

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

F01N 3/08

F01N 3/20

F01N 3/02

F01N 3/36



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03821478.4

[43] 公开日 2005 年 10 月 12 日

[11] 公开号 CN 1682017A

[22] 申请日 2003.9.8 [21] 申请号 03821478.4

[30] 优先权

[32] 2002.9.10 [33] JP [31] 264157/2002

[32] 2002.10.21 [33] JP [31] 305890/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/011453 2003.9.8

[87] 国际公布 WO2004/025091 日 2004.3.25

[85] 进入国家阶段日期 2005.3.10

[71] 申请人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 仲野泰彰 广田信也 田中俊明

见上晃

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任
公司

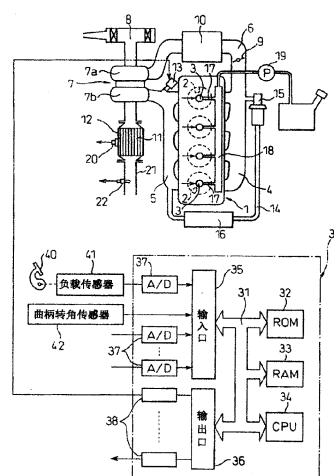
代理人 樊卫民 郭国清

权利要求书 7 页 说明书 41 页 附图 38 页

[54] 发明名称 内燃机的排气净化装置

[57] 摘要

在内燃机的排气通路内配置用于在稀空燃比的状态下净化 NO_x 的排气净化催化剂(11)。作为该排气净化催化剂(11)的催化剂载体(50)，使用载体表面上存在碱基点的氧化铝。在氧化铝表面上并不形成可吸收 NO_x 的 NO_x 吸收剂层，而是分散载持铂(51)。在铂(51)的整个表面氧中毒之前，暂时将流入排气净化催化剂(11)的废气的空燃比由稀切换为浓。



1. 一种内燃机的排气净化装置，通过配置在排气通路内的排气净化催化剂净化在稀空燃比状态下进行燃烧时所产生的 NO_x ，其中：
5 作为所述排气净化催化剂的催化剂载体，使用载体表面上存在碱基点的载体，在该载体表面上并不形成可吸收 NO_x 的 NO_x 吸收剂层，而是分散载持贵金属催化剂，在贵金属催化剂的整个表面受到氧中毒之前，暂时将流入排气净化催化剂的废气的空燃比由稀切换为浓。
- 10 2. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：所述催化剂载体由氧化铝构成。
3. 如权利要求 2 所述的内燃机的排气净化装置，其中：使所述催化剂载体的内部含有碱金属、碱土类金属或稀土类，以此增加催化剂载体表面上的碱基点量或加强碱基点上的碱性。
15
4. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：所述贵金属催化剂由铂构成。
- 20 5. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：为了持续消除贵金属催化剂的氧中毒，反复将废气的空燃比由稀切换为浓，将此时的浓厚时间相对于稀薄时间的比例设定为，排气净化催化剂的温度为 200°C 到 250°C 时 NO_x 净化率达到 90% 以上的比例。
- 25 6. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：为了持续消除贵金属催化剂的氧中毒，反复将废气的空燃比由稀切换为浓，当排气净化催化剂的温度在允许温度以上时禁止该空燃比的由稀到浓的切换作用。
- 30 7. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：具有用

于计算出贵金属催化剂的氧中毒量的装置，当计算出的氧中毒量超过预设的允许值时，将废气的空燃比由稀切换为浓。

5 8. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：具有用于推测贵金属催化剂的氧中毒量的装置，当推测出的氧中毒量超过预设的允许值时，将废气的空燃比由稀切换为浓。

10 9. 如权利要求 8 所述的内燃机的排气净化装置，其中：具有用于检测从排气净化催化剂流出的废气中的 NO_x 浓度的 NO_x 浓度传感器，当由 NO_x 浓度传感器检测出的 NO_x 浓度超过设定值时，判断为贵金属催化剂的氧中毒量超过允许值。

15 10. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：具有判断贵金属催化剂的氧中毒是否已被消除的装置，当判断为贵金属催化剂的氧中毒已被消除时，将废气的空燃比由浓切换为稀。

20 11. 如权利要求 10 所述的内燃机的排气净化装置，其中：具有用于检测从排气净化催化剂流出的废气的空燃比的空燃比传感器，将流入排气净化催化剂的废气的空燃比由稀切换为浓之后，当从排气净化催化剂流出的废气的空燃比浓厚时，判断为贵金属催化剂的氧中毒已被消除。

25 12. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：废气中含有的 NO_x 以及 SO_x 在排气净化催化剂中被贵金属催化剂氧化之后保持在催化剂载体上。

30 13. 如权利要求 12 所述的内燃机的排气净化装置，其中：当为了消除贵金属催化剂的氧中毒而暂时将流入排气净化催化剂中的废气的空燃比由稀切换为浓时，从催化剂载体上释放并还原保持在催化剂载体上的 NO_x 。

14. 如权利要求 12 所述的内燃机的排气净化装置，其中：将催化剂载体表面的碱性强度设定为能以硫酸离子的形态将 SO_x 保持在催化剂载体表面上的强度。

5

15. 如权利要求 14 所述的内燃机的排气净化装置，其中：当从催化剂载体表面释放保持在催化剂载体表面上的 SO_x 时，使排气净化催化剂的温度上升到 SO_x 释放温度之后，将排气净化催化剂的温度维持在 SO_x 释放温度并使废气的空燃比变浓，该 SO_x 释放温度大致为 $500^\circ\text{C} \sim 550^\circ\text{C}$ 。

10

16. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：取代所述排气净化催化剂，将微粒过滤器配置在内燃机的排气通路内，将所述催化剂载体涂敷在微粒过滤器上。

15

17. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：在内燃机排气通路内配置微粒过滤器，在微粒过滤器的上游或下游的排气通路内配置所述排气净化催化剂。

20

18. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：在内燃机的排气通路内配置具有选择性地还原 NO_x 的功能，但不具有吸收 NO_x 的功能的 NO_x 选择还原催化剂，在该 NO_x 选择还原催化剂的上游或下游的排气通路内配置所述排气净化催化剂。

25

19. 如权利要求 18 所述的内燃机的排气净化装置，其中：在 NO_x 选择还原催化剂上游的排气通路内配置排气净化催化剂，并且在 NO_x 选择还原催化剂与排气净化催化剂之间的排气通路内配置用于供应尿素水溶液的尿素供应阀，当利用排气净化催化剂可获得高的 NO_x 净化率时，反复将废气的空燃比由稀切换为浓，当利用 NO_x 选择还原催化剂可获得高的 NO_x 净化率时，由尿素供应阀供应尿素水溶液。

30

20. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置, 其中: 在载体表面上形成可在稀空燃比状态下吸收 NO_x 的 NO_x 吸收剂层, 并且将分散载持贵金属催化剂的 NO_x 吸藏催化剂与所述排气净化催化剂串联配置在内燃机的排气通路内, 当主要通过排气净化催化剂净化废气中的 NO_x 时, 在排气净化催化剂的载体表面上所载持的贵金属催化剂的整个表面受到氧中毒之前, 暂时将流入排气净化催化剂的废气的空燃比由稀切换为浓, 当主要通过 NO_x 吸藏催化剂净化废气中的 NO_x 时, 在 NO_x 吸藏催化剂的 NO_x 吸藏能力饱和之前, 暂时将流入 NO_x 吸藏催化剂的废气的空燃比由稀切换为浓。

21. 如权利要求 20 所述的内燃机的排气净化装置, 其中: 当排气净化催化剂的温度处于第 1 温度区域时, 主要通过排气净化催化剂净化废气中的 NO_x ; 当 NO_x 吸藏催化剂的温度处于高于该第 1 温度区域的高温一侧的第 2 温度区域时, 主要通过 NO_x 吸藏催化剂净化废气中的 NO_x 。

22. 如权利要求 21 所述的内燃机的排气净化装置, 其中: 当代表排气净化催化剂的温度和 NO_x 吸藏催化剂的温度的代表温度低于预设的设定温度时, 判断为排气净化催化剂的温度处于第 1 温度区域, 同时, 当该代表温度高于预设的设定温度时, 判断为 NO_x 吸藏催化剂的温度处于第 2 温度区域; 当判断为排气净化催化剂的温度处于第 1 温度区域时, 在排气净化催化剂的载体表面上所载持的贵金属催化剂的整个表面氧中毒之前, 暂时将流入排气净化催化剂的废气的空燃比由稀切换为浓, 当判断为 NO_x 吸藏催化剂的温度处于第 2 温度区域时, 在 NO_x 吸藏催化剂的 NO_x 吸藏能力饱和之前, 暂时使流入 NO_x 吸藏催化剂的废气的空燃比由稀切换为浓。

23. 如权利要求 20 所述的内燃机的排气净化装置, 其中: NO_x 吸藏催化剂的载体表面上载持的 NO_x 吸收剂由碱金属、碱土类金属或稀

土类构成。

24. 如权利要求 20 所述的内燃机的排气净化装置，其中：废气中含有的 NO_x 和 SO_x 在稀空燃比状态下可被 NO_x 吸藏催化剂的载体表面上载持的 NO_x 吸收剂吸收。

25. 如权利要求 24 所述的内燃机的排气净化装置，其中：具有用于计算出 NO_x 吸收剂所吸收的 NO_x 吸收量的装置，当计算出的 NO_x 吸收量超过预设的允许值时，将废气的空燃比由稀切换为浓。

26. 如权利要求 24 所述的内燃机的排气净化装置，其中：具有用于推测 NO_x 吸收剂所吸收的 NO_x 吸收量的装置，当推测出的 NO_x 吸收量超过预设的允许值时，将废气的空燃比由稀切换为浓。

27. 如权利要求 24 所述的内燃机的排气净化装置，其中：具有用于检测从 NO_x 吸藏催化剂流出的废气中的 NO_x 浓度的 NO_x 浓度传感器，当由 NO_x 浓度传感器检测的 NO_x 浓度超过设定值时，判断为 NO_x 吸收剂的 NO_x 吸收量超过允许值。

28. 如权利要求 24 所述的内燃机的排气净化装置，其中：当从 NO_x 吸收剂中释放 NO_x 吸藏催化剂的 NO_x 吸收剂所吸收的 SO_x 时，使 NO_x 吸藏催化剂的温度上升到 SO_x 释放温度后，将 NO_x 吸藏催化剂的温度维持在 SO_x 释放温度并且使废气的空燃比变浓，该 SO_x 释放温度大致在 600°C 以上。

29. 如权利要求 20 所述的内燃机的排气净化装置，其中：根据催化剂的碱性强度来决定排气净化催化剂和 NO_x 吸藏催化剂的排列顺序，将碱性强的催化剂配置在碱性弱的催化剂的上游侧。

30. 如权利要求 29 所述的内燃机的排气净化装置，其中：将 NO_x

吸藏催化剂配置在排气净化催化剂的上游侧。

31. 如权利要求 30 所述的内燃机的排气净化装置，其中：在 NO_x 吸藏催化剂的上游侧配置酸性催化剂。

5

32. 如权利要求 20 所述的内燃机的排气净化装置，其中：在排气净化催化剂的上游侧配置 NO_x 吸藏催化剂。

33. 如权利要求 32 所述的内燃机的排气净化装置，其中：NO_x 吸藏催化剂由微粒过滤器构成。

10

34. 如权利要求 20 所述的内燃机的排气净化装置，其中：在排气净化催化剂的下游侧配置 NO_x 吸藏催化剂。

35. 如权利要求 34 所述的内燃机的排气净化装置，其中：NO_x 吸藏催化剂由微粒过滤器构成。

15

36. 如权利要求 20 所述的内燃机的排气净化装置，其中：分别在 NO_x 吸藏催化剂的上游和下游配置排气净化催化剂。

20

37. 如权利要求 36 所述的内燃机的排气净化装置，其中：NO_x 吸藏催化剂由微粒过滤器构成。

38. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：通过将还原剂供应到内燃机排气通路内，使废气的空燃比变浓。

25

39. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：内燃机，随着再循环废气量的增加煤烟的产生量也逐渐增加并达到峰值，若继续增加再循环废气量则几乎不再产生煤烟而构成；在再循环排气量增加到煤烟产生量达到峰值以上的量的状态下，使燃烧室内的空燃比变

30

浓，从而使废气的空燃比变浓。

40. 如权利要求 1 所述的内燃机的排气净化装置，其中：内燃机，
随着再循环废气量的增加煤烟的产生量也逐渐增加并达到峰值，若继
5 续增加再循环废气量则几乎不产生煤烟而构成；当应使排气净化催化
剂的温度上升时，使再循环排气量超过煤烟产生量达到峰值的量。

内燃机的排气净化装置

5 技术领域

本发明涉及一种内燃机的排气净化装置。

背景技术

10 当在稀空燃比的状态下燃烧时，作为用于净化排气中所含有的
NO_x 的催化剂，公知的是，在由氧化铝构成的载体表面上形成由碱金
属或碱土类构成的 NO_x 吸收剂层，进而在载体表面载持铂的贵金属催
化剂的催化剂（参照特许第 2600492 号公报）。此类催化剂可在废气
的空燃比稀薄时利用铂将废气中所含的 NO_x 氧化，并以硝酸盐的形态
15 吸收在 NO_x 吸收剂内。继而当使废气的空燃比短时间变浓时释放并还
原其间被 NO_x 吸收剂所吸收的 NO_x，接着，当再次使废气中的空燃比
变稀薄时，开始发挥将 NO_x 吸收到吸收剂中的作用。

另一方面，废气中也含有 SO_x，NO_x 吸收剂除了 NO_x 之外还可以
吸收 SO_x。此种情况下，SO_x 是以硫酸盐的形态被吸收的。但是与硝
20 酸盐相比，该硫酸盐不易分解，仅靠增大废气的空燃比并不能分解。
因此，在 NO_x 吸收剂内 SO_x 的吸收量逐渐增加，随之无法吸收 NO_x。
因此，当使用了上述吸收剂的情况下，必须不时释放 SO_x。不过硫酸
盐在催化剂温度达到 600℃ 以上时会变得易于分解，若在此时使废气
中的空燃比变浓，则可以从吸收剂中释放 SO_x。因此，在使用此种 NO_x
25 吸收剂的情况下，当必须从 NO_x 吸收剂中释放 SO_x 时，可将催化剂的
温度维持在 600℃ 以上，并且维持高的空燃比。

不过由于设置此种 NO_x 吸收剂层时，必然在吸收 NO_x 的同时也
吸收 SO_x，因而为阻止其吸收 SO_x，只有不设置此种 NO_x 吸收剂层。
30 于是提出了在由氧化铝构成的载体上仅载持铂的催化剂（参照特开平

11—285624 号公报)。如该公报所述, 当在由氧化铝构成的载体上只载持铂的情况下, 空燃比稀薄时, NO_x 可被催化剂吸收, 交替稀浓切换空燃比, 即可净化 NO_x 。

5 此外, 作为可净化在稀空燃比的状态下燃烧时所产生的 NO_x 的催化剂, 公知的是, 在沸石上载持过渡金属或贵金属的稀薄 NO_x 催化剂。该稀薄 NO_x 催化剂虽有吸收废气中的 HC 和 NO_x 后再将 NO_x 还原的功能, 但吸附氧气时, 其 NO_x 的净化性显著下降。因而公知的是, 为使该吸附的氧气分离而使流入催化剂的废气的空燃比周期性变浓的内燃机
10 (参照特许第 3154110 号公报)。该稀薄 NO_x 催化剂具有即使在稀空燃比的状态下燃烧仍可还原 NO_x 的特征, 但必须向废气供应还原 NO_x 用的 HC, 而且存在耐热性低、仅可得到 50% 以下的净化率的缺点。

15 本发明人多年来一直从事再载体上形成 NO_x 吸收剂层的催化剂的研究, 同时也对载体上没有 NO_x 吸收剂层的催化剂进行了研究。结果证明: 载体上无吸收剂层的催化剂, 例如在由氧化铝构成的载体上仅载持铂的催化剂中, 当在稀空燃比状态下燃烧时, 若暂时使空燃比变浓, 则在催化剂温度为 250°C 以下的低温时, 可以获得 90% 以上的 NO_x 净化率。

20 关于其原因, 经从各种角度反复进行研究, 得出以下结论。即, 就其总体而言, 铂本来就具有低温活性, 废气中所含的 NO_x 在铂表面被直接分解或选择性地还原。此外, 在由氧化铝构成的载体表面上存在碱性基点, 在铂表面上氧化的 NO_x 以 NO_2 的形态被吸附于载体表面,
25 或以硝酸离子 NO_3^- 的形态保持在载体表面上的碱性基点上。当进行 NO_x 净化时, 上述多种作用同时进行, 因而可获得 90% 以上的高净化率。

30 然而, 当把在由氧化铝构成的载体上仅载持铂的催化剂长期暴露在稀空燃比的废气中时, 其 NO_x 净化率会逐渐下降。其产生原因在于:

铂表面被氧原子覆盖，即，铂表面受到氧中毒，从而使铂表面上的 NO_x 的直接分解及 NO_x 的选择还原变得难以进行。事实上，若在此时暂时使空燃比变浓，则覆盖铂表面的氧原子就会因 HC 及 CO 的氧化而消耗，即，铂表面的氧中毒被消除，若继而使空燃比恢复到稀薄，则可以再次高效地进行 NO_x 的直接分解及 NO_x 的选择还原。

另一方面，当铂表面被氧原子覆盖时， NO_x 很容易在铂表面上氧化，从而增加可吸附或保持在载体上的 NO_x 的量。尽管如此净化率下降这一事实说明，对于 NO_x 的净化作用而言， NO_x 的直接分解或 NO_x 的选择还原是决定性的。因此，最为重要的课题在于当由氧化铝构成的载体上只载持铂时，如何防止铂的整个表面氧中毒，所以必须在铂的整个表面被氧中毒之前暂时将废气中的空燃比由稀切换为浓。

另外，当暂时将废气的空燃比由稀切换为浓时，则吸附在载体上的 NO_x 或保持在载体上的硝酸离子 NO_3^- 被 HC 和 CO 还原。即，为消除铂表面的氧中毒而暂时将废气的空燃比由稀切换为浓时，则可以去除吸附或保持在载体上的 NO_x ，因此当空燃比由浓变稀时，再次开始发挥 NO_x 的吸附作用或硝酸离子 NO_3^- 的保持作用。

如上所述，当在由氧化铝构成的载体上仅载持铂时，为确保 NO_x 的高净化率必须防止铂的整个表面被氧中毒。然而，特开平 11-285624 号公报以及特许第 3154110 号公报对此并无任何提示。即，特开平 11-285624 号公报仅表示以 NO_x 得以净化全部是由于 NO_x 的吸附作用为前提的研究结果，而并未发现铂的氧中毒决定 NO_x 的净化率。因此，特开平 11-285624 号公报自然不会提及 250℃ 以下的低温可获得很高净化率。

此外，特许第 3154110 号公报则是以由沸石构成的稀薄 NO_x 催化剂为对象，虽然表示该稀薄 NO_x 催化剂的氧吸附影响 NO_x 的净化率，但对铂表面的氧中毒决定 NO_x 净化率并无任何提示。由于在该沸石上

不存在碱性基点，与使用氧化铝时相比，不仅 NO_x 的净化方式不同，而且很难获得 50%以上的净化率，因此，特许第 3154110 号公报也并未提及可在 250℃ 以下获得 90%以上高净化率。

5 发明内容

本发明的目的在于，查明铂表面、即贵金属表面的氧中毒决定 NO_x 的净化率，从而提供一种可确保高 NO_x 净化率的内燃机的排气净化装置。

10 根据本发明提供一种内燃机的排气净化装置，可通过配置在排气通路内的排气净化催化剂来净化在稀空燃比状态下燃烧时所产生的 NO_x ，其中，作为排气净化催化剂的催化剂载体，使用载体表面上存在碱基点的载体，不必在载体表面上形成可吸收 NO_x 的 NO_x 吸收剂层，而是分散载持贵金属催化剂，在贵金属催化剂的整个表面氧中毒之前，暂时将流入排气净化催化剂的废气的空燃比由稀切换为浓。

15

附图说明

图 1 是压燃式内燃机的整体图。

图 2 是图解性地表示排气净化催化剂的载体表面部分的剖面的图。

20

图 3 是表示因供应还原剂所引起的废气的空燃比的变化图。

图 4 是表示 NO_x 净化率的图。

图 5A~图 5C 是表示单位时间内的氧中毒量的图。

图 6 是表示氧中毒的消除控制以及 SO_x 的释放控制的时间曲线图。

25

图 7 是表示燃料的各种喷射模式的图。

图 8 是用于控制各种标志的流程图。

图 9、图 10 是用于控制还原剂供应的流程图。

图 11A、图 11B 是用于说明废气的空燃比控制的图。

图 12 是用于进行还原剂供应控制的流程图。

30

- 图 13 是表示废气的空燃比的变化图。
- 图 14 是用于控制还原剂供应的流程图。
- 图 15A、图 15B 是表示微粒过滤器的图。
- 图 16 是表示压燃式内燃机的另一实施例的整体图。
- 5 图 17 是表示压燃式内燃机的另一实施例的整体图。
- 图 18 是表示压燃式内燃机的另一实施例的整体图。
- 图 19 是表示 NO_x 净化率的图。
- 图 20 是用于控制尿素水溶液供应的流程图。
- 图 21 是表示压燃式内燃机的另一实施例的整体图。
- 10 图 22 是图解性地表示 NO_x 吸藏催化剂的载体表面部分的剖面的图。
- 图 23 是表示因供应还原剂所引起的废气的空燃比的变化图。
- 图 24 是表示 NO_x 的净化率的图。
- 图 25 是表示氧中毒的消除控制以及 SO_x 释放控制的时间曲线图。
- 15 图 26A、图 26B 是用于说明单位时间内的 NO_x 吸收量的图。
- 图 27 是表示 NO_x 以及 SO_x 释放控制的时间曲线图。
- 图 28 是用于控制还原剂供应的流程图。
- 图 29 是用于进行中毒消除处理的流程图。
- 图 30 是用于进行 SO_x 释放处理 I 的流程图。
- 20 图 31 是用于进行 NO_x 释放处理的流程图。
- 图 32 是用于进行 SO_x 释放处理 II 的流程图。
- 图 33 是用于进行还原剂供应控制的流程图。
- 图 34 是用于进行中毒消除处理的流程图。
- 图 35 是用于进行 NO_x 释放处理的流程图。
- 25 图 36 是表示释放 NO_x 时的废气温度与催化剂碱度的图。
- 图 37 是表示 SO_x 释放温度与催化剂碱度的关系的图。
- 图 38 是表示压燃式内燃机的另一实施例的整体图。
- 图 39 是表示压燃式内燃机的另一实施例的整体图。
- 图 40 是表示压燃式内燃机的另一实施例的整体图。
- 30 图 41 是表示压燃式内燃机的另一实施例的整体图。

图 42 是表示烟雾产生量的图。

图 43A、图 43B 是表示燃烧室内的气体温度等的图。

图 44 是表示运转区域 I、II 的图。

图 45 是表示空燃比 A/F 的图。

5 图 46 是表示节气门开度等的变化等的图。

具体实施方式

图 1 表示将本发明用于压燃式内燃机时的情况。另外，本发明同样也可适用于火花点火式内燃机。

10

从图 1 可知，1 为内燃机主体，2 为各个汽缸的燃烧室，3 为用于分别向各个燃烧室 2 喷射燃料的电子控制式燃料喷射阀，4 为进气歧管，5 为排气歧管。进气歧管 4 通过进气管道 6 与排气涡轮增压器 7 的压缩机 7a 的出口相连，压缩机 7a 的入口则与空气过滤器相连。
15 在进气管道 6 内设有由步进电动机驱动的节气门 9，还在进气管道 6 的周围配置了用于冷却在进气管道 6 内流动的吸入空气的冷却装置 10。在图 1 所示的实施例中，内燃机冷却水被引入冷却装置 10 内，可通过该冷却水冷却吸入空气。另外，排气歧管 5 与排气涡轮增压器 7 的排气涡轮 7b 的入口相连，排气涡轮 7b 的出口则与内置有排气净化催化剂 11 的套管 12 相连。在排气歧管 5 的集合部出口上配置了用于在排气歧管 5 内流动的废气供应由碳氢化合物构成的还原剂的还原剂供应阀 13。
20

排气歧管 5 与进气歧管 4 通过废气再循环（下面称之为 EGR）通路 14 彼此相连，EGR 通路 14 内配置了电子控制式 EGR 控制阀 15。
25 此外，在 EGR 通路 14 周围配置了用于冷却在 EGR 通路 14 内流动的 EGR 气体的冷却装置 16。在图 1 所示的例中，内燃机冷却水被引入冷却装置 16 之内，EGR 气体可由内燃机冷却水冷却。另外，各燃料喷射阀 3 通过燃料供应管 17 与燃料箱，所谓的共用轨道 18 相连。由
30 电子控制式的喷吐量可变的燃料泵 19 将燃料供应到该共用轨道 18 之

内，供应到共用轨道 18 内的燃料再经由各燃料供应管 17 供应到燃料喷射阀 3。

5 电子控制单元 30 由数字电子计算机构成，具有通过双向总线 31 彼此连接的 ROM（只读存储器）32、RAM（随机存储器）33、CPU（中央处理机）34、输入口 35 以及输出口 36。排气净化催化剂 11 上安装有用于检测排气净化催化剂 11 的温度的温度传感器 20，该温度传感器 20 的输出信号可通过所对应的 A/D 变换器 37 输入到输入口 35。此外，在与套管 12 的出口相连的排气管 21 内可根据需要配置各种传感器 22。加速踏板 40 上连接着产生与加速踏板 40 的踏入量 L 成比例的输出电压的负载传感器 41，负载传感器 41 的输出电压可经由所对应的 A/D 变换器 37 输入到输入口 35。此外，输入口 35 上还连接着曲轴每旋转例如 15°即产生输出脉冲的曲柄转角传感器 42。另外，输出口 36 经由所对应的驱动电路 38，与燃料喷射阀 3、节气门驱动用步进电动机 9、EGR 控制阀 15 以及燃料泵 19 相连。

