



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103261626 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 21

(21) 申请号 201180060677. 9

F02B 71/04 (2006. 01)

(22) 申请日 2011. 06. 21

H02K 7/18 (2006. 01)

(30) 优先权数据

1021406. 2 2010. 12. 17 GB

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 06. 17

(86) PCT申请的申请数据

PCT/GB2011/051154 2011. 06. 21

(87) PCT申请的公布数据

W02012/080709 EN 2012. 06. 21

(71) 申请人 自由活塞式发动机有限公司

地址 英国约克郡

(72) 发明人 萨姆·科克里尔

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司

11018

代理人 李文颖 周艳玲

(51) Int. Cl.

F02B 63/04 (2006. 01)

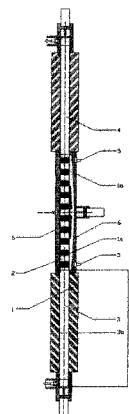
权利要求书3页 说明书13页 附图21页

(54) 发明名称

自由活塞式发动机驱动型发电机

(57) 摘要

一种自由活塞式发动机驱动型发电机,包括:发动机汽缸;构造为在所述汽缸内移动的活塞;具有用于接纳所述发动机汽缸的孔的汽缸壳体;以及多个可磁化元件,该多个可磁化元件在所述汽缸壳体内被布置为沿所述汽缸的长度的至少一部分邻近所述汽缸。



1. 一种自由活塞式发动机驱动型发电机,包括:发动机汽缸;构造为在所述汽缸内移动的活塞;具有用于接纳所述发动机汽缸的孔的汽缸壳体;以及多个可磁化元件,该多个可磁化元件在所述汽缸壳体内被布置为沿所述汽缸的长度的至少一部分邻近所述汽缸。

2. 根据权利要求1所述的发动机驱动型发电机,其中所述汽缸壳体具有一个或更多凹部,该一个或更多凹部允许所述多个可磁化元件被定位为邻近所述汽缸的壁。

3. 根据权利要求2所述的发动机驱动型发电机,其中所述凹部被布置为允许所述多个可磁化元件与所述汽缸的壁直接物理接触。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述可磁化元件被构造为对所述汽缸的壁施加力。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述可磁化元件由通过非传导材料分开的导电元件和可磁化元件构成。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述汽缸通过粘合剂被紧固到所述汽缸壳体内,所述粘合剂在所述汽缸与所述汽缸壳体之间提供热绝缘。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述汽缸壳体包括被同轴装配到所述汽缸上的多个元件。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述汽缸壳体包括用于冷却所述汽缸的冷却装置。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述汽缸具有比所述汽缸的内径的5%小的壁厚。

10. 根据权利要求9所述的发动机驱动型发电机,其中所述汽缸的壁厚小于大约2mm。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中流体进入装置位于沿所述汽缸的中部位置。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述流体进入装置包括空气进入装置和燃料喷射装置。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述空气进入装置包括滑动口阀和第二阀。

14. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述空气进入装置包括滑动口阀和电磁提升阀。

15. 根据权利要求12至14中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述燃料喷射装置包括布置在所述空气进入装置的每侧上的两个喷射器。

16. 根据权利要求14或15所述的发动机驱动型发电机,其中所述燃料喷射装置被构造为在所述滑动阀即将关闭之前喷射燃料。

17. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,进一步包括被构造为在每个燃烧室中产生火花的火花点火装置。

18. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,进一步包括提供在每个燃烧室中的排气装置。

19. 根据权利要求18所述的发动机驱动型发电机,其中所述排气装置为提供在每个燃烧室中的电磁提升阀,所述阀与所述汽缸同轴。

20. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中

所述活塞被构造为细长的;并且

所述发动机汽缸具有孔,该孔的尺寸被设定为使得获得高达 15:1 的压缩比和比所述压缩比的两倍大的膨胀比。

21. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述活塞包括交替层叠的铁芯元件和非磁性隔离元件。

22. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述汽缸具有比所述汽缸的直径至少大十倍的长度。

23. 根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机,其中所述汽缸壳体的导磁率小于或等于所述汽缸的导磁率。

24. 一种车辆,具有根据前述权利要求中任一项所述的发动机驱动型发电机。

25. 一种制造发动机驱动型发电机的方法,包括:提供被构造为容纳至少一个活塞的汽缸,所述至少一个活塞在所述汽缸内自由往复运动;将所述汽缸紧固在汽缸壳体内,所述汽缸壳体具有布置为接纳所述汽缸并为所述汽缸提供结构支撑的孔;以及邻近所述汽缸布置多个可磁化元件,从而当所述活塞在所述汽缸内移动时,随着所述活塞通过所述多个可磁化元件,所述活塞感应磁通。

26. 根据权利要求 25 所述的方法,进一步包括在所述汽缸壳体中提供一个或更多凹部,该一个或更多凹部允许所述多个可磁化元件被定位为邻近所述汽缸。

27. 根据权利要求 26 所述的方法,其中所述凹部被布置为允许所述多个可磁化元件与所述汽缸的壁直接物理接触。

28. 根据权利要求 25 至 27 中任一项所述的方法,其中所述可磁化元件被构造为对所述汽缸的壁施加力。

29. 根据权利要求 25 至 28 中任一项所述的方法,其中所述可磁化元件被层叠。

30. 根据权利要求 25 至 29 中任一项所述的方法,进一步包括沿所述汽缸的长度移除所述汽缸壳体的一个或更多区段,以暴露所述汽缸的壁的一个或更多区段;以及将所述多个可磁化元件布置在所述凹部中,从而所述多个可磁化元件与所述汽缸的壁直接物理接触。

31. 一种制造发动机的方法,包括:提供被构造为容纳至少一个活塞的汽缸,所述至少一个活塞在所述汽缸内自由往复运动;挤压汽缸壳体,所述汽缸壳体被布置为保持所述汽缸并为所述汽缸结构支撑;以及将所述汽缸紧固在所述汽缸壳体内,从而所述汽缸的壁通过所述汽缸壳体的结构而被增强。

32. 根据权利要求 31 所述的方法,进一步包括将一个或更多可磁化元件布置为对所述汽缸提供承载支撑。

33. 根据权利要求 31 或 32 所述的方法,进一步包括使用所述汽缸的外侧上的粘合材料将所述汽缸紧固在所述汽缸壳体内,其中所述粘合材料提供所述汽缸和所述汽缸壳体之间的热绝缘。

34. 根据权利要求 31 至 33 中任一项所述的方法,进一步包括为所述汽缸壳体提供用于冷却所述汽缸的冷却装置。

35. 根据权利要求 31 至 34 中任一项所述的方法,进一步包括在所述汽缸的内壁与沿所述内壁行进的活塞之间用减阻材料涂覆所述内壁。

36. 根据权利要求 31 至 35 中任一项所述的方法,进一步包括将所述汽缸的壁的厚度减

小至比所述汽缸的内径的 5% 小的厚度。

37. 根据权利要求 36 所述的方法,进一步包括将所述汽缸的壁的厚度限制为小于大约 2mm。

38. 根据权利要求 31 至 37 中任一项所述的方法,进一步包括使用交替的可磁化元件和非磁性隔离元件构成所述活塞。

39. 根据权利要求 31 至 38 中任一项所述的方法,进一步包括在所述汽缸壳体内提供一个或更多凹部,该一个或更多凹部允许多个可磁化元件被定位为邻近所述汽缸。

## 自由活塞式发动机驱动型发电机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种自由活塞式发动机驱动型发电机以及一种制造发动机驱动型发电机的方法。特别地,本发明涉及自由活塞式发动机驱动型发电机,该自由活塞式发动机驱动型发电机具有这样的结构:该结构被布置为优化所述发电机的效率并通过所述发电机提供对活塞位置和活塞运动的良好控制。

### 背景技术

[0002] 可使用联接到自由活塞式发动机的线性发电机发电,其中往复活塞通过一个或更多线圈的线性移动产生磁通变化,例如,如 US-B-7318506 公开的那样。随着活塞在汽缸内移动通过线圈,其与定子元件内的开关磁通相互作用来产生可被用于有用功或储存后用的电力。

[0003] 然而,这种发电系统的效率非常依赖汽缸壁的厚度以及发电元件与在发动机汽缸内往复的活塞的接近度。

### 发明内容

[0004] 根据本发明,提供一种自由活塞式发动机驱动型发电机,包括:发动机汽缸;配置用于在所述汽缸内移动的活塞;具有用于接纳所述发动机汽缸的孔的汽缸壳体;和多个可磁化元件,该多个可磁化元件在所述汽缸壳体内被布置为沿所述汽缸的长度的至少一部分邻近所述汽缸。

[0005] 在本发明中,所述汽缸壳体的允许所述多个可磁化元件被定位为邻近所述汽缸的特定布置优化所述自由活塞式发动机驱动型发电机的效率,并通过所述发电机提供所述活塞的位置以及活塞运动的良好控制。

[0006] 优选地,所述汽缸壳体具有一个或更多凹部,该一个或更多凹部允许所述多个可磁化元件被定位为邻近所述汽缸。优选地,所述可磁化元件被定位为直接物理接触所述汽缸。优选地,所述可磁化元件中的一个或更多用作所述发电机中的定子。

[0007] 优选地,所述汽缸通过粘合剂被紧固在所述汽缸壳体中,所述粘合剂提供所述汽缸与所述汽缸壳体之间的热绝缘。

[0008] 优选地,所述汽缸壳体包括被同轴装配到所述汽缸上的多个元件。

[0009] 优选地,所述汽缸壳体包括用于冷却所述汽缸的冷却装置。

[0010] 优选地,所述汽缸具有的壁厚比所述汽缸的内径的 5% 小,其中该壁厚典型地小于大约 2mm。

[0011] 优选地,所述活塞包括交替层叠的可磁化铁芯元件和非磁性隔离元件。优选地,进气装置位于沿所述汽缸的中部位置,这简化了所述发动机的布置,并通过允许共同的进气装置将流体供给到每个燃烧室内而使该布置更紧凑。

[0012] 而且,通过将所述进气装置定位在远离排气阀的位置,已燃烧气体的扫气可通过提供在每个燃烧室内的单向扫气流而被极大地改进,进而这导致改进的效率、减少的未燃

烧燃料碳氢化合物和低的成本。

[0013] 优选地,所述进气装置包括空气进入装置和燃料喷射装置二者,从而进入燃烧室的燃料喷射可在充气空气进入期间发生。所述进气装置还可包括多个空气进入装置和至少一个燃料喷射装置。如果所述进气装置中的所述空气进入装置和燃料喷射装置共同允许这些特征共用一共同的滑动口阀,则所述空气进入装置和所述燃料喷射装置中的每个被凹入该滑动口阀后的空隙中。这导致更简单,并由此更廉价的构造。

[0014] 优选地,所述空气进入装置包括滑动口阀和与诸如所述滑动口阀串联布置的电磁提升阀、筒形阀或其它阀装置的第二阀。所述第二阀可允许空气在所述滑动口阀不被所述活塞覆盖的任何时间进入所述室中,这允许对响应燃烧事件的膨胀比的良好控制,而与所述活塞在由所述滑动口阀的打开位置和关闭位置限定的范围内的位置无关。

[0015] 优选地,所述燃料喷射装置包括分别布置在所述空气进入第二阀的每一侧上的两个喷射器,以允许燃料被直接喷射到相应的室中,而与进气第二阀是否打开或关闭无关。理想地,所述喷射器为压电喷射器,以提供精确、低成本的电气致动和燃料喷射控制。

[0016] 优选地,所述燃料喷射装置被配置为在滑动阀即将关闭之前喷射燃料,以确保所喷射的燃料不会在所述排气阀关闭之前通过扫除充气而被带到或带出排气口,从而减少碳氢化合物(HC)排放物。

[0017] 优选地,点火装置被提供在每个室中,以启动所压缩的空气-燃料混合物的燃烧。火花点火燃料的使用以及它们相关的操作循环固有地产生比压缩点火燃料和循环更少的颗粒排放物。

[0018] 优选地,排气装置被提供在每个燃烧室中以允许已燃烧的气体在燃烧后从所述室排出。

[0019] 优选地,所述排气装置为提供在每个燃烧室中的电磁提升阀,所述阀与所述汽缸同轴,以使排气流中的极限面积可以达到所述汽缸孔截面积的 40%,从而在排气和扫气期间减少排气背压。

[0020] 优选地,所述汽缸具有比其直径的大至少十倍的长度,由于在上止点时活塞位移误差产生的压缩比的低的变化速率,这在每个循环中提供减少的压缩比变化。

[0021] 优选地,所述活塞被构造为细长的,并且所述发动机汽缸具有孔,该孔的尺寸被设定为可实现 10:1 和 16:1 之间的压缩比。由于爆炸(爆震),该压缩比高于可在常规火花点火发动机中实现的压缩比。优选地,所述发动机为用汽油、无水乙醇和含水乙醇的任意混合物操作的“混合燃料”(flex-fuel)发动机。可根据所使用的特定乙醇/汽油/水的混合物通过发动机管理系统优化压缩比。

[0022] 同样,可以获得比两倍压缩比大的膨胀比。长的膨胀冲程允许更多燃烧能被传递到所述活塞,而且还允许更多用于控制的时间(即对测量的活塞速度变化作出反应)。

[0023] 优选地,所述进气装置被定位在离排气阀合适的距离,以确保可以实现 10:1 和 16:1 之间的压缩比。

[0024] 根据本发明,还提供一种制造发动机驱动型发电机的方法,包括:提供被构造为容纳至少一个活塞的汽缸,所述至少一个活塞在所述汽缸内自由往复运动;将所述汽缸紧固在汽缸壳体中,所述汽缸壳体具有被布置为接纳所述汽缸并为所述汽缸提供结构支撑的孔;以及邻近所述汽缸布置多个可磁化元件布置,从而当所述活塞在所述汽缸内移动时,随

着所述活塞通过所述多个可磁化元件,所述活塞感应磁通。

[0025] 优选地,一个或更多凹部被提供在所述汽缸壳体中,用于接纳所述多个可磁化元件。

[0026] 优选地,所述汽缸壳体的沿所述汽缸的长度的一个或更多区段被移除,以便暴露所述汽缸壁的一个或更多区段,所述多个可磁化元件被布置在所述凹部中,从而它们与所述汽缸壁直接物理接触。

[0027] 根据本发明,还提供一种制造发动机的方法,包括:提供被构造为容纳至少一个活塞的汽缸,所述至少一个活塞在所述汽缸内自由往复运动;挤压汽缸壳体,该汽缸壳体被布置为保持所述汽缸并为所述汽缸提供结构支撑;和将所述汽缸紧固在所述汽缸壳体中,从而所述汽缸壁被所述汽缸壳体的结构增强。

[0028] 优选地,所述多个可磁化元件被布置为对所述汽缸提供承载支撑。优选地,所述可磁化元件被布置为提供抵靠所述汽缸壁的力,例如它们可被偏压抵靠所述汽缸壁,或者可被预加载,以便它们在被定位为邻近所述汽缸壁时施加抵靠所述汽缸壁的力。

[0029] 优选地,使用所述汽缸外侧上的粘合材料将所述汽缸紧固在所述汽缸壳体内,其中所述粘合材料提供所述汽缸和汽缸壳体之间的热绝缘。

[0030] 优选地,所述汽缸壳体被提供有用于冷却所述汽缸的冷却装置。

[0031] 优选地,所述汽缸的内壁被涂覆有减阻材料,以减少所述内壁与沿所述内壁经过的活塞之间的摩擦力。

[0032] 优选地,所述汽缸壁的厚度小于所述汽缸的内径的 5%,其中所述汽缸壁的厚度典型地小于 2mm。

[0033] 根据本发明,还提供一种具有如上所述的自由活塞式发动机驱动型发电机的车辆。

[0034] 相对于典型的自由活塞式发动机驱动型发电机构造,本发明的所述发动机驱动型发电机的构造提供多个重要的优点,其中两个汽缸盖被固定到两个汽缸,分离的电机组件轴向位于所述汽缸之间。

