



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115411312 A

(43) 申请公布日 2022. 11. 29

(21) 申请号 202211341917.9

H01M 8/04089 (2016.01)

(22) 申请日 2022.10.31

H01M 8/04082 (2016.01)

H01M 8/0438 (2016.01)

(71) 申请人 北京英博新能源有限公司

H01M 8/04992 (2016.01)

地址 102628 北京市大兴区北京经济技术开发区科创十三街29号院一区2号楼13层1302-45(北京自贸试验区高端产业片区亦庄组团)

申请人 南京氢创能源科技有限公司

(72) 发明人 朱川生 胡金龙 李喜庆 孙大伟 范宏亮

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务所(特殊普通合伙) 11463

专利代理师 董艳芳

(51) Int.Cl.

H01M 8/04746 (2016.01)

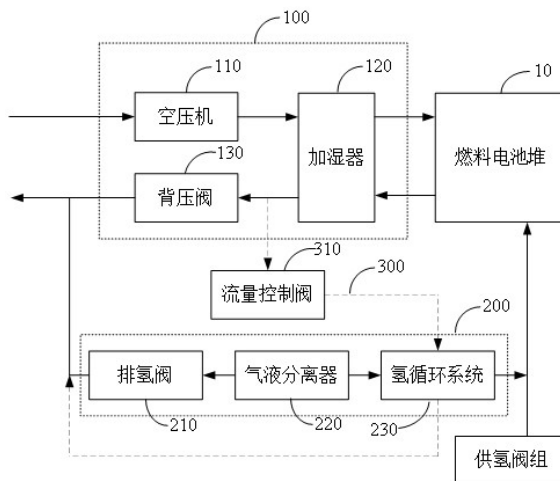
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

一种燃料电池氢气再循环系统、控制方法及燃料电池系统

(57) 摘要

本发明提供了一种燃料电池氢气再循环系统、控制方法及燃料电池系统,涉及燃料电池控制领域,该燃料电池氢气再循环系统与燃料电池堆相连接,包括:第一循环通路、第二循环通路以及氢气再循环通路;其中,第一循环通路中设置有:空压机、加湿器和背压阀;第二循环通路中设置有排氢阀、气液分离器 and 氢循环装置;氢气再循环通路中设置有流量控制阀,利用流量控制阀实现了将第一循环通路中的空气废气作为第二循环通路的氢循环装置的循环动力,减少了燃料电池辅助系统的功率需求,提升了系统的整机效率,从而提高了氢气循环的执行效率。



1. 一种燃料电池氢气再循环系统,其特征在于,所述燃料电池氢气再循环系统与燃料电池堆相连接,包括:第一循环通路、第二循环通路以及氢气再循环通路;

其中,所述第一循环通路中设置有:空压机、加湿器和背压阀;所述空压机的进口用于进气,所述空压机的出口通过所述加湿器的进气通道与所述燃料电池堆的第一进口相连接;所述燃料电池堆的第一出口通过所述加湿器的出气通道与所述背压阀的进口相连接,所述背压阀的出口用于排气;

所述第二循环通路中设置有排氢阀、气液分离器和氢循环装置;所述气液分离器的第一出口与所述排氢阀的进口相连接,所述排氢阀的出口用于排气及排水;所述气液分离器的第二出口与所述氢循环装置的第一进口相连接,所述氢循环装置的第一出口与所述燃料电池堆的第二进口相连接;所述燃料电池堆的第二出口与所述气液分离器的进口相连接;

所述氢气再循环通路中设置有流量控制阀和所述氢循环装置;所述流量控制阀的进口与所述加湿器的出气通道相连接,所述流量控制阀的出口与所述氢循环装置的第二进口相连接;所述氢循环装置的第二出口用于排气。

2. 根据权利要求1所述的燃料电池氢气再循环系统,其特征在于,所述氢循环装置包括:氢气腔体和空气腔体;所述氢气腔体和所述空气腔体为柱体结构;所述氢气腔体内设置有氢气侧叶轮,所述空气腔体内设置有空气侧叶轮;其中,所述氢气侧叶轮和所述空气侧叶轮同轴连接。

3. 根据权利要求2所述的燃料电池氢气再循环系统,其特征在于,所述氢气腔体的中心轴位置设置有氢气入口,所述氢气入口为所述氢循环装置的第一进口;

所述氢气腔体在所述氢气侧叶轮对应的外壳处位置有氢气出口,所述氢气出口为所述氢循环装置的第一出口;

所述空气腔体的中心轴位置设置有空气入口,所述空气入口为所述氢循环装置的第二进口;

所述空气腔体在所述空气侧叶轮对应的外壳处设置有空气出口,所述空气出口为所述氢循环装置的第二出口。

4. 根据权利要求3所述的燃料电池氢气再循环系统,其特征在于,所述氢循环装置还包括:底座;所述底座设置在所述氢气腔体的一侧,且所述底座与所述氢气出口的出气方向平行。

5. 根据权利要求4所述的燃料电池氢气再循环系统,其特征在于,所述空气侧叶轮的直径为100mm;所述空气入口的直径为50mm;

所述氢气侧叶轮的直径为80mm;所述氢气入口的直径为19mm;所述氢气出口的直径为19mm;

所述氢循环装置的高度为147mm;所述氢循环装置的长度为195mm;所述氢循环装置的底座长度为155mm。

6. 根据权利要求1所述的燃料电池氢气再循环系统,其特征在于,所述第一循环通路中还设置有:第一压力传感器和第二压力传感器;所述第一压力传感器设置在所述燃料电池堆的第一进口;所述第二压力传感器设置在所述燃料电池堆的第一出口;

所述第二循环通路中还设置有:第三压力传感器和第四压力传感器;所述第三压力传感器设置在所述燃料电池堆的第二进口;所述第四压力传感器设置在所述燃料电池堆的第

二出口。

7. 根据权利要求1所述的燃料电池氢气再循环系统,其特征在于,所述第一循环通路中还设置有:空气流量计;所述空气流量计设置在所述流量控制阀的进口;

所述氢气再循环通路中还设置有:氢气流量计;所述氢气流量计设置在所述氢循环装置的第二进口。

8. 根据权利要求7所述的燃料电池氢气再循环系统,其特征在于,所述氢气再循环通路还包括计算单元;所述计算单元与所述背压阀相连接;所述计算单元,用于根据所述燃料电池堆的运行参数计算所述流量控制阀的开度值。

