

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

F02D 41/00

F02M 25/07



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99813222.5

[43] 授权公告日 2003 年 4 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 1107162C

[22] 申请日 1999.10.27 [21] 申请号 99813222.5

[30] 优先权

[32] 1998.11.12 [33] JP [31] 322522/1998

[86] 国际申请 PCT/JP99/05948 1999.10.27

[87] 国际公布 WO00/29735 日 2000.5.25

[85] 进入国家阶段日期 2001.5.11

[71] 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 佐佐木静夫 后藤雅人 伊藤丈和

吉崎康二 村田宏树

[56] 参考文献

JP08-303309 1996.11.19

JP09-287528 1997.11.04

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

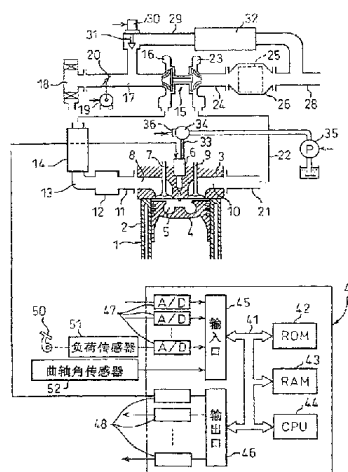
代理人 陈健

权利要求书 2 页 说明书 20 页 附图 17 页

[54] 发明名称 内燃机的控制方法

[57] 摘要

内燃机有选择地进行第 1 燃烧和第 2 燃烧，该第 1 燃烧是燃烧室(5)内的 EGR 气体量比黑烟的发生量为最大值的 EGR 气体量还多、几乎不产生黑烟，第 2 燃烧是燃烧室(5)内的 EGR 气体量比黑烟的发生量为最大值的 EGR 气体量少。在第 1 燃烧和第 2 燃烧进行切换时，喷射时间延迟到压缩至上死点之后。



ISSN 1008-4274

1. 一种内燃机的控制方法，若增大燃烧室内的非活性气体量，黑烟的发生量逐渐增大，达最大值，若进一步增大燃烧室内的非活性气体量，燃烧室内的燃烧时的燃料及其周围的气体温度比黑烟的生成温度还低，几乎不产生黑烟，其特征在于：该内燃机具备有选择地切换第1燃烧和第2燃烧的切换手段，该第1燃烧是燃烧室内的非活性气体量比黑烟的发生量为最大值的非活性气体量还多，几乎不产生黑烟，该第2燃烧是燃烧室内的非活性气体量比黑烟的发生量为最大值的非活性气体量少，在第1燃烧和第2燃烧进行切换时，喷射时间延迟到压缩至上死点之后。

2. 权利要求1所记载的内燃机的控制方法，在第1燃烧和第2燃烧进行切换时，在第1燃烧的基础上，空燃比较稀或为理论空燃比且喷射时间延迟到压缩至上死点之后。

3. 权利要求1所记载的内燃机的控制方法，发动机的运转区域分为低负荷的第1运转区域和高负荷的第2运转区域，在第1运转区域，进行第1燃烧，在第2运转区域进行第2燃烧。

4. 权利要求3所记载的内燃机的控制方法，在第1运转区域内的负荷最高的区域，空燃比较稀或为理论空燃比，喷射时间延迟到压缩至上死点之后。

5. 权利要求4所记载的内燃机的控制方法，具备用于使从燃烧室排出的废气在发动机吸气通道内再循环的废气再循环装置，上述非活性气体由再循环废气构成，在上述负荷最高的区域以外的第1运转区域，废气再循环率大致在百分之55以上，在上述负荷最高的区域内，废气再循环率在百分之55以下。

6. 权利要求1所记载的内燃机的控制方法，在发动机排气通道内配置有具有氧化功能的催化剂。

7. 权利要求6所记载的内燃机的控制方法，该催化剂由氧化催化剂、三元催化剂或NO_x吸收剂中的至少一种所构成。

8. 权利要求1所记载的内燃机的控制方法，在第1燃烧和第2燃烧

进行切换时，在第 1 燃烧的基础上，空燃比较浓且喷射时间延迟到压缩至上死点之后。

9. 权利要求 8 所记载的内燃机的控制方法，发动机的运转区域分为低负荷的第 1 运转区域和高负荷的第 2 运转区域，在第 1 运转区域进行第 1 燃烧，在第 2 运转区域进行第 2 燃烧。

10. 权利要求 9 所记载的内燃机的控制方法，在第 1 运转区域内的负荷最高的区域，空燃比较浓，喷射时间延迟到压缩至上死点之后。

11. 权利要求 10 所记载的内燃机的控制方法，具备用于使从燃烧室排出的废气在发动机吸气通道内再循环的废气再循环装置，上述非活性气体由再循环废气构成，在上述负荷最高的区域以外的第 1 运转区域，废气再循环率大致在百分之 55 以上，在上述负荷最高的区域内，废气再循环率在百分之 55 以下。

12. 权利要求 8 所记载的内燃机的控制方法，在发动机排出通道内配置有 NO_x 吸收剂。

13. 权利要求 1 所记载的内燃机的控制方法，在发动机排气通道内配置有 NO_x 吸收剂，在第 1 燃烧和第 2 燃烧进行切换时，通常在第 1 燃烧的基础上，空燃比较稀或为理论空燃比，且喷射时间延迟到压缩至上死点之后，在应从 NO_x 吸收剂释放出 NO_x 时，在第 1 燃烧和第 2 燃烧进行切换时，在第 1 燃烧的基础上，空燃比较浓，且喷射时间延迟到压缩至上死点之后。

内燃机的控制方法

本发明涉及一种内燃机的控制方法。

以往，内燃机、例如柴油机，为了抑制 NO_x 的产生，用废气再循环（以下称EGR）通道连接发动机排气通道和发动机吸气通道，通过该EGR通道使废气、即，使EGR气体在发动机吸气通道内再循环。在这种场合，EGR气体的比热较高，因此，由于能吸收大量的热，所以，越是增大EGR量，即，越是增大EGR率（EGR气体量/（EGR气体量+吸入空气量）），燃烧室内的燃烧温度越低。若燃烧温度降低，则 NO_x 的发生量降低，因此，越是增大EGR率， NO_x 的发生量越低。

这样就明白了一个道理，若增大EGR率，就能降低 NO_x 的发生量。但是，若增大EGR率，当EGR率超过某一限度时，黑烟的发生量、即烟雾开始急剧增大。关于这一点，以往认为如果再增大EGR率，烟雾将无限增大，因此，认为烟雾开始急剧增大的EGR率是EGR率的最大允许界限。

因此，以往将EGR率设定在不超过该最大允许界限的范围内。该EGR率的最大允许界限根据发动机的形式和燃料的不同而差别很大，但大约在百分之30到百分之50之间。因此，以往的柴油机EGR率最大也就控制在百分之30到百分之50的程度。

这样一来，过去，由于认为对于EGR率来说，存在最大允许界限，所以以往规定EGR率在不超过该最大允许界限的范围内，以尽量减少 NO_x 和烟雾的发生量。但是，这样一来，其现状是，即使是规定了EGR率，以尽量减少 NO_x 和烟雾的发生量，降低的 NO_x 和烟雾的发生量是有限度的，实际上依然产生大量的 NO_x 和烟雾。

但是，在研究柴油机燃烧的过程中，发现如果使EGR率比最大允许界限还大，虽然如上述所述的那样，烟雾急剧增大，但该烟雾的发生量存在最大值，若超过该最大值，进一步增大EGR率的话，在此之后，烟

雾开始急剧减少，在空载运转时，若使 EGR 率在百分之 70 以上，还有在强力冷却 EGR 气体的场合，若使 EGR 率大致在百分之 55 以上，则烟雾几乎为零，即，几乎不产生黑烟。另外，还判明此时 NO_x 的发生量极少。此后根据这一发现对不产生黑烟的原因进行研究，其结果是，到了能构筑此前没有的、黑烟和 NO_x 能同时降低的新的燃烧系统的程度。对于该新的燃烧系统，在后面要作详细说明，但简单地说，是以在碳氢化合物生成黑烟之前的中途阶段使碳氢化合物的成长停止为基础。

即，反复实验研究的结果表明，燃烧室内的燃烧时的燃料及其周围的气体的温度在某一温度以下时，碳氢化合物在到达黑烟之前的中途阶段停止成长，当燃料及其周围的气体温度到某一温度以上时，碳氢化合物一下子成长为（煤）黑烟。在这种场合，燃料及其周围的气体温度对燃料燃烧时的燃料周围的气体的吸热作用影响很大，根据燃料燃烧时的发热量的不同，调整燃料周围的气体的吸热量，由此能控制燃料及其周围的气体温度。

因此，如果将燃烧室内的燃烧时的燃料及其周围的气体温度控制在碳氢化合物的成长在中途停止的温度以下的话，就不会产生黑烟，通过调整燃料周围的气体的吸热量，将燃烧室内的燃烧时的燃料及其周围的气体温度控制在碳氢化合物的成长在中途停止的温度以下是可行的。另一方面，在到达黑烟之前在中途停止成长的碳氢化合物，通过使用氧化催化剂等的后处理，能很容易地净化。这是新的燃烧系统的基本的想法。对于采用该新的燃烧系统的内燃机已经由本发明人提出了申请（日本专利特愿平 9-305850 号）。

但是，该新的燃烧系统，必须使 EGR 率大致在百分之 55 以上，可以使 EGR 率大致在百分之 55 以上，是在吸入的空气量在比较少时。即，若吸入空气量超过一定量，则不能进行该新的燃烧，因此，在吸入空气量超过一定量时，必须切换到以往进行的燃烧。在这种场合，若降低应切换到以往进行的燃烧的 EGR 率，则由于 EGR 率要通过烟雾的发生量为最大值的 EGR 率范围，所以要产生大量的烟雾。

但是，在新的燃烧的基础下，若使喷射时间延迟到压缩至上死点之

后,在进行喷射时,由于燃烧室内的温度降低了,所以燃烧时的燃料及其周围的气体温度并不怎么升高,因此,表明此时烟雾发生量的最大值变小了。因此,在从新燃烧切换到以往进行的燃烧时,若将喷射时间延迟到压缩至上死点之后,则能控制切换时的烟雾的发生量。

本发明的目的,在于提供一种在新的燃烧和以往进行的燃烧进行切换时,能控制烟雾发生的内燃机的控制方法。

根据本发明所提供的一种内燃机的控制方法,若增大燃烧室内的非活性气体量,黑烟的发生量逐渐增大,达最大值,若进一步增大燃烧室内的非活性气体量,燃烧室内的燃烧时的燃料及其周围的气体温度比黑烟的生成温度还低,几乎不产生黑烟,该内燃机具备有选择地切换第1燃烧和第2燃烧的切换手段,该第1燃烧是,燃烧室内的非活性气体量比黑烟的发生量为最大值的非活性气体量还多,几乎不产生黑烟,而该第2燃烧是,燃烧室内的非活性气体量比黑烟的发生量为最大值的非活性气体量少,在第1燃烧和第2燃烧进行切换时,喷射时间延迟到压缩至上死点之后。

图1是整个压缩着火式内燃机的示意图。

图2是表示烟雾和 NO_x 的发生量的图。

图3A和图3B是表示燃烧压的图。

图4是表示燃料分子的图。

图5是表示烟雾的发生量和EGR率的关系的图。

图6是表示燃料喷射量和混合气体量的关系的图。

图7是表示第1运转区域I和第2运转区域II的图。

图8是表示烟雾的发生量和EGR率的关系的图。

图9是表示节流阀的开度等的图。

图10A和图10B是表示要求扭矩的图。

图11是表示在第1运转区域I的空燃比的图。

图12A和图12B是表示喷射量等的映射的图。

图13A和图13B是表示节流阀的目标开度等的映射的图。

图14是表示第2燃烧的空燃比的图。

图 15A 和图 15B 是表示喷射量等的映射的图。

图 16A 和图 16B 是表示节流阀的目标开度等的映射的图。

图 17 是用于控制发动机的运转的程序方框图。

图 18 是表示节流阀的开度等的图。

图 19 是表示第 1 运转区域 I 的空燃比的图。

图 20 是表示喷射量的映射的图。

图 21A 和图 21B 是用于说明 NO_x 的吸放作用的图。

图 22A 和图 22B 是表示单位时间的 NO_x 吸收量的映射的图。

图 23 是用于处理释放 NO_x 标志的程序方框图。

图 24 是用于控制发动机的运转的程序方框图。

图 1 所示是将本发明应用于 4 冲程压缩着火式内燃机的场合。

参照图 1, 1 代表发动机本体, 2 代表缸体, 3 代表缸盖, 4 代表活塞, 5 代表燃烧室, 6 代表电气控制式喷油嘴, 7 代表吸气阀, 8 代表吸气口, 9 代表排气阀, 10 代表排气口。吸气口 8 通过对应的吸气支管 11 与恒压罐 12 相连接, 恒压罐 12 通过吸气管道 13 和中冷器 14 与增压机, 例如与废气涡轮增压机 15 的压气机 16 的出口部相连接。压气机 16 的入口部通过空气吸入管 17 与空气滤清器 18 相连接, 在空气吸入管 17 内配置有由步进电机 19 驱动的节流阀 20。

