(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115570935 A
(43)申请公布日 2023.01.06

(21)申请号 202211220206.6

(22)申请日 2022.09.30

(71)申请人 西安交通大学
地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72)发明人 屈治国 胡宝宝 唐泽田

(74)专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限公司 11429
专利代理师 覃婧婵

(51)Int.Cl.
B60H 1/00(2006.01)

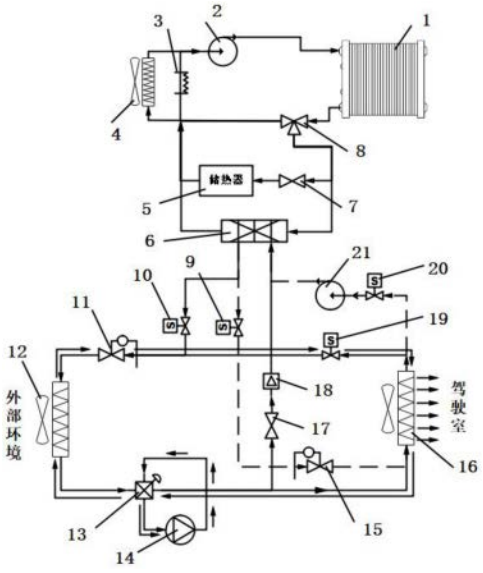
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统，系统中，第一热交换器连接燃料电池堆以将其热量通过管路中的冷却水传递到周围环境，水泵、第一热交换器、三通阀和燃料电池堆管路连接形成冷却水循环管路，加热器连接且加热冷却水循环管路中的冷却水以加热燃料电池堆；第二热交换器并联于储热器和第一比例阀的两端，第二热交换器一端连接加热器，另一端连接三通阀，经由调节三通阀，储热器储存燃料电池堆产生的多余热量或在系统需要热量的时候释放热量；热泵模块提供热量给第二热交换器和/或低温环境下燃料电池堆和驾驶室。降低了系统电功耗，提高了系统的节能效率。



CN 115570935 A

1.一种基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统,其特征在于,其包括,

燃料电池堆;

主散热模块,其配置成散热所述燃料电池堆,所述主散热模块包括:

第一热交换器,其连接所述燃料电池堆以将其热量通过管路中的冷却水传递到周围环境;

水泵,其管路连接于所述燃料电池堆和第一热交换器之间且泵送冷却水;

三通阀,其第一端管路连接燃料电池堆,第二端管路连接第一热交换器;

所述水泵、第一热交换器、三通阀和燃料电池堆管路连接形成冷却水循环管路;

加热器,其连接且加热所述冷却水循环管路中的冷却水以加热所述燃料电池堆;

辅助模块,其配置成低温环境下启动所述燃料电池堆,所述辅助模块包括:

储热器,其连接所述加热器,所述储热器内部填充相变材料;

第一比例阀,其一端连接所述储热器,另一端连接所述三通阀的第三端;

第二热交换器,其并联于所述储热器和第一比例阀的两端,第二热交换器一端连接所述加热器,另一端连接所述三通阀的第三端,经由调节所述三通阀,储热器储存所述燃料电池堆产生的多余热量或在系统需要热量的时候释放热量;

热泵模块,其提供热量给所述第二热交换器和/或低温环境下燃料电池堆和驾驶室,所述热泵模块包括;

第一电磁阀,其连接所述第二热交换器;

第一膨胀阀,其连接所述第一电磁阀;

第三热交换器,其连接所述第一膨胀阀,第三热交换器用于与外部环境的空气进行热量交换;

四通换向阀,其连接所述第三热交换器;

第一工质泵,其连接所述四通换向阀;

第四热交换器,其连接所述四通换向阀,所述第四热交换器与驾驶室的空气进行热量交换;

第二比例阀,其连接所述四通换向阀;

单向阀,其一端连接所述第二比例阀,另一端连接所述第二热交换器;

