



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102400806 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201110210179. X

审查员 张广宇

(22) 申请日 2011. 07. 26

(30) 优先权数据

12/851459 2010. 08. 05 US

(73) 专利权人 福特环球技术公司

地址 美国密歇根州

(72) 发明人 J · E · 罗林格 C · P · 格鲁格拉

R · R · 珍特 R · S · 巴斯肯斯

K · 维拉德

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限

公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

F02D 43/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 7637248 B2, 2009. 12. 29,

EP 1098185 A1, 2001. 05. 09,

US 6877464 B2, 2005. 04. 12,

US 7117830 B1, 2006. 10. 10,

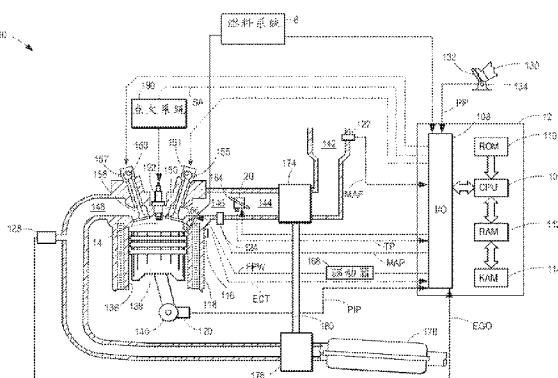
权利要求书1页 说明书18页 附图8页

(54) 发明名称

用于预点火控制的方法和系统

(57) 摘要

本发明提供了基于预点火的前馈可能性和预点火事件的反馈来缓解发动机预点火的方法和系统。响应预点火指示，当发动机载荷受限时，可加浓汽缸。所述加浓之后可进行减稀来恢复废气催化剂供气氧气水平。可基于发动机运转状况、预点火计数以及预点火性质来调节缓解措施。



1. 一种用于运行多汽缸发动机的方法, 其包括 :

响应汽缸内的预点火指示, 加浓该汽缸的燃料喷射; 以及

响应前预点火事件的数量, 调节该多汽缸发动机的载荷极限, 其中该调节包括随着该前预点火事件的数量的增加, 更多地限制该发动机载荷, 其中该前预点火事件的数量包括汽缸预点火计数和发动机预点火计数。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 该调节包括, 当该汽缸预点火计数超过阈值时, 限制该发动机载荷为第一较小数量, 当该发动机预点火计数超过阈值时, 限制该发动机载荷为第二较大量。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 该加浓包括, 随着前预点火事件数量的增加, 增加浓度和加浓时段。

4. 根据权利要求 3 所述的方法, 其特征在于, 该加浓进一步包括, 当该汽缸内的前预点火事件的数量小于阈值时, 加浓该汽缸第一较小数量, 当该汽缸内的前预点火事件的数量高于阈值时, 加浓所有发动机汽缸。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 响应预点火指示进一步限制该发动机的载荷极限。

用于预点火控制的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明大体涉及响应预点火检测的用于控制车辆发动机的方法和系统。

[0002] 背景技术和发明内容

[0003] 在某些运转状况下，具有高压缩比或者被增压（boost）以提高比输出的发动机易于发生低速预点火燃烧事件。预点火产生的早期燃烧能引起极高的汽缸内压力，并能导致类似于燃烧爆震的燃烧压力波，但其强度较大。人们已经开发了基于发动机运转状况的用于预点火的预测和 / 早期检测的策略。此外，检测之后，可以采取多种预点火缓解措施。

[0004] 本文的发明者认为汽缸的预点火倾向不仅可受发动机运转状况的影响，而且受汽缸的预点火历史记录的影响。例如，已经具有较多前预点火事件的汽缸可能比具有较少前预点火事件的汽缸更容易发生预点火。因而，对具有较少过往预点火事件的汽缸有效的预点火缓解步骤可能对具有较多过往预点火事件的汽缸并非如此有效。换言之，相比其他汽缸，对于一些汽缸，可能需要更积极地的预点火缓解方法。

[0005] 因此，在一个示例中，可通过一种运行发动机的方法来处理该问题，该方法包括：响应具有第一数量的预点火事件的第一状况，响应第一汽缸内的预点火指示来调节该第一汽缸的运转。然后，响应具有第二较大量数量的预点火事件的第二状况，响应该第一汽缸内的预点火指示来调节第一和第二汽缸的运转。

[0006] 在一个示例中，发动机控制器可在预点火数据库中保存各个发动机汽缸的预点火历史记录，包括预点火事件的数量。该预点火事件的数量可包括，例如，汽缸预点火计数，该汽缸预点火计数包括在汽缸的运转寿命期（汽缸寿命预点火计数）内发生的汽缸预点火事件的数量，在当前和 / 或紧接的上一发动机周期（汽缸行程预点火计数）内发生的汽缸预点火事件的数量，在汽缸内的连续预点火事件的数量（连续汽缸预点火计数），在发动机的运转寿命期（发动机寿命预点火计数）内发生的预点火事件的数量，在当前和 / 或紧接的上一发动机周期（发动机行程预点火计数）内发生的预点火事件的数量，等等。该预点火历史记录也可包括有关响应先前预点火事件先前采取的缓解方法的详细资料，以及其在处理汽缸的预点火上的效果。基于汽缸的预点火计数，并进一步基于发动机运转状况，该控制器可预测预点火的可能性，并在发动机运转的开始就优先限制发动机载荷。例如，随着先前预点火事件数量的增加，可更多地限制该发动机载荷。

[0007] 然而，即使是限制了发动机载荷，也可能发生预点火。因此，响应汽缸预点火的发生，该发动机控制器可通过增加该预点火计数来更新该预点火历史记录。然后，为了迅速地处理预点火，可执行汽缸加浓。具体地，该加浓可基于更新的预点火计数。例如，该加浓可包括汽缸运转的浓度以及运行加浓的时段，并且随着该预点火计数的增加（或者超过阈值），可增加浓度和 / 或加浓时段。与此同时，可基于该预点火计数进一步限制该发动机载荷。例如，通过减少流入该汽缸的空气流量来限制该发动机载荷，比如减小节流阀开度、较小发动机增压和 / 或调节凸轮正时。通过响应预点火的发生来加浓该汽缸，可实现迅速的汽缸进气冷却效果，其可降低进一步异常燃烧事件的发生。同时发生的发动机载荷限制，例如通过减少空气流量，能进一步协助降低另外预点火事件的发生。然而，这可能会延迟对于

预点火的载荷限制的效果，直到获得稳定的空气流量。

[0008] 在一个示例中，通过以与加浓操作相配合的斜增率来执行载荷限制，可将载荷限制与加浓同步。例如，可调节该斜增率，使得受限载荷的斜增（ramp in）与加浓同时完成。

[0009] 进一步地，除了加浓和载荷限制，可将火花正时提前一个数量。具体地，相对于预点火检测时的火花正时，可将汽缸火花正时提前至 MBT。可基于当前发动机速度和 / 或加浓来调节火花提前的数量，因此，随着浓度和 / 或加浓时段的增加，可增加火花提前的数量。因为由加浓期间高于化学计量的空燃比导致该汽缸可更能忍耐火花提前，因此可有利于将火花提前连同加浓一起使用以在汽缸的浓厚条件下保持 IMEP。

[0010] 加浓之后，可稀运行该汽缸，该减稀基于前述加浓。例如，随着浓度和 / 或先前加浓时段的增加，可增加稀度和减稀时段。因此，先前预点火缓解加浓能导致排出（exhaust）供气（feedgas）氧含量的下降，进而能使排放控制装置催化转化器的催化效率降级，从而使废气排放降级。通过基于该加浓来减稀该汽缸，可将排出供气氧气水平恢复到催化剂运作范围内，从而改善废气排放。减稀之后，该汽缸可重新继续化学计量的操作。

[0011] 该预点火计数可包括，例如，汽缸寿命期预点火计数（即，对发动机各个汽缸的寿命内发生的预点火事件总数的计数）、汽缸行程预点火计数（即，对当前发动机周期内各个汽缸内发生的预点火事件的总数的计数）、发动机预点火计数（即，对发动机内预点火事件的总数的计数）以及连续预点火计数（即，对在多个连续燃烧事件内发生的连续不中断预点火事件的总数的计数）。也可基于不同预点火计数不同地调节加浓和载荷限制。在一个示例中，相较于超过阈值的汽缸寿命期预点火计数（比如，通过更少浓地和 / 或更短时段的加浓，和更少地限制载荷），响应超过阈值的汽缸行程预点火计数，可采取更积极的措施（比如，通过更大浓度和 / 或更长时段的加浓，和通过更多地限制载荷）。在另一示例中，当该汽缸预点火计数超过阈值时，更小数量地执行载荷限制和加浓，当该发动机预点火计数超过阈值时，更大数量地执行载荷限制和加浓。同样在另一示例中，随着连续预点火计数超过阈值，可增加载荷限制以及浓度和加浓时段。

[0012] 进一步地，响应给定汽缸内的预点火，可基于该给定汽缸的预点火计数来调节其他汽缸的加浓和发动机载荷限制。例如，响应具有第一较小数量的前预点火事件的第一状况，可响应于该第一汽缸内的预点火指示来调节该第一汽缸的运转。相比之下，响应具有第二较大量数量的前预点火事件的第二状况，可响应于该第一汽缸内的预点火指示来调节第一汽缸和第二汽缸的运转。

[0013] 在另一示例中，预点火汽缸可以是第一组（或排）汽缸中的一个汽缸，该发动机进一步包括第二组汽缸。因此，响应该第一组中的第一汽缸的汽缸预点火计数（比如，汽缸连续预点火计数）超过阈值，可调节第一组汽缸的凸轮正时来限制第一组的发动机载荷为较大量，而保持第二组的凸轮轴正时，或者调节第二组的凸轮轴正时以限制该发动机载荷为较小数量。相似地，可加浓第一组中的所有汽缸，但是不加浓第二组。或者，可比第二组中的汽缸更大浓度地加浓第一组中的所有汽缸。还是在另一示例中，可基于给定组中受影响的汽缸的预点火计数来调节给定组汽缸的加浓和载荷限制。换言之，响应第一组中第一汽缸和第二组中第二汽缸内的预点火，可基于第一汽缸的预点火计数来调节第一组的加浓和载荷限制，可基于第二汽缸的预点火计数来调节第二组的加浓和载荷限制，但不适用于第一组。其他组合也是有可能的。

[0014] 因此,由于该预点火计数与汽缸进一步发生预点火的倾向有关,通过基于该预点火计数来调节受影响汽缸和该发动机的其他汽缸的加浓和载荷限制概况,可以更好地预测和处理预点火。

[0015] 应理解上述发明内容仅以简化形式引入了选择性概念,这些选择性概念将在详细说明中被进一步描述。其无意确定要求保护的主题的关键或必要特征,保护范围是由随附于说明书的权利要求唯一地限定。此外,要求保护的主题不限于解决以上及本公开的任何部分提到的任何缺点的实施方式。

附图说明

[0016] 图 1 是燃烧室的一种示例。

[0017] 图 2 是一种基于预点火的前馈可能性以及基于预点火反馈来处理预点火的高阶流程图。

[0018] 图 3 是一种响应发动机预点火的前馈可能性限制发动机载荷的高阶流程图。

[0019] 图 4 是一种响应预点火指示更新预点火计数并进一步限制发动机载荷的高阶流程图。

[0020] 图 5 是预点火缓解例程的原理描述。

[0021] 图 6 是一种根据本发明执行燃油喷射操作来处理预点火的高级流程图。

[0022] 图 7 是一种基于预点火计数和预点火性质来调节汽缸,汽缸排或发动机内的加浓概况和载荷限制的高阶流程图。

[0023] 图 8 和图 9 是一种根据本发明燃油喷射操作的示例。

具体实施方式

[0024] 以下描述涉及如图 1 所示发动机系统中用于减少有关预点火的异常燃烧事件的风险的系统和方法。如此处参考图 2-5 所述,发动机控制器可首先基于发动机运转状况确定预点火发生的可能性,并基于确定的可能性限制发动机载荷。此处,响应预点火指示,该控制器可更新预点火历史记录(包括预点火计数),并可进一步限制发动机载荷。在不降低废气排放的同时,该控制器可进一步调节燃油喷射至一个或多个发动机汽缸以处理预点火。例如,该控制器可配置为执行控制例程,比如图 6 所示例程,以加浓汽缸第一时间段,来冷却汽缸充气并减少进一步发生异常汽缸燃烧事件的风险。可基于发动机运转状况、预点火性质和预点火计数等来调节加浓和载荷限制。例如,随着预点火计数的增加和 / 或随着预点火变得更加频繁,该控制器可执行如图 7 所示的例程来增加加浓的浓度和事件,并且增加载荷限制的数量。加浓之后,可将汽缸过渡为稀燃油喷射概况第二时间段。可基于上次加浓来调节减稀以将废气中的氧气水平返回到不降低废气催化剂效果的范围内。预点火缓解燃油喷射操作之后,该控制器可继续按化学计量的燃油喷射。此处参考图 8-9 阐述了燃油喷射操作的示例。该控制器可将预点火事件的详细资料储存在数据库中以改善对将来预点火事件的预测。

