



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102575555 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201080042508. 8

(22) 申请日 2010. 09. 27

(30) 优先权数据

61/245, 909 2009. 09. 25 US

12/891, 151 2010. 09. 27 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 03. 23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/050394 2010. 09. 27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/038340 EN 2011. 03. 31

(73) 专利权人 康明斯有限公司

地址 美国印第安纳

(72) 发明人 A·W·奥斯本 M·盖韦吉

M·T·布克斯

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 王琼

(51) Int. Cl.

F01N 9/00(2006. 01)

F01N 5/04(2006. 01)

F01N 13/10(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 100416053 C , 2008. 09. 03, 全文 .

CN 101360892 A , 2009. 02. 04, 全文 .

CN 1900506 A , 2007. 01. 24, 全文 .

US 2003/0177766 A1 , 2003. 09. 25, 全文 .

US 2003/0192516 A1 , 2003. 10. 16, 全文 .

US 6035640 A , 2000. 03. 14, 全文 .

US 7031824 B2 , 2006. 04. 18, 全文 .

审查员 雒先

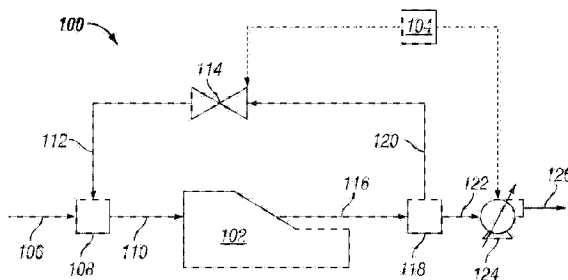
权利要求书3页 说明书9页 附图8页

(54) 发明名称

发动机进气流的排气歧管压力控制

(57) 摘要

一种用于控制内燃机里的充气流的方法, 所述方法包括运行具有 VGT 的发动机。所述方法包括确定目标和当前充气流与目标和当前 EGR 流。所述方法还包括确定充气流和 EGR 流的误差项, 并且响应所述误差项而确定排气压力反馈命令。所述排气压力反馈命令与排气压力前馈命令相结合, 并且所述 VGT 响应所述排气压力反馈命令而被控制。所述方法附加地包括响应当前 EGR 阀位置而确定所述排气压力反馈命令。所述方法还包括用所述 EGR 阀在相对关闭的 EGR 阀位置控制 EGR 流速, 以及用所述排气压力在相对打开的 EGR 阀位置控制所述 EGR 流速。



1. 一种用于控制内燃发动机进气流的方法,包括:
运行具有可变几何涡轮增压器的内燃机;
确定目标充气流、当前充气流、目标排气再循环流以及当前排气再循环流;
响应所述当前充气流和目标充气流而确定充气流误差项;
响应所述目标排气再循环流和当前排气再循环流而确定排气再循环流误差项;
响应所述充气流误差项和排气再循环流误差项而确定排气压力反馈命令;
确定前馈排气压力命令;
响应所述前馈排气压力命令和排气压力反馈命令而确定排气压力命令;以及
响应所述排气压力命令而提供可变几何涡轮增压器命令。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,
所述方法还包括确定排气再循环阀位置,并且其中,所述确定排气压力反馈命令还响应所述排气再循环阀位置。
3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,
所述方法还包括响应所述充气流误差项、排气再循环流误差项和排气再循环阀位置而确定排气再循环阀反馈命令。
4. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于,
根据包括所述排气再循环阀位置的函数的非线性增益矩阵确定所述排气压力反馈命令和排气再循环阀反馈命令。
5. 根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,
所述非线性增益矩阵在第一排气再循环阀位置和等于或低于第一值的排气压力时支持所述当前排气再循环流的排气再循环阀控制,并且在第二排气再循环阀位置和等于或高于第二值的排气压力时支持所述当前排气再循环流的排气压力控制;其中所述第二排气再循环阀位置比所述第一排气再循环阀位置开度更大,并且所述第二值大于所述第一值。
6. 根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于,
所述非线性增益矩阵支持所述当前充气流的排气压力控制。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,
所述方法还包括响应所述排气压力命令和当前排气压力而确定排气压力误差项,其中,响应所述排气压力命令而提供可变几何涡轮增压器命令还包括响应所述排气压力误差项而确定可变几何涡轮增压器内环命令。
8. 一种用于控制内燃发动机进气流的设备,包括:
参考模块,所述参考模块构造成确定目标充气流和目标排气再循环流;
运行状况模块,所述运行状况模块构造成确定当前充气流和当前排气再循环流;
误差确定模块,所述误差确定模块构造成响应所述当前充气流和目标充气流而确定充气流误差项,以及响应所述目标排气再循环流和当前排气再循环流而确定排气再循环流误差项;
反馈模块,所述反馈模块构造成响应所述充气流误差项和排气再循环流误差项而确定排气压力反馈命令;
前馈模块,所述前馈模块构造成确定前馈排气压力命令;以及
内环控制模块,所述内环控制模块构造成响应所述前馈排气压力命令和排气压力反馈

命令而确定排气压力命令,并且响应所述排气压力命令而提供可变几何涡轮增压器命令。

9. 根据权利要求 8 所述的设备,其特征在于,

所述运行状况模块进一步构造成确定排气再循环阀位置,并且所述反馈模块进一步构造成响应所述排气再循环阀位置而确定排气压力反馈命令。

10. 根据权利要求 9 所述的设备,其特征在于,

所述反馈模块进一步构造成响应所述充气流误差项、排气再循环流误差项和排气再循环阀位置而确定排气再循环阀反馈命令;所述前馈模块进一步构造成确定排气再循环前馈排气再循环阀位置;所述设备还包括排气再循环阀命令模块,所述排气再循环阀命令模块构造成响应所述排气再循环阀反馈命令和前馈排气再循环阀位置命令而确定排气再循环阀命令。

11. 根据权利要求 10 所述的设备,其特征在于,

所述反馈模块进一步构造成从包括所述排气再循环阀位置的函数的非线性增益矩阵确定所述排气压力反馈命令和排气再循环阀反馈命令。

12. 根据权利要求 11 所述的设备,其特征在于,

所述非线性增益矩阵在等于或低于第一值的流速和第一排气再循环阀位置时支持所述当前排气再循环流的排气再循环阀控制,并且在等于或高于第二值的流速和第二排气再循环阀位置时支持所述当前排气再循环流的排气压力控制;其中所述第二排气再循环阀位置比所述第一排气再循环阀位置开度更大,并且所述第二值大于所述第一值。

13. 根据权利要求 11 所述的设备,其特征在于,

所述非线性增益矩阵支持所述当前充气流的排气压力控制。

14. 根据权利要求 8 所述的设备,其特征在于,

所述误差确定模块进一步构造成响应所述排气压力命令和当前排气压力而确定排气压力误差项,并且所述内环控制模块进一步构造成响应所述排气压力误差项而确定可变几何涡轮增压器内环命令并且还响应所述可变几何涡轮增压器内环命令而提供所述可变几何涡轮增压器命令。

15. 一种用于控制内燃发动机进气流的系统,包括:

内燃机,所述内燃机具有可变几何涡轮增压器;

进气歧管,所述进气歧管将充气流提供给所述内燃机,所述充气流包括与排气再循环流结合的新鲜空气流,所述进气歧管在进气侧上定位在所述可变几何涡轮增压器的下游;

排气歧管,所述排气歧管在排气侧上定位在所述可变几何涡轮增压器的上游;

控制器,所述控制器包括:

参考模块,所述参考模块构造成确定目标充气流和目标排气再循环流;

运行状况模块,所述运行状况模块构造成确定当前充气流和当前排气再循环流;

误差确定模块,所述误差确定模块构造成响应所述当前充气流和目标充气流而确定充气流误差项,以及响应所述目标排气再循环流和当前排气再循环流而确定排气再循环流误差项;

反馈模块,所述反馈模块构造成响应所述充气流误差项和排气再循环流误差项而确定排气压力反馈模块;

前馈模块,所述前馈模块构造成确定前馈排气压力命令;以及

内环控制模块,所述内环控制模块构造成响应所述前馈排气压力命令和排气压力反馈命令而确定排气压力命令并且响应所述排气压力命令而提供可变几何涡轮增压器命令,并且其中,所述可变几何涡轮增压器响应所述可变几何涡轮增压器命令。

16. 根据权利要求 15 所述的系统,其特征在于,

所述系统还包括布置在所述可变几何涡轮增压器和进气歧管之间的排气再循环阀,其中,所述运行状况模块进一步构造成确定排气再循环阀位置,并且所述反馈模块进一步构造成响应所述排气再循环阀位置而确定所述排气压力反馈命令。

17. 根据权利要求 16 所述的系统,其特征在于,

所述反馈模块进一步构造成响应所述充气流误差项、排气再循环流误差项和排气再循环阀位置而确定排气再循环阀反馈命令;所述前馈模块进一步构造成确定前馈排气再循环阀位置命令;所述控制器还包括排气再循环阀命令模块,所述排气再循环阀命令模块构造成响应所述排气再循环阀反馈命令和前馈排气再循环阀位置命令而确定排气再循环阀命令;并且所述排气再循环阀响应所述排气再循环阀命令。

