



1. 一种氢燃料电池阳极控制系统,包括:  
氢气入口,所述氢气入口被配置成用于接收加压氢气;  
氢气出口,所述氢气出口被配置成用于流体耦合至氢燃料电池的阳极歧管;  
再循环入口,所述再循环入口被配置成用于从所述阳极歧管接收溢流氢气;  
氢气压力调节器,所述氢气压力调节器被配置成用于从所述氢气入口接收加压氢气;  
氢气再循环模块,所述氢气再循环模块被配置成用于将从所述氢气压力调节器和所述再循环入口接收到的氢气进行混合,并且将氢气混合物提供至所述氢气出口;  
压差测量模块,所述压差测量模块被配置成用于测量所述氢燃料电池的所述阳极歧管与阴极歧管之间的压差;以及  
控制器,所述控制器被配置成用于基于测得的压差来控制所述氢气压力调节器或所述氢气再循环模块中的至少一者。
2. 如权利要求1所述的氢燃料电池阳极控制系统,其中,所述控制器被配置成用于控制氢气压力,使得所述压差大约为零。
3. 如权利要求1或2所述的氢燃料电池阳极控制系统,其中,所述氢气压力调节器是可控气体压力调节器系统。
4. 如权利要求1至3中的任一项所述的氢燃料电池阳极控制系统,其中,所述氢气再循环模块包括气体再循环泵。
5. 如权利要求1至4中的任一项所述的氢燃料电池阳极控制系统,其中,所述氢气再循环模块包括喷射泵。
6. 如权利要求1至5中的任一项所述的氢燃料电池阳极控制系统,进一步包括被配置成用于接收基于所述燃料电池的功率输出的电流测量的电流反馈输入端口,其中,所述控制器进一步被配置成用于基于所述电流测量来控制所述氢气压力调节器或所述氢气再循环模块中的至少一者。
7. 如权利要求1至6中的任一项所述的氢燃料电池阳极控制系统,进一步包括被配置成用于接收基于压缩机的功率输入的电流测量的电流反馈输入端口,所述压缩机被配置成用于将氧气提供至所述阴极歧管,其中,所述控制器进一步被配置成用于基于所述电流测量来控制所述氢气压力调节器或所述氢气再循环模块中的至少一者。
8. 如权利要求1至7中的任一项所述的氢燃料电池阳极控制系统,其中,所述控制器被配置成用于基于预定的控制模型来控制氢气压力。
9. 如权利要求1至8中的任一项所述的氢燃料电池阳极控制系统,进一步包括湿度控制器,所述湿度控制器被配置成用于控制所述氢气混合物的湿度水平。
10. 如权利要求1至9中的任一项所述的氢燃料电池阳极控制系统,进一步包括氮气分离器,所述氮气分离器被配置成用于降低所述溢流氢气或所述氢气混合物中的至少一者中的氮气水平。
11. 如权利要求1至10中的任一项所述的氢燃料电池阳极控制系统,其中,所述控制器进一步被配置成用于控制可变压力控制阀,所述可变压力控制阀被配置成用于控制所述溢流氢气的压力。
12. 一种控制氢燃料电池的阳极歧管压力的方法,所述方法包括:  
测量阳极歧管压力;

测量阴极歧管压力；  
基于测得的阳极歧管压力和测得的阴极歧管压力来确定压差值；以及  
基于所确定的压差来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块或阳极出口阀中的至少一者。

13. 如权利要求12所述的方法,进一步包括:

接收加压氢气;

由所述氢气压力调节器将接收到的加压氢气调节至调节压力;

从阳极歧管接收溢流氢气;

由氢气再循环模块将从所述氢气压力调节器接收到的接收的加压氢气与接收的溢流氢气进行混合,并且将氢气混合物提供至氢气出口。

14. 如权利要求12或13所述的方法,其中,基于所述所确定的压差来控制所述氢气压力调节器或所述氢气再循环模块中的至少一者进一步包括:控制所述阳极歧管压力,使得所述压差大约为零。

15. 如权利要求12至14中的任一项所述的方法,进一步包括:

接收基于所述氢燃料电池的功率输出的电流测量;以及

基于接收到的电流测量来控制所述氢气压力调节器或所述氢气再循环模块中的至少一者。

16. 如权利要求12至15中的任一项所述的方法,进一步包括:

接收基于压缩机的功耗的电流测量,所述压缩机被配置成用于将氧气提供至阴极歧管;以及

基于接收到的电流测量来控制所述氢气压力调节器或所述氢气再循环模块中的至少一者。

17. 如权利要求12至16中的任一项所述的方法,进一步包括:由所述控制器控制湿度控制模块,以基于预定的湿度水平可控地向所述氢气混合物添加湿度或从所述氢气混合物中移除湿度。

18. 如权利要求12至17中的任一项所述的方法,进一步包括氮气分离器模块,所述氮气分离器模块被配置成用于降低所述溢流氢气或所述氢气混合物中的至少一者中的氮气水平。

19. 如权利要求12至18中的任一项所述的方法,进一步包括由可变压力控制阀控制所述溢流氢气的压力。

20. 一种氢燃料电池组件,包括:

氢燃料电池,所述氢燃料电池包括阳极歧管、堆和阴极歧管;以及

氢燃料电池阳极控制系统,所述氢燃料电池阳极控制系统包括:

氢气入口,所述氢气入口被配置成用于接收加压氢气;

氢气出口,所述氢气出口被配置成用于流体耦合至氢燃料电池的阳极歧管;

再循环入口,所述再循环入口被配置成用于从所述阳极歧管接收溢流氢气;

氢气压力调节器,所述氢气压力调节器被配置成用于从所述氢气入口接收加压氢气;

氢气再循环模块,所述氢气再循环模块被配置成用于将从所述氢气压力调节器和所述再循环入口接收到的氢气进行混合,并且将氢气混合物提供至所述氢气出口;

压差测量模块,所述压差测量模块被配置成用于测量所述氢燃料电池的所述阳极歧管与阴极歧管之间的压差;以及

控制器,所述控制器被配置成用于基于测得的压差来控制所述氢气压力调节器或所述氢气再循环模块中的至少一者。

## 被配置成用于控制阳极与阴极之间的压差的氢燃料电池模块

### 优先权要求

[0001] 本申请要求于2021年10月20日提交的美国临时专利申请第63/262,798号和于2022年10月19日提交的美国专利申请第18/047,976号的优先权权益,上述申请的全部内容通过引用并入本文。

### 技术领域

[0002] 本说明书涉及氢燃料电池。

### 背景技术

[0003] 氢燃料电池是被配置成用于在催化电化学过程中消耗氢气和氧气的设备,该催化电化学过程产生电力作为其主要产品,并且产生水和热量作为废气。此类设备的吸引力是显而易见的,但其实现已经被减慢,因为此类设备的构造仍然是高度定制化和特定于应用的,批量制造基地尚未被开发,使得其成本很高,燃料基础设施尚未建立,并且它们缺乏稳健性和耐用性,这也是常规控制的结果。改进控制可以改进效率、功率输出、以及稳健性和耐用性,由此提高针对燃料电池系统的价值主张。

### 发明内容

[0004] 总体而言,本文档描述了用于控制氢燃料电池中的氢气输送的系统和技术。

[0005] 在第一示例中,氢燃料电池阳极控制系统包括:氢气入口,该氢气入口被配置成用于接收加压氢气;氢气出口,该氢气出口被配置成用于流体耦合至氢燃料电池的阳极歧管;再循环入口,该再循环入口被配置成用于从阳极歧管接收溢流氢气;氢气压力调节器,该氢气压力调节器被配置成用于从氢气入口接收加压氢气;氢气再循环模块,该氢气再循环模块被配置成用于将从氢气压力调节器和再循环入口接收到的氢气进行混合,并且将氢气混合物提供至氢气出口;压差测量模块,该压差测量模块被配置成用于测量氢燃料电池的阳极歧管与阴极歧管之间的压差;以及控制器,该控制器被配置成用于基于测得的压差来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。

[0006] 在第二示例中,根据示例1,控制器被配置成用于控制氢气压力,使得压差大约为零。

[0007] 在第三示例中,根据示例1或示例2,氢气压力调节器是可控气体压力调节器系统。

[0008] 在第四示例中,根据示例1至示例3中的任一项,氢气再循环模块包括气体再循环泵。

[0009] 在第五示例中,根据示例1至示例4中的任一项,氢气再循环模块包括喷射泵。

[0010] 在第六示例中,根据示例1至示例5中的任一项,该系统进一步包括被配置成用于接收基于燃料电池的功率输出的电流测量的电流反馈输入端口,其中,控制器进一步被配置成用于基于电流测量来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。

