



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118775082 A

(43) 申请公布日 2024. 10. 15

(21) 申请号 202410386201.3

F02D 41/14 (2006.01)

(22) 申请日 2024.04.01

F02D 41/40 (2006.01)

(30) 优先权数据

18/295,988 2023.04.05 US

(71) 申请人 卡特彼勒公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 M·帕克 G·迪拉瓦里

R·M·埃杰顿 B·J·尼埃尔

J·普莱斯 A·博雷

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

专利代理师 苏娟 郭浩

(51) Int. Cl.

F02D 41/00 (2006.01)

F02D 41/02 (2006.01)

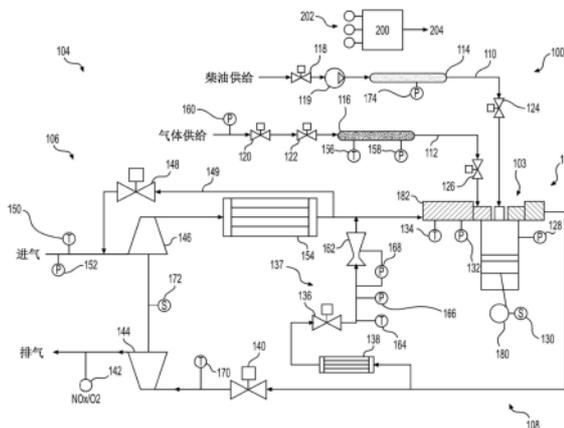
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

发动机系统中的全局和单独汽缸控制

(57) 摘要

一种发动机系统包括：燃料供给，该燃料供给包括柴油燃料喷射器和气体燃料进入阀；发动机，该发动机包括被配置为接收柴油燃料和气体燃料的汽缸；发动机位置传感器；用于调整向汽缸的废气再循环流量的废气再循环管线；排气温度传感器；空气供给，该空气供给被配置为向汽缸供给空气；以及控制器，该控制器被配置为使该发动机系统调整空燃当量比。该调整基于以下中的一者或多者：最小空燃当量比；相比于目标排气温度的排气温度；燃料替代品；以及喷射正时。



1. 一种发动机系统,包括:
燃料供给,所述燃料供给包括柴油燃料喷射器和气体燃料进入阀;
发动机,所述发动机包括被配置为接收柴油燃料和气体燃料的汽缸;
发动机位置传感器;
用于调整向所述汽缸的废气再循环流量的废气再循环管线;
排气温度传感器;
空气供给,所述空气供给被配置为向所述汽缸供给空气;以及
控制器,所述控制器被配置为使所述发动机系统基于以下中的一者或多者来调整空燃当量比:
最小空燃当量比;
相比于目标排气温度的排气温度;
燃料替代品;以及
喷射正时。
2. 根据权利要求1所述的发动机系统,其中,所述汽缸包括被配置为测量汽缸压力的压力传感器,所述控制器还被配置为根据测定汽缸压力确定所述汽缸的热释放速率。
3. 根据权利要求1所述的发动机系统,其中,所述废气再循环管线包括废气再循环阀、废气再循环压力传感器、废气再循环温度传感器以及废气再循环压差传感器,并且所述废气再循环流量是基于来自所述废气再循环压力传感器、所述废气再循环温度传感器以及所述废气再循环压差传感器中的一者或多者的输入来测量的。
4. 根据权利要求1所述的发动机系统,其中,所述发动机还包括进气歧管,所述进气歧管包括进气歧管压力传感器和进气歧管温度传感器,并且所述空燃当量比是基于来自所述进气歧管压力传感器和所述进气歧管温度传感器的输入来控制的。
5. 根据权利要求4所述的发动机系统,其中,所述空气供给还包括用于通过调节空气向所述进气歧管的供给来调整所述空燃当量比的空气流量控制装置。
6. 根据权利要求1所述的发动机系统,还包括:
NO_x/O₂传感器,并且
其中,所述控制器还被配置为使所述发动机系统:
基于如利用所述NO_x/O₂传感器所测量的NO_x来调整向所述汽缸的废气再循环流量。
7. 根据权利要求1所述的发动机系统,还包括:
多个柴油燃料喷射器,所述多个柴油燃料喷射器被配置为将燃料喷射到多个汽缸中,并且其中,
所述控制器还被配置为使所述发动机系统:
基于所述汽缸中的每个汽缸的热释放速率,利用所述柴油燃料喷射器调整柴油喷射正时,以单独地从多个汽缸中的每个汽缸维持目标热释放速率。
8. 根据权利要求7所述的发动机系统,其中,所述多个汽缸中的每个汽缸包括压力传感器,所述压力传感器被配置为测量汽缸压力。
9. 根据权利要求8所述的发动机系统,其中,对所述多个汽缸中的每个汽缸全局地控制所述空燃当量比。
10. 根据权利要求9所述的发动机系统,其中,所述控制器基于以下中的至少两者来调

整所述空燃当量比：

最小空燃当量比；

相比于目标排气温度的排气温度；

燃料替代品；以及

喷射正时。

发动机系统中的全局和单独汽缸控制

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及热释放速率的控制和空气系统控制,并且更特别地,涉及往复式发动机中的热释放速率的闭环控制和空气系统控制。

背景技术

[0002] 内燃发动机在多种不同的情况和不同类型的机器中是有用的。例如,内燃发动机用于为移动式机器、车辆和移动式或固定式发电系统生成动力,仅举几个例子。虽然一些发动机仅使用液体燃料(例如,汽油或柴油燃料),但一些发动机能够用气体燃料单独地或与液体燃料组合地操作。一些发动机,有时称为“双燃料”发动机,可以通过在单个燃烧循环中喷射两种不同类型的燃料来操作,诸如喷射柴油燃料以生成引燃火焰和喷射气体燃料作为主燃料。气体燃料发动机,包括一些装有火花塞的双燃料发动机,能够燃烧一种或多种类型的气体燃料,包括天然气、甲烷等。不同类型的气体燃料具有不同的燃烧特性,这取决于构成燃料的成分。燃料的成分可以由于燃料的来源、处理燃料的时间,或不同类型的气体燃料(例如,与H₂气体共混的天然气)的手动共混而改变。量化气体燃料的性能特性的一种方法是计算“甲烷数”,甲烷数是燃料抗爆性的量度。虽然发动机系统可以被设计成容许甲烷数的改变,例如,这些改变可以显著地影响发动机性能。