18. 根据权利要求 17 所述的系统,其特征在于,

所述反馈模块进一步构造成从包括所述排气再循环阀位置的函数的非线性增益矩阵确定所述排气压力反馈命令和排气再循环阀反馈命令。

19. 根据权利要求 18 所述的系统,其特征在于,

所述非线性增益矩阵在等于或低于第一值的流速和第一排气再循环阀位置时支持所述当前排气再循环流的排气再循环阀控制,并且在等于或高于第二值的流速和第二排气再循环阀位置时支持所述当前排气再循环流的排气压力控制;其中所述第二排气再循环阀位置比所述第一排气再循环阀位置开度更大,并且所述第二值大于所述第一值。

20. 根据权利要求 18 所述的系统,其特征在于,

所述非线性增益矩阵支持所述当前充气流的排气压力控制。

21. 根据权利要求 15 所述的系统,其特征在于,

所述误差确定模块进一步构造成响应所述排气压力命令和当前排气压力而确定排气压力误差项,并且其中,所述内环控制模块进一步构造成响应所述排气压力误差项而确定可变几何涡轮增压器内环命令并且还响应所述可变几何涡轮增压器内环命令而提供所述可变几何涡轮增压器命令。

发动机进气流的排气歧管压力控制

[0001] 相关专利的交叉引用

[0002] 本申请要求于 2010 年 9 月 27 日提交的美国专利申请 No. 12/891, 151 的优先权, 该美国专利申请要求于 2009 年 9 月 25 日提交的美国临时专利申请 No. 61/245, 909 的权益, 两者都以引用的方式合并于此。

背景技术

[0003] 内燃机的进气流, 包括新鲜空气和任何再循环气体, 是用于控制发动机严格地达到目标扭矩和功率并且用于控制发动机产生的排放物的一项重要参数。进气流的控制是由许多致动器执行的, 常常包括排气再循环 (EGR) 阀和具有有限定可变几何涡轮增压器运行特性的位置的可变几何涡轮增压器 (VGT)。可变几何涡轮增压器的位置能够指示一个或者多个喷嘴、叶片或者其它与增压涡轮器相结合的装置的位置。

[0004] 已知的用于进气流的控制包括以指定的新鲜空气流和排气再循环流作为目标, 并且控制 EGR 阀和 VGT 位置以达到这两个流和需要的进气流。EGR 阀和 VGT 位置各只在一定的运行状况下起作用, 并且与进气流参数的效果高度耦合。

[0005] 目前通过大量技术, 可以利用的控制分离 EGR 阀和 VGT 位置以便实现目标流参数, 包括作为连续控制器运行 EGR 阀和 VGT 位置, 并且应用数学变换作为进气流参数致动器来分离 EGR 阀和 VGT 位置。

[0006] 目前, 已知的控制器对达到进气参数值是有效的 - 例如参考美国专利 6, 408, 834, 名称为“System for decoupling EGR flow and turbocharger swallowing capacity/efficiency control mechanisms (用于分离 EGR 流量和涡轮增压器的涡轮机临界流量/效率控制机构的系统)”。但是, 目前可用的控制器导致高度复杂的系统, 该系统需要极其费力地去校准, 并且该系统的进气歧管压力、EGR 阀位置以及流入发动机的燃料流速之间相耦合。因此, 在这个领域需要进一步的技术发展。

发明内容

[0007] 一个实施例是一种用排气压力控制发动机的充气流的独特方法。另外一个实施例是一种如下的独特方法, 即当所述 EGR 阀相对打开时, 所述方法用排气压力控制 EGR 流, 当所述 EGR 阀关闭或者相对关闭时, 所述方法用所述 EGR 阀控制所述 EGR 流。其它实施例包括用来控制充气流和 EGR 流的独特方法、系统以及设备。进一步的实施例、构造、对象、特性、优势、方面以及益处将从下面的附图和描述中变得明显起来。

附图说明

[0008] 图 1 是用于控制内燃机进气流的系统的示意图;

[0009] 图 2 是用于控制内燃机进气流的控制器的示意图;

[0010] 图 3A 是用于控制内燃机进气流的控制回路的示意图的第一部分;

[0011] 图 3B 是用于控制内燃机进气流的控制回路的示意图的第二部分;

- [0012] 图 4 是 EGR 流、排气压力和 EGR 阀位置之间相互作用的说明视图；
- [0013] 图 5 是充气流、排气压力和 EGR 阀位置之间相互作用的说明视图；
- [0014] 图 6A 是用于控制内燃机进气流的控制回路的示意图的第一部分；
- [0015] 图 6B 是用于控制内燃机进气流的控制回路的示意图的第二部分。

具体实施方式

[0016] 为了增进对本发明原理的理解的目的,现在将参考附图中所例示的实施例并且同时将使用具体的语言来描述所述实施例。然而,应该理解的是,这样做并不是意欲限制本发明的范围,对本发明例示的实施例作出的任何变更和进一步修改,以及对本发明相关领域的技术人员来说正常做出的任何对在此例示的本发明原理的其他应用,在此都考虑在内。

[0017] 图 1 是用于控制内燃机进气流的系统 100 的示意图。系统 100 包括内燃机 102,内燃机 102 可以是在本领域内已被理解的任何类型的内燃机。所述内燃机产生预 EGR 排气流 116 并且接收包括与排气再循环 (EGR) 流 112 相混合的进气流 106 的充气流 110。内燃机 102 以流体方式联接进气歧管 108 和排气歧管 118。进气歧管 108 的图示位置为 EGR 流 112 和进气流 106 相混合的位置,但是这些流可以在内燃机 102 的上游的任何位置混合。EGR 流 112 具有流过 EGR 阀 114 的 EGR 排出流 120,排出流 120 图示说明为排出排气歧管 118,但是 EGR 排出流 120 可以在内燃机 102 的下游和涡轮 124 的上游的任何位置排出。

[0018] 涡轮 124 是涡轮增压器的涡轮侧的可变几何涡轮 (VGT) 124。为了清楚地描述本发明的方面,没有显示增压涡轮机的压缩机侧。VGT 124 可以是本领域已知的任何类型的涡轮,包括旋转叶片 VGT、滑动喷嘴 VGT 以及内部或外部旁通 VGT 中的至少一种。尽管 VGT 124 应是一种能够调节排气流 122 的压力的装置,但产生 VGT 124 的可变几何的机理并不重要。流出流 126 流出系统 100。

[0019] 系统 100 还包括控制器 104。控制器 104 构造成对内燃机 102 的进气流进行某种控制操作,包括 EGR 流 112 的流速和充气流 110 的流速。在某些实施例中,控制器 104 形成包括具有存储、处理以及通讯的硬件的一个或者多个计算装置的处理子系统的一部分。控制器 104 可以是单个装置或者分布式装置,并且所述控制器的功能可以用硬件或者软件完成。在参考图 2 的部分中将更加具体地描述控制器 104 的示例性实施例。

[0020] 图 2 是用于控制内燃机 102 的进气流的控制器 104 的示意图。控制器 104 包括构造成用函数方式执行控制内燃机 102 的进气流操作的模块。这里的描述包括强调所描述元件的结构的功能独立的模块的用途。模块可以实现成由软件、硬件操作或者至少部分地由使用者或者操作员完成。在某些实施例中,模块表示为在计算机可读介质上编制程序代码的计算机程序,其中,当计算机执行所述计算机程序时,计算机完成所描述的操作。模块可以使单一的装置、分布式装置,和 / 或模块可以整体地或者部分地与其它模块或者装置称为一个群组。任何模块的操作可以全部地或者部分地在硬件、软件或者其它模块上完成。所述模块的所表示的组织只是示例性的,其它执行等同功能的其他组织在此也考虑在内。

[0021] 控制器 104 包括解释目标充气流 216 和目标 EGR 流 218 的参考模块 202。这里所使用的解释包括利用本领域已知的任何方法接收值,包括至少来自数据链或者网络通讯的接收数据,接收表示所述值的电子信号 (例如,电压,频率,电流,或者 PWM 信号)。接收表示所述值的软件参数,从计算机可读介质上的存储位置读取所述值,利用本领域已知的任

何装置接收作为运行时间参数的值,和 / 或通过接收所解释的参数能够通过其进行计算的值,和 / 或通过引用被解释为所述参数值的缺省值。

[0022] 控制器 104 还包括解释当前充气流 220、当前 EGR 流 222 以及 EGR 阀位置 224 的运行状况模块 206。在此利用的当前值是指与控制器 104 的运行时间临时紧密相关的值,但是所述当前值不需要是绝对同时的。例如,并没有限制,当前值可以是来自控制器 104 的在前执行周期的值,上一个已知的可靠值,最近保存到计算机可读介质上的值,或者一般表示“当前”的最近已知的参数值。