9. 一种燃料电池氢气再循环系统的控制方法,其特征在于,所述方法应用于权利要求1至8任一项所述的燃料电池氢气再循环系统;

所述方法包括:

当所述第一循环通路和所述第二循环通路处于工作状态时,根据所述燃料电池堆的状态参数确定所述背压阀的开度值,并按照所述背压阀的开度值控制所述背压阀的开度;

根据已确定的所述背压阀的开度值确定所述流量控制阀的开度值,并按照已确定的所述流量控制阀的开度值控制所述流量控制阀的开度和所述背压阀的开度;

获取所述燃料电池堆的实时状态参数,并根据所述实时状态参数实时控制所述背压阀的开度以及所述流量控制阀的开度。

10. 一种燃料电池系统,其特征在于,所述燃料电池系统包括燃料电池堆以及如权利要求1至8任一项所述的燃料电池氢气再循环系统;其中,所述燃料电池氢气再循环系统在进行氢气循环时执行如权利要求9所述的燃料电池氢气再循环系统的控制方法。

## 一种燃料电池氢气再循环系统、控制方法及燃料电池系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及燃料电池控制领域,尤其是涉及一种燃料电池氢气再循环系统、控制方法及燃料电池系统。

### 背景技术

[0002] 目前燃料电池氢气循环系统主要分为单引射器模式、单氢气循环泵模式、氢气循环泵与引射器并联模式共三种模式,但上述三种模式在实际使用过程中均存在明显缺陷。单引射器模式无法覆盖全功率段,覆盖范围在15~100%的工况范围,且不能实现主动调控氢气循环回路的压力和流量;3、单氢气循环泵模式下会产生额外的寄生功耗,同时该模式下的设备体积大,质量重,噪音大;氢气循环泵与引射器并联模式同样存在功耗大、体积大,质量重,噪音大的问题。而且,氢泵的运转控制需由氢泵控制器得以实现,增加了系统的电气复杂度以及控制难度。此外,采用高电压平台的氢泵还增加了电磁干扰的风险。

[0003] 综上所述,现有技术中的氢气循环系统在燃料电池系统中还存在着执行效率低的问题。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种燃料电池氢气再循环系统、控制方法及燃料电池系统,该燃料电池氢气再循环系统能够通过氢气再循环通路,将第一循环通路中的空气废气作为第二循环通路的氢循环装置的循环动力,减少了燃料电池辅助系统的功率需求,提升了系统的整机效率,从而提高了氢气循环的执行效率。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供了一种燃料电池氢气再循环系统,该燃料电池氢气再循环系统与燃料电池堆相连接,包括:第一循环通路、第二循环通路以及氢气再循环通路;

其中,第一循环通路中设置有:空压机、加湿器和背压阀;空压机的进口用于进气,空压机的出口通过加湿器的进气通道与燃料电池堆的第一进口相连接;燃料电池堆的第一出口通过加湿器的出气通道与背压阀的进口相连接,背压阀的出口用于排气;

第二循环通路中设置有排氢阀、气液分离器和氢循环装置;气液分离器的第一出口与排氢阀的进口相连接,排氢阀的出口用于排气及排水;气液分离器的第二出口与氢循环装置的第一进口相连接,氢循环装置的第一出口与燃料电池堆的第二进口相连接;燃料电池堆的第二出口与气液分离器的进口相连接;

氢气再循环通路中设置有流量控制阀和氢循环装置;流量控制阀的进口与加湿器的出气通道相连接,流量控制阀的出口与氢循环装置的第二进口相连接;氢循环装置的第二出口用于排气。

[0006] 在一些实施方式中,氢循环装置包括:氢气腔体和空气腔体;氢气腔体和空气腔体为柱体结构;氢气腔体内设置有氢气侧叶轮,空气腔体内设置有空气侧叶轮;其中,氢气侧叶轮和空气侧叶轮同轴连接。

[0007] 在一些实施方式中,氢气腔体的中心轴位置设置有氢气入口,氢气入口为氢循环装置的第一进口;

氢气腔体在氢气侧叶轮对应的外壳处位置有氢气出口,氢气出口为氢循环装置的第一出口;

空气腔体的中心轴位置设置有空气入口,空气入口为氢循环装置的第二进口;

空气腔体在空气侧叶轮对应的外壳处设置有空气出口,空气出口为氢循环装置的第二出口。

[0008] 在一些实施方式中,氢循环装置还包括:底座;底座设置在氢气腔体的一侧,且底座与氢气出口的出气方向平行。

[0009] 在一些实施方式中,空气侧叶轮的直径为100mm;空气入口的直径为50mm;

氢气侧叶轮的直径为80mm;氢气入口的直径为19mm;氢气出口的直径为19mm;

氢循环装置的高度为147mm;氢循环装置的长度为195mm;氢循环装置的底座长度为155mm。

[0010] 在一些实施方式中,第一循环通路中还设置有:第一压力传感器和第二压力传感器;第一压力传感器设置在燃料电池堆的第一进口;第二压力传感器设置在燃料电池堆的第一出口;

第二循环通路中还设置有:第三压力传感器和第四压力传感器;第三压力传感器设置在燃料电池堆的第二进口;第四压力传感器设置在燃料电池堆的第二出口。

[0011] 在一些实施方式中,第一循环通路中还设置有:空气流量计;空气流量计设置在流量控制阀的进口;

氢气再循环通路中还设置有:氢气流量计;氢气流量计设置在氢循环装置的第二进口。

[0012] 在一些实施方式中,氢气再循环通路还包括计算单元;计算单元与背压阀相连接;计算单元,用于根据燃料电池堆的运行参数计算流量控制阀的开度值。

[0013] 第二方面,本发明实施例提供了一种燃料电池氢气再循环系统的控制方法,该方法应用于第一方面提到的燃料电池氢气再循环系统;

该方法包括:

当第一循环通路和第二循环通路处于工作状态时,根据燃料电池堆的状态参数确定背压阀的开度值,并按照背压阀的开度值控制背压阀的开度;

根据已确定的背压阀的开度值确定流量控制阀的开度值,并按照已确定的流量控制阀的开度值控制流量控制阀的开度和背压阀的开度;

