



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101675216 B

(45) 授权公告日 2012.09.26

(21) 申请号 200780052612.3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2007.10.04

F01L 9/02(2006.01)

(30) 优先权数据

(56) 对比文件

11/787,295 2007.04.16 US

US 5713316 A, 1998.02.03,

(85) PCT申请进入国家阶段日

US 5988124 A, 1999.11.23,

2009.10.16

WO 2006/121637 A1, 2006.11.16,

(86) PCT申请的申请数据

US 5193495 A, 1993.03.16,

PCT/US2007/021339 2007.10.04

US 4934652 A, 1990.06.19,

(87) PCT申请的公布数据

CN 1544800, 2004.11.10,

W02008/130374 EN 2008.10.30

审查员 石科峰

(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 姜征

(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 张成新

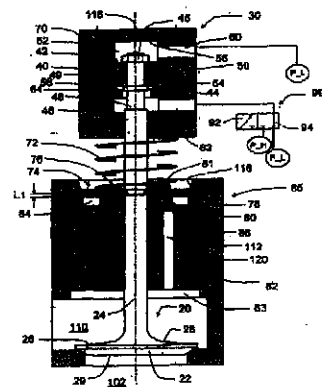
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 5 页

(54) 发明名称

带有气动增力器的可变气门致动器

(57) 摘要

本发明公开提供一种带有气动增力器的可变气门致动器。致动器包括：驱动件，驱动件包括限定纵向轴线的壳体、能够至少沿第一纵向方向产生致动力的致动机构、以及一端可操作地相连于致动机构的至少一部分而另一端可操作地相连于诸如发动机气门这样的负载的杆件；至少一个回程弹簧，通过弹簧座组件可操作地连接于杆件，并沿第二方向偏压杆件；和气动增力器，进一步包括气动气缸、通过弹簧座组件可操作地连接于杆件并沿第一方向偏压杆件的气动活塞、在气动气缸和高压气源之间提供受控制的流体连通的充气机构、及在气动气缸和低压气汇之间提供受控制的流体连通的泄气机构。



CN 101675216 B

1. 一种致动系统,包括:

气门 (20),包括气门杆 (24),气门 (20) 可操作以沿着通过气门杆 (24) 延伸的纵轴 (116) 在离开发动机气缸 (102) 的第一方向和朝向发动机气缸 (102) 的第二方向上移动,并且可操作以控制通道 (110) 与发动机气缸 (102) 之间的流体连通;

气动增力器 (85),包括气动活塞 (78/80/80b),可操作地与气门杆 (24) 连接,并且至少在气动活塞的部分行进范围可滑动地设置在气动气缸 (84) 中;气动增力器 (85) 进一步包括充气机构,该充气机构可操作以通过来自高压气源的加压气体的充气流向气动气缸 (84) 充气,从而向气动活塞 (78/80/80b) 施加压力,其中,气动增力器 (85) 可操作以在第一方向向气门 (20) 施加增力;和

泄气机构,可操作以便当气门 (20) 处于在第一方向的行进的第一预定的非零距离 (L1) 内时,保持气动气缸 (84) 内大致气密密封并且可操作以便当气门 (20) 在第一方向行进至少第一预定的非零距离 (L1) 时,从气动气缸 (84) 排放加压气体,

其中所述气门 (20) 是向外打开的气门,该气门在第一方向上打开。

2. 根据权利要求 1 所述的致动系统,进一步包括:

至少一个回程弹簧 (72),其可操作以便通过在第二方向对气门 (20) 施加弹簧力,在第二方向偏压气门 (20);和

驱动件 (30/130),可操作以在第一方向对气门 (20) 施加致动力,使得致动力和增力的结合至少克服弹簧力。

3. 根据权利要求 2 所述的致动系统,其中,至少一个回程弹簧 (72) 是气动弹簧。

4. 根据权利要求 2 所述的致动系统,其中,驱动件 (30/130) 是流体驱动件 (30)。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动系统,其中,

充气机构包括控制机构,控制机构可操作以调整到气动气缸 (84) 的加压气体的充气流,所述控制机构包括在气门杆 (22) 上的沉割槽 (104) 和气孔门 (89);和

其中,控制机构可操作使得当气孔门 (89) 与沉割槽 (104) 纵向重叠时所述充气流打开;以及当气孔门 (89) 与沉割槽 (104) 纵向错开时所述充气流关闭。

6. 根据权利要求 5 所述的致动系统,其中,控制机构可操作使得当气门 (20) 在第一方向行进第二预定的非零距离 (L2) 时,气孔门 (89) 与沉割槽 (104) 错开;其中第二预定的非零距离 (L2) 等于或者短于第一预定非零距离 (L1)。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动系统,进一步包括,

分开式循环发动机,包括:

动力活塞,可操作以便通过动力冲程和排气冲程在发动机气缸 (102) 内往复运动;

压缩活塞,可操作以便通过进气冲程和压缩冲程在压缩气缸内往复运动;

其中通道 (110) 使压缩气缸和动力气缸相连接;和

其中,气门 (20) 可操作以控制发动机气缸 (102) 与通道 (110) 之间的流体连通。

8. 根据权利要求 2 所述的致动系统,其中

通道 (110) 可操作以使通道内充满加压气体,在第二方向在气门 (20) 的气门头 (22) 上施加压力;和

在第一方向上的增力和致动力的结合至少克服在第二方向上的所述压力和弹簧力的组合力。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动系统,其中,高压气源是通道 (110) 中的加压气体。
10. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动系统,其中,高压气源是储气罐或者单独的空气存储器中的加压气体。
11. 根据权利要求 2 所述的致动系统,其中,驱动件 (30/130) 是电磁驱动件 (130)。
12. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动系统,其中,泄气机构包括形成在气动气缸 (84) 中的扩张的气缸壁 (118),所述扩张的气缸壁 (118) 的直径大于气动气缸 (84) 的直径。
13. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动系统,其中,泄气机构包括形成在气动增力器 (85) 中的泄气孔 (87)。
14. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动系统,其中,气动增力器 (85) 包括:布置在气缸头 (82) 中的用来滑动地支撑所述气门 (20) 的发动机气门导向装置 (120),发动机气门导向装置沿着纵轴 (116) 可操作使得当气门 (20) 在第一方向行进至少第一预定的距离 (L1) 时,气动活塞 (86b) 变成从气动气缸 (84) 脱离,而产生广泛的开放的泄气过程。
15. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动系统,其中,泄气机构包括控制阀,控制阀控制泄气速度。
16. 根据权利要求 1 或 2 所述的致动系统,其中,气动活塞 (80) 比气门 (20) 的气门头 (22) 大,由此可操作以引入在第一方向的空气差压力。
17. 根据权利要求 2 所述的致动系统,其中,驱动件 (30/130) 可操作以在第二方向施加力,从而协助回程弹簧 (72)。
18. 一种致动系统,包括
- 气门 (20),包括气门杆 (24),气门 (20) 可操作以沿着通过气门杆 (24) 延伸的纵轴 (116) 在第一和第二方向移动,并且可操作以控制通道 (110) 与发动机气缸 (102) 之间的流体连通;
- 气动增力器 (85),包括气动活塞 (78/80/80b),气动活塞可操作地与气门杆 (24) 连接并且至少在气动活塞的部分行进范围可滑动地设置在气动气缸 (84) 中;其中,气动增力器 (85) 可操作以在第一方向向气门 (20) 施加增力;
- 气动增力器 (85) 进一步包括充气机构,充气机构可操作以把来自高压气源的加压气体的充气流供给气动气缸 (84);以及
- 充气孔 (86/86b),设置在排气机构中,充气孔可操作以大致限制提供给气动气缸 (84) 的所述加压气体的充气流,
- 其中,充气孔 (86/86b) 可操作以大致限制所述充气流,使得在发动机气缸 (102) 中的燃烧期间,在发动机气缸 (102) 中的压力超过通道 (110) 中的压力的期间,气动气缸 (84) 中的压力小于通道 (110) 中的压力。
19. 根据权利要求 18 所述的致动系统,进一步包括:
- 至少一个回程弹簧 (72),其可操作以便通过在第二方向对气门 (20) 施加弹簧力,在第二方向偏压气门 (20);和
- 驱动件 (30/130),可操作以在第一方向对气门 (20) 施加致动力,使得致动力和增力的结合至少克服弹簧力。
20. 根据权利要求 19 所述的致动系统,其中,至少一个回程弹簧 (72) 是气动弹簧。
21. 根据权利要求 19 所述的致动系统,其中,驱动件 (30/130) 是流体驱动件 (30)。

