



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110520615 B

(45) 授权公告日 2022.02.01

(21) 申请号 201880025029.1

(22) 申请日 2018.03.23

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110520615 A

(43) 申请公布日 2019.11.29

(30) 优先权数据
15/475,383 2017.03.31 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.10.14

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/023962 2018.03.23

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/183103 EN 2018.10.04

(73) 专利权人 沙特阿拉伯石油公司
地址 沙特阿拉伯达兰

(72) 发明人 庄俊锡 申宰宪 崔基玄

(74) 专利代理机构 北京志霖恒远知识产权代理
事务所(普通合伙) 11435

代理人 胡少青 郭栋梁

(51) Int.Cl.
F02D 41/06 (2006.01)
F02D 41/30 (2006.01)
F02M 25/00 (2006.01)
F02M 25/10 (2006.01)
F02M 25/12 (2006.01)
F02M 27/00 (2006.01)
F02D 41/00 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 102575606 A, 2012.07.11
JP 2004190570 A, 2004.07.08
US 2012192834 A1, 2012.08.02
CN 104005871 A, 2014.08.27
JP 2006022664 A, 2006.01.26

审查员 张立静

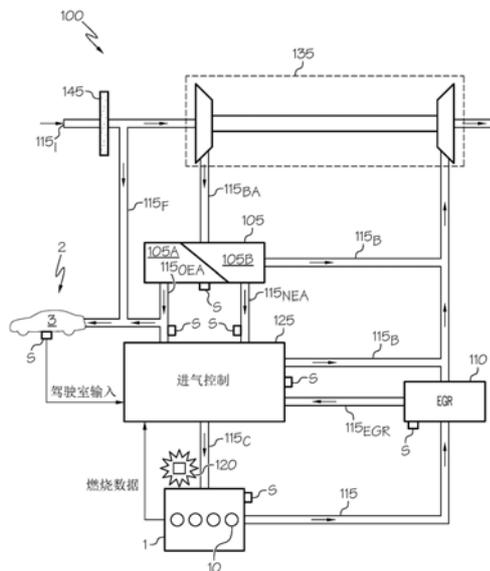
权利要求书3页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

用于汽油压缩点火燃烧的富氮空气供应

(57) 摘要

汽油压缩点火发动机、车辆和操作汽油压缩点火发动机的方法。进气管理系统包括基于膜的分离器和废气再循环流动路径,其协作以将富氮空气流输送到发动机以帮助减少废气排放,同时进入的空气中的隔离部分可形成富氧空气流,其可用于各种发动机负荷条件,以及用于由发动机提供动力的车辆内的驾驶室或相关乘客舱的空气补充。在与冷启动和预热条件无关的发动机负荷增加期间,富氮空气流可来自分离器和来自废气再循环流动路径的富氮燃烧产物流中的一个或两个。



1. 汽油压缩点火发动机, 其具有用于废气排放减少的富氮空气供应, 其特质在于, 所述汽油压缩点火发动机包括:

- 多个燃烧室, 每个具有可移动地设置于其中的活塞;
- 至少一个燃料喷射器, 其与每个燃烧室选择性流体连通;
- 与每个所述燃烧室选择性流体连通的空气入口;
- 与每个所述燃烧室选择性流体连通的废气出口; 和
- 进气管理系统, 其包括:

基于膜的分离器, 其与所述空气入口流体连通, 使得引入所述分离器的空气在其上运行, 以至少分成富氧空气流和富氮空气流; 废气再循环流动路径, 其与所述废气出口流体连通, 以输送富氮燃烧产物流, 所述富氮燃烧产物流在所述燃烧室内点燃空气和基于汽油的燃料的混合物时形成;

流动控制导管, 其与所述分离器和所述废气再循环流动路径配合, 使得来自所述废气再循环流动路径的所述富氮燃烧产物流、来自所述分离器的所述富氮空气流、或二者被置于与所述空气入口选择性流体连通;

多个传感器, 其配置用于获取发动机运行参数; 和

燃烧空气富集控制器, 其与所述传感器信号通信, 使得 (i) 在每个燃烧室内的空气压缩期间, 基于汽油的燃料被选择性地以分段方式引入, 以得到燃料和空气的混合物, 所述混合物对于压缩点火既具有局部化学计量又具有全局分层性质, 和 (ii) 所述分离器、废气再循环流动路径、流动控制导管、传感器和控制器协作以输送以下到所述空气入口: (a) 在所述汽油压缩点火发动机上的冷启动和预热负荷期间来自所述分离器的所述富氧空气流, 和 (b) 来自所述分离器的所述富氮空气流和来自所述废气再循环流动路径的所述富氮燃烧产物流, 其中在与发动机冷启动和预热负荷无关的发动机负荷增加期间, 所述控制器提供指令集, 其中用于减少废气排放的所述富氮空气供应至少部分地由来自所述分离器的所述富氮空气流以及不断增加地来自废气再循环流动路径的所述富氮燃烧产物流提供。

2. 根据权利要求1所述的汽油压缩点火发动机, 其中所述进气管理系统被配置成使得用于废气排放减少的所述富氮空气供应绝不仅由来自所述废气再循环流动路径的所述富氮燃烧产物流提供。

3. 根据权利要求1所述的汽油压缩点火发动机, 其中所述汽油压缩点火发动机还包括设置在缸盖内的用于选择性地点燃被引入所述燃烧室的空气和基于汽油的燃料的混合物的火花点火器, 所述火花点火器配置成使得仅在发动机上冷启动或预热负荷期间选择性点火。

4. 根据权利要求1所述的汽油压缩点火发动机, 其中所述分离器作为现场可更换单元设置在所述进气管理系统内。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的汽油压缩点火发动机, 其中当与冷启动和预热负荷无关的发动机负荷的增加对应于低于约两巴的发动机平均有效压力时, 用于废气排放减少的所述富氮空气供应基本上仅由所述分离器提供。

6. 根据权利要求1-4中任一项所述的汽油压缩点火发动机, 其中当与冷启动和预热负荷无关的发动机负荷的增加对应于在约两巴和约七巴之间的发动机平均有效压力时, 用于废气排放减少的所述富氮空气供应主要由所述分离器提供。

7. 根据权利要求1-4中任一项所述的汽油压缩点火发动机,其中当与冷启动和预热负荷无关的发动机负荷的增加对应于大于约七巴的发动机平均有效压力时,用于减少废气排放的所述富氮空气供应由所述分离器和所述废气再循环流动路径两者提供。

8. 一种车辆,其包括:

平台,所述平台包括:

轮式底盘,在其中限定乘客舱;和

与所述轮式底盘配合的引导装置;和

汽油压缩点火发动机,其连接到所述平台以向其提供动力,所述汽油压缩点火发动机包括:

多个燃烧室,每个具有可移动地设置于其中的活塞;

至少一个燃料喷射器,其与每个燃烧室选择性流体连通;

与每个所述燃烧室选择性流体连通的空气入口;

与每个所述燃烧室选择性流体连通的废气出口;和

进气管理系统,其包括:

基于膜的分离器,其与所述空气入口流体连通,使得引入所述分离器的空气在其上运行,以至少分成富氧空气流和富氮空气流;

废气再循环流动路径,其与所述废气出口流体连通,以输送富氮燃烧产物流,所述富氮燃烧产物流在所述燃烧室内点燃空气和基于汽油的燃料的混合物时形成;

流动控制导管,其与所述分离器和所述废气再循环流动路径配合,使得来自所述废气再循环流动路径的所述富氮燃烧产物流、来自所述分离器的所述富氮空气流、或二者被置于与所述空气入口选择性流体连通;