[0025] 图 1 描述了一种内燃机 10 的燃烧室或汽缸的示例实施例。发动机 10 可从包括控制器 12 的控制系统接收控制参数并通过输入设备 132 从车辆操作者 130 接收输入。在本示例中,输入设备 132 包括加速踏板和用于产生成比例的踏板位置信号 PP 的踏板位置传感

器 134。发动机 10 的汽缸 14(也可是“燃烧室”) 可包括带有活塞 138 的燃烧室壁 136, 该活塞 138 位于燃烧室壁内。活塞 138 可与曲轴 140 联接, 使得活塞的往复运动转化为曲轴的旋转运动。曲轴 140 可通过传动系统与客运车辆的至少一个驱动轮联接。进一步地, 起动电机可通过飞轮与曲轴 140 联接以使得能够进行发动机 10 的起动操作。

[0026] 汽缸 14 能通过一连串进气通道 142、144 和 146 接收进气空气。进气通道 146 除了能与汽缸 14 连通外, 还能与发动机 10 的其它汽缸连通。在一些实施例中, 一个或多个进气通道可包括增压装置比如涡轮增压器或者增压器。例如, 图 1 示出了配置有涡轮增压器的发动机 10, 该涡轮增压器包括设置在进气通道 142 和 144 之间的压缩机 174 和沿着排气通道 148 设置的排气涡轮 176。压缩机 174 可至少部分地由排气涡轮 176 通过轴 180 供电, 在该轴上该增压装置被配置为涡轮增压器。然而, 在其它示例中, 比如, 发动机 10 设有增压器, 可任选地省略排气涡轮 176, 压缩机 174 可由来自电机或者发动机的机械输入供电。包括节流阀片 164 的节流阀 20 可沿着发动机的进气通道设置, 用以改变提供给发动机汽缸的流速和 / 或进气压力。例如, 节流阀 20 可如图 1 所示布置在压缩机 174 的下游, 或者设置在压缩机 174 的上游。

[0027] 排气通道 148 除了能从汽缸 14 接收废气外, 还能从发动机 10 的其它汽缸接收废气。所示的废气传感器 128 与排放控制装置 178 上游的排气通道 148 联接。传感器 128 可选自多种适当的用于提供废气空燃比指示的传感器, 比如线性氧传感器或 UEGO(通用或宽范围排气氧传感器)、二态氧传感器或 EGO(如描述所示), HEGO(加热 EGO)、或者 NOx、HC 或 CO 传感器。排放控制装置 178 可以是三效催化器 (TWC)、NOx 捕集器、各种其它排放控制装置或者上述装置的组合。

[0028] 可通过一个或多个位于排气通道 148 内的温度传感器 (未示出) 来估计排气温度。或者, 可基于发动机运行条件比如速度、载荷、空燃比 (AFR)、火花延迟等来推断排气温度。进一步地, 可通过一个或多个废气传感器 128 来计算排气温度。要理解的是也可以通过此处列出的温度估计方法的任意组合来估计废气温度。

[0029] 发动机 10 的各个汽缸可包括一个或多个进气阀和一个或多个排气阀。例如, 图中示出汽缸 14 包括至少一个进气提升阀 150 和至少一个位于汽缸 14 上部分的排气提升阀 156。在一些实施例中, 发动机 10 的各个汽缸, 包括汽缸 14, 可包括至少两个进气提升阀和至少两个位于汽缸上部的排气提升阀。

[0030] 进气阀 150 可由控制器 12 通过凸轮致动系统 151 的凸轮致动控制。相似地, 排气阀 156 可由控制器 12 通过凸轮致动系统 153 控制。凸轮致动系统 151 和 153 可分别包括一个或多个凸轮, 并可利用一个或多个凸轮轮廓线变换 (CPS)、可变凸轮正时 (VCT)、变阀门正时 (VVT) 和 / 或可变阀门升程 (VVL) 系统, 这些系统可由控制器 12 操作以改变阀门操作。进气阀 150 和排气阀 156 的位置可分别由阀门位置传感器 155 和 157 确定。在替换实施例中, 进气阀和 / 或排气阀可由电动阀门致动控制。例如, 汽缸 14 或者可包括通过电动阀门致动控制的进气阀和通过包括 CPS 和 / 或 VCT 系统的凸轮致动控制的排气阀。同样在其它实施例中, 进气阀和排气阀可由普通阀门致动器或致动系统, 或者可变阀门正时致动器或致动系统控制。

[0031] 汽缸 14 能具有压缩比, 该压缩比为当活塞 138 处于底部中心至顶部中心时的体积比。照惯例, 该压缩比在 9 : 1 至 10 : 1 范围内。然而, 在一些使用不同燃料的示例中, 该

压缩比可能增大。这可能发生在,例如,当使用较高辛烷值燃料或较高潜在汽化焓燃料时。如果使用直接喷射,基于其对发动机爆震的影响,该压缩比也可能增大。

[0032] 在一些实施例中,发动机 10 的各个汽缸可包括用于发起燃烧的火花塞 192。在选择操作模式下,响应来自控制器 12 的火花提前信号 SA,点火系统 190 能通过火花塞 192 将点火火花提供给燃烧室 14。然而,在一些实施例中,火花塞 192 可被省略,比如,发动机 10 可通过自动点火或者燃料喷射来发起燃烧,就如一些柴油发动机案例一样。

[0033] 在一些实施例中,发动机 10 的各个汽缸可配有一个或多个用于为汽缸提供燃料的燃料喷射器。作为非限制示例,图中示出了汽缸 14 包括一个燃料喷射器 166。图中示出了燃料喷射器 166 直接与汽缸 14 联接以与通过电子驱动器 168 从控制器 12 接收的信号 FPW 的脉宽成比例地将燃料直接喷射进汽缸内。以这种方式,燃料喷射器 166 提供所谓的燃料直接喷射(以下简称为 DI)至燃烧汽缸 14。而图 1 显示喷射器 166 为侧喷射器,其可位于活塞的上方,比如靠近火花塞 192 的位置。当用酒精燃料来操作发动机时,由于一些酒精燃料的较低挥发性,这样的一个位置可改善混合和燃烧效果。或者,该喷射器可位于上方靠近进气阀以改善混合效果。可从包括燃料箱,燃料泵和燃料分配管的高压燃料系统 8 将燃料输送至燃料喷射器 166。或者,可在低压条件下通过单极燃料泵来输送燃料,这种情况下,在压缩冲程期间,可能会比使用高压燃料系统时较大的限制直接燃料喷射的正时。进一步地,虽然图中未标示,燃料箱可具有提供信号至控制器 12 的压力变送器。应理解,在替换实施例中,喷射器 166 可以是提供燃料至汽缸 14 上游的进气口的气口喷射器。

[0034] 应理解,所述实施例阐述了通过单一直接喷射器喷射燃料来操作的发动机,在替换实施例中,可通过使用两个喷射器(例如,直接喷射器和气口喷射器)并改变各个喷射器的相对喷射量来操作发动机。

[0035] 在该汽缸的单个周期期间可通过该喷射器将燃料输送至该汽缸。进一步地,根据操作条件,从该喷射器中输送出的燃料的概况和 / 或相对量可以不同。此外,对于单一燃烧事件,可在每个周期执行输送的燃料的多次喷射。可在压缩冲程,进气冲程或其任何适当的组合期间进行多次喷射。同样,如图 6 所述,可在周期期间喷射燃料以调节燃烧的空气和喷射的燃料之比(AFR)。例如,可喷射燃料来提供按化学计量的 AFR。可包括 AFR 传感器来提供对汽缸内 AFR 的估计。在一个示例中,AFR 传感器可以是废气传感器,比如 EGO 传感器 128。通过测量废气中剩余氧气(对于稀混合物)或者未燃尽的碳氢化合物(对于弄混合物)的量,传感器可确定出 AFR。因此,AFR 作为 λ 值被提供,换言之,作为给定混合物的实际 AFR 与化学计量关系的比率。因此, λ 值等于 1.0 表明是按化学计量的混合物,浓于化学计量的混合物可具有小于 1.0 的 λ 值,稀于化学计量的混合物可具有大于 1.0 的 λ 值。

[0036] 如上所述,图 1 仅示出了多汽缸发动机的一个汽缸。但各个汽缸也可相似地包括其各自的进气 / 排气阀、燃料喷射器(多个燃料喷射器)和火花塞等。

[0037] 燃料系统 8 中的燃料箱可保存不同燃料质量的燃料,比如不同燃料组成。这些差别可包括不同酒精含量、不同辛烷值、不同汽化热、不同燃料混合、和 / 或其组合。

[0038] 参考图 2-7 所述,基于发动机运转状况和汽缸预点火历史记录,发动机控制器可确定出预点火发生的可能性,并可优先调节发动机载荷。响应汽缸内预点火的后续发生,该控制器可进一步限制发动机载荷并调节该汽缸内的燃料喷射为一个定义的数量的后续燃烧事件以加浓该汽缸并缓解预点火。在一个示例中,预点火检测可涉及检测异常燃烧事

件并基于来自预点火这些指示的爆震音来区分异常燃烧事件。例如,可结合来自汽缸内爆震传感器和曲轴加速传感器的输入来指明汽缸内的异常燃烧事件。该爆震传感器可以是发动机组上的加速表,或者是配置在各个汽缸的火花塞中的电离传感器。基于爆震传感器信号,比如信号正时、振幅、强度、频率等等,和 / 或基于曲轴加速信号,该控制器可识别出预点火。例如,较早、较大、和 / 或较频繁的来自所述爆震传感器的信号可表明是预点火,而较晚、较小、和 / 或不太频繁的来自所述爆震传感器的信号可表明是爆震。此外,可基于异常燃烧检测时候的发动机运转状况来区别预点火。例如,在较高发动机速度和载荷下测得的异常燃烧可归因于爆震音,而在较低发动机速度和载荷下测得的异常燃烧可表明是预点火。因此,处理爆震所采取的缓解措施可与控制器处理预点火所采取的缓解措施不同。例如,可使用火花延迟和 EGR 来处理爆震。此处参考图 2-7 进一步描述预点火处理措施。

[0039] 图1所示控制器 12 为微型计算机,其包括微处理器单元 106、输入 / 输出端口 108、本特定示例中示为只读存储器芯片 110 的可执行程序及校准值的电子存储介质、随机存取存储器 112、磨损修正系数存储器 (keep alive memory) 114 和数据总线。控制器 12 可从联接至发动机 10 的传感器中接收多种信号,除上述信号外,还包括空气质量流量传感器 122 的进入质量空气流量 (MAF)、来自与冷却套管 118 联接的温度传感器 116 的发动机冷却剂温度 (ECT)、来自与曲轴 140 联接的霍尔效应传感器 120 (或其它类型) 的概况点火传感器信号 (PIP)、来自节流阀位置传感器的节流阀位置 (TP)、来自传感器 124 的绝对歧管压力信号 (MAP)、来自 EGO 传感器 128 的汽缸 AFR、以及来自爆震传感器和曲轴加速传感器的异常燃烧的测量。发动机速度信号 RPM 可由控制器 12 从信号 PIP 产生。来自歧管压力传感器的歧管压力信号 MAP 可在进气歧管中用于提供真空或者压力指示。

[0040] 存储介质只读存储器 110 能编程有处理器 106 可执行的计算机可读数据表示指令以进行下面描述的方法以及预料到了但没有具体列出的其它变体。

[0041] 发动机控制器 12 可配置为基于发动机运转状况预测预点火并基于预点火的前馈可能性限制发动机载荷。参考图 3 所述,可使用随机模式基于发动机运转状况比如发动机歧管压力、温度、燃料辛烷含量以及 λ 值,进一步基于发动机的预点火历史记录来确定预点火的可能性。预点火历史记录可用于确定代表在车辆的整个寿命期和给定发动机驱动周期中发生的预点火的预点火计数以及预点火发生的连续数。响应预点火事件,可更新预点火历史记录和预点火计数,更新的信息可用于调节在闭环方式中通过随机模式计算出的预点火可能性。基于来自多个传感器的输入,预点火事件自身可得到指示。可使用权重因子来确定指示预点火燃烧事件的信号的信心度 (confidence)。基于预点火事件指示,可立即执行汽缸燃料加浓操作以较快地响应预点火,可进一步限制发动机载荷以较慢地响应预点火。通过使用较快的基于燃料喷射的方法和较慢的基于发动机载荷的方法来处理预点火,可减少预点火的发生。

