[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F02D 41/14 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580020508.7

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 100575687C

[22] 申请日 2005.5.6
[21] 申请号 200580020508.7
[30] 优先权
[32] 2004. 5. 6 [33] US [31] 10/840,406
[86] 国际申请 PCT/US2005/016176 2005.5.6
[87] 国际公布 WO2005/108764 英 2005.11.17
[85] 进入国家阶段日期 2006.12.21
[73] 专利权人 德雷瑟股份有限公司
地址 美国德克萨斯州
[72] 发明人 A·梅
[56] 参考文献
EP0997628A2 2000.5.3
DE4117440A1 1991.12.5
CN1143103A 1997.2.19
CN1408997A 2003.4.9
US5469831A 1995.11.28
US5237983A 1993.8.24
DE19510592A1 1995.9.28
审查员 王子光
[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
代理人 陈 炜

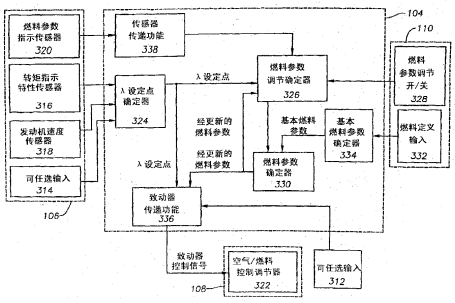
权利要求书 6 页 说明书 10 页 附图 6 页

[54] 发明名称

自适应发动机控制

[57] 摘要

一种发动机系统(100)具有用于控制供应给发动机(102)的空气与燃料比的发动机控制模块(104)。发动机控制模块(104)相对于燃料参数控制空气对燃料比，该燃料参数与燃料的比能或燃烧反应的化学计量相关。燃料参数相对于发动机(102)的性能进行更新。



1. 一种发动机系统包括：

发动机；

适于控制供应给发动机的空气量与燃料量的至少之一的空气／燃料调节器；

适于感测所述发动机的功率输出的传感器；以及

耦合到所述传感器与所述空气／燃料调节器的控制器，且所述控制器适于：

响应于适于在一发动机运行范围内运行所述发动机的多个发动机控制设定点、以及适用于整个所述范围的燃料参数，向所述空气／燃料调节器发送信号，以控制在所述发动机运行范围上供应给发动机的空气量或燃料量的至少之一，所述燃料参数表示所述燃料的成分；以及

根据所感测的功率输出与期望发动机功率输出来调节所述燃料参数。

2. 如权利要求 1 所述的发动机系统，其特征在于，所述控制器适于：

确定所述发动机控制设定点中至少之一的所述期望发动机功率输出；以及

根据所感测功率输出与所述期望发动功率输出之间的偏差来调节所述燃料参数。

3. 如权利要求 1 所述的发动机系统，其特征在于，所述控制器适于：

确定所述发动机控制设定点中至少之一的所述期望发动机功率输出；以及

根据至少一所感测功率输出与所述期望发动功率输出之间的偏差的变化率来调节所述燃料参数。

4. 如权利要求 1 所述的系发动机统，其特征在于，向所述控制器指定一基本燃料参数，且所述控制器适于在开始时调节所述基本燃料参数。

5. 如权利要求 1 所述的发动机系统，其特征在于，所述燃料参数相关于所述燃料的比能或燃烧反应的化学计量的至少之一。

6. 如权利要求 1 所述的发动机系统，其特征在于，所述控制器还适于根据（1）运行设定点和所测量的发动机运行之间的偏差或（2）所述运行设定点和所测量的发动机运行之间的偏差的变化率的至少之一，进行在所述发动机加速时增加供应给所述发动机的与空气燃料比中的空气量相关的空气燃料比中的燃料的量，或在所述发动机减速时减少供应给所述发动机的与空气燃料比中的空气量相关的空气燃料比中的燃料的量的至少之一；以及

其中所述运行设定点包括发动机速度或发动机转矩的至少之一。

7. 如权利要求 6 所述的发动机系统，其特征在于，还根据一权威参数来调节供应给所述发动机的所述空气燃料比，该权威参数以（1）所述运行设定点和所测量的发动机运行之间的偏差或（2）所述运行设定点或所测量的发动机运行之间的所述偏差的变化率的至少之一为因子。

8. 如权利要求 1 所述的发动机系统，其特征在于，所述控制器适于与负载通信，以接收负载进入信号，所述负载进入信号表示施加于发动机的负载的即将到来的变化，并向所述空气 / 燃料调节器发送信号，以便进一步响应于所述负载进入信号控制供应给所述发动机的空气燃料比。

9. 如权利要求 1 所述的发动机系统，其特征在于，所述控制器适于使用有限脉冲响应滤波器、无限脉冲响应滤波器、卡尔曼滤波器、或 PID 控制器的至少之一来确定对所述燃料参数的调节。

10. 如权利要求 1 所述的发动机系统，其特征在于，所述控制器适于根据随时间所检测的功率输出来调节所述燃料参数。

11. 如权利要求 1 所述的发动机系统，其特征在于，所述控制器适于：一旦检测到所述系统的一个或多个元件中的故障，就进行停止调节所述燃料参数或恢复到前一燃料参数的至少之一。

12. 一种发动机系统包括：

发动机；

适于控制供应给发动机的空气量与燃料量的至少之一的空气 / 燃料调节器；

适于感测表示所述发动机燃烧的混合物的耗氧量的传感器；以及

耦合到所述传感器与所述空气 / 燃料调节器的控制器，且所述控制器适于：

接收燃料定义输入并根据所述燃料定义输入确定燃料参数；

响应于适于在发动机运行范围内运行发动机的多个发动机控制设定点与适用于整个所述范围的所述燃料参数，向所述空气 / 燃料调节器发送信号，以控制在所述发动机运行范围上供应给发动机的空气量或燃料量的至少之一，所述燃料参数表示所述燃料的成分；以及

根据表示所述发动机燃烧的混合物的所述耗氧量来调节所述燃料参数。

13. 一种用于控制发动机系统的方法包括：

根据适于在发动机运行状态范围内运行发动机的多个发动机设定点与适用于所述范围的燃料参数在所述发动机运行状态的范围内调节供应给所述发动机的空

气燃料混合物，所述燃料参数表示所述燃料的成分；

接收表示所述发动机功率输出的信号；以及

根据所述功率输出与期望发动机功率输出来调节所述燃料参数。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，调节所述燃料参数包括：

确定所述发动机设定点中至少之一的期望发动机功率输出；以及

根据所述功率输出与所述期望发动机功率输出之间的偏差来调节所述燃料参数。

15. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，调节所述燃料参数包括：

确定所述发动机设定点中至少之一的期望发动机功率输出；以及

根据至少一所述发动机功率输出与所述期望发动机功率输出之间的偏差的变化率来调节所述燃料参数。

16. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述燃料参数相关于所述燃料的比能或燃烧反应的化学计量的至少之一。

17. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，还包括：

接收燃料定义；

开始时根据所述燃料定义确定所述燃料参数；以及

其中调节所述燃料参数包括调节所述在开始时确定的燃料参数。

18. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述发动机设定点表示实际空气对燃料的比与化学计量比的期望比。

19. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，还包括根据（1）发动机运行设定点和测量发动机运行之间的偏差或（2）所述发动机运行设定点和所测量的发动机运行之间的偏差的变化率的至少之一，在所述发动机加速时调节供应给所述发动机的空气燃料比以增加与所述空气燃料比中的空气量相关的空气燃料比中的燃料的量，其中所述运行设定点包括发动机速度或发动机转矩的至少之一。

20. 如权利要求 19 所述的方法，其特征在于，还根据以（1）所述发动机运行设定点和所测量的发动机运行之间的偏差或（2）所述运行设定点与所测量的发动机运行之间的所述偏差的变化率的至少之一为因子的权威参数来调节供应给所述发动机的所述空气燃料比。

21. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，还包括：

接收负载进入信号，所述负载进入信号表示施加于发动机的负载的即将到来的变化；以及

调节与所述负载进入信号相关的所述空气燃料混合物。

22. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，调节所述燃料参数包括用有限脉冲响应滤波器、无限脉冲响应滤波器、卡尔曼滤波器、或 PID 控制器的至少之一来调节所述燃料参数。

23. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，调节与所述发动机功率输出相关的所述燃料参数包括根据随时间的所述发动机功率输出来调节所述燃料参数。

24. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于，还包括：一旦检测到所述系统的一个或多个元件中的故障，就进行停止调节所述燃料参数或恢复到前一燃料参数的至少之一。

25. 一种用于控制发动机系统的方法，包括：

接收燃料定义；

开始时根据所述燃料定义确定燃料参数；以及

根据适于在发动机运行状态范围内运行发动机的多个发动机设定点与适用于整个所述范围的所述燃料参数来调节在所述发动机运行状态范围内供应给所述发动机的空气燃料混合物，所述燃料参数表示所述燃料的成分；

接收表示由所述发动机燃烧的混合物的空气燃料比的信号；以及

根据表示由所述发动机燃烧的混合物的空气燃料比的所述信号来调节所述燃料参数。

26. 一种发动机控制器，包括：

存储装置，以及

耦合到所述存储装置的处理器，所述处理器适于：

相关于适于在发动机运行范围内运行发动机的多个发动机设定点以及适用于整个所述范围的燃料参数，在所述发动机运行范围内确定调节器控制信号，所述调节器控制信号适于向调节器发送信号以调节供应给发动机的空气燃料混合物，所述燃料参数表示供应给所述发动机的燃料的成分；

接收表示所述发动机功率输出的信号；以及

根据所述功率输出与期望功率输出来调节所述燃料参数。

27. 如权利要求 26 所述的发动机控制器，其特征在于，所述处理器还适于：

确定所述发动机设定点中至少之一的期望发动机功率输出；以及

根据所述发动机功率输出与所述期望发动机功率输出之间的偏差来调节所述燃料参数。

28. 如权利要求 26 所述的发动机控制器，其特征在于，所述处理器还适于：

确定所述发动机设定点中至少之一的期望发动机功率输出；以及

根据所述发动机功率输出与所述期望发动机功率输出之间的偏差的至少一变化率来调节所述燃料参数。

29. 如权利要求 26 所述的发动机控制器，其特征在于，所述燃料参数与所述燃料的比能或所述燃烧反应的化学计量的至少之一相关。

30. 如权利要求 26 所述的发动机控制器，其特征在于，所述处理器还适于：

接收燃料定义并开始时根据所述燃料定义确定所述燃料参数；以及

其中所述燃料参数是通过调节所述在开始时确定的燃料参数来调节的。

31. 如权利要求 26 所述的发动机控制器，其特征在于，所述发动机设定点表示实际空气对燃料的比与化学计量比的期望比。

32. 如权利要求 26 所述的发动机控制器，其特征在于，所述处理器还适于：

根据（1）发动机运行设定点或所测量的发动机运行之间的偏差或（2）所述发动机运行设定点和所测量的发动机运行之间的偏差的变化率的至少之一，在所述发动机加速时确定调节器控制信号，其中所述发动机运行设定点是发动机速度或发动机转矩的至少之一。

33. 如权利要求 32 所述的发动机控制器，其特征在于，所述处理器还适于：

根据以（1）所述发动机运行设定点或所测量的发动机运行之间的偏差或（2）所述发动机运行设定点与所测量的发动机运行之间的所述偏差的变化率的至少之一为因子的权威参数来确定所述调节器控制信号。

34. 如权利要求 26 所述的发动机控制器，其特征在于，所述处理器还适于：

接收表示施加到所述发动机的负载的即将到来的变化的负载进入信号；以及

相关于所述负载进入信号确定调节器控制信号。

35. 如权利要求 26 所述的发动机控制器，其特征在于，所述燃料参数是通过使用有限脉冲响应滤波器、无限脉冲响应滤波器、卡尔曼滤波器、或 PID 控制器的至少之一来调节的。

36. 如权利要求 26 所述的发动机控制器，其特征在于，所述燃料参数是相关与所述发动机功率输出来调节的，包括根据随时间的所述发动机功率输出来调节所述燃料参数。

37. 如权利要求 26 所述的发动机控制器，其特征在于，所述处理器还适于：

一旦检测到所述系统的一个或多个元件中的故障，就进行停止调节所述燃料

参数或恢复到先前燃料参数的至少之一。

38. 一种发动机控制器，包括：

存储装置；以及

耦合到所述存储装置的处理器，所述处理器适于：

接收燃料定义；

开始时根据所述燃料定义确定燃料参数；以及

相关于适于在发动机运行范围内运行发动机的多个发动机设定点以及适用于所述范围的燃料参数，在所述发动机运行范围内确定调节器控制信号，所述调节器控制信号适于向调节器发送信号以调节供应给发动机的空气燃料混合物，所述燃料参数表示供应给所述发动机的燃料的成分；

接收表示由所述发动机燃烧的混合物的空气燃料比的信号；以及

相关于表示由所述发动机燃烧的混合物的空气燃料比的所述信号来调节所述燃料参数。

自适应发动机控制

相关申请交叉参考

本发明要求于2004年5月6日提交的题为“Adaptive Engine Control”的美国专利申请No. 10/840,406的优先权。

技术领域

本发明涉及内燃机，尤其涉及运行内燃机。

背景技术

供应给内燃机的燃料成分的变化会影响发动机的性能。如果以影响燃料的比能或燃烧反应的化学计量的方式来改变燃料成分，则必须调节供应给发动机的燃料的量以维持发动机性能。通过在燃烧之前检测燃料成分并影响具体燃烧成分的预定燃料图（fuel map）之前，一些发动机系统可补偿供应给发动机的燃料的变化。然而，此系统通常被配置成只检测燃料的特定成分的变化，例如，检测组合燃料中一种燃料与另一种燃料的比。通过检测燃料的特定成分，这些系统忽略了其它变化。这些变化可能对发动机的性能具有实质影响。

因此，需要一种补偿燃料中除特定燃料成分变化外的变化的发动机系统。

发明内容

本发明描述涉及相对于燃料成分中的变化对发动机系统性能的影响来补偿这些变化的系统与技术。

一种示例性发动机系统包括发动机、和适于控制供应给发动机的空气量与燃料量的至少之一的空气/燃料调节器。传感器被耦合到发动机、并适于检测表示发动机性能的特性。发动机系统包括耦合到传感器与空气/燃料调节器的控制器。该控制器适于向空气/燃料调节器发送信号，以响应于多个发动机控制设定点与燃料参数，在发动机运行的范围内控制供应给发动机的空气量与燃料量的至少之一。发动机控制设定点适于在发动机运行的范围内运行该发动机。控制器还适于根据发动机性能来调节燃料参数。该燃料参数表示燃料成分。

在一个示例性方法中，根据多个发动机设定点与燃料参数在发动机运行状态范围内调节供应给发动机的空气/燃料混合物，该多个发动机设定点适于在该范围内运行发动机。接收表示发动机性能的信号，并相对于发动机性能调节燃料参数。

在另一个示例性实现中，一种物品包括存储适于使一个或多个机器执行操作的指令的机器可读取介质。这些操作包括：相对于多个发动机设定点与燃料参数在发动机运行范围内确定调节器控制信号，该多个发动机设定点适于在该范围内运行发动机。调节器控制信号适于向调节器发送信号，以调节供应给发动机的空气/燃料混合物。这些操作还包括接收表示发动机性能的信号，并相对于发动机性能调节燃料参数。