多个传感器,其配置用于获取发动机运行参数;和

燃烧空气富集控制器,其与所述传感器信号通信,使得 (i) 在每个燃烧室内的空气压缩期间,所述燃料被选择性地以分段方式引入,以得到燃料和空气的混合物,所述混合物对于压缩点火既具有局部化学计量又具有全局分层性质,和 (ii) 所述分离器、废气再循环流动路径、流动控制导管、传感器和控制器协作以输送以下到所述空气入口: (a) 在所述汽油压缩点火发动机上的冷启动和预热负荷期间来自所述分离器的所述富氧空气流,和 (b) 来自所述分离器的所述富氮空气流和来自所述废气再循环流动路径的所述富氮燃烧产物流,其中在与发动机冷启动和预热负荷无关的发动机负荷增加期间,所述控制器提供指令集,其中所述废气排放减少的不同部分由来自所述废气再循环流路的所述富氮燃烧产物流和来自所述分离器的所述富氮空气流提供。

9. 根据权利要求8所述的车辆,其中一部分所述流动控制导管与所述乘客舱选择性地流体连通,以输送至少一部分所述富氧空气流到所述乘客舱。

10. 根据权利要求8所述的车辆,其中所述控制器根据发动机平均有效压力确定所述废气排放减少的不同部分,使得:

在第一发动机平均有效压力范围内,用于废气排放减少的所述富氮空气供应基本上仅由所述分离器提供;

在第二发动机平均有效压力范围内,用于废气排放减少的所述富氮空气供应主要由所述分离器提供;和

在第三发动机平均有效压力范围内,用于废气排放减少的所述富氮空气供应由所述分离器 and 废气再循环流动路径二者提供。

11.一种操作汽油压缩点火发动机的方法,所述方法包括:

将基于汽油的燃料引入所述汽油压缩点火发动机内的多个燃烧室,其中每个燃烧室至少部分地由具有可移动地设置于其中的活塞的汽缸限定;和

提供进气管理系统,其包括:

基于膜的分离器;

废气再循环流动路径;

流动控制导管,其与所述分离器和所述废气再循环流动路径配合;

多个传感器,其配置用于获取发动机运行参数;和

燃烧空气富集控制器,其与所述传感器和所述流动控制导管进行信号通信;

使用所述进气管理系统将空气引入基于膜的分离器;

将引入的空气至少分离成富氧空气流和富氮空气流;

压缩在每个燃烧室中的所述富氧空气流和所述富氮空气流中一种的至少一部分,并且选择性地以分段方式引入所述燃料以得到燃料和空气的混合物,所述混合物对于压缩点火既具有局部化学计量又具有全局分层性质;和

通过将来自分离器的所述富氮空气流和来自所述废气再循环流动路径的富氮燃烧产物流的至少一部分输送到多个燃烧室,调节所述汽油压缩点火发动机内的燃烧速率,其中在与冷启动或预热负荷无关的发动机负荷增加期间,所述控制器提供指令集,其中用于减少废气排放的所述富氮空气供应至少部分地由来自所述分离器的所述富氮空气流以及不断地由来自所述废气再循环流动路径的所述富氮燃烧产物流提供。

12.根据权利要求11所述的方法,其中在与冷启动或预热负荷相关的发动机负荷增加期间,所述控制器提供指令集,其中来自所述分离器的所述富氧空气流被提供给多个燃烧室。

13.根据权利要求11或12中任一项所述的方法,其中在与冷启动或预热负荷相关的发动机负荷增加期间,所述控制器提供指令集,其中没有富氮空气流被提供给多个燃烧室。

14.根据权利要求11或12中任一项所述的方法,其中在汽油压缩点火发动机冷启动和汽油压缩点火发动机预热中的至少一个期间,由所述分离器供应所述富氧空气流以增加燃烧室内的火焰传播燃烧速率。

15.根据权利要求11或12中任一项所述的方法,其中废气的排放减少包括NO_x排放减少。

用于汽油压缩点火燃烧的富氮空气供应

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2017年3月31日提交的美国专利申请序列号15/475,383的优先权,其全部内容通过引用并入本公开。

技术领域

[0003] 本公开一般地涉及改善内燃机可操作性的方式,更具体地涉及使用从多个源产生富氮燃烧空气以用于使用汽油作为燃料源的压缩点火发动机中。

背景技术

[0004] 在用于车辆推进的内燃机(ICE)的范围内,火花点火(SI)发动机和压缩点火(CI)发动机是最常用的。在SI发动机中,空气和燃料(通常是汽油)的混合物被引入圆筒形燃烧室中以通过火花塞点火。当所产生的火焰前锋从初始点火点传播通过燃烧室时,温度继续升高,这又导致高峰值燃烧温度。SI过程的常见排放物包括一氧化碳(CO)、未燃烧的烃和氮氧化物(NO_x) (等等)。现代SI发动机车辆通常采用三元催化转化器来减少这些燃烧副产物中的每一种。为了确保催化剂在NO_x还原方面以最佳性能运行,这种发动机在化学计量的燃料空气比或接近化学计量的燃料空气比下操作,作为避免废气中存在损害催化剂的过量氧(O₂)的方法。

[0005] 在CI发动机中,燃料(通常是柴油燃料)被引入燃烧室,在其中空气已经以高度压缩的形式存在。伴随着增加的压力的室内升高的温度导致燃料自动点燃。燃烧过程通过燃料/空气扩散混合来进行。与典型的SI发动机不同,CI发动机的直接燃料喷射消除了节流损失和相关的燃料泵送损失。CI发动机的高压缩比和固有贫燃烧具有较少的泵送损失,导致比SI发动机更高的热力学效率。然而,与这种贫燃料-空气比相关的过量O₂使得SI发动机的三元催化剂的使用对于NO_x还原是不切实际的,因为这种催化剂仅在非常窄的O₂水平范围内有效地操作(通常在约0.5%和1.0%之间)。为了克服这种限制,包括了复杂且昂贵的燃料喷射和后处理系统。已知的后处理方法的实例包括贫NO_x捕集器、选择性催化还原(SCR)和废气再循环(EGR)。虽然可用于其预期目的,但过度依赖这些方法可能适得其反,因为贫NO_x捕集器和SCR需要定期再生,而EGR的有效性在高发动机功率水平下受到限制。

[0006] 另一种发动机类型,称为均质进料压缩点火(HCCI)发动机,试图结合基于柴油的CI发动机和基于汽油的SI发动机的特征。在HCCI发动机中,燃料和空气在以与传统SI发动机大致类似的方式引入燃烧室之前混合。与传统的CI发动机一样,通过在燃烧室内的某些温度和压力条件下自动点燃混合物来实现燃烧。在理想条件下,HCCI发动机实现了扩散、无焰燃烧以及较低的峰值压力和温度;这种燃烧有效地保持低NO_x产生。然而,实际上,已证明极其难以在宽范围的发动机工作条件下建立对获得燃料-空气混合物的温度、压力和组成的正确组合的精确控制,特别是当涉及高功率输出条件时。

[0007] 另一种称为汽油压缩点火(GCI)发动机(也称为部分预混压缩点火(PPCI)发动机)的发动机类型作为传统柴油CI或汽油SI发动机的有吸引力的替代品而受到关注。在GCI发

动机中,燃料在发动机的四冲程循环操作的压缩阶段后期以分段方式喷射。以这种方式,燃料进料可以被认为具有局部化学计量和全局分层性质。值得注意的是,一般地汽油(特别是低辛烷值汽油)相对于柴油燃料具有更高的挥发性和更长的点火延迟。通过在压缩冲程中相对较晚地引入这种燃料并利用燃料的点火延迟(这有助于促进额外的燃料-空气混合),在喷射结束之前不开始燃烧。为了达到理想的分层程度,可以使用多次注射。通过在低温燃烧(LTC)条件下运行,GCI发动机可以显著降低NO_x产生和烟尘排放,同时实现类似柴油的热效率。此外,精炼低辛烷值汽油比处理常规汽油和柴油燃料更容易(并且更便宜),这反过来又减少了其他不期望物质(例如CO₂)的整体油井到油箱(well-to-tank)排放。

[0008] GCI发动机的一个缺点是在正常发动机运行条件下低NO_x排放放在重负荷下趋于增加。因此,汽车制造商已经实施了上述各种技术中的一些(即,SCR、EGR等)作为在所有发动机操作条件下确保NO_x符合要求的方式。这种校正措施是昂贵的,并且如上所述,可能限制发动机性能。例如,过度EGR可导致燃烧不稳定性以及相关的失火,以及由包含在再循环废气中的碳沉积物造成的气门堵塞。过度依赖EGR还使得难以控制GCI发动机瞬态响应,因为进气进料密度的降低可能与在燃烧室内保持连续燃烧火焰前锋不相容。

