



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101932816 B

(45) 授权公告日 2013.05.29

(21) 申请号 200980103914.8

F02D 21/08(2006.01)

(22) 申请日 2009.01.28

F02P 5/04(2006.01)

(30) 优先权数据

F02B 23/10(2006.01)

12/024,593 2008.02.01 US

F02D 9/02(2006.01)

F02B 17/00(2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2010.08.02

CN 101070791 A, 2007.11.14,

(86) PCT申请的申请数据

US 5979397 A, 1999.11.09,

PCT/US2009/032178 2009.01.28

US 6155227 A, 2000.12.05,

(87) PCT申请的公布数据

EP 0882877 A2, 1998.12.09,

W02009/099816 EN 2009.08.13

EP 0889219 A2, 1999.01.07,

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作公司

审查员 林秀霞

地址 美国密执安州

(72) 发明人 D·J·克利里 J·陈 Q·马

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 彭武

(51) Int. Cl.

F02D 41/04(2006.01)

F02D 41/02(2006.01)

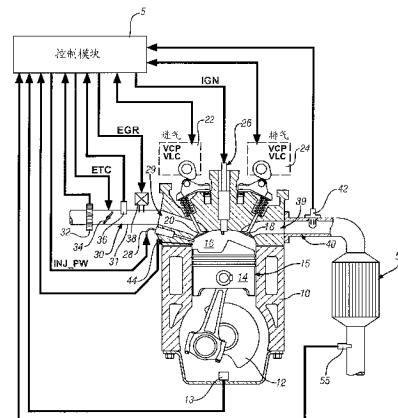
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

控制火花点火式直喷内燃机中的模式转换的方法和装置

(57) 摘要

本发明公开一种用于运行火花点火燃料直喷式内燃机的方法,所述方法包括:使发动机从以分层充量燃烧模式运转转换到以均质充量燃烧模式运转。外部EGR流被中断;并且估计发动机进气系统内的缸内捕获的空气质量 and 缸内EGR质量。基于估计出的进气系统内的缸内捕获空气质量和缸内EGR质量,控制发动机节气门位置,以实现用于空气/燃料比和缸内EGR质量的轨迹。在所述转换期间使用双喷射燃料加注策略和单喷射燃料加注策略。



1. 一种用于运行火花点火燃料直喷式内燃机的方法,包括:
命令发动机从以分层充量燃烧模式运转转换到以均质充量燃烧模式运转;
完全中断外部 EGR 流;
估计缸内捕获的空气质量 and 缸内 EGR 质量;
确定用于空气 / 燃料比和缸内 EGR 质量的轨迹,并且控制节气门位置和发动机燃料加注以实现所述轨迹;
监测空气 / 燃料比;
当空气 / 燃料比低于第一预定阈值时,对于每个燃烧循环启动双喷射燃料加注;以及
当空气 / 燃料比低于第二预定阈值时,对于每个燃烧循环启动单喷射燃料加注,并且执行火花延迟管理,以控制发动机输出扭矩。
2. 如权利要求 1 所述的方法,进一步包括:在发动机以均质充量燃烧模式运转的情况下,对节气门位置和发动机燃料加注进行控制,以实现用于空气 / 燃料比和缸内 EGR 质量的轨迹。
3. 如权利要求 1 所述的方法,包括:在从分层充量燃烧模式向均质充量燃烧模式转换期间,对节气门位置进行控制,以实现用于空气 / 燃料比和缸内 EGR 质量的轨迹并满足发动机输出扭矩。
4. 如权利要求 3 所述的方法,其中,用于空气 / 燃料比的轨迹包括从以分层充量燃烧模式运行期间的稀薄空气 / 燃料比向以均质充量燃烧模式运行期间的化学计量空气 / 燃料比的转换。
5. 如权利要求 3 所述的方法,其中,用于缸内 EGR 质量的轨迹包括从以分层充量燃烧模式运行期间的高稀释向以均质充量燃烧模式运行期间的有限稀释的转换。
6. 如权利要求 1 所述的方法,包括:基于正向反馈进气歧管流动模型估计缸内捕获的空气质量 and 缸内 EGR 质量。
7. 如权利要求 1 所述的方法,其中,启动所述双喷射燃料加注包括在进气冲程期间喷射第一燃料脉冲以及在后续的压缩冲程期间喷射第二燃料脉冲。
8. 如权利要求 7 所述的方法,包括:基于用于空气 / 燃料比的预定轨迹来增加所述第一燃料脉冲的质量以及减少所述第二燃料脉冲的质量。
9. 如权利要求 1 所述的方法,其中,启动所述单喷射燃料加注包括在进气冲程期间启动单燃料脉冲。
10. 如权利要求 1 所述的方法,其中,完全中断外部 EGR 流包括关闭排气再循环阀。
11. 一种将火花点火燃料直喷式内燃机的运转从分层充量燃烧模式转换到均质充量燃烧模式的方法,包括:
估计缸内捕获的空气质量 and 缸内 EGR 质量;
控制节气门位置、EGR 阀位置、和发动机燃料加注以实现用于空气 / 燃料比和缸内 EGR 质量的轨迹,所述轨迹基于估计出的缸内捕获的空气质量 and 缸内 EGR 质量;
监测空气 / 燃料比;
当空气 / 燃料比低于第一预定阈值时,启动双喷射燃料加注;以及
当空气 / 燃料比低于第二预定阈值时,在每个进气冲程期间启动单喷射燃料加注。
12. 如权利要求 11 所述的方法,进一步包括控制节气门位置和 EGR 阀位置以便基于用

于空气 / 燃料比和缸内 EGR 质量的轨迹以及基于均质充量燃烧模式下的发动机运转而获得发动机输出扭矩。

13. 如权利要求 11 所述的方法,包括控制 EGR 阀位置,以完成对外部 EGR 流的中断。

14. 一种用于运行火花点火燃料直喷式内燃机的方法,所述内燃机能够选择性地以多个燃烧模式之一运转,所述方法包括:

命令从分层充量燃烧模式转换到均质充量燃烧模式;

将 EGR 阀控制到用于使发动机在均质充量燃烧模式下运转的优选位置,

估计缸内捕获的空气质量 and 缸内 EGR 质量;

基于均质充量燃烧模式下的发动机运转,以及基于根据估计出的缸内捕获的空气质量 and 缸内 EGR 质量确定的用于空气 / 燃料比和缸内 EGR 质量的预定轨迹,控制节气门位置和发动机燃料加注,以满足发动机输出扭矩;

监测空气 / 燃料比;

当空气 / 燃料比低于第一预定阈值时,启动双喷射燃料加注;以及

当空气 / 燃料比低于第二预定阈值时,在进气冲程期间启动单喷射燃料加注,并且执行火花延迟管理,以控制发动机输出扭矩。

15. 如权利要求 14 所述的方法,进一步包括控制节气门位置,从而实现基于估计出的空气 / 燃料比和缸内 EGR 质量以及均质充量燃烧模式下的发动机运转确定的用于空气 / 燃料比和缸内 EGR 质量的轨迹,并满足发动机输出扭矩。

