

# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97113726.9

[45] 授权公告日 2002 年 1 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 1077212C

[22] 申请日 1997.6.28 [24] 颁证日 2002.1.2

[21] 申请号 97113726.9

[30] 优先权

[32] 1996.7.2 [33] JP [31] 172661/1996

[73] 专利权人 三菱自动车工业株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 金子胜典 古贺一雄

北田泰造 安东弘光

[56] 参考文献

US5207058

1993. 5. 4 \_

审查员 庄一方

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事

务所

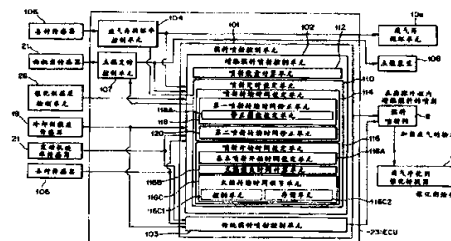
代理人 刘志平

权利要求书 8 页 说明书 41 页 附图页数 17 页

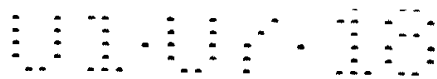
[54] 发明名称 缸内喷射内燃机用废气加热系统

[57] 摘要

一种缸内喷射内燃机用的废气加热系统,它包括一个燃料喷射装置(8 和 8a),一个火花塞(108)用来点燃喷入的主体燃料使它进行一次燃烧,一个废气净化装置(9),一个净化装置温度计算单元(26 和 23),和一个增添燃料喷射控制单元(102)。当从净化装置温度察知净化装置需要加热使其催化剂活化时,便可在一次燃烧的火焰持续时间内将增添燃料喷入使它燃烧,这样废气便被加热。控制单元(102)包括一个喷射时间设定单元(110),以便根据影响火焰持续时间的参数设定喷射开始时间( $T_{INJ}$ )。



ISSN 1008-4274



## 权 利 要 求 书

1.一种用于缸内喷射内燃机的废气加热系统，该系统具有：

一个燃料喷射装置（8和8a）用来将燃料直接喷射到所说内燃机的燃烧室（1）内；

一个用于主体燃料的火花塞（108），该主体燃料被所说燃料喷射装置作为一次燃料喷射出来，而该火花塞用火花来点燃使所说一次燃料进行一次燃烧；

一个废气净化装置（9）设在所说内燃机的排气通道（3）内；

一个净化装置温度计算单元（26和23）以便通过检测或估计所说废气净化装置的温度来确定所说废气净化装置的温度；其特征在于：

所述系统还包括一个增添燃料喷射控制单元（102）用来控制所说燃料喷射装置，当从所说净化装置温度计算单元（23和26）所确定的所说温度察知所说废气净化装置需要活化时，所说控制单元（102）便可使增添燃料在火焰持续时间内喷射，该火焰是基于一次燃料的喷射而发生的一次燃烧剩留下来的；

所说增添燃料喷射控制单元（102）包括一个喷射开始时间设定单元（116）以便根据影响所说火焰持续时间的参数来设定所说增添燃料的喷射开始时间（ $T_{INJ}$ ），所述喷射开始时间设定单元（116）包括一个基本喷射开始时间设定单元（116A）以便根据所说内燃机的发动机速率（ $N_e$ ）和发动机载荷来确定基本喷射开始时间（ $T_{bINJ}$ ）；通过修正所述基本喷射开始时间（ $T_{bINJ}$ ）设定所述增添燃料的所述喷射开始时间（ $T_{INJ}$ ），其由所述基本喷射开始时间设定单元（116A）根据最后提出的参数确定。

2.如权利要求1所述的系统，其特征在于：所说喷射定时设定单元（110）包括：一个喷射数量计算单元（112）以便根据直接或间接检测到的一次燃烧后的氧剩留量来确定所说增添燃料的所说喷射数量；一个喷射持续时间设定单元（114）用来设定与所说喷射数量计算单元（112）所确定的所说增添燃料的所说喷射数量对应的喷射持续时

间；以及一个喷射开始时间设定单元（116）以便根据影响所说火焰持续时间的所说参数来设定所说增添燃料的喷射开始时间（ $T_{INJ}$ ）。

3.如权利要求1所述的系统，其特征在于：所说喷射开始时间设定单元（116）包括：

一个火焰消失时间计算单元（116B），以便根据影响所说火焰持续时间的所说参数，同时把火焰消失时间看作所说火焰持续时间的终止时间，从而确定喷射开始时间的修正因数（ $K_{\theta}$ 、 $K_E$ 、 $K_F$ 和 $K_I$ ）；

所说喷射开始时间设定单元（116）根据所说基本喷射开始时间设定单元（116A）所确定的所说基本喷射开始时间（ $T_{binj}$ ）和所说火焰消失时间计算单元（116B）所确定的所说喷射开始时间修正因数（ $K_{\theta}$ 、 $K_E$ 、 $K_F$ 或 $K_I$ ）设定所说增添燃料的所说喷射开始时间（ $T_{INJ}$ ），使所说增添燃料的所说喷射在所说增添燃料能被所说一次燃烧的所说火焰点燃的时刻开始。

4.如权利要求3所述的系统，其特征在于：所说火焰消失时间计算单元（116B）根据影响所说火焰持续时间的所说参数中的至少一个如所说内燃机的发动机温度（ $\theta_w$ ）、所说一次燃烧时的废气再循环率、所说一次燃烧时的空气燃料比（A/F）、和所说一次燃烧时的点燃定时（ $T_{IG}$ ）来确定喷射开始时间的修正因数（ $K_{\theta}$ 、 $K_E$ 、 $K_F$ 或 $K_I$ ）。

5.如权利要求4所述的系统，其特征在于：所说内燃机包括一个发动机温度检测单元（19）用来检测所说发动机温度（ $\theta_w$ ），而

所说火焰消失时间计算单元（116B）包括一个第一喷射开始时间修正指示图（6A），其上指出第一喷射开始时间修正因数（ $K_{\theta}$ ），该因数的设定考虑到随着所说发动机温度（ $\theta_w$ ）的降低，火焰消失时间会提前；

其时所说喷射开始时间设定单元（116）根据所说第一喷射开始时间修正指示图（6A）所确定的所说第一喷射开始时间修正因数（ $K_{\theta}$ ）来设定所说增添燃料的所说喷射开始时间（ $T_{INJ}$ ），而该指示图（6A）是根据所说发动机温度检测单元（19）所检测到的所说发动机温度（ $\theta_w$ ）制备的。

6.如权利要求4所述的系统,其特征在于:所说内燃机设有一个废气再循环率控制单元(104)以使在连通所说排气通道(3)和所说吸气通道(2)的废气再循环通道(10b)中用开启或关闭开/关阀(10a)的办法来控制废气的再循环率;

而所说火焰消失时间计算单元(116B)包括一个第二喷射开始时间修正指示图(6B),其上指出第二喷射开始时间修正因数( $K_E$ ),该因数的设定考虑到所说火焰消失时间会随着所说废气再循环率而变化;

其时所说喷射开始时间设定单元(116)根据所说第二喷射开始时间修正指示图(6B)所确定的所说第二喷射开始时间修正因数( $K_E$ )来设定所说增添燃料的所说喷射开始时间( $T_{INJ}$ ),而该指示图(6B)是根据所说废气再循环率控制单元(104)所控制的所说废气再循环率制备的。

7.如权利要求4所述的系统,其特征在于:所说内燃机设有传统的燃料喷射控制单元(103)以便在一次燃烧时根据所说内燃机的运行条件来控制燃料的喷射;

而所说火焰消失时间计算单元(116B)包括一个第三喷射开始时间修正指示图(6C),其上指出第三喷射开始时间修正因数( $K_F$ ),该因数的设定考虑到随着所说一次燃烧时空气燃料比的变稀,所说火焰消失时间会延迟;

其时所说喷射开始时间设定单元(116)根据所说第三喷射开始时间修正指示图(6C)所确定的所说第三喷射开始时间修正因数( $K_F$ )来设定所说增添燃料的所说喷射开始时间( $T_{INJ}$ ),而该指示图是根据由所说传统的燃料喷射控制单元(103)所设定的所说一次燃料时的所说空气燃料比(A/F)制备的。

8.如权利要求4所述的系统,其特征在于:所说内燃机设有一个点燃定时控制单元(107),用来控制由所说燃料喷射装置(8和8a)喷射的所说一次燃料被所说火花塞(108)点燃的定时( $T_{IG}$ );

而所说火焰消失时间计算单元(116B)包括一个第四喷射开始时

间修正指示图 (6D)，其上指出第四喷射开始时间修正因数 ( $K_I$ )，该因数的设定考虑到随着所说一次燃烧时点燃定时 ( $T_{IG}$ ) 的延迟，所说火焰消失时间亦延迟；

其时所说喷射开始时间设定单元 (116) 根据所说第四喷射开始时间修正指示图 (6D) 所确定的所说第四喷射开始时间修正因数 ( $K_I$ ) 设定所说增添燃料的所说喷射开始时间 ( $T_{INJ}$ )，而该指示图是根据所说点燃定时控制单元 (107) 所设定的所说点燃定时 ( $T_{IG}$ ) 制备的。

9.如权利要求 3 所述的系统，其特征在于：所说喷射开始时间设定单元 (116) 将所说增添燃料的所说喷射开始时间 ( $T_{INJ}$ ) 设定在一个与所说火焰持续时间的所说火焰消失时间接近的时刻。

10.如权利要求 2 所述的系统，其特征在于：所说喷射开始时间设定单元 (116) 包括一个火焰持续时间调节单元 (116C) 用来调节所说火焰持续时间；

所说火焰持续时间调节单元 (116C) 有一控制单元 (116C1) 用来调节所说参数的控制量，和一存储单元 (116C2) 用来存储与所说参数预定控制量对应的火焰持续时间，于是所说火焰持续时间调节单元 (116C) 可如下调节所说火焰持续时间，从所说存储单元 (116C2) 中取出所说参数的一个预定的控制量，所说一个控制量需使所说火焰持续时间的所说终止时间与所说废气净化装置 (9) 所需活化程度对应的火焰消失时间相等，然后通过所说控制单元 (116C1) 调节所说参数得出所说一个控制量；

最后所说喷射开始时间设定单元 (116) 将所说增添燃料的所说喷射开始时间 ( $T_{INJ}$ ) 设定在被所说火焰持续时间调节单元 (116C) 调节过的所说火焰持续时间内。

11.如权利要求 10 所述的系统，其特征在于：所说内燃机设有废气再循环率控制单元 (104)，以便在连通所说排气通道 (3) 和所说吸气通道 (2) 的所说废气再循环通道 (10b) 内用开启或关闭开/关阀 (10a) 的办法控制废气再循环率；

所说存储单元 (116C2) 存有第一指示图 (7A)，其上指出与所



说废气再循环率的控制量对应的火焰消失时间；

所说火焰持续时间调节单元(116C)根据与所说净化装置温度计算单元(26和23)所确定的温度对应的火焰持续时间,从所说第一指示图(7A)上得到一个所说控制量,并通过所说控制单元(116C1)控制所说废气再循环率控制单元(104)来给出所说一个控制量。

12.如权利要求10所述的系统,其特征在于:所说内燃机设有一个点燃定时控制单元(107),以便用来控制所说火花塞(108)的点燃定时( $T_{IG}$ )在该定时由所说燃料喷射装置(8和8a)喷入的所说一次燃料被火花点燃;

所说存储单元(116C2)存有第二指示图(7B),其上指出与所说一次燃烧的所说点燃定时( $T_{IG}$ )的控制量对应的火焰消失时间;

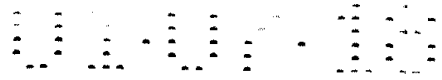
而所说火焰持续时间调节单元(116C)根据与所说净化装置温度计算单元(26和23)所确定的温度对应的火焰持续时间,从所说第二指示图(7B)上得到一个所说控制量,并通过所说控制单元(116C1)控制所说点燃定时控制单元(107)来给出所说一个控制量。

13.如权利要求10所述的系统,其特征在于:所说内燃机设有传统的燃料喷射控制单元(103),以便根据运行条件控制所说一次燃烧时的所说燃料喷射;

所说存储单元(116C2)存有第三指示图(7C),其上指出与所说一次燃烧时所说空气和燃料比的控制量对应的火焰消失时间;

所说火焰持续时间调节单元(116C)根据与所说净化装置温度计算单元(26和23)所确定的温度对应的火焰持续时间,从所说第三指示图(7C)上得出一个所说控制量,并通过所说控制单元控制所说传统的燃料喷射控制单元(103)来给出所说一个控制量。

14.如权利要求2所述的系统,其特征在于:所说喷射定时设定单元(110)包括一个第一喷射持续时间修正单元(118),以便根据所说净化装置温度计算单元(26和23)所确定的所说废气净化装置(9)的温度来修正所说喷射持续时间设定单元(114)所确定的基本喷射持续时间。



15.如权利要求 14 所述的系统,其特征在于:所说第一喷射持续时间修正单元(118)有一修正因数设定单元(118A),以使用第一喷射持续时间修正因数( $k_2$ )修正所说基本喷射持续时间,该修正因数是对应于所说废气净化装置(9)的所说温度而被预先确定的,使所说增添燃料的喷射数量随着所说废气净化装置温度的升高而减少。

16.如权利要求 14 所述的系统,其特征在于:所说内燃机包括多个气缸;

所说第一喷射持续时间修正单元(118)设有一个气缸指定单元(118b)。该单元根据一个对应于所说废气净化装置(9)的温度而预先设定的气缸数目指示图(17C),能随着所说废气净化装置(9)的所说温度的升高而减少进行增添喷射的气缸的数目。

17.如权利要求 2 所述的系统,其特征在于,所说喷射持续时间设定单元(110)包括一个第二喷射持续时间修正单元(120),该修正单元应用在一次燃烧的膨胀冲程内对应于所说增添燃料的所说喷射开始时间( $T_{INJ}$ )而预先设定的第二喷射持续时间修正因数( $K_1$ ),修正由所说喷射持续时间设定单元(114)确定的所说基本喷射持续时间( $t_B$ ),使实际喷射数量与所说喷射数量计算单元(112)所确定的所说增添燃料的所说喷射数量符合。

18.如权利要求 1 所述的系统,其特征在于:所说增添燃料喷射控制系统(102)包括一个喷射数量计算单元(112),以便根据所说一次燃烧后直接或间接检测到的仍然剩留的氧数量来确定所说增添燃料的所说喷射数量;

所说喷射定时设定单元(110),设有一个划分喷射开始时间设定单元(122),它能设定多个划分喷射的喷射开始时间( $T1_{INJ}$ 、 $T2_{INJ}$ ...),使所说喷射数量计算单元(112)确定的所说增添燃料的所说喷射数量被划分成多个相同的部分并被喷射。

19.如权利要求 18 所述的系统,其特征在于:当所说增添燃料的所说喷射数量被划分成 N 个相同的部分并被喷射时,所说划分喷射开始时间设定单元(122)应将第 N 个划分喷射的喷射开始时间( $TN_{INJ}$ )

设定在排气阀（5）开启前的紧接时刻。

20.如权利要求 18 所述的系统，其特征在于：所说喷射定时设定单元（110）设有一个喷射持续时间设定单元（114），该单元当所说增添燃料的所说喷射数量被划分成为 N 个相同的部分并被喷射时，能够设定第 N-1 个划分喷射持续时间和第 N 个划分喷射持续时间，使第 N-1 个划分喷射数量小于第 N 个划分喷射数量。

21.如权利要求 18 所述的系统，其特征在于，所说喷射持续时间设定单元（114）包括对应于所说发动机温度值（ $\theta_w$ ）而预先设定的第三喷射持续时间修正因数（ $k_3$ ），而当所说增添燃料的所说喷射数量被划分成 N 个相同的部分并被喷射时，所说喷射持续时间设定单元（114）可用所说第三喷射持续时间修正因数（ $k_3$ ）来设定第 N-1 个划分喷射持续时间和第 N 个划分喷射持续时间，使第 N-1 个划分喷射数量随着所说发动机温度的升高变得比第 N 个划分喷射数量更小。

22.如权利要求 2 所述的系统，其特征在于：所说喷射开始时间设定单元（116）能这样设定喷射开始时间（ $T_{INJ}$ ），使当所说净化装置温度计算单元（26 和 23）所确定的废气净化装置（9）的温度低于所说废气净化装置（9）内允许未烧燃料部燃烧的预定温度时，所说增添燃料可在所说喷射一次燃料造成的所说一次燃烧的火焰仍然保留的所说火焰持续时间内进行喷射；而当所说废气净化装置（9）的所说温度等于或高于所说预定的温度时，所说喷射开始时间设定单元（114）可这样设定所说喷射开始时间（ $T_{INJ}$ ），使所说增添燃料的所说喷射在所说火焰持续时间之后进行。

23.如权利要求 1 所述的系统，其特征在于：所说增添燃料喷射控制单元（102）包括一个喷射数量计算单元（112），以便根据所说一次燃烧后直接或间接检测到的仍然剩留的氧数量来确定所说增添燃料的喷射数量；

所述喷射定时设定单元（110），该单元包括一个喷射持续时间设定单元（114）用来设定一个对应于所说喷射数量计算单元（112）所确定的所说增添燃料的所说喷射数量的基本喷射持续时间；和一个



喷射开始时间设定单元(116)，以便根据一个能影响所说火焰持续时间的参数来设定所说增添燃料的喷射开始时间( $T_{INJ}$ )；

所说喷射开始时间设定单元(116)在低温下开动所说内燃机时，对所说喷射开始时间的设定是使所说增添燃料的所说喷射在所说火焰持续时间之内进行；而当在运行状态下所说废气净化装置(9)希望降低温度时，对所说喷射开始时间的设定是使所说增添燃料的所说喷射在所说火焰持续时间之后进行。

# 说 明 书

---

## 缸内喷射内燃机用废气加热系统

本发明涉及一种缸内喷射内燃机用废气加热系统，其中燃料被直接喷射到燃烧室内，发动机废气的加热是由控制燃料的喷射来实现的。特别是，本发明涉及一种缸内的喷射内燃机用废气加热系统，该系统适宜用在废气净化装置的加热上（尤其是稀薄的 NO<sub>x</sub> 催化剂）。

在直接将燃料喷射到燃烧室内的那种缸内喷射内燃机中作为废气加热的方法，例如日本专利申请公报平字 4 - 183922 曾提出一种技术，其目的在于迅速活化催化剂，它是在吸气阀仍然关闭时即在发动机的膨胀冲程或排气冲程时，重新启动燃料喷射阀来完成增添燃料的喷射，然后使燃烧室内的火花塞重新为增添燃料充电来完成增添燃料的点燃，或者将增添燃料混合到废气内然后用设在废气通道内的火花塞点燃增添燃料，这样来使催化剂迅速加热到活化温度。

另外，日本专利申请公报平字 8 - 100638 还提出过一种技术，它是在喷射一次燃料（第一次燃料喷射）并点燃后，利用一次燃烧传播的火焰，点燃在一次燃烧膨胀冲程中段开始时第二次燃料喷射所喷射的燃料，进一步定时完成另外增添燃料的喷射（第三次燃料喷射），使喷射的另外增添燃料能被第二次燃料喷射的燃烧所传播的火焰点燃，从而使废气的温度提高到能活化催化剂的程度。

按照上面第二次所提到的技术，第二次燃料喷射（增添的燃料喷射）的喷射开始时间被设定在第一次燃料喷射（一次燃料喷射）的一次燃烧结束之前紧接的最佳时刻，即在顶死点之后的 10° 到 80° 的范围内（第二次喷射的喷射定时的最佳范围为在顶死点之后的 30° 到 60° ），使第二次燃料喷射增添的燃料被一次燃烧所传播的火焰点燃从而提高废气的温度以使活化催化剂。

另外，上面第二次所提到的技术还被设计成可根据废气温度目标值的需要，选用以第二次燃料喷射为基础的废气加热或以一次燃烧点燃定

时的延迟为基础的废气加热，而由废气加热方法选择单元设定，从而使单位燃料消耗保持在低值。具体地说，当废气的目标温度被设定为  $300^{\circ}$  或更高时，它受控完成第二次增添喷射，而当废气的目标温度被设定为低于  $300^{\circ}$  时，它受控完成一次燃烧点燃定时的延迟。

但按照日本专利申请公报平字 4 - 183922 提出的技术，是使燃烧室内的火花塞重新充电或将另外的火花塞设置在废气通道内，从而使增添的燃料燃烧来加热废气。这种使燃烧室内的火花塞重新充电的做法是有缺点的，它使控制点燃的逻辑变得复杂并且不能为第二次点燃保证提供足够的能量。而任何一种确保足够点燃能量的尝试都会牵涉到一个问题，即不可避免地要采用较大的点燃器，还会导致较高的制造费用。在另一方面，将火花塞设置在废气通道内以便点燃增添燃料的做法也是有问题的，它会导致零件数的增加，也会增加制造费用。

