

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01M 8/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03809199.2

[45] 授权公告日 2007 年 9 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 100336252C

[22] 申请日 2003.3.13 [21] 申请号 03809199.2

[30] 优先权

[32] 2002. 4. 24 [33] US [31] 10/132,789

[86] 国际申请 PCT/US2003/011068 2003. 3. 13

[87] 国际公布 WO2003/092103 英 2003. 11. 6

[85] 进入国家阶段日期 2004. 10. 25

[73] 专利权人 UTC 电力公司

地址 美国康涅狄格州

[72] 发明人 P·塞哈德里 A·P·梅耶

L·L·范迪内 T·M·克拉克

[56] 参考文献

CN1301407A 2001. 6. 27

CN1331846A 2002. 1. 16

US6268074B1 2001. 7. 31

审查员 刘子晓

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 卢新华 段晓玲

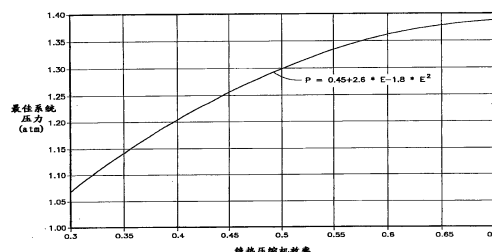
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 6 页

[54] 发明名称

在最佳系统压力下使质子交换膜燃料电池发电装置的系统效率最高

[57] 摘要

PEM 燃料电池发电装置系统(10)具有过程空气泵(26), 该泵可以是风扇、鼓风机、或压缩机, 绝热效率为 40%—70%。在阴极反应物气体流动区域 16 的入口 27, 过程空气的压力是 1.07atm—1.85atm, 过程空气可以处在整个系统效率最高的最佳压力下: $P = \{0.45 + 2.6E - 1.8E^2\} \text{ atm} \pm 0.2 \text{ atm}$, 式中 P 是空气入口压力, E 是过程空气泵的绝热效率。



1. 一种燃料电池发电装置，其中包括：

多个燃料电池（12），每个电池包括质子交换膜（18），该质子交换膜（18）具有在第一表面上的阴极催化剂（16）和在与所述第一表面相对的第二表面上的阳极催化剂（14）；

与所述阴极催化剂邻接的阴极流动区域挡板，该挡板具有氧化剂反应物气体流动区域；

与所述阳极催化剂邻接的阳极流动区域挡板，该挡板具有燃料反应物气体流动区域；

给所述燃料反应物气体流动区域提供含氢气体的气源（32）；和

将地表空气泵送给所述氧化剂反应物气体流动区域的空气泵（26）；

其改进特征包括：

所述泵的绝热效率 E 为 $0.3-0.7$ ，给所述氧化剂反应物气体流动区域提供空气，空气压力 P 基本上等于：

$$P=\{0.45+2.6E-1.8E^2\}\text{ atm}\pm0.2\text{ atm}.$$

2. 根据权利要求1的燃料电池发电装置，其中还包括：

控制通过所述泵提供给所述氧化剂反应物气体流动区域的空气的压力 P 的控制器。

3. 根据权利要求1的燃料电池发电装置，其中还包括：

在所述氧化剂反应物气体流动区域的出口处的阀门；和控制所述阀门的控制器，由此所述泵在所述压力 P 下给所述氧化剂反应物气体流动区域提供空气。

4. 一种操作燃料电池发电装置的方法，该燃料电池发电装置包括多个燃料电池，每个电池包括质子交换膜（18），该质子交换膜（18）具有在第一表面上的阴极催化剂和在与所述第一表面相对的第二表面上的阳极催化剂；与所述阴极催化剂邻接的阴极流动区域挡板，该挡板具有氧化剂反应物气体流动区域；与所述阳极催化剂邻接的阳极流动区域挡板，该挡板具有燃料反应物气体流动区域；和给所述燃料反应物气体流动区域提供含氢气体的气源，所述方法包括：

提供将地表空气泵送给所述氧化剂反应物气体流动区域的空气泵，

所述泵的绝热效率 E 为 0.3—0.7; 并且

控制通过所述泵提供给所述氧化剂反应物气体流动区域的空气的压力 P , 使该压力 P 基本上等于:

$$P = \{0.45 + 2.6 E - 1.8 E^2\} \text{ atm} \pm 0.2 \text{ atm}.$$

5. 一种操作燃料电池发电装置的方法, 该燃料电池发电装置包括多个燃料电池, 每个电池包括质子交换膜 (18), 该质子交换膜 (18) 具有在第一表面上的阴极催化剂和在与所述第一表面相对的第二表面上的阳极催化剂; 与所述阴极催化剂邻接的阴极流动区域挡板, 该挡板具有氧化剂反应物气体流动区域; 与所述阳极催化剂邻接的阳极流动区域挡板, 该挡板具有用于接收含氢气体的燃料反应物气体流动区域, 所述方法包括:

