

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01M 8/04 (2006.01)

H01M 8/12 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610077860.0

[43] 公开日 2006 年 11 月 15 日

[11] 公开号 CN 1862863A

[22] 申请日 2006.5.8

[21] 申请号 200610077860.0

[30] 优先权

[32] 2005. 5. 9 [33] US [31] 11/124,811

[71] 申请人 穆丹制造公司

地址 美国威斯康星

[72] 发明人 T·M·班德豪尔 M·J·赖因克

J·瓦伦萨 M·N·麦格雷戈

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商

标事务所

代理人 张祖昌

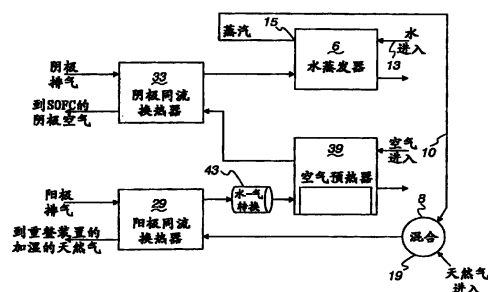
权利要求书 4 页 说明书 21 页 附图 8 页

[54] 发明名称

具有一体化热交换器网络的高温燃料电池系统

[57] 摘要

提供一种一体化燃料加湿器组件(200)，该组件包括：水蒸发器(6)，燃料加热器(67)和燃料/蒸汽混合器(8)，该混合器(8)连接至水蒸发器(6)以接收蒸汽且连接至燃料加热器(67)以接收已加热的燃料。空气入口流使用来自燃料电池叠层阳极排气流的热。



1. 一种一体化的燃料加湿器组件，该组件包括：

水蒸发器；

燃料加热器；及

燃料/蒸汽混合器，它连接到水蒸发器上以接收蒸汽，并且连接到燃料加热器上以接收加热过的燃料。

2.如权利要求 1 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，用板的叠层来限定水蒸发器、燃料加热器和燃料-蒸汽混合器，该板的叠层包括与输送热量的流体板相交错布置的水/燃料板。

3.如权利要求 1 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，由板的叠层来限定水蒸发器、燃料加热器和燃料-蒸汽混合器，其中该板的叠层包括与多个输送热量的流体板相交错布置的多个水/燃料板对。

4.一种系统，该系统需要湿润过的燃料流，该系统包括：

输送热量的流体源；

水源；

燃料源；及

一体化的燃料加湿器组件，该组件可操纵地连接到输送热量的流体源中以从其接收输送热量的流体流，可操纵地连接到水源上以从其接收水流，并且可操纵地连接到燃料源上以从其接收燃料流；一体化的燃料加湿器组件包括：

水蒸发器；

加热燃料流的燃料加热器；及

燃料-蒸汽混合器，该混合器连接到水蒸发器上以接收蒸汽并且连接到燃料加热器上以接收加热过的燃料。

5.如权利要求 4 所述的系统，其特征在于，一体化的燃料加湿器形成与通过水蒸发器的、输送热量的流体流成顺流关系地引导水流。

6.如权利要求 4 所述的系统，其特征在于，一体化的燃料加湿器

成形成把输送热量的流体流引导到位于水蒸发器的下游处的燃料加热器。

7.一种一体化的燃料加湿器组件，该组件包括：

水蒸发器，该水蒸发器包括与输送热量的流体流通道处于传热关系的水流路径；

燃料加热器，该燃料加热器包括与输送热量的流体流通道处于传热关系的燃料流路径；及

燃料-蒸汽混合器，它连接到水流通道中以接收蒸汽并且连接到燃料流路径中以接收加热过的燃料。

8.如权利要求 7 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，燃料加热器相对于输送热量的流体流路径设置在水蒸发器的下游。

9 如权利要求 7 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，所述水流路径包括多个平行的水流通道；

所述燃料流路径包括多个平行的燃料流通道，及

所述输送热量的流体流路径包括多个平行的输送热量的流体流通道，这些流体流通道与水蒸发器中的水流通道相交错布置，并且与燃料加热器中的燃料流通道相交错布置。

10.如权利要求 9 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，所述燃料-蒸汽混合器包括增压室，该增压室连接到所有的所述水和燃料流通道。

11.如权利要求 9 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，每个所述水流通道包括入口部分，该入口部分限定水流的液体压力降区域。

12.如权利要求 11 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，液体压力降区域包括盘旋流动路径。

13.如权利要求 11 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，每个所述入口部分通过热隔断部与相应水流通道的剩余部分相热隔离。

14.如权利要求 13 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，

每个所述热隔断部是槽，该槽在相应的入口部分和水流通道的剩余部分之间进行延伸。

15.如权利要求 11 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，由热隔断部使所述入口部分与所述输送热量的流体流通道相分离。

16.如权利要求 15 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，所述热隔断部呈增压室形式，该增压室通到大气中并且在所有所述入口部分和所述输送热量的流体流路径之间延伸。

17.如权利要求 9 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，通过多个水/燃料板限定出所述流体通道，这些板与多个输送热量的流体板相交错，每个所述水/燃料板限定一个所述水流通通道和一个所述燃料流通道，每个所述输送热量的流体板限定一个所述输送热量的流体通道。

18.如权利要求 17 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，每个所述板还包括水/燃料混合室，所述这些室对准以形成水/燃料混合增压室，并且所述水/燃料板中的所述这些室通向水流通通道和燃料流通道中。

19.如权利要求 17 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，每个所述水/燃料板限定水入口部分作为水/燃料板的水流通道的部分，其中用所述水/燃料板中的槽使所述水入口部分与所述水流通道的剩余部分相分离。

20.如权利要求 17 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，用通向所述水/燃料板的相对面的槽来限定所述水/燃料板中的每个所述流动通道。

21.如权利要求 17 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，每个所述水流通通道具有盘旋形的形状。

22.如权利要求 17 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，每个所述输送热量的流体板包括周边框架，该周边框架与所述水/燃料板中的邻近一个的周边相对应。

23.如权利要求 9 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，

用多个水/燃料板对限定所述流动通道，这些板对与多个输送热量的流体板相交错，每个所述板对包括位于该板对的板中的其中一个内的多个槽，这些槽与该板对中的板的另一个板中的多个槽相叠置以限定所述水流通道的一个。

24.如权利要求 7 所述的一体化的燃料加湿器组件，它还包括：

输送热量的流体入口歧管；及

输送热量的流体出口歧管，输送热量的流体流路径从入口歧管延伸到出口歧管，燃料-蒸汽混合器位于靠近输送热量的流体出口歧管。

25.如权利要求 24 所述的一体化的燃料加湿器组件，其特征在于，所述水流路径包括蒸发部分，该蒸发部分的开始于邻近输送热量的流体入口并且终止于燃料-蒸汽混合器。

具有一体化热交换器网络的高温燃料电池系统

技术领域

本发明总体上涉及一种燃料电池，更准确地说，涉及一种高温燃料电池系统及其操作。

背景技术

燃料电池是一种电化学装置，该装置将储存在燃料中的能量高效地转换成电能。高温燃料电池包括固态氧化物和熔化碳酸盐燃料电池。这些燃料电池可以使用氢和/或烃类燃料进行操作。具有各种类别的燃料电池，如固态氧化物再生燃料电池，该燃料电池也允许反向操作，从而可使用作为输入的电，将氧化的燃料还原回到未氧化的燃料。

在高温燃料电池系统，如固态氧化物燃料电池（SOFC）系统中，氧化流通过燃料电池的阴极侧，而燃料流则通过燃料电池的阳极侧。氧化流通常是空气，而燃料流通常是富氢的气体，该富氢的气体是通过重整烃类燃料源产生的。操作在 750℃ 和 950℃ 之间的典型温度的燃料电池能够将带阴电的氧离子从阴极流动流（flow stream）输送到阳极流动流中，在这里，该离子与自由氢或者烃分子中的氢相结合，以形成水蒸汽和/或与一氧化碳相结合，以形成二氧化碳。来自带阴电的离子的过量电子通过在阳极和阴极之间接通的电路迂回到燃料电池的阴极侧，从而产生流过该电路的电流。

发明内容

根据本发明的一个方面，提供了一种一体化的燃料加湿器组件，该组件包括：水蒸发器；燃料加热器；及燃料/蒸汽混合器，它连接到水蒸发器上以接收蒸汽，并且连接到燃料加热器上以接收加热过的燃料。

在一个方面中，用一板的叠层来限定出水蒸发器、燃料加热器和燃料-蒸汽混合器，这板的叠层包括与输送热量的流体板相交错布置的

水/燃料板。

根据一个方面，用一板的叠层来限定出水蒸发器、燃料加热器和燃料-蒸汽混合器，其中该一板的叠层包括与多个输送热量的流体板相交错布置的多个水/燃料板对。

根据本发明的一个方面，提供了一种系统，该系统需要湿润过的燃料流。该系统包括输送热量的流体源、水源、燃料源和一体化的燃料加湿器组件，该组件可操纵地连接到输送热量的流体源中以接收输送热量的流体流，可操纵地连接到水源上以接收水流，并且可操纵地连接到燃料源上以接收燃料流。一体化的燃料加湿器组件包括水蒸发器、加热燃料流的燃料加热器和燃料-蒸汽混合器，该混合器连接到水蒸发器上以接收蒸汽并且连接到燃料加热器上以接收加热过的燃料。

在一个方面中，一体化的燃料加湿器成形成与通过水蒸发器的、输送热量的流体流成顺流关系地引导水流。

在一个方面中，一体化的燃料加湿器成形成把输送热量的流体流引导到位于水蒸发器的下游处的燃料加热器中。

根据本发明的一个方面，提供了一种一体化的燃料加湿器组件，该组件包括水蒸发器、燃料加热器和燃料-蒸汽混合器。该水蒸发器包括与输送热量的流体流通道处于传热关系的水流路径。燃料加热器包括与输送热量的流体流通道处于传热关系的燃料流路径；及燃料-蒸汽混合器连接到水流通道中以接收蒸汽并且连接到燃料流路径中以接收加热过的燃料。

在一个方面中，燃料加热器相对于输送热量的流体流路径设置在水蒸发器的下游。

在一个方面中，水流路径包括多个平行的水流通通道，燃料流路径包括多个平行的燃料流通通道，及输送热量的流体流路径包括多个平行的输送热量的流体流通通道，这些流体流通通道与水蒸发器中的水流通通道相交错布置，并且与燃料加热器中的燃料流通通道相交错布置。