图 1 所示的排气净化催化剂 11 由整体型催化剂构成，在该排气净化催化剂 11 的基体上载持催化剂载体。图 2 图解性地表示该催化剂载体 50 的表面部分的剖面。如图 2 所示，在催化剂载体 50 的表面上分散载持贵金属催化剂 51。在本发明中，作为催化剂载体 50 使用了载体 50 表面存在表示碱性的碱基点的载体，在采用本发明的实施例中，作为催化剂载体 50 使用了氧化铝。此外在本发明的实施例中，作为贵金属催化剂 51 使用了铂。

25 如上所述，在该实施例中，在由氧化铝构成的催化剂载体 50 的表面上仅载持铂 51，而未形成由碱金属及碱土类构成的可吸收 NO_x 的 NO_x 吸收剂层。如上所述，经研究证明：在采用由氧化铝构成的催化剂载体 50 的表面上仅载持铂 51 的排气净化催化剂 11 的情况下，当在稀空燃比的状态下燃烧时，如果暂时使空燃比变浓，排气净化催化剂 11 的温度为 250℃以下的低温时，可获得 90%以上的 NO_x 净化率。

关于其原因，经从各种角度研究的结果，得出如下结论：当进行 NO_x 净化时，在铂 51 的表面上同时并列性产生 NO_x 的直接分解作用或 NO_x 的选择还原作用、以及催化剂载体 50 上的 NO_x 的吸附作用或
5 催化剂载体 50 上的 NO_x 的保持作用，由于同时并列性产生上述各种作用，因而可获得高达 90%以上的 NO_x 净化率。

即，铂 51 本来就有低温活性，进行 NO_x 的净化时产生的第 1 作用为：当废气的空燃比稀薄时，废气中的 NO_x 在铂表面上以离解为 N
10 和 O 的状态被吸附在铂 51 的表面上，离解的 N 形成 N_2 而脱离铂 51 的表面，即 NO_x 的直接分解作用。利用该直接分解作用可进行部分 NO_x 的净化。

进行 NO_x 的净化时产生的第 2 作用为：当废气的空燃比稀薄时，
15 吸附在铂 51 表面上的 NO 可由废气中的 HC 或吸附在催化剂载体 50 上的 HC 选择性地还原。利用该选择还原作用可进行部分 NO_x 的净化。

另一方面，废气中的 NO_x 、即 NO 在铂 51 表面被氧化之后形成 NO_2 ，若继续氧化则形成硝酸离子 NO_3^- 。进行 NO_x 净化时产生的第 3
20 作用为： NO_2 吸附到催化剂载体 50 上。利用该吸附作用可进行部分 NO_x 的净化。此外，在由氧化铝构成的催化剂载体 50 的表面上存在碱基点，进行 NO_x 净化时产生的第 4 作用为：可将硝酸离子 NO_3^- 保持在催化剂载体 50 表面上的碱基点中。利用该保持作用，可进行部分 NO_x 的净化。

25

如上所述，当进行 NO_x 净化时，上述多种作用同时进行，因而可获得高达 90%以上的净化率。

然而，若将在由氧化铝构成的催化剂载体 50 上仅载持铂 51 的排
30 气净化催化剂 11 长期暴露在稀空燃比的废气中时，其 NO_x 净化率会

逐渐下降。这是因为铂 51 的表面被氧原子覆盖，即铂 51 的表面受到氧中毒，从而一方面使铂 51 表面上的 NO_x 的直接分解及 NO_x 的选择还原变得难以进行。即，由于铂 51 表面一被氧原子覆盖，废气中的 NO 无法吸附到铂 51 表面上，因而很难产生 NO_x 的直接分解，另一方面，由于铂 51 表面一被氧原子覆盖，则 NO 无法吸附到铂 51 表面，因而很难产生 NO_x 的选择还原。

然而，此时若暂时使空燃比变浓，则覆盖铂 51 表面的氧原子会因 HC 及 CO 的氧化而被消耗，即铂表 51 表面的氧中毒被消除，因而若使空燃比变稀时仍可再次高效进行 NO_x 的直接分解及 NO_x 的选择还原。

不过，若铂 51 表面被氧原子覆盖， NO_x 易在铂 51 表面氧化，因而吸附或保持在催化剂载体 50 上的 NO_x 的量会增大。尽管如此 NO_x 净化率下降这一事实说明，对于 NO_x 的净化作用而言， NO_x 的直接分解或 NO_x 的选择还原是决定性的。因此，当最重要的课题显然是在由氧化铝构成的催化剂载体 50 上仅载持铂 51 的情况下，如何防止铂 51 的整个表面被氧中毒，因而需要在铂 51 的整个表面受到氧中毒之前暂时将废气的空燃比由稀切换为浓。

20

下面参照试验结果对该问题进行说明。

图 3 表示每隔 t_2 时间的时间间隔即由还原剂供应阀 13 喷射 t_1 时间的还原剂，从而使流入排气净化催化剂 11 的废气的空燃比（供应给进气通路、燃烧室 2 以及排气净化催化剂上游的排气通路的空气量与燃料及还原剂的量的比值）在维持 t_2 时间的稀空燃比之后提高为 t_1 时间的浓空燃比的情况。

图 4 表示在由氧化铝构成的催化剂载体 50 上仅载持铂 51 的排气净化剂 11 上，在铂 51 的整个表面受到氧中毒之前暂时将流入排气净

化催化剂 11 的废气的空燃比在图 3 所示的 t1 时间段内由稀切换为浓的情况下，排气净化催化剂 11 的温度 TC (°C) 与 NO_x 净化率 (%) 的关系。另外，图 4 表示由氧化铝构成的催化剂载体 50 的涂敷量为 150 (g)，铂 51 的载持量为 3 (g) 时的情况。

5

由图 4 可知，当排气净化催化剂 11 的温度 TC 为 250°C 以下的低温时，可获得 90% 以上，几乎接近 100% 的 NO_x 净化率。另外，当排气净化催化剂 11 的温度 TC 为 200°C 以下时，NO_x 净化率虽有一定量的下降，但是即使排气净化催化剂 11 的温度下降到 150°C，其 NO_x 净化率仍然在 80% 以上。此外，当排气净化催化剂 11 的温度高于 250°C 时，其 NO_x 净化率逐渐下降。即，当排气净化催化剂 11 的温度升高时，NO 变得难以吸附到铂 51 的表面上，结果由于不仅难以产生 NO_x 的直接分解作用，也难以产生 NO_x 的选择还原作用，所以 NO_x 净化率逐渐下降。

15

而且，即使铂 51 的载持量超过 3 (g)，无论增加多少，其 NO_x 净化率也几乎不增加，但如果铂 51 的载持量少于 3 (g)，则 NO_x 净化率会下降。

20

此外，图 4 表示将图 3 中废气的空燃比稀薄的稀空燃比期间 t2 设定为 60 秒，将废气的空燃比高的浓空燃比期间 t1 设定为 3 秒时的情况。在此情况下，作为浓空燃比期间 t1，由于 3 秒钟足以使铂表面的氧中毒完全消除，因而从消除氧中毒的角度而言，将浓空燃比期间 t1 设定为 3 秒以上没有任何意义。与之相反，如果把浓空燃比期间 t1 设定为 3 秒以下，则 NO_x 净化率会逐渐下降。

25

此外，作为贵金属催化剂 51，除铂之外，还可以使用铑 (Rh)。在此情况下，图 4 中所示的 NO_x 净化率为 90% 以上的温度 TC (°C) 区域还可以向高温一侧扩展，从而使高温一侧的 NO_x 净化率变高。

30

如上所述，若在贵金属催化剂 51 的整个表面受到氧中毒之前暂时将流入排气净化催化剂 11 中的废气的空燃比由稀切换为浓，即可获得 90%以上的 NO_x 净化率。而且如上所述，若暂时将废气的空燃比由稀切换为浓，则吸附在催化剂载体 50 上的 NO_2 或保持在催化剂载体 50 上的硝酸离子 NO_3^- 可被 HC 和 CO 还原。即，当为消除贵金属催化剂 51 表面的氧中毒而暂时将废气的空燃比由稀切换为浓时，还可去除吸附或保持在催化剂载体 50 上的 NO_x ，因而当空燃比又变为稀薄时，可再次开始发挥有 NO_2 的吸附作用及硝酸离子 NO_3^- 的保持作用。

如上所述，当在由氧化铝构成的催化剂载体 50 上仅载持铂 51 时，相对于 NO_x 的净化率， NO_x 的直接分解及 NO_x 的选择还原是决定性的。不过，催化剂载体 50 对 NO_2 的吸附作用以及催化剂载体 50 上的硝酸离子 NO_3^- 的保持作用也同样有利于 NO_x 的净化。不过众所周知，若与现有技术相比，废气中存在 NO_2 ，则不论使用何种催化剂， NO_2 多少总会吸附到催化剂之上。在采用本发明的实施例中，如上文所述，废气中的 NO 在铂 51 上被氧化而生成 NO_2 ，这样一来， NO_2 即可吸附到排气净化剂 11 之上。

与之相反，硝酸离子 NO_3^- 则并非任何催化剂均可保持，为使硝酸离子 NO_3^- 保持在催化剂上，需使催化剂表面呈碱性。在采用本发明的实施例中，如上所述，由于催化剂载体 50 由氧化铝构成，所以催化剂载体 50 的表面上存在具有碱性的碱基点，这样即可将硝酸离子 NO_3^- 保持到存在于催化剂载体 50 表面的碱基点上。

不过，存在于由氧化铝构成的催化剂载体 50 表面上的碱基点的碱性并不太强，因而对于硝酸离子 NO_3^- 的保持力也并不太大。因而排气净化催化剂 11 的温度 TC 上升时，保持在排气净化催化剂 11 上的 NO_x 不得不脱离排气净化催化剂 11。如图 4 所示，随着排气净化催化剂 11 的温度上升， NO_x 净化率逐渐下降，正是由于存在此种 NO_x

的脱离作用。

而催化剂载体 50 表面上的碱基点的碱性越高，能以硝酸离子 NO_3^- 的形态保持的 NO_x 的量越大。因而为增加保持在排气净化催化剂 11 上的 NO_x 量就得增加碱基点的量或提高碱基点的碱性。在此情况下，如图 2 中的标号 52 所示，若在由氧化铝构成的催化剂载体 50 内至少从钾 K、钠 Na、锂 Li、铯 Cs、铷 Rb 之类的碱金属，钡 Ba、钙 Ca、锶 Sr 之类的碱土类，以及镧 La、钇 Y 之类的稀土类中至少选择添加一种，即可使碱基点的量增加或提高碱基点的碱性。在此情况下，上述镧 La 及钡 Ba 等添加物 52 既可以为了结构稳定而构成氧化铝晶体结构的一部分而添加到催化剂载体 50 内部，也能以氧化铝和添加物 52 形成盐的方式添加到催化剂载体 50 内部。另外，如果增加镧 La 及钡 Ba 等添加物 52 的量，则当废气的空燃比稀薄时保持在排气净化催化剂 11 上的 NO_x 量自然也会增加。

另一方面，若这样提高碱基点的碱性，则对硝酸离子 NO_3^- 的保持力自然也会变大。因此即使排气净化催化剂 11 的温度上升，硝酸离子 NO_3^- 也很难脱离，所以若提高碱基点的碱性，图 4 中高温一侧的 NO_x 净化率也会升高。

不过，在废气中也含有 SO_2 ，该 SO_2 在铂 51 上被氧化之后形成 SO_3 ，该 SO_3 在该铂 51 上进一步氧化之后形成硫酸离子 SO_4^{2-} 。若催化剂具有碱性，则该硫酸离子 SO_4^{2-} 被保持在催化剂之上，而且与硝酸离子 NO_3^- 相比，该硫酸离子 SO_4^{2-} 更容易保持在催化剂上。因此硝酸离子 NO_3^- 若能保持在催化剂之上，则硫酸离子 SO_4^{2-} 必定也能保持在催化剂上。在采用本发明的实施例中，硝酸离子 NO_3^- 可保持在催化剂载体 50 之上，因此在采用本发明的实施例中，硫酸离子 SO_4^{2-} 也可保持在催化剂载体 50 之上。

另外，如开头时所述，若在催化剂载体上形成由碱金属或碱土类

金属构成的 NO_x 吸收剂层，则 SO_x 在 NO_x 吸收剂层内形成硫酸盐。但是该硫酸盐难以分解，若不在使催化剂的温度升高到 600°C 以上的状态下使废气的空燃比变浓，则无法使 SO_x 从催化剂中释放出来。

5 但在该实施例中，存在于由氧化铝构成的催化载体 50 表面上的碱基点的碱性与 NO_x 吸收剂的碱性相比极低，因此 SO_x 在催化剂载体 50 表面上的碱基点上并不是以硫酸盐的形态，而是以硫酸离子 SO_4^{2-} 的形态保持。而且在此情况下对硫酸离子 SO_4^{2-} 的保持力相当小。

10 这样一来，由于对硫酸离子 SO_4^{2-} 的保持力小，因而硫酸离子 SO_4^{2-} 在低温下即可分解脱离。事实上在该实施例中，若使排气净化催化剂 11 的温度 TC 大致上升到 500°C 左右，并使废气的空燃比变浓，则可使保持在排气催化剂 11 中的 SO_x 从排气净化催化剂 11 中释放出来。

15 不过如上所述，若通过在催化剂载体 50 中添加镧 La 或钡 Ba 之类的添加物 52，提高催化剂载体 50 表面的碱基点的碱性，在废气的空燃比稀薄时仍可增加保持在催化剂载体 50 上的 NO_x 量，这样尤其可以提高高温一侧的 NO_x 净化率。但是，若提高催化剂载体 50 表面的碱基点的碱性，则保持在催化剂载体 50 上的 SO_x 量增加，而且对 SO_x 20 的保持力也会增大。其结果是释放 SO_x 所需的排气净化催化剂 11 的 SO_x 释放温度上升。

而作为催化剂载体 50 并非仅有氧化铝，只要是在催化剂载体表面上存在碱基点的载体，可以使用现有的公知的各种载体。

25

下面根据具体实施例说明 NO_x 以及 SO_x 的处理。

首先说明计算出贵金属催化剂、例如铂 51 的氧中毒量，当计算出的氧中毒量超过预定的允许值时，将废气的空燃比由稀切换为浓， 30 并以此消除铂 51 的氧中毒的第 1 实施例。

如图 5A 所示，每单位时间内的铂 51 的氧中毒量 W 与废气的氧浓度成正比。此外如图 5B 所示，每单位时间内的铂 51 的氧中毒量 W 随着排气净化催化剂 11 的温度升高而增加。此处的废气中的氧浓度以及排气净化催化剂 11 的温度取决于内燃机的运转状态，即二者是燃料喷射量 Q 和内燃机转速 N 的函数，因此，每单位时间内的铂 51 的氧中毒量 W 为燃料喷射量 Q 和内燃机转速 N 的函数。在第 1 实施例中，可通过试验预先求出与燃料喷射量 Q 和内燃机转速 N 对应的每单位时间内的铂 51 的氧中毒量 W ，并如图 5 所示将该氧中毒量 W 作为燃料喷射量 Q 和内燃机转速 N 的函数，以映像的形式预先存储在 ROM32 中。

图 6 表示氧中毒的消除控制以及 SO_x 的释放控制的时间曲线图。如图 6 所示，每当氧中毒量 W 的积分值 ΣW 超出允许值时，即由还原剂供应阀 13 供应还原剂，并暂时将流入排气净化催化剂 11 的废气的空燃比 A/F 由稀切换为浓。这时铂 51 的氧中毒即被消除，从催化剂载体 50 释放还原吸附或保持在催化剂载体 50 上的 NO_x 。

此外，还计算出保持在排气净化催化剂 11 上的 SO_x 量的积分值 ΣSOX ，当该 SO_x 的量的积分值 ΣSOX 超过允许值时，即可进行由排气净化催化剂 11 的 SO_x 释放作用。即，首先可使排气净化催化剂 11 的温度 TC 升高到 SO_x 释放温度 TX 。该 SO_x 释放温度 TX 当未在催化剂载体 50 中添加添加剂 52 时大致为 500°C ，当在催化剂载体 50 中添加了添加剂 52 时，根据添加剂 52 的不同添加量，温度大致在 500°C 到 550°C 之间。

当排气净化催化剂 11 的温度 TC 达到 SO_x 释放温度 TX 时，则将流入排气净化催化剂 11 的废气的空燃比由稀切换为浓，从而开始从排气净化催化剂 11 释放 SO_x ，在释放 SO_x 的期间内，排气净化催化剂 11 的温度 TC 可保持在 SO_x 释放温度 TX 之上，废气的空燃比维持在

浓空燃比。接着， SO_x 的释放作用结束时，则停止排气净化催化剂 11 的升温作用，并将废气的空燃比恢复到稀薄。

5 如上所述，当需要从排气净化催化剂 11 释放 SO_x 时，可使排气净化催化剂 11 的温度上升到 SO_x 释放温度 TX。下面参照图 7 说明使排气净化催化剂 11 的温度 TC 上升的方法。

使排气净化催化剂 11 的温度 TC 上升最为有效的方法之一为：
使燃料喷射时间角度滞后到压缩上止点以后。即，通常情况下，主燃料 Q_m 在图 7 中如（I）所示，在压缩上止点附近喷射。而在此情况下，如图 7（II）所示，若将主燃料 Q_m 的喷射时间角度滞后，则后燃烧期间延长，这样即可使废气的温度上升。废气的温度升高时，排气净化催化剂 11 的温度 TC 随之上升。

15 此外，为了使排气净化催化剂 11 的温度 TC 上升，也可如图 7（III）所示，除主燃料 Q_m 之外，在进气上止点附近喷射辅助燃料 Q_v 。这样由于当附加性地喷射辅助燃料 Q_v 时，所燃烧的燃料中增加了该辅助燃料 Q_v 部分，所以废气的温度上升，于是排气净化催化剂 11 的温度 TC 上升。

20 此外，如上所述，若在进气上止点附近喷射辅助燃料 Q_v ，则在压缩冲程中由于压缩热可由该辅料 Q_v 生成乙醛、酮、过氧化物、一氧化碳等中间产物，主燃料 Q_m 的反应可因上述中间产物而加速。因此，在此情况下，如图 7（III）所示，即使大大延迟主燃料 Q_m 的喷射时间也可获得很好的燃烧，而不会产生熄火。即，由于可使主燃料 Q_m 的喷射时间大大延迟，因而可使废气温度上升得相当高，从而使排气净化催化剂 11 的温度 TC 迅速上升。

25 此外，为使排气净化催化剂 11 的温度 TC 上升，如图 7（IV）所示，还可在主燃料 Q_m 之外，在膨胀冲程期间或排气冲程期间喷射辅

助燃料 Q_p 。即，在此情况下，大部分辅助燃料 Q_p 并不燃烧，而是以未燃烧 HC 的形态排到排气通路之内。该未燃烧 HC 在排气净化催化剂 11 上被过剩氧氧化，利用此时产生的氧化反应热使排气净化催化剂 11 的温度 TC 上升。

5

图 8 表示可消除铂 51 的氧中毒的中毒消除标志与可释放 SO_x 的 SO_x 释放标志的控制程序，该程序通过每隔一定时间的插入来实行。

从图 8 可知，首先在步骤 100 中，根据图 5c 所示的映像，计算出单位时间内的氧中毒量 W 。接着在步骤 101 中，通过在 ΣW 上累加氧中毒量 W ，计算出氧中毒量的积分值 ΣW 。接着在步骤 102 中，判断氧中毒量的积分值 ΣW 是否超过允许值 WX ，即，判断铂 51 的整个表面是否很快要被氧中毒。当 $\Sigma W \leq WX$ 时，跳到步骤 104。与之相反，当 $\Sigma W > WX$ 时，进入步骤 103，设定中毒消除标志，继而进入步骤 104。

15

在步骤 104 中，将燃料喷射量 Q 乘以常数 k 的值 $k \cdot Q$ 加到 ΣSOX 之上。燃料中含有一定量的硫，因此每单位时间内可保持在排气净化催化剂 11 上的 SO_x 量可用 $k \cdot Q$ 表示。因此，通过在 $k \cdot Q$ 上累加 ΣSOX 获得的 ΣSOX 表示保持在排气净化催化剂 11 上的 SO_x 量的积分值。接着在步骤 105 中判断 SO_x 量的积分值 ΣSOX 是否超过允许值 SX 。当 $\Sigma SOX \leq SX$ 时结束该处理循环，若 $\Sigma SOX > SX$ ，则进入步骤 106 设定释放标志。

20

下面参照图 9 对还原剂的供应控制程序加以说明。

25

从图 9 可知，首先在步骤 200 中判断是否已设定中毒消除标志。当未设定中毒消除标志时，跳到步骤 208。与之相对，当已设定中毒消除标志时，进入步骤 201，判断排气净化催化剂 11 的温度是否低于允许温度 TL 。该允许温度 TL 可以是 NO_x 净化率为 30% 时的排气净化

30

5 催化剂 11 的温度 TC, 当由氧化铝构成的催化剂载体 50 上仅载持铂 51 时, 该允许温度 TL 大约是 400℃。TC $\geq$ TL 时, 即, 即使周期性使废气的空燃比变浓, 也无法获得高的 NO_x 净化率时, 跳到步骤 208。即, 当排气净化催化剂 11 的温度 TC 大致超过 400℃时, 空燃比的由稀到浓的切换被禁止。与之相反, 当 TC<TL 时, 即, 若周期性使废气的空燃比变浓, 则可获得高的 NO_x 净化率时, 进入步骤 202。

10 在步骤 202 中, 计算出例如将废气的空燃比设定为 13 左右的浓空燃比时所需的还原剂的供应量。接着在步骤 203 中计算出还原剂的供应时间。该还原剂的供应时间通常为 10 秒以下。接着在步骤 204 中开始从还原剂供应阀 13 供应还原剂。继而在步骤 205 中判断是否已经过步骤 203 中计算出的还原剂供应时间。当判断为尚未经过还原剂的供应时间时, 跳到步骤 208, 此时继续供应还原剂, 将废气的空燃比保持为 13 左右的浓空燃比。与之相反, 当判断为经过还原剂的供应时间时, 即铂的氧中毒已被消除时, 进入步骤 206, 停止供应还原剂, 接着进入步骤 207, 清除 ΣW 及中毒消除标志。然后进入步骤 208。

20 在步骤 208 中, 判断是否设定了释放标志。当未设定 SO_x 释放标志时, 结束处理循环。与之相反, 当设定 SO_x 释放标志时, 进入步骤 209, 进行排气净化催化剂 11 的升温控制。即把燃料喷射阀 3 的燃料喷射模式变为图 7 (II) ~ (IV) 中所示的任意一种喷射模式。若将燃料喷射模式变换为图 7 的 (II) ~ (IV) 中的任意一种, 则排气温度上升, 从而使排气净化催化剂 11 的温度亦上升。继而进入步骤 210。

25 在步骤 210 中, 判断由温度传感器 20 检测的排气净化催化剂 11 的温度 TC 是否已达到 SO_x 释放温度 TX 以上。当 TC<TX 时, 结束处理循环。与之相反, 当 TC $\geq$ TX 时, 进入步骤 211, 计算出将废气的空燃比设定为 14 左右的浓空燃比所需的还原剂的供应量。继而在步骤 212 中计算出还原剂的供应时间。该还原剂的供应时间为几分钟

左右。接着在步骤 213 中，开始从还原剂供应阀 13 供应还原剂。继而在步骤 214 中，判断是否经过了步骤 212 中计算出的还原剂供应时间。当判断为尚未经过还原剂的供应时间时，结束处理循环，此时继续供应还原剂将废气的空燃比维持在 14 左右的浓空燃比。与之相反，
5 当判断为经过还原剂的供应时间时，即，保持在排气净化催化剂 11 上的 SO_x 已释放完毕时，进入步骤 215，停止供应还原剂。接着在步骤 216 中停止排气净化催化剂 11 的升温作用，继而进入步骤 217 清除 ΣW 及 SO_x 释放标志。

10 图 11A、图 11B 以及图 12 表示另一实施例。在该实施例中，作为配置在排气管 21 内的传感器 22，采用可检测排气中的 NO_x 浓度的 NO_x 浓度传感器。该 NO_x 浓度传感器 22 如图 11B 所示，产生与 NO_x 浓度成比例的输出电压 V 。

15 随着铂 51 的氧中毒的进行， NO_x 的净化率逐渐下降，其结果是废气的 NO_x 浓度逐渐增加。因此，贵金属催化剂，例如铂 51 的氧中毒量可根据废气中的 NO_x 浓度进行推测。在该实施例中，当根据废气中的 NO_x 浓度推测出的中毒量超过预设的值时，即，如图 11A 中所示，当 NO_x 浓度传感器 22 的输出电压 V 超过设定值 VX 时，可将废气的
20 空燃比由稀切换为浓。

图 12 表示该实施例中的还原剂的供应控制程序。

从图 12 可知，首先，在步骤 300 中 NO_x 判断浓度传感器 22 的输出电压 V 是否已超过设定值 VX 。当 $V \leq VX$ 时跳到图 10 的步骤 208。
25 与之相反，当 $V > VX$ 时，进入步骤 301，计算出将废气的空燃比设定为 13 左右的浓空燃比时所需的还原剂的供应量。接着，在步骤 302 中计算出还原剂的供应时间。该还原剂的供应时间通常在 10 秒以下。继而在步骤 303 中开始从还原剂供应阀 13 供应还原剂。接着，在步骤
30 步骤 304 中判断是否经过步骤 302 中计算出的还原剂供应时间。当尚未

