

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F02D 41/04 (2006.01)

F02N 11/08 (2006.01)

F02N 17/08 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580042202.1

[45] 授权公告日 2009年9月2日

[11] 授权公告号 CN 100535419C

[22] 申请日 2005.12.8

[21] 申请号 200580042202.1

[30] 优先权

[32] 2004.12.8 [33] JP [31] 355567/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2005/023002 2005.12.8

[87] 国际公布 WO2006/062250 英 2006.6.15

[85] 进入国家阶段日期 2007.6.8

[73] 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72] 发明人 中村诚 田畑满弘

[56] 参考文献

CN1530526A 2004.9.22

US6425362B1 2002.7.30

JP2001-152891A 2001.6.5

CN1340132A 2002.3.13

JP2001-225674A 2001.8.21

CN1072306C 2001.10.3

CN1384281A 2002.12.11

CN1399060A 2003.2.26

审查员 周兵

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 马江立 吴鹏

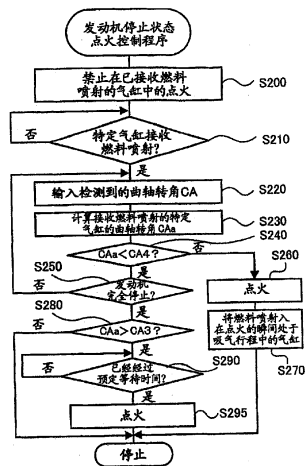
权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 9 页

[54] 发明名称

内燃机系统和内燃机控制方法

[57] 摘要

当在发动机完全停止时预期停止于从吸气行程到压缩行程的燃料喷射停止范围且接收了燃料喷射的特定气缸的曲轴转角 CAa，实际超出该停止范围且到达预定参考角度 CA4 时，发动机停止状态点火控制在到达该角度 CA4 的瞬间点燃接收喷射的特定气缸中的混合气(步骤 S260)，同时将燃料喷入点火瞬间处于吸气行程的气缸(S270)。当接收喷射的特定气缸的曲轴转角 CAa 未到达所述角度 CA4 但超出比该角度小的预定参考角度 CA3 时，停止状态点火控制在从发动机完全停止经过预定等待时间时点燃特定气缸中的混合气(S295)。从而有效抑制发动机再启动时未燃燃料直接排放，防止不良排放，同时确保平稳燃烧，减少由爆发燃烧导致的潜在振动。



1. 一种包括具有多个气缸的内燃机的内燃机系统，该内燃机系统包括：  
能够单独地将燃料喷射入所述内燃机的多个气缸的每一个的进气系统中的燃料喷射单元；

能够单独地点燃所述内燃机的多个气缸的每一个中的空气燃料混合物的点火单元；和

控制模块，该控制模块在接收到所述内燃机的停止指令时，控制所述燃料喷射单元，在所述内燃机完全停止之前，将燃料喷射入所述内燃机的多个气缸中的、预期将停止在包括压缩行程的一部分的预定范围内的特定气缸中，

当接收燃料喷射的所述特定气缸实际上不停止于所述预定范围内，而是超出所述预定范围时，所述控制模块控制所述点火单元从而在规定定时点燃所述特定气缸中的空气燃料混合物，

在接收到所述内燃机的启动指令时，所述控制模块控制所述燃料喷射单元和所述点火单元，从而伴随着在实际上停止于所述预定范围内的气缸中在第一点火定时执行的点火，启动所述内燃机；

其中，当接收燃料喷射的所述特定气缸超出所述预定范围且到达膨胀行程中的预定位置时，所述控制模块控制所述点火单元，从而在作为所述规定定时的、到达所述预定位置的定时，点燃所述特定气缸中的空气燃料混合物，且当接收燃料喷射的所述特定气缸超出所述预定范围但不到达所述预定位置时，所述控制模块控制所述点火单元，从而在作为所述规定定时的、从所述内燃机完全停止经过预定时间间隔之后的定时，点燃所述特定气缸中的空气燃料混合物。

2. 如权利要求1所述的内燃机系统，其中，所述规定定时表示在所述内燃机完全停止之后再启动所述内燃机的定时。

3. 如权利要求1所述的内燃机系统，所述内燃机系统还包括：  
测量所述内燃机的转速的转速测量单元，

其中，在接收到所述内燃机的停止指令时，所述控制模块控制所述燃料喷射单元以禁止燃料喷射，直到所测量的所述内燃机的转速达到预定燃料喷射开始参考转速为止；

在所测量的所述内燃机的转速从所述预定燃料喷射开始参考转速变化到预定燃料喷射停止参考转速期间，所述控制模块控制所述燃料喷射单元从而允许燃料喷射；并且，

在所测量的所述内燃机的转速达到所述预定燃料喷射停止参考转速之后，所述控制模块控制所述燃料喷射单元从而再次禁止燃料喷射；

由此，所述控制模块在预期将停止于所述预定范围内的所述特定气缸中执行燃料喷射。

4. 如权利要求 1 所述的内燃机系统，所述内燃机系统还包括：

预测所述内燃机的停止位置的内燃机停止位置预测单元，

其中，在接收到所述内燃机的停止指令时，所述控制模块控制所述燃料喷射单元，从而在紧接所述内燃机完全停止之前的燃料喷射定时，将燃料喷射入当所述内燃机停止在由所述内燃机停止位置预测单元预测的停止位置时预期将停止于所述预定范围内的气缸中。

5. 一种内燃机控制方法，其控制具有多个气缸且能够单独地将燃料喷射入所述多个气缸的每一个的进气系统中的内燃机，所述内燃机控制方法启动和停止所述内燃机，从而将燃料喷射入所述内燃机的多个气缸中的、预期将停止在包括压缩行程的一部分的预定范围内的特定气缸中，

当接收燃料喷射的所述特定气缸超出所述预定范围时，所述内燃机控制方法在规定定时点燃所述特定气缸中的空气燃料混合物；

当接收燃料喷射的特定气缸超出预定范围且到达膨胀行程中的预定位置时，所述内燃机控制方法在作为所述规定定时的、到达所述预定位置的定时，点燃所述特定气缸中的空气燃料混合物，

当接收燃料喷射的所述特定气缸超出所述预定范围但不到达所述预定位置时，所述内燃机控制方法在作为所述规定定时的、从所述内燃机完全停止经过预定时间间隔之后的定时，点燃所述特定气缸中的空气燃料混合

物。

6. 如权利要求 5 所述的内燃机控制方法, 其中, 在接收到所述内燃机的启动指令时, 所述内燃机控制方法伴随着点火而启动所述内燃机, 该点火是根据所测量的曲轴转角在实际停止于所述预定范围内的气缸中在第一点火定时进行的。

## 内燃机系统和内燃机控制方法

### 技术领域

本发明涉及一种内燃机系统和一种内燃机控制方法。更具体而言，本发明涉及一种包括能够单独地将燃料喷射入多个气缸的各进气系统中的内燃机的内燃机系统，还涉及该内燃机的控制方法。

### 背景技术

一种提出的内燃机系统，在内燃机自动停止之后，能够使在内燃机的自动再启动时具有第一点火定时的气缸中的空气燃料混合物点火并使其燃烧（参见，例如，日本专利待审公开 2001-342876 号公报）。在具有第一点火定时的气缸中的空气燃料混合物的点火和燃烧实现了内燃机的快速再启动。

### 发明内容

在燃料被单独喷射入多个气缸的各进气系统中的内燃机中，燃料喷射通常在排气行程的最后阶段执行。因此，在选定的具有第一点火定时的气缸中的空气燃料混合物的点火和燃烧，要求在紧接内燃机停止之前的排气行程的最后阶段将燃料喷射入所述选定的气缸中。在内燃机停止时，具有第一点火定时的选定气缸预期停止从吸气行程到压缩行程的特定范围内。然而，内燃机由于其状态改变以及老化损坏而导致的变化的摩擦力，可能导致内燃机的实际停止位置与其预测停止位置发生偏差。因而在紧接内燃机停止之前接收燃料喷射以便快速再启动内燃机的选定气缸，实际上可能不停止在预测停止位置，而是进入膨胀行程。这就会导致在内燃机再启动时直接排出未燃烧的燃料，以及不利地使排放劣化。

因此，本发明的内燃机系统及其相应的内燃机控制方法的目的是确保内燃机的快速再启动，并保持良好的排放。

为了实现上述的至少部分目的以及其它相关目的，所述内燃机系统以及其相应的内燃机控制方法具有下文所述的技术方案。

本发明涉及一种包括具有多个气缸的内燃机的内燃机系统。所述内燃机系统包括：能够单独地将燃料喷射入所述内燃机的多个气缸的每一个的进气系统中的燃料喷射单元；能够单独地点燃所述内燃机的多个气缸的每一个中的空气燃料混合物的点火单元；和控制模块，该控制模块在接收到所述内燃机的停止指令时，控制所述燃料喷射单元，在所述内燃机完全停止之前，将燃料喷射入所述内燃机的多个气缸中的、预期将停止在包括压缩行程的一部分的预定范围内的特定气缸中。当接收燃料喷射的所述特定气缸实际上不停止于所述预定范围内，而是超出所述预定范围时，所述控制模块控制所述点火单元从而在规定定时点燃所述特定气缸中的空气燃料混合物。在接收到所述内燃机的启动指令时，所述控制模块控制所述燃料喷射单元和所述点火单元，从而伴随着在实际上停止于所述预定范围内的气缸中在第一点火定时执行的点火，启动所述内燃机。

