

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103240037 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 13

(21) 申请号 201310189618. 2

(22) 申请日 2013. 05. 22

(73) 专利权人 西北大学

地址 710069 陕西省西安市太白北路 229 号

(72) 发明人 王玉琪 马进成 杨福胜 张蓝

孟翔宇 张早校

(74) 专利代理机构 西安西达专利代理有限责任

公司 61202

代理人 谢钢

(51) Int. Cl.

B01J 8/06(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101143310 A, 2008. 03. 19,

CN 1909959 A, 2007. 02. 07,

审查员 王文娟

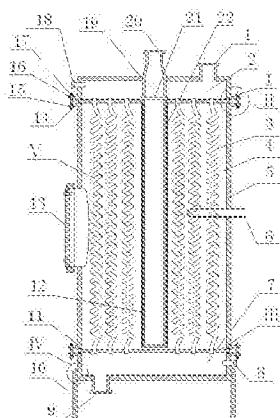
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种椭圆螺旋管式微通道气 - 固相反应器

(57) 摘要

本发明公开了一种气 - 固相反应器，其圆柱形壳体两端分别固定设置有上端管板和下端管板，上端管板和下端管板之间连接有多根截面为椭圆形的微通道螺旋管；位于上端管板和下端管板轴向间的不锈钢固定支撑网壁开有多个孔或槽，其外壁包裹有滤网管，不锈钢固定支撑网上端与气相进出口通道相连通。本发明具有传热效果优良、设备结构紧凑、气相阻力小、反应物装填量大、传热速度快、操作方便等特点。



1. 一种气 - 固相反应器, 包括气相进出口、换热流体进出口、管板以及壳体, 其特征在于 : 圆柱形壳体(5)两端分别固定设置有上端管板(16)和下端管板(11), 上端管板(16)和下端管板(11)之间连接有多根截面为椭圆形的微通道螺旋管(3); 位于上端管板(16)和下端管板(11)轴向间的不锈钢固定支撑网(22)壁开有多个孔或槽, 其外壁包裹有滤网管(12), 不锈钢固定支撑网(22)上端与气相进出口通道(19)相连通;

壳体(5)的上端面与上端管板(16)间形成换热流体出口缓冲槽(2), 壳体(5)的下端面与下端管板(11)间形成换热流体入口缓冲槽(7), 壳体(5)的上下端面设置有换热流体出口(1)和换热流体入口(9), 换热流体出口缓冲槽(2)侧壁设置有换热流体出口缓冲槽排气口(18), 换热流体入口缓冲槽(7)侧壁设置有换热流体入口缓冲槽排气口(8);

微通道螺旋管(3)的排列方式为正三角形排布, 管间距为微通道螺旋管(3)当量直径的 2 ~ 5 倍。

2. 根据权利要求 1 所述的气 - 固相反应器, 其特征在于 : 所述的滤网管(12)采用不锈钢或非金属材质, 孔径为 100 ~ 500 目。

3. 根据权利要求 1 所述的气 - 固相反应器, 其特征在于 : 气相进出口通道(19)与上端管板(16)间用密封圈(21)密封。

4. 根据权利要求 1 所述的气 - 固相反应器, 其特征在于 : 圆柱形壳体(5)侧面设置有装填固相反应物的侧盖(13)。

5. 根据权利要求 1 所述的气 - 固相反应器, 其特征在于 : 圆柱形壳体(5)的侧壁设置有测定气固相反应温度的测温管(6)。

## 一种椭圆螺旋管式微通道气 - 固相反应器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种热压缩机、化学热泵、蓄热、换热的非均相气固反应器，特别适用于金属氢化物与氢气的氢化 / 脱氢气固相反应，属于化工反应器设计技术领域。

### 背景技术

[0002] 目前国内外涉及反应过程换热的气固相反应器主要有以下几个分类：

[0003] 管式反应器——原料固体放置于带有滤网的反应管内，以置于反应器的滤管作为通气管道，气相通过滤管向四周的固体相扩散，反应过程中的吸热 / 放热由反应器外部的换热流体带走 / 输入。该种管式反应器具有结构简单、紧凑、换热效率较高、反应比较均匀等特点，但由于填充量较小且造价成本将相对较高，而限制了它的大规模应用 (Int. J Hydrogen. Energ., 2010, 35(1) :321 – 328)。