经过还原剂供应时间时，跳到图 10 的步骤 208，此时继续供应还原剂，将废气的空燃比维持在 13 左右的浓空燃比。与之相反，当已经过原剂的供应时间时，即铂 51 的氧中毒已被消除时，进入步骤 305，停止供应还原剂，然后进入图 10 的步骤 208。

5

而在该实施例中，虽然在使用图 8 所示的标志控制程序的该实施例中，由于不需要计算氧中毒量，因而在图 8 所示的标志控制程序中，只实施步骤 104 到步骤 106。此外，在该实施例中如上所述，虽然在图 12 所示的程序之后实施图 10 所示的程序，但在图 10 所示的程序中的步骤 217 中，仅清除 ΣSOX 及 SO_x 释放标志。

10

图 13 及图 14 表示另一实施例。在该实施例中，当为了消除贵金属催化剂，例如铂 51 的氧中毒而将废气的空燃比设为浓空燃比时，判断铂 51 的氧中毒是否已被消除，当判断为铂 51 的氧中毒已被消除时，可将废气的空燃比由浓切换为稀。

15

具体而言，在该实施例中，作为配置在排气管 21 内的传感器 22，采用用于检测从排气净化催化剂 11 流出的废气的空燃比的空燃比传感器。如图 13 所示，若将流入排气净化催化剂 11 的废气的空燃比 (A/F) in 由稀切换为浓，即，当从还原剂供应阀 13 供应还原剂时，该还原剂、即碳氢化合物被铂 51 上的氧氧化，在氧存在于铂 51 上的期间内，从排气净化催化剂 11 排出的废气的空燃比 (A/F) out 可大致维持在理论空燃比。接着，当铂 51 上的氧消失时，由于碳氢化合物穿过排气净化催化剂 11，因而从排气净化催化剂 11 排出的废气的空燃比 (A/F) out 为浓空燃比。因此当流入排气净化催化剂 11 的废气的空燃比 (A/F) in 由稀切换为浓后，从排气净化催化剂 11 排出的废气的空燃比 (A/F) out 变浓时，可以判断出铂 51 的氧中毒已被消除。

20

25

图 14 表示该实施例中的还原剂的供应控制程序。

30

从图 14 可知，首先在步骤 400 中判断是否设定了中毒消除标志。当尚未设定中毒消除标志时，跳到图 10 的步骤 208。与之相反，当判断为设定了中毒消除标志时，进入步骤 401，计算出例如将废气的空燃比设定为 13 左右的浓空燃比时所需的还原剂的供应量。接着进入步骤 402，开始从还原剂供应阀 13 供应还原剂。然后在步骤 403 中，判断由空燃比传感器 22 检测出的废气的空燃比 (A/F) out 是否为浓空燃比。当空燃比 (A/F) out 并非浓空燃比时，跳到图 10 的步骤 208。与之相反，当判断出空燃比 (A/F) out 为浓空燃比时，即，铂 51 的氧中毒被消除时，则进入步骤 404，停止供应还原剂，然后进入步骤 405，清除 ΣW 及中毒消除标志。继而进入图 10 的步骤 208。

下面说明取代排气净化催化剂 11 而采用微粒过滤器的实施例。

图 15A 及图 15B 表示此种微粒过滤器 11 的结构。图 15A 表示微粒过滤器 11 的正面图，图 15B 所示的则是该微粒过滤器 11 的侧面剖视图。如图 15A、图 15B 所示，微粒过滤器 11 具有蜂窝式结构，具有彼此平行延伸的多个排气通路 60、61。这些排气通路由下游端被栓塞 62 关闭废气流入通路 60 和上游端被栓塞 63 封闭的废气流出通路 61 构成。而在图 15A 中，标有剖面线的部分表示栓塞 63。因此废气流入通路 60 以及废气流出通路 61 通过薄薄的隔板 64 彼此交替配置。换言之，废气流入通路 60 及废气流出通路 61 配置为：各废气流入通路 60 被 4 个废气流出通路包围，各废气流出通路 61 被 4 个废气流入通路 60 包围。

25

微粒过滤器 11 例如可由堇青石之类的多孔质材料构成，因此流入废气流入通路 60 内的废气如图 15B 中的箭头所示，通过四周的隔板 64 后流出到相邻的废气流出通路 61 内。

30

在该实施例中，各废气流入通路 60 和各废气流出通路 61 的周围

壁面，即各个隔板 64 的两侧表面上及隔板 64 内的细孔内壁面上形成由氧化铝构成的催化剂载体层，在该催化剂载体上载持贵金属催化剂。而在该实施例中，作为贵金属催化剂采用的是铂 Pt。

5 在该实施例中，同样是在由氧化铝构成的催化剂载体上载持铂，可进行图 6 所示的还原剂的供应控制。因而在该实施例中也可获得图 4 所示的 NO_x 净化率。

10 此外，在该实施例中，包含在废气中的微粒被微粒过滤器 11 过滤，该被过滤的微粒可利用废气的热量依次被燃烧。当大量微粒堆积于微粒过滤器 11 上时，可将喷射模式变换为图 7 的图形 (II) ~ (IV) 中的任意一种喷射模式，使废气温度上升。这样可使堆积的微粒着火燃烧。

15 图 16 及图 17 分别表示压燃式内燃机各不相同的实施例。

20 在图 16 所示的实施例中，在排气净化催化剂 11 上游的排气通路内配置与排气净化催化剂 11 相同的排气净化催化剂或微粒过滤器、或具有 NO_x 选择还原功能而不具有吸收 NO_x 功能的 NO_x 选择还原催化剂 23，在图 17 所示的实施例中，在排气净化催化剂 11 下游的排气通路内配置了微粒过滤器、或具有选择性地还原 NO_x 的功能而不具有吸收 NO_x 的功能的 NO_x 选择还原催化剂 23。

25 若在排气净催化剂 11 上游的排气通路内配置与排气净化催化剂 11 相同的排气净化催化剂 23，则由于下游侧的排气净化催化剂 11 的温度低于上游侧的排气净化催化剂 23，所以当因上游侧的排气净化催化剂 23 的温度升高而使 NO_x 净化率下降时，仍可在下游侧的排气净化催化剂 11 中获得高的 NO_x 净化率。此外，微粒过滤器 23 可以不具备也可以具备贵金属催化剂及催化剂载体，也可以具备贵金属催化剂及催化剂载体。此外，作为选择还原催化剂 23 可采用 Cu-沸石催化

30

剂。但由于 Cu—沸石催化剂 23 的耐热性低，所以当使用 Cu—沸石催化剂 23 时，如图 17 所示，最好将 Cu—沸石催化剂 23 配置在排气净化催化剂 11 的下游侧。而在图 16 及图 17 所示的实施例中，也可用与图 6 所示的方法相同的方法进行还原剂的供应控制。

5

图 18 是压燃式内燃机的另一实施例。

在该实施例中，在排气净化催化剂 11 下游的排气通路内配置了具有选择性地还原 NO_x 的功能而不具有吸收 NO_x 的功能的 NO_x 选择还原催化剂 24。作为该 NO_x 选择还原催化剂 24，采用以二氧化钛为载体，在该载体上载持氧化钒的催化剂 $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ （下面称之为钒·钛催化剂）或以沸石为载体，在该载体上载持铜的催化剂 $\text{Cu}/\text{ZSM5}$ （下面称之为铜沸石催化剂）。

此外，在 NO_x 选择还原催化剂 24 与排气净化催化剂 11 之间的排气通路内配置了用于供应尿素水溶液的尿素供应阀 25，可利用供应泵 26 将尿素水溶液供应给该尿素供应阀 25。此外，在进气通路内配置了进气量检测器 27，作为配置在排气管 21 内的传感器 22，采用了 NO_x 浓度传感器。

20

当废气的空燃比处于稀薄时，当从尿素供应阀 25 将尿素水溶液供应到废气中时，则废气中所含的 NO 在 NO_x 选择还原催化剂 24 上被尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 产生的氨 NH_3 还原（例如 $2\text{NH}_3 + 2\text{NO} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ ）。在此情况下，为通过还原废气中所含的 NO_x 而完全去除废气中的 NO_x ，需要有一定量的尿素，下面，将为了通过还原完全去除废气中的 NO_x 所需的尿素量称为尿素/ NO_x 的当量比为 1 的尿素量。并且，在下文中将尿素/ NO_x 的当量比为 1 简称为当量比=1。

25

图 19 中的实线与图 4 所示的值相同，表示采用排气净化催化剂 11 的 NO_x 净化率与排气净化催化剂 11 的温度 TC 间的关系，图 19 中

30

的虚线则表示相对于废气中的 NO_x 为使尿素量当量比=1 而供应尿素水溶液时的 NO_x 净化率与 NO_x 选择还原催化剂 24 的温度 TC 之间的关系。从图 19 可知，当相对于废气中的 NO_x 量为使尿素量比=1 而供应尿素水溶液时，若 NO_x 选择还原催化剂 24 的温度 TC 大致在 300℃ 以上，则 NO_x 净化率大致为 100%， NO_x 净化率随着选择还原催化剂 24 的温度 TC 下降而下降。

在该实施例中，在图 19 中的排气净催化剂 11 的温度 TC 低于设定温度 TL，例如 300℃ 的区域 I 内，通过实施图 8 所示的标志控制程序以及图 9 及图 10 所示的还原剂的供应控制程序，进行还原剂供应阀 13 的还原剂供应控制。因此在区域 I 内可通过排气净化催化剂 11 获得高 NO_x 净化率。而在此情况下，从图 19 可知，图 9 的步骤 201 中的 TL 为 300℃。

另一方面，在图 19 中，在 NO_x 选择还原催化剂 24 的温度 TC 高于设定温度 TN (<TL) 的区域内，可通过图 20 所示的尿素水溶液的供应控制程序供应尿素水溶液，并以此进行采用 NO_x 选择还原催化剂 24 的 NO_x 的净化。

即，从图 20 可知，首先在步骤 500 中判断 NO_x 选择还原催化剂 24 的温度 TC 是否高于设定温度 TN，例如 250℃。当 $\text{TC} \leq \text{TN}$ 时，结束处理循环。与之相反，当 $\text{TC} > \text{TN}$ 时，进入步骤 501，根据由浓度传感器 22 检测的 NO_x 浓度和进气量检测器 27 检测出的进气量求出每单位时间内从燃烧室 2 排出的 NO_x 量，并根据该 NO_x 量计算出相对于 NO_x 量，其当量比=1 的每单位时间内的尿素量。接着在步骤 502 中，根据计算出的尿素量计算出尿素水溶液的供应量，继而在步骤 503 中由尿素供应阀 13 供应在步骤 502 中计算出的量的水溶液。因此在区域 II 中，可通过 NO_x 选择还原催化剂 24 获得高的 NO_x 净化率。

从图 19 可知，在区域 I 与区域 II 重叠的区域内，既具有依靠排

气净化催化剂 11 进行的 NO_x 净化作用，又具有依靠 NO_x 选择还原催化剂 24 进行的 NO_x 净化作用，因而该区域内的 NO_x 净化率基本可达 100%。因此，可在宽的温度范围内获得高的 NO_x 净化率。

5 下面对可在宽的温度范围内获得高的 NO_x 净化率的另一种实施例加以说明。

10 如图 21 所示，该实施例在排气净化催化剂 11 的上游配置收容在套管 28 内的 NO_x 吸藏催化剂 29。即，在该实施例中，在排气涡轮增压器 7 的排气涡轮 7b 的出口上连接收容吸藏催化剂 29 的套管 28，套管 28 的出口经由排气管 43 与收容排气净化催化剂 11 的套管 12 相连。

15 此外，在该实施例中，除用于检测排气净化催化剂 11 的温度的温度传感器 20 之外，还在吸藏催化剂 11 上安装了用于检测吸藏催化剂 29 的温度的温度传感器 48，并在连接 NO_x 吸藏催化剂 29 的出口与排气净化催化剂 11 的入口的排气管 43 内配置用于检测在上述催化剂 29、11 内流动的废气温度的温度传感器 49、而实际上安装上述温度传感器 20、48、49 中的至少一个。

20 图 21 所示的 NO_x 吸藏催化剂 29 由整体型催化剂构成，在该 NO_x 吸藏催化剂 29 基体上载持例如由氧化铝构成的催化剂载体。图 22 图解性地表示该催化剂载体 45 表面部分的剖面。如图 22 所示，在催化剂载体 45 的表面上分散载持贵金属催化剂 46，进而在催化剂载体 45 的表面上形成 NO_x 吸收剂 47 的层。

25 在该实施例中，作为贵金属催化剂 46，采用了铂，而作为构成 NO_x 吸收剂 47 的成分，则可从例如钾 K、钠 Na、铯 Cs 之类的碱金属，钡 Ba、钙 Ca 之类的碱土类以及镧 La 钇 Y 之类的稀土类中至少选择一种使用。

30

将供应给内燃机进气通路、燃烧室 2 以及 NO_x 吸藏催化剂 29 上游的排气通路内的空气及燃料（碳氢化合物）之比称为废气的空燃比，则 NO_x 吸收剂 47 具有当废气的空燃比稀薄时吸收 NO_x 而当废气中的氧浓度下降时又可将吸收的 NO_x 释放出来的 NO_x 吸收与释放作用。而在未向 NO_x 吸藏催化剂 29 上游的排气通路内供应燃料（碳氢化合物）或空气的情况下，废气的空燃比与供应给燃烧室 2 内的混合气的空燃比一致，因而在此情况下，吸收剂 47 在供应给燃烧室 2 内的混合气体的空燃比稀薄时吸收 NO_x ，而当供应给燃烧室 2 内的混合气体中的氧浓度下降时又将吸收的 NO_x 释放出来。

即，以采用钡 Ba 作为构成 NO_x 吸收剂 47 的成分时的情形为例加以说明，则如下述：当废气的空燃比稀薄时，即废气中的氧浓度高时，废气中所含的 NO 如图 22 所示，在铂 Pt46 上被氧化后形成 NO_2 ，进而被吸收到 NO_x 吸收剂 47 内，与氧化钡 BaO 结合，并以硝酸离子 NO_3^- 的形态向 NO_x 吸收剂 47 内扩散。于是， NO_x 被吸收到 NO_x 吸收剂 47 内。只要废气中的氧浓度高即可在铂 Pt46 表面生成 NO_2 ，只要吸收剂 47 的 NO_x 吸收能力未饱和， NO_2 即可被吸收到 NO_x 吸收剂 47 内而生成硝酸离子 NO_3^- 。

与之相反，当通过将燃烧室 2 内的空燃比设定为浓空燃比或理论空燃比，或从还原剂供应阀 13 供应还原剂，将废气的空燃比设为浓空燃比或理论空燃比时，由于废气中的氧浓度降低，因而反应朝逆向进行（ $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$ ），于是， NO_x 吸收剂 47 内的硝酸离子 NO_3^- 以 NO_2 的形态从 NO_x 吸收剂 47 中释放出来。进而所释放出的 NO_x 被废气中所含的未燃 HC、CO 还原。

如上所述，当废气的空燃比稀薄时，即在稀空燃比状态下进行燃烧时，废气中的 NO_x 被 NO_x 吸收剂 47 吸收。但是如果在稀空燃比状态下持续燃烧，则其间 NO_x 吸收剂 47 的 NO_x 吸收能力饱和，从而无法通过吸收剂 47 吸收 NO_x 。因此在该实施例如图 23 所示，通过在

吸收剂 47 的吸收能力饱和之前由还原剂供应阀 13 供应还原剂，暂时使废气的空燃比为浓空燃比，以此从吸收剂 47 中释放 NO_x 。

5 不过铂 Pt46 本来就具有低温活性。然而 NO_x 吸收剂 47 的碱性相当强，因此铂 Pt46 的低温活性，即氧化性被削弱。其结果是 NO_x 吸藏催化剂 11 的温度 TC 降低时，则 NO 的氧化作用减弱， NO_x 净化率下降。图 24 的实线与图 4 所示的值相同，表示采用排气净化催化剂 11 时的 NO_x 净化率和排气净化催化剂 11 的温度 TC 之间的关系，图 24 中的虚线表示采用 NO_x 吸藏催化剂 29 时的 NO_x 净化率与 NO_x 吸藏催化剂 29 的温度 TC 之间的关系。从图 24 可知，在该实施例中，若 NO_x 吸藏催化剂 29 的温度 TC 大致低于 250°C ，则其 NO_x 净化率急剧下降。

15 此外，废气中也含有 SO_2 ，该 SO_2 在铂 Pt46 上被氧化后形成 SO_3 。进而该 SO_3 被吸收到 NO_x 吸收剂 47 内，与氧化钡 BaO 结合，并以硫酸离子 SO_4^{2-} 的形态向 NO_x 吸收剂 47 内扩散，生成稳定的硫酸盐 BaSO_4 。然而由于 NO_x 吸收剂 47 具有强碱性，因而该硫酸盐 BaSO_4 非常稳定，很难分解，仅仅靠使废气的空燃比变浓并不能分解硫酸盐 BaSO_4 ，而是原样保留下来。因此在吸收剂 47 内，随着时间的推移硫酸盐 BaSO_4 增多，随着时间推移 NO_x 吸收剂 47 可吸收的 NO_x 量下降。

20

不过，当在使 NO_x 吸藏催化剂 29 的温度升高到 600°C 以上的状态下，使废气的空燃比变浓时，则可将 SO_x 从 NO_x 吸收剂 47 中释放出来。因此，在该实施例中，设定为当 NO_x 吸收剂 47 中吸收的 SO_x 量增大时。使 NO_x 吸藏催化剂 29 的温度升高到 600°C 以上并使废气的空燃比变浓。

25

从以上的说明可知，在该实施例中使用表面存在碱基点的载体 50 的同时，在载体 50 的表面上不形成可在稀空燃比状态下吸收 NO_x 的 NO_x 吸收剂层，而是在分散载持贵金属催化剂 51 的排气净化催化剂 11 与载体 45 的表面上形成可在稀空燃比状态下吸收 NO_x 的 NO_x 吸收剂

30

47 层，并且与分散载持贵金属催化剂 46 的 NO_x 吸藏催化剂 29 串连配置在内燃机的排气通路内，当主要靠排气净化催化剂 11 净化废气中的 NO_x 时，在排气净化催化剂 11 的载体 50 的表面载持的贵金属催化剂 51 的整个表面氧中毒之前，暂时将流入排气净化催化剂 11 中的废气的空燃比由稀切换为浓，当主要靠 NO_x 吸藏催化剂 29 净化废气中的 NO_x 时，在 NO_x 吸藏催化剂 29 的 NO_x 吸收能力饱和之前，暂时将流入吸藏催化剂 29 的废气的空燃比由稀切换为浓。

而在此情况下，如图 24 所示，当排气净化催化剂 11 的温度处在低于设定温度 TS 的第 1 温度区域内时，主要靠排气净化催化剂 11 净化废气中的 NO_x ，当 NO_x 吸藏催化剂 29 的温度处在高于第 1 温度区域的高温侧，即处在高于设定温度 TS 的第 2 温度区域内时，废气中的 NO_x 主要靠 NO_x 吸藏催化剂 29 净化。在图 24 所示的例子中，该设定温度 TS 基本在 250°C 左右。

此外，作为图 24 中的催化剂温度 TC，使用了代表排气净化催化剂 11 的温度及 NO_x 吸藏催化剂 29 的温度的代表温度，可使用温度传感器 48 检测出的 NO_x 吸藏催化剂 29 的温度或温度传感器 20 检测出的排气净化催化剂 11 的温度或温度传感器 49 检测出的废气温度。在此情况下，当代表温度 TC 低于预设的设定温度 TS，例如 250°C 时，则判断为排气净化催化剂 11 的温度处于第 1 温度区域，当代表温度 TC 高于预设的设定温度 TS，例如 250°C 时，则判断为吸藏催化剂 29 的温度处于第 2 温度区域。

下面就 NO_x 以及 SO_x 的处理加以说明。

在该实施例，当主要在排气净化催化剂 11 中净化 NO_x 时，同样可用图 5C 所示的映像计算出排气净化催化剂 11 的贵金属催化剂、例如铂 Pt51 的氧中毒量，当计算出的氧中毒量超过预定的允许值时，将废气的空燃比由稀切换为浓，由此消除铂 Pt51 的氧中毒。

图 25 表示氧中毒的消除控制以及 SO_x 的释放控制的时间曲线图。该图 25 中所示的控制本质上与图 6 所示的控制相同。即如图 25 所示，每当氧中毒量 W 的积分值 ΣW 超过允许值 WX 时，则由还原剂供应
5 阀 13 供应还原剂，暂时将流入排气净化催化剂 11 的废气的空燃比（ A/F ）由稀切换为浓。此时，铂 Pt51 的氧中毒已被消除，催化剂载体 50 上吸附或保持的 NO_x 从催化剂载体 50 中释放还原。

此外，还计算出保持在排气净催化剂 11 上的 SO_x 量的积分值 Σ
10 SOX1 ，该 SO_x 量的积分值 ΣSOX1 一超出允许值 SX1 ，即进行排气净化催化剂 11 的 SO_x 释放作用。即，首先通过图 7(II)~(IV)所示的方法使排气净化催化剂 11 的温度 TC 上升，达到 SO_x 释放温度 TX1 。如上所述，该 SO_x 释放温度 TX1 当未在催化剂载体 50 中添加添加剂 52 时大致为 500°C 左右，当在催化剂载体 50 中添加了添加剂 52 时，根据
15 添加剂 52 的添加量，温度大约在 $500^\circ\text{C} \sim 550^\circ\text{C}$ 之间。

排气净化催化剂 11 的温度 TC 达到 SO_x 释放温度 TX1 时，则将流入排气净化催化剂 11 的废气的空燃比由稀切换为浓，开始从排气净化催化剂 11 中释放 SO_x 。在释放 SO_x 的期间内，排气净化催化剂 11
20 的温度 TC 保持在 SO_x 释放温度 TX1 以上，废气的空燃比维持在浓空燃比。接着， SO_x 的释放作用一结束，则停止排气净化催化剂 11 的升温作用，废气的空燃比恢复稀薄。

此外，在该实施例中，当主要在吸藏催化剂 29 中进行 NO_x 的净化时，计算出 NO_x 吸藏催化剂 29 的 NO_x 吸收剂 47 中所吸收的 NO_x
25 量，当计算出的吸收 NO_x 量超过预设的允许值时，将废气的空燃比由稀切换为浓，由此从 NO_x 吸收剂 47 释放出 NO_x 。

每单位时间内由内燃机排出的 NO_x 量是燃料喷射量 Q 与内燃机
30 转速 N 的函数，因此每单位时间内被 NO_x 吸收剂 47 吸收的 NO_x 吸收

量 NO_xA 成为燃料喷射量 Q 与内燃机转速 N 的函数。在该实施例中，预先通过试验求出与燃料喷射量 Q 和内燃机转速 N 相对应的每单位时间内的 NO_x 吸收量 NO_xA ，并将该 NO_x 吸收量 NO_xA 作为燃料喷射量 Q 和内燃机转速 N 的函数，如图 26A 所示以映像的形式预先存储在 ROM32 中。

此外，图 26B 表示 NO_x 吸收剂 47 的 NO_x 吸收率 KN 与 NO_x 吸藏催化剂 29 的温度 TC 之间的关系。该 NO_x 吸收率 KN 相对于吸藏催化剂 29 的温度 TC ，具有与图 24 的虚线所示的 NO_x 吸收率相同的趋势， NO_x 吸收剂 45 的实际的 NO_x 吸收量可用 NO_xA 与 KN 的乘积表示。

图 27 表示 NO_x 以及 SO_x 的释放控制的时间曲线图。如图 27 所示，每当 NO_x 吸收量 $\text{NO}_x\text{A} \cdot \text{KN}$ 的积分值 ΣNO_x 超过允许值 NX 时则从还原剂供应阀 13 供应还原剂，暂时将流入 NO_x 吸藏催化剂 29 中的废气的空燃比 A/F 由稀切换为浓。这时， NO_x 从 NO_x 吸收剂 47 中释放还原。

此外，也已计算出被吸收到 NO_x 吸收剂 47 中的 SO_x 量的积分值 ΣSO_x ，当该 SO_x 量的积分值 ΣSO_x 超过允许值 SX2 时，则 NO_x 吸收剂 47 开始实行 SO_x 释放作用。即，首先用图 7 的(II)~(IV)所示的方法使 NO_x 吸藏催化剂 29 的温度 TC 上升到 SO_x 释放温度 TX2 。该 SO_x 释放温度 TX2 为 600°C 以上。

当 NO_x 吸藏催化剂 29 的温度 TC 达到 SO_x 释放温度 TX2 时，则将流入吸藏催化剂 29 的废气的空燃比由稀切换为浓，开始从 NO_x 吸收剂 47 中释放 SO_x ，在释放 SO_x 的期间内， NO_x 吸藏催化剂 29 的温度 TC 保持在 SO_x 释放温度 TX2 以上，废气的空燃比维持在浓空燃比，接着， SO_x 释放作用一结束，则停止吸藏催化剂 29 的升温作用，使废气的空燃比恢复稀薄。

而图 27 中所示的 t_o 与图 25 所示的 t_o 表示同一时间，因此由 NO_x 吸收剂 47 释放 NO_x 时的浓空燃比间隔以及由 NO_x 吸收剂 47 释放 SO_x 时的浓空燃比时间，与排气净化催化剂 11 中的消除氧中毒的浓空燃比间隔以及用于释放 SO_x 的浓空燃比时间相比，都要长得多。