[0042] 现转向图 2,描述了一种使用基于前馈可能性的优先措施和响应预点火发生的反应措施来处理汽缸预点火的示例例程 200。

[0043] 在 202 处,可确定发动机运转状况。发动机运转状况可包括,例如,发动机速度、扭矩、发动机载荷、发动机温度、发动机气管压力、空气温度等等。在 204 中,参考图 3 所进一步描述,基于估计的发动机运转状况并进一步基于发动机预点火历史记录可确定前馈预点火可能性。在 206 中,基于预点火的前馈可能性可限制发动机载荷。如图 3 所进一步描述,

其可包括减少输送至发动机的充气量，并减缓受限发动机载荷的慢加速以减少突发异常燃烧事件的发生。限制发动机载荷可包括通过降低节流阀开度来减小空气流量，调节废气门正时、阀门正时和 / 或凸轮正时，或者减小增压。

[0044] 然而，即使是限制了发动机载荷，也可能发生预点火。在 208 中，可确认汽缸预点火的发生（指示）。预点火指示可基于汽缸压力、爆震强度、曲轴加速以及火花塞电离化中的一个或多个。如果没有发生汽缸预点火，或者没有确定汽缸预点火指示，该例程可结束，发动机以受限的载荷运行。然而，如果确认有汽缸预点火指示，那么在 210 中，可进一步限制发动机。该限制可基于预点火反馈、更新的预点火计数以及检测到的预点火性质。参考图 4 所述，可至少基于曲轴加速和爆震强度来指示预点火，相应地可在数据库中更新预点火历史记录，包括预点火计数。如图 7 进一步所述，可基于是否预点火属于持续性质还是间歇性质、是否已经发生了阈值数的预点火事件、以及预点火计数等等来调节载荷限制的数量和比率。进一步限制载荷可包括通过减小由增压装置（比如涡轮增压器）提供的增压来进一步减少空气流量、减小节流阀开度、和 / 或调节可变凸轮正时机构的凸轮轴正时以进一步调节阀门正时。因此，由于载荷限制可能要求发动机空气流量来进行稳定，因此载荷限制可能是预点火发生的一种较慢响应。

[0045] 在 212 中，同样是响应预点火的发生，可基于预点火缓解操作执行燃料喷射。具体地，可加浓汽缸来提供充分地即时汽缸充气冷却效果以缓解预点火。燃料喷射的加浓概况，比如浓度、空燃比以及加浓时间段，可基于预点火指示、预点火反馈、更新的预点火计数以及预点火性质来进行调节。例如，当预点火指示至少基于爆震强度时，可基于爆震强度来调节加浓。例如，随着爆震强度（处于预点火指示时）的增加，可增加浓度和加浓持续时间。如图 6 所述，通过响应预点火细节来调节加浓，可根据需要更积极地或温和地处理预点火。加浓之后，为了补偿由低废原料气氧气水平引起的催化转化器效率的潜在下降，燃料喷射操作可进一步包括后续减稀。具体地，可减稀该汽缸，可基于前述加浓来调节燃料喷射的减稀概况，比如稀度、空燃比以及减稀持续时间。

[0046] 此外，或者任选地，该发动机控制器可配置来为受影响的汽缸和 / 或其它汽缸调节火花提前的数量。例如，相对于预点火检测时的火花正时，可将火花提前一个数量至 MBT。可基于发动机速度和加浓的一个或多个来调节火花提前的数量。在一个示例中，随着浓度和 / 或加浓持续时间的增加，可增加火花提前的数量。由于加浓期间高于化学计量的空燃比导致该汽缸可更能忍耐火花提前，因此可有利于将火花提前连同加浓一起使用以在汽缸的浓厚条件下保持 IMEP。在一个示例中，可为整个发动机修改火花提前。在另一示例中，可为受影响的汽缸修改火花提前而为其余汽缸冻结火花提前。同样在另一示例中，可为整个发动机冻结火花提前。

[0047] 虽然上述示例展示了响应相似预点火提示加浓汽缸和限制发动机载荷，在替换实施例中，可响应不同预点火指示执行加浓和载荷限制，不同指示具有不同阈值。例如，响应高于第一阈值的汽缸内预点火的第一指示，可加浓该汽缸。相比之下，响应高于第二阈值的汽缸内预点火的第二指示，可加浓汽缸并限制该汽缸的发动机载荷。此处，该第二阈值可高于该第一阈值，在一个示例中，汽缸内预点火的指示是基于该汽缸的爆震强度，当爆震强度超过第一低阈值时，仅能通过加浓该汽缸来处理汽缸预点火。相比之下，当爆震强度超过第二高阈值时，可通过加浓该汽缸并限制该汽缸的发动机载荷来处理汽缸预点火。

[0048] 在 214 中, 可用当前预点火缓解操作的细节来更新数据库。其可包括更新一个或多个预点火计数、用于处理预点火的载荷限制数量的细节、用于处理预点火的加浓的细节、以及用于处理预点火的方法的效力。因此, 随着汽缸内预点火发生的增加, 该汽缸发生再次预点火的倾向也同时增加。因此, 用汽缸预点火的细节来更新数据库, 可更好地预测并更好地处理未来的预点火事件。例如, 随着给定汽缸的预点火计数的增加, 该汽缸(或排)的前馈载荷限制数量可能增加(例如, 相对于前一个周期)。此外, 如果该汽缸内再次发生预点火, 虽然有载荷限制, 但是该汽缸内的燃料喷射可能较浓, 或者延长较长持续时间。这样, 可使用前馈和反馈方法来更好地预测和更好地处理汽缸预点火。

[0049] 应理解, 随着预点火缓解措施, 也可采取另外的措施来优先处理预点火事件期间出现的 NVH 和振动。例如, 可在具有预点火高发可能性的发动机速度载荷区域调节变矩器离合器和 / 或换挡离合器的啮合以减少触觉传动系统振动的传输。在一个示例中, 可在发动机载荷接近载荷限值的区域增加变矩器滑动(slip)的数量以缓解预点火事件的传动系统 NVH, 如果这种事件真的发生的话。在一个示例中, 可通过开环的方式来调节变矩器滑动。因此, 通过调节该变矩器滑动, 可增加第一次预点火事件的触觉冲击的液压阻尼, 从而改善车辆操作者感觉的驾驶质量。

[0050] 现转向图 3, 描述了一种基于发动机运转状况和发动机预点火历史记录来估计预点火可能性的示例例程 300。通过确定预点火的前馈可能性, 可基于汽缸发生预点火的倾向来优先限制发动机载荷, 从而减少预点火相关的异常燃烧事件的发生。

[0051] 在 302 中, 该例程包括估计, 推断和 / 或测量歧管压力(MAP)、歧管充气温度(MCT)、空燃比(λ)、燃料辛烷含量、发动机速度(和载荷)以及预点火计数。在一个示例中, 预点火计数可包括至少发动机行程 PI 计数和发动机寿命期 PI 计数。发动机行程 PI 计数可包括对在整个目前行程或发动机周期内发动机发生的预点火事件的总数的估计。发动机寿命期 PI 计数可包括对在发动机运行的整个使用寿命期内发动机发生的预点火事件的总数的估计。因此, 可基于单个汽缸寿命期和行程 PI 计数来得到发动机寿命期 PI 计数和发动机行程 PI 计数。PI 计数可指示各个汽缸的预点火历史记录, 并可将各个汽缸再次发生预点火的倾向相关联。因此, 基于各个汽缸的 PI 计数的组合, 可估计发动机的预点火倾向。如此处所进一步描述, 可在各个周期结束时更新各个汽缸的预点火历史记录和计数, 从而更新发动机的预点火历史记录和计数, 这些历史记录和计数在发生汽缸预点火时可用于确定如何调节加浓概况和载荷限制。

[0052] 在 304 中, 该例程可包括确定要求的空燃比(lambse)。在一个示例中, 可通过比较预定的空燃比和按化学计量的空燃比来确定要求的空燃比。在 306 中, 可基于计算出的要求的空燃比来确定预点火的有效百分率(即, 预点火的可能性)。一般而言, 在具有浓化学计量的空燃比时, 预点火的倾向可能降低。同样地, 在具有稀化学计量的空燃比时, 预点火的倾向也可能降低。然而, 在具有稍稀化学计量的空燃比时, 预点火的倾向可能增加。

[0053] 在 308 中, 可为发动机确定高载荷限值和低载荷限值。在一个示例中, 可从使用歧管充气温度(MCT)和发动机速度(Ne)并计算理想状态下的载荷限值, 和 / 或高燃料辛烷值的高载荷限值表来估算高载荷限值。因此, 可从同样使用歧管充气温度(MCT)和发动机速度(Ne)并计算“折衷(compromised)”条件下的载荷限值, 和 / 或低燃料辛烷值的低载荷限值表来估算低载荷限值。在 310 中, 可通过使用有效百分率以混合来自高载荷和低载荷

限值表的输出来确定载荷剪切 (clip)。例如,该控制器输出的有效百分率可以是 0 到 1 之间的数字,并可用作计算出的高载荷和低载荷之间的插值因子。在 312 中,可缓慢斜增确定出的载荷剪切或载荷限值以减少扭矩干扰。具体地,可超时(例如,使用滤波器常数)过滤(例如,使用滚动平均滤波器)载荷剪切以缓慢斜增确定的载荷剪切。该控制器可协调载荷斜增与发动机的燃料喷射操作以减少扭矩干扰。这样,通过确定预点火的前馈可能性,并通过减少发动机载荷和 / 或基于预点火可能性的空气流,可减少异常预点火相关的燃烧事件的发生。

[0054] 然而,即使是限制载荷并缓慢地斜增载荷之后,基于实时发动机运转状况也有可能发生预点火事件。因此,响应汽缸预点火的突然发生,发动机控制器可配置为基于燃料喷射的预点火缓解操作来进一步限制载荷并加浓该汽缸。由于发动机系统的延迟,减少载荷和 / 或空气质量是一种较慢的响应控制机构。这种延迟可归因于比如歧管填充效果等效果和为了得到稳定的气流而要求的时间常数。因此,在减小预点火概率方面,可能会延迟载荷减少的冲击直到气流稳定。相比之下,由于输送至汽缸的燃料量可以从 0(当汽缸关闭)实质上立即变化到浓于空燃设定值(即,浓于化学计量),所以基于加浓的调节可具有较快的冲击。参考图 6 所述,通过立即加浓指示了预点火的汽缸内的燃料,可立即使能汽缸充气冷却,从而快速地减小在该汽缸内进一步发生异常预点火相关的燃烧事件的概率。

[0055] 现转向图 4,描述了一种识别和指示预点火相关的异常燃烧事件,更新预点火计数,并基于预点火指示进一步限制发动机载荷的示例例程 400。

[0056] 在 402 中,可基于例如来自曲轴加速传感器的输出来确定曲轴加速数据。在 404 中,可对曲轴加速数据进行处理来确定曲轴信心度。因此,该曲轴信心度可基于曲轴加速数据来表示预点火的潜在可能性。在一个示例中,该控制器可将来自发动机速度和载荷表的函数接收输入和曲轴加速数据一同用来确定该曲轴信心度。可填充(populate)该函数使得对于一种给定的发动机速度和载荷组合,曲轴加速数据具有较高信噪比的单元将产生较高的曲轴信心度,而曲轴加速数据更倾向噪音(比如,来自曲轴扭转振动)的单元将产生较低的曲轴信心度数量。

[0057] 在 406 中,可基于例如来自爆震传感器的输出来确定爆震强度。在 408 中,可对该爆震强度进行处理来确定爆震信心度,该爆震信心度是基于爆震数据来表示预点火的潜在可能性。这样,可以曲轴信心度类似的方式来确定该爆震信心度。具体地,该控制器可将来自发动机速度和载荷表的函数接收输入和爆震数据一同用来确定该爆震信心度。可填充该函数使得对于一个给定的发动机速度和载荷组合,爆震强度具有较高信噪比(例如,高于阈值)的单元将产生较高的爆震信心度数,而爆震数据更倾向噪音(例如,高于机械发动机噪声)的单元将产生较低爆震信心度数。

[0058] 在 410 中,可将该爆震信心度和该曲轴信心度输出进行组合,并且在 412 中,可将组合后的输出与一个阈值作比较。在一个示例中,可给予该爆震信心度和该曲轴信心度相等的比重。在另一示例中,该爆震信心度的权重因子可与该曲轴信心度的权重因子不同,比重基于运转状况而不同。例如,在较高发动机速度时,爆震可能较普遍,该爆震信心度可给予较高的比重。如果该组合后的输出大于该阈值,那么在 418 中,就可以确定预点火事件已经发生且可设置预点火标记(PI_flag)为真(true)。该预点火标记的输出可集成于至少两个不同的集成器。在 420 中,该输出可集成于对当前驾驶周期(分别响应汽缸和发