第三电磁阀,其一端连接所述第四热交换器,另一端连接所述第一膨胀阀。

2.根据权利要求1所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统,其特征在于,优选的,所述热泵模块还包括;

第二电磁阀,其连接所述第二热交换器;

第二膨胀阀,其一端连接所述第二电磁阀,另一端连接所述第四热交换器;

第四电磁阀,其连接所述第四热交换器;

第二工质泵,其一端连接所述第四电磁阀,另一端连接第一电磁阀。

3.根据权利要求2所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统,其特征在于,所述第一电磁阀、第二电磁阀、第四电磁阀为常闭电磁阀,所述第三电磁阀为常开电磁阀。

4.根据权利要求1所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统,其特征在于,所述储热器安装有测量相变材料的温度值的温度传感器,通过设定低温度值T1和高温度值Th判断储热器的当前储存能量值。

5.根据权利要求1所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统，其特征在于，所述相变材料为硬脂酸、硬脂酸与膨胀石墨的组合。

6.根据权利要求2所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统，其特征在于，低温环境启动模式中，主散热模块和辅助模块工作，主散热模块加热管路内的冷却水，通过冷却水提高燃料电池堆的温度，同时，通过第四热交换器提高驾驶室内空气温度，判断储热器的当前温度T是否低于低温度值T1，若T大于低温度值T1，优先利用储热器加热管路内冷却水，同时第二热交换器从热泵模块中获取热量，同时加热管路内冷却水；若T小于低温度值T1，冷却水全部通过第二热交换器吸收热泵模块工质传递的热量进行加热。

7.根据权利要求6所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统，其特征在于，当储热器和第二热交换器都无法满足燃料电池堆的升温速率要求时，加热器开启进一步加热冷却水且第一热交换器不工作，热泵模块内工质在第三热交换器内蒸发为气态，吸收环境空气的热量，通过四通换向阀和第一工质泵进一步增压升温后，高温高压工质流入第四热交换器冷凝，将热量传递到驾驶室，之后通过第三电磁阀和第一膨胀阀节流为低温低压的状态；当需要热泵模块给辅助模块供热时，第一电磁阀开启，经过第一工质泵增压增温的工质会分一路通过第二比例阀和单向阀进入第二热交换器加热冷却水，降温后的工质通过第一电磁阀后，同样第一膨胀阀节流为低温低压的状态进入第三热交换器。

8.根据权利要求2所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统，其特征在于，低温环境运行模式中，燃料电池堆在运行时同时产生的热量通过主散热模块将其传递到环境中，第一热交换器工作，加热器不工作，冷却水流过燃料电池堆后被加热升温，之后流过第一热交换器降温，将燃料电池堆产生的热量散失到周围环境中。

9.根据权利要求8所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统，其特征在于，判断储热器的当前温度T是否低于高温度值Th，若T小于高温度值Th，高温的冷却水流过储热器加热内部的相变材料，使储热器储存的能量充足，直到当前温度T超过高温度值Th，调节第一比例阀使得冷却水不流过储热器同时，冷却水流过第二热交换器进行热量传递，实现对驾驶室的供热，第二电磁阀与第四电磁阀开启，第一电磁阀和第三电磁阀处于关闭状态，流经第二热交换器后被加热的工质通过第二电磁阀和第二比例阀节流后进入第四热交换器，加热驾驶室内空气，降温后的工质通过第四电磁阀和第二工质泵重新进入第二热交换器获取热量。

10.根据权利要求2所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统，其特征在于，常温运行模式中，燃料电池堆产生的热量通过主散热模块传递到周围环境，第一热交换器工作，携带燃料电池堆热量的冷却水流过第一热交换器将热量传递到环境中，同时冷却水温度降低，通过调节三通阀使得冷却水无法流入辅助模块，当驾驶室需要降温时，热泵模块运行，调节四通换向阀使得工质流向第三热交换器，工质通过第四热交换器吸收驾驶室环境热量，使得驾驶室空气温度降低，之后通过四通换向阀和第一工质泵增压增温后，流入第三热交换器将热量传递到外部环境，降温后的工质经过第一膨胀阀节流降温后，通过第三电磁阀流入第四热交换器实现循环。