[0003] 此外,发动机系统的操作者可能希望在最小化温室气体排放时优化效率。许多因素可以影响发动机效率和温室气体排放,包括发动机汽缸正时和汽缸热释放速率、空燃比、排气温度、稀释质量与燃料质量比以及其他因素。特别地,可能难以平衡发动机效率与排放和其他因素,尤其在使用柴油燃料和气体燃料混合物(诸如例如,柴油和丙烷,或柴油和天然气)的发动机中,因为这些混合物的特性在不同燃料负荷之间可能不一致。

[0004] 2011年3月29日发布的美国专利第7,913,668号(“668专利”)描述了一种用于调整燃料喷射到包括多个燃料喷射器的增压发动机的正时的方法。该方法包括调整在燃料喷射器的停用条件期间的增压以补偿从喷射器喷射的燃料的短缺。然而,668专利没有提及基于燃烧方面来操作发动机系统,诸如例如,用于最小化温室气体排放的空燃当量比。

[0005] 本发明的系统和方法可以解决上述问题中的一个或多个和/或本领域中的其它问题。然而,本发明的范围由所附权利要求限定,而不是由解决任何具体问题的能力限定。

发明内容

[0006] 在一个方面,一种发动机系统包括:燃料供给,该燃料供给包括柴油燃料喷射器和气体燃料进入阀;发动机,该发动机包括被配置为接收柴油燃料和气体燃料的汽缸;发动机位置传感器;用于调整向汽缸的废气再循环流量的废气再循环管线;排气温度传感器;空气供给,该空气供给被配置为向汽缸供给空气;以及控制器,该控制器被配置为使该发动机系统调整空燃当量比。该调整基于以下中之一者或多者:最小空燃当量比;相比于目标排气温度的排气温度;燃料替代品;以及喷射正时。

[0007] 在另一方面,一种操作往复式发动机系统的方法包括:基于往复式发动机系统的

汽缸的热释放速率来调整通过柴油燃料喷射器的柴油喷射正时；基于如利用NO_x/O₂传感器在往复式发动机系统的排气管线中所测量的NO_x水平来调整向汽缸的废气再循环流量；以及基于以下中的一者或多者来调整空燃当量比：最小空燃当量比；相比于目标排气温度的排气温度；燃料替代品；以及喷射正时。

[0008] 在又一方面，一种双燃料发动机系统包括：燃料供给；发动机，该发动机包括被配置为从燃料供给接收燃料的汽缸；发动机位置传感器；排气管，该排气管包括用于调整向汽缸的废气再循环流量的废气再循环管线；NO_x/O₂传感器；排气温度传感器；以及空气供给，该空气供给被配置为向汽缸供给空气；以及控制器，该控制器包括处理器以及存储指令的一个或多个存储器，该指令当由处理器执行时，使该系统：基于一个或多个汽缸的热释放速率来调整柴油喷射正时，以单独地从一个或多个汽缸中的每个汽缸维持目标热释放速率；基于如利用NO_x/O₂传感器所测量的NO_x来调整向汽缸的废气再循环流量；基于以下中的一者或多者来调整空燃当量比：最小空燃当量比；相比于目标排气温度的排气温度；燃料替代品；以及喷射正时。

附图说明

[0009] 并入本说明书并构成本说明书的一部分的附图示出了各种示例性实施例，并且与说明书一起用于解释所公开的实施例的原理。

[0010] 图1是根据本发明的各方面的发动机系统的图。

[0011] 图2是用于控制图1的系统的控制器的框图。

[0012] 图3A是描绘根据本发明的各方面的用于控制发动机系统的示例性方法的流程图。

[0013] 图3B是描绘根据本发明的各方面的用于控制发动机系统的示例性方法的流程图。

[0014] 图3C是描绘根据本发明的各方面的用于控制发动机系统的示例性方法的流程图。

具体实施方式

[0015] 前面的一般描述和下面的详细描述都仅仅是示例性和说明性的，并不限制所要求保护的征。如本文所使用的，术语“包括 (comprises)”“包括 (comprising)”、“具有 (has)”、“具有 (having)”、“包含 (includes)”、“包含 (including)”或它们的其他变体旨在涵盖非排他性的内含物，使得包括要素列表的过程、方法、物品或设备不仅包括这些要素，而且可以包括未明确列出的或此类过程、方法、物品或设备所固有的其他要素。在本发明中，除非另有说明，否则相对术语，诸如例如，“约”、“基本上”和“近似”用于指示所陈述的值的±10%的可能变化。

[0016] 图1示出了用于控制往复式发动机102的系统100，该往复式发动机可以包括一个或多个汽缸103(虽然图1中仅示出了一个汽缸103，但实施例可以包括更多汽缸)。除了发动机102之外，系统100可以包括燃料供给系统104、空气供给系统106以及排气系统108。燃料供给系统104可以包括柴油供给110，该柴油供给包括柴油燃料轨114(其可以是共同燃料轨)、一个或多个柴油燃料喷射器124、燃料控制阀118、燃料泵119以及轨压力传感器174。燃料供给系统104还可以包括气体供给112(例如，天然气、丙烷或其他气体燃料供给)，该气体供给包括气体关断阀120、气体压力调节阀122、气体燃料轨116、气体温度传感器156、气体压力传感器158以及电磁操作气体进入阀126或用于气体燃料的其他类型的喷射器。气体燃

料供给压力可以由供给压力传感器160来监测。

[0017] 发动机102可以包括曲轴180并且可以连接到发动机速度或位置传感器130和缸内压力传感器128。缸内压力传感器128可以被配置为感测汽缸压力,该压力可以用于确定一个或多个缸内特性,诸如例如,如本文更详细描述的热释放速率(例如,基于缸内压力)。用于发动机102的进气歧管182可以包括进气歧管绝对压力传感器132和进气歧管绝对温度传感器134。

[0018] 排气系统108可以包括废气再循环管线137,该废气再循环管线包括废气再循环冷却器138、废气再循环阀136以及废气再循环文丘里管162。文丘里管德尔塔(delta)压力(例如,文丘里管162上的压降)可以经由废气再循环压差传感器168来测量。废气再循环绝对压力可以利用废气再循环绝对压力传感器166来测量,并且废气再循环温度可以利用废气再循环温度传感器164来测量。排气系统108还可以包括排气节流阀140、NO_x/O₂传感器142以及涡轮机144。涡轮机144可以经由轴连接到空气供给系统106的压缩机146,使得涡轮机/压缩机组合的速度可以经由涡轮增压器速度传感器172来测量。压缩机146的出口可以向后冷却器154供给压缩空气。环境空气压力和温度可以由环境空气温度传感器150和环境空气压力传感器152来测量。

