



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110712496 B

(45) 授权公告日 2020.12.11

(21) 申请号 201911000978.7

B60H 1/22 (2006.01)

(22) 申请日 2019.10.21

B60L 58/34 (2019.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H01M 8/04029 (2016.01)

申请公布号 CN 110712496 A

审查员 黄波

(43) 申请公布日 2020.01.21

(73) 专利权人 上海捷氢科技有限公司

地址 201804 上海市嘉定区安拓路56弄17号10单元

(72) 发明人 吕家明 唐炯 李芸 赵婧芸 姜峻岭

(74) 专利代理机构 北京信远达知识产权代理有限公司 11304

代理人 赵兴华

(51) Int. Cl.

B60H 1/00 (2006.01)

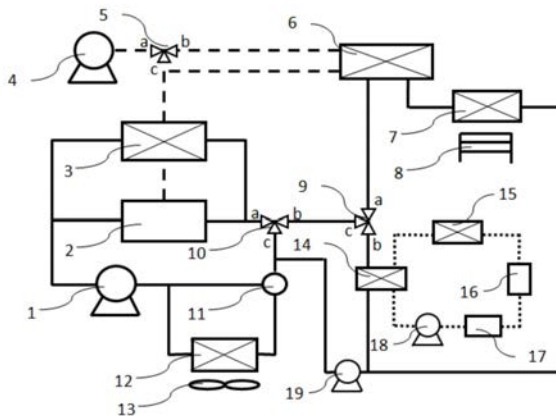
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种燃料电池车辆的热管理系统

(57) 摘要

本申请提供了一种燃料电池车辆的热管理系统,通过调节所述空气三通阀、所述第一冷却液三通阀和所述第二冷却液三通阀的导通状态,以使所述热管理系统处于普通工作模式、乘客舱供暖模式和动力电池加热模式,实现了同一热管理系统在不同工作模式进行工作的目的。



1. 一种燃料电池车辆的热管理系统,其特征在于,所述热管理系统包括:水泵、电堆、第一水空中冷器、空压机、空气三通阀、第二水空中冷器、暖风芯体、第一冷却液三通阀、第二冷却液三通阀、液液换热器和动力电池温度管理子系统;

其中,通过调节所述空气三通阀、所述第一冷却液三通阀和所述第二冷却液三通阀的导通状态,以使所述热管理系统处于普通工作模式、乘客舱供暖模式和动力电池加热模式;

所述热管理系统还包括:节温器、散热器和散热风扇;

其中,所述节温器用于进行温度检测;

所述散热器和所述散热风扇用于降温处理;

所述热管理系统还包括:鼓风机和辅助水泵;

其中,所述鼓风机在所述热管理系统处于所述乘客舱供暖模式时进行工作;

所述辅助水泵用于增压处理;

当所述热管理系统处于所述乘客舱供暖模式时,

所述水泵对冷却液做功,分别流入所述电堆和所述第一水空中冷器,进行散热处理;

温度升高的冷却液依次经过所述第二冷却液三通阀和所述第一冷却液三通阀,控制所述第二冷却液三通阀和所述第一冷却液三通阀的导通状态,以使冷却液进入所述第二水空中冷器;

所述空压机将压缩后的空气经过所述空气三通阀,控制所述空气三通阀的导通状态,以使压缩后的空气进入所述第二水空中冷器,进一步对冷却液进行升温处理;

升温处理后的冷却液进入所述暖风芯体,结合所述鼓风机将空气强制吹过所述暖风芯体,再进入乘客舱,以对乘客舱进行供暖;

具体的,所述水泵的一端分别与所述电堆和所述第一水空中冷器连接,所述电堆和所述第一水空中冷器连接,所述空压机、所述第一水空中冷器和所述第二水空中冷器分别与所述空气三通阀的三个端口连接,所述电堆和所述第一水空中冷器还分别与所述第二冷却液三通阀的第一个端口连接,所述第二水空中冷器还分别与所述暖风芯体和所述第一冷却液三通阀的第一个端口连接,所述第一冷却液三通阀的第二个端口与所述第二冷却液三通阀的第二个端口连接,所述液液换热器分别与所述第一冷却液三通阀的第三个端口、所述暖风芯体以及所述动力电池温度管理子系统连接;

