

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01M 8/00 (2006.01)

H01M 8/04 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02811361.6

[45] 授权公告日 2006 年 9 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 1274047C

[22] 申请日 2002.4.5 [21] 申请号 02811361.6

[30] 优先权

[32] 2001.4.5 [33] US [31] 09/826,739

[86] 国际申请 PCT/US2002/010837 2002.4.5

[87] 国际公布 WO2002/081367 英 2002.10.17

[85] 进入国家阶段日期 2003.12.5

[71] 专利权人 UTC 燃料电池有限责任公司

地址 美国康涅狄格州

[72] 发明人 E·A·巴林格尔 D·A·康迪特

H·T·库克 C·A·赖泽

G·雷斯尼克 D·杨

审查员 艾变开

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 钟守期 马崇德

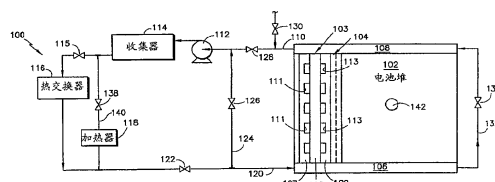
权利要求书 5 页 说明书 16 页 附图 5 页

## [54] 发明名称

在冰点以下的温度下操作电池堆组件的方法和  
和设备

## [57] 摘要

一种电池堆组件(102)冷却剂系统,包括与冷却剂排放管(108)和冷却剂泵(112)流体连通的冷却剂排放导管(110)。冷却剂入口导管(120)使得冷却剂可以转移到冷却剂入口管。冷却剂系统还包括与冷却剂排放管和冷却剂入口管流体连通的旁路导管(132),而泄放阀(130)与冷却剂排放导管和气体源相连通。泄放阀的操作使得能够通过关断导管(124)从冷却剂沟槽中排空冷却剂。冷却剂和反应物气体之间的压差提交迫使水从电极基体(107, 109)的孔中出来。喷射器(250)防止空气影响泵。脉冲的空气被吹送(238, 239, 243, 245)通过冷却剂沟槽以除去更多水。



1. 一种燃料电池系统 (100), 包括:  
排列成堆 (102) 的多个燃料电池 (103), 包括具有入口的冷却剂入口管 (106), 具有出口的冷却剂排放管 (108), 以及用于使冷却剂从所述入口管流到所述排放管的冷却剂沟槽 (104);  
具有入口的冷却剂泵 (112);  
用于有选择地使所述入口管的入口与来自所述泵的冷却剂连通的冷却剂入口阀 (122);  
其特征在于,  
冷却剂出口阀 (128), 用于选择性地使所述泵的入口与所述排放管的出口连通;  
关断阀 (126), 用于选择性地使所述入口管的入口与所述泵的入口连通; 以及  
泄放阀 (130), 用于选择性地使气体流入所述排放管的出口;  
由此, 打开所述关断阀和所述泄放阀, 关闭所述入口阀和所述出口阀, 而保持泵运转, 将使气体吸入、并因此将冷却剂抽出所述排放管、所述冷却剂沟槽和所述入口管。
2. 根据权利要求 1 的燃料电池系统, 进一步包括收集器 (114), 它位于所述冷却剂泵的下游, 用来收集冷却剂。
3. 根据权利要求 2 的燃料电池系统, 其中所述收集器是绝热的。
4. 根据权利要求 1 的燃料电池系统, 其中所述气体是空气流。
5. 根据权利要求 4 的燃料电池系统, 其中所述空气是环境空气和压缩空气之一。
6. 一种燃料电池系统 (100), 包括:  
排列成堆 (102) 的多个燃料电池 (103), 包括具有入口的冷却剂入口管 (106), 具有出口的冷却剂排放管 (108), 以及用于使冷却剂从所述入口管流到所述排放管的冷却剂沟槽 (104);  
具有入口的冷却剂泵 (112);  
其特征在于,  
用于阻断来自所述泵的冷却剂流以使其不进入所述入口管的入口的装置 (122);  
用于阻断从所述排放管的出口流向所述泵的入口的冷却剂流的装

置 (128) ;

用于连接所述入口管的入口和所述泵的入口的装置 (126) ; 以及  
用于连接所述排放管的出口和气体源的装置 (130) ;

5 由此, 气体由所述泵抽吸通过所述冷却剂沟槽, 从而除去所述冷  
却剂沟槽中的水。

7. 根据权利要求 6 的燃料电池系统, 包括:

具有燃料反应物气体沟槽 (111) 的多孔性阳极支撑板 (107) ,  
具有氧化剂反应物气体沟槽 (113) 的多孔性阴极支撑板 (109) ; 其  
特征还在于,

10 在阻断来自和流向所述泵的冷却剂流之前, 用于在所述反应物气  
体沟槽中的气体和所述冷却剂之间提供足够压差的装置 (122, 223 -  
225) , 所述足够压差足以迫使水从所述支撑板中的显著比例的孔中进  
入所述冷却剂沟槽中。

15 8. 根据权利要求 7 的燃料电池系统, 其中所述压差在 14kPa 和  
56kPa 之间。

9. 根据权利要求 6 的燃料电池系统, 进一步包括:

当水由所述泵抽吸通过所述冷却剂沟槽后, 用于吹送气体通过所  
述冷却剂沟槽以从所述冷却剂沟槽中除去更多的水的装置 (238, 239,  
243, 245) 。

20 10. 根据权利要求 9 的燃料电池系统, 其中所述用于吹送气体的  
装置包括用于吹送脉冲气体通过所述冷却剂沟槽的装置 (238, 243) 。

11. 根据权利要求 9 的燃料电池系统, 进一步包括用来向所述氧  
化剂反应物气体沟槽提供氧化剂反应物气体的空气泵 (238) , 并且其  
中:

25 所述吹送气体的装置包括所述空气泵和阀 (239) 。

12. 根据权利要求 9 的燃料电池系统, 其中所述用于吹送气体的  
装置将气体吹入所述冷却剂排放管中。

13. 一种关断包括排列成堆 (102) 的多个燃料电池 (103) 的燃  
料电池系统 (100) 的方法, 包括具有入口的冷却剂入口管 (106) ,  
30 具有出口的冷却剂排放管 (108) , 以及用于使冷却剂从所述入口管流  
到所述排放管的冷却剂沟槽 (104) , 并包括具有入口的冷却剂泵  
(112) ;

所述方法的特征在于:

- (a) 阻断来自所述泵的冷却剂流, 以使其不能进入所述入口管的入口;
- (b) 阻断由所述排放管的出口流向所述泵的入口的冷却剂流;
- (c) 连接所述入口管的入口和所述泵的入口; 以及
- (d) 连接所述排放管的出口和气体源;

由此, 水由所述泵抽吸通过所述冷却剂沟槽, 以将水从所述冷却剂沟槽中除去。

14. 根据权利要求 13 的关断燃料电池系统的方法, 其中所述燃料电池系统具有带燃料反应物气体沟槽 (111) 的多孔性亲水阳极支撑板 (107), 和带氧化剂反应物气体沟槽 (113) 的多孔性亲水阴极支撑板 (109), 所述方法在所述步骤 (a) 之前还包括下述步骤:

在所述反应物气体沟槽中的气体和所述冷却剂之间提供 (122, 223 - 225) 足够压差, 所述足够压差足以迫使水从所述支撑板的显著比例的孔进入所述冷却剂沟槽。

15. 根据权利要求 14 的关断燃料电池系统的方法, 其中所述压差在 14kPa 和 56kPa 之间。

16. 根据权利要求 13 的关断燃料电池系统的方法, 进一步包括: 在通过所述步骤 (a) - (d) 使水用所述泵抽吸通过所述冷却剂沟槽后, 将气体吹送 (238, 239, 243, 245) 通过所述冷却剂沟槽, 以从所述冷却剂沟槽中除去更多的水。

17. 根据权利要求 16 的关断燃料电池系统的方法, 其中所述吹送步骤包括吹送脉冲气体 (238, 243) 通过所述冷却剂沟槽。

18. 根据权利要求 16 的关断燃料电池系统的方法, 其中所述吹送步骤包括将气体吹送入所述冷却剂排放管。

19. 一种燃料电池系统 (100), 包括:

排列成堆 (102) 的多个燃料电池 (103), 包括具有入口的冷却剂入口管 (106), 具有出口的冷却剂排放管 (108), 以及用于使冷却剂从所述入口管流到所述排放管的冷却剂沟槽 (104);

具有入口的冷却剂泵 (112);