在另一个方面中，燃料-蒸汽混合器包括增压室，该增压室连接到所有的水和燃料流通通道中。

在另一个方面中，每个水流通道包括入口部分，该入口部分限定出水流的液体压力降区域。

根据一个方面，液体压力降区域包括盘旋流动路径。

在一个方面中，每个入口部分用热隔断部与相应水流通道的剩余部分相热隔离。在另一个方面中，每个热隔断部是槽，该槽在相应的入口部分和水流通道的剩余部分之间进行延伸。

在一个方面中，用热隔断部使入口部分与输送热量的流体流通道相分离。在另一个方面中，热隔断部呈增压室形式，该增压室通到大气中并且在所有入口部分和输送热量的流体流路径之间进行延伸。

根据一个方面，用多个水/燃料板限定出流体通道，这些板与多个输送热量的流体板相交错布置，每个水/燃料板限定出一个水流通道和一个燃料流通道，每个输送热量的流体板限定出一个输送热量的流体通道。

在一个方面中，每个板还包括水/燃料混合室，这些室对准以形成水/燃料混合增压室，并且这些室通向水流通道和燃料流通道中。

在另一个方面中，每个水/燃料板限定出水入口部分以作为水/燃料板的水流通道的一部分，其中用水/燃料板中的槽使水入口部分与水流通道的剩余部分相分离。

根据一个方面，每个水流通道具有盘旋形的形状。

在一个方面中，一体化的燃料加湿器组件还包括输送热量的流体入口歧管和输送热量的流体出口歧管，其中输送热量的流体流路径从入口歧管延伸到出口歧管，燃料蒸汽混合器位于靠近输送热量的流体出口歧管。在一个方面中，水流路径包括蒸发部分，该蒸发部分的开始于邻近输送热量的流体入口并且终止于燃料-蒸汽混合器。

包括附加的权利要求和附图在内的整个说明使得本发明的其它目的、特征和优点变得更加清楚。

附图说明

图 1 是比较示例的系统中的流体流的温度对热量的曲线图；

图 2 和 3 是本发明的第一优选实施例的燃料电池系统的示意图。

图 2 是系统部件和流程图；图 3 示出燃料电池系统的热交换器网络的示意图。

图 4、5、6 和 8 是本发明的优选实施例的系统中的各种流体流的温度对热量的曲线图；

图 7 示出本发明的第三优选实施例的燃料电池系统的热交换器网络的示意图。

图 9 示出本发明的一体化燃料加湿器组件某些部分的概略图。

图 10 是某些部分的概略图，表示图 9 中组件的流动路径；

图 11 是图 9 中组件的一个实施例的局部分解透视图。

图 12 是图 11 中组件的热交换器板的平面图；

图 13 是用于图 9 中组件的一个实施例中的热交换器板对的局部分解透视图。

具体实施方式

为了使 SOFC 保持在它的工作高温上，排出燃料电池的阳极和阴极流动流通常通过一系列的同流热交换器（**recuperative heat exchanger**）将热量传递到进入流（**incoming flows**）中。在比较示例中，这个可以包括将热量传递到液态水源中以便产生蒸汽的过程，该蒸汽用来对烃类燃料进行蒸汽重整，以产生富氢的重整产品流。

例如，阴极热量可同流换热地从阴极排气流动流中传递到进入的阴极空气中，同时阳极热量部分地、同流换热地从阳极排气传递到供给蒸汽重整装置的进入加湿的燃料，比如天然气中，并且部分地传递到水中，以产生正被提供到燃料中以加湿燃料的水蒸汽。此外，阳极排气中的水蒸汽可被收回，以全部或者部分地用作蒸汽重整装置的水源。

发明人发现，对其中使用阳极（即燃料侧）排气流来加热加湿的燃料并且蒸发水的系统热力学分析揭示出：与传递到进入加湿的燃料（即水和燃料）所需的能量相比，在排出燃料电池的阳极排气中可将得到更多的能量。但是，在阳极排气中所得到的热量和供给所需的热量两者中的大部分是潜热的形式。其结果是，尽管在阳极排气中可以

得到足够多的能量，但是如下试图在商业上可能不切实可行，即试图将热量通过热交换器从阳极排气传递到水和天然气中，而在该热交换器中，热量借助于对流从阳极排气流传递到分开排气流和一个或者多个进入流体的导热表面中，再从所述表面传递到一个或者多个进入流体中。

上述问题示出在图 1 中，该图 1 示出温度对为阳极排气和水传递的热量的曲线图。图 1 中的条件假定是从水-气转换反应器（shift reactor）进入蒸发器（即汽化器）和假设逆流蒸发器的 400℃ 阳极排气温度能够使水在最小的过热下获得完全的蒸发。

在图 1 中可以看到，对于基本部分的热负荷（heat duty）（即在 Q 值大约为 1100W 到大约 1750W 时，水的曲线位于阳极排气曲线的上方），冷凝来自完全饱和的阳极排气中的水蒸汽并且等温地蒸发水会导致排热的阳极排气温度降低到低于受热水的温度。其结果是，只通过使用典型的热交换器在流体之间实现所需的热传递，在图 1 假定的条件下是不能实现的，因为典型热交换器的热传递需要导热分开材料的温度要低于排热流体的局部体积流体温度并且高于受热流体的局部体积流体温度。

因此，多半需要额外的加热源来蒸发足够的水，以满足甲烷重整所需的蒸汽量，它在具有 6.5kW 电输出的系统中可以高达 1.5kW。这种额外的加热源降低了系统效率。

发明人发现，阴极（即空气侧）排气可以用来蒸发正被提供到燃料中的水和/或用来加热正被提供到该系统中的燃料。通过使用这种替代方法来收回 SOFC 燃料电池系统中的热能，排气的整个热势可以被收回来预热燃料电池供给物（feeds）而不需要质量转移装置，如焓轮（enthalpy wheel）或者额外的热源。但是，在使用这种替换方法的一些系统中，依然最好能使用质量转移装置，如焓轮或者额外的热源。使用阴极排气来蒸发加湿燃料的水和/或使用阴极排气来加热进入燃料的系统也能够得到被动控制。但是，在使用阴极排气蒸发加湿燃料的水和/或使用阴极排气加热进入燃料的一些系统中，多半最好使用主

动控制。

图 2 和 3 示出本发明的第一优选实施例的燃料电池系统 1。优选的是，该系统 1 是高温燃料电池叠层系统，如固态氧化物燃料电池（SOFC）系统或者熔化碳酸盐燃料电池系统。系统 1 可以是再生系统，如固态氧化物再生燃料电池（SORFC）系统，该系统以燃料电池（即放电）和电解（即充电）两种模式进行操作，或者它可以是只以燃料电池模式进行操作的非再生系统。

系统 1 包含一个或者多个高温燃料电池叠层 3。叠层 3 可以装有多数 SOFC、SORFC 或者熔化碳酸盐燃料电池。每个燃料电池含有电解质、位于阳极室内电解质的一侧上的阳电极、位于阳极室内电解质的另一侧上的阴电极以及其它部件，如分离板/电接点、燃料电池壳体和绝缘体。在以燃料电池模式进行操作的 SOFC 中，氧化剂，如空气或者氧气进入到阴极室中，同时燃料，如氢或者烃类燃料进入到阳极室中。可以使用任何合适的燃料电池结构和部件材料。

系统 1 还装有传热装置 5，该传热装置 5 在图 2 中标示为燃料加湿器。装置 5 适合于从燃料电池叠层 3 的阴极排气进行传热，以蒸发将要提供到燃料入口流的水，并且还使燃料入口流与蒸汽（即蒸发的水）相混合。优选的是，传热装置 5 装有水蒸发器（即汽化器）6，该水蒸发器适合于使用来自阴极排气流的热量来蒸发水。蒸发器 6 含有：第一输入端 7，它可操作地连接到燃料电池叠层 3 的阴极排气出口 9 上；第二输入端 11，它可操作地连接到水源 13 上；以及第一输出端 15，它可操作地连接到叠层 3 的燃料入口 17 上。传热装置 5 还装有：燃料-蒸汽混合器 8，该混合器 8 混合蒸汽或者水蒸汽，它们从蒸发器 6 的第一输出端 15 通过导管 10 提供到混合器 8 中；和输入燃料，如甲烷或者天然气，它们从燃料入口 19 提供，如图 3 所示。

术语“可操作地连接”表示，可操作地连接的部件可以直接或者间接地相互连接。例如，两个部件可通过流体（即气体和/或液体）导管相互直接连接。另一方面，两个部件可以间接地相互连接，使得流体流在第一部件到第二部件之间流过系统的一个或者多个额外部件。

优选的是，系统 1 还装有重整装置 21 和燃烧器 23。重整装置 21 适合于把烃类燃料重整成含氢的反应产品，再将该反应产品提供到燃料电池叠层 3 中。优选的是，燃烧器 23 用热的方法与重整装置 21 结合成一体，以把热量提供到重整装置 21 中。优选的是，燃料电池叠层 3 的阴极排气出口 9 可操作地连接到燃烧器 23 的入口 25 上。此外，烃类燃料源 27 也可操作地连接到燃烧器 23 的入口 25 上。

烃类燃料重整装置 21 可以是能够部分或者全部地重整烃类燃料以形成含碳和含游离氢的燃料的任何合适装置。例如，燃料重整装置 21 可以是能够将烃类气体重整成游离氢和含碳气体的气体混合物的任何合适装置。例如，通过蒸汽甲烷重整 (SMR) 反应，使燃料重整装置 21 可以重整加湿的沼气，如天然气以形成游离氢、一氧化碳、二氧化碳、水蒸汽和任意的残余量未重整沼气。然后把游离氢和一氧化碳提供到燃料电池叠层 3 的燃料入口 17 中。优选的是，燃料重整装置 21 用热的方法与燃料电池组 3 结合成一体，以支持重整装置 21 内的吸热反应并且冷却叠层 3。在上下文中的术语“用热的方法结合成一体”表示，来自燃料电池叠层 3 中的反应的热量驱动燃料重整装置 21 内的净吸热燃料重整。通过将重整装置和叠层置于相同的热箱 37 和/或置于相互热接触中，或者通过提供将叠层连接到重整装置上的热导管或者热导材料，使燃料重整装置 21 可以用热的方法与燃料电池叠层 3 结合成一体。