基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统

技术领域

[0001] 本发明属于燃料电池热管理技术领域，特别是一种基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统。

背景技术

[0002] 氢燃料电池是利用氢气和空气发生电化学反应，将氢气化学能转化为电能的一种能量转换装置，有着高的能量转化效率、低温运行、低噪音污染、零排放等优点，非常适用于交通运输领域，如车辆、轮船、飞机等。氢燃料电池的广泛推广使用，可以减少二氧化碳排放。

[0003] 氢燃料电池热管理系统是为了解决燃料电池堆在工作时产生的大量余热导致电堆温度升高，超过其适宜运行温度范围(60～80℃)，同时燃料电池低温环境下启动时，热管理系统可以促进电堆的升温速率，使得燃料电池堆冷启动成功。为了实现快速加热电堆的功能，现有技术是热管理系统中安装PTC电加热器加热流经燃料电池堆的冷却水，通过冷却水进一步加热电堆。PTC电加热器是一个高电功耗的元器件，在低温环境下燃料电池堆启动阶段，加热冷却水的同时会消耗系统中大量电能，这样降低系统的净输出功耗。此外，在低温环境下，驾驶室内也有热负荷需求加热空气，通常也是采用PTC电加热器作为唯一热源。系统中PTC的使用，造成系统在低温环境下的电功耗非常高，降低系统效率。因此，开发高效率的办法，替换低温环境下使用PTC加热器进行加热电堆和驾驶室的方法，可以有效提高系统的节能效率，对系统低温环境的运行具有重大意义。

[0004] 在背景技术部分中公开的上述信息仅仅用于增强对本发明背景的理解，因此可能包含不构成本领域普通技术人员公知的现有技术的信息。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的问题，本发明提出一种基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统，能够降低系统的电能损耗，提高系统节能效率。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案予以实现，一种基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统包括：

[0007] 燃料电池堆；

[0008] 主散热模块，其配置成散热所述燃料电池堆，所述主散热模块包括，

[0009] 第一热交换器，其连接所述燃料电池堆以将其热量通过管路中的冷却水传递到周围环境，

[0010] 水泵，其管路连接于所述燃料电池堆和第一热交换器之间且泵送冷却水，

[0011] 三通阀，其第一端管路连接燃料电池堆，第二端管路连接第一热交换器，

[0012] 所述水泵、第一热交换器、三通阀和燃料电池堆管路连接形成冷却水循环管路，

[0013] 加热器，其连接且加热所述冷却水循环管路中的冷却水以加热所述燃料电池堆；

[0014] 辅助模块，其配置成低温环境下启动所述燃料电池堆，所述辅助模块包括，

[0015] 储热器，其连接所述加热器，所述储热器内部填充相变材料，

[0016] 第一比例阀，其一端连接所述储热器，另一端连接所述三通阀的第三端，

[0017] 第二热交换器，其并联于所述储热器和第一比例阀的两端，第二热交换器一端连接所述加热器，另一端连接所述三通阀的第三端，经由调节所述三通阀，储热器储存所述燃料电池堆产生的多余热量或在系统需要热量的时候释放热量；

