



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104583565 A

(43) 申请公布日 2015. 04. 29

(21) 申请号 201380043096. 3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 07. 02

F02D 15/02(2006. 01)

(30) 优先权数据

F02D 41/14(2006. 01)

61/667, 369 2012. 07. 02 US

F02B 75/26(2006. 01)

F02D 35/02(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 02. 13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/049160 2013. 07. 02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/008309 EN 2014. 01. 09

(71) 申请人 品纳科动力有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 詹姆斯·M·克利维斯

(74) 专利代理机构 北京商专永信知识产权代理

事务所(普通合伙) 11400

代理人 郭玥 葛强

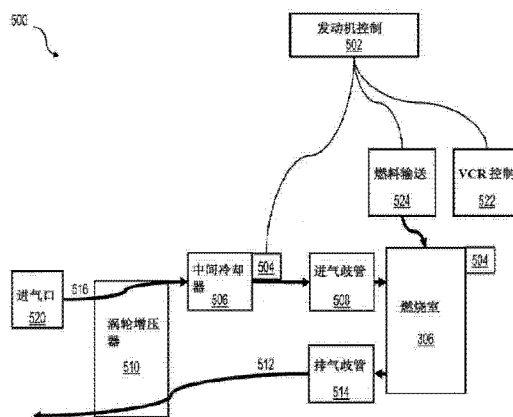
权利要求书3页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

可变压缩比的柴油发动机

(57) 摘要

柴油对置活塞发动机, 可选地具有可变压缩比和/或涡轮增压, 可以通过按照发动机负荷调整发动机的压缩比, 使得较大的压缩比被用于较小的负荷以及较小的压缩比被用于较大的负荷, 以提供改进的燃料效率。涡轮增压可以在较小的压缩比的操作条件下提供改进的效率。可选择地, 一个或多个当前的发动机参数可被修改, 以保持峰值燃烧室温度低于阈值温度, 在该阈值温度氮氧化物污染物( $\text{NO}_x$ )的可接受的水平预期将要形成。一个或多个漩涡引起特征可以被包括在对置活塞发动机的活塞顶。方法、系统、制造文章, 等等, 都有被描述。



1. 一种方法包括：

以第一压缩比操作柴油对置活塞发动机以提供发动机功率以响应第一发动机负荷，所述柴油对置活塞发动机包括至少部分地由被耦合至两个曲轴的两个活塞的顶界定的燃烧室；以及

将所述第一压缩比改变为第二压缩比以提供发动机功率以响应第二发动机负荷，所述第二发动机负荷大于所述第一发动机负荷，所述第二压缩比小于所述第一压缩比。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述压缩比的所述改变是利用所述两个活塞中的相位的相变以及在所述两个曲轴之间的距离的转换中的至少一个被执行。

3. 根据权利要求 1 至 2 中任意一项所述的方法，其中进口空气通过涡轮增压器被提供至所述燃烧室，所述涡轮增压器将所述提供的空气的压力增加到高于环境压力。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其中当所述第二压缩比被采用时，所述涡轮增压器提供具有第二压力的进口空气，以及当所述第一压缩比被采用时，所述涡轮增压器提供具有第一压力的进口空气，所述第二压力大于所述第一压力。

5. 根据权利要求 1 至 4 中任意一项所述的方法，其中所述两个活塞的顶包括一个或多个漩涡消除特征。

6. 根据权利要求 5 所述的方法，其中所述一个或多个漩涡消除特征导致进口空气到所述燃烧室以具有高漩涡并分成至少两个共旋转漩涡，所述两个共旋转漩涡在各自的输送燃料至所述燃烧室的喷油器前面被形成。

7. 根据权利要求 1 至 6 中任意一项所述的方法，进一步包括：

根据发动机操作信息确定将会发生在所述燃烧室内的预测的峰值燃烧室温度；

当所述预测的峰值燃烧室温度超过阈值温度时，识别发动机操作参数的目标集，在该阈值温度氮氧化物污染物 ( $\text{NO}_x$ ) 的可接受的水平预期将要在所述燃烧室中形成；以及

应用发动机操作参数的所述目标集以修改一个或多个当前的发动机参数，从而保持所述峰值燃烧室温度低于所述阈值温度。

8. 一种方法包括：

根据发动机操作信息确定将会发生在柴油内燃机的燃烧室内的预测的峰值燃烧室温度；

当所述预测的峰值燃烧室温度超过阈值温度时，识别发动机操作参数的目标集，在所述阈值温度氮氧化物污染物 ( $\text{NO}_x$ ) 的可接受的水平预期将要在所述燃烧室中形成；以及

应用发动机操作参数的所述目标集以修改一个或多个当前的发动机参数，从而保持所述峰值燃烧室温度低于所述阈值温度。

9. 根据权利要求 7 至 8 中任意一项所述的方法，其中所述发动机操作信息包括位于接收和冷却由涡轮增压器压缩的空气中的中间冷却器的出口或其附近被测量的中间冷却器出口温度，以及在所述发动机内的压缩比。

10. 根据权利要求 7 至 9 中任意一项所述的方法，其中所述发动机参数的目标集包括燃料输送参数。

11. 根据权利要求 7 至 10 中任意一项所述的方法，其中所述燃料输送参数包括用于给定的发动机循环的一个或多个喷射进入所述燃烧室的燃料的量、在所述发动机的循环过程中燃料的一次或多次喷射的正时，以及发生在所述发动机的所述循环过程中的燃料的喷射

数。

12. 根据权利要求 7 至 11 中任意一项所述的方法, 其中所述发动机参数的目标集包括当前的压缩比至更小的压缩比以减少在所述燃烧室内的能量密度从而降低所述峰值温度的改变。

13. 根据权利要求 7 至 12 中任意一项所述的方法, 其中所述确定、所述识别和所述应用是由发动机控制器执行的。

14. 一种柴油对置活塞发动机包括:

至少部分地由耦合至两个曲轴的两个活塞的顶界定的燃烧室; 以及

发动机控制器, 所述发动机控制器执行操作包括:

以第一压缩比操作所述柴油对置活塞发动机以提供发动机功率以响应第一发动机负荷; 以及

将所述第一压缩比改变为第二压缩比以提供发动机功率以响应第二发动机负荷, 所述第二发动机负荷大于所述第一发动机负荷, 所述第二压缩比小于所述第一压缩比。

15. 根据权利要求 14 所述的柴油对置活塞发动机, 进一步包括压缩比改变机构, 所述压缩比改变机构包括用于所述两个活塞的变相的移相器以及用于改变所述两个曲轴之间的距离的转换机构中的至少一个。

16. 根据权利要求 14 至 15 中任意一项所述的柴油对置活塞发动机, 进一步包括涡轮增压器增加提供给所述燃烧室的进口空气的压力。

17. 根据权利要求 16 所述的柴油对置活塞发动机, 其中当所述第二压缩比被采用时, 所述涡轮增压器提供具有第二压力的进口空气, 以及当所述第一压缩比被采用时, 所述涡轮增压器提供具有第一压力的进口空气, 所述第二压力大于所述第一压力。

18. 根据权利要求 14 至 17 中任意一项所述的柴油对置活塞发动机, 其中所述两个活塞的所述顶包括一个或多个漩涡消除特征。

19. 根据权利要求 18 所述的柴油对置活塞发动机, 其中所述一个或多个漩涡消除特征导致到所述燃烧室的进口空气具有高漩涡并分成至少两个共旋转漩涡, 所述两个共旋转漩涡在各自的输送燃料至所述燃烧室的喷油器前面被形成。

20. 根据权利要求 14 所述的柴油对置活塞发动机, 其中由所述发动机控制器执行的所述操作进一步:

根据发动机操作信息确定将会发生在所述燃烧室内的预测的峰值燃烧室温度;