[0011] 在第七示例中,根据示例1至示例6中的任一项,该系统进一步包括被配置成用于

接收基于压缩机的功率输入的电流测量的电流反馈输入端口,该压缩机被配置成用于将氧气提供至阴极歧管,其中,控制器进一步被配置成用于基于电流测量来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。

[0012] 在第八示例中,根据示例1至示例7中的任一项,控制器被配置成用于基于预定的控制模型来控制氢气压力。

[0013] 在第九示例中,根据示例1至示例8中的任一项,系统进一步包括湿度控制器,该湿度控制器被配置成用于控制氢气混合物的湿度水平。

[0014] 在第十示例中,根据示例1至示例9中的任一项,系统进一步包括氮气分离器,该氮气分离器被配置成用于降低溢流氢气或氢气混合物中的至少一者中的氮气水平。

[0015] 在第十一示例中,根据示例1至示例10中的任一项,控制器进一步被配置成用于控制可变压力控制阀,该可变压力控制阀被配置成用于控制溢流氢气的压力。

[0016] 在第十二示例中,一种控制氢燃料电池的阳极歧管压力的方法,该方法包括:测量阳极歧管压力;测量阴极歧管压力;基于测得的阳极歧管压力和测得的阴极歧管压力来确定压差值;以及基于所确定的压差来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块或阳极出口阀中的至少一者。

[0017] 在第十三示例中,根据示例12,该方法进一步包括:接收加压氢气;由氢气压力调节器将接收到的加压氢气调节至调节压力;从阳极歧管接收溢流氢气;由氢气再循环模块将从氢气压力调节器接收到的接收的加压氢气与接收到的溢流氢气进行混合,并且将氢气混合物提供至氢气出口。

[0018] 在第十四示例中,根据示例12或示例13,基于所确定的压差来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者进一步包括:控制阳极歧管压力使得压差大约为零。

[0019] 在第十五示例中,根据示例12至示例14中的任一项,该方法进一步包括:接收基于氢燃料电池的功率输出的电流测量;以及基于接收到的电流测量来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。

[0020] 在第十六示例中,根据示例12至示例15中的任一项,该方法进一步包括:接收基于压缩机的功耗的电流测量,该压缩机被配置成用于将氧气提供至阴极歧管;以及基于接收到的电流测量来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。

[0021] 在第十七示例中,根据示例12至示例16中的任一项,该方法进一步包括:由控制器控制湿度控制模块,以基于预定的湿度水平可控地添加氢气混合物中的湿度或从氢气混合物中移除湿度。

[0022] 在第十八示例中,根据示例12至示例17中的任一项,该方法进一步包括氮气分离器模块,该氮气分离器模块被配置成用于降低溢流氢气或氢气混合物中的至少一者中的氮气水平。

[0023] 在第十九示例中,根据示例12至示例18中的任一项,该方法进一步包括由可变压力控制阀控制溢流氢气的压力。

[0024] 在第二十示例中,一种氢燃料电池组件,包括:氢燃料电池,该氢燃料电池包括阳极歧管、堆和阴极歧管;以及氢燃料电池阳极控制系统,该氢燃料电池阳极控制系统包括:氢气入口,该氢气入口被配置成用于接收加压氢气;氢气出口,该氢气出口被配置成用于流体耦合至氢燃料电池的阳极歧管;再循环入口,该再循环入口被配置成用于从阳极歧管接

收溢流氢气;氢气压力调节器,该氢气压力调节器被配置成用于从氢气入口接收加压氢气;氢气再循环模块,该氢气再循环模块被配置成用于将从氢气压力调节器和再循环入口接收到的氢气进行混合,并且将氢气混合物提供至氢气出口;压差测量模块,该压差测量模块被配置成用于测量氢燃料电池的阳极歧管与阴极歧管之间的压差;以及控制器,该控制器被配置成用于基于测得的压差来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。

[0025] 在示例实施例中,氢燃料电池阳极控制系统包括:氢气入口,该氢气入口被配置成用于接收加压氢气;氢气出口,该氢气出口被配置成用于流体耦合至氢燃料电池的阳极歧管;再循环入口,该再循环入口被配置成用于从阳极歧管接收溢流氢气;氢气压力调节器,该氢气压力调节器被配置成用于从氢气入口接收加压氢气;氢气再循环模块,该氢气再循环模块被配置成用于将从氢气压力调节器和再循环入口接收到的氢气进行混合,并且将氢气混合物提供至氢气出口;压差测量模块,该压差测量模块被配置成用于测量氢燃料电池的阳极歧管与阴极歧管之间的压差;以及控制器,该控制器被配置成用于基于测得的压差来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。

[0026] 各种实施例可以包括以下特征中的一些、全部或无一。控制器可以被配置成用于控制氢气压力,使得压差大约为零。氢气压力调节器可以是可控的气体压力调节器系统。氢气再循环模块可以包括气体再循环泵。氢气再循环模块可以包括喷射泵。该系统可以包括被配置成用于接收基于燃料电池的功率输出的电流测量的电流反馈输入端口,其中,控制器进一步被配置成用于基于电流测量来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。该系统可以包括被配置成用于接收基于压缩机的功率输入的电流测量的电流反馈输入端口,该压缩机被配置成用于将氧气提供至阴极歧管,其中,控制器进一步被配置成用于基于电流测量来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。控制器可以被配置成用于基于预定的控制模型来控制氢气压力。该系统可以包括湿度控制器,该湿度控制器被配置成用于控制氢气混合物的湿度水平。该系统可以包括氮气分离器,该氮气分离器被配置成用于降低溢流氢气或氢气混合物中的至少一者中的氮气水平。控制器可以进一步被配置成用于控制可变压力控制阀,该可变压力控制阀被配置成用于控制溢流氢气的压力。

[0027] 在示例实现方式中,一种控制氢燃料电池的阳极歧管压力的方法,该方法包括:测量阳极歧管压力;测量阴极歧管压力;基于测得的阳极歧管压力和测得的阴极歧管压力来确定压差值;基于所确定的压差来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块或阳极出口阀中的至少一者。

[0028] 各种实现方式可以包括以下特征中的一些、全部或无一。方法可以包括:接收加压氢气;由氢气压力调节器将接收到的加压氢气调节至调节压力;从阳极歧管接收溢流氢气;由氢气再循环模块将从氢气压力调节器接收到的接收的加压氢气与接收的溢流氢气进行混合,并且将氢气混合物提供至氢气出口。基于所确定的压差来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者可以包括:控制阳极歧管压力,使得压差大约为零。该方法可以包括:接收基于氢燃料电池的功率输出的电流测量;以及基于接收到的电流测量来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。该方法可以包括:接收基于压缩机的功耗的电流测量,该压缩机被配置成用于将氧气提供至阴极歧管;以及基于接收到的电流测量来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。该方法可以包括:由控制器控制湿度控制模块,以基于预定的湿度水平可控地向氢气混合物添加湿度或从氢气混合物中移

除湿度。该方法可以包括氮气分离器,该氮气分离器被配置成用于降低溢流氢气或氢气混合物中的至少一者中的氮气水平。该方法可以包括:由可变压力控制阀控制溢流氢气的压力。

[0029] 在另一示例实施例中,一种氢燃料电池组件,包括:氢燃料电池,该氢燃料电池包括阳极歧管、堆和阴极歧管;以及氢燃料电池阳极控制系统,该氢燃料电池阳极控制系统包括:氢气入口,该氢气入口被配置成用于接收加压氢气;氢气出口,该氢气出口被配置成用于流体耦合至氢燃料电池的阳极歧管;再循环入口,该再循环入口被配置成用于从阳极歧管接收溢流氢气;氢气压力调节器,该氢气压力调节器被配置成用于从氢气入口接收加压氢气;氢气再循环模块,该氢气再循环模块被配置成用于将从氢气压力调节器和再循环入口接收到的氢气进行混合,并且将氢气混合物提供至氢气出口;压差测量模块,该压差测量模块被配置成用于测量氢燃料电池的阳极歧管与阴极歧管之间的压差;以及控制器,该控制器被配置成用于基于测得的压差来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。

[0030] 本文所描述的系统和技术可以提供以下优点中的一个或多个。第一,氢子系统可以提供燃料电池组件的快速实现。第二,该系统可以改进燃料电池的效率。第三,该系统可以改进燃料电池的寿命。第四,该系统可以为燃料电池组件提供模块化解决方案,从而改进燃料电池系统的可维护性。

