(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101162000 B
(45)授权公告日 2010.09.01

(21)申请号 200710152426.9

(22)申请日 2007.10.11

(30)优先权数据
2006-277319 2006.10.11 JP

(73)专利权人 本田技研工业株式会社
地址 日本东京

(72)发明人 安井裕司 川澄郁绘 东谷幸祐

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 黄纶伟

(51)Int.Cl.
F02D 43/00(2006.01)
F01L 13/00(2006.01)
F02D 29/02(2006.01)

(56)对比文件
WO 2005/098554 A1,2005.10.20, 全文.
JP 特许第 3028728 B2,2000.02.04, 全文.
JP 2000-227044 A,2000.08.15, 全文.
EP 0648397 B1,2002.09.18, 全文.
WO 2006/038474 A1,2006.04.13, 全文.

审查员 郭亮

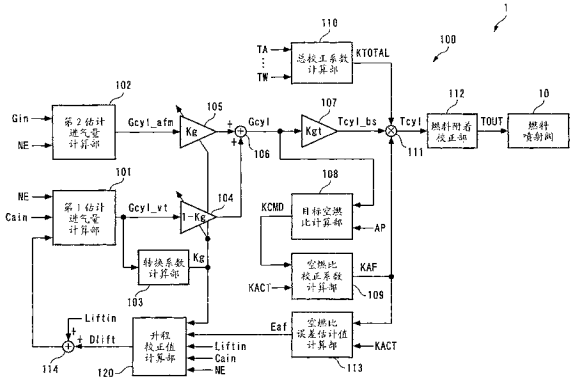
权利要求书 5 页 说明书 43 页 附图 35 页

(54)发明名称

控制装置和控制方法

(57)摘要

本发明的控制装置即使在由于控制量以外的参照参数的检测结果的可靠性下降等而使控制误差临时增大的这种条件下，也能适当且迅速地补偿控制误差，由此可确保高的控制精度。控制装置的空燃比控制器计算空燃比误差估计值和误差权重，计算修正误差，为使该修正误差为值0，计算基本升程校正值，计算升程校正值，通过使升程校正值加上气门升程来计算校正后气门升程，根据校正后气门升程计算用于前馈控制空燃比的第1估计进气量，计算用于反馈控制空燃比的空燃比校正系数，根据它们来计算燃料喷射量。



CN 101162000 B

1. 一种控制装置，其根据控制输入对控制对象中的控制量进行控制，其特征在于，该控制装置具有：

控制量检测单元，其检测上述控制量；

参照参数检测单元，其检测上述控制对象中的上述控制量以外的参照参数；

目标值设定单元，其对成为上述控制量的目标的目标值进行设定；以及

控制输入计算单元，其根据上述参照参数，使用相关关系模型来计算用于前馈控制上述控制量的第 1 输入值，该相关关系模型表示该参照参数和该第 1 输入值之间的相关关系，该控制输入计算单元使用规定的反馈控制算法来计算用于反馈控制上述控制量以使其收敛于上述目标值的第 2 输入值，并根据上述第 1 输入值和上述第 2 输入值来计算上述控制输入；

上述控制输入计算单元具有：

误差参数计算单元，其根据上述控制量和上述目标值，计算表示应使用上述第 1 输入值来进行补偿的控制误差的误差参数；

影响程度参数计算单元，其使用影响程度模型来计算表示上述参照参数给上述误差参数带来的影响程度的影响程度参数，该影响程度模型表示该影响程度参数和上述参照参数的相关关系；

校正后误差参数计算单元，其通过利用上述影响程度参数校正上述误差参数来计算校正后误差参数；

模型修正单元，其根据该校正后误差参数来修正上述相关关系模型；以及

第 1 输入值计算单元，其使用该修正后的上述相关关系模型来计算上述第 1 输入值。

2. 根据权利要求 1 所述的控制装置，其特征在于，

上述反馈控制算法是应用了第 1 响应指定型控制算法的算法，该第 1 响应指定型控制算法指定上述控制量和上述目标值中的一个和另一个的偏差向值 0 的收敛速度；

上述模型修正单元使用应用了第 2 响应指定型控制算法的算法来计算修正值，并根据该修正值修正上述相关关系模型，所述第 2 响应指定型控制算法指定上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度；

在上述第 2 响应指定型控制算法中，上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度被设定成比上述第 1 响应指定型控制算法中的上述偏差向值 0 的收敛速度慢。

3. 根据权利要求 1 所述的控制装置，其特征在于，上述控制对象是由可变进气机构吸入到气缸内的吸入空气量可自由变更的内燃机，上述控制量是该内燃机的混合气的空燃比，上述控制输入是向上述内燃机的供给燃料量，上述参照参数是表示上述可变进气机构的工作状态的工作状态参数。

4. 根据权利要求 1 所述的控制装置，其特征在于，上述控制对象是以内燃机作为动力源的车辆，上述控制量是该车辆的车轮速度，上述控制输入是上述内燃机的输出，上述参照参数是该内燃机的输出的限制值和该内燃机的转速中的一个。

5. 一种控制装置，其根据控制输入对控制对象中的控制量进行控制，其特征在于，该控制装置具有：

控制量检测单元，其检测上述控制量；

第 1 参照参数检测单元，其检测上述控制对象中的上述控制量以外的第 1 参照参数；

第 2 参照参数检测单元，其检测上述控制对象中的上述控制量和上述第 1 参照参数以外的第 2 参照参数 ；

目标值设定单元，其对成为上述控制量的目标的目标值进行设定 ；以及

控制输入计算单元，其根据上述第 1 参照参数和上述第 2 参照参数，使用相关关系模型来计算用于前馈控制上述控制量的第 1 输入值，该相关关系模型表示该第 1 参照参数和该第 2 参照参数以及该第 1 输入值之间的相关关系，该控制输入计算单元使用规定的反馈控制算法来计算用于反馈控制上述控制量以使其收敛于上述目标值的第 2 输入值，并根据上述第 1 输入值和上述第 2 输入值来计算上述控制输入 ；

上述控制输入计算单元具有 ：

误差参数计算单元，其根据上述控制量和上述目标值，计算表示应使用上述第 1 输入值来进行补偿的控制误差的误差参数 ；

修正值计算单元，其根据该误差参数计算用于修正上述相关关系模型的修正值 ；

第 1 影响程度参数计算单元，其使用第 1 影响程度模型来计算表示上述第 1 参照参数给上述误差参数带来的影响程度的第 1 影响程度参数，该第 1 影响程度模型表示该第 1 影响程度参数和上述第 1 参照参数的相关关系 ；

校正后修正值计算单元，其通过利用该第 1 影响程度参数校正上述修正值来计算校正后修正值 ；

模型修正单元，其根据该校正后修正值来修正上述相关关系模型 ；以及

第 1 输入值计算单元，其使用该修正后的相关关系模型来计算上述第 1 输入值。

6. 根据权利要求 5 所述的控制装置，其特征在于，该控制装置还具有 ：

第 2 影响程度参数计算单元，其使用第 2 影响程度模型来计算表示上述第 2 参照参数给上述误差参数带来的影响程度的第 2 影响程度参数，该第 2 影响程度模型表示该第 2 影响程度参数和上述第 2 参照参数的相关关系 ；以及

校正后误差参数计算单元，其通过利用该第 2 影响程度参数校正上述误差参数来计算校正后误差参数 ；

上述修正值计算单元根据上述校正后误差参数来计算上述修正值。

7. 根据权利要求 6 所述的控制装置，其特征在于，

上述反馈控制算法是应用了第 1 响应指定型控制算法的算法，该第 1 响应指定型控制算法指定上述控制量和上述目标值中的一个和另一个的偏差向值 0 的收敛速度 ；

上述修正值计算单元使用应用了第 2 响应指定型控制算法的算法来计算上述修正值，该第 2 响应指定型控制算法指定上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度 ；

在该第 2 响应指定型控制算法中，上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度被设定成比上述第 1 响应指定型控制算法中的上述偏差向值 0 的收敛速度慢。

8. 根据权利要求 5 所述的控制装置，其特征在于，上述控制对象是由可变进气机构吸入到气缸内的吸入空气量可自由变更的内燃机，上述控制量是该内燃机的混合气的空燃比，上述控制输入是向上述内燃机的供给燃料量，上述第 2 参照参数是表示上述可变进气机构的工作状态的工作状态参数。

9. 根据权利要求 5 所述的控制装置，其特征在于，上述控制对象是以内燃机作为动力源的车辆，上述控制量是该车辆的车轮速度，上述控制输入是上述内燃机的输出，上述第 2

参照参数是该内燃机的输出的限制值和该内燃机的转速中的一个。

10. 一种方法，其根据控制输入对控制对象中的控制量进行控制，其特征在于，该方法具有：

控制量检测步骤，其检测上述控制量；

参照参数检测步骤，其检测上述控制对象中的上述控制量以外的参照参数；

目标值设定步骤，其对成为上述控制量的目标的目标值进行设定；以及

控制输入计算步骤，其根据上述参照参数，使用相关关系模型来计算用于前馈控制上述控制量的第 1 输入值，该相关关系模型表示该参照参数和该第 1 输入值之间的相关关系，该控制输入计算步骤使用规定的反馈控制算法来计算用于反馈控制上述控制量以使其收敛于上述目标值的第 2 输入值，并根据上述第 1 输入值和上述第 2 输入值来计算上述控制输入；

上述控制输入计算步骤具有：

误差参数计算步骤，其根据上述控制量和上述目标值，计算表示应使用上述第 1 输入值来进行补偿的控制误差的误差参数；

影响程度参数计算步骤，其使用影响程度模型来计算表示上述参照参数给上述误差参数带来的影响程度的影响程度参数，该影响程度模型表示该影响程度参数和上述参照参数的相关关系；

校正后误差参数计算步骤，其通过利用上述影响程度参数校正上述误差参数来计算校正后误差参数；

模型修正步骤，其根据该校正后误差参数来修正上述相关关系模型；以及

第 1 输入值计算步骤，其使用该修正后的上述相关关系模型来计算上述第 1 输入值。

11. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，

上述反馈控制算法是应用了第 1 响应指定型控制算法的算法，该第 1 响应指定型控制算法指定上述控制量和上述目标值中的一个和另一个的偏差向值 0 的收敛速度；

上述模型修正步骤使用应用了第 2 响应指定型控制算法的算法来计算修正值，并根据该修正值修正上述相关关系模型，所述第 2 响应指定型控制算法指定上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度；

在上述第 2 响应指定型控制算法中，上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度被设定成比上述第 1 响应指定型控制算法中的上述偏差向值 0 的收敛速度慢。

12. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，上述控制对象是由可变进气机构吸入到气缸内的吸入空气量可自由变更的内燃机，上述控制量是该内燃机的混合气的空燃比，上述控制输入是向上述内燃机的供给燃料量，上述参照参数是表示上述可变进气机构的工作状态的工作状态参数。

13. 根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，上述控制对象是以内燃机作为动力源的车辆，上述控制量是该车辆的车轮速度，上述控制输入是上述内燃机的输出，上述参照参数是该内燃机的输出的限制值和该内燃机的转速中的一个。

14. 一种方法，其根据控制输入对控制对象中的控制量进行控制，其特征在于，该方法具有：

控制量检测步骤，其检测上述控制量；

第 1 参照参数检测步骤，其检测上述控制对象中的上述控制量以外的第 1 参照参数 ；

第 2 参照参数检测步骤，其检测上述控制对象中的上述控制量和上述第 1 参照参数以外的第 2 参照参数 ；

目标值设定步骤，其对成为上述控制量的目标的目标值进行设定 ；以及

控制输入计算步骤，其根据上述第 1 参照参数和上述第 2 参照参数，使用相关关系模型来计算用于前馈控制上述控制量的第 1 输入值，该相关关系模型表示该第 1 参照参数和该第 2 参照参数以及该第 1 输入值之间的相关关系，该控制输入计算步骤使用规定的反馈控制算法来计算用于反馈控制上述控制量以使其收敛于上述目标值的第 2 输入值，并根据上述第 1 输入值和上述第 2 输入值来计算上述控制输入 ；

上述控制输入计算步骤具有 ：

误差参数计算步骤，其根据上述控制量和上述目标值，计算表示应使用上述第 1 输入值来进行补偿的控制误差的误差参数 ；

修正值计算步骤，其根据该误差参数来计算用于修正上述相关关系模型的修正值 ；

第 1 影响程度参数计算步骤，其使用第 1 影响程度模型来计算表示上述第 1 参照参数给上述误差参数带来的影响程度的第 1 影响程度参数，该第 1 影响程度模型表示该第 1 影响程度参数和上述第 1 参照参数的相关关系 ；

校正后修正值计算步骤，其通过利用该第 1 影响程度参数校正上述修正值来计算校正后修正值 ；

模型修正步骤，其根据该校正后修正值来修正上述相关关系模型 ；以及

第 1 输入值计算步骤，其使用该修正后的相关关系模型来计算上述第 1 输入值。

15. 根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，该方法还具有 ：

第 2 影响程度参数计算步骤，其使用第 2 影响程度模型来计算表示上述第 2 参照参数给上述误差参数带来的影响程度的第 2 影响程度参数，该第 2 影响程度模型表示该第 2 影响程度参数和上述第 2 参照参数的相关关系 ；以及

校正后误差参数计算步骤，其通过利用该第 2 影响程度参数校正上述误差参数来计算校正后误差参数 ；

上述修正值计算步骤根据上述校正后误差参数计算上述修正值。

16. 根据权利要求 15 所述的方法，其特征在于，

上述反馈控制算法是应用了第 1 响应指定型控制算法的算法，该第 1 响应指定型控制算法指定上述控制量和上述目标值中的一个和另一个的偏差向值 0 的收敛速度 ；

上述修正值计算步骤包含 ：使用应用了第 2 响应指定型控制算法的算法来计算上述修正值，该第 2 响应指定型控制算法指定上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度 ；

在该第 2 响应指定型控制算法中，上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度被设定成比上述第 1 响应指定型控制算法中的上述偏差向值 0 的收敛速度慢。

17. 根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，上述控制对象是由可变进气机构吸入到气缸内的吸入空气量可自由变更的内燃机，上述控制量是该内燃机的混合气的空燃比，上述控制输入是向上述内燃机的供给燃料量，上述第 2 参照参数是表示上述可变进气机构的工作状态的工作状态参数。

18. 根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，上述控制对象是以内燃机作为动力源

的车辆，上述控制量是该车辆的车轮速度，上述控制输入是上述内燃机的输出，上述第 2 参照参数是该内燃机的输出的限制值和该内燃机的转速中的一个。

控制装置和控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及根据使用反馈控制方法计算出的值和使用前馈控制方法计算出的值来计算控制输入，由此对控制量进行控制的控制装置和控制方法。

背景技术

[0002] 以往，作为这种控制装置，本申请人已提出了在日本特开 2005-315161 号公报中记载的控制装置。该控制装置是根据作为控制输入的燃料量控制作为控制量的内燃机的混合气的空燃比的控制装置，该控制装置具有：检测进气通路内的空气流量的空气流量传感器，用于检测气门升程的转动角传感器，以及用于检测对进气门进行开闭驱动的凸轮轴相对于曲轴的相位（以下称为“凸轮相位”）的凸轮角传感器和曲轴角传感器等。并且，内燃机具有大口径的进气通路、以及作为可变进气机构的可变气门升程机构和可变凸轮相位机构。在该内燃机中，使用可变气门升程机构和可变凸轮相位机构分别自由地改变气门升程和凸轮相位，由此，自由地改变吸入空气量。

[0003] 在该控制装置中，作为吸入空气量，在低负荷区域内，根据气门升程和凸轮相位计算第 1 估计进气量，在高负荷区域内，根据空气流量计算第 2 估计进气量，并在低负荷区域与高负荷区域之间的负荷区域内，计算第 1 和第 2 估计进气量的加权平均值。这是因为，在由于内燃机的进气系统是大口径而使第 2 估计进气量的可靠性低于第 1 估计进气量的低负荷区域内，使用可靠性高的一方的第 1 估计进气量，并在发生其相反状态的高负荷区域内，使用可靠性更高的第 2 估计进气量。而且，根据这样计算出的吸入空气量来计算基本燃料量作为用于前馈控制空燃比的值，使用规定的前馈控制算法来计算空燃比校正系数，以使空燃比收敛于目标空燃比，通过使该空燃比校正系数乘以基本燃料量，来计算最终的燃料量。然后，通过将该燃料量经由燃料喷射阀喷射到气缸内，来将空燃比高精度地控制为目标空燃比。

[0004] 根据上述现有的控制装置，在转动角传感器、凸轮角传感器以及曲轴角传感器的检测信号由于温度变化等而漂移的情况下，或者在由于可变气门升程机构和可变凸轮相位机构的构成部件的磨损、污物附着以及由老化引起的游隙等而使两个可变机构的静态特性（即气门升程和凸轮相位相对于控制输入的关系）变化的情况下，各传感器的检测结果的可靠性下降，从而具有空燃比的控制误差临时增大的可能性。具体地说，当第 1 估计进气量不能正确地表示实际的吸入空气量，相对于实际的吸入空气量发生偏差时，在使用第 1 估计进气量作为吸入空气量的低负荷区域内，具有不能适当地计算作为控制输入的燃料量的可能性，在该情况下，作为控制量的空燃比与目标空燃比之间的偏差即控制误差增大。由于空燃比校正系数是使用规定的反馈控制算法来计算的，因而在稳定状态下，尽管这种控制误差可利用该空燃比校正系数来补偿，然而具有利用空燃比校正系数进行的控制误差的补偿需要时间的问题。因此，在控制误差临时增大的情况等下，具有由于控制精度临时下降而使燃烧不稳定、或者使燃烧效率下降的可能性。这种问题在内燃机的过渡运转状态下更容易显著发生。

发明内容

[0005] 本发明是为了解决上述课题而作成的，本发明的目的是提供一种即使在由于控制量以外的参照参数的检测结果的可靠性下降等而使控制误差临时增大的条件下，也能适当且迅速地补偿控制误差，由此可确保高水准的控制精度的控制装置和控制方法。

[0006] 为了达到上述目的，根据本发明的第 1 方式，提供了一种控制装置，其根据控制输入对控制对象中的控制量进行控制，该控制装置具有：控制量检测单元，其检测上述控制量；参照参数检测单元，其检测上述控制对象中的上述控制量以外的参照参数；目标值设定单元，其设定成为上述控制量的目标的目标值；以及控制输入计算单元，其根据上述参照参数，使用相关关系模型来计算用于前馈控制上述控制量的第 1 输入值，该相关关系模型表示该参照参数与该第 1 输入值之间的相关关系，该控制输入计算单元使用规定的反馈控制算法来计算用于反馈控制上述控制量以使其收敛于上述目标值的第 2 输入值，并根据上述第 1 输入值和上述第 2 输入值来计算上述控制输入；上述控制输入计算单元具有：误差参数计算单元，其根据上述控制量和上述目标值，计算表示应利用上述第 1 输入值来补偿的控制误差的误差参数；影响程度参数计算单元，其使用影响程度模型来计算表示上述参照参数给上述误差参数带来的影响程度的影响程度参数，该影响程度模型表示该影响程度参数与上述参照参数之间的相关关系；校正后误差参数计算单元，其通过利用上述影响程度参数校正上述误差参数来计算校正后误差参数；模型修正单元，其根据该校正后误差参数修正上述相关关系模型；以及第 1 输入值计算单元，其使用该修正后的上述相关关系模型来计算上述第 1 输入值。

[0007] 如该控制装置那样，在根据参照参数，使用表示参照参数与第 1 输入值之间的相关关系的相关关系模型来计算用于对控制量进行前馈控制的第 1 输入值的情况下，除了当由于干扰而发生控制误差时以外，还当由于参照参数的检测结果的可靠性下降等而使相关关系模型处于未适当地表示参照参数与第 1 输入值之间的实际相关关系的状态时，换句话说，当相关关系模型相对于两者的实际相关关系发生偏差时，发生控制误差，计算误差参数，以表示该控制误差。在该情况下，当要利用使用反馈控制算法所计算的第 2 输入值来补偿该误差参数时，如上所述需要时间。

[0008] 相比之下，根据该控制装置，表示参照参数给误差参数带来的影响程度的影响程度参数是使用表示影响程度参数与参照参数之间的相关关系的影响程度模型来计算的，通过利用影响程度参数校正误差参数来计算校正后误差参数，因而校正后误差参数被计算成反映参照参数对误差参数的影响程度。而且，根据这种校正后误差参数修正表示参照参数与第 1 输入值之间的相关关系的相关关系模型，并使用修正后的相关关系模型来计算第 1 输入值，因而除了由于干扰而使控制误差临时增大的情况以外，还在由于第 1 参照参数的检测结果的可靠性下降等而使误差参数即控制误差临时增大的情况下，可利用第 1 输入值不多不少地适当补偿该控制误差。

[0009] 假如在不使用本发明的该方式那样的影响程度参数，而使用根据误差参数修正后的相关关系模型来计算第 1 输入值的情况下，当以相关关系模型的上述偏差作为主要原因而产生误差参数的计算值时，即当参照参数对误差参数的影响程度大时，可利用这种第 1 输入值适当地补偿误差参数即控制误差。然而，当参照参数对误差参数的影响程度小时，即

当以相关关系模型的偏差以外的干扰等作为主要原因而产生误差参数时，即使使用第 1 输入值也不能适当地补偿控制误差，处于过大补偿或过小补偿状态。因此，通过使用上述的影响程度参数，可利用第 1 输入值不多不少地适当补偿上述的控制误差。此外，作为相关关系模型，使用在前馈控制方法中一般的表示参照参数与第 1 输入值之间的相关关系的 N(N 是大于等于 2 的自然数）维映射图、或表示两者的相关关系的计算式等，由此与利用第 2 输入值补偿误差参数的情况相比，可迅速地补偿误差参数即控制误差，由此，可抑制控制误差的增大。

[0010] 如上所述，即使在由于参照参数的检测结果的可靠性下降等而使控制误差临时增大的条件下，也能适当且迅速地补偿控制误差，由此，可确保高水准的控制精度（另外，本说明书中的“相关关系模型”不限于响应曲面模型或数学模型，而是包含 N(N 是大于等于 2 的自然数）维映射图或规定的计算算法等的表示参照参数与第 1 输入值之间的相关关系的所有映射图或算法的模型。与此一样，本说明书中的“影响程度模型”不限于响应曲面模型或数学模型，而是包含 N 维映射图或规定的计算算法等的表示影响程度参数与参照参数之间的相关关系的所有映射图或算法的模型。并且，本说明书中的“参数检测”不限于使用传感器直接检测参数，还包含计算或估计参数。此外，本说明书中的“参数计算”不限于计算或估计参数，还包含使用传感器直接检测参数）。

[0011] 优选的是，上述反馈控制算法是应用了指定上述控制量和上述目标值中的一个与另一个之间的偏差向值 0 的收敛速度的第 1 响应指定型控制算法的算法；上述模型修正单元使用应用了指定上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度的第 2 响应指定型控制算法的算法来计算修正值，并根据该修正值修正上述相关关系模型；在上述第 2 响应指定型控制算法中，上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度被设定成比上述第 1 响应指定型控制算法中的上述偏差向值 0 的收敛速度慢。

[0012] 根据该优选方式的结构，使用应用了指定控制量和目标值中的一个与另一个之间的偏差向值 0 的收敛速度的第 1 响应指定型控制算法的算法来计算第 2 输入值，并使用应用了指定校正后误差参数向值 0 的收敛速度的第 2 响应指定型控制算法的算法来计算用于修正相关关系模型的修正值。这样，在使用 2 个响应指定型控制算法的情况下，当两者的参数向值 0 的收敛速度被设定为相同值时，2 个响应指定型控制算法相互干扰，从而可能会使控制系统呈现振动举动、或者处于不稳定的状态。相比之下，根据该控制装置，由于第 2 响应指定型控制算法中的校正后误差参数向值 0 的收敛速度被设定成比第 1 响应指定型控制算法中的偏差向值 0 的收敛速度慢，因而 2 个响应指定型控制算法不会相互干扰。结果，可避免由于两者的干扰而使控制系统呈现振动举动，可确保控制系统的稳定性。

[0013] 优选的是，上述控制对象是由可变进气机构吸入到气缸内的吸入空气量自由变更的内燃机，上述控制量是该内燃机的混合气的空燃比，上述控制输入是向上述内燃机的供给燃料量，上述参照参数是表示上述可变进气机构的工作状态的工作状态参数。

[0014] 根据该优选方式的结构，混合气的空燃比由供给燃料量来控制，供给燃料量是根据第 1 输入值和第 2 输入值来计算的，表示工作状态参数与第 1 输入值之间的相关关系的相关关系模型是根据校正后误差参数来修正的，并且使用该修正后的相关关系模型来计算第 1 输入值。由此，即使在由于干扰以外的工作状态参数的检测结果的可靠性下降等而使相关关系模型处于未适当地表示工作状态参数与第 1 输入值之间的实际相关关系的状态，

从而使空燃比的控制误差处于容易临时增大的状态的情况下，也能利用使用修正后的相关关系模型所计算的第 1 输入值来不多不少地适当且迅速地补偿该控制误差，可抑制控制误差的增大。结果，即使当内燃机处于过渡运转状态时，也能确保高水准的空燃比的控制精度。

[0015] 优选的是，上述控制对象是以内燃机作为动力源的车辆，上述控制量是该车辆的车轮速度，上述控制输入是上述内燃机的输出，上述参照参数是该内燃机的输出限制值和该内燃机转速中的一个。

[0016] 根据该优选方式的结构，车辆的车轮速度由内燃机的输出来控制，内燃机的输出是根据第 1 输入值和第 2 输入值来计算的，表示第 1 输入值与内燃机的输出限制值或内燃机转速之间的相关关系的相关关系模型是根据校正后误差参数来修正的，并且使用该修正后的相关关系模型来计算第 1 输入值。由此，即使在由于干扰以外的例如内燃机的输出特性的时效变化或个体间的差异、轮胎的磨损程度的变化和路面的摩擦阻力的变化等的不能预测的状态变化而使相关关系模型处于未适当地表示第 1 输入值与内燃机的输出限制值或内燃机转速之间的实际相关关系的状态，从而使控制误差处于容易临时增大的状态的情况下，也能利用使用修正后的相关关系模型所计算的第 1 输入值来不多不少地适当且迅速地补偿该控制误差，可抑制控制误差的增大。结果，与增益定序类型的校正方法（或修正方法）相比，可确保高水准的车轮速度的控制精度。即，可实现高精度的牵引控制。

[0017] 为了达到上述目的，根据本发明的第 2 方式，提供了一种控制装置，其根据控制输入对控制对象中的控制量进行控制，该控制装置具有：控制量检测单元，其检测上述控制量；第 1 参照参数检测单元，其检测上述控制对象中的上述控制量以外的第 1 参照参数；第 2 参照参数检测单元，其检测上述控制对象中的上述控制量和上述第 1 参照参数以外的第 2 参照参数；目标值设定单元，其设定成为上述控制量的目标的目标值；以及控制输入计算单元，其根据上述第 1 参照参数和上述第 2 参照参数，使用相关关系模型来计算用于前馈控制上述控制量的第 1 输入值，该相关关系模型表示该第 1 参照参数和该第 2 参照参数以及该第 1 输入值之间的相关关系，该控制输入计算单元使用规定的反馈控制算法来计算用于反馈控制上述控制量以使其收敛于上述目标值的第 2 输入值，并根据上述第 1 输入值和上述第 2 输入值来计算上述控制输入；上述控制输入计算单元具有：误差参数计算单元，其根据上述控制量和上述目标值，计算表示应利用上述第 1 输入值来补偿的控制误差的误差参数；修正值计算单元，其根据该误差参数计算用于修正上述相关关系模型的修正值；第 1 影响程度参数计算单元，其使用第 1 影响程度模型来计算表示上述第 1 参照参数给上述误差参数带来的影响程度的第 1 影响程度参数，该第 1 影响程度模型表示该第 1 影响程度参数与上述第 1 参照参数之间的相关关系；校正后修正值计算单元，其通过利用该第 1 影响程度参数校正上述修正值来计算校正后修正值；模型修正单元，其根据该校正后修正值修正上述相关关系模型；以及第 1 输入值计算单元，其使用该修正后的相关关系模型来计算上述第 1 输入值。

[0018] 如该控制装置那样，在根据参照参数，使用表示第 1 参照参数、第 2 参照参数以及第 1 输入值之间的相关关系的相关关系模型来计算用于对控制量进行前馈控制的第 1 输入值的情况下，除了当由于干扰而发生控制误差时以外，还当由于第 1 参照参数的检测结果的可靠性下降等而使相关关系模型处于未适当地表示第 1 参照参数、第 2 参照参数以及第

1 输入值之间的实际相关关系的状态时，换句话说，当相关关系模型相对于三者的实际相关关系发生偏差时，发生控制误差，计算误差参数，以表示该控制误差。在该情况下，当要利用第 2 输入值补偿该误差参数时，如上所述需要时间。

[0019] 相比之下，根据该控制装置，根据误差参数来计算用于修正相关关系模型的修正值，表示第 1 参照参数给误差参数带来的影响程度的第 1 影响程度参数是使用表示第 1 影响程度参数与第 1 参照参数之间的相关关系的第 1 影响程度模型来计算的，通过利用第 1 影响程度参数校正修正值来计算校正后修正值，因而校正后修正值被计算成反映第 1 参照参数对误差参数的影响程度。而且，利用这种校正后修正值修正相关关系模型，并使用修正后的相关关系模型来计算第 1 输入值，因而即使在由于第 1 参照参数的检测结果的可靠性下降等而使误差参数即控制误差临时增大的情况下，也能利用这种第 1 输入值不多不少地适当补偿该控制误差。

[0020] 假如在不使用本发明的该方式那样的第 1 影响程度参数，而使用利用修正值修正后的相关关系模型来计算第 1 输入值的情况下，当以相关关系模型的上述偏差作为主要原因而产生误差参数的计算值时，即当第 1 参照参数对误差参数的影响程度大时，可利用这种第 1 输入值适当地补偿误差参数即控制误差。然而，当第 1 参照参数对误差参数的影响程度小时，即当以相关关系模型的偏差以外的干扰等作为主要原因而产生误差参数时，即使使用第 1 输入值也不能适当地补偿控制误差，处于过大补偿或过小补偿状态。因此，通过使用上述的第 1 影响程度参数，可利用第 1 输入值不多不少地适当补偿上述的控制误差。

[0021] 此外，作为相关关系模型，使用在前馈控制方法中一般的表示第 1 参照参数、第 2 参照参数以及第 1 输入值之间的相关关系的 M(M 是大于等于 3 的自然数）维映射图、或表示三者的相关关系的计算式等，由此与利用第 2 输入值补偿误差参数的情况相比，可迅速地补偿控制误差。如上所述，即使在由于第 1 参照参数的检测结果的可靠性下降等而使控制误差临时增大的条件下，也能适当且迅速地补偿控制误差，由此，可确保高水准的控制精度（另外，本说明书中的“第 1 影响程度模型”不限于响应曲面模型或数学模型，而是包含 N 维映射图或规定的计算算法等的表示第 1 影响程度参数与参照参数之间的相关关系的所有映射图或算法的模型）。

[0022] 优选的是，上述控制装置还具有 ：第 2 影响程度参数计算单元，其使用第 2 影响程度模型来计算表示上述第 2 参照参数给上述误差参数带来的影响程度的第 2 影响程度参数，该第 2 影响程度模型表示该第 2 影响程度参数与上述第 2 参照参数之间的相关关系 ；以及校正后误差参数计算单元，其通过利用该第 2 影响程度参数校正上述误差参数来计算校正后误差参数 ；上述修正值计算单元根据上述校正后误差参数计算上述修正值。

[0023] 根据该优选方式的结构，表示第 2 参照参数给误差参数带来的影响程度的第 2 影响程度参数是使用表示第 2 影响程度参数与第 2 参照参数之间的相关关系的第 2 影响程度模型来计算的，通过利用第 2 影响程度参数校正误差参数，来计算校正后误差参数，并根据该校正后误差参数计算修正值，因而修正值被计算成反映第 2 参照参数给误差参数带来的影响程度。而且，利用校正了这种修正值的校正后修正值来修正相关关系模型，并使用修正后的相关关系模型来计算第 1 输入值，因而即使在误差参数即控制误差临时增大的条件下，也能利用这种第 1 输入值不多不少地适当补偿该控制误差。此外，作为相关关系模型，使用在前馈控制方法中一般的表示第 1 参照参数、第 2 参照参数以及第 1 输入值之间的相

关关系的M(M是大于等于3的自然数）维映射图、或表示三者的相关关系的计算式等，由此与利用第2输入值补偿误差参数的情况相比，可迅速地补偿误差参数即控制误差。如上所述，即使在由于干扰以外的第2参照参数的检测结果的可靠性下降等而使控制误差临时增大的条件下，也能适当且迅速地补偿控制误差，由此，可确保更高水准的控制精度（另外，本说明书中的“第2影响程度模型”不限于响应曲面模型或数学模型，而是包含N维映射图或规定的计算算法等的表示参照参数与第1输入值之间的相关关系的所有映射图或算法的模型）。

[0024] 更优选的是，上述反馈控制算法是应用了指定上述控制量和上述目标值中的一个与另一个之间的偏差向值0的收敛速度的第1响应指定型控制算法的算法；上述修正值计算单元使用应用了指定上述校正后误差参数向值0的收敛速度的第2响应指定型控制算法的算法来计算上述修正值；在该第2响应指定型控制算法中，上述校正后误差参数向值0的收敛速度被设定成比上述第1响应指定型控制算法中的上述偏差向值0的收敛速度慢。

[0025] 根据该优选方式的结构，可取得与本发明的第2方式的对应优选方式相同的作用效果。

[0026] 优选的是，上述控制对象是由可变进气机构吸入到气缸内的吸入空气量自由变更的内燃机，上述控制量是该内燃机的混合气的空燃比，上述控制输入是向上述内燃机的供给燃料量，上述第2参照参数是表示上述可变进气机构的工作状态的工作状态参数。

[0027] 根据该优选方式的结构，混合气的空燃比由供给燃料量来控制，供给燃料量是根据第1输入值和第2输入值来计算的，表示第1参照参数、工作状态参数以及第1输入值之间的相关关系的相关关系模型是根据校正后误差参数来修正的，并且使用该修正后的相关关系模型来计算第1输入值。由此，即使在由于工作状态参数的检测结果的可靠性下降等而使相关关系模型处于未适当地表示第1参照参数、工作状态参数以及第1输入值之间的实际相关关系的状态，从而使空燃比的控制误差处于容易临时增大的状态的情况下，也能利用使用修正后的相关关系模型所计算的第1输入值来不多不少地适当且迅速地补偿该控制误差，可抑制控制误差的增大。结果，即使当内燃机处于过渡运转状态时，也能确保高水准的空燃比的控制精度。

[0028] 优选的是，上述控制对象是以内燃机作为动力源的车辆，上述控制量是该车辆的车轮速度，上述控制输入是上述内燃机的输出，上述第2参照参数是该内燃机的输出限制值和该内燃机转速中的一个。

[0029] 根据该优选方式的结构，车辆的车轮速度由内燃机的输出来控制，内燃机的输出是根据第1输入值和第2输入值来计算的，表示第1参照参数、内燃机的输出限制值或内燃机转速以及第1输入值之间的相关关系的相关关系模型是根据校正后误差参数来修正的，并且使用该修正后的相关关系模型来计算第1输入值。由此，即使在由于内燃机的输出限制值或内燃机转速的检测结果的可靠性下降等而使相关关系模型处于未适当地表示第1参照参数、内燃机的输出限制值或内燃机转速以及第1输入值之间的实际相关关系的状态，从而使控制误差处于容易临时增大的状态的情况下，也能利用使用修正后的相关关系模型所计算的第1输入值来不多不少地适当且迅速地补偿该控制误差，可抑制控制误差的增大。结果，与增益定序类型的校正方法（或修正方法）相比，可确保高水准的车轮速度的控制精度。即，可实现高精度的牵引控制。

[0030] 为了达到上述目的，根据本发明的第 3 方式，提供了一种方法，其根据控制输入对控制对象中的控制量进行控制，该方法具有：控制量检测步骤，其检测上述控制量；参照参数检测步骤，其检测上述控制对象中的上述控制量以外的参照参数；目标值设定步骤，其设定成为上述控制量的目标的目标值；以及控制输入计算步骤，其根据上述参照参数，使用相关关系模型来计算用于前馈控制上述控制量的第 1 输入值，该相关关系模型表示该参照参数与该第 1 输入值之间的相关关系，该控制输入计算步骤使用规定的反馈控制算法来计算用于反馈控制上述控制量以使其收敛于上述目标值的第 2 输入值，并根据上述第 1 输入值和上述第 2 输入值来计算上述控制输入；上述控制输入计算步骤具有：误差参数计算步骤，其根据上述控制量和上述目标值，计算表示应利用上述第 1 输入值来补偿的控制误差的误差参数；影响程度参数计算步骤，其使用影响程度模型来计算表示上述参照参数给上述误差参数带来的影响程度的影响程度参数，该影响程度模型表示该影响程度参数与上述参照参数之间的相关关系；校正后误差参数计算步骤，其通过利用上述影响程度参数校正上述误差参数来计算校正后误差参数；模型修正步骤，其根据该校正后误差参数修正上述相关关系模型；以及第 1 输入值计算步骤，其使用该修正后的上述相关关系模型来计算上述第 1 输入值。

[0031] 根据本发明的上述第 3 方式的结构，可取得与第 1 方式相同的效果。

[0032] 优选的是，上述反馈控制算法是应用了指定上述控制量和上述目标值中的一个与另一个之间的偏差向值 0 的收敛速度的第 1 响应指定型控制算法的算法；上述模型修正步骤包含：使用应用了指定上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度的第 2 响应指定型控制算法的算法来计算修正值，并根据该修正值修正上述相关关系模型；在上述第 2 响应指定型控制算法中，上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度被设定成比上述第 1 响应指定型控制算法中的上述偏差向值 0 的收敛速度慢。

[0033] 优选的是，上述控制对象是由可变进气机构吸入到气缸内的吸入空气量自由变更的内燃机，上述控制量是该内燃机的混合气的空燃比，上述控制输入是向上述内燃机的供给燃料量，上述参照参数是表示上述可变进气机构的工作状态的工作状态参数。

