



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105317552 B

(45)授权公告日 2018. 10. 30

(21)申请号 201510364507.X

(22)申请日 2015.06.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105317552 A

(43)申请公布日 2016.02.10

(30)优先权数据
2014-132934 2014.06.27 JP
2015-082467 2015.04.14 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 安田宏通

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

(51)Int.Cl.

F02D 41/14(2006.01)

F02B 77/08(2006.01)

F02D 41/30(2006.01)

F02P 5/15(2006.01)

F02D 43/00(2006.01)

(56)对比文件

JP 2009122076 A, 2009.06.04, 说明书第0014段至第0056段, 附图1-5.

CN 1543535 A, 2004.11.03, 全文.

DE 102004042193 A1, 2006.03.16, 全文.

US 2014172277 A1, 2014.06.19, 全文.

JP 2011149285 A, 2011.08.04, 全文.

CN 102171434 A, 2011.08.31, 全文.

WO 2013183163 A1, 2013.12.12, 全文.

审查员 樊锦涛

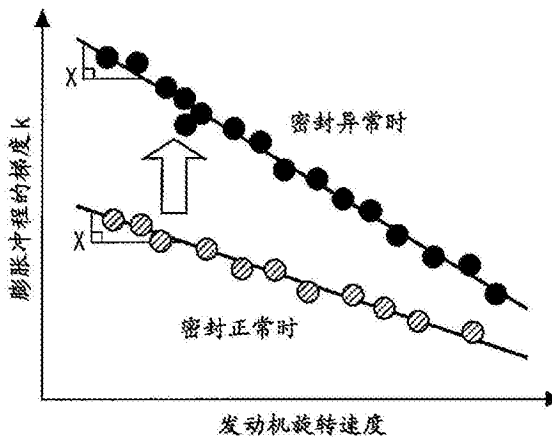
权利要求书2页 说明书18页 附图16页

(54)发明名称

内燃机系统

(57)摘要

本发明涉及内燃机系统, 目的在于能够判定缸内压传感器与燃烧室的壁面间的密封部的密封功能有无异常。具备缸内压传感器(30), 其具备壳体(301)、膜片(302)、应变仪元件(305)。具备曲轴角传感器(42)。具备密封部(34), 其在壳体(301)的轴向的比应变仪元件(305)靠燃烧室(14)侧的位置对壳体(301)的外表面与汽缸盖(32)的壁面间进行密封。用缸内压传感器(30)算出发热量(Q)。算出在从燃烧结束点(θ_{max})到排气门(22)的打开正时的膨胀冲程中的期间发热量(Q)降低量相对于曲轴角度增加量的比例即梯度(k)。基于梯度(k)降低量相对于发动机旋转速度增加量的比例(X)是否比阈值(α)大来判定密封部(34)的密封功能有无异常。



1. 一种内燃机系统,具备:

缸内压传感器,其具备筒状的壳体、设置于所述壳体的一端并受到燃烧室内的气体的压力即缸内压力的受压构件、以及压力检测元件,该压力检测元件配置于所述壳体的内部,基于缸内压力的压缩负荷从所述受压构件输入到该压力检测元件而该压力检测元件发出与所输入的压缩负荷相应的输出;和

密封部,其在所述壳体的轴向上的比所述压力检测元件靠所述燃烧室侧的位置,对所述壳体的外表面与包围该壳体的所述燃烧室的壁面之间进行密封;

其特征在于,该内燃机系统还具备:

曲轴角传感器,其检测曲轴角度;

发热量算出单元,其基于由所述缸内压传感器检测到的缸内压力的数据即缸内压数据,算出通过燃烧产生的缸内的发热量;

第1比例算出单元,其在从由所述发热量算出单元算出的发热量示出最大值的曲轴角度到排气门的打开正时为止的膨胀冲程中的期间内,算出发热量的降低量相对于曲轴角度的增加量的比例即第1比例;以及

密封异常判定单元,其基于所述第1比例和内燃机旋转速度,判定所述密封部的密封功能有无异常。

2. 根据权利要求1所述的内燃机系统,其特征在于,

所述密封异常判定单元在所述第1比例的降低量相对于内燃机旋转速度的增加量的比例即第2比例比第1阈值大的情况下,判定为所述密封部的密封功能异常。

3. 根据权利要求1所述的内燃机系统,其特征在于,

所述密封异常判定单元在所述第1比例比第2阈值大的情况下,判定为所述密封部的密封功能异常,该第2阈值是与在取得了成为该第1比例的算出基础的缸内压数据的循环中的内燃机旋转速度对应的值,

在内燃机旋转速度高的情况下,与内燃机旋转速度低的情况相比,将所述第2阈值设定得小。

4. 根据权利要求2所述的内燃机系统,其特征在于,还具备:

燃烧质量比例算出单元,其算出燃烧质量比例;以及

发火延迟期间算出单元,其使用点火正时和燃烧质量比例算出发火延迟期间;

所述发火延迟期间算出单元根据所述第2比例的大小,修正所算出的发火延迟期间。

5. 根据权利要求4所述的内燃机系统,其特征在于,

还具备调整单元,该调整单元调整燃料喷射量、吸入空气量以及点火能量中的至少一者,以消除由所述发火延迟期间算出单元算出的发火延迟期间与该发火延迟期间的目标值之差。

6. 根据权利要求2、4和5中任一项所述的内燃机系统,其特征在于,还具备:

燃烧质量比例算出单元,其算出燃烧质量比例;以及

燃烧重心位置算出单元,其基于燃烧质量比例算出燃烧重心位置;

所述燃烧重心位置算出单元根据所述第2比例的大小,修正所算出的燃烧重心位置。

7. 根据权利要求6所述的内燃机系统,其特征在于,

还具备点火正时调整单元,该点火正时调整单元调整点火正时,以消除由所述燃烧重

心位置算出单元算出的燃烧重心位置与目标燃烧重心位置之差。

8. 根据权利要求3所述的内燃机系统,其特征在於,还具备:

燃烧质量比例算出单元,其算出燃烧质量比例;以及

发火延迟期间算出单元,其使用点火正时和燃烧质量比例算出发火延迟期间;

所述发火延迟期间算出单元根据所述第1比例的大小,修正所算出的发火延迟期间。

9. 根据权利要求8所述的内燃机系统,其特征在於,

还具备调整单元,该调整单元调整燃料喷射量、吸入空气量以及点火能量中的至少一者,以消除由所述发火延迟期间算出单元算出的发火延迟期间与该发火延迟期间的目标值之差。

10. 根据权利要求3、8和9中任一项所述的內燃机系统,其特征在於,还具备:

燃烧质量比例算出单元,其算出燃烧质量比例;以及

燃烧重心位置算出单元,其基于燃烧质量比例算出燃烧重心位置;

所述燃烧重心位置算出单元根据所述第1比例的大小,修正所算出的燃烧重心位置。

11. 根据权利要求10所述的內燃机系统,其特征在於,

还具备点火正时调整单元,该点火正时调整单元调整点火正时,以消除由所述燃烧重心位置算出单元算出的燃烧重心位置与目标燃烧重心位置之差。

12. 根据权利要求1~5中任一项所述的內燃机系统,其特征在於,

所述密封异常判定单元在內燃机在理论空燃比下运转时判定所述密封部的密封功能有无异常。

内燃机系统

技术领域

[0001] 本发明涉及内燃机系统。

背景技术

[0002] 以往,例如在专利文献1中,公开了具备缸内压传感器的内燃机。上述以往的内燃机具备密封部,该密封部对具有筒状的外形的缸内压传感器的外表面与包围该缸内压传感器的燃烧室的壁面之间进行密封。该密封部的密封通过形成于缸内压传感器的外表面的锥形状的锥部和与该锥部相对的燃烧室的壁面的锥部密合来进行。

[0003] 上述缸内压传感器所具有的筒状的壳体的一端设有接受缸内压力的膜片(受压构件)。在壳体的内部配置有检测元件(应变仪元件),基于缸内压力的压缩负荷从膜片经由压力传递构件输入至该检测元件,该检测元件发出与所输入的压缩负荷对应的输出。密封部设于在壳体的轴向上比检测元件靠壳体的上述一端侧的位置。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2009-122076号公报

[0007] 专利文献2:日本特开2011-220128号公报

[0008] 专利文献3:日本特开2005-043364号公报

[0009] 专利文献4:日本特开2006-009630号公报

发明内容

[0010] 发明要解决的问题

[0011] 若如上述专利文献1所记载的结构那样,密封部设于在壳体的轴向上比检测元件靠燃烧室侧的位置,则存在如下问题。即,关于壳体与燃烧室的壁面间的间隙,若密封部的密封功能正常,则高温的燃烧气体仅进入到比设有密封部的位置靠顶端侧的间隙。相对于此,在密封部发生异常而密封功能降低了的情况下,导致高温的燃烧气体流入到比密封部靠里侧的间隙。其结果,位于从受压构件到检测元件的、压缩负荷的传递路径的构件从燃烧气体接受的热量增加。由此,由于传感器顶端部的外侧的构件(壳体)与内侧的构件之间的热膨胀的过渡差,由与从受压构件到检测元件的压力检测有关的传感器顶端部的热应变引起的缸内压力的检测误差变大。因此,期望设置能够在实际机体上判定密封部的密封功能有无异常的单元。

[0012] 本发明为了解决上述那样的课题而做出,目的在于提供能够判定缸内压传感器与燃烧室的壁面间的密封部的密封功能有无异常的内燃机系统。

[0013] 用于解决问题的方案

[0014] 本发明的内燃机系统具备缸内压传感器、曲轴角传感器、密封部、发热量算出单元、第1比例算出单元、以及密封异常判定单元。缸内压传感器具备筒状的壳体、设于所述壳体的一端并受到燃烧室内的气体的压力即缸内压力的受压构件、以及压力检测元件,该压

力检测元件配置于所述壳体的内部,基于缸内压力的压缩负荷从所述受压构件输入到该压力检测元件而该压力检测元件发出与所输入的压缩负荷相应的输出。曲轴角传感器检测曲轴角度。密封部在所述壳体的轴向上的比所述压力检测元件靠所述燃烧室侧的位置,对所述壳体的外表面与包围该壳体的所述燃烧室的壁面之间进行密封。发热量算出单元基于由所述缸内压传感器检测到的缸内压力的数据即缸内压数据,算出通过燃烧产生的缸内的发热量。第1比例算出单元在从由所述发热量算出单元算出的发热量示出最大值的曲轴角度到排气门的打开正时为止的膨胀冲程中的期间内,算出发热量的降低量相对于曲轴角度的增加量的比例即第1比例。密封异常判定单元基于所述第1比例和发动机旋转速度,判定所述密封部的密封功能有无异常。

[0015] 优选,所述密封异常判定单元在所述第1比例的降低量相对于发动机旋转速度的增加量的比例即第2比例比第1阈值大的情况下,判定为所述密封部的密封功能异常。

[0016] 优选,所述密封异常判定单元在所述第1比例比第2阈值大的情况下,判定为所述密封部的密封功能异常,该第2阈值是与取得了成为该第1比例的算出基础的缸内压数据的循环中的发动机旋转速度对应的阈值。在发动机旋转速度较高的情况下,与发动机旋转速度低的情况相比,将所述第2阈值设定得小。

[0017] 也可以构成为,所述内燃机系统还具备:燃烧质量比例算出单元,其算出燃烧质量比例;以及发火延迟期间算出单元,其使用点火正时和燃烧质量比例算出发火延迟期间。而且,也可以构成为,所述发火延迟期间算出单元根据所述第2比例的大小,修正所算出的发火延迟期间。

[0018] 另外,优选,所述内燃机系统还具备调整单元,该调整单元调整燃料喷射量、吸入空气量以及点火能量中的至少一者,以消除由所述发火延迟期间算出单元算出的发火延迟期间与该发火延迟期间的目标值之差。

[0019] 也可以构成为,所述内燃机系统还具备:燃烧质量比例算出单元,其算出燃烧质量比例;以及燃烧重心位置算出单元,其基于燃烧质量比例算出燃烧重心位置。而且,也可以构成为,所述燃烧重心位置算出单元根据所述第2比例的大小,修正所算出的燃烧重心位置。

[0020] 另外,优选,所述内燃机系统还具备点火正时调整单元,该点火正时调整单元调整点火正时,以消除由所述燃烧重心位置算出单元算出的燃烧重心位置与目标燃烧重心位置之差。

[0021] 也可以构成为,所述内燃机系统还具备:燃烧质量比例算出单元,其算出燃烧质量比例;以及发火延迟期间算出单元,其利用点火正时和燃烧质量比例算出发火延迟期间。而且,也可以构成为,所述发火延迟期间算出单元根据所述第1比例的大小,修正所算出的发火延迟期间。

[0022] 另外,优选,所述内燃机系统还具备调整单元,该调整单元调整燃料喷射量、吸入空气量以及点火能量中的至少一者,以消除由所述发火延迟期间算出单元算出的发火延迟期间与该发火延迟期间的目标值之差。

[0023] 也可以构成为,所述内燃机系统还具备:燃烧质量比例算出单元,其算出燃烧质量比例;以及燃烧重心位置算出单元,其基于燃烧质量比例算出燃烧重心位置。而且,也可以构成为,所述燃烧重心位置算出单元根据所述第1比例的大小,修正所算出的燃烧重心位

置。

[0024] 另外,优选,所述内燃机系统还具备点火正时调整单元,该点火正时调整单元调整点火正时,以消除由所述燃烧重心位置算出单元算出的燃烧重心位置与目标燃烧重心位置之差。

