

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101313134 B

(45) 授权公告日 2012.03.28

(21) 申请号 200680043888.0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2006.11.20

F02B 3/00(2006.01)

(30) 优先权数据

(56) 对比文件

60/739,652 2005.11.23 US

US 6612294 A1, 2003.09.02, 说明书第附图

11/560,498 2006.11.16 US

3-4, 15-17.

(85) PCT申请进入国家阶段日

审查员 霍登武

2008.05.23

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/061078 2006.11.20

(87) PCT申请的公布数据

W02007/062341 EN 2007.05.31

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 姜俊模 陈志信 张振芳 郭棠伟

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

72001

代理人 温大鹏

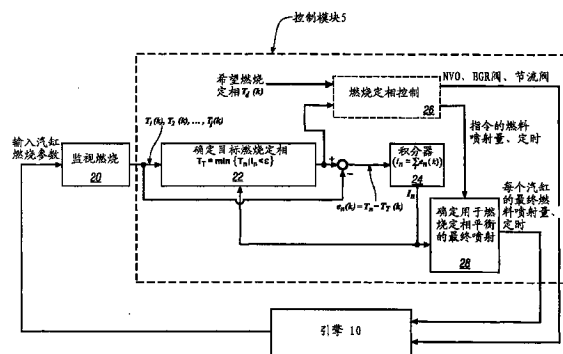
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

控制多汽缸均质充量压缩点火引擎内的燃烧的方法

(57) 摘要

本发明提供了一种方法和装置,其使用最少的燃料重整对操作于受控自动点火模式的多汽缸内燃引擎内的燃烧进行控制,并且使燃烧相位误差最小。这包括:监视每个汽缸内的燃烧,并确定目标燃烧相位。每个汽缸的燃料传送被选择性地控制,以有效实现目标燃烧相位,并且有效实现目标燃烧相位进一步包括:控制燃料传送,以有效平衡汽缸的燃烧相位。



1. 一种对操作于受控自动点火模式的多汽缸内燃引擎内的燃烧进行控制的方法,包括:

监视每个汽缸内的燃烧;

确定目标燃烧相位;以及

选择性地控制对每个汽缸的燃料传送,以有效实现所述目标燃烧相位。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,监视每个汽缸内的燃烧包括:确定每个汽缸中的燃烧事件的相位。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,确定每个汽缸中的燃烧事件的相位进一步包括:确定在所述燃烧事件期间每个汽缸内的峰值汽缸压力的位置。

4. 根据权利要求2所述的方法,其中,确定每个汽缸中的燃烧事件的相位进一步包括:确定如下曲柄角位置,在该曲柄角位置处,每个汽缸内在所述燃烧事件期间燃烧了百分之五十的燃烧充量。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,确定目标燃烧相位包括:选择出利用燃料重整在每个汽缸内可实现的、所述汽缸中一个汽缸的最大提前燃烧相位。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,选择性地控制对每个汽缸的燃料传送以有效地实现所述目标燃烧相位进一步包括:控制所述燃料传送,以有效地平衡所述汽缸的燃烧相位。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,控制所述燃料传送进一步包括:执行分段燃料喷射模式,并控制第一燃料喷射,以有效地基本上重整所喷射的燃料。

8. 根据权利要求7所述的方法,进一步包括:控制所述第一燃料喷射,使其基本上发生在负阀重叠周期期间。

9. 根据权利要求7所述的方法,其中,控制所述第一燃料喷射事件以有效地基本上重整所喷射的燃料包括:控制所述第一燃料喷射期间喷射的燃料量。

10. 根据权利要求7所述的方法,其中,控制所述第一燃料喷射事件以有效地基本上重整所喷射的燃料包括:控制所述第一燃料喷射的燃料量和定时。

11. 根据权利要求6所述的方法,其中,控制所述燃料传送进一步包括:执行单一燃料喷射,以有效重整一部分所喷射的燃料,并有效地对所述引擎提供动力。

12. 一种对多汽缸内燃引擎中的燃烧进行平衡的方法,包括:

监视在以受控自动点火模式运行期间每个所述汽缸内的燃烧;

选择针对所有所述汽缸的目标燃烧相位;