[0031] 在以下所附附图和描述中阐述一个或多个实现方式的细节。根据说明书和附图以及根据权利要求书,其他特征和优点将显而易见。

## 附图说明

[0032] 图1是示出示例氢燃料电池系统的示意图。

[0033] 图2是示出另一示例氢燃料电池系统的示意图。

[0034] 图3示出了示例电子压力调节器系统的透视图。

[0035] 图4示出了示例喷射泵的透视图。

[0036] 图5是示例压差的曲线图。

[0037] 图6是示出了用于控制氢燃料电池中的氢气输送的过程的示例的流程图。

[0038] 图7是通用计算机系统的示例的示意图。

## 具体实施方式

[0039] 本文档描述了用于控制氢燃料电池中的氢气输送的系统和技术。总体而言,阳极燃料模块作为集成模块被配置有流体流动导管、控制回路电子器件、可控阀、以及相关部件,该集成模块可与氢燃料电池堆结合使用,以快速实现有用的氢燃料电池应用。总体而言,阳极燃料模块被配置成用于基于电需求来控制至燃料电池阳极的氢气的流量,控制燃料电池阴极处的氧气(例如,空气)的量,控制燃料电池阳极处的氮气和水的量,监测和控制跨燃料电池膜的压差,以及在阳极处提供氢气的高效再循环。

[0040] 图1是示出示例氢燃料电池系统100的示意图。系统100包括氢燃料电池110,该氢燃料电池110包括在负阳极膜113处的阳极歧管112、堆114、以及在正阴极膜117处的阴极歧管116。阳极歧管112被配置成用于接收氢燃料,并且阴极歧管被配置成用于接收氧气120,

氧气120总体上来自由压缩机124压缩或以其他方式提供的大气(atmospheric air)122。在氢燃料电池中,阳极歧管中的催化剂将氢分子分离成质子和电子,质子和电子采取不同的路径到达阴极。电子通过电源插座120到达外部电路,从而创建电流。质子穿过堆114到达阴极,在阴极处质子与氧气和电子结合以在排气装置132处产生水和热量。

[0041] 堆114从氢燃料电池110中发生的电化学反应生成直流(DC)功率形式的电。在图示的示例中,示出了单个氢燃料电池,但在一些实施例中,多个(例如,数十个或数百个)燃料电池可以被组合。例如,单个燃料电池通常可以产生约1V,因此在一些实施例中,多个单独的燃料电池可以串联组合成燃料电池堆。例如,一些燃料电池堆可以包括数百个燃料电池。在一些实施例中,由燃料电池产生的功率量可以取决于各种因素,这些因素诸如燃料电池类型、电池大小、操作温度、以及供应到电池的气体的压力。

[0042] 阳极歧管112包括催化剂层的集合。在一些实施例中,催化剂层可以包括分散在具有大表面积碳载体上的纳米大小的铂颗粒。这种铂颗粒催化剂可以与离子传导聚合物(例如,离聚物)混合并被布置在膜与气体扩散层(GDL)之间。在阳极歧管112处,铂催化剂使得氢分子能够分裂成质子和电子。在阴极歧管116处,铂催化剂通过与由阳极歧管112生成的质子进行反应而实现氧还原,从而产生水。混合到催化剂层中的离聚物允许质子在导电的情况下行进穿过这些层,这迫使产生的电子行进穿过电路,从而产生电功率。

[0043] GDL(未示出)被布置在催化剂层的外部,并且被配置成用于将反应物气体运输到催化剂层中,以及移除由反应产生的水。在一些实施例中,GDL可以由碳纸片制成,其中碳纤维部分地涂覆有聚四氟乙烯(PTFE)。气体可以通过GDL中的孔快速扩散,并且孔可以通过PTFE保持打开,PTFE是疏水的,并防止过量的水积聚。在一些实施例中,GDL的内表面可以涂覆有与PTFE混合的高表面积碳的薄层(例如,微孔层)。微孔层可以帮助调节水保留(例如,这可以有助于维持膜的导电性)与水释放(例如,这样做是为了保持孔打开,因此氢气和氧气可以扩散到阳极歧管112和阴极歧管116中)之间的平衡。

[0044] 压缩机124被配置成用于压缩在入口处接收到的大气,并在出口处提供该大气,该出口通过流体导管以特定压力流体连接到阴极歧管116的入口。总体而言,燃料电池性能随着反应物气体的压力的增加而改善。阳极歧管112内的压力由流到阳极歧管中的加压氢气的供应和通过流量控制器119(例如,固定或可变孔口)的流出而创建。阴极歧管116内的压力基于从压缩机124供应的压力。

[0045] 在一些实施例中,压缩机124可以被配置成用于将入口空气122的压力升高到环境大气压力的大约两到四倍。然而,如果阳极歧管112和阴极歧管116中的反应物气体的压力不平衡,则压差134可以跨膜113、116和堆114形成。过量的压差(例如,超过零附近的预定公差带的压差)可能会损坏膜113、116,因此反应物气体的压力必须保持相对相等,以便防止、消除或以其他方式减小压差134。

[0046] 为了控制至燃料电池110的氢气的流动并控制压差134,提供了氢燃料电池阳极控制系统150。总体而言,系统150被配置为模块化系统,该模块化系统可以通过氢流体电路快速连接到燃料电池110,以允许氢燃料电池解决方案的快速部署和配置,并且可以通过基于闭环反馈回路主动控制氢气流来控制跨燃料电池膜的压差。

[0047] 系统150包括氢气入口端口152和氢气出口端口156,氢气入口端口152被配置成用于耦合到加压氢气供应并从加压氢气供应接收处于预定压力的加压氢气154,氢气出口端

口156被配置成用于耦合到流体导管,该流体导管被配置成用于向阳极歧管122提供加压氢气158。系统150还包括再循环入口端口160,该再循环入口端口160耦合到流体导管,该流体导管也耦合到阳极歧管112的出口。再循环入口端口160被配置成用于从阳极歧管122接收再循环(例如,溢流氢气)气体162。由于再循环气体162可富含未消耗的氢气,因此系统150被配置成用于通过将未使用的氢气再循环通过系统100并使用加压氢气158补充由燃料电池110消耗的氢气来维持氢气效率。

[0048] 消耗的氢气的补充由电子控制压力调节器系统(EPRS)170和喷射泵172提供。EPRS170被配置成用于接收加压氢气158并可控地将压力降低至可用水平。EPRS170的示例在于2018年3月19日提交的美国专利申请第11,092,091号中进行讨论,该美国专利申请的内容通过引用并入本文中。EPRS170被配置成用于由控制器174控制以控制由燃料电池110消耗的氢气的补充并控制向燃料电池100供应的氢气的总体压力。

[0049] 喷射泵172被配置成用于使(由于操作过剩)从堆113尚未被消耗的氢气再循环并将其返回到氢气进料。喷射泵172的操作由控制器174控制。喷射泵172的示例在于2017年9月25日提交的美国专利申请第10,316,803号和于2019年2月7日提交的美国专利申请第10,995,705号中进行了详细讨论,所述美国专利申请的内容通过引用并入本文中。在'803专利中,喷射泵用于废气再循环(EGR)的上下文中,但在喷射泵172的示例中,它用于对溢流氢气进行再循环。如将在下面更详细地描述的,喷射泵172具有两个入口和一个出口;一个入口(例如,被配置成用于接收二次流体)被配置成用于流体耦合到阳极歧管112以接收再循环的氢气,而另一入口(例如,被配置成用于接收一次加压流体)耦合到EPRS170以接收新鲜的氢气。喷射泵被配置有收敛/发散的流动路径,该流动路径被配置使得新鲜流能够产生文丘里效应,该文丘里效应汲取、抽吸、泵送或以其他方式促进再循环气体至新鲜的氢气流中的流动。新鲜的氢气和再循环的氢气在喷射泵172内混合并离开出口,并经由恰当设计的区域膨胀,通过将速度转换成压力来恢复压力。在一些实现方式中,喷射泵172的文丘里效应可以允许喷射泵172在不使用叶轮或其他移动零件的情况下推动再循环气体的流动。在一些配置中,喷射泵172可以与动力叶轮一起使用,以减少外部供应的总泵送功率(这表示寄生功率消耗,由此降低总体系统的电效率)。如将在下面更详细地描述的,控制器174被配置成用于控制EPRS170和喷射泵172的操作,并且当需要时控制阳极出口孔口以控制阳极歧管112内的压力。

