



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109738486 A

(43)申请公布日 2019.05.10

(21)申请号 201910059009.2

(22)申请日 2019.01.22

(71)申请人 华北水利水电大学

地址 450011 河南省郑州市金水区北环路36号

(72)发明人 王为术 刘军 邹建新 闫友志 郑毫楠 马自强 刘兵银

(74)专利代理机构 郑州联科专利事务所(普通合伙) 41104

代理人 刘建芳

(51)Int.Cl.

G01N 25/48(2006.01)

G01R 31/378(2019.01)

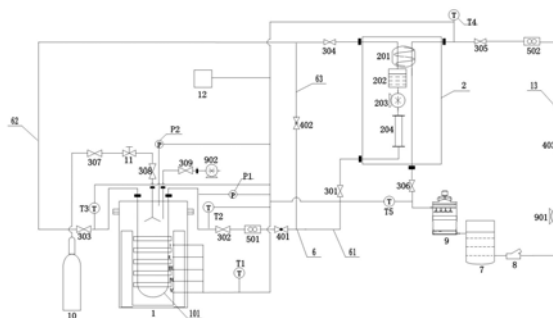
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种氢化镁燃料电池吸放H2热管理试验装置及试验方法

(57)摘要

本发明公开了一种氢化镁燃料电池吸放H2热管理试验装置和试验方法,包括氢气支路、反应罐、控温装置以及导热油管道,氢气支路与反应罐相连通,控温装置包括加热单元和冷却单元,加热单元包括油箱、油泵以及加热器;冷却单元包括冷却水管道,导热油管道的热交换段与冷却水管道之间通过热交换器进行热传递。试验方法包括检查气密性,抽真空激活镁块、回路启动与运行、启动油泵,打开加热段内的加热器、进行试验、回路关闭。本发明能够实现试验参数简便快速的调节的同时又能够确保氢化镁始终处在最佳的热环境下循环运行。该热管理试验装置试验时处于低压状态,安全经济。



1. 一种氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置,包括氢气支路、反应罐、控温装置以及导热油管道,氢气支路与反应罐相连通,所述反应罐内设有换热管,所述控温装置通过导热油管道连通所述换热管,进而与反应罐内物质进行热传递,其特征在于:所述控温装置包括加热单元和冷却单元,所述加热单元包括油箱、油泵以及加热器;所述导热油管道一端设有热交换段,另一端设有加热段,所述热交换段与油箱相连通,所述油箱与油泵的输入端相连通,所述加热段与油泵的输出端相连通,加热器设置在所述加热段内;所述冷却单元包括冷却水管道,所述冷却水管道连通冷却水源,所述导热油管道的热交换段与冷却水管道之间通过热交换器进行热传递,所述导热油管道上设有第一调节阀、第一流量计、第二热电偶、第三热电偶以及第一压力计,所述第二热电偶和第三热电偶分别设置在所述换热管的上游和下游。

2. 根据权利要求1所述氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置,其特征在于:所述导热油管道包括主管路、第一支管路和第二支管路,第一支管路和第二支管路之间并联,三者与所述加热单元共同形成导热油循环回路;反应罐内的换热管连接在第一支管路上,所述第二支管路上设有第二调节阀。

3. 根据权利要求2所述氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置,其特征在于:所述主管路分为前后两段,分别设有第一截止阀和第四截止阀;所述第一支管路上设有第二截止阀和第三截止阀,第二截止阀和第三截止阀分别位于第二热电偶的上游和第三热电偶的下游。

4. 根据权利要求3所述氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置,其特征在于:所述冷却单元还包括依次串联在冷却水管道上的第六截止阀、第五热电偶、冷却塔、水箱、过滤器、离心泵、第三调节阀、第二流量阀、第五截止阀、第四热电偶,冷却水管道上设置的换热段位于第六截止阀和第四热电偶之间。