在稳态操作期间，燃烧器 23 将补充热量提供到重整装置 21 中，以进行 SMR 反应。燃烧器 23 可以用热的方法与重整装置 21 结合成一体的任何合适的燃烧器。燃烧器 23 通过入口 25 接受烃类燃料，如天然气和氧化剂（即空气或者其它含氧的气体），如叠层 3 的阴极排气流。但是，可以将除了阴极排气流之外的其它氧化剂源提供到燃烧器中。在燃烧器内燃烧燃料和阴极排气流（即热空气）以产生热量来加热重整装置 21。燃烧器出口 26 可操作地连接到传热装置 5 的入口 7 上，以将与燃烧的燃料成分混合的阴极排气从燃烧器中提供到传热装置 5 中。尽管所示的系统 1 使用了通过燃烧器的、传热装置 5 内的阴

极排气流，但是在一些系统中多半最好利用没有通过燃烧器的、传热装置 5 中的阴极排气流。

优选的是，从在重整装置的稳态操作期间（并不是在刚刚起动期间）进行操作的燃烧器 23 和叠层 3 的阴极（即空气）排气流中提供补充到重整装置 21 的热量。最优选的是，燃烧器 23 与重整装置 21 直接接触，并且叠层 3 的阴极排气构造成使得阴极排气流接触重整装置 21 和/或环绕重整装置 21，以有利于额外的传热。这降低了对 SMR 的燃烧热的要求。

优选的是，重整装置 21 夹在燃烧器 23 和一个或者多个叠层 3 之间，以有助于传热。当重整装置不需要热量时，燃烧器装置起着热交换器的作用。因此，相同的燃烧器 23 可以用在系统 1 的起动和稳态操作中。

系统 1 还包括燃料预热器热交换器（即阳极同流换热器）29，该燃料预热器热交换器适合于使用来自叠层 3 阳极排气出口 31 排出的燃料电池叠层 3 的阳极排气流的热量来加热燃料入口流。系统 1 还包括阴极同流换热器热交换器 33，该热交换器 33 适合于使用来自叠层 3 阴极排气出口 9 排出的阴极排气流的热量来加热来自鼓风机 35 的空气入口流。优选的是，将与来自燃烧器 23 出口 26 的燃烧的燃料成分混合的阴极排气流提供到阴极同流换热器 33 中，以加热空气入口流。然后将与燃烧的燃料成分混合的阴极排气流提供到传热装置 5 的蒸发器 6 中，以将水蒸发成蒸汽，然后它被提供到燃料入口流中，该燃料入口流进入到重整装置 21 中。

优选的是，燃料电池叠层 3、重整装置 21、燃烧器 23、燃料预热器热交换器 29 和阴极同流换热器热交换器 33 设置在热箱 37 内。优选的是，阴极同流换热器热交换器 33 通过故意地尺寸不足，以确保排出热交换器 33 的阴极排气流的温度足够高，以使传热装置 5 能通过传递来自阴极排气流的热量将水蒸发成蒸汽。例如，在一个高度优选的实施例中，优选的是，阴极同流换热器热交换器具有小于预定尺寸的尺寸，使得阴极排气流以至少 200℃ 的温度，比如 200℃ 到 230℃、例如

大约 210℃ 排出阴极同流换热器热交换器。在这个高度优选的实施例中，阴极排气流以至少 800℃ 的温度，比如大约 800℃ 到大约 850℃、例如大约 820℃ 进入阴极同流换热器热交换器 33。阴极同流换热器热交换器 33 通过故意地尺寸不足，使这个高度优选的实施例具有大约 10kW 到 12kW，比如大约 11kW 的交换率。相反，这个高度优选的实施例的全尺寸的热交换器可具有大约 16kW 的交换率。尽管描述了一个高度优选实施例的具体温度和热交换率，但是应该明白，出口温度和进口温度以及热交换率将高度取决于每个具体应用的特殊参数，因此，应该明白，除非在权利要求中另有特别叙述之外，对具体的出口温度和入口温度或者热交换率没有限制。

优选的是，系统 1 还装有空气预热器热交换器 39，该热交换器 39 适合于使用从叠层阳极出口 31 排出的阳极排气流的热量预热来自鼓风机 35 的空气入口流。优选的是，鼓风机将空气入口流提供到系统 1 中，该系统 1 所包括的空气是燃料电池叠层 3 产生电能所需的空气的至少 2.5 倍，比如 2.5 到 6.5 倍、优选为 3-4.5 倍。例如，鼓风机 35 可以把空气入口流预热到大约 50℃。然后，从鼓风机把稍微预热过的入口空气流提供到空气预热器热交换器 39 中，在这里，气流被预热到大约 100℃ 到大约 150℃，举例来说，如大约 140℃。该预热过的空气入口流然后以大约 100℃ 到大约 150℃ 进入到阴极同流换热器热交换器 33 中，并且以大约 700℃ 到大约 750℃、比如大约 720℃ 排出热交换器 33。由于预热过的空气入口流以大于室温的温度进入到阴极同流换热器热交换器 33 中，阴极排气流可以以大于 200℃ 的温度排出热交换器 33。因此，空气预热器热交换器 39 充分地预热空气入口流，从而允许使用尺寸不足的阴极同流换热器热交换器 33，这种热交换器降低了整个系统的制造成本。

优选的是，空气预热器 39 设置在热箱 37 的外部 and 阴极同流换热器 33 的上游，这样首先通过空气预热器 39 中的阳极排气流来加热空气入口流，接着再通过阴极同流换热器 33 中的阴极排气流来加热。因此，通过来自叠层 3 的阳极和阴极两种排气流来加热提供到叠层 3 的

阴极入口 41 中的空气入口流。

系统 1 任选地装有水气转换反应器 43，该反应器 43 适合于将燃料电池叠层阳极排气流中的至少一部分水蒸汽转换成游离氢。因此，反应器 43 的入口 45 可操作地连接到叠层阳极出口 31 上，而反应器 43 的出口 47 可操作地连接到空气预热器 39 的入口 49 上。水-气转换反应器 43 可以是排出燃料电池叠层 3 燃料排气出口 31 的至少一部分水转换成游离氢的任何合适的装置。例如，反应器 43 可以包括管或者导管，该管或者导管装有催化剂，该催化剂把阳极排气流中的一些或者全部一氧化碳和水蒸汽转换成二氧化碳和氢。催化剂可以是任何合适的催化剂，比如氧化铁或者铬促进氧化铁催化剂。

系统 1 还任选地装有冷凝器 51，优选地使用环境空气流作为吸热设备，该冷凝器 51 适合于将阳极排气流中的水蒸汽冷凝成液态水。系统 1 还任选地装有氢回收系统 53，该系统 53 适合于在阳极排气流通过冷凝器 51 之后从阳极排气流中回收氢。例如，氢回收系统可以是压力摆动吸收系统或者另一合适的气体分离系统。优选的是，在阳极排气流进入到冷凝器 51 中减少冷凝器 51 上的负荷之前，空气预热器 39 部分地冷凝阳极排气流中的水蒸汽。因此，空气预热器 39 的出口 55 可操作地连接到冷凝器 51 的入口 57 上。冷凝器 51 的第一出口 59 将从水中分离出的氢和其它气体提供到氢回收系统 53 中。冷凝器 51 的第二出口 61 将水提供到任选的水净化系统 63 中。来自净化系统 63 的水通过入口 11 被提供到蒸发器 6 中，该蒸发器 6 包括一部分传热装置 5。

系统 1 还任选地装有脱硫器 65，该脱硫器 65 设置在来自燃料源 27 的燃料入口流的路径中。脱硫器 65 从燃料入口流中除去一些或者全部的硫。优选的是，脱硫器 65 包括：催化剂，比如 Co-Mo 或者其它合适的催化剂，该催化剂可以从氢化的、含硫的天然气燃料中产生 CH_4 和 H_2S 气体；及吸附剂层，比如 ZnO 或者其它合适的材料，用来从燃料入口流中除去 H_2S 气体。因此，无硫或者减少硫的烃类燃料，比如甲烷或者天然气离开脱硫器 65。

参照图 2 和 3 对本发明第一优选实施例的系统 1 的操作方法加以描述。

从鼓风机 35 中通过导管 101 将空气入口流提供到空气预热器 39 中。在空气热器 39 中通过与来自水-气转换反应器 43 的阳极排气流交换热量来预热空气入口流。然后，通过导管 103 将预热过的空气入口流提供到阴极同流换热器 33 中，在这里，通过与阴极排气流交换热量，将空气入口流加热到更高的温度。然后，通过导管 105 将空气入口流提供到叠层 3 的阴极入口 41 中。

然后空气作为阴极排气流排出叠层 3 阴极出口 9。该阴极排气流环绕重整装置 21 并通过导管 107 和入口 25 进入到燃烧器 23 的燃烧区中。脱硫过的天然气或者另一烃类燃料从燃料入口 27 通过导管 109 还供给到燃烧器 23 入口 25 中，以进行额外的加热。来自燃烧器 23 的排气流（即阴极排气流）然后通过导管 111 进入到阴极同流换热器中，在这里，它与进入的空气交换热量。

此后，通过导管 113 将阴极排气流提供到传热装置 6 的蒸发器 6 中。然后在蒸发器 6 中抽出留在阴极排气流中的其余部分的热量，以便在通过排气导管 115 排出之前蒸发用于蒸汽甲烷重整的水。

在燃料侧，烃类燃料入口流从燃料源 27，比如储气箱或者装阀的天然气管进入到脱硫器 65 中。脱过硫的燃料入口流（即脱过硫的天然气）然后通过导管 117 进入到传热装置 5 的燃料混合器 8 中。在混合器 8 中，使燃料与来自蒸发器 6 的、净化过的蒸汽相混合。

蒸汽/燃料混合物而后通过导管 119 被提供到燃料预热器 29 中。此后，在通过导管 121 进入到重整装置之前，依靠与燃料预热器 29 中的阳极排气流交换热量来加热蒸汽/燃料混合物。然后，重整产品从重整装置 21 通过导管 123 进入到叠层 3 的阳极入口 17 中。

叠层阳极排气流排出阳极出口 31 并且通过导管 125 被提供到燃料预热器 29 中，在这里，它加热进入的燃料/蒸汽混合物。来自热箱 37 的阳极排气流此后通过导管 127 进入到水气转换反应器 43 中。来自反应器 43 的阳极排气流而后通过导管 129 被提供到空气预热器 39 中，