[0025] 优选,所述密封异常判定单元在内燃机在理论空燃比下运转时判定所述密封部的密封功能有无异常。

[0026] 发明的效果

[0027] 根据本发明,在从发热量示出最大值的曲轴角度到排气门的打开正时为止的膨胀冲程中的期间内,算出发热量的降低量相对于曲轴角度的增加量的比例即第1比例。这样,算出的第1比例受到起因于热应变的缸内压传感器的检测误差的影响而变大。在与本发明的缸内压传感器所设置的位置相同的位置设有密封部的情况下,在密封部的密封功能产生了异常时,第1比例会变大。而且,对于第1比例,发动机旋转速度成为支配性的参数。因此,基于第1比例和发动机旋转速度,能够判定密封部的密封功能有无异常。

附图说明

[0028] 图1是用于说明本发明的实施方式1的内燃机的系统结构的图。

[0029] 图2是示意地表示缸内压传感器的主要部分的结构的一例的剖视图。

[0030] 图3是用于说明缸内压传感器与燃烧室的壁面间的密封部的密封方式的图。

[0031] 图4是表示燃烧时的缸内压波形的解析结果的图。

[0032] 图5是以曲轴角度作为横轴对不同的发动机旋转速度下的缸内压力以及热应变误差的波形进行比较并予以表示的图。

[0033] 图6是以时间为横轴对不同的发动机旋转速度下的缸内压力以及热应变误差的波形进行比较并予以表示的图。

[0034] 图7是表示膨胀冲程中的发热量 Q 的梯度 k 与发动机旋转速度的关系的图。

[0035] 图8是表示密封功能的异常检测的一例的图。

[0036] 图9是在本发明的实施方式1中执行的例程的流程图。

[0037] 图10是用于说明本发明的实施方式2所采用的密封部的密封功能的异常判定方法的图。

[0038] 图11是在本发明的实施方式2中执行的例程的流程图。

[0039] 图12是用于说明伴随密封部的密封功能发生异常而产生的发火延迟期间的误检测的图。

[0040] 图13是用于说明本发明的实施方式3中的密封功能的异常判定所使用的阈值 α 的设定的图。

[0041] 图14是用于说明基于比例 X 的 $SA-CA_{10}$ 的修正量的设定的图。

[0042] 图15是表示 $SA-CA_{10}$ 与空燃比 (A/F) 的关系的图。

[0043] 图16是用于说明利用 $SA-CA_{10}$ 的燃料喷射量的反馈控制的概要的框图。

[0044] 图17是在本发明的实施方式3中执行的例程的流程图。

[0045] 图18是在本发明的实施方式3中执行的例程的流程图。

[0046] 图19是用于说明基于比例 X 的 CA_{50} 的修正量的设定的图。

[0047] 图20是用于说明本发明的实施方式4中的利用CA50的点火正时的反馈控制的概要的框图。

[0048] 图21是在本发明的实施方式4中执行的例程的流程图。

[0049] 图22是在本发明的实施方式4中执行的例程的流程图。

[0050] 附图标记说明

[0051] 10内燃机、12活塞、14燃烧室、16进气通路、18排气通路、20进气门、22排气门、24节流阀、26燃料喷射阀、28火花塞、30缸内压传感器、32汽缸盖、32a汽缸盖的锥部、34密封部、40ECU (Electronic Control Unit)、42曲轴角传感器、44空气流量计、46故障显示灯、301缸内压传感器的壳体、301a壳体的锥部、302缸内压传感器的膜片、303缸内压传感器的应变构件、304缸内压传感器的传递构件、305缸内压传感器的测量元件。

具体实施方式

[0052] 实施方式1.

[0053] [实施方式1的系统结构]

[0054] 图1是用于说明本发明的实施方式1的内燃机10的系统结构的图。图1所示的内燃机系统具备火花点火式的内燃机10。在内燃机10的缸内设有活塞12。缸内的活塞12的顶部侧形成有燃烧室14。进气通路16以及排气通路18连通于燃烧室14。

[0055] 在进气通路16的进气口设有对该进气口进行开闭的进气门20,在排气通路18的排气口设有对该排气口进行开闭的排气门22。另外,在进气通路16设有电控式的节流阀24。

[0056] 在内燃机10的各汽缸分别设有用于向燃烧室14内(缸内)直接喷射燃料的燃料喷射阀26、以及用于对混合气点火的火花塞28。而且,各汽缸组装有用于检测燃烧室14内的气体的压力即缸内压力的缸内压传感器30。

[0057] 而且,本实施方式的系统具备ECU (Electronic Control Unit:电子控制单元) 40。ECU40具备由运算处理装置(CPU)、ROM以及RAM等构成的存储电路、以及输入输出端口等。ECU40的输入端口除了连接有上述缸内压传感器30之外,还连接有曲轴角传感器42以及空气流量计44等用于取得内燃机10的运转状态的各种传感器。曲轴角传感器42检测曲轴角。ECU40能够利用所检测到的曲轴角度的信号来取得发动机旋转速度。空气流量计44测量吸入空气量。另外,ECU40的输出端口连接有上述的节流阀24、燃料喷射阀26以及火花塞28等用于控制内燃机10的运转的各种致动器。另外,ECU40的输出端口连接有故障显示灯(MIL) 46,该故障显示灯(MIL) 46用于向驾驶员通知后述密封部34的密封功能的异常。ECU40基于上述各种传感器的输出和预定的程序来驱动上述各种致动器,由此,进行燃料喷射控制以及点火控制等预定的发动机控制。另外,ECU40具有使缸内压传感器30的输出信号与曲轴角度同步而对其进行AD转换并取得该输出信号的功能。由此,在AD转换的分辨能力容许的范围内,能够检测任意的曲轴角度定时的缸内压力。而且,ECU40具有根据曲轴角度算出由曲轴角度的位置决定的缸内容积的值的功能。

[0058] 根据具备缸内压传感器30和曲轴角传感器42的本实施方式的系统,在内燃机10的各循环中,能够取得与曲轴角度(CA)同步的缸内压数据(缸内压波形)(参照后述的图4(B))。使用所获得的缸内压数据和热力学第1法则,能够根据如下(1)、(2)式算出任意的曲轴角度 θ 下的缸内的发热量Q。而且,使用算出的缸内的发热量Q的数据,能够根据如下(3)式

算出任意的曲轴角度 θ 的燃烧质量比例(以下,称作“MFB”)。另外,利用该(3)式,能够取得MFB成为预定比例X(%)时的曲轴角度。

[0059] [数学式1]

$$[0060] \quad dQ/d\theta = \frac{1}{\kappa-1} \times \left(V \times \frac{dP}{d\theta} + P \times \kappa \times \frac{dV}{d\theta} \right) \quad \dots (1)$$

$$[0061] \quad Q = \sum \frac{dQ}{d\theta} \quad \dots (2)$$

$$[0062] \quad MFB = \frac{Q(\theta) - Q(\theta_{\min})}{Q(\theta_{\max}) - Q(\theta_{\min})} \times 100 \quad \dots (3)$$

[0063] 其中,在上述(1)式中,P为缸内压力,V为缸内容积, κ 为缸内气体的比热比。另外,在上述(3)式中, θ_{\min} 为燃烧开始点(0%燃烧点CA0), θ_{\max} 为燃烧结束点(100%燃烧点CA100)。

[0064] (缸内压传感器的概略结构例)

[0065] 图2是示意地表示缸内压传感器30的主要部分的结构的一例的剖视图。图2所示的缸内压传感器30具备筒状的壳体301。在壳体301的一端(即,缸内压传感器30的顶端)安装有受到缸内压力的受压构件即膜片302。在壳体301的中途的部位以闭塞传感器顶端侧的壳体301的内部空间的方式配置有碗状的应变构件303。另外,在壳体301的内部配置有棒状的传递构件304。传递构件304介于膜片302与应变构件303之间。根据这样的结构,基于缸内压力的压缩负荷从膜片302经由传递构件304传递至应变构件303。

[0066] 在应变构件303的与传递构件304接触的表面相反一侧的表面安装有应变仪元件305。应变仪元件305发出与由上述压缩负荷引起的应变构件303的变形量相应的输出。这样的应变仪元件305的输出与缸内压力具有相关性。因此,通过缸内压传感器30,能够基于应变仪元件305的输出检测缸内压力。此外,在此,例示了使用应变仪元件305的结构,但对于将压电元件用作压力检测元件的缸内压传感器,其主要部分的基本结构也是同样的。即,压电元件的情况下,关于如下点也是同样的,即:基于缸内压力的压缩负荷从受压构件经由电极等中间构件或直接地输入至压电元件,发出与所输入的压缩负荷相应的输出。

[0067] (缸内压传感器与燃烧室的壁面间的密封)

[0068] 图3是用于说明缸内压传感器30与燃烧室14的壁面间的密封部的密封方式的图。在缸内压传感器30与包围该缸内压传感器30的燃烧室14的壁面(基本上是汽缸盖32的壁面)之间设有密封部34,该密封部34密封缸内压传感器30与上述壁面间的间隙,以免缸内的气体经由该间隙向外部漏出。作为密封方式,主要使用锥形密封方式和衬垫方式。为了便于说明,图3以缸内压传感器30的中心线为界而将两种方式一起表示在1个图中。此外,图2所示的缸内压传感器30的结构例是锥形密封方式的结构。

[0069] 以缸内压传感器30为例进行说明,锥形密封方式利用了使形成于壳体301的外表面的锥形状的锥部301a和与该锥部301a相对的汽缸盖32的壁面的锥部32a密合这一点。衬垫方式利用了介于壳体的外表面与汽缸盖的壁面之间的衬垫(密封构件)。

[0070] (由密封部的密封功能的异常引起的缸内压力的检测精度的降低)

[0071] 如图2所示的结构那样,若密封部设于在壳体的轴向上比压力检测元件靠燃烧室

侧的位置,则具有在密封部的密封功能发生了异常的情况下缸内压力的检测精度降低这样的问题。

[0072] 图4是表示燃烧时的缸内压波形的解析结果的图。图4(B)表示使用缸内压传感器30的缸内压力P的检测值的波形,图4(A)表示产热率($dQ/d\theta$)的算出值的波形,图4(C)表示图4(B)中细线所表示的缸内压力与粗线所表示的缸内压力之差,即表示由热应变的影响引起的缸内压力的检测误差(以下,也仅称作“热应变误差”)的算出值的波形,图4(D)表示发热量Q的算出值的波形。另外,图4中的各图中的细线所表示的波形是密封部34的密封功能正常且未产生热应变时的波形(即,相当于实际值的波形),另一方面,粗线所表示的波形是密封功能发生了异常时(热应变较大时)的波形。

[0073] 首先,说明成为上述问题的前提的缸内压传感器30的热应变。缸内压传感器30的传感器顶端部暴露于燃烧室14。因此,由于暴露于燃烧室14内的高温的燃烧气体,会产生传感器顶端部变形的现象(即,热应变)。若传感器顶端部所包含的膜片302产生热应变,则膜片302向远离传递构件304的方向膨胀。由于该变形,导致膜片302经由传递构件304按压应变构件303的量减少。另外,关于从燃烧气体朝向传感器顶端部进行的热量的传递,在传感器顶端部的外侧的构件即壳体301与内侧的构件即传递构件304之间存在差异。更具体而言,由于与向外侧的壳体301进行的热量的传递相比,向内侧的传递构件304进行的热量的传递迟缓,因此,传递构件304的热膨胀迟于壳体301的热膨胀地产生。这样的过渡的热膨胀的差异使应变构件303的按压量的减少的程度扩大。

[0074] 若产生了由热应变引起的应变构件303的按压量的减少,则导致缸内压力P的检测值成为比与实际的压力相当的值(参照图4(B)中的细线)小的值。即,产生热应变误差。图4(A)中的产热率($dQ/d\theta$)的波形表示从缸内气体或火焰施加于传感器顶端部的热量和该热量被施加的定时。向传感器顶端部输入的热量在产热率示出峰值的定时成为最大。另外,如图4(C)所示,由于从燃烧气体向传感器顶端部进行的热传递的迟缓等影响,热应变误差在稍微迟于图4(A)所示的产热(即,向传感器输入的热量)开始之后变大。

[0075] 若由于热应变误差而使得缸内压力P的检测值比实际的压力小,则产热率有时如图4(A)所示那样变为负的值。若产热率变为负的值,则上述(2)式所示那样对产热率进行累计而得到的发热量Q降低。更具体而言,如图4(D)中细线所示,在密封功能正常且未产生热应变误差的情况下,燃烧结束点 θ_{\max} 以后的发热量Q一定。相对于此,在密封功能正常但却产生了热应变误差时,发热量Q从燃烧结束点 θ_{\max} 附近开始降低。其结果,产生作为发热量Q的降低量相对于曲轴角度的增加量的比例的梯度k。

[0076] 若密封功能发生异常,则如图4(B)中粗线所示的波形那样,缸内压力P的检测值的降低量变大,其结果,导致由热应变引起的缸内压力的检测误差变大。其理由如下。即,关于壳体301与燃烧室14的壁面之间的间隙,若密封部34的密封功能正常,则如图3(A)所示,高温的燃烧气体仅进入到比设有密封部34的位置靠顶端侧的间隙。相对于此,如图3(B)所示,在密封部34发生异常而密封功能降低了的情况下,导致高温的燃烧气体流入到比密封部34靠里侧的间隙。其结果,位于压缩负荷从膜片302到应变仪元件305的压缩负荷的传递路径的构件(即,传递构件304以及应变构件303)从燃烧气体接受的热量增加。因此,若密封功能发生异常,则由于与从膜片302到应变仪元件305的压力检测有关的传感器顶端部的热应变引起的缸内压力的检测误差(即,热应变误差)变大。其结果,如图4(D)中粗线所示那样,若

