



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109216726 A

(43)申请公布日 2019.01.15

(21)申请号 201810713355.3

H01M 8/04225(2016.01)

(22)申请日 2018.07.03

H01M 8/065(2016.01)

(30)优先权数据

15/640,962 2017.07.03 US

(71)申请人 自动化机器人公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 M·A·卡拉莱罗 J·S·威尔克斯

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 徐东升 张颖

(51)Int.Cl.

H01M 8/04014(2016.01)

H01M 8/04029(2016.01)

H01M 8/04089(2016.01)

H01M 8/04223(2016.01)

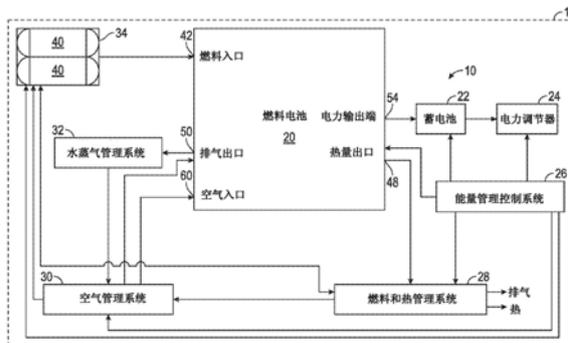
权利要求书3页 说明书15页 附图27页

(54)发明名称

用于无人驾驶的水面交通工具的燃料电池电力系统

(57)摘要

公开了一种用于无人驾驶水面交通工具的电力系统。在一个示例中,电力系统包括燃料电池、燃料储存器和空气管理系统。燃料电池包括燃料电池组。燃料电池组包括燃料入口、空气进气口和排气出口。燃料储存器包括流体连接到燃料电池组的燃料入口的至少一个燃料储存模块。燃料储存模块为燃料电池的能量源。空气管理系统流体连接到燃料电池的空气入口和排气出口。空气通气管为空气管理系统的一部分,并且当无人驾驶水面交通工具被部署在水体表面上时,空气通气管提供空气以操作燃料电池。空气通气管包括进气口和排气口。



1. 一种用于无人驾驶水面交通工具(12)的电力系统(10),所述电力系统(10)包括:
包括燃料电池组(80)的燃料电池(20),其中所述燃料电池组(80)包括燃料入口(42)、空气入口(60)和排气出口(50);

燃料储存器(34),其包括流体连接到所述燃料电池组(80)的所述燃料入口(42)的至少一个燃料储存模块(40),其中所述燃料储存模块(40)为所述燃料电池(20)的能量源;

空气管理系统(30),其流体连接到所述燃料电池(20)的所述空气入口(60)和所述排气出口(50);以及

作为所述空气管理系统(30)的一部分的空气通气管(76),当所述无人驾驶水面交通工具(12)被部署在水体内时,所述空气通气管(76)提供空气以操作所述燃料电池(20),其中所述空气通气管(76)包括:

用于接收供应给所述燃料电池组(80)的环境空气的空气进气口(70);以及

用于排出由所述燃料电池组(80)产生的排出空气和排出水蒸汽的排气口(72)。

2. 根据权利要求1所述的电力系统(10),其中所述空气通气管(76)包括导管(101)、第一空气阀(104)和第二空气阀(106),并且其中环境空气通过所述空气进气口(70)进入所述导管(101),所述排出空气和排出水蒸汽通过所述排气口(72)离开所述导管(101),所述第一空气阀(104)流体连接到所述空气进气口(70),并且所述第二空气阀(106)流体连接到所述排气口(72)。

3. 根据权利要求2所述的电力系统(10),其中所述导管(101)限定集水槽(113、115),并且所述空气通气管(76)包括流体连接到所述集水槽(113、115)的水泵(122),并且通过关闭所述第一空气阀(104)和所述第二空气阀(106)并且随后启动所述水泵(122)来移除收集在所述集水槽(113、115)内的水。

4. 根据权利要求1或2所述的电力系统(10),其中所述空气通气管(76)包括导管(101)、鼓风机(132)和位于所述鼓风机(132)下游的加热器(134),其中所述鼓风机(132)在启动时使受迫空气循环遍布所述导管(101),并且所述加热器(134)升高由所述鼓风机(132)循环的受迫空气的温度。

5. 根据权利要求1或2所述的电力系统(10),其中所述空气通气管(76)包括再循环阀(108)和导管(101),其中所述再循环阀(108)为沿着所述导管(101)定位的可变流量阀,并将进入所述空气进气口(70)的所述环境空气与来自所述排气口(72)的所述排出空气混合。

6. 根据权利要求5所述的电力系统(10),其中所述导管(101)流体连接到所述燃料电池组(80),并且所述再循环阀(108)被打开到完全打开位置或多个可变位置中的一个位置以将所述环境空气的温度升高到目标燃料电池工作温度。

7. 根据权利要求1或2所述的电力系统(10),包括与湿度传感器(260)和环境湿度传感器(88)通信的控制模块(92),其中所述湿度传感器(260)被定位在所述空气通气管(76)的导管(101)内以检测离开所述燃料电池组(80)的空气中的水分,并且所述环境湿度传感器(88)指示环境空气湿度,并且其中所述控制模块(92)与冷凝器(130)和鼓风机(132)通信,并且其中所述控制模块(92)响应于确定所述环境空气湿度超过阈值相对湿度并且所述燃料电池组(80)包含大量的水分而启动所述冷凝器(130)和所述鼓风机(132)。

8. 根据权利要求1或2所述的电力系统(10),包括与鼓风机(132)通信的控制模块(92),其中控制模块(92)启动所述鼓风机(132)以使空气再循环遍布所述通气管(76)的导管

(101),并且其中所述控制模块(92)持续监测由所述鼓风机(132)消耗的电力,并且将由所述鼓风机(132)消耗的电力与由用于冷却所述燃料电池组(80)的热交换器(180)的液体泵(176)消耗的电力量进行比较。

9.根据权利要求8所述的电力系统(10),其中响应于确定由所述鼓风机(132)消耗的所述电力等于或小于由所述液体泵(176)消耗的平均电力,所述控制模块(92)继续保持所述鼓风机(132)启动以将所述燃料电池组(80)冷却到目标电池组温度。

10.根据权利要求8所述的电力系统(10),其中响应于确定所述鼓风机(132)消耗的电力大于所述热交换器(180)的所述液体泵(176)消耗的电力量,所述控制模块(92)停用所述鼓风机(132)并且启动所述液体泵(176)以将所述燃料电池组冷却到目标电池组温度。

11.一种用于无人驾驶水面交通工具(12)的电力系统(10),所述电力系统(10)包括:
包括燃料电池组(80)的燃料电池(20),其中所述燃料电池组(80)包括燃料入口(42);
燃料储存器(34),其包括流体连接到所述燃料电池组(80)的所述燃料入口(42)的至少一个燃料储存模块(40),其中所述燃料储存模块(40)为所述燃料电池(20)的能量源;
流体连接到所述燃料电池组(80)的所述燃料入口(42)的燃料和热管理系统(28),其中所述燃料和热管理系统(28)包括:

热交换器(180),所述热交换器(180)与所述燃料电池组(80)热连通以用于去除在操作期间由所述燃料电池组(80)产生的废热;以及

流量阀(168)、压力调节器(170)和导管(172),其中所述导管(172)将所述燃料储存器(34)流体连接到所述燃料电池组(80),并且所述流量阀(168)和所述压力调节器(170)均沿着所述导管(172)定位。

12.根据权利要求11所述的电力系统(10),其中所述燃料储存器(34)储存金属氢化物,并且其中由所述燃料电池组(80)产生的所述废热由流经所述热交换器(180)的冷却剂传导,并且所述冷却剂被循环到所述燃料储存器(34)以加热所述金属氢化物。

13.一种提供空气以操作用于给无人驾驶水面交通工具(12)提供电力的电力系统(10)的燃料电池(20)的方法,其中当所述无人驾驶水面交通工具(12)被部署在水体中时提供所述空气,所述方法包括:

将包括至少一个燃料储存模块(40)的燃料储存器(34)流体连接到所述燃料电池(20)的燃料电池组(80)的燃料入口(42),其中所述燃料储存模块(40)为所述燃料电池(20)的能量源;

将空气管理系统(30)流体连接到所述燃料电池(20)的空气入口(60)和排气出口(50);
将空气管理系统(30)流体连接到所述燃料电池(20)的所述空气入口(60)和所述排气出口(50);并且

通过作为所述空气管理系统的一部分的空气通气管(76)提供空气以操作所述燃料电池(20),其中所述空气通气管(76)包括用于接收供应给所述燃料电池组(80)的环境空气的空气进气口(70)和用于排出由所述燃料电池组(80)产生的排出空气和排出水蒸汽的排气口(72)。

14.根据条款13所述的方法,其包括提供所述空气通气管(76),所述空气通气管(76)具有导管(101)、第一空气阀(104)和第二空气阀(106),并且所述环境空气通过所述空气进气口(70)进入所述导管(101),所述排出空气和排出水蒸汽通过所述排气口(72)离开所述导

管(101),所述第一空气阀(104)流体连接到所述空气进气口(70),并且所述第二空气阀(106)流体连接到所述排气口(72)。

15.根据权利要求14所述的方法,其包括通过关闭所述第一空气阀(104)和所述第二空气阀(106)并且然后启动水泵(122)来去除收集在集水槽(113、115)内的水,其中所述集水槽(113、115)由所述导管(101)限定并且所述水泵(122)流体连接到所述集水槽(113、115)。

用于无人驾驶的水面交通工具的燃料电池电力系统

技术领域

[0001] 所公开的系统涉及用于无人驾驶的水面交通工具的电力系统，并且更具体地涉及包括燃料电池和作为燃料电池的能量源的燃料储存器的电力系统。

背景技术

[0002] 无人驾驶的水面交通工具也可以被称为自主水面交通工具，其在水体表面上运行。无人驾驶水面交通工具可以用于勘探、长期监测、民用和国防安全应用以及监督和勘察，并且有时候用于恶劣条件以及海洋的偏远区域。因此，无人驾驶水面交通工具需要能够支持长持续时间的任务的高能量电力源。例如，一些类型的无人驾驶水面交通工具可能会跨越广阔的海域进行长达一年的勘测。

[0003] 能量装置如电池、太阳能或内燃发动机通常用作在操作期间向无人驾驶水面交通工具提供电力的能量装置。然而，这些能量装置可能具有缺点，或者无法长时间提供操作无人驾驶水面交通工具所需的能量。电池缺乏足够的能量密度来提供长持续时间的任务所需的能量。此外，太阳能电池也可能不是一个可行的选项，因为在冬季较高纬度地区的太阳辐照度会降低。内燃发动机很容易加注燃料并且具有快速的周转时间。然而，内燃发动机是需要日常维护的复杂机构，并且具有限制其长时间无人值守操作的实用性的约束。内燃发动机还会产生显著的噪声，并且会造成许多无人驾驶水面交通工具任务的不良情况。

发明内容

[0004] 在一个示例中，公开了一种用于无人驾驶水面交通工具的电力系统。电力系统包括燃料电池、燃料储存器和空气管理系统。燃料电池包括燃料电池组。燃料电池组包括燃料入口、进气口和排气口。燃料储存器包括流体连接到燃料电池组的燃料入口的至少一个燃料储存模块。燃料储存模块为燃料电池的能量源。空气管理系统流体地连接到燃料电池的进气口和排气口。空气通气管为空气管理系统的一部分，并且当无人驾驶水面交通工具被部署在水体表面上时，空气通气管提供空气来操作燃料电池。空气通气管包括用于接收供应到燃料电池组的环境空气的进气口和用于排出由燃料电池组产生的排出空气和排出水蒸汽的排气口。

[0005] 在另一个示例中，公开了一种用于无人驾驶水面交通工具的电力系统。该电力系统包括燃料电池、燃料储存器以及燃料和热管理系统。该燃料电池包括燃料电池组。燃料电池组包括燃料入口。燃料储存器包括流体连接到燃料电池组的燃料入口的至少一个燃料储存模块。燃料储存模块为燃料电池的能量源。燃料和热管理系统流体连接到燃料电池组的燃料入口。燃料和热管理系统包括热交换器、流量阀、压力调节器和导管。热交换器与燃料电池组热连通以便去除在操作期间由燃料电池组产生的废热。导管将燃料储存器流体连接到燃料电池组，并且流量阀和压力调节器均沿着导管定位。

[0006] 在又一示例中，公开了一种提供空气以操作电力系统的燃料电池的方法，其中电力系统用于为无人驾驶水面交通工具提供电力。空气在无人驾驶水面交通工具部署在水体

内时提供。该方法包括将包括至少一个燃料储存模块的燃料储存器流体连接到燃料电池的燃料电池组的燃料入口。燃料储存模块为燃料电池的能量源。该方法还包括将空气管理系统流体连接到燃料电池的空气入口和排气出口。该方法还包括将空气管理系统流体连接到燃料电池的空气入口和排气出口。该方法还包括通过作为空气管理系统的一部分的空气通气管提供空气以操作燃料电池。空气通气管包括用于接收供应到燃料电池组的环境空气的空气入口和用于排出由燃料电池组产生的排出空气和排出水蒸汽的排气口。通过以下描述、附图和所附权利要求,所公开的方法和系统的其他目的和优点将显而易见。

附图说明

- [0007] 图1为所公开的用于无人驾驶水面交通工具的电力系统的示例性示意性框图,其中电力系统包括燃料电池和燃料储存器;
- [0008] 图2A-2B为图1所示的电力系统的详细示意性框图,该电力系统包括燃料电池的燃料电池组、具有空气通气管子系统的空气管理系统、控制系统以及燃料和热管理系统;
- [0009] 图3A-3B为抽取(purge)所摄入的水的空气通气管子系统的图示;
- [0010] 图4为抽取所摄入的水的图3中的空气通气管子系统的过程流程图;
- [0011] 图5A-5B为在低温期间预热燃料电池组的空气通气管子系统的图示;
- [0012] 图6为用于预热燃料电池组的图5A-5B中的空气通气管子系统的过程流程图;
- [0013] 图7A-7B为将氧气输送到燃料电池组的空气通气管子系统的图示;
- [0014] 图8为用于将氧气输送到燃料电池组的图7A-7B中的空气通气管子系统的过程流程图;
- [0015] 图9A-9B为抽取燃料中的水的空气通气管子系统的图示。
- [0016] 图10为用于抽取燃料电池组中的水的图9A-9B中的空气通气管子系统的过程流程图;
- [0017] 图11A-11B为在除热模式下操作的空气通气管子系统的图示;
- [0018] 图12为在除热模式下操作的图11A-11B中的空气通气管子系统的过程流程图;
- [0019] 图13A-13B为预热储存在燃料储存器中的氢燃料的燃料和热管理系统的图示;
- [0020] 图14为用于预热储存在燃料储存器中的氢燃料的图13A-13B中的燃料和热管理系统的过程流程图;
- [0021] 图15A-15B为使用由燃料电池组产生的废热来催化金属氢化物燃料的氢气产生的燃料和热管理系统的图示;
- [0022] 图16为使用废热催化金属氢化物燃料的氢气产生的图15A-15B中的燃料和热管理系统的过程流程图;
- [0023] 图17A-17B为去除燃料电池组中的废热的燃料和热管理系统的图示;以及
- [0024] 图18为使用由海水冷却的热交换器从燃料电池组去除废热的图17A-17B中的燃料和热管理系统的过程流程图。

具体实施方式

[0025] 图1为所公开的用于无人驾驶水面交通工具12的电力系统10的示例性示意性框图。电力系统10包括燃料电池20、蓄电池22、电力调节器24、能量管理控制系统26、燃料和热

管理系统28、空气管理系统30、水蒸汽管理系统32和燃料储存器34。在所示的示例中，多个燃料储存模块40流体连接到燃料电池20的燃料入口42。燃料储存器34顺应电力系统10的加注燃料，而无需移除元件或打开包括在电力系统10内的壳体。燃料储存器34为燃料电池20的能量源，并且允许电力系统10提供操作无人驾驶水面交通工具12所需的能量，尤其是在长持续时间的任务期间。在一个示例性示例中，具有长持续时间的任务持续长达一年。

[0026] 在所描述的示例中，燃料储存器34为可扩展的金属氢化物燃料储存基质。然而，在可替代示例中，燃料储存器34包含气态氢、低温液态氢或其他氢密集气态和液态燃料，例如丙烷、甲醇和丙醇。实际上，燃料储存器34可以包含任何具有高分子量氢的含氢分子，例如甲醇、丙醇和丙烷。然而，下面描述并在图13A-13B中示出的加热燃料储存基质仅适用于金属氢化物燃料。燃料电池20产生操作无人驾驶水面交通工具12所需的能量。除了能量之外，燃料电池20还产生作为副产物的水蒸汽和热量。因此，燃料电池20包括热出口48和排气出口50以去除副产物。如图1所示，排气出口50和热出口48均流体连接到燃料和热管理系统28。燃料电池20通过排气出口50将排气传送到燃料和热管理系统28。类似地，燃料电池20通过热出口48将热量传送到燃料和热管理系统28。燃料和热管理系统28将排气直接消散到空气中并将热量直接消散到无人驾驶水面交通工具12周围的水（未示出）中。例如，无人驾驶水面交通工具12可以将热量消散到周围的海水和水蒸汽中，并且将加热的空气消散到周围的空气中。

[0027] 燃料电池20包括连接到蓄电池22的电力输出端54。蓄电池22由燃料电池20的电力输出端54提供的能量再充电。蓄电池22为可以多次充电和放电的可再充电蓄电池。蓄电池22还连接到能量管理控制系统26和电力调节器24。电力调节器24为将直流电从一个电压电平转换到另一个电压电平的DC-DC转换器。

[0028] 空气管理系统30通过空气入口60将空气供应到燃料电池20。燃料电池20在排气出口50处流体连接到水蒸汽管理系统32，在排气出口50处，水从燃料电池20通过排气出口50排出并且排出到水蒸汽管理系统32。水蒸汽管理系统32利用空气管理系统30来改善燃料电池20的水平衡系数。图2A-2B中示出了空气管理系统30的更详细的视图。现在参考图1和图2，空气管理系统30包括作为空气通气管76的一部分的空气进气口70和排气口72。空气进气口70接收环境空气，并且排气排出由燃料电池20产生的空气和排出的水。如图2A-2B所示，空气管理系统30将空气供应到作为燃料电池20的一部分的燃料电池组80。具体地，空气进气口70接收供应到燃料电池组80的空气，并且由燃料电池组80产生的排出的空气和排出的水蒸汽通过排气口72从电力系统10（图1）排出。图2A-2B还示出了能量管理控制系统26以及燃料和热管理系统28。

[0029] 继续参考图2A-2B，能量管理控制系统26监测多个环境条件传感器。在所示的示例中，环境条件传感器包括用于指示海况的波浪传感器82、用于指示风速的风速传感器84、用于指示降水的降雨传感器86、用于指示环境空气湿度的环境湿度传感器88以及指示环境空气压力的压力传感器90。在一个示例中，海况可以包括例如但不限于波浪高度、波浪周期和波浪方向以及瞬时平台姿态角度（摇摆、俯仰和偏航）等参数。能量管理控制系统26监测传感器82、84、86、88、90，并基于海况和天气状况做出继续或终止电力系统10的操作的决定。例如，能量管理控制系统26监测海况以确保空气通气管76不被海水过度冲洗。能量管理控制系统26还监测可指示过度瞬时波浪状况的极端角度状况的瞬时平台姿态。在一个示例