[0035] 所述汽缸壳体优选通过诸如铝合金的延性材料的挤压形成。有利地,细长构造允许使用挤压制造技术来形成所述汽缸壳体,而非用于常规发动机的铸造或大规模的 CNC 加工技术。与铸造相比,挤压成形提供更快的制造周期时间以及在加工操作之前的更高的公差,从而减少精加工零件的成本。类似地,所述汽缸可由挤压或其它成熟的低成本的管成形制造技术形成。因此,该构造降低发动机汽缸组件的总成本。

[0036] 而且,在所述发动机的中部区段保持未断裂的所述发动机壳体的邻接形式确保两个燃烧室均以高精度同轴对准,并为待行过的所述活塞提供连续的支承表面。这允许所述活塞移动经过并通过中部设置的进气口,如在此描述的那样,同时使对所述汽缸的内表面在所述发动机驱动型发电机的操作寿命期间的磨损量最小。

[0037] 虽然所述汽缸壳体优选为单个挤压元件,但是替代地,其可通过将一组不同的挤压元件同轴装配到共同的汽缸上而被形成。例如,两个挤压件各自可被放置在进气装置的一侧,其中所述挤压件被同轴装配在所述汽缸上。

[0038] 理想地,所述汽缸壳体挤压出的壁应该足够厚和 / 或强,从而其承载允许汽缸壁提供的耐磨和密封表面比将在其情况下需要的薄得多。理想地,所述汽缸壳体具有沿所述

汽缸的长度的材料移除区段,以形成一个或更多凹部,该一个或更多凹部理想地暴露容纳在其内的所述汽缸的壁。所述凹部被形成为通过所述汽缸壳体,优选从外表面向内延伸,从而所述凹部向外打开。可通过将多个可磁化元件布置在所述一个或更多凹部中而将它们定位为紧密靠近所述汽缸,每个可磁化元件优选被直接固定到所述汽缸的壁,所述汽缸的壁将它们与所述活塞的移动磁路元件分开。

[0039] 所述汽缸壁的厚度的尺寸为电机效率的重要的决定因素,并且应当尽可能小以获得高效率。通过使用所述汽缸壳体和可磁化定子元件提供充足的承载强度,所述汽缸壁不需要支撑汽缸流体压力,并可使其相当薄以受到制造、装配和耐磨约束。

[0040] 所述汽缸的内表面和外表面分别提供用于耐磨的基底和热涂层。热涂层可以粘合材料的形式被涂覆到所述汽缸的外表面,以在所述汽缸和汽缸壳体之间提供紧固、绝缘和承载结合。

[0041] 而且,将汽缸紧固在所述汽缸壳体中的布置提供的优点在于,相应部件的配合表面不必被精加工成任何特定标准,除了允许所述汽缸配合在所述汽缸壳体中之外。

[0042] 根据本发明的自由活塞式发动机驱动型发电机具有许多应用。例如,其可被整合到串联混合电动车辆动力系,该串联混合电动车辆动力系包括瞬态电力存储和适用于小型客车中的机动车电源的一个或更多传动马达,其中由所述自由活塞式发动机产生的电力被蓄积在车辆上的电能存储设备中,以便在需要时被传送到所述车辆的传动马达。

[0043] 作为小型客车的电源,本发明优选运行在具有火花点火和以平面结构被布置的四个汽缸的两冲程发动机循环中,从而发动机可被横向安装在车辆的前座或后座的下方,与常规内燃机相比,为乘客和存储空间的布局提供更多设计灵活性。

[0044] 每个汽缸包括自由活塞,自由活塞的移动在布置在每个汽缸周围的线性发电机中感应电力,并且自由活塞的移动通过包括阀和点火事件定时的各种方法并通过调整每个冲程从活塞引出或供给到活塞的电力而为可控的。活塞的移动被同步,以使发动机完全平衡,其中理想地,活塞包括交替的可磁化元件和非磁性隔离元件。

[0045] 而且,每个汽缸通过进气装置被充满,该进气装置在远离所述汽缸的每个端部的位置将流体引入所述汽缸中。所述进气机构包括串联的提升阀和滑动口阀,使得进气流动事件的定时可以独立于所述活塞相对于所述汽缸的位置而被控制。废气从位于每个汽缸的端部处的排气阀机构离开所述汽缸。

[0046] 所述汽缸的几何形状与进气机构和排气机构的布置使得,排气扫气在进入流体和排放流体之间有限混合的情况下被完成。所述燃烧室的几何形状提供低的表面积容积比,而且低热导率的材料被用在所述活塞顶和汽缸盖中,从而最小热量从所述发动机排出。所述汽缸和活塞的几何形状提供至少为两倍压缩比的膨胀比。

[0047] 然而所使用的汽缸的布置和数量取决于应用,而且对于不同的应用,发动机操作循环也可被改变,例如:火花点火内燃烧;均质充气压缩点火内燃烧;以及异质充气压缩点火。本发明的一些特征也可以外燃烧循环体现。外燃烧循环实施例的示例包括将本发明用作来自燃气涡轮排放、有机郎肯循环或斯特林循环的流体的气体膨胀机。在斯特林发动机中,来自外燃烧源的热在上止点被供给到包含压缩工作流体的室。膨胀后,废气在通过闭合回路中的进气装置重新进入室前被排到封闭冷却室。

[0048] 在各种的替代实施例中,燃料可能为含水乙醇、无水乙醇-汽油混合物或汽油。本



发明还可被实施为使用柴油、生物柴油、甲烷(CNG、LNG 或生物气体)或其它气态或液态燃料。在外燃烧实施例中,可使用宽范围的可燃燃料。

[0049] 相应地,与提供峰值瞬态电力输出需求的能量存储系统结合,本发明为小型客车机动车应用和例如用于分布式发电的静态发电机的低成本和高效率为主要设计考虑的许多其它应用提供低成本、高效率的电力供给。

#### 附图说明

[0050] 现在将参照附图描述本发明的示例,其中:

[0051] 图 1 示出具有根据本发明示例的活塞的汽缸的纵剖面;

[0052] 图 2 为活塞的纵剖面,示出平面元件的构造;

[0053] 图 3 为活塞的垂直剖面,示出轴和平面元件的同心布置;

[0054] 图 4 为图 3 中的汽缸的剖视图,例示根据本发明的活塞的移动在开关定子元件中引起的磁通;

[0055] 图 5a 为汽缸的垂直剖面,示出由第一活塞中的可渗透元件形成的线性发电机定子和磁路;

[0056] 图 5b 为用于两个相邻汽缸的替代线性发电机定子布置的垂直剖面,其中线性发电机定子和磁路由第一活塞中的可渗透元件形成;

[0057] 图 6 为示例汽缸结构的汽缸的局部剖视图;

[0058] 图 7 为在充气位移扫气阶段期间进气提升阀、进气口阀和燃料喷射器的布置的更详细的纵剖面;

[0059] 图 8 为在排气阶段期间包括排气提升阀和致动器的排气装置的更详细的纵剖面;

[0060] 图 9 为示出在完整的发动机循环期间汽缸内的变化的活塞位置和在该期间发动机循环事件定时的时间-位移图;

[0061] 图 9a 为示出在典型发动机循环中可用于控制压缩比的不同压缩比控制装置的表格;

[0062] 图 9b 为与图 9a 中的表格对应的流程图;

[0063] 图 10 为示出在完整的发动机循环期间典型的汽缸压力图的压力-容积图;

[0064] 图 11 为在压缩阶段终点并大约在第一室内燃烧事件的火花点火和启动时在上止点的汽缸的示意纵剖面;

[0065] 图 12 为第一室的膨胀阶段中途的汽缸的示意纵剖面;

[0066] 图 13 为在膨胀阶段终点并在进气提升阀打开之前的汽缸的示意纵剖面;

[0067] 图 14 为在进气提升阀打开以充满室 1 后的汽缸的示意纵剖面,允许充气流体压力等于第一室中的低汽缸压力;

[0068] 图 15 为在排气提升阀打开并且同时进气提升阀仍然打开以对第一室扫气后的汽缸的示意纵剖面;

[0069] 图 16 为在进气提升阀已关闭后在燃料喷射到第一室期间的汽缸的示意纵剖面;

[0070] 图 17 为在润滑剂喷射到活塞外表面上期间的汽缸的示意纵剖面;

[0071] 图 18 为排气提升阀打开并且进气提升阀和滑动口阀关闭后以使通过活塞位移实现从第一室继续排出废气的汽缸的示意纵剖面;

- [0072] 图 19 为第一室中的压缩阶段中途的汽缸的示意纵剖面；
- [0073] 图 20A 和图 20B 示出根据本发明的发动机驱动型发电机的汽缸壳体的剖面，其中图 20A 附接有电机，图 20B 未附接电机；
- [0074] 图 20C 示出通过图 20A 中标示的平面 X-X 的发动机驱动型发电机的汽缸壳体的垂直剖面；
- [0075] 图 21 为通过包括充电(electrical charge)压缩机的进气装置的四缸发动机结构的示意垂直剖面；
- [0076] 图 22 为通过发电机装置的四缸发动机结构的示意垂直剖面；以及
- [0077] 图 23 为通过排气装置的四缸发动机结构的示意垂直剖面。

### 具体实施方式

[0078] 图 1 示出根据本发明的包括中空线性汽缸 1 的发动机的示例。活塞 2 被提供在汽缸 1 中，活塞 2 具有恒定的直径，该恒定的直径被配置为稍微小于汽缸 1 的内径，但是仅到活塞 2 沿着汽缸 1 的长度自由移动的程度。另外，活塞 2 被约束为与汽缸 1 同轴对准，从而将汽缸 1 有效地分隔成第一燃烧室 3 和第二燃烧室 4，每个燃烧室根据活塞 2 在汽缸 1 内的位置而具有可变容积。活塞 2 的任何部分都不延伸到汽缸 1 的外部。使用第一室 3 第一作为示例，室 3、4 中的每个均具有可变高度 3a 和固定直径 3b。

[0079] 优选地，汽缸 1 围绕其轴线旋转对称，并相对于垂直于其轴线的中心平面对称。尽管其它几何形状可能被用于实施本发明，例如具有正方形或矩形截面的活塞，但是具有圆形截面的布置是优选的。汽缸 1 具有沿其长度并远离端部提供的、优选在中心位置的一连串开口 1a、1b。通过活塞 2 的运动，开口 1a、1b 形成滑动口进气阀 6a，滑动口进气阀 6a 被布置为结合围绕汽缸 1 的至少一部分提供的进气口 6b 操作，如下面详细描述的那样。

[0080] 汽缸 1 优选具有至少比其直径大十倍的长度，以提供在每个循环中提供减少的压缩比的变化，由于在上止点时活塞位移误差产生压缩比的低的变化速率。

[0081] 图 2 示出具有外表面 2a 并包括中心轴 2c 的活塞 2，一连串柱形元件被安装在中心轴 2c 上。这些柱形元件可包括在中心轴 2c 的每个端部处的活塞顶 2d，每个活塞顶 2d 优选由诸如陶瓷的耐高温和绝缘的材料构成。活塞顶端面 2b 优选为微凹的，以减小第一室 3 和第二室 4 在上止点处的表面积与容积的比，从而减少热损失。当然，如果汽缸具有不同的几何形状，那么这些元件的构造被相应地调整。

[0082] 活塞顶 2d 包括控油部件 2e，以在发动机操作期间控制汽缸 1 的润滑润湿程度。这些部件包括常规内燃机中常用的槽和控油环。

[0083] 叠片铁芯元件 2f 也被安装在活塞轴 2c 上。每个芯元件 2f 由诸如铁氧体的导磁材料的叠片构成，以减少发动机操作期间的涡流损失。

[0084] 隔离元件 2g 也被安装在活塞轴 2c 上。每个隔离元件 2g 理想上具有低磁导率并优选由诸如铝合金的轻质材料构成，并且具有形成于其内的空隙 2h 以进一步减轻其重量，并由此减小施加在使用隔离元件的发动机上的机械力。隔离元件 2g 被包括以固定每个铁芯元件 2f 的相对位置，而且还用于限制通过活塞壁与汽缸壁之间的间隙流出每个室 3、4 的窜气(“blow-by” gases)的损失，同时使活塞 2 组件的总质量保持最小。

[0085] 支承元件 2i 也被安装到活塞轴 2c 上，位于活塞 2 长度的大约 25% 和 75% 处，以减

少活塞 2 的轴的热感应变形而使其锁在汽缸 1 中或以另外方式损坏汽缸 1 的隐患。每个支承元件 2i 以减重空隙 2j 为特征并具有极微大于铁芯元件 2f 和隔离元件 2g 的直径。支承元件 2i 还具有成型外表面 2k, 用于支承活塞 2 的重量和存在的任何其它侧向载荷, 同时使摩擦损失和磨损保持最小。支承元件 2i 优选由诸如陶瓷或碳的硬质耐磨材料构成, 而且成型外表面 2k 可被涂覆低摩擦材料。替代地, 支承元件可引入滑动应用中常用的滚动支承特征。

[0086] 与活塞顶类似, 或许替代地, 支承元件 2i 也可包括控油部件, 以在发动机操作期间控制汽缸 1 的润滑润湿程度。这些部件包括常规内燃机中常用的槽和控油环。

[0087] 活塞的总长度优选是其直径的五倍, 并且至少足以完全关闭滑动口阀, 从而滑动口阀决不允许燃烧室 3 和 4 连通。

[0088] 图 3 为活塞 2 的剖视图, 示出活塞轴 2c 穿过铁芯元件 2f。活塞轴端部 2l 被机械变形或用另外方式固定到活塞顶 2d, 以使被安装到活塞轴 2c 的元件 2f、2g、2i 在活塞轴 2c 中所保持的张力的作用下被牢固地保持。

[0089] 铁芯元件 2f 和隔离件 2g 的交替布置使铁芯叠片 2f 以正确的节距定位, 以如同例如线性开关磁阻发电机的一部分那样高效操作, 该线性开关磁阻发电机包括移动活塞 2 和例如沿活塞在其内往复运动的汽缸的长度分隔的多个线圈的线性发电机装置。

[0090] 图 4 示出围绕汽缸 1 的外侧并沿其长度的至少一部分提供的便于活塞 2 与电输出装置 9e 之间的能量传递的线性发电机装置 9 的示例。线性发电机装置 9 包括沿着线性发电机装置 9 的长度交替的多个线圈 9a 和可磁化元件形式的多个定子 9c。

[0091] 线性发电机装置 9 可为多个不同的电机类型, 例如线性开关磁阻发电机。在所示的布置中, 线圈 9a 通过开关设备 9b 被开关, 以在可磁化定子 9c 和活塞铁芯叠片 2e 内感应磁场。例如, 可磁化定子 9c 可由软磁复合 (SMC) 材料层压制成或构成。在每一种方法中, 定子均由被非传导材料隔开的导电和可磁化元件构成, 非传导材料减少磁感应涡流的热损失。

