



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108730059 B

(45) 授权公告日 2021.01.08

(21) 申请号 201810348114.3

(22) 申请日 2018.04.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108730059 A

(43) 申请公布日 2018.11.02

(30) 优先权数据
2017-084824 2017.04.21 JP

(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 津田里志

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247
代理人 梅也 段承恩

(51) Int.Cl.

F02D 41/30 (2006.01)

F02D 41/38 (2006.01)

F02D 41/40 (2006.01)

F02D 41/00 (2006.01)

F02P 5/15 (2006.01)

F02M 25/08 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101619670 A, 2010.01.06

CN 101205827 A, 2008.06.25

CN 101173626 A, 2008.05.07

US 2001003979 A1, 2001.06.21

US 2011132331 A1, 2011.06.09

审查员 林秀霞

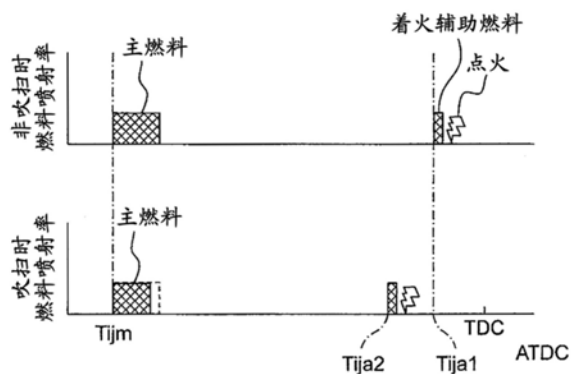
权利要求书1页 说明书19页 附图10页

(54) 发明名称

内燃机

(57) 摘要

本发明提供一种即使在导入了吹扫燃料时也抑制混合气的燃烧恶化和/或内燃机输出的下降的内燃机。该内燃机具备燃料喷射阀、火花塞、将燃料箱内的蒸发燃料向进气通路内吹扫的蒸发燃料吹扫装置及控制装置。控制装置能够执行如下的着火辅助控制：从燃料喷射阀依次进行预混合气形成用燃料的喷射和着火辅助燃料的喷射，并且，以使得利用火花塞使通过着火辅助燃料的喷射而形成的混合气进行火焰传播燃烧并且使用通过该火焰传播燃烧而产生的热使剩余燃料进行预混合压缩自着火燃烧的方式控制燃料喷射阀及火花塞。控制装置在利用蒸发燃料吹扫装置将蒸发燃料向进气通路内吹扫时，与不吹扫时相比，不变更着火辅助燃料的喷射量而使预混合气形成用燃料的喷射量减少。



1. 一种内燃机,具备:燃料喷射阀,该燃料喷射阀向燃烧室内直接喷射燃料;火花塞,该火花塞对燃烧室内的混合气进行点火;蒸发燃料吹扫装置,该蒸发燃料吹扫装置将燃料箱内的蒸发燃料向内燃机的进气通路内吹扫;以及控制装置,该控制装置控制所述燃料喷射阀、所述火花塞以及所述蒸发燃料吹扫装置,其中,

所述控制装置能够执行如下的着火辅助控制:从所述燃料喷射阀依次进行预混合气形成用燃料的喷射和着火辅助燃料的喷射,并且,以使得利用所述火花塞使通过所述着火辅助燃料的喷射而形成的混合气进行火焰传播燃烧并且使用通过该火焰传播燃烧而产生的热使剩余燃料进行预混合压缩自着火燃烧的方式控制所述预混合气形成用燃料及所述着火辅助燃料的喷射量及喷射正时以及所述火花塞的点火正时,

所述控制装置在利用所述蒸发燃料吹扫装置将蒸发燃料向所述进气通路内吹扫时,与不吹扫时相比,不变更所述着火辅助燃料的喷射量而使所述预混合气形成用燃料的喷射量减少。

2. 根据权利要求1所述的内燃机,

所述控制装置在利用所述蒸发燃料吹扫装置将蒸发燃料向所述进气通路内吹扫时,与不吹扫时相比,使所述着火辅助燃料的喷射正时及所述火花塞的点火正时提前。

3. 根据权利要求2所述的内燃机,

所述控制装置将伴随于所述蒸发燃料的吹扫而使所述着火辅助燃料的喷射正时及所述火花塞的点火正时提前时的提前量设定为,在所述预混合气形成用燃料的喷射正时处于相对提前侧时比所述预混合气形成用燃料的喷射正时处于相对延迟侧时小。

4. 根据权利要求2所述的内燃机,

所述控制装置将所述预混合气形成用燃料的喷射分为多次来进行,并且,在利用所述蒸发燃料吹扫装置将蒸发燃料向所述进气通路内吹扫时,与不吹扫时相比,使所述多次的预混合气形成用燃料的喷射中的一部分喷射中的喷射量减少。

5. 根据权利要求4所述的内燃机,

所述控制装置在利用所述蒸发燃料吹扫装置将蒸发燃料向所述进气通路内吹扫时,与不吹扫时相比,仅使所述多次的预混合气形成用燃料的喷射中的最靠提前侧的正时的喷射中的喷射量减少。

6. 根据权利要求4或5所述的内燃机,

所述控制装置将伴随于所述蒸发燃料的吹扫而使所述着火辅助燃料的喷射正时及所述火花塞的点火正时提前时的提前量设定为,在所述多次的预混合气形成用燃料的喷射中的伴随于所述蒸发燃料的吹扫而使喷射量减少的一部分喷射中的喷射正时处于相对提前侧时比所述一部分喷射中的喷射正时处于相对延迟侧时小。

内燃机

技术领域

[0001] 本发明涉及内燃机。

背景技术

[0002] 已知有一种如下的内燃机,该内燃机从燃料喷射阀依次进行预混合气形成用燃料的喷射和着火辅助燃料的喷射,并且,利用火花塞使通过着火辅助燃料的喷射而形成的混合气进行火焰传播燃烧,利用通过火焰传播燃烧产生的热和/或压力上升来使剩余燃料进行预混合压缩自着火燃烧(例如,专利文献1)。

[0003] 另外,已知有将在燃料箱内产生的蒸发燃料吸附于罐(英文:canister),并将该吸附了的蒸发燃料从罐向进气通路内吹扫(英文:purge)的蒸发燃料吹扫装置(例如,专利文献2)。尤其是,专利文献2所记载的内燃机构成为能够切换预混合压缩自着火燃烧和通常燃烧,并且仅在预混合压缩自着火燃烧时进行蒸发燃料向进气通路的吹扫。由此,认为抑制了燃烧状态的恶化。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2013-002378号公报

[0007] 专利文献2:日本特开2001-263126号公报

[0008] 专利文献3:日本特开2016-180393号公报

[0009] 专利文献4:日本特开2010-106770号公报

发明内容

[0010] 发明要解决的问题

[0011] 在专利文献2所记载的内燃机中,在将蒸发燃料向进气通路吹扫时,与此相应地将来自燃料喷射阀的燃料喷射量向减量侧修正。由此,能够将向燃烧室内供给的燃料的总量控制成与内燃机负荷、内燃机转速等内燃机运转状态相应的最佳值。

[0012] 但是,在如专利文献1所记载那样依次进行预混合气形成用燃料的喷射和着火辅助燃料的喷射的内燃机中,若伴随于燃料的吹扫而一律使这些预混合形成用燃料和着火辅助燃料减少,则无法适当地控制预混合气的自着火正时,其结果,会招致混合气的燃烧恶化和/或内燃机输出的下降。

[0013] 本发明是鉴于上述课题而完成的,其目的在于,在依次进行预混合气形成用燃料的喷射和着火辅助燃料的喷射的内燃机中,即使在导入了吹扫燃料时也抑制混合气的燃烧恶化和/或内燃机输出的下降。

[0014] 用于解决问题的技术方案

[0015] 本发明是鉴于上述课题而完成的,其要旨如下。

[0016] (1) 一种内燃机,具备:燃料喷射阀,该燃料喷射阀向燃烧室内直接喷射燃料;火花塞,该火花塞对燃烧室内的混合气进行点火;蒸发燃料吹扫装置,该蒸发燃料吹扫装置将燃

料箱内的蒸发燃料向内燃机的进气通路内吹扫;以及控制装置,该控制装置控制所述燃料喷射阀、所述火花塞以及所述蒸发燃料吹扫装置,其中,所述控制装置能够执行如下的着火辅助控制:从所述燃料喷射阀依次进行预混合气形成用燃料的喷射和着火辅助燃料的喷射,并且,以使得利用所述火花塞使通过所述着火辅助燃料的喷射而形成的混合气进行火焰传播燃烧并且使用通过该火焰传播燃烧而产生的热使剩余燃料进行预混合压缩自着火燃烧的方式控制所述预混合气形成用燃料及所述着火辅助燃料的喷射量及喷射正时以及所述火花塞的点火正时,所述控制装置在利用所述蒸发燃料吹扫装置将蒸发燃料向所述进气通路内吹扫时,与不吹扫时相比,不变更所述着火辅助燃料的喷射量而使所述预混合气形成用燃料的喷射量减少。

[0017] (2) 根据上述(1)所述的内燃机,所述控制装置在利用所述蒸发燃料吹扫装置将蒸发燃料向所述进气通路内吹扫时,与不吹扫时相比,使所述着火辅助燃料的喷射正时及所述火花塞的点火正时提前。

[0018] (3) 根据上述(2)所述的内燃机,所述控制装置将伴随于所述蒸发燃料的吹扫而使所述着火辅助燃料的喷射正时及所述火花塞的点火正时提前时的提前量设定为,在所述预混合气形成用燃料的喷射正时处于相对提前侧时比所述预混合气形成用燃料的喷射正时处于相对延迟侧时小。

[0019] (4) 根据上述(2)所述的内燃机,所述控制装置将所述预混合气形成用燃料的喷射分为多次来进行,并且,在利用所述蒸发燃料吹扫装置将蒸发燃料向所述进气通路内吹扫时,与不吹扫时相比,使所述多次的预混合气形成用燃料的喷射中的一部分喷射中的喷射量减少。

[0020] (5) 根据上述(4)所述的内燃机,所述控制装置在利用所述蒸发燃料吹扫装置将蒸发燃料向所述进气通路内吹扫时,与不吹扫时相比,仅使所述多次的预混合气形成用燃料的喷射中的最靠提前侧的正时的喷射中的喷射量减少。

[0021] (6) 根据上述(4)或(5)所述的内燃机,所述控制装置将伴随于所述蒸发燃料的吹扫而使所述着火辅助燃料的喷射正时及所述火花塞的点火正时提前时的提前量设定为,在所述多次的预混合气形成用燃料的喷射中的伴随于所述蒸发燃料的吹扫而使喷射量减少的一部分喷射中的喷射正时处于相对提前侧时比所述一部分喷射中的喷射正时处于相对延迟侧时小。

[0022] 发明的效果

[0023] 根据本发明,在依次进行预混合气形成用燃料的喷射和着火辅助燃料的喷射的内燃机中,即使在导入了吹扫燃料时也可抑制混合气的燃烧恶化和/或内燃机输出的下降。

附图说明

[0024] 图1是本发明的实施方式的内燃机整体的概略图。

[0025] 图2是内燃机主体的剖视图。

[0026] 图3是示出进行各运转模式下的运转的运转区域的图。

[0027] 图4A是示出进气门及排气门的提升量的推移的图。

[0028] 图4B是示出进气门及排气门的提升量的推移的图。

[0029] 图5是示出实施着火辅助来使预混合气进行压缩自着火燃烧的情况下的、曲轴角

与燃料喷射率、点火正时以及热产生率之间的关系的图。

[0030] 图6是示出着火辅助燃料的喷射开始正时与伴随于混合气的燃烧而产生的热量达到伴随于该燃烧而产生的总热量的50%的正时之间的关系的图。

[0031] 图7是控制装置的功能框图。

[0032] 图8是示出非吹扫时和吹扫时的、曲轴角与燃料喷射率、点火正时之间的关系的图。

[0033] 图9是控制装置中的一部分的功能框图。

[0034] 图10是本实施方式中的进行喷射量、喷射正时等的修正的控制即喷射修正控制的流程图。

[0035] 图11A是示出非吹扫时和吹扫时的、曲轴角与燃料喷射率、点火正时之间的关系的图。

[0036] 图11B是示出非吹扫时和吹扫时的、曲轴角与燃料喷射率、点火正时的之间关系的图。

[0037] 图12是示出主燃料的喷射正时与着火辅助燃料的喷射正时的提前量之间的关系的图。

[0038] 图13是示出非吹扫时和吹扫时的、曲轴角与燃料喷射率、点火正时之间的关系的图。

[0039] 图14A是示出非吹扫时和吹扫时的、曲轴角与燃料喷射率、点火正时之间的关系的图。

[0040] 图14B是示出非吹扫时和吹扫时的、曲轴角与燃料喷射率、点火正时之间的关系的图。

[0041] 附图标记说明

[0042] 1 内燃机

[0043] 10 内燃机主体

[0044] 15 燃烧室

[0045] 31 燃料喷射阀

[0046] 71 电子控制单元(ECU)

[0047] 90 蒸发燃料吹扫装置

具体实施方式

[0048] 以下,参照附图对本发明的实施方式详细地进行说明。此外,在以下的说明中,对同样的构成要素标注相同的附图标记。

[0049] <第一实施方式>

[0050] 《内燃机整体的说明》

[0051] 首先,参照图1及图2对第一实施方式的内燃机1的构成进行说明。图1是以汽油为燃料的内燃机1的概略的构成图。图2是内燃机1的内燃机主体10的概略的剖视图。

[0052] 如图1及图2所示,内燃机1具备内燃机主体10、可变气门机构(可变气门传动机构)20、燃料供给装置30、进气系统40、排气系统50、EGR机构60、蒸发燃料吹扫装置90以及控制装置70。

[0053] 内燃机主体10具备形成有多个汽缸11的汽缸体12、和汽缸盖13。在各汽缸11内配置有在各汽缸11内进行往复运动的活塞14。在活塞14与汽缸盖13之间的汽缸11内形成有供混合气燃烧的燃烧室15。在汽缸盖13设置有用于在各汽缸11的中央附近对燃烧室15内的混合气进行点火的火花塞16。

