

三相分离器以及包括三相分离器的沸腾床反应器

技术领域

本发明涉及气液固三相分离技术领域,更具体地涉及一种气液固三
5 相分离器以及包括三相分离器的沸腾床反应器。

背景技术

沸腾床反应器通常需要在反应器内的上部空间中设置气、液、固三
相分离器。沸腾床中液相为连续相,气相以鼓泡的形式通过反应器,并
10 以气体为动力,固相为分散相。沸腾床反应器通常具有催化剂在线添加
和排出系统。在操作过程期间,反应器的压力降较稳定,特别适合劣质
渣油加氢处理过程。原料渣油中的杂元素含量高,反应高放热、快速促
使催化剂失活,催化剂通过定期在线更换,并通过三相分离器实现固相
在反应器内循环,从而维持反应体系稳定和超长时间运行。

15 例如,中国专利申请 CN101376092A 公开了一种沸腾床反应器,包
括垂直于地面的圆筒型反应器壳体、反应器壳体内的上部空间中的三
相分离器和导向结构。三相分离器由内径不同的同心内筒、外筒连同反
应器壳体内壁构成。内筒构成该三相分离器的中心管,外筒与反应器壳
体的内壁之间的环形空间为清洁液体产品收集区。

20 现有技术的三相分离器在反应器壳体内的上部空间中设置两个环
形筒,如图 1 所示,气液固混合物在环形内筒内向上行进,在上部气液
界面完成气相分离;此后,液固混合流体径向向外流动进入环形外筒与
环形内筒之间的区域,并向下行进。在环形外筒下方的区域中,由于固
体和液体之间的密度差,固体与液体分离并从分离器流出,返回主反应
25 区;其余液体在“U”形管原理的作用下,在环形外筒和反应器壳体的
侧壁之间的环形空间向上行进并通过出口管流出反应器。也就是说,反
应器的顶部设置气相出口,液体在侧面的出口管溢流出反应器,固体催
化剂在密度差的作用下流出分离器,实现三相分离。这种三相分离器称
为顺序型内置三相分离器。

30 然而,现有技术的这种顺序型内置三相分离器在液固折流的位置
(环形外筒与反应器壳体之间)处仍存在一定的气相流入,气泡尾涡作
用会引起催化剂颗粒的紊乱,影响固液分离效果。毫米级气泡上升速度

较快，百微米级气泡上升速度较慢且会受到较大气泡的影响在径向进行无序运动。目前沸腾床反应器内基本为毫米级气泡，为减少竖直方向上气泡的进入影响分离，防止气体上窜，在直筒反应器基础上增加导向结构，或者在内置分离器位置扩大反应器内径，即采用扩张顺序型内置三相分离器型式。导向结构为设置于反应器壳体的内壁的环形凸块结构，导向结构在沿反应器轴线的纵向截面中具有梯形或弓形。导向结构能够使气相竖直上升尽量避免液固折流区域，可以一定程度上减少催化剂的带出量，但是液固分离仍不能避免上窜气体的影响，且这种结构设计较为复杂、投资较高。

10 因此，需要一种气液固三相分离器以及包括该分离器的沸腾床反应器，从而有效避免上升气体对液固分离效率的影响。

公开于该背景技术部分的信息仅仅旨在增加对本发明的总体背景的理解，而不应当被视为承认或以任何形式暗示该信息构成已为本领域一般技术人员所公知的现有技术。

15

发明内容

本发明的目的在于提供一种三相分离器及应用该分离器的沸腾床反应器，通过回形针式逆序型内置三相分离器的结构设计，可有效避免上窜气体对液固分离效率的影响。

20 为实现上述目的，根据本发明的第一方面，提供了一种三相分离器，设置在沸腾床反应器中并用于气液固三相分离，包括：外部壳体；中心导流筒，所述中心导流筒设置在外壳体内，且配置成接收气液固物料；外部导流筒，所述外部导流筒设置在所述中心导流筒的径向外侧；上部密封挡板，所述上部密封挡板在中心导流筒和外部导流筒之间径向地延伸且与所述中心导流筒的顶端和外部导流筒的顶端密封地连接；溢流导流筒，所述溢流导流筒设置在所述中心导流筒和外部导流筒之间，所述溢流导流筒的顶端与所述上部密封挡板之间具有间隙；下部密封挡板，所述下部密封挡板在外部导流筒和溢流导流筒之间径向地延伸且与所述外部导流筒的底端和溢流导流筒的底部密封地连接；以及液体出口管，所述液体出口管在下部密封挡板的上方从外部导流筒的底部径向向外延伸到外部壳体之外，且配置成排出分离后的液体。

30

根据本发明的进一步示例，所述上部密封挡板设置成相对于外部壳

体的竖直中心轴线沿径向向外的方向向下倾斜。

根据本发明的进一步示例,所述三相分离器还包括从所述中心导流筒的底端相对于外部壳体的竖直中心轴线沿径向向外的方向向下倾斜地延伸的环形气泡挡板。

- 5 根据本发明的进一步示例,所述三相分离器还包括液体挡板,所述液体挡板在所述液体出口管的正上方的一定周向范围内从所述外部导流筒的内壁朝向远离液体出口管的方向向下倾斜地延伸。