获取燃料电池堆的实时状态参数,并根据实时状态参数实时控制背压阀的开度以及流量控制阀的开度。

[0014] 第三方面,本发明实施例提供了一种燃料电池系统,该燃料电池系统包括燃料电池堆以及如第一方面提到的燃料电池氢气再循环系统;其中,燃料电池氢气再循环系统在进行氢气循环时执行第二方面提到的燃料电池氢气再循环系统的控制方法。

[0015] 第四方面,本发明实施例提供了一种电子设备,该电子设备包括:处理器和存储装置;存储装置上存储有计算机程序,计算机程序在被处理器运行时执行如第二方面提供的燃料电池氢气再循环系统的控制方法的步骤。

[0016] 第五方面,本发明实施例提供了一种计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器运行时实现上述第二方面提供的燃料电池氢气再循环系统的控制方法的步骤。

[0017] 本发明实施例带来了以下有益效果:

本发明提供了一种燃料电池氢气再循环系统、控制方法及燃料电池系统,该燃料电池氢气再循环系统与燃料电池堆相连接,包括:第一循环通路、第二循环通路以及氢气再循环通路;其中,第一循环通路中设置有:空压机、加湿器和背压阀;空压机的进口用于进气,空压机的出口通过加湿器的进气通道与燃料电池堆的第一进口相连接;燃料电池堆的第一出口加湿器的出气通道与背压阀的进口相连接,背压阀的出口用于排气;第二循环通路中设置有排氢阀、气液分离器和氢循环装置;气液分离器的第一出口与排氢阀的进口相连接,排氢阀的出口用于排气及排水;气液分离器的第二出口与氢循环装置的第一进口相连接,氢循环装置的第一出口与燃料电池堆的第二进口相连接;燃料电池堆的第二出口与气液分离器的进口相连接;氢气再循环通路中设置有流量控制阀和氢循环装置;流量控制阀的进口与加湿器的出气通道相连接,流量控制阀的出口与氢循环装置的第二进口相连接;氢循环装置的第二出口用于排气。利用该燃料电池氢气再循环系统进行氢气循环时,当第一循环通路和第二循环通路处于工作状态时,根据燃料电池堆的状态参数确定背压阀的开度值,并按照背压阀的开度值控制背压阀的开度;根据流量控制阀的初始标定值控制流量控制阀的开度;根据氢气循环流量值和压升的目标值与系统实际运行过程中的氢气循环流量值和压升的实测值,对流量控制阀的开度进行自适应PID控制;获取燃料电池堆的实时状态参数,并根据实时状态参数实时控制背压阀的开度以及流量控制阀的开度。该燃料电池氢气再循环系统能够通过氢气再循环通路,将第一循环通路中的空气废气作为第二循环通路的氢循环装置的循环动力,减少了燃料电池辅助系统的功率需求,提升了系统的整机效率,从而提高了氢气循环的执行效率。

[0018] 本发明的其他特征和优点将在随后的说明书中阐述,或者,部分特征和优点可以从说明书推知或毫无疑义地确定,或者通过实施本发明的上述技术即可得知。

[0019] 为使本发明的上述目的、特征和优点能更明显易懂,下文特举较佳实施方式,并配合所附附图,作详细说明如下。

## 附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式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,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,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。

[0021] 图1为本发明实施例提供的一种燃料电池氢气再循环系统的结构示意图;

图2为本发明实施例提供的一种燃料电池氢气再循环系统中氢循环装置230的结构示意图;

图3为本发明实施例提供的另一种燃料电池氢气再循环系统的结构示意图;

图4为本发明实施例提供的一种燃料电池氢气再循环系统的控制方法的流程图;

图5为本发明实施例提供的一种燃料电池系统的结构示意图;

图6为本发明实施例提供的一种电子设备的结构示意图。

[0022] 图标：

100-第一循环通路；200-第二循环通路；300-氢气再循环通路；

110-空压机；120-加湿器；130-背压阀；140-第一压力传感器；150-第二压力传感器；160-空气流量计；

210-排氢阀；220-气液分离器；230-氢循环装置；310-流量控制阀；230a-氢气腔体；231a-氢气侧叶轮；232a-氢气入口；233a-氢气出口；230b-空气腔体；231b-空气侧叶轮；232b-空气入口；233b-空气出口；230c-底座；240-第三压力传感器；250-第四压力传感器；

320-氢气流量计；330-计算单元；

10-燃料电池堆；50-燃料电池氢气再循环系统；

601-处理器；602-存储器；603-总线；604-通信接口。

### 具体实施方式

[0023] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例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。

[0024] 目前燃料电池氢气循环系统主要分为单引射器模式、单氢气循环泵模式、氢气循环泵与引射器并联模式共三种模式，但上述三种模式在实际使用过程中均存在明显缺陷。单引射器模式无法覆盖全功率段，覆盖范围在15~100%的工况范围，且不能实现主动调控氢气循环回路的压力和流量；3、单氢气循环泵模式下会产生额外的寄生功耗，同时该模式下的设备体积大，质量重，噪音大；氢气循环泵与引射器并联模式同样存在功耗大、体积大，质量重，噪音大的问题。而且，氢泵的运转控制需由氢泵控制器得以实现，增加了系统的电气复杂度以及控制难度。此外，采用高电压平台的氢泵还增加了电磁干扰的风险。

[0025] 综上所述，现有技术中的氢气循环系统在燃料电池系统中还存在着执行效率低的问题。基于此，本发明实施例提供了一种燃料电池氢气再循环系统、控制方法及燃料电池系统，该燃料电池氢气再循环系统能够通过氢气再循环通路，将第一循环通路中的空气废气作为第二循环通路的氢循环装置的循环动力，减少了燃料电池辅助系统的功率需求，提升了系统的整机效率，从而提高了氢气循环的执行效率。

[0026] 为便于对本实施例进行理解，首先对本发明实施例所公开的一种燃料电池氢气再循环系统进行详细介绍。

[0027] 参见图1所示的一种燃料电池氢气再循环系统，该燃料电池氢气再循环系统与燃料电池堆10相连接，包括：第一循环通路100、第二循环通路200以及氢气再循环通路300；

其中，第一循环通路100中设置有：空压机110、加湿器120和背压阀130；空压机110的进口用于进气，空压机110的出口通过加湿器120的进气通道与燃料电池堆10的第一进口相连接；燃料电池堆10的第一出口通过加湿器120的出气通道与背压阀130的进口相连接，背压阀130的出口用于排气。