[0034] 优选的是，上述控制对象是以内燃机作为动力源的车辆，上述控制量是该车辆的车轮速度，上述控制输入是上述内燃机的输出，上述参照参数是该内燃机的输出限制值和该内燃机转速中的一个。

[0035] 根据这些优选方式的结构，可分别取得与上述第 1 方式的对应优选方式相同的效果。

[0036] 为了达到上述目的，根据本发明的第 4 方式，提供了一种方法，其根据控制输入对控制对象中的控制量进行控制，该方法具有：控制量检测步骤，其检测上述控制量；第 1 参照参数检测步骤，其检测上述控制对象中的上述控制量以外的第 1 参照参数；第 2 参照参数检测步骤，其检测上述控制对象中的上述控制量和上述第 1 参照参数以外的第 2 参照参数；目标值设定步骤，其设定成为上述控制量的目标的目标值；以及控制输入计算步骤，其根据上述第 1 参照参数和上述第 2 参照参数，使用相关关系模型来计算用于前馈控制上述控制量的第 1 输入值，该相关关系模型表示该第 1 参照参数和该第 2 参照参数以及该第 1 输入值之间的相关关系，该控制输入计算步骤使用规定的反馈控制算法来计算用于反馈控制上述控制量以使其收敛于上述目标值的第 2 输入值，并根据上述第 1 输入值和上述第 2 输入

值来计算上述控制输入；上述控制输入计算步骤具有：误差参数计算步骤，其根据上述控制量和上述目标值，计算表示应利用上述第 1 输入值来补偿的控制误差的误差参数；修正值计算步骤，其根据该误差参数计算用于修正上述相关关系模型的修正值；第 1 影响程度参数计算步骤，其使用第 1 影响程度模型来计算表示上述第 1 参照参数给上述误差参数带来的影响程度的第 1 影响程度参数，该第 1 影响程度模型表示该第 1 影响程度参数与上述第 1 参照参数之间的相关关系；校正后修正值计算步骤，其通过利用该第 1 影响程度参数校正上述修正值来计算校正后修正值；模型修正步骤，其根据该校正后修正值修正上述相关关系模型；以及第 1 输入值计算步骤，其使用该修正后的相关关系模型来计算上述第 1 输入值。

[0037] 根据本发明的上述第 4 方式的结构，可取得与第 2 方式相同的效果。

[0038] 优选的是，上述方法还具有：第 2 影响程度参数计算步骤，其使用第 2 影响程度模型来计算表示上述第 2 参照参数给上述误差参数带来的影响程度的第 2 影响程度参数，该第 2 影响程度模型表示该第 2 影响程度参数与上述第 2 参照参数之间的相关关系；以及校正后误差参数计算步骤，其通过利用该第 2 影响程度参数校正上述误差参数来计算校正后误差参数；上述修正值计算步骤根据上述校正后误差参数计算上述修正值。

[0039] 更优选的是，上述反馈控制算法是应用了指定上述控制量和上述目标值中的一个与另一个之间的偏差向值 0 的收敛速度的第 1 响应指定型控制算法的算法；上述修正值计算步骤包含：使用应用了指定上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度的第 2 响应指定型控制算法的算法来计算上述修正值；在该第 2 响应指定型控制算法中，上述校正后误差参数向值 0 的收敛速度被设定成比上述第 1 响应指定型控制算法中的上述偏差向值 0 的收敛速度慢。

[0040] 优选的是，上述控制对象是由可变进气机构吸入到气缸内的吸入空气量自由变更的内燃机，上述控制量是该内燃机的混合气的空燃比，上述控制输入是向上述内燃机的供给燃料量，上述第 2 参照参数是表示上述可变进气机构的工作状态的工作状态参数。

[0041] 优选的是，上述控制对象是以内燃机作为动力源的车辆，上述控制量是该车辆的车轮速度，上述控制输入是上述内燃机的输出，上述第 2 参照参数是该内燃机的输出限制值和该内燃机转速中的一个。

[0042] 根据这些优选方式的结构，可分别取得与上述第 2 方式的对应优选方式相同的效果。

[0043] 本发明的上述和其他目的、特征以及优点将通过基于附图的下述详细说明进一步明白。

[0044] **附图说明**

[0045] 图 1 是示出应用了本发明的第 1 实施方式的控制装置的内燃机的概略结构的示意图。

[0046] 图 2 是示出控制装置的概略结构的框图。

[0047] 图 3 是示出内燃机的可变式进气门驱动机构和排气门驱动机构的概略结构的剖面图。

[0048] 图 4 是示出可变式进气门驱动机构的可变气门升程机构的概略结构的剖面图。

[0049] 图 5A 是示出升程致动器的短臂位于最大升程位置的状态的图。

[0050] 图 5B 是示出升程致动器的短臂位于零升程位置的状态的图。

[0051] 图 6A 是示出可变气门升程机构的下连杆位于最大升程位置时的进气门的打开状态的图。

[0052] 图 6B 是示出可变气门升程机构的下连杆位于零升程位置时的进气门的停止状态的图。

[0053] 图 7 是分别示出可变气门升程机构的下连杆位于最大升程位置时的进气门的气门升程曲线（实线）和位于零升程位置时的气门升程曲线（双点划线）的图。

[0054] 图 8 是示意性示出可变凸轮相位机构的概略结构的图。

[0055] 图 9 是分别示出通过可变凸轮相位机构把凸轮相位设定成最滞后值时的进气门 4 的气门升程曲线（实线）和把凸轮相位设定成最超前值时的进气门 4 的气门升程曲线（双点划线）的图。

[0056] 图 10 是示出空燃比控制器的概略结构的框图。

[0057] 图 11 是示出在基本估计进气量 Gcyl_vt_base 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0058] 图 12 是示出在校正系数 K_gcyl_vt 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0059] 图 13 是示出在转换系数 Kg 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0060] 图 14 是示出在目标空燃比 KCMD 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0061] 图 15 是示出由于气门升程的计算值 Liftin 相对其实际值产生偏移而产生升程误差的状态的图。

[0062] 图 16 是示出由于可变气门升程机构的动态特性的变化而产生升程误差的状态的图。

[0063] 图 17 是示出基本估计进气量 Gcyl_vt_base 的变化量 ΔGcyl 相对于气门升程 Liftin 的变化量 ΔLiftin 的关系的图。

[0064] 图 18 是示出升程校正值计算部的结构的框图。

[0065] 图 19 是示出在基本误差权重 W_base 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0066] 图 20 是示出在误差权重校正系数 K_w 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0067] 图 21 是示出在基本灵敏度 R_base 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0068] 图 22 是示出在灵敏度校正系数 K_r 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0069] 图 23 是示出按控制周期 ΔTn 执行的控制处理的流程图。

[0070] 图 24 是示出空燃比控制处理的流程图。

[0071] 图 25 是示出基本燃料喷射量 Tcyl_bs 的计算处理的流程图。

[0072] 图 26 是示出按控制周期 ΔTk 执行的控制处理的流程图。

[0073] 图 27 是示出校正后气门升程 Liftin_mod 的计算处理的流程图。

[0074] 图 28 是示出可变机构控制处理的流程图。

[0075] 图 29 是示出在发动机起动中，在目标气门升程 Liftin_cmd 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0076] 图 30 是示出在发动机起动中，在目标凸轮相位 Cain_cmd 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0077] 图 31 是示出在催化剂暖机控制中，在目标气门升程 Liftin_cmd 的计算中使用的

映射图的一例的图。

[0078] 图 32 是示出在催化剂暖机控制中，在目标凸轮相位 Cain_cmd 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0079] 图 33 是示出在通常运转中，在目标气门升程 Liftin_cmd 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0080] 图 34 是示出在通常运转中，在目标凸轮相位 Cain_cmd 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0081] 图 35 是示出第 1 实施方式的控制装置的控制结果的一例的时序图。

[0082] 图 36 是示出第 1 实施方式的控制装置的空燃比控制结果的一例的时序图。

[0083] 图 37 是示出在将升程校正值 Dlift 保持为值 0 的情况下的空燃比控制结果的比较例的时序图。

[0084] 图 38 是示出第 2 实施方式的控制装置的概略结构的框图。

[0085] 图 39 是示出牵引控制器的概略结构的框图。

[0086] 图 40 是示出在最大扭矩 Trq_max 和最小扭矩 Trq_min 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0087] 图 41 是示出在标准化请求驱动力 Ktrq_ap 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0088] 图 42 是示出扭矩校正值计算部的概略结构的框图。

[0089] 图 43 是示出在误差权重 Wt 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0090] 图 44 是示出在扭矩校正灵敏度 Rtrq 的计算中使用的映射图的一例的图。

[0091] 图 45 是示出第 2 实施方式的控制装置的牵引控制器的控制结果例的时序图。

[0092] 图 46 是为了比较而示出在保持扭矩校正值 Ktrq ＝ 1 的情况下的牵引控制器的控制结果例的时序图。

具体实施方式

[0093] 以下，参照附图对本发明的第 1 实施方式的控制装置进行说明。如图 2 所示，该控制装置 1 具有 ECU2，该 ECU2 如后所述，根据作为控制对象的内燃机的运转状态，执行空燃比控制等的控制处理。

[0094] 如图 1 和图 3 所示，内燃机（以下称为“发动机”）3 是具有 4 组气缸 3a 和活塞 3b（仅示出 1 组）的直列 4 缸汽油发动机，安装在未作图示的带有自动变速器的车辆上。发动机 3 具有：设置在每个气缸 3a 上而且分别对进气口和排气口进行开闭的进气门 4 和排气门 7，用于驱动进气门 4 的进气凸轮轴 5 和进气凸轮 6，对进气门 4 进行开闭驱动的可变式进气门驱动机构 40，用于驱动排气门 7 的排气凸轮轴 8 和排气凸轮 9，对排气门 7 进行开闭驱动的排气门驱动机构 30，燃料喷射阀 10，以及火花塞 11（参照图 2）等。

[0095] 进气门 4 的气门杆 4a 自由滑动地嵌合在导向装置 4b 上，该导向装置 4b 固定在气缸盖 3c 上。而且，如图 4 所示，进气门 4 具有上下弹簧座 4c、4d、以及设置在它们之间的气门弹簧 4e，进气门 4 被该气门弹簧 4e 朝关闭方向施力。

[0096] 并且，进气凸轮轴 5 和排气凸轮轴 8 分别通过未作图示的支架可自由转动地安装在气缸盖 3c 上。在该进气凸轮轴 5 的一端部上同轴地配置有进气链轮（未作图示），设置成可自由旋转。该进气链轮通过未作图示的正时链条与曲轴 3d 连接，并通过后述的可变凸

轮相位机构 70 与进气凸轮轴 5 连接。通过以上结构，曲轴 3d 每旋转 2 周，进气凸轮轴 5 就旋转 1 周。并且，针对每个气缸 3a，在进气凸轮轴 5 上以与其一体旋转的方式设置有进气凸轮 6。

[0097] 而且，可变式进气门驱动机构 40 伴随进气凸轮轴 5 的旋转，对各气缸 3a 的进气门 4 进行开闭驱动，并无级地改变进气门 4 的升程和气门正时，关于其详情，在后面描述。另外，在本实施方式中，设“进气门 4 的升程（以下称为“气门升程”）”表示进气门 4 的最大扬程。

[0098] 另一方面，排气门 7 的气门杆 7a 自由滑动地嵌合在导向装置 7b 上，该导向装置 7b 固定在气缸盖 3c 上。而且，排气门 7 具有上下弹簧座 7c、7d、以及设置在它们之间的气门弹簧 7e，排气门 7 被该气门弹簧 7e 朝关闭方向施力。

[0099] 并且，排气凸轮轴 8 具有与其一体的排气链轮（未作图示），通过该排气链轮和未作图示的正时链条与曲轴 3d 连接，这样，曲轴 3d 每旋转 2 周，排气凸轮轴 8 就旋转 1 周。而且，针对每个气缸 3a，在排气凸轮轴 8 上以与其一体旋转的方式设置有排气凸轮 9。

[0100] 而且，排气门驱动机构 30 具有摇臂 31，伴随排气凸轮 9 的旋转，该摇臂 31 摆动，由此在克服气门弹簧 7e 的作用力的同时，对排气门 7 进行开闭驱动。

[0101] 另一方面，对于每个气缸 3a 设置了燃料喷射阀 10，并在倾斜状态下安装在气缸盖 3c 上，以便直接把燃料喷射到燃烧室内。即，发动机 3 构成为直喷发动机。并且，燃料喷射阀 10 与 ECU2 电连接，通过 ECU2 控制打开时间和打开正时，由此控制燃料喷射量。

[0102] 并且，也对于每个气缸 3a 设置了火花塞 11，并安装在气缸盖 3c 上。火花塞 11 与 ECU2 电连接，由 ECU2 控制放电状态，以便按照与后述的点火正时对应的定时使燃烧室内的混合气体燃烧。

[0103] 另一方面，发动机 3 上设置有曲轴角传感器 20 和水温传感器 21。该曲轴角传感器 20 由磁转子和 MRE 拾取器构成，伴随曲轴 3d 的旋转，向 ECU2 输出均作为脉冲信号的 CRK 信号和 TDC 信号。

[0104] 该 CRK 信号每隔规定曲轴角（例如 1° ）输出 1 个脉冲，ECU2 根据该 CRK 信号，计算发动机 3 的转速（以下称为“发动机转速”）NE。并且，TDC 信号是表示各气缸 3a 的活塞 3b 位于比进气行程的 TDC 位置稍微靠前的规定曲轴角位置的信号，每隔规定曲轴角输出 1 个脉冲。另外，在本实施方式中，曲轴角传感器 20 相当于第 1 参照参数检测单元，发动机转速 NE 相当于第 1 参照参数。

[0105] 并且，水温传感器 21 由例如热敏电阻等构成，向 ECU2 输出表示发动机水温 TW 的检测信号。该发动机水温 TW 是在发动机 3 的气缸体 3h 内循环的冷却水的温度。

[0106] 而且，在发动机 3 的进气管 12 中，省略了节气门机构，并将其进气通路 12a 形成为大口径，由此将流动阻力设定成比通常的发动机小。在该进气管 12 内设置有空气流量传感器 22 和进气温度传感器 23（参照图 2）。

[0107] 该空气流量传感器 22 由热线式空气流量计构成，向 ECU2 输出表示在进气通路 12a 内流动的空气的流量（以下称为“空气流量”）Gin 的检测信号。另外，空气流量 Gin 的单位是 g/sec。并且，进气温度传感器 23 向 ECU2 输出表示在进气通路 12a 内流动的空气的温度（以下称为“进气温度”）TA 的检测信号。

[0108] 而且，在发动机 3 的排气管 13 上，从上游侧顺次分别设置有 LAF 传感器 24 和催化

装置 14。LAF 传感器 24 由氧化锆和铂电极等构成，在从比理论空燃比浓的浓区域到极稀区域的宽范围的空燃比区域内，线性地检测在排气管 13 的排气通路 13a 内流动的排气中的氧浓度，向 ECU2 输出表示该氧浓度的检测信号。

[0109] ECU2 根据该 LAF 传感器 24 的检测信号值，计算表示排气中的空燃比的检测空燃比 KACT。在该情况下，检测空燃比 KACT 具体地说是作为当量比来计算的。另外，在本实施方式中，LAF 传感器 24 相当于控制量检测单元，检测空燃比 KACT 相当于控制量。

[0110] 下面，对上述的可变式进气门驱动机构 40 进行说明。该可变式进气门驱动机构 40，如图 4 所示，由进气凸轮轴 5、进气凸轮 6、可变气门升程机构 50 以及可变凸轮相位机构 70 等构成。

[0111] 该可变气门升程机构 50 是伴随进气凸轮轴 5 的旋转而对进气门 4 进行开闭驱动，并在规定的最大值 Liftinmax 和值 0 之间对气门升程 Liftin 进行无级变更的机构，具有：设置在每个气缸 3a 上的四节连杆式摇臂机构 51，以及同时驱动这些摇臂机构 51 的升程致动器 60（参照图 5）等。另外，在本实施方式中，可变气门升程机构 50 相当于可变进气机构。

[0112] 各摇臂机构 51 由摇臂 52 和上下连杆 53、54 等构成。该上连杆 53 的一端部通过上销 55 可自由转动地安装在摇臂 52 的上端部上，另一端部可自由转动地安装在摇臂轴 56 上。该摇臂轴 56 通过未作图示的支架安装在气缸盖 3c 上。

[0113] 并且，在摇臂 52 的上销 55 上自由转动地设置有滚子 57。该滚子 57 与进气凸轮 6 的凸轮面抵接，当进气凸轮 6 旋转时，在被该凸轮面引导的同时在进气凸轮 6 上转动。这样，摇臂 52 在上下方向上被驱动，并且上连杆 53 以摇臂轴 56 为中心转动。

[0114] 而且，在摇臂 52 的进气门 4 侧的端部安装有调节螺栓 52a。当摇臂 52 伴随进气凸轮 6 的旋转而在上下方向上移动时，该调节螺栓 52a 在克服气门弹簧 4e 的作用力的同时，在上下方向上驱动气门杆 4a，开闭进气门 4。

[0115] 并且，下连杆 54 的一端部通过下销 58 自由转动地安装在摇臂 52 的下端部，在下连杆 54 的另一端部自由转动地安装有连接轴 59。下连杆 54 通过该连接轴 59 与升程致动器 60 的后述的短臂 65 连接。

[0116] 另一方面，如图 5 所示，升程致动器 60 具有电机 61、螺母 62、连杆 63、长臂 64 以及短臂 65 等。该电机 61 与 ECU2 连接，配置在发动机 3 的顶盖 3g 的外侧。电机 61 的旋转轴是形成有外螺纹的螺纹轴 61a，在该螺纹轴 61a 上，螺合有螺母 62。该螺母 62 通过连杆 63 与长臂 64 连接。该连杆 63 的一端部通过销 63a 自由转动地安装在螺母 62 上，另一端部通过销 63b 自由转动地安装在长臂 64 的一端部上。

[0117] 并且，长臂 64 的另一端部通过转动轴 66 安装在短臂 65 的一端部上。该转动轴 66 截面形成为圆形，贯通发动机 3 的顶盖 3g，并且可自由转动地支撑在其上。伴随该转动轴 66 的转动，长臂 64 和短臂 65 与其一体地转动。

[0118] 而且，在短臂 65 的另一端部自由转动地安装有上述的连接轴 59，由此，短臂 65 通过连接轴 59 与下连杆 54 连接。

[0119] 下面，对以上这样构成的可变气门升程机构 50 的工作进行说明。在该可变气门升程机构 50 中，当向升程致动器 60 输入来自 ECU2 的后述的升程控制输入 U_Liftin 时，螺纹轴 61a 旋转，通过伴随于此的螺母 62 的移动，长臂 64 和短臂 65 以转动轴 66 为中心转动，并且伴随该短臂 65 的转动，摇臂机构 51 的下连杆 54 以下销 58 为中心转动。即，通过升程

致动器 60 驱动下连杆 54。

[0120] 此时，通过 ECU2 的控制，短臂 65 的转动范围被限制在图 5A 所示的最大升程位置和图 5B 所示的零升程位置之间，由此，下连杆 54 的转动范围也被限制在图 4 中的实线所示的最大升程位置和图 4 中的双点划线所示的零升程位置之间。

[0121] 在下连杆 54 位于最大升程位置的情况下，在由摇臂轴 56、上下销 55、58 以及连接轴 59 构成的四节连杆中，构成为上销 55 和下销 58 的中心间的距离比摇臂轴 56 和连接轴 59 的中心间的距离长，这样，如图 6A 所示，当进气凸轮 6 旋转时，调节螺栓 52a 的移动量大于进气凸轮 6 与滚子 57 的抵接点的移动量。

[0122] 另一方面，在下连杆 54 位于零升程位置的情况下，在上述四节连杆中，构成为上销 55 和下销 58 的中心间的距离比摇臂轴 56 和连接轴 59 的中心间的距离短，这样，如图 6B 所示，当进气凸轮 6 旋转时，调节螺栓 52a 处于几乎不移动的状态。

[0123] 由于以上的原因，在进气凸轮 6 的旋转中，当下连杆 54 位于最大升程位置时，进气门 4 按照图 7 的实线所示的气门升程曲线打开，气门升程 Liftin 表现出其最大值 Liftinmax。另一方面，当下连杆 54 位于零升程位置时，如图 7 的双点划线所示，进气门 4 被保持在关闭状态，气门升程 Liftin 被保持为值 0。

[0124] 因此，在该可变气门升程机构 50 中，通过经由致动器 60 使下连杆 54 在最大升程位置和零升程位置之间转动，可使气门升程 Liftin 在最大值 Liftinmax 和值 0 之间无级变化。

[0125] 另外，在该可变气门升程机构 50 内设置有未作图示的锁定机构，当升程控制输入 U_Liftin 被设定成后述的故障时用值 U_Liftin_fs 时，或者当由于断线等而使来自 ECU2 的升程控制输入 U_Liftin 输入不到升程致动器 60 时，由该锁定机构锁定可变气门升程机构 50 的动作。即，禁止由可变气门升程机构 50 进行的气门升程 Liftin 的变更，气门升程 Liftin 被保持为规定的锁定值。另外，该规定的锁定值被设定成如下的值：在凸轮相位 Cain 被保持为后述的锁定值的情况下，可确保后述的规定的故障时用值 Gcyl_fs 作为吸入空气量。该规定的故障时用值 Gcyl_fs 被设定成如下的值：在停车中可适当地进行怠速运转或发动机起动，同时在行驶中可维持低速行驶状态。

[0126] 并且，在发动机 3 内设置有转动角传感器 25（参照图 2），该转动角传感器 25 检测转动轴 66 即短臂 65 的转动角，并向 ECU2 输出该检测信号。ECU2 根据该转动角传感器 25 的检测信号，计算气门升程 Liftin。另外，在本实施方式中，转动角传感器 25 相当于参照参数检测单元和第 2 参照参数检测单元，气门升程 Liftin 相当于参照参数、第 2 参照参数以及工作状态参数。

[0127] 下面，对上述的可变凸轮相位机构 70 进行说明。该可变凸轮相位机构 70 把进气凸轮轴 5 相对于曲轴 3d 的相对相位（以下称为“凸轮相位”）Cain 无级地变更到超前侧或滞后侧，设置在进气凸轮轴 5 的进气链轮侧的端部。如图 8 所示，可变凸轮相位机构 70 具有：外壳 71，3 片叶片式的叶轮 72，油压泵 73 以及电磁阀机构 74 等。

[0128] 该外壳 71 与进气凸轮轴 5 上的进气链轮构成为一体，具有相互等间隔地形成的 3 个隔壁 71a。叶轮 72 同轴地安装在进气凸轮轴 5 的进气链轮侧的端部上，从进气凸轮轴 5 朝外方呈放射状延伸，并可旋转地收容在外壳 71 内。此外，在外壳 71 中，在隔壁 71a 和叶轮 72 之间形成有 3 个超前室 75 和 3 个滞后室 76。

[0129] 油压泵 73 是与曲轴 3d 连接的机械式油压泵，当曲轴 3d 旋转时，伴随于此，油压泵 73 通过油路 77c 吸入蓄积在发动机 3 的油盘 3e 内的润滑用油，并在使该油升压的状态下，通过油路 77c 把该油提供给电磁阀机构 74。

[0130] 电磁阀机构 74 是将滑阀机构 74a 和螺线管 74b 组合而成的机构，通过超前油路 77a 和滞后油路 77b，与超前室 75 和滞后室 76 分别连接，并把从油压泵 73 所提供的油压作为超前油压 Pad 和滞后油压 Prt 分别输出到超前室 75 和滞后室 76。电磁阀机构 74 的螺线管 74b 与 ECU2 电连接，当输入了来自 ECU2 的后述的相位控制输入 U_Cain 时，通过使滑阀机构 74a 的滑阀体根据相位控制输入 U_Cain 在规定的移动范围内移动，使超前油压 Pad 和滞后油压 Prt 全都变化。

[0131] 在以上的可变凸轮相位机构 70 中，在油压泵 73 的工作中，电磁阀机构 74 根据控制输入 U_Cain 进行工作，由此把超前油压 Pad 提供到超前室 75，把滞后油压 Prt 提供到滞后室 76，由此，叶轮 72 和外壳 71 之间的相对相位变更为超前侧或滞后侧。结果，上述的凸轮相位 Cain 在最滞后值 Cainrt（例如相当于凸轮角 0° 的值）和最超前值 Cainad（例如相当于凸轮角 55° 的值）之间连续变化，由此，进气门 4 的气门正时在图 9 的实线所示的最滞后正时和图 9 的双点划线所示的最超前正时之间无级变更。

[0132] 另外，在该可变凸轮相位机构 70 内设置有未作图示的锁定机构，当来自油压泵 73 的供给油压低时，当相位控制输入 U_Cain 被设定成后述的故障时用值 U_Cain_fs 时，以及当由于断线等而使相位控制输入 U_Cain 输入不到电磁阀机构 74 时，由该锁定机构锁定可变凸轮相位机构 70 的动作。即，禁止由可变凸轮相位机构 70 进行的凸轮相位 Cain 的变更，凸轮相位 Cain 被保持为规定的锁定值。该规定的锁定值如上所述被设定为如下的值：在气门升程 Liftin 被保持为规定的锁定值的情况下，可确保规定的故障时用值 Gcyl_fs 作为吸入空气量。

[0133] 如上所述，在本实施方式的可变式进气门驱动机构 40 中，由可变气门升程机构 50 使气门升程 Liftin 在其最大值 Liftinmax 和值 0 之间无级地变更，并由可变凸轮相位机构 70 使凸轮相位 Cain 即进气门 4 的气门正时在上述的最滞后正时和最超前正时之间无级地变更。并且，由 ECU2 如后所述通过可变气门升程机构 50 和可变凸轮相位机构 70 分别控制气门升程 Liftin 和凸轮相位 Cain，由此控制吸入空气量。

[0134] 另一方面，在进气凸轮轴 5 的与可变凸轮相位机构 70 相反侧的端部设置有凸轮角传感器 26（参照图 2）。该凸轮角传感器 26 由例如磁转子和 MRE 拾取器构成，伴随进气凸轮轴 5 的旋转，每隔规定的凸轮角（例如 1°）向 ECU2 输出作为脉冲信号的 CAM 信号。ECU2 根据该 CAM 信号和上述的 CRK 信号，计算凸轮相位 Cain。另外，在本实施方式中，凸轮角传感器 26 相当于第 1 参照参数检测单元，凸轮相位 Cain 相当于第 1 参照参数。

[0135] 而且，如图 2 所示，油门开度传感器 27 和点火开关（以下称为“IG・SW”）28 连接在 ECU2 上。该油门开度传感器 27 把表示车辆的未作图示的油门踏板的踩下量（以下称为“油门开度”）AP 的检测信号输出到 ECU2。并且，IG・SW 28 通过点火钥匙（未作图示）操作进行接通 / 断开，并把表示其接通 / 断开状态的信号输出到 ECU2。

[0136] ECU2 由微计算机构成，该微计算机由 CPU、RAM、ROM 以及 I/O 接口（全都未作图示）等构成，ECU2 根据上述各种传感器 20 ～ 27 的检测信号以及 IG・SW 28 的接通 / 断开信号等，判别发动机 3 的运转状态，并执行各种控制。具体地说，ECU2 如后所述，根据运转

状态执行空燃比控制和点火正时控制。此外，计算校正后气门升程Liftin_mod，并通过可变气门升程机构50和可变凸轮相位机构70分别控制气门升程Liftin和凸轮相位Cain，由此控制吸入空气量。

[0137] 另外，在本实施方式中，ECU2相当于：控制量检测单元，参照参数检测单元，目标值设定单元，控制输入计算单元，误差参数计算单元，影响程度参数计算单元，校正后误差参数计算单元，模型修正单元，第1输入值计算单元，第1参照参数检测单元，第2参照参数检测单元，修正值计算单元，第1影响程度参数计算单元，校正后修正值计算单元以及第2影响程度参数计算单元。

[0138] 下面，对本实施方式的控制装置1进行说明。该控制装置1如图10所示具有执行空燃比控制的空燃比控制器100，该空燃比控制器100如下所述是针对各燃料喷射阀10计算燃料喷射量TOUT的控制器，具体地说由ECU2构成。另外，在本实施方式中，空燃比控制器100相当于控制输入计算单元，燃料喷射量TOUT相当于控制输入和供给燃料量。

[0139] 如该图所示，空燃比控制器100具有：第1和第2估计进气量计算部101、102，转换系数计算部103，放大要素104、105，加法要素106，放大要素107，目标空燃比计算部108，空燃比校正系数计算部109，总校正系数计算部110，乘法要素111，燃料附着校正部112，空燃比误差估计值计算部113，加法要素114以及升程校正值计算部120。

[0140] 首先，在第1估计进气量计算部101中，如下所述，计算第1估计进气量Gcyl_vt。具体地说，最初通过根据发动机转速NE和校正后气门升程Liftin_mod检索图11所示的映射图，来计算基本估计进气量Gcyl_vt_base。该校正后气门升程Liftin_mod是使用后述的升程校正值Dlift校正了气门升程Liftin后的值，后面对在第1估计进气量Gcyl_vt的计算中使用该校正后气门升程Liftin_mod的原因进行描述。另外，在该第1估计进气量计算部101中，作为校正后气门升程Liftin_mod使用其下采样值。并且，在图11中，NE1～NE3是NE1＜NE2＜NE3的关系成立的发动机转速NE的规定值，这一点在以下的说明中也是一样。

[0141] 在该映射图中，基本估计进气量Gcyl_vt_base在NE＝NE1或NE2的情况下，在校正后气门升程Liftin_mod小的区域内，被设定成校正后气门升程Liftin_mod越大则其越大的值，在校正后气门升程Liftin_mod接近最大值Liftinmax的区域内，被设定成校正后气门升程Liftin_mod越大则其越小的值。这是因为，在低/中转速区域内，在校正后气门升程Liftin_mod接近最大值Liftinmax的区域内越是大的值，进气门4的打开时间就越长，从而由于进气回吹而使填充效率下降。并且，基本估计进气量Gcyl_vt_base在NE＝NE3的情况下，被设定成校正后气门升程Liftin_mod越大则其越大的值。这是因为，在高转速区域内，在校正后气门升程Liftin_mod大的区域内，由于进气的惯性力而难以发生上述的进气回吹，因而校正后气门升程Liftin_mod越大，填充效率就越高。

[0142] 而且，通过根据发动机转速NE和凸轮相位Cain检索图12所示的映射图，来计算校正系数K_gcyl_vt。在该映射图中，校正系数K_gcyl_vt在NE＝NE1或NE2的情况下，在凸轮相位Cain接近最滞后值Cainrt的区域内，被设定成越接近最滞后值Cainrt则其越小的值，在除此以外的区域内，被设定成凸轮相位Cain越是最超前值Cainad侧的值则其越小的值。这是因为，在低/中转速区域内，在凸轮相位Cain接近最滞后值Cainrt的区域内，越接近最滞后值Cainrt，则进气门4的关闭定时就越滞后，从而由于进气回吹而使填充效

率下降，在除此以外的区域内，凸轮相位 Cain 越接近最超前值 Cainad，则由于伴随气门重叠度增大的内部 EGR 量的增大而使填充效率下降。并且，在 NE ＝ NE3 的情况下，校正系数 K_gcyl_vt 在凸轮相位 Cain 接近最滞后值 Cainrt 的区域内，被设定成固定值（值 1），在除此以外的区域内，被设定成凸轮相位 Cain 越是最超前值 Cainad 侧的值则其越小的值。这是因为，在高转速区域内，即使在凸轮相位 Cain 接近最超前值 Cainad 的区域内，也由于上述进气的惯性力而难以发生进气回吹。

[0143] 然后，使用以上这样计算的基本估计进气量 Gcyl_vt_base 和校正系数 K_gcyl_vt，根据下式 (1) 计算第 1 估计进气量 Gcyl_vt。

[0144] $$Gcyl_vt(n) = K_gcyl_vt(n) \cdot Gcyl_vt_base(n) \quad \ldots\ldots (1)$$

[0145] 上述式 (1) 中的带有符号 (n) 的各离散数据表示是按与 TDC 信号的产生同步的控制周期 ΔTn 所采样或计算的数据，符号 n 表示各离散数据的采样或计算周期的序号。例如，符号 n 表示本次控制定时采样的值，符号 n-1 表示上次控制定时采样的值。另外，在以下说明中，适当省略各离散数据中的符号 (n) 等。

[0146] 这里，第 1 估计进气量计算部 101 中的第 1 估计进气量 Gcyl_vt 的计算不限于以上的计算方法，可以根据发动机转速 NE、校正后气门升程 Liftin_mod 和凸轮相位 Cain 计算第 1 估计进气量 Gcyl_vt。例如，可以使用预先设定了第 1 估计进气量 Gcyl_vt 与发动机转速 NE、校正后气门升程 Liftin_mod 和凸轮相位 Cain 的关系的四维映射图来计算第 1 估计进气量 Gcyl_vt。并且，可以使用把发动机转速 NE、校正后气门升程 Liftin_mod 和凸轮相位 Cain 作为输入、并把第 1 估计进气量 Gcyl_vt 作为输出的神经网络模型来计算第 1 估计进气量 Gcyl_vt。

[0147] 另外，在本实施方式中，第 1 估计进气量计算部 101 相当于第 1 输入值计算单元，第 1 估计进气量 Gcyl_vt 相当于第 1 输入值。

[0148] 并且，在转换系数计算部 103 中，按以下这样计算转换系数 Kg。首先，使用由第 1 估计进气量计算部 101 所计算的第 1 估计进气量 Gcyl_vt 以及发动机转速，根据下式 (2) 计算估计流量 Gin_vt（单位 :g/sec）

[0149] $$Gin_vt(n) = \frac{2 \cdot Gcyl_vt(n) \cdot NE(n)}{60} \quad \cdots\cdots (2)$$

[0150] 然后，通过根据该估计流量 Gin_vt 检索图 13 所示的映射图，来计算转换系数 Kg。在该图中，Gin1、2 是 Gin1 ＜ Gin2 的关系成立的规定值。该规定值 Gin1 被设定为如下的值 :在 Gin_vt ≤ Gin1 的范围内，由于进气通路 12a 内的空气流量小，从而因空气流量传感器 22 的分辨率而使第 1 估计进气量 Gcyl_vt 的可靠性超过后述的第 2 估计进气量 Gcyl_afm 的可靠性。并且，规定值 Gin2 被设定为如下的值 :在 Gin2 ≤ Gin_vt 的范围内，由于进气通路 12a 内的空气流量大，从而使第 2 估计进气量 Gcyl_afm 的可靠性超过第 1 估计进气量 Gcyl_vt 的可靠性。而且，在该映射图中，转换系数 Kg 在 Gin_vt ≤ Gin1 的范围内被设定为值 0，在 Gin2 ≤ Gin_vt 的范围内被设定为值 1，并在 Gin1 ＜ Gin_vt ＜ Gin2 的范围内被设定为在值 0 和值 1 之间且估计流量 Gin_vt 越大则其越大的值。

[0151] 另一方面，在第 2 估计进气量计算部 102 中，根据空气流量 Gin 和发动机转速 NE，使用下式 (3) 计算第 2 估计进气量 Gcyl_afm（单位 :g）。

[0152] $$Gcyl_afm(n)=\frac{Gin(n)\cdot 60}{2\cdot NE(n)} \quad \cdots\cdots (3)$$

[0153] 在放大要素 104、105 中，计算将以上这样计算的第 1 和第 2 估计进气量 Gcyl_vt、Gcyl_afm 分别放大到 (1-Kg)、Kg 倍后的值。然后，在加法要素 106 中，根据这样放大后的值，通过下式 (4) 的加权平均运算，计算出计算进气量 Gcyl。

[0154] $Gcyl(n) = Kg \cdot Gcyl_afm(n)+(1-Kg) \cdot Gcyl_vt(n)$ .....(4)

[0155] 参照该式 (4) 可以明白，当 Kg = 0 时，即在上述的 Gin_vt ≤ Gin1 的范围内，为 Gcyl = Gcyl_vt，当 Kg = 1 时，即在 Gin2 ≤ Gin_vt 的范围内，为 Gcyl = Gcyl_afm，并且当 0 < Kg < 1 时，即在 Gin1 < Gin_vt < Gin2 的范围内，计算进气量 Gcyl 中的第 1 和第 2 估计进气量 Gcyl_vt、Gcyl_afm 的加权程度由转换系数 Kg 的值来决定。

[0156] 而且，在放大要素 107 中，根据计算进气量 Gcyl，使用下式 (5) 计算基本燃料喷射量 Tcyl_bs。另外，下式 (5) 的 Kgt 是针对各燃料喷射阀 10 而预先设定的换算系数。

[0157] $Tcyl_bs(n) = Kgt \cdot Gcyl(n)$ .....(5)

[0158] 并且，在目标空燃比计算部 108 中，通过根据计算进气量 Gcyl 和油门开度 AP 检索图 14 所示的映射图，来计算目标空燃比 KCMD。在该映射图中，目标空燃比 KCMD 的值被设定为当量比，并且，基本上为了把催化装置 14 的排气净化性能保持为良好状态，被设定为与理论空燃比 (14.5) 相当的值。另外，在本实施方式中，目标空燃比计算部 108 相当于目标值设定单元，目标空燃比 KCMD 相当于目标值。

[0159] 而且，在空燃比校正系数计算部 109 中，使用下式 (6) ～ (10) 所示的滑模控制算法来计算空燃比校正系数 KAF。另外，下式 (6) ～ (10) 中的带有符号 (m) 的各离散数据表示是每一燃烧周期即每当 TDC 信号连续产生 4 次时所采样或计算的数据，符号 m 表示各离散数据的采样周期的序号。

[0160] $KAF(m) = Urch'(m)+Uadp'(m)$ .....(6)

[0161] $Urch'(m) = -Krch' \cdot \sigma'(m)$ .....(7)

[0162] $Uadp'(m) = Uadp'(m-1)-Kadp' \cdot \sigma'(m)$ .....(8)

[0163] $\sigma'(m) = e(m)+S' \cdot e(m-1)$ .....(9)

[0164] $e(m) = KACT(m)-KCMD(m)$ .....(10)