日本专利申请公报平字 4 - 183922 提供的技术被设计为采用设置在废气通道内的火花塞来点燃增添的燃料。但在缸内喷射的内燃机中，一次燃料喷射所喷射的燃料通常在膨胀冲程和排气冲程经历基本上完全的燃料，因此可成为燃烧源的 CO 和 HC 在缸内只留有低浓度。另外，对一自燃性能低的燃料（如汽油），需要有相当大的能量（如热、压力、温度及/或类似物）来完成燃烧。即使在膨胀冲程或排气冲程简单地重新启动燃料喷射阀来完成增添燃料的喷射，然后如同传统技术那样用火花塞来点燃增添的燃料，仍然有潜在问题，即可能会生产不出足够的能量，以致使增添燃料的燃烧不会发生。因此废气的加热可能得不到保证，造成的潜在问题是催化剂可能不会很快地活化。

按照日本专利申请公报平字 8 - 100638 提出的技术，第二次燃料喷射的喷射数量和定时取决于第一次燃料喷射的基本燃料的喷射数量和发动机的速率。换句话说，第二次燃料喷射的喷射数量是根据第一次燃料喷射的基本燃料喷射数量来确定的，并且就第二次燃料喷射的定时而言，当采用第一次燃料喷射的基本燃料喷射数量和发动机速率为参数时，通过实验预先准备好一幅指示图，相应于运行条件的优化的喷射定时可根据该指示图来确定。

由于一次燃料喷射（第一次燃料喷射）造成的一次燃烧的火焰持续

时间会随发动机各种参数（例如发动机的温度、在一次燃烧时废气的再循环率、在一次燃烧时空气和燃料的比率(A/F)，在一次燃烧时点燃的定时等）的改变而变化，在某些情况下，被增添的燃料喷射（第二次燃料喷射）喷射的增添燃料不一定能被一次燃烧所传播的火焰点燃。

另外，按照日本专利申请公报平字 8 - 100638 提出的技术，废气加热或是用第二次燃料喷射来进行，或是用一次燃烧点燃定时的延迟来进行，这两者需要根据在废气加热方法选择单元上所设定的废气的目标温度值来选定。即使增添燃料被喷射或一次燃烧的点燃定时被延迟，在某些情况下，产生的热能可能有相当大的比例要用来进行将活塞压下所需作的功（气体膨胀功）。这样就不可能有效地使用产生的热能来加热废气，由此带来的问题是，废气的温度不能有效地提高。

本发明对这些问题进行了研究。因此本发明的一个目的是要在考虑到相应于发动机各种参数的一次燃烧的火焰持续时间的情况下使增添燃料能够可靠地燃烧而不需安排任何另外的装置，这样热能便能有效地用来加热废气，从而可有效地用来加热废气净化装置。本发明的另一个目的是要用调节发动机各种参数的办法来调节一次燃烧的火焰持续时间，以便使增添燃料燃烧所得到的热能能被有效地用来加热废气，从而有效地加热废气净化装置。

为此按照本发明的一个方案，用于缸内喷射内燃机的废气加热系统具有：一个燃料喷射装置以使用来将燃料直接喷射到内燃机的燃烧室内；一个用于主体燃料的火花塞，该主体燃料被燃料喷射装置作为一次燃料而喷射，而该火花塞用火花来点燃使一次燃料进行一次燃烧；一个设置在内燃机的废气通道内的废气净化装置；一个净化装置温度计算单元以便通过检测或估计废气净化装置的温度来确定废气净化装置的温度；以及一个增添燃料喷射的控制单元用来控制燃料喷射装置，当从净化装置温度计算单元所确定的温度察知废气净化装置需要活化时，上述控制单元便可使增添燃料在火焰持续时间内完成喷射，该火焰是基于一次燃料的喷射而发生的一次燃烧剩留下来的；增添燃料喷射控制单元包括一个喷射定时设定单元以便根据影响火焰持续时间的参数来设定增添燃料的喷射开始时间。

喷射定时设定单元最好包括：一个喷射数量计算单元以便根据直接或间接检测到的一次燃烧后氧剩留量来确定增添燃料的喷射数量；一个喷射持续时间设定单元以便用来设定与喷射数量计算单元所确定的增添燃料喷射数量对应的喷射持续时间；以及一个喷射开始时间设定单元以便根据影响火焰持续时间的参数来设定增添燃料的喷射开始时间。

最好喷射开始时间设定单元包括：一个基本喷射开始时间设定单元以便根据内燃机的发动机速率和发动机载荷来确定基本喷射开始时间；和一个火焰消失时间计算单元，以便根据影响火焰持续时间的参数，同时把火焰消失时间当作火焰持续时间的终止时间，从而确定喷射开始时间的修正因数；其时喷射开始时间设定单元根据基本喷射开始时间设定单元所确定的基本喷射开始时间和火焰消失时间计算单元所确定的喷射开始时间修正因数设定增添燃料的喷射开始时间，从而使增添燃料的喷射在增添燃料能被一次燃烧的火焰点燃的时刻开始。

火焰消失时间计算单元最好根据影响火焰持续时间的参数中的至少一个如内燃机的发动机温度、一次燃烧时废气的再循环率、一次燃烧时空气和燃料的比率和一次燃烧时点燃的定时来确定喷射开始时间修正因数。

最好内燃机包括一个发动机温度检测单元以便用来确定发动机温度，而火焰消失时间计算单元包括一个第一喷射开始时间修正指示图，其上指出第一喷射开始时间修正因数，该因数是在考虑到随着发动机温度降低而提前的火焰消失时间时设定的，其时喷射开始时间设定单元根据第一喷射开始时间修正指示图所确定的第一喷射开始时间修正因数来设定增添燃料的喷射开始时间，而该指示图是根据发动机温度检测单元所检测到的发动机温度制备的。

最好内燃机设有废气再循环率控制单元以便在连通排气通道和吸气通道的废气再循环通道中用开启或关闭开/关阀的办法来控制废气的再循环率；而火焰消失时间计算单元包括一个第二喷射开始时间修正指示图，其上指出第二喷射开始时间修正因数，该因数是在考虑到随着废气再循环率而变化的火焰消失时间时设定的，其时喷射开始时间设定单元根据第二喷射开始时间修正指示图所确定的第二喷射开始时间修正因数

来设定增添燃料的喷射开始时间，而该指示图是根据废气再循环率控制单元所控制的废气再循环率制备的。

最好内燃机设有传统的燃料喷射控制单元以便在一次燃烧时根据内燃机的运行条件来控制燃料的喷射，而火焰消失时间计算单元包括一个第三喷射开始时间修正指示图，其上指出第三喷射开始时间修正因数，该因数考虑到一次燃烧时随着空气和燃料比率的增大（即变稀）而延迟的火焰消失时间而被设定，其时喷射开始时间设定单元根据第三喷射开始时间修正指示图所确定的第三喷射开始时间修正因数来设定增添燃料的喷射开始时间，而该指示图是根据由传统的燃烧喷射控制单元所控制的一次燃烧时的空气和燃料的比率来制备的。

最好内燃机设有点燃定时控制单元以便控制由燃料喷射装置喷射的一次燃料被火花塞点燃的定时，而火焰消失时间计算单元包括一个第四喷射开始时间修正指示图，其上指出第四喷射开始时间修正因数，该因数考虑到一次燃烧时随着点燃定时的延迟而延迟的火焰消失时间而被设定，其时喷射开始时间设定单元根据第四喷射开始时间修正指示图所确定的第四喷射开始时间修正因数来设定增添燃料的喷射开始时间，而该指示图是根据点燃定时控制单元所设定的点燃定时制备的。

喷射开始时间设定单元最好将增添燃料的喷射开始时间设定得与火焰持续时间中的火焰消失时间接近。

最好喷射开始时间设定单元包括一个火焰持续时间调节单元以使用来调节火焰持续时间，火焰持续时间调节单元有一控制单元用来调节参数的控制量，和一存储单元用来存储与参数预定控制量对应的火焰持续时间，于是火焰持续时间调节单元可如下调节火焰持续时间，从存储单元中取出参数的一个预定的控制量，所说一个控制量需使火焰持续时间的终止时间与废气净化装置所需活化程度相应的火焰消失时间相等，然后通过控制单元调节参数得出一个控制量，最后喷射开始时间设定单元将增添燃料的喷射开始时间设定在经过火焰持续时间调节单元调节的火焰持续时间内。

最好内燃机设有废气再循环率控制单元，以便在连通排气通道和吸气通道的废气再循环通道内用开启或关闭开/关阀的办法控制废气再循环

率，其时存储单元存有第一指示图，其上指出相应于废气再循环率控制量的火焰消失时间，于是火焰持续时间调节单元根据与净化装置温度计算单元所确定的温度对应的火焰持续时间，从第一指示图上得到一个控制量，并通过控制单元控制废气再循环率控制单元来给出这一个控制量。

最好内燃机设有一个点燃定时控制单元，以便控制火花塞的点燃定时，在该定时由燃料喷射装置喷入的一次燃料被火花点燃。其时存储单元存有第二指示图，其上指出与一次燃烧点燃定时的控制量对应的火焰消失时间，而火焰持续时间调节单元根据与净化装置温度计算单元所确定的温度对应的火焰持续时间，从第二指示图上得到一个控制量，并通过控制单元控制点燃定时控制单元来给出这一个控制量。

最好内燃机设有传统的燃料喷射控制单元，以便按照操作条件控制一次燃烧时的燃料喷射，其时存储单元存有第三指示图，其上指出与一次燃烧时空气和燃料比率的控制量对应的火焰消失时间，而火焰持续时间调节单元根据与净化装置温度计算单元所确定的温度对应的火焰持续时间，从第三指示图上得出一个控制量，并通过控制单元控制传统的燃料喷射控制单元来给出这一个控制量。

喷射定时设定单元可包括一个第一喷射持续时间修正单元，以使用来按照净化装置温度计算单元所确定的废气净化装置的温度来修正喷射持续时间设定单元所确定的基本喷射持续时间。

最好，第一喷射持续时间修正单元有一修正因数设定单元，以使用第一喷射持续时间修正因数修正基本喷射持续时间，该修正因数是对应于废气净化装置的温度而被预先确定的，使增添燃料的喷射数量随着废气净化装置温度的升高而减少。

最好内燃机包括多个气缸，而第一喷射持续时间修正单元设有一个气缸指定单元，该单元根据一幅对应于废气净化装置的温度而预先设定的气缸数目指示图，能随着废气净化装置温度的升高减少进行增添喷射的气缸的数目。

最好喷射持续时间设定单元包括一个第二喷射持续时间修正单元，该修正单元应用在一次燃烧的膨胀冲程中对应于增添燃料的喷射开始时

间而预先确定的第二喷射持续时间修正因数，修正由喷射持续时间设定单元确定的基本喷射持续时间，使实际喷射数量与喷射数量计算单元所确定的增添燃料的喷射数量符合。

最好增添燃料喷射控制单元包括一个喷射数量计算单元以便根据一次燃烧后直接或间接检测到的仍然剩留的氧数量来确定增添燃料的喷射数量，而喷射定时设定单元设有一个划分喷射开始时间设定单元，它能设定多个划分喷射的喷射开始时间，使喷射数量计算单元确定的增添燃料的喷射数量被划分成相同的多个部分并被喷射。

当增添燃料的喷射数量被划分成 $N$ 个相同的部分并被喷射时，划分喷射开始时间设定单元最好将第 $N$ 个划分喷射的喷射开始时间设定在排气阀开启前的紧接时刻。

最好喷射定时设定单元设有一个喷射持续时间设定单元，该单元当增添燃料的喷射数量被划分成为 $N$ 个相同的部分并被喷射时，能够设定第 $N - 1$ 个划分喷射持续时间和第 $N$ 个划分喷射持续时间，使第 $N - 1$ 个划分喷射数量小于第 $N$ 个划分喷射数量。

最好喷射持续时间设定单元包括对应于发动机的温度值而预先确定的第三喷射持续时间修正因数，而当增添燃料的喷射数量被划分成 $N$ 个相同的部分并被喷射时，喷射持续时间设定单元可用第三喷射持续时间修正因数来设定第 $N - 1$ 个划分喷射持续时间和第 $N$ 个划分喷射持续时间，使第 $N - 1$ 个划分喷射的数量随着发动机温度的升高变得比第 $N$ 个划分喷射的数量更小。

最好喷射开始时间设定单元能这样设定喷射开始时间，使当净化装置温度计算单元所确定的废气净化装置的温度低于废气净化装置内允许未烧燃料部燃烧的预定温度时，增添燃料可在喷射一次燃料造成的一次燃烧的火焰仍然保留的火焰持续时间内进行喷射；而当废气净化装置的温度等于或高于预定的温度时，喷射开始时间设定单元可这样设定喷射开始时间，使增添燃料的喷射在火焰持续时间之后进行。

另外，按照本发明的另一方案，缸内喷射内燃机用的废气加热系统具有：一个用来将燃料直接喷射到内燃机的燃烧室内的燃料喷射装置；一个用于主体燃料的火花塞，该主体燃料被燃料喷射装置作为一次燃料



而喷射，而该火花塞用火花来点燃使一次燃料进行一次燃烧；一个设置在内燃机的废气通道内的废气净化装置；和一个增添燃料喷射控制单元，以使用来控制燃料喷射装置，使当废气净化装置被察知需要活化其催化剂时，在一次燃料燃烧的火焰仍然保留的火焰持续时间内将作为增添燃料的燃料喷射进去；该增添燃料喷射控制单元包括一个喷射数量计算单元，以便根据一次燃烧后直接或间接检测到的仍然剩留的氧元素数量来确定增添燃料的喷射数量；和一个喷射定时设定单元包括一个喷射持续时间设定单元，以使用来设定一个对应于喷射数量计算单元所确定的增添燃料的喷射数量的基本喷射持续时间；以及一个喷射开始时间设定单元，以便根据一个能影响火焰持续时间的参数来设定增添燃料的喷射开始时间；并且该喷射开始时间设定单元，在低温下开动内燃机时，喷射开始时间的设定是使增添燃料的喷射在火焰持续时间之内进行；而当在操作状态下，废气净化装置希望降低温度时，喷射开始时间的设定是使增添燃料的喷射在火焰持续时间之后进行。

下面简要地说明附图：

图 1 为一控制方块图，该图概略地示出按照本发明第一实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统的控制系统的主要部分的构造；

图 2 为按照本发明第一实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统的控制方块图；

图 3 为按照本发明第一实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统的总体构造图解；

图 4 为示出按照本发明第一实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统对增添燃料所作喷射定时的图表；

图 5(A)和(5B)为流程图用来阐明按照本发明第一实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统所作燃料喷射控制，其中图 5 ( A ) 为传统燃料喷射控制的流程图，而图 5 ( B ) 则为增添燃料喷射控制的流程图；

图 6 ( A ) 到 6 ( D ) 为示出按照本发明第一实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统所作增添燃料喷射控制中应用的指示图的图解，其中 6 ( A ) 为第一喷射开始时间修正指示图 6 ( A )，该图示出冷却剂温度修正因数（第一喷射开始时间修正因数） $K_0$ ，图 6 ( B ) 为第二

喷射开始时间修正指示图 6 ( B )，该图画出废气再循环率修正因数(第二喷射开始时间修正因数)  $K_E$ ，图 6 ( C )为第三喷射开始时间修正指示图 6 ( C )，该图指出空气和燃料比率修正因数(第三喷射开始时间修正因数)  $K_F$ ，而图 6 ( D )为第四喷射开始时间修正指示图 6 ( D )，该图示出点燃定时修正因数(第四喷射开始时间修正因数)  $K_I$ ；

图 7 ( A )到 7 ( C )为示出按照本发明第一实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统所作增添燃料喷射控制中使用的指示图的图解，其中图 7 ( A )为一指示图，该图示出在一次燃烧时对应于废气再循环率( ECR 率)的控制量的火焰持续时间，图 7 ( B )为一指示图，该图画出在一次燃烧时对应于空气和燃料比率(A/F)的控制量的火焰持续时间，而图 7 ( C )为一指示图，该图指出在一次燃烧时对应于点燃定时  $T_{IG}$  的控制量的火焰持续时间；

图 8 ( A )到 8 ( C )为示出按照本发明第一实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统所作增添燃料的喷射控制中用调节各参数的控制量的办法来喷射增添燃料时热释放率变化的曲线图，其中图 8 ( A )示出调节废气再循环时发生的变化，图 8 ( B )示出调节一次燃料的空气和燃料的比率时发生的变化，而图 8 ( C )示出调节一次燃烧的点燃定时时发生的变化；

图 9 为一曲线图用来阐明当采用按照本发明第一实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统来在膨胀冲程完成增添燃料的喷射时缸内压力和热释放率的关系；

图 10 为一控制方块图，该图概略地示出按照本发明第二实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统的控制系统的主要部分的构造；

图 11 为示出按照本发明第二实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统所作增添燃料的点燃定时的图表；

图 12 为一流程图用来阐明按照本发明第二实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统所作的增添燃料的喷射控制；

图 13 为一控制方块图，该图概略地示出按照本发明第三实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统的控制系统的主要部分的构造；

图 14 为示出按照本发明第三实施例用于缸内喷射内燃机的废气加

热系统所作增添燃料的喷射定时的图表；

图 15 为一流程图用来阐明按照本发明第三实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统所作增添燃料的喷射控制；

图 16 为一曲线图用来阐明当采用按照本发明第三实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统来在膨胀冲程完成增添燃料的喷射时缸内压力和热释放率的关系；以及

图 17 ( A ) 到 17 ( D ) 为按照本发明的一个实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统在增添燃料的喷射控制中所使用的指示图，其中图 17 ( A ) 示出对应于喷射开始时间  $T_{INJ}$  而预先确定的第二喷射持续时间修正因数  $K_1$ ，图 17 ( B ) 示出对应于催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  而预先确定的第一喷射持续时间修正因数  $K_2$ ，图 17 ( C ) 为对应于催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  而预先设定的缸数指示图，而图 17 ( D ) 为根据完成喷射的缸数， $N_{INJ}$ 、冷却剂温度  $\theta_w$  和第三喷射持续时间修正因数  $K_3$  而预先设定的指示图。

下面结合附图说明本发明的实施例。

首先参阅图 1 到 9，说明按照本发明第一实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统。

设有废气加热系统的缸内喷射内燃机的构造如图 3 所示，这台在一个工作周期内完成吸气、压缩、膨胀和排气四个单独冲程的内燃机，即四冲程发动机属于火花点燃型，并且是缸内喷射的内燃机，在该机内燃料被直接喷射到燃烧室内。

如图 3 所示，吸气通道 2 和排气通道 3 被连接到用标号 1 指出的燃烧室上以便使吸气通道 2 和排气通道 3 能与燃烧室 1 连通。吸气通道 2 和燃烧室 1 是在吸气阀 4 的控制下互相连通的，而排气通道 3 和燃烧室 1 是在排气阀 5 的控制下互相连通的。

吸气通道 2 设有空气滤清器 6 和节流阀 7，它们按照这个次序从上游侧被安排过来，在另一方面，排气通道 3 设有作为废气净化装置的废气催化转换器 9 和图上没有示出的消声器（静音器），它们按照这个次序从排气通道 3 的上游侧被安排下去。顺便说一下，吸入通道 2 还设有均压箱 2a。

另外还安排一个废气再循环系统（今后称为 ERG 系统）10。具体

地说，废气再循环通道 10b 被这样安排，使吸气通道 2 在均压箱 2a 与排气通道 3 的上游侧连接。在废气再循环通道 10b 上设有一个 EGR 阀 10a。

依靠 EGR 阀 10a，从排气通道 3 到吸气通道 2 的废气（也可称为排放气）流率能被控制。顺便说一下，EGR 阀的控制是根据发动机的运行条件来进行的。

节流阀 7 可根据未示出的加速器脚蹬的冲程来改变其开口的大小，从而可调节引入到燃烧室 1 内的空气量。另外，用标号 16 指出的是一个空转速率控制阀（ISC 阀），它被安排在一条设在吸入通道 2 的节流阀设置部旁边的旁通路线 16A 上，用一台未示出的步进电动机来开/关驱动，并且主要是在节流阀 7 完全或基本关闭时用来精细地调节空车速率。

标号 50 指出的是空气旁通阀（ABV），它被安排在节流阀 7 和均压箱 2a 的上方与吸气通道 2 连通的旁通路线 50A 上，使吸气通道 2 的节流阀设置部有旁路连通。空气旁通阀能独立于节流阀 7 之外调节吸入的空气量，从而能调节空气和燃料的比率。

作为燃料喷射装置的喷射器（燃料喷射装置）8 的孔眼被安排成面向燃烧室 1，从而燃料可直接喷射到汽缸内的燃烧室 1 内。不需说得，每一气缸需安排一个喷射器，假定举例来说，本实施例的发动机为一串联四缸发动机，那么就要安排四个喷射器 8。

由于上述的构造，当吸气阀 4 开启时，便会有与节流阀 7 开口相对应的空气量通过空气滤清器 6 被吸入到燃烧室 1 内。在该燃烧室 1 内，这样吸入的空气与喷射器 8 直接喷射的燃料混合，造成的空气燃料混合物在适当的定时被一火花塞 35 点燃。空气燃料混合物于是燃烧从而产生发动机转矩。此后，这样烧过的空气燃料混合物被作为废气从燃烧室 1 被排放到排气通道 3 内。废气中的三个有害成分 CO、HC 和 NO<sub>x</sub> 在作为废气净化装置的催化剂转换器中被清除后，废气的噪音也就衰减，于是可被排放到大气中的一侧。

