



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109728325 A

(43)申请公布日 2019.05.07

(21)申请号 201910144133.9

(22)申请日 2019.02.26

(71)申请人 中国科学技术大学

地址 230026 安徽省合肥市包河区金寨路
96号

(72)发明人 陈宗海 潘瑞 杨朵 汪玉洁
杨晓宇

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限
公司 11227

代理人 古利兰 王宝筠

(51)Int.Cl.

H01M 8/04007(2016.01)

H01M 8/04029(2016.01)

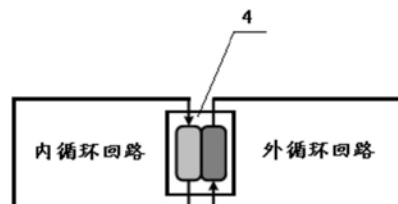
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种燃料电池热管理系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种燃料电池热管理系统,包括:内循环回路和外循环回路;其中:内循环回路包含燃料电池电堆,外循环回路不包含燃料电池电堆,内循环回路和所述外循环回路通过热交换器相连。本发明通过内循环回路和外循环回路构成的多回路结构,可以满足燃料电池复杂的工况需求,能够快速实现燃料电池系统热平衡,保障燃料电池工作在最佳温度范围内。本发明还公开了一种燃料电池热管理方法。



1. 一种燃料电池热管理系统,其特征在于,包括:内循环回路和外循环回路;其中:
所述内循环回路包含燃料电池电堆;
所述外循环回路不包含燃料电池电堆;
所述内循环回路和所述外循环回路通过热交换器相连。
2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述内循环回路包括:第一内循环回路、第二内循环回路、第三内循环回路;其中:
所述第一内循环回路包括:燃料电池电堆、第一旁路阀、第一冷却泵,冷却液电堆流出后经所述第一旁路阀直接进入所述第一冷却泵,然后回到电堆;
所述第二内循环回路包括:所述燃料电池电堆、所述第一旁路阀、所述热交换器、第二旁路阀、所述第一冷却泵,冷却液从电堆流出后经所述第一旁路阀进入热交换器,流经所述第二旁路阀进入所述第一冷却泵,然后回到电堆;
所述第三内循环回路包括:燃料电池电堆、所述第一旁路阀、所述热交换器、所述第二旁路阀、第一储液箱、所述第一冷却泵,冷却液从电堆流出后经所述第一旁路阀进入所述热交换器,流经所述第二旁路阀依次进入所述第一储液箱、第一冷却泵,然后回到电堆。
3. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述外循环回路包括:第一外循环回路、第二外循环回路、第三外循环回路;其中:
所述第一外循环回路包括所述热交换器、第二旁路阀、第三旁路阀、第二冷却泵,冷却液从所述热交换器流出后依次经所述第二旁路阀、第三旁路阀直接进入所述第二冷却泵,然后回到所述热交换器;
所述第二外循环回路包括:所述热交换器、所述第二旁路阀、所述第三旁路阀、第二储液箱、所述第二冷却泵,冷却液从所述热交换器流出后依次经所述第二旁路阀、所述第三旁路阀后进入所述第二储液箱,然后经所述第二冷却泵回到所述热交换器;
所述第三外循环回路包括:所述热交换器、所述第二旁路阀、散热器、所述第三旁路阀、所述第二储液箱、所述第二冷却泵,冷却液从所述热交换器流出后经所述第二旁路阀进入所述散热器,然后依次经所述第三旁路阀、所述第二储液箱、所述第二冷却泵回到所述热交换器。
4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述内循环回路的管道长度小于所述外循环回路的管道长度。
5. 根据权利要求4所述的系统,其特征在于,所述内循环回路中的所述第一内循环回路的管道长度小于所述第二内循环回路的管道长度,所述第二内循环回路的管道长度小于所述第三内循环回路的管道长度。
6. 根据权利要求5所述的系统,其特征在于,所述外循环回路中的所述第一外循环回路的管道长度小于所述第二外循环回路的管道长度,所述第二外循环回路的管道长度小于所述第三外循环回路的管道长度。
7. 根据权利要求6所述的系统,其特征在于,所述第一储液箱的容量小于所述第二储液箱的容量。
8. 根据权利要求7所述的系统,其特征在于,所述第一储液箱中的冷却液为质量好、离子化速度慢的冷却液。
9. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述第二储液箱中的冷却液采用蒸馏水。