5. 根据权利要求3所述氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置,其特征在于:所述冷却水管道包括进水口和出水口,所述进水口连接自来水管,冷却水管道上从进水口到出水口依次设有过滤器、第三调节阀、第二流量阀、第五截止阀、第四热电偶、换热段、第五热电偶以及第六截止阀。

6. 根据权利要求4或5所述氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置,其特征在于:所述氢气支路包括储气罐、送气管道、真空泵以及抽真空管道,所述储气罐通过送气管道与反应罐相连通,所述送气管道上设有第七截止阀、压力调节阀以及第八截止阀,真空泵通过抽真空管道与反应罐相连通,所述抽真空管道上设有第九截止阀,所述反应罐设有第二压力计。

7. 根据权利要求6所述氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置,其特征在于:还包括可编辑控制器以及第一热电偶,所述储气罐内换热管内设有多个温度测点,所述多个温度测点与第一热电偶相连接,所述第一热电偶、第二热电偶、第三热电偶、第四热电偶、第五热电偶、第一压力计以及第二压力计均与可编辑控制器通过信号传输线路相连接共同组成数据采集装置。

8. 根据权利要求7所述氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置,其特征在于:所述导热油管道为316L不锈钢制成。

9. 根据权利要求8所述氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置,其特征在于:所述反应罐外表面包裹保温层,所述保温层为150-200mm的硅酸铝保温棉。

10. 一种基于权利要求9所述的热管理试验装置的试验方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、检查气密性,抽真空激活镁块,试验开启前,打开第五截止阀和压力调节阀,调节压力调节阀对氢化镁反应罐进行充氢检漏试验,确保管道在大流量下无泄漏,用真空泵将反应罐抽成真空状态;打开第一截止阀、第二截止阀、第三截止阀以及第四截止阀,启动油泵,打开加热器,调节第一调节阀、第二调节阀控制高温导热油流量,将反应罐中镁块加热至预定温度;关闭油泵,关闭加热段内的加热器以及第一调节阀、第二调节阀完成镁块激活;

S2、回路启动与运行,启动数据采集装置,保证各热电偶、压力计工作正常;打开冷却水管道上的第五截止阀、第六截止阀、第三调节阀,启动离心泵,通过调节第三调节阀来调节冷却水流量;

S3、启动油泵,打开加热段内的加热器,当导热油温度升高达到试验要求时,打开第一调节阀,通过调节第一调节阀、第二调节阀从零开始缓慢调节流量,使系统压力和流量稳定维持在设定的试验参数;

S4、进行试验,打开氢气储气罐阀门,调节压力调节阀达到所需压力控制流量,记录数据,通过调节各个回路调节阀来保持试验段内流速、压力和温度,待稳定通过可编程控制器采集试验所得的流速、压力和温度数据;

S5、回路关闭,实验数据采集完毕后,关闭氢气支路;关闭加热器,待高温导热油降低到一定温度后,关闭冷却水离心泵,停止冷却水循环;关闭第一截止阀,待导热油流回油箱后关油泵,最后关闭回路各部分采集设备及所有阀门。

## 一种氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置及试验方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及氢燃料电池领域,尤其是涉及一种氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置及其试验方法。

### 背景技术

[0002] 氢能作为国际公认的清洁能源,具有高效、运行温度低、启动快、能量密度高和功率密度高的独特优势,将是未来地球能源、社会清洁能源主角。发展高效、安全储氢材料和技术为氢燃料电池车及各种军用、民用便携式电源提供移动氢源是氢能应用的关键环节。镁作为金属储氢领域的一种重要的储氢材料,具有储氢密度高(储氢量7.6wt%)、资源丰富、吸放氢平台好,无污染等优点,在氢气发电系统移动式应用领域中越来越广泛。