动机)内发生的预点火事件的次数进行计数的行程预点火计数集成器(包括汽缸行程预点火计数集成器和发动机行程预点火集成器)上。具体地,可增加在行程PI计数集成器上的预点火(PI)计数,并且更新的计数可用于调节该集成器的行程载荷修改量输出(load_modifier_trip)。在422中,该输出可集成于对车辆发动机寿命期内发生的预点火事件的次数进行计数的寿命期预点火计数集成器(包括汽缸寿命期预点火计数集成器和发动机寿命期预点火集成器)。具体地,可增加寿命期PI计数集成器上的预点火(PI)计数,并且更新的计数可用于调节该集成器的寿命期载荷修改量输出(load_modifier_life)。

[0059] 相比之下,如果412中组合后的输出不大于该阈值,那么在414中,可以确定的是预点火事件没有发生且可将预点火标记(PI_flag)设置为假(false)。然后可将该预点火标记的输出集成于该行程PI计数集成器。可增加该行程PI计数集成器上的PI计数,或者可保留其不变,更新的计数可用于调节该集成器的行程载荷修改量输出。

[0060] 在424中,来自该行程PI计数集成器和该寿命期PI计数集成器的更新的载荷修改量输出可用于更新该发动机的有效百分率。在426中,可基于更新的有效百分率调节载荷剪切。例如,随着预点火计数的增加,可进一步限制发动机载荷,并且可缓慢斜增该进一步受限的载荷剪切。例如,可用更新的滚动平均滤波器和更新的滤波器时间常数来对更新的载荷剪切进行过滤以减少扭矩干扰和刺耳感觉。因此,与基于燃料喷射的预点火缓解操作一起,可执行发动机载荷的进一步限制。因此,在一个示例中,发动机控制器可配置为协调燃料喷射操作和受限的发动机载荷的斜增。例如,可基于燃料喷射加浓的持续时间来调节受限载荷的斜增比,当完成了受限发动机载荷的斜增时可设置标记。该发动机控制器可使用该标记以停止预点火缓解燃料加浓操作。换言之,在快速响应燃料喷射预点火缓解期间喷射的燃料量可和较慢响应载荷减少一起分阶段实现。

[0061] 如参考图7进一步所述,在424中,也可基于预点火的性质来调节载荷剪切。例如,基于是否预点火是间歇性的还是持续性。该预点火的性质可从预点火计数推断出来。例如,基于多次连续汽缸燃烧事件的连续预点火事件的次数,可看出预点火是间歇性质还是持续性质,并可相应地调节载荷限制和加浓操作。例如,当连续预点火事件的次数超过阈值时,可以确定是持续性预点火,并且相对于间隙性预点火,可较多地限制载荷。

[0062] 应理解虽然上述示例调节了预点火计数,并因此基于一个驾驶周期内预点火事件的次数调节了预点火缓解操作,在替换实施例中,可基于一个钥匙周期,一个预定的时间量或里程数内预点火事件的次数来确定预点火计数。在一个示例中,使用的里程数可以是该车辆的整个寿命期或者当前行程内的总里程数。在另一示例中,可基于距离前一次预点火事件的里程数来调节该预点火计数。例如,如果确定单个预点火事件发生在距离前一次预点火事件一个阈值里程数之后,则可减小预点火计数。在另一示例中,当检测多个预点火事件时(比如,在持续性或间歇性预点火期间),当连续多个预点火事件之间的里程数超过了阈值,则可减少与被检测的预点火事件有关的计数和预点火缓解(加浓,载荷限制等)。

[0063] 这样,通过响应预点火的发生来更新预点火计数和基于预点火反馈来限制发动机载荷,可以更好地处理预点火。

[0064] 图5是响应预点火进行的发动机载荷前馈和反馈限制的示意图。因此,该图是图2-4所示例程的可选描述。方法500包括,在子例程510中(如先前图4所述),确定预点火的前馈可能性并基于该前馈可能性限制发动机载荷,以此来减少汽缸预点火事件的发生。

方法 500 进一步包括,在子例程 580 中,确定并指示汽缸预点火事件的发生,并基于来自发生的反馈来进一步限制发动机载荷。因此,可在还未检测预点火的情况下执行子例程 510,即,预测预点火。相比之下,可响应预点火事件的指示,另外执行子例程 580。

[0065] 子例程 510 包括将预定的空燃比 501(Fntqe-High-vol) 与设置的空燃比 λ 502(比如,按化学计量的空燃比)进行比较,来确定要求的空燃比 504。然后可通过乘数 506 处理要求的空燃比来确定效率百分比 508。因此,有效百分率 508 可以是代表预点火倾向,也可以作为 0(无预点火可能性)到 1(高预点火风险)之间的数字被输出。有效百分率 508 可以用作高载荷限值 514 和低载荷限值 516 之间的插值因子来确定载荷剪切 518。可在“理想”情况下(具有高燃料辛烷值)通过使用发动机载荷与发动机速度的对比表来计算高载荷限值 514(Fntqe_high_ld_eff)。可在“折中”情况下(具有低燃料辛烷值)通过使用类似的发动机载荷与发动机速度的对比表来计算低载荷限值 516(Fntqe_low_ld_eff)。控制器 512 可使用有效百分率 508 来混合高载荷限值 514 和低载荷限值 516。在一个示例中,控制器 512 可使用以下等式来混合这两种限值,

[0066] $Tqe_ld_limit_tmp = (tqe_pct_eff_tmp * tq_ld_low_eff) + ((1 - tqe_pct_eff_tmp) * tq_ld_high_eff)$,

[0067] 其中, $Tqe_ld_limit_tmp$ 是预点火预测的载荷剪切, $tqe_pct_eff_tmp$ 是预点火事件不存在时的有效百分率, $tq_ld_low_eff$ 是低载荷限值以及 $tq_ld_high_eff$ 是高载荷限值。

[0068] 可通过滤波器 520 进一步处理载荷剪切 518 以产生过滤的载荷剪切 522。过滤的载荷剪切 522 可包括用于载荷以减少扭矩干扰的斜增率。在一个示例中,可用时间常数来移动平均过滤载荷剪切 518 以得到过滤的载荷剪切 522。

[0069] 如果发生预点火事件,可执行子例程 580 来用载荷乘数更新该有效百分率,从而进一步限制子例程 510 的载荷剪切。子例程 580 可包括基于曲轴加速传感器 530 和爆震传感器 540 的输出来识别预点火。然而,在替换实施例中,可基于一个或多个其它传感器的输出来识别预点火。可将曲轴加速传感器 530 的输出与一个阈值相比较来确定曲轴预点火呼叫(PI_CKP_call)532。因此,PI_CKP_call 532 可具有为 0 或 1 的值,当该输出低于该阈值(即,无基于曲轴数据的预点火呼叫)时它为 0,当该输出大于该阈值(即,存在基于曲轴数据的预点火呼叫)时它为 1。同样地,可将爆震传感器 540 的输出与一个阈值相比较来确定爆震预点火呼叫(PI_KNK_call)542。因此,PI_KNK_call 可具有为 0 或 1 的值,当该输出低于该阈值时(即,无基于爆震数据的预点火呼叫)它为 0,当该输出高于该阈值时(即,存在基于爆震数据的预点火呼叫)它为 1。

[0070] 基于发动机速度和载荷表 534,可通过乘数 536 处理曲轴预点火呼叫 532 来确定曲轴信心度(CKP_confidence)538。可填充乘数 536 使得曲轴加速传感器输出具有高信噪比的小区将获得较接近 1 的曲轴信心度数(即,较高的预点火信心度),而更倾向噪音(比如,来自曲轴扭转振动)的小区将获得较接近 0 的曲轴信心度(即,较低的预点火信心度)。同样地,基于发动机速度和载荷表 544,可通过乘数 546 处理爆震预点火呼叫 542 来确定爆震信心度(KNK_confidence)548。可填充乘数 546 使得爆震传感器输出具有高信噪比的小区将获得较接近 1 的爆震信心度数(即,较高的预点火信心度),而较接近噪音(比如,来自机械发动机噪音)的小区将获得较接近 0 的曲轴爆震信心度数(即,较低的预点火信心度)。

度)。可通过加法器 550 将来自曲轴加速方法和爆震方法的信心度数进行组合,并通过控制器 552 将其与一个阈值进行比较,以确定是否会发生预点火事件。如果在控制器 552 处分析的组合输出大于该阈值,则可以确认为预点火事件,并且有关预点火事件的数据可用来处理预点火。具体地,可执行基于燃料喷射的缓解操作,在该缓解操作中可加浓紧接着的燃烧事件和其后已定义数量的燃烧事件来减小预点火的倾向。进一步地,可将预点火反馈数据路由至子例程 510,在该子例程中,该数据可用于调节子例程 510 的过滤的载荷剪切。如果该组合输出不大于该阈值,则可确认无预点火事件,发动机控制器可继续以子例程 510 的过滤的(未调节的)载荷剪切来操作该发动机。

[0071] 这样,可将来自多种传感器的传感器信息进行组合以使预点火检测能更加稳定,并使从与非预点火有关的异常燃烧事件(比如,不着火和爆震)中区别与预点火有关的异常燃烧事件更加稳定。此外,通过使用来自多个传感器的输出,在特定发动机运转状况下,其它传感器的存在可克服给定传感器中的不足,即使是多种传感器之一出现变劣也可检测到预点火。

[0072] 一旦确认预点火事件,控制器 552 可设置预点火标记,并通过至少两个不同的集成器包括行程预点火(PI)集成器 558 和寿命期预点火(PI)集成器 560 来处理该标记数据。因此,该行程预点火集成器可对当前驾驶周期(即,从插上钥匙发动机启动到拔下钥匙)内发生的预点火事件的次数进行计数,并可在每个拔下钥匙事件时复位。因此,响应驾驶周期内的预点火事件,可通过行程 PI 集成器 558 来增加行程预点火计数 554(PI_count_trip)。在一个示例中,行程预点火计数 554 可包括各个汽缸(或各组汽缸)的至少一个汽缸行程预点火计数,以及基于独立的汽缸行程预点火计数的总发动机行程预点火计数。如果在至少一个驾驶周期期间内没有预点火事件发生,可减小该行程预点火计数。或者,如果没有预点火事件发生,可保持该预点火计数不变。相比之下,寿命期预点火集成器 560 可对在车辆寿命内发生的预点火事件的次数进行计数。因此,响应驾驶周期内的预点火事件,可通过寿命期预点火集成器 560 来增加寿命期预点火计数 556(PI_count_life)。在一个示例中,寿命期预点火计数 556 可包括各个汽缸(或各组汽缸)的至少一个汽缸寿命期预点火计数,以及基于独立的汽缸寿命期预点火计数的总发动机寿命期预点火计数。

[0073] 行程预点火集成器 558 可基于行程预点火计数 554 产生行程载荷修改量 562(load_modifier_trip),而寿命期预点火集成器 560 可基于寿命期预点火计数 556 产生寿命期载荷修改量 564(load_modifier_life)。因此,行程预点火集成器 558 可配置为产生载荷修改量以减少在同一驾驶周期内进一步发生预点火的概率,而寿命期预点火集成器 560 可配置为产生载荷修改量以抵消车辆超时的变化。结果是,由行程预点火集成器产生的行程载荷修改量可能比由寿命期预点火集成器产生的寿命期载荷修改量较能起到积极的作用。在一个示例中,载荷修改量 562 和 564 可具有介于 0(较温和)到 1(较积极)之间的值。然后载荷修改量可用于进一步调节有效百分率 508,从而产生调节了的载荷剪切 518 和调节了的过滤的载荷剪切 522。这样,可基于来自检测到的预点火事件的预点火反馈来进一步减小发动机载荷。

[0074] 现转向图 6,描述了一种响应预点火指示来调节喷射入汽缸的燃料的例程 600。响应汽缸预点火事件的发生通过加浓汽缸,可立即实现汽缸冷却效果以减小进一步发生异常燃烧和发动机降级的风险。

[0075] 在 602 中,发动机控制器可基于发动机运转状况和预点火指示来确定第一加浓概况。如先前参考图 2-4 所述,预点火指示可包括基于发动机运转状况所确定的前馈预点火可能性以及基于传感器的(比如,基于爆震传感器和曲轴加速传感器的)预点火指示。如下面参考图 7 所述,加浓概况可进一步基于汽缸的预点火计数以及预点火的性质(比如,基于预点火是否是间隙性质还是持续性质)。

[0076] 该第一加浓概况可包括,例如,浓于化学计量的第一空气与喷射的燃料之比(AFR)、AFR 的浓度以及基于发动机运转状况而作调节的浓燃料喷射的第一时间段。该第一时间段可以是,例如,燃烧事件的第一次数。此外或任选地,该加浓概况可包括第一时间内的加浓率(即,浓 AFR 的变化率)。

[0077] 在一个示例中,随着预点火指示的增加,该第一加浓概况可包括较长的第一时间段和 / 或较高的第一空燃比浓度。例如,在预点火指示至少基于汽缸内压力或爆震轻度的情况下,随着预点火检测时的汽缸压力或爆震强度超过阈值,概况的调节可包括增加第一时间段和 / 或增加空燃比的浓度。在另一示例中,随着汽缸预点火计数的增加(例如,超过阈值),可增加浓度和 / 或加浓时间。在另一示例中,响应持续性预点火,可较多地增加浓度和持续时间,而响应间歇性预点火,可较少地增加浓度和持续时间。

