



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03824847.6

[43] 公开日 2005 年 12 月 14 日

[11] 公开号 CN 1708638A

[22] 申请日 2003.8.20 [21] 申请号 03824847.6

[30] 优先权

[32] 2002.9.2 [33] DE [31] 10240924.2

[86] 国际申请 PCT/DE2003/002810 2003.8.20

[87] 国际公布 WO2004/022962 德 2004.3.18

[85] 进入国家阶段日期 2005.4.29

[71] 申请人 流体动力股份有限公司

地址 德国勒拉哈

[72] 发明人 于尔根·克莱因韦赫特

埃克哈特·韦伯 O·帕库德

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

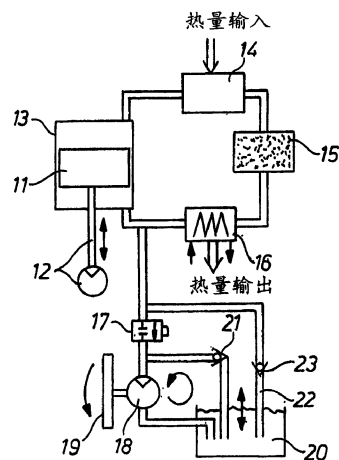
代理人 苏娟 赵辛

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 12 页

[54] 发明名称 热-液-动力放大器

[57] 摘要

一种热-液-动力放大设备，它在利用一个外部的热源和一个外部的冷吸收的条件下能够使一种液态工作介质在一个三节拍工作循环(尤其是加热、等温减压、通过交流换热收缩)中完成有用功。在此在挤出机(11)上通过辅助驱动装置(12)给与的功明显小于由转换系统(18, 19)产生的(动力放大)。一个反向做功的、外部驱动的设备起到热泵/制冷机的作用。



1. 一种热-液-动力放大器 (THK), 其特征在于, 一种液体在一个刚性缸体的内部通过一个辅助活塞周期地通过一个加热器-再生器-冷却器或者加热器-换热器-冷却器系统从热到冷及反向地移动并且由此使由同样周期性压缩和膨胀的热的液体柱施加的作用力大于辅助活塞驱动力。  
5
2. 如权利要求 1 所述的 THK, 其特征在于, 所述液体在热膨胀时释放的能量通过适当的技术装置转换成可利用的机械功。
3. 如权利要求 1 和 2 所述的 THK, 其特征在于, 所述热膨胀的液体周期地通流一个液压马达并在其轴上产生旋转能量。  
10
4. 如权利要求 1 和 3 所述的 THK, 其特征在于, 在所述液压马达上串联一个以大气压力或略微过压加载的膨胀容器。
5. 如权利要求 1 至 4 所述的 THK, 其特征在于, 由膨胀的液体柱产生的压力可以通过一个可控制的截止元件在时间和数值上进行调节。  
15
6. 如权利要求 1 至 5 所述的 THK, 其特征在于, 所期望建立的液体压力或者通过膨胀液体的体积流与液压马达的通流体积的比例确定, 或者通过这种效应与权利要求 5 的可调节截止元件的组合确定。  
20
7. 如权利要求 1 至 6 所述的 THK, 其特征在于, 在膨胀期间出现液体的功输出, 这种液体减压到环境压力或者只略超过环境压力, 所述液体到初始状态的回输通过在一个可逆冷却过程上的压缩实现。
8. 如权利要求 7 所述的 THK, 其特征在于, 处于膨胀和收缩下的液体同时是马达的液压液体。  
25
9. 如权利要求 1 至 6 所述的 THK, 其特征在于, 作为做功液体和液压液体使用不同的介质, 它们通过一个弹性元件相互分开。
10. 如权利要求 1 至 9 所述的 THK, 其特征在于, 为了使在做功液体移动时产生的流体动力摩擦最小化, 使通流横截面在加热器、交流换热-换热器、冷却器中适配于做功液体的温度-粘滞特性。  
30
11. 如权利要求 1 至 10 所述的 THK, 其特征在于, 所述膨胀液体柱的振荡的线性力伸展直接地、没有转换成旋转能量地在中间连

接适当的压力协调器的条件下与空气的压缩相耦合，与在可逆渗透设备中压力的产生相耦合，与制冷压缩机和类似的通过线性运动做功的能量转换器的运行相耦合。

5 12. 如权利要求 1 至 11 所述的 THK，其特征在于，一个配有一个压力协调器和一个线性的无压力离合器的设备通过外来能量驱动并作为制冷机 - 热泵做功。

13. 如权利要求 12 所述的 THK，其特征在于，所述驱动的能量来自一个 THK - 驱动设备。

10 14. 如权利要求 1 至 10 所述的 THK，其特征在于，所述制冷机 - 热泵通过一个 1 缸装置实现，其中一个在缸体热部分中做功的 THK 设备作为压力脉冲换向器，而一个在缸体冷部分中做功的、使循环反向运行的、相移做功的第二 THK 设备作为制冷机 - 热泵运行。

15 15. 如权利要求 1 至 10 所述的 THK，其特征在于，所述多个、在时间上相移的驱动的缸体导致所给出功率的平滑。

16. 如权利要求 15 所述的 THK，其特征在于，在多缸结构中所

述交流换热器可以替换成缸体之间的对流热交换器。

17. 一种 THK，其特征在于，一种封闭在一个工作缸体中的液体通过一个挤出机活塞周期地通过一个热量交流换热器在一个热源与一个冷源之间移动并且在加热时在压力下建立的膨胀体积流通过一个

20 个液压串联马达转换成机械旋转能，其中液体在马达上做功输出后在交流换热器中交流换热地回冷并且由此在体积上减小，使它再次适配于工作缸体。

18. 一种 THK，其特征在于，一种封闭在一个工作缸体中的液体通流一个在热源与一个冷源之间往复运动的交流换热器并且在加热

25 时在压力下建立的膨胀体积流通过一个液压串联马达转换成机械旋转能，其中液体在马达上做功输出后在交流换热器中交流换热地回冷并且由此在体积上减小，使它再次适配于工作缸体。

19. 一种 THK，其特征在于，一种液体交流换热地周期地被加热然后再冷却，因此在加热时建立的膨胀的压力体积流在一个做功设

30 备中给出机械功并且在接着冷却时实现的体积收缩使液体回流到一个热的循环过程的起始点。

## 热 - 液 - 动力放大器

液体与气体相比实际上不可压缩,具有更微小的由热引起的体积  
5 增加,极其高的单位热容量并且提供了更好地实现热交换的方法。  
早在上世纪 20 年代就由(英国) News - castle - on - Tyne 的  
J.F.Malone 在热力机中进行过用液体替换工作气体的尝试。

他研究了一种与热气 - 斯特林机类似的交流换热的机器,但是它  
以压力水代替空气作为工作介质充满。(美国专利 1,487,664, 1924  
10 年 3 月 18 日和美国专利 1,7717,161, 1929 年 6 月 11 日)

已经可以证明,它在一个 305K 的温度差时达到一个 27% 的效  
率,这等于理想的诺顿循环的 54% 的可观的实现效率并且与当时的  
常见的蒸汽机相比高出约两倍。

