(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 112142004 A
(43)申请公布日 2020.12.29

(21)申请号 202010833701.9

(22)申请日 2020.08.18

(71)申请人 广东醇氢新能源研究院有限公司
地址 510000 广东省广州市增城区新城大道400号增城低碳总部园新城创业中心14号楼404

(72)发明人 李华波 张会强 康金腾翔 刘德鸿 王硕

(74)专利代理机构 广州市越秀区哲力专利商标事务所(普通合伙) 44288
代理人 毕晓萌

(51)Int.Cl.
C01B 3/32(2006.01)
C01B 3/50(2006.01)

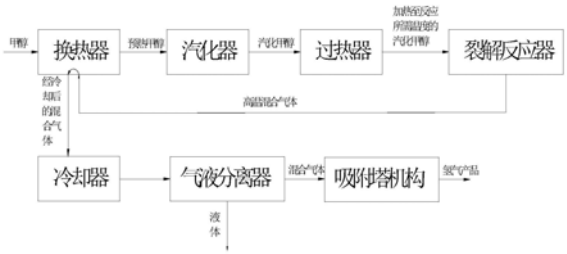
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54)发明名称

甲醇水重整反应制氢及提纯方法

(57)摘要

本发明公开了甲醇水重整反应制氢及提纯方法,包括以下步骤:S1:将原料甲醇水通入换热器;S2:将甲醇水通入汽化器以对甲醇水加热汽化;S3:将汽化甲醇和水蒸气通入过热器;S4:将经过过热器加热后的汽化甲醇和水蒸气通入裂解反应器,以产生高温的混合气体;S5:将高温的混合气体通入换热器,以使高温的混合气体的热量传递给通入到换热器内的原料甲醇水,称之为第一降温后的混合气体;S6:将第一降温后的混合气体通入冷却器,同时,对氢气进行提纯,称之为第二降温后的混合气体;S7:将第二降温后的混合气体通入气液分离器,称之为第一提纯后的混合气体。S8:将第一提纯后的混合气体通入吸附塔机构。其能够达到降低能耗并提纯氢气的目的。



CN 112142004 A

1.甲醇水重整反应制氢及提纯方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1:将原料甲醇水通入换热器;

S2:将经过换热器的甲醇水继续通入汽化器以对甲醇水加热汽化,将汽化后的甲醇称之为汽化甲醇;

S3:将汽化甲醇和水蒸气通入过热器,以将甲醇的温度提高到甲醇能够发生重整反应所需的温度;

S4:将经过所述过热器加热后的汽化甲醇通入裂解反应器进行重整反应,以产生高温的且至少包含氢气以及二氧化碳的高温的混合气体;

S5:将所述高温的混合气体通入所述换热器,以使高温的混合气体的热量传递给通入到所述换热器内的所述原料甲醇水,对原料甲醇水进行预热,同时降低所述混合气体的温度,称之为第一降温后的混合气体;

S6:将所述第一降温后的混合气体通入冷却器,以对所述第一降温后的混合气体进行冷却,同时,通过所述冷却器将第一降温后的混合气体中的水蒸气、汽化甲醇进行冷凝,以对氢气进行提纯,称之为第二降温后的混合气体;

S7:将所述第二降温后的混合气体通入气液分离器,通过气液分离器将第二降温后的混合气体中的水蒸气、汽化甲醇进行液化,以对氢气进行进一步提纯,称之为第一提纯后的混合气体;

S8:将第一提纯后的混合气体通入吸附塔机构,以对氢气进行进一步提纯,称之为第二提纯后的混合气体。

2.如权利要求1所述的甲醇水重整反应制氢及提纯方法,其特征在于,所述换热器包括换热容器,所述换热容器具有换热腔体,高温的混合气体在所述换热腔体内与通入所述换热腔体内的原料甲醇水进行换热,以对所述原料甲醇水进行预热,同时对所述混合气体降温。

3.如权利要求2所述的甲醇水重整反应制氢及提纯方法,其特征在于,所述换热容器内配置有导热板,所述导热板将所述换热腔体分隔为相互独立的第一腔体和第二腔体,所述第一腔体用于通入原料甲醇水和/或汽化甲醇,所述第二腔体用于通入所述高温的混合气体,利用所述导热板实现所述混合气体与所述原料甲醇水和/或汽化甲醇之间的换热。

4.如权利要求1所述的甲醇水重整反应制氢及提纯方法,其特征在于,所述过热器包括过热容器、以及安装在所述过热容器内的第一加热器,所述过热容器的入口位于所述过热容器的出口的下方;汽化甲醇以由下至上的方式在所述过热容器内流动,并经过所述第一加热器,最后经由所述过热器的出口流至所述裂解反应器。

5.如权利要求4所述的甲醇水重整反应制氢及提纯方法,其特征在于,所述第一加热器包括若干沿所述过热容器的高度方向延伸的第一加热管,若干所述第一加热管之间间隔设置,所述第一加热管的外壁设有若干翅片。

6.如权利要求1所述的甲醇水重整反应制氢及提纯方法,其特征在于,在所述S4步骤当中,具有压力的所述汽化甲醇以由上至下的方式灌入所述裂解反应器内。

7.如权利要求6所述的甲醇水重整反应制氢及提纯方法,其特征在于,所述裂解反应器包括反应容器、安装在所述反应容器内的第二加热器,所述反应容器装填有催化剂,所述第二加热器穿插于位于所述反应容器内的催化剂当中,利用所述第二加热器对汽化甲醇进行

持续加热，以使所述汽化甲醇始终能够保持在重整反应所需的温度。

8.如权利要求7所述的甲醇水重整反应制氢及提纯方法，其特征在于，所述裂解反应器还包括容置在所述反应容器内的若干导流板，若干所述导流板沿反应容器的轴向间隔且错位地布置，以使反应容器内的气体流向呈波浪线形状。

9.如权利要求7所述的甲醇水重整反应制氢及提纯方法，其特征在于，所述汽化器包括独立的余热利用腔体以及第三加热器，余热利用腔体设在所述反应容器的底部，所述第三加热器安装在所述余热利用腔体的下方或安装在所述余热利用腔体内，利用反应容器的余热对原料甲醇水进行加热以使甲醇汽化。

10.如权利要求1所述的甲醇水重整反应制氢及提纯方法，其特征在于，所述气液分离器包括气液分离容器、安装在所述气液分离容器内的筛板、以及由所述筛板支撑的液滴捕集组件；所述液滴捕集组件位于所述气液分离器的入口与所述气液分离器的出口之间，气液分离器在自身水平方向的一侧设有侧向排水口。

甲醇水重整反应制氢及提纯方法

技术领域

[0001] 本发明涉及制造氢气工艺技术领域，尤其涉及甲醇水重整反应制氢及提纯方法。

背景技术

[0002] 环境保护日益严格、汽油品质不断提高，原油趋向重质化和高含硫化，这些使得石油化工等企业对氢气需求更为强烈。另外，天然气价格的上涨和煤制氢项目受限，氢气缺口增大，使得甲醇裂解制氢得以迅速发展。

[0003] 甲醇裂解制氢工艺如下：甲醇经过汽化器进行汽化，接着经过过热器后进入裂解反应器，在催化剂作用下，同时发生催化裂解反应以及催化转化反应，得到主要含有氢气和二氧化碳的转化气(还有少量的一氧化碳以及甲烷)。

