



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102105664 B

(45) 授权公告日 2013.03.20

(21) 申请号 201080002184.5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010.03.31

F02B 33/30(2006.01)

(30) 优先权数据

(56) 对比文件

61/170,452 2009.04.17 US

US 5205245 A, 1993.04.27, 全文.

US 5740767 A, 1998.04.21, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

CN 1225150 A, 1999.08.04, 全文.

2011.01.25

US 2009/0038597 A1, 2009.02.12, 全文.

US 4548175 A, 1985.10.22, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/029304 2010.03.31

审查员 田丹

(87) PCT申请的公布数据

W02010/120499 EN 2010.10.21

(73) 专利权人 史古德利集团有限责任公司

地址 美国马萨诸塞

(72) 发明人 斯蒂芬·史古德利

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 孙纪泉

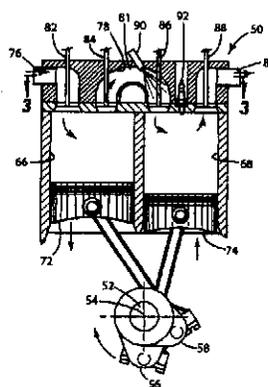
权利要求书 4 页 说明书 8 页 附图 6 页

(54) 发明名称

分开循环式发动机中的部分负载控制

(57) 摘要

一种发动机,包括可绕着曲柄轴轴线旋转的曲柄轴。压缩活塞可滑动地容纳在压缩气缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得压缩活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动。膨胀(动力)活塞可滑动地容纳在膨胀气缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得膨胀活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动。至少两个跨接通道使膨胀气缸和压缩气缸相互连接。所述至少两个跨接通道中的每一个都包括可操作以在其间限定压力室的跨接压缩(XovrC)阀和跨接膨胀(XovrE)阀。发动机通过仅利用选定的跨接通道控制和最大化部分负载时的效率。



1. 一种发动机,包括:

曲柄轴,所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转;

压缩活塞,所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩气缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得压缩活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动;

膨胀活塞,所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀气缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得膨胀活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动;和

使膨胀气缸和压缩气缸相互连接的至少两个跨接通道,所述至少两个跨接通道中的每一个都包括跨接压缩阀和跨接膨胀阀,所述跨接压缩阀和跨接膨胀阀可操作以在它们之间限定压力室;

其中压缩汽缸可操作以在曲柄轴的单次旋转期间吸入空气装载量并将所述装载量压入所述至少两个跨接通道中的至少一个中、但不是所有的跨接通道中。

2. 根据权利要求1所述的发动机,其中膨胀汽缸可操作以在曲柄轴的单次旋转期间接收来自所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道的流体。

3. 根据权利要求1所述的发动机,还包括:

至少两个燃料喷射器,每个燃料喷射器对应于所述至少两个跨接通道中的一个,每个燃料喷射器可操作以将燃料添加至对应的跨接通道的出口端;

其中发动机可操作以在曲柄轴的单次旋转期间将燃料添加至所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道的出口端。

4. 根据权利要求1所述的发动机,其中所述至少两个跨接通道中的第一跨接通道的容积在所述至少两个跨接通道中的第二跨接通道的容积的40%和60%之间。

5. 根据权利要求1所述的发动机,构造为使得在压缩活塞处于其下死点位置时压缩汽缸中装载量的压力小于1个大气压。

6. 一种发动机,包括:

曲柄轴,所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转;

压缩活塞,所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩气缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得压缩活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动;

膨胀活塞,所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀气缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得膨胀活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动;和

使膨胀气缸和压缩气缸相互连接的至少两个跨接通道,所述至少两个跨接通道中的每一个都包括跨接压缩阀和跨接膨胀阀,所述跨接压缩阀和跨接膨胀阀可操作以在它们之间限定压力室;

其中膨胀汽缸可操作以在曲柄轴的单次旋转期间接收来自所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道的流体。

7. 根据权利要求6所述的发动机,其中压缩汽缸可操作以在曲柄轴的单次旋转期间吸入空气装载量并将所述装载量压入所述至少两个跨接通道中的至少一个中、但不是所有的跨接通道中。

8. 根据权利要求6所述的发动机,还包括:

至少两个燃料喷射器,每个燃料喷射器对应于所述至少两个跨接通道中的一个,每个燃料喷射器可操作以将燃料添加至对应的跨接通道的出口端;

其中发动机可操作以在曲柄轴的单次旋转期间将燃料添加至所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道的出口端。

9. 根据权利要求 6 所述的发动机,其中所述至少两个跨接通道中的第一跨接通道的容积在所述至少两个跨接通道中的第二跨接通道的容积的 40%和 60%之间。

10. 根据权利要求 6 所述的发动机,构造为使得在压缩活塞处于其下死点位置时压缩汽缸中装载量的压力小于 1 个大气压。

11. 一种发动机,包括:

曲柄轴,所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转;

压缩活塞,所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩汽缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得压缩活塞可操作以在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动;

膨胀活塞,所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀汽缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得膨胀活塞可操作以在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动;

使膨胀汽缸和压缩汽缸相互连接的至少两个跨接通道,所述至少两个跨接通道中的每一个都包括跨接压缩阀和跨接膨胀阀,所述跨接压缩阀和跨接膨胀阀可操作以在它们之间限定压力室;和

至少两个燃料喷射器,每个燃料喷射器对应于所述至少两个跨接通道中的一个,每个燃料喷射器可操作以将燃料添加至对应的跨接通道的出口端;

其中发动机可操作以在曲柄轴的单次旋转期间将燃料添加至所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道的出口端。

12. 根据权利要求 11 所述的发动机,其中压缩汽缸可操作以在曲柄轴的单次旋转期间吸入空气装载量并将所述装载量压入所述至少两个跨接通道中的至少一个中、但不是所有的跨接通道中。

13. 根据权利要求 11 所述的发动机,其中膨胀汽缸可操作以在曲柄轴的单次旋转期间接收来自所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道的流体。

14. 根据权利要求 11 所述的发动机,其中所述至少两个跨接通道中的第一跨接通道的容积在所述至少两个跨接通道中的第二跨接通道的容积的 40%和 60%之间。

15. 根据权利要求 11 所述的发动机,构造为使得在压缩活塞处于其下死点位置时压缩汽缸中的装载量的压力小于 1 个大气压。

16. 一种在部分负载时控制发动机的方法,该发动机包括:曲柄轴,所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转;压缩活塞,所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩汽缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得压缩活塞可操作以在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动;膨胀活塞,所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀汽缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得膨胀活塞可操作以在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动;和使膨胀汽缸和压缩汽缸相互连接的至少两个跨接通道,所述至少两个跨接通道中的每一个都包括跨接压缩阀和跨接膨胀阀,所述跨接压缩阀和跨接膨胀阀可操作以在它们之间限定压力室,该方法包括下述步骤:

在曲柄轴的单次旋转期间启动跨接压缩阀中的至少一个、但不是所有的跨接压缩阀。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,还包括基于发动机的负载和速度中的至少一个确定启动哪个跨接压缩阀的步骤。

18. 根据权利要求 16 所述的方法,还包括在曲柄轴的单次旋转期间启动跨接膨胀阀中的至少一个、但不是所有的跨接膨胀阀的步骤。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,还包括基于发动机的负载和速度中的至少一个确定启动哪个跨接膨胀阀的步骤。

20. 根据权利要求 16 所述的方法,其中发动机还包括至少两个燃料喷射器,每个燃料喷射器对应于所述至少两个跨接通道中的一个,每个燃料喷射器可操作以将燃料添加至对应的跨接通道的出口端,该方法还包括下述步骤:

在曲柄轴的单次旋转期间将燃料添加至所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道的出口端。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,还包括基于发动机的负载和速度中的至少一个确定采用哪个燃料喷射器添加燃料的步骤。

22. 根据权利要求 16 所述的方法,其中所述至少两个跨接通道中的第一跨接通道的容积在所述至少两个跨接通道中的第二跨接通道的容积的 40%和 60%之间。

23. 根据权利要求 16 所述的方法,其中发动机构造为使得在压缩活塞处于其下死点位置时压缩汽缸中的装载量的压力小于 1 个大气压。

24. 一种在部分负载时控制发动机的方法,该发动机包括:曲柄轴,所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转;压缩活塞,所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩汽缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得压缩活塞可操作以在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动;膨胀活塞,所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀汽缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得膨胀活塞可操作以在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动;和使膨胀汽缸和压缩汽缸相互连接的至少两个跨接通道,所述至少两个跨接通道中的每一个都包括跨接压缩阀和跨接膨胀阀,所述跨接压缩阀和跨接膨胀阀可操作以在它们之间限定压力室,该方法包括下述步骤:

在曲柄轴的单次旋转期间启动跨接膨胀阀中的至少一个、但不是所有的跨接膨胀阀。

25. 根据权利要求 24 所述的方法,还包括基于发动机的负载和速度中的至少一个确定启动哪个跨接膨胀阀的步骤。

26. 根据权利要求 24 所述的方法,其中发动机还包括至少两个燃料喷射器,每个燃料喷射器对应于所述至少两个跨接通道中的一个,每个燃料喷射器可操作以将燃料添加至对应的跨接通道的出口端,该方法还包括下述步骤:

在曲柄轴的单次旋转期间将燃料添加至所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道的出口端。

27. 根据权利要求 26 所述的方法,还包括基于发动机的负载和速度中的至少一个确定采用哪个燃料喷射器添加燃料的步骤。

28. 根据权利要求 24 所述的方法,其中所述至少两个跨接通道中的第一跨接通道的容积在所述至少两个跨接通道中的第二跨接通道的容积的 40%和 60%之间。

29. 根据权利要求 24 所述的方法,其中发动机构造为使得在压缩活塞处于其下死点位置时压缩汽缸中的装载量的压力小于 1 个大气压。

30. 一种在部分负载时控制发动机的方法,该发动机包括:曲柄轴,所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转;压缩活塞,所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩汽缸内并且操作性地连接

到曲柄轴,使得压缩活塞可操作以在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动;膨胀活塞,所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀气缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得膨胀活塞可操作以在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动;使膨胀气缸和压缩气缸相互连接的至少两个跨接通道,所述至少两个跨接通道中的每一个都包括跨接压缩阀和跨接膨胀阀,所述跨接压缩阀和跨接膨胀阀可操作以在它们之间限定压力室;和至少两个燃料喷射器,每个燃料喷射器对应于所述至少两个跨接通道中的一个,每个燃料喷射器可操作以将燃料添加至对应的跨接通道的出口端,该方法包括下述步骤:

在曲柄轴的单次旋转期间将燃料添加至所述跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道的出口端。

31. 根据权利要求 30 所述的方法,还包括基于发动机的负载和速度中的至少一个确定采用哪个燃料喷射器添加燃料的步骤。

32. 根据权利要求 30 所述的方法,还包括在曲柄轴的单次旋转期间启动跨接压缩阀中的至少一个、但不是所有的跨接压缩阀的步骤。

33. 根据权利要求 32 所述的方法,还包括基于发动机的负载和速度中的至少一个确定启动哪个跨接压缩阀的步骤。

34. 根据权利要求 30 所述的方法,还包括在曲柄轴的单次旋转期间启动跨接膨胀阀中的至少一个、但不是所有的跨接膨胀阀的步骤。

35. 根据权利要求 31 所述的方法,还包括基于发动机的负载和速度中的至少一个确定启动哪个跨接膨胀阀的步骤。

36. 根据权利要求 30 所述的方法,其中所述至少两个跨接通道中的第一跨接通道的容积在所述至少两个跨接通道中的第二跨接通道的容积的 40%和 60%之间。

37. 根据权利要求 30 所述的方法,其中发动机构造为使得在压缩活塞处于其下死点位置时压缩汽缸中的装载量的压力小于 1 个大气压。

分开循环式发动机中的部分负载控制

技术领域

[0001] 本发明大体涉及控制和最大化在部分负载条件下运行的分开循环式发动机的效率。

背景技术

[0002] 为了清楚起见,在本申请中所使用的术语“传统发动机”表示其中公知的奥托(Otto)或狄塞尔(Diesel)循环的所有四个冲程(即,进气冲程、压缩冲程、膨胀冲程和排气冲程)包括在发动机的每一个活塞/气缸组合中的内燃机。每个冲程需要曲轴旋转一半(180度曲柄角(CA)),而且需要两次完整的曲轴旋转(720度CA),以在传统发动机的每个汽缸中完成完整的奥托或狄塞尔循环。

[0003] 此外,为了清楚起见,应用到现有技术中所公开的发动机和本申请中所涉及的术语“分开循环式发动机”定义如下。

[0004] 分开循环式发动机主要包括:

[0005] 曲柄轴,所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转;