这种高效率的基础建立在这样的事实上,所述机器如斯特林机具  
15 有一个热量交流换热器并且还利用与气体相比更加好的液体热传递  
特性。在图 1 中简示出马隆 (Malone) 机。在此 (1) 是工作缸, (2)  
是挤出缸, (3) 是加热器,它通过外部的 (火焰) 热量 (3a) 持续  
地加热, (4) 是冷却器, (5) 是挤出机活塞,它使交流换热器 (2a)  
相对于做功活塞 (6) 相移  $90^\circ$  地从热到冷地移动。与飞轮 (7) 通  
20 过连杆 (7a) 连接的做功活塞 (6) 通过辅助连杆 (8a) 和偏心轮 (8)  
将相移的振荡的运动传递到交流换热器 (2a)。

在图 2 中的 PV 曲线中不仅示出一个理想的斯特林循环 (10),  
而且示出由马隆机实现的循环 (9)。

因为水只在非常高的  $>100$  巴的压力下才在延长的工作温度范围  
25 里保持液态,因此马隆必需使用非常耐压的缸体。因为该缸体为了  
将在液体中以热工技术产生的压力变化转换成旋转的轴能量还追溯  
到曲轴和做功活塞,所以与在传统的做功机中常见的一样,该缸体  
使液体置于一个工作循环,其中原则上在 (热) 膨胀期间通过做功  
活塞和曲轴 - 飞轮系统输出有用功,而在 (冷) 回压状态必需将源  
30 自储存在飞轮中的膨胀功的一部分加入到系统里面。

因为液体与气体或液体 - 蒸汽混合物相比几乎不能压缩,因此不  
能避免由于刚性的强制耦联使做功活塞、柱塞、曲轴和飞轮冲压液

体，尤其是在回压状态期间产生特别高的压力。这导致太高的压力变换负荷并需要非常沉重的惯性质量，它们本身将强烈的动态负荷传递到轴承和整个结构上。

5 因此马隆机的主要优点（相对于气体更好的热传递性、高的热容量和相关的功率密度）受到由这种结构形式引起的限制寿命的压力变化的遏制。这也是为什么这种机器尽管具有很好的热动力效果但是也没有进入实际应用的原因。

本发明的目的是，以一个技术上新型的结构形式利用由马隆机已知的由液体作为热工作介质的原理优点，克服上述负面影响。

10 下面描述的按照本发明的设备起到热-液-动力放大器的作用 (THK)。

所述 THK 在 PV 曲线（见图 3）中进行一个在原理上与传统的热力机不同的循环。在此所述液体从 a 到 b 等容地加热。初始压力  $P_0$  在此对应于环境压力（或者一个略高的压力）。只要在液体中达到  
15 所期望的压力  $P_1$ ，一个截止元件 17 打开并使液体减压，其中液体对一个串联的系统（液压马达，压缩机活塞）做功。这种减压一直到在 c 又达到初始压力  $P_0$  时出现与初始状态 a 相比更大的体积和更高的温度。与传统的机器相反，其中流体通过机械的再压缩回到初始状态 a，对于 THK 所述液体的收缩通过去除热量实现。这一点按照本  
20 发明具有极大优点，因为所有的利用能在从 b 到 c 的膨胀状态被去除，不必以任何方式（飞轮、风力炉等）中间存储机械能。此外在原理上，如同还要描述的那样，按照本发明的方法完全放弃一个将强制作用力施加到液体上的曲轴机构。

此外，如果在 a→b 和 c→a 的工作状态期间一个再生器或蓄热器  
25 包括在热交换过程中并且流体的膨胀等温地进行，则通过拐点 a, b, c 确定的工作过程除了不可逆的流体损失和热损失以外在热动力方面是理想的。

在图 4 中简示出一个 THK 与一个液压马达的组合。

30 在此挤出机活塞（11）由一个线性驱动装置（12）在压力缸（13）内部上下移动。该活塞通过加热器（14）、再生器（15）和冷却器（16）路线往复挤出工作液体。作为可操纵的截止元件（17）使用一个液压阀。当挤出机活塞向下运动并因此将液体输送到系统的热

端时，这个液压阀使循环（图3路线a→b）开始。当在PV曲线的点b上达到所期望的压力P1时阀门打开并且使液体在高压下膨胀同时通过液压马达（18）与耦联的飞轮（19）输出功。接着使卸压的液体汇集到收集容器（20）。一个具有止回阀（21）的循环管道负责使液体从收集容器通过液压马达持续循环，只要这个液压马达旋转。当提供功的液体卸压结束时（PV曲线中的点c，见图3），所述阀门（17）关闭，挤出机（11）向上移动并挤出液体到系统的冷端（路线c→a，见图3）。冷却的液体收缩到循环的初始点a（见图3）并同时通过管道（22）和止回阀（23）向上抽吸来自收集容器（20）中的液体。

因为再生器（15）以交替的方向通流热的和冷的流体，该再生器短时间地几乎没有熵损失地存储热量（因为热量和冷量沿着一个线性升高的温度曲线获得）并且将热量在正确的时刻再给到液体。

当适当地选择挤出机（11）振荡频率并正确设计通流加热器、再生器、冷却器的通流截面尺寸时能够使由膨胀的液体给出的功贡献远高于由挤出机活塞给出的功。由于这个原因并根据其工作方式将按照本发明的设备称为热-液的动力放大机（THK）。

为了更好地理解，在图4a，4b，4c中再一次简示出三个工作节拍并充分对应应在PV曲线中的那个区段。在此→表示压力液流，...→表示没有运动的压力液流，... ..→表示低压的液体运动。

在图4a中液体被等容地压缩。所述挤出机活塞（11）由线性驱动装置（12）驱动位于其向下的行程上。所述液压阀（17）关闭。在PV曲线中路线a→b连续。在膨胀容器（20）中的液面位于其最低的状态。

在图4a中液体等温地压缩。所述挤出机活塞（11）由线性驱动装置（12）驱动位于其向下的行程上。所述液压阀（17）关闭。在PV曲线中路线a→b连续。在膨胀容器（20）中的液面位于其最低的状态。

在图4b中挤出机活塞（11）到达下死点。所述线性驱动装置（12）停止。所述液压阀（17）打开。在PV曲线中路线a→b连续。所述液压马达（18）由减压的液体驱动。在膨胀容器（20）中的液面升高。

在图 4c 中挤出机活塞 (11) 通过线性驱动装置 (12) 向上移动。所述液压阀 (17) 关闭。无压力的热流体通过再生器 (15) 和冷却器 (16) 回冷到初始温度并由此获得一个收缩。由此产生的负压通过管道 (22) 抽吸来自膨胀容器 (20) 的液体。该容器的液面下降到最低值。在 PV 曲线中路线 c→a 连续。因此使循环又到达初始状态。

