



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410063340.5

[45] 授权公告日 2009年7月29日

[11] 授权公告号 CN 100520024C

[22] 申请日 2004.7.8

[21] 申请号 200410063340.5

[30] 优先权

[32] 2003.7.8 [33] JP [31] 193310/2003

[32] 2003.7.25 [33] JP [31] 279629/2003

[73] 专利权人 日产自动车株式会社

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 石桥康隆 三浦学 北原靖久

[56] 参考文献

JP2003065116A 2003.3.5

US6006724A 1999.12.18

WO02066813A1 2002.8.29

US6082100A 2000.6.4

EP0831226A 1998.3.25

审查员 黄继嗣

[74] 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务所

代理人 刘新宇 权鲜枝

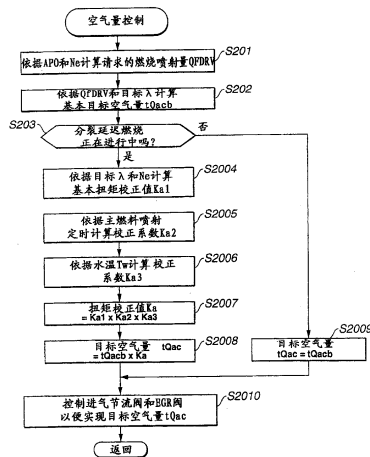
权利要求书3页 说明书19页 附图21页

[54] 发明名称

用于内燃发动机的燃烧控制装置和方法

[57] 摘要

提供一种用于在废气通道中具有废气净化器的内燃发动机的燃烧控制装置，包括用于控制对发动机的燃料和空气供应的控制器。该控制器被配置为根据废气净化器的状况，在预定的条件下产生在压缩上止点或其附近的预先燃烧以及在预先燃烧结束后的主燃烧。该控制器进而被配置为通过根据扭矩校正系数把增加校正添加到目标空气进气量来确定目标空气进气量，以及通过依据实际的空气量和目标空气/燃料比计算目标燃料喷射量来确定目标燃料喷射量。还提供一种燃烧控制方法。



1. 一种用于废气通道中具有废气净化器的内燃发动机的燃烧控制装置，其包括用于控制对发动机的燃料和空气供应的控制器，

其特征在于，该控制器被配置成：

根据废气净化器的状况，在预定的条件下提供在压缩上止点或其附近的预先燃烧以及预先燃烧结束后的主燃烧；

通过根据扭矩校正值得增加校正添加到目标空气量来确定目标空气量，以及通过依据实际的空气量和目标空气/燃料比计算目标燃料喷射量来确定目标燃料喷射量；以及

确定用于预先燃烧的燃料喷射量，使得在用于主燃烧的燃料喷射时的汽缸内温度高于自燃温度。

2. 根据权利要求 1 的燃烧控制装置，其中，该控制器进一步被配置成依照用于主燃烧的燃料喷射定时来校正扭矩校正值得。

3. 根据权利要求 1 的燃烧控制装置，其中，该控制器进一步被配置成依照发动机温度来校正扭矩校正值得。

4. 根据权利要求 3 的燃烧控制装置，其中，该控制器进一步被配置成使用冷却水温度作为发动机温度。

5. 根据权利要求 1 的燃烧控制装置，其中，该控制器进一步被配置成依据目标空气/燃料比和发动机速度来计算扭矩校正值得基本值得。

6. 根据权利要求 1 的燃烧控制装置，其中，主燃烧的燃烧开始定时和预先燃烧的燃烧开始定时之间的间隔等于或大于 20° 曲柄角。

7. 根据权利要求 1 的燃烧控制装置，其中，主燃烧的燃烧结束定时和压缩上止点之间的间隔等于或大于 50° 曲柄角。

8. 根据权利要求 1 的燃烧控制装置，其中，该控制器进一步被配置成通过改变用于主燃烧的燃料喷射定时来控制发动机的废气温度。

9. 根据权利要求 1 的燃烧控制装置，其中，废气净化器包括用

于收集废气中的微粒物质的微粒过滤器，以及该控制器进一步被配置成根据废气净化器的状况，在预定的条件下提高微粒过滤器的温度以使积聚在该微粒过滤器上的微粒物质燃尽，由此使微粒过滤器再生。

10. 根据权利要求 1 的燃烧控制装置，其中，废气净化器包括当废气空气/燃料比稀的时候捕获废气中的 NO_x 的 NO_x 捕集催化剂，以及，该控制器进一步被配置成根据废气净化器的状况，在预定的条件下使废气空气/燃料比变得较浓以及清除被 NO_x 捕集催化剂捕集的 NO_x。

11. 根据权利要求 1 的燃烧控制装置，其中，废气净化器包括当废气空气/燃料比稀的时候捕获废气中的 NO_x 的 NO_x 捕集催化剂，以及，该控制器进一步被配置成根据废气净化器的状况，在预定的条件下提高发动机的废气温度和解除 NO_x 捕集催化剂的 S 毒化。

12. 根据权利要求 1 的燃烧控制装置，其中，该控制器进一步被配置成根据废气净化器的状况，在预定的条件下预热废气净化器，所述废气净化器的状况是废气净化器处在其低温条件下的状况。

13. 一种用于具有设置在废气通道中的废气净化器的内燃发动机的燃烧控制方法，其特征在于，该方法包括下述步骤：

根据废气净化器的状况，在预定的条件下产生在压缩上止点或其附近的预先燃烧以及在预先燃烧结束之后的主燃烧；以及

通过根据扭矩校正值得增加校正添加到目标空气量来确定目标空气量，以及通过依据实际空气量和目标空气/燃料比计算目标燃料喷射量来确定目标燃料喷射量；以及

确定用于预先燃烧的燃料喷射量，使得在用于主燃烧的燃料喷射时的汽缸内温度高于自燃温度。

14. 根据权利要求 13 的燃烧控制方法，进一步包括依照用于主燃烧的燃料喷射定时来校正扭矩校正值得。

15. 根据权利要求 13 的燃烧控制方法，进一步包括依照发动机温度校正扭矩校正值得。

16. 根据权利要求 15 的燃烧控制方法，其中所述校正包括使用

冷却水温度作为发动机温度。

17. 根据权利要求 13 的燃烧控制方法，进一步包括依据目标空气/燃料比和发动机速度计算扭矩校正值的基本值。

18. 根据权利要求 13 的燃烧控制方法，其中，主燃烧的燃烧开始定时和预先燃烧的燃烧开始定时之间的间隔等于或大于 20° 曲柄角。

19. 根据权利要求 13 的燃烧控制方法，其中，主燃烧的燃烧结束定时和压缩上止点之间的间隔等于或大于 50° 曲柄角。

20. 根据权利要求 13 的燃烧控制方法，进一步包括通过改变用于主燃烧的燃料喷射定时来控制发动机的废气温度。

21. 根据权利要求 13 的燃烧控制方法，其中，废气净化器包括用于收集废气中的微粒物质的微粒过滤器，该方法进一步包括根据废气净化器的状况，在预定的条件下提高微粒过滤器的温度以使积聚在微粒过滤器上的微粒物质燃尽，由此使微粒过滤器再生。

22. 根据权利要求 13 的燃烧控制方法，其中，废气净化器包括当废气空气/燃料比稀的时候捕获废气中的 NO_x 的 NO_x 捕集催化剂，所述方法进一步包括根据废气净化器的状况，在预定的条件下使废气空气/燃料比变得较浓以及清除被 NO_x 捕集催化剂捕获的 NO_x 。

23. 根据权利要求 13 的燃烧控制方法，其中，废气净化器包括当废气空气/燃料比稀的时候捕获废气中的 NO_x 的 NO_x 捕集催化剂，所述方法进一步包括根据废气净化器的状况，在预定的条件下提高发动机的废气温度以及解除 NO_x 捕集催化剂的 S-毒化。

24. 根据权利要求 13 的燃烧控制方法，进一步包括根据废气净化器的状况，在预定的条件下加热废气净化器，所述废气净化器的状况是指废气净化器处在其低温条件下的状况。

用于内燃发动机的燃烧控制装置和方法

技术领域

本发明涉及用于内燃发动机的燃烧控制装置和方法。

背景技术

迄今，人们知道一种柴油发动机燃料喷射系统，其中燃料喷射器如同在未审定的日本专利公开第 2000-320386 中揭示的那样当需要促进催化剂的活化作用时在压缩上止点或其附近把燃料的喷射分成三次分开的喷射。

发明内容

然而，在上述的日本专利公开中揭示的燃料喷射系统中，燃料是这样喷射的，即，使三次分开的喷射的燃料燃烧不断地发生。即，燃料被这样喷射到第一喷射的燃料火焰，以便在第二喷射或其后喷射的燃料主要引起扩散燃烧。当空气/燃料比在这样的燃烧条件下变得比较浓的时候，不可避免地或必然引起烟排放大大增加。

因此本发明的目的是提供一种用于内燃发动机的燃烧控制装置和方法，即使当空气/燃料比为了废气温度升高而变得比较浓的时候也能实现不增加烟排放的燃烧。

为了达到上述目的，依照本发明的一个方面，提供一种用于废气通道中具有废气净化器的内燃发动机的燃烧控制装置，其包括用于控制对该发动机的燃料和空气供应的控制器，该控制器被配置成：根据废气净化器的状况，在预定的条件下产生在压缩上止点或其附近的预先燃烧和预先燃烧结束之后的主燃烧；根据扭矩校正值得通过把增加校正加到目标进气量上来确定目标进气量，以及通过依据实际的空气量和目标空气/燃料比计算目标燃料喷射量来确定目标燃料喷射量；确定用于预先燃烧的燃料喷射量，使得在用于主燃烧的燃料喷射时的汽

缸内温度高于自燃温度。

依照本发明的另一方面，提供用于具有设置在废气通道中的废气净化器的内燃发动机的燃烧控制方法，该方法包括：根据废气净化器的状况，在预定的条件下产生在压缩上止点或其附近的预先燃烧和在预先燃烧结束之后的主燃烧；根据扭矩校正值通过将增加的校正加到目标进气量来确定目标进气量，依据实际的空气量和目标空气/燃料比，通过计算目标燃料喷射量来确定目标燃料喷射量；确定用于预先燃烧的燃料喷射量，使得在用于主燃烧的燃料喷射时的汽缸内温度高于自燃温度。

附图说明

- 图 1 是依照本发明的本实施方案的内燃发动机的系统方框图；
图 2 是展示废气净化控制的流程图(部分 1)；
图 3 是展示废气净化控制的流程图(部分 2)；
图 4 是展示废气净化控制的流程图(部分 3)；
图 5 是展示废气净化控制的流程图(部分 4)；
图 6 是展示废气净化控制的流程图(部分 5)；
图 7 是展示废气净化控制的流程图(部分 6)；
图 8 是展示废气净化控制的流程图(部分 7)；
图 9 是展示废气净化控制的流程图(部分 8)；
图 10 是展示废气净化控制的流程图(部分 9)；
图 11 是展示废气净化控制的流程图(部分 10)；
图 12 是展示废气净化控制的流程图(部分 11)；
图 13 是展示燃烧模式的第一个实例的时间图；
图 14 是展示燃烧模式的第二个实例的时间图；
图 15 是展示依照本发明的燃烧模式的时间图；
图 16 是展示用③指示的本发明与用①指示的第一个实例和用②指示的第二个实例关于废气条件的比较的图；
图 17A 到 17D 是展示主燃烧定时和废气条件之间的关系的图；
图 18 是展示用于预先燃烧的目标燃料喷射定时图；
图 19 是展示用于预先燃烧的目标燃料喷射量图；

- 图 20 是展示用于主燃烧的目标燃料喷射定时图；
图 21 展示依照本发明的另一种燃烧模式的时间图；
图 22 是展示切换到分裂延迟燃烧的流程圖。
图 23 是展示在再生期间 PM 量和目标 λ 之间关系的曲线图；
图 24 是展示能够执行 DPF 再生和 S(硫)毒化解除的操作范围的图；
图 25 是展示包括扭矩校正的空气量控制的流程图；
图 26 是展示燃料喷射量控制的流程图；
图 27 是用于计算基本扭矩校正值的示意图；
图 28 是展示主喷射定时和扭矩校正系数之间关系的曲线图；
图 29 是展示冷却水温度和扭矩校正系数之间关系的曲线图。

具体实施方式

首先参照图 1, 依照本发明的一个实施方案的内燃发动机(在此是作为柴油发动机展示的)将被描述。

柴油发动机 1 在进气道 2 具有可变喷嘴型涡轮增压器 3 的吸入空气压缩机, 以便吸入的空气被该压缩机增压并且在中间冷却器 4 被冷却, 然后通过进气节流阀 5, 再流过收集器 6 进入每个汽缸的燃烧室。燃料被公用轨道型燃料喷射系统(即, 高压燃料泵 7)增压后传送到公用轨道 8 并且被从每个汽缸的燃料喷射器 9 直接喷射到燃烧室。吸入燃烧室的空气和被喷射的燃料的混合物借助压缩点火燃烧, 而废气被排放到废气通道 10。

排放到废气通道 10 中的一部分废气通过 EGR 通道 11 经由 EGR 阀 12 返回到进气一侧。废气的其余部分通过可变喷嘴型涡轮增压器 3 的废气涡轮, 以便驱动该涡轮增压器。