当所述预测的峰值燃烧室温度超过阈值温度时, 识别发动机操作参数的目标集, 在所述阈值温度氮氧化物污染物 ( $\text{NO}_x$ ) 的可接受的水平预期将要在燃烧室中形成; 以及

应用发动机操作参数的所述目标集以修改一个或多个当前的发动机参数, 从而保持所述峰值燃烧室温度低于所述阈值温度。

21. 一种柴油对置活塞发动机包括:

至少部分地由耦合至两个曲轴的两个活塞的顶界定的燃烧室; 以及

发动机控制器, 所述发动机控制器执行操作包括:

根据发动机操作信息确定将会发生在所述燃烧室内的预测的峰值燃烧室温度;

当所述预测的峰值燃烧室温度超过阈值温度时, 识别发动机操作参数的目标集, 在所述阈值温度氮氧化物污染物 ( $\text{NO}_x$ ) 的可接受的水平预期将要在燃烧室中形成; 以及

应用发动机操作参数的所述目标集以修改一个或多个当前的发动机参数,从而保持所述峰值燃烧室温度低于所述阈值温度。

22. 根据权利要求 20 至 21 中任意一项所述的柴油对置活塞发动机,其中所述发动机操作信息包括位于接收和冷却由涡轮增压器压缩的空气中的中间冷却器的出口或其附近被测量的中间冷却器出口温度,以及在所述发动机内的压缩比。

23. 根据权利要求 20 至 22 中任意一项所述的柴油对置活塞发动机,其中所述发动机参数的目标集包括燃料输送参数。

24. 根据权利要求 20 至 23 中任意一项所述的柴油对置活塞发动机,其中所述燃料输送参数包括用于给定的发动机循环的一个或多个喷射进入所述燃烧室的燃料的量、在所述发动机的循环过程中燃料的一次或多次喷射的正时,以及发生在所述发动机的所述循环过程中的燃料的喷射数。

25. 根据权利要求 20 至 24 中任意一项所述的柴油对置活塞发动机,其中所述发动机参数的目标集包括当前的压缩比至更小的压缩比以减少在所述燃烧室内的能量密度从而降低所述峰值温度的改变。

## 可压缩比的柴油发动机

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求申请日为 2012 年 7 月 2 日的美国临时申请号 61/667,369, 标题为“可压缩比的柴油发动机”(Variable Compression Ratio Diesel Engine) 的优先权。该优先权申请在相应准据法许可的程度内通过引用整体并入本文, 与在本申请中引用的每个其他文件一样。

### 技术领域

[0003] 在此描述的主题涉及具有可压缩比性能的柴油发动机。

### 背景技术

[0004] 近来用于轻型和客运应用的柴油发动机已经开始获得越来越多的认可。特别是, 涡轮增压柴油发动机已在欧洲被广泛应用多年。由于近年来在北美低硫柴油燃料的可用性提高, 这种发动机也在美国和加拿大市场越来越多地被普遍使用。

[0005] 一般地, 相较于类似大小的 (例如, 在体积排量方面) 自然吸气发动机, 涡轮增压发动机 (无论是柴油, 其它压缩点火, 或火花点火) 能产生较高的功率输出, 较低的排放水平, 以及提高效率。功率和效率的提高通常是由于相较于单独的大气压所可以实现的而言, 迫使更多的空气以及成比例地更多的燃料进入燃烧室或发动机室。涡轮增压发动机的进气歧管压力超过大气压力的量通常被称为增压水平, 并代表在发动机的进气歧管中的相对于不使用强制增压进气可以达到的压力而言的额外的空气压力。

[0006] 内燃机的燃烧室内的最大压力通常限制了发动机可达到的功率密度。如本文所使用的术语“燃烧室”, 一般是指当这样的发动机的气缸处于其最小体积且以一个或多个汽缸的壁、阀面、活塞顶和类似物为界时气缸内存在的体积。

[0007] 内燃机的压缩比表示其最大容积相对于其最小容积的体积之比。有效膨胀比是完成燃烧时与排气阀打开时的气缸体积之比。有效压缩比是当进气阀关闭时的气缸的体积与最小体积之比。在对置活塞发动机中, 压缩比通常被计算为当活塞顶被相隔最远时的气缸体积除以当活塞顶最靠近彼此时的燃烧室体积。某些发动机具有彼此不同的有效压缩和膨胀比。如本文所使用的, 有效压缩比是压缩冲程起点的气缸体积除以压缩冲程终点的燃烧室体积的商, 且几何膨胀比是膨胀冲程终点的气缸体积除以膨胀冲程起点的燃烧室体积的商。发动机的有效压缩比和有效膨胀比不必相等。例如, 如果进气阀关闭太迟, 使得活塞已经在向上的进程中, 则有效压缩比小于几何压缩比。如果燃烧在上止点之后一段时间发生, 则有效膨胀比小于几何膨胀比。另外, 分别根据关闭和打开进气阀和排气阀的正时, 在压缩冲程起点的燃烧室体积和在膨胀冲程终点的燃烧室体积不必是在活塞下止点位置的汽缸体积。

[0008] 对于一可靠运行的柴油发动机而言, 在燃烧室内的压缩比被通常保持在阈值之上, 以在燃烧室中建立足够高的温度, 使得在燃烧室内被输送以及与压缩气体混合以形成燃烧混合物的柴油燃料能够自动点火。如本文所使用的燃烧混合物是指在燃烧室中的气体

和可选的（例如，通过喷油器输送的燃料的）气溶胶滴。该气体可包括空气、汽化的燃料，以及可能的其它气体（例如，再循环的废气，其它的稀释剂，等等）。

#### [0009] 概述

[0010] 从本文的描述中应当理解的是，对置活塞发动机配置可以在被配置为用于轻型车辆应用的柴油发动机中提供有益的效果。这样的发动机可以选择性地包括涡轮增压器和中间冷却器，如在本文中的关于各种实施方案所描述的。在当前主题的各种实施方案中，这样的发动机可以是四冲程发动机，其中进气、压缩、做功（例如膨胀）和排气发生在发动机的曲轴转两周，使得每个过程都可以被独立地控制。在这样的发动机中可变压缩比的使用可以被应用，通过采用一个或多个技术（包括但不限于在对置活塞发动机中的活塞正时的定相，在这样的发动机中改变曲轴之间的距离，等等）。在火花点火发动机中，可以出于对自动点火或其它不被发动机点火系统控制的燃烧事件的防止的需要而限制压缩比。在与当前的描述相一致的柴油发动机中，高压压缩比可以被有益地应用于增加效率，用于行驶循环中需要相对较低的扭矩的部分。当需要较大的扭矩以提供给提高的发动机负荷时，压缩比可以被减小，如上所述。与这样的方法相结合，或可选择地作为单独的方法，关于一个或多个发动机操作方面的信息可以被使用以预测燃烧室温度，且一个或多个发动机操作参数可以被调整以保持燃烧室内的峰值温度低于阈值温度以限制氮氧化物的生成。此外，促进漩涡和对喷射进入燃烧室的燃料快速混合的活塞顶配置可以被使用在对置活塞发动机内，同时用于柴油应用和火花点火的配置。

[0011] 在当前主题的一个方面，方法包括操作具有第一压缩比的柴油对置活塞发动机以提供发动机功率以响应第一发动机负荷，该柴油对置活塞发动机包括至少部分由被耦合至两个曲轴的两个活塞的顶界定的燃烧室。该方法进一步包括将第一压缩比改变为第二压缩比以提供发动机功率以响应第二发动机负荷。该第二发动机负荷大于该第一发动机负荷，第二压缩比小于该第一压缩比。

