



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114001274 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 01

(21) 申请号 202111177804.5

(22) 申请日 2021.10.09

(71) 申请人 氢储(上海)能源科技有限公司  
地址 201516 上海市金山区廊下镇景乐路  
228号7幢(廊下经济小区)

(72) 发明人 方沛军 邹建新 朱阳林 张雷  
伍远安 曹俊

(74) 专利代理机构 武汉知产时代知识产权代理  
有限公司 42238

代理人 孔灿

(51) Int. Cl.

F17C 11/00 (2006.01)

F17C 13/00 (2006.01)

F17D 1/065 (2006.01)

F17D 3/01 (2006.01)

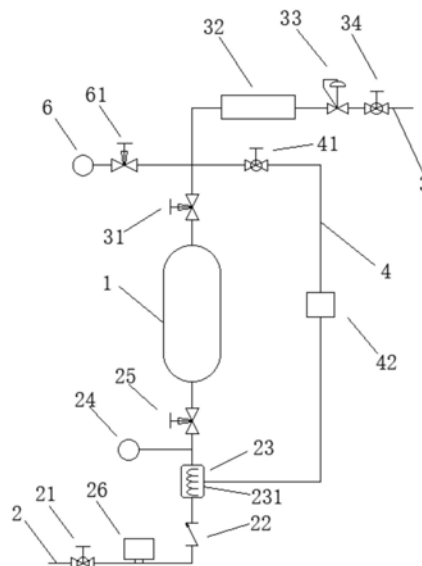
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种外加热式固态储氢系统及其充氢放氢的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种外加热式固态储氢系统及其充氢放氢的方法。系统包括储氢罐、进气管、出气管和循环管,储氢罐内沿轴向设有至少一个温度传感器套管,温度传感器套管内安装有多个第一温度传感器;进气管和出气管分别与储氢罐相连通,进气管设有第一阀门、单向阀、加热装置、第二温度传感器和第二阀门,出气管沿设有第三阀门、冷却装置、背压阀和第四阀门,循环管的一端与加热装置相连通,另一端与出气管相连通,循环管上设有第五阀门和循环泵。本发明采用外部加热的方式,先加热氢气,再利用高温氢气来加热镁基储氢合金,使储氢罐的结构简单化,不需在储氢罐内加装换热管或电加热棒等复杂的结构,减少了焊缝数量,降低制造成本。



1. 一种外加热式固态储氢系统,其特征在于:包括储氢罐(1)、进气管(2)、出气管(3)和循环管(4),所述储氢罐(1)内装填有镁基储氢合金,所述储氢罐(1)内沿轴向设有至少一个温度传感器套管(5),所述温度传感器套管(5)内安装有多个第一温度传感器,用来实时监测储氢罐(1)内不同位置的温度;所述进气管(2)和出气管(3)分别与所述储氢罐(1)的进气口和出气口相连通,所述进气管(2)沿气流方向依次设有第一阀门(21)、单向阀(22)、加热装置(23)、第二温度传感器(24)和第二阀门(25),所述出气管(3)沿气流方向设有第三阀门(31)、冷却装置(32)、背压阀(33)和第四阀门(34),所述循环管(4)的一端与所述加热装置(23)相连通,另一端与所述出气管(3)相连通,且连接处位于所述第三阀门(31)和冷却装置(32)之间的管路段上,所述循环管(4)上设有第五阀门(41)和循环泵(42)。

2. 如权利要求1所述的一种外加热式固态储氢系统,其特征在于:系统还包括压力传感器(6),所述压力传感器(6)设置在所述储氢罐(1)上用于检测其内部压力或设置在所述出气管(3)上。

3. 如权利要求1或2所述的一种外加热式固态储氢系统,其特征在于:所述进气管(2)上还设有流量传感器(26),位于所述第一阀门(21)和单向阀(22)之间。

4. 如权利要求1或2所述的一种外加热式固态储氢系统,其特征在于:所述加热装置(23)包括加热罐(231),所述加热罐(231)采用电加热棒加热、感应加热或辐射管加热。

5. 如权利要求1或2所述的一种外加热式固态储氢系统,其特征在于:所述储氢罐(1)的进气口设有第一连接管(11),所述第一连接管(11)的一端由所述进气口伸入所述储氢罐(1)内,另一端与所述进气管(2)相连通,所述第一连接管(11)位于所述储氢罐(1)内的管路段侧壁设有多个第一通气孔(111)。