5

图 28 表示由还原剂供应阀 13 供应还原剂时的供应控制程序，该程序通过每隔一定时间的插入实施。

从图 28 可知，首先在步骤 600 中判断代表 NO_x 吸藏催化剂 29 以及排气净化催化剂 11 的代表温度 TC 是否低于设定温度 TS、例如 250℃。当 $\text{TC} < \text{TS}$ 时，进入步骤 601，根据图 5(C)中所示的映像计算出每单位时间内的氧中毒量 W。接着在步骤 602 中通过将氧中毒量 W 累加到 ΣW 上，计算出氧中毒量的积分值 ΣW 。继而在步骤 603 中判断氧中毒量的积分值 ΣW 是否超过了允许值 WX，即铂 51 的整个表面是否即将受到氧中毒。当 $\Sigma W \leq \text{WX}$ 时，跳到步骤 605。与之相反，当 $\Sigma W > \text{WX}$ 时，进入步骤 604 进行中毒消除处理，然后进入步骤 605。

在步骤 605 中，将燃料喷射量 Q 与常数 k_1 的乘积 $k_1 \cdot Q$ 加到 ΣSOX1 上。该 ΣSOX1 表示保持在排气净化催化剂 11 上的 SO_x 量的积分值。接着在步骤 606 中判断 SO_x 量的积分值 ΣSOX1 是否超过了允许值 SX1。当 $\Sigma \text{SOX1} \leq \text{SX1}$ 时，结束处理循环，当 $\Sigma \text{SOX1} > \text{SX1}$ 时，进入步骤 607 进行 SO_x 释放处理。

另外，当在步骤 600 中判断为 $\text{TC} \geq \text{TS}$ 时，进入步骤 608，根据图 26A 所示的图计算出每单位时间内的 NO_x 吸收量 NOXA 和图 26B 所示的 NO_x 吸收率 KN。接着在步骤 609 中，通过将实际的 NO_x 吸收量 $\text{KN} \cdot \text{NOXA}$ 累加到 ΣNOX 之上，计算出 NO_x 吸收量的积分值 ΣNOX 。进而在步骤 610 中判断 NO_x 吸收量的积分值 ΣNOX 是否已超过允许值 NX。当 $\Sigma \text{NOX} \leq \text{NX}$ 时，跳到步骤 612。与之相反，当 $\Sigma \text{NOX} > \text{NX}$ 时，进入步骤 611，进行 NO_x 释放处理，然后进入步骤 612。

在步骤 612 中，将燃料喷射量 Q 乘以常数 $K2$ 的值 $K2 \cdot Q$ 累加到 $\Sigma SOX2$ 上。该 $\Sigma SOX2$ 表示吸收到 NO_x 吸收剂 47 中的 SO_x 量的积分值。接着在步骤 613 中判断 SO_x 量的积分值 $\Sigma SOX2$ 是否已超过允许值 $SX2$ 。当 $\Sigma SOX2 \leq SX2$ 时，结束处理循环，当 $\Sigma SOX2 > SX2$ 时，进入步骤 614，进行 SO_x 释放处理。

图 29 表示图 28 的步骤 604 中进行的中毒消除处理程序。

从图 29 可知，首先在步骤 620 中计算出将废气的空燃比设定为 13 左右的浓空燃比时所需的还原剂的供应量。接着步骤 621 中计算出还原剂的供应时间。该还原剂的供应时间通常在 10 秒以下。继而在步骤 622 中开始由还原剂供应阀 13 供应还原剂。接着在步骤 623 中判断是否已经过步骤 621 中计算出的还原剂供应时间。当尚未经过还原剂供应时间时，返回到步骤 623。此时还原剂的供应仍在继续，废气的空燃比维持在 13 左右的浓空燃比。与之相反，当经过原剂供应时间时，即铂 51 的氧中毒已被消除时，进入步骤 624，停止供应还原剂，然后进入步骤 625，清除 ΣW 。接着进入图 28 中的步骤 605。

图 30 表示图 28 的步骤 607 中实行的 SO_x 释放处理 I 的处理程序。

从图 30 可知，首先在步骤 630 中进行排气净化催化剂 11 的升温控制。即，当把燃料喷射阀 3 的燃料喷射模式变为图 7 的(II)~(IV)中的任意一种时，废气的温度上升，排气净化催化剂 11 的温度也随之上升。接着进入步骤 631，判断代表排气净化催化剂 11 的代表温度 TC 是否已上升到 SO_x 释放温度 $TX1$ 以上。当 $TC < TX1$ 时，返回到步骤 631。与之相反，当 $TC \geq TX1$ 时，进入步骤 632，计算出将废气的空燃比设定为 14 左右的浓空燃比时所需的还原剂的供应量。接着在步骤 633 中计算出还原剂的供应时间。该还原剂供应时间为几分钟左右。进而在步骤 634 中开始由还原剂供应阀 13 供应还原剂。接着在步骤 635

中判断是否经过步骤 633 中计算出的还原剂供应时间。当尚未经过还原剂供应时间时，返回到步骤 635。此时还原剂的供应继续进行，废气的空燃比维持在 14 左右的浓空燃比。与之相反，当经过还原剂供应时间时，即保持在排气净化催化剂 11 上的 SO_x 已释放完毕时，进入步骤 636，停止供应还原剂。进而在步骤 637 中停止排气净化催化剂的升温作用，并进入步骤 638，清除 ΣSOX1 以及 ΣW 。

图 31 表示图 28 的步骤 611 中实行的 NO_x 释放处理程序。

从图 31 可知，首先在步骤 640 中计算出将废气的空燃比设定为 13 左右的浓空燃比时所需的还原剂的供应量。接着在步骤 641 中计算出还原剂的供应时间。该还原剂的供应时间通常在 10 秒以下。进而在步骤 642 中开始由还原剂供应阀 13 供应还原剂。接着在步骤 643 中判断是否已经过步骤 641 中计算出的还原剂供应时间。当尚未经过还原剂供应时间时，返回到步骤 643。此时还原剂的供应继续进行，废气的空燃比维持在 13 左右的浓空燃比。与之相反，当已经过还原剂供应时间时，即吸收剂 47 的 NO_x 释放作用已结束，进入步骤 644，停止供应还原剂，进而进入步骤 645 后清除 ΣNOX 。然后进入图 28 的步骤 612。

图 32 表示图 28 的步骤 614 中实行的 SO_x 释放处理 II 的处理程序。

从图 32 可知，首先在步骤 650 中进行 NO_x 吸藏催化剂 29 的升温控制。即把燃料喷射阀 3 的燃料喷射模式变更为图 7 的(II)~(IV)中的任意一种。当将燃料喷射模式变为图 7 的(II)~(IV)中的任意一种时，则废气温度上升， NO_x 吸藏催化剂 29 的温度也随之上升。接着进入步骤 651，判断代表 NO_x 吸藏催化剂 29 的代表温度 TC 是否已达到 SO_x 释放温度 TX2 以上。当 $\text{TC} < \text{TX2}$ 时，返回到步骤 651。与之相反，当 $\text{TC} \geq \text{TX2}$ 时，进入步骤 653，计算出将废气的空燃比设定为 14 左右的浓空燃比时所需的还原剂的供应量。接着在步骤 652 中计算出还

原剂的供应时间。该还原剂的供应时间为 10 分钟左右。接着在步骤 654 中开始由还原剂供应阀 13 供应还原剂。进而在步骤 655 中判断是否已经过步骤 653 中计算出的还原剂供应时间。当尚未经过还原剂的供应时间时，返回到步骤 655。此时，还原剂的供应继续进行，废气的空燃比维持在 14 左右的浓空燃比。与之相反，当已经过还原剂供应时间时，即吸收剂 47 吸收的 SO_x 已释放完毕时，进入步骤 656，停止供应还原剂。接着在步骤 657 中停止 NO_x 吸藏催化剂 29 的升温作用，进而进入步骤 658，清除 ΣSOX2 以及 ΣNOX 。

图 33 表示另一实施例。在该实施例中，作为配置在排气管 21 内的传感器 22，采用可检测废气中的 NO_x 浓度的 NO_x 浓度传感器。该 NO_x 浓度传感器 22 产生与 NO_x 浓度成比例的输出电压 V 。在排气净化催化剂 11 中，随着铂 Pt51 的氧中毒加重， NO_x 的净化率逐渐下降，其结果是废气中的 NO_x 浓度逐渐增加。因此，在该实施例中，当根据废气中的 NO_x 浓度推测出的氧中毒量超过预设的允许值时，即 NO_x 浓度传感器 22 的输出电压 V 超过设定值 $VX1$ 时，可将废气的空燃比由稀切换为浓。

此外，在 NO_x 吸藏催化剂 29 中，当 NO_x 吸收剂 47 的 NO_x 吸收量接近饱和时，则 NO_x 的净化率逐渐下降，其结果是废气中的 NO_x 浓度逐渐增大。因此， NO_x 吸收剂 47 的吸收 NO_x 量可根据废气中的 NO_x 浓度推测出。在该实施例中，当根据废气中的 NO_x 浓度推测出的吸收 NO_x 量超过预设的允许值时，即浓度传感器 22 的输出电压 V 超过设定值 $VX2$ 时，可将废气的空燃比由稀切换为浓。

图 33 表示由该实施例中的还原剂供应阀 13 供应还原剂时的控制程序，该程序通过每隔一定时间的插入来实施。

从图 33 可知，首先在步骤 700 中判断代表吸藏催化剂 29 以及排气净化催化剂 11 的代表温度 TC 是否低于设定温度 TS ，例如 250°C 。

当 $TC < TS$ 时, 进入步骤 701, 判断 NO_x 浓度传感器 22 的输出电压 V 是否已超过设定值 $VX1$ 。当 $V \leq VX1$ 时, 跳到步骤 703。与之相反, 当 $V > VX1$ 时, 则进入步骤 702, 实行图 29 所示的消除中毒的处理程序。然后进入步骤 703。

5

在步骤 703 中, 将燃料喷射量 Q 乘以 $k1$ 的值 $k1 \cdot Q$ 加到 $\Sigma SOX1$ 上。该 $\Sigma SOX1$ 表示保持在排气净化催化剂 11 上的 SO_x 量的积分值。接着在步骤 704 中判断 SO_x 量的积分值 $\Sigma SOX1$ 是否已超过允许值 $SX1$ 当 $\Sigma SOX1 \leq SX1$ 时, 结束处理循环, 当 $\Sigma SOX1 > SX1$ 时, 进入步骤 705, 实行图 30 中所示的 SO_x 释放处理 I。

10

此外, 当在步骤 700 中判断为 $TC \geq TS$ 时, 前时到步骤 706, 判断 NO_x 浓度传感器 22 的输出电压 V 是否已超过设定值 $VX2$ 。当 $V \leq VX2$ 时, 跳到步骤 708。与之相反, 当 $V > VX2$ 时, 进入步骤 707, 实行图 31 中所示的 NO_x 释放处理。然后进入步骤 708。

15

在步骤 708 中, 将燃料喷射量 Q 乘以常数 $k2$ 的值 $k2 \cdot Q$ 加到 $\Sigma SOX2$ 上。该 $\Sigma SOX2$ 表示吸收到 NO_x 吸收剂 47 中的 SO_x 量的积分值。接着在步骤 709 中判断 SO_x 量的积分值 $\Sigma SOX2$ 是否已超过允许值 $SX2$ 。当 $\Sigma SOX2 \leq SX2$ 时, 结束处理循环, 当 $\Sigma SOX2 > SX2$ 时, 进入步骤 710, 实行图 32 中所示的 SO_x 释放处理 II。

20

图 34 以及图 35 表示另一实施例。在该实施例中, 作为配置在排气管 21 内的传感器 22, 采用用于检测废气的空燃比的空燃比传感器, 如图 13 所示, 流入排气净化催化剂 11 中的废气的空燃比 $(A/F)_{in}$ 由稀切换为浓后, 当从排气净化催化剂 11 中流出的废气的空燃比 $(A/F)_{out}$ 处于浓空燃比时, 则判断铂 Pt51 的氧中毒已被消除, 此时可将废气的空燃比由浓空燃比切换为稀薄。

25

此外, 在该实施例中, 当为了从吸藏催化剂 29 的 NO_x 吸收剂 47

30

中释放出 NO_x 而将废气的空燃比设于浓空燃比时，可根据空燃比传感器 22 的输出变化判断 NO_x 吸收剂 47 的 NO_x 释放作用是否已结束，当判断为 NO_x 吸收剂 47 的 NO_x 释放作用结束时，可将废气的空燃比由高切换为低。

5

具体而言，此时也如图 13 所示，当将流入 NO_x 吸藏催化剂 29 的废气的空燃比(A/F)in 由稀切换为浓时，即当从还原剂供应阀 13 供应还原剂时，则该还原剂，即碳氢化合物被用于将 NO_x 吸收剂 47 释放出的 NO_x 还原，在 NO_x 吸收剂 47 释放 NO_x 的期间内，从 NO_x 吸藏催化剂 29 中流出的废气的空燃比(A/F)out 可大致维持在理论空燃比或略稀的空燃比上。接着，一旦 NO_x 吸收剂 47 不再释放 NO_x ，则由于碳氢化合物穿过 NO_x 吸藏催化剂 29，因而从 NO_x 吸藏催化剂 29 中流出的废气的空燃比(A/F)out 变为浓空燃比。因此在将流入 NO_x 吸藏催化剂 29 的废气的空燃比(A/F)in 由稀切换为浓之后，当从 NO_x 吸藏催化剂 29 流出的废气的空燃比(A/F)out 变为浓空燃比时即可判断 NO_x 吸收剂 47 的 NO_x 释放作用已结束。

该实施例中的还原剂的供应控制采用图 28 中所示的程序进行。但图 28 的步骤 604 中的中毒消除处理使用图 34 中所示的程序，图 28 中的步骤 611 中的 NO_x 释放处理使用图 35 中所示的程序。

从图 34 中所示的中毒消除处理程序可知，首先在步骤 800 中计算出将废气的空燃比设定为 13 左右的浓空燃比时所需的还原剂的供应量。接着进入步骤 801，开始从还原剂供应阀 13 供应还原剂。进而在步骤 802 中判断空燃比传感器 22 检测的废气的空燃比(A/F)out 是否处于浓空燃比。当空燃比(A/F)out 并非浓空燃比时，返回到步骤 802。与之相反，当空燃比(A/F)out 为浓空燃比，即，铂 51 的氧中毒被消除，则进入步骤 803，停止供应还原剂，然后进入步骤 804 清除 ΣW 。进而进入图 28 的步骤 605。

30

此外，从图 35 所示的 NO_x 释放处理程序可知，首先在步骤 810 中计算出将废气的空燃比设定为 13 左右的浓空燃比时所需的还原剂的供应量。接着进入步骤 811，开始由还原剂供应阀 13 供应还原剂。进而在步骤 812 中判断空燃比传感器 22 检测出的废气的空燃比 (A/F)out 是否为浓空燃比。当 (A/F)out 并非处于浓空燃比时，返回到步骤 812。与之相反，当空燃比 (A/F)out 为浓空燃比，即， NO_x 吸收剂 47 的 NO_x 释放作用结束，则进入步骤 813，停止供应还原剂，然后进入步骤 814 清除 ΣNO_x 。接着进入图 28 的步骤 612。

图 36 以及图 37 表示另一实施方式。

如图 36 所示，该实施例也与图 21 所示的实施例相同，在内燃机排气通路的上游侧配置 NO_x 吸藏催化剂 29，在内燃机排气通路的下游侧配置排气净化催化剂 11。但在该实施例中的 NO_x 吸藏催化剂 29 的上游侧还配置氧化催化剂之类的酸性催化剂 70。此外，图 36 还表示进行使 SO_x 从 NO_x 吸藏催化剂 29 或排气净化催化剂 11 中释放出来的升温控制时的废气的温度变化以及各种催化剂 70、29、11 的碱性强度即碱度。

如上所述，吸藏催化剂 29 的 NO_x 吸收剂 47 的碱性相当强，而排气净化催化剂 11 的碱性较弱。换言之， NO_x 吸藏催化剂 29 的碱度比排气净化催化剂 11 的碱度高得多。在此情况下，如上所述，催化剂的碱度越高其 SO_x 的保持力也随之增加， SO_x 的保持力变大时，即使催化剂的温度升高， SO_x 也不容易释放出来。即，如图 37 所示， SO_x 的释放温度随着催化剂的碱度增加而升高。

另外，当为释放 SO_x 而进行升温控制时的废气温度，位于上游侧的催化剂的温度要比位于下游侧的催化剂高。因此，从释放 SO_x 的角度而言，最好将碱度高的催化剂配置在上游侧。即，从释放 SO_x 的角度而言，在升温控制时最好设为催化剂床温越高催化剂碱度越高。在

图 21 及图 36 所示的例子中，以上述观点来看，排气净化催化剂 11 和 NO_x 吸藏催化剂 29 的排列顺序正是根据其碱性强度而决定的，碱性强的催化剂，即 NO_x 吸藏催化剂 29 配置在碱性弱的催化剂，即排气净化催化剂 11 的上游侧。

5

而废气的升温作用以废气中的未燃烧 HC 的氧化反应热最强。因此在此在图 36 所示的例子中，在 NO_x 吸藏催化剂 29 的上游侧配置酸性催化剂 70。

10 不过图 21 以及图 36 中所示的 NO_x 吸藏催化剂 29 也可由图 15A 以及图 15B 中所示的微粒过滤器构成。

15 这样，在用微粒过滤器构成吸藏催化剂 29 的情况下，各废气流入通路 60 以及各废气流出通路 61 的周围壁面，即各个隔板 64 的两侧表面及隔板 64 内的细孔内壁面上均形成由氧化铝构成的催化剂载体层，如图 22 所示，在该催化剂载体 45 上载持贵金属催化剂 46 与 NO_x 吸收剂 47。而在此情况下，作为贵金属催化剂使用了铂 Pt。这样一来，即使在由微粒过滤器构成 NO_x 吸藏催化剂 29 的情况下，废气的空燃比稀薄时， NO_x 及 SO_x 仍可被 NO_x 吸收剂 47 吸收，因而在此
20 情况下同样可进行与图 27 所示的相对于 NO_x 吸藏催化剂 29 的 NO_x 及 SO_x 的释放控制相同的 NO_x 及 SO_x 的释放控制。

此外，在用微粒过滤器构成 NO_x 吸藏催化剂 29 的情况下，废气中所含的微粒被微粒过滤器过滤，被过滤的微粒可利用废气热量依次
25 燃烧。若有大量微粒堆积于微粒过滤器上时，可将喷射模式切换为图 7 的喷射模式(II)~(IV)中的任意一种，或由还原剂供应阀 13 供应还原剂，以此使废气的温度上升，从而使堆积的微粒着火燃烧。

30 图 38~图 41 表示 NO_x 吸藏催化剂 29 与排气净化催化剂 11 的各种排列示例。

在图 38 所示例中，排气净化催化剂 11 配置在 NO_x 吸藏催化剂 29 的上游侧。在此情况下，即使废气的温度低也可用排气净化催化剂 11 净化 NO_x 。此外，当废气处于稀薄时，废气中含有的一部分 NO 在排气净化催化剂 11 中变换为 NO_2 ，该 NO_2 很容易被 NO_x 吸藏催化剂 29 吸收。另外，为了提高废气的空燃比而由还原剂供应阀 13 供应还原剂时，该还原剂可在排气净化催化剂 11 中转变为低分子量的碳氢化合物。因此，可将由 NO_x 吸藏催化剂 29 的 NO_x 吸收剂 47 释放出的 NO_x 高效还原。

10

另外，在图 38 的示例中，也可以用微粒过滤器构成 NO_x 吸藏催化剂 29。在此情况下，可利用排气净化催化剂 11 中生成的 NO_2 促进堆积在微粒过滤器上的微粒氧化($\text{NO}_2 + \text{C} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{N}_2$)。

15

在图 39 所示的例中，在 NO_x 吸藏催化剂 29 的上游与下游分别配置了排气净化催化剂 11。在此情况下，可用微粒过滤器构成 NO_x 吸藏催化剂 29。

20

在图 40 所示的例中，排气净化催化剂 11 配置在 NO_x 吸藏催化剂 29 的下游，而在 NO_x 吸藏催化剂 29 的上游则配置了整体型催化剂 71。该整体型催化剂 71 的上游侧的半部由排气净化催化剂 11 构成，而下游侧的半部由 NO_x 吸藏催化剂 29 构成。在该实施例中也可用微粒过滤器构成 NO_x 吸藏催化剂 29。

25

在图 41 所示例中，整体型催化剂 72 配置在内燃机的排气通路内。该整体型催化剂 72 的中央部分由 NO_x 吸藏催化剂 29 构成，上游部分及下游部分由排气净化催化剂 11 构成。在该实施例中同样可用微粒过滤器构成 NO_x 吸藏催化剂 29。

30

下面对将排气净化催化剂 11 等升温，将废气的空燃比设为浓空

燃比时适用的低温燃烧方法加以说明。

在图 1 等所示的压燃式内燃机中,随着 EGR 率(EGR 气体量/(EGR 气体量+进气量))的增加烟雾的产生量也随之增加,并达到峰值,若进一步提高 EGR 率,则烟雾的发生量会急剧下降。下面参照表示改变 EGR 气体的冷却程度时的 EGR 率和烟雾之间的关系图 42,对此进行说明。而在图 42 中,曲线 A 表示将 EGR 气体强力冷却后使其温度维持在 90℃左右时的情况,曲线 B 则表示用小型冷却装置冷却 EGR 气体时的情况,曲线 C 表示未强制性冷却 EGR 气体时的情况。

如图 42 的曲线 A 所示,在强力冷却 EGR 气体的情况下,在 EGR 率稍低于 50%的位置上烟雾产生量达到峰值,在此情况下,若将 EGR 率提高到 55%以上,则几乎不再产生烟雾。另外,如图 42 的曲线 B 所示,在轻微冷却 EGR 气体的情况下,在 EGR 率稍高于 50%的位置上烟雾发生量达到峰值,在此情况下,若将 EGR 率提高到 65%以上,则几乎不再发生烟雾。此外,如图 42 的曲线 C 所示,在未强制冷却 EGR 气体的情况下,在 EGR 率 55%左右烟雾发生量达到峰值,在此情况下若将 EGR 率提高到 70%以上,则几乎不再发生烟雾。

如上所述,若将 EGR 率设定为 55%以上则不再产生烟雾,其原因在于由于 EGR 气体的吸热作用,燃烧时的燃料及周围的气温并不太高,即可进行低温燃烧,其结果是碳氢化合物不产生煤烟。

该低温燃烧与空燃比无关,具有可抑制烟雾产生并可减少 NO_x 产生量的特性。即,虽然当使空燃比变浓时燃料过剩,但由于可将燃烧温度抑制在低温,因而过剩的燃料并不生成煤烟,这样也就不会产生烟雾。此外,此时也仅产生极少量的 NO_x 。另外,即使在平均空燃比稀薄时,或空燃比为理论空燃比时,若提高燃烧温度必然会生成少量的煤烟,但在低温燃烧下。由于可将燃烧温度抑制在低温,因而完全不产生烟雾,而且也只产生极少量的 NO_x 。

另外，若实行该低温燃烧，虽然燃料及周围的气体温度变低，但废气的气温却会上升。下面参照图 43A 及图 43B 就此问题加以说明。

5 图 43A 的实线表示进行低温燃烧时的燃烧室 5 内的平均气温 T_g 与曲柄转角之间的关系，图 43A 的虚线则表示进行通常燃烧时的燃烧室 5 内的平均气温 T_g 与曲柄转角之间的关系。此外，图 43B 的实线表示进行低温燃烧时的燃料及其周围气温 T_f 与曲柄转角之间的关系，图 43B 的虚线则表示进行通常燃烧时的燃料及其周围气温 T_f 与曲柄
10 转角之间的关系。

 进行低温燃烧时，与通常燃烧时相比，EGR 气体量多，因此如图 43A 所示，压缩上止点之前，即压缩冲程中，以实线表示的低温燃烧时的平均气温 T_g 高于以虚线表示的通常燃烧时的平均气温 T_g 。而
15 此时如图 43B 所示，燃料及其周围的气温 T_f 则与平均气温 T_g 大致相同。

 接着，虽然在压缩上止点附近开始燃烧，但在此情况下进行低温燃烧时，如图 43B 的实线所示，由于 EGR 气体的吸热作用，燃料及其
20 周围气体的温度 T_f 并不太高。与之相反，当进行通常燃烧时，由于燃料周围存在大量氧，所以如图 43B 的虚线所示，燃料及其周围的气体温度 T_f 极高。这样，在通常燃烧时燃料及其周围的气温 T_f 与低温燃烧时相比要高出许多，但占大部分的其余气体的温度与低温燃烧时相比，通常燃烧时反而低，因此如图 43A 所示，压缩上止点附近的
25 燃烧室 2 内的平均气温 T_g 低温燃烧时反而比通常燃烧时高。其结果如图 43A 所示，燃烧结束后的燃烧室 2 内已燃气体温度，在低温燃烧时比在通常燃烧时高，因而当进行低温燃烧时，废气的温度升高。

 不过由于内燃机的要求转矩 TQ 升高时，即，燃料喷射量增加时，
30 燃烧时的燃料及周围的气温也会变高，因而很难进行低温燃烧，即，

低温燃烧仅局限于由燃烧所产生的发热量较少的内燃机低负载运转期间。在图 44 中，区域 I 表示与煤烟的发生量形成峰值的非活性气体量相比，燃烧室 5 的非活性气体量更多的第 1 种燃烧，也就是可使之进行低温燃烧的运转区域，区域 II 则表示与煤烟的产生量达到峰值的非活性气体量相比，燃烧室内的非活性气体量更少的第 2 燃烧，即只能进行通常燃烧的运转区域。

