



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110165247 A

(43)申请公布日 2019.08.23

(21)申请号 201910418641.1

(22)申请日 2019.05.20

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 熊树生 章晓轩 李伟 江仁埔
吴占宽 叶世言

(74)专利代理机构 杭州宇信知识产权代理事务
所(普通合伙) 33231

代理人 刘艳艳

(51)Int.Cl.

H01M 8/04029(2016.01)

H01M 8/04223(2016.01)

H01M 8/04302(2016.01)

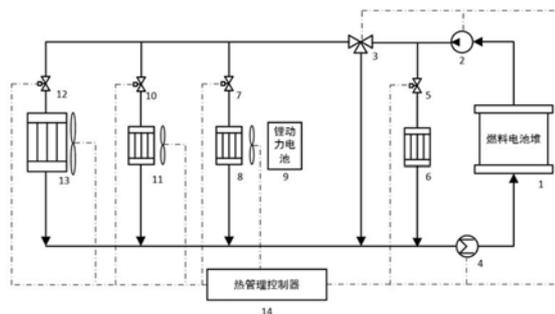
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统及其控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统,包括燃料电池堆、电子水泵、电子节温器、冷启动加热器、第一电磁阀、热管理控制器以及进气预热换热器,电子水泵、电子节温器、冷启动加热器和第一电磁阀均与热管理控制器电连接;燃料电池堆的冷却液出口与电子水泵的进液口连接,电子水泵的出液口与电子节温器的进液口和第一电磁阀的进液口连接,电子节温器的第一出液口与冷启动加热器的进液口连接,冷启动加热器的出液口与燃料电池堆的进液口连接,第一电磁阀的出液口与进气预热换热器的进液口连接,进气预热换热器的出液口与冷启动加热器的进液口连接。本发明解决了燃料电池汽车在低温环境下的冷启动以及冷空气入堆前的预热问题。



1. 一种具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统,其特征在于,包括燃料电池堆(1)、电子水泵(2)、电子节温器(3)、冷启动加热器(4)、第一电磁阀(5)、热管理控制器(14)以及空气进气预热结构,电子水泵(2)、电子节温器(3)、冷启动加热器(4)和第一电磁阀(5)均与热管理控制器(14)电连接,电子节温器(3)包括进液口、第一出液口和第二出液口,空气进气预热结构包括设置在空气进气气道中的进气预热换热器(6);所述燃料电池堆(1)的冷却液出口与电子水泵(2)的进液口连接,电子水泵(2)的出液口与电子节温器(3)的进液口和第一电磁阀(5)的进液口连接,电子节温器(3)的第一出液口与冷启动加热器(4)的进液口连接,冷启动加热器(4)的出液口与燃料电池堆(1)的进液口连接,第一电磁阀(5)的出液口与进气预热换热器(6)的进液口连接,进气预热换热器(6)的出液口与冷启动加热器(4)的进液口连接。

2. 根据权利要求1所述的具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统,其特征在于,所述空气进气预热结构还包括进气过滤器(15)、进气压缩机(16)、增湿器(17)、背压阀(18)和消声器(19),空气在进气压缩机(16)的驱动作用下进入空气进气气道后,依次经过进气过滤器(15)过滤、进气预热换热器(6)加热升温 and 增湿器(17)加湿后进入燃料电池堆(1),与燃料电池堆(1)内的燃料混合反应完毕后再依次经过增湿器(17)、背压阀(18)和消声器(19)排出气道。

3. 根据权利要求1或2所述的具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统,其特征在于,还包括余热控制回路,所述余热控制回路包括第二电磁阀(7)、锂动力电池换热器(8)、锂动力电池(9)、第三电磁阀(10)、乘员舱换热器(11)、第四电磁阀(12)和燃料电池散热器(13),锂动力电池换热器(8)正对着锂动力电池(9)设置,电子节温器(3)的第二出液口与第二电磁阀(7)的进液口、第三电磁阀(10)的进液口和第四电磁阀(12)的进液口连接,第二电磁阀(7)的出液口与锂动力电池换热器(8)的进液口连接,第三电磁阀(10)的出液口与乘员舱换热器(11)的进液口连接,第四电磁阀(12)的出液口与燃料电池散热器(13)的进液口连接,锂动力电池换热器(8)的出液口、乘员舱换热器(11)的出液口和燃料电池散热器(13)的出液口均与冷启动加热器(4)的进液口连接,所述第二电磁阀(7)、锂动力电池换热器(8)、第三电磁阀(10)、乘员舱换热器(11)、第四电磁阀(12)和燃料电池散热器(13)均与热管理控制器(14)电连接。