[0004] U—型气固相反应器——该反应器进气管道置于反应器一侧，以置于反应器内部 U 型管作为换热流体管道，固体反应物装填在反应器内部的剩余空间。该种反应器综合了导热强化技术和流体床层内部换热强化技术，具有结构简单、换热效果好，反应速度快等特点。但只有单个 U 型管气固相反应器，不能有效降低反应器内部温度梯度，温度分布不均匀，整体反应速率不高，放置多个 U 型管会提高反应器成本价及构造难度 (Int. J Hydrogen. Energ., 2003, 28 (3): 329–333)。

[0005] 多管束耦合型反应器——多个较小的管束均匀布置于反应器内，利用管束内换热流体来实现换热，固体反应物放置于管束之间，氢气经滤网从四周进入反应器内部。该反应器具有较高换热效率和反应速率，但由于气相渗透整个反应器的时间较长，其反应速率受到一定的影响，而且气相需高压才能通过滤网进入反应床层内部 (Appl. Therm. Eng., 1998, 18 (6): 457–480)。

[0006] 弓形板式反应器、环盘式反应器——具有结构紧凑，装填量大，操作简单的优点，但结构较为复杂，固体相及结构部件不易更换，安装维修困难，其规模化应用仍有待深入开展研究（中国发明专利 201010510847.6, 200510042823.1）。

[0007] 微通道反应器——采用微通道作为换热流体管道，换热效率高、结构紧凑、反应速率快，但由于气固相反应吸收 / 放出热量产生一定的热引力，使换热流体管道会发生伸长和缩短现象，在长期利用该反应器过程中，有可能导致换热流体管道破裂，并且气相渗透整个反应床层时间较长（上海 :2008 年化工机械年会 . 2008, 58–62; 中国 , ZL 200710018259.9）。

[0008] 其它类气固相反应器——如叠堆式反应器、U 型管反应器、内置环形换热管道式系列反应器具有结构紧凑、操作简单，但反应床层换热效率低，在实际应用过程中存在困难。

### 发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种传热效率高、反应速度快、结构紧凑、操作弹性大、装填量大、使用周期长、操作简单的微通道螺旋管气 - 固相反应器，以满足具有热效应的气 —

固相反应器对设备使用周期性及换热效率的整体性能要求。

[0010] 本发明实现过程如下：

[0011] 一种气 - 固相反应器，包括气相进出口、换热流体进出口、管板以及壳体，圆柱形壳体(5)两端分别固定设置有上端管板(16)和下端管板(11)，上端管板(16)和下端管板(11)之间连接有多根截面为椭圆形的微通道螺旋管(3)；位于上端管板(16)和下端管板(11)轴向间的不锈钢固定支撑网(22)壁开有多个孔或槽，其外壁包裹有滤网管(12)，不锈钢固定支撑网(22)上端与气相进出口通道(19)相连通，所述的滤网管(12)采用不锈钢或非金属材质，孔径为 100 ~ 500 目。

[0012] 本发明将微通道螺旋管(3)设置成螺旋形，截面为椭圆形，微通道螺旋管(3)的排列方式为正三角形排布，管间距为微通道螺旋管(3)当量直径的 2 ~ 5 倍。现有技术中，通常采用直管式微通道，其无法消除换热过程中的热应力，常常导致管式微通道扭曲变形、管板脱焊，密封不严等不足。本发明将管式微通道设置成螺旋形，螺旋形的设计一是避免了换热过程中因热胀冷缩产生的热应力对管式微通道的损害，二是有利于提高换热流体的湍动程度，提高传热过程速率。管式微通道的截面为椭圆形，有利于增大换热流体流动时的湍动程度，减少层流底层的厚度，降低传热过程的阻力，增加反应传热速率。

[0013] 本发明壳体(5)的上端面与上端管板(16)间形成换热流体出口缓冲槽(2)，壳体(5)的下端面与下端管板(11)间形成换热流体入口缓冲槽(7)。壳体(5)的上下端面设置有换热流体出口(1)和换热流体入口(9)，换热流体出口缓冲槽(2)侧壁设置有换热流体出口缓冲槽排气口(18)，换热流体入口缓冲槽(7)侧壁设置有换热流体入口缓冲槽排气口(8)。气相进出口通道(19)与上端管板(16)间用密封圈(21)密封。圆柱形壳体(5)侧面设置有装填固相反应物的侧盖(13)。圆柱形壳体(5)的侧壁设置有测定气固相反应温度的测温管(6)。