[0028] 第二循环通路200中设置有排氢阀210、气液分离器220和氢循环装置230；气液分离器220的第一出口与排氢阀210的进口相连接，排氢阀210的出口用于排气及排水；气液分

分离器220的第二出口与氢循环装置230的第一进口相连接,氢循环装置230的第一出口与燃料电池堆10的第二进口相连接;燃料电池堆10的第二出口与气液分离器220的进口相连接;

氢气再循环通路300中设置有流量控制阀310和氢循环装置230;流量控制阀310的进口与加湿器120的出气通道相连接,流量控制阀310的出口与氢循环装置230的第二进口相连接;氢循环装置230的第二出口用于排气。

[0029] 具体的说,燃料电池氢气再循环系统工作时,第一循环通路100中的空气进入空压机110中,然后经过加湿器120的进气通道,加湿器120的进气通道是干侧,含水量较低。然后空气进入燃料电池堆10中进行发电,燃料电池堆10发电过程中通过其第一出口排出空气废气,空气废气进入加湿器120的出气通道,加湿器120的出气通道是湿侧,包含了燃料电池发电过程中产生的废水,空气废气通过背压阀130后排出至外部环境中。

[0030] 第二循环通路200主要是供氢过程,燃料电池堆10的第二进口通过相关供氢阀组提供氢气,在经过燃料电池堆10的发电过程后通过其第二出口将氢气废气排出,氢气废气传输至气液分离器220的第一出口,经过气液分离器220的分离后得到的氢气废气经过排氢阀210排出至外部环境中;而经过气液分离器220的分离后得到的氢气则重新通过氢循环装置230输入至燃料电池堆10的第二进口。

[0031] 氢气再循环通路300中,从加湿器120的出气通道排出的废气经过流量控制阀310后,进入至氢循环装置230的第二进口,用于对氢循环装置230的氢气分离提供循环动力,所产生废气通过氢循环装置230的第二进口排出至外部环境中。

[0032] 由此可见,氢循环装置230中设置有对空气和氢气进行处理的两套区域,具体如图2所示。在一些实施方式中,氢循环装置230包括:氢气腔体230a和空气腔体230b;氢气腔体230a和空气腔体230b为柱体结构;氢气腔体230a内设置有氢气侧叶轮231a,空气腔体内设置有空气侧叶轮231b;其中,氢气侧叶轮231a和空气侧叶轮231b同轴连接。氢气侧叶轮231a和空气侧叶轮231b利用同轴连接的结构,能够在空气侧叶轮231b旋转的同时带动氢气侧叶轮231a。

[0033] 在一些实施方式中,氢气腔体230a的中心轴位置设置有氢气入口232a,氢气入口232a为氢循环装置230的第一进口;氢气腔体230a在氢气侧叶轮231a对应的外壳处位置有氢气出口233a,氢气出口233a为氢循环装置230的第一出口。空气腔体230b的中心轴位置设置有空气入口232b,空气入口232b为氢循环装置230的第二进口;空气腔体230b在空气侧叶轮231b对应的外壳处设置有空气出口233b,空气出口233b为氢循环装置230的第二出口。

[0034] 具体的说,氢气腔体230a的外壳为圆柱体结构,氢气腔体230a的外壳内部设置有氢气侧叶轮231a,通过氢气侧叶轮231a的旋转来对氢气进行分离。氢气入口232a在氢气腔体230a的中心轴位置处,氢气出口233a在氢气腔体230a的外壳上,具体位于氢气腔体230a在氢气侧叶轮231a对应的外壳处位置。氢气从氢气入口232a进入氢气腔体230a中,在氢气侧叶轮231a的带动下进行氢气分离,并通过氢气出口233a排出。

[0035] 空气腔体230b为瓶装柱体结构,空气腔体230b直径较大的一侧设置有空气侧叶轮231b,空气腔体230b直径较小的一侧作为空气入口232b,而空气出口233b设置在空气腔体230b周围,具体位于空气腔体230b在空气侧叶轮231b对应的外壳处,空气出口233b设置有多,相互平行排列。

[0036] 在一些实施方式中,氢循环装置230还包括:底座230c;底座230c设置在氢气腔体



230a的一侧,且底座230c与氢气出口233a的出气方向平行。底座230c中设置有固定螺孔,用于对氢循环装置230进行固定。

[0037] 具体的,空气侧叶轮的直径为100mm;空气入口的直径为50mm;氢气侧叶轮的直径为80mm;氢气入口的直径为19mm;氢气出口的直径为19mm;氢循环装置的高度为147mm;氢循环装置的长度为195mm;氢循环装置的底座长度为155mm。

[0038] 流量控制阀310通过控制自身的开度,实现对第一循环通路100中的空气尾气压力和流量的控制,进而控制空气尾气进入氢循环装置230的空气入口232b,推动空气侧叶轮231b的变速运转。由于氢循环装置230的氢气侧叶轮231a与空气侧叶轮231b同轴,从而在空气侧叶轮231b旋转的同时会带动氢气侧叶轮231a也会实现高速旋转,从而推动氢气的再循环利用及升压。氢循环装置230的空气侧叶轮231b出口的空气与排氢阀210出口的氢气混合气体汇合,对氢气进行浓度稀释,一起排放至大气中。

[0039] 可见,上述过程中控制流量控制阀310的开度是核心控制过程,通过控制流量控制阀310的开度以实现自适应氢气循环再利用的控制过程,氢气再循环的控制过程利用燃料电池系统控制器FCU检测燃料电池堆输出的电流、空压机转速、空气流量计流量等信息后,控制流量控制阀310以及背压阀130的开度。燃料电池堆输出的电流、空压机转速、空气流量等参数发生变化时,流量控制阀310也随之进行自适应调节,实现氢气循环再利用的自适应控制。

[0040] 压力值的获取通过预设的压力传感器来实现,具体的如图3所示,在一些实施方式中,第一循环通路100中还设置有:第一压力传感器140和第二压力传感器150;第一压力传感器140设置在燃料电池堆10的第一进口;第二压力传感器150设置在燃料电池堆10的第一出口;第二循环通路200中还设置有:第三压力传感器240和第四压力传感器250;第三压力传感器240设置在燃料电池堆10的第二进口;第四压力传感器250设置在燃料电池堆10的第二出口。

[0041] 空气流量值的获取通过预设的空气流量计来实现,具体的如图3所示,在一些实施方式中,第一循环通路100中还设置有:空气流量计160;空气流量计160设置在流量控制阀310的进口;氢气再循环通路300中还设置有:氢气流量计320;氢气流量计320设置在氢循环装置230的第二进口。