在这里所述的一个三节拍 - THK 的基本工作原理可以以不同的方式改变。一个按照本发明的方案是, 代替液压阀 (17) 利用液压马达 (18) 本身建立压力。这一点由此得到实现, 即, 这样选择液压马达 (18) 的吸收体积, 使得它明显小于流体由于在 PV 曲线中的路线 a→b 上加热产生的体积流。在图 5 中示出一个由这种 THK 过程得到的 PV 曲线。在此按照本发明当液体位于压力状态  $P_0$  时过程又开始。由于流体从冷到热的移动而膨胀的介质在压力升高到  $P_1'$  的条件下通流液压马达 (17), 在 b 点所述挤出机活塞 (11) 达到其下死点。接着流体在挤出机活塞保持不动时减压到  $P_0$  时的点 c 并且接着通过从 c→a 的交流换热冷却而收缩。所述液压阀 (17) 在循环 a→b→c 期间关闭而从 c→b 打开。

所述 THK 循环的这种变化尽管对每个循环实现较小的功率, 但是显示出一个特别灵活的连续过程的特征并且由于微小的最大压力只需更低的耐压性。

另一有利的改进方案在于液压阀 (17) 与液压马达的截止特性的结合。在图 6 中示出一个这样的 THK 变化的示踪曲线。从初始点  $P_0$  开始液体等容地 (阀门 17 关闭) 压缩到中间压力  $P_1$ 。从 b 到 b' 液体通过液压马达 (18) 等压地 (阀门 17 打开) 减压。当挤出机活塞 (11) 达到其下死点以后, 液体从 b' 到 c (阀门 17 打开) 减压。然后液体在关闭阀门 17 的情况下通过可逆的热量去除再从 c 收缩到初始点 a。所述 THK 的这种变化实现良好的循环效率并且由于与基本变化相比更低的最大压力而节省压力缸。

另一按照本发明有利的 THK 改进方案是, 存在使加热器 (14) 和冷却器 (16) 总是只在工作循环区段期间加入到对于其各功能必需的液体回路里面。这一点一方面使流体 - 空体积的负面影响最小化, 而另一方面能够使通流加热器和冷却器的压力流横截面在微小

的动态通流阻力和最佳的热传递特性的循环方面没有负面影响。在图 7 中借助于 PV 曲线简示出相应的、必需的具有截止阀的旁通管道和其在时间上的使用。

5 在流体从 a→b 通过挤出机活塞移动期间，所述流体被加热，不希望通过冷却器 (16) 去除热量。通过关闭阀门 24a, 24b 使流体在一个旁路 (24c) 中绕过冷却器并接着通流再生器 (15) 和加热器 (14)。在液体接着从 b→c 减压时仍然不期望冷却 (24a, 24b 继续关闭，流体通流 24c)。

10 由于从 b→c 所致力的等温减压期望通过加热器 (14) 再加热。在 PV 曲线中表示出从 a→b→c 所述流体通过旁路 24c 流动的事实。当流体接着从 c→a 可逆地冷却并由此收缩时，只希望冷却器 (16) 起作用，但是不希望加热器 (14) 起作用。因此现在将加热器通过两个阀门 25a, 25b 截止并使流体通过旁路 25c 直接通过再生器 (15) 和冷却器 (16) 导引 (阀门 24a, 24b 又打开)。为了使流体在打开  
15 截止阀 24a, 24b 以及 25a, 25b 时分别流过 (16) 和 (14)，所述旁路管道 24c 和 25c 配有止回阀 24d 和 25d。

至此已经描述了具有通过液压马达耦出旋转的 THK 设备。因为循环能量在工作流体减压过程中持续地降低，因此必需使这种不连续的功率输出“  
20 飞轮 (19) 实现。

一方面能量只在膨胀状态期间向外输出，另一方面由于效率的原因所述 THK 设备的工作频率应该尽可能地低，这一事实导致所述飞轮除了上述的协调不连续的能量输出以外在膨胀期间还必需过渡相对长的时间间隔，在该间隔期间设备不输出能量。这一点当然导致  
25 大的飞轮。

因此按照本发明的 THK 设备的改进方案使这个设备由多缸设备构成 (缸的数量  $n > 2$ ) 并且这样实现不同缸体的线性驱动装置 (12) 的控制，使由此引起的循环重叠导致一个平滑的驱动转矩。这一点导致非常小的飞轮。

30 但是按照本发明也能够利用膨胀和又收缩的液体柱的纯转换运动来驱动子系统，如空气压缩机，热泵 - 制冷机、压缩机，可逆 - 渗透设备和类似设备。



在图 8 中示出一个这样的按照本发明的 THK 设备,它具有线性的力耦出器和线性适配器。因为所述子系统在这种情况下必需是一个固体的做功活塞(代替上述的“

5 这种变化的有利改进方案通过做功活塞(26)在压力缸(13)和在其中上下运动的挤出机活塞(11)的组合给出。在做功活塞下部的气垫(27)在这个结构形式中使膨胀容器(见图 3, 20)成为不必要的。在这种情况下也周期地在膨胀状态期间在作用力展开的条件下向下运动的做功活塞长时间地由可控的截止元件(29)保持,直到  
10 达到所期望的最高压力(在 PV 示踪曲线中的点 b),所述截止元件在这种情况下最好由包围活塞杆的闸瓦构成。所述作用力通过在几何形状上由平行四边形构成的力结构(30)耦出。所述平行四边形在其四个角上配有活动铰链,它们使其形状通过施加的运动持续地变化(通过 30, 31 表示)。如果在一个拐角点的延伸轴线垂直于由  
15 做功活塞给定的轴线的拐角点中耦入所期望的、以线性作用力驱动的子系统的活塞杆,则使 THK 做功活塞的由于从 b→c 的等温减压的不对称过程的力作用协调一致,即,在整个工作行程上是均匀的。因为 THK 只在膨胀期间对外部输出功,所述子系统的做功活塞通过  
20 活塞杆(33)只在膨胀期间传力连接,即,做功活塞只由协调器“动”并且在分离位置(33a)松动地位于做功活塞上(无压力地耦联)。

按照本发明所述 THK 的这种结构形式也可以通过在图 5 和图 6 中所示的并且在文字中叙述的循环变型方案驱动,以及通过在图 7 中所示的“

因为 THK 是一个可逆的热动力设备,因此在其改进方案中存在一个特别有利的、按照本发明的变型作为制冷机-热泵。

25 在图 9a, 9b, 9c 中分别示出一个这样的 THK 设备,它们在驱动 THK 设备和被驱动的 THK 制冷机-热泵的三个工作状态期间具有对应的工作步骤。

在此驱动的 THK 设备在原理上具有与图 8 中所示的结构相同的结构并已经在前面的文字中描述过。通过协调机构(30)通过同样描  
30 述过的无压力离合器(33a)周期地且对于驱动设备相移地使被驱动的制冷机-热泵的做功活塞(26a)移动进入缸体(13a)。所述制冷机按照本发明原则上具有与做功机相同的部件,因此它们以相同

的数字加下标 a 表示 (14a = 加热器, 15a = 再生器, 16a = 冷却器, 12a = 挤出机活塞的线性驱动装置, 29a = 可控的截止元件)。在图 9a 的右上部 PV 曲线中示出 THK 做功机(——线)和 THK 制冷机(……线)的相移工作循环。在图 9a 至 9c 的左侧只分别示出做功机和制