16. 如权利要求 14 所述的方法,包括控制节气门位置和发动机燃料加注,从而控制进气流,以便在从分层充量燃烧模式向均质充量燃烧模式转换期间实现用于空气 / 燃料比和缸内 EGR 质量的轨迹,并满足发动机输出扭矩。

17. 如权利要求 16 所述的方法,其中用于空气 / 燃料比的轨迹包括从以分层充量燃烧模式运行期间的稀薄空气 / 燃料比向以均质充量燃烧模式运行期间的化学计量空气 / 燃料比的线性转换。

18. 如权利要求 16 所述的方法,其中用于缸内 EGR 质量的轨迹包括从分层充量燃烧模式运行期间的高稀释向均质充量燃烧模式运行期间的有限稀释的转换。

19. 如权利要求 14 所述的方法,包括:基于正向反馈质量空气流模型来估计缸内捕获的空气质量 and 缸内 EGR 质量。

20. 如权利要求 14 所述的方法,包括:控制用于从分层充量燃烧模式向均质充量燃烧模式的转换的经过时间。

控制火花点火式直喷内燃机中的模式转换的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及对火花点火式直喷内燃机的控制。

背景技术

[0002] 此部分的陈述仅提供与本发明相关的背景信息,可能不构成现有技术。

[0003] 内燃机 - 特别是汽车内燃机通常分为两种类型:火花点火式发动机和压缩点火式发动机。已知的火花点火式发动机以下述方式工作:将燃料/空气混合物导入燃烧室,所述混合物在压缩冲程期间被压缩,并且使用火花塞点火。已知的压缩点火式发动机以下述方式工作:在压缩冲程的上止点(TDC)附近将加压燃料导入或喷入燃烧缸,在喷射时点燃。其它已知的压缩点火式发动机包括:与可变气门正时结合使用时在进气冲程期间喷射燃料的、以及在压缩冲程期间喷射燃料的、以及在排气冲程期间喷射燃料的压缩点火式汽油发动机。火花点火式发动机和压缩点火式发动机的燃烧都涉及由流体机理控制的预混合或扩散火焰锋。

发明内容

[0004] 一种用于运行火花点火燃料直喷式内燃机的方法,所述方法包括:命令发动机从工作在分层充量燃烧模式下转换到工作在均质充量燃烧模式下。外部的EGR流基本上被完全中断。估计缸内捕获的空气质量 and 缸内EGR质量。确定用于空气/燃料比和缸内EGR质量的轨迹,并且控制节气门位置和发动机燃料加注,以实现所述轨迹。监测空气/燃料比。当空气/燃料比低于第一预定阈值时,对于每一个燃烧循环启动双喷射燃料加注。并且,当空气/燃料比低于第二预定阈值时,对于每一个燃烧循环启动单喷射燃料加注,并且执行火花延迟管理,以控制发动机的输出扭矩。

附图说明

[0005] 现在将结合附图以示例的方式来说明一个或多个实施例,在所述附图中:

[0006] 图1是根据本发明的发动机和排气后处理系统的示意图;

[0007] 图2和图3是根据本发明的控制方案的流程图;

[0008] 图4-8是根据本发明的数据图表;

[0009] 图9是根据本发明的时间线图表。

具体实施方式

[0010] 现在参见附图,在所述附图中,示出的内容仅仅是为了图示某些示例性实施例的目的,而不是为了限制本发明,图1示意性地示出内燃机10和相关的控制模块5,控制模块5是根据本发明的一个实施例构造的。发动机10包括多缸火花点火式直喷四冲程内燃机,所述内燃机具有能够在气缸15中可滑动地运动的往复式活塞14,气缸15限定可变容积燃烧室16。每个活塞14连接至旋转的曲轴12,通过旋转的曲轴12,直线的往复式活塞运动转

化成旋转运动。在图 1 中示出所述气缸 15 中的一个。发动机 10 选择性地以分层充量燃烧模式和均质充量燃烧模式运行。所述分层充量燃烧模式包括以比化学计量值稀薄的空气 / 燃料比运行,例如空气燃料比的范围在 25 : 1 至 40 : 1 的范围内,且发动机燃料加注包括单喷射燃料加注,所述单喷射燃料加注包括在压缩冲程后期出现的单燃料脉冲,以及由内循环和外循环排气实现的高水平稀释。在各气缸 15 中捕获的内和外循环排气的质量在本文中称为缸内 EGR 质量。替代地,发动机能够在分层充量燃烧模式下运行,同时发动机燃料加注包括双燃料喷射策略,其中第一次喷射事件在压缩冲程期间发生,而第二次喷射事件在压缩冲程之外发生。高度稀释的 EGR 质量能够是大于气缸充量 40% 的缸内 EGR 质量。在发动机以分层充量燃烧模式运行期间,发动机节气门 34 可以打开较多,并且在发动机以均质充量燃烧模式运行期间,发动机节气门 34 可以关闭较多。所述均质充量燃烧模式包括以等于或接近化学计量比的空气 / 燃料比运行,优选地所具有的单喷射燃料加注包括在进气冲程期间发生的单燃料脉冲,以及低稀释的缸内 EGR 质量,例如低于气缸充量的 5%。可以控制发动机节气门 34 以产生基于发动机负载(包括操作者扭矩请求)的发动机输出扭矩。发动机 10 可以在轻度至中度发动机负载下以分层充量燃烧模式运行。发动机 10 在较重的发动机负载下以均质充量燃烧模式运行。能够进一步控制发动机 10 以便以浓空气 / 燃料比在均质充量燃烧模式下运行,从而再生排气后处理系统 50 的元器件。

[0011] 发动机 10 包括进气系统 30,进气系统 30 将进气引导并分配至各燃烧室 16。进气系统 30 由节气门 34 和发动机进气门 20 之间的空气流动通道组成,并且优选地包括管道系统、进气歧管 31 和进气通道 29。进气系统 30 包括用于监测和控制流经其中的进气流量的设备。所述用于控制进气流量的设备在此实施例中优选地包括节气门 34。用于监测进气流量的设备优选地包括适于监测进气歧管 31 中的歧管绝对压力和大气压力的压力传感器 36。质量空气质量流量传感器 32 优选地定位在节气门 34 的上游,以监测进气流的质量和进气温度。节气门 34 优选地包括电控设备,所述电控设备适于响应于来自控制模块 5 的控制信号(‘ETC’)而控制流向发动机 10 的进气流量。在排气再循环(下文称为‘EGR’)控制阀 38 的控制下,外部流动通道(未示出)将来自排气歧管 40 的排气再循环至进气系统 30。控制模块 5 通过控制 EGR 控制阀 38 的开度而控制流向进气系统 30 的排气的质量流量。