[0018] 热泵模块，其提供热量给所述第二热交换器和/或低温环境下燃料电池堆和驾驶室，所述热泵模块包括，

[0019] 第一电磁阀，其连接所述第二热交换器，

[0020] 第一膨胀阀，其连接所述第一电磁阀，

[0021] 第三热交换器，其连接所述第一膨胀阀，第三热交换器用于与外部环境的空气进行热量交换，

[0022] 四通换向阀，其连接所述第三热交换器，

[0023] 第一工质泵，其连接所述四通换向阀，

[0024] 第四热交换器，其连接所述四通换向阀，所述第四热交换器与驾驶室的空气进行热量交换，

[0025] 第二比例阀，其连接所述四通换向阀，

[0026] 单向阀，其一端连接所述第二比例阀，另一端连接所述第二热交换器，

[0027] 第三电磁阀，其一端连接所述第四热交换器，另一端连接所述第一膨胀阀。

[0028] 所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统中，所述热泵模块还包括，

[0029] 第二电磁阀，其连接所述第二热交换器，

[0030] 第二膨胀阀，其一端连接所述第二电磁阀，另一端连接所述第四热交换器，

[0031] 第四电磁阀，其连接所述第四热交换器，

[0032] 第二工质泵，其一端连接所述第四电磁阀，另一端连接第一电磁阀。

[0033] 所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统中，所述第一电磁阀、第二电磁阀、第四电磁阀为常闭电磁阀，所述第三电磁阀为常开电磁阀。

[0034] 所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统中，所述储热器安装有测量相变材料的温度值的温度传感器，通过设定低温度值 T1和高温度值Th判断储热器的当前储存能量值。

[0035] 所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统中，所述相变材料为硬脂酸、硬脂酸与膨胀石墨的组合。

[0036] 所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统中，低温环境启动模式中，主散热模块和辅助模块工作，主散热模块加热管路内的冷却水，通过冷却水提高燃料电池堆的温度，同时，通过第四热交换器提高驾驶室内空气温度，判断储热器的当前温度T是否低于低温度值T1，若T大于低温度值T1，优先利用储热器加热管路内冷却水，同时第二热交换器从热泵模块中获取热量，同时加热管路内冷却水；若T小于低温度值T1，冷却水全部通过第二热交换器吸收热泵模块工质传递的热量进行加热。

[0037] 所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统中，当储热器和第二热交换器都无法满足燃料电池堆的升温速率要求时，加热器开启进一步加热冷却水且第一热交换器不工作，热泵模块内工质在第三热交换器内蒸发为气态，吸收环境空气的热量，通过四通换

向阀和第一工质泵进一步增压升温后，高温高压工质流入第四热交换器冷凝，将热量传递到驾驶室，之后通过第三电磁阀和第一膨胀阀节流为低温低压的状态；当需要热泵模块给辅助模块供热时，第一电磁阀开启，经过第一工质泵增压增温的工质会分一路通过第二比例阀和单向阀进入第二热交换器加热冷却水，降温后的工质通过第一电磁阀后，同样第一膨胀阀节流为低温低压的状态进入第三热交换器。

[0038] 所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统中，低温环境运行模式中，燃料电池堆在运行时同时产生的热量通过主散热模块将其传递到环境中，第一热交换器工作，加热器不工作，冷却水流过燃料电池堆后被加热升温，之后流过第一热交换器降温，将燃料电池堆产生的热量散失到周围环境中。

[0039] 所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统中，判断储热器的当前温度T是否低于高温度值Th，若T小于高温度值Th，高温的冷却水流过储热器加热内部的相变材料，使储热器储存的能量充足，直到当前温度T超过高温度值Th，调节第一比例阀使得冷却水不流过储热器同时，冷却水流过第二热交换器进行热量传递，实现对驾驶室的供热，第二电磁阀与第四电磁阀开启，第一电磁阀和第三电磁阀处于关闭状态，流经第二热交换器后被加热的工质通过第二电磁阀和第二比例阀节流后进入第四热交换器，加热驾驶室内空气，降温后的工质通过第四电磁阀和第二工质泵重新进入第二热交换器获取热量。

[0040] 所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统中，常温运行模式中，燃料电池堆产生的热量通过主散热模块传递到周围环境，第一热交换器工作，携带燃料电池堆热量的冷却水流过第一热交换器将热量传递到环境中，同时冷却水温度降低，通过调节三通阀使得冷却水无法流入辅助模块，当驾驶室需要降温时，热泵模块运行，调节四通换向阀使得工质流向第三热交换器，工质通过第四热交换器吸收驾驶室环境热量，使得驾驶室空气温度降低，之后通过四通换向阀和第一工质泵增压增温后，流入第三热交换器将热量传递到外部环境，降温后的工质经过第一膨胀阀节流降温后，通过第三电磁阀流入第四热交换器实现循环。