[0014] 本发明的优点与积极效果：本发明采用微通道螺旋管结构作为强化反应床层传热的核心，同时借鉴了传统微通道反应器的优化结构，将多根微通道螺旋管置于反应器内，气体经轴向中央的不锈钢固定支撑网与滤网管进入固体反应物层，进行气固相吸放热反应，反应热由微通道螺旋管内流动的流体供给 / 移除。根据反应热的大小，通过调节微通道螺旋管流速和初始温度来控制供给 / 移除的热量。本发明与目前国内现有的管式反应器、U-型气固相反应器、多管束耦合型反应器、微通道反应器、弓形板式反应器、椭圆型反应器等气 - 固相反应器相比，具有传热效果优良、设备结构紧凑、气相阻力小、反应物装填量大、传热速度快、操作方便等特点。

## 附图说明

[0015] 图 1 为本发明结构示意图；

[0016] 图 2 为本发明上管板径向示意图；

[0017] 图 3 为本发明上管板三维示意图；

[0018] 图 4 为本发明上管板连接示意图；

[0019] 图 5 为本发明法兰装配示意图；

[0020] 图 6 为本发明下管板径向示意图；

[0021] 图 7 为本发明支座示意图；

- [0022] 图 8 为本发明微通道螺旋管横截面图；
- [0023] 图 9 为本发明微通道螺旋管结构图；
- [0024] 图 10 为本发明微通道螺旋管进出口通道示意图；
- [0025] 图 11 为本发明循环流程图；
- [0026] 图中标号说明

[0027]	1 —换热流体出口	2 —换热流体出口缓冲槽
[0028]	3 —微通道螺旋管	4 —反应物床层
[0029]	5 —壳体	6 —测温管
[0030]	7 —换热流体入口缓冲槽	8 —换热流体入口缓冲槽排气口
[0031]	9 —换热流体入口	10 —支座
[0032]	11 —下端管板	12 —滤网管
[0033]	13 —侧盖	14 —螺母
[0034]	15 —法兰	16 —上端管板
[0035]	17 —螺栓	18 —换热流体出口缓冲槽排气口
[0036]	19 —气相进出口通道	20 —气相进出口
[0037]	21 —密封圈	22 —不锈钢固定支撑网
[0038]	23 —椭圆管	24 —法兰密封圈。

## 具体实施方式

- [0039] 以下结合附图 1-10 对本发明结构和工作原理作进一步说明。
- [0040] 本发明采用立式放置，圆柱形壳体(5)两端分别固定设置有上端管板(16)和下端管板(11)，位于上端管板(16)和下端管板(11)轴向间的不锈钢固定支撑网(22)壁开有多个孔或槽，其外壁包裹有滤网管(12)，不锈钢固定支撑网(22)上端与气相进出口通道(19)相连通；上端管板(16)与圆柱形空心结构换热流体出口缓冲槽(2)密封连接，下端管板(11)与圆柱形空心结构换热流体入口缓冲槽(7)密封连接。壳体内以正三角形方式布置多根微通道螺旋管(3)，并通过上端管板(16)和下端管板(11)上的椭圆孔进行固定，管内为换热流体通路，在微通道螺旋管(3)之间填充固相反应物。为防止杂质进入反应器，气相进出口(20)处设有过滤器。反应器壳体(5)底部由支座(10)支撑。可根据使用要求选用裙式支座、支承式支座、腿式支座。
- [0041] 本发明气 - 固相反应器中，在壳体的一侧设置有装填固相反应物的侧盖(13)。管板与壳体通过法兰连接，为可拆卸结构；同时为增强传热质的效果、防止反应物受到污染，流体通道与气体通道、固体反应物床层接触部分为密封结构。
- [0042] 气体经气相进出口(20)和气相进出口通道(19)进入，通过不锈钢固定支撑网(22)和滤网管(12)扩散进入反应物床层(4)，反应物床层(4)为多孔结构，气体扩散具有一定的阻力，为保证气体与固体反应物床层(4)充分接触，需采用 0.2~1MPa 的初始压力进行反应；反应物床层(4)释放气体的过程为吸热反应，需采用 80~150°C 加热反应物床层(4)发生反应，可通过测温管(6)测得壳体(5)内反应物的温度，产生气体依次经滤网管(12)、不锈钢固定支撑网(22)、气相进出口通道(19)、气相进出口(20)排出反应器；气体与固体反应热由布置于壳体(5)内的微通道螺旋管(3)中流动的流体通过导热方式进行供给 / 移走，

