



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110649283 A

(43)申请公布日 2020.01.03

(21)申请号 201810669708.4

(22)申请日 2018.06.26

(71)申请人 国家电投集团氢能科技发展有限公司

地址 102209 北京市昌平区未来科技城国家电投集团科学技术研究院A座6层

(72)发明人 陆维 胡腾 韩立勇 赵瑞昌
杨凯 邸智

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事务所(普通合伙) 11201

代理人 宋合成

(51)Int.Cl.

H01M 8/04029(2016.01)

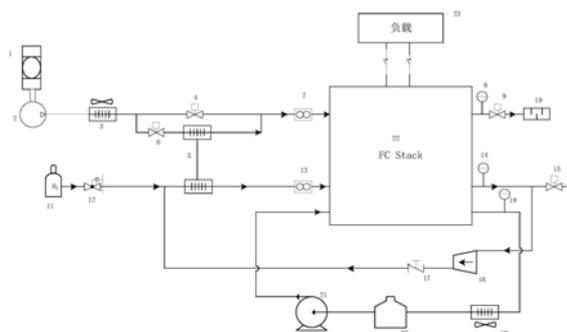
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

燃料电池系统及其低温启动方法

(57)摘要

本发明公开了一种燃料电池系统,所述燃料电池系统包括:燃料电池电堆、换热器、燃料供应系统和氧化剂供应系统,所述氧化剂供应系统与所述换热器的第一侧入口相连,所述换热器的第一侧出口与所述燃料电池电堆的阴极入口相连,所述燃料供应系统的燃料供应装置与所述换热器的第二侧入口相连,所述换热器的第二侧出口与所述燃料电池电堆的阳极入口相连。本发明的燃料电池系统,在不增加系统多余的能耗和燃料的消耗的情况下,利用阴极供气温度,通过换热器,同时对燃料电池电堆的阴极和阳极进行预热,燃料电池电堆的温度均衡,可以实现燃料电池在低温环境下的快速启动,保证燃料电池低温下的运行寿命,降低多余能耗。



1. 一种燃料电池系统,其特征在于,包括:燃料电池电堆、换热器、燃料供应系统和氧化剂供应系统,所述氧化剂供应系统与所述换热器的第一侧入口相连,所述换热器的第一侧出口与所述燃料电池电堆的阴极入口相连,所述燃料供应系统的燃料供应装置与所述换热器的第二侧入口相连,所述换热器的第二侧出口与所述燃料电池电堆的阳极入口相连。

2. 根据权利要求1所述的燃料电池系统,其特征在于,所述氧化剂供应系统包括:

并联的第一支路和第二支路,所述换热器的第一侧设于所述第一支路,且所述第一支路上设有换热器开关阀,所述第二支路上设有旁通阀;

空压机,所述空压机的出口与所述第一支路和所述第二支路的第一端相连,所述第一支路和所述第二支路的第二端与所述燃料电池电堆的阴极入口相连。

3. 根据权利要求2所述的燃料电池系统,其特征在于,所述氧化剂供应系统还包括:

中冷器,所述中冷器连接在所述空压机的出口与所述第一支路和所述第二支路的第一端之间。

4. 根据权利要求2所述的燃料电池系统,其特征在于,还包括:

空气流量计,所述空气流量计连接在所述第一支路和所述第二支路的第二端与所述燃料电池电堆的阴极入口之间;

燃料流量计,所述燃料流量计连接在所述换热器的第二侧出口与所述燃料电池电堆的阳极入口之间。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的燃料电池系统,其特征在于,所述燃料供应系统还包括:

排放阀,所述排放阀与所述燃料电池电堆的阳极出口相连;

回流泵,所述回流泵的入口连接在所述燃料电池电堆的阳极出口与所述排放阀之间,所述回流泵的出口与所述换热器的第二侧入口相连。

6. 根据权利要求5所述的燃料电池系统,其特征在于,所述燃料供应系统还包括:

逆止阀,所述逆止阀连接在所述回流泵的出口与所述换热器的第二侧入口之间,且从所述回流泵的出口到所述换热器的第二侧入口单向导通。

7. 根据权利要求5所述的燃料电池系统,其特征在于,所述氧化剂供应系统包括:并联的第一支路和第二支路,所述换热器的第一侧设于所述第一支路,且所述第一支路上设有换热器开关阀,所述第二支路上设有旁通阀;空压机,所述空压机的出口与所述第一支路和所述第二支路的第一端相连,所述第一支路和所述第二支路的第二端与所述燃料电池电堆的阴极入口相连;

所述燃料电池系统还包括控制系统,所述控制系统与所述燃料供应系统、所述氧化剂供应系统相连,所述控制系统设置成在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ,则开启换热器开关阀,开启空压机,打开所述排放阀和所述燃料供应装置吹扫时间 t_1 后关闭排放阀,开启回流泵。