[0054] 在汽缸盖13形成有进气口17及排气口18。这些进气口17及排气口18与各汽缸11的燃烧室15连通。在燃烧室15与进气口17之间配置有进气门21,该进气门21对进气口17进行开闭。同样,在燃烧室15与排气口18之间配置有排气门22,该排气门22对排气口18进行开闭。

[0055] 可变气门机构20具备对各汽缸的进气门21进行开闭驱动的进气可变气门机构(进气可变气门传动机构)23、和对各汽缸的排气门22进行开闭驱动的排气可变气门机构(排气可变气门传动机构)24。进气可变气门机构23能够控制进气门21的打开正时、关闭正时以及提升量。同样,排气可变气门机构24能够控制排气门22的打开正时、关闭正时以及提升量。这些可变气门机构23、24构成为通过由电磁致动器对进气门21和/或排气门22进行开闭驱动来变更打开正时等。或者,这些可变气门机构23、24也可以构成为通过利用液压等变更凸轮轴相对于曲轴的相对相位或者变更凸轮轮廓来变更打开正时等。

[0056] 燃料供给装置30具备燃料喷射阀31、输送管32、燃料供给管33、燃料泵34以及燃料箱35。燃料喷射阀31以向各汽缸11的燃烧室15内直接喷射燃料的方式配置于汽缸盖13。尤其是,在本实施方式中,燃料喷射阀31以使火花塞16的电极部位于来自燃料喷射阀31的燃料喷射区域F或其附近的方式与火花塞16相邻地配置于各汽缸11的中央附近。

[0057] 燃料喷射阀31经由输送管32及燃料供给管33连结于燃料箱35。在燃料供给管33配置有对燃料箱35内的燃料进行压送的燃料泵34。由燃料泵34压送来的燃料经由燃料供给管33向输送管32供给,并伴随于燃料喷射阀31开阀而被从燃料喷射阀31向燃烧室15内直接喷射。

[0058] 进气系统40具备进气歧管41、稳压箱(英文:surge tank)42、进气管43、空气滤清器44、排气涡轮增压器5的压缩机5a、中冷器45以及节气门46。各汽缸11的进气口17分别经由对应的进气歧管41与稳压箱42连通,稳压箱42经由进气管43与空气滤清器44连通。在进气管43设置有将在进气管43内流通的吸入空气压缩并排出的排气涡轮增压器5的压缩机5a、和将由压缩机5a进行压缩后的空气冷却的中冷器45。中冷器45在吸入空气的流动方向上配置于压缩机5a的下游侧。节气门46配置于中冷器45与稳压箱42之间的进气管43内。通过由节气门驱动致动器47使节气门46转动,能够变更进气通路的开口面积。此外,进气口17、进气歧管41、稳压箱42以及进气管43形成向燃烧室15供给进气气体的进气通路。

[0059] 排气系统50具备排气歧管51、排气管52、排气涡轮增压器5的涡轮5b、以及排气后处理装置53。各汽缸11的排气口18与排气歧管51连通,排气歧管51与排气管52连通。在排气管52设置有排气涡轮增压器5的涡轮5b。涡轮5b利用排气气体的能量而旋转驱动。排气涡轮增压器5的压缩机5a与涡轮5b由旋转轴连接,当涡轮5b被旋转驱动时,压缩机5a随之旋转,由此压缩吸入空气。另外,在排气管52,在涡轮5b的排气流动方向下游侧设置有排气后处理装置53。排气后处理装置53是用于将排气气体净化之后向外部气体中排出的装置,具备净化有害物质的各种排气净化催化剂、捕集有害物质的过滤器等。此外,排气口18、排气歧管51以及排气管52形成从燃烧室15排除排气气体的排气通路。

[0060] EGR机构60具备EGR管61、EGR控制阀62以及EGR冷却器63。EGR管61连结于排气歧管51和稳压箱42,使它们互相连通。在EGR管61设置有将在EGR管61内流动的EGR气体冷却的EGR冷却器63。除此之外,在EGR管61设置有能够变更由EGR管61形成的EGR通路的开口面积的EGR控制阀62。通过控制EGR控制阀62的开度来调整从排气歧管51向稳压箱42回流的EGR气体的流量。

[0061] 蒸发燃料吹扫装置90具备蒸发燃料管91、罐92以及开闭阀93。蒸发燃料管91与燃料箱35的上部及稳压箱42(或稳压箱42的排气上游侧的进气管43)连通。蒸发燃料管91将在燃料箱35内蒸发了的蒸发燃料(燃料蒸气)吸入,并且向稳压箱42或进气管43内(即,进气通路内)放出蒸发燃料。

[0062] 罐92用于补充在燃料箱35内产生了的蒸发燃料。在罐92的内部填充有颗粒状的活性炭作为吸附材料。开闭阀93是进行蒸发燃料管91的开闭的阀。在开闭阀93处于打开时,保持在罐内的蒸发燃料向稳压箱42或进气管43供给,在开闭阀93处于关闭时,蒸发燃料不向稳压箱42或进气管43供给。

[0063] 控制装置70具备电子控制单元(ECU)71及各种传感器。ECU71由数字计算机构成,具备经由双向性总线72相互连接的RAM(随机存取存储器)73、ROM(只读存储器)74、CPU(微处理器)75、输入端口76以及输出端口77。

[0064] 在汽缸盖13配置有用于检测各汽缸11内的压力(缸内压力)的缸内压力传感器81。另外,在输送管32设置有用于检测输送管32内的燃料的压力、即从燃料喷射阀31向汽缸11内喷射的燃料的压力(喷射压力)的燃料压力传感器82。在进气管43,在排气涡轮增压器5的压缩机5a的进气流动方向上游侧设置有检测在进气管43内流动的空气的流量的空气流量计83。在节气门46设置有用于检测其开度(节气门开度)的节气门开度传感器84。除此之外,在稳压箱42设置有用于检测稳压箱42内的进气气体的压力、即向汽缸11内吸入的进气气体的压力(进气压力)的进气压力传感器85。而且,在稳压箱42设置有用于检测稳压箱42内的进气气体的温度、即向汽缸11内吸入的进气气体的温度(进气温度)的进气温度传感器86。这些缸内压力传感器81、燃料压力传感器82、空气流量计83、节气门开度传感器84、进气压力传感器85以及进气温度传感器86的输出经由对应的AD变换器78向输入端口76输入。

[0065] 另外,在加速器踏板87连接有产生与加速器踏板87的踩踏量成比例的输出电压的负荷传感器88,负荷传感器88的输出电压经由对应的AD变换器78向输入端口76输入。因此,在本实施方式中,使用加速器踏板87的踩踏量作为内燃机负荷。曲轴角传感器89例如在内燃机主体10的曲轴每旋转例如15度时产生输出脉冲,该输出脉冲向输入端口76输入。在CPU75中,根据该曲轴角传感器89的输出脉冲来计算内燃机转速。

[0066] 另一方面,ECU71的输出端口77经由对应的驱动电路79与控制内燃机1的运转的各致动器连接。在图1及图2所示的例子中,输出端口77与火花塞16、进气可变气门机构23、排气可变气门机构24、燃料喷射阀31、燃料泵34、节气门驱动致动器47、EGR控制阀62以及开闭阀93连接。ECU71从输出端口77输出控制这些致动器的控制信号来控制内燃机1的运转。

[0067] 《基本的燃烧控制》

[0068] 接着,参照图3~图5,对本实施方式的控制装置70的控制部所进行的基本的燃烧控制进行说明。在本实施方式中,控制装置70的控制部以火花点火运转模式(以下,称作“SI运转模式”)和压缩自着火运转模式(以下,称作“CI运转模式”)这两个运转模式来进行内燃

机的运转。

[0069] 在SI运转模式下,控制装置70的控制部基本上在燃烧室15内形成理论空燃比或理论空燃比附近的预混合气,并利用火花塞16对该预混合气进行点火。由此,预混合气在燃烧室15内进行火焰传播燃烧。

[0070] 另外,在CI运转模式下,控制装置70的控制部基本上在燃烧室15内形成比理论空燃比稀的空燃比(例如,30~40左右)的预混合气,并使该预混合气进行压缩自着火燃烧。尤其是,在本实施方式中,作为预混合气,形成在燃烧室15的中央部具有可燃层并且在汽缸11的内壁面周围具有空气层的分层预混合气。

[0071] 预混合压缩自着火燃烧与火焰传播燃烧相比,即使使空燃比稀也能够实施,另外即使提高压缩比也能够实施。因而,通过实施预混合压缩自着火燃烧,能够降低燃料消耗量并且能够提高热效率,结果能够提高燃耗性能。另外,预混合压缩自着火燃烧与火焰传播燃烧相比燃烧温度更低,因此能够抑制NO_x的产生。而且,由于在燃料的周围存在足够的氧,所以也能够抑制未燃HC的产生。

[0072] 另外,在预混合压缩自着火燃烧中,在燃烧室15内混合气进行自着火之前需要反应时间,当内燃机转速变高时,无法确保混合气进行自着火所需的反应时间,并且每单位时间的压力上升变得过高而燃烧噪音变大。因而,在内燃机转速高的区域中,进行SI运转模式下的运转。另外,当内燃机负荷变高而内燃机的产生转矩变大时,会发生爆震,无法进行良好的自着火燃烧。另外,在该情况下,每单位时间的压力上升也会变得过高而燃烧噪音变大。因而,在内燃机负荷高的区域中也进行SI运转模式下的运转。其结果,在本实施方式中,若根据内燃机负荷及内燃机转速而掌握的内燃机运转状态处于在图3中由实线围出的自着火运转区域RR内,则通过CI运转模式来使内燃机运转,若处于自着火运转区域RR外的区域,则通过SI运转模式来使内燃机运转。

[0073] 接着,参照图4A、图4B及图5,对本实施方式的可变气门机构20、火花塞16以及燃料喷射阀31的控制进行说明。

[0074] 要想实施预混合压缩自着火燃烧,需要使各汽缸11内的温度(缸内温度)上升至能够使预混合气进行自着火的温度,与SI运转模式中那样使预混合气在燃烧室15内全部进行火焰传播燃烧时相比,需要使缸内温度成为高温。因而,在本实施方式中,例如如图4A及图4B所示,在CI运转模式中,根据需要而使排气门22除了排气行程之外也在进气行程中开阀的方式控制排气可变气门机构24。这样,通过实施使排气门22在进气行程中再度开阀的排气门二度打开动作,能够使在排气行程中从某汽缸排出的高温的排气气体在紧接着的进气行程中吸回到该汽缸。由此,使缸内温度上升而将各汽缸11的缸内温度维持为能够实施预混合压缩自着火燃烧的温度。

[0075] 如图4A所示,若在进气门21的提升量小时使排气门22打开,则能够使大量的排气气体吸回到自身汽缸,所以能够使缸内温度大幅上升。另一方面,如图4B所示,若在进气门21的提升量大到某种程度之后使排气门22打开,则会在向缸内吸入了某种程度的空气(新气)之后吸回排气气体,所以能够抑制吸回到自身汽缸的排气气体的量而抑制缸内温度的上升幅度。这样,能够根据实施排气门二度打开动作的正时来控制缸内温度的上升幅度。此外,在进行预混合压缩自着火燃烧时,只要能够使缸内温度上升某种程度即可,不一定必须实施排气门二度打开动作。

[0076] 除此之外,在本实施方式中,在CI运转模式下也利用火花塞16进行对混合气的点火。更详细而言,在使预混合气在燃烧室15内进行压缩自着火燃烧时,实施如下的着火辅助自着火燃烧:利用火花塞16进行着火辅助而使燃料的一部分进行火焰传播燃烧,使用通过该火焰传播燃烧产生的热来强制性地使缸内温度上升,由此使剩余燃料进行预混合压缩自着火燃烧。

[0077] 图5是示出实施着火辅助而使预混合气进行压缩自着火燃烧的情况下的、曲轴角与燃料喷射率、点火正时以及热产生率之间的关系图。热产生率($dQ/d\theta$) [J/deg.CA]是指通过混合气的燃烧而产生的每单位曲轴角的热量、即每单位曲轴角的热产生量 Q 。图中的实线M表示实施着火辅助而使预混合气进行了压缩自着火燃烧的情况下的热产生率的推移,图中的单点划线N表示以不实施着火辅助的方式使预混合气进行了压缩自着火燃烧的情况下的热产生率的推移。

[0078] 如图5所示,在实施着火辅助而使预混合气进行压缩自着火燃烧的情况下,依次进行由燃料喷射阀31实施的主燃料(预混合气形成用燃料)的喷射、由燃料喷射阀31实施的着火辅助燃料的喷射、以及由火花塞16实施的点火。

[0079] 主燃料的喷射在从进气行程到压缩行程中的任意正时 Ti_{jm} 进行。主燃料的喷射量优选为各循环中的总燃料喷射量的一半以上。通过主燃料的喷射而在燃烧室15内形成预混合气。此外,在图5所示的例子中,虽然示出了在压缩行程中仅喷射一次主燃料的形态,但也可以分为多次来喷射主燃料。

[0080] 着火辅助燃料的喷射在喷射了主燃料后的压缩行程后半段的任意的正时 Ti_{ja} (例如,-10[deg.ATDC]左右)进行。通过着火辅助燃料的喷射,在火花塞16的周围会形成比通过主燃料的喷射而在燃烧室15内形成的预混合气浓的空燃比的浓混合气。

[0081] 由火花塞16进行的点火在喷射了着火辅助燃料后的压缩行程后半段的任意的正时(例如,-8[deg.ATDC]左右)进行。由此,在火花塞16的周围形成的浓混合气(着火辅助燃料)被点火,该浓混合气主要进行火焰传播燃烧。通过该浓混合气的火焰传播燃烧而如图5中由热产生率模型(英文:pattern)M1所示那样产生热,通过这样产生的热而强制性地使缸内温度上升,由此使预混合气(主燃料)进行压缩自着火。通过该预混合气的压缩自着火燃烧而如图5中由热产生率模型M2所示那样产生热。其结果,在产生了火焰传播燃烧及压缩自着火燃烧的燃烧室15中,热产生率如热产生率模型M所示那样推移。