[0023] 控制器 104 还包括误差确定模块 204,用于响应当前充气流 220 和目标充气流 216 而确定充气流误差项 236 以及响应目标 EGR 流 218 和当前 EGR 流 222 而确定 EGR 流误差项 238。控制器 104 还包括反馈模块 210,用于响应充气流误差项 236 和 EGR 流误差项 238 而确定排气压力反馈命令 244 和 EGR 阀反馈命令 246。在另一实施例中,反馈模块 210 也响应 EGR 阀位置 224 而确定排气压力反馈命令 244 和 EGR 阀反馈命令 246。

[0024] 在某些实施例中,反馈模块 210 利用 EGR 阀命令 234 替代 EGR 阀位置 224,或者作为 EGR 阀位置 224 的代替者。例如,但并不限于, EGR 阀位置 224 反馈值可以是得不到的,作为替代,可以利用 EGR 阀命令 234, EGR 阀可以是系统 100 非常敏感的部分,其中, EGR 阀命令 234 提供当前 EGR 阀位置 224 的可靠指示,和 / 或控制器 104 可以基于 EGR 阀命令 234 的值而不是 EGR 阀位置 224 数据进行校准。反馈命令 244,246 可以利用标准 PID 控制器或者其任何部分(例如,比例积分控制或者只有积分控制),按照模糊逻辑,根据神经网络或者在本领域理解的其它反馈控制机理从误差项 236,238 进行确定。

[0025] 控制器 104 还包括前馈模块 208,用于解释前馈排气压力命令 228 和前馈 EGR 阀位置命令 230。前馈命令 228,230 可以通过存储的开环数据,根据系统 100 的模型,按照 EGR 阀位置和 VGT 位置数据的缺省的稳定状态值达到目标充气流 216 和目标 EGR 流 218,或者通过本领域理解的其它前馈控制机理提供。

[0026] 控制器 104 还包括响应前馈排气压力命令 228 和排气压力反馈命令 244 而确定排气压力命令 250 的内环控制模块 212。内环控制模块 212 可以通过添加前馈和反馈命令 228,244,通过对命令 228,244 进行加权,和 / 或通过使用包括作为前馈排气压力命令 228 和排气压力反馈命令 244 的函数的排气压力命令 250 的已校准的查询表确定排气压力 250。在此考虑本领域已知的混合前馈和反馈命令的任何方法。

[0027] 内环控制模块 212 还响应排气压力命令 250,提供 VGT 命令 232。在某些实施例中,VGT 命令 232 是控制算法的输出,该控制算法利用排气压力命令 250 作为目标值,其通过比较排气压力命令 250 和当前排气压力 226 并且通过将任何已知控制方案应用到引起的排气压力误差项 240 来确定排气压力误差项 240。响应排气压力误差项 240 而控制 VGT 命令 232 的操作可以作为内环控制器实施到控制当前充气流 220 和当前 EGR 流 222 的外环控制方案。因此,VGT 命令 232 可以是 VGT 内环命令 248,和 / 或 VGT 内环命令 248 可以通过其它算法(未显示)易被改变的初步 VGT 命令 232。在某些实施例中,控制器 104 还包括 EGR 阀命令模块 214,用于响应 EGR 阀反馈命令 246 和前馈 EGR 阀位置命令 230 而确定 EGR 阀命令 234。

[0028] 在某些实施例中,反馈模块 210 还从包括 EGR 阀位置 224 的函数的非线性增益矩阵 242 确定排气压力反馈命令 244 和 EGR 阀反馈命令 246。如前面所指出的,EGR 阀命令

234 在某些实施例中可以由 EGR 阀位置 224 代替。非线性增益矩阵 242 能够是在某些实施例中取决于系统 100 响应的需要的各种行为。非线性增益矩阵 242 允许系统 100 在视为合适的多种操作系统状况下支持不同控制模式（例如，EGR 阀控制关于 VGT 位置控制）。下面将具体地描述非限制性的实例。

[0029] 在一个实例中，示例性的非线性增益矩阵在低流速和 / 或低 EGR 阀位置时支持当前 EGR 流的 EGR 阀控制，以及在高流速和 / 或高 EGR 阀位置时当前 EGR 流的排气压力控制。在所述实例中，非线性增益矩阵 242 可以根据所支持的控制机理增加 EGR 阀或者 VGT 的响应，和 / 或根据不支持的控制机理减少 EGR 阀或者 VGT 的响应。在另一实例中，非线性增益矩阵 242 支持当前充气流 220 的排气压力控制。在又一实例中，非线性增益矩阵在高 $\Delta P/P$ 值时支持当前充气流的 EGR 阀控制，其中， ΔP 是当前排气压力和当前进气压力之间的差值。 ΔP 值的非限制性实例包括排气歧管 118 中的压力减去进气歧管 108 中的压力，所述内燃机的压降，排气流 122 的压力减去充气流 110 的压力，或者其它类似的压力差值。P 是当前排气压力，例如在排气歧管 118 中的当前排气压力。

[0030] 图 3A 和 3B 联合形成用于控制内燃机进气流的控制回路的示意图。所述进气流是当前充气流 220，和 / 或与当前 EGR 流 222 结合的新鲜空气进气，或者一起描述的充气流 220 的数量和成分的等同流。所述控制回路包括接收目标充气流 216 和目标 EGR 分数 302。

[0031] 按照所述上部分支，当前充气流值 220 在 308 被减去以确定充气流误差项 236，并且充气流控制方案 312 确定预修正排气压力反馈命令 304。充气流控制方案 312 包括在本领域理解的任何控制方案以便响应充气流误差项 236，生成预修正排气压力反馈命令 304，包括但不限于 PID 控制器，PI 控制器，和 / 或模糊逻辑控制器。

[0032] 按照所述下部分支，当前充气流值 220 在 310 乘以目标 EGR 分数 302 以确定目标 EGR 流 218。在替代实施例中，主发动机控制方案（未显示）直接提供目标 EGR 流 218，虽然更一般的是需要目标 EGR 分数 302。从目标 EGR 流 218 减去当前 EGR 流 222 以确定 EGR 流误差项 238，并且 EGR 流控制方案 316 确定预修正 EGR 阀反馈命令 306。EGR 流控制方案 316 包括在本领域理解的任何控制方案以便响应 EGR 流误差项 238 而生成预修正 EGR 阀反馈命令 304，包括但不限于 PID 控制器，PI 控制器，和 / 或模糊逻辑控制器。

[0033] 预修正排气压力反馈命令 304 和预修正 EGR 阀反馈命令 306 被提供给非线性增益矩阵 318，非线性增益矩阵 318 支持响应 EGR 阀位置 224 和 / 或 EGR 阀命令 234 的 EGR 阀控制或者排气压力控制中的一个。当 EGR 阀位置 224 的响应时间（例如，在 EGR 阀到达命令位置之前在命令的 EGR 阀位置之间的时间延迟）能够被有效地忽略时，ERG 阀命令 234 可以被使用，并且取决于被本领域的技术人员理解的具体的系统 100 中所利用的 EGR 阀硬件的响应性。

[0034] 非线性增益矩阵 318 还可以支持响应其它操作条件（包括当前充气流流速 220，当前 EGR 流速 222，和 / 或当前排气压力 226）的 EGR 阀控制或者排气压力控制中的一个。非线性增益矩阵 318 的控制输出通过积分器 320、322 用于积分控制。附加地或者可替代地，非线性增益矩阵 318 的控制输出可以被求导，或者保持未经调整而用于导数或者比例控制。在方块 320、322 可以进行本领域已知的其它控制操作，并且几个参数可以同时作用或者结合到方块 320、322 中（例如，可以作用或者结合反馈命令 244、246 的比例和积分方面）。方块 320、322 提供排气压力反馈命令 244 和 EGR 阀反馈命令 246。

[0035] 再次按照所述上部分支,添加前馈排气压力命令 288 以确定排气压力命令 250。在控制回路的实例中,内环控制器通过从排气压力命令 250 减去当前排气压力 226 确定排气压力误差项 240,并且排气压力控制 326 方案响应排气压力误差项 240 而确定 VGT 命令。

[0036] 按照所述底部分支,添加前馈 EGR 阀位置命令 230 以确定 EGR 阀命令 234。VGT 命令 232 和 EGR 阀命令 234 被提供给发动机控制器(未显示),所述发动机控制器可以是与控制器 104 相同的计算装置,并且传感器和参数确定方块 328 向当前排气压力 226,当前充气流 220 和当前 EGR 流 222 提供已更新的值。在图 3A 和 3B 的控制回路中所示的任何操作都是说明性的,并且在此考虑了本领域已知的任何类似操作。非限制性的实例包括混合前馈和反馈命令的任何替代方法,以及用于确定误差项 236,238,240 的替代符号惯例。