8. 根据权利要求1-4中任一项所述的燃料电池系统,其特征在于,还包括:热管理系统,所述热管理系统包括循环泵、冷却剂水箱、散热器和用于与所述燃料电池电堆换热的换热部,所述循环泵、所述换热部、所述散热器、所述冷却剂水箱首尾顺次相连。

9. 一种燃料电池系统的低温启动方法,其特征在于,所述燃料电池系统为如权利要求7所述的燃料电池系统,所述低温启动方法包括:

在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ,打开换热器开关阀;

按照启动设定流量 Q_{a1} 开启空压机进行空气供应,对所述燃料电池电堆换热的阴极进行预热;

打开所述排放阀,开启所述燃料供应装置按照吹扫时间 t_1 对所述燃料电池电堆的阳极进行吹扫;

关闭所述排放阀,开启所述回流泵,按照预热设定流量 Q_{h0} 对所述燃料电池电堆的阳极进行循环;

当所述燃料电池电堆的阳极排气温度超过第一预设温度 T_1 时,开启所述燃料供应装置按照预热设定流量 Q_{h1} 进行燃料供应,按照预热设定电流 i_1 进行加载;

当所述燃料电池电堆的阳极排气温度超过第二预设温度 T_2 时,开启所述旁通阀,关闭所述换热器开关阀。

10. 根据权利要求9所述的燃料电池系统的低温启动方法,其特征在于,所述燃料电池系统还包括:用于给所述燃料电池电堆散热的热管理系统和连接在所述空压机的出口与所述第一支路、所述第二支路的第一端之间的中冷器;

所述步骤在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ,打开换热器开关阀还包括:关闭所述中冷器;

所述步骤当所述燃料电池电堆的阳极排气温度超过第二预设温度 T_2 时,开启所述旁通阀,关闭所述换热器开关阀还包括:开启所述中冷器,调节所述空压机转速,按照空气流量 Q_{a2} 进行空气供应,调节燃料供应装置和回流泵,按照燃料供应流量 Q_{h2} 进行燃料供应,开启所述热管理系统,按照电流 i_2 进行加载。

11. 一种燃料电池系统的低温启动方法,其特征在于,其特征在于,所述燃料电池系统为如权利要求2-4中任一项所述的燃料电池系统,所述低温启动方法包括:

在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ,开启所述换热器开关阀;

按照启动设定流量 Q_{a1} 开启所述空压机进行空气供应,对所述燃料电池电堆换热的阴极进行预热;

开启燃料供应装置对所述燃料电池电堆的阳极进行预热。

12. 一种燃料电池系统的低温启动方法,其特征在于,其特征在于,所述燃料电池系统为如权利要求5-7中任一项所述的燃料电池系统,所述低温启动方法包括:

在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ,所述换热器工作;

按照启动设定流量 Q_{a1} 开启空压机进行空气供应,对所述燃料电池电堆换热的阴极进行预热;

打开所述排放阀,开启所述燃料供应装置按照吹扫时间 t_1 对所述燃料电池电堆的阳极进行吹扫;

关闭所述排放阀,开启所述回流泵,按照预热设定流量 Q_{h1} 对所述燃料电池电堆的阳极进行循环;

当所述燃料电池电堆的阳极排气温度超过第一预设温度 T_1 时,开启所述燃料供应装置按照预热设定流量 Q_{h2} 进行燃料供应,按照预热设定电流 i_1 进行加载;

当燃料电池电堆的阳极排气温度超过第二预设温度 T_2 时,完成低温启动。

燃料电池系统及其低温启动方法

技术领域

[0001] 本发明属于燃料电池技术领域,具体而言,涉及一种燃料电池系统及燃料电池系统的低温启动方法。

背景技术

[0002] 燃料电池利用燃料氢气和空气中的氧气进行反应,将燃料氢气中的化学能直接、连续地转化为电能。燃料电池具有能量转换效率高、无污染等特点,被认为是可替代的未来交通动力技术之一。高的能量转换效率来自于其直接将化学能转变为电能而不受热机的卡诺循环限制,因而已经被世界各国政府及工业界认为可解决当前世界所面临的能源危机以及满足政府解决污染问题的策略。

[0003] 作为一种清洁、高效的能源转换装置,燃料电池有望替代内燃机成为最具前途的车用动力系统。然而燃料电池在汽车领域的应用需要满足汽车在低温环境下的使用要求。燃料电池阴极催化层既是电化学反应进行的场所,也是反应产物水产生的场所。此外,燃料电池运行过程中需要保证质子交换膜湿润,以实现其内部质子的传输。当电池内部温度低于冰点时,电池内的水可能会结冰,进而影响电池性能。在电池内部温度上升到冰点之前,若阴极催化层的空隙体积不足以容纳之前所累积的水,则冰会阻塞催化层,并会使电化学反应活性表面积(Electrochemically Active Area,ECA)减少,从而使反应速率降低甚至停止。因此,燃料电池在低温(低于0℃)环境下应用时,燃料电池在低温环境下的启动是燃料电池车用需要解决的关键问题之一。