- 根据本发明的进一步示例,所述三相分离器还包括导流缓冲挡板,所述导流缓冲挡板设置在溢流导流筒和中心导流筒之间的第三环形空间
10 间的底部,紧邻所述液体出口管下方,且设置成从远离所述液体出口管的远侧朝向所述液体出口管向下倾斜。

- 根据本发明的进一步示例,所述导流缓冲挡板设置有多个孔,所述多个孔与限定在所述导流缓冲挡板和下部密封挡板之间的环形充气空间流体连通,所述三相分离器还包括充气管,所述充气管从外部导流筒
15 径向向外延伸到外部壳体之外且与环形充气空间流体连通,且配置成将气体引导到环形充气空间内,使得所述孔处产生的气泡对导流缓冲挡板上的液相物料形成湍流。

根据本发明的进一步示例,所述导流缓冲挡板相对于与外部壳体的竖直中心轴线垂直的水平面以 5° 和 20° 之间的角度倾斜。

- 20 根据本发明的进一步示例,所述三相分离器还包括在中心导流筒附近从所述上部密封挡板向上延伸到三相分离器的液面以上的排气管。

根据本发明的进一步示例,围绕外部壳体的竖直中心轴线以环形阵列的形式设置多个排气管。

- 根据本发明的另一方面,提供了一种沸腾床反应器,包括:反应器
25 壳体 and 所述三相分离器,所述三相分离器设置在所述沸腾床反应器的上部,所述三相分离器的外部壳体是所述反应器壳体的一部分。

根据本发明的进一步示例所述反应器壳体包括:直筒部分、上部封头和下部封头,所述上部封头的中心处设置气体出口,所述下部封头的中心处设置进料口。

- 30 根据本发明的进一步示例,沸腾床反应器还包括气液分配器,所述气液分配器设置在所述反应器壳体的下部空间内。

根据本发明的进一步示例,所述上部封头设置有固体催化剂颗粒加

注口；所述下部封头设置有固体催化剂颗粒排出口。

根据本发明的进一步示例，所述沸腾床反应器还包括设置在所述三相分离器的环形气泡挡板下方且围绕反应器壳体的内壁周向设置的导向部，所述导向部与环形气泡挡板协作，以防止气液固物料中的气泡进入外部导流筒和反应器壳体之间的第一环形空间。

根据本发明的进一步示例，所述导向部包括环形挡板，所述环形挡板从反应器壳体的内壁相对于外部壳体的竖直中心轴线沿径向内的方向向下倾斜地延伸。

根据本发明，气液固物料沿中心导流筒限定的中心流动区向上行进，在中心导流筒上方的液面处发生气相分离，分离的气体经由气体出口排出。液固混合物在中心导流筒的顶端上方的第一折流区中发生第一次折流，沿着上部密封挡板的上表面进入外部导流筒与外部壳体之间的第一环形空间（也称为液固下降区），并沿第一环形空间向下行进。液固混合物在下部密封挡板下方的第二折流区中发生第二次折流。由于液体和固体之间的密度差，液固混合物在外部导流筒的下方发生液固分离。分离后的固体催化剂颗粒离开三相分离器返回固体催化剂颗粒床层。液体和夹杂的少量固体催化剂颗粒沿着下部密封挡板的下表面进入外部导流筒与溢流导流筒之间的第二环形空间（也称为溢流区），并沿第二环形空间向上行进。液体在溢流导流筒的顶端上方的第三折流区中发生第三次折流，通过溢流导流筒的顶端与所述上部密封挡板之间的间隙，沿着上部密封挡板的下表面进入中心导流筒与溢流导流筒之间的第三环形空间（也称为液体流出区），并沿第三环形空间向下行进。由于液体与上部密封挡板的下表面的撞击，未分离的固体发生进一步分离。

根据本发明，进入第三环形空间的液体通过液体挡板阻挡以避免直接从液体出口管排出，而是由液体挡板引导到导流缓冲挡板的远离所述液体出口管的远侧，液体从远离所述液体出口管的远侧朝向所述液体出口管向下流动，并从液体出口管均匀地排出。

根据本发明，充气管可以定期地或者连续地将气体引导到所述导流缓冲挡板和下部密封挡板之间的环形充气空间内，使得所述孔处产生的气泡对导流缓冲挡板上的液相物料形成湍流，以防止固体残留物沉积在导流缓冲挡板上。

根据本发明，导向部采用环形挡板，所述环形挡板从反应器壳体的内壁相对于外部壳体的竖直中心轴线沿径向向内的方向向下倾斜地延伸，从而在环形挡板与反应器壳体的侧壁之间的空间中会发生气泡积聚并形成大气泡空腔，形成气膜与液膜接触状态，由此减少对固体催化剂颗粒的磨损。