[0012] 包括进气门 20 和排气门 18 的发动机气门控制流入和流出各燃烧室 16 的气流量。从进气通道 29 流入燃烧室 16 的进气流由进气门 20 控制。从燃烧室 16 通过排气通道 39 流出到排气歧管 40 排气流由排气门 18 控制。进气门 20 和排气门 18 的打开和关闭优选地由双凸轮轴(如图所示)控制,所述双凸轮轴的旋转与曲轴 12 的旋转相关联且相对应。进气门 20 和排气门 18 可以由设备 22 和 24 控制。设备 22 优选地包括可控制的机构——该机构可以运行以响应于来自控制模块 5 的控制信号(‘INTAKE’)而可变地控制各气缸 15 的进气门 20 的气门升程(‘VLC’)且可变地控制凸轮相位(‘VCP’)。设备 24 优选地包括可控制的机构——该机构可以运行以响应于来自控制模块 5 的控制信号(‘EXHAUST’)而可变地控制各气缸 15 的排气门 18 的气门升程(‘VLC’)且可变地控制凸轮相位(‘VCP’)。设备 22 和 24 各自优选地包括可控制的两步式气门提升机构——所述机构可以运行以在一个或两个离散的步骤中控制气门升程或开度的幅度,例如,低升程气门打开位置(通常大约 4-6mm)用于低速、低发动机负载运行,以及高升程气门打开位置(通常大约 8-10mm)用于高速、高发动机负载运行。设备 22 和 24 进一步包括可变凸轮相位机构,用来分别控制进气门

20 和排气门 18 的相位,即控制所述气门的打开和关闭的相对正时(以曲轴转角测量)。所述可变凸轮相位机构相对于曲轴和活塞位置切换气门打开时间。所述 VCP 系统优选地具有 40 度至 90 度的曲轴旋转相位权限范围,从而允许控制模块 5 相对于活塞 14 的位置来提前或延迟进气门 20 和排气门 18 中的每个的打开和关闭。所述相位权限范围由设备 22 和 24 限定和限制。设备 22 和 24 使用由控制模块 5 控制的电液、液压和电子控制力这三者之一来致动。

[0013] 燃料喷射系统包括多个高压燃料喷射器 28,所述高压燃料喷射器 28 将燃料直接喷射到燃烧室 16 中。燃料脉冲是响应于来自控制模块 5 的控制信号(‘INJ_PW’)而喷射到燃烧室 16 中的一部分质量的燃料。来自控制模块 5 的控制信号优选地包括用于相对于曲轴转角(所述曲轴转角限定活塞 14 在气缸 15 中的位置)启动各燃料脉冲的正时,以及将预定燃料质量从喷射器 28 喷射到气缸 15 中的脉冲宽度的时间长度。所述燃料喷射器 28 被供以来自燃料分配系统(未示出)的加压燃料。对于每个燃烧循环能够对每个气缸 15 在单喷射燃料加注期间喷射燃料。所述发动机燃料加注能够包括对于各燃烧循环对各气缸 15 进行的多燃料加注事件。所述多燃料加注事件能够包括双喷射燃料加注策略,该策略包括在燃烧循环的进气冲程期间启动的第一燃料脉冲,以及在后续的压缩冲程期间启动的第二燃料脉冲。

[0014] 所述燃料喷射器 28 包括高压螺线管控制的燃料喷射器。运行参数包括螺线管控制的燃料喷射器 28 能够被控制的最小运行脉冲宽度,从而对于一定燃料压力水平确立所传送的最小燃料质量。替代地,燃料喷射器 28 可包括使用替代致动技术(例如压电致动)的高压燃料喷射器。能够控制所述替代燃料喷射器 28,以对于燃料压力水平传送最小燃料质量。

[0015] 火花点火系统响应于来自控制模块 5 的控制信号(‘IGN’)将电能提供给火花塞 26,用于对各燃烧室 16 中的气缸充量进行点火。控制所述控制信号 IGN,以便基于在各发动机循环期间限定活塞 14 在气缸 15 中的位置的曲轴转角来获得优选的火花点火正时。

[0016] 各种传感设备监测发动机的运行,包括适于监测曲轴 12 的旋转速度的旋转速度传感器 13,以及适于监测排气给送流中的空气/燃料比的宽范围空气/燃料比传感器 42。发动机 10 可包括适于在发动机 10 运行期间实时监测缸内燃烧的燃烧传感器 44。燃烧传感器 44 包括能够监测燃烧参数状态的传感器设备,并且被描述为能够监测缸内燃烧压力的缸内压力传感器。替代地,能够使用其它传感器系统来实时监测缸内燃烧参数(所述缸内燃烧参数能够转化成燃烧相位),例如能够使用离子感测点火系统以及非侵入式压力传感器。

[0017] 排气后处理系统 50 流体连接至排气歧管 40,优选地包括一个或多个催化剂和/或捕获设备来氧化、还原和燃烧排气给送流中的成分,例如包括稀燃 NO_x 还原催化剂、三元催化剂、氧化催化剂、和颗粒过滤器设备。传感器 55 监测排气后处理系统 50 下游的排气给送流,传感器 55 的输出由控制模块监测,用于控制和诊断的目的。

[0018] 在以分层充量燃烧模式运行期间,发动机 10 优选地以非节流的方式(即节气门 34 处在基本全开的位置)工作,汽油或类似燃料在一定范围的发动机速度和负载下混合。发动机 10 以均质充量燃烧模式运行,其中在不导致分层充量燃烧模式运行的条件下节气门 34 被控制为用于化学计量空燃比运行,以满足发动机负载。多种可用等级的汽油和其

轻质乙醇混合物是优选的燃料,然而,诸如更高含量的乙醇混合物(例如 E80、E85)、纯乙醇(E99)、纯甲醇(M100)、天然气、氢、沼气、各种重整物、合成气和其它燃料的替代液体和气体燃料可以用于本发明的应用中。

[0019] 控制模块 5 优选地包括通用数字计算机,该通用数字计算机通常包括微处理器或中央处理单元、包括非易失性存储器(包括只读存储器(ROM)和电可编程只读存储器(EPROM))的存储介质、随机存储器(RAM)、高速时钟、模数(A/D)和数模(D/A)转换电路、输入/输出电路和设备(I/O)、以及适当的信号调节和缓冲电路。控制模块 5 具有一套控制算法,所述控制算法包括常驻程序指令和校准值,所述驻留程序指令和校准值存储在非易失性存储器中,并且在被执行时提供各计算机的相应功能。所述算法在预设的程序循环期间被执行,使得每个程序循环执行各算法至少一次。算法由中央处理单元执行,并且能够监测来自前述传感设备的输入,并使用预设的校准值来执行控制和诊断程序以控制致动器的运行。在发动机运行或车辆运行期间,程序循环以规则的间隔执行,例如每 3.125、6.25、12.5、25 和 100 毫秒执行一次。替代地,算法可以响应于事件的发生而执行。

[0020] 在运行中,控制模块 5 监测来自前述传感器的输入,以确定发动机参数的状态。控制模块 5 执行存储在其中的算法代码,以控制前述致动器来形成气缸充量,包括控制装备在发动机上的节气门的位置、火花点火正时、燃料喷射质量和正时、EGR 阀位置(其控制再循环排气的流量)、以及进气和/或排气门的正时和相位。控制模块 5 能够在车辆运行期间打开和关闭发动机,并且通过控制燃料和火花以及气缸停用,控制模块 5 能够选择性地使部分燃烧室停用,