[0004] 相关技术中,为了解决燃料电池的低温启动问题,通常都是给燃料电池的阴极预热,这会在质子交换膜两侧产生较大温度梯度,不利于燃料电池在低温下的快速启动,且对于燃料电池寿命会产生不利影响。

发明内容

[0005] 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此,本发明提出一种燃料电池系统,所述燃料电池系统可以实现双极预热。

[0006] 根据本发明实施例的燃料电池系统,包括:燃料电池电堆、换热器、燃料供应系统和氧化剂供应系统,所述氧化剂供应系统与所述换热器的第一侧入口相连,所述换热器的第一侧出口与所述燃料电池电堆的阴极入口相连,所述燃料供应系统的燃料供应装置与所述换热器的第二侧入口相连,所述换热器的第二侧出口与所述燃料电池电堆的阳极入口相连。

[0007] 根据本发明实施例的燃料电池系统,在不增加系统多余的能耗和燃料的消耗的情况下,利用阴极供气温度,通过换热器,同时对燃料电池电堆的阴极和阳极进行预热。这种预热方式能够快速、均匀地对燃料电池电堆的阴阳极同时进行预热,燃料电池电堆的温度均衡,可以实现燃料电池在低温环境下的快速启动,保证燃料电池低温下的运行寿命,降低多余能耗。

[0008] 根据本发明一个实施例的燃料电池系统,所述氧化剂供应系统包括:并联的第一支路和第二支路,所述换热器的第一侧设于所述第一支路,且所述第一支路上设有换热器开关阀,所述第二支路上设有旁通阀;空压机,所述空压机的出口与所述第一支路和所述第二支路的第一端相连,所述第一支路和所述第二支路的第二端与所述燃料电池电堆的阴极入口相连。

[0009] 根据本发明一个实施例的燃料电池系统,所述氧化剂供应系统还包括:中冷器,所述中冷器连接在所述空压机的出口与所述第一支路和所述第二支路的第一端之间。

[0010] 根据本发明一个实施例的燃料电池系统,还包括:空气流量计,所述空气流量计连接在所述第一支路和所述第二支路的第二端与所述燃料电池电堆的阴极入口之间;燃料流量计,所述燃料流量计连接在所述换热器的第二侧出口与所述燃料电池电堆的阳极入口之间。

[0011] 根据本发明一个实施例的燃料电池系统,所述燃料供应系统还包括:排放阀,所述排放阀与所述燃料电池电堆的阳极出口相连;回流泵,所述回流泵的入口连接在所述燃料电池电堆的阳极出口与所述排放阀之间,所述回流泵的出口与所述换热器的第二侧入口相连。

[0012] 根据本发明一个实施例的燃料电池系统,所述燃料供应系统还包括:逆止阀,所述逆止阀连接在所述回流泵的出口与所述换热器的第二侧入口之间,且从所述回流泵的出口到所述换热器的第二侧入口单向导通。

[0013] 根据本发明一个实施例的燃料电池系统,所述氧化剂供应系统包括:并联的第一支路和第二支路,所述换热器的第一侧设于所述第一支路,且所述第一支路上设有换热器开关阀,所述第二支路上设有旁通阀;空压机,所述空压机的出口与所述第一支路和所述第二支路的第一端相连,所述第一支路和所述第二支路的第二端与所述燃料电池电堆的阴极入口相连;所述燃料电池系统还包括控制系统,所述控制系统与所述燃料供应系统、所述氧化剂供应系统相连,所述控制系统设置成在开启时若环境温度第一预设温度 $T1$,则开启换热器开关阀,开启空压机,打开所述排放阀和所述燃料供应装置吹扫时间 $t1$ 后关闭排放阀,开启回流泵。

[0014] 根据本发明一个实施例的燃料电池系统,还包括:热管理系统,所述热管理系统包括循环泵、冷却剂水箱、散热器和用于与所述燃料电池电堆换热的换热部,所述循环泵、所述换热部、所述散热器、所述冷却剂水箱首尾顺次相连。

