

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F02D 35/02 (2006.01)

F02D 41/14 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680027867.X

[43] 公开日 2008年7月30日

[11] 公开号 CN 101233308A

[22] 申请日 2006.7.26

[21] 申请号 200680027867.X

[30] 优先权

[32] 2005.7.29 [33] JP [31] 221160/2005

[86] 国际申请 PCT/JP2006/315250 2006.7.26

[87] 国际公布 WO2007/013663 英 2007.2.1

[85] 进入国家阶段日期 2008.1.29

[71] 申请人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 守谷荣记

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

代理人 段 斌 魏金霞

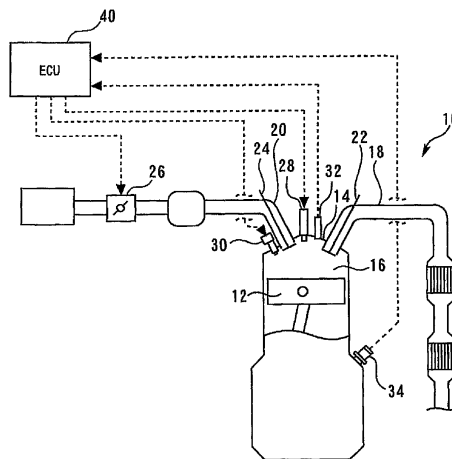
权利要求书 5 页 说明书 24 页 附图 16 页

[54] 发明名称

内燃机控制设备

[57] 摘要

公开了一种内燃机控制设备，其包括用于检测缸内压力 P_c 的缸内压力传感器。燃烧开始时刻 θ_0 和燃烧结束时刻 θ_f 是用作内燃机的控制指标的参数，根据点火正时 SA 来判定燃烧开始时刻 θ_0 和燃烧结束时刻 θ_f (步骤 102)。根据由缸内传感器在两个点测量的缸内压力 P_c 获取关于放热量 PV^x 的信息 (步骤 104)。根据方程 3 估算缸内压力 P_0 ，方程 3 定义了放热量信息、控制指标参数和缸内压力 P_0 之间的关系 (步骤 106)。



1. 一种内燃机控制设备，其包括：
放热量信息获取装置，用于获取关于内燃机的放热量信息；
关系信息获取装置，用于获取关系信息，所述关系信息定义所述放热量信息、用作内燃机的控制指标的预定参数、以及缸内压力之间的关系；以及
压力估算装置，用于根据所述关系信息估算所述缸内压力。
2. 如权利要求1所述的内燃机控制设备，其中，用作控制指标的所述预定参数是燃烧开始时刻、燃烧结束时刻和燃烧速度的至少其中之一。
3. 一种内燃机控制设备，其包括：
放热量信息获取装置，用于获取关于内燃机的放热量信息；
燃烧比信息获取装置，用于获取关于所述内燃机的缸内燃烧比信息；
关系信息获取装置，用于获取关系信息，所述关系信息定义所述放热量信息、所述燃烧比信息和缸内压力之间的关系；以及
压力估算装置，用于根据所述关系信息估算所述缸内压力。
4. 如权利要求3所述的内燃机控制设备，其中，所述燃烧比信息获取装置根据包含燃烧开始时刻、燃烧结束时刻和燃烧速度的韦伯函数获取所述燃烧比信息。
5. 如权利要求4所述的内燃机控制设备，还包括：
用于检测缸内压力的缸内压力检测装置，
其中，所述放热量信息获取装置根据在至少两个曲柄角处测量的缸内压力获取所述放热量信息；
其中，所述关系信息根据所述放热量信息和所述韦伯函数之间的关系定义；并且
其中，所述压力估算装置估算除所述至少两个曲柄角之外的曲柄角处的缸内压力。
6. 如权利要求3所述的内燃机控制设备，还包括：

离子检测装置，用于检测燃烧过程中在气缸内产生的离子，其中，所述燃烧比获取装置根据所检测到的离子的值获取所述燃烧比信息。

7. 如权利要求6所述的内燃机控制设备，其中，所述放热量信息获取装置根据关于缸内填充空气量的信息获取放热量信息；并且，所述关系信息根据所检测到的离子的值和所述放热量信息定义。

8. 如权利要求1或3所述的内燃机控制设备，还包括用于根据由所述压力估算装置估算的缸内压力值来估算放热率和/或指示扭矩的燃烧信息估算装置。

9. 如权利要求1、3和8中任一项所述的内燃机控制设备，其中，所述内燃机根据由所述压力估算装置估算的缸内压力、由所述燃烧信息估算装置估算的放热率和由所述燃烧信息估算装置估算的指示扭矩中的至少一个而被控制。

10. 如权利要求9所述的内燃机控制设备，其中，点火正时控制、燃料喷射控制、气门开启特性控制和扭矩控制中的至少一个包括在所述内燃机的控制中。

11. 如权利要求1、3和8中任一项所述的内燃机控制设备，还包括：

用于检测缸内压力的缸内压力检测装置；以及

爆燃信息获取装置，用于比较由所述压力估算装置估算的缸内压力值和由所述缸内压力检测装置测量的缸内压力值，并且获取关于爆燃的信息。

12. 如权利要求1、3和8中任一项所述的内燃机控制设备，还包括：

估算放热率获取装置，用于根据所估算的缸内压力值获取估算放热率值；

实际放热率获取装置，用于根据所测量的缸内压力值获取测量放热率值；以及

爆燃信息获取装置，用于比较所述估算放热率值和所述测量放热率值并且获取关于爆燃的信息。

13. 如权利要求 11 或 12 所述的内燃机控制设备，其中，所述爆燃信息获取装置获取在所述内燃机的负荷系数相对较高时所述关于爆燃的信息。

14. 如权利要求 1 或 3 所述的内燃机控制设备，还包括：

压力记录获取装置，用于获取在同一燃烧循环中由所述压力估算装置估算的缸内压力的记录；

最大压力值产生时刻获取装置，用于从所估算的缸内压力的记录获取产生最大缸内压力值的时刻；以及

点火正时控制装置，用于控制点火正时，使得所述产生最大值的时刻与在所述点火正时针对 MBT 调节的情况下产生所述最大缸内压力的时刻吻合。

15. 如权利要求 1 或 3 所述的内燃机控制设备，还包括：

压力记录获取装置，用于获取在同一燃烧循环中由所述压力估算装置估算的缸内压力的记录；

最大压力值信息获取装置，用于从所估算的缸内压力的记录获取关于最大缸内压力的信息；以及

空燃比控制装置，用于实施控制以便根据关于所述最大缸内压力的信息提供稀或浓的空燃比。

16. 如权利要求 1 或 3 所述的内燃机控制设备，还包括：

压力记录获取装置，用于获取在同一燃烧循环中由所述压力估算装置估算的缸内压力的记录；

用于检测缸内压力的缸内压力传感器；

失真检测装置，用于比较所估算的缸内压力的记录和由所述缸内压力检测装置测量的缸内压力的记录，并且从所测量的缸内压力的记录获取失真；以及

传感器输出校正装置，用于根据所述失真校正所述缸内压力传感器的输出。

17. 如权利要求 1 或 3 所述的内燃机控制设备, 还包括:

压力记录获取装置, 用于获取在同一燃烧循环中由所述压力估算装置估算的缸内压力的记录;

用于检测缸内压力的缸内压力传感器;

失真检测装置, 用于比较所估算的缸内压力的记录和由所述缸内压力检测装置测量的缸内压力的记录, 并且从所测量的缸内压力的记录获取失真; 以及

传感器劣化判断装置, 用于根据所述失真判定所述缸内压力传感器是否劣化。

18. 如权利要求 1 或 3 所述的内燃机控制设备, 还包括:

控制基本数据选择装置, 用于将所述压力估算装置所估算的缸内压力选择为缸内压力值, 用作当所述发动机的转速相对较高时内燃机控制的基础。

19. 一种内燃机控制设备, 其包括:

所需扭矩获取装置, 用于获取内燃机所需的扭矩;

放热量信息获取装置, 用于获取关于所述内燃机的放热量信息;

关系信息获取装置, 用于获取关系信息, 所述关系信息定义所述放热量信息、用作所述内燃机的控制指标的预定参数、以及缸内压力之间的关系; 以及

控制指标判定装置, 用于根据所述所需扭矩和所述关系信息定义用作控制指标的所述预定参数。

20. 如权利要求 19 所述的内燃机控制设备, 还包括:

所需缸内压力获取装置, 用于获取对应于所述所需扭矩的所需缸内压力,

其中, 所述控制指标判定装置根据所述所需缸内压力和所述关系信息定义用作控制指标的所述预定参数。

21. 如权利要求 19 或 20 所述的内燃机控制设备, 其中, 用作控制指标的所述预定参数是燃烧开始时刻、燃烧结束时刻和燃烧速度中的至少一个。

22. 如权利要求 21 所述的内燃机控制设备, 还包括:

控制装置, 用于根据由所述控制指标判定装置定义且用作控制指标的所述预定参数至少控制气门重叠量或者点火正时。

内燃机控制设备

技术领域

本发明涉及一种内燃机控制设备，更具体涉及一种使用缸内压力值来实现各种控制功能的适于与内燃机一起使用的控制装置。

背景技术

例如由专利文献 1 公开的传统内燃机控制设备根据控制参数 $P(\theta) \times V^k(\theta)$ 来校正燃料喷射量。所获得的此控制参数是缸内压力 $P(\theta)$ 和值 $V^k(\theta)$ 的乘积，而值 $V^k(\theta)$ 通过对缸内容积 $V(\theta)$ 取比热比 k 的幂而获得。更具体地，所述设备针对两个预定曲柄角中的每一个计算控制参数 $P(\theta) \times V^k(\theta)$ ，并且根据两个计算出的控制参数之间的差来判定用于燃料喷射量的校正值。所公开的传统技术假定在控制参数 $P(\theta) \times V^k(\theta)$ 和内燃机气缸中的放热量 Q 的改变模式之间存在关联性。传统技术使得能够容易地实施具有高精度和高响应性的反映气缸内的放热量 Q 的发动机控制。

包括上述文献，申请人知晓作用本发明相关技术的下列文献。

【专利文献 1】日本专利公开 2005-30332 号。

发明内容

关于内燃机缸内压力 $P(\theta)$ 的信息（例如，记录）是用于获取燃烧信息的有效参数。然而，用于判定该参数的计算公式复杂。因此，不能由当前的车载计算机（ECU）容易地计算出该参数。进一步地，为了高精度地计算缸内压力，必须进行高速取样。然而，实际上，因为计算负荷很高，这种计算非常困难。

根据上述传统技术，与放热量 Q 的模式相关的燃烧信息可如上所述地根据针对两个预定曲柄角的控制参数 $P(\theta) \times V^k(\theta)$ 来获取。如果能够通过使用仅仅两个数据点容易地估算关于内燃机缸内压力 $P(\theta)$ 的信息，则该传统技术将是有利的。如果能够以高精度估算关于内压力 $P(\theta)$ 的信息（例如，记录），则得到的值可以用来执行各种燃烧分析计算或者实施

复杂的发动机控制。然而，上述传统技术不能估算缸内压力 $P(\theta)$ 并且需要进一步改进。

为了解决上述问题，做出本发明。本发明的一个目的是提供能够以高精度容易地估算关于内燃机的缸内压力信息并且以理想方式控制内燃机的控制设备。

上述目的通过一种内燃机控制设备实现，所述内燃机控制设备包括放热量信息获取装置，用于获取关于内燃机的放热量信息。设置有关系信息获取装置，用于获取定义所述放热量信息、用作内燃机的控制指标的预定参数、以及缸内压力之间的关系的的关系信息。还设置有压力估算装置，用于根据所述关系信息估算所述缸内压力。

在本发明的第二方面中，用作控制指标的所述预定参数是燃烧开始时刻、燃烧结束时刻和燃烧速度的至少其中之一。

上述目的通过一种内燃机控制设备实现，所述内燃机控制设备包括放热量信息获取装置，用于获取关于内燃机的放热量信息。设置有燃烧比信息获取装置，用于获取关于所述内燃机的缸内燃烧比信息。还设置有关系信息获取装置，用于获取定义所述放热量信息、所述燃烧比信息和缸内压力之间的关系的的关系信息。还设置有压力估算装置，用于根据所述关系信息估算所述缸内压力。

在本发明的第四方面中，所述燃烧比信息获取装置可根据包含燃烧开始时刻、燃烧结束时刻和燃烧速度的韦伯函数获取所述燃烧比信息。

本发明第五方面可包括用于检测缸内压力的缸内压力检测装置。所述放热量信息获取装置可根据在至少两个曲柄角处测量的缸内压力获取所述放热量信息。所述关系信息可根据所述放热量信息和所述韦伯函数之间的关系定义。所述压力估算装置可估算除所述至少两个曲柄角之外的曲柄角处的缸内压力。

本发明第六方面可包括离子检测装置，用于检测燃烧过程中在气缸内产生的离子。所述燃烧比获取装置可根据所检测到的离子的值获取所述燃烧比信息。

在本发明第七方面中，所述放热量信息获取装置可根据关于缸内填

充空气量的信息获取放热量信息；并且，所述关系信息根据所检测到的离子的值和所述放热量信息定义。

本发明第八方面可包括用于根据由所述压力估算装置估算的缸内压力值来估算放热率和/或指示扭矩的燃烧信息估算装置。

在本发明第九方面中，所述内燃机可根据由所述压力估算装置估算的缸内压力、由所述燃烧信息估算装置估算的放热率和由所述燃烧信息估算装置估算的指示扭矩中的至少一个而被控制。

在本发明第十方面中，点火正时控制、燃料喷射控制、气门开启特性控制和扭矩控制中的至少一个可包括在所述内燃机的控制中。

本发明第十一方面可包括用于检测缸内压力的缸内压力检测装置。还可设置有爆燃信息获取装置，用于比较由所述压力估算装置估算的缸内压力值和由所述缸内压力检测装置测量的缸内压力值，并且获取关于爆燃的信息。

本发明第十二方面可包括估算放热率获取装置，用于根据所估算的缸内压力值获取估算放热率值。还可设置有实际放热率获取装置，用于根据所测量的缸内压力值获取测量放热率值。还可设置有爆燃信息获取装置，用于比较所述估算放热率值和所述测量放热率值并且获取关于爆燃的信息。

在本发明的十三方面中，所述爆燃信息获取装置可获取在所述内燃机的负荷系数相对较高时所述关于爆燃的信息。

本发明第十四方面可包括压力记录获取装置，用于获取在同一燃烧循环中由所述压力估算装置估算的缸内压力的记录。还可设置有最大压力值产生时刻获取装置，用于从所估算的缸内压力的记录获取产生最大缸内压力值的时刻。还可设置有点火正时控制装置，用于控制点火正时，使得所述产生最大值的时刻与在所述点火正时针对 MBT 调节的情况下产生所述最大缸内压力的时刻吻合。

本发明第十五方面可包括压力记录获取装置，用于获取在同一燃烧循环中由所述压力估算装置估算的缸内压力的记录。还可设置有最大压力值信息获取装置，用于从所估算的缸内压力的记录获取关于最大缸内