用于选择性地使所述入口管的入口与来自所述泵的冷却剂连通的

- 冷却剂入口阀 (122)；  
 其特征在于，  
 冷却剂出口阀 (128)，用于选择性地使所述泵的入口与所述排放管的出口连通；
- 5 关断阀 (126)，用于选择性地使所述入口管的入口与所述泵的入口连通；  
 泄放阀 (130)，用于选择性地允许气体流入所述排放管的出口；  
 冷却剂加热器 (138)，用于选择性地加热来自所述泵的冷却剂；  
 以及
- 10 冷却剂旁路 (132, 136)，用于使冷却剂除了流经所述沟槽以外还选择性地从所述入口管直接流向所述排放管，  
 由此，经打开所述关断阀和所述泄放阀，并关闭所述入口阀和所述出口阀，保持泵运转，得以抽吸气体进入，并由此抽吸冷却剂离开所述排放管、所述冷却剂沟槽和所述入口管，并且由此经运行所述加
- 15 热器和打开所述旁路，得以将用流经所述管的已加热冷却剂加热所述燃料电池，而没有显著量冷却剂流经所述沟槽。
20. 一种关断和起动的包括排列成堆 (102) 的多个燃料电池 (103) 的燃料电池系统 (100) 的方法，所述堆 (102) 包括具有入口的冷却剂入口管 (106)，具有出口的冷却剂排放管 (108)，以及用于使冷
- 20 却剂从所述入口管流到所述排放管的冷却剂沟槽 (104)，并且包括具有入口的冷却剂泵 (112)；  
 所述方法的特征在于：  
 在关断过程中，  
 阻断来自所述泵的冷却剂流，以使其不能进入所述入口管的入
- 25 口；  
 阻断从所述排放管的出口流向所述泵的入口的冷却剂流；  
 连接所述入口管的入口和所述泵的入口；以及  
 连接所述排放管的出口和气体源；  
 由此，气体由所述泵抽吸通过所述冷却剂沟槽，从而除去所述冷
- 30 却剂沟槽中的水；以及  
 在起动过程中，  
 加热来自所述泵的冷却剂；以及

---

使已加热的冷却剂流动，使之除了流过所述沟槽以外，还从所述入口管直接流向所述排放管，从而用流经所述管的已加热的冷却剂加热所述燃料电池，而没有显著量冷却剂流过所述沟槽。

## 在冰点以下的温度下操作电池堆组件的方法和设备

5 本申请要求 2001 年 4 月 5 日提交的第 09/826739 号美国申请的权益和优先权。

### 技术领域

10 本发明总体涉及在冰点以下的温度 (subfreezing temperature) 操作电池堆组件 (cell stack assembly) 的方法和设备, 并且更具体地说涉及当经历严酷的环境条件时, 特别是在关断或起动时, 可避免电池堆组件的组成部件发生结构损坏的方法和设备。

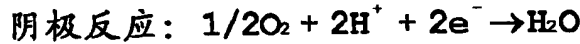
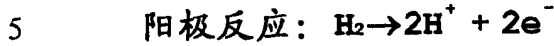
### 背景技术

15 众所周知电化学燃料电池组件能够通过提供给阳极的燃料和提供给阴极的氧化剂的反应产生电及随后产生反应产物, 从而在这些电极之间产生电势。与内燃燃料系统等相比, 此种燃料电池组件由于它们的高效而非常有用并且为人们所追求。燃料电池组件由于产生对环境友好的化学反应副产物如水, 而存在附加的优点。为了控制燃料电池组件中的温度, 而向燃料电池组件提供冷却剂。该冷却剂通常为水, 通过配置冷却剂沟槽而使之在整个燃料电池组件中循环。在燃料电池组件中使用水使得它们对冰点温度特别敏感。

20 电化学燃料电池组件通常采用富氢气体作为燃料并采用氧气作为氧化剂, 如上所述, 反应副产物为水。此种燃料电池组件可采用由固体聚合物电解质组成的膜, 或者离子交换膜, 在其上形成催化层, 以便促进所需电化学反应。该被催化的膜设置在两个由多孔的导电片材——通常为碳纤维纸制成的电极基体之间。该离子交换膜还公知为质子交换膜 (下文中称为 PEM), 如由杜邦以商品名 NAFION™ 出售的。

30 在运行时, 氢燃料透过阳极的多孔电极基体材料并在催化层上反应产生氢离子和电子。氢离子通过膜向阴极迁移, 而电子从外部回路流到阴极。在阴极, 含氧气体供料同样透过多孔电极基体材料

并与来自阳极的氢离子和电子在催化剂层上反应生成副产物水。离子交换膜不仅促进这些氢离子从阳极向阴极的迁移，而且离子交换膜也起到将氢燃料和含氧气体氧化剂隔开的作用。在阳极和阴极催化剂层上发生的反应可由下式表示：



常规的 PEM 燃料电池具有包括 PEM 和电极基体的膜电极组件，其设置在两个不可透过气体的导电板之间，导电板称为阳极板和阴极板。板通常由石墨、石墨-聚合物组合物或类似物制成。板起到  
10 对两个多孔导电电极的结构支撑以及集流器的作用，并提供用于分别向阳极和阴极供给燃料和氧化剂的装置的作用。它们还可用于将燃料电池运行过程中的反应副产物水带走。

当为了在阳极板和阴极板中使燃料或氧化剂循环而在这些板上形成流槽时，它们被称为流体流场板。在某些燃料电池结构中，这些板还可起到水转移板的作用，并通常含有集成的 (integral) 冷却剂通道，由此除了它们公知的管理水的作用外，还用作冷却剂板。  
15 当流体流场板简单地叠置 (overlay) 在阳极和阴极多孔材料中形成的沟槽上时，它们称为隔板。而且，流体流场板可具有在其中形成的反应物供料管线，这些管线用于将燃料供给阳极流槽，或者将氧化剂供给阴极流槽。它们还可具有相应的排放管线，以便将燃料和  
20 氧化剂流的未反应组分，以及任何作为副产物产生的水排出燃料电池。或者，管线也可以是外加至燃料电池自身上的，如孔茨 (Kunz) 等人在也转让给申请人的 USP3994748 中公开的。

在燃料电池组件中的催化剂层通常为碳载的铂或铂合金，当然也可使用其它贵金属或贵金属合金。由两个或多个阳极板/膜/阴极板组合组成的多个电连接的燃料电池组件，可称为电池堆组件。电池堆组件通常是串联电连接的。  
25

近来对制备燃料电池组件的燃料的努力集中在对烃燃料如甲烷、天然气、汽油等的化学转化产生的富氢气流的利用上。该过程  
30 能够尽可能高效地产生富氢气流，因此确保了最小量的一氧化碳和其它不希望的化学副产物的生成。烃的转化通常通过使用本领域中公知的蒸气转化器 (steam reformer) 和相关的燃料处理设备而实

现。

如上面所讨论的，阳极板和阴极板可具有冷却剂沟槽，用于循环水冷却剂，以及用于芯吸(wick)作为燃料电池组件运行的副产物产生的水并将之带离。收集的和在冷却剂沟槽中循环流过燃料电池组件的水会在低于 32°F(0°C)以下冻结，因此当水因冻结而膨胀时，会损坏和影响燃料电池组件的运行。因此需要提供一种方法和设备，它可在严厉的环境条件下保护燃料电池组件。

弗莱切(Fletcher)等人的 1998 年 8 月 25 日授权的 US 5798186 中公开了各种电加热结构，用于直接和间接地融化冻结的燃料电池堆。另外，还提到在堆的管线端头内设置适配或可压缩的装置，以便适应燃料电池堆内部冻结的水的膨胀。此种系统仅设置在堆的管线端头内部，不能充分保护整个燃料电池堆或冷却剂沟槽不受冷却剂的冻结和膨胀的影响。

特别是，存在这样一些情况，其中希望燃料电池组件在冰点以下的环境条件下不运行一段时间后，进行启动。在这种情况下，已发现，为了缓和燃料电池组件中的冷冻状态，如果试图使冷却剂在冷却剂沟槽中循环流通，则不能带来可接受的性能特征。例如，当水用作冷却剂时，燃料电池组件的温度通常导致在小尺寸冷却剂沟槽的入口处发生局部冻结，从而部分地堵塞在其中的循环，并过度延长起动所需的时间。当非多孔冷却剂沟槽或板与抗冻溶液冷却剂一起使用时，由于抗冻溶液在低温下的高粘度而存在类似的问题，也导致起动所需时间延长。