[0019] 在一些方面,空气流控制装置可以被包括在系统100中以促进控制向发动机102供给的空气数量。该空气控制装置可以例如通过调节空气向进气歧管182的供给来促进空燃当量比的调整。示例性空气流量控制装置在图1中被示出为空气供给旁通阀148和空气旁通通道149。在所描绘的示例中,旁通流量始于后冷却器154下游的旁通通道149并且止于压缩机146上游的位置,但这种布置不是要求的,并且其他布置也在本申请的范围内。例如,空气流量控制装置可以包括进气歧管182上游的进气节气门。

[0020] 现在参考图2,图1的系统100的一个或多个部件可以由控制器200的一个或多个模块来控制。控制器200可以被配置为接收输入202并且生成输出204。控制器200可以通信耦合到或者以其他方式包括用于实施系统100的一个或多个功能的一个或多个模块或系统。例如,控制器200可以通信耦合到或者包括喷射器控制模块224、废气再循环控制模块226以及空燃当量比(在本文中可互换地称为“空燃当量比”或“拉姆达(lambda)”或“λ”)控制模块228。空燃比是存在于燃烧过程中的空气与液体和/或气体燃料的质量比。如果提供的空气正好足以完全燃烧所有燃料,则该比率被称为“化学计量空燃比”。调整空燃比可以延缓或提前发动机正时,该延缓或提前的发动机正时可以影响热释放速率。浓混合物(即,低于化学计量的混合物)的效率可能较低,但可以产生更多的动力并且燃烧温度更低。稀混合物(即,高于化学计量的混合物)的效率可能较高,但可以引起更高的温度,更高的温度可能导致氮氧化物的形成。空燃当量比(或“拉姆达”)是针对给定燃料混合物的空燃比与化学计量空燃比之比。因此,拉姆达值为1.0表示化学计量空燃比,拉姆达值小于1.0表示混合物相对浓,并且拉姆达值大于1.0表示混合物较稀。相对浓混合物(即,低于化学计量的混合物)的效率可能较低,但可以产生更多的动力并且燃烧温度更低。

[0021] 控制器200可以包括单个处理器或多个处理器,该单个处理器或该多个处理器被配置为接收输入并且生成输出(例如,显示的输出和/或生成的命令)以控制系统100的部件的操作。控制器200可以包括存储器、辅助存储装置、诸如(一个或多个)中央处理单元的(一个或多个)处理器、联网接口或用于完成与本发明一致的任务的任何其他装置。与控制器

200相关联的存储器或辅助存储装置可以存储数据、指令和/或软件,该数据、指令和/或软件当由处理器执行时使控制器200能执行其功能,包括下文关于方法300、300'和300" (图3A、图3B、图3C) 所描述的功能以及系统100的功能。通信耦合到控制器200的装置或系统中的一个或多个装置或系统可以通过有线或无线网络通信耦合,诸如因特网、局域网、WiFi、蓝牙或合适联网布置和协议的任何组合。

[0022] 仍然参考图2,向喷射器控制模块224的输入可以包括如由缸内压力传感器128所测量的缸内压力传感器数据206、如由发动机位置传感器130 (其可以包括例如一个或多个发动机速度传感器) 所测量的发动机位置数据208、发动机负荷数据207以及燃料替代品数据209。燃料替代品数据209可以对应于反映引燃燃料与总燃料量 (例如,主燃料和引燃燃料的总和) 之比的计算值,或者与仅靠引燃燃料操作的发动机相比用主燃料代替的引燃燃料 (例如,柴油燃料) 的百分比。因此,相对于仅在引燃燃料下的操作,燃料替代品数据209可以表示被主气体燃料有效替代的引燃燃料的量。向废气再循环控制模块226的输入可以包括如由NO_x/O₂传感器142所生成的排气NO_x传感器数据210和如由废气再循环压差传感器168、废气再循环绝对压力传感器166和废气再循环温度传感器164所生成的废气再循环系统数据212。拉姆达控制模块228可以接收来自进气歧管绝对压力传感器132和进气歧管绝对温度传感器134的进气歧管绝对压力和进气歧管绝对温度传感器数据214形式的输入、来自排气温度传感器170的排气温度数据216、如由喷射器控制模块224所生成的喷射器正时信号230形式的喷射器正时信号数据218、废气再循环流量估计数据220。废气再循环流量估计数据220可以是例如基于以下中之一者或多者来确定的:废气再循环传感器164、166和168;来自传感器132和134的进气歧管绝对压力或进气歧管绝对温度数据;来自传感器130的发动机速度;以及如由排气NO_x/O₂传感器142所测量的排气O₂传感器数据222。

[0023] 如所提到的,喷射器控制模块224可以生成喷射器正时信号230。喷射器正时信号230可以影响柴油燃料喷射器124和/或电磁操作气体进入阀126,从而使阀在不同时间打开或关闭以控制将柴油燃料和气体燃料引入到汽缸103中。在一些实施例中,除了喷射器正时信号230之外或取而代之,控制器200可以生成用于改变喷射的燃料数量 (可以调整液体燃料或气体燃料中的一种或两种) 的燃料数量信号231。如所理解的,信号230和231可以表示生成以致动柴油燃料喷射器124和/或电磁操作气体进入阀126的命令,并因此可以被实现为相同的信号。废气再循环控制模块226可以生成废气再循环阀控制信号232,该信号可以用于控制废气再循环阀136的位置。此外,废气再循环控制模块226可以生成排气节流阀控制信号234,该信号可以控制排气节流阀140的位置,并且拉姆达控制模块228可以生成压缩机旁通信号236,该信号可以控制旁通阀148以用于控制空燃当量比。