压力的信息。还可设置有空燃比控制装置，用于实施控制以便根据关于所述最大缸内压力的信息提供稀或浓的空燃比。

本发明第十六方面可包括压力记录获取装置，用于获取在同一燃烧循环中由所述压力估算装置估算的缸内压力的记录。还可设置有用于检测缸内压力的缸内压力传感器。还可设置有失真检测装置，用于比较所估算的缸内压力的记录和由所述缸内压力检测装置测量的缸内压力的记录，并且从所测量的缸内压力的记录获取失真。还可设置有传感器输出校正装置，用于根据所述失真校正所述缸内压力传感器的输出。

本发明第十七方面可包括压力记录获取装置，用于获取在同一燃烧循环中由所述压力估算装置估算的缸内压力的记录。还可设置有用于检测缸内压力的缸内压力传感器。还可设置有失真检测装置，用于比较所估算的缸内压力的记录和由所述缸内压力检测装置测量的缸内压力的记录，并且从所测量的缸内压力的记录获取失真。还可设置有传感器劣化判断装置，用于根据所述失真判定所述缸内压力传感器是否劣化。

本发明第十八方面可包括控制基本数据选择装置，用于将所述压力估算装置所估算的缸内压力选择为缸内压力值，用作当所述发动机的转速相对较高时内燃机控制的基础。

上述目的通过一种内燃机控制设备实现，所述内燃机控制设备包括所需扭矩获取装置，用于获取内燃机所需的扭矩。设置有放热量信息获取装置，用于获取关于所述内燃机的放热量信息。还设置有关系信息获取装置，用于获取定义所述放热量信息、用作所述内燃机的控制指标的预定参数、以及缸内压力之间的关系的关系信息。还设置有控制指标判定装置，用于根据所述所需扭矩和所述关系信息定义用作控制指标的所述预定参数。

本发明第二十方面可包括所需缸内压力获取装置，用于获取对应于所述所需扭矩的所需缸内压力。所述控制指标判定装置可根据所述所需缸内压力和所述关系信息定义用作控制指标的所述预定参数。

在本发明第二十一方面中，用作控制指标的所述预定参数是燃烧开始时刻、燃烧结束时刻和燃烧速度中的至少一个。

本发明第二十二方面可包括控制装置，用于根据由所述控制指标判

定装置定义且用作控制指标的所述预定参数至少控制气门重叠量或者点火正时。

根据本发明第一方面，可根据定义放热量信息、用作内燃机的控制指标的预定参数、以及缸内压力之间的关系的关系信息容易地并且高精度地估算关于内燃机的缸内压力信息。

根据本发明第二方面，能够适当地定义缸内压力估算所需的燃烧信息。

根据本发明第三方面，可根据定义放热量信息、燃烧比信息、以及缸内压力之间的关系的关系信息容易地并且高精度地估算关于内燃机的缸内压力信息。

根据本发明第四方面，可根据包括燃烧开始时刻、燃烧结束时刻和燃烧速度的韦伯函数获取精确的燃烧比。

根据本发明第五方面，可通过在至少两点测量缸内压力来估算燃烧期间的缸内压力。

根据本发明第六方面，可根据燃烧过程中在气缸内产生的离子来获取燃烧比信息而不必测量缸内压力。

根据本发明第七方面，可根据所检测的离子的值和基于缸内填充空气量的放热量信息来获取用于估算缸内压力的关系信息。

根据本发明第八方面，由本发明第一和第三方面估算的缸内压力可用来容易地并且高精度地估算放热率或指示扭矩。

根据本发明第九方面，可根据缸内压力、放热率和指示扭矩中至少一个的估算值来控制内燃机而无需在 ECU 上施加过多的负荷。

根据本发明第十方面，点火正时、燃料喷射、气门开启特性和扭矩中至少一个可根据缸内压力、放热率和指示扭矩中至少一个的估算值来控制而无需在 ECU 上施加过多的负荷。

根据本发明第十一方面，可比较同一燃烧循环的所估算的缸内压力和实际缸内压力。因此，与使用根据前一燃烧循环过程中遇到的现象或根据统计来估算当前燃烧循环的正常缸内压力的传统方法相比，能够以

更高的精度获取关于爆燃的信息。

根据本发明第十二方面，可比较同一燃烧循环的估算放热率和实际放热率。因此，与使用根据前一燃烧循环过程中遇到的现象或根据统计来估算当前燃烧循环的正常放热率的传统方法相比，能够以更高的精度获取关于爆燃的信息。

根据本发明第十三方面，可在易于发生爆燃的高负荷区域获取精确的关于爆燃的信息而不需在 ECU 上施加过多的负荷。

根据本发明第十四方面，可实施控制以调节针对 MBT 的点火正时而不需要 ECU 具有高速取样能力。

根据本发明第十五方面，可实施控制以提供最稀的空燃比而不需要 ECU 具有高速取样能力。

根据本发明第十六或第十七方面，可比较同一燃烧循环的所估算的缸内压力和实际缸内压力。因此，与使用根据前一燃烧循环过程中遇到的现象或根据统计来估算当前燃烧循环的正常缸内压力的传统方法相比，能够以更高的精度判定传感器误差。

根据本发明第十八方面，在发动机转速 NE 高的区域中可减少施加在 ECU 上的负荷。

根据本发明第十九方面，可根据所需扭矩和关系信息实施控制，使得内燃机的扭矩与期望的所需扭矩相吻合。

根据本发明第二十方面，可根据关系信息和对应于所需扭矩的所需缸内压力来定义用作内燃机的控制指标的预定参数。

根据本发明第二十一方面，可以适当地定义根据所需扭矩控制内燃机所需的燃烧信息。

根据本发明第二十二方面，可使用关系信息来根据期望的所需扭矩实施扭矩（燃烧）控制。本发明的此方面使得能够例如控制气门重叠量和点火正时而无不会使进气量过量或不足并且不会迟延点火正时。

附图说明

图 1 示出了本发明第一实施方式的构造。

图 2 是缸内燃烧比 MFB 相对于曲柄角 θ 的波形图。

图 3 是示出在本发明第一实施方式中执行以获取所估算的缸内压力 P_0 的程序的流程图。

图 4 是图 3 中示出的程序中所指的燃烧开始时刻 θ_0 和燃烧结束时刻 θ_f 的映射的示例。

图 5 是示出缸内压力 P 和曲柄角 θ 之间的关系的 P - θ 图。

图 6 是示出在本发明第一实施方式中执行以利用所估算的缸内压力 P_0 的记录计算指示扭矩的程序。

图 7 是示出在本发明第二实施方式中执行的程序的流程图。

图 8A 和 8B 示出离子流 I_c 的波形。

图 9 是示出在本发明第三实施方式中执行的程序的流程图。

图 10A 至 10D 示出在本发明第三实施方式中的爆燃判断的过程。

图 11 是示出在本发明第三实施方式的改进实施方式中执行的程序的流程图。

图 12A 至 12D 示出在本发明第三实施方式的改进实施方式中的爆燃判断的过程。

图 13 是示出在本发明第四实施方式中执行的程序的流程图。

图 14 是示出在本发明第五实施方式中执行的程序的流程图。

图 15 是示出在本发明第六实施方式中执行的程序的流程图。

图 16 是示出在本发明第七实施方式中执行的程序的流程图。

图 17 是示出在本发明第八实施方式中执行的程序的流程图。

图 18 是示出与图 17 中示出的程序同时执行的子程序的流程图。

图 19 是示出在本发明第九实施方式中执行的程序的流程图。

图 20 是示出与图 19 中示出的程序同时执行的子程序的流程图。

图 21 是示出在本发明第十实施方式中执行的程序的流程图。

具体实施方式

第一实施方式

【系统构造描述】

图 1 示出本发明第一实施方式的构造。如图 1 所示，根据本实施方式的系统包括内燃机 10。内燃机 10 中的气缸设置有在气缸内往复运动的活塞 12。内燃机 10 还包括气缸盖 14。燃烧室 16 形成在活塞 12 和气缸盖 14 之间。燃烧室 16 与进气路径 18 和排气路径 20 相连通。进气路径 18 和排气路径 20 分别设置有进气门 22 和排气门 24。进气路径 18 还设置有节气门 26。节气门 26 是能够独立于加速器开度地控制节气门开度的电子控制式节气门。

气缸盖 14 设置有火花塞 28，火花塞 28 从燃烧室 16 的顶点突出到燃烧室 16 中。气缸盖 14 还设置有将燃料喷射到气缸内的燃料喷射阀 30。气缸盖 14 结合有检测缸内压力 P 的缸内压力传感器 32。此外，内燃机 10 具有曲柄角传感器 34，曲柄角传感器 34 位于曲轴附近以检测发动机转速 NE 。

在内燃机 10 中，进气门 22 和排气门 24 分别由进气可变气门机构（未示出）和排气可变气门机构（未示出）驱动。这两个可变气门机构都包括可变气门正时（VVT）机构，其能够在预定范围内改变进气门 22 或排气门 24 的相位。

图 1 中示出的系统包括 ECU（电子控制单元）40。ECU 40 连接到上述传感器和致动器。ECU 40 能够根据此类传感器的输出来控制内燃机 10 的运转状态。

现在将参照图 2 和 3 描述本实施方式所用的用于估算关于缸内压力 P_c 的信息（记录）的方法。

图 2 绘出了缸内燃烧比 MFB 相对于曲柄角 θ 的波形。在此图中，燃烧比 MFB 定义为表示燃烧进程的指标。更具体地，燃烧比 MFB 在范围 0 到 1 内变化。 MFB 为 0 表示燃烧开始时刻，而 MFB 为 1 表示燃烧结束时刻。

图 2 中称为“ $PV^k MFB$ ”的波形表示由基于 PV^k 方法的公式计算出

的燃烧比 MFB，该公式即为如下方程（方程 1）：

$$MFB = (P_{\theta} V_{\theta}^{\kappa} - P_{\theta 0} V_{\theta 0}^{\kappa}) / (P_{\theta f} V_{\theta f}^{\kappa} - P_{\theta 0} V_{\theta 0}^{\kappa}) \quad \text{--- (方程 1)}$$

在上述方程 1 中， $P_{\theta 0}$ 和 $V_{\theta 0}$ 是当曲柄角 θ 与预定燃烧开始时刻 $\theta 0$ 相吻合时的缸内压力 P_c 和缸内容积 V ，而 $P_{\theta f}$ 和 $V_{\theta f}$ 是当曲柄角 θ 与预定燃烧结束时刻 θf 相吻合时的缸内压力 P_c 和缸内容积 V 。 P_{θ} 和 V_{θ} 是当曲柄角 θ 为任意值时的缸内压力 P_c 和缸内容积 V 。 κ 表示比热比。根据上述方程 1，燃烧比 MFB 的记录可根据在上述三点测量的缸内压力值 P_c 和计算的缸内容积值 V 来计算。

同时，图 2 中称为“WeibeMFB”的波形表示由基于韦伯（Weibe）函数的公式计算的燃烧比 MFB，该公式即为如下方程（方程 2）：

$$MFB = 1 - \exp[-a\{(\theta - \theta 0) / (\theta f - \theta 0)\}^{m+1}] \quad \text{--- (方程 2)}$$

在上述方程 2 中， a 是燃烧速度，而 m 是预定常数。

如图 2 所示，根据方程 1 计算的燃烧比的波形 $PV^{\kappa}MFB$ 与根据方程 2 计算的燃烧比的波形 WeibeMFB 高度相关。因此，本实施方式假定上述两个方式彼此等价，并且从上述两个方程导出下列方程（方程 3）：

$$P_{\theta} = (1/V_{\theta}^{\kappa}) \times \{ [1 - \exp[-a\{(\theta - \theta 0) / (\theta f - \theta 0)\}^{m+1}]] \times (P_{\theta f} V_{\theta f}^{\kappa} - P_{\theta 0} V_{\theta 0}^{\kappa}) + P_{\theta 0} V_{\theta 0}^{\kappa} \} \quad \text{--- (方程 3)}$$

根据本实施方式的系统假定使用方程 3 来估算内燃机 10 的缸内压力 P_c 。现在将参照图 3 示出的方程描述用于计算所估算的缸内压力 P_{θ} 的方法。

图 3 是示出了由 ECU 40 执行以获取所估算的缸内压力 P_{θ} 的程序的流程图。在图 3 示出的程序中，首先执行步骤 100 以获取内燃机 10 的运转条件，更具体地，获取点火正时 SA 等。

接下来，执行步骤 102 以判定燃烧开始时刻 $\theta 0$ 和燃烧结束时刻 θf 。ECU 40 存储如图 4 所示的定义了燃烧开始时刻 $\theta 0$ 、燃烧结束时刻 θf 和点火正时 SA 之间的关系的映射。图 4 中的零点表示压缩上止点。制定图 4 所示的映射，使得当点火正时 SA 前进时，燃烧开始时刻 $\theta 0$ 朝相对

于压缩上止点的前进侧移动，并且当点火正时 SA 从预定点火正时 SA 前进时（在所采用的示例中为 30° BTDC），燃烧开始时刻 θ_0 实际上是固定的。对于燃烧结束时刻 θ_f ，以实际上相同的方式制定映射。

在执行步骤 102 以根据图 4 所示的映射基于当前点火正时 SA 判定燃烧开始时刻 θ_0 和燃烧结束时刻 θ_f 之后，执行步骤 104 以计算在 -60° ATDC 和 90° ATDC 处的参数（放热量） PV^k 。更具体地，执行步骤 104 以根据缸内压力传感器 32 的输出来获取在 -60° ATDC 和 90° ATDC 处的缸内压力 P ，并且计算对应于 -60° ATDC 和 90° ATDC 处的缸内容积 V 。根据所获得的值计算参数 PV^k 。

接下来，执行步骤 106 以根据方程 3 计算缸内压力 P_θ 。更具体地，在步骤 102 中判定的燃烧开始时刻 θ_0 和燃烧结束时刻 θ_f 被代入方程 3。此外，在步骤 104 计算的 -60° ATDC 的参数 PV^k 作为参数 $P_{\theta_0}V_{\theta_0}^k$ 代入，并且在步骤 104 计算的 90° ATDC 的参数 PV^k 作为参数 $P_{\theta_f}V_{\theta_f}^k$ 代入。至于燃烧速度 a 和常数 m ，使用了预定值。由此，当相关的任意曲柄角 θ 和对应于曲柄角 θ 的缸内容积 V_θ 代入方程 3 后，可计算出在任意曲柄角 θ 处的缸内压力 P_θ 。此外，当针对每个单位曲柄角 θ 代入相关的曲柄角 θ 和对应于曲柄角 θ 的缸内容积 V_θ 时，可计算出估算的缸内压力 P_θ 的记录。

图 5 是示出缸内压力 P 和曲柄角 θ 之间的关系的 P - θ 图。在图 5 中称为“CPS”的波形表示基于缸内压力传感器 32 的输出的所测量的缸内压力 P_c 。同时，图 5 所称的“建议的”波形表示由图 3 所示的程序估算的缸内压力 P_θ 的记录。图 5 所示为使用根据本实施方式的缸内压力估算方法使得能够获得大致等于所测量的缸内压力 P_c 的估算缸内压力 P_θ 。如上所述，使用根据本实施方式的方法使得简单地使用仅仅两个测量数据（在图 4 所示的程序中在 -60° ATDC 和 90° ATDC 处测量的两个数据）就能够获得在任意曲柄角 θ 处的关于缸内压力 P_θ 的数据。