考虑到上述问题和担心，本发明的一个总目的是提供一种带方法和设备的燃料电池组件，即使在冰点温度以下也可克服上述缺陷。

#### 发明内容

根据本发明的一个实施方案，向电池堆组件提供一种冷却剂系统，包括用于循环冷却剂的冷却剂泵和与冷却剂入口管和冷却剂排放管流体连通的冷却剂沟槽。该冷却剂系统包括与冷却剂排放管和冷却剂泵流体连通的冷却剂排放导管，并且该冷却剂排放导管可使废冷却剂从冷却剂排放管排出。提供一个冷却剂回流导管，它与冷却剂入口管和冷却剂泵流体连通，该冷却剂回流导管可将冷却剂运

输到冷却剂入口管。该冷却剂系统还包括一个旁路导管，它与冷却剂排放导管和冷却剂回流导管流体连通，而一个泄放阀 (bleed valve) 与冷却剂排放导管和气体流流体连通。当冷却剂排放导管和冷却剂入口压力控制阀关闭时，操作泄放阀可使冷却剂从冷却剂沟槽中排出，

5 并通过所述旁路导管和所述泵排入冷却剂收集器。

本发明的一个重要方面是得出这样的认识：对于冷却剂和反应气体之间的常规运行压差例如 14kPa，在阳极和阴极电极基体中 50% 量级的粗孔将被水填充；然而，当压差增加到约 28kPa 时，在电极基体中仅有 5% - 10% 量级的粗孔将被水填充。因此，本发明的这一方面涉

10 及以一种从未达到过的方式以显著的程度将水逐出支撑板和扩散层，然后将该水从冷却剂沟槽中除去。因此，燃料电池关断步骤的一个优选的实施方案是，在用冷却剂泵通过旁路导管将所有水从排空的冷却剂沟槽中抽吸之前，首先增加气体反应物和冷却剂水之间的压差。

进一步根据本发明，当所有能够从冷却剂沟槽中通过冷却剂泵抽

15 出的水均通过冷却剂泵从沟槽中除去时，使气体如空气的脉冲通过输水沟槽以带出或除去未被冷却剂泵除去的任何残留的水。

根据本发明的另一方面，燃料电池系统的起动包括加热冷却剂和使热的冷却剂流过冷却剂入口管，而后经旁路导管直接进入冷却剂排

20 放管，从而使燃料电池由流经管线的冷却剂加热，而没有显著量冷却剂流经冷却剂沟槽。

优选地，本发明提供一种燃料电池系统 (100)，包括：

排列成堆 (102) 的多个燃料电池 (103)，包括具有入口的冷却剂入口管 (106)，具有出口的冷却剂排放管 (108)，以及用于使冷却剂从所述入口管流到所述排放管的冷却剂沟槽 (104)；

25 具有入口的冷却剂泵 (112)；

用于有选择地使所述入口管的入口与来自所述泵的冷却剂连通的冷却剂入口阀 (122)；

其特征在于，

冷却剂出口阀 (128)，用于选择性地使所述泵的入口与所述排

30 放管的出口连通；

关断阀 (126)，用于选择性地使所述入口管的入口与所述泵的入

口连通；以及

泄放阀（130），用于选择性地使气体流入所述排放管的出口；

由此，打开所述关断阀和所述泄放阀，关闭所述入口阀和所述出口阀，而保持泵运转，将使气体吸入、并因此将冷却剂抽出所述排放管、所述冷却剂沟槽和所述入口管。

本发明更优选的燃料电池系统，进一步包括收集器（114），它位于所述冷却剂泵的下游，用来收集冷却剂。

优选地，上述收集器是绝热的。

在本发明更优选的燃料电池系统中所述气体是空气流。

在更优选的方案中，上述空气是环境空气和压缩空气之一。

本发明还提供一种燃料电池系统（100），包括：

排列成堆（102）的多个燃料电池（103），包括具有入口的冷却剂入口管（106），具有出口的冷却剂排放管（108），以及用于使冷却剂从所述入口管流到所述排放管的冷却剂沟槽（104）；

具有入口的冷却剂泵（112）；

其特征在于，

用于阻断来自所述泵的冷却剂流以使其不进入所述入口管的入口的装置（122）；

用于阻断从所述排放管的出口流向所述泵的入口的冷却剂流的装置（128）；

用于连接所述入口管的入口和所述泵的入口的装置（126）；以及用于连接所述排放管的出口和气体源的装置（130）；

由此，气体由所述泵抽吸通过所述冷却剂沟槽，从而除去所述冷却剂沟槽中的水。

优选地，上述燃料电池系统包括：

具有燃料反应物气体沟槽（111）的多孔性阳极支撑板（107），具有氧化剂反应物气体沟槽（113）的多孔性阴极支撑板（109）；其特征还在于，

在阻断来自和流向所述泵的冷却剂流之前，用于在所述反应物气体沟槽中的气体和所述冷却剂之间提供足够压差的装置（122，223-225），所述足够压差足以迫使水从所述支撑板中的显著比例的孔中进

入所述冷却剂沟槽中。

在更优选的燃料电池系统中所述压差在 14kPa 和 56kPa 之间。

优选地，上述燃料电池系统进一步包括：

5 当水由所述泵抽吸通过所述冷却剂沟槽后，用于吹送气体通过所述冷却剂沟槽以从所述冷却剂沟槽中除去更多的水的装置（238，239，243，245）。

优选地，上述燃料电池系统中所述用于吹送气体的装置包括用于吹送脉冲气体通过所述冷却剂沟槽的装置（238，243）。

10 优选地，上述燃料电池系统进一步包括用来向所述氧化剂反应物气体沟槽提供氧化剂反应物气体的空气泵（238），并且其中：

所述吹送气体的装置包括所述空气泵和阀（239）。

在本发明优选的燃料电池系统中所述用于吹送气体的装置将气体吹入所述冷却剂排放管中。

15 本发明还提供一种关断包括排列成堆（102）的多个燃料电池（103）的燃料电池系统（100）的方法，包括具有入口的冷却剂入口管（106），具有出口的冷却剂排放管（108），以及用于使冷却剂从所述入口管流到所述排放管的冷却剂沟槽（104），并包括具有入口的冷却剂泵（112）；

所述方法的特征在于：

20 (a) 阻断来自所述泵的冷却剂流，以使其不能进入所述入口管的入口；

(b) 阻断由所述排放管的出口流向所述泵的入口的冷却剂流；

(c) 连接所述入口管的入口和所述泵的入口；以及

25 (d) 连接所述排放管的出口和气体源；

由此，水由所述泵抽吸通过所述冷却剂沟槽，以将水从所述冷却剂沟槽中除去。

30 在本发明优选的关断燃料电池系统的方法中，所述燃料电池系统具有带燃料反应物气体沟槽（111）的多孔性亲水阳极支撑板（107），和带氧化剂反应物气体沟槽（113）的多孔性亲水阴极支撑板（109），所述方法在所述步骤（a）之前还包括下述步骤：

在所述反应物气体沟槽中的气体和所述冷却剂之间提供(122, 223 - 225) 足够压差, 所述足够压差足以迫使水从所述支撑板的显著比例的孔进入所述冷却剂沟槽。

5 在本发明优选的关断燃料电池系统的方法中, 所述压差在 14kPa 和 56kPa 之间。

优选地, 本发明的关断燃料电池系统的方法进一步包括:

在通过所述步骤(a) - (d) 使水用所述泵抽吸通过所述冷却剂沟槽后, 将气体吹送(238, 239, 243, 245) 通过所述冷却剂沟槽, 以从所述冷却剂沟槽中除去更多的水。

10 优选地, 上述吹送步骤包括吹送脉冲气体(238, 243) 通过所述冷却剂沟槽。

优选地, 上述吹送步骤包括将气体吹送入所述冷却剂排放管。

本发明还提供一种燃料电池系统(100), 包括:

15 排列成堆(102)的多个燃料电池(103), 包括具有入口的冷却剂入口管(106), 具有出口的冷却剂排放管(108), 以及用于使冷却剂从所述入口管流到所述排放管的冷却剂沟槽(104);

具有入口的冷却剂泵(112);

用于选择性地使所述入口管的入口与来自所述泵的冷却剂连通的冷却剂入口阀(122);

20 其特征在于,

冷却剂出口阀(128), 用于选择性地使所述泵的入口与所述排放管的出口连通;

关断阀(126), 用于选择性地使所述入口管的入口与所述泵的入口连通;