[0015] 本发明还提出了一种燃料电池系统的低温启动方法,所述低温启动方法包括:在开启时若环境温度第一预设温度 $T1$,打开换热器开关阀;按照启动设定流量 Q_{a1} 开启空压机进行空气供应,对所述燃料电池电堆换热的阴极进行预热;打开所述排放阀,开启所述燃料供应装置按照吹扫时间 $t1$ 对所述燃料电池电堆的阳极进行吹扫;关闭所述排放阀,开启所述回流泵,按照预热设定流量 Q_{h0} 对所述燃料电池电堆的阳极进行循环;当所述燃料电池电堆的阳极排气温度超过第一预设温度 $T1$ 时,开启所述燃料供应装置按照预热设定流量 Q_{h1} 进行燃料供应,按照预热设定电流 $i1$ 进行加载;当所述燃料电池电堆的阳极排气温度超过第二预设温度 $T2$ 时,开启所述旁通阀,关闭所述换热器开关阀。

[0016] 根据本发明一个实施例的燃料电池系统的低温启动方法,所述燃料电池系统还包括:用于给所述燃料电池电堆散热的热管理系统和连接在所述空压机的出口与所述第一支

路、所述第二支路的第一端之间的中冷器；所述步骤在开启时若环境温度第一预设温度T1，打开换热器开关阀还包括：关闭所述中冷器；所述步骤当所述燃料电池电堆的阳极排气温度超过第二预设温度T2时，开启所述旁通阀，关闭所述换热器开关阀还包括：开启所述中冷器，调节所述空压机转速，按照空气流量Qa2进行空气供应，调节燃料供应装置和回流泵，按照燃料供应流量Qh2进行燃料供应，开启所述热管理系统，按照电流i2进行加载。

[0017] 本发明还提出了一种燃料电池系统的低温启动方法，所述低温启动方法包括：在开启时若环境温度第一预设温度T1，开启所述换热器开关阀；按照启动设定流量Qa1开启所述空压机进行空气供应，对所述燃料电池电堆换热的阴极进行预热；开启燃料供应装置对所述燃料电池电堆的阳极进行预热。

[0018] 本发明还提出了一种燃料电池系统的低温启动方法，所述燃料电池系统为如权利要求5-7中任一项所述的燃料电池系统，所述低温启动方法包括：在开启时若环境温度第一预设温度T1，所述换热器工作；按照启动设定流量Qa1开启空压机进行空气供应，对所述燃料电池电堆换热的阴极进行预热；打开所述排放阀，开启所述燃料供应装置按照吹扫时间t1对所述燃料电池电堆的阳极进行吹扫；关闭所述排放阀，开启所述回流泵，按照预热设定流量Qh1对所述燃料电池电堆的阳极进行循环；当所述燃料电池电堆的阳极排气温度超过第一预设温度T1时，开启所述燃料供应装置按照预热设定流量Qh2进行燃料供应，按照预热设定电流i1进行加载；当燃料电池电堆的阳极排气温度超过第二预设温度T2时，完成低温启动。

[0019] 所述燃料电池系统的低温启动方法与上述的燃料电池系统相对于现有技术所具有的优势相同，在此不再赘述。

[0020] 本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0021] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

[0022] 图1是根据本发明实施例的燃料电池系统的原理图；

[0023] 图2是根据本发明实施例的燃料电池系统的结构示意图。

[0024] 附图标记：

[0025] 空气净滤器1，空压机2，中冷器3，旁通阀4，换热器5，换热器开关阀6，空气流量计7，阴极排气测温器8，背压控制器9，排气消音器10，储氢罐11，压力调节阀12，燃料流量计13，阳极排气测温器14，排放阀15，回流泵16，逆止阀17，冷却剂温度检测器18，散热器19，冷却剂水箱20，循环泵21，燃料电池电堆22，负载23，控制系统101，氧化剂供应系统102，燃料供应系统103，热管理系统104，电能输出系统105。

具体实施方式

[0026] 下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

[0027] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,除非另有说明,“多个”的含义是两个或两个以上。

[0028] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0029] 下面参考图1-图2描述根据本发明实施例的燃料电池系统。

[0030] 如图1-图2所示,根据本发明一个实施例的燃料电池系统包括:燃料电池电堆22、换热器5、燃料供应系统103和氧化剂供应系统102。

[0031] 其中,燃料电池电堆22可以为质子交换膜、碱性或者固体氧化物等类型燃料电池堆组,燃料电池电堆22具有阳极入口、阴极入口、阳极出口、阴极出口,燃料(阳极气体,可以为氢气)从阳极入口进入,氧化剂(阴极气体,可以为空气)从阴极入口,并在燃料电池电堆22发生电化学反应后,阳极出口排出阳极的尾气,阴极出口排出阴极的尾气。

[0032] 氧化剂供应系统102与燃料电池电堆22的阴极入口相连,氧化剂供应系统102为燃料电池电堆22提供阴极气体,氧化剂供应系统102供应的阴极气体可以为空气,氧化剂供应系统102可以控制并监测空气供应压力、温湿度等参数。