[0004] 然而，上述的甲醇裂解制氢工艺存在能耗高的问题，导致成本高。为降低能耗，亟需研发一种新的甲醇水重整反应制氢及提纯方法。

发明内容

[0005] 为了克服现有技术的不足，本发明的目的在于提供甲醇水重整反应制氢及提纯方法，其能够降低能耗，并对氢气产品进行提纯。

[0006] 本发明的目的采用如下技术方案实现：

[0007] 甲醇水重整反应制氢及提纯方法，包括如下步骤：

[0008] S1：将原料甲醇水通入换热器；

[0009] S2：将经过换热器的甲醇水继续通入汽化器以对甲醇水加热汽化，将汽化后的甲醇称之为汽化甲醇；

[0010] S3：将汽化甲醇和水蒸气通入过热器，以将甲醇的温度提高到甲醇能够发生重整反应所需的温度；

[0011] S4：将经过所述过热器加热后的汽化甲醇通入裂解反应器进行重整反应，以产生高温的且至少包含氢气以及二氧化碳的高温的混合气体；

[0012] S5：将所述高温的混合气体通入所述换热器，以使高温的混合气体的热量传递给通入到所述换热器内的所述原料甲醇水，对原料甲醇水进行预热，同时降低所述混合气体的温度，称之为第一降温后的混合气体；

[0013] S6：将所述第一降温后的混合气体通入冷却器，以对所述第一降温后的混合气体进行冷却，同时，通过所述冷却器将第一降温后的混合气体中的水蒸气、汽化甲醇进行冷凝，以对氢气进行提纯，称之为第二降温后的混合气体；

[0014] S7：将所述第二降温后的混合气体通入气液分离器，通过气液分离器将第二降温后的混合气体中的水蒸气、汽化甲醇进行液化，以对氢气进行进一步提纯，称之为第一提纯后的混合气体；

[0015] S8：将第一提纯后的混合气体通入吸附塔机构，以对氢气进行进一步提纯，称之为第二提纯后的混合气体。

[0016] 进一步地，所述换热器包括换热容器，所述换热容器具有换热腔体，高温的混合气体在所述换热腔体内与通入所述换热腔体内的原料甲醇水进行换热，以对所述原料甲醇水进行预热，同时对所述混合气体降温。

[0017] 进一步地，所述换热容器内配置有导热板，所述导热板将所述换热腔体分隔为相互独立的第一腔体和第二腔体，所述第一腔体用于通入原料甲醇水和/或汽化甲醇，所述第二腔体用于通入所述高温的混合气体，利用所述导热板实现所述混合气体与所述原料甲醇水和/或汽化甲醇之间的换热。

[0018] 进一步地，所述过热器包括过热容器、以及安装在所述过热容器内的第一加热器，所述过热容器的入口位于所述过热容器的出口的下方；汽化甲醇以由下至上的方式在所述过热容器内流动，并经过所述第一加热器，最后经由所述过热器的出口流至所述裂解反应器。

[0019] 进一步地，所述第一加热器包括若干沿所述过热容器的高度方向延伸的第一加热管，若干所述第一加热管之间间隔设置，所述第一加热管的外壁设有若干翅片。

[0020] 进一步地，在所述S4步骤当中，具有压力的所述汽化甲醇以由上至下的方式灌入所述裂解反应器内。

[0021] 进一步地，所述裂解反应器包括反应容器、安装在所述反应容器内的第二加热器，所述反应容器装填有催化剂，所述第二加热器穿插于位于所述反应容器内的催化剂当中，利用所述第二加热器对汽化甲醇进行持续加热，以使所述汽化甲醇始终能够保持在重整反应所需的温度。

[0022] 进一步地，所述裂解反应器还包括容置在所述反应容器内的若干导流板，若干所述导流板沿反应容器的轴向间隔且错位地布置，以使反应容器内的气体流向呈波浪线形状。

[0023] 进一步地，所述汽化器包括独立的余热利用腔体以及第三加热器，余热利用腔体设在所述反应容器的底部，所述第三加热器安装在所述余热利用腔体的下方或安装在所述余热利用腔体内，利用反应容器的余热对原料甲醇水进行加热以使甲醇汽化。

[0024] 进一步地，所述气液分离器包括气液分离容器、安装在所述气液分离容器内的筛板、以及由所述筛板支撑的液滴捕集组件；所述液滴捕集组件位于所述气液分离器的入口与所述气液分离器的出口之间，气液分离器在自身水平方向的一侧设有侧向排水口。

[0025] 相比现有技术，本发明的有益效果在于：

[0026] 通过增加换热步骤，使得反应器生成的高温的混合气体能够进入到换热器内，并使高温的混合气体作为热源与进入到换热器中的原料甲醇进行换热，以实现对原料甲醇进行预热，做到充分利用反应热，利于降低能耗，从而降低成本，同时，经换热后的混合气体得以适当降温，实现进一步降低能耗，降低成本。并且，通过吸附塔机构对包含氢气的混合气体进行吸附以对氢气进行提纯，从而得到纯度更高的氢气产品。

附图说明

[0027] 图1为图1发明的纯氢机的工艺流程简图；

[0028] 图2为图1所示的纯氢机中的换热器的内部结构图，其中，为方便理解，图中的换热容器使用虚线表示，以能够看到内部结构；

[0029] 图3为图1所示的纯氢机中的过热器的结构示意图；

[0030] 图4为图3所示的过热器的剖视图；

[0031] 图5为图4所示的第一加热管与翅片连接的结构示意图；

[0032] 图6为图1所示的纯氢机中的裂解反应器的结构示意图；

[0033] 图7为图6所示的裂解反应器的剖视图；

[0034] 图8为图1所示的纯氢机中的气液分离器的结构示意图；

[0035] 图9为图8所示的气液分离器的剖视图。

[0036] 图中：1、换热器；11、第一腔体；12、第二腔体；2、汽化器；21、余热利用腔体；22、第三加热器；3、过热器；31、过热容器；32、第一加热管；33、翅片；34、过热器温度传感器；4、裂解反应器；41、反应容器；42、第二加热管；43、导流板；44、反应器温度传感器；5、气液分离器；51、气液分离容器； 52、筛板；53、气液分离器的入口；54、气液分离器的出口；55、侧向排水口。

具体实施方式

[0037] 下面，结合附图以及具体实施方式，对本发明做进一步描述，需要说明的是，在不相冲突的前提下，以下描述的各实施例之间或各技术特征之间可以任意组合形成新的实施例。

[0038] 需要说明的是，当元件被称为“固定于”另一个元件，它可以直接在另一个元件上，或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件，它可以是直接连接到另一个元件或者可能存在居中元件。本文所使用的“垂直的”、“水平的”、“左”、“右”以及类似的表述只是为了说明的目的，并不代表是唯一的实施方式。

[0039] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术术语和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本发明。本文所使用的术语“及/或”包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

[0040] 本实施例的纯氢机采用的原料可以是甲醇或甲醇水，其中，甲醇水为甲醇与水按一定比例混合制成。参见图1，气体和液体的内部流向依次为：换热器1 →汽化器2→过热器3→裂解反应器4→换热器1→冷却器→气液分离器5→吸附塔机构。其中，当纯氢机工作一段时间后，换热器1被裂解反应器4生产的高温混合气体加热(此时高温混合气体包含一氧化碳、二氧化碳、氢气、甲烷、水蒸气、甲醇等气体)，因而原料刚进入换热器1时，可以被换热器1预热后再进入汽化器2，如此，也可以对裂解反应器4生产的高温混合气体进行降温，降温后的混合气体再进入冷却器被冷却器降温，然后继续进入气液分离器5即可。如此，即通过换热器1吸收裂解反应器4产生的高温混合气体的温度，进而传递给原料，不仅降低了经过裂解后的混合气体的温度，以避免安全事故；而且，也使得准备进入汽化器2的甲醇的温度得以提高，从而降低能耗。