另一方面, 排气口 10 通过排气多支管 21 和排气管 22 与废气涡轮增压机 15 的废气涡轮 23 的入口部相连接, 废气涡轮 23 的出口部通过排气管 24 与内藏具有氧化功能的催化剂 25 的催化转换器 26 相连接。

与催化转换器 26 的出口部相连接的排气管 28 和节流阀 20 下游的空气吸入管 17 通过 EGR 通道 29 相互连接, 在 EGR 通道 29 内配置有由步进电机 30 驱动的 EGR 控制阀 31。另外, 在 EGR 通道 29 内配置有用于冷却在 EGR 通道 29 内流过的 EGR 气体的中冷器 32。在图 1 所示的实施例, 发动机冷却水被导入到中冷器 32 内, 由发动机冷却水冷却 EGR 气体。

另一方面, 喷油嘴 6 通过燃料供给管 33 与油箱、所谓的公共横管 34 相连接。从电气控制式的排量可变的燃料泵 35 向该公共横管 34 内供给

燃料，供给到公共横管 34 内的燃料通过各燃料供给管 33 供给到喷油嘴 6。在公共横管 34 上安装有用于检测公共横管 34 内的燃料压力的燃料压力传感器 36，依据燃料压力传感器 36 的输出信号，控制燃料泵 35 的排量，以使公共横管 34 内的燃料压力为目标燃料压力。

电子控制单元 40 由数字式计算机构成，具备由双向信息转移通路（双向总线）41 相互连接的 ROM（只读存储器）42、RAM（随机存取存储器）43、CPU（微处理机）44、输入口 45 和输出口 46。燃料压力传感器 36 的输出信号通过对应的 AD 转换器 47 输入到输入口 45。在油门踏板 50 上连接有负荷传感器 51，负荷传感器 51 产生与油门踏板 50 的踏入量 L 成比例的输出电压，负荷传感器 51 的输出电压通过对应的 AD 转换器 47 输入到输入口 45。另外，输入口 45 上连接有曲轴例如每旋转 30° 就产生输出脉冲的曲轴角传感器 52。另一方面，输出口 45 通过对应的驱动回路 48 与喷油嘴 6、节流阀控制用步进电机 19、EGR 控制阀控制用步进电机 30 和燃料泵 35 相连接。

图 2 所示是一实验例，表示在发动机低负荷运转时，通过改变节流阀 20 的开度和 EGR 率来改变空燃比 A/F （图 2 的横轴）时的输出扭矩的变化情况、以及烟雾、HC、CO、 NO_x 的排量的变化情况。如图 2 所表明的那样，在该实验例，空燃比 A/F 越小，EGR 率越大，在理论空燃比（ ≈ 14.6 ）以下时，EGR 率在百分之 65 以上。

如图 2 所示，若通过增大 EGR 率来降低空燃比 A/F ，则 EGR 率在百分之 40 附近、空燃比 A/F 为 30 的程度时，烟雾的发生量开始增大。接着，若进一步提高 EGR 率，减小空燃比 A/F ，则烟雾的发生量急剧增大，达到最大值。接着，若进一步提高 EGR 率，减小空燃比 A/F ，这回烟雾急剧降低，当 EGR 率在百分之 65 以上、空燃比 A/F 在 15.0 附近时，烟雾大致为零。即，几乎不产生黑烟。此时，发动机的输出扭矩降低一些，另外， NO_x 的发生量变得相当低。另一方面，此时 HC、CO 的发生量开始增加。

图 3A 表示在空燃比 A/F 在 21 附近、烟雾的发生量最多时的燃烧室 5 内的燃烧压力的变化情况，图 3B 表示空燃比 A/F 在 18 附近、黑烟的

发生量大致为零时的燃烧室 5 内的燃烧压力的变化情况。比较图 3A 和图 3B, 我们知道, 与黑烟的发生量多的图 3A 所示的场合相比, 黑烟的发生量大致为零的图 3B 所示的场合, 燃烧压力低。

根据图 2 和图 3A、3B 所示的实验结果, 可以说有以下结论: 即, 第 1, 在空燃比 A/F 在 15.0 以下, 黑烟的发生量大致为零时, 如图 2 所示, NO_x 的发生量降得相当低。 NO_x 的发生量降低, 意味着燃烧室 5 内的燃烧温度降低了, 因此, 可以说, 在几乎不发生黑烟时, 燃烧室 5 内的燃烧温度变低了。由图 3 也能得出同一结论。即, 在几乎不发生黑烟的图 3B 所示的状态下, 燃烧压力变低了, 因此, 此时燃烧室 5 内的燃烧温度变低了。

第 2, 若烟雾的发生量、即黑烟的发生量大致为零, 则如图 2 所示, HC 和 CO 的排量增大。这意味着, 碳氢化合物没有生成黑烟就排出了。即, 若包含在燃料中的图 4 所示那样的直链状碳氢化合物和芳香族碳氢化合物, 在氧气不足的状态下, 使温度上升, 则出现热分解, 形成黑烟的前身, 接着, 主要生成由碳原子集合成的固体所构成的黑烟。在这种场合, 实际的黑烟的生成过程是很复杂的, 虽然不明确黑烟的前身是怎样一种形态, 但总之图 4 所示的那样的碳氢化合物, 要经过黑烟的前身, 生成黑烟。因此, 如上所述, 当黑烟的发生量大致为零时, 如图 2 所示, HC 和 CO 的排量增大, 但此时的 HC 是黑烟的前身或此前状态的碳氢化合物。

若汇总依据图 2 和图 3A、3B 所示的实验结果得出的这些研究成果, 就是以下结论: 在燃烧室 5 内的燃烧温度低时, 黑烟的发生量大致为零, 此时, 黑烟的前身或此前状态的碳氢化合物从燃烧室 5 排出了。对于这一结论进一步详细地反复进行实验研究, 结果表明, 在燃烧室 5 内的燃料及其周围的气体温度在某一温度以下的场合, 黑烟的生成过程在中途停止了, 即, 没有完全产生黑烟, 当燃烧室 5 内的燃料及其周围的温度在某一温度以上时, 生成黑烟。

那么, 虽然说不清以黑烟的前身的状态, 碳氢化合物的生成过程停止时的燃料及其周围的温度, 即上述的某一温度, 由于燃料的种类、空

燃比和压缩比等的各种原因而产生的变化有多少，但该某一温度与 NO_x 的发生量有深刻的关系，因此，能在某种程度上从 NO_x 的发生量确定该某一温度。即，EGR 率越增大，燃烧时的燃料及其周围的气体温度越低， NO_x 的发生量越低。此时，在 NO_x 的发生量是 10p. p. m 左右或在其以下时，几乎不产生黑烟。因此，上述的某一温度大致与 NO_x 的发生量是 10p. p. m 左右或在其以下时的温度一致。

若一旦生成黑烟，该黑烟即使用具有氧化功能的催化剂进行后处理也不能净化了。与此相反，黑烟的前身或此前状态的碳氢化合物用具有氧化功能的催化剂进行后处理能很容易地净化。这样一来，若考虑用具有氧化功能的催化剂进行后处理，对于使碳氢化合物是以黑烟的前身或此前的状态从燃烧室 5 排出、还是以黑烟的形式从燃烧室 5 排出来看，具有极大的差别。本发明所采用的新的燃烧系统，其核心是在燃烧室 5 内，不使其产生黑烟，使碳氢化合物以黑烟的前身或此前的状态的形式从燃烧室 5 排出，用具有氧化功能的催化剂使该碳氢化合物氧化。

那么，在生成黑烟之前的状态下，为了使碳氢化合物的生长停止，必须将在燃烧室 5 内燃烧时的燃料及其周围气体的温度抑制在生成黑烟的温度以下。表明在这种情况下，为了抑制燃料及其周围的气体的温度，要极大地影响燃料燃烧时的燃料周围的气体的吸热作用。

即，若在燃料周围仅存在空气，则蒸发的燃料立刻与空气中的氧气发生反应而燃烧。在这种场合，脱离燃料的氧气的温度并不怎么上升，仅有局部的燃料周围的温度变得极高。即，此时，脱离燃料的空气几乎不进行吸收燃料的燃烧热的吸热作用。在这种场合，由于燃烧温度局部极高，所以，承受该燃烧热的未燃碳氢化合物生成黑烟。

另一方面，在燃料存在于大量的非活性气体和少量的空气的混合气体中的场合，有些状况有所不同。在这种场合，蒸发燃料向周围扩散，与混在非活性气体中的氧气发生反应而燃烧。在这种场合，由于燃烧热没有被周围的非活性气体所吸收，燃烧温度并不怎么上升。即，能将燃烧温度抑制得较低。即，为了抑制燃烧温度，非活性气体的存在起很重要的作用，能通过非活性气体的吸热作用，将燃烧温度抑制得较低。

在这种场合，为了将燃料及其周围的气体的温度抑制在生成黑烟的温度以下，这样反倒需要足够的能尽量吸收热量的非活性气体量。因此，如果增大燃料量，所需要的非活性气体量随之增大。而且，在这种场合，非活性气体的比热越大，吸热作用越强，因此，非活性气体最好是比热大的气体。这一点，由于 CO_2 和 EGR 气体比热较大，所以，可以说用 EGR 气体作为非活性气体是比较理想的。

图 5 所示是用 EGR 气体作为非活性气体、喷射时间为压缩至上死点前、改变 EGR 气体的冷却程度时的 EGR 率和烟雾的关系。即，在图 5 中，曲线 A 表示强力冷却 EGR 气体、将 EGR 气体温度大致保持在 90°C 的场合，曲线 B 表示用小型的冷却装置冷却 EGR 气体的场合，曲线 C 表示不强制冷却 EGR 气体的场合。

如图 5 的曲线 A 所示，在强力冷却 EGR 气体的场合，在 EGR 率稍微低于百分之 50 的地方，黑烟的发生量达到最大值，在这种场合下，若使 EGR 率大致在百分之 55 以上，则几乎不产生黑烟。

另一方面，如图 5 的曲线 B 所示，在稍微冷却 EGR 气体的场合，在 EGR 率稍微低于百分之 50 的地方，黑烟的发生量达到最大值，在这种场合下，若使 EGR 率大致在百分之 65 以上，则几乎不产生黑烟。

另外，如图 5 的曲线 C 所示，在不强制地冷却 EGR 气体的场合，EGR 率在百分之 55 附近，黑烟的发生量达到最大值，在这种场合下，若使 EGR 率大致在百分之 70 以上，则几乎不产生黑烟。

而且，图 5 所示是发动机负荷比较高时的烟雾的发生量，当发动机负荷变小时，黑烟的发生量达到最大值的 EGR 率降低一些，几乎不产生黑烟的 EGR 率的下限也降低一些。这样一来，几乎不产生黑烟的 EGR 率的下限随 EGR 气体的冷却程度和发动机的负荷而变化。

图 6 所示是在用 EGR 气体作为非活性气体的场合下，为了使燃烧时的燃料及其周围的气体温度比生成黑烟的温度低所必需的 EGR 气体和空气的混合气体量、以及该混合气体量中的空气的比例、以及该混合气体中的 EGR 气体的比例。而且，在图 6 中，纵轴表示吸入到燃烧室 5 内的全吸入气体量，点划线代表在未进行增压时能吸入到燃烧室 5 内的全吸

入气体量。另外，横轴表示要求负荷。

参照图 6，空气的比例，即混合气体中的空气量代表为了使喷射的燃料完全燃烧所必需的空气量。即，在图 6 所示的场合，空气量和喷射燃料量的比为理论空燃比。另一方面，在图 6 中，EGR 的比例、即混合气体中的 EGR 气体量，代表在喷射燃料燃烧时，为了使燃料及其周围的气体温度比形成黑烟的温度低所必需的最低限的 EGR 气体量。该 EGR 气体量用 EGR 率表示的话，大致是百分之 55 以上，在图 6 所示的实施例是百分之 70 以上。即，在图 6 中，吸入到燃烧室 5 内的全吸入气体量为实线 X，若设该全吸入气体量 X 中的空气量和 EGR 气体量的比例为图 6 所示的比例的话，燃料及其周围的气体温度比生成黑烟的温度低，这样一来，完全不产生黑烟。另外，此时的 NO_x 的发生量是 10p.p.m 左右或在此以下，因此， NO_x 的发生量极少。