在附图和以下描述中阐述了本发明的一个或多个实现的细节。其它特征、目的、以及优点根据该描述和附图、以及权利要求将变得显而易见。

附图说明

图 1 是根据本发明构造的发动机系统的示意图；

图 2 是用于根据本发明构造的发动机系统的发动机控制模块的示意图；

图 3 是根据本发明构造的发动机系统的功能操作的示意图；

图 4 是根据本发明构造的发动机控制模块的操作的流程图；

图 5 是根据本发明构造的另一发动机系统的功能操作的示意图；

图 6 是用于在根据本发明构造的发动机系统的发动机转矩要求确定器的功能操作的示意图；

图 7 是根据本发明的发动机控制模块的操作的流程图。

在各个附图中相同的标号表示相同元件。

具体实施方式

首先参看图 1，根据本发明构造的示例性发动机系统 100 被示意性示出。发动机控制系统 100 包括可操作地耦合成与一个或多个发动机传感器 106、以及一个或多个致动器 108 通信的发动机控制模块（ECM）104。发动机传感器 106 可与内燃机 102 耦合，感测发动机 102 和/或发动机系统 100 的一个或多个运行特性，并输出表示运行特性的信号。典型发动机运行特性的一些示例包括发动机速度、诸如歧管绝对压力(MAP)或进气歧管密度(IMD)的转矩指示特性、发动机功率输出、诸如耗氧量的表示发动机空气与燃料比的特性、环境和/或入口温度、环境压强、以及

其它。致动器 108 适于控制用于控制发动机的各种发动机系统元件（未具体示出）与其它发动机系统元件。典型发动机元件的一些示例包括节流阀、涡轮增压器旁通阀或废气门、点火系统、诸如可调节燃料混合器的空气/燃料调节装置、燃料压力调节器、燃料喷射器等。ECM 104 也可耦合成与其它元件 110 通信。其它元件 110 的一些示例可包括：允许用户查询 ECM 104 或者向 ECM 104 输入数据或指令的用户接口；检测除发动机或发动机系统的运行特性之外的信息的一个或多个外部传感器；ECM 104 可向其传送系统特性的监测或诊断装置等。

参看图 2，ECM 104 包括可操作地耦合到计算机可读介质或存储器 114 的处理器 112。计算机可读介质 114 可全部或部分从 ECM 104 中移出。计算机可读介质 114 包括由处理器 112 用来执行本文所描述一个或多个方法的指令。ECM 104 可诸如从传感器 106、致动器 108、以及其它元件 110 接收一个或多个输入信号（输入 $_1$…输入 $_n$），并可诸如向传感器 106、致动器 108、以及其它元件 110 输出一个或多个输出信号（输出 $_1$…输出 $_n$）。

ECM 104 运行以使发动机 102（图 1）加速或减速到指定运行状态，例如指定速度或转矩输出，并使发动机保持稳态运行。为此，ECM 104 从传感器 106 接收包括发动机状态参数的输入，并确定和输出适于控制致动器 108 以便运行发动机 102 的一个或多个致动器控制信号。

图 3 示出了适于在指定稳态状态下运行发动机的示例性 ECM 104。提供一种 ECM 104 以在稳定状态速度、转矩输出或其它指定运行状态下运行发动机是在本发明范围内的。图 3 的示例性 ECM 104 控制供应给发动机的燃烧混合物的空气与燃料的比。发动机的运行还可通过调节器（未明确示出）来影响，诸如用来控制发动机速度或转矩控制的、独立或结合到 ECM 104 的比例/积分/微分控制器的。调节器可用来控制诸如发动机入口中的节流阀的致动器 108，以控制供应给发动机的燃烧混合物的量。

图 3 的示例性 ECM 104 从传感器 106 接收发动机状态参数的输入，这些传感器 106 包括诸如 MAP 或 IMD 传感器的转矩指示特性传感器 316、发动机速度传感器 318、以及燃料参数指示传感器 320。燃料参数指示传感器 320 输出表示基于向其供应的燃料的发动机性能的信号，不管供应给发动机的燃料是诸如天然气或柴油的单一燃料、还是一种或多种燃料的合成物。燃料参数指示传感器 320 的一些示例可包括：诸如测量发动机排气的氧气传感器的空气与燃料比（λ）的传感器、诸如耦合到由发动机驱动的发电机（未具体示出）的千瓦功率传感器的发动机输出功率

传感器、红外燃料组分传感器、或其它燃料参数指示传感器。致动器 108 包括可用来控制供应给发动机的空气与燃料比的至少一个空气/燃料控制调节器 322。空气/燃料控制调节器 322 的示例包括：燃料压力调节器或使用固定节流孔面积空气/汽油混合器、可调节节流孔面积空气/汽油混合器的发动机系统中的空气支路、一个或多个燃料喷射器或其它空气/燃料调节器。ECM 104 从转矩指示特性传感器 316、发动机速度传感器 318、以及燃料参数指示传感器 320 接收输入，并确定和输出致动器控制信号以控制空气/燃料控制调节器 322 的操作，如下所述。

ECM 104 包括接收一个或多个发动机状态参数、并确定和输出 λ 设定点的 λ 设定点确定器 324。如以下将更加详细描述的，λ 设定点与燃料参数一起被用来确定致动器控制信号以控制空气/燃料控制调节器 322。确定和使用不同于 λ 设定点的其它发动机设定点也落在本发明的范围内。在确定 λ 设定点时，示例性 ECM 104 使用来自发动机速度传感器 318 的发动机速度、来自转矩指示特性传感器 316 的转矩指示特性（例如 MAP 或 IMD）、以及例如环境或入口温度的可任选其它参数。还期望 ECM 104 替代或者结合上述传感器来使用其它传感器，诸如空气质量传感器或流量传感器。

λ 设定点确定器 324 可使用至少包括表示发动机速度与转矩指示特性的值的查找表来确定 λ 设定点，该转矩指示特性与保持稳态发动机运行所确定的 λ 设定点相关。替代或结合查找表，λ 设定点确定器 324 可根据例如发动机速度与转矩指示特性的来自一个或多个传感器 106 的输入，使用公式计算来确定 λ 设定点。在任一实例中，λ 设定点相关于相应发动机速度与转矩指示特性值进行选择，以向发动机提供指定燃烧混合物来保持稳态运行。因此，不同的 λ 设定点可实现不同的发动机运行状态。λ 设定点确定器 32 相对于具有指定比能或化学计量的燃料、或如以下显而易见的特定燃料参数来进行校准 4。

致动器传递功能 336 接收至少 λ 设定点与燃料参数，并确定适于操作空气/燃料控制调节器 322 的致动器控制信号。在确定致动器控制信号时，致动器传递功能 336 可接收并说明其它输入，诸如上述发动机状态参数、燃料压力、环境压强、入口温度、环境温度等。致动器传递功能 336 使用使 λ 设定点、燃料参数、以及任何其它输入与致动器控制信号相关联的查找表，并通过根据 λ 设定点、燃料参数、以及任何其它输入的计算、通过结合查找表与计算、或通过其它方法来确定致动器控制信号。在示例性 ECM 104 中，可使用查找表将 λ 设定点转换成预备信号，并燃料参数可应用到计算中以在确定致动器控制信号时补偿预备信号。或者，燃料参数

可作为加法器（负或正）或乘法器施加到 λ 设定点，并使用查找表或通过根据 λ 设定点和其它输入的计算来确定致动器控制信号。

燃料参数是表示或关于供应给发动机的燃料的燃烧反应的比能或化学计量的值。在一示例中，从例如燃料等级、与燃料如何根据来自指定燃料的稀释剂稀释相关的燃料质量、或与燃料中包含的特定成分的量相关的燃料类型（即天然气、柴油、或其它）的表示燃料成分的燃料定义来获得燃料参数。使用其它燃料定义也落在本发明的范围内。燃料定义可经由燃料定义输入 332 输入到 ECM 104 中，然后 ECM 104 用基本燃料参数确定器 334 来确定燃料参数。或者，燃料参数可预先设定，然后通过 ECM 104 使用如下所述的燃料参数指示传感器 320 来更新成精确地反映供应给发动机的燃料。在燃料定义 332 被指定的实例中，基本燃料参数确定器 334 可使用与燃料定义和燃料参数相关的查找表、或通过根据燃料定义的计算来确定燃料参数。在确定用于空气/燃料控制调节器 322 的致动器控制信号时使用燃料参数使得 ECM 104 能对供应给发动机 102 的、可能影响发动机性能的燃料中的变化作出调节。

