



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115176077 A

(43) 申请公布日 2022. 10. 11

(21) 申请号 202180016701.2

(22) 申请日 2021.02.26

(30) 优先权数据

62/981,808 2020.02.26 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.08.25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/019930 2021.02.26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/174016 EN 2021.09.02

(71) 申请人 清焰发动机公司

地址 美国伊利诺斯

(72) 发明人 J·布鲁姆雷特 B·约翰逊

R·尚茨

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

专利代理师 朱海涛

(51) Int.Cl.

F02D 41/00 (2006.01)

F02D 41/30 (2006.01)

F02D 19/06 (2006.01)

F02B 1/12 (2006.01)

F02D 41/40 (2006.01)

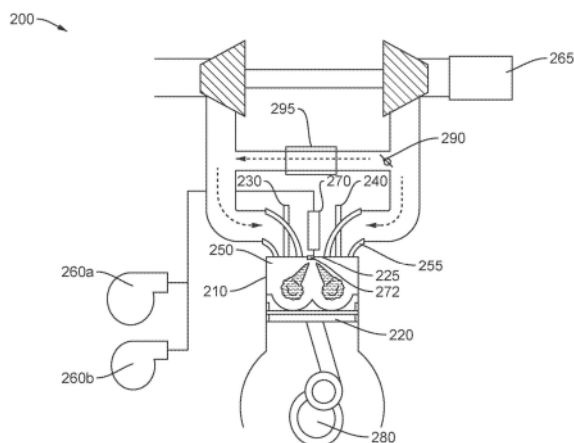
权利要求书5页 说明书19页 附图3页

(54) 发明名称

燃料不可知的压燃式发动机

(57) 摘要

本文所述的一些实施例涉及一种操作压燃式发动机的方法。操作压燃式发动机的方法包括打开进气门以将一定体积的空气吸入燃烧室,关闭进气门,以及以至少约15:1的压缩比在燃烧室中使活塞从下止点(BDC)位置移动到上止点(TDC)位置。该方法还包括在第一时间段期间以介于约330度和约365度之间的发动机曲柄角将一定体积的燃料喷射到燃烧室中。该燃料具有小于约40的十六烷值。该方法还包括燃烧基本上所有所述体积的燃料。在一些实施例中,将所述体积的燃料喷射到燃烧室和开始燃烧之间的延迟小于约2ms。



1. 一种操作压燃式发动机的方法,所述压燃式发动机包括具有内表面的发动机气缸、缸盖表面、布置并配置成在所述发动机气缸中移动的活塞、进气门和排气门,所述发动机气缸的内表面、所述活塞、所述缸盖表面、所述进气门和所述排气门限定燃烧室,所述方法包括以下步骤:

打开进气门以将一定体积的空气吸入燃烧室;

关闭进气门;

以至少约15:1的压缩比使活塞在燃烧室中从下止点(BDC)位置移动到上止点(TDC)位置;

在第一时间段期间以介于约330度和约365度之间的发动机曲柄角将一定体积的燃料喷射到燃烧室中,所述燃料具有小于约40的十六烷值;和

燃烧基本上所有所述体积的燃料,

其中在将所述体积的燃料喷射到燃烧室和开始燃烧之间的延迟小于约2ms。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述发动机曲柄角大于约330度足够的裕度,使得不超过约50%的所述体积的燃料在燃烧开始时与所述体积的空气预混合。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中不超过约20%的所述体积的燃料在燃烧开始时与所述体积的空气预混合。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在将所述体积的燃料喷射到所述燃烧室中的同时,产生由燃烧所述体积的燃料所产生的能量的至少40%。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述压缩比介于约15:1和约25:1之间。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述燃料是第一燃料,所述体积的空气是第一体积的空气,并且所述发动机曲柄角是第一发动机曲柄角,所述方法还包括:

打开进气门以将第二体积的空气吸入燃烧室;

关闭进气门;和

使活塞从BDC移动到TDC;

在第二时间段期间以第二发动机曲柄角将一定体积的第二燃料喷射到燃烧室中,所述第二燃料具有与所述第一燃料不同的十六烷值、热值和/或化学成分;

燃烧基本上所有所述体积的第二燃料,

其中所述第二发动机曲柄角大于约330度足够的裕度,使得不超过约50%的所述体积的第二燃料在燃烧开始时与所述第二体积的空气预混合。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述第二燃料的十六烷值低于所述第一燃料的十六烷值。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述体积的燃料和所述体积的空气以非化学计量的燃料-空气比被引入到所述燃烧室中。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,还包括:

在打开进气门之前对所述体积的空气应用温度控制策略。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中所述温度控制策略包括将所述体积的空气暴露于电加热器。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在打开所述进气门之前,所述体积的

空气具有至少约80℃的温度。

12. 根据权利要求9所述的方法, 其中所述温度控制策略包括将所述体积的空气暴露于具有火焰稳定化的燃烧器和/或催化燃烧器。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所述压燃式发动机包括涡轮增压器和/或机械增压器, 所述方法还包括: 基本上消除对所述涡轮增压器和/或机械增压器的后冷却。

14. 根据权利要求9-13中任一项所述的方法, 其中所述温度控制策略包括将热量从废气转移到所述体积的空气。

15. 根据权利要求9所述的方法, 其中所述温度控制策略包括废气的至少部分保留和再循环。

16. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述废气被捕集、再呼吸或操纵以帮助在所述燃烧室中产生足以将所述体积的燃料喷射到所述燃烧室中与开始燃烧之间的延迟限制为小于约2ms的温度。

17. 根据权利要求15或16中任一项所述的方法, 其中在将所述体积的空气吸入燃烧室之前, 将废气至少部分地与所述体积的空气混合。

18. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所述体积的燃料在继续喷射时产生混合受限羽流, 使所述体积的燃料和所述体积的空气反应。

19. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所述第一燃料具有小于约10的十六烷值。

20. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中发动机气缸中的所述体积的空气刚好在燃料喷射之前的平均温度处于约1000K和约1250K之间的范围内。

21. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所述体积的燃料包括按重量计小于导致十六烷值显著变化的添加剂的约3%。

22. 根据权利要求21所述的方法, 其中所述体积的燃料包括按重量计小于导致十六烷值显著变化的添加剂的约1%。

23. 根据权利要求22所述的方法, 其中所述体积的燃料包括小于导致十六烷值的显著变化的添加剂的1000ppm。

24. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所述体积的空气包括大气空气、潮湿空气、富含氧气的空气、用废气稀释过的空气和/或用惰性气体稀释过的空气。

25. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所述燃料包括石脑油、汽油、酒精、丁醇、丙醇、乙醇、甲醇、气态烃、天然气、甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、己烷、替代燃料、氢气、氨、合成气和/或CO。

26. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所述体积的燃料以至少约800巴的绝对压力被喷射到所述燃烧室中。

27. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所述压燃式发动机包括传感器, 所述传感器被配置为检测所述燃料的特性并基于所述燃料的特性控制所述温度控制策略。

28. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中所述压燃式发动机包括隔热特征, 以帮助在所述燃烧室中产生足以将所述体积的燃料喷射到所述燃烧室和开始燃烧之间的延迟限制为小于约2ms的温度。

29. 一种操作压燃式发动机的方法, 所述压燃式发动机包括具有内表面的发动机气缸、缸盖表面、布置并配置成在所述发动机气缸中移动的活塞、进气门和排气门, 所述发动机气缸的内表面、所述活塞、所述缸盖表面、所述进气门和所述排气门限定燃烧室, 所述方法包括以下步骤:

打开进气门以将一定体积的空气吸入燃烧室;

关闭进气门; 和

以至少约15:1的压缩比使活塞在燃烧室中从下止点(BDC)位置移动到上止点(TDC)位置;

以介于约330度和约365度之间的发动机曲柄角将一定体积的燃料喷射到燃烧室中, 该燃料具有小于约40的十六烷值;

燃烧基本上所有所述体积的燃料,

其中所述发动机曲柄角大于约330度足够的裕度, 使得在将所述体积的燃料喷射到燃烧室中的同时产生由燃烧所述体积的燃料所产生的能量的至少30%。

30. 根据权利要求29所述的方法, 其中所述燃烧室包括局部当量比至少约为2的点。

31. 根据权利要求29或30中任一项所述的方法, 其中所述发动机曲柄角大于约330度足够的裕度, 使得不超过约50%的所述体积的燃料在开始燃烧时与所述体积的空气预混合。

32. 根据权利要求29-31中任一项所述的方法, 其中所述燃料是第一燃料, 所述体积的空气是第一体积的空气, 并且所述发动机曲柄角是第一发动机曲柄角, 所述方法还包括:

打开进气门以将第二体积的空气吸入燃烧室;

关闭进气门; 和

使活塞从BDC移动到TDC;

在第二时间段期间以第二发动机曲柄角将一定体积的第二燃料喷射到燃烧室中, 所述第二燃料具有与所述第一燃料不同的十六烷值、热值和/或化学成分;

燃烧基本上所有所述体积的第二燃料,

其中所述第二发动机曲柄角大于约330度足够的裕度, 使得不超过约50%的所述体积的第二燃料在燃烧开始时与所述第二体积的空气预混合。

33. 根据权利要求32所述的方法, 其中所述第二燃料的十六烷值低于所述第一燃料的十六烷值。

34. 根据权利要求29-33中任一项所述的方法, 还包括:

在打开进气门之前对所述体积的空气应用温度控制策略。

35. 根据权利要求34所述的方法, 其中所述温度控制策略包括将所述体积的空气暴露于具有火焰稳定化的燃烧器和/或催化燃烧器。

36. 根据权利要求34或35中任一项所述的方法, 其中所述温度控制策略包括将热量从废气转移到所述体积的空气。

37. 根据权利要求36所述的方法, 其中所述温度控制策略包括废气的至少部分保留和再循环。

38. 根据权利要求29-37中任一项所述的方法, 其中发动机气缸中的所述体积的空气刚好在燃料喷射之前的平均温度处于约1000K和约1250K之间的范围内。

39. 根据权利要求29-38中任一项所述的方法, 其中所述体积的燃料包括按重量计小于

导致十六烷值显著变化的添加剂的约3%。

40. 一种操作压燃式发动机的方法, 所述压燃式发动机包括具有内表面的发动机气缸、缸盖表面、布置并配置成在所述发动机气缸中移动的活塞、进气门和排气门, 所述发动机气缸的内表面、所述活塞、所述缸盖表面、所述进气门和所述排气门限定燃烧室, 该方法包括以下步骤:

打开进气门以将一定体积的空气吸入燃烧室;

关闭进气门,

以至少约15:1的压缩比将发动机气缸中的所述体积的空气压缩至足以在燃烧室中引起自燃的压力和温度,

以介于约330度和约365度之间的发动机曲柄角将一定体积的燃料喷射到燃烧室中, 该体积的燃料具有小于约30的十六烷值; 和

改变所述体积的燃料的喷射正时以将因所述体积的燃料在所述体积的空气中的燃烧而引起的压力上升的速率控制成小于约15巴每度曲柄角。

41. 根据权利要求40所述的方法, 其中控制燃烧室中的压力上升的速率仅通过改变所述体积的燃料的喷射正时而进行。

42. 根据权利要求40或41所述的方法, 其中所述发动机曲柄角大于约330度足够的裕度, 使得不超过约50%的所述体积的燃料在开始燃烧时与所述体积的空气预混合。