25 泄放阀(130), 用于选择性地允许气体流入所述排放管的出口;

冷却剂加热器(138), 用于选择性地加热来自所述泵的冷却剂; 以及

冷却剂旁路(132, 136), 用于使冷却剂除了流经所述沟槽以外还选择性地从所述入口管直接流向所述排放管,

30 由此, 经打开所述关断阀和所述泄放阀, 并关闭所述入口阀和所述出口阀, 保持泵运转, 得以抽吸气体进入, 并由此抽吸冷却剂离开

所述排放管、所述冷却剂沟槽和所述入口管，并且由此经运行所述加热器和打开所述旁路，得以将用流经所述管的已加热冷却剂加热所述燃料电池，而没有显著量冷却剂流经所述沟槽。

5 本发明还提供一种关断和起动的包括排列成堆(102)的多个燃料电池(103)的燃料电池系统(100)的方法，所述堆(102)包括具有入口的冷却剂入口管(106)，具有出口的冷却剂排放管(108)，以及用于使冷却剂从所述入口管流到所述排放管的冷却剂沟槽(104)，并且包括具有入口的冷却剂泵(112)；

所述方法的特征在于：

10 在关断过程中，

阻断来自所述泵的冷却剂流，以使其不能进入所述入口管的入口；

阻断从所述排放管的出口流向所述泵的入口的冷却剂流；

连接所述入口管的入口和所述泵的入口；以及

15 连接所述排放管的出口和气体源；

由此，气体由所述泵抽吸通过所述冷却剂沟槽，从而除去所述冷却剂沟槽中的水；以及

在起动的过程中，

加热来自所述泵的冷却剂；以及

20 使已加热的冷却剂流动，使之除了流过所述沟槽以外，还从所述入口管直接流向所述排放管，从而用流经所述管的已加热的冷却剂加热所述燃料电池，而没有显著量冷却剂流过所述沟槽。

本发明的这些和其它方面及其优选的实施方案将通过整个说明书、权利要求书和附图而变得清楚。

25 附图说明

图1是说明本发明一个实施方案的冷却剂系统的示意图。

图2是说明图1中的冷却剂系统在关断步骤中的操作流程图。

图3是说明图1中的冷却剂系统在起动的过程中的操作流程图。

图4是说明本发明另一个实施方案的冷却剂系统的示意图。

30 图5是说明包括对图1的实施方案进行改进的冷却剂系统的示意图。

图6是说明图5中的冷却剂系统在关断步骤中的操作流程图。

图 7 是说明图 5 中的冷却剂系统的变化的示意图。

### 本发明的最佳实施方案

图 1 说明本发明的一个实施方案的冷却剂系统 100，在启动和关  
5 断步骤中，它可以保护电池堆组件 102 不受冰点以下温度的有害影  
响。如图 1 所示，电池堆组件（下文中称为 CSA）102 包括许多相互  
电连接的燃料电池组件 103。每个燃料电池组件可采用设置在阳极电  
极基体（或支撑板）和阴极电极基体（或支撑板）之间的由固体聚  
合物电解质组成的离子交换膜。阳极支撑板 107 和阴极支撑板 109  
10 分别提供反应物燃料沟槽 111 和反应物氧化剂沟槽 113。离子交换膜  
可为质子交换膜（PEM）105，它包括约 0.001 英寸厚的聚合物膜。  
阴极和阳极电极基体通常由多孔性导电片材制成——通常为具有  
Teflon<sup>®</sup>涂层以使之亲水的碳纤维纸（carbon fiber paper）。在这  
些 PEM 燃料电池组件 103 的每一个中，冷却剂沟槽 104 在典型地为  
15 多孔性的冷却剂板或类似物内形成，其中水通常用作冷却剂在冷却  
剂沟槽 104 中循环。

虽然已经对 PEM 燃料电池组件进行了描述，但本发明不限于此，  
因为也可使用其它膜和电极材料，只要它们能够允许反应物和副产  
物分子、离子和电子的所需流动即可。更具体地说，也可采用其中  
20 抗冻溶液在非多孔性的冷却剂板中的冷却剂沟槽中循环的燃料电池  
组件，而不偏离本发明更广义的范畴。

仍然参考图 1，冷却剂入口管 106 使冷却剂基本上均匀地分布到  
许多冷却剂沟槽 104 中，其设计为使冷却剂在构成电池堆组件 102  
的每个燃料电池组件 103 中均匀地循环。在冷却剂循环流过电池堆  
25 组件 102 后，冷却剂沟槽 104 本身排向冷却剂排放管 108。排放的冷  
却剂在冷却剂泵 112 的动力作用下通过冷却剂排放导管 110 离开冷  
却剂管 108。冷却剂然后导入排空的收集器 114 中，而后，冷却剂以  
各种比例分流给热交换器 116 和瞬时加热器 118，这将在下文中进行  
更详细地描述。冷却剂入口导管 120 用于将冷却剂再次导入冷却剂  
30 入口管 106。

当具有多孔冷却剂沟槽或板的 PEM 燃料电池组件用于电池堆组  
件 102 时，循环流过图 1 的各种部件的冷却剂通过冷却剂泵 112 和

冷却剂入口压力控制阀 122 保持低于环境压力。通过将冷却剂保持在低于环境压力，同时调节反应物物流高于环境压力，有效地避免了在燃料或氧化剂反应物流中液体冷却剂的积累。而且，引入热交换器 116 则提供了一种公知装置，以在冷却剂返回电池堆组件 102 之前，除去循环冷却剂吸收的热。

如上所述，图 1 的冷却剂系统 100 提供了连续供料，并且在其运行过程中，冷却剂，通常为水，在整个电池堆组件 102 中循环。显然，在电池堆组件 102 中用水冷却剂对于处理水和热控有利，但是当电池堆组件 102 在水的冰点或冰点以下操作时产生问题；也就是说，温度在 32°F (0°C) 或低于 32°F (0°C) 时，出现问题。当电池堆组件 102 在此种温度下操作时，电池堆组件 102 中所含的水开始冻结并膨胀，可能导致电池堆组件 102 的部件损坏。因此，若在电池堆组件 102 中安装这样一个设备，该设备可以补偿水冷却剂的冻结并确保防止在关断和起动机过程中伴随的损坏，这将是有益的。

因此本发明的一个重要方面是提供一种方法和设备，用来在低于冰点的温度下，安全地进行电池堆组件 102 的关断步骤。已知的做法是，当指令关断电池堆组件 102 时，让水冷却剂在重力作用下从电池堆组件 102 中排出。实际上，这意味着，冷却剂供料和反应物流之间的压差不再由冷却剂泵 112 和压力控制阀 122 维持，由此，冷却剂将下降进入反应物流场中，使电池堆组件 102 的一部分浸渍在水、燃料和氧化剂的混合物中。这种情形在关断期间可无限期地持续，或者可在较短的时间影响电池堆组件 102。在任何一种情况下，在水冷却剂汇聚在处于低于冰点的温度下的电池堆组件 102 中的时间内，均会损坏电池堆组件 102。

图 2 说明本发明一个实施方案的关断步骤 200，该步骤避免上述缺陷并确保电池堆组件 102 的关断操作可在低于冰点的温度下完成，而不损坏电池堆组件 102。此处所述的关断步骤 200 优选在将电力负荷从电池堆组件 102 中卸除后，并且反应物流停止且任何腐蚀控制步骤完成后才开始。

关断步骤 200 采用关断旁路导管 124 并通入排气空气 (venting air) 或类似物。结合参考图 1 和 2，本发明的关断步骤 200 开始于

步骤 202, 在该步骤 202 中, 通过手动或者自动启动关断程序。如步骤 202 所示, 冷却剂泵 112 在关断开始后继续运行, 以便保持冷却剂导管内低于环境压力。以此方式, 本发明避免了前面提及的冷却剂降入反应物和冷却剂流场中的问题。