密封功能发生异常,则与密封功能正常时相比,梯度 k 变大。

[0077] 此外,锥形密封方式的情况下,密封功能的异常在产生了由密封面的应力松弛或者异物进入密封面等引起的密封面的浮起时产生。另外,衬垫方式的情况下,密封功能的异常在产生了衬垫的侵蚀或破损、异物进入密封面、密封面有较大的损伤时发生。另外,如上所述,热应变是伴随着燃烧而在膨胀冲程中产生的现象。而且,在燃烧结束后向传感器顶端部输入的热量消失,由此,热应变误差逐渐减少,在到达下一循环之前消除。即,在产生热应变的状况下,重复如下动作:以与燃烧相同的周期产生热应变,在所产生的循环中该热应变消除。因此,与产生由于活塞环磨损等理由引起的缸内的压缩气体的泄漏时不同,由热应变引起的缸内压力的波形的变化不会在从进气门20关闭到通过点火而燃烧开始为止的期间中产生。

[0078] [实施方式1的密封部的密封功能的异常判定]

[0079] 本实施方式的系统具有能够利用基于发热量 Q 的梯度 k 和发动机旋转速度的比例 X 来判定在实际机体上密封部34的密封功能有无异常的特征。

[0080] (在密封功能发生异常时积极地产生热应变误差的方法)

[0081] 为了使得能够利用梯度 k 的大小而高精度地进行异常判定,优选在密封功能的正常时与异常时之间,梯度 k 的大小产生足够的差异。如上所述,梯度 k 由于热应变误差增加而膨胀冲程中的发热量 Q 大幅下冲(undershoot)而变大。例如能够通过采用如下的方法在密封功能发生异常时积极地产生热应变误差。因此,优选在进行密封功能的异常判定的基础上,还具备利用下述方法的结构。

[0082] 即,若密封部34设于在壳体301的轴向上比应变仪元件305靠燃烧室14侧的位置,则在密封功能产生了异常时,向位于从膜片302到应变仪元件305的压缩负荷的传递路径的构件(即,传递构件304以及应变构件303)输入的热量增加。因此,为了积极地产生热应变误差,例如考虑将从膜片302到应变仪元件305的部位的长度设定得长。在输入热量初期,产生由外侧的壳体301与内侧的传递构件304之间的易导热性的差异引起的过渡的热膨胀差。若构件的长度长,则构件的相对于某温度上升的伸长量变大。因此,若上述部位的长度长,则该部位的相对于某温度上升的伸长量变大。因此,根据与上述部位的长度有关的上述设定,在产生热膨胀差时,壳体301相对于传递构件304的伸长量的相对伸长量变大。因此,热应变误差增加。另外,为了积极地产生热应变误差,例如可以考虑以使壳体301的线膨胀系数比传递构件304的线膨胀系数大的方式选定上述构件的材料。

[0083] 在此,说明梯度 k 的算出方法。热应变误差伴随着燃烧产生。而且,发热量 Q 的算出值因热应变误差而开始降低的位置成为发热量 Q 的数据上的燃烧结束点 θ_{\max} (在发热量 Q 的数据上发热量 Q 示出最大值的曲轴角度)。因此,若处于自燃烧结束点 θ_{\max} 到排气门22的打开正时为止的曲轴角度期间,则可以说发热量 Q 的波形能够确保直线性。因此,梯度 k 能够基于与该曲轴角度期间中的曲轴角度同步的任意两点的发热量 Q 的数据算出。另外,梯度 k 的算出所使用的发热量 Q 的数据的数量不限于2个,也可以是3个以上。具体而言,例如也可以是,通过任意组合3个以上的数据中的2个数据而算出多个梯度 k ,在此基础上,将所算出的多个梯度 k 的平均值作为最终的梯度 k 使用。

[0084] (梯度 k 的性质)

[0085] 图5是以曲轴角度作为横轴而比较不同的发动机旋转速度下的缸内压力以及热应

变误差的波形并进行表示的图。图6是以时间作为横轴而比较不同的发动机旋转速度下的缸内压力以及热应变误差的波形并进行表示的图。更具体而言,图5以及图6例示了缸内填充空气量相同且发动机旋转速度不同时的波形。

[0086] 由图5可知,在曲轴角度基准下,在发动机旋转速度高的情况下,与发动机旋转速度低的情况相比,热应变误差的波形的变化变得缓慢。另一方面,由图6可知,在时间基准下,即使发动机旋转速度发生变化,热应变误差的波形也没有变化。在燃烧循环内产生的热应变是遵循如下过程的现象,该过程是:传感器顶端部由于传感器顶端部与高温的燃烧气体或火焰的接触所引起的过渡的输入热量而发生热变形,之后该变形被消除。因此,根据上述附图可知,1个循环中的热应变误差的变化量不是曲轴角度的函数,而是时间的函数。换言之,1个循环中的热应变误差的变化的特性由缸内压传感器固有的热变形的时间常数决定。因此,在利用与曲轴角度同步地取得的缸内压力算出发热量 Q 时因热应变误差而产生的梯度 k 能够利用发动机旋转速度而标准化。

[0087] 在此,补充说明缸内填充空气量 KL 对热应变误差的影响。气体的状态方程式如以下的(4)式所示那样。其中, P 为缸内压力, V 为冲程容积, n 为缸内气体(即工作气体)的摩尔数、 R 为气体常数, T 为缸内气体的温度。缸内气体的摩尔数与缸内填充空气量 KL 成比例。因此,(4)式能够变形为如(5)式所示那样。若缸内填充空气量 KL 增加,则缸内压力成比例地增大,因此,根据(5)式,可以说,即使缸内填充空气量 KL 增加,缸内气体的温度 T 也不变化。即,能够视作缸内填充空气量 KL 几乎不对热应变误差产生影响。加以补充的是,缸内气体的温度 T 严格说多少会受到伴随缸内填充空气量 KL 的增大而产生的气流的影响,但其为能够忽略的程度。根据上述也可以说,在与内燃机10的运转条件有关的运转条件参数中梯度 k 的支配性的参数是发动机旋转速度。

[0088] [数学式2]

[0089] $PV=nRT\cdots(4)$

[0090] $T\propto\frac{P\times V}{KL}\cdots(5)$

[0091] (密封功能的异常判定方法的概要)

[0092] 图7是表示膨胀冲程中的发热量 Q 的梯度 k 与发动机旋转速度的关系的图。由于梯度 k 具有上述性质,因此,在梯度 k 与发动机旋转速度之间存在梯度 k 的降低量相对于发动机旋转速度的增加量的比例 X 成为一定值这样的关系。该比例 X 相当于在 xy 平面上按预定发动机旋转速度对梯度 k 绘图的情况下与各绘图点有关的1次的近似直线的斜率,所述 xy 平面将发动机旋转速度作为 x 坐标值,将梯度 k 作为 y 坐标值。

[0093] 如图7所示,发动机旋转速度越高,则梯度 k 越小。其原因在于,若发动机旋转速度变高,则在某个时间段内发热量 Q 降低相同的量的期间所经过的曲轴角度期间变长。另外,根据图7可知,在密封功能产生了异常的情况下,与密封功能正常的情况相比,梯度 k 的降低量相对于发动机旋转速度的增加量的比例 X 变大(换言之,作为上述1次的近似直线的斜率,向负侧增大)。

[0094] 因此,在本实施方式中,在内燃机10的运转期间按预定发动机旋转速度区间取得梯度 k 的值并算出比例 X 。而且,在所算出的比例 X 比预定的阈值 α 大的情况下,判定为密封部34的密封功能产生了异常。

[0095] 图8是表示密封功能的异常检测的一例的图。横轴是搭载内燃机10的车辆的行驶行程(trip)的次数。在内燃机10的运转期间,为了算出比例X,除后述的例外的运转条件以外,按内燃机10的循环算出梯度k。梯度k按算出对象的预定的发动机旋转速度范围内的预定发动机旋转速度区间,与代表各个发动机旋转速度区间的发动机旋转速度值进行关联而存储于ECU40的缓冲存储器。关于各发动机旋转速度区间的梯度k的取得仅进行预定循环数。具体而言,如图7所示,为在由发动机旋转速度和梯度k规定的xy平面上对点进行绘图的图像。而且,在各发动机旋转速度区间中存储了预定循环数的数据的情况下,算出比例X。

[0096] 在图8所示的例子中,在内燃机10的出厂时的试运转期间也取得比例X。在该例子中,在出厂时比例X低于阈值 α 。之后,按行驶行程将比例X与阈值 α 进行比较。在该例子中,第9次行驶行程时比例X超过阈值 α 。因此,在该行驶行程时,判定为密封功能产生了异常。另外,通过如该例子这样在出厂时也进行异常判定,对于检查缸内压传感器30是否已被正常组装的工序也能够活用本判定。

[0097] (实施方式1的具体的处理)

[0098] 图9是表示为了实现本发明的实施方式1的密封部34的密封功能的异常判定而ECU40所执行的例程的流程图。此外,针对内燃机10所搭载的各个缸内压传感器30(即,在各汽缸中),按循环重复执行该例程。

[0099] 在图9所示的例程中,ECU40首先利用曲轴角传感器42取得此次循环的发动机旋转速度(步骤100)。接下来,ECU40利用缸内压传感器30以及曲轴角传感器42取得与曲轴角度同步的缸内压数据(步骤102)。接下来,ECU40利用所取得的缸内压数据,算出与曲轴角度同步的发热量Q的数据(步骤104)。

[0100] 接下来,ECU40判定内燃机10的当前的运转条件是否成为梯度k的算出对象(步骤106)。如已述那样,关于梯度k,发动机旋转速度成为支配性的运转条件参数。然而,在燃烧速度极端地变化的那样的运转条件下,该燃烧速度的变化会给梯度k带来影响。因此,期望在这样的运转条件下,不算出梯度k。具体而言,期望将像以比预定值大的EGR率导入大量的EGR气体的情况、或在大程度稀薄化了的空燃比下进行稀薄燃烧的情况那样地燃烧极端缓慢的运转条件从梯度k的算出对象中除去。因此,在本实施方式中,在以理论空燃比进行燃烧的运转条件下算出梯度k。由此,能够一边切实地避免由于燃烧极端缓慢而导致燃烧状态给异常判定的精度带来影响的运转条件,一边进行密封功能的异常判定。另外,也将产生了早燃等异常燃烧的循环从梯度k的算出对象中除去。

[0101] 在步骤106的判定成立的情况下,ECU40进入到步骤108,算出梯度k。具体而言,ECU40从在步骤104算出的发热量Q的数据中分别取得第1曲轴角度 θ_1 的发热量 Q_1 以及第2曲轴角度 θ_2 的发热量 Q_2 的数据即第1发热量 Q_1 以及第2发热量 Q_2 (取得例参照图4(D))。第1曲轴角度 θ_1 以及第2曲轴角度 θ_2 预先设定为从燃烧结束点 θ_{max} 到排气门22的打开正时为止的曲轴角度期间中的两点。第2曲轴角度 θ_2 是比第1曲轴角度 θ_1 靠延迟侧的曲轴角度 θ 。ECU40算出发热量Q的降低量(即, Q_1-Q_2)相对于曲轴角度 θ 的增加量(即, $\theta_2-\theta_1$)的比例(即, $(Q_1-Q_2)/(\theta_2-\theta_1)$)作为梯度k。此外,如已述那样,梯度k的算出所使用的发热量Q的数据的数量不限于2个,也可以是3个以上。接下来,ECU40将在步骤108算出的梯度k以与在步骤100取得的发动机旋转速度进行了关联的状态存储于ECU40的暂时的存储区域即缓冲存储器(步骤110)。

[0102] 接着,ECU40判定在此次车辆的行驶行程中比例X的算出是否结束(步骤112)。其结

果,在本判定成立的情况下,ECU40迅速结束此次循环的处理。另一方面,在比例X的算出未结束的情况下,ECU40判定比例X的算出条件是否成立(步骤114)。这样,比例X的算出在各行行驶行程中进行1次。如上所述,梯度k的算出按算出对象的预定的发动机旋转速度范围内的预定发动机旋转速度区间,进行预定循环数。本步骤114的算出条件在成为对象的各发动机旋转速度区间中完成了预定循环数的梯度k的算出时成立。

[0103] 在步骤114的判定成立的情况下,ECU40进入到步骤116,利用存储于缓冲存储器的梯度k的数据(即,与发动机旋转速度进行了关联的梯度k),算出比例X。比例X相当于xy平面上的梯度k的各绘图点的一次的近似直线的斜率,该xy平面如图7所示,将发动机旋转速度作为x坐标值,将梯度k作为y坐标值。因此,在本步骤116中,ECU40对存储于缓冲存储器的梯度k的数据应用最小2乘法,算出上述近似直线。而且,ECU40将所算出的近似直线的斜率算出作为比例X。在此,可以说,只要存在至少2个绘图点,就能够算出比例X(近似直线的斜率)。因此,也可以是,比例X例如使用2个绘图点算出。但是,相比较而言,如本实施方式中所说明的方法那样利用多个发动机旋转速度区间中的预定循环数的绘图点能够良好地确保算出的比例X的可靠性。

[0104] 接着,ECU40判定在步骤116算出的比例X是否比阈值 α 大(步骤118)。阈值 α 作为能够判断密封功能有无异常的值而事先调整为合适的值。更具体而言,热应变误差本身即使在密封功能正常时,也存在与产生异常时相比程度小的热应变误差。因此,事先通过实验等掌握与搭载于内燃机的缸内压传感器有关的密封功能正常时的比例X,只需将该正常时的比例X作为基准值来进行设定阈值 α 即可。另外,也可以是,将在出厂时的试运转期间取得的比例X作为基准值使用,基于相对于该基准值的变化量的大小进行异常判定。由此,能够进行考虑了搭载于内燃机的缸内压传感器的个体差异所引起的偏差、缸内压传感器向内燃机组装的偏差的判定。

[0105] 在比例X为阈值 α 以下的情况下,ECU40判定为密封部34的密封功能正常(步骤120)。另一方面,在比例X比阈值 α 大的情况下,ECU40判定为密封部34的密封功能产生了异常,将密封异常判定标志设为开启(步骤122)。在该情况下,为了向驾驶员通知密封功能的异常,点亮故障显示灯46等。