图 45 表示在运转区域 II 中进行低温燃烧时的目标空燃比 A/F ，图 46 则表示在运转区域 II 中与进行低温燃烧时的要求转矩 TQ 相对应的节气门 9 的开度、EGR 控制阀的打开程序、EGR 率、空燃比、喷射开始时期 θS 、喷射结束时期 θE 、喷射量。而图 46 中还一并表示在运转区域 II 中进行的通常燃烧时的节气门 8 的开度等。

从图 45 以及图 46 可知，在运转区域 I 中进行低温燃烧时 EGR 率定为 55% 以上，空燃比 A/F 设定为 15.5~18 左右的稀空燃比。而如上所述，在运转区域 I 中进行低温燃烧时，即使将空燃比设定为浓空燃比也几乎不产生烟雾。

于是，在进行低温燃烧时，将空燃比设为浓空燃比，而且几乎不会产生烟雾。因此，当为了消除氧中毒或释放 SO_x 而要将废气的空燃比设为浓空燃比时可进行低温燃烧，在低温燃烧状态下也可将空燃比设于浓空燃比。

此外如上所述，若进行低温燃烧则废气温度上升。因此为了释放 SO_x 或为了使堆积的微粒着火燃烧而要使废气升温时也可进行低温燃烧。

如上所述，若采用本发明，可获得很高的净化率。

图1

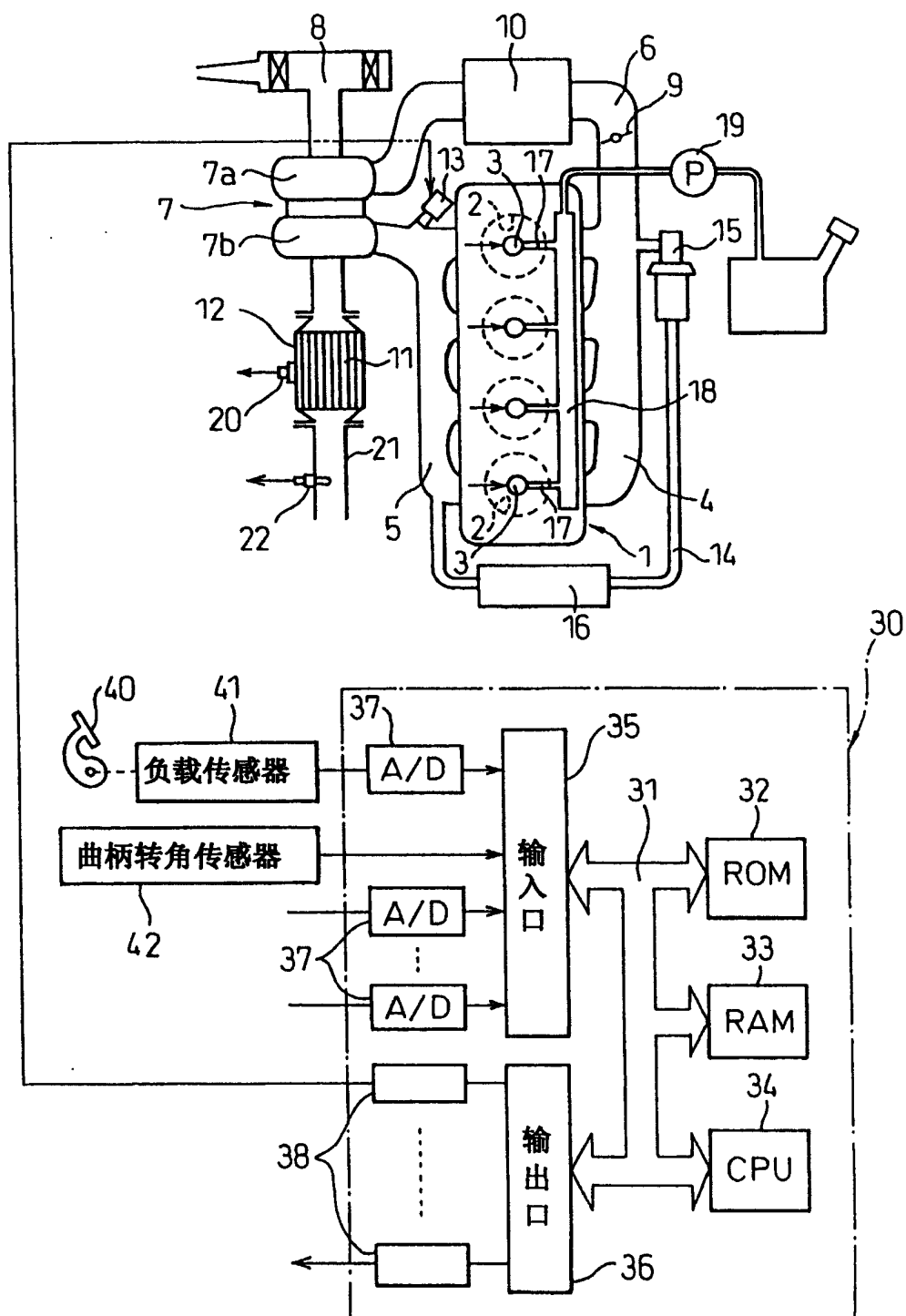


图2

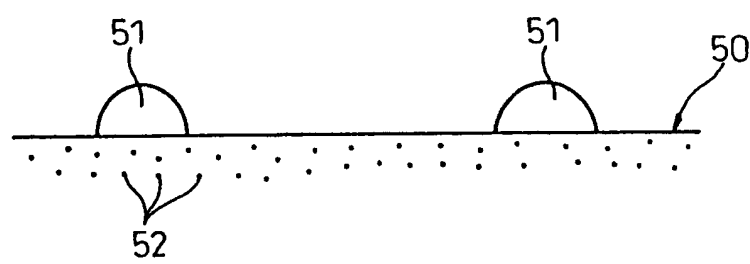


图3

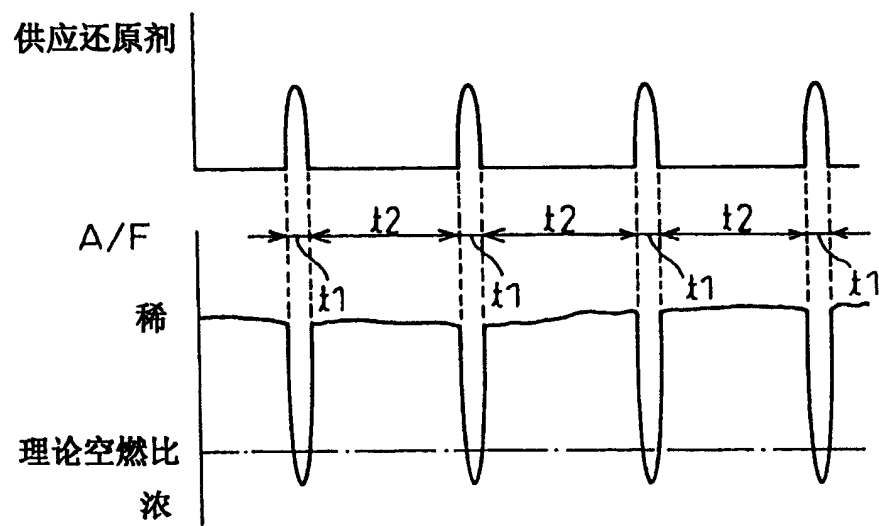


图4

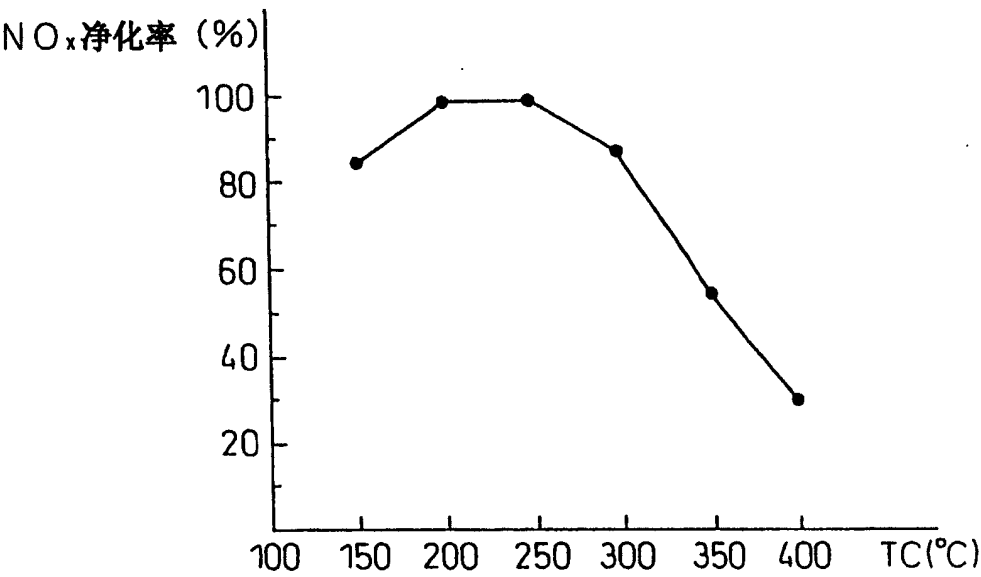


图5A

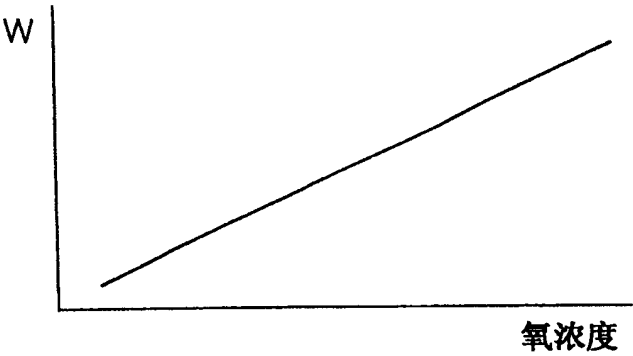


图5B