[0092] 在开关线圈 9a 的作用下在可磁化定子 9c 和活塞铁芯叠片 2f 内产生的横向磁通也被标示在图 4 中。线性发电机装置 9 用作线性开关磁阻设备或线性开关磁通设备。随着在可磁化定子 9c 中建立并在活塞铁芯叠片 2f 中感应的磁通回路 (flux circuit) 通过活塞 2 的运动而被切割, 在电输出装置 9e 处产生电力。这在不使用永磁体的情况下使高效发电装置成为可能, 永磁体可能在内燃机内的高温条件下消磁, 并且由于永磁体使用昂贵的稀土金属而可能以另外方式显著增加发动机的成本。

[0093] 另外, 可使用包括若干不同的控制装置的控制模块 9d, 如下的那样。不同的控制装置被提供以实现活塞 2 和电输出装置 9e 之间的期望的能量传递率, 以便输送最大的电输出, 同时满足活塞 2 的期望的运动特性, 包括压缩率和压缩比、膨胀率和膨胀比以及在每个室 3、4 的上止点的活塞停留时间。

[0094] 阀控制装置可用于控制进气阀 6c 和排气阀 7b。通过控制排气阀 7b 的关闭, 阀控制装置能够控制压缩阶段的启动。以类似的方式, 阀控制装置也可以用于控制废气再循环 (EGR)、充气和压缩比。

[0095] 适于电机类型的压缩比控制装置也可被使用。例如, 就开关磁阻机而言, 压缩比控制通过改变施加到开关线圈 9a 的相、频率和电流而被部分实现。这改变感应横向磁通被活

塞 2 的运动切割的速率,并因此改变施加到活塞 2 的力。相应地,线圈 9a 在排气阀 7b 关闭时和在活塞 2 随后减速期间均可被用于控制活塞 2 的动能。

[0096] 而且,火花点火定时控制装置可被用于响应压缩比的任何残余的循环到循环的变化(cycle-to-cycle variability),以确保该残余变化对发动机排放物和效率的不利影响被减至最低,如下。通常,在每个压缩阶段结束时的预期压缩比为目标压缩比加上与系统变化相关的误差,诸如发生在相对的燃烧室 3,4 内的燃烧事件以及控制系统特性。火花点火定时控制装置可响应接近的活塞 2 的实测速度和加速度来调整火花点火事件的定时,从而优化燃烧事件以在每个压缩阶段结束时获得预期压缩比。

[0097] 通常,目标压缩比将为取决于所使用的燃料 5a 的常数。然而,压缩比误差可源于燃烧室高度 3a 的  $\pm 20\%$  的变化。因此,如果目标压缩比为 12:1,则实际压缩比可在 10:1 到 15:1 的范围内。因此,通过火花点火定时控制装置来提前或延迟火花点火事件将减少有害排放物和该误差的效率影响。

[0098] 另外,燃料喷射装置可用于控制燃料 5a 的喷射定时,使其在滑动口阀 6a 即将关闭之前被喷射进燃烧室 3,4,以减少扫气期间碳氢化合物排放物。

[0099] 而且,温度控制装置可被提供,其包括定位在线圈 9a、电子器件和其它对高温敏感的元件附近的一个或更多温度传感器,以响应检测的温度变化控制系统内冷却空气经由压缩机 6e 的流动。温度控制装置可与阀控制装置通信,以在检测到持续的高温读数时限制发动机功率输出,以避免发动机损坏。

[0100] 可由控制模块 9d 使用的另外的传感器优选包括废气( $\lambda$ )传感器和气流传感器,以对于给定的燃料类型根据添加的空氣的量确定要喷射到室内的燃料 5a 的量。相应地,燃料传感器还可用于确定所使用的燃料的类型。

[0101] 图 5a 示出通过可磁化定子元件 9c 中任一个的垂直剖面,示出线圈 9a 和定子 9c 相对于彼此的布置。在图 5b 中示出替代实施例,其中单个定子 9c 和线圈 9a 被用于在两个相邻的活塞 2 中感应磁通。与图 5a 中所示的构造相比,这种构造由于所需的线圈 9a 的数量的减少而具有成本优势。

[0102] 图 6 为优选由诸如铝合金的低磁导率材料构成的汽缸 1 的剖视图。汽缸 1 的内表面 1c 具有硬质耐磨材料涂层 1e,诸如镍碳化硅、反应结合氮化硅、镀铬或者其它金属的、陶瓷的或其他的化学涂层。在外表面 1d 上涂覆有诸如氧化锆或其它充分绝热陶瓷之类的绝缘涂层 1f。整个汽缸具有与靠近汽缸端部 1g 的汽缸部分的该剖视图相同的结构,这对技术人员来说将是明显的。

[0103] 图 7 示出围绕汽缸 1 提供的进气装置 6,进气装置 6 包括开口 6a 以及进气口 6b,开口 6a 与提供在汽缸 1 中的开口 1a、1b 尺寸对应并对准。进气装置 6 中的开口 6a 通过通道 6h 而被连接,进气提升阀 6c 位于通道 6h 中。通道 6h 容积最小,或者具有短的长度、小的横截面面积或两者的结合,以使在膨胀阶段期间通道 6h 内的不受控制的膨胀损失最小。

[0104] 进气提升阀 6c 将通道 6h 与作为进气口 6b 一部分的邻近汽缸 1 提供的进气歧管 6f 密封分开。进气提升阀 6c 由提升阀致动器 6d 操作,提升阀致动器 6d 可为电控电磁装置或其它适合的电气或机械装置。

[0105] 当滑动口进气阀 6a 和进气提升阀 6c 均相对于第一室 3 或第二室 4 中的一个打开时,进气歧管 6f 经由通道 6h 与该室流体连通。进气装置 6 优选被提供有凹部 6g,凹部 6g

被布置为在进气提升阀 6c 完全打开时承接进气提升阀 6c, 以确保流体可以自由地流动通过通道 6h。

[0106] 进气口 6b 还包括充气压缩机 6e, 其可被电动地、机械地或在源于进气口 6b 的压力波作用下操作。充气压缩机 6e 还可在源于提供在汽缸 1 的每个端部处的排气装置 7 的压力波作用下被操作, 如下面描述的那样, 或者通过常规的排气涡轮增压设备操作。充气压缩机 6e 可为容积式设备、离心设备、轴流式设备、压力波设备或任何适合的压缩设备。充气压缩机 6e 提高进气歧管 6f 内的压力, 以使当进气口 6b 打开时, 进气歧管 6f 内的压力高于连接到进气歧管 6f 的室 3、4 内的压力, 从而允许充气流体的流动。

[0107] 在进气装置 6 中还提供燃料喷射装置 5, 诸如电磁喷射器或压电喷射器 5。尽管中部定位的单个燃料喷射器 5 可能是足够的, 但是优选将燃料喷射器 5 提供在进气提升阀 6c 的任一侧并布置在紧邻滑动口阀 6a 的末端。燃料喷射器 5 优选被凹入到进气装置 6 内, 以使活塞 2 可以在没有障碍的情况下经过并通过滑动口进气阀 6a 和进气口 6b。燃料喷射器 5 被构造为通过滑动口进气阀 6a 中的每个将燃料喷射到对应的室 3、4 中。

[0108] 润滑装置 10 也被提供, 优选凹入到进气装置 6 内并被布置为使得活塞 2 可以在没有障碍的情况下经过并通过进气装置 6, 由此活塞可以被润滑。

[0109] 图 8 示出提供在汽缸 1 的每个端部处的排气装置 7。排气装置 7 包括通过螺钉装置或类似物而被能移除地附接到汽缸 1 的端部的汽缸盖 7a。与汽缸 1 的轴线同轴对准的排气提升阀 7b 位于每个汽缸盖 7a 内。排气提升阀 7b 通过排气提升阀致动器 7c 操作, 排气提升阀致动器 7c 可为电控电磁装置或其它电气或机械装置。相应地, 当第一室 3 或第二室 4 内的进气提升阀 6c 和排气提升阀 7b 均被关闭时, 该室被有效地密封, 并且包含在其内的工作流体可被压缩或被允许膨胀。

[0110] 排气装置 7 还包括提供在汽缸盖内的排气歧管通道 7d, 当排气提升阀 7d 打开时, 在邻近的第一室 3 或第二室 4 与排气歧管通道 7d 内的流体之间压力差的作用下, 废气可流入排气歧管通道 7d 中。可在图 20 中例示的汽缸的布置中较好地看到废气的流动, 其示出了废气流动的方向为基本垂直于汽缸 1 的轴线。

[0111] 诸如火花塞的点火装置 8 也被提供在汽缸 1 的每个端部, 点火装置 8 位于汽缸盖 7a 内并优选是凹入的, 以使活塞 2 在发动机的正常操作周期期间没有障碍。

[0112] 排气提升阀 7b 与汽缸 1 的轴线的优选同轴布置使排气提升阀 7b 的直径比在传统的内燃机中相对于室 3、4 的直径大得多。

[0113] 每个汽缸盖 7a 是由诸如陶瓷的硬质耐磨的和良好的绝缘材料构成, 以使热排放最小并避免对单独的阀座部件的需要。

[0114] 图 9 示出根据本发明的发动机的时间位移图, 例示活塞 2 在完整的发动机循环过程的移动。尽管这里参照第一室 3 描述发动机的操作, 但是技术人员将认识到, 第二室 4 的操作和事件的顺序与第一室 3 完全相同, 不过相位相差 180 度, 也就是说, 第一室 3 的上止点在第二室 4 的下止点出现的同时出现。

[0115] 图 9a 为示出可用于响应从可在发动机循环期间影响压缩比的多个不同变量接收的信号的变化以控制压缩比的多个不同压缩比控制装置的表格。图 9b 为对应于图 9a 的流程图。压缩比控制装置可包括前面讨论的控制模块 9d 的一部分。

[0116] 表格和流程图均例示可在发动机循环的不同阶段(A 到 F) 影响压缩比的主变量,

诸如图 9 中所示的一个阶段。这些变量包括：用户的功率需求、所使用的燃料的类型、先前的发动机循环的压缩比和爆震情况、活塞位置和活塞的动能。表格和流程图例示为控制压缩比而发生的不同过程，以及不同的变量如何在整个发动机循环中影响这些过程，而且还例示可能在整个发动机循环内影响多于一个控制过程的每个过程的随后影响。可以看出，在顺序的最后一步，一旦预期压缩比已被确定，则通过火花点火定时控制装置调整火花事件定时实现最佳的点火定时。

[0117] 在整个发动机循环中强调的事件 A 到 F 对应于图 10 中例示的事件 A 到 F，图 10 示出燃烧室 3、4 在相同的发动机循环过程中的典型的压力 - 容积图。在图 11 至 19 的以下讨论中参考图 9 到 10 中突出的事件。

[0118] 现在考虑完整的发动机循环，在发动机循环开始时，第一室 3 包含主要由预混合燃料和空气构成的压缩混合物，以及少部分从先前循环保留的残余废气。众所周知，可控量的废气的存在对于发动机的有效操作是有利的，这是由于这可以减少或消除对于作为发动机功率调节装置的充气节流阀的需要，充气节流阀是常规火花点火发动机中主要的损失源。另外，由于峰值燃烧温度和压力小于没有废气保留的发动机，所以减少氧化亚氮污染气体的形成。这是废气部分没有促进燃烧反应的结果，而且是由于保留气体中的二氧化碳和水的高热容量。

[0119] 图 11 示出活塞相对于汽缸 1 的位置，限定在上止点(A)的第一室 3 的几何形状。这也在燃烧阶段 AB 的开始点附近。活塞的顶部 2b 与第一室 3 的端部之间的距离至少为第一室 3 的直径的一半，从而与常规内燃机中的燃烧室相比提供更低的表面积容积比，并且减少燃烧过程中第一室 3 的热损失。点火装置 8 被凹入到汽缸盖 7a 内，从而在活塞 2 以不可控的方式接近上止点的情况下，点火装置 8 和活塞顶 2d 之间不可能有接触。而是，压缩将会继续，直到活塞 2 的运动被第一室 3 中由于近似的绝热压缩引起的继续增加的压力阻止。参照图 10，燃烧膨胀阶段 AB 开始于点火事件(A)。

[0120] 图 12 示出在膨胀阶段(AB 和 BC)的中途的活塞 2 相对于线性发电机装置 9 的位置。第一室 3 随着活塞 2 在第一室 3 与第二室 4 之间的压力差的作用下移动而膨胀。第二室 4 内的压力在这点上大约等于进气歧管 6f 内的压力。第一室 3 的膨胀由于可被调整以实现期望的膨胀率的线性发电机装置 9 的作用而被阻止，以满足发动机性能、效率和排放目标。

[0121] 图 13 示出在下止点处的活塞 2 相对于第一室 3 的位置。在膨胀阶段的终点(C)，活塞 2 的运动在线性发电机装置 9 以及第一室 3 和第二室 4 之间的压力差的作用下被阻止。第二室 4 中的压力在这点上大约等于在第一室 3 的上止点位置(A)的第一室 3 内的高压。优选地，膨胀比至少为压缩比的两倍，其中压缩比在 10:1 到 16:1 的范围内。相比于膨胀比与压缩比相似的常规内燃机，这提供了改进的热效率。

[0122] 图 14 示出活塞 2 和进气装置 6 的布置以及在进气均衡阶段(CD)期间在下止点的时候进入气体的初始流动。这种布置也可在图 7 中看到。在这点上，由于活塞 2 滑动通过并经过沿汽缸 1 的内壁 1c 提供的开口 1a、1b，故滑动口进气阀 6a 是打开的。由于过度膨胀降低第一室 3 中的流体压力，并且由于进气压缩机 6e 提高进气歧管 6e 中的压力，所以第一室 3 中的压力低于进气歧管 6f 内的压力。大约在此时，进气提升阀 6c 被进气提升阀致动器 6d 打开，以允许充气进入汽缸 1 内的第一室 3，第一室 3 内的压力接近等于进气歧管 6f

处的压力。进气提升阀 6c 打开后的短时间内,排气提升阀 7b 也被打开,以允许废气在第一室 3 和排气歧管通道 7d 之间的压力差的作用下离开第一室 3,排气歧管通道 7d 内的压力仍然接近环境大气压力。

[0123] 图 15 示出在充气位移扫气阶段(DE)期间活塞 2 的位置。废气扫气通过第一室 3 内的废气持续移位进入排气歧管通道 7d 同时在第一室 3 的活塞端部的引入新鲜充气而被实现。一旦指定量的充气已进入第一室 3,则进气提升阀 6c 被关闭并且废气通过活塞 2 的移动继续排出,如图 17 所示,如同下面解释的那样。

[0124] 图 16 示出在燃料喷射时刻(E)活塞 2 和进气装置 6 的布置。燃料 5a 被直接引入到接近的活塞顶 2d 上,其具有迅速汽化燃料、冷却活塞顶 2d 和使如汽缸 1 的内壁 1c 上的湿膜那样的未燃烧燃料的损失和排放最小化的效果,未燃烧燃料还可能在膨胀阶段在第二室 4 内汽化。

[0125] 图 17 示出润滑(E)期间活塞 2 的位置,少量的润滑剂在润滑期间通过润滑装置 10 在活塞外表面 2a 通过进气滑动口阀 6a 时被周期性地直接引入到活塞外表面 2a。这种布置使与润湿汽缸内壁的润滑剂关联的碳氢化合物排放物最少,而且还可减少燃料在汽缸内壁油膜内的溶解程度。控油环特征 2e 被包括在活塞顶 2d 和 / 或支承元件 2i 中,以进一步减少第一和第二室 3、4 内润滑剂壁润湿的程度。

[0126] 图 18 示出在活塞位移扫气阶段 EF 活塞 2 的位置。进气提升阀 6c 被关闭,并且废气通过活塞 2 的移动继续排出。此时,由于第二室 4 内的燃烧事件,活塞 2 正朝向排气装置 7 移动,并减少第一室 3 的容积。