特别是这种发动机在保持稀薄的空气燃料比时能完成节油的运转，而在稀薄燃料的运转中，如果只是依靠传统的三元催化剂，那么在废气中的 NO<sub>x</sub> 就不能完全被清除。因此催化剂 9 须由一个稀 NO<sub>x</sub> 催化剂 9A 和一个三元催化剂 9B 组合而成。即具有三元功能元件而能在化学计算的

空气燃料比的条件下净化废气中的 CO、HC 和 NO<sub>x</sub> 的三元催化器 9B 被安排在稀 NO<sub>x</sub> 催化器的下游。

将三元催化器 9B 安排在稀 NO<sub>x</sub> 催化器 9A 的下游侧为的是要确保 CO 和 HC 的清除，而这是稀 NO<sub>x</sub> 催化器所不能完全清除的，同时可防止稀 NO<sub>x</sub> 催化器 9A 在清除 NO<sub>x</sub> 时受到任何干扰。顺便说一下，当稀 NO<sub>x</sub> 催化器 9A 具有三元功能元件时，三元催化器 9B 便可省掉。

下面说明发动机的更多细节。发动机的构造使从吸气通道 2 流入到燃烧室 1 内的吸入空气流形成一个垂直的旋涡（反向翻滚流动）。当吸入空气流在燃烧室 1 内形成这种垂直的旋涡时，便可利用这个垂直旋涡使燃料只是集合在所设置的火花塞 35 的附近，例如在燃烧室 1 顶部的中央，还可在远离火花塞 35 的部分建立起具有极稀空气燃料比的状态。这样便可只在火花塞 35 的附近达到化学计算的空气燃料比，而燃料消耗便可在实现稳定的分层燃烧时减少。在这种情况下作为燃料喷射的最佳定时，最好是在压缩冲程的较晚阶段喷射燃料。

为了从发动机得到高功率输出，只需在整个燃烧室 1 内形成一个具有化学计算的空气燃料比或稀空气燃料比的空气燃料混合物，然后进行预先混合的燃烧。这里也可用在燃料能充分雾化和汽化的时刻喷射燃料的办法来有效地得到高功率输出。在这种情况下，作为喷射燃料的最佳定时，已知可这样设定定时，使燃料的喷射可在吸气冲程的较早阶段完成，以便应用吸入空气流促进燃料的雾化和汽化。

顺便说一下，设有各种传感器以使用来控制发动机。首先，在吸气通道 2 方面设有：一个空气流传感器 11 以使用来从卡曼涡的信息检测吸入空气的数量，一个吸入空气温度传感器 12 以使用来检测吸入空气的温度，和一个大气压力传感器 13 以使用来检测大气压力，所有这些都是设置在空气滤清器上的部分；以及一个电位计式的节流开口传感器 14 以使用来检测节流阀 7 的开口，和一个空转开关 15 以使用来检测空转状态或类似情况，这两个为设置在节流阀上的部分。

在另一方面，在排气通道 3 方面，在催化器 9 的上游侧设有一个氧浓度传感器 17（今后简称 O<sub>2</sub> 传感器）以使用来检测废气中氧的浓度；而在催化器 9 的下游侧设有一个催化器温度传感器（高温传感器）26 以

便用来检测催化剂或其附近如净化装置温度计算单元的温度。

其他传感器包括：一个作为发动机温度检测单元的冷却剂温度传感器（冷却剂温度检测单元）19用来检测发动机冷却剂的温度（发动机温度）；并如图2所示，有一个曲柄角传感器21用来检测曲柄角（这个曲柄角传感器还可作为旋转速率传感器用来检测发动机速率），和一个TDC传感器（气缸辨认传感器）22用来检测第一气缸（基准气缸）的顶死点（TDC），这两个传感器设在一个凸轮的附近。

从这些传感器来的检测信号被输入到电子控制单元（ECU）23中。

还被输入到ECU23中的有来自加速器位置传感器24的电压信号用来检测加速器脚蹬的冲程，和来自蓄电池传感器25的电压信号用来检测蓄电池的电压，以及来自曲柄转动开关（点燃开关或键开关）20的电压信号用来检测开动状况。

顺便说一下，ECU23的硬件构造可被阐明如图2所示那样。这个ECU23设有CPU（中央处理单元）27作为其主要单元。来自吸入空气温度传感器12、大气压力传感器13、节流开口传感器14、O<sub>2</sub>传感器17、冷却剂温度传感器19、加速器位置传感器24、催化剂温度传感器26和蓄电池传感器25的检测信号通过一个输入界面28和一个模拟/数字转换器30被输入到CPU27内；而来自空气流传感器11、曲柄角传感器21、TDC传感器22、空转开关15、曲柄转动开关20和点燃开关等等的检测信号也通过一个输入界面29被输入。

通过一条总线，CPU27还和下列元件交换数据：一个存储程序数据和固定值数据的ROM（只读存储器）31，一个通过更新逐次被重写的RAM（读出与修改存储器）32，一个自由运转的计数器48，和一个由蓄电池支撑以便在蓄电池连接期内保持存储的信息和数据等的蓄电池支撑的RAM（未示出）。

顺便说一下，每当点燃开关被关掉时，RAM32的数据就被擦掉并重新设定。

另外，作为计算结果而在CPU27得到的燃料喷射控制信号通过各个气缸的螺线管驱动装置（在本实施例为四个螺线管驱动装置或燃料喷

射阀驱动单元) 34 被输出到喷射器 8 的螺线管 8a 上。

现在请注意燃料喷射控制(空气燃料比控制), 计算出的燃料喷射控制信号在 CPU 27 被输送出去, 通过各个驱动装置使得例如为四个的喷射器 8 逐次被驱动。

从上面提到的缸内喷射发动机的特征来看, 就燃料喷射模式而言, 一种是比较晚阶段喷射模式, 该模式是在压缩冲程(特别是在压缩冲程的后半部)内完成燃料喷射以使用基于分层燃烧的稀燃料运行来提高燃料的里程数; 另一种是比较前阶段喷射模式, 该模式是在吸气冲程(特别是在吸气冲程的前半部)内完成燃料的喷射以便得到基于预先混合燃烧的稀燃料运行, 从而通过缓慢的加速获得输出; 还有一种是化学计算模式, 该模式是在吸气冲程内完成燃料的喷射, 用预先混合的燃料来达到化学计算的运行(理论空气燃料比的运行), 从而可使功率输出超过较前阶段喷射模式。

特别是, 为了使催化剂 9 活化, 如上所述, 除了传统燃烧所需的燃料喷射(一次燃料喷射)以外, 内燃机还被设计成在膨胀冲程喷射增添燃料。这个增添燃料喷射可使增添燃料被一次燃烧所传播的火焰烧着而燃烧, 不需重新使火花塞充电, 然后将这样加热的废气输送给催化剂 9, 便可使催化剂加热并活化。

因此这个增添燃料喷射被设计成可根据内燃机的各种运行条件, 特别是催化剂 9 的活化状态, 来进行控制。因此如图 4 所示, 在每一气缸的每一膨胀冲程内(具体点说, 当每一膨胀冲程内还存在着火焰时)都进行增添燃料的喷射, 而当催化剂 9 恢复活化状态时该喷射就结束。

为了这种燃料喷射控制(喷射器驱动控制), ECU 23 设有燃料喷射控制单元 101 以使用来选定其中一种喷射模式并设定燃料喷射数量如图 1 的功能方块图所示。另外, ECU 23 在内部设有废气再循环率控制单元 104 和点燃定时控制单元 107。

如图 1 所示, 燃料喷射控制单元 101 具有在催化剂 9 未活化时完成增添燃料喷射的功能部(增添燃料喷射控制单元) 102 和在正常运行时完成燃料喷射控制的功能部(传统的燃料喷射控制单元) 103。增添燃料喷射控制单元 102 是涉及废气净化的废气加热系统的一个特征性的构

造元件。

根据净化装置温度计算单元中用来检测催化剂 9 或其附近的温度的催化剂温度传感器（催化剂温度检测单元）所提供的检测信息，增添燃料喷射控制单元 102 可确定催化剂 9 是否处在活化状态。如果察知催化剂 9 不是处在活化状态，那么就可在基于一次燃料的喷射而造成的一次燃烧的火焰依然存在的火焰持续时间内完成增添燃料的喷射。具体地说，当催化剂温度传感器 26 所检测到的催化剂 9 或其附近的温度（今后称为催化剂温度） $\theta_{c.c}$  被确定或估计为等于或低于预定的温度  $\theta_0$ ，催化剂被确定处在非活化的状态。根据这个确定完成控制，使增添燃料在每一个气缸的膨胀冲程内被喷射（见图 4）。

这里，预先确定的温度  $\theta_0$  意为目标催化剂活化温度并且是根据催化剂活化的下限温度来确定的。例如，它可以被设定为将某一个预定温度加到催化剂活化下限温度上所得到的值。这个催化剂活化下限温度约为  $400^\circ$ ，也就是本实施例所用稀  $\text{NO}_x$  催化剂适用的温度。顺便说一下，作为预定温度的目标温度（预定温度今后将被称为目标温度）可被设定为与催化剂活化温度一致的温度。

增添燃料喷射控制单元 102 设有一个喷射数量计算单元 112 以便根据一次燃烧后氧剩留量来确定增添燃料的喷射数量，还设有一个喷射定时设定单元 110 以便用来设定增添燃料的喷射定时。

这里，喷射数量计算单元 112 直接或间接检测一次燃烧后仍然剩留的氧数量，然后根据这样检出的氧数量来确定增添燃料的喷射数量。

喷射定时设定单元 110 根据各种影响火焰持续时间（在该时间内一次燃烧火焰仍然保持）设定增添燃料的喷射持续时间和喷射开始时间，并设有一个功能部（喷射持续时间设定单元）114 用来根据喷射数量计算单元 112 所确定的喷射数量来设定每一周期内增添燃料的喷射持续时间，还设有一个功能部（喷射开始时间设定单元）116 以便用来设定增添燃料的喷射开始时间  $T_{\text{INJ}}$ 。

在这些单元中，喷射开始时间设定单元 116 在设定喷射开始时间时应使在每一气缸的膨胀冲程内增添燃料的喷射是在传统的燃料喷射所引起的燃烧（今后称为一次燃烧）的持续时间内完成的，换句话说，是在



火焰仍然存在的持续时间（今后称为火焰持续时间）内完成的。

如上所述增添燃料喷射开始时间  $T_{INJ}$  的设定是要使由增添燃料喷射喷入的燃料能够燃烧（今后称为增添燃烧）而可不需安排任何另外的装置，因此必需在传统燃料喷射喷入的燃料所产生的火焰持续时间内进行增添燃料的喷射如图 9 所示。

因为用作燃料的汽油具有低自燃性能，它不能进行稳定的燃烧除非旁边有易燃物源或外部能源存在足以引起汽油本身分解才能使它燃烧。而具有高自燃性能的燃料包括那些具有高辛烷值的燃料如柴油则与此相反。

图 9 用曲线示出从压缩冲程到燃烧和膨胀冲程这一过程中缸内压力和热释放率的变化情况。在图 9 中，细曲线 A 指出只进行传统的燃料喷射时的热释放率，而粗曲线 B 指出进行增添燃料喷射时的热释放率，虚曲线 C 示出只进行传统燃料喷射时的缸内压力，而粗曲线 D 示出进行增添燃料喷射时的缸内压力。顺便说一下，由细曲线 A 和粗曲线 B 作为热释放率而指出的持续时间相当于火焰持续时间。

如图 9 所示，当增添燃料喷射尽可能晚地在相应于细曲线 A 所指出的热释放率的一次燃烧的火焰持续时间之内进行时，火焰持续时间便被延长到接近排气冲程如粗曲线 B 所示。由增添燃烧加热废气而得到的热能因此能更有效地用来加热催化剂 9A。

在另一方面，当进行增添燃料喷射时，粗曲线 D 指出缸内压力会上升。当缸内压力如上所述上升时，由增添燃烧所得到的热能被认为大部分被用在推动活塞向下做功上（气体膨胀做功）。因此这种缸内压力的升高并不适宜用来加热废气。

为了有效地利用由增添燃烧取得的热能，因此最好将增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$  尽可能晚地设定在膨胀冲程内。在另一方面，增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$  如上所述必须落在火焰持续时间内。因此最好将增添燃料的喷射开始时间尽可能晚地设定在火焰持续时间内（即接近火焰消失时间的的时间）。

火焰消失时间为火焰持续时间的终止时间，它随各种参数而变，这些参数如冷却剂温度（发动机温度） $\theta_w$ ，一次燃烧时废气的再循环率

( EGR 率)，一次燃烧时的空气燃料比 ( A/F ) 和一次燃烧时的点燃定时。因此在设定增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$  时必须考虑到这些参数的影响。

例如，先只考虑冷却剂温度的影响，一个低的冷却剂温度会导致燃烧的破坏并会使火焰消失时间提前。为了确保增添燃烧，因此当冷却剂温度  $\theta_w$  变低时最好使喷射开始时间  $T_{INJ}$  提前（移到膨胀冲程的初始阶段）。因为当发动机变冷时气缸块及其周边零件都会变冷。因此，热量会通过气缸块等发散出去。另外，火焰在广大的区域内与气缸的内壁接触，因此形成一个大的淬冷区。即使一次燃烧的火焰开始传播，火焰在散布通过整个燃烧室之前也会消失。

其次单独考虑 EGR 率，一个大的 EGR 率会在一次燃烧上造成较大的点燃滞后，以致燃烧室内的最大压力及和最大压力对应的曲柄角都会随着一次一次的周期而变化。这些变化会随着 EGR 率而变大。火焰持续时间也随着这些变化而变化。为了确保增添燃料的燃烧，因此最好使增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$  在膨胀冲程内提前。

现在单独考虑 A/F。与单独考虑 EGR 率的情况相似，在一次燃烧上的点燃滞后会随着空气燃料比的变稀薄而增加，从而燃烧室内的最大压力及和最大压力对应的曲柄角都会随着一次一次的周期而变化。这些变化会随着空气燃料比的变稀薄而增加。火焰持续时间也会随着这些变化而变化。为了确保增添燃料的燃烧，因此最好使增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$  在膨胀冲程内提前。

接下来单独考虑一次燃烧时的点燃定时  $T_{IG}$ ，当点燃定时  $T_{IG}$  提前或滞后时，火焰持续时间亦即火焰消失时间会随之而变化。因此最好按照点燃定时  $T_{IG}$  的提前或滞后来设定增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$ 。因为，当点燃定时  $T_{IG}$  被提前时，燃烧持续时间便会变得较短而火焰消失时间会变得较早。而当点燃定时  $T_{IG}$  相反地被滞后时，燃烧便会变得缓慢（燃烧速率变慢），致使火焰消失时间变迟。

从上面的评述中可见必需根据一次燃烧的火焰持续时间来设定增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$ 。因此用喷射开始时间设定单元 116 来设定在膨胀冲程内的喷射开始时间  $T_{INJ}$  是这样进行的，以基本燃料喷射开始时

间  $T_{bINJ}$  作为增添燃料在膨胀冲程内喷射的基础，然后用各种修正因数加以修正，这些修正因数是各种能影响火焰持续时间（即在其中一次燃烧的火焰仍然维持的时间）的参数来确定的，这些参数包括：冷却剂温度  $\theta_w$ 、一次燃烧时的 EGR 率、一次燃烧时的空气燃料比、和对应于一次燃烧点燃定时  $T_{IG}$  的火焰消失时间。

因此喷射开始时间设定单元 116 设有一个功能部（基本喷射开始时间设定单元）116A 用来设定基本燃料喷射开始时间，和一个功能部（火焰消失时间计算单元）116B 用来设定在各种参数的影响下而变化的火焰消失时间的修正因数。喷射开始时间设定单元 116 用火焰消失时间计算单元 116B 所设定的喷射开始时间修正因数来修正由基本喷射开始时间设定单元 116A 所设定的基本喷射开始时间，从而设定增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$ ，使增添燃料在它被一次燃烧的火焰点燃的时刻喷射进去。

顺便说一下，基本喷射开始时间设定单元 116A 还根据发动机速率传感器 21 检测到的发动机速率  $N_e$  和目标载荷值（发动机载荷） $P_E$ ，参照预先存储的指示图 [ $T_{bINJ}=f(P_e, N_e)$ ] 来确定基本燃料喷射开始时间  $T_{bINJ}$ 。

这时目标载荷值  $P_e$  按照下列公式计算：

$$P_e = T / (K \times V_s)$$

其中  $T$  为一转矩， $K$  为一常数，而  $V_s$  为一位移。

在另一方面，火焰消失时间计算单元 116B 确定喷射开始时间修正因数，这些修正因数是在考虑火焰消失时间即火焰持续时间的终止时间时以各种影响火焰持续时间的参数为基础而设定的。

在考虑对应于各种参数如冷却剂温度  $\theta_w$ 、ERG 率、空气燃料比 (A/F)、一次燃烧点燃定时  $T_{IG}$  等的火焰消失时间时，对应于各种参数的修正因数是从多幅指示图上确定的，这些指示图预先设定着喷射开始时间的修正因数。

图 6 (A) 到 6 (D) 示出一些指示图，它们分别指出对应于各种参数的喷射开始时间修正因数。

其中，图 6 (A) 为第一喷射开始时间修正指示图 6 (A)，该图

指出冷却剂温度修正因数（第一喷射开始时间修正因数） $K_{\theta}$ 。这个冷却剂温度修正因数  $K_{\theta}$  考虑到火焰消失时间会随着冷却剂温度 $\theta_w$ 的降低而提前。由于随着被冷却剂温度传感器 19 所检测出来的冷却剂温度 $\theta_w$ 的降低，火焰消失时间会提前，这个第一喷射开始时间修正因数  $K_{\theta}$  在冷却剂温度 $\theta_w$ 降低时被设定在较小的值，以便在冷却剂温度 $\theta_w$ 降低时使喷射开始时间  $T_{INJ}$  提前。

图 6（B）为第二喷射开始时间修正指示图（6B），该图指出废气再循环率修正因数（第二喷射开始时间修正因数） $K_E$ 。废气再循环率修正因数  $K_E$  考虑到随着一次燃烧时废气再循环率的降低，火焰消失时间会滞后。对应于废气再循环率控制单元 104 所设定的主燃烧时间的废气再循环率，燃烧状态发生变化，火焰消失时间随之而变化。因此，第二喷射开始时间修正因数  $K_E$  这样设定使喷射开始时间  $T_{INJ}$  保持按照这样变化的火焰消失时间而变化。

图 6（C）为第三喷射开始时间修正指示图（6C），该图指出空气燃料比修正因数（第三喷射开始时间修正因数） $K_F$ 。这个空气燃料比修正因数  $K_F$  考虑到随着主燃烧时间空气燃料比（A/F）的变稀薄，火焰消失时间会滞后。由于随着传统燃料喷射控制单元 103 所设定的主燃烧时间空气燃料比的变稀薄，火焰消失时间会滞后，因此第三喷射开始时间修正因数  $K_F$  随着主燃烧时间空气燃料比的变稀薄，被设定为较大值，使喷射开始时间  $T_{INJ}$  随着主燃烧时间空气燃料比的变稀薄而被滞后。

图 6（D）为第四喷射开始时间修正指示图 6（D），该图指出点燃定时修正因数（第四喷射开始时间修正因数） $K_I$ 。这个点燃定时修正因数  $K_I$  考虑到火焰消失时间相应于主燃烧时间的点燃定时而变化。由于随着点燃定时控制单元 107 所设定的主燃烧时间点燃定时被延迟，火焰消失时间会滞后，因此当主燃烧时间点燃定时被延迟时，第四喷射开始时间修正因数  $K_I$  被设定为较大值，使喷射开始时间  $T_{INJ}$  随着主燃烧时间点燃定时的被延迟而被滞后。

为了用冷却剂温度 $\theta_w$ 来进行修正，喷射开始时间设定单元 116 在确定增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$  时将冷却剂修正因数  $K_{\theta}$  增加到基本喷射时间设定单元 116A 所确定的基本燃料喷射开始时间  $T_{bINJ}$  上

( $T_{b_{INJ}}+K\theta$ ), 该修正因数  $K\theta$  是根据冷却剂温度传感器 19 检测到的冷却剂温度  $\theta_w$  从存储在火焰消失时间计算单元 116B 从图 6 ( A ) 的指示图 6 ( A ) 上取得的。

为了用废气再循环率来进行修正, 根据废气再循环率控制单元 104 设定的主燃烧时间废气再循环率从存储在火焰消失时间计算单元 116B 内的图 6 ( B ) 的指示图 6 ( B ) 上取得。然后将这个修正量增加到基本喷射开始时间设定单元 116A 所确定的基本燃料开始时间  $T_{b_{INJ}}$  上 ( $T_{b_{INJ}}+K_E$ ), 从而得到增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$ 。

为了用空气燃料比来进行修正, 根据传统的燃料喷射控制单元 103 设定的主燃烧时间空气燃料比从存储在火焰消失时间计算单元 116B 内的图 6 ( C ) 的指示图 ( 6C ) 上取得。然而将这个修改量增加到基本喷射开始时间设定单元 116A 所确定的基本喷射开始时间  $T_{b_{INJ}}$  上 ( $T_{b_{INJ}}+K_F$ ), 从而得到增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$ 。

虽然有各种参数影响着火焰持续时间, 但并不需要分别进行所有各种取决于发动机温度、废气再循环率、空气燃料比和主燃烧时间点燃定时的修正。按照参数中相应的一项或多项的需要进行一次或多次的修正就足够了。因此可这样说, 根据相应的一项参数至少取得一个喷射开始时间修正因数就足够了。

