(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 107076041 B
(45)授权公告日 2018.08.03

(21)申请号 201580059861.X

(22)申请日 2015.11.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107076041 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(30)优先权数据
62/077,439 2014.11.10 US
62/117,426 2015.02.17 US
62/121,374 2015.02.26 US
14/919,018 2015.10.21 US
14/919,011 2015.10.21 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.05.03

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/059776 2015.11.09

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2016/077246 EN 2016.05.19

(73)专利权人 图拉技术公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 马修·A·杨金斯
路易斯·J·塞拉诺

(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270
代理人 康艳青 姚开丽

(51)Int.Cl.
F02D 41/00(2006.01)
F02D 13/02(2006.01)
F02D 13/06(2006.01)
F02M 35/108(2006.01)
F01L 9/02(2006.01)
F01L 9/04(2006.01)
F01L 13/00(2006.01)

(56)对比文件
US 8312849 B2,2012.11.20,
CN 102191995 A,2011.09.21,
US 5377631 A,1995.01.03,
CN 102089511 A,2011.06.08,

审查员 林秀霞

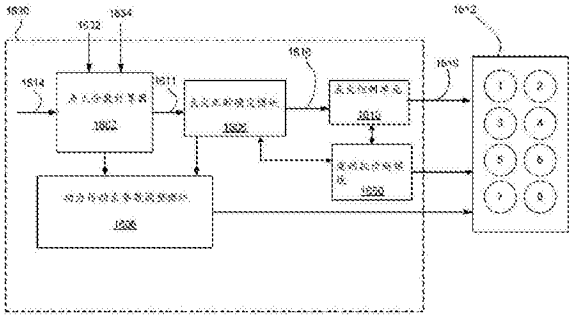
权利要求书5页 说明书32页 附图28页

(54)发明名称

多级跳过点火

(57)摘要

在一方面，描述了一种用于控制内燃发动机的运行的方法。该发动机被以跳过点火的方式运行成使得跳过所选被跳过的工作循环并且使得所选活动的工作循环点火，以便递送所希望的发送机输出。针对这些被点火的工作室中的每一个工作室选择特定水平的扭矩输出。还描述了与上述方法相关的多种不同方法、安排以及系统。



CN 107076041 B

1.一种用于控制具有多个工作室的内燃发动机的运行来递送所希望的输出的方法，其中每个工作室具有被凸轮致动的至少一个进气阀并且具有至少一个排气阀，该方法包括：

以跳过点火的方式来运行该发动机，该方式为跳过所选被跳过的工作循环并且使得所选活动的工作循环点火以便递送所希望的发送机输出，其中在该发动机的运行过程中基于逐点火时机地动态确定各工作循环是点火还是跳过；并且

在被点火的工作室上选择高扭矩输出或低扭矩输出，其中在该发动机的运行过程中基于逐点火时机地动态确定是使用高扭矩输出还是低扭矩输出；并且基于所述被点火的工作室上选择了高扭矩输出还是低扭矩输出，来调整所述被点火的工作室的空气进气量。

2.如权利要求1所述的方法，其中通过独立地控制所述被点火的工作室中每一个工作室中的至少两个进气阀来调整该空气进气量以便生成高扭矩输出或低扭矩输出。

3.如权利要求1所述的方法，进一步包括：

在所选被跳过的工作循环过程中将被跳过的工作室停用，以便由此防止在所述所选被跳过的工作循环过程中将空气泵送穿过被跳过的工作室。

4.如权利要求1所述的方法，其中所有进气阀和排气阀均是被与一个或多个凸轮轴联接的一个或多个凸轮突出部致动的。

5.如权利要求1所述的方法，进一步包括：

生成跳过点火式点火序列，该跳过点火式点火序列针对每次点火指示了这次点火涉及使用高扭矩输出还是低扭矩输出；并且

基于该跳过点火式点火序列来运行该发动机。

6.如权利要求1所述的方法，进一步包括：

确定水平分数和点火分数，其中该水平分数帮助指示高扭矩输出或低扭矩输出点火数相对于包括该高扭矩输出和低扭矩输出点火数在内的点火总数的比率；并且

基于该水平分数和该点火分数以跳过点火的方式来运行该发动机。

7.如权利要求1所述的方法，其中至少部分地使用西格玛德尔塔转换器来确定所述被点火的工作室上是高扭矩输出还是低扭矩输出的选择。

8.如权利要求1所述的方法，其中该高扭矩输出或低扭矩输出的选择是基于查找表和状态机器中的一者或多者。

9.如权利要求1所述的方法，其中所述多个工作室各自包括第一进气阀和第二进气阀，该方法进一步包括：

在以跳过点火的方式运行该发动机时并且在所选活动的工作循环的过程中，基于不同的正时循环来打开和关闭该第一进气阀和第二进气阀。

10.如权利要求9所述的方法，其中该第一进气阀是基于艾金森循环来操作的，并且该第二进气阀是基于奥托循环来操作的。

11.如权利要求1所述的方法，其中：

所选活动的工作循环的点火涉及基于所述被点火的工作室上选择的是高扭矩输出还是低扭矩输出来使得该工作室以该高扭矩输出或低扭矩输出点火；

每个被点火的工作室包括第一进气阀和第二进气阀；

当被点火的工作室以高扭矩输出点火时，基于高扭矩阀控制方案来独立控制该被点火的工作室的第一进气阀和第二进气阀；并且

当被点火的工作室以低扭矩输出点火时，基于不同于该高扭矩阀控制方案的低扭矩阀控制方案而独立控制该被点火的工作室的第一进气阀和第二进气阀。

12.如权利要求11所述的方法，其中：

该高扭矩阀控制方案涉及在所选活动的工作循环的过程中将空气递送穿过该第一进气阀和第二进气阀；并且

该低扭矩阀控制方案涉及在所选活动的工作循环的过程中不允许空气穿过该第一进气阀。

13.如权利要求11所述的方法，其中：

该高扭矩阀控制方案涉及在所选活动的工作循环的过程中将空气递送穿过该第一进气阀并且不穿过该第二进气阀；

该高扭矩阀控制方案进一步涉及在该所选活动的工作循环的过程中基于奥托循环来操作该第一进气阀；

该低扭矩阀控制方案涉及在所选活动的工作循环的过程中将空气递送穿过该第一进气阀和该第二进气阀；并且

该低扭矩阀控制方案进一步涉及在该所选活动的工作循环的过程中基于奥托循环来运行该第一进气阀并且在该所选活动的工作循环的过程中基于进气阀延迟关闭艾金森循环来操作该第二进气阀。

14.如权利要求1所述的方法，进一步包括：

检测该发动机的工作室中的爆震；并且

响应于该检测，要求一个或多个工作室以该低扭矩输出而不以该高扭矩输出来点火；并且

基于该要求以跳过点火的方式来运行该发动机。

15.如权利要求1所述的方法，进一步包括：

检测以下各项之一的条件：1)车辆减速和滑行；以及2)使用启动/停止特征来停止该发动机；

检测已经请求的发动机扭矩；

响应于所述检测操作，要求一个或多个所选工作室不以该高扭矩输出来点火；并且

基于该要求以跳过点火的方式来运行该发动机。

16.如权利要求1所述的方法，进一步包括：

对目标工作室的目标点火时机指派窗口；

确定所述多个工作室中的一个或多个工作室上选择的是高扭矩输出还是低扭矩输出；

在该窗口过程中将该目标工作室点火；

在该窗口过程中测量发动机参数；并且

至少部分地基于该扭矩输出确定以及该发动机参数测量来确定是否存在发动机问题。

17.如权利要求1所述的方法，其中：

该发动机包括一个或多个工作室的第一子组以及一个或多个工作室的第二子组；

该第一子组中的每个工作室被安排成选择性地被点火或停用；并且

该第二子组中的每个工作室被安排成在每一个发动机循环的过程中被点火并且在该发动机运行的过程中不能被停用。

18.如权利要求1所述的方法，其中：

该发动机包括各自能够产生所选高扭矩输出和低扭矩输出的一个或多个工作室的第一子组；

该发动机进一步包括各自能够产生所选高扭矩输出和低扭矩输出的一个或多个工作室的第二子组；并且

是从在该第一子组中而非该第二子组中的被点火的工作室来选择该高扭矩输出或低扭矩输出。

19.如权利要求1所述的方法，其中：

以基本上最小制动燃料消耗率条件运行所述被点火的工作室之一来产生该低扭矩输出。

20.如权利要求1所述的方法，其中：

至少部分地基于噪音、振动与声振粗糙度考虑在所述被点火的工作室上选择高扭矩输出还是低扭矩输出。

21.如权利要求1所述的方法，进一步包括：

针对选择了该高扭矩输出的所述被点火的工作室使用比针对选择了该低扭矩输出的所述被点火的工作室更高的空气进气量。

22.如权利要求1所述的方法，进一步包括：

基于该选择使得以该高扭矩输出将所选工作室点火；并且

基于该选择使得以该低扭矩输出将所选工作室点火，其中该低扭矩输出点火比该高扭矩输出点火更具燃料效率。

23.如权利要求1所述的方法，进一步包括：

确定递送所希望发动机扭矩的多个候选有效点火分数，其中每个候选有效点火分数是基于汽缸扭矩水平以及点火数与点火时机数之比的一个或多个值；

将所述候选有效点火分数的燃料效率进行比较；

基于该比较，选择所述候选有效点火分数中的一个；并且

基于所述候选有效点火分数中的所选的一个有效点火分数来运行该发动机。

24.如权利要求1所述的方法，进一步包括：

每个被点火的工作室包括第一进气阀和第一排气阀；并且

致动该第一进气阀来将空气递送至该被点火的工作室，其中该被点火的工作室的该第一进气阀和该第一排气阀被安排成使得在所选活动的工作循环的过程中无论何时致动该第一进气阀，也在该同一所选活动的工作循环的过程中致动该第一排气阀。

25.如权利要求1所述的方法，其中该进气阀和排气阀均是凸轮致动的。

26.如权利要求1所述的方法，其中该发动机是四缸发动机。

27.如权利要求1所述的方法，其中：

该多个工作室使用多个不同的阀致动系统；并且

每个阀致动系统能够是一个或多个特征的不同组，每个特征是以下各项中的一项：(1)使得工作室停用；2)以该低扭矩输出将工作室点火；以及3)以该高扭矩输出将工作室点火。

28.一种用于包括一个或多个工作室的发动机的发动机控制器，每个工作室包括一个或多个被凸轮致动的进气阀，该发动机控制器包括：

点火分数计算器，该点火分数计算器被安排成用于确定适合用于递送所希望发动机扭矩的点火分数；

点火正时确定模块，该点火正时确定模块被安排成用于基于该点火分数来确定跳过点火式点火序列，其中该跳过点火式点火序列指示出在所选的点火时机的过程中所选工作室被停用还是被点火，并且进一步指示出针对每次点火，该点火产生了低扭矩输出还是高扭矩输出；以及

点火控制单元，该点火控制单元被安排成用于基于该点火序列以跳过点火的方式来运行该发动机的该一个或多个工作室，并且其中该点火控制单元进一步被安排成基于该点火序列针对每个被点火的工作室指明的是低扭矩输出还是高扭矩输出来调整该被点火的工作室的空气进气量。

29.如权利要求28所述的发动机控制器，其中该点火正时确定模块被安排成用于从预先限定的跳过点火式点火序列的库中选择该跳过点火式点火序列。

30.如权利要求28所述的发动机控制器，其中该点火正时确定模块被安排成通过使用西格玛德尔塔转换器来生成该跳过点火式点火序列。

31.如权利要求28所述的发动机控制器，其中该点火控制单元被安排成独立地控制所选工作室的多个进气阀以便基于该跳过点火式点火序列以高扭矩水平或低扭矩水平将所选工作室点火。

32.如权利要求28所述的发动机控制器，其中：

该发动机的所述一个或多个工作室各自包括第一进气阀和第二进气阀；

该点火控制单元进一步被安排成用于在第一所选活动的工作循环的过程中选择性地打开该第一进气阀并且不打开该第二进气阀；并且

该点火控制单元进一步被安排成用于在第二所选活动的工作循环的过程中选择性地打开该第一和第二进气阀，使得在该第二所选活动的工作循环的过程中该第一进气阀和第二进气阀的关闭和打开的正时是不同的。