在每个汽缸内执行第一燃料喷射事件,这包括:对每一个汽缸选择性地控制燃料传送的定时和传送量中的一种;以及

在每个汽缸中执行第二燃料喷射事件,以有效地基本满足操作者的转矩要求。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中,在每个汽缸内执行所述第一燃料喷射事件进一步包括:有效平衡所述汽缸的燃烧相位。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中,执行所述第一燃料喷射事件包括:控制所述第一燃料喷射事件,使其基本上在负阀重叠周期期间发生。

15. 根据权利要求14所述的方法,进一步包括:控制所述第一燃料喷射事件,以有效地基本上重整所喷射的燃料。

16. 根据权利要求 12 所述的方法,其中,选择针对汽缸内燃烧的所述目标燃烧相位包括:选择可由每个进行燃料重整的汽缸实现的、所述汽缸中一个汽缸的最大提前燃烧相位。

控制多汽缸均质充量压缩点火引擎内的燃烧的方法

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及内燃引擎（或内燃机）控制系统，更具体地，涉及对均质充量压缩点火引擎进行的操作。

背景技术

[0002] 为改进汽油内燃引擎的热效率，采用空气或者再循环的排放气体来稀释燃烧，提高了热效率并降低了 NO_x 排放。然而，由于一个或多个汽缸内的缓慢燃烧会导致不点火和燃烧不稳定，因此引擎采用稀释混合物进行操作时存在稀释极限。扩展稀释极限的已知方法包括：1) 通过加强点火和燃料制备来改善混合物的点火性，2) 通过引入充量运动和湍流来提高火焰速度，和 3) 使用受控的自动点火燃烧过程来操作引擎。

[0003] 受控的自动点火过程也称为均质充量压缩点火（“HCCI”）过程。在该过程中，燃烧气体、空气和燃料的混合物（称为燃烧充量）形成，并且在压缩期间从混合物中的许多点火位置同步地开始进行自动点火，从而获得稳定的动力输出和高的热效率。由于燃烧被高度稀释且在整个燃烧充量上均匀分布，燃烧气体的温度以及因此的 NO_x 排放量大大低于传统火花点火引擎（基于传播的火焰前锋）的 NO_x 排放量以及传统柴油引擎（基于附带的扩散火焰）的 NO_x 排放量。燃烧相位为燃烧过程的重要方面，包括汽缸内燃烧参数相对于活塞位置的定时，且通常是通过曲轴转角测量。汽缸内燃烧参数包括的参数例如有：峰值压力位置（LPP）以及燃烧了 50% 的燃烧充量时的引擎曲柄角（CA-50）。

[0004] 在受控自动点火燃烧下运行的引擎取决于的因素包括在关闭以控制燃烧相位的进气阀处的汽缸充量成分、温度和压力。因此，对于引擎的控制输入，例如燃料喷射量和定时（相对于活塞位置）和进气/排气阀轮廓，必须小心调整以确保健壮的自动点火燃烧。一般而言，为了获得最佳的燃料经济性，HCCI 引擎在非节流且稀空燃混合物的情况下操作。

[0005] 在使用排气再压缩阀方案的 HCCI 引擎中，在负阀重叠（NVO）周期期间，通过截留来自先前燃烧循环的热残留气体，来控制每个汽缸中的燃烧充量温度。NVO 周期被定义为由引擎曲柄角表征的范围，在该周期期间，给定汽缸的进气阀和排气阀被关闭，并且该周期在 TDC 进气周围发生。在燃烧循环的每个进气相位期间，通过提前关闭（即，较早地关闭）排气阀，优选与对应进气阀的延迟打开（即，滞后打开）结合，而且优选关于上死点（TDC）对称地出现 NVO 周期期间的再压缩。燃烧充量成分和温度均受到排气阀关闭定时的强烈影响。具体而言，随着排气阀的提前关闭，能够保留更多的来自先前燃烧循环的热残留气体，这使得剩下的用于输入新鲜空气量的空间较少。最终结果包括：燃烧充量的温度更高，燃烧充量的氧气浓度更低。受控地使用 NVO 使得能够控制每个汽缸中截留的热残留气体量。在每个 NVO 周期期间，燃料量能够在燃烧室内被喷射和重整。

[0006] 在带有多个汽缸的 HCCI 引擎中，由于各个汽缸间热边界状况的差异，以及进气状况的差异（例如空气进气、燃料喷射、再循环的排放气体以及火花的不同），使得各个汽缸间的燃烧相位大不相同。