4. 一种根据权利要求1-3任一项所述的具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统的控制方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1、设燃料电池堆(1)冷却液出口的温度为 T_{out} 、燃料电池最低启动温度为 T_Q ,其中燃料电池堆(1)冷却液出口的起始温度设为 T_1 ,热管理控制器(14)检测燃料电池堆(1)冷却液出口的起始温度 T_1 ,若 $T_1 \leq T_Q$,则执行步骤S2;若 $T_1 > T_Q$,则直接执行步骤S3;

S2、进入冷启动模式,控制电子节温器(3)打开第一出液口、关闭第二出液口,同时启动冷启动加热器(4)对冷却液加热,再启动电子水泵(2)调节冷却液流量,然后再返回检测 T_1 ,当 $T_1 > 0^\circ\text{C}$,完成燃料电池堆(1)的升温,然后执行步骤S3;

S3、执行检测环境温度 T_A 的命令,当环境温度 $T_A > 0^\circ\text{C}$ 时,空气进气无需预热,直接执行启动燃料电池堆(1)工作的命令;当环境温度 $T_A \leq 0^\circ\text{C}$ 时,控制第一电磁阀(5)打开,再执行启动燃料电池堆(1)工作的命令,这时控制开启空气进气预热结构,燃料电池堆(1)启动工作后的高温冷却液经电子水泵(2)泵出并通过第一电磁阀(5)进入进气预热换热器(6)中,

进入空气进气气道中的空气依次通过进气预热换热器(6)升温和进气压缩机(16)压缩升温。

5. 根据权利要求4所述的控制方法,其特征在于,所述步骤S3还包括:当通过冷启动模式启动燃料电池堆(1)工作之后,再将冷启动加热器(4)关闭。

6. 根据权利要求4所述的控制方法,其特征在于,所述步骤S3之后还包括步骤S4:当燃料电池堆(1)正常工作后,对燃料电池堆(1)冷却液出口的温度 T_{out} 实时检测,其具体检测包括如下:

当热管理控制器(14)检测到 $T_{out} \leq T_L$ 时,其中 T_L 为燃料电池堆(1)冷却液出口的最低温度阈值,控制电子节温器(3)的第一出液口打开、第二出液口关闭,冷却液只进行小循环;

当热管理控制器(14)检测到 $T_L < T_{out} < T_H$ 时,其中 T_H 为燃料电池堆(1)冷却液出口的最高温度阈值,这时燃料电池堆(1)处于适宜工作温度区间,控制电子节温器(3)的第一出液口和第二出液口均打开,冷却液同时进行小循环和大循环;

当热管理控制器(14)检测到 $T_{out} \geq T_H$ 时,控制电子节温器(3)的第一出液口关闭、第二出液口打开,冷却液只进行大循环。

7. 根据权利要求6所述的控制方法,其特征在于,所述小循环是指电子节温器(3)的第一出液口打开且第二出液口关闭的状态;所述大循环是指电子节温器(3)的第一出液口关闭且第二出液口打开的状态;同时进行小循环和大循环是指电子节温器(3)的第一出液口和第二出液口均打开的状态。

8. 根据权利要求6所述的控制方法,其特征在于,设所述 T_L 为 40°C 、 T_H 为 70°C 。

9. 根据权利要求6所述的控制方法,其特征在于,当 $T_{out} > T_L$,即冷却液存在大循环时,热管理控制器(14)还对从电子节温器(3)第二出液口流出的高温冷却液进行余热控制,具体包括如下:

当锂动力电池(9)需要加热时,热管理控制器(14)控制打开第二电磁阀(7),大循环部分高温冷却液进入锂动力电池换热器(8),并控制打开锂动力电池换热器(8)的风机为锂动力电池(9)提供暖风保温;

当乘员舱需要加热时,热管理控制器(14)控制打开第三电磁阀(10),大循环部分高温冷却液进入乘员舱换热器(11),并控制打开乘员舱换热器(11)的风机为乘员舱提供暖风。

10. 根据权利要求9所述的控制方法,其特征在于,当燃料电池堆(1)剩余无法被利用的余热时,热管理控制器(14)控制打开第四电磁阀(12),大循环剩余的高温冷却液进入燃料电池散热器(13),并控制调节燃料电池散热器(13)的风机进风量,冷却液经过降温后流回燃料电池堆(1)内为燃料电池堆降温,同时保证 $T_L < T_{out} < T_H$ 。

具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及新能源汽车技术领域,具体涉及一种具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统及其控制方法。