[0041] 具体而言，图1示出了本发明一较佳实施例的纯氢机。纯氢机包括换热器1、汽化器2(可参见78)、过热器3、裂解反应器4、冷却器以及吸附塔机构。其中，换热器1的第一入口用于与甲醇储存器连通，以通过甲醇储存器对其进行供给原料，可以理解，为了便于工作，可以通过计量泵提供动力使原料输送至换热器1的第一入口。裂解反应器4的出口与换热器1

的第二入口连通，换热器1用于供由裂解反应器4生成的高温的混合气体与甲醇进行换热，以对甲醇预热，利于充分利用反应热，避免资源浪费，做到节省电源或其他用于实现加热(比如导热油)的能源，从而降低能耗；同时又可以对高温的混合气体进行适当地降温，以降低通过其他设备对高温的混合气体进行降温所需的能耗。汽化器2用于对经过换热器1后的甲醇进行加热汽化以形成汽化甲醇，过热器3 用于将汽化甲醇加热至甲醇能够发生裂解反应所需的温度，裂解反应器4用于促使经过热器3加热的汽化甲醇发生催化裂解反应以及催化转化反应，以生成包含氢气的混合气体。裂解反应器4产生的高温混合气体后，由于换热器1通过冷却器与吸附塔机构连通，因而冷却器可以对经换热器1降温后的混合气体进行冷却。吸附塔机构用于对包含氢气的混合气体进行吸附以对氢气进行提纯。其中，吸附塔机构已经较为成熟，其可以由一个吸附塔组成，也可以由若干吸附塔组成，吸附塔内的吸附剂可以是活性氧化铝，活性炭，分子筛，硅胶等吸附材料中的一种或多种。

[0042] 本发明的纯氢机的工作原理如下：

[0043] 自外部的甲醇储存器来的原料经过计量泵送至换热器1，原料在换热器1内与来自裂解反应器4的高温的混合气体换热升温(可以理解的是，刚启动纯氢机时，甲醇在换热器1内不加热，需在换热器1内灌入来自裂解反应器4的高温的混合气体后才能对甲醇进行预热)，具体升温至120℃-140℃，在升温过程中，部分甲醇汽化，升温后的甲醇在汽化器2的作用下实现加热汽化，以形成汽化甲醇。此时汽化甲醇的温度为140℃以上，为使汽化甲醇能够达到反应所需的温度，汽化甲醇经过热器3加热而升温至250℃以上，接着高温的汽化甲醇进入裂解反应器4，在裂解反应器4内发生裂解以及转化反应，实现生成高温的并包含氢气的混合气体，经换热器1换热后的混合气体得以适当降温，因经换热后的混合气体温度仍有120℃左右的高温，出于安全考虑，需使换热后的混合气体进入冷却器进行冷却，以使混合气体的温度降低至40℃以下，同时，也使未反应的甲醇冷凝，提高混合气体的纯度，经降温后的混合气体可直接投入使用或者继续通入吸附塔机构，以通过吸附塔机构将混合气体内含有的一氧化碳、二氧化碳、甲烷、甲醇、水蒸气进行吸附，从而得到提纯后的氢气产品。

[0044] 显然，通过换热器1的第二入口与裂解反应器4的出口连通，使得裂解反应器4生成的高温的混合气体能够进入到换热器1内，并使高温的混合气体作为热源与甲醇进行换热，以实现对甲醇进行预热，做到充分利用反应热，利于降低能耗，从而降低成本，同时，经换热后的混合气体得以适当降温，实现进一步降低能耗，降低成本。另外，通过吸附塔机构对包含氢气的混合气体进行吸附以对氢气进行提纯，从而得到纯度更高的氢气产品。

[0045] 作为进一步优选的实施方式，参见图2，换热器1包括换热容器，以避免热量逃逸，从容充分利用余热对原料进行加热。换热容器具有换热腔体，换热腔体用于供由裂解反应器4生成的高温的混合气体与甲醇进行换热。具体而言，优选地，换热腔体包括相互隔绝的第一腔体11和第二腔体12；换热器1的第一入口通过第一腔体11与换热器1的第一出口进行连通，换热器1的第一出口与汽化器2的入口进行连通，汽化器2、过热器3、裂解反应器4顺次连通；换热器1的第二入口通过第二腔体12与换热器1的第二出口连通，换热器1的第二出口与吸附塔机构连通。此时，换热器1的第二出口通过冷却器与吸附塔机构连通。如此，通过第一腔体11与第二腔体12作为短暂的滞留空间，可以充分地利用反应热。可以理解，作为替换方案，换热容器可以包含换热腔体以及容置在换热腔体内的导热鳍片，裂解反应器4生成的高温的混合气体与甲醇两者中的其中一者可以通过换热腔体输送，另一者可以通过管道输

送，而管道与导热鳍片导热连接。

[0046] 作为进一步优选的实施方式，参见图8和图9，纯氢机还包括用于对经冷却后的混合气体进行气液分离的气液分离器5，冷却器通过气液分离器5与吸附塔机构连通。经气液分离后，混合气体中的水蒸气以及未反应的汽化甲醇被拦截下来，实现气液分离，从而提高混合气体的纯度。优选地，气液分离器5包括气液分离容器51、安装在气液分离容器51内的筛板52、以及由筛板52支撑的液滴捕集组件。气液分离器的入口53设在气液分离容器51的一侧，气液分离器的出口54设在气液分离容器51的顶部；液滴捕集组件位于气液分离器的入口53与气液分离器的出口54之间。如此，当杂质或液化水掉落气液分离容器 51底部时不至于堵塞气液分离器的入口53，而液化后的水蒸气、甲醇也无法从气液分离容器51的顶部混入气体中，以进一步对氢气进行提纯。并且，气液分离器5的底部设有侧向排水口55，如此，杂质堆积在气液分离器5的底部时，不至于堵塞侧向排水口55，常态下，侧向排水口55被气液分离器5底部的液化水进行液封，以避免沿气液分离器的入口53进入的混合气体沿侧向排水口55 排走。或者，也可以在侧向排水口55处增设阀门。作为优选的实施方式，液滴捕集组件具体可以为除沫器、钢丝球、拉西环、鲍尔环中的任意一种或其他散装填料。

[0047] 作为进一步优选的实施方式，参见图3-图5，过热器3包括过热容器31、以及安装在过热容器31内的第一加热器，过热容器31的入口位于过热容器31 的出口的下方。如此，甲醇从过热容器31的底部进入，经过第一加热器加热后，沿过热容器31的顶部排出，如此，未被液化的甲醇需要被汽化后才会沿过热器 3的出口排出。