这时增添燃料的喷射持续时间 ( 在单一工作周期内的喷射持续时间 )  $t_{ex}$  是在喷射持续时间设定单元 114 上设定的。

这个喷射持续时间设定单元 114 设定的是喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$  ( 该时间相当于喷射持续时间 ), 这样增添燃料就按燃料数量  $M_{fuel}$  被喷射出去, 该数量与一次燃烧后仍然剩留在气缸内的多余的氧相适应。

这是为了在燃烧增添燃料时充分利用剩留在气缸内的多余的氧使废气能被有效地加热。

具体地说, 在膨胀冲程内用喷射持续时间设定单元设定喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$  是按下面将要说明的方式进行的。

即在膨胀冲程用喷射持续时间设定单元 114 来设定喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$  是这样进行的, 按照喷射开始时间  $T_{INJ}$  和催化剂温度  $\theta_c \cdot c$ , 修正基本驱动持续时间  $t_B$ , 该持续时间相当于基本喷射持续时间并作为

增添燃料在膨胀冲程内喷射的基础。

因此喷射持续时间设定单元 114 设有一个功能部（第一喷射持续时间修正单元）118 用来确定基本驱动持续时间  $t_B$  使它作为增添燃料在膨胀冲程内喷射的基础，并根据催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  来修正基本驱动持续时间  $t_B$ ；此外还设有一个功能部（第二喷射持续时间修正单元）120 用来根据在膨胀冲程内的喷射开始时间  $T_{INJ}$  修正基本驱动持续时间。

这时喷射持续时间设定单元 114 根据一次燃烧后为气缸内多余的氧所能喷入的燃料数量  $M_{fuel}$  计算出基本驱动持续时间。具体地说，喷射持续时间设定单元 114 先确定一次燃烧后仍然剩留在气缸内的氧的数量，然后从用下面要说明的传统的燃料喷射控制单元 103 确定的每一周期每一气缸引入的空气数量  $Q$  和一个目标空气燃料比（目标 A/F），根据氧的数量计算出燃料数量  $M_{fuel}$ 。

顺便说一下，燃料数量  $M_{fuel}$  可用下列公式确定：

$$M_{fuel} = Q \times (1/\text{化学计算的空气燃料比} - 1/\text{目标空气燃料比})$$

在另一方面，第一喷射持续时间修正单元 118 根据催化剂温度计算单元的催化剂温度传感器所确定的催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  修正基本喷射持续时间  $t_B$ 。因此第一喷射持续时间修正单元 118 设有一个修正因数设定单元 118A 以使用修正因数（第一喷射持续时间修正因数） $K_2$  来修正基本喷射持续时间，该修正因数  $K_2$  是在事前根据催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  确定的，因此随着催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  的增高，增添燃料的喷射数量会减少。

这个修正因数设定单元 118A 设有一幅指示图（17B），该图示出在事前根据催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  确定的第一喷射持续时间修正因数  $K_2$ 。在指示图（17B）中示出的第一喷射持续时间修正因数  $K_2$  是这样设定的，如图 17（B）所示，使当催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  升高时，增添材料的喷射数量会减少。即在指示图（17B）中，第一喷射持续时间修正因数  $K_2$  被设定为 1 以便当催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  较低时可不修改基本驱动持续时间  $t_B$ ，而当催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  升高并接近目标温度  $\theta_0$  时， $K_2$  被设定为逐渐减小以至为零。

这一设定是为了在催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  较低时喷入数量较多的增添燃料以便促进催化剂 9 的活化，因为在催化剂温度  $\theta_{C \cdot C}$  较低时，催化剂 9

需要有较多的活化；反之在催化剂温度 $\theta_{C \cdot C}$ 较高时则要减少增添燃料的喷射数量以免喷入不需要的燃料，因为在催化剂温度 $\theta_{C \cdot C}$ 较高时，催化剂只需较少的活化。

在喷射持续时间修正单元 118A 上用催化剂温度 $\theta_{C \cdot C}$ 来修正是这样进行的，先根据催化剂温度 $\theta_{C \cdot C}$ 从指示图（17B）上取得修正因数  $K_2$ ，然后将基本驱动持续时间  $t_B$  乘上修正因数  $K_2(t_B \times K_2)$ 。

第二喷射持续时间修正单元 120 是根据在膨胀冲程内的喷射开始时间  $T_{INJ}$  来修正基本喷射持续时间的，以便使喷射数量计算单元 112 所确定的喷射数量与实际喷射数量符合。这个第二喷射持续时间修正单元 120 设有一幅指示图（17A），该图示出在事前根据喷射开始时间  $T_{INJ}$  而确定的修正因数（第二喷射持续时间修正因数） $K_1$ 。

为了使喷射数量计算单元 112 所确定的喷射数量与实际喷射数量符合，第二喷射持续时间修正因数  $K_1$  是这样设定的，如图 17（A）所示，当喷射开始时间  $T_{INJ}$  提前时，喷射器驱动持续时间便延长。即当喷射开始时间  $T_{INJ}$  在膨胀冲程内提前时，缸内压力会增加，因此从喷射器喷射的燃料数量（单位时间内的数量）会趋向减少。因此第二喷射持续时间修正因数  $K_1$  这样设定，使当缸内压力变高时喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$  变长。

接下来说明选用这种设定的理由。当缸内压力较低时，在缸内压力和喷射压力之间存在着足够的压力差，因此能够保证获得一个以基本驱动持续时间  $t_B$  为根据的合适的燃料数量  $M_{fuel}$ 。但当缸内压力升高时，在缸内压力和喷射压力之间的压力差就变小，导致喷射数量的降低。在这种情况下，如果简单地根据基本驱动持续时间来喷射燃料，那么就不能保证获得合适的喷射数量  $M_{fuel}$ 。由于要在膨胀冲程内喷入的增添燃料的数量受到缸内压力的影响，因此设定喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$  至关重要。

在第二喷射持续时间修正单元 120 用喷射开始时间  $T_{INJ}$  来修正是这样进行的，首先根据喷射开始时间  $T_{INJ}$  从指示图（17A）上取得修正因数  $K_1$ ，然后在基本驱动持续时间  $t_B$  上乘上这个修正因数  $K_1(t_B \times K_1)$ 。

因此在膨胀冲程内喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$  是由下列公式确定

的:

$$t_{PLUS}=t_B \times K_1 \times K_2$$

按照喷射开始时间  $T_{INJ}$  和如上所述那样设定的喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$ ，增添燃料在膨胀冲程中可独立进行喷射不需依赖传统的燃料喷射如图 4 所示。

现在说明传统的燃料喷射控制单元 103 所作的燃料喷射控制。在这个传统的燃料喷射控制单元 103 上，根据发动机速率传感器 21 和各种传感器 106 所检测到的发动机速率（旋转速率） $N_e$  和加速器脚蹬冲程  $\theta_{ACC}$  设定发动机的目标输出转矩  $T$ ，并根据发动机速率  $N_e$  和目标输出转矩  $T$  选用早喷射模式或晚喷射模式作为喷射模式。例如在发动机速率较低和目标输出转矩也较低的范围可选用晚喷射模式，而早喷射模式（化学计算模式或稀燃料模式）可在发动机速率  $N_e$  或是目标输出转矩较低时选用。

于是将燃料喷射数量设定为燃料喷射持续时间  $T_{AU}$ ，该时间即喷射器驱动持续时间，在实际控制中将被称为“喷射器驱动脉冲宽度”。无论在早喷射模式（化学计算模式）或晚喷射模式中都要根据发动机载荷（每冲程引入的空气数量） $Q/N_e$  和目标空气燃料比（ $A/F$ ，今后简称为  $A/F$ ）用下列公式先计算出基本驱动持续时间  $t_B$ 。

$$t_B=(Q/N_e) \times (1/A_F) \times (\alpha_{AIR}/\alpha_{FUEL}) \times (1/G_{INJ})$$

在该公式中，发动机载荷  $Q/N_e$  为在一个冲程内吸入空气的数量，并且是由空气流传感器 11 检测到的吸入空气数量  $Q$  除以发动机速率传感器（曲柄角传感器）21 检测到的发动机速率  $N_e$  来确定的。

在另一方面， $\alpha_{AIR}$  代表空气密度， $\alpha_{FUEL}$  代表燃料密度，而  $G_{INJ}$  则为喷射器的获得率。

因此燃料喷射持续时间  $t_{AU}$  可用下式算出。

$$t_{AU}=t_b \times f+t_D$$

在上式中， $f$  代表各种燃料修正因数。这些燃料修正因数  $f$  是根据分别由冷却剂传感器 19 测得的冷却剂温度、吸入空气温度传感器 12 测得的吸入空气温度、大气压传感器 13 测得的大气压、等等设定的。另外， $t_D$  为喷射器的不灵敏的持续时间（呆滞时间）。



接下来说明废气再循环率控制单元 104，该控制单元根据各种传感器 106 检测到的信息，控制着废气再循环单元的 EGR 阀（开关阀）。为此目的，从废气再循环率控制单元 104 来的信号被送到燃料喷射控制单元 101 的增添燃料喷射控制单元 102 上。

除了这个通常有的功能外，本实施例中的废气再循环率控制单元 104 还有一个功能是控制 EGR 阀 10a 以便当增添燃料的喷射在膨胀冲程的火焰持续时间内进行而加热废气促使催化剂活化时减少废气的再循环率或使它降为零。为了这个另外的目的，从增添燃料喷射控制单元 102 的喷射定时设定单元 110 来的信号被送到废气再循环率控制单元 104。

另外，点燃定时控制装置 107 根据曲柄角传感器 21 检测到的信息用点燃装置 108 的火花塞 35 控制着点燃定时  $T_{IG}$ 。为此目的，来自点燃定时控制单元 107 的信号被送到燃料喷射控制单元 101 的增添燃料喷射控制单元 102。

除了这个通常有的功能以外，本实施例的点燃定时控制单元 107 还有一个功能即当增添燃料的喷射在膨胀冲程的火焰持续时间内进行而加热废气促使催化剂活化时可延迟一次燃烧的点燃定时  $T_{IG}$ 。为了这个另外的目的，来自增添燃料喷射控制单元 102 的喷射定时设定单元 110 的信号被送到点燃定时控制单元 107。

由于按照本发明第一实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统是按照上述方式构造的，因此能够进行传统的燃料喷射控制，例如图 5（A）所示，还能进行增添燃料喷射控制（膨胀冲程燃料喷射控制），例如图 5（B）所示。

首先说明传统的燃料喷射控制。

这个控制是按预定的曲柄角完成的。首先，完成步骤 A10 到 A30 的处理。具体地说，在步骤 A10，从分别由空气流传感器 11 和速率传感器 21 检测到的吸入空气数量  $Q$  和发动机速率  $N_e$  计算出发动机载荷  $Q/N_e$ （即在一个冲程内吸入的空气数量）。在步骤 A20 内，然后根据发动机载荷按照上面说过的公式计算出基本驱动持续时间  $t_B$ 。进一步，在步骤 A30 内，将基本驱动持续时间  $t_B$  乘上各种燃料修正因数  $f$  并进行其他处理以便计算出燃料喷射持续时间  $t_{AU}$ 。

根据燃料喷射持续时间便可完成传统的燃料喷射（步骤 A40）。

接下来说明膨胀冲程的燃料喷射控制（增添燃料喷射控制），这个膨胀冲程的燃料喷射控制是在早喷射模式或晚喷射模式的条件下选用稀燃料运行模式时完成的。图 5（B）示出的控制是在以早喷射模式进行膨胀冲程的燃料喷射时完成的。

首先完成步骤 B10 和 B20 的处理。即在步骤 B10 内读出催化剂温度  $\theta_{c.c}$ 。然后在步骤 B20 内确定催化剂温度  $\theta_{c.c}$  是否高于目标温度  $\theta_0$ 。

如果确定催化剂温度  $\theta_{c.c}$  等于或低于目标温度  $\theta_0$ ，那么就完成步骤 B30 到 B90 的处理以便进行膨胀冲程的燃料喷射控制。如果催化剂温度  $\theta_{c.c}$  高于目标温度，那么程序就返回，不再进行膨胀冲程的燃料喷射控制。

在膨胀冲程的燃料喷射控制中，首先完成步骤 B30 到 B60 的处理以便设定膨胀冲程的喷射开始时间  $T_{INJ}$ 。

具体地说，在步骤 B30 内读出目标载荷（目标  $P_e$ ）、发动机速率  $N_e$ 、冷却剂温度  $\theta_w$ 、一次燃烧的点燃定时和 EGR 率。接下来在步骤 B40 内，根据发动机速率  $N_e$  和目标载荷  $P_e$ ，从预先存储的指示图上读出膨胀冲程的基本喷射开始时间  $T_{bINJ}$ 。在步骤 B50 内，用 EGR 率、冷却剂温度  $\theta_w$  和一次燃烧的点燃定时  $T_{IG}$  修正基本喷射开始时间  $T_{bINJ}$ ，接着在步骤 B60 内，设定膨胀冲程的喷射开始时间  $T_{INJ}$ 。

然后完成步骤 B70 到 B90 的处理以便设定膨胀冲程的喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$ 。

具体地说，在步骤 B70 内读出每一冲程吸入的空气数量  $Q$  和目标 A/F。其次，在步骤 B80 内，从每一气缸每一周期内吸入的空气数量  $Q$  确定在一次燃烧后在气缸内仍然剩留的氧的数量并根据氧的数量计算出燃料数量  $M_{fuel}$ 。进一步，在步骤 B90 内，用喷射开始时间  $T_{INJ}$  和催化剂温度  $\theta_{c.c}$  修正在膨胀冲程内喷射增添燃料的基本驱动持续时间  $t_B$ ，并根据这个设定，完成在膨胀冲程内增添燃料的喷射。

按照本实施例用于缸内喷射内燃机的废气加热系统，如上所述，增添燃料是在一次燃烧的火焰仍然存在的时间（即火焰持续时间）内喷入的。由于不需另外安排任何具体的装置，可保证增添燃料的燃烧，因此废气能被可靠地加热，于是一个优点是催化剂温度  $\theta_{c.c}$  能够迅速地达到

目标温度 $\theta_0$ 。

由于不需安排任何另外的装置，因此达到催化剂 9 活化的时间可以缩短，导致另一个优点是在废气内有害成分（HC、CO、NO<sub>x</sub>）的含量能够减少。

另外，增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$  被设定在火焰的持续时间内，不管该持续时间如何随着各种参数而变化。因此增添燃料的燃烧能够得到保证，从而废气能够可靠地被加热。这样也可导出一个优点，即催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 能够迅速达到目标温度 $\theta_0$ 。

还有另一个优点是，即使对于稀 NO<sub>x</sub> 催化剂 9A，催化剂温度也能可靠地被加热并迅速地达到目标温度 $\theta_0$ 。

从促进催化剂 9 加热的立场来说，最好将稀 NO<sub>x</sub> 催化剂 9A 安排在发动机的附近（即在排气通道 3 的最上游侧）。但这是做不到的，因为稀 NO<sub>x</sub> 催化剂 9A 的耐热性比三元催化剂 9B 还要低。第一实施例的废气加热系统具有这样一个优点，即尽管催化剂 9 被安排在远离发动机的位置上；仍能使废气得到的温度高到足以使催化剂 9 活化。

如同上面提到过的，第一实施例根据各种参数同时考虑火焰持续时间中的火焰消失时间而将喷射开始时间  $T_{INJ}$  设定在最佳时刻（例如接近火焰消失时间的定时）。反过来也可能将喷射开始时间  $T_{INJ}$  设定在预定的固定时刻而改变各种参数使火焰消失时间设定在相对于喷射开始时间  $T_{INJ}$  为最佳的时刻。

今后这个变型将被称为第一实施例的第一变型。

按照第一变型，喷射开始时间设定单元 116 如同上面所说第一实施例那样设有基本喷射开始时间设定单元 116A 和火焰消失时间计算单元 116B。另外，喷射开始时间设定单元 116 还设有一个功能部（火焰持续时间调节单元）116C 以使用来完成一次燃烧的火焰持续时间的调节，亦即用来完成作为火焰持续时间的终止时间的火焰消失时间的调节。利用火焰持续时间调节单元 116C，有可能确实地调节废气再循环率、空气燃料比和一次燃烧的点燃定时这些对一次燃烧的火焰持续时间有影响的参数。

为此目的，火焰持续时间调节单元 116C 设有控制单元 116C1 用来

调节废气流率、空气燃料比和点燃定时这些对一次燃烧的火焰持续时间有影响的参数的控制量，还设有一个存储单元 116C2 用来存储对应于各个参数控制量的火焰持续时间。火焰持续时间调节单元 116C 从存储单元 116C2 上读出与各个参数有关的控制量，所说控制量被要求用来设定火焰持续时间以便满足催化剂 9 活化在一定程度上的需要，然后用控制单元 116C1 来调节各个参数使达到这些控制量，从而使火焰持续时间得到调节。

存储单元 116C2 设有多幅指示图，这些图指出与废气流率、空气燃料比和点燃定时这些对一次燃烧的火焰持续时间有影响的参数的控制量所对应的火焰持续时间。

图 7 ( A ) 为第一指示图 ( 7A )，该图指出火焰持续时间和作为各该火焰持续时间的终止时间的火焰消失时间。火焰持续时间是在事先设定的与热释放率的变化相适应。而这些变化又对应于与一次燃烧时废气再循环率 ( ECR 率 ) 有关的控制量。第一指示图 ( 7A ) 这样被设定使火焰持续时间随着废气再循环率的增大而变长。

图 7 ( B ) 为第二指示图 ( 7B )，该图示出火焰持续时间和作为各该火焰持续时间的终止时间的火焰消失时间。火焰持续时间是在事先设定的与热释放率的变化相适应。而这些变化又对应于与一次燃烧时空气燃料比 ( A/F ) 有关的控制量。第二指示图 ( 7B ) 这样被设定使当空气燃料比变稀时火焰持续时间随之而变长。

图 7 ( C ) 为第三指示图 ( 7C )，该图指出火焰持续时间和作为各该火焰持续时间的终止时间的火焰消失时间。火焰持续时间是在事先设定的与热释放率的变化相适应。这些变化又对应于与一次燃烧时点燃定时  $T_{IG}$  有关的控制量。第三指示图 ( 7C ) 这样被设定使火焰持续时间随着点燃定时延迟的增大而变长。

在图 7 ( A ) 到图 7 ( C ) 的每一幅图中，用阴影线划出的区段指出火焰持续时间。界线 X 和对应于与相应参数有关的控制量的热释放率曲线的交点指出对应于与同一参数有关的控制量的火焰消失时间。

为了调节废气再循环率，火焰持续时间调节单元 116C 从图 7 ( A ) 所示的第一指示图 ( 7A ) 上读出与废气再循环率有关的控制量并用来在

催化剂温度传感器 26 所确定的温度降低时延长火焰持续时间。火焰持续时间调节单元 116C 于是用控制单元 116C1 控制废气再循环率控制单元 104，从而得到所需的控制量。

为了调节点燃定时，火焰持续时间调节单元 116C 从图 7 ( B ) 所示的第二指示图 ( 7B ) 上读出与点燃定时有关的控制量并用来在催化剂温度传感器 26 所确定的温度降低时延长火焰持续时间。火焰持续时间调节单元 161C 于是用控制单元 116C1 控制点燃定时控制单元 107，从而得到所需的控制量。

在另一方面，为了调节空气燃料比，火焰持续时间调节单元 116C 从图 7 ( C ) 所示的第三指示图 ( 7C ) 上读出与空气燃料比有关的控制量并用来在催化剂温度传感器 26 所确定的温度降低时延长火焰持续时间。火焰持续时间调节单元 116C 于是用控制单元 116C1 控制传统的燃料喷射控制单元 103，从而得到所需的控制量。

然后用喷射开始时间设定单元 116 设定增添燃料的喷射开始时间，使增添燃料的喷射在火焰持续时间调节单元 116C 所调节的火焰持续时间之内进行。

举例说，假定催化剂 9 的活化不够充分，因此有需要提高废气的温度，如同发动机以稀薄的空气燃料比连续运行时那样。由于按照本变型的废气加热系统如上所说那样构造，废气再循环率控制单元 104 被火焰持续时间调节单元 116C 控制使废气被调节到只是以一小部分 ( 大约 20 % 或最多为这样 ) 进行再循环，这样就可使一次燃烧的火焰持续时间延长。另外，增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$  可用喷射开始时间设定单元 116 来设定使增添燃料喷射在火焰持续时间调节单元 116 所调节的火焰持续时间之内。顺便说一下，这种废气的控制如再循环率是在催化剂温度  $\theta_{c.c}$  多少低于活化温度时进行的。

与废气再循环率没有被火焰持续时间调节单元 116 进行控制的情况 ( 废气再循环率: 0 ) 相比，上述控制能够减少由增添燃烧取得的热能发放到膨胀冲程上的热释放率，因此在增添燃料喷射数量相同的情况下，废气能够得到较高的温度。这样就能更有效地加热废气，从而带来另一个优点，即催化剂温度  $\theta_{c.c}$  能够很快达到目标温度  $\theta_0$ 。另外，废气