ECM 104 被配置成基于发动机 102 的性能来确定和更新燃料参数。为此，ECM 104 包括燃料参数调节确定器 324，它接收来自燃料参数指示传感器 320 的输入、以及 λ 设定点和可任选的燃料参数，并输出燃料参数调节。燃料参数调节是对其燃料供应的期望发动机性能与通过燃料参数指示传感器 320 测量的测得发动机性能之间的偏差的函数。燃料参数调节确定器 326 至少根据 λ 设定点确定期望发动机性能。在确定期望发动机性能时也可能使用其它值，诸如入口温度、预先确定的燃料参数、发动机速度、以及发动机转矩指示参数。燃料参数调节确定器 326 可从包括至少燃料参数与期望发动机性能的相关值的查找表、或从至少根据 λ 设定点的公式计算中确定期望发动机性能。燃料参数调节确定器 326 可使用具有可校准时间常数的有限脉冲响应(FIR)滤波器、具有可校准时间常数的无限脉冲响应(IIR)滤波器、比例/积分/微分(PID)控制器、卡尔曼滤波器、或其它类型的确定来确定燃料参数调节。

燃料参数调节确定器 326 也可通过与负载控制器对施加到发动机的负载的通信，并基于负载要出现的变化预测发动机要求，来包括与上述类似的前馈补偿。燃料参数调节确定器 326 可任选地在确定燃料参数调节时使用燃料参数，例如在确定期望发动机性能时，或者作为调节器来改变 FIR 滤波器、IIR 滤波器、卡尔曼滤波器、或 PID 控制器的响应。

在燃料参数确定器 326 使用 FIR 滤波器、IIR 滤波器、卡尔曼滤波器、或 PID 控制器来确定燃料参数调节的示例中，调节的幅度根据随时间的期望与实际发动机性能之间的偏差来智能地确定。FIR 滤波器、IIR 滤波器、卡尔曼滤波器、以及 PID 控制器的积分项各自占随时间的期望与测量发动机性能的偏差的一部分，并使用随时间获得的偏差来更改当前与将来的燃料调节的确定。PID 还考虑到期望与测量发动机性能（微分项）的变化率，以及期望与测得发动机性能中的偏差（比例项）的大小，以说明本系统性能。

在燃料参数指示传感器 320 是诸如发动机排气的氧气传感器的 λ 传感器的实现中，燃料参数调节确定器 326 根据通过传感器 320 测量的 λ 的偏差与通过 λ 设定点确定器 324 输出的 λ 设定点来确定燃料参数调节。如果所测 λ 与 λ 设定点不同，则从燃料参数调节 326 生成并输出燃料参数调节。

在燃料参数指示传感器 320 是诸如耦合到由发动机驱动的发电机（未具体示出）的千瓦传感器、或直接测量发动机功率输出的传感器的发动机输出功率传感器的实施例中，燃料参数调节确定器 326 确定对于给定 λ 设定点与燃料参数的期望发动机功率输出，并根据期望发动机功率输出与测量发动机功率输出之间的偏差来确定燃料参数调节。如果测量发动机功率输出与期望发动机功率输出不同，则从燃料参数调节确定器 326 生成并输出燃料参数调节。在确定发动机的期望功率输出时，燃料参数调节确定器 326 可利用 λ 设定点，以及从转矩指示传感器 316、发动机速度传感器 318 的输入和诸如入口温度的可任选输入 314。

燃料参数确定器 330 接收燃料参数调节并确定更新的燃料参数。更新的燃料参数与 λ 设定点一起被用来确定致动器控制信号。ECM 104 可通过用户或另一装置查询以输出经更新的燃料参数。经更新的燃料参数是有用的，因为它提供了对供应给发动机的燃料的比能或燃烧反应的化学计量的测量。在确定经更新的燃料参数时，燃料参数确定器 330 确定燃料参数补偿，使用该燃料参数补偿来更新先前的燃料参数、或 λ 设定点确定器 324 要校准成的指定燃料参数，并输出该经更新的燃料参数。在示例性 ECM 104 中，燃料参数补偿被添加到先前燃料参数、基本燃料参数（如下所述）、或 λ 设定点确定器 324 要校准成的指定燃料参数；然而，可预期：燃料参数补偿可应用为乘法器或其它公式计算。如果燃料参数调节确定器 326 被禁用，则燃料参数调节值变为零，且经更新的燃料参数将等于先前或指定燃料参数。在启动时，燃料参数是指定燃料参数、或从燃料定义输入 322 处获得的基本燃料参数。

燃料参数调节确定器326可任选地通过用户输入328来禁用，或通过ECM 104本身作为故障诊断的结果来禁用。例如，ECM 104可被配置成监测燃料参数指示传感器320和/或发动机系统100的其它元件的故障，并响应于检测到的故障输出信号。ECM 104还可被配置成进入“自我保护”（limp-home）模式，其中如果确定进一步的更新可能是不准确、不可靠、会损坏系统100的元件、对发动机系统100的运行会有不良影响等等，则禁用燃料参数调节确定器326以停止更新燃料参数、或恢复到基本或指定燃料参数值。

假定没有会影响发动机性能的发动机磨损、损坏、或更改，如果燃料参数准确地反映了供应给发动机的燃料，该发动机当该产生期望性能，且燃料参数调节确定器324应当输出零调节。然而，如果向发动机供应与燃料参数所关联燃料不同的燃料，则发动机性能可能会不同于期望发动机响应。根据燃料参数指示传感器320，这种偏差将是显而易见的。燃料参数调节确定器326将检测该偏差，输出燃料参数调节，并且燃料参数确定器330将确定经更新的燃料参数。根据燃料参数指示传感器320，影响发动机性能的发动机磨损、损坏、或更改也将是显而易见的，并可得到证明。

众所周知，给定燃料参数对于特定λ设定点并不是唯一的，而是也普遍适用于在确定致动器控制信号时的所有或一定范围的发动机运行状态与λ设定点。例如，如果在发动机在一λ设定点上运行时确定燃料参数，该燃料参数在如果发动机变成在不同λ设定点上运行时仍是适用的。同样，如果需要，ECM 104可被配置成不使用燃料参数或恢复到发动机运行的特定范围内的不同或基本燃料参数。因为燃料参数适用于不同运行状态的范围，所以它对不同运行状态中发动机运行的影响是前瞻性而非反应性的。对在不同运行状态运行之前，ECM 104知道并可根据在一个运行状态上确定的基本燃料参数或燃料参数来相应地补偿不同运行状态的燃料变化的方面而言，燃料参数的使用是前瞻性的。这对将前馈调节添加到控制器具有影响；前馈自适应地学习成为全局模型。相反，反应性系统（诸如常规λ控制）在相应运行状态下确定补偿之前则不得不在每个给定运行状态下运行。

参看图4，示意性地示出了ECM 104的运行。在410 ECM接收诸如发动机速度与转矩指示特性的发动机状态参数。在412，ECM基于发动机状态参数确定λ设定点。此后，ECM在414根据λ设定点与燃料参数确定致动器控制信号。在确定了致动器控制信号之后，ECM返回任务410并重新开始。

在该方法的第一次重复中，ECM使用从燃料定义输入332（图3）处获得的

基本燃料参数、或在确定致动器控制信号时存储的指定燃料参数。在随后的重复中，ECM 更新燃料参数并在确定致动器控制信号中使用经更新的燃料参数。为此，ECM 在 416 接收诸如来自 λ 传感器或由发动机驱动的发电机上的功率传感器的输出的燃料参数指示参数。在 418 燃料参数指示参数可任选地进行转换。在 420 使用在 412 确定的 λ 设定点与燃料参数，以根据测量发动机性能和期望发动机性能来确定燃料参数调节。在 422，根据燃料参数调节来确定燃料参数。在确定燃料参数之后，ECM 返回任务 416 并重新开始。

