[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H01M 2/02

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02817454.2

[43] 公开日 2004 年 12 月 1 日

[11] 公开号 CN 1552107A

[22] 申请日 2002.8.7 [21] 申请号 02817454.2
[30] 优先权
[32] 2001. 9. 7 [33] US [31] 09/948,897
[86] 国际申请 PCT/US2002/025029 2002.8.7
[87] 国际公布 WO2003/071615 英 2003.8.28
[85] 进入国家阶段日期 2004.3.5
[71] 申请人 通用汽车公司
地址 美国密执安州
[72] 发明人 W·S·惠特 M·A·梅尔特塞
D·A·马斯滕

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 廖凌玲

权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称 用于寒冷环境的燃料电池的能源管理系统

[57] 摘要

能源管理系统可在机动车辆不运转时控制燃料电池系统的温度。 能源管理系统包括燃料电池堆栈、为燃料电池堆栈提供空气的鼓风机、水源、以及氢源。 在氢源和燃料电池堆栈之间连有氢源阀。 加热器与燃料电池堆栈的输出相连。 控制器控制着氢源阀和鼓风机，以便向加热器提供能量、从而温暖燃料电池堆栈和水源。 如果有必要加热，并且如果罐水平信号超过第一罐水平值，控制器就启动鼓风机，打开氢源阀。 如果罐水平信号不超过第一罐水平值，控制器就启动吹扫，从水源中排出水，并禁止机动车辆起动。

ISSN1008-4274

1．一种在机动车辆不运转时控制机动车辆的燃料电池温度的能源管理系统，它包括：

燃料电池堆栈；

为所述燃料电池堆栈提供空气的鼓风机；

水源；

氢源；

连在所述氢源和所述燃料电池堆栈之间的氢源阀；

与所述燃料电池堆栈的输出相连的加热器；

控制器，它控制着所述氢源阀和所述鼓风机，用以在所述机动车辆不运转时向所述加热器供能，以温暖所述燃料电池堆栈和所述水源。

2．根据权利要求1所述的能源管理系统，其中所述加热器是电阻式加热器。

3．根据权利要求1所述的能源管理系统，它还包括：

压力传感器，它可产生所述氢源的氢压力信号，并与所述控制器相连。

4．根据权利要求3所述的能源管理系统，它还包括：

堆栈温度传感器，它与所述控制器相连，并产生堆栈温度信号。

5．根据权利要求4所述的能源管理系统，其中如果所述氢压力信号超过第一压力值，所述控制器就根据所述堆栈温度确定是否有必要加热。

6．根据权利要求5所述的能源管理系统，其中如果有必要加热，所述控制器就启动所述鼓风机，打开所述氢源阀，直至所述堆栈温度信号超过第一堆栈温度值。

7．根据权利要求4所述的能源管理系统，它还包括：

环境温度传感器，它可产生环境温度信号；以及

水箱传感器，它可产生水温信号。

8．根据权利要求7所述的能源管理系统，其中在所述压力信号不超过第一压力值时，所述控制器使用所述堆栈温度信号、所述环境温度信号和所述水温信号访问查询表，以判断是否有必要加热。

9．根据权利要求8所述的能源管理系统，它还包括：

氢罐水平传感器，它可产生罐水平信号。

10. 根据权利要求 9 所述的能源管理系统，其中如果有必要加热，并且如果所述罐水平信号超过第一罐水平值，所述控制器就启动所述鼓风机，打开所述氢源阀。

11. 根据权利要求 10 所述的能源管理系统，其中所述控制器让加热持续进行，直至所述堆栈温度信号超过第一堆栈温度值。

12. 根据权利要求 9 所述的能源管理系统，其中如果所述罐水平信号不超过第一罐水平值，所述控制器就启动吹扫，从所述水源中排出水，并禁止机动车辆起动。

13. 一种在机动车辆不运转时控制机动车辆的燃料电池温度的能源管理方法，它包括以下步骤:

提供燃料电池堆栈、鼓风机、水源、储氢装置、氢源阀、与所述燃料电池堆栈的输出相连的加热器、以及控制器;

将所述控制器与所述氢源阀、所述开关、所述鼓风机和所述加热器连接起来; 以及

当所述机动车辆不运转时，控制所述氢源阀、所述开关和所述鼓风机，以产生热量来温暖所述燃料电池堆栈和所述水源。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其中其中所述加热器是电阻式加热器。

15. 根据权利要求 13 所述的方法，它还包括以下步骤:

利用与所述控制器相连的压力传感器产生所述氢源的氢压力信号。

16. 根据权利要求 15 所述的方法，它还包括以下步骤:

将堆栈温度传感器与所述控制器相连; 以及

利用所述堆栈温度传感器产生堆栈温度信号。

17. 根据权利要求 16 所述的方法，它还包括以下步骤:

判断所述压力信号是否超过第一压力值; 以及

如果所述压力信号超过所述第一压力值，就根据所述堆栈温度判断是否有必要加热。

18. 根据权利要求 17 所述的方法，它还包括以下步骤:

如果有必要加热，就启动所述鼓风机，打开所述氢源阀，直至所述堆栈温度信号达到第一堆栈温度值。

19. 根据权利要求 16 所述的方法，它还包括以下步骤：

将环境温度传感器和水温传感器与所述控制器相连；

利用所述环境温度传感器产生环境温度信号；以及

利用所述水温传感器产生水温信号。

20. 根据权利要求 19 所述的方法，它还包括以下步骤：

如果所述压力信号不超过第一压力值，就利用所述堆栈温度信号、所述环境温度信号和所述水温信号访问查询表，以判断是否有必要加热。

21. 根据权利要求 20 所述的方法，它还包括以下步骤：

将罐水平传感器与所述控制器连接起来；以及

利用氢罐水平传感器产生罐水平信号。

22. 根据权利要求 21 所述的方法，它还包括以下步骤：

如果有必要加热，并且如果所述罐水平信号超过了第一罐水平值，就启动所述鼓风机，打开所述氢源阀，直到所述堆栈温度达到第一堆栈温度值。

23. 根据权利要求 21 所述的方法，它还包括以下步骤：

如果所述罐水平信号不超过第一罐水平值，就启动吹扫，从所述储水装置中排出水，并禁止机动车辆起动。

用于寒冷环境的燃料电池的能源管理系统

发明领域

本发明涉及燃料电池，具体涉及用于寒冷环境的燃料电池的能源管理系统。

发明背景

燃料电池系统越来越广泛地用作各种应用中的电源。人们还建议将燃料电池系统取代内燃机（ICE）用到机动车辆中。固体聚合物电解质薄膜（PEM）燃料电池包括夹在阳极和阴极之间的薄膜。为了通过电化学反应产生电力，就要向阳极供应氢（H_2），向阴极供应氧（O_2）。

在第一个半电池反应中，氢H_2在阳极分解，产生氢质子H^+和电子e^-。薄膜是质子导电性和介电性的。因此，质子传递过薄膜，而电子却流过横跨薄膜连接的电力负载。在第二个半电池反应中，氧O_2在阴极与质子H^+发生反应，同时获取电子e^-生成水H_2O。

在ICE的发展过程中，人们非常注意ICE在寒冷气候条件下的工作。因为燃料电池已广泛用于商业用途，因此燃料电池的寒冷气候性能特性也变得重要起来。机动车辆的制造商必需满足顾客要求和期望，以确保燃料电池得以接受。这些要求中的某一些包括可担负的购买价格和操作成本、操作可靠又安全、诸如加速、减速之类的交通协调性能、行程范围、有效负荷以及环境温度耐受度。

对机动车辆而言，对环境温度耐受度的技术规范一般包括-40℃到52℃之间的温度。ICE的典型寒冷气候技术规范一般要求发动机必需在30秒的起动时间内起动，同时让前和后车窗的除霜器工作。这些技术规范还要求它在诸如-40℃的较低环境温度条件下经受8小时后还能在该低温条件下稳定工作。机动车辆应在起动后立即以包含了油门完全打开的变化加速度开走。燃料电池机动车辆或许也要满足类似的寒冷气候技术规范，以满足客户期望。

客户希望汽车能在冰点以下的气候条件下工作。对于燃料电池在寒冷气候下的操作而言，燃料电池系统中的液态和气态水是主要问题。冷却系统一般采用去离子水。工作过程中，燃料电池堆栈增湿系统和阴极上产生的水一般可以保证停顿时间（dwell time）内几乎所

有的燃料电池堆栈部件内都有液态或气态水。在一个大气压下温度低于0℃时，水结成冰，它会阻塞燃料电池堆栈的流动通道。这些阻塞物发生膨胀，会损坏燃料电池堆栈和/或使得冷却和增湿系统不能工作。