在本文中, 在废气通道 10 中废气涡轮的下游设置了 NO_x 捕集催化剂 13, 用于当废气的空气/燃料比稀的时候捕获废气中的 NO_x 并且当废气空气/燃料比变得浓的时候清除被捕获的 NO_x。此外, NO_x 捕集催化剂 13 携带氧化催化剂(贵金属)以便具有氧化流经此的废气成份

(HC, CO)的功能。

此外, NO_x 捕集催化剂 13 的下游设置了狄塞尔微粒过滤器(在下文中称之为 DPF)14。DPF 14 也携带氧化催化剂(贵金属)以便具有氧化流经那里的废气成份(HC, CO)的功能。在此期间, NO_x 捕集催化剂 13 和 DPF 14 可能被反向配置, 而且 DPF 可能在其上携带 NO_x 捕集催化剂, 以使构成一个整体单元。

为了控制发动机 1 而提供给控制单元 20 的输入是来自用来检测发动机速度 Ne 的发动机速度传感器 21、用来检测加速器开度 APO 的加速器开度传感器 22、用来检测吸入空气量 Qac 的气流计 23 和用来检测冷却水温度 Tw 的水温传感器 24 的信号。

进一步提供用来检测 NO_x 捕集催化剂 13 的温度(催化剂温度)的催化剂温度传感器 25、用来在废气通道 10 的 DPF 14 的入口一侧检测废气压力的废气压力传感器 26、用来检测 DPF 14 的温度(DPF 温度)的 DPF 温度传感器 27 和用来检测 DPF 14 出口一侧的废气的空气/燃料比(在下文中称之为废气 λ, 而且它的数值是用过量空气比表示的)的空气/燃料比传感器 28, 而且来自这些传感器的信号也被输入到控制单元 20。然而, NO_x 捕集催化剂 13 的温度和 DPF 14 的温度可借助配置在 NO_x 捕集催化剂 13 和 DPF 14 下游的废气温度传感器(未展示)从废气温度间接检测。

根据那些信号, 控制单元 20 把燃料喷射指令信号输出给用来控制燃料喷射量和每个燃料喷射器 9 的燃料喷射定时的燃料喷射器 9, 把一个开度指令信号输出给进气节流阀 5, 把一个开度指令信号输出给 EGR 阀 12, 等。

在此处, 控制单元 20 完成废气净化控制, 包括: 通过使 DPF 14 捕获的和在其上积聚的 PM 燃尽而对 DPF 14 再生的控制、用来清除 NO_x 捕集催化剂 13 捕获的 NO_x 的控制和用来解除 NO_x 捕集催化剂 13 的 S(硫)-毒化的控制, 而且这样的废气净化控制在下文中将予以详细描述。

图 2 到 12 是展示在控制单元 20 中完成的废气净化控制的流程图。

首先参照图 2 的流程图描述废气净化控制。

在步骤 S1 中，各种不同的传感器信号被读出，以检测发动机速度 N_e ，加速器开度 APO 、吸入空气量 Q_{ac} 、催化剂温度、DPF 入口侧压力，DPF 温度、DPF 出口侧温度和 DPF 出口侧废气 λ 。

在步骤 S2 中，判定废气系统中的 NO_x 捕集催化剂 13 究竟是处在低温条件下还是高温条件下，当催化剂温度等于或低于 NO_x 捕集催化剂 13 的活化温度 T_5 的时候，确定 NO_x 捕集催化剂 13 处在低温条件下，而且处理转到图 12 的对预热促进模式的控制，这将在稍后予以描述，当确定 NO_x 捕集催化剂 13 处在高温条件下时候，处理转到步骤 S3。

在步骤 S3， NO_x 量(即被 NO_x 捕集催化剂 13 捕获并且积聚在其上的 NO_x 的量)被计算出来。例如，与在美国专利第 5, 437, 887 号的第 8 栏中揭示的对 NO_x 的吸收量的计算类似， NO_x 的量可能依据发动机速度的累积值(即，曲轴转数的累积值)或行驶距离来估计。在使用累积值的情况下，累积值在完成 NO_x 清除的时候(包括当 NO_x 清除连同 S-毒化解除一起实现的时候)被重新设定。

在步骤 S4 中，作为由于 S-毒化而积聚在 NO_x 捕集催化剂 13 上的硫的量的硫积聚量(在下文中简称为 S 量)被计算出来。关于这一点，类似于上述的 NO_x 量的计算，S 量能依据发动机速度的累积值或行驶距离来估计。在使用累积值的情况下，当完成 S-毒化解除时，累积值被重新设定。

在步骤 S5 中，PM 量(即，被 DPF 14 捕获并且在其上积聚的 PM 量)是以下述方式计算的。随着 PM 数量增加，DPF 出口侧废气压力自然增加，因此，DPF 出口侧废气压力被废气压力传感器 26 检测而且与标准的废气压力相比较，借此估算 PM 量。同时，将会通过把来自 DPF 14 先前的再生的发动机速度或行驶距离的累积值与废气压力相结合来估算 PM 量。

在步骤 S6 中，判定指明 DPF 再生正在进行的 reg 标志是否已被设定。在 reg 标志已被设定 (=1) 的情况下，处理转到图 3 中的 DPF

再生模式控制，稍后将予以描述。

在步骤 S7 中，判定指明 S-毒化解除正在进行中的 desul 标志是否已被设定。在 desul 标志已被设定 (=1) 的情况下，处理转到图 4 中的对 S-毒化解除模式的控制，稍后将予以描述。

在步骤 S8 中，判定指明用来净化 NO_x 捕集催化剂 13 的 NO_x 捕集器的浓强化 (rich spike) 模式正在进行中的 sp 标志是否已被设定。在 sp 标志已被设定 (=1) 的情况下，处理转到图 5 中对浓强化模式的控制，稍后将予以描述。

在步骤 S9 中，判定指明在 DPF 14 的再生和 S-毒化解除之后的熔化损伤防止模式正在进行中的 sp 标志是否已被设定。在 sp 标志已被设定 (=1) 的情况下，处理转到图 6 中的对熔化损伤防止模式的控制，稍后将予以描述。

在步骤 S10 中，判定指明请求 DPF 14 再生的 rq-DPF 标志是否已被设定。在请求 DPF 14 再生以使 rq-DPF 标志被设定 (=1) 的情况下，处理转到稍后将予以描述的图 7 的流程，当请求 DPF 14 再生的情况下在此确定用于再生的优先顺序。

在步骤 S11 中，判定指明请求 S-毒化解除的 rq-desul 标志是否已被设定。在 rq-desul 标志已被设定 (=1) (即，请求 S-毒化解除) 的情况下，处理转到稍后将予以描述的图 8 的流程，当请求 S-毒化解除的情况下在此确定用于再生的优先顺序。

在步骤 S12 中，判定在步骤 S5 中计算的 DPF 14 的 PM 量是否超过 PM1 以及是否到了使 DPF 14 再生的时间。

在 PM 量大于 PM1 从而确定已到使 DPF 14 再生的时间的情况下，处理转到图 9 的流程，在此，在步骤 S701 中设定 rq-DPF 标志 (=1) 以请求 DPF 14 的再生。

在步骤 S13 中，判定在步骤 S4 中计算的 NO_x 捕集催化剂的 S 量是否超过预定的量 S1 以及是否到了解除 S-毒化的时间。

在 S 量大于 S1 从而确定解除 NO_x 捕集催化剂的 S-毒化的时间已经到来的情况下，处理转到图 10 的流程，在此在步骤 S801 中设定

rq-desul 标志以请求 S-毒化解除。

在步骤 S14 中, 判定在步骤 S3 中计算的 NO_x 捕集催化剂 13 的 NO_x 量是否超过预定的量 NO_{x1} 以及是否到了净化 NO_x 捕集器的时间。

在 NO_x 量大于 NO_{x1} 从而确定净化 NO_x 捕集催化剂 13 的 NO_x 捕集器的时间已经到来的情况下, 处理转到图 11 的流程, 在此, 在步骤 901 中设定 rq-sp 标志以提出 NO_x 捕集器净化请求 (浓强化请求)。

然后, 对图 3 的 DPF 再生模式的控制将被描述。如果 PM 量超过预定的量 PM1 以致 rq-DPF 标志被设定 (=1) 而且响应于此, 稍后将予以描述的图 7 的流程被执行, 以致 reg 标志被设定 (=1), 开始图 3 的处理流程。

在步骤 101 中, 为了 DPF 14 的再生, 发动机的燃烧模式从正常稀燃烧模式切换到依照本发明的分裂延迟燃烧模式 (split retard combustion mode)。

在此, 依照本发明的分裂延迟燃烧模式将予以描述。在此期间分裂延迟燃烧模式不是用于 DPF 14 的再生而是被用于解除 S-毒化、NO_x 捕集器的净化 (浓强化) 和促进发动机预热。

在执行 DPF 14 的再生的情况下, 保持废气 λ 介于 1 和 1.4 之间以及 DPF 14 的温度在 600°C 以上是必要的。此外, 在执行解除 S-毒化的情况下, 实现 $\lambda \leq 1$ 和废气温度 $\geq 600^\circ\text{C}$ 是必要的。

在稀条件下正常使用的操作范围中, 完成先导喷射是有用的实践。先导喷射定时是 BTDC 40° 到 10°, 以及先导喷射量为 1-3mm³/st。主喷射定时是 BTDC 10° 到 -20°, 而且先导喷射和主喷射之间的间隔被设定为大约 10°CA 到 30°CA。

为了在发动机的正常操作下实现用于 DPF 14 的再生和 S-毒化解除等的低 λ 和高废气温度, 减少吸入空气量是必要的。然而, 当吸入空气量被减少时汽缸内的压缩结束温度降低, 以致燃烧变得不稳定。因此, 如果先导喷射的设定类似于正常的稀燃烧模式, 那么提前主喷射的定时是必要的 (参见图 13 中的第一个实例)。因为用来升高废气

温度的喷射定时的延迟将引起不稳定燃烧，所以通过这样设定燃料喷射量和喷射定时由于延迟的限制而难以实现低 λ 和高废气温度。

因此，未审查的日本专利公开第 2000 - 320386 号通过把主喷射分裂并由此扩展延迟的限制来实现低 λ 和高废气温度。

然而，由于在先前喷射或喷射的燃料的燃烧活跃的条件下进行下一次喷射，所以引起图 14 所示的连续燃烧。即，用于主燃烧的燃料被分开的各部分被喷射到先前喷射的燃烧火焰中，以致燃烧在燃料喷射后直接开始，因此提高了扩散燃烧的速率，使局部当量比变得非常浓，所以大大增加烟排放。

因此，依照本发明，用来产生主扭矩的主燃烧和主燃烧之前的预先燃烧如同图 15 所示的那样执行，即，燃料喷射(a, b)被控制成使预先燃烧发生在压缩上止点(TDC)附近，以及主燃烧在预先燃烧完全结束之后开始。

即，燃料的喷射(a)是在压缩冲程期间完成的，以便由此执行用来升高邻近 TDC 的汽缸内温度(压缩结束温度)。虽然用来产生预先燃烧的热量的燃料的喷射量依据发动机操作条件变化，但是至少喷射的燃料量使预先燃烧的热量生成能够被感知而且在用于主燃烧的燃料喷射时汽缸内温度高于自燃温度，此外，通过根据基于发动机操作条件估算的压缩结束温度改变用于预先燃烧的燃料喷射量和喷射定时，预先燃烧的稳定性能够得到改善。

然后，用于主燃烧的燃料的喷射(b)是 TDC 之后执行的，以致主燃烧在预先燃烧完全结束之后开始。

即，通过借助预先燃烧升高汽缸内温度，主燃烧的延迟限制被扩展，以使由此提高在将废气温度控制到目标温度方面的控制能力，而在另一方面，通过在预先燃烧完全结束之后喷射用于主燃烧的燃料，获得用于主燃烧的点火延迟的时间周期，由此使主燃烧中的预混合燃烧速率变得更高以及抑制烟排放。

预先燃烧的燃烧开始定时和主燃烧的燃烧开始定时之间的间隔至少是 20°C，尽管其可根据发动机速度的变化而改变，因为如果不

是这样，预先燃烧（预先燃烧的放热）将不完全结束。通过以这种方式设定间隔，主燃烧的恶化能够得到抑制，因此可能防止在烟排放方面的恶化。此外，因为主燃烧在膨胀冲程期间开始，所以燃烧速度是非常缓慢的，以致主燃烧在 ATDC 50°或之后完成。通过尽可能多地延迟主燃烧的燃烧结束定时，主燃烧变得缓慢，因此可能抑制在燃烧噪声方面的恶化。

通过实现本发明的分裂，如同在图 16 中用③指出的那样，分别与用①和②指出的图 13、14 的第一个和第二个实例相比较，即使在实现浓条件的时候也能够获得废气温度高和烟排放少的燃烧。此外，本发明的分裂呈现非常低的 HC 浓度。

此外，由于主燃烧的延迟限制通过预先燃烧得到扩展，在低 λ 条件下的燃烧即使在主燃烧的喷射定时被延迟的时候也可以是稳定的，因此获得高废气温度变成可能的。

参照图 17A 到 17D，主燃烧的定时的延迟增加主燃烧中预混合燃烧的比例，从而甚至在 λ 小的条件下，主燃烧的定时被延迟得越多，烟排放就受到越大的抑制。此外，如果主燃烧的定时被延迟，就能实现较高的废气温度。因此，通过改变用于主燃烧的燃料喷射定时，废气温度能够得到控制。