[0003] 考虑到储氢材料吸放H<sub>2</sub>过程的约束条件和对热环境的要求,在氢和镁块的反应过程中,氢化镁易热分解生成氢氧化镁,附着在未反应的镁块上,阻止反应的进一步进行,因此要想进一步提高氢化镁的储氢密度,经济高效地实现氢气的利用,就必须保证反应过程处在一定的温度范围内,设计合理的热管理试验系统对于镁储氢的可靠、高效运行就显得尤为重要。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的针对MgH<sub>2</sub>燃料电池吸H<sub>2</sub>放H<sub>2</sub>过程约束条件和要求及现有试验系统的不足的特点,提供一种氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置及其试验方法。

[0005] 为达到上述目的,采用以下技术方案。

[0006] 一种氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置,包括氢气支路、反应罐、控温装置以及导热油管道,氢气支路与反应罐相连通,所述反应罐内设有换热管,所述控温装置通过导热油管道连通所述换热管,进而与反应罐内物质进行热传递,所述控温装置包括加热单元和冷却单元,所述加热单元包括油箱、油泵以及加热器;加热器采用多功率控制点加热管式加热器。

[0007] 所述导热油管道一端设有热交换段,另一端设有加热段,所述热交换段与油箱相连通,所述油箱与油泵的输入端相连通,所述加热段与油泵的输出端相连通,加热器设置在所述加热段内;所述冷却单元包括冷却水管道,所述冷却水管道连通冷却水源,所述导热油管道的热交换段与冷却水管道之间通过热交换器进行热传递,所述导热油管道上设有第一调节阀、第一流量计、第二热电偶、第三热电偶以及第一压力计,所述第二热电偶和第三热电偶分别设置在所述换热管的上游和下游。

[0008] 所述导热油管道包括主管路、第一支管路和第二支管路,第一支管路和第二支管路之间并联,三者与所述加热单元共同形成导热油循环回路;反应罐内的换热管连接在第一支管路上,所述第二支管路上设有第二调节阀。

[0009] 所述主管路分为前后两段,分别设有第一截止阀和第四截止阀;所述第一支管路上设有第二截止阀和第三截止阀,第二截止阀和第三截止阀分别位于第二热电偶的上游和

第三热电偶的下游。

[0010] 控温装置输出的导热油经过设有第一截止阀的主管路一分为二：一路经过第一调节阀、第一流量计、第二截止阀与氢化镁反应罐换热管进口连接，另一路旁经第二支管路回到主管路上，氢化镁反应罐的换热管出口经过依次布置的第三截止阀与控温装置连接，以上构成高温导热油循环回路；通过第二支管路的旁路回流，导热油管道在回流控温装置时流量稳定，更利于导热油温度的控制。

[0011] 所述冷却单元还包括依次串联在冷却水管道上的第六截止阀、第五热电偶、冷却塔、水箱、过滤器、离心泵、第三调节阀、第二流量阀、第五截止阀、第四热电偶，冷却水管道上设置的换热段位于第六截止阀和第四热电偶之间。冷却水循环回路设有冷却塔，防止由于试验长期连续运行导致循环水温度升高。

[0012] 所述冷却水管道包括进水口和出水口，所述进水口连接自来水管，冷却水管道上从进水口到出水口依次设有过滤器、第三调节阀、第二流量阀、第五截止阀、第四热电偶、换热段、第五热电偶以及第六截止阀。

[0013] 所述氢气支路包括储气罐、送气管道、真空泵以及抽真空管道，所述储气罐通过送气管道与反应罐相通，所述送气管道上设有第七截止阀、压力调节阀以及第八截止阀，真空泵通过抽真空管道与反应罐相通，所述抽真空管道上设有第九截止阀，所述反应罐设有第二压力计。

[0014] 还包括可编辑控制器以及第一热电偶，所述储气罐内换热管内设有多个温度测点，所述多个温度测点与第一热电偶相连接，所述第一热电偶、第二热电偶、第三热电偶、第四热电偶、第五热电偶、第一压力计以及第二压力计均与可编辑控制器通过信号传输线路相连接共同组成数据采集装置。