任务 416-422 实质上可与任务 410-414 同时执行，在任务 410-414 之前或之后依次进行，或者在任何其它时间进行。任务 410-414 与 416-422 可按有规律间隔连续重复、或在检测到发动机状态参数和/或燃料参数指示参数有变化时重复。

参看图 5，ECM 104 还可包括配置瞬变燃料调节。在瞬变状态中，当发动机的转矩、速度或两者都加速或减速时，空气/燃料比将易于在加速期间减小而在减速期间增大。为了在加速期间补偿此影响，当运行减小或接近超出以最近指定稳定运行状态运行发动机所需的化学计量（即增大空气/燃料比）时，ECM 104 暂时增加供应给发动机的燃料量。在加速期间增加所供应的燃料量增大了发动机转矩输出，并且产生更为响应性的性能、以及更快地承受增加的转矩负载。在减速期间，ECM 104 将所供应的燃料量（即减小空气/燃料比）减小到低于发动机在最近指定稳定运行状态下所需的，从而帮助发动机卸掉不必要的转矩输出并防止超速。

ECM 104 包括 λ 补偿确定器 340，它接收来自空气/燃料比转矩要求确定器 342 的输入，并确定增加或减少 λ 设定点的量。空气/燃料比转矩要求确定器 342 基于输入燃料富集权威因子 346 与发动机状态参数，来确定要在转矩或发动机速度（在下文中称为“燃料转矩”）中获得期望加速或减速所使用的加燃料变化量（在 λ 设定点瞬时增加或减少）。λ 补偿确定器 340 输出是在致动器传递功能 336 之前更改 λ 设定点的 λ 补偿（正或负值）。在示例性 ECM 104 中，λ 补偿被添加到 λ 设定点；然而，可预期：λ 补偿可应用为乘法器或其它公式计算。λ 补偿确定器 340 可使用使得燃料转矩、以及诸如来自转矩指示特性传感器 316 的 MAP、IMD 和来自发动机速度传感器 318 的发动机速度的一个或多个发动机状态参数与 λ 设定点补偿值相关的查找表，来确定 λ 设定点补偿。替代地或者结合查找表，λ 补偿确定器 340 可使用公式计算来确定 λ 设定点补偿。

图 6 示出适于确定器 342 的示例性燃料转矩要求确定器的功能操作。示例性确定器 342 包括诸如在发动机的调速器中使用的 PID 控制器的 PID 控制器 510。如

果 PID 控制器 510 被配置成保持稳态发动机速度，则 PID 控制器 510 接收用户定义发动机速度设定点 344、与来自发动机速度传感器 318 的测量发动机速度。PID 控制器 510 确定表示发动机速度设定点 344 与测量发动机速度之间偏差（即误差）的比例项、表示误差对时间的积分的积分项、以及表示误差随时间的变化率的微分项。比例项乘以燃料富集权威因子 346 并作为燃料转矩输出。比例项的余数，即比例项与乘以权威因子 346 的比例项的差值，与积分项以及微分项相加，并作为充量控制转矩输出。或者，确定器 342 可在确定空气/燃料比转矩时使用与燃料富集权威因子 346 相乘的比例项和微分项，并使用比例项的余数与微分项、以及积分项来确定充量控制转矩。充量控制转矩可用来操作在发动机的入口处的节流阀，以控制供应给发动机的燃烧混合物（充量）量。在任一实例中，在稳态运行时比例项与微分项将等于零。因而，燃料转矩也将为零，且不更改 λ 设定点。然而，在加速或减速时，比例项与微分项的非零值会导致从 λ 设定点更改的非零燃料转矩。可通过将燃料富集权威因子 346 设置成零来禁用瞬变燃料调节。

图 7 示意性地示出具有瞬变燃料调节的 ECM 104 的运行。ECM 在 410 接收诸如发动机速度与转矩指定特性的发动机状态参数。在 412，ECM 基于发动机状态参数确定 λ 设定点。ECM 在 424 确定燃料转矩要求，且如果转矩要求为非零值则在 426 确定 λ 补偿。在 428 根据 λ 补偿更改 λ 设定点。然后，ECM 在 414 根据 λ 设定点与燃料参数确定致动器控制信号。在确定致动器控制信号之后，ECM 返回任务 410 并重新开始。

在该方法的第一次重复中，ECM 使用从燃料定义输入 332（图 3）处获得的基本燃料参数、或在确定致动器控制信号时存储的指定燃料参数。在随后的重复中，ECM 更新燃料参数并在确定致动器控制信号时使用经更新的燃料参数。为此，ECM 在 416 接收诸如从 λ 传感器或在由发动机驱动的发电机上的功率传感器的输出的燃料参数指示参数。在 418 燃料参数指示参数可任选地进行转换。在 420 使用在 412 确定的 λ 设定点与燃料参数来根据测量发动机性能和期望发动机性能确定燃料参数调节。在 422，根据燃料参数调节来确定燃料参数。在确定燃料参数之后，ECM 返回任务 416 并重新开始。

任务 416-422 实质上可与任务 410-414 以及 424-428 同时执行，在任务 410-414 以及 424-428 之前或之后依次进行，或者在任何其它时间进行。任务 410-414 也可与任务 424-428 同时执行。任务 410-414 与 424-428 以及 416-422 可按有规律间隔继续重复，或在检测到发动机状态参数和/或燃料参数指示参数有变化时重复。

在图 3 或 5 的任一配置中，通过与施加到发动机上的负载或负载控制器（未具体示出）通信以获得负载进入信号，ECM 104 可任选地包括前馈补偿。因而 λ 设定点确定器 324 可接收作为选择输入 314 的、表示负载变化以及可选地表示要发生的负载变化的负载进入信号。使用该负载进入信号，λ 设定点确定器 324 可基于通过负载进入信号传送的要发生的负载变化来预测发动机输出要求，并在预测要发生的负载变化时调节所确定的 λ 设定点。替换地或结合接收负载进入信号的 λ 设定点确定器 324，λ 补偿确定器 340 可接收负载进入信号，并至少部分地基于表示负载变化以及可任选地表示所加负载大小的负载进入信号来确定 λ 补偿。在题为“前馈发动机控制调节系统”（Feedforward Engine Control Governing System）的美国专利申请 No. 6,564,477 中公开了一个可用于发动机系统 100 的前馈补偿的示例，该申请的公开内容被全部结合于此。

根据本发明构造的发动机系统具有若干优点。例如，使用基于燃料参数的补偿解决了燃料中有意或无意的变化，诸如燃料质量、污物量、以及多部分组成燃料的混合比。发动机磨损、损坏、或更改说明了它们相对于期望性能影响发动机性能的程度。同样，在稳态运行中使用燃料参数的一致性得到了改进。与感测所测量 λ 与当前 λ 设定点的偏差、并反复上下调节空气/燃料控制直到达到 λ 设定点的典型闭环 λ 控制不同，本文所述的基于燃料参数控制根据燃料的比能或燃烧反应的化学计量全局地更改空气/燃料控制调节器的控制。换言之，本文所述的燃料参数补偿普遍适用于确定致动器控制信号时的全部或者一个范围内的发动机运行状态与 λ 设定点，而常规闭环 λ 控制的重复调节只与特定发动机运行状态以及进行调节的 λ 设定点相关。本文所述的燃料参数补偿是智能的、并进行计算量的调节，而常规闭环 λ 控制则进行设定量调节。本文所述的燃料参数补偿前瞻性地对燃料的变化更改燃料控制，而常规闭环 λ 控制则反应性地更改燃料控制。虽然本文所述的发动机系统是关于开环控制方案的，但是在使用闭环 λ 控制的发动机系统中使用基于燃料参数的控制也落在本发明的范围内。