33.如权利要求28所述的发动机控制器，其中：

该点火正时确定模块被安排成用于基于逐点火时机地作出点火决定，每个点火决定指示出在所选点火时机的过程中所选工作室被停用还是被点火；并且进一步指示出针对每次点火，该点火产生低扭矩输出还是高扭矩输出。

34.如权利要求28所述的发动机控制器，其中该发动机是四缸发动机。

35.如权利要求28所述的发动机控制器，其中：

该一个或多个工作室使用多个不同的阀致动系统；并且

每个阀致动系统能够是一个或多个特征的不同组，每个特征是以下各项中的一项：(1)使得工作室停用；2)以该低扭矩输出将工作室点火；以及3)以该高扭矩输出将工作室点火。

36.一种用于控制具有多个工作室的内燃发动机的运行的方法，其中每个工作室具有被凸轮致动的至少一个进气阀并且具有至少一个排气阀，该方法包括：

使用第一点火分数来运行该发动机；

使用不同于该第一点火分数的第二点火分数来运行该发动机；并且

在该第一点火分数与第二点火分数之间的过渡过程中，基于多级跳过点火式点火序列来运行该发动机，其中该多级跳过点火式点火序列指示出在所选点火时机的过程中，所选

工作室被停用还是被点火;并且进一步指示出针对每次点火,该点火产生了低扭矩输出还是高扭矩输出。

37.如权利要求36所述的方法,其中该跳过点火式点火序列指示了多个点火决定,其中所述点火决定各自是基于逐点火时机地作出的。

38.如权利要求36所述的方法,进一步包括:

基于该多级跳过点火式点火序列以该高扭矩输出和低扭矩输出将所选工作室点火;

通过独立地控制所述被点火的工作室各自的至少两个进气阀来调整空气进气量以便在所述被点火的工作室处产生该高扭矩输出和低扭矩输出。

39.如权利要求36所述的方法,进一步包括:

在使用该第一点火分数来运行该发动机的同时,基于第一水平分数来运行该发动机,其中水平分数帮助指示高扭矩输出或低扭矩输出点火数相对于包括该高扭矩输出和低扭矩输出点火数在内的点火总数的比率;

在使用该第二点火分数来运行该发动机的同时,基于第二水平分数来运行该发动机;并且

在该第一点火分数与第二点火分数之间的过渡过程中在运行该发动机的同时,基于与以下各项中的至少一项不同的水平分数来运行该发动机:1)该第一水平分数;以及2)该第二水平分数。

40.如权利要求36所述的方法,其中基于该第一点火分数和该第二点火分数中的一者来运行该发动机涉及可变排量操作。

41.如权利要求36所述的方法,进一步包括:

在基于该第一点火分数来运行该发动机时检测对所希望扭矩的请求;

响应于该请求,确定该第二点火分数适合用于递送该所希望扭矩;

基于该第二点火分数的确定,在该第一点火分数与该第二点火分数之间的过渡过程中自动选择一个或多个中间点火分数,其中该多级跳过点火式点火序列是基于该一个或多个中间点火分数;并且

在该过渡过程中,基于该一个或多个中间点火分数来运行该发动机。

42.如权利要求41所述的方法,进一步包括:

逐渐改变用于在该过渡过程中运行该发动机的过渡点火分数,其中该多级跳过点火式点火序列是基于该过渡点火分数,并且该过渡点火分数的变化速率是基于一个或多个发动机参数。

43.如权利要求42所述的方法,其中所述一个或多个发动机参数之一是绝对歧管压力。

多级跳过点火

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2014年11月10日提交的标题为“多级动态跳过点火(Multi Level Dynamic Skip Fire)”的美国临时专利申请号62/077,439、于2015年2月17日提交的标题为“多级动态跳过点火”的美国临时专利申请号62/117,426、于2015年2月26日提交的标题为“使用多级跳过点火(Using Multi-Level Skip Fire)”的美国临时专利申请号62/121,374、于2015年10月21日提交的标题为“多级跳过点火(Multi-level Skip Fire)”的美国专利申请号14/919,011、以及于2015年10月21日提交的标题为“多级跳过点火”的美国专利申请号14/919,018的优先权，出于所有目的，这些申请中的每一个申请以其全部内容并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及用于以跳过点火式方式运行发动机的方法和系统。在多个不同的实施例中，描述了跳过点火式发动机控制系统，这些系统可以选择性地将工作室停用并且以多个不同的输出水平将其点火。

背景技术

[0004] 现今在用的大多数车辆(以及许多其他装置)是由内燃(IC)发动机提供动力的。内燃发动机典型地具有多个汽缸或其他工作室，在这些汽缸或其他工作室中发生燃烧。在正常行驶条件下，内燃发动机产生的扭矩需要在宽泛的范围内变化，以便满足驾驶员的操作需要。经年来，已经提出并利用了用于控制内燃发动机扭矩的多种方法。一些这样的途径考虑了改变发动机的有效排量。改变发动机有效排量的发动机控制手段能够归类成两种类型的控制，多重固定排量式和跳过点火式。在固定多重排量式控制中，一些固定组的汽缸在低负载条件下解除激活；例如，能够在某些条件下以同样的4个汽缸来运行的8汽缸发动机。相比之下，跳过点火式发动机控制设想在所选点火时机过程中选择性地跳过某些缸的点火。因此，特定缸可以在一个发动机循环过程中被点火并且然后可以在下一个发动机循环过程中被跳过，并且然后在下一个发动机循环过程中被选择性地跳过或点火。例如，对4缸发动机中的每隔两个汽缸进行点火将提供最大发动机排量的1/3的有效排量，这是通过简单地停用一组汽缸所不能获得的分量排量。类似地，对3缸发动机中的每隔一个缸进行点火将提供1/2的有效排量，这是通过简单地停用一组缸所不能获得的分量排量。美国专利号8,131,445(由本申请的受让人提交并且出于所有目的通过引用以其全文结合在此)教示了多种跳过点火发动机控制实现方式。总体上，跳过点火式发动机控制被认为提供了多个潜在优点，包括显著改进许多应用中的燃料经济性的潜能。尽管跳过点火式发动机控制的概念已经存在许多年，并且人们明了其益处，但跳过点火式发动机控制还未能达成显著的商业成功。

[0005] 众所周知，运行中的发动机趋于是显著的噪音和振动来源，它们在本领域中经常总和地称作NVH(噪音，振动和不平顺性)。总体上，与跳过点火式发动机控制相关联的成见是发动机跳过点火式运行将使得发动机运转显著更粗暴，也就是相对于常规运行的发动机

增加NVH。在诸如汽车应用的许多应用中，跳过点火式发动机控制所呈现出的最显著的挑战之一是振动控制。事实上，不能令人满意地解决NVH顾虑被认为是阻碍广泛采用跳过点火式类型的发动机控制的一个主要障碍。

[0006] 美国专利号7,954,474;7,886,715;7,849,835;7,577,511;8,099,224;8,131,445和8,131,447以及美国专利申请号13/004,839;13/004,844;和其他文献阐述了使得以跳过点火式运行模式运行各种各样的内燃发动机可行的多种多样的发动机控制器。这些专利和专利申请各自通过引用并入本文。尽管所阐述的控制器工作良好，但仍继续努力来进一步改善这些以及其他跳过点火式发动机控制器的性能以进一步减轻在跳过点火式控制下运行发动机的NVH问题。本申请阐述了能够改善多种多样的应用中发动机性能的额外的跳过点火式控制特征和改进之处。

发明内容

[0007] 本发明涉及跳过点火式发动机控制。在一方面，描述了一种用于控制发动机的方法。跳过所选被跳过的工作循环并且使得所选活动的工作循环点火，以便递送所希望的发送机输出。一个或多个工作室能够例如针对相同的凸轮相位器设置和/或MAP(进气歧管绝对压力)设置生成多个可能水平的扭矩输出。针对这些被点火的工作室(即，有待被点火的工作室)中的每一个工作室选择特定水平的扭矩输出(例如，高或低扭矩输出)。这在此被称为多级跳过点火式发动机控制。在多种不同的设计中，基于这些被点火的工作室上选择的是高扭矩输出还是低扭矩输出，来调整这些被点火的工作室的空气进气量。多个不同实施例涉及帮助实施上述方法的发动机控制器、软件、以及系统。

[0008] 另一方面，描述了一种发动机控制器。该发动机控制器包括多个工作室。每个工作室包括至少一个被凸轮致动的进气阀。该发动机控制器包括点火分数计算器、点火正时确定模块、以及点火控制单元。该点火分数计算器被安排成用于确定适合用于递送所希望扭矩的点火分数。该点火正时确定模块被安排成用于基于该点火分数来生跳过点火式点火序列。该跳过点火式点火序列指示出在所选点火时机的过程中，所选工作室被停用还是被点火；并且进一步指示出针对每次点火，该点火产生了低扭矩输出还是高扭矩输出。该点火控制单元被安排成用于基于该点火序列以跳过点火的方式来操作这些工作室。在多个不同的实施例中，该点火控制单元还被安排成基于该点火序列针对每个被点火的工作室(即，将被点火的每个工作室)指明的是低扭矩输出还是高扭矩输出来调整该被点火的工作室的空气进气量。

[0009] 多级跳过点火式发动机控制可以以多种多样的方式进行。在一些实施例中，是例如基于逐点火时机地作出关于各工作循环是点火还是跳过的决定、和/或作出关于对于被点火的工作室是否选择特定水平的扭矩输出的决定。可以通过使用一个或多个查找表、电路、西格玛德尔塔转换器或其他技术来作出这样的决定。

[0010] 可以使用多种不同的系统来控制这些被点火的工作室的扭矩输出。例如在一些途径中，这些工作室(各自包括一个或多个进气阀)中的一个或多个工作室是独立控制的。这些进气阀可以在不同的时刻和/或根据不同的循环(例如，艾金森(Atkinson)循环以及奥托(Otto)循环)来打开或关闭，这可以帮助改变该工作室的扭矩输出。可以基于逐工作循环地独立致动或停用工作室的这些进气阀。在多个不同的实施例中，用于工作室的阀控制系统

使该工作室在相同的发动机条件(例如相同的凸轮相位器设置、节气门位置设置、和/或发动机速度设置)下能够提供两个、三个、或更多个扭矩输出水平。应了解的是,在此所描述的用于实施多级跳过点火式发动机控制的方法可以与任何合适的工作室设计或阀控制系统一起使用。

[0011] 另一方面,描述了一种发动机系统。该发动机系统包括进气歧管、一个或多个工作室、以及两条或更多条进气通路。在多个不同的实施例中,两条进气通路与工作室相连。这两条进气通路相对于该工作室安排成使得这些进气通路中的每一个进气通路的中央轴线基本上与该工作室的中央轴线相交。

附图说明

[0012] 通过参照以下结合附图给出的说明,可以最好地理解本发明及其优点,在附图中:

[0013] 图1A和1B是根据本发明特定实施例的工作室以及相关联的阀控制系统的截面视图。

[0014] 图2-7是展示根据本发明多个不同实施例的阀控制系统的简图。

[0015] 图8是展示根据本发明特定实施例的用于工作室的阀提升度调整的曲线图。

[0016] 图9是根据本发明特定实施例的阀控制系统。

[0017] 图10是展示示例性进气通路的简图。

[0018] 图11是展示根据本发明特定实施例的进气通路的简图。

[0019] 图12A-12F是展示根据本发明多个不同实施例的工作室和进气阀的多个操作阶段的简图。

[0020] 图13A-13B是展示根据本发明多个不同实施例的可以如何操作多个阀来产生工作室的多个不同水平的扭矩输出的图表。

[0021] 图14A-14H是展示根据本发明多个不同实施例的、工作室的不同安排和特征的图表。

[0022] 图15是根据本发明特定实施例的一组汽缸的简图。

[0023] 图16根据本发明特定实施例的发动机控制器的框图。

[0024] 图17是根据本发明特定实施例的一种用于实施多级跳过点火式发动机控制的方法的流程图。

[0025] 图18是指示出随着发动机速度和有效点火分数而变化的最大可允许工作室输出的示例性查找表。

[0026] 图19是指示出随着有效点火分数而变化的点火分数和水平分数的示例性查找表。

[0027] 图20是根据本发明特定实施例的、生成多级跳过点火式点火序列的示例性电路的简图。

[0028] 图21是根据本发明另一实施例的、生成多级跳过点火式点火序列的示例性电路的简图。

[0029] 图22是提供了随着有效点火分数而变化的多级跳过点火式点火序列的示例性查找表。

[0030] 图23是流程图,展示了在多个点火分数之间的过渡过程中使用多级跳过点火式发动机控制的示例性方法。

[0031] 图24是流程图，展示了根据本发明特定实施例的用于检测并管理发动机中的爆震的示例性方法。

[0032] 图25是流程图，展示了一种响应于具体发动机运行来使用多级跳过点火式发动机控制的示例性方法。

[0033] 图26是流程图，展示了根据本发明特定实施例的一种用于诊断并管理发动机问题的示例性方法。

[0034] 在附图中，有时使用相同的参考号来表示相同的结构要素。还应当认识到，附图中的描绘是图解的而不是按比例的。

具体实施方式

[0035] 本发明涉及一种用于以跳过点火式方式运行发动机的系统。更确切地，本发明的多个不同实现方式涉及一种能够以多个不同扭矩输出水平来选择性地将工作室点火的跳过点火式发动机控制系统。