由于若增大燃料喷射量，则燃料燃烧时的发热量增大，所以，为了将燃料及其周围的气体温度保持在比生成黑烟的温度低的温度水平，必须增大由 EGR 气体所吸收的热的吸收量。因此，如图 6 所示，必须使 EGR 气体量随燃料喷射量的增大而增大。即，EGR 气体量必须随要求负荷的提高而增大。

但是，在不进行增压的场合，吸入到燃烧室 5 内的全吸入气体量 X 的上限是 Y，因此，在图 6 中，在要求负荷比 L_0 大的区域，只要不随着要求负荷的提高降低 EGR 气体比例，是不能使空燃比保持为理论空燃比的。换言之，在不进行增压的情况下，在要求负荷比 L_0 大的区域，在要使空燃比保持为理论空燃比的场合，要随要求负荷的提高降低 EGR 率，这样一来，在要求负荷比 L_0 大的区域，不能将燃料及其周围的气体的温度保持在比生成黑烟的温度低的温度。

可是，如图 1 所示，若通过 EGR 通路 29 使 EGR 气体在增压机的入口侧、即在废气涡轮增压机 15 的空气吸入管 17 内再循环的话，在要求负荷比 L_0 大的区域，能将 EGR 率保持在百分之 55 以上，例如保持在百分之 70，这样一来，能将燃料及其周围的气体的温度保持在比生成黑烟的温度低的温度。即，若空气吸入管 17 内的 EGR 率为百分之 70，使 EGR

气体再循环的话，则被废气涡轮增压机 15 的压气机 16 升压的吸入气体的 EGR 率也为百分之 70，这样一来，一直到能由压气机 16 升压的限度，就能将燃料及其周围的气体的温度保持在比生成黑烟的温度低的温度。因此，可扩大能使其产生低温燃烧的发动机的运转区域。

另外，在这种场合，在要求负荷比 L_0 大的区域，在使 EGR 率在百分之 55 以上时，EGR 控制阀 31 完全打开，节流阀 20 部分关闭。

如上所述，虽然图 6 所示的是在理论空燃比的基础上使燃料燃烧的场所，但即使是使空气量比图 6 所示的空气量少，即，即使是使空燃比较浓，也能阻止黑烟的产生且使 NO_x 的发生量在 10p.p.m 左右或在此以下，而且，即使是使空气量比图 6 所示的空气量多，即，即使是使空燃比的平均值为较稀的 17 至 18 的水平，也能阻止黑烟的发生且使 NO_x 的发生量在 10p.p.m 左右或在此以下。

即，若空燃比较浓，则燃料过剩，但，由于将燃烧温度抑制在较低的温度，过剩的燃料不长成至黑烟、这样一来，就不会产生黑烟。另外，此时， NO_x 也极少产生。另一方面，虽然在空燃比较稀时，或即使在空燃比是理论空燃比时，如果燃烧温度高的话，能产生少量的黑烟，但在本发明，由于燃烧温度抑制在较低的温度，所以，不能全部产生黑烟。进一步， NO_x 也极少产生。

这样一来，在进行低温燃烧时，不管空燃比是多少，即，空燃比浓也好、是理论空燃比也好、或是平均空燃比较稀也好，都不产生黑烟， NO_x 的发生量极少。因此，可以说，若考虑提高燃料消耗率，最好使平均空燃比较稀。

但是，仅有在由于燃烧而产生的发热量较少的发动机中低负荷运转时，能将在燃烧室内燃烧时的燃料及其周围的气体温度抑制在碳氢化合物的生成在中途停止的温度以下。因此，在本发明的实施例，发动机在中低负荷运转时，将燃烧时的燃料及其周围的气体的温度抑制在碳氢化合物的生成在中途停止的温度以下，进行第 1 燃烧，即进行低温燃烧，在发动机高负荷运转时，进行第 2 燃烧，即，进行以往通常进行的燃烧。而且，在此，第 1 燃烧，即所谓低温燃烧，如此前的说明所表明的那样，

可以说是燃烧室内的非活性气体量比黑烟的发生量达最大值的非活性气体量多、几乎不产生黑烟的燃烧，第 2 燃烧，即所谓以往通常进行的燃烧，可以说是燃烧室内的非活性气体量比黑烟的发生量达最大值的非活性气体量少的燃烧。

图 7 所示为进行第 1 燃烧、即进行低温燃烧的第 1 运转区域 I 和进行第 2 燃烧、即进行依据现有的燃烧方法燃烧的第 2 运转区域 II。而且，在图 7 中，纵轴 TQ 代表要求扭矩，横轴 N 代表发动机转速。另外，在图 7 中， $X(N)$ 表示第 1 运转区域 I 和第 2 运转区域 II 的第 1 边界， $Y(N)$ 表示第 1 运转区域 I 和第 2 运转区域 II 的第 2 边界。从第 1 运转区域 I 到第 2 运转区域 II 的运转区域的变化依据第 1 边界 $X(N)$ 进行判断，从第 2 区域 II 到第 1 运转区域 I 的运转区域的变化依据第 2 边界 $Y(N)$ 进行判断。

即，发动机的运转状态在第 1 运转区域进行低温燃烧时，当要求扭矩 TQ 超过发动机转速 N 的函数—第 1 边界 $X(N)$ 时，则判断为运转区域转移到了第 2 运转区域 II，进行依据现有燃烧方法的燃烧。其次，若要求扭矩 TQ 变得比发动机转速 N 的函数—第 2 边界 $Y(N)$ 低，则判断为运转区域转移到了第 1 运转区域 I，再次进行低温燃烧。

这样一来，要根据以下两个理由设置第 1 边界 $X(N)$ 和扭矩比第 1 边界 $X(N)$ 低的一侧的第 2 边界 $Y(N)$ 这两个边界。第 1 理由是由于在第 2 运转区域 II 的高扭矩一侧，燃烧温度较高，此时即使要求扭矩 TQ 比第 1 边界 $X(N)$ 低，也不能立即进行低温燃烧。即，是由于在要求扭矩 TQ 变得相当低时，也就是若不是在比第 2 边界 $Y(N)$ 还低时，低温燃烧不会立即开始。第 2 理由是由于与第 1 运转区域 I 和第 2 运转区域 II 之间的运转区域的变化相对应，设置了滞后区域。

另一方面，在图 7 中，在用剖面线表示的 RR 区域，即在第 1 运转区域 I 内的负荷最高的 RR 区域，空燃比为较稀或理论空燃比，喷射时间延迟到压缩至上死点之后。在发动机的运转状态从第 1 运转区域 I 转移到第 2 运转区域 II 时，必须通过该 RR 区域，在发动机的运转状态从第 2 运转区域 II 转移到第 1 运转区域 I 时，也必须通过该 RR 区域。

可是，在要求扭矩 TQ 较高时，即在喷射量增大时，若在压缩至上死点之前喷射燃料，则由于发热量增大，燃烧时的燃料及其周围的气体温度变高。其结果是要产生烟雾。

另一方面，若不喷射燃烧，而越过上死点的话，燃烧室 5 内的压力逐渐降低，燃烧室 5 内的温度也逐渐降低。因此，如果压缩至上死点之后喷射燃料，即使在喷射量较多的场合，燃烧时的燃料及其周围的气体的温度也变得相当低，其结果是，在图 8 中如 D 所示的那样，烟雾发生量的最大值变低，且产生烟雾的 EGR 的范围变窄了。而且，在图 8 中，曲线 B 表示与图 5 所示的曲线相同的曲线。

因此，在图 7 的 RR 区域，若喷射时间延迟到压缩至上死点之后，在第 1 燃烧和第 2 燃烧进行切换时，能抑制产生烟雾。另外，在这种场合下，即使使 EGR 率在百分之 55 以下，也能抑制产生烟雾。

但是，当发动机的运转状态在第 1 运转区域 I 进行低温燃烧时，几乎不产生黑烟，取而代之的是，未燃碳氢化合物以黑烟的前身或此前状态的形式从燃烧室 5 排出。此时从燃烧室 5 排出的未燃碳氢化合物能由具有氧化功能的催化剂 25 良好地使其氧化。

催化剂 25 可以使用氧化催化剂、三元催化剂或 NO_x 吸收剂。 NO_x 吸收剂具有在燃烧室 5 内的平均空燃比较稀时吸收 NO_x 、当燃烧室 5 内的平均空燃比较浓时放出 NO_x 的功能。

该 NO_x 吸收剂以矾土为载体，在其载体方面可以由例如从钾 K、钠 Na、锂 Li、铯 Cs 这样的碱金属、钡 Ba、钙 Ca 这样的碱土族、镧 La、钇 Y 这样的稀土族中选择的至少一种和铂 Pt 这样的贵金属来担当。

氧化催化剂，本来三元催化剂和 NO_x 吸收剂也具有氧化功能，因此，如以上所述，可以将三元催化剂和 NO_x 吸收剂作为催化剂 25 使用。

以下参照图 9 简略地对第 1 运转区域 I 和第 2 运转区域 II 中的运转控制进行说明。

图 9 表示相对要求扭矩 TQ 的节流阀 20 的开度、EGR 控制阀 31 的开度、EGR 率、空燃比、喷射时间和喷射量。如图 9 所示，在要求扭矩 TQ 低的第 1 运转区域 I，节流阀 20 的开度随着要求扭矩 TQ 的提高，渐渐

地从接近全闭增大至 2/3 开度程度，EGR 控制阀 31 的开度随着要求扭矩 TQ 的提高从接近全闭渐渐增大至全开。另外，在图 9 所示的例子中，在除了 RR 区域之外的第 1 运转区域 I，EGR 率大致在百分之 55 以上，空燃比仅有一点点为较稀的稀空燃比。

换言之，在除了 RR 区域之外的第 1 运转区域 I，EGR 率大致在百分之 55 以上，控制节流阀 20 的开度和 EGR 控制阀 31 的开度，以使空燃比仅有一点点为较稀的稀空燃比。另外，在除了 RR 区域之外的第 1 运转区域 I，在压缩至上死点 TDC 之前开始喷射燃料。在这种场合下，喷射时间 θS 随着要求扭矩 TQ 的提高而推迟，喷射结束时间 θE 也随着开始喷射时间 θS 的推迟而推迟。

而且，在空载运转时，节流阀 20 关闭至接近全闭，此时，EGR 控制阀 31 也关闭至接近全闭。若关闭节流阀 20 至接近全闭，则由于开始压缩的燃烧室 5 内的压力变低，压缩压力变小。当压缩压力变小时，由活塞 4 所做的压缩功变小了，所以发动机本体 1 的振动变小了。即，在空载运转时，为了抑制发动机本体 1 的振动，节流阀 20 关闭至接近全闭。

在 RR 区域，要求扭矩 TQ 越大，开始喷射时间 θS 越迟，在 RR 区域的高要求扭矩一侧，开始喷射时间 θS 为上死点之后。另外，在该 RR 区域，随着要求扭矩 TQ 的增大，空燃比从稀空燃比渐渐变小至理论空燃比，随着要求扭矩 TQ 的增大，EGR 率降低。另外，在该 RR 区域，由于随着要求扭矩 TQ 的增大降低了空燃比，所以，能增加喷射量。

另一方面，若发动机的运转区域从第 1 运转区域 I 变至第 2 运转区域 II，则节流阀 20 的开度从 2/3 开度程度阶梯状向全开方向增大。此时，在图 9 所示的例子，EGR 率大致从百分之 40 阶梯状减少至百分之 20 以下，空燃比阶梯状增大。

在第 2 运转区域 II 进行第 2 燃烧、即进行以往所进行的燃烧。在该第 2 运转区域 II，节流阀 20 除了一部分之外，保持全开状态，若要求扭矩 TQ 变大，则 EGR 控制阀 31 的开度逐渐变小。另外，在该运转区域 II，要求扭矩 TQ 越大 EGR 率越低，要求扭矩 TQ 越大空燃比越小。但是，即使要求扭矩 TQ 变大了，空燃比也是稀空燃比。另外，在第 2 运转区

域 II，开始喷射时间 θ S 为压缩上死点 TDC 附近。

图 10 表示要求扭矩 TQ 、油门踏板 50 的踏入量 L 、发动机转速 N 的关系。而且，在图 10 中，各曲线为等扭矩曲线， $TQ=0$ 所示的曲线表示扭矩是零，其余的曲线依 $TQ=a$ 、 $TQ=b$ 、 $TQ=c$ 、 $TQ=d$ 的顺序要求扭矩依次变大。图 10A 所示的要求扭矩 TQ 如图 10B 所示的那样，作为油门踏板 50 的踏入量 L 和发动机转速 N 的函数，以映射的形式预先存储在 ROM42 内。在本发明，首先根据图 10B 所示的映射算出与油门踏板 50 的踏入量 L 和发动机转速 N 相对应的要求扭矩 TQ ，然后依据该要求扭矩 TQ 算出燃料喷射量等。