在这里，它与空气入口流交换热量。然后，通过导管 131 将阳极排气流提供到冷凝器 51 中，在这里，从阳极排气流中除去水，并且使水再循环或者把水排出。例如，水通过导管 133 被提供到水净化器 63 中，它从净化器通过导管 135 提供到蒸发器中。另一方面，水通过进水口 137，比如水管被提供到净化器 63 中。富氢的阳极排气然后从冷凝器 51 通过导管 139 被提供到氢净化系统 53 中，在这里，从蒸汽中的其它气体中分离出氢。其它气体通过清洗导管 141 清除，而氢通过导管 143 提供作其它用途或者储存。

因此，如上所述，系统 1 中的流体流在多个不同位置上进行热量交换。阴极排气流环绕蒸汽甲烷重整装置 21 以供给重整所需的吸热热量。然后，将天然气或者其它烃类燃料根据需要直接加入到通过燃烧器 23 的阴极排气流中，以满足重整的全部热量需求。从燃烧器 23 排出的高温排气（它含有阴极排气流和燃烧过的燃料成分，称为“阴极排气流”）的热量被回收到阴极同流换热器 33 中进入的阴极空气中（即空气入口流）。排出燃料电池叠层 3 阳极侧的阳极排气流的热量首先被回收到燃料预热器 29 中进入的阳极供给物（即燃料入口流）中，然后回收到空气预热器 39 内进入的阴极供给物（即空气入口流）中。

优选的是，超过燃料电池反应所需的化学计算的量提供从鼓风机 35 供给到燃料电池叠层 3 中的空气，以便冷却叠层而带走由叠层所产生的热量。空气流量对化学计算量的典型比率超过 4、比如 4.5 到 6，优选大约为 5。这导致基本上比阳极气体（即燃料）更高的阴极空气质量流量。因此，如果阴极排气流只加热空气入口流，那么在阴极排气和空气入口流之间传递的热量明显高于在阳极排气和燃料入口流之间传递的热量一般大约 3 倍。

发明人发现，不是将从阴极排气流中回收到的所有热量直接传递到进入的空气中，而是系统 1 只将一部分阴极排气流热量传递到进入的空气入口流中，并且使用可得到的阴极排气流热量的剩余部分，以将蒸发器 6 内的水完全蒸发。

因此，在空气入口流被加热到合适的燃料电池温度之前，它用空

气预热器 39 中的阳极排气流来预热。这种预热确保当进入阴极同流换热器 33 中时，空气入口流具有足够高的温度，以确保同流换热器 33 能使空气入口流的温度升高到合适的燃料电池温度。

图 4 和 5 分别示出一个分析实施例的流体温度对蒸发器 6（即水汽化器）和空气预热器 39 传递的热量的曲线图。从图 4 和 5 中的曲线图可以看到，图 1 中所示的热力交叉（cross-over）被消除。这就不需要消耗额外燃料的湿度交换器或者补充加热器。

在热交换器中，“温度近似值”被定义为热交换器中任何位置上的两个流体流之间的最小温差。在图 4 和 5 中可以看到，两个热交换器（即蒸发器 6 和空气预热器 39）具有非常小的温度近似值，其位于远离热交换器每一端，在两相区域开始的地方。使每个热交换器中的温度近似值最大化是有利的，因为流体之间的导热速度随着这些流之间的局部温差的减小而降低，从而导致需要更大的热交换器来传递所需的热量。

如果在阴极同流换热器 33 中产生的总阴极空气预热的部分减小，那么温度近似值将在蒸发器 6 内增大。但是，温度近似值将在空气预热器 39 内减小。相反，如果在阴极同流换热器 33 中产生的总阴极空气预热的部分增大，那么温度近似值将在空气预热器 39 内增大。但是，温度近似值在蒸发器 6 内将减小。于是，在总的阴极热负荷中，将具有一些最佳的百分比，该百分比在阴极同流换热器 33 内应该被传递，以便使蒸发器 6 和空气预热器 39 内的温度近似值最大化。

发明人还发现，通过使用阴极排气流来蒸发水，使排出蒸发器 6 的蒸汽中的过热量对进入到蒸发器中的阴极排气流的温度和质量单位流量非常敏感。这在图 6 中可以看到，该图 6 示出阴极排气流质量流量（其中进入到蒸发器中的阴极排气流温度保持不变）中 4.5% 的增量对合成加湿的天然气温度的影响。

可以看到，进入燃料预热器 29 中加湿的天然气的温度由于阴极排气流流动速率中这种微小增量而提高了 28℃。这种温度的增量导致排出燃料预热器的阳极排气流的温度更高，及随后排出水气转换反应器

43 并进入空气预热器 39 中的温度更高。这又导致阴极空气预热的增加，从而势必提高进入蒸发器 6 中阴极排气流的温度，因此使该问题更加恶化。加湿的天然气温度将连续地步步上升，从而产生系统稳定性问题，除非入口空气流动速率得到控制。因此，阴极空气（即入口空气）流动速率需要得到控制，因为它是控制系统 1 的一个主要方法。

在第二优选实施例中，前面提及的潜在稳定性问题通过绕着蒸发器 6 具有可调整的阴极排气旁路可以得到减小或者消除，小部分的阴极排气流通过该旁路能够转向，以便控制通过蒸发器 6 的阴极排气流动速率。这个解决方案采用了流体流动速率的主动控制。

在第三优选实施例中，采用被动方法来减小或者消除前面提及的潜在稳定性问题，而不需要额外的监视和控制。发明人已发现，通过温度收缩效应（temperature pinch）限制蒸发器中增加的过热潜能，使进入燃料预热器 29 中加湿的天然气温度对阴极排气流动速率和/或温度的变化相对不敏感。

图 7 示出第三优选实施例的系统的换热器部分。第三优选实施例的系统的其它部分与图 2 和 3 所示的第一优选实施例的系统的其它部分相同。

如图 7 所示，水通过蒸发器 6 的流动方向与通过蒸发器 6 的阴极排气流的流动方向一致，而不是相反。不是在位于两相流动区域的开始处的蒸发器 6 中具有温度近似值，而是移到蒸发器 6 的传热区域的端部，在这里，温度近似值将“收缩”到零值或者非常接近零值。在这点之后，流与流之间不发生热传递，而且两个流体将以共同的温度或者接近共同的温度排出。阴极排气流动速率需要稍微增加，以确保阴极排气流的热容量足以获得水中的全部水汽量。然后，水（即蒸汽）带有一些过热量排出蒸发器 6。排出蒸发器 6 的阴极排气流随后可用来预热第二燃料预热器 67 中的燃料，比如天然气。由于燃料入口流与阴极排气流相比具有非常小的流动速率，因此非常容易获得 100% 的有效热传递并且将燃料入口流预热到与排出蒸发器的水汽和阴极排气流相同的温度。

因此,如图7所示,第三优选实施例的系统也装有第二燃料预热器67。该燃料预热器67包括:第一输入端69,它可操作地连接到燃料电池叠层3的阴极排气出口9上;第二输入端71,它可操作地连接到燃料源27上;及第一输出端73,它可操作地连接到燃料入口导管17上。第二燃料预热器67适合于将热量从燃料电池叠层的阴极排气流传递到正被提供到燃料电池叠层3的燃料入口流中。第三优选实施例中的蒸发器6包括顺流或者“同向流动”蒸发器,在这种蒸发器中,阴极排气流和水适合于沿着相同的方向流动,并且蒸发器的输出端可操作地连接到燃料预热器67的入口上,因此阴极排气流从蒸发器6流入第二燃料预热器67中。

因此,水和阴极排气流优选地被提供到蒸发器的相同侧和相互并行的流中。水被转变为蒸发器6中的蒸汽,并且被提供到蒸汽/燃料混合器8中。阴极排气流从蒸发器被提供到第二燃料预热器热交换器67中,在这里,它加热入口燃料流,该入口燃料流而后通过混合器8和第一燃料预热器热交换器(阳极同流换热器29)被提供到叠层3。

第三优选实施例的系统对阴极排气流的温度和质量流量的变化基本上不敏感。作为一个分析实施例,图8示出进入阳极同流换热器(即第一燃料预热器)29中加湿的天然气温度将提高低于7度,因为在第三优选实施例的系统中阴极排气流质量流量的增量为6.8%。这种小的温升不应引起上述温度的步步变动,因此在不需要主动控制入口空气和/或阴极排气流流动的情况下将使系统得以稳定。

因此,在本发明的优选实施例中,使用来自阴极排气流的热量来蒸发水。空气热交换器(即阴极同流换热器)的尺寸不足,使得热流以至少200℃,比如200℃到230℃的高温从其排出。空气以2.5和更大的理想配比(stoic)被供给到系统中,从而具有足够的排气热量来蒸发蒸汽甲烷重整所需的水。优选的是,这么多的空气被提供到燃料电池叠层中,该空气是燃料电池叠层产生电能所需空气的2.5到6.5倍之间、更加优选为3到4.5倍之间。进入到阴极同流换热器中的入口空气在空气预热器中使用阳极排气流进行预热,以降低阴极同流换

热器上的负荷。来自阳极排气流的水在空气预热器中部分地被冷凝，以降低阳极冷凝器中的负荷。

参照图 9，燃料加湿器 5 优选以一体化组件 200 的形式提供，该组件 200 作为一个整体装置包括水蒸发器 6、燃料加热器或者预热器，比如燃料预热器 67 和燃料/蒸汽混合器 8，该混合器 8 连接到水蒸发器 6 上，以从其中接受蒸汽并且连接到燃料加热器 67 上，以从其中接受加热过的燃料。水蒸发器 6 优选地包括水流路径 202，该水流路径 202 与输送热量的流体流路径 204 成传热关系，该流体流路径 204 在所示的系统中是阴极排气流路径，而燃料加热器包括燃料流路径 206，该燃料流路径 206 也与输送热量的流体流路径 204 成传热关系，该流体流路径 204 仍然是所示系统用的阴极排气流路径 204。燃料/蒸汽混合器 8 连接到水流路径 202 上，以从其中接受蒸汽并且连接到燃料流路径 206 上，以从其中接受加热过的燃料。如在图 9 中所看到的那样，燃料预热器 67 相对于输送热量的流体流路径 204 优选地设置在水蒸发器 6 的下游。但是，在一些应用中，燃料预热器 67 相对于输送热量的流体流路径 204 多半最好设置在水蒸发器 6 的上游。