所述辅助水泵分别与所述暖风芯体和所述液液换热器的连接节点以及所述第二冷却液三通阀的第三个端口连接;

所述节温器分别与所述水泵的另一端、所述散热器以及所述第二冷却液三通阀的第三个端口连接;

所述散热器还与所述水泵的另一端连接;

所述散热风扇用于对所述散热器进行散热处理。

2. 根据权利要求1所述的热管理系统,其特征在于,当所述热管理系统处于所述普通工作模式时,

所述水泵对冷却液做功,分别流入所述电堆和所述第一水空中冷器,进行散热处理;

温度升高的冷却液经过所述第二冷却液三通阀,控制所述第二冷却液三通阀的导通状态,以使冷却液进入所述节温器;

当冷却液的温度低于预设阈值时,则流入所述水泵;

当冷却液的温度高于所述预设阈值时,则流入所述散热器,结合所述散热风扇,对冷却液进行降温处理,再流入所述水泵。

3. 根据权利要求1所述的热管理系统,其特征在于,当所述热管理系统处于所述乘客舱供暖模式时,

经过所述暖风芯体的冷却液,经过所述辅助水泵,流入所述节温器;

当冷却液的温度低于预设阈值时,则流入所述水泵;

当冷却液的温度高于所述预设阈值时,则流入所述散热器,结合所述散热风扇,对冷却液进行降温处理,再流入所述水泵。

4. 根据权利要求1所述的热管理系统,其特征在于,所述动力电池温度管理子系统包括:

板式换热器、水暖PTC、动力电池电芯和动力电池水泵。

5. 根据权利要求4所述的热管理系统,其特征在于,当所述热管理系统处于所述动力电池加热模式时,

所述水泵对冷却液做功,分别流入所述电堆和所述第一水空中冷器,进行散热处理;

温度升高的冷却液依次经过所述第二冷却液三通阀和所述第一冷却液三通阀,控制所述第二冷却液三通阀和所述第一冷却液三通阀的导通状态,以使冷却液进入所述液液换热器;

所述动力电池水泵用于给所述液液换热器中的冷却液进行加压处理,再进入所述动力电池电芯进行加热;

所述板式换热器用于给所述动力电池电芯进行降温处理;

所述水暖PTC用于给所述动力电池电芯进行辅助加热。

6. 根据权利要求5所述的热管理系统,其特征在于,当所述热管理系统处于所述动力电池加热模式时,

经过所述液液换热器的冷却液,经过所述辅助水泵,流入所述节温器;

当冷却液的温度低于预设阈值时,则流入所述水泵;

当冷却液的温度高于所述预设阈值时,则流入所述散热器,结合所述散热风扇,对冷却液进行降温处理,再流入所述水泵。

## 一种燃料电池车辆的热管理系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及整车控制技术领域,更具体地说,涉及一种燃料电池车辆的热管理系统。

### 背景技术

[0002] 目前燃料电池车辆的采暖主要采用PTC或利用燃料电池冷却液的余热进行加热,而动力电池加热则主要以PTC为主。

[0003] 但是,采用PTC加热,其是直接将高品质的电能转变为低品质的热能,显然不够经济。

[0004] 采用燃料电池冷却液的余热,因燃料电池工作特性,温度不是很高,很大一部分工况在70℃-80℃左右,直接用于采暖温度不够高,往往还需要使用PTC来补充加热。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,为解决上述问题,本发明提供一种燃料电池车辆的热管理系统,技术方案如下:

[0006] 一种燃料电池车辆的热管理系统,所述热管理系统包括:水泵、电堆、第一水空中冷器、空压机、空气三通阀、第二水空中冷器、暖风芯体、第一冷却液三通阀、第二冷却液三通阀、液液换热器和动力电池温度管理子系统;

[0007] 其中,通过调节所述空气三通阀、所述第一冷却液三通阀和所述第二冷却液三通阀的导通状态,以使所述热管理系统处于普通工作模式、乘客舱供暖模式和动力电池加热模式。

[0008] 优选的,在上述热管理系统中,所述热管理系统还包括:节温器、散热器和散热风扇;

[0009] 其中,所述节温器用于进行温度检测;