图 18 展示使用发动机操作条件（发动机速度 N_e 和负荷 Q ）作为参数的用于预先燃烧的目标燃料喷射时间。

图 19 展示使用发动机操作条件（发动机速度 N_e 和负荷 Q ）作为参数的用于预先燃烧的目标燃料喷射量。

图 20 展示使用发动机操作条件（发动机速度 N_e 和负荷 Q ）作为参数的用来实现某个目标废气温度的目标燃料喷射定时（主喷射定时）。为了扭矩的校正，通过稍后将描述的方式确定用于主燃烧的燃料喷射量。

同时，在低负荷的条件下，用来获得目标废气温度的主燃烧的燃烧时间被大大延迟，以致下述的情况发生，即，只有一个预先燃烧不能维持在主燃烧的喷射定时汽缸内温度为高。在这种情况下，如图 21

所示，预先燃烧以这种方式完成多次，即，燃烧的热释放不互相重叠。由此，即使在低负荷条件下，也能同时获得低的烟排放和高的废气温度。

如同前面描述过的那样，在 DPF 再生、S-毒化解除等需要低 λ 和高废气温度的情况下，燃烧模式被切换到本发明的分裂延迟燃烧模式。更明确地说，如同图 22 的流程图所展示的那样，在步骤 S1101 中，用于预先燃烧的燃料喷射量（参照图 19）的燃料在预先燃烧的燃料喷射定时（参照图 18）喷射。然后，在步骤 S1102 中，用于主燃烧的燃料喷射在延迟的燃料喷射定时执行（参照图 20）。

回过来参照图 3，在步骤 S101 中发动机的燃烧模式从正常的稀燃烧模式切换到本发明的用于 DPF 的再生的分裂延迟燃烧模式之后，处理转到步骤 S102。

在步骤 S102 中，废气 λ 被控制到目标值。在 DPF 再生时，废气 λ 的目标值依据 PM 量的变化发生改变。因此，在 DPF 入口一侧的废气压力被检测并且与发动机操作条件（发动机速度 N_e 和负荷 Q ）下的基准废气压力进行比较，由此估计 PM 量、确定与图 23 所示的 PM 量相对应的目标 λ 和将废气 λ 控制到目标值。

对目标 λ 的控制（稍后将予以描述）是在进行扭矩校正的时候完成的，因为扭矩被延迟燃烧降低。

在步骤 S103 中，判定 DPF 的温度是否超过目标上限 T22。

如果 DPF 温度 $>T22$ ，那么 DPF 温度在再生期间超过该上限，所以处理转到步骤 S110，在此，主燃烧的燃料喷射定时被提前以降低废气温度。

在步骤 S104 中，确定 DPF14 温度是否低于目标下限 T21。

如果 DPF 温度 $<T21$ ，那么 DPF 温度在 DPF 14 的再生期间被降低到该下限以下，所以处理转到步骤 S109，在此，主燃烧的燃料喷射定时被延迟以升高废气温度。

在步骤 S105 中，判定是否已从 DPF 再生的起点逝去预定的时间 t_{dpfreg} 。如果该预定的时间已逝去，那么在 DPF 14 上积聚的 PM 被

完全燃尽，所以处理转到步骤 S106。

在步骤 S106 中，燃烧模式从本发明的分裂延迟燃烧模式切换到正常燃烧模式，以便停止 DPF 14 的加热，因为 DPF 再生已完成。

在步骤 S107 中，reg 标志被清除 (= 0)，因为 DPF 再生已完成。

在步骤 S108 中，rec 标志被设定 (= 1)，以便开始熔化损伤防止模式，因为虽然 DPF 再生已完成，但是如果保留 DPF 14 上的 PM，那么废气 λ 的快速增加有可能使 PM 立刻在 DPF 14 处燃烧并且引起熔化损伤。

然后，将描述图 4 所示的用于 S-毒化解除模式的控制。在 NO_x 捕集催化剂 13 中 S (硫) 的量超过预定量 S1，以致 rq-desul 标志被设定 (= 1) 而且作为对此的响应，稍后将描述的图 8 的处理流程被执行以便设定 desul 标志 (= 1) 的情况下，开始图 4 的处理流程。

在步骤 S201 中，为了解除 NO_x 捕集催化剂 13 的 S-毒化，发动机的燃烧模式从正常的稀燃烧模式切换到本发明的分裂延迟燃烧模式。

在步骤 S202 中，将 λ 控制为理想配比。即，通过按理想配比设定目标废气 λ 来控制废气 λ 。对目标废气 λ 的控制 (稍后予以详细描述) 是在完成扭矩校正的同时完成的，因为延迟燃烧引起扭矩降低。

在步骤 S203 中，判定催化剂温度是否高于预定温度 T4。例如，T4 被设定在 600°C，因为在 Ba 作为 NO_x 捕集催化剂的情况下至理想配比的浓的气氛需要在 600°C 或以上。

如果催化剂温度低于预定温度 T4，那么处理转到步骤 S210，在此主燃烧的燃料喷射定时被延迟，以便升高废气温度。

在步骤 S204 中，判定是否已从 S-毒化解除模式的起点逝去预定的时间 t desul。如果该预定的时间已逝去，则确定 S-毒化解除已完成而且处理转到步骤 S205。

在步骤 S205 中，由于 S-毒化解除已完成，所以燃烧模式从本发明的分裂延迟燃烧模式切换到正常燃烧模式，以便停止 NO_x 捕集催化剂 13 的预热。当然，理想配比操作同时被取消。

在步骤 S206 中，由于 S-毒化解除已完成，所以 desul 标志被清除 (= 0)。

在步骤 S207 中，rec 标志被设定 (= 1)，以便开始熔化损伤防止模式，因为虽然 S-毒化解除已完成，如果 PM 积聚在 DPF 14 上，在这样的高温条件下废气 λ 的快速增加有可能使 PM 立刻在 DPF 14 处全部燃烧并且导致熔化损伤。

在步骤 S208 中，rq-sp 标志被清除 (= 0)。通过 S-毒化解除的执行，同时导致清除 NO_x，因为 NO_x 捕集催化剂受到理想配比的影响。因此，如果已经做过，则这是用来取消 NO_x 清除请求（浓强化请求）。

然后，将描述图 5 的浓强化模式（NO_x 清除模式）。当 NO_x 捕集催化剂 13 的 NO_x 量超过预定量 NO_{x1}，以致 rq-sp 标志被设定 (= 1) 并且作为对此的响应，图 7 或 8 的处理流程被执行以使 sp 标志被设定 (= 1) 的时候，开始图 5 的处理流程。

在步骤 S301 中，为了清除 NO_x 捕集催化剂 13 中的 NO_x，发动机的燃烧模式从正常的稀燃烧模式切换到本发明的分裂延迟燃烧模式。

在步骤 S302 中，废气 λ 被控制为浓。即，通过把目标 λ 设定为浓来控制废气 λ 。对目标 λ 的控制（稍后将予以详细描述）是在进行扭矩校正的同时完成的，因为扭矩被延迟燃烧降低。

在步骤 S303 中，判定是否已从浓强化模式的起点逝去预定时间 t spike。如果该预定的时间已逝去，那么判定 NO_x 清除已完成而且流程转到步骤 S304。

在步骤 S304 中，由于 NO_x 清除已完成，燃烧模式从分裂延迟燃烧模式切换到正常燃烧模式。当然，浓操作被同时取消。

在步骤 S305 中，由于 NO_x 清除已完成，sp 标志被取消 (= 0)。

然后，将描述图 6 的熔化损伤防止模式。当 DPF 再生或 S-毒化解除已完成而且图 3 或图 4 的流程被执行以使 rec 标志被设定 (= 1) 时，开始图 6 的处理流程。

在步骤 401 中, 由于 DPF 14 恰好在 DPF 再生等处理之后仍然处在高温条件下, 并因此把废气 λ 快速控制到浓有可能引起 DPF 14 上剩余的 PM 立刻全部燃烧并因此引起熔化损伤, 所以废气 λ 被控制到目标值, 例如, 控制到使 $\lambda \leq 1.4$ 。同时, 在熔化损伤防止模式中, 希望废气温度低, 从而不用本发明的分裂延迟燃烧模式而用正常燃烧模式把废气 λ 控制到目标值。

在步骤 402 中, 判定 DPF 14 的温度是否低于 PM 不可能快速氧化的预定温度 T3 (例如, 500°C)。如果 DPF 14 的温度高于 T3, 废气 λ 的控制则继续。如果 DPF 14 的温度低于 T3, 即使氧的浓度变成与大气中的浓度相等, DPF 14 的损伤也能被避免, 所以处理流程转到步骤 S403。

在步骤 403 中, 由于不存在任何 DPF 14 熔化损伤的可能性, 所以废气 λ 的控制结束。

在步骤 404 中, 由于熔化损伤防止模式已结束, 所以 rec 标志被清除 (= 0)。

然后, 将描述图 7 的第一再生优先顺序确定流程。当 DPF 再生请求 (rq-DPF 标志 = 1) 被发出的时候, 开始图 7 的处理流程。在此期间, 该流程在 DPF 再生请求、S-毒化解除请求或 NO_x 清除请求同时发出的时候确定优先顺序。

在步骤 S501 中, 借助类似于步骤 S13 的方法, 判定 S 量是否超过预定量 S1 以及是否到了解除 S-毒化的时间。

如果 S 量 > S1, 处理转到图 10 的处理流程的步骤 S801, 以便设定 rq-desul 标志 (= 1) 和发出 S-毒化解除请求。在这种情况下, 优先顺序是用图 8 的处理流程确定的。

在 S 的积聚量 < S1 的情况下, 处理转到 S502。

在步骤 S502 中, 确定 rq-sp 标志是否已被设定 (= 1), 即 NO_x 清除请求 (浓强化请求) 是否已发出。如果尚未发出, 处理转到步骤 S503。

在步骤 S503 中, 借助类似于步骤 S14 的技术, 确定 NO_x 量是否

超过预定数 NO_x1 以及是否到了净化 NO 捕集器的时机。

如果 NO_x 量 $> \text{NO}_x1$, 处理转到图 11 的流程的步骤 S901, 以便设定 rq-sp 标志 (= 1) 并且发出 NO_x 清除请求 (浓强化请求)。

如果在步骤 S503 中判定 NO_x 量 $< \text{NO}_x1$, 这是仅仅发出 DPF 再生请求的情况, 所以处理转到步骤 S504。

在步骤 S504 中, 判定发动机操作条件是否处在能够执行 DPF 再生和 S-毒化解除的范围中 (即, 不同于低速和低负荷范围的操作范围, 在该范围中温度升高的程度比较小而且排气效率的恶化程度不超过允许值)。如果发动机操作条件在能够执行 DPF 再生的范围中, 处理转到步骤 505, 以便设定 reg 标志 (= 1) 并且着手进行 DPF 再生。

如果在步骤 S502 中判定 rq-sp 标志已被设定 (= 1), 这是 DPF 再生请求和 NO_x 清除请求被同时发出的情况, 所以处理转到步骤 S506。

在步骤 S506 中判定发动机是否正在 NO_x 排放量很小 (例如, 稳定状态) 的条件下操作。在 NO_x 排放量小的发动机操作条件下, 即使 NO_x 捕集催化剂 13 的再生略有延迟也几乎不在尾管引起任何废气恶化, 所以最好把优先级给予对发动机操作有很大影响的 DPF 再生。因此, 在这种情况下, 处理转到步骤 S507。

在 NO_x 排放量大的发动机操作条件 (例如, 加速条件) 下, 希望把优先级给予 NO_x 捕集催化剂 13 的再生以便防止尾管中废气的恶化。因此, 在这种情况下, 处理转到步骤 S508, 以便设定 sp 标志 (= 1) 以及着手进行 NO_x 清除 (浓强化)。

在步骤 S507 中, 判定 DPF 的温度是否高于 DPF 14 上携带的氧化催化剂被活化的温度 $T6$ 。如果在开始升高 DPF 14 温度的时候低于 $T6$, 优选的是把优先级给予 NO_x 捕集催化剂 13 的再生。这是因为即使开始升高 DPF 14 的温度, DPF 14 被加热到 DPF 的再生能被执行的温度要花费很长的时间, 而且可能在温度的上升期间引起废气尾管处的 NO_x 恶化。因此, 在这种情况下, 处理转到步骤 S508, 以便设定 sp 标志 (= 1) 和着手进行 NO_x 清除 (浓强化)。

如果在步骤 S507 中判定 DPF 的温度 $>T_6$ ，那么处理转到步骤 S504 和 S505 以便把优先级给予 DPF 再生。

然后，将描述图 8 的第二再生优先级顺序确定流程。如果 S-毒化解除请求(rq-desul 标志 = 1)已发出，开始图 8 的处理流程。在此期间，这个处理流程是当 S-毒化解除请求和 NO_x 清除请求同时发出时用来确定优先级顺序的。

在 S601 步骤中，在 S-毒化解除请求发出之后并且用类似于步骤 S12 的技术确定 PM 量是否超过预定量 PM₁ 以及是否到了再生 DPF 14 的时间。

如果 PM 量 $>PM_1$ ，那么处理转到图 9 的处理流程的步骤 S701，以便设定 rg-DPF 标志 (= 1) 和发出 DPF 再生请求。在这种情况下，用图 7 的处理流程确定优先级顺序。