通过泵在压力下给所述氧化剂反应物气体流动区域提供空气, 所述泵的绝热效率 E 为 0.3—0.7, 并且所述压力基本上等于:

$$\{0.45 + 2.6 E - 1.8 E^2\} \text{ atm} \pm 0.2 \text{ atm}.$$

在最佳系统压力下使质子交换膜燃料电池发电装置的系统效率最高

技术领域

本发明涉及质子交换膜（PEM）燃料电池发电装置在所选择的与反应物空气泵绝热效率相应的压力下的操作。

技术背景

迄今为止，一种类型的 PEM 燃料电池发电装置，利用压缩机将反应物空气泵送到阴极反应物气体流动区域，一般在空气入口压力 2 或 3 atm 下操作。由于操作压力较高的结果，使燃料电池具有能在较高的平均电池温度、废气露点温度、和冷却剂温度下操作的优点。另一种类型的已知燃料电池发电装置，可以利用风扇或鼓风机提供反应物空气，因此在接近环境压力下工作。虽然这种类型的燃料电池发电装置不能获得由较高的压力产生的效率优点，但整个系统的效率高于燃料电池发电装置在使用压缩机的 2 或 3 atm 下操作的效率，这是由于与压缩机需要的附加功率相比，鼓风机或风扇需要的附加功率极低。

已经清楚，从燃料电池发电装置中排出的水，受离开燃料电池发电装置的过程废气流的温度、压力、和体积的控制。过程废气流的体积与反应物的利用率和燃料电池发电装置运行使用的燃料的组成有关。定义过程废气是燃料电池发电装置燃料或氧化剂端任何废气流的总合。燃料气流可以在发电装置耗尽之前燃烧，这一点是已知的。以氢为燃料的燃料电池，过程废气主要是未反应的空气，因为为了使发电装置的效率最高，燃料的利用率接近 100%。以汽油为燃料的燃料电池，过程废气包括大量的二氧化碳和氮，它们是燃料转化过程的副产物。对于部分氧化的转化装置，该系统燃料端的废气体积大致等于该系统空气端的废气体积。与氢为燃料的燃料电池发电装置相比，汽油为燃料的燃料电池发电装置过程废气流的体积较大，为保持水的平衡，要求汽油为燃料的燃料电池发电装置系统废气的露点较低。

已经知道，PEM 燃料电池发电装置的热力学效率随燃料和氧化剂入口压力的增加而增高。操作压力较高的益处之一是能使废气的露点升高，

在该露点下可以保持水的平衡，如图 1 所示。在图 1 中，最左边的 5 条曲线 13 表明，对于 1—2 atm 之间的压力，废气的露点温度是汽油为燃料的燃料电池发电装置过程废气压力的函数。最右边的 5 条曲线 14 表明，对于 1—2 atm 之间的压力，系统废气的露点随氢为燃料的燃料电池发电装置过程废气压力的增加而增高。在水平衡时，在过程废气流中排出的水只够平衡燃料电池过程在阴极产生的水，剩下足够的水维持膜足够的湿度。为了达到水的平衡，提供具有适宜露点的过程废气，能取消对冷凝器和热回收装置等外加部件的需要，它们能增加整个系统的重量、体积、和复杂性。当系统基本上在水平衡的废气露点操作时，仍然有水被冷凝并返回到水的入口通道，以确保有足够的水存在，因而容许除去水来达到平衡。对过程废气温度较高的措施（provision），允许在较高的电池温度和冷却剂温度下操作，为了确保返回到水流动区域的水低于过程废气的温度（或在较高的环境温度范围内操作），允许使用较小的散热器除去冷却剂的热量，这一般会降低整个系统的成本和重量。

已经清楚，整个系统的效率必须考虑燃料电池发电装置外部电器和机械部件的效率。特别是在利用燃料电池发电装置产生的电开动泵（风扇、鼓风机、或压缩机）时，给燃料电池发电装置提供过程空气（process air）的泵包括附加功率消耗很大的负载。因此已经清楚，使用功率较低的泵在环境压力或接近环境压力下操作的燃料电池发电装置，整个系统的效率大于在 2—3 atm 下操作的燃料电池发电装置，后者具有较高的热力学效率，但由于增加了所需空气泵的附加功率要求，所以整个系统的效率较低。

发明内容

本发明的目的包括：PEM 燃料电池发电装置在系统最高效率或接近系统最高效率下操作的措施；在考虑过程空气泵的热力学效率以及绝热效率的情况下，PEM 燃料电池发电装置在能提供整个系统效率最高的系统压力下操作的措施；PEM 燃料电池发电装置能达到与整个系统效率一致的，最高可能的，和水平衡的系统废气露点的措施；和改善 PEM 燃料电池发电装置的措施。

本发明是以以下发现为基础的：对于泵可获得的任何绝热效率，燃料电池发电装置的总效率，其中包括过程空气泵附加功率要求在内，不随系统压力的增加而增高，而是具有与过程空气泵绝热效率有关的系统