已有许多办法用于防止燃料电池系统在工作和/或起动过程中发生冻结。被动防冻包括几种不同方法。其中一种方法是通过最大限度地减少冷却水的使用来最大限度地减少冻结。冷却水可用结冰温度低的不导电传热液体代替。几个主要的燃料电池供应商正在从事这方面的工作。限制纯水冷却剂使用的另一任选方式是，通过液－液热交换器让分开的堆栈和辐射冷却剂回路工作。但是，该办法增大了成本、重量和体积。

另一办法涉及，在燃料电池不工作时，除掉燃料电池系统中的水，一般防止因冷冻造成损坏。燃料电池堆栈内的大部分液体水可利用重力自排作用在系统熄火时排出。堆栈内残留的水可通过在系统熄火前让干燥除湿空气吹过燃料电池堆栈来除去。在这些系统中，必需在燃料电池工作之前加入水。

在其它方法中，要在整个燃料电池堆栈和水箱周围设置绝热体，以减缓工作和停顿时的热损耗。该绝热体经常与燃料电池堆栈的壳体形成一体。该办法增大了堆栈的体积和重量。由于燃料电池堆栈的重量会影响机动车辆的性能、装机功率要求和成本，因此这刺激机动车辆供应商采用不会增加堆栈重量的其它办法。降低燃料电池堆栈的重量可以降低热质量，减少热车时间，并且也会缩短冷却时间。

再一方法涉及利用燃料电池产生的废热加热燃料电池堆栈，以此作为发电过程的一部分。该系统的优点包括：设计比较简单，一般无需改变系统。该系统的缺点包括：在低于冰点的温度下，由于燃料电池堆栈的功率较低，因此需要较长的热机时间。该系统也不能直接融解阳极和阴极流动通道内的冰。该系统也不能解决在机动车辆中的燃料电池不工作时因结冰引起的损坏。

其它系统在工作和/或部分起动过程中采用压缩机供应热空气来融化阳极和阴极流动通道内的冰，并温暖MEA。热空气一般高于90℃，而且很快得到。热空气温暖了阴极的所有部分。缺点包括：空气产生不了太多热能（但是，薄膜电极组件的热质量很低）。

其它一些系统采用氢/空气燃烧器来温暖堆栈冷却剂，接着该冷却

剂温暖电池堆栈。该加热系统的优点包括可产生大量的高质量热。废热可用来温暖车厢。缺点包括：降低了燃料的经济性，要求使用氢/空气燃烧器，这会增加燃料电池系统的重量、体积和成本。

绝大多数前述系统涉及在机动车辆起动阶段或在工作过程中温暖燃料电池堆栈，但它们不能避免燃料电池堆栈在较低的环境温度下保持停顿或停机模式时产生的损害。解决停顿模式问题的系统通常包括外部插入式电阻加热器。虽然客户已经接受了在低于-20℃的温度下使用插入式加热器，但在商业上可能还不能接受-20℃到 0℃时使用插入式加热器的要求。其它措施包括带加热的车库，这在商业上可能也是不能接受的。

发明概述

依照本发明的能源管理系统可在机动车辆不运转时控制机动车辆燃料电池的温度。能源管理系统包括：燃料电池堆栈，向燃料电池堆栈供应空气的鼓风机，水源，以及氢源。在氢源和燃料电池堆栈之间连有氢源阀。加热器与燃料电池堆栈的输出相连。控制器控制着氢源阀和鼓风机，以便在机动车辆不运转时向加热器供能，以温暖燃料电池堆栈和水源。

在本发明的其它特征中，加热器是电阻式加热器。压力传感器产生氢源的氢压力信号，它与控制器相连。堆栈温度传感器与控制器相连，它产生堆栈温度信号。如果氢压力信号超过第一压力值，控制器就根据堆栈温度确定是否有必要加热。如果有必要加热，控制器就启动鼓风机，打开氢源阀，直到堆栈温度信号超过第一堆栈温度值。

在本发明的另一些特征中，环境温度传感器产生环境温度信号。水箱传感器产生水温信号。在压力信号没超过第一压力值时，控制器利用堆栈温度信号、环境温度信号和水温信号访问查询表，以确定是否有必要加热。

在其它特征中，氢罐水平传感器产生罐水平信号。如果有必要加热，并且如果罐水平信号超过了第一罐水平值，控制器就启动鼓风机，打开氢源阀。控制器让加热持续进行，直至堆栈温度信号超过第一堆栈温度值。如果罐水平信号未超过第一罐水平值，控制器就启动吹扫，让水源排出水，并禁止机动车辆起动。