[0033] 其中,参考图1,氧化剂供应系统102可以包括空气净滤器1、空压机2、中冷器3、空气流量计7,空气净滤器1的出口与空压机2的入口相连,空压机2的出口与中冷器3的入口相连,中冷器3的出口与燃料电池电堆22的阴极入口相连,空气流量计7可以设在中冷器3的出口与燃料电池电堆22的阴极入口之间,空气流量计7可以设在燃料电池电堆22的阴极入口处。

[0034] 空气净滤器1对进入燃料电池系统的空气中的杂质进行过滤保证反应空气的洁净,空气压缩机用于连续为燃料电池系统提供一定压力的反应空气,中冷器3对空压机2出口压缩空气进行冷却,空气流量计7用于检测进入燃料电池电堆22的阴极的空气流量。

[0035] 燃料电池电堆22的阴极出口可以设有阴极排气测温器8、背压控制器9和排气消音器10,阴极排气测温器8对燃料电池电堆22的阴极出口空气温度进行监测,背压控制器9用于调节控制燃料电池阴极侧压力,排气消音器10对排放的空气噪音进行消音处理。

[0036] 燃料供应系统103为燃料电池电堆22提供阳极气体,控制并监测燃料供应的压力、温度、流量等供应参数。燃料供应系统103与燃料电池电堆22的阳极入口相连,燃料供应系统103用于向燃料电池电堆22供应燃料——氢气。

[0037] 换热器5用于在阴极气体与阳极气体之间换热,氧化剂供应系统102与换热器5的第一侧入口相连,换热器5的第一侧出口与燃料电池电堆22的阴极入口相连,燃料供应系统103的燃料供应装置与换热器5的第二侧入口相连,换热器5的第二侧出口与燃料电池电堆

22的阳极入口相连。换热器5可以为管壳式换热器或热管式换热器等。优选地,换热器5选用热管式换热器。

[0038] 在燃料电池系统需要低温启动时,可以向燃料电池电堆22的阴极提供温度较高的阴极气体以给燃料电池电堆22的阴极预热,且该阴极气体可以通过换热器与燃料供应系统103提供的阳极气体换热,以提高阳极气体的温度,这样阳极气体再通入燃料电池电堆22的阳极后可以为燃料电池电堆22的阳极预热。

[0039] 燃料电池电堆22的阴极提供的温度较高的阴极气体可以为空压机2压缩后不经过中冷器3冷却的空气,比如关闭中冷器3,空压机2压缩后的高温高压空气可以提供预热热源。这样既可以利用空压机2压缩后的空气热源给燃料电池电堆22的阴极预热,空气热源通过换热器5与燃料供应装置提供的阳极气体换热后,阳极气体直接给燃料电池电堆22的阳极预热。

[0040] 根据本发明实施例的燃料电池系统,在不增加系统多余的能耗和燃料的消耗的情况下,利用空压机2的压缩空气热量,通过换热器5,同时对燃料电池电堆22的阴极和阳极进行预热。这种预热方式能够快速、均匀地对燃料电池电堆22的阴阳极同时进行预热,燃料电池电堆22的温度均衡,可以实现燃料电池在低温环境下的快速启动,保证燃料电池低温下的运行寿命,降低多余能耗。

[0041] 在第二个实施例中,如图2所示,氧化剂供应系统102可以包括:中冷器3、第一支路、第二支路和空压机2,空压机2的出口与第一支路和第二支路的第一端相连,第一支路和第二支路的第二端与燃料电池电堆22的阴极入口相连。

[0042] 第一支路和第二支路并联连接,换热器5的第一侧设于第一支路,且第一支路上设有换热器开关阀6,第二支路上设有旁通阀4。中冷器3连接在空压机2的出口与第一支路和第二支路的第一端之间,空气流量计7连接在第一支路和第二支路的第二端与燃料电池电堆22的阴极入口之间。

[0043] 通过设置第一支路和第二支路,可以控制空气的流电路径,比如在低温启动时,关闭中冷器3,可以开启换热器开关阀6,至少一部分热空气先在换热器5内换热,燃料温度升高从而可以给阳极预热,预热过程中,旁通阀4可以开启或关闭;在无需低温启动时或者燃料电池系统正常工作时,开启旁通阀4,关闭换热器开关阀6,这样空气不经过换热器5,直接给燃料电池电堆22供应阴极气体。换热器开关阀6和旁通阀4可以与燃料电池系统的控制系统101相连,换热器开关阀6和旁通阀4可以为电磁阀,以便于控制开闭。

[0044] 本发明还公开了一种燃料电池系统的低温启动方法,该低温启动方法包括:在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ,开启换热器开关阀6;按照启动设定流量 Q_{a1} 开启空压机2进行空气供应,对燃料电池电堆22换热的阴极进行预热;开启燃料供应装置对燃料电池电堆22的阳极进行预热,燃料供应装置供应的燃料在换热器5内与空气换热,并预热燃料电池电堆22的阳极。该低温启动方法可以控制空气流电路径,以在低温启动与正常工作之间切换,不影响燃料电池系统正常工作。