如果 PM 量 $<PM_1$ ，处理转到步骤 S602。

在步骤 S602 中，判定催化剂温度是否高于预定温度 T₁。如果高于该温度，处理转到步骤 S603。

在步骤 S603 中，判定发动机操作条件是否处在能够执行 DPF 再生和 S-毒化解除的操作范围中（即，不同于低速和低负荷范围的操作范围，在该范围中温度上升的程度比较小而且排气效率的恶化程度不超过允许值）。如果该发动机操作条件是在能够执行 S-毒化解除的范围中，处理转到步骤 S604，以便设定 desul 标志 (= 1) 和着手进行 S-毒化解除。

如果在步骤 S602 中判定催化剂温度 $<T_1$ ，优选的是把优先级给予 NO_x 清除。这是因为，即使开始升高 DPF 14 的温度，把催化剂加热到能执行 S-毒化解除的温度仍然要花费很长的时间，而且有可能在催化剂的温度上升期间在废气尾管处引起 NO_x 恶化。相应地，处理转到步骤 S605。

在步骤 S605 中，判定 rq-sp 标志是否已设定 (= 1)，即，判定是否 NO_x 清除请求已发出。如果已发出，处理转到步骤 S607 以便设定 sp 标志 (= 1) 和着手进行 NO_x 清除(浓强化)。

如果 rq-sp 标志尚未设定, 处理转到步骤 S606。

在步骤 S606 中, 在 S-毒化解除请求发出之后并且用类似于步骤 S14 的技术判定 NO_x 量是否超过预定值 NO_{x1} 以及是否到了净化 NO_x 捕集器的时候。

如果 NO_x 量 > NO_{x1}, 处理转到图 11 的处理流程的步骤 S901, 以便设定 rq-sp 标志 (= 1)。

然后, 将描述图 12 的预热促进模式的控制。该控制是在催化剂温度等于或低于 T5 时执行的。

在步骤 S1001 中, 判定发动机的操作是否处在能够执行预热促进操作的操作范围内。在这方面, 由于预热促进操作是借助本发明的分裂延迟燃烧模式执行的, 所以判定发动机的操作是否处在能够执行分裂延迟燃烧模式的范围中。具体地说, 在图 24 中展示的能够执行 DPF 再生和 S-毒化解除的范围被认为是能够执行预热促进操作的操作范围, 而且, 如果发动机操作条件处在这个范围中, 则处理转到步骤 S1002。

在步骤 S1002 中, 为了促进预热, 发动机的燃烧模式从正常的稀燃烧模式切换到本发明的分裂延迟燃烧模式。通过切换到本发明的该燃烧模式, 废气温度变高, 从而使促进催化剂的预热变成可能。

另外, 在这种情况下, 目标 λ 被设定以及废气 λ 被控制到目标 λ, 稍后将详细描述的对目标 λ 的控制是在进行扭矩校正的同时完成的, 因为扭矩被延迟燃烧降低。

在步骤 S1003 中, 判定催化剂温度是否高于 T5, 即, 它的活化温度。如果催化剂温度 > T5, 那么处理转到 S1004, 以便把燃烧模式从本发明的分裂延迟燃烧模式切换到正常燃烧模式并且结束预热促进操作。

然后, 将描述在本发明的分裂延迟燃烧模式期间对目标 λ 的控制以及扭矩校正。

延迟燃烧引起扭矩下降, 所以在维持目标 λ 的同时怎样补偿扭矩的下降是重要的。此外, 由于废气温度通过延迟用于主燃烧的燃料喷

射定时升高得越多，扭矩下降得就越多，所以处理这个问题是必要的。此外，尤其是在预热促进模式的情况下，如果在发动机的某些部分温度低，则虽然用于主燃烧的燃料喷射定时是一样的，但是燃烧效率降低并且扭矩降低许多。因此，处理这个问题也是必要的。

图 25 是包括扭矩校正的用于吸入空气量控制的流程图。

在步骤 S2001 中，等同于被请求发动机扭矩的被请求的燃料喷射量 QFDRV 依据加速器开度 APO 和发动机速度 Ne 被计算出来。

在步骤 S2002 中，基本目标空气量 tQacb 依据目标燃料喷射量 QFDRV 和目标 λ 被计算出来。在此期间，目标 λ 如同前面描述的那样被确定为分别经历 DPF 产生、S-毒化解除、NOx 清除和预热加速。

在步骤 S2003 中，判定分裂延迟燃烧模式是否正在进行中。如果分裂延迟燃烧模式正在进行中，处理转到步骤 S2004。

在步骤 S2004 中，基本扭矩校正系数 ka1 依据目标 λ 和发动机速度 Ne 参照图 27 的图表被计算出来。在这方面，如果目标 λ 变成小于 1，扭矩被减速，以使 ka1 在目标 λ 变成小于 1 时变得更大。此外，如果发动机速度 Ne 变得更高，即使燃烧时间一样也会引起曲柄角改变，因此引起扭矩降低。于是，当发动机速度 Ne 更高时，ka1 也变得更大。

在步骤 S2005 中，用于基本扭矩校正系数的校正系数 ka2 是在分裂延迟燃烧模式期间依据燃料喷射定时（主喷射之时）计算出来的。具体地说，参照在图 28 中展示的表，主喷射定时被延迟得越多，校正系数 ka2 变得越大。这是因为主喷射定时延迟得越多，扭矩减少就越多。

在步骤 S2006 中，用于基本扭矩校正系数的校正系数 ka3 依据作为表示发动机温度的参数的冷却水温度 Tw 被计算出来。具体地说，参照在图 29 中展示的表，校正系数 ka3 当冷却水温度 Tw 较低的时候变得更大。这是因为冷却水温度 Tw 变得较低的时候燃烧效率变得较差，因此扭矩降低更多。这种校正在预热加速模式是特别有效的。

在步骤 S2007 中，最后的扭矩校正系数 Ka=ka1 × ka2 × ka3 依据基本扭矩校正系数 ka1 和校正系数 ka2、ka3 被计算出来。

在步骤 S2008 中，为了校正扭矩，目标空气量 tQac = tQacb × Ka

通过使基本目标空气量 tQ_{acb} 乘以扭矩校正系数 K_a 被计算出来。

另一方面，如果在步骤 S2003 中判定分裂延迟燃烧模式不在进行中，则处理转到步骤 S2009，以便把基本目标空气量 tQ_{acb} 按原样看作是最后的目标空气量 $tQ_{ac} = tQ_{acb}$ 。

在步骤 S2008 和 S2009 之后，处理转到步骤 S2010，以使控制进气节流阀和 EGR 阀从而实现目标空气量 tQ_{ac} 。更具体说，进气节流阀被控制实现目标空气量 tQ_{ac} ，除此之外，为了进行细调，实际空气量 Q_{ac} 是用气流计检测的，而 EGR 阀受反馈控制，以使 $Q_{ac} = tQ_{ac}$ 。

图 26 展示用于燃料喷射量控制的流程图。

在步骤 S2101 中，用气流计检测实际空气量 Q_{ac} 。

在步骤 S2102 中，目标燃料喷射量 tQ_F 依据实际空气量 Q_{ac} 和目标 λ 被计算出来。

在步骤 S2103 中，燃料喷射阀被控制为实现目标燃料喷射量 tQ_F 。

从上面的描述将理解，在分裂延迟燃烧模式期间，供应给发动机的目标空气量受到校正以便通过扭矩校正系数来增加，并从实际空气量和目标空气量计算出目标燃料喷射量，借此控制燃料喷射阀，由此，扭矩的减少能在实现目标 λ 的同时受到抑制。

此外，通过按照用于主燃烧的燃料喷射定时（主喷射定时）校正上述的扭矩校正系数，由主喷射定时的变化造成的扭矩变化能得到处理。

此外，通过按照发动机温度（尤其是表示它的冷却水温度）校正上述的扭矩校正系数，在预热促进模式由于温度低造成的扭矩下降能得到处理。

此外，通过依据目标 λ 和发动机速度计算上述的扭矩校正系数的基本值（基本扭矩校正系数），由于目标 λ 变得更浓造成的扭矩下降和由于发动机速度增加造成的扭矩下降都能得到处理。

从前面的描述将理解，通过依照本发明所述的借助预先燃烧升高汽缸内温度以及预先燃烧结束之后产生主燃烧，预混合燃烧通过主燃烧获得，因此使升高废气温度和获得浓的空气/燃料比而不恶化烟排放变成可能。此外，扭矩的下降将不可避免地由延迟燃烧引起。这种扭

矩的减少能借助下述对发动机的燃料和空气的控制来实现目标空气/燃料比的同时受到抑制，这种控制通过根据扭矩校正值得增加的校正加到目标空气量上来确定目标空气量，以及通过依据实际空气量和目标空气/燃料比来计算目标燃料喷射量从而确定目标燃料喷射量。

日本专利申请第P2003-279629号(2003年7月25日申请)的全部内容在此并入作为参考。

虽然本发明已参照某个实施方案被描述，但是本发明不局限于上述的实施方案。鉴于前面的教导，本领域技术人员将想到上述实施方案的修改方案和变化。本发明的范围是用权利要求书定义的。