通过后面提供的详细描述，将使本发明的其它应用性方面变得显

明。应当理解的是，这些详细描述和具体例子虽然表示本发明的优选实施例，但其试图仅用于说明目的，不应当将其理解为是对本发明范围的限制。

附图的简要说明

通过以下详细描述和附图，就更能透彻地理解本发明，其中：

图 1 表示燃料电池的示范性薄膜电极组件（MEA）。

图 2 表示依照本发明的用于寒冷环境的燃料电池能源管理系统；以及

图 3 表示图 2 的燃料电池能源管理系统的工作步骤。

优选实施例的详细说明

以下对优选的描述本身仅是示范性的，它们决不会限制本发明、它的应用或用途。

现在参照图 1，它示出了包括薄膜电极组件（MEA）12 的燃料电池组件 10 的剖视图。优选的是，MEA12 是质子交换薄膜（PEM）。MEA12 包括薄膜 14、阴极 16 和阳极 18。薄膜 14 夹在阴极 16 的内表面和阳极 18 的内表面之间。阴极扩散介质 20 与阴极 16 的外表面相邻。阳极扩散介质 24 与阳极 18 的外表面相邻。燃料电池组件 10 还包括阴极流动管线 26 和阳极流动管线 28。阴极流动管线 26 从氧源接收氧 O_2，并将其导入阴极扩散介质 20。阳极流动管线 28 从氢源接收氢 H_2，并将其导入阳极扩散介质 24。

在燃料电池组件 10 中，薄膜 14 是可透阳离子的，质子传导薄膜以 H^+ 离子作为移动离子。燃料气体是氢 H_2，氧化剂是氧 O_2。整个电池反应是氢氧化成水，阳极 18 和阴极 16 上发生的相应反应如下：

$$H_2 = 2H^+ + 2O^-$$

$$5O_2 + 2H^+ + 2e^- = H_2O$$

由于将氢用作燃料气体，因此整个电池的反应产物是水。一般而言，所产生的水在阴极 16 是受排斥的，所述阴极是氧侧包括电催化层的多孔电极。在水产生时，可通过传统方式从燃料电池组件 10 的 MEA12 上收集这些水，并将其带走。

电池反应产生沿着从阳极扩散介质 24 朝阴极扩散介质 20 的方向的质子交换。燃料电池组件 10 通过这种方式产生电力。电力负载 30 横跨 MEA12 与板 32 和 34 电连接。如果板 32 和 34 与另一燃料电池相

邻，板 32 和/或 34 就是双极性的。如果另一燃料电池不与其相邻，板 32 和/或 34 就是端板。

现在参照图 2，它示出了依照本发明的燃料电池能源管理系统，总体用 100 表示。燃料电池堆栈 102 包括阳极流动管线 104 和阴极流动管线 106。温度传感器 108 测量燃料电池堆栈 102 的内部温度。鼓风机电机 110 为阴极流动管线 106 供应空气 112。从阴极流动管线 106 排出的空气被送入排气管 116。大体积液氢储罐 120 通过阀 122 向阳极流动管线 104 供应氢。储氢罐 120 在低于-250℃的温度下储存着液态氢。储氢罐 120 优选是绝热、经过增强的罐，它由复合材料制成。节流阀 126 和止回阀 128 可周期性地打开，以便卸压和为系统“排气”。任选的是，在阳极流动管线 104 的出口端设置截流阀 129。

燃料电池堆栈 102 包括阳极接头 130 和阴极接头 132。在分别向阳极流动管线 104 和阴极流动管线 106 供应氢和空气时，燃料电池堆栈 102 横跨阳极接头和阴极接头 132 产生电压。在正常工作过程中，燃料电池堆栈 102 向一个或多个电池、电机、或其它负载（图 2 中未示出）供电。

第一电阻式加热器 136 的一端与阴极接头 132 相接。第一电阻式加热器 136 优选位于燃料电池堆栈 102 附近。第一电阻式加热器 136 的相对端与电磁开关 140 相接。第二电磁开关 142 接在熔断器 146 和阳极接头 130 之间。第二电阻式加热器 148 位于邻近存储水的水箱 150 的地方。在优选模式中，第二电阻式加热器 148 和水箱 150 都设置在一个容器 152 内。温度传感器 154 感测水箱 150 内的水温。电磁阀 156 控制着水箱 150 流出的水量。