[0010] 所述散热器和所述散热风扇用于降温处理。

[0011] 优选的,在上述热管理系统中,当所述热管理系统处于所述普通工作模式时,

[0012] 所述水泵对冷却液做功,分别流入所述电堆和所述第一水空中冷器,进行散热处理;

[0013] 温度升高的冷却液经过所述第二冷却液三通阀,控制所述第二冷却液三通阀的导通状态,以使冷却液进入所述节温器;

[0014] 当冷却液的温度低于预设阈值时,则流入所述水泵;

[0015] 当冷却液的温度高于所述预设阈值时,则流入所述散热器,结合所述散热风扇,对冷却液进行降温处理,再流入所述水泵。

[0016] 优选的,在上述热管理系统中,所述热管理系统还包括:鼓风机和辅助水泵;

[0017] 其中,所述鼓风机在所述热管理系统处于所述乘客舱供暖模式时进行工作;

[0018] 所述辅助水泵用于增压处理。

- [0019] 优选的,在上述热管理系统中,当所述热管理系统处于所述乘客舱供暖模式时,
- [0020] 所述水泵对冷却液做功,分别流入所述电堆和所述第一水空中冷器,进行散热处理;
- [0021] 温度升高的冷却液依次经过所述第二冷却液三通阀和所述第一冷却液三通阀,控制所述第二冷却液三通阀和所述第一冷却液三通阀的导通状态,以使冷却液进入所述第二水空中冷器;
- [0022] 所述空压机将压缩后的空气经过所述空气三通阀,控制所述空气三通阀的导通状态,以使压缩后的空气进入所述第二水空中冷器,进一步对冷却液进行升温处理;
- [0023] 升温处理后的冷却液进入所述暖风芯体,结合所述鼓风机将空气强制吹过所述暖风芯体,再进入乘客舱,以对乘客舱进行供暖。
- [0024] 优选的,在上述热管理系统中,当所述热管理系统处于所述乘客舱供暖模式时,
- [0025] 经过所述暖风芯体的冷却液,经过所述辅助水泵,流入所述节温器;
- [0026] 当冷却液的温度低于预设阈值时,则流入所述水泵;
- [0027] 当冷却液的温度高于所述预设阈值时,则流入所述散热器,结合所述散热风扇,对冷却液进行降温处理,再流入所述水泵。
- [0028] 优选的,在上述热管理系统中,所述动力电池温度管理子系统包括:
- [0029] 板式换热器、水暖PTC、动力电池电芯和动力电池水泵。
- [0030] 优选的,在上述热管理系统中,当所述热管理系统处于所述动力电池加热模式时,
- [0031] 所述水泵对冷却液做功,分别流入所述电堆和所述第一水空中冷器,进行散热处理;
- [0032] 温度升高的冷却液依次经过所述第二冷却液三通阀和所述第一冷却液三通阀,控制所述第二冷却液三通阀和所述第一冷却液三通阀的导通状态,以使冷却液进入所述液液换热器;
- [0033] 所述动力电池水泵用于给所述液液换热器中的冷却液进行加压处理,再进入所述动力电池电芯进行加热;
- [0034] 所述板式换热器用于给所述动力电池电芯进行降温处理;
- [0035] 所述水暖PTC用于给所述动力电池电芯进行辅助加热。
- [0036] 优选的,在上述热管理系统中,当所述热管理系统处于所述动力电池加热模式时,
- [0037] 经过所述液液换热器的冷却液,经过所述辅助水泵,流入所述节温器;
- [0038] 当冷却液的温度低于预设阈值时,则流入所述水泵;
- [0039] 当冷却液的温度高于所述预设阈值时,则流入所述散热器,结合所述散热风扇,对冷却液进行降温处理,再流入所述水泵。
- [0040] 相较于现有技术,本发明实现的有益效果为:
- [0041] 本发明提供的热管理系统,通过调节所述空气三通阀、所述第一冷却液三通阀和所述第二冷却液三通阀的导通状态,以使所述热管理系统处于普通工作模式、乘客舱供暖模式和动力电池加热模式,实现了同一热管理系统在不同工作模式进行工作的目的。

## 附图说明

- [0042] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现

有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0043] 图1为本发明实施例提供的一种燃料电池车辆的热管理系统的示意图;

[0044] 图2为本发明实施例提供的一种燃料电池车辆的热管理系统处于普通工作模式下的示意图;