[0021] 图 2 示出用于运行发动机 10 的第一控制方案的流程图。第一控制方案在从分层充量燃烧模式向均质充量燃烧模式转换期间对带有喷射器 28 的发动机 10 的运行进行控制。当发动机以分层充量燃烧模式运行时,控制模块 5 监测发动机运行和发动机负载(包括操作者扭矩请求)。当命令进行转换,以使得发动机 10 以均质充量燃烧模式运行时(205),控制模块 5 立即命令 EGR 阀 38 进入低流量或关闭位置。进入的 EGR 质量大大减少或消除,从而减少用于后续气缸充量(210)的缸内 EGR 质量(210)。这还可包括分别借助于设备 22 和 24 来减少或消除排气门 18 的关闭和进气门 20 的打开之间的重叠而减少内循环的排气。节气门 34 转换至新位置,以便基于正向给送质量空气流量模式获得发动机 10 以均质充量模式运行的发动机输出扭矩。

[0022] 控制模块 5 估计用于同时将缸内 EGR 质量从分层充量燃烧模式的高稀释缸内 EGR 质量向均质充量燃烧模式的低稀释缸内 EGR 质量转化、以及将空气/燃料比从稀薄运行向化学计量比运行转化的轨迹。这在图 4 中示出。执行开环模型来预测各缸 16 内的缸内捕获空气质量和缸内 EGR 质量(220),并且通过预测出的缸内捕获空气质量和所喷射的燃料量来计算空气/燃料比。使用传感器 42 监测空气/燃料比(225)。当空气/燃料比低于第一阈值 AF1 时(225),启动双喷射燃料加注(230)。第一阈值 AF1 优选地处在 25:1 的空气燃料比范围内,并且是可校准的。双喷射燃料加注包括进气冲程期间的第一燃料脉冲和后续的压缩冲程期间的第二燃料脉冲,第二燃料脉冲优选地恰好在启动火花点火之前。在第一和第二燃料脉冲期间喷射的燃料质量的比率以第一比值开始,随着空气/燃料比开始变得更浓,在第一燃料脉冲期间传送的燃料的量增加,在第二燃料脉冲期间传送的燃料的量减少(230)。当空气/燃料比低于第二阈值 AF2 时(235),燃料喷射控制转换至单喷射燃

料加注 (240)。第二阈值取决于燃料喷射器 28 的能力——包括最小工作脉冲宽度和对应的最小燃料质量,并且优选地使用空气 / 燃料比传感器 42 监测到的空气 / 燃料比来测量第二阈值。当在第一和第二燃料脉冲期间喷射的燃料质量的比率减小到第二燃料脉冲处在最小运行脉冲宽度的点时,所述控制方案将发动机运行方式转换成单喷射燃料加注。所述单喷射燃料加注优选地在进气冲程期间执行,并且通过控制火花点火时序来进行发动机输出扭矩管理,以完成向均质充量燃烧模式的转换 (245)。图 9 示出根据第一实施例的、在从分层充量燃烧模式向均质充量燃烧模式转换期间发动机 10 内的缸内 EGR 质量的时间线图表。所述转换示出为在进入跟踪大约 1 秒时开始,并且燃料喷射包括在压缩冲程期间进行的单喷射燃料加注。随着进入的空气与已经存在于进气系统 30 内的再循环排气相混合,发动机 5 内的缸内 EGR 质量随着时间经过而减少。接着,在所述转换开始之后的大约 3.5 秒之后,基于监测到的空气 / 燃料比,启动双喷射燃料加注。接着,在经过大约 7 秒之后,启动单喷射燃料加注,且单燃料脉冲在进气冲程期间启动。尽管没有示出,但是用于从分层充量燃烧模式向均质充量燃烧模式转换的所经过时间能够是大约 1 至 2 秒,这取决于发动机进气系统的物理限制和特性、发动机运转条件和其它因素。在具体的例子中,用于模式转换的经过时间是能够改变的。一个示例包括:如果需要再生排气后处理系统 50 的元器件,使所述发动机在怠速下运行,例如,以高燃料浓度的空气 / 燃料比在均质充量模式下运行,以再生稀燃 NO_x 还原催化剂。此种工作方案能够导致发动机噪音和振动,并且通过更慢的转换经过时间来解决。

[0023] 控制模块 5 估计用于同时将缸内 EGR 质量从分层充量燃烧模式的高稀释缸内 EGR 质量向均质充量燃烧模式的低稀释缸内 EGR 质量转化的轨迹。

[0024] 能够使用进气歧管 30 的气流的动态可执行模型来计算缸内 EGR 质量。如图 8 中所示,能够基于缸内 EGR 质量来确定所命令的空气 / 燃料比——这是使用通过发动机 10 的经验数据得出的模型、并且根据发动机速度和负载数据实现的。示例性的校准值在图 8 中示出,变量 y 代表空气 / 燃料比并且基于 x 值 (其包括缸内 EGR 质量) 以下面的等式算出:

$$[0025] \quad y = 0.0031x^2 + 0.2428x + 21.088 \quad (1)$$

[0026] 能够基于发动机输出扭矩来确定发动机燃料加注,以满足发动机负载 (包括操作者扭矩请求和其它发动机负载),并且能够基于通过风速计 32 测得的空气流量、来自曲轴传感器 12 的发动机速度以及来自压力传感器 36 的歧管空气压力并使用质量空气流量的开环计算来确定最终的质量空气流量。所述最终空气质量流量由控制模块 5 使用,以驱动节气门 34 的位置。如图 8 中所示,在转换期间,发动机燃料加注和节气门 34 的位置的组合被用于管理发动机负载和空气 / 燃料比。图 8 示出在转换期间 EGR 水平降低时的空气 / 燃料比。节气门 34 的位置使用正向反馈的质量空气流模型来控制,并且理想的缸内 EGR 质量和空气 / 燃料比轨迹是基于模型的并通过发动机测试来校准。控制节气门 34 的位置以便基于在转换期间预测出的缸内捕获空气质量以及的缸内 EGR 质量来获得空气 / 燃料比和缸内 EGR 质量的轨迹。

[0027] 图 5 示出用于运行示例发动机的结果,表明能够将发动机排出的 NO_x 排放物 (单位 g/kg) 控制为低于 6g/kg 的限值,且缸内 EGR 质量处在低于气缸充量的 5% (这可能在均质充量运行期间出现) 至气缸充量的 50% (这可能在分层充量燃烧模式期间出现) 的范围内。如图所示,在模式转换期间对缸内 EGR 质量的使用和考虑降低了发动机排出的 NO_x 排

放水平。后处理系统 50 的性能可随着在模式转换期间出现的发动机排出的 NO_x 排放水平升高以及空气 / 燃料比降低而变差。

[0028] 图 6 示出煤烟排放和一氧化碳 (CO) 排放,煤烟排放以过滤器烟数量 (‘FSN’) 为单位,而 CO 排放以 g/kg 为单位,它们都被绘制为根据本发明构建的示例发动机的空气燃料比的函数,包括在压缩冲程期间使用单喷射燃料加注方式运行,所述图线表明:当使用分层充量燃烧模式的单喷射燃料加注策略时,由于发动机 10 以浓度较高的空气 / 燃料比工作(作为局部高浓度的空气 / 燃料混合物的结果),所以煤烟和 CO 排放水平迅速升高。