临界压力，在系统临界压力下整个系统的效率最高。

根据本发明，质子交换膜燃料电池发电装置使用绝热效率 E 为 40%—70% 的过程空气泵，选择系统压力 P 作为过程空气泵绝热效率的函数，系统压力 P 基本上是整个系统效率最高的压力。另外根据本发明，系统压力基本上等于：

$$P = \{0.45 + 2.6 E - 1.8 E^2\} \text{ atm} \pm 0.2 \text{ atm}.$$

本申请使用的术语“泵”包括所有类型的风扇、鼓风机、和压缩机。选择系统压力作为过程空气泵绝热效率的函数，燃料电池组可在不牺牲任何操作性能的情况下由数目较少的电池组成；另外，具有通常数目电池的燃料电池组，可以在通常的操作性能下操作，具有较高的效率和较低的燃料消耗。

按照本发明，质子交换膜燃料电池发电装置使用绝热效率 E 为 40%—70% 的过程空气泵，对于泵效率 0.40—0.50，系统的压力 P 为 1.07—1.85 atm，优选 1.10—1.50 atm，对于泵效率 0.50—0.70，系统的压力 P 为 1.20—1.70 atm。

根据下面对附图中所示本发明典型实施方案的详细说明，本发明的其它目的、特性、和优点会变得更加明显。

附图简述

图 1 是汽油作燃料的 PEM 燃料电池发电装置和氢作燃料的 PEM 燃料电池发电装置达到系统水平衡的各个废气露点的系统空气利用率曲线，图中示出对于任何空气利用率，水平衡露点如何随着系统压力而升高。

图 2 是现有技术已知的典型 PEM 燃料电池发电装置简化的流程示意图，可以将本发明与其一道使用。

图 3 是对于绝热效率分别为 0.4—0.7 的压缩机（或其它泵），在保持电流密度不变和在燃料电池组由不同数目的燃料电池组成时，系统效率作为压力函数的曲线。

图 4 是对于绝热效率分别为 0.4—0.7 的压缩机（或其它泵），在允许电流密度发生变化时，具有固定数目燃料电池的燃料电池组的系统效率作为系统压力函数的曲线。

图 5 是对于绝热效率分别为 0.4—0.7 的压缩机（或其它泵），为了保持给定的电流密度，燃料电池组的电池数目随系统压力变化的曲线。

图 6 是最佳系统压力作为压缩机绝热效率函数的曲线。

实施本发明的最佳方式

参见图 2，燃料电池发电装置 10 包括电池组组件 12，其中包括许多以连接关系叠加在一起的单个燃料电池，不过在图 1 中只示出一个电池。燃料电池包括阳极电极 14、阴极电极 16、和配置在电极之间的聚合物电解质膜 18。每个电极都由众所周知的催化剂、多孔支持板、和反应物流动区域组成。与阴极 16 邻接的水迁移挡板（water transport plate）（或冷却剂挡板）19 与冷却控制环路连接，该环路包括冷却剂泵 20、冷却剂压力控制阀门 21、和热交换器 22。还可以具有未示出的在 US-5,503,944 中公开的热交换旁路和其它水控制装置。泵 20 和阀门 21 能调节流过水迁移挡板 19 和流过（或绕过）热交换器 22 的压力和体积。鼓风机 26 给阴极氧化剂流动区域入口集流腔 27 提供空气，用过的空气通过出口集流腔 28 和氧化剂压力控制阀门 28a 从流动区域排入废气 29 中。来自氢或富氢气体压缩气源 32 的燃料，通过燃料压力调节器 34、燃料入口集流腔 35、阳极 14 的燃料流动区域、和燃料出口集流腔 36 进入流动控制阀门 37。当打开阀门 37 时，使燃料流动区域与环境 39（或可以使用的任何废气压缩机）相通。燃料流动区域的流出物一般可以流过包括鼓风机 41 的再循环环路。燃料再循环鼓风机的流量一般大于燃料入口的流量，以便在阳极流动区域保持比较均匀的氢成分。

在电源线 42 中的电流供给燃料电池发电装置的负载 43。如果需要，控制器 46 可以调节氢压力控制阀门 34 和氧化剂压力控制阀门 28a 的位置，确保适宜流量的氧化剂进入流动区域。控制器 46 也可以控制氢废气流阀门 37，以便定期排出痕量的污染物，例如在启动或关闭时，或相反，按照常规控制。

对在图 2 中概括示出的这种类型的燃料电池发电装置系统的整个系统效率进行计算，但该系统可以包括阴极空气再循环和/或分布在电池组中各个电池之间的固体冷却剂挡板，该系统的净功率为 75 kW，在冷却剂出口温度 85℃操作，采用氢和空气作为反应物。当系统空气入口的压力从 1 atm 变化到几个 atm 时，采用 0.3—0.7 之间几个不同的绝热效率，对所述具有空气泵（在这种情况下是压缩机）的燃料电池发电装置进行计算。对于一组计算，当燃料电池发电装置的系统压力改变时，为使电流密度保持不变，燃料电池组中的电池数目发生改变。在图 3 中示出这

