

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

F01K 21/04

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 93116219. X

[45]授权公告日 2000 年 10 月 18 日

[11]授权公告号 CN 1057585C

[22]申请日 1993.8.14 [24]颁证日 2000.7.28

[21]申请号 93116219. X

[30]优先权

[32]1992.8.14 [33]US [31]07/929,433

[73]专利权人 米伦纽姆技术公司

地址 美国弗吉尼亚州

[72]发明人 托马斯·卡寇维齐

审查员 23 53

[74]专利代理机构 柳沈知识产权律师事务所

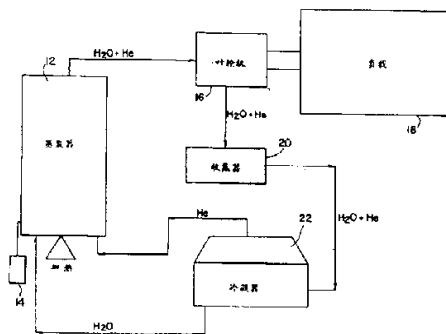
代理人 马 莹

权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图页数 10 页

[54]发明名称 用于增加发电过程的效率和生产率的方法和装置

[57]摘要

一种更有效的将热能转换为机械能的方法和装置,按照该方法,热能被施加至 储器中的工质流体,以足以使工质转换为气态,工质在以气态通过诸如发电机 等装置,以将该能量转换为机械功。然后再将工质送回至储器。为了增加该 热工过程的效率,可将分子量不大于工质的分子量的气体添加至储器中的工质 液体中,并在储器的下流侧将其由工质中分离出来。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1、一种用于将热能转换为机械能的方法，它包括：

施加热能至储器中的工质液体，以足以将工质液体转换为气态，

使工质液体以蒸汽形态通过一个装置，后者可利用工质的膨胀和温度降低而将热能转换为机械能，

将已膨胀的、温度已降低的工质送回所述储器，

其特征在于它还包括，向储器中的工质液体中添加其分子量不大于工质分子量的一种气体，

在储器外侧将该气体由工质液体中分离出来。

2、一种如权利要求 1 所述的方法，其特征在于已分离出的气体被再次送入储器。

3、一种如权利要求 1 所述的方法，其特征在于工质液体为水。

4、一种如权利要求 3 所述的方法，其特征在于气体为氢气或氮气。

5、一种如权利要求 1 所述的方法，其特征在于添加至工质液体中的气体占其重量的大约 0.1 - 50 %。

6、一种如权利要求 5 所述的方法，其特征在于气体的添加量占其重量的大约 3 - 9 %。

7、一种如权利要求 1 所述的方法，其特征在于储器为蒸发器。

8、一种如权利要求 1 所述的方法，其特征在于工质液体被传送到用于在接近于工质液体的临界温度和压力的某一温度和压力下进行转换的所述装置中。

9、一种如权利要求 8 所述的方法，其特征在于工质液体为在储器中被加热至大约 374 °C 的水。

10、一种用于增大在储器中被加热的水的焓和可压缩性因子的方法，它包括向储器中的水中添加大约 0.1 至 50 % 的氢或氦。

11、一种用于转换热能为机械能的装置，它包括：

用于容纳工质液体的储器；

用于加热所述储器中工质液体至气态的组件；

用于使气态工质液体向蒸汽形态膨胀并将其一部分能量转换为机械能的、与所述储器流体连接的装置；

用于冷却、冷凝已膨胀的蒸汽形态的工质液体的、与所述用于膨胀的装置流体连接的装置；

用于将冷却、冷凝的工质液体送回至储器的装置；

其特征在于，所述装置进一步包括与所述储器流体连接的气体源，和用于将气体从已冷却、冷凝的工质液体中分离出来的装置。

12、如权利要求 11 所述的装置，其特征在于，它还包括用于将正分离出的气体送回至储器的装置。

13、如权利要求 11 所述的装置，其特征在于，所述的气体源中含有氢气或氦气。

说 明 书

用于增加发电过程的效率和生 产率的方法和装置

本发明涉及利用工质将热能转换为机械能，特别是（但并不仅限于此）用来产生电能的技术领域。

为了做有用的功，能量必须转换其形式，比如说由势能转换为动能，由热能转换为机械能，由机械能转换为电能，由电能转换为机械能等等。由经验所证实的所有各种形式能量的等值性导致了热力学第一定律的产生，即能量不可以被创造，也不可以被消灭，但可以由一种形式转换为另一种形式。对于应如何将能量由一种形式转换为另一种形式，人们一直在寻求如何增大过程的效率，以产生尽可能多的所需形式的能量，且尽可能减少能量以其它形式的损失。

机械能、电能、动能是可以以相当高的效率彼此转换的能量形式，但热能却非如此。若要将温度为 T 的热能转化为机械能，则这一过程的效率极限为 $1 - T_0/T$ ，其中 T_0 为环境温度。这种可被转换的有用能量被称为 㶘 （exergy），而不能被转换为 㶘 的那部分能量被称为 㶏 （anergy）。因此，热力学第一定律还可以被表述为， 㶘 和 㶏 的总和是保持不变的。

通常表述为过程可以向某一特定方向、而不能向相反方法进行

的热力学第二定律，还可以被表述为， 㶲 不可能转换为 㶱 。

热力学过程可分为可逆的和不可逆的。在不可逆过程中，所做的功为零， 㶱 被转换为 㶲 。而在可逆过程中，可做最大的功。

有关能量转换的作用，就是基于第二定律，在 㶱 转换为 㶲 （一种不能再利用的能量）之前实现 㶱 的最大利用率。换言之，就是要创造条件以尽可能的保持过程的可逆性。

本发明涉及热能转换为机械能，特别是用于产生电能的过程，而这一种过程所存在的最大问题就是如何提高效率。在这些过程中，热被传递给工质，而工质要经受一可逆循环中的一系列的温度、压力和体积的变化。公知的理想再生循环为卡诺循环，但有许多其他常规的循环均可被利用，特别是其中的兰金(Rankine)循环，其它还包括艾金森(Atkinson)循环，埃里克森(Ericsson)循环，布雷顿(Brayton)循环，狄塞尔(Diesel)循环，勒努瓦(Lenoir)循环。利用这些循环中的任一个，均可以使气态的工质通过一个装置，而将工质的能量转换为机械能，这里所说的装置包括叶轮机，以及其它的种种热机。在各种情况中，当工质在做有用的机械功时，工质的体积增加，而它的温度和压力降低。循环的残余部分用于增高工质的温度和压力，以便它能进一步地做有用的机械功。图1 A—1 J给出了若干典型的循环的 $P-V$ 和 $T-S$ 图。

因为工质是用于做有用功的循环的重要部分，因而已知的许多循环均涉及工质的改进，以增加可由这些过程获得的功。若举例来说，美国专利4439988披露了一种利用喷射器将气态工质（工作介质）喷入叶轮机的兰金循环。它是利用喷射器将较轻的气体喷入工质的方式，在工质被加热并气化后，该叶轮机可用比仅用主工质所

需的压降更小的压降来获取有用的能量，并且会产生显著的温度降低，故可以使叶轮机在较低的温度环境下运行。所使用的较轻气体可为氦气、氖气、氮气、空气、水蒸汽，或是其分子量低于该工质的有机化合物。

美国专利4196594 披露了喷射诸如氦气、氮气等等稀有气体到诸如用于在热机中做机械功的水蒸汽等气态工质中的技术。被加入上述气体的蒸汽具有比工质更低的H值。H值为 C_p/C_v ，其中 C_p 为压力不变时的比热， C_v 为体积不变时的比热。