[0037] 通过本领域理解的任何方法确定前馈命令 228,230,至少包括所述系统的模型和/或来自稳定状态运行点的试验数据。前馈命令 228,230 是所述系统根据目标充气流 216 和目标 EGR 分数 302 的优选运行点,并且可以被选择但不限于此以便提供需要的系统燃油经济、排放特性和/或优选的硬件运行位置。在某些实施例中,前馈命令 228,230 可以在发动机的某些运行区域被忽略和/或全部地忽略。在前馈命令 228,230 被忽略的地方,系统 100 只根据反馈命令 244,246 进行反馈控制操作。

[0038] 图 4 是 EGR 流 222、排气压力 226 和 EGR 阀位置 224 之间相互作用的说明图 400。图 4 中的数据仅仅是对一个发动机构造的说明,并且针对给定地系统将会因具体硬件的不同而有所变化。但是,在说明图 400 中数据的一般特性可以广泛地应用到具有 VGT 的许多发动机构造中。在图 4 中所示的数据类型能够由从本公开中受益的本领域技术人员对给定的系统很容易地生成,例如通过在选择的固定 EGR 位置掠过排气压力。所述曲线表示正在增加的 EGR 阀位置 224,包括 0%打开 406、20%打开 408、40%打开 410、60%打开 412、80%打开 416 以及 100%打开 418。从图 4 中可以看出,在下部区域 404,当 EGR 阀以非常低的打开百分比打开时,VGT 对 EGR 流速的影响很小,并且在上部区域 420,EGR 阀位置对 EGR 流速的影响非常小。例如在排气压力为约 300kPa 下,将阀从 60%打开到 100%,EGR 流速仅仅从约 5kg/min 增加到约 5.1kg/min。

[0039] 因此,当 EGR 阀位置 224 位于中值到高值时,示例性的非线性增益矩阵 318 支持基于 EGR 流控制的排气压力,并且当 EGR 阀位于低值或者关闭时,示例性的非线性增益矩阵 318 支持基于 EGR 流控制的 EGR 阀位置。从图中还可以看出一些曲线 412,416,418 的一部分具有反向作用部分,或者非单调部分 420。非线性增益矩阵 318 可以构造成管理非单调部分 420,和/或前馈排气压力命令 228 可以被计算以管理非单调部分 420,例如通过在非单调部分 420 利用 EGR 阀控制,或者通过在闭环反馈控制之前恢复在非单调部分 420 外的排气压力的开环控制。在某些实施例中,非线性增益矩阵 318 排除了在区域 404 内 EGR 流速的 VGT 控制,并且排除了在区域 402 内 EGR 流速的 EGR 阀控制。在替代实施例中,非线性增益矩阵 318 在区域 404 内减少 EGR 流速的 VGT 控制,并且在区域 402 内减少 EGR 流速的 EGR 阀控制。

[0040] 图 5 是充气流 220、排气压力 226 和 EGR 阀位置 224 之间相互作用的说明图 500。图 5 中的数据仅仅是针对一个发动机构造说明的,对于给定的系统会随着具体硬件的不同而变化。图 5 中所示的数据类型能够由从本公开中受益的本领域技术人员对给定系统很容易地生成。所述曲线表示正在增加的 EGR 阀位置 224,包括 0%打开 506、20%打开 508、40%

打开 510、60%打开 512、80%打开 516 以及 100%打开 518。所述曲线在说明图 500 的右手侧显示最大值和反向。所述反向出现在 $\Delta P/P$ 值非常大的地方,如前所述, ΔP 是发动机的排气压力和进气压力之间的差值, P 是排气压力。

[0041] 图 5 说明对于宽范围的排气压力值,EGR 阀位置对所述充气流量影响很小。从图中也可以看出,在 $\Delta P/P$ 值非常大时,或者替代地在排气压力非常大时,EGR 阀位置能够影响所述充气流量。因此,在 $\Delta P/P$ 值大时,示例性的控制器 104 还包括 EGR 阀位置进入到充气流控制。在某些实施例中,在发动机的任何运行状况下,所述 EGR 阀位置不包括在充气流控制中。

[0042] 因此,在排气压力低于非常大的排气压力阈值(例如,在所述实例中低于约 300kPa),和 / 或在排除出现非常大的 $\Delta P/P$ 值的任何发动机状况下,示例性的非线性增益矩阵 318 支持充气流的排气压力控制。在排气压力高于非常大的排气压力阈值,和 / 或在出现非常大的 $\Delta P/P$ 值的发动机状况时,示例性的非线性增益矩阵 318 还包括充气流的 EGR 阀控制。

[0043] 图 6A 和 6B 联合作为用于控制内燃机进气流的控制回路 600 的另一示意图。控制回路 600 使用当前充气流 220 和当前 EGR 流 222 的反馈项控制目标充气流 216 和目标 EGR 分数 302。在某些实施例中,总控制回路 600 是外环控制。控制回路 600 包括内环控制 602,在 VGT 命令 232 设置排气压力 226 的反馈项的内环中,内环控制 602 控制排气压力反馈命令 244 和 EGR 阀反馈命令 246。这样,在某些实施例中,通过响应排气压力误差项 240 而确定 VGT 内环命令,控制器 104 响应排气压力命令 244 和当前排气压力 226 而提供 VGT 命令 232。

[0044] 从上述图和存在的文字明显看出,已经考虑到根据本发明的各种实施例。

[0045] 一个示例性的实施例是一种包括运行具有可变几何涡轮增压器 (VGT) 的内燃机和解释目标充气流、当前充气流、目标排气再循环 (EGR) 流以及当前 EGR 流的方法。所述方法还包括响应所述当前充气流和目标充气流而确定充气流误差项、响应所述目标 EGR 流和当前 EGR 流而确定 EGR 流误差项、解释 EGR 阀位置以及响应充气流误差项、EGR 流误差项以及 EGR 阀位置而确定排气压力反馈命令和 EGR 阀反馈命令。所述方法还包括解释前馈排气压力命令和前馈 EGR 阀位置命令、响应前馈排气压力命令和排气压力反馈命令而确定排气压力命令,以及响应所述排气压力命令而提供 VGT 命令。

[0046] 所述方法的某些实施例包括一个或者多个下述的特性和操作。

[0047] 所述示例性的方法包括响应所述排气压力命令和当前排气压力而确定排气压力误差项,其中,响应所述排气压力命令而提供 VGT 命令还包括响应所述排气压力误差项而确定 VGT 内环命令。所述方法还包括根据包括所述 EGR 阀位置的函数的非线性增益矩阵确定所述排气压力反馈命令和 EGR 阀反馈命令。所述方法还包括非线性增益矩阵在低 EGR 阀位置和低排气压力时支持所述当前 EGR 流的 EGR 阀控制以及在高 EGR 阀位置和高排气压力时支持所述当前 EGR 流的排气压力控制。所述方法还包括非线性增益矩阵支持所述当前充气流的排气压力控制。所述方法还包括非线性增益矩阵还在大 $\Delta P/P$ 值时支持所述当前充气流的 EGR 阀控制,其中, ΔP 是所述发动机的压降,或者所述当前排气压力和当前进气压力之间的差值, P 是所述当前排气压力。

[0048] 另一个示例性实施例是一种系统,包括具有可变几何涡轮增压器 (VGT) 的内燃机

和向所述内燃机提供充气流的进气歧管,所述充气流包括与排气再循环 (EGR) 流结合的新鲜空气流,所述进气歧管在进气侧上定位在 VGT 的下游。所述系统还包括在排气侧上定位在 VGT 上游的排气歧管和构造成执行某些用排气压力控制进气流的控制器。所述控制器解释目标充气流、当前充气流、目标排气再循环 (EGR) 流、当前 EGR 流以及 EGR 阀位置。所述控制器响应所述当前充气流和目标充气流而确定充气流误差项以及响应所述目标 EGR 流和当前 EGR 流而确定 EGR 误差项。所述控制器还响应所述充气流误差项、ERG 流误差项以及 EGR 阀位置而确定排气压力反馈命令和 EGR 流阀反馈命令。所述控制器还解释前馈排气压力命令和前馈 EGR 阀位置命令、响应所述前馈排气压力命令和排气压力反馈命令而确定排气压力命令以及响应所述排气压力命令而提供 VGT 命令。

[0049] 还有另一示例性实施例是一种包括解释目标充气流和目标排气再循环 (EGR) 流的参考模块的设备。所述设备包括解释当前充气流、当前 EGR 流以及 EGR 阀位置的运行状况模块。所述设备还包括误差确定模块,用于确定模块响应所述当前充气流和目标充气流而确定充气流误差项,并且响应所述目标 EGR 流和当前 EGR 流而确定 EGR 流误差项。所述设备还包括反馈模块,用于响应所述充气流误差项、EGR 流误差项以及 EGR 阀位置而确定排气压力反馈命令和 EGR 阀反馈命令。在某些实施例中,所述反馈模块响应 EGR 阀命令,而不是 EGR 阀位置,或者除所述 EGR 阀位置之外还有 EGR 阀命令而确定排气压力反馈命令和 EGR 阀反馈命令。所述设备还包括解释前馈排气压力命令和前馈 EGR 阀位置命令的前馈模块和响应所述前馈排气压力命令和排气压力反馈命令而确定排气压力命令的内环控制模块。所述内环控制模块还响应所述排气压力命令而提供 VGT 命令。所述设备还包括 EGR 阀命令模块,所述 EGR 阀命令模块响应所述 EGR 阀反馈命令和前馈 EGR 阀位置命令而确定 EGR 阀命令。