[0007] 已知的是，通过使用从燃料重整过程释放的过量的热来改变汽缸充量温度和燃烧

相位,从而可控制燃烧相位。然而,过量的燃料重整增加了燃料消耗,因此,优选设计一种控制方案,其使用最少的燃料重整来实现汽缸间平衡,并且使燃烧相位误差最小。

[0008] 需要一种系统,其在解决上述问题的同时,改善了 HCCI 引擎的性能。

发明内容

[0009] 因此,根据本发明一个实施例,提供了一种方法和装置,其以受控自动点火模式控制多汽缸内燃引擎中的燃烧。这包括:监视每个汽缸内的燃烧,并确定目标燃烧相位。对每个汽缸的燃料传送被选择性地控制,以有效实现目标燃烧相位,而且有效实现目标燃烧相位进一步包括:控制燃料传送,以有效地对汽缸的燃烧相位进行平衡。

[0010] 对本领域技术人员而言,一旦阅读和理解了下文对各实施例的详细描述,本发明的这些和其它方面将变得明显。

附图说明

[0011] 本发明可在某些部件和部件布局中具体实现,下文将详细描述并且在附图中示出本发明的一个实施例,所述附图包括:

[0012] 图 1 是根据本发明的控制方案的示意性图示;和

[0013] 图 2A 和 2B 是根据本发明的数据曲线图。

具体实施方式

[0014] 现在参照附图,其中这些图仅仅是用于对本发明进行示例说明的目的,而不是限制本发明的目的。图 1 示出了用于对内燃引擎 10 进行控制的控制方案的示意性图示,该内燃引擎 10 已根据本发明的实施例构建而成。所述控制方案包括控制逻辑,其优选在控制模块 5 中作为至少一种算法被执行,控制模块 5 可操作以控制整个引擎操作的一方面。电子控制模块监视和处理来自引擎 10 的多个输入,并用于控制一个或多个引擎致动器,所有这些都基于控制逻辑。

[0015] 尽管未详细示出,然而可以理解的是,本发明可应用于可在受控自动点火过程(即,上文提到的均质充量压缩点火,或者说 HCCI)下运行的多汽缸直接喷射四冲程内燃引擎。引擎配置优选包括传统的内燃引擎,其具有多个一端封闭的汽缸,其中每个端部封闭的汽缸具有插于其中的可运动活塞,该活塞与汽缸一起限定了容积可变的燃烧室。进气端口将空气供给到燃烧室,而空气在一个或多个进气阀的控制下流入燃烧室。燃烧的气体从燃烧室经由排气端口流动,而燃烧气体流在一个或多个排气阀的控制下通过排气端口。对进气阀和排气阀的打开和关闭进行控制的系统可包括如下装置和控制策略,其控制阀抬升或阀打开的幅度、阀打开的持续时间、和阀打开的定时,并且通常包含用于所有引擎汽缸的进气阀和/或排气阀。曲轴被连接杆连结到每个活塞,在引擎正在操作运行期间每个活塞在每个汽缸中往复运动。所述引擎优选装配有点火系统,其包括插于每个燃烧室内的火花塞。曲轴传感器监视曲轴的旋转位置。燃料喷射器可操作以将燃料直接喷射到每个燃烧室中,并受控制模块 5 控制。燃料喷射器在单一喷射模式或分段喷射模式中是可控制的。在分段喷射模式中,在每个燃烧周期期间存在可用于燃料重整的第一燃料喷射事件和可用于为引擎提供动力的第二主燃料喷射事件。在所述实施例中,每个汽缸包括汽缸压力传感器,其

用于在操作运行期间监视汽缸内的压力。来自汽缸压力传感器的信息被用于该控制方案，以识别特定的燃烧特性，例如峰值汽缸压力的位置。可以理解的是，在本发明范围内，控制方案可使用对特定燃烧参数进行监视和确定的替代性装置和方法。替代性装置和方法例如包括火花电离电流监视和曲轴速度变化监视，每种都是可操作的，以提供燃烧相位的相关参数。所述引擎优选装配有双等可变凸轮定相控制装置，其控制进气阀和排气阀的打开和关闭。可变凸轮定相器由控制模块 5 控制，并且由电动液压式、液压式以及电动式凸轮相位器致动器中的一种操作。