[0029] 图 7 示出使用双喷射燃料加注策略运行示例发动机的结果,所述双喷射燃料加注策略包括混合模式燃料加注策略,以便管理在从分层充量燃烧模式向均质充量燃烧模式转换期间出现的局部高浓度的混合物——此时空气 / 燃料比相对于分层充量燃烧模式的名义校准水平而言浓度更高。所述混合模式燃料加注策略是指双喷射燃料加注:在进气冲程期间喷射的第一燃料脉冲用于均质燃料加注,以及在压缩冲程期间喷射的第二燃料脉冲用于分层燃料加注。当示例发动机在第一和第二燃料脉冲中以不同燃料水平工作时,当在第二燃料脉冲中喷射较大质量的燃料时,便会出现较高的 CO 和煤烟排放水平,类似于图 6 中示出的单喷射分层充量燃烧模式的情况。由于所述燃料的一部分被较早地(特别是在进气冲程期间)喷射,所以所述 CO 和煤烟排放水平降低。因此,煤烟排放和 CO 排放根据第一燃料脉冲中的相对燃料质量而变化,当增加第一燃料脉冲中的相对燃料质量时,所述变化包括 CO 排放和烟尘的减少。

[0030] 图 3 示出用于运行发动机 10 的第二控制方案的流程图。所述第二控制方案在从分层充量燃烧模式向均质充量燃烧模式转换期间控制包括喷射器 28 的发动机 10 的运行,该方案包括替代的致动技术,例如包括压电致动技术。所述燃料喷射器 28 是可控制的,以便在每个燃料脉冲期间传送最小燃料质量,并且在所述进气冲程期间从双喷射燃料加注(230) 向单喷射燃料加注的转换的完成(245) 无需如结合图 2 所述的那样来基于预定的空气燃料比而强制进行所述转换。

[0031] 上述公开内容已经描述了一些优选实施例及其改型。在阅读并理解了说明书的基础上,其他人能够得到对所述实施例的进一步的改型和变型。因此,本发明并不限于作为实施本发明的最佳模式而公开的具体实施例,而是将包括落入所附权利要求书的范围内的所有实施方式。