[0045] 在第三个实施例中,如图2所示,燃料供应装置包括:储氢罐11和压力调节阀12,储氢罐11可以为高压罐,储氢罐11的出口通过压力调节阀12与换热器5的第二侧入口相连,压力调节阀12用于稳定储氢罐11的供气压力。

[0046] 如图2所示,燃料供应系统103还包括:燃料流量计13、排放阀15、回流泵16、逆止阀

17、阳极排气测温器14。

[0047] 燃料流量计13连接在换热器5的第二侧出口与燃料电池电堆22的阳极入口之间，燃料流量计13对进行燃料电池氢气进行测量。

[0048] 阳极排气测温器14设在燃料电池电堆22的阳极出口处，用于对燃料电池电堆22的阳极排气温度进行监测。

[0049] 排放阀15与燃料电池电堆22的阳极出口相连，排放阀15用于控制对阳极侧废气和水进行排放。

[0050] 回流泵16的入口连接在燃料电池电堆22的阳极出口与排放阀15之间，回流泵16的出口与换热器5的第二侧入口相连，回流泵16对未反应燃气进行增压回流。逆止阀17连接在回流泵16的出口与换热器5的第二侧入口之间，且从回流泵16的出口到换热器5的第二侧入口单向导通，逆止阀17的作用是为防止燃气逆流。

[0051] 本发明还公开了一种燃料电池系统的低温启动方法，该低温启动方法包括：在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ，换热器5工作；按照启动设定流量 Q_{a1} 开启空压机2进行空气供应，对燃料电池电堆22换热的阴极进行预热；打开排放阀15，开启燃料供应装置按照吹扫时间 t_1 对燃料电池电堆22的阳极进行吹扫；关闭排放阀15，开启回流泵16，按照预热设定流量 Q_{h1} 对燃料电池电堆22的阳极进行循环；当燃料电池电堆22的阳极排气温度超过第一预设温度 T_1 时，开启燃料供应装置按照预热设定流量 Q_{h2} 进行燃料供应，按照预热设定电流 i_1 进行加载；当燃料电池电堆22的阳极排气温度超过第二预设温度 T_2 时，完成低温启动。

[0052] 该低温启动方法可以在预热阳极前通过燃气对阳极进行吹扫，在吹扫完成后，可以停止供应燃气，利用管路内的燃气循环流动实现换热，以减少燃气的浪费。

[0053] 在第四个实施例中，如图2所示，氧化剂供应系统102可以包括：中冷器3、第一支路、第二支路和空压机2，空压机2的出口与第一支路和第二支路的第一端相连，第一支路和第二支路的第二端与燃料电池电堆22的阴极入口相连。第一支路和第二支路并联连接，换热器5的第一侧设于第一支路，且第一支路上设有换热器开关阀6，第二支路上设有旁通阀4。中冷器3连接在空压机2的出口与第一支路和第二支路的第一端之间，空气流量计7连接在第一支路和第二支路的第二端与燃料电池电堆22的阴极入口之间。燃料供应系统103还包括：燃料流量计13、排放阀15、回流泵16、逆止阀17、阳极排气测温器14。燃料流量计13连接在换热器5的第二侧出口与燃料电池电堆22的阳极入口之间。阳极排气测温器14设在燃料电池电堆22的阳极出口处。排放阀15与燃料电池电堆22的阳极出口相连。回流泵16的入口连接在燃料电池电堆22的阳极出口与排放阀15之间，回流泵16的出口与换热器5的第二侧入口相连，回流泵16对未反应燃气进行增压回流。逆止阀17连接在回流泵16的出口与换热器5的第二侧入口之间，且从回流泵16的出口到换热器5的第二侧入口单向导通。

[0054] 燃料电池系统还包括控制系统101，控制系统101与燃料供应系统103、氧化剂供应系统102相连，控制系统101设置成在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ，则开启换热器开关阀6，开启空压机2，打开排放阀15和燃料供应装置吹扫时间 t_1 后关闭排放阀15，开启回流泵16。或者燃料电池系统设置成在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ，则开启换热器开关阀6，开启空压机2，打开排放阀15和燃料供应装置吹扫时间 t_1 后关闭排放阀15，开启回流泵16。

[0055] 根据本发明实施例的燃料电池系统可以在预热阳极前通过燃气对阳极进行吹扫，

在吹扫完成后,可以停止供应燃气,利用管路内的燃气循环流动实现换热,以减少燃气的浪费,且可以控制空气流通过程,以在低温启动与正常工作之间切换,不影响燃料电池系统正常工作。