5 回到图 2 的关断步骤 200 的步骤 204, 关断阀 126 打开, 以便将大量冷却剂流通过关断旁路导管 124 转移。而后, 在下面的步骤 206 中, 关闭位于冷却剂排放导管 110 上的冷却剂出口阀 128, 以阻止冷却剂流流过电池堆组件 102。在步骤 208 中, 通过关闭压力控制阀 122 将电池堆组件 102 与冷却剂的进一步供料分开, 而在步骤 210  
10 中, 打开泄放阀 130, 从而使冷却剂系统 100 与空气供料相连通。在本发明的一个优选实施方案中, 泄放阀 130 与外部环境空气供料或大气相连通, 并通过允许环境空气流入冷却剂导管和流场而使冷却剂系统排空。如将可看出的一样, 排空可通过冷却剂泵 112 的连续运转来实现, 冷却剂泵 112 维持着冷却剂导管和流场的真空状态。  
15 如果需要, 可使用容积式泵 112, 而不是离心泵, 以避免由于空气泡到达泵导致的空化 (cavitation) 而造成可能的泵运行停止; 或者, 如在下文图 7 的描述可使用喷射器 (ejector)。如果需要, 可用空气压缩机 238 (图 5) 通过阀 239, 243 提供压缩空气, 而不用大气空气。

20 虽然本发明已经用环境空气供料排空冷却剂导管和流场进行了描述, 但是也可采用其他等效方法从冷却剂导管和流场中排空冷却剂, 而不偏离本发明的广义范围。可替代地, 空气的压缩源可通过开启泄放阀 130 而与冷却剂导管和流场连通, 从而清除冷却剂导管和流场中的任何残余冷却剂。

25 如上所述, 通过关闭上述冷却剂系统 100 的各种阀, 经泄放阀 130 抽吸的空气起到排空冷却剂排放管 108、冷却剂沟槽 104 和冷却剂入口管 106 中任何残余的冷却剂的作用。排空的冷却剂被导引经过关断旁路导管 124, 最后沉淀在收集器 114 中, 使电池堆组件 102 中的反应物和冷却剂沟槽中基本上全部没有水冷却剂, 当然也可能  
30 有一些水会残留多孔性的水转移板上。

在排空过程中, 在步骤 212 中决定了是否在电池堆组件 102 的反应物和冷却剂沟槽中仍残留有任何冷却剂。只要检测到冷却剂,

就继续进行如上所述的清除过程。当确定在电池堆组件 102 中基本上没有冷却剂残留时，关闭该关断旁路导管 124，并且冷却剂泵 112 在步骤 214 中停止。随后在步骤 216 中关闭泄放阀 130，以终止关断步骤 200 的清除过程。如将可看出的一样，根据步骤 212，可将各种  
5 传感器组件设置在冷却剂排放管 108、冷却剂入口管 106 或冷却剂入口导管 120 中，以确定在电池堆组件 102 中是否存在任何过剩的水冷却剂。

关断步骤 200 的作用是从电池堆组件 102 中除去基本上所有的冷却剂，从而防止在低于冰点的温度下关断后的时间内，冷却剂在  
10 电池堆组件 102 内部的破坏性膨胀。

关断燃料电池堆组件的一个改进步骤在图 5 和 6 中进行了说明。为了清楚起见，图 5 中省略了图 1 中的热交换器 116 和加热器 118 以及起动旁路导管 132；但是，在任何应用中，图 5 的实施方案都可以使用常规的某些起动设备。在图 5 中，箭头代表正常的流动方向，  
15 而不是当产生逆流时逆流的方向。在图 6 的步骤 220 中，伴随着冷却剂泵的起动，关断开始。第一步 221 用于增加反应物气体和冷却剂之间的压差。这可以通过简单地将压力控制阀 122 稍微关闭而实现，这样使得冷却剂入口导管 120 中的冷却剂压力为例如约  $-28\text{kPa}$  ( $-4\text{psi}$ )，而不是燃料电池通常运行时的压力约  $-14\text{kPa}$  ( $-2\text{psi}$ )，同时使燃料和氧化剂反应物气体基本上处于大气压下。这种压差的增加将冷却剂从多孔性亲水阴极基体 109 和多孔性疏水阳极基体 107 的粗孔中逼出，从而使大部分孔没有水，而这些水流入  
20 低压冷却剂沟槽中。尽管本发明已经用包括亲水阳极和阴极基体的电池进行了描述，但是它还可以用于其中一个基体为疏水性的电  
25 池。本领域公知，为了使电极基体防水，通过用疏水聚合物如聚四氟乙烯对它们进行处理而使它们疏水化。

在冷却剂水沟槽与燃料反应物气体-如氢气 222-和氧化剂反应物气体-如空气-之间增加的压差还可通过增加反应物气体的压力而获得。这可通过调节燃料压力控制阀 223 或燃料出口阀 224 或两者，  
30 同时调节位于氧化剂反应物气体流场出口处的阀 225 来实现。

由于在步骤 231 的清除过程中，保持冷却剂和反应物气体(步骤 221，图 6)之间具有额外的压差是有利的，在某些情况下增加反应

物气体的压力是优选的。或者，可降低水的压力，同时增加反应物气体的压力，以便获得所需 28kPa 的压差。如果需要，燃料系统可包括含泵 226 和其它设备（未示出）的回收回路。图 6 中的下一步骤 227，通过打开旁路阀 126 可使冷却剂经旁路分流。而后，在步骤 5 228 中，通过关闭冷却剂入口压力控制阀 122 和冷却剂出口阀 128，可防止冷却剂流从泵 112 和收集器 114 流入冷却剂入口管 106。然后，在步骤 231 中通过打开泄放阀 130 可使冷却剂泄出。当阀 122 和 128 关闭而阀 126 和 130 打开时，空气从环境中流过阀 130、冷却剂排放管 108、冷却剂沟槽 104、冷却剂入口管 106、冷却剂入口导管 10 管 120、关断旁路导管 124 和关断阀 126 流到泵 112。因此，原先容纳在冷却剂沟槽 104 和冷却剂管 106 和 108 中的水，现在通过泵 112 流溢到收集器 114 中。用图 5 和 6 的实施方案的方法，从亲水基体的大孔中除去的水量，比用图 1 和 2 的实施方案的方法获得的大许多。

15 进一步根据本发明，如步骤 232 的正结果所示，一旦通过泵 112 进行的清除结束，仍可能残留的水，特别是在冷却剂沟槽中以小滴形式存在的水，被压缩气体如空气冲走。如步骤 236 所示，当泵将所有水从冷却剂水沟槽 104 中除去时，水沟槽 104 通过关闭阀 122、126、128 和 130 而密封。以此方式，泵系统中没有水将会抽回到冷却剂水沟槽 104 中。而后，用氧化剂反应物气体泵 238 将空气吹过冷却剂出口管 108、冷却剂水沟槽 104 和冷却剂入口管 106。阀 239 20 一般将空气流从泵 238 引入阴极 109 的氧化剂反应物气体沟槽 113（在图 5 中未示出），并通过阀 225 引入至排放系统或根据需要引入的任何适当的回收系统。然而，在本发明的步骤 242 中（图 6），25 阀 239 切换至将空气流输送给另一个阀 243。阀 243 控制成轮流将空气流从泵 238 输送给大气（ATMS）或者输送给冷却剂沟槽 104。当阀 243 将空气输送给大气时，泵 238 将基本上没有反压（back pressure），并将升至更高转速；而后，阀 243 变为将该流引入冷却剂沟槽 104、冷却剂管 106 和 108，并通过阀 245 引至大气。然后，30 阀 243 将再次将空气引入大气中，从而使泵 28 可以旋转，此后阀 243 将泵送的空气引入冷却剂沟槽 104 中。这向冷却剂沟槽 104 和冷却剂管 106 和 108 以一个负荷周期（duty cycle）提供空气脉冲，负

荷周期对于大气为约 10 秒而对于冷却剂沟槽为 10 秒。如果需要，无需使用阀 243，因此在步骤 242 中，阀 239 可从泵 238 将稳定的空气流提供给冷却剂沟槽 104。另外，如果需要，除空气泵 238 以外，可使用其他压缩气体源，以在步骤 242 中提供气体流如压缩氮气，  
5 流过冷却剂沟槽 104。在清除冷却剂沟槽的过程中，冷却剂沟槽 104 内的气压不得超过反应物气体通道中的气压，以确保残余的水不会被迫进入电极基体。为了实现这一点，一种方法是利用增加的反应物气压来产生步骤 221（图 6）的压差，并在维持压力的同时密封氧化剂通道，这通过下列达到：在将阀 239 切换到步骤 242 的同时，  
10 关闭阀 225，并关闭或保持燃料通道中燃料的加压流动。

当例如用泵 238 或以其它方式，以脉冲或稳态方式，将水吹出冷却剂沟槽后，可关闭泵 238，并且通过使阀 243 指向大气，并关闭阀 122、126、128、130 和 245，而将冷却剂沟槽密封。这样就完成了关断步骤。如果需要，冷却剂沟槽和冷却剂管可以由阀 245 经冷却  
15 剂入口管 106、冷却剂沟槽 104、冷却剂排放出口管 108、经阀 130 或阀 243 向外直到大气的方向进行吹扫。