[0042] 上述氢气再循环的控制过程通过相应的计算单元来实现,在一些实施方式中,氢气再循环通路300还包括计算单元330;计算单元330与背压阀130相连接;计算单元330,用于根据燃料电池堆10的运行参数计算流量控制阀的开度值。

[0043] 氢气再循环的具体实现过程中,利用流量控制阀310的目标开度函数来实现自适应调节,其影响因素包含但不限于电堆输出电流 $x$ 、空气流量参数 $y$ 、电堆入口空气压力 $z$ 等。具体的,流量控制阀的目标开度函数为:

$$F=a*x^3+b*y^3+c*z^3+d*x^2*y+e*x^2*z+f*y^2*z+g*x*y^2+h*x*z^2+i*y*z^2+j*x*y*z+k*x*y+l*x*z+m*y*z+n*x+o*y+p*z+q;$$

其中,电堆输出电流 $x$ 、空气流量参数 $y$ 、电堆入口空气压力 $z$ ;  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $f$ 、 $g$ 、 $h$ 、 $i$ 、 $j$ 、 $k$ 、 $l$ 、 $m$ 、 $n$ 、 $o$ 、 $p$ 、 $q$ 均是系数,基于此公式进行标定,进而获取具体的系数。标定方法为:以实际所需的氢气流量和所需氢气压升为监测点,记录不同工况下的电堆输出电流 $x$ 、空气流量参数 $y$ 、电堆入口空气压力 $z$ 以及流量控制阀310开度 $F$ 。记录不同运行工况下的海量数据,对

目标函数进行拟合,得到不同工况下的目标函数。具体的,流量控制阀的开度调节如下表所示,以某一电堆实际运行工况为例:

标定值	目标监测值		测试值		
	氢气流量 Slpm	压升 /kPa	电流 /A	空气流量 (g/s)	电堆入口 空气压力 /kPa
90	100	10	30	14.5	120
90	200	9	60	27.7	140
85	400	8	120	52	190
80	600	7	180	70	210
75	800	9	240	86	230
75	1000	11	300	100	255
70	1200	14	360	111	260
73	1400	18	420	124	260
75	1600	19	480	133	260
80	1660	17	500	139	260

其中,流量控制阀310的开度F可通过流量控制阀310的反馈开度获得;燃料电池堆输出电流x可通过读取DCF的输入电流获得;空气流量参数y可通过燃料电池堆10进气系统的流量计反馈值获得;燃料电池堆入口空气压力z可通过燃料电池堆入口的压力传感器获得;氢气流量Q可通过设置在氢气再循环通路300中的氢气流量计获得,标定工作完成后可以去掉此流量计;氢气压升可通过燃料电池堆10进出口压力传感器的示数读取获得。

[0044] 从能量角度可以看出,燃料电池堆在不同运行工况中,随着电流的增大,空气流量基本成线性增大的趋势。同样,燃料电池堆出口空气的流量和压力也逐渐增大,其携带的能量也逐渐增大,且远大于氢气循环的需求。因此,从能量角度以及流量角度来看,尾排空气带动氢气循环系统运转是可行的。

[0045] 从压力角度上看,对于金属堆而言,100kW的燃料电池系统的电堆出口空气压力大约在100kPa左右;对于石墨堆而言,100kW的燃料电池系统的电堆出口空气压力大约在80kPa左右;而100kW的燃料电池系统的电堆氢气路所需要的压升为20~30kPa左右,远小于电堆出口的空气压力,因此气体压力方面是满足的。

[0046] 上述实施方式中提到的燃料电池氢气再循环系统,通过引入氢循环装置230进行吹扫的空气来源是燃料电池堆空气出口所排出的废气,不需要空压机额外增加一定的功率消耗,提高了整机的能源利用效率。同时,氢循环装置230出口的空气与排氢阀210出口进行汇合可稀释排氢阀210的氢气浓度,在一定程度上可起到提升系统安全的作用。氢循环装置230通过内部叶轮的旋转起到促进氢气循环气体流动的作用,为氢气的循环提供助力,整个氢循环装置是单一的结构件,使系统的控制更为简单,电气及结构方面也更为简单,增加了系统的安全性,同时也降低了系统成本。因该吹扫气为燃料电池堆10的空气出口尾气,此尾气中的氧气含量大大低于燃料电池堆10的前端,使用此低氧气含量的空气为燃料电池堆10的出口氢气进行再循环利用,也保障了燃料电池堆的使用安全。

[0047] 此外,为防止冬天氢循环装置230叶轮结冰,可在空气尾气循环吹扫线路中设置空气干燥器、气液分离器或采用PTC贴片,使进入氢循环装置230的空气侧空气保持一定的干燥性,降低了氢循环装置230叶轮内部结露的可能,使叶轮内的空气处于干燥状态,及阻止

发生冬天叶轮结冰卡住的危险状况。

[0048] 从上述实施例中提到的燃料电池氢气再循环系统可知,该燃料电池氢气再循环系统能够通过氢气再循环通路,将第一循环通路中的空气废气作为第二循环通路的氢循环装置的循环动力,减少了燃料电池辅助系统的功率需求,提升了系统的整机效率,从而提高了氢气循环的执行效率。

[0049] 本发明实施例提供了一种燃料电池氢气再循环系统的控制方法,该方法应用于上述实施例提到的燃料电池氢气再循环系统;如图4所示,该方法包括以下步骤:

步骤S401,当第一循环通路和第二循环通路处于工作状态时,根据燃料电池堆的状态参数确定背压阀的开度值,并按照背压阀的开度值控制背压阀的开度。

[0050] 然后根据已确定的背压阀的开度值确定流量控制阀的开度值,并按照已确定的流量控制阀的开度值控制流量控制阀的开度和背压阀的开度。这个过程可分为步骤S402和步骤S403两个步骤。

[0051] 步骤S402,根据流量控制阀的初始标定值控制流量控制阀的开度。

[0052] 步骤S403,根据氢气循环流量值和压升的目标值与系统实际运行过程中的氢气循环流量值和压升的实测值,对流量控制阀的开度进行自适应PID控制。

[0053] 步骤S404,获取燃料电池堆的实时状态参数,并根据实时状态参数实时控制背压阀的开度以及流量控制阀的开度。

[0054] 具体实施过程中,根据流量控制阀的初始标定值控制流量控制阀的开度;再根据氢气循环流量值和压升的目标值与系统实际运行过程中的氢气循环流量值和压升的实测值,对流量控制阀的开度进行自适应PID控制。在后续进行实时控制的过程中,通过获取燃料电池堆的实时状态参数并根据实时状态参数实时控制背压阀的开度以及流量控制阀的开度。