[0012] 在第二个相关的方面，柴油对置活塞发动机包括至少部分由耦合至两个曲轴的两个活塞的顶界定的燃烧室。发动机控制器执行操作包括操作具有第一压缩比的柴油对置活塞发动机以提供发动机功率以响应第一发动机负荷，以及将第一压缩比改变为第二压缩比以提供发动机功率以响应第二发动机负荷。该第二发动机负荷大于该第一发动机负荷，该第二压缩比小于该第一压缩比。

[0013] 在另一个相关的方面，方法包括确定将会发生在柴油内燃机的燃烧室内的预测的峰值燃烧室温度。该确定是根据发动机操作信息。该方法进一步包括当该预测的峰值燃烧室温度超过阈值温度时，识别发动机操作参数的目标集，其中，氮氧化物污染物 ( $\text{NO}_x$ ) 的可接受的水平预期在该阈值温度将要在燃烧室中形成，以及应用发动机操作参数的目标集以修改一个或多个当前的发动机参数，从而保持该峰值燃烧室温度低于该阈值温度。

[0014] 在另一个相关的方面，柴油对置活塞发动机包括至少部分由耦合至两个曲轴的两个活塞的顶界定的燃烧室。发动机控制器执行操作包括根据发动机操作信息确定将会发生在燃烧室内的预测的峰值燃烧室温度，当该预测的峰值燃烧室温度超过阈值温度时，识别发动机操作参数的目标集，其中，在该阈值温度氮氧化物污染物 ( $\text{NO}_x$ ) 的可接受的水平预期将要在燃烧室中形成，以及应用发动机操作参数的该目标集以修改一个或多个当前的发动机参数，从而保持该峰值燃烧室温度低于该阈值温度。

[0015] 在一些变形中,一个或多个附加的特征可以被选择性地包括在任何可行的组合中。压缩比的改变可以通过利用两个活塞中的相位的相变以及在两个曲轴之间的距离的转换中的至少一个被执行。进口空气可以被提供至燃烧室,通过涡轮增压器将提供的空气的压力增加到高于环境压力。当第二压缩比被采用时,涡轮增压器提供具有第二压力的进口空气,以及当第一压缩比被采用时,涡轮增压器提供具有第一压力的进口空气,该第二压力大于该第一压力。两个活塞的顶包括一个或多个漩涡消除特征。该一个或多个漩涡消除特征可以导致进口空气到燃烧室以具有高漩涡并分成至少两个共旋转漩涡,所述两个共旋转漩涡在各自的输送燃料至燃烧室的喷油器前面被形成。

[0016] 该发动机操作信息可以包括位于接收和冷却由涡轮增压器压缩的空气中的中间冷却器的出口或其附近被测量的中间冷却器出口温度,以及在发动机内的压缩比。该发动机参数的目标集可以包括燃料输送参数。燃料输送参数可以包括用于给定的发动机循环的一个或多个喷射进入燃烧室的燃料的量、在发动机的循环过程中燃料的一次或多次喷射的正时,以及发生在发动机的循环过程中的燃料的喷射数。发动机参数的目标集可以包括将当前的压缩比改变为更小的压缩比以减少在燃烧室内的能量密度从而降低峰值温度。

[0017] 在此描述的本主题的一个或多个变形的详细内容接下来会在附图和说明书中陈述。在此描述的本主题的其他特征和优点从说明和附图,以及权利要求中将会是显而易见的。

## 附图说明

[0018] 附图说明包含在说明书中并构成本说明书的一部分,示出了主题的某些方面在本文所公开,并且与描述一起帮助解释了与所公开的实施方案相关联的原理。在附图中,

[0019] 图 1 示出了比较有效膨胀比和压缩比组合的两个例子的图表;

[0020] 图 2A 和图 2B 示出了两个对置活塞顶设计的正视图;

[0021] 图 3A、图 3B 和图 3C 示出了两个对置的活塞顶在内燃机的气缸内的三个不同位置的截面图;

[0022] 图 4 示出了具有一个或多个与当前主题的实施方案相一致的特征的方法的方面的流程图;

[0023] 图 5 示出了与当前主题的实施方案相一致的发动机系统的方面的示意图;以及

[0024] 图 6 示出了具有一个或多个与当前主题的实施方案相一致的特征的方法的其它方面的流程图。

[0025] 当可行时,相似的参考标号表示相似的结构、特征或元件。

## 具体实施例

[0026] 在现代,小型柴油发动机中,例如那些被配置为用于客运车、轻型卡车,等等的柴油发动机中,足以使喷射燃料自动点火的压缩比通常可以为至少大约 16 : 1。一旦发动机已达到它的操作温度,这种大小的压缩比对于高效率可以是有利的(例如,对于以上所述的一个或多个原因)。但是,在柴油发动机中的高压压缩比对于高功率密度可以是不太有利的,例如,由于高压压缩比条件下较大质量的燃料的燃烧可以产生大量的热量和压力,其可具有不希望的后果。

[0027] 重型（例如，大发动机负荷）的应用可需要一个非常强大的发动机结构以承受为了达到所需的具有高压压缩比的发动机功率输出所需要的压力。此外，高压压缩比会导致燃烧室内的压力迅速下降，在某些情况下，在连接活塞顶到机轴的连杆达到足以在机轴上产生最大扭矩的角度之前。较低的压缩比可使燃烧室压力在一段较长的时间内保持在一个较高的水平，从而提高扭矩，但会自排气阀或阀门浪费能量，因为热的燃烧气体在被排出之前可能还没有完全膨胀。

[0028] 对于机动车辆的一个典型的行驶循环，大部分的燃料消耗一般在车辆的内燃机的低负荷和怠速运转过程中发生。低负荷的工作情况可以包括以恒定或者接近恒定的速度巡航、减速、下坡行驶、平缓的加速，或在类似情况。然而，在某些情况下，例如快速加速、重型车辆负荷或许多乘客的牵引或拖带、上坡行驶，或类似的情况，车辆发动机必须能够提供增加的功率以便满足操作员的期望。一般传统的柴油发动机提供的效率和功率输出与典型的车辆使用模式不能很好的匹配。

[0029] 一种已用于轻型车辆应用的改善柴油发动机的适用性的方法是将涡轮增压并入。在常规的涡轮增压柴油发动机中，通过增加增压水平，同时也增加气体 - 燃料混合物的稀释水平来实现效率的提高。增加的增压提供了足够的气体温度和密度，以支持柴油点火，同时燃烧混合物的稀释可通过减少在每一循环的能量释放来协助减少燃烧室温度。降低的燃烧室温度在减少氮氧化物（例如，一氧化氮、NO、二氧化氮、NO<sub>2</sub>，被称作 NO<sub>x</sub> 的集合）的生成方面是令人满意的，这些是常见的燃烧生成的污染物和在对流层的气体污染主要成分（如“烟雾”）。

[0030] 增加增压的结果是，一个典型的用于轻型应用的涡轮增压柴油发动机可以经历 150 巴或甚至更高的峰值压力。重大且重型发动机的结构部件一般都需要包含这样的压力。这些特征增加了柴油发动机的重量和成本。此外，尽管一般的柴油发动机和特殊的涡轮增压柴油发动机可以通过常规的火花点火发动机提高可达到的效率和性能水平，对由这样的发动机所产生的气体污染物的控制仍可以是一个重大的挑战。例如，即使使用上面讨论的方法，在这种发动机中 NO<sub>x</sub> 的生产通常仍显著增加，这是由于在柴油燃烧中的固有的高温，且会通过使用高压压缩比和涡轮增压进一步加剧。