[0050] 系统150还包括氮气分离器176和氮气吹扫阀178。氮气分离器流体耦合至喷射泵172的出口。在燃料电池110的操作期间,来自阴极歧管116中的空气的氮气跨堆迁移到阳极歧管112(例如,氮跨界)。然而,氮气将随时间而积累,并且其在至阳极歧管112的流中的存在占据了可能被氢气占据的体积并堵塞了膜中的孔,限制了氢气进入GDL,减少了存在于所选择的压力下的氢气量并降低了系统100的效率。氮气分离器176被配置成用于从流中移除氮气(例如,将氮气含量降低至约5%或更少),并通过吹扫阀178从系统100中清除氮气。然而,氮气的移除释放了阳极流内的分子体积,这进而导致阳极压力下降。氮气分离器176和氮气吹扫阀178由控制器174控制。在一些实现方式中,控制器174可以部分地基于阳极歧管112中的气压来控制氮气分离器176。在一些实施例中,可以省略氮气分离器,使得再循环回路中的氢气也与氮气一起被清除,这表示原本可消耗的氢气的损失。这可能导致氢气消耗率的5%-7%数量级的损失,表示非常显著的总体效率损失。

[0051] 系统150还包括湿度控制器180和冷凝水吹扫阀182。湿度控制器180流体耦合至氮气分离器176的出口。在燃料电池110的操作期间,当阳极歧管112处的氢气与阴极歧管116处提供的空气中的氧气进行组合时形成水,并且附加的水(例如,空气中的环境湿度)可以从阴极歧管116穿过至阳极歧管112。然而,该湿度需要被控制以促进燃料电池110的高效且长期的操作。在一些实施例中,湿度控制器可由控制器174控制。在一些实施例中,湿度控制器180可以(例如,基于预定的湿度阈值水平)独立地操作。

[0052] 过量的湿度可能会堵塞膜113、117中的孔,从而降低燃料电池110的效率。湿度控制器180被配置成用于可控制地将氢气流中的湿度降低到预定湿度水平并通过吹扫阀182清除提取的水。然而,由于水占据了至阳极歧管的氢气流的体积,因此移除湿度可能会导致压力的下降。如下面将更详细地描述的,控制器174被配置成用于控制阳极歧管112内的压力。

[0053] 不充分的湿度也可能对燃料电池具有负面影响。例如,膜113、117当干燥时总体上不能很好地工作,并且可能最终破裂或失效,从而导致燃料电池效率降低和/或系统失效。湿度控制器180被配置成用于接收水184的流入并且可控地将氢气流加湿至预定湿度水平。然而,水占据氢气流内的空间,因此湿度的添加可以改变阳极歧管112处的压力。如下面将更详细地描述的,控制器174被配置成用于控制阳极歧管112内的压力。

[0054] 控制器174被配置成用于从被配置为压力传感器并被配置为温度传感器的阳极传感器138接收表示阳极歧管112内的温度和压力的温度信号和压力信号。在一些实施例中,温度传感器和压力传感器功能可以由分开的传感器提供。控制器174还被配置成用于从被配置为压力传感器的阴极传感器139接收表示阴极歧管116内的压力的压力信号。控制器174被配置成用于通过比较由压力传感器138和139提供的信号之间的差来确定压差136。在一些实现方式中,压力和温度信号可以由控制器174用于执行阳极歧管112处的压力的基于模型的反馈控制。在一些实施例中,由于控制准确度要求( $\pm 1\%$ ),可以使用真正的“德尔塔压力传感器”来代替两个独立的压力传感器,并且在一些实现方式中,压差目标可以在100-200mbar(毫巴)的数量级,而供应压力可以在1-4bar(巴)的绝对压力的数量级。

[0055] 燃料测量阀161被配置成用于控制阳极歧管112的出口流动区域。通过控制阀161,控制器174可以控制阳极歧管112中的背压。附加地,喷射泵172可以采用再循环流动测量。

[0056] 控制器174被配置成用于基于压差136和感测到的温度来控制阳极歧管112处的压力。例如,压差136可以描述所需要的压力变化的量。如果需要附加的压力,控制器174可以控制EPRS170以准许更多的新鲜氢气进入氢气流中,控制器174可以控制喷射泵172以减少被允许重新进入氢气流的再循环氢气的量(例如,通过致动一个或多个阀和/或可变区域喷嘴来创建背压,该一个或多个阀和/或可变区域喷嘴被配置成用于控制通过喷射泵172的新鲜流和/或再循环流),和/或控制器174可以控制阀161或阀119以增加阳极歧管112中的背压。如果压力太高,则控制器174可控制EPRS170以减少至氢气流中的新鲜氢气流、控制喷射泵172(例如,致动喷射泵172内的控制再循环流和/或新鲜流的一个或多个阀)以增加被允许重新进入氢气流的再循环氢气的量,和/或控制阀161以降低阳极歧管112中的背压,并且在要求快速压力减少的情况下甚至打开氮气吹扫阀。当氢气被燃料电池消耗时,阳极歧管112中的压力将下降。在一些实现方式中,氢气流的湿度可以被控制器174测量和使用以执行阳极歧管112处的压力的基于模型的反馈控制。

[0057] 控制器174还可以通过控制湿度控制器108来控制压力,以从氢气流中添加或移除占据体积的水。控制器174还可以控制氮气分离器176通过选择性地清除或保留氢气流中的氮气来控制压力。在一些实现方式中,氢气流中的氮气浓度可以被测量并被控制器174用来执行阳极歧管112处的压力的基于模型的反馈控制。

[0058] 控制器174还被配置成用于基于由燃料电池110消耗的氢气的量来控制压力。电流传感器190被配置成用于感测燃料电池110的功率输出130中的电流量,并向控制器174提供电流测量信号。由于由燃料电池110消耗的氢气的量与产生的输出功率130的量成比例,因此控制器174可以对加压氢气154用于针对消耗进行补充所需的附加的氢气的量进行建模和估计和/或预测。

[0059] 控制器174还被配置成用于执行阳极歧管112处的压力的前馈(例如,基于模型的)控制。电流传感器191被配置成用于感测至压缩机124的功率输入192中的电流量,并向控制器174提供电流测量信号。由于被提供给阴极歧管116的压力的量与将存在于阴极歧管116处的压力成比例和/或可预测将存在于阴极歧管116处的压力,因此来自电流传感器191的电流信号可由控制器174用来对阴极歧管116当前的压力进行建模和估计和/或预测阴极歧管116未来的压力。

[0060] 在一些实施例中,可以通过来自外部燃料电池系统控制器的“平视”功率需求来改善性能。在一些实现方式中,可以确定功率设定点,然后外部燃料电池系统控制器可以在有限的、预定的时间段内使压缩机功率斜坡变化以转变到新的设定点。在一些示例中,提前知道这一点可以使控制器174能够预测补充氢的要求,并且通过前馈模型精确地匹配氢消耗速率,同时管理再循环和其他流动从而也维持阳极歧管压力以维持跨膜的压差。控制器174可以监测阴极歧管压力,但是外部燃料电池系统控制器可以针对阴极歧管116确定变化率和/或目标压力值。例如,控制器174可以不确定地将该知识与燃料电池输出电流、至压缩机的电流、以及已知的数学物理关系(例如,模型)的知识进行桥接以确定当前和/或未来的氢需要(这些氢需要是物理模型的输入),使得输出可以是致动器设置,该致动器设置被配置成用于在维持跨膜的压差的非常小的偏差的同时满足消耗需求变化。

[0061] 图2是示出另一示例氢燃料电池系统200的示意图。总体而言,系统200基本上类似于图1的示例系统100,系统200具有氢燃料电池阳极控制系统250,其中EPRS170被压力调节器270替代,并且EGR系统172被再循环泵272替代。

[0062] 在一些实施例中,压力调节器270可以是固定压力调节器,被配置成用于将加压氢气154的压力调节至预定的固定压力。在一些实施例中,压力调节器270可以是手动可调节的压力调节器,其可以被设置处于预定压力。在一些实施例中,压力调节器270可以是可控的压力调节器。例如,压力调节器270可以由控制器174控制到由控制器174预定的受控压力。

[0063] 再循环泵272是阳极再循环鼓风机,其被配置成用于使(由于操作过剩)从堆113尚未被消耗的氢气再循环,并将其返回到氢气流。再循环泵272的操作由控制器174控制。

[0064] 图3示出了示例电子压力调节器系统(EPRS)300的透视图。在一些实施例中,EPRS 300可以是图1的示例EPRS170。

[0065] EPRS 300包括入口310和出口320、以及阀330,阀330被配置成用于选择性地准许、限制和/或阻塞从入口310到出口320的流动。阀330由致动器340致动,致动器340被配置成

用于由外部控制器(例如,图1的控制器174)控制。EPRS 300使用带端口的球阀来实现高精度和大的下转,并且由具有足够扭矩能力的旋转阀致动,以精确地移动阀。在一些实施例中,EPRS 300还可以实现基于模型的数学,该基于模型的数学可以使其能够测量氢气一次流。