[0024] 工业实用性

[0025] 本发明的系统100的公开方面可以用于动态调整柴油喷射和/或气体燃料喷射正时。柴油喷射正时和/或气体燃料喷射正时既可以基于每个汽缸的热释放速率每个汽缸地进行调整,又可以基于每个汽缸的拉姆达和全局废气再循环流量全局地进行调整。可以对于一个或多个汽缸103中的每个汽缸独立地调整柴油喷射正时,使得热释放速率的闭环控制得以实现。在一些实施例中,可以通过测量一个或多个汽缸103中的每个汽缸中的压力 (例如,经由缸内压力传感器128) 来间接测量热释放速率。可以通过根据如由NO_x/O₂传感器142所确定的由一个或多个汽缸103产生的NO_x量进行闭环控制来调整全局废气再循环流量

(即,到汽缸中的所有汽缸的流量)。在一些实施例中,燃料可以具有各种甲烷数,这些甲烷数可以基于例如特定的燃料共混物和/或被使用的气体燃料的类型而因燃料不同改变。随着甲烷数的降低,爆炸和热释放速率通常将提前。另一方面,如果燃料具有比预期高的甲烷数,则热释放往往将晚于预期。

[0026] 基于甲烷数,柴油喷射正时可以提前以维持汽缸103内的特定热释放速率。随着柴油喷射正时的提前,系统100可以增大废气再循环流量(例如,通过打开废气再循环阀136)以维持如在NO_x/O₂传感器142处所测量的NO_x水平。在一些实施例中,可以存在单个目标废气再循环流量,并且可以对于发动机的汽缸中的所有汽缸同时全局地调整目标废气再循环流量(例如,调整到目标废气再循环流量)。与此同时,可以使用如本文下面所描述的各种技术来控制空燃当量比(或“拉姆达”)。

[0027] 参考图3A,示出了操作图1和图2的发动机系统100的方法300。在步骤302处,操作者可以开始运行发动机系统100。例如,可以使用点火来启动发动机系统100。发动机系统100可以包括上文关于图1和图2描述的方面中的一个或多个方面。一旦启动,双燃料发动机102可以基于优化发电、增加燃料效率以及减少诸如NO_x的温室气体的排放来操作。

[0028] 在步骤304处,可以确定单独的汽缸103是否按照以期望或目标热释放速率生成热量的方式燃烧燃料。单独的汽缸的实际热释放速率可以基于如由缸内压力传感器128所读取的缸内压力和如由发动机位置传感器130所读取的发动机位置和/或速度来确定。热释放速率可以与被存储在例如存储器中(例如,控制器200中)或系统100的另一方面的查找表中的目标热释放速率进行比较。

[0029] 如果单独的汽缸的实际热释放速率的值等于目标热释放速率的值,则控制器200可以在步骤306处维持汽缸的喷射器正时。然而,如果热释放速率不处在由目标热释放速率所表示的期望水平,则控制器200可以在步骤308处对于每个汽缸103单独地调整喷射器正时和/或燃料替代品。控制器200可以使用例如喷射器控制模块224来改变喷射器正时,该喷射器控制模块可以生成用于柴油燃料喷射器124和/或用于调整电磁操作气体进入阀126的正时的喷射器正时信号230。控制器200可以通过生成燃料数量信号231来调整燃料替代品。喷射器正时信号230可以提前被延迟的热释放速率的喷射器正时,以及可以延缓被提前的热释放速率的喷射器正时,以便在给定汽缸中实现目标热释放速率。在一些实施例中,如果正时调整超过最大阈值,则还可以调整喷射的气体数量。例如,如果正时提前,则燃料替代品可以被调整以添加更多的柴油燃料或更少的气体燃料,并且如果正时延缓,则燃料替代品可以被调整以添加更少的柴油燃料或更多的气体燃料。可以逐个汽缸地对于每个汽缸执行该过程,这对立例如“全局”调整。如本文所使用的,术语“每个汽缸地”或“逐个汽缸地”指对于与同一发动机的一个或多个其他汽缸不同的单独的汽缸控制或调整特性、阈值或设定点的能力。然而,全局调整指对于汽缸中的每个汽缸将特性、阈值或设定点调整到共同值。

[0030] 在步骤310处,废气再循环控制模块226可以使用例如NO_x/O₂传感器142来确定发动机排气是否处在期望NO_x水平。测定NO_x/O₂水平可以与目标NO_x/O₂水平(例如,预定最大阈值)进行比较。目标NO_x/O₂水平可以被存储在例如存储器中(例如,控制器200中)或系统100的另一方面的查找表中。如果NO_x/O₂水平满足,则废气再循环控制模块226可以在步骤312处将废气再循环流量维持在其当前水平。然而,如果发动机排气不包含期望水平的

NO_x/O₂ (例如,测定NO_x大于预定最大阈值),则废气再循环控制模块226可以在步骤314处调整废气再循环流量。废气再循环控制模块226可以全局地调整废气再循环流量,使得一个或多个汽缸中的每个汽缸基本上接收相同水平的废气再循环流量。为了调整废气再循环流量,废气再循环控制模块226可以生成废气再循环阀控制信号232来控制废气再循环阀136,和/或生成排气节流阀控制信号234来调整排气节流阀140。系统100可以打开废气再循环阀136来增大废气再循环流量,并且可以关闭排气节流阀140来增大废气再循环流量。

[0031] 在步骤316处,拉姆达控制模块228可以确定喷射到一个或多个汽缸103的空气和燃料之空燃当量比是否小于最小空燃当量比。空燃当量比可以基于例如来自以下中的一者或多者的信号输入来确定:进气歧管绝对压力传感器132、进气歧管绝对温度传感器134、如基于废气再循环136和排气节流阀140的位置所确定的废气再循环流量估计以及NO_x/O₂传感器142。确定的空燃比可以与例如最小空燃当量比进行比较,该最小空燃当量比可以是存储在存储器中(例如,控制器200中)或系统100的另一方面的查找表检索的阈值。

[0032] 如果确定的拉姆达小于最小拉姆达,则系统100可以在步骤318处增大空燃当量比。系统100可以通过控制空气供给旁通阀148或例如另一类型的空气流量控制装置向发动机102供给增大量的空气来增大拉姆达。例如,系统100可以关闭旁通阀148,使得较少的空气从压缩机146的输出端返回到其入口,从而增加到进气歧管182的空气量,增加一个或多个汽缸103中的每数量燃料的空气数量。