43. 根据权利要求40-42中任一项所述的方法, 其中所述燃料是第一燃料, 所述体积的空气是第一体积的空气, 并且所述发动机曲柄角是第一发动机曲柄角, 所述方法还包括:

打开进气门以将第二体积的空气吸入燃烧室;

关闭进气门; 和

使活塞从BDC移动到TDC;

在第二时间段期间以第二发动机曲柄角将一定体积的第二燃料喷射到燃烧室中, 所述第二燃料具有与所述第一燃料不同的十六烷值、热值和/或化学成分;

燃烧基本上所有所述体积的第二燃料,

其中所述第二发动机曲柄角大于约330度足够的裕度, 使得不超过约50%的所述体积的第二燃料在燃烧开始时与所述第二体积的空气预混合。

44. 根据权利要求43所述的方法, 其中所述第二燃料的十六烷值低于所述第一燃料的十六烷值。

45. 根据权利要求40-44中任一项所述的方法, 还包括:

在打开进气门之前对所述体积的空气应用温度控制策略。

46. 一种操作压燃式发动机的方法, 所述压燃式发动机包括具有内表面的发动机气缸、缸盖表面、布置并配置成在所述发动机气缸中移动的活塞、进气门和排气门, 所述发动机气缸的内表面、所述活塞、所述缸盖表面、所述进气门和所述排气门限定燃烧室, 该方法包括以下步骤:

打开进气门以将第一体积的空气吸入燃烧室;

关闭进气门;

以至少约15的压缩比使活塞在燃烧室中从下止点(BDC)位置移动到上止点(TDC)位置;

在第一时间段内以第一发动机曲柄角将一定体积的第一燃料喷射到具有第一温度的

空气中,该第一温度在将所述体积的第一燃料喷射到燃烧室中之前10度曲柄角时测量,所述第一燃料具有小于约40的第一十六烷值;

燃烧基本上所有所述体积的第一燃料;

打开进气口以将第二体积的空气吸入燃烧室;

以至少约15的压缩比使活塞在燃烧室中从BDC移动到TDC;

在第二时间段期间将一定体积的第二燃料喷射到燃烧室中具有高于所述第一温度的第二温度的空气中,所述第二温度在将所述体积的第二燃料喷射到燃烧室之前10度曲柄角时测量,所述第二燃料不同于所述第一燃料并且具有低于所述第一十六烷值的第二十六烷值;

关闭进气门;

燃烧基本上所有所述体积的第二燃料,

其中将所述体积的第一燃料和第二燃料喷射到燃烧室中与每种燃料的燃烧开始之间的延迟小于约2ms。

47.根据权利要求46所述的方法,其中所述压燃式发动机包括机载燃料传感器。

48.根据权利要求47所述的方法,还包括:

实施热管理技术以基于燃料传感器所检测到的燃料特性而调节燃烧室的温度。

49.根据权利要求46-48中任一项所述的方法,其中所述第一燃料的十六烷值介于约30和约40之间,并且所述第一温度为至少约900K。

50.根据权利要求46-48中任一项所述的方法,其中所述第一燃料的十六烷值介于约20和约30之间,并且所述第一温度为至少约1000K。

51.根据权利要求46-48中任一项所述的方法,其中所述第一燃料的十六烷值介于约10和约20之间,并且所述第一温度为至少约1050K。

52.根据权利要求46-48中任一项所述的方法,其中所述第一燃料的十六烷值介于约0和约10之间,并且所述第一温度为至少约1150K。

53.根据权利要求46-48中任一项所述的方法,其中所述第一燃料具有小于约0的十六烷值,并且所述第一温度为至少约1250K。

燃料不可知的压燃式发动机

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2020年2月26日提交的题为“Fuel Agnostic Compression Ignition Engine”的美国临时申请第62/981,808号的优先权和权益,其全部公开内容通过引用整体并入本文。

背景技术

[0003] 柴油发动机是坚固、可靠的发动机结构,具有由燃烧过程的大部分非预混性质实现的高扭矩/效率和简单的点火控制。标准柴油发动机的操作取决于燃料在空气中的可燃性,这需要至少约850K的预喷射温度。这些温度通常是通过以约17:1的几何体积比压缩空气来实现的。在操作过程中,这种空气压缩是在从燃料喷射器以高压直接喷射方式喷射燃料之前在气缸中完成的(即,燃料喷射器中的压力在燃料喷射的时间点大于800巴)。柴油燃料本身符合这个点火标准(即,以足够短的点火延迟在850K的空气中点火),而许多其他燃料则不符合。该点火标准导致排除具有其他理想属性(例如成本、区域可用性或与其燃烧方式相关的其他属性)的燃料。目前,只有能够符合柴油点火标准的燃料才能用于狄塞尔循环(即非预混、混合控制的压燃)。点火标准由燃料点火延迟的测量值定义(短点火延迟——与发动机循环中的其他时间尺度(例如活塞运动和进气或排气事件持续时间)相比而言较短——是非预混燃烧过程所需要的),并报告为称为十六烷值的值。标准柴油发动机的燃料可以在柴油发动机中正常燃烧的十六烷值范围很窄。

发明内容

[0004] 本文描述的实施例涉及可以在狄塞尔循环中以任何燃料操作而不管十六烷值的发动机,以及操作该发动机的方法。本文所述的一些实施例涉及一种操作压燃式(CI)发动机的方法。该CI发动机包括具有内表面的发动机气缸、缸盖表面、布置并配置成在发动机气缸中移动的活塞、进气门和排气门。发动机气缸的内表面、活塞、缸盖表面、进气门和排气门限定燃烧室。操作压燃式发动机的方法包括打开进气门以将一定体积的空气吸入燃烧室,关闭进气门,以及以至少约为15:1的压缩比使活塞在燃烧室中从下止点(BDC)位置移动到上止点(TDC)位置。该方法还包括在第一时间段期间以介于约330度和约365度之间的发动机曲柄角将一定体积的燃料喷射到燃烧室中。该燃料具有小于约40的十六烷值。该方法还包括燃烧基本上所有体积的燃料。在一些实施例中,将所述体积的燃料喷射到燃烧室和开始燃烧之间的延迟小于约2ms。

[0005] 在一些实施例中,所述体积的燃料可以在混合控制压燃(MCCI)状态下燃烧。在一些实施例中,喷射所述体积的燃料的发动机曲柄角大于约330度足够的裕度,使得不超过约50%的所述体积的燃料在燃烧开始时与所述体积的空气预混合。在一些实施例中,在所述体积的燃料被喷射到燃烧室中的同时,产生由燃料燃烧产生的能量的至少约30%。在一些实施例中,压缩比可以介于约15:1和约25:1之间。在一些实施例中,燃料可以是第一燃料,并且该方法还可以包括在燃烧室中燃烧第二燃料。在一些实施例中,所述第二燃料可以具

有与第一燃料不同的十六烷值、热值和/或化学成分。

附图说明

[0006] 图1是作为点火温度函数的各种燃料的自燃延迟时间的图表。

[0007] 图2是根据一个实施例的压燃结构的示意图。

[0008] 图3是根据一个实施例的操作压燃式发动机的方法的框图。

具体实施方式

[0009] 化学燃料(石油、酒精、生物柴油等)对于重型公路运输仍然很重要。它们的高能量密度对于需要长途旅行和快速加油的用户来说非常重要。因此,对化学燃料柴油发动机的需求将持续数十年。然而,柴油燃料价格在过去30年中大幅上涨,柴油燃料是温室气体排放的重要来源。此外,二氧化氮和一氧化氮(统称为 NO_x)以及烟尘的排放标准变得越来越严格。

[0010] 本文描述的实施例涉及可以在狄塞尔循环中以任何燃料操作而不管十六烷值的发动机,以及操作该发动机的方法。在一些实施例中,通过在发动机内部或紧邻发动机处产生高温环境,发动机可以作为“燃料不可知”发动机操作。在一些实施例中,可以创建高温环境而不必改变传统的柴油发动机架构。换言之,柴油发动机的压缩比可以保持不变,而对柴油发动机的其他组件或方面只有很小的变化。温度升高可以缩短燃料的点火延迟,从而使燃料的行为方式类似于更易燃的燃料在较低温度下的行为方式。例如,十六烷值为55的第一燃料在700K时的点火延迟与十六烷值为15的第二燃料在1000K的点火延迟相似。在足够高的温度下,所有燃料(即使是那些最耐点火)具有足够短的点火延迟以维持柴油式发动机的操作。燃料具有可取决于温度、压力、燃料喷射到的气缸中的空气混合物的氧含量和/或任何其他因素的点火延迟曲线。

[0011] 图1示出了作为点火温度函数的各种燃料的自燃延迟时间的图表。x轴示出了点火时的初始温度,而y轴示出作为初始温度函数的自燃延迟时间。此图表上示出的燃料包括甲烷、异辛烷、正庚烷和二甲醚(DME)。在所示燃料中,DME具有最高的十六烷值,约为55。因此,所示的其他燃料(正庚烷、异辛烷、甲烷)需要比DME更高的温度才能在给定的延迟期(例如2ms)后点燃。通过控制燃烧室的温度,可以减少或微调点火延迟。

[0012] 在燃烧室中产生高温的好处可以包括启用燃料灵活的发动机,该发动机可以自由地使用任何燃料来匹配柴油发动机的扭矩和功率密度,而不管十六烷值如何。在一些实施例中,燃料不可知或燃料灵活的发动机可以配置成使得一个或多个机载传感器检测燃料特性并控制发动机中采用的温度控制机构。例如,当传感器检测到低十六烷值燃料时,温度控制机构可以增加更多热量进行补偿。在一些实施例中,发动机可以被配置为基于机载传感器检测到的燃油来调节燃料喷射量、喷射正时/调度、喷射压力、废气保留量(EGR)或任何其他合适的因素以实现期望的发动机负载和燃烧相位。这种类型的多功能性可以允许发动机的所有者或操作员在任何给定场合选择最容易获得、最负担得起的燃料或满足任何其他所需标准的燃料。与燃料不可知的燃烧过程可以将狄塞尔循环的所需属性与具有类似于柴油燃料的点火特性的燃料分离。相反,可以基于诸如成本、可用性、碳强度或排放标准之类的其他因素来选择燃料。

[0013] 图2示出了压燃式(CI)发动机200,其包括气缸210、配置成在气缸210中移动的活塞220、缸盖225、进气门230和排气门240。气缸210、活塞220、缸盖225、进气门230和排气门240共同限定燃烧室250。如图所示,CI发动机200还包括第一燃料供应源260a、第二燃料供应源260b(统称为燃料供应源260)、三元催化剂265、燃料喷射器270、传感器272、曲轴280、再循环端口290和EGR冷却器295。进气门240和排气门250都可以与凸轮轴(未示出)接触,该凸轮轴旋转以根据实现期望的进气所需的正时和距离来打开和关闭进气门240和排气门250。在一些实施例中,进气门240和排气门250可以以可变气门正时(VVT)方案操作,如于2020年5月14日提交的题为“柴油发动机结构中高辛烷值燃料的冷启动”的国际专利公开W02020/232287(“第287号公开”)中所述,该公开内容通过引用整体并入本文。在一些实施例中,CI发动机200的一个或多个部件可以包括热障涂层255,如2015年4月6日提交的题为“Stoichiometric High-Temperature Direct-Injection Compression-Ignition Engine”的美国专利No.9,903,262中所述(“第262号专利”),其公开的全部内容以引用的方式并入本文。