[0041] 和现有技术相比，本发明具有以下优点：本发明所述的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统利用相变储热器储存之前燃料电池堆的余热，使得系统在低温环境启动时优先利用储热器的能量，而不是现有技术利用高耗能的PTC加热器，节省了系统在这个阶段的电功耗。当储热器储存能量不足时，引入热泵模块的部分工质间接加热燃料电池堆，只需消耗较小的工质泵功耗，远低于直接利用PTC 加热器。在启动阶段可以显著提高系统的节能效率。在低温环境中系统运行阶段，利用燃料电池堆的余热满足驾驶室的热负荷需求。相比利用电加热器或热泵模块，该方法同样需要极少的泵功耗损失，在系统运行阶段明显降低系统的电功耗损失，提高系统的节能效率。

附图说明

[0042] 通过阅读下文优选的具体实施方式中的详细描述，本发明各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。说明书附图仅用于示出优选实施方式的目的，而并不认为是对本发明的限制。显而易见地，下面描述的附图仅仅是本发明的一些实施例，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，还可以根据这些附图获得其他的附图。而且在整个附图中，用相同的附图标记表示相同的部件。

[0043] 在附图中：

[0044] 图1是根据本发明一个实施例的基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统的结构示意图；

[0045] 附图中的标记说明如下：

[0046] 1-燃料电池堆；2-水泵；3-加热器；4-第一热交换器；5-储热器；6-第二热交换器；7-第一比例阀；8-三通阀；9-第二电磁阀；10-第一电磁阀；11-第一膨胀阀；12-第三热交换器；13-四通换向阀；14-第一工质泵；15-第二膨胀阀；16-第四热交换器；17-第二比例阀；18- 单向阀；19-第三电磁阀；20-第四电磁阀；21-第二工质泵。

[0047] 以下结合附图和实施例对本发明作进一步的解释。

具体实施方式

[0048] 下面将参照附图更详细地描述本发明的具体实施例。虽然附图中显示了本发明的具体实施例，然而应当理解，可以以各种形式实现本发明而不应被这里阐述的实施例所限制。相反，提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本发明，并且能够将本发明的范围完整的传达给本领域的技术人员。

[0049] 需要说明的是，在说明书及权利要求当中使用了某些词汇来指称特定组件。本领域技术人员应可以理解，技术人员可能会用不同名词来称呼同一个组件。本说明书及权利要求并不以名词的差异来作为区分组件的方式，而是以组件在功能上的差异来作为区分的准则。如在通篇说明书及权利要求当中所提及的“包含”或“包括”为一开放式用语，故应解释成“包含但不限定于”。说明书后续描述为实施本发明的较佳实施方式，然所述描述乃以说明书的一般原则为目的，并非用以限定本发明的范围。本发明的保护范围当视所附权利要求所界定者为准。

[0050] 为便于对本发明实施例的理解，下面将结合附图以具体实施例为例做进一步的解释说明，且各个附图并不构成对本发明实施例的限定。

[0051] 为了更好地理解，如图1所示，基于热泵和相变储热的燃料电池热管理系统包括：燃料电池堆1、主散热模块、辅助模块和热泵模块，其中，

[0052] 所述主散热模块包括水泵2、加热器3和第一热交换器4；所述辅助模块包括储热器5、第一比例阀7、第二热交换器6和三通阀8。所述第一热交换器4用于将所述燃料电池堆1产生的热量通过管路中的冷却水传递到周围环境；所述加热器3通过加热管路中的冷却水加热电堆，用于低温环境下启动系统阶段；所述三通阀8用于系统控制是否开启辅助模块；所述储热器5用于储存燃料电池堆1产生的多余热量，在系统需要热量的时候释放热量被利用；所述第二热交换器6 用于所述辅助模块与所述热泵模块的热量交换。