[0055] 具体的说,上述过程是一种自适应调节过程,上述过程中控制流量控制阀的开度是核心控制过程,通过控制流量控制阀的开度以实现自适应氢气循环再利用的控制过程,氢气再循环的控制过程利用燃料电池系统控制器FCU检测燃料电池堆输出的电流、空压机转速、空气流量计流量等信息后,控制流量控制阀以及背压阀的开度。燃料电池堆输出的电流、空压机转速、空气流量等参数发生变化时,流量控制阀也随之进行自适应调节,实现氢气循环再利用的自适应控制。

[0056] 通过上述实施例中提到的燃料电池氢气再循环系统的控制方法可知,该方法能够通过氢气再循环通路,将第一循环通路中的空气废气作为第二循环通路的氢循环装置的循环动力,减少了燃料电池辅助系统的功率需求,提升了系统的整机效率,从而提高了氢气循环的执行效率。

[0057] 该实施例中的燃料电池氢气再循环系统,与上述方法实施例中提供的燃料电池氢气再循环系统具有相同的技术特征,所以也能解决相同的技术问题,达到相同的技术效果。为简要描述,实施例部分未提及之处,可参考前述实施例中相应内容。

[0058] 本实施例还提供一种燃料电池系统,如图5所示,该燃料电池系统包括燃料电池堆10,以及如上述实施例中提到的燃料电池氢气再循环系统50;其中,燃料电池氢气再循环系统50在进行氢气循环时执行上述实施例中提到的燃料电池氢气再循环系统的控制方法。

[0059] 该燃料电池系统中在进行氢气循环时执行的燃料电池氢气再循环系统的控制方

法的流程与上述实施例中所描述的具体过程相同,利用空气路高压大流量的尾气作为能源驱动氢循环装置的叶轮转动,实现氢气的再循环利用,从而满足氢气的化学计量比,节省了氢泵以及引射器。其中,氢气流量再循环供给采用自适应控制,通过电流工况以及空压机转速工况自适应控制流量控制阀的开度,实现流量分配。

[0060] 本实施例还提供一种电子设备,为该电子设备的结构示意图如图6所示,该设备包括处理器601和存储器602;其中,存储器602用于存储一条或多条计算机指令,一条或多条计算机指令被处理器执行,以实现上述基于燃料电池氢气再循环系统的控制方法。

[0061] 图6所示的服务器还包括总线603和通信接口604,处理器601、通信接口604和存储器602通过总线603连接。

[0062] 其中,存储器602可能包含高速随机存取存储器(RAM,Random Access Memory),也可能还包括非不稳定的存储器(non-volatile memory),例如至少一个磁盘存储器。总线603可以是ISA总线、PCI总线或EISA总线等。总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示,图6中仅用一个双向箭头表示,但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

[0063] 通信接口604用于通过网络接口与至少一个用户终端及其它网络单元连接,将封装好的IPv4报文或IPv4报文通过网络接口发送至用户终端。

[0064] 处理器601可能是一种集成电路芯片,具有信号的处理能力。在实现过程中,上述方法的各步骤可以通过处理器601中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。上述的处理器601可以是通用处理器,包括中央处理器(Central Processing Unit,简称CPU)、网络处理器(Network Processor,简称NP)等;还可以是数字信号处理器(Digital Signal Processor,简称DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,简称ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,简称FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。可以实现或者执行本公开实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。结合本公开实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成,或者用译码处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器,闪存、只读存储器,可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器602,处理器601读取存储器602中的信息,结合其硬件完成前述实施例的方法的步骤。

[0065] 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器运行时执行前述实施例的方法的步骤。

[0066] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的系统、设备和方法,可以通过其它的方式实现。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,又例如,多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些通信接口,设备或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0067] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个

网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0068] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

[0069] 所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个处理器可执行的非易失的计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以用软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0070] 最后应说明的是:以上所述实施例,仅为本发明的具体实施方式,用以说明本发明的技术方案,而非对其限制,本发明的保护范围并不局限于此,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改或可轻易想到变化,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改、变化或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例技术方案的精神和范围,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