[0014] 如图所示,第一燃料供应源器260a流体地联接到燃料喷射器270。燃料喷射器270将燃料喷射到燃烧室250中。如图所示,第二燃料供应源器260b也流体地联接到燃料喷射器270。如图所示,第一燃料供应源器260a和第二燃料供应源器260b都流体地联接到同一燃料喷射器270。在一些实施例中,第一燃料供应源器260a可以流体地联接到第一燃料喷射器,而第二燃料供应源器260b可以流体地联接到第二燃料喷射器。在一些实施例中,第一燃料供应源260a可以包含第一燃料,而第二燃料供应源260b可以包含第二燃料。在一些实施例中,所述第二燃料可以具有与所述第一燃料不同的十六烷值、热值和/或化学成分。如图所示,CI发动机包括两个燃料供应源260a、260b。在一些实施例中,CI发动机可包括3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20或至少20个燃料供应源260,包括其间的所有值和范围。

[0015] 传感器272可以检测或帮助检测喷射到燃烧室250中的燃料的类型。在一些实施例中,传感器272可以检测喷射到燃烧室250中的燃料的相对介电常数或使用电容原理。在一些实施例中,传感器272可以检测pH。在一些实施例中,传感器272可以包括加热元件,使得传感器272可以检测进入燃烧室250的燃料的沸点或汽化点。在一些实施例中,传感器272可以包括压力传感器。在一些实施例中,传感器272可以包括温度传感器。在一些实施例中,传感器272可以包括用于红外光谱的工具。在一些实施例中,传感器272可以包括一种凝胶,当其吸收某种类型的燃料(例如,一氧化碳)时改变颜色。在一些实施例中,光传感器可以检测凝胶中颜色的变化并且可以相应地检测被喷射的燃料的类型。在一些实施例中,如果传感器272处于废气中,那么检测到的燃料的氧含量、温度和/或其他量可用于推断燃料属性并通知控制机构以相应地调节温度控制机构和燃料供给。

[0016] 在一些实施例中,传感器272可以与CI发动机200的各种组件连通。在一些实施例中,传感器272可以与再循环端口290连通。例如,当传感器272检测到低十六烷值的燃料时,传感器272可以警告再循环端口290以进行更多废气再循环会来升高燃烧室250中的温度。在一些实施例中,传感器272可与EGR冷却器295连通以减少冷却来升高燃烧室250中的温度。在一些实施例中,传感器272可与格栅加热器(未示出)连通以改变热量被添加到进入燃烧室250的一定体积的空气中的速率。在一些实施例中,传感器272可以与火焰稳定器(未示

出)连通以改变热量被添加到进入燃烧室250的所述体积的空气中的速率。在一些实施例中,传感器272可以与催化燃烧器(未示出)连通以改变热量被添加到进入燃烧室250的所述体积的空气中的速率。在一些实施例中,传感器272可以与涡轮增压器和/或机械增压器(未示出)连通,以改变涡轮增压器和/或机械增压器上的后冷却量。在一些实施例中,传感器272可以基本上消除对涡轮增压器和/或机械增压器的后冷却。在一些实施例中,传感器272可以与燃料喷射器270连通以修正燃料从燃料喷射器270喷射的压力。

[0017] 如图所示,传感器272设置在燃烧室250中。在一些实施例中,传感器272可以物理联接到燃料喷射器270。在一些实施例中,传感器272可以物理联接到在燃烧室250内部的燃料喷射器270。在一些实施例中,传感器272可以物理联接到燃烧室250外部的燃料喷射器270。在一些实施例中,传感器272可以在燃料供应源260与燃料喷射器270之间的点处联接到燃料管线。在一些实施例中,传感器272可以设置在燃烧室250的碗状区域中。在一些实施例中,传感器272可以设置在燃烧室250的挤压区域中。在一些实施例中,CI发动机可以包括设置在不同位置的多个传感器。在一些实施例中,传感器272可以位于废气中以检测温度、氧气浓度或其他量。

[0018] 基于传感器272检测到的燃料特性,可以实施热管理技术以促进具有最小点火延迟的燃烧。例如,格栅加热器可以基于传感器272对低十六烷值燃料的检测来施加热量或增加其供热速率,以便最小化点火延迟。

[0019] 图3是根据实施例的操作CI发动机的方法10的框图。如图所示,该方法10包括在步骤11中打开进气门以将一定体积的空气吸入燃烧室。该方法10可选地包括在步骤12中应用温度控制策略。该方法10进一步包括在步骤13中关闭进气门,在步骤14中使活塞从BDC移动到TDC,在步骤15中将燃料喷射到燃烧室中,并且在步骤16中燃烧燃料。该方法10可选地包括在步骤17中喷射和燃烧额外的燃料(例如,第二燃料)。在一些实施例中,CI发动机、进气门和燃烧室可以与如上文参考图2所述的CI发动机200、进气门230和燃烧室250相同或基本相似。

[0020] 步骤11包括打开进气门以将一定体积的空气吸入燃烧室。在一些实施例中,进气门可以在至少约660°、至少约665°、至少约670°、至少约675°、至少约680°、至少约685°、至少约690°、至少约695°或至少约700°的发动机曲柄角时打开。在一些实施例中,进气门可以在发动机曲柄角不超过约705°、不超过约700°、不超过约695°、不超过约690°、不超过约685°、不超过约680°、不超过约675°、不超过约670°或不超过约665°时打开。用于打开进气门的上述发动机曲柄角的组合也是可行的(例如,至少约660°且不超过约705°或至少约665°且不超过约700°),包括端点之间的所有值和范围。在一些实施例中,进气门可以在发动机曲柄角为约660°、约665°、约670°、约675°、约680°、约685°、约690°、约695°、约700°或约705°时打开。

[0021] 在一些实施例中,在步骤11期间吸入燃烧室的所述体积的空气可以包括大气空气、潮湿空气、富含氧气的空气、用废气稀释过的空气、用惰性气体稀释过的空气、混合了一定体积的未燃烧的燃料的空气或其任何组合。在一些实施例中,该体积的空气可以富含氧气,使得该体积的空气具有按体积计至少约25%、至少约30%、至少约35%、至少约40%、至少约40%、至少约45%、至少约50%或至少约55%的氧含量。在一些实施例中,所述体积的空气可具有按体积计不超过约60%、不超过约55%、不超过约50%、不超过约45%、不超过

约40%、不超过约35%或不超过约30%的氧含量。上述所述体积的空气中氧含量值的组合也是可行的(例如,按体积计至少约25%且不超过约60%或按体积计至少约30%且不超过约50%),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,所述体积的空气可以具有按体积计约25%、约30%、约35%、约40%、约45%、约50%、约55%或约60%的氧含量。

[0022] 在一些实施例中,在步骤11期间吸入燃烧室的所述体积的空气可以包括燃料。在一些实施例中,在步骤11期间吸入燃烧室的所述体积的空气可以包括至少约1%、至少约2%、至少约3%、至少约4%、至少约5%、至少约6%、至少约7%、至少约8%、至少约9%、至少约10%、至少约11%、至少约12%、至少约13%、至少约14%、至少约15%、至少约16%、至少约17%、至少约18%或至少约19%v:v燃料。在一些实施例中,在步骤11期间吸入燃烧室的所述体积的空气可以包括不超过约20%、不超过约19%、不超过约18%、不超过约17%、不超过约16%、不超过约15%、不超过约14%、不超过约13%、不超过约12%、不超过约11%、不超过约10%、不超过约9%、不超过约8%、不超过约7%、不超过约6%、不超过约5%、不超过约4%、不超过约3%或不超过约2%v:v燃料。上述燃料在所述体积的空气中的体积百分比的组合也是可行的(例如,至少约1%且不超过约20%或至少约5%且不超过约15%),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,在步骤11期间吸入燃烧室的所述体积的空气可包括约1%、约2%、约3%、约4%、约5%、约6%、约7%、约8%、约9%、约10%、约11%、约12%、约13%、约14%、约15%、约16%、约17%、约18%、约19%或约20%v:v燃料。

[0023] 在步骤12,该方法10可选地包括应用温度控制策略。在一些实施例中,可以通过在将所述体积的空气吸入燃烧室之前加热所述体积的空气来操控燃烧室中的温度。由于空气在发动机循环的压缩冲程期间被加热,因此可以增加入口空气温度以在将燃料喷射到燃烧室之前在燃烧室中实现足够高的温度。换句话说,所述体积的空气可以在进入燃烧室之前或进入燃烧室时被加热到一个中间值,然后燃烧室中的压缩可以将所述体积的空气(和燃料)的温度升高到合适的燃烧温度。燃烧室具有最小的点火延迟。例如,可以将所述体积的空气加热到约130℃的温度,以在燃烧室内实现约1100℃的预燃料喷射温度。在一些实施例中,所述体积的空气可以在进入燃烧室之前或之后被加热至至少约50℃、至少约60℃、至少约70℃、至少约80℃、至少约90℃、至少约100℃、至少约110℃、至少约120℃、至少约130℃、至少约140℃、至少约150℃、至少约160℃、至少约170℃、至少约180℃、至少约190℃、至少约200℃、至少约210℃、至少约220℃、至少约230℃、至少约240℃、至少约250℃、至少约260℃、至少约270℃、至少约280℃或至少约290℃。在一些实施例中,所述体积的空气可以在进入燃烧室之前或之后被加热到不超过约300℃、不超过约290℃、不超过约280℃、不超过约270℃、不超过约260℃、不超过约250℃、不超过约240℃、不超过约230℃、不超过约220℃、不超过约210℃、不超过约200℃、不超过约190℃、不超过约180℃、不超过约170℃、不超过约160℃、不超过约150℃、不超过约140℃、不超过约130℃、不超过约120℃、不超过约110℃、不超过约100℃、不超过约90℃、不超过约80℃、不超过约70℃或不超过约60℃。在进入燃烧室之前或之后所述体积的上述温度的组合也是可行的(例如,至少约50℃且不超过约300℃或至少约100℃且不超过高于约200℃),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,所述体积的空气可以在进入燃烧室之前或之后被加热到约50℃、约60℃、约70℃、约80℃、约90℃、约100℃、约110℃、约120℃、约130℃、约140℃、约150℃、约160℃、约170℃、约180℃、约190℃、约200℃、约210℃、约220℃、约230℃、约240℃、约250℃、约260℃、约270℃、约280