参照图 6，将使用通过执行图 4 所示的程序获得的估算缸内压力 P_θ 的记录来描述计算在获取记录的循环中的指示扭矩的方法。

图 6 是流程图，示出了由 ECU 40 执行以利用估算缸内压力 P_θ 计算指示扭矩的程序。在图 6 所示的程序中，首先通过针对每个单位曲柄角 θ 执行图 3 所示的步骤 106 来计算估算缸内压力 P_θ 的记录（步骤 200）。

接下来, 通过将步骤 200 中获取的估算缸内压力 P_{θ} 的记录乘以 $dV/d\theta$ 来计算指示扭矩 $P_{\theta} \times dV/d\theta$ (步骤 202), 其中 $dV/d\theta$ 是缸内容积 V 的变化率。

在具有缸内压力传感器的内燃机中, 当前 ECU 的性能不足以将缸内压力传感器的模拟输出高速地转换为允许精确判定指示扭矩的数字信号。其间, 在 ECU 内的 CPU 的计算能力是足够的。当执行图 6 所示的程序时, 缸内压力 P_{θ} 的记录可简单地通过在两点处测量缸内压力 P_{θ} 来估算。此外, 指示扭矩 $P_{\theta} \times dV/d\theta$ 可由所估算的记录计算出。因此, 指示扭矩 $P_{\theta} \times dV/d\theta$ 可实时地精确判定而不受 ECU 40 的性能的限制。

在如上所述的第一实施方式中, 当 ECU 40 执行步骤 104 时实现根据本发明第一或第三方面的“放热量信息获取装置”; 以及当随后在步骤 106 中通过使用方程 3 执行预定过程时实现根据本发明第一或第三方面的“关系信息获取装置”和“压力估算装置”。方程 3 对应于根据本发明第一或第三方面的“关系信息”。

进一步, 当 ECU 40 执行步骤 106 以计算与方程 3 中的韦伯函数相关的项时实现根据本发明第三方面的“燃烧比信息获取装置”。

缸内压力传感器 32 对应于根据本发明第五方面的“缸内压力检测装置”。

第二实施方式

现在将参照图 7 和 8 描述根据本发明的第二实施方式。

通过采用图 1 所示的硬件构造并且使 ECU 40 执行图 7 所示的程序而非图 3 所示的程序来实施根据第二实施方式的系统。更具体地, 根据本实施方式的系统与根据第一实施方式的系统的区别在于, 后者使用火花塞 28 作为离子探针(离子流传感器), 该离子探针检测在燃烧期间在气缸内产生的离子作为离子流 IC。根据本实施方式的系统使用这样的离子流 IC 来获取估算缸内压力 P_{θ} 的记录。

图 7 是示出由 ECU 40 执行以实施根据第二实施方式的上述功能的程序。在图 7 所示的程序中, 首先执行步骤 300 以检测在预定时期内的离子流 IC。更具体地, 在火花塞 28 完成点火之后, 使预定的电压施加

到火花塞 28 的电极，以检测离子流 IC。离子流 IC 检测为流过电极之间电流。

接下来，执行步骤 302 以获取燃烧开始时刻 θ_0 和燃烧结束时刻 θ_f 。图 8A 示出了当火花塞 28 用作离子探针时检测出的离子流 IC 的波形。当基于点火而开始燃烧时离子流 IC 出现，并且当随后燃烧结束时离子流 IC 消失。因此，燃烧开始时刻 θ_0 和燃烧结束时刻 θ_f 可根据如图 8A 所示的所测量的离子流的波形获取。

接下来，执行步骤 304 以计算离子流 IC 相对于在步骤 302 中获取的燃烧开始时刻 θ_0 与燃烧结束时刻 θ_f 之间的期间的积分值 ΣIC 。图 8B 示出了离子流 IC 的积分值 ΣIC 的波形。离子流 IC 与燃烧期间的放热率 $dQ/d\theta$ 高度相关。如图 8 所示的通过对离子流 IC 相对于燃烧开始时刻 θ_0 和燃烧结束时刻 θ_f 之间的期间求积分而获得的值 ΣIC 与燃烧比 MFB（放热量）高度相关。

接下来，执行步骤 306 以根据负荷系数 K_L 估算放热量 PV^k 。复合系数 K_L 和内燃机 10 的放热量 PV^k 具有线性特性。这里，根据定义了负荷系数 K_L 和放热量 PV^k 之间的关系的映射从负荷系数 K_L 估算放热量 PV^k 。可选地，可根据定义了放热量 PV^k 和替代负荷系数 K_L 的基于进气压力和进气温度的缸内 DJ 值（指示缸内填充空气量的值）之间的映射来估算放热量 PV^k 。

接下来，执行步骤 308 以将上述积分值 ΣIC 转换为燃烧比 MFB。更具体地，当根据例如缸内空气量校正积分值 ΣIC 时，积分值 ΣIC 转换为对应于当前燃烧循环的燃烧比 MFB 的值。接下来，执行步骤 310 以计算估算缸内压力 P_θ 。更具体地，将在步骤 308 获取的基于离子流 IC 的燃烧比 MFB 代入对应于方程 3 中的燃烧比 MFB 的韦伯函数的项中。当在步骤 306 中获取的基于放热量 PV^k 的值代入方程 3 的其余项时计算出估算缸内压力 P_θ 。

即使当使用根据图 7 所示的程序描述的涉及离子流 IC 的方法时，也可以由方程 3 计算出估算缸内压力 P_θ 。此外，当使用此方法时，火花塞 28 可用作离子探针。因此，该方法在传感器于内燃机 10 上的安装性方面比使用缸内压力传感器 32 的方法更有利。

在如上所述的第二实施方式中，当 ECU 40 执行步骤 306 时实现根据本发明第一或第三方面的“放热量信息获取装置”；并且当 ECU 40 执行步骤 300、302 和 308 时实现根据本发明第一或第三方面的“燃烧比信息获取装置”。

火花塞 28 对应于根据本发明第六方面的“离子检测装置”。

第三实施方式

【根据估算缸内压力 P_0 的爆燃判断】

现在将参照图 9 至 12 描述本发明第三实施方式。

根据第三实施方式的系统也使用图 1 所示的硬件构造。第三实施方式的特征在于使用通过图 3 所示的程序获取的缸内压力 P_0 的估算值来检查爆燃。

图 9 是示出了由 ECU 40 执行以实施根据第三实施方式的上述功能的程序的流程图。当参照图 9 描述第三实施方式时，与参照图 6 针对第一实施方式描述的步骤相同的步骤由与其对应物相同的参考标号表示并且省略了对其描述或者仅进行简要描述。在图 9 示出的程序中，首先执行步骤 200 以计算估算缸内压力 P_0 的记录。图 10A 示出了在步骤 200 中计算出的缸内压力 P_0 的典型波形。

接下来，执行步骤 400 以获取根据来自缸内压力传感器 32 的输出的实际缸内压力 P_c 的记录。图 10B 示出了在爆燃情况下的实际缸内压力 P_c 的典型波形，其在步骤 400 中获取。如图 10B 所示，高频压力分量叠加在爆燃情况下的实际缸内压力 P_c 的波形上。另一方面，图 10A 示出的估算缸内压力 P_0 的波形通过一阶滞后函数（方程 3）计算出。因此，没有叠加高频压力分量时，该波形是平滑的。

在图 9 示出的程序中，接下来执行步骤 402 以计算在步骤 200 中计算出的估算缸内压力 P_0 和在步骤 400 中获取的实际缸内压力 P_c 的波形之间的差。当执行步骤 402 时，从图 10C 所示的实际缸内压力的波形仅能获取爆燃引起的高频压力分量（关于爆燃的信息）。

接下来，执行步骤 404 以将在步骤 402 中计算出的差的绝对值进行合计。图 10D 示出了当执行步骤 404 时获得的波形。接下来，执行步

骤 406 以判断爆燃强度。更具体地,当所获得的总差超过预定的阈值时,就得出发生爆燃的结论。这里,假定对差的绝对值进行合计。然而,可使用差的峰值代替总值来判断爆燃强度。

当如上所述地执行图 9 所示的程序时,可通过使用根据本发明的估算缸内压力 P_{θ} 的记录进行爆燃判断。使用此方法使得能够比较在同一燃烧循环内的估算缸内压力 P_{θ} 和实际缸内压力 P_c 。因此,与使用根据前一燃烧循环期间遇到的现象或根据统计来估算当前燃烧循环的正常缸内压力的传统方法相比,能够以更高的精度实现爆燃检测。此外,使用上述方法还使得能够在不必为 ECU 40 提供内部高通滤波电路来在爆燃情况下取出高频压力分量的情况下进行爆燃判断。这使得能够消除高通滤波电路的成本并且降低噪声控制所需的成本。

如上所述的第三实施方式通过直接比较缸内压力的实际值 P_c 和估算值来进行爆燃判断。然而,本发明不限于使用这种爆燃判断方法。例如,可替代地使用参照图 11 和 12 描述的方法。图 11 是示出了由 ECU 40 执行以比较放热率 $dQ/d\theta$ 的估算值和实际值并且进行爆燃判断的程序的流程图。在图 11 所示的程序中,首先执行步骤 500 以计算估算放热率 $dQ/d\theta$ 的记录。更具体地,以与步骤 200 相同的方式执行处理以计算估算缸内压力 P_{θ} 的记录并且通过使用预定的计算公式从计算出的估算缸内压力 P_c 的记录计算放热率 $dQ/d\theta$ 的记录。图 12A 示出了在步骤 500 中计算出的估算放热率 $dQ/d\theta$ 的典型波形。

接下来,根据预定的计算公式执行步骤 502 以从根据缸内压力传感器 32 的输出所获取的实际缸内压力 P_c 的记录计算实际放热率 $dQ/d\theta$ 的记录。图 12B 示出了当爆燃实际发生时在步骤 302 中计算的实际放热率 $dQ/d\theta$ 的典型波形。如果发生爆燃,则发生快速燃烧。因此,在图 12B 示出的实际放热率 $dQ/d\theta$ 的波形指示燃烧峰值大并且燃烧结束早。另一方面,在图 12A 示出的估算放热率 $dQ/d\theta$ 的波形中没有反映出爆燃。

在图 11 示出的程序中,随后执行步骤 504 以计算在步骤 500 中计算出的估算放热率 $dQ/d\theta$ 的波形和在步骤 502 中获取的实际放热率 $dQ/d\theta$ 的波形之间的差。在步骤 504 中执行的处理使得能够仅仅从实际放热率 $dQ/d\theta$ 的波形取出关于爆燃的信息(指示爆燃特性的信息),如图 12C 所示。

接下来,执行步骤 506 以合计在步骤 504 中计算出的差的绝对值。图 12D 示出了当执行步骤 506 时获得的波形。接下来,执行步骤 508 以判断爆燃强度。因为与使用缸内压力 P_c 的方法相同,将不再对在步骤 508 中使用的判断方法进行详细描述。如上所述地使用放热率 $dQ/d\theta$ 的方法也使得能够检查爆燃。当为了实际使用此方法而要判定估算缸内压力 P_0 时,可以参照图 3 示出的程序所描述的方式利用缸内压力传感器 32 来检测缸内状态。可选的是在使用火花塞 28 作为离子探针的同时以参照图 7 中示出的程序所描述的方式来检测缸内状态。然而,使用离子探针的方法更合适,因为这种方法不产生任何高频分量。

如上所述的第三实施方式通过比较在步骤 404 中获取的总值与预定阈值来检查爆燃。然而,本发明不限于使用这种爆燃检查方法。可选地,可根据总值的大小来判断所遇到的爆燃的水平。对于负荷系数 KL 高从而爆燃易于发生的区域,可执行图 9 示出的程序以进行爆燃判断。

在如上所述的第三实施方式及其改进实施方式中,当 ECU 40 执行步骤 402 至 406 时实现根据本发明第十一方面的“爆燃信息获取装置”;当 ECU 40 执行步骤 500 时实现根据本发明第十二方面的“估算放热率获取装置”;当 ECU 40 执行步骤 502 时实现根据本发明第十二方面的“实际放热率获取装置”;以及当 ECU 40 执行步骤 504 至 508 时实现根据本发明第十二方面的“爆燃信息获取装置”。

第四实施方式

【利用估算缸内压力 P_0 的 MBT 控制】

现在将参照图 13 描述本发明第四实施方式。

根据第四实施方式的系统也使用图 1 所示的硬件构造。第四实施方式的特征在于通过使用由图 3 示出的程序获得的估算缸内压力 P_0 实施 MBT (最佳点火正时) 控制。

图 13 是示出根据第四实施方式的由 ECU 40 执行以实施上述功能的程序的流程图。当参照图 13 描述第四实施方式时,与参照图 6 针对第一实施方式的描述相同的步骤由与其对应物相同的参考标号表示并且省略了对其描述或者仅对其进行简要描述。在图 13 示出的程序中,首先执行步骤 200 以计算估算缸内压力 P_0 的记录。

接下来，执行步骤 600 以从在步骤 200 中计算出的估算缸内压力 P_{θ} 的记录获取出现缸内压力 P_c 的最大值 P_{\max} 的位置（正时（曲柄角 $\theta_{P_{\max}}$ ）。然后，执行步骤 602 以判断在步骤 600 获取的 P_{\max} 位置 $\theta_{P_{\max}}$ 是否与预定位置 θ_A 吻合。ECU 40 存储预定位置 θ_A 。当最大压力值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 与预定位置 θ_A 吻合时，ECU 40 得出点火正时 SA 是 MBT 的结论。

如果在步骤 602 获得的判断结果表明最大压力值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 与预定位置 θ_A 吻合，则可以得出当前所控制的点火正时 SA 是 MBT 的结论。因此，在此情况下，当前处理循环终止而不再进一步控制点火正时 SA。另一方面，如果在步骤 602 获得的判断结果表明最大压力值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 与预定位置 θ_A 不吻合，则执行步骤 604 以控制点火正时 SA。更具体地，如果发现所计算出的最大压力值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 相对预定位置 θ_A 提前，则根据位置偏差将点火正时 SA 延迟预定量，使点火正时 SA 是 MBT。另一方面，如果发现位置 $\theta_{P_{\max}}$ 相对预定位置 θ_A 延迟，则将点火正时 SA 提前预定量。

当使用以缸内压力传感器测量缸内压力 P_c 并且保持其峰值（最大值 P_{\max} ）的方法时，不能检测出最大值 P_{\max} 的位置（正时）。当使用使 ECU 获取实时测量的缸内压力 P_c 的方法来检测上述峰值正时时，需要 ECU 执行高速取样。然而，实际上，当前 ECU 的性能不足以执行这种高速取样。同时，当图 13 示出的程序使用关于上述根据本发明的估算缸内压力 P_{θ} 的信息（记录）并且实施控制以使得出现缸内压力 P_c 的最大值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 与预定位置 θ_A 吻合时，可针对 MBT 调节点火正时 SA。

在如上所述的第四实施方式中，当 ECU 40 执行步骤 200 时实现根据本发明第十四方面的“压力记录获取装置”；当 ECU 40 执行步骤 600 时实现根据本发明第十四方面的“最大压力值产生时刻获取装置”；而当 ECU 40 执行步骤 602 和 604 时实现根据本发明第十四方面的“点火正时控制装置”。