[0048] 继续参见图3-图5，第一加热器包括若干沿过热容器31的轴向延伸的第一加热管32，若干第一加热管32之间间隔设置，第一加热管32的外壁设有若干翅片33。如此，使得过热器3的加热方式更加均匀、导热率也更高。具体而言，若干翅片33沿第一加热管32的长度方向间隔地布置，从而进一步提高换热效果。更优地，第一加热管32呈U型结构(可以理解，除了U型结构，作为替换方式，也可以是直杆状、波浪状等等)，第一加热管32的两端部穿出至过热容器31的顶部，从而便于接电。如此，各第一加热管32独立接电，避免第一加热管32一损俱损(即避免一者故障导致整体故障)。

[0049] 更具体的是，参见图4，过热器3还包括用于检测过热容器31内部的温度的过热器温度传感器34，该过热器温度传感器34配置于过热容器31内部，且该过热器温度传感器34与纯氢机的控制器电连接，以使过热器3的内部温度能够维持在设定温度范围内。

[0050] 作为进一步优选的实施方式，参见图6-图7，裂解反应器4设有若干台，且裂解反应器4与其他机构的连接方式一致。裂解反应器4包括反应容器41、安装在反应容器41内的第二加热器、以及容置在反应容器41内的若干导流板43，反应容器41用于装在催化剂，若干导流板43沿重力方向间隔且错位地布置，以使反应容器41内的气体流向呈波浪线形状；反应容器41的入口位于反应容器41的出口的上方。因裂解反应为吸热反应，因此利用第二加热器对进入到反应容器41内部的汽化甲醇进行加热，以使汽化甲醇能够维持在设定的裂解反应温度范围内，避免温度过低而造成裂解效率低，有助于提高裂解反应效率，继而提高汽化甲醇的转化效率，降低能耗。这样设置，当气体从上至下运动，也利于压实催化剂，避免催化剂松动。而且，由于气体温度较高，因而较难从上向下运动，并且路线气体流向呈波浪线形状更利于甲醇充分裂解。其中，更优地，第二加热器包括若干沿反应容器41的轴向延伸的第二加热管42，第二加热管42穿插在导流板43上，以使两者相互借力支撑；其中，更优地，第二

加热管42呈U型结构，第二加热管42的两端部穿出至反应容器41的顶部，从而便于接电。如此，各第二加热管42独立接电。

[0051] 更具体的是，参见图7，裂解反应器4还包括用于检测反应容器41内部的温度的反应器温度传感器44，该反应器温度传感器44配置于反应容器41内部，且该反应器温度传感器44与纯氢机的控制器电连接，以使反应容器41的内部温度能够维持在设定温度范围内。

[0052] 作为进一步优选的实施方式，汽化器2包括独立的余热利用腔体21以及第三加热器22，余热利用腔体21设在反应容器41的底部，第三加热器22安装在余热利用腔体21的下方或安装在余热利用腔体21内。可以理解，通过将汽化器2安装在反应容器41的底部，可以充分利用其中裂解反应器4的余热。而且，基于裂解反应器4的温度为整个体系中最高温度所在区域，因而可以对甲醇进行充分地加热，以使甲醇能够快速升温。其中，第三加热器22优选为加热盘。

[0053] 更具体的是，换热器1、汽化器2、过热器3、裂解反应器4、冷却器以及气液分离器5、吸附塔机构均安装于支撑架上，支撑架的底部配置有至少四个轮子，以方便该纯氢机的搬移。

[0054] 参见图1，本发明的甲醇水重整反应制氢及提纯方法，包括以下步骤：

[0055] S1：将原料甲醇水通入换热器1；可以理解的是，刚启动时，换热器1无热源，原料甲醇水在换热器1内不加热，需在换热器1内灌入高温的混合气体后才能对甲醇进行预热；同理，反应容器41也需要生产高温的混合气体时才能够利用余热对汽化器2内的甲醇水进行加热。

[0056] S2：将经过换热器1的甲醇水继续通入汽化器2以对甲醇水加热汽化，将被加热汽化前的甲醇水称之为原料甲醇水，具体而言，将原料甲醇水加热至 140℃以上，将汽化后的甲醇称之为汽化甲醇。

[0057] S3：将汽化甲醇和水蒸气通入过热器3，利用过热器3对汽化甲醇进行加热，以将甲醇的温度提高到甲醇能够发生重整反应所需的温度(根据行业标准定义，通过甲醇水制造氢气的反应称为重整反应)；具体而言，该重整反应所需的温度为250℃以上。

[0058] S4：将经过所述过热器3加热后的汽化甲醇通入裂解反应器4进行催化裂解，以产生高温的且包含氢气、一氧化碳、二氧化碳、甲烷、水蒸气、汽化甲醇的高温的混合气体；与此同时，利用裂解反应器4内的第二加热器对汽化甲醇进行持续加热，以使所述汽化甲醇始终能够保持在重整反应所需的温度，避免温度过低而造成裂解效率低，有助于提高裂解反应效率，继而提高汽化甲醇的转化效率，降低能耗，继而降低成本，具体而言，在该步骤当中，第二加热器的加热作用下，未反应的汽化甲醇以及反应生成的高温的混合气体的温度始终保持在250℃以上。

[0059] S5：将所述高温(温度为250℃以上)的混合气体通入所述换热器1，以使高温的混合气体的热量传递给通入到所述换热器1内的所述原料甲醇水，对原料甲醇水进行预热，具体而言，经预热后的甲醇温度可达到120℃-140℃左右，利于充分利用反应热，避免资源浪费，做到节省电源或其他用于实现加热(比如导热油)的能源，从而降低能耗。同时降低所述混合气体的温度，称之为第一降温后的混合气体；

[0060] S6：将所述第一降温后的混合气体通入冷却器，以对所述第一降温后的混合气体进行冷却，同时，通过所述冷却器将第一降温后的混合气体中的水蒸气、汽化甲醇进行冷

凝，以对氢气进行提纯，称之为第二降温后的混合气体；具体而言，经冷却器降温后的第二降温后的混合气体的温度为40℃以下。

[0061] S7：将所述第二降温后的混合气体通入气液分离器5，通过气液分离器5 将第二降温后的混合气体中的水蒸气、汽化甲醇进行液化，以对氢气进行进一步提纯，称之为第一提纯后的混合气体，具体而言，第一提纯后的混合气体可以直接投入使用，但也可以通过吸附塔机构对其进行进一步提纯。

[0062] S8：将第一提纯后的混合气体通入吸附塔机构，从而进一步除去甲醇、甲烷、一氧化碳、二氧化碳、水蒸气，以对氢气进行进一步提纯，称之为第二提纯后的混合气体。

[0063] 通过增加换热步骤，使得反应器生成的高温的混合气体能够进入到换热器1 内，并使高温的混合气体作为热源与进入到换热器1中的原料甲醇进行换热，以实现对原料甲醇进行预热，做到充分利用反应热，利于降低能耗，从而降低成本，同时，经换热后的混合气体得以适当降温，实现进一步降低能耗，降低成本。并且，通过吸附塔机构对包含氢气的混合气体进行吸附以对氢气进行提纯，从而得到纯度更高的氢气产品。

[0064] 上述实施方式仅为本发明的优选实施方式，不能以此来限定本发明保护的范围，本领域的技术人员在本发明的基础上所做的任何非实质性的变化及替换均属于本发明所要求保护的范围。