℃、约290℃或约300℃。

[0024] 在一些实施例中,步骤12可以包括使用电加热或从发动机的废气中增加热量来消除对涡轮增压器和/或机械增压器的后冷却。在一些实施例中,可以经由热交换(即,通过热交换设备的壁)从CI发动机的废气中增加热量。在一些实施例中,从CI发动机的废气中增加热量可以包括将热废气引入到吸入燃烧室的所述体积的空气中(即,EGR)。在一些实施例中,在打开进气门时吸入燃烧室的所述体积的空气可以包括重量至少约1%、至少约2%、至少约3%、至少约4%、至少约5%、至少约10%、至少约15%、至少约20%、至少约25%、至少约30%、至少约35%、至少约40%、至少约45%、至少约50%或至少约55%的再循环废气。在一些实施例中,在打开进气门时吸入燃烧室的所述体积的空气可以包括重量不超过约60%、不超过约55%、不超过约50%、不超过约45%、不超过不超过约40%、不超过约35%、不超过约30%、不超过约25%、不超过约20%、不超过约15%、不超过约10%、不超过约5%、不超过约4%、不超过约3%或不超过约2%的再循环废气。上述在打开进气门时吸入燃烧室的所述体积的空气中的废气重量百分比的组合也是可行的(例如,至少约1%且不超过约50%或至少约10%且不超过约30%),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,在打开进气门时吸入燃烧室的所述体积的空气可以包括重量约1%、约2%、约3%、约4%、约5%、约10%、约15%、约20%、约25%、约30%、约35%、约40%、约45%、约50%、约55%或约60%的再循环废气。在一些实施例中,具有火焰稳定的燃烧器和/或催化燃烧器可用于在CI发动机的进气通道中产生热燃烧产物以提高吸入燃烧室的空气的温度。在一些实施例中,网格加热器可用于在所述体积的空气被吸入燃烧室之前对所述体积的空气施加热量。

[0025] 除了将较高温度的空气或进气混合物引入CI发动机之外,CI发动机内的隔热效果可以保留热能,该热能可以实现足够高的预喷射温度以实现任何燃料在柴油式结构中的燃烧。在一些实施例中,绝热可包括表面处理、使用低导热率材料、提高的冷却剂温度和/或任何其他减少冷却的方法。在一些实施例中,隔热特征可以位于活塞上、进气门内、排气门内和/或CI发动机中的任何其他合适的位置。在第262号专利中描述了隔热的其他示例。

[0026] 在一些实施例中,上述热管理方法的任何组合可以并行和/或串行一起使用。换言之,第一热管理方法可以用于第一时间段,而第二热管理方法可以用于第二时间段。在一些实施例中,第二热管理方法可以不同于第一热管理方法。在一些实施例中,第一时间段可以与第二时间段至少部分重叠。在一些实施例中,第一时间段可以与第二时间段完全重叠。在一些实施例中,第一时间段可以与第二时间段分开。在一些实施例中,第一热管理方法可以具有比第二热管理方法更短的响应时间。例如,在瞬态情况下,可以在第一时间段期间使用加热器(例如,格栅加热器或电热塞)并且可以在第二时间段期间使用EGR。加热器具有更短的响应时间,并且可以更快地生效(即,在不到一秒的时间内),而EGR可以更慢地响应并且生效。

[0027] 在一些实施例中,第一时间段和/或第二时间段可以是约20ms、约40ms、约60ms、约80ms、0.1秒、约0.2秒、约0.3秒、约0.4秒、约0.5秒、约0.6秒、约0.7秒、约0.8秒、约0.9秒、约1秒、约1.1秒、约1.2秒、约1.3秒、约1.4秒、约1.5秒、约1.6秒、约1.7秒、约1.8秒、约1.9秒或约2秒,包括其间的所有值和范围。

[0028] 该方法10还包括在步骤13中关闭进气门。在一些实施例中,进气门可以在至少约160°、至少约165°、至少约170°、至少约175°、至少约180°、至少约185°、至少约190°、至少约

195°、至少约200°、至少约205°、至少约210°、至少约215°、至少约220°、至少约225°、至少约230°、至少约235°、至少约240°、至少约245°、至少约250°或至少约255°的发动机曲柄角时关闭。在一些实施例中,进气门可以在发动机曲柄角不超过约260°、不超过约255°、不超过约250°、不超过约245°、不超过约240°、不超过约235°、不超过约230°、不超过约225°、不超过约220°、不超过约215°、不超过约210°、不超过约205°、不超过约200°、不超过约195°、不超过约190°、不超过约185°、不超过约180°、不超过约175°、不超过约170°或不超过大于约165°时关闭。用于关闭进气门的上述发动机曲柄角的组合也是可行的(例如,至少约160°且不超过约260°或至少约180°且不超过约200°),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,进气门可以在约160°、约165°、约170°、约175°、约180°、约185°、约190°、约195°、约200°、约205°、约210°、约215°、约220°、约225°、约230°、约235°、约240°、约245°、约250°、约255°或约260°的发动机曲柄角时关闭。

[0029] 在一些实施例中,可以在压缩冲程期间将热能从压缩过程以外的源添加到CI发动机。在一些实施例中,燃烧室可以包括加热装置,例如电热塞、热空气喷射器、等离子体和/或用于在点火前将额外的热能引入燃烧室中的所述体积的空气和/或所述体积的燃料的任何其他装置。在一些实施例中,点火前燃烧室中的所述体积的空气和/或所述体积的燃料的温度可以被调节为发动机中使用的每种燃料的点火特性。在一些实施例中,燃烧室中的所述体积的空气和/或所述体积的燃料的温度升高可以保持恒定在足够高的值,以使要在发动机中使用的任何燃料将以最小的点火延迟(例如,小于2ms的点火延迟)点火。

[0030] 该方法10包括在步骤14中使活塞从BDC移动到TDC。在一些实施例中,CI发动机可以具有至少约10:1、至少约11:1、至少约12:1、至少约13:1、至少约14:1、至少约15:1、至少约16:1、至少约17:1、至少约18:1、至少约19:1、至少约20:1、至少约21:1、至少约22:1、至少约23:1、至少约24:1、至少约25:1、至少约26:1、至少约27:1、至少约28:1或至少约29:1的压缩比。在一些实施例中,CI发动机可具有不超过约30:1、不超过约29:1、不超过约28:1、不超过约27:1、不超过约26:1、不超过约25:1、不超过约24:1、不超过约23:1、不超过约22:1、不超过约21:1、不超过约20:1、不超过约19:1、不超过约18:1、不超过约17:1、不超过约16:1、不超过约15:1、不超过约14:1、不超过约13:1、不超过约12:1或不超过约11:1的压缩比。上述压缩比的组合也是可行的(例如,至少约10:1且不超过约30:1或至少约13:1且不超过约20:1),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,CI发动机可具有约10:1、约11:1、约12:1、约13:1、约14:1、约15:1、约16:1、约17:1、约18:1、约19:1、约20:1、约21:1、约22:1、约23:1、约24:1、约25:1、约26:1、约27:1、约28:1、约29:1或约30:1的压缩比。

[0031] 在一些实施例中,使活塞从BDC移动到TDC可以至少部分地与进气门的打开同时发生。在一些实施例中,活塞从BDC移动到TDC可以与进气门的打开基本上同时发生。在一些实施例中,活塞从BDC移动到TDC可以在与进气门的打开很少或没有重叠的情况下发生。

[0032] 在一些实施例中,活塞从BDC移动到TDC可以至少部分地与进气门的关闭同时发生。在一些实施例中,活塞从BDC移动到TDC可以与进气门的关闭基本同时发生。在一些实施例中,活塞从BDC移动到TDC可以在与进气门的关闭很少或没有重叠的情况下发生。

[0033] 该方法10包括在步骤15中将一定体积的燃料喷射到燃烧室中。

[0034] 在一些实施例中,可以将所述体积的燃料和所述体积的空气以一定化学计量比引入到燃烧室中。在一些实施例中,所述体积的燃料和所述体积的空气可以以一定非化学计

量比引入燃烧室。

[0035] 在一些实施例中,燃料可具有至少约-10、至少约-5、至少约0、至少约5、至少约10、至少约15、至少约20、至少约25、至少约30或至少约35的十六烷值。在一些实施例中,燃料的十六烷值可不超过约40、不超过约35、不超过约30、不超过约25、不超过约20、不超过约15、不超过约10、不超过约5、不超过约0或不超过约-5。上述燃料的十六烷值的组合也是可行的(例如,至少约-10且不超过约40或至少约10且不超过约20),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,燃料可具有约-10、约-5、约0、约5、约10、约15、约20、约25、约30、约35或约40的十六烷值。在一些实施例中,燃料可包括石脑油、汽油、酒精、丁醇、丙醇、乙醇、甲醇、气态烃、天然气、甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、己烷、替代燃料、氢气、氨、合成气和/或CO。在一些实施例中,燃料可具有导致十六烷值显著变化的少量添加剂。在一些实施例中,燃料可包含按重量计小于约5000ppm、小于约4000ppm、小于约3000ppm、小于约2000ppm、小于约1000ppm、小于约900ppm、小于约800ppm、小于约700ppm、小于约600ppm或小于约500ppm的导致十六烷值显著变化的添加剂。在一些实施例中,燃料可以基本上不含导致十六烷值显著变化的添加剂。

[0036] 在一些实施例中,燃料可具有至少约50、至少约55、至少约60、至少约65、至少约70、至少约75、至少约80、至少约85、至少约90、至少约95、至少约100、至少约105、至少约110、至少约115、至少约120、至少约125、至少约130、至少约135、至少约140或至少约145的辛烷值(即,通过 $(RON+MON)/2$ 方法计算)。在一些实施例中,燃料的辛烷值可不超过约150、不超过约145、不超过约140、不超过约135、不超过约130、不超过约125、不超过约120、不超过约115、不超过约110、不超过约105、不超过约100、不超过约95、不超过约90、不超过约85、不超过约80、不超过约75、不超过约70、不超过约65、不超过约60或不超过约55。上述辛烷值的组合也是可行的(例如,至少约50且不超过约150或至少约80且不超过约120,包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,燃料的辛烷值可以为约50、约55、约60、约65、约70、约75、约80、约85、约90、约95、约100、约105、约110、约115、约120、约125、约130、约135、约140、约145、或约150。

[0037] 在一些实施例中,可以在至少约800巴(绝对)、至少约900巴、至少约1000巴、至少约1100巴、至少约1200巴、至少约1300巴、至少约1400巴、至少约1500巴、至少约1600巴、至少约1700巴、至少约1800巴、至少约1900巴、至少约2000巴、至少约2100巴、至少约2200巴、至少约2300巴、至少约2400巴、至少约2500巴、至少约2600巴、至少约2700巴、至少约2800巴或至少约2900巴的喷射压力下从燃料喷射器(例如,如上文参考图2所述的燃料喷射器270)喷射所述体积的燃料。在一些实施例中,可以在不超过约3000巴、不超过约2900巴、不超过约2800巴、不超过约2700巴、不超过约2600巴、不超过约2500巴、不超过约2400巴、不超过约2300巴、不超过约2200巴、不超过约2100巴、不超过约2000巴、不超过约1900巴、不超过约1800巴、不超过约1700巴、不超过约1600巴、不超过约1500巴、不超过约1400巴、不超过约1300巴、不超过约1200巴、不超过约1100巴、不超过约1000巴、不超过约900巴的喷射压力下从燃料喷射器喷射所述体积的燃料。上述喷射压力的组合也是可行的(例如,至少约800巴且不超过约3000巴或至少约1200巴且不超过约2000巴),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,燃料可以在约800巴、约900巴、约1000巴、约1100巴、约1200巴、约1300巴、约1400巴、约1500巴、约1600巴、约1700巴、约1800巴、约1900巴、约2000巴、约2100巴、约2200巴、约