发明内容

[0009] 根据本公开的一个实施例,公开了一种GCI发动机,其具有用于废气排放减少的富氮(N₂)空气供应。GCI发动机包括多个燃烧室、与每个燃烧室选择性流体连通的空气入口、与每个燃烧室选择性流体连通的气体出口和可优先制备富氮空气进料的进气管系统。所述进气管系统包括基于膜的分离器、EGR流动路径、流动控制导管和燃烧空气富集控制器。分离器与空气入口流体连通,使得引入分离器的空气被分成富氧空气(OEA)流和富氮空气(NEA)流。同样,废气再循环流动路径与废气出口流体连通,以输送富氮燃烧产物流,该燃烧产物流在燃烧室内点燃空气和汽油的混合物时形成。此外,流动控制导管与分离器和废气再循环流动路径配合,使得来自废气再循环流动路径的富氮燃烧产物流和来自分离器的富氮空气流中的一个或两个被置于与空气入口选择性流体连通。许多传感器用于获取发动机运行参数。控制器与传感器进行信号通信,使得它们与分离器、废气再循环流动路径和流动控制导管协作以输送以下到空气入口:(a)在GCI发动机上的冷启动和预热负荷期间来自分离器的富氧空气流,和(b)来自分离器的富氮空气流和来自废气再循环流动路径的富氮燃烧产物流。值得注意的是,在与冷启动和预热负荷无关的发动机负荷增加期间,控制器提供指令集,其中用于减少废气排放的富氮空气供应至少部分地由来自分离器的富氮空气流以及不断增加地由来自废气再循环流动路径的富氮燃烧产物流提供。

[0010] 在本文中,各种发动机操作负荷或条件(例如,低、正常、冷启动和高)可以对应于可以由控制器监视和操作的方案,以确保对空气混合物的适当管理。以类似的方式,控制器——单独或与另一个控制器一起工作——可用于确保遵循用于这类模式的适当的燃料和相关的环境操作条件。

[0011] 举例来说,对于以下各种操作条件中的一种或多种:低发动机负荷;低环境温度和冷启动(以及随之而来的早期预热),使用研究法辛烷值(RON)为91的无铅普通汽油的所公开的GCI发动机可能经历相对长的点火延迟。在这种情况下,自动点火可能太弱、太迟或完全失败。为了避免这种情况,控制器可以与其他导管、气门和火花塞一起工作,使得喷射的

燃料按时开始点火和燃烧。在SI操作的情况下，OEA流有助于提高火焰速度和燃烧速率，尤其是当汽缸温度低时。同样，对于中高负荷运行，汽缸压力和温度也会增加；这样的操作条件倾向于促进早期自燃并且可能导致更高的NO_x排放和更高的燃烧噪音。

[0012] 根据本公开的又一实施例，公开了一种车辆。该车辆包括平台，该平台包括轮式底盘、与轮式底盘和乘客舱协作的引导装置以及连接到平台以传递动力的GCI发动机。GCI发动机包括多个燃烧室、空气入口、废气出口和进气管理系统，所述进气管理系统包括基于膜的分离器、EGR流动路径、流动控制导管、多个传感器和燃烧空气富集控制器。空气入口和废气出口均与每个燃烧室选择性流体连通。引入分离器的空气被至少分成OEA流和NEA流，而EGR流动路径用于将富氮燃烧产物流送回空气入口。流动控制导管用于在各种部件之间引导富氮空气供应。

[0013] 进气管理系统的各种部件协作以输送OEA和NEA流到空气入口。特别地，在GCI发动机的冷启动和预热负荷期间从分离器运送OEA流，而在与冷启动和预热负荷无关的时段期间从分离器和EGR流动路径运送NEA流。此外，在与冷启动和预热负荷无关的这些时段期间，控制器提供指令集，其中由来自EGR流动路径的富氮燃烧产物流和来自分离器的NEA空气流提供不同部分的废气排放减少。

[0014] 根据本公开的又一实施例，公开了一种操作GCI发动机的方法。该方法包括将基于汽油的燃料引入发动机燃烧室并使用进气管理系统来帮助减少废气排放等等。进气管理系统包括基于膜的分离器、废气再循环流动路径、与分离器和废气再循环流动路径协作的流动控制导管、多个传感器和与传感器和流动控制导管进行信号通信的燃烧空气富集控制器。在使用中，引入基于膜的分离器中用于至少分离成OEA流和NEA流的空气由进气管理系统操纵，以便至少一部分NEA流以及（取决于发动机）来自废气再循环流动路径的富氮燃烧产物流被提供给发动机，作为调节发动机内发生GCI燃烧的速率的方式。以这种方式，在与冷启动或预热操作条件无关的发动机负荷增加期间，用于减少废气排放的富氮空气供应至少部分地由来自分离器的富氮空气流和在某些情况下来自存在于废气再循环流动路径中的富氮燃烧产物流提供。

附图说明

[0015] 当结合以下附图阅读时，可以最佳地理解以下对本公开的具体实施例的详细描述，在附图中，相似的结构用相似的附图标记表示，并且在附图中：

[0016] 图1示出了根据本文所示或所述的一个或多个实施例的GCI发动机和进气管理系统的一部分的简化剖视图；

[0017] 图2示出了根据本文所示或所述的一个或多个实施例的与空气管理系统相关的各种流动路径的简化视图；

[0018] 图3示出了图2的空气管理系统的变型，其中膜模块与根据本文所示或所述的一个或多个实施例的用于现场可更换单元的空气过滤器连接；

[0019] 图4示出了使用根据本文所示或所述的一个或多个实施例的空气管理系统的NO_x和具有变化氮气富集的烟灰排放的归一化比较；和

[0020] 图5示出了在概念GCI发动机燃烧过程期间的示例性汽缸内温度轨迹。

具体实施方式

[0021] 本公开涉及用于通过进气控制来改善发动机性能和减少GCI发动机的NO_x排放的方法和系统,所述进气控制使用膜和EGR的组合贡献以选择性地含氮进料输送到发动机的燃烧室。虽然通常已知这些部件中的每一个彼此独立地操作,但是本公开的作者采取这样的立场:通过将两者结合,可以实现整体发动机性能的改进,以及产生的空气供应系统的减小的尺寸、重量或复杂性。特别地,在本公开内容下,进入的空气供应通过膜行进以将输入空气流分离成OEA流和NEA流。NEA流被供给到发动机进气口以稀释进气进料并降低GCI燃烧速率,这又以大致类似于传统EGR的方式减少NO_x排放。同样,在可能无法实现GCI的运行条件(例如冷启动)中,OEA增加了火焰传播燃烧速率,以便更快地进行预热和相关的发动机可操作性改进。在可选的形式中,过量的OEA也可以被输送到车辆的乘客舱中以更新车厢空气(也就是乘客舱)的质量。EGR还可以用于稀释进气进料,并且这样做可以帮助减小膜的尺寸以帮助其在车辆环境中的包装。这种EGR用途在高负荷条件下特别有益,作为补充来自膜的NEA的NO_x还原性能的方式。通过在多个GCI发动机运行条件下至少部分地依靠膜来获得额外的N₂,可以减少对EGR请求的依赖,这又可以导致GCI瞬态控制响应的改进,以及增加的GCI发动机高负荷限制。