美国专利4876855 披露了一种用于兰金循环发电厂的、由极性化合物和非极性化合物构成的工质，且极性化合物的分子量比非极性化合物的分子量低。

在分析热能向机械能的转换时，一个非常重要的热力学参数就是焓。焓是内能和压力与体积乘积的和， $H=U+P V$ 。每单位质量的焓是内能和压力与比容的乘积的和， $h=u+P v$ 。当压力趋近于零时，所有的气体均趋近于理想气体，且内能的变化等于比热 C_{po} 和温度变化 dT 的积。“理想的”焓变化等于 C_{po} 与温度变化 dT 的积， $dh=C_{po}dT$ 。当压力大于零时，焓的变化表示“真实的”焓。

理想焓与真实焓的差被工质的临界温度除，即为余焓。

申请人已从理论上证明，如果可以在设计所需的温度和压力条件的范围内，增大一系统中真实焓的变化量，便实际上可以由可逆过程中得到更大的效率。采用可导致“余”焓释放的方式即可以实现这一过程，实际上，它引起系统中焓的损耗下降。

工质的另一个非常重要的特性是可压缩性因子 Z ，它使真实气体的特性与理想气体的特性相关联。在不同的压力（ P ）、体积

(V)和温度(T)的条件下, 理想气体的特性可由下式表示:

$$PV = nMRT$$

其中, n 为气体摩尔数, M 为分子量, R 为 R/M , 且 R 为常数。这一等式并不能真实地描述真实气体的特性, 后者的表述式为:

$$PV = ZnMRT, \text{ 或 } Pv = ZRT$$

其中, Z 为可压缩性因子, V 为比容, $\frac{V}{nM}$ 。对于理想气体, Z 等于 1,

而对于真实气体, 可压缩性因子将随压力和温度的变化而变化。虽然不同气体的可压缩性因子是不同的, 但现已发现, 当可压缩性因子作为同一换算温度和同一换算压力的函数时, 由此确定的可压缩性因子基本上为常量。换算温度为 T/T_c , 即温度与临界温度的比, 换算压力为 P/P_c , 即压力与临界压力的比。临界温度和压力是指当液相和气相间的弯液面基本消失时, 即物质形成单一、连续的流体相时的温度和压力。

申请人还从理论上证明了, 用改善调整工质的可压缩性因子的方法, 便可获得更大的体积膨胀量。

申请人还从理论上证明了, 可找到同时增大工质可压缩性和焓的物质。

本发明的目的是要释放系统的余焓, 以增加热能向机械能的转换效率。

本发明进一步目的是要增大工质的膨胀量以增加由该工质所做的功。

为实现这些或其它目的, 本发明给出了一种用于转换热能为机械能的装置, 它包括: 用于容纳工质液体的储器; 用于加热所述储器中工质液体至气态的组件; 用于使气态工质液体向蒸汽形态膨胀并将其一部分能量转换为机械能的、与所述储器流体连接的装置; 用于冷却、冷凝已膨胀的蒸汽形态的工质液体的、与所述用于膨胀的装置流体连接的装置; 用于将冷却、冷凝的工质液体送回至储器的装置; 所述装置进一步包括与所述储器流体连接的气体源, 和用于将气体从已冷却、冷凝的工质液体中分离出来的装置。

为了实现这些目的, 本发明给出了一种将热能转换为机械能的

方法，它是将热能施加至储器中的工质以将其由液态转化为气态，再使气态的工质通过一个装置。在该装置中，通过对工质液体扩大膨胀和降低温度，将能量转换为机械功，然后将已膨胀的、降温的工质液体再循环至所述储器。

申请人已经发现，通过向储器的工质液体中添加一种其分子量不大于工质液体的基本分子量的气体，以使工质和气体的混合分子量不会明显大于原工质的分子量，可以提高该过程的效率。该气体在储器外可基本上从工质中分离出来，并当进入储器中时再次循环进入工质液体中。

若工质液体为水，则用于这一过程的优选的气体为氢气和氮气。氢气对效率虽然稍有改善，但在某些情况下却可能产生相当严重的安全问题，因而在实际应用中氮气是更为优选的。

向储器中的工质液体中添加气体的实际效果，就是大大增大焓的变化，由此增大工质液体在给定热量和压力下的膨胀。由这一更大膨胀来看，对于给定的热能输入，可以做更多的机械功，或是为获得给定量的机械功，可以减少所使用的热能。因而不论是那种情况，这均可以明显增大过程的效率。

为获得本发明，申请人由理论上证明了，当工质液体在储器中被加热时，若在工质液体中加入“触媒”物质，则在给定温度范围内的真实焓的变化将会更大。在这种情况下，若存在有触媒物质，将会有更多的热被用来做功，而且在任一给定温度下的压力均将大于同一系统在没有触媒时的压力。这可以使在任一给定压力下的温度低于同一系统在没有触媒时的温度。

申请人还从理论上证明了，用将蒸气与少量的，比如说占重量

5%的“触媒”气体相混合的方式，可使合成的气体的可压缩性因子在相当大的范围内变化。计算出的蒸汽与若干种气体的混合体的可压缩性因子 Z 已示出在图2中。在图2所示的、由0.1至10以上的给定的换算压力范围中，单独蒸汽的 Z 值最小。因子 Z 将随着各种气体的加入而增大，尽管在加入诸如Xe、Kr、Ar等较重气体时，这一变化相当小。但如果向蒸汽中加入氢气和氮气时，则可压缩性因子的变化将相当大。该曲线图的中心部分的放大图如图3所示。由图3可以看出，当在换算压力大于1且小于1.5的范围内运行时，向蒸汽中添加5%的氮可使可压缩性因子增大大约50%，而在上述范围内向蒸汽中加入氢时，可压缩性因子将增大接近80%。实际上，向蒸汽中添加少量的触媒物质，可使蒸汽的特性更接近于理想气体，且可以在给定的温度范围内显著地增加可利用的能量输出。

图4为一计算机给出的三维曲线图，由图中亦可以看出作为换算压力和换算温度的函数 Z 值的增大。若在临界温度和临界压力之外运行时， Z 值的增大更为显著。

在下述等式中，下标“a”表示与单纯的蒸汽相关的参数，下标“w”表示与添加有触媒物质的蒸汽的参数，以用来表示压力，体积，分子质量和常数（R）。从可压缩性因子的定义可知：

$$Z_a = \frac{P V_a}{R_a T} \quad (2)$$

$$Z_w = \frac{P V_w}{R_w T} \quad (3)$$

将上述两式相组合，有：

$$\frac{Z_w}{Z_a} = \frac{P V_w}{R_w T \frac{P V_a}{R_a T}} \quad (4)$$

如果在两系统中的P和T彼此分别相等，则可以由等式中约掉，上式变为：

$$\frac{Z_w}{Z_a} = \frac{R_a V_w}{R_w V_a} \quad (5)$$

由于我们已从理论上证明了 Z_w 大于或等于 Z_a ，因此有

$$\frac{R_a V_w}{R_w V_a} > 1 \quad (6)$$

即

$$R_a V_w > R_w V_a \quad (7)$$

已知有：

$$R_a = \frac{\bar{R}}{M_a} \quad (8)$$

$$R_w = \frac{\bar{R}}{M_w} \quad (9)$$

将其代入等式7, 有:

$$\frac{\bar{R}}{M_a} V_w > \frac{\bar{R}}{M_w} V_a \quad (10)$$

或为:

$$\frac{M_w}{M_a} V_w > V_a \quad (11)$$

还已知有:

$$V_a = \frac{V_a}{M_a} \quad (12)$$

$$V_w = \frac{V_w}{M_w} \quad (13)$$

其中, V_a 为蒸汽的标准体积膨胀量, V_w 为添加有触媒物质的蒸汽的体积膨胀量。因此, 还可获得不等式:

$$\frac{M_w}{M_a} \frac{V_w}{M_w} > \frac{V_a}{M_a} \quad (14)$$

即为

$$\frac{M_w}{M_a} \cdot \frac{1}{M_w} V_w > V_a \quad (15)$$

若在所分析的该特定系统中，向蒸汽中添加占重量5%的氮，且水的分子量（ M_a ）为18，故为：

$$\frac{M_w}{M_a} = 1 + 0.05 = 1.05$$

通过分析，可测定 M_w 等于15.4286，故有：

$$\frac{15.4286}{(18)(1.05)} V_w > V_a \quad (17)$$

由式17可得到下述不等式：

$$V_w > 1.225 V_a。$$

上式表明，在一组给定的条件下，蒸汽与氮和/或氢的组合体的体积膨胀量将比单纯蒸汽的体积膨胀量大得多。通过在给定条件下增大蒸汽的体积膨胀量，便可大大增加蒸汽所做的功。

通过对于给定系统进行必须的焓计算，可从理论上证明这一特性。为了确定在一特定温度范围内工质液体的余焓，必须利用将系统理想焓和真实焓联系到一起的函数，以得出可压缩性函数。余焓可以由下述等式计算：

$$\frac{h^x - h}{T_c} = R \int_0^P \frac{dz}{T_r^2} \cdot d \ln P_r \quad (1)$$

其中等式左侧表示在恒定温度下压力从零增加到一给定压力时的余焓。

还可以计算出给定温度和压力变化时焓的变化。图5示出了单纯蒸汽的焓变化，图6示出了蒸汽和5%的氮的混合体的焓变化。这两幅曲线图重叠在图7中，并示出了令人惊奇的结果。当把5%的氮加入至蒸汽中时，在各种情况下每磅质量的水的焓变化均将接近13BTU。

假定将这一原理应用于实际的发电工程。若一常规的发电厂利用每小时4,250,000磅的水可产生659兆瓦的电力，若利用每磅水13BTU来增加电厂的能量效率，则每小时可节省大约55,000,000BTU。

如上所述，这一理论可应用于蒸汽的焓释放，但它同样也可应用于各种可被加热至气态并可通过其膨胀和冷凝作机械功的工质液体。因此，向储器中的这种工质液体中添加较低分子量的气体，便可以在相等热量输入的条件下做更多的功。

图1A—1J示出了可做功的若干热力循环的P—V图和T—S图。

图2为表示单纯蒸汽和蒸汽与若干气体的混合体的可压缩性因子Z与换算压力间关系的曲线图。

图3为图2的局部放大图。

图4为表示单纯蒸汽、加有氮的蒸汽和加有氢的蒸汽的可压缩

性因子 Z 与温度和压力间关系的曲线图。

图5为表示蒸汽的焓变化与温度和压力间关系的曲线图。

图6为表示添加有5%的氮的蒸汽的焓变化与温度和压力间关系的曲线图。

图7为表示单纯蒸汽和添加有5%的氮的焓变化与温度和压力间关系的曲线图。

图8为利用水为工质可将热能转换为机械能的装置的示意性方框图。

图9为表示用图8所示装置加热的各种物质的温度与时间间关系的曲线图。

图10为表示用图8所示装置加热的各种物质的压力与时间间关系的曲线图。

一种结构如图8所示的装置，用蒸发器12加热工质液体，这里的工质为水。一个用于将气体添加入工质的容器14与蒸发器相连接。蒸发器的输出端连接有一个叶轮机16用于产生电力供负载18使用。在叶轮机16中膨胀了的工质液体由收集器20收集，并在冷凝器22中冷凝成液体。冷凝器22可将添加的气体由液态工质中分离出来，然后再送回至蒸发器中。另一种适用的方法是，将该气体由送入叶轮机前的蒸气中分离出来。

实际上，所用的蒸发器（锅炉）是可由市场上买到的设备，比如说由美国邦吉尼亚州的Alexandria Electro Steam Generator Corporation生产的、销售商标为BABY GIANT的BG-3.3型产品。可用耗电3.3千瓦、输出为每小时10,015 BTU的不锈钢浸入式加热器来加热该蒸发器。制造时在蒸发器的适当部位设置有温度和压力

传感器，从而可以读取蒸发器内部的温度和压力。在系统中还设置有附加传感器，还可以在收集器中的下流侧读取蒸汽的温度和压力。在蒸发器上还可设置有阀，以便使气体可以添加至蒸发器中的工质液体中。还可以在附加的专用于捕获蒸汽的60 psi冷凝盘中测量蒸汽的温度和压力。

叶轮机可为12伏的汽车用发电机，且具有熔接在其上的叶片。

在下述的表1和表2中示出了各种运行的结果。所用的基本工质为水，且在水中添加有5%的氮，5%的氦，5%的氧或5%的氩。各温度读数和压力读数是在收集盘始端、在装置开始运行时以及运行后30、60、90分钟时对水和蒸汽进行测量所得到的。

表 1
温 度

	蒸汽	蒸汽与氮	蒸汽与氦	蒸汽与氧	蒸汽与氩
初始	70	65	70	70	70
30分钟时	180	170	175	180	180
60分钟时	266	245	257	262	266
90分钟时	376	310	362	370	376

表 2
压力, P. S. I.

	蒸汽	蒸汽与氨	蒸汽与氟	蒸汽与氧	蒸汽与氩
初始	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
30分钟时	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
60分钟时	32.5	37.0	33.5	33.0	33.0
90分钟时	68.0	73.5	68.0	68.0	68.0

表 1 和表 2 中的数据是由多次运行所取得的平均值。

表 1 中的温度数据已经制在图 9 中, 表 2 中的压力数据已经制在图 10 中。由曲线图示出的结果非常令人惊奇。在 90 分钟后, 添加有氨的蒸汽组合体的温度是所有工质液体中最低的, 平均为大约 310°F。添加有氟的蒸汽混合体的温度较高, 大约为 362°F, 添加有氧的蒸汽混合体的温度大约为 370°F, 单纯蒸汽和添加有氩的蒸汽的温度大约为 376°F。

可以发现, 在蒸发器中水的温度具有类似的关系, 即在 90 分钟后, 添加有氨的水混合体为大约 200°F, 添加有氟的水混合物为大约 215°F, 而其它混合物均为大约 230°F。

可以发现, 压力则具有相反的关系。添加有氨的蒸汽的压力最高, 大约为 72.5 psi。其它混合体具有大体相等的压力, 测定的蒸汽压力为大约 68 psi。

而且, 还可将一伏特计接在发电机输出端处。对于单纯蒸汽的

读数为12伏，而对于蒸汽+氮，这一输出上升至18伏。

由此可清楚看出，用添加少量氮至蒸发器中的方式，可使90分钟后的混合体的温度相当低，而且可使在相当低的温度下获得相当高的压力。由于这一较高的压力，使得它可以在同样量的能量输入条件下做更多的有用功。

“触媒”物质可以以较大的比例范围，比如说从占重量的大约0.1%至50%，添加至工质液体中。与工质液体的分子量越接近，则所需的“触媒”物质的量就越大。若工质为水，则最好是添加占重量3—9%的氢或氮。