[0050] 所述设备的某些实施例包括一个或者多个下面描述的特性和操作。

[0051] 所述设备还包括所述误差确定模块还响应所述排气压力命令和当前排气压力而确定排气压力误差项,所述内环控制模块还响应所述排气压力误差项而确定 VGT 内环命令,并且响应所述 VGT 内环命令而提供所述 VGT 命令。所述反馈模块还根据包括所述 EGR 阀位置函数的非线性增益矩阵,确定所述排气压力反馈命令和 EGR 阀反馈命令。在某些实施例中,所述非线性增益矩阵在低流速和低 EGR 阀位置时支持所述当前 EGR 流的 EGR 阀控制,以及在高流速和高 EGR 阀位置时支持所述当前 EGR 流的排气压力控制。在某些实施例中,所述非线性增益矩阵支持所述当前充气流的排气压力控制。在某些其他实施例中,所述非线性增益矩阵还在高 $\Delta P/P$ 值时支持所述当前充气流的 EGR 阀控制,其中, ΔP 所述当前排气压力和当前进气压力之间的差值, P 是所述当前排气压力。

[0052] 另一示例性实施例是一种方法,所述方法包括运行具有可变几何涡轮增压器 (VGT) 的内燃机,解释目标充气流、当前充气流、目标排气再循环 (EGR) 流以及当前 EGR 流,以及响应所述当前充气流和目标充气流而确定充气流误差项。所述方法还包括响应所述目标 EGR 流和当前 EGR 流而确定 EGR 流误差项,以及响应所述充气流误差项和 EGR 流误差项而确定排气压力反馈命令。所述方法还包括解释前馈排气压力命令,以及响应所述前馈排气压力命令和排气压力反馈命令而确定排气压力命令。所述示例性的方法还包括响应所述排气压力命令而提供 VGT 命令。

[0053] 所述方法的另一实施例包括解释 EGR 阀位置,其中,确定所述排气压力反馈命令

还响应所述 EGR 阀位置。另一方法包括响应所述充气流误差项、EGR 流误差项以及 EGR 阀位置而确定 EGR 阀反馈命令。在某些实施例中,所述方法包括提供对所述 EGR 流误差项的响应,当所述 EGR 阀位置超过 40% 打开时,所述 EGR 流误差项主要加权所述排气压力反馈命令,当所述 EGR 阀位置低于 40% 打开时,所述 EGR 流误差项主要加权所述 EGR 阀反馈命令。替代地,所述方法包括提供对所述 EGR 流误差项的响应,当所述 EGR 阀位置超过 60% 打开时,所述 EGR 流误差项主要加权所述排气压力反馈命令,并且当所述 EGR 阀位置低于 60% 打开时,所述 EGR 流误差项主要加权所述 EGR 阀反馈命令。

[0054] 在某些实施例中,所述方法包括根据作为所述 EGR 阀位置函数的非线性增益矩阵确定排气压力反馈命令和 EGR 阀反馈命令。在另一实施例中,所述非线性增益矩阵在低 EGR 阀位置和低排气压力时支持所述当前 EGR 流的 EGR 阀控制,以及在高 EGR 阀位置和高排气压力时支持所述当前 EGR 流的排气压力控制。附加地或者可替代地,所述非线性增益矩阵支持所述当前充气流的排气压力控制。在某些实施例中,所述非线性增益矩阵还在高 $\Delta P/P$ 值时支持所述当前充气流的 EGR 阀控制,其中, ΔP 是所述当前排气压力和当前进气压力之间的差值, P 是所述当前排气压力。在某些实施例中,所述方法包括响应所述排气压力命令和当前排气压力而确定排气压力误差项,其中,响应所述排气压力命令而提供 VGT 命令还包括响应所述排气压力误差项而确定 VGT 内环命令。

[0055] 还有另一示例性实施例是一种系统,所述系统包括具有可变几何涡轮增压器 (VGT) 的内燃机、将充气流提供给所述内燃机的进气歧管,其中,所述充气流包括与排气再循环 (EGR) 流结合的新鲜空气流,并且所述进气歧管在进气侧上定位在所述 VGT 的下游。所述系统还包括在排气侧上定位在所述 VGT 上游的排气歧管和包括构造成用函数方式执行控制所述内燃机的充气流和 / 或 EGR 流的模块的控制器。

[0056] 所述示例性控制器包括解释目标充气流和目标排气再循环 (EGR) 流的参考模块。所述控制器还包括解释当前充气流和当前 EGR 流的运行状况模块,与响应所述当前充气流和目标充气流而确定充气流误差项的误差确定模块。所述误差确定模块还响应所述目标 EGR 流和当前 EGR 流而确定 GER 流误差项。所述控制器还包括反馈模块和前馈模块,所述反馈模块响应所述充气流误差项和 EGR 流误差项而确定排气压力反馈命令,所述前馈模块解释前馈排气压力命令。所述示例性控制器还包括内环控制模块,所述内环控制模块响应所述前馈排气压力命令和排气压力反馈命令而确定排气压力命令,以及响应所述排气压力命令而提供 VGT 命令。所述 VGT 响应所述 VGT 命令。

[0057] 所述示例性的系统还包括布置在所述 VGT 和进气歧管之间的 EGR 阀,其中,所述运行状况模块还确定 EGR 阀位置,并且所述反馈模块还响应所述 EGR 阀位置而确定排气压力反馈命令。一个示例性系统还包括响应所述充气流误差项、EGR 流误差项以及 EGR 阀位置而确定 EGR 阀反馈命令,其中,所述前馈模块还确定前馈 EGR 阀位置命令。所述示例性的控制器还包括 EGR 阀命令模块,所述 EGR 阀命令模块响应所述 EGR 阀反馈命令和前馈 EGR 阀位置命令而确定 EGR 阀命令,并且,所述 EGR 阀响应所述 EGR 阀命令。

[0058] 所述系统的另一实施例包括所述反馈模块还根据作为所述 EGR 阀位置的函数的非线性增益矩阵确定所述排气压力反馈命令和 EGR 阀反馈命令。在某些实施例中,所述非线性增益矩阵在低流速和低 EGR 阀位置时支持所述当前 EGR 流的 EGR 阀控制,以及在高流速和高 EGR 阀位置时支持所述当前 EGR 流的排气压力控制。在某些实施例中,所述非线性

增益矩阵支持所述当前充气流的排气压力控制。在某些其他实施例中,所述非线性增益矩阵还在高 $\Delta P/P$ 值时支持所述当前充气流的 EGR 阀控制,其中, ΔP 是所述当前排气压力和当前进气压力之间的差值, P 是所述当前排气压力。

[0059] 在某些实施例中,所述系统包括所述误差确定模块还响应所述排气压力命令和当前排气压力而确定排气压力误差项。所述内环控制模块还响应所述排气压力误差项而确定 VGT 内环命令,并且还响应所述 VGT 内环命令而提供 VGT 命令。

[0060] 在附图和前面的描述中已经详细地说明和描述了本发明,所述附图和前面的描述在性质上应认为是说明性的而非限制性的,需要理解的是仅仅显示和描述了某些示例性的实施例,并且在本发明的精神范围内对本发明所做的所有变化和修改都应受到保护。在阅读权利要求时,当使用这些诸如“一”、“一个”、“至少一个”或者“至少一部分”的词时,无意于将所述权利要求限制于唯一一项,除非在所述权利要求中对相反情况做特别声明。当使用措辞“至少一部分”和 / 或“一部分”时,所述项能够包括一部分和 / 或整个项,除非相反地做了特别声明。