5 冷机对于三个基本工作节拍的对应工作节拍。位于下面的视图分别给出关于两个设备 (26, 26a, 11, 11a) 的做功活塞和挤出机活塞的位置、运动方向或静止状态和可控截止元件 (29, 29a) 状态的信息。对于截止元件 = 0 表示关闭, = 1 表示打开。

此外在协调器 (30) 和做功活塞的位置上可以选择无压力离合器

10 (33a), 这取决于做功机是否驱动制冷机。流体和活塞运动方向通过箭头表示。

在三个工作状态期间出现如下所述现象:

图 9a 做功机 所述流体从 a 到 b 等容地被加热。所述挤出机 (11) 向着固定的做功活塞 (26) 移动。

15 制冷机 所述流体通过挤出机从 a' 到 c' 的移动等压地冷却。所述做功活塞 (26a) 固定。所述无压力离合器 (33a) 脱离接合。

图 9b 做功机 所述流体从 b 到 c 等温地膨胀。做功活塞 (26) 和挤出机活塞 (11) 共同向下运动。无压力的离合器 (30) 处于接合。所述截止元件 (29) 打开。

20 制冷机 所述做功活塞 (26a) 压缩流体。所述挤出机活塞固定在外死点。所述截止元件 (29a) 打开。

图 9c 做功机 所述流体通过交流换热冷却从 c 到 a 收缩。做功活塞和挤出机活塞 (26, 11) 并联地向上运动。所述截止元件 (29) 打开。所述无压力离合器 (30) 脱离接合。

25 制冷机 所述做功活塞 (26a) 通过截止元件 (29a) 固定在下死点。所述挤出机活塞使流体从 b' 到 a' 移动 (等容的冷却)。

所述制冷机 - 热泵通过 (16a) 接收环境热量 (冷却器), 等温地压缩它们并通过 (14a, 加热器) 再给出热量。在此所进行的三节拍循环在原理上类似于上述的按照本发明的做功机循环, 但是“

30 反”地进行并在较低的温度水平上工作。

除了可逆的、有效的循环以外, 在此特别有利的是, 可以实现从液体到液体的所有的热量交换过程。与在传统制冷机中常见的两相

混合相反，这一点能够实现更经济且更有效的冷却器/加热器热交换。按照本发明可以与图 7 中的旁路 (24c, 25c) 类似，在制冷机中也使用一个这样的结构并因此使冷却的流体没有静区效应地直接通流相应的冷却体。

5 因为驱动的 THK 设备和被驱动的 THK 制冷机在不同的温度水平上运行，因此压力必需相互适配。按照本发明这一点或者通过做功机缸体 (13) 与制冷机缸体 (13a) 的相应体积比实现，或者通过相应地降低协调器 (30) 与制冷机之间的一个台阶做功活塞的压力实现。

10 另一按照本发明的 THK 制冷机-热泵的改进方案在适配于 THK 设备的特殊循环的条件下利用已知的、按照斯特林原理工作的文氏 (Vuilleumier) 制冷机-热泵的原理。在图 10 中简示出这种变型。

一个线性驱动的挤出机活塞通过所连接的加热器-再生器-冷却器路线分别位于一个公共的、通过良好的热绝缘和耐压的壁体 (34) 分成两个做功区的缸体 ( I = " " "

15 在此属于" a 标记，属于"

下标 b 标记。通过时间控制的阀门 (35) 对于所期望的时刻使来自缸体 I 和缸体 II 的流体循环连接。

20 在开始动作时两个缸半体通过相同的流体以相同的压力 (最好 1 巴) 充满。所述压缩机驱动装置 12a, 12b 使压缩机活塞 11a, 11b 以 90° 相移运动。

在热缸体中流体通过 14a 的加热等容地带到高压。在达到这个压力后阀门 (35) 打开并且来自缸体 I 的压力流体在发生热量的条件下压缩缸体 II 中的流体。在实现压力平衡后在"

(11a) 向上移动，而在"

25 在此不仅在缸体 I 而且在缸体 II 中都将热焓交流换热地传递到再生器 15a 和 15b 并对于接着的循环段中间存储。在第三工作节拍中 (11a) 和 (11b) 同步地向上运动。只要两者达到其上死点，就关闭阀门 (35) 并如上所述重新开始循环。

30 在这个按照本发明的变化中所述缸体 I 在原理上是交流换热的压力脉冲换向器，而缸体 II 作为制冷机-热泵向左进行在缸体 I 中向右移动的 THK 脉冲换向器循环。同时在一个所期望的空间中通过 (14b) 在较低的温度时去除热量 (制冷机) 并通过 (16a) 再给出

到一个中间温度水平上（热泵）。在作为热泵或作为组合机组（同时产生冷量和热量）运行时有意义的是，所述热流通过（16a）和（16b）串联地相互接通。

在原理上在此所述的“Vuilleumier THK”

- 5 没有阀门（35）地运行。按照本发明在这种情况下所述阀门（35）通过壁体（34）中的一个永磁的、小的通道孔替换。在这种情况下所述压缩机（11a, 11b）不是不连续地以  $90^\circ$  相移运动，而是连续地以  $90^\circ$  相移运动。但是按照本发明的循环简化由于更微少的可利用压力变化具有一个更微小的功率密度。这一点在原理上可以通过提高工作频率进行补偿，但是由于超比例的增加液压压力损失而使效率降低。

在选择工作液体时提供了大范围的方案。最重要的选择标准是：温度和循环稳定性，明显的热体积放大，微小的压缩性，大的热容量， $c_p$  明显大于  $c_v$ ，高沸点，低冰点，环境兼容性和成本。

- 15 如上所述，由马隆机使用的水尽管具有许多优点，但是也存在原理上的缺陷，即，为了在整个工作循环上保持液态必需以  $>100$  巴的预压力加载。这一点在原理上尽管可以通过上述的 THK 设备实现，但是需要膨胀容器和风力炉，它们以这个预压力充满。

- 20 因此在现有技术中尤其优选使用合成油，如上所述，对于这种油可以接近大气压力工作，并且可以使粘度、耐温性、压缩性和其它重要的参数按照需要适配于 THK 的热动力特性。

- 25 因为所述 THK 设备在从约  $100^\circ\text{C}$  至约  $400^\circ\text{C}$  的中等温中已经以良好的效率运行，并且流体的热量加入（和冷却）在技术上可以特别简单地实现，因此下面的能源对于 THK 的运行具有特殊的意义：太阳能包括通过热存储器的夜间运行，所有的生物燃烧物质，在上述温区中的废热。THK 设备和组合的 THK 制冷机 - 热泵特别适用于楼宇中的动力 - 供热，适用于通过太阳和/或生物物质提供分散能源并适用于（工业）废热的再利用。

- 30 由于新型的循环而简单和紧凑的结构能够实现经济的设备。由于流体的高能量密度在合理的设备重量（静态应用）条件下工作频率可以明显在低于 1 赫兹以下运行。这一点不仅使压缩机活塞的输入功率最小，而且还提高了系统的寿命。