图 11 表示第 1 运转区域 I 的空燃比 A/F 。在图 11 中， $A/F=14.6$ 、 $A/F=15$ 、 $A/F=16$ 、 $A/F=18$ 、 $A/F=20$ 所示的曲线分别表示空燃比是 14.6（理论空燃比）、15、16、18、20 时的曲线，各曲线间的空燃比按比例分配确定的。如图 11 所示的那样，在除了 RR 区域的一部分之外的第 1 运转区域 I，空燃比较稀，再有，在该第 1 运转区域 I 要求扭矩 TQ 越低，空燃比 A/F 越稀。

即，要求扭矩 TQ 越低，由于燃烧而产生的发热量越少。因此，即使要求扭矩 TQ 越低，越使 EGR 率降低，也能进行低温燃烧。若降低 EGR 率，则空燃比增大，因此，如图 11 所示，随着要求扭矩 TQ 的降低，空燃比 A/F 增大。空燃比 A/F 越大燃料消耗率越大，因此，为了尽量使空燃比较稀，在本发明的实施例，随着要求扭矩 TQ 的降低，增大空燃比 A/F 。

图 12A 表示的是在第 1 运转区域 I 的喷射量 Q ，图 12B 表示的是在第 1 运转区域 I 的开始喷射时间 θ S。如图 12A 所示，在第 1 运转区域 I 的喷射量 Q ，作为要求扭矩 TQ 和发动机转速 N 的函数，以映射的形式预先存储在 ROM42 内，如图 12B 所示，在第 1 运转区域 I 的开始喷射时间 θ S，也作为要求扭矩 TQ 和发动机转速 N 的函数，以映射的形式预先存储在 ROM42 内。

另外，为了使空燃比为图 11 所示的目标空燃比，如图 13A 所示，必要的节流阀 20 的目标开度 ST ，作为要求扭矩 TQ 和发动机转速 N 的函数，以映射的形式预先存储在 ROM42 内，为了使空燃比为图 11 所示的

目标空燃比，如图 13B 所示，必要的 EGR 控制阀 31 的目标开度 SE，作为要求扭矩 TQ 和发动机转速 N 的函数，以映射的形式预先存储在 ROM42 内。

图 14 所示是在进行第 2 燃烧、即在进行依据现有的燃烧方法的普通的燃烧时的目标空燃比。而且，在图 14 中， $A/F=24$ 、 $A/F=35$ 、 $A/F=45$ 、 $A/F=60$ 所示的各曲线分别表示目标空燃比是 24、35、45、60 时的曲线。

图 15A 表示的是在第 2 运转区域 II 的喷射量 Q，图 15B 表示的是在第 2 运转区域 II 的开始喷射时间 θS 。如图 15A 所示，在第 2 运转区域 II 的喷射量 Q，作为要求扭矩 TQ 和发动机转速 N 的函数，以映射的形式预先存储在 ROM42 内，如图 15B 所示，在第 2 运转区域 II 的开始喷射时间 θS ，也作为要求扭矩 TQ 和发动机转速 N 的函数，以映射的形式预先存储在 ROM42 内。

另外，为了使空燃比为图 14 所示的目标空燃比，如图 16A 所示，必要的节流阀 20 的目标开度 ST，作为要求扭矩 TQ 和发动机转速 N 的函数，以映射的形式预先存储在 ROM42 内，为了使空燃比为图 14 所示的目标空燃比，如图 16B 所示，必要的 EGR 控制阀 31 的目标开度 SE，作为要求扭矩 TQ 和发动机转速 N 的函数，以映射的形式预先存储在 ROM42 内。

以下参照图 17 对运转控制进行说明。

参照图 17，首先，在步骤 100 判断表示发动机的运转状态是第 1 运转区域 I 的标志 I 是否置位。在标志 I 已置位时，即在发动机的运转状态是第 1 运转区域 I 时，进入步骤 101，判断要求扭矩 TQ 是否比第 1 边界 $X1(N)$ 大。在 $TQ \leq X1(N)$ 时，进入步骤 103 进行低温燃烧。

即，在步骤 103，根据图 10B 所示的映射算出要求扭矩 TQ。接着在步骤 104 根据图 13A 所示的映射算出节流阀 20 的目标开度 ST，设节流阀 20 的开度为该目标开度 ST。接着在步骤 105 根据图 13B 所示的映射算出 EGR 控制阀 31 的目标开度 SE，设 EGR 控制阀 31 的开度为该目标开度 SE。接着在步骤 106 根据图 12A 所示的映射算出喷射量 Q。接着在步骤 107 根据图 12B 所示的映射算出开始喷射时间 θS 。

另一方面，在步骤 101，在判断为 $TQ > X(N)$ 时，进入步骤 102，标志 I 复位，接着进入步骤 110 进行第 2 燃烧。

即，在步骤 110，根据图 10B 所示的映射算出要求扭矩 TQ 。接着在步骤 111 根据图 16A 所示的映射算出节流阀 20 的目标开度 ST ，设节流阀 20 的开度为该目标开度 ST 。接着在步骤 112 根据图 16B 所示的映射算出 EGR 控制阀 31 的目标开度 SE ，设 EGR 控制阀 31 的开度为该目标开度 SE 。接着在步骤 113 根据图 15A 所示的映射算出喷射量 Q 。接着在步骤 114 根据图 15B 所示的映射算出开始喷射时间 θS 。

若标志 I 复位，则在以下的处理循环中，从步骤 100 进入步骤 108，判断要求扭矩 TQ 是否比第 2 边界 $Y(N)$ 低。在 $TQ \geq Y(N)$ 时，进入步骤 110 进行第 2 燃烧。另一方面，在步骤 108 判定为 $TQ < Y(N)$ 时，进入步骤 109，标志 I 置位，接着进入步骤 103，进行第 1 燃烧。

以下根据图 18 参照图 20 对第 2 实施例进行说明。

如图 18 所示，即使在该实施例，在 RR 区域，要求扭矩 TQ 越大，开始喷射时间 θS 越迟，在 RR 区域的高要求扭矩一侧，开始喷射时间 θS 为上死点之后。另外，即使在该实施例，在 RR 区域，随着要求扭矩 TQ 的增大，EGR 率降低，另外，由于在 RR 区域，随着要求扭矩 TQ 的增大空燃比减小，因此喷射量增加。但是，在该实施例，在 RR 区域，随着要求扭矩 TQ 的增大，空燃比从稀空燃比渐渐地减小到浓空燃比。因此，在 RR 区域的喷射量的增量比例，与图 9 所示的实施例相比，图 18 所示的第 2 实施例的场合要大。

图 19 所示是第 2 实施例的在第 1 运转区域 I 的空燃比 A/F 。在图 19 中， $A/F=13$ 、 $A/F=14$ 、 $A/F=16$ 、 $A/F=18$ 、 $A/F=20$ 所示的各曲线分别表示空燃比是 13、14、16、18、20 时的曲线，各曲线间的空燃比是按比例分配确定的。在该实施例也是如图 19 所示，除了 RR 区域的一部分之外，在第 1 运转区域 I，空燃比较稀，而且，在该第 1 运转区域 I，要求扭矩 TQ 越低，空燃比 A/F 越稀。

图 20 所示是在第 1 运转区域 I 的喷射量 Q 。如图 20 所示，在第 1 运转区域 I 的喷射量 Q ，作为要求扭矩 TQ 和发动机转速 N 的函数，以映

射的形式预先存储在 ROM42 内。而且，在第 2 实施例，开始喷射时间 θS 、节流阀 20 的目标开度 ST 和 EGR 控制阀 31 的目标开度 SE 分别根据图 12B、图 13A、图 13B 所示的映射算出。

在该实施例，在从第 1 燃烧向第 2 燃烧、或从第 2 燃烧向第 1 燃烧切换时，空燃比较浓，开始喷射时间 θS 延迟到达上死点之后。这样一来，存在的优点是：若空燃比较浓，则燃料消耗量增大一些，但不会全部产生黑烟。

另外，这样一来，在第 1 燃烧和第 2 燃烧进行切换时使空燃比较浓，在使用 NO_x 吸收剂作为催化剂 25 的场合，伴有其它作用。以下对这一情况进行说明。

如前面所描述的那样，该 NO_x 吸收剂 25 具有在燃烧室 5 内的平均空燃比较稀时吸收 NO_x ，在燃烧室 5 内的平均空燃比较浓时放出 NO_x 的功能。如果再稍微严密地说，若将供给到发动机吸气通道、燃烧室 5 和 NO_x 吸收剂 25 上游的排气通道内的空气和燃料（碳氢化合物）的比，称为供向 NO_x 吸收剂 25 的流入废气的空燃比，则该 NO_x 吸收剂 25 进行吸放 NO_x 的作用，即在流入废气的空燃比较稀时，吸收 NO_x ，在流入废气的空燃比为理论空燃比或较浓时，放出吸收的 NO_x 。

若将该 NO_x 吸收剂 25 配置在发动机排气通道内，虽然 NO_x 吸收剂 25 实际上进行吸放 NO_x 的作用，但对于该吸放作用的详细的机理来说也存在不明确的部分。但是，可以认为该吸放作用是根据图 21A 和图 21B 所示的那样的机理进行的。以下关于其机理虽然在载体方面以使铂 Pt 和钡 Ba 担当的场合为例进行了说明，但即使使用其它的贵金属、碱金属、碱土族、稀土族，也是同样的机理。

在图 1 所示的压缩着火式内燃机，通常在燃烧室 5 内的空燃比较稀的状态下进行燃烧。这样一来，在以空燃比较稀的状态进行燃烧的场合，废气中的氧气浓度高，此时，如图 21A 所示，这些氧气 O_2 以 O_2^- 或 O^{2-} 的形式附着在铂 Pt 的表面上。另一方面，流入废气中的 NO 在铂 Pt 的表面上与 O_2^- 或 O^{2-} 反应，生成 NO_2 ($2NO+O_2 \rightarrow 2NO_2$)。接着，生成的 NO_2 的一部分一边在铂 Pt 上氧化，一边被吸收到吸收剂内，一边与氧化钡 BaO

结合, 一边如图 21A 所示, 以硝酸离子 NO_3^- 的形式在吸收剂内扩散。这样一来, NO_x 被吸收到 NO_x 吸收剂 25 内。只要流入废气中的氧气浓度高, 在铂 Pt 的表面就生成 NO_2 , 只要吸收剂的 NO_x 吸收能力不饱和, NO_2 就会被吸收到吸收剂内, 生成硝酸离子 NO_3^- 。

另一方面, 若流入废气的空燃比较浓, 则流入废气中的氧气浓度低, 其结果是, 在铂 Pt 的表面的 NO_2 的生成量降低。若 NO_2 的生成量降低, 反应反向 ($NO_3^- \rightarrow NO_2$) 进行, 这样一来, 吸收剂内的硝酸离子 NO_3^- 以 NO_2 的形式从吸收剂释放出来。此时, 从 NO_x 吸收剂 25 释放出来的 NO_x 如图 21B 所示, 与包含在流入废气中的大量的未燃 HC、CO 反应, 使其还原。这样一来, 若在铂 Pt 的表面上不存在 NO_2 , 则从吸收剂中接二连三地释放出 NO_2 。因此, 若流入废气的空燃比较浓, 则能在短时间内从 NO_x 吸收剂 25 释放出 NO_x , 而且由于该被释放出的 NO_x 被还原, 所以 NO_x 不会被排放到大气中。

而且, 在这种场合, 即使使流入废气的空燃比为理论空燃比, 也能从 NO_x 吸收剂 25 释放出 NO_x 。但是, 在流入废气的空燃比为理论空燃比的场合, 由于 NO_x 只能渐渐地从 NO_x 吸收剂 25 释放出来, 所以, 为了使被 NO_x 吸收剂 25 吸收的全部 NO_x 释放出来, 需要一些时间。

但是, NO_x 吸收剂 25 的 NO_x 吸收能力是有限度的, 在 NO_x 吸收剂 25 的 NO_x 吸收能力饱和之前, 必须使 NO_x 从 NO_x 吸收剂 25 释放出来。因此, 必须估算被 NO_x 吸收剂 25 吸收的 NO_x 量。所以, 在本发明的实施例, 预先将进行第 1 燃烧时的单位时间的 NO_x 吸收量 A, 作为要求负荷 L 和发动机转速 N 的函数, 以图 22A 所示那样的映射的形式求出来, 预先将进行第 2 燃烧时的单位时间的 NO_x 吸收量 B, 作为要求负荷 L 和发动机转速 N 的函数, 以图 22B 所示那样的映射的形式求出来, 通过累计这些单位时间的 NO_x 吸收量 A、B, 估算被 NO_x 吸收剂 25 吸收的 NO_x 量 ΣNO_x 。