中,空气通气管主进气阀104和空气通气管主排气阀106被暂时关闭以基本防止水在无人驾驶水面交通工具12的海浪过度冲洗的偶然情况下进入。在如图2A-2B所示的示例中,空气通气管76包括用于将空气输送到整个空气通气管76的导管101。具体地,环境空气通过空气进气口70进入导管101,并且排出空气和水通过排气口72离开导管101。

[0030] 传感器82、84、86、88、90均与控制模块92通信。控制模块92接收来自波浪传感器82的指示海况的输入信号、来自风速传感器84的风速、来自降雨传感器86的降水、来自环境湿度传感器88的空气湿度以及来自压力传感器90的空气压力。控制模块92可以指专用集成电路(ASIC)、电子电路、组合逻辑电路、现场可编程门阵列(FPGA)、包括执行代码的硬件或软件的处理器(共享的、专用的或成组的)、或上述各项的一部分、或者上述中的一些或全部的组合,例如在片上系统中。控制模块92监测传感器82、84、86、88、90的海况和天气状况。

[0031] 除了监测海况和天气状况之外,控制模块92还监测并控制空气通气管76以及燃料和热管理系统28。控制模块92与空气通气管76的阀控制装置94、泵控制装置96、鼓风机控制装置98、加热器控制装置100和空气通气管传感器102通信或包括空气通气管76的阀控制装置94、泵控制装置96、鼓风机控制装置98、加热器控制装置100和空气通气管传感器102。控制模块92向阀控制装置94发送信号以控制作为空气通气管76的一部分的多个阀。具体地,空气通气管76包括流体连接到空气进气口70的空气通气管主进气阀(第一空气阀)104、流体连接到排气口72的排气阀(第二空气阀)106、再循环阀108、空气阀110,112、水阀114,116以及双向阀118,120。这些双向阀118,120在本文中有时被称为“三通阀”118,120和“双向转向阀”118,120。水阀114,116位于相应的集水槽113,115中。集水槽113,115分别收集通过空气进气口70和排气口72进入导管101的水。再循环阀108为沿导管101设置的可变流量阀,并且用于将进入空气进气口70的环境空气与从排气口72排出的空气混合。再循环阀108包括完全打开位置、完全关闭位置和在完全打开位置和完全关闭位置之间的多个可变位置。

[0032] 如图2A-2B所示,双向阀118,120将空气通气管76流体连接到燃料电池组80。具体地,双向阀120将空气通气管76流体连接到燃料电池组80以及入口导管123。对应于图1中的燃料电池20的排气出口50的入口导管123为允许由燃料电池组80产生的水蒸汽和排气进入空气通气管76的通道。双向阀118流体连接到出口导管121。对应于图1所示的空气入口60的出口导管121形成用于进气或环境空气进入燃料电池组80的通道。空气通气管76为当无人驾驶水面交通工具12(图1)被部署在水体表面上时提供空气以操作燃料电池20的装置。

[0033] 泵控制装置96用于控制作为空气通气管76的一部分的各种泵。在如图2A-2B所示的示例中,空气通气管76包括通过导管101流体连接到水阀114,116的水泵122。当打开水阀114,116并启动水泵122时,集水槽113,115内收集的水被抽取并排放到海水中。空气通气管76还包括流体连接到冷凝器130的水泵124。如下所述,冷凝器130冷凝由行进通过导管101的空气所携带的任何水蒸汽,并且水泵124将由冷凝器130收集的冷凝水从空气通气管76抽取到海水中。

[0034] 鼓风机控制装置98用于监测并控制鼓风机132。鼓风机132在被启动时在导管101内循环受迫空气,并且位于冷凝器130的上游。鼓风机控制装置98监测空气流量传感器128并调节鼓风机132的速度以实现目标空气流速。加热器控制装置100监测并控制加热器134。加热器134位于冷凝器130的上游和鼓风机132的下游。加热器134升高由鼓风机132循环的受迫空气的温度。在所示的示例性示例中,加热器134包括位于导管101内用于加热空

气的加热元件138。然而,也可以使用加热导管101内的空气的其他类型的加热装置。冷凝器控制装置105监测湿度传感器以控制冷凝器130以便从空气中去除水蒸汽以用于燃料电池的水抽取循环。

[0035] 最后,空气通气管传感器控制装置102用于监测并控制位于空气通气管76的空气导管101内的各种传感器。在如图2A-2B所示的示例中,空气通气管76包括位于空气进气口70下游的温度传感器140、位于排气口72下游的温度传感器142、用于监测集水槽113的水位传感器144以及用于监测集水槽115的水位传感器146。空气通气管76还包括均位于鼓风机132上游的盐过滤器152和微粒过滤器154。盐过滤器152去除盐,并且微粒过滤器154去除通过导管101行进的空气中的污染物。

[0036] 如下面更详细地解释的,空气通气管76基本上防止海水和雨水入侵到燃料电池组80中。基于电力系统10(图1),空气通气管76还为燃料电池组80提供在极端寒冷的条件下起动的预热功能。在一个示例性示例中,极端寒冷的条件包括约5°C及以下的环境温度。空气通气管76还将氧气(O₂)输送到燃料电池组80。空气通气管76提供防冰特征装置。具体地,响应于燃料电池组80在不使用期间经历冷状况,燃料电池组80的水蒸汽被抽取,这进而充分防止了在燃料电池组80中结冰。最后,空气通气管76还去除了由燃料电池组80的操作产生的废热。

[0037] 继续参考图2A-2B,控制模块92与燃料和热管理系统28的阀控制装置160、泵控制装置162、燃料加热器控制装置164以及燃料和热传感器控制装置166通信。阀控制装置160用于监测并控制作为燃料和热管理系统28的一部分的多个阀。在如图2A-2B所示的示例中,燃料和热管理系统28包括流量阀168、压力调节器170和用于输送燃料的导管172。导管172将燃料储存器34流体连接到燃料电池组80,并且流量阀168和压力调节器170均沿导管172定位。

[0038] 如图2A-2B所示,热交换器180与燃料电池组80热连通并且用于在操作期间去除由燃料电池组80产生的废热。热交换器180的主液体泵176(也称为液体泵176)使在主回路177内流动的冷却剂在燃料电池组80与热交换器180之间循环。热交换器180的辅助泵188使辅助回路189中的冷却剂在燃料储存器34和热交换器180之间循环。辅助泵188为可变排量泵,其改变热交换器180和燃料储存器34之间的冷却剂流量。燃料和热管理系统28包括流体连接到热交换器180的三通阀182和流体连接到燃料储存器34的三通阀186。温度传感器198监测在燃料储存器34和热交换器180之间流动的冷却剂的温度。液体阀190也位于分流导管192中。阀190被打开以允许冷却剂流过分流导管192。冷却剂然后通过水冷式热交换器195冷却。水冷式热交换器195被部署有无人驾驶水面交通工具12(图1)的水体冷却。例如,水冷式热交换器可以被海水冷却。

[0039] 燃料加热器控制装置164用于监测并控制加热器202。加热器202与容纳在燃料储存器34内的燃料热连通并加热该燃料。最后,传感器控制装置166用于监测并控制燃料和热管理系统28的各种传感器。具体地,燃料和热管理系统28包括用于监测燃料储存器34的压力传感器206和温度传感器208。燃料和热管理系统28还包括用于监测燃料电池组80的温度的温度传感器210和用于监测热交换器180的温度的温度传感器212。

[0040] 如下面更详细解释的,燃料和热管理系统28通过导管172将燃料(其是氢气(H₂))输送到燃料电池组80。在燃料储存器34储存金属氢化物的情况下,由燃料电池组80产生的

废热被用于催化氢气的产生。燃料和热管理系统28也充分消除了来自燃料电池组80的反应废热,由此提供冷却。

[0041] 图3A-3B为以水抽取模式操作以去除驻留在空气导管101的集水槽113、115内的任何水的空气通气管76的图示。在所示的示例中,“O”指示阀被打开,并且“X”指示特定的阀已被关闭。如图所示,空气通气管76的导管101被弯曲以限定直接与空气进气口70相邻的两个弯曲部220、222。弯曲部220、222在相反的方向上弯曲。在如图所示的示例中,两个弯曲部220、222以基本上九十度的角度弯曲。导管101也被弯曲以限定直接与排气口72相邻的两个弯曲部224、226。弯曲部224、226也以相反的方向弯曲,并且以大致九十度的角度弯曲。当第一空气阀104和第二空气阀106打开时,在空气进气口70和排气口72处的导管101的弯曲构造充分防止进入的雨水和海水喷射在空气通气管76中。尽管图3A-3B示出了弯曲部,但是也可以使用其他构造和几何形状以充分防止水进入,例如大致U形的弯曲部(即具有两个相对直的侧面的弓形部分)。

[0042] 尽管导管101包括充分防止海水侵入的弯曲构造,但是空气通气管76仍然可能在高海况期间摄取海水。控制模块92监测水位传感器144、146以确定在相应的集水槽113、115中存在水或其他液体。响应于确定在集水槽113、115内存在水或其他液体,控制模块92将空气通气管76置于水抽取模式中,该水抽取模式抽取收集在集水槽113、115内的水。

[0043] 位于空气进气阀104和空气进气口70下游的空气阀110为水密空气阀,并通过阀控制装置94被置于关闭位置中,从而在空气抽取模式期间充分防止水进入导管101的主回路178中。具体地,空气阀110充分防止通过进气阀104并沿着导管101的主支管232的入口侧230向下进入的水。类似地,位于排气阀106和排气口72上游的空气阀112也为水密空气阀,其也被置于关闭位置以在水抽取模式期间充分防止水进入导管101的主回路178中。具体地,空气阀112充分防止水通过排气阀106进入,并且沿着导管101的主支管232的排气口侧234向下行进。三通阀118为双向换向阀,其中三通阀118的每个端口240A、240B、240C均被关闭。类似地,三通阀120也为双向换向阀,其中每个端口242A、242B、242C也被关闭。最后,连接到水阀114、116的水泵122由泵控制装置96启动,从而抽取收集在集水槽113、115内的水。

[0044] 如图3A-3B所示,导管101限定用于收集水的集水槽113、115。水泵122流体连接到两个集水槽113、115。在水抽取模式期间,阀控制装置94关闭连接空气通气管76与燃料电池组80的两个三通阀118、120。通过打开进气阀104和排气阀106,并且然后启动水泵122,去除了收集在集水槽113、115内的水。水泵122在空气通气管76的导管101内产生吸力。吸力致使环境空气被吸入空气进气口70和排气口72两者中。

[0045] 现在说明水抽取操作。图4为示出用于抽取在空气通气管76的主导管101的集水槽113、115内收集的水的方法400的过程流程图。现在参考图3和图4两者,方法400在框402处开始。在框402中,直接与空气进气口70相邻的空气进气阀104和与排气口72相邻的阀106均被打开。一旦阀104、106被打开,则方法400进行到框404。在框404中,水泵122被启动。方法400然后进行到判定框406。在框406中,控制模块92持续监测水位传感器144、146,直到在集水槽内不再检测到水。一旦在集水槽113、115内没有检测到更多的水,则方法400进行到框408。在框408中,水泵122被关闭。该方法然后可以进行到框410。在框410中,直接与空气进气口70相邻的空气进气阀104和与排气口72相邻的排气阀106均被关闭。方法400然后终止。

[0046] 图5A-5B为空气通气管76将燃料电池组80预热到阈值温度的图示。在一个示例性

示例中,阈值温度约为5°C或更低。空气通气管76通过关闭空气阀104、106、打开再循环阀108、打开空气阀110、112、关闭水阀114、116并且启动鼓风机132和加热器134来预热燃料电池组80。而且,位于出口导管121处的双向换向阀118的端口240A和位于空气阀112上游的端口240B被打开,并且其余端口240C处于关闭位置。类似地,位于入口导管123处的双向换向阀120的端口242A和位于冷凝器130下游的端口242B均处于打开位置,并且其余端口242C处于关闭位置。

[0047] 鼓风机132被启动以使受迫空气在整个导管101内循环,并且加热器134也被启动以升高由鼓风机132循环的受迫空气的温度。导管101通过对应于图1中的燃料电池20的空气入口60的入口导管123和对应于图1中示出的排气出口50的出口导管121而流体连接到燃料电池组80。因此,受迫空气从导管101通过空气入口60行进到燃料电池组80(图1)。受迫空气使燃料电池组80变暖至预热(warm up)温度。预热温度表示燃料电池组80的最小起动温度。

[0048] 图6为示出如果燃料电池温度低于操作的最小阈值,则用于在燃料电池起动之前预热燃料电池组80的方法600的过程流程图。在一个示例中,方法600在如上所述并且在图3和图4两者中示出的水抽取之后执行。现在参考图5和图6,方法600开始于判定框602。在判定框602中,控制模块92检查温度传感器210以确定燃料电池组80的温度是否已降至或低于阈值温度。响应于燃料电池组80的温度高于阈值温度,方法600终止。响应于燃料电池组80的温度等于或低于阈值温度,方法600进行到框604。在框604中,直接与空气进气口70相邻的空气进气阀104和直接与排气口72相邻的排气阀106均被关闭。方法600然后进行到框606。在框606中,再循环阀108被打开。方法600然后进行到框608。在框608中,鼓风机132被启动以使受迫空气再循环遍布通气管76的导管101。该方法然后进行到框610。在框610中,加热器134被启动以产生热量,这增加了在空气通气管76的导管101和燃料电池组80内再循环的受迫空气的温度。该方法然后进行到判定框612。在判定框612中,控制模块92继续监测温度传感器210,直到燃料电池组80的温度等于或大于预热温度。一旦燃料电池组80等于或大于预热温度,则方法600终止。

[0049] 图7A-7B为空气通气管76向燃料电池组80输送含氧空气的图示。当燃料电池组80以相对低的功率等级操作时,空气通气管76通常将含氧空气输送到燃料电池组80,使得在操作期间不消耗所有的氧。空气通气管76将通过盐过滤器152和微粒过滤器154过滤的空气输送到燃料电池组80。如图7A-7B所示,阀控制装置94将空气阀104、106打开到打开位置中,将再循环阀108关闭到关闭位置中,将空气阀110、112打开到打开位置中,并将水阀114、116关闭到关闭位置中。位于出口导管121处的双向换向阀118A的端口240A和位于空气阀112上游的端口240B被打开,并且其余端口240C处于关闭位置。类似地,位于入口导管123处的双向换向阀120的端口242A和位于冷凝器130下游的端口242B均处于打开位置,并且其余端口242C处于关闭位置。

[0050] 鼓风机132被启动以使遍布空气通气管76的导管101的含氧空气再循环并且到达燃料电池组80。控制模块92监测位于空气进气口70附近的温度传感器140,温度传感器140指示提供给燃料电池组80的环境空气的温度。控制模块92还监测指示排气温度的温度传感器142。控制模块92将环境空气的温度与作为燃料电池20起作用的目标温度的目标燃料电池工作温度进行比较。

[0051] 控制模块92确定环境温度高于或等于或低于目标燃料电池操作条件。响应于控制模块92确定环境温度等于或低于目标燃料电池工作温度,控制模块92然后通过温度传感器142监测排气的温度。控制模块92将排气温度与混合温度进行比较。混合温度表示足以与来自空气进气口70的环境空气混合以将进气温度升高到燃料电池工作温度的排气温度。响应于控制模块92确定排气温度等于或高于混合温度,控制模块92向阀控制装置94发送信号以打开再循环阀108。再循环阀108被打开以将排气与环境空气混合,并将进气温度升高至目标燃料电池工作温度。具体地,再循环阀108基于环境空气的温度被打开到全开位置或打开到多个可变位置中的一个位置,并且将环境空气与由排气口72排出的空气混合以升高环境空气的温度至目标燃料电池工作温度。控制模块92持续监测温度传感器140并且基于环境空气的温度来调节阀位置,直到环境空气的温度等于目标燃料电池操作条件的温度。

[0052] 在可替代示例中,代替打开再循环阀108的是,改为加热器134被启动。启动加热器134还升高进入燃料电池组80的的空气的温度。具体地,响应于控制模块92确定排气的温度小于混合温度,控制模块92向加热器控制器100发送指示加热器134将被启动的信号。

[0053] 图8为示出用于将含氧空气输送到燃料电池组80的方法800的过程流程图。在一个示例中,方法800在如上所述并且在图3和图4两者中示出的水抽取之后执行。现在参考图7和图8两者,方法800在框802处开始。在框802中,进气阀104和排气阀106均被打开。方法800然后进行到框804。在框804中,鼓风机132被鼓风机控制装置98启动,以使遍布空气通气管76的导管101的含氧空气再循环。方法800然后进行到判定框806。在判定框806中,控制模块92通过温度传感器140监测空气进气口70处的空气温度并且通过温度传感器142监测排气口72处的空气温度。响应于温度传感器140指示进入空气进气口70的环境空气的温度等于或高于目标燃料电池工作温度,方法800终止。

[0054] 响应于温度传感器140指示进入进气口的环境空气的温度低于目标燃料电池工作温度,方法800然后进行到框808。在框810中,控制模块92启动再循环阀108以将环境空气加热到目标燃料电池工作温度,或启动加热器134以使在导管101中流动的空气变暖到目标燃料电池工作温度。如上所述,仅当排气的温度处于或高于混合温度时,控制模块92才打开再循环阀108,否则加热器134被启动。方法800然后终止。

[0055] 图9A-9B为当燃料电池组80未操作时从燃料电池组80抽取水分的空气通气管76的图示。当燃料电池组80经受处于或低于水的冰点的温度时,从燃料电池组80抽取水分充分防止了结冰。如图9A-9B所示,阀控制装置94关闭空气阀104、106,打开再循环阀108,打开空气阀110、112并且关闭水阀114、116。位于出口导管121处的双向换向阀118的端口240A和位于空气阀112上游的端口240A均被打开,并且其余端口240C均处于关闭位置。类似地,位于入口导管123处的双向换向阀120的端口242A和位于冷凝器130下游的端口242B均处于打开位置,并且其余端口242C处于关闭位置。鼓风机控制装置98启动鼓风机132以使空气再循环遍布通气管76的导管101。控制模块92还启动冷凝器130以冷凝通过导管101行进的空气所包含的水蒸汽。水泵124流体连接到冷凝器130,使得当水泵124被启动时,冷凝水流出水泵124并排出到海水中。

[0056] 在如图9A-9B所示的示例中,空气通气管76还包括湿度传感器260。湿度传感器260在空气阀112上游和与出口导管121连通的双向阀118下游的方位处定位在导管101内。如果包括湿度传感器260,则通过比较由湿度传感器107检测到的空气的湿度,可以确定添加到

排气中的水蒸汽量的读数。如果不包括湿度传感器260,则改为监测湿度传感器107来确定湿度。湿度传感器260也与控制模块92通信。控制模块92监测湿度传感器107、260以确定湿度。具体地,控制模块92确定燃料电池组80内的水分的存在,除非湿度读数小于可忽略的量。图10中所示的过程流程图示出了抽取燃料电池组80的水分的方法。