[0127] 由于排气提升阀相对较大的直径,如上讨论的那样,通过阀杆的排气流的极限面积可接近汽缸孔截面积的 40%,在充气位移扫气阶段(DE)以及在活塞位移扫气阶段(EF)期间均导致低的排气背压损失。

[0128] 图 19 示出在压缩阶段(FA)中途活塞 2 相对于汽缸 1 的位置的纵剖面。当已实现使第一室 3 内的流体中的废气比例接近指定水平的充足的废气排出时,排气提升阀 7b 被关闭,压缩阶段(FA)开始。随着活塞 2 在第一室 3 和第二室 4 之间的压力差的作用下加速和减速,压缩以可变速率继续。在膨胀阶段(AB 和 BC)期间并通过线性发电机装置 9 的作用,第二室 4 内的压力在这点上正在下降。线性发电机的力可被调整,从而实现期望的压缩率,以满足发动机性能、效率和排放目标。第一室 3 内的压缩率基本上等于室 4 内的膨胀率并与之相反。

[0129] 特别地,图 20A 和图 20B 示出汽缸 1 如何优选地同轴位于汽缸壳体 11 中,汽缸壳体 11 为汽缸 1 提供结构支撑并还可被布置为提供冷却装置。汽缸壳体 11 可稍微比汽缸 1 短,并且汽缸盖 7a 可通过螺钉固定或任何其它合适的方式被附接到汽缸壳体 11,以在每个汽缸盖 7a 与每个汽缸端部 1d 的表面之间保持压缩。图 20C 示出附接有电机 9e 的汽缸壳体 11 的剖面。

[0130] 汽缸壳体 11 优选通过挤压诸如铝合金的延性材料而被形成,并被布置为提供结构支撑和冷却装置 12,同时允许电力产生部件 9a-9e 被整合为接近并准确限定为靠近汽缸 1 内的移动活塞 1。

[0131] 理想地,汽缸壳体 11 挤压出的壁足够厚和 / 或强,从而其承载允许提供耐磨和密封表面的汽缸 1 的壁比其它情况下需要的薄得多。如上,本发明的发电机包括布置在汽缸

壳体 11 内的多个磁性线圈 9a、可磁化元件 9c 形式的多个定子和在该实例中用作传送器 (translator) 的活塞 2。

[0132] 汽缸壳体 11 优选具有沿汽缸 1 的长度的材料移除区段,以形成一个或更多凹部 15,一个或更多凹部 15 理想地延伸通过汽缸壳体 11 以暴露容纳在其内的汽缸 1 的壁。理想地,可通过将多个承载可磁化元件 9c 布置在一个或更多凹部 15 中而使它们被定位为紧密靠近汽缸 1,每个可磁化元件 9c 优选被直接固定到汽缸 1 的壁,汽缸 1 的壁使可磁化元件 9c 与活塞 2 的移动磁路元件 2f 分开。

[0133] 在所示的示例中,仅一个可磁化元件 9c 被提供在凹部中。然而,应该注意,如果需要,根据期望的性能特性,两个或更多可磁化元件 9c 凹部可被定位在单个凹部 15 中,并且如果有的话,不是所有的凹部 15 均必须包含相同数量的可磁化元件 9c。汽缸 1 的内表面和外表面分别提供耐磨基底和热涂层。例如,热涂层可以粘合材料的形式被涂覆到汽缸 2 的外表面,以在汽缸 1 和汽缸壳体 11 之间提供牢固、绝缘和承载的结合。

[0134] 图 21 示出包括四个自由活塞式发动机的示例性发动机布置,四个自由活塞式发动机被配置用于在同步循环中操作以产生完全平衡的发动机。在这种构造中,在这种结构中,以大约 50% 的热效率发电 50kw 的发动机的总长度大约为 1400mm。汽缸壳体 11 通过螺钉固定或任何其它适合的方式被附接到结构壳体 13,结构壳体 13 提供将发动机机械附接到车辆或诸如图 22 中示出的电输出装置 9e 获得电力的其它设备的基座。外壳 14 为发动机、歧管 and 控制系统提供物理闭合。在外壳 14 上为进气和排气流、燃料和润滑剂的进入、热排放、用于启动和控制的电力输出以及电力输入提供接口。

[0135] 图 23 示出布置的端视图,其中汽缸盖 7a 容纳四个发动机,废气经由排气提升阀 7b 离开发动机的燃烧室 3、4 并基本垂直于汽缸 1 的轴线流动。

[0136] 有利地,根据本发明,第一室 3 的窄孔几何形状以及位于第一室 3 的相对端部处的进气装置 6 和排气装置 7 的相对位置使高效和有效的扫气过程成为可能,同时充气 and 废气之间几乎没有混合。与常规两冲程发动机或自由活塞式两冲程发动机中的扫气相比,该方案提供若干优点。

[0137] 首先,可以通过排气阀关闭的定时准确地控制废气的排出,作为一种发动机功率控制的方法在不需节流设备和没有相关的发动机泵送损失的情况下提供可变内部废气再循环。

[0138] 其次,由于新鲜充气内的燃烧火焰前缘不会被混合有易燃燃料 / 空气的混合物的少许不可燃废气中断,因而残留的废气和充气之间的有限混合可改进燃烧完全度。

[0139] 再次,在滑动进气口阀 6a 即将关闭前通过燃料喷射器装置 5 引入燃料 5a,还有在大约这个时间通过润滑装置 10 引入润滑剂,不可能导致废气中的燃料或润滑剂夹带以及引起尾管碳氢化合物排放物。

[0140] 而且,室 3、4 的几何形状使得,在上止点,活塞的顶部 2b 与室 3、4 的端部之间的距离至少为室 3、4 的直径的一半。因此,活塞位移到上止点时压缩比的变化速率小于具有相似直径但室 3、4 的深度小的常规自由活塞式发动机。结果,由第二室 4 内的燃烧变化、控制系统公差或其它变化性来源引起的第一室 3 在上止点的深度的较小变化的影响被极大降低。发动机操作循环稳定性和控制由于该特征而被极大地改进。

[0141] 通过在上止点(A)阻止活塞 2 的运动,可实现期望的压缩比。目标压缩比可在 10:1



至 16:1 的范围内,并且较高的压缩比通常将能够实现更高的热效率。对不同的燃料可设定不同的压缩比目标,以在使用中利用特定燃料或燃料混合物的辛烷值特征。来自爆震传感器、活塞运动、废气成分和其它发动机操作特性的反馈信号的任意组合可用作控制模块 9d 的输入,以实现期望的压缩率和压缩比。

[0142] 与其它内燃机相比,本实施例另外的益处是,噪声水平由于过度膨胀循环而被降低,并且这导致在即将打开之前的排气阀中低的压力差。结果,在常规内燃机或自由活塞式发动机中通过排气系统传播并引起排气噪声的冲击波被基本避免。

[0143] 如果本发明被引入到具有串联混合传动系统构造的低成本的客车中,则与现有的内燃机设计相比,对车辆使用者而言作为用于汽车发电的装置的成本被降低。这种成本的降低是多个因素的结果,包括由于高热效率产生的每单元电力的燃料的低成本。其它因素包括由于相对少量的高公差尺寸被需要而造成的部件制造的低成本以及此后的部件装配的低成本。而且,由于少量独立部件和移动零件被需要,因而维修成本较低。

[0144] 而且,复杂辅助系统的避免、包括常规内燃机的高应力水力滑动轴承特性的复杂力传输路径的消除以及由于减少的零件量和具有要求使用诸如永磁体或专用铝或钢合金的功能设计约束条件的部件的数量少造成的发动机材料的低成本,都是利于使成本降低的因素。

[0145] 与现有的内燃机设计相比,热效率也被改进。除了已经讨论的因素之外,改进的效率也是良好的热交换的结果,将排气、发动机和发电机的热损失的一部分传递到充气中,由于在汽缸压力载荷转变成机轴扭矩期间消除了汽缸壁载荷引起的摩擦损失的减少、以及通过在完全进气增压时的可变充气流的持续时间和可变内部废气再循环而不是通过如同传统火花点火发动机的节流进入空气流而实现的发动机功率调整造成的节流损失的消除。

[0146] 另外,与其它已知的自由活塞式发动机设计相比,尾管排放物(包括  $\text{NO}_x$ 、碳氢化合物和颗粒排放物)被减少。这种尾管排放物的减少是由多个因素造成的,包括:由细长的发电机几何形状引起的每个循环中改进的压缩比控制,其导致在压缩冲程期间对活塞移动的高电气控制权,并由此导致在上止点时低的活塞位移误差;以及用于减少决定  $\text{NO}_x$  的形成的峰值燃烧温度和压力的压缩充气的可变的残留废气的成分。