[0036] 总体上，跳过点火式发动机控制设想在选择的点火时机过程中选择性地跳过某些汽缸的点火。因此，例如，特定汽缸可以在一个点火时机过程中被点火并且然后可以在下一个点火时机过程中被跳过，并且然后在下一个点火时机过程中被选择性地跳过或点火。这与常规可变排量发动机操作形成对照，在常规可变排量发动机的运行中，在某些低负载运行条件的过程中固定的一组汽缸被停用。

[0037] 跳过点火式发动机控制的一个难题是将令人不希望的噪音、振动和不平顺性(NVH)减少到可接受水平。发动机所产生的噪音和振动能够通过多种多样的途径传递给车厢中的乘员。这些途径中的一些，例如动力传动系，能够改变对发动机噪音和振动特征中存在的多种不同频率分量的放大。尤其是，较低的变速箱齿轮比趋于放大振动，因为变速箱正增大扭矩和车轮处的扭矩变化。噪音和振动还能激起多种不同车辆共振，这些共振能够汇入车厢。

[0038] 一些噪音和振动频率能够是尤其令车辆乘员懊恼的。尤其是，低频率、重复图案(例如，在0.2至8Hz范围内的频率分量)趋于产生被车辆乘员感知到的令人不希望的振动。这些图案的较高阶谐波能够导致乘客厢中的噪音。尤其是，大约40Hz的频率可以在车厢内共鸣，所谓的“轰鸣”频率。商业可行的跳过点火式发动机控制要求以可接受的NVH水平运行而同时提供驾驶员所希望的或所要求的发动机扭矩输出并且达成显著的燃料效率增益。

[0039] NVH特征随发动机速度、点火频率、和变速箱档位而改变。例如，考虑选择特定点火频率的发动机控制器，该特定点火频率指明对于在特定发动机速度和档位提供所希望的扭矩所必需的点火百分数。基于该点火频率，发动机控制器产生重复的点火图案来以跳过点火式方式运行发动机的这些工作室。如熟悉本领域的人员所周知的，在给定发动机速度上以一些点火图案平顺运行的发动机可能会以其他点火图案产生令人不希望的声响或振动效果。类似地，一种给定点火图案可能在一个发动机速度提供可接受的NVH，而同一图案在其他发动机速度可能产生不可接受的NVH。发动机引入的噪音和振动还受汽缸负载或工作室输出的影响。如果提供较少的空气和燃料给汽缸，汽缸的点火会产生较少的输出，以及较少的噪音和振动。结果，如果汽缸输出减少，曾经由于其低劣的NVH特征而不可使用的一些点火频率和顺序可能就会变得可用。

[0040] 如在美国专利申请号14/638,908(出于所有目的,该申请的全部内容并入本文)中所描述的,总体上希望的是以下跳过点火式发动机控制器设计:递送所要求的发动机输出同时使得燃料消耗最小化并且提供可接受的NVH性能。这由于在车辆运行期间所遇到的大范围的运行条件而是个有挑战的问题。所要求的发动机输出可以被表达为发动机运行速度下的扭矩请求。应理解的是所提供的发动机扭矩的量可以由点火频率与汽缸负载的乘积来代表。因此,如果点火频率(FF)增加,则可以减小汽缸扭矩负载(CTF)来产生同一发动机扭矩,并且反之亦然。换言之,

[0041] 发动机扭矩分数(ETF)=CTF*FF (等式1)

[0042] 其中ETF是代表归一化的净的或指明的发动机扭矩的值。在这一等式中所有的值都是无量纲的,这允许其与所有的类型的发动机一起使用并且用于所有类型的车辆。也就是说,可以使用多种多样不同的点火频率和CTF的组合来提供同一发动机扭矩。等式1并不包括发动机摩擦的影响。可以将摩擦包括在内来完成相似的分析。在这种情况下计算的参数应该是制动扭矩分数。可以使用发动机净扭矩分数、发动机制动扭矩分数、发动机所指示的扭矩分数、或一些相似的量度来作为控制算法的基础。清晰起见,术语发动机扭矩分数可以是指发动机输出的这些度量的任一者并且将被使用在后续对发动机控制器和发动机控制方法的讨论中。

[0043] 本发明的多个不同的实施例涉及一种能够以多个不同的输出水平来将所选工作室点火的跳过点火式发动机控制系统。这在此被称为多级跳过点火操作。在一些实施例中,可以通过将上述等式1修改成如下地包括多个点火水平可能性来对多级跳过点火操作进行建模:

[0044] 发动机扭矩分数(ETF)=CTF_1*FF_1+CTF_2*FF_2+..+CTF_n*FF_n (等式2)

[0045] 其中CTF_1是在第一水平下汽缸扭矩分数而FF_1是点火分数,CTF_2是在第二水平下的汽缸扭矩分数而FF_2是点火分数,并且CTF_n是在第n水平下的汽缸扭矩分数而FF_n是点火分数。该多个不同的点火分数的总和等于总点火分数,即

[0046] FF=FF_1+FF_2+FF_n (等式3)

[0047] 在下文所描述的一些实施例中,n等于二,但是这不是限制性的。

[0048] 应了解的是,存在许多表达上述概念的等效方法。例如,代替基于发动机扭矩分数(ETF)来建模,建模可以基于净发动机扭矩(ET),因为这些量是简单成比例的。汽缸扭矩分数(CTF)可以是与净平均有效压力(NMEP)成比例的,并且第n个水平的点火分数(FF_n)可以是与以第n个水平(FED_n)运行的汽缸的分数发动机排量成比例的。因此等式2可以等同地表示为

[0049] ET=$NMEP_1$*FED_1+$NMEP_2$*FED_2+...+$NMEP_n$*FED_n (等式4)

[0050] 上述等式4仅是示例性的改进并且可以设想许多等同的改进。它们都共同具有与发动机输出扭矩相关的、被表示为多个量的总和的量,其中每个量是与汽缸组的输出相关的,并且存在具有不同的非零输出的至少两个汽缸组。

[0051] 可以如下描述多级跳过点火操作的实例。可以将工作室在一个所选工作循环的过程中停用、在下一个工作循环的过程中以高水平输出进行点火、并且接着在下一个工作循环的过程中以较低的水平输出(例如,该高水平输出的0-80%)进行点火。在多个不同的实现方式中,该低水平输出可以基本上对应于提供最佳燃料效率、即最低BSFC(制动燃料消耗

率)操作点的工作室负载。如众所周知的,BSFC工作室负载随着RPM的变化而变化。这样,在本发明的多个不同的实施例中,该高与低点火水平之间的比率可以随着发动机RPM以及可能的其他变量的变化而变化。协调这些点火和停用,从而产生所希望的发动机扭矩。多级跳过点火操作的可用性允许发动机控制系统具有更多选择来寻求发动机输出、燃料效率、噪音、以及振动之间的平衡。

[0052] 应了解的是,可以使用任何合适的技术来实现多级跳过点火操作。例如在一些实施例中,使用节气门控制、火花正时、阀正时、MAP调整和/或排放气体再循环来控制工作室扭矩输出。在本申请中,描述了各种各样的工作室控制系统和安排。此类系统被安排成使工作室能够产生多个水平扭矩输出。本申请还描述了可以使用上述系统来实施的多种不同的多级跳过点火式发动机控制方法(例如,如结合图16-26所描述的)。然而,这些方法不限于在此所描述的系统并且可以用于任何合适的工作室设计、系统或机构。

[0053] 工作室阀控制系统

[0054] 本发明的多个不同的实施例涉及一种工作室阀控制系统。初始地参见图1A和1B,将描述示例性工作室阀控制系统100的两个截面视图。该工作室阀控制系统100包括工作室102,该工作室带有活塞104、两个进气阀120a/120b以及两个排气阀122a/122b。致动器116a/116b控制这些进气阀的打开和关闭。进气通路110a/110b将进气阀120a/120b分别与进气歧管(未示出)联接。

[0055] 当进气阀打开时,空气从该进气歧管经过对应的进气通路110a/110b递送进入工作室102中。如本领域普通技术人员熟知的,如果工作室102有待被点火,则空气与该工作室102中的燃料混合,并且该燃料-空气混合物被点燃。所产生的燃烧将活塞104驱动到工作室102的底部。打开这些排气阀122a/122b并且随着活塞104升高将排放气体从工作室102中推出到排气通路112a/112b中。

[0056] 在许多常规设计中,同时打开和关闭该工作室102的进气阀120a/120b。即,它们是由同一致动器控制的和/或根据同一提升曲线被打开和关闭。该提升曲线的正时可以使用凸轮相位器来调整,该凸轮相位器使阀打开和关闭的时间相对于曲轴运动改变。然而,在多个不同的常规设计中,凸轮相位器的机械器件总体上允许基于逐个循环该阀正时仅出现小改变并且以类似的方式操作行所有汽缸。然而在所展示的实施例中,进气阀120a/120b是被独立致动和操作的。从一个工作循环到下一个工作循环,一个进气阀的打开和关闭的正时可以与另一个进气阀不同或相同。举例而言,在所选工作循环的过程中,进气阀120a可以保持被停用或关闭,而进气阀120b被打开以允许空气进入该工作室中。替代地,在所选工作循环的过程中,进气阀120a可以基于奥托循环被打开和关闭,而另一个进气阀120b可以基于艾金森或其他循环被打开和关闭。在任意所选工作循环的过程中,这些进气阀中的一者或两者可以被停用或关闭。在多个不同的实施例中,工作室102的每个进气阀可以基于逐个点火时机地被独立地致动或停用。

[0057] 独立控制同一工作室的这些进气阀的能力提供了多种多样的优点。举例来说,可以动态地调整该工作室的扭矩输出。举例而言,在多个不同的设计中,如果两个进气阀在进气冲程的过程中打开并且接着在随后的压缩冲程的过程中关闭,则在所选工作循环的过程中这些进气阀之一的停用将导致较少的空气被递送至该工作室。这进而相对于这两个进气阀打开的情形而言减小了由该工作室的点火所产生的扭矩。同样,在该进气冲程结束之前

关闭这些进气阀中的一者或两者将导致较少的空气引入和较低的工作循环扭矩输出。类似地，保持这些进气阀中的一者或两者在进气冲程以及一部分压缩冲程的过程中均打开将导致较低的工作循环输出。在这种情况下被引入汽缸中的空气在动力冲程开始之前从该汽缸排出。通过使用每个进气阀的独立控制并且使用每个进气阀的不同类型的打开/关闭正时，两个、三个或更多个水平的工作室输出是可能的，如之后在本申请中所讨论的。如之前所讨论的，例如基于逐个点火时机地快速调制工作室扭矩输出的这种能力可以允许更好地控制振动、噪音以及燃料消耗。

[0058] 致动器116a/116b可以使用多种多样的机构来控制工作室102的进气阀120a/120b的打开和关闭。例如在多个不同的实施例中，每个进气阀是被凸轮致动的和/或机械控制的。例如在所展示的实施例中，致动器116a和116b分别是独立操作进气阀120a和120b的分开的凸轮。在一些设计中，可以在该阀系中设置失速运动、可叠缩阀提升器、可叠缩间隙调节器、可叠缩辊指随动件或可叠缩同心桶，以允许停用该阀。这些装置可以允许进气阀在任何给定的工作循环中被启用或停用。在一些实施例中，还可以使用轴向地移动的凸轮轴来控制阀运动，其中不同的凸轮突出部可以偏移来与进气阀杆相接合。在这种情况下，这些凸轮突出部之一可以是零提升突出部，从而有效地停用该汽缸。在一些实施例中，可以使用仅单一进气阀，并且阀的打开可以跟踪两个或更多个不同的提升曲线并且基于其进行。可以使用不同的凸轮或通过使用更复杂的阀系来产生不同的曲线。然而，应了解的是，各种不同的其他设计也是可能的，如在之后本申请中所讨论的。进气阀的致动可以机械地、机电地、电液压地、或使用任何其他合适的机构进行。