在本发明的实施例, 在该 NO_x 吸收量 ΣNO_x 超过预定的允许最大值 MAX 之后, 使其从 NO_x 吸收剂 25 释放出 NO_x 。即, 具体地说, 在 $\Sigma NO_x \leq MAX$ 时, 如图 9 所示那样, 控制空燃比和开始喷射时间 θS 等。与此相反, 若 $\Sigma NO_x > MAX$, 则如图 18 那样, 控制空燃比和开始喷射时间 θS 。因此,

这时在第 1 燃烧和第 2 燃烧进行切换时, 在空燃比较浓时, 从 NO_x 吸收剂 25 释放出 NO_x 。

以下参照图 23, 对在应从 NO_x 吸收剂 25 释放出 NO_x 时所置的释放 NO_x 标志的处理程序进行说明。而且, 该程序通过一定时间的中断来进行。

参照图 23, 首先, 在步骤 200, 判断表示发动机的运转区域是第 1 运转区域 I 的标志是否置位。在标志 I 已置位时, 即, 在发动机的运转区域是第 1 运转区域 I 时, 进入步骤 201, 根据图 22A 所示的映射算出单位时间的 NO_x 吸收量 A。接着, 在步骤 202 累加 A 计算 NO_x 吸收量 ΣNO_x 。接着, 在步骤 203 判断 NO_x 吸收量 ΣNO_x 是否超过最大值 MAX。当 $\Sigma \text{NO}_x > \text{MAX}$ 时, 进入步骤 204, 表示应该释放 NO_x 的释放 NO_x 标志置位。

另一方面, 在步骤 200, 在判定为标志 I 已复位时, 即, 在发动机的运转区域是第 2 运转区域 II 时, 进入步骤 205, 根据图 22B 所示的映射算出单位时间的 NO_x 吸收量 B。接着, 在步骤 206 累加 B 计算 NO_x 吸收量 ΣNO_x 。接着, 在步骤 207 判断 NO_x 吸收量 ΣNO_x 是否超过最大值 MAX。当 $\Sigma \text{NO}_x > \text{MAX}$ 时, 进入步骤 208, 表示应该释放 NO_x 的释放 NO_x 标志置位。

以下参照图 24 对运转控制进行说明。

参照图 24, 首先, 在步骤 300, 判断表示发动机的运转状态是第 1 运转区域 I 的标志 I 是否置位。在标志 I 已置位时, 即, 在发动机的运转状态是第 1 运转区域 I 时, 进入步骤 301, 判断要求扭矩 TQ 是否比第 1 边界 $X1(N)$ 大。在 $TQ \leq X1(N)$ 时, 进入步骤 303 进行低温燃烧。

即, 在步骤 303 根据图 10B 所示的映射算出要求扭矩 TQ。接着, 在步骤 304 根据图 13A 所示的映射算出节流阀 20 的目标开度 ST, 设节流阀 20 的开度为该目标开度 ST。接着, 在步骤 305 根据图 13B 所示的映射算出 EGR 控制阀 31 的目标开度 SE, 设 EGR 控制阀 31 的开度为该目标开度 SE。接着, 在步骤 306, 根据图 12B 所示的映射算出开始喷射时间 θS 。

接着, 在步骤 307 判断释放 NO_x 标志是否置位。在释放 NO_x 标志没有置位时, 进入步骤 308, 根据图 12A 所示的映射算出喷射量 Q。与此相反, 在释放 NO_x 标志已置位时, 进入步骤 309, 进行用于从 NO_x 吸收剂

25 释放出 NO_x 的处理。

即，在步骤 309，首先根据图 20 所示的映射算出喷射量 Q 。接着，判断空燃比是否是在预定的时间以上为较浓的，在空燃比在预定的时间以上为较浓的时候，释放 NO_x 标志复位。

另一方面，在步骤 301，在判定为 $TQ > X(N)$ 时，进入步骤 302，标志 I 复位，接着，进入步骤 312，进行第 2 燃烧。

即，在步骤 312，根据图 10B 所示的映射算出要求扭矩 TQ 。接着，在步骤 313，根据图 16A 所示的映射算出节流阀 20 的目标开度 ST ，设节流阀 20 的开度为该目标开度 ST 。接着，在步骤 314，根据图 16B 所示的映射算出 EGR 控制阀 31 的目标开度 SE ，设 EGR 控制阀 31 的目标开度为该目标开度 SE 。接着，在步骤 315，根据图 15A 所示的映射算出喷射量 Q 。接着，在步骤 316，根据图 15B 所示的映射算出开始喷射时间 θS 。

若标志 I 已复位，则在以下的处理循环中，从步骤 300 进入步骤 310，判断要求扭矩 TQ 是否比第 2 边界 $Y(N)$ 低。在 $TQ \geq Y(N)$ 时，进入步骤 312，进行第 2 燃烧。另一方面，在步骤 310，在判定为 $TQ < Y(N)$ 时，进入步骤 311，标志 I 置位，接着，进入步骤 303 进行第 1 燃烧。

根据本发明，在第 1 燃烧和第 2 燃烧进行切换时能阻止产生烟雾。

图1

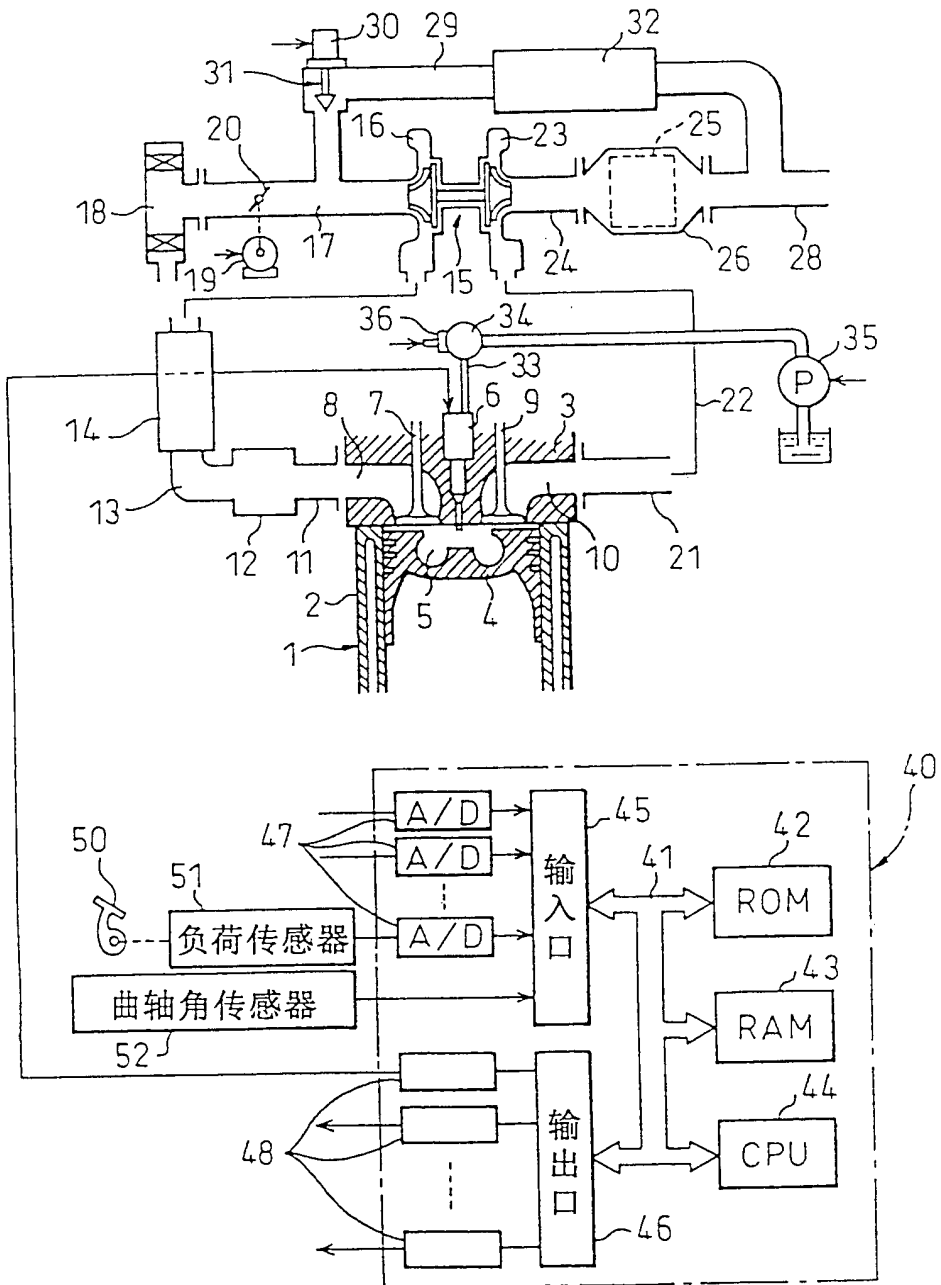


图2

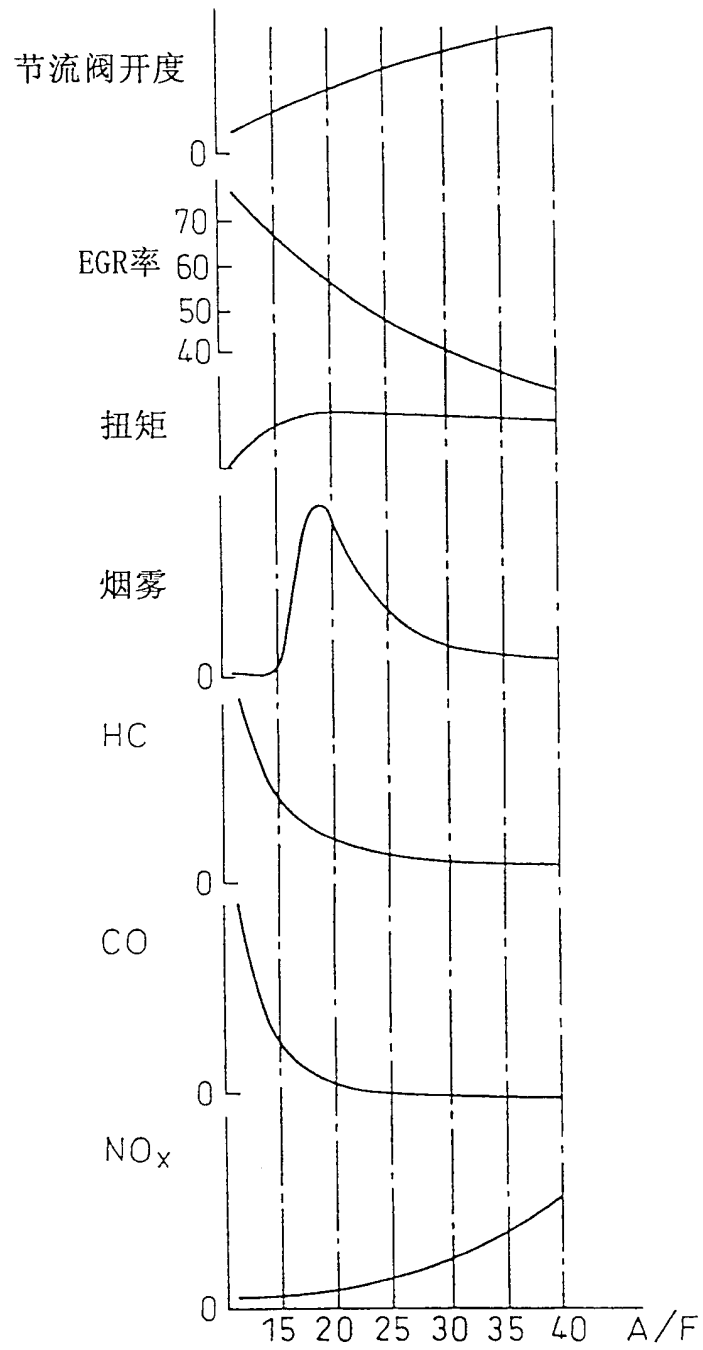


图3A

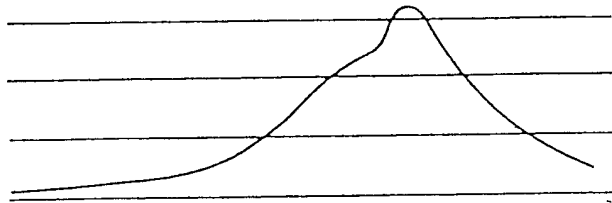


图3B

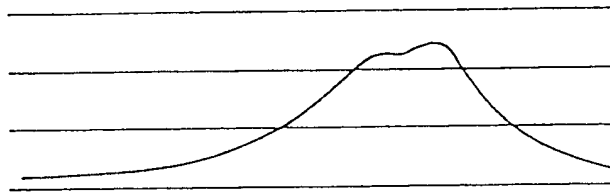


图4

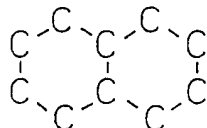
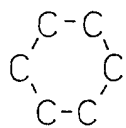
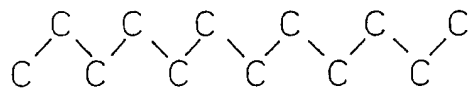