在本发明的内燃机系统中，在接收到内燃机停止指令时，对燃料喷射单元进行控制，使其在内燃机完全停止之前将燃料喷射入内燃机的多个气缸中的预期将停止在包括压缩行程的一部分的预定范围内的特定气缸中。这种控制在内燃机完全停止之前执行将燃料喷射入预期将停止在包括压缩行程的一部分的预定范围内的特定气缸中。当接收燃料喷射的特定气缸实际上不停止在预定范围内，而是超出该预定范围时，对点火单元进行控制，以便在规定定时点燃特定气缸中的空气燃料混合物。这种控制有效地抑制了未燃烧的燃料从预期将停止在包括压缩行程的一部分的预定范围内并接受燃料喷射的特定气缸中直接排放，从而防止了不良排放。在接收到内燃机的启动指令时，对燃料喷射单元和点火单元进行控制，从而伴随着在实际上停止于所述预定范围内的气缸中第一点火定时执行的点火，启动所述内燃机。这种控制确保了内燃机的快速再启动。

在本发明的内燃机系统的一个优选实施例中，当接收燃料喷射的所述特定气缸超出所述预定范围且到达膨胀行程中的预定位置时，所述控制模块可控制所述点火单元，从而在作为所述规定定时的、到达所述预定位置的定时，点燃所述特定气缸中的空气燃料混合物。适当的点火定时当然取决于内燃机的曲轴转角。在膨胀行程中的一定位置进行点火通常能够使得燃烧相对平稳，并减少由于在内燃机停止时的爆发燃烧而导致的潜在振动。因此理想的是将对空气燃料混合物进行点火的位置设定为确保平稳燃烧的曲轴转角。在本发明的内燃机系统的一个优选实施例中，所述控制模块可控制所述点火单元和所述燃料喷射单元，从而在所述规定定时点燃接收燃料喷射的所述特定气缸中的空气燃料混合物，同时在所述内燃机完全停止之前将燃料喷射入在点火时处于吸气行程的气缸中。这就确保了伴随着接收燃料喷射的特定气缸中的点火，将燃料喷射入由于内燃机的旋转而进入包括压缩行程的一部分的预定范围的气缸中。与已接收燃料喷射且超出预定范围的特定气缸中的点火同时，将燃料喷射入可能进入预定范围的气缸中。这种方案确保了内燃机的快速再启动。在本发明的内燃机系统的一个优选实施例中，当接收燃料喷射的所述特定气缸超出所述预定范围但不到达所述预定位置时，所述控制模块可控制所述点火单元，从而在作为所述规定定时的、从所述内燃机完全停止经过预定时间间隔之后的定时，点燃所述特定气缸中的空气燃料混合物。这种方案有效地抑制了在内燃机再启动时未燃烧的燃料从已接收燃料喷射且超出预定范围但不到达膨胀行程中的预定位置的特定气缸中直接排放，从而防止了不良排放。在从内燃机完全停止经过预定时间间隔之后的定时进行点火，有利地减少了由于爆发燃烧而导致的潜在振动。超出预定范围但不到达膨胀行程中的预定位置的气缸具有相对较高的压缩比。在内燃机完全停止之后马上对该气缸进行点火导致爆发燃烧。随着预定时间间隔的经过，燃烧室的内压逐渐降低，在经过所述预定时间间隔之后进行点火能够实现相对较平稳的燃烧。所述规定定时可表示在所述内燃机完全停止之后再启动所述内燃机的定时。

在本发明的内燃机系统中，所述内燃机系统还可包括：测量所述内燃

机的转速的转速测量单元。在接收到所述内燃机的停止指令时，所述控制模块可控制所述燃料喷射单元以禁止燃料喷射，直到所测量的所述内燃机的转速达到预定燃料喷射开始参考转速为止。在所测量的所述内燃机的转速从所述预定燃料喷射开始参考转速变化到预定燃料喷射停止参考转速期间，所述控制模块可控制所述燃料喷射单元从而允许燃料喷射。在所测量的所述内燃机的转速达到所述预定燃料喷射停止参考转速之后，所述控制模块可控制所述燃料喷射单元从而再次禁止燃料喷射。由此，所述控制模块可在预期将停止于所述预定范围内的所述特定气缸中执行燃料喷射。此外，所述内燃机系统还可包括：预测所述内燃机的停止位置的内燃机停止位置预测单元。在接收到所述内燃机的停止指令时，所述控制模块可控制所述燃料喷射单元，从而在紧接所述内燃机完全停止之前的燃料喷射定时，将燃料喷射入当所述内燃机停止在由所述内燃机停止位置预测单元预测的停止位置时预期将停止于所述预定范围内的气缸中。

本发明还涉及一种内燃机控制方法，其控制具有多个气缸且能够单独地将燃料喷射入所述多个气缸的每一个的进气系统中的内燃机。所述内燃机控制方法启动和停止所述内燃机，从而将燃料喷射入所述内燃机的多个气缸中的、预期将停止在包括压缩行程的一部分的预定范围内的特定气缸中；当接收燃料喷射的所述特定气缸超出所述预定范围时，所述内燃机控制方法在规定定时点燃所述特定气缸中的空气燃料混合物。

当预期将停止在包括压缩行程的一部分的预定范围内、且在内燃机完全停止之前接收了燃料喷射的特定气缸实际上超出所述预定范围时，本发明的内燃机控制方法在规定定时点燃特定气缸中的空气燃料混合物。这就有效地抑制了在内燃机再启动时未燃烧的燃料从预期将停止在包括压缩行程的一部分的预定范围内且已接收燃料喷射的特定气缸中直接排放，从而防止了不良排放。

在本发明的一个优选实施例中，当接收燃料喷射的所述特定气缸超出所述预定范围且到达膨胀行程中的预定位置时，所述内燃机控制方法可在作为所述规定定时的、到达所述预定位置的定时点燃所述特定气缸中的空

气燃料混合物。当接收燃料喷射的所述特定气缸超出所述预定范围但不到达所述预定位置时，所述内燃机控制方法可在作为所述规定定时的、从所述内燃机完全停止经过预定时间间隔之后的定时点燃所述特定气缸中的空气燃料混合物。这种方案确保了平稳的燃烧，从而有利地减少了由于爆发燃烧而导致的潜在振动。

在本发明的另一个优选实施例中，在接收到所述内燃机的启动指令时，所述内燃机控制方法可伴随着点火而启动所述内燃机，该点火是根据所测量的曲轴转角在实际停止于所述预定范围内的气缸中以第一点火定时进行的。这种控制确保了内燃机的快速再启动。

#### 附图说明

图 1 示意性显示了装有本发明一个实施例中的内燃机系统的机动车；

图 2 显示了伴随着包含在该实施例的内燃机系统中的发动机的四个气缸中的四个行程中的曲轴转角 CA 的变化的燃料喷射和点火；

图 3 为流程图，显示了由包含在该实施例的内燃机系统中的发动机 ECU 执行的发动机停止状态燃料喷射控制程序（例程）；

图 4 为流程图，显示了由发动机 ECU 执行的发动机停止状态点火控制程序；

图 5 显示了燃料喷射停止范围的一个例子；

图 6 显示了相对于燃料喷射停止范围的参考角 CA4；

图 7 显示了伴随着发动机的四个气缸中的四个行程中的曲轴转角 CA 的另一变化的燃料喷射和点火；

图 8 显示了伴随着发动机的四个气缸中的四个行程中的曲轴转角 CA 的又一变化的燃料喷射和点火；

图 9 为流程图，显示了由发动机 ECU 执行的发动机启动控制程序；

图 10 为流程图，显示了发动机停止状态点火控制程序的变形流程；

图 11 为流程图，显示了发动机启动控制程序的变形流程。

#### 具体实施方式

实施本发明的一种方式作为优选实施例在下文中进行说明。图1示意性显示了装有本发明一个实施例中的内燃机系统20的机动车10的构造。如图所示,该机动车10包括:由汽油驱动的发动机22,控制发动机22的发动机电子控制单元(下文称为发动机ECU)70,转换发动机22曲轴24的动力并将转换的动力经由差速齿轮18输出给驱动轮19a和19b的自动变速器(AT)17,和控制自动变速器17的AT电子控制单元(未示出)。发动机22和发动机ECU70构成了本实施例的内燃机系统20。