[0053] 优选的，所述储热器5内部填充的是相变材料，可选硬脂酸(SA)、硬脂酸/膨胀石墨(SA/EG)等，储热器5安装有温度传感器测量相变材料的温度值，设定低温度值T1和高温度值Th判断储热器5的当前储存能量值。

[0054] 优选的，所述加热器3是在系统低温环境启动阶段，若辅助模块和热泵模块无法工作时加热器3开启工作，若辅助模块和热泵模块可以正常工作，则加热器3不需要工作。

[0055] 所述热泵模块包括第一电磁阀10、第一膨胀阀11、第三热交换器12、四通换向阀13、第一工质泵14、第四热交换器16、第二比例阀17、单向阀18和第三电磁阀19。所述第三热

交换器12用于与外部环境的空气进行热量交换;所述第四热交换器16用于与驾驶室的空气进行热量交换;所述的四通换向阀13用于改变通过第一工质泵 14增压后工质的流动方向。

[0056] 所述热泵模块还包括第二电磁阀9、第二膨胀阀15、第四电磁阀 20、第二工质泵21。

[0057] 优选的,所述第一电磁阀10、第二电磁阀9、第四电磁阀20为常闭电磁阀,所述第三电磁阀19为常开电磁阀。

[0058] 优选的,所述单向阀18是为了防止经过第二工质泵21增压后的工质反向流过第二比例阀17,确保其只能流入第二热交换器6。

[0059] 进一步,本公开提供了所述的燃料电池热管理系统的三种工作模式:低温环境启动模式、低温环境运行模式、常温模式。

[0060] 低温环境启动模式,是指系统在低温环境中处于准备开启的阶段,此时主散热模块需要热量加热管路内的冷却水,通过冷却水提高燃料电池堆1的温度。同时,驾驶室内需要热量,通过第四热交换器 16提高驾驶室内空气温度。对于燃料电池堆1,主散热模块和辅助模块工作,首先,判断储热器5的当前温度T是否低于T1,若T大于 T1,说明储热器5中依然储存热量,优先利用储热器5加热管路内冷却水,同时第二热交换器6从热泵模块中获取热量,同时加热管路内冷却水;若T小于T1,说明储热器5没有可利用的储能能量,冷却水全部通过第二热交换器6吸收热泵模块工质传递的热量进行加热。当储热器5和第二热交换器6都无法满足燃料电池堆1的升温速率要求时,加热器3会开启,进一步加热冷却水。需要说明,在这阶段,第一热交换器4不工作。对于驾驶室热量需求,热泵模块内工质在第三热交换器12内蒸发为气态,吸收环境空气的热量,通过四通换向阀13和第一工质泵14进一步增压升温后,高温高压工质流入第四热交换器16冷凝,将热量传递到驾驶室,之后通过第三电磁阀19和第一膨胀阀11节流为低温低压的状态。当需要热泵模块给辅助模块供热时,第一电磁阀10开启,经过第一工质泵14增压增温的工质会分一路通过第二比例阀17和单向阀18进入第二热交换器6加热冷却水,降温后的工质通过第一电磁阀10后,同样流过第一膨胀阀11节流为低温低压的状态进入第三热交换器12。

[0061] 低温环境运行模式,是指系统在低温环境中正常运行阶段,此时,系统中只有驾驶室需要热量,燃料电池堆1在运行时同时产生大量的热量,需要通过主散热模块将其传递到环境中。在主散热模块,第一热交换器4工作,加热器3不工作,冷却水流过燃料电池堆1后被加热升温,之后流过第一热交换器4降温,将燃料电池堆1产生的热量散失到周围环境中。在辅助模块,判断储热器5的当前温度T是否低于Th,若T小于Th,高温的冷却水流过储热器5充分加热内部的相变材料,使储热器5储存的能量充足,直到当前温度T超过Th,调节第一比例阀7使得冷却水不流过储热器5。同时,冷却水会流过第二热交换器6进行热量传递,实现对驾驶室的供热。在热泵模块,第二电磁阀9与第四电磁阀20开启,第一电磁阀10和第三电磁阀19 处于关闭状态,流经第二热交换器6后被加热的工质通过第二电磁阀 9和第二比例阀17节流后进入第四热交换器16,加热驾驶室内空气,降温后的工质通过第四电磁阀20和第二工质泵21重新进入第二热交换器6获取热量。需要说明,在当前模式下,除上述所述的部件外,热泵模块中其他部件不工作。