[0016] 通过调节进气阀和排气阀的重叠（包括负阀重叠 (NVO)），以及其它引擎操作参数，例如喷射量和定时、火花定时、节流阀位置以及 EGR 阀位置，可控制在受控自动点火引擎操作期间的燃烧相位。可以使用多种机构来调节 NVO 量，所述机构例如为全柔性阀致动 (FFVA) 系统、前面提到的双等凸轮定相系统、和机械式两阶段阀系统。负阀重叠 (NVO) 的定义是给定汽缸的进气阀和排气阀均关闭的曲柄角周期，在特定活塞所处一个周期中发生的负阀重叠在每个引擎周期的进气部分期间靠近上死点 (TDC- 进气)。NVO 在本发明中用于控制截留于汽缸中的热残留气体量。

[0017] 通过节流阀位置和 EGR 阀位置来影响这个示例性多汽缸引擎的燃烧相位，这一影响对所有汽缸而言是全局性的。因此，节流阀位置控制和 EGR 阀位置控制对于控制单个汽缸的燃烧相位而言是无效的。

[0018] 燃料喷射控制需要实现针对大范围引擎负载的自动点火燃烧。举例而言，在低引擎负载下（例如，1000rpm 时的燃料加注率小于 7 毫克 / 周期），当使用 NVO 的最高实际值时，燃烧充量可能并未热得能够足以稳定自动点火燃烧，从而导致燃烧充量局部燃烧或不点火。通过在再压缩和 NVO 期间，在 TDC 进气附近预喷射少量的燃料，可升高燃烧充量的温度，从而导致燃料重整，即，燃料被转换成氢气、CO 和轻 HC 分子的混合物。在再压缩期间，至少部分预喷射燃料由于高温高压而重整。由于燃料重整而释放的热量能够帮助补偿由于引擎热传递和液态燃料蒸发造成的热损失，并且将汽缸充量温度升高，从而足以对随后主燃料喷射事件期间产生的燃烧充量进行自动点火。在再压缩期间重整的预喷射燃料量取决于许多变量，例如喷射量、喷射定时和截留排气的温度和压力。通过在 NVO 周期期间控制喷射定时或者控制燃料喷射量，可利用来自燃料重整过程的热释放来改变汽缸充量的温度。因此，HCCI 燃烧得到控制，并接着进行第二主燃料喷射。为了节约燃料，希望用于重整和汽缸平衡的燃料量减至最少。

[0019] 如上所提，控制模块 5 优选为总控制系统的一个部件，其中总控制系统包括分布式控制模块架构，其可操作以提供协调的动力传动系控制。控制模块 5 综合相关信息和来自传感装置（包括曲柄传感器、汽缸压力传感器、排气传感器、和其它引擎传感器）的输入，并执行算法以控制各种致动器（例如燃料喷射器和可变阀致动器）的操作，从而实现操作者的转矩要求，并且管理引擎运行，以满足包括排放、燃料经济性、驱动能力等各种因素的有关的控制目标。

[0020] 控制模块 5 优选为通用数字电子计算机，其一般包括：微处理器或中央处理单元、存储介质、高速时钟、模数 (A/D) 及数模 (D/A) 电路、和输入 / 输出电路及装置 (I/O) 以及适当的信号调整和缓冲电路，其中存储介质包括只读存储器 (ROM)、随机存取存储器 (RAM)、电可编程只读存储器 (EPROM)。一组控制算法（包括可由中央处理单元执行的常驻程序指

令)和标定被存储在 ROM 中,并被执行以提供相应功能。算法通常是在预设的循环中执行,从而使得每种算法在每一循环中被至少执行一次。存储在非易失性存储装置中的算法由中央处理单元执行,并可操作以用于监视来自传感装置的输入,并执行控制和诊断例程,以使用预设的标定来控制相应装置的运行。在引擎运转和车辆运行期间,这些循环通常是按规律的时间间隔来执行,例如每隔 3.125、6.25、12.5、25 和 100 毫秒。或者,可以响应某个事件的发生来执行算法。

[0021] 再次参照图 1,示出了根据本发明的控制方案的图形表示,当引擎以受控自动点火模式运行时,所述方案所包含的方法和装置用于控制燃烧相位,以平衡各引擎汽缸之间的燃烧。

[0022] 在以受控自动点火模式运行期间,待喷射到每个燃烧室中的总燃料量满足操作者的力矩需求,并为引擎提供动力。通过控制每个汽缸中的燃料重整来控制燃烧相位,该燃烧相位包括汽缸内燃烧参数相对于活塞位置的定时。