的净化效率能够由于废气的再循环而增加。

如果需要显著地提高废气的温度以便使催化剂 9 活化，如同当发动机冷却时开动发动机所遇到的情况，那么可用废气再循环率控制单元 104 将废气再循环率设定为 0，以便保留足够的氧来满足增添燃料燃烧的需要，这时不需用火焰持续时间调节单元 116C 的控制单元 116C 来进行控制。

在用上述方式减少废气再循环率或使它降为零而加热废气时，可允许另外的新鲜空气流入，其数量可相当于废气再循环率的减少或降低。这样可导致吸入空气数量的增加，从而使一次燃烧后在气缸内多余氧的剩留数量增加。这样便可能增加增添燃料的喷射数量以便在增添燃烧时产生较多的热。因此能提高废气的加热率。

如果由于催化剂 9 的活化不足而需提高废气的温度，如同发动机以稀薄的空气燃料比连续运行时所遇到的情况那样，这时可用火焰持续时间调节单元 116C 控制点燃定时控制单元 107 来延迟点燃定时  $T_{IG}$ ，以便使一次燃烧的火焰消失时间延迟，另外可用喷射开始时间设定单元 116 设定增添燃料的喷射开始时间  $T_{INJ}$ ，使增添燃料在火焰持续时间调节单元 116C 所调节好的火焰持续时间内喷射。

结果，与没有用火焰持续时间调节单元 116C 调节点燃定时  $T_{IG}$  的情况相比，由增添燃烧取得的热能可将较小的部分用于气体在膨胀冲程内的膨胀，因此虽然增添燃料按相同的数量喷入，废气却能较为有效地加热到较高的温度。这样就带来一个优点，即催化剂温度  $\theta_{c.c}$  能够比较快地提高到目标温度  $\theta_0$ ，还有一个优点是单位燃料消耗率可显著地降低。

如同上面所说的控制废气再循环率和点燃定时那样，从增添燃烧取得的可供支配的热能也可通过一次燃烧的空气燃料比的调节有效地用来使废气得到高温度，调节时根据上面提到的图 7 ( B ) 的指示图 ( 7B )，将空气燃料比往稀薄侧调节到这样的程度使燃烧室内的最大压力和对应于该最大压力的曲柄角不再变化。

另外，图 8 ( A )、8 ( B ) 和 8 ( C ) 用曲线图示出喷射增添燃料时热释放率对应于各个控制量而发生的变化。喷射时通过火焰持续时

间调节单元 116C 调节废气再循环率、一次燃料的空气燃料比和一次燃料的点燃定时可使火焰消失时间延迟，换句话说，亦即可使火焰持续时间延长。在这些曲线图中，实线曲线所指为传统情况，其时作为废气加热参数的废气再循环率、一次燃料的空气燃料比和一次燃料的点燃定时没有被改变。

从这些曲线图可以知道，即使增添燃料按相同的数量喷射，只要调节每一个这样的参数就能使取自增添燃烧的热能用来使气体在膨胀冲程中膨胀的份额减少，从而能将废气加热到较高的温度。

接下来说明第一实施例的第二变型。

按照第二变型，特别是当发动机处在低温开动而需要使催化剂 9 活化时，用喷射开始时间设定单元 116 设定喷射开始时间，使增添燃料如上所述在火焰持续时间之内喷入，其时基于一次燃料的喷射而产生的一次燃烧的火焰仍在膨胀冲程中逗留；而当催化剂 9 达到或接近目标温度后发动机要转到另一种运行状态时（例如空转运行状态或减速运行状态），此时催化剂温度  $\theta_{c.c}$  将会降落到一个低于目标温度  $\theta_0$  的温度。喷射开始时间设定单元 116 应重新设定喷射开始时间，使增添燃料在一比低温开动所用喷射定时更晚的定时进行喷射，即在火焰持续时间之后进行喷射（例如在膨胀冲程终止时或在排气冲程内），然后用催化剂 9 促使废气内仍然停留在未燃状态的燃料燃烧来加热并使催化剂进一步活化。

这样，增添燃料不是在膨胀冲程内喷入而是在膨胀冲程之后喷入。因此就能减少取自增添燃烧的有效热能被用于气体膨胀做功的可能性，从而可带来废气能被有效地加热的优点。

那就是，特别是在低温开动而需要使催化剂活化时，使废气在膨胀冲程内再燃烧，从而使废气温度显著地提高到能有效地使催化剂活化。另外，在催化剂温度  $\theta_{c.c}$  达到或接近目标温度  $\theta_0$  后而发动机要转到空转运行状态或减速运行状态时，催化剂温度有可能回落的情况下，利用催化剂 9 促使废气内仍然停留在未燃状态的燃料燃烧。这样便可带来催化剂能被有效地活化的优点。

在上述第二变型中，增添燃料的喷射定时被改变为膨胀冲程内的专

门定时（火焰持续时间）或比专门定时还要晚的定时，取决于增添燃料的喷射是在开动时进行还是在开动以外的其他运行状态下进行。但改变喷射定时的基础并不仅限于这样一种在运行状态上的改变。

作为一种替代方案，可设置一个检测单元以使用来检测或估计由催化剂温度传感器 26 确定的催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 是否不低于一个最低温度（预先设定的温度），在该温度，增添燃料即废气中仍然停留在未燃状态的燃料能在催化剂（废气净化装置）中燃烧。根据检测单元的输出，便可用喷射开始时间设定单元 116 设定喷射开始时间。

首先，当催化剂温度传感器 26 所确定的催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 被检测或估计为等于或高于预先设定的温度时，喷射开始时间设定单元 116 这样设定喷射开始时间使增添燃料在火焰持续时间之后喷射（例如在膨胀冲程终止时或在排气冲程内）。

结果，废气中仍然停留在未燃状态的燃料（即增添燃料）被允许在催化剂中燃烧，未燃的碳化氢因此在催化剂内燃烧而不被用于气体的膨胀做功，从而催化剂的加热能够有效地完成。

在另一方面，当催化剂温度传感器 26 所确定的催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 被检测或估计为低于预先设定的温度时，废气中仍然停留在未燃状态的气体不能在催化剂内进行燃烧。因此喷射开始时间设定单元 116 这样设定喷射开始时间，使增添燃料的喷射在火焰仍然存在的火焰持续时间内（例如在膨胀冲程内）进行。

这样可保证增添燃料在气缸内燃烧，使催化剂能被加热而不必发放在未燃状态的增添燃料。顺便说一下，上述最低温度低于目标温度 $\theta_0$ ，而该目标温度 $\theta_0$ 为使催化剂进入活化状态所需的温度。

另外，如果燃料喷射数量，即燃料喷射持续时间（从而喷射器驱动持续时间）在由喷射持续时间设定单元 102 按照上述各个参数设定时，废气能被更有效地加热。

接下来说明第二实施例。如图 10 所示，用于缸内喷射内燃机的第二实施例的废气加热系统与第一实施例不同之处在于增添燃料喷射控制单元 102 设有不同的喷射持续时间设定单元 114。

具体地说，本实施例的喷射持续时间设定单元 114 设有一个气缸指



定单元 118B 如图 10 所示，使该气缸指定单元 118B 规定一个或多个特定的气缸来在其内喷射增添燃料以便调节增添燃料的喷射数量。

用于缸内喷射内燃机的按照本实施例的废气加热系统的其余构造与上面说过的第一实施例的情况类似，因此其说明在这里从略。

气缸指定单元 118B 指定一个或多个气缸用来喷射增添燃料。即当催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 显著低于目标温度 $\theta_0$ 时，它被考虑在所有四个气缸内进行增添燃料喷射。在这种情况下，气缸指定单元 118B 就指定所有四个气缸进行增添燃料喷射。

在另一方面，当催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 略微低于目标温度 $\theta_0$ 时，只要在一个或几个气缸中进行增添燃料的喷射就足够了，其时每一气缸进行一次燃烧冲程从而构成一个单独的燃烧周期。在这种情况下，气缸指定单元 118B 只指定这样一个或几个气缸以便在其中进行增添燃料的喷射。

在这种情况下，作为这样一个或几个在其中喷射增添燃料的气缸，可选用一个或几个特定的气缸。作为替代方案也可完成多个燃烧周期而在每一个燃烧周期内选用一个或几个气缸以便在其中进行增添燃料的喷射。

接下来采用一个例子来说明，在该例子中，在每一个燃烧周期中增添燃料喷射只在一个气缸中进行。在一如图 4 所示的四缸发动机中，燃烧是按照第一气缸（# 1）、第三气缸（# 3）、第四气缸（# 4）和第二气缸（# 2）的次序顺序发生的。在每一燃烧周期的过程中，第一、第三、第四和第二气缸都各进行一次燃烧冲程，而增添燃料的喷射能够总是只在一个特定的气缸（例如第一气缸）上进行。

作为替代方案，增添燃料喷射也可在每一个燃烧周期中依次选用所有气缸，例如，在一给定的燃烧周期中只在第一气缸内进行增添燃料喷射，在下一个燃烧周期内只在第三气缸内进行另一次增添燃料喷射，在接下来的燃烧周期中只在第四气缸中进行另一次增添燃料的喷射，而在更下面的燃烧周期中只在第二气缸内进行又一次的增添燃料喷射，等等。

作为另一个替代方案，也可根据需要只选用几个气缸（例如第一气缸和第四气缸）来进行增添燃料的喷射，例如，在一给定的燃烧周期内

只在第一气缸内进行增添燃料的喷射，在下一个燃烧周期内只在第四气缸内进行另一个增添燃料的喷射，在接下来的燃烧周期内又只在第一气缸内进行再一个增添燃料的喷射，而在更下面的燃烧周期内又只在第四气缸内进行又一个增添燃料的喷射，等等。

另外，当增添燃料喷射每一燃烧周期只在两个气缸或三个气缸内进行时，可只采用特定的气缸或采用所有的气缸或几个气缸按照适当的次序来进行。

这些只依靠几个气缸的增添燃料的喷射方法当然不仅可适用于四缸发动机，也可适用于其他型式的发动机。

为了喷射增添燃料，气缸指定单元 118B 是这样指定一个或多个特定气缸的，在催化剂温度 $\theta_{C.C}$ 从目标温度 $\theta_0$ 降落下来时只有多个气缸被指定用来喷射增添燃料，而当催化剂温度 $\theta_{C.C}$ 比目标温度 $\theta_0$ 低到至少一个预定值时增添燃料将喷射到基本上所有的气缸内。

下面将说明在本实施例中喷射持续时间设定单元 102 在膨胀冲程内设定喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$  的情况，包括用气缸指定单元来指定气缸。

由于用气缸指定单元 118B 来指定气缸相当于在上述第一实施例中根据催化剂温度 $\theta_{C.C}$ 来修正燃料数量（相当于  $t_{PLUS}$ ），因此首先说明前提，即用喷射持续时间设定单元 102B 设定在膨胀冲程内喷射器的驱动时间  $t_{PLUS}$ ，然后再说明用气缸指定单元 118B 指定气缸。

首先将说明用喷射持续时间设定单元 114 来设定膨胀冲程上喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$ 。这个在膨胀冲程上喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$  的设定是在一个基本驱动持续时间  $t_B$  上修正而成，而该基本驱动持续时间  $t_B$  被喷射开始时间用来作为在膨胀冲程内喷射增添燃料的基础。

这里，基本驱动持续时间  $t_B$ ，如同上述第一实施例那样计算，而用膨胀冲程上喷射开始时间  $T_{INJ}$  来修正也是用与上述第一实施例类似的方式来进行。

因此，膨胀冲程上喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$  可用下列公式确定：

$$t_{PLUS}=t_B \times k_1$$

接下来说明用气缸指定单元 118B 来指定一个或多个气缸。

对气缸指定单元 118B 来说，每一个要在膨胀冲程内进行增添燃料喷射的气缸的数目（今后被称为进行喷射的气缸数） $N_{INJ}$  根据催化剂温度  $\theta_{c.c}$  而被设定，因此调节进行喷射的气缸数就能根据催化剂温度  $\theta_{c.c}$  来调节燃料数量。

具体地说，根据催化剂温度传感器 26 检测到的催化剂温度  $\theta_{c.c}$  用气缸指定单元 118B 来修正燃料数量的情况如图 17（C）所示，即用确定进行喷射的气缸数  $N_{INJ}$  的办法，换句话说，根据催化剂温度  $\theta_{c.c}$  并参照预先设定的对应于各种催化剂温度  $\theta_{c.c}$  的气缸数指示图（17C），或增或减进行喷射的气缸数  $N_{INJ}$  来修正燃料数量。

如图 17（C）所示，气缸数指示图（17C）是这样被设定来调节燃料数量的，当催化剂温度  $\theta_{c.c}$  较低时，增添燃料在所有的气缸内进行喷射，而当催化剂温度  $\theta_{c.c}$  升高并接近目标温度  $\theta_0$  时，进行喷射的气缸数  $N_{INJ}$  就减少了。

按照如上所述设定的喷射开始时间  $T_{INJ}$  和喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$ ，除了传统的燃料喷射外，在膨胀冲程内还进行增添的燃料喷射如图 11 所示。顺便说一下，在图 11 所示的情况内，膨胀冲程的增添燃料喷射只是在被指定为特定气缸的第一气缸（# 1）内进行。

由于用于缸内喷射内燃机的按照本发明第二实施例的废气加热系统是按照上述方式构造的，因此能够象第一实施例（见图 5（A））那样进行传统的燃料喷射控制，而且还可如图 12 所示那样，对增添燃料喷射进行控制（膨胀冲程的燃料喷射控制。）

由于传统的燃料喷射控制与在第一实施例中所进行的方式类似，其说明因此从略。

而本系统的增添燃料喷射控制与第一实施例系统的增添燃料喷射控制的不同点只是在于步骤 C90。

即从步骤 C10 到 C80，都分别与步骤 B10 到 B80 对应并进行类似的处理，因此其说明在这里从略。

在步骤 C90 内，根据喷射开始时间  $T_{INJ}$ ，修正在膨胀冲程内作为增添燃料喷射基础的基本驱动持续时间  $t_B$ ，从而设定膨胀冲程的喷射器驱动持续时间  $t_{PLUS}$ 。

另外，为了设定对应于催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 的燃料数量，根据催化剂温度 $\theta_{c.c}$ ，参照在图 17 ( C ) 中示出的预先设定的气缸数指示图 ( 17C ) 确定进行喷射的气缸数  $N_{INJ}$ 。

术语“进行喷射的气缸数”指出当曲轴旋转超过  $720^\circ$  时在其中每一个气缸内进行喷射的气缸的数目。如图 17 ( C ) 所示，增添燃料喷射当催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 较低时是在多个汽缸 ( 在本例为所有汽缸 ) 内进行的，随着催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 的升高，进行喷射的气缸数也就减少。

如上所述，在减少用来进行增添燃料喷射的气缸的数目时，燃料喷射可用如上所述的方式进行，即只是采用一个或多个特定的气缸，或在每一燃烧周期中依次采用一个或多个气缸但并不是所有气缸而进行喷射的气缸也不限于任何特定的气缸。

由于用于缸内喷射内燃机的本实施例的废气加热系统是按上述方式构造的，所以它具有与第一实施例类似的优越效果。

另外，由于增添喷射的燃料数量可根据催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 通过调节进行喷射的气缸数来设定，因此具有这样的优点，即可加热催化剂 9 而不会在实际上损害每单位燃料的里程数。

即，增添燃料能被喷射到一个或多个特定的气缸内，所有这些气缸被指定在多于一个燃烧周期内采用。当催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 略微低于目标温度 $\theta_0$ 时，这样做便可将催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 提高到目标温度 $\theta_0$ 。而尽量减少对每公里燃料里程数的损害，还可防止催化剂 9 的过热。

当催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 继续降低到目标温度 $\theta_0$ 以下时，进行喷射的气缸数便可增加，而当催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 降低到一个至少比目标温度 $\theta_0$ 低的预定值时，增添燃料可喷射到基本上所有的气缸内，这样催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 就能迅速地被提升到目标温度 $\theta_0$ 。

接下来说明第三实施例。用于缸内喷射内燃机的第三实施例的废气加热系统的构造类似图 13 所示的第二实施例，与第二实施例的系统不同之处在于增添燃料喷射控制单元 102 设有两个功能部即一个喷射定时设定单元 110 和一个喷射持续时间设定单元 114。从本质上来说，用于缸内喷射内燃机的本实施例的废气加热系统的不同之处在于在膨胀冲程内增添燃料要被喷射两次。

在本实施例中，点燃定时设定单元 110 设有一个功能部（划分喷射开始时间设定单元） 122 以使用来设定多个划分喷射的喷射开始时间，使由喷射数量计算单元 112 确定的增添燃料喷射数量被划分成多个部分（ $N$  个部分），而喷射持续时间设定单元 114 设有一个功能部以便设定多个划分喷射的喷射持续时间。在本实施例中，增添燃料的喷射数量被划分成为两个部分。因此第一划分喷射为第（ $N - 1$ ）个划分喷射，而第二划分喷射为第  $N$  个划分喷射。

首先，划分喷射开始时间设定单元 122 要将第一（第  $N - 1$ ）个喷射开始时间  $T1_{INJ}$  和第二（第  $N$ ）个喷射开始时间  $T2_{INJ}$  都至少设定在膨胀冲程上。

在这两个划分喷射开始时间中，在膨胀冲程内的第一喷射开始时间  $T1_{INJ}$  是用与第一实施例中的膨胀冲程喷射开始时间  $T_{INJ}$  类似的方式计算出来的。

另一方面，在膨胀冲程上的第二喷射开始时间  $T2_{INJ}$  是根据在膨胀冲程上的第一喷射开始时间、冷却剂温度  $\theta_w$ 、和对气缸内的剩余氧可喷射的燃料数量确定的。最好将膨胀冲程第二喷射开始时间设定在排气阀开启的紧前刻。

因为如同上面参照图 9 连系第一实施例说明过的，这样能够有效地利用增添燃烧的热能。

这将结合图 16 更详细地予以说明。如果第一增添燃料喷射是在一次燃烧的对应于曲线 A 指出的热释放率的火焰持续时间内尽可能晚的时刻进行，火焰持续时间就可延长如曲线 B 所示。另外，如果第二增添燃料喷射在曲线 B 指出的第一增添燃料喷射的火焰持续时间内尽可能晚的时刻进行，那么火焰持续时间还可延长如图中的虚线（一长两短划线）所示，因此热能中被用来膨胀作功的份额就可变小。结果从增添燃烧取得的热能就能更有效地用来加热废气。

另外，喷射持续时间设定单元 114 被设计为至少将第一（第  $N - 1$ ）个喷射器驱动持续时间  $t1_{PLUS}$  和第二（第  $N$ ）个喷射器驱动持续时间  $t2_{PLUS}$  设定在膨胀冲程内。而且喷射持续时间设定单元 114 上所设的气缸指定单元 118B 指出进行喷射的气缸数。

这个喷射持续时间设定单元 114 还被设计用来设定膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  和膨胀冲程第二喷射器驱动持续时间  $t_{2PLUS}$ ，使增添燃料按一次燃烧后气缸内剩余氧所可允许的燃料数量  $M_{fuel}$  喷入。

具体地说，由喷射持续时间设定单元 114 设定的膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  是在膨胀冲程内作为喷射增添燃料基础的基本驱动持续时间  $t_B$  上进行修正而成，修正是根据膨胀冲程第一喷射开始时间  $t_{1INJ}$  和冷却剂温度  $\theta_w$  进行的。

即，膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  是在基本驱动持续时间  $t_B$  的基础上修正而设定的，其时燃料按这样的数量被喷射，使火焰消失时间能被延迟并能尽可能接近地向排气阀的开启定时靠拢。最好燃料按这样的数量喷射使火焰消失时间延迟到排气阀的开启定时。另外，膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  这样设定，使喷射的燃料数量小于膨胀冲程第二燃料喷射的喷射数量。这样便可使从增添燃烧取得的热能只有较小的一部分用来在膨胀冲程内膨胀气体，并且还可提高单位燃料的里程数。

基本驱动持续时间  $t_B$  如同上面说过的第一和第二实施例那样用类似的方式计算出来，因此其说明在这里从略。基本驱动持续时间  $t_B$  应算成膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  与膨胀冲程第二喷射器驱动持续时间  $t_{2PLUS}$  两者之和。

另外，用膨胀冲程第一喷射开始时间  $t_{1INJ}$  来修正也和上面说过的第一和第二实施例用喷射开始时间  $T_{INJ}$  来修正那样以类似的方式进行，因此其说明在这里从略。

另外，用冷却剂温度  $\theta_w$  作为发动机温度来修正是这样进行的，根据冷却剂温度  $\theta_w$ ，参照指示图 (17D)，在该图内列出喷射百分比因数相对于各种冷却剂温度  $\theta_w$  之值，如图 17 (D) 所示，因此可以确定喷射百分比因数 (第三喷射持续时间修正因数)  $K_3$ ，然后用这喷射百分比因数  $K_3$  乘上基本驱动持续时间  $t_B$  ( $t_B \times k_3$ )。

指示图 17 (D) 是这样设定的，如图 17 (D) 所示，随着冷却剂温度  $\theta_w$  的升高，膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间会变短。具体地说，指示图 17 (D) 是这样设定的，使当冷却剂温度  $\theta_w$  较低时，第一喷射