[0059] 可以使用多种多样的系统来致动并且控制工作室102的进气阀和排气阀。图2-7中展示了一些示例性设计。图2-7是示例性工作室阀控制系统(例如，图1A和1B中所展示的工作室控制系统100)的图解顶视图。图2-7各自展示了工作室102、致动器116a/116b、进气阀120a/120b、排气阀122a、以及可能的额外的排气阀122b。在致动器与具体的阀之间绘制的线表示：该致动器控制该阀的打开和关闭。总体上，当在致动器与两个或更多个阀之间绘制了线时，这意味着当该致动器被启用时，这些阀在所选工作循环的过程中必须全部被致动；替代地，如果该致动器在工作循环的过程中没有被启用，则这些阀在该工作循环的过程中必须全部被停用。如果在致动器与具体的阀之间没有绘制线，这意味着该致动器不控制这个具体的阀。上述致动可以使用任何合适的技术或机构、例如通过使用包括一个或多个凸轮和/或凸轮轴的凸轮轴组件来执行。

[0060] 可能存在各种各样不同的阀控制安排。例如在图2中，进气阀120a和排气阀122a位于工作室102的一侧(即，对称线105的一侧)。进气阀120b和排气阀122b位于工作室102的另一侧(即，线105的另一侧)。致动器116a控制该工作室102的一侧上的这些阀(即，进气阀120a和排气阀122a)，并且另一个致动器(致动器116b)控制该工作室的另一侧上的这些阀(即，进气阀120b和排气阀122b)。

[0061] 图3展示了稍微不同的安排。在这个实例中，每个致动器116a/116b控制该工作室的一侧上的一个进气阀以及该工作室的另一侧上的一个排气阀。即，致动器116a控制进气阀120a和排气阀122b，而致动器116b控制进气阀120b和排气阀122a。

[0062] 以上安排可以在该工作室102的内部中产生不同的流动。例如，如果致动器控制该工作室的同一侧上的进气阀和排气阀(例如，如图2所示)，则从该进气阀流向该排气阀的空

气倾向于不流经该工作室的中间或中央轴线106。如果该致动器控制该工作室的不同侧上的进气阀和排气阀(例如,如图3所示),则在该进气阀与排气阀之间流动的空气倾向于穿过该工作室的中间或中央轴线。这可能对该室中的空气和多种气体的涡旋或翻滚造成不同影响。用于致动器和阀的不同控制方案和安排可以帮助在该室内实现希望量的涡旋。总体上,中等量的涡旋是希望的。如果存在太多涡旋,则可能对该工作室的壁造成太多的热对流。如果存在较少涡旋,则该工作室中的燃烧速率可能很低。

[0063] 其他阀控制安排也是可能的。例如在图4中,致动器116a控制该工作室102的一侧上的一个进气阀120a以及该工作室的另一侧上的两个排气阀122a/122b。该另一个致动器116b控制其余的进气阀(进气阀120b)。因此,每当启用致动器116b来在所选工作循环的过程中打开进气阀120b并且希望发生排放事件时,也必须启用致动器116a。换句话说,每当在所选工作循环内希望发生排放事件时,必须启用致动器116a并且在该工作循环的过程中将打开进气阀120a和这两个排放122a和122b。打开这两个排气阀可以帮助改善排气,即,正好在活塞达到上止点之前(即在进气冲程开始之前)从该工作室排出排放气体。

[0064] 图5展示了另一阀控制系统。在这个实例中,致动器116a控制该工作室102的一侧上的一个进气阀120a以及这两个排气阀122a和122b。该另一个致动器116b具有类似的功能,即它控制该工作室的另一侧上的进气阀120b还有这两个排气阀122a和122b。这个安排还致使这两个排气阀122a/122b在希望发生排气事件的所选工作循环的过程中和/或每当这些进气阀120a/120b之一在所选工作循环的过程中被致动时被致动。如果致动器116a或116b被启用,则这些排气阀122a和122b将被启用。然而,与图4相比,当希望发生燃烧事件时,可以在所选工作循环的过程中将进气阀120b打开,而不需要打开进气阀120a。

[0065] 虽然以上实例涉及带有两个进气阀和两个排气阀的工作室,但是这不是要求,并且该工作室可以包括任何合适数量的进气阀和排气阀。举例而言,图6展示了带有两个进气阀120a/120b以及单一排气阀122a的工作室102。致动器116a控制该工作室的一侧上的进气阀120a并且控制排气阀122a。致动器116b控制该工作室102的另一侧上的进气阀120b并且控制排气阀116b。因此在所选工作循环的过程中,如果希望发生排放事件的话,无论哪个进气阀被打开,排气阀122a都被打开。

[0066] 图7描述了不同的控制方案,该控制方案也涉及带有两个进气阀120a/120b以及单一排气阀122a的工作室102。在这个示例性方案中,致动器116a控制该工作室102的一侧上的进气阀120a并且控制该排气阀122a。该致动器116b控制该工作室的另一侧上的进气阀120b。与图6中所展示的控制系统相比,致动器116b也不控制排气阀122b。因此,如果在所选工作循环的过程中希望发生排气事件,则必须启用致动器116a并且必须打开进气阀120a。即,在该工作室102中将发生燃烧和排放事件的所选工作循环的过程中,进气阀120b将不是被致动的唯一进气阀、而是始终与进气阀120a一起被致动。然而,在所选工作循环的过程中进气阀120a和排气阀122a可以打开,同时进气阀120b保持停用。

[0067] 图8和9描述了另一类型的控制方案,该控制方案涉及可以改变进气阀打开的持续时间和正时的致动器。换句话说,在以上实例中的一些实例中,致动器只能实现两种状态-停用对应进气阀或者启用对应进气阀。如果进气阀被致动,则该进气阀的打开的正时和持续时间在所选工作循环期间是固定的。然而,在其他实施例中,该致动器具有额外的功能。即,该致动器能够实现以下多个凸轮轮廓或阀提升设置,它们中的每一者具有不同的阀正

时特征。

[0068] 在图8和9中展示了这种途径的实例。图8和9涉及带有单一进气阀120a、排气阀122a以及致动器116a的工作室102(图9)。如图9中所见,致动器116a控制该工作室102中的所有阀。为了改变该工作室的输出,致动器116a被安排成用于基于阀提升调整设置或凸轮轮廓来选择性地调整该进气阀120a的阀提升。

[0069] 图8是指示了阀提升随着时间变化的曲线图800。曲线802和804代表两个阀提升调整设置。致动器116a被安排成用于基于这些阀提升调整设置中的任一个来操作该进气阀120a。在多个不同的实施例中,致动器116a可以基于逐个工作循环地在多个设置之间变换。曲线800指示了该进气阀120a打开的持续时间和程度如何从一个设置到下一设置发生变化。即,针对曲线804所代表的设置而言,在所选工作循环的过程中进气阀120a被打开的最大阀提升量以及时间量大于由曲线802所代表的设置。因此,不同的设置致使不同量的空气被递送至工作室102,这导致了工作室102的不同水平的扭矩输出。可以使用任何合适的技术或阀调整机构来执行不同的阀提升调整设置的实施。

[0070] 如以上所指出,可以使用以上阀控制系统中的一些来帮助控制该工作室内的气体的翻滚和/或涡旋。通过特定进气通路设计可以进一步改善对工作室内的气体流的控制。图10和11中展示了此类设计的多个不同的实例。

[0071] 出于对比目的,图10是工作室1002及其相关联的常规设计的进气通路1006a/1006b的顶视图。这两条进气通路1006a/1006b分别将该工作室102的两个进气阀与进气歧管1014相连。在这个实例中,分开的进气通路1006a/1006b是通过将单一进气通路1004用共用的通路壁1112划分开而形成的。应注意的是,每条进气通路的中央轴线(轴线1008a和1008b)没有与该工作室的中央轴线1010相交。(该中央轴线1010可以被理解为从页面升起的线)

[0072] 图11展示了根据本发明特定实施例的另一进气通路设计。在图11中,两条进气通路1106a/1106b将进气歧管1114与工作室1102相联并且各自与该工作室1102上的单独进气阀相联。这些进气通路1106a/1106b呈八字形,即它们不是平行于彼此延伸并且是以一定角度与该工作室1102相连。在所展示的实施例中,用于一个工作室1102的进气通路1106b与用于相邻工作室1120的进气通路1122共享空气流动路径,但是在其他实施例中,用于相邻工作室的进气通路是完全分开的。

[0073] 每条进气通路1106a/1106b与工作室1102相连所呈的角度致使每条进气通路1106a/1106b的中央轴线1108a/1108b(基本上)与工作室1102的中央轴线1110相交。由于这种设计,使用这些进气通路1106a/1106b来递送的空气直接被递送至该工作室的中心,由此相对于图10中安排而言可能减小了涡旋或混合的量。这样的安排(可选地与图1-7中所展示的阀系统相组合)可以帮助改善对该工作室1102中的气体运动的控制。

[0074] 可以对该工作室的设计作出额外的调整以便进一步控制空气进入该工作室中的递送和/或该工作室中的气体的流动。在一些实施例中,例如,工作室的进气阀(例如,图1A和1B的进气阀120a/120b)具有不同的大小和/或直径。即,它们的形状、大小或设计致使穿过这些阀的空气流速是不同的。将空气不对称地递送至工作室中可以帮助在该工作室中引起涡旋,这可能在一些情形下是希望的。

[0075] 当工作室的进气阀被独立控制时(例如,如图1-7中所描述的),它们也可以遵循不

同的阀提升曲线和/或具有不同的打开/关闭时间。这些曲线和阀打开/关闭时间可以混合并且如所希望的与可用的阀控制机构相符匹配。举例而言，可以致动一个进气阀来实现使阀在整个进气冲程中打开并且在BDC之后不久关闭的提升曲线。这个提升曲线允许引入最大空气进气量并且可以被称为普通正时与提升曲线。另一个进气阀被致动成实现进气阀提前关闭(EIVC)或进气阀延迟关闭(LIVC)曲线。EIVC和LIVC曲线与正时两者导致与普通提升曲线相比减少的空气引入。使用普通正时与提升曲线将导致发动机以奥托循环运行，即其中阀正时产生基本上最大空气进气量。使用EIVC或LIVC阀正时将产生较少的空气进气量并且因此导致较低的有效压缩比。这通常被称为使用艾金森或米勒(Miller)循环来运行发动机。使用不同的提升曲线与正时可以帮助在工作室输出、振动、噪音以及燃料效率上提供额外的控制。

[0076] 涉及使用关于一个或多个进气阀特定提升曲线和/或阀正时以便产生特定扭矩水平的特定方案在此被称为阀控制方案。因此，可能存在多个不同的用于从被点火的工作室产生对应的不同水平(例如，低、适中和/或高)扭矩的阀控制方案。每个阀控制方案涉及独立控制该工作室中的每个进气阀，使得每个进气阀使用特定提升曲线和/或正时循环(例如，奥托、艾金森等)来操作。特定阀控制方案可以致使工作室的多个进气阀是使用同一或不同的提升曲线和/或正时循环来操作的。

[0077] 现在参见图12A-12E，描述了这样的阀控制系统与常规的阀控制系统之间的一些差异。出于对比目的，图12A展示了工作室在示例性奥托(Otto)循环的进气和压缩冲程的过程中的多个不同的运行阶段，该循环目前在许多汽车发动机中使用。该工作室包括两个进气阀(进气阀1202a和1202b)，这两个进气阀均是基于普通正时与提升曲线以相同的方式来操作的，从而导致发动机以奥托循环运行。

[0078] 在该进气冲程的过程中，这两个阀1202a/1202b被打开。活塞1206从上止点(TDC)移动至下止点(BDC)。在该活塞1206到达BDC之前大致40°，该阀提升到达其最大点。一旦该活塞1206达到BDC，压缩冲程就开始。该活塞接着朝向上止点(TDC)移动返回。BDC之后大致40°，这些进气阀关掉。