[0015] 所述导热油管道为316L不锈钢制成。

[0016] 所述反应罐外表面包裹保温层，所述保温层为150-200mm的硅酸铝保温棉。

[0017] 一种热管理试验装置的试验方法，包括以下步骤：

一、检查气密性，抽真空激活镁块，试验开启前，打开第五截止阀和压力调节阀，调节压力调节阀对氢化镁反应罐进行充氢检漏试验，确保管道在大流量下无泄漏，用真空泵将反应罐抽成真空状态；打开第一截止阀、第二截止阀、第三截止阀以及第四截止阀，启动油泵，打开加热器，调节第一调节阀、第二调节阀控制高温导热油流量，将反应罐中镁块加热至预定温度；关闭油泵，关闭加热段内的加热器以及第一调节阀、第二调节阀完成镁块激活；

二、回路启动与运行，启动数据采集装置，保证各热电偶、压力计工作正常；打开冷却水管道上的第五截止阀、第六截止阀、第三调节阀，启动离心泵，通过调节第三调节阀来调节冷却水流量；

三、启动油泵，打开加热段内的加热器，当导热油温度升高达到试验要求时，打开第一调节阀，通过调节第一调节阀、第二调节阀从零开始缓慢调节流量，使系统压力和流量稳定维持在设定的试验参数；

四、进行试验，打开氢气储气罐阀门，调节压力调节阀达到所需压力控制流量，记录数据，通过调节各个回路调节阀来保持试验段内流速、压力和温度，待稳定通过可编程控制器采集试验所得的流速、压力和温度数据；

五、回路关闭，实验数据采集完毕后，关闭氢气支路；关闭加热器，待高温导热油降低到

一定温度后,关闭冷却水离心泵,停止冷却水循环;关闭第一截止阀,待导热油流回油箱后关油泵,最后关闭回路各部分采集设备及所有阀门。

[0018] 该热管理试验装置通过加热单元和冷却单元控制导热油管道中导热油的温度,通过第一流量计测算流过导热油的流量;通过第二热电偶和第三热电偶测算反应罐内镁块吸收的热量或失去的热量,能够满足研究氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验领域中高温物质在管壳式换热器中流动换热特性的要求;该热管理试验装置试验时处于低压状态,安全经济。

## 附图说明

[0019] 图1是实施例1的结构示意图;

图2是实施例2的结构示意图。

## 具体实施方式

[0020] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式,熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效。

[0021] 请参阅图1。本说明书所附图所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容能涵盖的范围内。同时,本说明书中所引用的如“上”、“下”、“左”、“右”、“中间”及“一”等的用语,亦仅为便于叙述的明了,而非用以限定本发明可实施的范围,其相对关系的改变或调整,在无实质变更技术内容下,当亦视为本发明可实施的范畴。

### [0022] 实施例1

如图1所示,一种氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验装置,包括氢气支路、反应罐1、控温装置2以及导热油管道6,氢气支路与反应罐1相连通,所述反应罐1内设有换热管101,所述控温装置2通过导热油管道6连通所述换热管101,进而与反应罐1内物质进行热传递,所述控温装置2包括加热单元和冷却单元,所述加热单元包括油箱202、油泵203以及加热器204;加热器204采用多功率控制点加热管式加热元件。

[0023] 所述导热油管道6一端设有热交换段,另一端设有加热段,所述热交换段与油箱202相连通,所述油箱202与油泵203的输入端相连通,所述加热段与油泵203的输出端相连通,加热器204设置在所述加热段内;所述冷却单元包括冷却水管道13,所述冷却水管道13连通冷却水源,所述导热油管道6的热交换段与冷却水管道13之间通过热交换器进行热传递,所述导热油管道6上设有第一调节阀401、第一流量计501、第二热电偶T2、第三热电偶T3以及第一压力计P1,所述第二热电偶T2和第三热电偶T3分别设置在所述换热管101的上游和下游。

[0024] 所述导热油管道6包括主管路61、第一支管路62和第二支管路63,第一支管路62和第二支管路63之间并联,三者与所述加热单元共同形成导热油循环回路;反应罐1内的换热管101连接在第一支管路62上,所述第二支管路63上设有第二调节阀402。