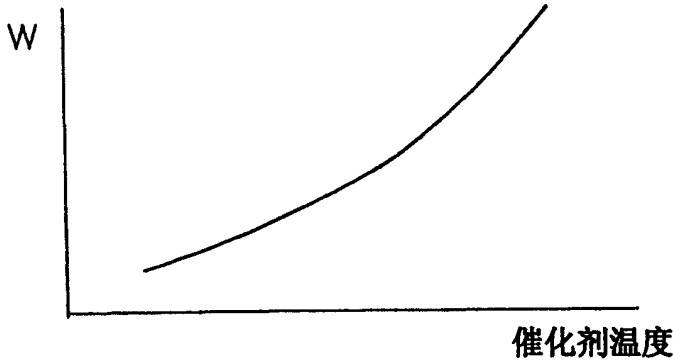


图5C

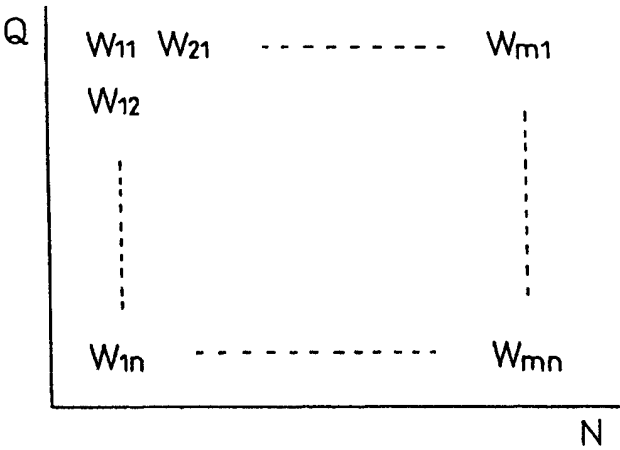


图6

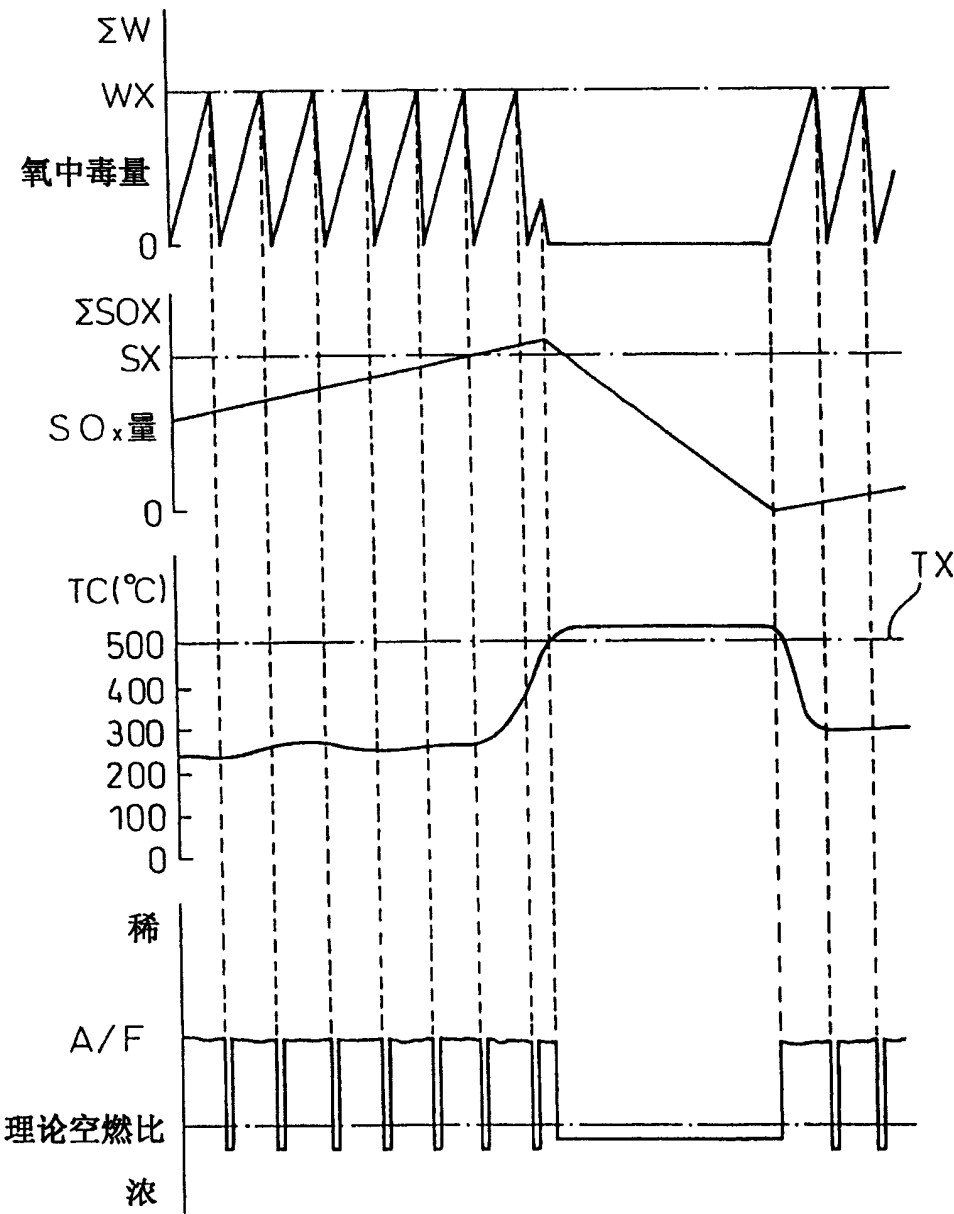


图7

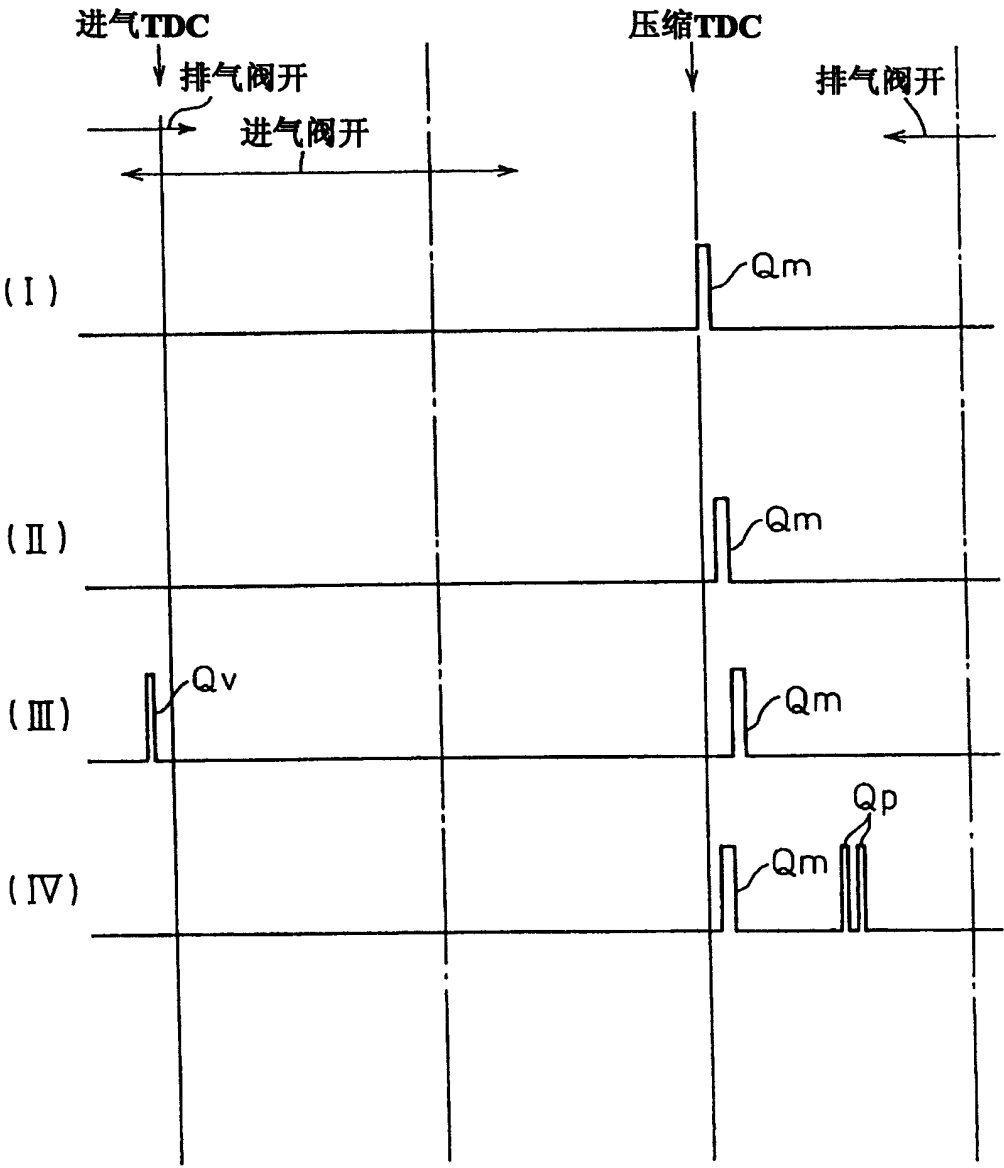


图8

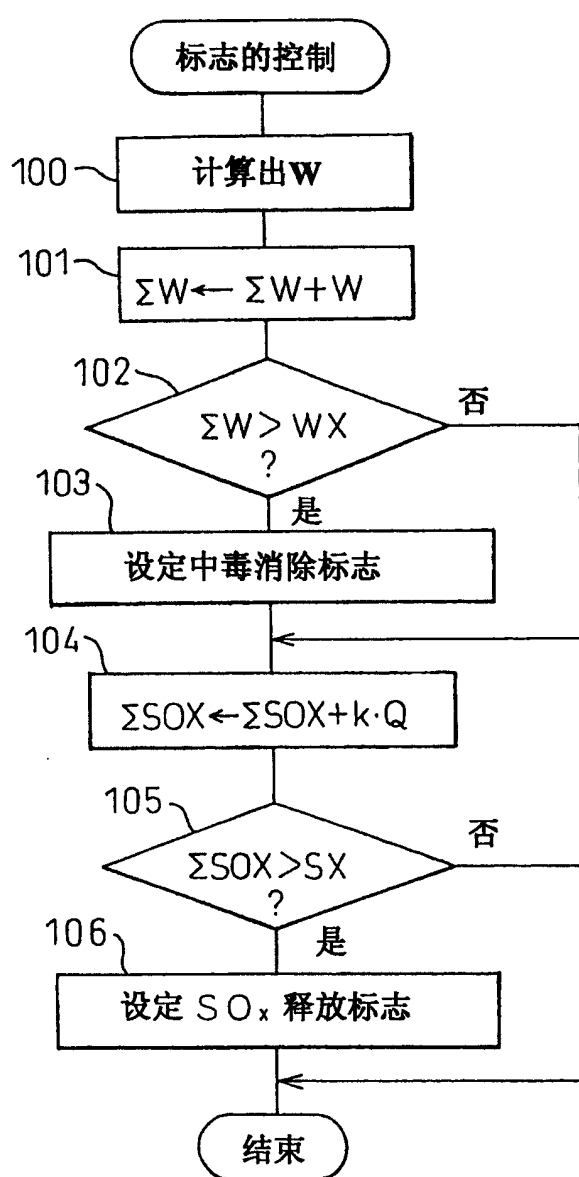


图9

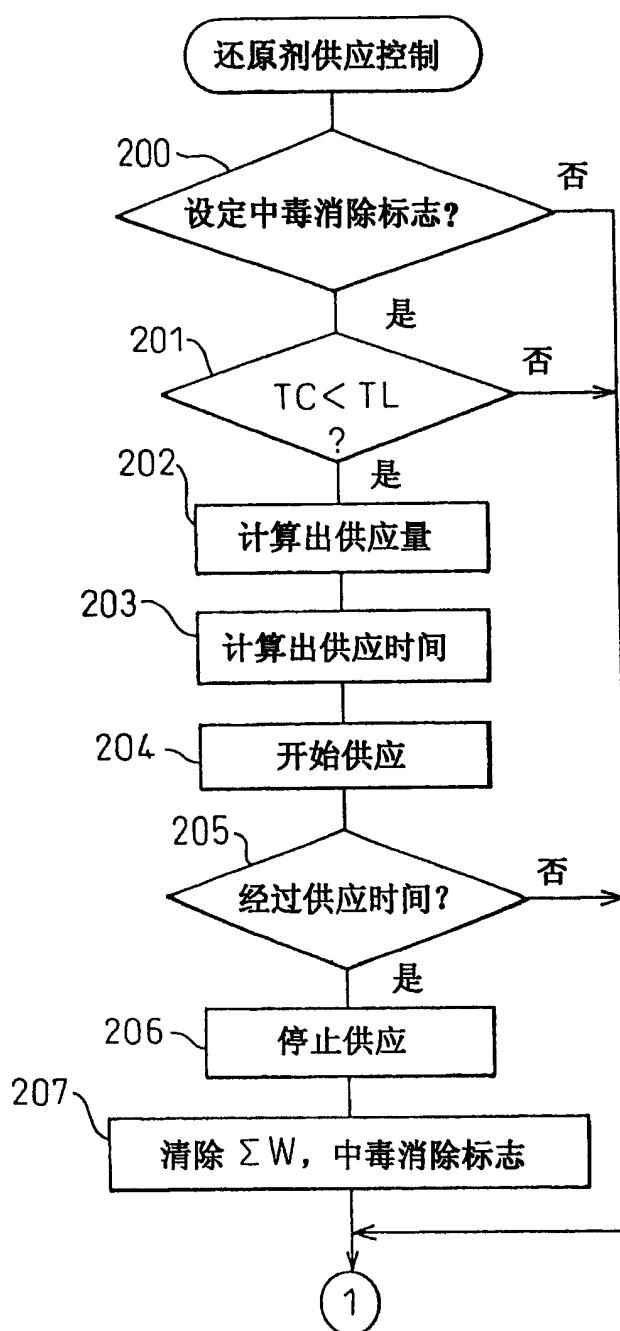


图10

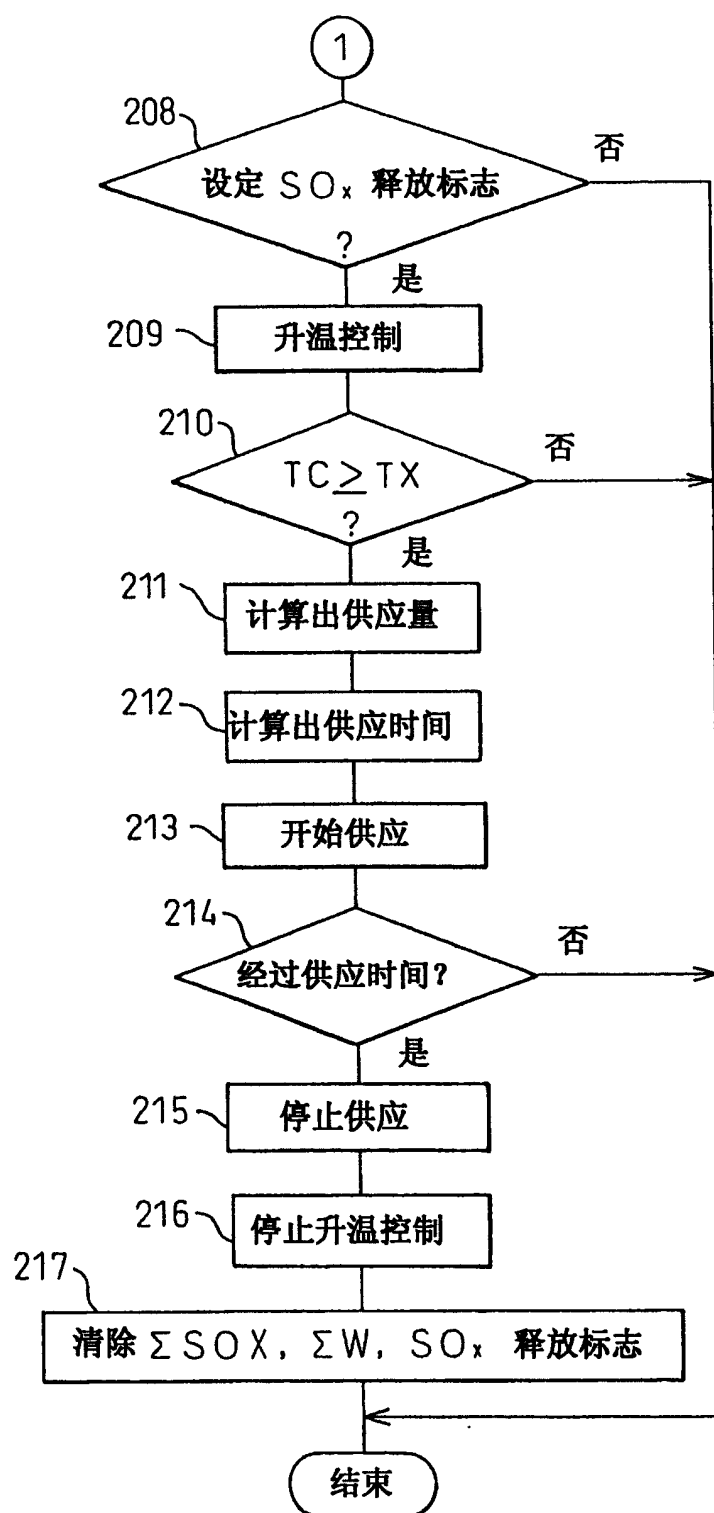


图11A

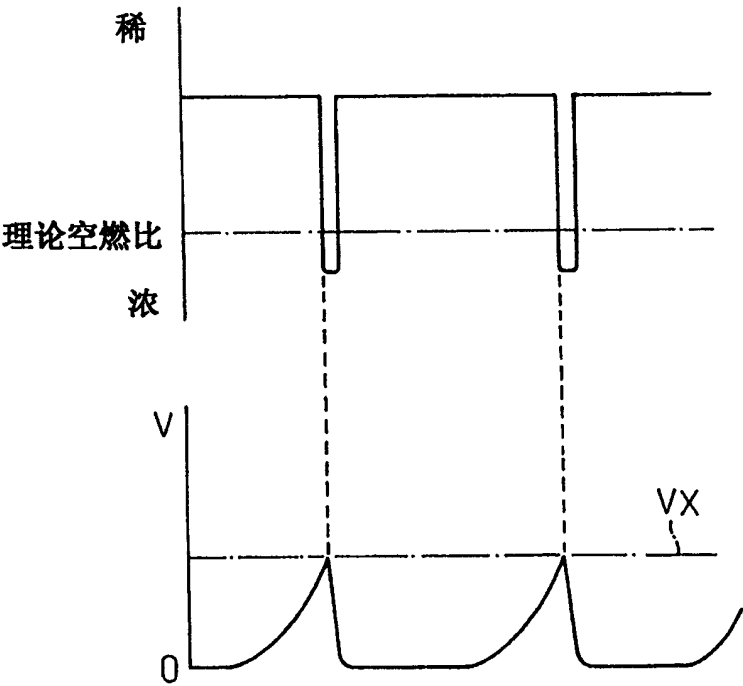


图11B

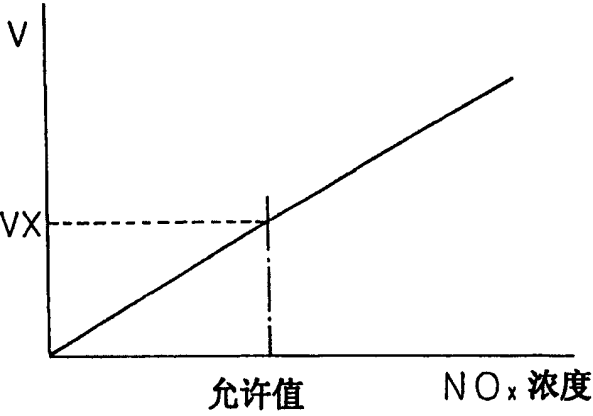


图12

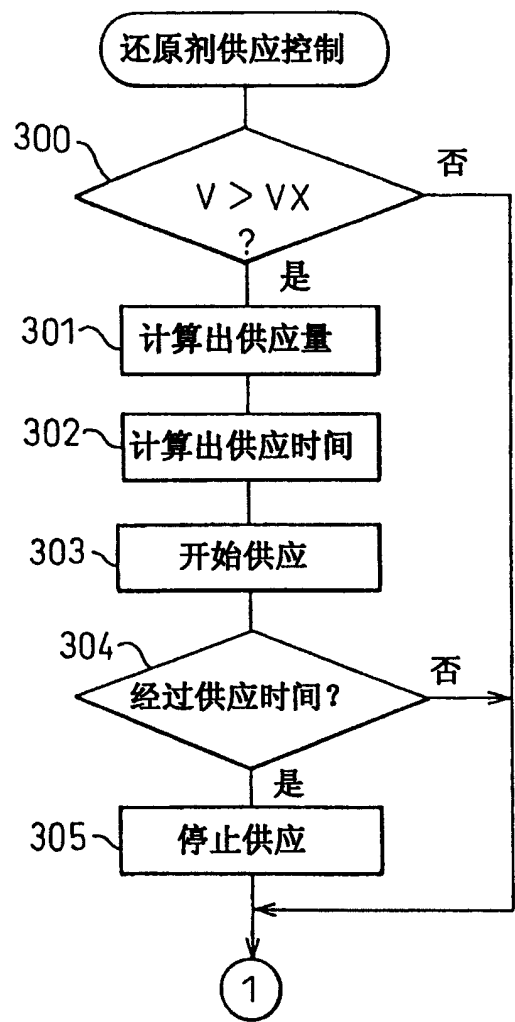


图13

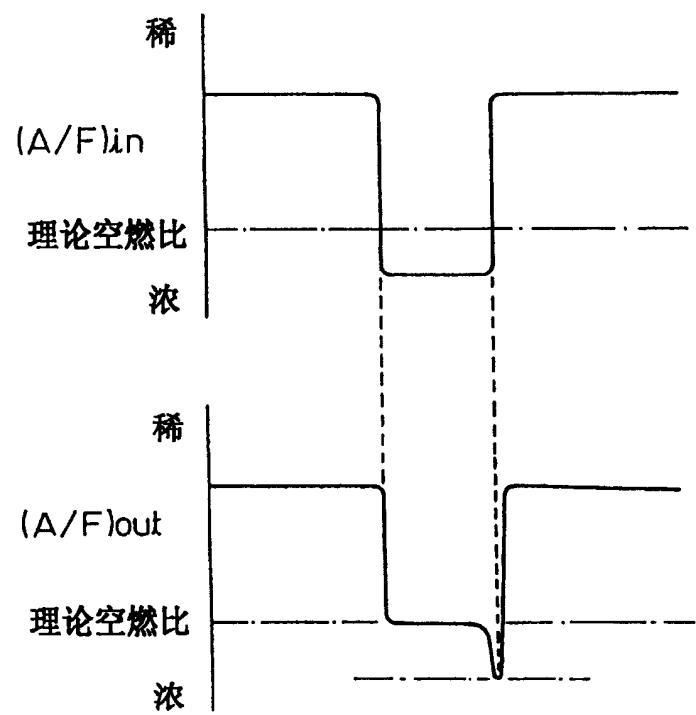


图14

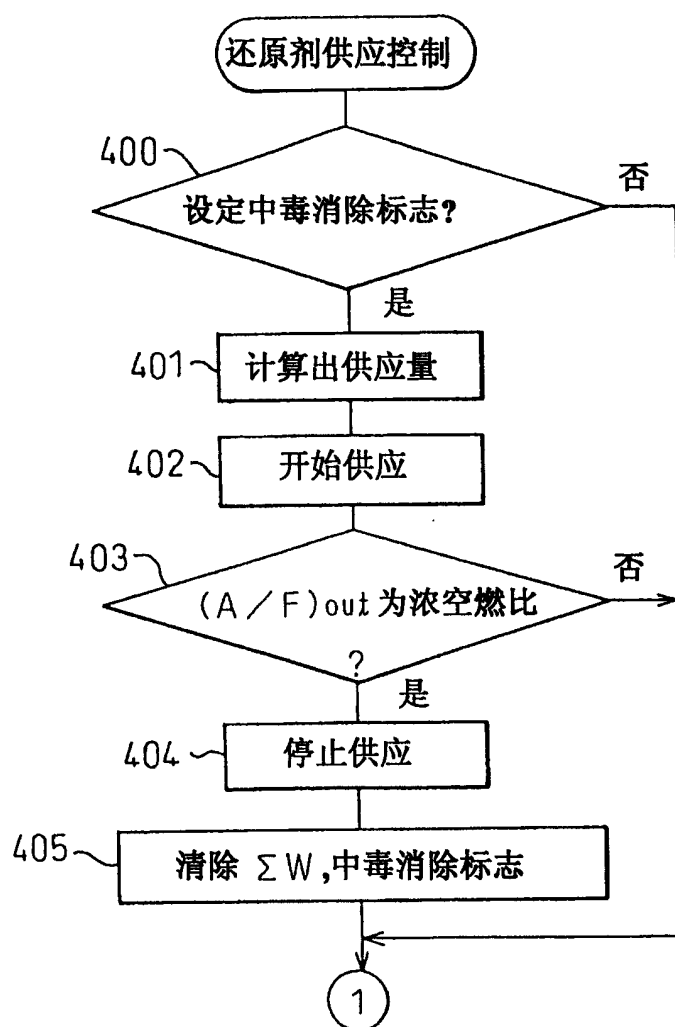


图15A

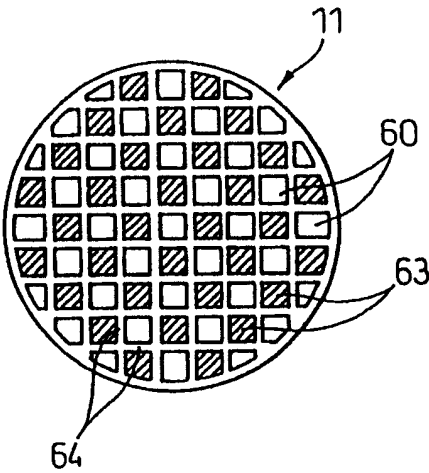


图15B

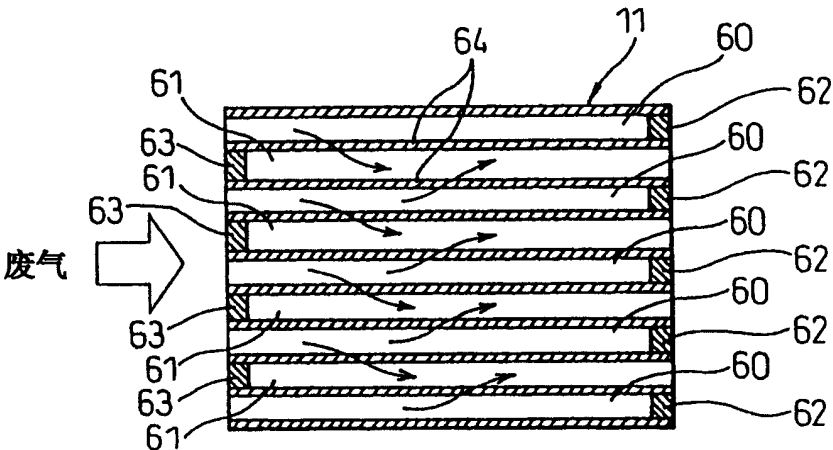


图16

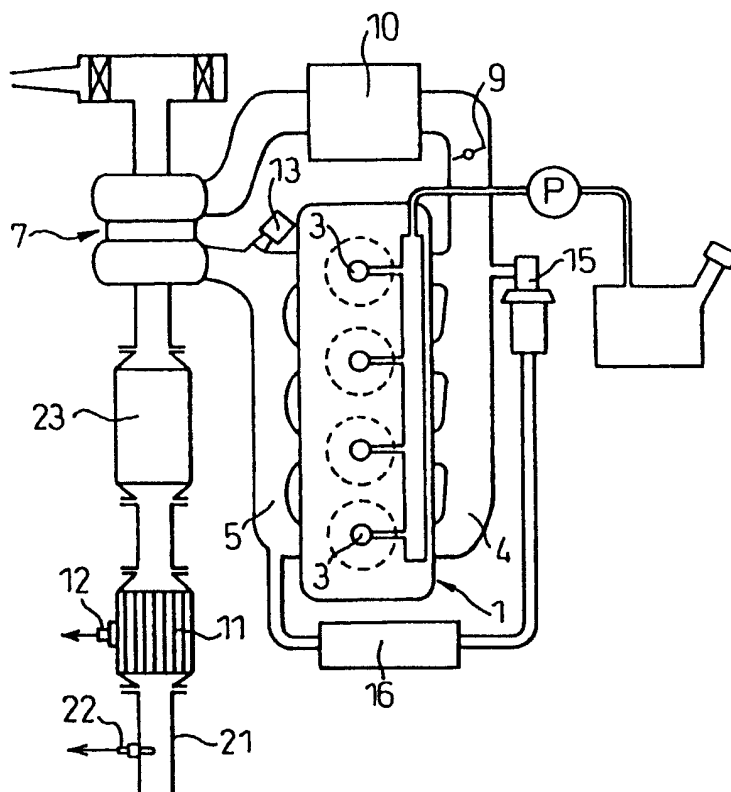


图17