根据放出 / 吸收的热量大小, 调节流体流速来控制传递热量的大小, 由于微通道螺旋管(3)与反应物床层(4)接触面较大, 并且在管空腔内流体以湍流形式流动, 其整个反应床层温度基本趋于一致, 床层平均反应速率较快。

[0043] 本发明为缩短气体扩散到整个反应床层的时间, 滤网管(12)置于壳体(5)内部正中央位置, 采用不锈钢或非金属材质, 滤网管(12)直径为 7~18mm, 孔径为 100 ~ 500 目。本发明为防止在反应过程中滤网管(12)的变形破坏, 在滤网管(12)内部设有一个不锈钢固定支撑网(22), 起到固定和支撑的作用, 不锈钢固定支撑网的直径为 5~15mm。

[0044] 本发明微通道螺旋管(3)为换热流体管道, 以便换热流体与反应物充分接触, 提高换热效率, 并且传统流体管道由于反应热而产生的热应力以及部分填充物在反应时会有体胀等现象会有引起流体管道破裂的可能, 微通道螺旋管(3)具有一定的缓冲作用, 能有效降低流体管道破裂的可能性。

[0045] 所述的椭圆螺旋微通道内长轴为 0.5~1.5mm、内短轴为 0.3~1.1mm, 长径比为 0.5~0.7 壁厚 0.2~0.5mm, 螺旋外径为 2~5mm, 各管间排布间隙为 5~10mm。

[0046] 上端管板(16)与下端管板(11)开有多个正三角形排列椭圆型小孔, 两板开孔位置相互对应, 以便微通道螺旋管(3)固定稳定, 并超出两板 0.1~0.5mm, 其孔径的长轴为 0.7~2mm、短轴 0.5~1.6mm。

[0047] 换热流体由换热流体入口(9)进入换热流体入口缓冲槽(7), 并通过固定在上端管板(16)和下端管板(11)上的微通道螺旋管(3), 经换热流体进口缓冲槽(2)由换热流体出口(1)流出。

[0048] 反应气体从气相进出口(20)进入气相进出口通道(19), 并通过置于壳体(5)轴向中央的不锈钢固定支撑网与滤网管(12), 气体经滤网扩散进入反应物床层(4)中, 发生气 - 固相反应, 反应热由椭圆形的微通道螺旋管(3)中流动的流体供给 / 移出; 反应物床层(4)释放出的气体依次通过滤网管(12)、不锈钢固定支撑网(22)、气相进出口通道(19)、气相进出口(20)排除反应器。

[0049] 换热流体出口缓冲槽(2)通过法兰(15)用螺栓(17)与螺母(14)与上端管板(16)连接, 以方便更换上端管板(16)。反应器通过法兰(15)上的法兰密封圈(24)密封。法兰(15)可根据使用压力、温度等使用条件选择标准法兰以及密封圈。

[0050] 如图 11 所示, 利用金属氢化物的氢化 / 脱氢过程来进行热压缩循环。压缩机系统由高低压储槽、串联的低、高压椭圆螺旋微通道气 - 固相反应器、控制阀门和管线组成。该压缩机系统控制阀门由 3 个截止阀(V1、V3、V5), 3 个止逆阀(V2、V4、V6), 通过控制截止阀和止逆阀开启和关闭, 就可以完成氢气从低压到高压的压缩过程。椭圆螺旋微通道反应器内填充金属氢化物, 低压反应器一端与氢气管道连接, 吸氢前打开阀 V1、V2, 关闭阀 V3、V4、V5、V6、V7、V8, 吸氢时采用低温换热流体(通常采用室温冷水 20~40° )进行冷却, 在初始压力 2~10bar 下吸氢, 饱和后关闭阀 V1、V2; 采用 80~120° C 热流体加热低压反应器至设定温度, 打开阀 V3、V4, 高压反应器开始吸收低压反应器放出的氢气, 并用 20~40° C 低温流体冷却高压反应器, 待低温反应器放氢结束, 中温反应器吸氢达到饱和后, 关闭阀 V3、V4; 以 80~120° C 换热流体加热高压反应器, 打开阀 V5、V6, 高压反应器开始放出氢气并扩散至高压储槽, 放氢过程结束后, 压缩机即进入下一个循环过程。该压缩机系统结构简单, 无复杂部件, 日常维护和更换部件方便, 利用工业废热或地热等(低品质热量)作为低、高压反应器