[0006] 压缩活塞,所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩气缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得压缩活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动;

[0007] 膨胀(动力)活塞,所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀气缸内并且操作性地连接到曲柄轴,使得膨胀活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动;和

[0008] 使膨胀气缸和压缩气缸相互连接的跨接通道,所述跨接通道包括在其间限定压力室的跨接压缩(XovrE)阀和跨接膨胀(XovrE)阀。

[0009] 分开循环式发动机用一个压缩汽缸和一个膨胀汽缸的组合代替传统发动机的两个相邻汽缸。奥托或狄塞尔循环的四个冲程在两个汽缸上“分开”,并且使得压缩汽缸供给进气冲程和压缩冲程,膨胀汽缸供给膨胀冲程和排气冲程。因此曲柄轴每旋转一次(360度CA)就在这两个汽缸中完成奥托或狄塞尔循环。

[0010] 2003年4月8日授权给Carmelo J. Scuderi美国专利No. 6,543,225(“Scuderi专利”)和2005年10月11日授权给David P. Branyon等的美国专利No. 6,952,923(“Branyon专利”)都包括分开循环式和类似类型的发动机的详尽描述。此外,Scuderi和Branyon专利披露了本发明包括它的进一步发展的发电机的现有形式。

[0011] 分开循环式发动机通常在奥托或狄塞尔循环的所有四个冲程期间将跨接通道中的压力维持在高的最小压力(通常20巴或更高)。在跨接通道中维持最大压力水平产生最高的效率水平。

[0012] 此外,火花点燃(或奥托)分开循环式发动机优选在火花点燃之前在膨胀汽缸维持合适的空气和燃料的混合物。按化学计量的空气/燃料混合物(约为空气与燃料质量比的14.7倍)是理想的。富油混合气(小于空气与燃料质量比的约14.7倍)会留下多余的燃料,这降低了效率。贫油混合物(多于空气与燃料质量比的约14.7倍)会产生太多用于

催化式转换器（未示出）以致不能处理的氮氧化物（NO_x），造成不可接受的 NO_x 排放水平。

[0013] 在现有的分开循环式发动机中，一个或多个跨接通道中的每一个的 XovrC 阀、XovrE 阀和燃料喷射器同步操作。换句话说，如果存在多个跨接通道，则所有的 XovrC 阀约同时打开和关闭，所有的 XovrE 阀约同时打开和关闭，所有的燃料喷射器约同时将约相同量的燃料注射到它们对应的跨接通道中。

[0014] 火花点燃（或奥托）分开循环式发动机可以通过改变进入压缩汽缸的空气质量控制负载。这可以通过利用进气阀的可变阀动进行，虽然也可以采用节流阀。在部分负载条件下，压缩汽缸的进气阀通常在压缩活塞处于其向下冲程时（即，当压缩活塞从汽缸盖移开时）关闭。结果是，压缩汽缸不能吸入空气的完全装载量。换句话说，在部分负载条件下，当压缩活塞处于其下死点位置时，压缩汽缸中的压力通常小于 1 大气压。

[0015] 通过改变进入压缩汽缸的空气质量控制负载允许火花点燃（或奥托）分开循环式发动机以在膨胀汽缸中保持恰当的空气和燃料的混合物。然而，以这种方式控制负载可能具有不利的影响。在现有的分开循环式发动机中，压缩汽缸中未完全装载的空气减低一个或多个跨接通道中的压力，因为同样质量的空气未被像以全负载移动 / 压缩那样移动 / 压缩到一个或多个跨接通道。这当然不能在跨接通道保持期望的最大压力水平，并且会将压力降低到低于分开循环式发动机的前述高的最小压力要求（通常 20 巴或更高）。

[0016] 因此，存在对在部分负载条件下满足分开循环式发动机的一个或多个跨接通道的高的最小压力的需求。更特别地，存在对最大化在部分负载下运行的火花点燃分开循环式发动机的一个或多个跨接通道中的压力的需求。

发明内容

[0017] 本发明为在部分负载下运行的分开循环式发动机提供对上述跨接通道压力问题的解决方案。特别地，通过提供多个跨接通道，并且在部分负载时仅利用不需要是所有的跨接通道的选定的跨接通道，本发明大体上解决了这些问题。

[0018] 在本发明的示例性实施方式中，这些和其它优点可以通过提供一种发动机实现，该发动机包括：曲柄轴，所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转；压缩活塞，所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩汽缸内并且操作性地连接到曲柄轴，使得压缩活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动；膨胀（动力）活塞，所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀汽缸内并且操作性地连接到曲柄轴，使得膨胀活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动；和使膨胀汽缸和压缩汽缸相互连接的至少两个跨接通道，所述至少两个跨接通道中的每一个都包括可操作以在其间限定压力室的跨接压缩（XovrC）阀和跨接膨胀（XovrE）阀，其中压缩汽缸可操作以在曲柄轴的单次旋转期间吸入空气装载量并将所述装载量压入所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道中。

[0019] 在本发明的其它实施方式中这些和其它优点可以通过提供一种发动机实现，该发动机包括：曲柄轴，所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转；压缩活塞，所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩汽缸内并且操作性地连接到曲柄轴，使得压缩活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动；膨胀（动力）活塞，所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀汽缸内并且操作性地连接到曲柄轴，使得膨胀活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程

和排气冲程而往复运动；和使膨胀气缸和压缩气缸相互连接的至少两个跨接通道，所述至少两个跨接通道中的每一个都包括可操作以在其间限定压力室的跨接压缩 (XovrC) 阀和跨接膨胀 (XovrE) 阀，其中膨胀气缸可操作以在曲柄轴的单次旋转期间从所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道接收流体。

[0020] 在本发明的其它实施方式中这些和其它优点可以通过提供一种发动机实现，该发动机包括：曲柄轴，所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转；压缩活塞，所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩气缸内并且操作性地连接到曲柄轴，使得压缩活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动；膨胀（动力）活塞，所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀气缸内并且操作性地连接到曲柄轴，使得膨胀活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动；使膨胀气缸和压缩气缸相互连接的至少两个跨接通道，所述至少两个跨接通道中的每一个都包括可操作以在其间限定压力室的跨接压缩 (XovrC) 阀和跨接膨胀 (XovrE) 阀；和至少两个燃料喷射器，每个燃料喷射器对应于所述至少两个跨接通道中的一个，每个燃料喷射器可操作以将燃料添加至对应的跨接通道的出口端，其中发动机可操作以在曲柄轴的单次旋转期间将燃料添加至所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道的出口端。

