



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101375018 B

(45) 授权公告日 2012. 08. 15

(21) 申请号 200780003455. 7

F02G 1/043 (2006. 01)

(22) 申请日 2007. 01. 09

H02K 7/18 (2006. 01)

(30) 优先权数据

11/338, 421 2006. 01. 24 US

(56) 对比文件

US 2005/0028520 A1, 2005. 02. 10, 说明书第 63 段至 65 段.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

2008. 07. 24

说明书说明书第 8 栏第 46 行至第 9 栏第 8 行, 第 12 栏第 66 行至第 13 栏第 35 行, 第 14 栏第 55 行至 64 行及附图 2.

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/US2007/000313 2007. 01. 09

US 5329678 A, 1994. 07. 19, 说明书第 6 栏第 68 行至第 7 栏第 5 行, 第 8 栏第 32 行至 61 行, 第 9 栏第 23 至 27 行、第 39 行至 50 行, 第 10 栏第 5 行至第 8 行.

(87) PCT 申请的公布数据

W02007/087143 EN 2007. 08. 02

(73) 专利权人 阿尔托有限公司

地址 美国马萨诸塞州

审查员 王月蕾

(72) 发明人 J·R·伍德

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 过晓东

(51) Int. Cl.

F01B 11/00 (2006. 01)

F02B 71/04 (2006. 01)

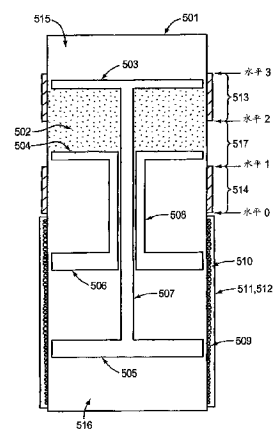
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 14 页

(54) 发明名称

电耦合热循环系统及方法

(57) 摘要

在依据本发明的一个实施方案中, 提供了采用工作气体热循环生成电能的方法。该方法包括采用气缸 (501) 内的活塞 (503、504) 的运动电磁感应耦合在气缸上的电路内的电流, 该气缸包含执行热循环的工作气体 (502); 采用电路 (509、510) 在电存储设备中存储电能, 该电能由电路中诱导电流生成; (437、438) 和采用存储在电存储设备中的电能电磁提供给活塞动力。循环使用电路存储电能并使用存储的电能提供给活塞动力来实现热循环过程中净正平均功率传输到电存储器中。



1. 一种采用工作气体的热循环生成电能的方法,该方法包括:

采用附着在气缸中的第一活塞上的第一永久磁铁和附着在气缸中第二活塞上的第二永久磁铁的运动来电磁感应耦合到气缸上的电路的一组线圈内的电流,所述的气缸中包含进行热循环的工作气体,所述的电路包括电子电力变换器;

采用工作气体在第一活塞和第二活塞之间的压缩和膨胀来进行热循环;

采用电路将由电路中感应的电流生成的电能存储在电存储器中;并且

采用存储在电存储器中的电能向活塞电磁供给动力;

循环使用电路存储电能并使用存储的能量向第一活塞和第二活塞提供动力实现热循环过程中净正平均功率传输到电存储器中;

采用电子电力变换器执行第一活塞和第二活塞的运动的闭环电控制,以限制工作气体使其在压力-体积图中任何预期路径都尽可能发生,第一活塞和第二活塞的运动的电控制允许工作气体在压力-体积循环的每一段中所花费的时间量是变化的;

所述的方法对流进和流出热循环的循环能量采用电存储。

2. 依据权利要求1所述的方法,其中电子电力变换器可基于与工作气体状态相关的电信号执行闭环控制。

3. 依据权利要求2所述的方法,进一步包括:

使用温度传感器、压力传感器、和位置传感器中的至少一个向电子电力变换器中输送与工作气体状态相关的电信号。

4. 依据权利要求1所述的方法,其中热循环从外加热源中吸收热。

5. 依据权利要求4所述的方法,其中热循环近似于斯特林循环。

6. 依据权利要求4所述的方法,其中热循环近似于卡诺循环。

7. 依据权利要求1所述的方法,进一步包括:

通过第一活塞和第二活塞的运动使气体沿着气缸移动从而实现与气缸的加热区和冷却区进行连续的传热。

8. 依据权利要求1所述的方法,其中第一活塞的至少部分轴可在第二活塞轴内同心移动。

9. 依据权利要求1所述的方法,进一步包括:

采用电子电力变换器通过控制第一活塞和第二活塞的运动来控制热循环定时。

10. 依据权利要求9所述的方法,进一步包括:

采用电子电力变换器控制第一循环和第二循环的运动使得工作气体在气缸的加热区、冷却区、和无作用区之间运动。

11. 依据权利要求1所述的方法,进一步包括:

采用附属在第一活塞或第二活塞上的热屏蔽来隔离气缸内非工作气体。

12. 依据权利要求1所述的方法,进一步包括:

采用附属在第一活塞或第二活塞上的桨状搅拌器在工作气体内生成湍流。

13. 依据权利要求1所述的方法,进一步包括:

采用外部回流在气缸的第一末端区和第二末端区之间流动非工作气体。

14. 依据权利要求1所述的方法,进一步包括:

将第一活塞和第二活塞固定在共同中心轴周围。

15. 依据权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

通过内燃循环来循环工作气体。

16. 依据权利要求 15 所述的方法,其中热循环近似于奥托循环。

17. 依据权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

采用第一气缸和第二气缸,每个都按照依据权利要求 1 所述方法操作来生成电能,第一气缸和第二气缸在彼此轴向相反的方向上操作。

18. 依据权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

采用第一气缸、第二气缸、第三气缸、和第四气缸,每个都依据权利要求 1 所述的方法操作生成电能,第一气缸、第二气缸、第三气缸、和第四气缸在具有气缸平行轴的线圈内操作,这些气缸中的两个与第一气缸、第二气缸、第三气缸、和第四气缸中的另两个气缸反平行操作。

19. 一种采用电能对热泵供以动力的方法,热泵执行热循环,该方法包括:

使用电存储器中的电能对气缸中的第一活塞活塞和气缸中的第二活塞电磁供给动力,该气缸包含执行热循环的工作气体;

采用附着在第一活塞上的第一永久磁铁和附着在第二活塞上的第二永久磁铁的运动电磁感应耦合于气缸的电路的一组线圈中的电流,其中电路包括电子电力变换器;

采用第一活塞和第二活塞之间工作气体的压缩和膨胀来执行热循环;并且

采用电路在电存储器中存储电能,该电能由电路中感应的电流生成;

循环使用存储能对第一活塞和第二活塞供给动力并且在热循环过程中,使用电路存储电能实现从电存储器中净正平均功率传输;以及

采用电子电力变换器执行第一活塞和第二活塞的运动的闭环电控制,以限制工作气体使其在压力-体积图中任何预期路径都尽可能发生,第一活塞和第二活塞的运动的电控制允许工作气体在压力-体积循环的每一段中所花费的时间量是变化的;

所述的方法对流进和流出热循环的循环能量采用电存储。

20. 依据权利要求 19 所述的方法,其中电子电力变换器基于与工作气体状态相关的电信号执行闭环控制。

21. 依据权利要求 20 所述的方法,进一步包括:

使用温度传感器、压力传感器、和位置传感器中的至少一个向电子电力变换器中输送与工作气体状态相关的电信号。

22. 依据权利要求 19 所述的方法,其中热循环从外加热源中吸收热。

23. 依据权利要求 22 所述的方法,其中热循环近似于斯特林循环。

24. 依据权利要求 22 所述的方法,其中热循环近似于卡诺循环。

25. 依据权利要求 19 所述的方法,进一步包括:

使用第一活塞和第二活塞的运动将气体沿着气缸移动从而实现与气缸的加热区和冷却区的连续传热。

26. 依据权利要求 19 所述的方法,其中第一活塞的至少部分轴可在第二活塞轴内同心移动。

27. 依据权利要求 19 所述的方法,进一步包括:

采用电子电力变换器通过控制第一活塞和第二活塞的运动来控制热循环定时。

28. 依据权利要求 27 所述的方法,进一步包括:

采用电子电力变换器控制第一循环和第二循环的运动使得工作气体在气缸的加热区、冷却区、和无作用区之间运动。

29. 依据权利要求 19 所述的方法,进一步包括:

采用附着在第一活塞或第二活塞上的热屏蔽隔离气缸内非工作气体。

30. 依据权利要求 19 所述的方法,进一步包括:

采用附着在第一活塞或第二活塞上的桨状搅拌器在工作气体内生成湍流。

31. 依据权利要求 19 所述的方法,进一步包括:

采用外部回流在气缸的第一末端区和第二末端区之间流动非工作气体。

32. 依据权利要求 19 所述的方法,进一步包括:

将第一活塞和第二活塞固定在共同中心轴周围。

33. 依据权利要求 19 所述的方法,进一步包括:通过内燃循环来循环工作气体。

34. 依据权利要求 33 所述的方法,其中热循环近似于奥托循环。

35. 依据权利要求 19 所述的方法,进一步包括:

采用第一气缸和第二气缸,每个都按照依据权利要求 22 所述方法操作采用电能对热泵供电,第一气缸和第二气缸在彼此轴向相反的方向上操作。

36. 依据权利要求 19 所述的一种方法,进一步包括采用第一气缸、第二气缸、第三气缸、和第四气缸,每个都依据权利要求 22 所述的方法操作采用电能对热泵供电,第一气缸、第二气缸、第三气缸、和第四气缸在具有气缸平行轴的线圈内操作,这些气缸中的两个与第一气缸、第二气缸、第三气缸、和第四气缸中的另两个气缸反平行操作。

电耦合热循环系统及方法

[0001] 相关申请

[0002] 该申请是 2006 年 1 月 24 日提出的美国申请 No. 11/338, 421 的继续申请并且要求 2006 年 1 月 24 日提出的美国申请 No. 11/338, 421 的优先权。上述申请的全部教导通过引述合并于本文中。

技术背景

[0003] 采用一定量气体作为工作介质的热机的热循环可通过参考 P-V 图进行描述。图 1 和 2 显示出两个众所周知的热循环的 P-V 图, 卡诺循环 (图 1) 和理想的斯特林循环 (图 2)。

[0004] 净能量由一个热循环输出, 该热循环是 P-V 图中工作路径构成的回路区域。在每个循环过程中, 发动机输送部分循环的能量, 并且剩下循环的能量被发动机吸收。对于一些循环的某些部分, 能量既不被存储也不被输送。例如, 理想的斯特林循环, 在轨线平行于 P 轴的循环的那些部分中, 机械能既不被吸收也不被输送。