驱动热源,运行过程成本较低;该椭圆螺旋微通道反应器吸放氢性能明显优于其他反应器、换热效率高、金属氢化物填充量大,用于二级热压缩机就能达到较理想的高压。

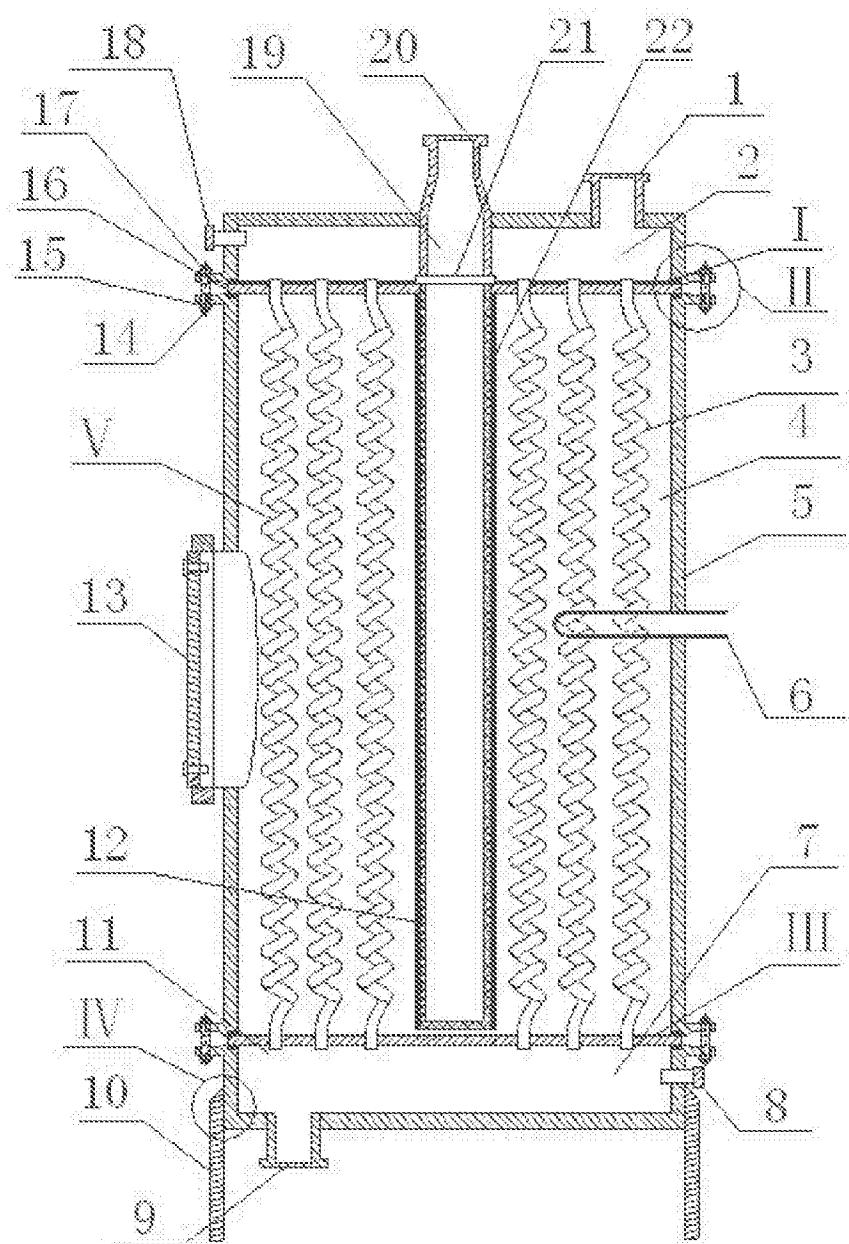


图 1