[0023] 控制方案操作如下:对于每个汽缸周期 k 期间的 j 个汽缸中的每一个,监视每个汽缸中的燃烧,并且监视来自每个汽缸的燃烧参数(块 20),以确定燃烧相位参数, $T_1(k)$ 、 $T_2(k)$ 、...、 $T_j(k)$ 。在本实施例中,对于每个汽缸,要监视作为曲柄角函数的汽缸内压力。燃烧监视包括:在每个引擎周期期间确定用于每个汽缸的操作参数,例如包括其处的汽缸内燃烧压力达到峰值压力的引擎曲柄角(通常称为峰值压力位置,LPP)。替代性地,燃烧监视包括其处 50% 的燃烧充量被燃烧的引擎曲柄角(CA-50)。也可采用使用其它监视方案的其它燃烧参数。

[0024] 确定目标燃烧相位 T_T ,其优选从在每个引擎周期期间确定的燃烧相位参数 T_1 、 T_2 、...、 T_j 中选出(块 22)。选定的目标燃烧相位 T_T 进一步包括可由每个带燃料重整的汽缸实现的相位。如下的方程 1 示出了用于选择引擎周期 k 处的目标燃烧相位 $T_T(k)$ 的逻辑:

$$[0025] \quad T_T(k) = \min \{ T_n(k) \mid I_n(k) < \varepsilon \} \quad [1]$$

[0026] 其中, $T_n(k)$ 是引擎周期 k 处的第 n 个汽缸的燃烧相位, $I_n(k)$ 是汽缸周期 k 处的用于第 n 个汽缸的积分控制器的积分器值, ε 为可调节参数。参数 ε 通常被标定为非常小正数。值 $I_n(k)$ 直接相关于为实现接近 T_T 的实际燃烧相位 T_n 而由控制器所需的燃料重整量。用于积分器参数的关系为:对于所有的 n 和 k, $I_n(k) \geq 0$ 。如果可实现目标燃烧相位 T_T ,则随着 T_n 接近 T_T ,积分器 I_n 中的每一个均收敛。在每个引擎周期确定每个引擎事件 T_n 和 T_T ,并且误差 e_n 被确定为上述值之间的差。每个误差 e_n 被算术地添加到积分器 I_n 的初始值,以确定用于 I_n 的新值(块 24)。目标相位 T_T 输出到优选驻留在控制模块 5 中的全局燃烧相位控制器,以确定用于 NVO、EGR、节流阀的指令参数,以及燃料喷射量和定时,包括在以分段喷射模式运行时的第一燃料喷射事件和主燃料喷射事件(块 26)。燃料重整过程使汽缸温度升高,结果使燃烧相位提前。在燃料重整量最小的情况下具有最大提前燃烧相位的其中一个汽缸的燃烧相位被选作目标燃烧相位,从而使其它汽缸可在燃料重整量最小的情况下实现目标燃烧相位。在不能实现目标燃烧相位的运行状况下,在目标燃烧相位和其它燃烧相位之间的误差优选对于至少一个汽缸为最小,即使在燃料重整量最小情况下燃料重整最大时亦是如此。

[0027] 汽缸控制方案优选与全局燃烧相位控制器(块 26)一起工作,以将目标燃烧相位 T_T 引向燃烧相位的希望值 T_d ,上述过程基于这两个值之间的误差。从控制器(块 26)输出

的针对燃料喷射量和定时的指令参数被积分器 I_n 所调节,以根据每个喷射事件的定时和在每个喷射事件期间喷射的燃料量,来产生用于控制单独燃料喷射器的指令(块 28)。

[0028] 针对每个汽缸的第一燃料喷射的量或者定时被独立的积分控制器控制,以使测得的燃烧相位和目标燃烧相位之间的差异减至最小。所传送的燃料量典型地通过控制喷射器脉冲宽度得到调节,并且通常是基于与引擎曲柄角和活塞位置相关的每个喷射事件的起始或终止的控制,来控制喷射的定时。各个独立的积分器 I_n 总是大于或等于 0,并用针对所有引擎事件的最大值限制。通过控制模块的动作调节包括凸轮定相在内的其它致动器,以调节 NVO、EGR 流和节流阀,从而就能够将目标燃烧相位引向所希望的燃烧相位。因此,如果目标燃烧相位对于所有汽缸而言是可实现的,那么来自每个汽缸的燃烧相位收敛到所希望的燃烧相位。