管理燃料电池温度和能源的燃料电池控制器 160 包括微处理器、存储器（例如只读存储器、随机访问存储器、和/或闪存）、输入/输出 I/O 接口（都未示出）。该燃料电池控制器 160 与可产生环境温度信号的环境温度传感器 164 相连。与燃料电池控制器 160 相关联的校验查询表（LUT）162 定义出内部堆栈温度、环境温度、水箱温度与在机动车辆处于停泊、不运转状态时需要加热之间的关系。燃料电池控制器 160 与机动车辆控制器 170 相连。机动车辆控制器 170 提供识别机动车辆是否正处在停泊状态和/或是否正在运转的信号。压力传感器 174 提供储氢罐 120 内所储存的氢的压力信号。罐水平传感器 176 提

供了表示储氢罐 120 内的氢水平的罐水平信号。

现在参照图 3，它示出了燃料电池控制器 160 的工作步骤，整体用 200 表示。控制过程从步骤 202 开始。在步骤 204 中，燃料电池控制器 160 判断机动车辆是否在运转。如果机动车辆在运转，控制回路就回到步骤 204。出于安全因素考虑，如果机动车辆正在运转或不在停泊状态，就不发生温度和能源管理。如果机动车辆不在运转，控制过程进行到步骤 208，此时燃料电池控制器 160 确定机动车辆是否处于停泊状态。如果未处于停泊状态，控制回路就回到步骤 204。燃料电池控制器 160 优选从机动车辆控制器 170 获取运转和停泊状态信息。

如果机动车辆处于停泊状态和并未运转，控制进行到步骤 210。在步骤 210 中，燃料电池控制器 160 测量储氢罐 120 中的压力。在步骤 212 中，燃料电池控制器 160 确定压力 P 是否超过最大压力 P_{max}。如果所测压力 P 超过最大压力 P_{max}，控制进行到步骤 218。在步骤 218 中，燃料电池控制器 160 利用堆栈温度传感器 108 测量堆栈温度。在步骤 220 中，燃料电池控制器 160 确定是否有必要对燃料电池堆栈 102 和水源 150 进行加热。如果有必要补充加热，控制进行到步骤 222。在步骤 222 中，燃料电池控制器 160 启动鼓风机电机 110，利用供氢阀 122 激活氢流动。控制进行到步骤 218 和 220，直到不再有必要加热。然后，控制进行到步骤 224，此时燃料电池控制器 160 让鼓风机电机 110 停止，并利用氢源阀 122 停止氢流动。在步骤 226 中，燃料电池控制器 160 判断是否 $P>P_{max}$。如果是，燃料电池控制器 160 就在步骤 228 中启动氢气吹扫，并控制过程进行到步骤 204。如果 P 不大于 P_{max}，控制由步骤 226 进入步骤 204。

如果所测压力 P 如步骤 212 中确定的那样不超过 P_{max}，控制过程进行到步骤 230，此时燃料电池控制器 160 测量堆栈温度、环境温度和水温。在步骤 234 中，燃料电池控制器 160 利用所测温度访问 LUT162 或校验表。在步骤 238 中，燃料电池控制器 160 利用 LUT162 判断是否有必要加热。如果不必加热，燃料电池控制器 160 就回到步骤 204。否则，燃料电池控制器 160 进行到步骤 244，此时燃料电池控制器 160 利用水平传感器 176 测量储氢罐 120 的水平。

在步骤 246 中，燃料电池控制器 160 判断是否可得到足够的氢。如果可以，燃料电池控制器 160 就进行步骤 218。如果得不到充足的

氢，燃料电池控制器 160 就进行到步骤 250，并启动吹扫。在步骤 252 中，利用阀 156 将水从水箱中排出。在步骤 254 中，禁止发动机起动，以防对燃料电池堆栈造成损害。步骤 254 优选通过由燃料电池控制器 160 向机动车辆控制器 170 发送禁止或中止信号来实现。

在让燃料电池运转产生热量之前，燃料电池控制器 160 要确定机动车辆并未运转和处于停泊状态。这些步骤避免了燃料电池系统的危险操作。接着，燃料电池控制器 160 判断氢压 P 是否高于 P_{max}。如果 $P>P_{max}$，燃料电池控制器 160 就通过启动空气和氢流动而让燃料电池堆栈 102 工作。燃料电池控制器 160 让燃料电池堆栈 102 工作，直至产生了理想的加热。接着，燃料电池控制器 160 停止鼓风机工作，停止氢气流动。

如果氢压 P 小于 P_{max}，燃料电池控制器 160 就测量内部堆栈温度、环境温度和水箱温度，并判断是否有必要加热。如果有必要加热，燃料电池控制器 160 就判断是否能得到充足的氢。如果不能，燃料电池控制器 160 就吹扫系统，从水箱中排出水，并禁止发动机起动，以防因冰冻造成损害。