背景技术

[0002] 世界各国都在积极开发新能源技术,燃料电池汽车作为一种降低石油消耗、高能量转化率、零排放、低噪声的新能源汽车,被认为是解决能源危机和环境恶化的重要途径。国家发展改革委、国家能源局组织编制的《能源技术革命创新行动计划(2016-2030年)》,部署了包含氢能与燃料电池技术创新在内的15项重点任务。

[0003] 当前纯电动汽车使用受限于动力电池的能量密度,续航里程有限,在冬季为使用电加热为车辆供暖,夏季为空调供电实现制冷,更加限制了纯电动汽车的续航里程。而燃料电池汽车只需要提供燃料加注,大大增加了续航里程。在燃料电池汽车中,适宜的工作范围才能保证动力电池的安全性以及循环寿命;考虑人体热舒适性,还需要控制乘员舱的温度。燃料电池的冷启动是限制燃料电池汽车在寒冷环境运行的一大难题。

[0004] 燃料电池电堆的工作特性决定电堆的空气入堆不能低于0℃,因为长时间低温空气入堆,会导致电堆入口处的单片膜电极温度吹低,以致结冰穿刺膜电极导致膜串漏。另外,单片膜电极进出口温差大,长时间使用,会加速电堆性能衰减,减少使用寿命。在低于0℃的环境下启动燃料电池,由于冰的形成和反应部位的堵塞,使得燃料电池操作性能和寿命降低,从而对电池组件造成不可逆转的损伤。

[0005] 公开号为CN207398272U、公开日为2018年05月22日的实用新型专利公开了一种氢燃料电池的热管理系统及控制管路,通过控制三通电磁阀的通断及水泵的开启来控制管路中水路的通断与走向,并根据温度选择散热器及加热装置启停对系统实现加热、散热与保温,其不足之处是:没有实现燃料电池的低温环境下的冷启动以及冷空气入堆前的预热,也没有利用燃料电池工作中产生的余热来为乘员舱、锂动力电池供暖,造成能源浪费。

发明内容

[0006] 本发明为了克服以上技术的不足,提供了一种具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统及其控制方法,从而解决了燃料电池汽车在低温环境下的冷启动以及冷空气入堆前的预热问题。

[0007] 本发明克服其技术问题所采用的技术方案是:

一种具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统,包括燃料电池堆、电子水泵、电子节温器、冷启动加热器、第一电磁阀、热管理控制器以及空气进气预热结构,电子水泵、电子节温器、冷启动加热器和第一电磁阀均与热管理控制器电连接,电子节温器包括进液口、第一出液口和第二出液口,空气进气预热结构包括设置在空气进气气道中的进气预热换热器;所述燃料电池堆的冷却液出口与电子水泵的进液口连接,电子水泵的出液口与电子节温器的进液口和第一电磁阀的进液口连接,电子节温器的第一出液口与冷启动加热器的进液口

连接,冷启动加热器的出液口与燃料电池堆的进液口连接,第一电磁阀的出液口与进气预热换热器的进液口连接,进气预热换热器的出液口与冷启动加热器的进液口连接。

[0008] 进一步地,所述空气进气预热结构还包括进气过滤器、进气压缩机、增湿器、背压阀和消声器,空气在进气压缩机的驱动作用下进入空气进气气道后,依次经过进气过滤器过滤、进气预热换热器加热升温 and 增湿器加湿后进入燃料电池堆,与燃料电池堆内的燃料混合反应完毕后再依次经过增湿器、背压阀和消声器排出气道。

[0009] 进一步地,还包括余热控制回路,所述余热控制回路包括第二电磁阀、锂动力电池换热器、锂动力电池、第三电磁阀、乘员舱换热器、第四电磁阀和燃料电池散热器,锂动力电池换热器正对着锂动力电池设置,电子节温器的第二出液口与第二电磁阀的进液口、第三电磁阀的进液口和第四电磁阀的进液口连接,第二电磁阀的出液口与锂动力电池换热器的进液口连接,第三电磁阀的出液口与乘员舱换热器的进液口连接,第四电磁阀的出液口与燃料电池散热器的进液口连接,锂动力电池换热器的出液口、乘员舱换热器的出液口和燃料电池散热器的出液口均与冷启动加热器的进液口连接,所述第二电磁阀、锂动力电池换热器、第三电磁阀、乘员舱换热器、第四电磁阀和燃料电池散热器均与热管理控制器电连接。

[0010] 本发明还提供了一种根据上述所述的具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统的控制方法,包括如下步骤:

S1、设燃料电池堆冷却液出口的温度为 T_{out} 、燃料电池最低启动温度为 T_Q ,其中燃料电池堆冷却液出口的起始温度设为 T_1 ,热管理控制器检测燃料电池堆冷却液出口的起始温度 T_1 ,若 $T_1 \leq T_Q$,则执行步骤S2;若 $T_1 > T_Q$,则直接执行步骤S3;

S2、进入冷启动模式,控制电子节温器打开第一出液口、关闭第二出液口,同时启动冷启动加热器对冷却液加热,再启动电子水泵调节冷却液流量,然后再返回检测 T_1 ,当 $T_1 > 0^\circ\text{C}$,完成燃料电池堆的升温,然后执行步骤S3;

S3、执行检测环境温度 T_A 的命令,当环境温度 $T_A > 0^\circ\text{C}$ 时,空气进气无需预热,直接执行启动燃料电池堆工作的命令;当环境温度 $T_A \leq 0^\circ\text{C}$ 时,控制第一电磁阀打开,再执行启动燃料电池堆工作的命令,这时控制开启空气进气预热结构,燃料电池堆启动工作后的高温冷却液经电子水泵泵出并通过第一电磁阀进入进气预热换热器中,进入空气进气气道中的空气依次通过进气预热换热器升温 and 进气压缩机压缩升温。

[0011] 进一步地,所述步骤S3还包括:当通过冷启动模式启动燃料电池堆工作之后,再将冷启动加热器关闭。

[0012] 进一步地,所述步骤S3之后还包括步骤S4:当燃料电池堆正常工作后,对燃料电池堆冷却液出口的温度 T_{out} 实时检测,其具体检测包括如下:

当热管理控制器检测到 $T_{out} \leq T_L$ 时,其中 T_L 为燃料电池堆冷却液出口的最低温度阈值,控制电子节温器的第一出液口打开、第二出液口关闭,冷却液只进行小循环;

当热管理控制器检测到 $T_L < T_{out} < T_H$ 时,其中 T_H 为燃料电池堆冷却液出口的最高温度阈值,这时燃料电池堆处于适宜工作温度区间,控制电子节温器的第一出液口和第二出液口均打开,冷却液同时进行小循环和大循环;

当热管理控制器检测到 $T_{out} \geq T_H$ 时,控制电子节温器的第一出液口关闭、第二出液口打开,冷却液只进行大循环。

[0013] 进一步地,所述小循环是指电子节温器的第一出液口打开且第二出液口关闭的状态;所述大循环是指电子节温器的第一出液口关闭且第二出液口打开的状态;同时进行小循环和大循环是指电子节温器的第一出液口和第二出液口均打开的状态。

[0014] 进一步地,设所述TL为40℃、TH为70℃。

[0015] 进一步地,所述步骤S4中,当 $T_{out} > TL$,即冷却液存在大循环时,热管理控制器还对从电子节温器第二出液口流出的高温冷却液进行余热控制,具体包括如下:

当锂动力电池需要加热时,热管理控制器控制打开第二电磁阀,大循环部分高温冷却液进入锂动力电池换热器,并控制打开锂动力电池换热器的风机为锂动力电池提供暖风保温;

当乘员舱需要加热时,热管理控制器控制打开第三电磁阀,大循环部分高温冷却液进入乘员舱换热器,并控制打开乘员舱换热器的风机为乘员舱提供暖风。

[0016] 进一步地,当燃料电池堆剩余无法被利用的余热时,热管理控制器控制打开第四电磁阀,大循环剩余的高温冷却液进入燃料电池散热器,并控制调节燃料电池散热器的风机进风量,冷却液经过降温后流回燃料电池堆内为燃料电池堆降温,同时保证 $TL < T_{out} < TH$ 。

[0017] 本发明的有益效果是:

1、本发明克服现有技术燃料电池堆不能在低温环境下启动的问题,通过冷启动加热器加热小循环中的冷却液,给低温环境下的燃料电池堆提供了预热,实现了燃料电池汽车在低温环境下的启动,避免了燃料电池低温环境启动对电堆的不可逆损伤;并利用燃料电池堆冷却液的余热对低温空气进行预热,减小单片膜电极进出口温差,延长燃料电池堆的使用寿命。

[0018] 2、本发明还将燃料电池堆的余热提供给锂动力电池保温以保证锂动力电池工作在适宜温度,提供给乘员舱以给乘员舒服的暖风,剩余热量则由燃料电池散热器散去,本发明充分考虑电池的能量耗损,延长了燃料电池汽车的续航里程。