[0057] 现在解释从燃料电池组80去除水分的过程。图10为示出用于水或水分抽取的方法1000的过程流程图。现在参考图9和图10两者,方法1000在框1002处开始。在框1002中,阀控制装置94关闭与空气进气口70直接相邻的第一空气阀104以及与排气口72相邻的阀106。一旦阀104、106被关闭,则方法1000继续进行到框1004。在框1004中,再循环阀108被置于打开位置中。方法1000然后进行到框1006。在框1006中,鼓风机132被启动以使导管101内的空气再循环。方法1000然后进行到判定框1008。在判定框1008中,控制模块92监测湿度传感器260以确定燃料电池组80内水分的存在。响应于控制模块92确定燃料电池组80不包含大量水分,方法1000可以终止。

[0058] 响应于控制模块92确定燃料电池组80包含水分,方法1000进行到判定框1010。在框1010中,控制模块92监测环境湿度传感器88以确定环境空气湿度。响应于控制模块92确定环境空气湿度超过指示燃料电池组80内存在水分的阈值相对湿度,方法1000进行到框1012。在框1012中,冷凝器130被启动。方法1000然后进行到判定框1014。在框1014中,控制模块92持续监测湿度传感器260,直到燃料电池组80基本没有水分,并且方法1000可以终止。

[0059] 在方法1000的可替代方法中,响应于环境空气湿度等于或小于阈值相对湿度,方法1000进行到框1016。在框1016中,空气通气管76通过由鼓风机132循环环境空气遍布导管101而向燃料电池组80提供环境空气。这通过打开两个空气阀104、106来实现。环境空气然后可以循环遍布空气通气管76并且循环到燃料电池组80达预定的时间量,例如约五分钟。方法1000然后可以进行到判定框1018。在判定框1018中,空气阀104、106被关闭,并且控制模块92监测湿度传感器260以确定水分的存在。响应于控制模块92确定水分的存在,方法1000返回到框1016。然而,响应于控制模块92确定燃料电池组80基本上没有水,方法1000然后可以终止。

[0060] 图11A-11B为在除热模式下操作的空气通气管76的图示。在除热模式期间,在操作期间由燃料电池组80产生的废热被去除,而不需要使冷却剂循环通过能量管理系统26的热交换器180。相反,如下所述,通过燃料电池组80的空气流速增加。具体地,鼓风机132被启动以增加通过燃料电池组80的空气流速,这进而为燃料电池组80提供冷却。具体地,燃料电池组80被冷却至目标电池组温度。目标电池组温度表示基于给定功率输出设置的目标操作点。

[0061] 冷却燃料电池组80所需的空气流量基于由位于进气口附近的温度传感器140监测的环境温度以及燃料电池20的电力输出设置(图1)。在较高的流速下,当与启动液体泵176以使冷却剂循环通过能量管理系统26的热交换器180相比,非常低的环境温度使燃料电池组80的基于空气的冷却更有效。非常低的环境温度为在给定时刻燃料电池电力输出设置的函数,并因此不是固定的数。然而,随着环境温度的值升高,在一些切换的环境温度下,使冷却剂循环通过热交换器180变得更有效。因此,控制模块92持续监测鼓风机132所消耗的电力。响应于控制模块92确定由鼓风机132消耗的电力大于液体泵176的平均电力消耗,

控制模块92启动液体泵176以使冷却剂循环通过燃料电池组80。

[0062] 在除热模式期间,阀控制装置94打开空气阀104、106,关闭再循环阀108,打开空气阀110、112并关闭水阀114、116。位于出口导管121处的双向换向阀118的端口240A和位于空气阀112上游的端口240B均被打开,并且其余端口240C处于关闭位置。类似地,位于入口导管123处的双向换向阀120的端口242A和位于冷凝器130下游的端口242B均处于打开位置,并且其余端口242C处于关闭位置。控制模块92启动鼓风机132以使空气再循环遍布空气通气管76的导管101。

[0063] 现在说明基于空气的除热模式。如上所述并且如图7A-7B所示,该模式与向燃料电池组80输送含氧空气同时使用。图12为示出用于空气冷却燃料电池组80的方法1200的流程图。现在参考图10和图11,方法1200在框1202处开始。在框1202中,阀控制装置94打开与空气进气口70直接相邻的第一空气阀104以及与排气口72相邻的阀106。再循环阀108也被关闭,空气阀110、112被打开,并且水阀114、116被关闭。方法1200进行到框1204。在框1204中,鼓风机控制装置98将鼓风机132的速度提高到向燃料电池供应含氧空气所需的最小速度之上。增加的鼓风机速度致使空气流速和空气冷却能力增加。方法1200然后进行到判定框1206。在判定框1206中,控制模块92持续监测鼓风机132消耗的电力,并将鼓风机132消耗的电力与用于冷却燃料电池组80的热交换器180的液体泵176消耗的电力进行比较。响应于控制模块92确定鼓风机132消耗的电力等于或小于液体泵176消耗的电力,方法进行到框1208。在框1208中,控制模块92持续保持鼓风机132被启动以将燃料电池组80冷却到目标电池组温度,并且方法1200然后终止。

[0064] 响应于控制模块92确定鼓风机132消耗比液体泵176消耗的电力更多的电力,该方法进行到框1210。在框1210中,控制模块92降低鼓风机132的速度以实现给定燃料电池电力输出设置所需的空气流速,并且启动液体泵176以将燃料电池组80冷却至目标电池组温度,并且方法1200然后终止。

[0065] 图13A-13B为加热燃料储存器34中的金属氢化物燃料储存基质以释放气态氢燃料的燃料和热管理系统28的图示。金属氢化物燃料储存基质被加热到目标温度,以在燃料被输送到燃料电池组80之前实现目标气态氢燃料生成速率。具体地,金属氢化物燃料储存基质被加热至目标温度,以实现目标氢气逸出速率和操作压力。氢气逸出/消耗速率基于燃料电池组80的目标电力输出。

[0066] 在加热金属氢化物燃料储存基质以释放气态氢燃料期间,控制模块92关闭流量阀168以阻断来自燃料储存器34的气态氢燃料流向燃料电池组80。控制模块92启动加热器202以使燃料储存基质变暖到目标燃料压力。控制模块92监测压力传感器206以确定燃料储存模块40和温度传感器208的气体压力,以确定燃料储存模块40的内部温度。加热器202响应于确定气体压力已经达到或超过预定义极限或者燃料储存模块40的内部温度处于目标温度而被停用。控制模块92基于开-关或占空比来启动加热器202。一旦燃料储存模块40的内部温度处于目标温度,则加热器202就被停用。尽管图13A-13B示出了使用加热器202加热金属氢化物燃料储存基质,但是在另一个示例中,金属氢化物燃料储存基质通过来自燃料电池组80的反应废热被加热。具体地,在一个示例中,设置有空气排气口(未示出),其中空气排气被来自燃料电池组80的反应废热加热。被加热的空气循环通过燃料储存器34以向燃料提供加热。

[0067] 图14为示出了用于加热燃料储存器34中的金属氢化物燃料以释放气态氢燃料的方法1400的过程流程图的过程流程。现在参考图13和图14,方法1400在框1402处开始。在框1402中,阀控制装置160关闭流量阀168,该流量阀阻止燃料从燃料储存器34流出。方法1400然后进行到框1404。在框1404中,燃料加热器控制装置164启动加热器202。方法1400然后进行到判定框1406。在框1406中,控制模块92持续监测压力传感器206和温度传感器208,并且加热器202持续加热燃料储存器34中的燃料储存基质以释放气态氢燃料。响应于确定气体压力已经达到或超过预定极限或者燃料储存模块40的内部温度处于目标温度,控制模块92停用加热器202并且方法1400终止。

[0068] 图15A-15B为使用由燃料电池组80产生的废热来催化氢气产生的图示。如上所述并在图7A-7B中示出的,在氢气产生期间,空气通气管76将氧气输送到燃料电池组80。阀控制装置160打开流量阀168以允许氢气流向燃料电池组80。燃料和热传感器控制装置166监测燃料储存器34的压力传感器206和温度传感器208。泵控制装置162启动燃料电池组80的主液体泵176以及燃料电池组80的辅助泵188两者。热交换器180的辅助泵188使辅助回路189内的冷却剂在燃料储存器34和热交换器180之间循环。热交换器180通过主回路177从燃料电池组80吸取废热。由燃料电池组80产生的废热由流经热交换器180的冷却剂传导,并且冷却剂被循环到燃料储存器34以加热金属氢化物。因此,由燃料电池组80生成的废热被用于催化储存在燃料储存器34中的金属氢化物的氢气产生。

[0069] 三通阀186包括三个端口280,该三个端口用于将来自燃料储存器34的冷却剂通过辅助回路189输送到热交换器180。一个端口280流体连接到燃料储存器34的出口187,另一个端口280流体连接到热交换器180的入口185,并且端口280流体连接到水冷式热交换器195。三通阀182还包括三个端口282,该三个端口用于将辅助回路189内的冷却剂输送离开热交换器180并且输送到燃料储存器34。其中一个端口282流体连接到热交换器180的出口184,另一个端口282流体连接到燃料储存器34的入口191,并且其余端口282连接到水冷式热交换器195。泵控制装置162打开流体连接到燃料储存器34的出口187的端口280和流体连接到热交换器的入口185的端口280。而且,泵控制装置162打开流体连接到出口184的端口282和流体连接到三通阀182的燃料储存器34的入口191的端口282。因此,冷却剂流过辅助回路189并且被来自热交换器180吸收的燃料电池组80的废热加热。冷却剂然后被输送到燃料储存器34以加热储存在其中的燃料。

[0070] 继续参考图15A-15B,控制模块92监测温度传感器208以确保燃料储存器34的内部温度保持在目标温度。阀控制装置160和泵控制装置162调节流向燃料储存器34的冷却剂的流量,以将燃料保持在目标温度,其中三通阀182的三个端口282和三通阀186的三个端口280被调整以调节流向燃料储存器34的冷却剂的流量。具体地,三通阀182的三个端口282和三通阀186的三个端口280控制通过热交换器180和水冷式热交换器195的冷却剂的量,以将燃料保持在目标温度。

[0071] 图16为示出用于使用由燃料电池组80产生的废热来催化氢气产生的方法1600的过程流程图。现在参考图15和图16,方法1600在框1602处开始。在框1602中,阀控制装置160打开流量阀168。方法1600然后进行到框1604。在框1604中,燃料和热传感器控制装置166监测燃料储存器34的压力传感器206和温度传感器208。方法1600然后进行到框1606。在框1606中,泵控制装置162启动燃料电池组80的主液体泵176以及燃料电池组80的辅助泵188

两者。因此,热交换器180的辅助泵188使辅助回路189内的冷却剂在燃料储存器34和热交换器180之间循环。热交换器180将来自燃料电池组80的废热通过主回路177吸收,所述主回路177使燃料储存器34内的燃料储存基质变暖到与目标气态析氢速率(evolution rate)相应的目标温度。方法1600然后进行到框1608。在框1608中,控制模块92监测温度传感器208以确保燃料储存模块40的内部温度保持在目标温度。具体地,阀控制装置160和泵控制装置162调整三通阀182的两个开口端口282和三通阀186的两个开口端口280,以调节流向燃料储存器34的冷却剂的流量。方法1600然后终止。

[0072] 图17A-17B为去除燃料电池组80的反应废热的燃料和热管理系统28的图示。类似于图15A-15B所示的示例,空气通气管76将氧气输送到燃料电池组80,这已在上面描述并在图7A-7B中示出。阀控制装置160打开流量阀168以允许燃料被输送到燃料电池组80。主液体泵176和辅助泵188均被启动。流体连接到燃料储存器34的出口187的三通阀的端口280被关闭,并且端口280流体连接到热交换器180的入口185,并且流体连接到水冷式热交换器195的端口280被调整以分支或划分在主回路177和辅助回路189之间的冷却剂流。流体连接到热交换器180的出口184的三通阀182的端口282和流体连接到水冷式热交换器195的端口282也均被调整,并且流体连接到燃料储存器34的入口191的端口282被关闭。具体地,三通阀182的两个端口282被调整以分支或划分主回路177和辅助回路之间的冷却剂流。冷却剂流过辅助回路189并进入将被冷却的水冷式热交换器195中。换句话说,由燃料电池组80产生的反应废热由流过热交换器180的冷却剂传导,并且冷却剂被循环至水冷式热交换器195,水冷式热交换器195由其内部署有无人驾驶水面交通工具12的水体冷却。

[0073] 控制模块92监测温度传感器198以监测辅助回路189中的冷却剂的温度。控制模块92还监测温度传感器210以确定燃料电池组80的温度。流过主回路177的冷却剂流量通过控制液体泵176的流速来调节,并且辅助回路189中的冷却剂流量通过控制泵188的流速来调节。具体地,调节主回路177和辅助回路189的冷却剂流速以将燃料电池组80保持在目标电池组温度。

[0074] 图18为示出用于从燃料电池组80移除反应废热的方法1800的过程流程图。现在参考图17和图18,方法1800在框1802处开始。在框1802中,阀控制装置160打开流量阀168。方法1800然后进行到框1804。在框1804中,控制模块92监测燃料电池组80的温度传感器210。方法1800然后进行到框1806。在框1806中,控制模块92启动主液体泵176以及辅助泵188两者。如图17A-17B所示,水冷式热交换器195去除流过辅助回路189的冷却剂中的反应废热。方法1800然后进行到框1808。在框1808中,控制模块92监测温度传感器210以确保燃料电池组80保持在目标电池组温度。具体地,泵188调节流入水冷式热交换器195的冷却剂的量,以将燃料电池组80保持在目标电池组温度。方法1800然后终止。

[0075] 总体参考附图,本公开的技术效果和益处包括具有燃料电池的电力系统,所述燃料电池提供操作无人驾驶水面交通工具,特别是在长持续时间任务期间所需的电力。所公开的电力系统允许燃料电池的相对简单和容易的加注燃料,包括高效率,并且还包括相对低噪声特征。电力系统包括可交换的燃料储存模块,该燃料储存模块提供额外的能量,由此允许无人驾驶水面交通工具在恶劣条件下操作达长持续时间。在无人驾驶水面交通工具部署在水体内时,空气通气管提供空气以操作燃料电池,并且还提供其他功能,所述其他功能从燃料电池组中移除水,在冷的环境温度期间预热燃料电池组并且也从燃料电池组中去除

废热。燃料和热管理系统加热燃料储存器中的燃料储存基质以催化氢气产生,利用由燃料电池组产生的废热来催化氢气产生(如果燃料储存器储存金属氢化物),并且还从燃料电池组去除废热。

[0076] 此外,本公开包括根据以下条款所述的示例:

[0077] 条款1.一种用于无人驾驶水面交通工具(12)的电力系统(10),所述电力系统(10)包括:

[0078] 包括燃料电池组(80)的燃料电池(20),其中所述燃料电池组(80)包括燃料入口(42)、空气入口(60)和排气出口(50);

[0079] 包括流体连接到所述燃料电池组(80)的所述燃料入口(42)的至少一个燃料储存模块(40)的燃料储存器(34),其中所述燃料储存模块(40)为燃料电池(20)的能量源;

[0080] 流体连接到所述燃料电池(20)的所述空气入口(60)和所述排气出口(50)的空气管理系统(30);以及

[0081] 作为所述空气管理系统(30)的一部分的空气通气管(76),当所述无人驾驶水面交通工具(12)被部署在水体内时,所述空气通气管(76)提供空气以操作所述燃料电池(20),其中所述空气通气管(76)包括:

[0082] 用于接收供应给所述燃料电池组(80)的环境空气的空气进气口(70);以及

[0083] 用于排出由所述燃料电池组(80)产生的排出空气和排出水蒸汽的排气口(72)。

[0084] 条款2.根据条款1所述的电力系统(10),其中所述空气通气管(76)包括导管(101)、第一空气阀(104)和第二空气阀(106),并且其中环境空气通过所述空气进气口(70)进入所述导管(101),排出的空气和排出的水蒸汽通过排气口(72)离开导管(101),第一空气阀(104)流体连接到空气进气口(70),并且第二空气阀(106)流体连接到排气口(72)。

[0085] 条款3.根据条款2所述的电力系统(10),其中所述导管(101)限定集水槽(113、115),并且所述空气通气管(76)包括流体连接到所述集水槽(113、115)的水泵(122),并且通过关闭所述第一空气阀(104)和所述第二空气阀(106)并随后启动所述水泵(122)来移除收集在所述集水槽(113、115)内的水。

[0086] 条款4.根据条款1所述的电力系统(10),其中所述空气通气管(76)包括导管(101)、鼓风机(132)和位于所述鼓风机(132)下游的加热器(134),其中所述鼓风机(132)在启动时使受迫空气循环遍布导管(101),并且所述加热器(134)升高由所述鼓风机(132)循环的受迫空气的温度。

[0087] 条款5.根据条款4所述的电力系统(10),其中所述导管(101)流体连接到燃料电池组(80),并且所述受迫空气从所述导管(101)行进至所述燃料电池组(80)以使所述燃料电池组(80)变暖至预热温度。

[0088] 条款6.根据条款1所述的电力系统(10),其中所述空气通气管(76)包括再循环阀(108)和导管(101),其中所述再循环阀(108)为沿着所述导管(101)定位的可变流量阀,并将进入所述空气进气口(70)的环境空气与来自排气口(72)的排出空气混合。

[0089] 条款7.根据条款6所述的电力系统(10),其中所述导管(101)流体连接到所述燃料电池组(80),并且所述再循环阀(108)被打开到完全打开位置或多个可变位置中的一个位置以将所述环境空气的温度升高到目标燃料电池工作温度。

[0090] 条款8.根据条款1所述的电力系统(10),包括与湿度传感器(260)和环境湿度传感

器(88)通信的控制模块(92),其中所述湿度传感器(260)被定位在所述空气通气管(76)的导管(101)内以检测离开所述燃料电池组(80)的空气中的水分,并且所述环境湿度传感器(88)指示环境空气湿度。

[0091] 条款9.根据条款8所述的电力系统(10),其中所述控制模块(92)与冷凝器(130)和鼓风机(132)通信,并且其中所述控制模块(92)响应于确定所述环境空气湿度超过阈值相对湿度并且所述燃料电池组(80)包含大量水分而启动所述冷凝器(130)和所述鼓风机(132)。

[0092] 条款10.根据条款1所述的电力系统(10),包括与鼓风机(132)通信的控制模块(92),其中所述控制模块(92)启动所述鼓风机(132)以使空气再循环遍布所述空气通气管(76)的导管(101)。

[0093] 条款11.根据条款10所述的电力系统(10),其中所述控制模块(92)持续监测由所述鼓风机(132)消耗的电力,并将由所述鼓风机(132)消耗的电力与用于冷却所述燃料电池组(80)的由热交换器(180)的液体泵(176)消耗的电力量进行比较。

[0094] 条款12.根据条款11所述的电力系统(10),其中响应于确定由所述鼓风机(132)消耗的电力等于或小于由所述液体泵(176)消耗的平均电力,所述控制模块(92)继续保持所述鼓风机(132)启动以将所述燃料电池组(80)冷却到目标电池组温度。