[0005] 必要地, 在循环基础上, 用于获得净正平均输出功率的部分体系一定包括存储和将能量从热发动机中获得或将能量返回到热发动机中的设备。在传统热发动机中, 这种循环能量存储由机械方法完成, 例如通过附属调速轮的机轴的转动惯性。

发明内容

[0006] 令人期望的是, 能够通过一种方法将热转变成电, 其中这种设备是可靠的、有效的、无噪声、无振动, 并且能够采用多种燃料运转。

[0007] 也令人期望的是, 能够采用电通过具有这种属性的设备实现传热。

[0008] 为了得到这些和其它目的, 本发明的一个实施方案提供了采用工作气体的热循环生成电能的方法。该方法包括采用气缸中活塞运动来电磁感应耦合在气缸上的电路内的电流, 该气缸中包含实现热循环的工作气体。该电路用于将由电路中感应的电流所生成的电能存储在电存储器中; 并且存储在电存储器中的电能被用于向活塞电磁供给动力。循环使用电路存储电能并使用存储的能量提供给活塞动力来实现热循环过程中净正平均功率传输到电存储器中。

[0009] 电路可包括电子电力变换器, 并且该方法进一步包括采用电子电力转换器执行活塞运动的闭环电控制。电子电力变换器可基于与工作气体状态相关的电信号执行闭环控制。温度传感器、压力传感器、和位置传感器中的至少一个可用于向电子电力变换器中输送与工作气体状态相关的电信号。热循环可接近斯特林循环、卡诺循环、奥托循环、或者其它循环。热循环可从外燃获得热, 或者工作气体可通过内燃循环进行循环。

[0010] 第一活塞和第二活塞之间工作气体的压缩和膨胀可用于执行热循环。电路可包括耦合于气缸的一组线圈, 并且该方法包括使用附属在第一活塞上的第一永久磁铁和附属在第二活塞上的第二永久磁铁来电磁感应该组线圈中的电流。另外, 第一活塞和 第二活塞的运动可用于将气体沿着气缸移动而使用气缸的加热区和冷却区实现连续传热。

[0011] 第一活塞的至少部分轴可在第二活塞轴内同心移动。电子电力变换器可用于通过控制第一活塞和第二活塞的运动来控制热循环定时；包括通过控制第一循环和第二循环的运动使得工作气体在气缸的加热区、冷却区、和无作用区之间运动。热屏蔽可附着在第一活塞或第二活塞上隔离气缸内非工作气体；并且桨状搅拌器可附着在第一活塞或第二活塞上搅拌工作气体生成湍流。外部回流可用于在气缸的第一末端区和第二末端区之间流动非工作气体。第一活塞和第二活塞将固定在共同中心轴周围。

[0012] 依据本发明的两个气缸工作可在彼此相反的轴向操作。同样地，四个气缸可在具有气缸平行轴的线圈内操作，气缸中的两个与气缸中的另两个反平行操作。

[0013] 依据本发明的另一个实施方案中，提供了采用电能对热泵供以动力的方法，热泵执行热循环。该方法包括使用电存储器中的电能对气缸中的活塞电磁供给动力，该气缸包含执行热循环的工作气体。活塞运动用于电磁感应耦合于气缸上的电路中的电流；并且电路用于在电存储器中存储电能，该电能由电路中诱导的电流产生。循环使用存储能对活塞供给动力并且在热循环过程中，使用电路存储电能实现从电存储器中传输净正平均功率。如与生成电能方法一起使用的类似方法，可与对热泵供以动力的方法一起使用。

[0014] 附图简要说明

[0015] 如下面附加附图中举例说明的，本发明的前述和其他目的、特征和优点从下列本发明的优选实施方案的更特殊描述中将是显而易见的，其中相同参考字符统指贯穿不同视图中的相同部分。这些附图不必按比例规定，重点不在于举例说明本发明的原理。

[0016] 图 1 显示出本领域中已知的卡诺循环的压力 - 体积图；

[0017] 图 2 显示出本领域中已知的理想的斯特林循环的压力 - 体积图；

[0018] 图 3A 显示出依据本发明实施方案，线圈、磁铁、和外燃气缸活塞的配置

[0019] 图 3B 显示出图 3A 中实施方案的活塞的单独视图。

[0020] 图 4 为耦合于图 3A-3B 的外燃气缸配置上的电气元件的示意图；

[0021] 图 5A 依据本发明的实施方案，举例说明了可用于代替图 3A 的机械设备配置的可供选择的实施方案；

[0022] 图 5B 和 5C 显示出图 5A 的实施方案中活塞的单独视图；

[0023] 图 6 为依据本发明的实施方案，当按照通过每一个图 2 描述的斯特林循环的发电机操作，图 3A 和 5A 的热力发电机的定时图；

[0024] 图 7 为依据本发明的实施方案中操作的斯特林循环热泵的 P-V 图；

[0025] 图 8 为图 7 的斯特林循环热泵的定时图；

[0026] 图 9 依据本发明的实施方案，举例说明了可用于代替图 3A-3B 和 5A-5C 机械设备配置的可供选择的实施方案；

[0027] 图 10 显示出依据本发明的实施方案向轴对置式热力发动机；

[0028] 图 11A 和 11B 依据本发明的实施方案，举例说明了图 5A 显示的该类型的平行中心轴并行放置的四个气缸总体配置；

[0029] 图 12 为依据本发明的实施方案，当按照通过每次图 1 描述的卡诺循环的发电机操作时，图 3A 和 5A 的热力发电机的定时图；

[0030] 图 13 为依据本发明的实施方案，内燃发动机的活塞配置的截面视图；

[0031] 图 14 为依据本发明的实施方案，内燃发动机的定时图；和

[0032] 图 15 为依据本发明的实施方案,通过内燃发动机操作的奥托循环的 P-V 图。

具体实施方式

[0033] 自从十八世纪以来,转动惯性已成为循环能量在热力发动机中存储的选择方法。因此,用于循环存储和从热力发动机获得能量和将能量返回到热力发动机中的设备通常是机械制的。例如,发动机可采用附属调速轮的机轴的转动惯性存储循环能量。在这种方式中,传统的热力发动机可被认为是机械耦合热循环。

[0034] 然而,在这种机械耦合热循环中,活塞的运动受到机轴运动的限制。因此,活塞不能按照使工作气体的状态遵循预期的 P-V 循环的方式运动。该循环的每个部分所用时间的相对量受到调速轮运动的机械约束而被固定。此外,机械耦合热力发动机受到其可靠性和效率、其产生的噪音和振动、以及由多种燃料操作的能力约束。

[0035] 为了提高这些特性,依据本发明的实施方案,采用电存储器容纳从热循环中产生的循环流动能量。热循环可描述为电耦合。一个实施方案利用电磁剪切直接电动的活塞。

[0036] 适于这种应用的电存储器包括,如电容器、电池、和(如果可以)超导线圈。采用电磁剪切的直接电动可采用附属于每个活塞装置上的永久磁铁来实现、以及采用线圈或绕线内的受控电流提供动力来实现,或者利用永久磁铁的电磁感应来实现。

[0037] 电耦合热循环的实施方案可用于从热循环中生成电,例如采用气体外燃或者气体内燃给蓄电池充电;或者为了热循环的电功率,例如采用电池或者其他直流电源给热泵供应电力。

[0038] 依据本发明,电力电子电路可被建立起来,使活塞运动受到限制以至于 P-V 图中的任何预期路径都尽可能发生。从热力发动机中获得的平均功率的必要能量循环可通过电存储器来实现。以这种方式的电耦合的使用考虑到 P-V 循环的每部分中所用时间量的变化,从而考虑到高热循环效率。

[0039] 因此,通过对比现有系统(其中能量被循环机械存储),依据本发明的实施方案采用循环能流的电存储。另外,电路的使用使活塞运动的闭环电子控制成为可能。

[0040] 现有技术中,由直线驱动电机机驱动的致冷设备是已知的,例如 Higham 等人提出的美国专利 No. 4, 761, 960 ;Young 提出的美国专利 No. 4, 697, 113 ;和 Higham 提出的美国专利 No. 5, 040, 372。此外,这种直线驱动可为电池供电,由电池电流输送电控,如在 Nelson 提出的美国专利 No. 5, 752, 385 和 Walsh 提出的美国专利 No. 4, 434, 617。无活塞的液压发动机是已知的,例如 Beremand 提出的美国专利 No. 4, 215, 548 中提到的。

[0041] 然而,依据本发明的一个实施方案根本不同于这种先前已知的系统,因为它采用向热循环电存储循环能量流和来自热循环的循环能量流的电存储。因此,在热循环中,依据本发明的实施方案将能量循环到电存储器中或从电存储器中将能量循环出来,该电存储器电耦合到含有活塞的气缸上。经过对比,这种先前已知体系不采用循环能量流的电存储。一些现有系统可代替使用循环能量流的机械共振形式。例如,美国专利 No. 4, 434, 617 中,循环能量流的机械共振被用在活塞和压缩末端气体之间,起到弹簧作用。尽管同步电驱动被用于帮助和维持机械振动,该体系不采用电存储器从热循环中吸收循环能量流。因此,依据本发明的一个实施方案,这种体系不考虑由采用热循环中循环能量流的电存储和循环能量流的电控而得到热效率的潜在提高。

[0042] 本发明的优选实施方案的描述如下。

[0043] 图 3A 和 3B 显示出依据本发明的实施方案,外燃发电机的线圈、磁铁、和活塞的配置。在图 3A 的横截面视图中,封闭气体气缸 301 包含一堆气体,部分变成工作气体 302。工作气体 302 是气缸 301 内全部气体的一部分,其位于两个活塞 303 和 304 之间,两个活塞在气缸 301 内滑动。活塞 303 和 304 利用气缸 301 的内壁在无摩擦情况下保持较好的气体密封。传统活塞环,例如,可用于该目的。气缸 301 通常为具有圆形横截面,但可能具有其他横截面形状。工作气体 302 可为适于该目的的任何其体,例如空气、氮气、氦气、或氢气。