[0031] 在压缩冲程终点在气缸内的流体的温度通常是被输送到气缸的流体的起始温度、这些流体在活塞的压缩冲程过程中经受的压缩量（例如，压缩比）以及对壁的热损失的函数。在低发动机速度和发动机负荷，进入气缸的流体（例如空气）基本上是在环境温度，因为涡轮增压器在低速时提供很少的增压。因此，对于发动机的冷启动，提高的压缩比可以是必要的，以在燃烧室内充分加热流体，以引起被射入燃料的点火。在发动机预热后且汽缸壁不再充当在燃烧室内的热量的重要散热器，较低的压缩比可在压缩冲程的终点提供足够的流体温度以引起点火。

[0032] 此外，一旦涡轮增压器开始提供至少中等水平的增压，通过涡轮增压器的空气被加热，既是通过涡轮增压器内发生的压缩，也是由于涡轮增压器的效率不足。因为通过涡轮增压器的该空气是处于提高的温度，在提高的涡轮增压器出口压力下，如果气体被冷却回至环境温度（例如，进入涡轮增压器的气体的温度）它的密度将比可以达到的更低。中间冷却器或其它热交换器机构通常与涡轮增压器一起使用，以去除至少一些由涡轮增压器加至进口空气的热量。然而，中间冷却器通常不冷却压缩的进口空气返回到环境温度。尽管

发动机启动和运行（即如在启动时不冷却），汽缸壁一般都充分预热。另外，由被压缩的进口空气所提供的额外的热负荷可以容易地导致燃烧室温度显著超过维持充分燃烧的必要的温度。因此，在燃烧室中的热平衡可以随着发动机的继续操作偏向增加燃烧温度。像这样，从提高的空气进口温度开始，在压缩冲程上在燃烧室内经历压缩，然后燃烧大量的燃料以为中型到重型发动机负荷提供功率可以容易地导致在燃烧室内的温度的高度提高，这可导致  $\text{NO}_x$  产量的提高。

[0033] 以实现在柴油发动机中的污染物排放的控制的当前可用的方法通常包括将燃烧生成的  $\text{NO}_x$  转换成无污染的化合物。一个或多个后处理系统通常包括，例如用于“柴油排气液”喷射的系统，其含有尿素或类似物与  $\text{NO}_x$  反应，在选择性还原催化剂存在的情况下，以生产氮气 ( $\text{N}_2$ ) 和水蒸气 ( $\text{H}_2\text{O}$ )。这种系统的例子出现在可从宝马汽车公司（慕尼黑，巴伐利亚，德国）购买的“先进柴油机”车辆中，可从大众汽车（沃尔夫斯堡，下萨克森州，德国）购买的涡轮增压缸内直喷 (TDI™) 车辆中，以及可从戴姆勒公司（斯图加特，巴登-符腾堡州，德国）购买的梅赛德斯 BlueTech™ 车辆中。这些后处理系统可以是复杂和昂贵的。

[0034] 符合一个或多个当前主题的实施方案的柴油发动机可以具有可压缩比的特性，其中高压比被用于轻负荷、高效率操作，而较低的压缩比用于与涡轮增压组合以提供更高的功率。较低的压缩比、更高的功率工作模式通常可以包括降低的燃油效率性能。

[0035] 图 1 显示图表 100，示出了在两种不同模式的发动机操作下气缸压力对比气缸体积的两条曲线。在图 1 中的数据显示的例子中柴油机中的可压缩比可以提供相等的峰值压力，但在较低的压缩比时具有 45% 的更多的功率。较低的压缩比可被用于高功率，而较高的压缩比可以用于启动和用于大多数操作（例如，在行驶循环的较低的功率，高效率部分）。在第一模式中，高压比（在这个例子中，大约 16 : 1）可以与有效膨胀比 14 : 1 共同被提供，用于在较轻负荷时的较高操作效率。

[0036] 要提取更大的功率以响应较大的发动机负荷，第二模式可具有较低的压缩比（在这个例子中，大约 10 : 1），其与有效膨胀比 8 : 1 一起被提供。应该理解的是，在图 1 中提供的数据是出于对两个潜在的压缩比机制的说明性目的。符合一个或多个当前主题的实施方案的柴油发动机可以包括在用于最大功率的最低压缩比和用于较高效率的最高压缩比之间的连续不断的压缩比。可替代地，可以提供有限组压缩比的选择。

[0037] 在当前主题的一些实施方案中，对置活塞发动机的配置可以被用于设有可压缩比和四冲程操作的柴油发动机中。对置活塞发动机的配置，以及可以被使用的与当前主题的一个或多个实施方案相关联的其它发动机特征的非限制性例子包括共有的美国专利和专利申请出版物：7,559,298（“内燃机”），8,413,619（“对置活塞及其它内燃机的可压缩比系统及制造使用方法”），US2010/0212622A1（“套筒阀组件”），US2011/0041799A1（“高涡流引擎”）和 US2012/0158273A1（“多模式高效内燃机”）。

[0038] 在当前主题的一些实施方案中，对置活塞发动机，例如那些在上面提到的可以包括活塞顶，类似于在图 2A 和图 2B 中的图形 200 和 250 所示。这些活塞顶，其被配置为被定位在两个对置的活塞上，使得凸起的突出物 202 和 204 在活塞顶 200 和 250 最接近状态互相重叠，就可以在燃烧室中形成两个挖槽 206 和 210。当与一个漩涡引起进入端口结合使用时（例如一个或多个上文所引用的文献中所描述的，可能会导致漩涡进口空气作为一个单一流场进入以当活塞一起靠近上止点时划分成两个共旋转漩涡。

[0039] 这个分割可能是由于在活塞上的重叠的顶形状特征,例如,如参照图 3A,3B 和 3C 的截面图 300,330,和 360 所进一步说明的。从每个对置的活塞顶的表面向上伸出的凸起的突出物 202 和 204 的结构,可选择地具有类似于半沙漏的形状。这两个对置的活塞每个都可分别具有在活塞顶的对边上的如此“弹出式”的形状,使得当活塞顶彼此最靠近时(例如,在上止点位置)凸起的突出物 202 和 204 重叠,如图 3A、图 3B,和图 3C 所示。

[0040] 如图 3A 所示,两个对置的活塞 302 和 304,其顶分别包括凸起的突出物 202 和 204,它们接近以压缩在它们之间的燃烧室 306。图 3B 和图 3C 示出了对于最大压缩比条件下(图 3B)和最小压缩比条件下(图 3C)在上止点这些活塞顶突出部分的重叠。如这些图所示,随着压缩比的变化,凸起的突出物 202 和 204 的重叠量也发生改变。甚至在最小压缩比条件下,该凸起的突出物 202 和 204 仍然重叠并将进入流分成两个共旋转的漩涡,如上所述。以这种方式,共旋转的漩涡能有效地消除由高漩涡端口引起的漩涡。因此,凸起的突出物可以被认为是活塞顶上的漩涡消除特征。

[0041] 当活塞分开来,两个共旋转的漩涡流可以在室中心经历相互的高剪切,可以将漩涡的宏观运动改变为涡湍流的微运动。这一特征可以完成空气和喷射燃料的混合。微运动衰减迅速并且由此可以随着活塞暴露出更多气缸壁区域给热燃烧气体而减少传热到燃烧室的壁。

[0042] 在当前主题的一些实施方案中,第一共旋转漩涡可以在第一燃料喷油器之前在燃烧室内被形成,以及第二共旋转漩涡可以在第二燃料喷油器之前在燃烧室内被形成。

[0043] 符合当前主题的一些实施方案中,可变压缩比可以与涡轮增压、超级增压组合。在高增压时,进气风道的空气温度可以显著比环境高。在此高温空气上引发压缩可以确保即使在低压缩比时,压缩后的空气的温度也足够高以保证稳定的燃烧,从而支持在高功率的一贯的燃烧。