发动机22是能够将燃料单独喷射入进气歧管30的各气缸22a至22d中的单独喷射型4气缸发动机。发动机22中的四个气缸22a至22d的每一个在包括吸气行程、压缩行程、膨胀行程(燃烧行程)和排气行程的循环中被驱动。第一气缸22a、第二气缸22b、第三气缸22c和第四气缸22d按照这种顺序布置,而第一气缸22a、第三气缸22c、第四气缸22d和第二气缸22b与曲轴24相连,并按照该顺序具有相差180度的曲轴转角CA。图2显示了各气缸22a至22d的四个行程中的曲轴转角CA的变化。图2还显示了发动机停止控制中的燃料喷射定时和发动机启动控制中的燃料喷射定时以及点火定时,这将在下文进行讨论。

发动机22具有清洁进气的空气滤清器26、与进气管27相连并由节流阀(节气门)电动机28a驱动以调节进气量的节流阀28、与进气歧管30的对应于四个气缸22a至22d的分支相连以单独地将燃料,即汽油,喷射入各气缸22a至22d中的燃料喷射阀32、和由与曲轴24的旋转比为1比2的凸轮轴34的凸轮34a驱动从而将汽油和空气的混合物(空气燃料混合物)引入各燃烧室40中的进气阀36。发动机22还包括:在从压缩行程到膨胀行程的定时对与点火器一体的点火线圈41施加电压,从而在燃烧室40中产生电火花的火花塞42;由与曲轴24的旋转比为1比2的凸轮轴35的凸轮35a驱动,从而将燃烧废气从燃烧室40排入排气歧管46的排气阀38;和转化废气中的有害成分,即,一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)的三元催化剂催化转化装置(未示出)。借助燃烧室40中的空气燃料混合物的爆发(爆炸)燃烧而被压下的活塞44的往复运动变

换为曲轴 24 的旋转运动。

曲轴转角传感器 48 安装在发动机 22 的曲轴 24 上,以测量作为曲轴 24 的旋转角的曲轴转角 CA。凸轮角传感器 50 安装在凸轮轴 34 和 35 的每一个上,以测量作为凸轮轴 34 或 35 的旋转角的凸轮角。发动机 22 还装有监测发动机 22 的当前工作状况的各种传感器。所述传感器包括:测量发动机 22 中的冷却水温度的水温传感器 52、测量进气的温度的进气温度传感器 54、检测节流阀 28 的位置或节气门位置的节流阀位置传感器 56 和测量作为发动机 22 的负荷的进气流量的真空传感器 58。这些传感器的信号输入给发动机 ECU70。曲轴转角传感器 48 是具有安装在面对与曲轴 24 相连的磁体转子(未示出)的位置处的磁阻元件的 MRE 旋转传感器。曲轴转角传感器 48 每预定角度(例如,每 10 度的曲轴转角 CA)产生表示旋转方向的脉冲。在本实施例的结构中,发动机 ECU70 响应由曲轴转角传感器 48 产生的脉冲来确定曲轴转角 CA,并计算发动机 22 的转速  $N_e$ 。

发动机 ECU70 构造为包括 CPU72、存储处理程序的 ROM74、临时存储数据的 RAM76、输入和输出端口(未示出)、和通信端口(未示出)的微型计算机。发动机 ECU70 经由其输入端口从各传感器接收信号,即,从曲轴转角传感器 48 接收曲轴转角 CA 信号,从凸轮角传感器 50 接收凸轮角信号,从水温传感器 52 接收冷却水温度信号,从进气温度传感器 54 接收进气温度信号,从节流阀位置传感器 56 接收节流阀位置信号,和从真空传感器 58 接收进气量信号。发动机 ECU70 还经由其输入端口从换档位置传感器 82 接收换档位置 SP 或换档杆 81 的当前放置位置的信号,从加速器踏板位置传感器 84 接收加速器开度 Acc 或驾驶员压低加速器踏板 83 的量的信号,从制动踏板位置传感器 86 接收制动踏板位置 BP 或驾驶员压低制动踏板 85 的量的信号,和从车速传感器 88 接收车速 V 的信号。发动机 ECU70 经由其输出端口将驱动信号输出给燃料喷射阀 32 和用以调节节流阀 28 的位置的节流阀电动机 28a,还将控制信号输出给点火线圈 41。

下面对安装在具有上述构造的本实施例的机动车 10 上的内燃机系统 20 的工作进行说明,特别是对在发动机 22 的怠速停止时的一系列发动机

停止控制进行说明。在本实施例的机动车 10 中，发动机 22 在预定自动停止条件下自动停止，例如，车速  $V$  等于 0 和驾驶员压低制动踏板 85。发动机 22 在预定自动再启动条件下自动启动，例如，在发动机 22 自动停止之后驾驶员释放压低的制动踏板 85。发动机 22 的自动停止控制和自动启动控制并不是本发明的特征之所在，因此不进行详细描述。

图 3 为流程图，显示了在满足预定发动机自动停止条件时，由发动机 ECU70 执行的发动机停止状态燃料喷射控制程序。图 4 为流程图，显示了在满足预定发动机自动停止条件时，由发动机 ECU70 执行的发动机停止状态点火控制程序。下面参照图 3 和 4 的发动机停止状态燃料喷射控制程序和发动机停止状态点火控制程序，按照顺序对发动机 22 的自动停止过程中的一系列燃料喷射控制和点火控制进行说明。

在图 3 的发动机停止状态燃料喷射控制程序中，发动机 ECU70 的 CPU72 首先禁止将燃料喷射入各气缸 22a 至 22d 中（步骤 S100）。燃料喷射的禁止切断了燃料供给从而降低了发动机 22 的转速  $N_e$ 。CPU72 进行等待，直到发动机 22 的输入转速  $N_e$  降低到等于或低于预定燃料喷射开始参考转速  $N_{ref1}$  时为止（步骤 S110 和 S120）。当转速  $N_e$  被降低到等于或低于所述燃料喷射开始参考转速  $N_{ref1}$  时，CPU72 允许燃料喷射（步骤 S130）。在该实施例中，在根据发动机转速计算程序（未示出）由产生自曲轴转角传感器 48 的脉冲计算出发动机转速之后，将发动机 22 的转速  $N_e$  输入。另外，发动机 22 的转速  $N_e$  还可由在该发动机停止状态燃料喷射控制程序中产生自曲轴转角传感器 48 的脉冲的输入数据计算得出。所述燃料喷射开始参考转速  $N_{ref1}$  被设定为紧接在发动机 22 完全停止之前允许将燃料喷射入选定气缸中的最大转速。发动机 22 停止时，选定气缸停止在从吸气行程到压缩行程的在预定第一角度 CA1 和预定第二角度 CA2 之间的范围（下文称为燃料喷射停止范围）内的曲轴转角 CA 处。图 5 显示了燃料喷射停止范围的一个例子。燃料喷射停止范围被设定为，在发动机 22 停止之后能够在第一点火定时（接近压缩行程中的上止点 TDC）使空气燃料混合物燃烧，用于再启动发动机 22，并快速提升发动机 22 的转速  $N_e$ 。在该

实施例中,燃料喷射停止范围处于吸气行程的后半程中的第一角度 CA1 和压缩行程的后半程中的第二角度 CA2 之间。响应于燃料喷射的许可,发动机 ECU70 致动 (activate) 燃料喷射阀 32, 以将燃料喷射入具有在排气行程的最后阶段的燃料喷射定时的气缸中。CPU72 进行等待, 直到发动机 22 的输入转速  $N_e$  进一步降低到等于或者低于预定燃料喷射停止参考转速  $N_{ref2}$  (步骤 S140 和 S150)。当转速  $N_e$  降低到等于或低于燃料喷射停止参考转速  $N_{ref2}$  时, CPU72 禁止燃料喷射 (步骤 S160)。在禁止燃料喷射之后, CPU72 结束发动机停止状态燃料喷射控制程序。燃料喷射停止参考转速  $N_{ref2}$  被设定为, 紧接在发动机 22 完全停止之前, 允许将燃料喷射入停止在发动机 22 停止时的燃料喷射停止范围内的选定气缸中的最小转速。该发动机停止状态燃料喷射控制的执行, 使预期在发动机 22 停止时将停止在燃料喷射停止范围内的特定气缸在发动机 22 完全停止之前接收燃料喷射。

在图 4 的发动机停止状态点火控制程序中, 与图 3 的发动机停止状态燃料喷射控制程序中的步骤 S100 中对燃料喷射的禁止同步, 发动机 ECU70 的 CPU72 首先控制火花塞 42 以禁止对已接收燃料喷射的任何气缸中的空气燃料混合物进行点火 (步骤 S200)。然后, CPU72 等待, 直到执行将燃料喷射入预期停止在燃料喷射停止范围中的特定气缸中 (步骤 S210)。在将燃料喷射入特定气缸中时, CPU72 输入从曲轴转角传感器 48 测得的曲轴转角 CA (步骤 S220), 计算接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角 CAa (步骤 S230), 将计算得的曲轴转角 CAa 与预定参考角度 CA4 进行比较 (步骤 S240)。步骤 S220 到 S240 的处理重复进行, 直到发动机 22 完全停止 (步骤 S250)。例如, 通过设定特定气缸的吸气行程中的上死点 TDC 的角度为 0 度, 来计算接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角 CAa。参考角度 CA4 被设定为导致在接收燃料喷射的特定气缸中通过点火进行平稳燃烧的膨胀行程中的曲轴转角。图 6 显示了相对于燃料喷射停止范围的参考角度 CA4。在该实施例中, 参考角度 CA4 超出燃料喷射停止范围, 从压缩行程到膨胀行程从上死点 TDC 提前约 30 到 60 度。如图 6 所示的另一