与现有技术相比，本发明具有如下有益效果：

1) 本发明通过“三筒套接”的结构设计实现“逆序”物料流动方向（即回形针流动方向），使得沿中心导流筒向上行进的物料直接折流到外部导流筒与反应器壳体的侧壁之间的第一环形空间，进而相对于现有技术的“顺序”物料流动方向增加了第一次折流的径向行程。液固混合物在下部密封挡板下方的第二折流区中发生第二次折流，沿着下部密封挡板的下表面进入外部导流筒与溢流导流筒之间的第二环形空间，进而增加了第二次折流的径向行程。此外，气体不容易在液固分离区处上窜。另外，由于本发明采用“逆序”的物料流动方向，即使有一些气泡从环形气泡挡板与外部壳体之间的间隙上升，由于其上升方向与液体流出区的流动方向相反，也不容易造成固相随液相流出反应器。经发明人试验证明，与现有技术的扩张型反应器（即三相分离器处的反应器径向尺寸更大的设计）相比，在使用本发明直筒型反应器的情况下，防止气泡上窜的效果更佳；根据气泡倾向于沿直线上升的流体力学原理，本发明物料流动方向的“逆序”与现有技术中的“顺序”实现了两个折流区互换，能够有效防止气泡进入液固分离空间，干扰液固分离，因此可有效维持三相分离器分离效率的持久稳定性。

2) 为了解决液体流出的不均匀问题，在第三次折流后的液相物料通过导流缓冲单元引导到液体出口管。导流缓冲单元的液体挡板在上述液体出口管的正上方的一定周向范围内从所述外部导流筒的内壁朝向远离液体出口管的方向向下倾斜地延伸，可以有效缓解经过第三次折流后的液相物料过快吸入液体出口管；导流缓冲单元的导流缓冲挡板设置在中心导流筒与溢流导流筒之间的第三环形空间的底部，且从远离所述液体出口管的远侧朝向所述液体出口管向下倾斜，以接收来自液体挡板的液体引流并将液体从远离所述液体出口管的远侧朝向所述液体出口管引导，并从液体出口管均匀地排出。

3) 本发明的防沉积部为位于导流缓冲挡板下部的产生气泡的环形

充气空间，该环形充气空间充满气体后，气体可受控制地进入液体流出区，使得所述孔处产生的气泡对导流缓冲挡板上的液相物料形成湍流，以防止固体残留物沉积在导流缓冲挡板上。

- 4) 本发明的导向部可以设置为挡板型结构。凸块结构在高压工况下需要承压，因此相比于环形凸块结构，采用挡板型结构则不需考虑承压问题，为优选结构。所述环形挡板从反应器壳体的内壁相对于外部壳体的竖直中心轴线沿径向向内的方向向下倾斜地延伸，从而在环形挡板与反应器壳体的侧壁之间的空间中会发生气泡积聚并形成大气泡空腔，形成气膜与液膜接触状态，由此减少对固体催化剂颗粒的磨损。
- 10 根据详细描述、权利要求书和附图，本公开的其它应用领域将变得显而易见。详细描述和具体示例仅旨在用于说明的目的，并不旨在限制本公开的范围。

附图说明

- 15 本公开从详细描述和附图将得到更全面的理解。
- 图 1 是现有技术沸腾床反应器的直筒顺序型内置三相分离器的剖视结构示意图。
- 图 2 是根据本发明的示例的直筒逆序型内置三相分离器的剖视结构示意图。
- 20 图 3 是根据本发明的示例的三相分离器的立体结构示意图。
- 图 4 是根据本发明的示例的三相分离器的导流缓冲挡板以及防沉积部的立体结构示意图。
- 图 5 是根据本发明的示例的沸腾床反应器的剖视结构示意图。
- 图 6 是根据本发明的示例的沸腾床反应器的立体结构示意图。

25

具体实施方式

下面结合附图，对本发明的具体实施方式进行详细描述，但是应当理解的是，本发明的保护范围并不受具体实施方式的限制。

- 除非另有其它明确表示，否则在整个说明书和权利要求书中，术语“包括”或其变换如“包含”或“具有”等等将被理解为包括所陈述的元件或组成部分，而并未排除其它元件或其它组成部分。
- 30

在本文中，为了描述的方便，可以使用空间相对术语，诸如“下面”、

“下方”、“下”、“上面”、“上方”、“上”等，来描述一个元件或特征与另一元件或特征在附图中的关系。应理解的是，空间相对术语旨在包含除了在所绘的方向之外物件在使用或操作中的不同方向。例如，如果在图中的物件被翻转，则被描述为在其它元件或特征“下方”或“下”的元件将取向在元件或特征的“上方”。因此，示范性术语“下方”可以包含下方和上方两个方向。物件也可以有其它取向（旋转 90 度或其它取向）且应对本文使用的空间相对术语作出相应的解释。

在本文中，术语“第一”、“第二”等是用以区别两个不同的元件或部分，并不是用以限定特定的位置或相对关系。换言之，在一些实施例中，术语“第一”、“第二”等也可以彼此互换。