22. 根据权利要求 18 或 19 所述的致动系统,其中,高压气源是通道 (110) 中的加压气体。

23. 根据权利要求 18 或 19 所述的致动系统,其中,高压气源是储气罐或者单独的空气存储器中的加压气体。

24. 根据权利要求 18 或 19 所述的致动系统,其中,充气机构进一步包括充气通道 (112),充气孔 (86/86b) 的尺寸设置为使得充气孔 (86/86b) 比充气通道 (112) 更有限制性。

25. 根据权利要求 18 或 19 所述的致动系统,其中,充气孔 (86b) 可操作以通过控制机构进行调节,所述控制机构包括充气阀 (108)。

26. 根据权利要求 25 所述的致动系统,其中,充气阀 (108) 是比例阀,比例阀可操作以积极控制气动气缸 (84) 中的压力。

27. 根据权利要求 18 或者 19 所述的致动系统,其中,充气孔 (86b) 可操作以由控制机构调节,控制机构可操作以调节到气动气缸 (84) 的加压气体的充气流,控制机构包括气门杆 (24) 上的沉割槽和气孔门 (89);和

其中,控制机构可操作使得当气孔门 (89) 和沉割槽 (104) 纵向重叠时,所述充气流打开;和当气孔门 (89) 和沉割槽 (104) 纵向错开时,所述充气流关闭。

28. 根据权利要求 18 或者 19 所述的致动系统,进一步包括:

分开式循环发动机,包括:

动力活塞,可操作以便通过动力冲程和排气冲程在发动机气缸 (102) 内往复运动;

压缩活塞,可操作以便通过进气冲程和压缩冲程在压缩气缸内往复运动;

其中通道 (110) 使压缩气缸和动力气缸 (102) 相连接;和

其中,气门 (20) 可操作以控制发动机气缸 (102) 与通道 (110) 之间的流体连通。

29. 根据权利要求 19 所述的致动系统,其中,驱动件 (30/130) 是电磁驱动件 (130)。

30. 根据权利要求 19 所述的致动系统,其中,驱动件 (30/130) 可操作以在第二方向施加力,从而协助回程弹簧 (72)。

31. 一种致动系统,包括:

气门 (20),包括气门杆 (24),气门 (20) 可操作以沿着通过气门杆 (24) 延伸的纵轴 (116) 在第一和第二方向移动,并且可操作以控制通道 (110) 与气缸 (102) 之间的流体连通;

气动增力器 (85),包括气动活塞 (78/80/80b),气动活塞可操作地连接于气门杆 (24) 并且至少在气动活塞的部分行进范围可滑动地设置在气动气缸 (84) 中;气动增力器 (85) 进一步包括充气机构,充气机构可操作以利用来自高压气源的加压气体的充气流给气动气缸 (84) 充气,以向气动活塞 (78/80/80b) 施加压力,其中,气动增力器 (85) 可操作以在第一方向向气门 (20) 施加增力;和

充气机构进一步包括控制机构,控制机构可操作以在气动气缸 (84) 不处于气动气缸 (84) 的最小体积时的部分时期,关闭高压气源与气动气缸 (84) 之间的加压气体的充气流。

32. 根据权利要求 31 所述的致动系统,进一步包括:

至少一个回程弹簧 (72),其可操作以便通过在第二方向对气门 (20) 施加弹簧力,在第二方向偏压气门 (20);和

驱动件 (30/130),可操作以在第一方向对气门 (20) 施加致动力,使得致动力和增力的结合至少克服弹簧力。

33. 根据权利要求 32 所述的致动系统,其中,至少一个回程弹簧 (72) 是气动弹簧。

34. 根据权利要求 32 所述的致动系统,其中,驱动件 (30/130) 是流体驱动件 (30)。

35. 根据权利要求 31 或 32 所述的致动系统,其中,高压气源是通道 (110) 中的加压气体。

36. 根据权利要求 31 或 32 所述的致动系统,其中,高压气源是储气罐或单独的空气存储器中的加压气体。

37. 根据权利要求 31 或 32 所述的致动系统,其中,充气机构进一步包括充气通道 (112) 和充气孔 (86/86b),其中,充气孔 (86/86b) 的尺寸设置为使得充气孔 (86/86b) 比充气通道 (112) 更有限制性。

38. 根据权利要求 31 或 32 所述的致动系统,其中,控制机构包括充气阀 (108)。

39. 根据权利要求 38 所述的致动系统,其中,充气阀 (108) 是比例阀,比例阀可操作以控制气动气缸 (84) 中的压力。

40. 根据权利要求 31 或 32 所述的致动系统,其中,控制机构包括气门杆 (24) 上的沉割槽 (104) 和气孔门 (89) ;

其中,控制机构可操作使得当气孔门 (89) 和沉割槽 (104) 纵向重叠时,打开所述充气流;当气孔门 (89) 和沉割槽 (104) 纵向错开时,关闭所述充气流。

41. 根据权利要求 31 或 32 所述的致动系统,进一步包括:

分开式循环发动机,包括:

动力活塞,可操作以便通过动力冲程和排气冲程在发动机气缸 (102) 内往复运动;

压缩活塞,可操作以便通过进气冲程和压缩冲程在压缩气缸内往复运动;

其中通道 (110) 使压缩气缸和动力气缸 (102) 相连接;和

其中,气门 (20) 可操作以控制发动机气缸 (102) 与通道 (110) 之间的流体连通。

42. 根据权利要求 32 所述的致动系统,其中,驱动件 (30/130) 是电磁驱动件 (130)。

43. 根据权利要求 37 所述的致动系统,其中,气动气缸 (84) 可操作以通过体积收缩和通过充气孔 (86b) 的充气动作而被加压,由此实现气门 (20) 的软就坐。

44. 根据权利要求 32 所述的致动系统,其中,驱动件 (30/130) 可操作以在第二方向施加力,从而协助回程弹簧 (72)。

## 带有气动增力器的可变气门致动器

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求于 2007 年 4 月 16 递交的 No. 11/787, 295 的美国专利申请的优先权, 该申请的全部内容合并于此作为参考。

### 技术领域

[0003] 本发明总体上涉及致动器以及用于控制该致动器的相关方法与系统, 且特别是, 涉及能高效、快捷、灵活地实施大开启力量控制的致动器。

### 背景技术

[0004] 在美国专利 No. 6, 543, 225 中描述了一种分开式四冲程循环内燃机。其包括至少一个动力活塞及对应的第一或动力气缸, 以及至少一个压缩活塞及对应的第二或压缩气缸。该动力活塞通过四冲程循环的动力冲程和排气冲程往复运动, 而该压缩活塞通过进气冲程和压缩冲程往复运动。压力室或横跨通道 (cross-over passage) 与压缩气缸和动力气缸互连, 以进气单向阀提供从压缩气缸到横跨通道的基本上单向的气流, 而出口或横跨阀提供在横跨通道和动力气缸之间的气流连通。该发动机还包括分别在压缩气缸和动力气缸上的进气阀和排气阀。根据所引用的专利和其他相关的开发技术的分开式循环发动机潜在地提供很多燃料效率方面的优点, 尤其当与互连至横跨通道的附加储气罐结合时, 其能够像空气混合发动机那样运行发动机。相对于电混合发动机, 空气混合发动机可以以很低的制造和废弃物处理成本潜在地提供同样大甚至更大的燃料经济利益。