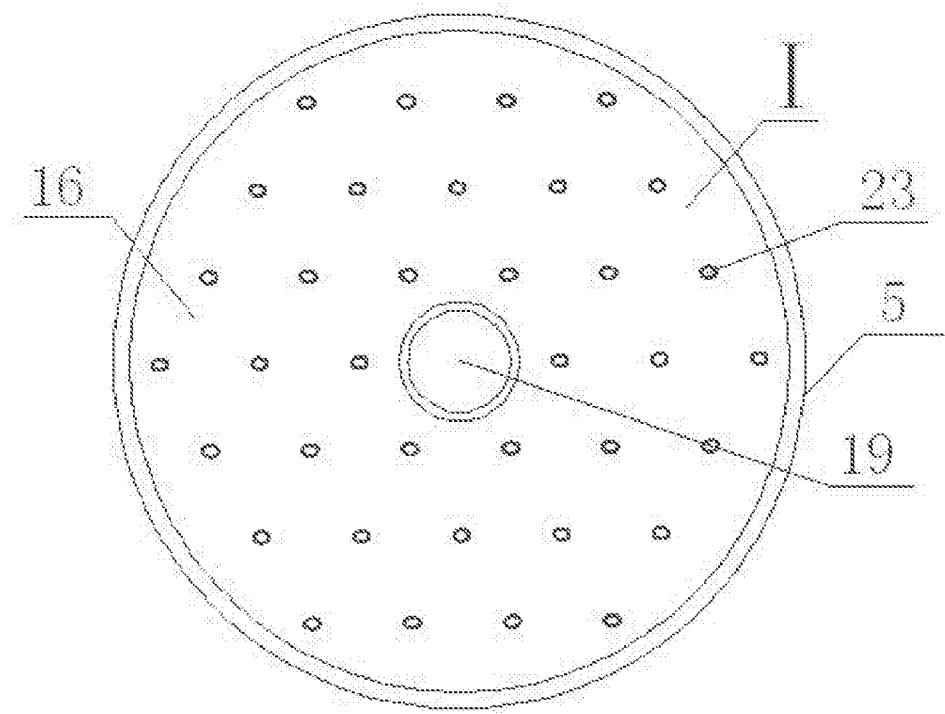


图 2

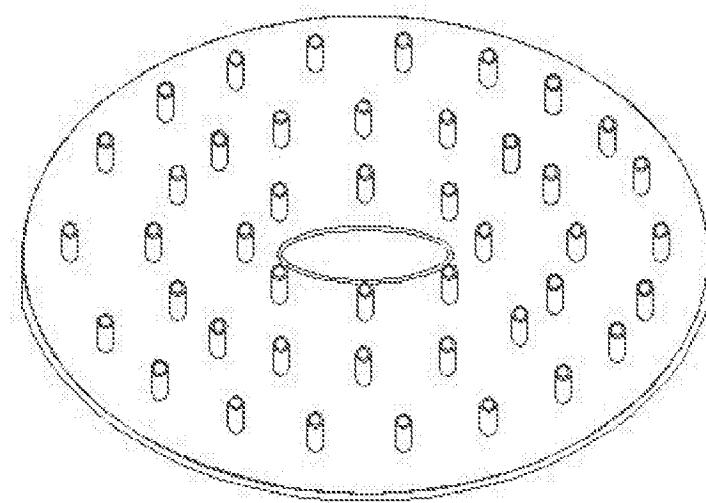


图 3

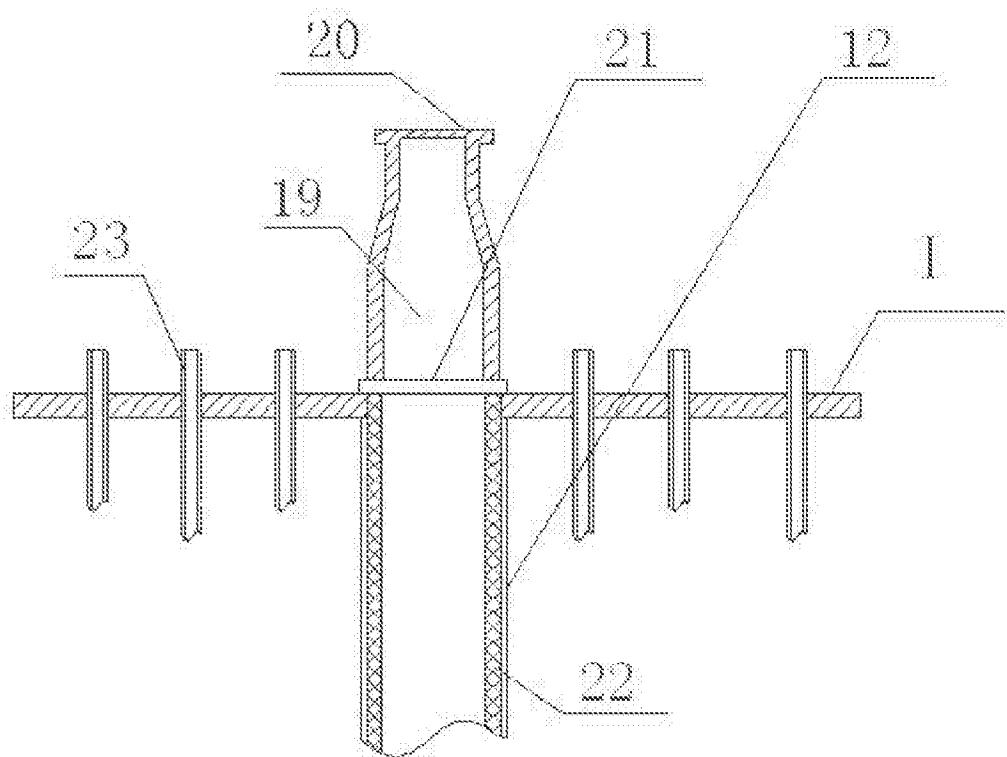


图 4