10. 一种燃料电池热管理方法,其特征在于,包括:

燃料电池启动阶段,所述内循环回路中的所述第一内循环回路工作;

低速阶段,所述内循环回路中的所述第二内循环回路和所述第三内循环回路工作;

常速阶段,所述内循环回路中的第三内循环回路和所述外循环回路中的所述第一外循环回路和第二外循环回路工作;

偏高速阶段,所述内循环回路中的所述第三内循环回路和所述外循环回路中的所述第二外循环回路工作;

高速阶段,所述内循环回路中的所述第三内循环回路和所述外循环回路中的所述第三外循环回路工作。

一种燃料电池热管理系统及方法

技术领域

[0001] 本申请涉及燃料电池技术领域,尤其涉及一种燃料电池热管理系统及方法。

背景技术

[0002] 质子交换膜燃料电池的能量效率约为50%,这表明在电化学反应中约一半的化学能转换为热能。内部热源会增大燃料电池的工作温度,提高电池输出性能和催化剂活性,但是温度过高又会造成膜“脱水”以及系统衰减加剧。因此,为了保证燃料电池持续稳定运行且具有优异的性能和耐久性,燃料电池热管理系统必不可少。

[0003] 质子交换膜燃料电池的温度特性主要由质子交换膜特性决定,以最常用的Nafion膜为例,其最佳工作温度不宜超出80℃,超过该温度时膜的稳定性和质子传导性能会严重下降。其次,燃料电池产热成因主要源自电化学反应、内阻和水液化,大部分热产自阴极侧的催化剂层,其他部分包括质子交换膜和导电器件的欧姆内阻等。

[0004] 由此可知,燃料电池自身产热机制决定了电堆温度分布不均的特性。针对燃料电池温度特性和温度分布不均特性,需要热管理系统对燃料电池内部温度进行调节,保证燃料电池始终工作在合适的温度范围内,维持电堆内部热平衡。

[0005] 热管理系统主要采用散热装置与电堆进行热交换,以达到温度调节的目的。目前主要包括三类:串联回路结构、旁路阀回路结构、多回路结构。其中,串联回路结构只有单流道用于发生热交换,没有其他自由度来操纵热交换效率,对于给定的散热效率,冷却系统的功耗不能得到最佳控制,从而降低了整个系统的效率。旁路阀回路结构通过单个旁路阀控制冷却液是否经过散热器,可一定程度提高燃料电池热效率,但该结构控制点少,风扇、泵、阀的控制存在耦合性。多回路结构可解决上述问题,现有技术提出了一种含两级非混合循环水路的燃料电池热管理系统,该方法可降低电导率指标维护费用,但是该结构加热器和去离子装置增加了成本。现有技术提出了一种用于燃料电池堆的热处理系统,该方法主要解决余热浪费问题,但该方法结构成本较高,且未能充分利用水箱的冷却功能。

[0006] 综上所述,如何快速实现燃料电池系统热平衡,保障燃料电池工作在最佳温度范围内,是一项亟待解决的问题。

发明内容

[0007] 有鉴于此,本申请提供了一种燃料电池热管理系统及方法,能够快速实现燃料电池系统热平衡,保障燃料电池工作在最佳温度范围内。

[0008] 本申请提供了一种燃料电池热管理系统,包括:内循环回路和外循环回路;其中:

[0009] 所述内循环回路包含燃料电池电堆;

[0010] 所述外循环回路不包含燃料电池电堆;

[0011] 所述内循环回路和所述外循环回路通过热交换器相连。

[0012] 优选地,所述内循环回路包括:第一内循环回路、第二内循环回路、第三内循环回路;其中:

[0013] 所述第一内循环回路包括：燃料电池电堆、第一旁路阀、第一冷却泵，冷却液电堆流出后经所述第一旁路阀直接进入所述第一冷却泵，然后回到电堆；

[0014] 所述第二内循环回路包括：所述燃料电池电堆、所述第一旁路阀、所述热交换器、第二旁路阀、所述第一冷却泵，冷却液从电堆流出后经所述第一旁路阀进入热交换器，流经所述第二旁路阀进入所述第一冷却泵，然后回到电堆；

[0015] 所述第三内循环回路包括：燃料电池电堆、所述第一旁路阀、所述热交换器、所述第二旁路阀、第一储液箱、所述第一冷却泵，冷却液从电堆流出后经所述第一旁路阀进入所述热交换器，流经所述第二旁路阀依次进入所述第一储液箱、第一冷却泵，然后回到电堆。

[0016] 优选地，所述外循环回路包括：第一外循环回路、第二外循环回路、第三外循环回路；其中：

[0017] 所述第一外循环回路包括所述热交换器、第二旁路阀、第三旁路阀、第二冷却泵，冷却液从所述热交换器流出后依次经所述第二旁路阀、第三旁路阀直接进入所述第二冷却泵，然后回到所述热交换器；

[0018] 所述第二外循环回路包括：所述热交换器、所述第二旁路阀、所述第三旁路阀、第二储液箱、所述第二冷却泵，冷却液从所述热交换器流出后依次经所述第二旁路阀、所述第三旁路阀后进入所述第二储液箱，然后经所述第二冷却泵回到所述热交换器；

[0019] 所述第三外循环回路包括：所述热交换器、所述第二旁路阀、散热器、所述第三旁路阀、所述第二储液箱、所述第二冷却泵，冷却液从所述热交换器流出后经所述第二旁路阀进入所述散热器，然后依次经所述第三旁路阀、所述第二储液箱、所述第二冷却泵回到所述热交换器。

[0020] 优选地，其特征在于，所述内循环回路的管道长度小于所述外循环回路的管道长度。

[0021] 优选地，所述内循环回路中的所述第一内循环回路的管道长度小于所述第二内循环回路的管道长度，所述第二内循环回路的管道长度小于所述第三内循环回路的管道长度。

[0022] 优选地，所述外循环回路中的所述第一外循环回路的管道长度小于所述第二外循环回路的管道长度，所述第二外循环回路的管道长度小于所述第三外循环回路的管道长度。

[0023] 优选地，所述第一储液箱的容量小于所述第二储液箱的容量。

[0024] 优选地，所述第一储液箱中的冷却液为质量好、离子化速度慢的冷却液。

[0025] 优选地，所述第二储液箱中的冷却液采用蒸馏水。

[0026] 一种燃料电池热管理方法，包括：

[0027] 燃料电池启动阶段，所述内循环回路中的所述第一内循环回路工作；

[0028] 低速阶段，所述内循环回路中的所述第二内循环回路和所述第三内循环回路工作；

[0029] 常速阶段，所述内循环回路中的第三内循环回路和所述外循环回路中的所述第一外循环回路和第二外循环回路工作；

[0030] 偏高速阶段，所述内循环回路中的所述第三内循环回路和所述外循环回路中的所述第二外循环回路工作；

[0031] 高速阶段,所述内循环回路中的所述第三内循环回路和所述外循环回路中的所述第三外循环回路工作。

[0032] 综上所述,本发明公开了一种燃料电池热管理系统,包括:内循环回路和外循环回路;其中:内循环回路包含燃料电池电堆,外循环回路不包含燃料电池电堆,内循环回路和外循环回路通过热交换器相连。本发明通过内循环回路和外循环回路构成的多回路结构,可以满足燃料电池复杂的工况需求,能够快速实现燃料电池系统热平衡,保障燃料电池工作在最佳温度范围内。

附图说明

[0033] 为了更清楚地说明本申请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申请的一些实施例,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。

[0034] 图1为本发明公开的一种燃料电池热管理系统实施例1的结构示意图;

[0035] 图2为本发明公开的一种燃料电池热管理系统实施例2的结构示意图;

[0036] 图3为本发明公开的一种燃料电池热管理系统实施例3的结构示意图;

[0037] 图4为本发明公开的燃料电池分段式热管理方法示意图。

具体实施方式

[0038] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请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申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,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,都属于本申请保护的范围。