[0082] 图6是示出着火辅助燃料的喷射开始正时(图5中的 Ti_{ja})与伴随于混合气的燃烧而产生的热量达到伴随于该燃烧而产生的总热量的50%的正时(以下,称作“热产生50%达成正时”)之间的关系图。尤其是,图6示出了将主燃料的喷射正时及喷射量固定并且在着火辅助燃料的喷射开始后在2[deg.CA]利用火花塞16进行了点火的情况。

[0083] 从图6可知,着火辅助燃料的喷射开始正时越提前,则热产生率50%达成正时也越提前。由于将主燃料的喷射正时及喷射量固定,所以可认为热产生率50%达成正时根据主燃料的着火正时而变化。因此,通过变更着火辅助燃料的喷射开始正时,能够变更主燃料的着火正时。因此,通过实施着火辅助而使预混合气进行压缩自着火燃烧,从而容易将预混合气的自着火正时控制成任意的正时。

[0084] 如以上所述,在本实施方式中,可以说,控制装置70的控制部能够执行如下的着火辅助控制:从燃料喷射阀31依次进行主燃料的喷射和着火辅助燃料的喷射,并且,以使得利

用火花塞16使通过着火辅助燃料的喷射而形成的混合气进行火焰传播燃烧并且使用通过火焰传播燃烧而产生的热来使剩余燃料进行预混合压缩自着火燃烧的方式,控制主燃料及着火辅助燃料的喷射量及喷射正时以及点火正时。

[0085] 此外,在如本实施方式这样进行了着火辅助控制的情况下,无法从热产生率直接导出主燃料的自着火正时。这是因为,在主燃料进行自着火时,伴随着着火辅助燃料的燃烧,在燃烧室15内热产生已经开始。于是,在本实施方式中,如图5所示,算出热产生率的上升率最高时的热产生率的曲线的切线(图5的单点划线的直线)与热产生率0的直线交差的正时作为主燃料的实际的自着火正时。

[0086] 另外,在本实施方式中,在CI运转模式下进行着火辅助控制。然而,也可以不是在CI运转模式下始终进行着火辅助控制,在自着火运转区域RR内的一部分区域(例如,自着火运转区域RR内的负荷低的区域)中,例如也可以不进行着火辅助而是仅通过主燃料的喷射来进行预混合压缩自着火燃烧。因此,在该情况下,不进行着火辅助燃料的喷射及由火花塞16实施的点火。

[0087] 《CI运转模式下的燃烧控制》

[0088] 接着,参照图7,对CI运转模式下的燃烧控制进行说明。图7是控制装置70的功能框图。

[0089] 如图7所示,控制装置70具备目标自着火正时算出部A1、基本操作量算出部A2、缸内状态量算出部A3、预想自着火正时算出部A4、目标/预想差分算出部A5、操作修正量算出部A6、操作量算出部A7、实际自着火正时算出部A8、以及目标/实际差分算出部A9。

[0090] 目标自着火正时算出部A1进行基于内燃机负荷LD、内燃机转速NE以及目标效率(例如,根据驾驶员选择节能模式或运动模式而决定)等算出目标自着火正时Tigt的目标自着火正时算出处理。例如,内燃机转速NE越早,则目标自着火正时被设定为越早的正时。

[0091] 基本操作量算出部A2进行基于由目标自着火正时算出部A1算出的目标自着火正时Tigt来算出与内燃机的运转相关的致动器的各操作参数的基本操作量Xbase的基本操作量算出处理。该致动器包括燃料喷射阀31、进气门21、排气门22、节气门46、排气涡轮增压器5的废气旁通阀(未图示)、EGR控制阀62等。另外,例如在设置有向燃烧室15内供给臭氧的臭氧供给装置的情况、设置有控制向EGR冷却器63供给的冷却水的流量的水量控制装置的情况、以及设置有变更从燃料喷射阀31喷射的燃料的性状的燃料性状变更装置的情况下,这些臭氧供给装置、水量控制装置以及燃料性状变更装置包含于上述致动器。

[0092] 操作参数是操作这些致动器所需的参数。因此,例如,在将燃料喷射阀31作为致动器来考虑的情况下,从燃料喷射阀31进行的各喷射的喷射正时 T_{ij} 和/或喷射量 Q_{ij} 、从燃料喷射阀31喷射的燃料的压力(燃料压力)等相当于操作参数。另外,在将进气门21和/或排气门22作为致动器来考虑的情况下,进气门21的打开正时IVO及关闭正时IVC、排气门22的打开正时EVO及关闭正时EVC等相当于操作参数。除此之外,在将节气门46和/或EGR控制阀62作为致动器来考虑的情况下,节气门46的开度 D_{s1} 及EGR控制阀62的开度 D_{egr} 等相当于操作参数。

[0093] 因此,在基本操作量算出部A2中,算来自燃料喷射阀31的基本喷射正时 T_{ijbase} 、基本喷射量 Q_{ij} 、基本燃料压力、进气门21的基本打开正时IVObase及基本关闭正时IVCbase、排气门22的基本打开正时EVObase及基本关闭正时EVCbase、节气门46的基本开

度Dslbase、以及EGR控制阀62的基本开度Degrbase等。此外,在本说明书中,将上述各操作参数的基本操作量统一用Xbase表示。

[0094] 该致动器的操作参数的基本操作量Xbase例如除了基于目标自着火正时Tigt之外还基于内燃机负荷LD及内燃机转速NE而使用表示这些目标自着火正时Tigt、内燃机负荷LD以及内燃机转速NE与各操作参数的基本操作量Xbase之间的关系的映射和/或计算式来算出。此外,各操作参数的基本操作量Xbase也可以除了基于目标自着火正时Tigt、内燃机负荷LD以及内燃机转速NE之外还基于其他参数(例如,目标效率、冷却水的温度等)来设定。

[0095] 此外,在本实施方式中,由基本操作量算出部A2基于目标自着火正时Tigt算出各操作参数的基本操作量Xbase。然而,也可以将目标自着火正时算出部A1和基本操作量算出部A2合起来而基于内燃机负荷LD、内燃机转速NE等同时算出目标自着火正时Tigt及基本操作量Xbase。在该情况下,例如,当基于内燃机负荷LD及内燃机转速NE设定各致动器的各操作参数的基本操作量后,算出将各操作参数的操作量设定为了这样的基本操作量时预混合气应该会自着火的正时作为预混合气的目标自着火正时Tigt。

[0096] 缸内状态量算出部A3进行算出燃烧室15内的状态量(缸内状态量)的状态量算出处理。作为缸内状态量,例如可举出燃烧室15内的混合气的当量比 ϕ 、缸内压力Pc、缸内温度Tc、混合气中的氧浓度Oc、燃料的辛烷值等。另外,缸内状态量算出部A3在例如进气门21的关闭时等在燃烧室15内混合气的自着火开始之前的时间点,预想地算出从进气门21关闭起到预混合气自着火为止的缸内状态量的推移。

[0097] 缸内状态量算出部A3利用基于内燃机负荷LD、内燃机转速NE等的数值计算模型来算出缸内状态量。在利用数值计算模型算出缸内状态量时,利用各种传感器的计测值。例如,在算出当量比 ϕ 时,利用由空气流量计83计测到的吸入空气量、基于从ECU71向燃料喷射阀31的控制信号而算出的燃料喷射量等。

[0098] 预想自着火正时算出部A4进行基于由缸内状态量算出部A3算出的各状态量的推移来算出预想自着火正时Tige的预想自着火正时算出处理。预想自着火正时Tige的算出例如使用基于Livengood-Wu的积分式的下述式(1)来进行。

[0099] 数式1

$$[0100] \quad \int \left(\frac{1}{\tau} \right)_{P,T} dt = \int_{t_s}^{t_e} A \phi^\alpha P^\beta ON^\gamma \exp(\delta \cdot RES) \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) dt \dots (1)$$

[0101] 上述式(1)的 τ 是距离喷射到燃烧室15内的燃料进行自着火为止的时间(以下称作“着火延迟时间”)。P是缸内压力,T是缸内温度, ϕ 是当量比,ON是辛烷值,RES是残留气体比例(EGR率),E是活化能,R是一般气体常数。A、 α 、 β 、 γ 、 δ 分别是同定常数(英文:identification constants;日文:同定定数)。

[0102] 在式(1)中,在对从开始燃料喷射的正时(时刻 t_s)起的着火延迟时间的倒数($1/\tau$)进行了时间积分时,从燃料喷射的开始正时到积分值成为1为止的时间(t_e-t_s)成为着火延迟时间 τ 。因此,在对缸内压力P及缸内温度T下的着火延迟时间的倒数($1/\tau$)从主燃料的目标喷射正时Tijt(时刻 t_s)起进行了时间积分时,积分值成为1的时刻 t_e 成为预混合气的预想自着火正时Tige。通过将由缸内状态量算出部A3算出的各状态量代入式(1)来算出预想自着火正时Tige。

[0103] 目标/预想差分算出部A5进行从由目标自着火正时算出部A1算出的目标自着火正时 $Tigt$ 减去由预想自着火正时算出部A4算出的预想自着火正时 $Tige$ 来算出目标/预想差分 ΔTig 的目标/预想差分算出处理。

[0104] 操作修正量算出部A6进行基于在目标/预想差分算出部A5中算出的目标/预想差分 ΔTig 而使该目标/预想差分 ΔTig 成为零的方式算出各致动器的各操作参数的修正量的修正量算出处理。换言之,操作修正量算出部A6可以说是以使目标/预想差分 ΔTig 成为零的方式修正各致动器的各操作参数。

[0105] 例如,在将燃料喷射阀31作为致动器来考虑的情况下,作为操作修正量,可举出来自燃料喷射阀31的燃料喷射正时的修正量 ΔTij 、来自燃料喷射阀31的燃料喷射量的修正量 ΔQij 等。在将可变气门机构20作为致动器来考虑的情况下,作为修正量,可举出进气门21的打开正时的修正量 $\Delta IV0$ 及关闭正时的修正量 ΔIVC 、以及排气门22的打开正时的修正量 $\Delta EV0$ 及关闭正时的修正量 ΔEVC 等。在将节气门46和/或EGR控制阀62作为致动器来考虑的情况下,作为修正量,可举出节气门46的开度 $Ds1$ 的修正量 $\Delta Ds1$ 和/或EGR控制阀62的开度 $Degr$ 的修正量 $\Delta Degr$ 。此外,在本说明书中,将这些操作修正量统一用 ΔX 表示。

[0106] 此外,成为操作量的修正对象的致动器不限于上述燃料喷射阀31等,也可以包括废气旁通阀等其他致动器。同样,成为修正对象的操作参数也不限于上述的燃料喷射正时 Tij 等,也可以包括其他的操作参数。

[0107] 操作量算出部A7进行算出各致动器的操作参数的最终的操作量 X 的操作量算出处理。具体而言,通过对在基本操作量算出部A2中算出的基本操作量 $Xbase$ 加上在操作修正量算出部A6中算出的操作修正量 ΔX 来算出最终的操作量 X ($X=Xbase+\Delta X$)。具体而言,例如,通过对在基本操作量算出部A2中算出的基本燃料喷射正时 $Tijbase$ 加上在操作修正量算出部A6中算出的燃料喷射正时的修正量 ΔTij 来算出最终的燃料喷射正时 Tij ($Tij=Tijbase+\Delta Tij$)。关于其他的操作参数也进行同样的运算。这样算出的最终的操作量 X 作为指令值向各致动器输入,在各致动器中,以与该最终的操作量 X 一致的方式进行工作。

[0108] 实际自着火正时算出部A8进行基于由缸内压力传感器81检测到的缸内压力算出预混合气的实际的自着火正时(以下,称作“实际自着火正时”)的实际自着火正时算出处理。具体而言,基于检测缸内压力的缸内压力传感器81的输出在燃烧室15内的混合气的燃烧结束后算出热产生率的推移,基于该热产生率的推移算出预混合气的实际自着火正时。此外,如上所述,在进行了着火辅助控制的情况下,无法从热产生率直接导出主燃料的自着火正时,因此,例如如使用图5所说明那样,基于热产生率的上升率最高时的热产生率来算出实际自着火正时。

[0109] 目标/实际差分算出部A9进行通过从由目标自着火正时算出部A1算出的目标自着火正时 $Tigt$ 减去由实际自着火正时算出部A8算出的实际自着火正时 $Tiga$ 来算出目标/实际差分 $\Delta Tig'$ 的目标/实际差分算出处理。

[0110] 在目标/实际差分算出部A9中算出的目标/实际差分 $\Delta Tig'$ 向缸内状态量算出部A3、预想自着火正时算出部A4以及操作修正量算出部A6输入。缸内状态量算出部A3基于目标/实际差分 $\Delta Tig'$ 进行缸内状态量的修正。另外,预想自着火正时算出部A4考虑目标/实际差分 $\Delta Tig'$ 而使目标/实际差分 $\Delta Tig'$ 变小的方式算出预想自着火正时 $Tige$ 。除此之外,操作修正量算出部A6考虑目标/实际差分 $\Delta Tig'$ 而使目标/实际差分 $\Delta Tig'$ 变小的方

式算出各操作参数的修正量 ΔX 。

[0111] 《燃料吹扫的影响》

[0112] 如上所述,本实施方式的内燃机具备蒸发燃料吹扫装置90。在蒸发燃料吹扫装置90中,在燃料箱35内产生了的蒸发燃料被保持于罐92,并且通过将开闭阀93打开而将保持于罐92的蒸发燃料向稳压箱42或进气管43吹扫。开闭阀93的开闭通过ECU71而进行,例如基于内燃机负荷等来控制开闭。

[0113] 因此,当蒸发燃料的供给条件成立而进行将开闭阀93打开的吹扫控制时,向进气通路内供给蒸发燃料,由此会向燃烧室15供给包含蒸发燃料的进气气体。在这样进行吹扫控制而供给了包含蒸发燃料的进气气体的情况下,若使来自燃料喷射阀31的喷射量与未进行吹扫控制的情况相同,则会向燃烧室15内供给过剩的燃料。其结果,由内燃机得到的内燃机输出会比与内燃机负荷相应的内燃机输出大。