从前述描述中可以理解的是，依照本发明的燃料电池能源管理系统能避免因寒冷环境而对燃料电池堆栈和其它系统部件造成的损害。此外，本发明通过管理机动车辆处于停泊状态和不运转时的燃料电池堆栈温度，减少了将燃料电池系统加热到通常操作温度所需的时间。另外，依照本发明的燃料电池能源管理系统解决了在较低的环境温度下水结冰的问题，同时又没有增加重量或体积。

通过前述描述，本领域普通技术人员可以理解的是，可通过各种形式实施本发明的广泛教导。因此，虽然结合本发明的具体例子描述了本发明，但本发明的真正范围不应受此限制，这是因为对于熟练的从业者而言，在研究了附图、说明书和所附权利要求书的情况下，作出其它改进是显而易见的。

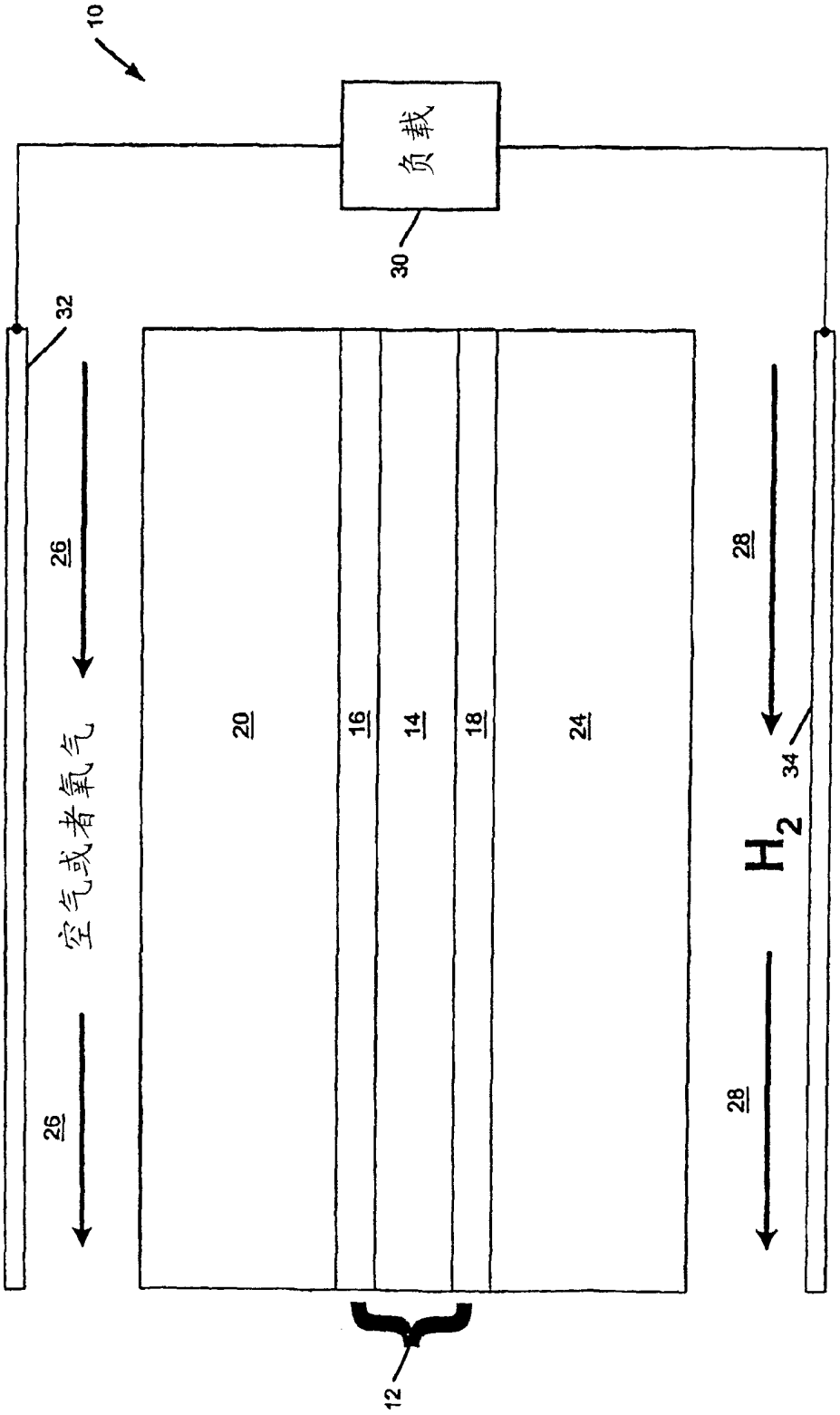

图 1

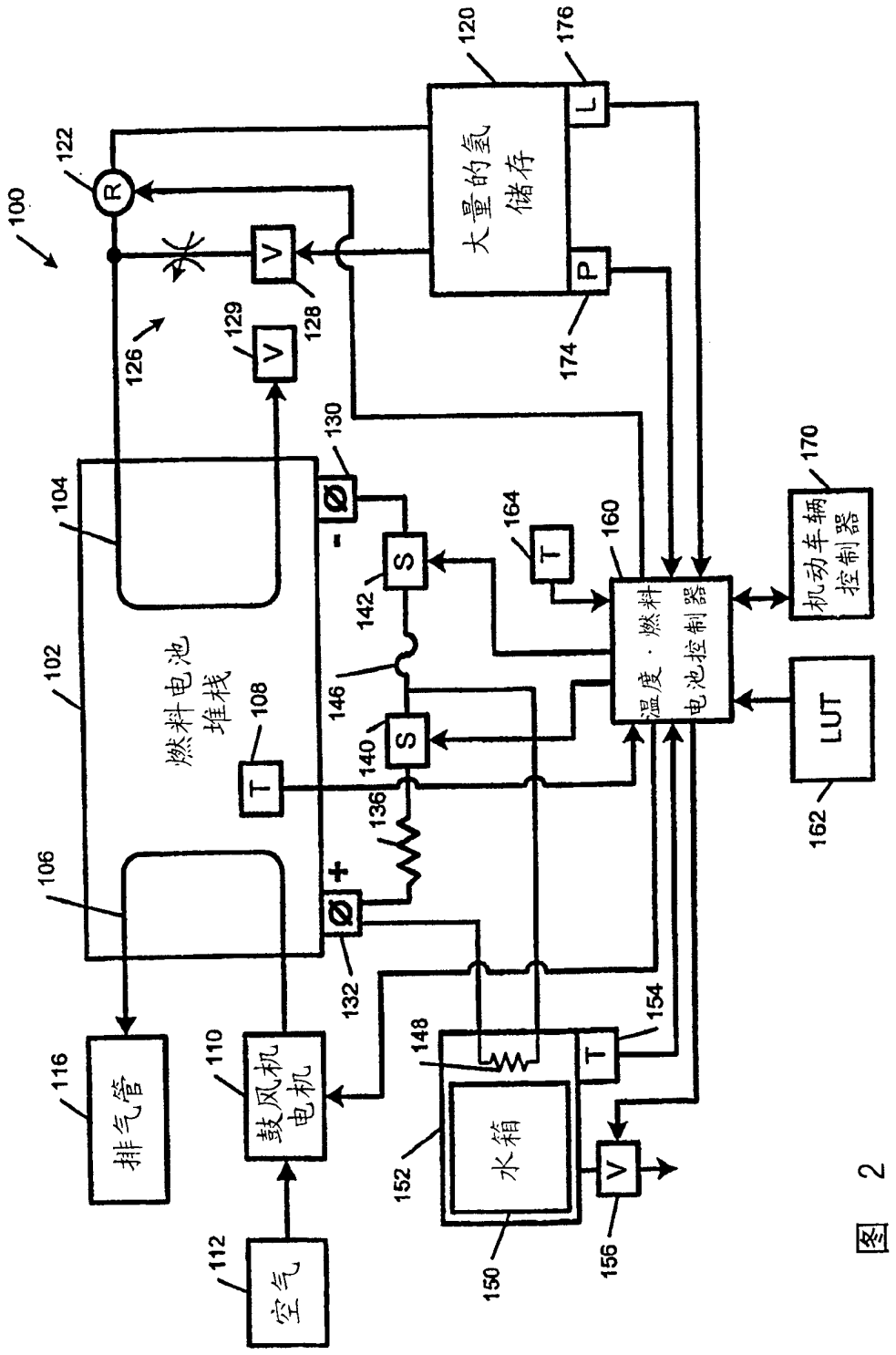
100
122
R
126
V
128
129
V
大量的氢储存
120
176
L
P
174
130
Ø
-
104
102
燃料电池堆栈
108
T
106
Ø
+
132
S
142
146
S
140
136
164
T
温度·燃料电池控制器
160
机动车辆控制器
170
LUT
162
154
T
148
水箱
152
150
V
156
排气管
116
鼓风机电机
110
空气
112