[0045] 图3为本发明实施例提供的一种燃料电池车辆的热管理系统处于乘客舱供暖模式下的示意图;

[0046] 图4为本发明实施例提供的一种燃料电池车辆的热管理系统处于动力电池加热模式下的示意图。

### 具体实施方式

[0047] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0048] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0049] 参考图1,图1为本发明实施例提供的一种燃料电池车辆的热管理系统的示意图。

[0050] 所述热管理系统包括:水泵1、电堆2、第一水空中冷器3、空压机4、空气三通阀5、第二水空中冷器6、暖风芯体7、第一冷却液三通阀9、第二冷却液三通阀10、液液换热器14和动力电池温度管理子系统;

[0051] 其中,通过调节所述空气三通阀5、所述第一冷却液三通阀9和所述第二冷却液三通阀10的导通状态,以使所述热管理系统处于普通工作模式、乘客舱供暖模式和动力电池加热模式。

[0052] 在该实施例中,利用一个空气三通阀5和两个冷却液三通阀对空气回路和水回路进行控制和切换,实现了同一热管理系统在不同工作模式进行工作的目的。

[0053] 进一步的,基于本发明上述实施例,如图1所示,

[0054] 所述热管理系统还包括:节温器11、散热器12和散热风扇13;

[0055] 其中,所述节温器11用于进行温度检测;

[0056] 所述散热器12和所述散热风扇13用于降温处理。

[0057] 在该实施例中,所述节温器11、所述散热器12和所述散热风扇13设置于热管理系统的水回路的终端,用于在冷却液回流至水泵1之前,对冷却液进行温度检测,当温度超过预设值时,通过散热器12和散热风扇13进行降温处理,再将冷却液回流至水泵中。

[0058] 进一步的,基于本发明上述实施例,参考图2,图2为本发明实施例提供的一种燃料电池车辆的热管理系统处于普通工作模式下的示意图。

[0059] 当所述热管理系统处于所述普通工作模式时,

[0060] 所述水泵1对冷却液做功,分别流入所述电堆2和所述第一水空中冷器3,进行散热处理;

- [0061] 温度升高的冷却液经过所述第二冷却液三通阀10,控制所述第二冷却液三通阀10的导通状态,以使冷却液进入所述节温器11;
- [0062] 当冷却液的温度低于预设阈值时,则流入所述水泵1;
- [0063] 当冷却液的温度高于所述预设阈值时,则流入所述散热器12,结合所述散热风扇13,对冷却液进行降温处理,再流入所述水泵1。
- [0064] 在该实施例中,在处于普通工作模式时,所述空气三通阀5的a,c路连通,b路关闭,用于将压缩空气通过第一水空中冷器3进行降温处理,再进入电堆2;所述第一冷却液三通阀9的a,c路连通,b路关闭;所述第二冷却液三通阀10的a,c路连通,b路关闭。
- [0065] 此时,所述水泵1对冷却液做功,冷却液分别流入所述电堆2和所述第一水空中冷器3,对其进行散热处理,温度升高的冷却液经过第二冷却液三通阀10的a,c路进入所述节温器11。
- [0066] 若此时冷却液的温度较低时,则冷却液回流至所述水泵1。
- [0067] 若此时冷却液的温度较高时,则冷却液进入散热器12,通过散热风扇13将热量传递给空气,降温后的冷却液再回流至所述水泵1。
- [0068] 以上,完成了整个普通工作模式的循环。
- [0069] 进一步的,基于本发明上述实施例,如图1所示,所述热管理系统还包括:鼓风机8和辅助水泵19;
- [0070] 其中,所述鼓风机8在所述热管理系统处于所述乘客舱供暖模式时进行工作;
- [0071] 所述辅助水泵19用于增压处理。
- [0072] 进一步的,基于本发明上述实施例,参考图3,图3为本发明实施例提供的一种燃料电池车辆的热管理系统处于乘客舱供暖模式下的示意图。
- [0073] 当所述热管理系统处于所述乘客舱供暖模式时,
- [0074] 所述水泵1对冷却液做功,分别流入所述电堆2和所述第一水空中冷器3,进行散热处理;
- [0075] 温度升高的冷却液依次经过所述第二冷却液三通阀10和所述第一冷却液三通阀9,控制所述第二冷却液三通阀10和所述第一冷却液三通阀9的导通状态,以使冷却液进入所述第二水空中冷器6;
- [0076] 所述空压机4将压缩后的空气经过所述空气三通阀5,控制所述空气三通阀5的导通状态,以使压缩后的空气进入所述第二水空中冷器6,进一步对冷却液进行升温处理;
- [0077] 升温处理后的冷却液进入所述暖风芯体7,结合所述鼓风机8将空气强制吹过所述暖风芯体7,再进入乘客舱,以对乘客舱进行供暖。
- [0078] 经过所述暖风芯体7的冷却液,经过所述辅助水泵19,流入所述节温器11;
- [0079] 当冷却液的温度低于预设阈值时,则流入所述水泵1;
- [0080] 当冷却液的温度高于所述预设阈值时,则流入所述散热器12,结合所述散热风扇13,对冷却液进行降温处理,再流入所述水泵1。
- [0081] 在该实施例中,在处于乘客舱供暖模式时,所述空气三通阀5的a,b路连通,c路关闭;所述第一冷却液三通阀9的a,c路连通,b路关闭;所述第二冷却液三通阀10的a,b路连通,c路关闭。
- [0082] 此时,所述水泵1对冷却液做功,冷却液分别流入所述电堆2和所述第一水空中冷