[0044] 如图 3B 中所示,两个活塞 303 和 304 中的每一个具有平板形状。附属在每个平板 303 和 304 的中心和垂直于每个平板 303 和 304 的是轴 307 和 308,轴 307 和 308 的末端附属在永久磁铁平板 305 和 306 上。永久磁铁平板 305 和 306 在其上包含永久磁铁,与磁路材料如铁或者适宜标号的钢合适地布置。永久磁铁和磁路材料的布置使得永久磁铁平板 305 和 306 的外边缘产生磁通量,贯穿围绕气缸 301 周围的驱动线圈 309 和 310(图 3A)。气缸 301 由非磁性物质构成。许多这种材料可用于制造气缸 301。例如,一种材料如铝可用于如 313 和 314 的区域,需要热流;并且一种材料如陶瓷或者纤维玻璃可用于如 317 的区域,无需热流。围绕驱动线圈 309 和 310 的是磁场回传通道 311 和 312,其由磁通道材料构成。

[0045] 围绕气缸 301 周围的也是两个传热区 313 和 314,由热导材料如铜或铝合金构成。加热区 313 从外加热源得到热,例如火焰或者太阳集热器,在适宜的时间将热传递给工作气体 302,如下面描述的那样。同样地,冷却区 314 在适宜的时间从工作气体 302 中吸热,也如下面描述的那样。传热区 313 和 314 彼此被热绝缘无作用区 317 分开。三个区 313、314、和 317 在附图中显示具有可比长度,不是必需的,但可能有利于总功率输出。

[0046] 图 4 是电器元件的示意图,该电器元件耦合在图 3A-3B 的外燃气缸配置上,为了依据本发明的一个实施方案容纳来自热循环中的能量循环流。驱动线圈 409、410、443,如描述为图 3A 的 309、310 的驱动线圈,连接电子电力变换器 435。为说明方便,图 4 显示出三个绝缘线圈 409、410、443,如必要的,但许多分离线圈可被采用。连接电子电力变换器 435 的是位置传感器 436、温度传感器 440、和压力传感器 411 的信号器。可以理解的是,任何适宜数量的这种位置、温度、和压力传感器可被使用。位置传感器 436 对电子电力变换器 435 给出信息,它需要知道任何时刻每个活塞的确切位置。温度传感器 440 和压力传感器 441 随时通知电子电力变换器 435 工作气体 302 状态。

[0047] 电子电力变换器 435 连接到 DC 总线 442 上,DC 总线 442 与电容器 437 和 / 或电池 438、和电子负载 439 连接。当非必需时,电子负载 439 可与 DC 总线 442 断开连接,而电子电力变换器 435 对电池 438 持续充电。适宜的电池 438 包括锂电池或者构造成用于能量循环应用的其他现代类型电池,锂电池或其他类型电池具有能够在每秒或者更快时间进行几个循环的速度进行能量循环的更佳性能。

[0048] 在该系统操作期间,图 4 的电子电力变换器 435 控制电流进入图 3A 的线圈 309 和 310 中或者从图 3A 的线圈 309 和 310 中流出,使得活塞 303 和 304 在气缸内上下移动而促使工作气体 302 完成预期的 P-V 循环。电容器 437 和电池 438 起到系统蓄能器的作用,并且吸收循环能量变化,为热力发动机的循环不可缺少的。电子电力变换器 435 存储少量能量或者不存储能量,并且在 DC 总线 442 和线圈 309 和 310 之间以高效方式传输功率。

[0049] 以这种方式,图 3A-4 的实施方案提供了电耦合外燃发电机。外燃释放的能量经加

热区 313 传输进气缸 301 内,压力-体积循环在工作气体 302 中产生,并且循环储能通过图 4 的电路执行。在一个应用中,例如,在不使用除了活塞 303 和 304 之外的任何机动部件的情况下,气体的外燃可用于在电池 438 中存储电荷。

[0050] 图 5A-5C 举例说明了一个可供选择的实施方案,这种实施方案可用于替代图 3A-3B 的机械配置,其中驱动线圈 509 和 510 彼此邻接放置并且远离加热区 513。通过将永久磁铁平板 505 和 506 放置远离加热区 513,这种配置简化了保持永久磁铁冷却的设计任务。当遇高温时,钕-铁永久磁铁材料失去其磁性,并且限制工作温度通常不高于 150-200℃。如图 5A 所示,较长活塞部件(单独在图 5B 中显示)的轴 507 位于较短活塞部件(单独在图 5C 中显示)的轴 508 的中心。这两个轴 507 和 508 之间的机械配合在无不适当摩擦的情况下给出其间较好的气体密封。内轴 507,将活塞 503 与其永久磁铁平板 505 连接在一起,构造成从热的上端 503 到永久磁铁平板 505 和围绕其周围的轴 508 引起最小程度的热传导。这可能受到使用用于轴 507 的绝热材料如陶瓷的影响,为具有一定强度,绝热材料可能具有金属芯。较长活塞部件 503 的驱动线圈 509 比较短活塞部件 504 的驱动线圈 510 更进一步位于远离冷却区 504。在图 5A 中(不同于图 3A 中平板 305 和 306),永久磁铁平板 506 位于永久磁铁平板 505 上面,因为活塞部件 503 比活塞部件 504 长。图 5A 中的加热发动机的操作正如上面对图 3A 中加热发动机的描述,具有相似电耦合电路上如图 4 所示。

[0051] 图 6 为依据本发明的实施方案,当按照图 2 中描述的每个斯特林循环的电动机操作时,图 3A 和 5A 的加热电动机的定时图。曲线 644 为活塞 303、503 的活塞位置分布图,并且曲线 645 为活塞 304、504 的活塞位置分布图,重复循环 A-B-C-D-A。活塞位置由图 6 的 y-轴上的位置水平 0-3 标出,对应图 3A 和 5A 中气缸位置。冷却区 314、514 从位置水平 0 向水平 1 延伸;无作用区 317、517 从位置水平 1 向水平 2 延伸;并且加热区 313、513 从位置水平 2 向水平 3 延伸。尽管图 6 显示了热循环中大致相等的四个部分中的每个部分所花掉的时间量,可理解为每个部分的持续时间可以彼此独立改变,从而使功率输出改变和效率最大化。在改变该部分的持续时间中,最大化功率输出和最大化效率的目标之间存在内在矛盾;任一目标可被满足,但不是同时满足。

[0052] 在图 6 的时间 A 和 B 之间,工作气体 302 和 502 在等温 T1 下被压缩。路径 A-B 中,活塞 304 和 504 保持在水平 0 处(图 6 中 y-轴、图 3A 和 5A 中所示),如曲线 645 所示,然而活塞 303、503 从位置水平 2 向水平 1 移动,如曲线 644 所示,从而压缩工作气体 302、502。该部分的活塞 303、503 的运动 644 被描述成具有图 6 中的直线形,尽管实际上该运动通常为非线性的。

[0053] 在图 6 的时间 B 和 C 之间,工作气体 302 和 502 保持恒定体积并加热到温度 T2。路径 A-B 中,两个活塞最初一起迅速移动使得活塞 303、503 从位置水平 1 向水平 3 移动,然而活塞 304、504 从位置水平 0 向水平 2 移动,如曲线 644 和 645 表示的。B-C 整段时间内,活塞 304、504 保持在位置水平 2 处(曲线 645),并且活塞 303、503 保持在位置水平 3 处(曲线 644)。

[0054] 在图 6 的时间 C 和 D 之间,工作气体 302、502 在等温 T2 下膨胀。路径 C-D 之间,活塞 303、503 保持在水平 3 处(曲线 644),然而活塞 304、504 从位置水平 2 向水平 1 移动(曲线 645)。该部分的活塞 304、504 的运动被描述成具有图 6 中曲线 645 中的直线形,尽

管实际上该运动通常为非线性的。

[0055] 在图 6 的时间 D 和 A 之间,工作气体 302 和 502 再保持恒定体积并冷却至温度 T1。路径 D-A 中,两个活塞最初一起迅速移动使得活塞 303、503 从位置水平 3 向水平 2 移动(曲线 644),然而活塞 304 从位置水平 1 向水平 0 移动(曲线 645)。D-A 整段时间内,活塞 304、504 保持在位置水平 0 处(曲线 645),并且活塞 303、503 保持在位置水平 2 处(曲线 644)。

[0056] 图 6 的定时图的检查显示存在部分循环,其中活塞是固定的。这些区域可提供提高功率的可能性,从而在该循环的固定部分过程中机械手段被用于将每个活塞保持在其指定位置中,而不依赖于驱动线圈内的电流,其伴有欧姆损耗。举个例子,在图 6 中的压缩区 A-B 过程中,活塞 304、504 可通过机械阻碍被阻止从甚至比位置水平 0 更低位置移动。末端区 315/515、316/516 中的压力状态将成为这种技术执行中的一种因素,因此,末端区设计可能需要改进。

[0057] 原则上,这种机械急停可能采用机械屏障的形式,或者其可能受到任一个固定在气缸 301、501 和 / 或活塞部件上的永久磁铁(和 / 或磁极)影响。如果采用机械屏障,当它接近屏障时电力电子可控制活塞运动,以致实现“软着陆”。附属在屏障或活塞上的软且有弹性材料可帮助确保软着陆。永久磁铁将具有利用物理阻碍阻止进一步运动的优势,而没有运用机械屏障的物理接触。永久磁铁可用在吸引模式或者排斥模式中。如果它们用在吸引模式中,控制电子将需要提供额外的脉冲电流为使活塞从静止期间末端的磁束缚中解脱出来。

[0058] 尽管斯特林循环在上面进行了描述,图 3A-5C 中说明的总布置图可用于其他类型的热循环,包括接近图 1 的卡诺循环的热循环。这种卡诺发动机可通过图 12 的定时图操作,应用于物理配置中,其中无作用区 317、517 的长度为加热区 313、513 和冷却区 314、514 的长度的三倍。在图 12 中,曲线 1244 为活塞 303、503 的活塞位置分布图,并且曲线 1245 为活塞 304、504 的活塞位置分布图,重复循环 A-B-C-D-A。因为无作用区 317、517 的延伸长度,位置水平如从水平 0 至水平 5 范围内所示,冷却区 314、514 从水平 0 向水平 1 延伸,无作用区 317、517 从水平 1 向水平 4 延伸,加热区 313、513 从水平 4 向水平 5 延伸。时间间隔 A-B 对应等温压缩,间隔 B-C 对应绝热压缩,间隔 C-D 对应等温膨胀,间隔 D-A 对应绝热膨胀。

[0059] 虽然图 3A-5C 的实施方案已经描述为发电机,热被转化成电,使用依据本发明的实施方案的电耦合热循环也可能制造出电动热泵。这样,图 3A-5C 的实施方案实质上反向操作:如图 4 中存储在电路中的能量经过线圈 309、509 和 310、510 在气缸 301、501 内循环和从气缸 301、501 中循环出,使得活塞 303-304 和 503-504 执行热泵循环。这种热泵可用于生成热或者吸收热,可通过加热和冷却区 313-314 和 513-514 向外部物体传送热或者从外部物体传送热。