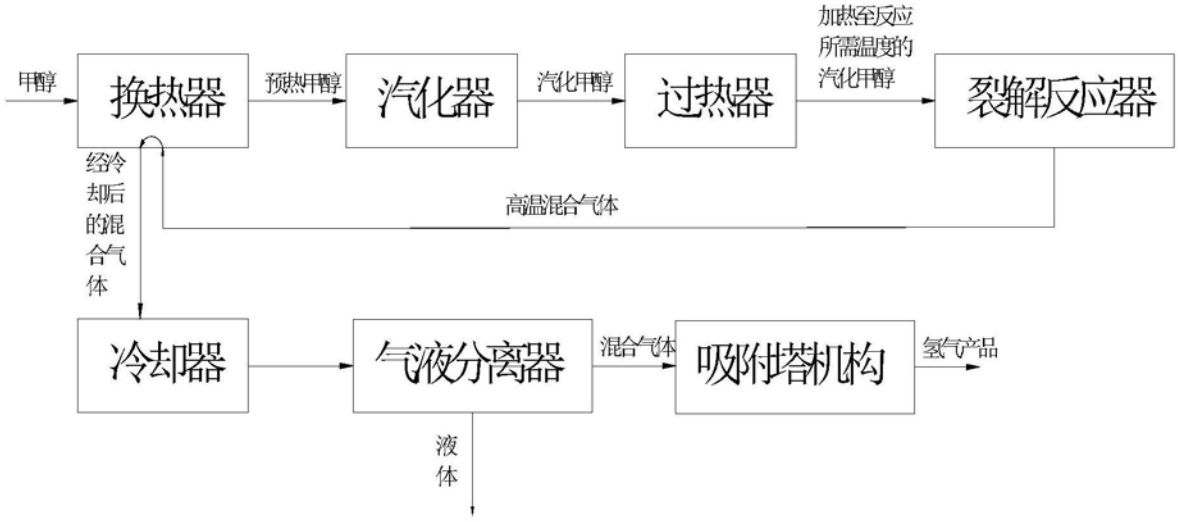

甲醇
换热器
预热甲醇
汽化器
汽化甲醇
过热器
加热至反应所需温度的汽化甲醇
裂解反应器
经冷却后的混合气体
高温混合气体
冷却器
气液分离器
混合气体
吸附塔机构
氢气产品
液体