[0039] 如图1所示,为本发明公开的一种燃料电池热管理系统实施例1的结构示意图,所述系统可以包括:

[0040] 内循环回路和外循环回路;其中:

[0041] 内循环回路包含燃料电池电堆;

[0042] 外循环回路不包含燃料电池电堆;

[0043] 内循环回路和外循环回路通过热交换器4相连。

[0044] 在上述实施例中,通过内循环回路和外循环回路构成的多回路结构,可以满足燃料电池复杂的工况需求,能够快速实现燃料电池系统热平衡,保障燃料电池工作在最佳温度范围内。

[0045] 如图2所示,为本发明公开的一种燃料电池热管理系统实施例2的结构示意图,所述系统可以包括:内循环回路和外循环回路;其中:

[0046] 内循环回路包括:第一内循环回路A、第二内循环回路B、第三内循环回路C;其中:

[0047] 第一内循环回路A包括:燃料电池电堆2、第一旁路阀3、第一冷却泵1,冷却液电堆2流出后经第一旁路阀3直接进入第一冷却泵1,然后回到电堆2;

[0048] 第二内循环回路B包括:燃料电池电堆2、第一旁路阀3、热交换器4、第二旁路阀10、第一冷却泵1,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10进

入第一冷却泵1,然后回到电堆2;

[0049] 第三内循环回路C包括:燃料电池电堆2、第一旁路阀3、热交换器4、第二旁路阀10、第一储液箱11、第一冷却泵1,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10依次进入第一储液箱11、第一冷却泵1,然后回到电堆2。

[0050] 在上述实施例中,燃料电池启动阶段,内循环回路201中的第一内循环回路A工作,冷却液电堆2流出后经第一旁路阀3直接进入第一冷却泵1,然后回到电堆2;

[0051] 低速阶段,内循环回路中的第二内循环回路B和第三内循环回路C工作。其中,第二内循环回路B工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10进入第一冷却泵1,然后回到电堆2;第三内循环回路C工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10依次进入第一储液箱11、第一冷却泵1,然后回到电堆2。

[0052] 如图3所示,为本发明公开的一种燃料电池热管理系统实施例3的结构示意图,所述系统可以包括:内循环回路3和外循环回路;其中:

[0053] 内循环回路包括:第一内循环回路A、第二内循环回路B、第三内循环回路C;其中:

[0054] 第一内循环回路A包括:燃料电池电堆2、第一旁路阀3、第一冷却泵1,冷却液电堆2流出后经第一旁路阀3直接进入第一冷却泵1,然后回到电堆2;

[0055] 第二内循环回路B包括:燃料电池电堆2、第一旁路阀3、热交换器4、第二旁路阀10、第一冷却泵1,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10进入第一冷却泵1,然后回到电堆2;

[0056] 第三内循环回路C包括:燃料电池电堆2、第一旁路阀3、热交换器4、第二旁路阀10、第一储液箱11、第一冷却泵1,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10依次进入第一储液箱11、第一冷却泵1,然后回到电堆2。

[0057] 外循环回路包括:第一外循环回路D、第二外循环回路E、第三外循环回路F;其中:

[0058] 第一外循环回路D包括热交换器4、第二旁路阀5、第三旁路阀7、第二冷却泵9,冷却液从热交换器4流出后依次经第二旁路阀5、第三旁路阀7直接进入第二冷却泵9,然后回到热交换器4;

[0059] 第二外循环回路E包括:热交换器4、第二旁路阀5、第三旁路阀7、第二储液箱8、第二冷却泵9,冷却液从热交换器4流出后依次经第二旁路阀5、第三旁路阀7后进入第二储液箱8,然后经第二冷却泵9回到热交换器4;

[0060] 第三外循环回路F包括:热交换器4、第二旁路阀5、散热器6、第三旁路阀7、第二储液箱8、第二冷却泵9,冷却液从热交换器4流出后经第二旁路阀5进入散热器6,然后依次经第三旁路阀7、第二储液箱8、第二冷却泵9回到热交换器4。

[0061] 在上述实施例中,燃料电池启动阶段,内循环回路中的第一内循环回路A工作,冷却液电堆2流出后经第一旁路阀3直接进入第一冷却泵1,然后回到电堆2;