图 1 示出了一种现有技术的用于气液固三相反应的沸腾床反应器 100A，包括内筒 1A 和外筒 2A。来自反应器底部的气液混合进料与反应器中下部设置的固体催化剂颗粒接触，进行催化反应。气液固三相物料继续向上行进，进入三相分离器。现有技术的三相分离器设置在反应器内的中上部，用于气液固三相分离。该现有技术的三相分离器的物料流向如下：气液固混合物在环形内筒 1A 内向上行进，在上部气液界面完成气相分离；此后，液固混合流体径向向外流动进入环形外筒 2A 与内筒 1A 之间的区域，并向下行进；在环形外筒 2A 下方的区域中，由于固体和液体之间的密度差，固体与液体分离并从分离器流出，返回主反应区；其余液体在“U”形管原理的作用下，在环形外筒 2A 和反应器壳体的侧壁之间的环形空间向上行进并通过出口管 3A 流出反应器。也就是说，反应器的顶部设置气相出口 4A，液相在侧面的出口管 3A 溢流出反应器，固体催化剂在密度差的作用下流出分离器，实现三相分离。这种三相分离器称为直筒顺序型内置三相分离器。“顺序型”指的是窜入气泡上升的方向与液体在液体流出区中的方向相同。参见图 1 中三相分离器处的箭头方向，即物料沿内筒 1A 向上行进，然后进入内筒 1A 和外筒 2A 之间的环形空间向下行进，继而在液固分离后液相沿外筒 2A 和反应器壳体的侧壁之间的环形空间向上行进，液相上升至出口管 3A 时溢流出反应器 100A。

发明人经研究发现，现有技术的顺序型内置三相分离器通常难以达到令人满意的固相颗粒（固体催化剂颗粒）截返率，维持稳定高效的分离效率。现有技术的直筒型三相分离器难以避免气泡从内筒 1A 与反应

器壳体的侧壁之间的间隙进入三相分离器，气泡进入的区域为液固分离区域、液体流出区域，当气体进入液固分离区（即图 1 中的内筒 1A 下端与反应器壳体的侧壁之间的区域），气泡上升会扰乱液固分离区的正常分离沉降过程，气泡上升方向与液体流出反应器的方向相同（即，
5 在图 1 中外筒 2A 与反应器壳体的侧壁之间的环形空间中向上行进），容易造成固相随液相流出反应器，分离效果恶化。扩张型三相分离器相比于直筒型三相分离器在一定程度上可减少气泡的窜入，但工程应用较困难，设计复杂，成本较高，并且也难以避免气泡窜入。

为解决上述现有技术中的问题，如图 2、3 所示，本发明提供了一种
10 种三相分离器，采用“逆序型”流动路径的结构设计，其设置在沸腾床反应器的上部并用于气液固三相分离。该三相分离器包括：外部壳体 101、中心导流筒 11、外部导流筒 2 以及溢流导流筒 3。所述中心导流筒 11 设置在外壳 101 内，且配置成接收气液固物料。所述外部导流筒 2 设置在所述中心导流筒 11 的径向外侧，从而在外部导流筒 2 和
15 外部壳体 101 之间形成第一环形空间。上部密封挡板 4 在中心导流筒 11 和外部导流筒 2 之间径向地延伸且与所述中心导流筒 11 的顶端和外部导流筒 2 的顶端密封地连接。所述溢流导流筒 3 设置在所述中心导流筒 11 和外部导流筒 2 之间，从而在外部导流筒 2 和溢流导流筒 3 之间形成第二环形空间，且在溢流导流筒 3 和中心导流筒 11 之间形成第
20 三环形空间。所述溢流导流筒 3 的顶端与所述上部密封挡板 4 之间具有间隙。下部密封挡板 63 在外部导流筒 2 和溢流导流筒 3 之间径向地延伸且与所述外部导流筒 2 的底端和溢流导流筒 3 的底部密封地连接。如图 2 所示，下部密封挡板 63 在溢流导流筒 3 的底端上方一定距离处连接到下部密封挡板 63，使得溢流导流筒 3 的底端从下部密封挡板 63
25 向下突出一定距离，这可以进一步阻挡气泡窜入，并利于液固分离。然而应当理解的是，下部密封挡板 63 也可以在溢流导流筒 3 的底端处连接到下部密封挡板 63，而不偏离本发明的范围。液体出口管 7 在下部密封挡板 63 的上方从外部导流筒 2 的底部径向向外延伸到外部壳体之外，且配置成排出分离后的液体。

30 中心导流筒 11 接收从反应器 100 的底部向上行进的气液物料以及携带的固体催化剂颗粒，气相在反应器液面 B 处分离，液固物料在中心导流筒 11 的顶部发生第一次折流。外部导流筒 2 设置在中心导流筒

11 的径向外侧，第一次折流后的液固物料在外部导流筒 2 和反应器壳体的侧壁之间的第一环形空间中向下行进。溢流导流筒 3 设置在中心导流筒 11 和外部导流筒 2 之间，在下部密封挡板 63 下方发生液固物料的分
5 部的分离以及液相物料的第二次折流；第二次折流后的液相物料在外部导流筒 2 和溢流导流筒 3 之间的第二环形空间中向上行进（根据 U 型管原理），液相物料在溢流导流筒 3 的上端发生液相物料的第三次折流，经第三次折流的液相物料在溢流导流筒 3 和中心导流筒 11 之间的第三环形空间中向下行进，并从位于外部导流筒 2 的壁下部的液体出口管 7 排出。相对于现有技术，本发明采用了“三筒套接”的结构形式，并且改变了物料的流动方向（参见图 2），该物料流动方向类似“回形针”，与现有技术的“顺序型”物料流动方向具有显著的不同。本发
10 明的物料流动方向在“三筒套接”的结构基础上采用了“逆序型”的物料流动方向，也就是说，窜入气泡上升的方向与液体在液体流出区中的下行方向相反。