图1

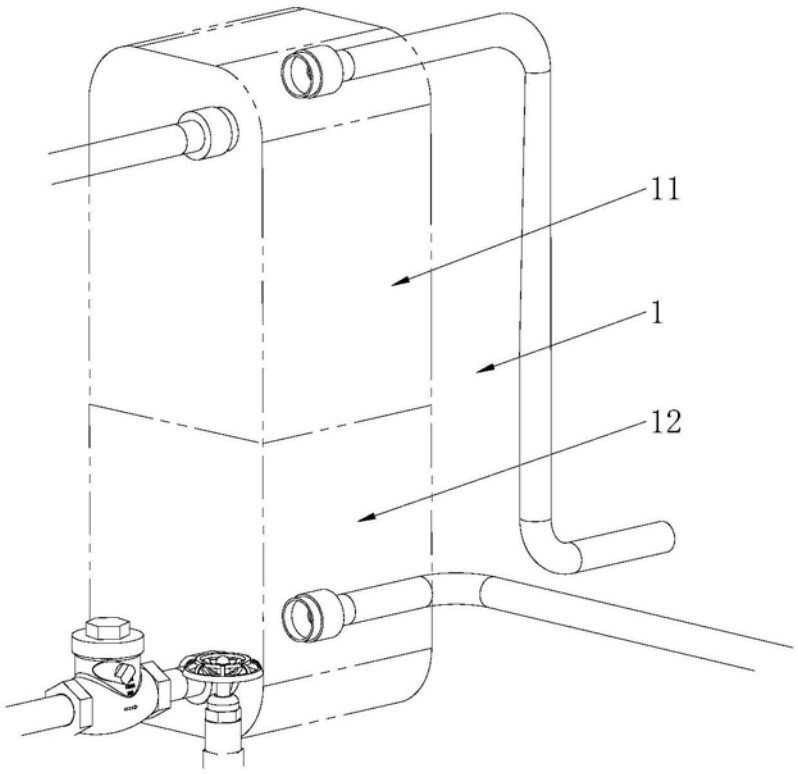

11
1
12

图2

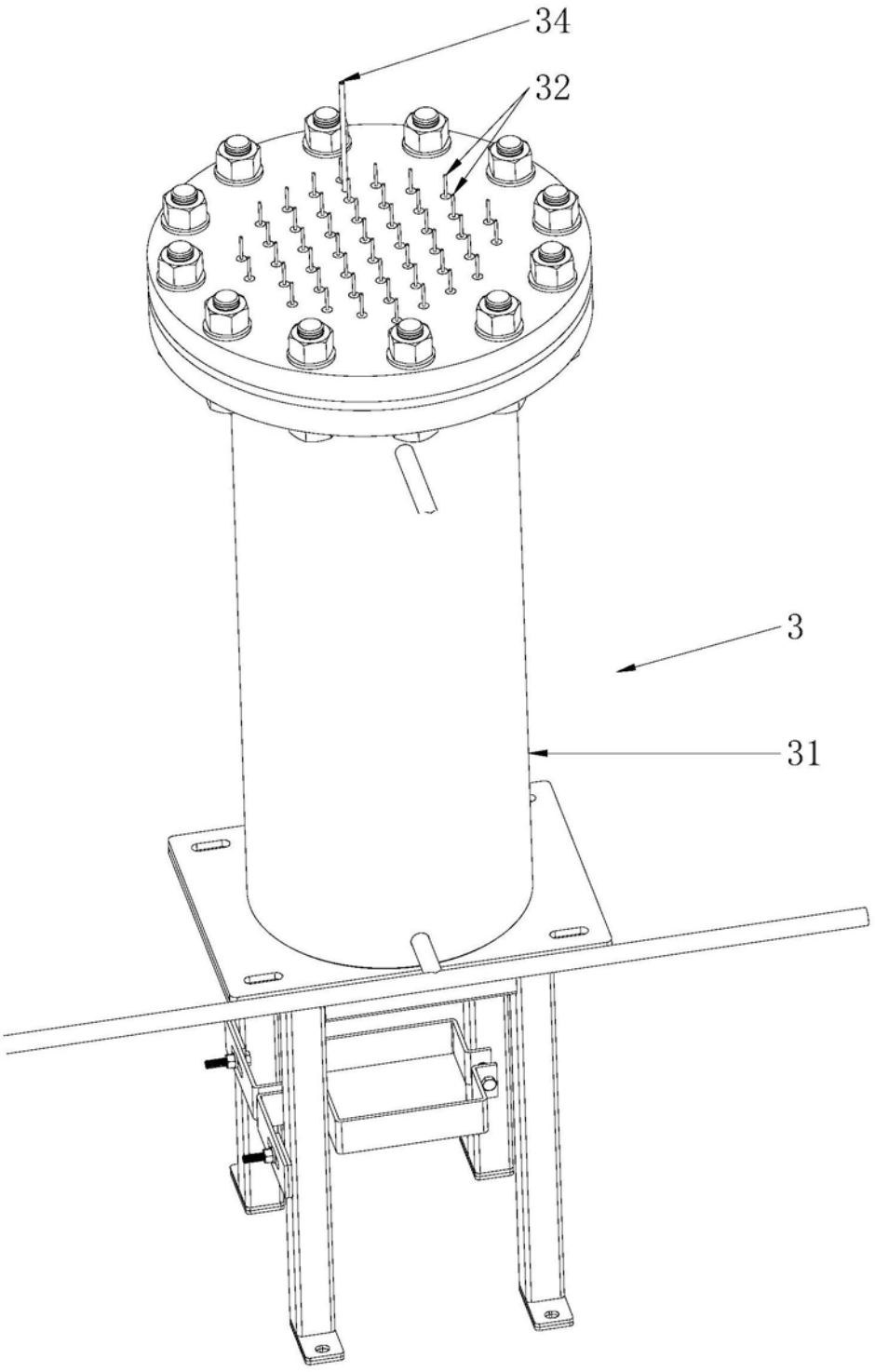


图3

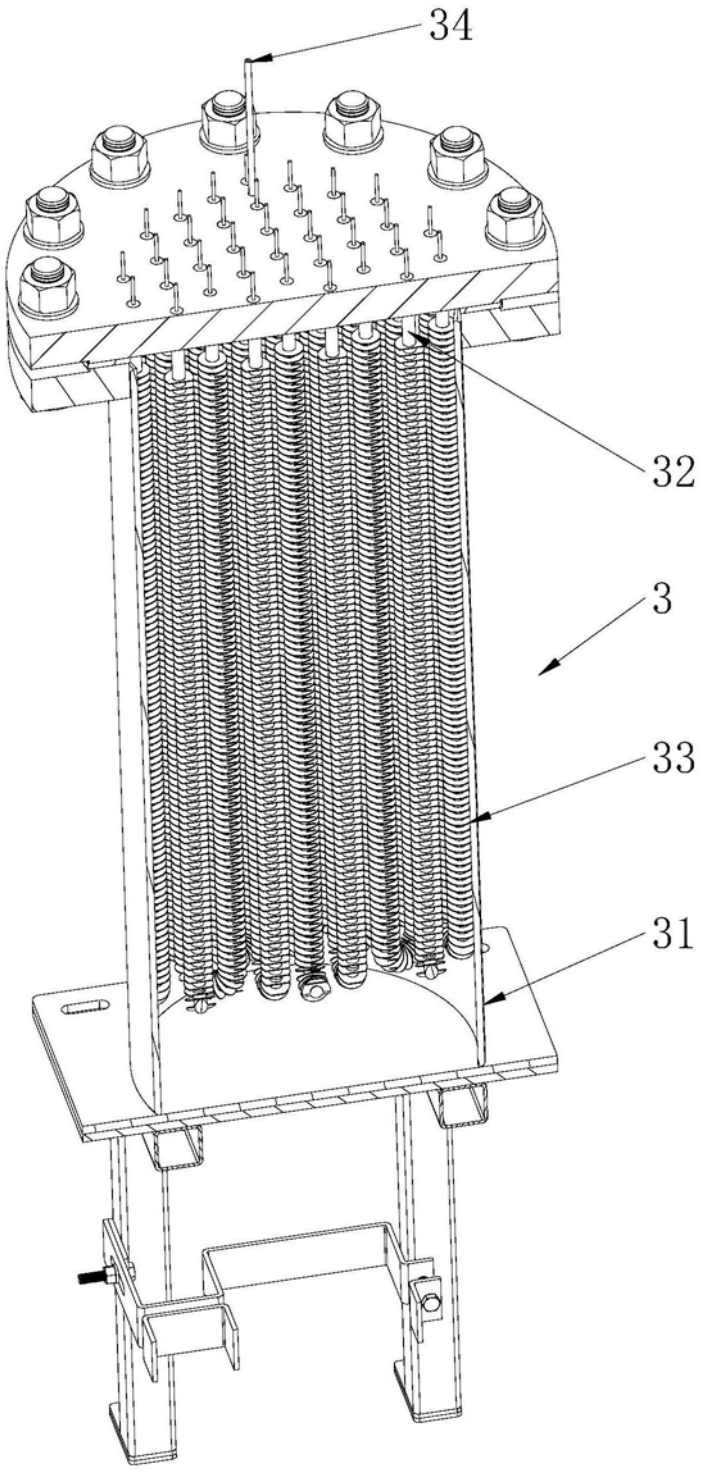