[0062] 低速阶段,内循环回路中的第二内循环回路B和第三内循环回路C工作。其中,第二内循环回路B工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10进入第一冷却泵1,然后回到电堆2;第三内循环回路C工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10依次进入第一储液箱11、第一冷却泵1,然后回到电堆2。

[0063] 常速阶段,第三内循环回路C、第一外循环回路D和第二外循环回路E工作。其中,第三内循环回路C工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10依次进入第一储液箱11、第一冷却泵1,然后回到电堆2。第一外循环回路D工作时,冷却液从热交换器4流出后依次经第二旁路阀5、第三旁路阀7直接进入第二冷却泵9,然后回到热交换器4;第二外循环回路E工作时,冷却液从热交换器4流出后依次经第二旁路阀5、第三旁路阀7后进入第二储液箱8,然后经第二冷却泵9回到热交换器4。

[0064] 偏高速阶段,第三内循环回路C和第二外循环回路E工作。其中,第三内循环回路C工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10依次进入第一储液箱11、第一冷却泵1,然后回到电堆2。第二外循环回路E工作时,冷却液从热交换器4流出后依次经第二旁路阀5、第三旁路阀7后进入第二储液箱8,然后经第二冷却泵9回到热交换器4。

[0065] 高速阶段,第三内循环回路C和第三外循环回路F工作,其中,第三内循环回路C工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10依次进入第一储液箱11、第一冷却泵1,然后回到电堆2。第三外循环回路F工作时,冷却液从热交换器4流出后经第二旁路阀5进入散热器6,然后依次经第三旁路阀7、第二储液箱8、第二冷却泵9回到热交换器4。

[0066] 具体的,在上述实施例中,内循环回路管道长度小于外循环回路管道长度;内循环回路中,第一内循环回路A管道长度最短,第二内循环回路B次之,第三内循环回路C最长;外循环回路中,第一外循环回路D管道长度最短,第二外循环回路E次之,第三外循环回路F最长。

[0067] 内循环回路和第一储液箱11容量较小,采用质量好的冷却液,离子化速度慢;外循环回路和第二储液箱8容量较大,采用采用蒸馏水等成本低的冷却液。采用两个大小不一的储液箱,可以充分利用储液箱冷却液温度低进行散热,并且两个储液箱采用不同冷却液,在满足需求的同时节约了成本。

[0068] 综上所述,本发明公开的燃料电池热管理系统包括内循环回路、外循环回路等六个循环回路,可以满足燃料电池复杂的工况需求。本发明公开的燃料电池热管理系统,采用两个大小不一的储液箱,可以充分利用储液箱冷却液温度低进行散热,并且两个储液箱采用不同冷却液,在满足需求的同时节约了成本。

[0069] 如图4所示,为本发明公开的燃料电池分段式热管理方法示意图,燃料电池启动阶段第一内循环回路A工作,低速阶段第二内循环回路B、第三内循环回路C工作,常速阶段第三内循环回路C和第一外循环回路D、第二外循环回路E工作,偏高速阶段第三内循环回路C和第二外循环回路E工作,高速阶段第三内循环回路C和第三外循环回路F工作。

[0070] 在启动阶段,燃料电池电堆2温度较低,不能充分发挥燃料电池性能,因此需要快速提升燃料电池内部温度,尽可能减少冷却系统带走的热量,采用第一内循环回路A可以将冷却液行程缩至最短,可以不采用加热器方案也可满足快速启动的需求。第一内循环回路A工作时,冷却液电堆2流出后经第一旁路阀3直接进入第一冷却泵1,然后回到电堆2。

[0071] 在低速阶段,燃料电池电堆2工作温度已经达到适宜温度范围,此时负载功率较小,产热可以大致维持燃料电池热平衡,可以采用冷却液行程较长的第二内循环回路B,只通过管道与外部进行热交换,但是这种方案调节能力差。为了增加燃料电池热平衡调节能