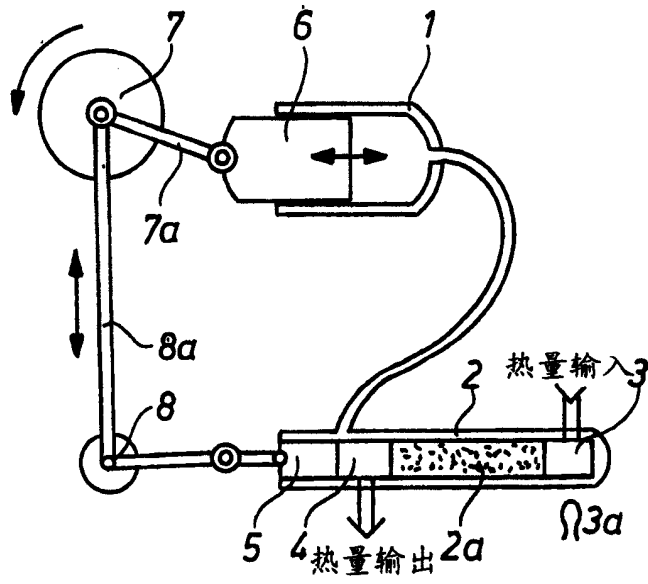


图 1

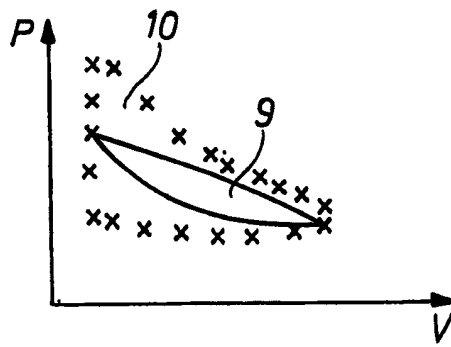


图 2

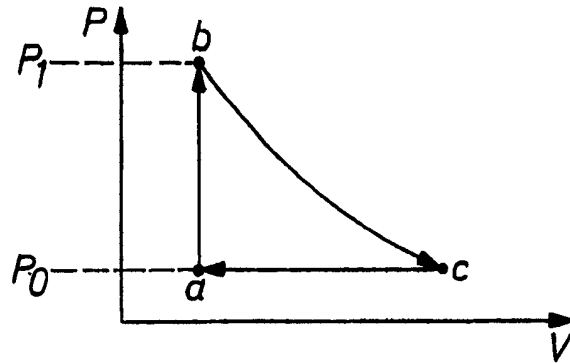


图 3

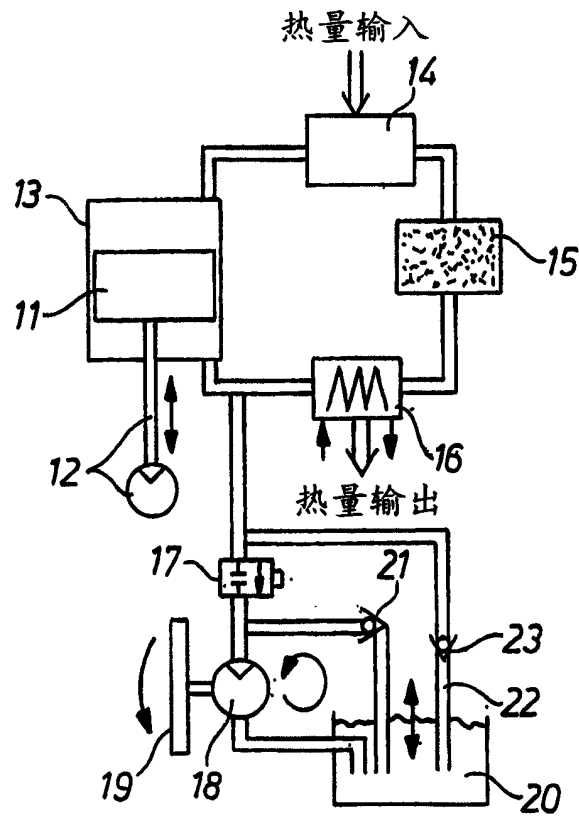


图 4

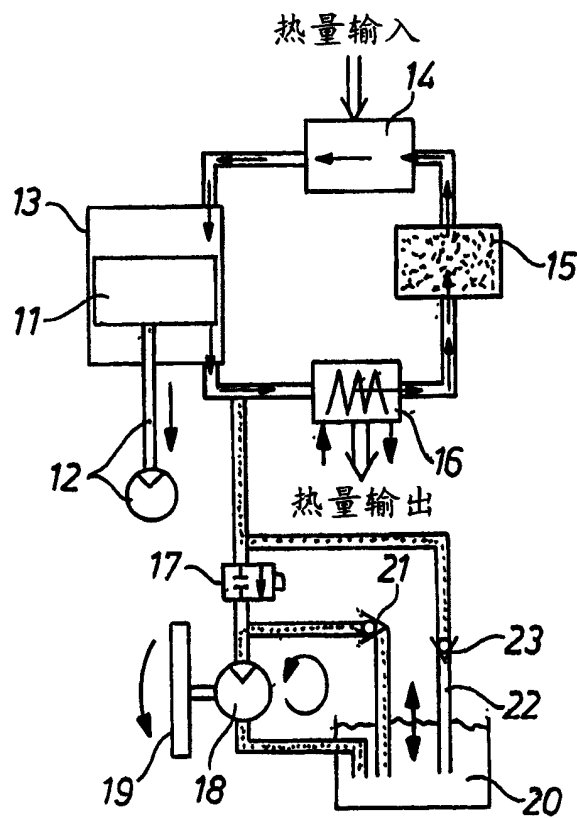
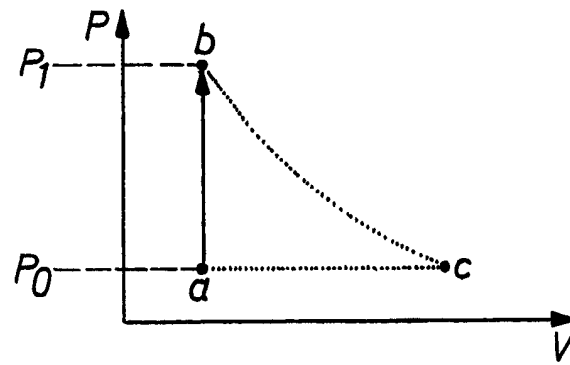