图5

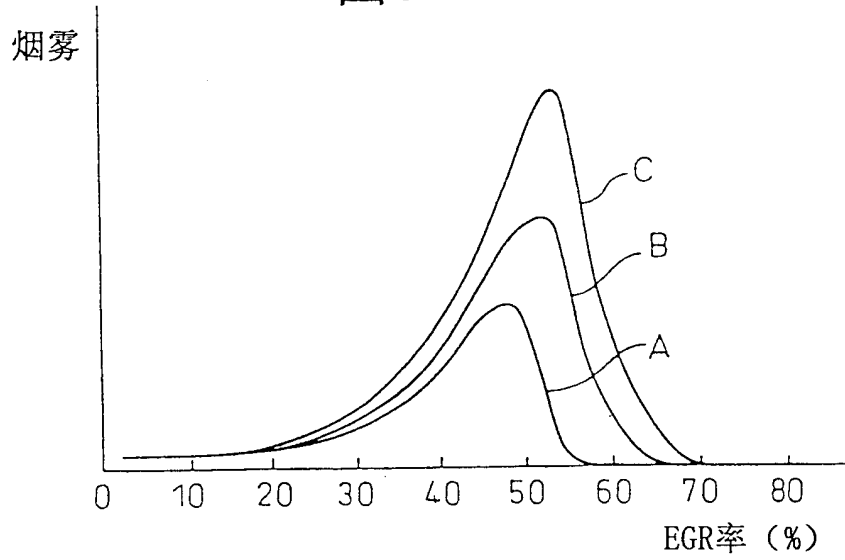


图6

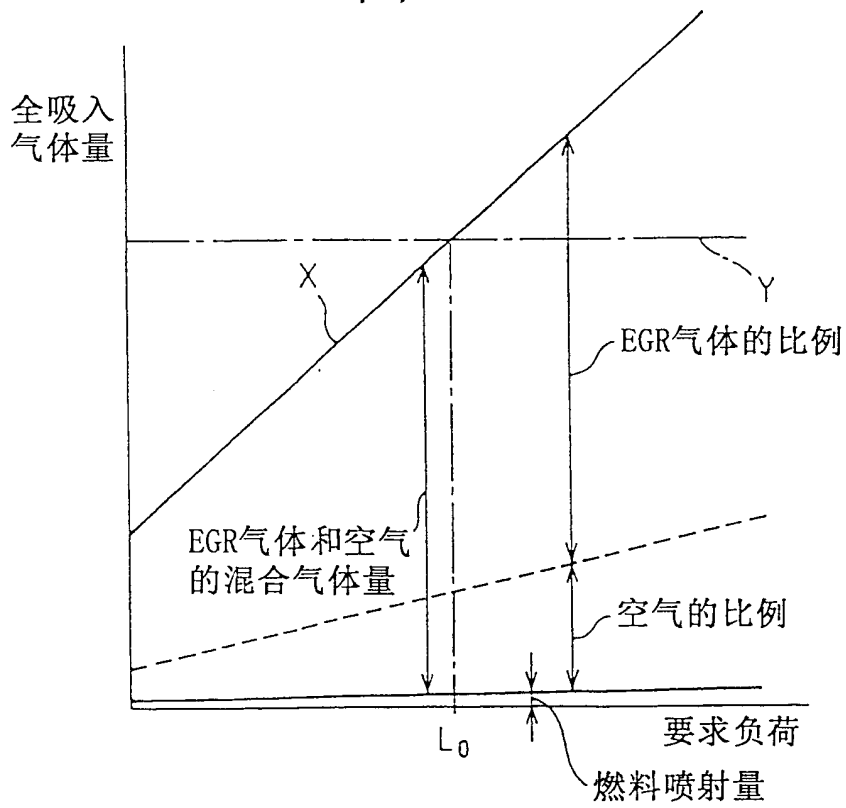


图7

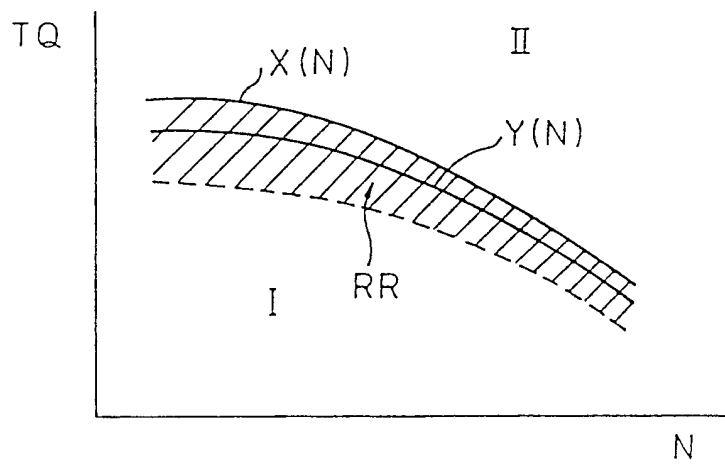


图8

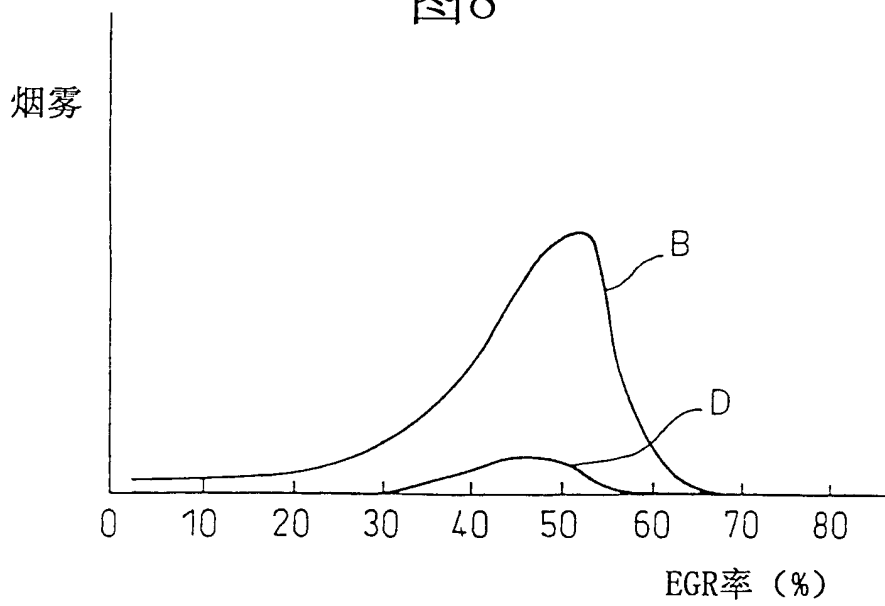


图9

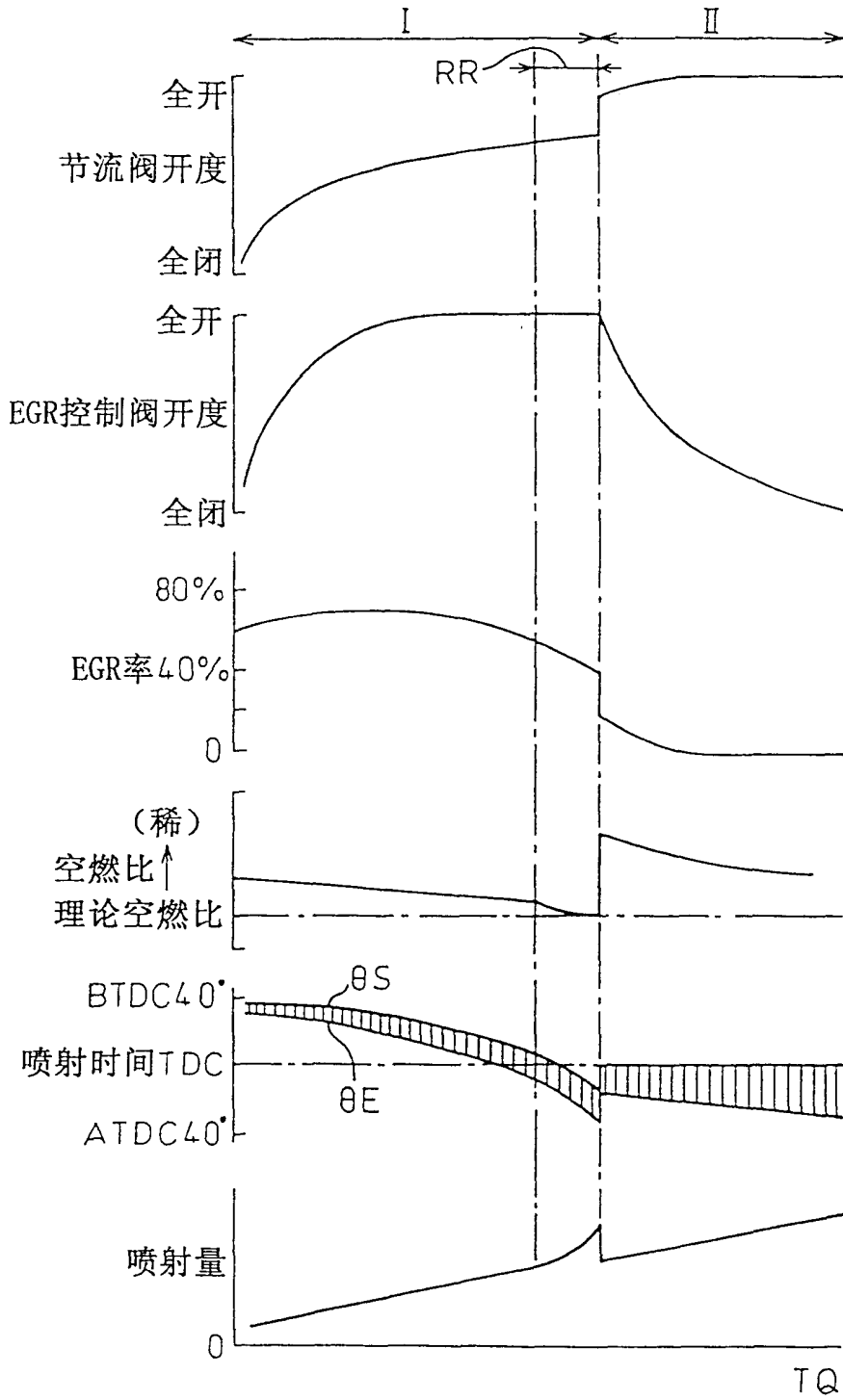


图10A

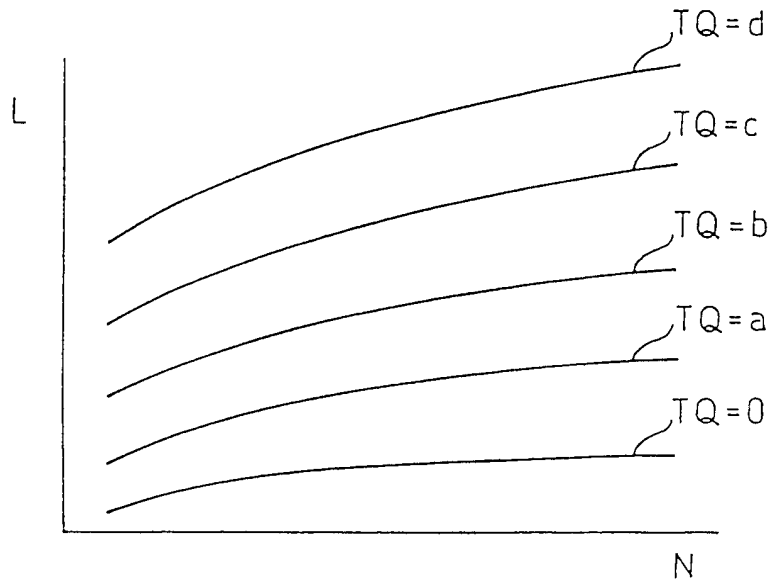


图10B

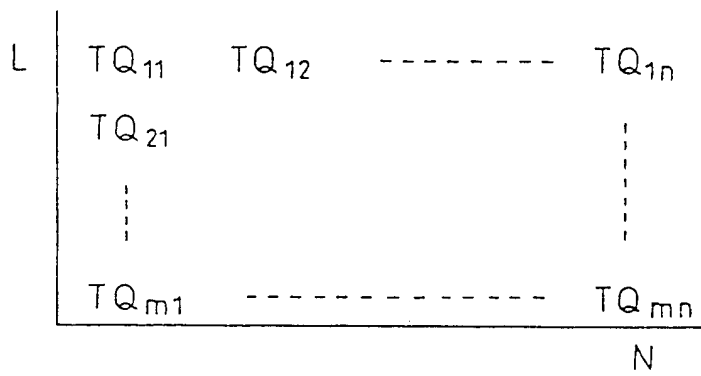


图11

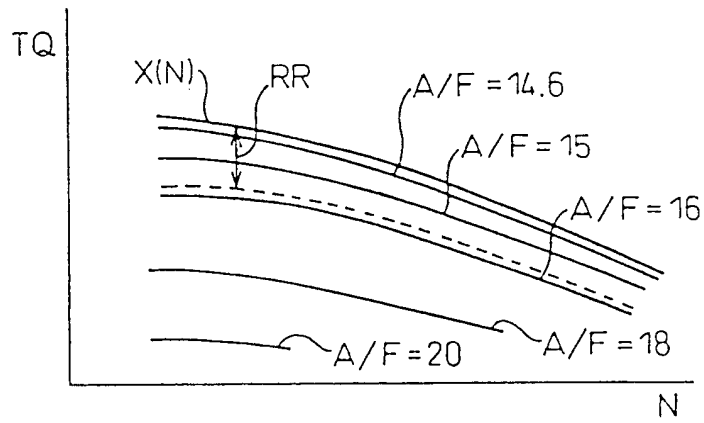


图12A

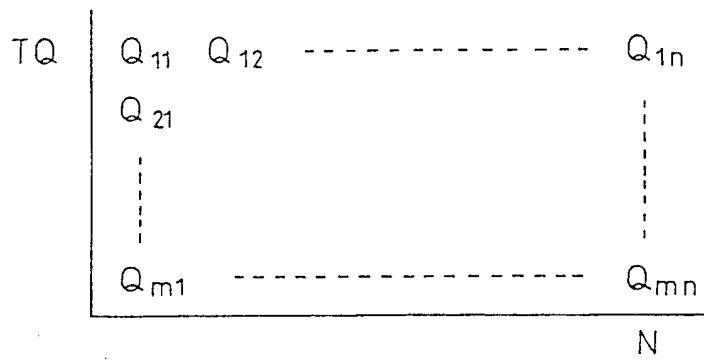