[0005] 为了取得潜在的利益, 对于整个四冲程循环来说, 在横跨通道中空气或者空气-燃料的混合物必须保持在预定的点火条件压力下, 例如, 大约 270psi 或者 18.6bar 的表压力。该压力可以达到更加高的值, 以取得更好的燃烧效率。同时, 横跨阀的开启时间段 (opening window) 必须非常窄, 尤其在中、高发动机转速下。横跨阀在动力活塞处于上止点 (TDC) 或接近上止点时开启, 并且在此之后立刻或短期内关闭。与传统发动机的六至八毫秒的最小周期相比, 在分开式循环发动机中总开启时间段可以短至一至二毫秒。为了在横跨通道中密封持续的高压, 实用可行的横跨阀很可能是带有向外 (离开动力气缸, 而不是进入动力气缸内) 开启运动的提升阀 (poppet valve) 或圆盘阀。当关闭时, 在横跨通道的压力下阀盘或阀头压靠阀座。为了开启阀, 致动器必须提供非常大的初始开启力, 以克服在阀头上的压强力以及惯性。一旦横跨阀开启, 由于在横跨通道和动力气缸之间的实质上的等压化 (等压过程), 该压强力将很快显著下降。一旦开始燃烧, 阀应该按要求迅速关闭, 以防止燃烧扩散到横跨通道, 在一定的燃烧周期中, 这也是为了克服高于横跨通道压力的动力气缸压力而保持阀稳坐在阀座上的必需要求。另外, 当动力冲程在空气混合动力运行的一定阶段上不起作用时, 要求横跨阀不起作用。类似于传统的发动机气门, 横跨阀的就位速度必须保持在一定的限度下, 以减小噪声并且保持一定的耐久性。

[0006] 总的来说, 横跨阀致动器必须提供大的初始开启力、足够的就位力、合理的低就位速度、高的致动速度和适时的灵活性, 而自身消耗最少的能量。大多数——若不是全部——

传统发动机气门致动系统不能满足这些要求。

### 发明内容

[0007] 简要地讲,在本发明的一个方面中,一种致动器的优选实施例包括:驱动件,该驱动件进一步包括限定了纵向轴线及第一和第二方向的壳体、能够至少沿第一方向产生致动力的致动机构、以及一端可操作地相连于致动机构的至少一部分而另一端可操作地相连于如发动机气门这样的负载的杆子;至少一个回程弹簧,通过弹簧座组件可操作地连接于杆子,并沿第二方向偏压(bias)杆子;和气动增力器,该气动增力器进一步包括气动气缸、通过弹簧座组件可操作地连接于杆子并沿第一方向偏压杆子的气动活塞、在气动气缸和高压气源之间提供受控制的流体连通的充气机构、及在气动气缸和低压气汇之间提供受控制的流体连通的泄气机构。

[0008] 在运行中,致动器依靠来自至少一个回程弹簧的沿第二方向偏压的力来克服其它所有的力——包括来自气动增力器及负载的力——而把负载保持在第二方向的终端位置,而致动机构不产生沿第一方向的力,气动增力器通过充气机构被充气以产生沿第一方向的、可观的力来抗衡沿第二方向的、可观的负载力。

[0009] 通过致动机构所产生的沿第一方向的致动力,该致动器启动其负载沿第一方向的行进,致动力和来自气动增力器的力相结合能够克服包括来自于至少一个回程弹簧和负载的其余的力的总和,并沿第一方向加速负载。

[0010] 通过沿第一方向的致动力,致动器保持沿第一方向的行进,直到达到目标行程,如果需要把负载停留在目标行程上,则把致动力保持在第一方向。至少通过关闭沿第一方向的致动力,致动器开始负载沿第二方向的回程行进,使得负载至少被回程弹簧沿第二方向加速。

[0011] 在上述时段的至少部分时间内,致动器通过泄气机构泄掉增力器气缸中过剩的空气,以减少来自气动增力器的力,否则它对负载的返回行进产生太过分的阻力。随着不断减少的回程弹簧力和不断增加的气动增力器力——这有助于减缓负载——致动器完成回程行进。

[0012] 在另一实施例中,驱动件是流体驱动件;致动机构包括致动活塞、致动油缸及分别与第一和第二端口流体连通的第一和第二流体空间;及杆子为可操作地与致动活塞和负载相连的活塞杆。

[0013] 在另一实施例中,驱动件是电磁驱动件;致动机构包括:设置在衔铁腔内的衔铁及至少一个第一电磁铁,该电磁铁在衔铁腔的第一方向一侧,由此能够在通电时沿第一方向拉衔铁;及杆子为可操作地与衔铁和负载相连的衔铁杆。

[0014] 在另一实施例中,充气机构包括充气孔,由此在相当程度上限制充气流量(flow rate)。它还可包括控制机构,至少当泄气机构正在积极泄出过量空气时大大关闭了充气流。

[0015] 相对于通用的流体致动器及其控制,本发明提供了重要的优势,对于这样的横跨通道发动机气门——其需要大量的初始开放力、充分的就坐力、相当低的就坐速度、较高的致动速度及正时的灵活性,同时致动器本身消耗最少的能源——来说是特别需要的。该气动增力器能够提供大初始力,无需增加太多的结构复杂性或要求太多能源消耗或受制于液

体或电磁致动器的能力和功能限制,通过直接利用横跨通道或空气储罐。通过此充气机构,增力器的力可以随横跨通道工作压力的变化而直接调整,不用复杂的主动控制。通过此泄气机构,通过大大降低回程时的增力器力,从而能够大幅度降低发动机气门返回力。

[0016] 由于气动增力器,驱动件——无论是流体式或电磁式——能够或多或少地集中于进行常规气门驱动,没有因很大的初始开启力而带来的设计、功能和成本负担,这种很大的初始开启力对流体驱动件而言常规需要大流量和安装尺寸,对电磁驱动件而言常规需要很高的——如果不是不可能的——磁力和电功力。

[0017] 结合附图,参照下面的详细描述,将更好地理解本发明及其进一步的目标和优点。

#### 附图说明

[0018] 图 1 是发动机气门致动器优选实施例的示意图,其在关闭状态;

[0019] 图 2 是另一优选实施例的示意图,其包括在流体驱动件、弹簧座组件以及气动增力器中的设计变化;

[0020] 图 3 是另一优选实施例的示意图,其包括三通比例阀和充气阀;

[0021] 图 4 是另一优选实施例的示意图,其包括四通比例阀、带双端活塞杆的流体驱动件以及不带泄气机构的气动增力器;和

[0022] 图 5 是另一优选实施例的示意图,其包括电磁驱动件。

#### 具体实施方式

[0023] 现在参考图 1,本发明的优选实施例提供了一种致动器,其包括流体驱动件 30、致动三通阀 90、回程弹簧 72 和气动增力器 85。致动器的负载或控制目标是发动机气门 20。

[0024] 该致动三通阀 90 通过流体驱动件 30 的第二端口 62 来供应流体驱动件 30。三通阀 90 的三条通道中的两条与低压  $P_L$  流体管线和高压  $P_H$  流体管线相连,第三条通道与第二端口 62 相连。流体驱动件 30 的第一端口 60 直接与低压  $P_L$  流体管线流体连通。

[0025] 该致动三通阀 90 可被切换到左位 92 或者右位 94。在左位 92 和右位 94 时,第二端口 62 分别与  $P_H$  管线和  $P_L$  管线流体连通。

[0026] 压力  $P_H$  可以是常数或连续可变。当可变时,它是为了适应以下的变化:系统摩擦、发动机气门开放度、空气压力、发动机气门就坐速度要求、等等,并 / 或尽可能节约运行能源。压力  $P_L$  可以简单地是流体箱压力、大气压力或流体系统背压。例如,流体系统背压可简单地例如由一个弹簧式止回阀(使用或不使用蓄能器均可)来支持或控制的。 $P_L$  值优选在尽可能地低以提高系统效率,但又足够高以有助于防止流体气蚀。必要时,可以更严格地控制  $P_L$ 。在必要和 / 或允许的时候,连接于两个端口 60 和 62 的两条  $P_L$  管线可维持在两个压力值。例如,第一端口 60 可能只是用来倾倒一些泄漏流到流体箱(未显示在图 1 中)。在这种情况下,第一流体空间的大部分可能只是充满空气,而不是工作流体(假设工作流体不是空气)。

[0027] 该发动机气门 20 包括发动机气门头 22 和发动机气门杆 24。该发动机气门头 22 包括第一表面 28 和第二表面 29,它们在分开式循环的发动机中分别暴露于横跨通道 110 和发动机气缸 102。该发动机气门 20 通过发动机气门杆 24、沿纵向轴线 116 可操作地与流体驱动件 30 相连,发动机气门杆 24 可滑动地设置在发动机气门导管或发动机气门导向装