[0025] 所述主管路61分为前后两段,分别设有第一截止阀301和第四截止阀304;所述第

一支管路62上设有第二截止阀302和第三截止阀303,第二截止阀302和第三截止阀303分别位于第二热电偶T2的上游和第三热电偶T3的下游。

[0026] 控温装置2输出的导热油经过设有第一截止阀301的主管路61一分为二:一路经过第一调节阀401、第一流量计501、第二截止阀302与氢化镁反应罐1换热管101进口连接,另一路旁经第二支管路63回到主管路61上,氢化镁反应罐1的换热管101出口经过依次布置的第三截止阀303与控温装置2连接,以上构成高温导热油循环回路;通过第二支管路63的旁路回流,导热油管道6在回流控温装置2时流量稳定,更利于导热油温度的控制。

[0027] 该实施例的冷却单元为闭式,其包括依次串联在冷却水管道13上的第六截止阀306、第五热电偶T5、冷却塔9、水箱7、过滤器8、离心泵901、第三调节阀403、第二流量阀502、第五截止阀305、第四热电偶T4,冷却水管道13上设置的换热段位于第六截止阀306和第四热电偶T4之间。冷却水循环回路设有冷却塔9,防止由于试验长期连续运行导致循环水温度升高。水箱7中冷却水必须在安全水位以上,冷却水从水箱7中流出通过离心泵901加压后,通过第三调节阀403、第二电磁流量计进行测量调节,进入密封式高温循环换热装置对装置进行冷却,然后从密封式高温循环换热装置冷却水出口流来,通过第六截止阀306、小型冷却塔9进行循环水冷却,确保循环冷却水能够带走高温导热油中的热量。

[0028] 所述氢气支路包括储气罐10、送气管道、真空泵902以及抽真空管道,所述储气罐10通过送气管道与反应罐1相连通,所述送气管道上设有第七截止阀307、压力调节阀11以及第八截止阀308,真空泵902通过抽真空管道与反应罐1相连通,所述抽真空管道上设有第九截止阀309,所述反应罐1设有第二压力计P2。

[0029] 还包括可编辑控制器12以及第一热电偶T1,所述储气罐10内换热管101内设有多个温度测点,所述多个温度测点与第一热电偶T1相连接,所述第一热电偶T1、第二热电偶T2、第三热电偶T3、第四热电偶T4、第五热电偶T5、第一压力计P1以及第二压力计P2均与可编辑控制器12通过信号传输线路相连接共同组成数据采集装置。

[0030] 所述导热油管道6为316L不锈钢制成。

[0031] 所述反应罐1外表面包裹保温层,所述保温层为150-200mm的硅酸铝保温棉。

[0032] 实施例2

如图2所示,其与实施例1的区别在于冷却单元为开式,所述冷却水管道13包括进水口和出水口,所述进水口连接自来水管,冷却水管道13上从进水口到出水口依次设有过滤器8、第三调节阀403、第二流量阀502、第五截止阀305、第四热电偶T4、换热段、第五热电偶T5以及第六截止阀306。

[0033] 开式热管理实验装置由高温部分和低温部分两个独立的循环回路构成,分别是高温导热油循环回路和冷却水换热循环回路系统,高温导热油循环回路介质为高温导热油,冷却水换热循环回路介质为水。在高温导热油循环回路中,高温导热油在密封式通过加热段内的电加热管加热,加热至预定的时间或指定的温度范围后,通过经过第一截止阀301后分为两路,旁路经过旁路管道上的第二调节阀402连接到主路上的第四截止阀304直接回至油箱202中,主路通过管道连接经第一调节阀401、第一流量计501、第二截止阀302、第二热电偶T2、第一压力计P1进入氢化镁反应罐1,对镁块进行加热后,从氢化镁反应罐1换热管101的导热油出口流出,经过第三截止阀303、第四截止阀304回到密封式高温循环换热装置,完成一次循环,冷却水换热循环回路中冷却水使用自来水,进口温度温当前试验环境下