参照图 10，在一个优选实施例中，水流路径 202 优选地包括多个平行的水流通道 210，燃料流路径 206 包括多个平行的燃料流通道 212，及输送热量的流体流路径 204 包括多个平行的输送热量的流体流通道 214，该通道 214 与水蒸发器 6 中的水流通道 210 交叉并且与燃料加热器 67 中的燃料流路径 212 交叉。进一步参照图 10，燃料/蒸汽混合器 8 优选为连接到所有水和燃料流通道 210 和 212 上的歧管或者增压室（plenum）216 的形式。

优选的是，每个水流通道 210 包括液体压降入口区域 220，相对于水流通道 210 的剩余部分 222，该区域 220 提供更大的压力降，从而有助于确保把水流合适地分配到所有的水流通道 210 中。但是，尽管区域 220 是优选的，但是在一些应用中，水流通道 210 多半最好没有任何这样的区域 220。

同样优选的是，每个区域 220 通过以 224 概略示出的热隔断部

(thermal break) 与输送热量的流体流路径 206 隔热。热隔断部 224 的作用是减少热传导到压降入口区域 220 中, 并且优选地防止或者限制区域 220 中水流的任何蒸发。

如在图 9 和 10 中看到的那样, 水流和输送热量的流体流通过一体化组件 200 具有顺流的关系, 该组件 200 的优点曾在本文前面论述过, 这些优点包括: 由于温度收缩效应为相关系统提供稳定性, 因而使该系统对输送热量的流体的流动速率的变化以及输送热量的流体的温度变化更加不敏感。尽管顺流布置是优选的, 但是在一些应用中, 该流动多半最好布置成达到逆流关系, 与顺流关系相比, 这种逆流关系或许可以使输送热量的流体流的流动速率和/或入口温度更低, 或者使加湿的燃料出口温度更高。

图 11 示出一体化燃料加湿器组件 200 的一个优选实施例。这个实施例使用了所谓的堆积式承载板 (stacked plate) 结构, 并且包括多个水/燃料板或者片 228, 这些板或者片与多个输送热量的流体板或者框架 230 交叉, 每个水/燃料板限定一个水流通道 210 和一个燃料流通道 212, 并且每个输送热量的流体板 230 限定一个输送热量的流体通道 214。

每个水/燃料板 228 还包括水/燃料混合室 232, 该混合室 232 通向通道 210 和 212, 分别从其中接受蒸汽和加热过的燃料。每个输送热量的流体板 230 还包括水/燃料混合室 234, 该混合室 234 从输送热量的流体流通道 214 被封闭。该室 232 和 234 对准, 以形成水/燃料混合增压室 216, 该增压室 216 贯穿所有的板 228 和 230。

每个水/燃料板 228 还包括一对输送热量的流体旁通开口 238 和 240, 该对开口 238 和 240 至水/燃料板 228 中的通道 210 和 212 被封闭。每个板 228 中的开口 238 和 240 分别与输送热量的流体板 230 中的、输送热量的流体流通道 214 的相对端部对准, 分别形成输送热量的流体入口歧管 242 和输送热量的流体出口歧管 244, 这些歧管 242 和 244 贯穿所有的板 228 和 230, 以将输送热量的流体分别导入和导出通道 214。

每个水/燃料板 228 还包括：水入口开口 246，该开口 246 相互对准并且对准每个输送热量的流体板 230 中的水旁通开口 250，以形成水入口歧管 252，该歧管 252 贯穿所有的板 228 和 230。

每个输送热量的流体板包括燃料旁通开口 254，该开口 254 对准与室 232 相对的每个水/燃料板 228 中的燃料流通道 212 的端部，以形成燃料入口增压室或者歧管 256，该增压室或者歧管 256 贯穿所有的板 228 和 230，从而将燃料供给到每个通道 212 中。

组件 200 还包括分离片 (separator sheets) 260，该分离片 260 插入在板 228 和 230 中每一个之间，以便将它们相应的流动通道相互密封，这在堆积式承载板热交换器结构中人所共知。每个分离片 260 具有开口 262、264、268、270 和 272，这些开口分别对准室 232 和 234、旁通开口 238、旁通开口 240、水入口开口 246 和旁通开口 250 以及燃料旁通开口 254 并且分别与它们相对应。

组件 200 还包括一对端板 280 和 282，这对端板夹在板 228 和 230 与片 260 之间，以流体不能透过的方式密封组件 200。端板 280 包括：输送热量的流体入口连接部或者孔口 284，该连接部或者孔口 284 对准输送热量的流体入口歧管 242，以向其引导输送热量的流体；及加湿的燃料出口连接部或者孔口 286，该连接部或者孔口 286 对准与通道 210 和 212 的开口相对的增压室 236 的端部处的水/燃料混合增压室 236，以引导来自增压室 236 的加湿的燃料。端板 282 包括：水入口连接部或者孔口 288，该连接部或者孔口 288 与水歧管 252 对准，以向其供给水流；燃料入口连接部或者孔口 290，该连接部或者孔口 290 与燃料歧管 256 对准，以向其供给燃料流；以及输送热量的流体出口连接部或者孔口 292，该连接部或者孔口 292 与出口歧管 244 对准，以从其中引导输送热量的流体。

在图 12 中清楚地看到，由连续的狭槽限定通道 210，该狭槽从水入口开口 246 延伸到水/燃料混合室 232，其中，狭槽通向板 228 的两个表面。同样地，由连续的狭槽限定燃料通道 212，该狭槽从燃料入口歧管 256 延伸到水/燃料混合室 232，而且该狭槽通向水/燃料板 228

的相对表面。参照图 11 和 12，由一部分狭槽限定通道 210 的减压区域 220，该部分狭槽形成在具有较窄狭槽宽度的密封螺旋形型板（serpentine pattern）中，它们一起提供盘旋的流动路径。然后水通道 210 延续到狭槽更开阔的区域中，在这里水发生蒸发。在这方面，邻近减压区域 220 的狭槽的初始长度具有缩减的宽度，以便在水流从减压区域 220 运动到流动通道 210 的剩余部分 222 中时，避免水流的分开，当通道延伸到室 232 时，通道 210 进一步扩宽。

在图 12 中清楚地看到，每个水/燃料板 228 还包括热隔断部 224，该热隔断部 224 呈狭缝或者狭槽 300 的形状，并延续减压区域 220 和水流通道 210 的剩余部分 222 之间该压力降入口区域 220 的长度。如在图 11 中看到的那样，每个输送热量的流体板 230 包括相应的狭缝或者狭槽 302，每个分离片 260 包括相应的狭缝或者狭槽 304，而每个端板 282 包括相应的狭缝或者狭槽 306，所有的狭缝 300、302、304、306 在整个叠层中对准，以形成增压室 308，该增压室 308 贯穿叠层，并且通向大气中。如前面所论述的那样，热隔断部 224 起作用，以将对压力降入口区域 220 的热传导最小化，并且优选地防止或者限制在减压区域 220 中的水流发生任何蒸发，从而确保水流在减压区域 220 中保持液相。这是理想的，因为如果允许水发生蒸发，那么在压力降入口区域 220 的狭窄通道内可能产生大的压力降，并且压力降可以控制。尽管热隔断部 224 是优选的，但在一些应用中，在组件 200 内多半最好没有热隔断部 224。

如在图 11 和 12 中看到的那样，流动通道 210 以与通道 214 中输送热量的流体流成完全顺流关系来引导水流，但是形成具有螺旋形构型，以便相对于通道 214 中的输送热量的流体流提供局部的交叉流动，因此，改善对水的传热，同时还达到理想的顺流关系。

优选的是，每个流动通道 214 包括延伸的表面，在所示的实施例中这些表面表示为肋片或者湍流器插入物（turbulator insert）310 的形式，该肋片或者湍流器插入物 310 中的许多合适的型式为人所共知。在流动通道 210 和 212 中还可提供延伸的表面，但这些延伸的表面没

有表示在所示的实施例中。

参照图 13, 该图示出一水/燃料板对 312, 举例说明形成水流通道 210 的一个替换实施例。板对 312 中的每个板 314、316 包括多个不连续的狭槽 318, 这些狭槽布置成覆盖相对板中相应不连续的狭槽 318 的部分, 以形成水流通道 210, 其中水从板 314、316 其中之一上的一个狭槽 318 流动到相对板 314、316 上的相应狭槽 318 中, 然后, 从那个相应狭槽 318 返回到第一板 314、316 上的第二相应狭槽 318 中, 并这样下去, 直到水流入水/燃料混合器 8 中为止。由各为宽度较窄且长度短的多个狭槽 318 限定这个实施例中的减压区域 220, 因此需要多次改变流动方向, 并且提供盘旋流动路径。对于图 13 中狭槽的特殊布置, 水流通道 210 被分成三个平行的支路 320, 但是应该明白, 这种构型是任选的, 并且将高度取决于每个应用的要求。还应该懂得, 合适形状和尺寸的多个板对 312 可以代替图 11 和 12 所示实施例中的水/燃料板 228。

尽管示出了组件 200 的两个优选实施例并且结合图 11-13 来描述了这些实施例, 但是应该明白, 可以使用任何合适的热交换器结构来形成组件 200, 例如包括板式结构和棒型结构、拉制杯结构、嵌套板结构和装有不连续的传热管的结构。还应该懂得, 所采用的特殊类型的热交换器结构高度取决于其中采用一体化加湿器组件 200 的系统的特殊要求。在这方面, 应该明白, 尽管本文结合燃料电池系统 1 描述了一体化燃料加湿器组件 200, 但是一体化燃料加湿器组件可以应用于许多其它类型的系统中, 并且预定不局限于燃料电池系统, 除非清楚地列举在权利要求中。

尽管可以使用特殊应用的任何合适材料来制造一体化组件 200, 但当用在燃料电池系统 1 中时, 优选的是, 片 260 和板 228、230、280 和 282 由不锈钢或者其它合适的耐腐蚀合金来构成, 并且使用另一种合适的耐腐蚀钎焊合金来进行镍铜钎焊或者钎焊。