图 4a

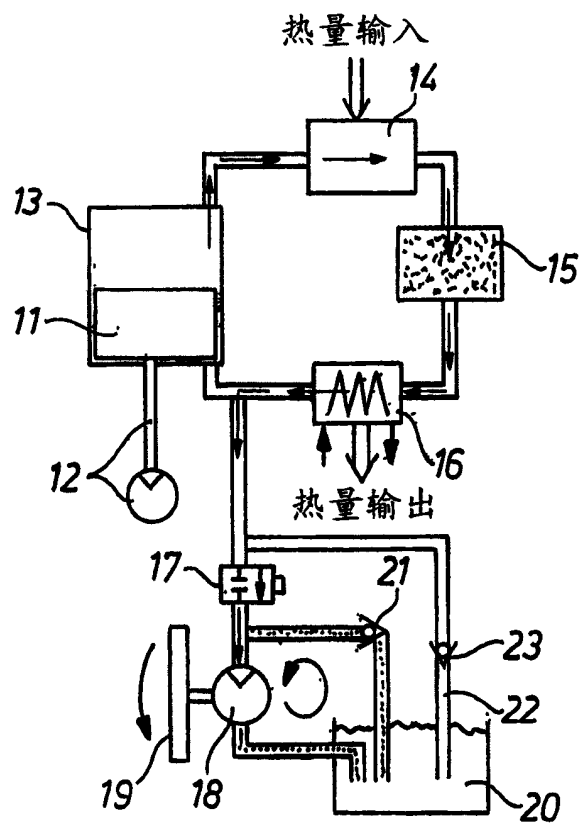
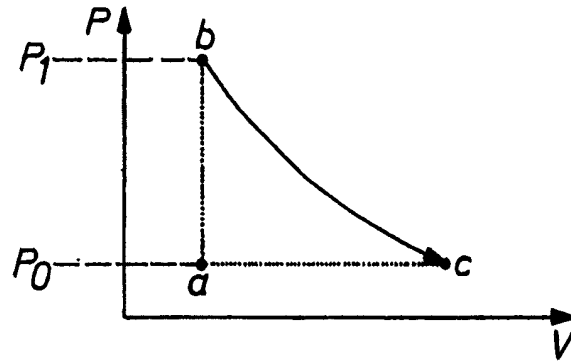


图 4b



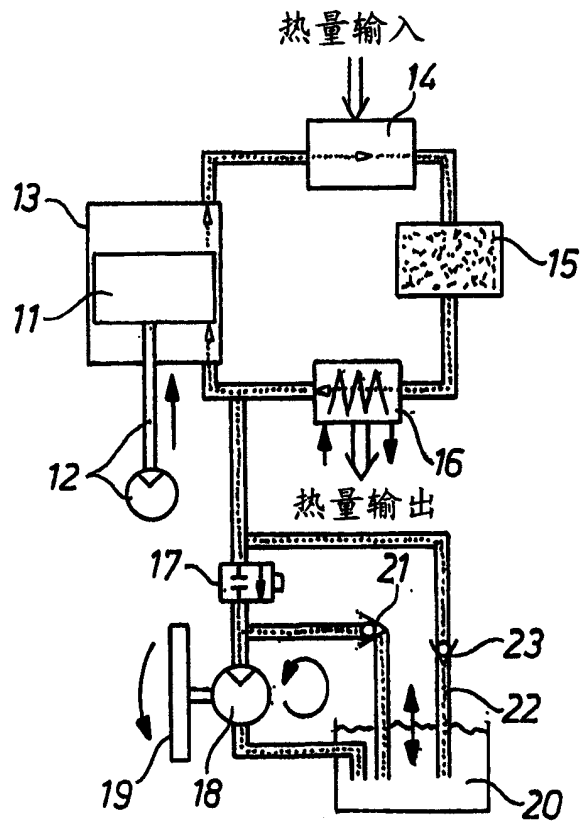
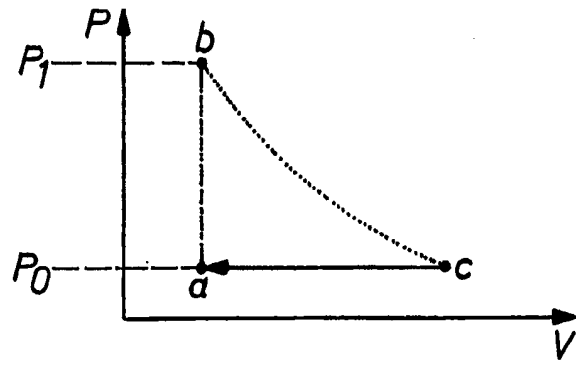


图 4c

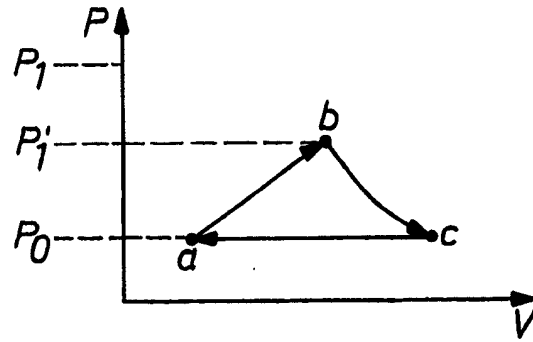


图 5

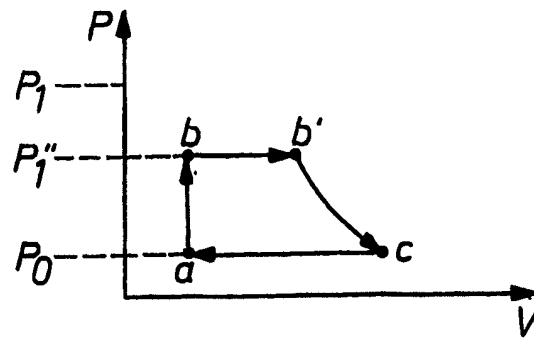


图 6

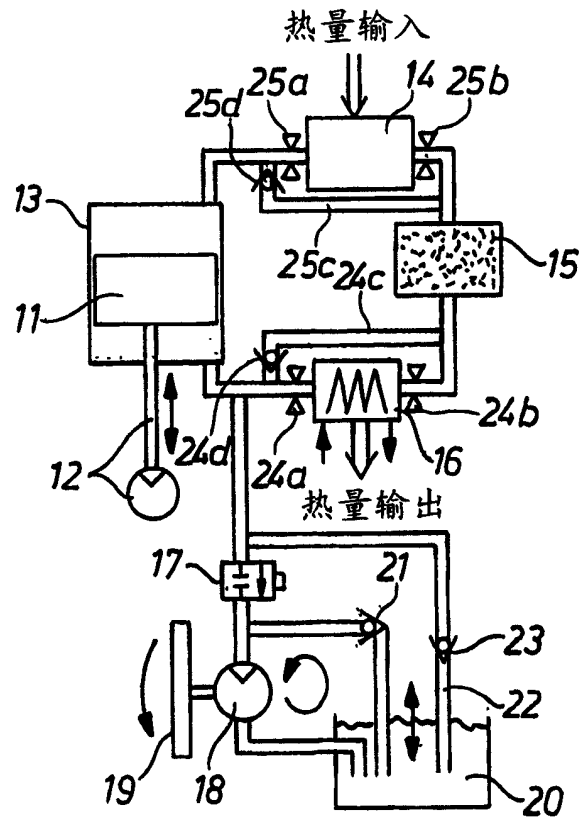
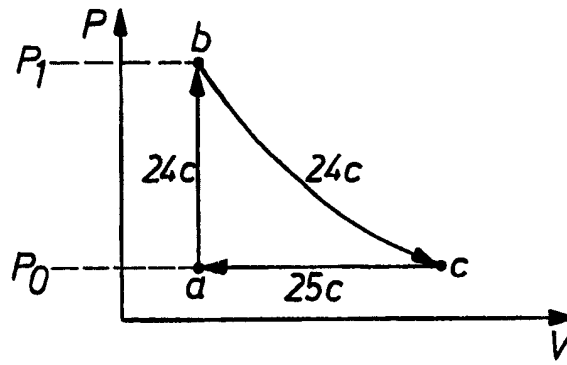