图12B

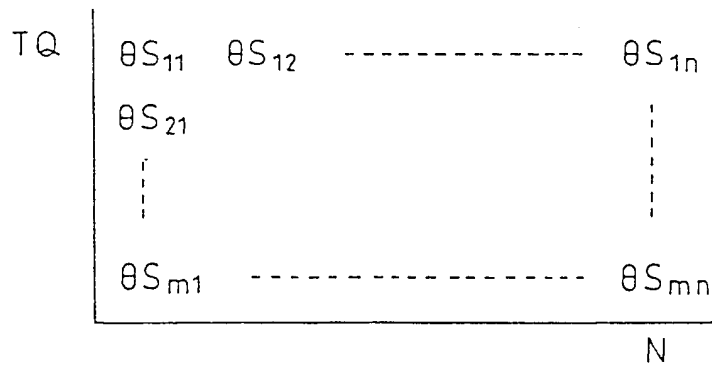


图13A

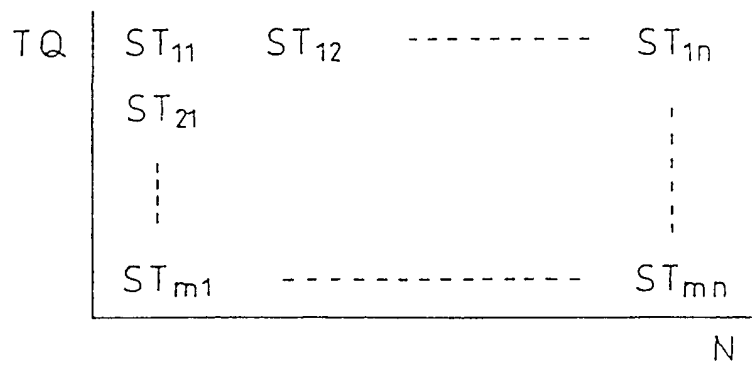


图13B

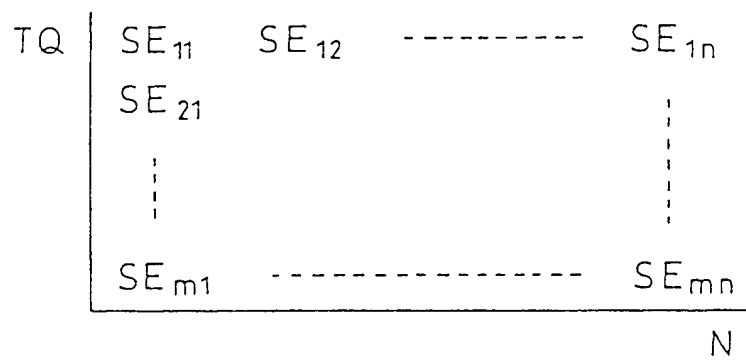


图14

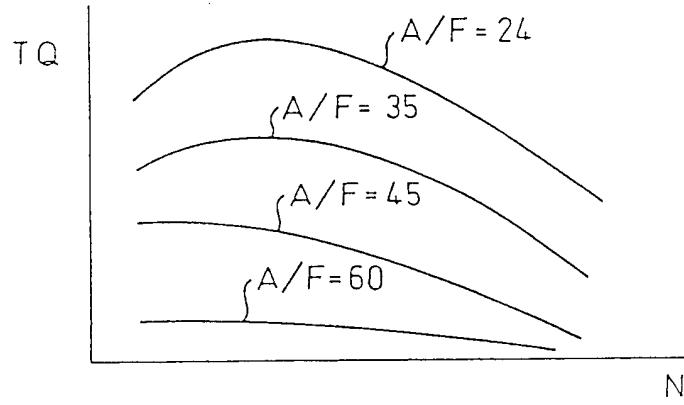


图15A

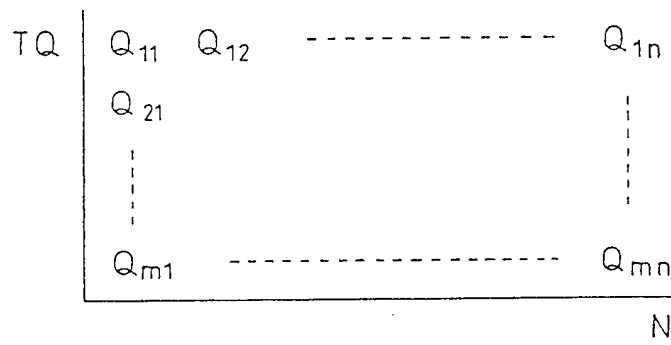


图15B

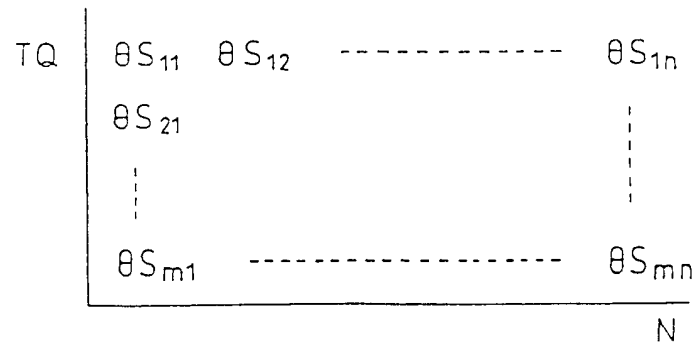


图16A

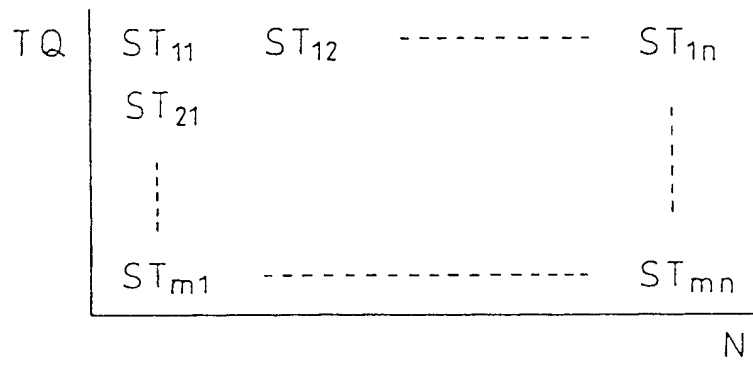


图16B

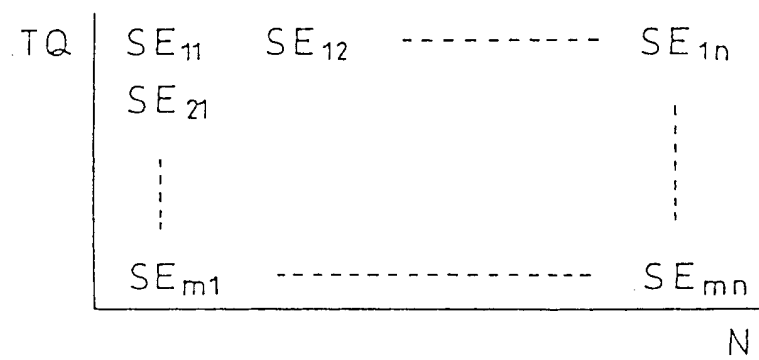


图17