置 120 中。为便于说明,组件和纵向轴线 116 具有第一和第二方向,它们与图 1 中顶部和底部的方向是一样的。如图 1 所示的该发动机气门导管 120 不像传统的发动机气门导管,该传统发动机气门导管通常是一个具有非常有限的壁厚的套。导管 120 的设计是位于气缸头 82 中,在气门组件开口 83 上面,该开口大到足以在组装时让发动机气门头 22 滑过。这只是许多潜在组装方式之一。这并不排除在导管 120 内增加传统外观的套筒的可能性。该导管 120 可能包含必要的发动机冷却液和润滑油通道(未显示在图 1 中)。

[0028] 当发动机气门 20 完全关闭时,发动机气门头 22 与发动机气门座 26 接触,封闭横跨通道 110 和发动机气缸 102 之间的流体连通。

[0029] 流体驱动件 30 包括致动器壳体 70、致动活塞 40 和致动油缸 50。该致动活塞 40 可滑动地设置于致动油缸 50 中。该致动活塞 40 固定在活塞杆 46 上,在紧固元件 45 和肩 49 之间。该致动活塞 40 包含了第一表面 42 和第二表面 44,沿纵向把致动油缸 50 分为第一流体空间 52(在致动油缸第一端 56 和致动活塞第一表面 42 之间)和第二流体空间 54(在致动活塞第二表面 44 和致动油缸第二端 58 之间)。致动活塞 40 和活塞杆 46 的径向间隙充分地紧,以提供充分的流体密封,但对相对运动提供可容许的阻力。

[0030] 通过活塞杆上的颈结构 48 周围的第二流道 64,第二流体空间 54 与第二端口 62 实现流体连通。当致动活塞 40 接近致动油缸第二端 58 时,该第二流道 64 变得更充分地狭窄,肩 49 沿纵向接近和/或重叠第二流道 64。如果第二流动机制限定为包括第二流道 64、颈 48 和肩 49,那么第二流动机制提供了第二流体空间和第二端口之间的充分开放的流体连通。致动活塞 40 接近致动油缸第二端 58 时,它提供了缓冲功能(snubbing function)。若需要,第二流动机制还可包括一个单向或止回阀(未显示在图 1 中),从第二端口 62 到第二流体空间 54 提供一个平行的、大幅度开放的流体连通。

[0031] 第一流体空间 52 在没有很大的流量限制的情况下与第一端口 60 流体连通。

[0032] 活塞杆 46 可操作地与发动机气门杆 24 相连,在这实施例中(如图 1 所示)杆 46 和杆 24 是同一结构,但这不是唯一的设计方案。

[0033] 弹簧座组件 74 被设计为有助于支撑回程弹簧 72 和把它的力传至发动机气门杆 24。如图 1 所示的回程弹簧 72 是一个单一的机械压缩弹簧。这并不排除其它的设计方案,如一对平行的压缩弹簧。弹簧 72 也可是蝶形 15(Belleville)型的或气动性质的。

[0034] 该弹簧座组件 74 包括第一和第二弹簧座 78 和 80 和一套气门固定件 76。第一弹簧座 78 还有气动活塞的职能,它可滑动地设置于气动气缸 84——发动机气门导管 120 上方的一个腔——内,形成了气动增力器 85。第一弹簧座 78 和气动气缸 84 的侧面的、滑动的壁保持不漏气的密封,并通过必要的润滑和密封机制(细节没有在图 1 中显示)来达到合理程度的摩擦。回程弹簧 72 和气动增力器 85 分别沿第二和第一方向加力于第一座 78,以此加力于发动机气门杆 24。该弹簧座组件 74 因此设计成能在两个方向受力。回程弹簧 72 的力被加于第一弹簧座 78,再通过气门固定件 76 传给发动机气门杆 24。气动气缸 84 的气动力主要被加于第一弹簧座 78,并通过弹簧座紧固件 81 图 1 未示详情)、第二弹簧座 80 及气门固定件 76 传给阀杆 24。

[0035] 通过包括充气道 112 和充气孔 86 的充气机构,气动气缸 84 由加压气体或来自横跨通道 110 的空气——高压气源——来充气或被供给气体。该充气孔 86 被设计为比充气道 112 更有限制性。通道 112 和孔 86 可合并为一个单一的限制性长孔(未显示在图 1 中)。

充气孔 86 的单独建造或存在可以简化制造过程。气动气缸 84 还在其顶端部分故意设计有一个扩张部分 118, 以使得只有当发动机气门 20 就坐且处于发动机气门沿第一方向行进的预定距离  $L_1$  内时, 第一座 78 和气动气缸 84 之间保持有效的空气密封, 其中, 超出该预定距离  $L_1$  时, 气动气缸 84 和第一座 78 之间有很大的间隙或泄气通道, 气动气缸 84 与大气或低压气汇 (low-pressure gas sink) 有大量流体连通, 但与横跨通道 110 有有限限制性的流体连通。

[0036] 该致动油缸 50 在纵向提供充分空间, 以便在负载或发动机气门 20 分别在其第一方向和第二方向的终端位置时, 致动活塞 40 不接触该油缸 50 的第一端 56 和第二端 58。当发动机气门 20 如图 1 所示就坐或在其第二方向的终端位置时, 致动活塞第二表面 44 和致动油缸第二端 58 之间还有距离, 以适应发动机气门间隙调整。当发动机气门 20 是完全开放或在其第一方向的终端位置时, 有足够的回程弹簧 72 力和 / 或足够的油缸 50 内的纵向空间, 以防止致动活塞第一表面 42 和致动油缸第一端 56 的直接接触。

[0037] 可替代地, 人们可以设计通过致动活塞第一表面 42 和致动油缸第一端 56——或与它们相当的表面——之间的实体接触来对发动机气门开放行进加以限制或界定, 再加上必要的缓冲或控制措施, 如在下面出现的图 2 和图 5 中所示。

[0038] 该发动机气门头 22 在其第一表面 28 上通常接触到横跨通道 110 的压力, 和在其第二表面 29 上通常接触到发动机气缸 102 的压力。

[0039] 第一弹簧座或气动活塞 78 的横截面积将基本等于发动机气门头横截面积, 以使得当气动气缸 84 中的压力由于通过充气孔 86 的流体连通而基本上等于横跨通道的压力时, 气动活塞 78 上的气压强力基本取消发动机气门第一表面 28 的压强力。可替代地, 气动活塞 78 横截面积要明显地——但不一定充分地——不同于 (无论是大于或小于) 发动机气门头 22 的横截面积。例如, 更大的气动活塞横截面积提供额外的发动机气门开启力, 这样, 相对更紧凑的流体驱动件 30 就可胜任。

[0040] 该系统还经历各种摩擦力、稳态流动力、瞬变流动力和其他惯性力。稳态流动力是由流动速度变化所造成的液体静压 (hydrostatic pressure) 再分配, 即伯努利效应。瞬变流动力是流体惯性力。其它惯性力是具有惯性的物体——这里不包括流体——的加速度所产生的, 因为很大的加速度或快速正时, 它们大量地来自发动机气门组件。

[0041] 动力关闭状态

[0042] 在动力关闭状态下, 所有流体的供应来源  $P_H$  和  $P_L$  处于低或零表压力。致动活塞 40 上的总流体力实质上等于零。发动机气门仅靠回程弹簧 72 即可就坐或关闭。如果气动活塞 78 比发动机气门头 22 有一个较小的直径以及横跨通道 110 压力仍然足够——特别是对带有储气罐的空气混合应用, 则就坐更可靠。

[0043] 动力关闭时, 致动三通阀 90 的默认位置 (default position) 优选是——但不一定要——在其如图 1 所示的右位 94, 以便如果发动机气门可靠就坐是非常重要的话, 则第二流体空间 54 与低压  $P_L$  流体管线有流体连通且肯定处于很低或为零的表压力。紧接着发动机的关闭之后, 高压  $P_H$  流体管线可能仍然有压。在发动机启动时, 发动机气门 20 可保持在关闭位置, 不用主动地切换开关阀 90。