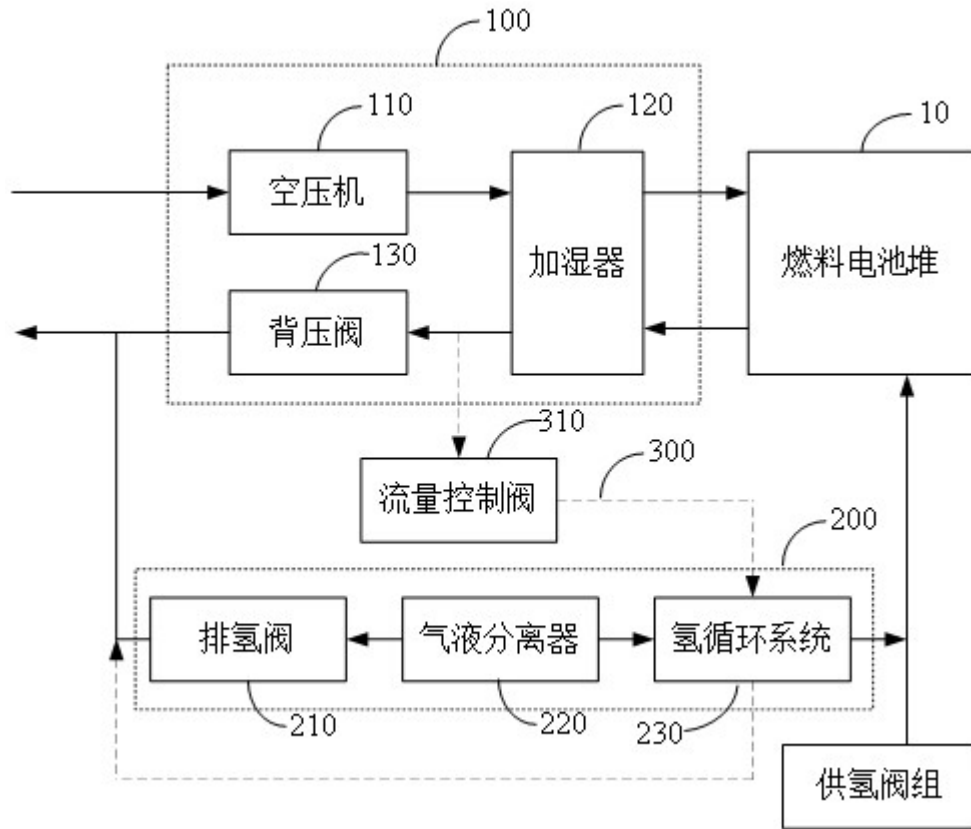


图1

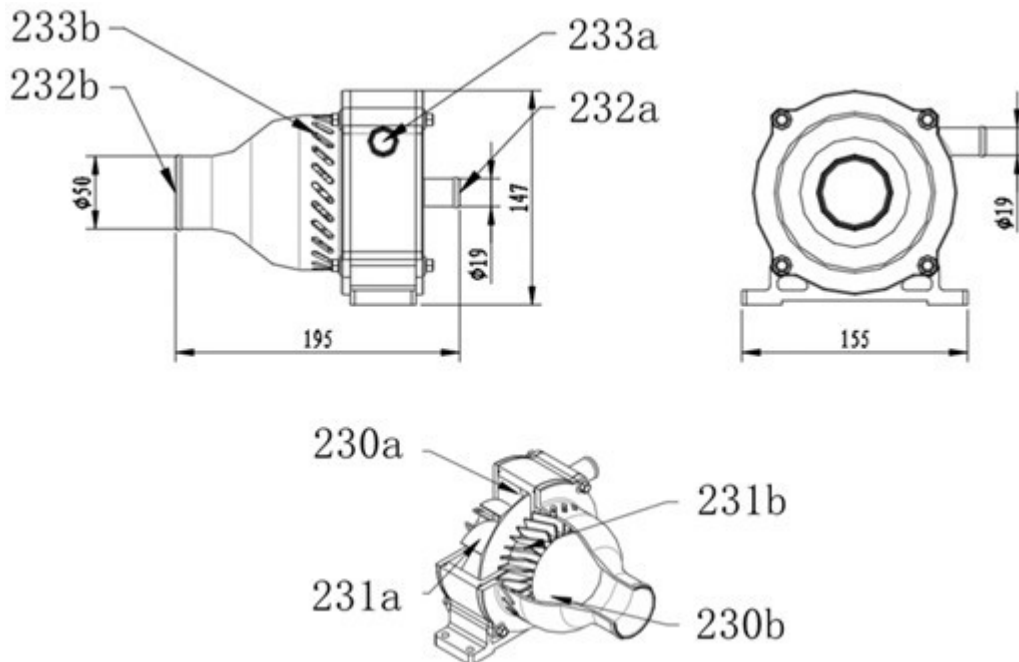


图2

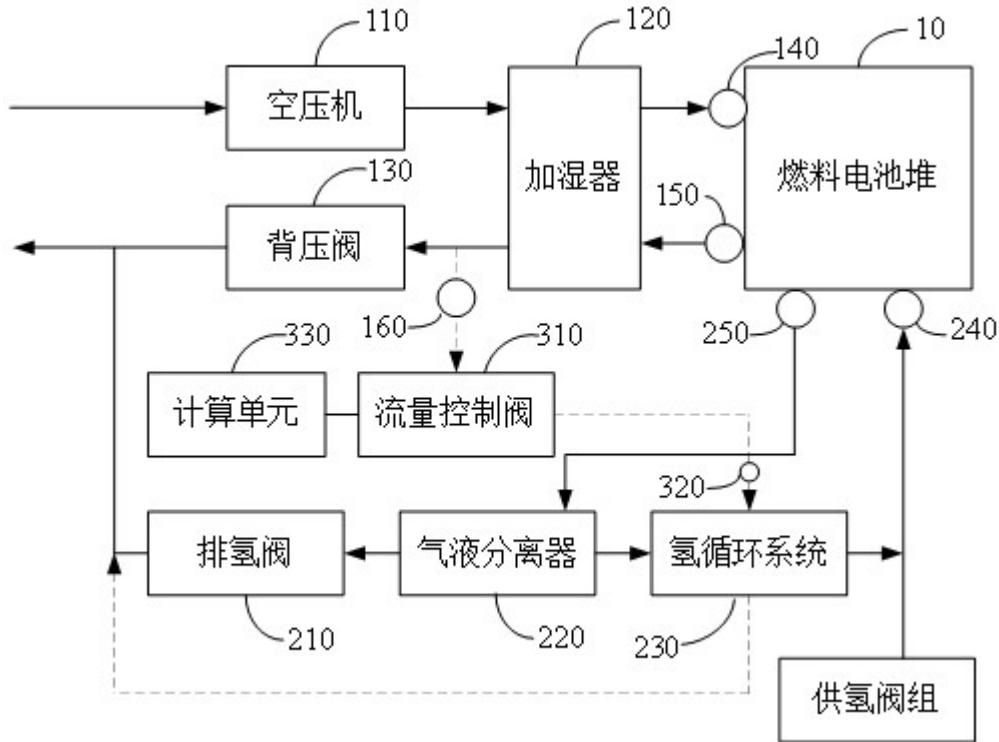


图3