[0033] 如果在步骤316处,拉姆达控制模块228确定空燃当量比超过最小阈值,则控制器200还可以在步骤320处确定排气温度是否处在期望目标排气温度。如果在步骤320处,排气温度处在期望目标排气温度,则拉姆达控制模块228可以在步骤324处维持拉姆达(即,可以不调整旁通阀148或其他流量控制装置的设定)。然而,如果确定排气温度不处在期望目标,则系统可以在步骤322通过更改旁通阀148的位置来调整拉姆达。系统100然后可以打开旁通阀148来降低拉姆达,并且可以关上旁通阀148来增大空燃当量比。增大拉姆达通常可以降低排气温度,并且反之亦然。

[0034] 现在参考图3B,示出了操作图1和图2的发动机系统100的另一种方法300'。方法300'包括与方法300关于基于单独的汽缸的热释放速率(即,步骤302-308)以及发动机排气NO_x水平的全局阈值(即,步骤302和310-314)来维持系统相似的步骤。然而,方法300'包括用于维持空燃当量比的不同方法。

[0035] 在方法300'中,类似于方法300,在步骤316处,可以确定喷射到一个或多个汽缸103的空气和燃料之空燃当量比是否小于最小空燃当量比。方法300'的步骤316可以如上文关于方法300所描述执行。

[0036] 然而,在方法300'中,如果确定拉姆达不小于最小拉姆达,则系统100可以在步骤326处确定稀释质量(即,空气流量和废气再循环流量的总量,因此,进入汽缸的不是来自燃料供给的燃料质量的质量的总量)与燃料能量总量之比是否处在期望目标。

[0037] 如果稀释质量与燃料质量总量之比处在期望目标,则拉姆达控制模块228可以在步骤324处维持拉姆达,并且废气再循环阀136和旁通阀148可以保持在它们的当前位置中。然而,如果稀释质量与质量总量之比不处在期望目标,则拉姆达控制模块228可以在步骤322处调整拉姆达。例如,如上所述,废气再循环阀136和旁通阀148中的一者或多者可以被打开或关上来调整空燃当量比。

[0038] 现在参考图3C,示出了操作图1和图2的发动机系统100的另一种方法300”。方法300”包括与方法300和300’关于基于单独的汽缸的热释放速率(即,步骤302-308)以及发动机排气NO_x水平的全局阈值(即,步骤302和310-314)来维持系统相似的步骤。然而,方法300”包括用于维持空燃当量比的不同方法。

[0039] 如图3C所示,在步骤316处,可以确定喷射到一个或多个汽缸103的空气和燃料之空燃当量比是否小于最小空燃当量比。这可以如上所述执行。如果确定的拉姆达小于最小拉姆达,则如上所述,系统100可以在步骤318处增大拉姆达。拉姆达可以基于例如来自以下中一者或多者的输入来确定:进气歧管绝对压力传感器132、进气歧管绝对温度传感器134、排气温度传感器170、喷射器正时信号数据218、如基于废气再循环阀136和排气节流阀140的位置所确定的废气再循环流量估计以及NO_x/O₂传感器142。确定的拉姆达可以与例如最小拉姆达进行比较,该最小拉姆达被存储在存储器中(例如,控制器200中)或系统100的另一方面中的查找表中。

[0040] 如果确定的拉姆达小于最小拉姆达,则系统100可以在步骤318处增大空燃当量比。系统100可以通过控制空气供给旁通阀148来增大空燃当量比。例如,系统100可以关闭旁通阀148,使得较少的空气从压缩机146的输出端返回到其入口,从而增加到达进气歧管182的空气量,增加一个或多个汽缸103中的每数量燃料的空气数量。

[0041] 如果确定的拉姆达不低于最小拉姆达,则系统100可以在步骤328处基于喷射正时来调整空燃当量比。简要参考图2,喷射器正时信号数据218可以用作向拉姆达控制模块228的输入。该数据可以用于利用压缩机旁通信号236来调整空气供给旁通阀148。发动机系统100可以经由喷射器正时信号数据218来调整喷射正时,以基于汽缸热释放速率、温室气体排放以及排气温度来优化空燃当量比。在一些实施例中,空燃当量比的控制可以用作系统100的前馈控制以实现更快的系统响应。

[0042] 参考图3A、图3B和图3C,关于控制空燃当量比以优化效率并最小化温室气体排放,系统100可以适当地权衡本文上面描述的各种因素。例如,汽缸热释放速率的单独控制在一些系统中或在一些时间是主导因素,而在排气系统中NO_x水平和空燃当量比可以是次要因素。在其他实施例中,期望NO_x水平或空燃当量比在至少一些时间可以是(一个或多个)主导因素。在一些实施例中,对作为如上所述的喷射正时的函数的空燃当量比的调整可以用作可以提供快速响应的前馈控制。对系统操作的其他调整,诸如基于排气温度的调整,可以用作反馈系统控制。同时,由系统控制的最小拉姆达水平将禁止发动机系统100排放不可接受的颗粒物排放。

[0043] 所公开的系统和方法在往复式发动机中可以增加效率并减少温室气体排放。该系统和方法的各方面,包括基于一个或多个汽缸的热释放速率来单独地调整柴油喷射正时;单独地调整向一个或多个汽缸的废气再循环流量;以及调整拉姆达,对于使用利用柴油燃料和气体燃料(诸如丙烷或天然气)的双燃料布置的往复式发动机可能是特别有益的。并入本文所述的各方面可以给往复式发动机带来特别的优势,例如,本文所述的各方面可以在气体燃料反应性的范围内最大化发动机性能,同时最小化甲烷逃逸。

[0044] 对于本领域技术人员将显而易见的是,在不脱离本发明的范围的情况下,可以对所公开的系统进行各种修改和变化。例如,本文上面描述的方法的步骤中的每个步骤可以按照任何顺序和任何组合执行,以控制本文描述的发动机系统的热释放、温室气体排放和

排气温度。通过考虑说明书和本文公开的系统的实践,该系统的其他实施例对于本领域技术人员将是显而易见的。本说明书和示例旨在被认为仅是示例性的,其中本发明的真实范围由下面的权利要求及其等同物指示。