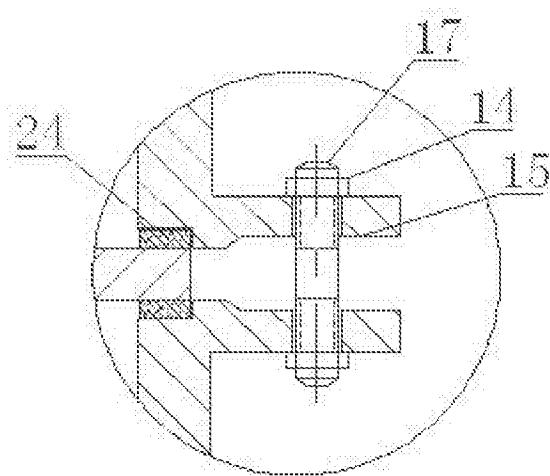


图 5

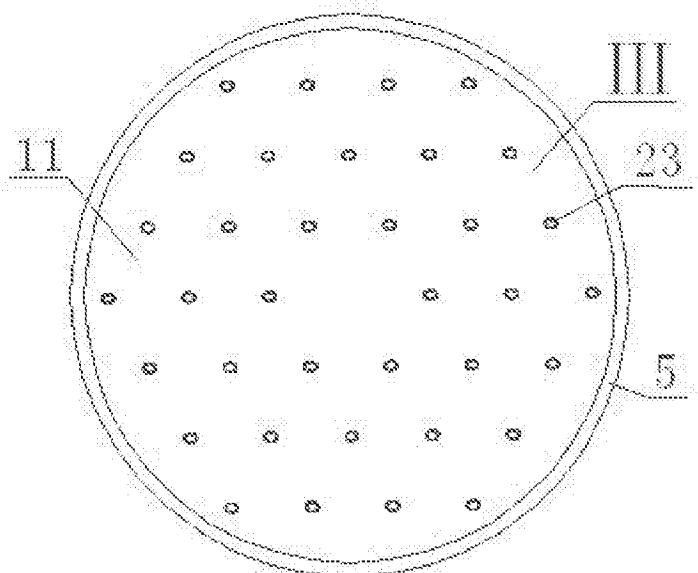


图 6

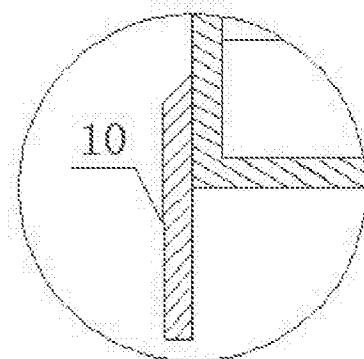


图 7