[0029] 现在参照图 2A 和 2B,示出了在 1000RPM 引擎速度下示例性 HCCI 的仿真操作所得出的结果。如图所示,在大约 10 秒的操作之后启动汽缸平衡控制方案。结果表明,当控制方案如上文所述进行操作时,仅仅数秒操作之后,来自四个汽缸中每一个的峰值压力位置(LPP)收敛到目标 LPP 值。图 2B 示出了针对 n 个汽缸中每一个的对应的积分器值 I_n 。

[0030] 所述控制方案提供了一种方法,其选择目标燃烧相位并计算合适的燃料重整量,以降低汽缸之间的燃烧相位差。在所述控制方案中,独立的汽缸调节被限制,并且在燃料重整量最少的情况下,汽缸间的燃烧相位差为最小量。控制方案确定并控制第一喷射事件的定时,以调节在每个汽缸中的燃料重整水平,从而降低在汽缸之间的燃烧相位差。替代性地,控制方案确定并控制将在第一喷射事件期间喷射的燃料量,以调节在每个汽缸中的燃料重整水平,从而降低汽缸之间的燃烧相位差。替代性地,燃料量和第一喷射事件的定时均在控制方案内得到控制,以调节在每个汽缸中的燃料重整的水平,从而降低在汽缸之间的燃烧相位差异。该例被图示为仅采用分段喷射模式下的第一喷射燃料定时。可以理解的是,也可以将相同的算法应用于每个周期的单一燃料喷射事件,其中该喷射事件的定时被控制,并且所喷射的燃料足以实现一定程度的重整,并对引擎提供动力。

[0031] 采用本文所述方式在 HCCI 模式期间操作引擎的益处包括,引擎稳定性得到改进,即,COVIMEP 得到降低。这种方式也可以用于增大 HCCI 模式的操作范围,导致增大引擎效率并更加节省车辆燃料。进一步的益处包括降低从引擎输出的 NO_x 的排放量,从而拓展了 HCCI 技术应用范围。

[0032] 本发明提供了一种汽缸平衡燃料喷射策略,其调节独立的汽缸燃烧相位,以实现在以受控自动点火模式运行期间在每个汽缸中基本上相等地定时的燃烧事件。通过在 NVO 周期中发生的第一重整燃料喷射事件期间控制燃料喷射的喷射定时或喷射量中的一种,由燃料重整过程释放的热可用于改变汽缸充量温度。优选接着进行第二主燃料喷射事件。通过调节喷射定时来控制燃料重整过程和燃烧相位,所述方法也可适用于单一燃料喷射。

[0033] 多汽缸 HCCI 引擎的每个汽缸所用的燃烧相位采用本发明中的燃料重整来进行独立控制。这就降低了汽缸间燃料相位的差异,并改散在 HCCI 运行期间的燃烧稳定性。所述算法在燃料重整量最少的情况下实现了汽缸平衡,从而维持 HCCI 引擎的燃料经济性能特性。

[0034] 已经具体参照各实施例和修改对本发明进行了描述。在此描述的控制方案及相关结果的具体细节是对权利要求所述的发明进行解释说明。在阅读并理解了本说明书之后,