器3,对其进行散热处理,温度升高的冷却液(约70℃-80℃左右)经过所述第二冷却液三通阀10的a,b路及所述第一冷却液三通阀9的c,a路进入所述第二水空中冷器6中。

[0083] 在空气端,经过所述空压机4压缩的空气经过所述空气三通阀5的a,b路进入所述第二水空中冷器6中,进一步加热其中的冷却液(可加热至85℃-95℃)。

[0084] 经过所述第一水空中冷器3和所述第二水空中冷器6加热的冷却液进入所述暖风芯体7中,通过所述鼓风机8强制空气吹过所述暖风芯体7,空气被加热后进入乘客舱进行采暖。

[0085] 经过所述暖风芯体7散热后的冷却液继续经过所述辅助水泵19,节温器11和散热器12后,再次进入水泵。

[0086] 在进入所述节温器11后,若此时冷却液的温度较低时,则冷却液回流至所述水泵1。

[0087] 若此时冷却液的温度较高时,则冷却液进入散热器12,通过散热风扇13将热量传递给空气,降温后的冷却液再回流至所述水泵1。

[0088] 所述辅助水泵19用于给冷却液进行增压处理。

[0089] 以上,完成了整个乘客舱供暖模式的循环。

[0090] 进一步的,基于本发明上述实施例,如图1所示,所述动力电池温度管理子系统包括:

[0091] 板式换热器15、水暖PTC16、动力电池电芯17和动力电池水泵18。

[0092] 进一步的,基于本发明上述实施例,参考图4,图4为本发明实施例提供的一种燃料电池车辆的热管理系统处于动力电池加热模式下的示意图。

[0093] 当所述热管理系统处于所述动力电池加热模式时,

[0094] 所述水泵1对冷却液做功,分别流入所述电堆2和所述第一水空中冷器3,进行散热处理;

[0095] 温度升高的冷却液依次经过所述第二冷却液三通阀10和所述第一冷却液三通阀9,控制所述第二冷却液三通阀10和所述第一冷却液三通阀9的导通状态,以使冷却液进入所述液液换热器14;

[0096] 所述动力电池水泵18用于给所述液液换热器14中的冷却液进行加压处理,再进入所述动力电池电芯17进行加热;

[0097] 所述板式换热器15用于给所述动力电池电芯17进行降温处理;

[0098] 所述水暖PTC16用于给所述动力电池电芯17进行辅助加热。

[0099] 经过所述液液换热器14的冷却液,经过所述辅助水泵19,流入所述节温器11;

[0100] 当冷却液的温度低于预设阈值时,则流入所述水泵1;

[0101] 当冷却液的温度高于所述预设阈值时,则流入所述散热器12,结合所述散热风扇13,对冷却液进行降温处理,再流入所述水泵1。

[0102] 在该实施例中,在处于动力电池加热模式时,所述空气三通阀5的a,c路连通,b路关闭,用于将压缩空气通过第一水空中冷器3进行降温处理,再进入电堆2;所述第一冷却液三通阀9的c,b路连通,a路关闭;所述第二冷却液三通阀10的a,b路连通,c路关闭。