[0044] 当发动机的进口空气温度低时,高压压缩比可以被使用,无论是从一个冷启动或在低增压操作时。在这种条件下使用高压压缩比可以支持稳定的燃烧,即使具有相对低的进口空气温度和/或轻的功率。在当前主题的一些实施方案中,可变压缩比可在对置活塞上使用曲柄相变,如美国专利 8,413,619 中所述的例子(上面提到的)。这种方法可能是有利的,由于在低压缩/高输出扭矩的情况下,在两个曲轴之间需要具有减小的扭矩量。

[0045] 应当注意到的是,在图 1 中所示的显著较高的扭矩(例如,由于增加的燃烧室压力)可以要求质量流的增加,其至少略高于所得的扭矩增加,因为用于高发动机负荷条件下的较低的膨胀比所具有的效率一般较低。

[0046] 留在排气中的来自发动机的低膨胀比操作的高能量可以被用于涡轮增压。这一特征可以提供一些更高水平的工作,这些工作可被要求提供较高的质量流达到更高的进气歧管压力。符合当前的主题的一些实施方案中,可以要求来自发动机的排气中的多余热量在进入涡轮增压器之前被冷却以避免过温条件,这可以是对一个或多个在涡轮增压器中的涡轮机部件有害的。

[0047] 进气(例如,已由涡轮增压器压缩的空气)和排气都可以选择性地用管道输送或不用管道输送通过中间冷却器,这取决于相应的气体流的温度。与柴油发动机的操作要求相一致,进气温度一般应当足够高以引起点火,但尽可能地低,以提供最大的功率密度(例如,通过允许尽可能最密集的空气增压进入到燃烧室)。排气可以被管道输送通过冷却

器,如果需要的话,在涡轮增压器的涡轮机之前,如前所述。如此,该中间冷却器可被调节以确保增压密度可以是高的,但并非这么冷使得燃烧受到损害。

[0048] 图 4 显示一流程图 400,示出了可以在当前主题的一个或多个实施方案中呈现的特征。402,在第一发动机负荷,柴油发动机可以在具有第一压缩比的条件下被操作。第二,高于第一发动机负荷的发动机负荷,在 404,发动机可在具有小于第一压缩比的第二压缩比的条件下被操作。在当前主题的一些实施方案中,发动机可以是对置活塞发动机,并且可选择地包括用于增加增压水平的涡轮增压器。换句话说,空气通过涡轮增压器被提供给燃烧室,增加了所提供的空气的压力至高于环境压力。对置活塞发动机可选择地具有沿着公共轴线往复(例如,“内联的”对置活塞发动机)或沿两个不共线的轴线往复(例如,“弯曲的”对置活塞发动机)的对置活塞。

[0049] 在 406,可选择地被提供,例如如上参考图 2A,图 2B,图 3A,图 3B 和图 3C 所述的漩涡引起特征以使进口空气至燃烧室以具有高漩涡,并分成至少两个共旋转漩涡,两个共旋转漩涡在各自的输送燃料至燃烧室的喷油器前面被形成。在 410,涡轮增压或超级增压可选择地被提供,以增加进口空气的质量流至燃烧室,特别是在高发动机负荷,以抵消或补偿在较低的压缩和膨胀比条件下经历的较低的效率。换句话说,当第二压缩比被采用时,涡轮增压器提供具有第二压力的进口空气,而当第一压缩比被采用时,涡轮增压器提供具有第一压力的进入气体,第二压力比第一压力大。

[0050] 在给出当前的柴油的技术的排放控制系统通常所需的成本和复杂性的条件下,期望有一种能够以减少或甚至消除大量  $\text{NO}_x$  的产生的方式操作的行驶循环兼容的柴油发动机。在当前主题的一些实施方案中,涡轮增压柴油发动机可以包括发动机控制器以控制一个或多个发动机操作条件来控制在燃烧室内的温度,从而使得  $\text{NO}_x$  的产生被限制在预定水平。

[0051] 例如,进口空气在涡轮增压柴油发动机的中间冷却器出口的温度可以用作在燃烧室内充分点火和燃料燃烧所需的压缩比的确定的至少一个参数。在这种方式下,较低的燃烧温度被保持以用于最小  $\text{NO}_x$  的生成。降低燃烧气体温度导致  $\text{NO}_x$  形成的减少。

[0052] 采用与涡轮增压柴油发动机结合的可变压缩比的特征可以允许压缩比的动态改变,以便控制在压缩冲程的终点所达到的燃烧室温度,使得支持喷射燃料的燃烧所需的燃烧室温度的下限被保持,同时保持  $\text{NO}_x$  的产生低于目标阈值所需的燃烧室温度的上限不被超过。对于较轻的发动机,例如客运车辆的应用,降低的压缩比可以允许改进的功率密度,因为更大量的膨胀功可用于在车辆上的曲轴上施加扭矩。

[0053] 在如上所述的第二模式的减小的压缩比的条件下操作,比在较高的压缩比(例如,如在上面讨论的第一模式中)的条件下操作具有更低的燃料效率。然而,如果发动机需要升高的功率输出只为了它的操作循环(例如,在一个典型的客运或轻型卡车的行驶循环)的一个有限的和间歇的一部分,则在该期间内提供增加的功率输出所需的暂时降低的效率不会显著影响车辆的整体效率。通过使得发动机能够按需实现更高的功率密度,通过之前讨论的低压缩比第二模式,可以提供更小的(例如更轻,更便宜的,等等)发动机以供给与更重型的发动机在恒定、提高的压缩比运行所供给的相同的峰值功率。较小尺寸的发动机可以在操作曲线的更有效的部分上被操作,用于其操作寿命的大部分,从而节省了显著量的燃料。

[0054] 在图 5 的发动机系统 500 的示图中所示的一个例子中, 发动机控制器 (例如发动机控制单元或 ECU) 502 接收一个或多个关于发动机操作信息的单元。一种类型的信息可以源于中间冷却器出口温度传感器 504 以测量空气经由进气歧管 508 和一个或多个进气阀 (未示出) 由中间冷却器 506 输送到燃烧室 306 的温度。中间冷却器 506 可冷却由涡轮增压器 510 压缩的空气, 其可以由从燃烧室 306 除去的排气 512 提供能量, 例如通过一个排气歧管 514 的方式, 并且能够从进气口 520 接收进口空气 516。另一个信息单元可以包括在燃烧室 306 内的当前的压缩比。这样的信号, 或可选择地简单的信息, 关于燃烧室 306 的当前的压缩比状态, 可以从可变压缩比控制系统 522 被接收, 其可以选择性地包括一个或多个电子的和机械的控制以影响一个或多个燃烧室的几何形状、用于影响在燃烧室的有效压缩比变化的阀正时、活塞相位正时控制 (例如, 用于对置活塞发动机的相位器驱动的 VCR) 等。发动机控制 502 还可以接收由增压器 510 提供的关于一个或多个当前的增压水平、当前的发动机负荷、当前的发动机转速、燃烧室温度的温度代表 (例如, 气缸壁温度、活塞顶温度等)、用于给定的发动机循环的喷射的燃料量或将喷射进入燃烧室的燃料量、喷射或在发动机的循环过程中的喷射的正时的信息, 等等。关于燃料输送量和正时的信息可以从燃料输送系统 524 被接收。一个或多个发动机负荷和转速传感器和 / 或温度传感器 (未示出) 可以被包括以提供信息给发动机控制 502。发动机控制 502 可选择性地包括一个或多个专用或通用的可编程处理器, 其可以执行在软件、硬件、固件或它们的一些组合中实施的控制逻辑。