6. 如权利要求1或2所述的一种外加热式固态储氢系统,其特征在于:所述储氢罐(1)的出气口设有第二连接管(12),所述第二连接管(12)的一端由所述出气口伸入所述储氢罐(1)内,另一端与所述出气管(3)相连通,所述第二连接管(12)位于所述储氢罐(1)内的管路段侧壁设有多个第二通气孔(121),且该侧壁上还包覆有筛网(122)。

7. 如权利要求1或2所述的一种外加热式固态储氢系统,其特征在于:所述储氢罐(1)外罩设有保温层(13)。

8. 一种充氢放氢的方法,其特征在于:采用如权利要求1-7任一项所述的系统,充氢过程具体步骤如下:充氢时,关闭第四阀门(34),打开第一阀门(21)、第二阀门(25)、第三阀门(31)和第五阀门(41),启动循环泵(42)和加热装置(23),常温氢气从进气管(2)进入,氢气通过加热装置(23)被快速加热至储氢所需工作温度,加热后的氢气进入储氢罐(1)内,第二温度传感器(24)实时监测氢气的温度,并反馈调节加热装置(23)的加热功率,氢气进入储氢罐(1)内并与镁基储氢合金充分接触,靠近进氢口的镁基储氢合金被快速加热,冷却下来的氢气从出气口流出,经过循环管(4)又回到加热装置(23)再次被加热,被加热后再次进入储氢罐(1)参加反应,随着持续不断的高温氢气流过,靠近进氢口处的镁合金首先被加热到吸氢温度并开始快速吸氢,吸氢反应放出的热量也被氢气流带到储氢罐(1)的各个部位,使镁基储氢合金均匀升温,随着反应的持续进行,第一温度传感器检测到其他位置的镁基储氢合金也升温至吸氢温度,此时气源提供的常温氢气不需加热,直接进入氢气储罐内与镁基储氢合金快速发生反应,关闭第三阀门(31)、第五阀门(41)和循环泵(42),直至充氢饱和,在这个过程中,当第一温度传感器检测到镁基储氢合金内温度升的过高时,调节第一阀

门(21)减少进氢流量或者通过风冷对储氢罐(1)进行降温;

放氢过程具体步骤如下:放氢时,将出气管(3)连接用氢设备,关闭第一阀门(21),开启第二阀门(25)、第三阀门(31)、第四阀门(34)和第五阀门(41),启动循环泵(42)和加热装置(23),氢气通过加热装置(23)被快速加热后进入储氢罐(1),氢气与储氢罐(1)内的镁基储氢合金氢化物充分接触,靠近进气口的镁基储氢合金氢化物被快速加热,冷却下来的氢气从出气口流出,经过循环管(4)回到加热装置(23),被加热后再次进入储氢罐(1)参加反应,随着持续不断的高温氢气流过,靠近进氢口处的镁合金氢化物首先被加热到放氢温度并开始快速放氢,压力传感器(6)示数也逐渐升高,当储氢罐(1)内的压力大于背压阀(33)的设定压力时,背压阀(33)导通,储氢罐(1)内的氢气经过第三阀门(31)后进入冷却装置(32),高温氢气在冷却装置(32)内被降至合适的温度,随后进入用氢设备;随着反应的持续进行,储氢罐(1)内其他位置的镁基储氢合金氢化物也逐渐升温至放氢温度并开始放氢反应,放氢结束后关闭第四阀门(34)和加热装置(23)。

9.如权利要求8所述的一种充氢放氢的方法,其特征在于:在首次放氢后,后续放氢过程即开即用,当用氢设备暂时不需要氢气时,关闭第四阀门(34)和加热装置(23),储氢罐(1)内的镁基储氢合金放氢使压力升高,而压力升高会抑制放氢反应的进行,最终在任一温度下都会达到动态平衡,使压力不再升高,当需要继续供氢时,打开第四阀门(34)和加热装置(23),储氢罐(1)内压力降低,动态平衡被打破,镁基储氢合金继续放氢,从而使供氢系统实现持续或间断供氢。