力,最终采用第二内循环回路B和第三内循环回路C模式,通过调节第二旁路阀10的开度,部分热量可以通过第一储液箱11吸纳,以此达到在一段功率范围内的低速调节。具体的,,第二内循环回路B工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10进入第一冷却泵1,然后回到电堆2;第三内循环回路C工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10依次进入第一储液箱11、第一冷却泵1,然后回到电堆2。

[0072] 在常速阶段,燃料电池电堆2的负荷一般,需要带走部分热量才能维持燃料电池内部热平衡,针对一段功率范围内的常速调节,当负载功率相对较低时,采用第三内循环回路C和第一外循环回路D模式,外循环回路只通过管道与外界进行热交换;当负载功率相对较高时,采用第三内循环回路C和第一外循环回路D和第二外循环回路E模式,外循环回路可以通过调节第三旁路阀7的开度,部分热量可以通过第二储液箱8吸纳。具体的,第三内循环回路C工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10依次进入第一储液箱11、第一冷却泵1,然后回到电堆2。第一外循环回路D工作时,冷却液从热交换器4流出后依次经第二旁路阀5、第三旁路阀7直接进入第二冷却泵9,然后回到热交换器4;第二外循环回路E工作时,冷却液从热交换器4流出后依次经第二旁路阀5、第三旁路阀7后进入第二储液箱8,然后经第二冷却泵9回到热交换器4。

[0073] 在偏高速阶段,燃料电池电堆2的负荷较高,需要带走较多热量才能维持燃料电池内部热平衡,因此采用第三内循环回路C和第二外循环回路E模式。由于第二储液箱8体积大,储存冷却液较多,且比热容较大,因此可以满足一段功率范围内偏高速调节。具体的,第三内循环回路C工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10依次进入第一储液箱11、第一冷却泵1,然后回到电堆2。第二外循环回路E工作时,冷却液从热交换器4流出后依次经第二旁路阀5、第三旁路阀7后进入第二储液箱8,然后经第二冷却泵9回到热交换器4。

[0074] 在高速阶段,燃料电池电堆2的负荷很高,需要带走大量热量才能维持燃料电池内部热平衡,因此采用第三内循环回路C和第三外循环回路F模式。由于散热器6热交换效率高,初始阶段可以不开启散热器6风扇,仅通过散热器6与外界进行热交换;当检测第二储液箱8温度达到一定阈值时,需要开启风扇进行散热,以免第二储液箱8温度过高,失去散热能力。具体的,第三内循环回路C工作时,冷却液从电堆2流出后经第一旁路阀3进入热交换器4,流经第二旁路阀10依次进入第一储液箱11、第一冷却泵1,然后回到电堆2。第三外循环回路F工作时,冷却液从热交换器4流出后经第二旁路阀5进入散热器6,然后依次经第三旁路阀7、第二储液箱8、第二冷却泵9回到热交换器4。

[0075] 综上所述,本发明公开的燃料电池热管理系统,采用分段式热管理方法,能够根据负载功率需求对其进行分段,采用单一循环回路、双循环回路或三循环回路方案对燃料电池进行热管理。

[0076] 本说明书中各个实施例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。

[0077] 专业人员还可以进一步意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元

及算法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,为了清楚地说明硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

[0078] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以直接用硬件、处理器执行的软件模块,或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器(RAM)、内存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM、电可擦除可编程ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0079] 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申请。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申请的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本申请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。