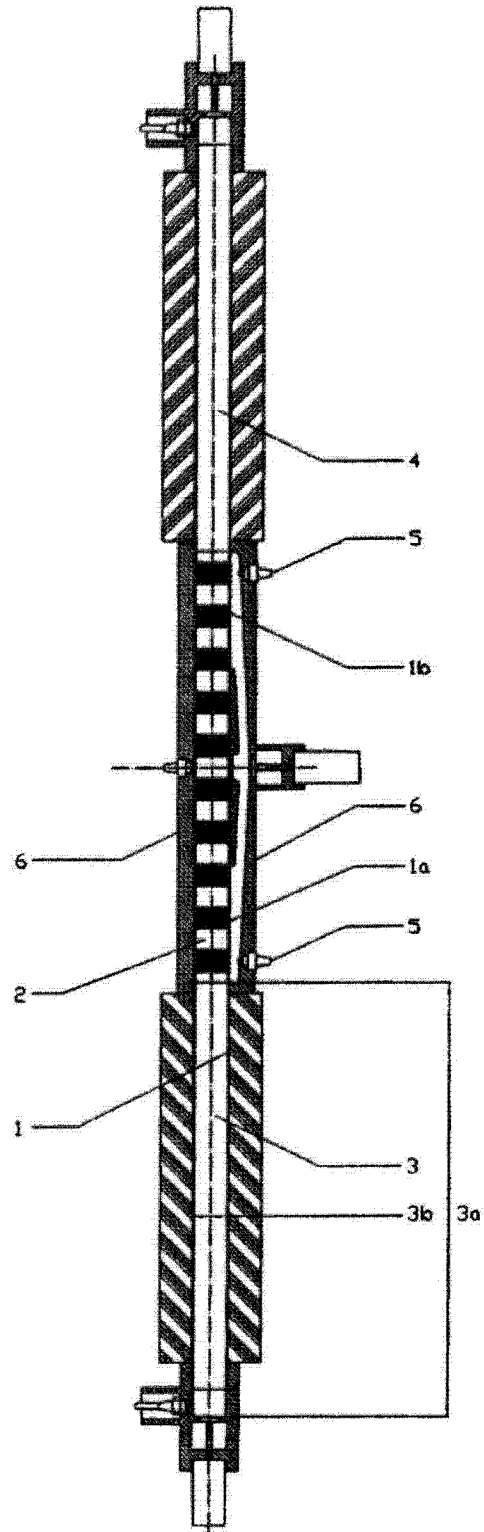


图 1

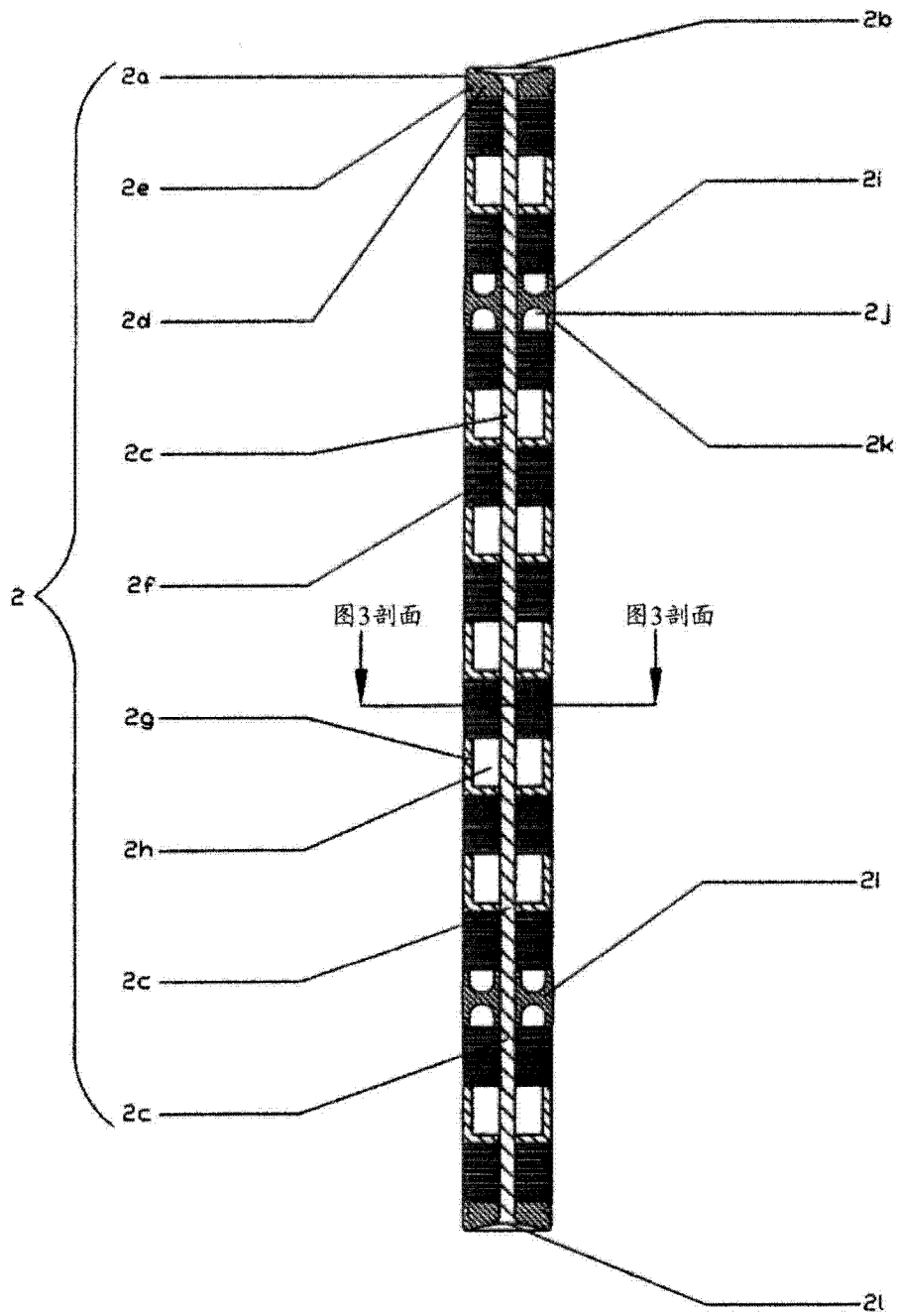


图 2

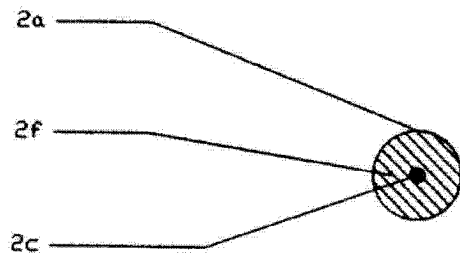


图 3

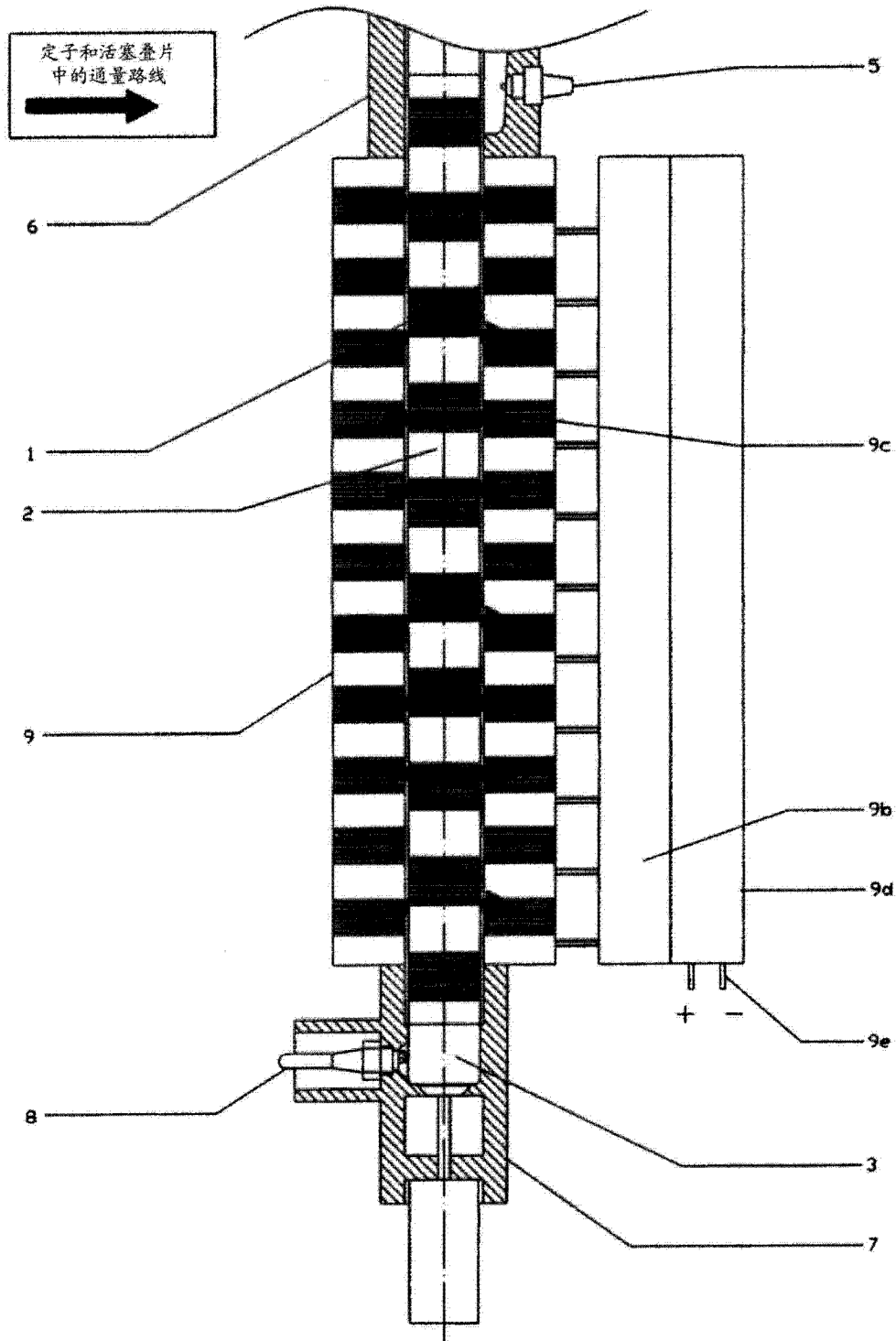


图 4

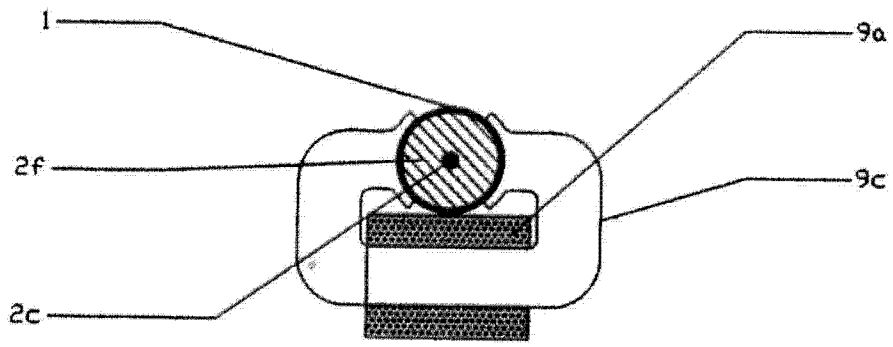


图 5a

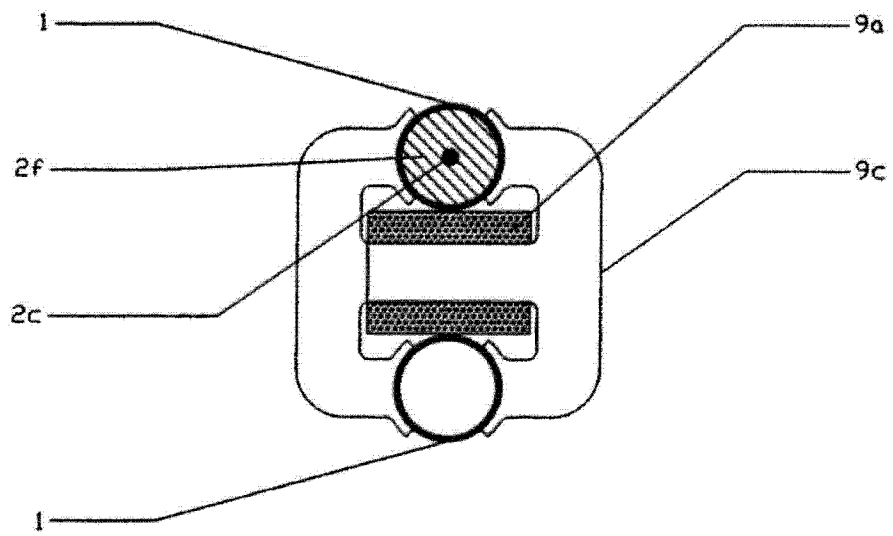


图 5b

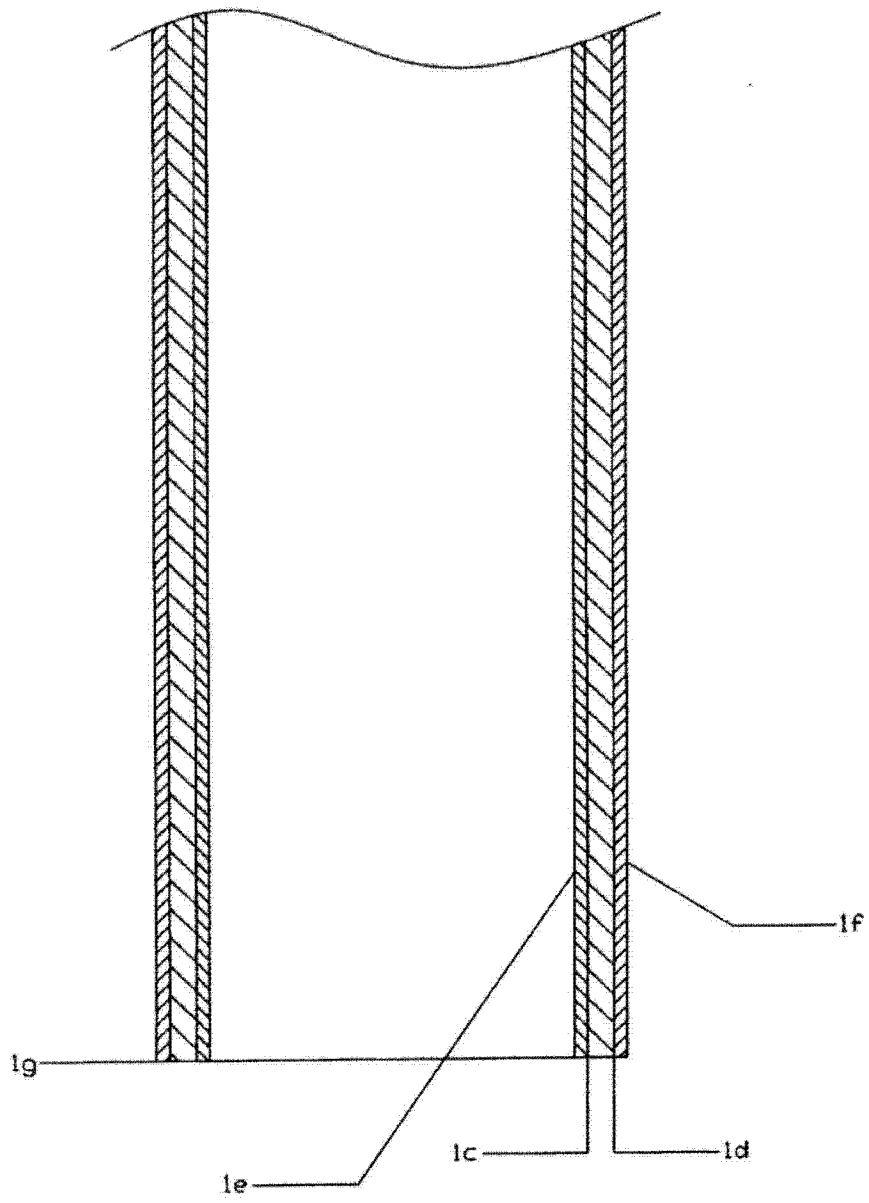


图 6

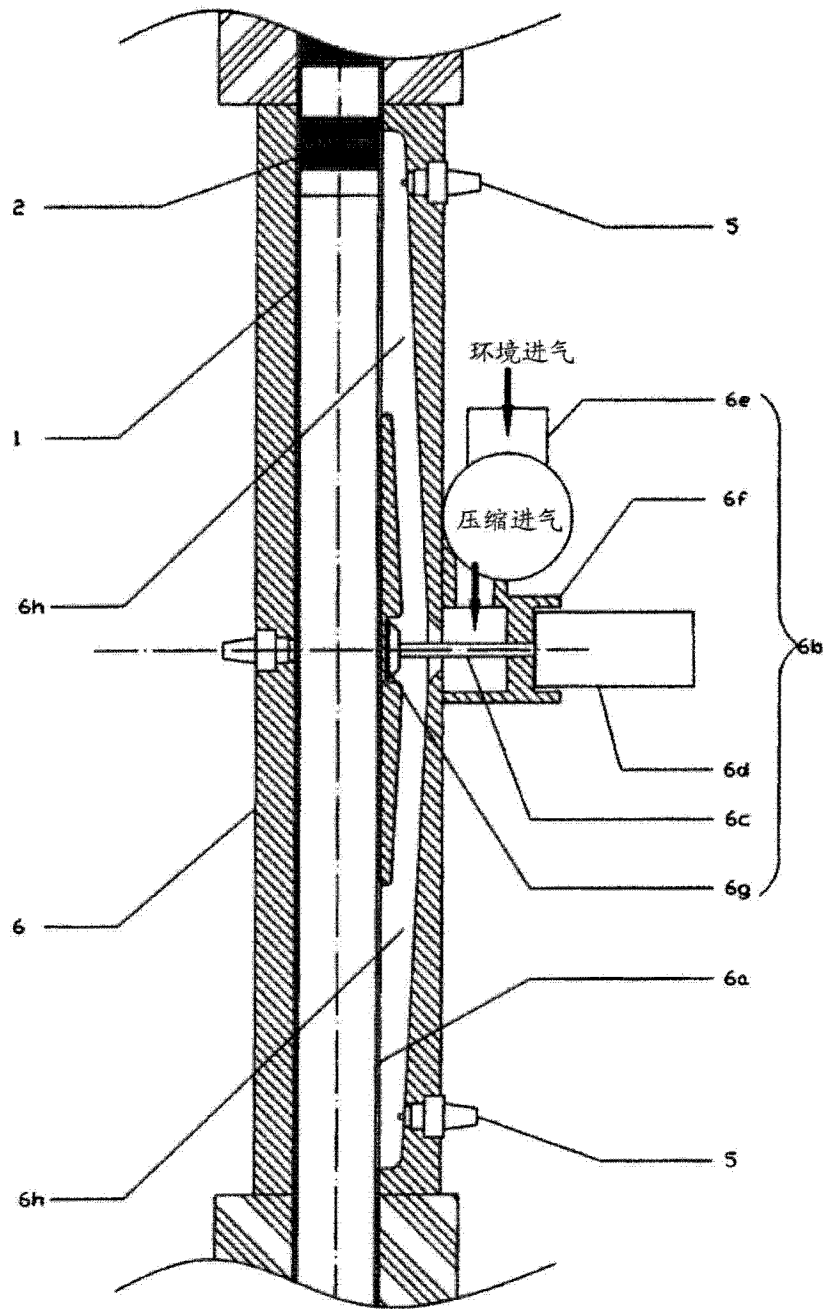


图 7



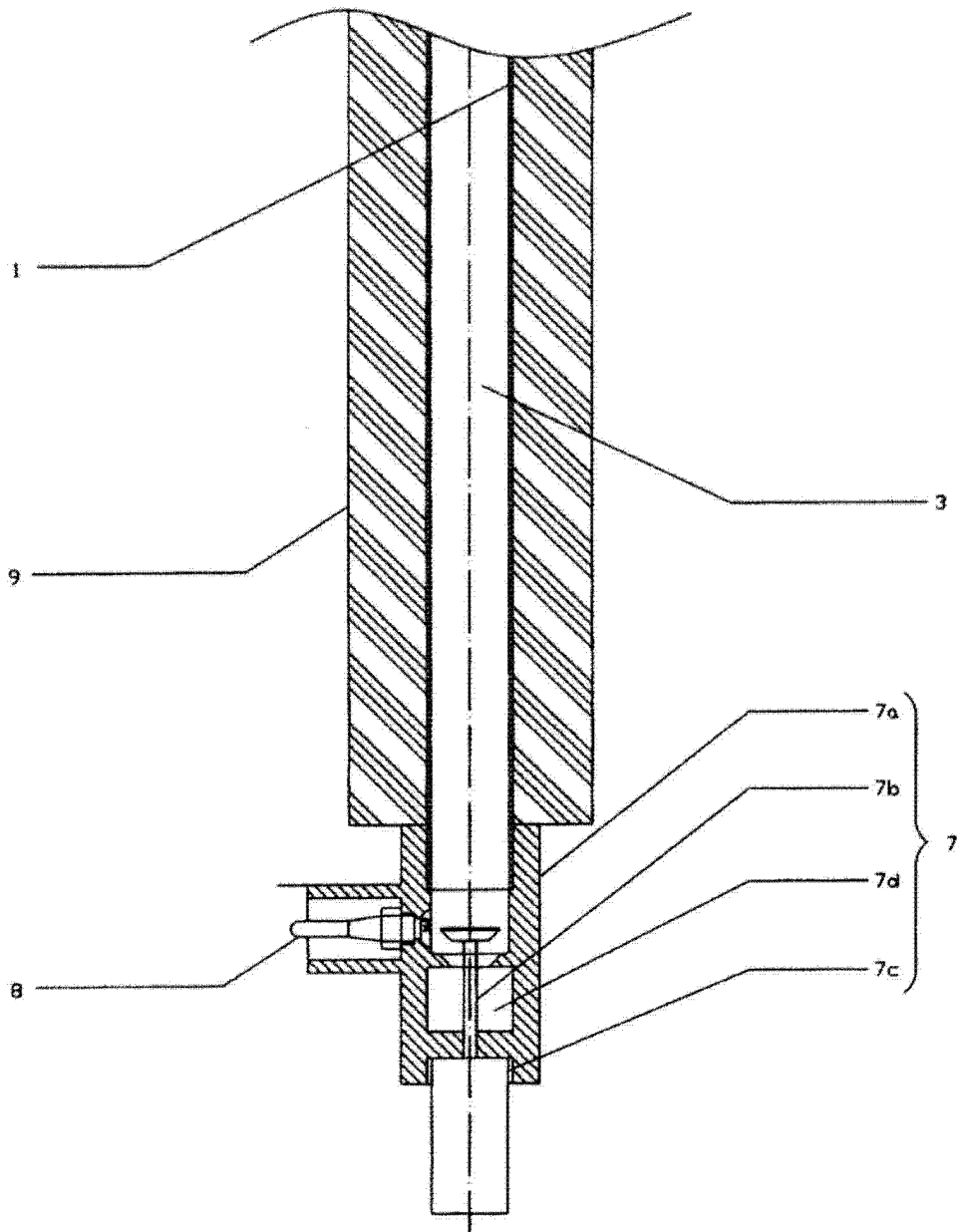


图 8

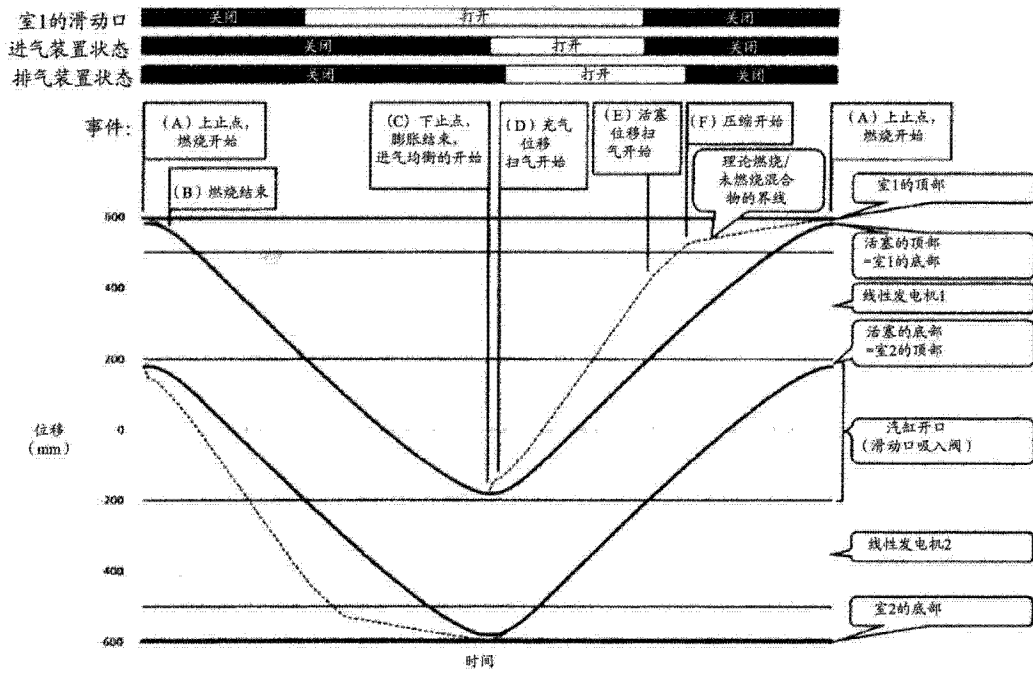


图 9

