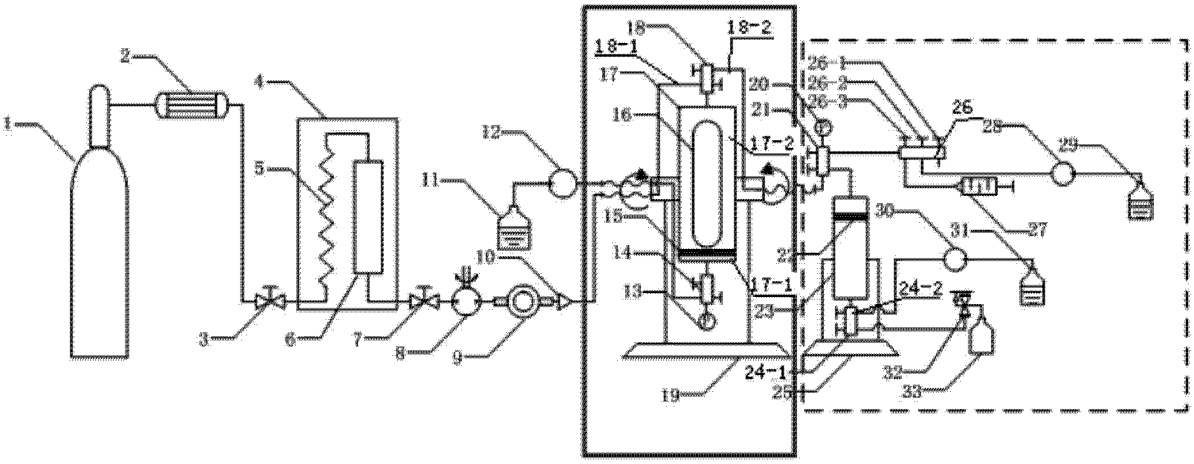

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
17-1
17-2
18
18-1
18-2
19
20
21
22
23
24-1
24-2
25
26
26-1
26-2
26-3
27
28
29
30
31
32
33

图 2