在图 7 中，即使当阀 122 关闭时，喷射器 250 也可因导管 252 之故而由泵流（pump flow）驱动。这确保了泵流不会由于空气注入泵中而间断。

20 关断后，电池堆组件 102 将面对在低于冰点的温度下执行起动命令的挑战。出于实际的考虑，包括经济上和可靠性上的考虑，重要的是，在接到起动命令后，电池堆组件 102 尽可能快地开始发电。另外，操作上关键的是电池堆组件 102 能够在起动开始后即使冷却剂和反应物流快速循环，因为如果在这两个事件之间有明显的时间  
25 延迟发生，则可能发生电池堆组件 102 的损坏。因此本发明的一个重要方面是提供一种在低于冰点的温度时进行电池堆组件 102 的起动步骤的方法和设备。

图 3 说明一种起动步骤 300，用于确保电池堆组件 102 的起动操作可通过使用起动旁路导管（start-up bypass conduit）132 而在  
30 低于冰点的温度完成。已经发现，通过允许温热的冷却剂分别流过入口和排放冷却剂管 106 和 108，通过传导可以快速升高电池堆组件 102 的温度，而无需大量地流过冷却剂沟槽 104 本身。如前所述，在

开始启动低于冰点的电池堆组件的过程中，通过尽量回避冷却剂沟槽 104，可有效避免在冷却剂沟槽中形成冻结的块并由此可能带来的对电池堆组件 102 整体的损害。

5 结合参考图 1 和 3，本发明的启动步骤 300 通过手动或自动开始一个启动程序而开始于步骤 302。步骤 302 的启动程序包括启动冷却剂泵 112，并确保关断阀 126 关闭且压力控制阀 122 打开。在步骤 304 中，电池堆组件 102 的旁路通过打开位于启动旁路导管 132 上的启动阀 136 而完成。以此方式，提供给冷却剂入口管 106 的冷却剂基本上全部导引通过启动旁路导管 132 并流回冷却剂排放管 108，从而避开了冷却剂沟槽 104。

10 在步骤 306 中，热交换器 116 通过打开位于热旁路导管 140 上的热旁路阀 138 而进入旁路。采用恒温箱-阀组件 115 来确保直至电池堆组件 102 的启动完成和/或冷却剂温度超过预定温度的时间内，均没有冷却剂流过热交换器 116。

15 在打开图 1 的热旁路阀 138 后，通过泵 112 循环的冷却剂被导引通过在步骤 308 中启动的瞬时加热器 118 中，以便快速升高分别供给冷却剂管 106 和 108 的冷却剂的温度。如前所述，当加热的冷却剂循环通过冷却剂入口管 106 和冷却剂排放管 108 时，因源自冷却剂管 106 和 108 的热传导之故，电池堆组件 102 被快速加热。在步骤 310 中，用温度传感器 142 监测电池堆组件 102 的温度，以确定电池堆组件 102 是否已经升高到预定温度 T 以上。一旦电池堆组件 102 升高到预定温度 T 以上，启动步骤 300 的步骤 312 将关闭启动阀 136 和热旁路阀 138，并关闭瞬时加热器 118。

25 将很容易理解的是，预定温度 T 优选设定为温度阈值，以确保供给冷却剂沟槽 104 的冷却剂不会冻结和堵塞冷却剂沟槽 104。最优选的是，预定温度 T 设定为约 32°F 或更高。另外，在电池堆组件 102 中，温度传感器 142 可以定位在各种位置，但是定位在最中心的位置是优选的，以确保已基本实现对整个电池堆组件的温热。

30 正如本文所述，启动步骤 300 也适用于采用水冷却剂的带多孔性水转移板 (porous water transport plate) 的 PEM 燃料电池，以及具有非多孔性水转移板的利用抗冻冷却剂的那些燃料电池。

如图 1 所示，冷却剂系统 100 的另一个重要特征是，利用收集器

114 辅助起动步骤的进行。根据本发明，收集器 114 设计为绝热的，以便保持沉淀在其中的冷却剂处于高温，从而辅助图 3 中的起动步骤 300。将可容易理解的是，收集器 114 可以是具有热反射部件的热水瓶式结构，包括多壁结构，或任何其他等效的设计，只要能够使  
5 储存的冷却剂在几天或更长的时间保持显著热能即可。

图 4 说明本发明另一个实施方案的冷却剂系统 400。冷却剂系统 400 通过加热供给电池堆组件 410 的冷却剂流，可用来快速升高电池堆组件 410 的温度。如图 4 所示，燃烧器 412 燃烧通过燃料排放导管 411 从电池堆组件 410 中未示出的反应物燃料流场排放的残余燃料源。随后，该加热的燃烧器废气排入管壳式热交换器 420 的管部分 414。结合通过管部分 414 供入的加热的燃烧器废气，壳体 416 接受冷却剂流，以促进燃烧器废气和冷却剂流之间的热交换。新加热的冷却剂流随后引入电池堆组件 410，致使电池堆组件 410 的加温速率提高。  
10

15 为进一步提高电池堆组件 410 的加热速率，本发明进一步考虑通过热导管 418 将加热的燃烧器废气连通至电池堆组件 410 的阳极和/或阴极流场。本发明还考虑将图 4 的冷却剂系统 400 与图 1 的冷却剂系统 100 相结合，而不偏离本发明的广义范围。

20 虽然本发明描述了在燃烧器 412 中燃烧残余的排放反应物燃料，但是本发明不限于此，因为燃烧器 412 可以有自己的燃料供应，这也不偏离本发明的广义范围。

因此，本发明的一个主要方面是提供一种电池堆组件用冷却剂系统，它不仅提供在关断和电池堆休止过程中不受低于冰点温度的破坏影响的保护作用，而且还可在起动步骤中快速将电池堆组件的温度升高到高于冰点的温度。  
25