压缩比的确定以及对压缩比的响应				
步骤	循环的部分 (室3)	信号	压缩比 控制装置	响应
1	连续通过若干循环	发动机的所需 功率输出 (加载)  发动机速度	进气阀 控制装置	进气阀打开阶段的持续时间  空气进入室3&4 (控制信号)
2		发动机的 所需功率输出	线圈	设置力以使活塞动能回收  =功率输出  =室4中的燃烧能
3		燃料类型  先前循环的爆震信号  先前循环的目标 压缩比	(计算)	本循环的目标压缩比 (控制信号)
4		空气进入室3  期望的EGR%	(计算)	目标排气阀关闭点 (控制信号)
5	均衡&扫气阶段	活塞动能 (由线圈输出计算)  目标排气阀 关闭时刻	(计算)	基于实际动能与实现 目标压缩比和压缩率 的理论动能计算的动能误差
6		动能误差	线圈	调节力以使来自活塞的 动能回收的变化等于动能 误差信号并对动能误差信号求反
7	压缩阶段	活塞动能 (由线圈输出计算)  活塞位置  燃烧室中的空气、 燃料和废气  废气关闭的定时	(计算)	预期压缩比 (控制信号)
8		预期压缩比	点火定时 控制装置	针对预期压缩比优化的定时