[0060] 图 7 显示出依据本发明的实施方案进行操作的该种斯特林循环热泵(电冰箱)的 P-V 图。可观察到,遵循的路径是图 2 中的路径,反向循环。图 8 给出相应定时图,可参考类似于图 6 的前述解释来理解。曲线 844 是活塞 303、503 的活塞位置分布图并且曲线 845 为活塞 304、504 的活塞位置分布图,重复循环 A-B-C-D-A。活塞位置如图 8y- 轴上的位置水平 0 至 3 所示,对应图 3A 和 5A 中的气缸位置。冷却区 314、514 从位置水平 0 向水平 1 延伸;无作用区 317、517 从位置水平 1 向水平 2 延伸;并且加热区 313、513 从位置水平 2 向水平

3 延伸。

[0061] 图 9 显示出可用于替代图 3A-3B 和 5A-5C 的机械配置的可供选择的实施方案。中心轴 921 定位在活塞部件 903 的中心, 轮换位于活塞部件 904 的轴 908 内。轴 921、907、和 908 之间的机械配合是为了在其之间得到较好的气体密封, 不产生不应有的摩擦。中心轴 921 保持活塞部件 903、904 居中位于气缸 901 内, 使得它们不通过磁引力依靠在气缸的一侧, 从而引起额外的摩擦和有害的气体密封。因此, 中心轴 921 辅助提高系统效率。

[0062] 依据本发明的可供选择的实施方案中, 部分中心轴 921 可由磁场线圈围绕的磁路材料构成, 生成电磁体, 从而提供了排除图 3A 的平板 305 和 306 中永久磁铁的方法。例如, 采用围绕磁性中心轴 921 的每个末端的磁场线圈, 可产生两个电磁体, 取代平板 305 和 306 内的永久磁铁的功能。平板 305 和 306 由磁路材料构成。

[0063] 返回到图 9 的实施方案, 热屏蔽 922 可定做成活塞 903 和 904, 或做成活塞 903 和 904 的一部分。这些热屏蔽 922 的功能是为了阻止适当的部分热循环过程中的热经加热区 913 和冷却区 914 流动。热屏蔽 922 由绝热材料构成, 并紧密位于, 但不接触气缸 901 的内壁。热屏蔽 922 围绕气缸 901 内壁的整个内周长延伸。它们阻止热经辐射、传导、和对流传送给气缸 901 内的非工作气体或从气缸 901 内的非工作气体传送出来, 从而提高系统的效率。

[0064] 外部回流 923 是一个管子, 使非工作气体从上部末端 915 向下部末端 916 流动保证压力平衡, 对提高系统效率是必要的。获得气流压力平衡的可供选择的方法 (在图 9 中未示出) 是为了提供中心轴 921 内通道形式的内部回流, 采取中空管的形式。相对于工作区 (就是说, 活塞位置水平 0 至 3 之间的区域) 的尺寸, 上部末端区 915 和下部末端区 916 的容积可能需要充分大为了通过排除额外压力压缩末端区 915 和 916 内气体的需要来保持系统效率。为此, 延着其长度, 外部回流 923 可包括一个或多个膨胀室 (图 9 中未示出)。

[0065] 为了提高经热加区 913 的墙壁向工作气体 902 进行传热的速度, 桨状搅拌器 924 可接合到活塞 903 和 904 上。当活塞 903 和 904 相对彼此移动时, 这些桨状搅拌器 924 搅拌工作气体 902, 从而引起工作气体 902 的湍流和运动, 并帮助提高系统效率。桨状搅拌器 924 也提高从工作气体 902 经冷却区 914 的墙壁传热的速度。桨状搅拌器 924 可具有多种形状, 该形状符合彼此不接触或与另一个活塞不接触的条件。

[0066] 图 10-11B 举例说明了减少依据本发明的实施方案的电力变换系统中振动的方法。图 10 中, 图 5A 中所示类型的两个气缸部件 (或者依据本发明的任何其它气缸部件) 被配置, 使其中轴一致和相反。图 10 系统中的活塞运动受到其电力变换电子控制, 使相应活塞在准确相同和相反移动中同步移动。因此, 两个活塞部件 1003/1005 以相同速度向彼此或远离彼此方向移动, 同样地, 这两个活塞部件 1004 向彼此 (或者远离彼此) 同步移动。上部末端 1015 与发动机的两侧是共用的, 然而在每个末端存在单独的较低末端区 1016。这种配置可统称为具有“水平对置”气缸的发动机; 或者更一般地, 具有“轴向对置”气缸的发动机, 因为共有轴不必要是水平的。水平放置可能具有使燃烧气体流过加热区的优势。

[0067] 图 11A 和 11B 中, 图 5A 中所示类型的四个气缸部件 (或者依据本发明的任何其它气缸部件) 并行放置, 使得其中心轴平行并按菱形排列, 终端向前观察 (图 11B 所示)。控制电力电子确保气缸 A 和 C 中的活塞一起向相同方向并同步移动。气缸 B 和 D 内的活塞也向相同方向并同步移动, 但是相对于 A 和 C 中活塞移动的方向相反, 如图 11B 十字交叉和点

记号表示的。为了将四个气缸中的加热区靠近,两对气缸可能需要相对彼此轴向移动位置,而不具有末端同面。

[0068] 依据本发明的实施方案,上面描述的方法可扩大到内燃机的执行过程。在类似于图 3A-4 描述的样式中,图 4 的电子配置可用于执行内燃循环的机械活塞配置的循环能量存储。图 13 为一个可能的这种机械配置的横截面视图,可看出加入依据已由图 3A、5A、和 9 解释的部件。图 13 中,两个同心活塞部件 1303 和 1304 围绕气缸 1301 内的轴 1321,如图 9 所示。对应图 3A 的配置也可被执行,其中具有中心轴或没有中心轴的活塞部件被物理分开。图 13 中,燃料/空气混和物经过进给阀和端口 1332 被供给到工作气体区域 1302 内,并且输出阀和端口 1333 将废气排出。火花塞 1331 位于工作气体区 1302 的上端。工作气体区 1302 的墙壁是绝热的,并且足够坚固而耐燃料/空气混和物点燃引起的压力。其它部件可类似于上面描述的,包括中心轴 1307 和 1308、永久磁铁平板 1305 和 1306、驱动线圈 1309 和 1310、磁场回路 1311 和 1312,和末端区 1315 和 1316。排气口 1334 提供了将区域 1316 内的气体排出的方法,而不需要额外压力来压缩区域 1316 内的气体。

[0069] 图 14 显示出当执行图 15 的 P-V 图中所示的奥托循环时,图 13 的内燃发电机可遵循的定时图。曲线 1444 为活塞 1303 的活塞位置分布图,曲线 1445 为活塞 1304 的活塞位置分布图,重复循环 A-B-C-D-A。活塞位置由图 14 的 y-轴上的位置水平 0 和水平 1 表示出,对应于图 13 中示出的气缸位置。

[0070] 图 14 和 15 的时间 A 和 B 之间,图 13 的进给阀 1332 是开放的,当活塞 1303 从位置水平 0 向水平 1 移动时,燃料/空气混和气体流进工作气体区 1302。在这个部分过程中,活塞 1304 保持在位置水平 0 处(曲线 1445)。该部分的活塞 1303 的运动描述成具有直线形(曲线 1444),尽管实际上该运动可能为非线性的。

[0071] 图 14 和 15 的点 B 和 C 之间,当活塞 1304 从位置水平 0 向水平 1 方向移动时(曲线 1445),工作气体 1302 被压缩,然而活塞 1303 保持在水平 1 处(曲线 1444)。在点 C 处,火花塞 1331 点燃工作气体 1302,同时工作气体 1302 的压力马上达到图 15 的压力-体积图中 C 所示的较高水平。

[0072] 图 14 和 15 的点 C 和 D 之间,工作气体 1302 膨胀,向活塞上施加压力,并且将活塞 1304 向下压(曲线 1445),然而活塞 1303 保持在位置水平 1 处(曲线 1444)。该部分的活塞 1304 的运动可能是非线性的。在点 D,废气阀 1333 是开放的,同时工作气体 1302 的压力立刻降至压力-体积图中 D' 所示的较低水平。

[0073] 在图 14 和 15 的点 D 和 A 之间,废气阀 1333 保持开放,并且当活塞 1303 从位置水平 1 向水平 0 移动(曲线 1444)时,燃烧的工作气体 1302 被排出,然而活塞 1304 保持在水平 0 处(曲线 1445)。

[0074] 因此,可以观察到依据本发明的实施方案提供了多种不同的使用电存储热循环需要的循环能量的可能途径,包括外燃发电机和内燃发电机、和电动热泵。

[0075] 虽然本发明参考优选实施方案尤其显示并进行了描述,本领域中的技术人员可以理解的是,在不背离附加权利要求所围绕的本发明的范围的情况下在形式和细节上存在多种改变。