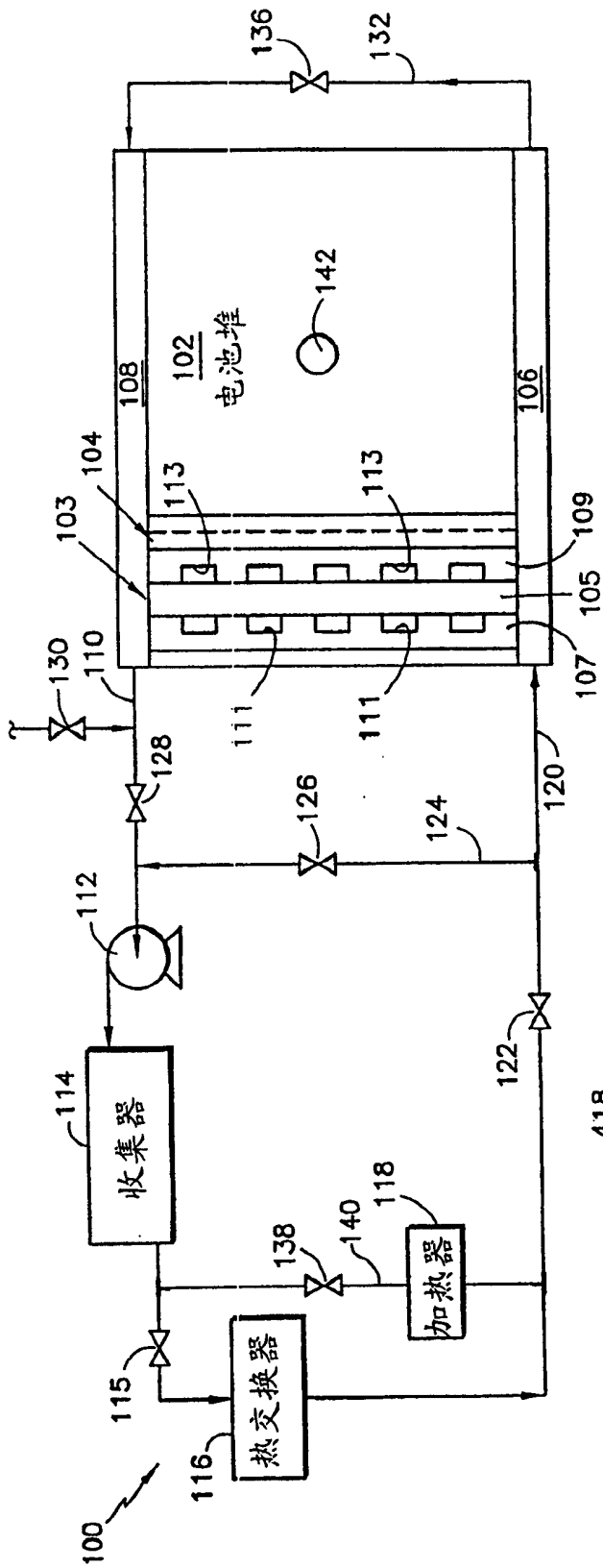


图 1

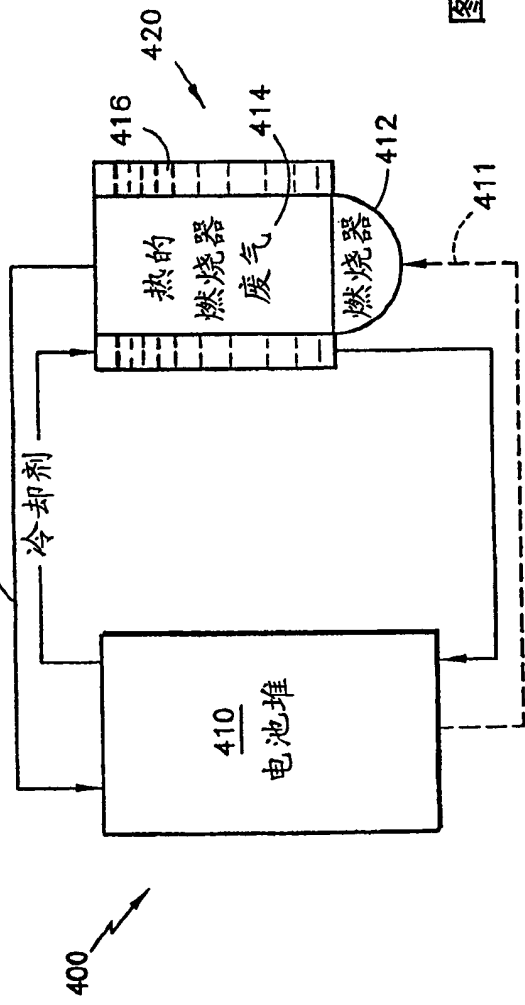


图 4

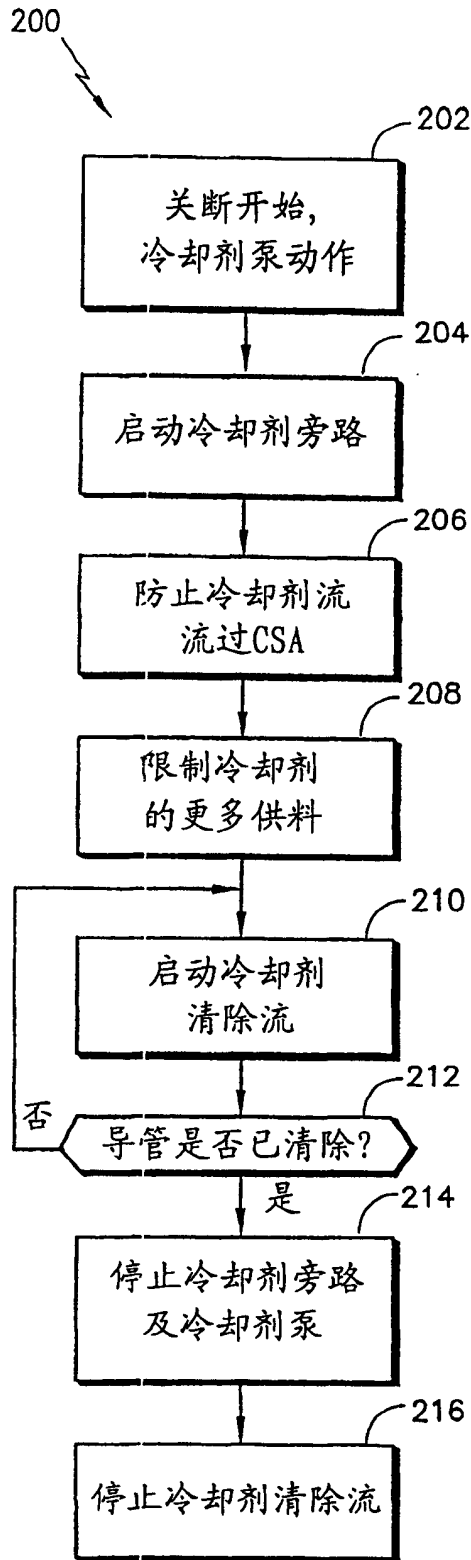


图 2

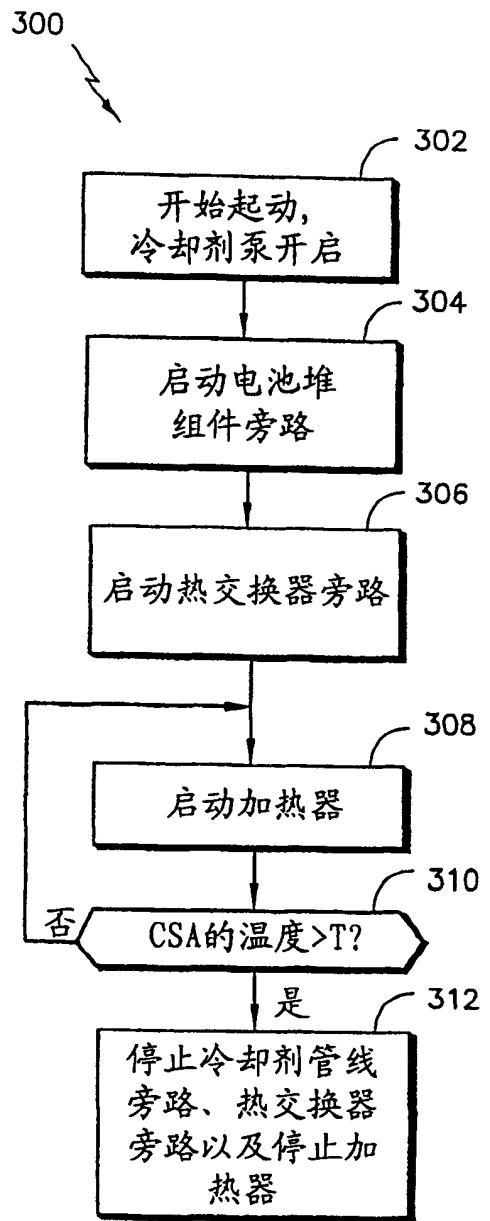