图 9a

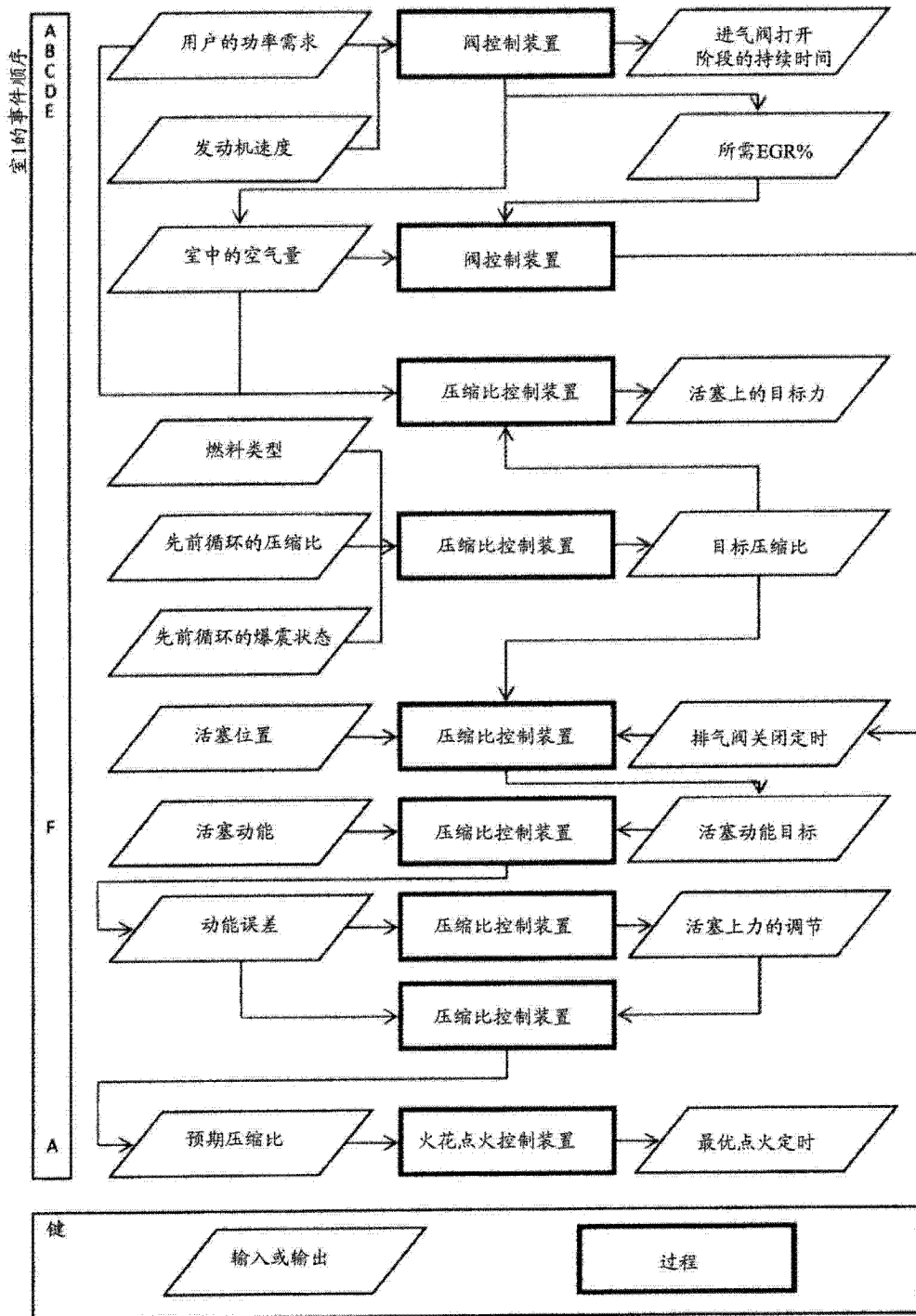


图 9b

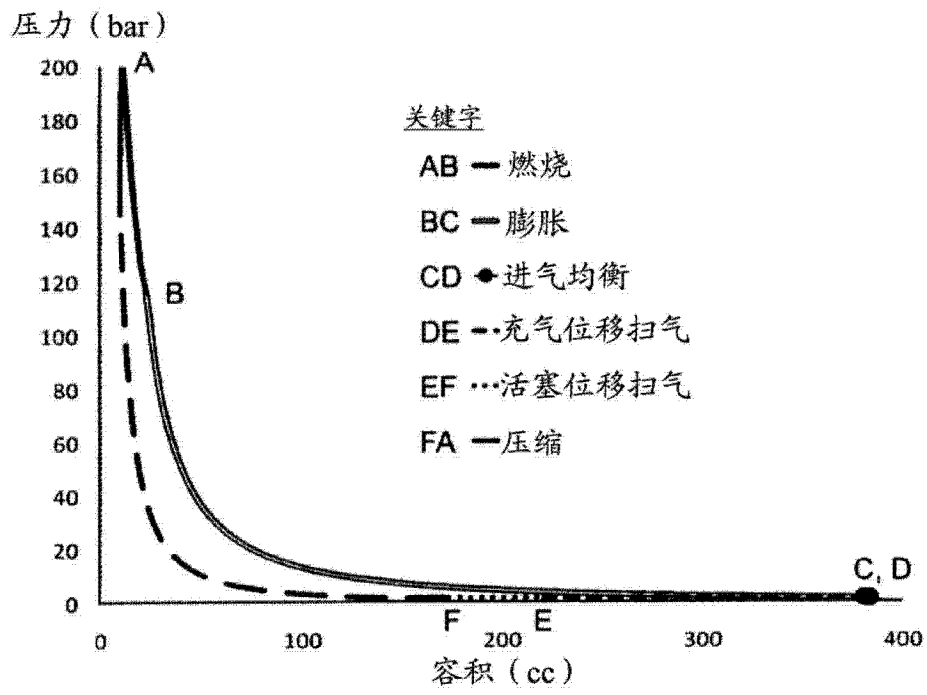


图 10

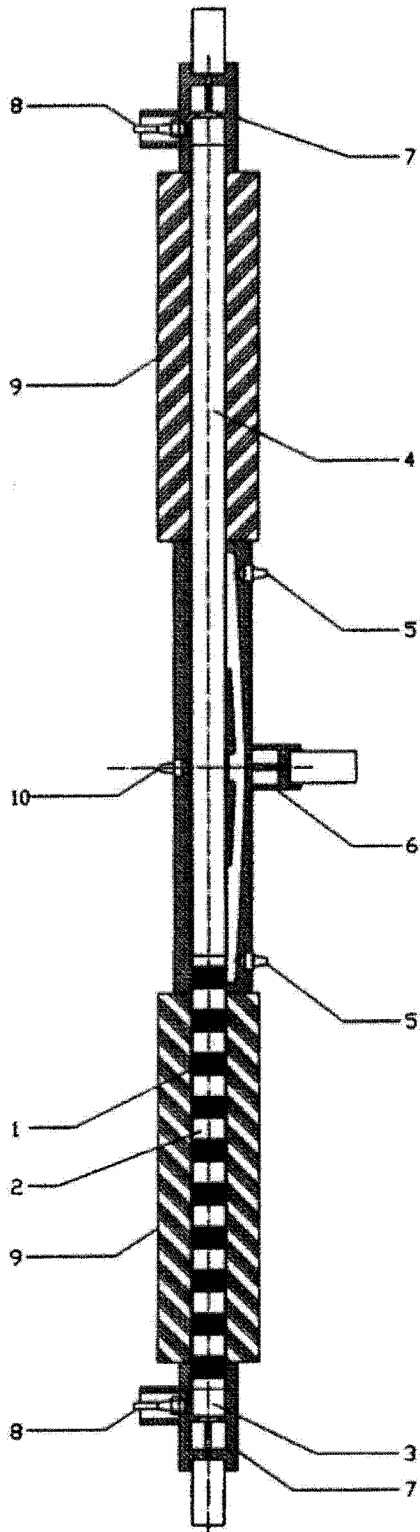


图 11

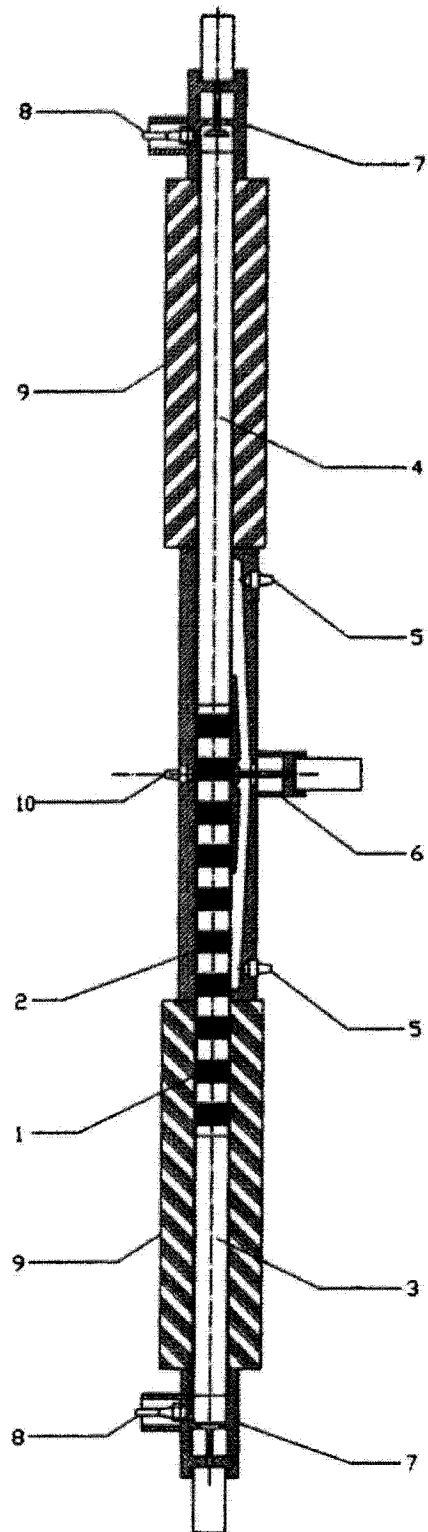


图 12

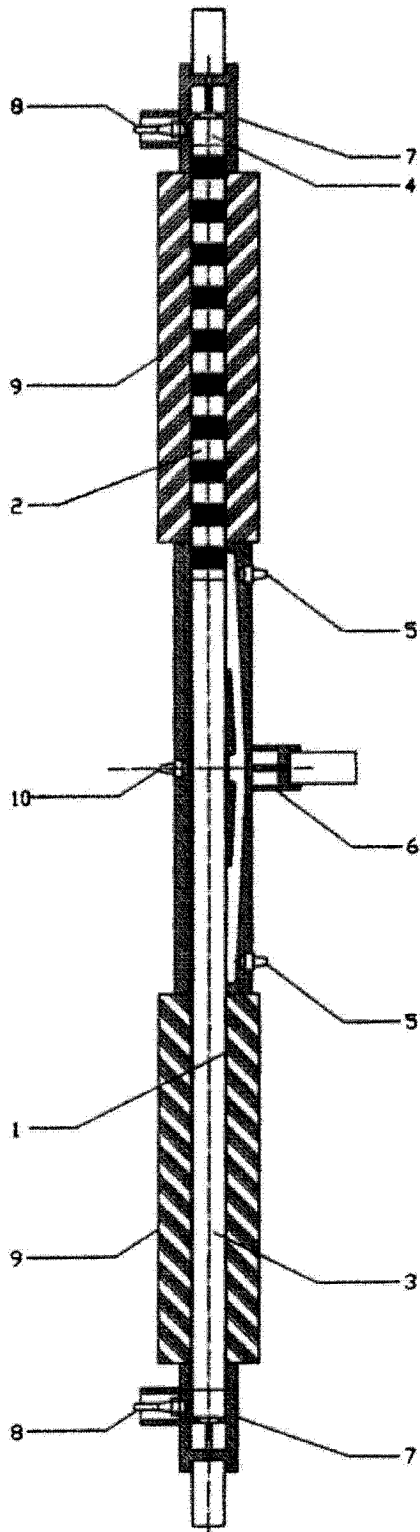


图 13

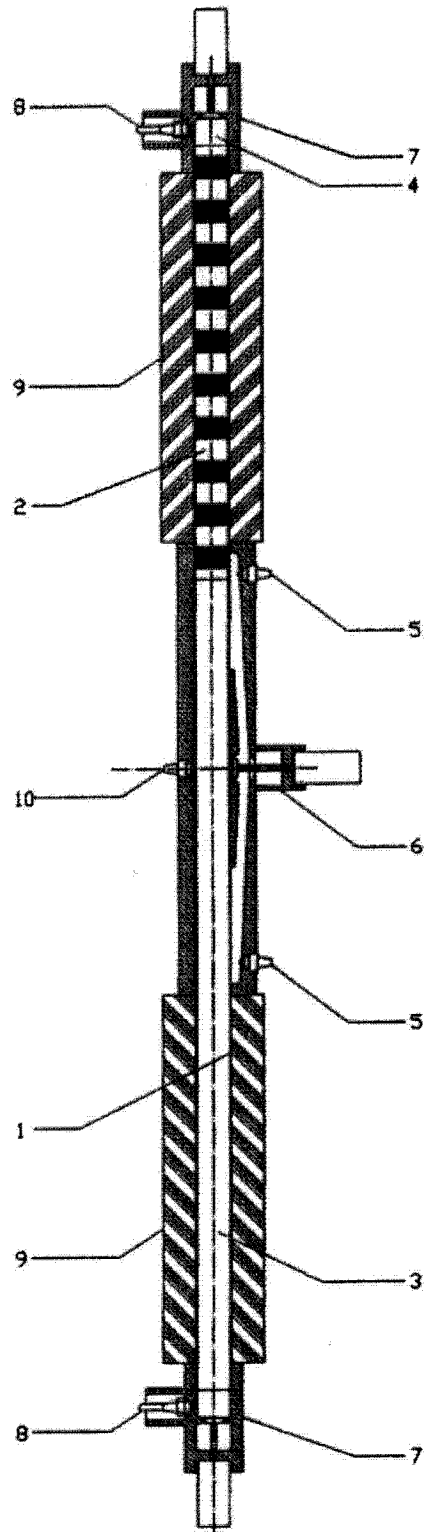


图 14

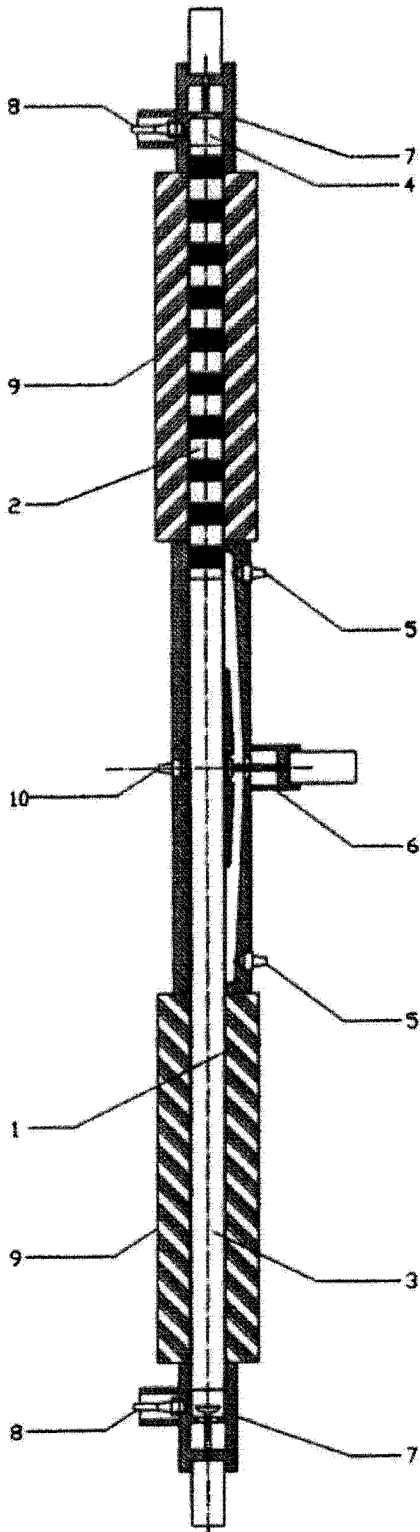


图 15

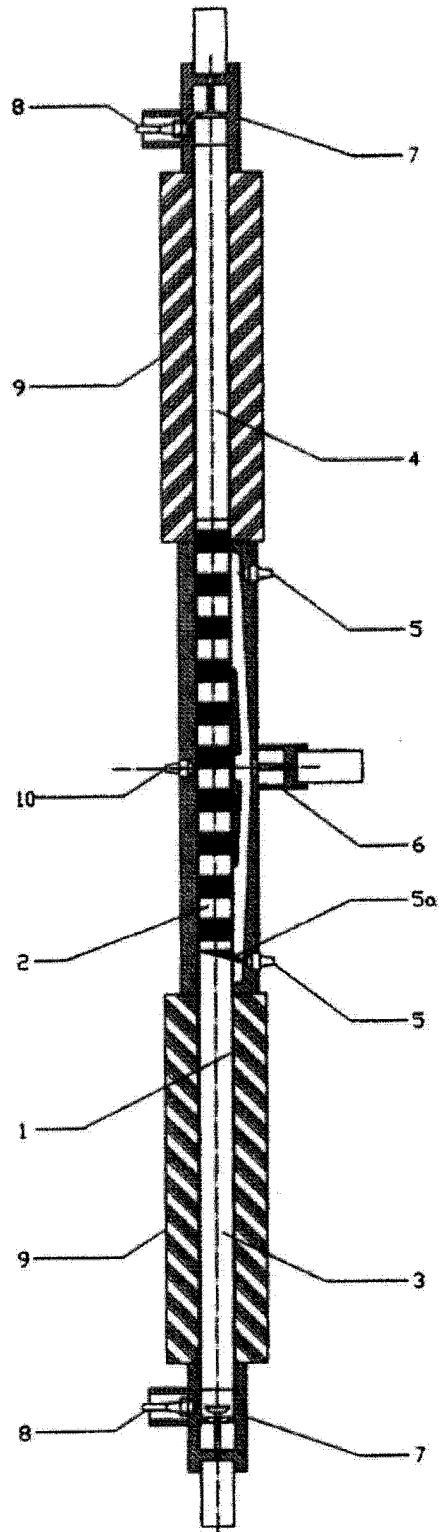


图 16