## 一种外加热式固态储氢系统及其充氢放氢的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及氢能技术领域,尤其涉及一种外加热式固态储氢系统及其充氢放氢的方法。

### 背景技术

[0002] 镁合金储氢材料是一种储氢容量高、安全性能好的储氢介质。由于镁合金储氢材料的充氢或者放氢反应需要达到一定的温度才会快速进行,并且充放氢反应伴随着明显的热效应,因此基于镁基储氢技术的固态储氢设备需要具有加热功能。常规的加热方式包括电加热棒加热和导热油加热等,但是由于储氢材料的氢化产物热导率很低,这些以热传导为主的加热方式耗时较长,设备启动慢,通常需要加热数小时才能达到充氢或放氢温度。此外,储氢容器内不同位置的温差很大,靠近换热管或加热棒位置的镁合金材料温度高,而远离换热管或加热棒部位的温度很低,加热不均匀现象严重,不利于充放氢反应的进行。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于,针对现有技术的上述不足,提出一种外加热式固态储氢系统及其充氢放氢的方法。

[0004] 本发明的一种外加热式固态储氢系统,包括储氢罐、进气管、出气管和循环管,所述储氢罐内装填有镁基储氢合金,所述储氢罐内沿轴向设有至少一个温度传感器套管,所述温度传感器套管内安装有多个第一温度传感器,用来实时监测储氢罐内不同位置的温度;所述进气管和出气管分别与所述储氢罐的进气口和出气口相连通,所述进气管沿气流方向依次设有第一阀门、单向阀、加热装置、第二温度传感器和第二阀门,所述出气管沿气流方向设有第三阀门、冷却装置、背压阀和第四阀门,所述循环管的一端与所述加热装置相连通,另一端与所述出气管相连通,且连接处位于所述第三阀门和冷却装置之间的管路段上,所述循环管上设有第五阀门和循环泵。

[0005] 进一步的,系统还包括压力传感器,所述压力传感器设置在所述储氢罐上用于检测其内部压力或设置在所述出气管上。

[0006] 进一步的,所述进气管上还设有流量传感器,位于所述第一阀门和单向阀之间。

[0007] 进一步的,所述加热装置包括加热罐,所述加热罐采用电加热棒加热、感应加热或辐射管加热。

[0008] 进一步的,所述储氢罐的进气口设有第一连接管,所述第一连接管的一端由所述进气口伸入所述储氢罐内,另一端与所述进气管相连通,所述第一连接管位于所述储氢罐内的管路段侧壁设有多个第一通气孔。

[0009] 进一步的,所述储氢罐的出气口设有第二连接管,所述第二连接管的一端由所述出气口伸入所述储氢罐内,另一端与所述出气管相连通,所述第二连接管位于所述储氢罐内的管路段侧壁设有多个第二通气孔,且该侧壁上还包覆有筛网。

[0010] 进一步的,所述储氢罐外罩设有保温层。

[0011] 一种充氢放氢的方法,采用上述的系统,充氢过程具体步骤如下:充氢时,关闭第四阀门,打开第一阀门、第二阀门、第三阀门和第五阀门,启动循环泵和加热装置,常温氢气从进气管进入,氢气通过加热装置被快速加热至储氢所需工作温度,加热后的氢气进入储氢罐内,第二温度传感器实时监测氢气的温度,并反馈调节加热装置的加热功率,氢气进入储氢罐内并与镁基储氢合金充分接触,靠近进氢口的镁基储氢合金被快速加热,冷却下来的氢气从出气口流出,经过循环管又回到加热装置再次被加热,被加热后再次进入储氢罐参加反应,随着持续不断的高温氢气流过,靠近进氢口处的镁合金首先被加热到吸氢温度并开始快速吸氢,吸氢反应放出的热量也被氢气流带到储氢罐的各个部位,使镁基储氢合金均匀升温,随着反应的持续进行,第一温度传感器检测到其他位置的镁基储氢合金也升温至吸氢温度,此时气源提供的常温氢气不需加热,直接进入氢气储罐内与镁基储氢合金快速发生反应,关闭第三阀门、第五阀门和循环泵,直至充氢饱和,在这个过程中,当第一温度传感器检测到镁基储氢合金内温度升的过高时,调节第一阀门21减少进氢流量或者通过风冷对储氢罐1进行降温;