组计算的结果。对于另一组计算，燃料电池组中的电池数目保持不变，让最高电流密度随系统的压力而改变。在图 4 中示出这组计算的结果。根据第一组计算，在图 5 中示出当系统的压力（在阴极流动区域入口的空气压力）改变时，保持电流密度不变所需的燃料电池数目。对于图 5 中标绘的泵绝热效率，燃料电池数目最小的压力与图 3 中所示系统效率最高的压力相同。对于图 3 和 5 所示的情况（负载电流不变），在图 6 中示出系统效率最高的最佳系统压力。可以看到，当压缩机绝热效率为 0.5 时，最佳系统压力刚好超过 1.30 atm，当压缩机绝热效率为 0.7 时，最佳系统压力为约 1.38 atm。

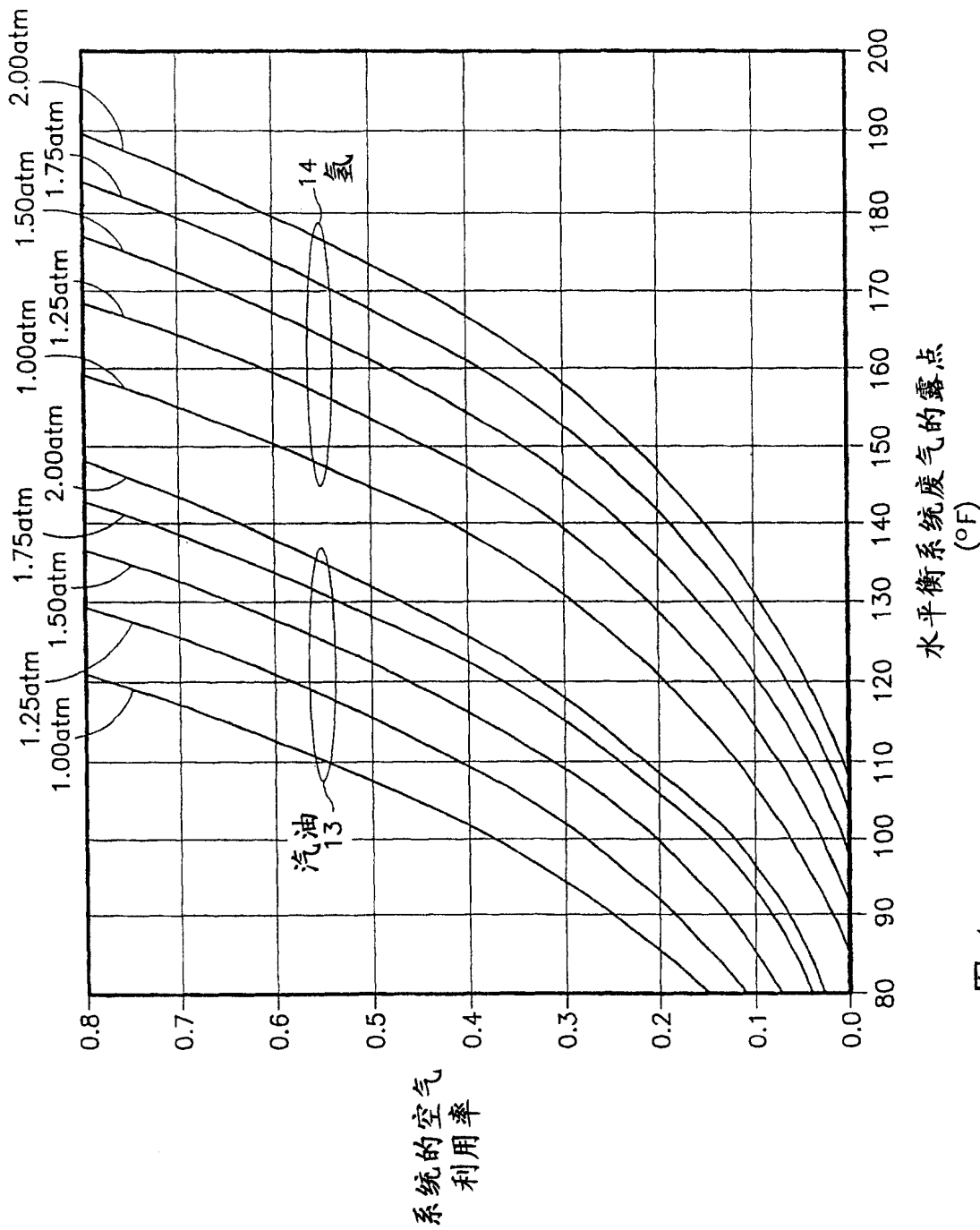


图 1