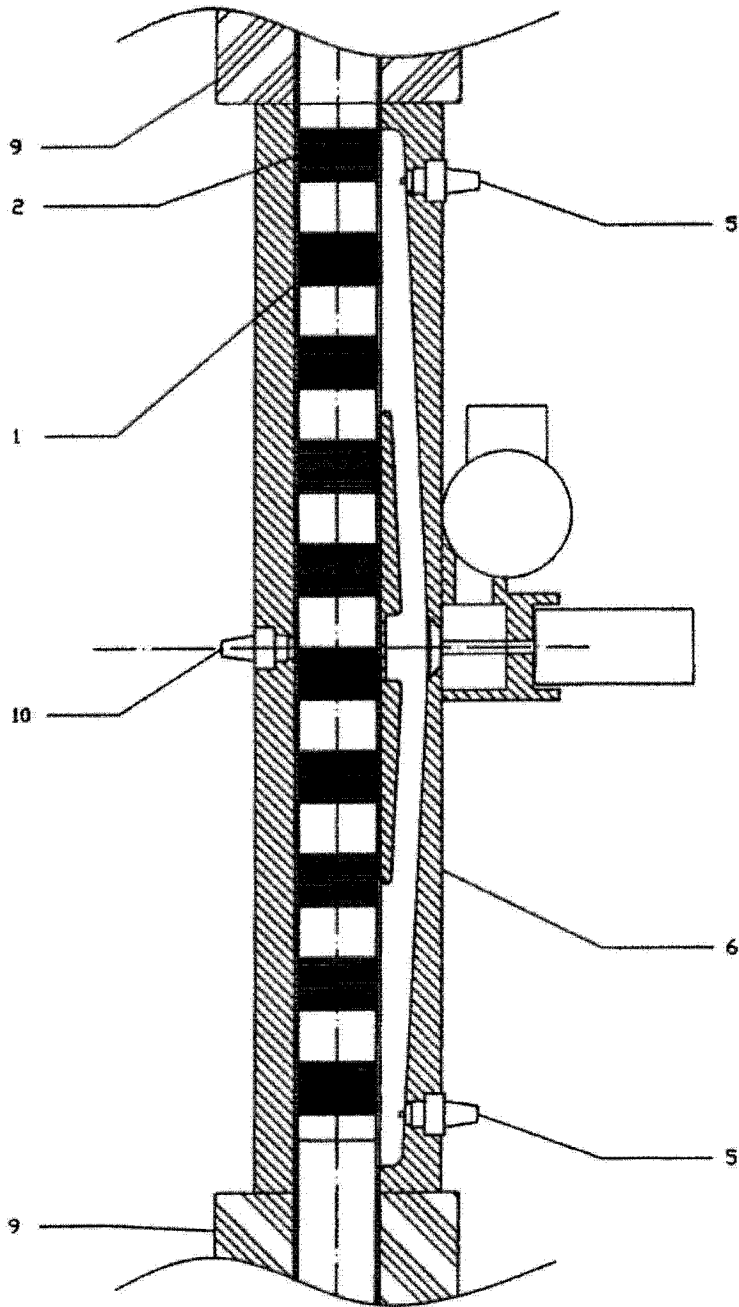


图 17

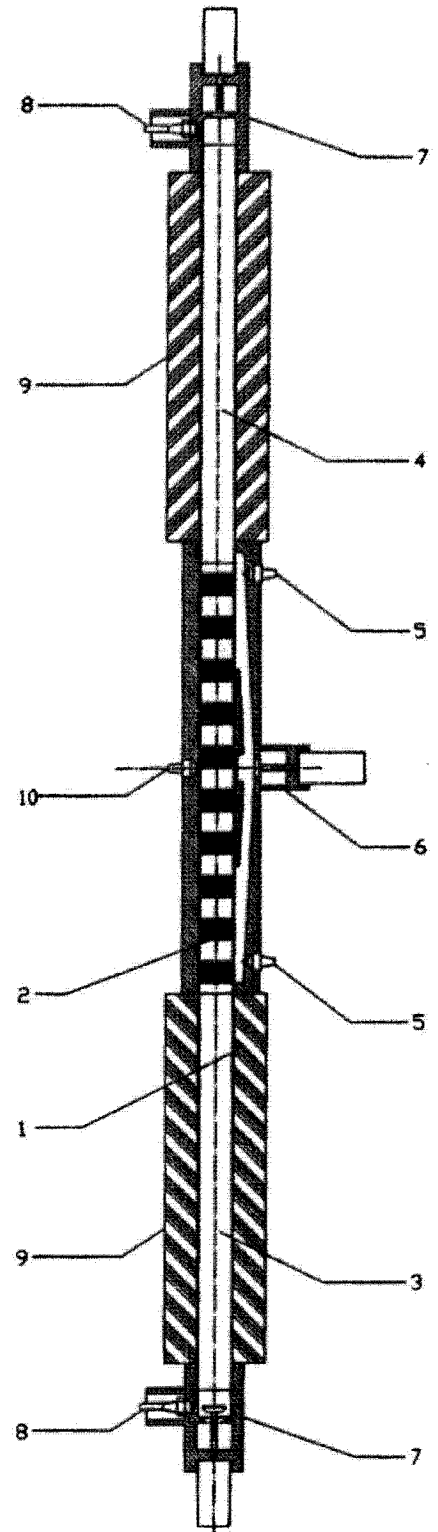


图 18

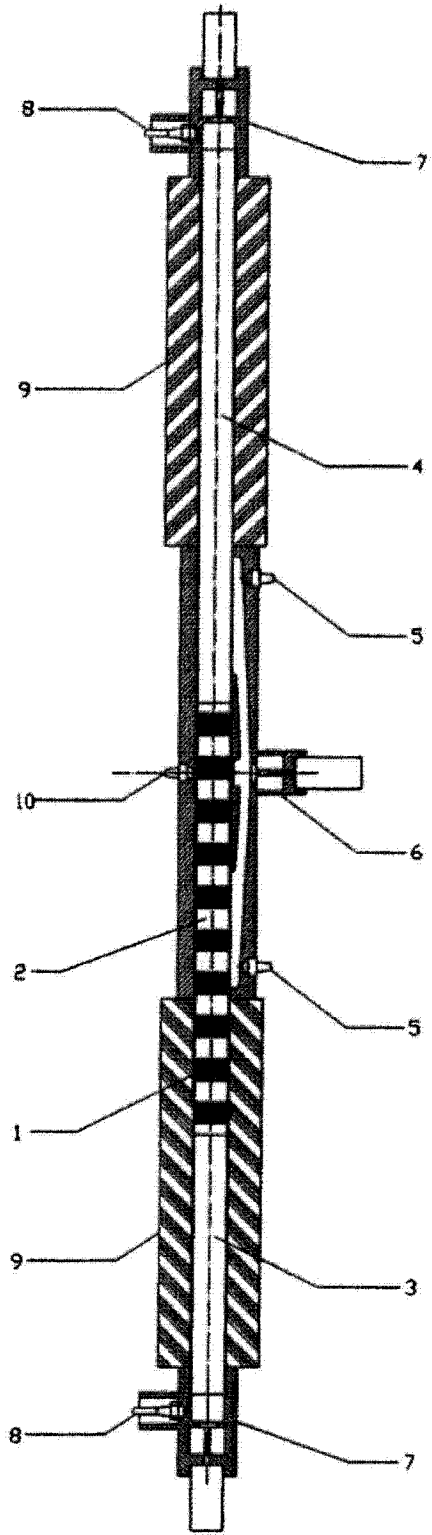


图 19

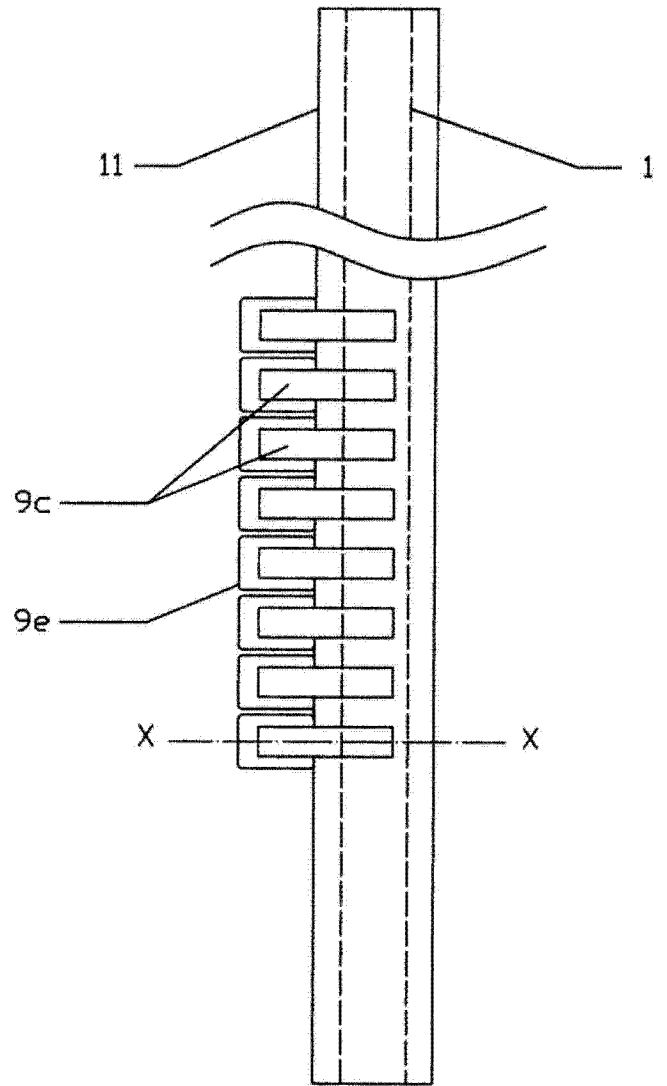


图 20A

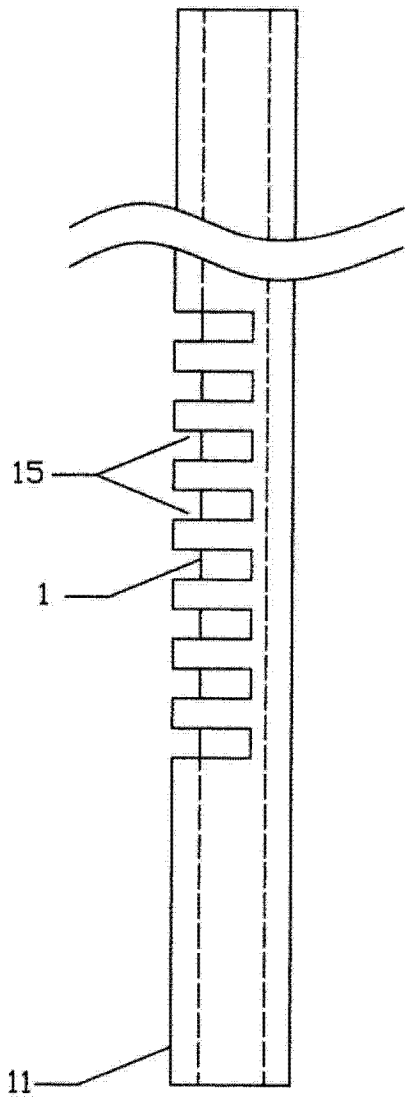


图 20B

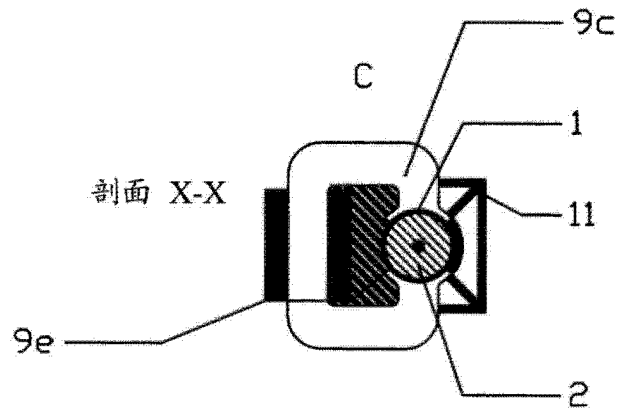


图 20C

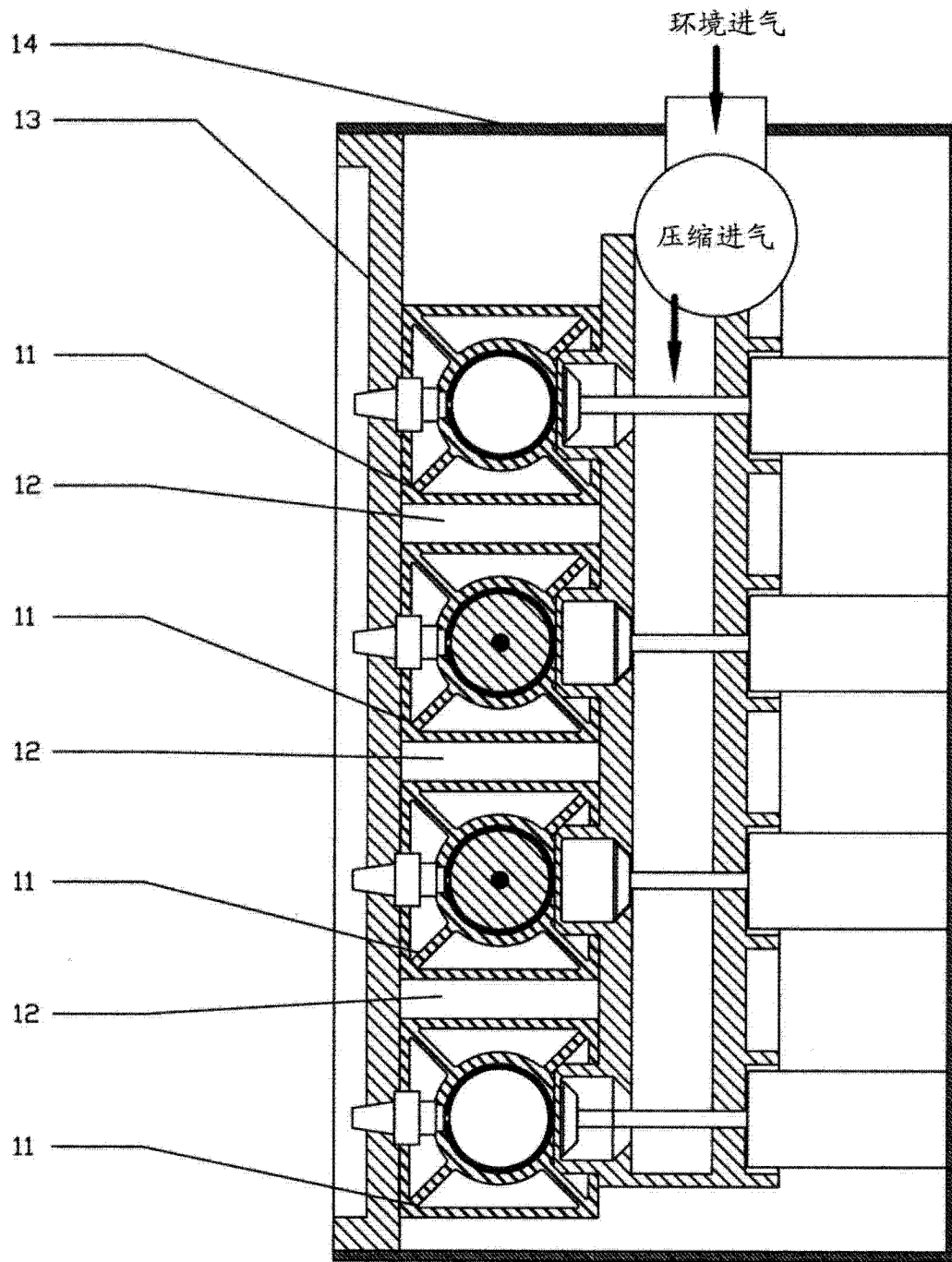


图 21

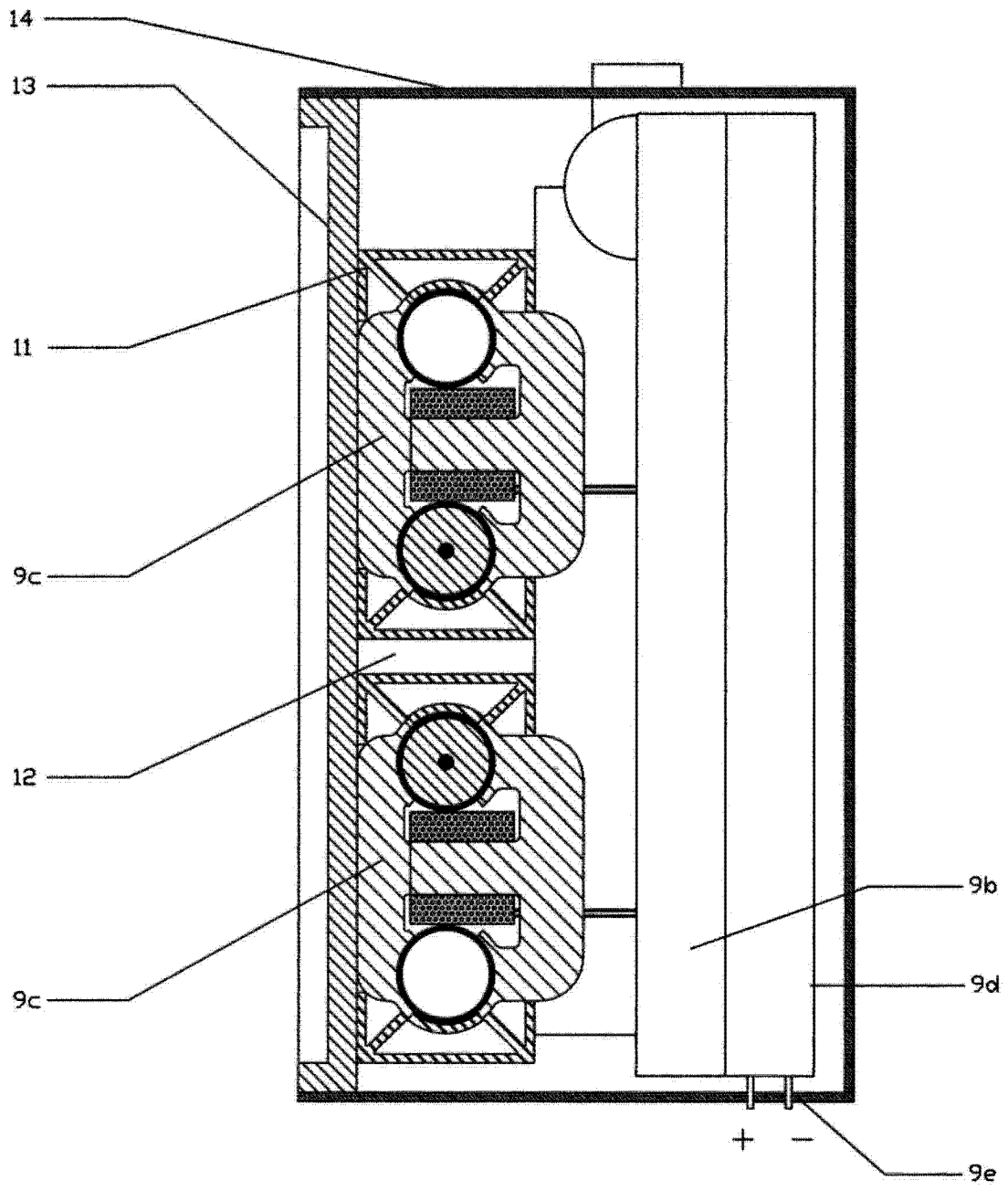


图 22

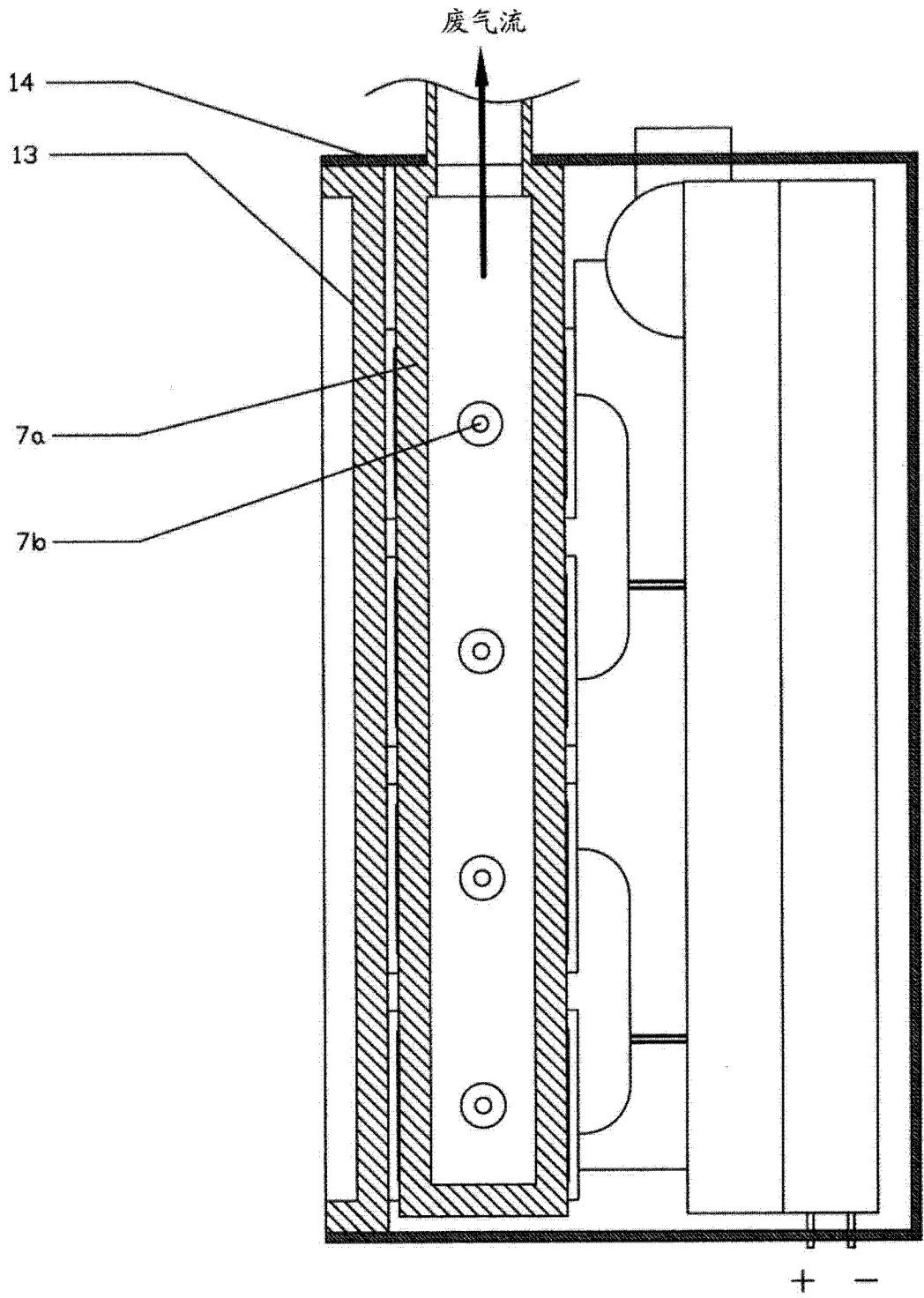


图 23