第五实施方式

【利用估算缸内压力 P_{θ} 的稀薄极限控制】

现在将参照图 14 描述本发明的第五实施方式。

根据第五实施方式的系统也使用图 1 所示的硬件构造。第五实施方式的特征在于实施稀薄极限控制以针对通过使用由图 3 中示出的程序所获得的估算缸内压力 P_{θ} 提供稀薄燃烧的极限空燃比来调节空燃比。

图 14 是示出根据第五实施方式由 ECU 40 执行以实施上述功能的程序的流程图。当参照图 14 描述第五实施方式时，与参照图 6 针对第一实施方式的描述相同的步骤由与其对应物相同的参考标号表示并且省略了对其描述或者仅对其进行简要描述。在图 14 示出的程序中，首先执行步骤 200 以计算估算缸内压力 P_{θ} 的记录。接下来，执行步骤 600 以从在步骤 200 中计算出的估算缸内压力 P_{θ} 的记录获取出现最大压力值 P_{\max} 的位置（正时（曲柄角 $\theta_{P_{\max}}$ ））。

接下来，执行步骤 700 以判断在步骤 600 获取的最大压力值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 是否处于曲柄角 θ 的预定范围内。当由于空燃比朝向稀侧变化而在内燃机 10 中发生燃烧劣化或者失火时，最大压力值 P_{\max} 下降并且出现最大压力值 P_{\max} 的正时（曲柄角 $\theta_{P_{\max}}$ ）相对于正常燃烧过程中的正时偏离。ECU 40 存储指示上述曲柄角 θ 的预定范围的信息，以掌握由为了使空燃比更稀薄而进行的控制操作所引起的这种在正时 $\theta_{P_{\max}}$ 中的偏离。

如果在步骤 700 中获得的判断结果表明最大压力值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 处于曲柄角 θ 的预定范围内，则得出还没有达到稀薄极限（可实现正常燃烧时的稀侧极限空燃比）的结论。在此情况下，执行步骤 702 以控制燃料喷射量，从而提供更稀的空燃比。另一方面，如果在步骤 700 中获得的判断结果没有表明最大压力值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 处于预定范围内，则得出已经超过稀薄极限而引起燃烧劣化或其它类似问题的结论。在此情况下，执行步骤 704 以控制燃料喷射量，从而提供更浓的空燃比。

因为使用了关于上述根据本发明的估算缸内压力 P_{θ} 的信息（记录），即使当安装在车辆上的 ECU 的性能如上所述受到限制，如上所述在图 14 中所示的程序也可实施控制以提供最稀的空燃比并同时最大压力值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 维持在预定范围内。

如上所述的第五实施方式根据最大压力值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 控制

空燃比。然而根据本发明的最大压力值信息不限于最大压力值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 。例如，可在考虑 P_{\max} 的大小以及最大压力值 P_{\max} 的位置 $\theta_{P_{\max}}$ 的同时控制空燃比。

在如上所述的第五实施方式中，当 ECU 40 执行步骤 600 时实现根据本发明第十五方面的“最大压力值信息获取装置”；而当 ECU 40 执行步骤 700 至 704 时实现根据本发明第十五方面的“空燃比控制装置”。

第六实施方式

【利用估算缸内压力 P_0 的传感器输出偏差校正和传感器劣化检测】

现在将参照图 15 描述本发明的第六实施方式。

根据第六实施方式的系统也使用图 1 所示的硬件构造。第六实施方式的特征在于，使用通过图 3 所示的程序获得的估算缸内压力 P_0 来校正缸内压力传感器 32 的输出偏差并且检测该传感器 32 的劣化。

图 15 是示出根据第六实施方式由 ECU 40 执行以实施上述功能的程序的流程图。当参照图 15 描述第六实施方式时，与参照图 6 针对第一实施方式的描述相同的步骤以其对应物相同的参考标号表示并且省略了对其描述或者仅对其进行简要描述。在图 15 示出的程序中，首先执行步骤 200 以计算估算缸内压力 P_0 的记录。接下来，执行步骤 800 以根据缸内压力传感器 32 的输出获取实际缸内压力 P_c 的记录。

接下来，执行步骤 802 以通过比较在步骤 200 中计算出的估算缸内压力 P_0 的记录和在步骤 800 中获取的实际缸内压力 P_c 的记录来检测压力记录中的失真（滞后现象）——其由于缸内压力传感器 32 的输出中的偏差产生。上述失真将不叠加在由根据本发明的上述方法计算出的估算缸内压力 P_0 的记录上。因此，压力记录中的失真，即缸内压力传感器 32 的输出偏差，可通过比较上述缸内压力 P_c 的估算值和测量值来检测。

接下来，执行步骤 804 以根据在步骤 802 中检测到的失真来校正缸内压力传感器 32 的输出偏差。然后，执行步骤 806 以判断在步骤 802 中检测到的失真是否大于预定值。如果所获得的判断结果表明失真大于

预定值，则执行步骤 808 以得出缸内压力传感器 32 劣化的结论。当在步骤 806 中进行劣化判断时，将失真与预定值进行比较。然而，本发明不限于使用这种劣化判断方法。另一选择是判断在步骤 804 中使用的失真校正是否大于预定值。

根据如上所述的在图 15 中所示的程序，可比较在同一燃烧循环中的估算缸内压力 P_0 和实际缸内压力 P_c 。因此，与使用根据前一燃烧循环期间遇到的现象或根据统计来估算当前燃烧循环的正常缸内压力的传统技术相比，可以更高的精度实现传感器误差检测。

在如上所述的第六实施方式中，使用利用缸内压力传感器 32 估算的缸内压力 P_0 的记录来与实际缸内压力 P_c 比较。通过使用根据本发明的估算缸内压力 P_0 来校正缸内压力传感器 32 的输出偏差并检测传感器 32 的劣化的方法不限于上述比较方法。例如，传感器输出偏差检测和传感器劣化检测可通过将利用离子探针按照图 7 所示程序估算的缸内压力 P_0 与通过缸内压力传感器 32 测得到的缸内压力进行比较来执行。当使用此方法时，可实现对离子探针和缸内压力传感器 32 的劣化检测。

在如上所述的第六实施方式中，当 ECU 40 执行步骤 802 时实现根据本发明第十六方面的“失真检测装置”；当 ECU 40 执行步骤 804 时实现根据本发明第十六方面的“传感器输出校正装置”；而当 ECU 40 执行步骤 806 和 808 时实现根据本发明第十六方面的“传感器劣化判断装置”。

第七实施方式

【根据发动机转速 NE 改变对实际缸内压力 P_c 的取样频率】

现在将参照图 16 描述本发明的第七实施方式。

根据第七实施方式的系统也使用图 1 所示的硬件构造。当发动机转速增加时，曲柄角 θ 的角速度增加。这减少了预定曲柄角 θ 的间隔（时间）。因此，当发动机转速 NE 增加时，将使 ECU 40 难以根据缸内压力传感器 32 的输出测量（取样）实际缸内压力 P_c 。在这种情况下，本实施方式根据发动机转速 NE 改变对实际缸内压力 P_c 的取样频率。

图 16 是示出了根据第七实施方式由 ECU 40 执行以实施上述功能

的程序的流程图。在图 16 示出的程序中，首先执行步骤 900 以获取发动机转速 NE。接下来，执行步骤 902 以判断当前发动机转速 NE 是否大于预定值。

如果在步骤 902 中获得的判断结果表明发动机转速 NE 没有大于预定值，则执行步骤 904 以使用由缸内压力传感器 32 测量出的缸内压力 P_c 来作为用于各种发动机控制功能的基础。另一方面，如果所获得的判断结果表明发动机转速 NE 大于预定值，则执行步骤 906 以使用由方程 3 计算出的估算缸内压力 P_0 来作为用于各种发动机控制功能的基础。更具体地，例如通过执行图 3 示出的程序的步骤 106 针对每个单位曲柄角 θ 计算估算缸内压力 P_0 的记录。

如前所述，当使用通过使用方程 3 估算缸内压力 P_c 的方法时，在任意曲柄角 θ 处的缸内压力 P_c 可通过使用仅仅两个测量数据容易地且高精度地估算出。因此，图 16 中示出的程序使得能够通过通过在发动机转速 NE 高的区域内减少 ECU 40 的取样频率来降低 ECU 40 上的负荷。此外，当例如在使用根据第三实施方式的估算缸内压力 P_0 的爆燃判断系统中以并行方式执行上述程序时，在发动机转速 NE 高的区域中可降低在爆燃判断序列期间施加在 ECU 40 上的负荷。

在如上所述第七实施方式中，当 ECU 40 执行步骤 902 和 906 时实现根据本发明第十八方面的“控制基本数据选择装置”。

第八实施方式

【基于估算缸内压力 P_0 的扭矩需求控制的第一示例】

现在将参考照 17 和 18 描述本发明的第八实施方式。

根据第八实施方式的系统也使用图 1 所示的硬件构造。第八实施方式使用由方程 3 计算的估算缸内压力 P_0 ，并且实施控制使得内燃机 10 的实际指示扭矩与基于车辆行驶状态的所需扭矩相吻合。

图 17 是示出了根据第八实施方式由 ECU 40 执行以实施上述功能的程序的流程图。假定在燃烧开始前以预定的正时对内燃机 10 的每个燃烧循环执行该程序。在图 17 示出的程序中，首先执行步骤 1000 以通过利用各种传感器输出来检测车辆的当前行驶状态。更具体地，遵循该

步骤以获取关于加速器踏板下压量、加速器踏板下压量的改变率、发动机转速 NE、车速等的信息。接下来，执行步骤 1002 以根据车辆行驶状态计算为了符合驾驶员要求内燃机 10 所应当产生的所需扭矩。

接下来，执行步骤 1004 以计算前一燃烧循环的指示扭矩。更具体地，以与图 6 所示的程序相同的方式计算前一循环的指示扭矩。接下来，执行步骤 1006 以估算点火正时 SA，使得上述指示扭矩与上述所需扭矩相吻合。

更具体地，执行步骤 1006 以执行图 18 所示的程序。在图 18 所示的程序中，首先执行步骤 1100 以设定点火正时 SA 的初始值。接下来执行步骤 1102 以根据在步骤 1100 或 1112 中设定的点火正时 SA 以及图 4 所示的映射来估算燃烧开始时刻 θ_0 和燃烧结束时刻 θ_f 。然后执行步骤 1104 以通过将放热量 PV^k 代入方程 3 估算缸内压力 P_c ，放热量 PV^k 基于在前一燃烧循环期间在两个预定点测量的缸内压力 P_c 。接下来，执行步骤 1106 以通过使用估算缸内压力 P_c 来计算指示扭矩。

接下来，执行步骤 1108 以判断在步骤 1106 中计算出的指示扭矩是否与在步骤 1002 中计算出的所需扭矩相吻合。如果获得的判断结果表明指示扭矩与所需扭矩不吻合，则执行步骤 1110 以提前或延迟点火正时 SA。此外，使用以这种方式改变的点火正时 SA 来再次执行步骤 1102 至 1108。另一方面，如果获得的判断结果表明指示扭矩与所需扭矩相吻合，则执行步骤 1112 以最终确定当前点火正时 SA 为估算值。

在图 17 所示的程序中，然后执行步骤 1008 以实施控制，使得当前燃烧循环的点火正时 SA 与在步骤 1006 计算出的点火正时 SA 吻合。接下来，在燃烧之后执行步骤 1010 以计算当前燃烧循环的实际指示扭矩。更具体地，通过将放热量 PV^k 代入方程 3 计算实际指示扭矩，放热量 PV^k 基于在当前燃烧循环期间在两个预定点测量的缸内压力 P_c 。

接下来，执行步骤 1012 以将在步骤 1010 中计算出的用于当前燃烧循环的实际指示扭矩与在步骤 1002 中计算出的所需扭矩进行比较，并且计算所比较的扭矩值之间的偏差。然后，执行步骤 1014 以根据在步骤 1012 中计算出的偏差校正下一燃烧循环的所需扭矩。例如，如果实际指示扭矩小于所需扭矩，为了校正目的，增加用于下一燃烧循环的所需扭矩。

根据如上所述图 17 所示的程序, 由方程 3 获取的估算缸内压力 P_c 可用来获取前一燃烧循环的指示扭矩。此外, 由方程 3 获取的估算缸内压力 P_c 可用来估算当前燃烧循环的实际指示扭矩与所需扭矩相吻合情况下的点火正时 SA。此外, 根据利用估算出的点火正时 SA 所产生的当前燃烧循环的实际指示扭矩来校正用于下一燃烧循环的所需扭矩。如上所述, 根据本实施方式的系统可根据由方程 3 获取的估算缸内压力 P_c 实施控制, 使得内燃机 10 的扭矩与所需扭矩相吻合。

在如上所述的第八实施方式中, 当 ECU 40 执行步骤 1000 和 1002 时实现根据本发明第十九方面的“所需扭矩获取装置”; 而当 ECU 40 执行步骤 1004 和 1006 时实现根据本发明第十九方面的“控制指标判定装置”。

第九实施方式

【基于估算缸内压力 P_0 的扭矩需求控制的第二示例】

现在将参照图 19 和 20 描述本发明的第九实施方式。

根据第九实施方式的系统也使用图 1 所示的硬件构造。如同第八实施方式的情况, 第九实施方式使用由方程 3 计算的估算缸内压力 P_0 , 并且实施控制使得内燃机 10 的实际指示扭矩与基于车辆行驶状态的所需扭矩相吻合。第九实施方式与第八实施方式的不同之处在于, 前者预先估算在当前燃烧循环中内燃机 10 能够产生的扭矩, 而不是前一燃烧循环的指示扭矩, 并且估算当前燃烧循环的实际指示扭矩与所需扭矩相吻合情况下的点火正时 SA。

图 19 是示出了根据第九实施方式由 ECU 40 执行以实施上述功能的程序的流程图。当参照图 19 描述第九实施方式时, 与参照图 17 针对第八实施方式的描述相同的步骤由与其对应物相同的参考标号表示并且省略了对其描述或者仅对其进行简要描述。在图 19 所示的程序中, 在计算所需扭矩(步骤 1002)之后计算当前燃烧循环的缸内填充空气量(步骤 1200)。更具体地, 缸内填充空气量可通过关系表达式(空气模型)来计算, 该关系表达式定义了缸内 DJ 值或空气量与内燃机 10 的各种操作参数之间的关系。

接下来, 根据在步骤 1200 中计算出的缸内填充空气量预测当前燃

烧循环期间内燃机 10 能够产生的最大扭矩 (步骤 1202)。然后根据所预测的扭矩估算当前燃烧循环的实际指示扭矩与上述所需扭矩相吻合情况下的点火正时 SA (步骤 1204)。

更具体地, 在步骤 1204 中执行图 20 所示的程序。图 20 所示的程序与图 18 所示的程序基本上相同。下面的说明主要针对两个程序之间的不同进行。在图 20 所示的程序中, 在估算出燃烧开始时刻 θ_0 和燃烧结束时刻 θ_f (步骤 1102) 之后, 通过根据在步骤 1200 中计算出的缸内填充空气量、参照映射 (未示出) 来估算放热量 PV^k (步骤 1300)。接下来, 将放热量 PV^k 代入方程 3 以估算缸内压力 P_c (步骤 1104)。