参考角度 CA3 超出燃料喷射停止范围，并被设定为发动机 22 停止时的期望点火角度。在该实施例中，参考角度 CA3 从压缩行程到膨胀行程从上死点 TDC 提前约 10 度。因此，角度 CA2、CA3 和 CA4 按照该顺序增大（ $CA2 < CA3 < CA4$ ）。如上文所述，燃料被喷射入预期将停止在发动机 22 停止时的燃料喷射停止范围中的特定气缸中。即，接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角 CAa 通常处于预定第一角度 CA1 和预定第二角度 CA2 之间。因而，步骤 S220 到 S250 的处理循环通常反复计算接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角 CAa，并将计算得的曲轴转角 CAa 与预定参考角度 CA4 进行比较，直到发动机 22 停止为止。在步骤 S250 中发动机 22 完全停止时，将计算得的接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角 CAa 与预定参考角度 CA3 进行比较（步骤 S280）。在步骤 S280 中当计算得的曲轴转角 CAa 不大于预定参考角度 CA3 时，CPU72 从图 4 的发动机停止状态点火控制程序中退出，而不进行进一步的处理。图 2 显示了发动机 22 停止时停止在燃料喷射停止范围内的第一气缸 22a 中的燃料喷射，以及在发动机 22 再启动时的燃料喷射和点火。在图 2 所示的例子中，在发动机 22 停止之前的排气行程的最后阶段，第一气缸 22a 接收燃料喷射。发动机 22 实际停止在第一气缸 22a 的压缩行程中约为 90 度的曲轴转角 CA 处。

在步骤 S220 到 S250 的反复处理过程中，当计算得的接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角 CAa 达到预定参考角度 CA4 时（步骤 S240），发动机 ECU70 控制火花塞 42 以点燃接收燃料喷射的特定气缸中的空气燃料混合物（步骤 S260），并在点火的瞬间致动燃料喷射阀 32 将燃料喷射入处于吸气行程中的气缸中（步骤 S270）。然后，CPU72 结束图 4 的发动机停止状态点火控制程序。点火的气缸具有降低的压缩比。降低的压缩比导致气缸中的空气燃料混合物的平稳燃烧，从而仅提供少量的使发动机 22 转动的燃烧能量。这样仅在稍转动一小曲轴转角之后停止发动机 22。因此，刚接收燃料喷射的气缸停止在从吸气行程到压缩行程的燃料喷射停止范围内。图 7 显示了在发动机 22 停止时假设停止在燃料喷射停止范围而接收了燃料喷射、但实际上使其曲轴转角 CAa 达到预定参考角度 CA4 的第一气

缸 22a 中的燃料喷射和点火,以及显示了在发动机 22 再启动时的燃料喷射和点火。在图 7 所示的例子中,燃料被喷射入在第一气缸 22a 的膨胀行程中点火的瞬间处在吸气行程的第四气缸 22d 中。由于第三气缸 22c 预期在发动机 22 停止时停止在燃料喷射停止范围中,因而第三气缸 22c 在排气行程的最后阶段接收燃料喷射。当特定气缸的曲轴转角 CAa 达到预定参考角度 CA4 时,接收燃料喷射的该特定气缸执行点火。这样就有效地抑制了在发动机 22 再启动时的未燃烧燃料的直接排放,从而防止了不良排放。接收燃料喷射的特定气缸中的点火在膨胀行程中的曲轴转角 CA 处执行。这样就确保了平稳的燃烧,从而减小了由于爆发燃烧而导致的潜在振动,并防止了驾驶员感觉到不舒服。

在另一个例子中,当接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角 CAa 不达到预定参考角度 CA4 而是超出预定参考角度 CA3 时,发动机 22 停止。这样在步骤 S280 中就给出了一个肯定的答案。CPU72 等待,直到从发动机 22 停止经过预定等待时间为止(步骤 S290),此时点燃接收燃料喷射的特定气缸中的空气燃料混合物(步骤 S295)。然后,CPU72 结束图 4 的发动机停止状态点火控制程序。所述等待时间表示充分降低接收燃料喷射的特定气缸中的燃烧室 40 的内压所需的时间间隔,并被设定为例如,等于 2 秒、3 秒或 5 秒。在发动机 22 停止之后经过预定等待时间时进行点火,使接收燃料喷射的特定气缸中的空气燃料混合物能够进行平稳的燃烧。图 8 显示了在发动机 22 停止时假设停止在燃料喷射停止范围而接收燃料喷射,但实际上使其曲轴转角 CAa 不达到预定参考角度 CA4、而是超出预定参考角度 CA3 的第一气缸 22a 中的燃料喷射和点火,还显示了在发动机 22 再启动时的燃料喷射和点火。在图 8 所示的例子中,在发动机 22 停止之后,第一气缸 22a 在其停止位置执行点火。由于预期第三气缸 22c 在发动机 22 停止时停止在燃料喷射停止范围,因此第三气缸 22c 在排气行程的最后阶段接收燃料喷射。在特定气缸的曲轴转角 CAa 不达到预定参考角度 CA4 而是超出预定参考角度 CA3 时,在发动机 22 停止之后在接收燃料喷射的特定气缸中执行点火。这样就有效地抑制了在发动机 22 再启动时的未燃烧

燃料的直接排放，从而防止了不良排放。在发动机 22 停止之后经过预定等待时间时，在接收燃料喷射的特定气缸中执行点火。这样就确保了平稳的燃烧，从而减小了由于爆发燃烧而导致的潜在振动，并防止了驾驶员感觉到不舒服。

图 9 为流程图，显示了在满足预定发动机自动启动条件的情况下由发动机 ECU70 执行的发动机启动控制程序。在图 9 的发动机启动控制程序中，发动机 ECU70 的 CPU72 首先根据在发动机 22 停止时的曲轴转角 CA，计算接收燃料喷射且实际上停止在燃料喷射停止范围内的第一目标气缸中的点火定时（步骤 S300）。当预期将停止在燃料喷射停止范围内且接收燃料喷射的特定气缸实际上停止在燃料喷射停止范围内时，发动机启动控制程序计算作为第一目标气缸的特定气缸（图 2 所示的例子中的第一气缸 22a）中的点火定时。另一方面，当预期将停止在燃料喷射停止范围内且接收燃料喷射的特定气缸具有超出燃料喷射停止范围的曲轴转角 CAa，且因此已被点燃时，发动机启动控制程序计算作为第一目标气缸的实际上停止在燃料喷射停止范围内的另一气缸（图 7 和 8 所示的例子中的第三气缸 22c）中的点火定时。然后，CPU72 开始转动曲轴（起转，cranking）（步骤 S310），致动燃料喷射阀 32 和火花塞 42，以启动燃料喷射和点火（步骤 S320），并计算具有在停止于燃料喷射停止范围内的第一目标气缸之后的点火定时的第二目标气缸中的燃料喷射定时和点火定时（步骤 S330）。在如图 2 所示的一个例子中，发动机 22 假定在这样的状态下再启动，即第一气缸 22a 已经接收燃料喷射，且已经停止在燃料喷射停止范围内的压缩冲程中的曲轴转角 CA 约为 90 度的位置处。在这种状态下，作为具有在第一气缸 22a 之后的点火定时的第二目标气缸的第三气缸 22c，已经停止在吸气行程中的曲轴转角 CA 约为 90 度的位置处，且未接收燃料喷射。为了在第一点火定时使在第三气缸 22c 中的空气燃料混合物燃烧，要求在吸气行程的过程中喷射燃料，并将喷射的燃料引入燃烧室 40。这样，步骤 S330 中的计算将燃料喷射的定时设定在第三气缸 22c 中的吸气行程的结束之前。在另一个例子中，发动机 22 假定在这样的状态下再启动，即第一气缸 22a 已经接