已经描述了本发明的许多实施例。然而，可以理解：可进行各种更改而不偏离本发明的精神和范围。因此，其它实施例也落在以下权利要求的范围内。

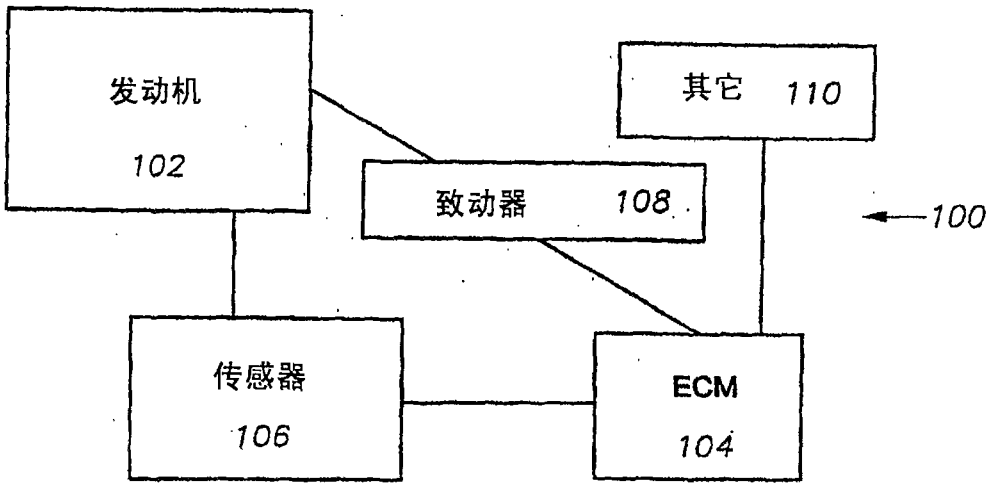

发动机
102
其它 110
致动器 108
100
传感器
106
ECM
104

图 1

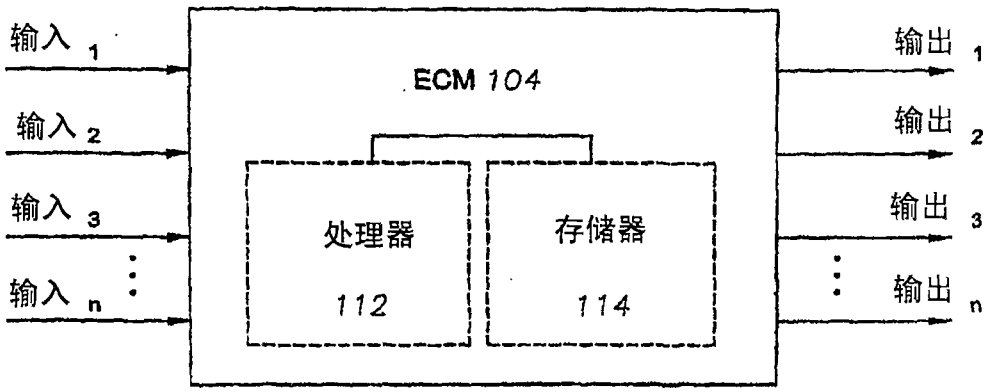

输入 1
输入 2
输入 3
输入 n
ECM 104
处理器
112
存储器
114
输出 1
输出 2
输出 3
输出 n

图 2

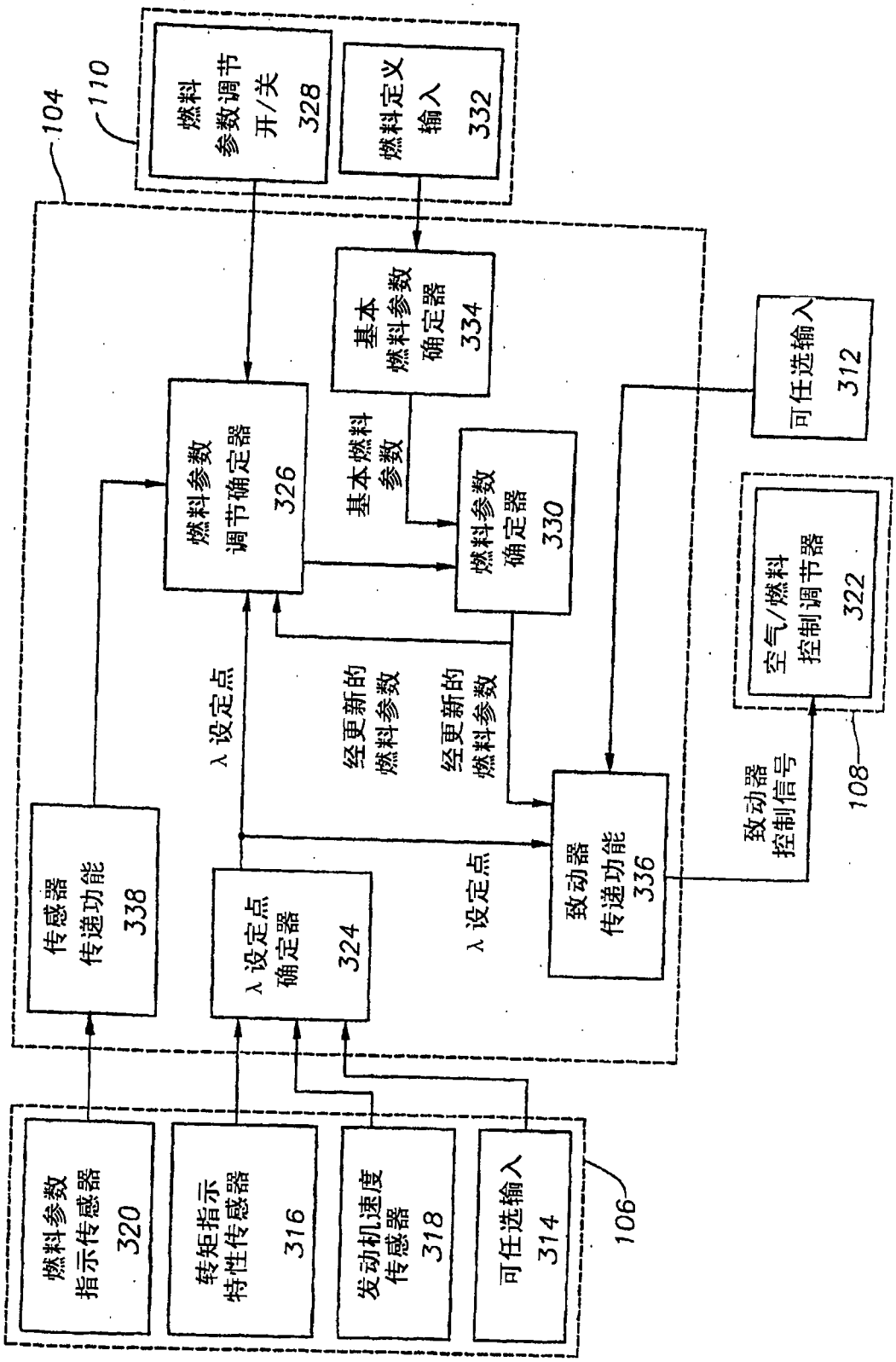

燃料参数指示传感器 320
转矩指示特性传感器 316
发动机速度传感器 318
可任选输入 314
106
传感器传递功能 338
λ设定点确定器 324
λ设定点
经更新的燃料参数
经更新的燃料参数
燃料参数调节确定器 326
基本燃料参数
燃料参数确定器 330
基本燃料参数确定器 334
燃料参数调节开/关 328
燃料定义输入 332
104
110
致动器传递功能 336
致动器控制信号
空气/燃料控制调节器 322
108
可任选输入 312