为了举例说明和描述目的提出了对本发明的上述描述。它不是完全周密的或者把本发明限制在公开的准确形式上, 而是根据上面的指

导可以进行改进和变化或者通过本发明的实践取得这些变化和改进。选择该描述以解释本发明的原理及其实践应用。意图是用这里附加的权利要求和它们的等效物限定本发明的范围。

图1

水-气转换后阳极排气和水的温度对传递的热量

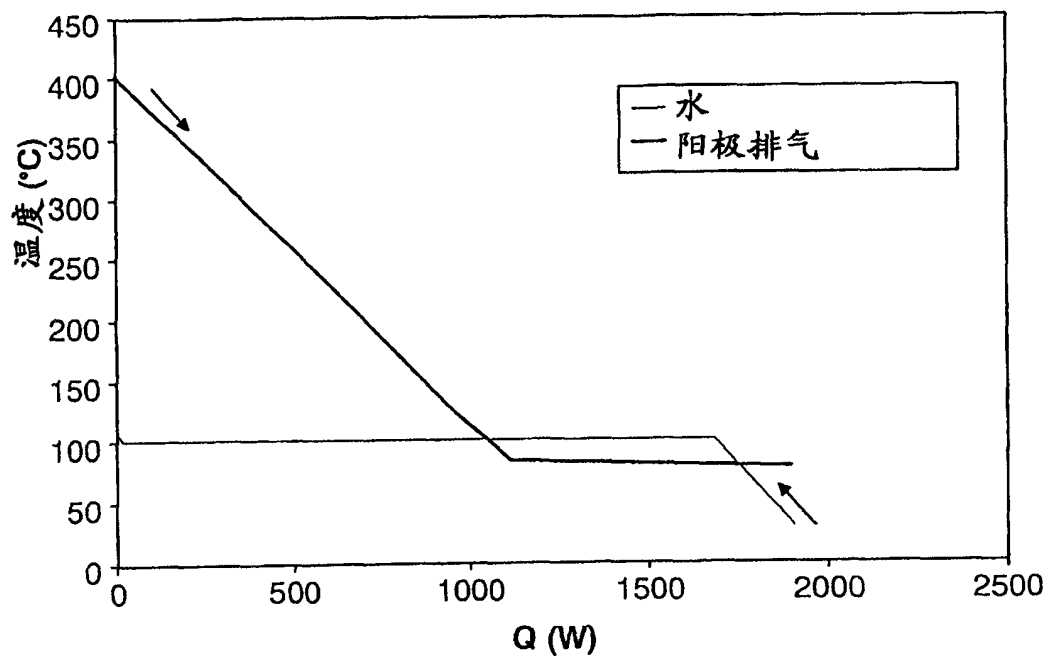


图3

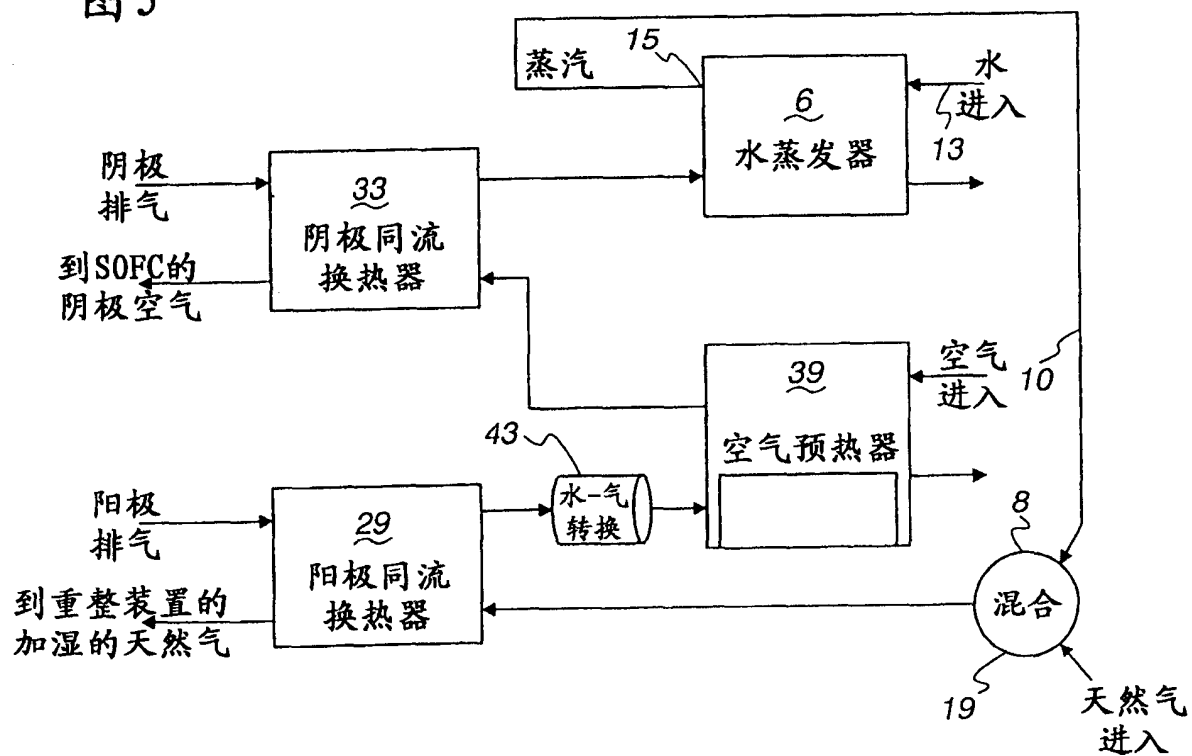


图2

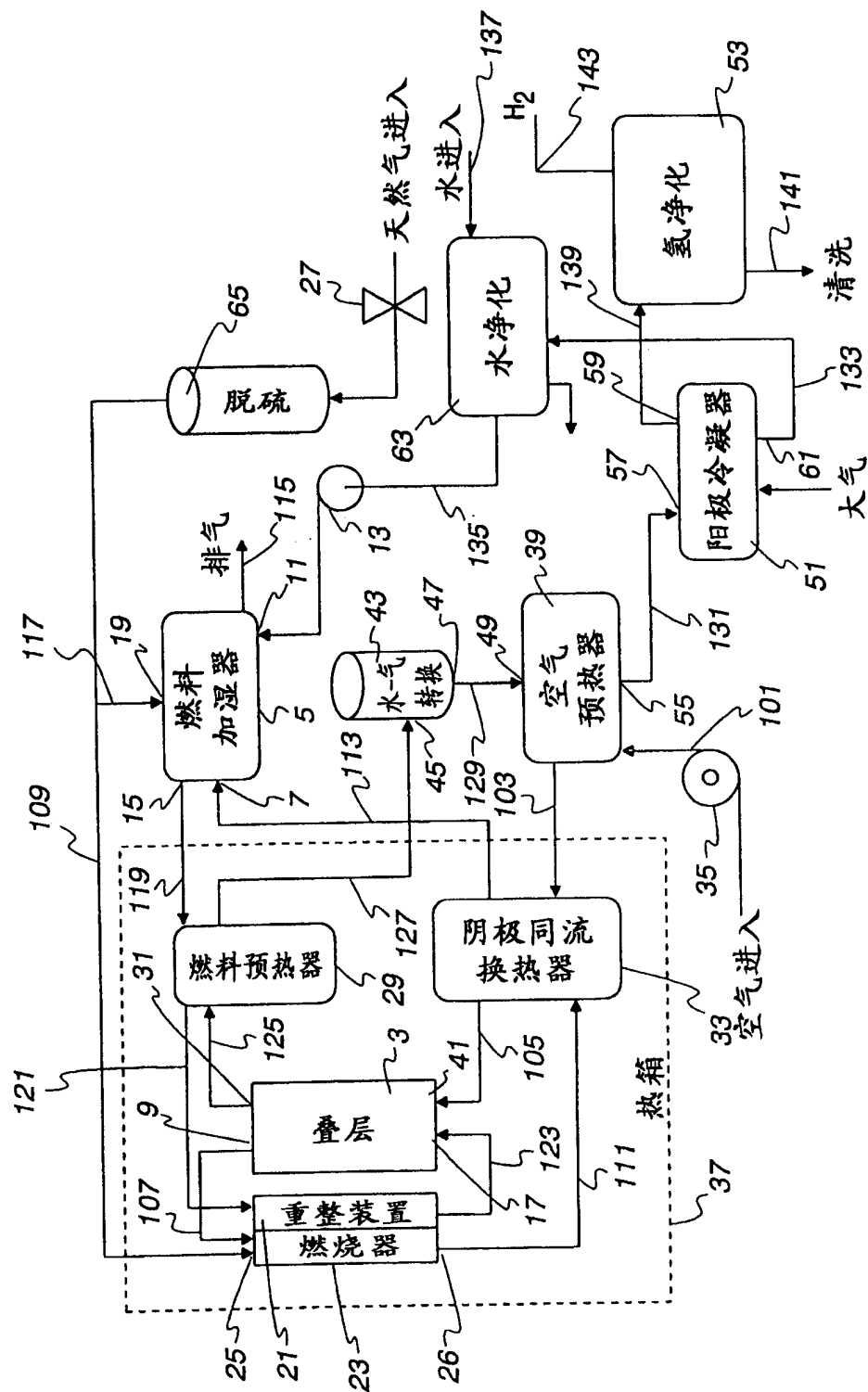