在通过图 20 示出的程序估算出点火正时 SA 之后, 顺序执行图 19 示出的程序的步骤 1008 至 1014。

根据如上所述的在图 19 示出的程序, 可使用由方程 3 获取的估算缸内压力 P_c 、根据内燃机 10 在当前燃烧循环过程中能够产生的预测扭矩来估算当前燃烧循环的实际指示扭矩与所需扭矩相吻合情况下的点火正时 SA。此外, 根据在所估算出的点火正时 SA 下所产生的当前燃烧循环的实际指示扭矩来校正用于下一燃烧循环的所需扭矩。如上所述, 根据本实施方式的系统可根据由方程 3 获取的估算缸内压力 P_c 实施控制, 使得内燃机 10 的扭矩与期望的所需扭矩相吻合。

在如上所述的第九实施方式中, 当 ECU 40 执行步骤 1200 至 1204 时实施根据本发明第十九方面的“控制指标判定装置”。

第十实施方式

【基于估算缸内压力 P_0 的扭矩需求控制的第三示例】

现在将参照图 21 描述本发明的第十实施方式。

根据第十实施方式的系统也使用图 1 所示的硬件构造。第十实施方式使用由方程 3 计算的估算缸内压力 P_0 , 并且以获得对应于所需扭矩的所需缸内压力的方式判定各种缸内压力判定参数。

图 21 是示出了根据第十实施方式由 ECU 40 执行以实施上述功能的程序的流程图。在图 21 所示的程序中, 首先执行步骤 1400 以根据加速器开度、发动机转速 NE 以及其它车辆行驶条件计算内燃机 10 的所

需扭矩。接下来，执行步骤 1402，以为了提供所需扭矩而应当在各气缸中产生的所需缸内压力替代在步骤 1400 中计算的所需扭矩。

接下来，执行步骤 1404 以判定在方程 3 中的参数，以便由方程 3 计算出等于在步骤 1402 中计算出的所需缸内压力的估算缸内压力 P_c 。这些参数是燃烧开始时刻 θ_0 、燃烧结束时刻 θ_f 、燃烧速度 a 、常数 m 和增益 G 。增益 G 取决于缸内空气量并且乘以与方程 3 中的韦伯函数相关的项（对应于方程 2 的右侧的项）。

接下来，执行步骤 1406 以根据在步骤 1404 中判定的参数值判定每个致动器的控制量并且根据该控制量控制每个致动器。更具体地，通过参照与图 4 中示出的映射相似映射根据燃烧开始时刻 θ_0 和燃烧结束时刻 θ_f 判定点火正时 SA。此外，根据燃烧速度 a 判定由可变气门正时机构提供的进气门 22 和排气门 24 的相位控制量 VVT（气门重叠量）。此外，根据增益 G 判定节气门开度 TA。这里，根据燃烧速度 a 判定控制量 VVT。然而，本发明不限于使用这种方法。一个可选方式是根据燃烧速度 a 判定进气门 22 的提升量而不是控制量 VVT 或者是判定进气门提升量和控制量 VVT 两者。尽管根据增益 G 判定节气门开度 TA，本发明不限于使用这种方法。一个可选方式是根据增益 G 判定进气门 22 的打开时段而不是节气门开度 TA 或者判定进气门打开时段和节气门开度 TA 两者。这里，假定常数 m 是固定值。然而，如果发生快速燃烧，该常数应当增加。

如上所述的在图 21 中示出的程序使用方程 3 来判定获取所需缸内压力（所需扭矩）所需要的参数（ θ_0 、 θ_f 、 a 等），并且根据所判定的参数控制各种致动器（电子控制节气门、可变气门正时机构等），这些致动器控制内燃机 10 的扭矩（燃烧）。换言之，根据本实施方式的系统可利用方程 3 根据期望的所需扭矩（与其对应的所需缸内压力）实施扭矩（燃烧）控制。此外，根据本实施方式的系统可根据上述所判定的参数来控制气门重叠量、点火正时 SA 等而不会使得进气量过量或不足并且不会延迟点火正时 SA。

在如上所述的第十实施方式中，当 ECU 40 执行步骤 1404 时实现根据本发明第十九方面的“控制指标判定装置”；当 ECU 40 执行步骤 1402 时实现根据本发明第二十方面的“所需缸内压力获取装置”；而当 ECU 40 执行步骤 1406 时实现根据本发明第二十二方面的“控制装置”。