[0106] 如已述那样,对于梯度k,发动机旋转速度为支配性的运转条件参数。另外,如图7所示,若密封功能产生异常,则梯度k的降低量相对于发动机旋转速度的增加量的比例X变大。因此,如以上说明的图9所示的例程的处理那样在比例X比阈值 α 大的情况下,能够判定为密封部34的密封功能产生了异常。这样,根据本实施方式的方法,通过利用基于梯度k和发动机旋转速度的异常判定指标值即比例X监视缸内压传感器30的热响应特性,能够判定密封功能有无异常。

[0107] 而且,梯度k的大小本身伴随着向传感器顶端部输入的热量的变化而变化,该输入热量的变化是伴随着密封部34的密封性能的降低而产生的变化。而且,在梯度k与运转条件参数的关系中,可以说对于梯度k,发动机旋转速度的影响占支配性,梯度k基本不受缸内填充空气量KL等其他运转条件参数的影响(但是,如已述那样燃烧变为极端缓慢、或像产生异常燃烧时那样燃烧速度变为极高的运转条件除外)。因此,通过利用比例X,能够得到不依赖于发动机旋转速度以外的运转条件参数的异常判定指标值。由此,能够抑制用于密封功能的异常判定的合适工时。

[0108] 另外,在上述实施方式1中,按搭载内燃机10的车辆行驶行程算出比例 X ,将该比例 X 与阈值 α 进行比较。然而,除了在内燃机10的出厂时进行异常判定的情况以外,本发明的密封部的密封功能的异常判定也可以采用如下这样的方法。即,将在运转期间所算出的比例 X 作为前次值而预先存储于ECU40以用于下次行驶行程时的异常判定。然后,也可以在此次的行驶行程时所算出的比例 X 与该前次值之差比预定的判定值大的情况下,判定为密封部34的密封功能产生了异常。此外,通过将上述判定值与前次值之和作为阈值,对于这样的方法,可以说,在本发明中第2比例(比例 X)比第1阈值大的情况下,相当于判定为密封功能产生了异常。

[0109] 此外,在上述实施方式1中,通过ECU40执行上述步骤104的处理而实现本发明中的“发热量算出单元”,通过ECU40执行上述步骤108的处理而实现本发明中的“第1比例算出单元”,而且,通过ECU40执行上述步骤116~122的处理而实现本发明中的“密封异常判定单元”。

[0110] 实施方式2.

[0111] 接下来,主要参照图10以及图11,说明本发明的实施方式2。

[0112] 本实施方式的系统能够通过如下方式实现:使用图1所示的硬件结构,使ECU40执行后述的图11所示的例程而代替图9所示的例程。

[0113] [实施方式2中的密封部的密封功能的异常判定]

[0114] 图10是用于说明在本发明实施方式2中所采用的密封部34的密封功能的异常判定方法的图。在上述的实施方式1中,说明了将梯度 k 的降低量相对于发动机转速速度的增加量的比例 X 用作指标值的异常判定方法。

[0115] 相对于此,本实施方式的异常判定方法中,基于所算出的梯度 k 是否比预定的阈值 β 大,来判定密封部34的密封功能有无异常,所述预定的阈值 β 是与取得成为该梯度 k 的算出的基础的缸内压数据的循环的发动机转速速度对应的阈值。具体而言,如图10所示,若以算出梯度 k 的循环的发动机转速速度为 $NE1$ 时为例,在像点 $P1$ 那样梯度 k 为发动机转速速度 $NE1$ 时的阈值 $\beta1$ 以下的情况下,判定为密封功能正常。另一方面,在像点 $P2$ 那样梯度 k 比阈值 $\beta1$ 大的情况下,判定为密封功能产生了异常。

[0116] 基于与实施方式1的阈值 α 的设定同样的考虑,对于阈值 β ,也只要事先通过实验等掌握密封功能正常时的梯度 k 、并将该正常时的梯度 k 设定为基准值即可。另外,参照图7,如已述那样,发动机转速速度越高,则梯度 k 越小。与之相对应地,在本实施方式中,如图10所示,阈值 β 被设定成,发动机转速速度越高,则阈值 β 越小。由此,通过考虑梯度 k 与发动机转速速度的关系,能够更适当地设定阈值 β 。

[0117] (实施方式2中的具体处理)

[0118] 图11是表示ECU40为了实现本发明实施方式2的密封部34的密封功能的异常判定而执行的例程的流程图。此外,图11中,对与实施方式1中的图9所示的步骤相同的步骤,标注同一附图标记而省略或简略其说明。

[0119] 图11所示的例程中,ECU40在步骤108算出梯度 k 之后,进入步骤200。ECU40存储有如图10所示被设定成发动机转速速度越高则越小的 β 。在步骤200中,ECU40算出与在步骤100所取得的当前的发动机转速速度对应的阈值 β 。接下来,ECU40判定梯度 k 是否比阈值 β 大(步骤202)。其结果,ECU40在本判定不成立的情况下判定为密封功能正常(步骤120),另一

方面,在本判定成立的情况下判定为密封功能异常(步骤122)。

[0120] 通过以上说明的图11所示的例程的处理,也能够通过利用梯度k与发动机旋转速度的关系监视缸内压传感器30的热响应特性来判定密封功能有无异常。

[0121] 另外,在上述的实施方式2中,阈值 β 被设定成,以发动机旋转速度越高则越小的方式连续地变化。然而,对于在本发明中考虑第1比例(梯度k)与发动机旋转速度的关系而设定的第2阈值,只要设定为与发动机旋转速度低的情况相比,该第2阈值在发动机旋转速度高的情况下小,就也可以是阈值 β 的上述设定以外的方式。具体而言,也可以是,第2阈值设定为:发动机旋转速度越高,则第2阈值越小,且以2级或3级以上的方式阶段性变化。

[0122] 另外,在上述的实施方式2中,除了将与算出梯度k的循环的发动机旋转速度对应的阈值 β 算出之外,还对梯度k和阈值 β 进行比较。也可以代替这样的处理而采用基于如下处理的异常判定方法。即,在ECU40设置将梯度k和发动机旋转速度用作输入轴而存储异常判定变量的映射。具体而言,本映射具有如图10所示的关系那样的映射区域,以图10的阈值 β 的直线为界设定密封正常区域和密封异常区域。异常判定变量是以1和0表示密封功能有无异常的变量,在密封正常区域设为0,在密封异常区域设为1。也可以参照这样的映射,根据在某循环的与梯度k和发动机旋转速度对应的映射的异常判定变量是0还是为1来判定密封功能有无异常。

[0123] 另外,在像实施方式2那样利用梯度k的情况下,也可以进行使用了与利用比例X的前次值和此次值的实施方式1的变形例同样的考虑方式的判定。具体而言,也可以是,关于同一发动机旋转速度下的梯度k,基于前一行驶行程的取得值与此次行驶行程的取得值之差是否比预定的判定值大,来判定密封功能有无异常。

[0124] 此外,上述实施方式2中,通过ECU40执行上述步骤104的处理来实现本发明的“发热量算出单元”,通过ECU40执行上述步骤108的处理来实现本发明的“第1比例算出单元”,而且,通过ECU40执行上述步骤200、202、120以及122的处理来实现本发明的“密封异常判定单元”。

[0125] 实施方式3.

[0126] 接下来,主要参照图12~图18,说明本发明的实施方式3。

[0127] 本实施方式的系统能够通过如下方式实现:使用图1所示的硬件结构,使ECU40执行后述的图17以及图18所示的例程来代替图9所示的例程。

[0128] [伴随密封功能产生异常而产生的发火延迟期间的误检测]

[0129] 图12是用于说明伴随密封部34的密封功能的异常而产生的发火延迟期间的误检测的图。如图12(A)所示,在密封功能产生了异常的情况下,由于热应变的影响,利用缸内压传感器30的检测值的发热量Q的数据上的燃烧结束点 θ_{\max} 的位置与密封功能正常相比提前。其结果,在密封功能产生了异常的情况下,如图12(B)所示,MFB的波形上升与密封正常时相比变陡。因此,发火延迟期间作为从点火正时SA到10%燃烧点CA10为止的曲轴角度期间(SA-CA10),能够利用基于发热量Q的数据的MFB的算出结果算出。然而,由于MFB的波形的上述变化,在密封功能产生了异常的情况下,CA10的检测值被检测为位于与密封正常时相比提前侧的值。伴随于此,在密封功能产生了异常的情况下的发火延迟期间(SA-CA10)算出为相对于密封正常时的值而言较短的值。即,发火延迟期间被误检测为比现实的发火延迟期间短的期间。

[0130] [实施方式3的特征部分]

[0131] (基于比例X的发火延迟期间(SA-CA10)的修正)

[0132] 在进行利用发火延迟期间的某个发动机控制、判定处理或者推定处理的情况下,若由于比例X的增加而发火延迟期间(SA-CA10)的检测值产生与现实值间的误差(以下,也仅称作“发火延迟误差”),则该发动机控制等会受到影响而精度变差。

[0133] 图13是用于说明本发明的实施方式3的密封功能的异常判定所使用的阈值 α 的设定的图。如图13所示,比例X越大,发火延迟误差越大。因此,根据图13所示的关系,能够基于比例X掌握发火延迟误差。因此,用于检测密封功能的异常的阈值 α 事先被确定为与能够担保内燃机10的系统中的上述发动机控制等的效果的范围内的发火延迟误差的上限值对应的值。

[0134] 本实施方式的系统在比例X比阈值 α 大时判定为密封功能产生异常这点与实施方式1的系统相同。另外,本实施方式中,在比例X为阈值 α 以下的情况下,根据比例X的值来修正发火延迟期间的指标值即SA-CA10。

[0135] 图14是用于说明基于比例X的SA-CA10的修正量的设定的图。如上述图13所示,比例X越大,发火延迟误差越大。与此相对应,如图14所示,SA-CA10的修正量设定为:比例X越大,则SA-CA10的修正量越大。

[0136] (利用SA-CA10的空燃比等的反馈控制)

[0137] 作为利用基于缸内压传感器30的检测值的发火延迟期间的上述发动机控制等之一,本实施方式的系统进行利用SA-CA10的空燃比的反馈控制。具体而言,本反馈控制调整燃料喷射量,以使得与所期望的目标空燃比对应的目标SA-CA10与检测SA-CA10之差为零。此处所述的检测SA-CA10是基于缸内压传感器30的检测值算出的SA-CA10。此外,上述的空燃比的反馈控制中,也可以代替调整燃料喷射量、或与调整燃料喷射量一同调整吸入空气量。另外,若提高点火能量,则有时能够缩短发火延迟期间。因此,SA-CA10的反馈控制也包括不伴随空燃比的变化了的SA-CA10(即,发火延迟期间)的反馈控制,具体而言也包括利用点火能量的调整的SA-CA10的反馈控制。此外,此处所述的吸入空气量的调整例如优选利用在各循环中能够高响应地控制吸入缸内的空气量的公知的进气可变气门机构来进行。另外,点火能量的调整例如能够通过如下方式等进行:预先设有多个点火线圈用作火花塞28,根据需要变更用于放电的点火线圈的数量等。

[0138] 图15是表示SA-CA10与空燃比(A/F)的关系的图。由图15可知,SA-CA10与空燃比具有高相关性。另外,SA-CA10在稀薄极限(lean limit)附近也相对于空燃比良好地保持线性。此处所述的稀薄极限是指以内燃机10的转矩变动的观点确定的稀薄燃烧极限的空燃比。

[0139] 在此,可以说,出于如下理由,SA-CA10与空燃比本身相比具有高的稀薄极限的代表性。即,成为稀薄极限的空燃比根据运转条件(例如,发动机水温的高低)的不同而变化,但SA-CA10与空燃比相比难以与运转条件对应地变化。换言之,成为稀薄极限的空燃比较大程度依赖于混合气的发火因素,因此,可以说,与空燃比相比,代表发火延迟的SA-CA10难以受到运转条件等的影响。但是,若发动机旋转速度变化,则每1曲轴角度的时间发生变化,因此,优选根据发动机旋转速度来设定SA-CA10的目标值即目标SA-CA10。更优选的是,由于SA-CA10也根据缸内填充空气量的不同而变化,因此,代替发动机旋转速度或与该发动机旋

转速度一同根据缸内填充空气量来设定目标SA-CA10比较好。另外,与SA-CA10不同,以转矩变动值作为指标而欲将空燃比控制在稀薄极限附近的情况下,需要统计处理。然而,对于利用基于统计处理的转矩变动值的方法,其花费时间,在过渡运转期间不成立,因此,可以说实用性较低。相对于此,根据SA-CA10,能够进行不依赖统计处理的方法的稀薄极限控制。

[0140] 接下来,说明作为燃烧点(MFB为预定燃烧质量比例时的预定曲轴角度),CA10优于其他燃烧点的理由,上述燃烧点用于在与点火正时之间确定作为发火延迟的指标的曲轴角度期间。在利用主燃烧开始之前的初期燃烧期间(CA0-CA10)内的除CA10以外的燃烧点的情况下,所获得的曲轴角度期间也能够良好地体现对发火造成影响的因素所带来的影响,因此,上述除CA10以外的燃烧点能够利用于本实施方式的反馈控制。另一方面,燃烧开始点(CA0)在ECU40所取得的与来自缸内压传感器30的输出信号重叠的噪音的影响下容易产生误差。该噪音的影响随着远离燃烧开始点(CA0)而变小。因此,若考虑到耐噪音性,则可以说,如本实施方式所利用的那样,作为在与点火正时(SA)之间规定延迟期间的曲轴角度期间,CA10是最优选的。

[0141] 如以上那样,可以说,SA-CA10的利用作为为了低燃料消耗而将空燃比反馈控制在稀薄极限附近时的指标值是优异的。但是,利用SA-CA10的空燃比的反馈控制自身不限于稀薄燃烧,也能够应用于理论空燃比燃烧。