15 进一步如图 2、3 所示，中心导流筒 11 的顶端与外部导流筒 2 的顶端通过上部密封挡板 4 连接。根据本发明的示例，所述上部密封挡板 4 可设置成相对于外部壳体 101 的竖直中心轴线 110 沿径向向外的方向向下倾斜。采用向下倾斜的上部密封挡板 4，可以更好地引导来自中心导流筒 11 的物料直接进入外部导流筒 2 与外部壳体 101/反应器壳体的侧壁之间的第一环形空间。根据本发明的示例，所述上部密封挡板 4 相
20 对于与外部壳体 101 的竖直中心轴线 110 垂直的水平面以 5° 和 45° 之间的角度倾斜，优选地，以 10° 和 30° 之间的角度倾斜。应当理解的是，所述上部密封挡板 4 可以相对于与外部壳体 101 的竖直中心轴线 110 垂直的水平面以任何合适的角度倾斜，而不偏离本发明的范围。

25 进一步如图 2、3 所示，所述三相分离器还可包括从所述中心导流筒 11 的底端相对于外部壳体 101 的竖直中心轴线 110 沿径向向外的方向向下倾斜地延伸的环形气泡挡板 12。根据本发明的示例，所述环形气泡挡板 12 可延伸到外部导流筒 2 和外部壳体 101 之间的径向位置。因此，即使有部分上窜的气泡到达液固分离区处，由于气泡直线上升的路径被打断，气泡很难继续向上行进对液固分离造成影响。中心导流筒
30 11 和环形气泡挡板 12 可以一体地形式。然而，应当理解的是，中心导流筒 11 和环形气泡挡板 12 也可以单独地形成，并通过例如焊接而固

定在一起，而不偏离本发明的范围。

根据本发明的示例，所述三相分离器还可包括在中心导流筒 11 附近从所述上部密封挡板 4 向上延伸到三相分离器的液面 B 以上的排气管 8。所述排气管 8 可以是多个，围绕外部壳体 101 的竖直中心轴线 110 以环形阵列的形式设置。然而，应当理解的是，排气管 8 也可以采用其它形式，而不偏离本发明的范围。应当理解的是，也可以采用单个排气管 8，而不偏离本发明的范围。排气管 8 的出口位于三相分离器的液面以上（参考图 5）。排气管 8 阵列的设置可防止气体经催化剂下料口（即，环形气泡挡板 12 与外部壳体 101 之间的间隙）混入溢流区中造成空腔。

发明人进一步经研究发现，现有技术的“顺序型”三相分离器（参考图 1）的液体出口的尺寸相对于外筒和反应器壳体的侧壁之间形成的环形空隙/空间的容积不匹配，液体出口正下方的区域为主要流出区，距出口较远的区域流体近似不动，环形空间流出并不均匀。

为了解决环形空间流出的不均匀问题，本发明提出在第三次折流后的液相物料通过导流缓冲单元排向液体出口管 7，导流缓冲单元包括液体挡板 5 和导流缓冲挡板 6。具体地，参见图 2 至图 4，所述三相分离器还可包括液体挡板 5，所述液体挡板 5 在所述液体出口管 7 的正上方的一定周向范围内从所述外部导流筒 2 的内壁朝向远离液体出口管 7 的方向向下倾斜地延伸。根据本发明的示例，所述液体挡板 5 可以周向地延伸所述外部导流筒 2 的内壁的周长的 30%-60%，优选地 40%-50%。应当理解的是，所述液体挡板 5 可以周向地延伸所述外部导流筒 2 的内壁的周长的任何合适的比例，而不偏离本发明的范围。所述三相分离器还可包括导流缓冲挡板 6，所述导流缓冲挡板 6 设置在第三环形空间的底部，紧邻所述液体出口管 7 下方，且设置成从远离所述液体出口管 7 的远侧朝向所述液体出口管 7 向下倾斜。

进入第三环形空间的液体通过液体挡板 5 阻挡以避免直接从液体出口管 7 排出，而是由液体挡板 5 引导到导流缓冲挡板 6 的远离所述液体出口管 7 的远侧，液体从远离所述液体出口管 7 的远侧朝向所述液体出口管 7 向下流动，并从液体出口管 7 均匀地排出。优选而非限制性地，如图 2 所示，液体挡板 5 相对于与外部壳体 101 的竖直中心轴线 110 垂直的水平面以 40° 和 80° 之间的角度倾斜，优选地以 60°

和 70° 之间的角度倾斜；所述导流缓冲挡板 6 相对于与外部壳体 101 的竖直中心轴线 110 垂直的水平面以 5° 和 20° 之间的角度倾斜。然而应当理解的是，本领域技术人员可以对液体挡板 5 和导流缓冲挡板 6 采用任何其它合适的倾斜角度，而不偏离本发明的范围。第三环形空间流出的均匀性，也是三相分离器性能稳定持久的关键因素。在中心导流筒 11 与溢流导流筒 3 之间的第三环形空间内设置的液体挡板 5 及底部设置的导流缓冲挡板 6 可避免第三环形空间的局部流场速度过快，可有效解决第三环形空间的流出均匀性问题，有利于维持固液分离区的分离效率的稳定。