器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  (即第  $N - 1$  个划分喷射数量) 的百分比变得比第二喷射器驱动持续时间  $t_{2PLUS}$  (即第  $N$  个划分喷射数量) 的百分比大。指示图 17 (D) 还这样设定, 使当冷却剂温度  $\theta_w$  升高时, 第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  (即第  $N - 1$  个划分喷射数量) 的百分比变得比第二喷射器驱动持续时间  $t_{2PLUS}$  (即第  $N$  个划分喷射数量) 的百分比小。

按照上述方式, 膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  可由下列公式确定:

$$t_{1PLUS} = t_B \times k_1 \times k_3$$

其次, 由喷射持续时间设定单元 114 设定膨胀冲程第二喷射器驱动持续时间  $t_{2PLUS}$  是这样进行的, 首先要有一个基本驱动持续时间  $T_B$  作为在膨胀冲程内进行增添燃料喷射的基础, 然后根据膨胀冲程第二喷射开始时间  $T_{2INJ}$  和冷却剂温度  $\theta_w$  修正  $T_B$ 。

基本驱动持续时间  $t_B$  如同上述设定膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  那样按类似的方式被计算出来。

另外, 用膨胀冲程第二喷射开始时间  $T_{2INJ}$  修正  $T_B$  如同上述设定膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  那样按类似的方式进行。

另外, 用冷却剂温度  $\theta_w$  修正  $T_B$  如同上述设定膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  那样进行, 即根据冷却剂温度  $\theta_w$ , 参照指示图 17 (D), 在该图内事先列出相对于各种冷却剂温度  $\theta_w$  的喷射百分比因数, 如图 17 (D) 所示, 因此可以确定喷射比率 (或百分比) 因数  $k_3$ , 然后将基本驱动持续时间  $t_B$  乘上  $(1 - k_3)$ , 其中  $k_3$  为所取得的喷射百分比因数  $[t_B \times (1 - k_3)]$ 。

这样, 膨胀系统第二喷射器驱动持续时间  $t_{2PLUS}$  便可用下列公式确定。

$$t_{2PLUS} = t_B \times k_1 \times (1 - k_3)$$

根据催化剂温度修正燃料数量是这样进行的, 用气缸指定单元 118B 按照上述第二实施例中类似的方式, 调节气缸的数目, 在该每一个气缸内进行增添燃料的喷射。具体地说, 就是根据催化剂温度  $\theta_{c.c}$ , 参照图 17 (D) 所示预先设定的指示图 17 (D), 确定增加或减少进行喷射的气缸数来进行修正。

按照这样设定的喷射开始时间  $T_{1INJ}$ 、 $T_{2INJ}$  和喷射持续时间  $t_{1PLUS}$ 、 $t_{2PLUS}$ ，除了传统的燃料喷射以外，在膨胀冲程内进行增添的燃料喷射，如图 14 所示。顺便说一下，在图 14 所示情况下，膨胀冲程的增添燃料喷射是在所有气缸内进行的。

由于用于缸内喷射内燃机的按照本发明第三实施例的废气加热系统是用上述方式构造的，因此能够如同第一和第二实施例那样〔见图 5 (A)〕进行传统燃料喷射的控制，并且另外还能进行增添燃料喷射（膨胀冲程燃料喷射）的控制，例如图 15 所示出的那样。

由于传统燃料喷射的控制与在第一和第二实施例中所进行的类似，因此其说明在这里从略。

本系统与第一实施例的系统在增添燃料喷射控制上的不同只是在于步骤 D60 和步骤 D90。即步骤 D10 到 D50 分别相当于步骤 B10 到 B50，步骤 D70 和 D80 分别相当于 B70 和 B80，并进行类似的处理，因此其说明在这里从略。

在步骤 D60 内，膨胀冲程第一喷射开始时间  $T_{1INJ}$  是由划分喷射开始时间设定单元 122 设定的。

另一方面，在步骤 D90 内，膨胀冲程第二喷射开始时间  $T_{2INJ}$  是由喷射开始时间设定单元 102A 根据膨胀冲程第一喷射开始时间  $T_{1INJ}$ 、冷却剂温度  $\theta_w$ 、对气缸内多余氧可喷射的燃料数量  $M_{fuel}$  确定的。

另外，膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  和膨胀冲程第二喷射器驱动持续时间  $T_{2PLUS}$  都是由喷射持续时间设定单元 114 确定的。

即，膨胀冲程第一喷射器驱动持续时间  $t_{1PLUS}$  是根据膨胀冲程第一喷射开始时间  $T_{INJ}$  和冷却剂温度  $\theta_w$  修正基本驱动持续时间  $T_{1INJ}$  而确定的，而膨胀冲程第二喷射器驱动持续时间  $t_{2PLUS}$  是根据膨胀冲程第二喷射开始时间  $T_{2INJ}$  和冷却剂温度  $\theta_w$  修正基本驱动持续时间  $t_B$  而确定的。

另外，进行喷射的气缸数  $N_{INJ}$  是由喷射持续时间设定单元 114 所装备的气缸指定单元 118B 确定的。

由于用于缸内喷射内燃机的按照本实施例的废气加热系统的构造如同上面所述的那样，因此它能具有与第一和第二实施例类似的有利效果。



另外，当一次燃烧的火焰依然残留时进行第一喷射能够延长火焰的持续时间。这使它有可能延迟第二喷射开始时间  $T_{2INJ}$ （最好延迟到膨胀冲程的终端），因此增添燃烧的热能够有效地被利用。这样便能得到这样的优点，即增添燃烧的热能用来加热废气并能使催化剂温度  $\theta_{C.C}$  迅速升高到目标温度  $\theta_0$ 。

在用于缸内喷射内燃机的本实施例的废气加热系统内，增添燃料的喷射被进行两次。但并不仅限于两次，而是可进行多次（N次）。

当增添燃料被划分成多个部分进行喷射时，就不再一定需要设定第一次喷射的喷射数量使其火焰保持到废气阀开启前的紧前时刻。这时能够设定第二次或随后一次喷射的喷射数量使火焰消失时间延长到废气阀开启前的紧前时刻。就最后一次（第N次）增添燃料的喷射而言，最好将其定时设定在废气阀开启前的紧前时刻，使最后一次（第N次）增添燃料喷射相当于第三实施例中的第二次增添燃料喷射。最好还将最后一次增添燃料喷射的喷射数量设定在一个尽可能大的值。

在本实施例中，根据催化剂温度  $\theta_{C.C}$  来修正燃料数量是通过调节用来在膨胀冲程进行增添燃料喷射的气缸的数目来达到的。但也可能调节每一气缸内增添燃料的喷射数量如同第一实施例那样。

毋庸说得，本发明并不仅限于上面所说的这些实施例。例如，在每一个上述实施例中，一次燃烧时剩留的氧数量是根据每一气缸吸入的空气数量  $Q$  和目标  $A/F$  来确定的，而在进行膨胀冲程的喷射时，要通过燃料喷射阀喷入的燃料数量是根据氧的数量确定的。但这个喷射数量也可被设定为一个固定的喷射数量使这样喷入的燃料进行增添燃烧。

另外，在每一个上述实施例中，催化剂温度传感器 26 被安排为一个净化装置温度计算单元。催化剂温度  $\theta_{C.C}$  直接由催化剂温度传感器 26 检测出来。根据检测结果，决定催化剂 9 是否需要加热（作为一个具有这种功能的单元，可设有一个催化剂加热决定单元）。如果催化剂被决定需要加热，那么再进行膨胀冲程喷射。为了简化控制，也可根据其他情况来决定是否进行膨胀冲程喷射。例如用一个开动时发动机温度检测单元检测在开动时发动机温度（冷却剂温度是否超过一个预定的温度），或者用一个经时检测单元检测从开动后经过一段时间（一段根据开动时

的冷却剂等的温度设定的可变的或固定的时间)的变化。作为另外的替代方案,也可根据开动检测单元的输出情况使膨胀冲程喷射总是能在开动后不久进行。顺便说一下,在每一个上述实施例中,发动机温度检测单元、经时检测单元和开动检测单元都与作为净化装置温度计算单元的催化剂温度传感器 26 相适应。

另外,在上述第二实施例中设有气缸指定单元 118B。利用该气缸指定单元 118,用来进行膨胀冲程喷射的气缸的数目(包括使用所有的气缸)可根据催化剂温度 $\theta_{c.c}$ 而变化。作为替代方案,也可能例如在事前指定一个或多个特定的气缸(预定的气缸)用来进行膨胀冲程喷射而不是在进行膨胀冲程喷射时改变所用的气缸。

图 1

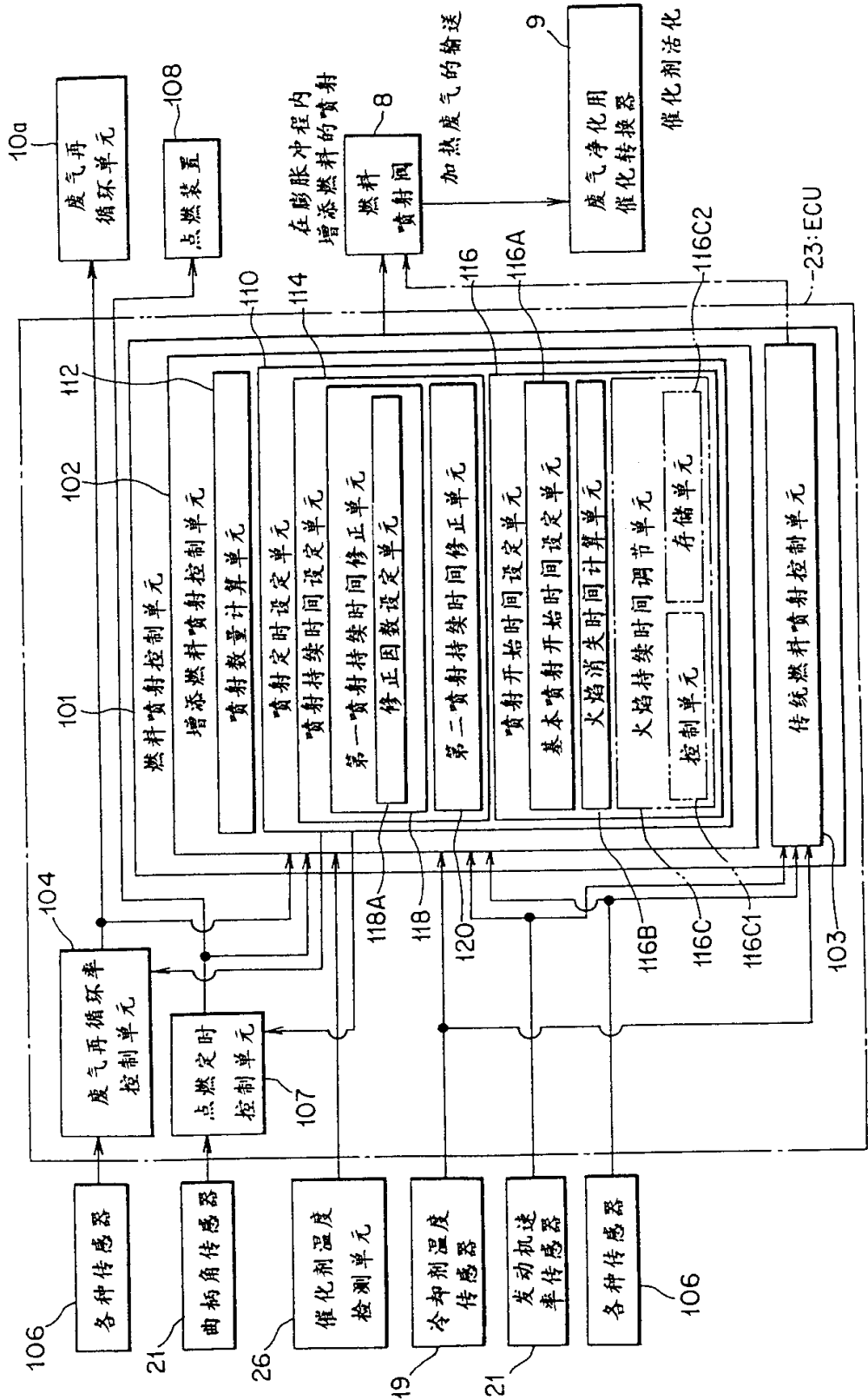


图 2

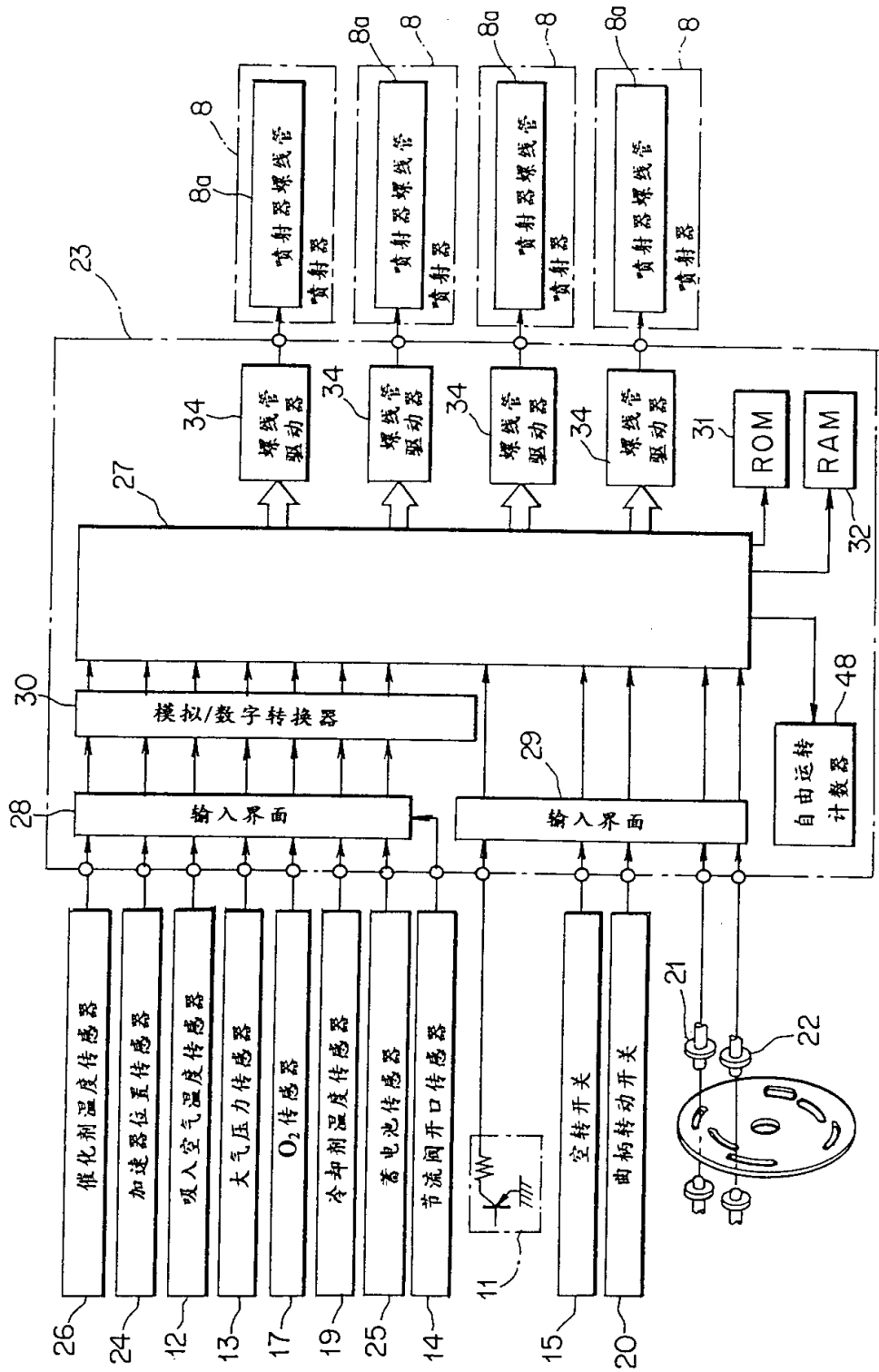


图 3

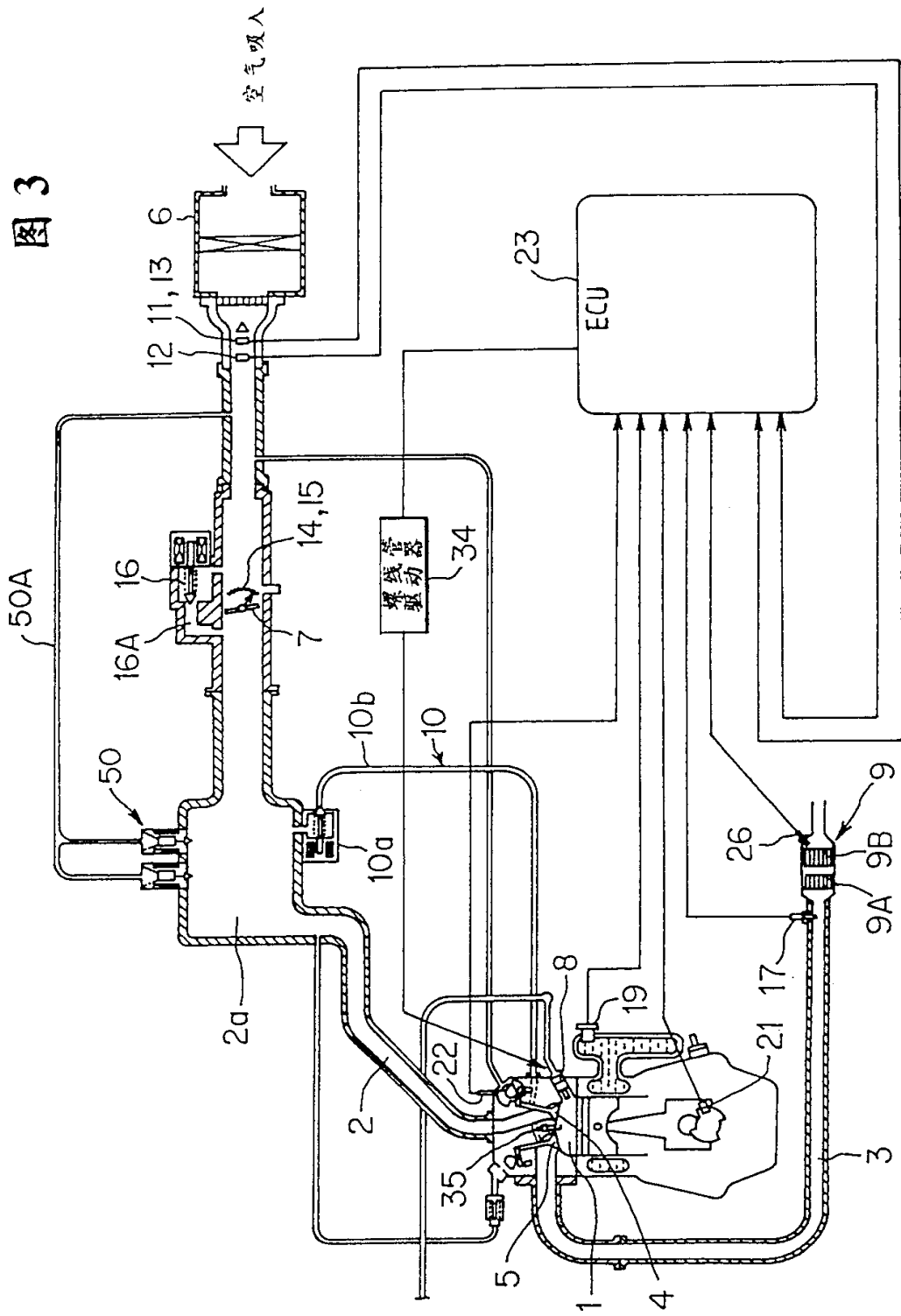


图 4

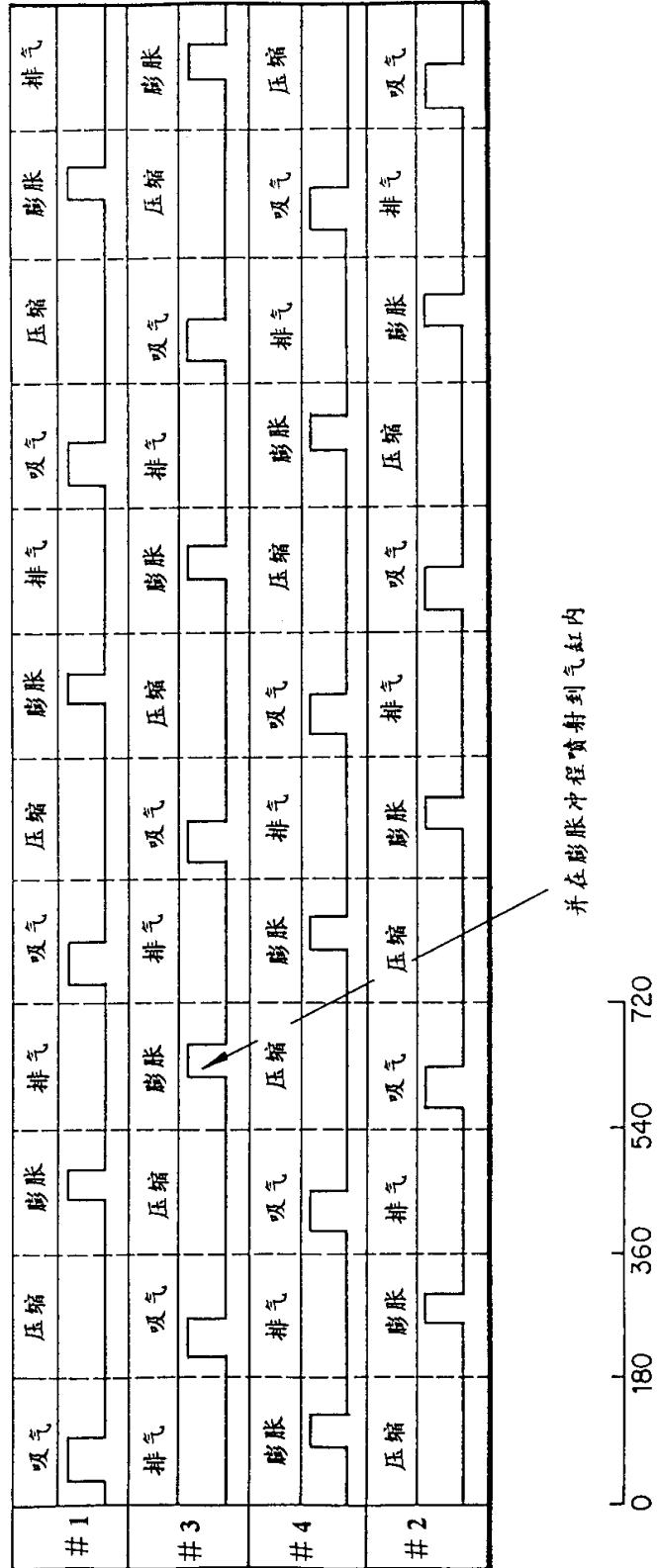


图 5 ( A )