图 3

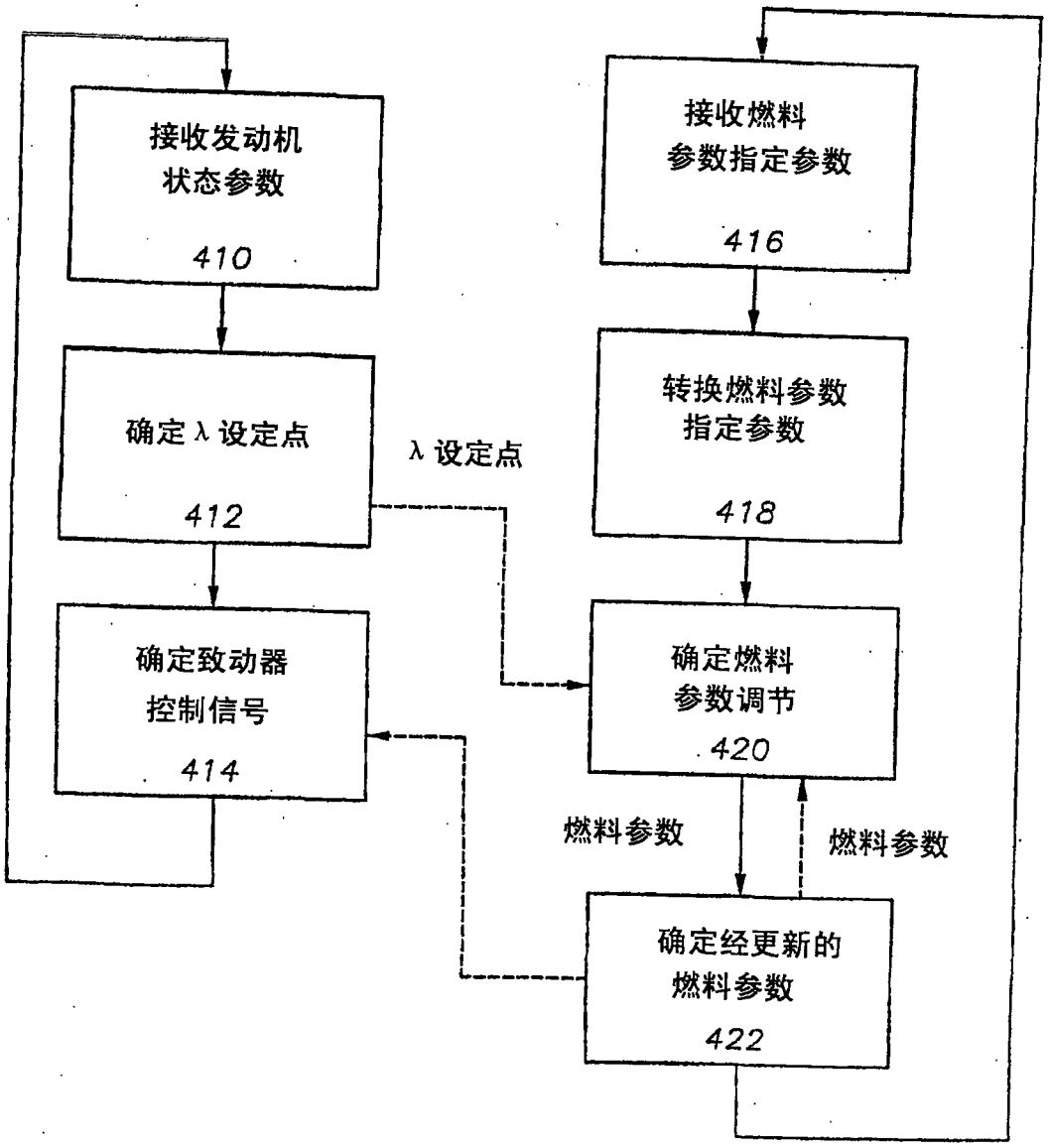

接收发动机
状态参数
410
确定λ设定点
412
λ设定点
确定致动器
控制信号
414
接收燃料
参数指定参数
416
转换燃料参数
指定参数
418
确定燃料
参数调节
420
燃料参数
燃料参数
确定经更新的
燃料参数
422

图 4

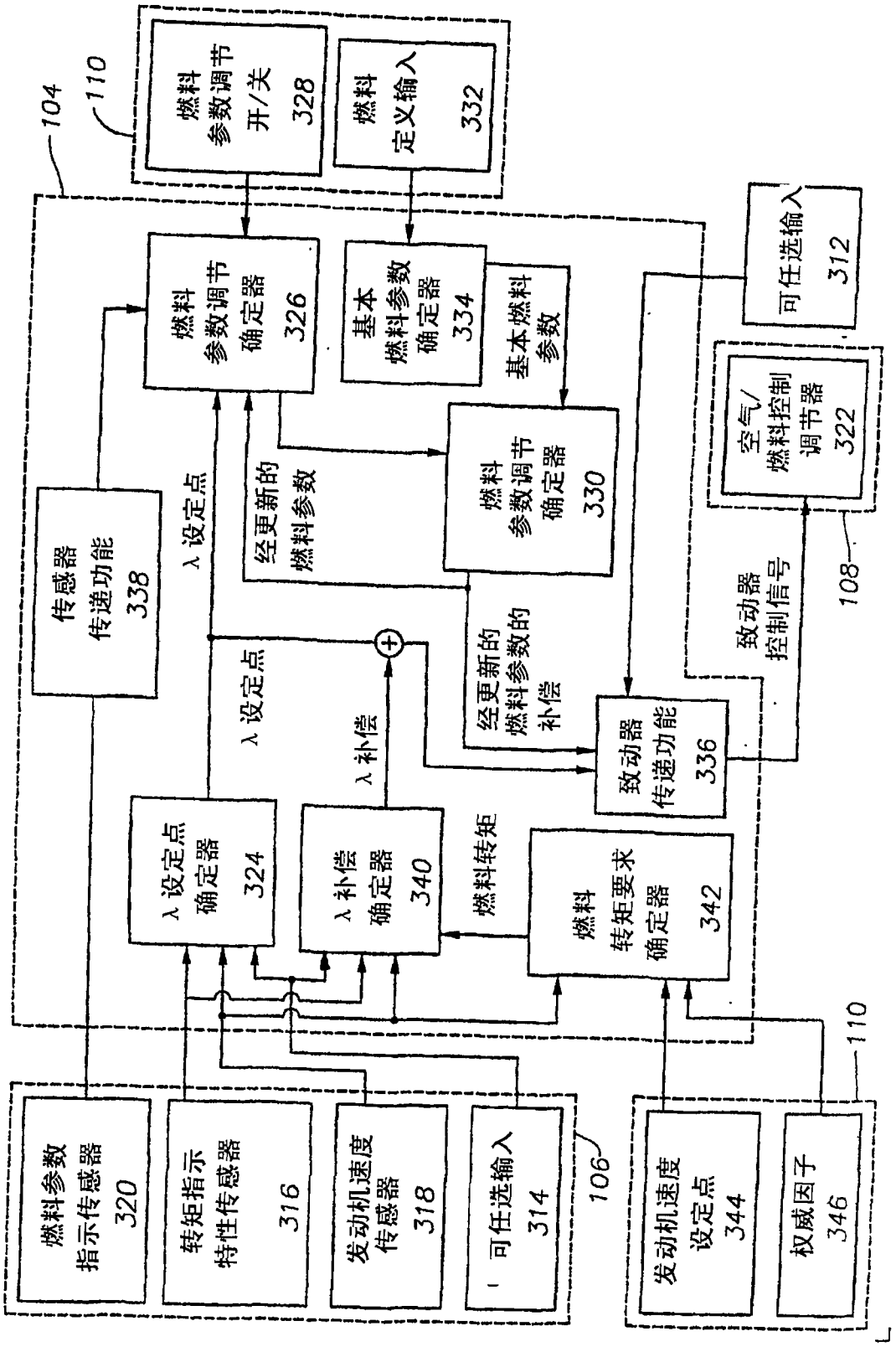

104
110
燃料参数调节开/关 328
燃料定义输入 332
燃料参数调节确定器 326
基本燃料参数确定器 334
基本燃料参数
可任选输入 312
传感器传递功能 338
λ设定点
经更新的燃料参数
燃料参数调节确定器 330
空气/燃料控制调节器 322
致动器控制信号
108
经更新的燃料参数的补偿
λ设定点
λ补偿
致动器传递功能 336
λ设定点确定器 324
λ补偿确定器 340
燃料转矩
燃料转矩要求确定器 342
燃料参数指示传感器 320
转矩指示特性传感器 316
发动机速度传感器 318
可任选输入 314
106
发动机速度设定点 344
权威因子 346
110