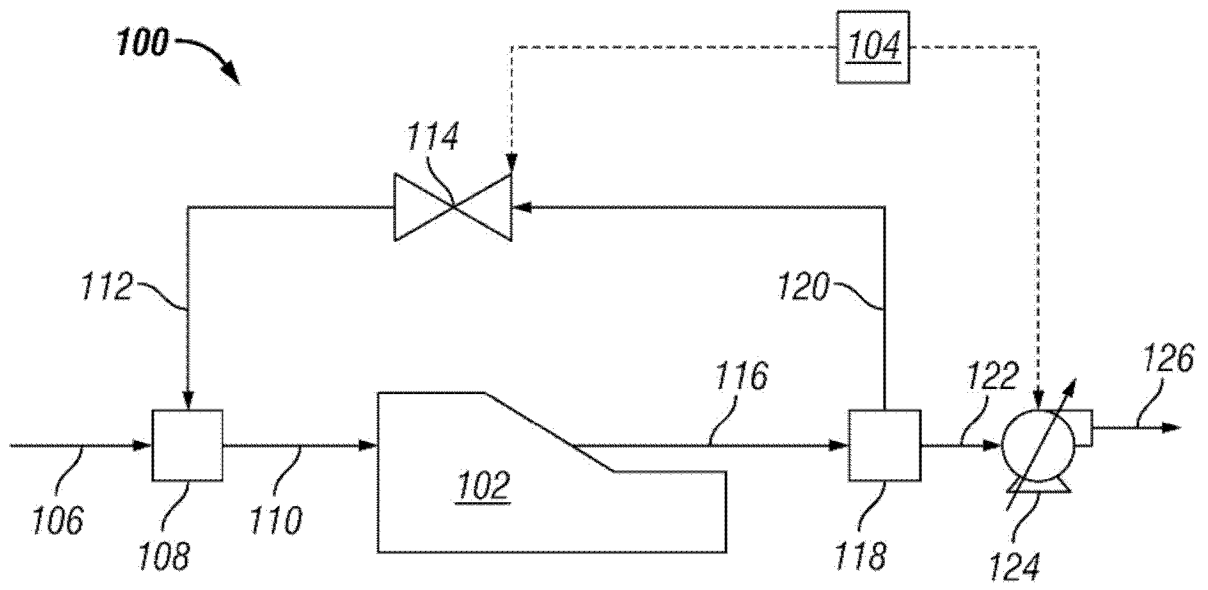


图 1

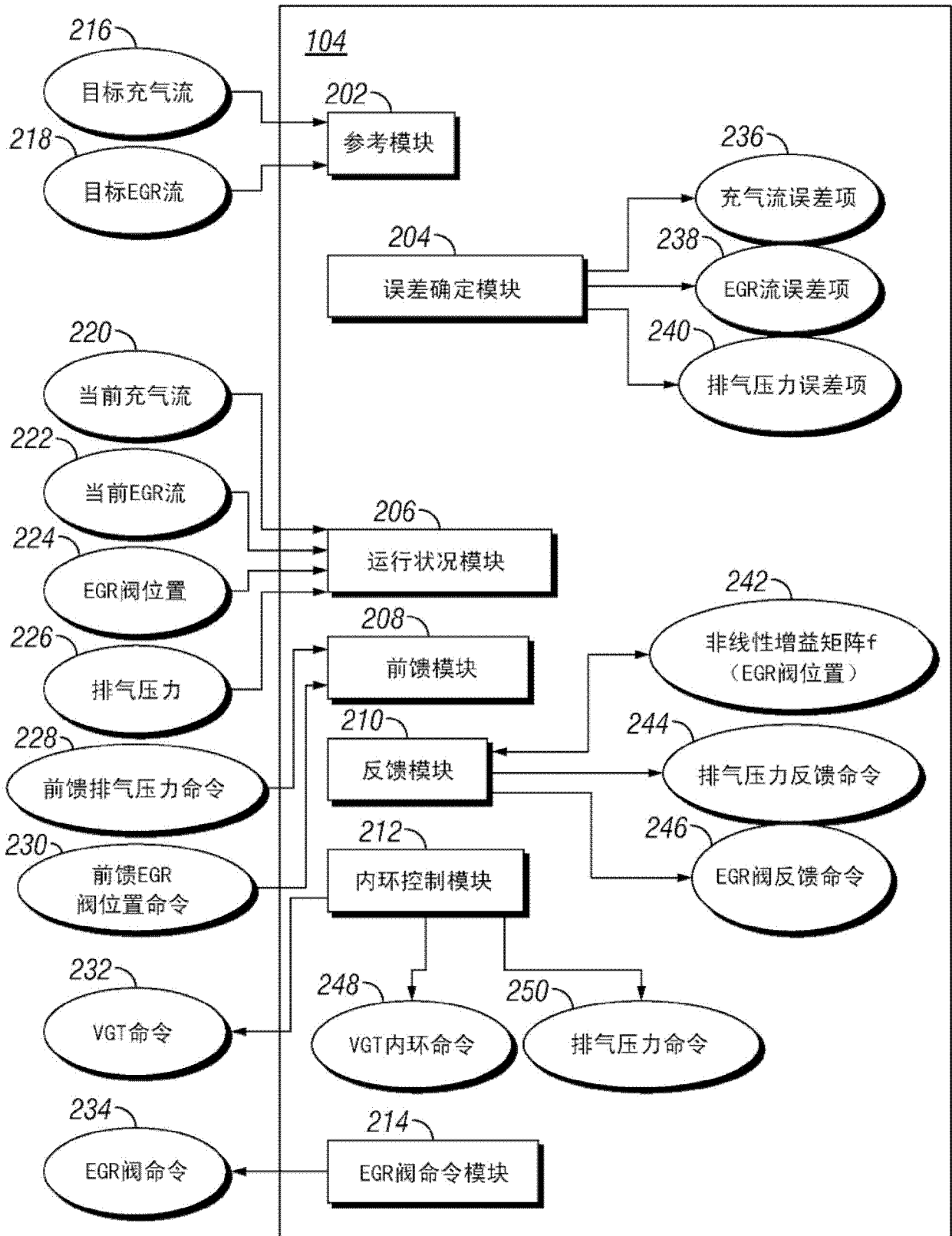


图 2

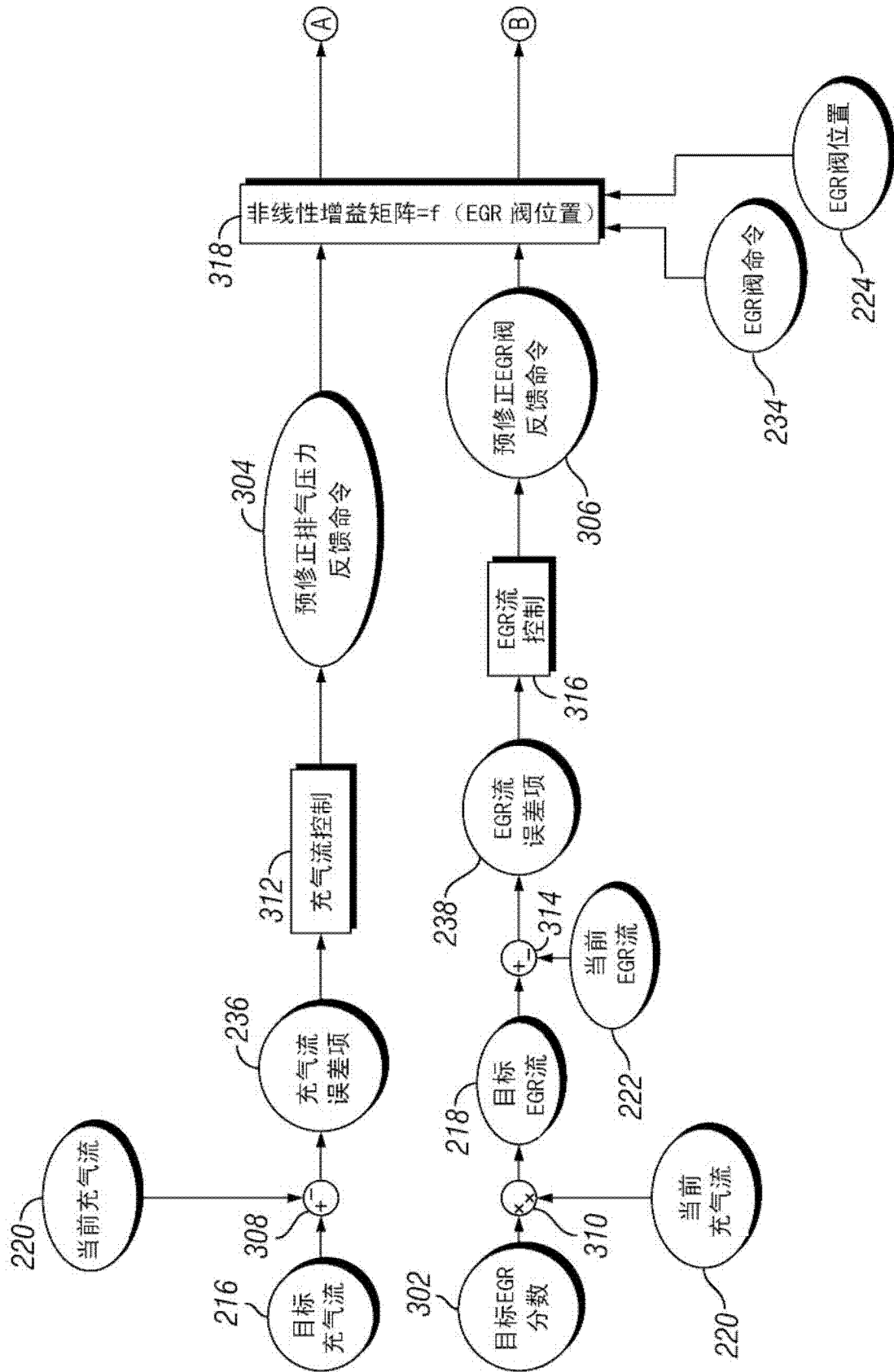