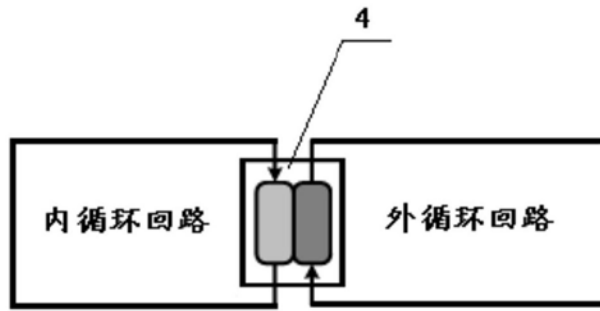


图1

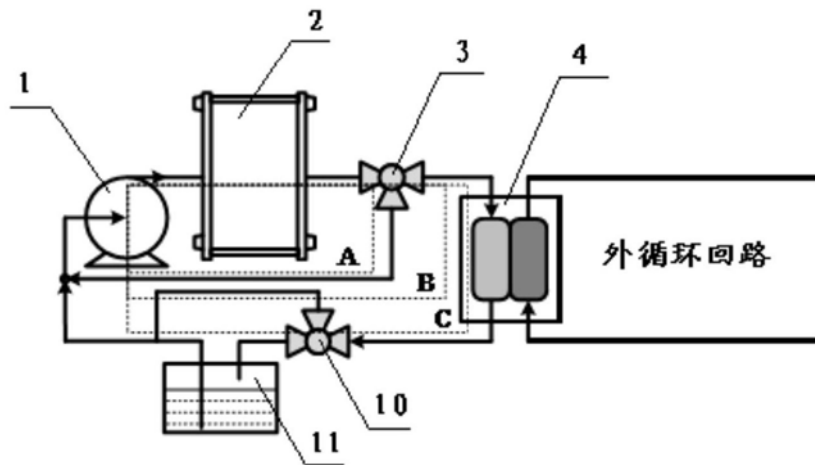


图2

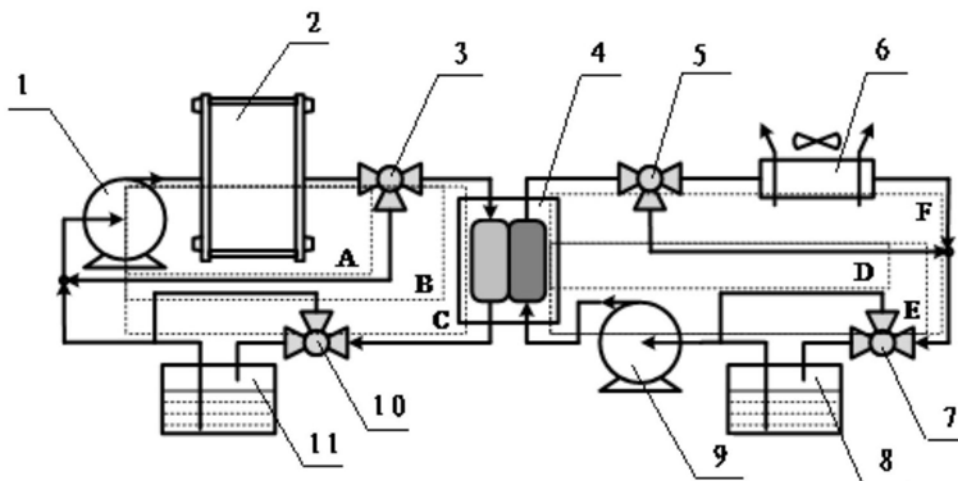


图3

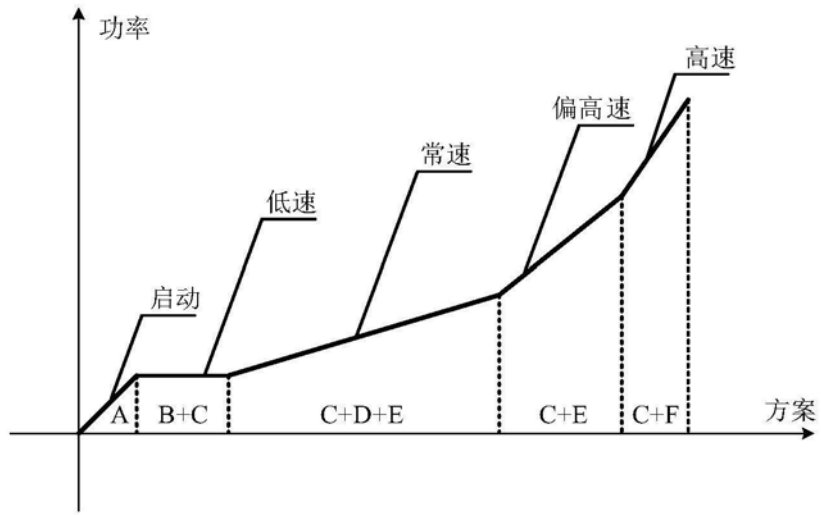


图4