[0142] 图16是说明利用SA-CA10的燃料喷射量的反馈控制的概要的框图。在该反馈控制中,如图16所示,设定与发动机运转状态(具体而言,发动机旋转速度以及缸内填充空气量)对应的目标SA-CA10。在各汽缸中按循环算出检测SA-CA10。

[0143] 在该反馈控制中,为了调整燃料喷射量以消除目标SA-CA10与检测SA-CA10之差,使用PI控制作为一例。在该PI控制中,利用目标SA-CA10与检测SA-CA10之差和预定的PI增益(比例项增益和积分项增益),算出与该差以及其累计值的大小对应的燃料喷射量修正率。然后,将按汽缸算出的燃料喷射量修正率反映到成为对象的汽缸的燃料喷射量。由此,内燃机(ENG)10的各汽缸的燃料喷射量通过上述反馈控制而被调整(修正)。

[0144] (实施方式3中的具体处理)

[0145] 首先,参照图17的流程图,说明为了实现利用上述的SA-CA10的空燃比的反馈控制而ECU40所执行的控制例程。此外,在成为本反馈控制的对象的运转条件成立了时,在各汽缸中在燃烧结束后的预定定时按循环重复执行本例程。另外,本例程与后述的图18并行地执行。

[0146] 图17所示的例程中,ECU40利用曲轴角传感器42和空气流量计44取得发动机旋转速度和缸内填充空气量(步骤300)。接着,ECU40算出目标SA-CA10(步骤302)。ECU40存储有映射(省略图示),该映射是基于实验等的结果而按与发动机旋转速度以及缸内填充空气量的关系预先确定目标SA-CA10的映射。在本步骤302中,参照这样的映射,基于在步骤300取得的发动机旋转速度以及缸内填充空气量取得目标SA-CA10。

[0147] 接下来,ECU40利用缸内压传感器30和曲轴角传感器42取得在燃烧时测量的缸内压数据(步骤304)。接下来,ECU40取得点火正时(步骤306)。ECU40存储有映射(省略图示),该映射是按缸内填充空气量与发动机旋转速度的关系确定目标(要求)点火正时(基本是最佳点火正时)的映射,在本步骤306,参照这样的映射取得点火正时。

[0148] 接下来,ECU40算出检测SA-CA10(步骤308)。检测SA-CA10的基准值作为从在步骤

306取得的点火正时(SA)到作为在步骤304取得的缸内压数据的解析结果得到的CA10为止的曲轴角度期间而算出。另外,在利用后述的图18所示的例程的步骤400的处理算出了检测SA-CA10的修正量的情况下,将该修正量加到上述基准值中。

[0149] 接下来,ECU40算出在步骤302以及308算出的目标SA-CA10与检测SA-CA10之差(步骤310)。ECU40接着利用所算出的差和预定的PI增益(比例项增益和积分项增益),算出与该差以及其累计值的大小对应的燃料喷射量修正率(步骤312)。另外,ECU40基于所算出的燃料喷射量修正率修正在下个循环中使用的燃料喷射量(步骤314)。具体而言,例如在检测SA-CA10比目标SA-CA10大的情况下,根据图15所示的关系,相当于空燃比比目的值向稀薄侧偏移的情况,因此,为了对空燃比进行富余修正而使燃料喷射量相对于燃料喷射量的基准值增加。

[0150] 根据以上说明的图17所示的例程,执行燃料喷射量的反馈控制以消除目标SA-CA10与检测SA-CA10之差。如已述那样,SA-CA10在稀薄极限附近也相对于空燃比具有线性。因此,通过采用本实施方式的方法,调整燃料喷射量以消除目标SA-CA10与检测SA-CA10之差,从而能够合适地控制空燃比,以得到包括将空燃比控制在稀薄极限附近的情况在内的所期望的目标空燃比。另外,在与本实施方式的方法不同而仅利用CA10调整燃料喷射量以使检测CA10成为目标值的情况下,存在如下的问题。即,当点火正时变化时,伴随于此,CA10发生变化。相对于此,即使点火正时发生变化,从点火正时到CA10为止的曲轴角度期间即SA-CA10也几乎不变化。因此,通过利用SA-CA10作为用于调整燃料喷射量的指标,与仅利用CA10的情况相比,能够排除点火正时的影响而合适地掌握与空燃比的相关性。

[0151] 接下来,参照图18的流程图,说明为了实现密封部34的密封功能的异常判定和检测SA-CA10的修正量的算出而ECU40所执行的例程。此外,在图18中,对与实施方式1中的图9所示的步骤相同的步骤标注相同的附图标记而省略或简略其说明。另外,如上所述,利用SA-CA10的空燃比的反馈控制特别适于稀薄燃烧运转时的空燃比控制。另一方面,在实施方式1中,作为步骤106中的梯度k的算出对象的运转条件,例示了理论空燃比燃烧运转时。然而,即使是在利用SA-CA10的空燃比的反馈控制在稀薄燃烧运转时进行的情况下,只要在空燃比未稀薄化到如已述那样燃烧极端缓慢的程度的状况下,就也能够高精度地算出梯度k。

[0152] 图18所示的例程中,ECU40在步骤116算出比例X之后,并列执行基于比例X的异常判定处理(步骤118~122)和基于比例X的检测SA-CA10的修正量的算出处理(步骤400)。在步骤400中,参照图14,如已述那样,ECU40算出检测SA-CA10的修正量,比例X越大,则检测SA-CA10的修正量越大。

[0153] 通过一同执行以上说明的图18所示的例程与上述图17所示的例程,可根据比例X修正检测SA-CA10。由此,能够抑制由于密封部34的密封性能的降低而使得利用SA-CA10的空燃比的反馈控制的精度降低。另外,根据上述例程,并行进行检测SA-CA10的修正和密封功能的异常判定。由此,在检测到密封功能发生异常而点亮故障显示灯46之后的退避行驶中,能够尽可能抑制利用SA-CA10的空燃比的反馈控制的精度的降低(即,燃料消耗以及内燃机10的驱动性能的恶化)。

[0154] 另外,在上述的实施方式3中,说明了根据比例X进行发火延迟期间(SA-CA10)的检测值的修正的例子。然而,也可以将由SA-CA10等确定的发火延迟期间的检测值的修正与实施方式2所说明的异常判定处理组合地进行。即,例如也可以是,事先掌握在确定的发动机

旋转速度区间取得的梯度 k 与发火延迟期间的关系,根据在掌握该关系的发动机旋转速度区间取得的梯度 k ,算出发火延迟期间的修正量。

[0155] 此外,在上述的实施方式3中,ECU40使用利用缸内压传感器30和曲轴角传感器42取得的燃烧期间中的缸内压数据而算出燃烧质量比例,由此,来实现本发明中的“燃烧质量比例算出单元”,通过ECU40执行上述步骤308的处理来实现本发明中的“发火延迟期间算出单元”,而且,通过ECU40执行上述步骤310~314的处理来实现本发明中的“调整单元”。

[0156] 实施方式4.

[0157] 接下来,主要参照图19~图22,说明本发明的实施方式4。

[0158] 本实施方式的系统能够通过如下方式实现:使用图1所示的硬件结构,使ECU40执行后述的图21以及图22所示的例程来替代图9所示的例程。

[0159] [实施方式4的特征部分]

[0160] 如上述图12(B)所示,在密封功能产生了异常的情况下,不仅是10%燃烧点CA10,相当于燃烧重心位置的50%燃烧点CA50也与密封正常时相比向提前侧偏移。作为偏移量,根据图12(B)可知,CA50的偏移量比CA10的偏移量大。

[0161] (基于比例X的燃烧重心位置(CA50)的修正)

[0162] 在进行利用燃烧重心位置(CA50)的某个发动机控制、判定处理或推定处理的情况下,若由于比例X的增加而CA50的检测值产生与现实值间的误差,则该发动机控制等会受到影响而精度变差。

[0163] 图19是用于说明基于比例X的CA50的修正量的设定的图。比例X越大,CA50的检测值与现实值间的误差越大。与之对应地,如图19所示,CA50的修正量设定为:比例X越大,CA50的修正量越大。

[0164] (利用CA50的点火正时的反馈控制)

[0165] 作为利用基于缸内压传感器30的检测值的燃烧重心位置(CA50)的上述发动机控制等之一,本实施方式的系统进行利用CA50的点火正时的反馈控制。具体而言,本反馈控制调整点火正时,以使得预定的目标CA50与检测CA50之差为零。此处所述的检测CA50是指基于缸内压传感器30的检测值算出的CA50。

[0166] 图20是用于说明利用本发明实施方式4的CA50的点火正时的反馈控制的概要的框图。为了修正点火正时以消除目标CA50与检测CA50之差,关于利用该CA50的反馈控制,也使用PI控制作为一例。在该PI控制中,利用目标CA50与检测CA50之差和预定的PI增益(比例项增益和积分项增益),算出与该差以及该差的累计值的大小对应的点火正时修正量。然后,将按汽缸算出的点火正时修正量反映到成为对象的汽缸的点火正时。由此,内燃机(ENG)10的各汽缸的点火正时通过上述反馈控制而被调整(修正)。

[0167] (实施方式4中的具体处理)

[0168] 首先,参照图21的流程图,说明为了实现利用上述的CA50的点火正时的反馈控制而ECU40所执行的控制例程。此外,在图21中,对与实施方式3中的图17所示的步骤相同的步骤,标注相同的附图标记而省略或简略其说明。另外,本例程与后述的图22并行地执行。

[0169] 图21所示的例程中,ECU40在步骤300取得发动机旋转速度和缸内填充空气量之后,进入步骤500。在步骤500中,ECU40算出目标CA50。目标CA50基于在步骤300取得的发动机旋转速度和缸内填充空气量设定。

[0170] 接着,ECU40在步骤306取得缸内压数据之后,进入步骤502。在步骤502中,ECU40利用所取得的缸内压数据的解析结果算出检测CA50。ECU40接着算出在步骤500以及502算出的目标CA50与检测CA50之差(步骤504)。

[0171] 接着,ECU40利用在步骤504算出的差和预定的PI增益(比例项增益和积分项增益),算出与该差以及其累计值的大小对应的点火正时修正量(步骤506)。另外,ECU40基于算出的点火正时修正量修正在下个循环中使用的点火正时(步骤508)。具体而言,CA50与点火正时之间存在大致1比1的关系,例如在检测CA50比目标CA50大的情况下(即,在检测CA50比目标CA50延迟的情况下),为了使燃烧提前而使点火正时提前。

[0172] 根据以上说明的图21所示的例程,执行利用CA50的点火正时的反馈控制。由此,通过调整点火正时,能够控制燃烧重心位置(CA50),以能够得到适当的燃烧的位置。

[0173] 接下来,参照图22的流程图,说明为了实现密封部34的密封功能的异常判定和检测CA50的修正量的算出而ECU40所执行的例程。此外,在图22中,对与实施方式1的图9所示的步骤相同的步骤,标注相同附图标记而省略或简略其说明。

[0174] 在图22所示的例程中,ECU40在步骤116算出比例X之后,并列执行基于比例X的异常判定处理(步骤118~122)和基于比例X的检测CA50的修正量的算出处理(步骤600)。在步骤600中,参照图19,如已述那样,ECU40算出检测CA50的修正量,比例X越大,则该修正量越大。

[0175] 通过一同执行以上说明的图22所示的例程与上述图21所示的例程,根据比例X修正检测CA50。由此,能够抑制由于密封部34的密封性能的降低而使得利用CA50的点火正时的反馈控制的精度降低。另外,根据上述例程,并行进行检测CA50的修正和密封功能的异常判定。由此,在检测到密封功能产生异常而点亮故障显示灯46之后的退避行驶中,能够尽可能抑制利用CA50的点火正时的反馈控制的精度的降低(即,燃料消耗以及内燃机10的驱动性能的恶化)。

[0176] 另外,在上述的实施方式4中,说明了根据比例X进行检测CA50的修正的例子。然而,也可以是,检测CA50的修正与实施方式2所说明的异常判定处理组合地进行。即,例如也可以事先掌握在确定的发动机旋转速度区间取得的梯度k与检测CA50的关系,根据在掌握该关系的发动机旋转速度区间取得的梯度k,算出检测CA50的修正量。而且,也可以将根据比例X或梯度k的检测CA50的修正与在实施方式3中上述的根据比例X或梯度k的发火延迟期间(SA-CA10)的检测值的修正组合地进行。

[0177] 此外,上述实施方式4中,ECU40使用利用缸内压传感器30和曲轴角传感器42取得的燃烧期间中的缸内压数据而算出燃烧质量比例,由此,来实现本发明中的“燃烧质量比例算出单元”,通过ECU40执行上述步骤502的处理来实现本发明中的“燃烧重心位置算出单元”,然后,通过ECU40执行上述步骤504~508的处理来实现本发明中的“点火正时调整单元”。

[0178] 另外,在上述的实施方式1~4中,为了算出梯度k而利用依据(2)式算出的发热量Q。然而,在本发明中的密封部的密封功能的异常判定中,也可以替代发热量Q,而利用与发热量Q具有相关性的参数 PV^k 。

[0179] 另外,在上述的实施方式1~4中,以火花点火式的内燃机10作为例子,说明了密封部的密封功能的异常判定以及利用该异常判定中使用的参数(比例X或梯度k)的发动机控