[0078] 在一个示例中,也可将加浓与载荷限制操作(如图 4 所示)配合起来。例如,可基于加浓的第一时间段和 / 或在第一时间段内的加浓率来调节受限载荷的斜增率,从而基本上同步地完成加浓操作和载荷斜增。在一个示例中,当受限发动机载荷的斜增完成时可设置标记。发动机控制器可使用该标记来相应地停止加浓操作使得在快速响应燃料喷射预点火缓解加浓操作期间喷射的燃料量可和较慢响应载荷减少一起分阶段实现。

[0079] 在 604 中,该控制器可根据第一加浓概况来供给燃料和操作该汽缸。例如,可用浓于化学计量的第一空燃比来操作该汽缸第一时间段。在另一示例中,可以第一加浓率来加浓该汽缸,并可用浓于化学计量的在第一时间段内以第一速率变化的空燃比来操作该汽缸。此处,通过往该汽缸内喷射过量的燃料,可获得充气冷却效果,并可降低汽缸峰值压力,以减少进一步发生有关预点火的异常燃烧事件的风险。

[0080] 然而,为了缓解预点火风险而迅速喷射的过剩燃料也可能耗尽废原料气氧气,从而降低排放控制装置催化转化器的催化效率。过剩燃料对废气排放也可能有负面影响。因此,为了恢复催化转化器的催化效率,在 606 中,该控制器可基于前述加浓的第一加浓概况来确定第二减稀概况。该第二减稀概况可包括,例如,稀于化学计量的第二空气与喷射的燃料之比(AFR)、AFR 的稀度、减稀的第二时间段以及减稀率,可基于第一空燃比和第一浓燃料喷射概况的第一时间段中的一个或多个来调节以上各项。该第二时间段可以是,例如,燃烧时间的第二次数。该调节可包括,例如,随着第一时间段和第一空燃比的浓度中的一个或多个的增加,增加该第二时间段和 / 或增加空燃比的稀度。

[0081] 在 608 中,在该第一时间段过去之后,该控制器可根据该第二减稀概况来供给燃料并操作该汽缸。例如,可用稀于化学计量的第二空燃比来操作该汽缸第二时间段。在另一示例中,可以第二减稀率来减稀该汽缸,并可以稀于化学计量的在第二时间段内以第二速率变化的空燃比来操作该汽缸。此处,通过往该汽缸内喷射相对较少的燃料和相对较多的空气,可补偿前述加浓的氧气耗尽效应,并可恢复催化转化器的催化效率。

[0082] 在 610 中,可估计和 / 或推断(例如,通过使用废气含氧量传感器)废气含氧量,

并可确认废气含氧量是否高于阈值。该阈值可以是一种氧气水平，在高于该阈值时，排放控制装置催化剂能以充分的催化效率运行。如果该含氧量已被恢复至阈值水平，那么在 614 中，减稀之后，该控制器可重新开始以基本上等于化学计量的第三空燃比来运行该汽缸。如果在 610 中该含氧量没有达到阈值，那么在 612 中，该控制器可继续以第二空燃比来操作该汽缸直到恢复要求的氧气水平和要求的催化效率。一旦恢复了催化效率，可重新开始按化学计量的汽缸燃料喷射。

[0083] 在一个示例中，可调节该第二时间段和该第二减稀概况的稀度，从而在该第二时间段结束时恢复排气中的氧气水平阈值。例如，随着该第一时间段内消耗的排气中氧气总量的增加，该调节可包括增加该第二时间段和 / 或增加该第二空燃比的稀度。在另一示例中，从未燃尽的碳氢化合物 (HC) 和产生的一氧化碳的量来推断第一时间段内的氧气消耗量，随着在该第一时间段内产生的排出的未燃尽的 HC 的总量的增加，该调节可包括增加该第二时间段和 / 或增加该第二空燃比的稀度。在可选实例中，在该第二时间段结束后，该控制器可重新开始以实质上等于化学计量的第三空燃比来操作该汽缸。

[0084] 这样，响应预点火指示通过加浓汽缸，喷射燃料的充气冷却效果可用于即时且快速地处理预点火。通过基于预点火指示相应地限制发动机载荷，可实质上缓解预点火的进一步发生。

[0085] 现转向图 7，描述了一种基于预点火性质和 / 或预点火计数来调节基于燃料喷射的预点火缓解操作的燃料喷射概况的示例例程 700。具体地，基于预点火计数和预点火性质，可调节用于执行加浓的积极性。例如，在一些预点火情况下，可仅在给定受影响的汽缸内温和地执行加浓，而在其它预点火情况下，可更积极地执行加浓，该加浓可扩展至汽缸排或发动机的其它汽缸。

[0086] 在 702 中，可以肯定的是检测了汽缸预点火事件。不然，该例程会结束。基于确认，在 704 中，可更新预点火计数（比如，汽缸和 / 或发动机预点火计数）和预点火数据库（包括以前的预点火事件和预点火缓解操作的详细资料）。如前所述，其可包括例如在行程预点火计数器和寿命期预点火计数器上增加该预点火计数。该预点火计数可包括汽缸行程预点火计数、汽缸寿命期预点火计数、发动机行程预点火计数、发动机寿命期预点火计数、汽缸连续预点火计数和发动机连续预点火计数的一个或多个。该行程预点火计数可以表示在同一发动机周期 / 操作期间早前发生的预点火事件，而该寿命期预点火计数可以表示在整个车辆操作持续时间内早前发生的所有预点火事件。

[0087] 应理解，虽然上述示例响应预点火的发生（在一个驾驶周期、钥匙周期、预定时间数量内，等等）增加了预点火计数，在替换实施例中，增加预点火计数可包括基于发动机的里程数来增加该预点火计数。在一个示例中，使用的里程数可以是该发动机或者车辆（在该车辆的寿命期或当前行程内）的总里程数。在另一示例中，该里程数可包括距离前一次发生在发动机汽缸内的预点火以来的里程数。例如，响应距离前一次发生发动机预点火以来的里程数超过了阈值，因此可增加该发动机预点火计数。在另一示例中，如果确定单个预点火事件发生在距离前一次预点火事件一个阈值里程数之后，则可增加预点火计数。在另一示例中，当检测多个预点火事件时（比如，在持续性或间歇性预点火期间），由于连续多个预点火事件之间的里程数超过了阈值，所以可增加与被检测的预点火事件有关的计数和预点火缓解（加浓，载荷限制等）。

[0088] 在 706 中, 比如可基于更新的预点火计数来确定汽缸预点火事件的总数。在 708 中, 可确定连续汽缸预点火事件的总数 (比如, 通过连续汽缸预点火计数)。此处, 可以确定在汽缸内发生的所有预点火事件中有多少是连续的, 换言之, 在不同汽缸内发生预点火的频率。在 710 中, 可以确定汽缸预点火事件的总数是否大于阈值。换言之, 可以确定预点火计数是否大于阈值。如果汽缸预点火事件的总数不大于阈值, 那么在 712 中, 如图 6 所讨论, 基于发动机运转状况并基于预点火计数, 可根据加浓概况来加浓给定受影响的汽缸。相比之下, 如果超过了预点火事件的阈值次数, 那么在 714 中, 可确定连续预点火事件的次数 (即, 连续预点火计数) 是否也大于阈值。

[0089] 基于预点火发生的频率, 可确定预点火的性质。在一个示例中, 当在 714 中连续预点火事件的次数大于阈值时, 在 716 中可确定为是持续性预点火。换言之, 可响应多个连续汽缸燃烧事件内的多个连续不间断的预点火事件来推断出持续性预点火。相比之下, 当在 714 中连续预点火事件的次数少于阈值, 而在 710 中预点火事件的总数大于阈值时, 在 722 中可确定为是间歇性预点火。换言之, 可响应多个连续汽缸燃烧事件中的多个不连续间歇的预点火事件来推断出间歇性预点火。

[0090] 在替换示例中, 可响应汽缸行程和寿命期预点火计数的连续而稳定的增加来确定持续性预点火, 而可响应行程预点火计数的较小增加以致寿命期预点火计数的给定增加来确定间歇性预点火。同样在另一示例中, 可响应各个燃烧周期内的预点火燃烧事件来确定持续性预点火, 而可响应在所有其它 (或较多) 燃烧周期内的预点火燃烧事件来确定间歇性预点火。

[0091] 在 724 中, 响应汽缸内的间歇性预点火, 可将发动机载荷限制为第一较小数量, 而在 718 中, 响应汽缸内的持续性预点火, 可将发动机载荷限制为第二较大量。例如, 响应间歇性预点火, 可减小增压一个 (第一) 较小数量, 可减小节流阀开度一个 (第一) 较小数量, 或者可调节曲轴正时一个 (第一) 较小数量。相比之下, 响应持续性预点火, 可减小增压一个 (第二) 较大数量, 可减小节流阀开度一个 (第二) 较大数量, 或者可调节曲轴正时一个 (第二) 较大数量。

[0092] 同样地, 可不同地调节加浓概况。例如, 在 726 中, 响应间歇性预点火, 可较小浓度和 / 或较短时间地加浓, 而在 720 中, 响应持续性预点火, 可较大浓度和 / 或较长时间地加浓。随着汽缸内连续预点火事件的次数的增加 (例如, 超过了阈值), 也可增加加浓的浓度和 / 或加浓的时间段, 以及载荷限制的数量。换言之, 可比间歇性预点火更积极地处理持续性预点火。

[0093] 进一步地, 基于预点火性质和预点火计数, 加浓和载荷限制可扩展到发动机的其它汽缸。在一个示例中, 预点火汽缸可位于该发动机的第一汽缸组 (或排)。此处, 响应汽缸内的持续性预点火, 限制发动机载荷可包括较第二组中的汽缸较多地限制第一组中的所有汽缸的发动机载荷。在一个示例中, 可通过较第二组较多地调节第一组的曲轴正时来实现上述限制。相比之下, 响应汽缸内的间歇性预点火, 仅可限制第一组的发动机载荷, 不可限制第二组的发动机载荷, 例如, 通过保持第二组的曲轴正时而调节第一组的曲轴正时。在另一示例中, 响应持续性预点火, 可限制所有发动机汽缸一个较大量, 而响应间歇性预点火, 仅可限制第一组中的汽缸一个较小数量。

[0094] 同样地, 响应第一组中的汽缸内持续性预点火, 可加浓第一组中的汽缸而不可加

浓第二组中的汽缸,相较第二组中的汽缸,可较大幅度地(例如,较大浓度和/或较长时间)加浓第一组中的汽缸,或者可同等(以较高数量)浓度地加浓所有发动机汽缸。还有,在另一示例中,响应汽缸内持续性预点火,可加浓所有发动机汽缸,可较大幅度地(较大浓度和/或较长时间)加浓预点火汽缸,可基于自身的点火顺序(例如,可将在受影响的汽缸之后立即点火的汽缸的加浓调节为浓于稍后点火的汽缸)来调节所有其它汽缸的加浓。

[0095] 如前所述,除了加浓和载荷限制,相对于预点火检测时的火花正时,可将汽缸火花正时提前一个数量至MBT。除了发动机速度和加浓,也可基于预点火的性质来调节火花提前的数量。例如,响应持续性预点火可将

[0096] 火花正时提前一个较大量,而响应间歇性预点火可将火花正时提前一个较小数量。

[0097] 这样,较间歇性预点火可更积极地处理持续性预点火。虽然上述示例阐述了基于预点火的间歇性质或持续性质来不同地调节加浓和载荷限制,但是基于预点火计数的变化率,也可能存在其它中间的预点火情形。例如,响应预点火计数的较快增加可使用更积极地做法,而响应预点火计数的较慢增加可使用较温和的做法。

[0098] 基于预点火计数也可能存在其它对加浓和载荷限制概况的调节。如前面参考图6所论,随着预点火计数增加并超过阈值,可增加汽缸的加浓。在一个示例中,在第一条件期间,在具有第一较低次数的(早前)预点火事件下,可响应第一汽缸内的预点火指示来调节(比如,加浓)第一汽缸的操作。相比之下,在第二条件期间,在具有第二较高次数的(早前)预点火事件下,可响应第一汽缸内的预点火指示来调节(比如,加浓)第一和第二汽缸的操作。在一些示例中,第一条件下对第一汽缸的加浓可以比第二条件下对第二汽缸的加浓较小浓度和/或较短时间。同样地,在第一条件期间,可限制第一汽缸的载荷第一较小数量,而在第二条件期间,可限制第一和第二汽缸的载荷第二较高数量。