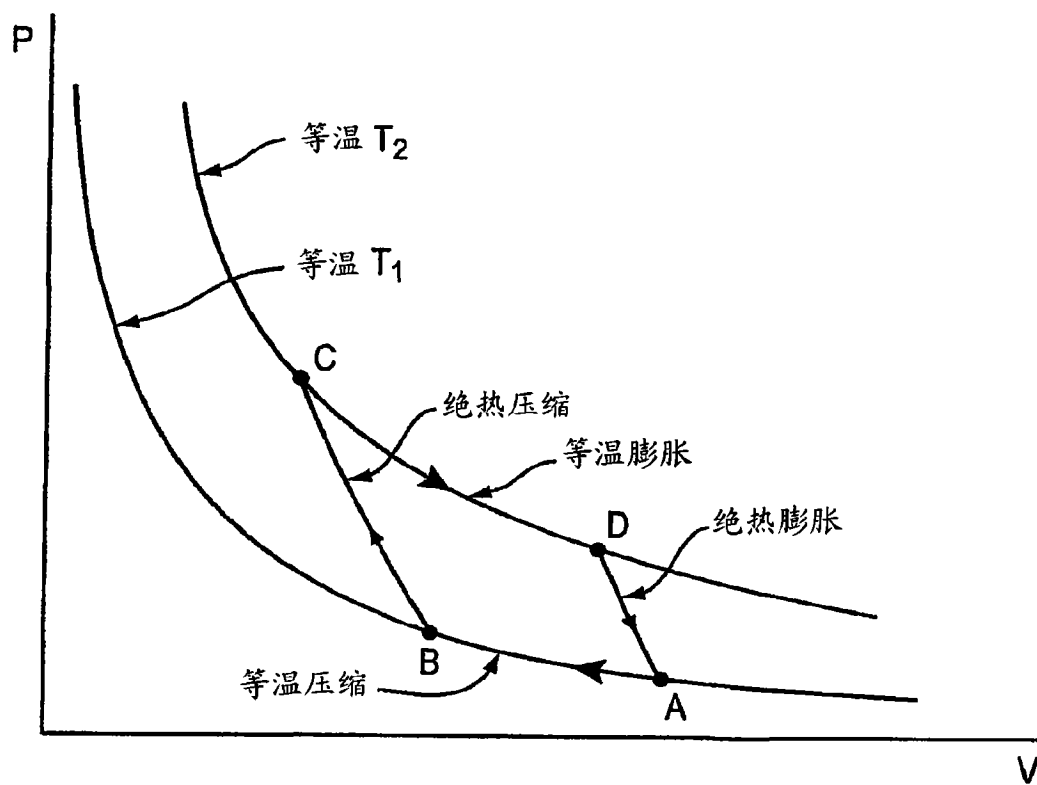


图 1

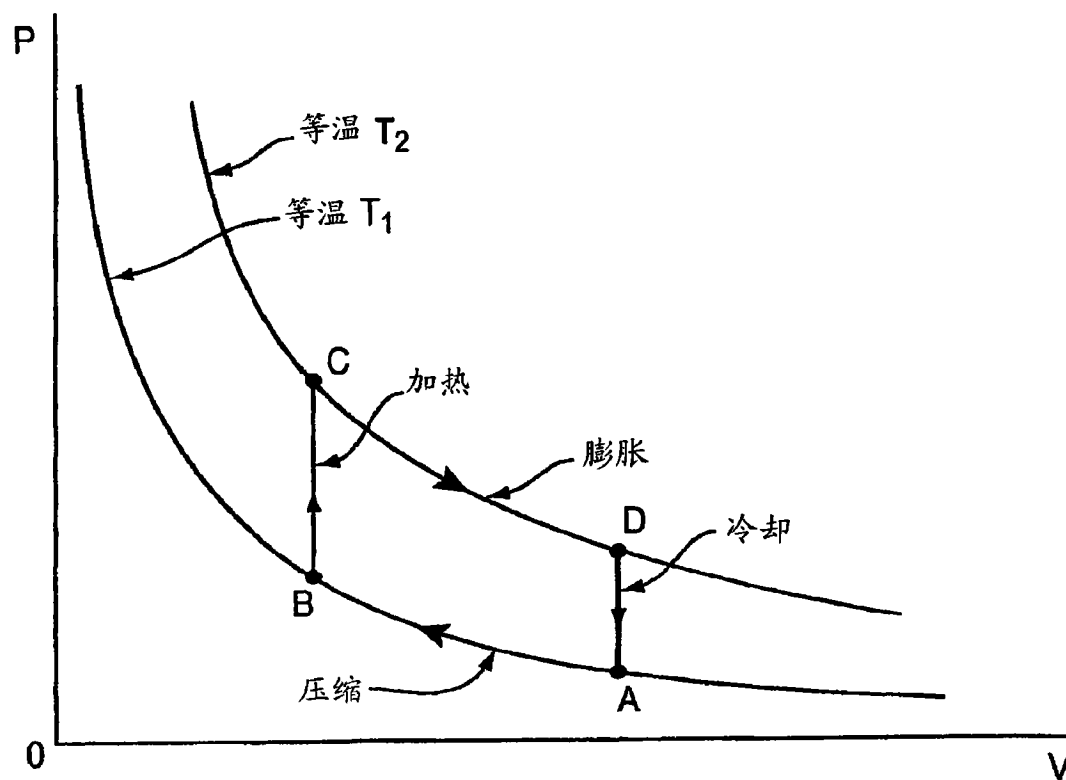


图 2

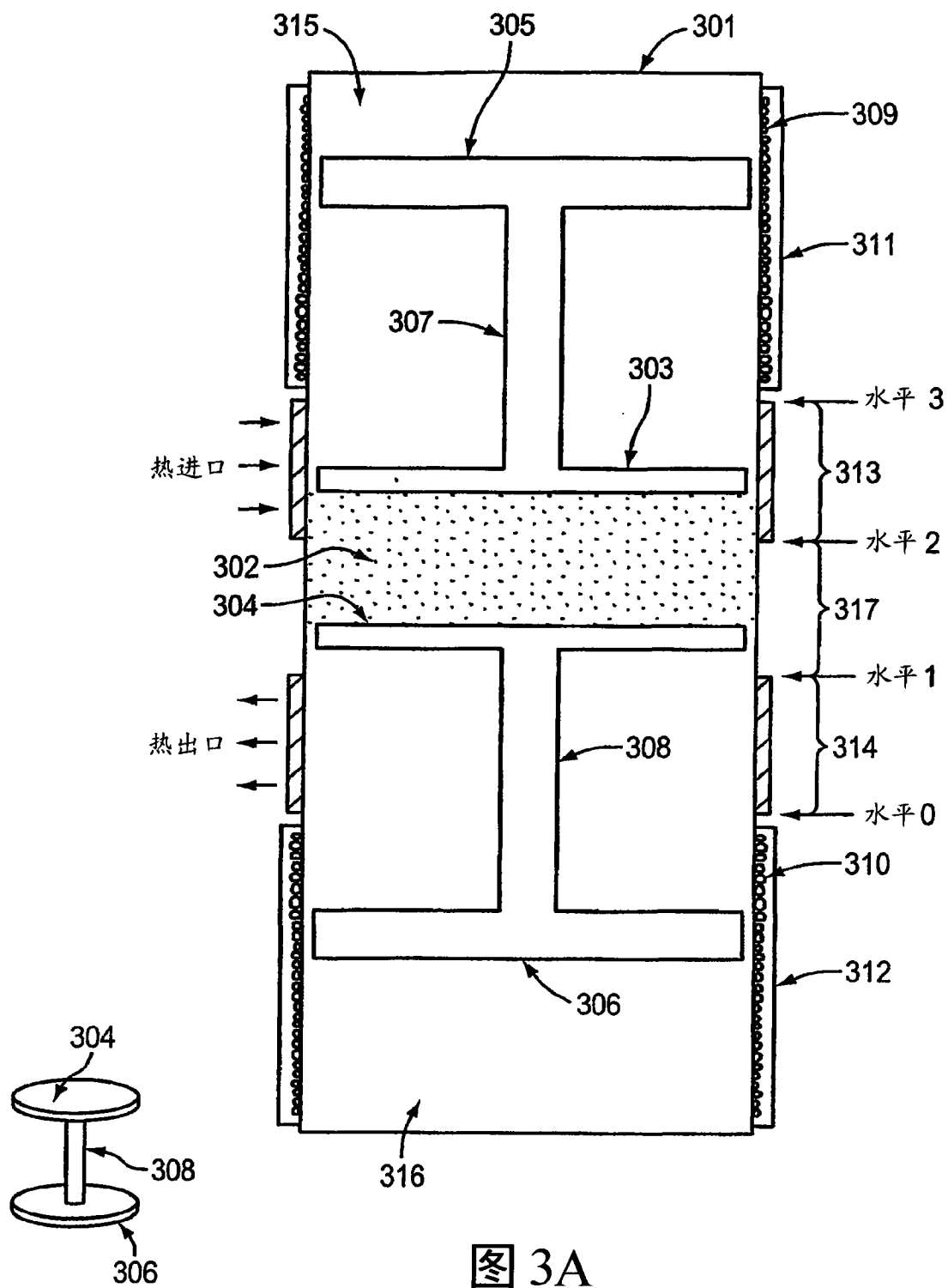


图 3A

图 3B

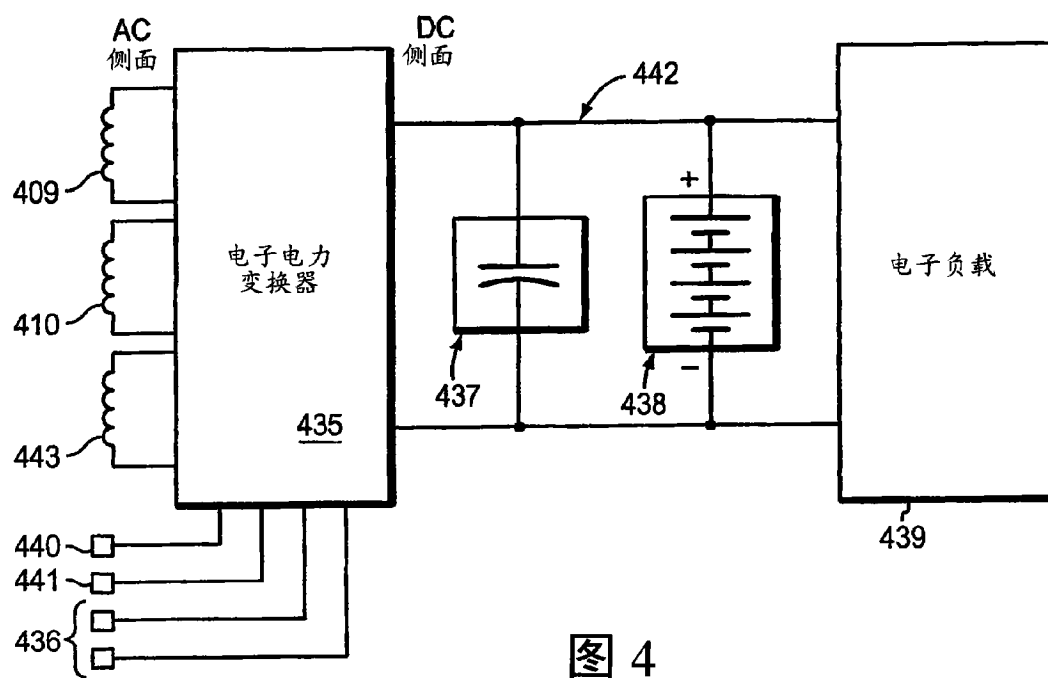


图 4