[0022] 首先参考图1和2,示出了具有富氮空气供应的GCI发动机1的示意图,用于具有乘客舱3的车辆2中。发动机1包括有许多汽缸10的发动机缸体5、在发动机缸体5内可旋转地运动的曲轴15、响应于曲轴15的运动的众多凸轮20、联接到发动机缸体5以限定许多燃烧室30的缸盖25。缸盖25包括进气门35和排气门40(每个中仅示出一个),其在一种形式中可以被弹簧偏置以响应于曲轴15通过由曲轴驱动链、曲轴执行推杆或气动执行器(均未显示)控制的相应的一个凸轮20而移动。空气入口45(其可以是被流体联接到流动控制导管115和进气控制125的部分的燃烧器入口气体115_c的一部分,在随后的段落中更详细地讨论)和废气出口50通过燃料喷射器55与每个燃烧室30选择性流体连通,同时活塞60容纳在每个相应的汽缸10中并通过连杆65连接到曲轴15,使得活塞60响应于在燃烧室30内发生的压缩点火燃烧的往复运动通过连杆65和曲轴15的枢转运动转换为曲轴15的旋转运动以用于随后的功率传输到由发动机1和传动系、车轴、差速器和车轮(均未显示)组成的传动系统的其余部分。与GCI发动机1相关联的燃烧可以被归类为具有部分预混压缩点火(PPCI)属性,其中通过在压缩冲程的部分期间操纵燃烧室内的燃料/空气比水平来控制自点火燃烧的正时。

[0023] 用于燃烧过程的空气供应通过进气管理系统100实现其氮气富集。该系统100包括基于膜的分离器105和EGR 110,以及合适的导管115,使得用于燃烧的空气以及作为这种燃烧的产物的废气可用于稀释发动机1的进气进料,以选择性地降低GCI燃烧速率,这又导致NO_x排放的减少。在本文中,流动控制导管115不仅包括管道、管、通道或相关的流体输送管线,还包括流体设置在这种管线中的任何阀门(未示出)或相关的流量控制装置。通过使用分离器105,可以减少对EGR 110的依赖,尤其是对于某些发动机负荷。在其他发动机操作负荷或条件例如冷启动和相关的预热中,分离器105可与火花点火装置120(例如火花塞)一起使用以增加火焰传播燃烧速率。在本文中,与冷启动或预热条件无关的其他操作条件可以在本文讨论的GCI操作模式下运行。

[0024] 如图所示,环境空气的入口(即,进料流)115₁形成流动控制导管115的一部分并且用于首先将空气引入分离器105,在其中富含O₂的渗透物流过OEA流115_{OEA}和富含N₂的保留物

105B流过NEA流 115_{NEA} 。OEA和NEA流 115_{OEA} 、 115_{NEA} 都被供给到呈混合室等形式的进气控制125。在一种形式中,EGR 110呈阀门的形式,使得它与流动控制导管115的相关部分一起形成EGR流动路径 115_{EGR} ,其将通过排气门40离开燃烧室30的排出气体再循环到进气控制125中。进气控制125——其响应于来自基于处理器的控制器130的控制信号(在下面更详细地讨论),其用于调节流动控制导管115的各个部分中的阀和旁路流动——用进料流速和进料/渗透物压力调节分离器105的性能,以根据所需的发动机1负荷或相关的操作条件调节来自三个输入(即OEA流 115_{OEA} 、NEA流 115_{NEA} 和EGR流 115_{EGR})的每个气流的量。在冷启动条件下,可以仅供应OEA流 115_{OEA} 以提高燃烧速率;在这种情况下,没有NEA流 115_{NEA} 被引入燃烧室30。在其他操作条件下,提供NEA流 115_{NEA} 以减少NO_x排放。在如本文所讨论的高发动机负荷条件(诸如与升高的平均有效压力(MEP)相关的那些条件)下,EGR流 115_{EGR} 可与NEA流 115_{NEA} 一起使用,作为避免必须构造过大的分离器105以适应这种负荷所需的更大体积或表面积的方式。如图所示,任一个或两个过滤入口空气 115_F 和OEA流 115_{OEA} 的一部分可以被传送到车辆乘客室或舱,作为更新或以其他方式增加舱室空气质量的方式。在一种形式中,入口空气 115_I 可以被加压,例如通过涡轮增压器135或其他相关装置。涡轮增压器135可以由未被引导回进气控制器125的过量废气驱动。

[0025] EGR流 115_{EGR} 通过将一部分废气再循环回到来自NEA流 115_{NEA} 和OEA流 115_{OEA} 中的一个或另一个的涡轮增压进气来工作。这具有稀释引入燃烧室30中的O₂的作用,这又通过提供诸如N₂和H₂O的惰性气体来降低峰值缸内温度,惰性气体具有相对高的比热,因此其比在燃烧过程中产生的气体有效地吸收热量。

[0026] 用于进气管管理系统100的操作的指令来自控制器130,控制器130可以体现在一个或多个电子控制单元(ECU)中。控制器130用于从传感器S接收数据,并向进气管管理系统100的各个部分提供基于逻辑的指令。如本领域技术人员将理解的,控制器130可以是单个单元,或整个车辆2中的分布式单元组之一。在一种配置中,控制器130可以被配置为具有与较少数量的部件功能相关联的更离散的一组操作能力,例如仅与进气管管理系统100的操作相关联的那些,而在另一种配置中,控制器130可以具有更全面的能力,使其与进气管管理系统100结合或独立地能够控制更多数量的部件,例如发动机1,并且无论结构和由控制器130执行的功能范围如何,所有这些变型被认为是在本公开的范围之内。在与进气管管理系统100相关联的只执行功能相关联的一种形式中,控制器130可以被配置为应用程序专用集成电路(ASIC)。在一种形式中,控制器130配备有一个或多个输入/输出(I/O) 130A、微处理器或中央处理器(CPU) 130B、只读存储器(ROM) 130C、随机存取存储器(RAM) 130D,它们分别通过总线130I连接以提供逻辑电路的连接,用于接收基于信号的数据,以及发送命令或相关指令。各种算法和相关控制逻辑可以以本领域技术人员已知的方式存储在ROM130C或RAM130D中。这种控制逻辑可以以预编程的算法或相关的程序代码来实施,其可以通过控制器130操作,然后经由I/O 130A输送至进气管管理系统100,如本文讨论的。在I/O 130A的一种形式中,来自各种传感器S的信号与控制器130交换。

[0027] 在控制器130被配置为不仅仅对进气管管理系统100提供控制的情况下(例如,对发动机1中的一个或多个的操作、燃料的供应或在车辆2内的其他系统),来自另外的传感器S的其他这类信号也可以以信号方式提供至控制器130,以通过包含在其中的控制逻辑进行合适的处理,包括其中来自发动机1的燃烧数据被提供用于控制从进气控制125输送的燃烧

器入口气体 115_c 的混合或相关递送的那些。例如,以与发动机1操作的GCI模式一致的方式,控制器130可以编程有燃料喷射器驱动器130E、EGR驱动器130F、发动机阀控制器130G和流量阀控制器130H(用于设置在流动导管115中的任何阀门)以提供多次后喷、分层混合、低温燃烧过程,作为在基本上整个负荷速度范围内促进发动机1平稳运行和低 NO_x 排放的方法。这种控制对于用于在GCI发动机1中输送燃料的多次后喷射策略特别有利,因为当其与压缩冲程中的各种顺序一致时这种输送被优化,这可以通过从曲轴15检测曲柄角度(CAD)的传感器S来测量以帮助控制何时发生自点火。在本文中,活塞60在汽缸10内的位置通常参考CAD在活塞60的上死点(TDC)位置之前或之后进行描述。控制器130还可以将这种输送策略基于其他发动机1运行参数,例如负荷和发动机速度,以及预期这种喷射的次数。例如,从 0° 到 180° 的CAD对应于动力冲程, 0° 表示TDC, 180° 表示下死点(BDC)。同样,从 180° 到 360° 的CAD代表排气冲程,后者代表TDC。此外,从 360° 到 540° 的CAD表示后者具有BDC的进气冲程。此外,从 540° 到 720° 的CAD表示在后者处具有TDC的压缩冲程。举例而言,控制器130——当在6缸发动机中使用——将使点火每隔 120° 曲轴15旋转而发生,即发动机1的每次旋转有三次点火。因此,当六个气缸中的每个气缸一次点火时,曲轴15已经旋转两次以横穿 720° 的旋转运动。同样地,如果发动机1被构造为4缸发动机,点火会在每一个 180° 的曲轴15旋转发生。在一种形式中,传感器S中的一个可以是曲柄传感器,以监测曲轴15的位置或转速。从这样的曲柄传感器获取的数据被传送到控制器130以进行处理,以便确定燃料喷射正时和其他发动机1参数,包括用于正在使用点火装置120的那些情况(例如冷启动和随后的预热)的点火正时。诸如曲柄传感器之类的传感器S可以与其他传感器S(例如与阀20位置相关的传感器)组合使用,以监测具有可变气门正时的发动机1配置中的阀20和活塞60之间的关系。