[0066] 图4示出了示例喷射泵400的透视图。在一些实施例中,喷射泵400可以是图1的示例喷射泵172。

[0067] 喷射泵400由一个或多个外壳或壳体402构成。壳体的端壁中的开口限定了由(一个或多个)壳体402限定的内部流动通道422的氢气入口410和出口420。内部流动通道422将流动从氢气入口410引导到出口420,以允许流动通过喷射泵400。在(一个或多个)壳体402内,喷射泵400包括在从氢气入口410到出口420的流动路径中的收敛喷嘴。收敛喷嘴包括收敛部分,该收敛部分在朝向收敛端的流动方向上收敛。也就是说,收敛喷嘴的下游端(出口)具有比收敛喷嘴的上游端(入口)更小的横截面积(例如,更小的流动面积)。收敛喷嘴可以包括不收敛、但在不改变横截面流动面积的情况下保持相对直的部分。此类部分可以用于将收敛喷嘴保留在喷射泵400内。喷射泵400包括气体接收器外壳430,并且外壳430包括一个或多个气体入口432,一个或多个气体入口432从再循环流供给并流体连接到再循环流(例如,例如,连接到示例再循环入口端口160以接收再循环气体162)并进入气体外壳430的内部接收器腔中。在图示的实现方式中,外壳430围绕收敛喷嘴,使得收敛喷嘴的一部分处于内部接收器腔422内。收敛喷嘴被定位成用于形成从收敛喷嘴的收敛端向外的气体的自由喷射。此外,气体入口432在收敛喷嘴的收敛端的上游。虽然所图示的实现方式示出了收敛喷嘴至少部分地处于气体接收器外壳430内,但也可以利用其他设计。

[0068] 收敛-发散喷嘴在收敛喷嘴的收敛部分的下游,并且流体耦合以接收来自收敛端(即气体入口432)的流体流。为了有助于促进混合,收敛-发散喷嘴的入口比收敛喷嘴的出口具有更大的面积。收敛-发散喷嘴包括三个部分:氢气入口410、喉部、以及出口420。喉部是收敛-发散喷嘴的最窄点,并且位于收敛-发散喷嘴的氢气入口410的下游并在收敛-发散喷嘴的氢气入口410的下游流体连接。收敛-发散喷嘴在喉部处的变窄增加了流体流通过收敛-发散喷嘴时的流速。收敛-发散喷嘴的出口420流体连接到阳极歧管112并在阳极歧管112的上游。在喉部与出口420之间,通过收敛-发散喷嘴的流动通道的横截面增加。横截面积的增加使流速减慢并升高流体流的压力。在某些情况下,横截面积的增加可以被调整大小以增加喷射泵400内的压力,使得跨喷射泵400的压降为零、标称值或其他小的值。

[0069] 图5是压差的曲线图500。曲线图500示出了示例阳极歧管中的压力(P1)、示例阴极歧管中的压力(P2)、以及压差 $P3 = P2 - P1$ 。在一些现有的燃料电池中,针对阴极压力是两个压力中较高的压力来设计燃料电池。曲线图500示出了在上电瞬态期间,由于增加的堆氢气和空气消耗而在P1和P2上存在压力损失。曲线图500示出了可以如何使用基于模型的控制来管理氢气流以在独立控制的阴极歧管压力的预定的、可接受的压差范围内对阳极压力进行管理的示例。

[0070] 图6是示出了用于控制氢燃料电池中的氢气输送的过程600的示例的流程图。在一些实现方式中,过程600可以由图1和图2的示例控制器174执行。

[0071] 在610处,阳极歧管压力被测量。例如,控制器174可以从传感器138读取压力信号以测量阳极歧管112内的压力。

[0072] 在620处,阴极歧管压力被测量。例如,控制器174可以从传感器139读取压力信号以测量阴极歧管116内的压力。

[0073] 在630处,基于测得的阳极歧管压力和测得的阴极歧管压力来确定压差值。例如,控制器174可以对从传感器138确定的压力值和从传感器139确定的压力值进行比较(例如,相减)以确定压差134。

[0074] 在640处,基于所确定的压差来控制氢气压力调节器或氢气再循环模块中的至少一者。例如,控制器174可控制EPRS模块170或喷射泵172中的一者或两者的操作,以升高或降低阳极歧管112处的压力,从而将压差134朝向零或另一适当的预定值驱动。

[0075] 图7是通用计算机系统700的示例的示意图。根据一个实现方式,系统700可用于关于方法300所描述的操作。例如,系统700可以被包括在图1和图2的示例控制器174中。

[0076] 系统700包括处理器710、存储器720、存储设备730和输入/输出设备740。部件710、720、730和740中的每一者都使用系统总线750互连。处理器710能够处理用于在系统700内执行的指令。在一个实现方式中,处理器710是单线程处理器。在另一实现方式中,处理器710是多线程处理器。处理器710能够处理被存储在存储器720中或存储设备730上的指令,以在输入/输出设备740上显示用户界面的图形信息。

[0077] 存储器720存储系统700内的信息。在一个实现方式中,存储器720是计算机可读介质。在一个实现方式中,存储器720是易失性存储器单元。在另一实现方式中,存储器720是非易失性存储器单元。

[0078] 存储设备730能够为系统700提供大容量存储。在一个实现方式中,存储设备730是计算机可读介质。在各种不同的实现方式中,存储设备730可能是软盘设备、硬盘设备、光盘设备或磁带设备。

[0079] 输入/输出设备740为系统700提供输入/输出操作。在一个实现方式中,输入/输出设备740包括键盘和/或点击设备。在另一实现方式中,输入/输出设备740包括用于显示图形用户界面的显示单元。

[0080] 所描述的特征可以在数字电子电路、或在计算机硬件、固件、软件或者在它们的组合中实现。该装置可以以有形地体现在信息载体中的计算机程序产品来实现,例如,在用于由可编程处理器执行的机器可读存储设备中;并且方法步骤可以由执行指令程序的可编程处理器来执行,以通过对输入数据进行操作并生成输出来执行所描述的实现方式的功能。所描述的特征可以有利地在一个或多个计算机程序中实现,该一个或多个计算机程序在可编程系统上是可执行的,该可编程系统包括至少一个可编程处理器,该至少一个可编程处理器被耦合用于从数据存储系统、至少一个输入设备和至少一个输出设备接收数据和指令并且向其传输数据和指令。计算机程序是可以在计算机中直接或间接地使用以执行一定活动或带来一定结果的指令集。计算机程序可以以包括编译或解释语言的任何形式的编程语言来编写,并且其可以以包括作为独立程序或者作为模块、部件、子例程或适于在计算环境中使用的其他单元的任何形式来部署。

[0081] 用于执行指令的程序的合适处理器包括:例如通用微处理器和专用微处理器两者、以及任何种类的计算机的唯一处理器或多个处理器中的一者。一般而言,处理器将从只读存储器或随机存取存储器或这两者接收指令和数据。计算机的基本元件是用于执行指令的处理器、以及用于存储指令和数据的一个或多个存储器。一般而言,计算机还将包括用于

存储数据文件的一个或多个大容量存储设备,或与该大容量存储设备可操作地耦合以与该大容量存储设备通信;此类设备包括:磁盘,诸如内部硬盘和可移动盘;磁光盘;以及光盘。适于有形地体现计算机程序指令和数据的存储设备包括所有形式的非易失性存储器,作为示例该非易失性存储器包括:半导体存储器设备,诸如EPROM、EEPROM和闪存设备;磁盘,诸如内部硬盘和可移动盘;磁光盘;以及CD-ROM和DVD-ROM盘。处理器和存储器可以由ASIC(专用集成电路)补充或者合并在其中。

[0082] 为了提供与用户的交互,这些特征可以在具有用于向用户显示信息的显示设备(诸如CRT(阴极射线管)或LCD(液晶显示器)监视器)、以及用户可以通过其向计算机提供输入的键盘和点击设备(诸如鼠标或轨迹球)的计算机上实现。

[0083] 这些特征可以在包括后端部件(诸如数据服务器)的计算机系统中实现、或者在包括中间件部件(诸如应用服务器或互联网服务器)的计算机系统中实现、或者在包括前端部件(诸如具有图形用户界面或互联网浏览器的客户端计算机)的计算机系统中实现、或者在它们的任意组合中实现。系统的部件可以通过任何形式或介质的数字数据通信(诸如通信网络)连接。通信网络的示例包括,例如,LAN、WAN和形成互联网的计算机和网络。

[0084] 计算机系统可以包括客户端和服务端。客户端和服务端通常彼此远离,并且通常通过网络(诸如所描述的网络)交互。客户端和服务端的关系根据在各自计算机上运行且彼此具有客户端-服务端关系的计算机程序来产生。