[0056] 本发明还公开了一种燃料电池系统的低温启动方法,该低温启动方法包括:在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ,打开换热器开关阀6;按照启动设定流量 Q_{a1} 开启空压机2进行空气供应,对燃料电池电堆22换热的阴极进行预热;打开排放阀15,开启燃料供应装置按照吹扫时间 t_1 对燃料电池电堆22的阳极进行吹扫;关闭排放阀15,开启回流泵16,按照预热设定流量 Q_{h0} 对燃料电池电堆22的阳极进行循环;当燃料电池电堆22的阳极排气温度超过第一预设温度 T_1 时,开启燃料供应装置按照预热设定流量 Q_{h1} 进行燃料供应,按照预热设定电流 i_1 进行加载;当燃料电池电堆22的阳极排气温度超过第二预设温度 T_2 时,开启旁通阀4,关闭换热器开关阀6。

[0057] 进一步地,燃料电池系统还包括:用于给燃料电池电堆22散热的热管理系统104和连接在空压机2的出口与第一支路、第二支路的第一端之间的中冷器3;步骤在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ,打开换热器开关阀6还包括:关闭中冷器3;步骤当燃料电池电堆22的阳极排气温度超过第二预设温度 T_2 时,开启旁通阀4,关闭换热器开关阀6还包括:开启中冷器3,调节空压机2转速,按照空气流量 Q_{a2} 进行空气供应,调节燃料供应装置和回流泵16,按照燃料供应流量 Q_{h2} 进行燃料供应,开启热管理系统104,按照电流 i_2 进行加载。

[0058] 换言之,该低温启动方法包括:在开启时若环境温度第一预设温度 T_1 ,关闭中冷器3,打开换热器开关阀6;按照启动设定流量 Q_{a1} 开启空压机2进行空气供应,对燃料电池电堆22换热的阴极进行预热;打开排放阀15,开启燃料供应装置按照吹扫时间 t_1 对燃料电池电堆22的阳极进行吹扫;关闭排放阀15,开启回流泵16,按照预热设定流量 Q_{h0} 对燃料电池电堆22的阳极进行循环;当燃料电池电堆22的阳极排气温度超过第一预设温度 T_1 时,开启燃料供应装置按照预热设定流量 Q_{h1} 进行燃料供应,按照预热设定电流 i_1 进行加载;当燃料电池电堆22的阳极排气温度超过第二预设温度 T_2 时,开启旁通阀4,关闭换热器开关阀6,开启中冷器3,调节空压机2转速,按照空气流量 Q_{a2} 进行空气供应,调节燃料供应装置和回流泵16,按照燃料供应流量 Q_{h2} 进行燃料供应,开启热管理系统104,按照电流 i_2 进行加载。

[0059] 如图2所示,根据上述任一种实施例的燃料电池系统,还可以包括:热管理系统104,热管理系统104包括循环泵21、冷却剂水箱20、冷却剂温度检测器18、散热器19和用于与燃料电池电堆22换热的换热部,循环泵21、换热部、散热器19、冷却剂水箱20首尾顺次相连。

[0060] 热管理系统104在燃料电池运行过程中对燃料电池进行温度控制。循环泵21为对燃料电池冷却剂进行循环。冷却剂水箱20为冷却剂存储水箱。散热器19为燃料电池冷却回路冷源,将燃料电池热量通过冷却回路最终散至环境。冷却剂温度检测器18对燃料电池出口温度进行监测。

[0061] 电能输出系统105为燃料电池的负载23,将燃料电池电堆22所发出的电输出。

[0062] 控制系统101对燃料电池系统进行控制,该控制系统101连接燃料电池的空压机2、所有的电磁阀、冷却循环泵21、中冷器3、散热器19以及电能输出系统105。

[0063] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示意性实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结

构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0064] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,本领域的普通技术人员可以理解:在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由权利要求及其等同物限定。