[0044] 启动

[0045] 从动力关闭状态下来启动该系统, 所有流体的供应来源被加压, 确保致动三通阀

90 不论是通过默认控制或主动控制都处于其如图 1 所示的右位 94。发动机气门 20 至少通过回程弹簧 72 而被确保处于在如图 1 所示的关闭或就坐的位置。

[0046] 气门的开启和关闭

[0047] 要打开发动机气门 20, 致动三通阀 90 切换到其左位 92。第二流体空间 54 通过第二流动机制而向高压 P<sub>H</sub> 供应源开放, 而第一流体空间 52 仍然暴露于低气压 P<sub>L</sub> 供应源。由此产生的在致动活塞 40 上的差压力 (differential pressure) 是沿第一方向的 (或在图 1 中是向上的), 以主要克服弹簧力, 推开发动机气门 20。与此同时, 考虑到气动气缸 84 和横跨通道 110 是在相同的压力下, 发动机气门 20 上的向下的空气差压力基本上由气动活塞 78 上的向上的空气差压力来平衡。在分开式循环的发动机中, 发动机气门上的主导力量是从横跨通道 110 来的空气压强。纳入气动活塞 78 有助于平衡和抵消这一巨大的力量, 否则需要一个非常大的和能源密集型的致动器。

[0048] 当发动机气门 20 一打开时, 发动机气缸 102 被迅速地充气, 远在发动机气门 20 通过开启行程的中点之前, 其压力就在很短的时间内达到横跨通道的压力, 从而迅速消除发动机气门表面 28 和 29 的差压力。在同一短的时间内, 气动气缸 84 中的压力和气动活塞 78 上的差压力也迅速下降, 这是由于气缸的有限的和预先确定的初始体积、与发动机气门运动有关的快速体积扩张、有限的通过充气孔 86 的空气流入量、以及随着气动活塞 78 上升过如图 1 所示的预定的距离 L1 而进入气动气缸 84 的扩张上部 118 时的空气排泄。

[0049] 对于其余的开放行程或在距离 L1 以外处, 气动活塞 78 和发动机气门 20 上的空气压强最低, 致动活塞 40 抗衡来自回程弹簧 72 的正在增长的弹簧力, 继续在第一方向 (或向图 1 的上方) 推动发动机气门 20, 直至发动机气门达到其完全打开的位置, 此时, 弹簧力和跨过致动活塞 40 的流体差动力 (differential force) 相平衡, 考虑到结构的弹簧-质量 (spring-mass) 性质, 此平衡应是带有某些过冲和阻尼振荡的动态平衡。但如在其他优选实施例 (图 2 和图 4) 中所示, 有措施来实现更为明确的升程或全开位置。

[0050] 只要致动三通阀 90 仍然在其左位 92, 发动机气门 20 依然敞开。在此期间, 气动气缸 84 不断接到从充气孔 86 来的小流量气流, 和不断地通过气动活塞 78 和其顶端的、扩张的气缸壁 118 之间可观的间隙来排泄空气。这种能量损失将继续下去, 直至气动活塞 78 回到气动气缸 84 的下部分。然而, 由于充气孔 86 的限制性质和发动机气门开放时期相对整个热循环是有限的, 所以能量损失被控制到最小程度。

[0051] 为了开始关闭发动机气门, 致动三通阀 90 切换至其右位 94, 以及第二流体空间 54 重新开放到低压 P<sub>L</sub> 流体供应源, 在致动活塞 40 上导致基本上为零的压差。回程弹簧 72 能够向下驱动发动机气门 20。当气动活塞 78 通过气动气缸 84 的扩张部分 118 时, 气动活塞 18 和气动气缸 84 的壁之间再次建立充分的空气密封, 气动气缸中的压力在开始上升, 这主要是随着发动机气门 20 以及气动活塞 18 向下移动, 气缸体积缩小。压力上升也得益于从充气孔 86 来的流动。气动气缸 84 的功能如气动弹簧, 减缓发动机气门 20 的前进, 并最终有助于实现当发动机气门 20 到达发动机气门座 26 时的软就坐。

[0052] 大约在发动机气门座落或着陆时及此后不久, 发动机气缸中的压力因为燃烧的影响暂时超过了横跨通道的压力, 造成了短暂的沿第一方向或向上的差压力。回程弹簧 72 的预加载荷 (preload) 应设计得能抵抗这个短暂的、向上的在发动机气门上的差动力及来自气动气缸 84 的压强而将发动机气门 20 保持在就坐的位置。但是, 气动气缸的压力在此

时刻不等于横跨通道的全部压力。这是通过早期经过气动气缸 84 扩张部分 118 的排泄和充气孔的限制性质来特意实现的。

[0053] 此后随着容积的进一步扩大,发动机气缸压力低于横跨通道的压力。在其余的发动机热循环中,通过从充气孔 86 来的限制流量,气动气缸压力进一步上升,这是缓慢的,但能足够地为下一个发动机气门打开动作准备好。

[0054] 图 2 描述本发明的替代实施例,它具有流体驱动件 30 设计的变化。第一流动机制——这是指第一端口 60 和第一流体空间 52 之间的流体连通——包括第一沉割槽 32 和至少一个第一缓冲沟 33。当在开放行程中致动活塞第一表面 42 沿第一方向纵向通过第一沉割槽 32 时,工作流体大大被困在第一流体空间 52 中,只有通过至少一个第一缓冲槽 33 的有限出口导致缓冲动作,以有助于减缓行进速度和降低潜在的振荡。当有此愿望时,该致动油缸第一端可以纵向布置,以对致动活塞第一表面 42 提供可靠的止动,由此明确地界定发动机气门升程。如果是这样希望的话,可以布置止回阀(未显示在图 2 中),以便在发动机气门关闭行程开始阶段,允许从第一端口 60 到第一流体空间 52 的端部中的单向流动,由此避免气蚀。

[0055] 同样,第二流动机制——这是指第二端口 62 和第二流体空间 58 之间的流体连通——包括第二沉割槽 34 和至少一个第二缓冲沟 35。当致动活塞第二表面 44 在关闭行程中沿第二方向纵向通过第二沉割槽 34 时,工作流体大大地被困在第二流体空间 58 中,只有通过至少一个第二缓冲沟 35 的有限出口,造成缓冲动作,以有助于放慢行进速度,实现发动机气门 20 的软就坐。希望在致动油缸第二端和致动活塞第二表面 44 之间留下一个预先确定的纵向距离,以确保在发动机气门 20 坐着时在发动机气门头 22 和阀座 26 之间有稳固的接触和紧密的密封,此要求必须在发动机所有运行条件下和在整个发动机使用寿命中得到满足。必要时,需要在这个和其它实施例中整合一额外的发动机气门间隙调整装置(未显示在图 2 中)。

[0056] 图 2 所示实施例进一步包括弹簧座组件 74 的设计变化。第二弹簧座 80b——而不是第一弹簧座 78b——行使或兼带气动活塞 80 的功能。它还包括两套气门固定件 76b 和 76c。该实施例使发动机气门杆 24 和活塞杆 46 为两个单独的实体,可操作地通过弹簧座组件 74b——加上必要的紧固件 106 或同等零件——来连接。

[0057] 该实施例还显示了为气动增力器 85 服务的充气 and 泄气机构的设计变化。它采用至少一个泄气孔 87 作为泄气通道——而不是图 1 所示的扩张的壁 118——来在气动活塞 80b 行进到图 2 所示的预定的距离 L1 时让气动气缸 84 排出其额外的气体。泄气孔 87 可能装有多孔材料或过滤器(未显示),以减少与泄气过程有关的噪音。为了节省钻或铸造泄气孔 87 所需的努力和费用,可以简单地把发动机气门导管 120 以及把气动气缸 84 设计到此高度,一旦气动活塞 80b 行进到这一点,它将与气动气缸 84 脱离,造成广泛的开放泄气过程。

[0058] 也可以利用气动活塞 80b 和气动气缸 84 之间的径向间隙的一些预先定义的变化(图 2 中未示出)。采取相反的做法,可用某些膜片(未显示在图 2 中)来完全封闭通过径向间隙的泄漏,完全依靠至少有一个泄气孔 87 或其等同的设计来控制空气或气体质量(mass)排泄。此外,如想要的话,可使用控制阀(未显示在图 2 中)来控制其开/关状态。