[0114] 因此,为了抑制与吹扫控制相伴的内燃机输出的变动,需要使从燃料喷射阀31供给的总燃料量减少通过吹扫控制而供给的蒸发燃料量。通过这样使从燃料喷射阀31供给的总燃料量减少,吹扫控制开始前后的向燃烧室15内供给的总燃料量不再变化,结果能够抑制吹扫控制的开始前后的内燃机输出的变动。

[0115] 如上所述,在本实施方式中,进行着火辅助控制。因而,在各循环中,从燃料喷射阀31进行主燃料的喷射和着火辅助燃料的喷射这两次喷射。因此,在进行吹扫控制时,可考虑使主燃料的喷射量及着火辅助燃料的喷射量均减少相同的比例。

[0116] 在此,如参照图6所说明那样,着火辅助燃料的喷射用于控制预混合气的着火正时。并且,当着火辅助燃料的喷射量减少时,与此相伴,通过着火辅助燃料进行火焰传播燃烧而产生的发热量减少。当这样与着火辅助燃料的燃烧相伴的发热量下降时,预混合气的温度难以上升,结果预混合气的着火正时延迟。即,当使着火辅助燃料的喷射量减少时,预混合气的着火正时会大幅变化。

[0117] 《吹扫时的燃烧控制》

[0118] 于是,在本实施方式中,在基本操作量算出部A2中,在由蒸发燃料吹扫装置90进行着蒸发燃料的吹扫控制时,与未进行吹扫控制时相比,不变更着火辅助燃料的喷射量而仅使主燃料的喷射量减少的方式算出各燃料的喷射量。

[0119] 图8是示出未进行吹扫控制时(非吹扫时)和进行着吹扫控制时(吹扫时)的曲轴角与燃料喷射率、点火正时之间的关系图。如图8所示,使进行着吹扫控制时的主燃料的喷射量(图8中的网线部分的面积相当于喷射量)比未进行吹扫控制时的主燃料的喷射量少。此时,主燃料的喷射量减少与通过吹扫控制而经由进气通路向燃烧室15供给的蒸发燃料的量相当的量。

[0120] 尤其是,在本实施方式中,在进行着吹扫控制时,算出通过吹扫控制的执行而向各燃烧室15供给的蒸发燃料的量。蒸发燃料的供给量例如基于开闭阀93处于打开时的进气通路内的负压等来算出。即,开闭阀93处于打开时的进气通路内的负压越高,则经由蒸发燃料管91向进气通路供给的气体的流量越多,由此蒸发燃料的供给量越多。在本实施方式中,这样算出的蒸发燃料的量向基本操作量算出部A2输入,并且在基本操作量算出部A2中,以使主燃料的喷射量减少与输入的蒸发燃料的量相当的量的方式算出主燃料的喷射量。

[0121] 此外,蒸发燃料的量也可以除了基于进气通路内的负压之外还基于进气通路内的

负压以外的参数来算出。另外,在上述实施方式中,基于进气通路内的负压等算出蒸发燃料的量,基于算出的蒸发燃料的量使主燃料的喷射量减少。然而,也可以基于进气通路内的负压等直接算出使主燃料的喷射量减少的量。

[0122] 另外,在本实施方式中,进行着吹扫控制时的主燃料的喷射正时与未进行吹扫控制时的主燃料的喷射正时设为相同的正时。除此之外,如图8所示,在本实施方式中,进行着吹扫控制时的着火辅助燃料的喷射量维持为未进行吹扫控制时的着火辅助燃料的喷射量,由此两者相等。

[0123] 根据本实施方式,由于向燃烧室15供给的燃料的总量在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时相等,所以能够抑制伴随于吹扫控制的开始及结束而内燃机输出变动的情况。

[0124] 另外,根据本实施方式,由于着火辅助燃料的喷射量在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时相等,所以与着火辅助燃料的燃烧相伴的发热量在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时相等。其结果,燃烧室15内的温度从喷射着火辅助燃料并利用火花塞16进行点火起,在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时以相同的方式上升。因此,根据本实施方式,能够抑制由主燃料形成的预混合气进行自着火的正时在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时发生偏离。

[0125] 除此之外,在本实施方式中,在基本操作量算出部A2中算出各燃料的喷射正时时,在由蒸发燃料吹扫装置90进行着蒸发燃料的吹扫控制时,与未进行吹扫控制时相比,使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前。

[0126] 如图8所示,在本实施方式中,在未进行吹扫控制时,着火辅助燃料的喷射在压缩上止点(TDC)附近的第1喷射正时 Ti_{ja1} 进行。另一方面,在进行着吹扫控制时,着火辅助燃料的喷射在比第1喷射正时 Ti_{ja1} 靠提前侧的第2喷射正时 Ti_{ja2} 进行。

[0127] 除此之外,如图8所示,在本实施方式中,在未进行吹扫控制时,由火花塞16实施的点火在刚第1喷射正时 Ti_{ja1} 后(例如,2[deg.CA]后)进行。同样,在进行着吹扫控制时,由火花塞16实施的点火在刚第2喷射正时 Ti_{ja2} 后(例如,2[deg.CA]后)进行。因此,火花塞16的点火正时也是在进行着吹扫控制时与未进行吹扫控制时相比提前。

[0128] 另外,在本实施方式中,在基本操作量算出部A2中,在进行着吹扫控制时,以通过吹扫控制而向燃烧室15内供给的蒸发燃料的量越多则使着火辅助燃料的喷射正时 Ti_{ja} 及火花塞16的点火正时提前得越多的方式算出提前量。如上所述,蒸发燃料的供给量例如基于开闭阀93处于打开时的进气通路内的负压等来算出。

[0129] 此外,在上述实施方式中,基于进气通路内的负压等算出蒸发燃料的量,基于算出的蒸发燃料的量算出着火辅助燃料的喷射正时 Ti_{ja} 及火花塞16的点火正时的提前量。然而,也可以基于进气通路内的负压等直接算出着火辅助燃料的喷射正时 Ti_{ja} 及火花塞16的点火正时的提前量。

[0130] 在此,对在进行着吹扫控制时使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前的理由进行说明。从汽油燃料产生的蒸气(蒸发燃料)包含较多的低沸点成分,尤其是在常温附近汽油燃料产生的蒸气包含丙烷、丁烷、戊烷。这些丙烷及丁烷与汽油相比辛烷值高,由此非常难以自着火。换言之,经由蒸发燃料吹扫装置90供给到燃烧室15的蒸发燃料与由燃料喷射阀31供给到燃烧室15的燃料相比难以自着火。因此,由通过吹扫控制而供给了

的蒸发燃料和从燃料喷射阀31供给了的燃料构成的预混合气,与仅由从燃料喷射阀31供给了的燃料构成的预混合气相比难以自着火。其结果,在进行着吹扫控制时,即使如上述那样使主燃料的喷射量减少而将向燃烧室15内供给的燃料的总量保持为与非吹扫时相同的程度,预混合气的自着火正时也会延迟。若自着火正时这样从最佳的正时延迟,则例如会招致内燃机输出的下降。

[0131] 与此相对,在本实施方式中,在进行着吹扫控制时,使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前。尤其是,在本实施方式中,通过吹扫控制向燃烧室15内供给的蒸发燃料的量(比例)越多,则使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前得越多。在此,若从主燃料向蒸发燃料的变更量多,则预混合气与此相应地变得难以自着火,由此预混合气的自着火正时延迟。因此,通过如本实施方式这样蒸发燃料的供给量越多则使提前量越多,能够使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前与通过吹扫控制的执行而导致主燃料的一部分变更为蒸发燃料从而在预混合气的自着火正时产生的延迟相当的期间。由此,能够抑制与蒸发燃料的增大相伴的预混合气的自着火正时的延迟。

[0132] 接着,参照图9,对进行着吹扫控制时的预想自着火正时的修正进行说明。如上所述,在本实施方式中,在进行着吹扫控制时,向燃烧室15供给蒸发燃料并且使主燃料的喷射量减少与此对应的量。另外,由于蒸发燃料的辛烷值高,所以在进行了这样的控制时,预混合气变得难以自着火。即,可以说,通过吹扫控制向燃烧室15内供给的蒸发燃料的量越多,则预想自着火正时越延迟。于是,在本实施方式中,根据向燃烧室15内供给的蒸发燃料的量来修正预想自着火正时。

[0133] 图9是控制装置70中的一部分的功能框图。如图9所示,控制装置70具备预想自着火正时算出部A4和目标/预想差分算出部A5。除此之外,在本实施方式中,还具备自着火正时修正量算出部A11和自着火正时吹扫修正部A12。

[0134] 在本实施方式中,预想自着火正时算出部A4基于由缸内状态量算出部A3算出的各状态量的推移算出基本预想自着火正时 T_{ige}' 。另外,目标/预想差分算出部A5通过从由目标自着火正时算出部A1算出的目标自着火正时 T_{igt} 减去预想自着火正时 T_{ige} 来算出目标/预想差分 ΔT_{ig} 。

[0135] 自着火正时修正量算出部A11进行基于通过吹扫控制向燃烧室15内供给的蒸发燃料的量(吹扫量)算出预想自着火正时的修正量 ΔT_{ige} 的预想自着火正时修正量算出处理。具体而言,以通过吹扫控制向燃烧室15内供给的蒸发燃料的量越多则预想自着火正时的修正量 ΔT_{ige} 越大的方式进行修正量 ΔT_{ige} 的算出。此外,如上所述,通过吹扫控制向燃烧室15内供给的蒸发燃料的量例如基于进气通路内的负压来算出。

[0136] 在自着火正时修正量算出部A11中算出的预想自着火正时的修正量 ΔT_{ige} 向自着火正时吹扫修正部A12输入。自着火正时吹扫修正部A12通过对由预想自着火正时算出部A4算出的基本预想自着火正时 T_{ige}' 加上由自着火正时修正量算出部A11算出的预想自着火正时的修正量 $\Delta T_{ige}'$,来算出预想自着火正时 T_{ige} 。

[0137] 在本实施方式中,由于基于通过吹扫控制向燃烧室15内供给的蒸发燃料的量来修正预想自着火正时,所以能够比较准确地算出预想自着火正时。

[0138] 此外,在上述实施方式中,进行着吹扫控制时的预想自着火正时使用基于通过吹扫控制向燃烧室15内供给的蒸发燃料的量算出的预想自着火正时的修正量 ΔT_{ige} 来算出。

然而,进行着吹扫控制时的预想自着火正时的算出也可以不必使用上述那样的手法,也可以利用其他方法来进行。

[0139] 作为其他手法,例如可举出变更进行着吹扫控制时的缸内状态量算出部A3及预想自着火正时算出部A4中的计算方法。具体而言,在缸内状态量算出部A3中,以根据吹扫控制的有无而当量比及辛烷值不同的方式进行这些参数的值的算出。

[0140] 在此,在进行着吹扫控制时,在向燃烧室15内导入了进气气体的时间点是在进气气体中已经包含有燃料(蒸发燃料),并且另一方面,相对于未进行吹扫控制时使来自燃料喷射阀31的燃料喷射量减少。因此,在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时,燃烧室15内的混合气的当量比的推移发生变化。因此,在缸内状态量算出部A3中,以在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时当量比的推移不同的方式进行当量比的算出。

[0141] 另外,如上所述,通过吹扫控制向燃烧室15供给的蒸发燃料的辛烷值比从燃料喷射阀31供给的燃料的辛烷值高。因此,在进行着吹扫控制时,与未进行吹扫控制时相比,向燃烧室15内供给的燃料的辛烷值变高。因此,在缸内状态量算出部A3中,以在进行着吹扫控制时,与未进行吹扫控制时相比算出的辛烷值变高的方式进行辛烷值的算出。

[0142] 这样,由缸内状态量算出部A3算出的当量比及辛烷值在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时不同。其结果,在预想自着火正时算出部A4中,在使用上述式(1)算出预想自着火正时代入于式(1)的当量比 Φ 及辛烷值ON的值发生变化。由此,即使在进行着吹扫控制时,也能够适当地算出预混合气的预想自着火正时。

[0143] 另外,在预想自着火正时算出部A4中,在未进行吹扫控制时,从主燃料的目标喷射正时起进行时间积分。然而,在进行着吹扫控制时,蒸发燃料与进气气体一起向燃烧室15内供给,所以从主燃料的喷射开始前起向燃烧室15内供给燃料。因此,在预想自着火正时算出部A4中,在进行着吹扫控制时,从比主燃料的目标喷射正时早的正时起进行时间积分。例如,在主燃料的喷射正时是进气门21的关闭正时以后的情况下,在进行着吹扫控制时,从进气门21的关闭正时起开始式(1)的时间积分(式(1)的时刻 t_s 设为进气门21的关闭正时)。这样,通过在进行着吹扫控制时相对于未进行吹扫控制时变更式(1)的积分期间,从而即使在进行着吹扫控制时也能够适当地算出预混合气的预想自着火正时。

[0144] 《流程图的说明》

[0145] 图10是本实施方式中的进行喷射量、喷射正时等的修正的控制即喷射修正控制的流程图。图示的控制例程在基本操作量算出部A2中以一定时间间隔执行。

[0146] 首先,在步骤S11中,判定当前的状态是否是吹扫控制的执行中。是否是吹扫的控制中例如基于从ECU71向开闭阀93的指示值来判定。在由ECU71使开闭阀93处于闭阀时,判定为不是吹扫控制的执行中。在该情况下,控制例程结束。另一方面,在由ECU71使开闭阀93处于开阀时,判定为是吹扫控制的执行中。在该情况下,控制例程进入步骤S12。

[0147] 在步骤S12中,检测包括内燃机负荷LD及内燃机转速NE在内的内燃机运转状态。具体而言,检测基于负荷传感器88的输出算出的内燃机负荷LD和基于曲轴角传感器89的输出算出的内燃机转速NE。接着,在步骤S13中,判定在步骤S12中检测到的内燃机运转状态是否处于自着火运转区域RR内。在步骤S13中判定为内燃机运转状态处于自着火运转区域RR内的情况下,进入步骤S14。

[0148] 在步骤S14中,以使主燃料的喷射量 Q_{ijm} 减少的方式进行修正。在此,预先通过计

算或实验求出进气通路内的负压与主燃料的喷射量 Q_{ijm} 的减少修正量之间的关系,并作为计算式或映射保存于ECU71的ROM74。在步骤S14中,基于由进气压力传感器85检测到的进气通路内的负压,使用上述的计算式或映射来算出主燃料的喷射量 Q_{ijm} 的减少修正量。