[0021] 任选地，在这三种实施方式中，膨胀气缸可以可操作以在曲柄轴的单次旋转期间从所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道接收流体。压缩气缸可以可操作以在曲柄轴的单次旋转期间吸入空气装载量并将所述装载量压入所述至少两个跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道中。所述至少两个跨接通道中的第一跨接通道的容积可以在所述至少两个跨接通道中的第二跨接通道的容积的 40% 和 60% 之间。该发动机可以构造为使得在压缩活塞处于其下死点位置时压缩气缸中的装载量的压力小于 1 个大气压。

[0022] 在本发明的其它实施方式中这些和其它优点可以通过提供一种在部分负载时控制发动机的方法，该发动机包括：曲柄轴，所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转；压缩活塞，所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩气缸内并且操作性地连接到曲柄轴，使得压缩活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动；膨胀（动力）活塞，所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀气缸内并且操作性地连接到曲柄轴，使得膨胀活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动；和使膨胀气缸和压缩气缸相互连接的至少两个跨接通道，所述至少两个跨接通道中的每一个都包括可操作以在其间限定压力室的跨接压缩 (XovrC) 阀和跨接膨胀 (XovrE) 阀，该方法包括在曲柄轴的单次旋转期间启动跨接压缩 (XovrC) 阀中的至少一个的、但不是所有的跨接压缩 (XovrC) 阀的步骤。

[0023] 在本发明的其它实施方式中这些和其它优点可以通过提供一种在部分负载时控制发动机的方法，该发动机包括：曲柄轴，所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转；压缩活塞，所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩气缸内并且操作性地连接到曲柄轴，使得压缩活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动；膨胀（动力）活塞，所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀气缸内并且操作性地连接到曲柄轴，使得膨胀活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动；和使膨胀气缸和压缩气缸相互连接的至少两个跨接通道，所述至少两个跨接通道中的每一个都包括可操作以在其间限定压力室的跨接压缩 (XovrC) 阀和跨接膨胀 (XovrE) 阀，该方法包括在曲柄轴的单次旋转期间启动跨接

膨胀 (XovrE) 阀中的至少一个的、但不是所有的跨接膨胀 (XovrE) 阀的步骤。

[0024] 在本发明的其它实施方式中这些和其它优点可以通过提供一种在部分负载时控制发动机的方法, 该发动机包括: 曲柄轴, 所述曲柄轴可绕着曲柄轴轴线旋转; 压缩活塞, 所述压缩活塞可滑动地容纳在压缩气缸内并且操作性地连接到曲柄轴, 使得压缩活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动; 膨胀 (动力) 活塞, 所述膨胀活塞可滑动地容纳在膨胀气缸内并且操作性地连接到曲柄轴, 使得膨胀活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动; 使膨胀气缸和压缩气缸相互连接的至少两个跨接通道, 所述至少两个跨接通道中的每一个都包括可操作以在其间限定压力室的跨接压缩 (XovrC) 阀和跨接膨胀 (XovrE) 阀; 和至少两个燃料喷射器, 每个燃料喷射器对应于所述至少两个跨接通道中的一个, 每个燃料喷射器可操作以将燃料添加至对应的跨接通道的出口端, 该方法包括在曲柄轴的单次旋转期间将燃料添加至所述跨接通道中的至少一个的、但不是所有的跨接通道的出口端的步骤。

[0025] 任选地, 在这三种实施方式中, 该方法还可以包括基于发动机的负载和速度中的至少一个确定采用哪个燃料喷射器添加燃料的步骤。该方法可以包括基于发动机的负载和速度中的至少一个确定启动哪个跨接膨胀 (XovrE) 阀的步骤。该方法可以包括基于发动机的负载和速度中的至少一个确定启动哪个跨接压缩 (XovrC) 阀的步骤。所述至少两个跨接通道中的第一跨接通道的容积可以在所述至少两个跨接通道中的第二跨接通道的容积的 40% 和 60% 之间。该发动机可以构造为使得在压缩活塞处于其下死点位置时压缩汽缸中的装载量的压力小于 1 个大气压。

[0026] 根据本发明接下来参照附图的详细描述, 将更全面地理解本发明的这些和其它特征和优点。

附图说明

[0027] 在附图中:

[0028] 图 1 为根据本发明的分开循环式发动机的剖视图;

[0029] 图 2 和 3 沿着图 1 中的线 3-3 截取的分开循环式发动机的剖面顶视图; 以及

[0030] 图 3 至 10 为根据本发明的分开循环式发动机的第二实施方式的剖面顶视图。

具体实施方式

[0031] 参照图 1, 数字 50 大体表示根据本发明的分开循环式发动机。分开循环式发动机 50 包括可绕着曲柄轴轴线 54 旋转的曲柄轴 52。压缩活塞 72 可滑动地容纳在压缩气缸 66 内并且操作性地连接到曲柄轴 52, 使得压缩活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过进气冲程和压缩冲程而往复运动。膨胀 (动力) 活塞 74 可滑动地容纳在膨胀汽缸 68 内并且操作性地连接到曲柄轴 52, 使得膨胀活塞在曲柄轴的单次旋转期间通过膨胀冲程和排气冲程而往复运动。至少两个跨接通道 78 使膨胀气缸 66 和压缩气缸 68 相互连接。每个跨接通道包括跨接压缩 (XovrE) 阀 84 和跨接膨胀 (XovrE) 阀 86, 跨接压缩 (XovrC) 阀和跨接膨胀 (XovrE) 阀可操作以在它们之间限定压力室 81。

[0032] 在进气冲程期间, 通过向内开口 (向汽缸内开口) 提升进气阀 82 而将进气从进气通道 76 吸入压缩汽缸 66。在压缩冲程期间, 压缩活塞 72 对空气装载量加压并将空气装载