[0165] 如上述式 (6) 所示，空燃比校正系数 KAF 被计算为趋近律输入 Urch' 和自适应律输入 Uadp' 的和，该趋近律输入 Urch' 是使用式 (7) 来计算的。在该式 (7) 中，Krch' 表示规定的趋近律增益，σ' 是按式 (9) 所定义的切换函数。在该式 (9) 中，S' 是被设定成使 -1 < S' < 0 的关系成立的切换函数设定参数，e 是按式 (10) 所定义的跟随误差。在该情况下，使用切换函数设定参数 S' 的设定值来指定跟随误差 e 向值 0 的收敛速度。

[0166] 并且，自适应律输入 Uadp' 是使用式 (8) 来计算的，在该式 (8) 中，Kadp' 表示规定的自适应律增益。另外，该自适应律输入 Uadp' 的初始值被设定为值 1。

[0167] 如上所述，在空燃比校正系数计算部 109 中，使用式 (6) ～ (10) 所示的滑模控制算法来计算空燃比校正系数 KAF，作为用于使检测空燃比 KACT 收敛于目标空燃比 KCMD 的值。另外，在本实施方式中，空燃比校正系数 KAF 相当于第 2 输入值。

[0168] 另一方面，在总校正系数计算部 110 中，通过根据发动机水温 TW 和进气温度 TA 等的表示运转状态的各种参数检索未作图示的映射图，来计算各种校正系数，并通过将这些

各种校正系数相乘来计算总校正系数 KTOTAL。

[0169] 并且，在乘法要素 111 中，使用下式 (11) 计算要求燃料喷射量 Tcyl。

[0170] $Tcyl(n) = Tcyl_bs(n) \cdot KAF(n) \cdot KTOTAL(n)$ .....(11)

[0171] 而且，在燃料附着校正部 112 中，通过对以上这样计算出的要求燃料喷射量 Tcyl 实施规定的燃料附着校正处理，来计算燃料喷射量 TOUT。然后，根据该燃料喷射量 TOUT 决定燃料喷射阀 10 的燃料喷射定时和开阀时间，控制燃料喷射阀 10。

[0172] 下面，对上述的空燃比误差估计值计算部 113 进行说明。在该空燃比误差估计值计算部 113 中，如下所述，计算空燃比误差估计值 Eaf。首先，根据空燃比校正系数 KAF 和检测空燃比 KACT，使用下式 (12) 计算实际空燃比估计值 KACT_hat，之后，使用下式 (13) 计算空燃比误差估计值 Eaf。

[0173] $$KACT_hat(k) = \frac{KACT(k)}{KAF(k-d)} \quad \cdots\cdots (12)$$

[0174] $Eaf(k) = KACT_hat(k) - KCMD(k-d)$ .....(13)

[0175] 这里，上式 (12)、(13) 中的带有符号 (k) 的各离散数据表示是与规定的控制周期 ΔTk（在本实施方式是 5msec）同步地采样或计算的数据，符号 k 表示各离散数据的采样或计算周期的序号。另外，在以下说明中，适当省略各离散数据中的符号 (k)。并且，上式 (12)、(13) 中的 d 表示燃烧气体从燃烧室到达 LAF 传感器 24 的无用时间。

[0176] 如上式 (12) 所示，实际空燃比估计值 KACT_hat 是通过将在本次的控制定时所获得的检测空燃比 KACT(k) 除以在无用时间 d 前的控制定时计算出的空燃比校正系数 KAF(k-d)，被计算为不受该值 KAF(k-d) 的影响的值。即，实际空燃比估计值 KACT_hat 被计算为当假定在无用时间 d 前的控制定时不执行空燃比反馈控制的情况下的在本次控制定时的实际空燃比估计值。

[0177] 因此，空燃比误差估计值 Eaf 由于被计算为这样的实际空燃比估计值 KACT_hat(k) 与在无用时间 d 前的控制定时的目标空燃比 KCMD(k-d) 之间的偏差，因而相当于当假定在无用时间 d 前的控制定时不执行空燃比反馈控制的情况下的在本次控制定时的空燃比的控制误差。另外，在本实施方式中，空燃比误差估计值计算部 113 相当于误差参数计算单元，空燃比误差估计值 Eaf 相当于误差参数。

[0178] 下面，对上述的升程校正值计算部 120 进行说明。在该升程校正值计算部 120 中，使用下述的方法来计算升程校正值 Dlift。在本实施方式的控制装置 1 中，如上所述，使用利用升程校正值 Dlift 校正了气门升程 Liftin 的校正后气门升程 Liftin_mod 和图 11 的映射图来计算基本估计进气量 Gcyl_vt_base，以下对使用这样的校正后气门升程 Liftin_mod 的原因进行说明。

[0179] 如本实施方式的控制装置 1 那样，在通过可变气门升程机构 50 控制了吸入空气量的情况下，气门升程 Liftin 与基本估计进气量 Gcyl_vt_base 之间的关系相对于实际关系发生偏差，从而当使用气门升程 Liftin 来计算出基本估计进气量 Gcyl_vt_base 时（例如在上述的图 11 的映射图中把横轴设定为气门升程 Liftin 时），具有基本估计进气量 Gcyl_vt_base 的计算值相对于实际值发生误差的可能性。

[0180] 即，当由于冲击等而使转动角传感器 25 的安装状态发生变化、或者伴随温度变化而使转动角传感器 25 的特性发生变化时，有时气门升程的计算值 Liftin 相对于其实际值

发生偏差，在该情况下，产生上述的基本估计进气量Gcyl_vt_base的计算误差。并且，由于可变气门升程机构50的构成部件的磨损、污物附着以及因老化引起的游隙等而使可变气门升程机构50的动态特性（即气门升程Liftin对升程控制输入U_liftin的关系）发生变化的情况下，也产生上述的基本估计进气量Gcyl_vt_base的计算误差。在以下说明中，把气门升程Liftin与基本估计进气量Gcyl_vt_base之间的关系处于相对于实际关系发生偏差的状态称为“升程误差”。

[0181] 例如，在发动机转速NE在低转速区域内的情况下，作为上述的升程误差的产生状态，考虑了图15和图16所示的状态。图15示出气门升程的计算值Liftin相对于其实际值产生偏移（零点偏差），从而产生上述的升程误差的情况，图16示出尽管气门升程的计算值Liftin相对于其实际值未产生误差，然而由于上述的可变气门升程机构50的动态特性的变化而产生升程误差的情况。在两个图中，实线所示的曲线表示在气门升程Liftin与基本估计进气量Gcyl_vt_base之间的关系中没有升程误差的状态，虚线所示的曲线表示产生升程误差的状态。

[0182] 参照两个图15、16可以明白，升程误差在气门升程Liftin是小升程区域的规定值Liftin_a时比是大升程区域的规定值Liftin_b（＞Liftin_a）时大。即可知，升程误差无论是在由上述的气门升程Liftin的偏移引起的情况下，还是在由可变气门升程机构50的动态特性变化引起的情况下，小升程区域大于大升程区域。

[0183] 并且，参照图17可以明白，基本估计进气量Gcyl_vt_base的变化量ΔGcyl相对于气门升程Liftin的变化量ΔLiftin，由于小升程区域的值ΔGcyl_a大于大升程区域的值ΔGcyl_b，因而2个变化量之比ΔGcyl/ΔLiftin是（ΔGcyl_a/ΔLiftin）》（ΔGcyl_b/ΔLiftin）的关系成立。

[0184] 这里，在假定上述的空燃比误差估计值Eaf由于升程误差而产生的情况下，该升程误差给空燃比误差估计值Eaf带来的影响程度即灵敏度的大小可以认为与上述比ΔGcyl/ΔLiftin的大小关系相同。换句话说，在产生空燃比误差估计值Eaf的情况下，可以认为，比ΔGcyl/ΔLiftin越大，则空燃比误差估计值Eaf由于升程误差而产生的概率就越高。此外，由于比ΔGcyl/ΔLiftin的值根据气门升程Liftin和发动机转速NE而变化（参照上述的图11），并且还根据凸轮相位Cain而变化，因而空燃比误差估计值Eaf相对于升程误差的灵敏度也根据3个值Liftin、NE、Cain而变化。

[0185] 因此，在本实施方式的升程校正值计算部120中，使用下述的计算方法来计算用于校正气门升程Liftin的升程校正值Dlift，作为反映上述的空燃比误差估计值Eaf相对于升程误差的灵敏度的值。

[0186] 如图18所示，升程校正值计算部120具有：误差权重计算部121，修正误差计算部122，基本升程校正值计算部123，校正灵敏度计算部124，乘法要素125以及加法要素126。另外，在本实施方式中，升程校正值计算部120相当于模型修正单元和校正后修正值计算单元，升程校正值Dlift相当于校正后修正值。

[0187] 首先，在误差权重计算部121中，如下所述，计算误差权重W。另外，在本实施方式中，误差权重计算部121相当于影响程度参数计算单元和第2影响程度参数计算单元，误差权重W相当于影响程度参数和第2影响程度参数。

[0188] 首先，使用下式（14）计算第2校正后气门升程Liftin_mod_p。

[0189] $Liftin_mod_p(k) = Liftin(k) + Dlift(k-1)$ .....(14)

[0190] 如上式 (14) 所示，第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 被计算为气门升程的本次值 Liftin(k) 和升程校正值的上次值 Dlift(k-1) 的和。这是因为，在第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 的计算时刻，未计算出升程校正值的本次值 Dlift(k)。

[0191] 然后，通过根据第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 和发动机转速 NE 检索图 19 所示的映射图，来计算基本误差权重 W_base。该基本误差权重 W_base 表示以规定的微小升程和规定的低转速的上述比 $\Delta Gcyl_x/\Delta Liftin_x$ 的绝对值 $|\Delta Gcyl_x/\Delta Liftin_x|$ 为基准来使上述比 $\Delta Gcyl/\Delta Liftin$ 标准化后的值，即，$W_base = (\Delta Gcyl/\Delta Liftin) \div (|\Delta Gcyl_x/\Delta Liftin_x|)$ 成立的值。如图中虚线所示，在 $\Delta Gcyl/\Delta Liftin < 0$ 的条件下，根据后述的原因设定为 $W_base = 0$。

[0192] 在该映射图中，基本误差权重 W_base 被设定成第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 越小则其越大的值。这是因为，第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 越小，则上述的升程误差灵敏度即比 $\Delta Gcyl/\Delta Liftin$ 越呈现更大的值。而且，基本误差权重 W_base 在小升程区域内被设定成发动机转速 NE 越高则其越小的值，并在除此以外的升程区域内被设定成发动机转速 NE 越高则其越大的值。这是由于在上述的图 11 的说明中所述的原因（填充效率和回吹的变化）。另外，在本实施方式中，图 19 的映射图相当于影响程度模型和第 2 影响程度模型。

[0193] 并且，通过根据凸轮相位 Cain 和发动机转速 NE 检索图 20 所示的映射图，来计算误差权重校正系数 K_w。该误差权重校正系数 K_w 表示以在发动机转速 NE 的各规定值 NE1 ～ NE3 中、凸轮相位 Cain 是最滞后时的比 $\Delta Gcyl_rt/\Delta Liftin_rt$ 的绝对值 $|\Delta Gcyl_rt/\Delta Liftin_rt|$ 为基准来使上述比 $\Delta Gcyl/\Delta Liftin$ 标准化后的值，即，$W_base = (\Delta Gcyl/\Delta Liftin) \div (|\Delta Gcyl_rt/\Delta Liftin_rt|)$ 成立的值。

[0194] 在该映射图中，误差权重校正系数 K_w 针对发动机转速 NE 和凸轮相位 Cain 被设定成与上述的图 12 的校正系数 K_gcyl_vt 相同的倾向。这是由于在上述的图 12 的说明中所述的原因（填充效率和回吹的变化）。

[0195] 然后，使用下式 (15) 最终计算误差权重 W。

[0196] $W(k) = W_base(k) \cdot K_w(k)$ .....(15)

[0197] 如上所述，误差权重 W 由于是通过使基本误差权重 W_base 乘以误差权重校正系数 K_w 来计算的，因而被计算为表示空燃比误差估计值 Eaf 相对于升程误差的灵敏度的值。更具体地说，误差权重 W 被计算为空燃比误差估计值 Eaf 相对于升程误差的灵敏度即比 $\Delta Gcyl/\Delta Liftin$ 越大，换句话说，空燃比误差估计值 Eaf 由于升程误差而产生的概率越高则越大的值。并且，这 2 个值 W_base、K_w 是通过根据 3 个参数 Liftin_mod_p、NE、Cain 检索图 19、20 的 2 个映射图来计算的，并且第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 是使气门升程 Liftin 加上升程校正值的上次值 Dlift(k-1) 后的值，因而这 2 个映射图可以认为构成表示 3 个值 Liftin、NE、Cain 与误差权重 W 之间的相关关系的响应曲面模型。

[0198] 这样，根据 3 个值 Liftin、NE、Cain 计算误差权重 W，这是因为，升程误差的灵敏度不仅根据气门升程 Liftin 而变化，而且根据发动机转速 NE 和凸轮相位 Cain 的值而变化。结果，误差权重 W 被计算为表示 3 个值 Liftin、NE、Cain 相对于空燃比误差估计值 Eaf 的影响程度的值。

[0199] 另外，作为基本误差权重 W_base 的计算用映射图，可以取代图 19 所示的映射图，而使用根据气门升程 Liftin 和发动机转速 NE 来设定基本误差权重 W_base 的映射图，即把图 19 的横轴的第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 置换成气门升程 Liftin 的映射图。

[0200] 然后，在修正误差计算部 122 中，使用下式 (16) 计算修正误差 Weaf。另外，在本实施方式中，修正误差计算部 122 相当于校正后误差参数计算单元，修正误差 Weaf 相当于校正后误差参数。

[0201] $Weaf(k) = W(k) \cdot (1-Kg(k-d)) \cdot Eaf(k)$ .....(16)

[0202] 在上式 (16) 中，使用无用时间 d 前的转换系数 Kg(k-d) 是由于以下原因。即，参照上述的式 (4) 可以明白，当转换系数 Kg 变化时，计算进气量 Gcyl 中的第 1 估计进气量 Gcyl_vt 和第 2 估计进气量 Gcyl_afm 的贡献度也变化，因而升程误差灵敏度也变化。在该情况下，在本次的控制定时计算出的空燃比误差估计值 Eaf 是起因于在无用时间 d 前的控制定时的计算进气量 Gcyl(k-d) 和根据该计算进气量计算出的燃料喷射量 TOUT，因而假定在本次的控制定时的升程误差灵敏度的变化是起因于无用时间 d 前的转换系数 Kg(k-d) 的变化。因此，为了补偿这种升程误差灵敏度，在修正误差 Weaf 的计算中使用无用时间 d 前的转换系数 Kg(k-d)。

[0203] 并且，在基本升程校正值计算部 123 中，使用下式 (17) ～ (24) 所示的应用了滑模控制算法的控制算法来计算基本升程校正值 Dlift_bs。即，基本升程校正值 Dlift_bs 被计算为用于使修正误差 Weaf 收敛于值 0 的值。

[0204] $\sigma(k) = Weaf(k)+S \cdot Weaf(k-1)$ .....(17)

[0205] $Urch(k) = -Krch \cdot \sigma(k)$ .....(18)

[0206] $Unl(k) = -Knl \cdot sgn(\sigma(k))$ .....(19)

[0207] $Uadp(k) = -Kadp \cdot \delta(k)$ .....(20)

[0208] $\delta(k) = \lambda \cdot \delta(k-1)+\sigma(k)$ .....(21)

[0209] $\cdot Dlift_bs_L < Dlift_bs(k-1) < Dlift_bs_H$ 时

[0210] $\lambda = 1$ .....(22)

[0211] $\cdot Dlift_bs(k-1) \leqslant Dlift_bs_L$ 或 $Dlift_bs_H \leqslant Dlift_bs(k-1)$ 时

[0212] $\lambda = \lambda lmt$ .....(23)

[0213] $Dlift_bs(k) = Urch(k)+Unl(k)+Uadp(k)$ .....(24)

[0214] 在上式 (17) 中，σ 是切换函数，S 是被设定成使 $-1 < S < 0$ 的关系成立的切换函数设定参数。在该情况下，使用切换函数设定参数 S 的设定值来指定修正误差 Weaf 向值 0 的收敛速度。并且，在式 (18) 中，Urch 是趋近律输入，Krch 表示规定的趋近律增益。而且，在式 (19) 中，Unl 是非线性输入，Knl 表示规定的非线性输入用增益。并且，式 (19) 中的 sgn(σ(k)) 是符号函数，其值被设定成，当 $\sigma(k) \geqslant 0$ 时为 $sgn(\sigma(k)) = 1$，并当 $\sigma(k) < 0$ 时为 $sgn(\sigma(k)) = -1$（另外，可以设定成，当 $\sigma(k) = 0$ 时为 $sgn(\sigma(k)) = 0$）。

[0215] 而且，在式 (20) 中，Uadp 表示自适应律输入，Kadp 表示规定的自适应律增益。并且，式 (20) 的 δ 是使用式 (21) 所计算的切换函数的积分值。该式 (21) 的 λ 是遗忘系数，其值如式 (22)、(23) 所示，根据基本升程校正值的上次值 Dlift_bs(k-1) 与规定的上下限值 Dlift_bs_H、Dlift_bs_L 的比较结果被设定为值 1 或规定值 λlmt。该上限值 Dlift_bs_H 被设定为正的规定值，下限值 Dlift_bs_L 被设定为负的规定值，并且规定值 λlmt 被

设定为 0 ＜ λlmt ＜ 1 成立的值。

[0216] 并且，如式 (24) 所示，基本升程校正值 Dlift_bs 被计算为趋近律输入 Urch、非线性输入 Unl 以及自适应律输入 Uadp 的和。

[0217] 在以上的基本升程校正值 Dlift_bs 的计算算法中，使用遗忘系数 λ 是由于以下原因。即，使用式 (6) ～ (10) 的滑模控制算法来计算空燃比校正系数 KAF，并且使用式 (17) ～ (24) 的应用了滑模控制算法的控制算法来计算基本升程校正值 Dlift_bs，以使根据该空燃比校正系数 KAF 计算出的修正误差 Weaf 收敛于值 0。因此，在不使用遗忘系数 λ 的情况下，该 2 个控制算法中的作为积分项的自适应律输入 Uadp'、Uadp 相互干扰而呈现振动举动，或者积分项 Uadp'、Uadp 的绝对值增大 (即，处于自适应控制中的与参数漂移相同的状态)，因而基本升程校正值 Dlift_bs 即第 1 估计进气量 Gcyl_vt 的计算值成为临时不适当的值，过渡控制性下降。

[0218] 相比之下，在上述的式 (21) 中，在基本升程校正值的上次值 Dlift_bs(k-1) 的绝对值大的情况下，为了避免自适应律输入 Uadp 中的切换函数的积分值 δ 的增大，使被设定为 0 ＜ λ ＜ 1 的范围内的值的遗忘系数 λ 乘以切换函数的积分值的上次值 δ(k-1)。在该情况下，当使用递推公式展开上述的式 (21) 时，使 $\lambda^h(\fallingdotseq 0)$ 乘以在 h(h 是大于等于 2 的自然数) 次前的控制定时的切换函数的积分值 δ(k-h)，因而即使当进行了运算处理时，也能避免切换函数的积分值 δ 的增大即自适应律输入 Uadp 的增大。结果，可避免第 1 估计进气量 Gcyl_vt 处于振动状态、或者成为临时不适当的值，可提高过渡控制性。

[0219] 并且，在将遗忘系数 λ 总是设定为 0 ＜ λ ＜ 1 的范围内的值的情况下，当修正误差 Weaf 在值 0 附近时，由于遗忘系数 λ 的遗忘效果而使基本升程校正值 Dlift_bs 收敛于值 0 附近，因而当在这种状态下再次产生控制误差时，消除该控制误差需要时间。因此，为了避免这一点，并迅速地消除控制误差，即使当修正误差 Weaf 是较小的值时，也有必要将基本升程校正值 Dlift_bs 适当地保持为可补偿修正误差 Weaf 的值，因而当基本升程校正值的上次值 Dlift_bs(k-1) 在上述范围内时，为了消除遗忘系数 λ 的遗忘效果，设定为 λ ＝ 1。另外，在总是不需要遗忘系数 λ 的遗忘效果的情况下，在式 (21) 中，不管上次值 Dlift_bs(k-1) 的大小，可以设定为 λ ＝ 1。

[0220] 并且，由于基本升程校正值 Dlift_bs 使用上述的式 (17) ～ (24) 被计算成使修正误差 Weaf 收敛于值 0，因而例如在上述的基本误差权重 W_base 表示正值和负值的双方的情况下，当基本误差权重 W_base 在正值和负值之间变化时，伴随于此，修正误差 Weaf 的符号反转，各控制输入 Urch、Unl、Uadp 的符号反转，结果，基本升程校正值 Dlift_bs 被计算为不适当的值，因而具有控制不稳定的可能性。因此，为了确保控制的稳定性，在上述的图 19 中，当基本误差权重 W_base 为负值的条件下时，基本误差权重 W_base 被设定为值 0。

[0221] 另外，在控制成随着基本误差权重 W_base 的符号变化而使各控制输入 Urch、Unl、Uadp 的增益符号反转的情况下，即使当基本误差权重 W_base 表示正值和负值的双方时，与本实施方式一样，也能确保控制的稳定性，因而在该情况下，可以使用图 19 的虚线所示的基本误差权重 W_base 为负值的曲线的值。另外，在本实施方式中，基本升程校正值计算部 123 相当于修正值计算单元，基本升程校正值 Dlift_bs 相当于修正值。

[0222] 另一方面，在上述的校正灵敏度计算部 124 中，使用下述的方法来计算校正灵敏度 Rlift。首先，使用上述的式 (14) 计算第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p。

[0223] 然后，通过根据第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 和发动机转速 NE 检索图 21 所示的映射图，来计算基本灵敏度 R_base。该基本灵敏度 R_base 与上述的基本误差权重 W_base 一样，表示以规定的微小升程和规定的低转速时的上述比 ΔGcyl_x/ΔLiftin_x 的绝对值 |ΔGcyl_x/ΔLiftin_x| 为基准来使比 ΔGcyl/ΔLiftin 标准化后的值。

[0224] 在该映射图中，基本灵敏度 R_base 被设定成第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 越小则其越大的值。这是由于在上述的图 19 的说明中所述的原因。并且，在该映射图中，基本灵敏度 R_base 与基本误差权重 W_base 不同，被设定成表示正值和负值的双方。这是因为，如后所述，通过使校正灵敏度 Rlift 乘以基本升程校正值 Dlift_bs 来计算升程校正值 Dlift，并通过使该升程校正值 Dlift 加上气门升程 Liftin 来计算校正后气门升程 Liftin_mod，因而即使在校正灵敏度 Rlift 表示正值和负值的双方的情况下，也无损空燃比控制的稳定性，反而可提高空燃比控制的响应性。

[0225] 并且，通过根据凸轮相位 Cain 和发动机转速 NE 检索图 22 所示的映射图，来计算灵敏度校正系数 K_r。在该图中，实线所示的曲线表示灵敏度校正系数 K_r 的值，虚线所示的曲线是为了比较而表示上述的误差权重校正系数 K_w 的值。将这 2 个曲线相比较可以明白，在该映射图中，灵敏度校正系数 K_r 被设定为与误差权重校正系数 K_w 大致相同的倾向，这是由于与在图 20 的说明中所述相同的原因。此外，灵敏度校正系数 K_r 的超前侧的值被设定为比误差权重校正系数 K_w 更接近值 1 的值。这是为了避免以下情况，即 ：在凸轮相位 Cain 被控制在超前侧的情况下，随着吸入空气量的减少，燃料喷射量 TOUT 被计算为小的值，因而，此时，当燃料喷射量 TOUT 被误计算为比适当的值小时，具有由于混合气稀化而使燃烧稳定性下降的可能性。

[0226] 然后，使用下式 (25) 最终计算校正灵敏度 Rlift。

[0227] $Rlift(k) = R_base(k) \cdot K_r(k)$ .....(25)

[0228] 如上所述，校正灵敏度 Rlift 由于是使用与上述的误差权重 W 相同的方法来计算的，因而被计算为表示空燃比误差估计值 Eaf 相对于升程误差的灵敏度，即气门升程 Liftin 相对于空燃比误差估计值 Eaf 的影响程度的值，并被计算为还表示发动机转速 NE 和凸轮相位 Cain 相对于空燃比误差估计值 Eaf 的影响程度的值。然后，通过使这种校正灵敏度 Rlift 乘以基本升程校正值 Dlift_bs，来计算升程校正值 Dlift。这样，通过乘以校正灵敏度 Rlift 来计算升程校正值 Dlift 是为了避免以下情况，即 ：在升程误差的灵敏度低的条件下，不使用校正灵敏度 Rlift，而计算为 Dlift_bs = Dlift 时，可能会利用升程校正值 Dlift 过补偿空燃比误差估计值 Eaf。

[0229] 另外，在校正灵敏度计算部 124 中，作为基本灵敏度 R_base 的计算用映射图，可以取代图 21 所示的映射图，而使用根据气门升程 Liftin 和发动机转速 NE 来设定基本灵敏度 R_base 的映射图，即把图 21 的横轴的第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 置换成气门升程 Liftin 的映射图。另外，在本实施方式中，校正灵敏度计算部 124 相当于第 1 影响程度参数计算单元，校正灵敏度 Rlift 相当于第 1 影响程度参数，图 21、22 的映射图相当于第 1 影响程度模型。

[0230] 然后，在乘法要素 125 中，使用下式 (26) 计算升程校正值 Dlift。

[0231] $Dlift(k) = Rlift(k) \cdot Dlift_bs(k)$ .....(26)

[0232] 在升程校正值计算部 120 中，使用以上的方法计算升程校正值 Dlift。然后，在上

述的加法要素 114 中，使用下式 (27) 计算校正后气门升程 Liftin_mod。

[0233] $$Liftin_mod(k) = Liftin(k) + Dlift(k) \quad \ldots\ldots (27)$$

[0234] 如上所述，升程校正值 Dlift 是通过使校正灵敏度 Rlift 乘以基本升程校正值 Dlift_bs 来计算的。在该情况下，由于基本升程校正值 Dlift_bs 是用于使修正误差 Weaf 收敛于值 0 的值，因而利用升程校正值 Dlift 校正气门升程 Liftin，这相当于校正或修正气门升程 Liftin 以消除升程误差。因此，通过根据这种校正后气门升程 Liftin_mod 检索上述的图 11 的映射图，来计算基本估计进气量 Gcyl_vt_base，这相当于使用被校正成消除升程误差的映射图来计算作为第 1 输入值的第 1 估计进气量 Gcyl_vt。

[0235] 另外，在本实施方式中，图 11 的映射图相当于相关关系模型，使用利用升程校正值 Dlift 校正了气门升程 Liftin 的校正后气门升程 Liftin_mod 和图 11 的映射图来计算第 1 估计进气量 Gcyl_vt，这相当于使用修正后的相关关系模型来计算第 1 输入值。

[0236] 下面，参照图 23 对由 ECU2 按上述的控制周期 ΔTn 所执行的控制处理进行说明。另外，假定在以下说明中所计算的各种值被存储在 ECU2 的 RAM 内。

[0237] 在该处理中，首先，在步骤 1（图中简称为“S1”。下同）中，把 TDC 计数器的计数值 C_TDC 设定为其上次值 C_TDCZ 与值 1 的和 (C_TDCZ+1)。即，使 TDC 计数器的计数值 C_TDC 加上值 1。

[0238] 然后，进到步骤 2，判别是否是 C_TDC ＝ 4。当该判别结果是“否”，即 C_TDC ≠ 4 时，进到后述的步骤 6。另一方面，当该判别结果是“是”时，进到步骤 3，使 TDC 计数器的计数值 C_TDC 复位为值 0。

[0239] 在继步骤 3 之后的步骤 4 中，计算目标空燃比 KCMD。具体地说，如上所述，通过根据计算进气量 Gcyl 和油门开度 AP 检索图 14 所示的映射图，来计算目标空燃比 KCMD。

[0240] 然后，在步骤 5 中，计算空燃比校正系数 KAF。具体地说，当空燃比反馈控制的执行条件成立时，使用上述的式 (6) ～ (10) 的控制算法来计算空燃比校正系数 KAF。另一方面，当空燃比反馈控制的执行条件不成立时，把空燃比校正系数 KAF 设定为值 1。

[0241] 在继步骤 2 或 5 之后的步骤 6 中，执行空燃比控制处理。该空燃比控制处理是针对各燃料喷射阀 10 计算燃料喷射量 TOUT 的处理，后面对其详情进行描述。

[0242] 然后，在步骤 7 中，执行点火正时控制处理。这里省略该处理的详细说明，在该处理中，使用与例如上述的日本特开 2005-315161 号公报中的点火正时控制处理相同的计算方法来计算点火正时 Iglog。之后，结束本处理。

[0243] 如上所述，在图 23 的控制处理中，步骤 3 ～ 5 是每当 C_TDC ＝ 4 成立时来执行的，因而每当 TDC 信号连续产生 4 次时即每一燃烧周期来执行。

[0244] 下面，参照图 24 对上述的空燃比控制处理进行说明。本处理如下所述，是针对各燃料喷射阀 10 计算燃料喷射量 TOUT 的处理，更具体地说，是随着上述的 TDC 计数器的计数值 C_TDC 从值 1 增加到值 4，按照第 1 气缸→第 3 气缸→第 4 气缸→第 2 气缸的顺序分别计算各气缸用的燃料喷射阀 10 的燃料喷射量 TOUT 的处理。

[0245] 首先，在步骤 20 中，读入上述的校正后气门升程 Liftin_mod、空燃比校正系数 KAF 以及各种参数。在该情况下，校正后气门升程 Liftin_mod 如上所述是按控制周期 ΔTk 来计算的，因而相当于对校正后气门升程 Liftin_mod 进行下采样。并且，空燃比校正系数 KAF 是按每一燃烧周期来计算的，因而相当于对空燃比校正系数 KAF 进行过采样。

[0246] 然后，在步骤 21 中，计算基本燃料喷射量 Tcyl_bs。该基本燃料喷射量 Tcyl_bs 的计算处理，具体地说，按图 25 所示执行。即，首先，在步骤 30 中，使用上述式 (3) 计算第 2 估计进气量 Gcyl_afm。

[0247] 然后，在步骤 31 中，如上所述，通过根据发动机转速 NE 和校正后气门升程 Liftin_mod 检索图 11 所示的映射图，来计算基本估计进气量 Gcyl_vt_base。

[0248] 在继步骤 31 之后的步骤 32 中，如上所述，通过根据发动机转速 NE 和凸轮相位 Cain 检索图 12 所示的映射图，来计算校正系数 K_gcyl_vt。

[0249] 之后，进到步骤 33，根据在步骤 31 和 32 中计算出的 2 个值 Gcyl_vt_base 和 K_gcyl_vt，使用上述式 (1) 计算第 1 估计进气量 Gcyl_vt。

[0250] 然后，在步骤 34 中，使用上述式 (2) 计算估计流量 Gin_vt。之后，进到步骤 35，判别可变机构故障标志 F_VDNG 是否是“1”。

[0251] 在未作图示的故障判定处理中，判定为可变气门升程机构 50 和可变凸轮相位机构 70 中的至少一方发生故障时，该可变机构故障标志 F_VDNG 被设定为“1”，当判定为全都是正常时被设定为“0”。另外，在以下说明中，把可变气门升程机构 50 和可变凸轮相位机构 70 统称为“2 个可变机构”。

[0252] 当步骤 35 的判别结果是“否”，即 2 个可变机构全都是正常时，进到步骤 36，判别空气流量传感器故障标志 F_AFMNG 是否是“1”。在未作图示的故障判定处理中，判定为空气流量传感器 22 发生故障时，该空气流量传感器故障标志 F_AFMNG 被设定为“1”，当判定为是正常时被设定为“0”。

[0253] 当步骤 36 的判别结果是“否”，即空气流量传感器 22 是正常时，进到步骤 37，如上所述，通过根据估计流量 Gin_vt 检索图 13 所示的映射图，来计算转换系数 Kg。

[0254] 另一方面，当步骤 36 的判别结果是“是”，即空气流量传感器 22 发生故障时，进到步骤 38，把转换系数 Kg 设定为值 0。

[0255] 在继步骤 37 或 38 之后的步骤 39 中，使用上述式 (4) 计算出计算进气量 Gcyl。然后，在步骤 40 中，把基本燃料喷射量 Tcyl_bs 设定为换算系数与计算进气量的积 Kgt • Gcyl，之后结束本处理。

[0256] 另一方面，当步骤 35 的判别结果是“是”，即判定为 2 个可变机构中的至少一方发生故障时，进到步骤 41，把计算进气量 Gcyl 设定为上述规定的故障时用值 Gcyl_fs。然后，执行上述步骤 40，之后结束本处理。

[0257] 回到图 24，在步骤 21 中，如上所述计算基本燃料喷射量 Tcyl_bs，之后进到步骤 22，计算总校正系数 KTOTAL。具体地说，如上所述，通过根据各种运转参数（例如进气温度 TA、大气压 PA、发动机水温 TW、油门开度 AP 等）检索各种映射图，来计算各种校正系数，并将这些各种校正系数相乘，由此计算总校正系数 KTOTAL。

[0258] 然后，进到步骤 23，使用上述式 (11) 计算要求燃料喷射量 Tcyl。之后，在步骤 24 中，如上所述，通过对要求燃料喷射量 Tcyl 实施规定的燃料附着校正处理，来计算燃料喷射量 TOUT。之后，结束本处理。由此，燃料喷射阀 10 被控制成使燃料喷射阀 10 的燃料喷射定时和开阀时间为基于该燃料喷射量 TOUT 的值。结果，当空燃比反馈控制的执行条件成立时，检测空燃比 KACT 被控制成收敛于目标空燃比 KCMD。

[0259] 下面，参照图 26 对在 ECU2 中通过定时器设定来按上述的控制周期 ΔTk 所执行的

控制处理进行说明。在该处理中，首先，在步骤 50 中，读入存储在 RAM 内的第 1 估计进气量 Gcyl_vt、第 2 估计进气量 Gcyl_afm、检测空燃比 KACT 以及空燃比校正系数 KAF 的值。

[0260] 然后，进到步骤 51，判别反馈控制中标志 F_AFFB 是否是“1”。当是空燃比反馈控制执行中时，该反馈控制中标志 F_AFFB 被设定为“1”，当是除此以外时被设定为“0”。

[0261] 当步骤 51 的判别结果是“是”，即是空燃比反馈控制执行中时，进到步骤 52，判别发动机水温 TW 是否高于规定的判定值 TWREF。该规定值 TWREF 是发动机 3 的暖机运转结束判定用的值。

[0262] 当步骤 52 的判别结果是“是”，即发动机 3 的暖机运转结束时，进到步骤 53，判别吹扫完成标志 F_CANI 是否是“1”。当使吸附到罐内的蒸发燃料回到进气通路内的吹扫动作完成时，该吹扫完成标志 F_CANI 被设定为“1”，当是除此以外时被设定为“0”。

[0263] 当步骤 53 的判别结果是“是”，即吹扫动作完成时，进到步骤 54，执行校正后气门升程 Liftin_mod 的计算处理。后面对该计算处理的详情进行描述。

[0264] 另一方面，当以上的步骤 51 ～ 53 中的任一方的判别结果是“否”时，校正后气门升程 Liftin_mod 的计算条件不成立，进到步骤 56，把校正后气门升程 Liftin_mod 设定为其上次值 Liftin_modz。如上所述，在不是空燃比反馈控制中的情况下，在发动机 3 的暖机运转未结束的情况下，或者在吹扫动作未完成的情况下，空燃比处于不稳定的控制状态，升程校正值 Dlift 的计算精度下降，从而可能会使校正后气门升程 Liftin_mod 的计算精度下降，因而为了避免这一点，不更新校正后气门升程 Liftin_mod，而使用其上次值。

[0265] 在继步骤 54 或 56 之后的步骤 55 中，如后所述，执行可变机构控制处理，之后结束本处理。

[0266] 下面，参照图 27 对上述的校正后气门升程 Liftin_mod 的计算处理进行说明。首先，在步骤 60 中，使用上述的式 (12) 和 (13) 计算空燃比误差估计值 Eaf。

[0267] 然后，进到步骤 61，使用上述的式 (14) 计算第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p。之后，在步骤 62 中，通过根据第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 和发动机转速 NE 检索上述的图 19 所示的映射图，来计算基本误差权重 W_base。

[0268] 在继步骤 62 之后的步骤 63 中，通过根据凸轮相位 Cain 和发动机转速 NE 检索上述的图 20 所示的映射图，来计算误差权重校正系数 K_w。

[0269] 然后，在步骤 64 中，使用上述的式 (15) 计算误差权重 W，之后在步骤 65 中，使用上述的式 (16) 计算修正误差 Weaf。

[0270] 在继步骤 65 之后的步骤 66 中，使用上述的式 (17) ～ (24) 计算基本升程校正值 Dlift_bs。之后，进到步骤 67，通过根据第 2 校正后气门升程 Liftin_mod_p 和发动机转速 NE 检索上述的图 21 所示的映射图，来计算基本灵敏度 R_base。

[0271] 然后，进到步骤 68，通过根据凸轮相位 Cain 和发动机转速 NE 检索上述的图 22 所示的映射图，来计算灵敏度校正系数 K_r。之后，在步骤 69 中，使用上述的式 (25) 计算校正灵敏度 Rlift。

[0272] 在继步骤 69 之后的步骤 70 中，使用上述的式 (26) 计算升程校正值 Dlift。然后，进到步骤 71，使用上述的式 (27) 计算校正后气门升程 Liftin_mod。之后结束本处理。

[0273] 下面，参照图 28 对上述的可变机构控制处理进行说明。本处理是计算用于分别控制 2 个可变机构的 2 个控制输入 U_Liftin 和 U_Cain 的处理。

[0274] 在该处理中，首先，在步骤 80 中，判别上述的可变机构故障标志 F_VDNG 是否是“1”。当该判别结果是“否”，即 2 个可变机构全都是正常时，进到步骤 81，判别发动机起动标志 F_ENGSTART 是否是“1”。