[0055] 因此, 与当前主题的一个或多个实施方案相符合, 提供了用于操作涡轮增压柴油发动机的方法, 对至少某个发动机的操作循环的部分, 这种方式减少或以其它方式缩减  $\text{NO}_x$  的形成以低于某个预定的限制。图 6 显示了一流程图示出了在这个方法中可以存在的特征。将会理解的是, 与图 6 相一致的方法的一个或多个特征可以与图 4 相一致的方法的一个或多个特征结合使用, 且反之亦然。再次参考图 6, 在 602, 发动机控制器根据发动机的操作信息确定将发生在内燃机的燃烧室内的预测的峰值燃烧室温度, 内燃机可以是一个柴油发动机, 例如那些本文所讨论的 (可选具有涡轮增压的对置活塞柴油发动机)。在 604, 当预测的峰燃烧室温度超过阈值温度, 在该阈值温度氮氧化物污染物 ( $\text{NO}_x$ ) 的可接受的水平将要在燃烧室中被形成, 在 606, 发动机操作参数的目标集被识别。在 610, 发动机参数的目标集被应用到修改一个或多个当前的发动机操作参数, 从而保持峰值燃烧室温度低于阈值温度。

[0056] 在一个示例中, 发动机操作信息可以包括中间冷却器出口温度和发动机的燃烧室内的压缩比。发动机参数的目标集可包括燃料输送参数, 例如用于给定的发动机循环的喷射进入燃烧室的燃料量、在发动机的循环过程中燃料的一个或多个喷射的正时, 或类似的参数。延迟燃料的喷射可延迟点火, 其可具有类似的效果以在火花喷射发动机中延迟火花正时。如果燃料点火要发生, 例如, 在经过活塞的上止点若干度或由燃烧室驱动的活塞, 减小的峰值温度会发生, 这是由于气缸的体积已经扩大, 限制了压力升高的速率从而 (限制了) 温度升高。因此, 能量密度可被减小, 并且更少的热量在燃烧室中生成。在发动机循环的过程中, 燃料的多次喷射也可以减缓燃烧事件的速度, 其可具有在燃烧室内降低温度的效果。

[0057] 与图 6 相一致的方法的其它变型可以包括使用一个或更多个来自涡轮增压器的

的增压水平、当前的发动机负荷、当前的发动机转速、燃烧室温度的温度代表,或类似的作为发动机操作信息的一部分。涡轮增压器的增压水平可选择地被改变作为发动机参数的目标集的一部分。在一些实例中,发动机的压缩比可以至少部分地被确定,根据在发动机上一要求的负荷和发动机的转速,且燃料输送特性(正时、量、喷射数,等等)可以是在 606 被识别的发动机参数的目标集的部分,且被应用到 610,以限制在燃烧室内的峰值温度。在其它实例中,压缩比可以是在 606 被识别的发动机参数的目标集的部分,且被应用到 610,以保持燃烧室内的峰值温度低于阈值温度,因此可以基于保持峰值燃烧室温度低于阈值温度被确定并应用。换句话说,当前的压缩比可以被改变为更小的压缩比,以减少在燃烧室内的能量密度,从而降低了峰值温度。

[0058] 上述说明中的实施例并不代表所有与在此描述的与主题一致的实施方案。相反的,它们仅是一些与所述主题的相关方面相一致的一些示例。虽然一些变化在此被详细描述,但是其它的修改或增补亦为可能。特别地,进一步的特征和/或变化可以在除了所述的示例中被提供。例如,上述实施方案可以针对公开的特征的不同组合和子组合及上述公开的一些进一步特征的组合和子组合。另外,在此描述的和在附图中描述的逻辑流程并不必须要求所显示的特定顺序或连续次序以得到所期望的结果。所附权利要求的范围可以包括其它实施方案或实施例。