[0079] 在艾金森循环中，这些进气阀可以被提前或延迟关闭。前者被称为进气阀提前关闭(EIVC)。图12B中展示了EIVC阀操作的实例。在图12B中，这两个进气阀1202a/1202b是根据EIVC艾金森循环来操作的。进气阀1202a/1202b在进气冲程结束时该活塞1206到达BDC之时被关闭。这比图12A中所展示的奥托循环早得多，在该循环中这些进气阀晚40°关闭。因此，与奥托循环相比，这些进气阀被提前关闭并且保持打开较短的时间段，从而在该工作室中产生较少的空气并且产生较低的扭矩输出。

[0080] 图12C展示了替代性的艾金森循环，在该循环中两个进气阀相对于标准的奥托循环而言被延迟关闭。这个途径被称为进气阀延迟关闭(LIVC)。图12C中展示了示例性LIVC阀控制系统。如图所示，在该压缩冲程的中间，这些进气阀1202a/1202b在BDC之后大致90°关闭。相比之下，在示例性奥托循环中，这些进气阀在BDC之后40°关闭。这导致相对较少量的空气被递送至该工作室，因为在该进气阶段的过程中被递送至该工作室的较多空气在该压缩冲程过程中被推出该工作室。

[0081] 由于在艾金森循环中从该进气歧管递送至该工作室的空气相对于奥托循环而言减小，所以通过将该工作室点火而产生的扭矩输出较少。然而，艾金森循环总体上比奥托循

环更具燃料效率，因为较大部分的燃烧能量可以转化成有用扭矩。以艾金森循环运行的工作室可以使得该工作室在其最小BSFC运行点处或其附近运行。

[0082] 在以上图12A-12C中所展示的实例中，基于同一循环同时启用两个进气阀。图12D-12E设想了多种实现方式，在这些实现方式中，基于不同循环来打开和关闭多个独立控制的进气阀。在这些实施例中所描述的这些进气阀可以使用上述技术中的任一种(例如结合图1A、1B和2-11中所描述的)来控制或致动。

[0083] 在图12D中，使用EIVC艾金森循环来操作进气阀1202b。使用奥托循环来操作进气阀1202a。因此，如图所示，在活塞1206处于压缩冲程早期时，进气阀1202a在BDC之后大致40°关闭。然而，当活塞处于BDC时，进气阀1202b较早地、即大概在进气冲程结束时关闭。

[0084] 图12E展示了进气阀1202a是使用奥托循环来操作并且进气阀1202b是使用LIVC艾金森循环来操作的系统。因此在压缩冲程过程中，进气阀1202b比进气阀1202a更迟关闭，即在在BDC之后大致90°、而不是在BDC之后约40°。

[0085] 使用不同的循环来操作进气阀提供了各种各样的潜在优点。举例来说，它提供了控制工作室内的流动的另一种手段。举例而言，在图12D中，空气不对称地进入工作室1206中。即，在进气阶段过程中，穿过一个进气阀(进气阀1202a)的空气比另一个进气阀更多时间更长。这可能对该工作室中的气体运行造成所希望的影响，例如可能造成增大的涡旋。在图12E中，在压缩冲程过程中，从一个进气阀(例如，进气阀1202b)推出的空气比另一个进气阀更多时间更长。这种不对称空气流可以有利地增大燃烧进气运动(即，涡旋和翻滚)，从而改善燃烧特征。

[0086] 在一些途径中，这些进气阀是偏离的，即它们是相对于彼此分阶段的。在图12F中展示了这种途径的实例。进气阀1202a和1202b基于同一奥托循环来操作、但是打开和关闭时间是偏离的。即，进气阀1202a比进气阀1202b更早地打开且更早地关闭。这个系统基本上类似于图12E中所展示的系统起作用。空气以不对称的方式离开该工作室，这可能影响该工作室中的涡旋。偏离量可以根据特定应用的需要而广泛变化。

[0087] 使用不同的循环来独立操作工作室的多个进气阀的额外优点是，可以取决于如何操作这些阀来提供对该工作室的扭矩输出的高程度控制。接下来参见图13A和13B，描述了多个不同的示例性阀控制方案。即，在图13A和13B中所展示的图表指示了如何以不同的方式操作进气阀来产生不同水平的扭矩。在一些实施例中，在图13A和13B中所展示的阀控制方案使用了分别在图12D和12E中所展示的系统。

[0088] 图13A描述了一种工作室阀控制系统，在该工作室阀控制系统中存在两个例如通过不同致动器或凸轮来独立控制的进气阀。该阀控制系统可以具有结合图2-7和/或图12D所描述的系统的任意特征。在所选工作循环的过程中，进气阀1202a能够通过使用奥托循环被停用或致动(下文被称为“普通阀”)。在该所选工作循环的过程中，进气阀1202b也能够通过使用艾金森(EIVC)循环被停用或致动(下文被称为“EIVC阀”)。因此，对该普通阀和EIVC阀，四个不同的阀控制方案是可能的，这将产生四种不同的结果1302/1304/1306/1308，这些结果在图13A的图表1300中示出。

[0089] 在结果1302、1304和1306中，工作室在所选工作循环的过程中被点火并且通过该点火而产生的扭矩输出水平取决于该阀控制方案。该图表中的结果1302指示了，如果这两个进气阀均被致动，则可以实现最高工作室扭矩输出。这还产生了适中量的涡旋。如果EIVC

阀被停用并且该普通阀被致动，则可以产生次高水平的工作室输出(结果1306)。当该EIVC阀被启用并且该普通阀被停用时，产生下一个最高水平的工作室输出(即，比结果1302和1306更低的输出)(结果1304)。这是因为EIVC操作限制了被递送至该工作室的空气量。在结果1304和1306中，可以产生较高量的涡旋(即，比在结果1302中更高)，因为启用仅一个阀促进了该工作室中的气体的流动和混合。另外，可以停用这两个进气阀，这意味着在所选工作循环的过程中不发生燃烧并且不产生扭矩输出，如在图13A的图表中由结果1308指示。

[0090] 图13B包括类似结构的图表1350，但是在这个图中，进气阀1202b能够通过使用艾金森(LIVC)循环(下文中被称为LIVC阀)来停用或操作。阀1202a能够基于奥托循环(下文被称为普通阀)来停用或操作。因此，对于选定的工作循环，以下四种不同的阀控制方案同样是可能的：1)LIVC阀被致动、普通阀被致动、发生燃烧事件；2)LIVC阀被停用、普通阀被致动、发生燃烧事件；3)LIVC阀被致动、普通阀被停用、发生燃烧事件；4)LIVC阀被停用、普通阀被停用、不发生燃烧事件。图13B中示出了每个阀控制方案的结果。用于实施图13B的阀控制方案中的任一者的阀控制系统可以具有结合图2-7和/或图12E所描述的系统的任意特征。

[0091] 图表1350中所展示的这些结果与图13A的图表1300中的这些很不相同。具体而言，当普通阀被致动并且LIVC阀被停用时，实现最高工作室扭矩输出(结果1356)。如果这两个阀均被致动，则实现较低的、适中水平的工作室输出(结果1352)。这是因为在这两个阀均被致动时，由于LIVC阀在压缩冲程过程中的延迟关闭，被递送穿过这两个阀的一些空气被推出该工作室。如果普通阀被停用并且LIVC阀被启用，则还实现了低水平工作室输出(即，小于在结果1352中的输出)(结果1354)。在结果1358中，两个进气阀均被停用并且不产生扭矩输出。

[0092] 如之前所讨论的，结果1354和1356涉及比结果1352更高量的涡旋，这是因为空气被不对称地递送至工作室。另外，LIVC阀和该普通阀也可以都被停用(结果1358)，即，跳过该工作室。

[0093] 图13A和13B中所展示的图表指示了，使用独立控制的进气阀并且对于不同的阀使用不同的循环允许在该工作室的运行时获得增大的灵活性。即，该工作室能够实现三个或四个不同水平的扭矩输出。另外，该工作室能够选择性地对单一阀使用艾金森循环以便与一些其他技术(例如，通过调整火花正时、节气门等来降低扭矩输出)相比以更具燃料效率的方式产生较低水平的扭矩输出。

[0094] 应了解的是，不需要发动机中的所有工作室都具有相同的阀控制系统。而是，可以将工作室划分为两个或更多个不同的组，这些组各自具有不同的能力。举例而言，一个或多个工作室可以仅能够实现两种模式(即，在致动所有进气阀时停用或点火)或者仅一种模式(即，在每个发动机循环过程中点火而不被跳过)。然而，其他工作室可以具有上文结合图1-13所描述的多个独立控制的进气阀。此类混合组的工作室相对于常规发动机而言仍允许更大的灵活性和控制、并且相对于其中的每个工作室都能够实现多级扭矩输出的发动机而言有助于降低硬件成本和复杂性。

[0095] 图14A-14H描述了各种各样不同的示例性工作室安排。这些图中的每个图包括具有多个单元格、以及关于动力水平和汽缸数的索引的图表。每个图表指示了在示例性四缸发动机中每个汽缸(用数字1-4标识)能够实现的不同动力水平(即，扭矩输出水平)。即，如

果汽缸具有与填写了动力水平1相关联的单元格，则这意味着该汽缸能够被点火来产生高扭矩输出(例如，CTF＝1.0或100％最大可允许输出)。如果汽缸具有与填写了动力水平2相关联的单元格，则这意味着该汽缸能够被点火来产生低或部分扭矩输出(例如，CTF＝0.7或70％最大可允许输出)。如果汽缸具有与填写了动力水平3相关联的单元格，则这意味着该汽缸能够被停用(因此在所选工作循环期间不产生扭矩输出)。

[0096] 在所展示的实施例中，仅三个动力水平是可获得的，然而在其他实施例中这些汽缸中的至少一些可能能够产生多于三个的动力水平，例如图13A-13B所示。图14A-14H中的每个图表指示了具有不同能力的工作室/阀系统的不同安排和组合。这些图表中所描述的这些汽缸被安排成使用本申请中所描述的(例如，结合图1-13所讨论的)阀控制系统、操作和特征中的任一者来产生不同的动力水平。

[0097] 每个图表还与燃料效率值相关联。各燃料效率值是基于发明人所进行的模拟。这个值指示了相对于常规的四缸发动机(例如，没有任何能够停用汽缸的能力)该构型所具有的估计的燃料效率增益。应了解的是，与图14A-14H中的这些图表中的每一者相关联的燃料效率值是初步的、是基于实验模拟、并且对于不同的发动机设计和应用而言可能变化的。

[0098] 出于对比目的，图14A是指示以下汽缸构型的图表，在该汽缸构型中所有汽缸仅能够实现两个动力水平，即每个汽缸都可以被跳过或点火来产生单一水平的扭矩输出。可以在跳过点火式发动机控制系统中使用这样的构型。在这种设计中，在任一次点火的过程中，两个进气阀均被致动。通过控制阀的打开和关闭时间的凸轮相位器和控制所有汽缸的MAP的节气门可以调整与点火相关联的空气进气量。这些控制系统不允许对隔离的工作室的输出进行大的快速调整。虽然可以通过延迟火花正时来减小工作室的输出，但是通常希望的是避免这种控制方法，因为它是低燃料效率的。图14A中所示的汽缸构型具有适中的燃料效率，因为在此类条件下点火有助于减少工作室中的泵送损失并且在一些情况下可以接近最佳燃料效率地将汽缸点火。

[0099] 图14B展示了具有汽缸停用的常规发动机的构型。两个汽缸在每个发动机循环的过程中被点火、即不能被停用。在所选工作循环的过程中，两个其他汽缸可以被点火来产生单一水平的扭矩输出、或者被停用。由于此类发动机不能跳过每个汽缸，所以其燃料效率可能稍微少于图14A中所展示的构型。然而，相对于用于所有汽缸(例如，如图14A所示)的单级跳过点火式发动机设计而言，可能要求较少的硬件来支持此类系统。

[0100] 图14C描述了以下构型，在该构型中，每个汽缸能够实现三个输出水平：被停用(没有扭矩输出)和以另外两个不同的动力水平来点火。这样的构型可以通过使用本申请中所描述的阀控制系统(例如独立控制用于每个汽缸的进气阀、基于奥托和艾金森循环等来操作进气阀)中的任一项来实现。这样的途径可以提供燃料效率的显著增益。然而，还可能要求每个汽缸具备额外的硬件和阀控制相关特征。