[0028] 控制器130可以使用模型预测控制方案来实现,例如监督模型预测控制(SMPC)方案或其变型,或例如多输入和多输出(MIMO)协议,其中输入包括与本文所述的各种后燃烧废气处理组件、传感器S(例如废气温度传感器、 O_2 传感器、 NO_x 传感器、 SO_x 传感器等)、估计值(例如来自查找表或通过算法计算)等相关的多个值。以这种方式,与来自传感器S的一个或多个感测值相关联的输出电压由控制器130接收,然后数字化并与预定的表、图、矩阵或算法值进行比较,使得基于差异,产生指示一定操作条件的输出。这些输出可以被用于在控制器130的范围内调整各个部件,例如与进气管理系统100相关联的其余部件。

[0029] 如上所述,在一种形式中,控制器130可以预先加载各种参数(例如大气压、环境温度 and 流速,废气温度和流速,发动机MEP等)到查询表中,该查询表可以是包括在ROM 130C或RAM 130D中。在另一种形式中,控制器130可以包括一个或多个基于方程式或公式的算法,其允许CPU基于来自各种传感器的输入生成合适的基于逻辑的控制信号,而在另一种形式中,控制器130可以包括查找表和算法特征,以促进其监视和控制功能。无论采用这些形式的数据和计算交互中的哪一种,控制器130——与相关的传感器S、膜分离器105、EGR 110和相关的流动控制导管115一起——协作,使得随着发动机1上的操作负荷增加超过冷启动或预热状态,更多的NEA流 115_{NEA} 从分离器105比从EGR 110输送到进气控制125。

[0030] 接下来参考图3,在一种形式中,分离器105可以形成为模块140的一部分,以便具有现场可更换单元(LRU)质量。以这种方式,可以简化与分离器105或空气过滤器145的更换或维修相关的维护操作。这些LRU可以容易地存放,以便从易于获得的现场库存中进行所谓的现成更换。由于其模块化,LRU还可以通过集中开发不同型号的车辆2来降低系统成本并

提高质量。为了降低车辆2的维护成本,分离器105可以与空气过滤器145一起放置,使得模块140形成组合壳体,而在另一种形式中,分离器105可以形成在其本身的壳体中。

[0031] MEP——包括其变型表示平均有效压力 (IMEP)、制动平均有效压力 (BMEP) 或摩擦平均有效压力 (FMEP) ——提供特定发动机1在不考虑气缸10数量或相关的发动机1排量的情况下工作的能力值。此外,它提供了对应于产生的转矩的压力的量度,以便它可以被认为是它的四个周期(入口、压缩、点火和排气)的不同部分作用在活塞60的平均压力。实际上,由于MEP与发动机转速或尺寸无关,因此MEP是比转矩更好的参数,用于比较发动机的设计和输出。因此,MEP提供了比发动机的其他度量(例如马力)更好的指示,因为产生的扭矩仅是MEP和排量的函数,而马力是扭矩和rpm的函数。因此,对于给定的排量,较高的最大MEP意味着产生更多的扭矩,而对于给定的扭矩,较高的最大MEP意味着它从较小的发动机1实现。同样,较高的最大MEP可以被关联到在发动机1中较高的应力和温度,这又提供了发动机1的寿命或发动机1中额外结构增强件的程度的指示。值得注意的是,广泛的测功机测试,加上合适的分析预测,使MEP在现代发动机设计中广为人知。因此,对于CI发动机,在对应于最大扭矩(大约3000rpm)的发动机速度下,通常为约7.0巴至约9.0巴的MEP值,而对于自然吸气(即,非涡轮增压)SI发动机,MEP值约为8.5巴至约10.5巴是常见的,而对于涡轮增压的SI发动机,MEP可能在约12.5巴至约17.0巴之间。

[0032] 同样,可以针对发动机1的各种操作方案确定MEP值。这样的操作方案可以包括低功率或负荷(包括例如发动机怠速状况),其是对应于高达约1.0巴的MEP的一种形式,另一种形式高达约2.0巴的MEP。同样地,这样的操作方案可以包括正常(或中等)功率或负荷,其是对应于在约2.0巴至约5.0巴之间的MEP,而另一种形式是介于约2.0巴至约6.0巴之间的MEP,另一种形式是介于约2.0巴和约7.0巴之间的MEP。此外,这种操作方案可以包括高功率或负荷,其是对应于约7.0巴及以上的MEP,另一种形式的MEP为约8.0巴及以上,另一种形式的MEP为约9.0巴及以上,以及另一种形式是约10.0巴及以上的MEP。

[0033] 如将理解的,可以将这些和其他MEP值输入到可以存储在存储器可访问位置中的适当映射的参数集中(例如上面提到的查找表),使得这些值可以用于调整各种发动机1操作参数,以及在其诊断能力作用时用于控制器130。在这种情况下,它可以与一些传感器S一起工作,包括可以用于测量气缸10容积(例如通过曲轴15角度等)的那些传感器。

[0034] 接下来参考图4和5,分析和实验研究都证实,使用NEA流 115_{NEA} 和EGR流 115_{EGR} 可以稀释进气进料以降低GCI燃烧速率,并且因此减少NO_x排放。因为NEA流 115_{NEA} 在发动机1预期暴露的大部分负荷上使用,所以理解分离器105的构造是有益的。特别地,可以调节分离器105,使得O₂比N₂快几倍的速度穿透膜,这影响在渗透物侧105A上产生的OEA流 115_{OEA} 的量。可以根据进入分离器105的空气的渗透性或渗透率来测量渗透速度。同时,在保留物侧105B中连续产生NEA流 115_{NEA} 。膜选择性或相关分离因子用于比较膜对某些目标气体的分离能力,其中选择性由它们的渗透率(或渗透性)给出。为了满足产品空气的某些要求(某些N₂浓度和NEA流 115_{NEA} 的流速),所需的进料空气量(即进料流速),以及进料/渗透压力可以变化。另外,渗透物侧105A流中的O₂纯度也可以变化。同样,可以改变分离器105的配置。例如,分离器105可以被配置为螺旋缠绕模块、板框模块、中空纤维膜模块、中空纤维模块或毛细管模块。例如,在中空纤维膜模块中,可以将进料引入纤维内部(称为“由内向外”)或在纤维外部(称为“从外向内”)。如表1所示,对于中空纤维膜模块,高O₂选择性膜(材料B,O₂/N₂选择性

为5) 显示出作为分离器105比较少 O_2 选择性膜(材料A, O_2/N_2 选择性为2)更有效最小化在NEA流中达到相同的 N_2 浓度所需的进气流量。因此,这种选择性(以及配置)可以形成用于给定发动机1的分离器105的尺寸的基础。

[0035] 使用中空纤维膜模块生产NEA

膜材料	进料配置	进料		渗透物		保留物	
		流量, L/min	N_2 浓度, 体积%	流量, L/min	O_2 浓度, 体积%	流量, L/min	N_2 浓度, 体积%
A	从内到外	90	79	40	28.5	50	85
B	从内到外	66		16	39.8		
B	从外到内	68		18	37.0		