制。然而,关于密封部的密封功能的异常判定,不限于火花点火式的内燃机,也可以应用于压缩发火式的内燃机。

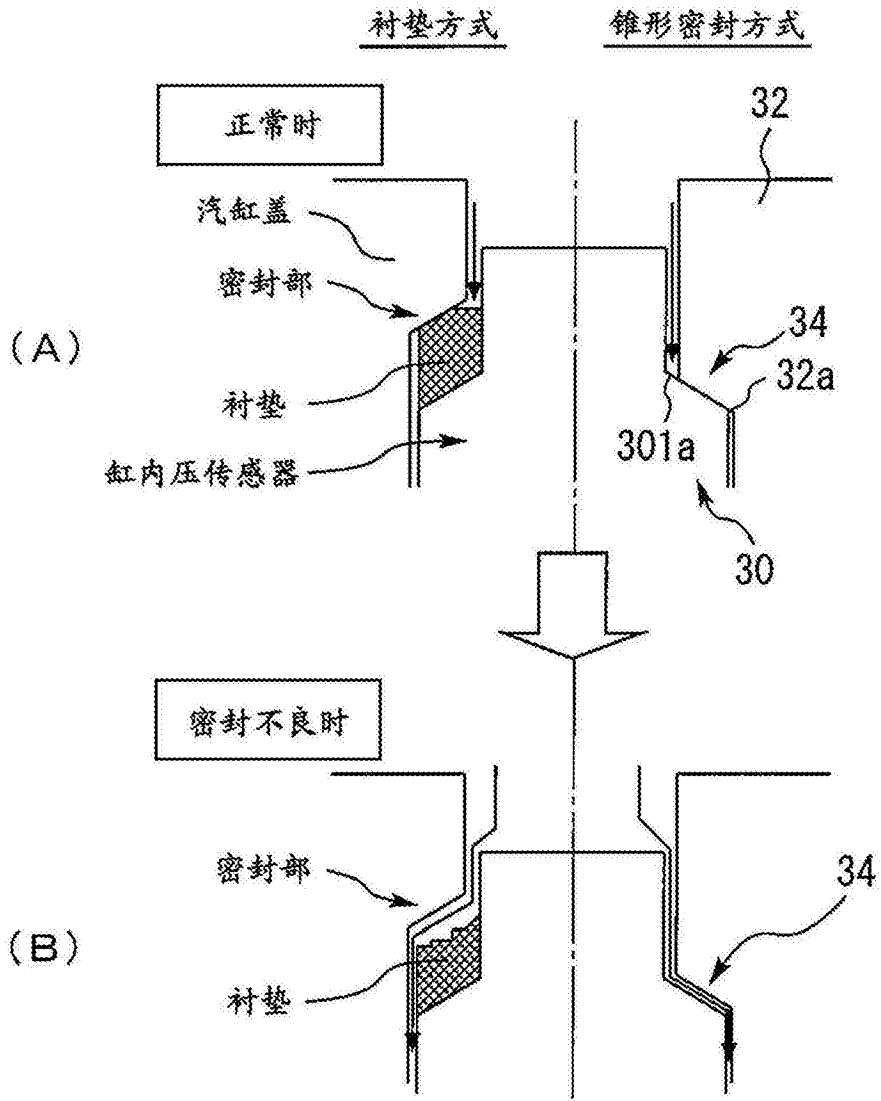


图3

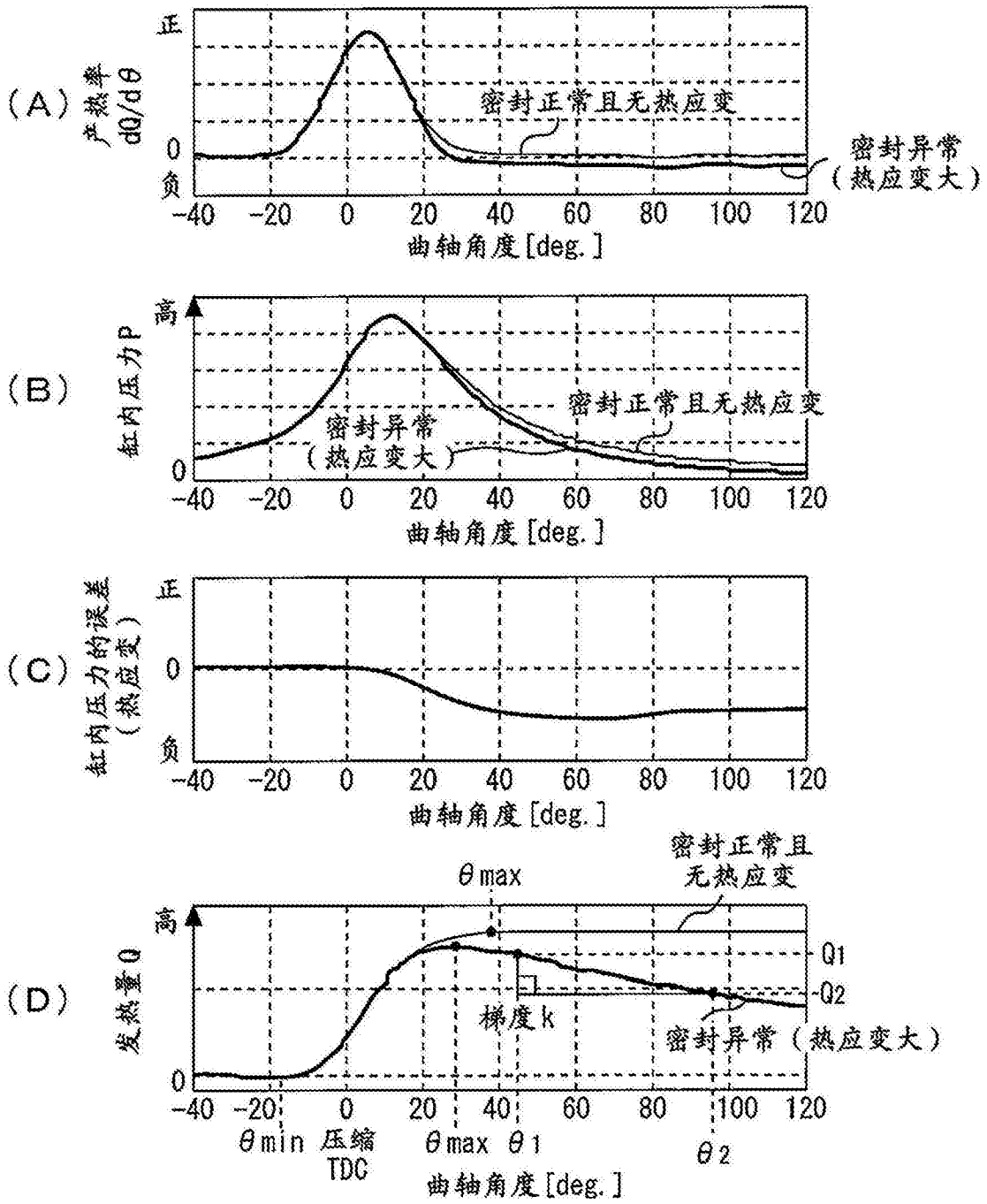


图4

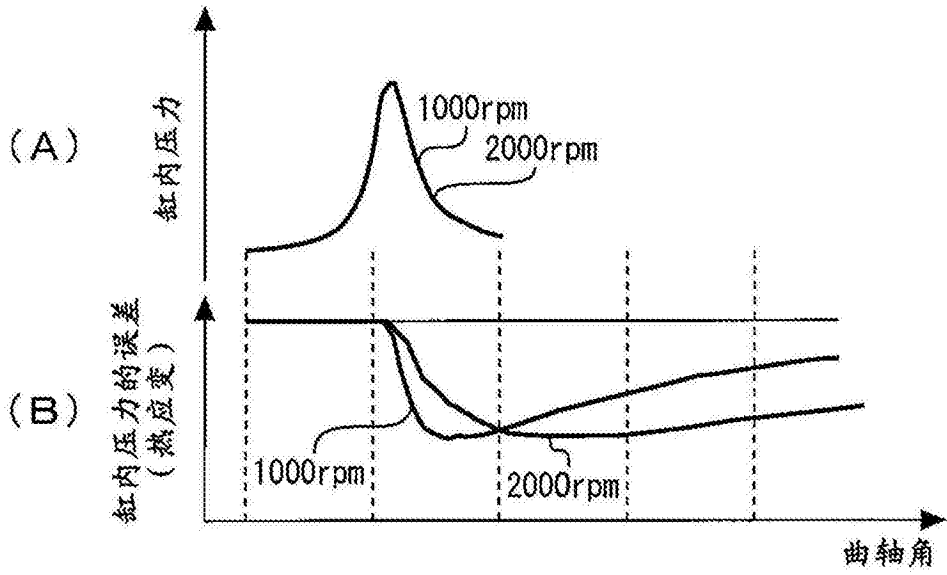


图5

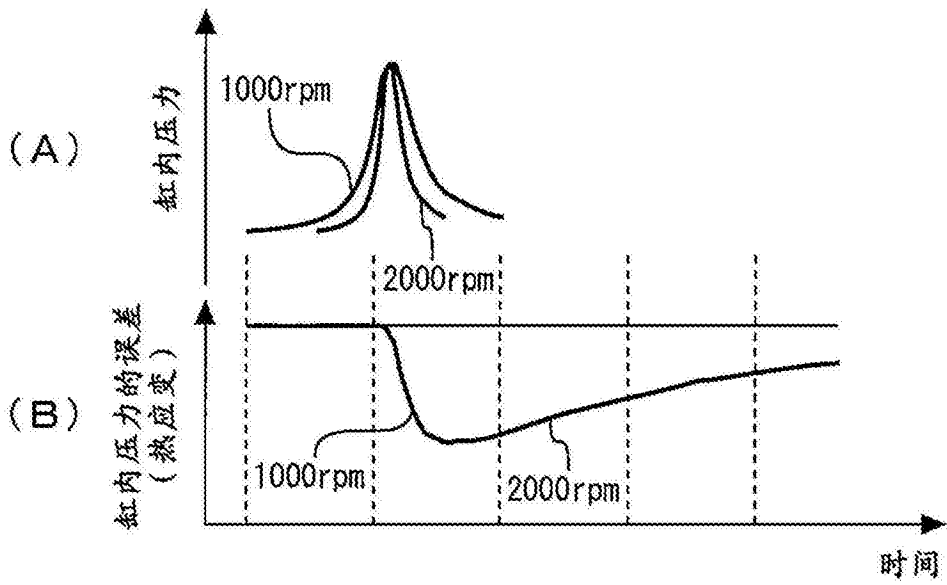


图6

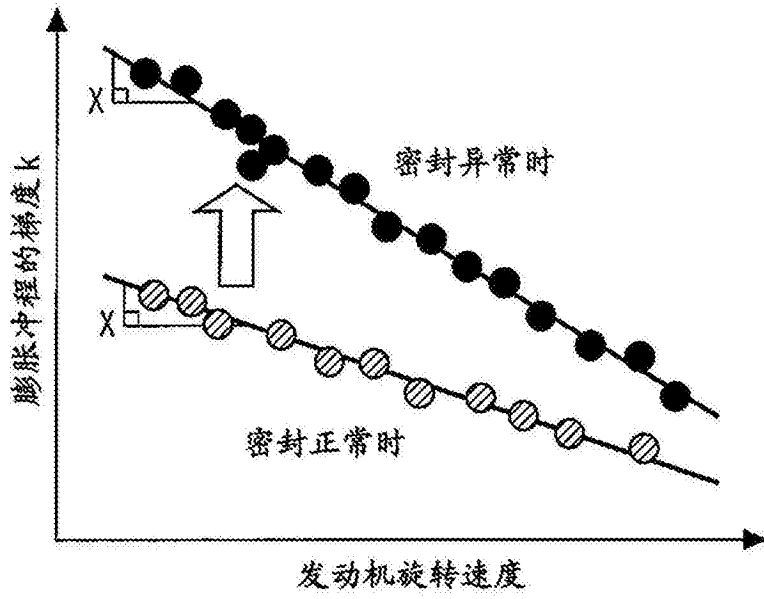


图7

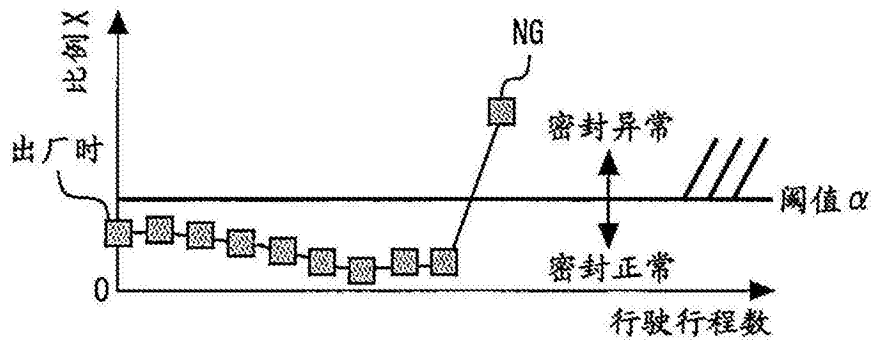


图8