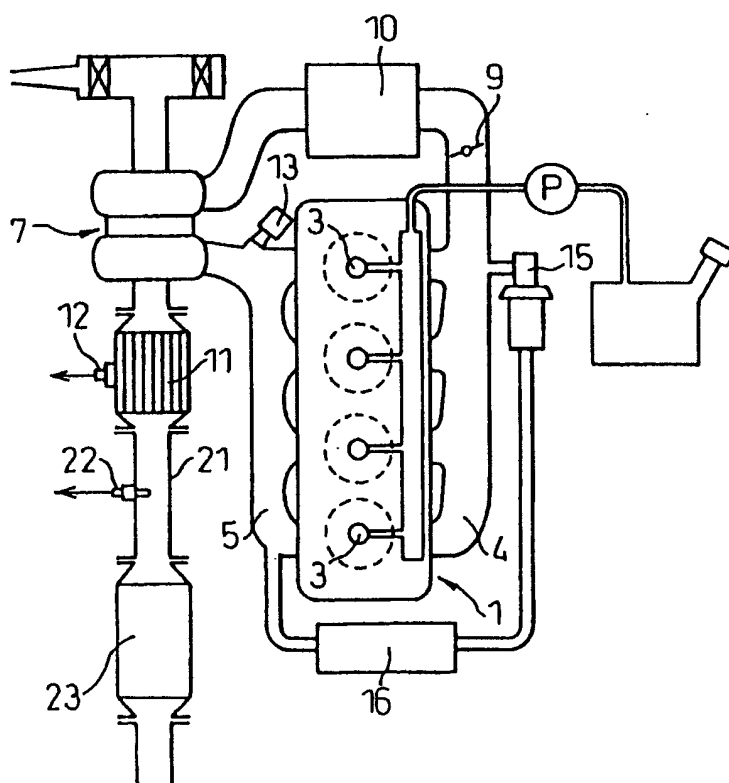


图18

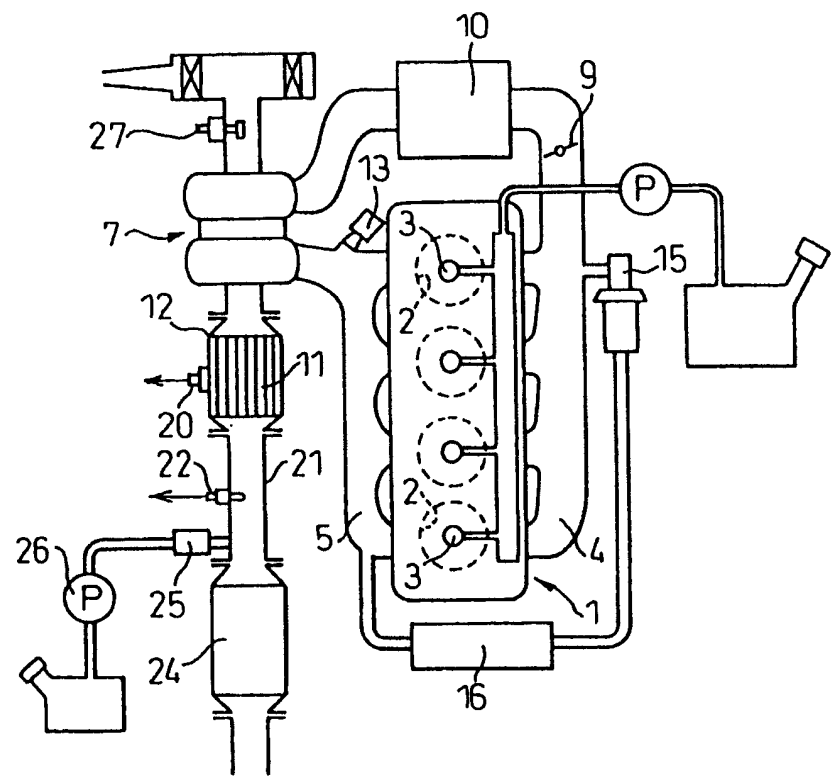


图19

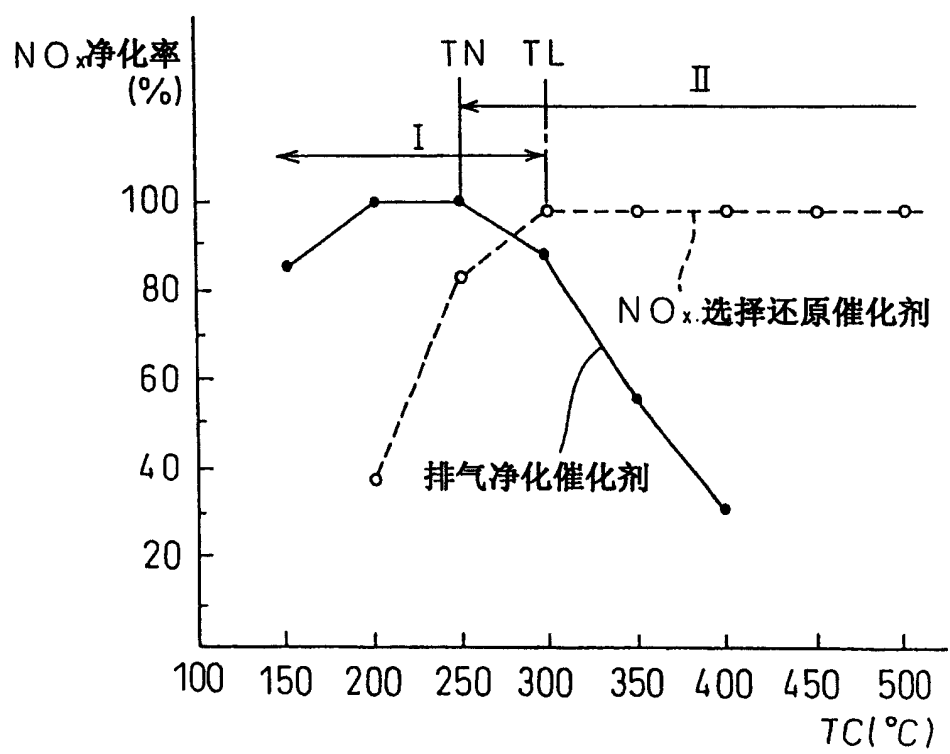


图20

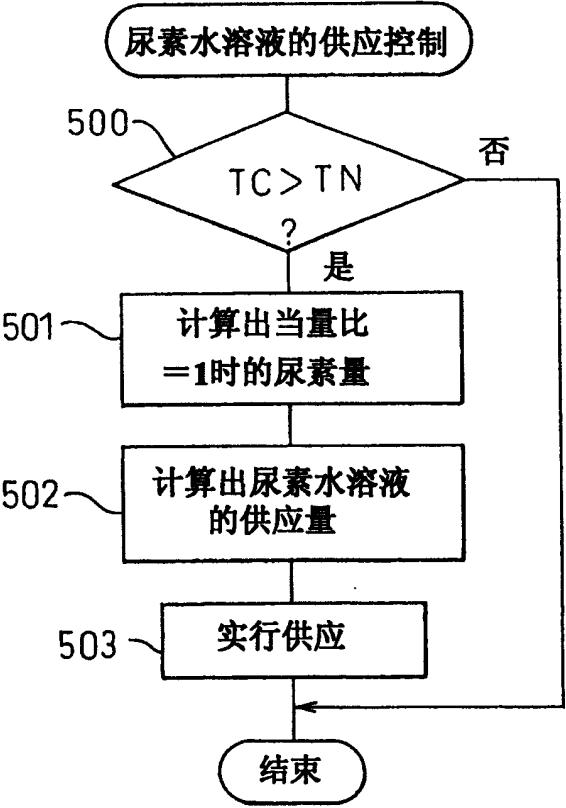


图21

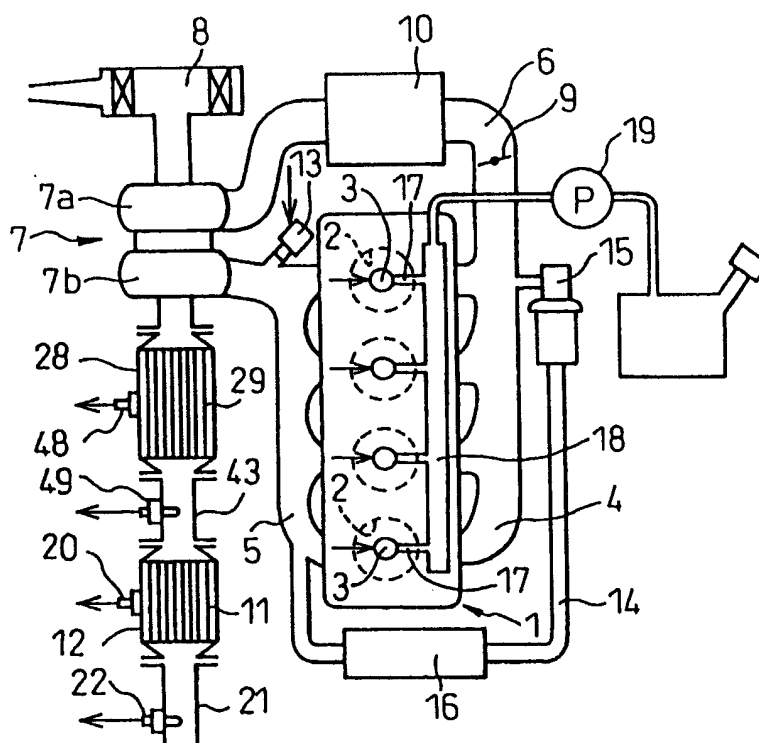


图22

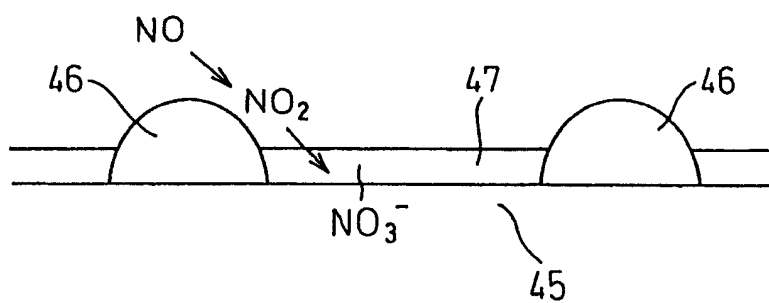


图23

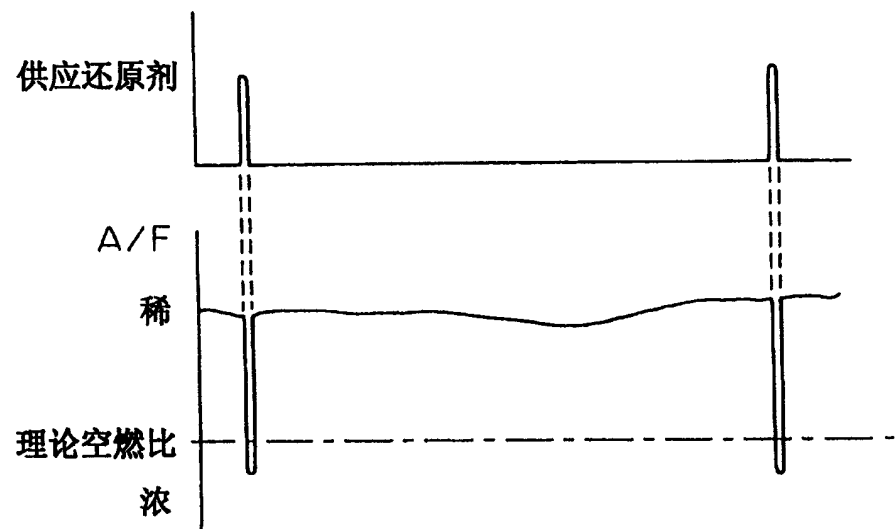


图24

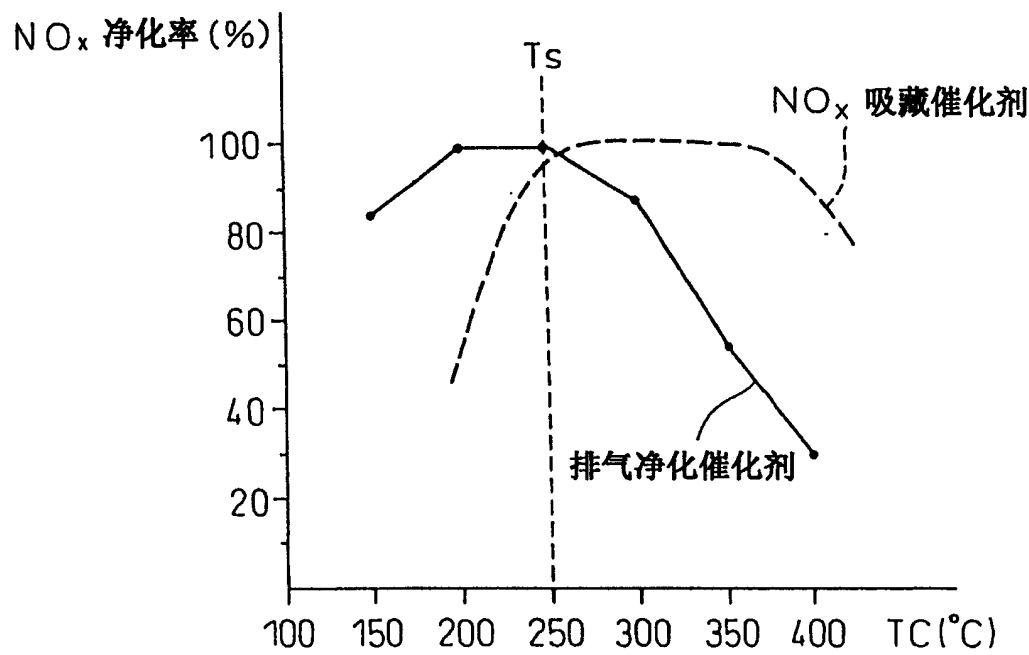


图25

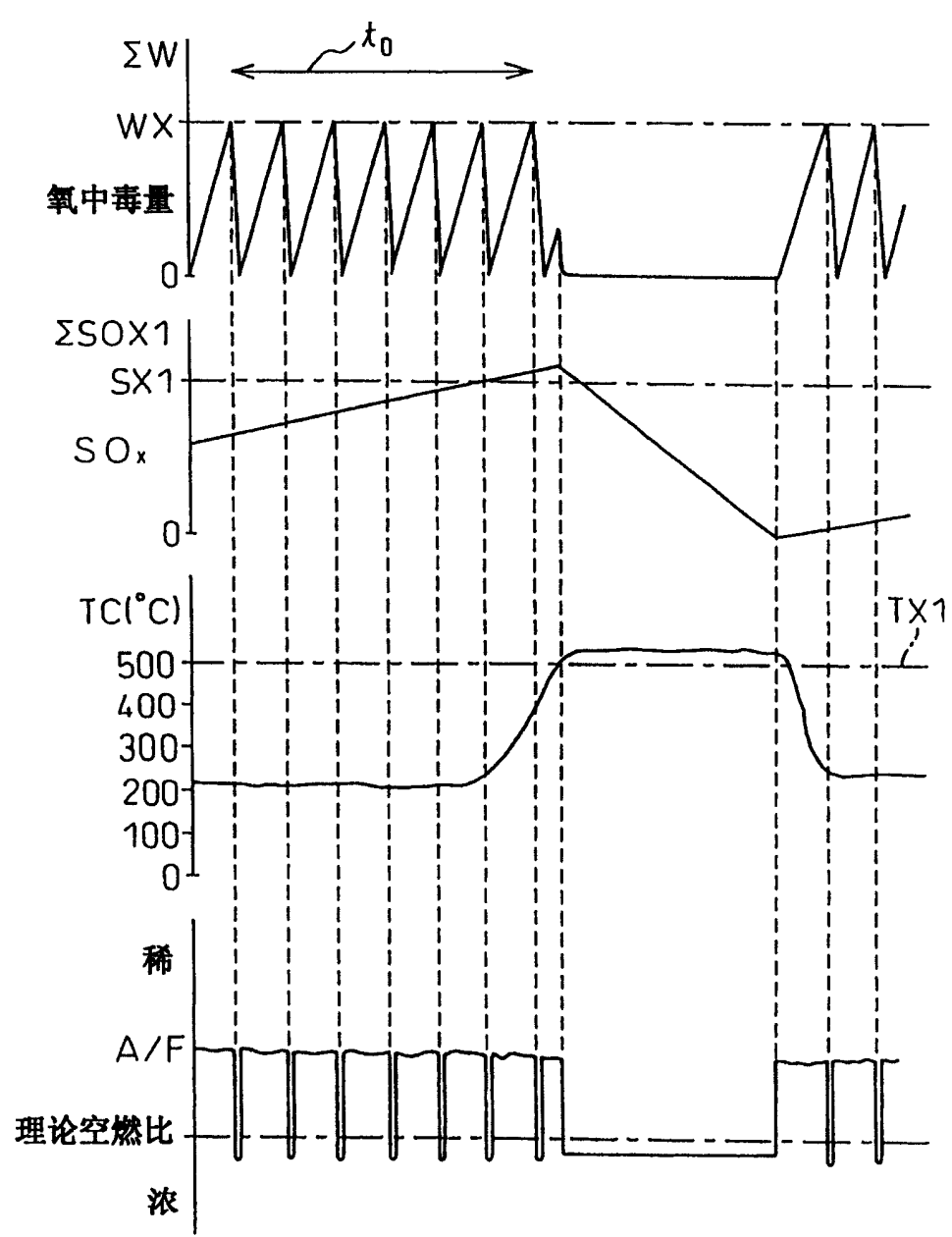


图26A

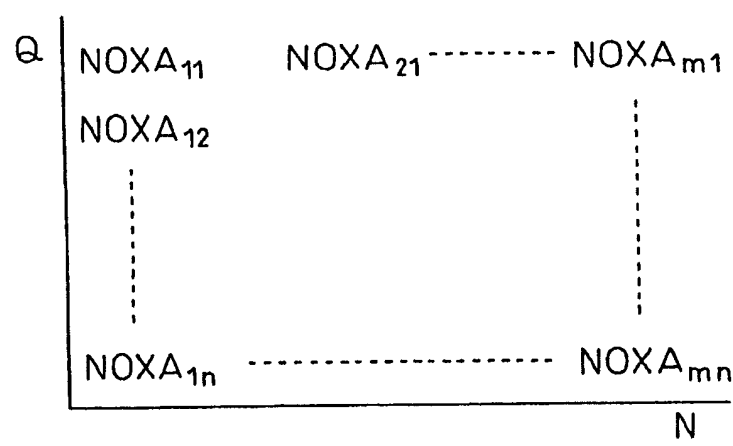


图26B

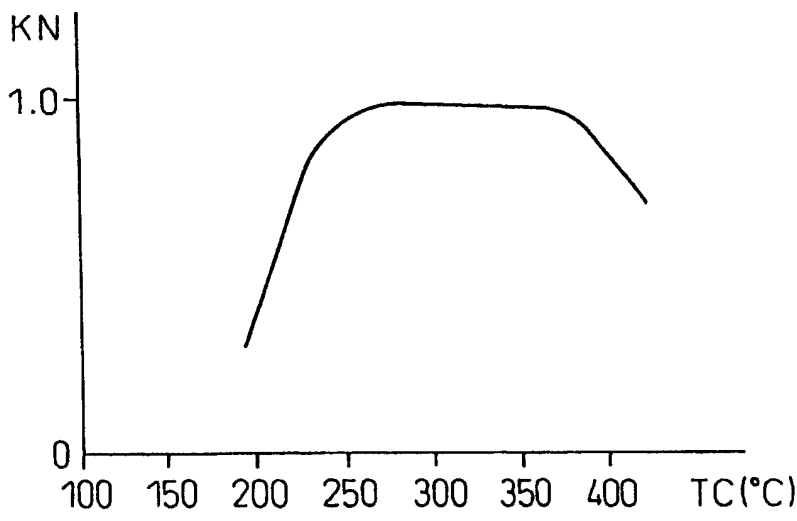


图27

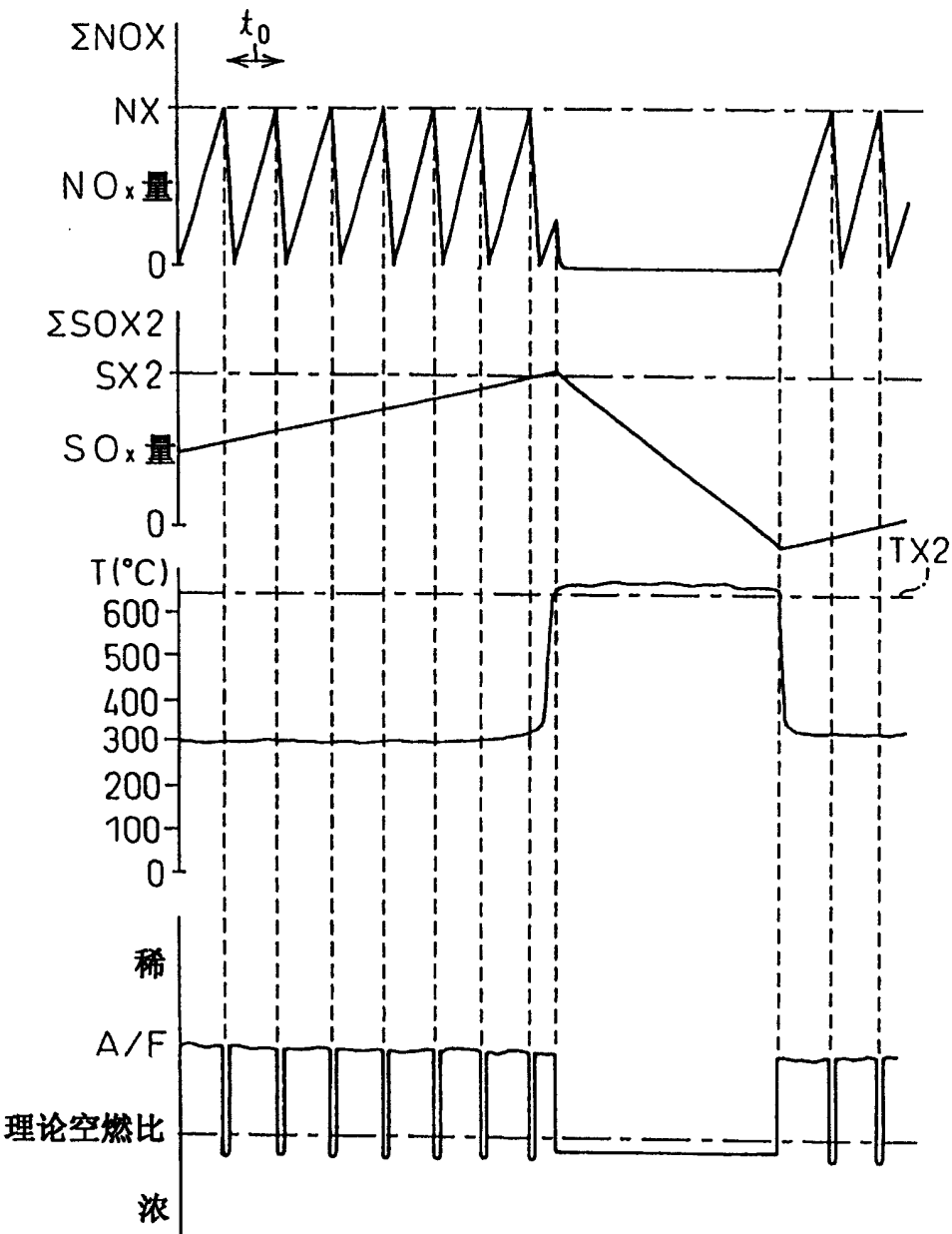


图28

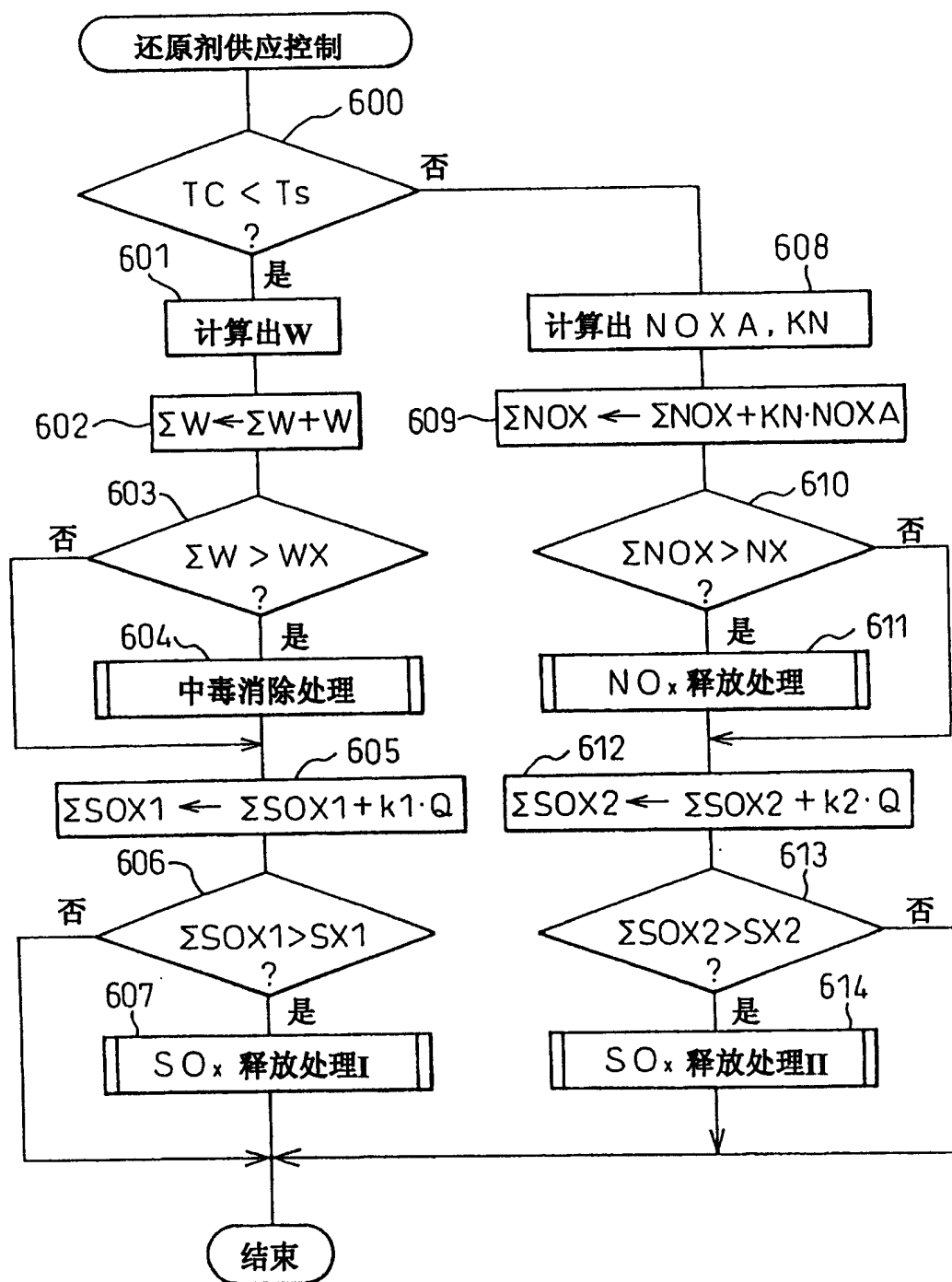


图29

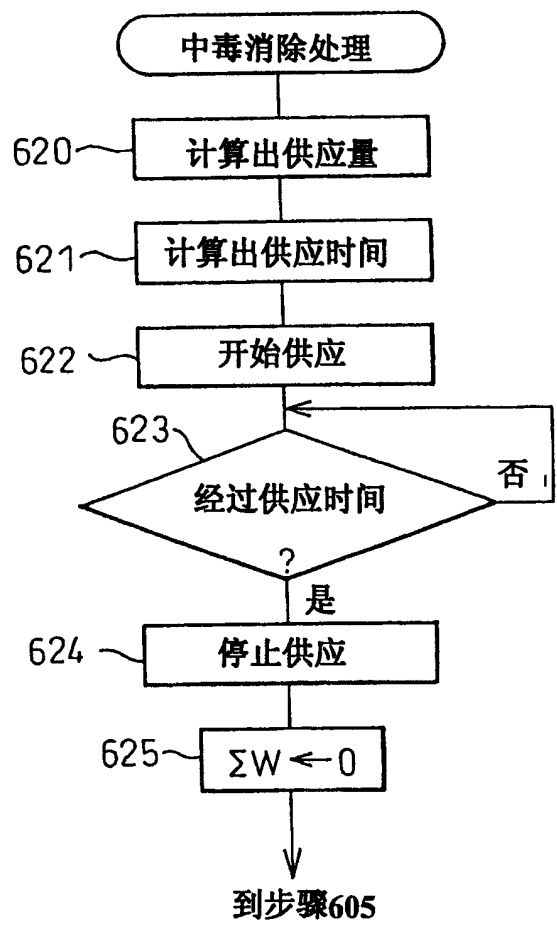


图30

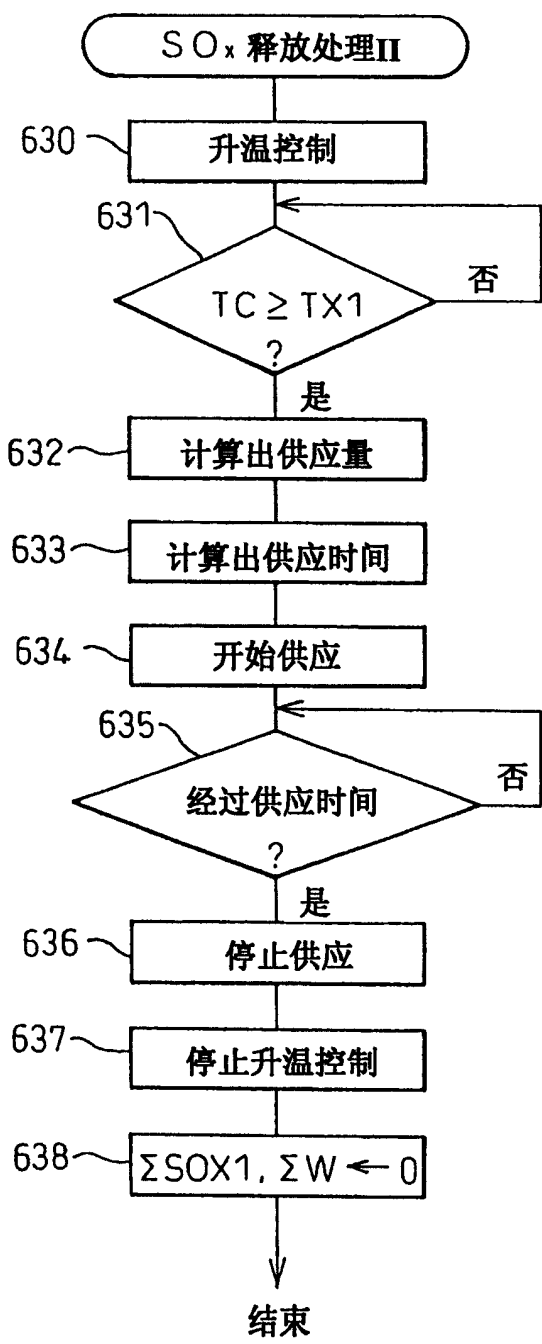


图31

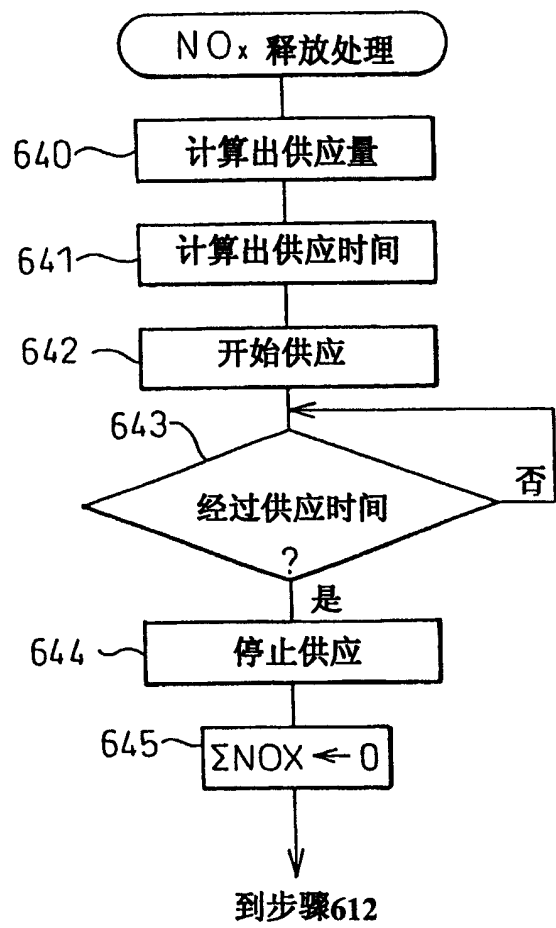