[0275] 该发动机起动标志 F_ENGSTART 是通过在未作图示的判定处理中，根据发动机转速 NE 和 IG・SW 29 的接通 / 断开信号，判定是否是在发动机起动控制中即反冲起动 (cranking) 中来设定的，具体地说，当是发动机起动控制中时被设定为“1”，当是除此以外时被设定为“0”。

[0276] 当步骤 81 的判别结果是“是”，即是发动机起动控制中时，进到步骤 82，通过根据发动机水温 TW 检索图 29 所示的映射图，来计算目标气门升程 Liftin_cmd。

[0277] 在该映射图中，目标气门升程 Liftin_cmd 在发动机水温 TW 高于规定值 TWREF1 的范围内，被设定为发动机水温 TW 越低则其越大的值，并且在 TW ≤ TWREF1 的范围内，被设定为规定值 Liftinref。这是因为，由于在发动机水温 TW 低的情况下，可变气门升程机构 50 的摩擦增大，因而对此进行补偿。

[0278] 然后，在步骤 83 中，通过根据发动机水温 TW 检索图 30 所示的映射图，来计算目标凸轮相位 Cain_cmd。

[0279] 在该映射图中，目标凸轮相位 Cain_cmd 在发动机水温 TW 高于规定值 TWREF2 的范围内，被设定为发动机水温 TW 越低则其越是滞后侧的值，并且在 TW ≤ TWREF2 的范围内，被设定为规定值 Cainref。这是为了在发动机水温 TW 低的情况下，与发动机水温 TW 高的情况相比把凸轮相位 Cain 控制到更靠滞后侧，减小气门重叠度，由此使进气流速上升，实现燃烧的稳定化。

[0280] 然后，进到步骤 84，使用下式 (28) ～ (31) 所示的目标值滤波型 2 自由度响应指定型控制算法来计算升程控制输入 U_Liftin。

[0281] $$U_Liftin(k)=-Krch_lf\cdot\sigma_lf(k)-Kadp_lf\cdot\sum_{i=0}^{k}\sigma_lf(i) \quad \cdots\cdots (28)$$

[0282] $$\sigma_lf(k) = E_lf(k)+pole_lf \cdot E_lf(k-1) \quad .....(29)$$

[0283] $$E_lf(k) = Liftin_mod(k)-Liftin_cmd_f(k) \quad .....(30)$$

[0284] $$Liftin_cmd_f(k) = -pole_f_lf \cdot Liftin_cmd_f(k-1)$$

[0285] $$+(1+pole_f_lf) \cdot Liftin_cmd(k) \quad .....(31)$$

[0286] 在该式 (28) 中，Krch_lf 表示规定的趋近律增益，Kadp_lf 表示规定的自适应律增益，而且，σ lf 是按式 (29) 所定义的切换函数。在该式 (29) 中，pole_lf 是被设定成使 -1 ＜ pole_lf ＜ 0 的关系成立的切换函数设定参数，E_lf 是使用式 (30) 所计算的跟随误差。在该式 (30) 中，Liftin_cmd_f 是目标气门升程的滤波值，是使用式 (31) 所示的一次延迟滤波算法来计算的。在该式 (31) 中，pole_f_lf 是被设定成使 -1 ＜ pole_f_lf ＜ 0 的关系成立的目标值滤波设定参数。

[0287] 然后，进到步骤 85，使用下式 (32) ～ (35) 所示的目标值滤波型 2 自由度响应指定型控制算法来计算相位控制输入 U_Cain。

[0288] $$U_Cain(k)=-Krch_ca\cdot\sigma_ca(k)-Kadp_ca\cdot\sum_{i=0}^{k}\sigma_ca(i) \quad \cdots\cdots (32)$$

[0289] $$\sigma_ca(k) = E_ca(k)+pole_ca \cdot E_ca(k-1) \quad .....(33)$$

[0290] $E_ca(k) = Cain(k) - Cain_cmd_f(k)$ .....(34)

[0291] $Cain_cmd_f(k) = -pole_f_ca \cdot Cain_cmd_f(k-1)$

[0292] $+(1+pole_f_ca) \cdot Cain_cmd(k)$ .....(35)

[0293] 在该式 (32) 中，Krch_ca 表示规定的趋近律增益，Kadp_ca 表示规定的自适应律增益，而且，σ_ca 是按式 (33) 所定义的切换函数。在该式 (33) 中，pole_ca 是被设定成使 $-1 < pole_ca < 0$ 的关系成立的切换函数设定参数，E_ca 是使用式 (34) 所计算的跟随误差。在该式 (34) 中，Cain_cmd_f 是目标凸轮相位的滤波值，是使用式 (35) 所示的一次延迟滤波算法来计算的。在该式 (35) 中，pole_f_ca 是被设定成使 $-1 < pole_f_ca < 0$ 的关系成立的目标值滤波设定参数。

[0294] 在步骤 85 中，按以上那样计算相位控制输入 U_Cain，之后结束本处理。

[0295] 另一方面，当步骤 81 的判别结果是“否”，即不是发动机起动控制中时，进到步骤 86，判别油门开度 AP 是否小于规定值 APREF。当该判别结果是“是”，即未踩下油门踏板时，进到步骤 87，判别起动后定时器的计时值 Tast 是否小于规定值 Tastlmt。

[0296] 当该判别结果是“是”，即 $Tast < Tastlmt$ 时，应执行催化剂暖机控制，进到步骤 88，通过根据起动后定时器的计时值 Tast 和发动机水温 TW 检索图 31 所示的映射图，来计算目标气门升程 Liftin_cmd。在该图中，TW1 ～ TW3 表示 $TW1 < TW2 < TW3$ 的关系成立的发动机水温 TW 的规定值，这一点在以下说明中也是一样。

[0297] 在该映射图中，目标气门升程 Liftin_cmd 被设定为发动机水温 TW 越低则其越大的值。这是因为，由于发动机水温 TW 越低，催化剂活化所需要的时间就越长，因而通过增大排气容积，来缩短催化剂活化所需要的时间。此外，在该映射图中，目标气门升程 Liftin_cmd 在起动后定时器的计时值 Tast 小的期间，被设定为计时值 Tast 越大则其越大的值，在计时值 Tast 大于一定程度的区域内，被设定为计时值 Tast 越大则其越小的值。这是为了避免在随着催化剂暖机控制的执行时间经过，发动机 3 的暖机工作，从而摩擦下降的情况下，如果不减少吸入空气量，则为使发动机转速 NE 维持在目标值，点火正时处于被过度滞后控制的状态，燃烧状态变得不稳定。

[0298] 然后，在步骤 89 中，通过根据起动后定时器的计时值 Tast 和发动机水温 TW 检索图 32 所示的映射图，来计算目标凸轮相位 Cain_cmd。

[0299] 在该映射图中，目标凸轮相位 Cain_cmd 被设定为发动机水温 TW 越低则其越是超前侧的值。这是因为，由于发动机水温 TW 越低，如上所述催化剂活化所需要的时间就越长，因而通过减少泵气损失 (pumpingloss)，并增大吸入空气量，来缩短催化剂活化所需要的时间。此外，在该映射图中，目标凸轮相位 Cain_cmd 在起动后定时器的计时值 Tast 小的期间，被设定为计时值 Tast 越大则其越是滞后侧的值，在计时值 Tast 大于一定程度的区域内，被设定为计时值 Tast 越大则其越是超前侧的值。这是由于与在图 31 的说明中所述相同的理由。

[0300] 然后，如上所述，执行步骤 84 和 85，之后结束本处理。

[0301] 另一方面，当步骤 86 或 87 的判别结果是“否”时，即 $Tast \geq Tastlmt$ 时，或者当踩下了油门踏板时，进到步骤 90，通过根据发动机转速 NE 和油门开度 AP 检索图 33 所示的映射图，来计算目标气门升程 Liftin_cmd。在该图中，AP1 ～ AP3 表示 $AP1 < AP2 < AP3$ 的关系成立的油门开度 AP 的规定值，这一点在以下的说明中也是一样。

[0302] 在该映射图中，目标气门升程 Liftin_cmd 被设定为发动机转速 NE 越高、或者油门开度 AP 越大则其越大的值。这是因为，发动机转速 NE 越高、或者油门开度 AP 越大，对发动机 3 的要求输出则越大，从而要求更大的吸入空气量。

[0303] 然后，在步骤 91 中，通过根据发动机转速 NE 和油门开度 AP 检索图 34 所示的映射图，来计算目标凸轮相位 Cain_cmd。在该映射图中，当油门开度 AP 小且在中转速区域内时，目标凸轮相位 Cain_cmd 被设定为与除此以外时相比更靠近超前侧的值。这是因为，在这种运转状态下，有必要减少泵气损失。

[0304] 继步骤 91 之后，如上所述，执行步骤 84 和 85，之后结束本处理。

[0305] 另一方面，当步骤 80 的判别结果是“是”，即 2 个可变机构中的至少一方发生故障时，进到步骤 92，把升程控制输入 U_Liftin 设定为规定的故障时用值 U_Liftin_fs，并把相位控制输入 U_Cain 设定为规定的故障时用值 U_Cain_fs，之后结束本处理。这样，如上所述，气门升程 Liftin 被保持为规定的锁定值，并且凸轮相位 Cain 被保持为规定的锁定值，由此，可在停车中适当地执行怠速运转或发动机起动，同时可在行驶中维持低速行驶状态。

[0306] 在本处理中，如上所述，计算升程控制输入 U_Liftin 和相位控制输入 U_Cain。然后，通过将这些控制输入 U_Liftin 和 U_Cain 分别输入到可变气门升程机构 50 和可变凸轮相位机构 70，来控制吸入空气量。

[0307] 下面，对按以上那样构成的第 1 实施方式的控制装置 1 的控制结果进行说明。图 35 示出当使用控制装置 1 执行了空燃比控制处理和可变机构控制处理时的控制结果例。

[0308] 如该图所示，在转换系数 Kg ＝ 0、而且仅基于第 1 估计进气量 Gcyl_vt 的空燃比控制执行中，在时刻 t1，由于升程误差等而使空燃比误差估计值 Eaf 骤增到正侧，与此同时，修正误差 Weaf 也骤增。结果，根据上述的式 (17) ～ (24) 的控制算法，基本升程校正值 Dlift_bs 变化到负值侧，其绝对值骤增，以使修正误差 Weaf 收敛于值 0。即，计算出基本升程校正值 Dlift_bs，以消除升程误差。

[0309] 此外，在时刻 t1，基本升程校正值 Dlift_bs 小于等于上述规定的下限值 Dlift_bs_L，由此遗忘系数 λ 从值 1 被切换到规定值 λlmt。然后，在时刻 t1 以后，由于遗忘系数 λ 的遗忘效果，随着时间经过，基本升程校正值 Dlift_bs 的绝对值减少，在 Dlift_bs ＞ Dlift_bs_L 成立的时刻 (时刻 t2)，遗忘系数 λ 从规定值 λlmt 被切换到值 1。结果，遗忘系数 λ 的遗忘效果消失，使用上述的式 (20)、(21) 将自适应律输入 Uadp 计算为切换函数 σ 的积分值，由此借助自适应律输入 Uadp 的功能，将基本升程校正值 Dlift_bs 计算为能迅速且适当地消除升程误差的值。

[0310] 然后，发动机 3 的负荷发生变化，由此在时刻 t3 以后，转换系数 Kg 从值 0 递增，伴随于此，修正误差 Weaf 减少，在转换系数 Kg ＝ 1 的时刻 (时刻 t4)，尽管修正误差 Weaf 是值 0，然而借助自适应律输入 Uadp 的功能，在该时刻以后，将基本升程校正值 Dlift_bs 保持为能迅速且适当地消除升程误差的值，而不收敛于值 0。

[0311] 之后，在时刻 t5，转换系数 Kg 从值 1 开始递减，伴随于此，修正误差 Weaf 变化成增加到正侧，基本升程校正值 Dlift_bs 变化成在负值侧其绝对值增大。结果可知，在燃料喷射量 TOUT 的计算中，从开始反映第 1 估计进气量 Gcyl_vt 的时刻起，升程误差被适当地补偿。然后，在时刻 t6 以后，转换系数 Kg 被保持为比值 1 小的正值，计算基本升程校正值 Dlift_bs，以使修正误差 Weaf 收敛于值 0。

[0312] 并且，图 36 示出第 1 实施方式的控制装置 1 的空燃比控制结果例，图 37 为了比较而示出在将升程校正值 Dlift 保持在值 0 的情况下，即设定为 Liftin_mod ＝ Liftin 的情况下的控制结果例（以下称为“比较例”）。另外，这些控制结果全都是为了容易理解而将目标空燃比 KCMD 设定为值 1 的情况下的控制结果。

[0313] 当参照两个图时可知，在图 37 的比较例中，频繁发生空燃比校正系数 KAF 从目标空燃比 KCMD 朝浓侧大大偏离且保持在浓侧的状态。相比之下可知，在图 36 的本实施方式的控制结果例中，空燃比校正系数 KAF 被保持在目标空燃比 KCMD 附近，可确保高水准的控制精度。

[0314] 并且，在两个图中，当参照目标空燃比 KCMD 和检测空燃比 KACT 之间的偏差即空燃比误差时可知，在比较例中，频繁产生较大的空燃比误差。相比之下可知，在本实施方式的控制结果例中，空燃比误差被抑制为比比较例小的值，可确保高的控制精度。如上所述可知，通过使用本实施方式的升程校正值 Dlift，可高精度地补偿升程误差，由此，可在空燃比控制中确保高的控制精度。

[0315] 如上所述，根据本实施方式的控制装置 1，误差权重 W 是使用由图 19、20 构成的响应曲面模型来计算的，通过利用误差权重 W 校正（修正）空燃比误差估计值 Eaf，来计算修正误差 Weaf。由于该误差权重 W 如上所述被计算为表示空燃比误差估计值 Eaf 由于升程误差而产生的概率的值，换句话说，表示气门升程 Liftin 相对于空燃比误差估计值 Eaf 的影响程度的值，因而修正误差 Weaf 被计算为反映了气门升程 Liftin 相对于空燃比误差估计值 Eaf 的影响程度的值。

[0316] 而且，计算基本升程校正值 Dlift_bs，以使这种修正误差 Weaf 收敛于值 0，通过使该基本升程校正值 Dlift_bs 乘以校正灵敏度 Rlift，来计算升程校正值 Dlift，通过使用利用该升程校正值 Dlift 校正了气门升程 Liftin 的校正后气门升程 Liftin_mod，检索图 11 的映射图即相关关系模型，来计算基本估计进气量 Gcyl_vt_base 即第 1 估计进气量 Gcyl_vt。因此，除了由于干扰而使空燃比误差临时增大的情况以外，还在由于气门升程 Liftin 的检测结果的可靠性下降或可变气门升程机构 50 的特性变化等而发生升程误差，由此使空燃比误差估计值 Eaf 即空燃比误差处于容易临时增大的状态的情况下，可利用第 1 估计进气量 Gcyl_vt 不多不少地适当补偿该空燃比误差。

[0317] 假如在设误差权重 W ＝ 1、Eaf ＝ Weaf 来计算出第 1 估计进气量 Gcyl_vt 的情况下，以升程误差作为主要原因而发生了空燃比误差估计值 Eaf 时，即气门升程 Liftin 相对于空燃比误差估计值 Eaf 的影响程度大时，可利用这样计算出的第 1 估计进气量 Gcyl_vt 适当补偿空燃比误差估计值 Eaf 即空燃比误差。然而，当气门升程 Liftin 相对于空燃比误差估计值 Eaf 的影响程度小时，即以升程误差以外的干扰等作为主要原因而发生了空燃比误差时，即使使用第 1 估计进气量 Gcyl_vt 也不能适当地补偿空燃比误差，处于过大补偿或过小补偿状态。因此，通过使用上述的误差权重 W，可利用第 1 估计进气量 Gcyl_vt 不多不少地适当补偿空燃比误差。

[0318] 此外，由于第 1 估计进气量 Gcyl_vt 是使用表示校正后气门升程 Liftin_mod 与第 1 估计进气量 Gcyl_vt 之间的相关关系的图 11 的映射图来计算的，因而与利用使用反馈控制算法所计算的空燃比校正系数 KAF 来补偿空燃比误差的情况相比，可更迅速地补偿空燃比误差。如上所述，即使在由于升程误差而使空燃比误差临时增大的条件下，也能适当且迅

速地补偿空燃比误差，由此，即使当发动机 3 处于过渡运转状态时，也能确保高水准的控制精度。

[0319] 而且，空燃比误差估计值 Eaf 相对于升程误差的灵敏度是根据凸轮相位 Cain 和发动机转速 NE 的影响而变化的，而如上所述，误差权重 W 是除了根据气门升程 Liftin 以外，还根据凸轮相位 Cain 和发动机转速 NE 来计算的，因而计算误差权重 W，以反映凸轮相位 Cain 和发动机转速 NE 相对于空燃比误差估计值 Eaf 的影响程度。因此，通过使用这种误差权重 W，在也反映凸轮相位 Cain 和发动机转速 NE 相对于升程误差的影响的同时，可计算第 1 估计进气量 Gcyl_vt，以补偿空燃比误差估计值 Eaf 即空燃比误差。结果，可进一步提高控制精度。

[0320] 并且，校正灵敏度 Rlift 被计算为表示空燃比误差估计值 Eaf 相对于升程误差的灵敏度的值，并且升程校正值 Dlift 是通过使基本升程校正值 Dlift_bs 乘以校正灵敏度 Rlift 来计算的，因而如上所述，可避免在升程误差灵敏度低的条件下的利用基本升程校正值 Dlift_bs 进行的空燃比误差估计值 Eaf 的过补偿。此外，由于在校正灵敏度 Rlift 的计算中使用的灵敏度校正系数 K_r 的超前侧的值被设定为比在误差权重 W 的计算中使用的误差权重校正系数 K_w 更接近值 1 的值，因而如上所述，可避免由于当燃料喷射量 TOUT 被计算为小的值时的误计算而引起的混合气的稀化，可确保燃烧的稳定性。

[0321] 另外，第 1 实施方式是使用上述的式 (17) ～ (24) 所示的控制算法作为基本升程校正值 Dlift_bs 的计算算法的例子，然而取而代之，可以使用下式 (36) ～ (44) 所示的将自适应干扰观测器和滑模控制算法组合而应用的控制算法来计算基本升程校正值 Dlift_bs。

[0322] $\sigma(k) = Weaf(k)+S \cdot Weaf(k-1)$ .....(36)

[0323] $Urch(k) = -Krch \cdot \sigma(k)$ .....(37)

[0324] $Unl(k) = -Knl \cdot sgn(\sigma(k))$ .....(38)

[0325] $\sigma hat(k) = Urch(k-1)+Unl(k-1)+Uls(k-1)$ .....(39)

[0326] $E_sig(k) = \sigma(k)-\sigma_hat(k)$

[0327] $= \sigma(k)-Urch(k-1)-Unl(k-1)-Uls(k-1)$ .....(40)

[0328] $$Uls(k)=\lambda \cdot Uls(k-1)+\frac{P}{1+P}E_sig(k) \quad \cdots\cdots (41)$$

[0329] • $Dlift_bs_L < Dlift_bs(k-1) < Dlift_bs_H$ 时

[0330] $\lambda = 1$ .....(42)

[0331] • $Dlift_bs(k-1) \leqslant Dlift_bs_L$ 或 $Dlift_bs_H \leqslant Dlift_bs(k-1)$ 时

[0332] $\lambda = \lambda lmt$ .....(43)

[0333] $Dlift_bs(k) = Urch(k)+Unl(k)+Uls(k)$ .....(44)

[0334] 上式 (39) 的 σ_hat 是切换函数的估计值，Uls 是干扰估计值。该干扰估计值 Uls 是使用式 (40)、(41) 所示的固定增益式的辨认算法来计算的。该式 (40) 的 E_sig 表示估计误差。并且，式 (41) 的 P 是一定值的辨认增益。另外，上式 (39) ～ (43) 是自适应干扰观测器中的干扰估计值 Uls 的计算算法。

[0335] 在以上的基本升程校正值 Dlift_bs 的计算算法 (36) ～ (44) 的控制算法中，干扰估计值 Uls 相当于积分项，在式 (41) 中，使干扰估计值的上次值 Uls(k-1) 乘以遗忘系数

λ，并且在基本升程校正值 Dlift_bs 的绝对值大的情况下，遗忘系数 λ 被设定为 0 ＜ λ ＜ 1 的范围内的值。由此，可避免由于上述的遗忘系数 λ 的遗忘效果而使空燃比校正系数 KAF 和基本升程校正值 Dlift_bs 的各自的控制算法中的积分项 Uadp'、Uls 相互干扰而呈现振动举动，并可避免积分项 Usl 即基本升程校正值 Dlift_bs 的绝对值增大。结果，可避免第 1 估计进气量 Gcyl_vt 处于振动状态、或者临时成为不适当的值，可提高过渡控制性。并且，在基本升程校正值的上次值 Dlift_bs(k-1) 的绝对值小的情况下，遗忘系数 λ 被设定为值 1，因而即使当修正误差 Weaf 在值 0 附近时，也能将基本升程校正值 Dlift_bs 保持为适当的值。由此，可提高修正误差 Weaf 开始增大时的响应性，可提高控制精度。

[0336] 除了以上以外，由于干扰估计值 Uls 是使用自适应干扰观测器中的固定增益式的辨认算法来计算的，因而与使用自适应率输入 Uadp 的第 1 实施方式的控制算法相比，可进一步提高基本升程校正值 Dlift_bs 中的积分的波动举动和过冲举动的抑制能力。

[0337] 并且，第 1 实施方式是使用上述的式 (17) ～ (24) 所示的应用了滑模控制算法的控制算法作为响应指定型控制算法来计算基本升程校正值 Dlift_bs 的例子，然而作为响应指定型控制算法，可以使用应用了反向步进控制算法的控制算法。这样，即使在使用应用了反向步进控制算法的控制算法作为基本升程校正值 Dlift_bs 的计算算法的情况下，也能取得与使用第 1 实施方式的式 (17) ～ (24) 所示的控制算法的情况相同的作用效果。

[0338] 而且，第 1 实施方式是使用上述的式 (17) ～ (24) 作为基本升程校正值 Dlift_bs 的计算算法的例子，然而基本升程校正值 Dlift_bs 的计算算法不限于此，只要是能计算基本升程校正值 Dlift_bs，以使修正误差 Weaf 收敛于值 0 的算法即可。例如，作为基本升程校正值 Dlift_bs 的计算算法，可以使用 PID 控制算法、最佳控制算法和 H∞控制算法等。这样，在使用 PID 控制算法、最佳控制算法和 H∞控制算法等来计算基本升程校正值 Dlift_bs 的情况下，与第 1 实施方式的式 (17) ～ (24) 的控制算法相比，具有招致修正误差 Weaf 对值 0 的过冲的抑制效果的下降或者耐受性下降的可能性，在这一点上，第 1 实施方式的控制算法是优良的。

[0339] 并且，第 1 实施方式是使用上述的式 (6) ～ (10) 的控制算法作为计算用作第 2 输入值的空燃比校正系数 KAF 的规定的反馈控制算法的例子，然而本发明的用于计算第 2 输入值的规定的反馈控制算法不限于此，只要是能计算第 2 输入值以使控制量收敛于目标值的算法即可。例如，可以使用日本特开 2006-2591 号公报所公开的自调调节器 (Self TuningRegulator) 的计算算法来计算用作第 2 输入值的空燃比校正系数 KAF。

[0340] 并且，作为用作第 2 输入值的空燃比校正系数 KAF 的计算算法，可以使用上述的式 (36) ～ (44) 的控制算法，也可以使用反向步进控制算法、PID 控制算法、最佳控制算法和 H∞控制算法等。

[0341] 而且，第 1 实施方式是使用由图 21、22 构成的响应曲面模型来计算校正灵敏度 Rlift 的例子，然而可以取代由图 21、22 构成的响应曲面模型而使用由图 19、20 构成的响应曲面模型来计算校正灵敏度 Rlift。即，可以把校正灵敏度 Rlift 计算为与误差权重 W 相等的值。此外，在没有必要避免在升程误差灵敏度低的条件下的利用升程校正值 Dlift 进行的空燃比误差估计值 Eaf 的过补偿的情况下，省略式 (25)，在式 (26) 中，通过设定为 Rlift ＝ 1，可以设定为 Dlift ＝ Dlift_bs。即，可以把基本升程校正值 Dlift_bs 用作升程校正值 Dlift。

[0342] 并且，第 1 实施方式是把气门升程 Liftin 用作工作状态参数的例子，然而本发明的控制装置中的工作状态参数当然不限于这些。例如，在控制具有可变凸轮相位机构 70 的发动机 3 的空燃比的情况下，可以把凸轮相位 Cain 用作工作状态参数。而且，在控制不具有可变气门升程机构 50 和可变凸轮相位机构 70 等而仅具有节气门机构的发动机的空燃比的情况下，可以把节气门机构的开度用作工作状态参数。此外，在具有进气管内压传感器和曲轴角传感器、而且根据这些参数控制空燃比的所谓的速度 / 密度方式的发动机的情况下，可以把进气管内压和发动机转速 NE 用作工作状态参数。

[0343] 而且，第 1 实施方式作为修正相关关系模型的方法，是利用作为校正后修正值的升程校正值 Dlift 校正（修正）作为第 2 参照参数的气门升程 Liftin 的例子，然而本发明的修正相关关系模型的方法不限于此，只要是能修正相关关系模型的方法即可。例如，可以是利用校正后修正值修正第 1 输入值侧的方法。

[0344] 以下，对根据本发明的第 2 实施方式的控制装置 1A（参照图 38）进行说明。另外，在以下说明中，关于与第 1 实施方式相同的结构，附上相同符号，并省略其说明。该控制装置 1A 是应用于所谓的 FR 方式的车辆（未作图示）的控制装置，具体地说，是执行该车辆的牵引控制的控制装置，该 FR 方式的车辆将上述的具有自动变速器的发动机 3 安装在前侧，并将全都未作图示的后轮和前轮分别用作驱动轮和非驱动轮。

[0345] 另外，牵引控制是指以下控制方法，即：在车辆的加速时，当发生发动机扭矩变得过大、且驱动轮相对于非驱动轮进行空转的状态时，通过降低发动机扭矩来避免空转状态，从而使车辆的稳定性确保和加速性提高两者并存。

[0346] 如图 38 所示，该控制装置 1A 具有 ECU2，该 ECU2 除了与上述的传感器 20 ～ 27 等连接以外，还连接有左右的前轮速传感器 80、81 和左右的后轮速传感器 82、83。另外，在本实施方式中，曲轴角传感器 20 相当于参照参数检测单元和第 2 参照参数检测单元。

[0347] 左右的前轮速传感器 80、81 分别把表示左右的前轮速的检测信号输出到 ECU2，左右的后轮速传感器 82、83 分别把表示左右的后轮速的检测信号输出到 ECU2。ECU2 根据左右的前轮速传感器 80、81 的检测信号计算左右的前轮速，并计算它们的相加平均值作为非驱动轮速 Ws_ref。而且，ECU2 根据左右的后轮速传感器 82、83 的检测信号计算左右的后轮速，并计算它们的相加平均值作为驱动轮速 Ws_act。

[0348] 另外，在本实施方式中，左右的前轮速传感器 80、81 相当于第 1 参照参数检测单元，非驱动轮速 Ws_ref 相当于第 1 参照参数，左右的后轮速传感器 82、83 相当于控制量检测单元，驱动轮速 Ws_act 相当于控制量和车辆的车轮速度。

[0349] 并且，如图 39 所示，控制装置 1A 具有牵引控制器 200。该牵引控制器 200 如下所述，是避免驱动轮的空转状态、并计算发动机扭矩 Trq 作为可使车辆的稳定性确保和加速性提高两者并存的发动机 3 的扭矩的控制器，具体地说，由 ECU2 构成。另外，在本实施方式中，牵引控制器 200 相当于控制输入计算单元，发动机扭矩 Trq 相当于控制输入和内燃机的输出。

[0350] 如该图所示，牵引控制器 200 具有：目标车轮速计算部 201，车轮速反馈控制器 202，最大 / 最小扭矩计算部 203，标准化要求驱动力计算部 204，乘法要素 205，前馈扭矩计算部 206，加法要素 207 以及扭矩校正值计算部 210。

[0351] 首先，在目标车轮速计算部 201 中，使用下式 (45) 计算目标车轮速 Ws_cmd。另外，

在本实施方式中，目标车轮速计算部 201 相当于目标值设定单元，目标车轮速 Ws_cmd 相当于目标值。

[0352] $Ws_cmd(k) = Ws_ref(k)+OptSlip$ .....(45)

[0353] 上式 (45) 的 OptSlip 是与在驱动轮和非驱动轮之间可容许的滑移量相当的规定的滑移偏移值，在本实施方式中，被设定为一定值（例如 10km/h）。另外，该滑移偏移值 OptSlip 可以根据规定的参数（例如，非驱动轮速 Ws_ref，路面的摩擦阻力系数的估计值，横摆率传感器的检测信号以及车身的滑移角传感器的检测信号等），通过映射图检索或使用规定的计算式来决定。

[0354] 并且，在车轮速反馈控制器 202 中，根据目标车轮速 Ws_cmd 和驱动轮速 Ws_act，使用后述的方法来计算扭矩反馈值 Trq_fb。另外，在本实施方式中，扭矩反馈值 Trq_fb 相当于第 2 输入值。

[0355] 而且，在扭矩校正值计算部 210 中，根据扭矩反馈值 Trq_fb、发动机转速 NE 以及非驱动轮速 Ws_ref，使用后述的方法来计算扭矩校正值 Ktrq。另外，在本实施方式中，扭矩校正值计算部 210 相当于模型修正单元和校正后修正值计算单元，扭矩校正值 Ktrq 相当于校正后修正值。

[0356] 另一方面，在最大 / 最小扭矩计算部 203 中，通过根据发动机转速 NE 检索图 40 所示的映射图，来分别计算最大扭矩 Trq_max 和最小扭矩 Trq_min。该图的 NEhigh 表示规定的最大容许转速（例如 7000rpm）。这些值 Trq_max、Trq_min 相当于在该发动机转速 NE 时可达到的发动机扭矩的最大值和最小值。并且，在该映射图中，最小扭矩 Trq_min 被设定为负值。这是因为，最小扭矩 Trq_min 相当于在未踩下油门踏板、且减速燃料切断运转中的发动机制动状态下的发动机扭矩。另外，在本实施方式中，最大扭矩 Trq_max 相当于参照参数、内燃机的输出限制值以及第 2 参照参数。

[0357] 并且，在标准化要求驱动力计算部 204 中，通过根据油门开度 AP 检索图 41 所示的映射图，来计算标准化要求驱动力 Ktrq_ap。该图的 APmax 表示油门开度的最大值 (100％)。并且，标准化要求驱动力 Ktrq_ap 表示以 AP = APmax 时的要求驱动力 Trq_apmax 为基准来使根据油门开度 AP 所决定的要求驱动力 Trq_ap 标准化后的值，即 $Ktrq_ap = Trq_ap \div Trq_apmax$ 成立的值。

[0358] 而且，在乘法要素 205 中，使用下式 (46) 计算校正后最大扭矩 Trq_max_mod。即，校正后最大扭矩 Trq_max_mod 是通过利用扭矩校正值 Ktrq 校正最大扭矩 Trq_max 来计算的。

[0359] $Trq_max_mod(k) = Ktrq(k) \cdot Trq_max(k)$ .....(46)

[0360] 并且，在上述的前馈扭矩计算部 206 中，使用下式 (47) 计算前馈扭矩 Trq_ff。

[0361] $Trq_ff(k) = Ktrq_ap(k)\{Trq_max_mod(k)-Ttrq_min(k)\}+Ttrq_min(k)$

[0362] .....(47)

[0363] 另外，在本实施方式中，前馈扭矩计算部 206 相当于第 1 输入值计算单元，前馈扭矩 Trq_ff 相当于第 1 输入值。而且，使用式 (46)、(47) 计算前馈扭矩 Trq_ff，这相当于使用修正后的相关关系模型来计算第 1 输入值。

[0364] 然后，在加法要素 207 中，使用下式 (48) 最终计算发动机扭矩 Trq。即，发动机扭矩 Trq 被计算为扭矩反馈值 Trq_fb 和前馈扭矩 Trq_ff 的和。

[0365] $Trq(k) = Trq_fb(k)+Trq_ff(k)$ .....(48)

[0366] 下面，对上述的车轮速反馈控制器 202 进行说明。在该车轮速反馈控制器 202 中，使用以下的式 (49) ～ (59) 所示的将目标值滤波型 2 自由度滑模控制算法和自适应干扰观测器组合而应用的控制算法来计算扭矩反馈值 Trq_fb。

[0367] $Ws_cmd_f(k) = -Rt \cdot Ws_cmd_f(k-1)+(1+Rt)Ws_cmd(k)$ .....(49)

[0368] $Et(k) = Ws_act(k)-Ws_cmd_f(k)$ .....(50)

[0369] $\sigma t(k) = Et(k)+St \cdot Et(k-1)$ .....(51)

[0370] $Urch_t(k) = -Krch_t \cdot \sigma t(k)$ .....(52)

[0371] $Unl_t(k) = -Knl_t \cdot sgn(\sigma t(k))$ .....(53)

[0372] $\sigma t_hat(k) = Urch_t(k-1)+Unl_t(k-1)+Uls_t(k-1)$ .....(54)

[0373] $Et_sig(k) = \sigma t(k)-\sigma t_hat(k)$

[0374] $= \sigma t(k)-Urch_t(k-1)-Un_t(k-1)-Uls_t(k-1)$ .....(55)

[0375] $$Uls_t(k)=\lambda t \cdot Uls_t(k-1)+\frac{Pt}{1+Pt}Et_sig(k) \quad \cdots\cdots (56)$$

[0376] • $Uls_t_L < Uls_t(k-1) < Uls_t_H$ 时

[0377] $\lambda t = 1$ .....(57)

[0378] • $Uls_t(k-1) \leqslant Uls_t_L$ 或 $Uls_t_H \leqslant Uls_t(k-1)$ 时

[0379] $\lambda t = \lambda tlmt$ .....(58)

[0380] $Trq_fb(k) = Urch_t(k)+Unl_t(k)+Uls_t(k)$ .....(59)

[0381] 在该控制算法中，首先，使用式 (49) 所示的一次延迟类型的低通滤波算法来计算目标车轮速的滤波值 Ws_cmd_f。在该式 (49) 中，Rt 是目标值滤波设定参数，被设定成使 $-1 < Rt < 0$ 的关系成立的值。在该情况下，使用目标值滤波设定参数 Rt 的设定值来决定滤波值 Ws_cmd_f 向目标车轮速 Ws_cmd 的跟随速度。

[0382] 然后，使用式 (50) ～ (53) 所示的应用了滑模控制算法的控制算法来计算趋近律输入 Urch_t 和非线性输入 Unl_t。该式 (50) 的 Et 是跟随误差，式 (51) 的 σt 是切换函数。并且，式 (51) 的 St 是切换函数设定参数，被设定成使 $-1 < St < 0$ 的关系成立的值。在该情况下，使用切换函数设定参数 St 的设定值来指定跟随误差 Et 向值 0 的收敛速度。而且，式 (52) 的 Krch_t 表示规定的趋近律增益，式 (53) 的 Knl_t 表示规定的非线性输入用增益。而且，式 (53) 中的 $sgn(\sigma t(k))$ 是符号函数，其值被设定成，当 $\sigma t(k) \geqslant 0$ 时为 $sgn(\sigma t(k)) = 1$，并当 $\sigma t(k) < 0$ 时为 $sgn(\sigma t(k)) = -1$（另外，可以设定成，当 $\sigma t(k) = 0$ 时为 $sgn(\sigma t(k)) = 0$）。

[0383] 然后，使用式 (54) ～ (58) 所示的应用了自适应干扰观测器的控制算法来计算干扰估计值 Uls_t。该式 (54) 的 σt_hat 是切换函数的估计值，Uls_t 是干扰估计值。该干扰估计值 Uls_t 是使用式 (55)、(56) 所示的固定增益式的辨认算法来计算的。该式 (55) 的 Et_sig 表示估计误差，式 (56) 的 Pt 是一定值的辨认增益。

[0384] 而且，式 (56) 的 λt 是遗忘系数，其值如式 (57)、(58) 所示，根据干扰估计值的上次值 $Uls_t(k-1)$ 与规定的上下限值 Uls_t_H、Uls_t_L 的比较结果被设定为值 1 或规定值 $\lambda tlmt$。该上限值 Uls_t_H 被设定为正的规定值，下限值 Uls_t_L 被设定为负的规定值，并且规定值 $\lambda tlmt$ 被设定为 $0 < \lambda tlmt < 1$ 成立的值。

[0385] 然后，扭矩反馈值 Trq_fb 如式 (59) 所示，最终被计算为趋近律输入 Urch_t、非线性输入 Unl_t 以及干扰估计值 Uls_t 的和。

[0386] 如上所述，在车轮速反馈控制器 202 中，由于扭矩反馈值 Trq_fb 是使用式 (49) ～ (59) 所示的控制算法来计算的，因而该扭矩反馈值 Trq_fb 被计算为用于使驱动轮速 Ws_act 收敛于目标车轮速的滤波值 Ws_cmd_f 的值，即用于使驱动轮速 Ws_act 收敛于目标车轮速 Ws_cmd 的值。在该情况下，由于目标车轮速 Ws_cmd 如上所述是通过使非驱动轮速 Ws_ref 加上滑移偏移值 OptSlip 来计算的，因而在 Ws_act ≒ Ws_cmd 的状态下，处于 Ws_ref-Ws_act ≒ OptSlip 成立的状态。

[0387] 并且，在使用遗忘系数 λt 的同时，计算扭矩反馈值 Trq_fb，因而在干扰估计值的上次值 Uls_t(k-1) 的绝对值大的情况下，可避免由于遗忘系数 λt 的上述的遗忘效果而使作为积分项的干扰估计值 Uls_t 即扭矩反馈值 Trq_fb 增大。结果，如后所述，可避免由于根据该扭矩反馈值 Trq_fb 所计算的扭矩校正值 Ktrq 临时成为不适当的值而使前馈扭矩 Trq_ff 临时成为不适当的值。此外，可避免扭矩反馈值 Trq_fb 的计算算法中的作为积分项的干扰估计值 Uls_t 与扭矩校正值 Ktrq 的后述的计算算法中的积分项 (干扰估计值 Uls_v) 相互干扰而呈现振动举动。根据以上，可提高过渡控制性。并且，在干扰估计值的上次值 Uls_t(k-1) 的绝对值小的情况下，由于遗忘系数 λt 被设定为值 1，因而即使当跟随误差 Et 收敛于值 0 时，也能将扭矩反馈值 Trq_fb 保持为可迅速补偿跟随误差 Et 的适当的值，由此，可提高跟随误差 Et 开始增大时的响应性。