[0062] 常温运行模式,是指系统在正常环境温度下运行阶段,此时,系统中不需要热量需求,燃料电池堆1产生的热量通过主散热模块传递到周围环境,当环境温度较高时,也需要

利用热泵模块对驾驶室进行降温。在主散热模块，第一热交换器4工作，携带燃料电池堆1热量的冷却水流过第一热交换4，将热量传递到环境中，同时冷却水温度降低。在这个模式中，辅助模块不运行，通过调节三通阀8使得冷却水无法流入辅助模块。当驾驶室需要降温时，热泵模块运行，调节四通换向阀13，使得工质流向第三热交换器12。工质通过第四热交换器16吸收驾驶室环境热量，使得驾驶室空气温度降低，之后通过四通换向阀13和第一工质泵14增压增温后，流入第三热交换器12将热量传递到外部环境，降温后的工质经过第一膨胀阀11节流降温后，通过第三电磁阀19流入第四热交换器16实现循环。当驾驶室不需要降温时，热泵模块不运行，热泵模块内所有部件不工作。

[0063] 上述实施例构成了本公开的完整技术方案，本公开的主要优势是在低温环境下系统有热负荷需求时，利用了热泵技术和相变储热器供热，代替了现有技术中只依靠高耗能的电加热方式供热。利用本公开，系统在低温环境时可以显著提高系统节能效率。

[0064] 为了进一步了解本公开的优势，本公开提供另一具体实施例。首先，在低温环境(-30℃)下，假设燃料电池堆1在启动阶段的热负荷需求为10kW，驾驶室热负荷需求为3kW。若采用现有技术，则低温环境下需要电功耗为13kW。若采用本公开，在启动阶段，当储热器5无法输出热量时，即储热器5的当前温度T低于T1，考虑系统的散热损失缘故，设置系统热负荷裕量为30％，即第二热交换器6 的换热功率为13kW，满足燃料电池堆1的热负荷需求，第四热交换器16的换热功率为3.9kW，满足驾驶室的热负荷需求，同时假设第二热交换器6和第四热交换器16内的热泵工质温度为20℃。第一工质泵14的等熵效率为0.7，机械效率为0.8，热泵工质为R134a，热泵模块内工质流量为76g/s。满足上述要求下，计算第一工质泵14的电功耗为6.635kW。与采用电加热方式满足系统热负荷(13kW)，本公开的节能效率为48.962％。在启动阶段，当储热器5可以为燃料电池堆1供热时，此时热泵模块只需给第四热交换器16提供热负荷，热泵模块内工质流量为18g/s，计算第一工质泵14的电功耗为1.571kW。与采用电加热方式满足系统热负荷(13kW)，此时本公开的节能效率为87.915％。当系统处在低温环境正常运行阶段，系统中只有驾驶室需要热负荷需求(3kW)，此时，可以通过第二热交换器 6利用燃料电池堆1产生的多余热量。第二热交换器6内的工质温度为80℃，工质依然是R134a，工质流量为21.56g/s，此时计算第二工质泵21的功耗为0.03149kW。与采用电加热方式(3kW)满足驾驶室热负荷，此时本公开的节能效率为98.95％；与采用热泵技术 (1.571kW)满足驾驶室热负荷，此时本公开的节能效率为97.99％。

[0065] 尽管以上结合附图对本发明的实施方案进行了描述，但本发明并不局限于上述的具体实施方案和应用领域，上述的具体实施方案仅仅是示意性的、指导性的，而不是限制性的。本领域的普通技术人员在本说明书的启示下和在不脱离本发明权利要求所保护的范围的情况下，还可以做出很多种的形式，这些均属于本发明保护之列。