[0037] 进料压力:3巴;渗透压:1.1巴

[0038] 表1

[0039] 作为由本公开的作者进行的分析的一部分,计算流体动力学(CFD)用于模拟在氮增强操作模式下操作的GCI发动机1的性能和排放。在这种模拟中,分析了具有14.5:1几何压缩比的单缸4气门发动机。燃烧室在单次循环运行期间接收14毫克轻质石脑油燃料,其中负荷规定为5巴MEP,1500rpm,1.1巴增压进气压力。示出了这些结果,其中通常,增加来自EGR流 115_{EGR} 的 NO_x 抑制流体的量在空转或相关的低发动机1负荷条件下是有益的,但在与中负荷和高负荷相关联的MEP中益处较少。例如,EGR 110不应在高于约7.0巴BMEP的负荷下使用,因为在这些较高负荷条件下,所产生的废气排放可能包含过量的烟雾。通过监测发动机1负荷并确定这种负荷小于阈值(例如与限定的低负荷范围相关联的负荷),可以实现EGR 110的适当操作。此外,控制器130可以用于基于诸如此类的因素来指示提供给进气控制125的 N_2 富集中的多少来自EGR流 115_{EGR} 和NEA流 115_{NEA} 中的每一个。

[0040] 具体参照图4,在前一段中讨论的发动机1上进行实验,作为通过使用分离器105验证 N_2 富集的可行性的方法。改变各种参数,包括与进料和渗透物流速以及 N_2 纯度和流速的操作压力(进料压力)相关的参数。将 NO_x 排放标准化为参考值,标准大气浓度为79%(体积)的 N_2 。因此,相对温和的增加 N_2 6%至85%导致 NO_x 排放相对于非富集参考情况大约80%的抑制,尽管烟灰产生确实由大约25%增加到30%。

[0041] 具体参考图5,示出了用于GCI发动机1的模拟燃烧过程的缸内温度轨迹。在这方面,图表表示与CAD相关的热释放率。随着进气进料中 N_2 组成的增加,峰值缸内温度降低。NEA流 115_{NEA} 稀释进气进料并降低GCI发动机1燃烧速率,结果,降低了发动机1的峰值缸内温度。已知 NO_x 排放是在高温下产生。因此,降低缸内温度导致 NO_x 排放显著降低。值得注意的是,与 NO_x 还原相关的温度降低允许在压缩过程中发生燃料喷射的位置发生变化。因此,以特定CAD喷射燃料以保持这种燃烧温度低取决于与所需的多次后喷射、分层混合物、低温燃烧过程相关的各种因素。这些因素可包括燃料空气比、EGR水平、入口空气温度和压力等。用GCI发动机1,燃料可以在压缩冲程过程中不同的时间注入(例如在某些情况下在TDC之前在约 120° 至 90° CAD之间,和在其他情况下在TDC之前在约 30° 至 10° 之间);控制器130可以考虑在燃烧室30内的这些各种温度和压力状态下燃料的自点火特性的差异,以指示这种喷射,以及NEA或OEA流 115_{NEA} 、 115_{OEA} 、气门升程正时等等。

[0042] 通过以特定CAD注入燃料,一般地可以减少排放,特别是NO_x,同时仍然保持稳定、高效的运行。特别考虑到高发动机1负荷(其中MEP高),由于高旋转速度,可能难以将所有燃料以期望的CAD喷射。在这种情况下,使用进气管理系统100及其混合依赖于来自相应分离器105和EGR 110的NEA流115_{NEA}和EGR流115_{EGR}是最有用的。特别地,控制器130可以与这里讨论的其他部件结合使用,以向进气控制器125提供适当的进气进料,以便促进在优选的CAD内自点火燃烧。实际上,根据发动机1的负荷和各种输入参数,可以在TDC之后的较窄CAD中进行大量(如果不是全部)自动点火,如图所示。同样地,可以控制燃烧事件的持续时间以实现与NO_x还原一致的所需峰值汽缸温度和压力水平。以类似的方式,增加OEA流115_{OEA}可以在某些发动机1的操作条件用于推进燃烧过程的开始(通常与火花点火装置120结合)。

[0043] 已经详细地并且通过参考其特定实施方案描述了本公开的主题,应注意,本文中公开的各种细节不应被视为暗示这些细节与作为本文描述的各种实施方案的基本组分的元件相关,即使在本说明书随附的每个附图中示出了特定元件的情况下也是如此。此外,显然在不脱离所附权利要求的范围的情况下可以进行修改和变化,包括但不限于所附权利要求中限定的实施方案。更具体地说,尽管本公开的一些方面在本文中被识别为优选的或特别有利,但预期本公开不必限于这些方面。

[0044] 注意,以下权利要求中的一个或多个使用术语“其中”作为过渡短语。出于定义本公开讨论的特征的目的,应注意,所述术语在权利要求中作为开放式过渡短语引入,所述短语用于引入结构的一系列特征的叙述,并且应当以与更常用的开放式前导词术语“包含”同样方式地理解。

[0045] 应注意,诸如“优选地”、“一般地”和“通常地”的术语在此不用于限制权利要求的范畴或暗示某些特征对本文公开的结构或功能是关键、必要的或甚至是重要的。相反,这些术语仅旨在突显可能或可能不在所公开主题的特定实施例中使用的替代性或附加特征。同样,应注意,术语“基本上”和“近似”以及其变体在本文中用于表示可以归因于任何定量比较、值、测量或其它表示的固有不确定度。因此,这些术语的使用表示在不引起所关注的主题的基本功能变化的情况下,定量表示可以所陈述参考不同的程度。

[0046] 对于本领域的技术人员来说显而易见的是,在不脱离要求保护的的主题的精神和范围的情况下,可以对本文描述的实施例进行各种修改和变更。因此,本说明书旨在覆盖本文描述的各个实施例的修改和变更,条件是这种修改和变化落入所附权利要求及其等同物的范围内。