[0095] 条款13.根据条款11所述的电力系统(10),其中响应于确定所述鼓风机(132)消耗的电力大于由所述热交换器(180)的所述液体泵(176)消耗的电力量,所述控制模块(92)停用所述鼓风机(132)并启动所述液体泵(176)以将所述燃料电池组冷却到目标电池组温度。

[0096] 条款14.根据条款1所述的电力系统(10),包括用于去除在操作期间由所述燃料电池组(80)产生的废热的热交换器(180)并且包括主液体泵(176),其中所述主液体泵(176)使在所述燃料电池组(80)和所述热交换器(180)之间的主回路(177)中流动的冷却剂循环。

[0097] 条款15.根据条款1所述的电力系统(10),包括用于去除在操作期间由所述燃料电池组(80)产生的废热的热交换器(180)并且包括辅助泵(188),其中所述辅助泵(188)使在所述燃料储存器(34)和所述热交换器(180)之间的辅助回路(189)中的冷却剂循环。

[0098] 条款16.一种用于无人驾驶水面交通工具(12)的电力系统(10),所述电力系统(10)包括:

[0099] 包括燃料电池组(80)的燃料电池(20),其中所述燃料电池组(80)包括燃料入口(42);

[0100] 包括流体连接到所述燃料电池组(80)的所述燃料入口(42)的至少一个燃料储存模块(40)的燃料储存器(34),其中所述燃料储存模块(40)为所述燃料电池(20)的能量源;

[0101] 流体连接到所述燃料电池组(80)的所述燃料入口(42)的燃料和热管理系统(28),其中所述燃料和热管理系统(28)包括:

[0102] 热交换器(180),所述热交换器(180)与所述燃料电池组(80)热连通以去除在操作期间由所述燃料电池组(80)产生的废热;以及

[0103] 流量阀(168)、压力调节器(170)和导管(172),其中所述导管(172)将所述燃料储存器(34)流体连接到所述燃料电池组(80),并且所述流量阀(168)和所述压力调节器(170)均沿着所述导管(172)定位。

[0104] 条款17.根据条款16所述的电力系统(10),包括与所述流量阀(168)和加热器

(202) 两者通信的控制模块 (92), 其中所述流量阀 (168) 被关闭以阻断来自所述燃料储存器 (34) 的燃料流到所述燃料电池组 (80), 并且控制模块 (92) 启动所述加热器 (202) 以使燃料储存基质变暖到目标温度以实现目标气态氢燃料生成速率。

[0105] 条款18. 根据条款16所述的电力系统 (10), 其中所述燃料储存器 (34) 储存金属氢化物。

[0106] 条款19. 根据条款18所述的电力系统 (10), 其中由所述燃料电池组 (80) 产生的所述废热由流经所述热交换器 (180) 的冷却剂传导, 并且所述冷却剂被循环到所述燃料储存器 (34) 以加热所述金属氢化物。

[0107] 条款20. 根据条款16所述的电力系统 (10), 其中由所述燃料电池组 (80) 产生的所述废热由流经所述热交换器 (180) 的冷却剂传导, 并且所述冷却剂被循环到水冷式热交换器 (195)。

[0108] 条款21. 一种提供空气以操作用于给无人驾驶水面交通工具 (12) 提供电力的电力系统 (10) 的燃料电池 (20) 的方法, 其中当所述无人驾驶水面交通工具 (12) 被部署在水体中时提供空气, 所述方法包括:

[0109] 将包括至少一个燃料储存模块 (40) 的燃料储存器 (34) 流体连接到所述燃料电池 (20) 的燃料电池组 (80) 的燃料入口 (42), 其中所述燃料储存模块 (40) 为所述燃料电池 (20) 的能量源;

[0110] 将空气管理系统 (30) 流体连接到所述燃料电池 (20) 的空气入口 (60) 和排气出口 (50);

[0111] 将空气管理系统 (30) 流体连接到所述燃料电池 (20) 的空气入口 (60) 和排气出口 (50); 并且

[0112] 通过作为所述空气管理系统的一部分的空气通气管 (76) 提供空气以操作所述燃料电池 (20), 其中所述空气通气管 (76) 包括用于接收供应给所述燃料电池组 (80) 的环境空气的空气进气口 (70) 和用于排出由所述燃料电池组 (80) 产生的排出空气和排出水蒸汽的排气口 (72)。

[0113] 条款22. 根据条款21所述的方法, 包括提供所述空气通气管 (76), 所述空气通气管 (76) 具有导管 (101)、第一空气阀 (104) 和第二空气阀 (106), 并且所述环境空气通过所述空气进气口 (70) 进入所述导管 (101), 排出的空气和排出的水蒸汽通过排气口 (72) 离开所述导管 (101), 所述第一空气阀 (104) 流体连接到所述空气进气口 (70), 并且所述第二空气阀 (106) 流体连接到所述排气口 (72)。

[0114] 条款23. 根据条款22所述的方法, 包括通过关闭所述第一空气阀 (104) 和所述第二空气阀 (106) 并且然后启动水泵 (122) 来去除收集在集水槽 (113、115) 内的水, 其中所述集水槽 (113、115) 由所述导管 (101) 限定并且所述水泵 (122) 流体连接到所述集水槽 (113、115)。

[0115] 尽管本文描述的设备和方法的形式构成了本发明的优选示例, 但是应当理解, 本发明不限于设备和方法的这些精确形式, 并且可以在不脱离本发明的范围的情况下进行改变。