10 进一步如图 2 至 4 所示，导流缓冲挡板 6 底部可设置有防沉积部，该防沉积部与导流缓冲挡板 6 和下部密封挡板 63 一体成型且为底部封闭的环形充气空间 61（参考图 4），所述导流缓冲挡板 6 设置有多个孔 60，所述多个孔 60 与限定在所述导流缓冲挡板 6 和下部密封挡板 63 之间的环形充气空间 61 流体连通。所述三相分离器的防沉积部还包括
15 充气管 62，所述充气管 62 从外部导流筒 2 径向向外延伸到外部壳体之外且与环形充气空间 61 流体连通，且配置成将气体引导到环形充气空间 61 内，使得所述孔 60 处产生的气泡对导流缓冲挡板 6 上的液相物料形成湍流。

由于本发明采用的导流缓冲挡板 6 为倾斜环板，使位于远离液体
20 出口管 7 的远侧处的液体拥有向液体出口管 7 流动的势能，起到均匀液体出口管 7 处第三环形空间的液体流速的作用。防沉积部为位于导流缓冲挡板 6 下部的产生气泡的环形充气空间，气体经过充气口 62 进入到环形充气空间 61 中，环形充气空间 61 充满气体后，气体可经过可选的单向气体控制阀（图中未示出）进入到液体流出区（即导流缓冲
25 挡板 6 的倾斜表面上方），产生的气泡使导流缓冲挡板 6 处的液体湍流程度加强，以防止固体残留物沉积在导流缓冲挡板 6 上，起到防止结焦的作用。

如图 5、6 所示，提供了一种沸腾床反应器 100，该沸腾床反应器 100 内设置有根据本发明的三相分离器。具体地，反应器壳体为直筒型
30 结构，包括直筒部分、上部封头和下部封头。所述三相分离器的外部壳体 101 是所述反应器壳体的直筒部分的一部分。所述上部封头（优选地在其中心处）设置有气体出口 103，所述下部封头的中心处设置进料

口 104。

沸腾床反应器 100 还可包括气液分配器 105，所述气液分配器 105 设置在所述反应器壳体的下部空间内。所述上部封头设置有固体催化剂颗粒加注口 106，所述下部封头设置有固体催化剂颗粒排出口 107。

5 进一步如图 5、6 所示，三相分离器的环形气泡挡板 12 下端的相应位置处可设置有导向部，所述导向部与环形气泡挡板 12 协作，以防止气液固物料中的气泡进入外部导流筒 2 和反应器壳体之间的第一环形空间。该导向部为围绕反应器壳体的内壁周向设置的环形凸块结构或挡板型结构。环形凸块结构例如可采用梯形或弓形结构，考虑环形凸块
10 结构在高压工况下需要承压。相比于环形凸块结构，如图 5 和图 6 所示，根据本发明的示例，所述导向部可包括环形挡板 102，所述环形挡板 102 可从反应器壳体的内壁相对于外部壳体 101 的竖直中心轴线 110 沿径向向内的方向向下倾斜地延伸。根据本发明的示例，所述环形挡板 102 可相对于与外部壳体 101 的竖直中心轴线 110 垂直的水平面以 40
15 ° 和 80° 之间的角度倾斜，优选地 60° 和 70° 之间的角度。然而应当理解的是，所述环形挡板 102 可相对于与外部壳体 101 的竖直中心轴线 110 垂直的水平面以任何其它合适的角度倾斜，而不偏离本发明的范围。

下面通过结合本发明沸腾床反应器内的物料流动方向，对沸腾床反
20 应器的操作进行详细说明：

首先，对沸腾床反应器 100 内设置的三相分离器的各个区域进行说明：中心导流筒 11 构成该三相分离器的中心导流区域，外部导流筒 2 与反应器壳体的侧壁之间的第一环形空间构成液固下降区，溢流导流筒 3 与外部导流筒 2 之间的第二环形空间构成溢流区，溢流导流筒 3
25 与中心导流筒 11 之间的第三环形空间构成液体流出区，液体流出区为清洁液体产品收集区。上部密封挡板 4 上方的区域为第一折流区，下部密封挡板 63 下方的区域为第二折流区，溢流导流筒 3 上端的区域为第三折流区。

气液混合物料经反应器底部的进料口 104 进入气液分配器 105，进
30 而进入催化剂床层 A（催化剂为固体催化剂颗粒），在反应器中下部进行气液固三相反应；反应后气液固三相混合物向上流动，进入三相分离器；三相分离器按照顺序分成中心流动区、第一折流区、液固下降区、

第二折流区、溢流区、第三折流区、液体流出区。根据本发明，气液固物料沿中心导流筒 11 限定的中心流动区向上行进，在中心导流筒 11 上方的液面处发生气相分离，分离的气体经由气体出口 103 排出。液固混合物在上部密封挡板 4 上方的第一折流区中发生第一次折流，沿着上部密封挡板 4 的上表面进入外部导流筒 2 与外部壳体 101 之间的第一环形空间（也称为液固下降区），并沿第一环形空间向下行进。液固混合物在下部密封挡板 63 下方的第二折流区中发生第二次折流。由于液体和固体之间的密度差，液固混合物在外部导流筒 2 的下方发生液固分离。分离后的固体催化剂颗粒离开三相分离器返回固体催化剂颗粒床层 A。液体和夹杂的少量固体催化剂颗粒沿着下部密封挡板 63 的下表面进入外部导流筒 2 与溢流导流筒 3 之间的第二环形空间（也称为溢流区），并沿第二环形空间向上行进。液体在溢流导流筒 3 的顶端上方的第三折流区中发生第三次折流，通过溢流导流筒 3 的顶端与所述上部密封挡板 4 之间的间隙，沿着上部密封挡板 4 的下表面进入中心导流筒 11 与溢流导流筒 3 之间的第三环形空间（也称为液体流出区），并沿第三环形空间向下行进。由于液体与上部密封挡板 4 的下表面的撞击，未分离的固体发生进一步分离。