[0019] 3、本发明控制燃料电池堆工作在适宜温度范围内,不仅提高电池的工作效能,还延长了燃料电池堆的使用寿命。

[0020] 4、本发明结构简单,无需增加复杂管路、线束,可以保证整个燃料电池汽车系统的安全性和可靠性,具有极大的推广应用价值。

附图说明

[0021] 图1为本发明实施例所述具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统的结构示意图。

[0022] 图2为本发明实施例所述燃料电池空气进气预热的结构示意图。

[0023] 图3为本发明实施例所述燃料电池冷启动系统的控制图。

[0024] 图中:1—燃料电池堆,2—电子水泵,3—电子节温器,4—冷启动加热器,5—第一电磁阀,6—进气预热换热器,7—第二电磁阀,8—锂动力电池换热器,9—锂动力电池,10—第三电磁阀,11—乘员舱换热器,12—第四电磁阀,13—燃料电池散热器,14—热管理控制器,15—进气过滤器,16—进气压缩机,17—增湿器,18—背压阀,19—消声器。

具体实施方式

[0025] 为了便于本领域人员更好的理解本发明,下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明,下述仅是示例性的不限定本发明的保护范围。

[0026] 如图1和2所示,本实施例所述的一种具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统,包括燃料电池堆1、电子水泵2、电子节温器3、冷启动加热器4、第一电磁阀5、热管理控制器14以及空气进气预热结构;其中,电子水泵2、电子节温器3、冷启动加热器4和第一电磁阀5均与热管理控制器14电连接并受热管理控制器14的控制,所述电子节温器3包括进液口、第一出液口和第二出液口,所述空气进气预热结构包括设置在空气进气气道中的进气预热换热器6。

[0027] 如图1所示,所述燃料电池堆1的冷却液出口通过管路与电子水泵2的进液口连接,所述电子水泵2用于调节流经电子水泵2的冷却液流量,电子水泵2的出液口通过管路与电子节温器3的进液口和第一电磁阀5的进液口连接;所述电子节温器3用于调节第一出液口与第二出液口的流量比例,电子节温器3的第一出液口通过管路与冷启动加热器4的进液口连接;冷启动加热器4的出液口通过管路与燃料电池堆1的进液口连接,所述冷启动加热器4用于燃料电池堆1冷启动时对冷却液进行加热;第一电磁阀5的出液口与进气预热换热器6的进液口连接,所述第一电磁阀5用于调节流经进气预热换热器6的冷却液流量;进气预热换热器6的出液口通过管路与冷启动加热器4的进液口连接,所述进气预热换热器6用于对进入燃料电池堆1之前的空气进行加热升温。

[0028] 如图2所示,所述空气进气预热结构还包括进气过滤器15、进气压缩机16、增湿器17、背压阀18和消声器19,所述进气过滤器15用于过滤气道中气体的杂质,所述进气压缩机16用于驱动空气进入气道,增加进气中氧气的浓度,所述增湿器17用于对进入气道中的空气加湿,所述背压阀18在空气出口处用于调节燃料电池堆1内部的空气压力,所述消声器19用于对排出气道的空气进行消声降噪。空气在进气压缩机16的驱动作用下进入空气进气气道后,依次经过进气过滤器15过滤、进气预热换热器6加热升温 and 增湿器17加湿后进入燃料电池堆1,与燃料电池堆1内的燃料混合反应完毕后再依次经过增湿器17、背压阀18和消声器19排出气道。

[0029] 本实施例所述的一种具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统,还包括余热控制回路,所述余热控制回路包括第二电磁阀7、锂动力电池换热器8、锂动力电池9、第三电磁阀10、乘员舱换热器11、第四电磁阀12和燃料电池散热器13,所述锂动力电池换热器8正对着锂动力电池9设置,所述电子节温器3的第二出液口与第二电磁阀7的进液口、第三电磁阀10的进液口和第四电磁阀12的进液口均通过管路连接,第二电磁阀7的出液口与锂动力电池换热器8的进液口连接,所述第二电磁阀7用于调节流经锂动力电池换热器8的冷却液流量,所述锂动力电池8用于为锂动力电池9保温;第三电磁阀10的出液口与乘员舱换热器11的进液口连接,第三电磁阀10用于调节流经乘员舱换热器11的冷却液流量,所述乘员舱换热器11用于对乘员舱供暖;第四电磁阀12的出液口与燃料电池散热器13的进液口连接,所述第四电磁阀12用于调节流经燃料电池散热器13的冷却液流量,所述燃料电池散热器13用于对流经燃料电池散热器13的冷却液提供散热;锂动力电池换热器8的出液口、乘员舱换热器11的出液口和燃料电池散热器13的出液口均与冷启动加热器4的进液口通过管路连接;所述第二电磁阀7、锂动力电池换热器8、第三电磁阀10、乘员舱换热器11、第四电磁阀12和