图 5

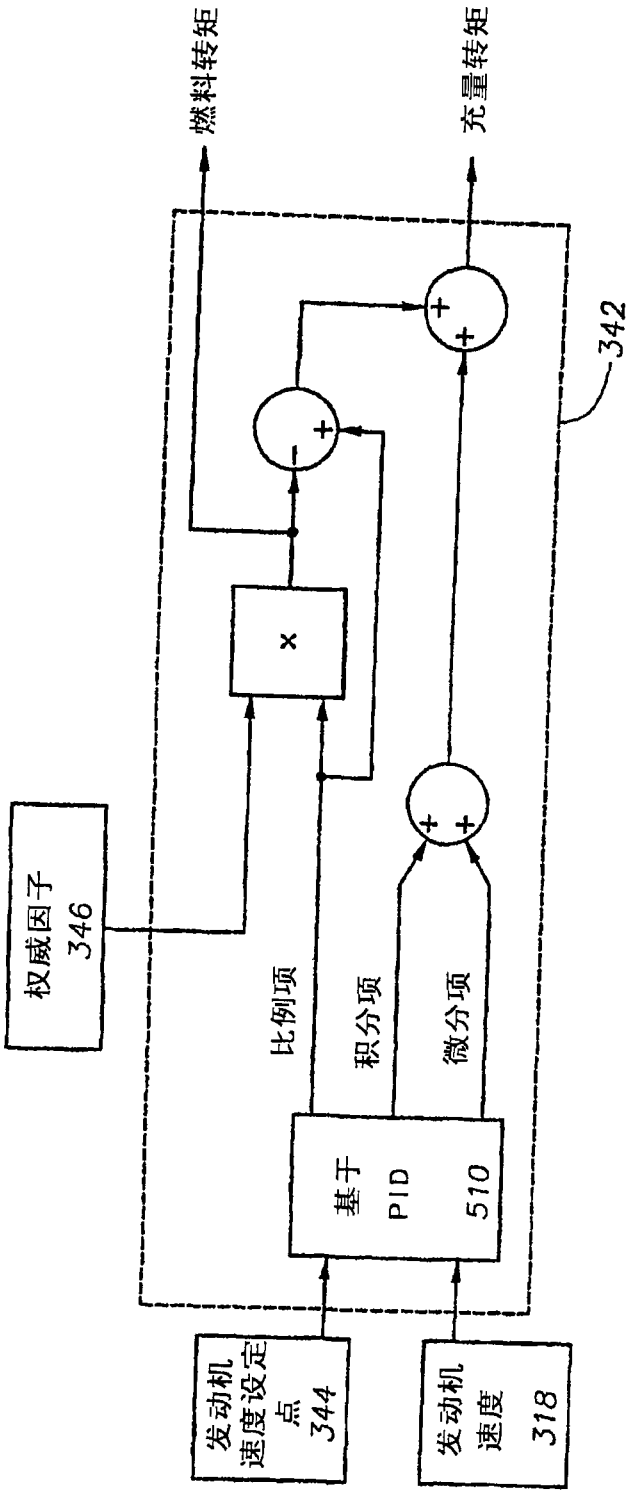

燃料转矩
充量转矩
342
权威因子
346
比例项
积分项
微分项
基于
PID
510
发动机
速度设定
点
344
发动机
速度
318

图 6

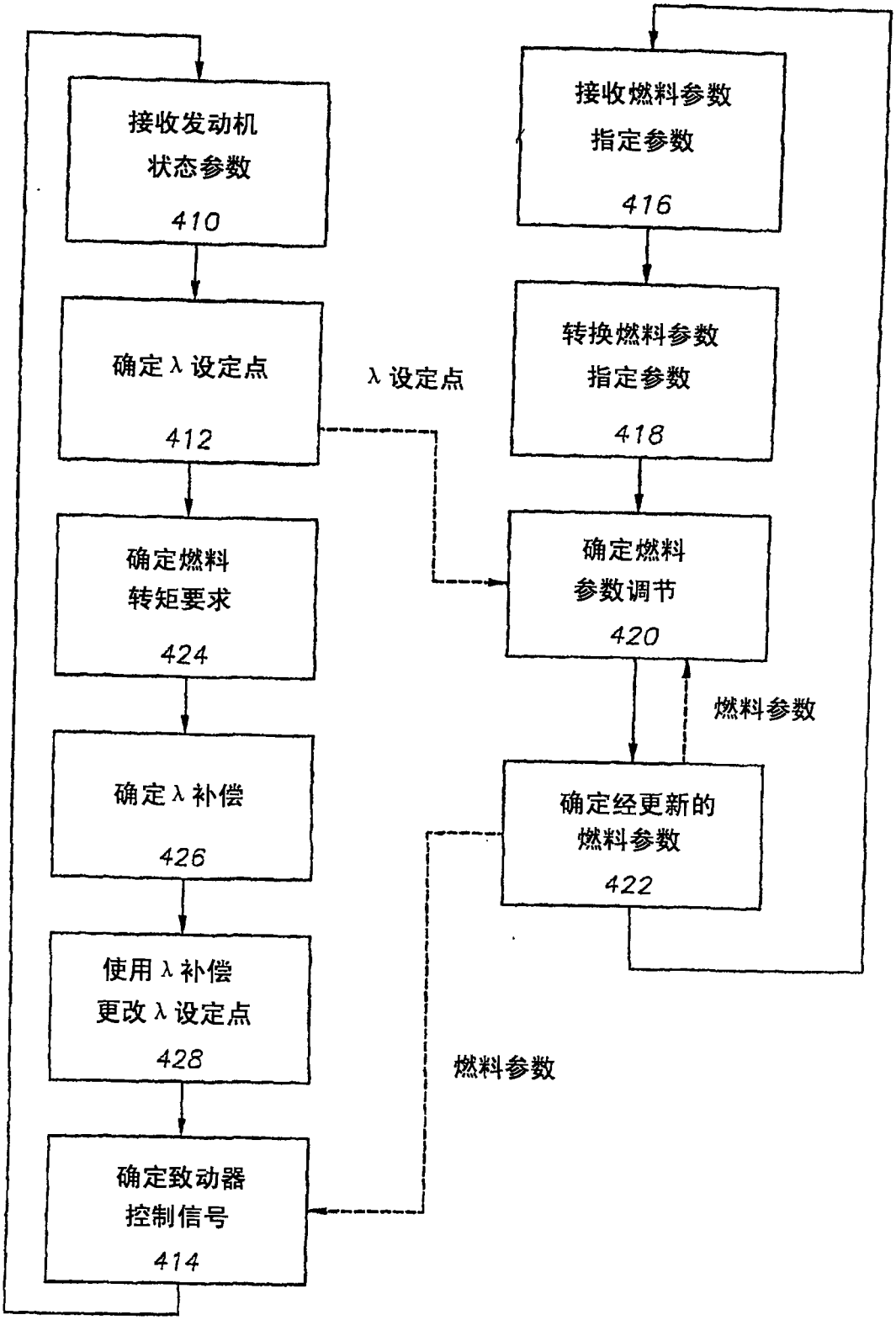

接收发动机
状态参数
410
确定λ设定点
412
确定燃料
转矩要求
424
确定λ补偿
426
使用λ补偿
更改λ设定点
428
确定致动器
控制信号
414
λ设定点
接收燃料参数
指定参数
416
转换燃料参数
指定参数
418
确定燃料
参数调节
420
燃料参数
确定经更新的
燃料参数
422
燃料参数

图 7