2300巴、约2400巴、约2500巴、约2600巴、约2700巴、约2800巴、约2900巴或约3000巴的喷射压力下从燃料喷射器喷射。

[0038] 在一些实施例中,可以至少约310度、至少约315度、至少约320度、至少约325度、至少约330度、至少约335度、至少约340度、至少约345度、至少约350度、至少约355度、至少约360度、至少约365度或至少约370度的发动机曲柄角时喷射所述体积的燃料。在一些实施例中,所述体积的燃料可以不超过约375度、不超过约370度、不超过约365度、不超过约360度、不超过约355度、不超过约350度、不超过约345度、不超过约340度、不超过约335度、不超过约330度、不超过约325度、不超过约320度或不超过约315度的发动机曲柄角时喷射。上述喷射所述体积的燃料时的发动机曲柄角的组合也是可行的(例如,至少约310度且不超过约375度或至少约330度且不超过约365度),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,所述体积的燃料可以在约310度、约315度、约320度、约325度、约330度、约335度、约340度、约345度、约350度、约355度、约360度、约365度、约370度或约375度的发动机曲柄角时喷射。

[0039] 在一些实施例中,所述体积的燃料的喷射可以至少部分地与活塞从BDC移动到TDC同时发生。在一些实施例中,所述体积的燃料的喷射可以与活塞从BDC移动到TDC基本上同时发生。在一些实施例中,所述体积的燃料的喷射可以在与活塞从BDC移动到TDC很少或没有重叠的情况下发生。

[0040] 在一些实施例中,可以修正所述体积的燃料的喷射以控制因所述体积的燃料在燃烧室中的燃烧而引起的压力上升的速率。压力上升速率通常被视为发动机中试图最小化发动机噪音和振动的限制因素。一些替代燃烧策略(例如,均质充气压燃式发动机)可能难以最小化压力上升速率,特别是在高负载下。本文所述的实施例涉及通过控制燃烧速率(即,通过控制混合受限系统中的混合和喷射)来控制压力上升速率的方法。换言之,压力上升速率可以尽可能低以减少噪音和振动,并以与传统柴油发动机相同的方式进行控制。

[0041] 在一些实施例中,压力上升的速率可以小于约15巴每度曲柄角、小于约14巴每度曲柄角、小于约13巴每度曲柄角、小于约12巴每度曲柄角、小于约11巴每度曲柄角、小于约10巴每度曲柄角、小于约9巴每度曲柄角、小于约8巴每度曲柄角、小于约7巴每度曲柄角、小于约6巴每度曲柄角、小于约5巴每度曲柄角、小于约4巴每度曲柄角、小于约3巴每度曲柄角、小于约2巴每度曲柄角或小于约1巴每度曲柄角,包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,可以独立于改变所述体积的燃料的喷射正时来控制压力上升的速率。在一些实施例中,控制燃烧室的压力上升的速率可以仅通过改变所述体积的燃料的喷射正时而进行。在一些实施例中,喷射正时可以由发动机控制单元使用电气或液压部件来改变,以在期望的时间触发燃料喷射器打开,从而更早或更晚地偏移正时。在一些实施例中,喷射正时可以基于与凸轮或其他装置的机械联动机构来响应于改变诸如发动机速度之类的操作条件而机械地改变。

[0042] 该方法10包括在步骤16中燃烧所述体积的燃料。在一些实施例中,步骤16可以包括燃烧基本上所有所述体积的燃料。在一些实施例中,在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以处于至少约500K、至少约550K、至少约600K、至少约650K、至少约700K,在至少约750K、至少约800K、至少约850K、至少约900K、至少约950K、至少约1000K、至少约1050K、至少约1100K、至少约1150K、至少约1200K、至少约1250K、至少约1300K、至少约1350K、至少约1400K或至少约1500K。在一些实施例中,在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以不

超过约1500K、不超过约1450K、不超过约1400K、不超过约1350K、不超过约1300K、不超过约1250K、不超过约1200K、不超过约1150K、不超过约1100K、不超过约1050K、不超过约1000K、不超过约950K、不超过约900K、不超过约850K、不超过约800K、不超过约750K、不超过约700K、不超过约650K、不超过约600K或不超过约550K。燃烧室中在即将点燃之前的上述体积平均温度的组合也是可行的(例如,至少约500K且不超过约1500K或至少约700K且不超过约1100K),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是约500K、约550K、约600K、约650K、约700K、约750K、约800K、约850K、约900K、约950K、约1000K、约1050K、约1100K、约1150K、约1200K、约1250K、约1300K、约1350K、约1400K或约1500K。

[0043] 在一些实施例中,在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是燃料的十六烷值的函数。在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约30和约40之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是至少约700K、至少约750K、至少约800K、至少约850K、至少约900K、至少约950K、至少约1000K、至少约1050K、至少约1100K、至少约1150K、至少约1200K或至少约1250K。在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约30和约40之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以不超过约1300K、不超过约1250K、不超过约1200K、不超过约1150K、不超过约1100K、不超过约1050K、不超过约1000K、不超过约950K、不超过约900K、不超过约850K、不超过约800K或不超过约750K。燃烧室中在即将点燃之前的上述体积平均温度的组合也是可行的(例如,至少约700K且不超过小于约1300K或至少约800K且不大于约1000K),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约30和约40之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是约700K、约750K、约800K、约850K、约900K、约950K、约1000K、约1050K、约1100K、约1150K、约1200K、约1250K或约1300K。

[0044] 在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约20和约30之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是至少约800K、至少约850K、至少约900K、至少约950K、至少约1000K、至少约1050K、至少约1100K、至少约1150K、至少约1200K、至少约1250K、至少约1300K或至少约1350K。在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约20和约30之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以不超过约1400K、不超过约1350K、不超过约1300K、不超过约1250K、不超过约1200K、不超过约1150K、不超过约1100K、不超过约1050K、不超过约1000K、不超过约950K、不超过约900K或不超过约850K。燃烧室中在即将点燃之前的上述体积平均温度的组合也是可行的(例如,至少约800K且不超过小于约1400K或至少约900K且不大于约1100K),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约20和约30之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是约800K、约850K、约900K、约950K、约1000K、约1050K、约1100K、约1150K、约1200K、约1250K、约1300K、约1350K或约1400K。

[0045] 在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约10和约20之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是至少约850K、至少约900K、至少约950K、至少约1000K、至少约1050K、至少约1100K、至少约1150K、至少约1200K、至少约1250K、至少约1300K、至少约1350K或至少约1400K。在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约10和约20之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以不超过约1450K、不超过约1400K、不超过约1350K、不超过约1300K、不超过约1250K、不超过约1200K、不超过约1150K、不超过约1100K、

不超过约1050K、不超过约1000K、不超过约950K,或不超过约900K。燃烧室中在即将点燃之前的上述体积平均温度的组合也是可行的(例如,至少约850K且不超过小于约1450K或至少约950K且不大于约1150K),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约10和约20之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是约850K、约900K、约950K、约1000K、约1050K、约1100K、约1150K、约1200K、约1250K、约1300K、约1350K、约1400K或约1450K。

[0046] 在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约0和约10之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是至少约950K、至少约1000K、至少约1050K、至少约1100K、至少约1150K、至少约1200K、至少约1250K、至少约1300K、至少约1350K、至少约1400K、至少约1450K或至少约1500K。在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约0和约10之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以不超过约1550K、不超过约1500K、不超过约1450K、不超过约1400K、不超过约1350K、不超过约1300K、不超过约1250K、不超过约1200K、不超过约1150K、不超过约1100K、不超过约1050K或不超过约1000K。在即将点燃之前燃烧室中的上述体积平均温度的组合也是可行的(例如,至少约950K且不超过小于约1550K或至少约1050K且不大于约1250K),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,如果燃料的十六烷值介于约0和约10之间,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是约950K、约1000K、约1050K、约1100K、约1150K、约1200K、约1250K、约1300K、约1350K、约1400K、约1450K、约1500K或约1550K。

[0047] 在一些实施例中,如果燃料具有小于约0的十六烷值,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是至少约1050K、至少约1100K、至少约1150K、至少约1200K、至少约1250K、至少约1300K、至少约1350K、至少约1400K、至少约1450K、至少约1500K、至少约1550K或至少约1600K。在一些实施例中,如果燃料具有小于约0的十六烷值,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以不超过约1650K、不超过约1600K、不超过约1550K、不超过约1400K、不超过约1450K、不超过约1400K、不超过约1350K、不超过约1300K、不超过约1250K、不超过约1200K、不超过约1150K或不超过约1100K。燃烧室中在即将点燃之前的上述体积平均温度的组合也是可行的(例如,至少约1050K且不超过约1650K或至少约1150K且不超过约1350K),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,如果燃料具有小于约0的十六烷值,则在即将点燃之前燃烧室中的体积平均温度可以是约1050K、约1100K、约1150K、约1200K、约1250K、约1300K、约1350K、约1400K、约1450K、约1500K、约1550K、约1600K或约1650K。

[0048] 在一些实施例中,小于50%的所述体积的燃料可以在燃烧开始时与所述体积的空气预混合。换言之,所述体积的燃料的点燃可以是混合控制的,或MCCI的。在一些实施例中,至少约5%、至少约10%、至少约15%、至少约20%、至少约25%、至少约30%、至少约35%、至少约40%或至少约45%的所述体积的燃料可以在燃烧开始时与所述体积的空气预混合。在一些实施例中,不超过约50%、不超过约45%、不超过约40%、不超过约35%、不超过约30%、不超过约25%、不超过约20%、不超过约15%或不超过约10%的所述体积的燃料可以在燃烧开始时与所述体积的空气预混合。与上述体积的空气预混合的所述体积的燃料的上述百分比的组合也是可行的(例如,至少约5%且不超过约50%或至少约10%且不超过约40%),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,所述体积的燃料的约5%、约10%、约15%、约20%、约25%、约30%、约35%、约40%、约45%或约50%可以在开始燃烧时与所述

体积的空气预混合。在一些实施例中,燃烧室内各点处的局部当量比可为至少约1.5、至少约2、至少约3、至少约4、至少约5、至少约6、至少约7、至少约8、至少约9或至少约10,包括其间的所有值和范围。

[0049] 在一些实施例中,可以在将所述体积的燃料喷射到燃烧室中的同时,产生由所述体积的燃料燃烧所产生的能量的至少约25%。在一些实施例中,可以在将所述体积的燃料喷射到燃烧室中的同时,产生由所述体积的燃料燃烧所产生的能量的至少约30%。在一些实施例中,可以在将所述体积的燃料喷射到燃烧室中的同时,产生由该体积的燃料燃烧所产生的能量的至少约35%、至少约40%、至少约45%、至少约50%、至少约55%、至少约60%、至少约65%、至少约70%、至少约75%、至少约80%、至少约85%或至少约90%。在一些实施例中,可以在将所述体积的燃料喷射到燃烧室中的同时,产生由所述体积的燃料燃烧所产生的能量的不超过约95%、不超过约90%、不超过约85%、不超过约80%、不超过约75%、不超过约70%、不超过约65%、不超过约60%、不超过约55%、不超过约50%、不超过约45%、不超过约40%、不超过约35%或不超过约30%。可以在将所述体积的燃料喷射到燃烧室中的同时,产生由所述体积的燃料燃烧所产生的上述能量百分比的组合(例如,至少约40%且不超过约95%或至少约60%且不超过约80%),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,可以在将所述体积的燃料喷射到燃烧室中的同时,产生由所述体积的燃料燃烧所产生的能量的约25%、约30%、约35%、约40%、约45%、约50%、约55%、约60%、约65%、约70%、约75%、约80%、约85%、约90%或约95%。