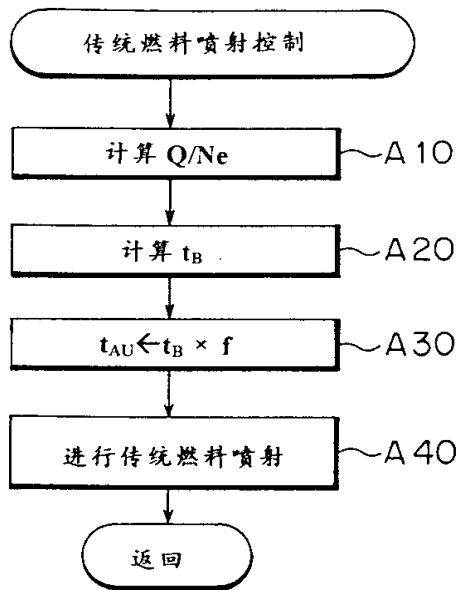


图 5 ( B )

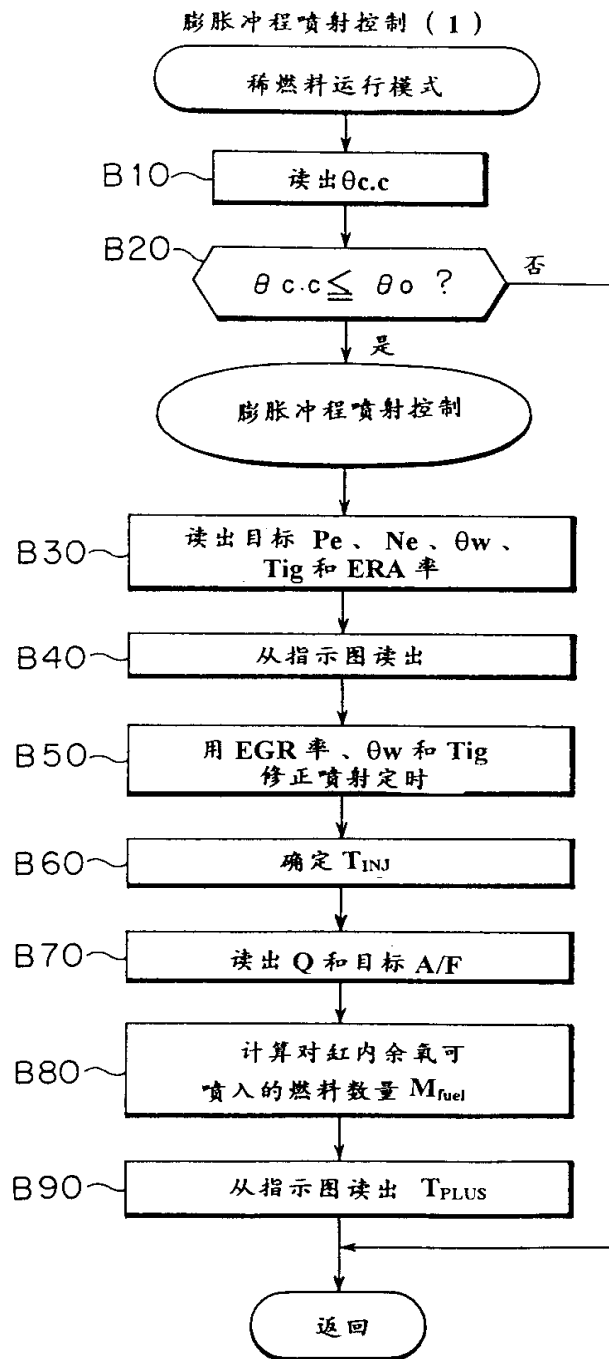


图 6 ( A )

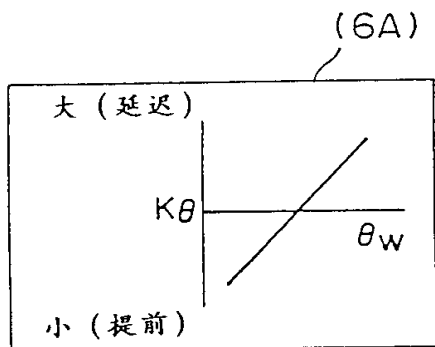


图 6 ( B )

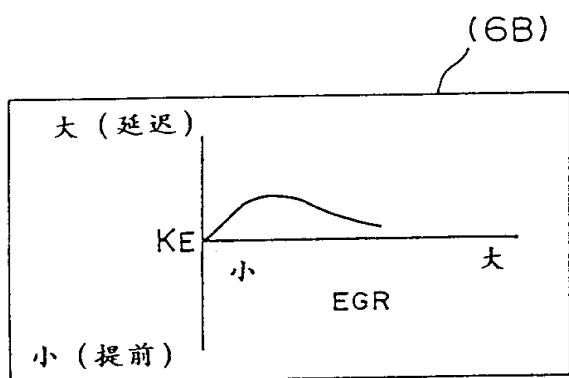


图 6 ( C )

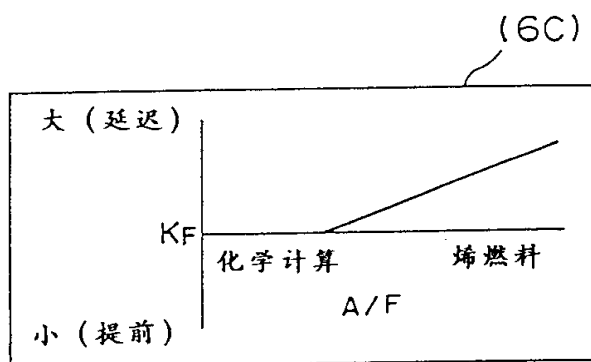


图 6 ( D )

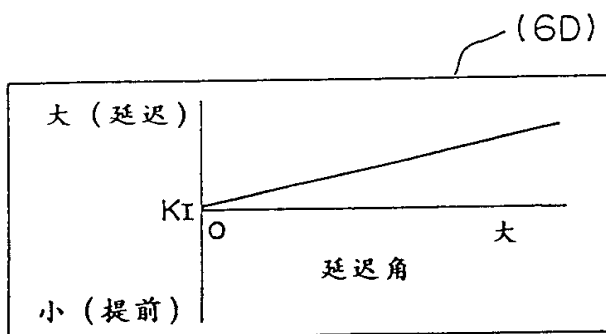




图 7 ( A )

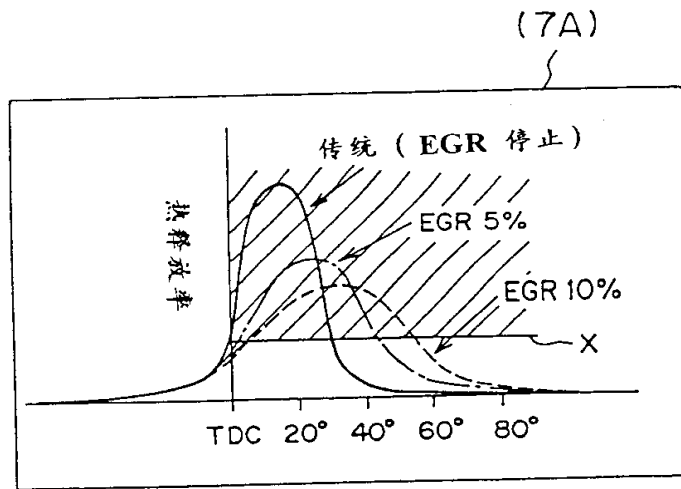


图 7 ( B )

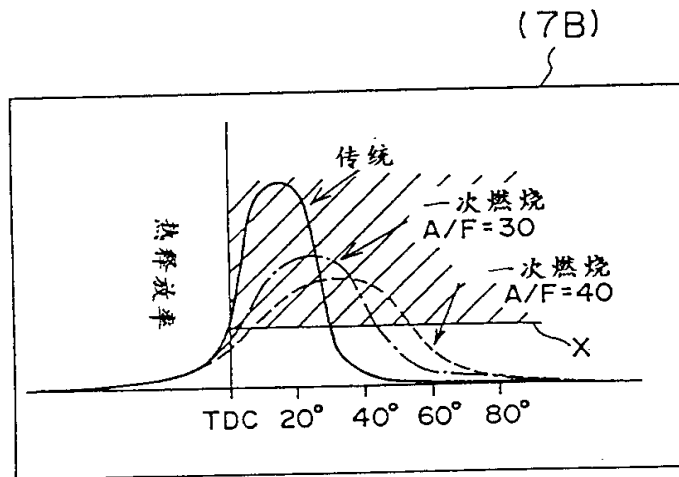


图 7 ( C )

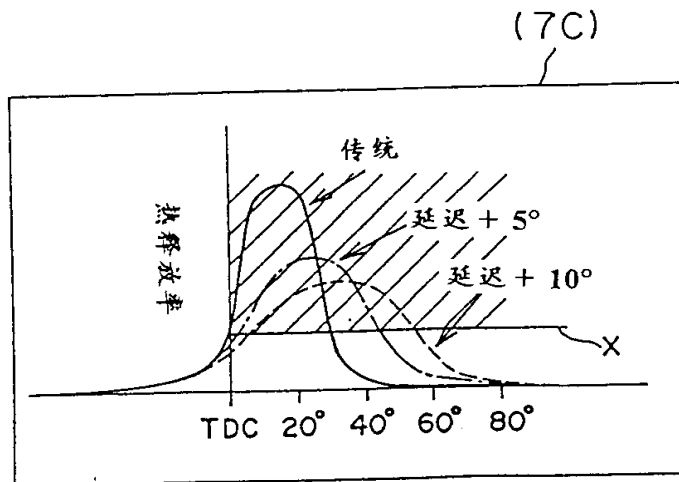


图 8 ( A )

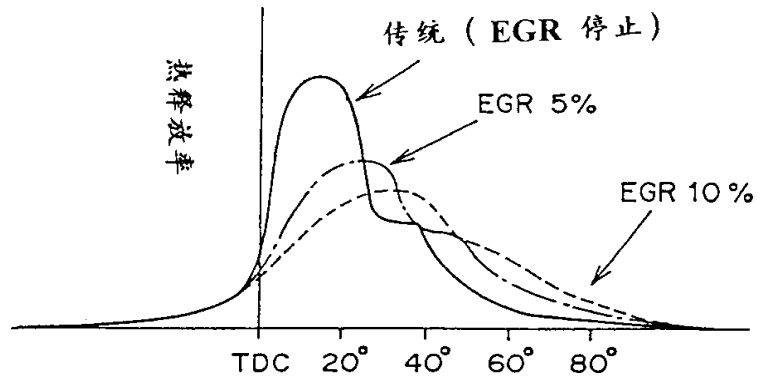


图 8 ( B )

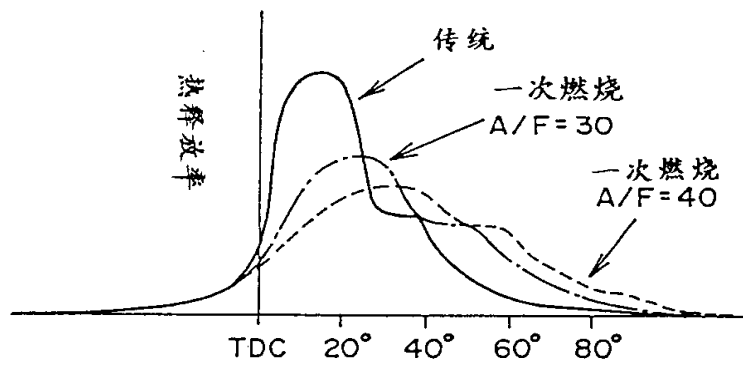


图 8 ( C )

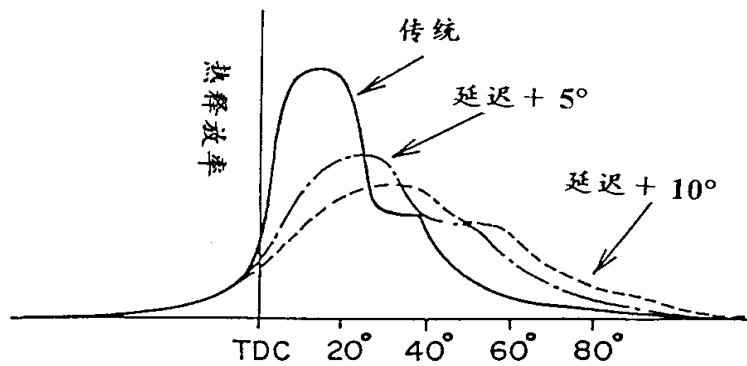


图 9

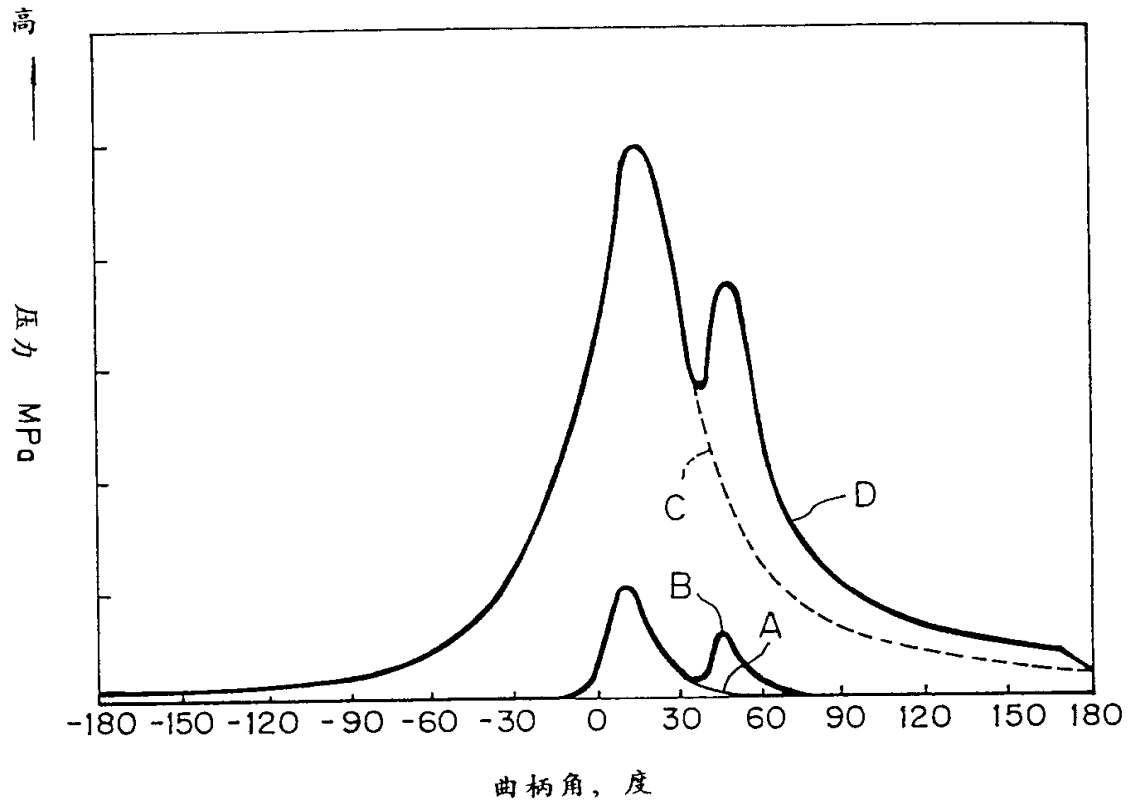


图 10

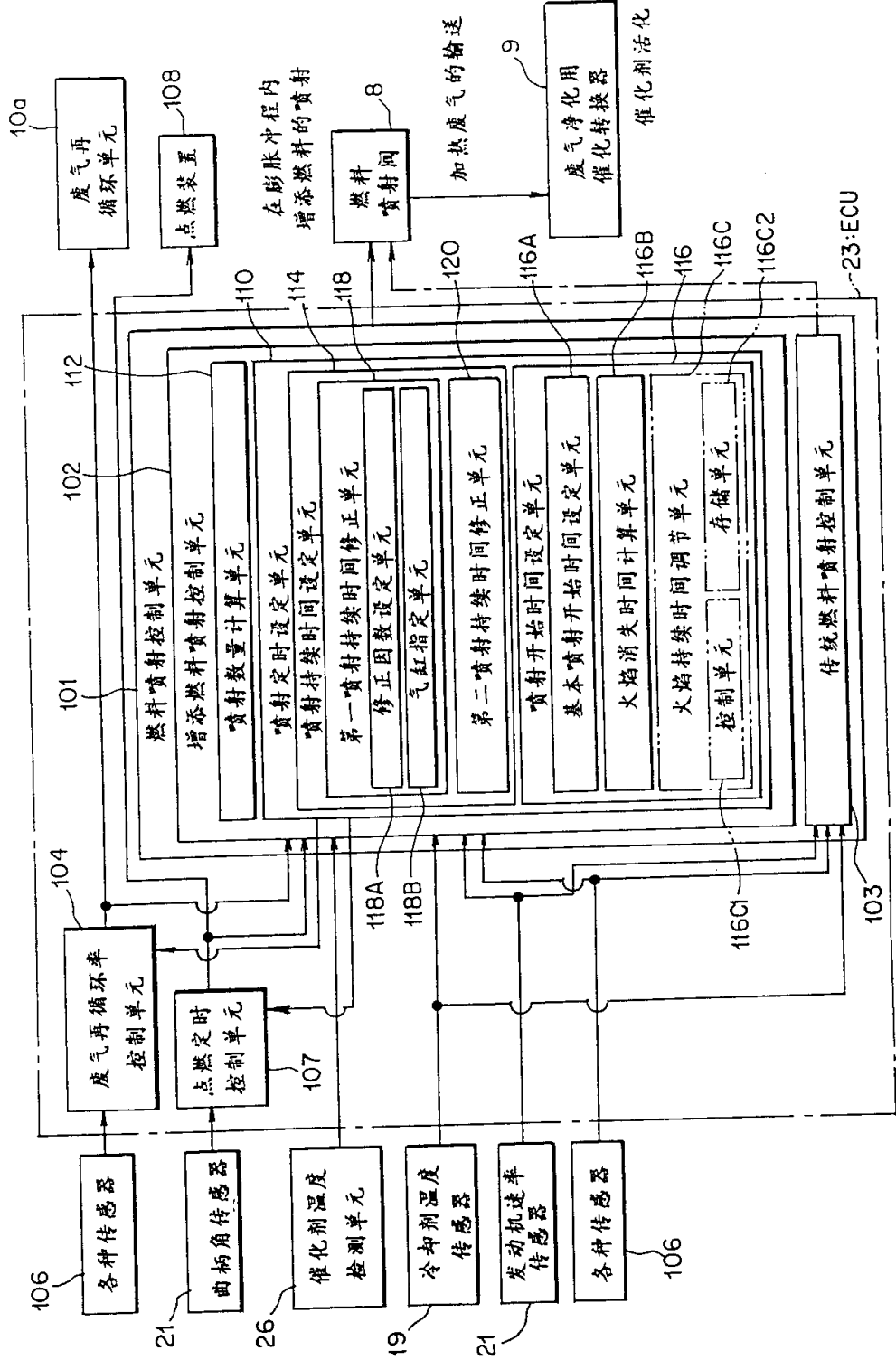
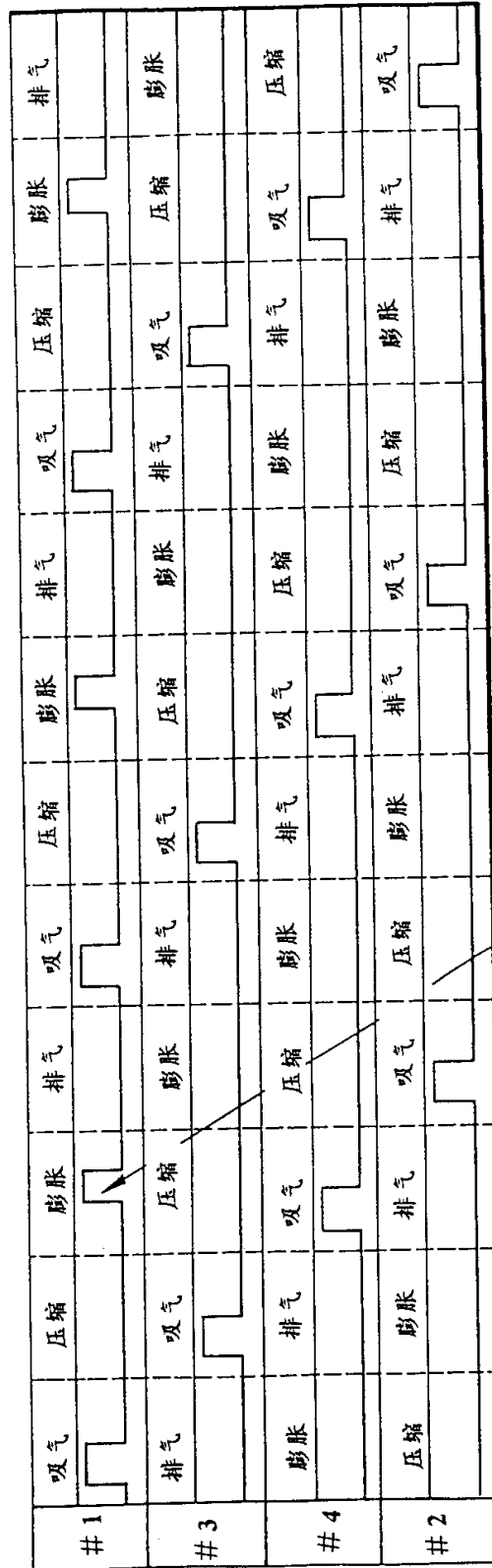
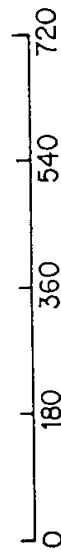