图 7

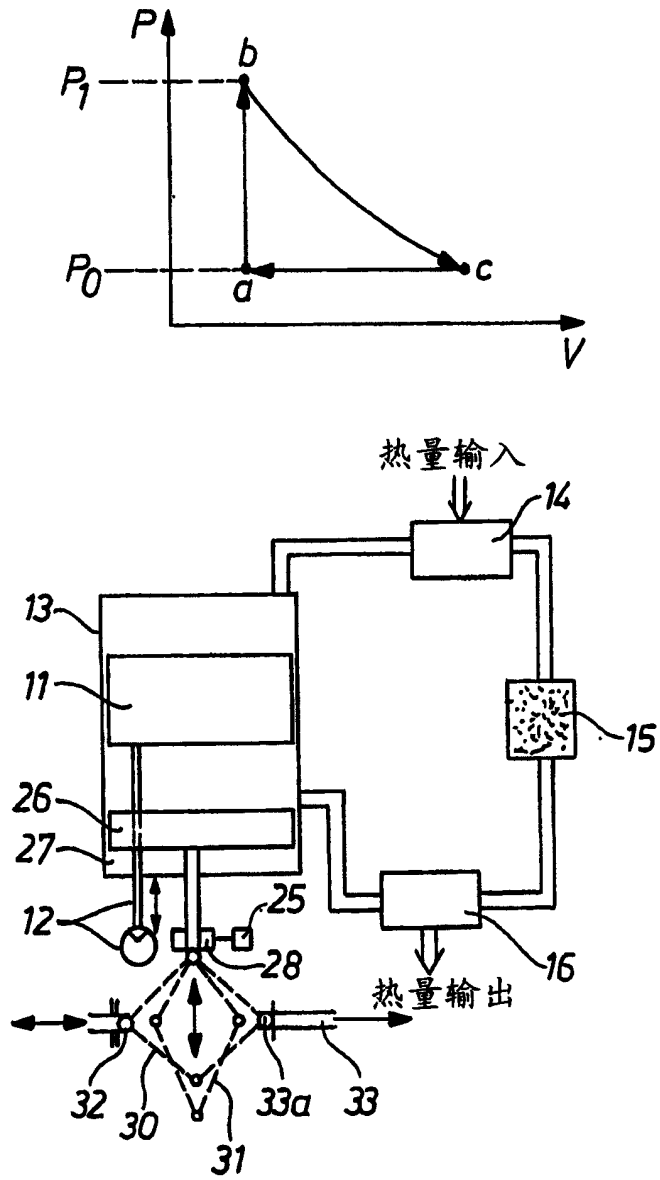


图 8

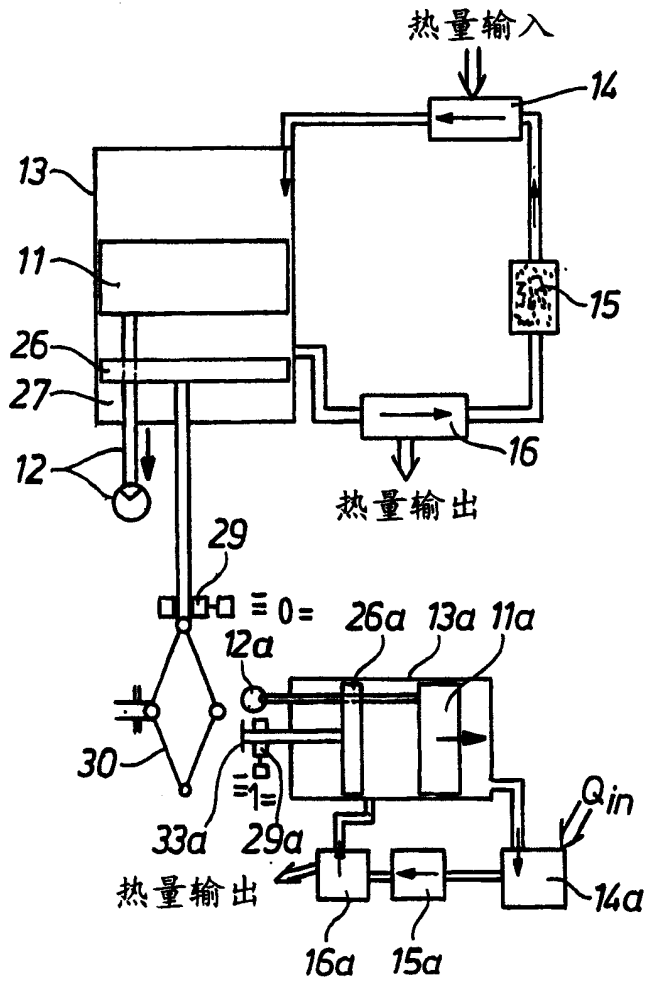
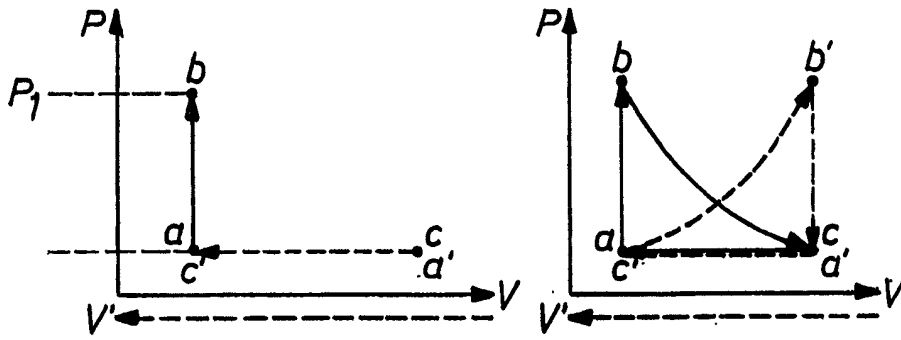