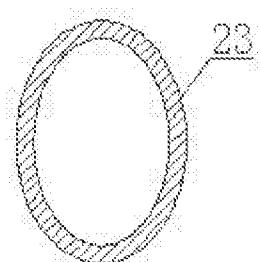


图 8

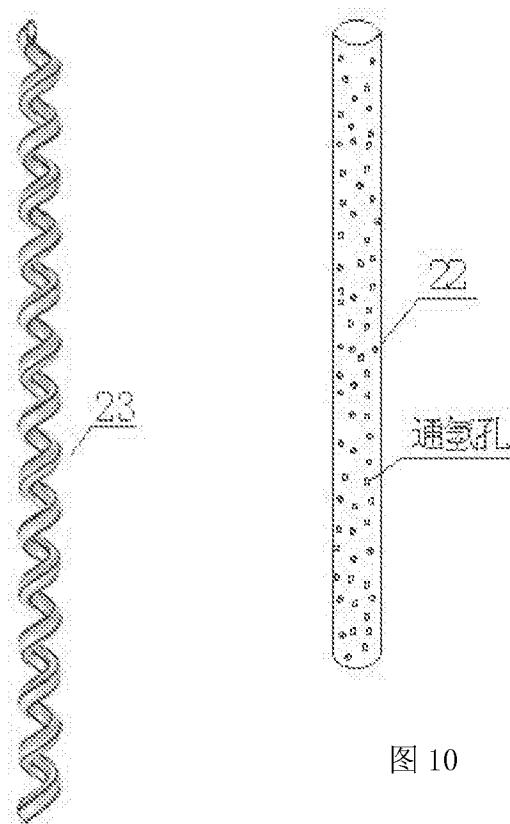


图 10

图 9

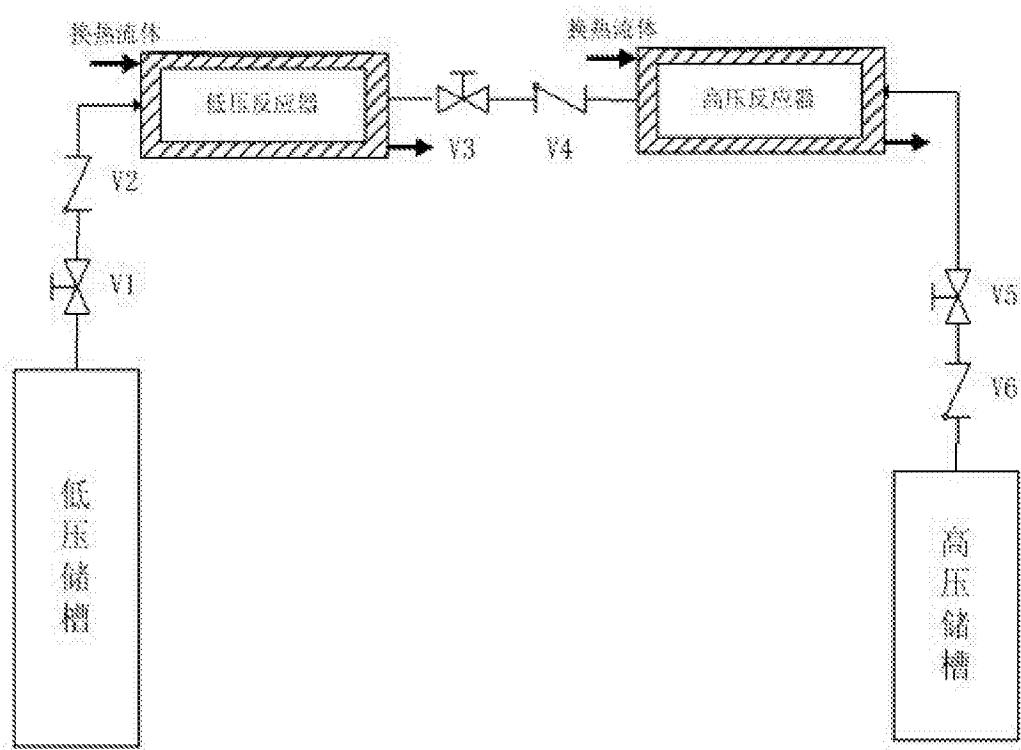


图 11