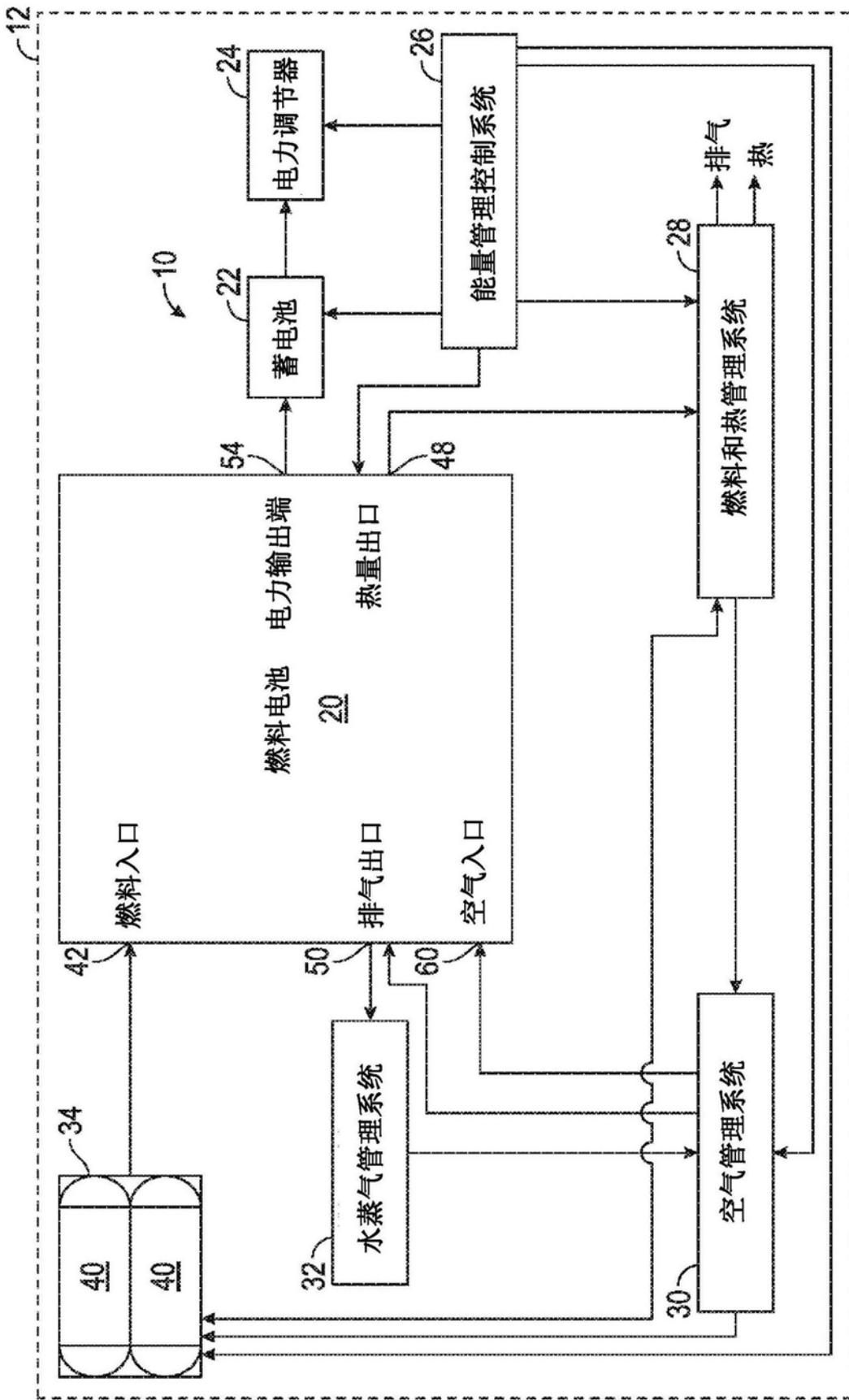


图1

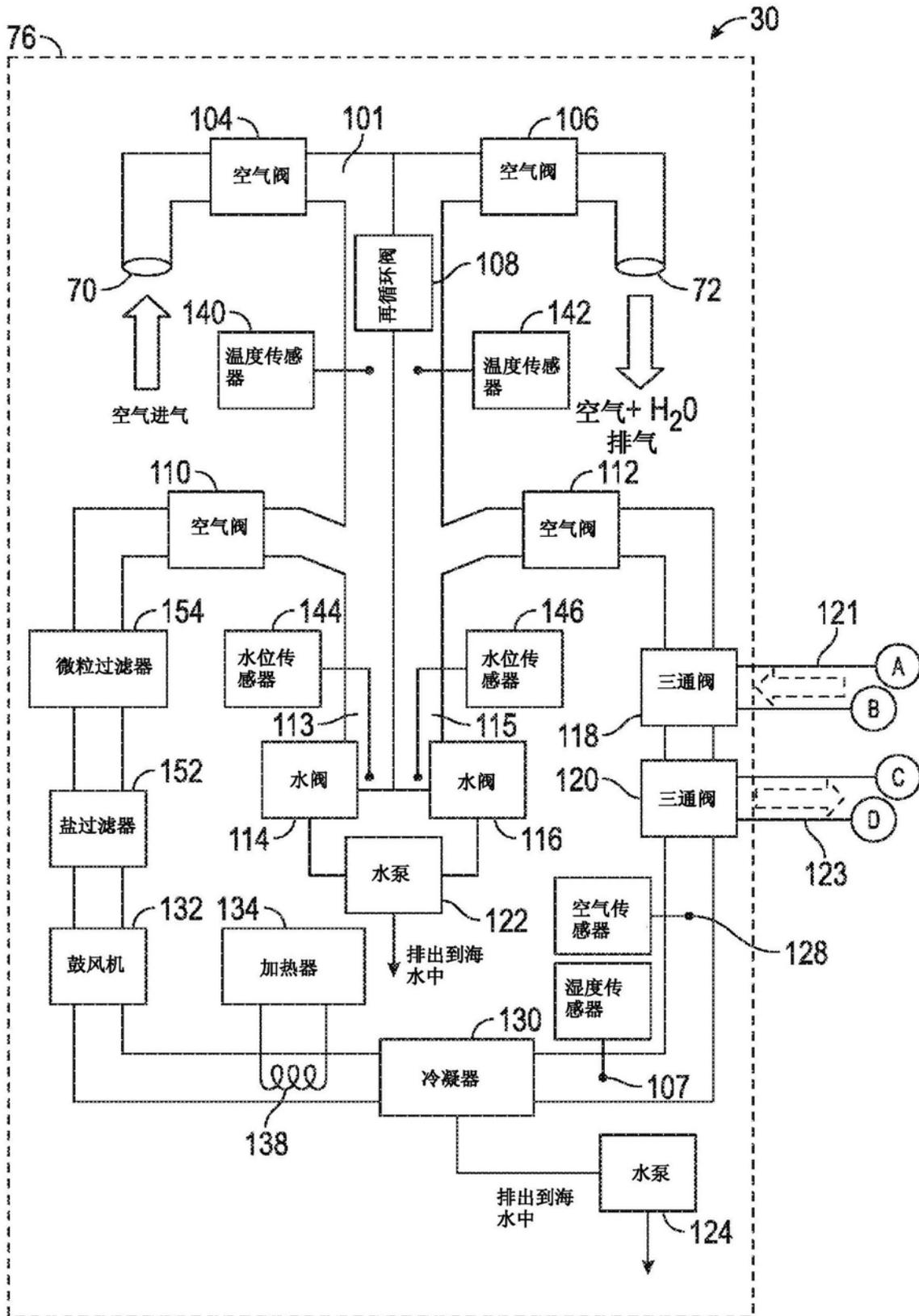


图2A

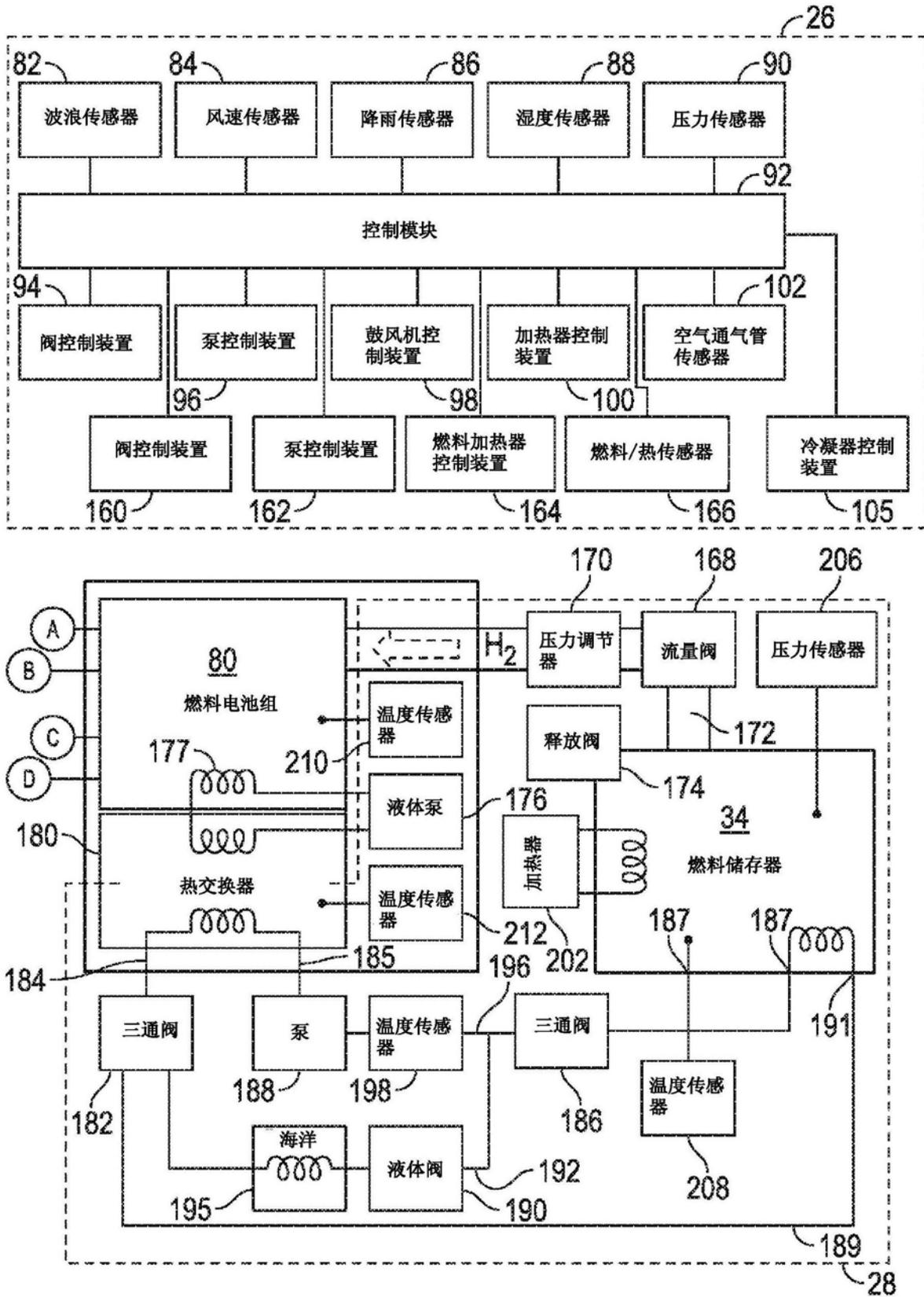


图2B

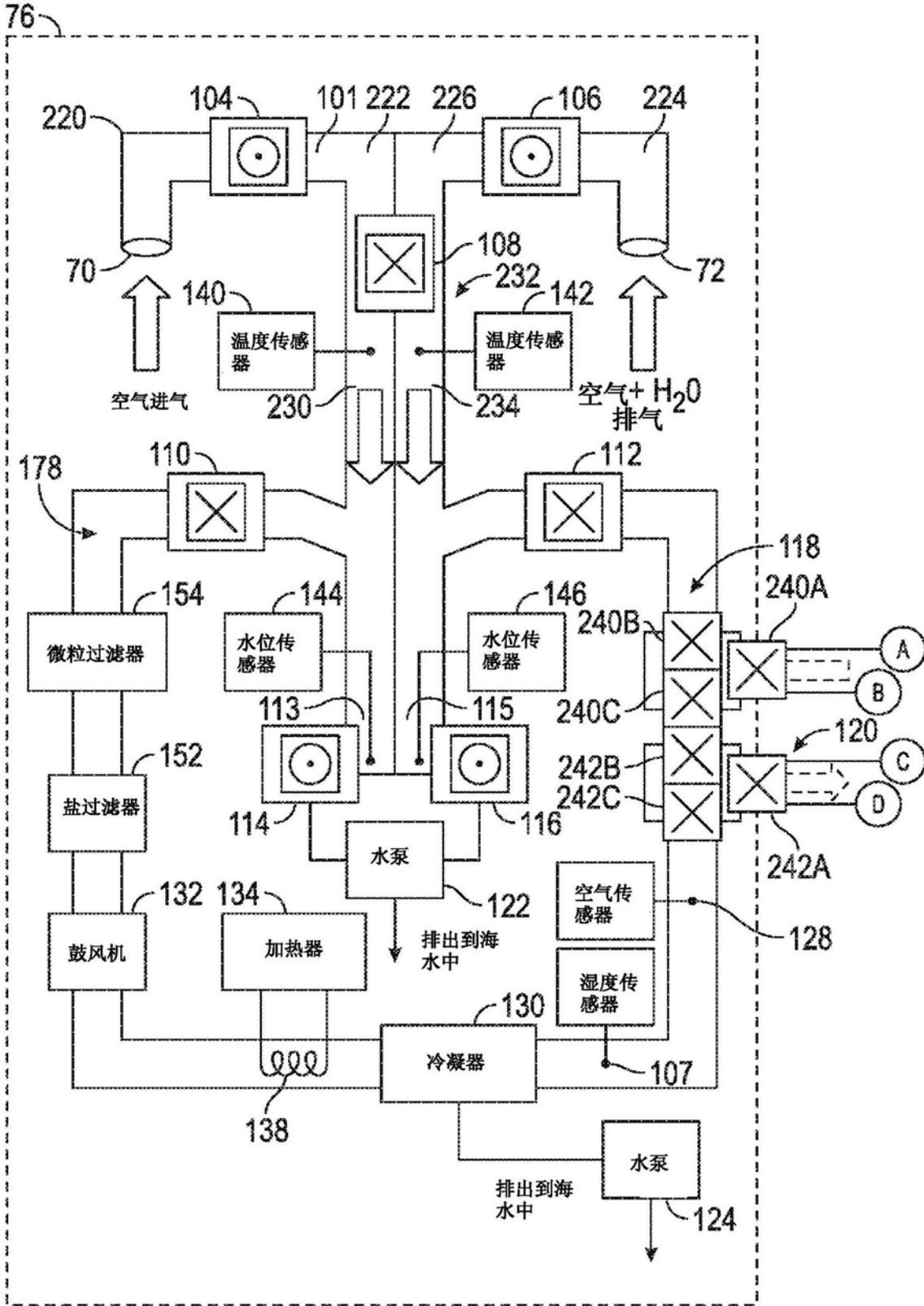


图3A

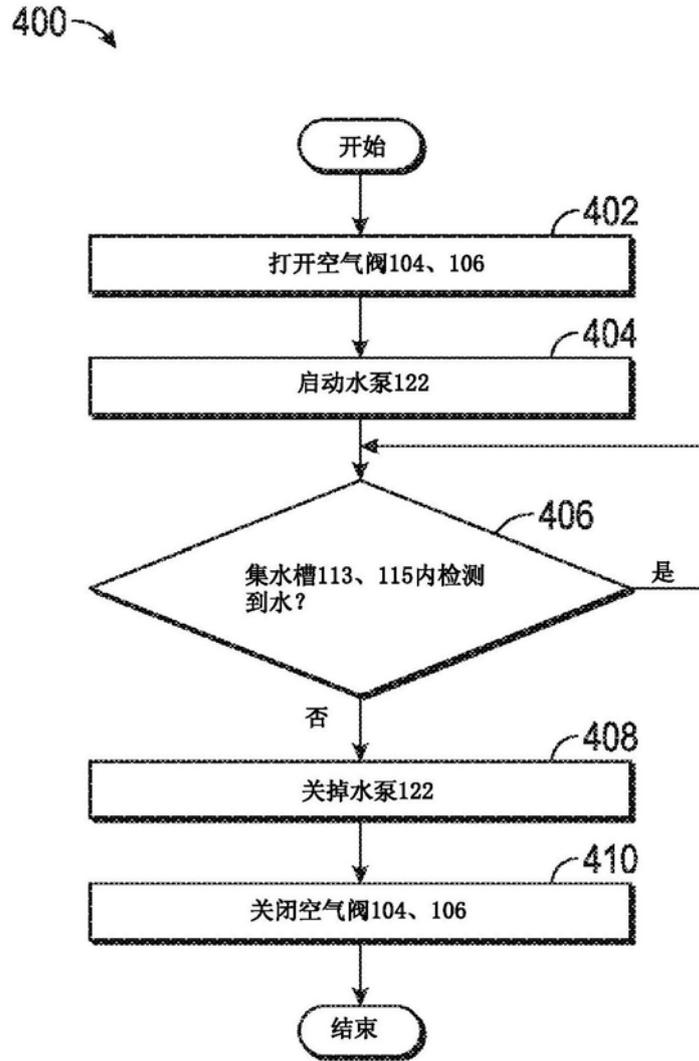


图4

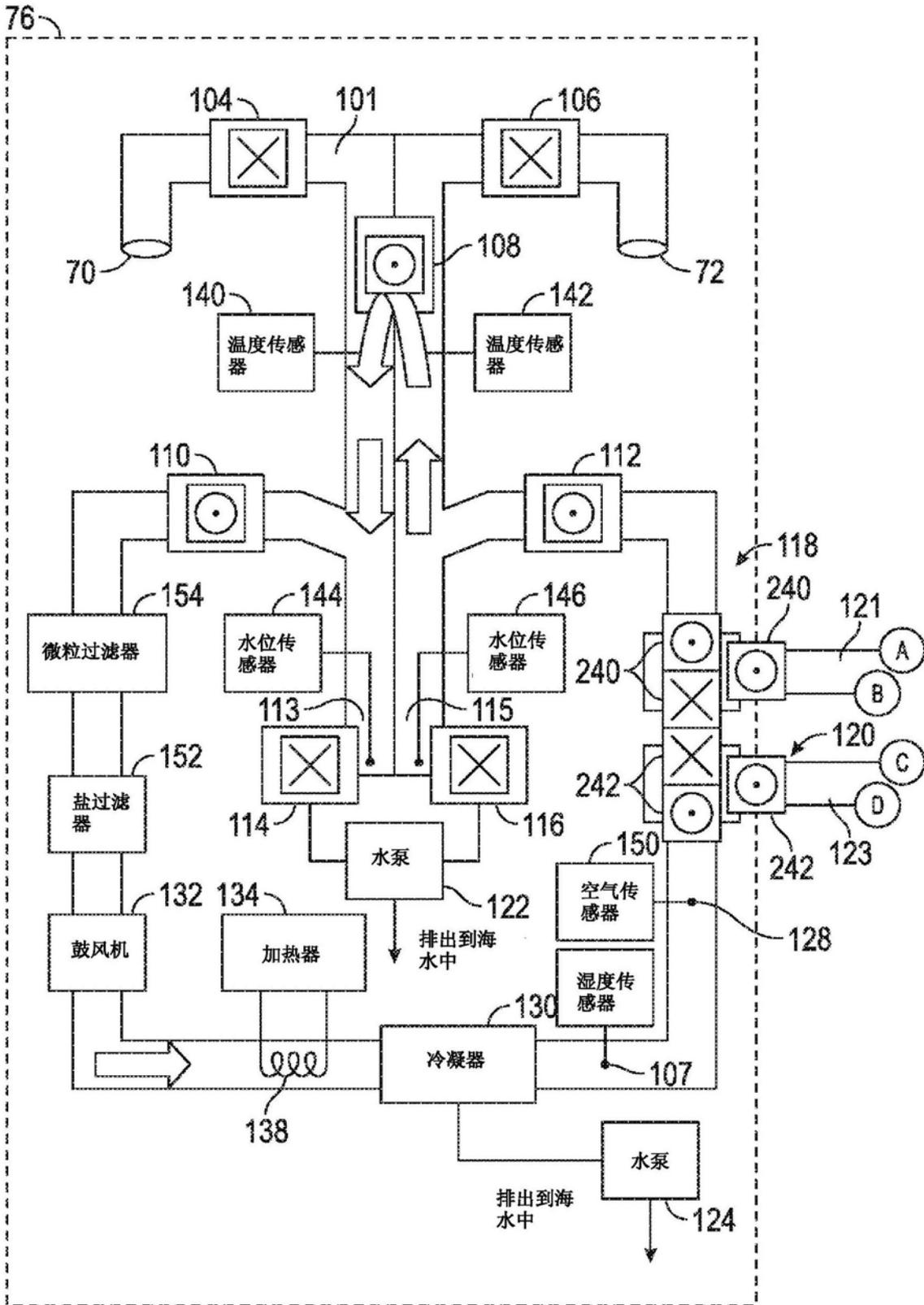


图5A

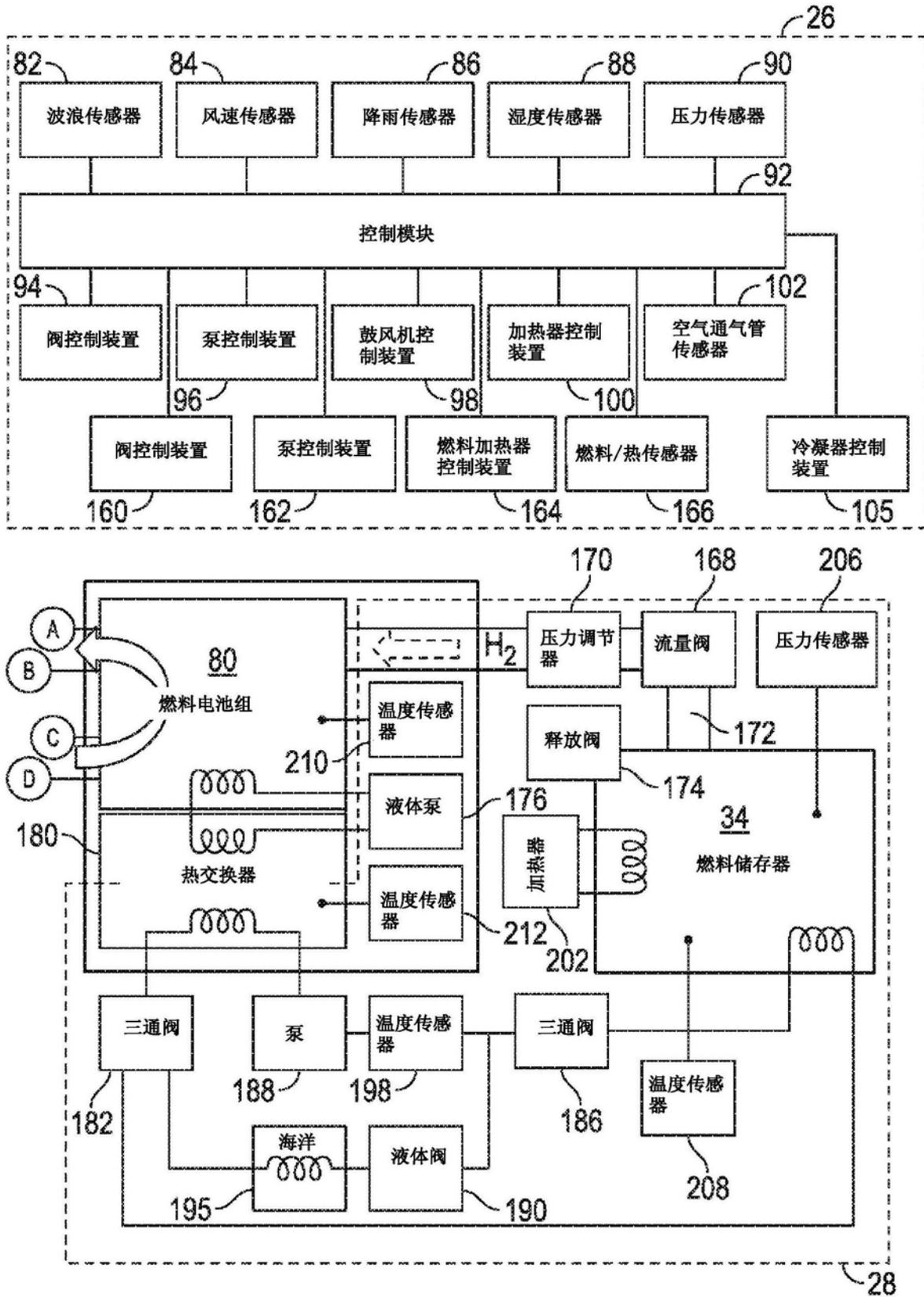