[0012] 放氢过程具体步骤如下:放氢时,将出气管连接用氢设备,关闭第一阀门,开启第二阀门、第三阀门、第四阀门和第五阀门,启动循环泵和加热装置,氢气通过加热装置被快速加热后进入储氢罐,氢气与储氢罐内的镁基储氢合金氢化物充分接触,靠近进气口的镁基储氢合金氢化物被快速加热,冷却下来的氢气从出气口流出,经过循环管回到加热装置,被加热后再次进入储氢罐参加反应,随着持续不断的高温氢气流过,靠近进氢口处的镁合金氢化物首先被加热到放氢温度并开始快速放氢,压力传感器示数也逐渐升高,当储氢罐内的压力大于背压阀的设定压力时,背压阀导通,储氢罐内的氢气经过第三阀门后进入冷却装置,高温氢气在冷却装置内被降至合适的温度,随后进入用氢设备;随着反应的持续进行,储氢罐内其他位置的镁基储氢合金氢化物也逐渐升温至放氢温度并开始放氢反应,放氢结束后关闭第四阀门和加热装置。

[0013] 进一步的,在首次放氢后,后续放氢过程即开即用,当用氢设备暂时不需要氢气时,关闭第四阀门和加热装置,储氢罐内的镁基储氢合金放氢使压力升高,而压力升高会抑制放氢反应的进行,最终在任一温度下都会达到动态平衡,使压力不再升高,当需要继续供氢时,打开第四阀门和加热装置,储氢罐内压力降低,动态平衡被打破,镁基储氢合金继续放氢,从而使供氢系统实现持续或间断供氢。

[0014] 本发明采用外部加热的方式,先加热氢气,再利用高温氢气来加热镁基储氢合金,一方面使储氢罐的结构简单化,不需在储氢罐内加装换热管或电加热棒等复杂的结构,减少了焊缝数量,降低制造成本,增加了储氢材料装填量,设备的可靠性也大大提升;另一方面,氢气分子小易扩散且热导率高,高温氢气直接与疏松多孔镁基储氢合金接触并快速扩散至合金内部,能够快速将部分镁基储氢合金加热至反应温度,极大地减少了系统的启动时间。

## 附图说明

[0015] 图1为本发明的一种外加热式固态储氢系统的结构示意图;

[0016] 图2为本发明的储氢罐的结构示意图。

[0017] 1、储氢罐;11、第一连接管;111、第一通气孔;12、第二连接管;121、第二通气孔;

122、筛网;13、保温层;2、进气管;21、第一阀门;22、单向阀;23、加热装置;231、加热罐;24、第二温度传感器;25、第二阀门;26、流量传感器;3、出气管;31、第三阀门;32、冷却装置;33、背压阀;34、第四阀门;4、循环管;41、第五阀门;42、循环泵;5、温度传感器套管;6、压力传感器;61、根部阀。

### 具体实施方式

[0018] 以下是本发明的具体实施例并结合附图,对本发明的技术方案作进一步的描述,但本发明并不限于这些实施例。

[0019] 如图1和2所示,本发明的一种外加热式固态储氢系统,包括储氢罐1、进气管2、出气管3和循环管4,储氢罐1内装填有镁基储氢合金,储氢罐1内沿轴向设有至少一个温度传感器套管5,温度传感器套管5内安装有多个第一温度传感器(图中未示出),用来实时监测储氢罐1内不同位置的温度;进气管2和出气管3分别与储氢罐1的进气口和出气口相连通,进气管2沿气流方向依次设有第一阀门21、单向阀22、加热装置23、第二温度传感器24和第二阀门25,出气管3沿气流方向设有第三阀门31、冷却装置32、背压阀33和第四阀门34,循环管4的一端与加热装置23相连通,另一端与出气管3相连通,且连接处位于第三阀门31和冷却装置32之间的管路段上,循环管4上设有第五阀门41和循环泵42。