氢和氮均可以增大工质液体的真实焓，可压缩性因子，从而可以增大其膨胀量，以便能够做更多的机械功。而且现已发现，氮可以使蒸发器实际所需的工作温度下降，故可以减少燃料的损耗和污染。

当工质液体在临界温度和压力下运行时，比如说水，在 374°C 和 218 atm (3205 psi) 下运行时，焓和可压缩性因子的增大是最显著的。当特定的容器需要在高压下运行时，比如说在利用核反应堆发电时，就可以利用和采用这种设备。

说明书附图

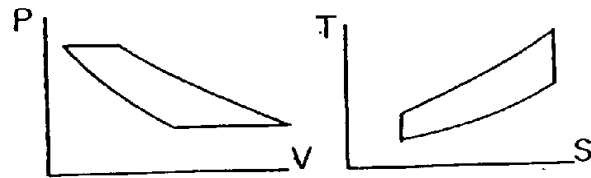


图 1a

理想发电循环

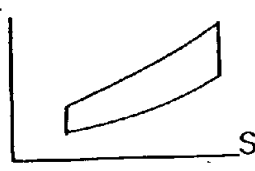


图 1b

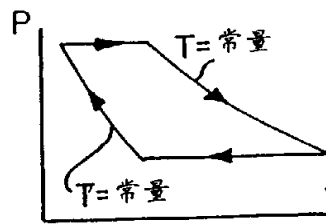


图 1g

埃里克森循环

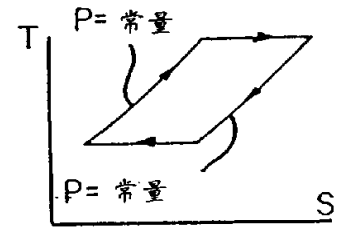


图 1h

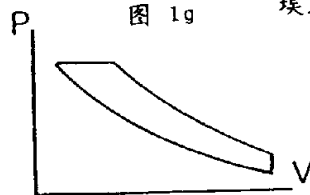


图 1i

狄塞尔循环