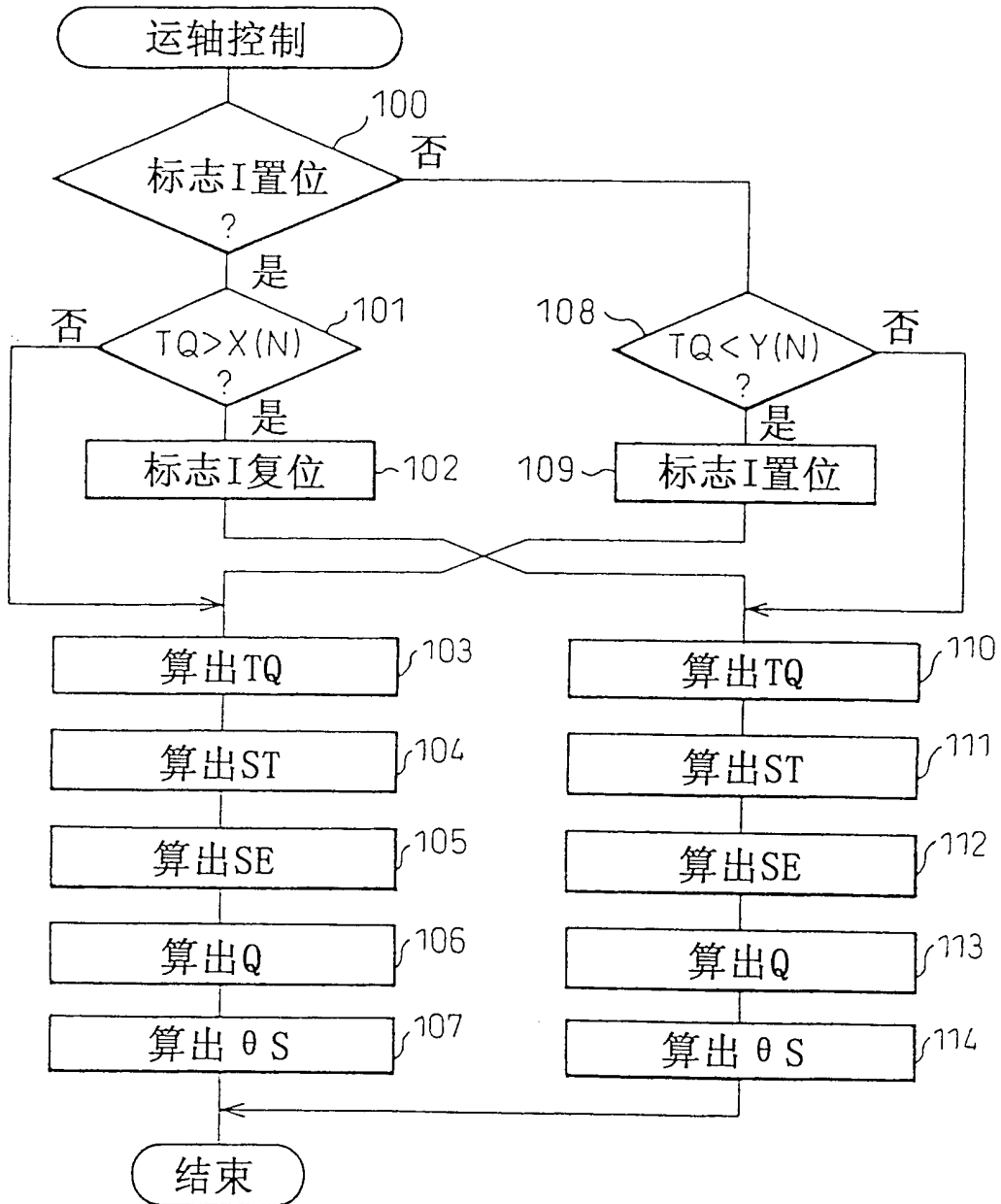


图18

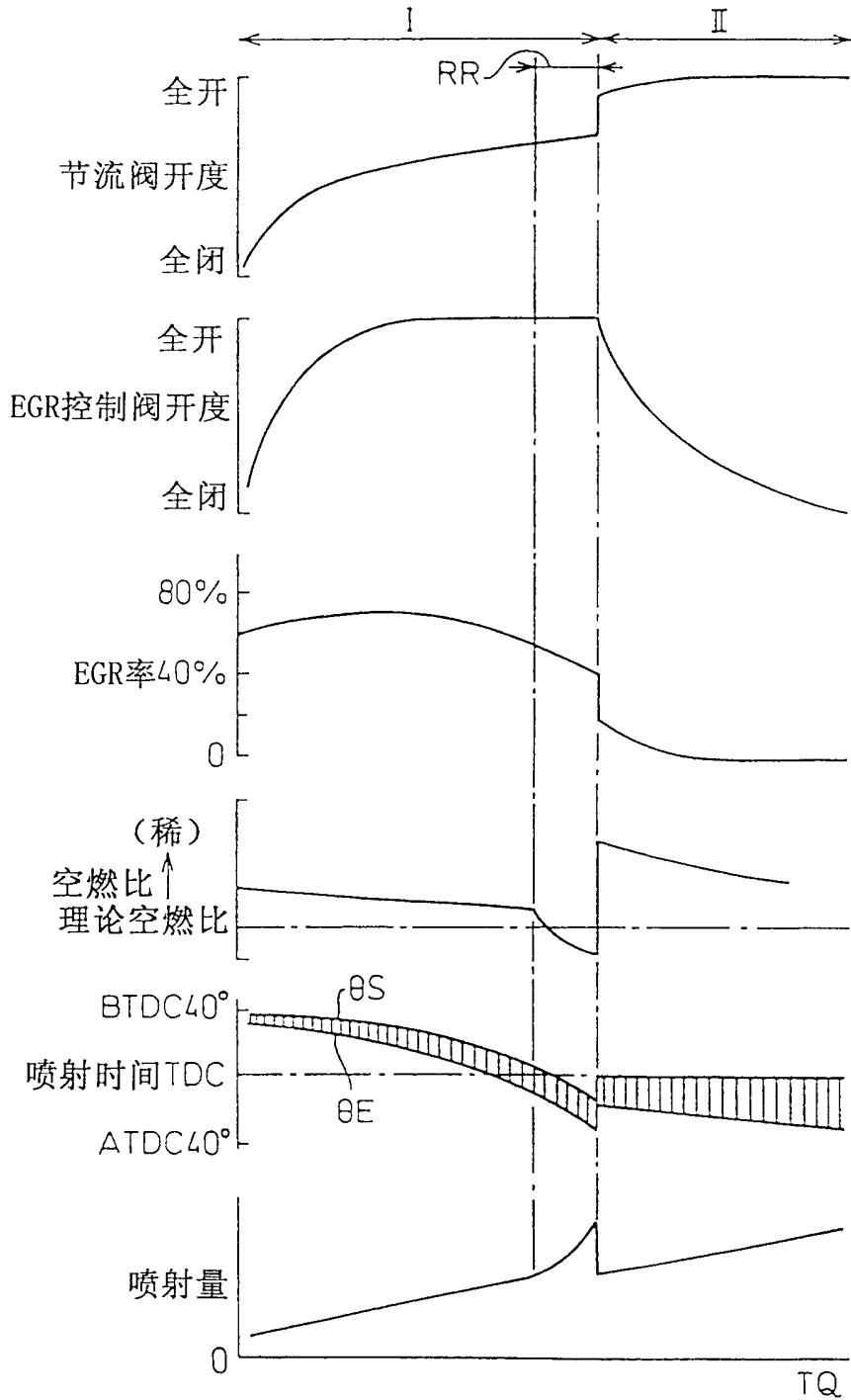


图19

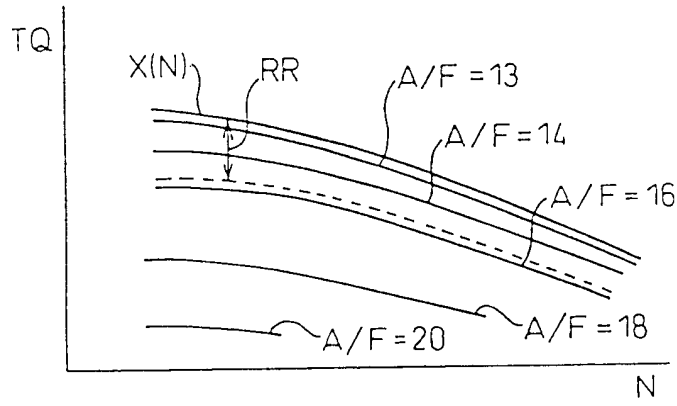


图20

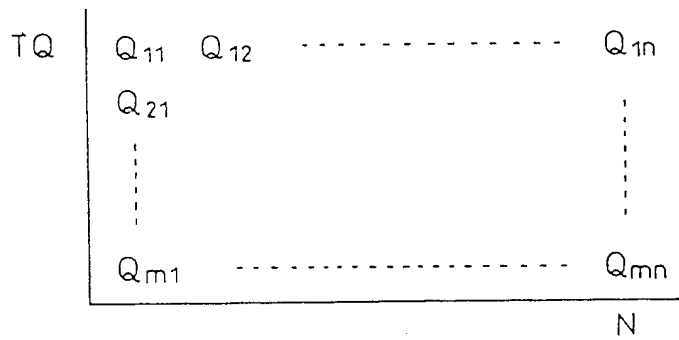


图21A

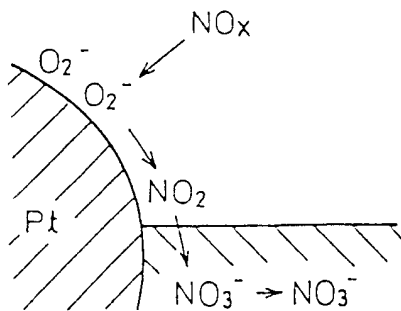


图21B

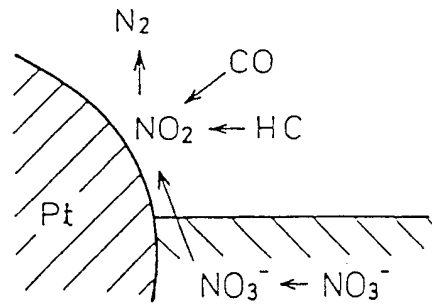


图22A

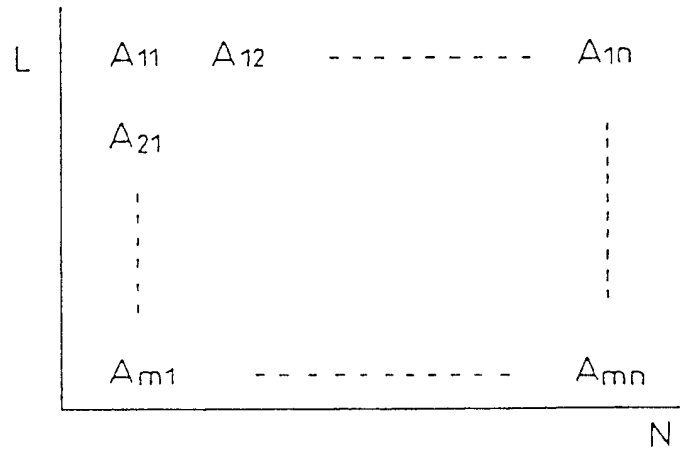


图22B

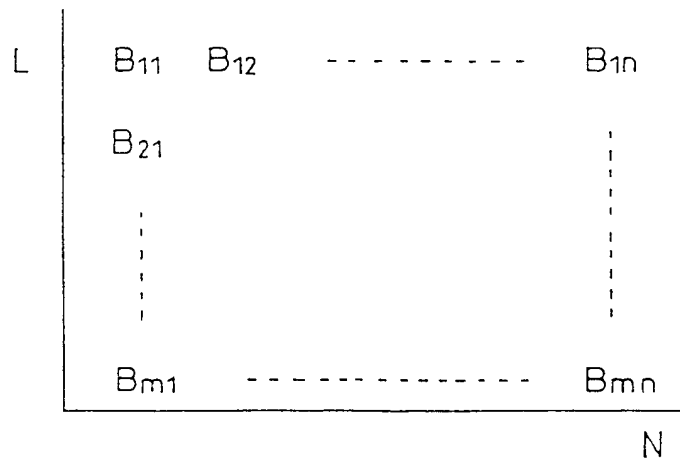


图23

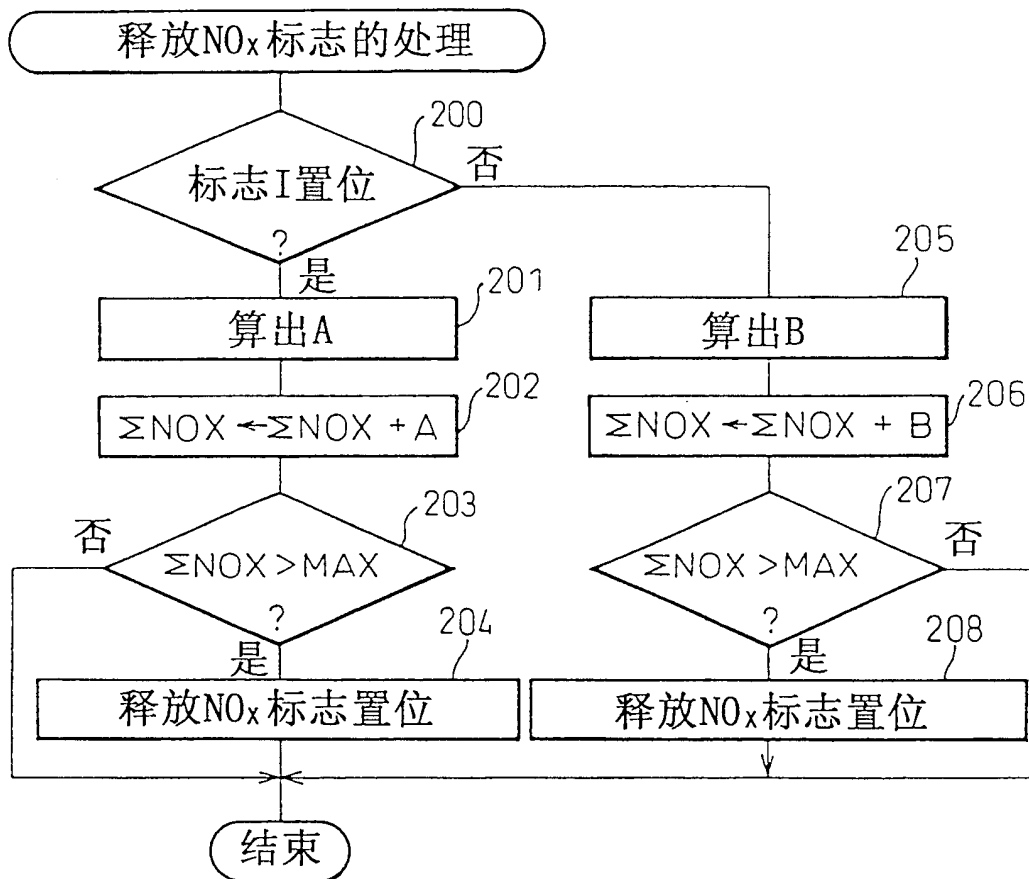


图24