[0388] 下面，参照图 42 对上述的扭矩校正值计算部 210 进行说明。该扭矩校正值计算部 210 计算用于校正最大扭矩 Trq_max 的扭矩校正值 Ktrq，并如该图所示，具有 :误差权重计算部 211，扭矩误差计算部 212，修正扭矩误差计算部 213，基本扭矩校正值计算部 214，扭矩校正灵敏度计算部 215 以及乘法要素 216。

[0389] 首先，在误差权重计算部 211 中，通过根据发动机转速 NE 和非驱动轮速 Ws_ref 检索图 43 所示的映射图，来计算误差权重 Wt。该误差权重 Wt 表示以规定的驱动轮速和规定的发动机扭矩时的比 ΔWs_act_ref/ΔTrq_ref 的绝对值 |ΔWs_act_ref/ΔTrq_ref| 为基准来使驱动轮速 Ws_act 的变化量 ΔWs_act 和发动机扭矩 Trq 的变化量 ΔTrq 的比 ΔWs_act/ΔTrq 标准化后的值，即，Wt = (ΔWs_act/ΔTrq)÷(|ΔWs_act_ref/ΔTrq_ref|) 成立的值。

[0390] 由于油门开度 AP 骤增而使发动机转速 NE 与前馈扭矩 Trq_ff 之间的相关关系，即最大扭矩 Trq_max 与前馈扭矩 Trq_ff 之间的相关关系发生变化，由此，在假定发生扭矩误差 Etf 即驱动轮的滑移的情况下，该误差权重 Wt 表示该扭矩误差 Etf 由于发动机扭矩 Trq 的过大而发生的概率。具体地说，误差权重 Wt 被设定为扭矩误差 Etf 由于发动机扭矩 Trq 的过大而发生的概率越高则其越大的值。换句话说，误差权重 Wt 被计算为表示最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度的值。并且，这种最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度也根据变速器中的齿轮比而变化，因而在该图中，误差权重 Wt 是根据发动机转速 NE 和非驱动轮速 Ws_ref 来设定的。

[0391] 在该图中，Ws_ref1 ～ 3 表示 Ws_ref1 < Ws_ref2 < Ws_ref3 成立的非驱动轮速 Ws_ref 的规定值。在该映射图中，误差权重 Wt 被设定为非驱动轮速 Ws_ref 越高则其越小的值。这是因为，非驱动轮速 Ws_ref 高，使得变速器中的齿轮比越高，则越难以发生驱动轮

速的滑移，因而对应于此，进一步减小利用扭矩校正值 Ktrq 进行的最大扭矩 Trq_max 朝减少侧的校正量。并且，误差权重 Wt 针对发动机转速 NE 被设定为与发动机性能曲线中的扭矩曲线相同的倾向。这是因为，误差权重 Wt 是表示最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度的值。

[0392] 另外，在本实施方式中，误差权重计算部 211 相当于影响程度参数计算单元和第 2 影响程度参数计算单元，误差权重 Wt 相当于影响程度参数和第 2 影响程度参数。并且，图 43 是用于根据发动机转速 NE 和非驱动轮速 Ws_ref 来计算误差权重 Wt 的图，然而如上所述，由于最大扭矩 Trq_max 是根据发动机转速 NE 来决定的，因而图 43 可认为是表示最大扭矩 Trq_max、非驱动轮速 Ws_ref 以及误差权重 Wt 之间的相关关系的图。因此，图 43 相当于影响程度模型和第 2 影响程度模型。

[0393] 并且，在扭矩误差计算部 212 中，使用下式 (60) 计算扭矩误差 Etf。另外，在本实施方式中，扭矩误差计算部 212 相当于误差参数计算单元，扭矩误差 Etf 相当于误差参数。

[0394] $Etf(k) = Trq_fb(k) - Trq_fb_cmd(k)$ .....(60)

[0395] 上式 (60) 的 Trq_fb_cmd 是成为扭矩反馈值 Trq_fb 的目标的目标扭矩反馈值，被设定为规定的一定值 (例如值 0)。

[0396] 而且，在修正扭矩误差计算部 213 中，使用下式 (61) 计算修正扭矩误差 Wetrq。另外，在本实施方式中，修正扭矩误差计算部 213 相当于校正后误差参数计算单元，修正扭矩误差 Wetrq 相当于校正后误差参数。

[0397] $Wetrq(k) = Wt(k) \cdot Etf(k)$ .....(61)

[0398] 然后，在基本扭矩校正值计算部 214 中，使用下式 (62) ～ (69) 所示的应用了滑模控制算法的控制算法来计算基本扭矩校正值 Ktrq_bs。另外，在本实施方式中，基本扭矩校正值计算部 214 相当于修正值计算单元，基本扭矩校正值 Ktrq_bs 相当于修正值。

[0399] $\sigma v(k) = Wetrq(k) + Sv \cdot Wetrq(k-1)$ .....(62)

[0400] $Urch_v(k) = -Krch_v \cdot \sigma v(k)$ .....(63)

[0401] $Unl_v(k) = -Knl_v \cdot sgn(\sigma v(k))$ .....(64)

[0402] $Uadp_v(k) = -Kadp_v \cdot \delta v(k) + Uadp_v_ini$ .....(65)

[0403] $\delta v(k) = \lambda v \cdot \delta v(k-1) + \sigma v(k)$ .....(66)

[0404] • $Ktrq_bs_L < Ktrq_bs(k-1) < Ktrq_bs_H$ 时

[0405] $\lambda v = 1$ .....(67)

[0406] • $Ktrq_bs(k-1) \leqslant Ktrq_bs_L$ 或 $Ktrq_bs_H \leqslant Ktrq_bs(k-1)$ 时

[0407] $\lambda v = \lambda vlmt$ .....(68)

[0408] $Ktrq_bs(k) = Urch_v(k) + Unl_v(k) + Uadp_v(k)$ .....(69)

[0409] 在上式 (62) 中，σv 是切换函数。并且，该式 (62) 的 Sv 是被设定成使 $-1 < Sv < St < 0$ 的关系成立的切换函数设定参数，后面对这样设定 2 个切换函数设定参数 St 和 Sv 的原因进行描述。在该情况下，使用切换函数设定参数 Sv 的设定值来指定修正扭矩误差 Wetrq 向值 0 的收敛速度。并且，在式 (63) 中，Urch_v 是趋近律输入，Krch_v 表示规定的趋近律增益。而且，在式 (64) 中，Unl_v 是非线性输入，Knl_v 表示规定的非线性输入用增益。并且，式 (64) 中的 $sgn(\sigma v(k))$ 是符号函数，其值被设定成，当 $\sigma v(k) \geq 0$ 时为 $sgn(\sigma v(k)) = 1$，并当 $\sigma v(k) < 0$ 时为 $sgn(\sigma v(k)) = -1$ (另外，可以设定成，当 $\sigma v(k)$

＝0 时为 sgn(σv(k)) ＝0)。

[0410] 而且，在式 (65) 中，Uadp_v 是自适应律输入，Kadp_v 表示规定的自适应律增益。并且，式 (65) 的 Uadp_v_ini 是自适应律输入的初始值，被设定为使作为乘法项的扭矩校正值 Ktrq 不为负值的规定值 (例如值 1)。而且，式 (65) 的 δv 是使用式 (66) 所计算的切换函数的积分值。该式 (66) 的 λv 是遗忘系数，其值如式 (67)、(68) 所示，根据基本扭矩校正值的上次值 Ktrq_bs(k-1) 与规定的上下限值 Ktrq_bs_H、Ktrq_bs_L 的比较结果被设定为值 1 或规定值 λvlmt。该上限值 Ktrq_bs_H 被设定为正的规定值，下限值 Ktrq_bs_L 被设定为负的规定值，并且规定值 λvlmt 如上所述被设定为 0 ＜ λvlmt ＜ 1 成立的值。

[0411] 并且，如式 (69) 所示，基本扭矩校正值 Ktrq_bs 被计算为趋近律输入 Urch_v、非线性输入 Unl_v 以及自适应律输入 Uadp_v 的和。

[0412] 如上所述，在该基本扭矩校正值计算部 214 中，由于基本扭矩校正值 Ktrq_bs 是使用式 (62) ～ (69) 所示的控制算法来计算的，因而该基本扭矩校正值 Ktrq_bs 被计算为用于使修正扭矩误差 Wetrq 收敛于值 0 的值，换句话说，使扭矩反馈值 Trq_fb 收敛于目标扭矩反馈值 Trq_fb_cmd 的值。

[0413] 并且，在使用遗忘系数 λv 的同时，计算基本扭矩校正值 Ktrq_bs，因而在基本扭矩校正值的上次值 Ktrq_bs(k-1) 的绝对值大的情况下，可避免由于遗忘系数 λv 的上述的遗忘效果而使作为积分项的干扰估计值 Uls_v 即基本扭矩校正值 Ktrq_bs 增大，可避免前馈扭矩 Trq_ff 临时成为不适当的值。此外，可避免基本扭矩校正值 Ktrq_bs 即扭矩校正值 Ktrq 的计算算法中的作为积分项的干扰估计值 Uls_v 与上述的扭矩反馈值 Trq_fb 的计算算法中的积分项 Uls_t 相互干扰而呈现振动举动。根据以上，可提高过渡控制性。并且，在基本扭矩校正值的上次值 Ktrq_bs(k-1) 的绝对值小的情况下，由于遗忘系数 λv 被设定为值 1，因而即使当扭矩误差 Etf 收敛于值 0 时，也能将扭矩反馈值 Trq_fb 适当保持为可迅速补偿跟随误差 Et 的值，由此，可提高修正扭矩误差 Wetrq 开始增大时的响应性。

[0414] 另一方面，在扭矩校正灵敏度计算部 215 中，通过根据发动机转速 NE 和非驱动轮速 Ws_ref 检索图 44 所示的映射图，来计算扭矩校正灵敏度 Rtrq。该扭矩校正灵敏度 Rtrq 与上述的误差权重 Wt 一样，表示以规定的驱动轮速和规定的发动机扭矩时的比 ΔWs_act_ref/ΔTrq_ref 的绝对值 |ΔWs_act_ref/ΔTrq_ref| 为基准来使驱动轮速 Ws_act 的变化量 ΔWs_act 和发动机扭矩 Trq 的变化量 ΔTrq 的比 ΔWs_act/ΔTrq 标准化后的值。

[0415] 在该图中，实线所示的曲线表示扭矩校正灵敏度 Rtrq 的值，虚线所示的曲线是为了比较而表示上述的误差权重 Wt 的值。将这 2 个曲线相比较可以明白，在该映射图中，扭矩校正灵敏度 Rtrq 被设定为与误差权重 Wt 大致相同的倾向，这是由于与在图 43 的说明中所述相同的原因。

[0416] 这样，扭矩校正灵敏度 Rtrq 由于是使用与上述的误差权重 Wt 相同的方法来计算的，因而被计算为表示最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度的值。并且，如上所述，最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度也根据变速器中的齿轮比而变化，因而在该图 44 中，扭矩校正灵敏度 Rtrq 是根据发动机转速 NE 和非驱动轮速 Ws_ref 来设定的。

[0417] 并且，在该图中，扭矩校正灵敏度 Rtrq 在低非驱动轮速且低～中转速区域，即牵引控制容易动作的区域内，被设定为与误差权重 Wt 相同的值，并在除此以外的区域内，被设定为小于误差权重 Wt 的值。这是为了避免以下情况，即 :当利用扭矩校正值 Ktrq 进行的

最大扭矩 Trq_max 朝减少侧的校正量过少时，具有发生驱动轮的滑移的可能性。

[0418] 另外，在本实施方式中，扭矩校正灵敏度计算部 215 相当于第 1 影响程度参数计算单元，扭矩校正灵敏度 Rtrq 相当于第 1 影响程度参数。并且，图 44 是用于根据发动机转速 NE 和非驱动轮速 Ws_ref 来计算扭矩校正灵敏度 Rtrq 的图，然而如上所述，由于最大扭矩 Trq_max 是根据发动机转速 NE 来决定的，因而图 44 可认为是表示最大扭矩 Trq_max、非驱动轮速 Ws_ref 以及扭矩校正灵敏度 Rtrq 之间的相关关系的图。因此，图 44 相当于第 1 影响程度模型。

[0419] 另一方面，在乘法要素 216 中，使用下式 (70) 计算扭矩校正值 Ktrq。即，扭矩校正值 Ktrq 是通过利用扭矩校正灵敏度 Rtrq 校正基本扭矩校正值 Ktrq_bs 来计算的。

[0420] $$Ktrq(k) = Rtrq(k) \cdot Ktrq_bs(k) \quad \ldots\ldots (70)$$

[0421] 在本实施方式的控制装置 1A 中，如上所述，由牵引控制器 200 计算发动机扭矩 Trq，并且尽管未作图示，然而执行可变机构控制处理、空燃比控制处理以及点火正时控制处理，以获得该发动机扭矩 Trq。

[0422] 下面，对按以上那样构成的第 2 实施方式的控制装置 1A 的牵引控制的控制结果进行说明。图 45 示出在摩擦阻力小的路面上重复车辆的加速 / 减速时的本实施方式的控制装置 1A 的控制结果例，图 46 为了比较而示出在把扭矩校正值 Ktrq 保持为值 1 的情况下，即直接使用最大扭矩 Trq_max 作为校正后最大扭矩 Trq_max_mod 的情况下的控制结果例（以下称为“比较例”）。

[0423] 在两个图中，当把在从加速开始到减速开始的期间（时刻 t30 ～ t31，t32 ～ t33，t34 ～ t35，t40 ～ t41，t42 ～ t43，t44 ～ t45）中的前馈扭矩 Trq_ff 和扭矩反馈值 Trq_fb 的移动相比较时可知，在本实施方式的控制结果例中，2 个值 Trq_ff、Trq_fb 全都被抑制为比比较例小的值，控制性提高。

[0424] 并且，当对减速开始以后的驱动轮速 Ws_act 相对于目标车轮速 Ws_cmd 的移动进行比较时可知，在本实施方式的控制结果例中，驱动轮速 Ws_act 相对于目标车轮速 Ws_cmd 的偏离程度即控制误差被抑制为比比较例小的值，控制精度提高。

[0425] 如上所述，根据第 2 实施方式的控制装置 1A，使用图 43 的映射图即响应曲面模型来计算误差权重 Wt，通过利用误差权重 Wt 校正（修正）扭矩误差 Etf，来计算修正扭矩误差 Wetrq。由于该误差权重 Wt 如上所述被计算为表示扭矩误差 Etf 由于发动机扭矩 Trq 的过大而产生的概率的值，换句话说，表示最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度的值，因而修正扭矩误差 Wetrq 被计算为反映了最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度的值。

[0426] 而且，计算基本扭矩校正值 Ktrq_bs，以使这种修正扭矩误差 Wetrq 收敛于值 0，通过使该基本扭矩校正值 Ktrq_bs 乘以扭矩校正灵敏度 Rtrq，来计算扭矩校正值 Ktrq，使用利用该扭矩校正值 Ktrq 校正了最大扭矩 Trq_max 的校正后最大扭矩 Trq_max_mod，根据式 (47) 计算前馈扭矩 Trq_ff。因此，即使在由于干扰以外的例如发动机 3 的输出特性的时效变化或个体间的差异、轮胎的磨损程度的变化和路面的摩擦阻力的变化等的不能预测的状态变化而使最大扭矩 Trq_max 与前馈扭矩 Trq_ff 之间的相关关系发生变化，从而使扭矩误差 Etf 即驱动轮的滑移处于容易临时增大的状态的情况下，也能利用使用校正后最大扭矩 Trq_max_mod 和式 (47) 所计算的前馈扭矩 Trq_ff 来不多不少地适当且迅速地补偿该扭矩

误差 Etf。结果，与增益定序类型的校正方法（或修正方法）相比，可确保高水准的车轮速度的控制精度。即，可实现高水准的牵引控制。

[0427] 假如在设误差权重 Wt ＝ 1、Etf ＝ Wetrq 来计算出前馈扭矩 Trq_ff 的情况下，以上述的最大扭矩 Trq_max 与前馈扭矩 Trq_ff 之间的相关关系的变化作为主要原因而发生了扭矩误差 Etf 时，即最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度大时，可利用这样计算出的前馈扭矩 Trq_ff 适当补偿扭矩误差 Etf 即驱动轮的滑移。然而，当最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度小时，即以上述相关关系的变化以外的干扰等作为主要原因而发生了扭矩误差 Etf 即驱动轮的滑移时，即使使用前馈扭矩 Trq_ff 也不能适当补偿扭矩误差 Etf 即驱动轮的滑移，处于过大补偿或过小补偿状态。因此，通过使用上述的误差权重 Wt，可利用前馈扭矩 Trq_ff 不多不少地适当补偿扭矩误差 Etf 即驱动轮的滑移。

[0428] 此外，由于前馈扭矩 Trq_ff 是使用表示校正后最大扭矩 Trq_max_mod 与前馈扭矩 Trq_ff 之间的相关关系的式 (47) 来计算的，因而与利用使用反馈控制算法所计算的扭矩反馈值 Trq_fb 来补偿驱动轮的滑移的情况相比，可更迅速地补偿驱动轮的滑移。如上所述，即使在由于最大扭矩 Trq_max 与前馈扭矩 Trq_ff 之间的相关关系的变化而使扭矩误差 Etf 即驱动轮的滑移临时增大的条件下，也能适当且迅速地补偿驱动轮的滑移，由此可确保高水准的控制精度。

[0429] 而且，最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度也根据变速器中的齿轮比而变化，相比之下，如上所述，误差权重 Wt 是根据发动机转速 NE 和非驱动轮速 Ws_ref 来计算的。因此，在也反映发动机转速 NE 和非驱动轮速 Ws_ref 对扭矩误差 Etf 的影响的同时，可计算前馈扭矩 Trq_ff，以补偿驱动轮的滑移，结果，可进一步提高控制精度。

[0430] 并且，由于扭矩校正灵敏度 Rtrq 被计算为表示最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度的值，并且扭矩校正值 Ktrq 是通过使基本扭矩校正值 Ktrq_bs 乘以扭矩校正灵敏度 Rtrq 来计算的，因而如上所述，可避免在最大扭矩 Trq_max 对扭矩误差 Etf 的影响程度小的状态下的使用基本扭矩校正值 Ktrq_bs 进行的扭矩误差 Etf 的过补偿。此外，由于扭矩校正灵敏度 Rtrq 在牵引控制容易动作的区域内，被设定为与误差权重 Wt 相同的值，并在除此以外的区域内，被设定为小于误差权重 Wt 的值，因而可避免由于利用扭矩校正值 Ktrq 进行的最大扭矩 Trq_max 朝减少侧的校正量过少而发生驱动轮的滑移。

[0431] 而且，在扭矩反馈值 Trq_fb 的计算算法［式 (49) ～ (59)］和基本扭矩校正值 Ktrq_bs 的计算算法［式 (62) ～ (69)］中，切换函数设定参数 St、Sv 被设定成使 -1 ＜ Sv ＜ St ＜ 0 的关系成立，因而修正扭矩误差 Wetrq 向值 0 的收敛速度比跟随误差 Et 向值 0 的收敛速度慢，由此 2 个响应指定型控制算法不会相互干扰。特别是，由于扭矩校正值 Ktrq 是根据扭矩反馈值 Trq_fb 来计算的，因而使用扭矩校正值 Ktrq 的相关关系模型的修正有必要比跟随误差 Et 向值 0 的收敛速度慢，而通过设定上述的切换函数设定参数 St、Sv，可实现该修正。结果，可避免由于两者的干扰而使控制系统呈现振动举动，可确保控制系统的稳定性。

[0432] 另外，第 2 实施方式是在前馈扭矩计算部 206 中，使用上述的式 (47) 计算前馈扭矩 Trq_ff 的例子，然而也可以取而代之，构成为使用下式 (71) ～ (73) 计算前馈扭矩 Trq_ff。

[0433] $Trq_ff_temp(k) = Ktrq_ap(k)\{Trq_max(k)-Ttrq_min(k)\}+Ttrq_min(k)$

[0434] ……(71)

[0435] • Trq_ff_temp(k) ≤ Trq_max_mod(k) 时

[0436] Trq_ff(k) = Trq_ff_temp(k) ……(72)

[0437] • Trq_ff_temp(k) > Trq_ max_mod(k) 时

[0438] Trq_ff(k) = Trq_max_mod(k) ……(73)

[0439] 上式 (71) 的 Trq_ff_temp 表示前馈扭矩的暂定值。如式 (72)、(73) 所示，通过对暂定值 Trq_ff_temp 实施以校正后最大扭矩 Trq_max_mod 作为上限值的限制处理，来计算前馈扭矩 Trq_ff。即使在使用以上的式 (71) ～ (73) 作为前馈扭矩 Trq_ff 的计算算法的情况下，也能取得与使用上述的式 (47) 的情况相同的作用效果。

[0440] 并且，第 2 实施方式是使用上述的式 (62) ～ (69) 所示的控制算法作为基本扭矩校正值 Ktrq_bs 的计算算法的例子，然而也可以取而代之，使用下式 (74) ～ (83) 所示的将自适应干扰观测器和滑模控制算法组合而应用的控制算法来计算基本扭矩校正值 Ktrq_bs。

[0441] $\sigma v(k) = Wetrq(k)+Sv \cdot Wetrq(k-1)$ ……(74)

[0442] $Urch_v(k) = -Krch_v \cdot \sigma v(k)$ ……(75)

[0443] $Unl_v(k) = -Knl_v \cdot sgn(\sigma v(k))$ ……(76)

[0444] $\sigma v_hat(k) = Urch_v(k-1)+Unl_v(k-1)+Uls_v(k-1)$ ……(77)

[0445] $Ev_sig(k) = \sigma v(k)-\sigma v_hat(k)$

[0446] $= \sigma v(k)-Urch_v(k-1)-Unl_v(k-1)-Uls_v(k-1)$ ……(78)

[0447] $Uls_v(k) = dUls_v(k-1)+Uls_v_ini$ ……(79)

[0448] $$dUls_v(k)=\lambda v \cdot dUls_v(k-1)+\frac{Pv}{1+Pv}Ev_sig(k) \quad \cdots\cdots (80)$$

[0449] • Ktrq_bs_L < Ktrq_bs(k-1) < Ktrq_bs_H 时

[0450] $\lambda v = 1$ ……(81)

[0451] • Ktrq_bs(k-1) ≤ Ktrq_bs_L 或 Ktrq_bs_H ≤ Ktrq_bs(k-1) 时

[0452] $\lambda v = \lambda vlmt$ ……(82)

[0453] $Ktrq_bs(k) = Urch_v(k)+Unl_v(k)+Uls_v(k)$ ……(83)

[0454] 上式 (77) 的 σv_hat 是切换函数的估计值，Uls_v 是干扰估计值。该干扰估计值 Uls_v 是使用式 (77) ～ (82) 所示的应用了 δ 修正法的固定增益式的辨认算法来计算的。该式 (78) 的 Ev_sig 表示估计误差，式 (79) 的 Uls_v_ini 表示干扰估计值 Uls_v 的初始值。该初始值 Uls_v_ini 被设定为使作为乘法项的扭矩校正值 Ktrq 不为负值的规定值 (例如值 1)。并且，该式 (79) 的 dUls_v 是修正项，是使用式 (80) ～ (82) 来计算的。式 (80) 的 Pv 是一定值的辨认增益。

[0455] 并且，如式 (83) 所示，基本扭矩校正值 Ktrq_bs 被计算为趋近律输入 Urch_v、非线性输入 Unl_v 以及干扰估计值 Uls_v 的和。另外，式 (77) ～ (82) 是自适应干扰观测器中的干扰估计值 Uls_v 的计算算法。

[0456] 根据以上的控制算法，可取得与上述的式 (62) ～ (69) 的控制算法相同的作用效果。即，在式 (80) 中，使修正项的上次值 dUls_v(k-1) 乘以遗忘系数 λv，并且在基本扭矩校正值 Ktrq_bs 的绝对值大的情况下，遗忘系数 λv 被设定为 0 < λv < 1 的范围内的值，

因而可避免由于遗忘系数 λv 的上述的遗忘效果而使作为积分项的干扰估计值 Uls_v 即基本扭矩校正值 Ktrq_bs 增大，可避免前馈扭矩 Trq_ff 临时成为不适当的值。此外，可避免基本扭矩校正值 Ktrq_bs 即扭矩校正值 Ktrq 的计算算法中的作为积分项的干扰估计值 Uls_v 与上述的扭矩反馈值 Trq_fb 的计算算法中的积分项 Uls_t 相互干扰而呈现振动举动。根据以上，可提高过渡控制性。并且，在基本扭矩校正值的上次值 Ktrq_bs(k-1) 的绝对值小的情况下，遗忘系数 λv 被设定为值 1，因而即使当修正扭矩误差 Wetrq 在值 0 附近时，也能将基本扭矩校正值 Ktrq_bs 保持为适当的值。由此，可提高修正扭矩误差 Wetrq 开始增大时的响应性，可提高控制精度。

[0457] 除了以上以外，由于干扰估计值 Uls_v 是使用自适应干扰观测器中的应用了 δ 修正法的固定增益式的辨认算法来计算的，因而与使用自适应率输入 Uadp_v 的第 2 实施方式的控制算法相比，可进一步提高基本扭矩校正值 Ktrq_bs 中的积分的波动举动和过冲举动的抑制能力。

[0458] 另一方面，第 2 实施方式是把最大扭矩 Trq_max 视为参照参数和第 2 参照参数的例子，然而可以在第 2 实施方式中，把发动机转速 NE 视为参照参数和第 2 参照参数。在该情况下，使用图 40 和式 (46)、(47) 计算前馈扭矩 Trq_ff，这相当于使用修正后的相关关系模型来计算第 1 输入值，图 43 相当于影响程度模型和第 2 影响程度模型，图 44 相当于第 1 影响程度模型。

[0459] 并且，第 2 实施方式是使用作为相关关系模型的式 (46)、(47) 计算前馈扭矩 Trq_ff 的例子，然而在前馈扭矩 Trq_ff 的计算中使用的相关关系模型不限于此，可以使用其他计算式或映射图等。例如，可以根据在式 (47) 中使用了最大扭矩 Trq_max 而取代校正后最大扭矩 Trq_max_mod、并使用值 Ktrq·Ktrq_ap 而取代标准化要求驱动力 Ktrq_ap 的式子，计算前馈扭矩 Trq_ff。而且，可以根据在式 (47) 中使用了最大扭矩 Trq_max 而取代校正后最大扭矩 Trq_max_mod、并取代标准化要求驱动力 Ktrq_ap 而使用对其实施了以扭矩校正值 Ktrq 作为上限值的限制处理后的值的计算式，计算前馈扭矩 Trq_ff。

[0460] 而且，第 2 实施方式是使用式 (49) ～ (59) 作为应用了第 1 响应指定型控制算法的控制算法的例子，然而本发明的第 1 响应指定型控制算法不限于此，可以是指定控制量和目标值中的一方与另一方之间的偏差向值 0 的收敛速度的算法。例如，可以使用应用了反向步进控制算法的控制算法，即使在这样的情况下，也能取得与第 2 实施方式的使用式 (49) ～ (59) 的情况相同的作用效果。

[0461] 另一方面，第 2 实施方式是使用式 (62) ～ (69) 作为应用了第 2 响应指定型控制算法的控制算法的例子，然而本发明的第 2 响应指定型控制算法不限于此，只要是指定校正后误差参数向值 0 的收敛速度的算法即可。例如，可以使用应用了反向步进控制算法的控制算法，即使在这样的情况下，也能取得与第 2 实施方式的使用式 (62) ～ (69) 的情况相同的作用效果。

[0462] 并且，第 2 实施方式是通过根据发动机转速 NE 和非驱动轮速 Ws_ref 检索图 43 的映射图，来计算误差权重 Wt 的例子，然而误差权重 Wt 的计算方法当然不限于此。例如，取代图 43，可以使用针对驱动轮速 Ws_act 和非驱动轮速 Ws_ref 的平均值以及发动机转速 NE 来预先设定误差权重 Wt 的值的映射图。并且，可以使用针对驱动轮速 Ws_act 和非驱动轮速 Ws_ref 中的较大的一方（或者较小的一方）以及发动机转速 NE 来预先设定误差权重 Wt

的值的映射图。而且，可以使用针对目标车轮速 Ws_cmd 和发动机转速 NE 来预先设定误差权重 Wt 的值的映射图。

[0463] 而且，第 2 实施方式是在具有自动变速器的发动机 3 的牵引控制中，在计算误差权重 Wt 和扭矩校正灵敏度 Rtrq 时使用图 43、44 的映射图的例子，然而在执行取代具有手动变速器的内燃机或者手动操作力而使用致动器执行变速动作的所谓的具有自动 MT 的内燃机的牵引控制的情况下，取代图 43、44 的映射图，可以使用按各齿轮比，针对发动机转速 NE 预先分别设定误差权重 Wt 和扭矩校正灵敏度 Rtrq 的值的多个二维映射图（即表）。

[0464] 另一方面，第 2 实施方式是使用作为相关关系模型的图 44 的映射图来计算扭矩校正灵敏度 Rtrq 的例子，然而可以取代图 44 而使用图 43 来计算扭矩校正灵敏度 Rtrq。即，可以把扭矩校正灵敏度 Rtrq 计算为与误差权重 Wt 相等的值。此外，在式 (70) 中，通过设定为 Rtrq ＝ 1，可以设定为 Ktrq ＝ Ktrq_bs。即，可以把基本扭矩校正值 Ktrq_bs 用作扭矩校正值 Ktrq。

[0465] 并且，第 2 实施方式是修正相关关系模型的方法，即利用作为校正后修正值的扭矩校正值 Ktrq 来校正（修正）作为第 2 参照参数的最大扭矩 Trq_max 的例子，然而本发明的修正相关关系模型的方法不限于此，只要是能修正相关关系模型的方法即可。例如，可以是利用校正后修正值修正第 1 输入值侧的方法。

[0466] 而且，第 2 实施方式是使用车轮速度（具体地说是驱动轮速 Ws_act）作为控制量的例子，然而本发明的控制量不限于此，可以构成为在考虑变速器的齿轮比或离合器的滑动量等的同时，把发动机转速 NE 作为控制量，将其控制为目标值。即使在这样的情况下，也能取得与第 2 实施方式的控制装置 1A 相同的作用效果。

[0467] 并且，第 1 实施方式是把本发明的控制装置应用于执行空燃比控制的控制装置的例子，第 2 实施方式是把本发明的控制装置应用于执行牵引控制的控制装置的例子，然而本发明的控制装置不限于此，可在各种行业设备的控制装置中应用于以下的控制装置，即：根据参照参数，使用相关关系模型来计算用于对控制量进行前馈控制的第 1 输入值，使用规定的反馈控制算法来计算用于对控制量进行反馈控制以使其收敛于目标值的第 2 输入值，并根据第 1 输入值和第 2 输入值来计算控制输入，该相关关系模型表示参照参数与第 1 输入值之间的相关关系。

[0468] 而且，第 1 和第 2 实施方式是在修正相关关系模型时计算参照参数侧的修正值（校正值）的例子，然而可以构成为使用第 1 和第 2 实施方式中的控制算法来计算修正第 1 输入值侧的修正值。

[0469] 以上是本发明的优选实施方式的说明，本行业人员将理解，可在不背离本发明的精神和范围的情况下进行各种变更。

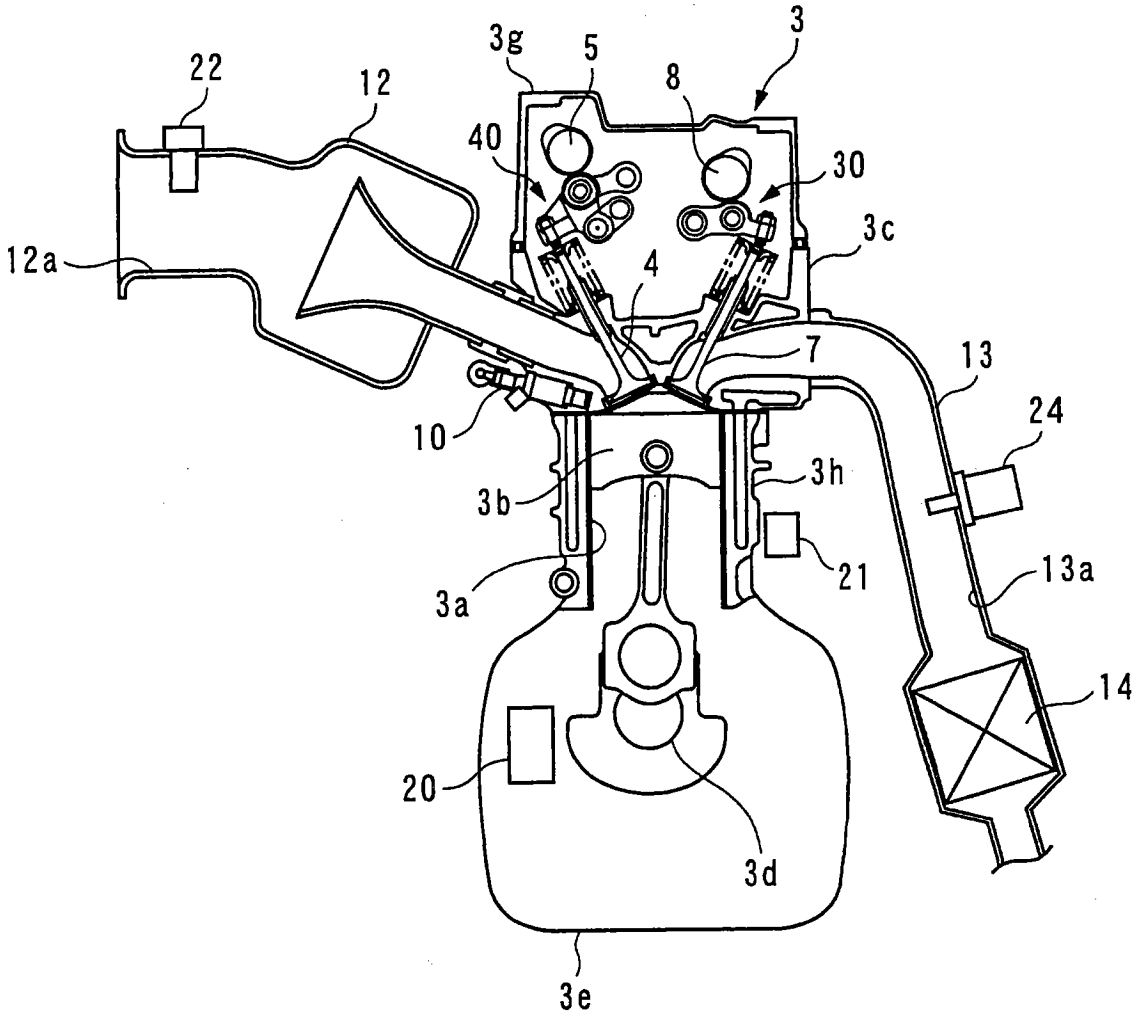


图 1

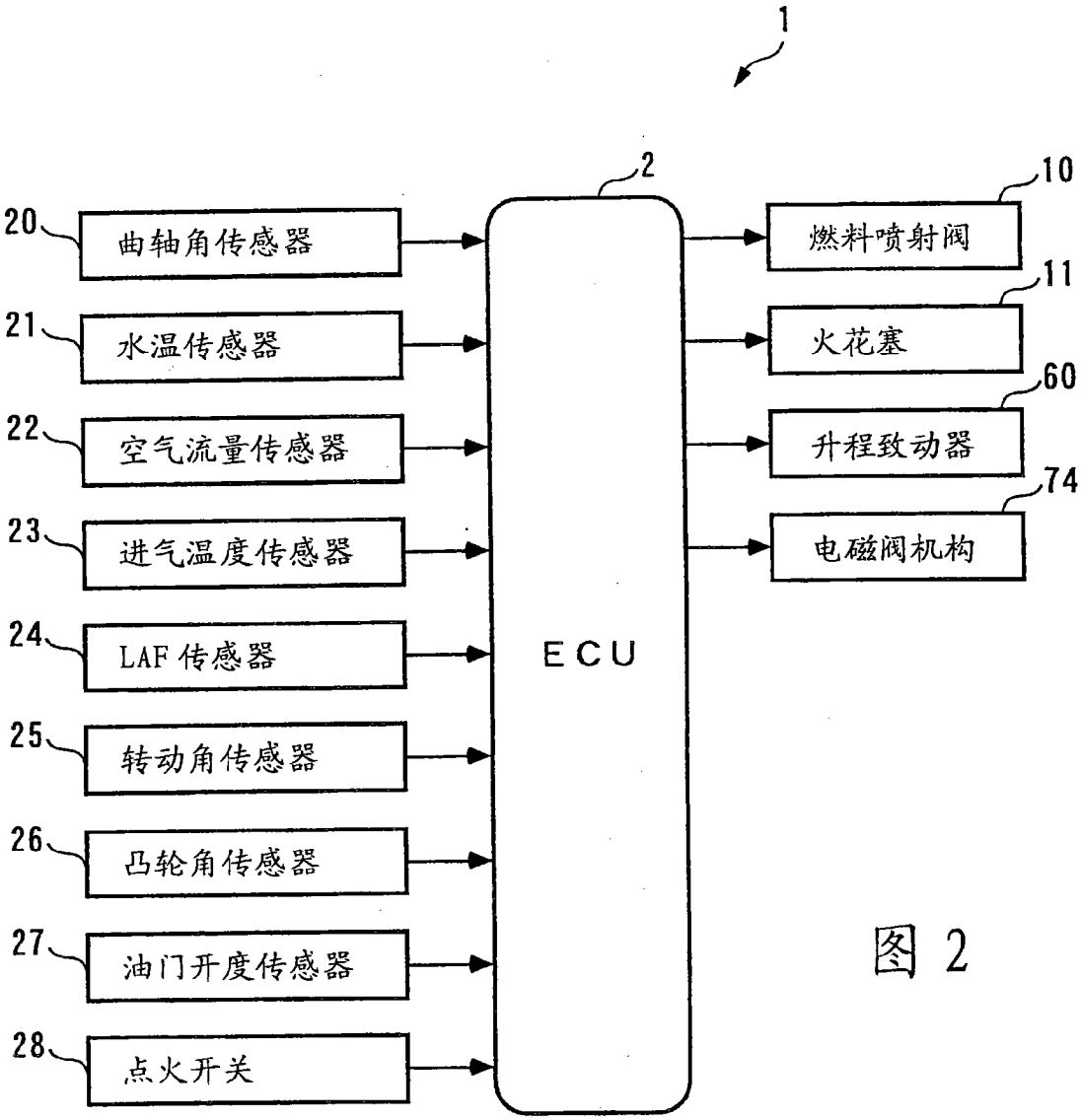

1
2
ECU
20
曲轴角传感器
21
水温传感器
22
空气流量传感器
23
进气温度传感器
24
LAF 传感器
25
转动角传感器
26
凸轮角传感器
27
油门开度传感器
28
点火开关
10
燃料喷射阀
11
火花塞
60
升程致动器
74
电磁阀机构