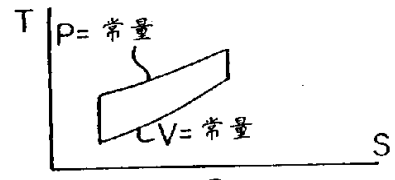


图 1j

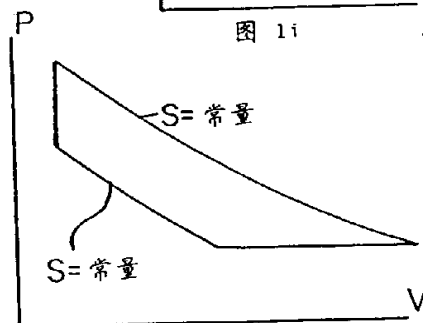


图 1c

空气标准的艾金森循环

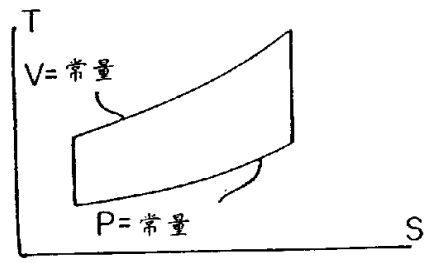


图 1d

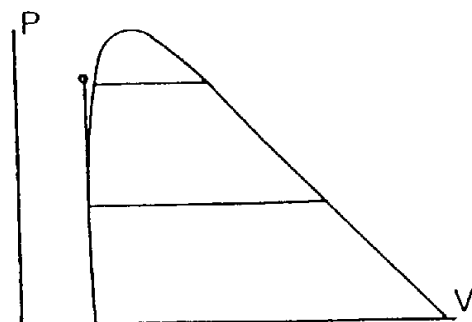


图 1e

兰金循环

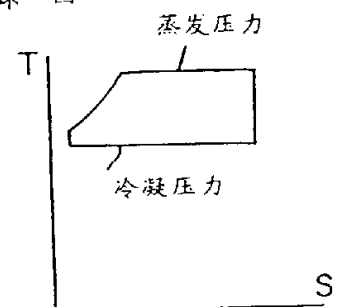