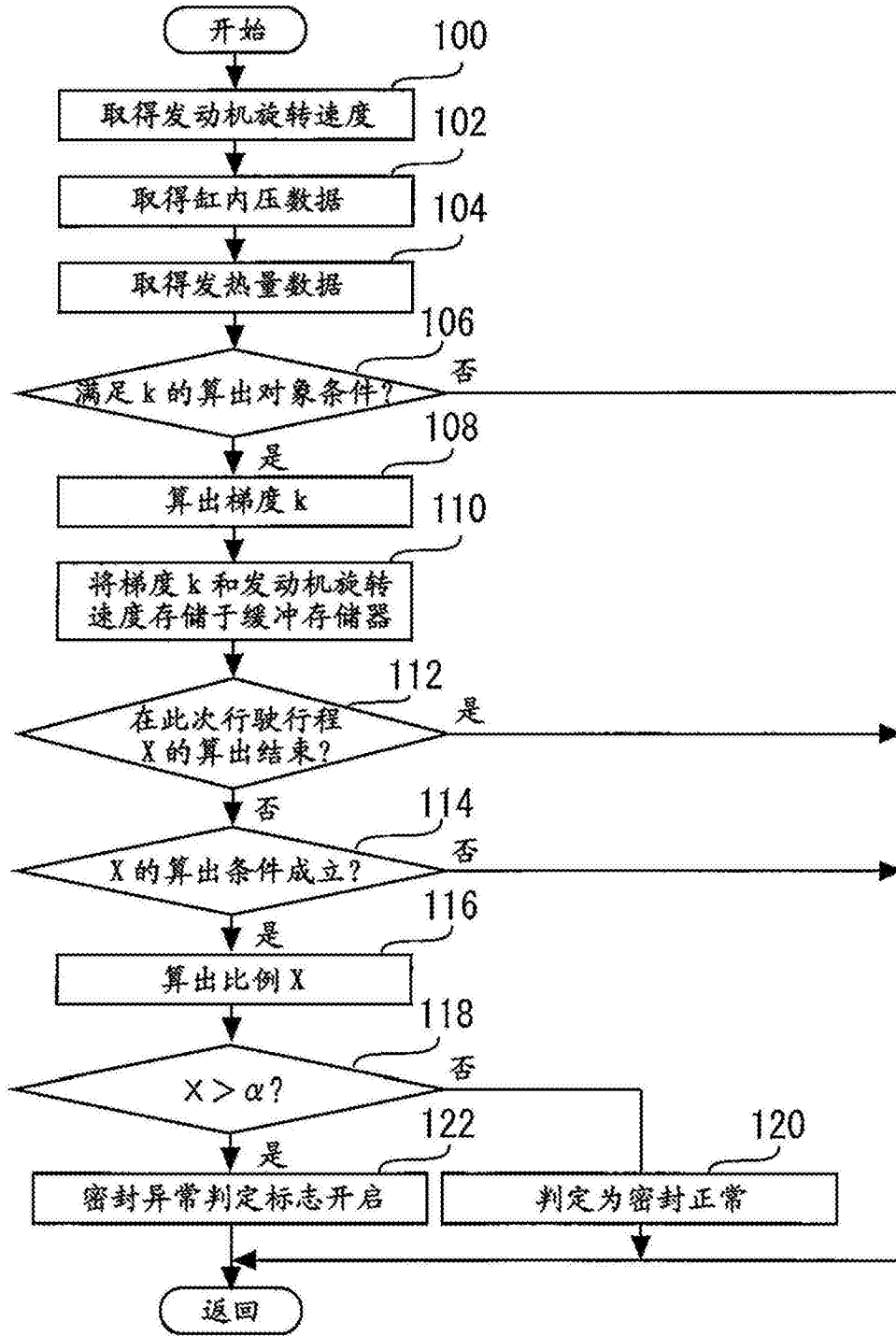


图9

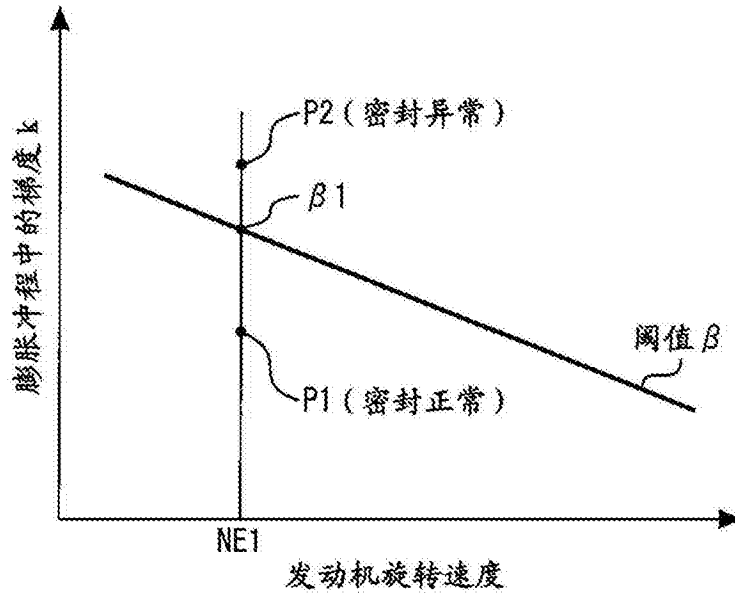


图10

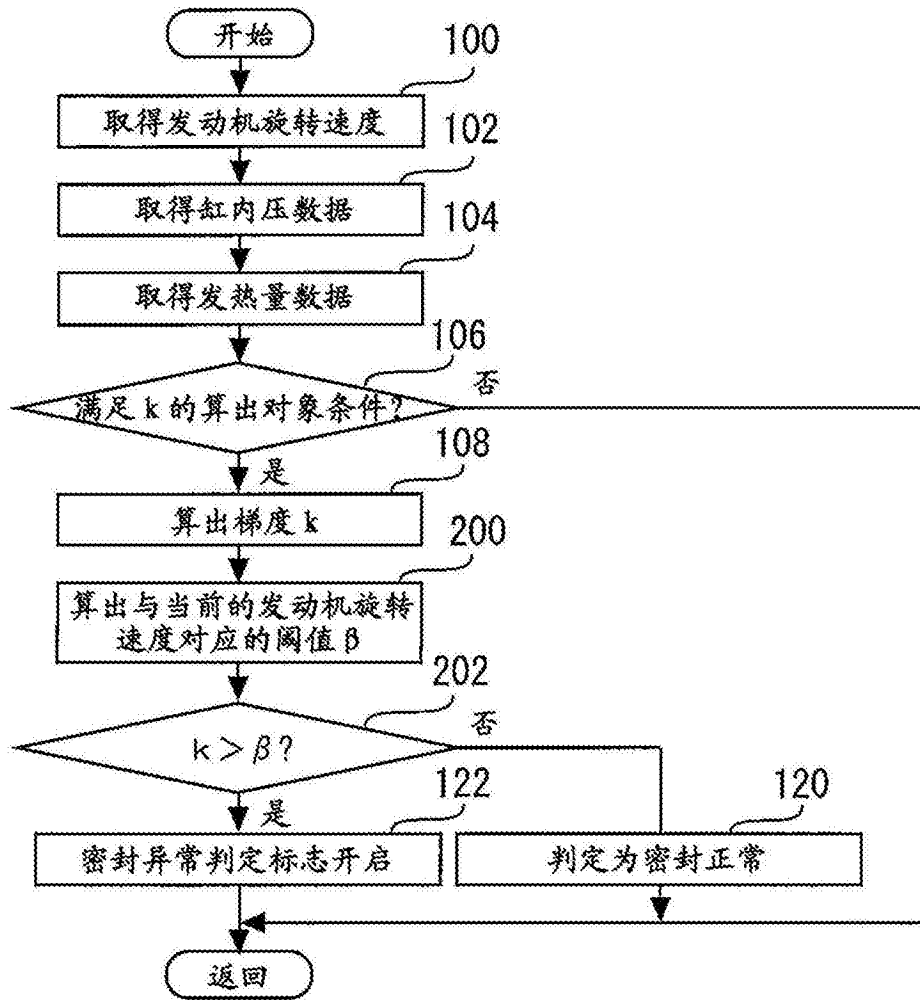


图11

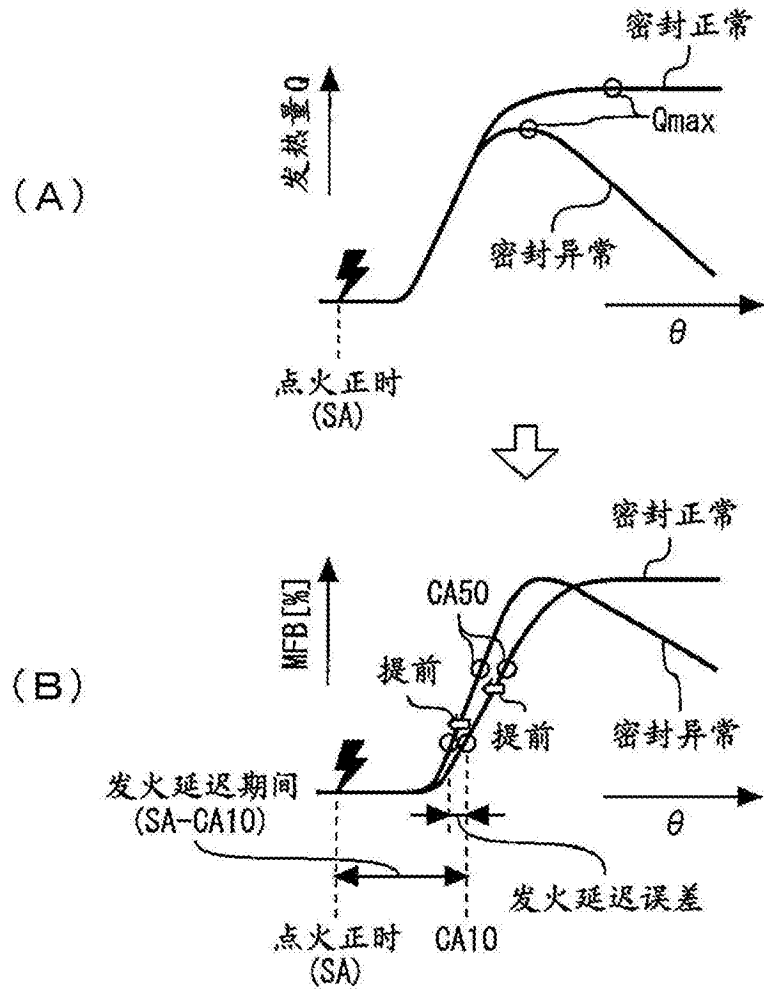


图12

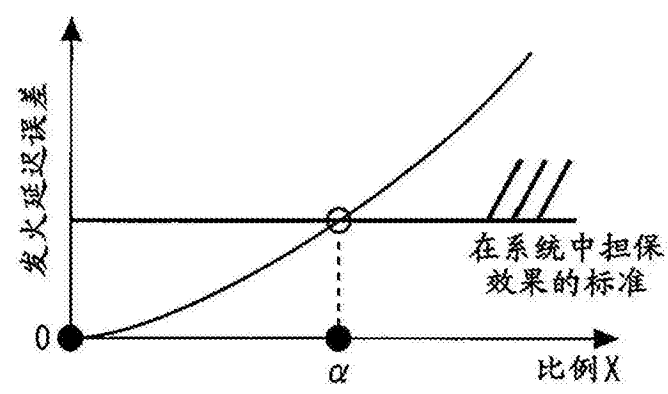


图13

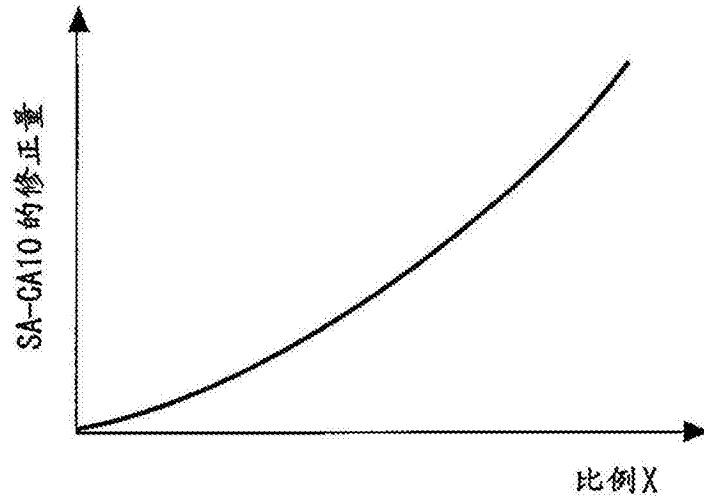


图14

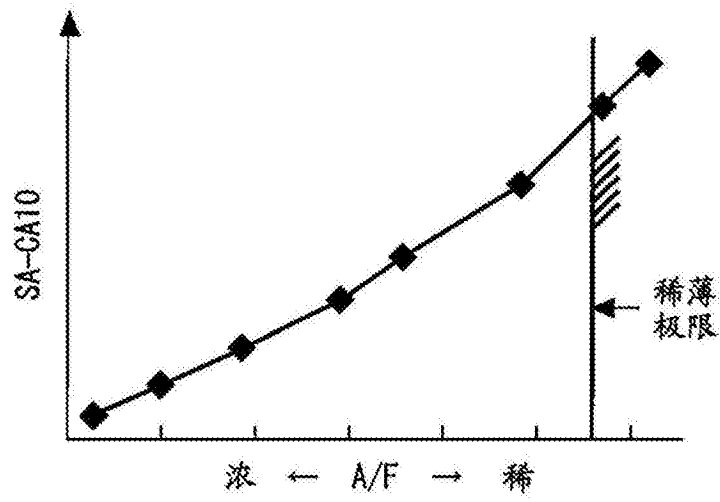


图15