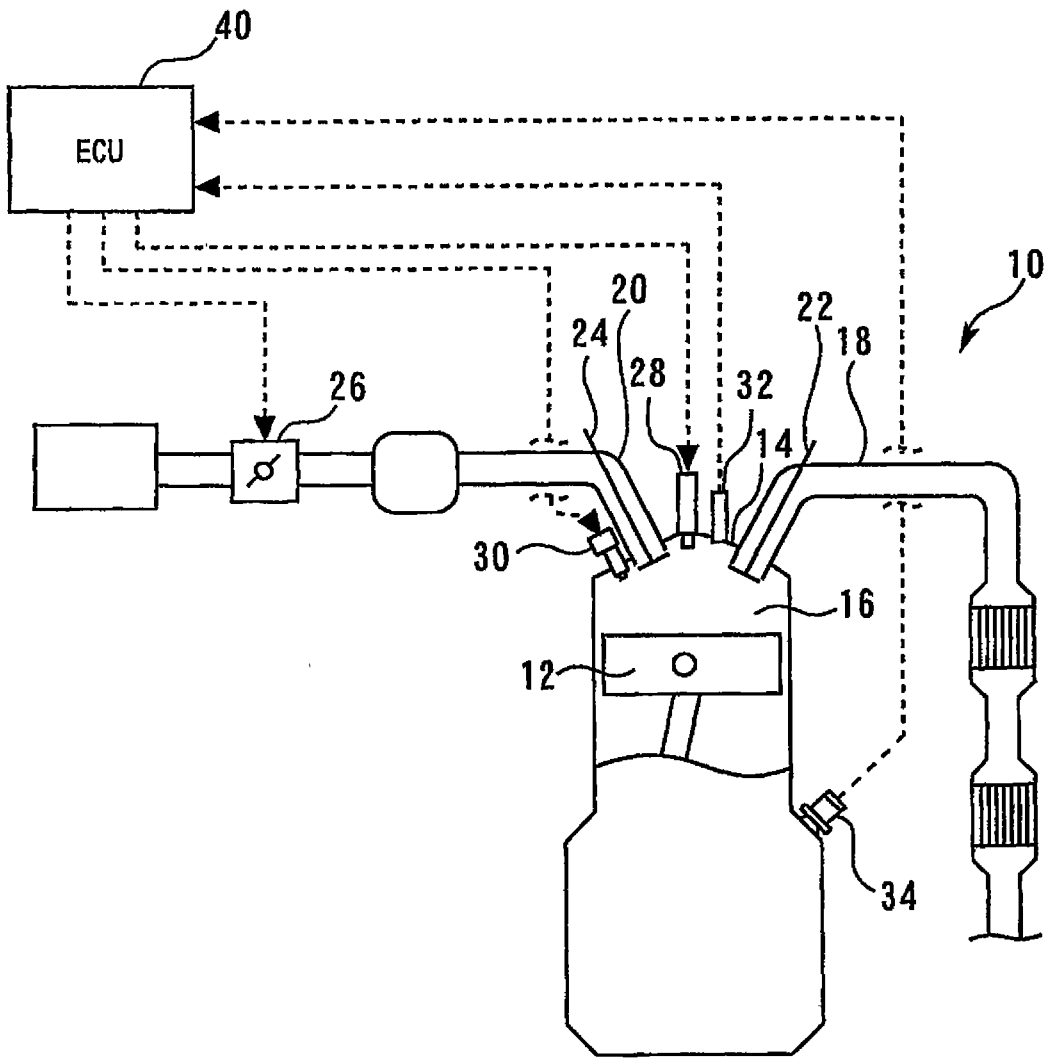


图1

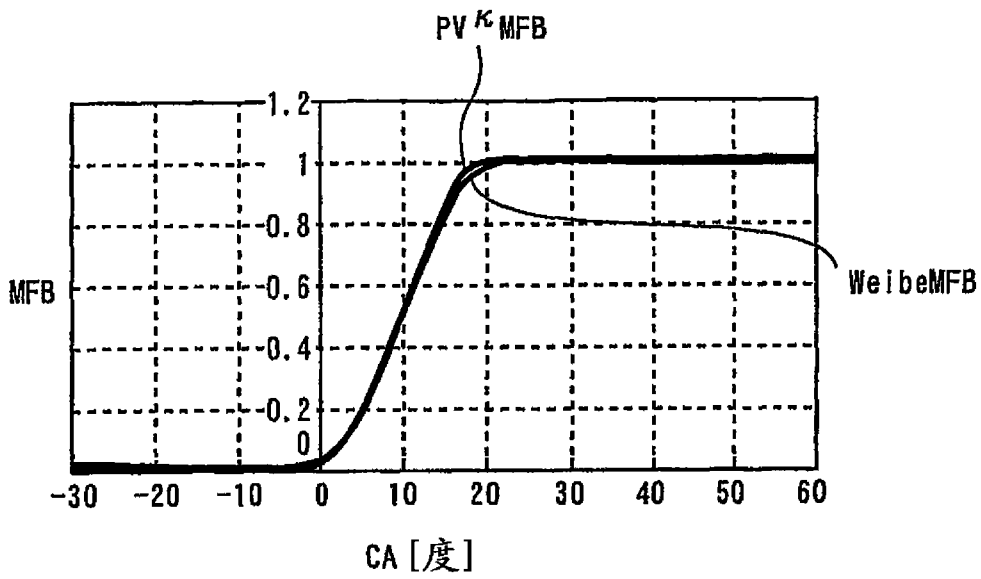


图2

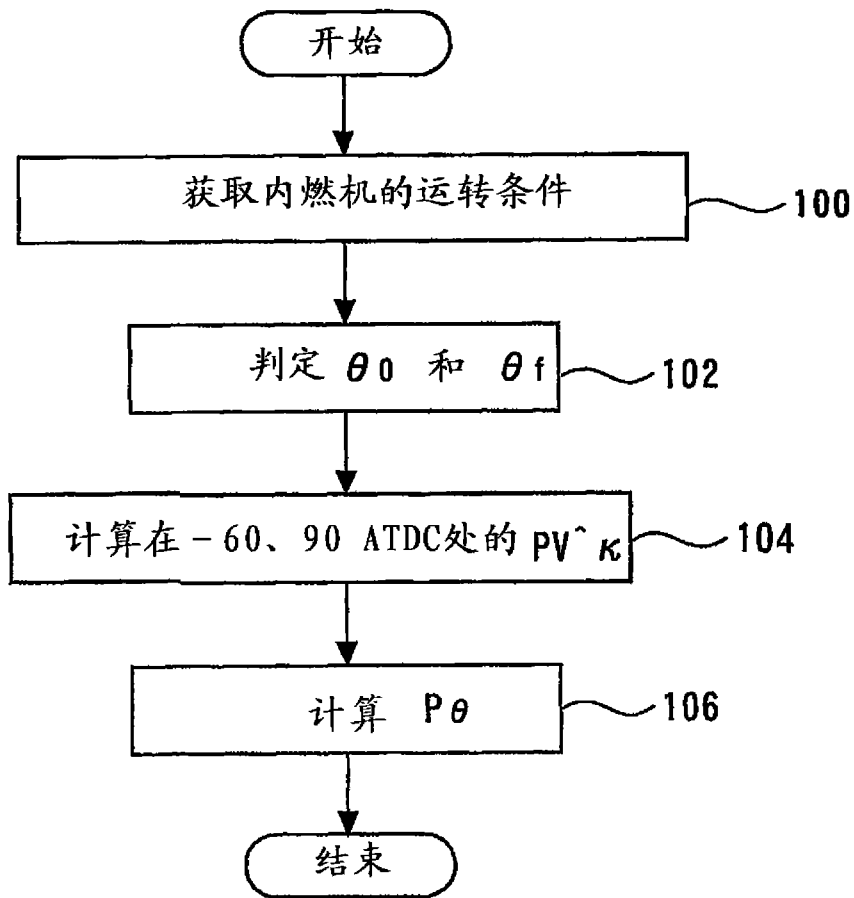


图3

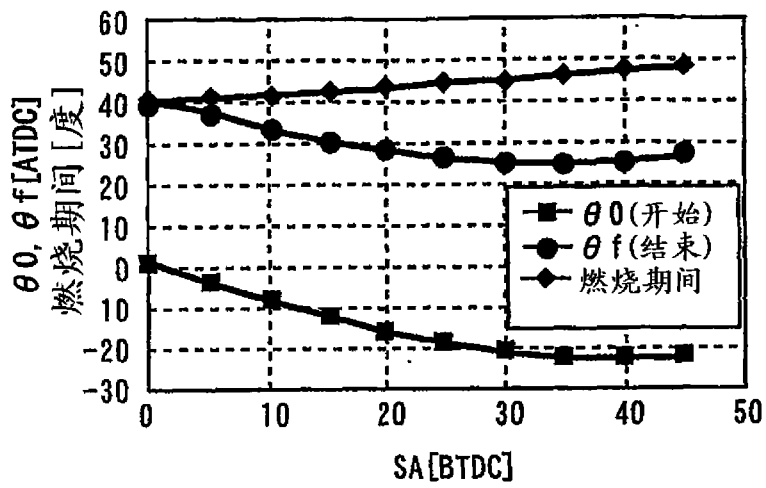


图 4

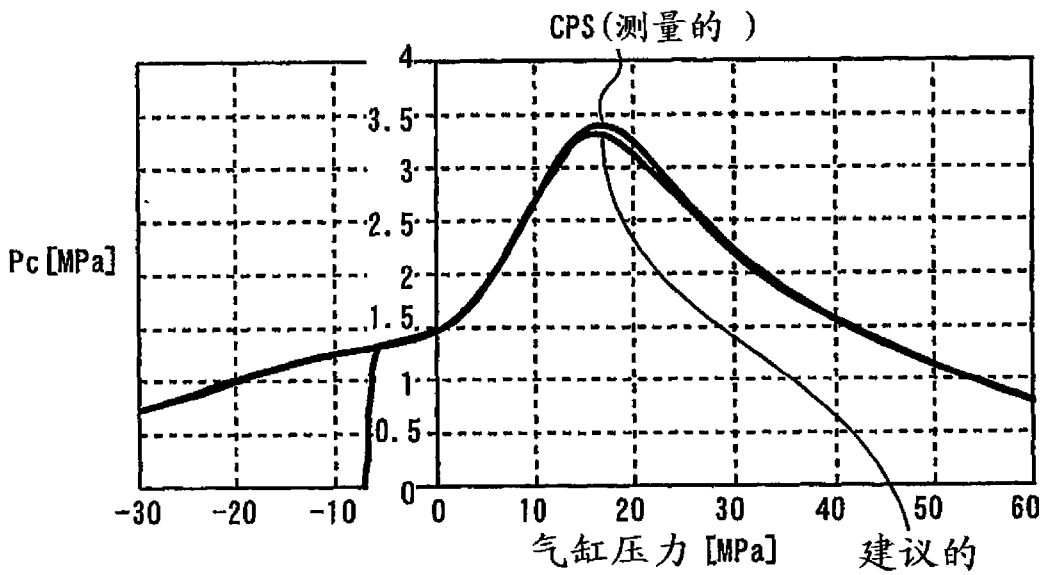


图 5

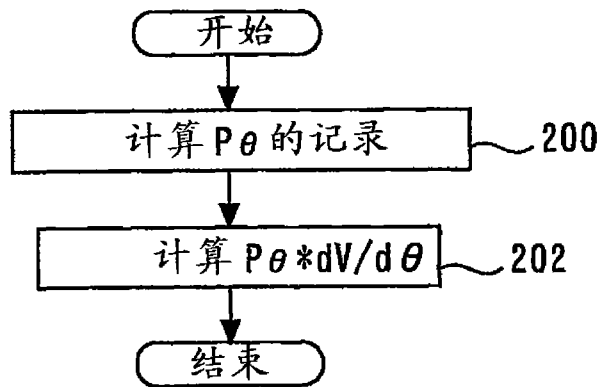


图 6

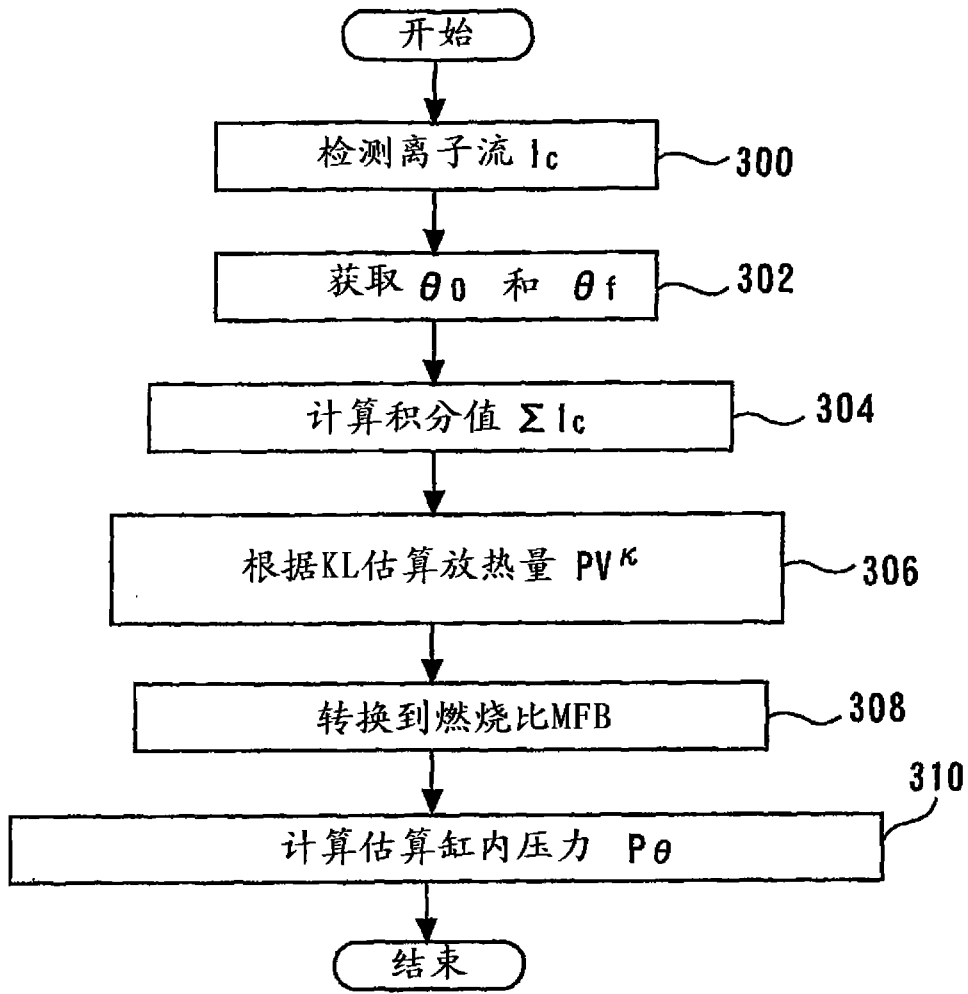


图7