图5B

600 →

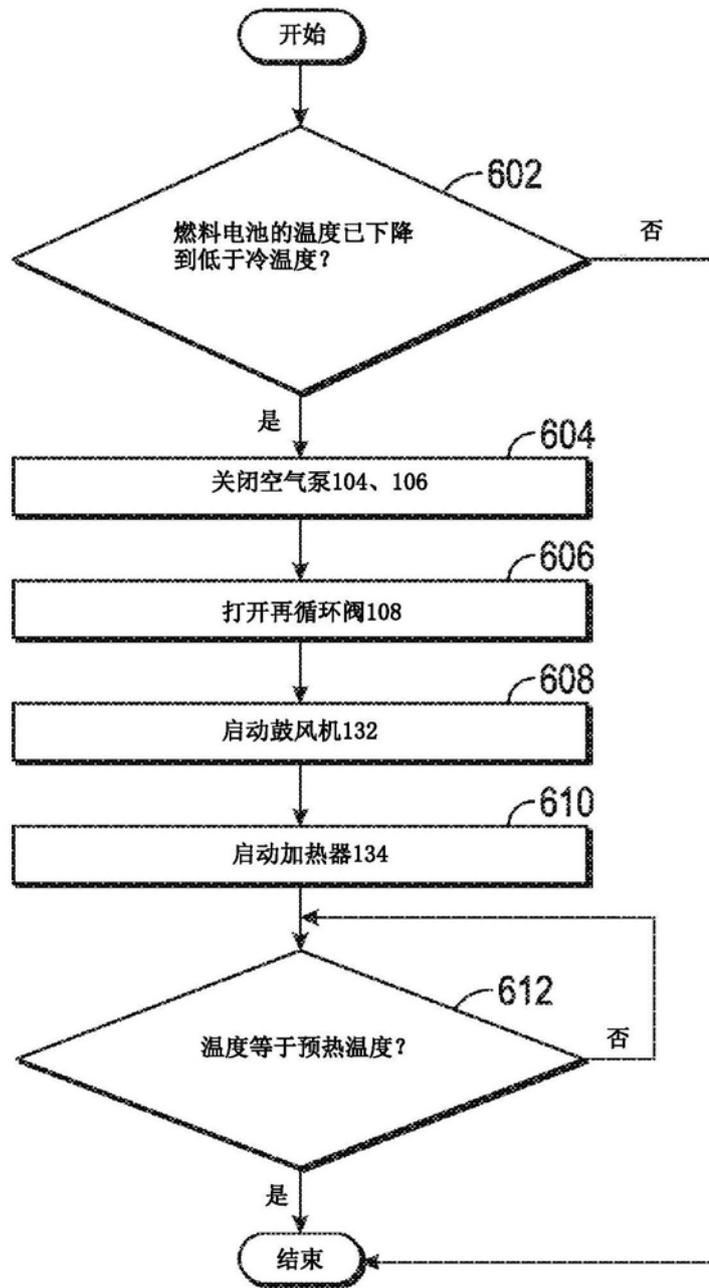


图6

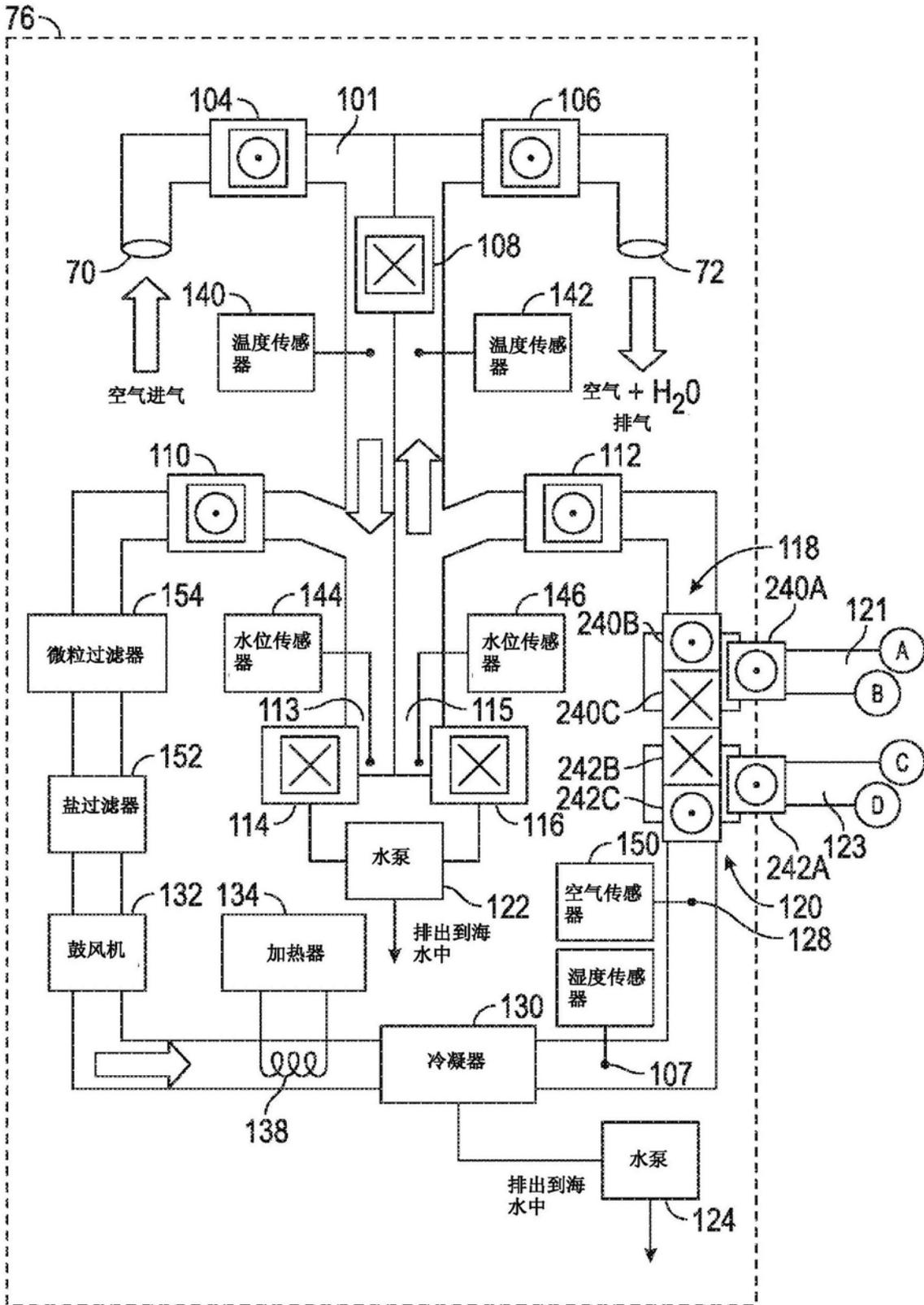


图7A

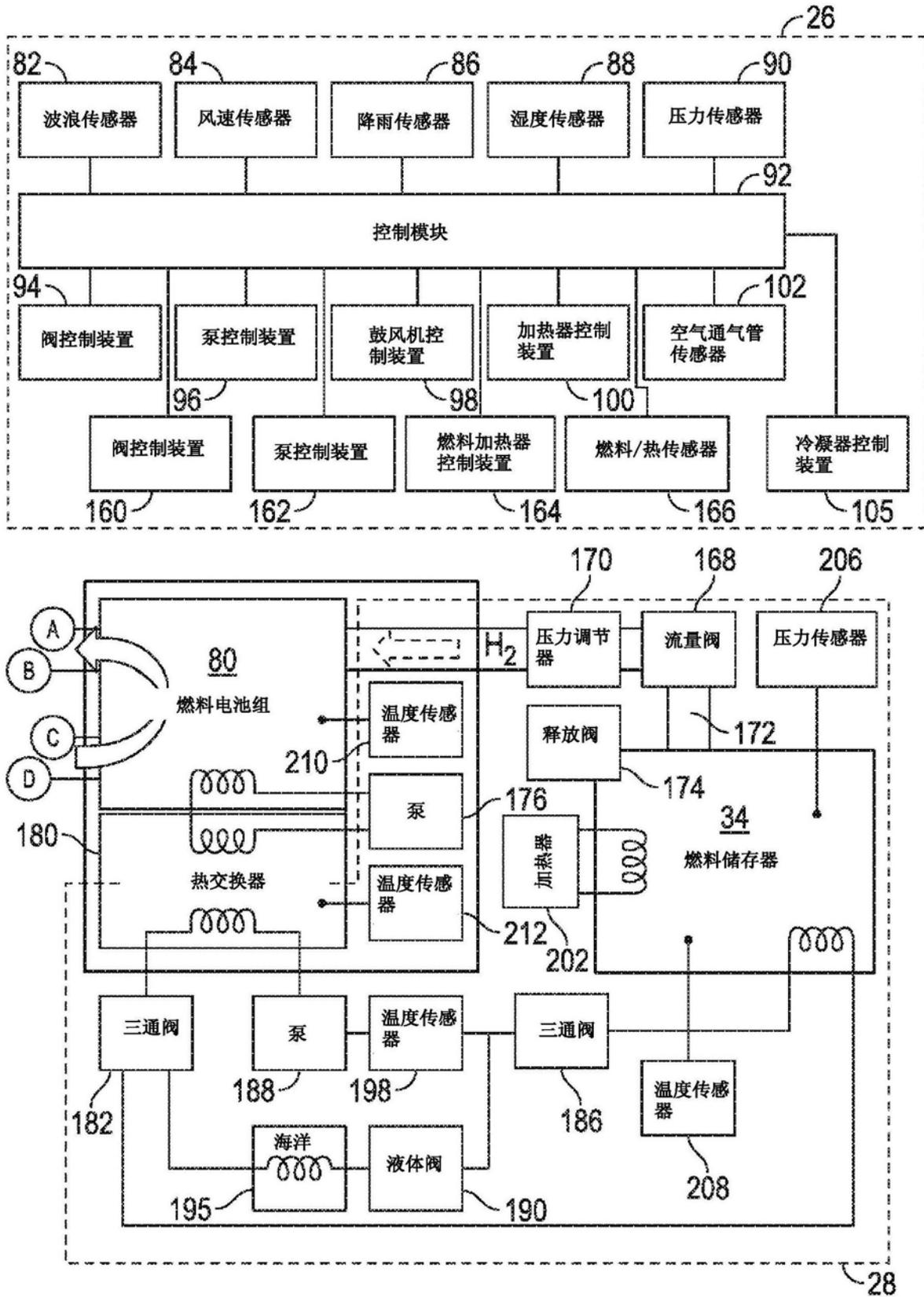


图7B

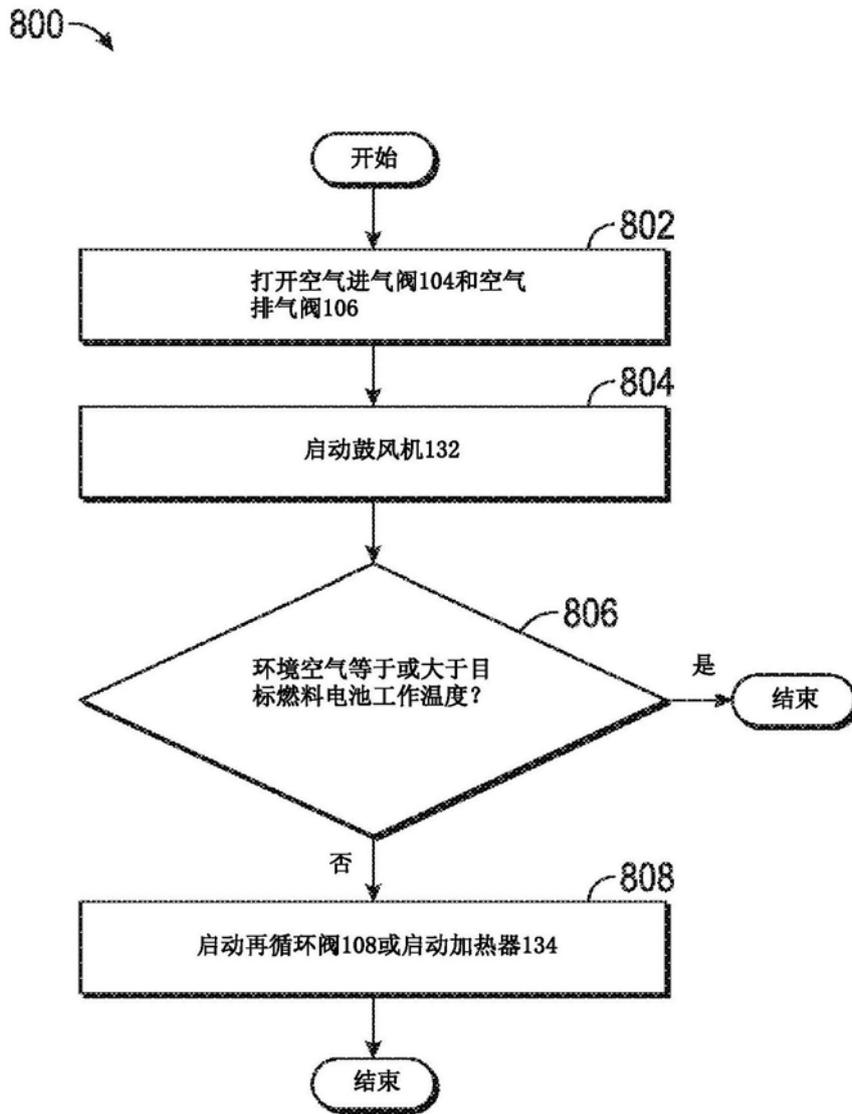


图8

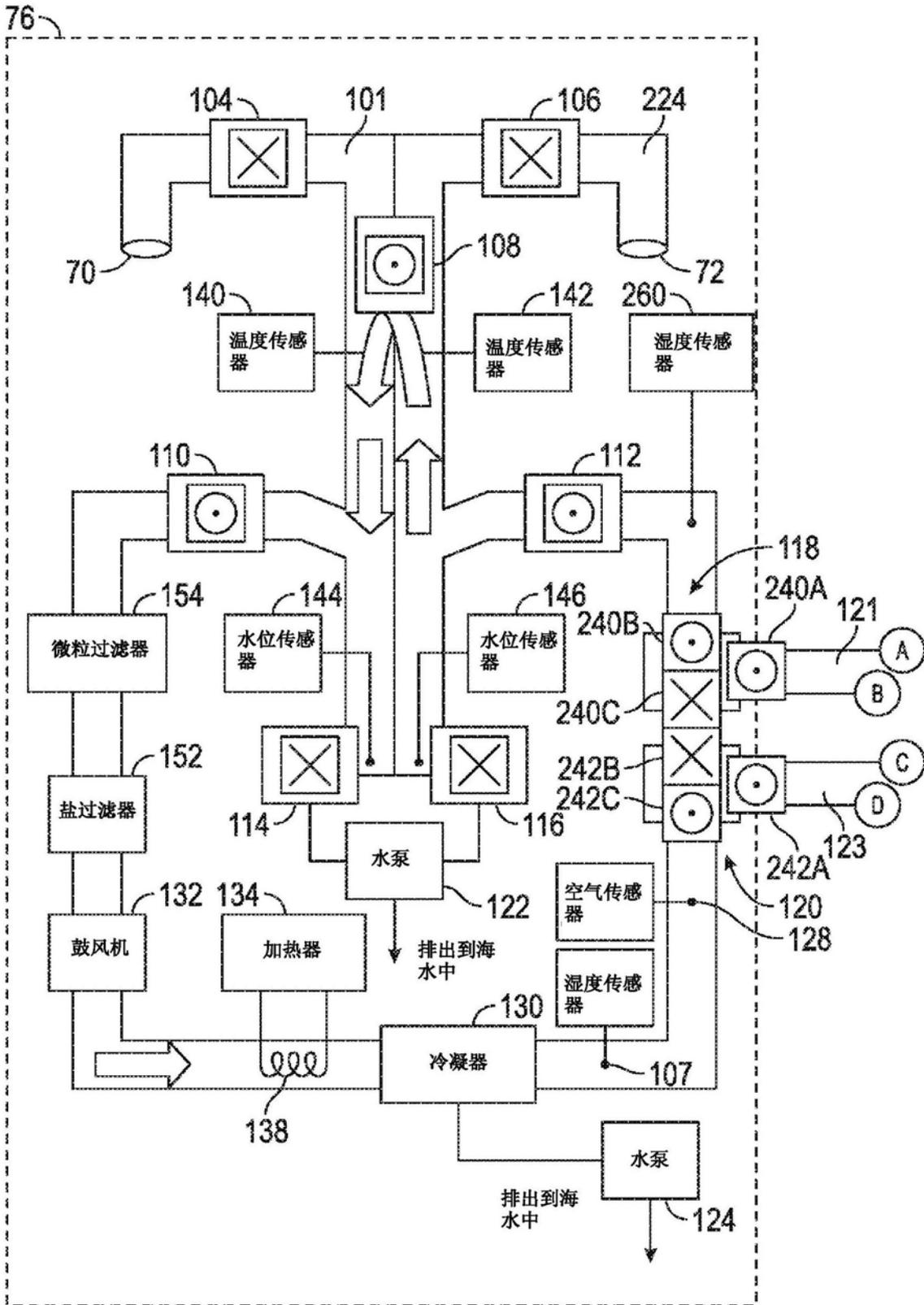


图9A

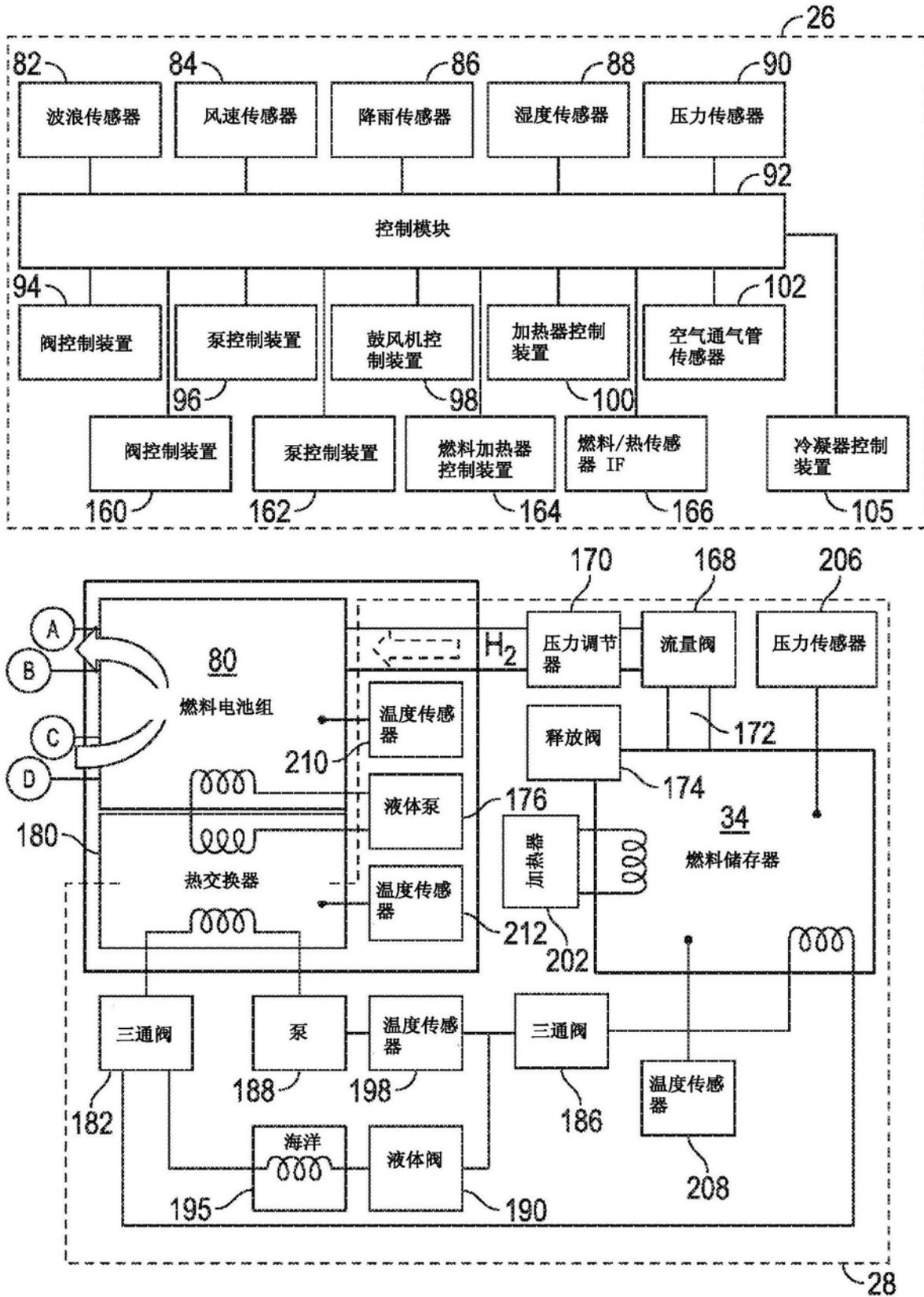


图9B