量驱动通过用作膨胀汽缸 68 的进气通道的跨接通道 78。

[0033] 分开循环式发动机 50 的压缩汽缸的体积压缩比在此称为分开循环式发动机的“压缩比”。分开循环式发动机的膨胀汽缸的体积压缩比在此称为分开循环式发动机的“膨胀比”。由于压缩汽缸 66 中的非常高的压缩比（如，40 比 1，80 比 1，或更大），在所述一个或多个跨接通道 78 中的每一个的进口处的向外开口（从汽缸向外开口）提升跨接压缩（XovrC）阀 84，被用来控制从压缩汽缸 66 进入一个或多个跨接通道 78 中的流动。由于膨胀汽缸 68 中的非常高的膨胀比（如，40 比 1，80 比 1，或更大），在所述一个或多个跨接通道 78 中的每一个的出口处的向外开口提升跨接膨胀（XovrE）阀 86，控制从所述一个或多个跨接通道 78 进入膨胀汽缸 68 中的流动。通常，XovrC 阀 84 和 XovrE 阀 86 的致动速率和相位调整可被定时以在奥托或狄塞尔循环的所有四个冲程期间将所述一个或多个跨接通道 78 中的压力保持在高的最小压力（通常 20 巴或更高）。

[0034] 一个或多个燃料喷射器 90（每个跨接通道 78 用一个燃料喷射器）响应 XovrE 阀 86 的打开，在所述一个或多个跨接通道 78 的出口端处将燃料喷射到加压空气中，XovrE 阀 86 的打开在膨胀活塞 74 到达其上死点位置之前很短的时间内发生。燃料-空气装载量在膨胀活塞 74 到达其上死点位置之后在非常短的时间内完全地进入膨胀汽缸 68。当膨胀活塞 74 开始从其上死点位置下降时，并且当 XovrE 阀 86 仍然打开时，火花塞 92 点火，以开始燃烧（通常在膨胀活塞 74 的上死点之后的 10 至 20 度 CA 之间）。XovrE 阀 86 随后在所产生的燃烧活动可以进入所述一个或多个跨接通道 78 之前关闭。燃烧活动在动力冲程中向下驱动膨胀活塞 74。在排气冲程期间，废气被抽出膨胀汽缸 68，通过向内开口提升排气阀 88 进入废气通道 80。

[0035] 采用分开循环式发动机观念，压缩汽缸和膨胀汽缸的几何发动机参数（即，孔径、冲程、连杆长度、压缩比等）大体彼此独立。例如，压缩汽缸 66 和膨胀汽缸 68 的曲柄行程 56，58 分别可以具有不同的半径，并且可以彼此相位分开，其中膨胀活塞 74 的上死点（TDC）在压缩活塞 72 的 TDC 之前出现。这种独立性使得分开循环式发动机可能实现比典型的四冲程发动机更高的效率水平和更大的扭矩。

[0036] 第一示例性实施方式

[0037] 现在转向图 2 和 3，根据本发明的第一实施方式设置了大致相同容积的两个跨接通道 78。每个跨接通道 78 设计为曲柄轴 52 在特定发动机速度下的单次旋转期间处理（即，经由 XovrC 84 输入或经由 XovrE 86 输出）的最大空气质量大致相同。

[0038] 在满负载时，两个跨接通道 78 都被利用。这意味着在曲柄轴的单次旋转期间，对应于两个跨接通道 78 的 XovrC 阀 84 致动（即，打开和关闭），两个燃料喷射器 90 都将燃料喷射到它们对应的跨接通道 78 的出口端中，并且对应两个跨接通道 78 的 XovrE 阀 86 打开和关闭。两个跨接通道 78 的这种利用在图 3 中由将燃料喷射到对应的跨接通道 78 的出口端中的两个燃料喷射器 90 图示。

[0039] 在部分负载时，发动机 50' 的电子控制单元（ECU）（未示出）选择跨接通道 78 中的至少一个利用。例如，在半负载时，压缩汽缸吸入（或接收）空气质量。在半负载时，该空气质量可以大致匹配跨接通道 78 中的任一个设计为在曲柄轴 52 旋转期间处理的最大空气质量。因此，ECU 选择两个跨接通道 78 中的一个利用。仅一个跨接通道 78 的利用在图 2 中由仅一种燃料喷雾示出，所述一种燃料喷雾由从燃料喷射器 90 的尖端向外并向 XovrE

阀 86 展开的虚线指示。未被利用的跨接通道 78 (在图 2 中由其对应的未喷射燃料喷雾的燃料喷射器 90 示出) 通过不致动该跨接通道的 XovrC 阀 84 和 XovrE 阀 86 而释放。假设在该实施方式中跨接通道 78 具有大致相同的尺寸, 则前述选择可以基于诸如发动机 50 的先前循环对发动机有什么样的影响之类的因素。例如, 如果在该实施方式中, 发动机 50 仅包括具有大约相同尺寸的两个跨接通道 78, 则在两个跨接通道中的每一个的利用之间交替会是有利的, 因为这样做可以有利于使膨胀汽缸 68 的汽缸壁变湿。

[0040] 第二示例性实施方式

[0041] 现在转向图 4 至 10, 根据本发明的第二实施方式设置了三个跨接通道 94、96、98, 每个跨接通道的容积不同。在附图中示出的实施方式中, 最大的跨接通道 94 设计为在曲柄轴 52 以特定发送机速度下的单次旋转期间处理 (即, 经由 XovrC 84 输入和 / 或经由 XovrE 86 输出) 的最大空气质量可以约为变量 X 的 4 倍 (即, 4X)。第二最小 (或第二最大) 跨接通道 96 设计为在曲柄轴 52 以特定发送机速度下的单次旋转期间处理 (即, 经由 XovrC 84 输入和 / 或经由 XovrE 86 输出) 的最大空气质量可以约为变量 X 的 2 倍 (即, 2X)。最小跨接通道 98 设计为在曲柄轴 52 以特定发送机速度下的单次旋转期间处理 (即, 经由 XovrC 84 输入和 / 或经由 XovrE 86 输出) 的最大空气质量可以约为变量 X (即, X)。

[0042] 第二实施方式中的跨接通道 94、96、98 的容积以双态配置设计, 以最大化选择跨接通道 94、96、98 的不同组合时最大质量组合的数量。在该第二实施方式中, 跨接通道 94、96、98 存在七种不同的组合, 所述组合可以具有该组合在曲柄轴 52 的单次旋转期间可以处理的不同的最大空气质量, 如下表 I 所示。

[0043] 表 I

[0044]

	跨接通道 94	跨接通道 96	跨接通道 98	每次曲柄轴旋转可处理的最大质量
图 4	0	0	1	1X
图 5	0	1	0	2X
图 6	0	1	1	3X
图 7	1	0	0	4X
图 8	1	0	1	5X
图 9	1	1	0	6X
图 10	1	1	1	7X