[0020] 本发明的一种外加热式固态储氢系统由储氢罐1、加热罐231、冷却器、循环泵42等部分构成。储氢罐1设有进气口和出气口,罐内装填有镁基储氢合金。充氢时,气源供应的常温氢气进入加热罐231,被加热至150~400℃。氢气进入储氢罐1内并与镁基储氢合金充分接触,靠近进氢口的镁基储氢合金被快速加热,冷却下来的氢气从出氢口流出,经过循环泵42回到加热罐231,被加热后再次进入储氢罐1参加反应。随着持续不断的高温氢气流过,靠近进氢口处的镁合金首先被加热到吸氢温度并开始快速吸氢,吸氢反应放出的热量也被氢气流带到储罐的各个部位,使镁基储氢合金均匀升温。随着反应的持续进行,热量积累使储氢罐1内其他位置的镁基储氢合金也升温至吸氢温度,此时气源提供的常温氢气不需加热,可直接进入氢气储罐内与镁基储氢合金快速发生反应,循环泵42也可关闭,直至充氢饱和。放氢时也同样采用氢气作为加热的介质,不同的是放氢过程为吸热反应,需持续不断地对氢气加热。采用氢气作为间接加热的介质,一方面氢气的分子小,扩散速度极快,能够充分与镁基储氢合金接触,规避了氢化产物热导率低的问题,另一方面,极大地缩短了充氢加热时间,设备充氢响应快。

[0021] 本发明采用外部加热的方式,先加热氢气,再利用高温氢气来加热镁基储氢合金,一方面使储氢罐1的结构简单化,不需在储氢罐1内加装换热管或电加热棒等复杂的结构,减少了焊缝数量,降低制造成本,增加了储氢材料装填量,设备的可靠性也大大提升;另一方面,氢气分子小易扩散且热导率高,高温氢气直接与疏松多孔镁基储氢合金接触并快速扩散至合金内部,能够快速将部分镁基储氢合金加热至反应温度,极大地减少了系统的启动时间。

[0022] 系统还包括压力传感器6,压力传感器6设置在储氢罐1上用于检测其内部压力或设置在出气管3上,实时监控系统的压力,在本实施例中,压力传感器6通过根部阀61设置在出气管3上,根部阀61除检修外保持常开。

[0023] 进气管2上还可以设有流量传感器26,位于第一阀门21和单向阀22之间,实时监控

氢气的流量。

[0024] 加热装置23的结果有多种,例如:加热装置23可以包括加热罐231,加热罐231采用电加热棒加热、感应加热或辐射管加热,氢气进入加热罐231内被加热。

[0025] 为了方便储氢罐1与进气管2和出气管3相连接,储氢罐1的进气口可以设有第一接管11,第一接管11的一端由进气口伸入储氢罐1内,另一端与进气管2相连通,第一接管11位于储氢罐1内的管路段侧壁设有多个第一通气孔111,加快氢气的扩散。储氢罐1的出气口可以设有第二接管12,第二接管12的一端由出气口伸入储氢罐1内,另一端与出气管3相连通,第二接管12位于储氢罐1内的管路段侧壁设有多个第二通气孔121,且该侧壁上还包覆有筛网122,筛网122的孔径不低于80目,其作用是防止储氢材料中的粉尘被氢气带出储氢罐1。

[0026] 储氢罐1的一端还设有储氢材料装填口,装填口为法兰连接,方便将储氢材料装填到储氢罐1内储氢罐1外部还设有保温层13,用于防止反应过程中的热量散失和人员烫伤,保温材料可以是纳米气凝胶毡、硅酸铝、岩棉等保温材料中的一种。

[0027] 一种充氢放氢的方法,采用上述的系统,充氢过程具体步骤如下:充氢时,关闭第四阀门34,打开第一阀门21、第二阀门25、第三阀门31和第五阀门41,启动循环泵42和加热装置23,常温氢气从进气管2进入,氢气通过加热装置23被快速加热至储氢所需工作温度,加热后的氢气进入储氢罐1内,第二温度传感器24实时监测氢气的温度,并反馈调节加热装置23的加热功率,氢气进入储氢罐1内并与镁基储氢合金充分接触,靠近进氢口的镁基储氢合金被快速加热,冷却下来的氢气从出气口流出,经过循环管4又回到加热装置23再次被加热,被加热后再次进入储氢罐1参加反应,随着持续不断的高温氢气流过,靠近进氢口处的镁合金首先被加热到吸氢温度并开始快速吸氢,吸氢反应放出的热量也被氢气流带到储氢罐1的各个部位,使镁基储氢合金均匀升温,随着反应的持续进行,第一温度传感器检测到其他位置的镁基储氢合金也升温至吸氢温度,此时气源提供的常温氢气不需加热,直接进入氢气储罐内与镁基储氢合金快速发生反应,关闭第三阀门31、第五阀门41和循环泵42,直至充氢饱和,在这个过程中,当第一温度传感器检测到镁基储氢合金内温度升的过高时,调节第一阀门21减少进氢流量或者通过风冷对储氢罐1进行降温;