水箱7循环水温度,冷却水从进水口流入后通过离心泵901加压后,通过第三调节阀403、第二流量计进行测量调节,进入换热段通过热交换器对导热油进行冷却,然后从出水口流出,通过第六截止阀306排至下水道。确保循环冷却水能够带走高温导热油中的热量。

[0034] 试验系统中第一流量计501、第二流量计采用电磁流量计,测量高温流体侧导热油和冷流体侧回路中水的流量。在氢化镁反应罐1试验装置换热管101进、出口布置了测温点通过第二电热偶、第三电热偶以测量高温导热油的进出口温度差;在氢化镁反应罐1内高温导热油中也布置有温度测点(I、II…);在氢化镁反应罐1体中间处布置多个温度测点和一个压力测点直接测量镁块固体温度和反应罐1内部压力;在冷却水进入换热段和流出换热段之后也布置了测温点通过第四热电偶T4、第五热电偶T5以监测温度;通过监测系统对储氢装置、燃料电池工作状态监控和热管理系统换热性能的监控,并将监测系统数据传递给可编辑控制器12,由可编辑控制器12作出响应,达到调节换热系统的目的,确保换热系统的安全可靠高效。

[0035] 一种热管理试验装置的试验方法,包括以下步骤:

一、检查气密性,抽真空激活镁块,试验开启前,打开第五截止阀305和压力调节阀11,调节压力调节阀11对氢化镁反应罐1进行充氢检漏试验,确保管道在大流量下无泄漏,用真空泵902将反应罐1抽成真空状态;打开第一截止阀301、第二截止阀302、第三截止阀303以及第四截止阀304,启动油泵203,打开加热器204,调节第一调节阀401、第二调节阀402控制高温导热油流量,将反应罐1中镁块加热至预定温度;关闭油泵203,关闭加热段内的加热器204以及第一调节阀401、第二调节阀402完成镁块激活;

二、回路启动与运行,启动数据采集装置,保证各热电偶、压力计工作正常;打开冷却水管道13上的第五截止阀305、第六截止阀306、第三调节阀403,启动离心泵901,通过调节第三调节阀403来调节冷却水流量;

三、启动油泵203,打开加热段内的加热器204,当导热油温度升高达到试验要求时,打开第一调节阀401,通过调节第一调节阀401、第二调节阀402从零开始缓慢调节流量,使系统压力和流量稳定维持在设定的试验参数;

四、进行试验,打开氢气储气罐10阀门,调节压力调节阀11达到所需压力控制流量,记录数据,通过调节各个回路调节阀来保持试验段内流速、压力和温度,待稳定通过可编程控制器采集试验所得的流速、压力和温度数据;

五、回路关闭,实验数据采集完毕后,关闭氢气支路;关闭加热器204,待高温导热油降低到一定温度后,关闭冷却水离心泵901,停止冷却水循环;关闭第一截止阀301,待导热油流回油箱202后关油泵203,最后关闭回路各部分采集设备及所有阀门。

[0036] 该通过加热单元和冷却单元控制导热油管道6中导热油的温度,通过第一流量计501测算流过导热油的流量;通过第二热电偶T2和第三热电偶T3测算反应罐1内镁块吸收的热量或失去的热量,能够满足研究氢化镁燃料电池吸放H<sub>2</sub>热管理试验领域中高温物质在管壳式换热器中流动换热特性的要求;本发明还提供了该热管理试验装置的试验方法;本发明能够实现试验参数简便快速的调节的同时又能够确保氢化镁始终处在最佳的热环境下循环运行。该热管理试验装置试验时处于低压状态,安全经济。