[0050] 在一些实施例中,所述体积的空气可以在最初被吸入燃烧室时具有至少约80℃、至少约90℃、至少约100℃、至少约150℃、至少约200℃、至少约250℃、至少约300℃、至少约350℃、至少约400℃、至少约450℃、至少约500℃、至少约550℃、至少约600℃、至少约650℃、至少约700℃或至少约750℃的温度。在一些实施例中,所述体积的空气可以在最初被吸入燃烧室时具有不超过约800℃、不超过约750℃、不超过约700℃、不超过约650℃、不超过约600℃、不超过约550℃、不超过约500℃、不超过约450℃、不超过约400℃、不超过约350℃、不超过约300℃、不超过约250℃、不超过约200℃、不超过约150℃、不超过约100℃或不超过约90℃的温度。最初被吸入燃烧室时所述体积的上述温度的组合也是可行的(例如,至少约80℃且不超过约800℃或至少约200℃且不超过约600℃),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,所述体积的空气可以在最初被吸入燃烧室时具有约80℃、约90℃、约100℃、约150℃、约200℃、约250℃、约300℃、约350℃、约400℃、约400℃、约450℃、约500℃、约550℃、约600℃、约650℃、约700℃、约750℃或约800℃的温度。在一些实施例中,该体积的燃料可以在继续喷射时产生混合受限羽流。在一些实施例中,所述体积的燃料和所述体积的空气可以在混合受限羽流中以化学反应结合。

[0051] 在一些实施例中,所述体积的燃料到燃烧室中的初始喷射与燃烧开始之间的延迟可以小于约5ms、小于约4.9ms、小于约4.8ms、小于约4.7ms、小于约4.6ms、小于约4.5ms、小于约4.4ms、小于约4.3ms、小于约4.2ms、小于约4.1ms、小于约4ms、小于约3.9ms、小于约3.8ms、小于约3.7ms、小于约3.6ms、小于约3.5ms、小于约3.4ms、小于约3.3ms、小于约3.2ms、小于约3.1ms、小于约3ms、小于约2.9ms、小于约2.8ms、小于约2.7ms、小于约2.6ms、小于约2.5ms、小于约2.4ms、小于约2.3ms、小于约2.2ms、小于约2.1ms、小于约2ms、小于约1.9ms、小于约1.8ms、小于约1.7ms、小于约1.6ms、小于约1.5ms、小于约1.4ms、小于

约1.3ms、小于约1.2ms、小于约1.1ms、小于约1ms、小于约0.9ms、小于约0.8ms、小于约0.7ms、小于约0.6ms或小于约0.5ms,包括其间的所有值和范围。

[0052] 在一些实施例中,该方法10可包括打开和关闭排气门以排出已燃烧燃料、未燃烧燃料、过量空气和/或其他气体或液体。在一些实施例中,排气门可以在至少约460°、至少约465°、至少约470°、至少约475°、至少约480°、至少约485°、至少约490°、至少约495°、至少约500°或至少约505°的发动机曲柄角下打开。在一些实施例中,排气门可以在发动机曲柄角不超过约510°、不超过约505°、不超过约500°、不超过约495°、不超过约490°、不超过约485°、不超过约480°、不超过约475°、不超过约470°或不超过约465°时打开。用于打开排气门的上述发动机曲柄角的组合也是可行的(例如,至少约460°且不超过约510°或至少约470°且不超过约490°),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,排气门可以在约460°、约465°、约470°、约475°、约480°、约485°、约490°、约495°、约500°、约505°或约510°的发动机曲柄角下打开。

[0053] 在一些实施例中,可以定时关闭排气门以将废气捕集在燃烧室中以帮助热管理。在一些实施例中,可以定时关闭排气门以将废气重新引入燃烧室以帮助热管理。在一些实施例中,排气门可以在至少约-20°、至少约-15°、至少约-10°、至少约-5°、至少约0°、至少约5°或至少约10°的发动机曲柄角时关闭。在一些实施例中,排气门可以在发动机曲柄角不超过约15°、不超过约10°、不超过约5°、不超过约0°、不超过约-5°、不超过约-10°或不超过约-15°时关闭。用于关闭排气门的上述发动机曲柄角的组合也是可行的(例如,至少约-20°和/或不超过约15°或至少约-10°且不超过约5°),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,排气门可以在约-20°、约-15°、约-10°、约-5°、约0°、约5°、约10°或约15°的发动机曲柄角时关闭。

[0054] 在一些实施例中,该方法10可以包括在步骤17中喷射和燃烧额外的燃料。在一些实施例中,可以在步骤15期间喷射第一燃料,并且可以在步骤17期间喷射第二燃料,第二燃料具有与第一燃料不同的十六烷值、热值和/或化学成分。在一些实施例中,可以在与第一燃料不同的发动机循环期间喷射第二燃料。在一些实施例中,第二燃料可经受与以上参照第一燃料描述的步骤相同或基本相似的步骤。换言之,该方法10可以包括打开进气门以将一定体积的空气吸入燃烧室,可选地应用温度控制策略,关闭进气门,使活塞从BDC移动到TDC,喷射一定体积的第二燃料进入燃烧室,并且燃烧基本上所有所述体积的第二燃料。在一些实施例中,第二燃料可经受与以上参考第一燃料描述的参数相同或基本相似的参数(例如,燃料喷射时的发动机曲柄角、喷射时的燃料压力、点火延迟等)。

[0055] 在一些实施例中,第二燃料可以具有与第一燃料不同的十六烷值。在一些实施例中,第二燃料可以具有比第一燃料更高的十六烷值。在一些实施例中,第二燃料可以具有比第一燃料低的十六烷值。在一些实施例中,第二燃料的十六烷值可以为至少约-5、至少约0、至少约5、至少约10、至少约15、至少约20、至少约25、至少约30、至少约35、至少约40、至少约45、至少约50、至少约55、至少约60、或至少约65。在一些实施例中,第二燃料的十六烷值可不超过约70、不超过约65、不超过约60、不超过约55、不超过约50、不超过约45、不超过约40、不超过约35、不超过约30、不超过约25、不超过约20、不超过约15、不超过约10、不超过约5或不超过约0。第二燃料的上述十六烷值的组合也是可行的(例如,至少约-5且不超过约70或至少约20且不超过约50),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,第二燃料的十六烷

值可以为约-5、约0、约5、约10、约15、约20、约25、约30、约35、约40、约45、约50、约55、约60、约65或约70。

[0056] 在一些实施例中,第二燃料可以具有与第一燃料不同的辛烷值。在一些实施例中,第二燃料可以具有比第一燃料低的辛烷值。在一些实施例中,第二燃料可以具有比第一燃料更高的辛烷值。在一些实施例中,第二燃料的辛烷值可以为至少约40、至少约45、至少约50、至少约55、至少约60、至少约65、至少约70、至少约75、至少约80、至少约85、至少约90、至少约95、至少约100、至少约105、至少约110、至少约115、至少约120、至少约125、至少约130、或至少约135。在一些实施例中,燃料的辛烷值可不超过约140、不超过约135、不超过约130、不超过约125、不超过约120、不超过约115、不超过约110、不超过约105、不超过约100、不超过约95、不超过约90、不超过约85、不超过约80、不超过约75、不超过约70、不超过约65、不超过约60、不超过约55、不超过约50或不超过约45。上述辛烷值的组合也是可行的(例如,至少约40且不超过约140或至少约70且不超过约110),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,燃料的辛烷值可以为约40、约45、约50、约55、约60、约65、约70、约75、约80、约85、约90、约95、约100、约105、约110、约115、约120、约125、约130、约135或约140。

[0057] 在一些实施例中,传感器可以基于被喷射的燃料调节发动机中的条件。在一些实施例中,传感器可以具有与如上面参考图2所描述的传感器272相同或基本相似的特性。在一些实施例中,燃烧条件可以基于被喷射的燃料的类型进行调节。在一些实施例中,温度控制机构的参数可以基于被喷射的燃料的类型进行修正。例如,如果第二燃料具有比第一燃料更高的十六烷值,则可以降低在喷射之前施加于所述体积的空气中的热量的强度,因为燃烧室内的温度不必高到促进第二燃料的及时点火(例如,小于约2ms)。在一些实施例中,燃料喷射时的曲柄角可以基于被喷射的燃料的类型来修正。在一些实施例中,吸入燃烧室的所述体积的空气中的成分可以基于被喷射的燃料的类型而改变。例如,具有较高十六烷值的燃料可以不必与具有与较低十六烷值燃料一样高的氧富集水平的一定体积的空气混合以便及时点燃。在一些实施例中,燃烧室中的压力可以基于被喷射的燃料的类型而改变。

[0058] 在一些实施例中,可以在第一时间段期间喷射第一燃料并且可以在第二时间段期间喷射第二燃料。在一些实施例中,第一时间段可以与第二时间段基本上没有重叠。在一些实施例中,第一时间段可以与第二时间段部分重叠。换言之,第一燃料可以被逐步淘汰,而第二燃料被逐步引入。在一些实施例中,第一时间段可以与第二时间段具有实质上的重叠。在一些实施例中,第一时间段和第二时间段之间的重叠时间段可以是至少约0.1秒、至少约0.2秒、至少约0.3秒、至少约0.4秒、至少约0.5秒,在至少约0.6秒、至少约0.7秒、至少约0.8秒、至少约0.9秒、至少约1秒、至少约2秒、至少约3秒、至少约4秒、至少约5秒、至少约6秒、至少约7秒、至少约8秒或至少约9秒。在一些实施例中,第一时间段和第二时间段之间的重叠时间段可以不超过约10秒、不超过约9秒、不超过约8秒、不超过约7秒、不超过约6秒、不超过约5秒、不超过约4秒、不超过约3秒、不超过约2秒、不超过约1秒、不超过约0.9秒、不超过约0.8秒、不超过约0.7秒、不超过约0.6秒、不超过约0.5秒、不超过约0.4秒、不超过约0.3秒或不超过约0.2秒。第一时间段和第二时间段之间的上述重叠时间段的组合也是可行的(例如,至少约0.1秒且不超过约10秒或至少约0.3秒且不超过约0.5秒),包括其间的所有值和范围。在一些实施例中,第一时间段和第二时间段之间的重叠时间段可以是约0.1秒、约0.2秒、约0.3秒、约0.4秒、约0.5秒、约0.6秒、约0.7秒、约0.8秒、约0.9秒、约1秒、约2秒、约3秒、