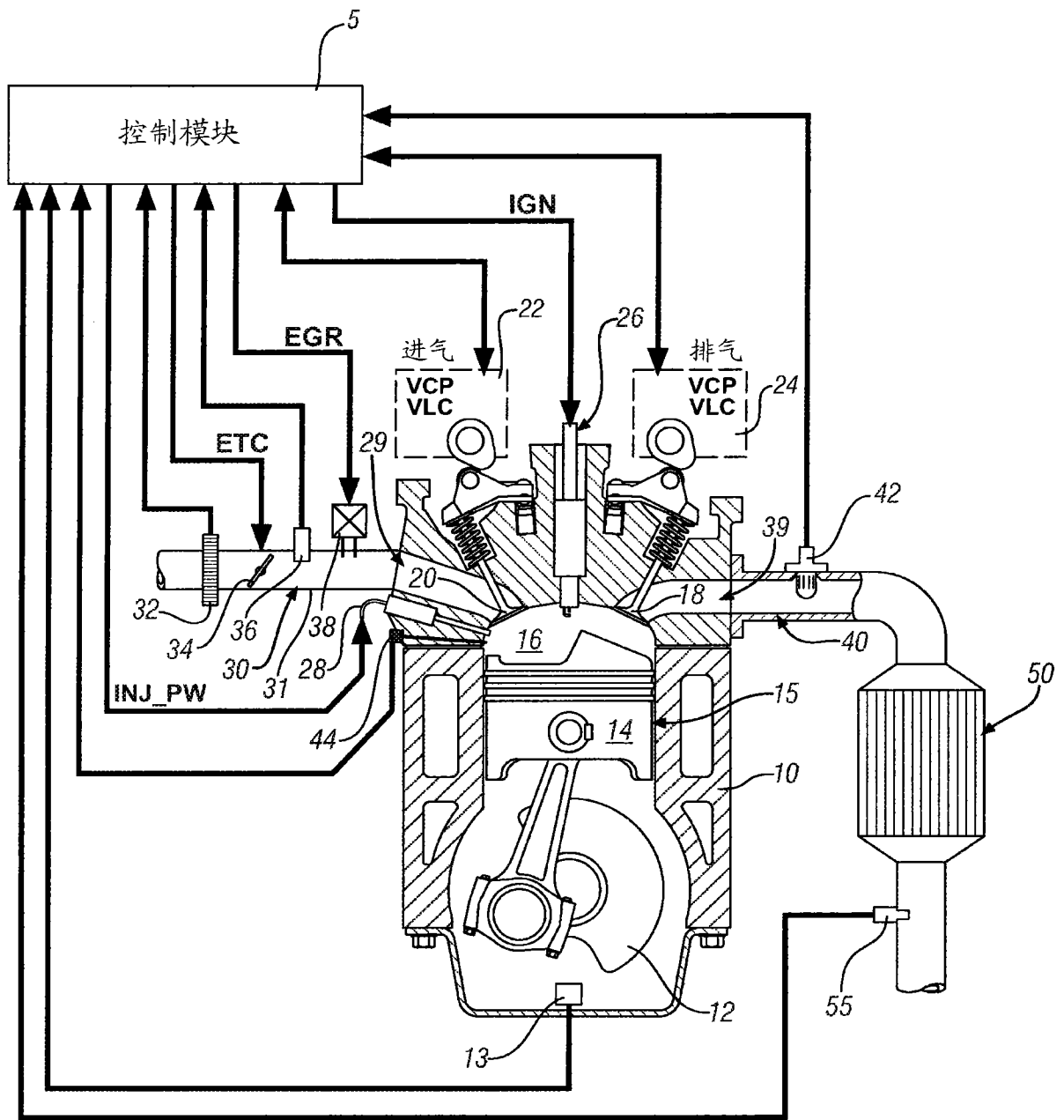


图 1

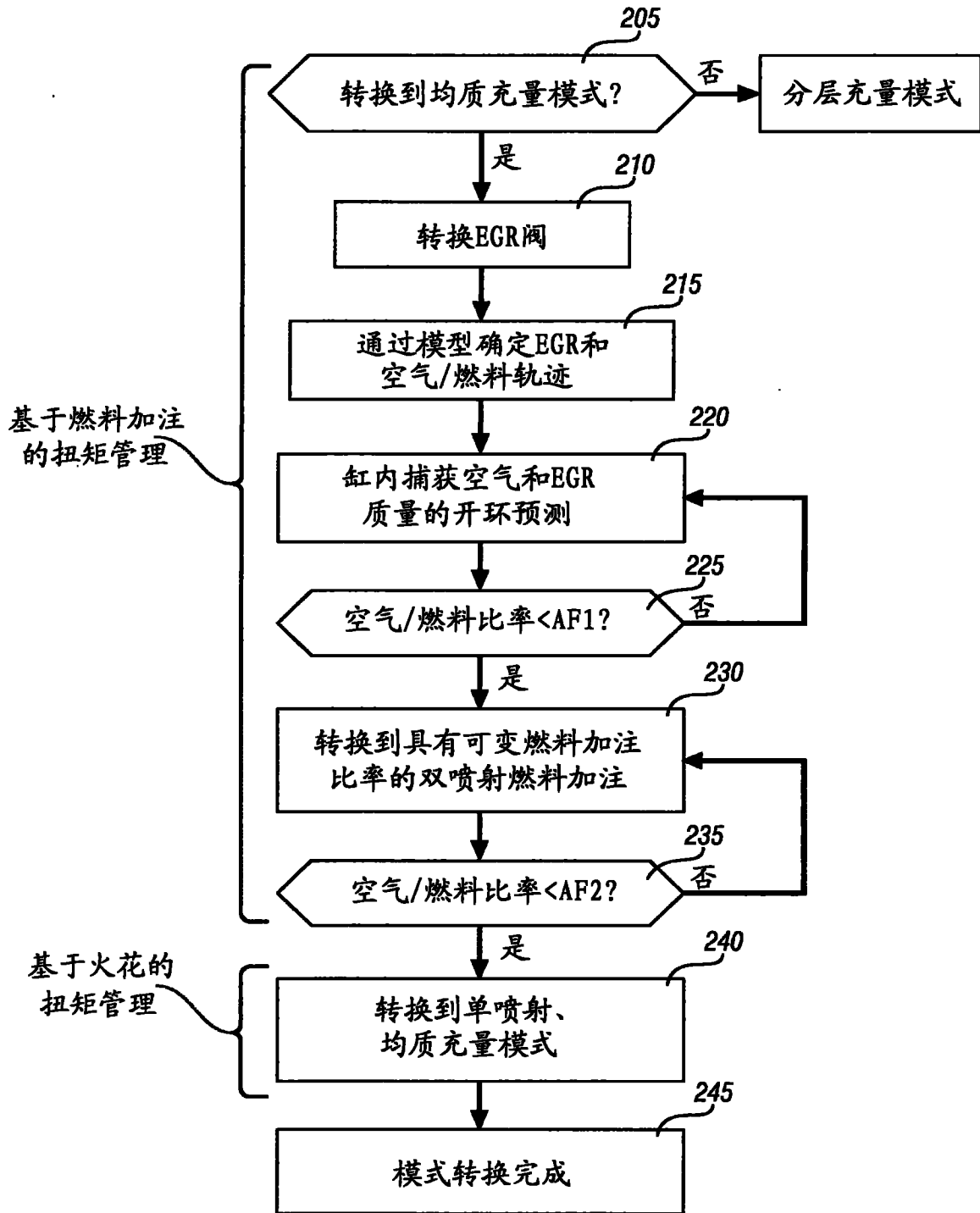


图 2

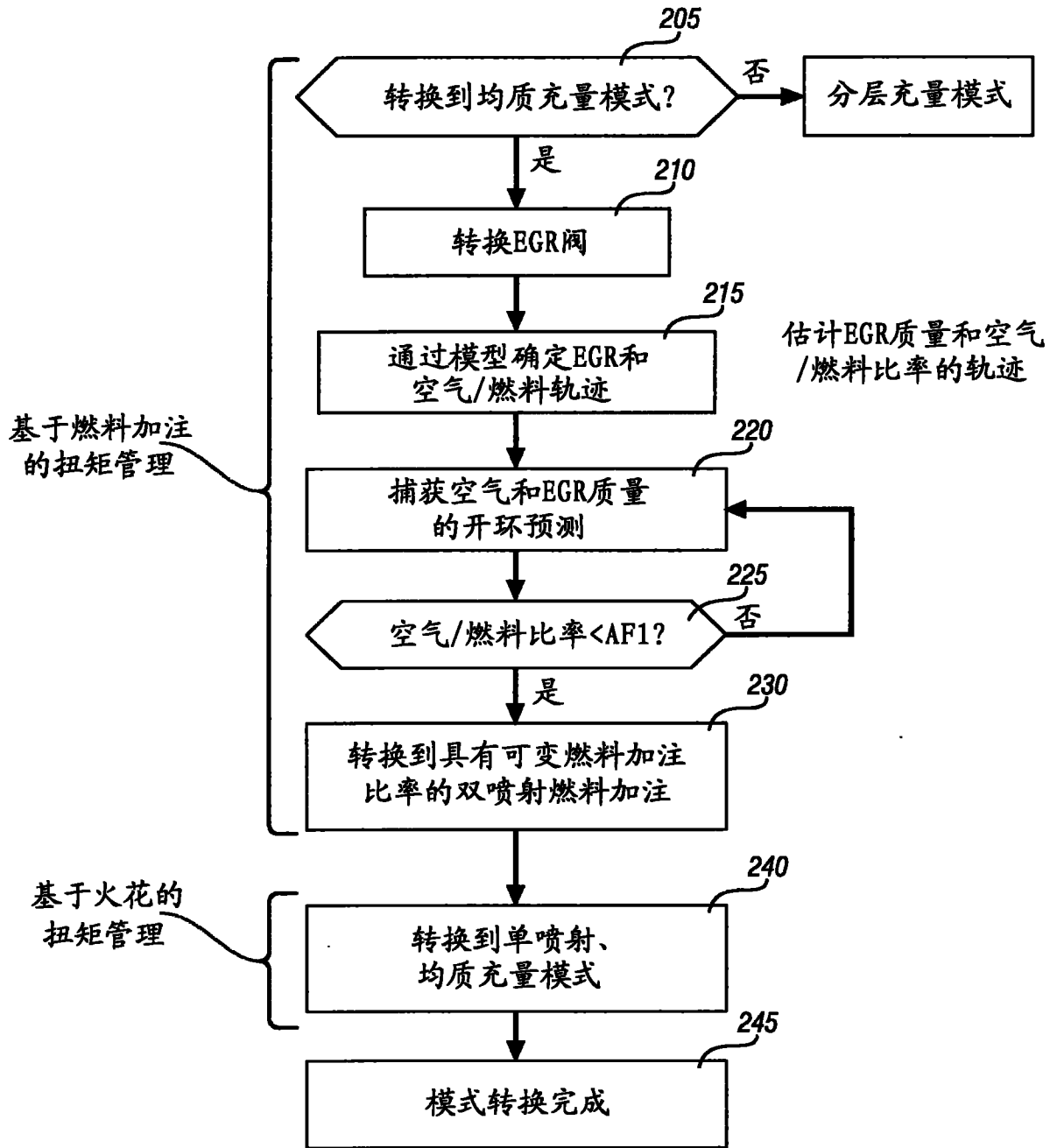


图 3