[0085] 尽管在上文中已经详细描述了几个实现方式,但其他的修改是可能的。此外,在附图中描绘的逻辑流程不要求所示出的特定顺序或相继顺序来实现期望的结果。此外,其他步骤可以被提供,或者步骤可以被从所描述的流程中被消除,并且其他部件可以被添加到所描述的系统或从所描述的系统被移除。相应地,其他实现方式也在所附权利要求书的范围内。

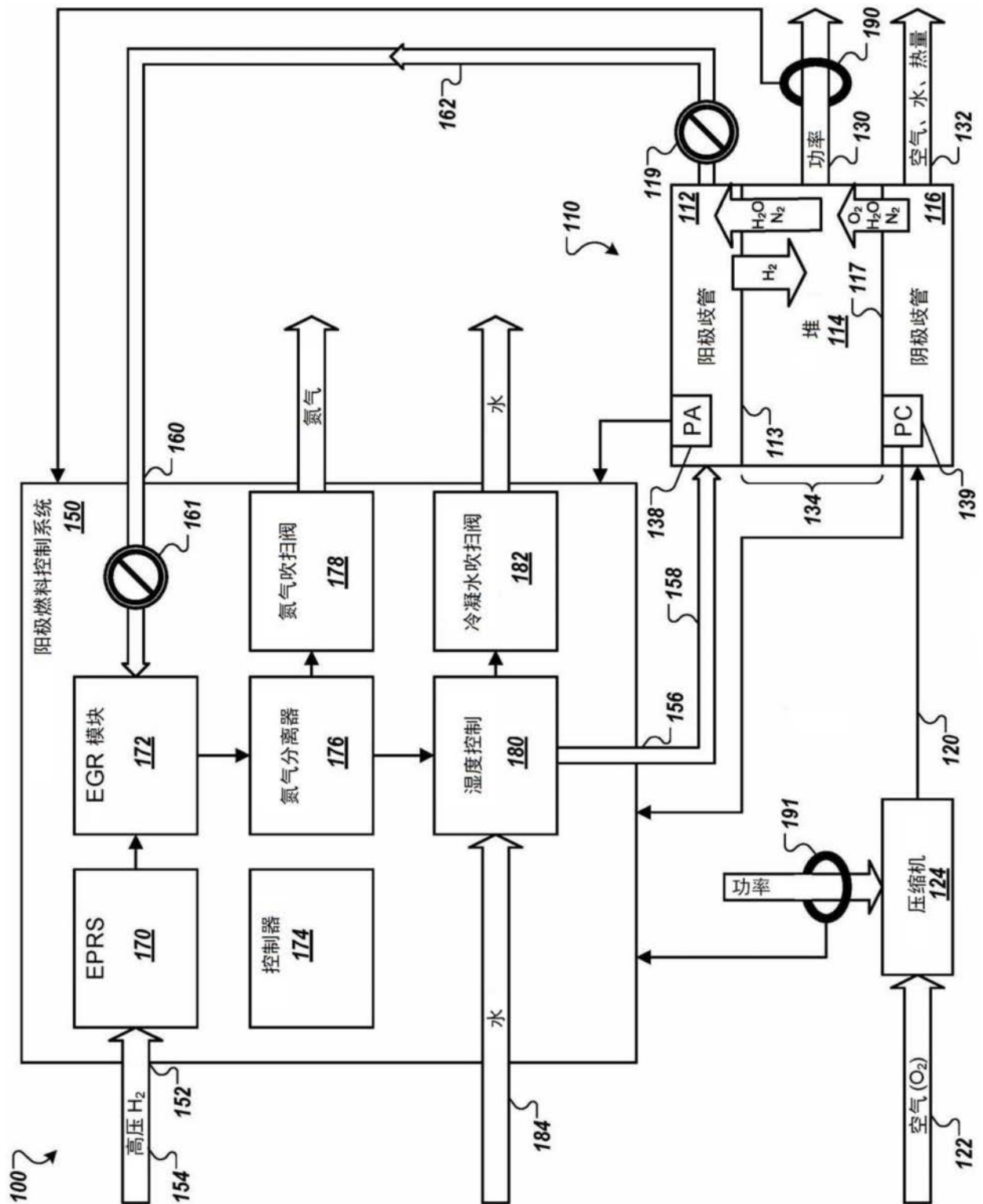


图1

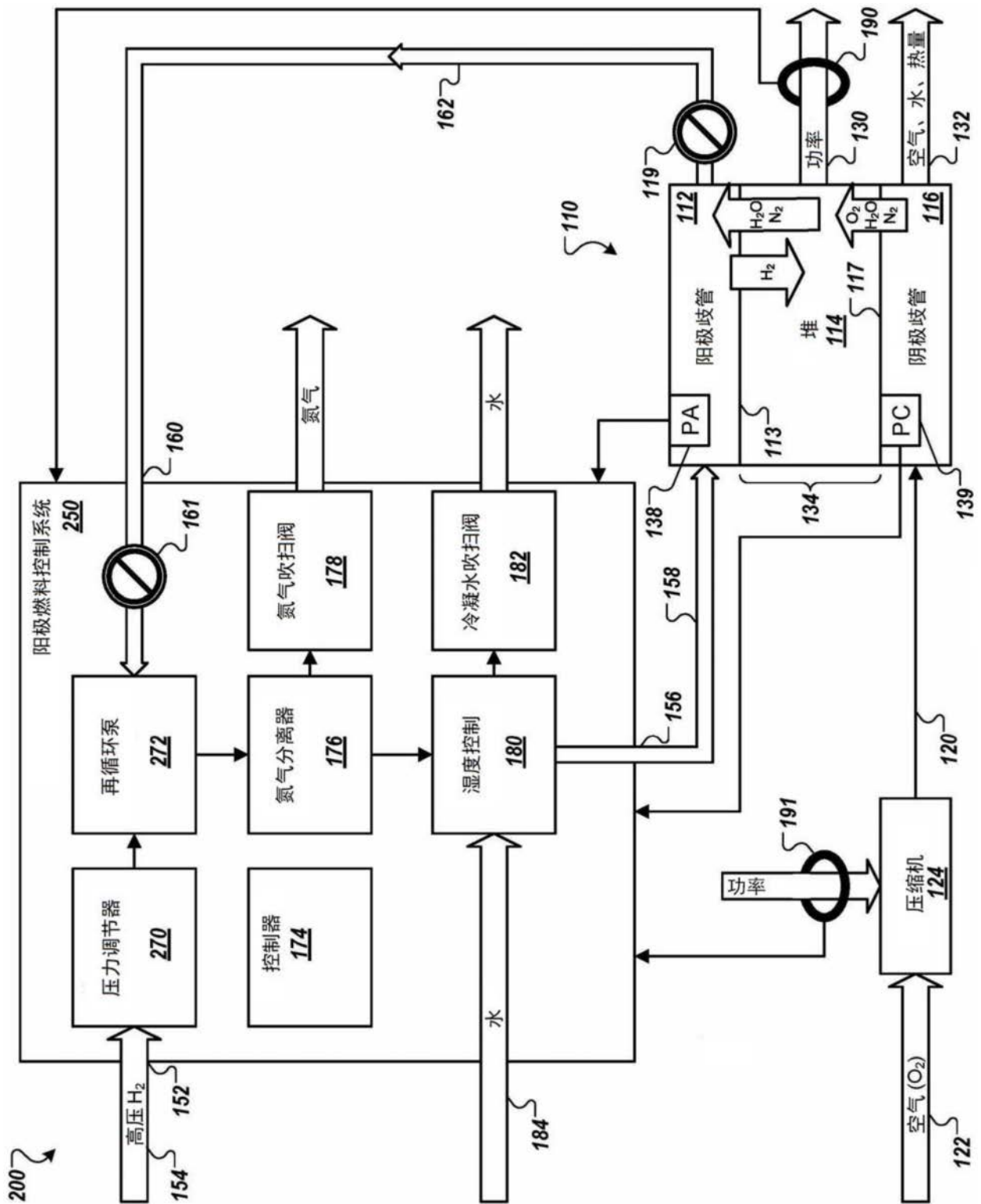


图2

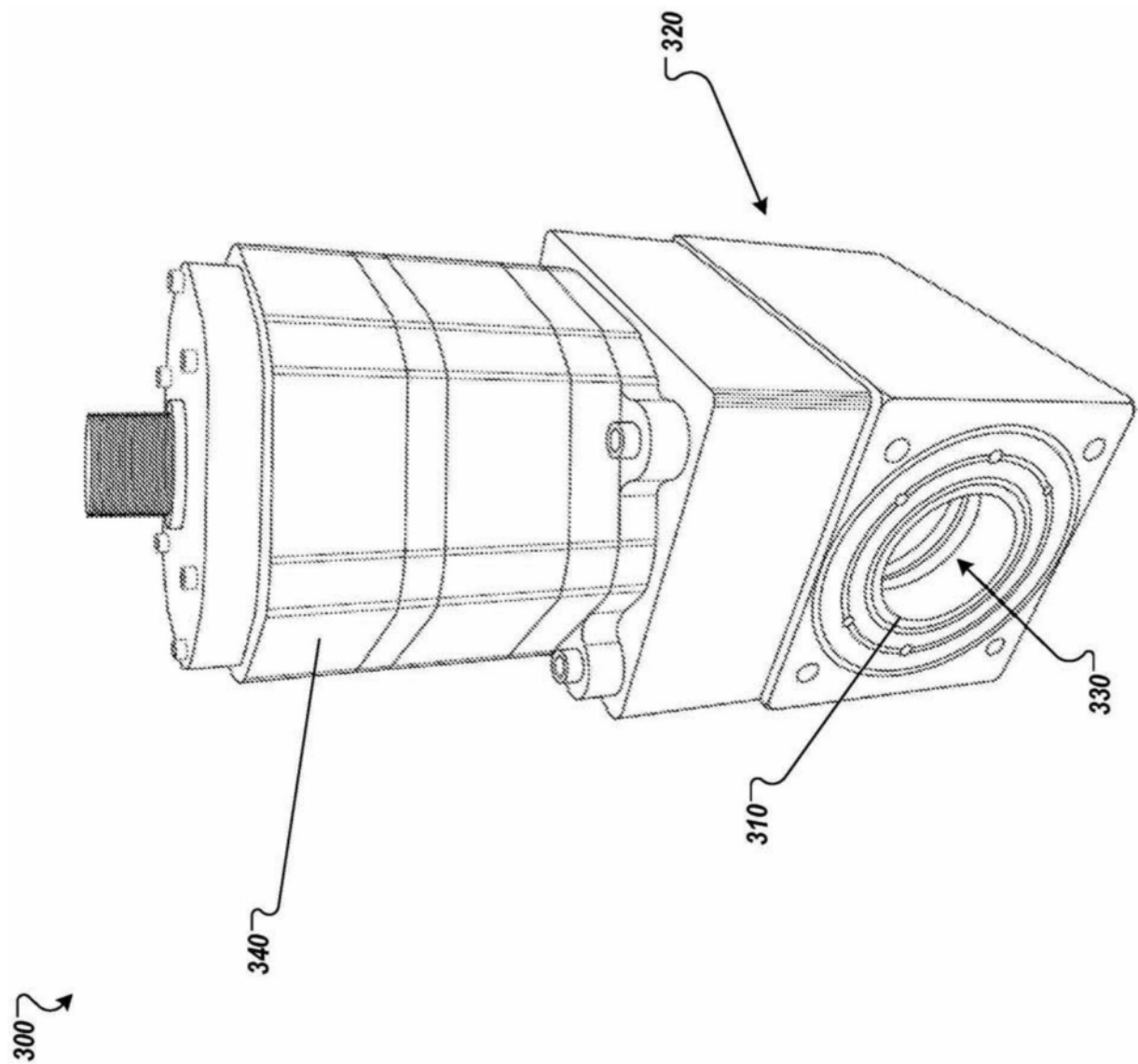


图3

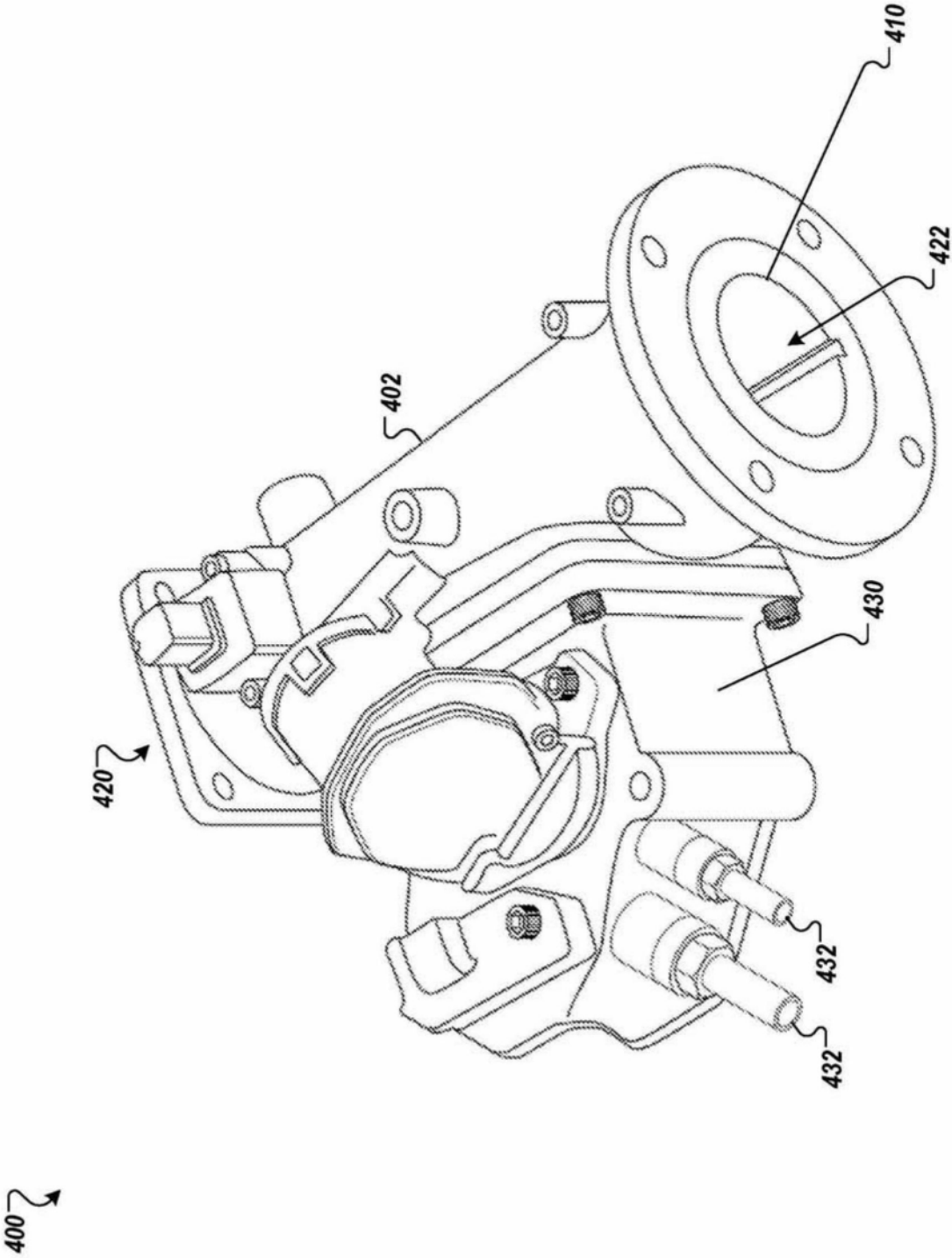