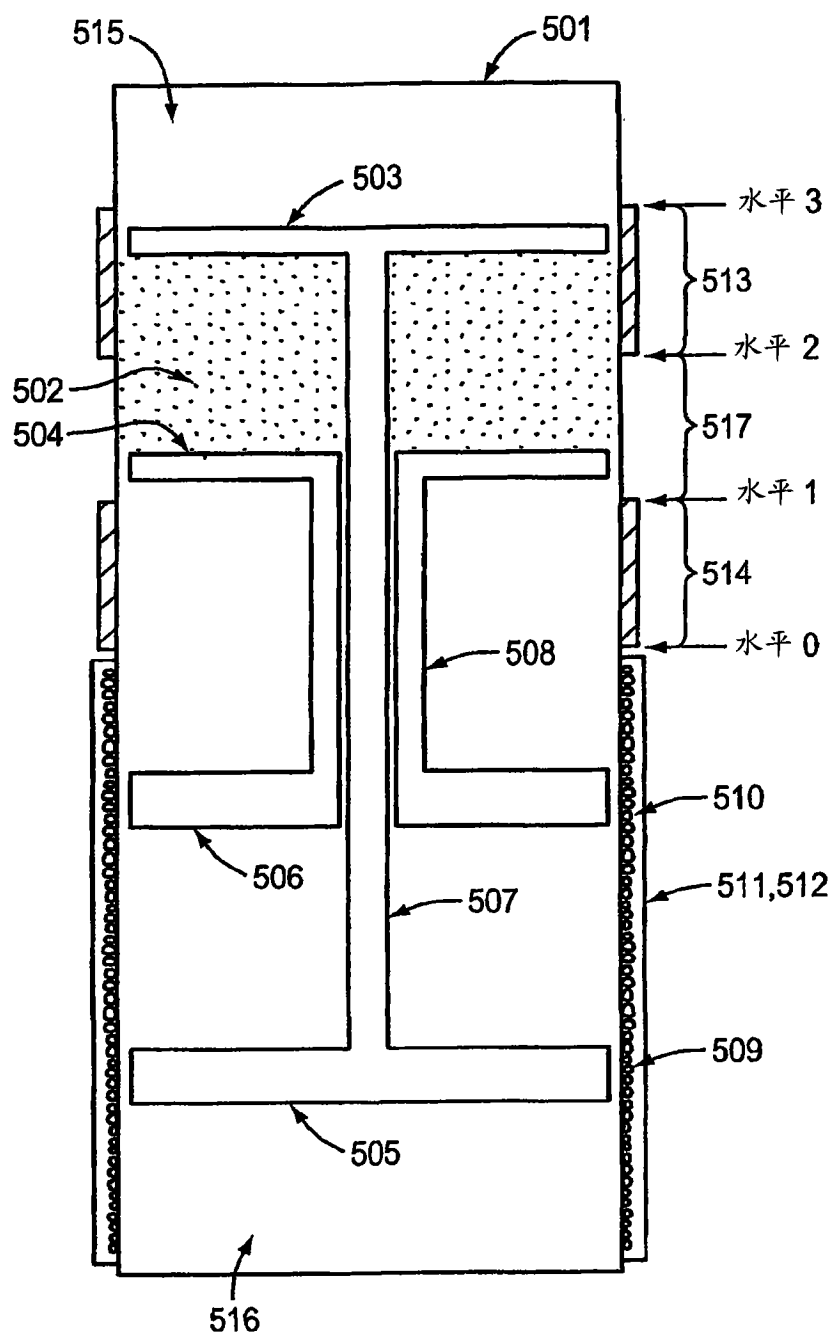


图 5A

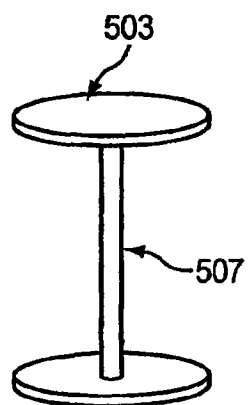


图 5B

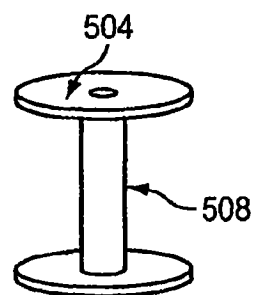


图 5C

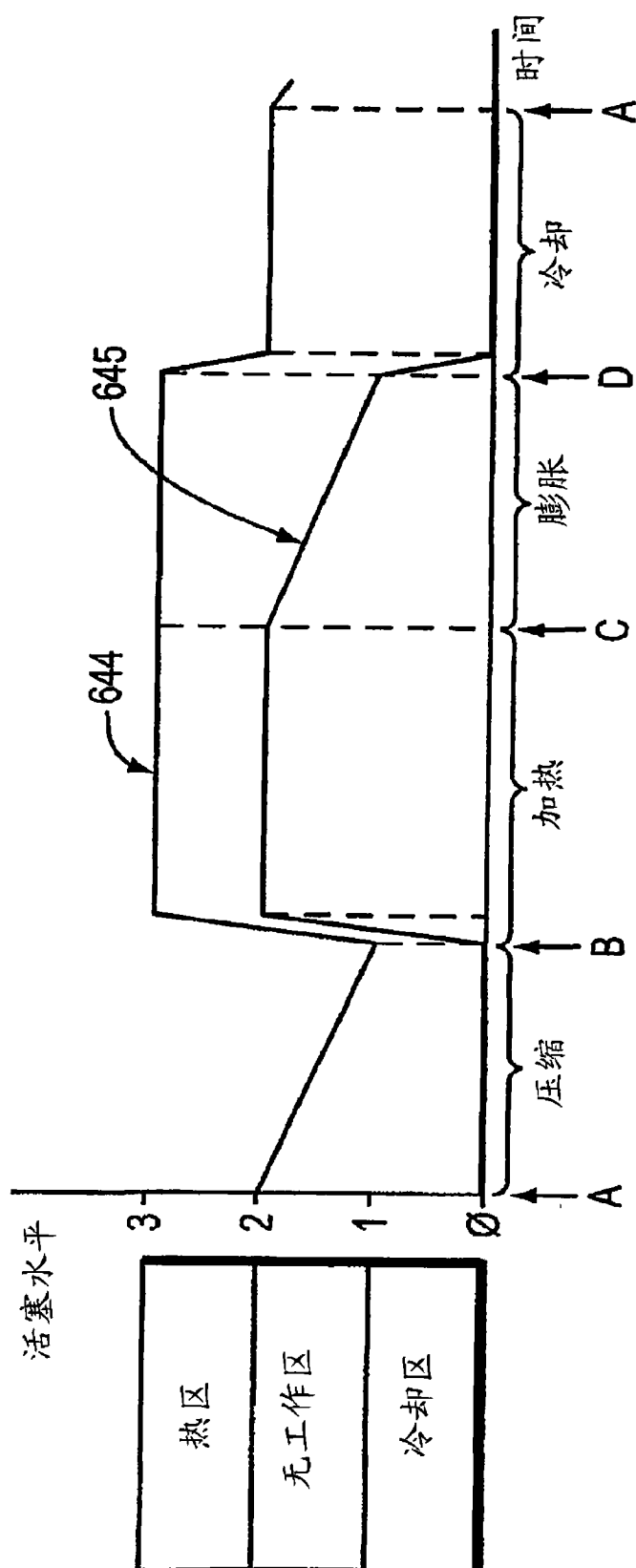


图6

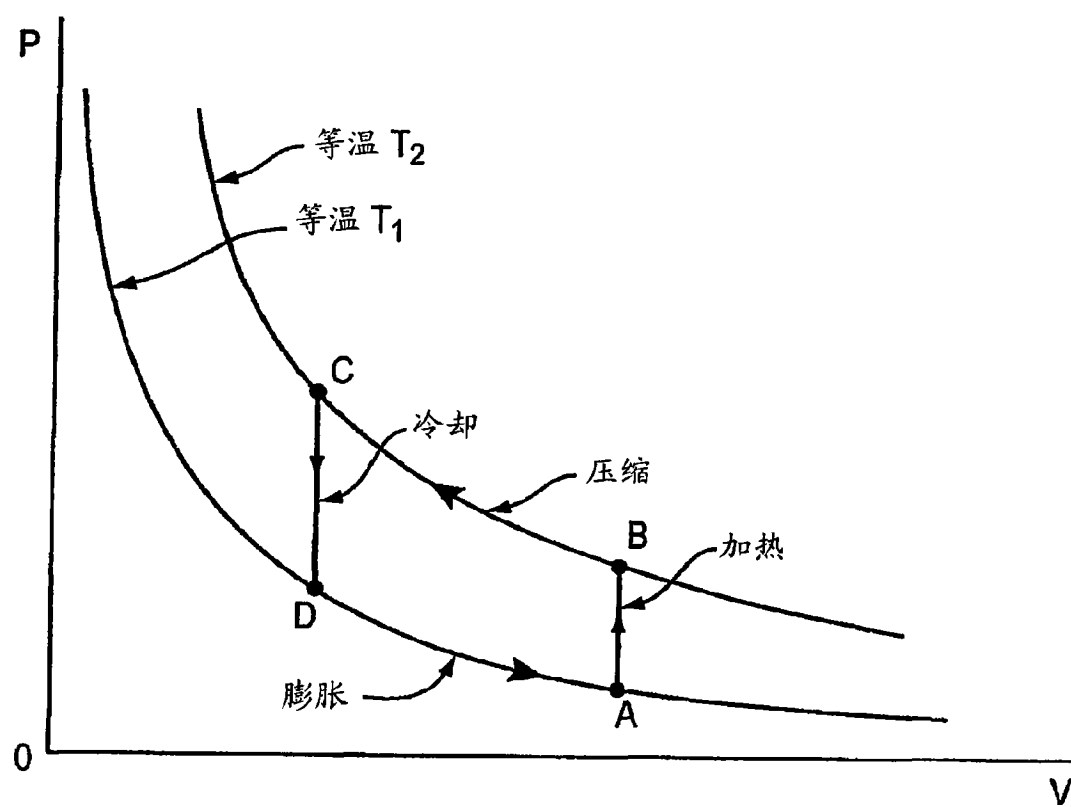


图 7