[0101] 图14D代表更简单的途径，在该途径中两个汽缸能够实现图14C中标记的三个动力水平。然而，其余两个汽缸是不可停用的并且在每个发动机循环的过程中以单一动力水平点火。因此，相对于常规的非跳过点火式发动机中的汽缸，汽缸2和3可能要求极少的或不要求额外的硬件。

[0102] 在一些实施例中，图14D中标记的汽缸1-4被安排成最大效率地利用该发动机中的空间。图15中示出了此类安排的实例。图15是发动机1500中的一组或一排汽缸1-4的顶视

图。汽缸1和4被定位在这个组的两端处，并且汽缸2和3位于这排汽缸的中间。

[0103] 图15展示了以下实例，在该实例中能够实现较多输出水平/能够实现停用的汽缸被定位在一组汽缸的两端处，并且具有较少输出水平和/或不能被停用的汽缸被定位在中间。这允许额外的硬件更容易地附接至这个组的两端处的汽缸上；具有较少硬件要求的这些汽缸被定位在这个组的中间，在这里存在较少的空间并且每个汽缸在任一侧被另一个汽缸界定。所展示的实施例包括四个汽缸，但是应了解的是，类似的安排也可以用于具有更多或更少的汽缸的组/排(例如，具有三个、五个或更多个汽缸的排)。换句话说，在多个不同的实现方式中，最外汽缸(例如在这排的两端处或其附近的一个或多个汽缸)能够实现较多个输出水平，并且内部汽缸(例如，更靠近这排的中间和/或在两侧被其他汽缸环绕的一个或多个汽缸)具有较少个输出水平。在具有两个或更多个汽缸排/组的发动机中，每个汽缸组/排可以具有与图15所示相同的安排。

[0104] 图14E代表的构型是图14D和/或图15中所展示构型的修改方案。在图14E中就如同在图14D中，汽缸1和4能够实现三个输出水平。然而，汽缸2和3能够实现两个输出水平(即，它们可以被跳过或者以单一扭矩输出水平点火)。图14E中所展示的构型还可以被安排成如图15所示，因为最内汽缸(汽缸2和3)可能比最外汽缸(汽缸1和4)要求更少的硬件并且具有更少的相关联输出水平。

[0105] 在图14F中，每个汽缸具有两个输出水平，但是输出水平的类型能够不同。在这个示例性构型中，汽缸1和4具有两个输出水平-它们可以被点火来产生单一扭矩输出水平并且还可以在选定工作循环期间被停用。汽缸2和3不能被停用、但是可以以两个不同输出水平点火。相对于其中的每个汽缸都能够产生三个或更多个输出水平的构型，图14F中所展示的构型可能要求较少的硬件。初步测试还指示了，这样的构型甚至与单级跳过点火式发动机系统(如图14A中所展示的)相比可以是相当具有燃料效率的。

[0106] 图14G展示了以下构型，在该构型中这些汽缸中的两个汽缸(汽缸1和4)具有三个输出水平(即，被停用以及以两个不同的扭矩输出水平点火)。另两个汽缸(汽缸2和3)不能被停用但是能够被点火来产生两个不同的扭矩输出水平。图14G中所描述的构型也可以被安排成如图15所示。即，具有较多个输出水平的汽缸1和4被放在该汽缸排/组的两端处，而具有较少个输出水平的汽缸(汽缸2和3)被定位在该排/组的中间或内部部分中。如之前所讨论的，在多个不同的实施例中，汽缸1和4要求更多硬件来支持额外的输出水平，并且该汽缸排/组的外端为此类硬件提供更多的空间以便安装。

[0107] 图14H代表其中所有汽缸都不能被停用或跳过的一个变体。然而，每个汽缸能够被点火来产生两个不同的扭矩输出水平。在多个不同的实现方式中，这个构型相对于常规的跳过点火式发动机控制系统而言可以具有较小的NVH、并且相对于其中的汽缸能够实现更多个输出水平的系统而言可能要求较少的硬件。

[0108] 本申请中所描述的阀控制系统中的任一者都可以用来实施图14A-14H中所展示的实施例。即，图14A-14H中所展示的多个不同的实施例涉及一个或多个汽缸，这些汽缸可以被停用和/或被点火来产生多个水平的扭矩输出。这样的多水平扭矩输出可以用多种多样的方式来实现。例如，在一些实施例中，每个汽缸包括两个进气阀，其中每个进气阀由不同的致动器(例如，如图2-7中所描述的)来控制。为了产生高扭矩输出，在所选工作循环的过程中，使空气穿过这两个进气阀。为了产生低扭矩输出，在所选工作循环的过程中，使空气

穿过仅一个进气阀或者通过LIVC阀将空气从该汽缸中推出。如图2-7中所展示的，一个或多个排气阀的控制可以由一个或多个致动器来完成。在一些途径中，该汽缸被配置成具有单一进气阀，在该阀中阀提升是可调整的，使得该汽缸能够被点火来产生多个不同的扭矩输出水平(例如，如结合图8和9所讨论的)。图14A-14H中所展示的构型也可以在具有上述阀通路安排(例如，如结合图10A、10B和11所描述的)中的任一者的发动机系统中使用。在一些设计中，能够实现多水平扭矩输出的每个汽缸使用不同的循环来操作不同的进气阀(例如，如结合图12A-12E和13A-13B所讨论的)。即，可以使用图13A和13B的图表中所描述的技术(例如，致动EIVC/LIVC阀和普通阀来产生特定扭矩输出、并且将这些阀之一停用来产生不同的第二扭矩输出，等等)来产生在图14A-14H的图表中所描述的不同水平的扭矩输出。

[0109] 多级跳过点火式发动机控制系统

[0110] 本发明的多个不同的实施例涉及一种多级跳过点火式发动机控制系统。该发动机的一个或多个工作室能够被点火来产生至少两个不同水平的非零扭矩输出。可以基于逐个点火时机地控制该工作室输出扭矩。可以基于逐个点火时机地通过将汽缸点火或跳过来控制总的发动机扭矩输出。基于所希望的发动机扭矩，该发动机控制系统确定用于以跳过点火的方式运行该发动机的点火序列。该序列指示了一系列跳过和点火。针对每次点火，该序列指示了相关联水平的扭矩输出。该发动机的工作室基于该点火序列来运行来递送所希望扭矩。这样的跳过点火式点火序列在此被称为多级跳过点火式点火序列。

[0111] 所描述的多级跳过点火式发动机控制系统的实施例可以用于本申请中所描述的发动机、工作室、进气通路以及阀控制系统中的任一者。例如在多个不同的实施例中，该系统产生点火序列，该点火序列涉及以多个扭矩输出水平将一个或多个工作室点火。这些工作室各自可以通过使用独立控制的进气阀和/或排气阀、通过根据不同的循环(例如奥托和艾金森)来运行同一工作室的进气阀、和/或结合附图所描述的任何其他特征或技术而产生这样的高或低扭矩输出。然而，应了解的是，所描述的多级跳过点火式发动机控制系统不限于此类系统和操作，并且它们可以应用于能够产生多个水平的工作室输出的任何发动机或工作室设计。它尤其适用于基于逐个点火时机地做出点火决定的控制系统，但是不限于这种类型的控制系统。

[0112] 接下来参见图16，将根据本发明特定实施例来描述多级跳过点火式发动机控制器1630。该发动机控制器1630包括点火分数计算器1602、点火正时确定模块1606、点火控制单元1610、动力传动系参数调整模块1608以及发动机诊断模块1650。发动机控制器1630被安排成以跳过点火式方式运行该发动机。

[0113] 发动机控制器1630接收代表所希望的发动机输出的输入信号1614以及多种不同车辆运行参数，诸如发动机速度1632和变速箱档位1634。输入信号1614可以是作为对所希望的发动机输出或转矩的要求来处理的。信号1614可以是接收自或源自加速踏板位置传感器(APP)或其他适合的来源，诸如定速巡航控制器、转矩计算机，等等。任选的预处理器可以在提供给发动机控制器1630之前改变加速踏板信号。然而，应理解的是在其他实施方式中，加速踏板位置传感器可以与发动机控制器1630直接通信。

[0114] 点火分数计算器1602接收输入信号1614(并且在存在其他适合的来源时)和发动机速度1632并且被安排成用于确定将会适合于递送所希望输出的点火分数。在多个不同的实施例中，该点火分数是指示或代表点火数与点火时机数(即，点火数加上跳过数)之比的

任何数据。

[0115] 在一些实现方式中，该点火分数计算器1602初始地生成有效点火分数。在多个不同的实施例中，有效点火分数(EFF)是点火分数与针对点火事件的加权平均归一化参考汽缸进气量的乘积。(相应地，在这样的实施例中，有效点火分数(与点火分数不同)可能没有清楚地指示出点火数与点火时机数之比)。在多个不同的实施例中，该归一化参考汽缸进气量或汽缸扭矩分数具有至少两个潜在的相异的非零值，这两个值各自是与汽缸组相关联的。在数学上，可以将发动机扭矩分数(ETF)关于有效点火分数(EFF)表达为

[0116] $ETF = EFF * CTF^{act}{}_{H}$ (等式5a)

[0117] 其中$CTF^{act}{}_{H}$是最高进气量水平汽缸组中实际进气量。对具有两个进气量水平的系统而言，高水平扭矩进气量可以被称为满进气量，并且低水平扭矩进气量可以被称为部分进气量。在本申请中的以上描述的多个不同的实例中，通过将工作室点火而产生的扭矩量的特征为汽缸扭矩分数(CTF)，该汽缸扭矩分数给出了工作室输出相对于参考值的指示。例如，这些CTF值可以是相对于在参考大气压力和温度下，即，100kPa和0℃、以及适当的气阀和火花正时下的工作室以开大的节气门产生的最大可能的输出扭矩的。当然，可以使用其他范围和参考值。在这一应用中，CTF总体上是0和1.0之间的值，尽管其可以在一些情形下大于1.0，诸如在低大气温度和/或运行在海平面以下或在增压发动机中。对本申请中所描述的一些实施例而言，满进气量涉及1.0的CTF值，并且部分进气量涉及0.7的CTF值。为清晰起见，将在本发明的以下描述中使用这些值，但是应了解的是这些值将取决于确切的发动机设计和发动机运行条件而变化。应了解的是，工作室所递送的实际CTF可以根据这些参数值来调整。

[0118] 在一些实施例中，该点火分数计算器1602被安排成用于确定水平点火分数和汽缸扭矩水平(例如，如在等式2中所见)的、将适合于递送所希望输出的一个或多个组合。这些组合还可以表达成有效点火分数(EFF)1611。在一些设计中，发动机扭矩分数(ETF)可以表达成EFF与调整因子α的乘积：

[0119] $ETF = EFF * CTF^{act}{}_{H} = EFF * CTF^{R}{}_{H} * \alpha$ (等式5b)

[0120] 其中$CTF^{R}{}_{H}$是与具有最高汽缸进气量的汽缸组相关联的参考汽缸扭矩分数。如上文所描述的，在此提供的描述中$CTF^{R}{}_{H}$被假设为1，但是这不是必需的。该调整因子α取决于发动机参数设置(例如火花正时以及节气门与凸轮相位器位置)而变化。

[0121] 该点火分数计算器1602可以取决于具体应用的需要而以各种各样的方式来生成点火分数。例如在一些实现方式中，有效点火分数是选自预先限定的有效点火分数库和/或查找表。多个不同的实现方式涉及使用查找表、基于一个或多个发动机参数(例如，档位、发动机速度等)、燃料消耗、最大可允许CTF、和/或与各个有效点火分数相关联的NVH来确定有效点火分数。下文更详细地描述这些以及其他途径。

[0122] 一旦计算器1602确定了有效点火分数，该分数就被传送给点火正时确定模块1606。基于所接收的有效点火分数，该点火正时确定模块1606被安排成发出一系列点火命令，这些点火命令使得发动机递送该百分比的点火数并且递送必需的点火输出扭矩水平以产生所希望的发动机输出。可以用各种各样的方式、例如使用西格玛德尔塔转换器或通过使用一个或多个查找表或使用状态机器来产生这个序列。点火正时确定模块1606输出的这一系列的点火指令(有时称为驱动脉冲信号1616)被递送给点火控制单元1610，该点火控制