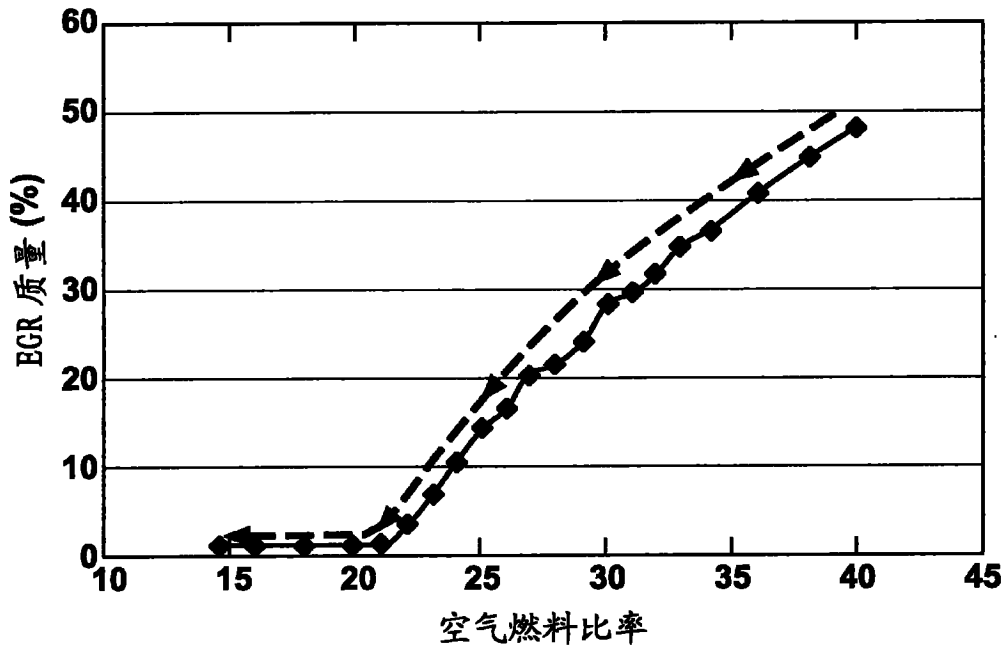


图 4

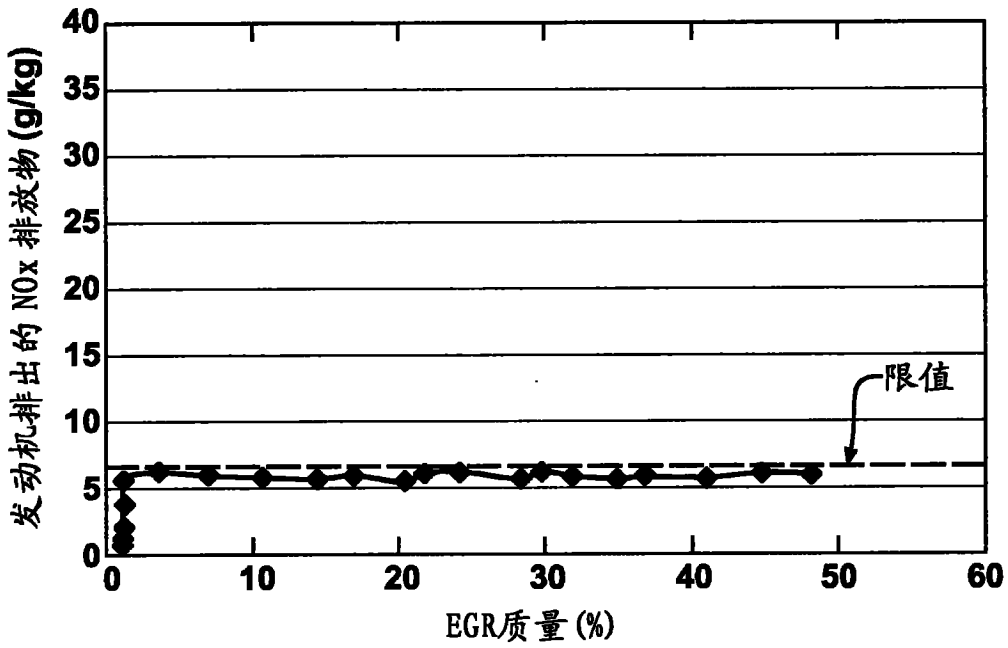


图 5

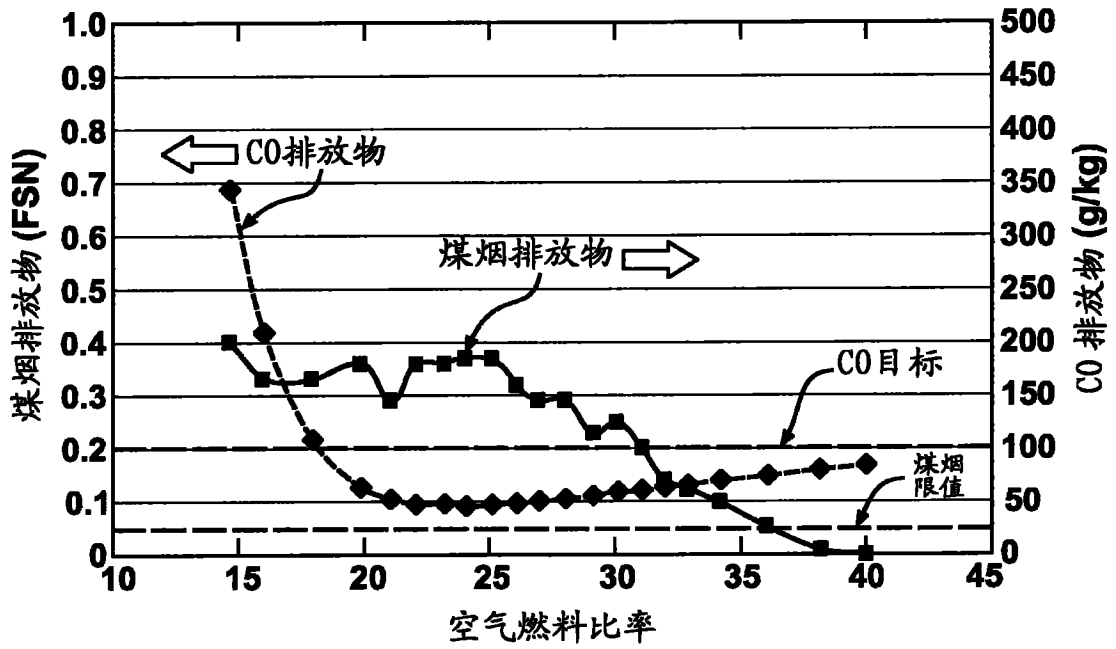


图 6