约4秒、约5秒、约6秒、约7秒、约8秒、约9秒或约10秒。

[0059] 在一些实施例中,该方法10还可包括喷射和燃烧第三燃料,第三燃料不同于第一燃料和第二燃料。在一些实施例中,该方法10可包括喷射和燃烧第四、第五、第六、第七、第八、第九、第十燃料、第十一燃料、第十二燃料、第十三燃料、第十四燃料、第十五燃料、第十六燃料、第十七燃料、第十八燃料、第十九燃料、第二十燃料或任何数量的附加燃料。

[0060] 在一些实施例中,发动机可以并行地采用本文所述的策略。虽然可以独立使用这些方法中的每一种,但它们的组合也在本公开的范围之内。

[0061] 各种构思可以实施为一种或多种方法,其中至少提供了一个示例。作为该方法的一部分执行的动作可以以任何合适的方式排序。因此,可以构造其中以不同于图示的顺序执行动作的实施例,这可以包括同时执行一些动作,即使在说明性实施例中被示为顺序动作。换句话说,应当理解,这些特征不一定限于特定的执行顺序,而是可以串行、异步、并发、并行、同时、同步和/或与本公开一致的方式类似方式执行的任意数量的线程、进程、服务、服务器和/或类似物。严格来说,其中一些特征可能是相互矛盾的,因为它们不能同时存在于单个实施例中。类似地,某些特征适用于创新的一个方面,而不适用于其他方面。

[0062] 此外,本公开可包括目前未描述的其他创新。申请人保留此类创新的所有权利,包括实施此类创新、提交附加申请、继续、部分继续、分案和/或类似物的权利。因此,应当理解,本公开的优点、实施例、示例、功能、特征、逻辑、操作、组织、结构、拓扑和/或其他方面不应被视为对实施例所定义的本公开的限制或对实施例的等同物的限制。根据个人和/或企业用户的特定愿望和/或特征、数据库配置和/或关系模型、数据类型、数据传输和/或网络框架、语法结构等,本文公开的技术的各种实施例可以以实现本文所述的大量灵活性和定制的方式来实现。

[0063] 如本文所定义和使用的定义应理解为支配字典定义、通过引用并入的文件中的定义和/或所定义术语的普通含义。

[0064] 如本文所用,在特定实施例中,术语“约”或“大约”在数值之前表示该值加或减10%的范围。在提供数值范围的情况下,应理解,除非上下文另有明确规定,否则处于该范围的上限和下限之间的至下限单位的十分之一的每个中间值和任何其他所述值或所述范围内的中间值涵盖在本公开内容内。这些较小范围的上限和下限可以独立地包括在较小范围内也涵盖在本公开内容内,但受所述范围内任何具体排除的限制的约束。在所述范围包括限制之一或两者的情况下,排除那些包括的限制之一或两者的范围也包括在本公开中。

[0065] 如本文在说明书和实施例中使用的短语“和/或”应理解为表示如此结合的要素中的“一个或两个”,即,在某些情况下结合存在而在其他情况下分离存在的要素。用“和/或”列出的多个要素应以相同的方式解释,即“一个或多个”这样结合的要素。除了由“和/或”子句具体标识的要素之外,可以可选地存在其他要素,无论是否与那些具体标识的要素相关或不相关。因此,作为非限制性示例,当与诸如“包括”之类的开放式语言结合使用时,在一个实施例中提及“A和/或B”可以仅指A(可选地包括除B之外的要素);在另一个实施例中,仅指B(可选地包括除A以外的要素);在又一个实施例中,指A和B两者(可选地包括其他要素)等等。

[0066] 如本文在说明书和实施例中所使用,“或”应被理解为具有与如上定义的“和/或”相同的含义。例如,当分开列表中的项目时,“或”或“和/或”应解释为具有包容性,即包括至

少一个,但也包括多个要素或要素列表,以及(可选)其他未列出的项目。只有明确指出相反的术语,例如“仅一个”或“恰好一个”,或者在实施例中使用“由……组成”将指包含多个要素或要素列表中的一个要素。一般而言,当使用排他性术语,例如“任一”、“……之一”、“仅……之一”或“……正好一个”时,本文使用的术语“或”仅应解释为表示排他性替代方案(即“一个或另一个但不是两者”)。在实施例中使用“基本上由……组成”时,应具有其在专利法领域中使用的一般含义。

[0067] 如本文在说明书和实施例中所使用,在提及一种或多种要素的列表时,短语“至少一个”应理解为表示选自要素列表中的一个或多个要素中的至少一个要素,但不一定包括要素列表中具体列出的每个要素中的至少一个,并且不排除要素列表中要素的任何组合。该定义还允许可以可选地存在除了在短语“至少一个”所指的要素列表中具体标识的要素之外的要素,无论是否与那些具体标识的要素相关或不相关。因此,作为非限制性示例,“A和B中的至少一个”(或等效地,“A或B中的至少一个”,或等效地,“A和/或B中的至少一个”)在一个实施例中可以指至少一个,任选地包括多于一个A,不存在B(并且任选地包括除B之外的要素);在另一个实施例中,指至少一个,任选地包括多于一个B,不存在A(并且任选地包括除A之外的要素);在又一个实施例中,指至少一个,任选地包括多于一个A,和至少一个,任选地包括多于一个B(并且任选地包括其它要素)等等。

[0068] 如本文所用,“燃料”可以指能够与进气混合物产生放热化学反应的任何材料,而与燃料的十六烷值无关。这可以包括以下燃料和混合物:石脑油、汽油、酒精燃料(包括丁醇、丙醇、乙醇和甲醇)、气态碳氢化合物(包括天然气、甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、己烷等)和替代燃料,例如如氢气、氨气、合成气、CO等。

[0069] 如本文所用,“羽流”可以指从喷射点散布的燃料质量,在燃料喷射事件期间,当空气在空间和/或时间上前进时,其可以夹带或混合所述体积的空气。

[0070] 如本文所用,“曲柄角”或“发动机曲柄角”的数值定义应理解为相对于排气冲程和进气冲程之间的TDC位置的曲柄角(如下面表1中所述)。换言之,当活塞处于排气冲程和进气冲程之间的TDC位置时,发动机曲柄角为 0° (或 720°)。当活塞处于压缩冲程和膨胀冲程之间的TDC位置时,发动机曲柄角为 360° 。当活塞处于膨胀冲程和排气冲程之间的BDC位置时,发动机曲柄角为 540° 。当活塞处于进气冲程和压缩冲程之间的BDC位置时,发动机曲柄角为 180° 。负数也可用于描述相对于排气冲程和进气冲程之间的TDC位置的曲柄角。也就是说, 540° 也可以描述为 -180° , 360° 也可以描述为 -360° ,而 180° 也可以描述为 -540° 。

[0071] 表1. 曲柄角说明

[0072]

曲柄角（度）	活塞位置	冲程说明
360 (-360)	TDC	介于压缩冲程和膨胀冲程之间。在一些文献中，这个曲柄角被称为“TDC 燃烧”
介于 360 到 540 之间 (介于-360 和-180 之间)	从 TDC 过渡到 BDC	膨胀行程
540 (-180)	BDC	介于膨胀冲程和排气冲程之间
介于 540 和 720 之间 (介于-180 和 0 之间)	从 BDC 过渡到 TDC	排气行程
0 或 720	TDC	介于排气冲程和进气冲程之间。在一些文献

[0073]

		中，这个曲柄角被称为 “TDC 气体交换”
介于 0 到 180 之间 (介于-720 和-540 之间)	从 TDC 过渡到 BDC	进气行程
180 (-540)	BDC	介于进气冲程和压缩冲 程之间
介于 180 到 360 之间 (介于-540 和-360 之 间)	从 BDC 过渡到 TDC	压缩行程
360 (-360)	TDC	介于压缩冲程和膨胀冲 程之间。在一些文献中， 这个曲柄角被称为 “TDC 燃烧”

[0074] 在一些实施例中，术语“在即将点燃之前”或“刚好在点燃之前”可以指发动机曲柄角为约300°、约305°、约310°、约315°、约320°、约325°、约330°、约335°、约340°、约345°、约350°、约355°、约360°、约365°、约370°、约375°或约380°的时间点，包括其间的所有值和范围。

[0075] 在一些实施例中，术语“在即将点燃之前”或“刚好在点燃之前”可以指在观察到已经发生5%的燃料放热的时间之前的时间点。换言之，当可以检测到可测量的压力偏差以指示正在发生放热燃料氧化时，可以认为燃料已经点燃。

[0076] 在一些实施例中，术语“在即将点燃之前”或“刚好在点燃之前”可以指在点燃之前约1度曲柄角、约2度曲柄角、约3度曲柄角、约4度曲柄角、约5度曲柄角、约6度曲柄角、约7度

曲柄角、约8度曲柄角、约9度曲柄角、约10度曲柄角、约11度曲柄角、约12度曲柄角、约13度曲柄角、约14度曲柄角、约15度曲柄角、约16度曲柄角、约17度曲柄角、约18度曲柄角、约19度曲柄角或约20度曲柄角的时间点度,包括其间的所有值和范围。

[0077] 在一些实施例中,术语“在即将燃料喷射之前”或“刚好在燃料喷射之前”可以指在燃料喷射之前约1度曲柄角、约2度曲柄角、约3度曲柄角、约4度曲柄角、约5度曲柄角、约6度曲柄角、约7度曲柄角、约8度曲柄角、约9度曲柄角、约10度曲柄角、约11度曲柄角、约12度曲柄角、约13度曲柄角、约14度曲柄角、约15度曲柄角、约16度曲柄角、约17度曲柄角、约18度曲柄角、约19度曲柄角或约20度曲柄角的时间点,包括其间的所有值和范围。

[0078] 在一些实施例中,术语“气门关闭”(例如,“进气门关闭”或“排气门关闭”)可以指其中气门变得完全就位(即,0mm气门升程)的时间点。在一些实施例中,术语“气门打开”(例如,“进气门打开”或“排气门打开”)可以指气门变成未就位(即>0mm升程)的时间点。

[0079] 在实施例以及上述说明书中,所有过渡短语,例如“包括”、“含有”、“携带”、“具有”、“包含”、“涉及”、“持有”、“由……构成”等应被理解为是开放式的,即意味着包括但不限于。如美国专利局专利审查程序手册第2111.03节所述,只有过渡短语“由……组成”和“基本上由……组成”分别为封闭或半封闭过渡短语。

[0080] 尽管上面已经概述了本公开的具体实施例,但是对于本领域的技术人员来说,许多替代、修正和变型将是显而易见的。因此,本文所阐述的实施例旨在是说明性的,而非限制性的。在不脱离本公开的精神和范围的情况下,可以进行各种改变。在上述方法和步骤表明某些事件以某种顺序发生的情况下,受益于本公开的本领域普通技术人员将认识到可以修正某些步骤的顺序,并且这种修正是根据本发明的变型而定的。另外,某些步骤可以在并行过程中同时(如果可能)执行,以及如上所述那样顺序执行。已经特别示出和描述了实施例,但是应当理解,可以在形式和细节上进行各种更改。