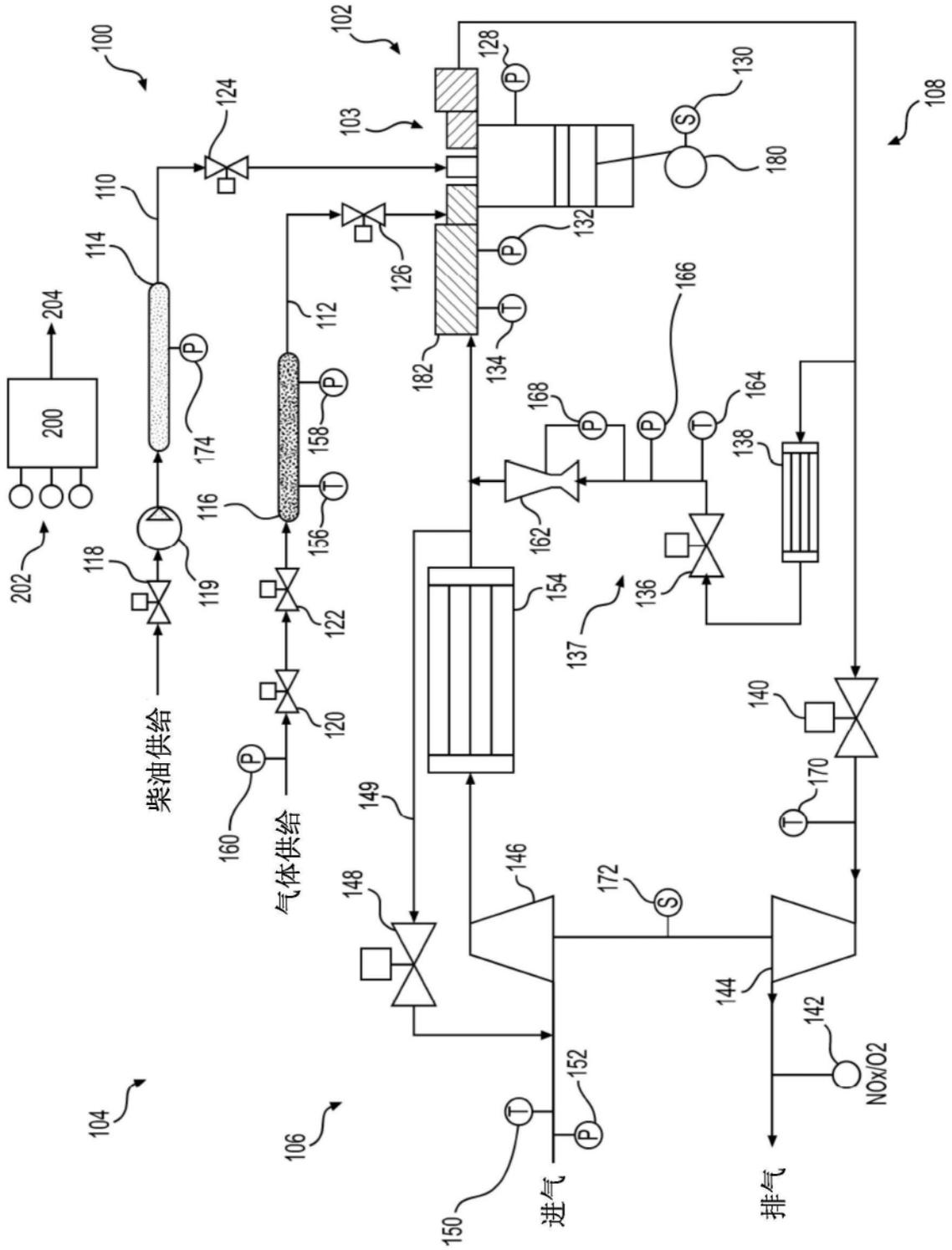


图1

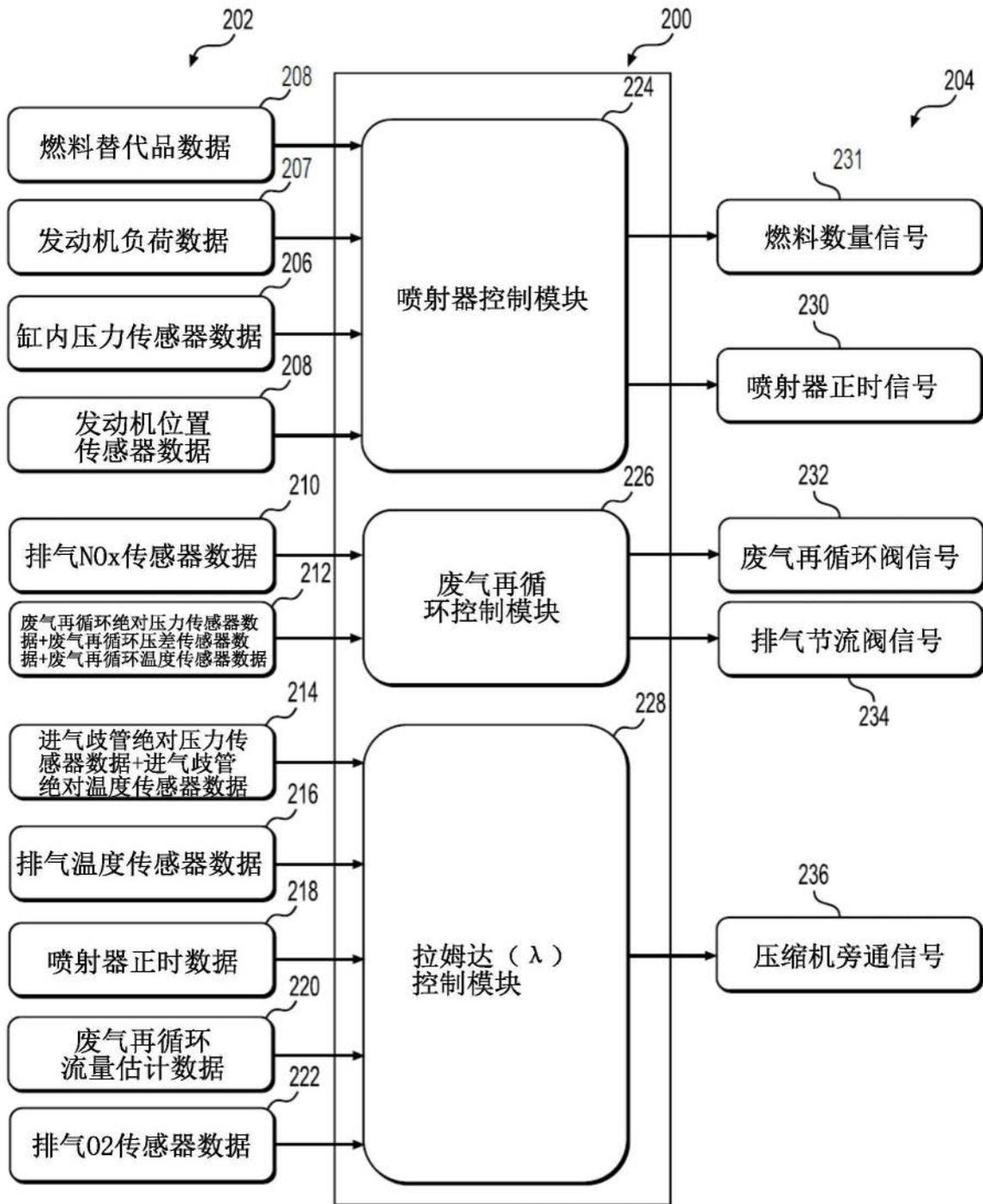