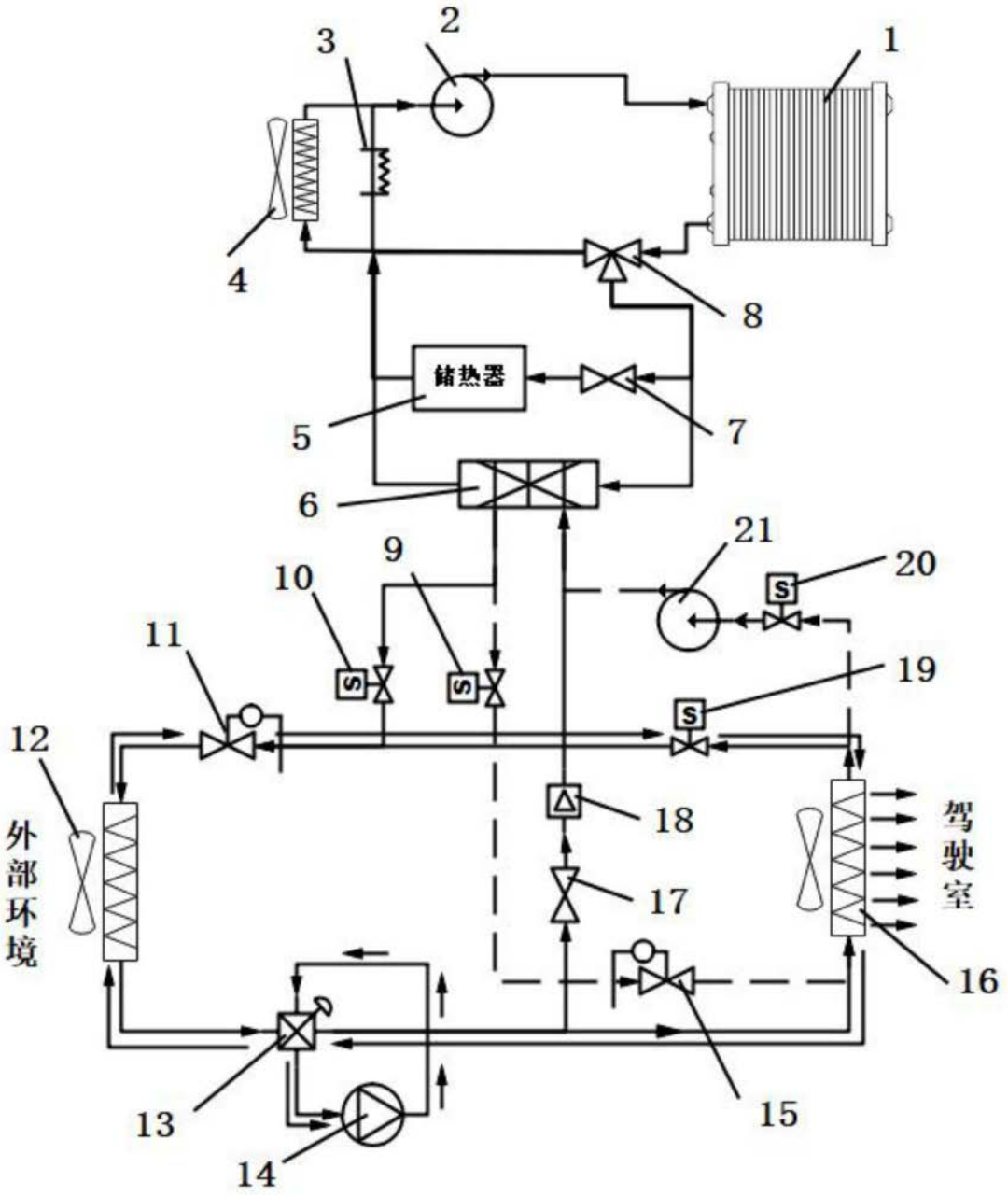


图1