图 2

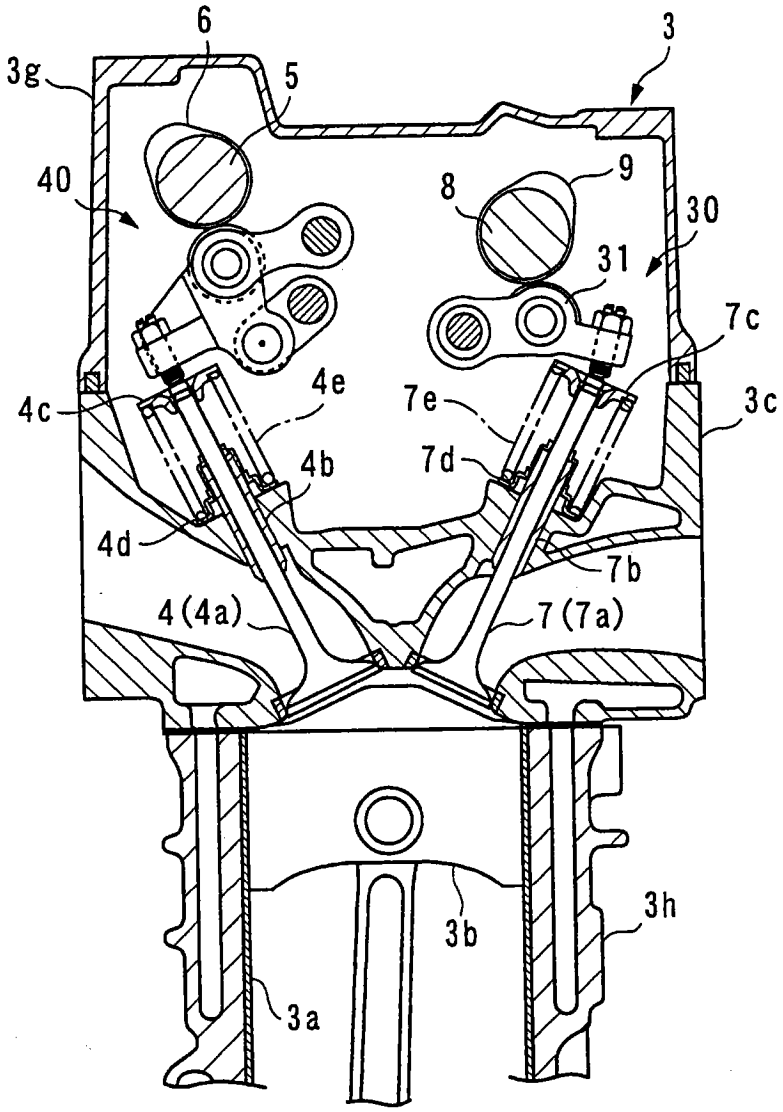


图 3

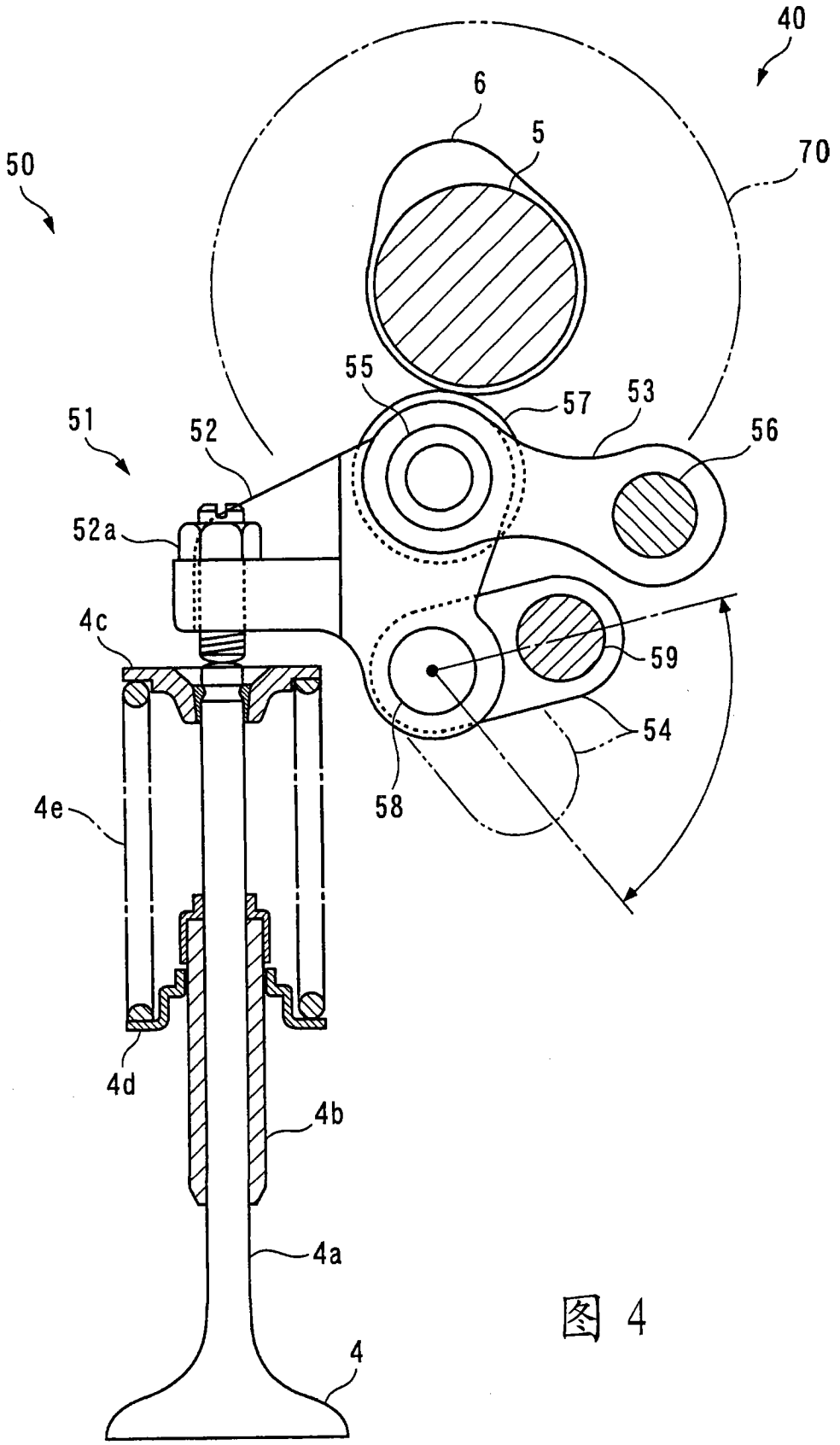


图 4

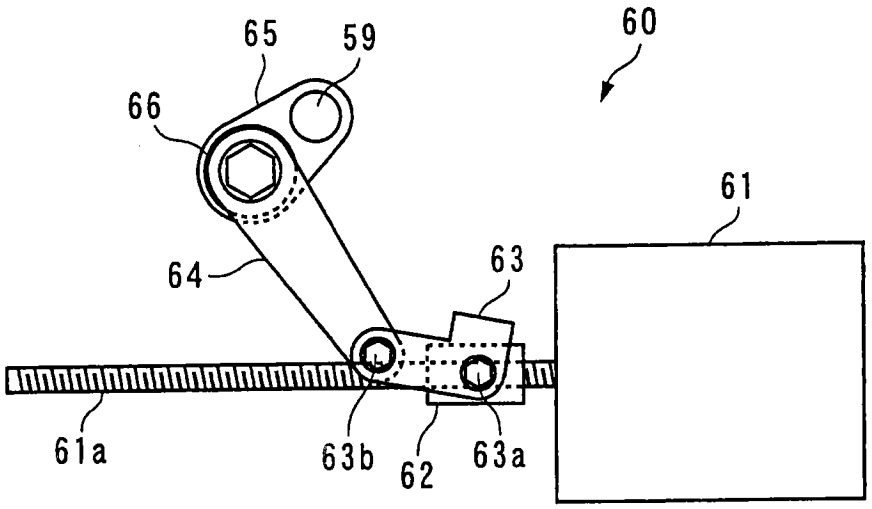

65
59
60
66
61
64
63
61a
63b
62
63a

图 5A

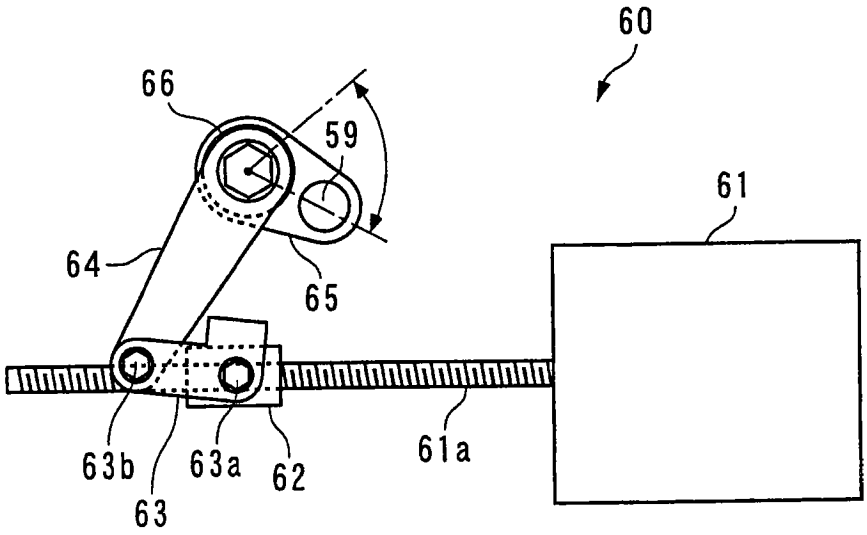

60
66
59
61
64
65
63b
63a
62
61a
63

图 5B

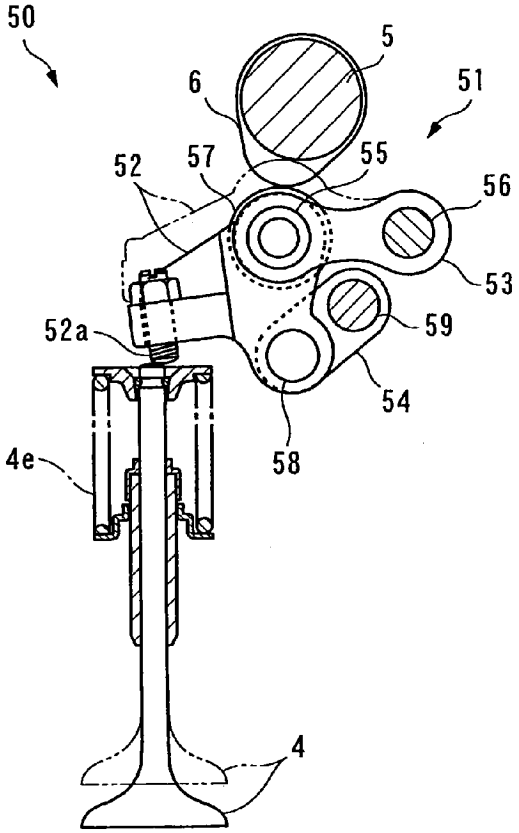

50
5
6
51
52
57
55
56
53
52a
59
54
58
4e
4

图 6A

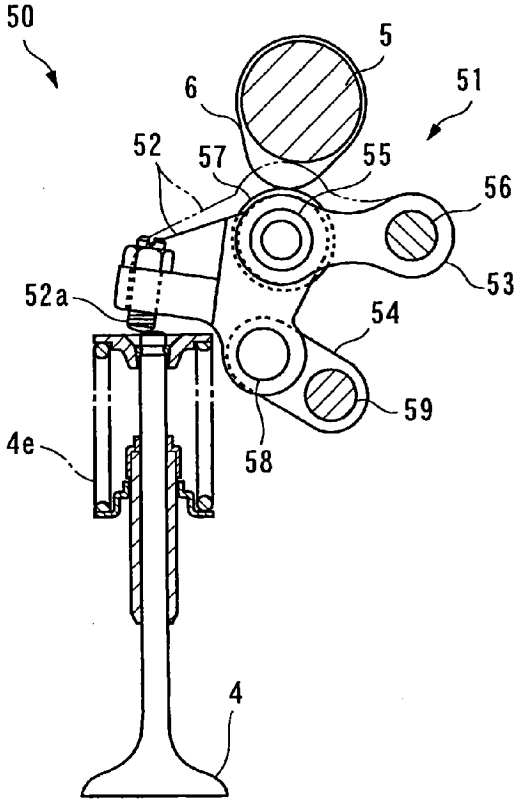

50
5
6
51
52
57
55
56
53
52a
54
59
58
4e
4

图 6B

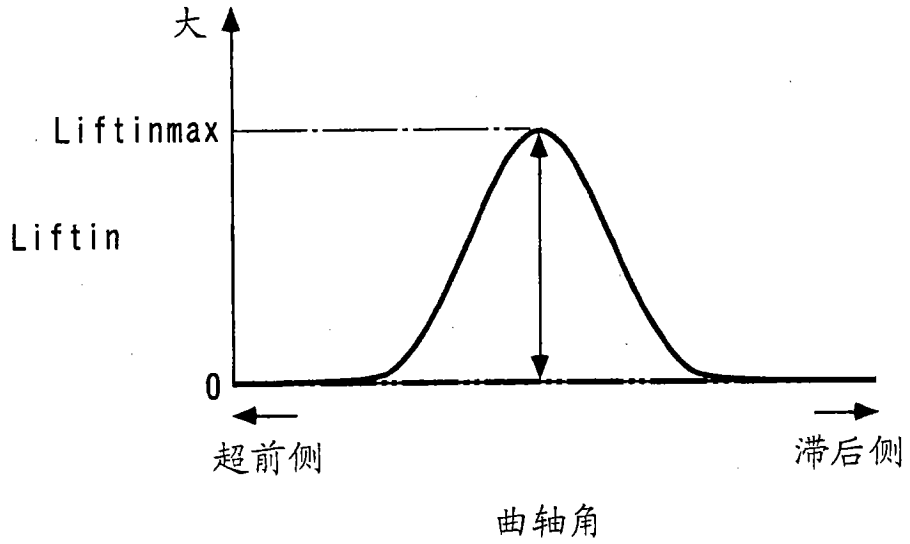


图 7

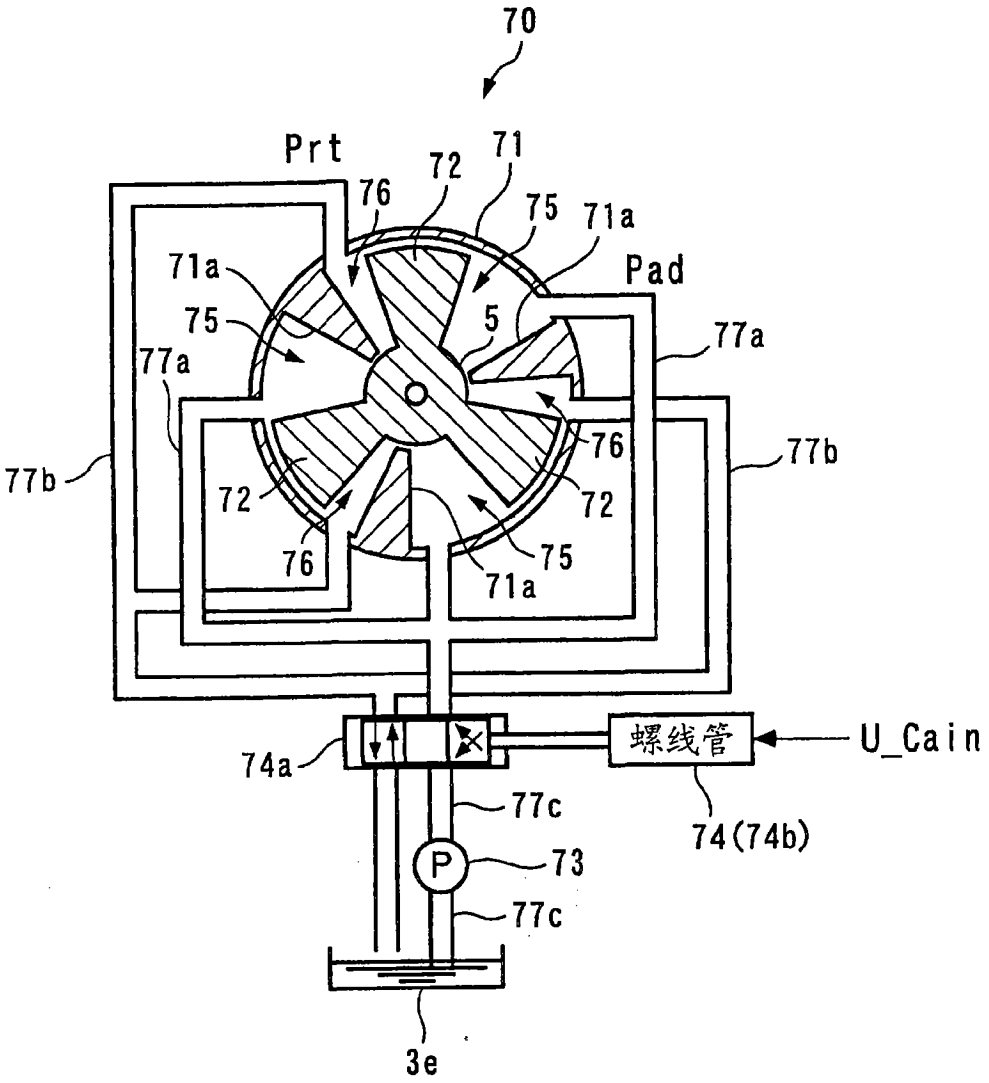

70
Prt
72
71
76
75
71a
71a
Pad
75
5
77a
77a
77b
76
77b
72
72
76
75
71a
螺线管
U_Cain
74a
77c
74(74b)
P
73
77c
3e

图 8

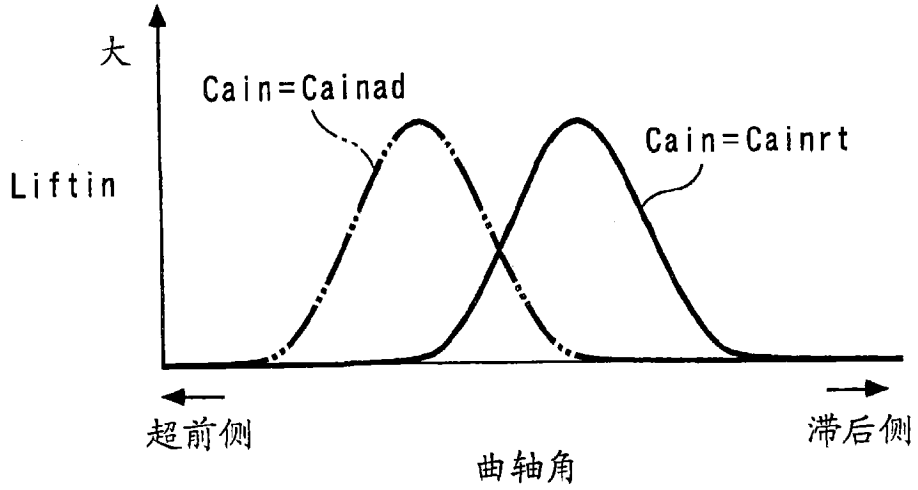

大
Cain=Cainad
Cain=Cainrt
Liftin
超前侧
滞后侧
曲轴角

图 9

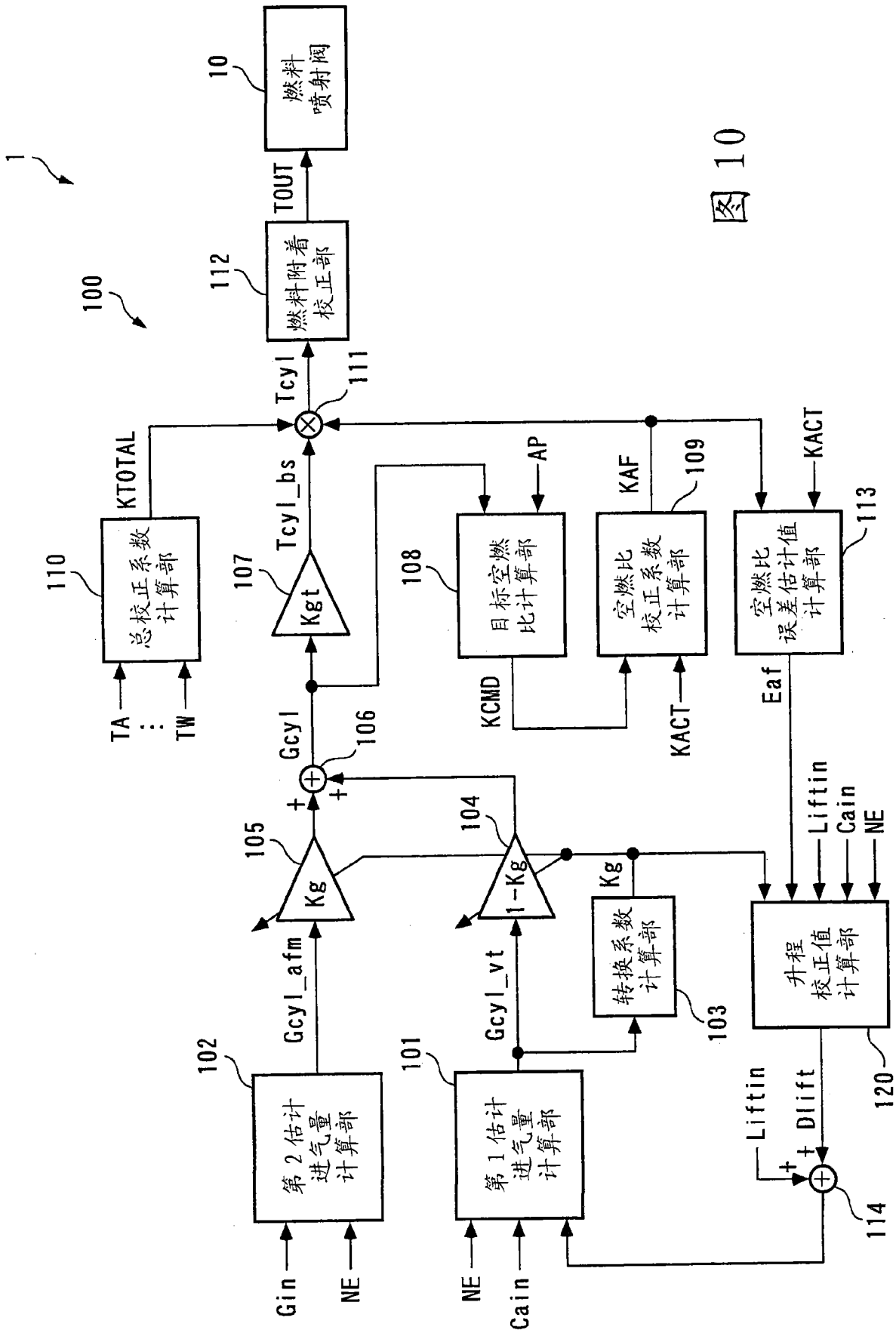

1
100
10
燃料喷射阀
TOUT
112
燃料附着校正部
Tcyl
111
KTOTAL
110
总校正系数计算部
TA
TW
Tcyl_bs
107
Kgt
108
目标空燃比计算部
AP
KAF
109
空燃比校正系数计算部
KACT
113
空燃比误差估计值计算部
KCMD
Eaf
Gcyl
106
105
Kg
104
1-Kg
Kg
转换系数计算部
103
Liftin
Cain
NE
升程校正值计算部
120
Gcyl_afm
102
第2估计进气量计算部
Gcyl_vt
101
第1估计进气量计算部
Liftin
Dlift
114
Gin
NE
NE
Cain

图 10

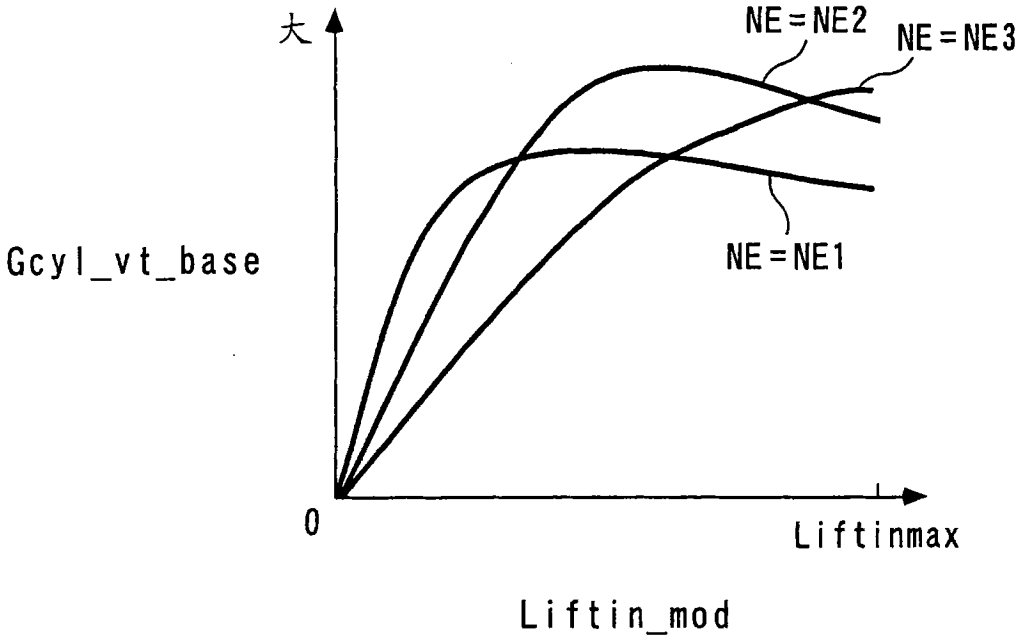

大
Gcyl_vt_base
NE=NE2
NE=NE3
NE=NE1
0
Liftinmax
Liftin_mod

图 11

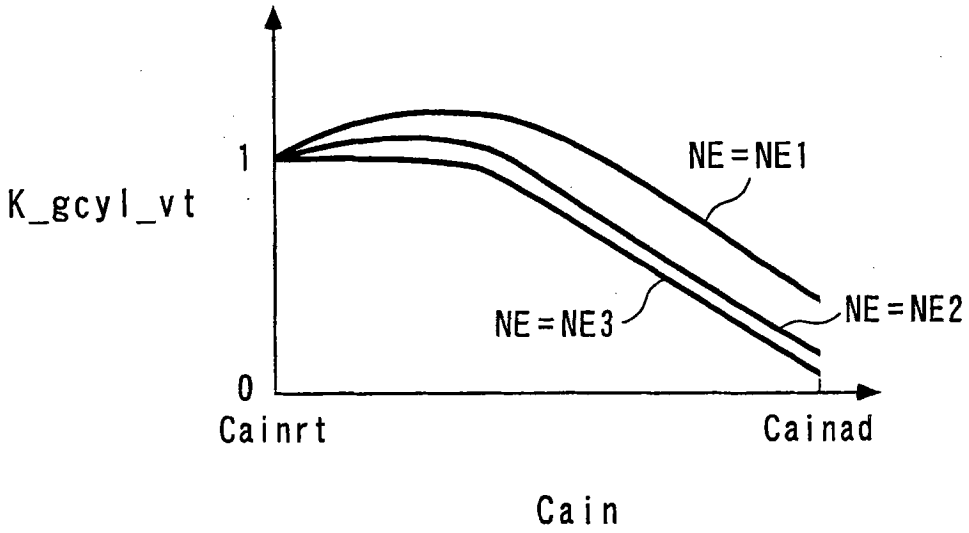

1
K_gcyl_vt
NE=NE1
NE=NE2
NE=NE3
0
Cainrt
Cainad
Cain

图 12

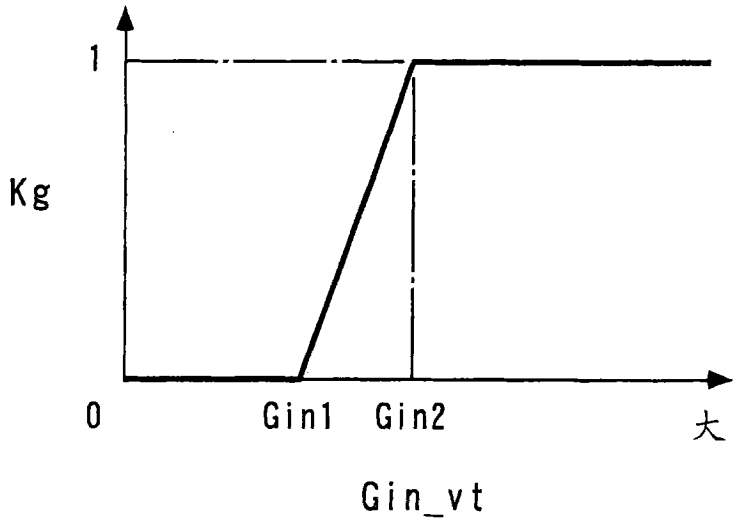


图 13

AP / Gcyl	AP1 ····· APj
Gcyl1	KCMD11 ····· KCMD1j
⋮	⋮ ⋱ ⋮
Gcyli	KCMDi1 ····· KCMDij

图 14

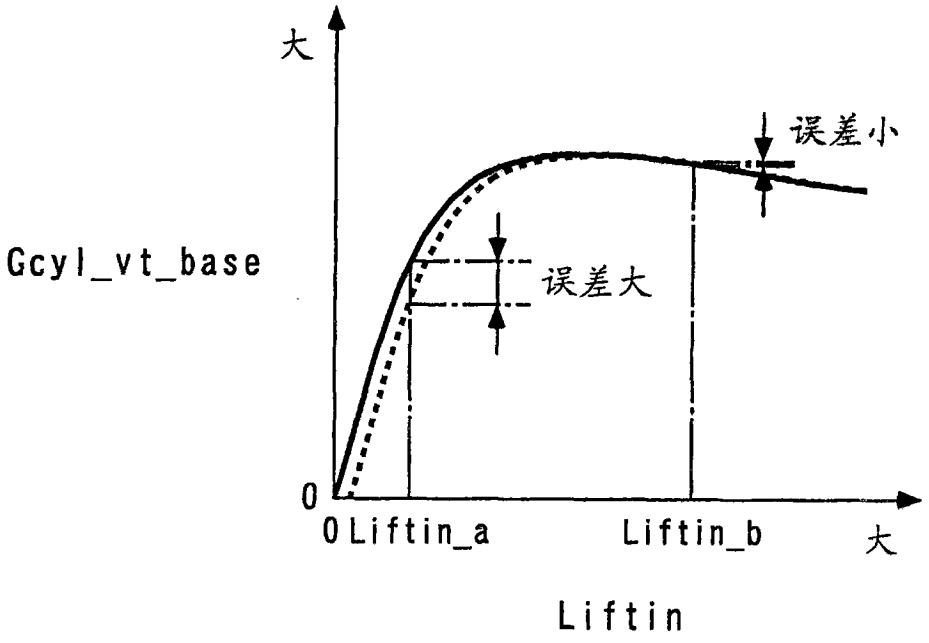

大
误差小
Gcyl_vt_base
误差大
0
0
Liftin_a
Liftin_b
大
Liftin

图 15

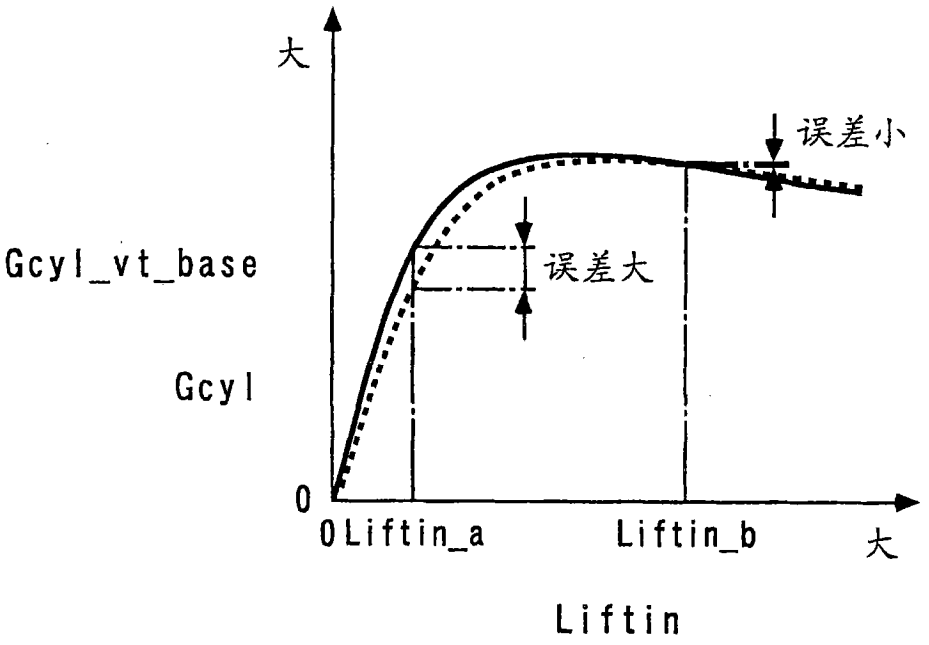

大
误差小
Gcyl_vt_base
误差大
Gcyl
0
0
Liftin_a
Liftin_b
大
Liftin

图 16

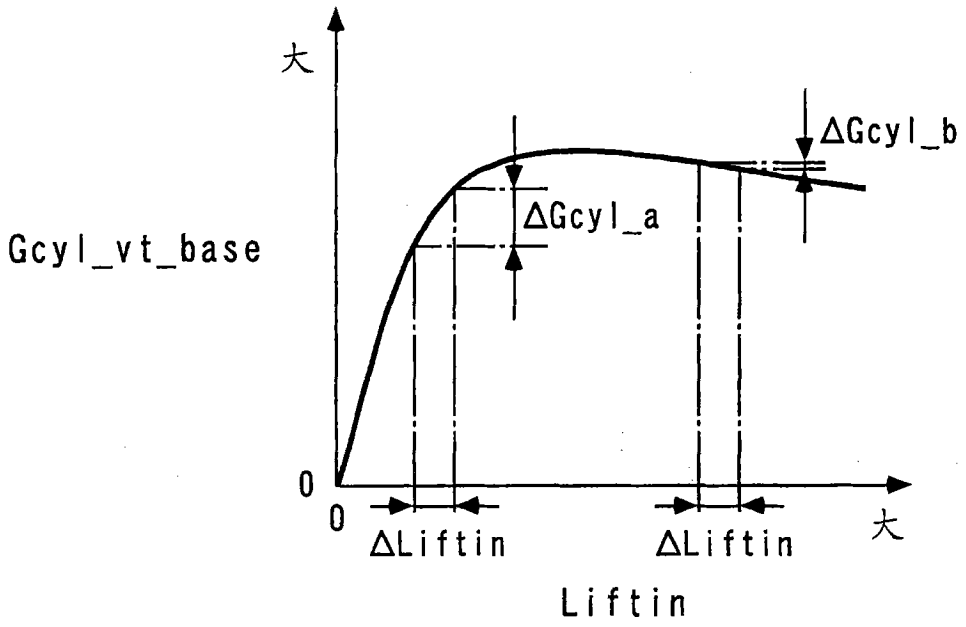


图 17

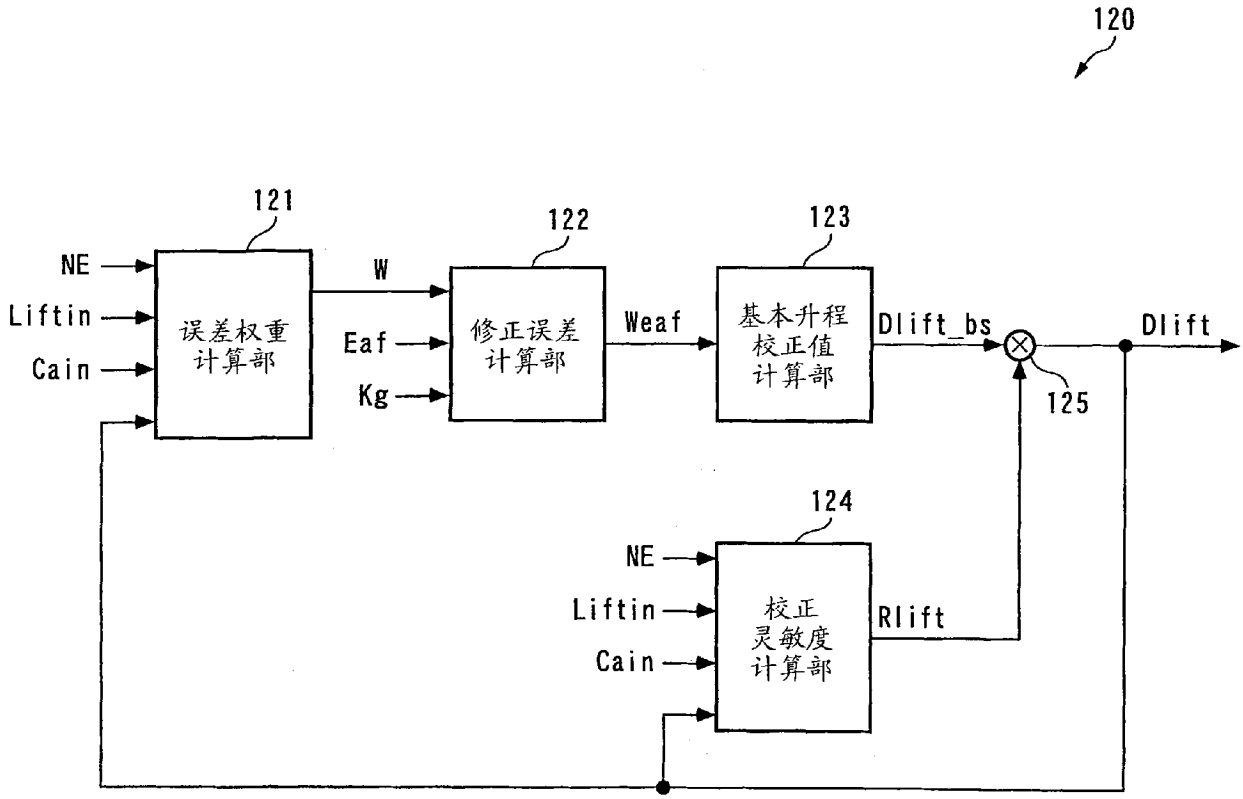

120
121
122
123
NE
Liftin
Cain
误差权重
计算部
W
Eaf
Kg
修正误差
计算部
Weaf
基本升程
校正值
计算部
Dlift_bs
Dlift
125
124
NE
Liftin
Cain
校正
灵敏度
计算部
Rlift