可以另行构建其它的修改和替代方案。本发明理应包括所有这类修改和替代方案,只要它们落在本发明的范围内。

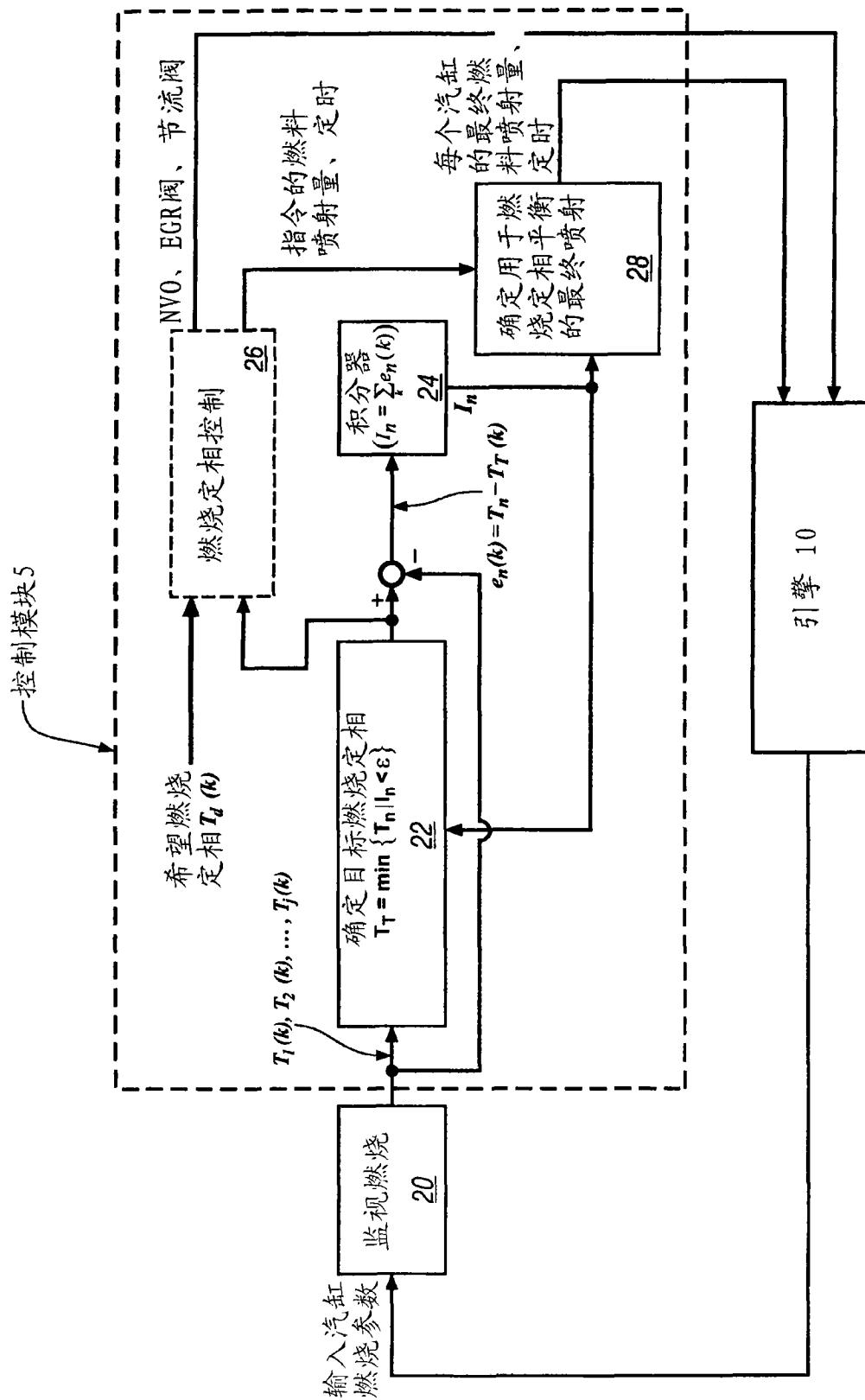


图 1