图32

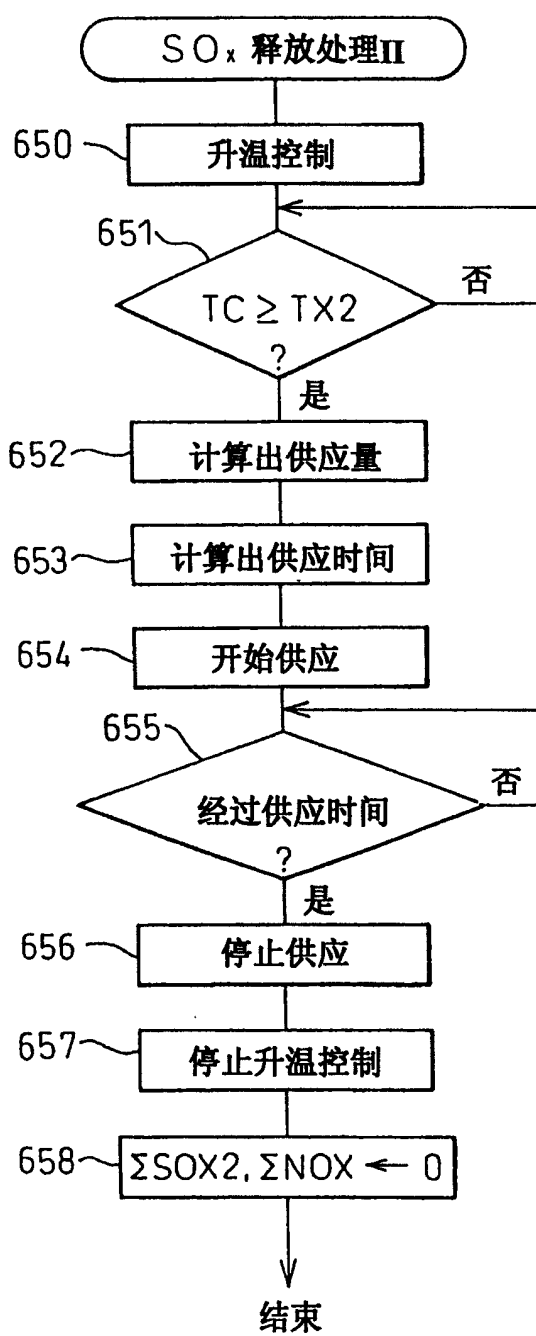


图33

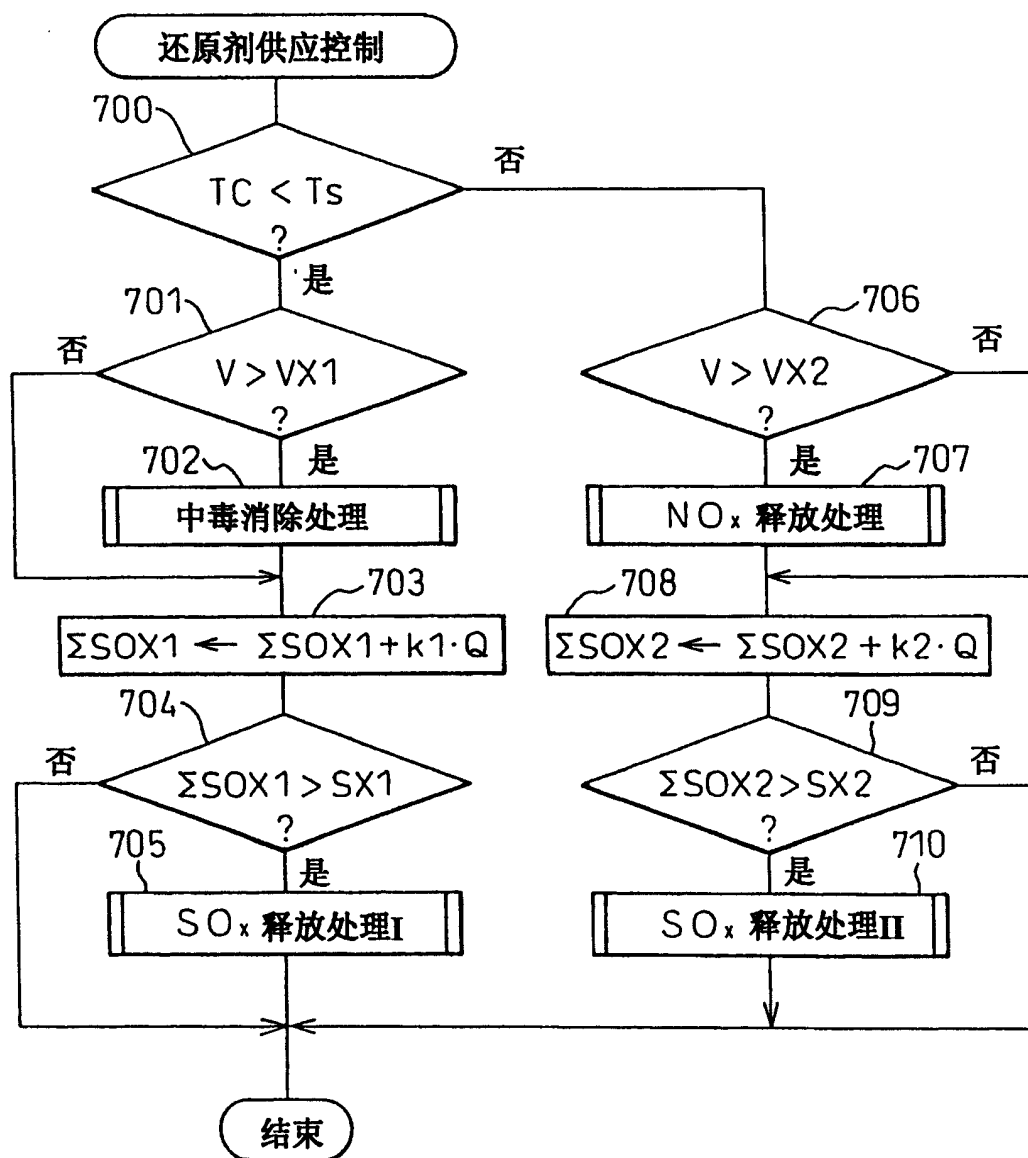


图34

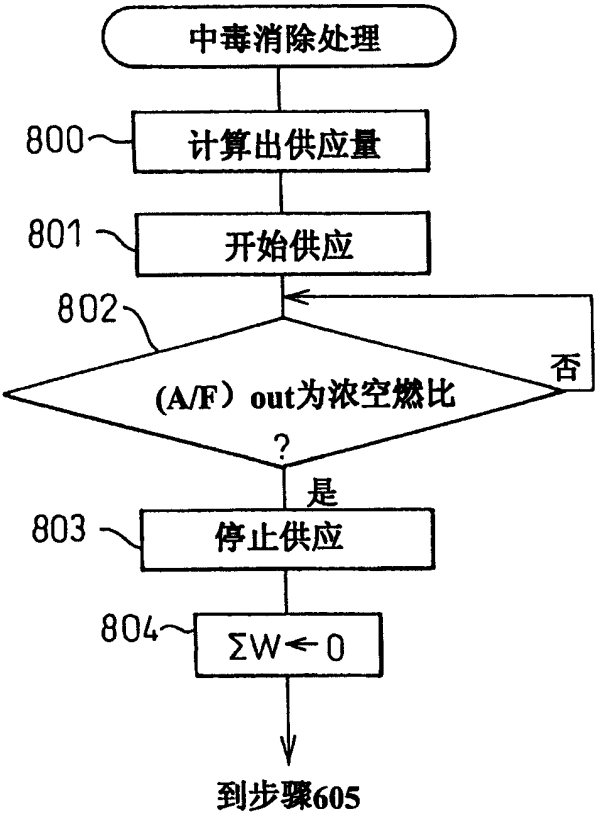


图35

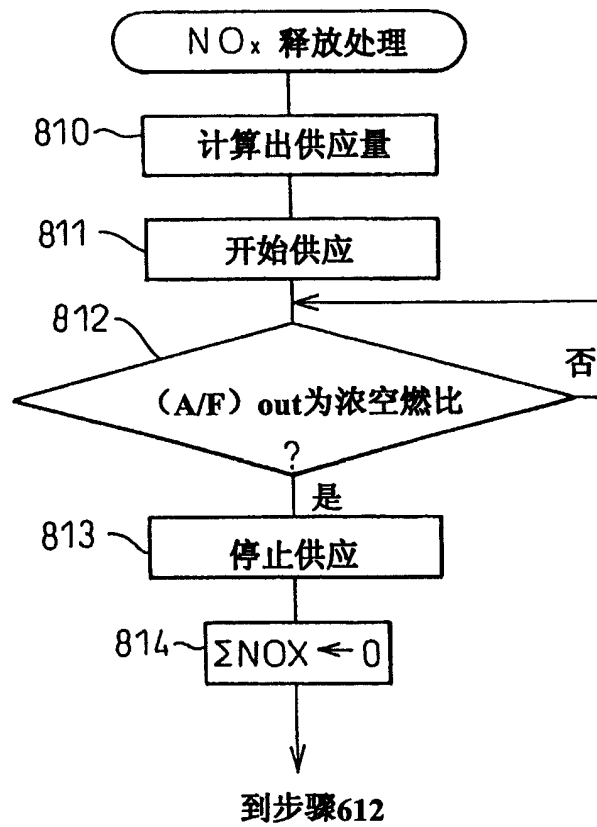


图36

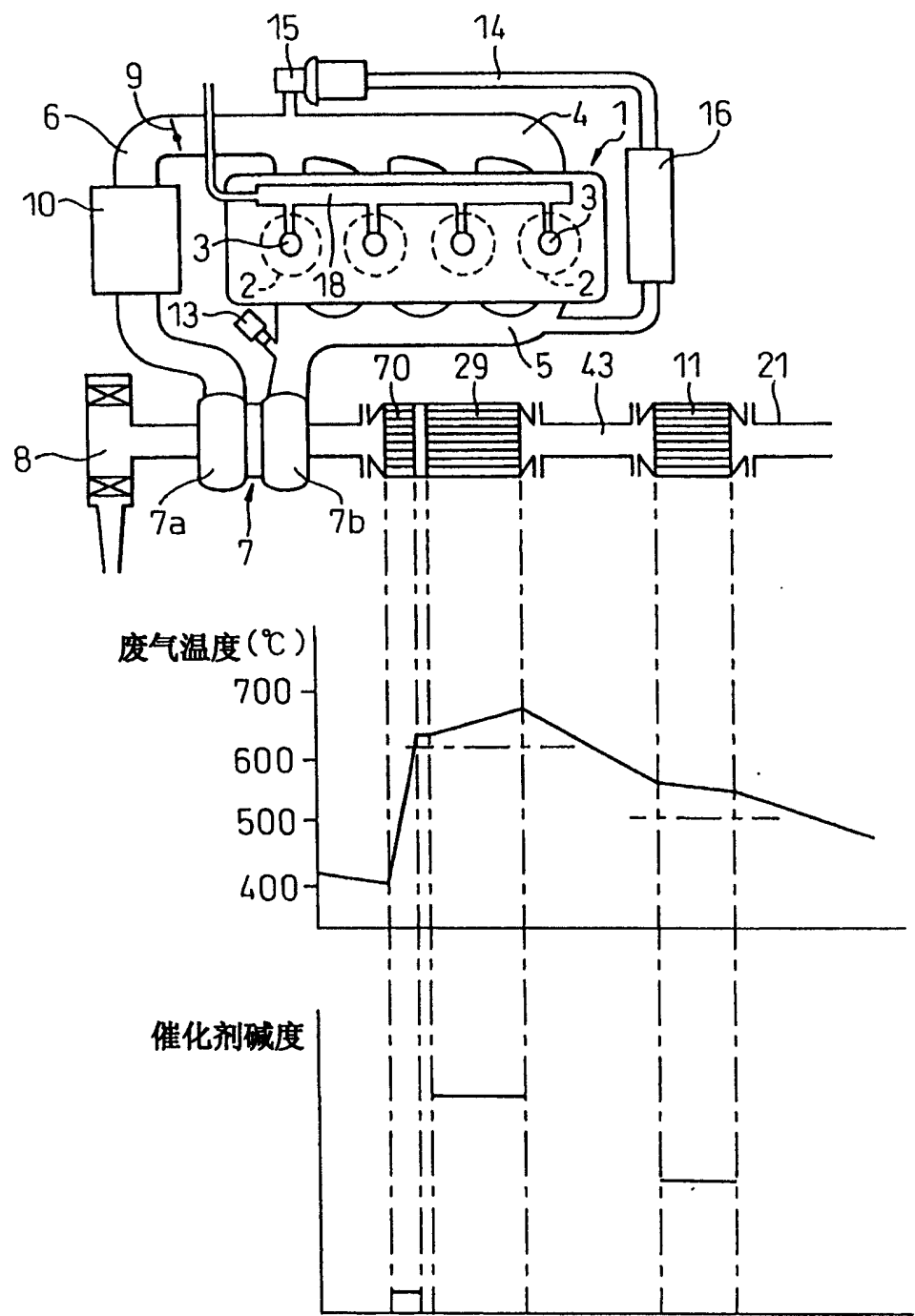


图37

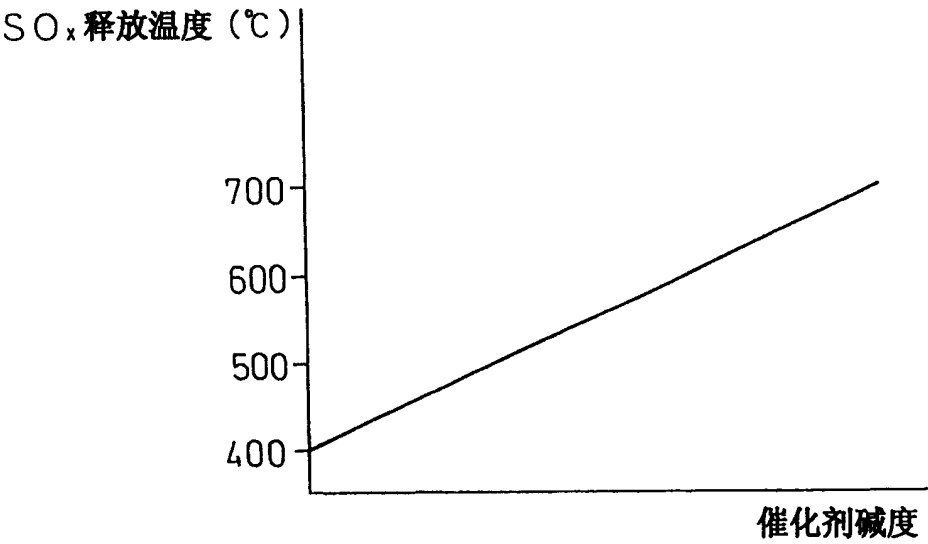


图38

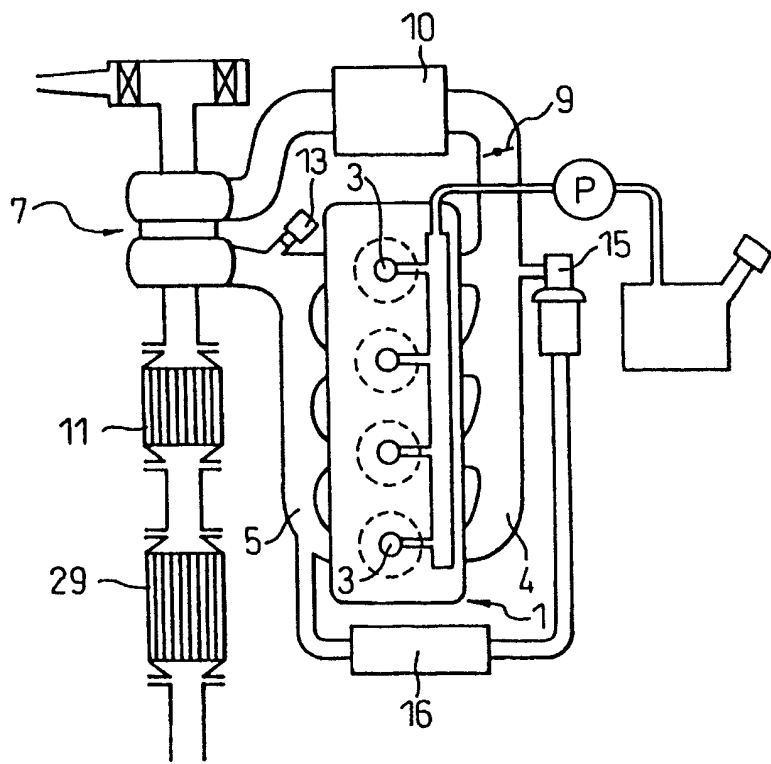


图39

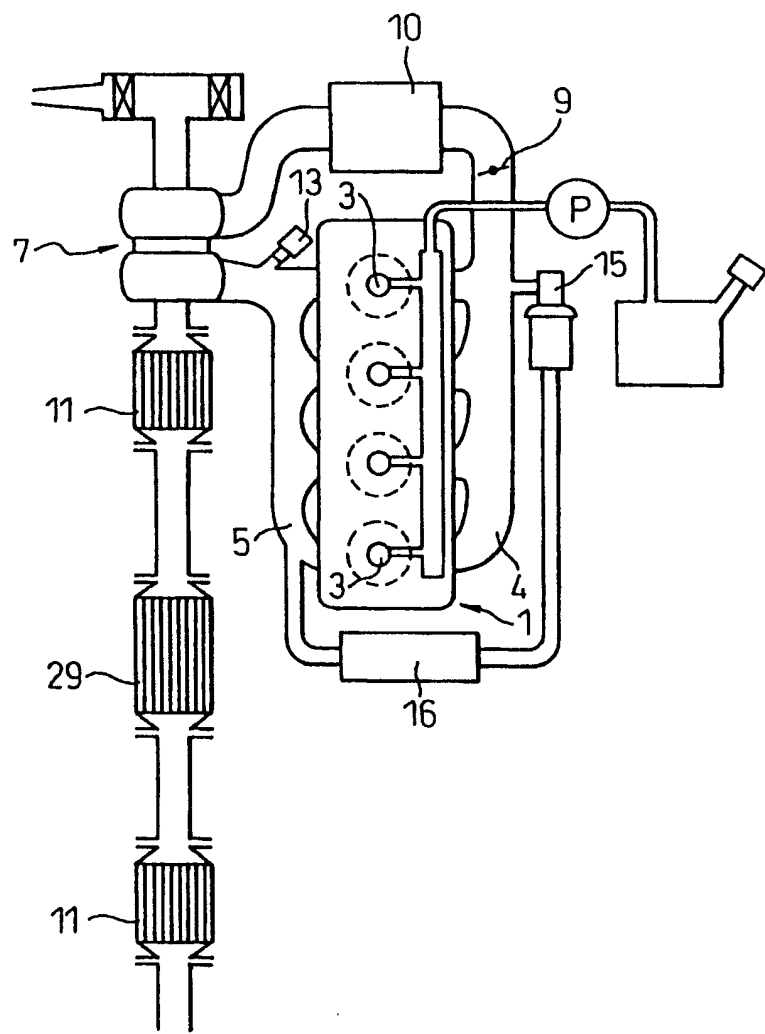


图40

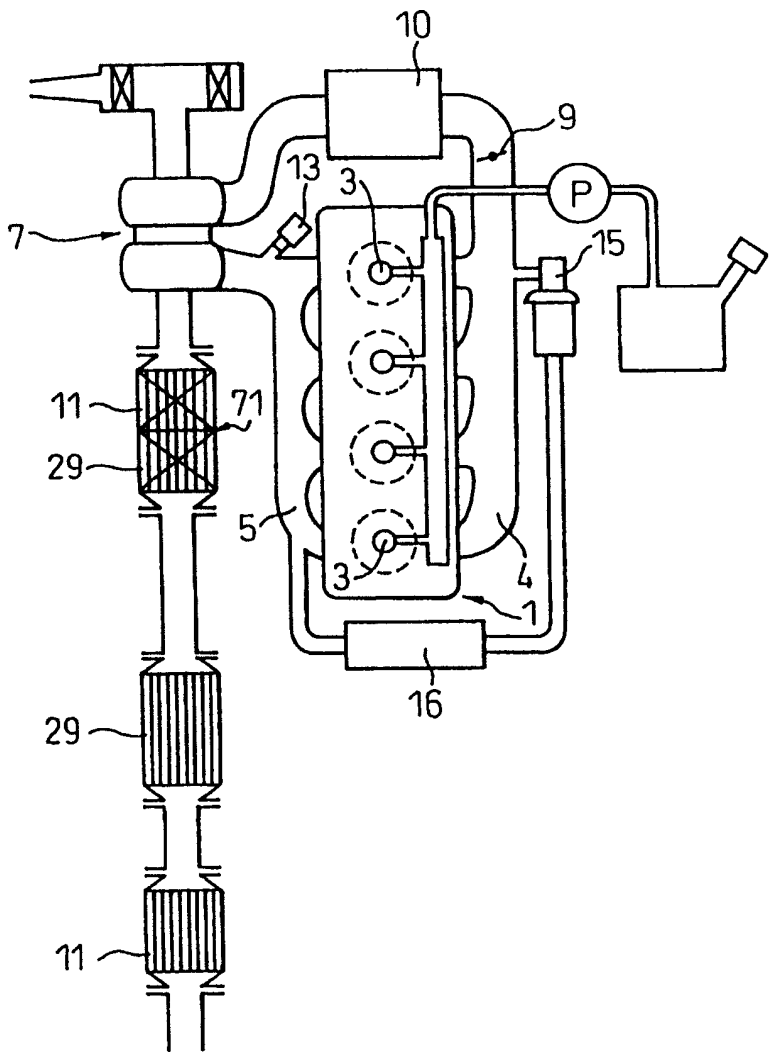


图41

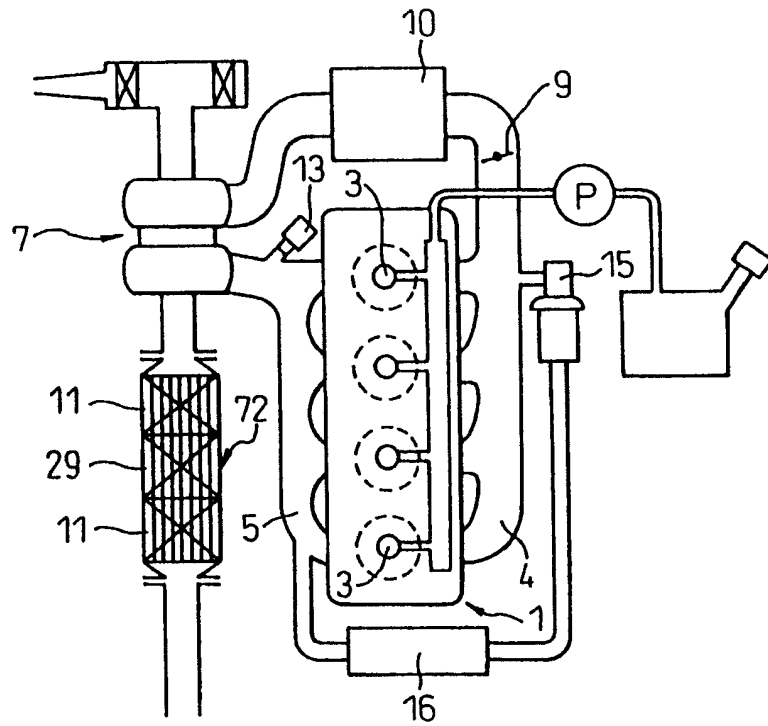


图42

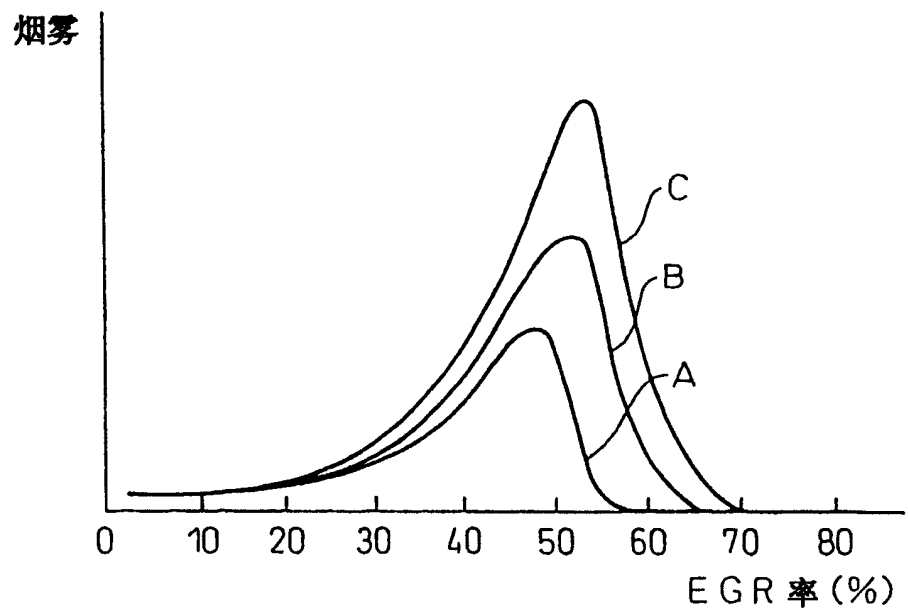


图43A

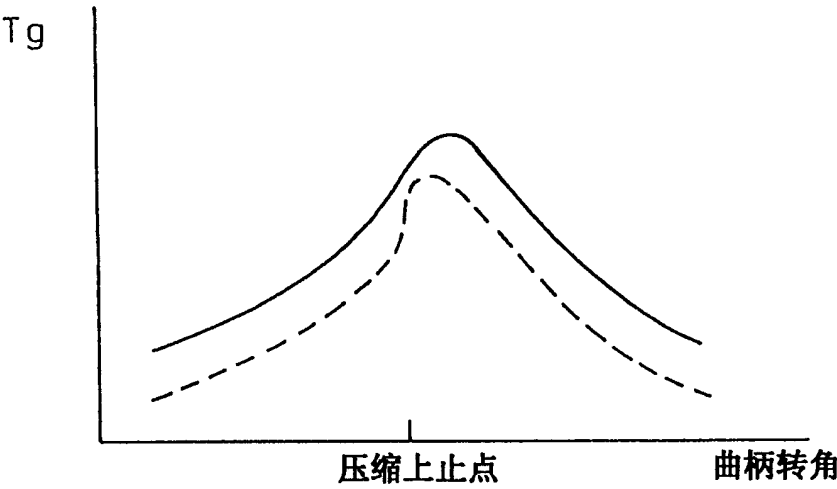


图43B

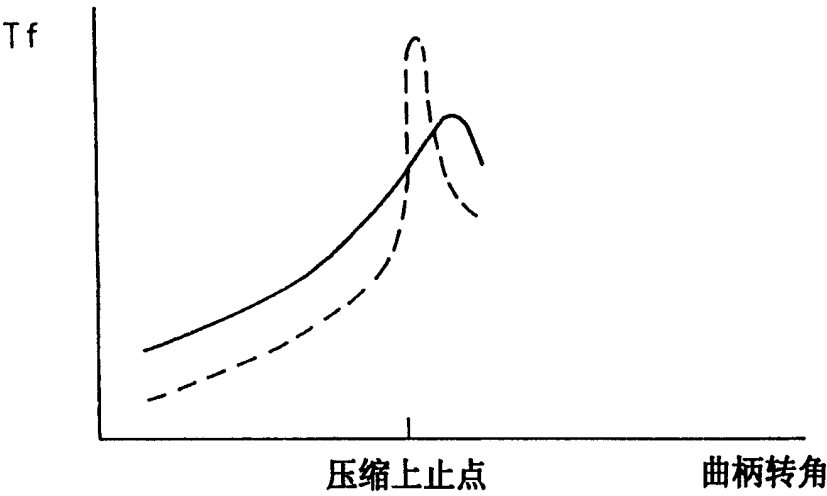


图44

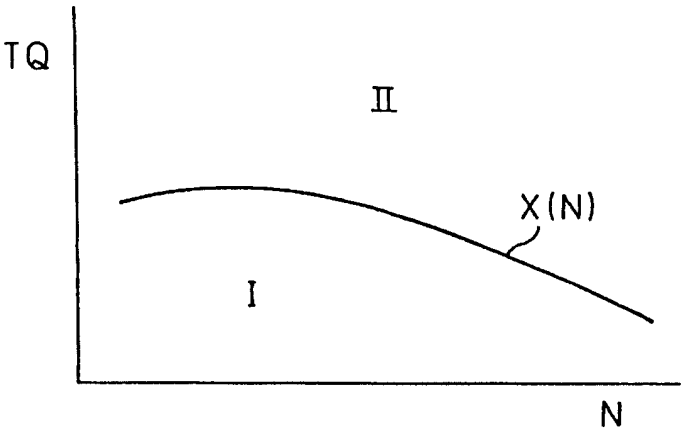


图45

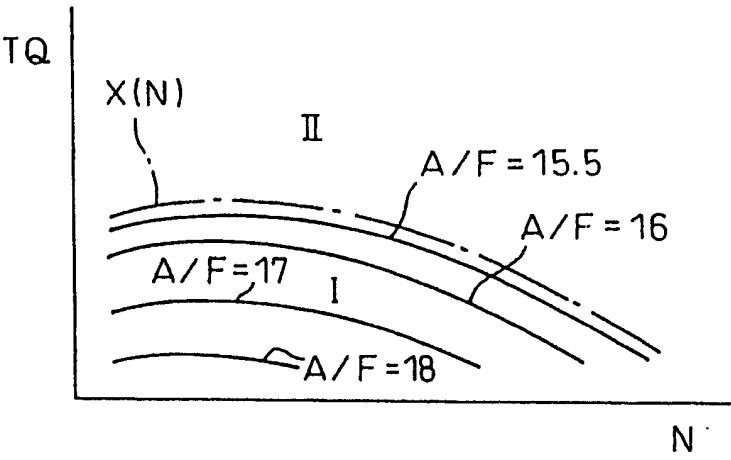


图46