燃料电池散热器13均与热管理控制器14电连接并受热管理控制器14的控制。

[0030] 本实施例还提供了一种根据上述所述的具有冷启动功能的燃料电池汽车热管理系统的控制方法,如图3所示,包括如下步骤:

S1、设燃料电池堆1冷却液出口的温度为 T_{out} 、燃料电池最低启动温度为 TQ ,其中燃料电池堆1冷却液出口的起始温度设为 $T1$,热管理控制器14检测燃料电池堆1冷却液出口的起始温度 $T1$,若 $T1 \leq TQ$,本实施例优选 $TQ=0^{\circ}\text{C}$,则执行步骤S2;若 $T1 > TQ$,则直接执行步骤S3。在此说明一下,燃料电池堆1冷却液的温度是通过设置在燃料电池堆1冷却液出口处的温度传感器测得,冷却液出口处的温度就等同于燃料电池堆1内冷却液的温度。

[0031] S2、进入冷启动模式,热管理控制器14控制电子节温器3打开第一出液口、关闭第二出液口,同时启动冷启动加热器4对冷却液加热,再启动电子水泵2调节冷却液流量,这时冷却液只进行小循环,然后再返回检测 $T1$,当 $T1 > 0^{\circ}\text{C}$,完成燃料电池堆1的升温,然后执行步骤S3。

[0032] S3、热管理控制器14执行检测环境温度 T_A 的命令,其中环境温度 T_A 是通过设置在空气进气气道口的温度传感器测得,当环境温度 $T_A > 0^{\circ}\text{C}$ 时,空气进气无需预热,直接执行启动燃料电池堆1工作的命令,这时空气在进气压缩机16的驱动作用下进入空气进气气道后,依次经过进气过滤器15过滤、进气预热换热器6(但这时进气预热换热器6不工作,即空气虽然经过进气预热换热器6但并没有被加热升温)和增湿器17加湿后进入燃料电池堆1;当环境温度 $T_A \leq 0^{\circ}\text{C}$ 时,热管理控制器14控制第一电磁阀5打开,再执行启动燃料电池堆1工作的命令,这时控制开启空气进气预热结构,燃料电池堆1启动工作后的高温冷却液经电子水泵2泵出并通过第一电磁阀5进入进气预热换热器6中,空气在进气压缩机16的驱动作用下进入空气进气气道后,依次经过进气过滤器15过滤、进气预热换热器6加热升温(大概能升高 $3-5^{\circ}\text{C}$ 左右)、进气压缩机16压缩升温 and 增湿器17加湿后进入燃料电池堆1。其中,当通过冷启动模式启动燃料电池堆1工作之后,再将冷启动加热器4关闭,以减少电能损耗。

[0033] S4、当燃料电池堆1正常工作后,对燃料电池堆1冷却液出口的温度 T_{out} 实时检测,其具体检测包括如下:

当热管理控制器14检测到 $T_{out} \leq T_L$ 时,其中 T_L 为燃料电池堆1冷却液出口的最低温度阈值,优选 T_L 为 40°C ,这时燃料电池堆1所处的工作温度偏低,热管理控制器14控制电子节温器3的第一出液口打开、第二出液口关闭,冷却液只进行小循环;

当热管理控制器14检测到 $T_L < T_{out} < T_H$ 时,其中 T_H 为燃料电池堆1冷却液出口的最高温度阈值,优选 T_H 为 70°C ,这时燃料电池堆1处于适宜工作温度区间,热管理控制器14控制电子节温器3的第一出液口和第二出液口均打开,冷却液同时进行小循环和大循环;

当热管理控制器14检测到 $T_{out} \geq T_H$ 时,这时燃料电池堆1所处的工作温度偏高,热管理控制器14控制电子节温器3的第一出液口关闭、第二出液口打开,冷却液只进行大循环。

[0034] 上述步骤S4中,所述小循环是指电子节温器3的第一出液口打开且第二出液口关闭的状态;所述大循环是指电子节温器3的第一出液口关闭且第二出液口打开的状态;同时进行小循环和大循环是指电子节温器3的第一出液口和第二出液口均打开的状态。

[0035] 进一步地,所述步骤S4中,当 $T_{out} > T_L$,即冷却液存在大循环时,也就是 $T_L < T_{out} < T_H$ 或 $T_{out} \geq T_H$ 时,热管理控制器14还对从电子节温器3第二出液口流出的高温冷却液进行余热控制,具体包括如下:

当锂动力电池9需要加热时,热管理控制器14控制打开第二电磁阀7,大循环部分高温冷却液进入锂动力电池换热器8,并控制打开锂动力电池换热器8的风机为锂动力电池9提供暖风保温,充分利用燃料电池堆1的余热;当锂动力电池9无需加热时,热管理控制器14控制关闭第二电磁阀7和锂动力电池换热器8的风机。

[0036] 当乘员舱需要加热时,热管理控制器14控制打开第三电磁阀10,大循环部分高温冷却液进入乘员舱换热器11,并控制打开乘员舱换热器11的风机为乘员舱提供暖风充分利用燃料电池堆1的余热;当乘员舱无需加热时,热管理控制器14控制关闭第三电磁阀10和乘员舱换热器11的风机。

[0037] 进一步地,当燃料电池堆1剩余无法被利用的余热时,这种情况可以是锂动力电池9和/或乘员舱都已充分利用余热,或锂动力电池9和乘员舱都不需要加热时,热管理控制器14控制打开第四电磁阀12,大循环剩余的高温冷却液进入燃料电池散热器13,并控制调节燃料电池散热器13的风机进风量,冷却液经过降温后流回燃料电池堆1内为燃料电池堆降温,同时保证 $T_L < T_{out} < T_H$ 。