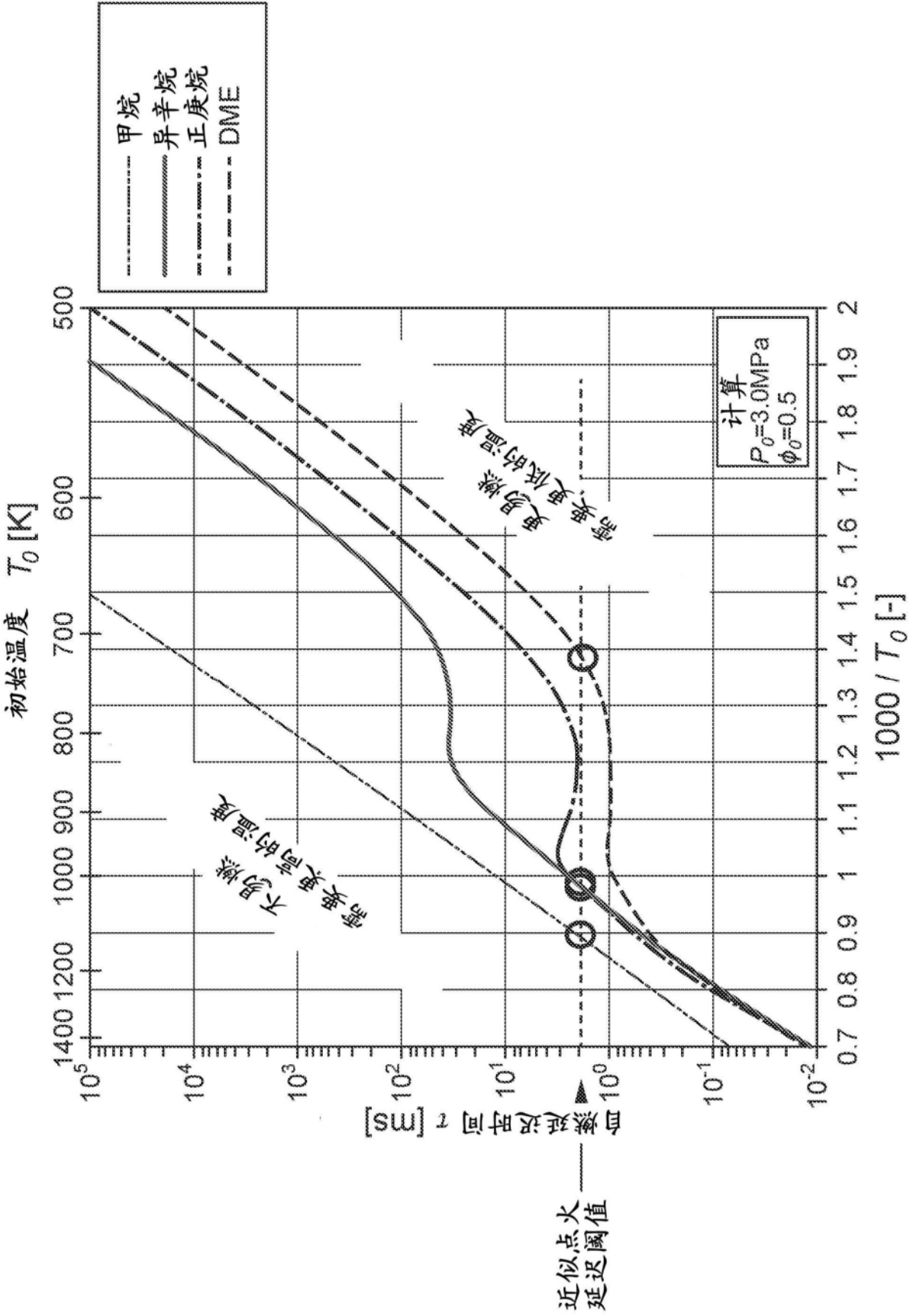


图1

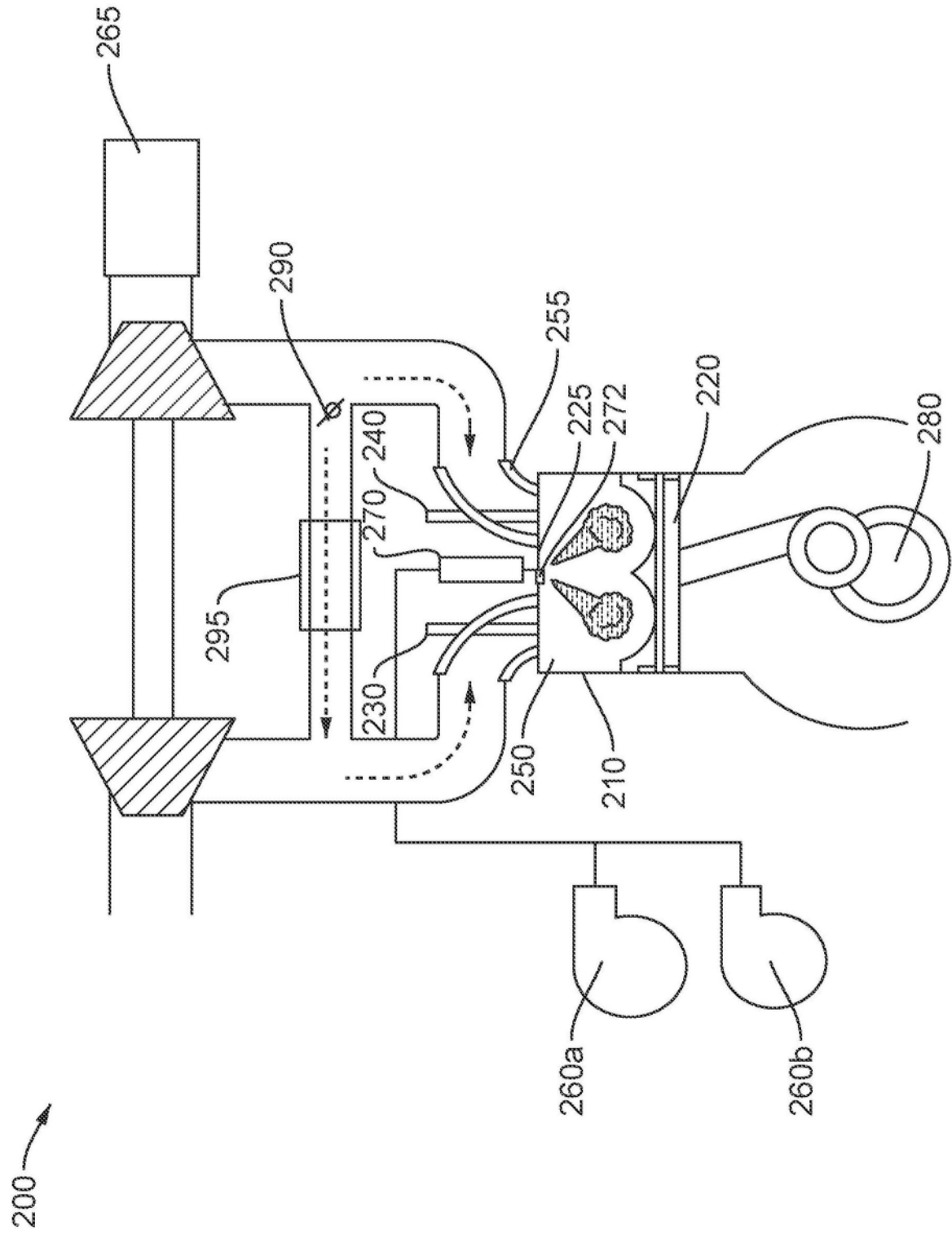


图2

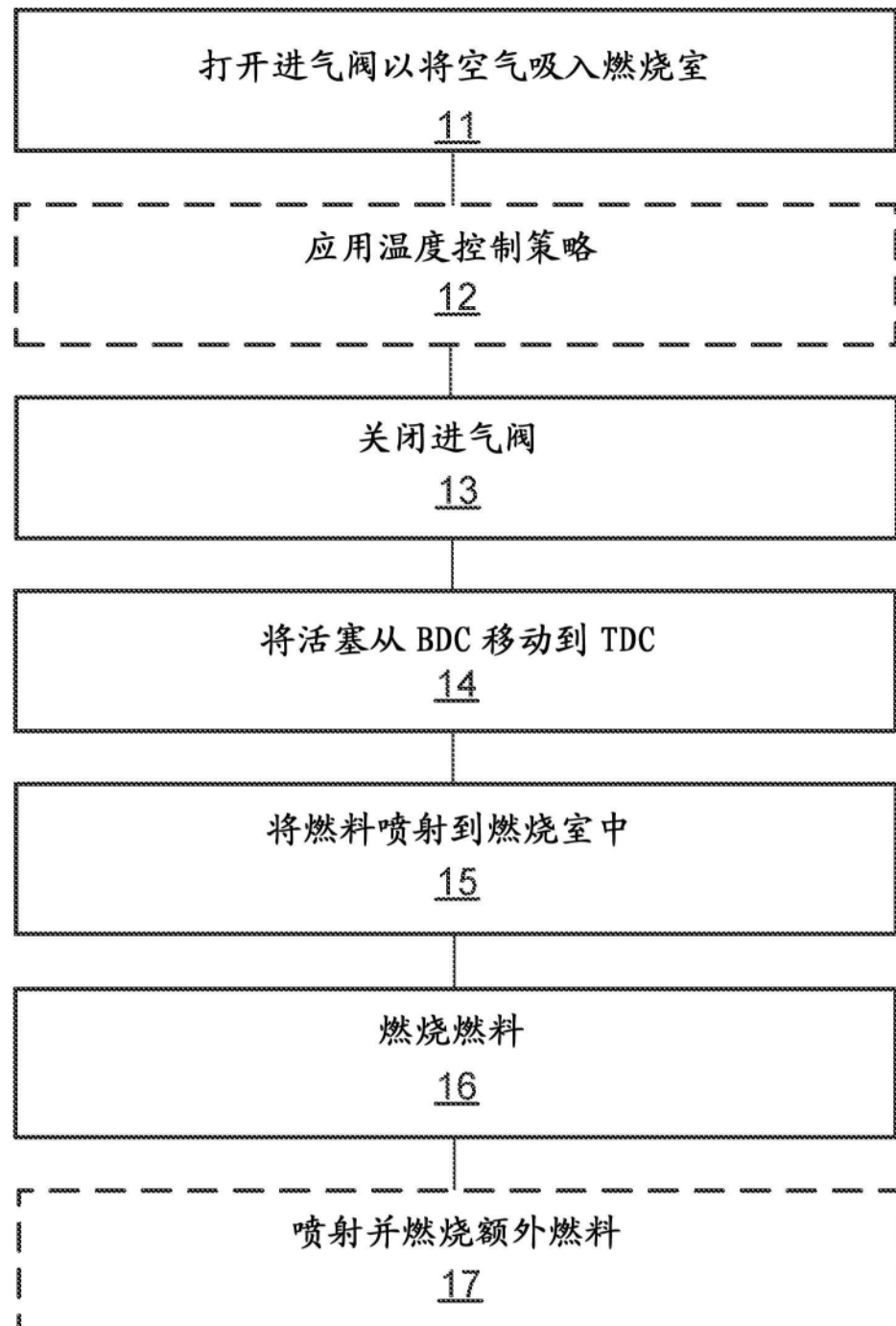
10 

图3