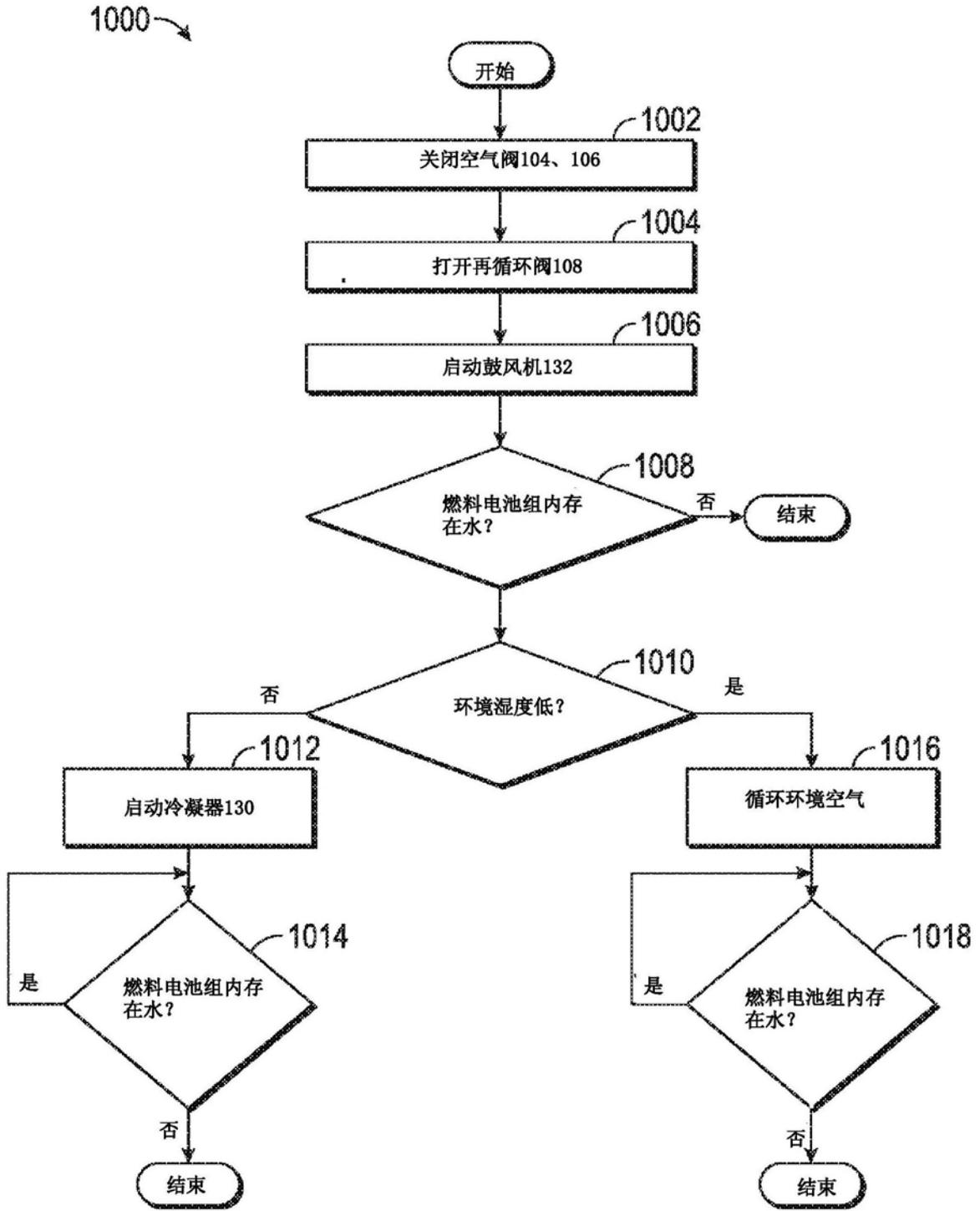


图10

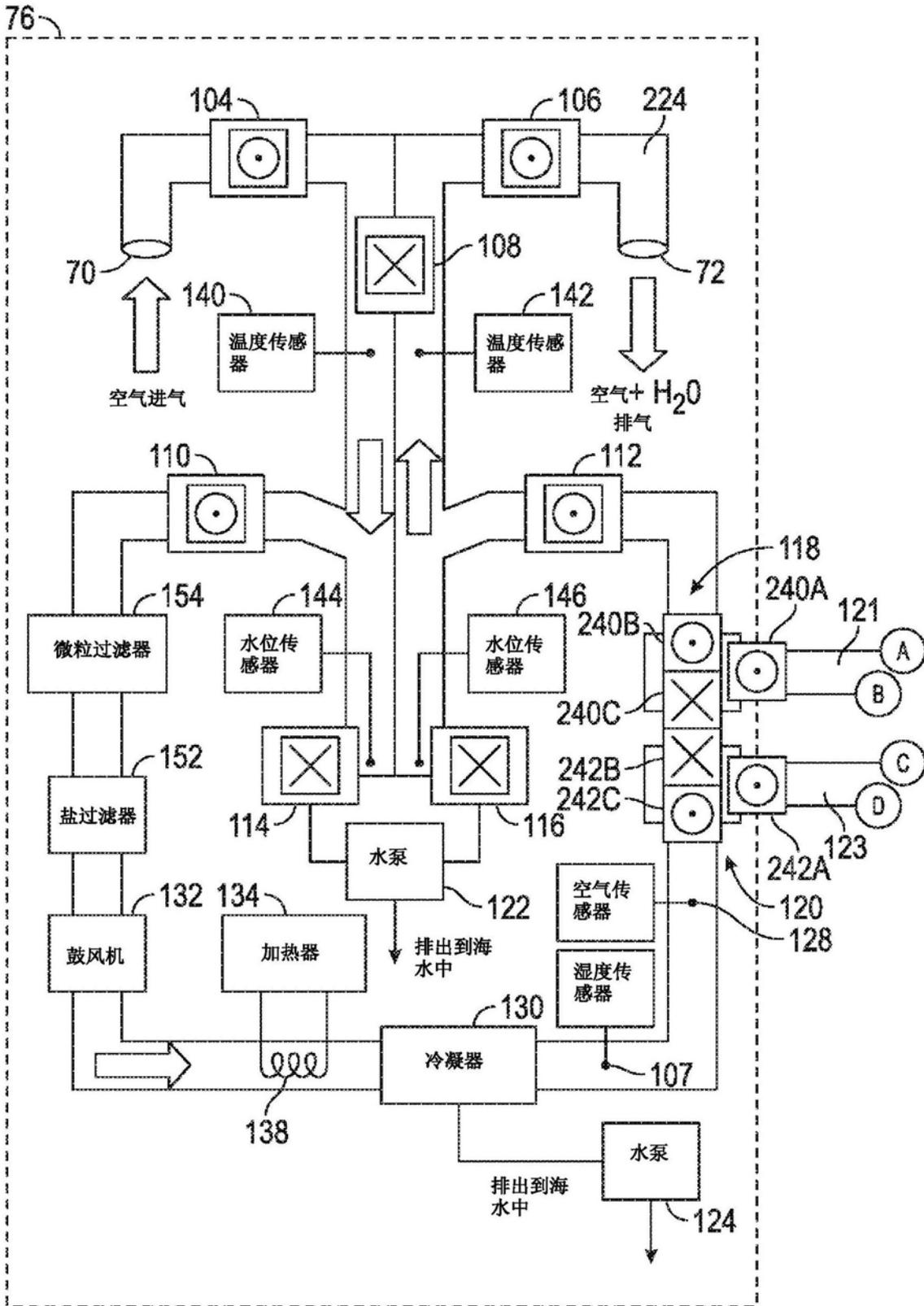


图11A

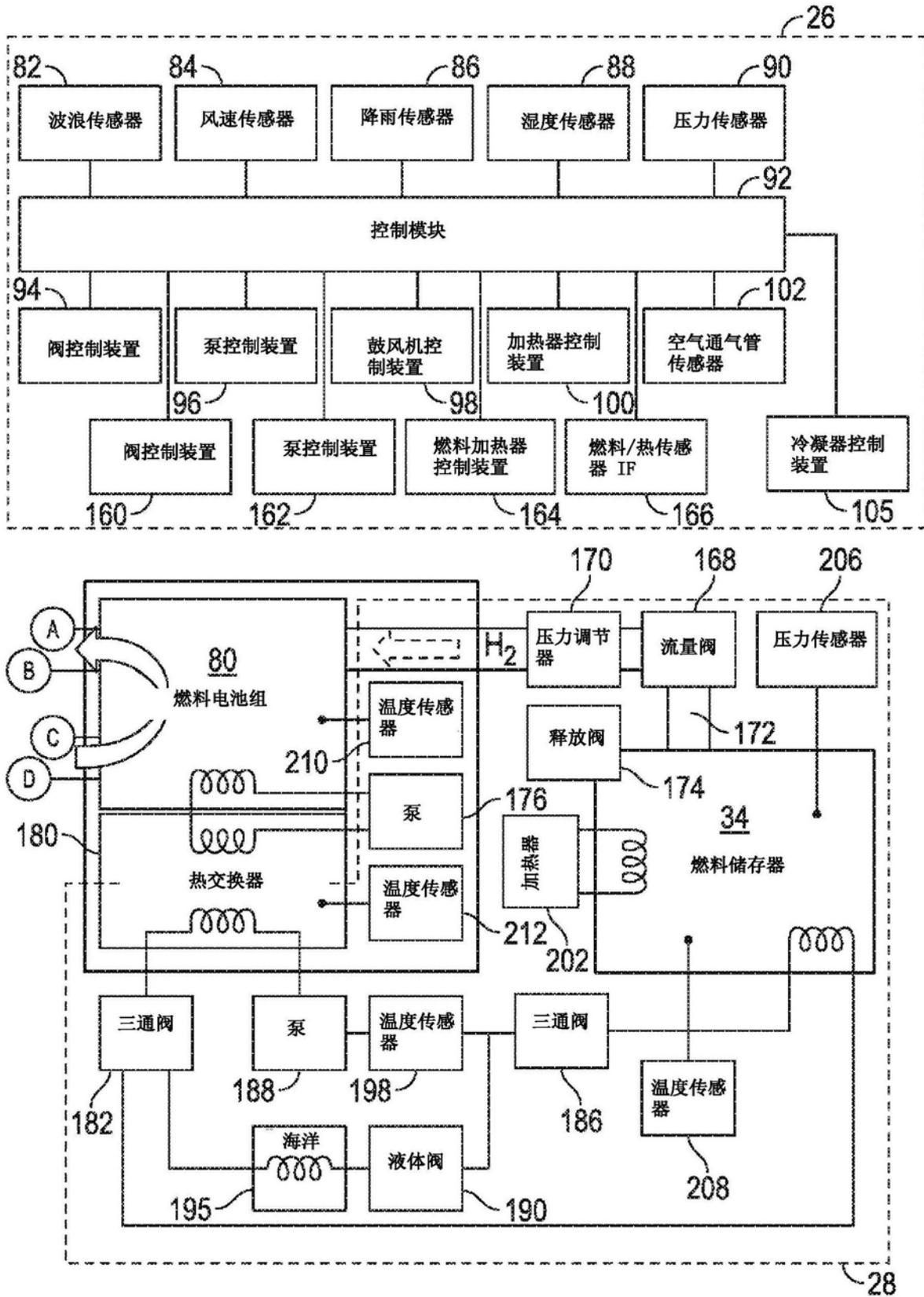


图11B

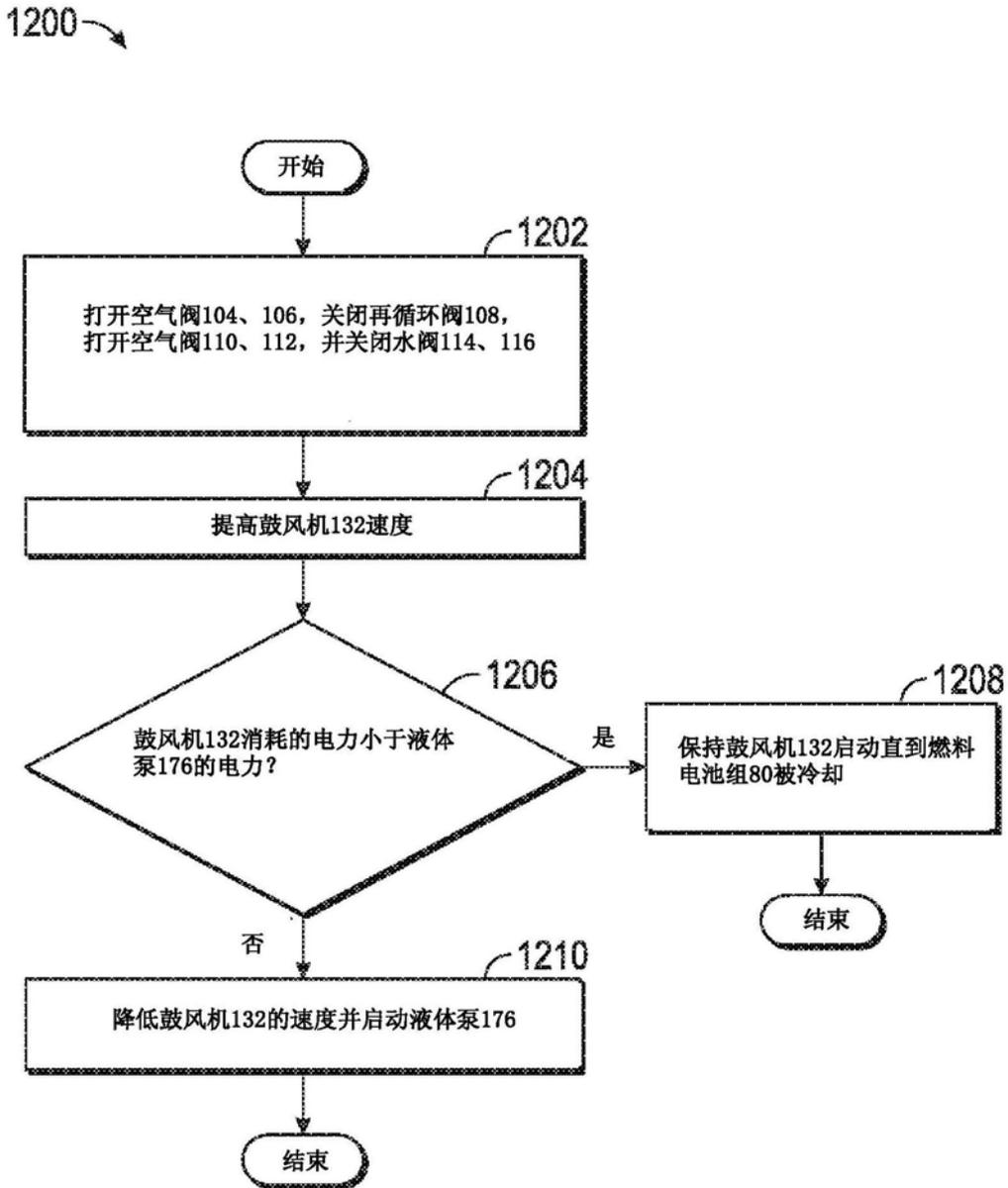


图12

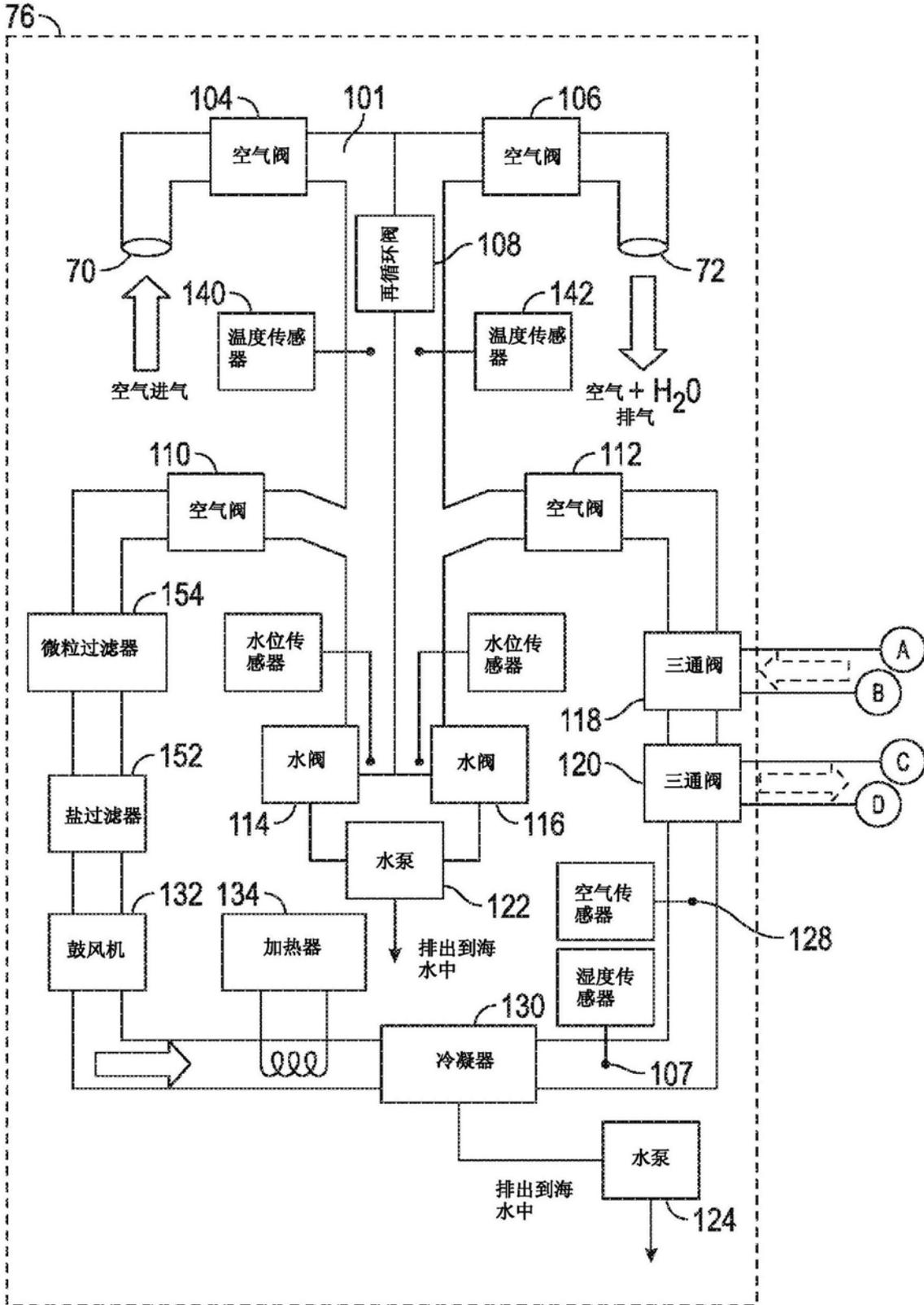


图13A

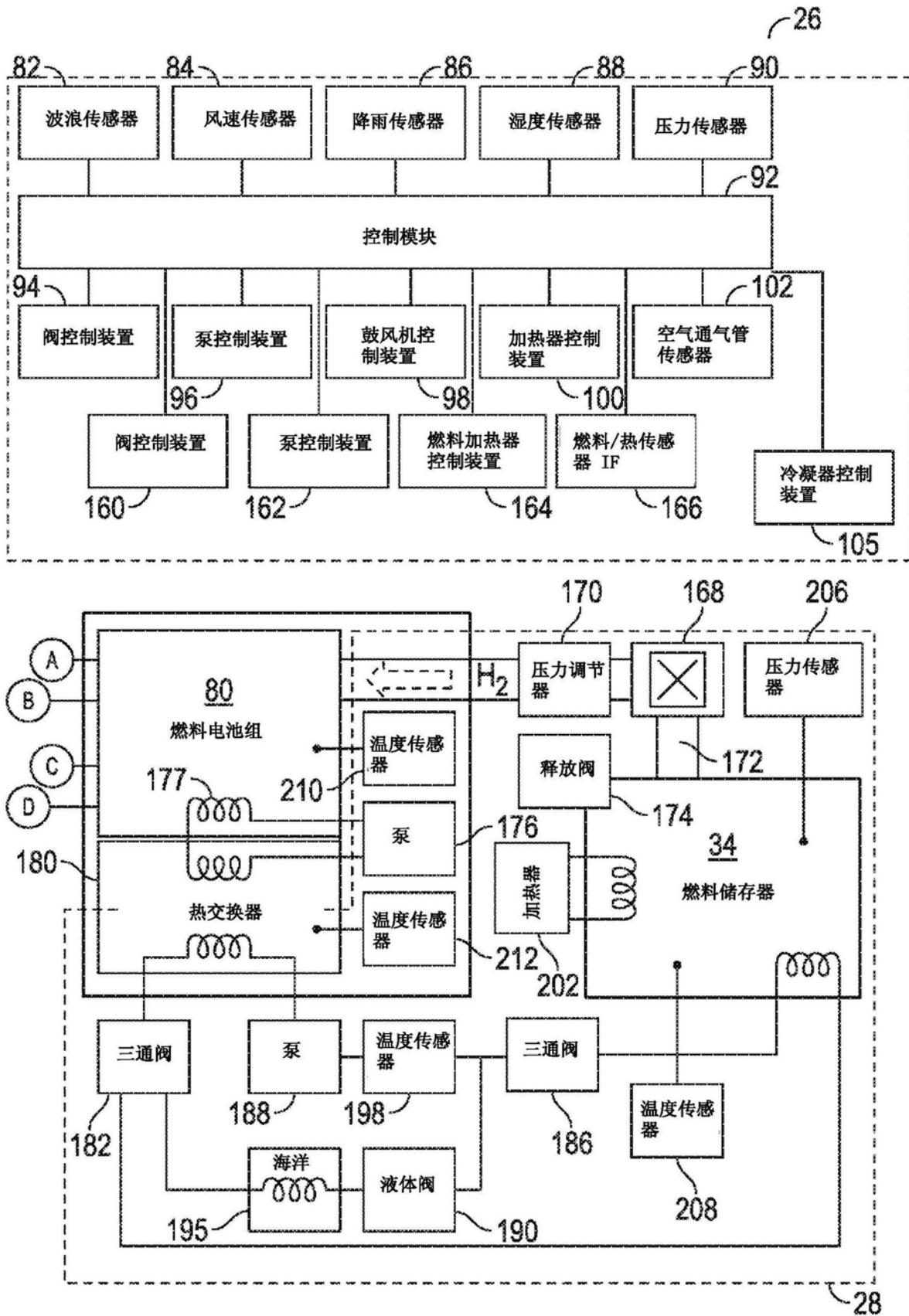


图13B

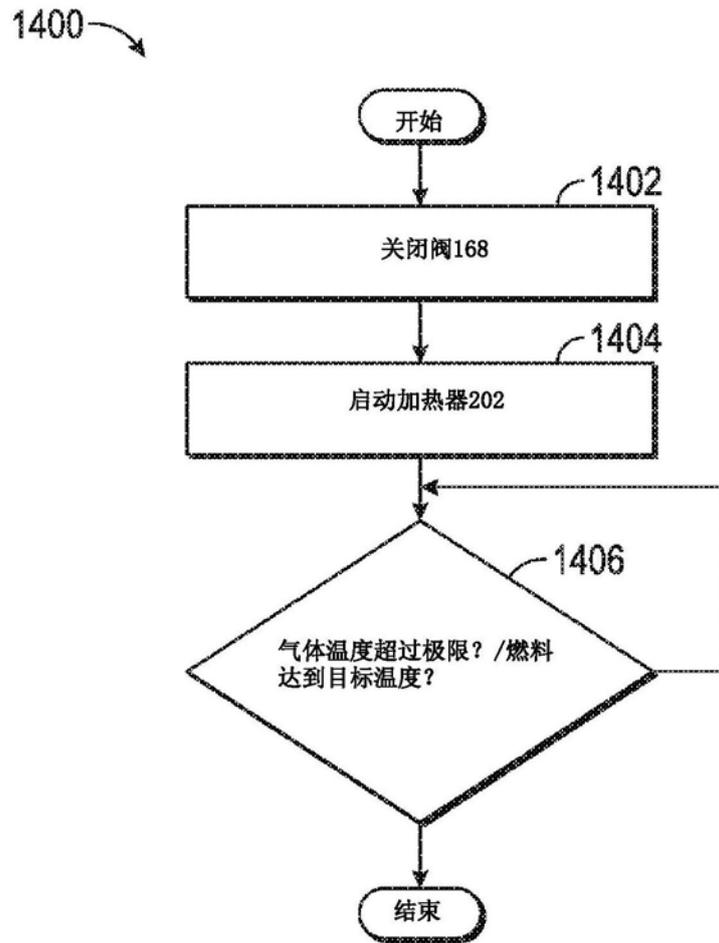