单元通过引导至这些发动机工作室1612的点火信号1619来指挥实际点火。

[0123] 由该点火正时确定模块1606发出的这系列点火命令指示了跳过和点火以及与点火相关联的扭矩水平的组合。在多个不同的实施例中，针对每次点火，该序列指示了具体的扭矩输出水平，该扭矩输出水平选自两个或更多个可能的扭矩输出水平。该序列可以采取任何合适的形式。例如在一些实施例中，该序列是由多个值例如0、0、0.7、1构成的。这个实例指示了，在接下来的四个点火时机的过程中，相关联的工作室应是跳过、跳过、点火(以较低水平的工作室输出，例如参考汽缸扭矩输出的70％等)以及点火(以高水平的工作室输出，例如参考汽缸扭矩输出的100％等)。指示了具有多个水平的工作室输出的跳过和点火的点火序列在此被称为多级跳过点火式点火序列。

[0124] 该点火正时确定模块1606可以以各种各样的方式来确定点火决定或点火序列。例如在多个不同的实现方式中，该点火正时确定模块1606搜索一个或多个查找表来确定多个水平点火序列。适当的多个水平点火序列可以被安排成用于将燃料经济性最大化、同时实现可接受的NVH特征。影响NVH的因素可以包括传动齿轮、发动机速度、汽缸进气量和/或其他发动机参数。基于有效点火分数、燃料经济性、NVH考虑因素和/或上述因素中的一个或多个，模块1606从多个点火序列选项中选择多水平点火序列。在其他实现方式中，模块1606使用西格玛德尔塔转换器或算法来确定合适的点火序列。可以使用任何合适的算法或方法来产生将递送所希望发动机扭矩的点火序列。以下结合图17-22描述了用于确定该点火序列的多种技术。

[0125] 在所展示的图16中所示的实施例中，提供了与点火正时确定模块1606合作的动力传动系参数调整模块1608。动力传动系参数调整模块1608引导这些发动机工作室1612适当地设定选定的动力传动系参数以确保实际发动机输出基本上等于所要求的发动机输出。例如，在一些条件下，为了递送所希望的发动机扭矩，必须调整工作室每次点火产生的输出。动力传动系参数调整模块1608负责设定任何适合的发动机设定(例如，充气量、火花正时、凸轮正时、气阀控制、排放气体再循环、节气门，等等)以便帮助确保实际发动机输出匹配所要求的发动机输出。因此该发动机输出不局限于仅在多个分立水平下运行、而是在多个不同的实现方式中可以通过调整发动机设置来以连续的模拟的方式被调整。在数学上，在一些途径中，这可以被表达成在每个汽缸组的输出中包括乘法因子。因此可以修改等式2并且与等式5组合，使得

[0126] $ETF = \alpha * CTF^{R}_{H} * EFF = \alpha_1 * CTF^{R}_{1} * FF_1 + \alpha_2 * CTF^{R}_{2} * FF_2 + \ldots + \alpha_n * CTF^{R}_{n} * FF_n$ (等式6)

[0127] 其中α_1、α_2、以及α_n代表与每个汽缸组相关联的汽缸负载中的调整因子，并且CTF^{R}_{1}、CTF^{R}_{2}以及CTF^{R}_{n}代表每个汽缸组的参考汽缸扭矩分数。应了解的是，一些发动机设置(例如节气门位置)影响对所有汽缸组的调整，而一些设置(例如火花正时和/或注入燃料质量)可以逐个组地或甚至逐个汽缸地调整。在多个不同的实现方式中，每个不同的汽缸组将具有不同的火花正时以及注入燃料质量。可以调整每组的火花正时以便为该组提供最佳燃料效率，并且可以调整注入燃料质量以对所有组获得基本上理论空燃比。在这种情况下，注入燃料量将与所产生的汽缸扭矩大致成比例。

[0128] 该发动机控制器1630还包括发动机诊断模块1650。该发动机诊断模块1630被安排成用于检测该发动机中的任何发动机问题(例如，爆震、点火失败等)。可以使用任何已知的技术、传感器或检测过程来检测这些问题。在多个不同的实施例中，如果检测到问题，该发

动机诊断模块1650就命令该点火控制单元1610执行多个操作来降低该问题在将来出现的可能性。在多个不同的实施例中，生成多级跳过点火式点火序列来解决该潜在问题。稍后在本申请中例如结合图24和26来描述可以通过发动机诊断单元1650执行的多个示例性操作。

[0129] 应了解的是，发动机控制器1630不限于图16所示的特定安排。可以将所展示模块中的一个或多个整合在一起。替代地，具体模块的特征可以代替地分布到多个模块中。来自一个模块/部件的一个或多个特征可以(替代地)由另一个模块/部件来执行。基于以下专利申请，发动机控制器还可以包括多个额外的特征、模块或操作：包括美国专利号7,954,474、7,886,715、7,849,835、7,577,511、8,099,224、8,131,445、8,131,447和8,616,181；美国专利申请号13/774,134、13/963,686、13/953,615、13/953,615、13/886,107、13/963,759、13/963,819、13/961,701、13/963,744、13/843,567、13/794,157、13/842,234、13/654,244、13/654,248、14/638,908、14/799,389、14/207,109和14/206,918；以及美国临时专利申请号61/080,192、61/104,222、和61/640,646，这些申请各自出于所有目的通过援引并入本文。可以将以上专利文献中描述的任何特征、模块和操作添加至所展示的发动机控制器1630。在不同替代实现方式中，可以使用一个微处理器、ECU或其他计算装置，使用模拟部件或数字部件，使用可编程逻辑，使用前述各项的组合和/或以任何其他适合的方式来在算法上实现这些功能块。

[0130] 接下来参见图17，将阐述根据本发明具体实施例的用于确定多级跳过点火式点火序列的方法。该方法可以由图16中所展示的发动机控制器1630执行。

[0131] 初始地，在步骤1705处，该发动机控制器1630基于输入信号1614(图16)、当前发动机运行速度、变速器档位、和/或其他发动机参数来确定所希望的发动机扭矩。输入信号1614源自任何适合的一个或多个传感器或运行参数，包括，例如，加速踏板位置传感器。

[0132] 在步骤1710处，该点火分数计算器1602确定适合于递送所希望扭矩的有效点火分数。在多个不同的实施例中，如之前所讨论的，该有效点火分数包括每个汽缸组的点火分数以及该汽缸组的相关联扭矩水平两者。有效点火分数的确定可以基于任何合适的发动机参数，例如档位、发动机速度等，以及其他发动机特征例如NVH和燃料效率。在一些实施例中，该有效点火分数选自一组预定有效点火分数，这组有效点火分数被确定为是有燃料效率的和/或对于给定的发动机参数具有可接受的NVH特征。可以使用任何合适的机构、例如结合本申请的图18所描述的一个或多个查找表来产生或选择该有效点火分数。在图18中展示了用于确定合适的有效点火分数的一个途径。图18展示了示例性查找表1800，该查找表包括发动机速度和点火分数(EFF)的索引。这个表是与特定档位相关联的，即可能存在用于其他档位的其他表。替代地，在所展示的表的另一版本中，档位是对该表的额外索引。针对每个有效点火分数和发动机速度，该表指示了仍提供可接受的NVH性能的最大可允许高水平工作室扭矩输出。每个有效点火分数是基于与每个点火水平相关联的点火分数与在每个水平下的输出的组合。针对具有两个具有不同扭矩水平的汽缸组的多级跳过点火式发动机的情况，可以将有效点火分数(EFF)表达为点火分数(FF)，并且将高水平点火数与总点火数之比被表示为HLF(高)。图19中示出了与这些不同的有效点火分数相关联的FF值和HLF值。

[0133] 该最大可允许工作室输出值反映出的事实是NVH一般倾向于在较高水平的工作室输出下增大。因此，针对任何给定的发动机速度和有效点火分数，希望的是确保工作室输出不超过特定水平，从而使得NVH保持在可接受水平。在多个不同的实施例中，该点火分数计

算器1602搜遍该表，从而找到一个或多个适用于递送所希望扭矩的、并且还满足该表中的工作室输出要求的有效点火分数。

[0134] 为了帮助阐明可以如何使用该表，将描述一个实例。在这个实例中，所希望的发动机扭矩分数是0.2，并且发动机速度是1300RPM。如果与高水平点火汽缸组相关联的参考扭矩值是最大扭矩值，则有效点火分数必须等于或超过该发动机扭矩分数以便产生所希望的扭矩。因此在这个实例中，仅0.2或更大的EFF值才能够产生所要求的扭矩输出。图18中的表1800在列1802中列出了大于0.2的可能EFF值阵列。

[0135] 该点火分数计算器可以搜遍列1802的关于针对1300RPM发动机速度的这些行，来寻找在递送所要求发动机扭矩的同时提供最佳燃料效率以及可接受NVH的合适的有效点火分数。

[0136] 举例而言，当发动机负载(发动机扭矩分数)为0.2时考虑有效点火分数为0.57。检查该表1800显示出，与高扭矩点火相关的扭矩水平(等式5a和5b的$CTF^{act}{}_{H}$)必须小于0.14的CTF(条目1804)以获得可接受的NVH性能。然而，它将只会产生0.57*0.14＝0.08的ETF，这远低于所要求的扭矩水平。因此，在这种情况下，将不排除使用0.57的EFF，因为它不能同时满足NVH和扭矩要求。在多个不同的实施例中，该点火分数计算器1602搜遍表1800的这些行直至找到合适的有效点火分数。例如在0.70的有效点火分数时，递送所希望扭矩而要求的工作室输出(CTF)＝0.2/0.70＝0.29。检查图19中所示的表指示了，0.7的EFF对应于FF＝1以及HLF＝0。因此，所有这些点火均是与0.7的低水平参考CTF相对应的低水平点火，并且所有这些点火时机均将涉及点火并且在这种情况下将不存在跳过。

[0137] 递送所希望扭矩而要求的高水平工作室输出为0.29，该值低于表1800中所描述的高水平工作室输出阈值(0.58，条目1806)，因此可以考虑将该有效点火分数用于运行发动机。该点火分数计算器1602继续搜遍这些行并且可以确定，多个有效点火分数满足该表的最大工作室输出要求。每个这样的有效点火分数在此被称为候选有效点火分数。

[0138] 该点火分数计算器1602接着选择这些候选有效点火分数中的一个。此选择可以用任何合适的方式来进行。例如在一些实现方式中，该点火分数计算器1602搜索另一个表或模块，该表或模块指示了对于多个有效点火分数中的每一个而言的相对燃料消耗或效率。基于这个燃料消耗信息，该计算器选择这些候选有效点火分数中的一个。即，计算器1602选择最具或最高燃料效率的候选有效点火分数。所选择的有效点火分数呈现出通过调整发动机参数来实现所希望的调整因子(如关于等式5所述)来递送所希望的发动机输出而必须的、根据高水平和低水平点火的扭矩输出。在多个不同的实现方式中，所选择的有效点火分数通常是基于在以可接受的NVH性能运行同时具有最大化燃料经济性来选择的。一旦已经选择或生成了该有效点火分数，就将它传送至该点火正时确定模块1606。

[0139] 之后，在图17的步骤1715处，该点火正时确定模块1606确定多级跳过点火式点火序列。该多级跳过点火式点火序列指示了一系列点火决定(即，点火和跳过)。针对该序列中的每次点火，选择工作室扭矩输出水平。在多个不同的实施例中，在该序列中指示了这个选择。

[0140] 该多级跳过点火式点火序列可以用各种各样的方式来产生，这取决于具体应用的需要。例如在一些实现方式中，该点火正时确定模块1606搜索一个或多个查找表，这些查找表指示了基于一个或多个所选发动机参数(包括优选点火分数在内)的合适的点火序列。额

外地或替代地，该点火正时确定模块1606可以包括输出这些点火决定和/或点火序列的西格玛德尔塔转换器或电路。以下在图19-22中描述了各种各样不同的实例实现方式。

[0141] 图19-20展示了一个具体的实现方式。在这个实现方式中，该点火正时确定模块1606使用一个或多个查找表来确定多级跳过点火式点火序列的多个特征。在图19中展示了示例性查找表。图19是指示了针对一组有效点火分数(EFF)中的每一个而言的点火分数(FF)和高水平分数(HLF)的表。点火分数(FF)指示了在多个点火时机的区间上点火数与点火时机数(例如，点火和跳过)之比。该点火分数不一定对于每次点火呈现出固定水平的扭矩输出。水平分数(LF)是帮助指示各自产生特定(例如高或低)水平扭矩输出的点火数与总点火数之比的任何值。在所展示的实施例中，使用了高水平分数(HLF)，该高水平分数指示了高水平扭矩输出点火数与总点火数之比。