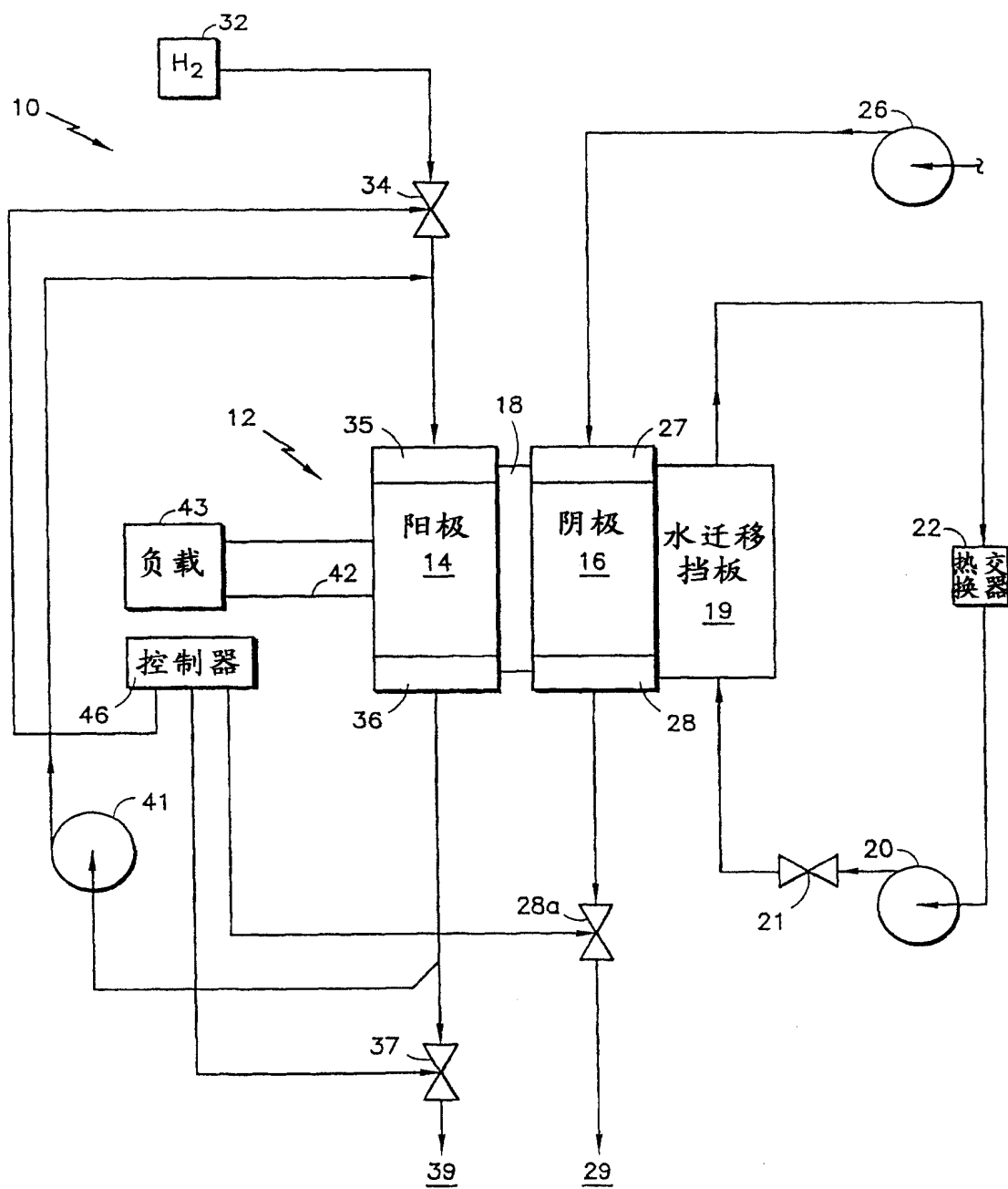


图 2
现有技术

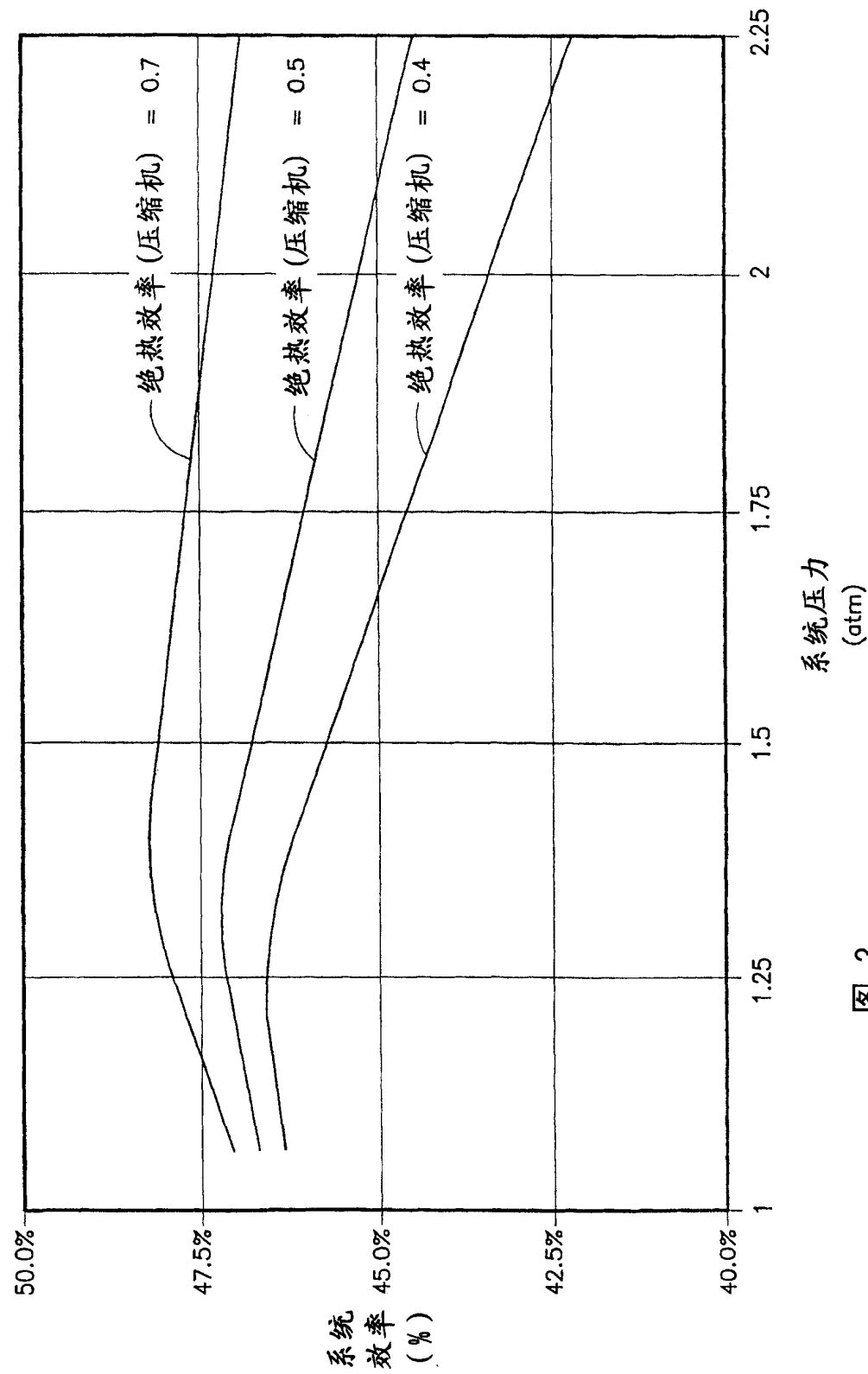


图 3

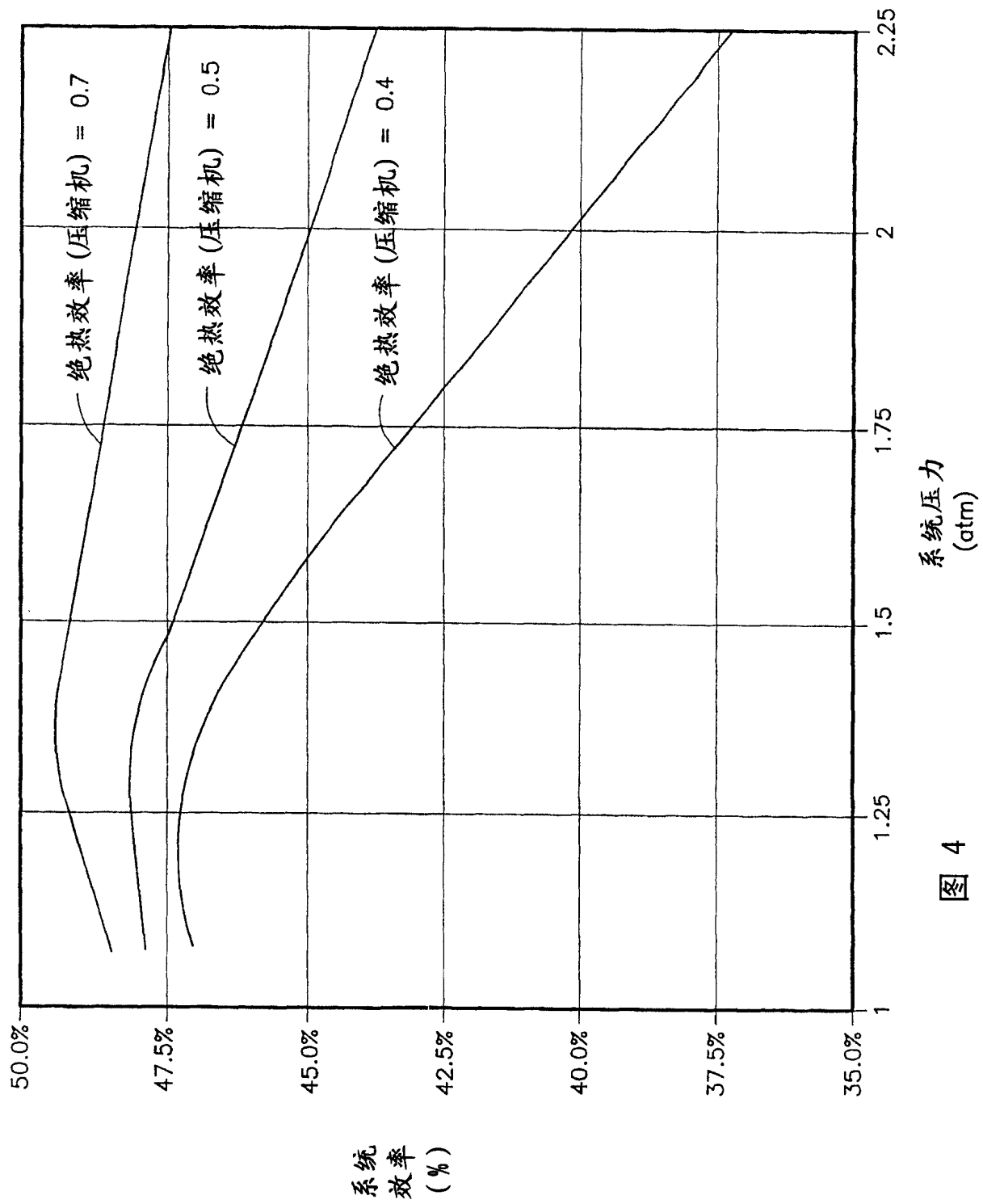