图4

流体温度对传递的热量
阴极排气加热的水蒸发器

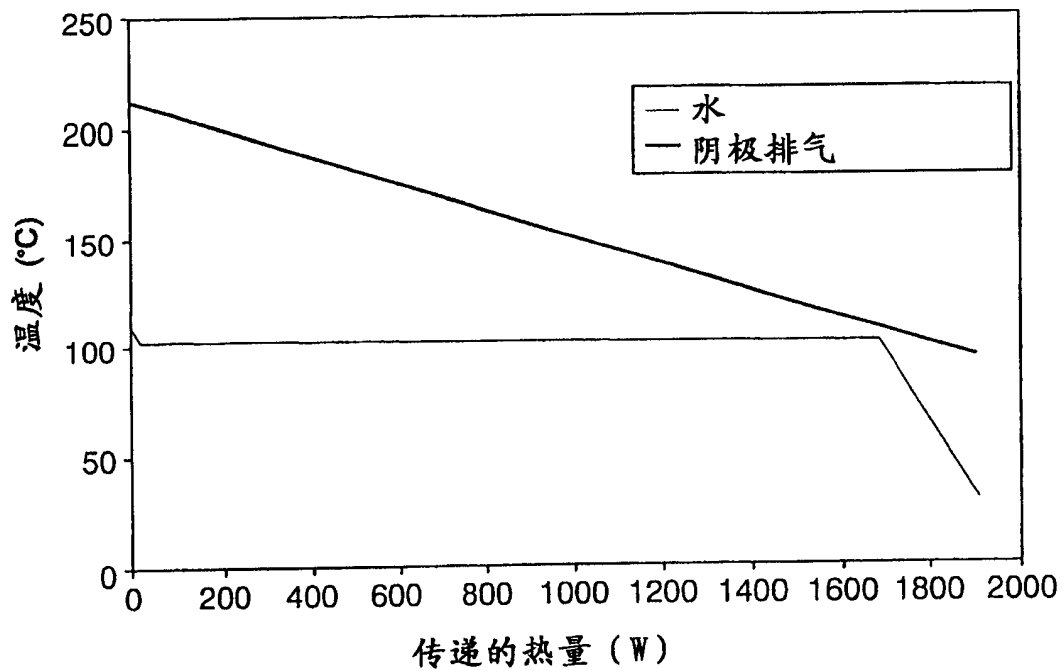


图5

流体温度对传递的热量
阴极空气冷却的阳极冷凝器

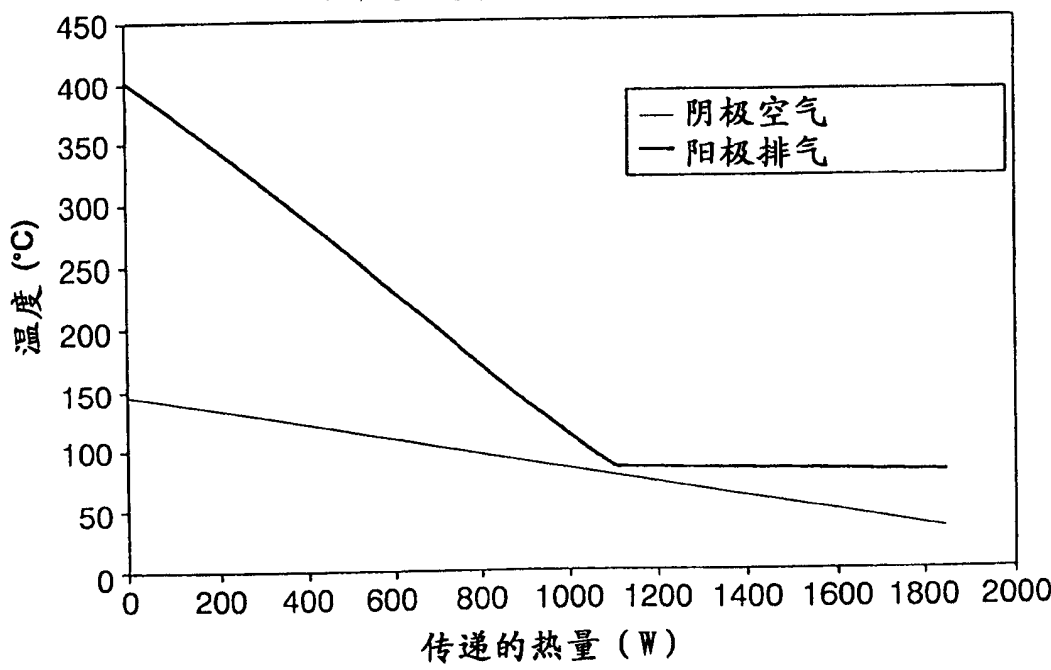


图6

流体温度对传递的热量
阴极排气流动速率中4.5%增量的影响

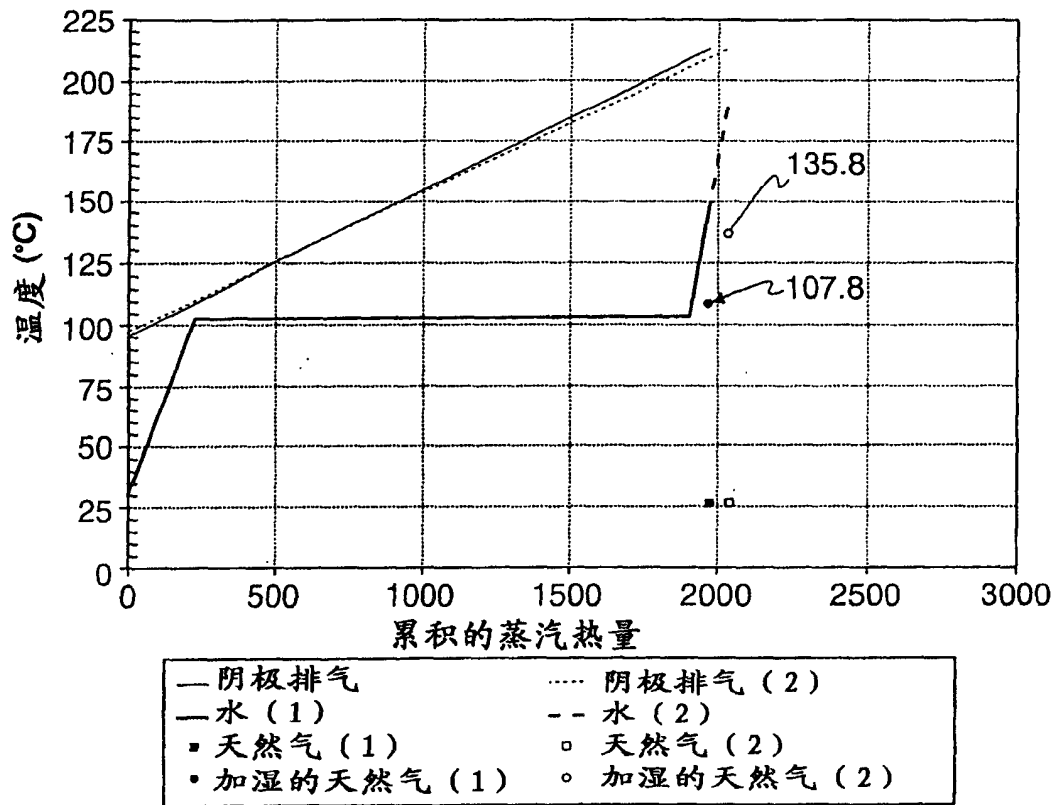


图7

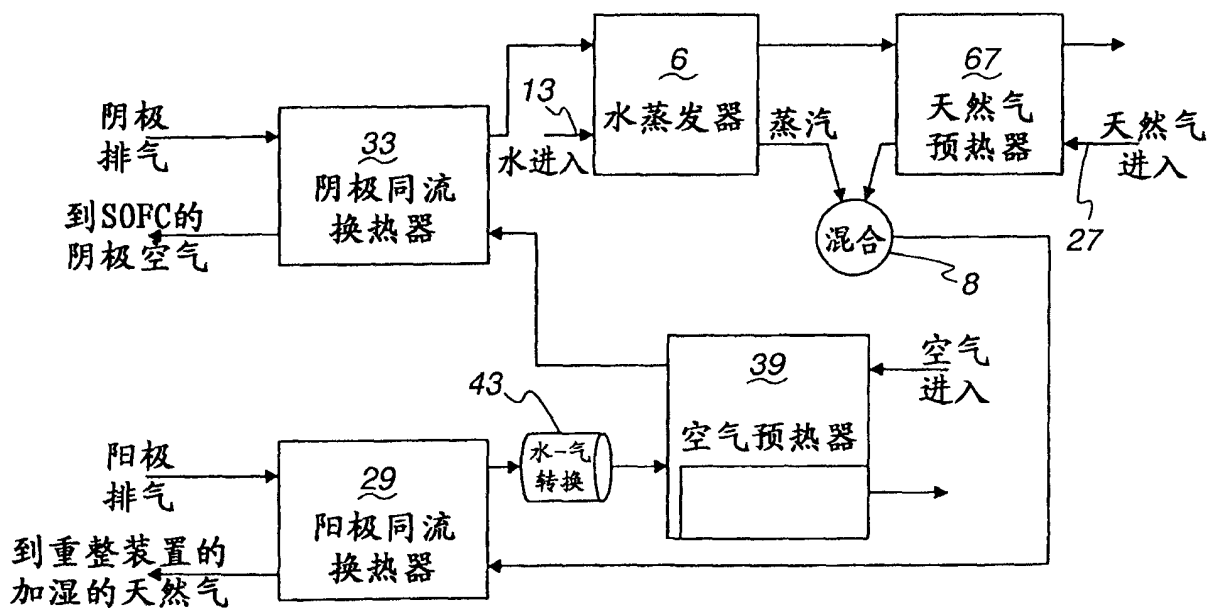