图4

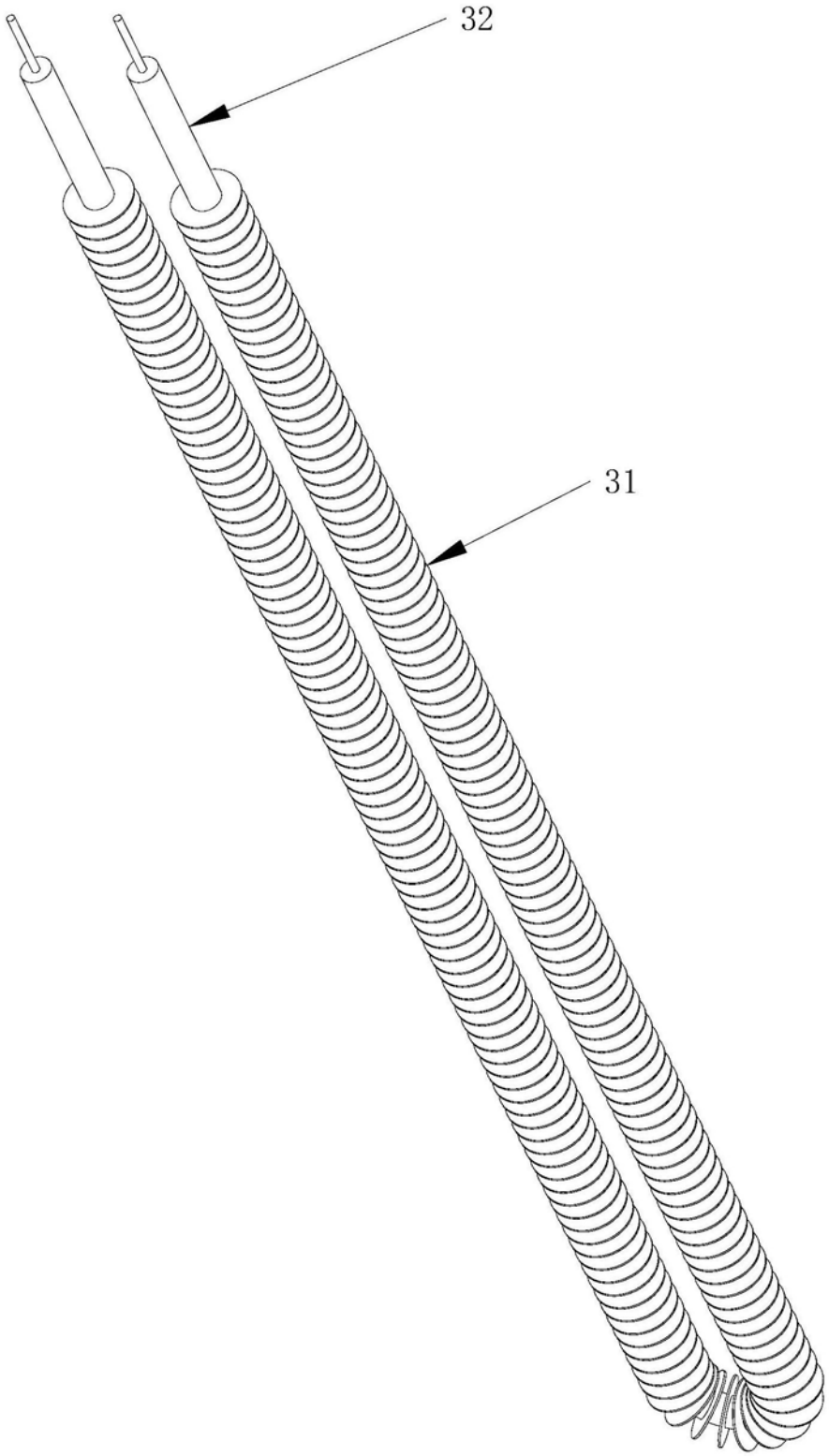


图5

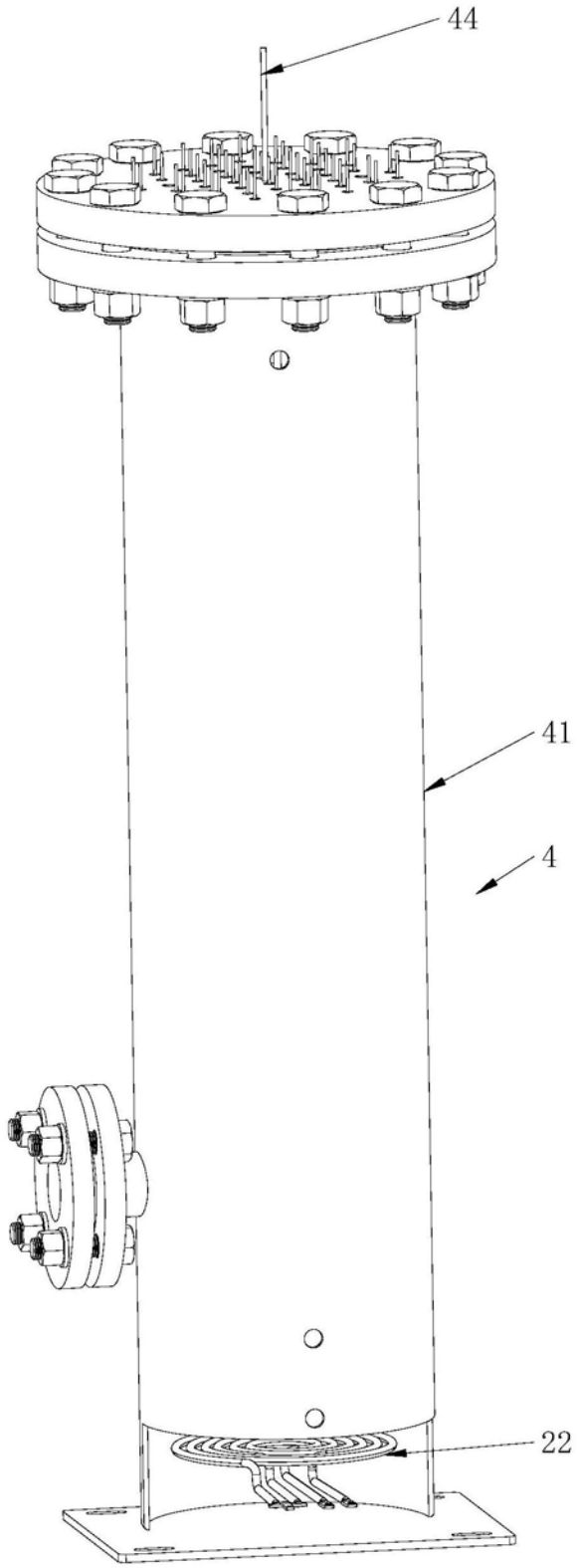


图6