收燃料喷射，且已经停止在燃料喷射停止范围内的压缩冲程中的曲轴转角 CA 接近预定第二角度 CA2 的位置处。在这种状态下，作为具有在第一气缸 22a 之后的点火定时的第二目标气缸的第三气缸 22c，已经停止在燃料喷射停止范围内的吸气行程中，且已经接收燃料喷射。这样，步骤 S330 中的计算规定不需要将燃料喷射入作为第二目标气缸的第三气缸 22c 中。在图 7 所示的又一个例子中，发动机 22 假定在这样的状态下再启动，即第一气缸 22a 已经接收燃料喷射，但已经明显超出燃料喷射停止范围，并在膨胀冲程中被点燃。在这种状态下，作为具有在第三气缸 22c 之后的点火定时的第二目标气缸的第四气缸 22d 已经接收燃料喷射，并与第一气缸 22a 中的点火同步。这样，步骤 S330 中的计算规定不需要将燃料喷射入作为第二目标气缸的第四气缸 22d 中。在图 8 所示的另一个例子中，发动机 22 假定在这样的状态下再启动，即第一气缸 22a 已经接收燃料喷射，但已经超出燃料喷射停止范围，并在发动机 22 完全停止之后被点燃。在这种状态下，作为具有在第三气缸 22c 之后的点火定时的第二目标气缸的第四气缸 22d 并未接收燃料喷射。这样，步骤 S330 中的计算设定燃料喷射的定时在第四气缸 22d 中的吸气行程的结束之前。CPU72 随后计算在具有第三点火定时的第三目标气缸中的燃料喷射定时和点火定时（步骤 S340），并设定在具有第四和随后的点火定时的第四和随后的目标气缸中的正常（标准）燃料喷射定时和正常点火定时（步骤 S350）。在步骤 S350 的处理之后，发动机启动控制程序结束。发动机启动控制计算燃料喷射定时和点火定时，并在计算得的燃料喷射定时和计算得的点火定时分别执行燃料喷射和点火。在发动机 22 的再启动过程中，这种控制使已经接收燃料喷射且停止在燃料喷射停止范围内的第一目标气缸中的空气燃料混合物能够燃烧，并使在具有随后的点火定时的随后的气缸中能够进行燃烧。这样，燃烧能量就能够有效地利用，以提升发动机 22 的转速  $N_e$ 。这样就确保了发动机 22 的快速启动。

在上述实施例的内燃机系统 20 中，当接收燃料喷射的特定气缸超出燃料喷射停止范围时，发动机停止状态点火控制对特定气缸中的空气燃料混

合物进行点火,使其燃烧。这样就有效地抑制了在发动机 22 再启动时未燃烧的燃料的直接排放,从而防止了不良排放。当接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角  $CA_a$  达到预定参考角度  $CA_4$  时,发动机停止状态点火控制立即在特定气缸中执行点火。另一方面,当接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角  $CA_a$  未达到预定参考角度  $CA_4$  但超出预定参考角度  $CA_3$  时,在发动机 22 完全停止之后,发动机停止状态点火控制在特定气缸中执行点火。这样就确保了平稳燃烧,从而减小了由于爆发燃烧而导致的潜在振动,并防止了驾驶员感觉到不舒服。当接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角  $CA_a$  达到预定参考角度  $CA_4$  时,发动机停止状态点火控制点燃特定气缸中的空气燃料混合物,且与此同时将燃料喷射入在点火的瞬间处于吸气行程中的特定气缸中。发动机 22 再启动时在特定气缸中进行的点火产生燃烧能量,以提升发动机 22 的转速  $N_e$ 。这样就确保了发动机 22 的快速启动。本实施例的控制处理在发动机 22 完全停止之前,执行将燃料喷射入预期将停止在燃料喷射停止范围内的特定气缸中。

在发动机 22 的自动再启动过程中,本发明的内燃机系统 20 计算停止在燃料喷射停止范围内的第一目标气缸的点火定时,以及具有第二和第三点火定时的第二和第三目标气缸的燃料喷射定时和点火定时,并在计算得的各燃料喷射定时和点火定时执行燃料喷射和点火。这种控制确保了在发动机 22 的再启动过程中,已经接收燃料喷射且已经停止在燃料喷射停止范围内的第一目标气缸中的空气燃料混合物的点火和燃烧,以及在具有随后的点火定时的随后的目标气缸中的点火和燃烧。这样,燃烧能量就能够有效地被利用,以提升发动机 22 地转速  $N_e$ 。这就确保了发动机 22 的快速启动。

在本实施例的内燃机系统 20 中,当接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角  $CA_a$  未达到预定参考角度  $CA_4$ ,但超出预定参考角度  $CA_3$  时,在发动机停止之后经过预定等待时间之时,发动机停止状态点火控制就点燃特定气缸中的空气燃料混合物。一种变化的控制程序可以在发动机 22 停止时不点燃特定气缸中的空气燃料混合物,而是在发动机 22 再启动时执行特定气缸中的点火。在这种情况下,图 4 的发动机停止状态点火控制程序和图 9

的发动机启动控制程序分别由图 10 的变化的发动机停止状态点火控制程序和图 11 的变化的发动机启动控制程序来代替。发动机停止状态点火控制的变化流程,在接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角 CAa 超过预定参考角度 CA3 时(步骤 S280),设定燃烧标记 F 为值 1(步骤 S295a),而不是在发动机 22 停止之后经过预定等待时间之时进行点火(步骤 S290 和 S295)。发动机启动控制的变化流程首先识别燃烧标记 F 的值(步骤 S300a)。在步骤 S300a 中当燃烧标记 F 等于 0 时,所述变化流程在执行步骤 S310 及其之后的步骤之前,先计算已经接收燃料喷射且实际上停止在燃料喷射停止范围内的第一目标气缸中的点火定时。反之,在步骤 S300a 中当燃烧标记 F 等于 1 时,所述变化流程在执行步骤 S310 及其之后的步骤之前,先点燃已经接收燃料喷射且具有超出预定参考角度 CA3 的曲轴转角 CAa 的气缸中的空气燃料混合物(步骤 S300c)。这种变化的方案也有效地抑制了在发动机 22 的再启动时的未燃烧燃料的直接排放,从而防止了不良排放。

在本实施例的内燃机系统 20 中,当接收燃料喷射的特定气缸的曲轴转角 CAa 达到预定参考角度 CA4 时,发动机停止状态点火控制点燃特定气缸中的空气燃料混合物,并同时燃料喷射入在点火的瞬间处于吸气行程中的气缸中。发动机停止状态点火控制的一种可能变化可以不同时将燃料喷射入在特定气缸中点火的瞬间处于吸气行程中的气缸中。

在本实施例的内燃机系统 20 中,当发动机 22 的转速 Ne 从预定燃料喷射开始参考转速 Nref1 降低到等于或低于预定燃料喷射停止参考转速 Nref2 时,允许燃料喷射。因此,在发动机 22 停止之前,燃料被喷射入在发动机 22 停止时预期将停止在预定第一角度 CA1 和预定第二角度 CA2 之间的燃料喷射停止范围内的特定气缸中。一种可能的变化可以根据发动机 22 的转速 Ne 预测发动机 22 的停止位置,并基于预测的发动机 22 的停止位置识别估计将停止在燃料喷射停止范围内的气缸。然后,在发动机 22 完全停止之前,燃料被喷射入识别的气缸中。

在本实施例的内燃机系统 20 中,燃料喷射停止范围被设定为从吸气行程到压缩行程的区域。燃料喷射停止范围可被限定在压缩行程内的区域。

无论从哪个方面来看，上文所述实施例都是举例说明性的而非限制性的。在不背离本发明的主要特征的范围或精神的情况下，还可以进行多种改变、变化和变更。权利要求的等同的含意和范围内的所有变化都将被涵盖于其中。