[0149] 接着,在步骤S15中,对着火辅助燃料的喷射正时 Ti_{ja} 进行提前修正,并且对点火正时 Tip 进行提前修正。着火辅助燃料的喷射正时 Ti_{ja} 的提前修正量与点火正时 Tip 的提前修正量设为基本相同。另外,此时的提前修正量以通过吹扫控制向燃烧室15内供给的蒸发燃料的量(比例)越多则越大的方式设定。如上所述,蒸发燃料的供给量根据进气通路内的负压而变化,所以在本实施方式中,预先通过计算或实验求出进气通路内的负压与着火辅助燃料的喷射正时 Ti_{ja} 及点火正时 Tip 的提前修正量之间的关系,并作为计算式或映射保存于ECU71的ROM74。在步骤S15中,基于由进气压力传感器85检测到的进气通路内的负压,使用上述的计算式或映射算出着火辅助燃料的喷射正时 Ti_{ja} 及点火正时 Tip 的提前修正量。

[0150] <第二实施方式>

[0151] 接着,参照图11A、图11B以及图12对第二实施方式的内燃机进行说明。第二实施方式的内燃机的构成及控制基本上与第一实施方式的内燃机的构成及控制是同样的。以下,以与第一实施方式的内燃机不同的部分为中心进行说明。

[0152] 图11A及图11B是示出未进行吹扫控制时(非吹扫时)和进行着吹扫控制时(吹扫时)的曲轴角与燃料喷射率、点火正时之间的关系图。如图11A及图11B所示,在本实施方式中,主燃料的喷射正时根据内燃机运转状态而变化。具体而言,例如,内燃机转速 NE 越高,则主燃料的喷射正时越提前。

[0153] 图11A示出了主燃料的喷射正时 Ti_{jm} 处于压缩行程中的情况。从图11A可知,在本实施方式中,也使进行着吹扫控制时的主燃料的喷射量比未进行吹扫控制时的主燃料的喷射量少。此时,主燃料的喷射量减少与通过吹扫控制而经由进气通路向燃烧室15供给的蒸发燃料的量相当的量。

[0154] 除此之外,如图11A所示,在未进行吹扫控制时,着火辅助燃料的喷射在压缩上止点(TDC)附近的第1喷射正时 Ti_{ja1} 进行。与此相对,在进行着吹扫控制时,着火辅助燃料的喷射在比第1喷射正时 Ti_{ja1} 靠提前侧的第2喷射正时 Ti_{ja2} 进行。因此,在本实施方式中也是,在进行着吹扫控制时,与未进行吹扫控制时相比,使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前。尤其是,在图11A所示的例子中,在进行着吹扫控制时,相对于未进行吹扫控制时使着火辅助燃料的喷射正时提前第1提前量 ΔTi_{ja} 。

[0155] 另一方面,图11B示出了主燃料的喷射正时 Ti_{jm}' 处于进气行程中的情况。从图11B可知,在进气行程中正在进行主燃料的喷射的情况下,也使进行着吹扫控制时的主燃料的喷射量比未进行吹扫控制时的主燃料的喷射量少。此时,主燃料的喷射量减少与通过吹扫控制而经由进气通路向燃烧室15供给的蒸发燃料的量相当的量。

[0156] 除此之外,如图11B所示,在未进行吹扫控制时,着火辅助燃料的喷射在压缩上止点(TDC)附近的第1喷射正时 Ti_{ja1}' 进行。与此相对,在进行着吹扫控制时,着火辅助燃料的喷射在比第1喷射正时 Ti_{ja1}' 靠提前侧的第2喷射正时 Ti_{ja2}' 进行。因此,在进气行程中正在进行主燃料的喷射的情况下也是,在进行着吹扫控制时,与未进行吹扫控制时相比,使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前。尤其是,在图11B所示的例子中,在进

行着吹扫控制时,相对于未进行吹扫控制时使着火辅助燃料的喷射正时提前第2提前量 $\Delta T_{i ja'}$ 。

[0157] 而且,在本实施方式中,第2提前量 $\Delta T_{i ja'}$ 被设定为比第1提前量 $\Delta T_{i ja}$ 小。即,在本实施方式中,伴随于蒸发燃料的吹扫而使着火辅助燃料的喷射正时 $T_{i ja}$ 及火花塞16的点火正时提前时的提前量被设定为,在主燃料的喷射正时处于进气行程中时比主燃料的喷射正时处于压缩行程中时小。以下,对其理由进行说明。

[0158] 在主燃料的喷射正时处于压缩行程中时,通过主燃料的喷射供给到燃烧室15内的燃料在混合气的自着火正时之前未必会均匀地分散。因此,在混合气的自着火正时附近,在燃烧室15内存在当量比比较高的区域和当量比比较低的区域。其中,当量比比较高的区域容易自着火。其结果,在这样的混合气中,在当量比比较高的区域中混合气提前进行自着火,与此相伴,在剩余的区域中混合气也进行自着火。因此,在主燃料的喷射正时处于压缩行程中时,混合气比较容易自着火,另外,与此相伴,着火辅助燃料的喷射正时 $T_{i ja}$ 及火花塞16的点火正时也被设定为比较靠延迟侧。

[0159] 另一方面,在主燃料的喷射正时处于进气行程中时,通过主燃料的喷射供给到燃烧室15内的燃料在混合气的自着火正时之前均匀地分散。因此,在混合气的自着火正时附近,燃烧室15内的混合气的当量比在整个燃烧室15内均匀度比较高。因而,不会如主燃料的喷射正时处于压缩行程中的情况那样在燃烧室15内存在当量比局部高的区域,当量比在整个燃烧室15内比较低。其结果,在这样的混合气中,难以发生自着火。因此,在主燃料的喷射正时处于进气行程中时,着火辅助燃料的喷射正时 $T_{i ja'}$ 及火花塞16的点火正时也被设定为比较靠提前侧。

[0160] 另一方面,如上述那样通过吹扫控制而供给的蒸发燃料从进气气体流入燃烧室15之前起与进气气体混合,所以在预混合气的自着火正时附近,在燃烧室15内均匀地分散。在通过吹扫控制供给蒸发燃料而使主燃料的喷射量减少了时,与未进行吹扫控制时相比,在预混合气的自着火正时附近当量比的均匀度变高。尤其是,当量比的均匀度的变化在主燃料的喷射正时处于压缩行程时更大。因此,在主燃料的喷射正时处于压缩行程中时,与处于进气行程中时相比,伴随于吹扫控制的执行而预混合气的自着火正时大幅延迟。

[0161] 与此相对,在本实施方式中,如上所述,与蒸发燃料的吹扫相伴的着火辅助燃料的喷射正时及点火正时的提前量被设定为,在主燃料的喷射正时处于进气行程中时比主燃料的喷射正时处于压缩行程中时小。由此,着火辅助燃料的喷射正时及点火正时会提前与通过进行吹扫控制而引起的预混合气的自着火正时的延迟相应的量。其结果,即使在进行了吹扫控制时,也能够合适的正时使预混合气自着火。

[0162] 此外,在上述实施方式中,在主燃料的喷射正时处于压缩行程中时和处于进气行程中时变更进行了吹扫控制时的着火辅助燃料的喷射正时等的提前量。然而,也可以是,即使主燃料的喷射正时处于压缩行程中,也伴随于主燃料的喷射正时的变化而改变着火辅助燃料的喷射正时等的提前量。同样,也可以是,即使主燃料的喷射正时处于进气行程中,也伴随于主燃料的喷射正时的变化而改变着火辅助燃料的喷射正时等的提前量。因此,若将此综合起来表述,则可以说,在本实施方式中,伴随于蒸发燃料的吹扫而使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前时的提前量被设定为,在主燃料的喷射正时处于相对提前侧时比主燃料的喷射正时处于相对延迟侧时小。在该情况下,主燃料的喷射正时与着

火辅助燃料的喷射正时的提前量之间的关系如图12所示那样设定。即,主燃料的喷射正时越处于提前侧,则着火辅助燃料的喷射正时的提前量被设定得越小。

[0163] <第三实施方式>

[0164] 接着,参照图13对第三实施方式的内燃机进行说明。第三实施方式的内燃机的构成及控制基本上与第一实施方式及第二实施方式的内燃机的构成及控制是同样的。以下,以与第一实施方式及第二实施方式的内燃机不同的部分为中心进行说明。

[0165] 图13是示出在本实施方式的内燃机中未进行吹扫控制时(非吹扫时)和进行着吹扫控制时(吹扫时)的、曲轴角与燃料喷射率、点火正时之间的关系的图。如图13所示,在本实施方式的内燃机中,分为多次来进行主燃料的喷射。尤其是,在图13所示的例子中,第1主燃料的喷射在进气行程中进行,并且第2主燃料的喷射在压缩行程中进行。

[0166] 如图13所示,使进行着吹扫控制时的第1主燃料的喷射量比未进行吹扫控制时的第1主燃料的喷射量少。此时,第1主燃料的喷射量与上述第一实施方式的内燃机同样地减少与通过吹扫控制而经由进气通路向燃烧室15供给的蒸发燃料的量相当的量。

[0167] 另一方面,如图13所示,在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时,第2主燃料的喷射量设为相同。另外,如图13所示,进行着吹扫控制时的第1主燃料的喷射正时和未进行吹扫控制时的第1主燃料的喷射正时设为相同的正时。同样,进行着吹扫控制时的第2主燃料的喷射正时和未进行吹扫控制时的第2主燃料的喷射正时设为相同的正时。

[0168] 另外,在本实施方式中,进行着吹扫控制时的着火辅助燃料的喷射量也维持为未进行吹扫控制时的着火辅助燃料的喷射量,由此两者相等。除此之外,在由蒸发燃料吹扫装置90进行着蒸发燃料的吹扫控制时,与未进行吹扫控制时相比,使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前。

[0169] 根据本实施方式,向燃烧室15供给的燃料的总量在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时相等。因而,在本实施方式中,也能够抑制内燃机输出伴随于吹扫控制的开始及结束而变动。

[0170] 另外,根据本实施方式,着火辅助燃料的喷射量在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时相等。因而,能够抑制由主燃料形成的预混合气进行自着火的正时在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时发生偏离。

[0171] 除此之外,根据本实施方式,在使主燃料的喷射量减少时,仅使在提前侧的正时进行喷射的第1主燃料的喷射量减少。如上所述,通过提前侧的正时的燃料喷射而喷射出的燃料在燃烧室15内比较均匀地分散。因此,通过利用第1主燃料的喷射量的减少来抵消由吹扫控制引起的蒸发燃料的增大量,能够将预混合气的自着火正时的偏离抑制得小。

[0172] 此外,在上述实施方式中,将主燃料的喷射分为第1主燃料和第2主燃料这两次来进行,但主燃料的喷射也可以分为3次以上进行。另外,在上述实施方式中,在进气行程中进行第1主燃料的喷射,在压缩行程中进行第2主燃料的喷射。然而,只要多次的主燃料的喷射在进气行程中及压缩行程中即可,可以在任何正时进行。因此,例如,也可以使第1主燃料的喷射和第2主燃料的喷射都在进气行程中进行,还可以使它们都在压缩行程中进行。

[0173] 即使在这样的情况下,在进行吹扫控制时,与不进行吹扫控制时相比,也使多次的主燃料的喷射中的一部分喷射中的喷射量减少。另外,在进行吹扫控制时,与不进行吹扫控制时相比,优选使多次的主燃料的喷射中的最靠提前侧的正时的喷射(在图13所示的例子

中是第1主燃料的喷射)中的喷射量减少。

[0174] <第四实施方式>

[0175] 接着,参照图14A及图14B对第四实施方式的内燃机进行说明。第四实施方式的内燃机的构成及控制基本上与第一实施方式至第三实施方式的内燃机的构成及控制是同样的。以下,以与第一实施方式至第三实施方式的内燃机不同的部分为中心进行说明。

[0176] 图14A及图14B是示出未进行吹扫控制时(非吹扫时)和进行着吹扫控制时(吹扫时)的、曲轴角与燃料喷射率、点火正时之间的关系图。如图14A及图14B所示,在本实施方式的内燃机中,分为多次来进行主燃料的喷射。在图14A及图14B所示的例子中,第1主燃料的喷射在进气行程中进行,并且第2主燃料的喷射在压缩行程中进行。除此之外,如图14A及图14B所示,在本实施方式中,伴随于吹扫控制而使喷射量减少的主燃料根据内燃机运转状态而变更。

[0177] 在图14A所示的例子中,使进行着吹扫控制时的第2主燃料的喷射量比未进行吹扫控制时的第2主燃料的喷射量少。此时,第2主燃料的喷射量与上述第一实施方式的内燃机同样地减少与通过吹扫控制而经由进气通路向燃烧室15供给的蒸发燃料的量相当的量。

[0178] 另一方面,在图14A所示的例子中,在进行着吹扫控制和未进行吹扫控制时,第1主燃料的喷射量设为相同。另外,如图14A所示,进行着吹扫控制时的第1主燃料及第2主燃料的喷射正时设为与未进行吹扫控制时相同的正时。

[0179] 除此之外,在图14A所示的例子中,在未进行吹扫控制时,着火辅助燃料的喷射在压缩上止点(TDC)附近的第1喷射正时 $T_{i\ ja1}$ 进行。与此相对,在进行着吹扫控制时,着火辅助燃料的喷射在比第1喷射正时 $T_{i\ ja1}$ 靠提前侧的第2喷射正时 $T_{i\ ja2}$ 进行。因此,在本实施方式中也是,在进行着吹扫控制时,与未进行吹扫控制时相比,使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前。尤其是,在图14A所示的例子中,在进行着吹扫控制时,相对于未进行吹扫控制时使着火辅助燃料的喷射正时提前第3提前量 $\Delta T_{i\ ja}$ 。

[0180] 另一方面,在图14B所示的例子中,使进行着吹扫控制时的第1主燃料的喷射量比未进行吹扫控制时的第1主燃料的喷射量少。此时,第1主燃料的喷射量与上述第一实施方式的内燃机同样地减少与通过吹扫控制而经由进气通路向燃烧室15供给的蒸发燃料的量相当的量。