图1

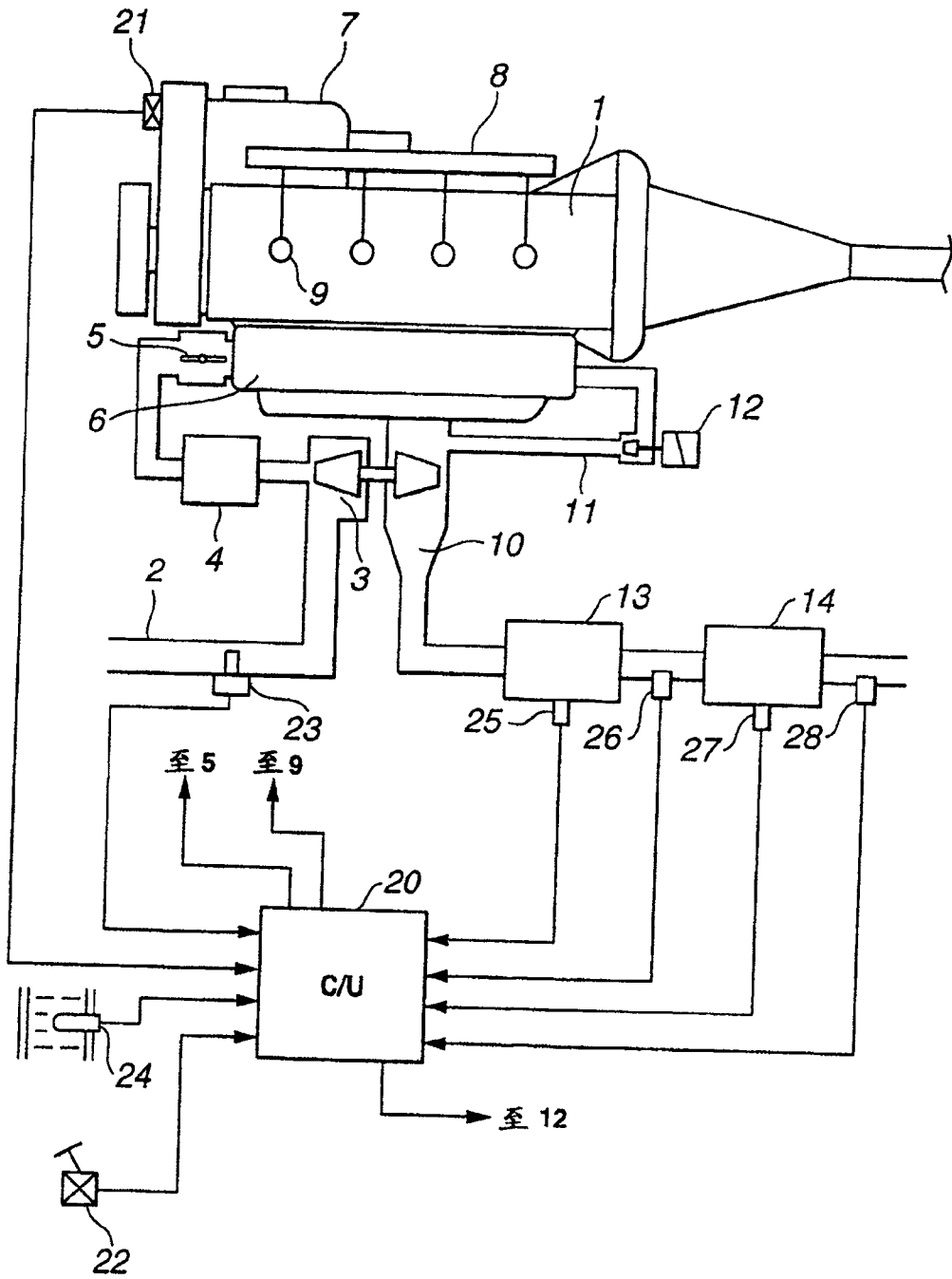


图2

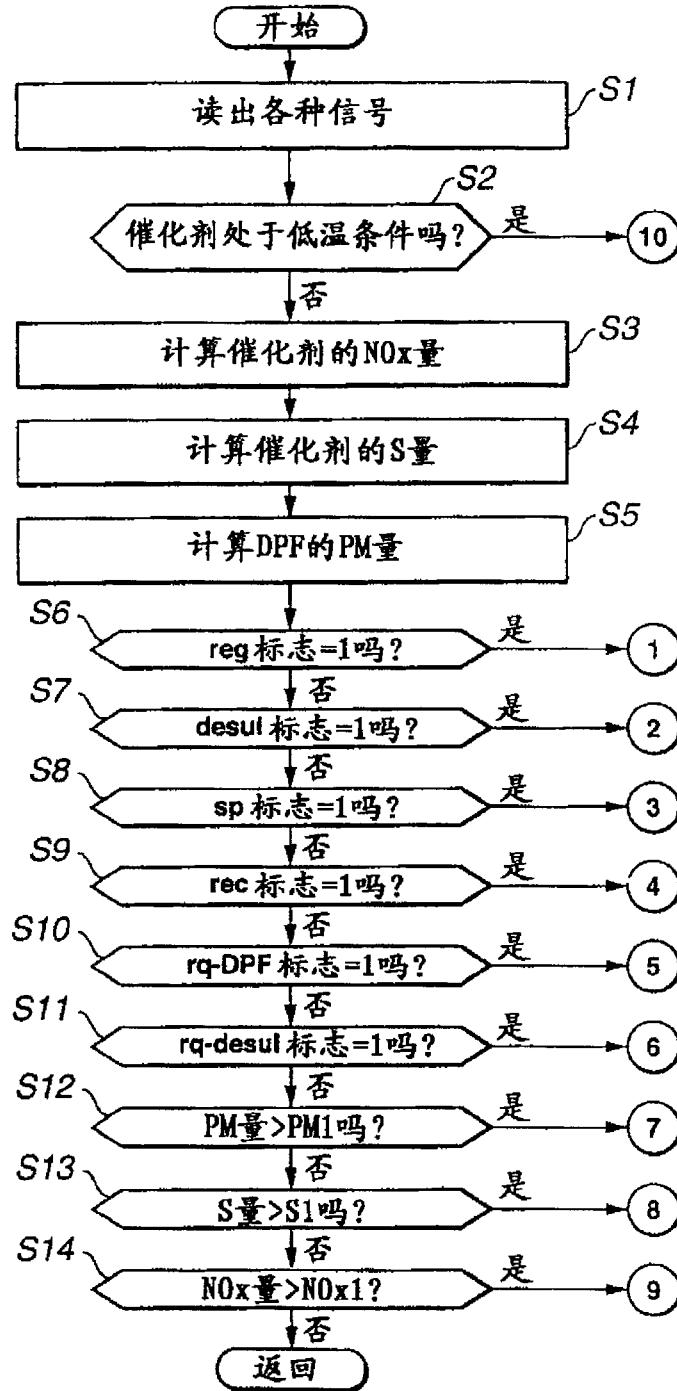


图3

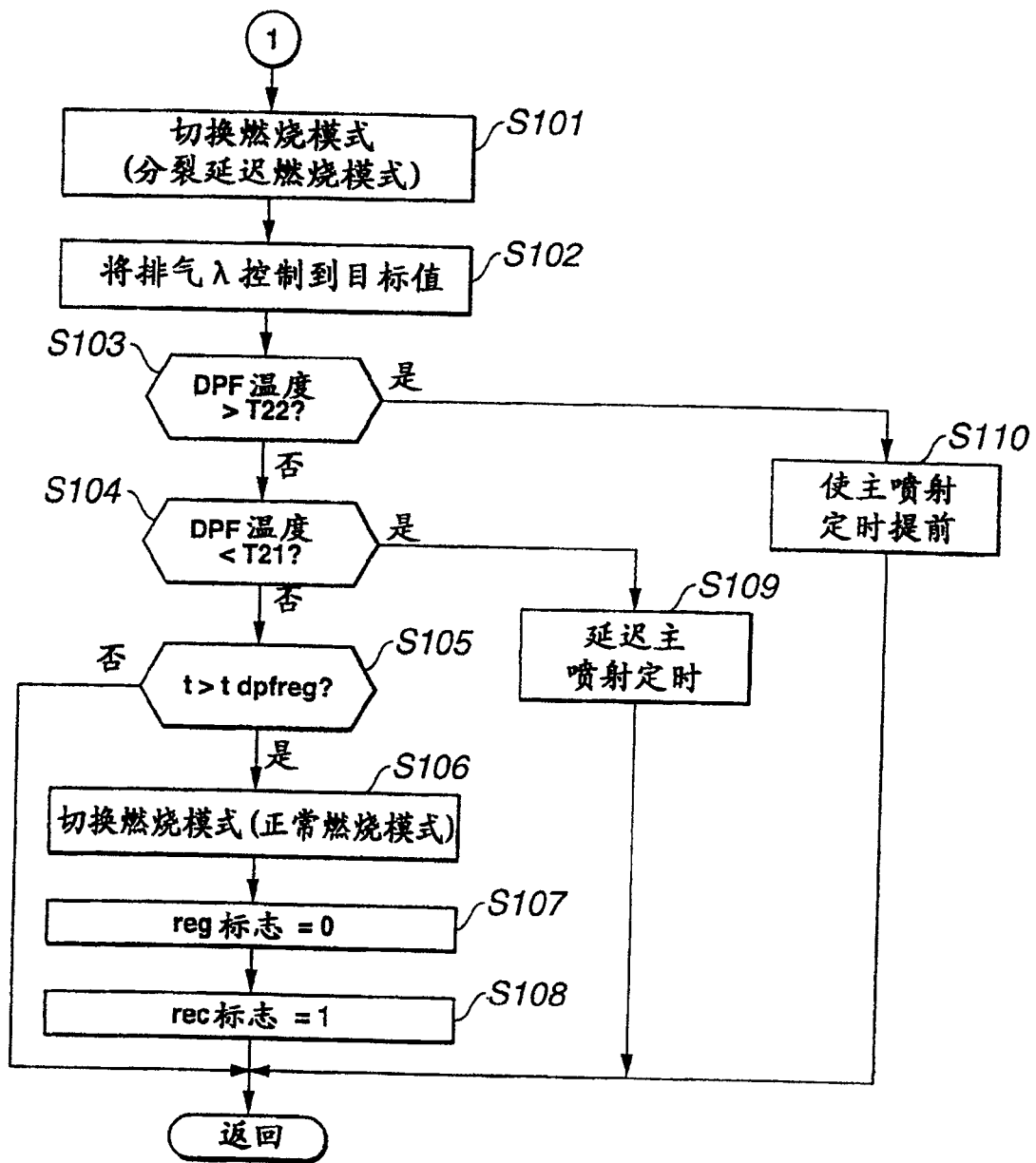


图 4

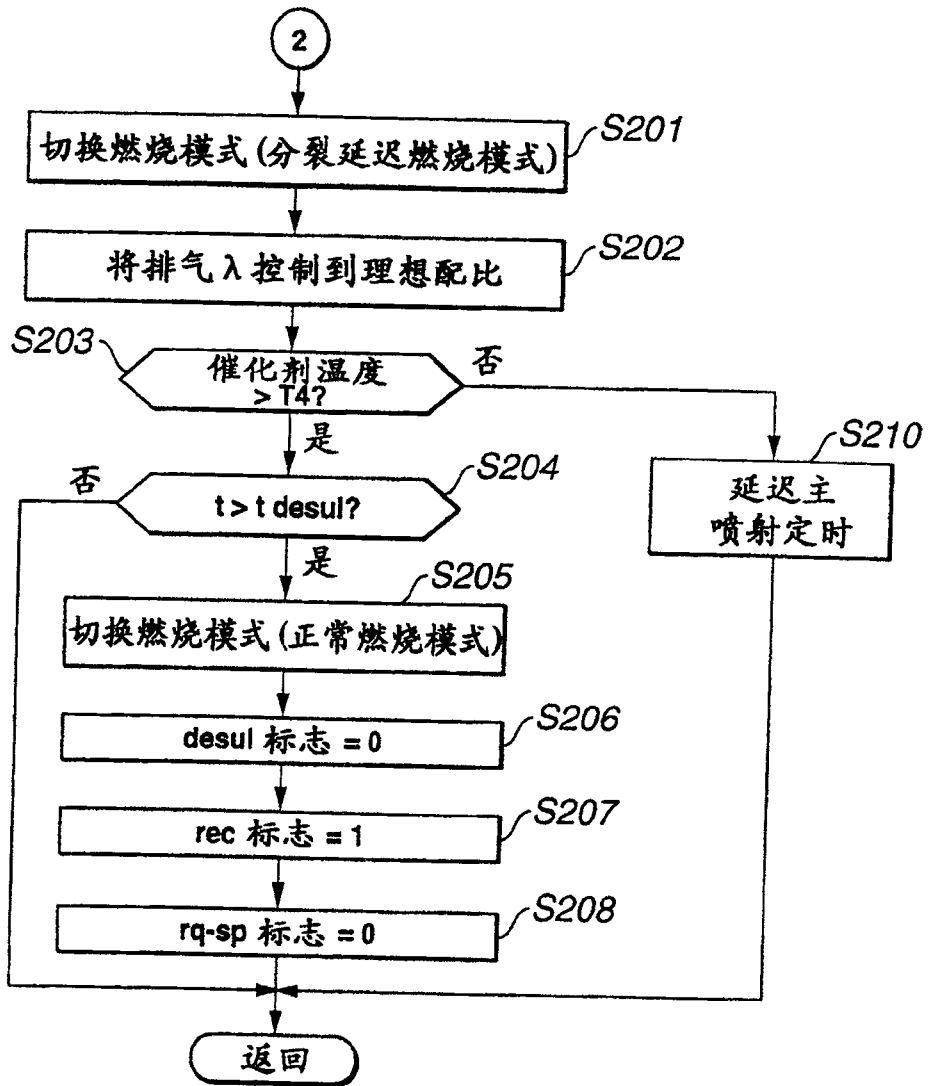


图5

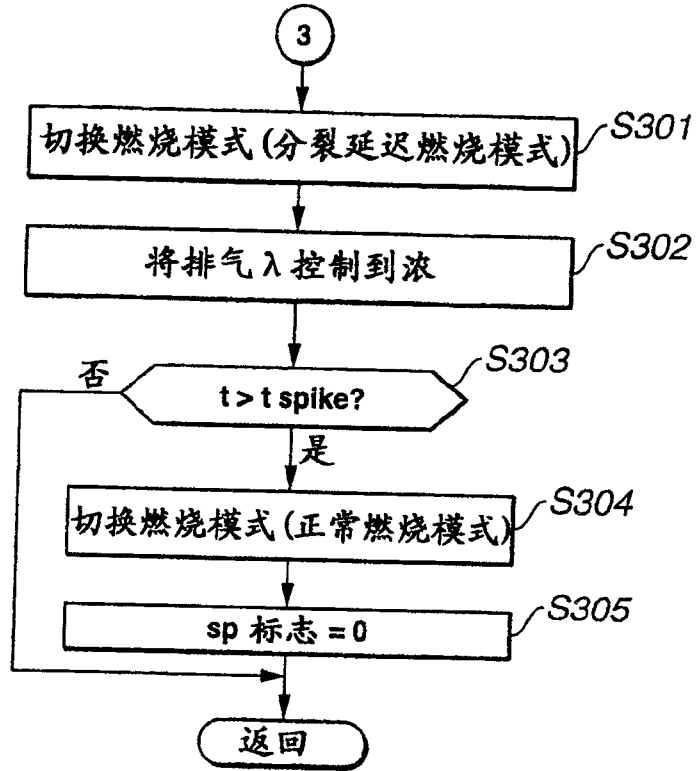


图6

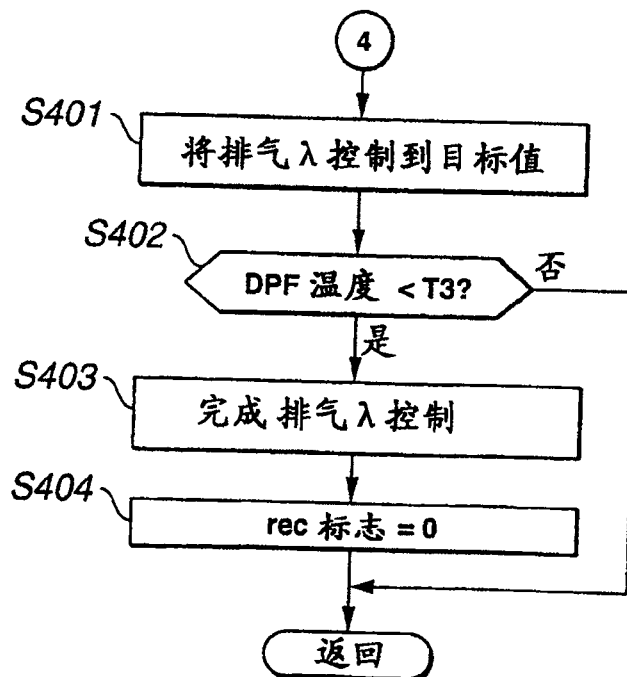


图7

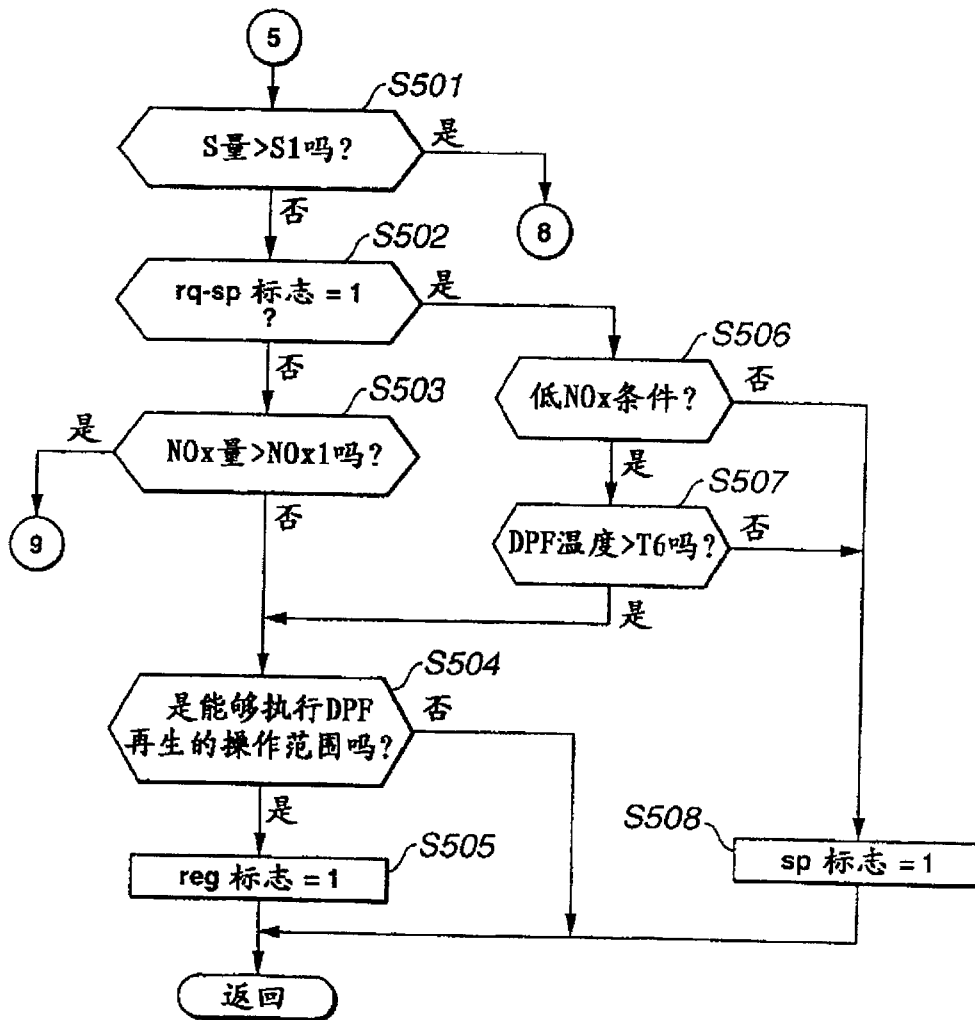


图 8

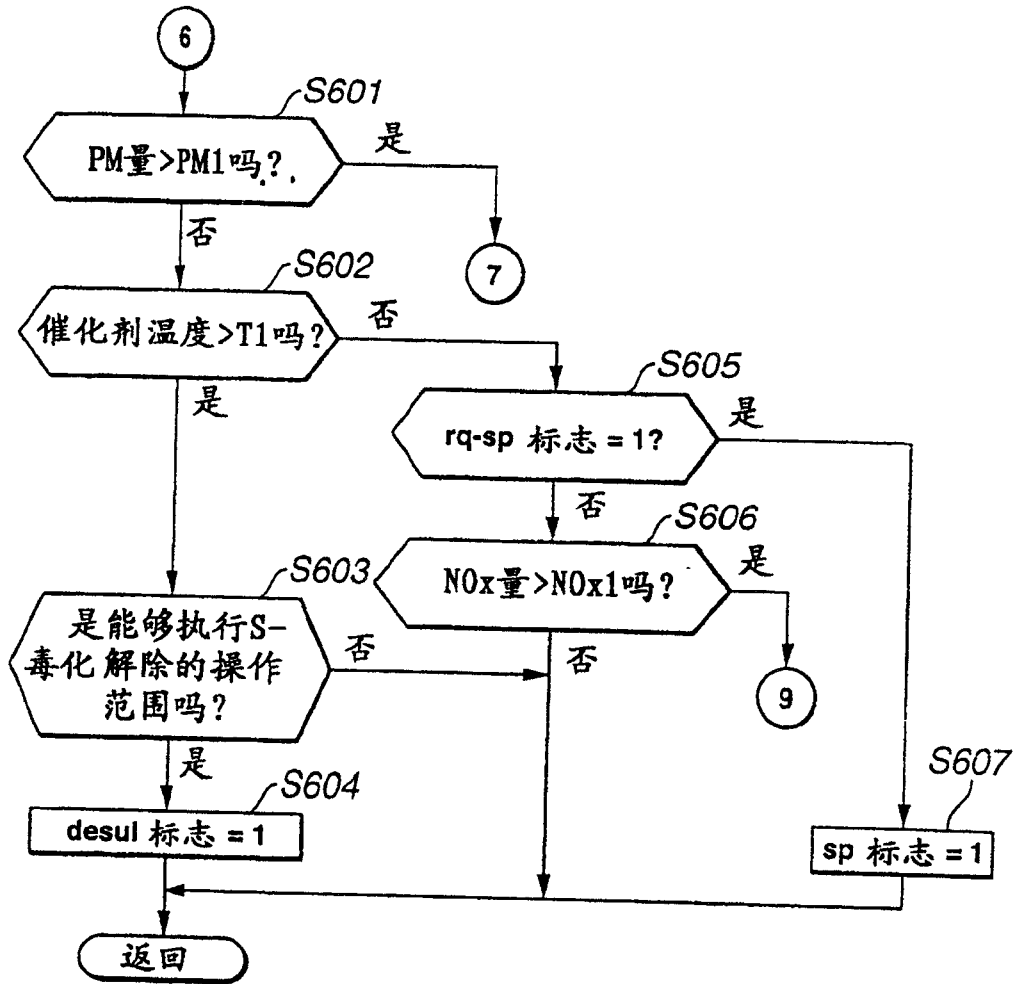


图 9