图4

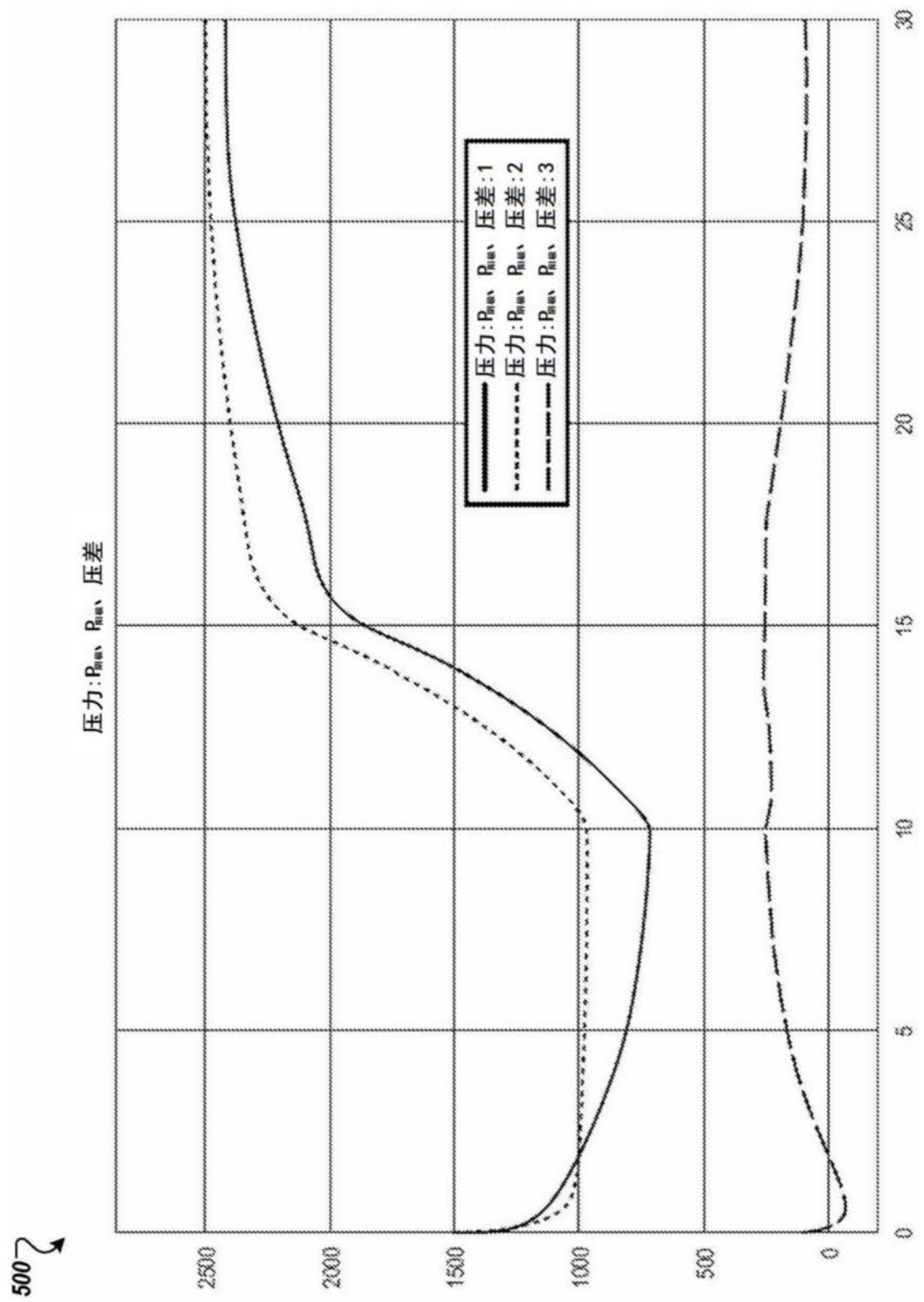


图5

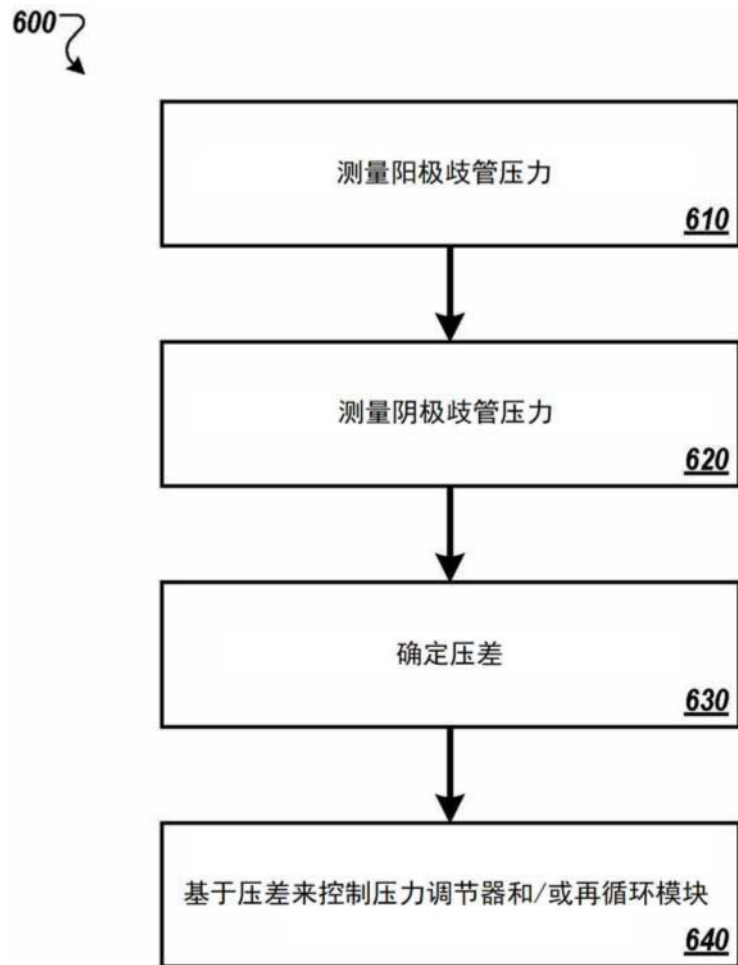


图6

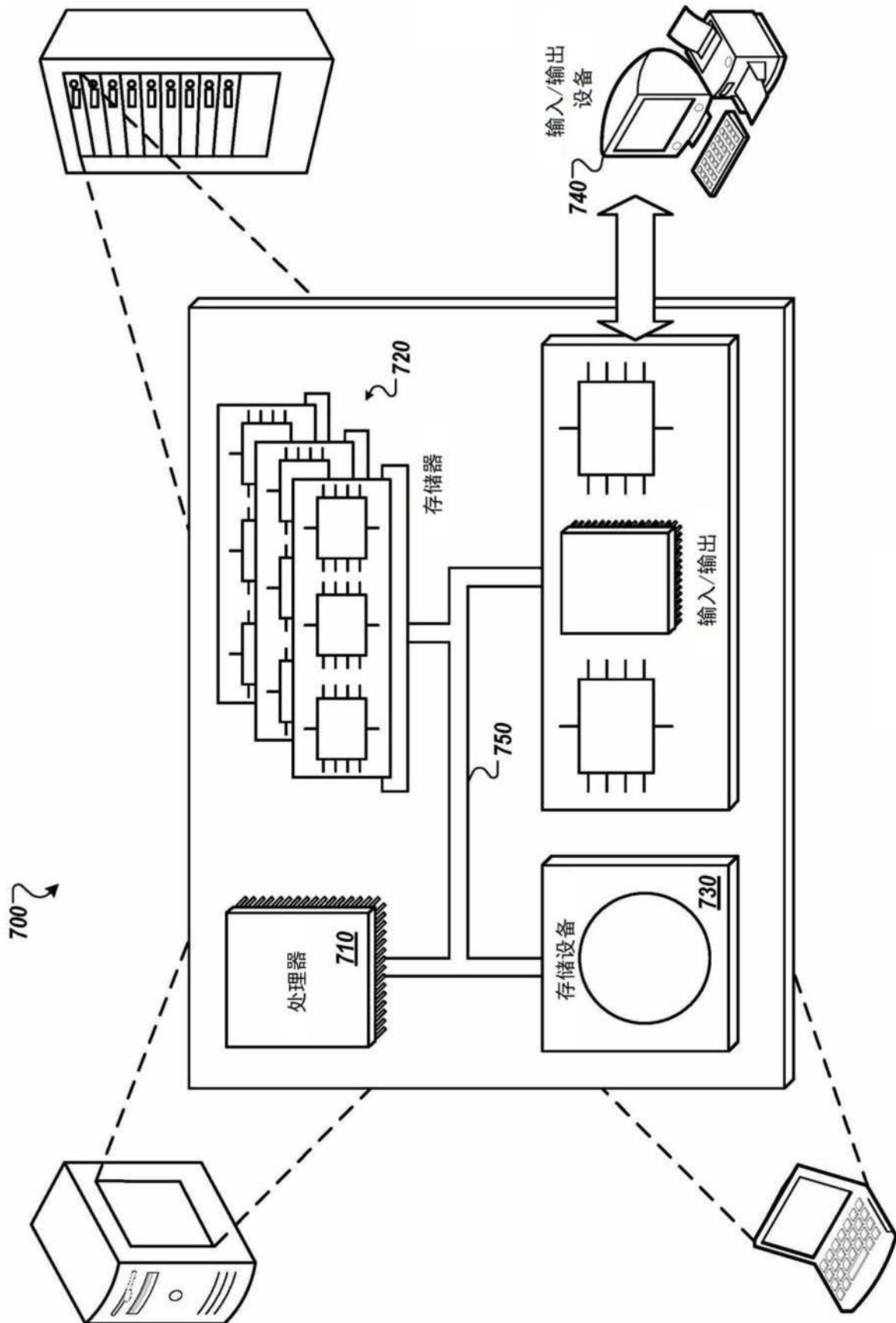


图7