[0181] 另一方面,在图14B所示的例子中,在进行着吹扫控制时和未进行吹扫控制时,第2主燃料的喷射量设为相同。另外,如图14B所示,进行着吹扫控制时的第1主燃料及第2主燃料的喷射正时设为与未进行吹扫控制时相同的正时。

[0182] 除此之外,在图14B所示的例子中,在未进行吹扫控制时,着火辅助燃料的喷射在压缩上止点(TDC)附近的第1喷射正时 $T_{i\ ja1}'$ 进行。与此相对,在进行着吹扫控制时,着火辅助燃料的喷射在比第1喷射正时 $T_{i\ ja1}'$ 靠提前侧的第2喷射正时 $T_{i\ ja2}'$ 进行。因此,在伴随于吹扫控制的执行而使第1主燃料的喷射量减少的情况下也是,在进行着吹扫控制时,与未进行吹扫控制时相比,使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前。尤其是,在图14B所示的例子中,在进行着吹扫控制时,相对于未进行吹扫控制时使着火辅助燃料的喷射正时提前第4提前量 $\Delta T_{i\ ja}'$ 。

[0183] 而且,在本实施方式中,第4提前量 $\Delta T_{i\ ja}'$ 被设定为比第3提前量 $\Delta T_{i\ ja}$ 小。即,在本实施方式中,伴随于蒸发燃料的吹扫而使着火辅助燃料的喷射正时 $T_{i\ ja}$ 及火花塞16的点

火正时提前时的提前量被设定为,在多次的主燃料的喷射中的伴随于蒸发燃料的吹扫而使喷射量减少的一部分喷射中的喷射正时处于进气行程中时比该喷射正时处于压缩行程中时小。

[0184] 这样将第4提前量 $\Delta T_{ija}'$ 设定为比第3提前量 ΔT_{ija} 小的理由在于,如上所述,在主燃料的喷射正时处于压缩行程中时,与主燃料的喷射正时处于进气行程中时相比,伴随于吹扫控制的执行而预混合气的自着火正时大幅延迟。通过使第4提前量 $\Delta T_{ija}'$ 比第3提前量 ΔT_{ija} 小,从而即使在进行了吹扫控制时也能够合适的正时使预混合气进行自着火。

[0185] 此外,在上述实施方式中,将主燃料的喷射分为第1主燃料和第2主燃料这两次来进行,但主燃料的喷射也可以分为3次以上来进行。另外,在上述实施方式中,在进气行程中进行第1主燃料的喷射,在压缩行程中进行第2主燃料的喷射。然而,多次的主燃料的喷射只要在进气行程中及压缩行程中即可,也可以在任何正时进行。

[0186] 不过,在本实施方式中,伴随于蒸发燃料的吹扫而使着火辅助燃料的喷射正时及火花塞16的点火正时提前时的提前量被设定为,在多次的主燃料的喷射中的伴随于蒸发燃料的吹扫而使喷射量减少的一部分喷射中的喷射正时处于相对提前侧时比该喷射正时处于相对延迟侧时小。