图 1f

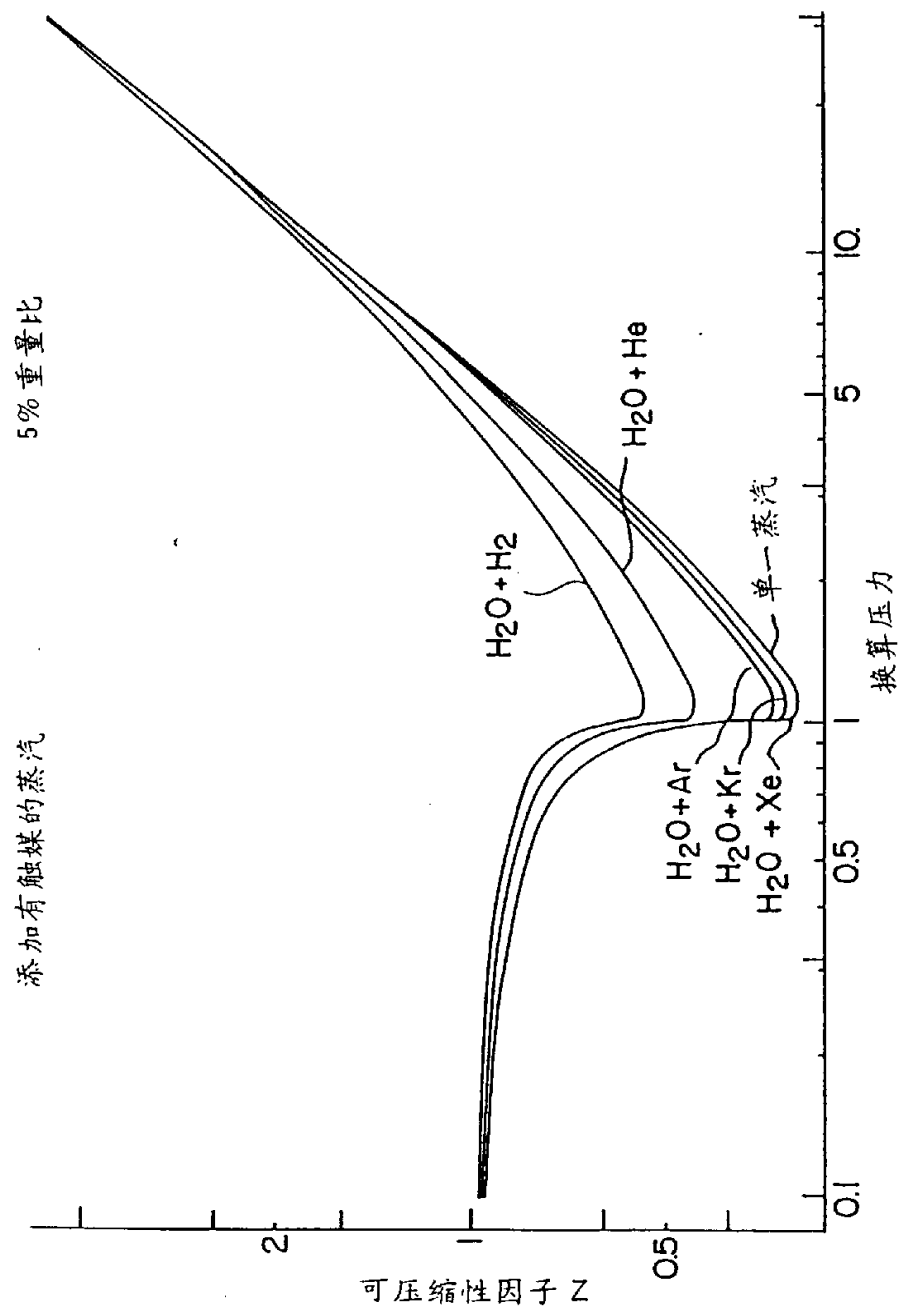


图 2

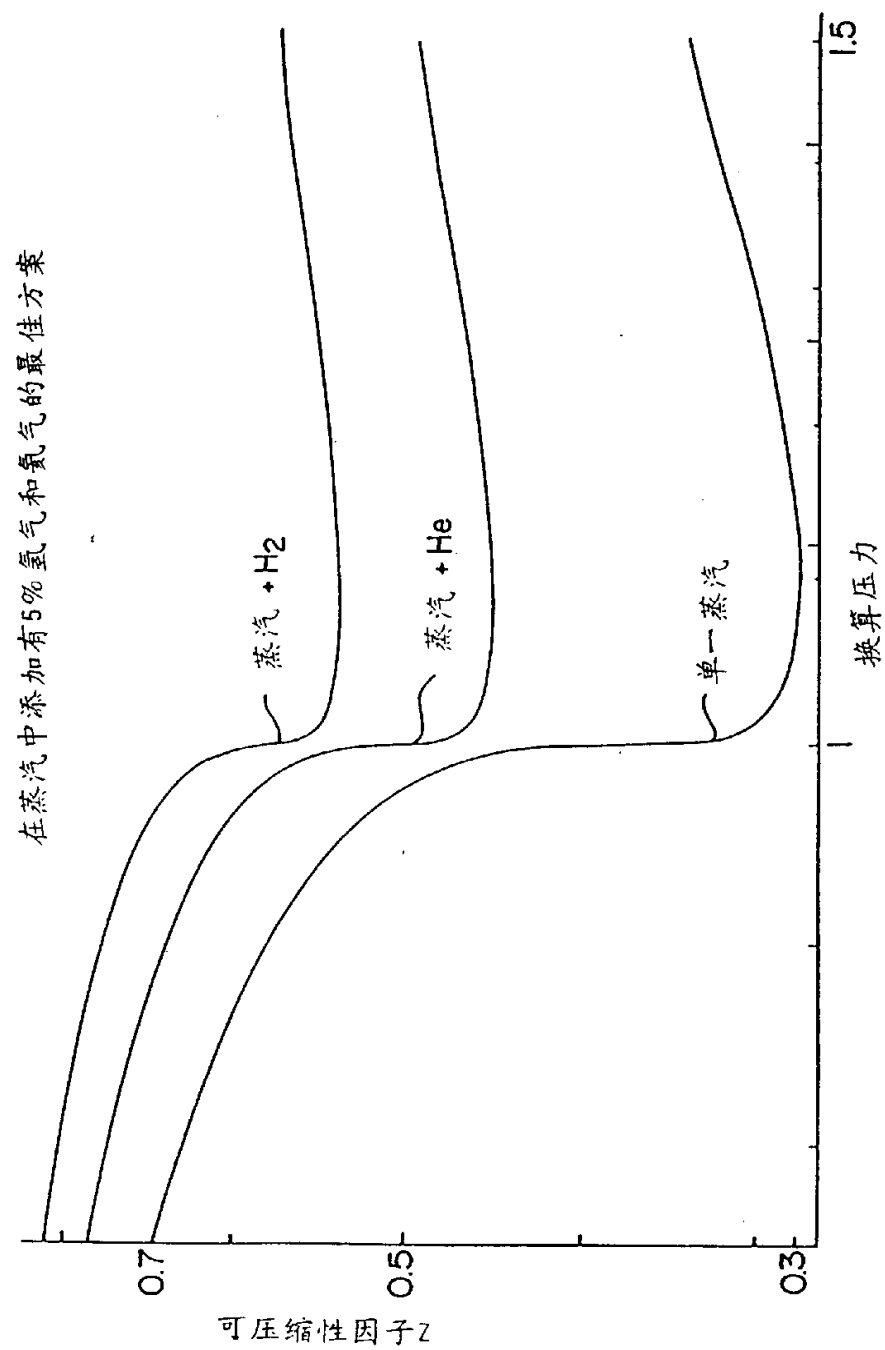


图 3

在蒸汽中添加0.5(z)氢气和氦气的最佳方案

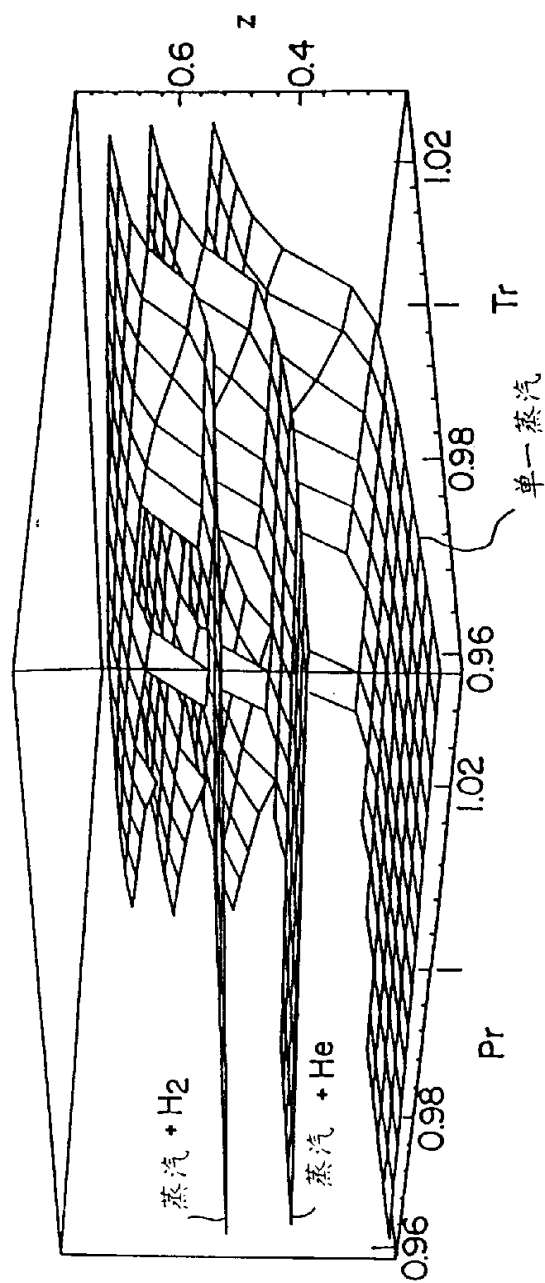


图 4

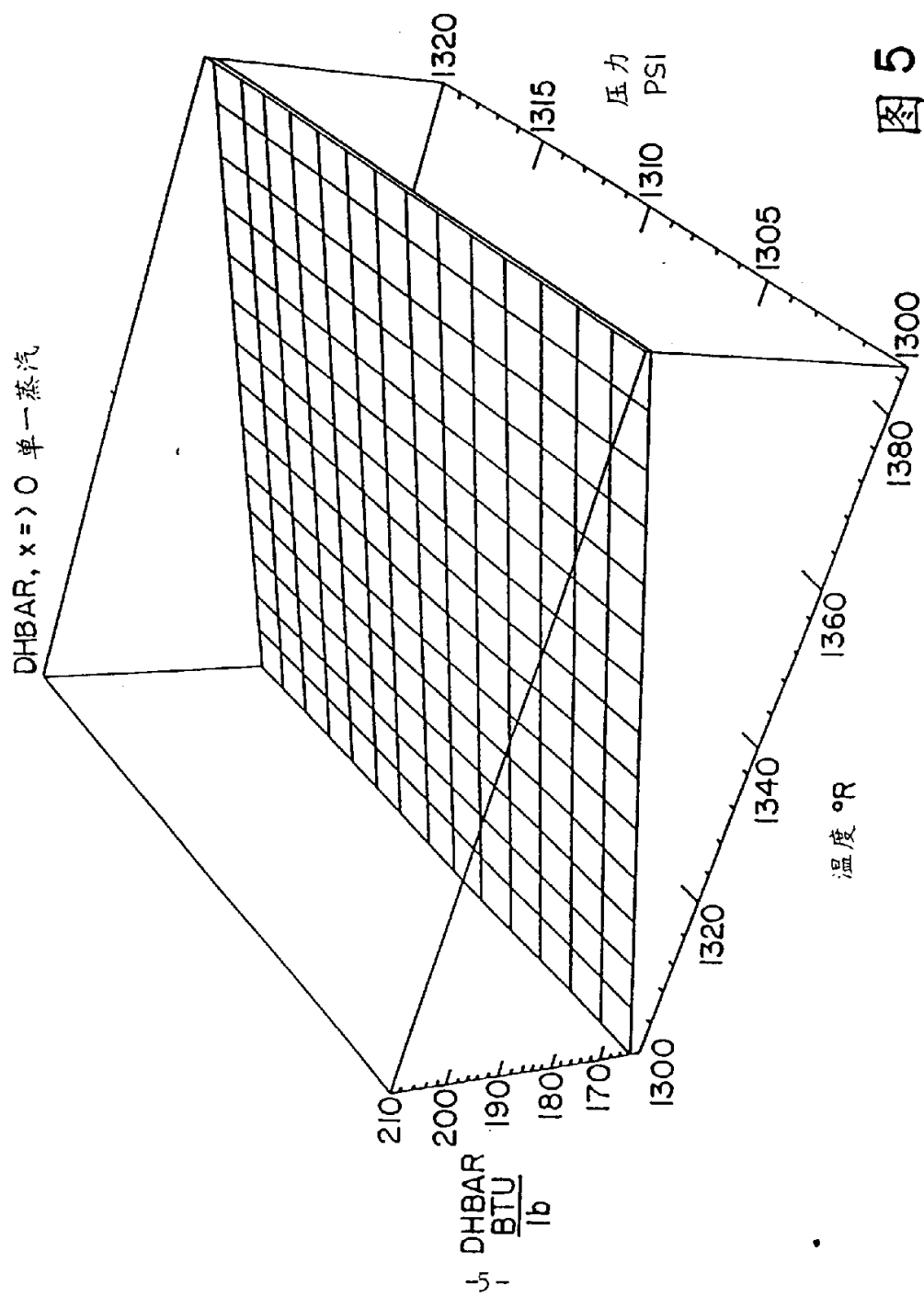