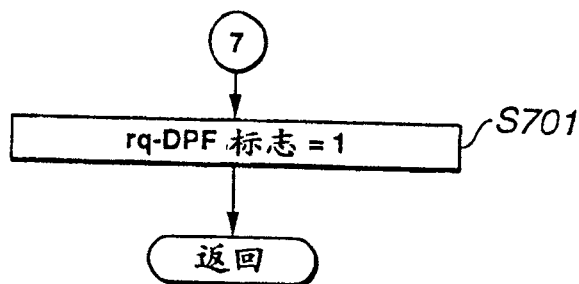


图 10

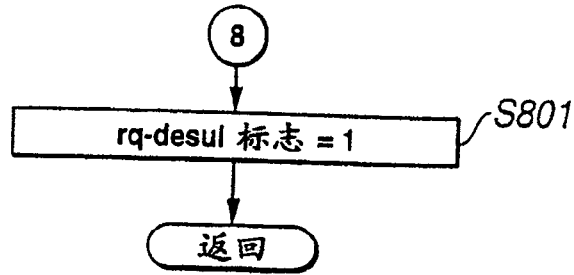


图 11

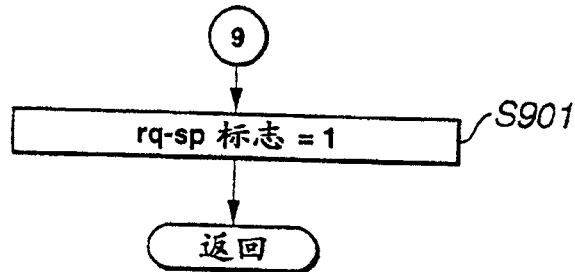


图 12

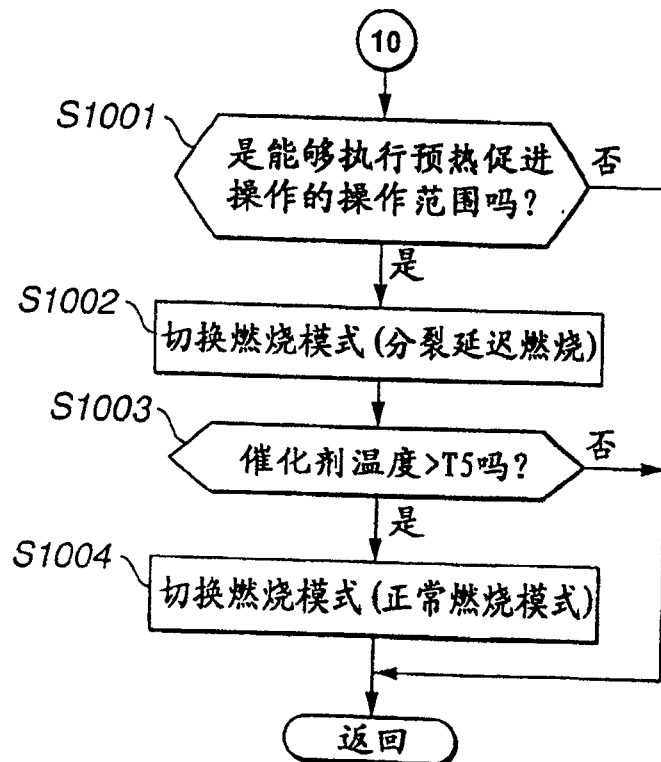


图13

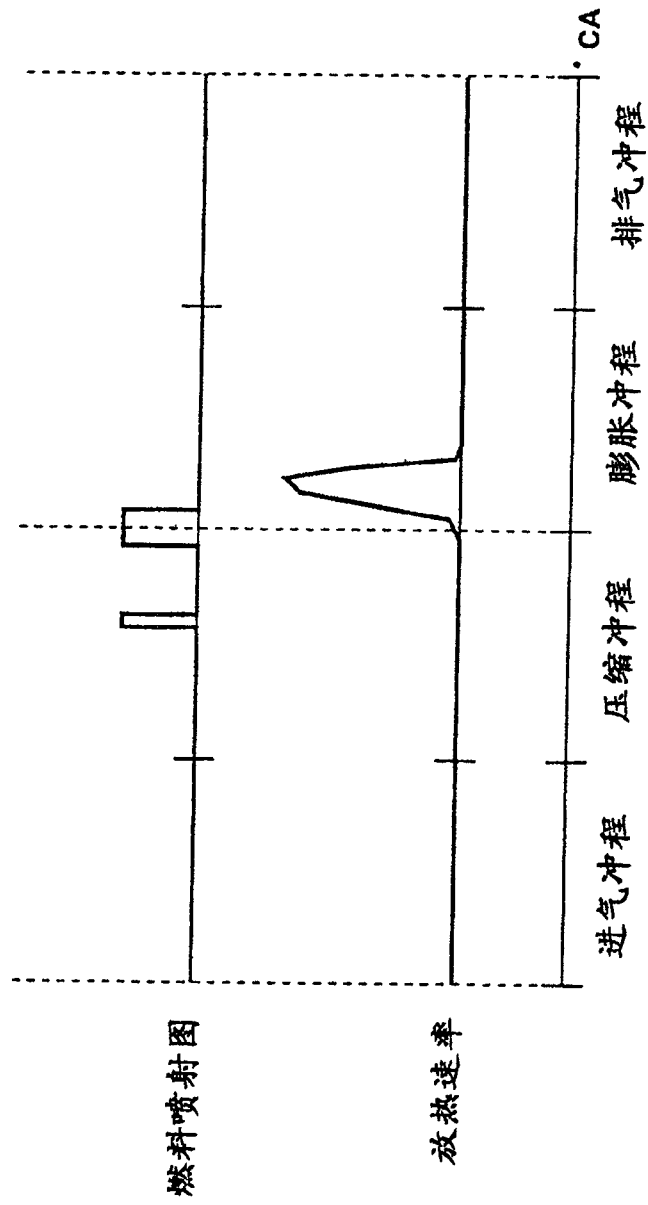


图14

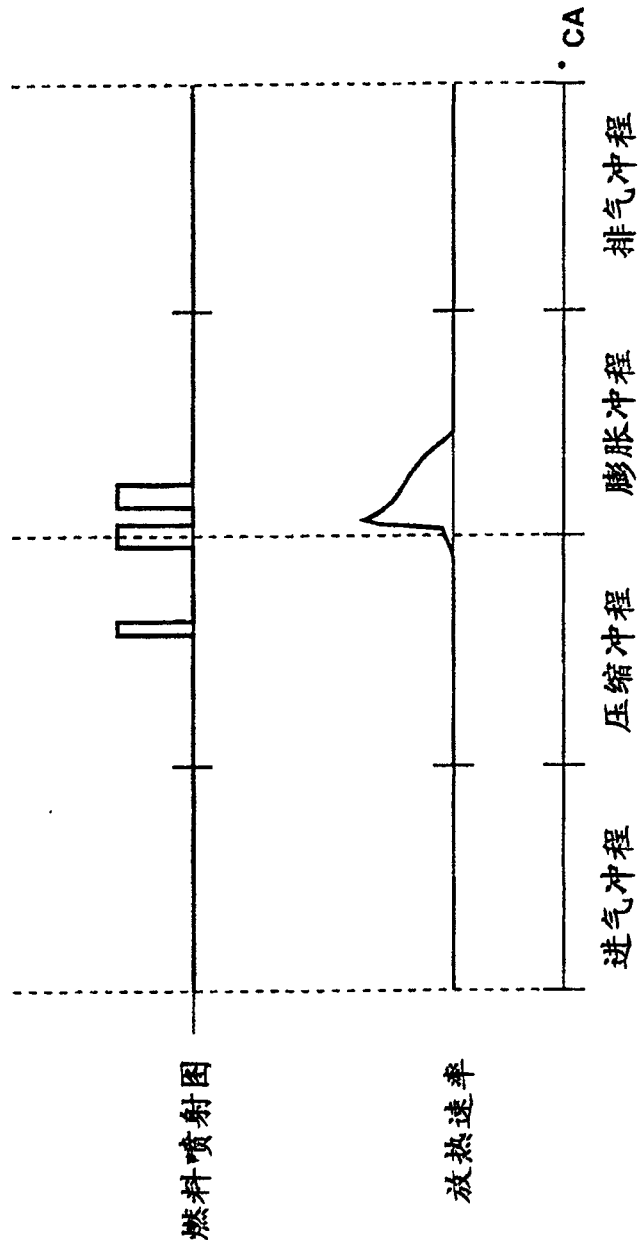


图15

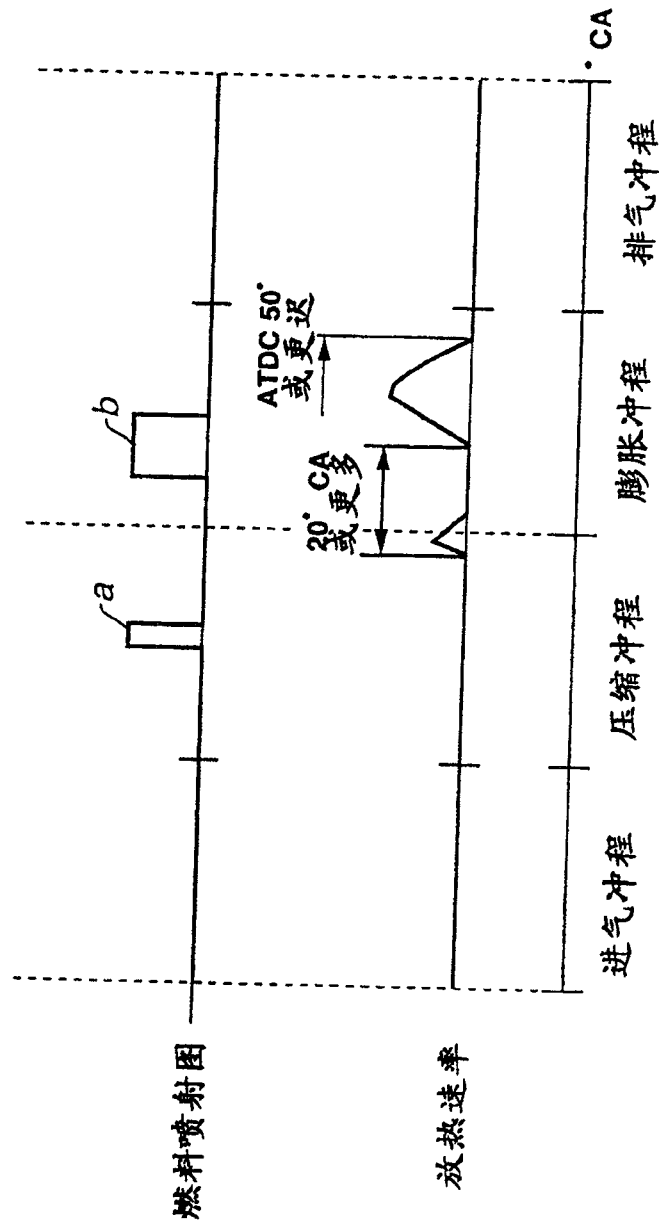


图16

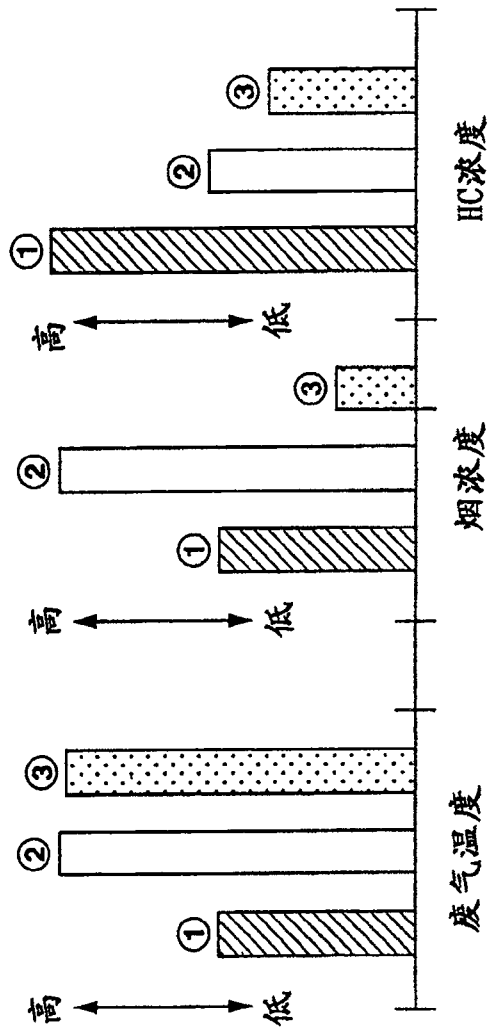


图 17A