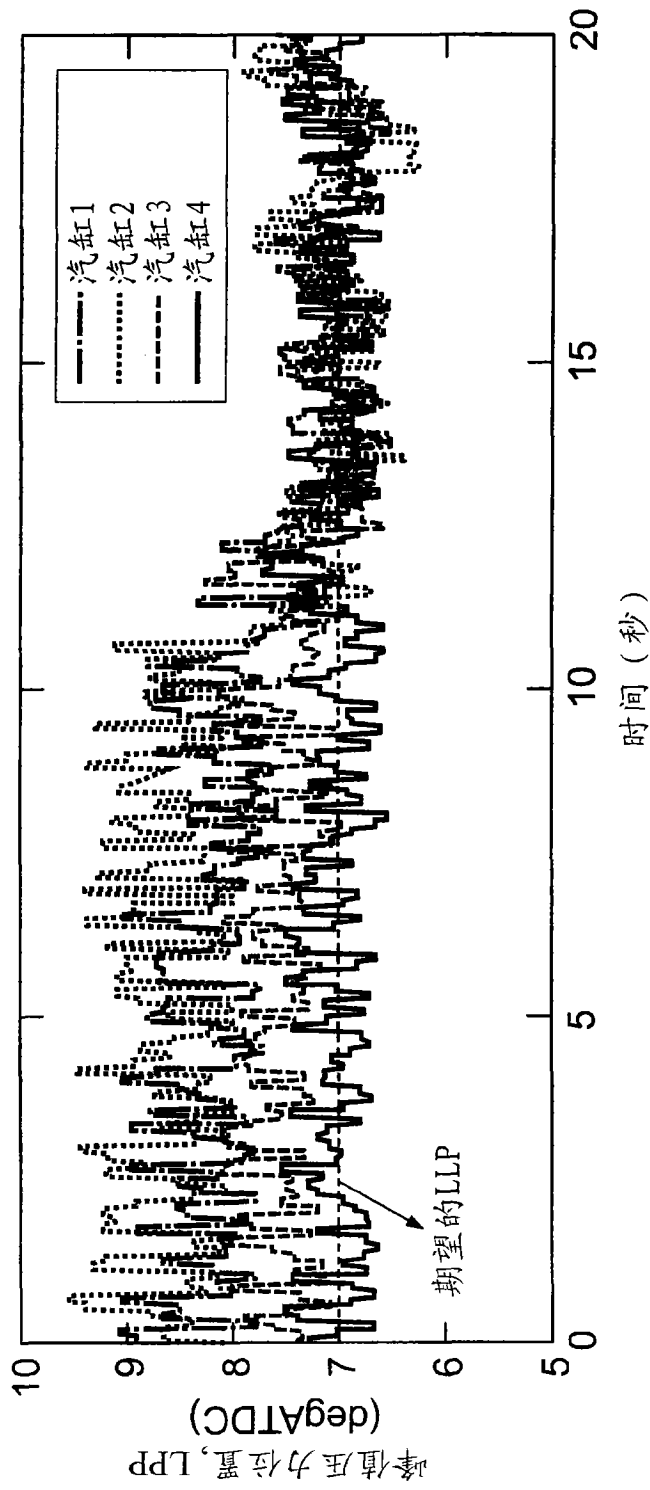


图 2A

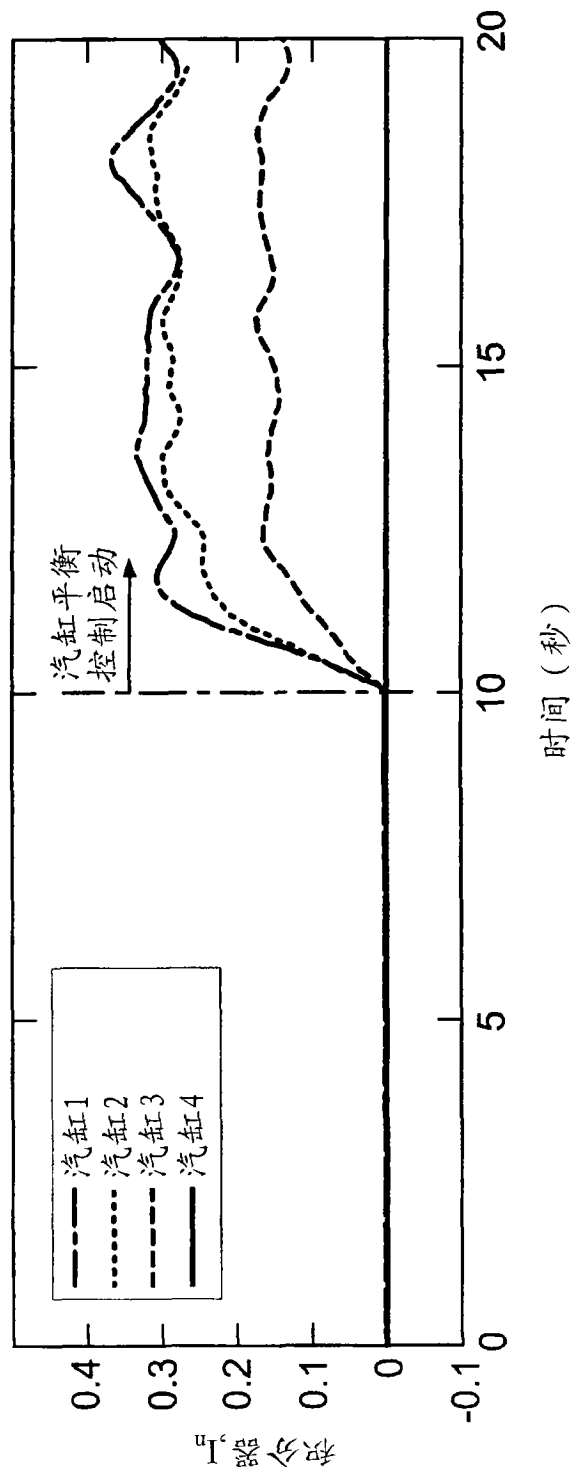


图 2B