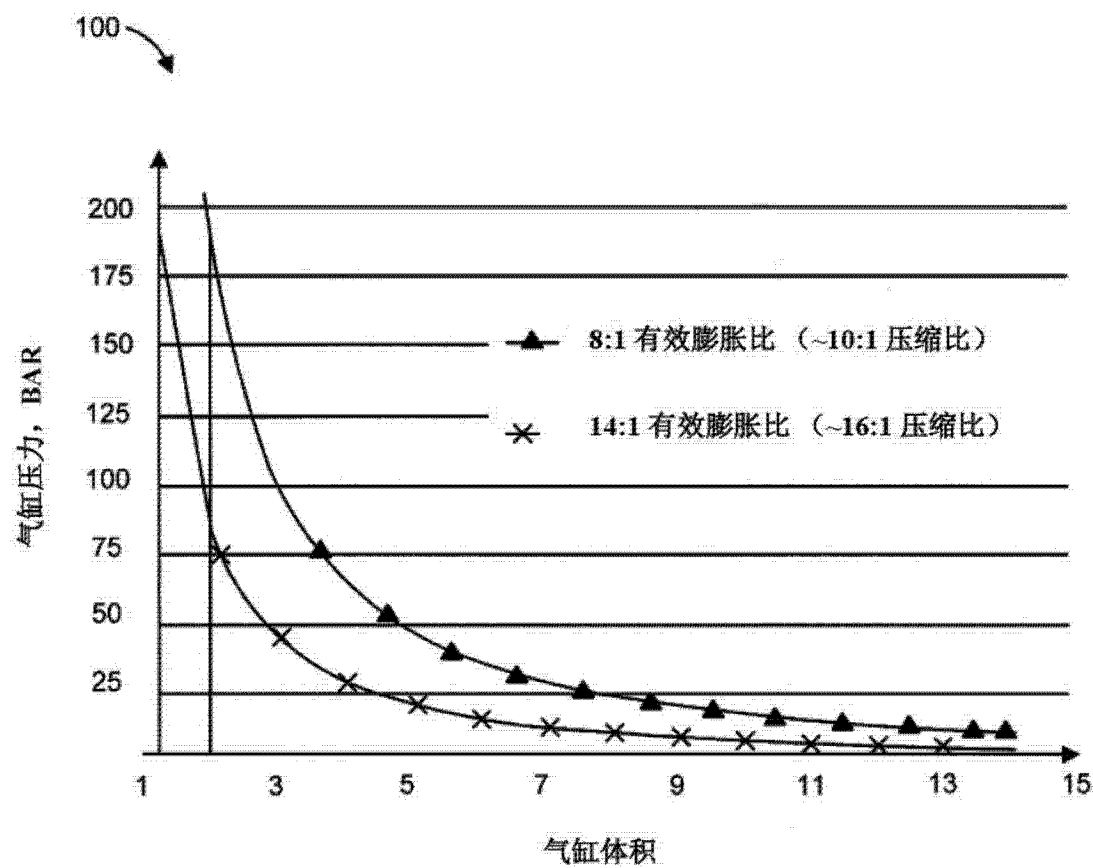


图 1

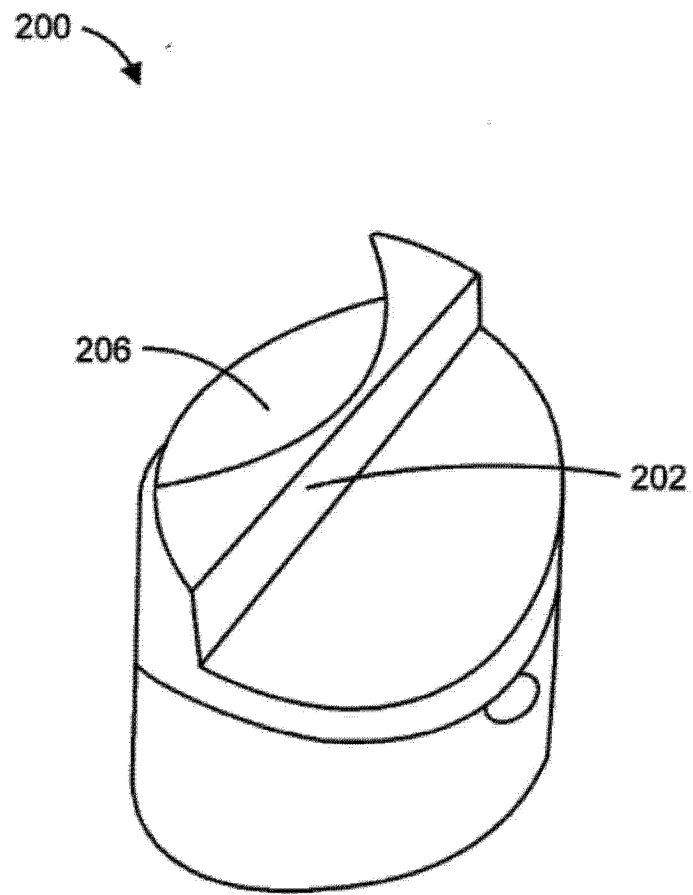


图 2A

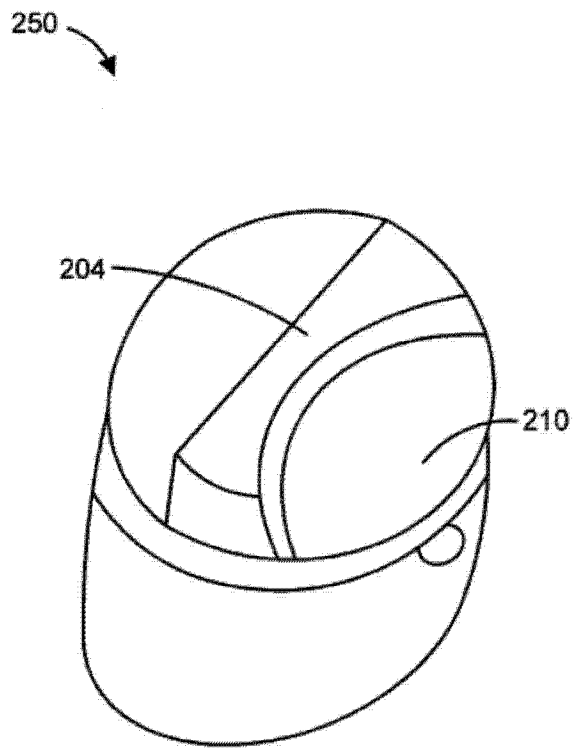


图 2B

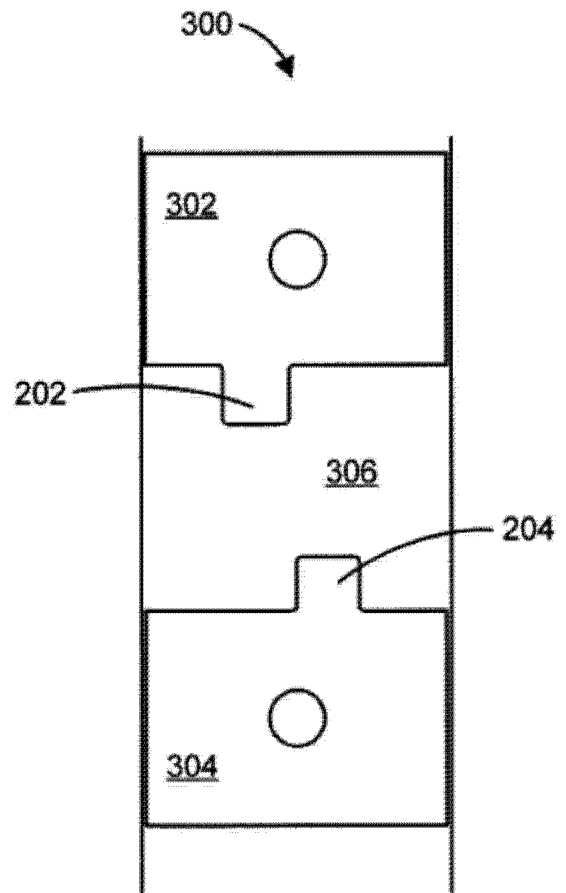


图 3A

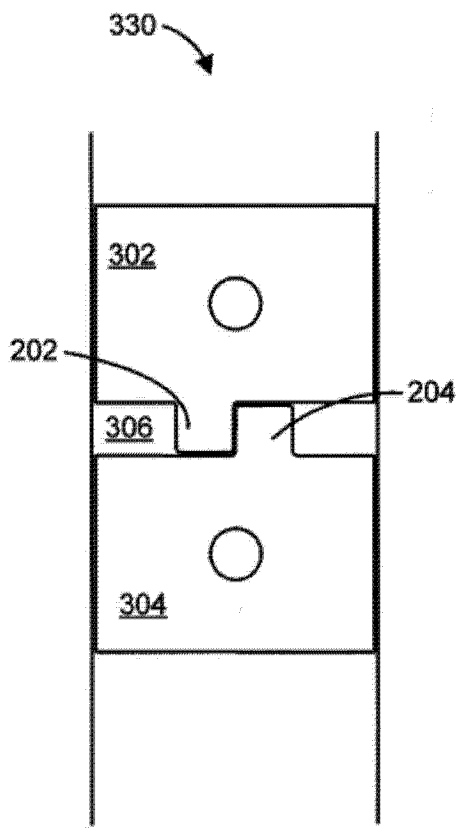