液固两相主要在第二折流区完成液固分离，液体在“U”形管原理作用下流入第三折流区，在第三折流区进行进一步分离后进入液体流出区，通过液体出口管 7 流出反应器。具体地，气液固三相混合物首先经过中心导流筒 11 的环形气泡挡板 12 向上流经中心导流区域，流通面积逐渐减小，混合物流速增大，在三相分离器液位界面（即反应器液面 B）处形成喷射流，气体在此处进行分离，由气体出口 103 排出。液固物流溢过中心导流筒 11 进入第一折流区域后流入液固下降区，在第二折流区进行液固分离，分离下来的催化剂经下料口返回反应区（固体催化剂颗粒床层）。经过分离后得到清洁液体经第二折流区进入清洁液体收集区。溢流区顶部设置有排气管 8，以防止气体经催化剂下料口混入溢流区中造成空腔。液体通过液体挡板 5、下部导流缓冲挡板 6 进行流场调节后，由液体出口管 7 流出反应器。

本发明通过“三筒套接”的结构设计实现物料流动方向的“逆序”（回形针流动方向），增加了第一次折流和第二次折流的径向行程，使得中心导流筒 11 的物料直接折流到外部导流筒 2 与反应器壳体的侧壁

之间的第一环形空间，进而第二次折流的径向行程相对于现有技术也有效增加，气体不容易在液固分离区处上窜。另外，本发明由于采用“逆序”的物料流动方向，即使有一些气泡上升，由于其上升方向与液体流出三相分离器/反应器的方向相反，也不容易造成固相随液相流出三相分离器/反应器。此外，本发明使用直筒型反应器，比现有技术的扩张型反应器防止气泡上窜的效果更佳。另外，虽然本发明使用直筒型反应器，然而，本发明也可以应用于扩张型反应器，而不偏离本发明的范围。

为了解决液体流出的不均匀问题，在第三次折流后的液相物料通过导流缓冲单元引导到液体出口管 7。导流缓冲单元的液体挡板 5 在所述液体出口管 7 的正上方的一定周向范围内从所述外部导流筒 2 的内壁朝向远离液体出口管 7 的方向向下倾斜地延伸，可以有效缓解经过第三次折流后的液相物料过快吸入液体出口管 7；导流缓冲单元的导流缓冲挡板 6 设置在中心导流筒 11 与溢流导流筒 3 之间的第三环形空间的底部，且从远离所述液体出口管 7 的远侧朝向所述液体出口管 7 向下倾斜，以接收来自液体挡板 5 的液体引流并将液体从远离所述液体出口管 7 的远侧朝向所述液体出口管 7 引导，并从液体出口管 7 均匀地排出。

环形充气空间 61 充满气体后，气体可受控制地进入液体流出区，使得所述孔 60 处产生的气泡对导流缓冲挡板 6 上的液相物料形成湍流，以防止固体残留物沉积在导流缓冲挡板 6 上。

相比于环形凸块结构，环形挡板 102 从反应器壳体的内壁相对于外部壳体 101 的竖直中心轴线 110 沿径向向内的方向向下倾斜地延伸，从而在环形挡板 102 与反应器壳体的侧壁之间的空间中会发生气泡积聚并形成大气泡空腔，形成气膜与液膜接触状态，由此减少对固体催化剂颗粒的磨损。

以上结合附图详细描述了本发明的优选实施方式，但是，本发明并不限于此。在本发明的技术构思范围内，可以对本发明的技术方案进行多种简单变型，包括各个具体技术特征以任何合适的方式进行组合。为了避免不必要的重复，本发明对各种可能的组合方式不再另行说明。但这些简单变型和组合同样应当视为本发明所公开的内容，均属于本发明的保护范围。

附图标记列表

	1A: 内筒;
	2A: 外筒;
	3A: 液体出口管;
5	4A: 气体出口;
	100A: 现有技术的沸腾床反应器;
	2: 外部导流筒;
	3: 溢流导流筒;
	4: 上部密封挡板;
10	5: 液体挡板;
	6: 导流缓冲挡板;
	7: 液体出口管;
	8: 排气管;
	11: 中心导流筒;
15	12: 环形气泡挡板;
	60: 孔;
	61: 环形充气空间;
	62: 充气管;
	63: 下部密封挡板;
20	100: 沸腾床反应器;
	101: 外部壳体;
	102: 环形挡板;
	103: 气体出口;
	104: 进料口;
25	105: 气液分配器;
	106: 固体催化剂颗粒加注口;
	107: 固体催化剂颗粒排出口;
	110: 竖直中心轴线;
	A: 固体催化剂颗粒床层;
30	B: 三相分离器的液面。