[0059] 图 2 中充气孔 86b 是受包括气孔门 89 和杆件沉割槽 104 的控制机制来调控的,当

发动机气门 20 向上行进到一个预先确定的距离 L2 (图 2 所示) 时, 气孔门 89 和杆件沉割槽 104 不是互相开放的。距离 L2 最好是等于或短于距离 L1, 以便当通过泄气孔 87 或同等设计的排泄在进行时, 经充气孔 86b 的流动和充气过程被充分地封锁。这种充气机构的设计变化将有助于减少不必要的、无论多么小的能量损失。

[0060] 图 3 描绘本发明的另一备选实施例。在该流体驱动件 30 中, 用比例或伺服三通阀 90c 来控制对第二流体空间 54 的流体供应。该发动机气门或致动器的位置信号可以通过位置传感器 (未显示在图 3 中) 来收集。反馈控制将有助于实现对发动机气门升程及就坐速度的更加精确的控制。比例或伺服阀 90c 本身可直接通过各种手段 (未显示在图 3 中) 来致动, 这些手段包括电磁阀或其它电磁手段、电液先导阀和压电致动器。

[0061] 该实施例进一步采用作为控制机制的充气阀 108, 它与充气道 112 一起有助于实现对气动气缸 84 充气过程的更好的控制。该充气阀 108 至少有以下两个主要功能之一: (1) 在发动机气门开放行程之前打开充气道 112 以使气动气缸 84 被充气, 并当气动气缸 84 正在泄气时——尤其是如果没有使用限制性充气孔 86 的话——关闭充气道 112 以消除或减少泄漏流; (2) 如在空气混合动力汽车的应用中, 当发动机或某特定发动机气缸无动力时, 完全关闭充气道 112, 以尽量减少泄漏和维持横跨通道和 / 或储气罐中的加压空气。对于第一功能, 分裂四冲程循环发动机的每个动力缸需要一个充气阀 108, 因为每个动力缸都有其独特的正时。如果只需要第二功能, 可以选择地在整个发动机中只使用一个充气阀 108, 阀 108 控制一个共同充气道 (图 3 未示出), 此共同充气道最终分流到支流充气道 (未显示在图 3 中) 来服务于单个 (individual) 动力缸 (未显示在图 3 中)。进一步为了第一功能, 充气阀 108 可以是比例阀 (proportional valve), 而不是开关阀。采用比例阀的形式, 充气阀 108 例如能够积极控制气动气缸 84 的空气压力, 以满足各种功能、耐用性和 NVH (噪音、振动及声振粗糙度) 的需求。

[0062] 在这个和其它图中, 充气道 112 连接到横跨通道 110。可选地, 它可以连接到储气罐 (如在空气混合动力汽车中) 或一个单独的储存装置 (图中未 10 显示)。单独的储存装置可能有自己的压力, 这可以被调节以有助于实现最佳的气动气缸 84 的充气过程。

[0063] 现在参照图 4, 描绘本发明的另一备选实施例。在这种情况下, 用比例或伺服四通阀 (proportional or servo 4-way valve) 90d 来一起控制第一和第二流体空间 52 和 54 的流体供应。该实施例能够在第一和第二方向 都提供积极控制的致动力。可选择地, 活塞杆 46 纵向地延伸通过第一流体空间 52, 成为双端 (double-ended) 活塞杆。活塞杆的两端可拥有两种不同直径, 较小杆直径的一边有较大的有效流体压力表面积, 以提供有偏差的或不对称的差动流体力 (differential fluid force)。

[0064] 还有一个变化或选择是不用泄气机构。在发动机气门关闭时, 沿第二方向的致动力将很容易有助于克服来自气动增力器 85 的高气压力。消除泄气机构将有助于简化气动增力器 85 的结构。没有了泄气机构或重大排泄, 仍然需要包括充气孔 86 在内的充气机制, 以弥补潜在的轻微泄漏及调整气动增力器 85 的压力和空气质量 (mass), 以适应在横跨通道或储气罐中压力值的变化。例如当横跨通道的压力较低时, 致动器需求较低的推动力量。从这个意义上讲, 充气机构也有一种平衡功能, 在具有泄气机构的气动增力器中也是如此。

[0065] 根据不同的应用, 如果较低的空气压力有利于发动机气门的就坐过程, 则图 4 实施例中的其余部分仍可能采用之前实施例 (图 1-3 所示) 中的泄气机构之一。

[0066] 现在参照图 5,描绘本发明的另一备选实施例。在此实施例中,电磁驱动件 130 取代图 1-4 所示的流体驱动件 30。电磁驱动件 130 包括壳体 132,其中从顶部向底部有第一电磁铁 134、衔铁腔 (armature chamber) 146 和第二电磁铁 136。第一和第二电磁铁 134 和 136 还包括他们的电气绕组和硅钢片组 (lamination stacks),详细设计没有显示在图 5 中。衔铁 138 被安置在衔铁腔 46 中、在第一和第二电磁铁 34 和 36 之间,且是刚性地连接到衔铁杆 140。该衔铁杆 140 可滑动地设置为通过第二电磁铁 136 和壳体 132,并且可操作地与发动机气门杆 24 相连。

[0067] 供电时,第一和第二电磁铁 134 和 136 分别沿第一(上)和第二(下)方向吸引衔铁 138。在整个升程中第一电磁铁 134 能够吸住衔铁 138 及保持发动机气门 20 打开。当在发动机气门 20 和气动活塞 80 上的空气压强力基本平衡时打开发动机气门 20,第一电磁铁 134 只需要克服回程弹簧 72 的预加载荷,尽管电磁力有高度非线性性质,但这也是可以实现的,因为横跨发动机气门总的升程及由此衔铁 134 和电磁铁 134 之间的空气间隙偏小。如有必要,通过把气动活塞 80 设计得略微大于发动机气门头 22,从而引入在第一方向的空气差压力,这可以进一步得到协助。

[0068] 要把发动机气门 20 从全开位置关闭,可将第一电磁铁 134 断电 (de-energize),发动机气门 20 靠回程弹簧 72 的返回力而被往下压,如有必要,可通过被通电的第二电磁铁 136 来产生拉力援助。在关闭的稍后阶段,气动气缸 86 因体积收缩和可选的、通过充气孔 86b 的充气动作而被加压,它有助于减缓发动机气门 20 以实现软就坐。还可以通过有控制地给第一电磁铁 134 通电来实现进一步的延缓行动,根据工况需要或反馈信号达到沿第一方向的理想拉力。

[0069] 另外,如果想要一个低的弹簧预加载荷,则来自第二电磁铁 136 的、沿第二方向的拉力也可协助回程弹簧 72,以便在至少部分燃烧期间,当动力气缸 102 的压力明显超过了横跨通道 110 的压力时,保持发动机气门 20 坐定。

[0070] 如果气动增力器 85 包括如图 5 中的泄气孔 87 似的泄气机构,则第二电磁铁 136 就是一个可取舍的组件,它可以被消除,如果回程弹簧 72 和其他相关组件能足够地实现各种职能的话。

[0071] 但是,如果采用如图 4 所示的、没有泄气机构的气动增力器设计,第二电磁铁 136 是不可缺的。在这种情况下,第二电磁铁 136 需要产生在第二方向的致动力,以在发动机气门关闭过程中有助于克服来自气动增力器的高气压力,此时,发动机气门上没有极高的空气差压力来平衡气动增力器的力。

[0072] 在图 1-5 中的气动增力器 85 的各种实施例是专门为了克服发动机气门第一表面 28 上的最初压强力来开启发动机气门。然而,在气门关闭时,发动机气门头上压差力充分地缩小,气动增力器 85 能通过其泄气机构缩小其压强力。通过本气动增力器 85,图 1-4 中的流体驱动件 30 和图 5 中的电磁驱动件 130 可以处理发动机气门开闭中力度较小的部分。气动增力器 85 的各种实施例的有效整合不仅限于以上讨论的这些流体和电磁驱动件 30 和 130。事实上,由于气动增力器 85 解决了很大的初始开启力,任何具有足够的力和控制来为发动机气门加速、减速及就坐控制的驱动件均可采用。