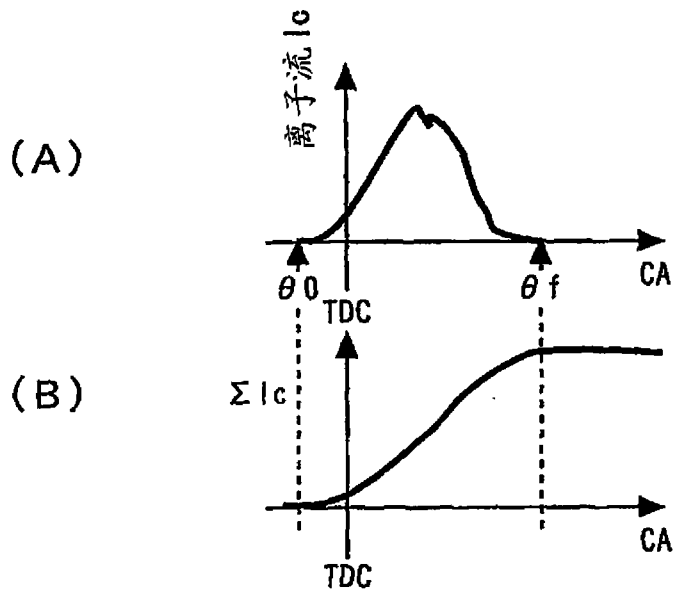


图8

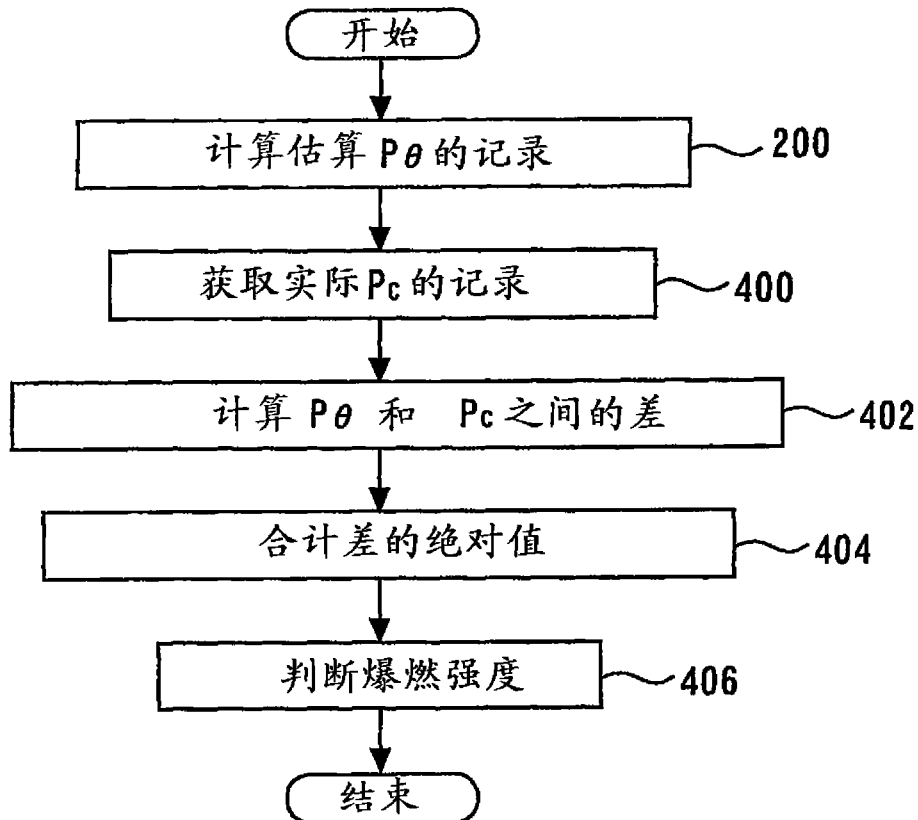


图9

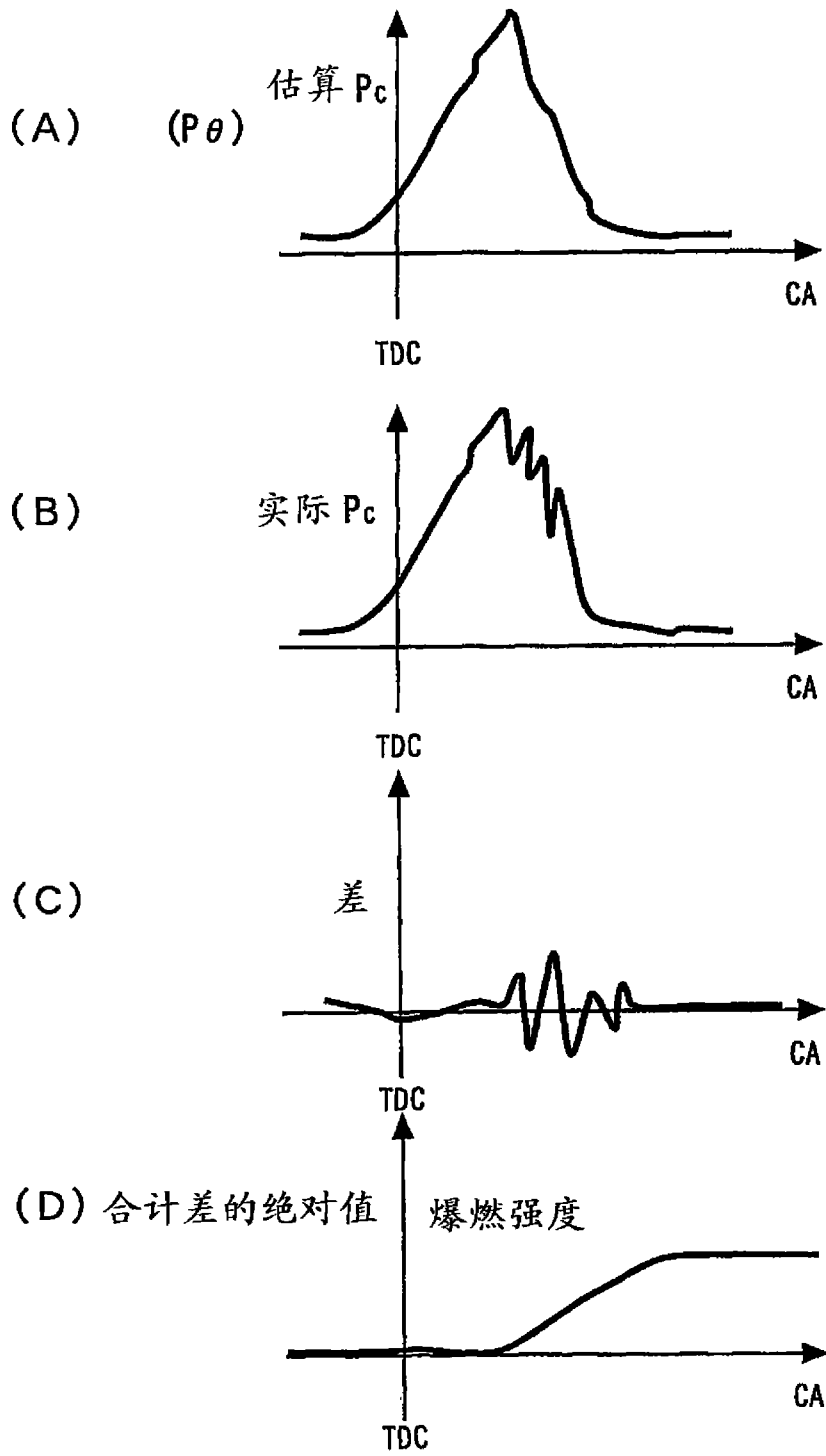


图10

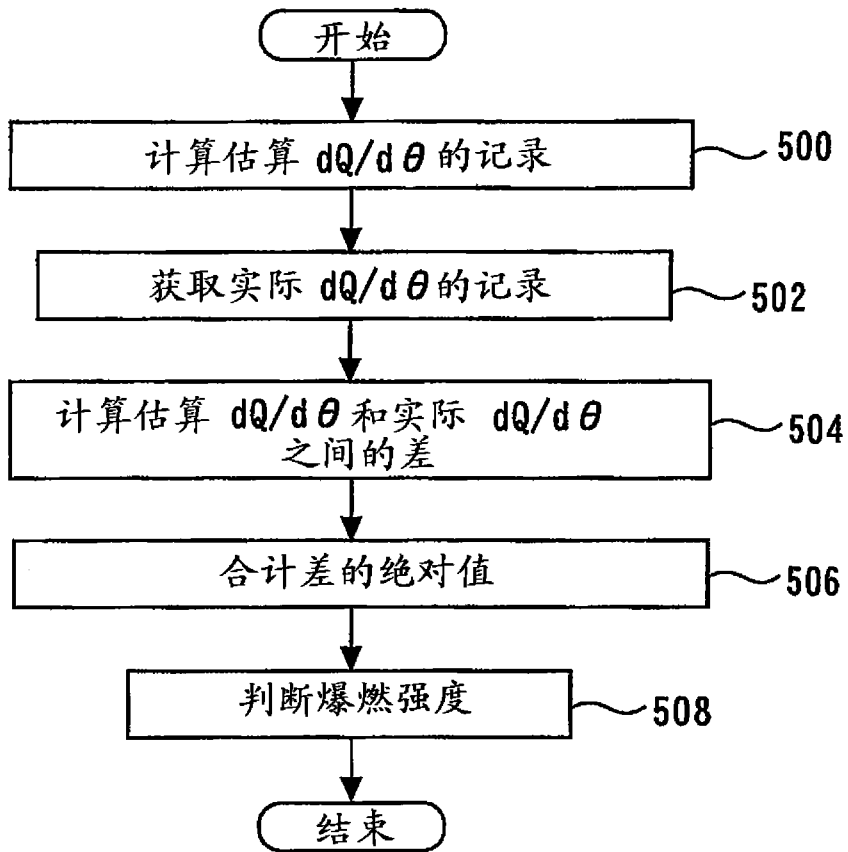


图11

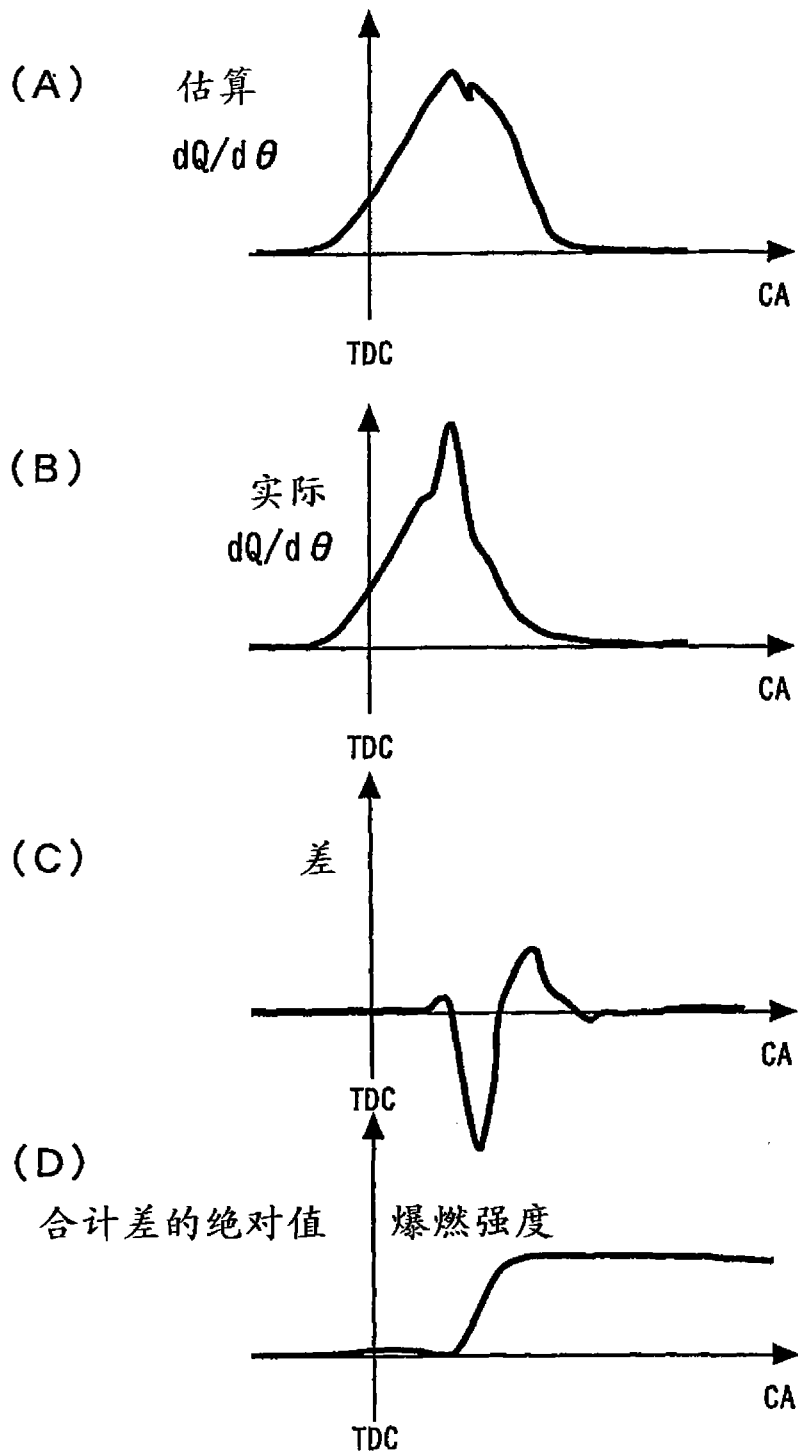


图12

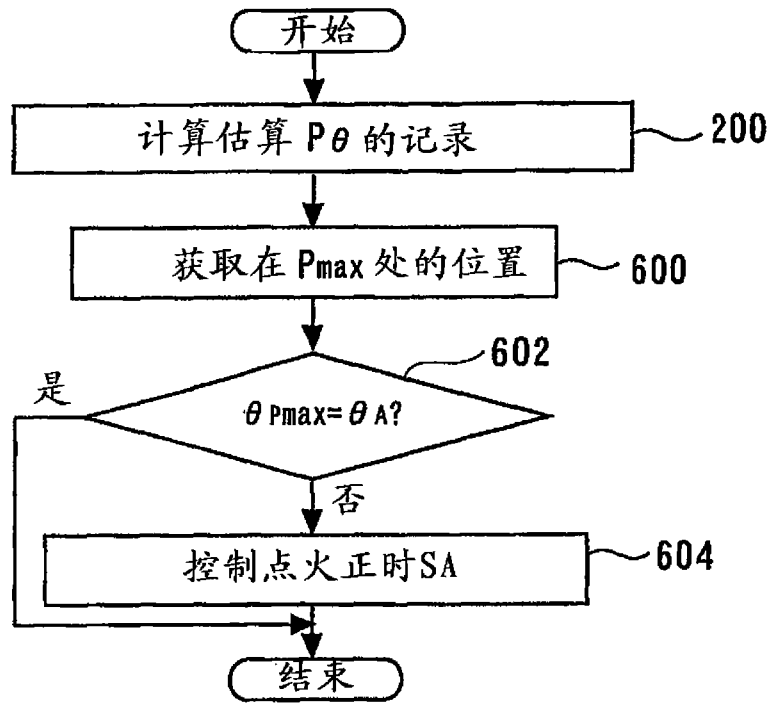


图13

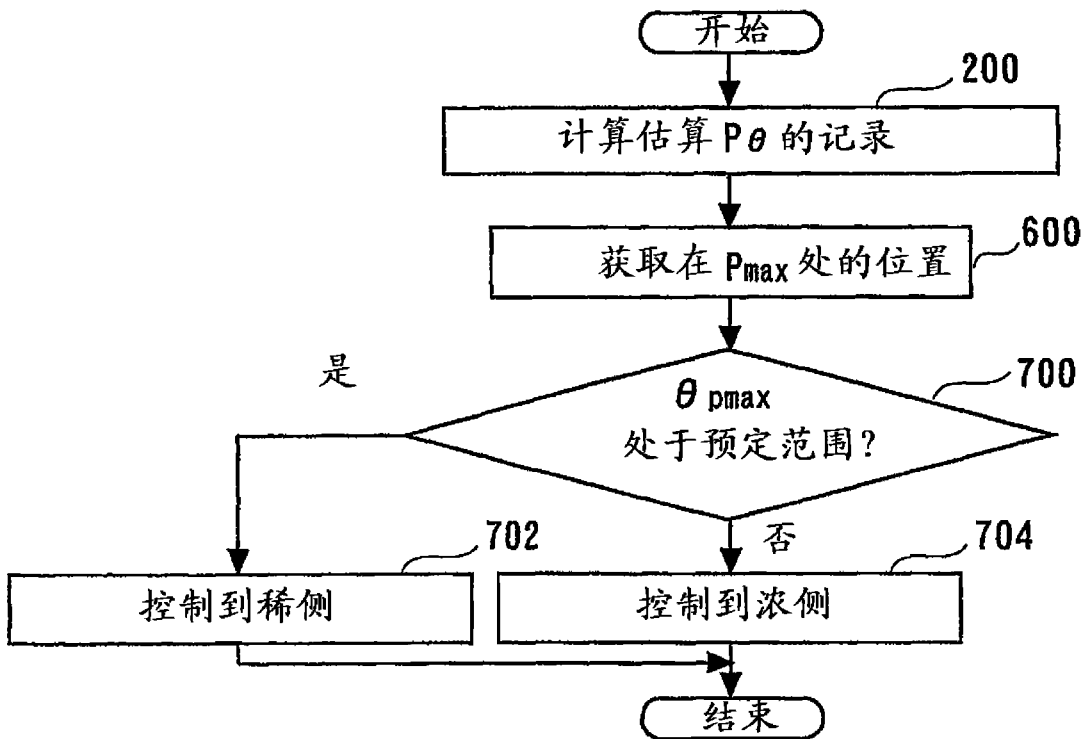


图14