[0045] 0 = 跨接通道未被选择

[0046] 1 = 跨接通道被选择

[0047] 图 4 至 10 示出了如在表 I 的左手栏表示的跨接通道的每种组合。例如, 在图 4 中仅跨接通道 98 被利用 (如在图 4 中仅由跨接通道 98 中的一种燃料喷雾所指示)。图 5 至 10 示出了可以利用的跨接通道 94、96、98 的其它各种组合 (每一种由该图中的燃料喷雾指示)。

[0048] 为第一和第二实施方式选择跨接通道

[0049] 发动机 50' 的电子控制单元 (ECU) 使用发动机负载和发动机速度以确定第一实施方式的多个跨接通道 78 或第二实施方式的多个跨接通道 94、96、98 中的哪个 (如, 用于将空气压入、将燃料注入和给膨胀汽缸 68 供给动力) 被利用于曲柄轴 52 的每次旋转。理想地, 应当选择合适的跨接通道 78 或 94、96、98 (其没有必要是所有的跨接通道 78 或 94、96、98), 以便与发动机 10 满负载下运行时跨接通道 78 或 94、96、98 中的压力相比, 跨接通道 78 或 94、96、98 中没有压力降。理想情形不是总可行的或实际的, 然而, 本发明目的在于利用合适的跨接通道 78 或 94、96、98 (其可以少于所有的跨接通道 78 或 94、96、98), 以便最小化跨接通道 78 或 94、96、98 中的压力降。

[0050] 每个跨接通道 78 或 94、96、98 设计为在曲柄轴 52 在特定发动机速度下的单次旋转期间经由其 XovrC 阀 84 输入 (或接收) 特定的最大空气质量和经由其 XovrE 阀 86 输出特定的最大空气质量。在第一实施方式中, 用于每个跨接通道的这两种最大质量通常是相同的值。换句话说, 每个跨接通道 78 大体设计为在曲柄轴 52 在特定发动机速度下的单次旋转期间输入 (或接收) 和输出相同的空气质量。在第二实施方式中, 每个跨接通道 94、96、98 大体设计为在曲柄轴 52 在特定发动机速度下的单次旋转期间输入 (或接收) 和输出多倍的空气质量 X。

[0051] ECU 确定压缩汽缸 66 在发动机 50 的任何给定进气冲程过程中吸入 (或接收) 的空气质量。ECU 随后基于发动机速度和负载确定跨接通道 78 或 94、96、98 在曲柄轴 52 的单次旋转期间可以处理的最大质量。任何单独的跨接通道 78 或 94、96、98 在曲柄轴的单次旋转期间可以处理的最大质量可以被预编程到 ECU 中, 或者可替换地, ECU 可以在发动机 50 运行期间计算这些值。在任何情况中, ECU 将压缩汽缸 66 在任何给定进气冲程中吸入 (或接收) 的空气质量与跨接通道 78 或 94、96、98 的各种不同组合在曲柄轴 52 的单次旋转期间可以处理的最大质量相比较。

[0052] 表 I 示出根据本发明的第二实施方式的跨接通道 94、96、98 组合和最大质量的示例性列表。ECU 优选地选择这种列表中的超过压缩汽缸 66 在发动机 50 的进气冲程期间吸入 (或接收) 的空气量的最小值。例如, 对于变量 X4.5 倍的空气质量 (即, 4.5X), ECU 将选择如图 8 所示的跨接通道 94 和 98, 因为跨接通道 94 和 98 在曲柄轴 52 的单次旋转期间一起可以处理 5X 的最大质量。5X 的最大质量是超过 4.5X 的跨接通道 94、96、98 的任何组合的最小的最大可处理空气质量。

[0053] 分开循环式发动机 50 在发动机 50 的压缩和动力冲程期间仅利用选择的跨接通道 78 或 94、96、98 (如, 上述例子中的跨接通道 94、98), 所述压缩和动力冲程期间紧跟着发动机 50 的进气冲程之后, 在所述进气冲程期间选择跨接通道 78 或 94、96、98。这意味着仅对应于选定的跨接通道 78 的 XovrC 阀 84 在曲柄轴 52 的后续旋转期间启动 (如, 打开和 / 或关闭), 使得由压缩活塞 72 压缩的空气仅被压入选定的跨接通道 78 或 94、96、98 中。仅设置在选定的跨接通道 78 或 94、96、98 中的燃料喷射器 90 用来在曲柄轴 52 的后续旋转期间将燃料喷射到仅选定的接通道 78 或 94、96、98 的出口端中。并且, 仅对应于选定的跨接通道 78 的 XovrE 阀 86 在曲柄轴 52 的后续旋转期间启动 (如, 打开和 / 或关闭), 以允许空气 / 燃料仅从选定的跨接通道 78 或 94、96、98 流入膨胀汽缸 68。通过不启动对应于未被选定的跨接通道的 XovrC 阀和 XovrE 阀, 释放未被选定的跨接通道。

[0054] 上述系统量化在分开循环式发动机 50 的给定进气冲程期间由压缩汽缸 66 接收进入到一组跨接通道 78 或 94、96、98 中以及在分开循环式发动机 50 的后续压缩和动力冲程期间利用的空气质量,这 (1) 最小化了跨接通道 78 或 94、96、98 中的压力损失,且 (2) 最大化跨接通道 78 或 94、96、98 中的压力。这使得分开循环式发动机能够在部分负载条件下运行,同时在其跨接通道 78 或 94、96、98 中维持高的最小压力。

[0055] 虽然已经参照具体实施方式描述了本发明,但应当理解,在所描述的创造性观念的精神和范围内可以进行多种改变。因此,意图是本发明不限于所描述的实施方式,而是它具有由接下来的权利要求的语言限定的整个范围。