[0099] 基于不同的预点火计数,该调节也可不同地变化。例如,响应汽缸行程预点火计数的发动机载荷限制和加浓可以比响应汽缸寿命期预点火计数的载荷限制较多。换言之,较全部发动机预点火问题,可以更积极地处理在发动机周期内的预点火问题,以抑制在同一发动机周期内的进一步预点火事件。在另一示例中,响应发动机行程预点火计数的发动机载荷限制和加浓可以比响应汽缸行程预点火计数的载荷限制较多。

[0100] 同样在另一示例中,当受影响的汽缸是处在发动机汽缸的第一组中时,当连续预点火计数大于第一较高阈值时,可加浓所有发动机汽缸,而当连续预点火计数大于第二较低阈值时,可加浓第一组中的发动机汽缸,而不能加浓第二组中的发动机汽缸。相似地,当连续预点火计数大于第一较高阈值时,可限制所有发动机汽缸的发动机载荷,而当连续预点火计数

[0101] 大于第二较低阈值时,较第二组汽缸,可较多地限制第一组汽缸的发动机载荷。也可能存在其它组合。

[0102] 这样,不仅可以基于发动机运转状况,也可以基于汽缸的预点火历史记录,预点火计数和预点火性质,来调节响应汽缸预点火事件的汽缸内加浓和载荷限制。这样,可以更好预测在受影响的发动机汽缸以及其它发动机汽缸内进一步发生预点火的倾向,并可更好地处理预点火。

[0103] 现在以图8-9所示的示例燃料喷射操作来解释上述的示例加浓和减稀概况。

[0104] 首先转向图 8,示意图 800 描述了根据本公开的第一示例预点火缓解操作。y 轴为喷射的燃料混合物的空燃比 (AFR), x 轴为时间。如图所示, t1 之前, 喷射入汽缸的燃料混合物可实质上等于化学计量。t1 时, 响应预点火指示 801, 可以浓于化学计量的第一空燃比 AFR1 来操作受影响的汽缸第一时间段 804。可基于预点火指示 801 时的发动机运转状况来调节喷射的浓度 806 和第一时间段 804。该第一时间段结束后, t2 时, 控制器可配置为确定第一加浓操作期间喷射的过剩燃料的量。因此, 可将过剩燃料的量计算为第一加浓操作曲线下的面积 808。换言之, 面积 808 可表示来自加浓的过剩燃料和未燃尽的 HC 的积分。

[0105] t2 时, 可在第二时间段 810 将汽缸从第一空燃比 AFR1 过渡到稀于化学计量的第二空燃比 AFR2。可基于第一时间段 804 和浓度 806 中的一个或多个来调节稀燃料喷射的稀度 812 和第二时间段 810 中的一个或多个。例如, 随着第一加浓操作的第一时间段 804 和浓度 806 的增加, 可增加第二减稀操作的稀度 812 和 / 或第二时间段 810。可选择稀度 812 和第二时间段 810 使得在稀燃料喷射操作期间产生的过量废气氧的量可以补偿在浓燃料喷射操作期间喷射的过剩燃料。因此, 可将过量氧的量算作是第二稀燃料喷射曲线下的面积 814。换言之, 面积 814 可以是来自减稀操作的过量氧的积分。因此, 可基于废气含量来调节第二时间段 810 使得可以第二空燃比 AFR2 来继续操作该汽缸, 直到废气氧含量恢复到高于阈值。

[0106] t3 时, 在第二时间段 810 之后, 废气氧含量已经恢复到高于阈值, 可将该汽缸从第二空燃比 AFR2 过渡回实质上等于化学计量空燃比。

[0107] 现转向图 9,示意图 900 描述了根据本公开的第二示例预点火缓解操作。此处, t1 之前, 喷射入汽缸的燃料混合物可实质上等于化学计量。t1 时, 响应预点火指示 901, 在第一时间段内, 可以在第一时间段 904 内以第一加浓率 905 来加浓受影响的汽缸。具体地, 可以浓于化学计量的空气与喷射的燃料之比来操作该汽缸, 空气与喷射的燃料之比的浓度 906 在第一时间段 904 内可以不同, 从而在第一时间段 904 结束之前获得浓于化学计量的空燃比 AFR1。在一个示例中, 如上所述, 可调节加浓率 905, 从而随着预点火导致的燃烧事件次数的增加, 可增加该增加浓度。在替换示例中, 可调节加浓率 905, 从而随着预点火导致的燃烧事件的增加, 可降低该浓度。在第一时间结束后, t2 时, 该汽缸可配置为第一加浓操作期间喷射的过剩燃料的量。因此, 可将加浓期间产生的过剩燃料的量计算为加浓操作曲线下的面积 908。换言之, 面积 908 可以表示来自加浓的过剩燃料和未燃尽的 HCs 的积分。

[0108] t2 时, 可在第二时间段 910 将汽缸从浓于化学计量的空燃比过渡到稀于化学计量的第二空燃比。减稀的第二时间段 910 可以基于前述加浓的第一时间段 904。具体地, 在第二时间段 910 内可以第二减稀率 915 来减稀受影响的汽缸。此处, 可以稀于化学计量的空气与喷射的燃料之比来操作该汽缸, 在第二时间段 910 内, 空气与喷射的燃料之比的浓度 912 可以不同, 从而在第二时间段 910 结束之前获得稀于化学计量的空燃比 AFR2。可基于前述加浓的第一浓度 906, 加浓率 905 和第一时间段 904 中的一个或多个来调节稀度 912, 减稀率 915 和第二时间段 910 中的一个或多个。例如, 随着前述加浓的第一时间段 904 和浓度 906 的增加, 可增加减稀操作的稀度 912 和 / 或第二时间段 910。在一个示例中, 如上所述, 可调节减稀率 915, 从而随着预点火导致的燃烧事件次数的增加, 可增加该稀度。在替换示例中, 可调节稀度 915, 从而随着预点火导致的燃烧事件次数的增加, 可降低该稀度。可选择稀度 912 和第二时间段 910 使得在减稀期间产生的过量废气氧的量可补偿在前述加浓期间

喷射的过剩燃料。因此,可将过量氧的量算作是减稀曲线下的面积 914。换言之,面积 914 可以是来自减稀操作的过量氧的积分。可基于废气含量来扩展第二时间段 910 使得可以继续减稀该汽缸,直到废气氧含量恢复到高于阈值。

[0109] t3 时,在第二时间段 910 之后,废气氧含量已经恢复到高于阈值,可将该汽缸过渡回实质上等于化学计量空燃比。

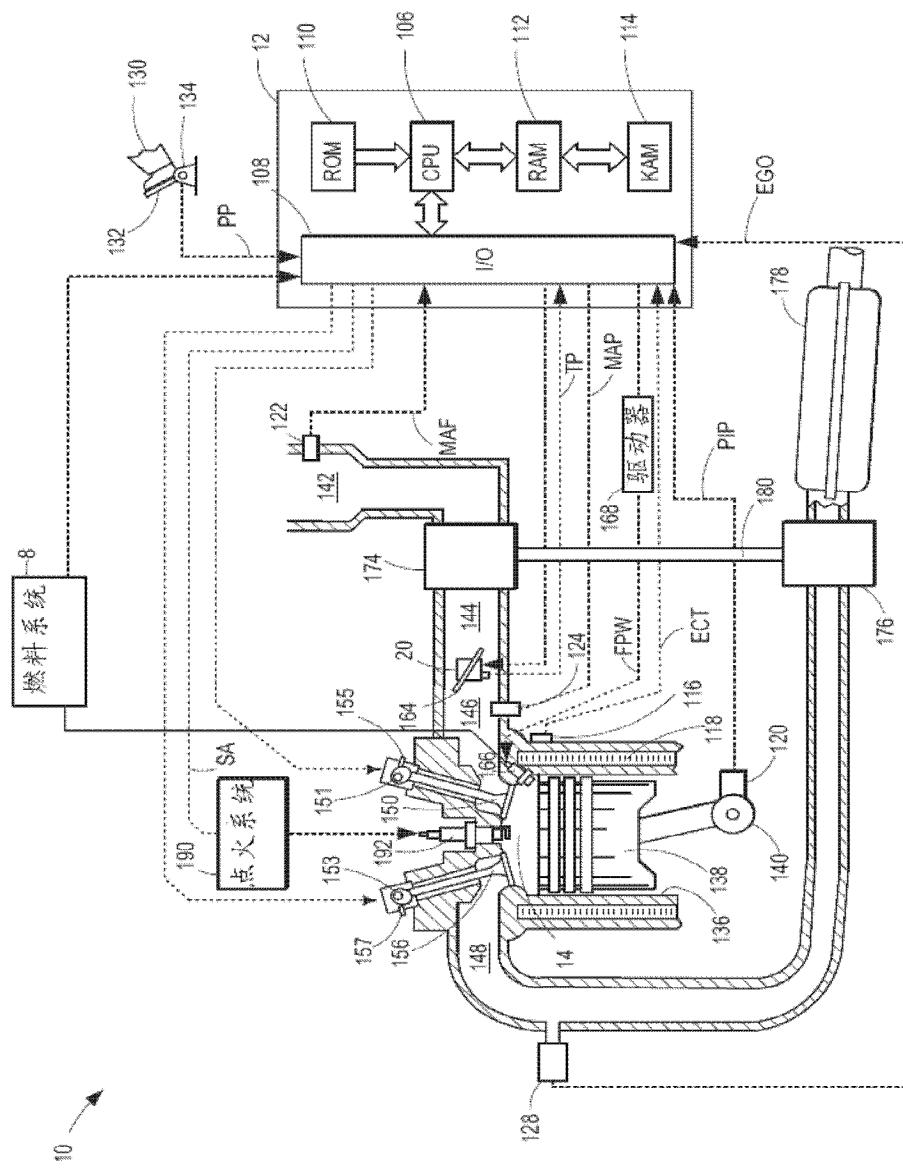
[0110] 虽然上述示例指示了修改喷射入受影响的汽缸内的燃料量,应理解在替换示例中,可响应汽缸之一中的预点火指示来调节喷射入发动机所有汽缸的燃料量。如上所述,可在单个汽缸或单组汽缸上调节各个汽缸的加浓。

[0111] 这样,可使用浓燃料喷射操作来快速处理预点火,而使用稀燃料喷射操作来处理潜在的由浓燃料喷射操作引起的催化剂效率的降级。具体地,通过平衡浓燃料喷射操作引起的过剩燃料和稀燃料喷射操作引起的过剩氧,废原料气氧气水平可恢复到要求的范围之内,从而也恢复了排放催化剂的催化效率。通过限制发动机载荷而加浓该汽缸,可以获得预点火缓解的附加汽缸冷却效益。进一步地,通过基于预点火的可能性,预点火反馈和预点火历史记录来调节加浓和发动机载荷限制,可以更好地预测和处理预点火,从而降低了发动机的劣化。

[0112] 注意本文所含示例性控制和估计例程可用于各种系统配置。本文所述具体例程可代表一个或多个任何数量的处理策略,如时间驱动、终端驱动、多任务、多线程等。因此,可以所示顺序实施、并行实施或在一些情况下省略执行各种所示动作、操作或功能。类似地,所述处理顺序并不是实现本文所述示例性实施例的特征和优点所必须的,仅被提供以便展示和说明。一个或多于一个所示动作、功能或操作可根据使用的特定策略重复执行。另外,所述操作、功能和 / 动作可图表表示有待编入发动机控制系统中计算机可读存储媒介的代码。

[0113] 应理解,本文公开的配置和例程本质上是示例性的,且这些具体的实施例不应视为限制性的,因为多种变体都有可能。例如,上述技术可应用于 V-6、I-4、I-6、V-12、反 4 及其它发动机类型。本公开的主题包括多种系统和配置及其在此公开的特征、功能和 / 或特性的所有新颖及非显而易见的组合与子组合。

[0114] 随附的权利要求特别指出了被认为是新颖和非显而易见的某些组合和子组合。这些权利要求可能提到“一个”元件或“第一”元件或其等价物。这种权利要求应理解为包括一个或多于一个这种元件的结合,既不必须也不排除两个或多个这种元件。所公开的特征、功能、元件和 / 特性的其它组合和子组合可通过当前权利要求的修订或通过在本申请或相关申请中提出新的权利要求而要求保护。这些权利要求与原权利要求相比,无论其范围较宽,较窄,等同或不同,均被视为包括在本公开的主题内。