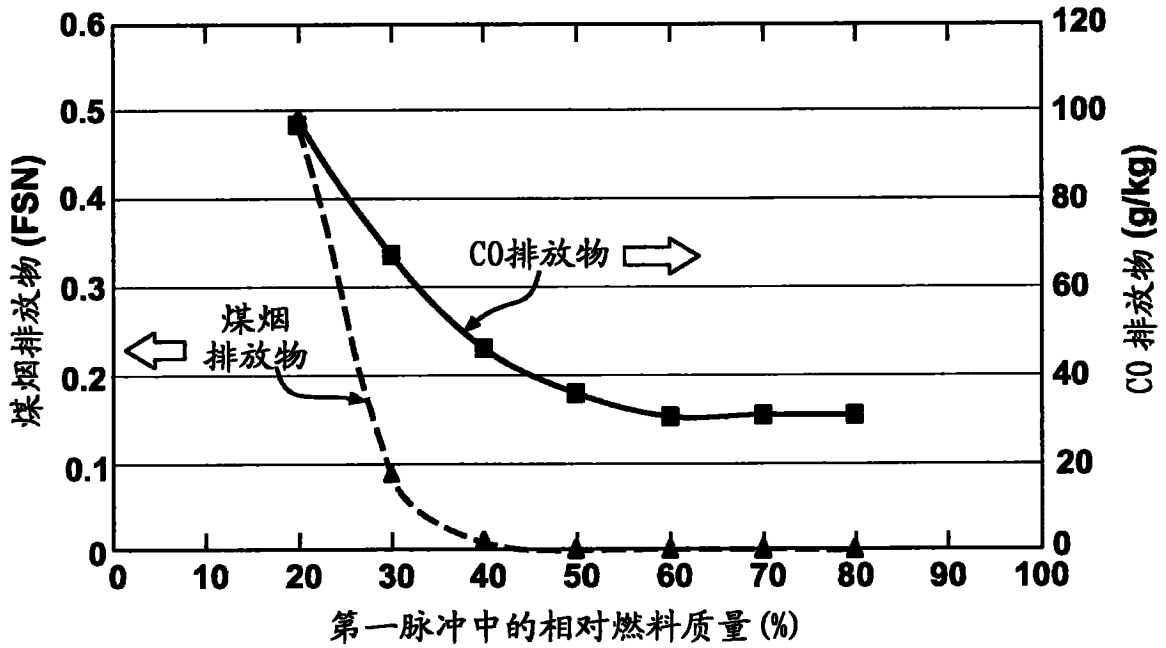


图 7

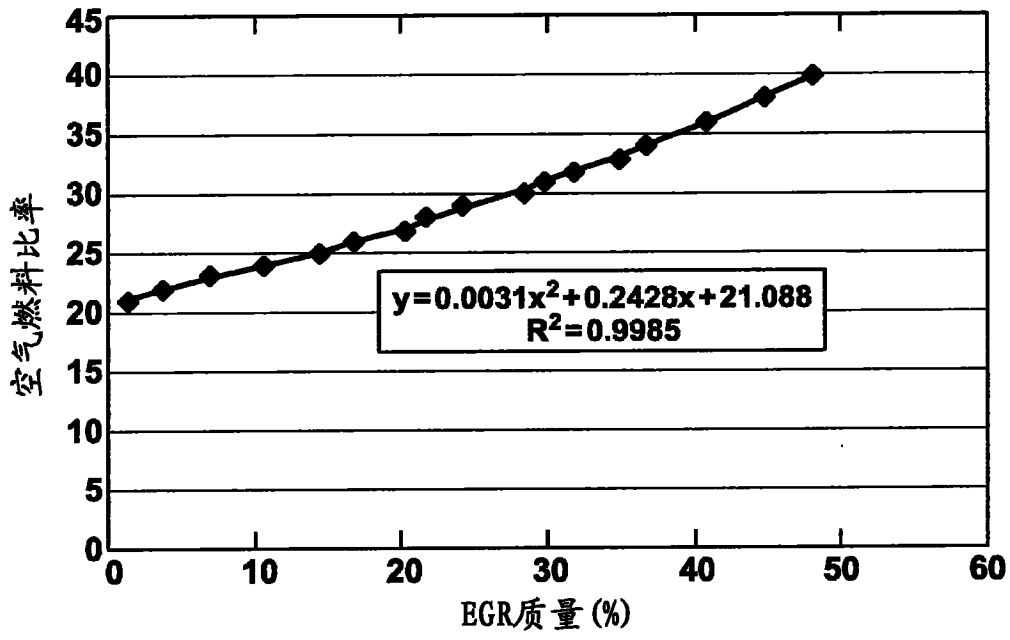


图 8

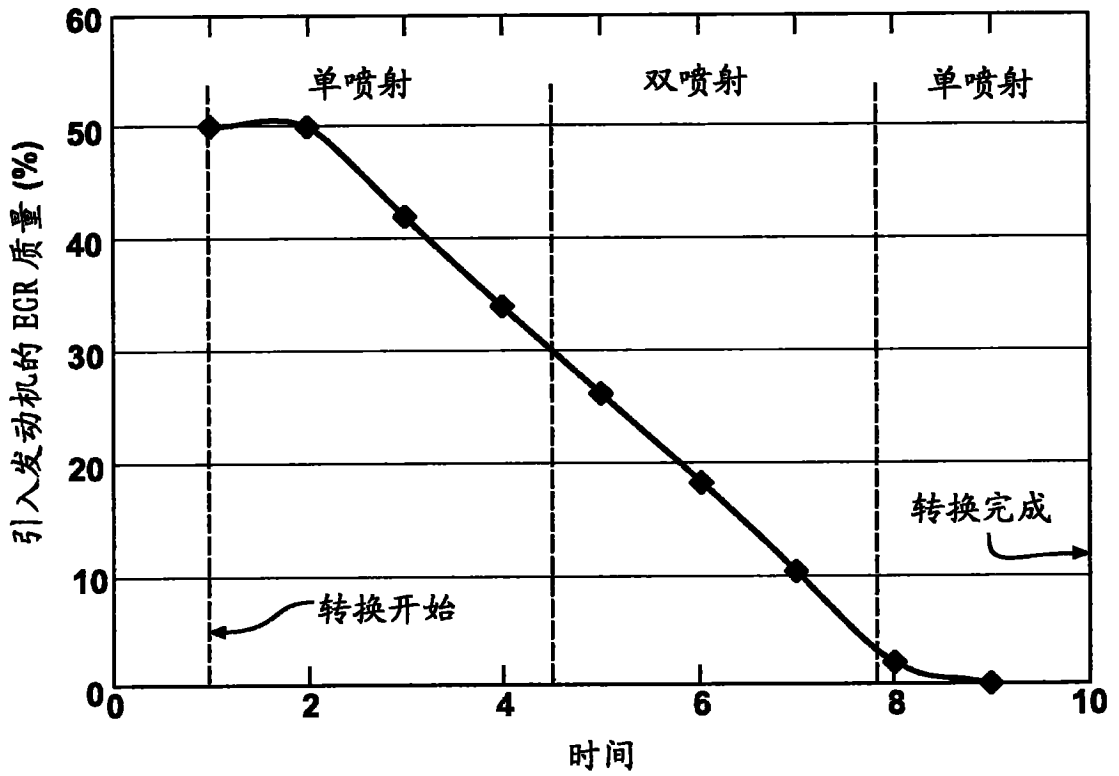


图 9