图 18

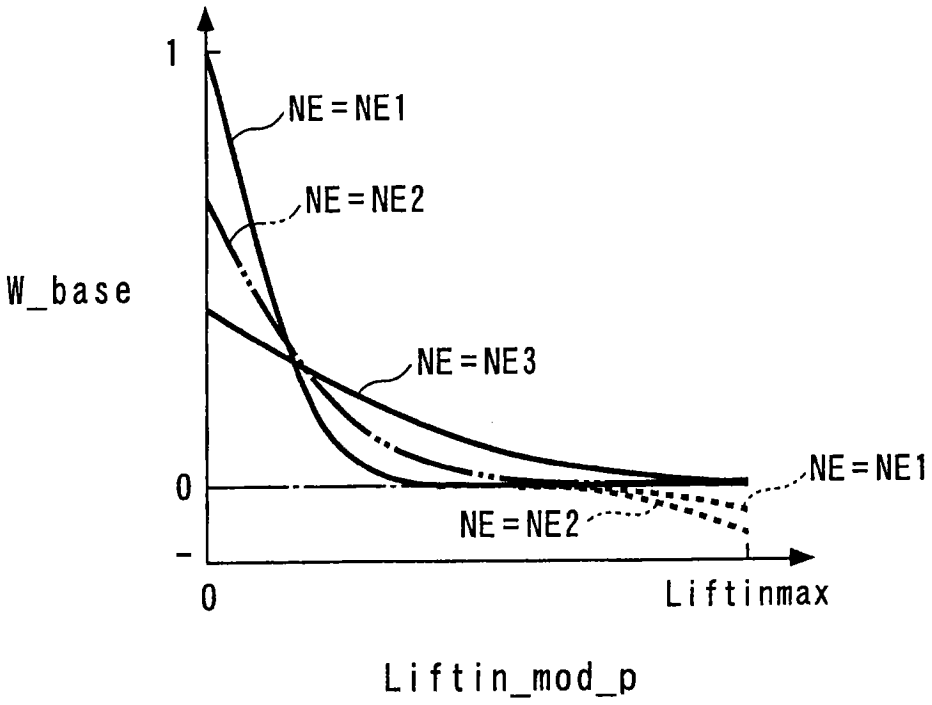

1
NE=NE1
NE=NE2
W_base
NE=NE3
NE=NE1
0
NE=NE2
-
0
Liftinmax
Liftin_mod_p

图 19

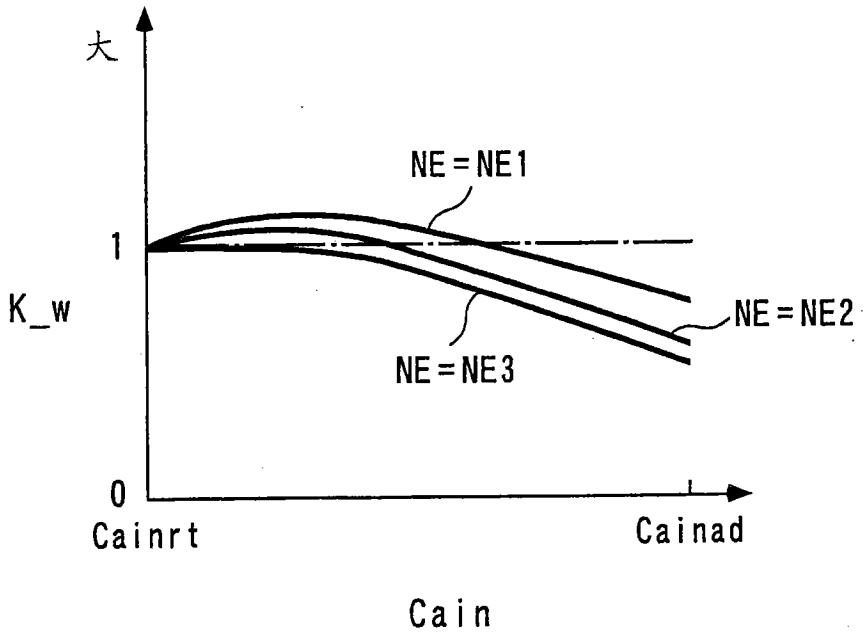

大
NE=NE1
1
K_w
NE=NE2
NE=NE3
0
Cainrt
Cainad
Cain

图 20

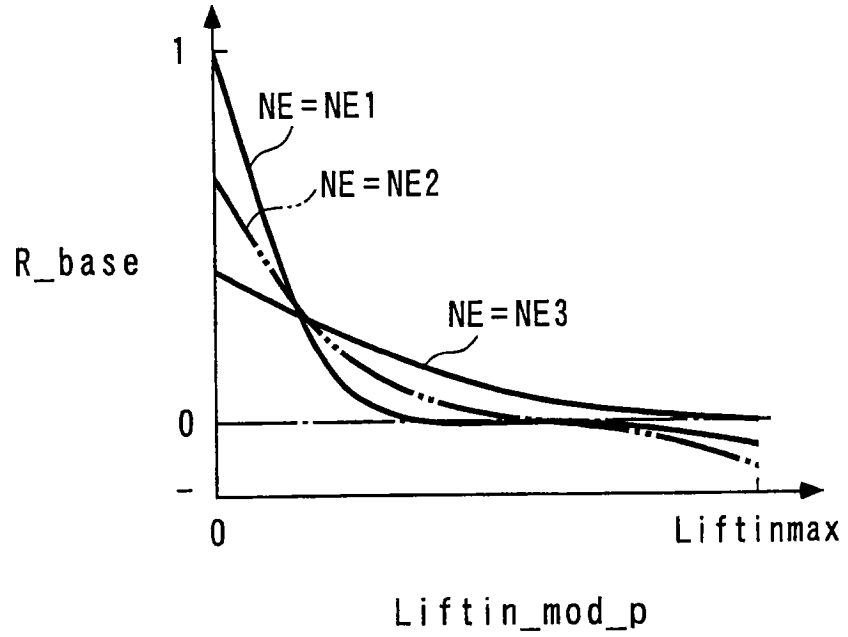

1
NE=NE1
NE=NE2
R_base
NE=NE3
0
-
0
Liftinmax
Liftin_mod_p

图 21

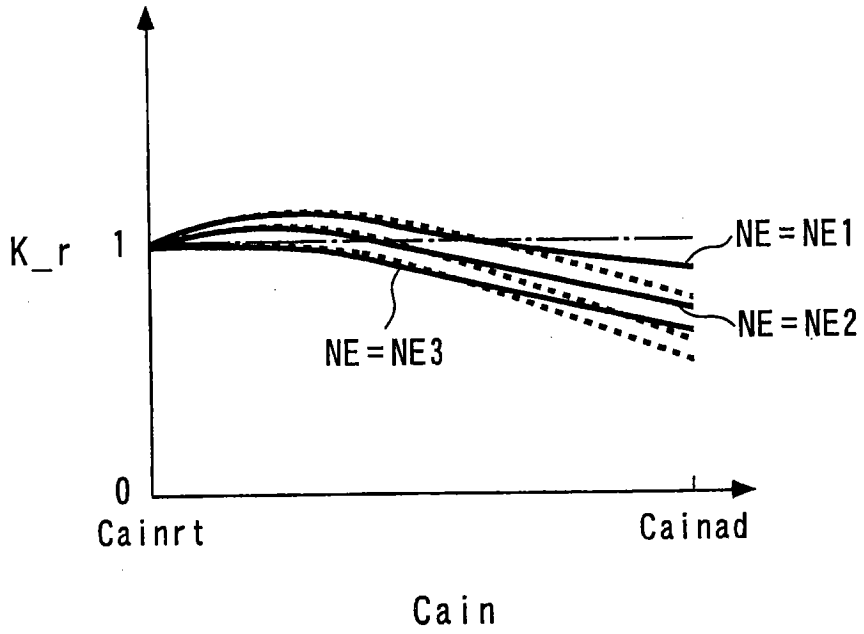

K_r
1
NE=NE1
NE=NE2
NE=NE3
0
Cainrt
Cainad
Cain

图 22

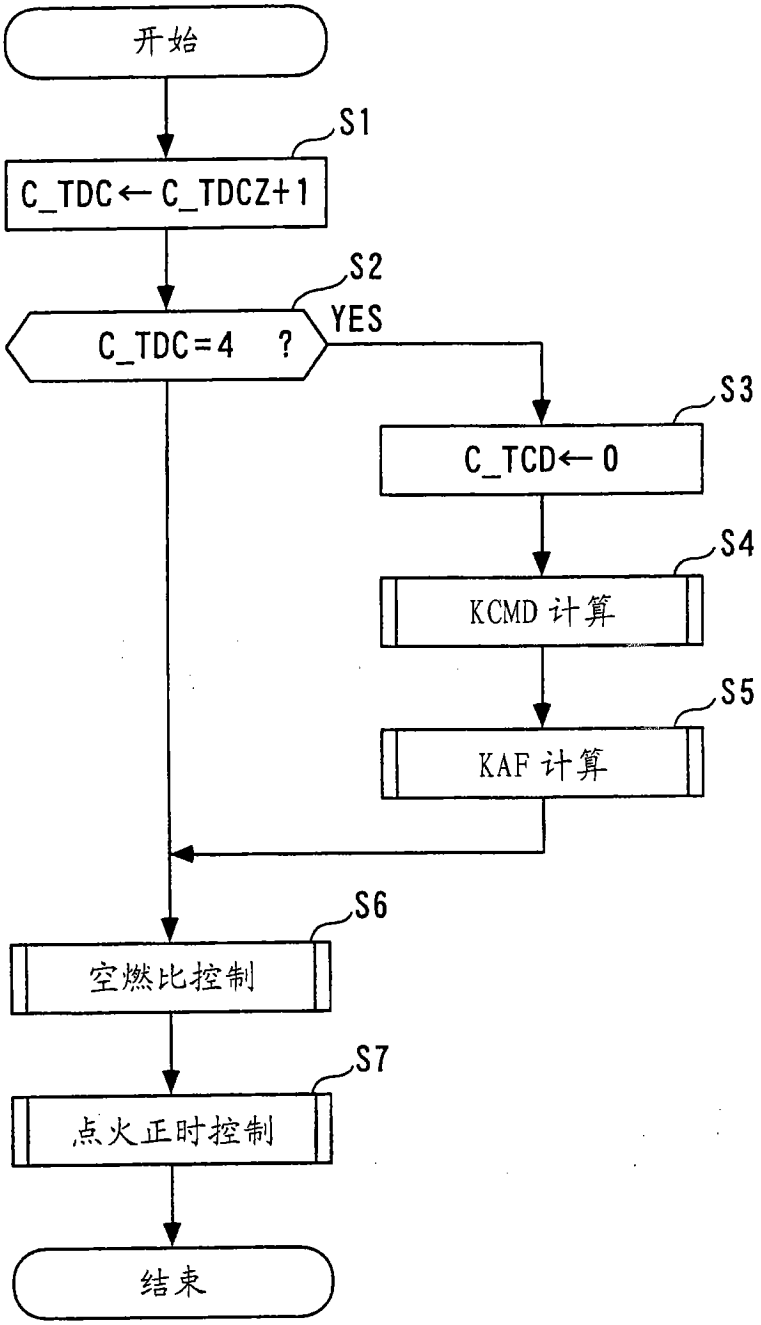

开始
S1
C_TDC←C_TDCZ+1
S2
C_TDC=4 ?
YES
S3
C_TCD←0
S4
KCMD 计算
S5
KAF 计算
S6
空燃比控制
S7
点火正时控制
结束

图 23

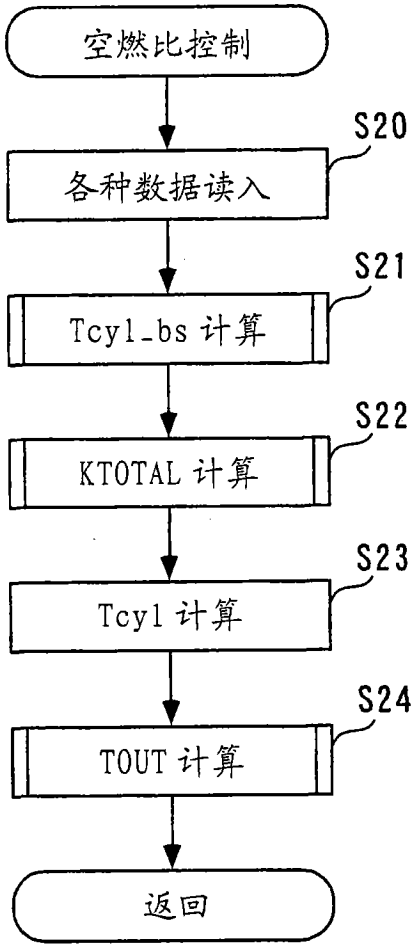

空燃比控制
S20
各种数据读入
S21
Tcyl_bs 计算
S22
KTOTAL 计算
S23
Tcyl 计算
S24
TOUT 计算
返回

图 24

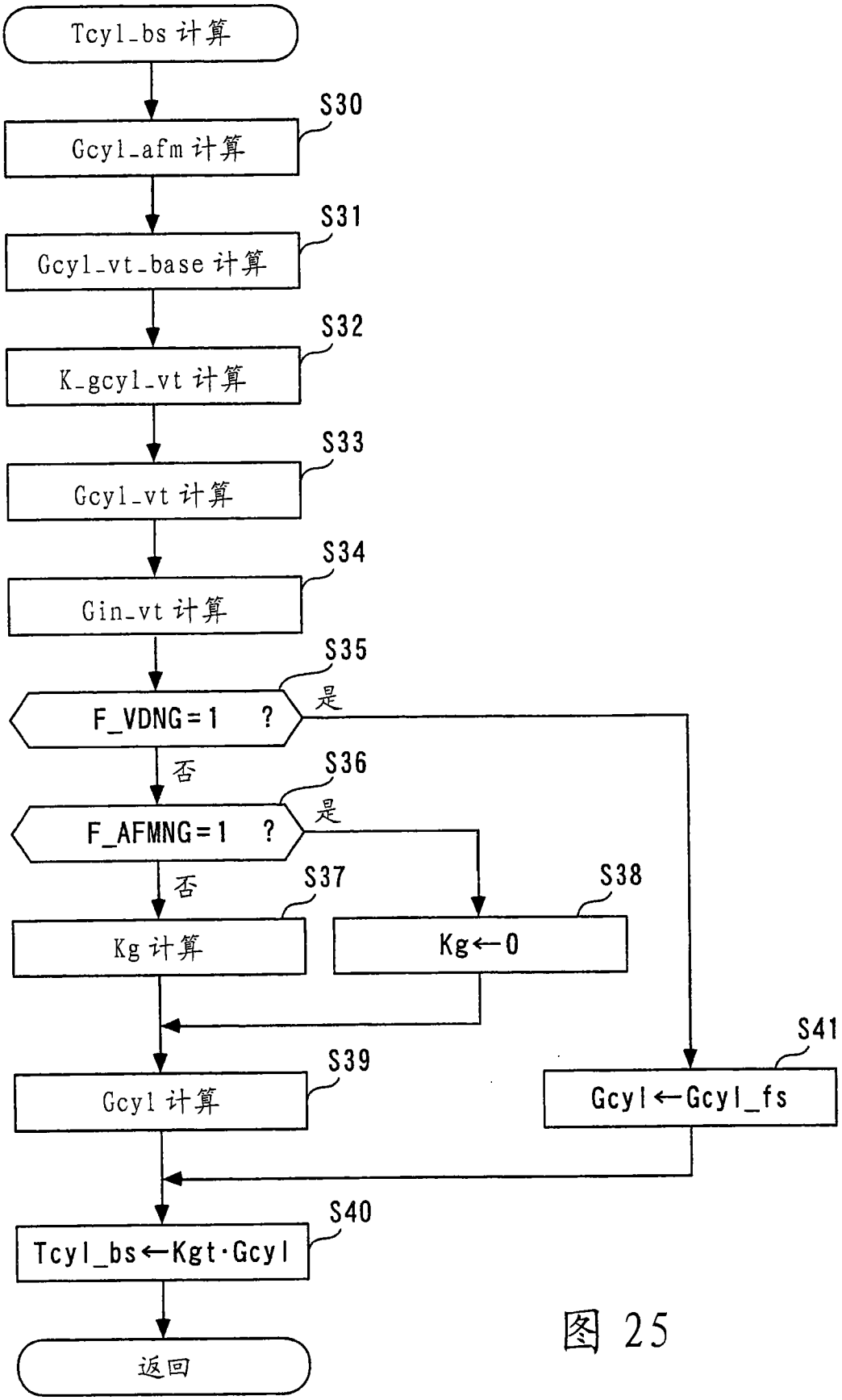

Tcyl_bs 计算
S30
Gcyl_afm 计算
S31
Gcyl_vt_base 计算
S32
K_gcyl_vt 计算
S33
Gcyl_vt 计算
S34
Gin_vt 计算
S35
F_VDNG=1 ?
是
否
S36
F_AFMNG=1 ?
是
否
S37
Kg 计算
S38
Kg←0
S39
Gcyl 计算
S41
Gcyl←Gcyl_fs
S40
Tcyl_bs←Kgt·Gcyl
返回

图 25

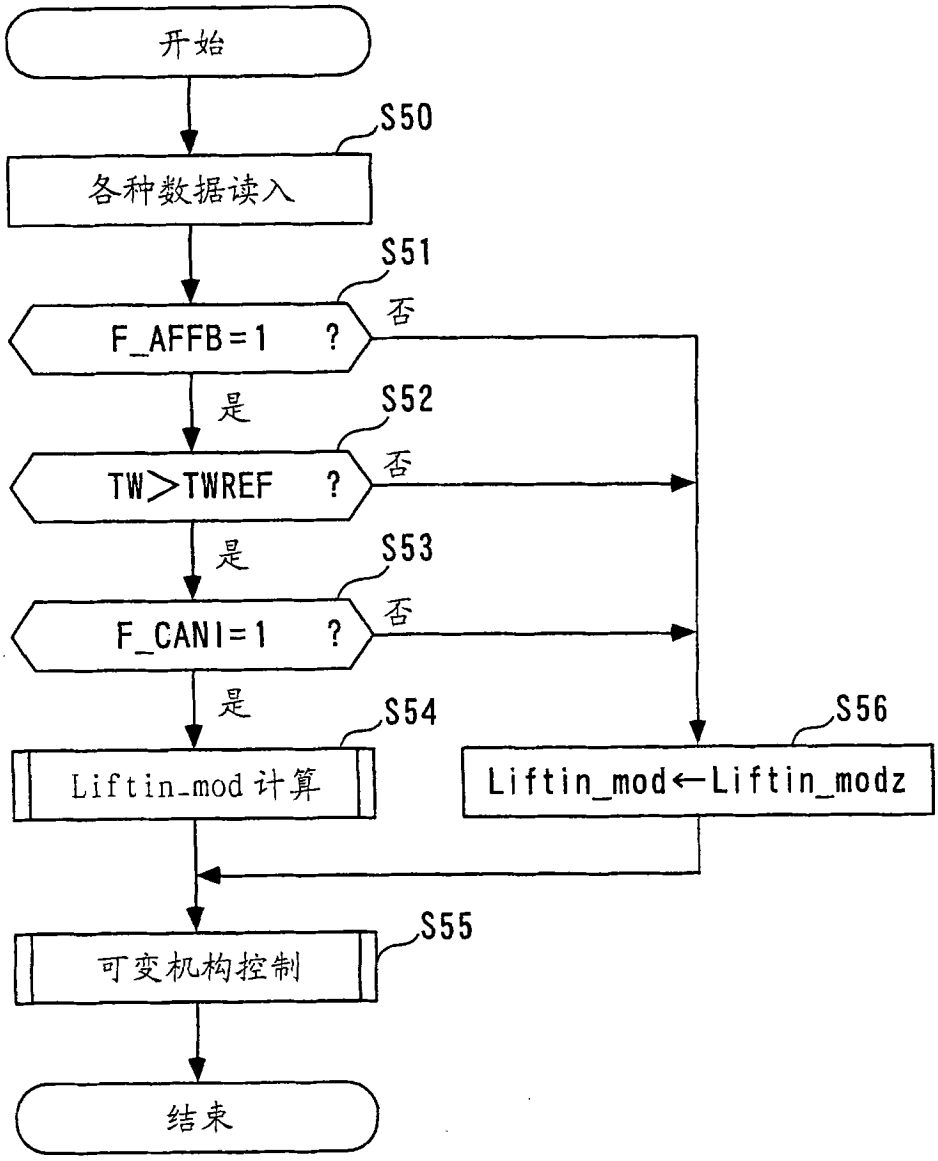

开始
S50
各种数据读入
S51
F_AFFB=1 ?
否
是
S52
TW>TWREF ?
否
是
S53
F_CANI=1 ?
否
是
S54
Liftin_mod计算
S56
Liftin_mod←Liftin_modz
S55
可变机构控制
结束

图 26

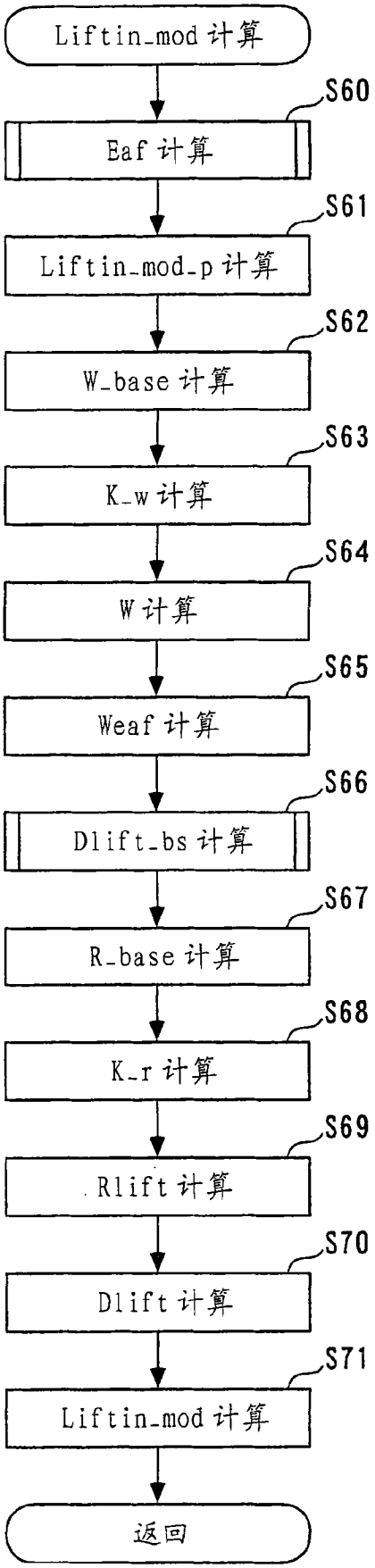

Liftin_mod 计算
S60
Eaf 计算
S61
Liftin_mod_p 计算
S62
W_base 计算
S63
K_w 计算
S64
W 计算
S65
Weaf 计算
S66
Dlift_bs 计算
S67
R_base 计算
S68
K_r 计算
S69
Rlift 计算
S70
Dlift 计算
S71
Liftin_mod 计算
返回

图 27

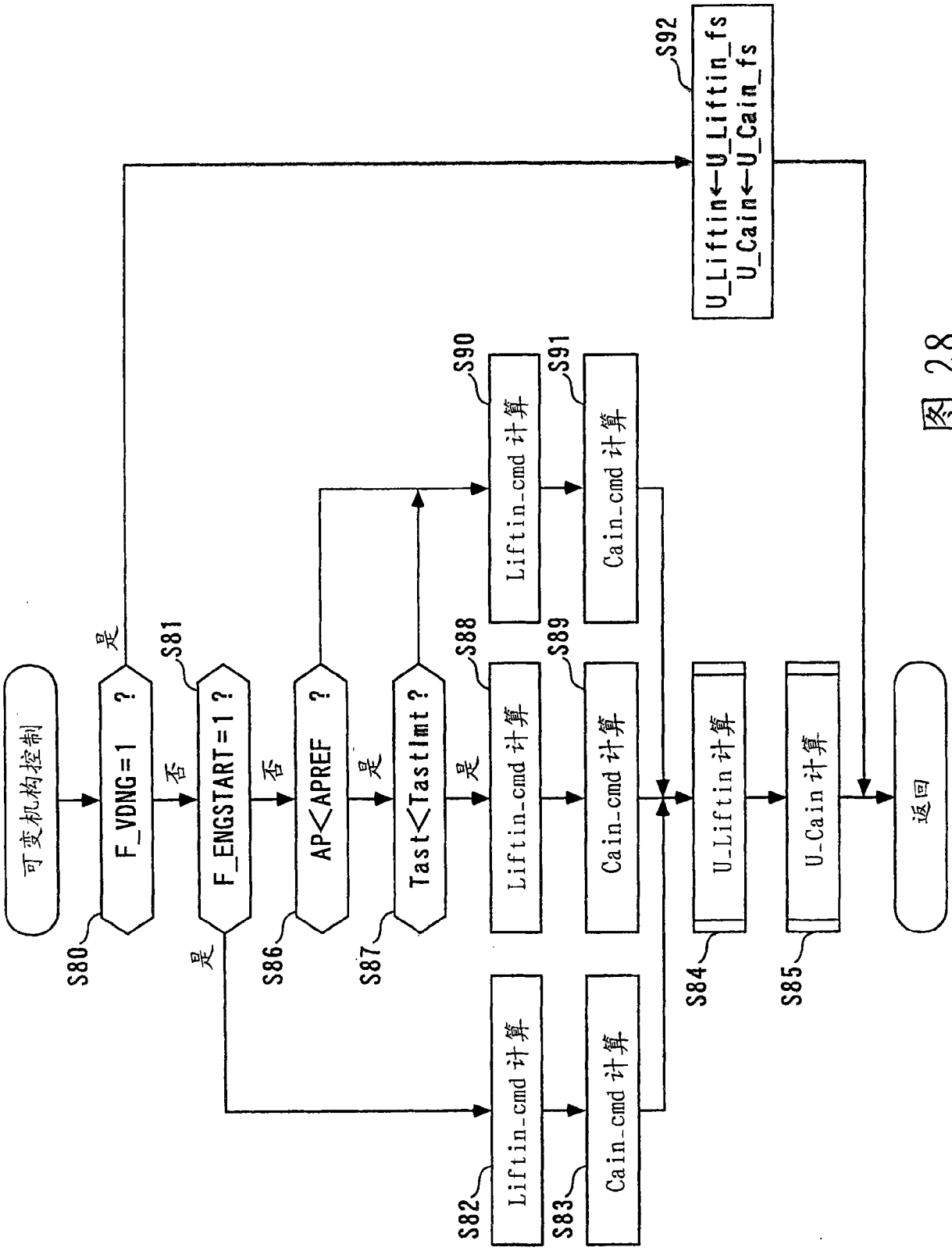

可变机构控制
F_VDNG=1 ?
是
否
S80
S81
F_ENGSTART=1 ?
是
否
S86
AP<APREF ?
是
S87
Tast<Tastlmt ?
是
S88
S89
S90
S91
S92
Liftin_cmd 计算
Cain_cmd 计算
Liftin_cmd 计算
Cain_cmd 计算
U_Liftin←U_Liftin_fs
U_Cain←U_Cain_fs
S82
S83
S84
S85
U_Liftin 计算
U_Cain 计算
返回

图 28

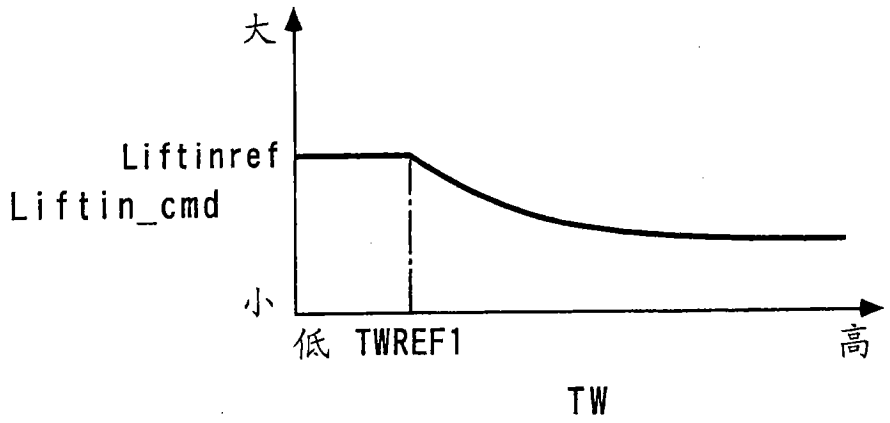

大
Liftinref
Liftin_cmd
小
低
TWREF1
高
TW

图 29

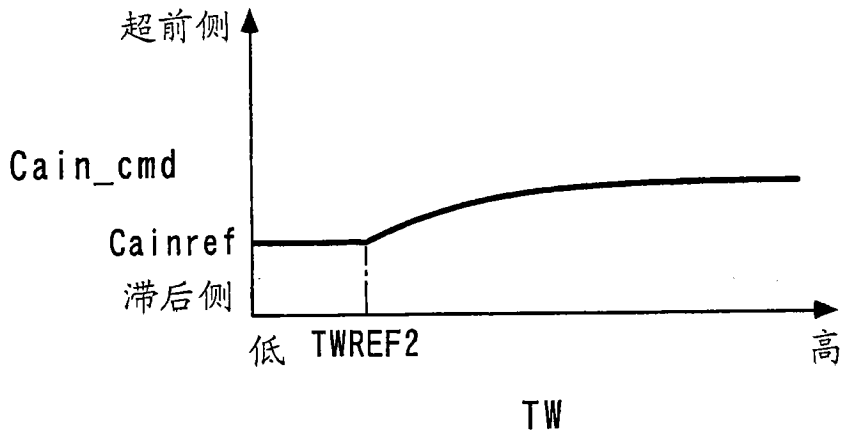

超前侧
Cain_cmd
Cainref
滞后侧
低
TWREF2
高
TW

图 30

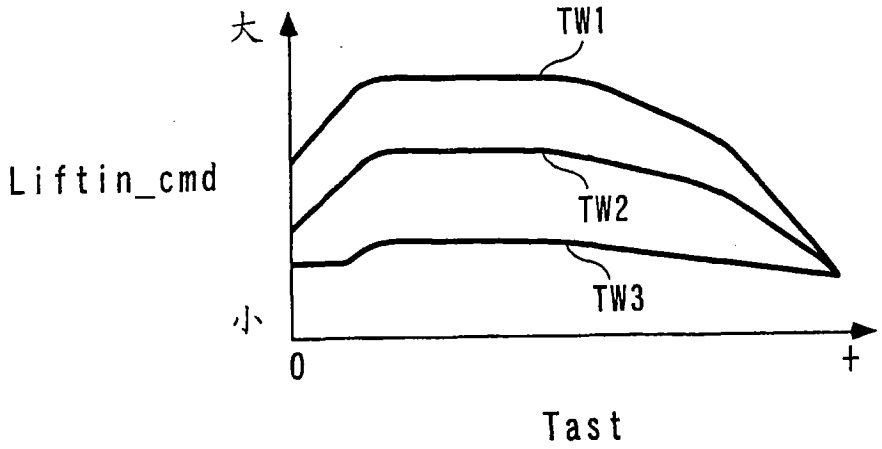

大
TW1
Liftin_cmd
TW2
TW3
小
0
+
Tast

图 31

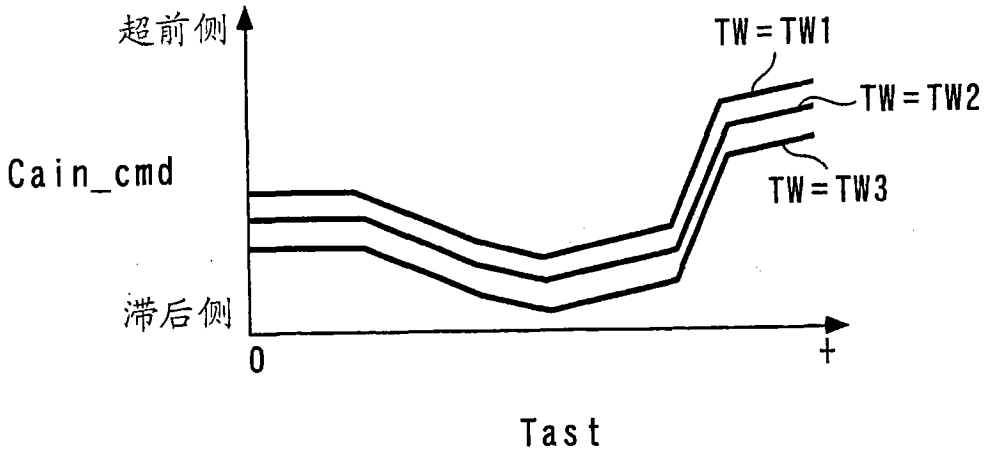

超前侧
TW=TW1
TW=TW2
Cain_cmd
TW=TW3
滞后侧
0
+
Tast

图 32

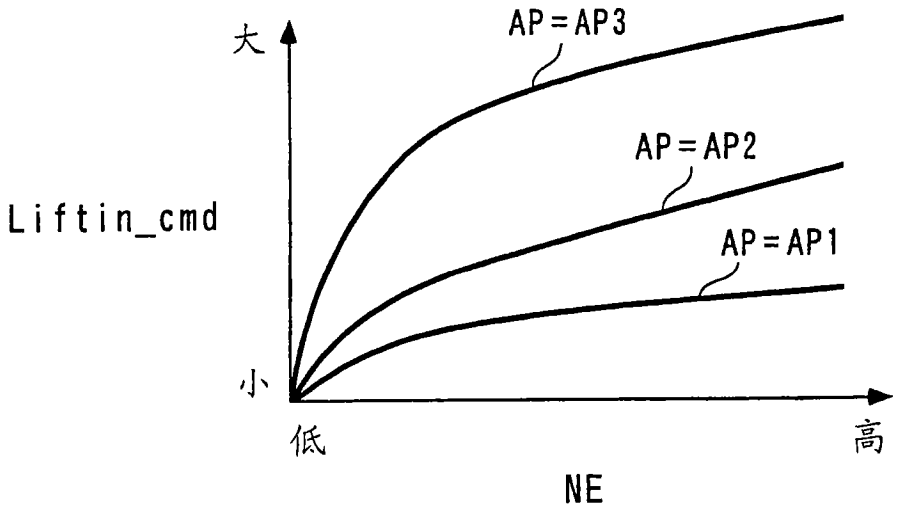

大
小
Liftin_cmd
AP=AP3
AP=AP2
AP=AP1
低
高
NE

图 33

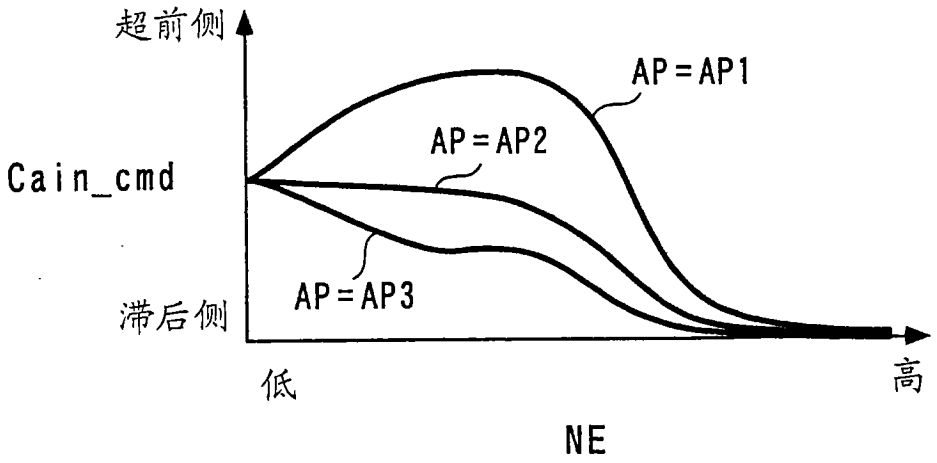

超前侧
滞后侧
Cain_cmd
AP=AP1
AP=AP2
AP=AP3
低
高
NE

图 34

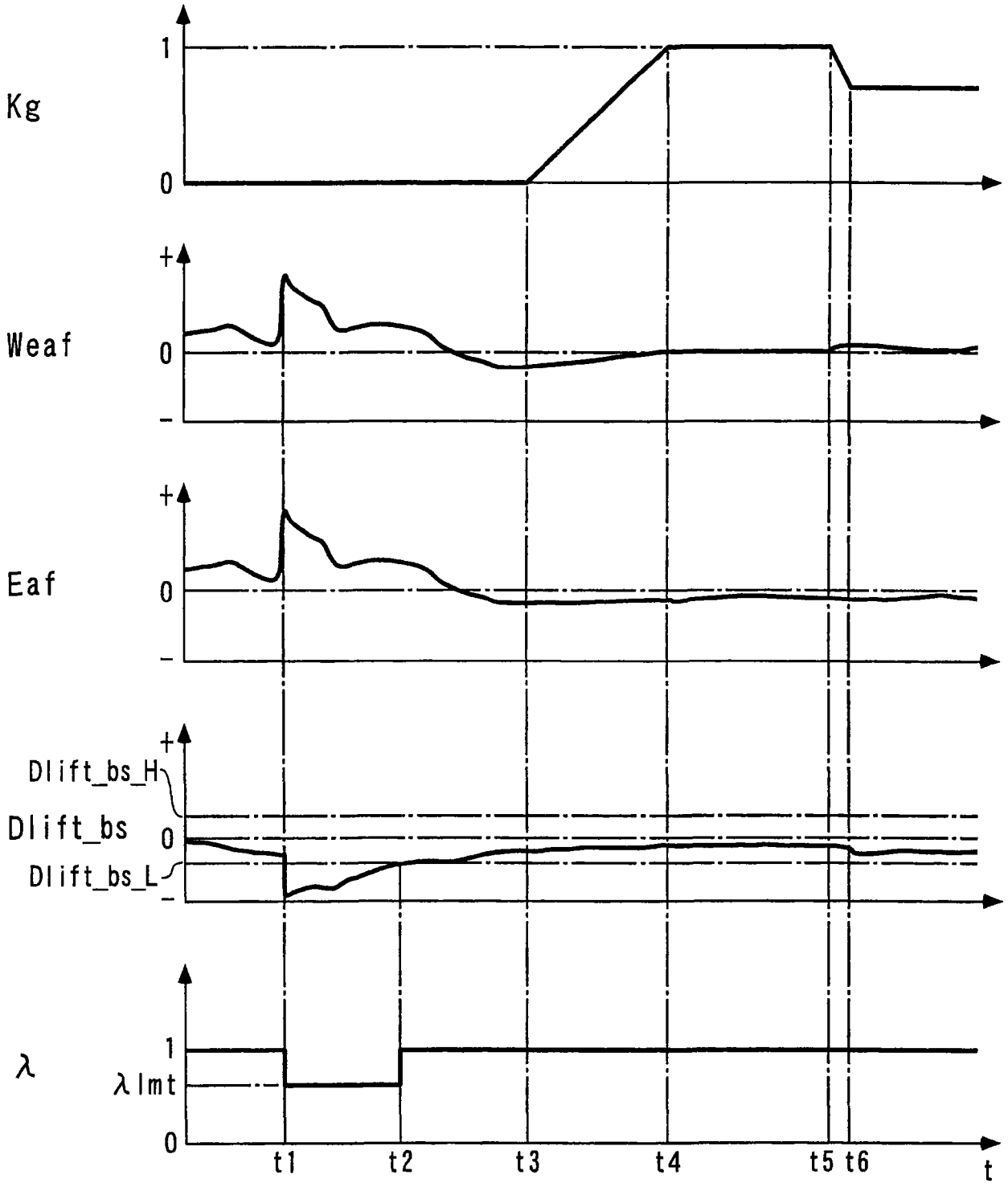

Kg
1
0
Weaf
+
0
-
Eaf
+
0
-
Dlift_bs_H
Dlift_bs
Dlift_bs_L
+
0
-
λ
1
λlmt
0
t1
t2
t3
t4
t5
t6
t