图2

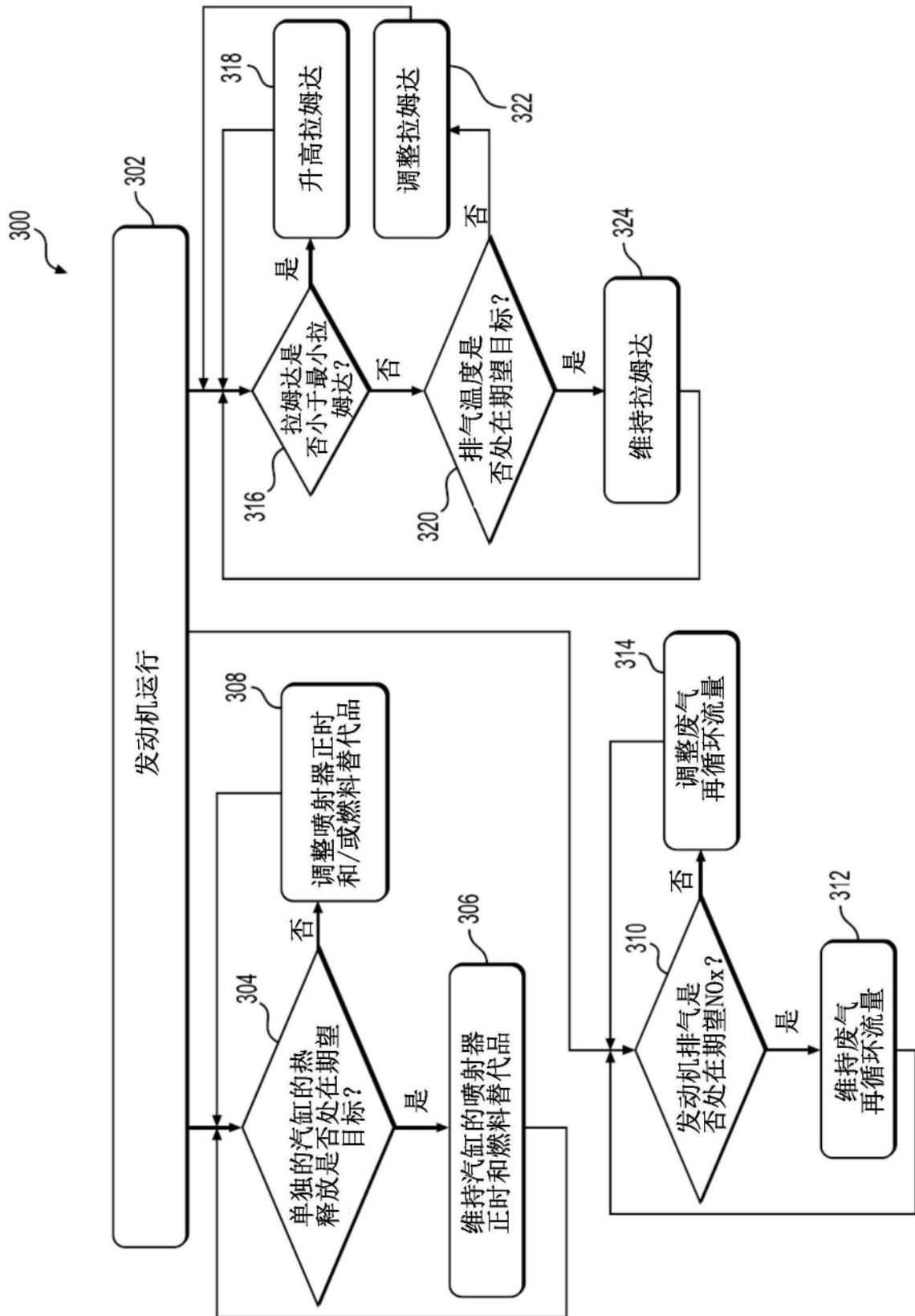


图3A