图 3A

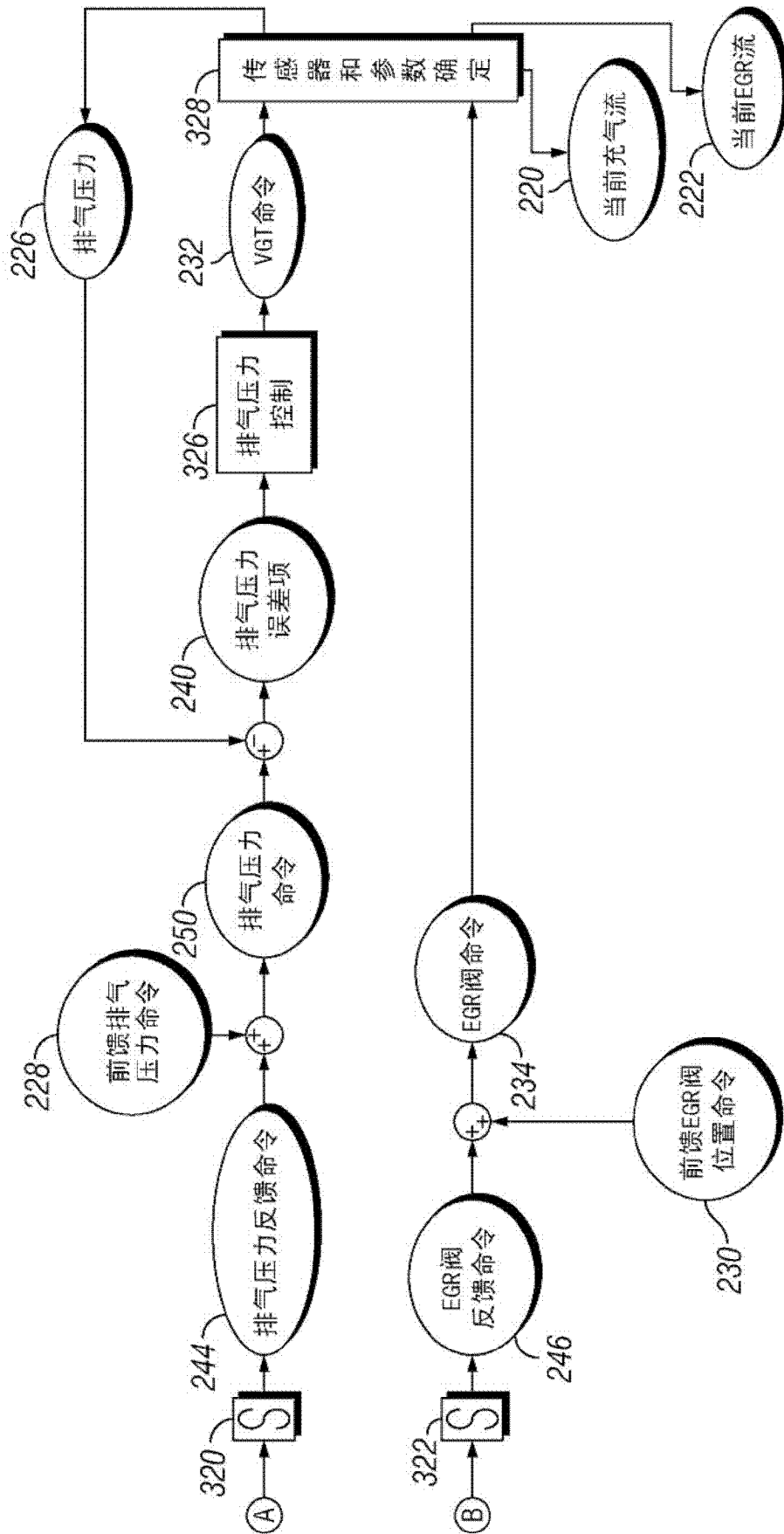


图 3B

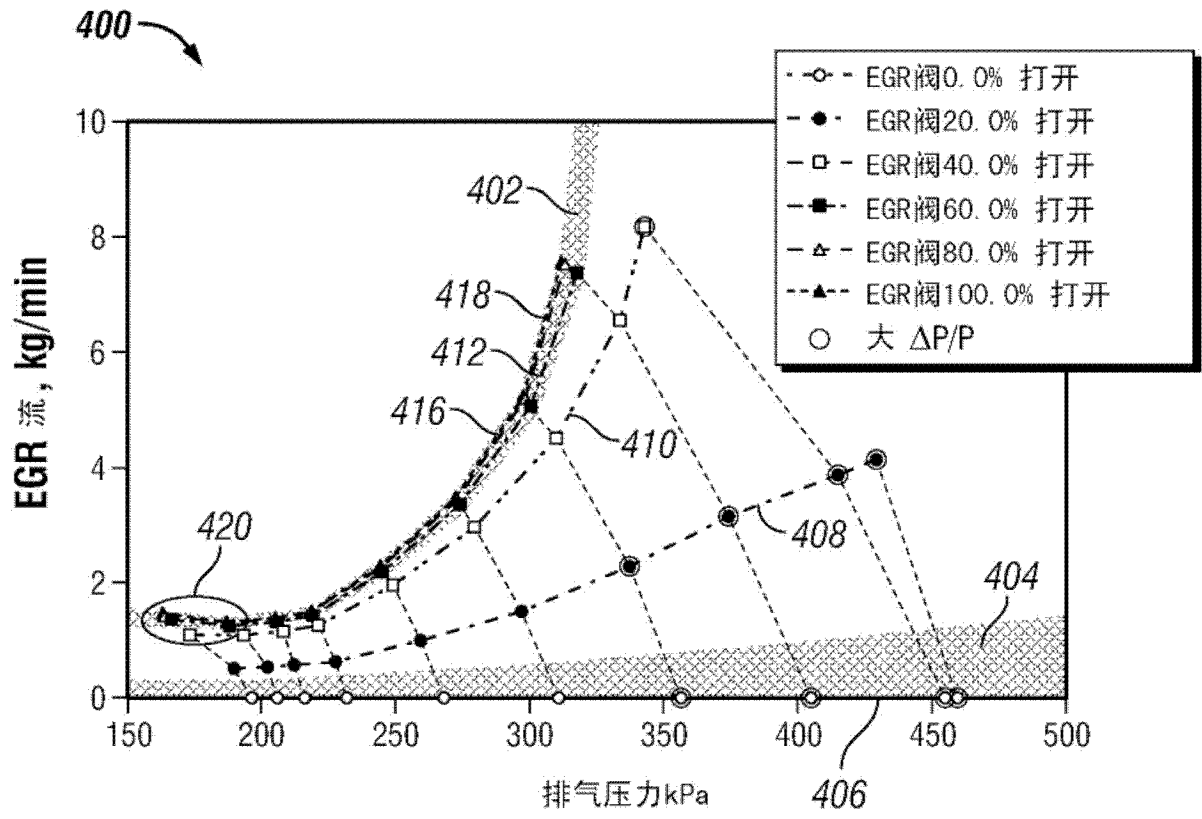


图 4