图 35

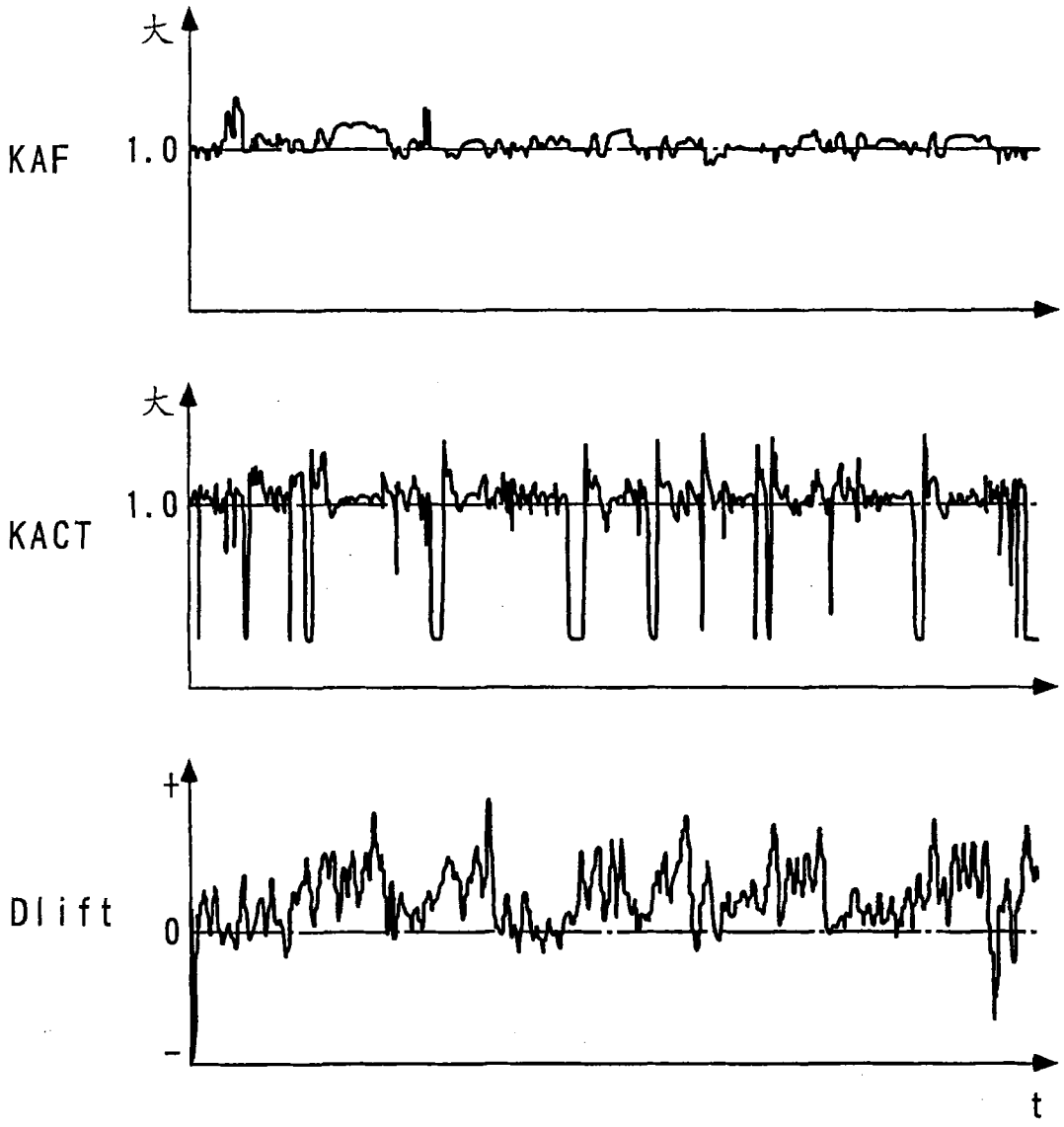


图 36

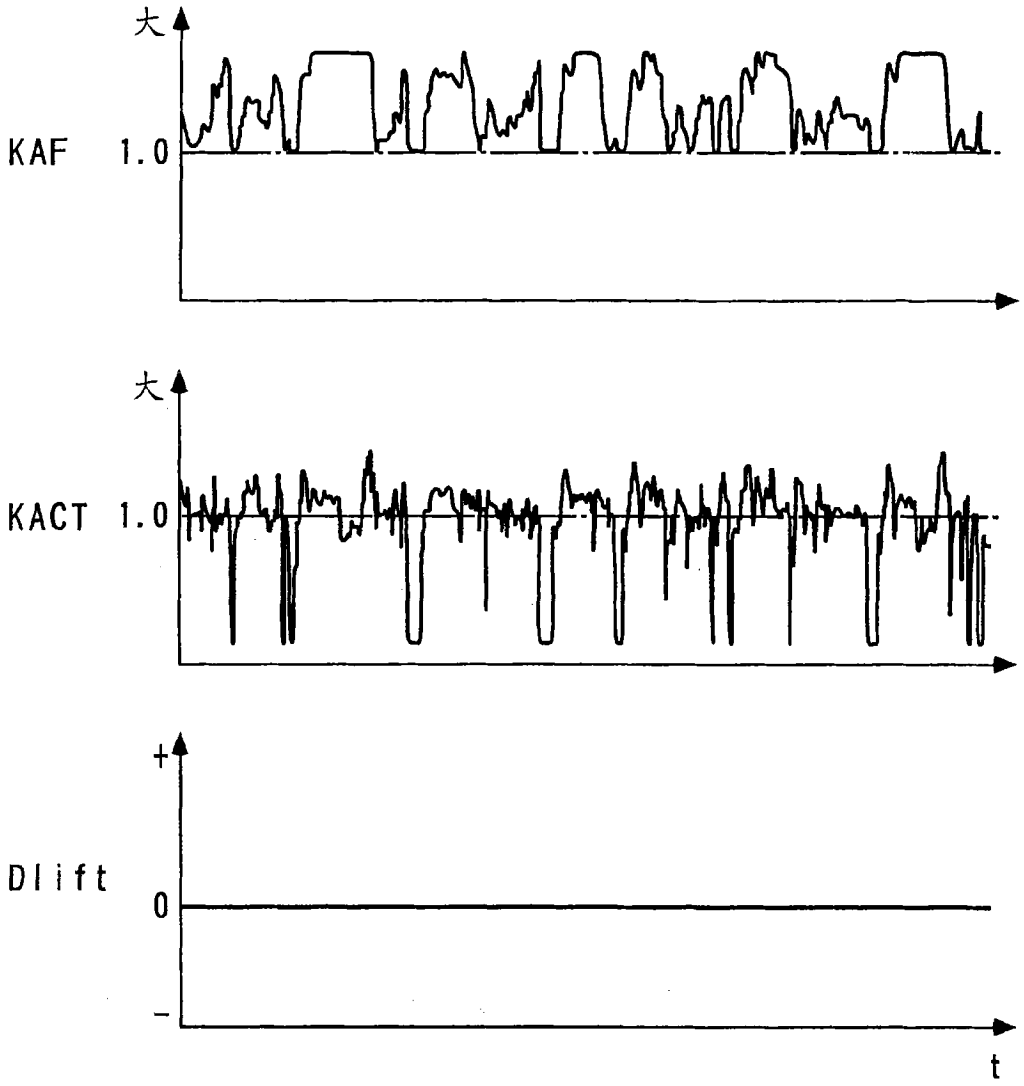


图 37

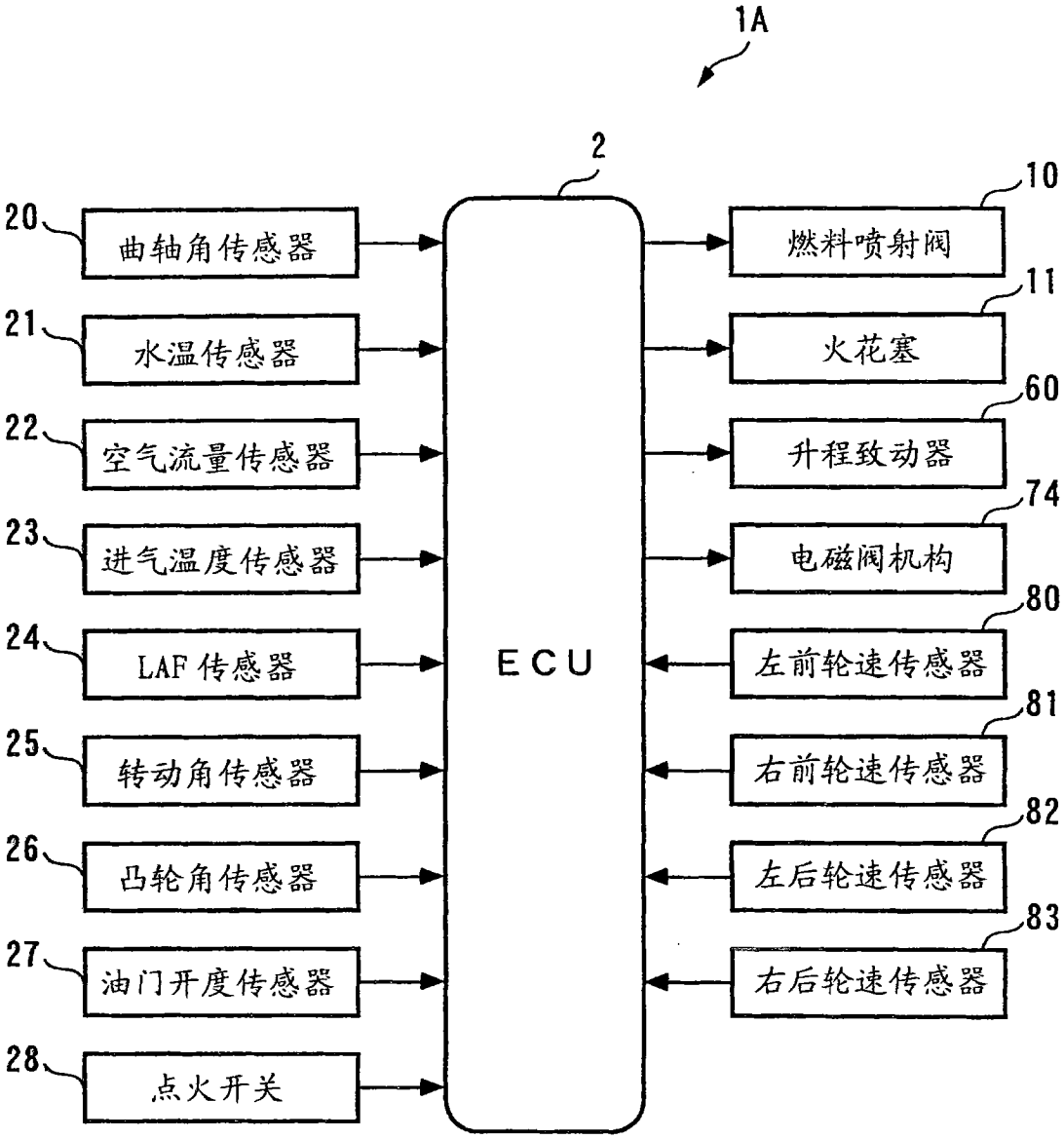

1A
2
ECU
20
曲轴角传感器
21
水温传感器
22
空气流量传感器
23
进气温度传感器
24
LAF 传感器
25
转动角传感器
26
凸轮角传感器
27
油门开度传感器
28
点火开关
10
燃料喷射阀
11
火花塞
60
升程致动器
74
电磁阀机构
80
左前轮速传感器
81
右前轮速传感器
82
左后轮速传感器
83
右后轮速传感器

图 38

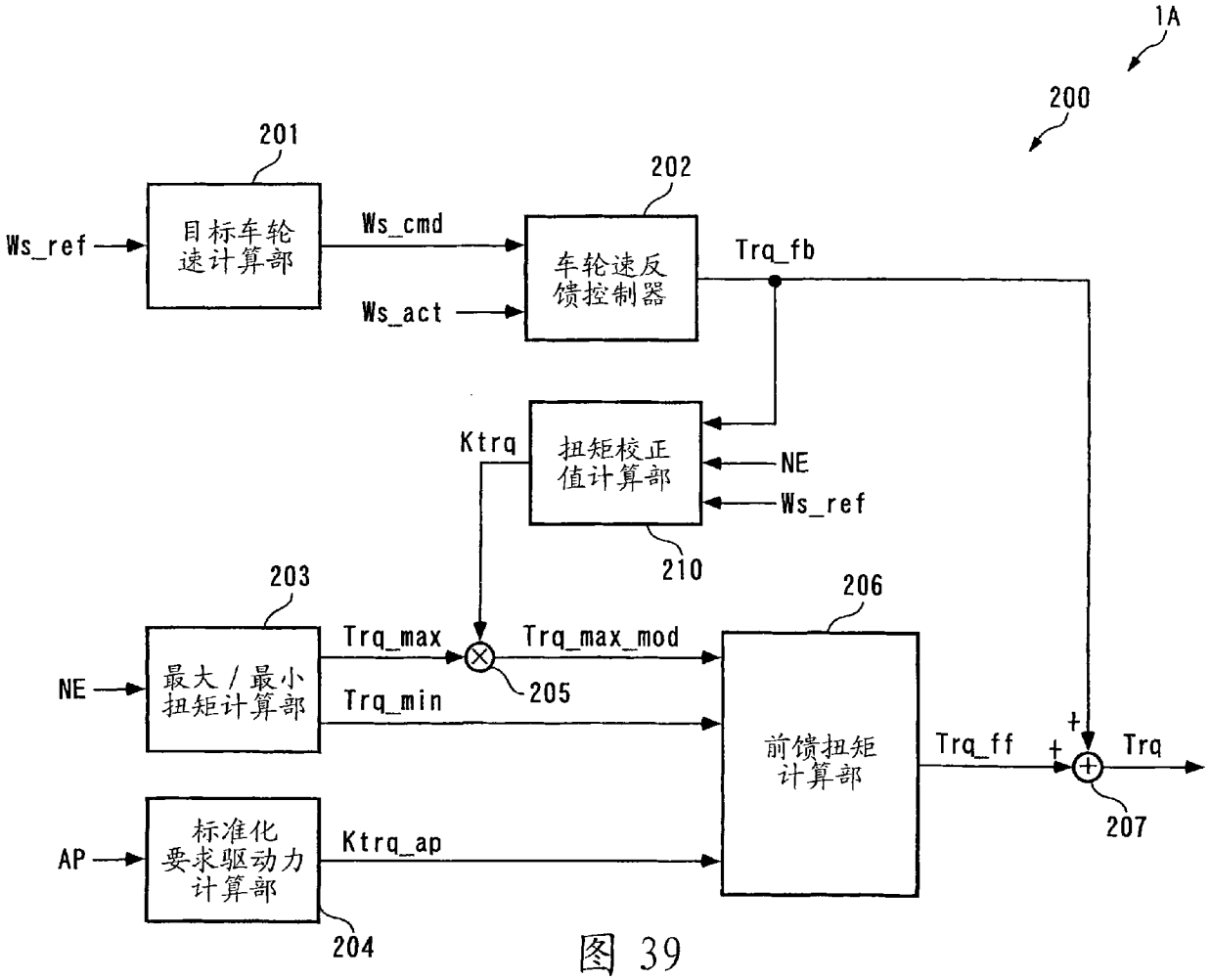

1A
200
201
202
Ws_ref
目标车轮速计算部
Ws_cmd
Ws_act
车轮速反馈控制器
Trq_fb
Ktrq
扭矩校正值计算部
NE
Ws_ref
210
203
206
NE
最大/最小扭矩计算部
Trq_max
Trq_min
205
Trq_max_mod
前馈扭矩计算部
Trq_ff
+
+
Trq
207
AP
标准化要求驱动力计算部
Ktrq_ap
204

图 39

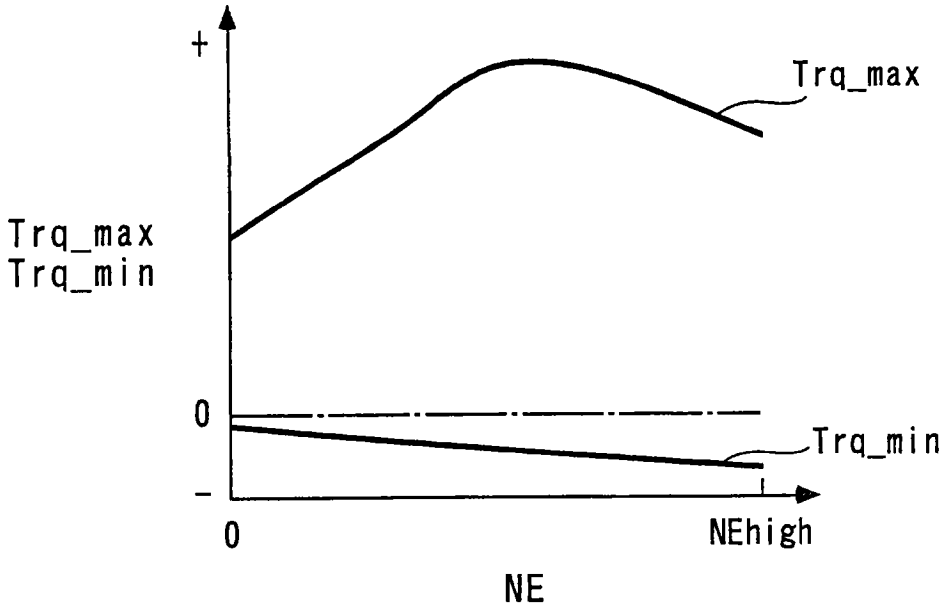

+
Trq_max
Trq_max
Trq_min
0
Trq_min
-
0
NEhigh
NE

图 40

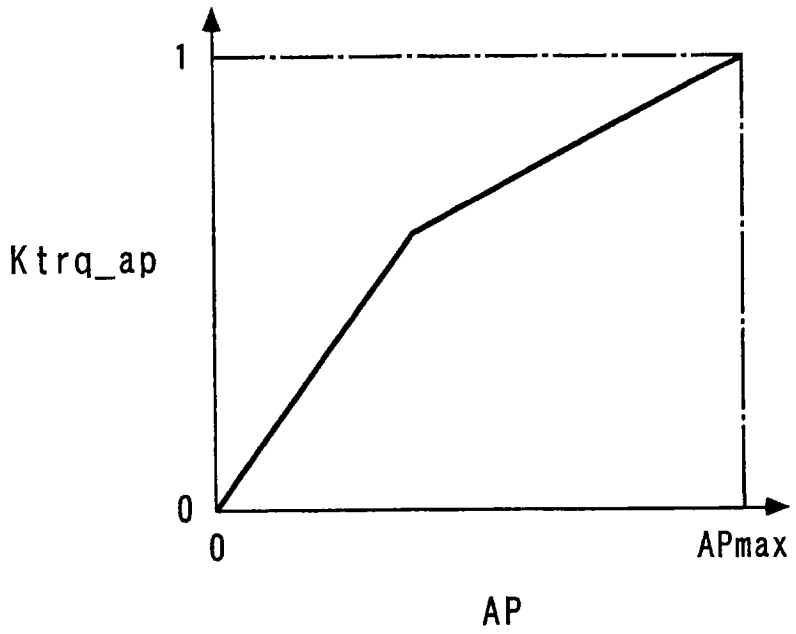

1
Ktrq_ap
0
0
APmax
AP

图 41

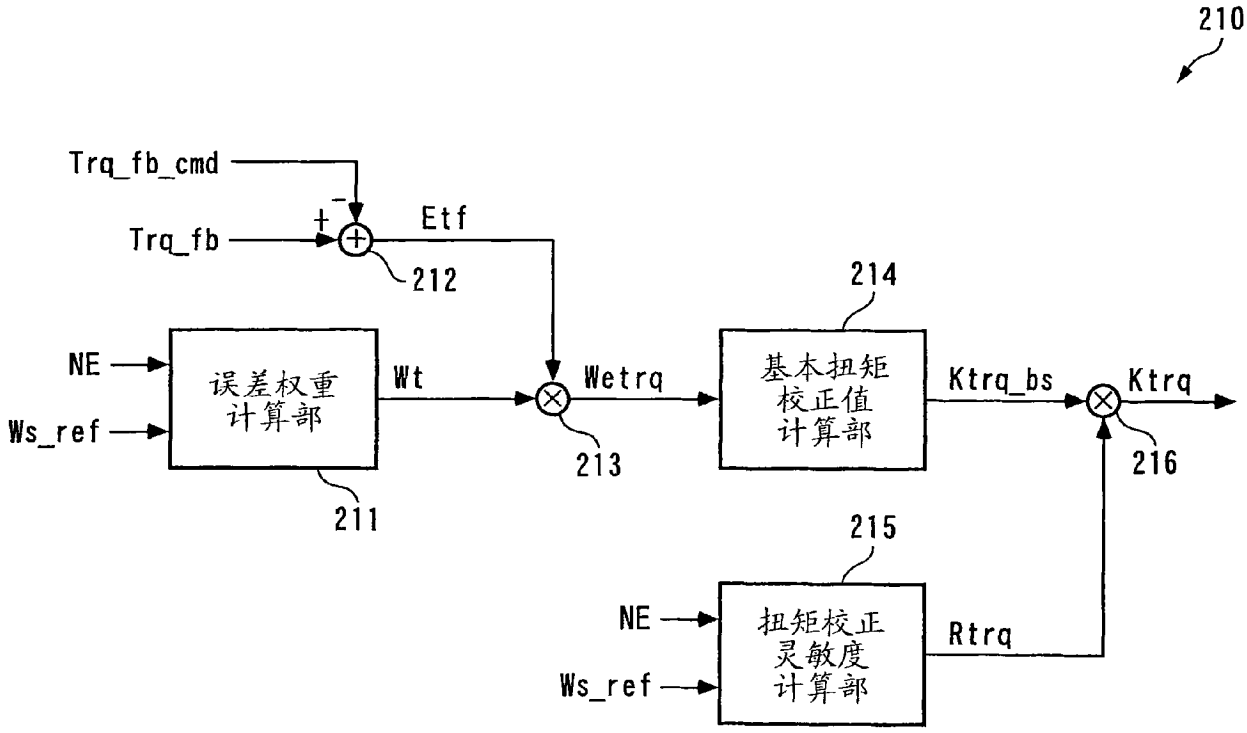

210
Trq_fb_cmd
Trq_fb
+
-
Etf
212
NE
Ws_ref
误差权重
计算部
211
Wt
Wetrq
213
214
基本扭矩
校正值
计算部
Ktrq_bs
Ktrq
216
215
NE
Ws_ref
扭矩校正
灵敏度
计算部
Rtrq

图 42

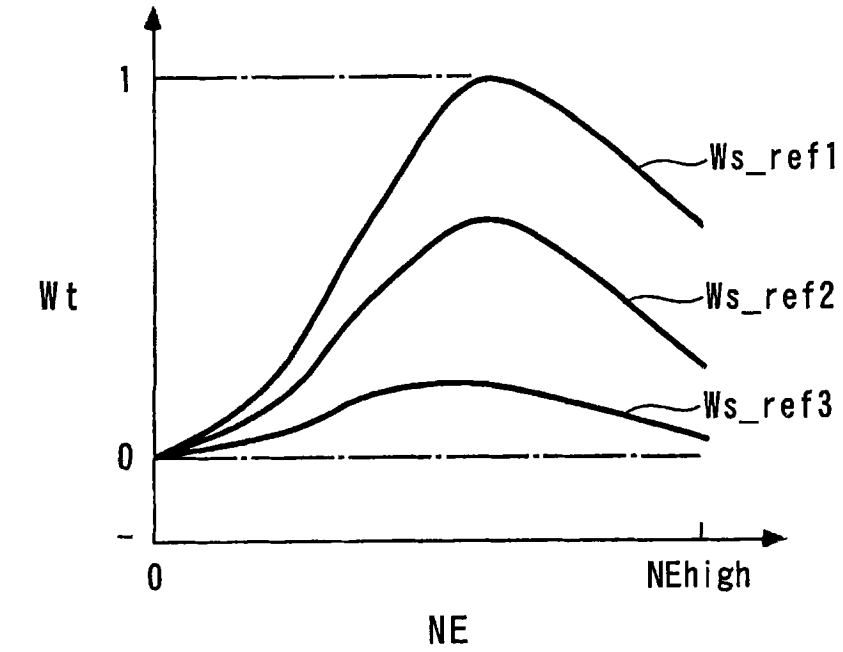

1
Wt
0
-
0
NEhigh
NE
Ws_ref1
Ws_ref2
Ws_ref3

图 43

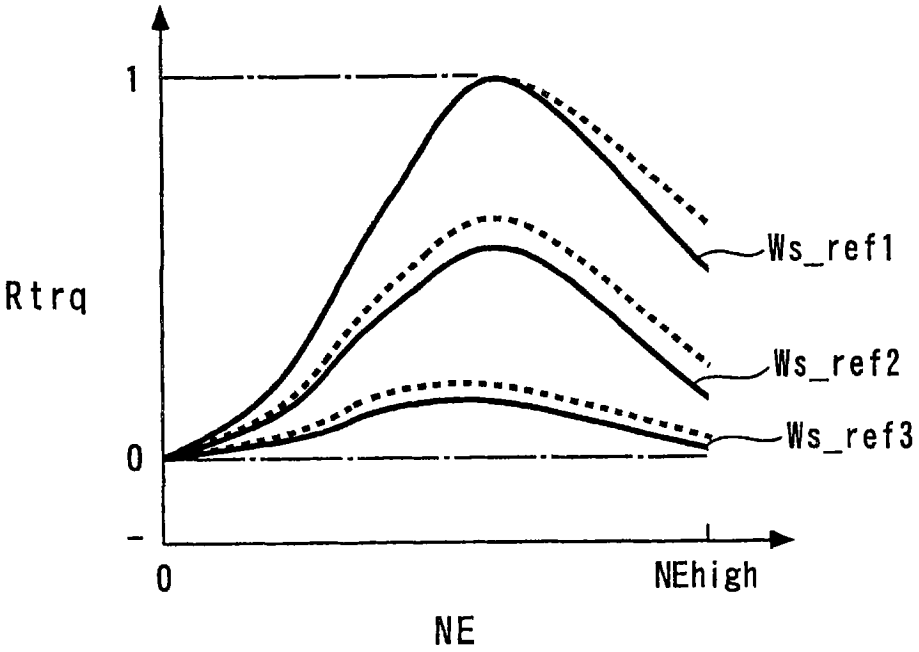

1
Rtrq
0
-
0
NEhigh
NE
Ws_ref1
Ws_ref2
Ws_ref3

图 44

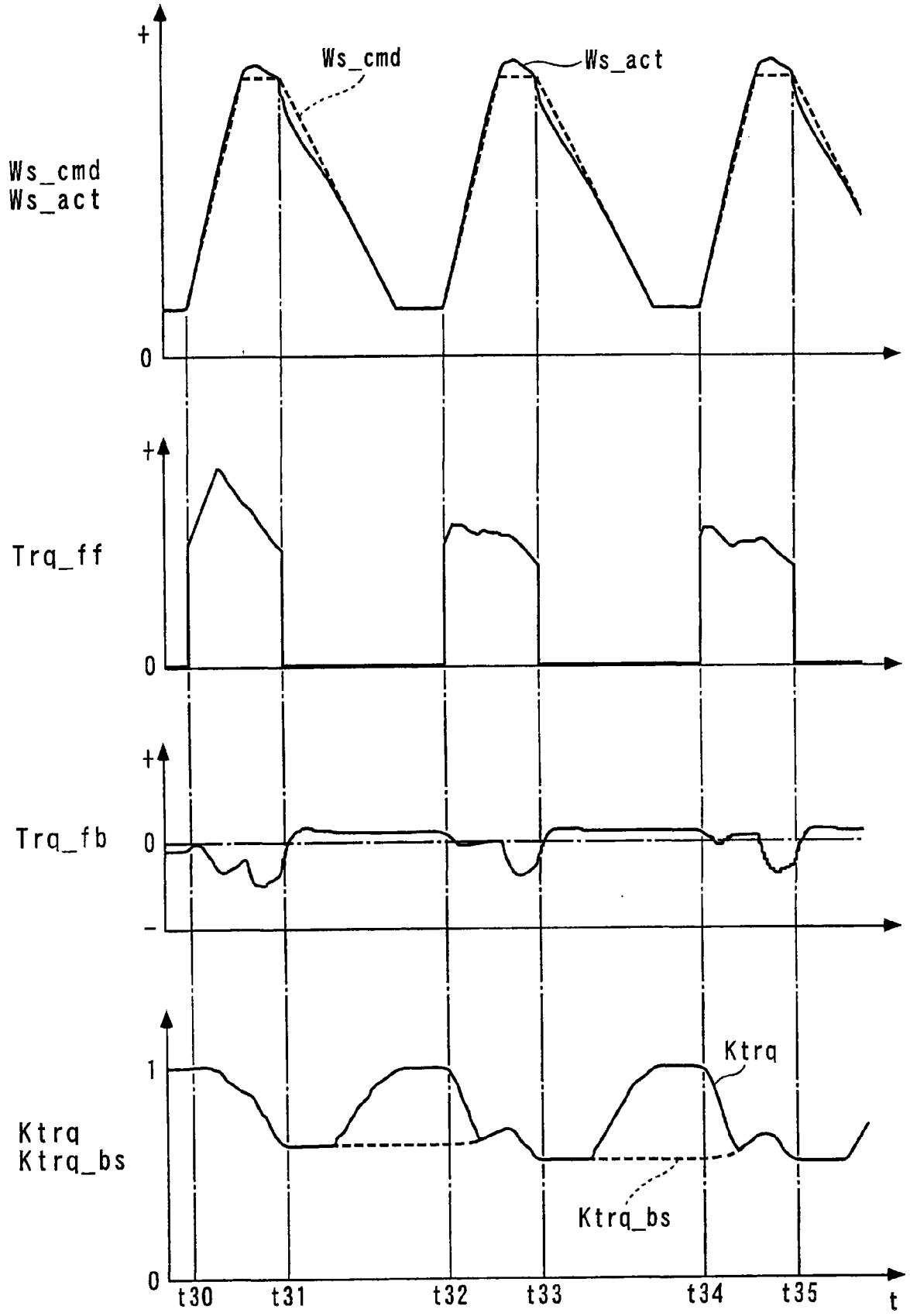

+
Ws_cmd
Ws_act
Ws_cmd
Ws_act
0
+
Trq_ff
0
+
Trq_fb
0
-
1
Ktrq
Ktrq_bs
Ktrq
Ktrq_bs
0
t30
t31
t32
t33
t34
t35
t

图 45

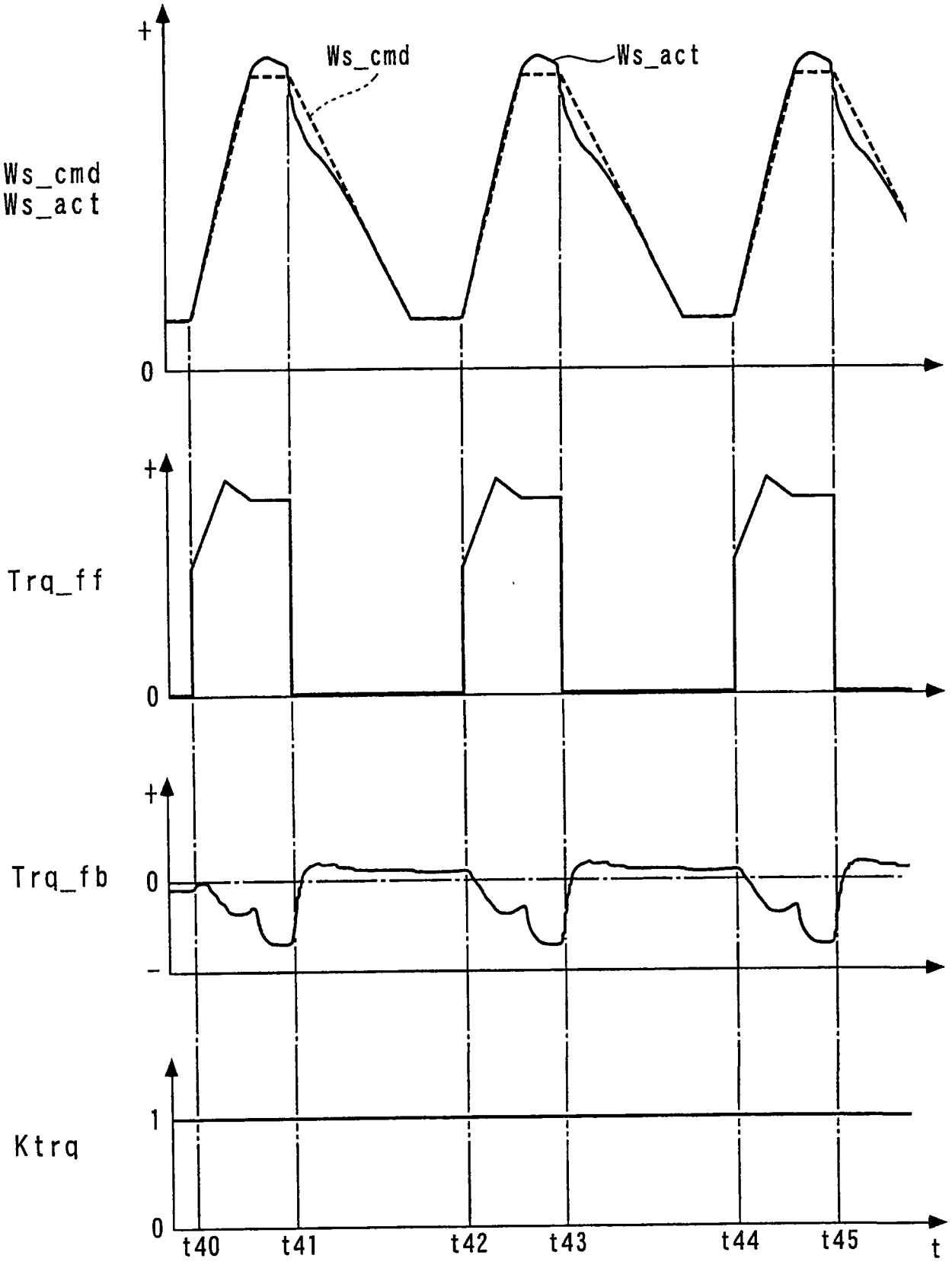

Ws_cmd
Ws_act
+
Ws_cmd
Ws_act
0
+
Trq_ff
0
+
Trq_fb
0
-
1
Ktrq
0
t40
t41
t42
t43
t44
t45
t

图 46