[0038] 以上仅描述了本发明的基本原理和优选实施方式,本领域人员可以根据上述描述做出许多变化和改进,这些变化和改进应该属于本发明的保护范围。

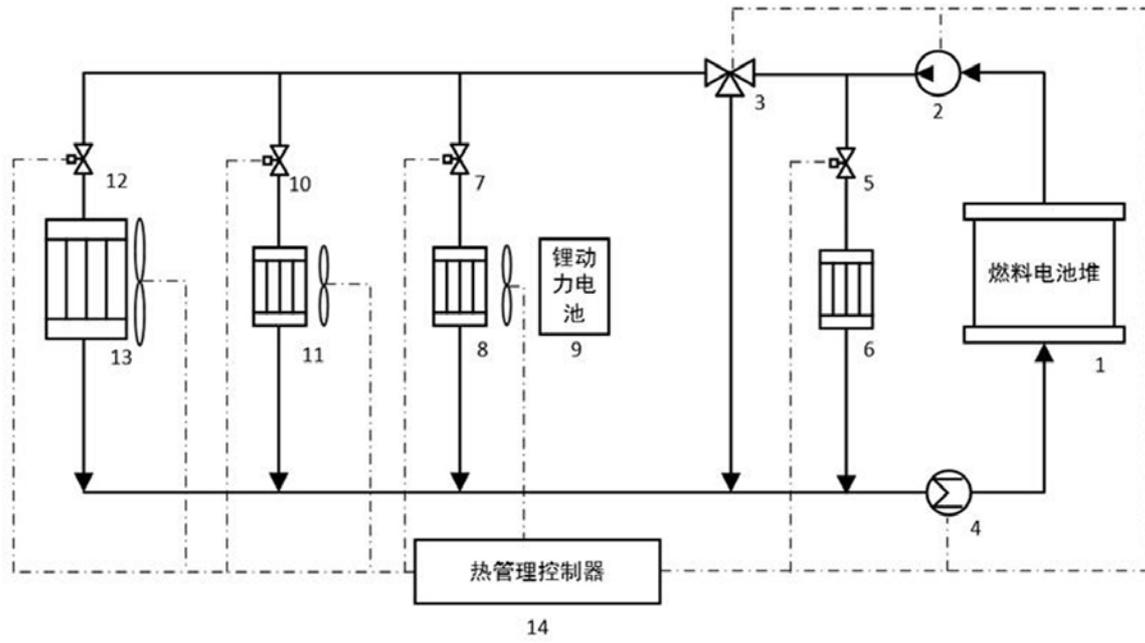


图1

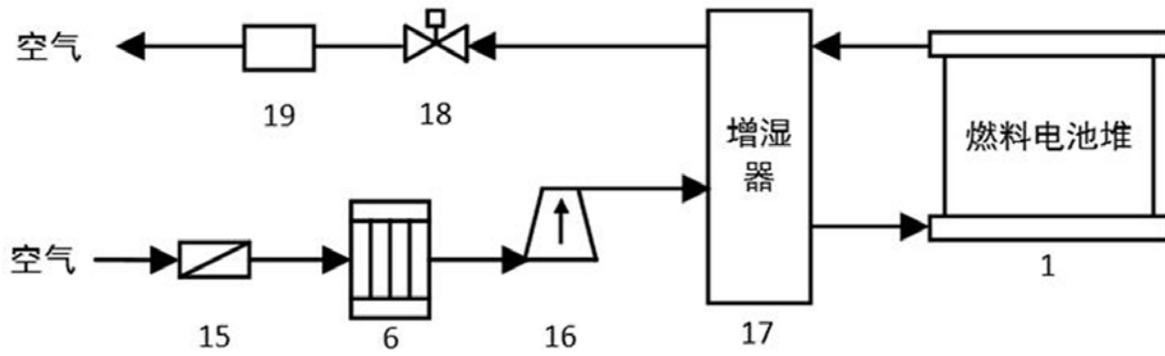


图2

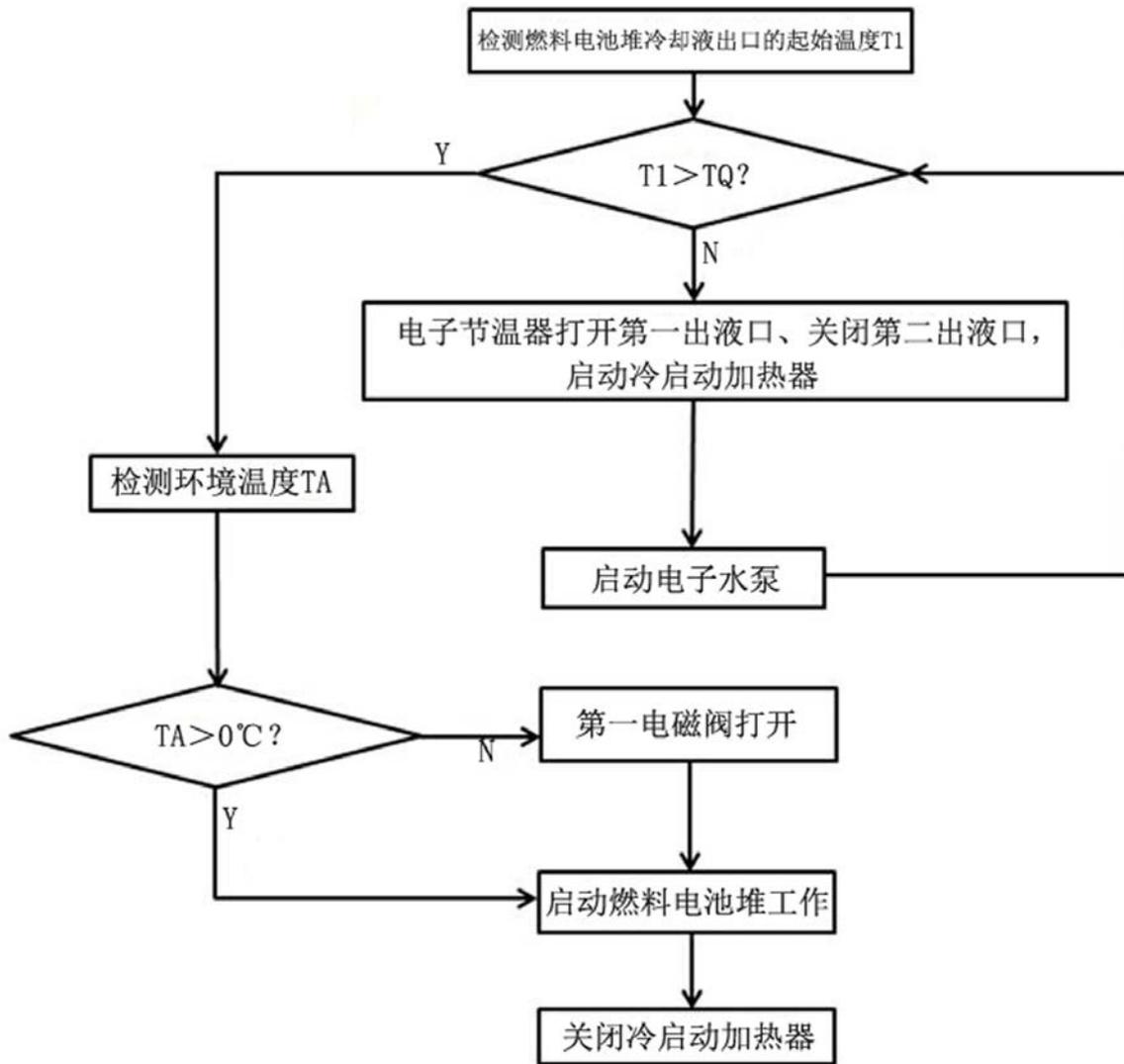


图3