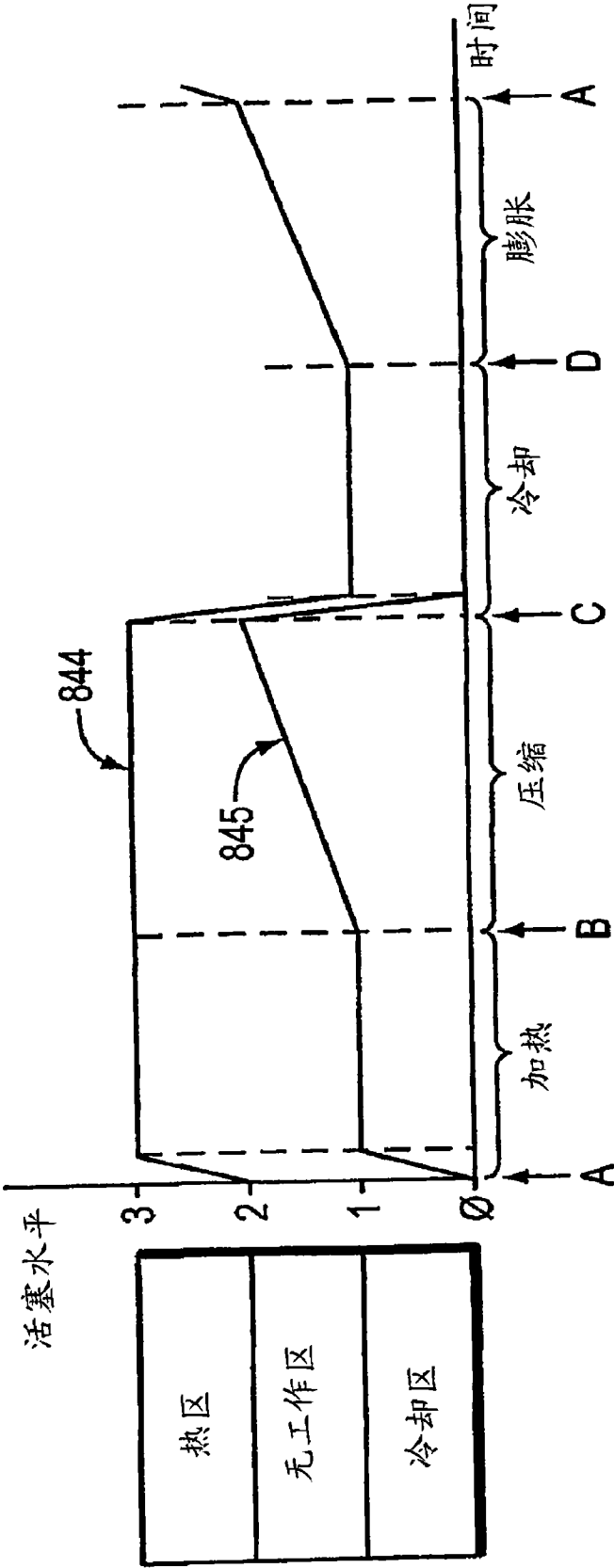


图 8

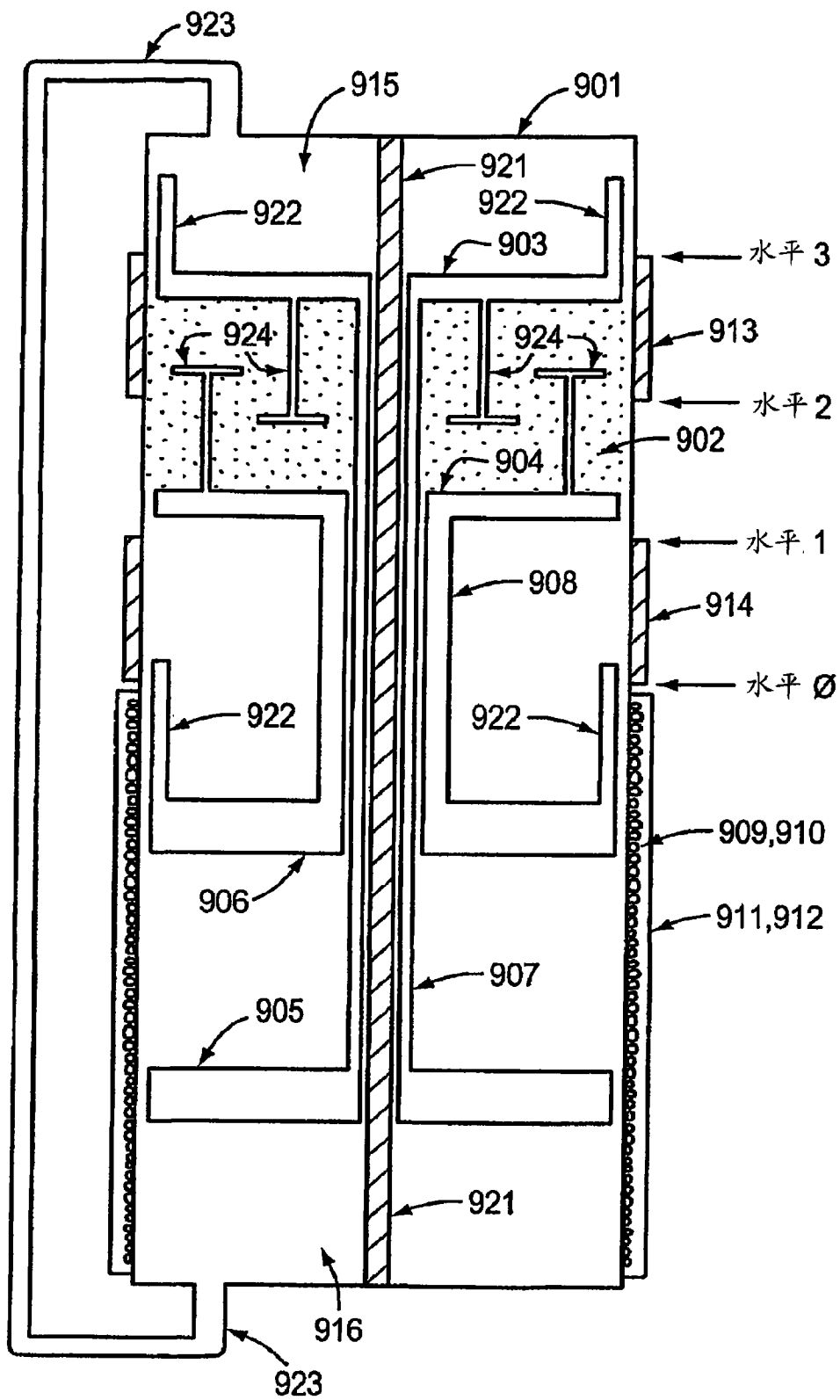


图 9

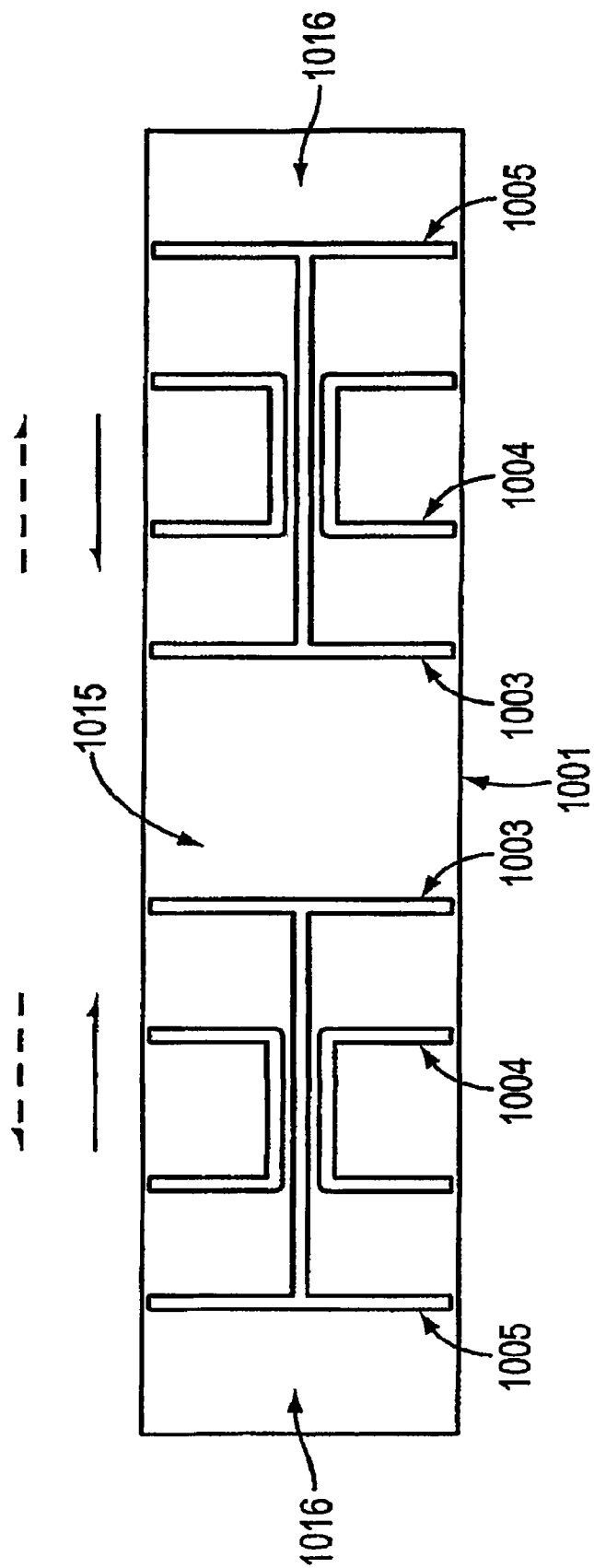


图 10

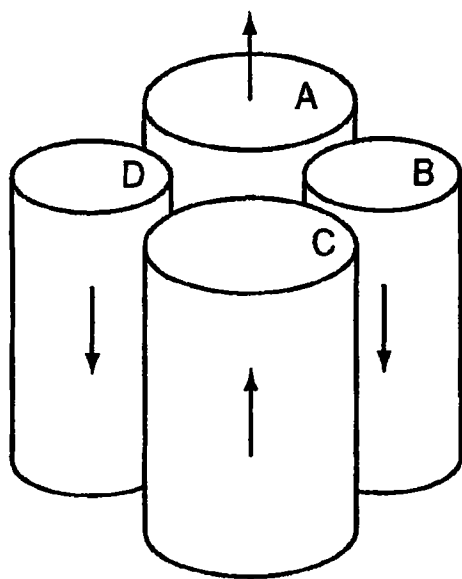


图 11A

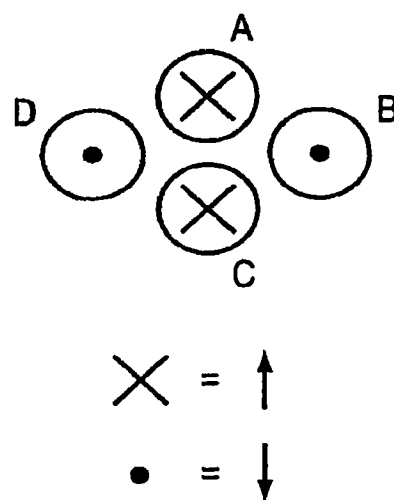