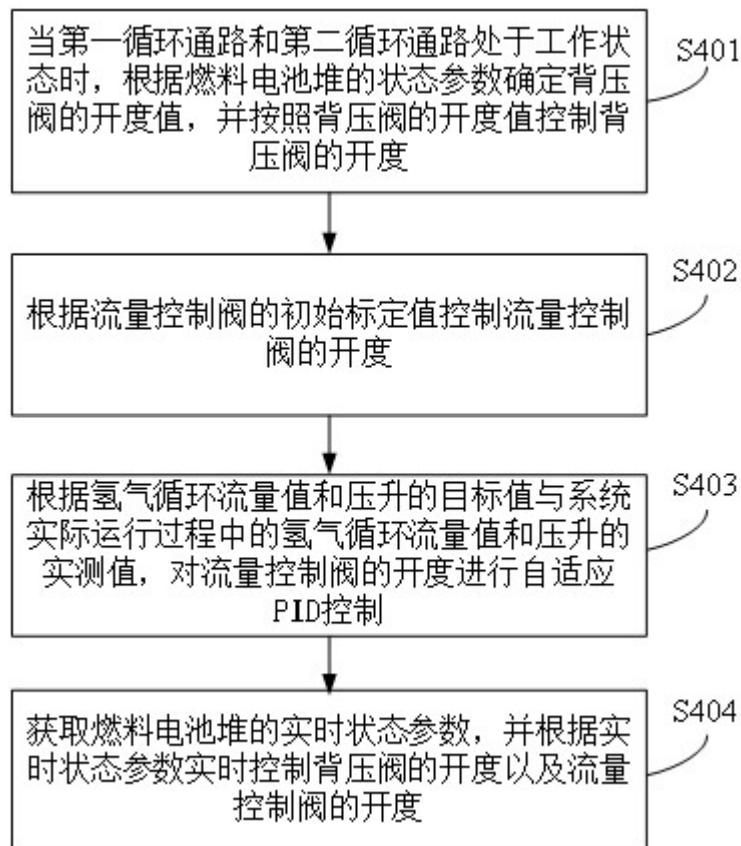


图4

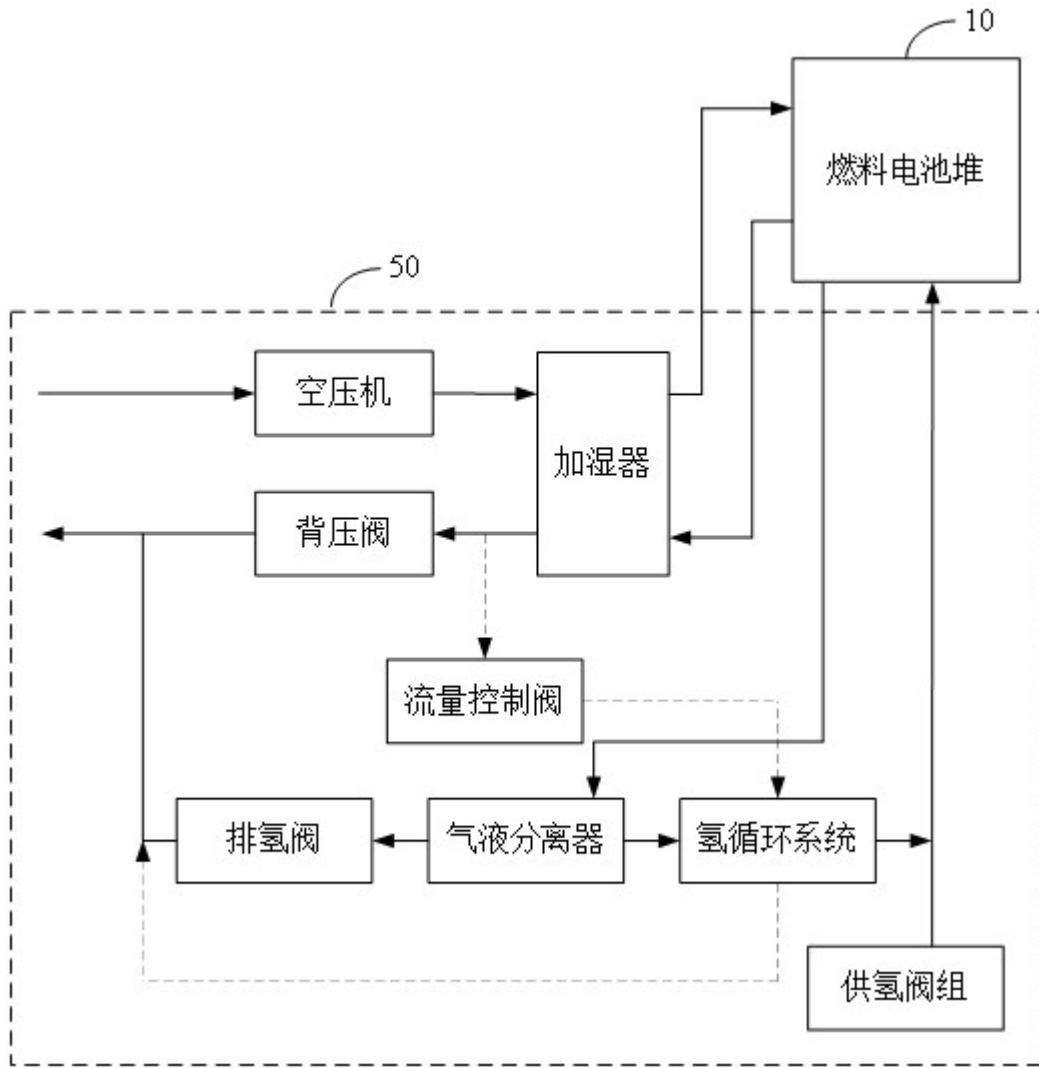


图5

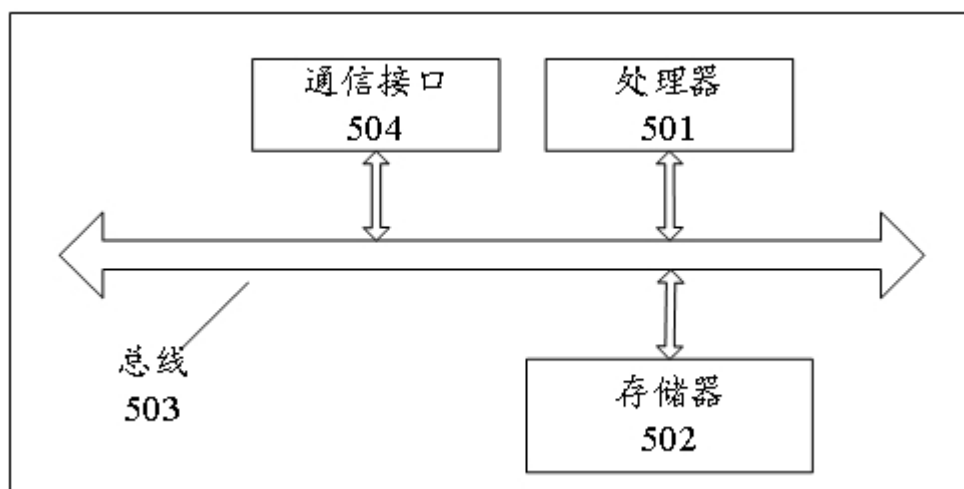


图6