[0037] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因



此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

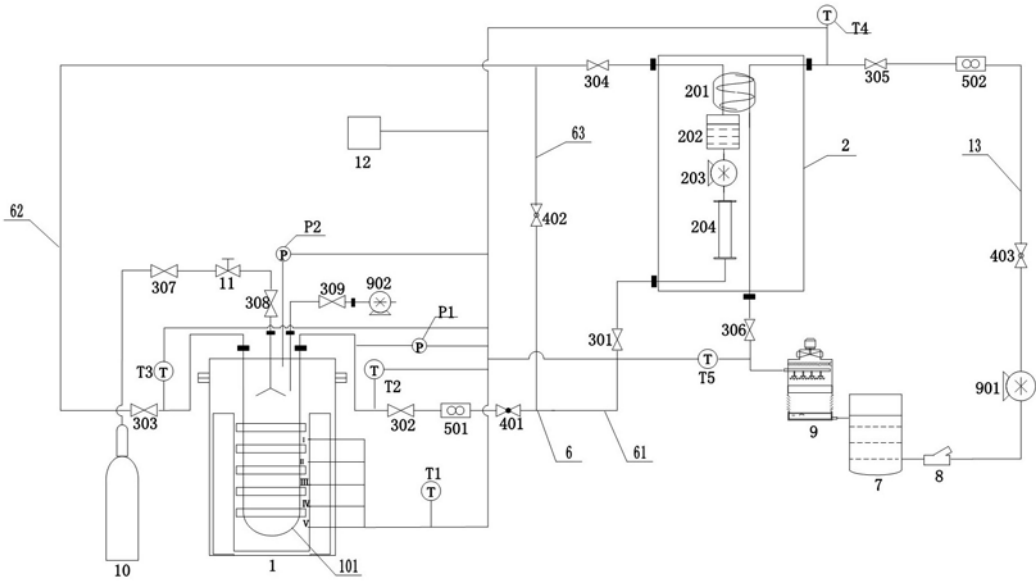


图1

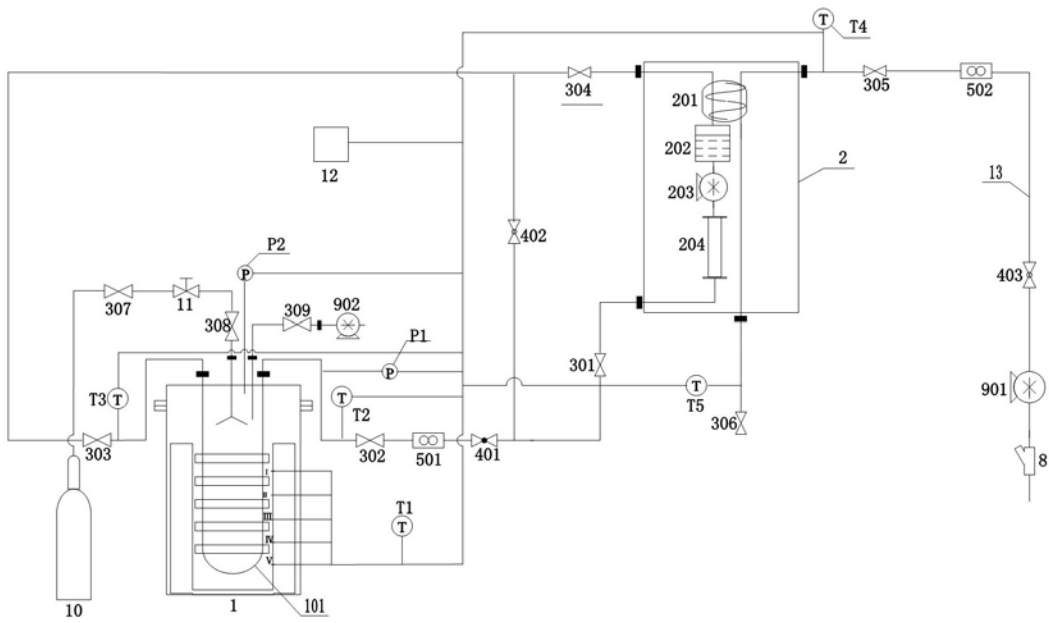


图2