图 2

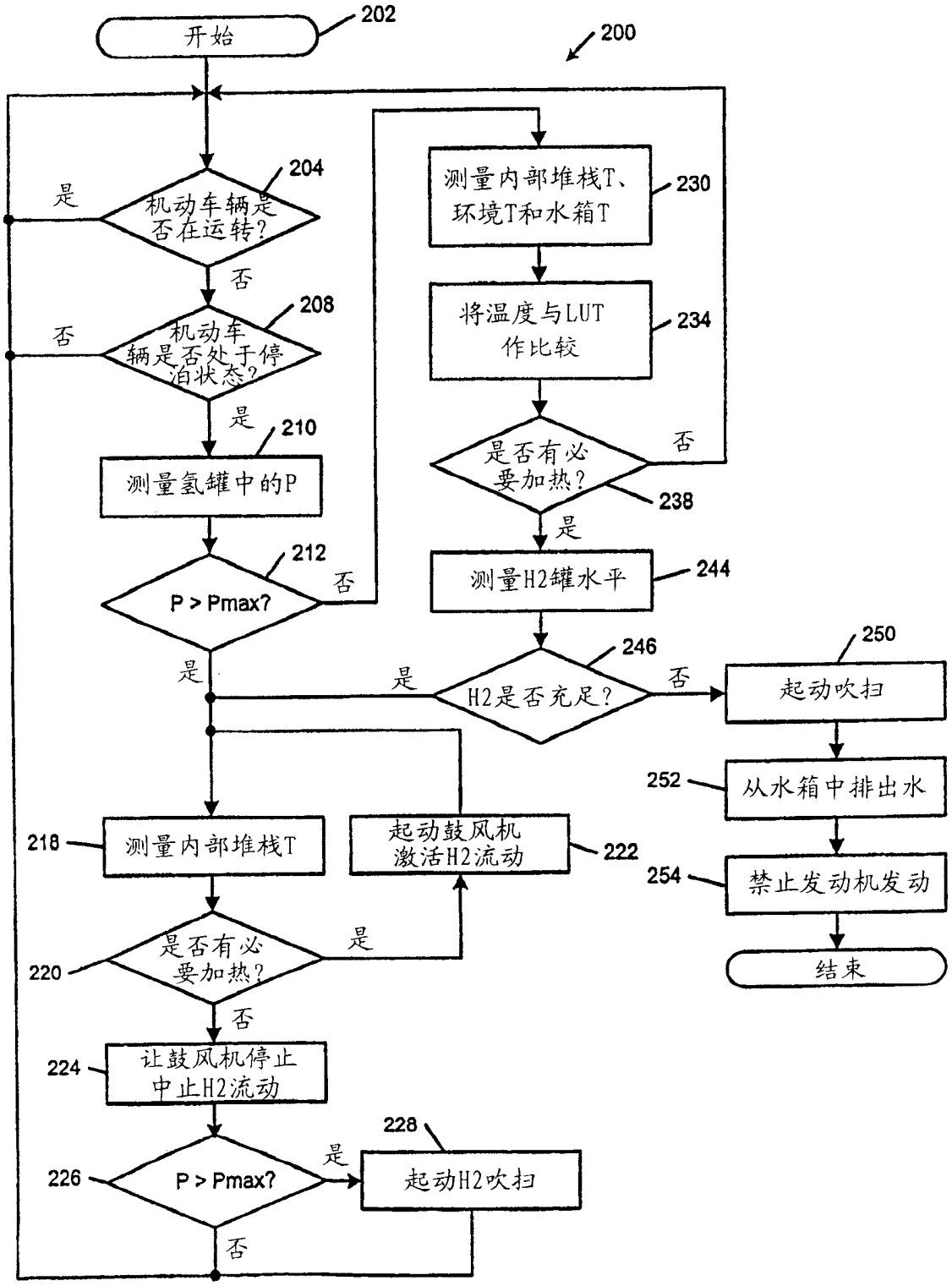
开始
202
200
204
机动车辆是否在运转?
是
否
208
机动车辆是否处于停泊状态?
否
是
210
测量氢罐中的P
212
P > Pmax?
否
是
测量内部堆栈T、环境T和水箱T
230
将温度与LUT作比较
234
是否有必要加热?
238
否
是
测量H2罐水平
244
246
H2是否充足?
是
否
250
起动吹扫
252
从水箱中排出水
254
禁止发动机发动
结束
218
测量内部堆栈T
起动鼓风机激活H2流动
222
220
是否有必要加热?
是
否
224
让鼓风机停止中止H2流动
226
P > Pmax?
是
228
起动H2吹扫
否

图 3