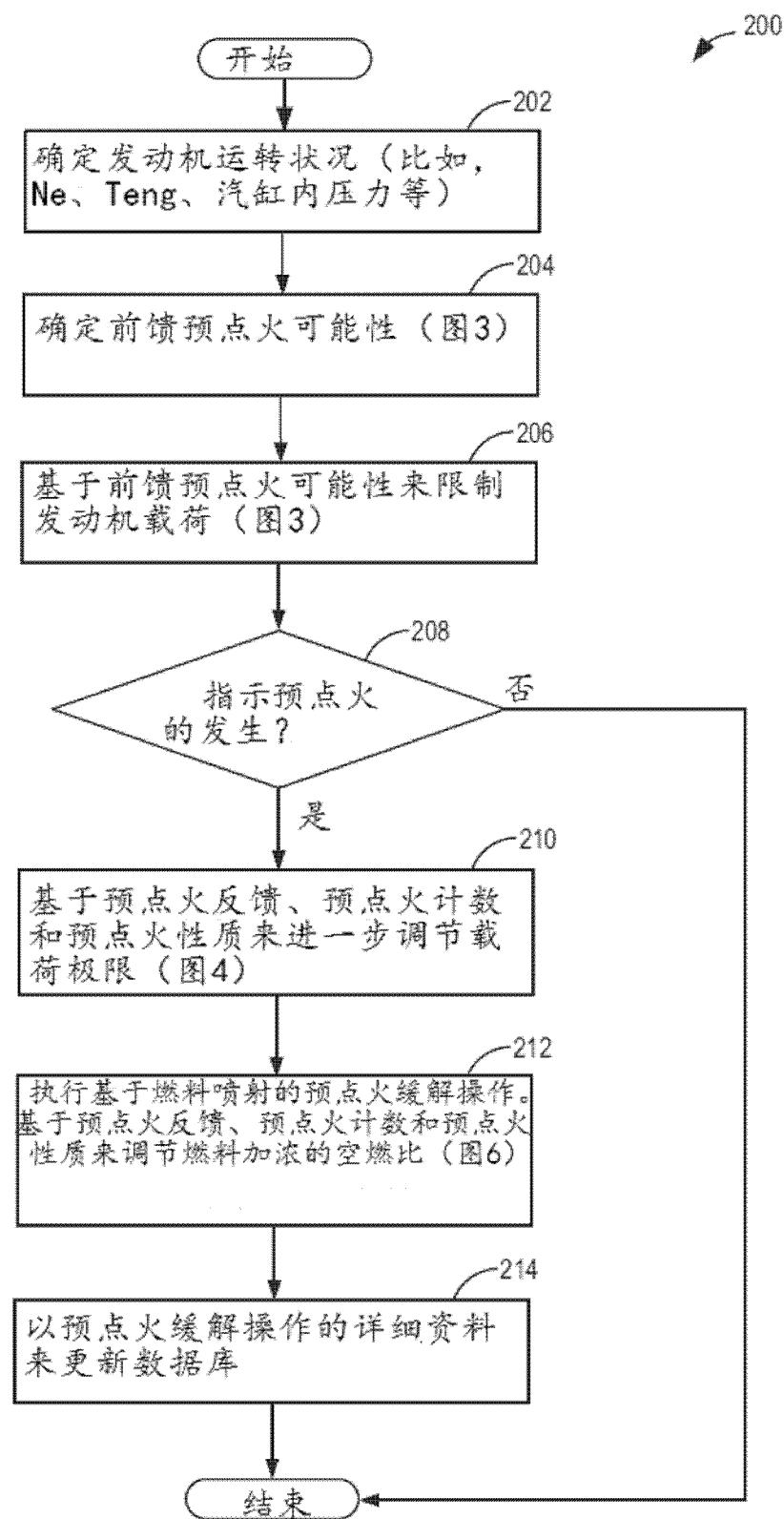


图 2

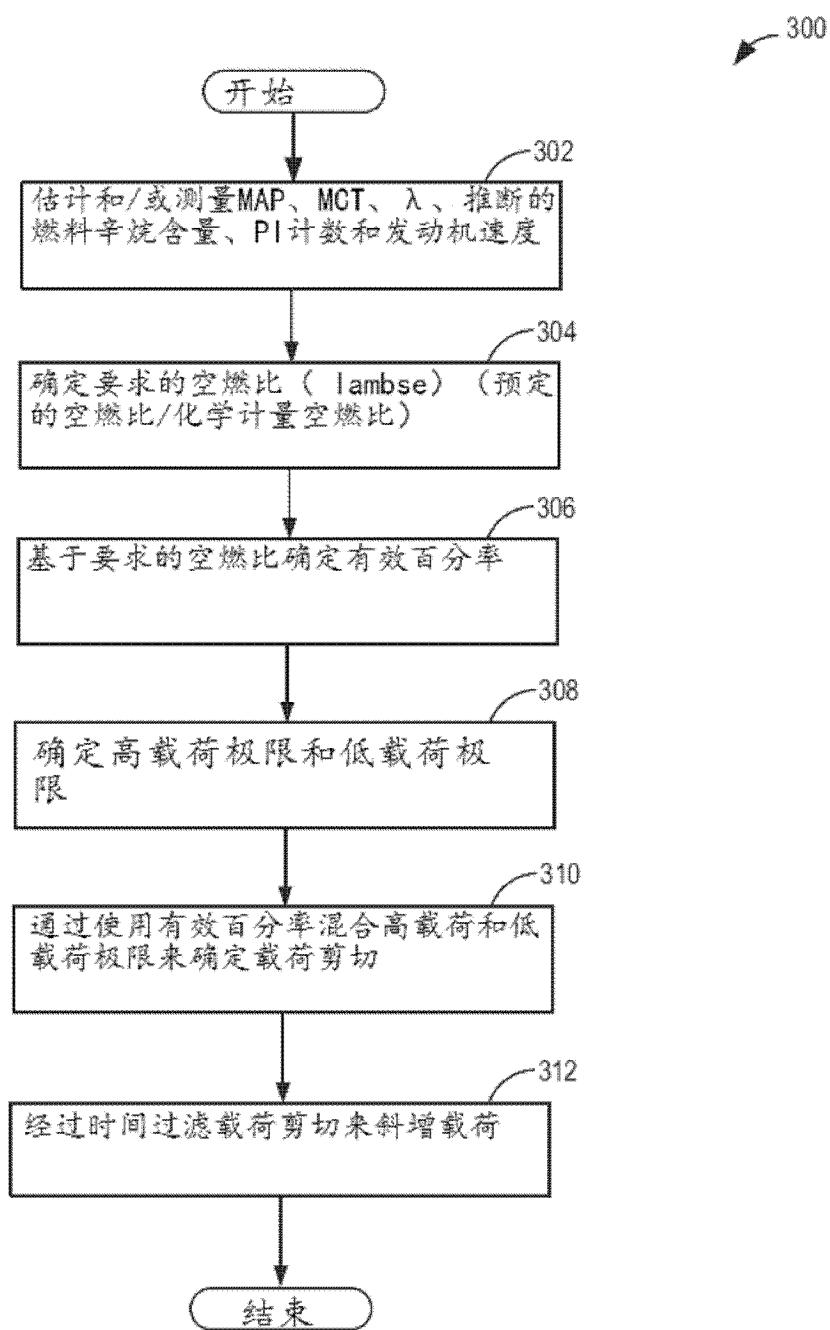


图 3

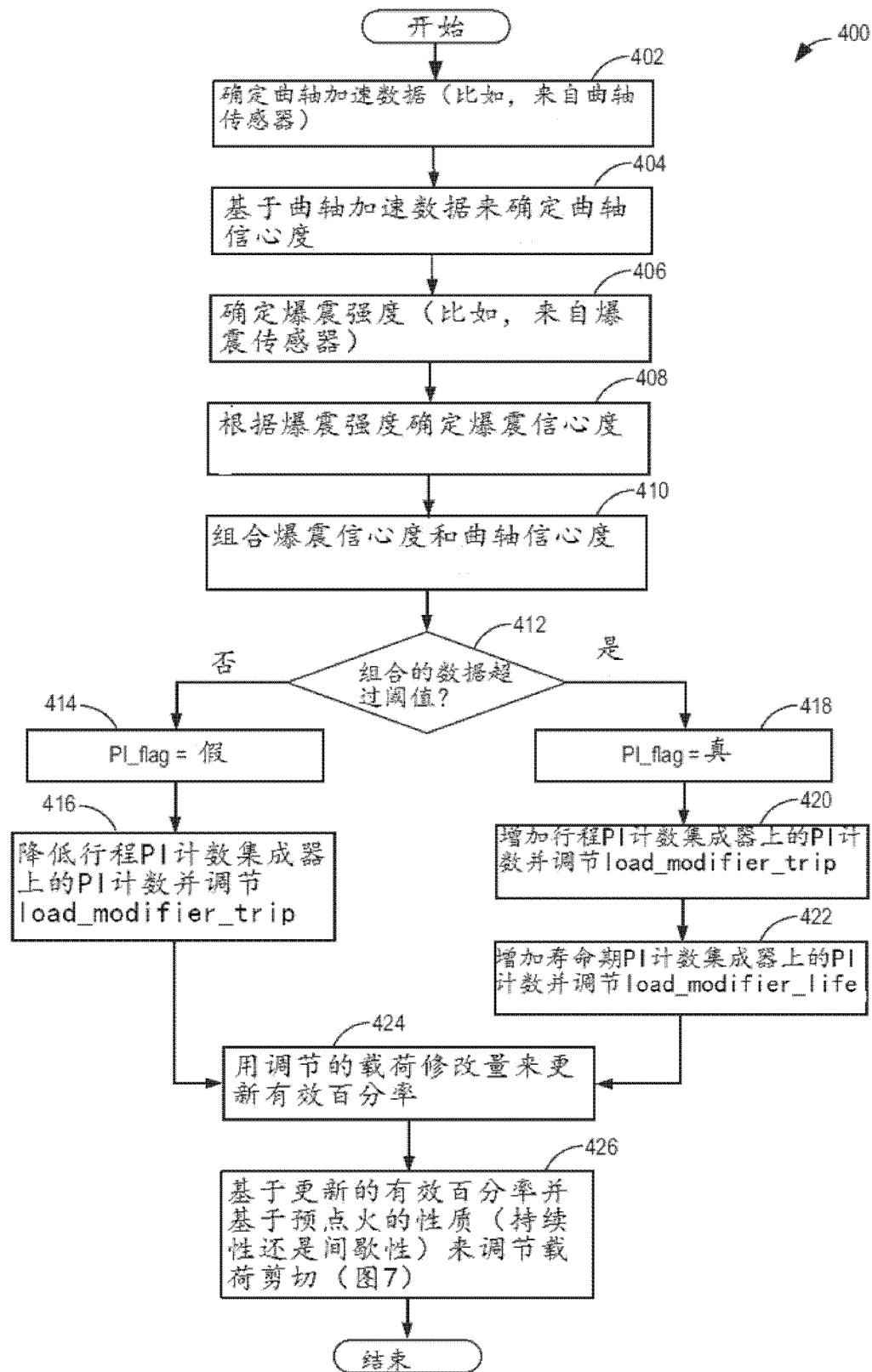


图 4

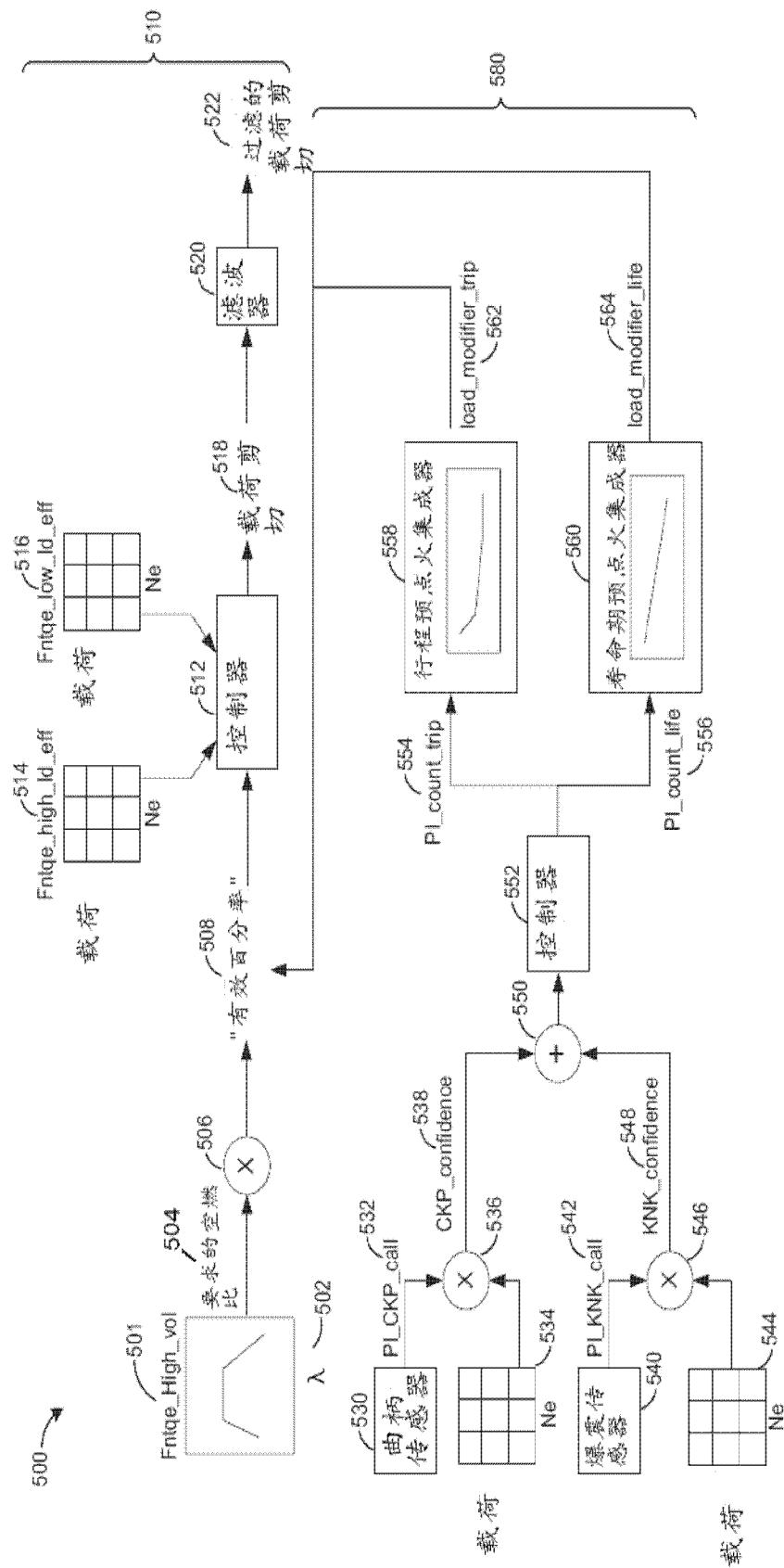


图 5