图 11B

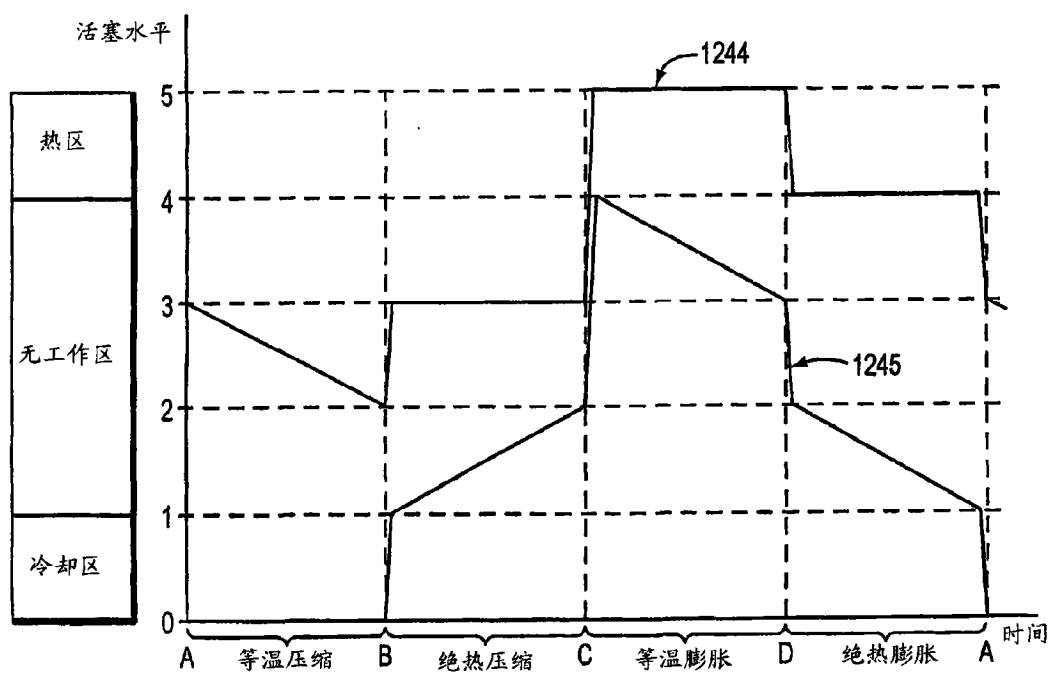


图 12

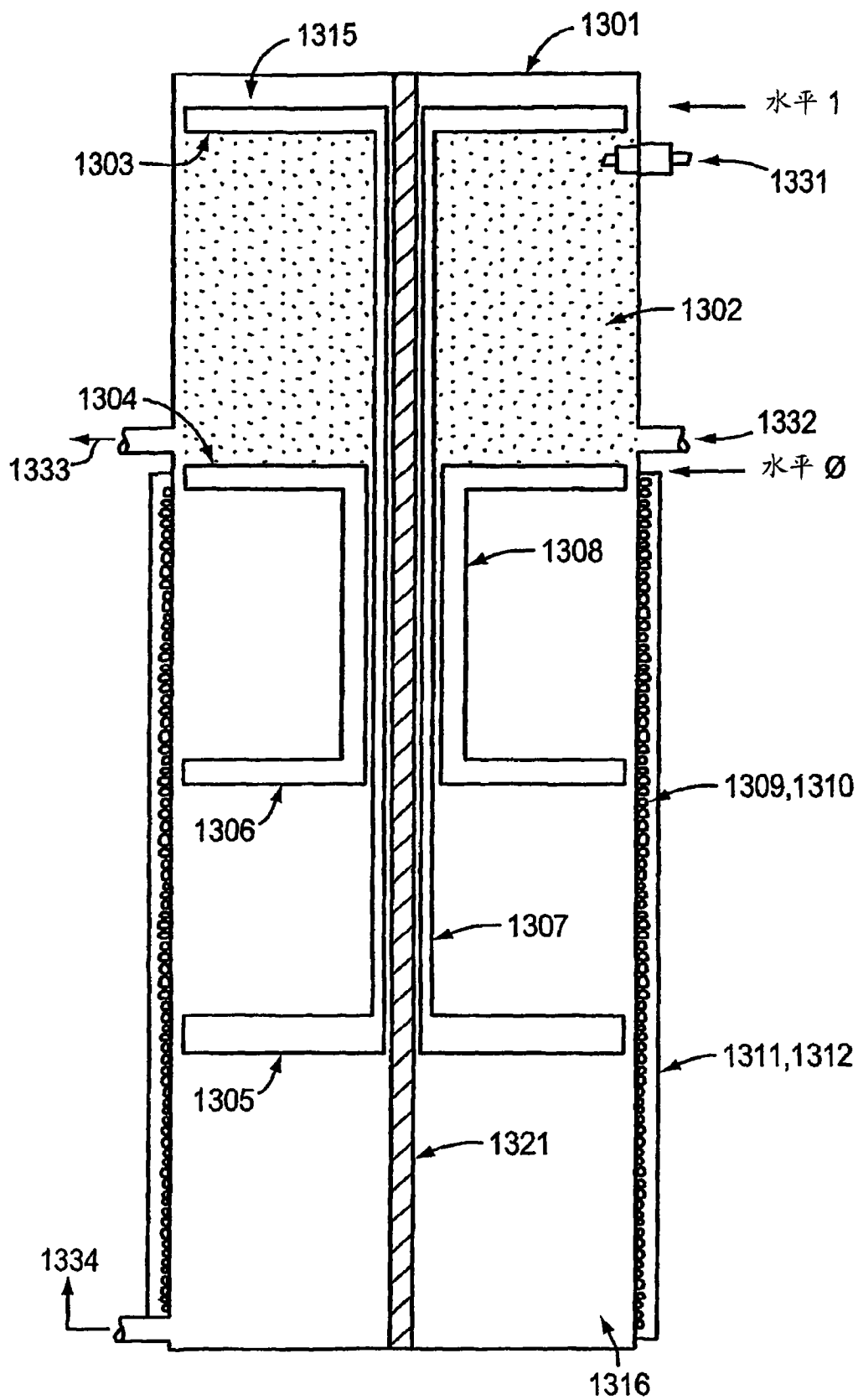


图 13

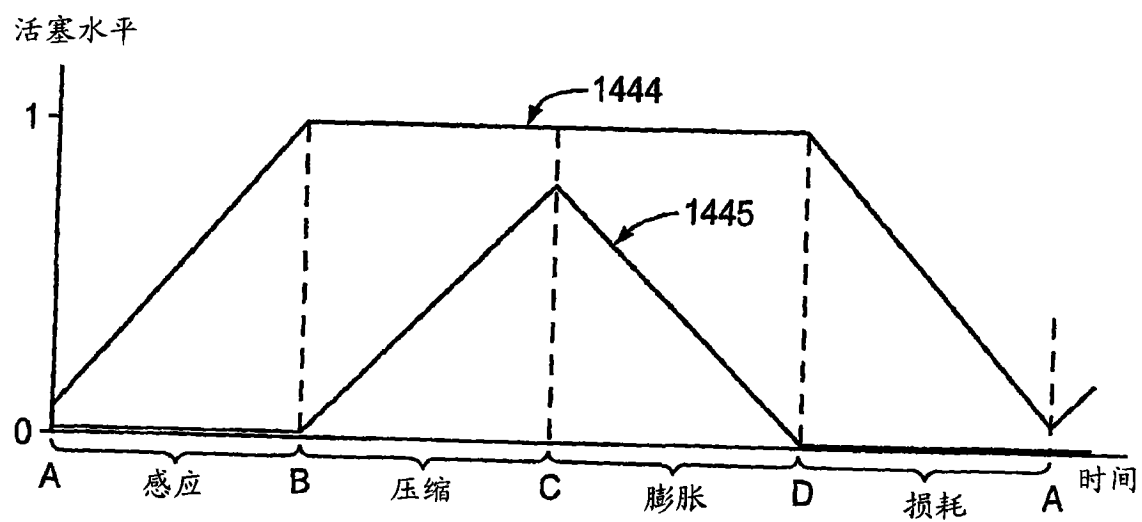


图 14

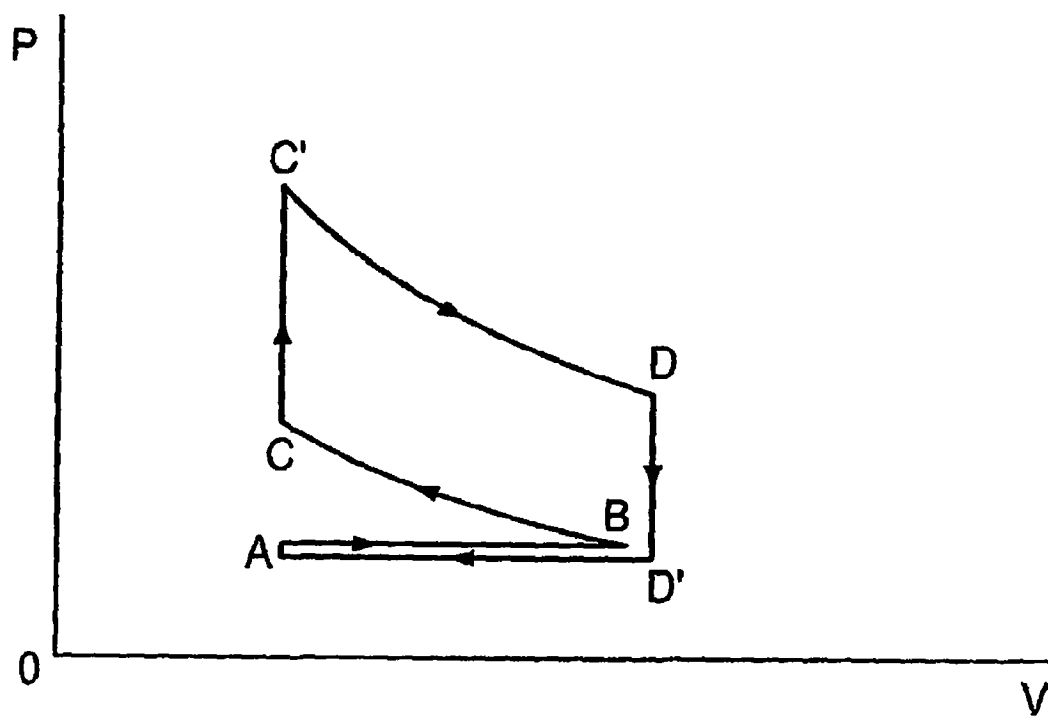


图 15