图 4

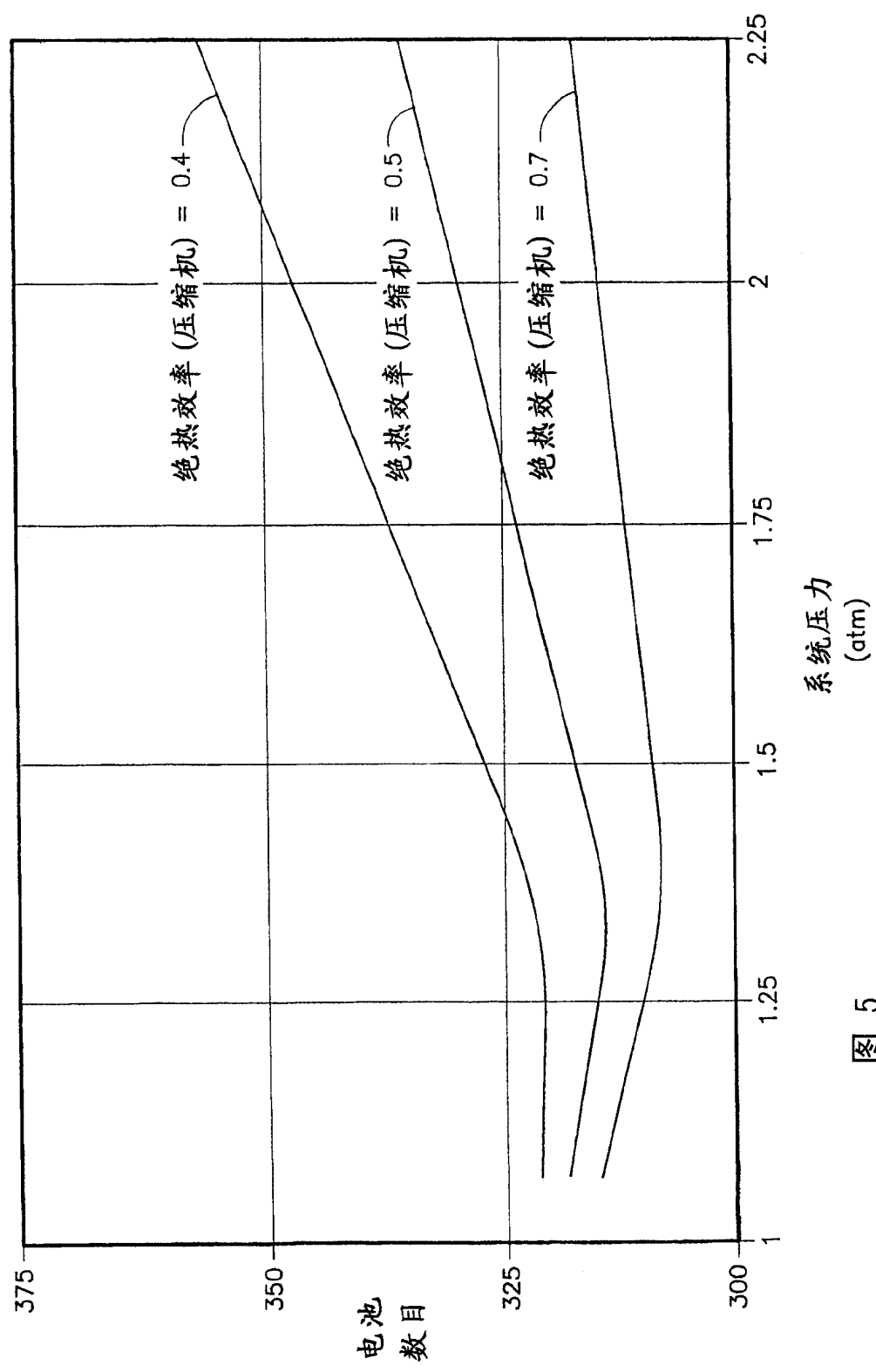


图 5

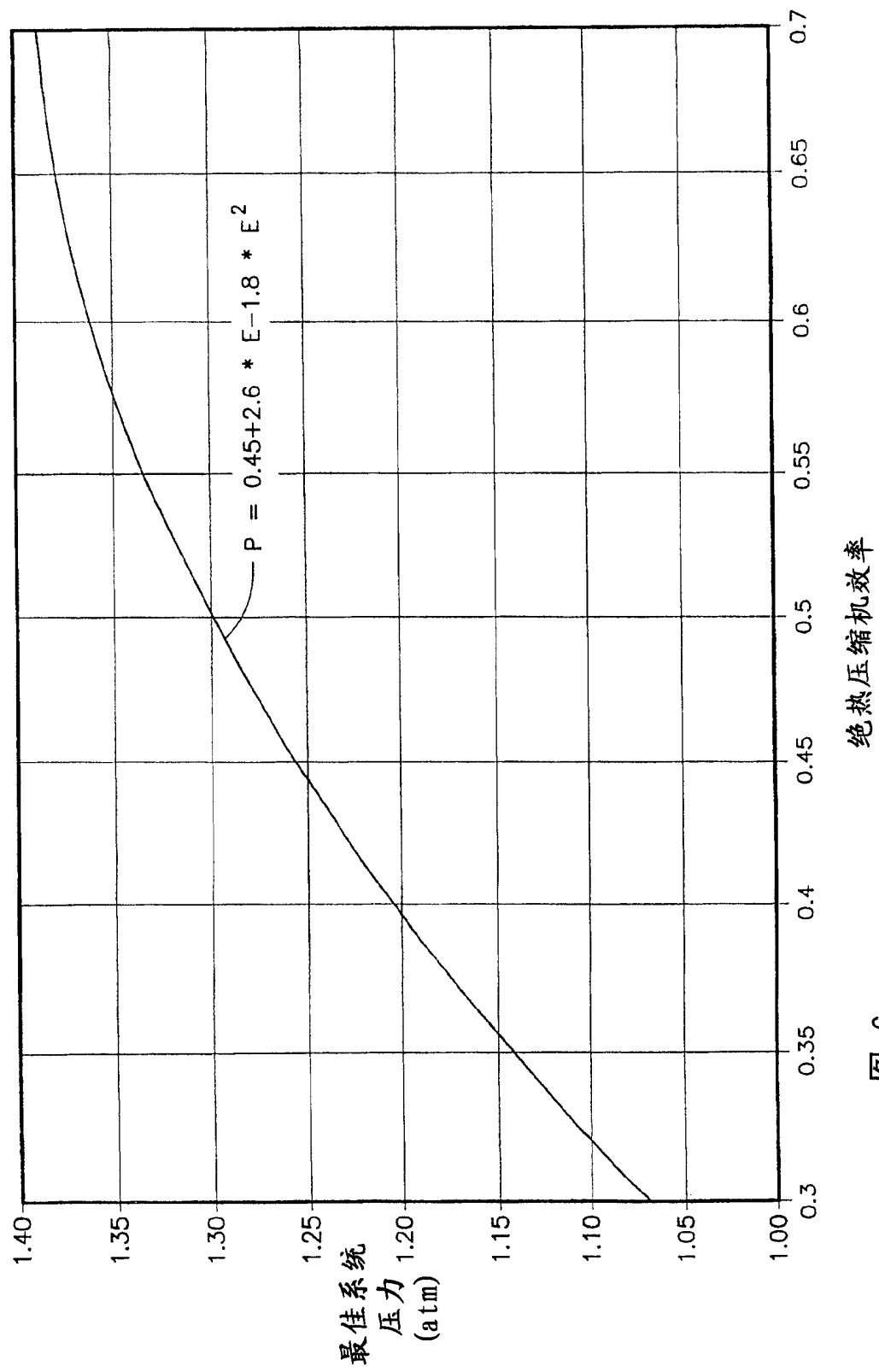


图 6