#### 工业实用性

本发明的技术优选应用于内燃机系统的制造业中。

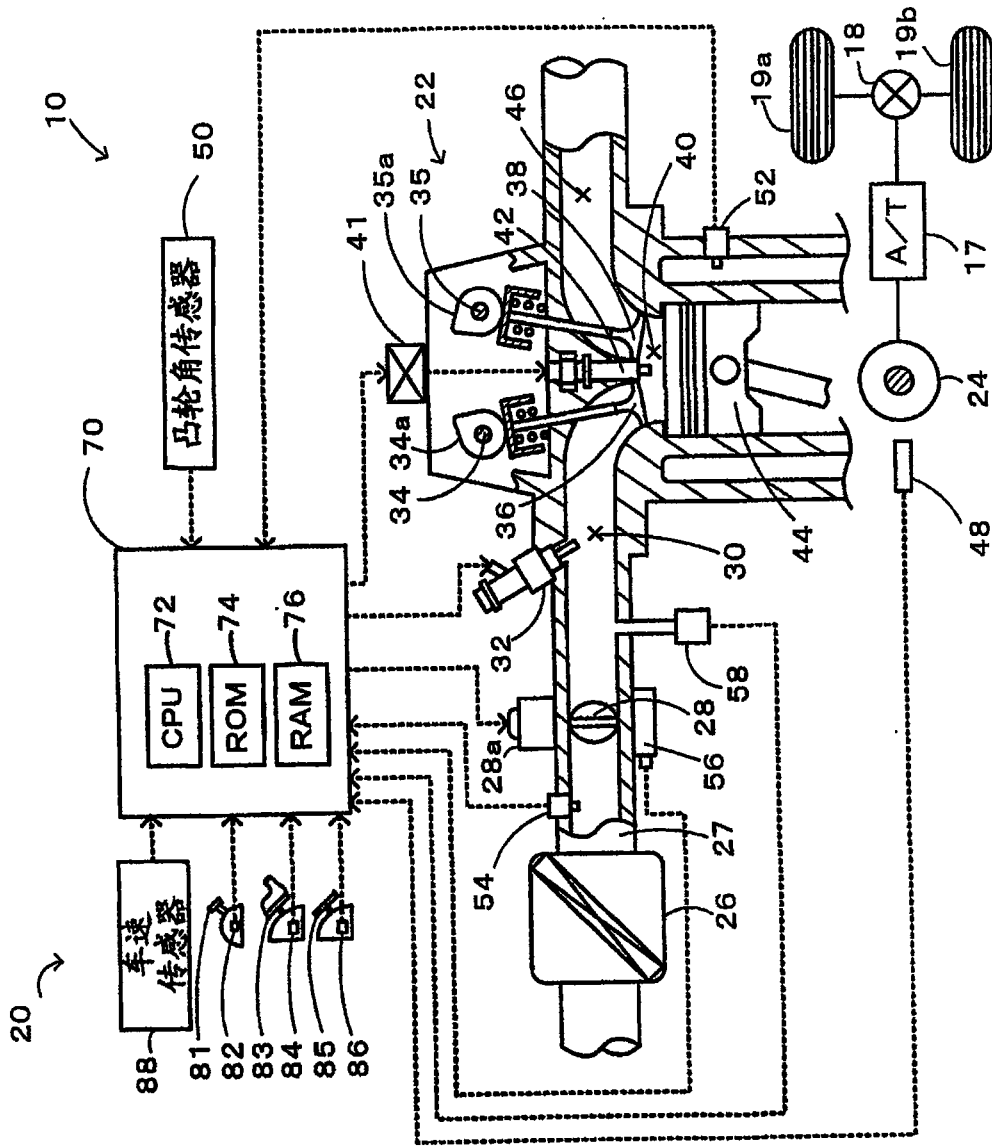


图1

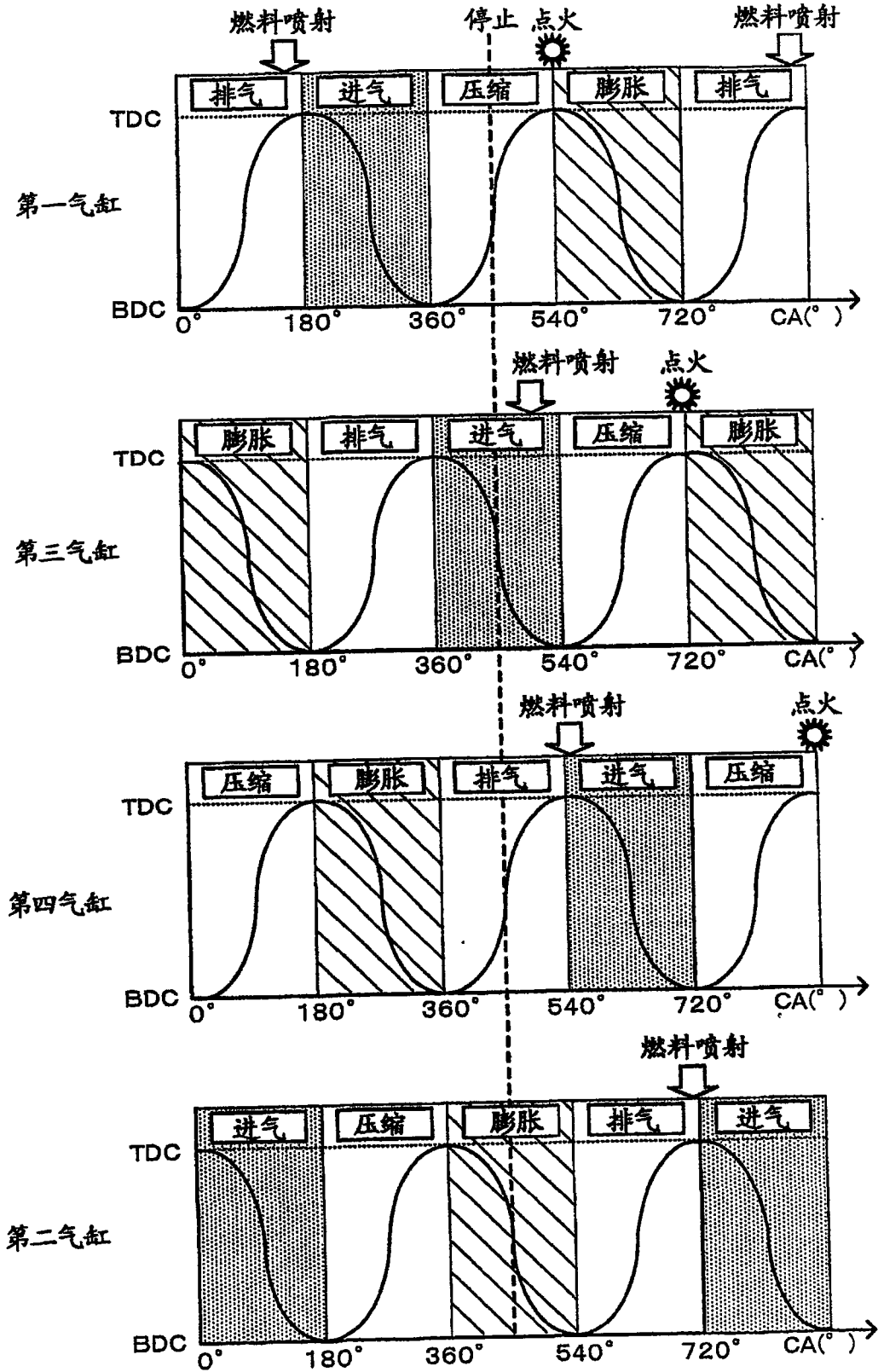


图 2

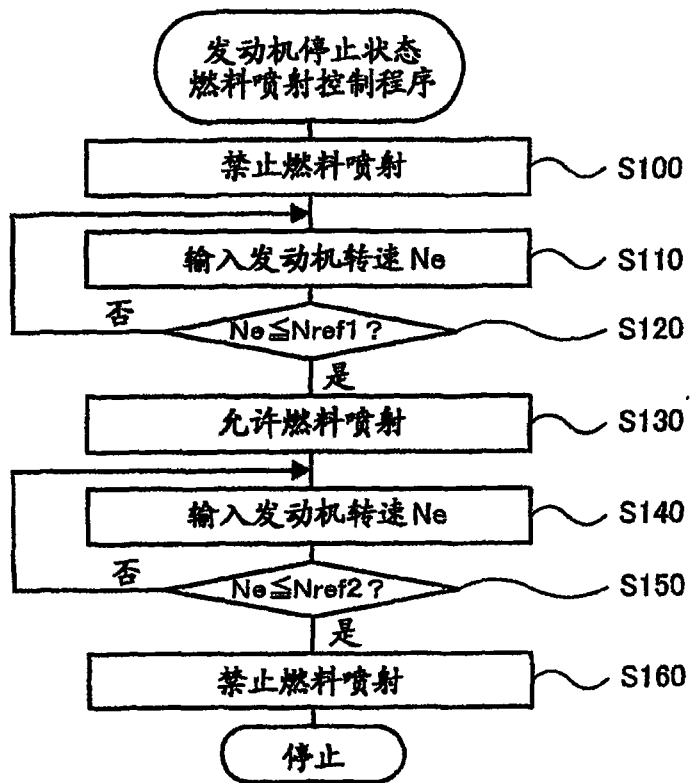


图 3