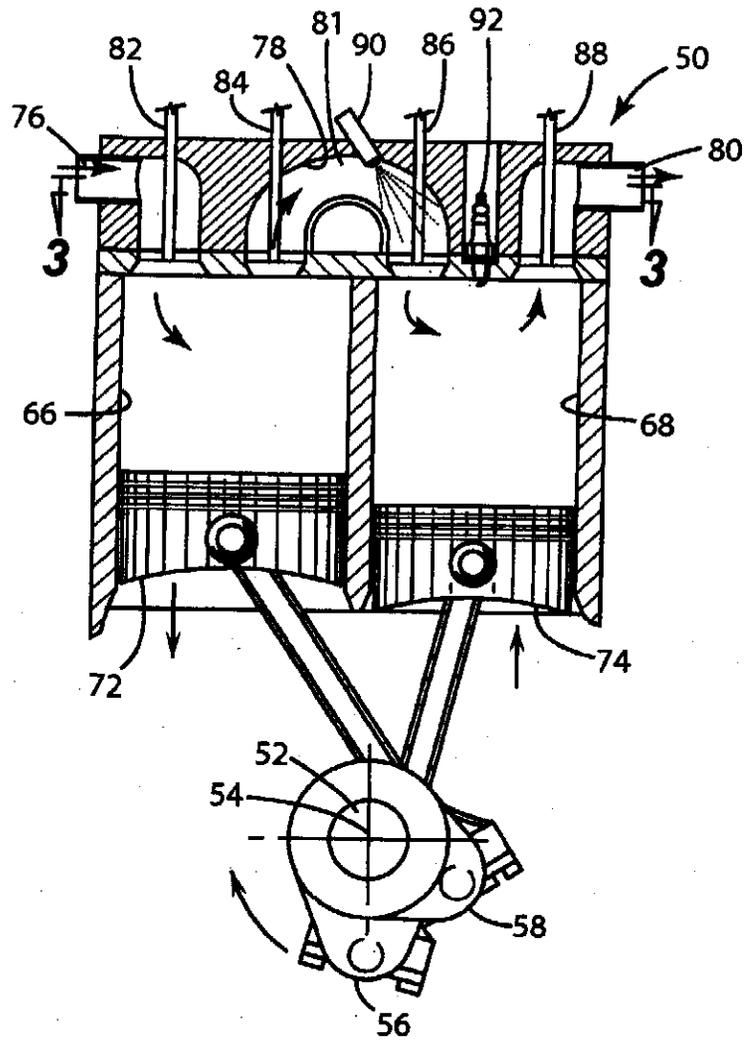


图 1

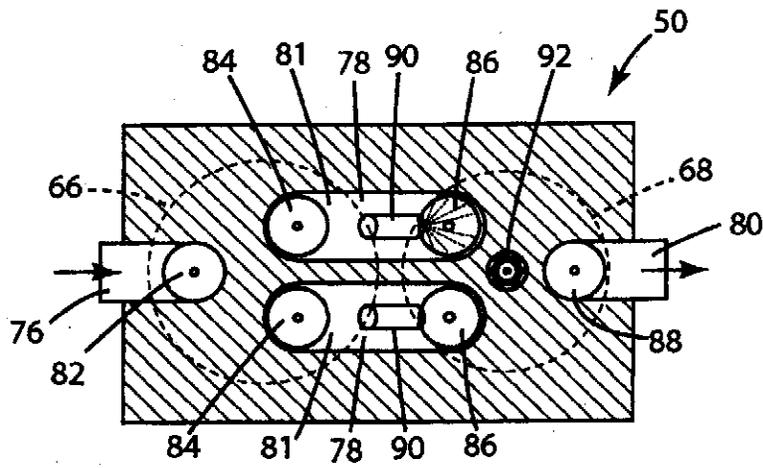


图 2

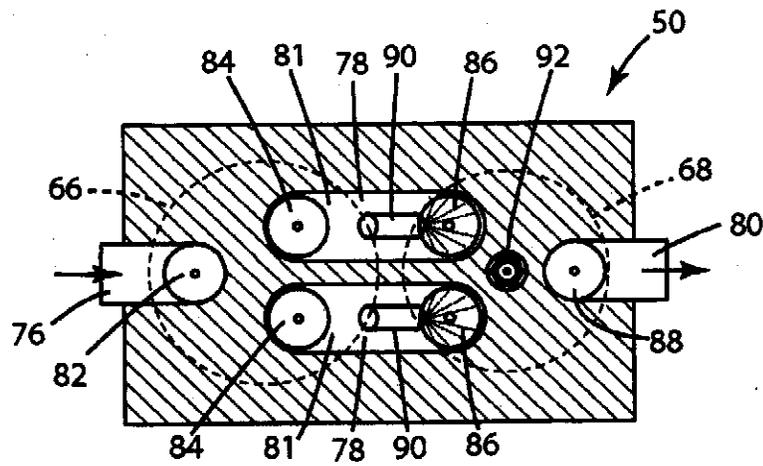


图 3

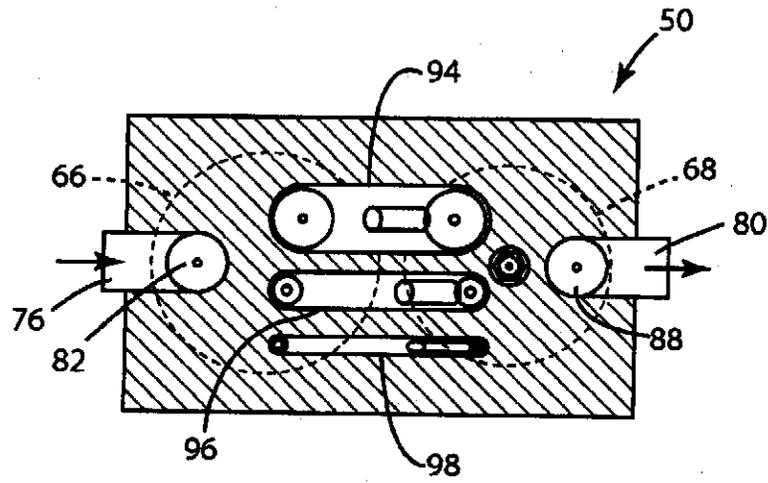


图 4

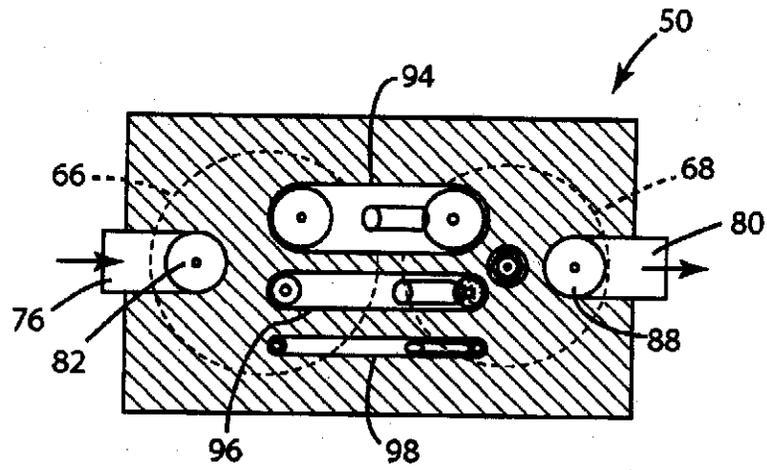


图 5