图 3

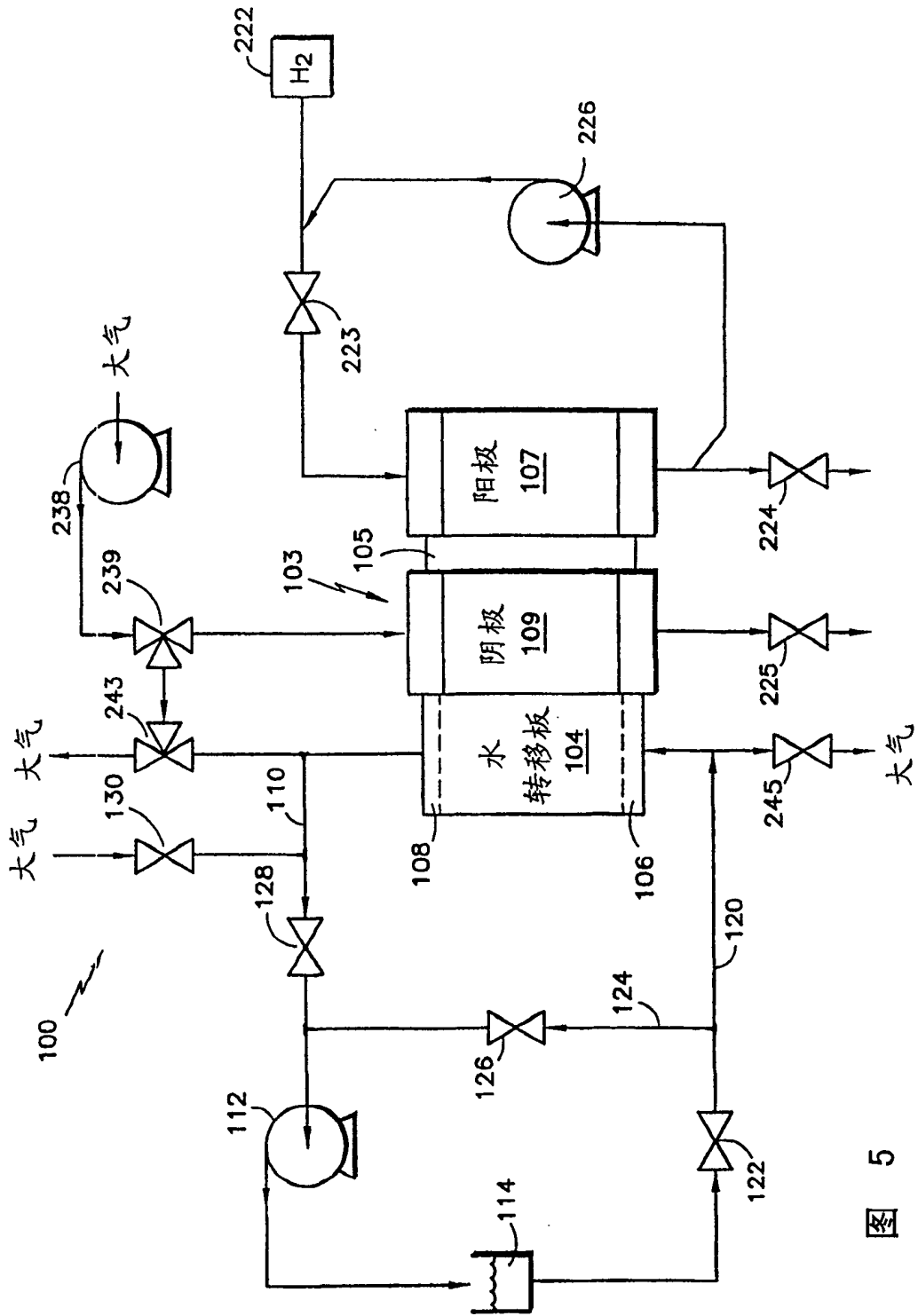


图 5

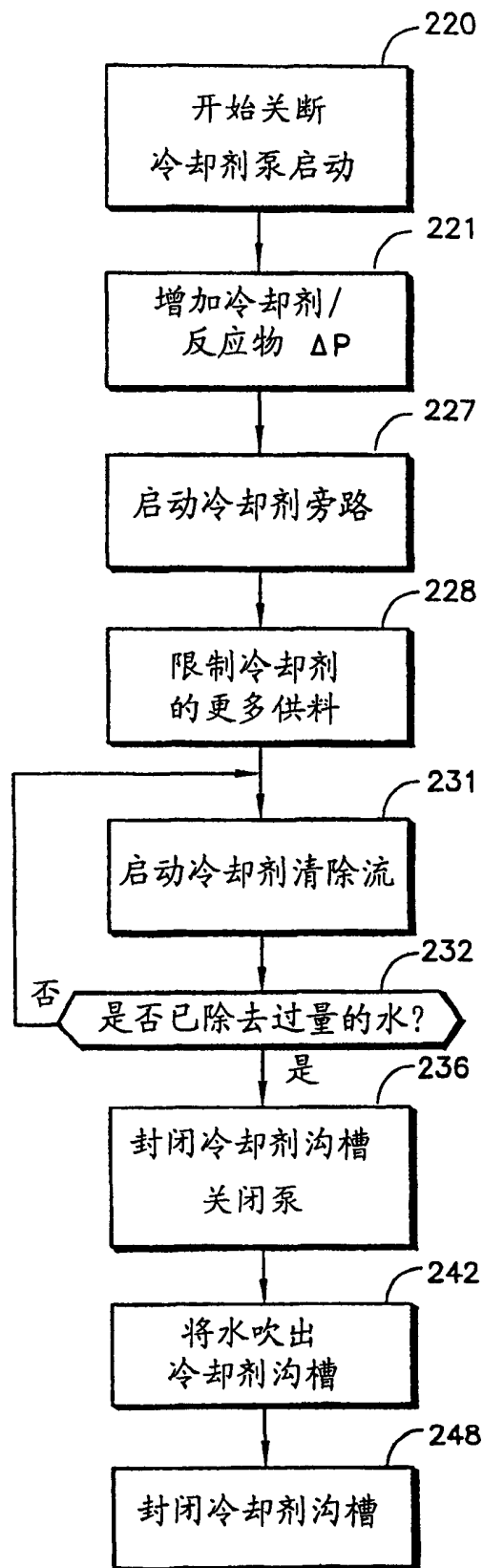


图 6

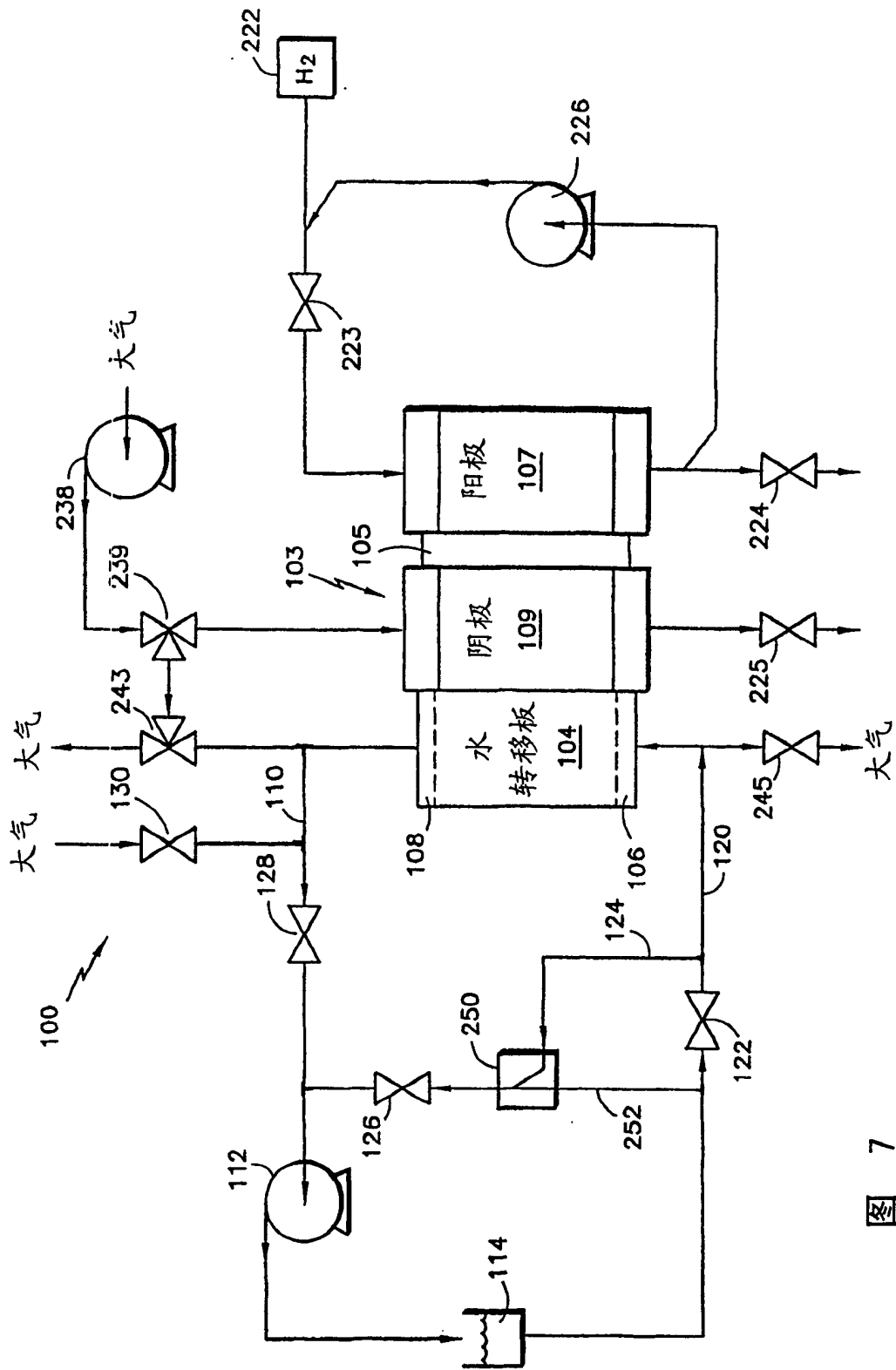


图 7