图 11



并在膨胀冲程喷射到气缸内



曲柄角

# 图 12

## 膨胀冲程喷射控制 (2)

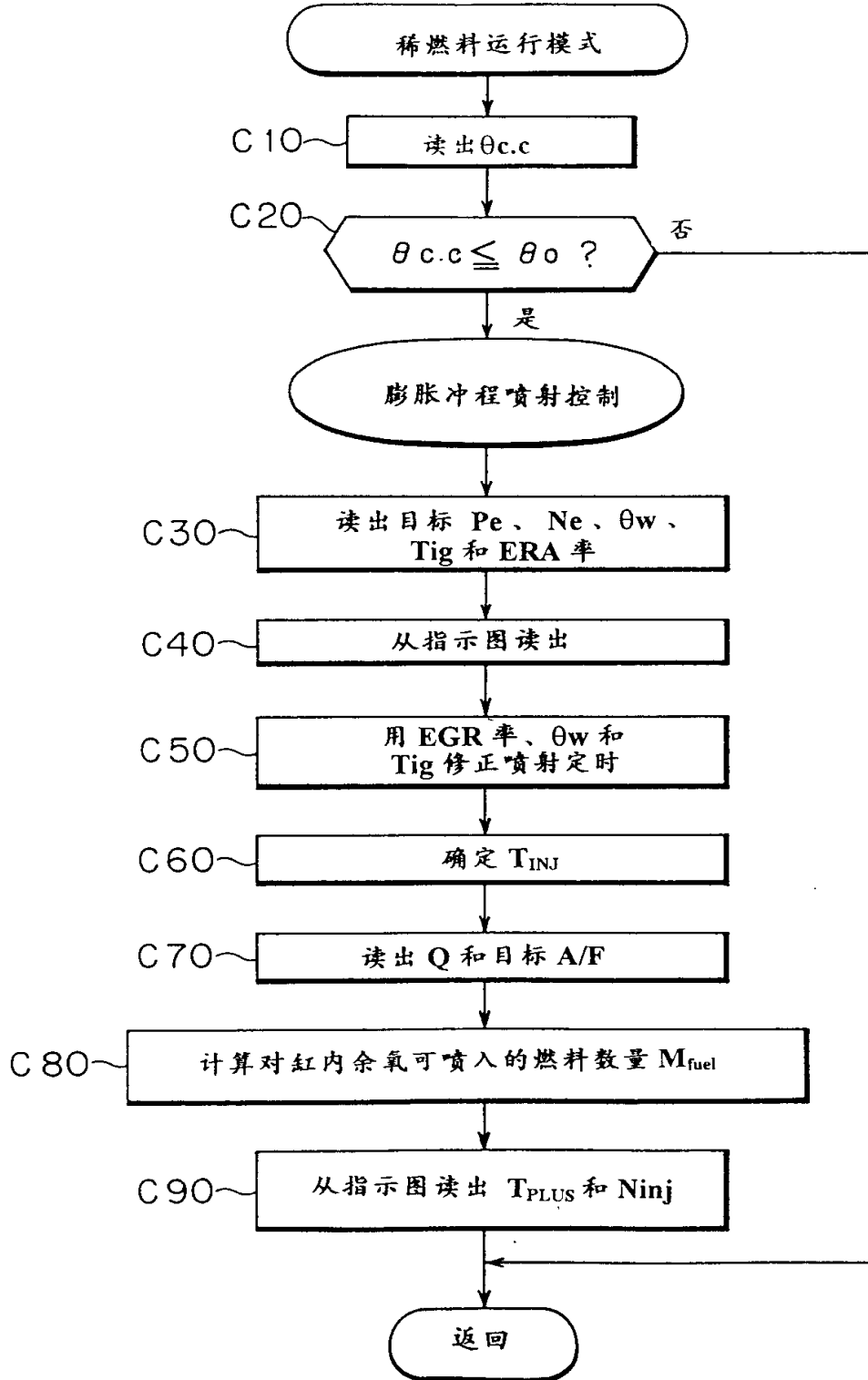


图 13

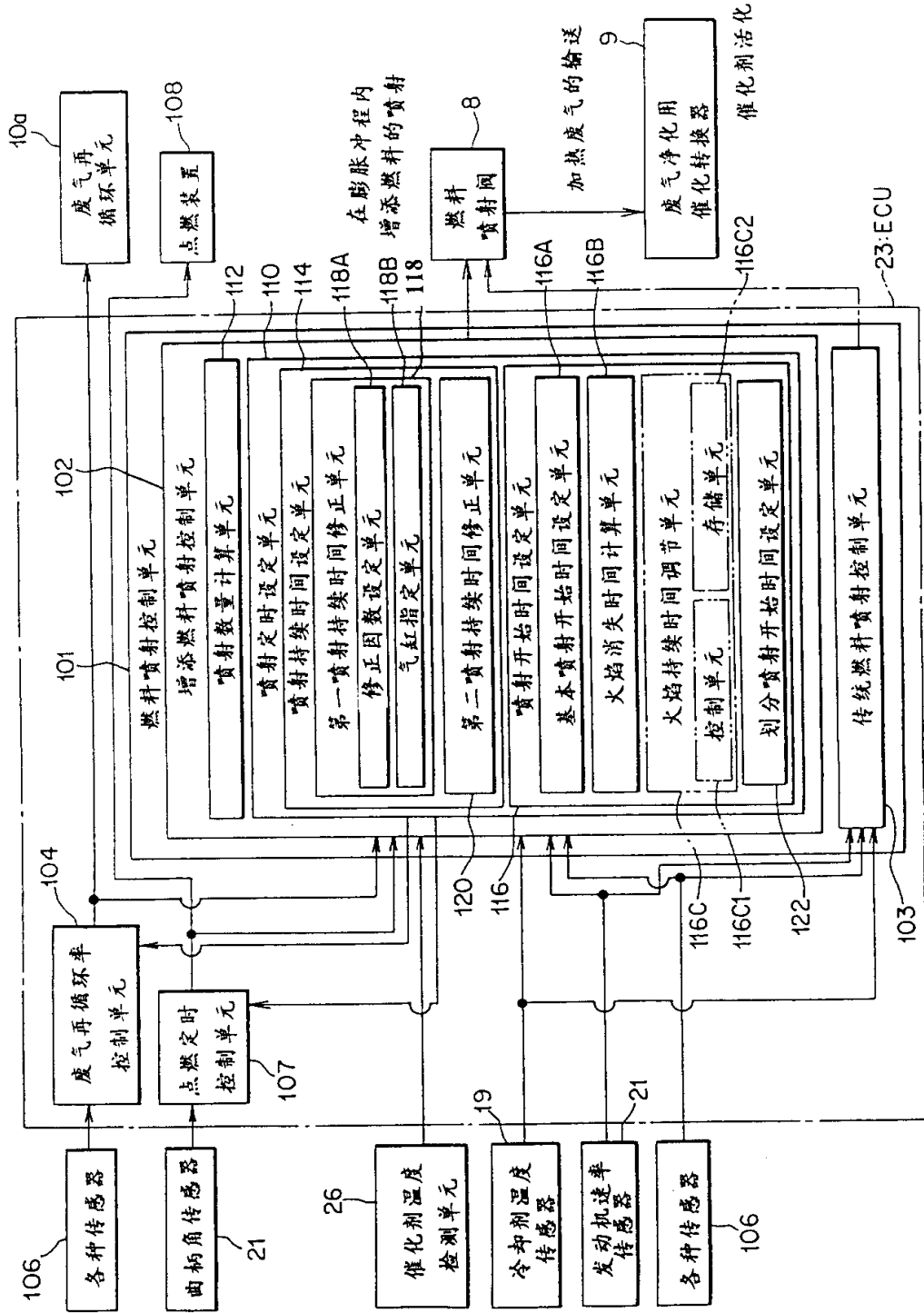
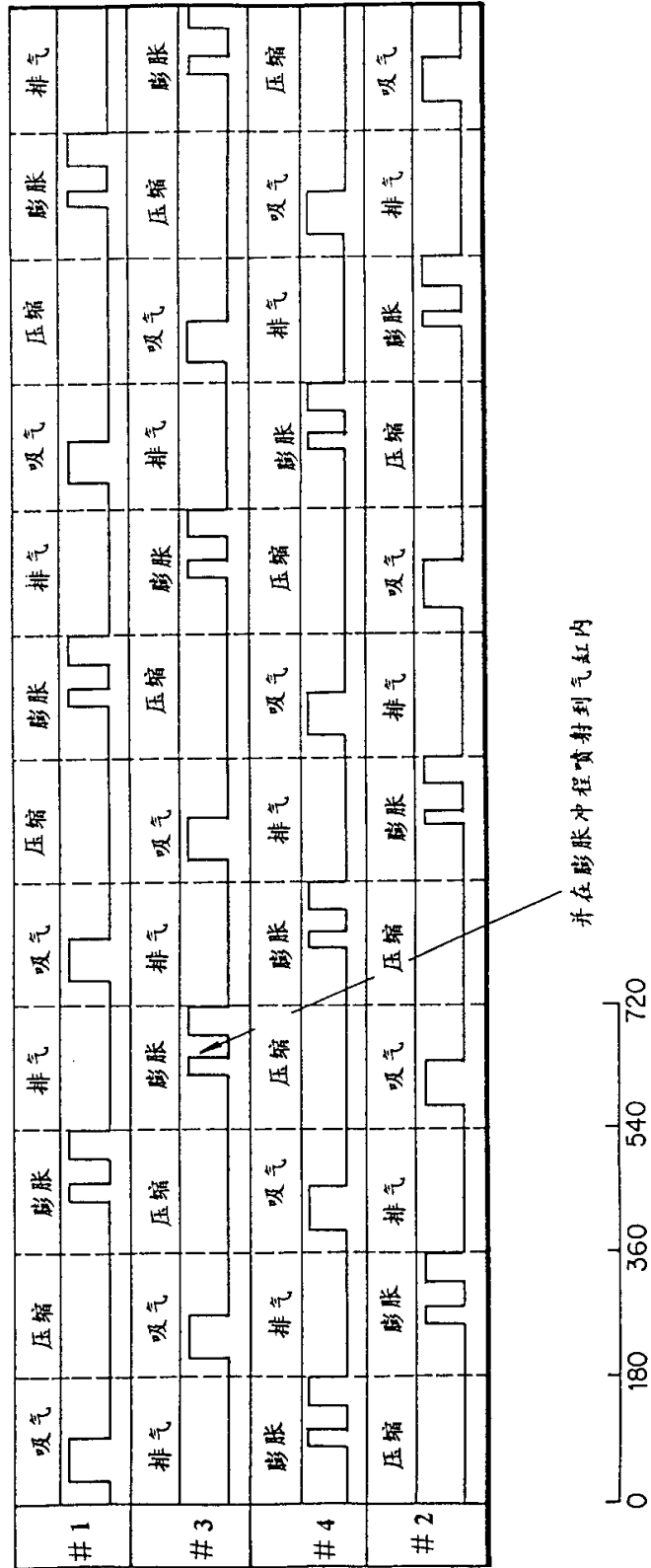


图 14



曲柄角



图 15

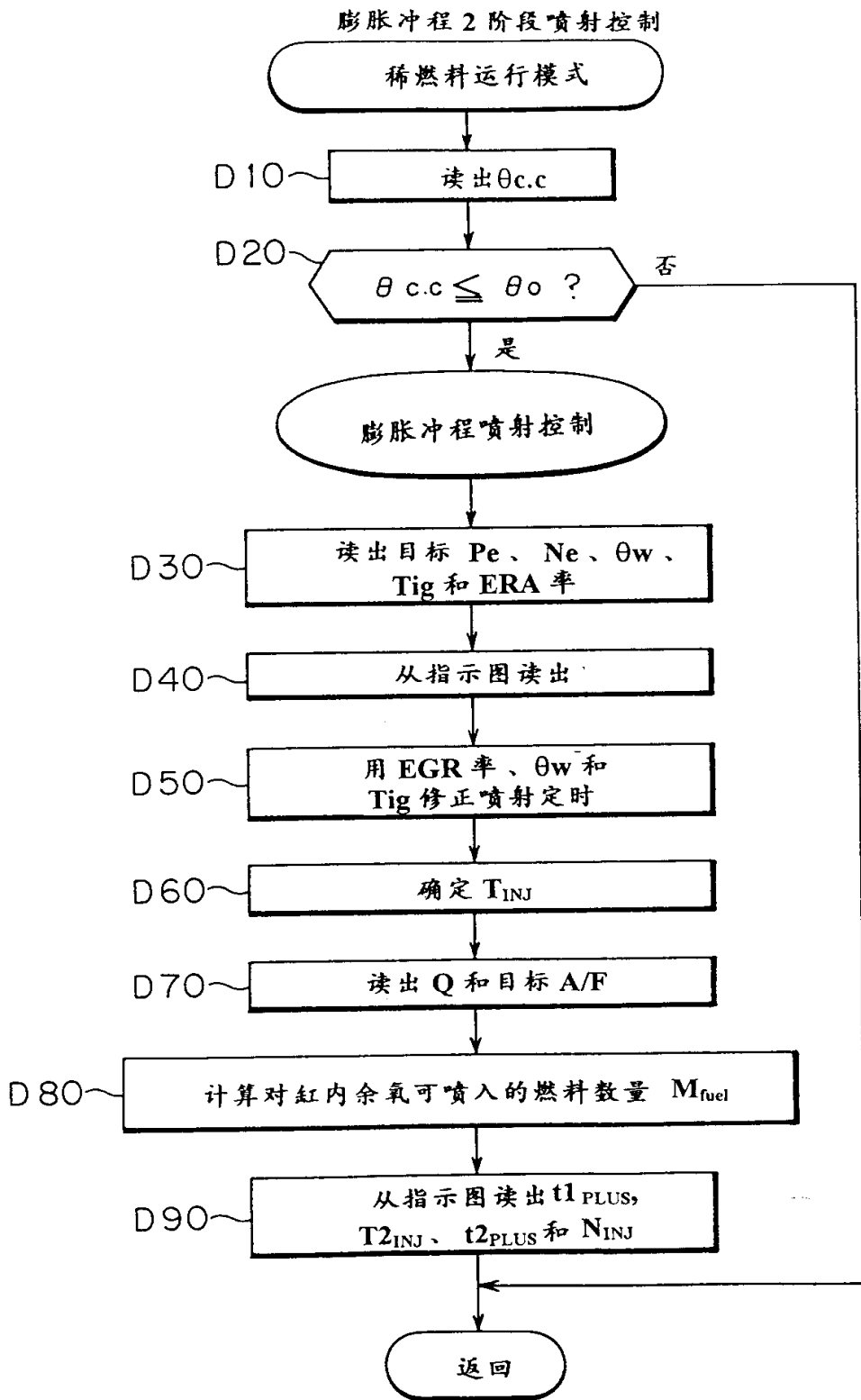


图 16

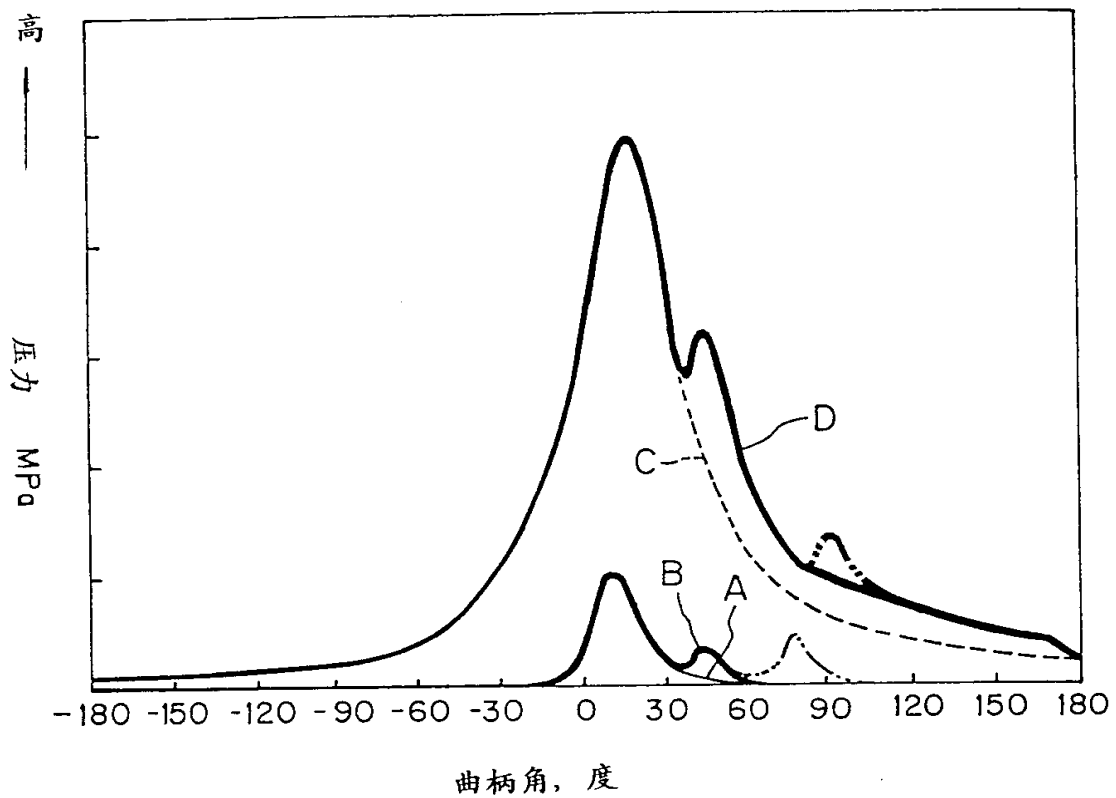


图 17 ( A )

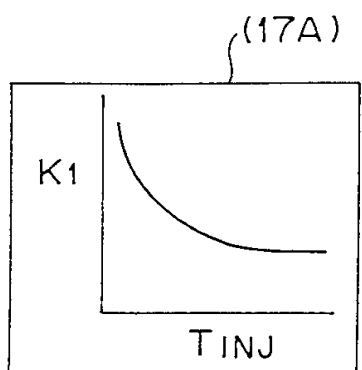


图 17 ( B )

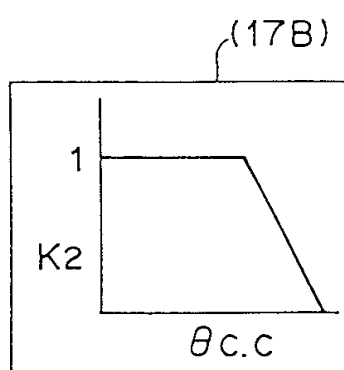


图 17 ( C )

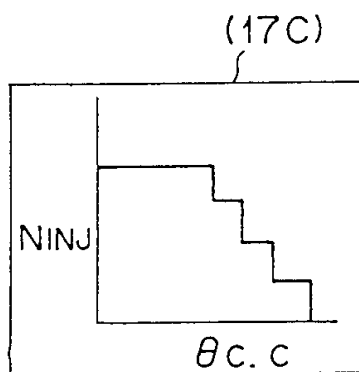


图 17 ( D )