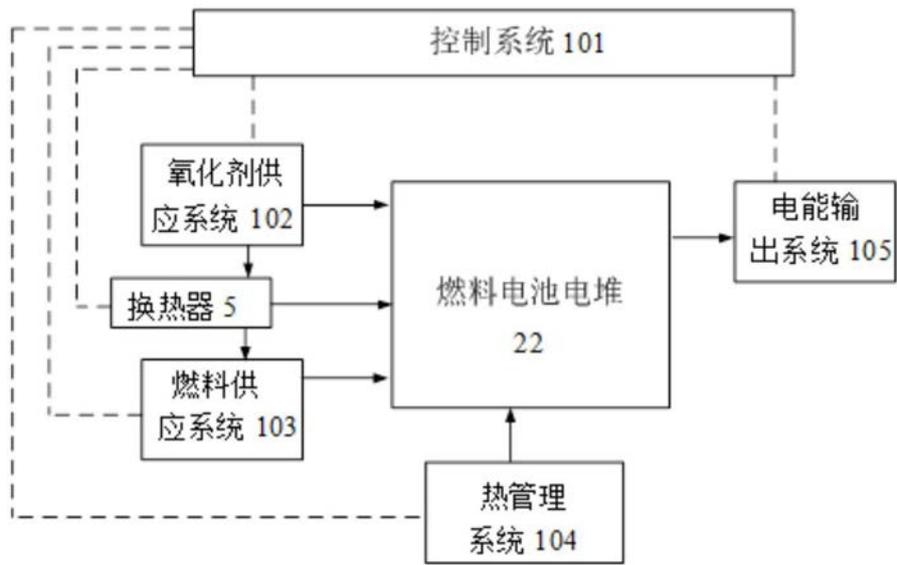


图1

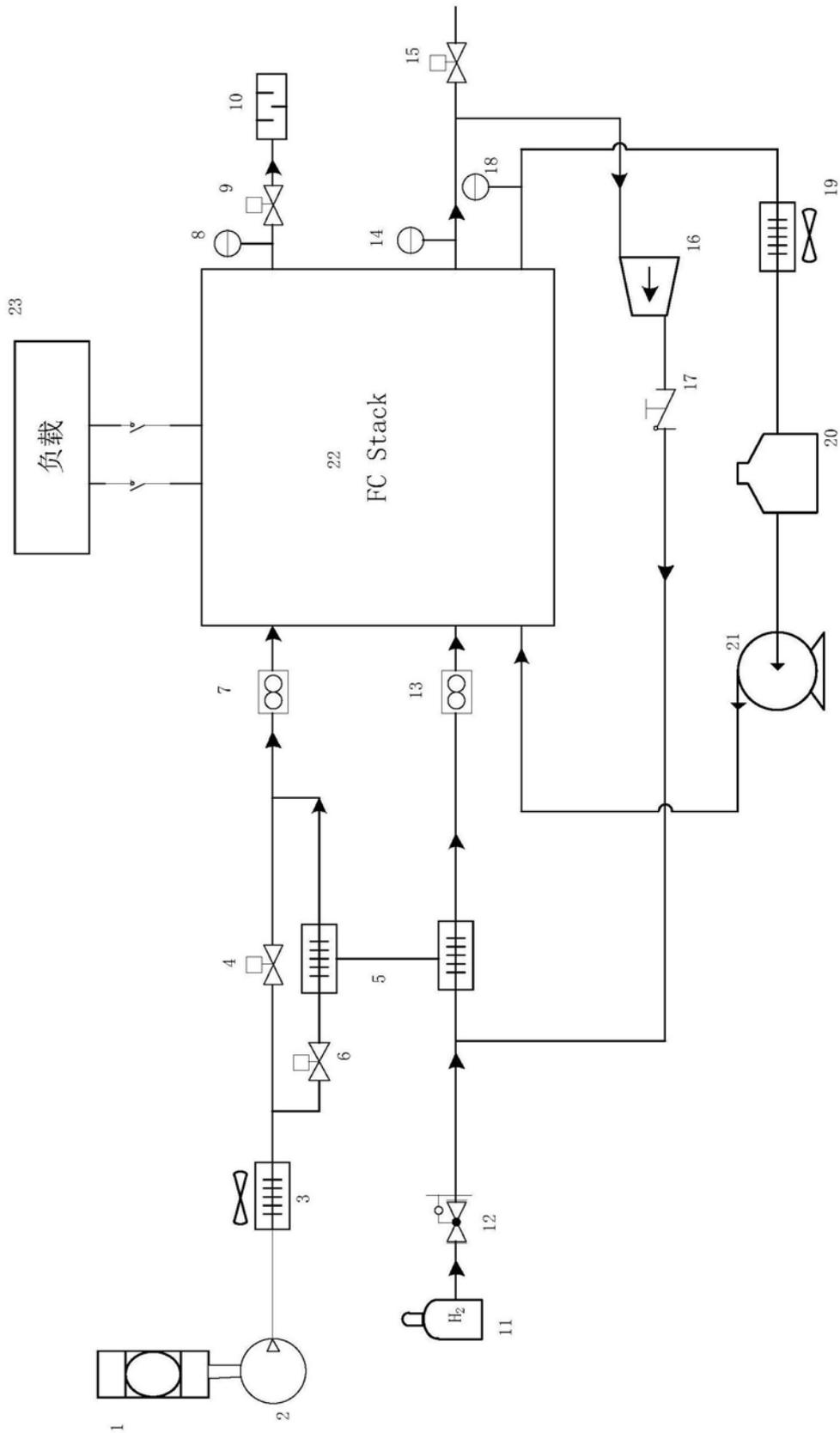


图2