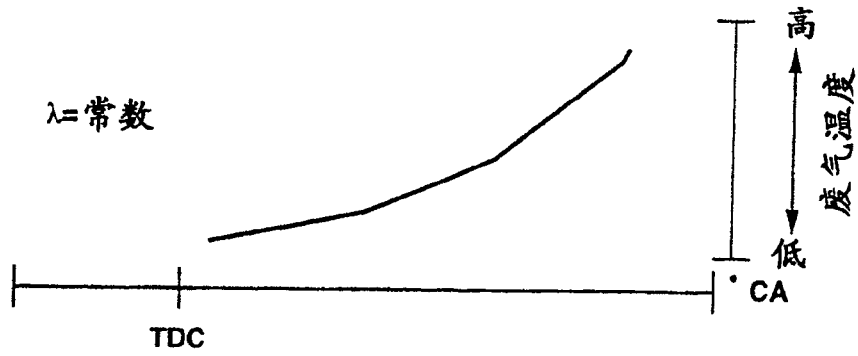


图 17B

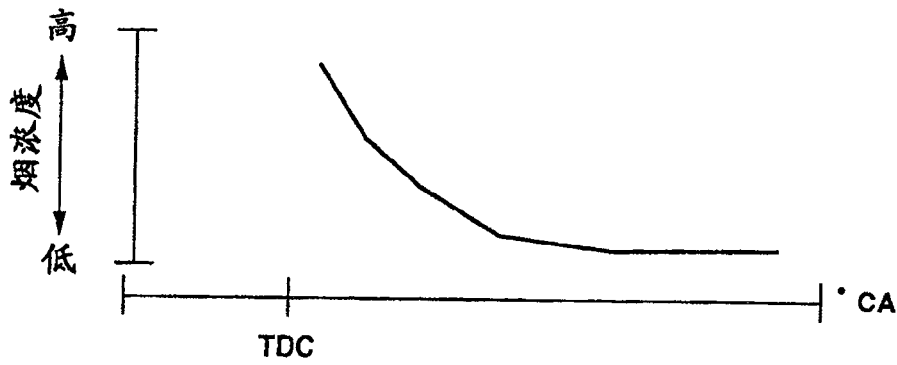


图 17C

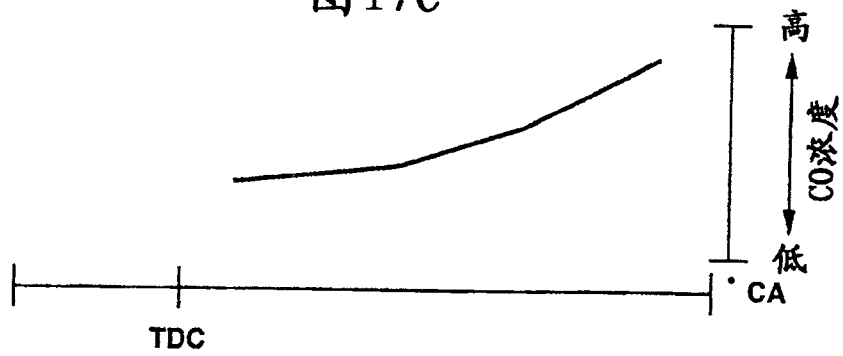


图 17D

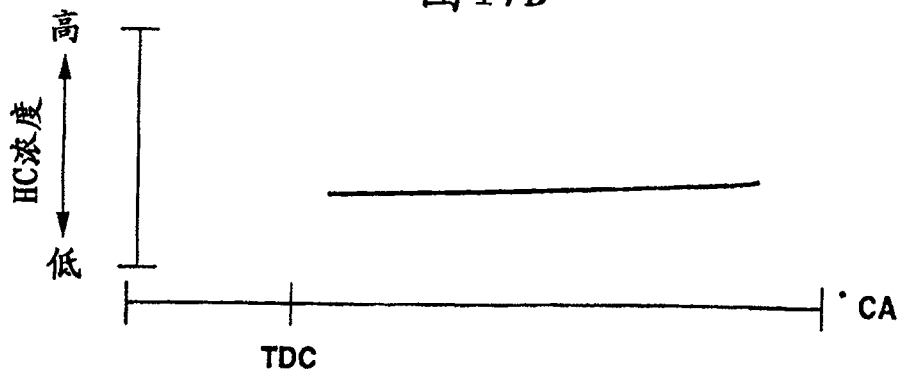


图18

用于预先燃烧的
目标燃料喷射定时

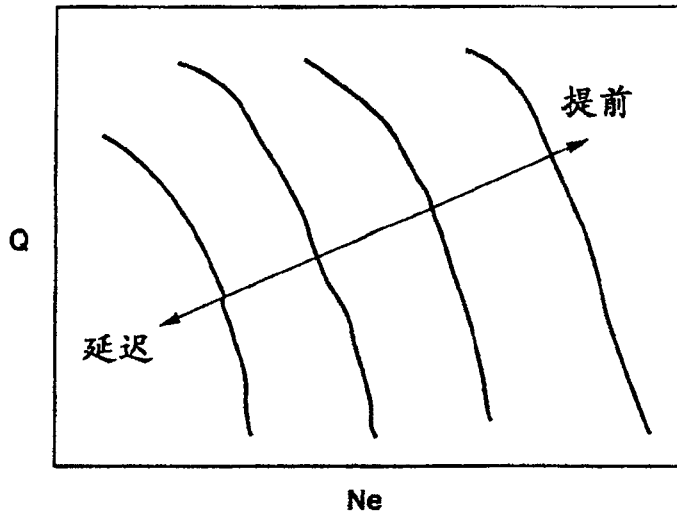


图19

用于预先燃烧的
目标燃料喷射量

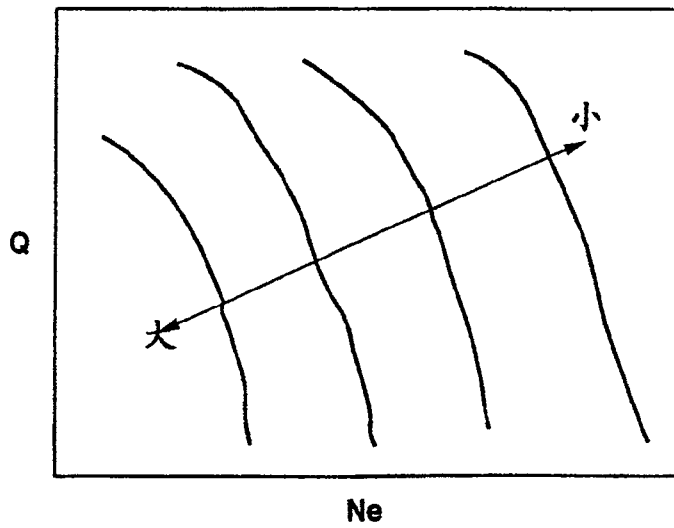


图 20

用于主燃烧的
目标燃料喷射定时

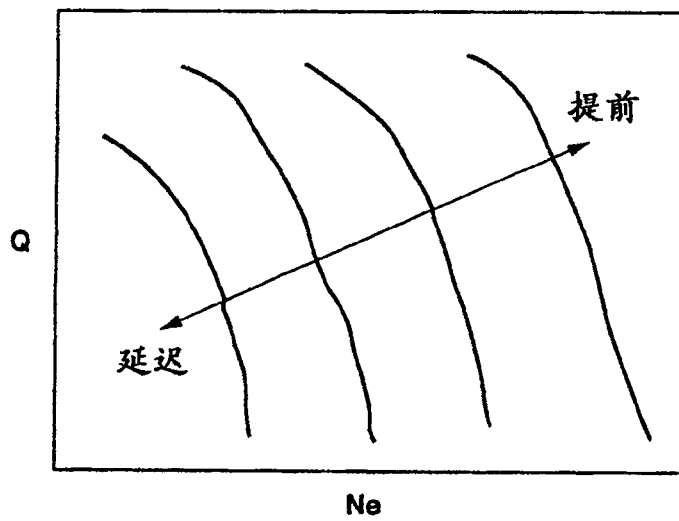


图21