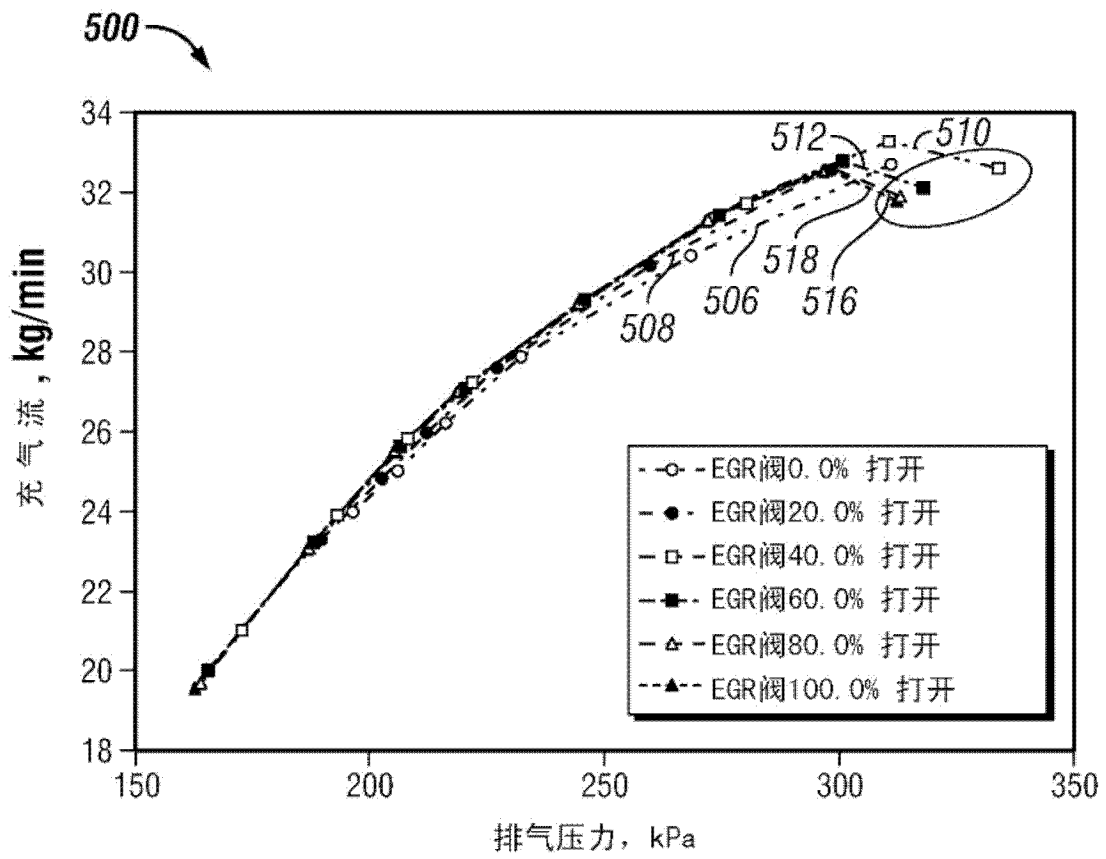


图 5

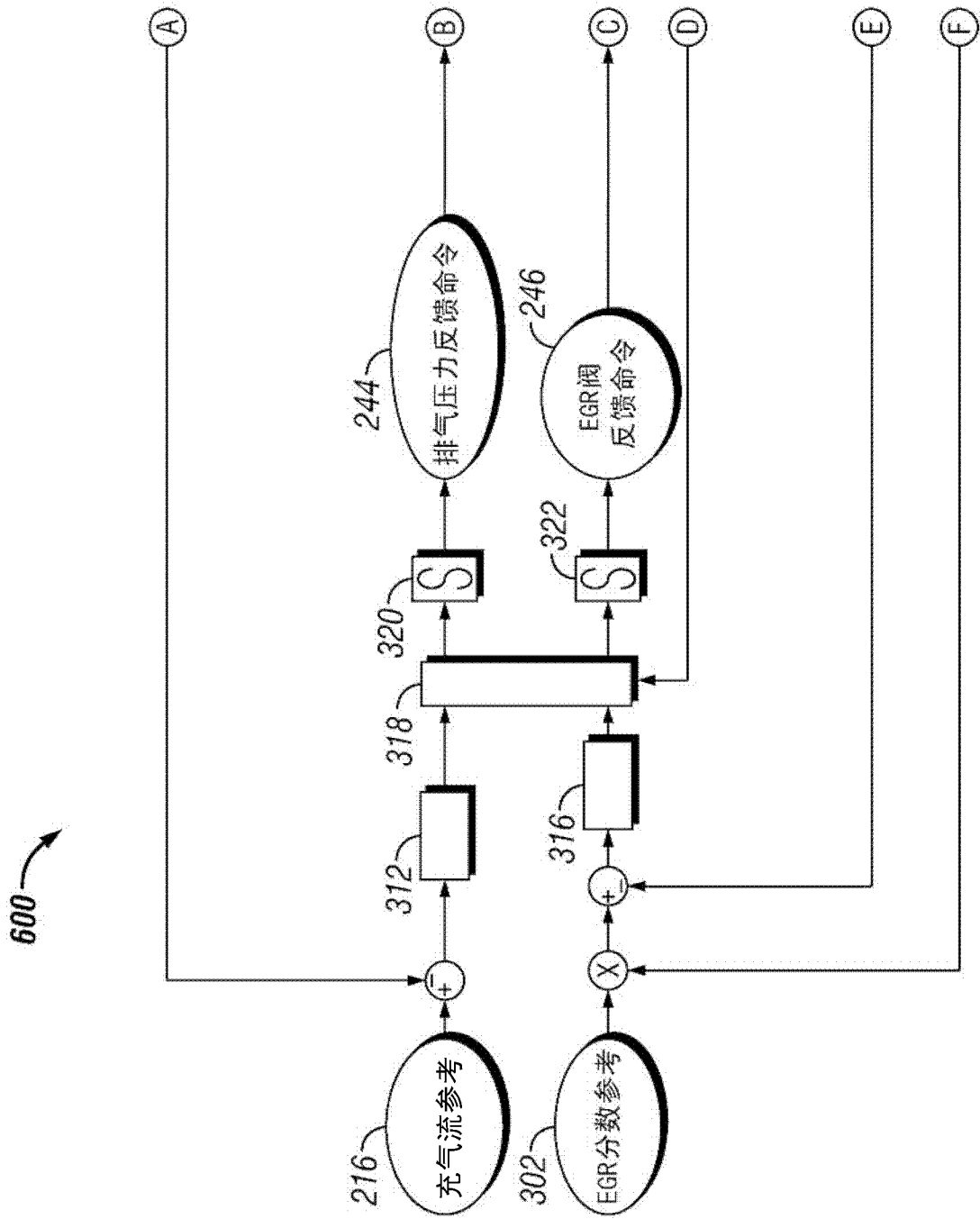


图 6A

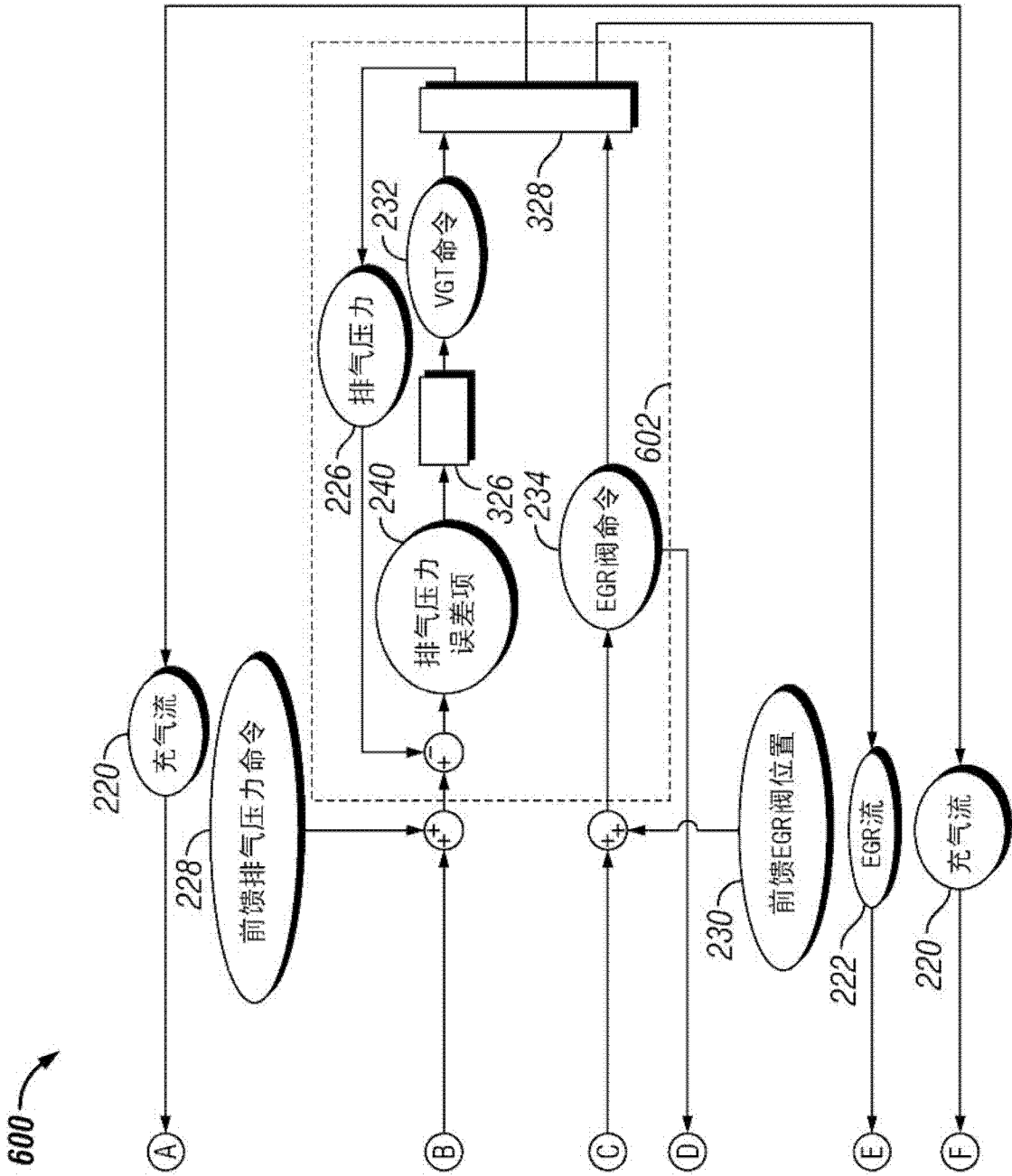


图 6B