[0028] 放氢过程具体步骤如下:放氢时,将出气管3连接用氢设备,关闭第一阀门21,开启第二阀门25、第三阀门31、第四阀门34和第五阀门41,启动循环泵42和加热装置23,氢气通过加热装置23被快速加热后进入储氢罐1,氢气与储氢罐1内的镁基储氢合金氢化物充分接触,靠近进气口的镁基储氢合金氢化物被快速加热,冷却下来的氢气从出气口流出,经过循环管4回到加热装置23,被加热后再次进入储氢罐1参加反应,随着持续不断的高温氢气流过,靠近进氢口处的镁合金氢化物首先被加热到放氢温度并开始快速放氢,压力传感器6示数也逐渐升高,当储氢罐1内的压力大于背压阀33的设定压力时,背压阀33导通,储氢罐1内的氢气经过第三阀门31后进入冷却装置32,高温氢气在冷却装置32内被降至合适的温度,随后进入用氢设备;随着反应的持续进行,储氢罐1内其他位置的镁基储氢合金氢化物也逐渐升温至放氢温度并开始放氢反应,放氢结束后关闭第四阀门34和加热装置23。

[0029] 在首次放氢后,后续放氢过程即开即用,当用氢设备暂时不需要氢气时,关闭第四阀门34和加热装置23,储氢罐1内的镁基储氢合金放氢使压力升高,而压力升高会抑制放氢反应的进行,最终在任一温度下都会达到动态平衡,使压力不再升高,当需要继续供氢时,

打开第四阀门34和加热装置23,储氢罐1内压力降低,动态平衡被打破,镁基储氢合金继续放氢,从而使供氢系统实现持续或间断供氢。

[0030] 以上未涉及之处,适用于现有技术。

[0031] 虽然已经通过示例对本发明的一些特定实施例进行了详细说明,但是本领域的技术人员应该理解,以上示例仅是为了进行说明,而不是为了限制本发明的范围,本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例来做出各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,但并不会偏离本发明的方向或者超越所附权利要求书所定义的范围。本领域的技术人员应该理解,凡是依据本发明的技术实质对以上实施方式所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围。