[0073] 在所有上述说明中,开关和 / 或控制阀中的每一个可以是单级式或多级式的类型。每个阀可以是直线型 (如滑阀 (spool valve)) 或旋转式。每个阀门可以通过电动、电

磁、机械、压电或流体的手段来驱动或先导驱动。

[0074] 在一些附图和说明中,流体介质可以被假定或暗示为液压或液态形式。在大多数情况下,经过适当的比度调整,相同的概念可以适用于气动增力器和系统。因此,本文中所使用的术语“流体”应同时包括液体和气体。此外,在到目前为止的许多附图和说明中,本发明的应用被默认为是应用在分开式四冲程循环内燃机气门控制,但不应有如此的限制。这项发明可以应用到其它有快速和 / 或高的初始力的运动控制要求的情况。

[0075] 尽管已经参照优选实施例对本发明进行了描述,但是本领域的技术人员应当认识到,可以对其进行形式和细节上的变化而不脱离本发明的精神和范围。同样,前面的详细描述应当看作是说明性的而不是限制性的,旨在由所附权利要求限定本发明的范围,包括其所有的等同物。

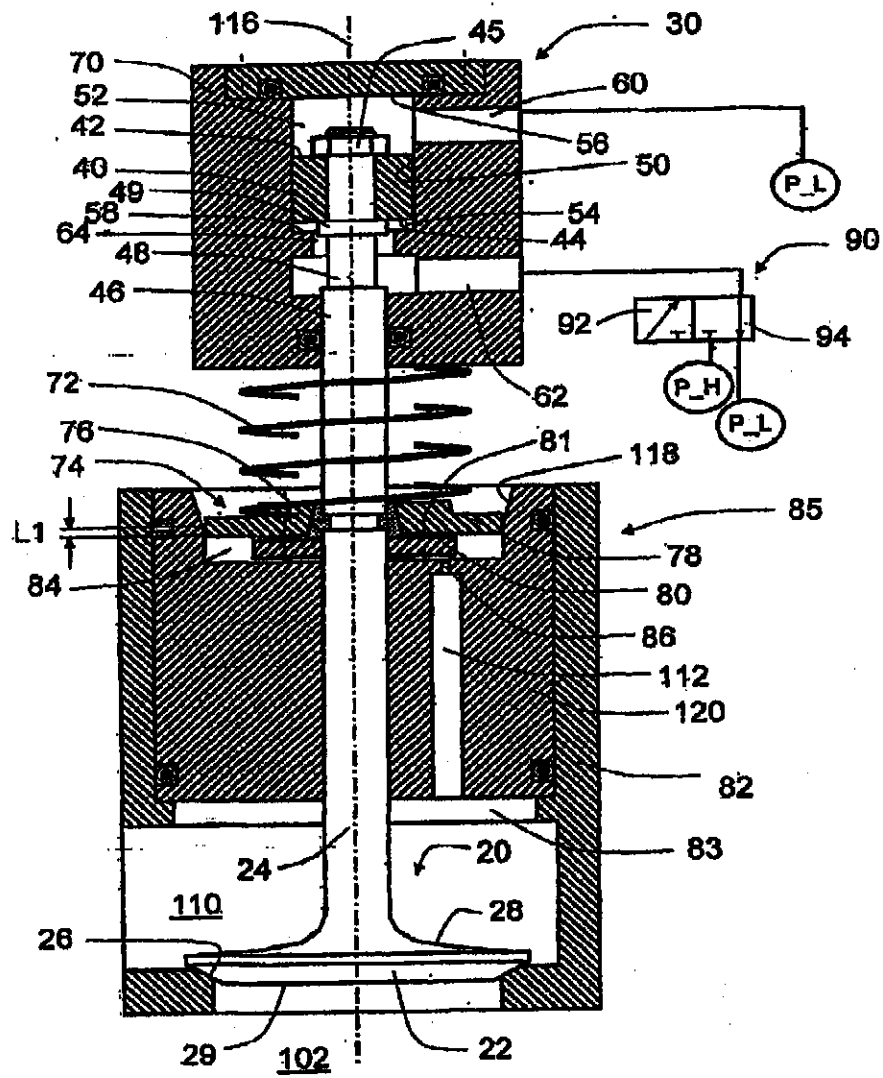


图 1



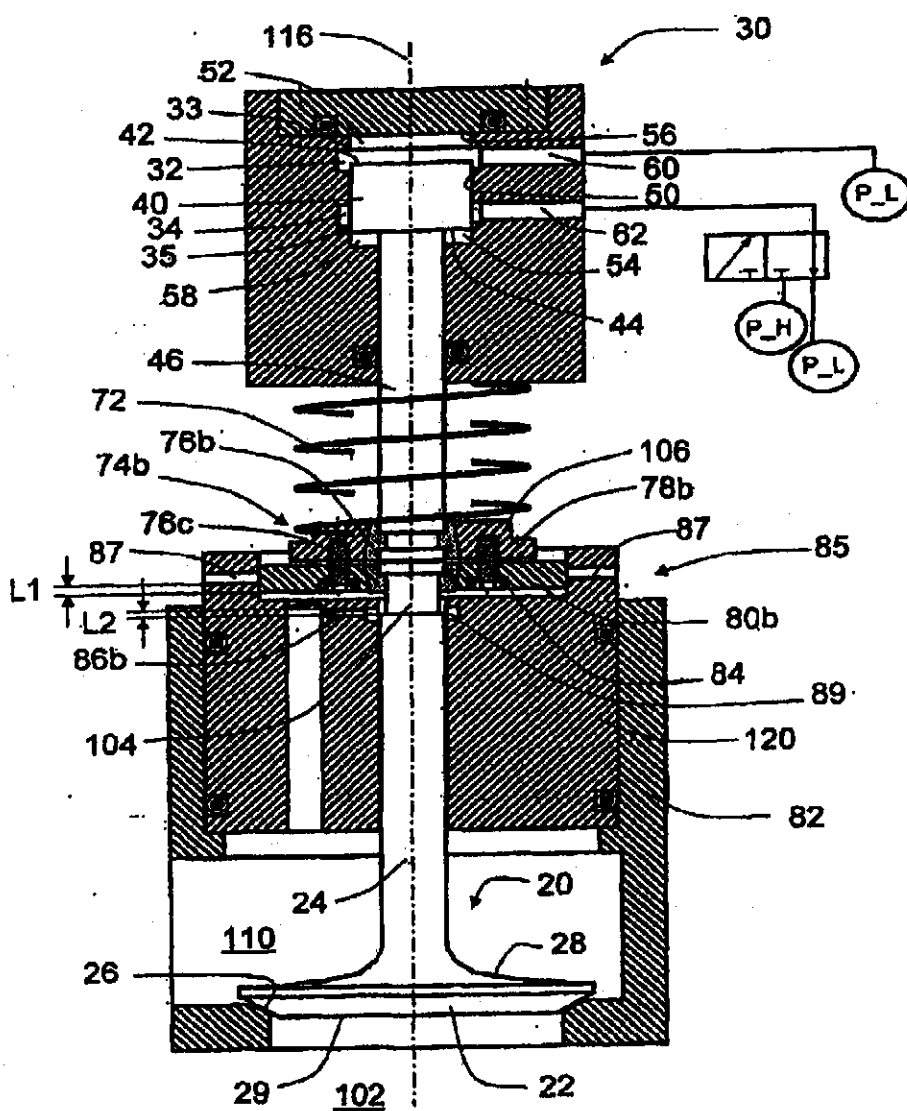


图 2

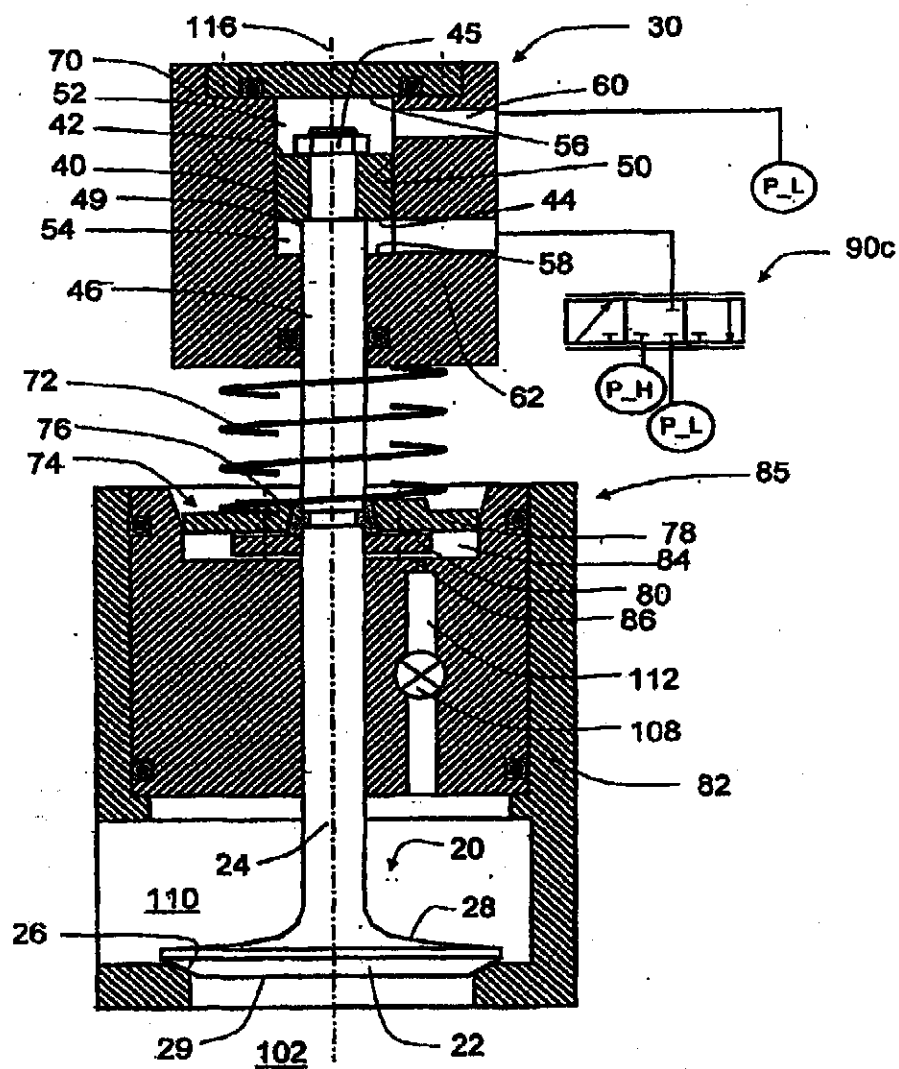


图 3

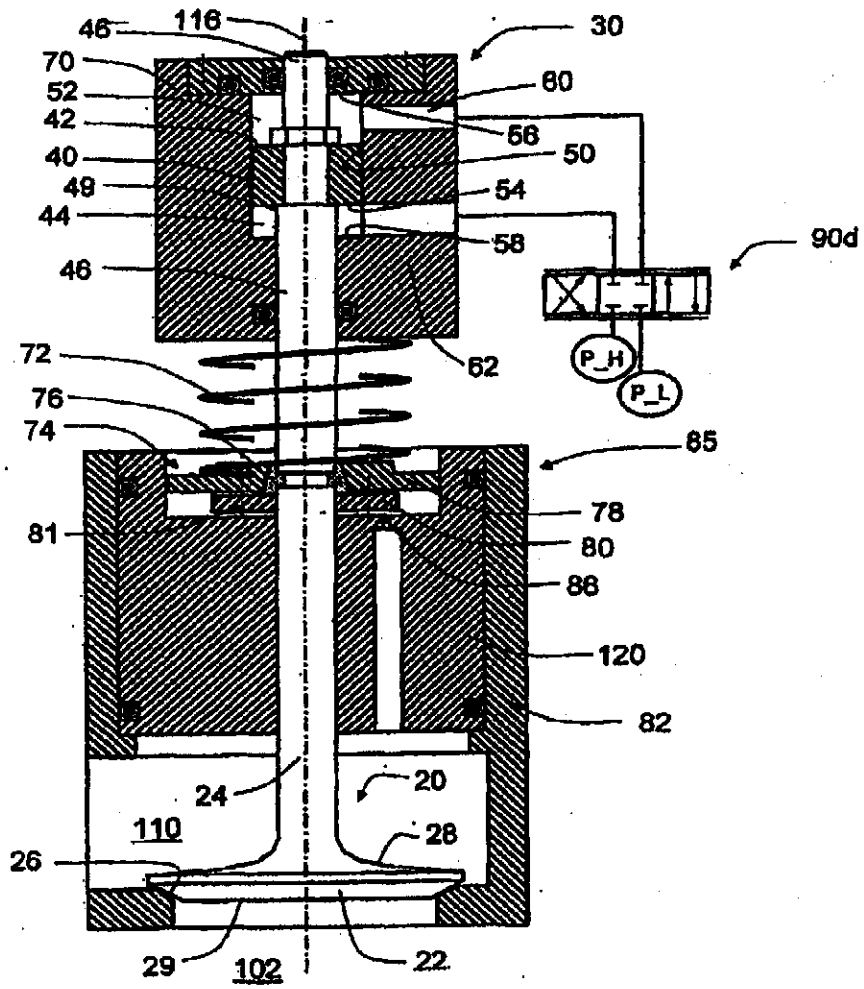


图 4

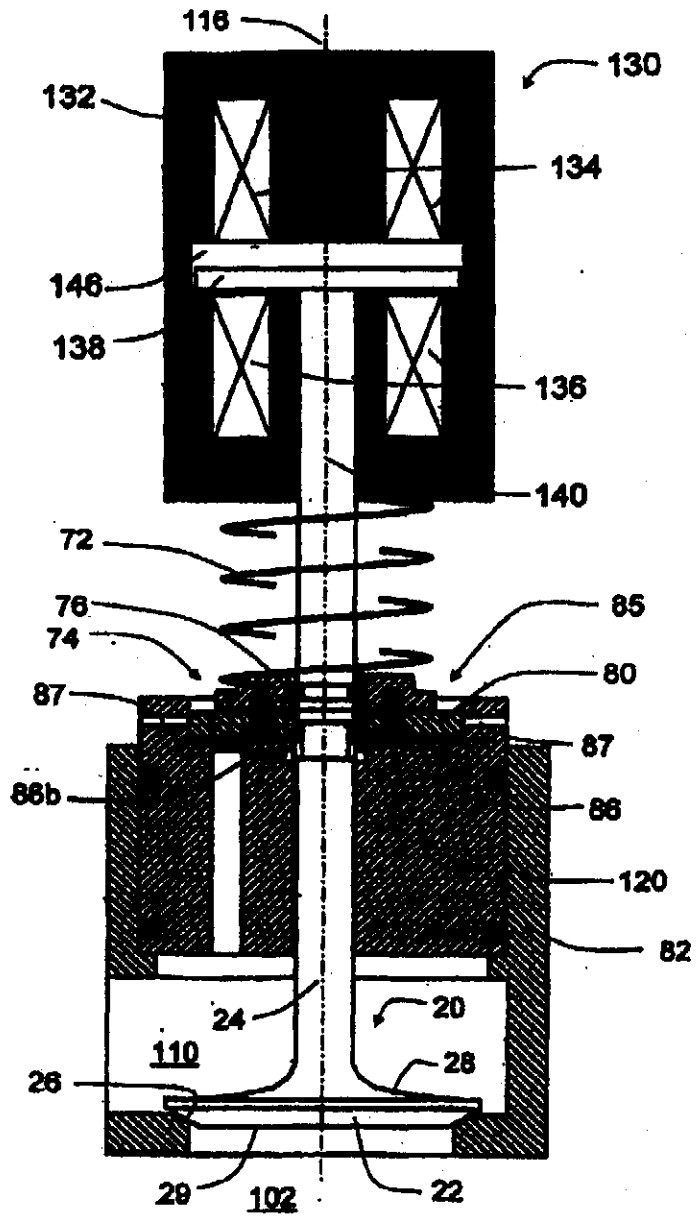


图 5