[0103] 此时,所述水泵1对冷却液做功,冷却液分别流入所述电堆2和所述第一水空中冷器3,对其进行散热处理,温度升高的冷却液(约70℃-80℃左右)经过所述第二冷却液三通



阀10的a,b路及所述第一冷却液三通阀9的c,b路进入所述液液换热器14中。

[0104] 所述液液换热器14的另一侧通过动力电池水泵18给冷却液加压,再进入动力电池电芯17进行加热。

[0105] 其中,所述板式换热器15的一侧通制冷剂,另一侧通冷却液,用于给所述动力电池电芯17进行降温处理。

[0106] 所述水暖PTC16用于给所述动力电池电芯17进行辅助加热,以使动力电池处于合适的工作温度范围。

[0107] 经过所述液液换热器14的冷却液,经过所述辅助水泵19,节温器11和散热器12后,再次进入水泵1。

[0108] 在进入所述节温器11后,若此时冷却液的温度较低时,则冷却液回流至所述水泵1。

[0109] 若此时冷却液的温度较高时,则冷却液进入散热器12,通过散热风扇13将热量传递给空气,降温后的冷却液再回流至所述水泵1。

[0110] 所述辅助水泵19用于给冷却液进行增压处理。

[0111] 以上,完成了整个动力电池加热模式的循环。

[0112] 基于本发明上述全部实施例,本发明提供一种燃料电池车辆的热管理系统,利用燃料电池电堆的余热结合空压机压缩空气后的余热给乘客舱进行采暖,达到节能减排的目的,以及解决燃料电池余热温度不够高的问题。

[0113] 并且,还利用电堆的余热给动力电池供暖,同样达到了节能减排的目的。

[0114] 进一步的,利用一个空气三通阀和两个冷却液三通阀对空气回路和水回路进行控制和切换,实现了同一热管理系统在不同工作模式进行工作的目的。

[0115] 以及,利用水暖PTC、板式换热器及液液换热器来对动力电池电芯温度进行控制,同样达到了节能减排的目的。

[0116] 最后,利用两个水空中冷器和一个液液换热器达到热量在不同循环路交换的目的,实现了热量的综合利用。

[0117] 以上对本发明所提供的一种燃料电池车辆的热管理系统进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

[0118] 需要说明的是,本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0119] 还需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备所固有的要素,或者是还包括为这些过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,

由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0120] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。