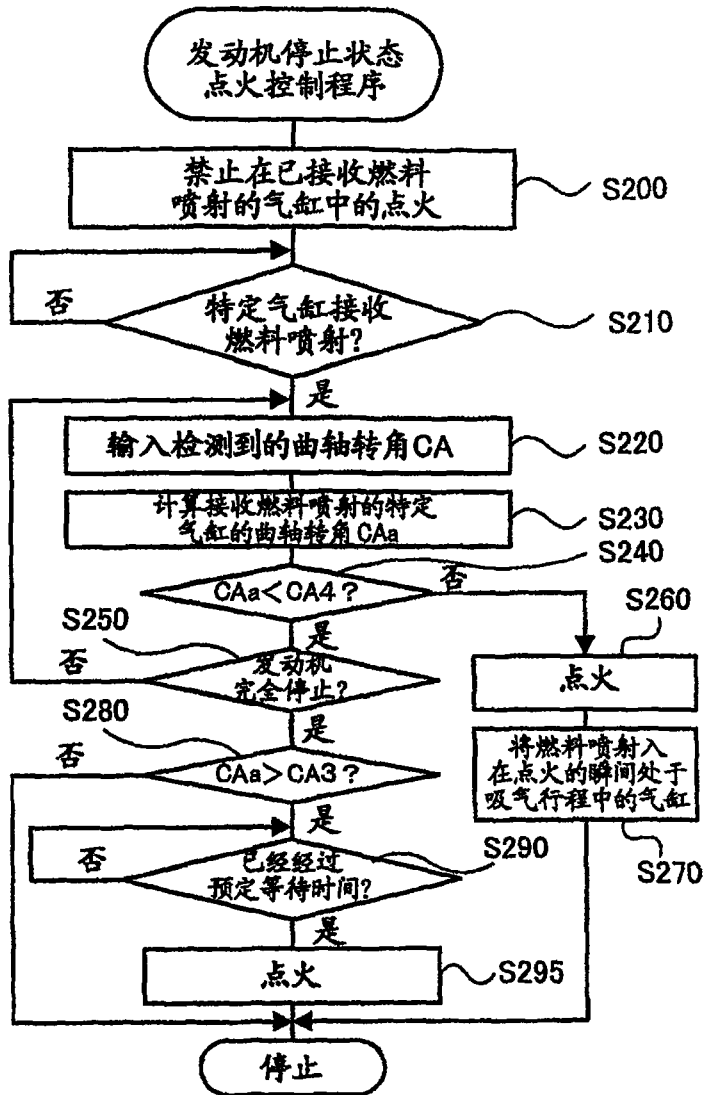


图 4

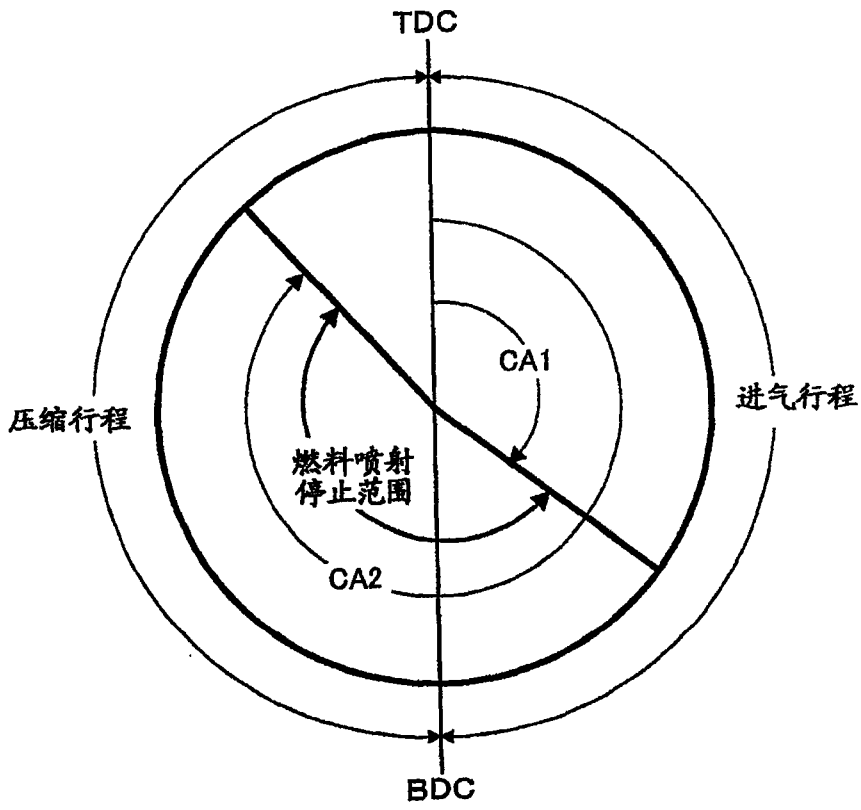


图 5

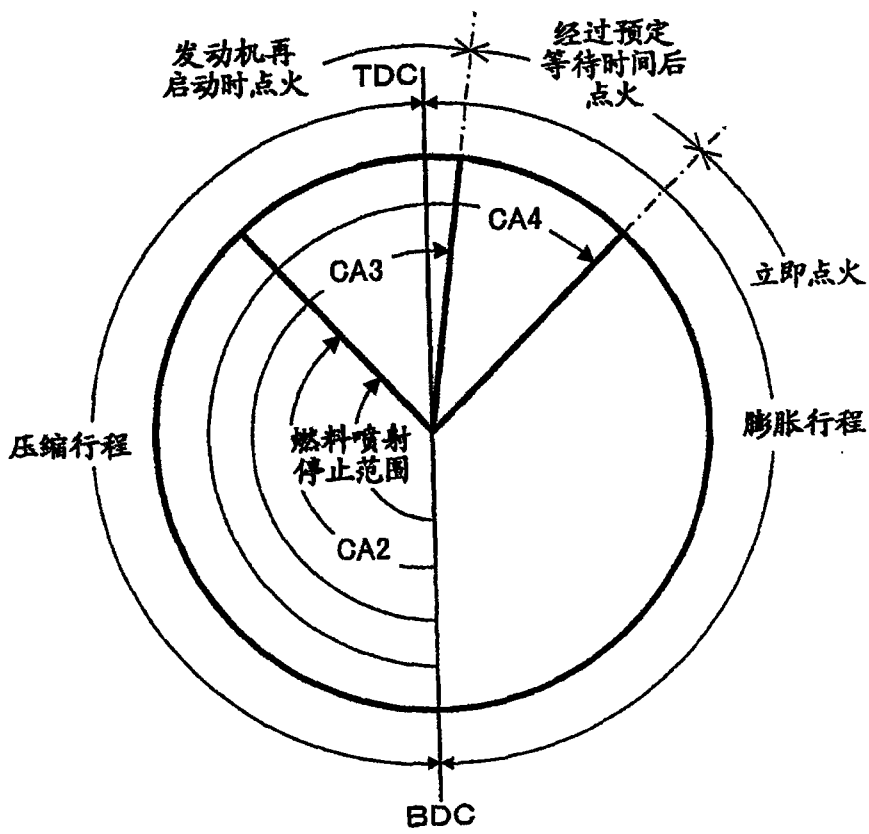


图 6

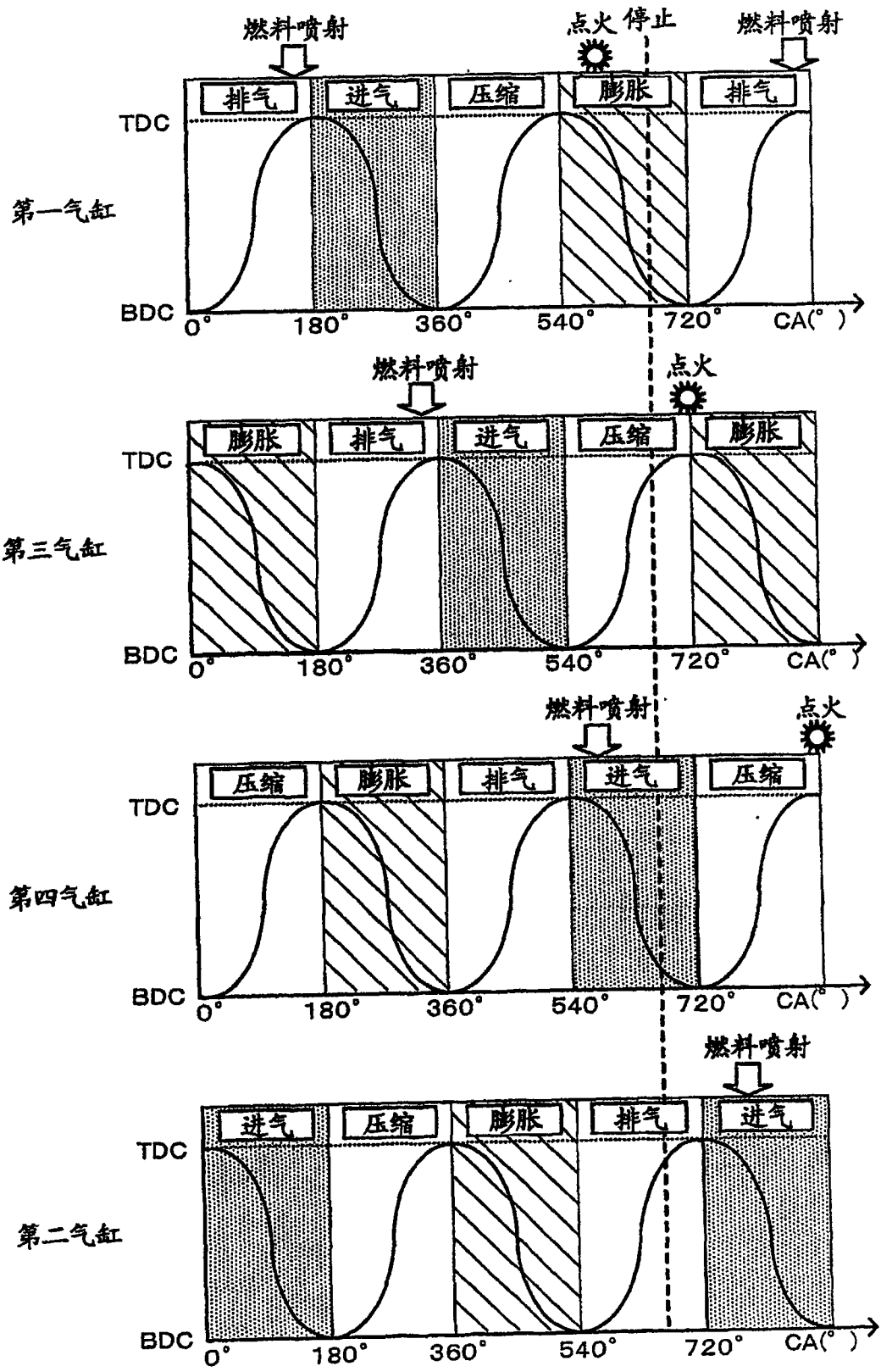


图 7