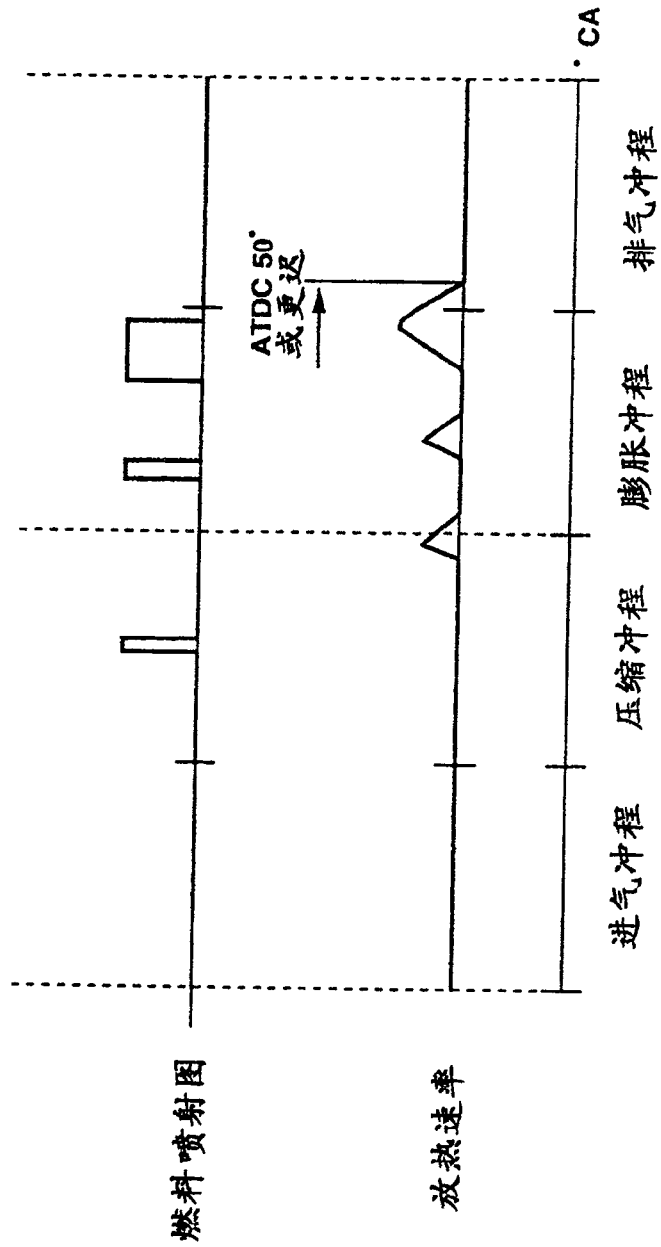


图22

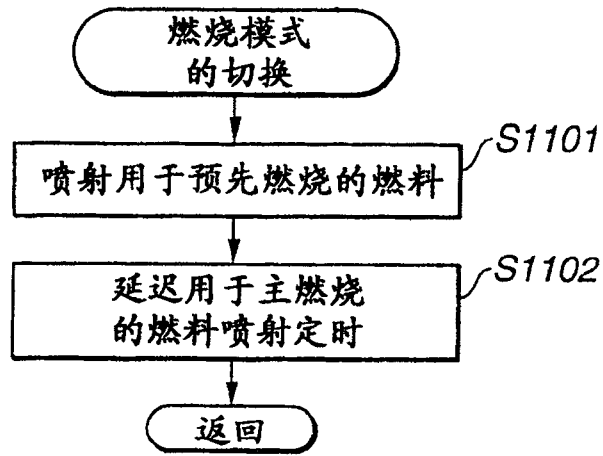


图23

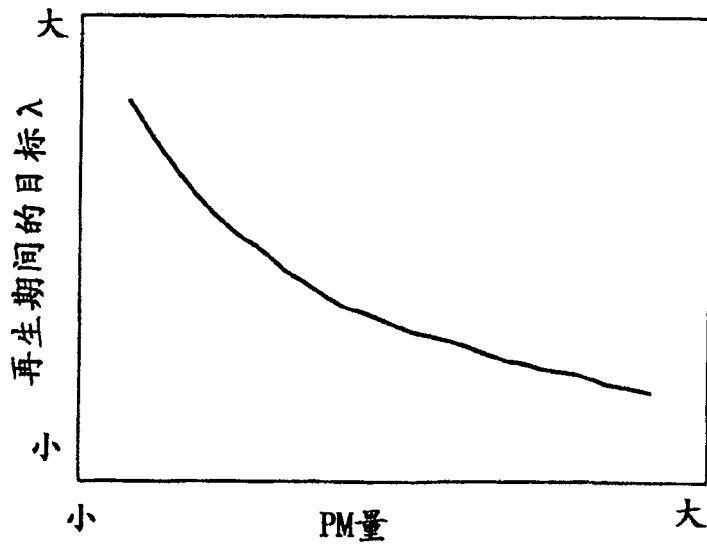


图24

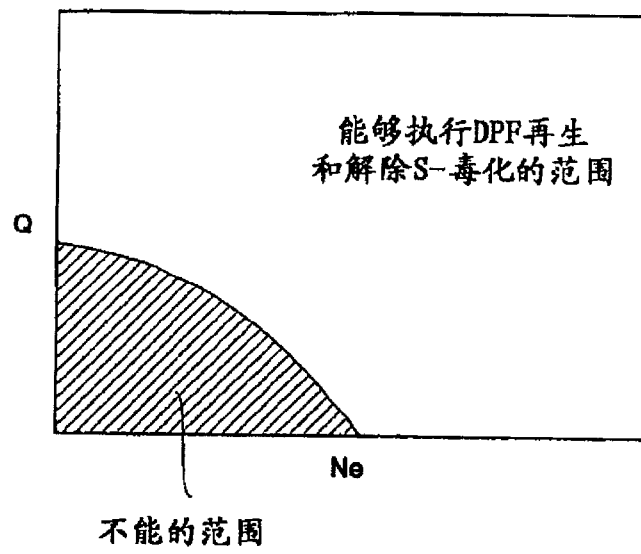


图 25

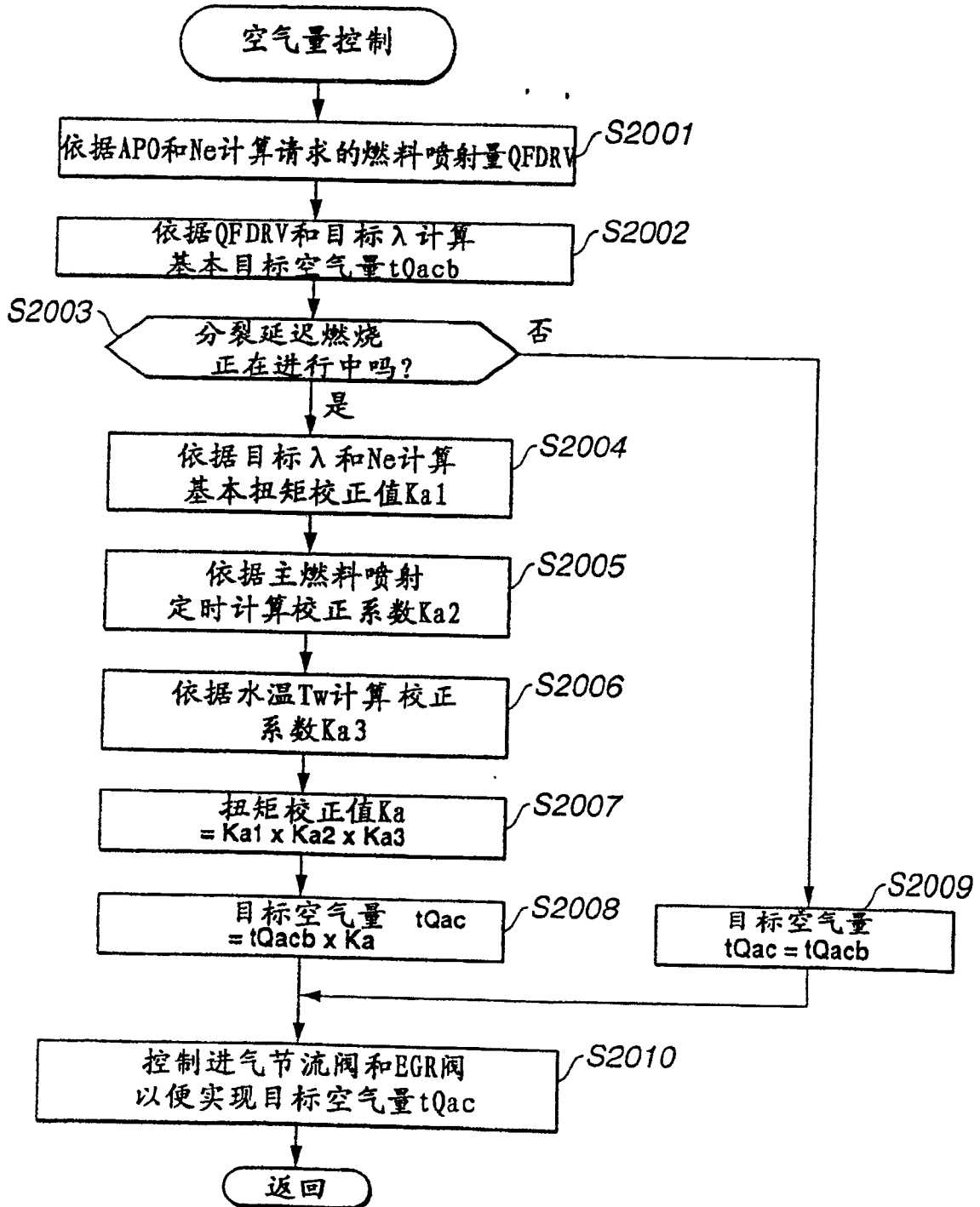


图 26

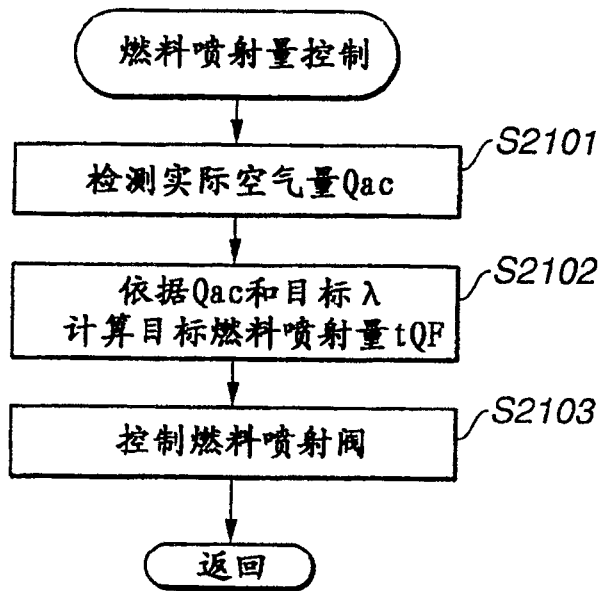


图 27

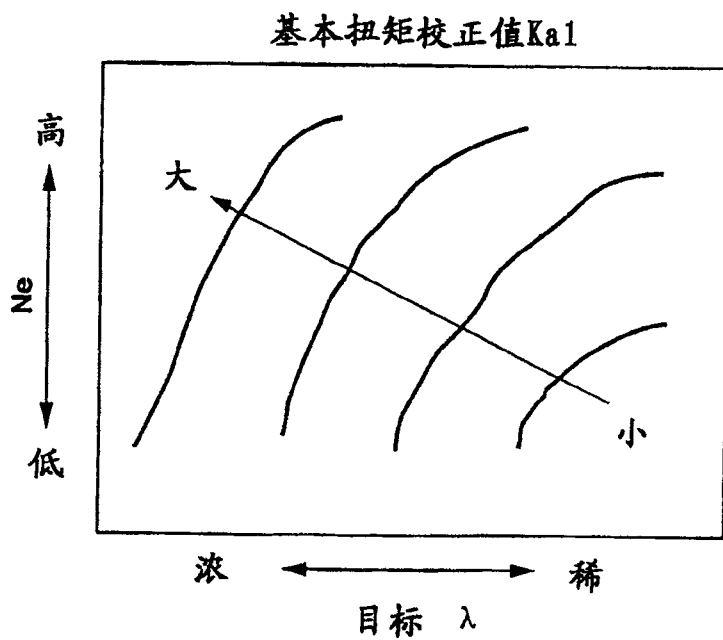


图 28

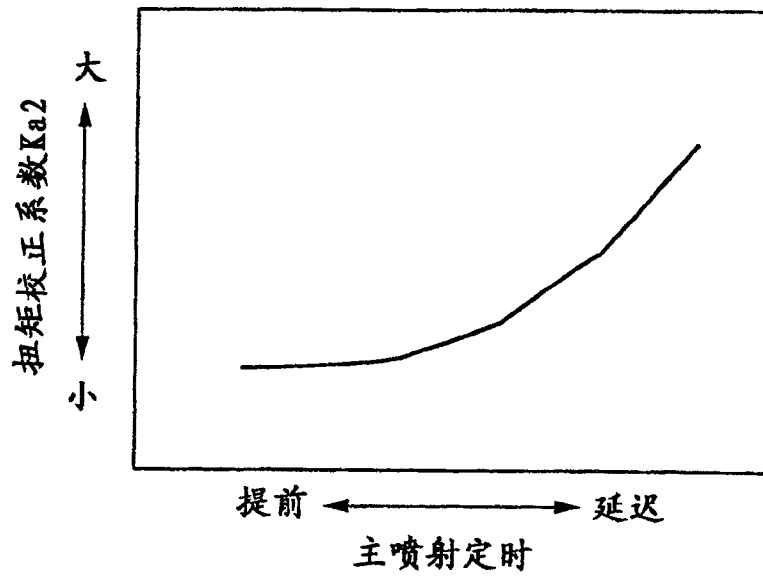


图 29