图 3B

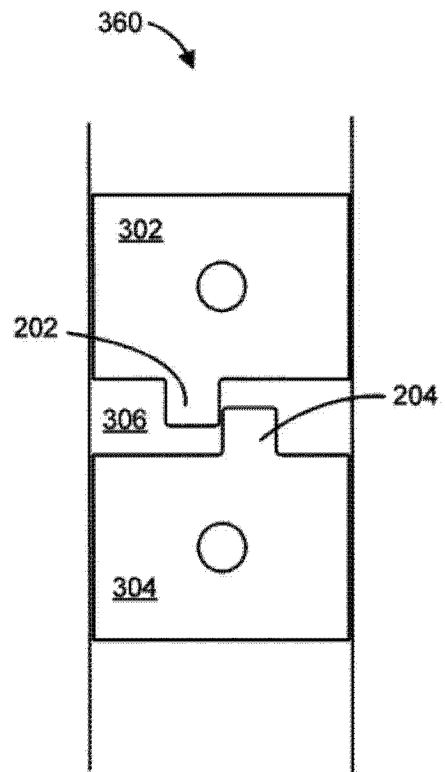


图 3C

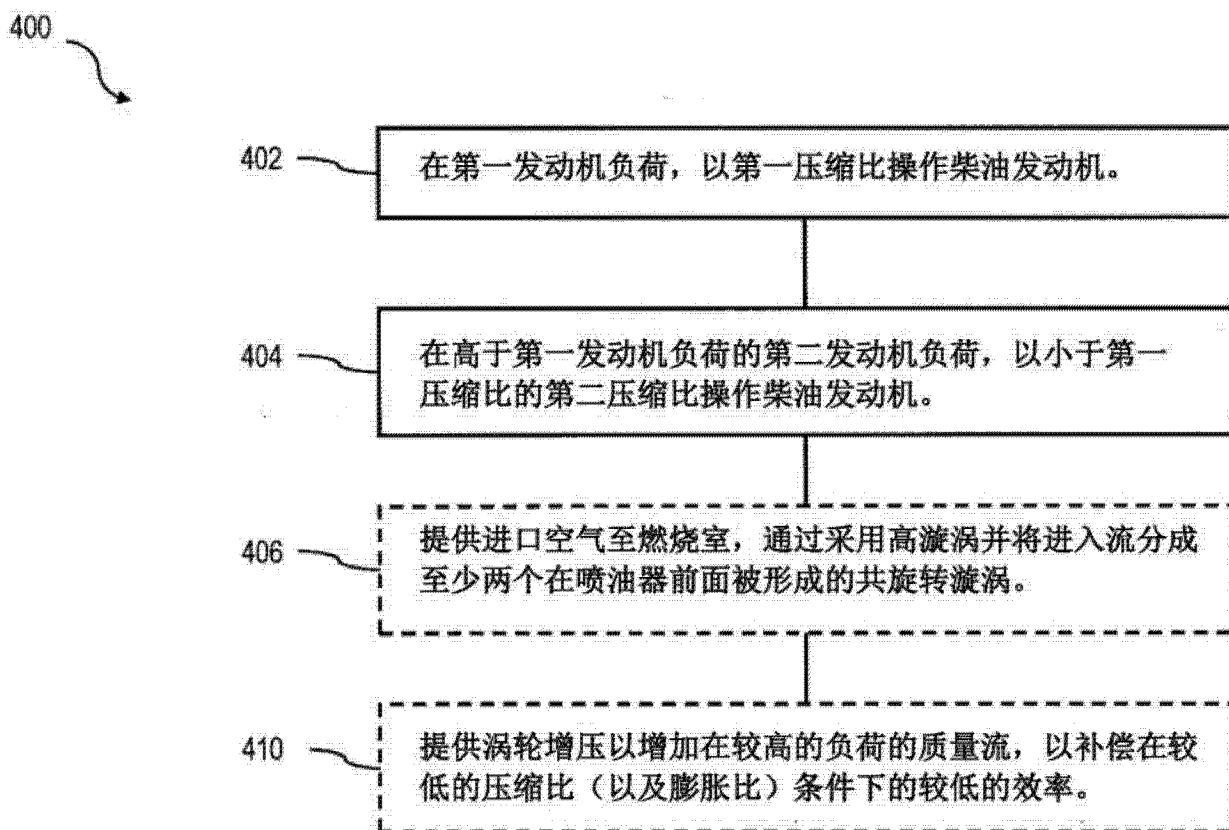


图 4

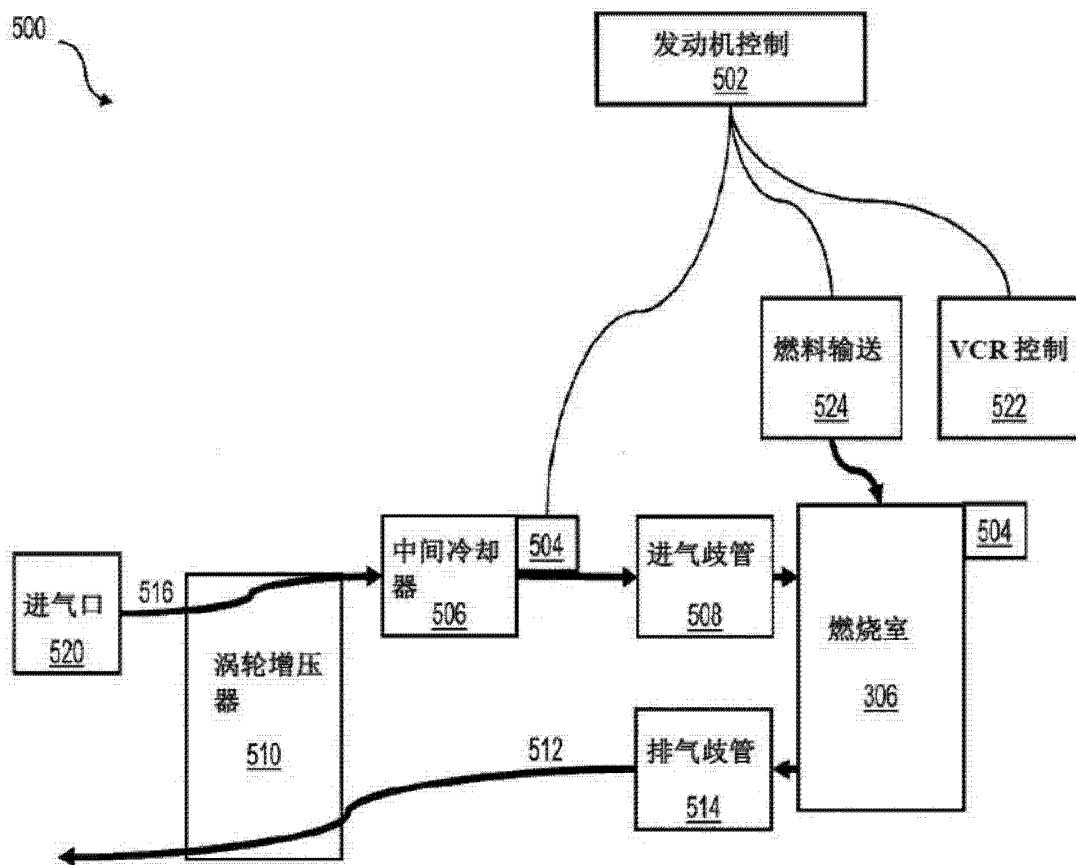


图 5

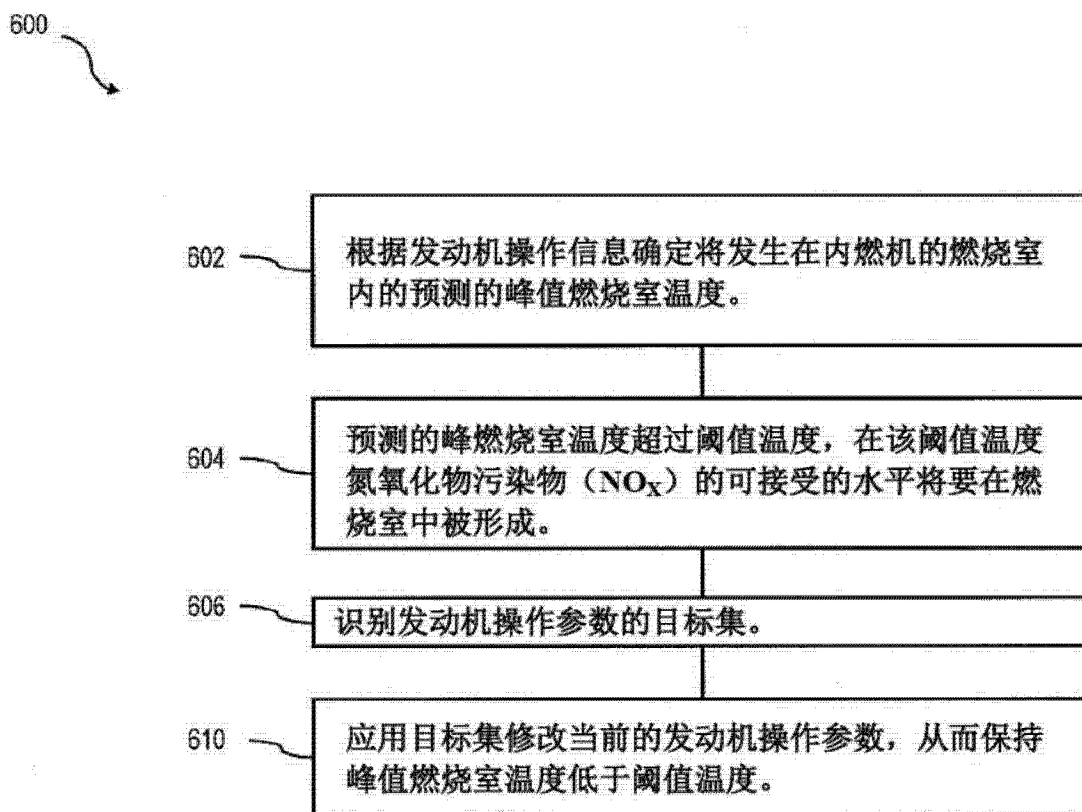


图 6