图 5

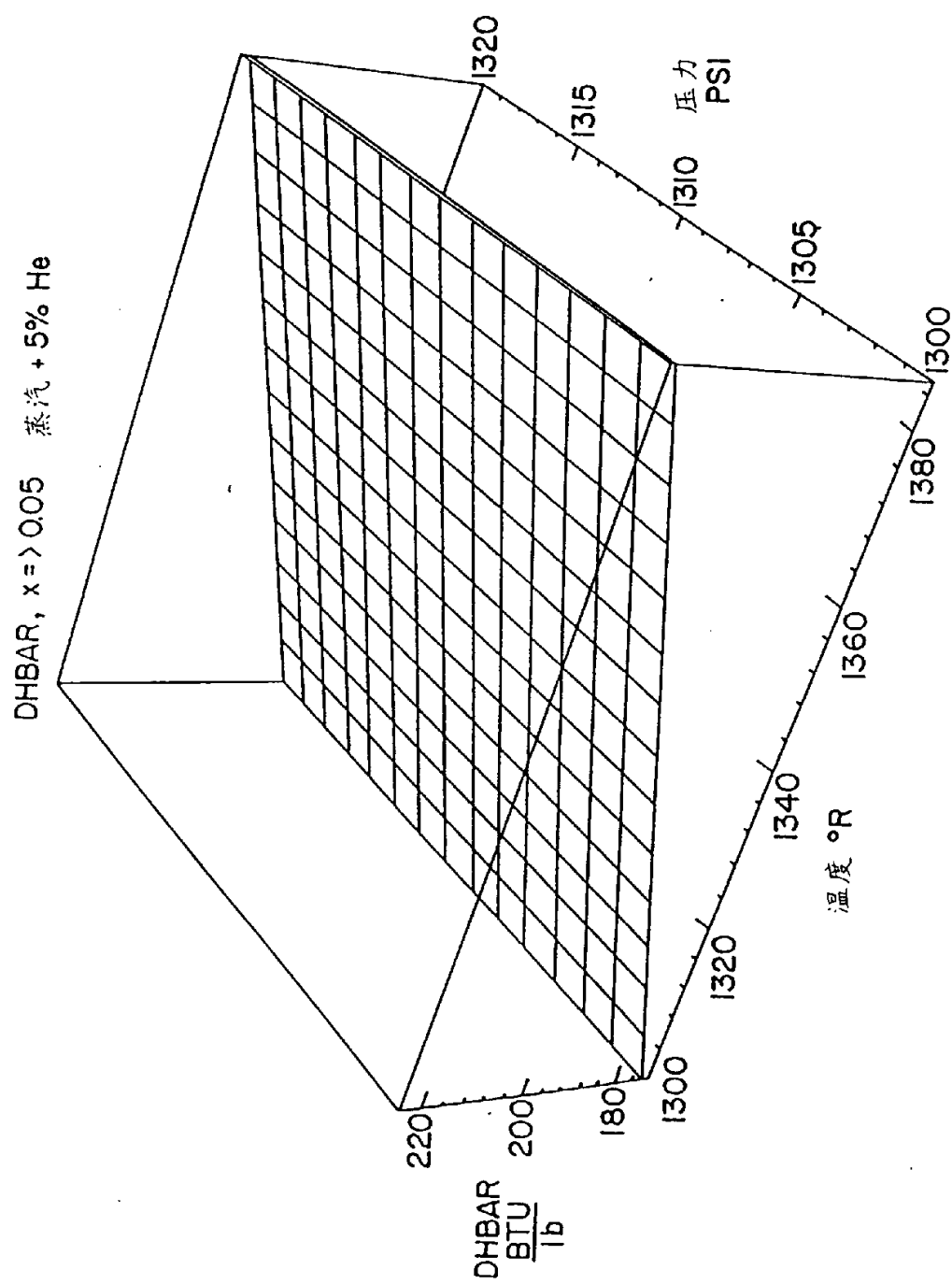


图 6

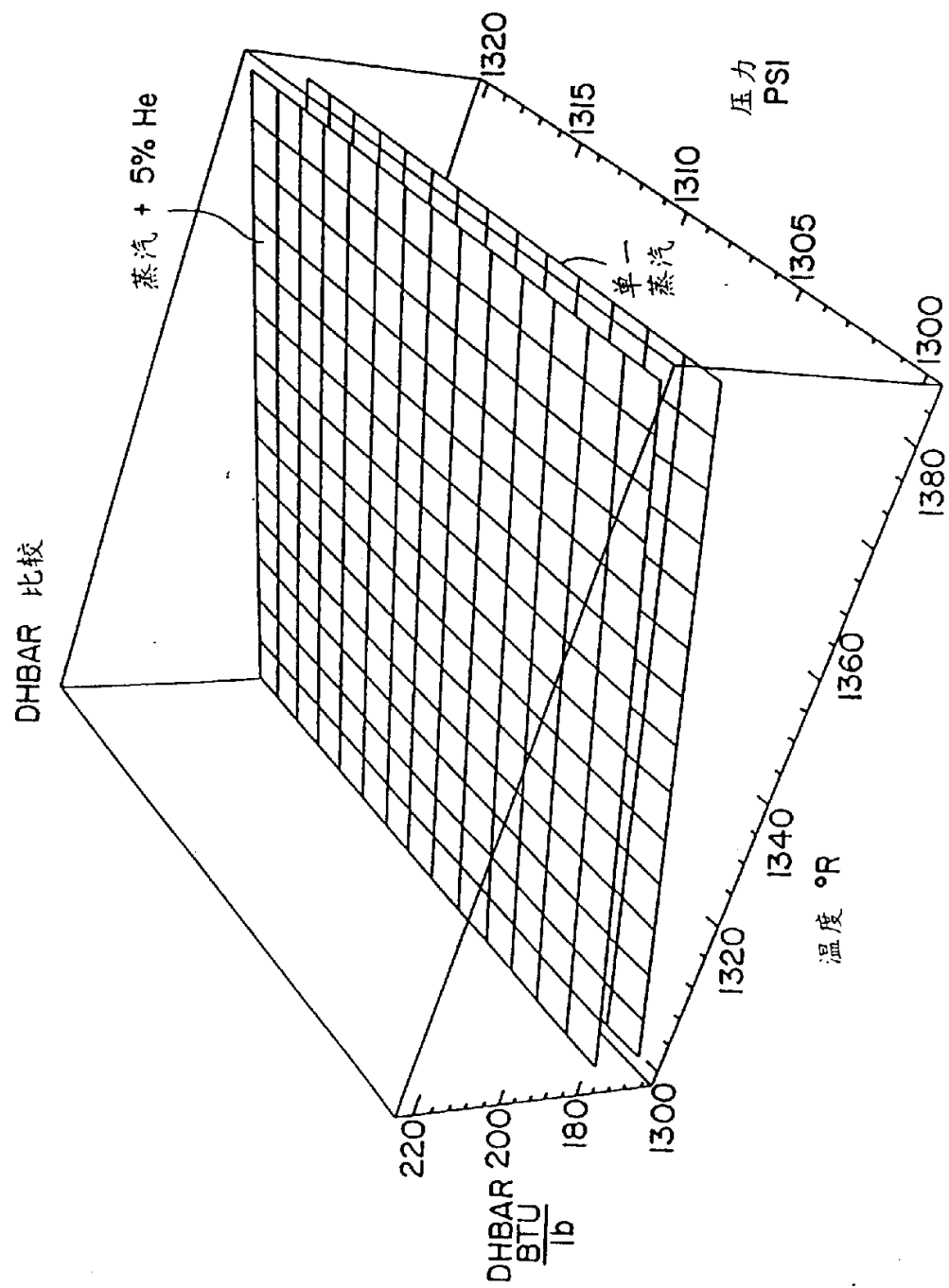


图 7

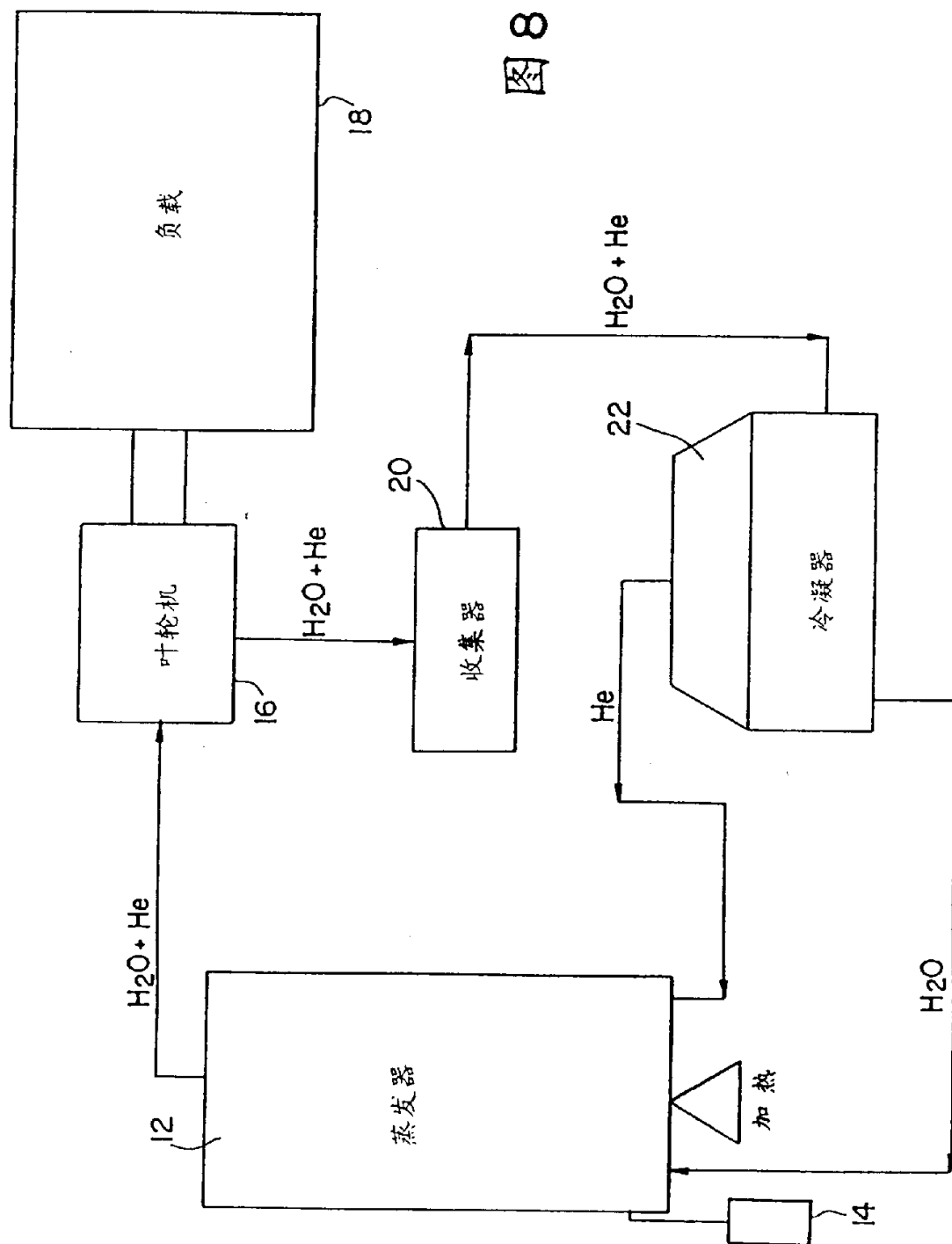


图 8

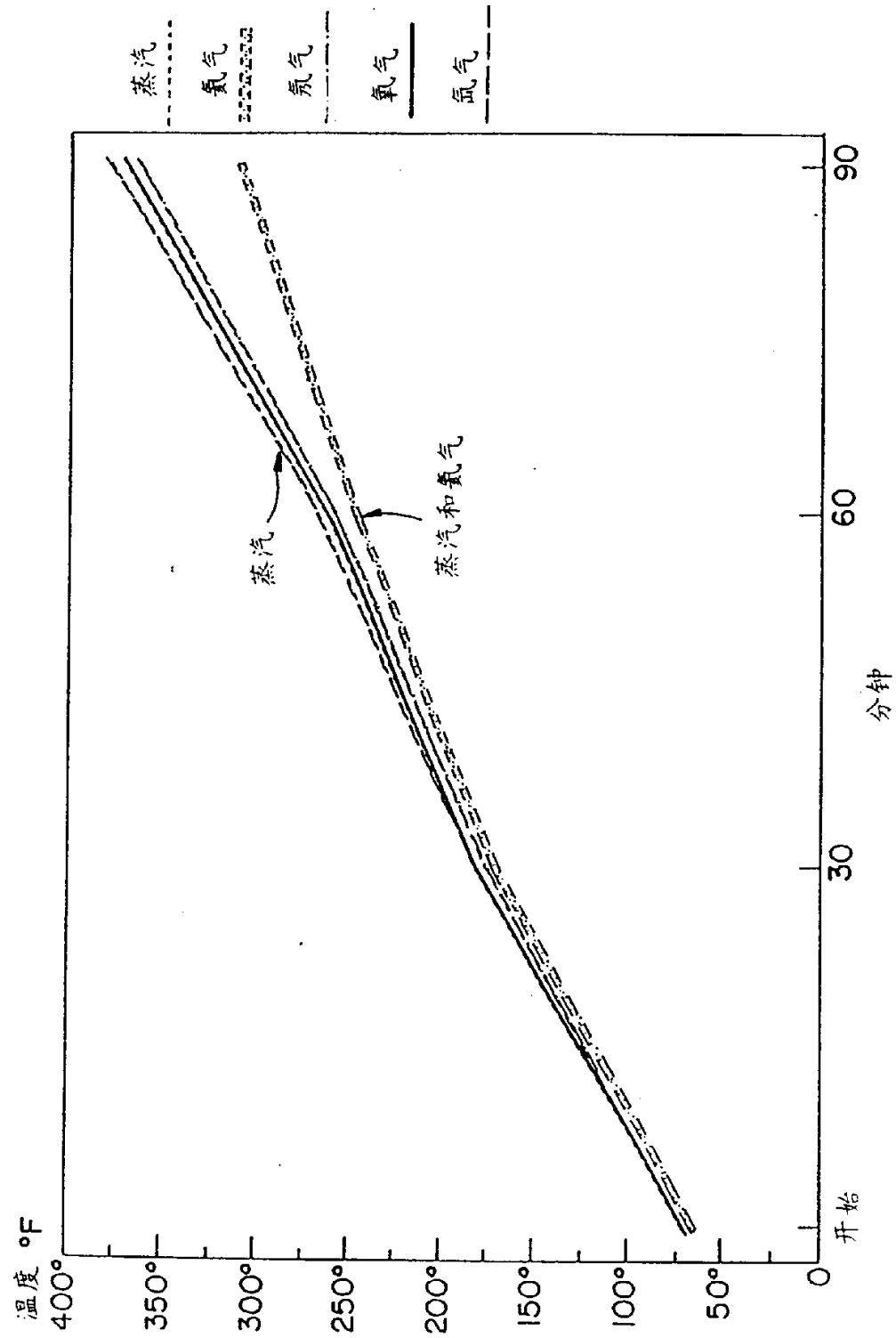


图9

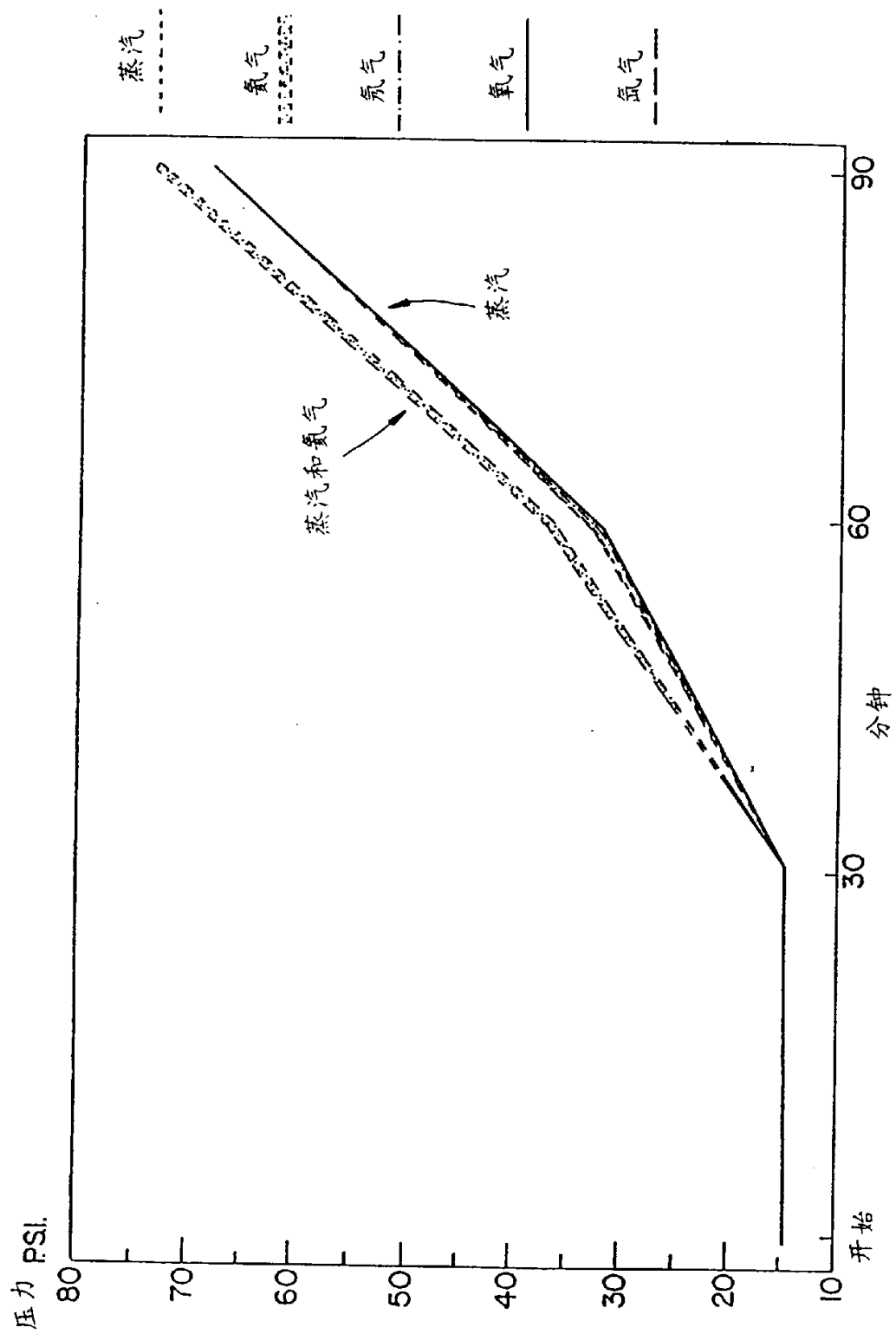


图10