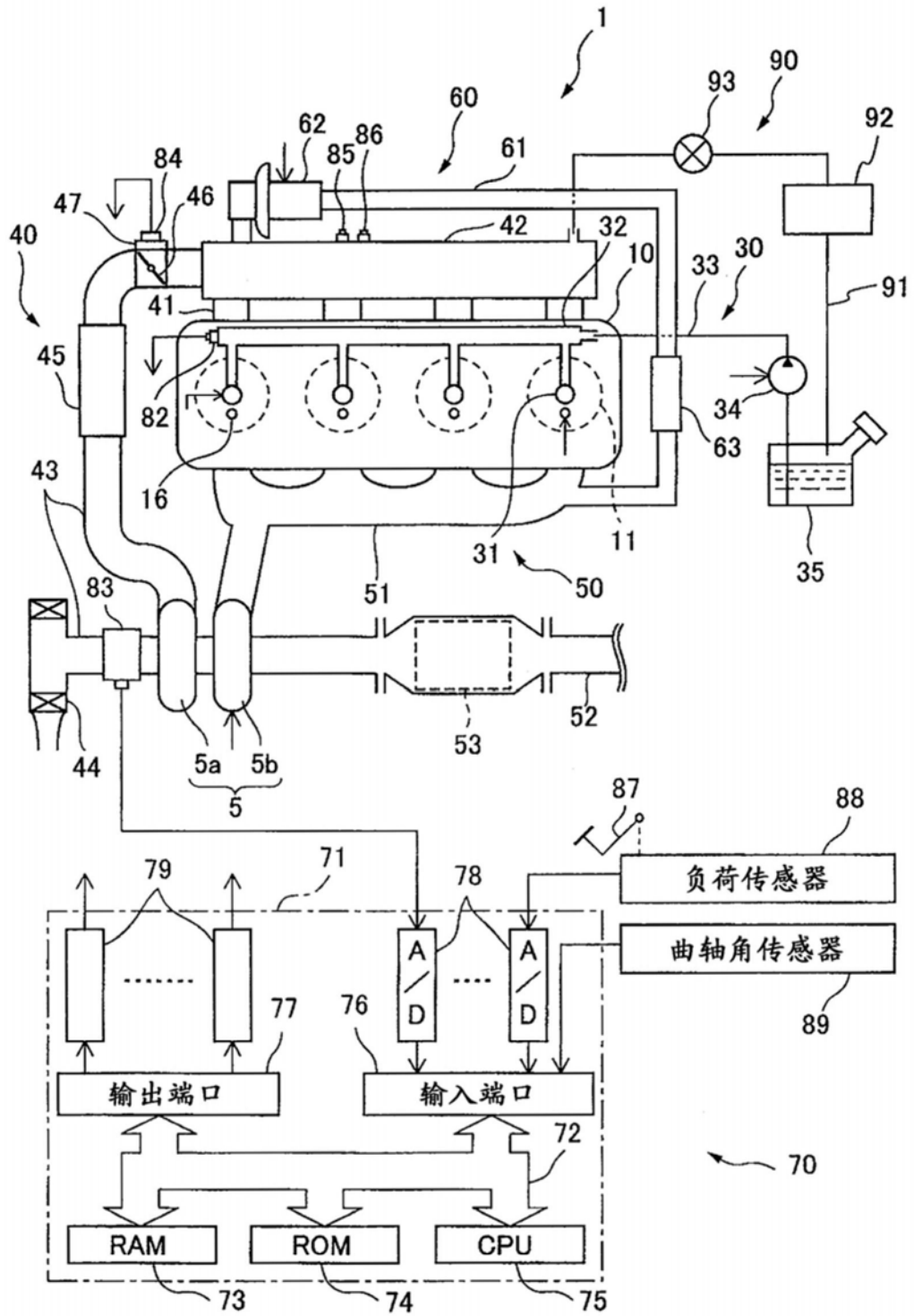


图1

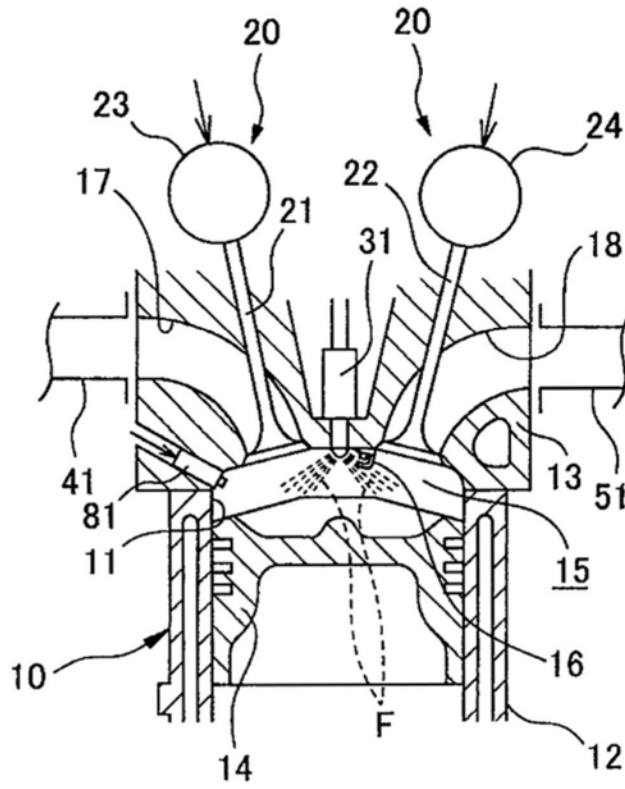


图2

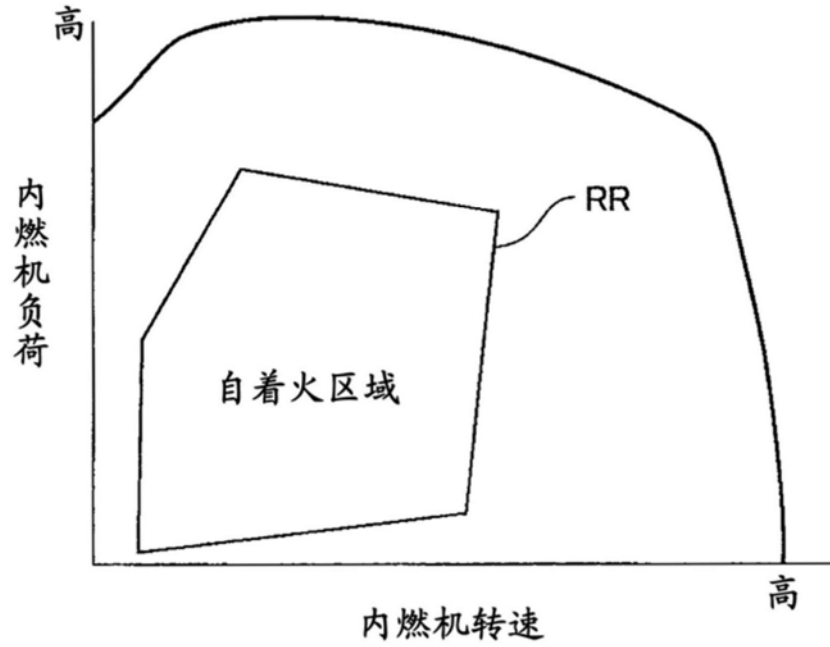


图3

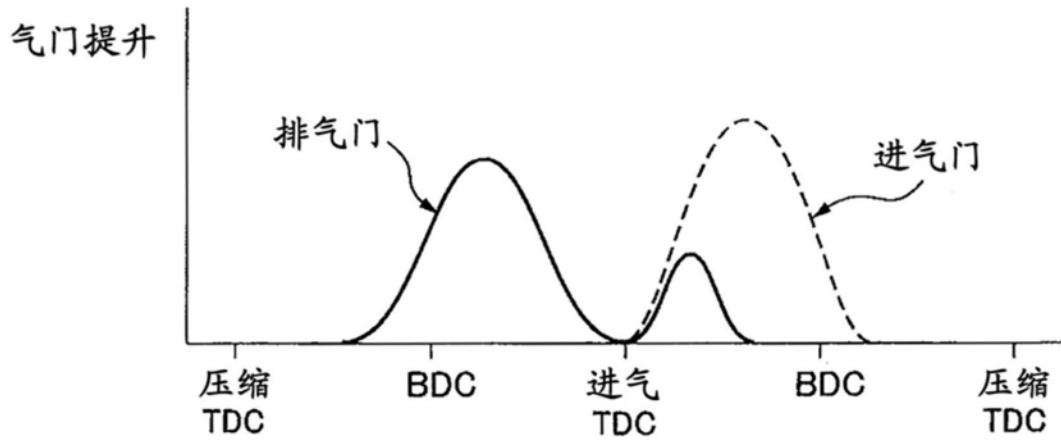


图4A

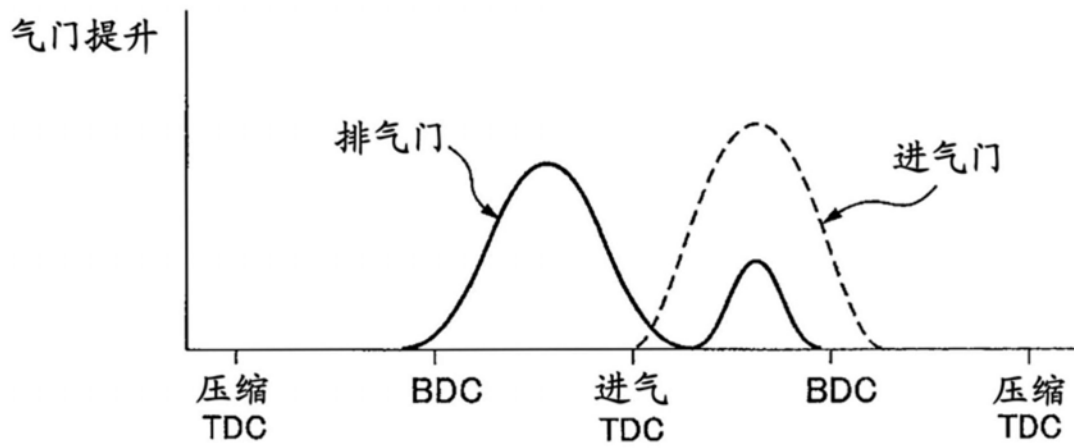


图4B

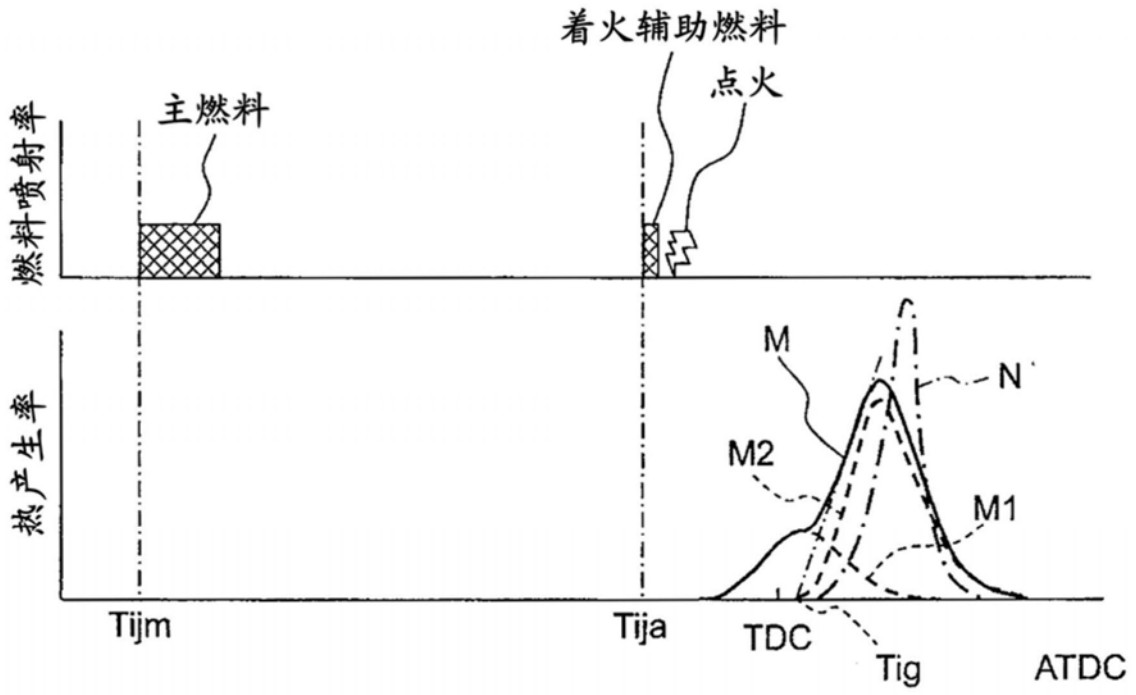


图5

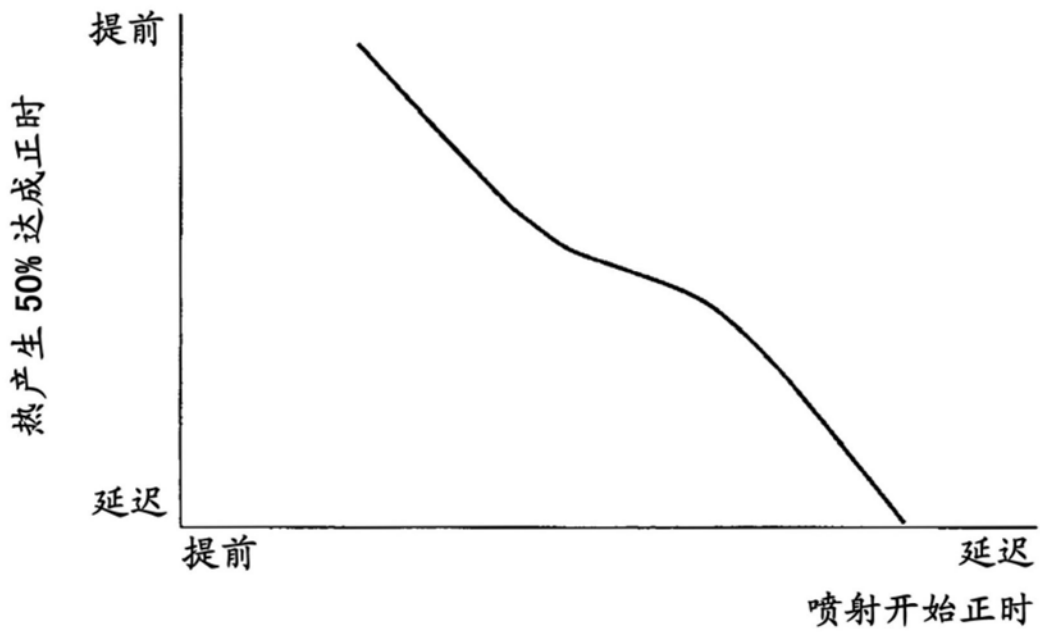


图6

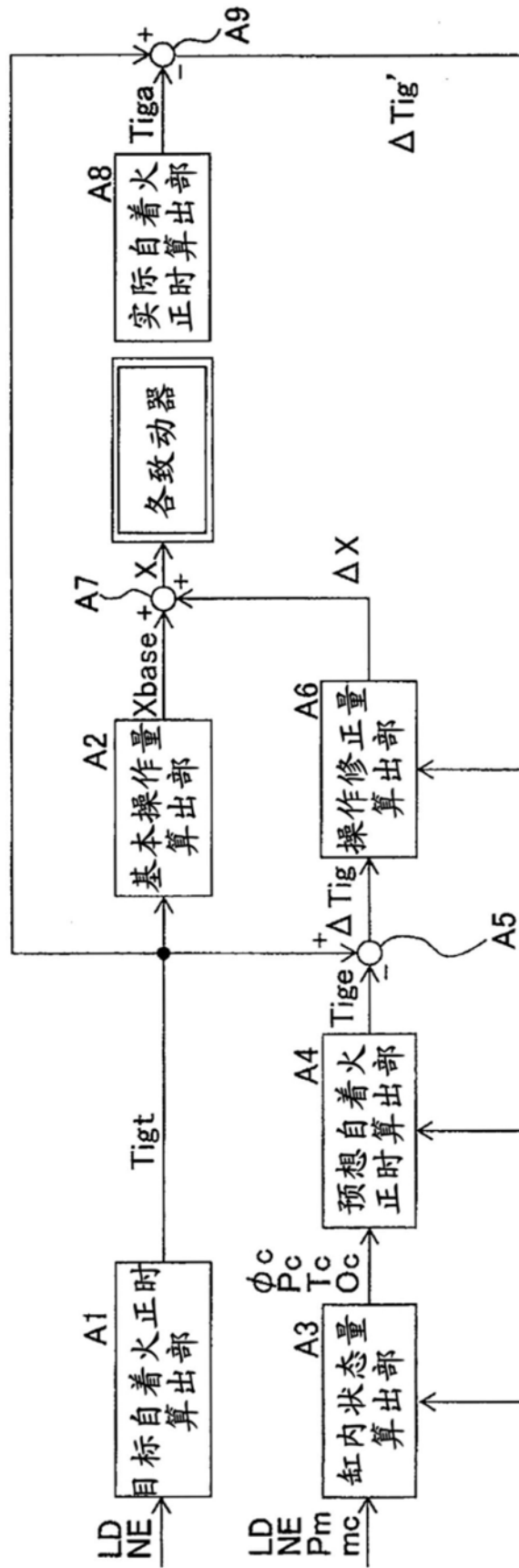


图7

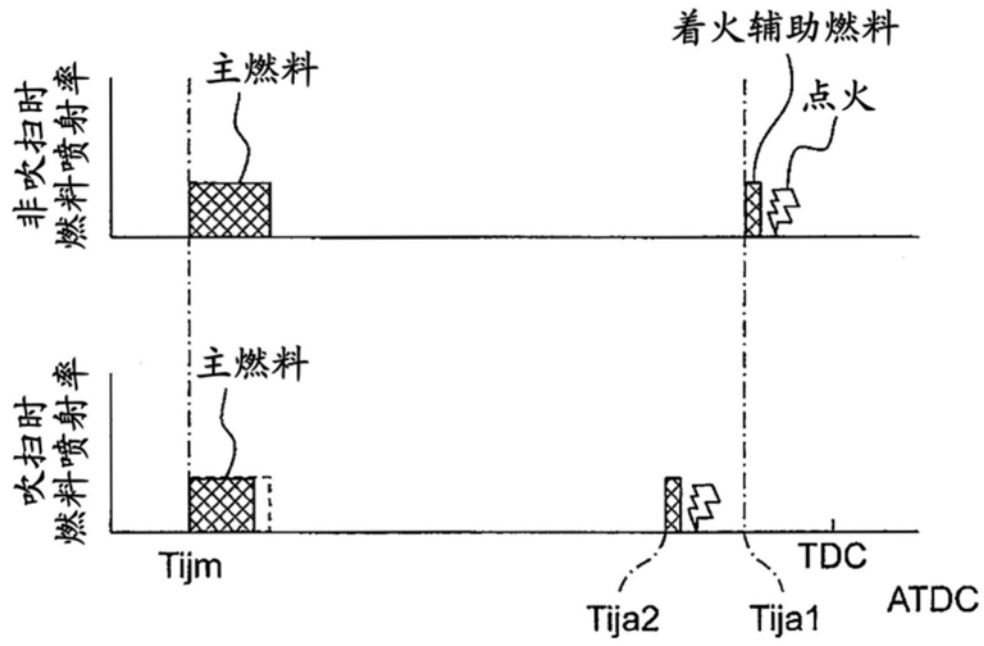