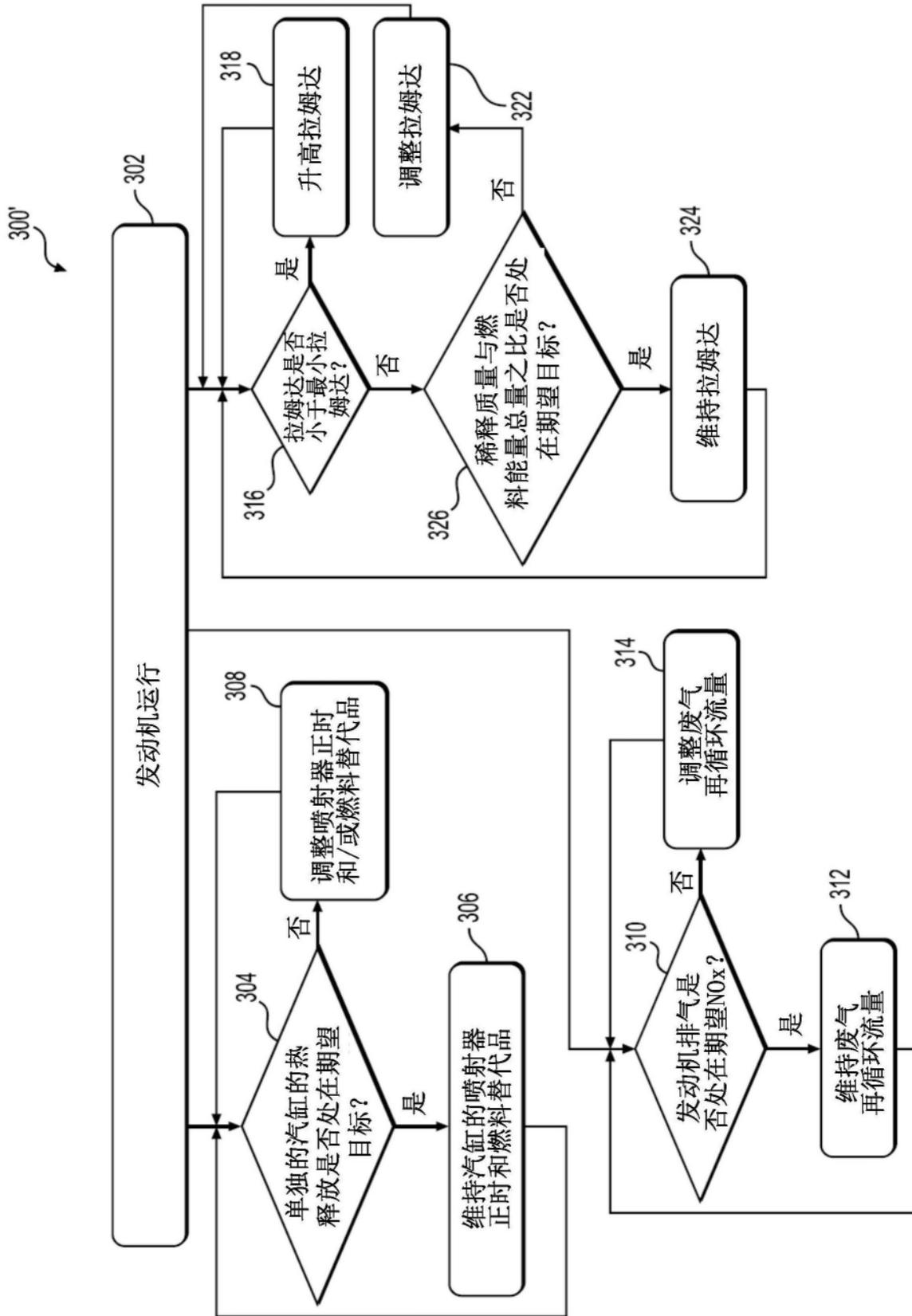


图3B

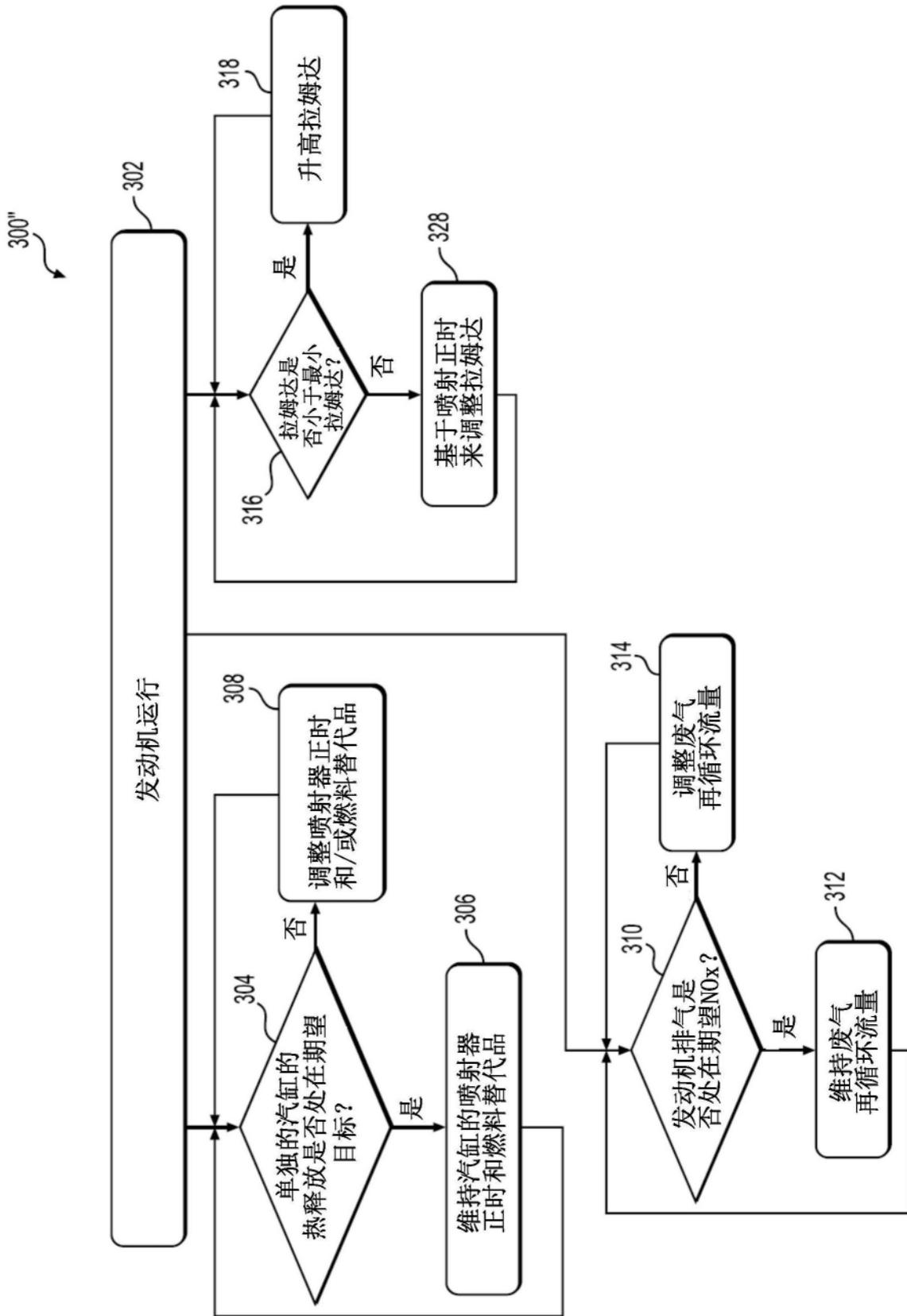


图3C