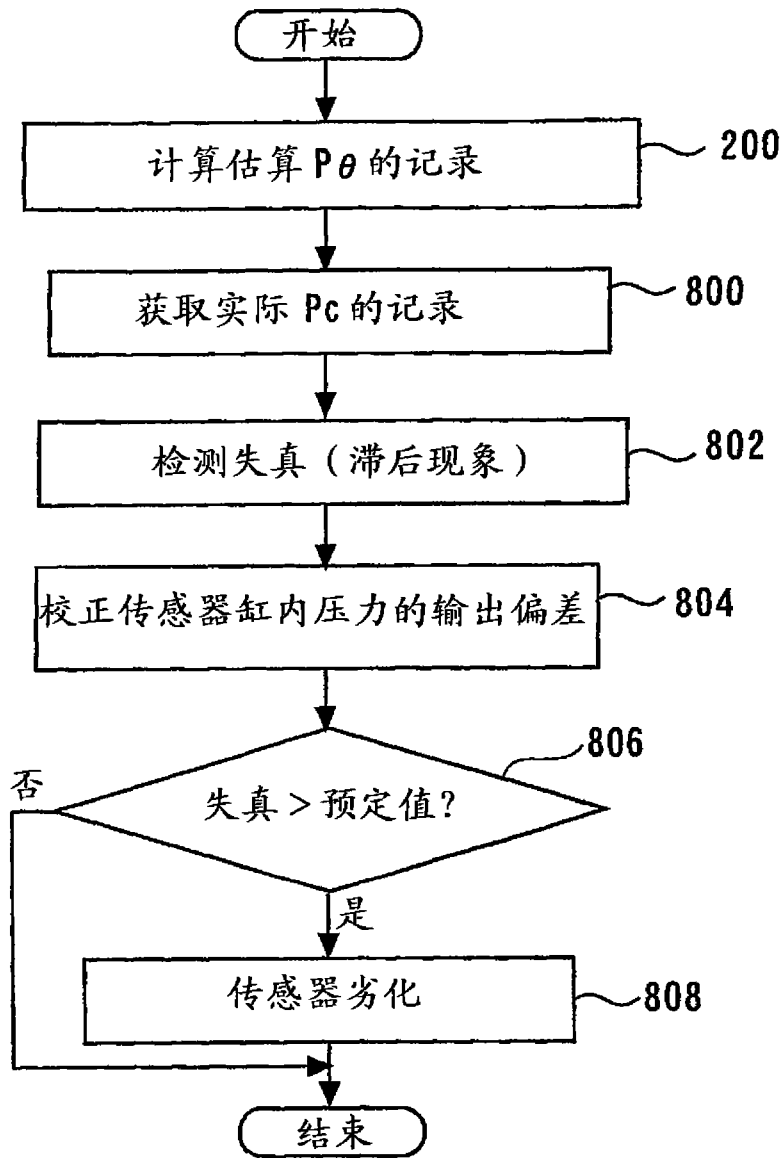


图15

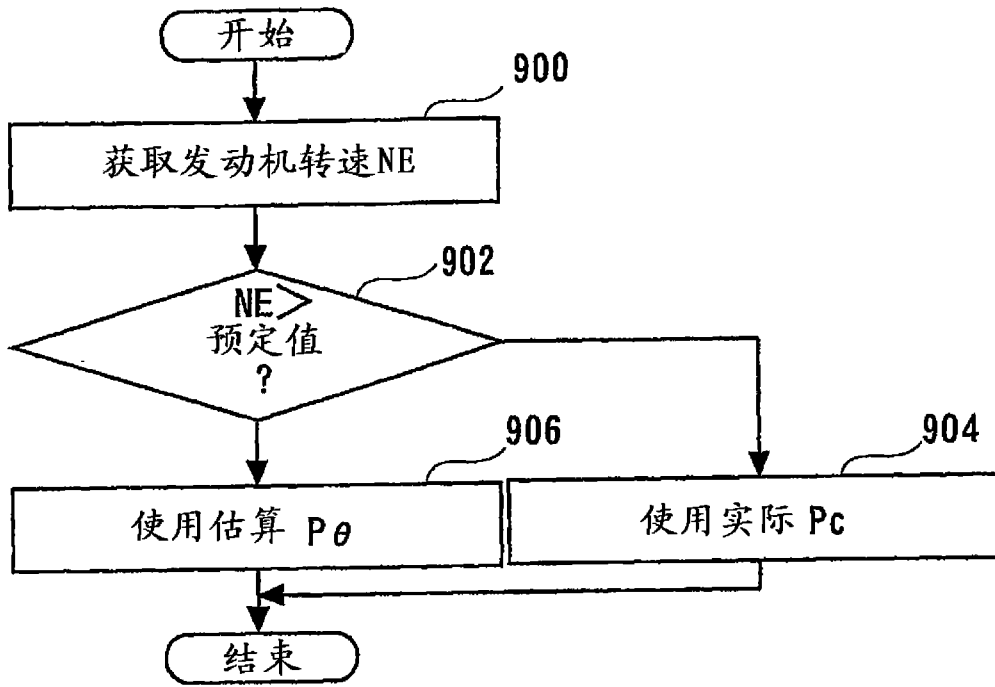


图16

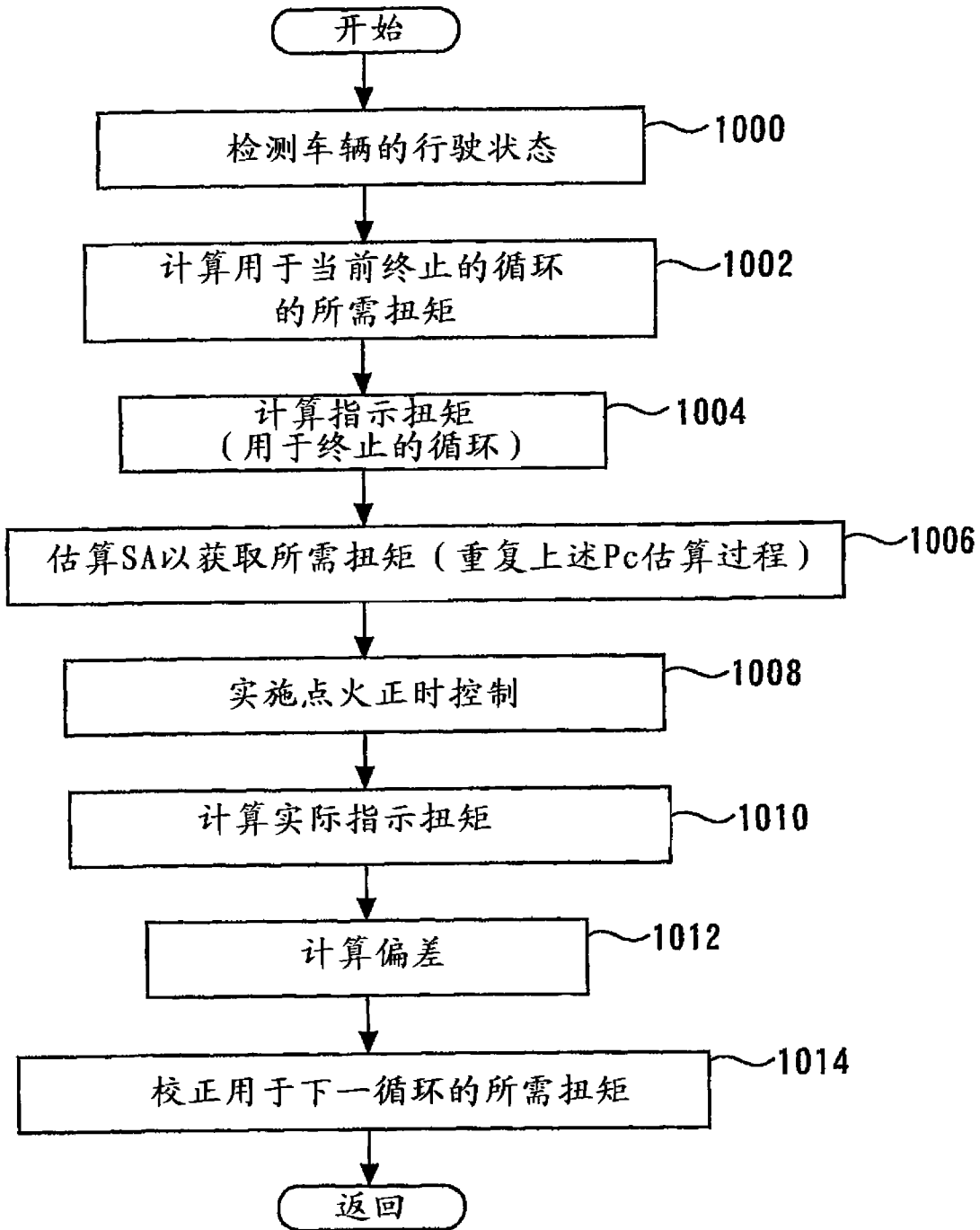


图17

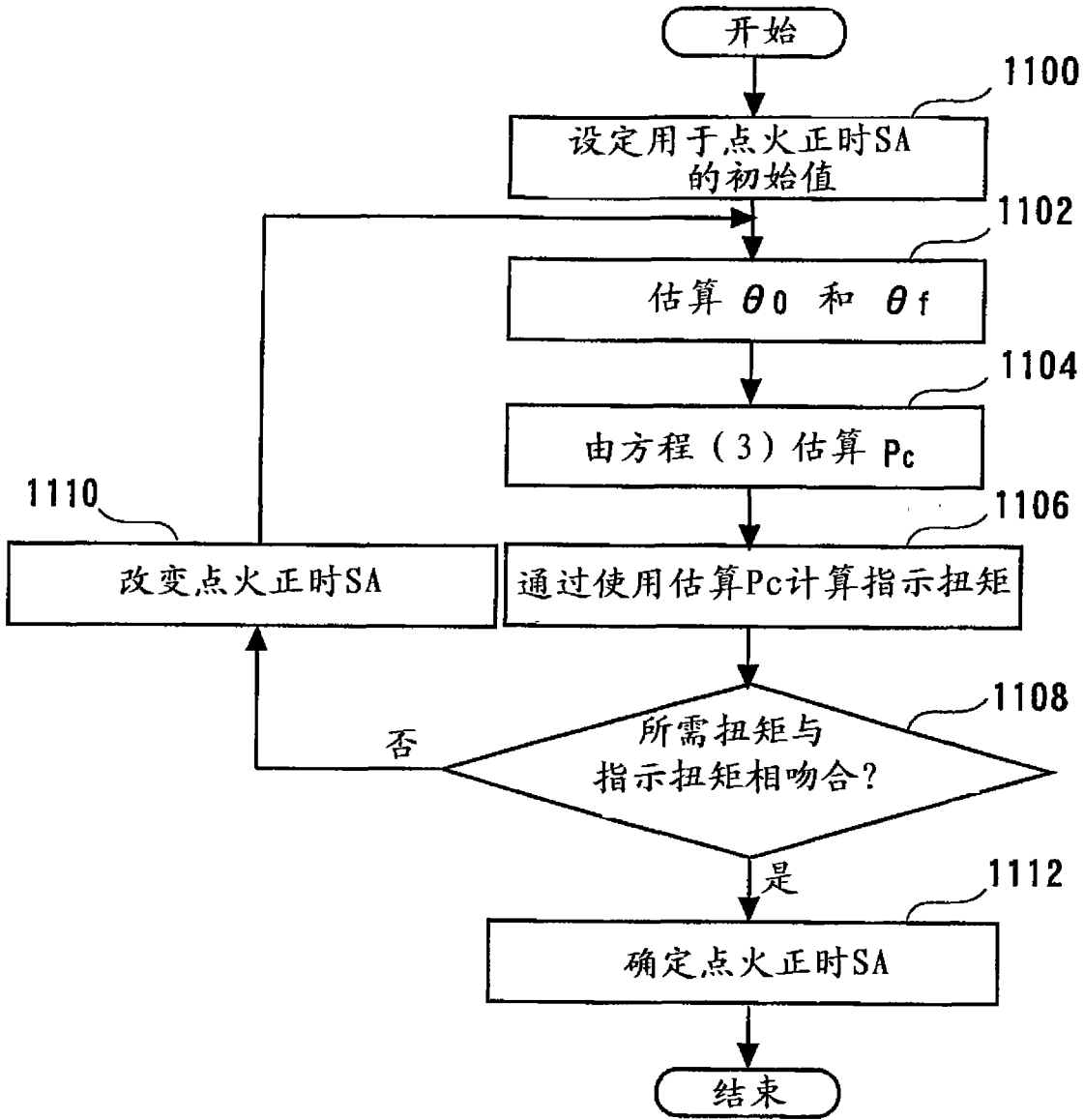


图18

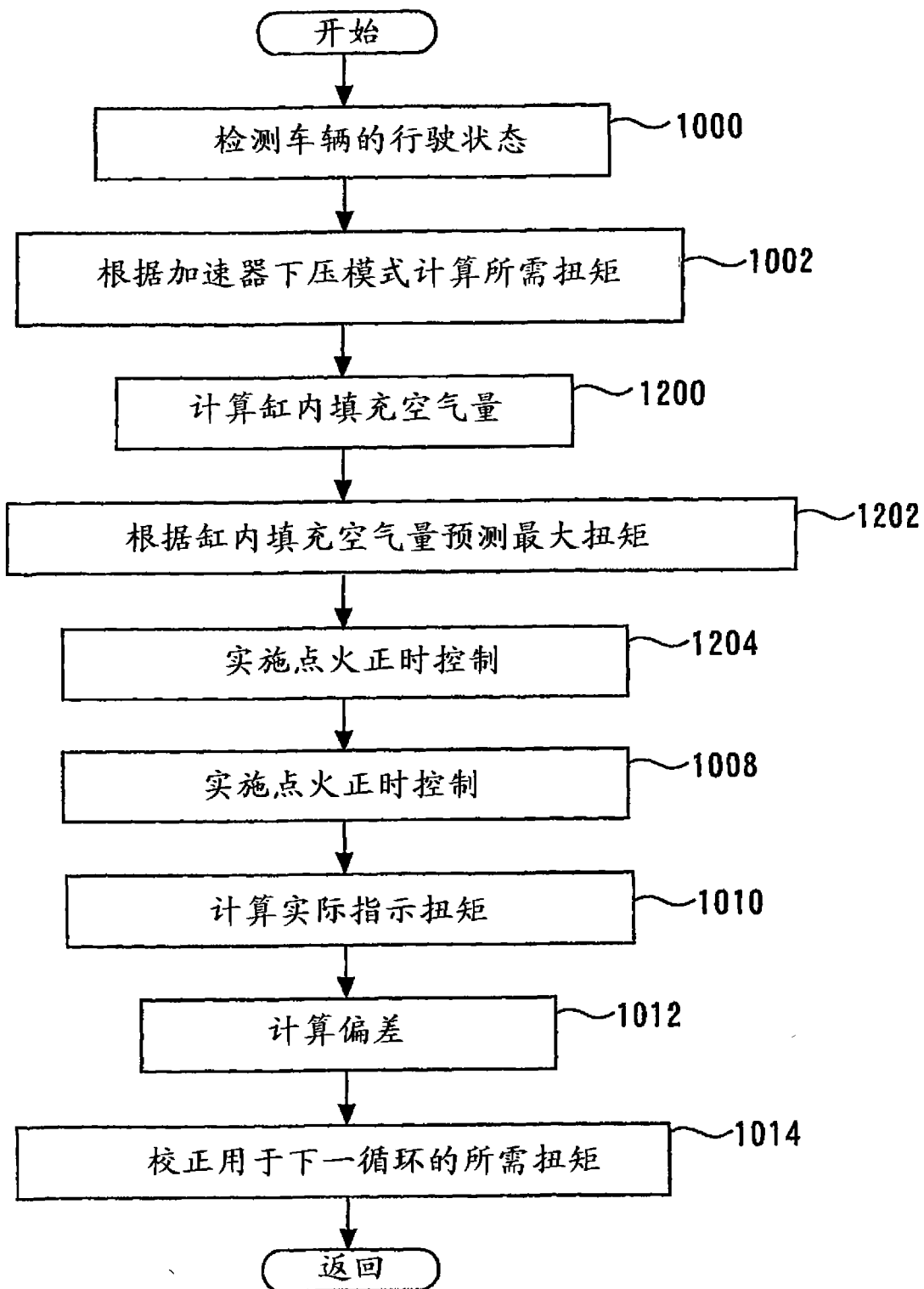


图19

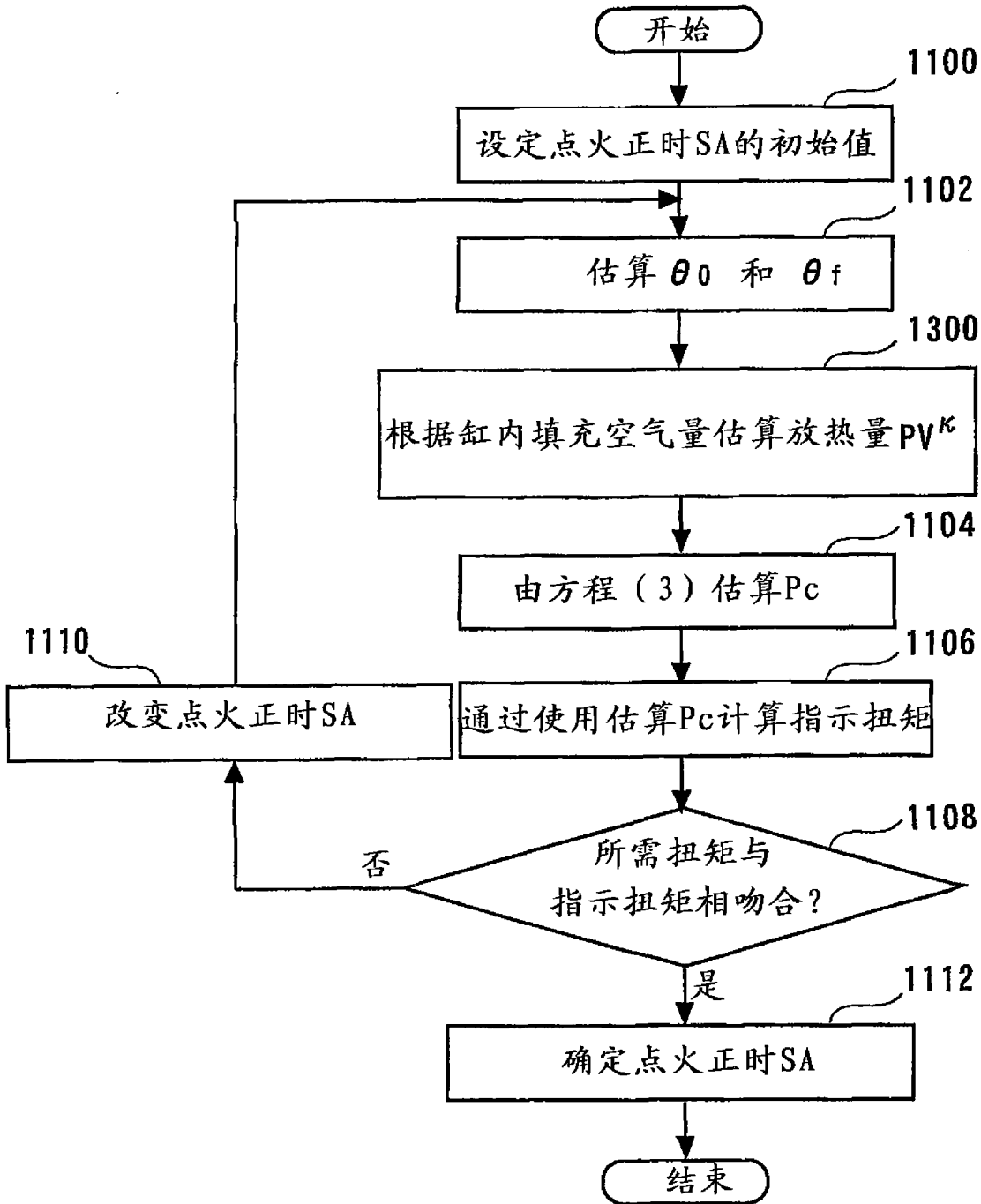


图 20

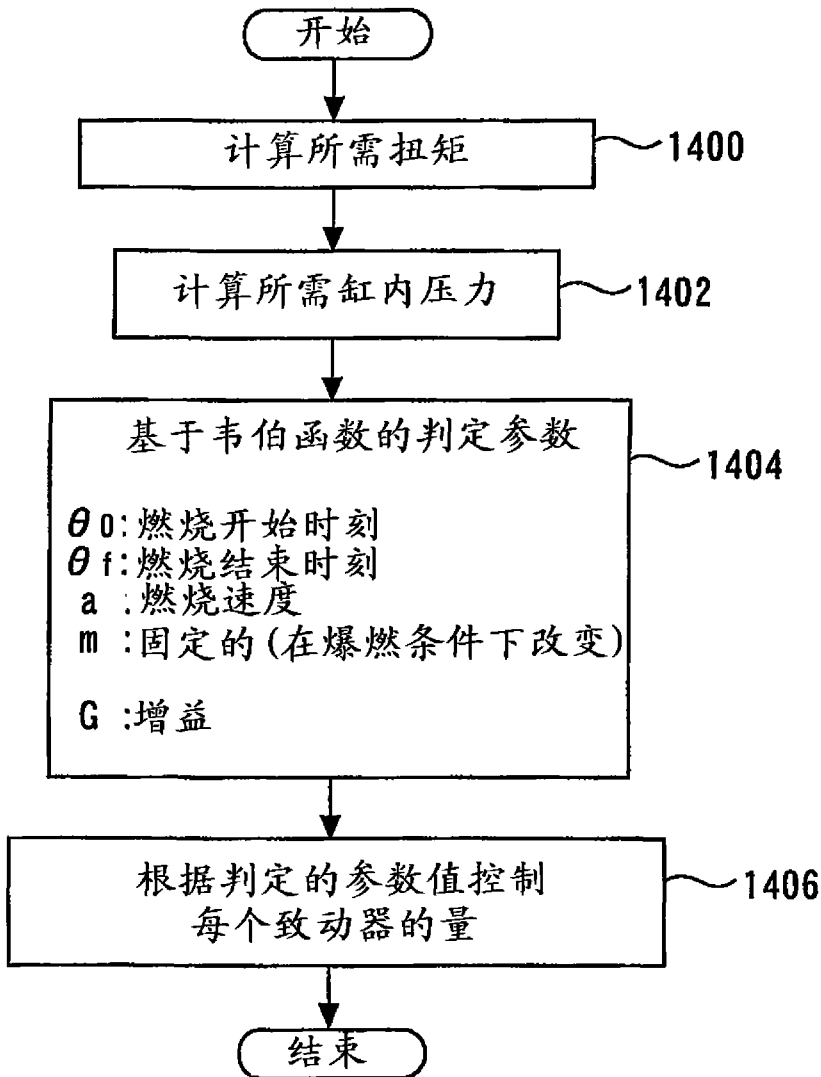


图21