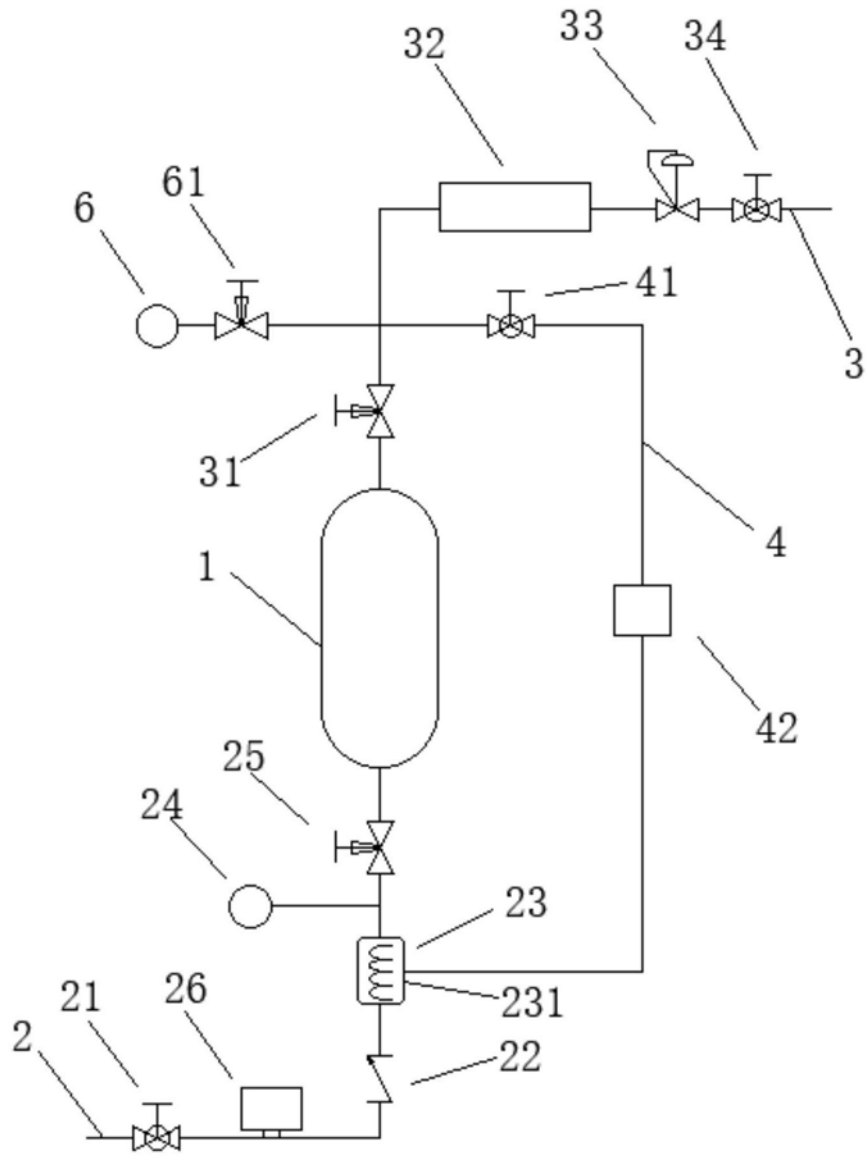


图1

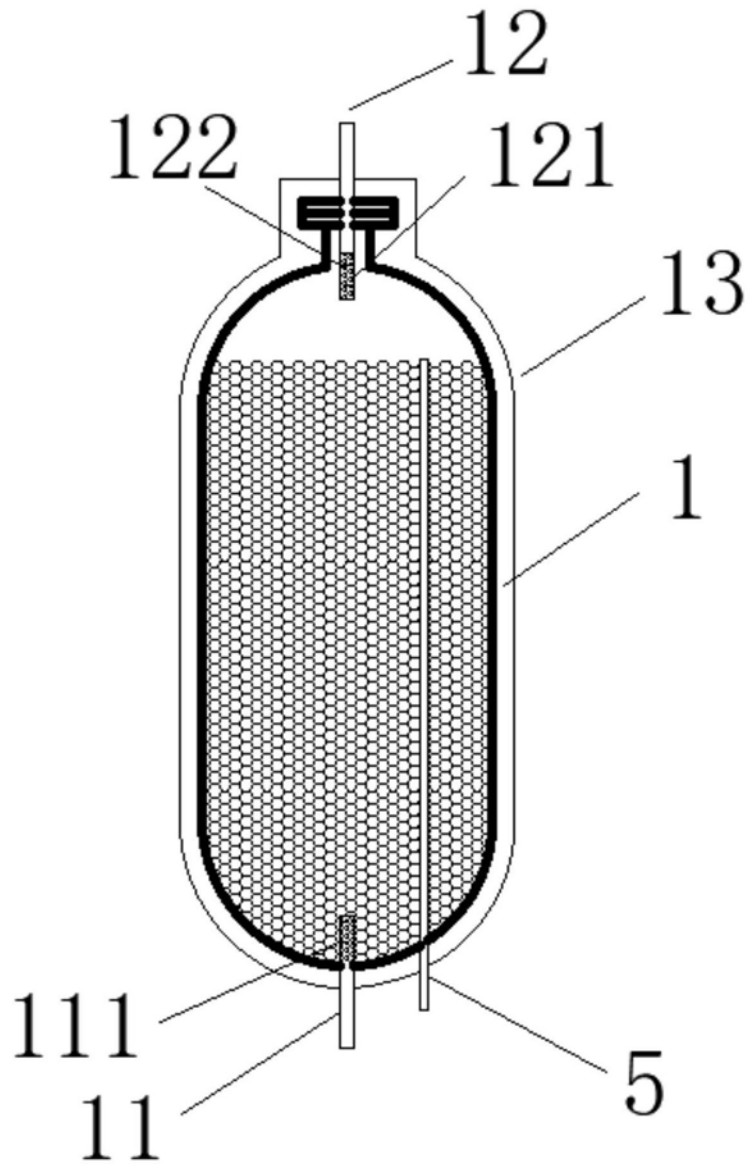


图2