图8

流体温度对传递的热量
顺流蒸发器流

阴极排气流动速率中6.8%增量的影响

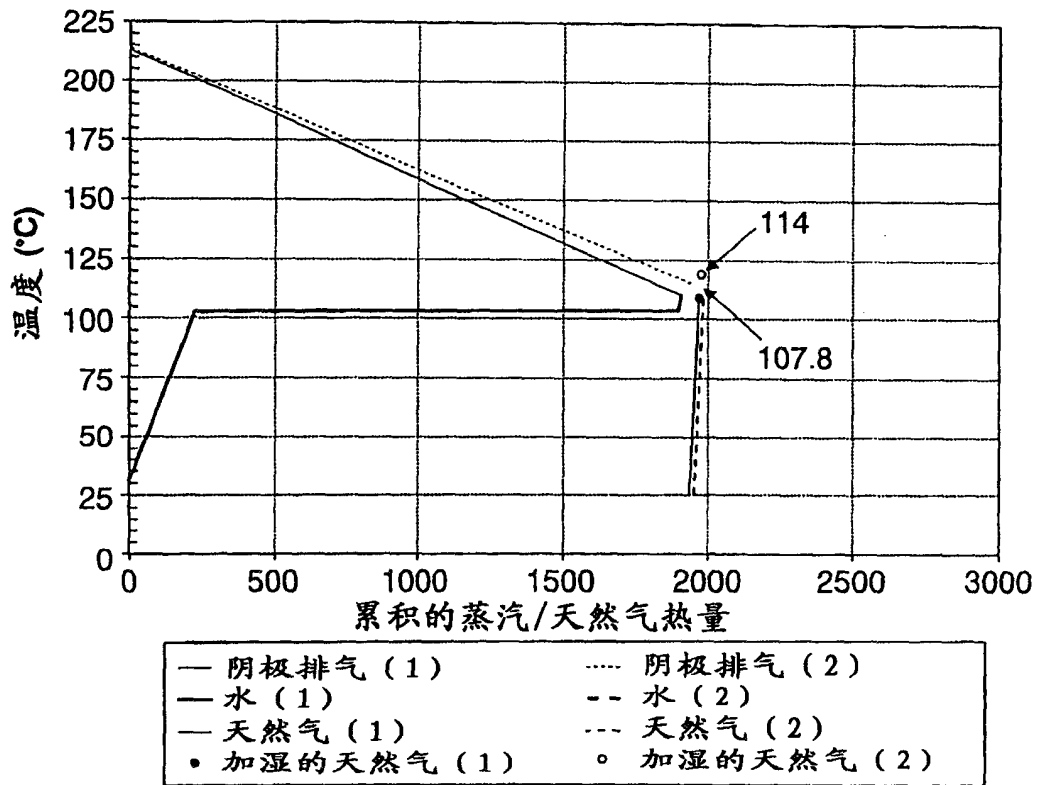


图9

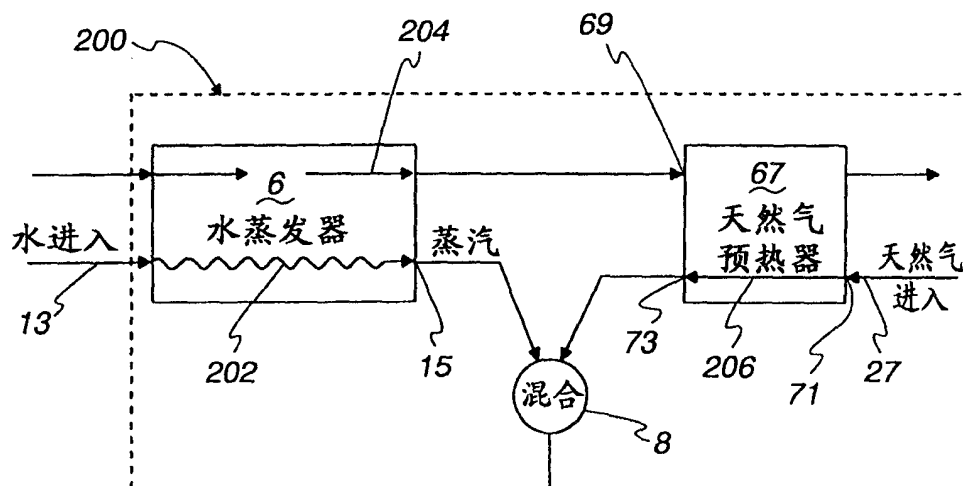


图10

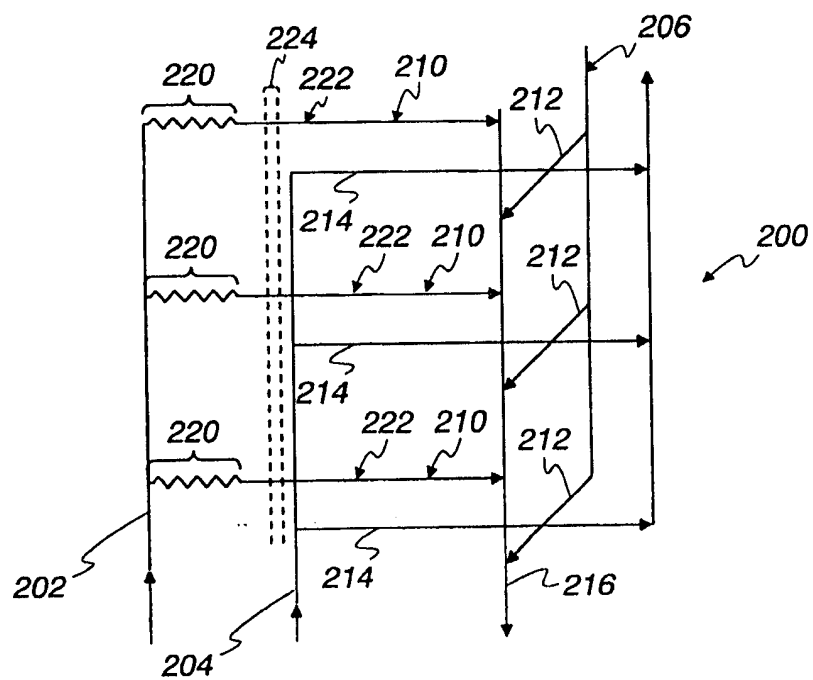


图12

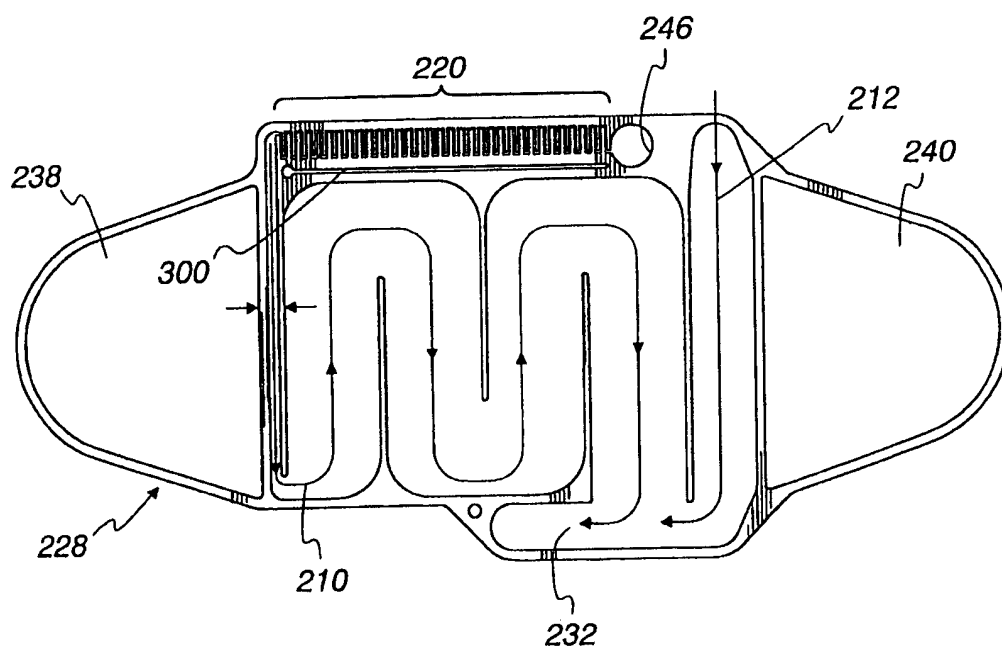


图11

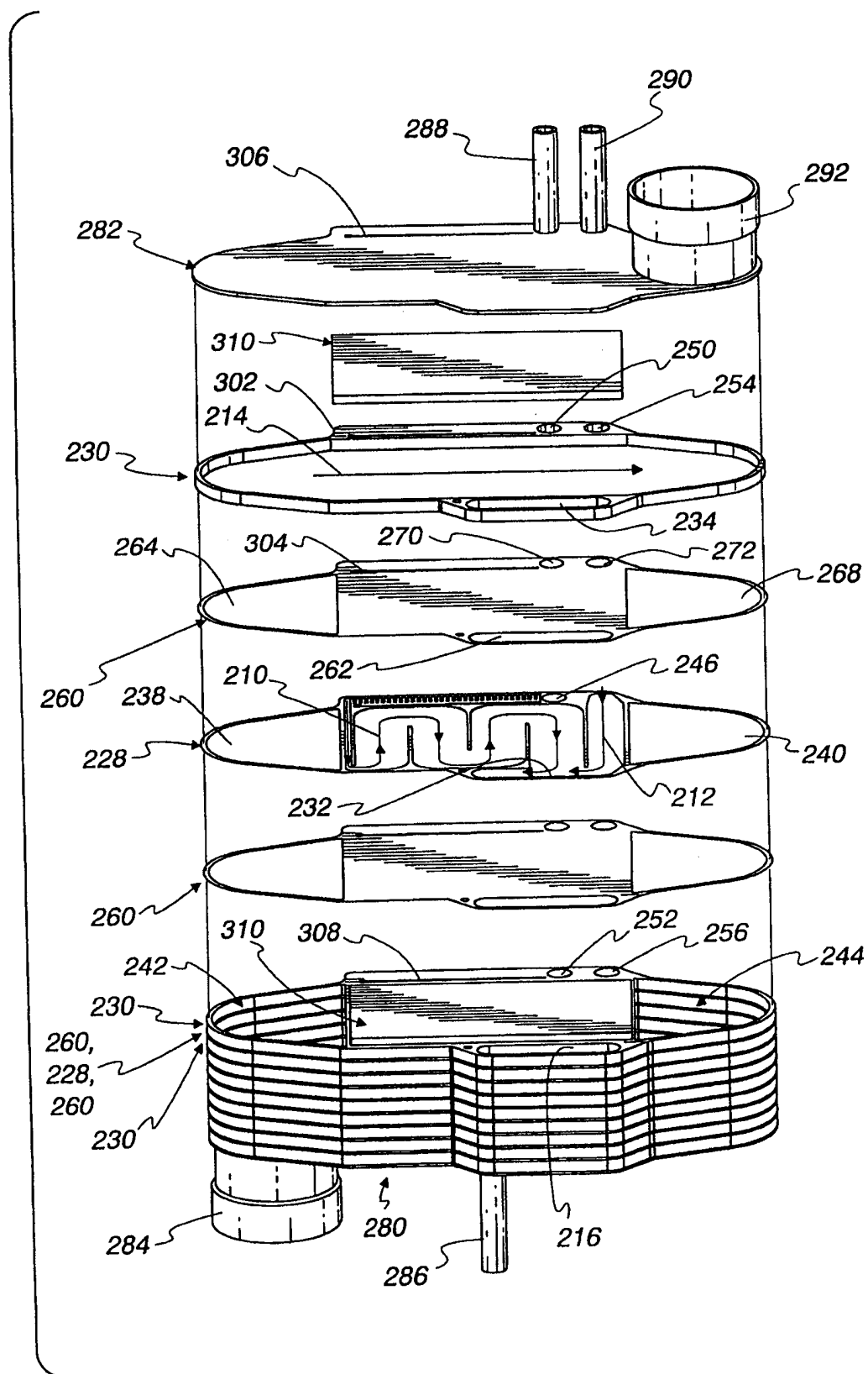


图13