权 利 要 求

1. 一种三相分离器，包括：
外部壳体（101）；
5 中心导流筒（11），所述中心导流筒（11）设置在外部壳体（101）内，且配置成接收气液固物料；
外部导流筒（2），所述外部导流筒（2）设置在所述中心导流筒（11）的径向外侧；
上部密封挡板（4），所述上部密封挡板（4）在中心导流筒（11）
10 和外部导流筒（2）之间径向地延伸且与所述中心导流筒（11）的顶端和外部导流筒（2）的顶端密封地连接；
溢流导流筒（3），所述溢流导流筒（3）设置在所述中心导流筒（11）和外部导流筒（2）之间，所述溢流导流筒（3）的顶端与所述上部密封挡板（4）之间具有间隙；
15 下部密封挡板（63），所述下部密封挡板（63）在外部导流筒（2）和溢流导流筒（3）之间径向地延伸且与所述外部导流筒（2）的底端和溢流导流筒（3）的底端密封地连接；以及
液体出口管（7），所述液体出口管（7）在下部密封挡板（63）的上方从外部导流筒（2）的底部径向向外延伸到外部壳体之外，且配置
20 成排出分离后的液体。
2. 根据权利要求 1 所述的三相分离器，其特征在于，所述上部密封挡板（4）设置成相对外部壳体（101）的竖直中心轴线（110）沿径向向外的方向向下倾斜。
3. 根据权利要求 1 所述的三相分离器，其特征在于，所述三相分离器还包括从所述中心导流筒（11）的底端相对于外部壳体（101）的
25 竖直中心轴线（110）沿径向向外的方向向下倾斜地延伸的环形气泡挡板（12）。
4. 根据权利要求 1 所述的三相分离器，其特征在于，所述三相分离器还包括液体挡板（5），所述液体挡板（5）在所述液体出口管（7）
30 的正上方的一定周向范围内从所述外部导流筒（2）的内壁朝向远离液体出口管（7）的方向向下倾斜地延伸。
5. 根据权利要求 4 所述的三相分离器，其特征在于，所述三相分

分离器还包括导流缓冲挡板(6),所述导流缓冲挡板(6)设置在溢流导流筒(3)和中心导流筒(11)之间的第三环形空间的底部,紧邻所述液体出口管(7)下方,且设置成从远离所述液体出口管(7)的远侧朝向所述液体出口管(7)向下倾斜。

- 5 6. 根据权利要求5所述的三相分离器,其特征在于,所述导流缓冲挡板(6)设置有多个孔(60),所述多个孔(60)与限定在所述导流缓冲挡板(6)和下部密封挡板(63)之间的环形充气空间(61)流体连通,所述三相分离器还包括充气管(62),所述充气管(62)从外部导流筒(2)径向向外延伸到外部壳体之外且与环形充气空间(61)流
10 体连通,且配置成将气体引导到环形充气空间(61)内,使得所述孔(60)处产生的气泡对导流缓冲挡板(6)上的液相物料形成湍流。

7. 根据权利要求5所述的三相分离器,其特征在于,所述导流缓冲挡板(6)相对于与外部壳体(101)的竖直中心轴线(110)垂直的水平面以 5° 和 20° 之间的角度倾斜。

- 15 8. 根据权利要求2所述的三相分离器,其特征在于,所述三相分离器还包括在中心导流筒(11)附近从所述上部密封挡板(4)向上延伸到三相分离器的液面(B)以上的排气管(8)。

9. 根据权利要求8所述的三相分离器,其特征在于,多个排气管(8)围绕外部壳体(101)的竖直中心轴线(110)以环形阵列的形式
20 设置。

10. 一种沸腾床反应器(100),包括:

反应器壳体;和

- 根据权利要求1至9中任意一项所述的三相分离器,所述三相分离器设置在所述沸腾床反应器(100)的上部,所述三相分离器的外部
25 壳体是所述反应器壳体的一部分。

11. 根据权利要求10所述的沸腾床反应器,其特征在于,所述反应器壳体包括:直筒部分、上部封头和下部封头,所述上部封头设置有气体出口(103),所述下部封头的中心处设置进料口(104)。

12. 根据权利要求10所述的沸腾床反应器,其特征在于,沸腾床
30 反应器还包括气液分配器(105),所述气液分配器(105)设置在所述反应器壳体的下部空间内。

13. 根据权利要求11所述的沸腾床反应器,其特征在于,所述上

部封头设置有固体催化剂颗粒加注口(106);所述下部封头设置有固体催化剂颗粒排出口(107)。

14. 根据权利要求10所述的沸腾床反应器,其特征在于,还包括设置在所述三相分离器的环形气泡挡板(12)下方且围绕反应器壳体的内壁周向设置的导向部,所述导向部与环形气泡挡板(12)协作,以防止气液固物料中的气泡进入外部导流筒(2)和反应器壳体之间的第一环形空间。

15. 根据权利要求14所述的沸腾床反应器,其特征在于,所述导向部包括环形挡板(102),所述环形挡板(102)从反应器壳体的内壁相对于外部壳体(101)的竖直中心轴线(110)沿径向向内的方向向下倾斜地延伸。