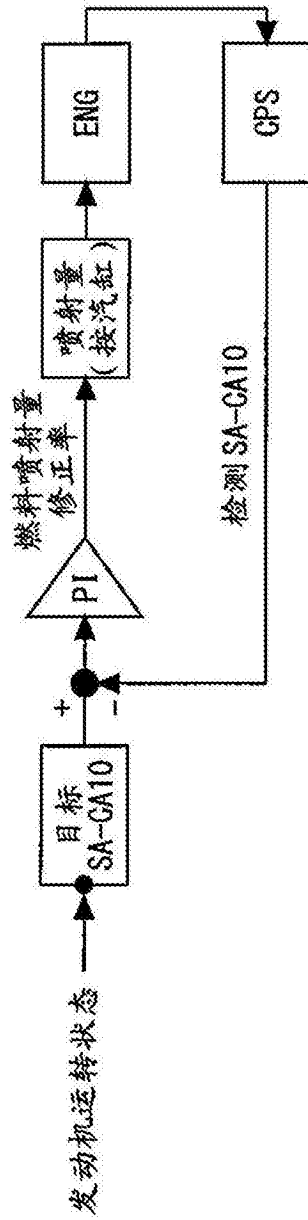


图16

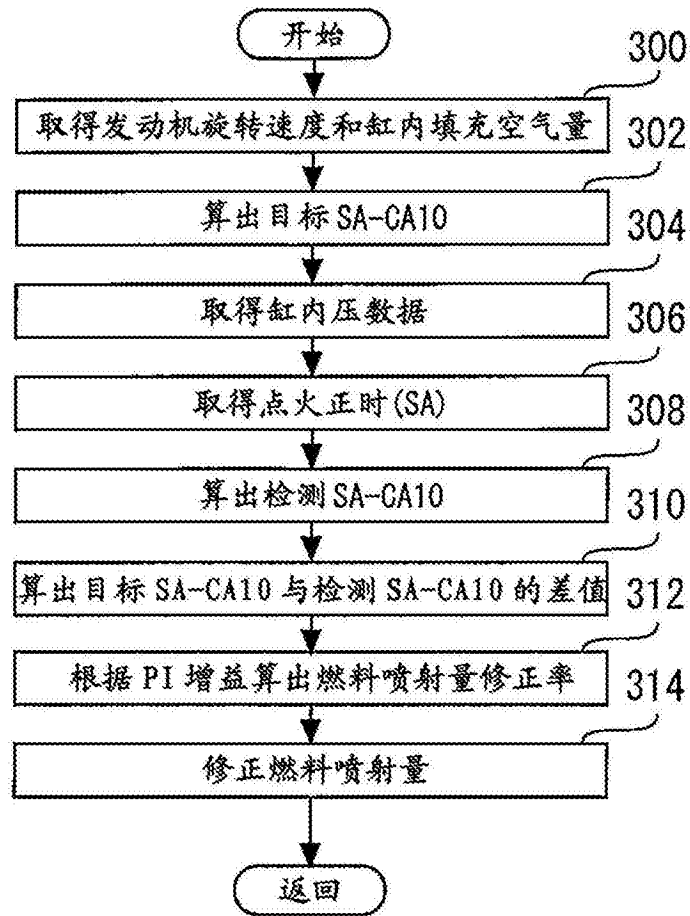


图17

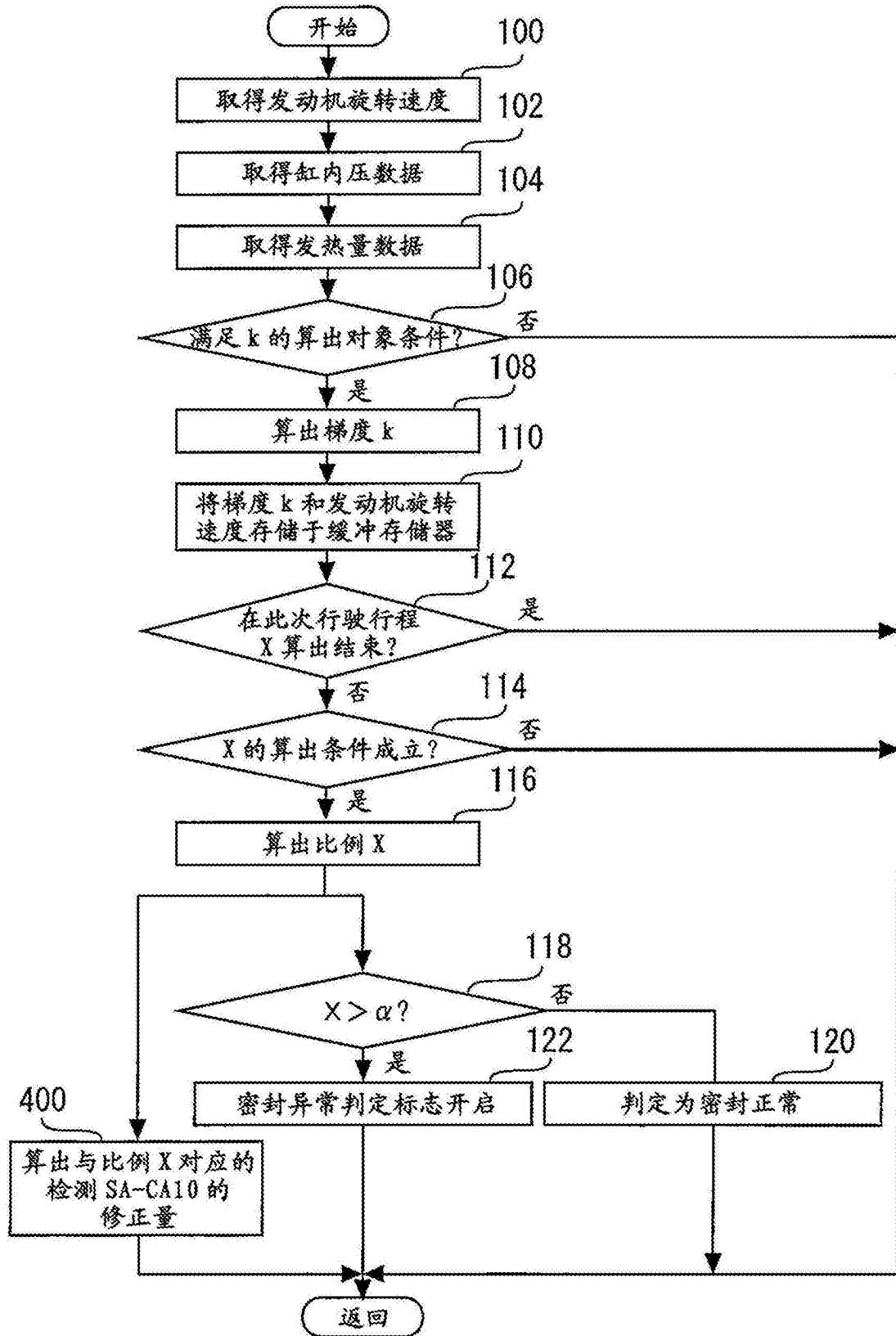


图18

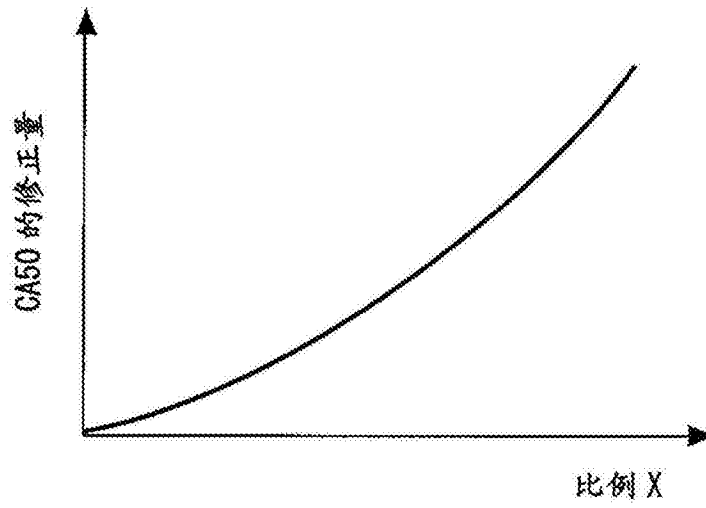


图19

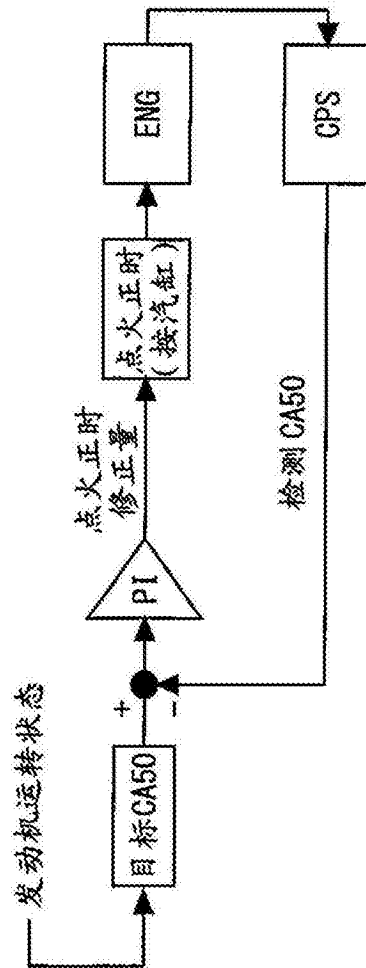


图20

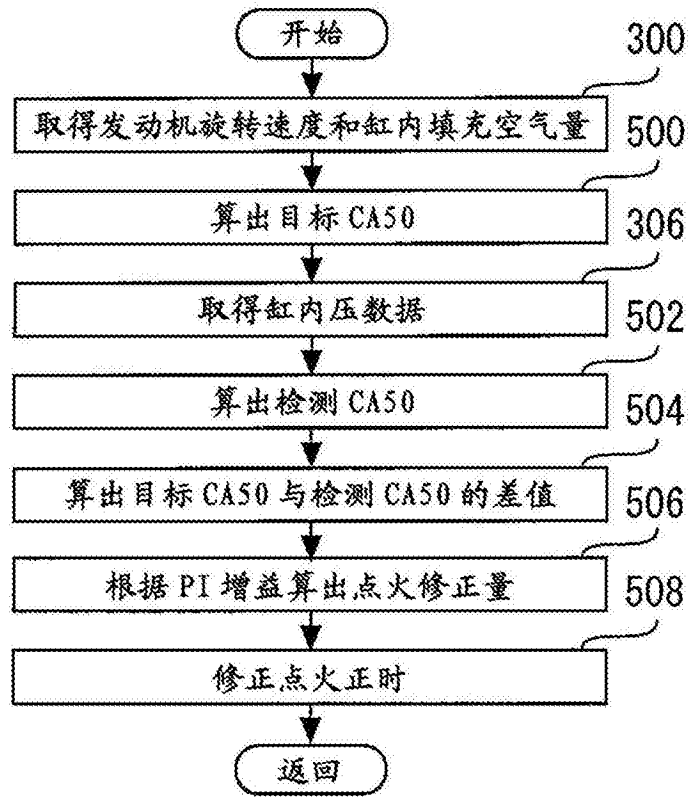


图21

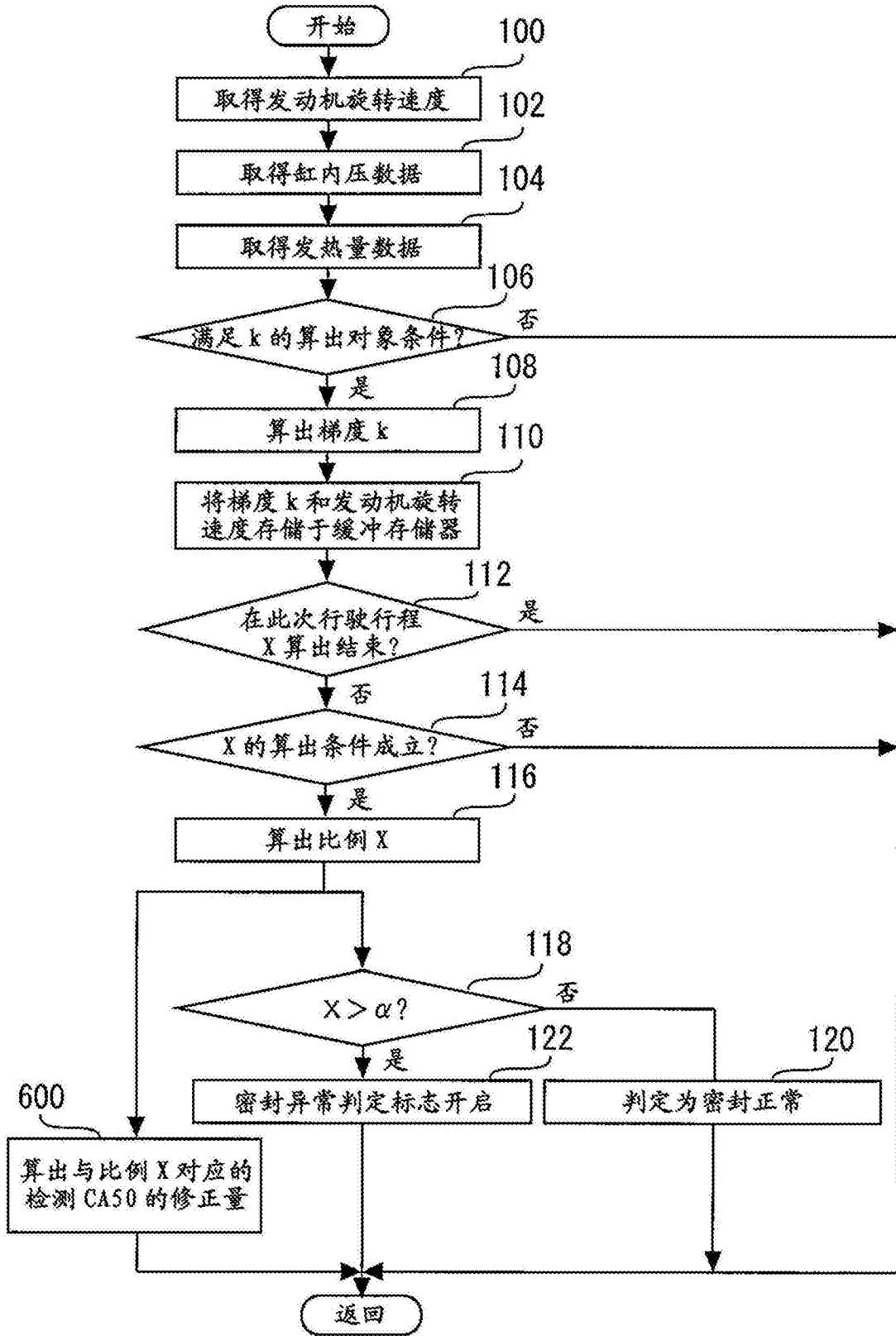


图22