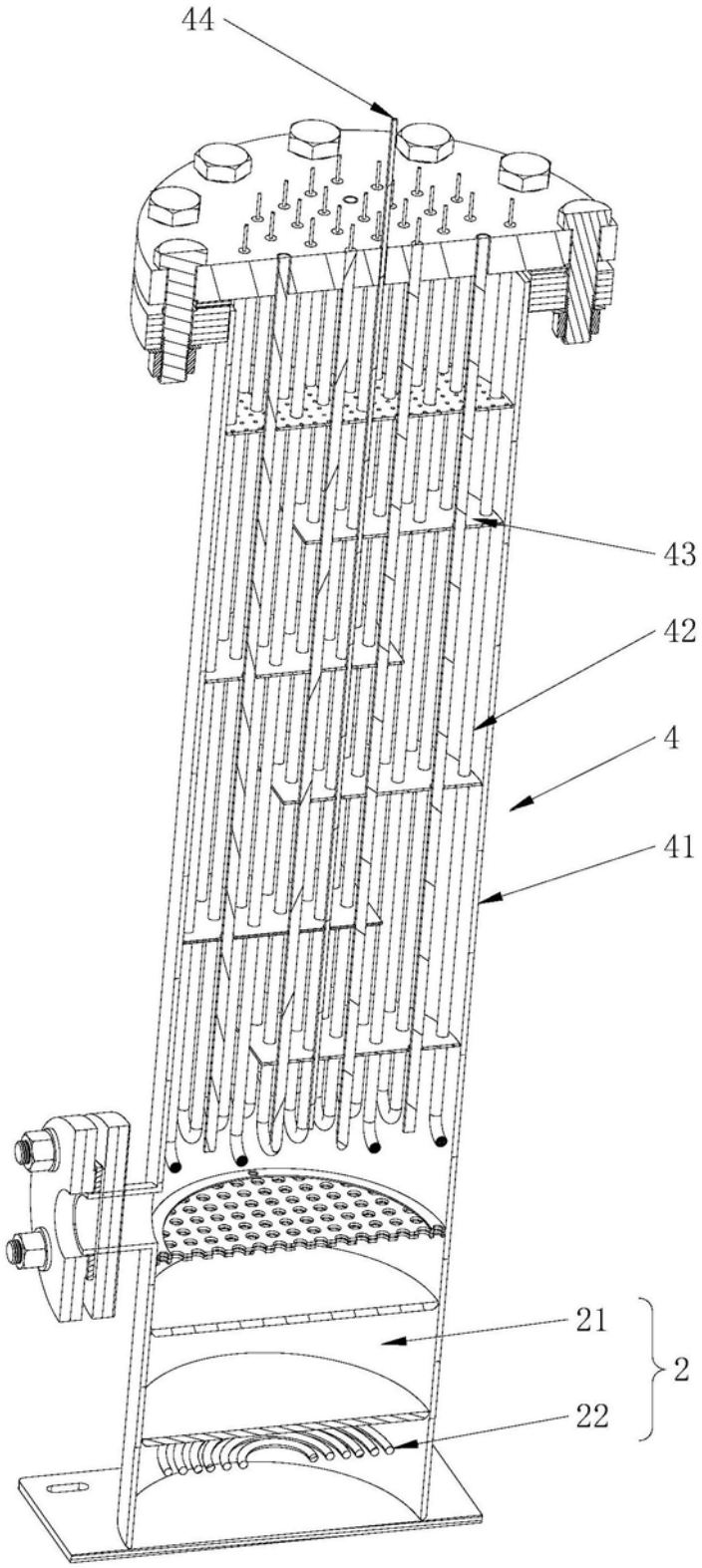


图7

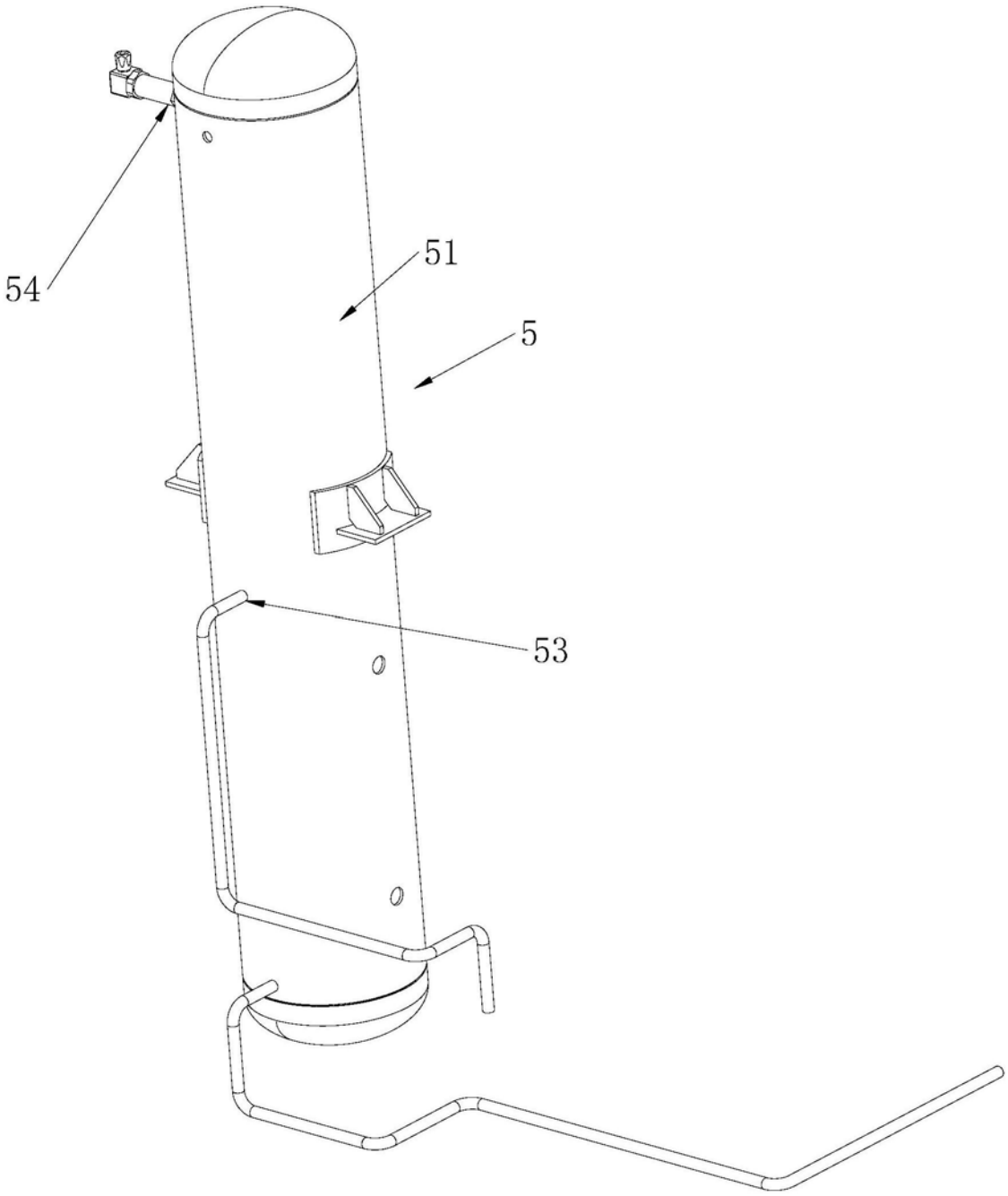


图8

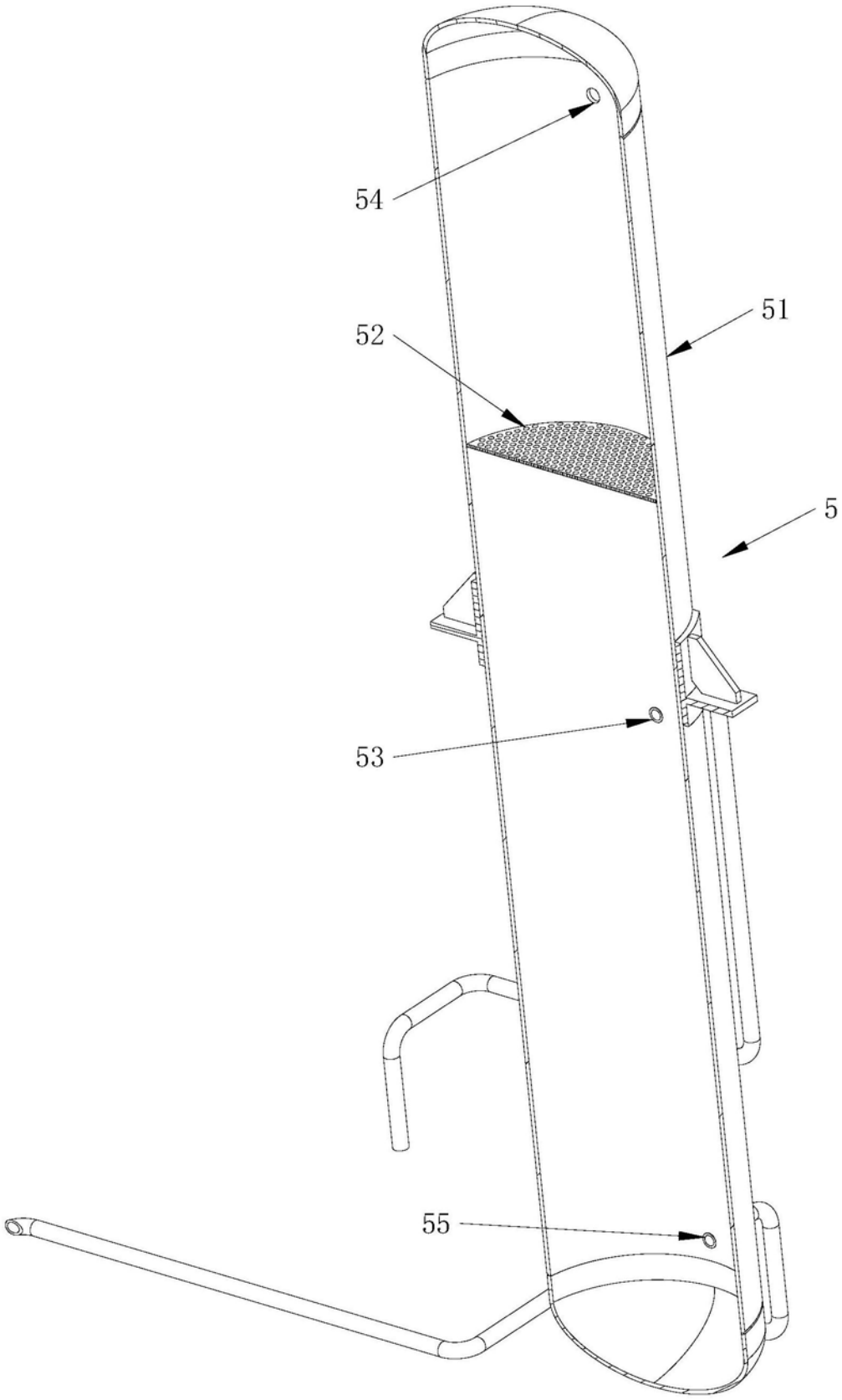


图9