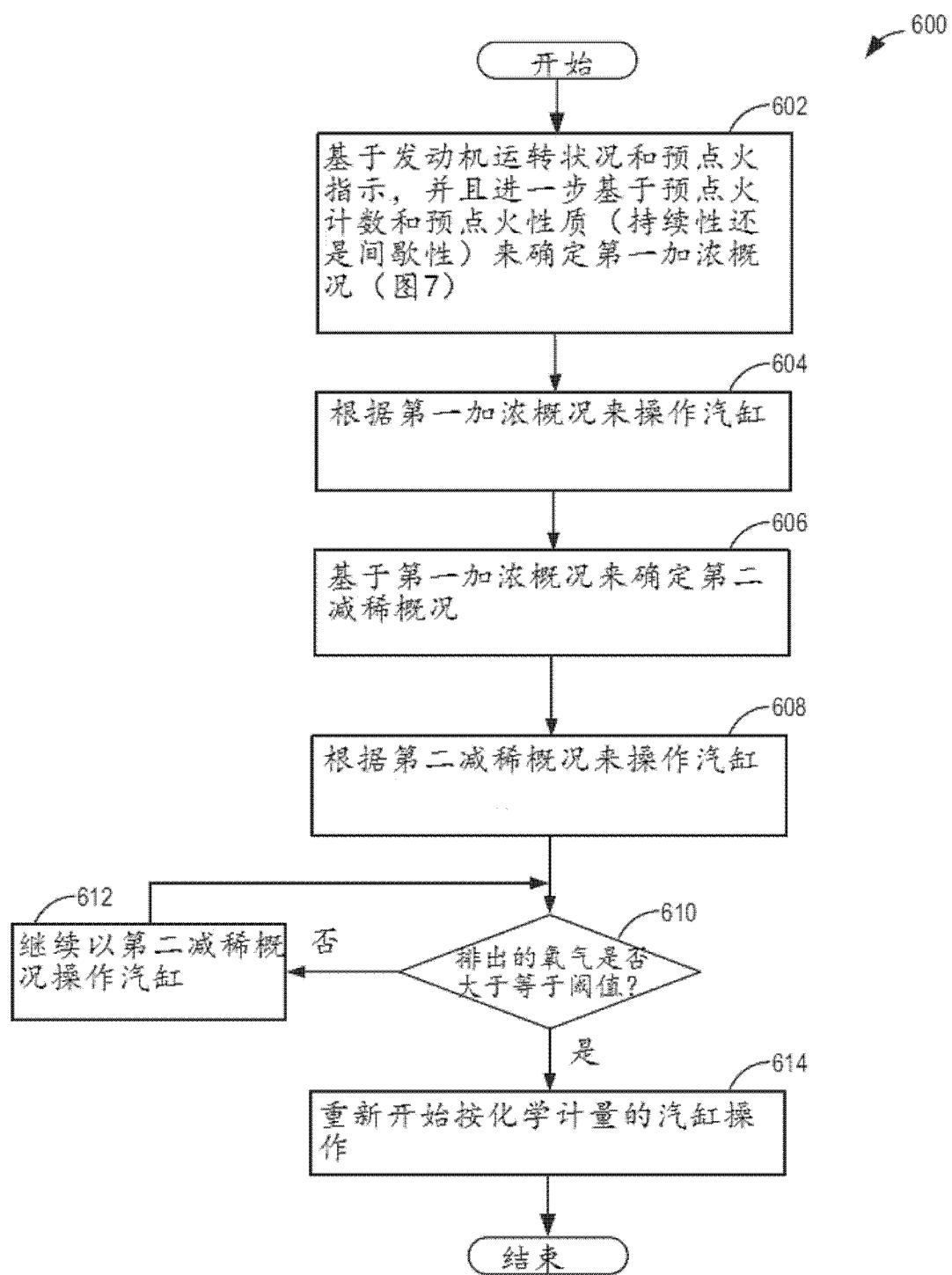


图 6

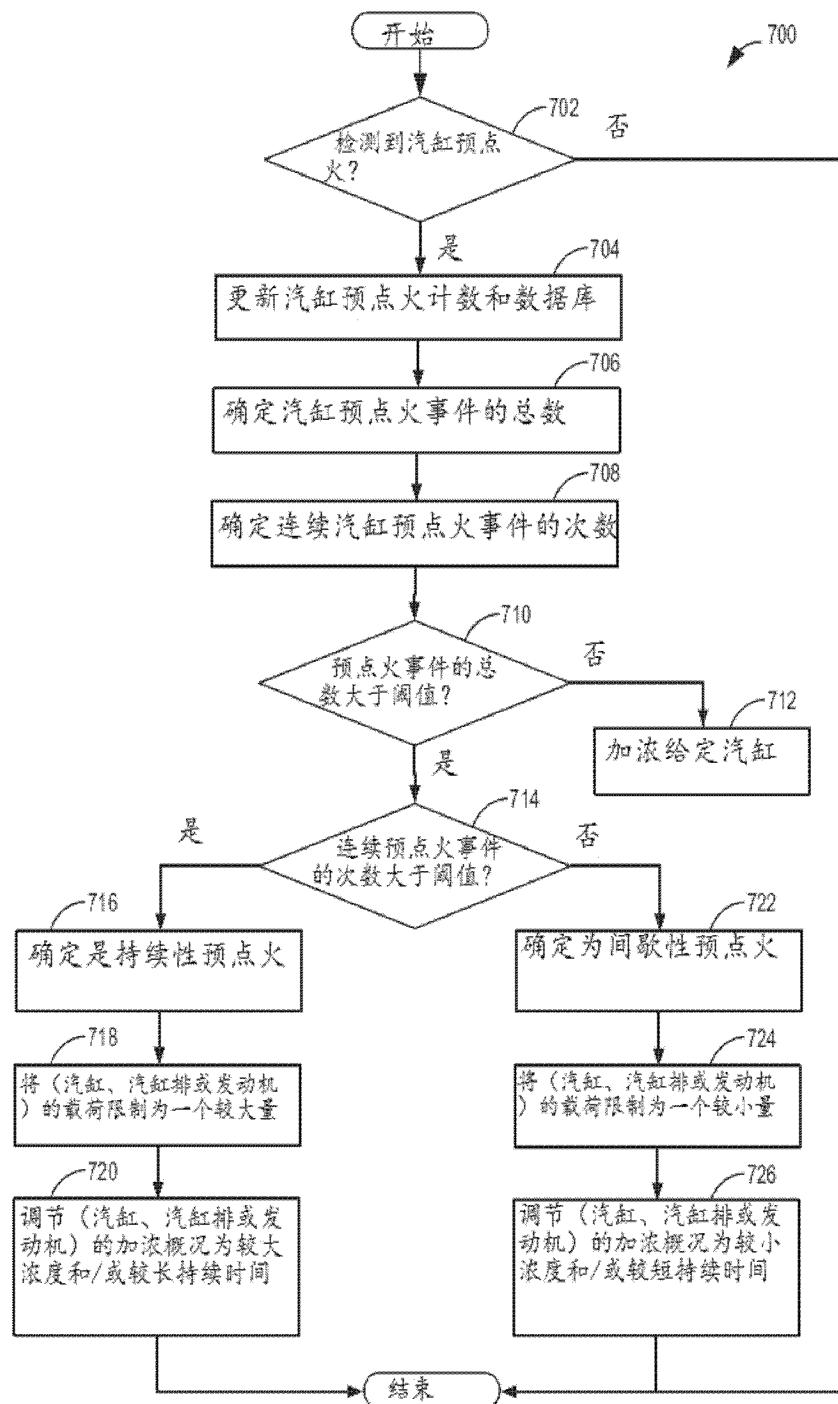


图 7

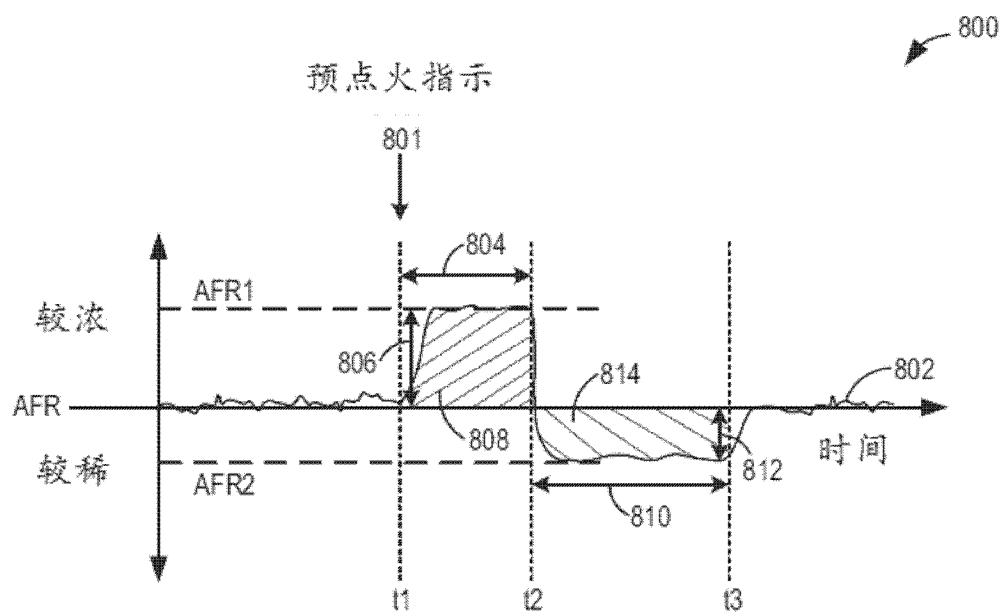


图 8

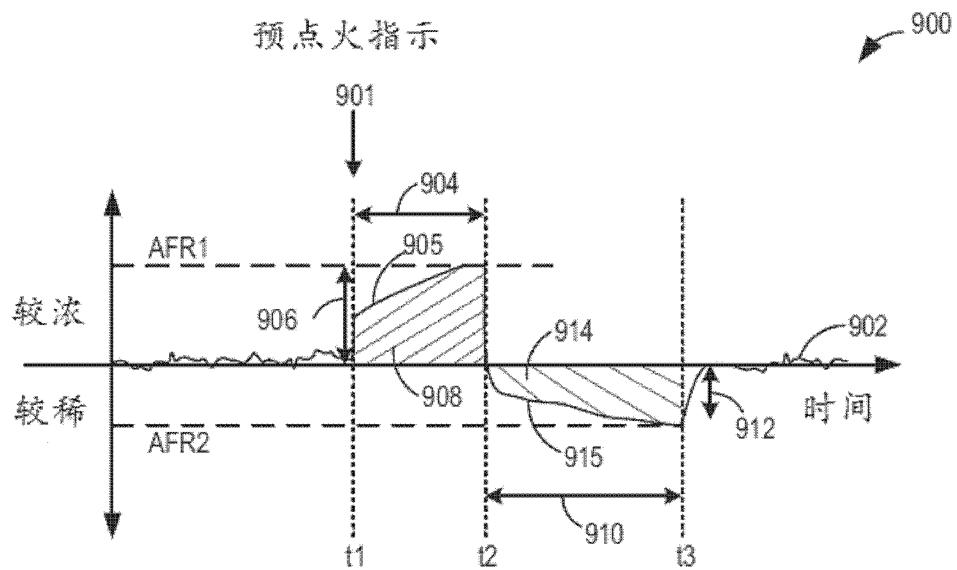


图 9