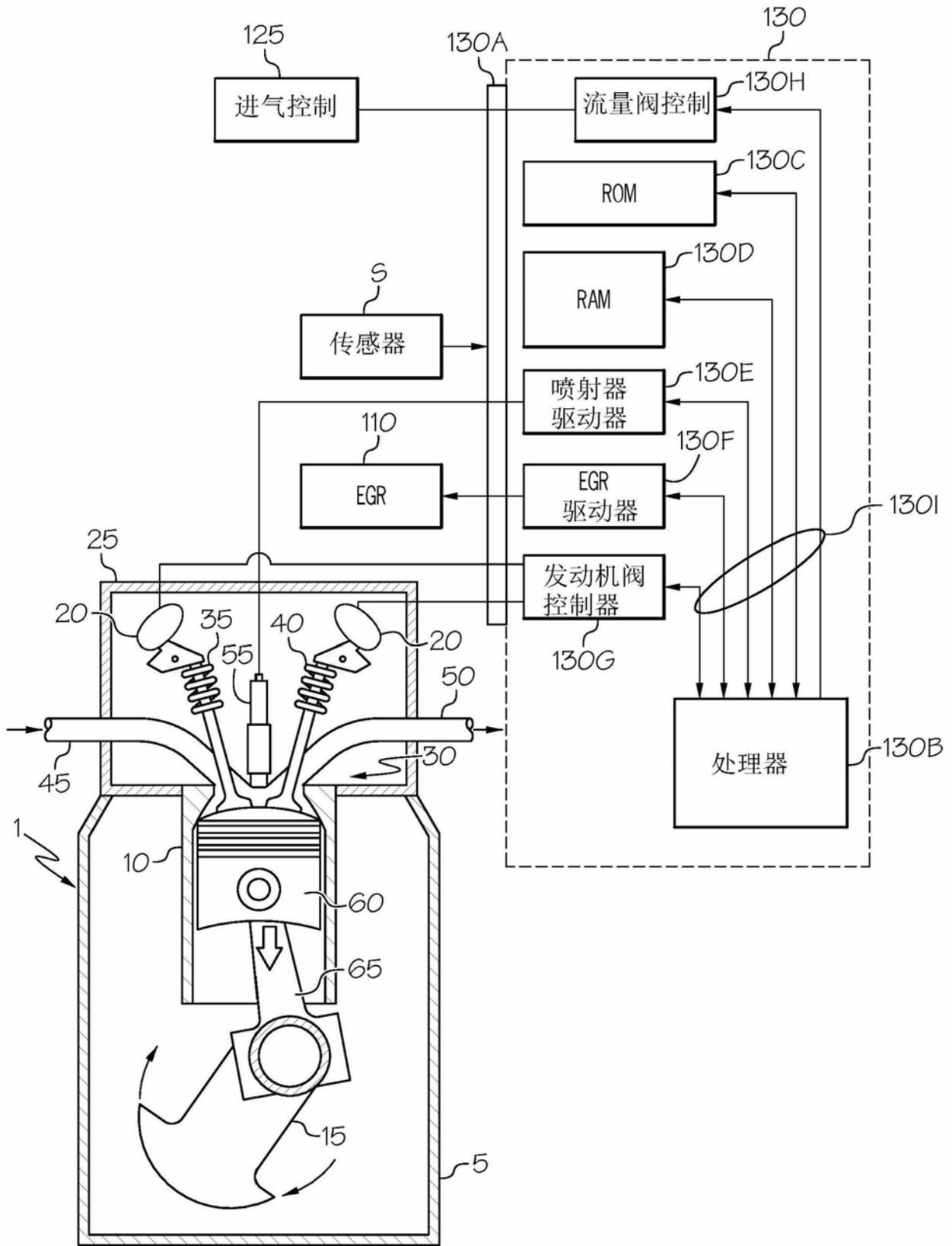


图1

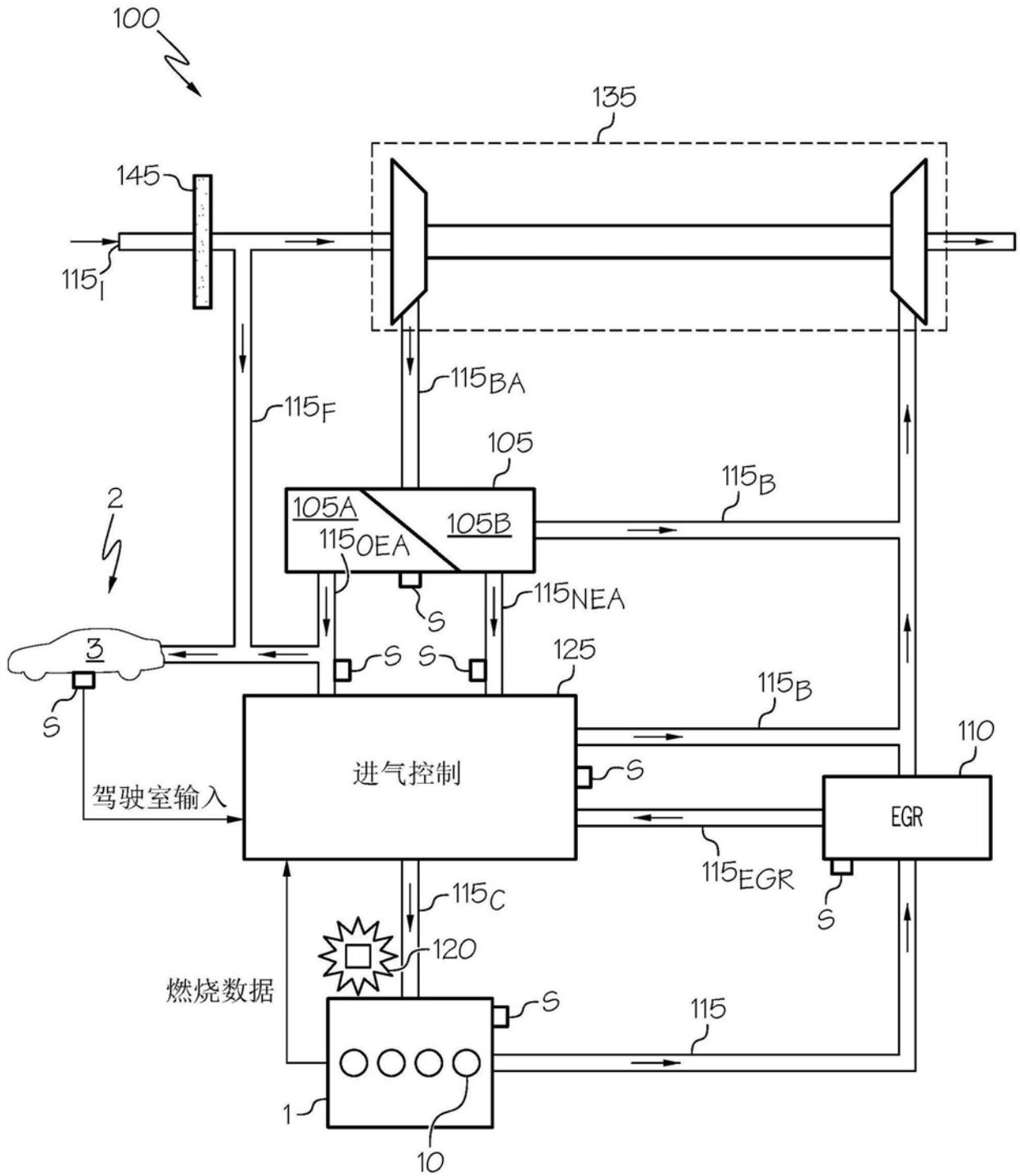


图2

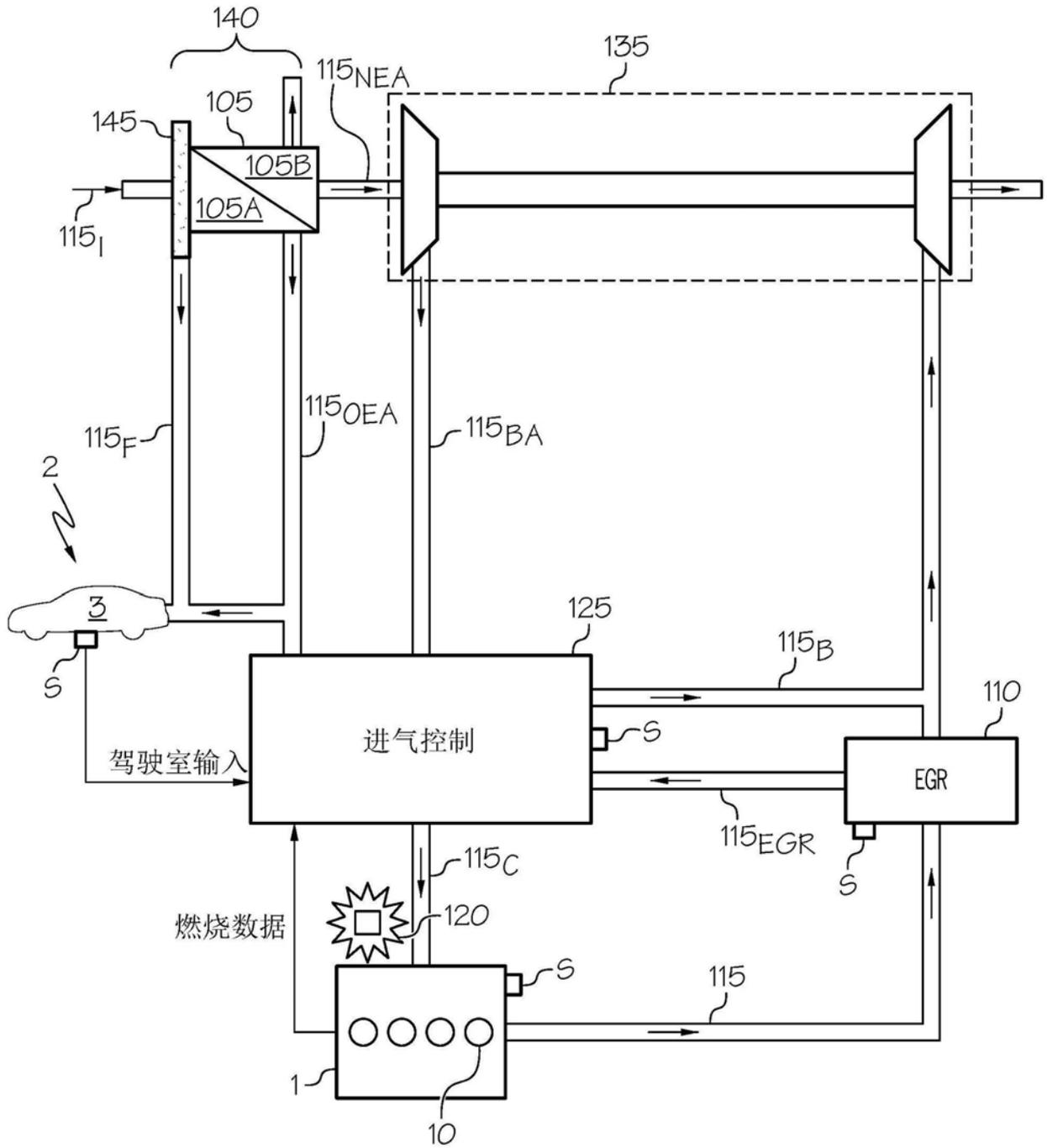