图 9a

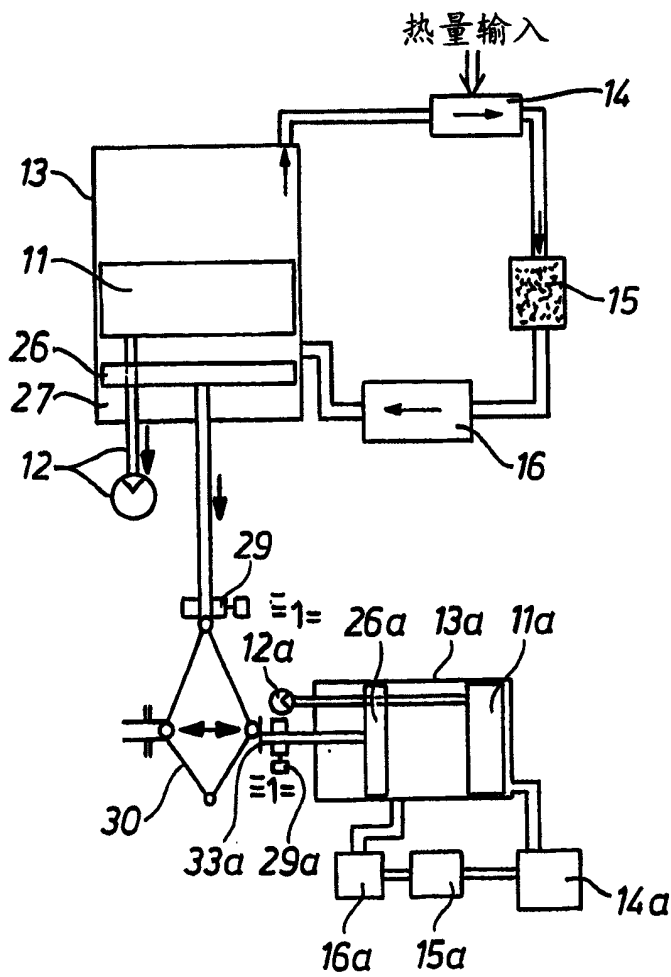
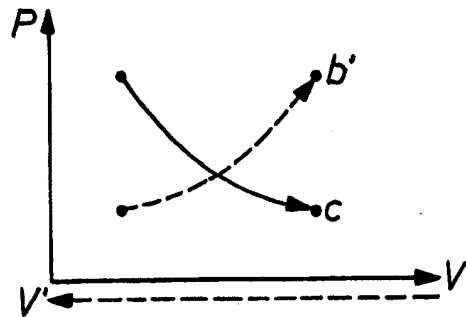


图 9b

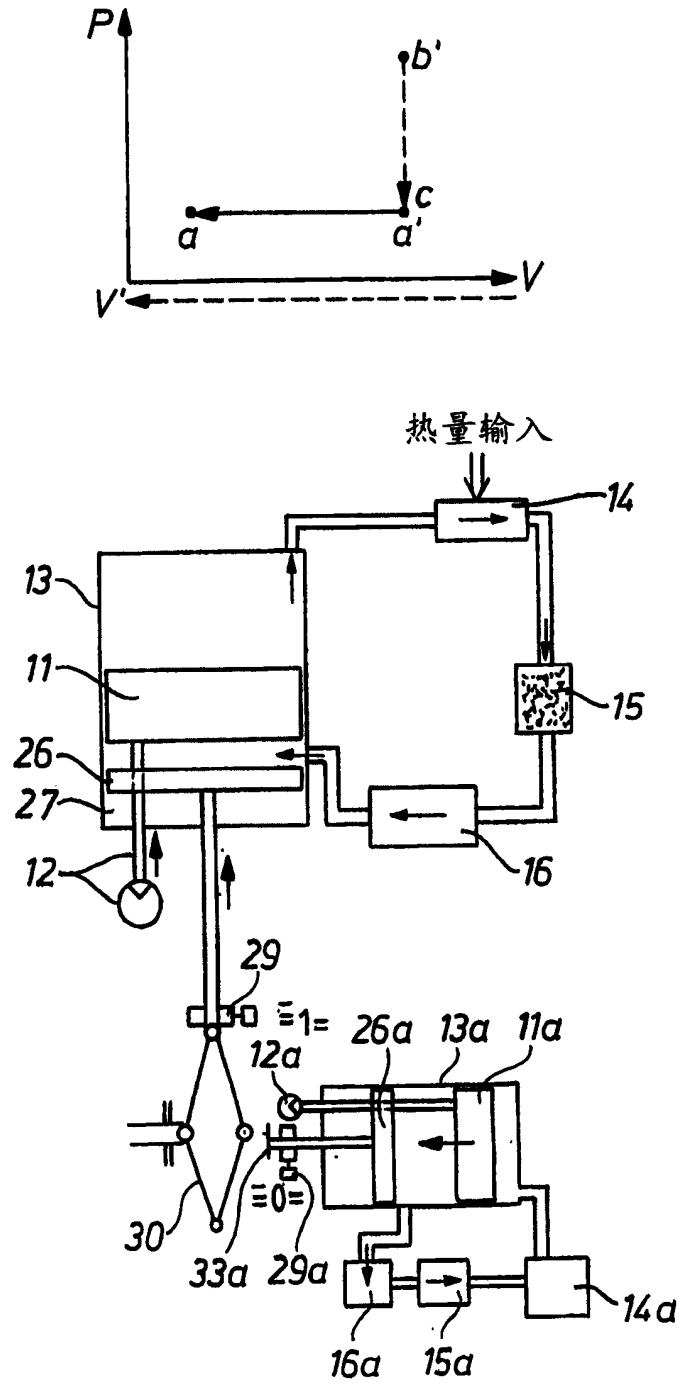


图 9c

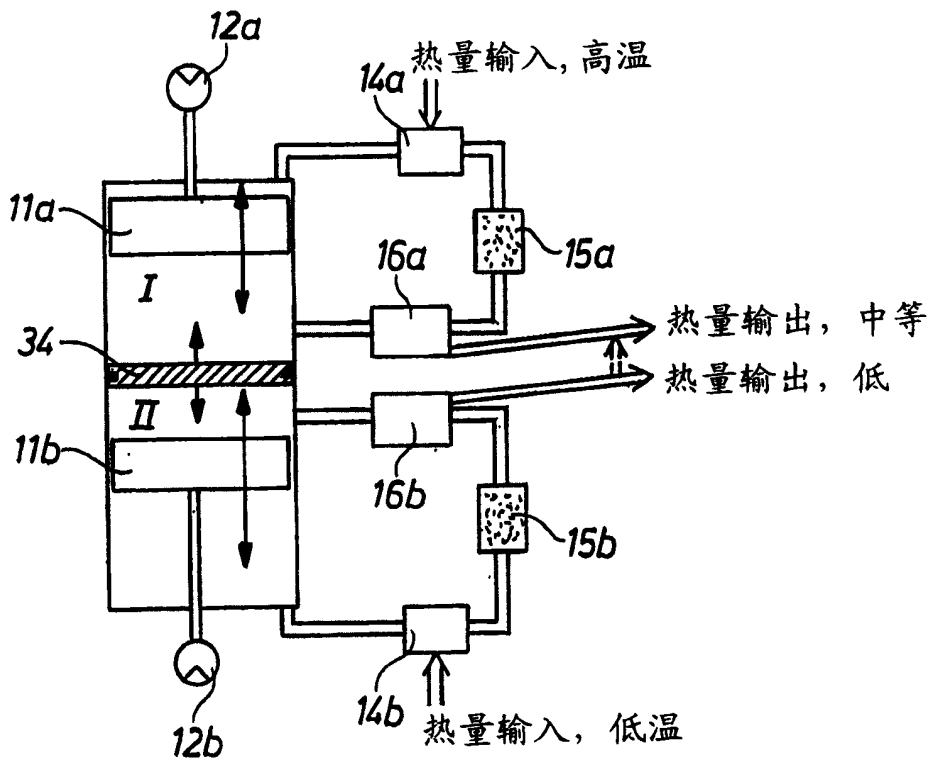


图 10