图8

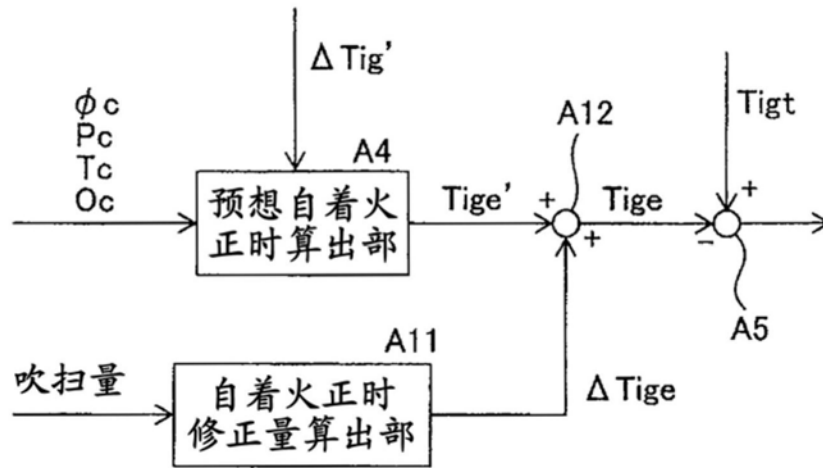


图9

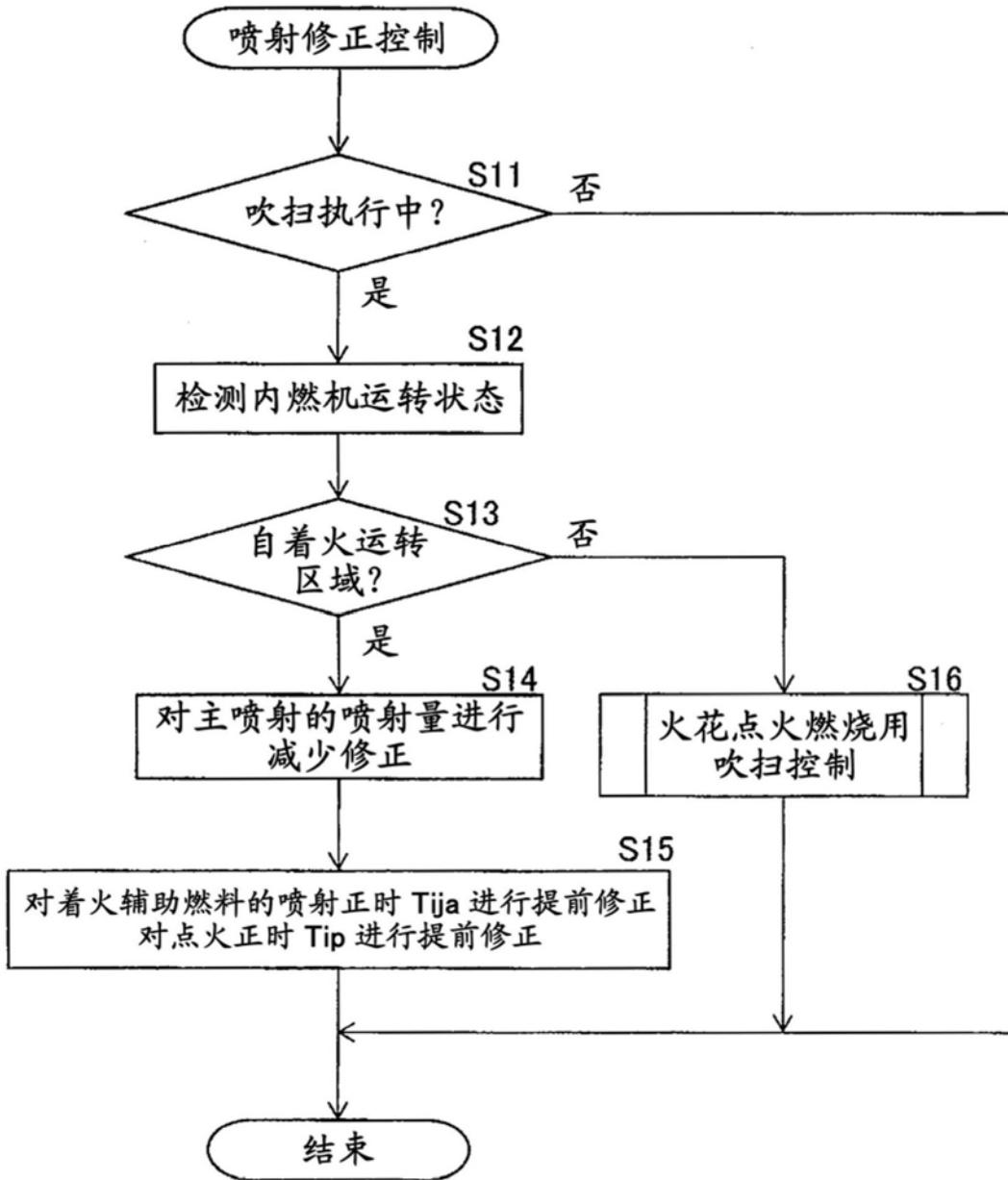


图10

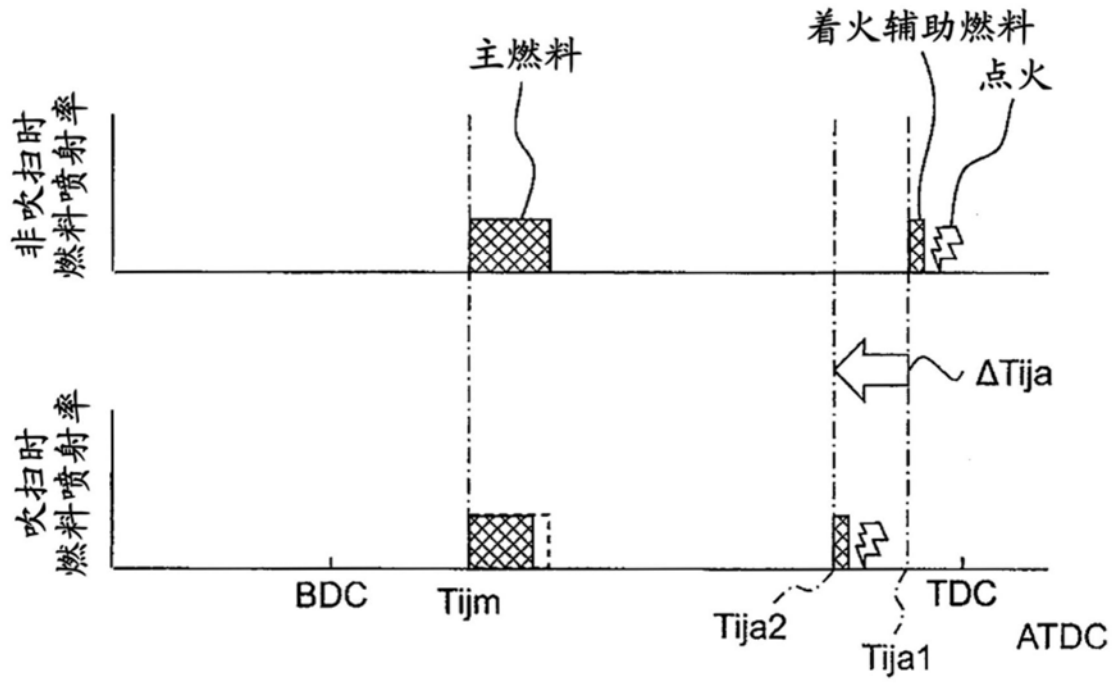


图11A

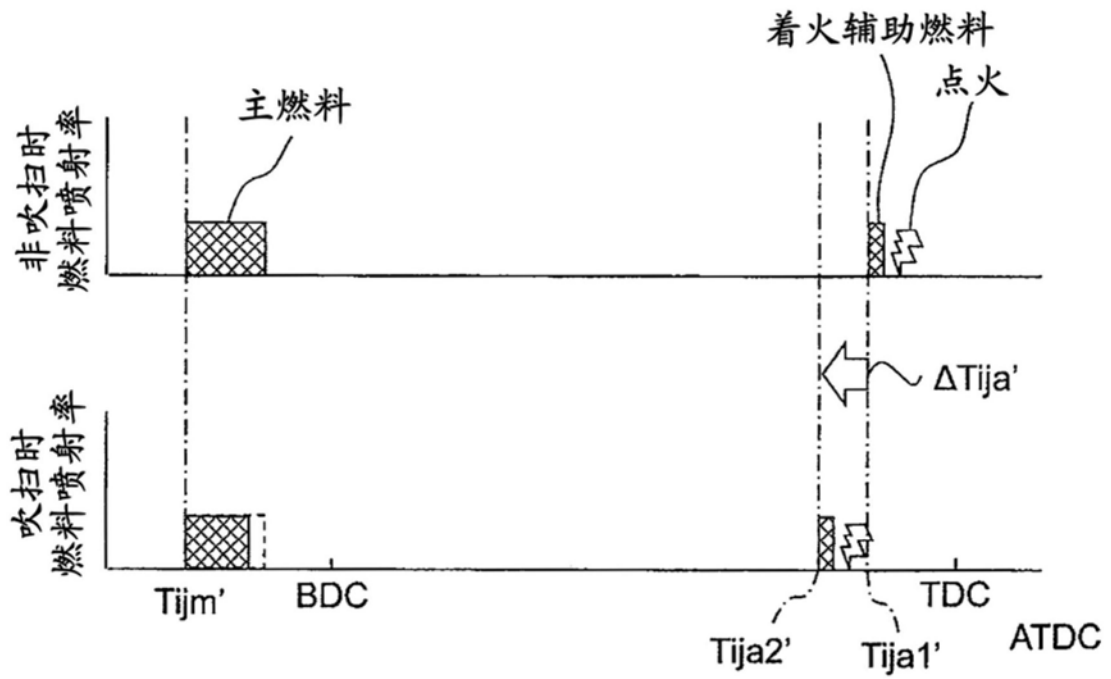


图11B

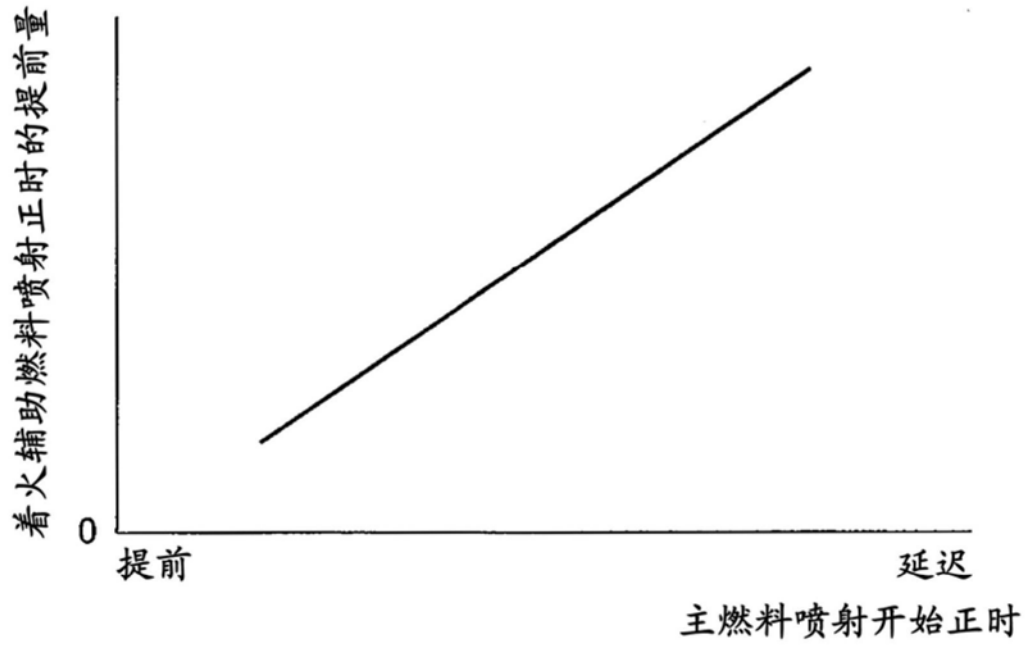


图12

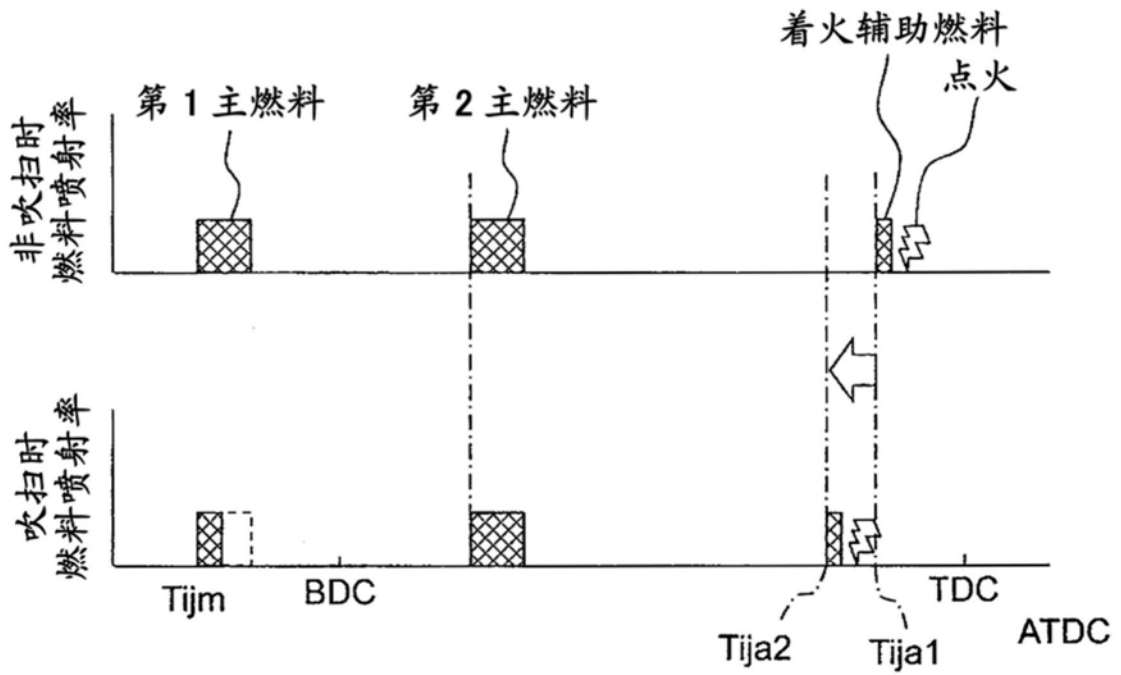


图13

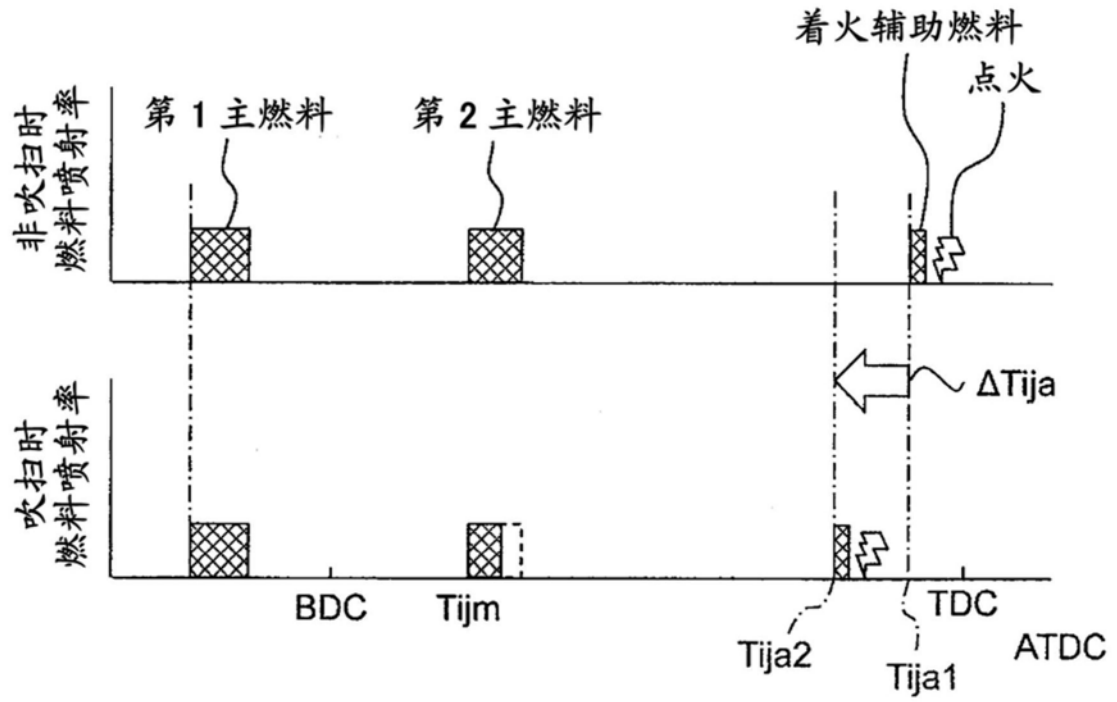


图14A

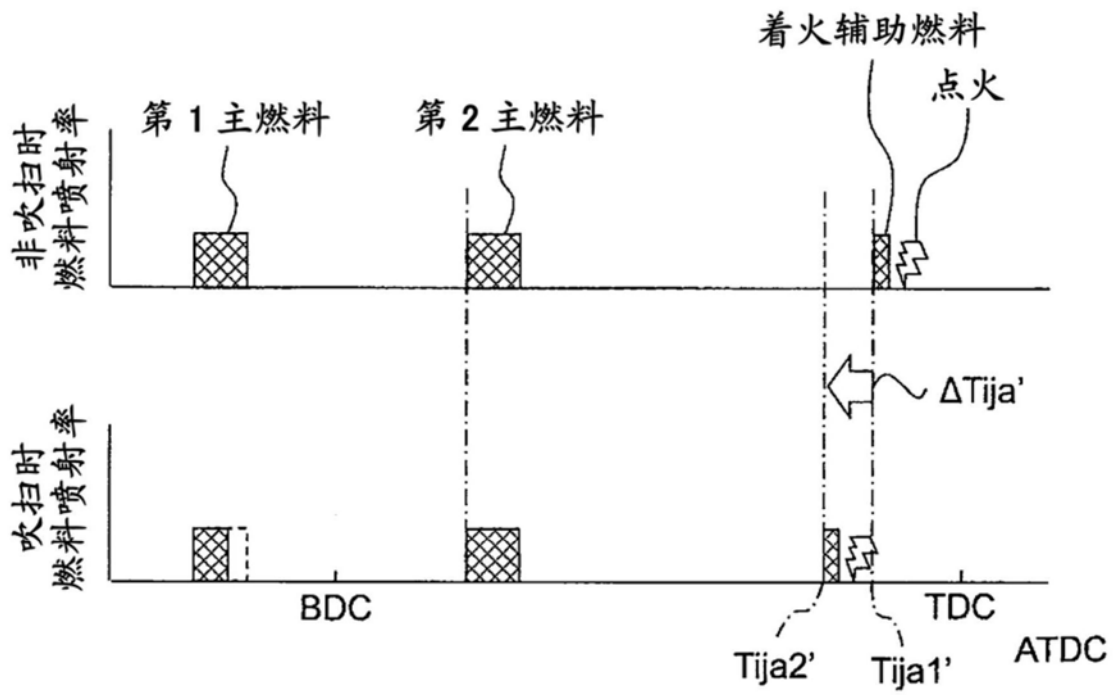


图14B