图14

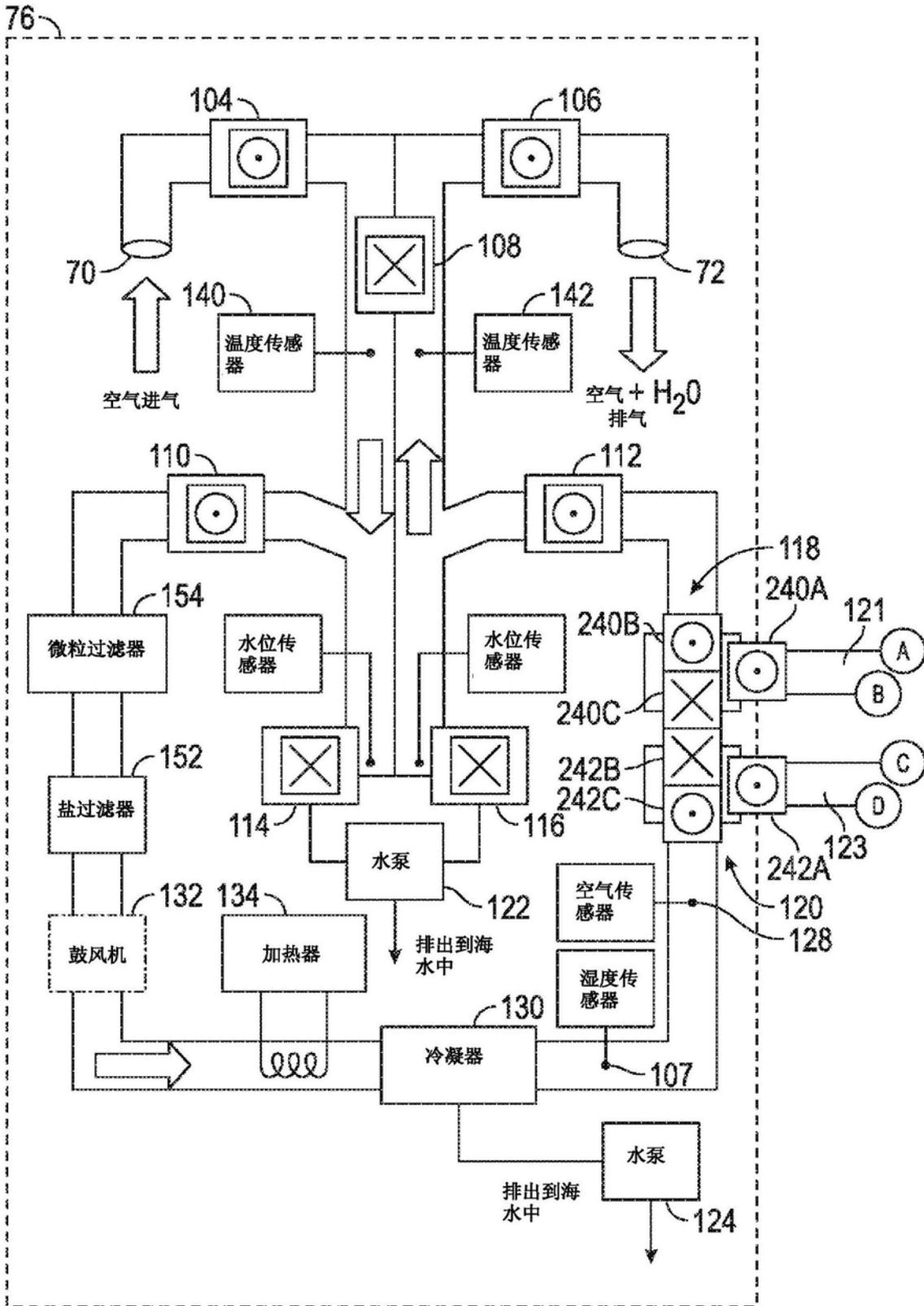


图15A

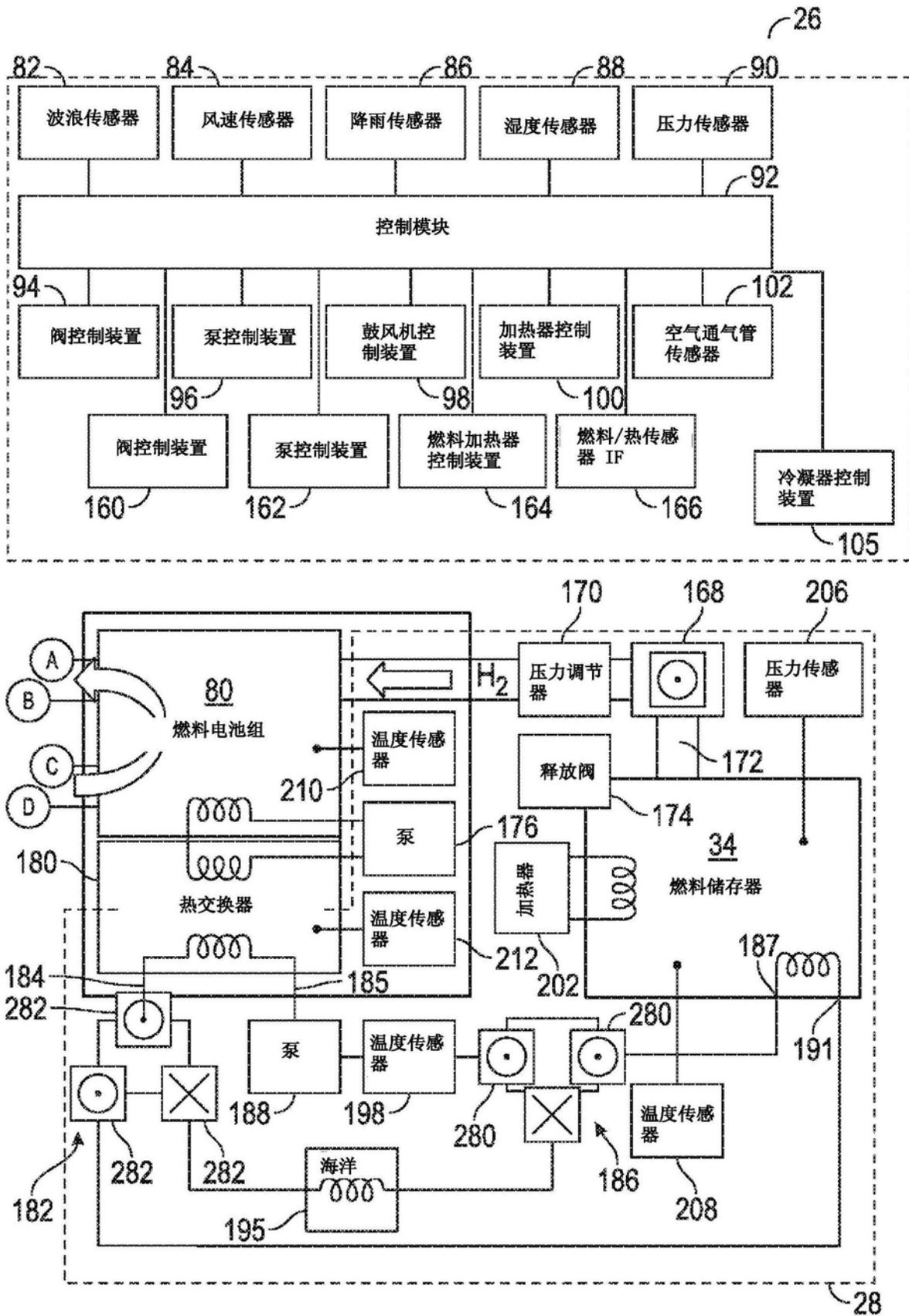


图15B

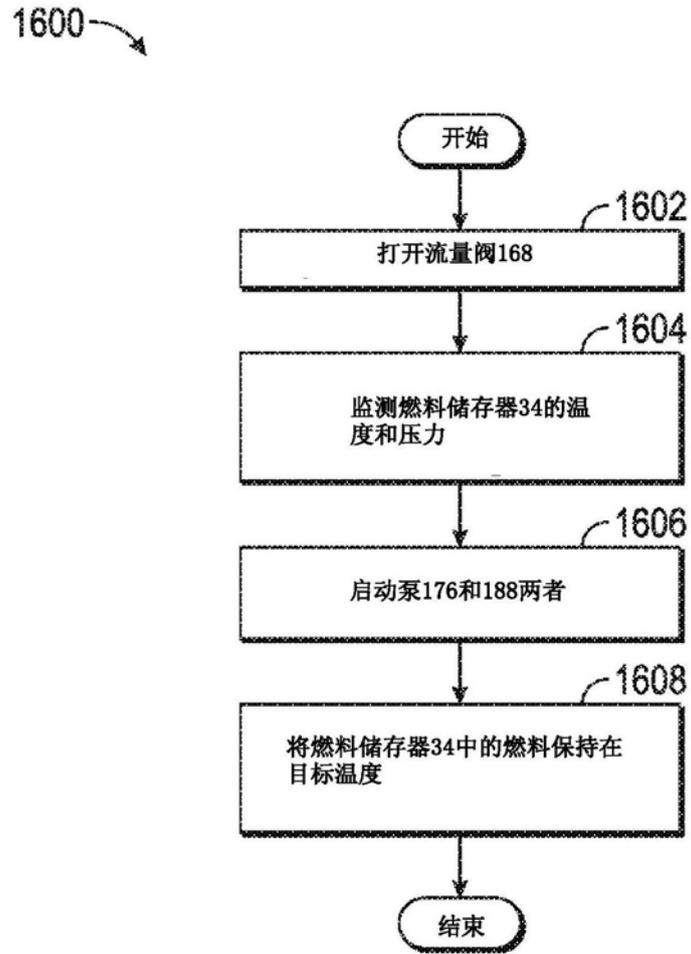


图16

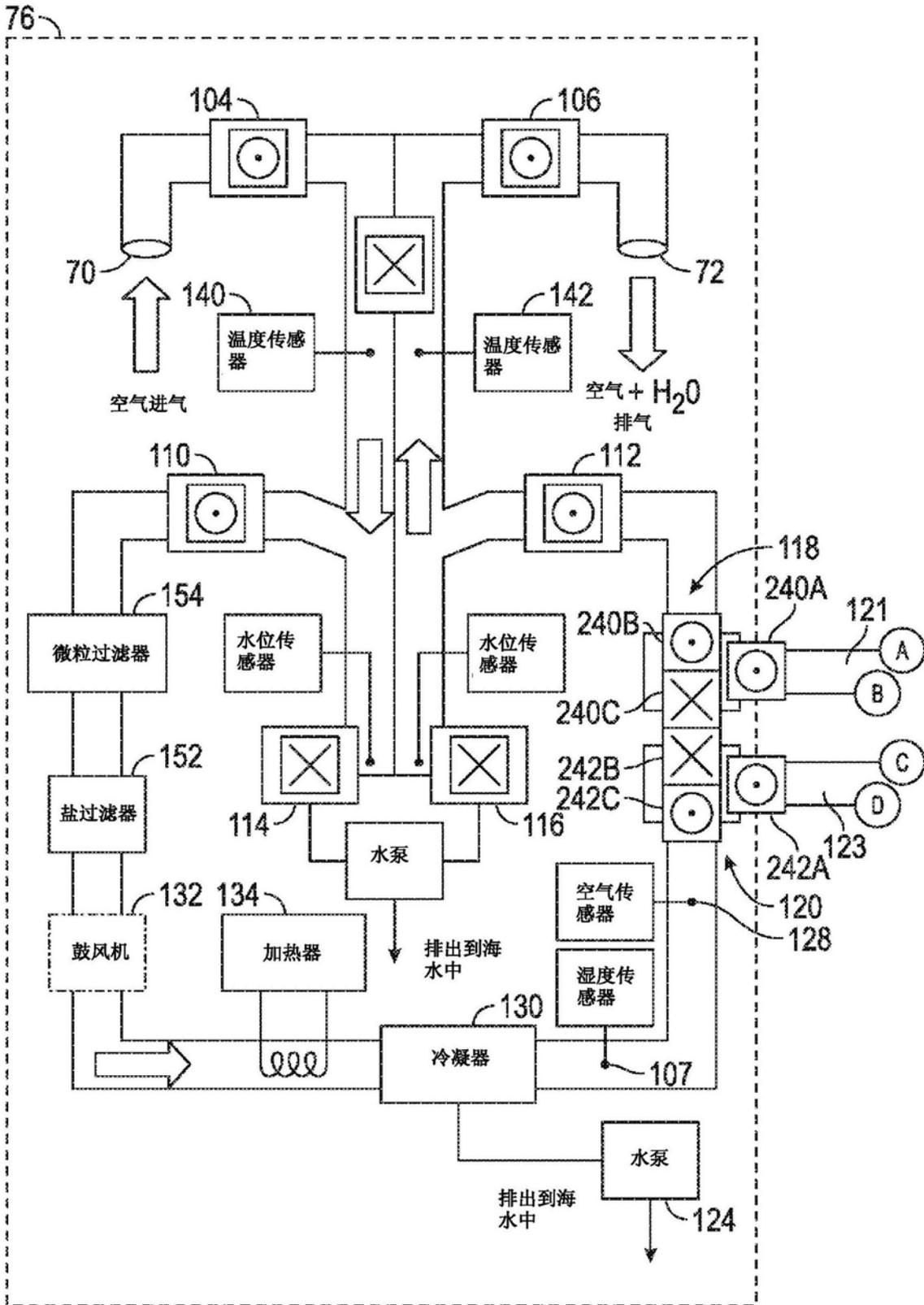


图17A

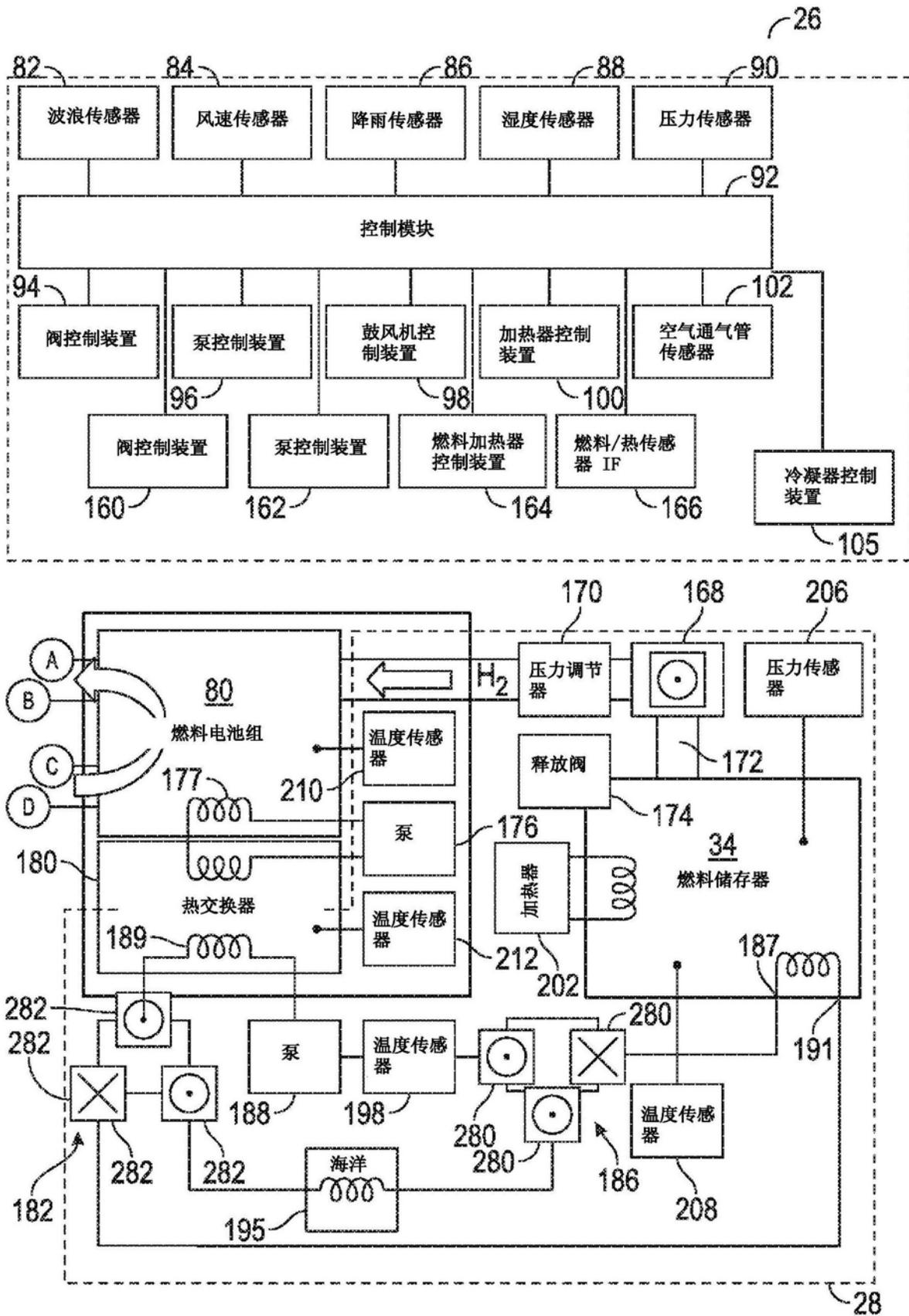


图17B

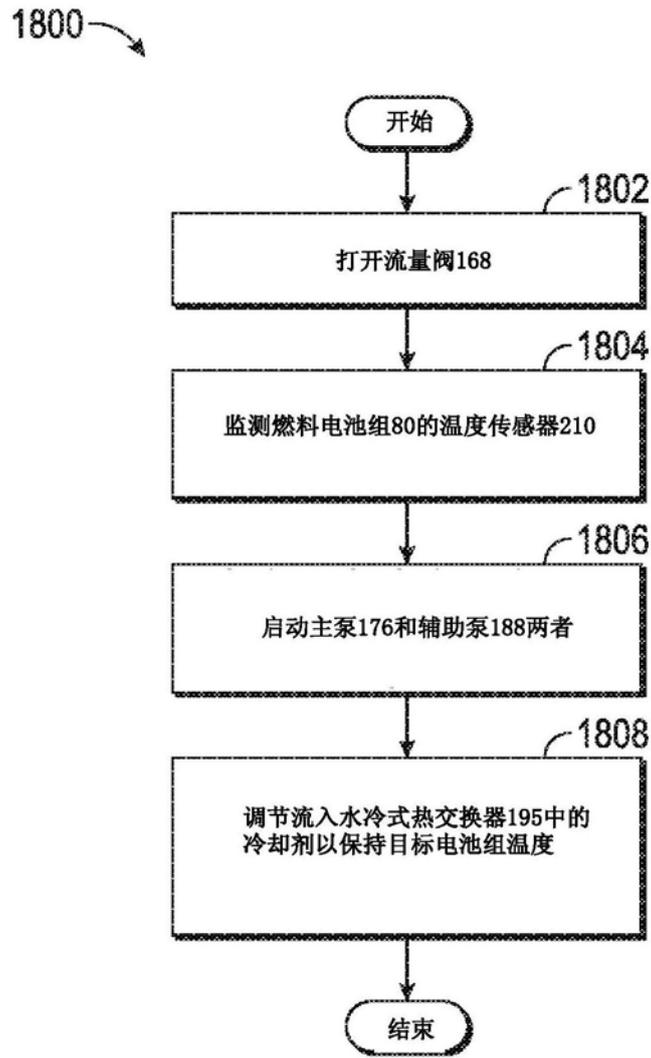


图18