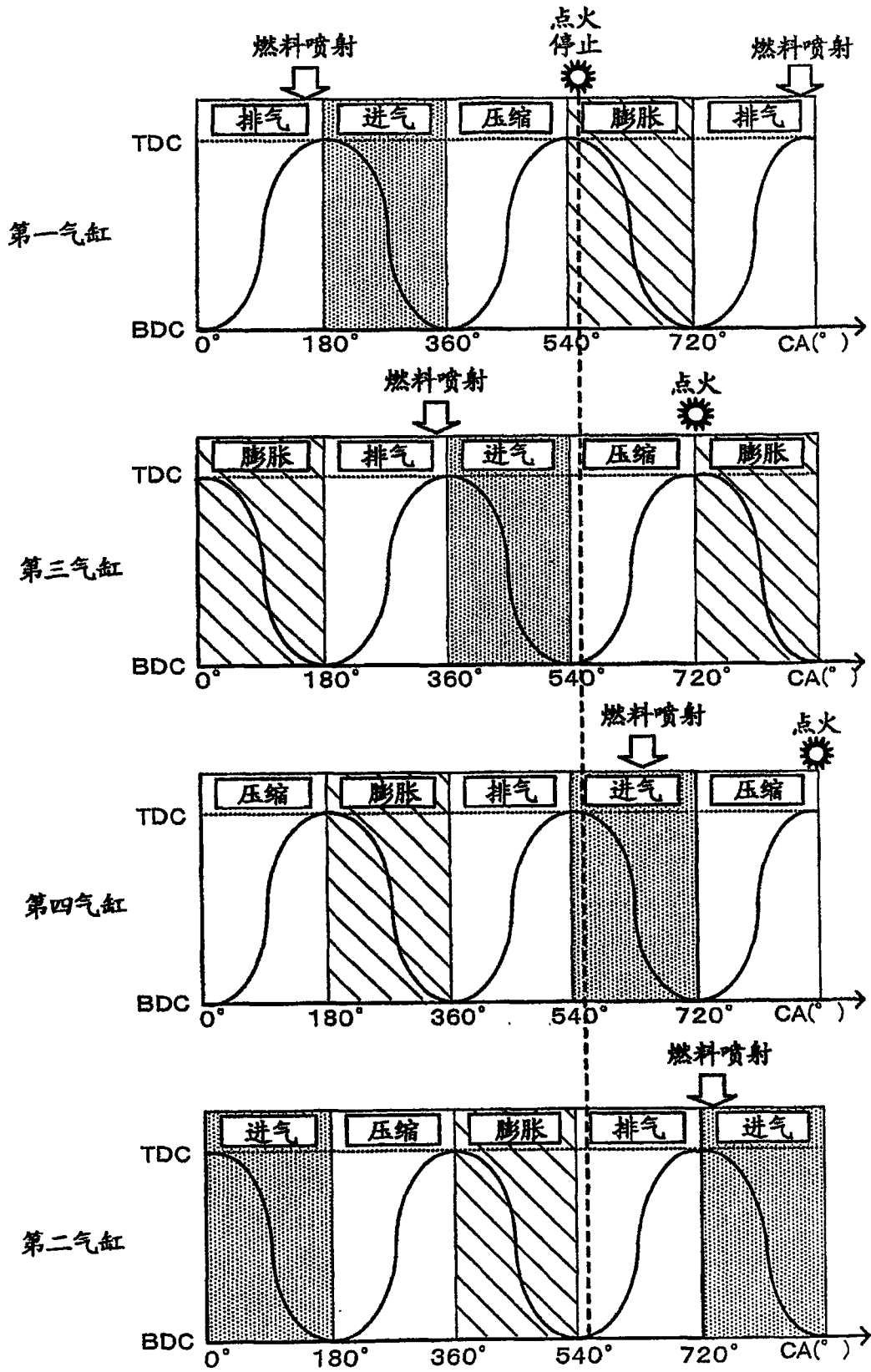


图 8

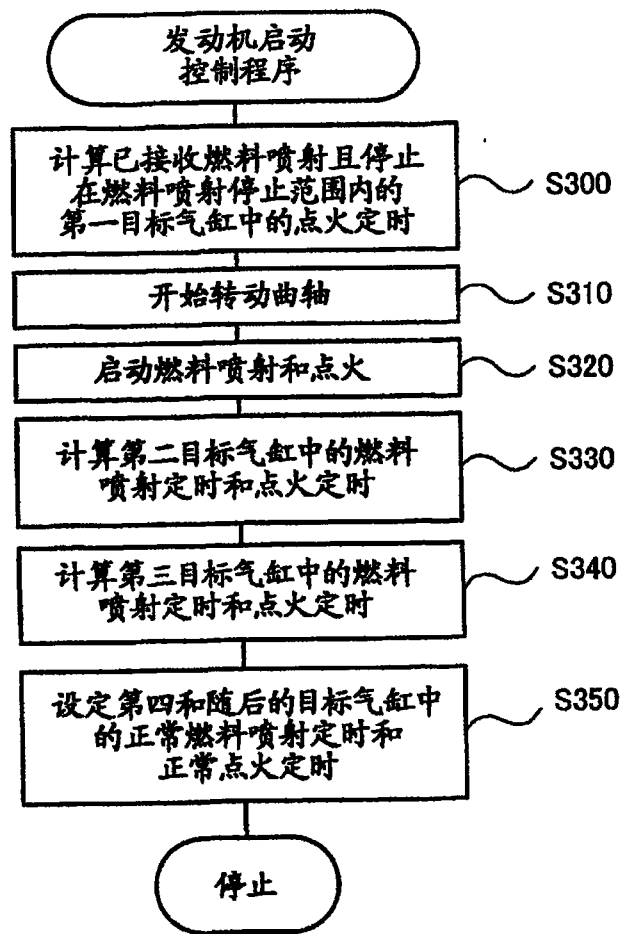


图 9

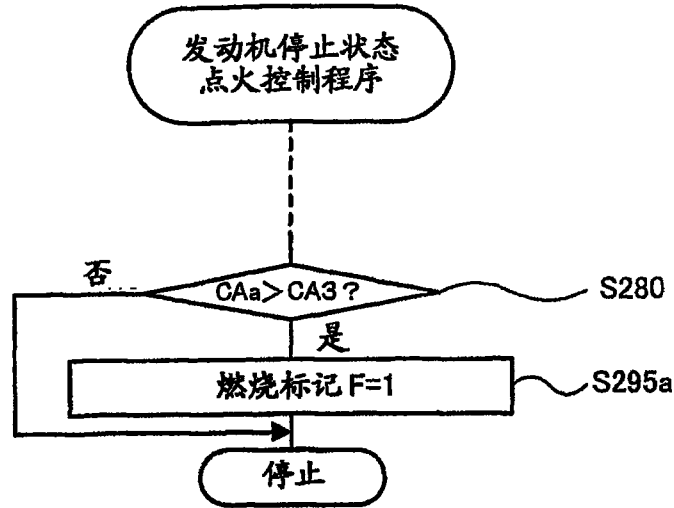


图 10

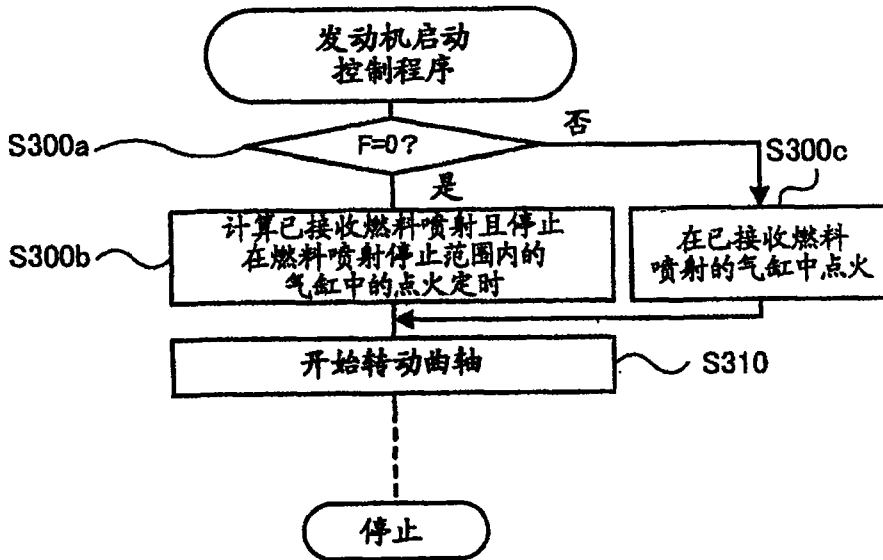


图 11