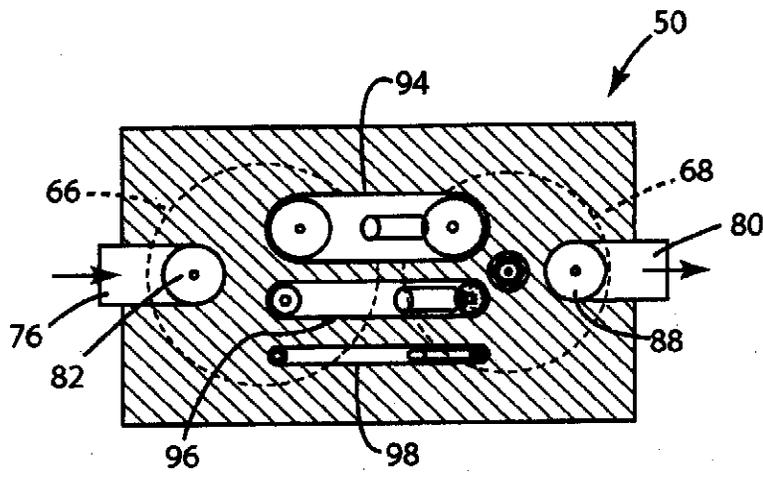


图 6

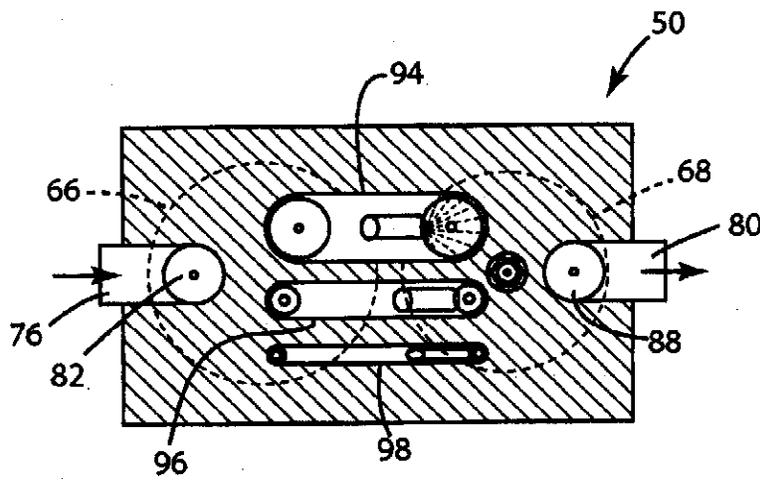


图 7

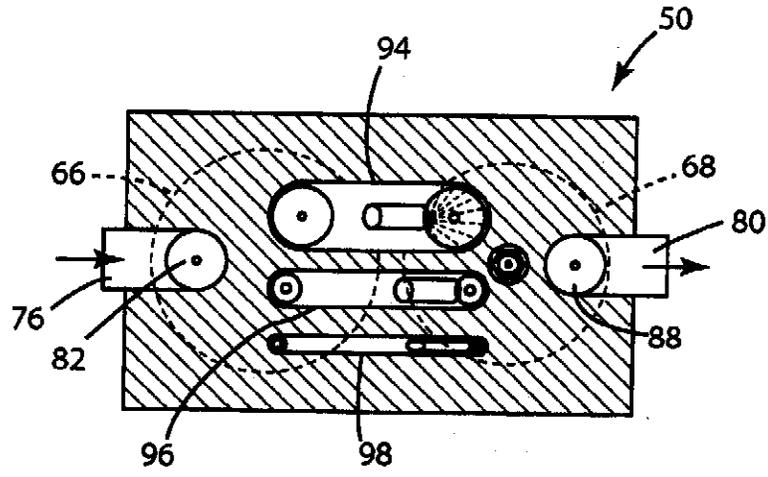


图 8

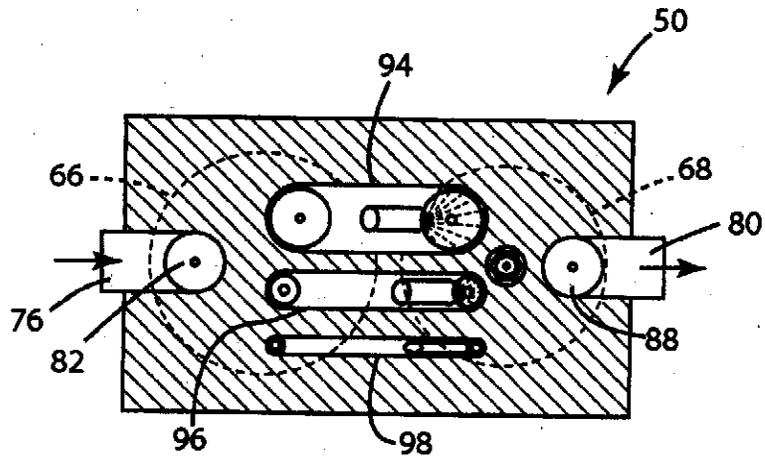


图 9

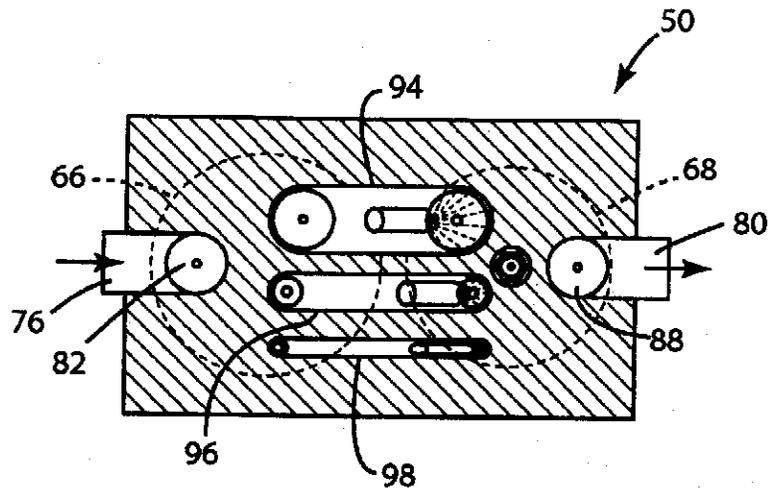


图 10