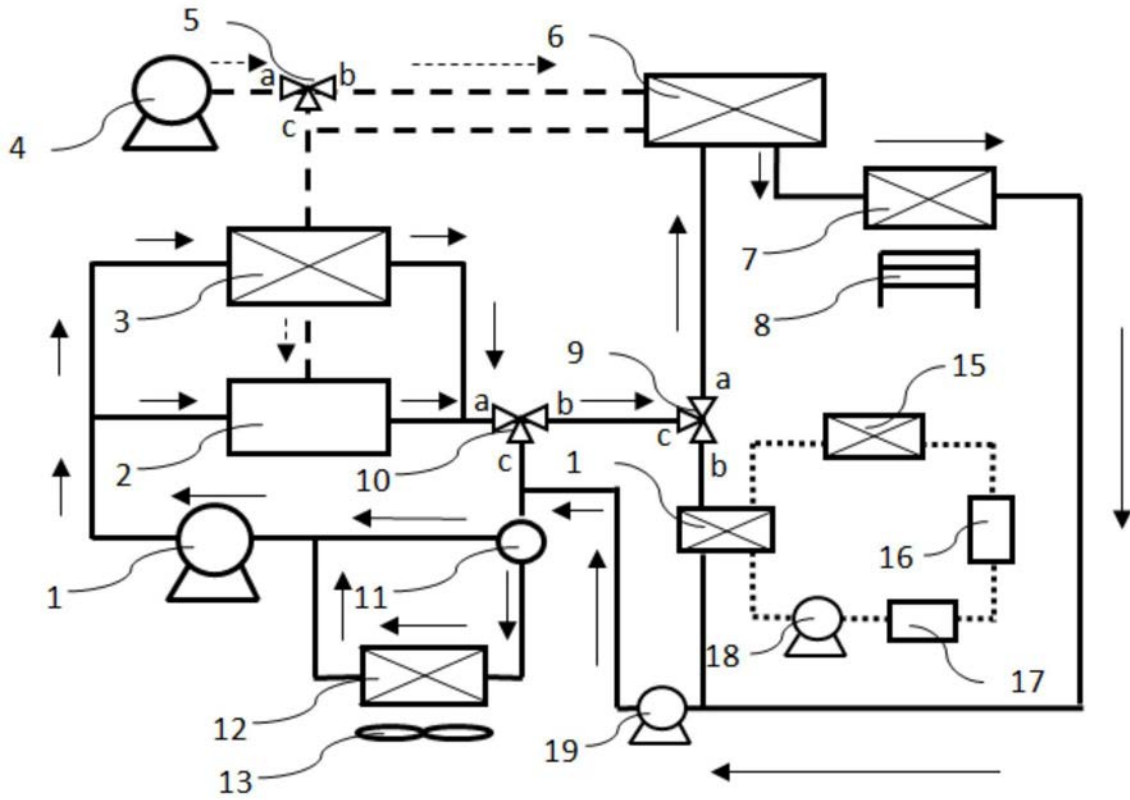


图3

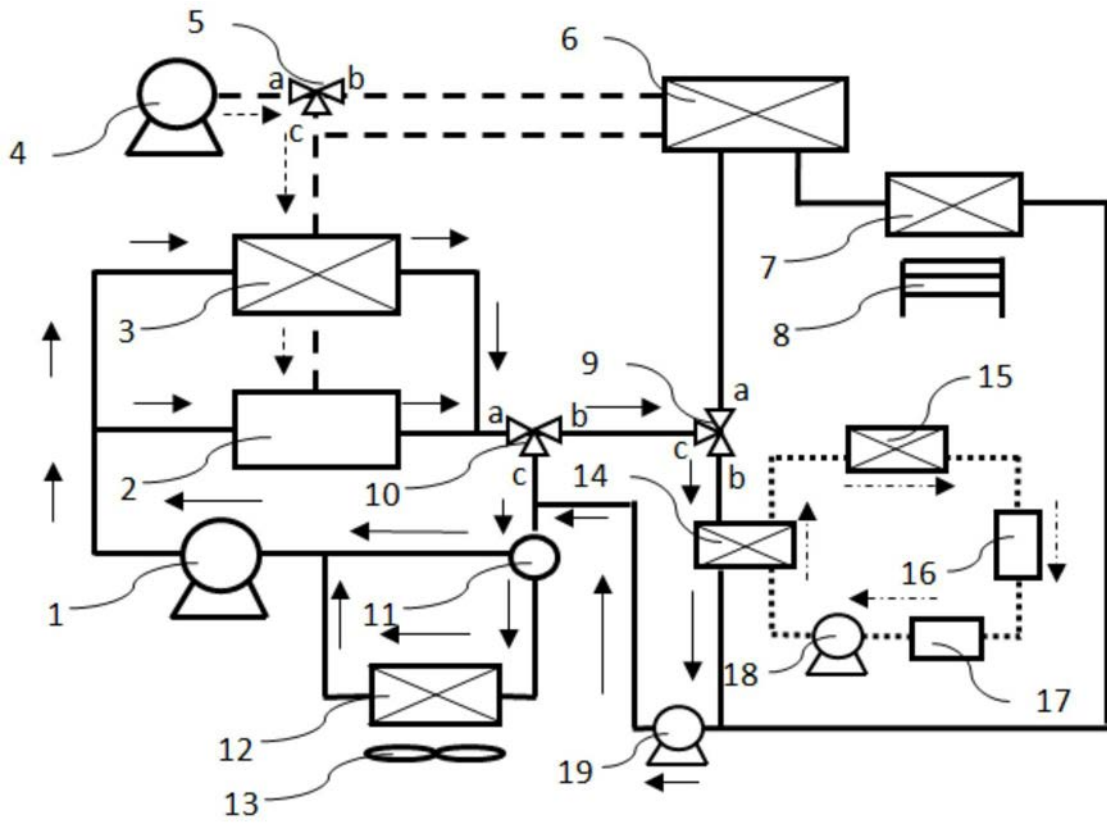


图4