图3

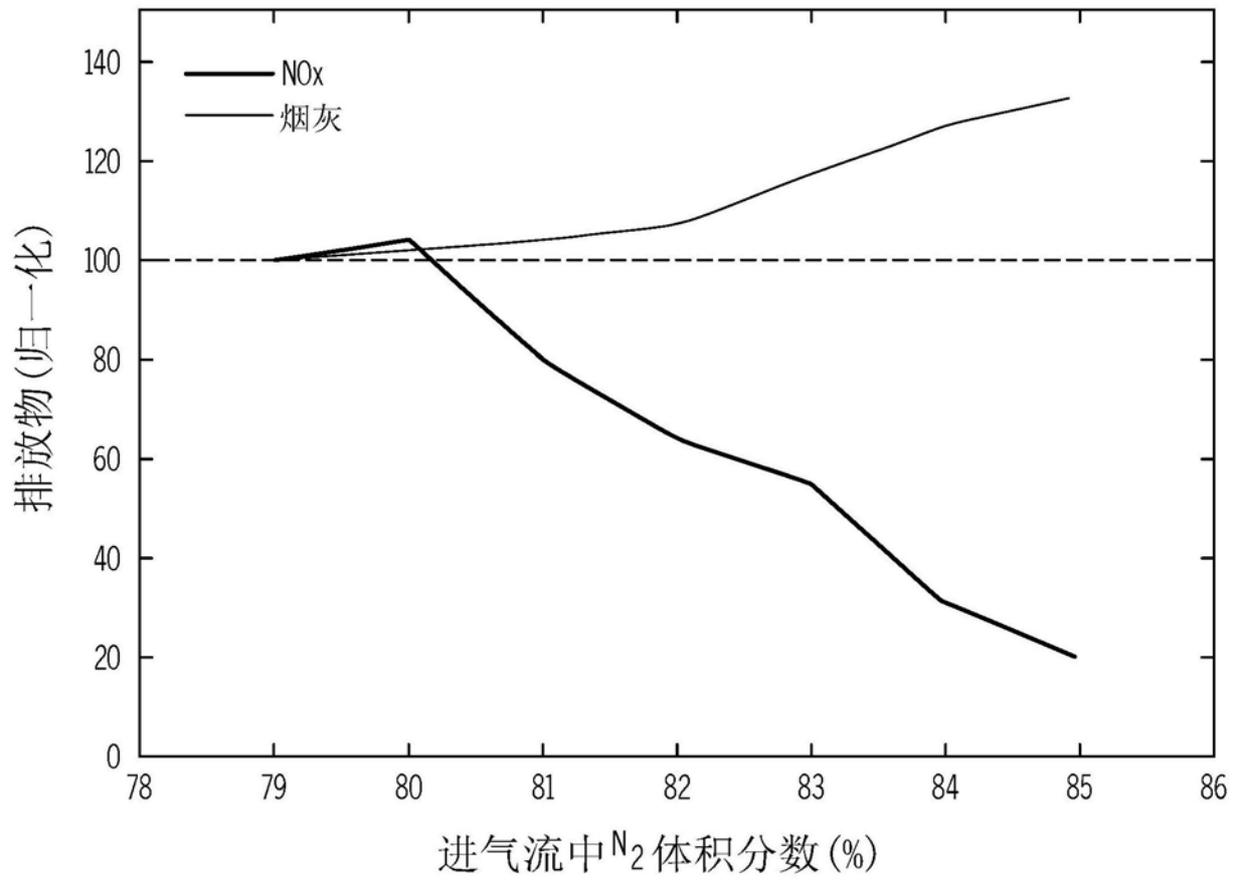


图4

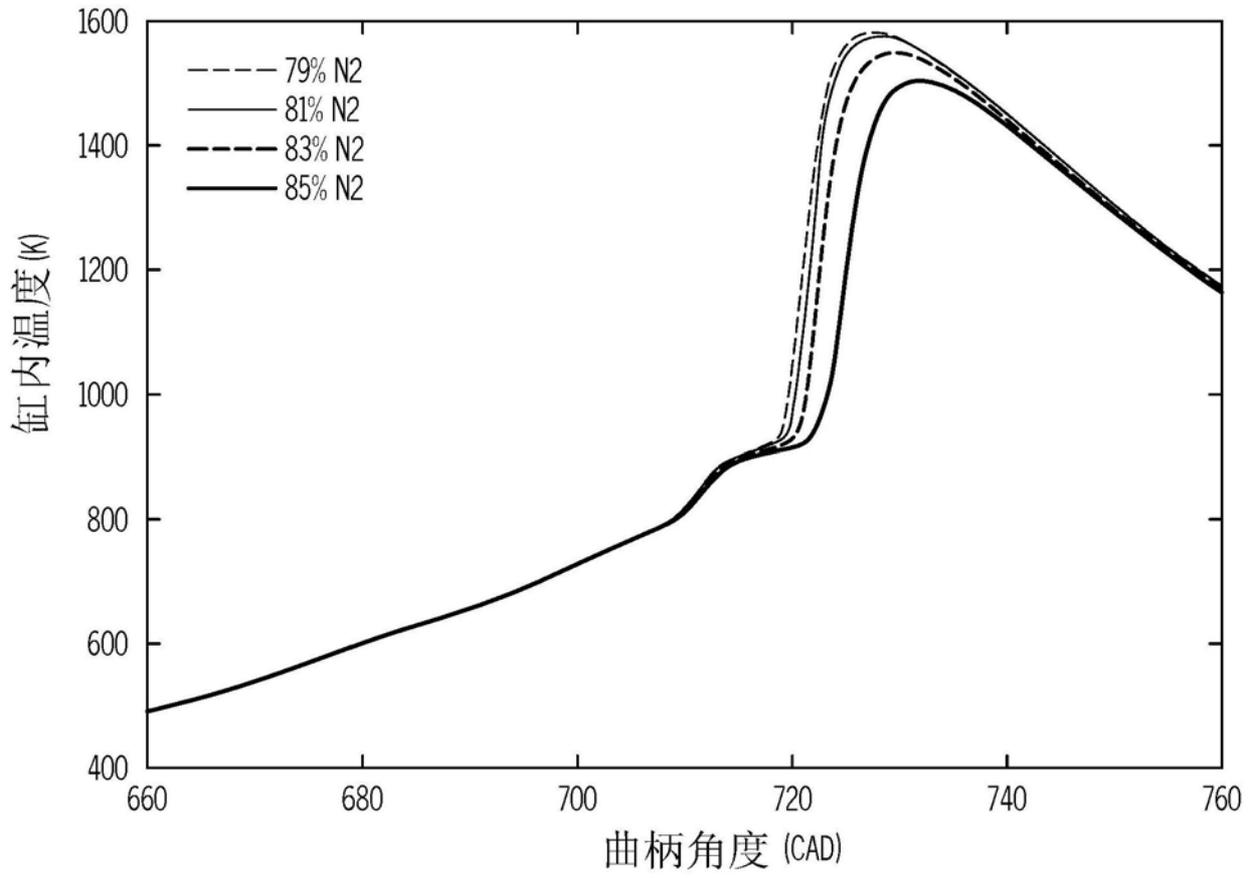


图5