[0142] 在这个特定实例中，将工作室点火可以产生两个不同水平的工作室输出：高水平扭矩输出(例如参考汽缸扭矩输出的100％)以及低水平扭矩数据(例如，参考汽缸扭矩输出的70％)。由于每次点火可以产生两个水平的扭矩输出，所以如果HLF是1/3，则在某个区间上点火数的1/3产生高水平扭矩输出并且点火数的2/3产生低水平扭矩输出。上述系统和指示物可以视情况来修改以适用于不同的实现方式，例如用于多于两个水平的工作室扭矩输出。

[0143] 使用图19中所展示的查找表，该点火正时确定模块1606基于步骤1710中所确定的有效点火分数(EFF)来确定多级跳过点火式点火序列(例如高水平分数和点火分数)的特征。因此，在图19中所展示的实例中，如果EFF是0.57，则点火分数是2/3，并且该高水平分数是1/2。

[0144] 在多个不同的实施例中，该点火正时确定模块1606接着生成符合所确定的点火特征的多级跳过点火式点火序列。即，为了使用上述实例，如果点火分数是2/3并且该高水平分数是1/2，则该点火正时确定模块1606产生在所选区间上包括多个点火时机结果的混合的点火序列。在该区间中，点火决定的2/3是点火并且1/3是跳过。在点火中，1/2是与高扭矩输出相关联的并且其余是与低扭矩输出相关联的。在一些实施例中，该点火序列采取一系列CTF数值的形式，例如0、1、0.7、0的序列可以指示跳过、高扭矩输出点火、低扭矩输出点火以及另一次跳过。该点火序列可以使用任何合适的算法、电路或机构来产生。

[0145] 图20中展示了一个这样的电路。图20展示了是该点火正时确定模块1606的一部分的西格玛德尔塔电路2000。在所展示的实例中，该点火正时确定模块1606将从图19的表中获得的点火分数(FF)和高水平分数(HLF)输入西格玛德尔塔电路2000中以便产生合适的多级跳过点火式点火序列。电路2000可以以硬件或软件来实现(例如，作为软件模块的一部分或者以可执行计算机代码来实现)。在附图中，符号1/z指示延迟。

[0146] 电路2000的顶部部分有效地实施一阶西格玛德尔塔算法。在该电路2000中，在输入2002处提供点火分数(FF)。在减法器2004处，将点火分数2002和反馈2006相加。总和2008被传送至累加器2010。该累加器2010将总和2008与反馈2014相加以产生总和2012。总和2012作为反馈2014被反馈至累加器2010。总和2012被传送至量化器2018并且转换成二进制流。即，量化器2018产生点火值2020，该值形成了0和1的序列。每个0指示应跳过相关联的工作室。每个1指示应将相关联的工作室点火。该点火值在转换器2019处被转换成浮点数以便产生值2022，该值作为反馈2006被输入减法器2004中。

[0147] 该电路的底部部分关于由值2020所指示的每次点火指示了为了递送所希望的扭矩，该点火应产生什么水平的扭矩输出。值2022被传送至乘法器2023，该乘法器还接收HLF 2001。该乘法器2023将这两个输入值相乘。因此，如果在值2022处指示跳过，则这致使乘法器2023的输出为0。以上乘法产生了值2026，该值被传送至减法器2035。该减法器2035从值2026中减去反馈2027。所得的值2037被传送至累加器2028。该累加器2028将值2037与反馈2030相加。所得的值2032作为反馈2030被反馈至累加器2028并且还被传送至量化器2040。该量化器2040将该输入转换成二进制值，即0或1。(例如，如果输入值2032>＝1，则量化器的输出值是1，否则该输出值是0)。所得的高水平标志2042指示了相关联的点火(如由点火值2020所指示的)是否为应产生高水扭矩输出的点火。即，在这个实例中，如果该高水平标志2042是0，则相关联的点火应产生低水平输出。如果该高水平标志2042是1，则相关联的点火应产生高水平输出。(如果点火值2020指示跳过，则高水平标志2042将是0并且是不相关的)。该高水平标志2042被传送至转换器2044，该转换器将该值转换成浮点数。所得数字2046作为反馈2027被传送至减法器2035。

[0148] 因此上述电路提供了可以用于运行发动机的多级跳过点火式点火序列。在这个实例中，基于点火分数(FF)(例如在图17的步骤1710中和/或图19的查找表中确定的)，产生了点火值2020。如果点火值2020是1，则将相关联的工作室点火。针对每次这样的点火，高水平标志2042可以是0或者1，这取决于(高)水平分数2001(例如，如使用图19的查找表所确定的)。如果该高水平标志是1，则该点火应是产生高水平输出的点火。如果是0，则该点火应是产生低水平输出的点火。如果点火值2020是0，则应跳过相关联的工作室。将这个零值传送至乘法器2023将致使相关联的高水平标志也成为0。随着时间的推移，该电路可以产生两个二进制流的值，这些值指示了点火决定和工作室输出水平，例如1-0(即，点火值2020是0或者1，高水平标志2042是0或者1)、0-0、1-0、0-1、1-1。

[0149] 图21展示了另一个电路2100，该电路被安排成用例如图17的步骤1710中所确定的有效点火分数(EFF)来产生多级跳过点火式点火序列。这样的电路有时被称为多位或多级西格玛德尔塔。从代表该有效点火分数的输入2102开始，该电路被安排成产生输出2130，该输出指示跳过、以高水平扭矩输出来点火或者以低水平扭矩输出来点火。

[0150] 在该电路中，输入2102(是在步骤1710中所确定的EFF)被传送至减法器2104。从该输入2102中减去反馈2132。所得的值2106被传送至累加器2107。该累加器2107将反馈2108与值2106相加。所得的总和2110作为反馈2108被反馈至累加器2107。该总和2110还被传送至减法器2126和减法器2112。值2124被定义为1，该值指示了高水平工作室输出。值2124被传送至开关2122和减法器2126。减法器2126从总和2110中减去值2124以产生值2128，该值被传送至开关2122。

[0151] 值2114在这个实例中被定义为0.7并且旨在指示低水平工作室输出。值2114被传送至减法器2112以及开关2118。减法器2112从总和2110中减去值2114以产生值2140，该值被传送至开关2118。

[0152] 开关2118接收三个输入值：值2114、值2140以及值2116。值2116指示最低水平工作室输出(例如不产生扭矩的跳过)。开关2118根据值2140将值2114或值2116作为其输出值来传递。如果值2140小于0，则开关2118的输出值等于值2116。如果值2140大于或等于0，则该开关2118的输出值是值2114。该开关的输出值2120被传递至开关2122。

[0153] 开关2122接收三个输入值：值2120、值2128以及值2124。该开关根据值2128将值2120或值2124作为输出值来传递。如果总和2128小于0，则开关2130的输出值是值2120。如果值2128大于或等于0，则该开关2130的输出值是值2124。开关2122的输出值作为反馈2132传送至减法器2104。

[0154] 开关2122的输出值2130指示了点火决定，并且如果该点火决定涉及点火，则指示该点火的扭矩输出水平是多少。在所展示的实施例中，该输出值2130是0、1、或0.7。因此，基于输入值2102，输出值2130指示相关联的工作室在特定工作循环的过程中是被跳过、以高水平输出被点火还是以低水平输出被点火。随着时间的推移，电路2100被安排成用于产生一连串值(例如，0、1、0.7、0.7、0、1等)，这些值形成多级跳过点火式点火序列(例如，指示了跳过、以高水平扭矩点火、以低水平扭矩点火、以低水平扭矩点火、跳过、以高水平扭矩点火等)。

[0155] 应注意的是，在上述实例中，多级跳过点火式点火序列具有至少三个不同水平0、0.7和1的混合。通过使用这三个不同的水平，许多不同的序列可以产生相同或相似的有效点火分数。可以用该点火分数计算器1602或该点火正时确定模块1606(图16)来确定这些多级跳过点火序列中的哪一个在递送所要求输出扭矩水平和可接受NVH特征的同时产生了最佳燃料经济性。稍微违反直觉地，有时可能希望的是甚至当可以通过使用所有低输出扭矩脉冲提供总发动机扭矩输出时，插入高扭矩输出点火，因为使用高输出扭矩脉冲可能会使发动机产生的噪音和振动偏离共振或其他不期望的频率。

[0156] 图22展示了用于基于图17的步骤1710中所确定的有效点火分数(EFF)来确定多级跳过点火式点火序列的另一种途径。在这个途径中，点火正时确定模块1606使用一个或多个查找表来基于在步骤1710中所确定的有效点火分数(EFF)选择多级跳过点火式点火序列。

[0157] 图22包括示例性查找表2200。该查找表2200指示了多个不同的多级跳过点火式点火序列。每个序列(例如该表中的每行)涉及多个点火时机结果并且是与不同的有效点火分数相关联的。在该表中，每个点火时机结果被定义为0(指定跳过)、1(指定以高扭矩输出水平点火)或者0.7(指定以低扭矩输出水平点火)。每个点火时机是与特定汽缸相关联的，如由与4缸发动机的汽缸1-4相关联的这些列所指示的。

[0158] 在这个实例中，该点火正时确定模块1606使用该表2200来确定将递送基本上与在步骤1710中所确定的有效点火分数相同的发动机扭矩量的多级跳过点火式点火序列。举例而言，如果该有效点火分数是0.47，则相关联的点火序列是0.7、0.7、0、0.7、0.7、0、0.7、0.7、0、0.7、0.7、0。这意味着在连贯的工作循环中，工作室被点火、被点火、被跳过、被点火、被点火、被跳过、被点火、被点火、被跳过、被点火、被点火、以及被跳过。对每次点火使用0.7并且不存在1指明，所有被点火的工作室均被点火来产生低扭矩输出、不产生高扭矩输出。

[0159] 应了解的是，图18-22展示了用于确定多级跳过点火式点火序列的仅一些方式，并且上述技术可以视情况来修改以便满足不同应用的需要。例如在一些实现方式中，不需要计算有效点火分数，和/或不要求西格玛德尔塔转换器。多个不同的实施例涉及确定请求扭矩(例如，如结合图17的步骤1705所描述的)以及查询一个或多个查找表以便基于该请求扭矩来确定该跳过点火式点火序列。在一些途径中，这些表的功能代替地是由软件模块、软件代码、算法或电路提供的。

[0160] 返回参见图17，在步骤1720处，该点火正时确定模块1606将该跳过点火序列传递至点火控制单元1610。该点火控制单元1610接着将点火决定指派给相关联的工作室并且相应地运行这些工作室。即，如结合步骤1715所讨论的，在多个不同的实施例中，该序列中的每个点火是与一系列扭矩输出水平(例如高扭矩输出、低扭矩输出)相关联的。该点火控制单元1610将该序列中的每个点火及其相关联的扭矩输出水平指派给具体的工作室。这些工作室被点火并且运行来产生其相关联的扭矩输出水平。

[0161] 举例而言，如果点火序列指示了多个工作室相继被跳过、以高扭矩输出被点火、并且接着以低扭矩输出被点火，则该点火控制单元1610命令相关联的工作室以此方式来运行。在多个不同的实施例中，这可以涉及对相关联的工作室的进气阀进行独立控制来产生该跳过点火式点火序列中指示的不同扭矩输出水平。这些工作室可以通过使用在此所描述(例如，结合图1A、1B、2-11、12A-12F、13A-13B、14A-14H以及15所讨论的)的阀控制技术中的任一种来运行以产生不同的扭矩输出水平。这些工作室还可以具有在此或以上附图中所讨论的设计或安排中的任一个者。应了解的是，在不是所有的工作室都能够被点火/或跳过或者以不同的扭矩水平来控制的多个不同实施例中，图17-22中所描述的控制方法可以包括识别发动机硬件限制并且命令工作室进行高水平点火/低水平点火、适当地点火/跳过。

[0162] 在多个不同的实施例中，确定有效点火分数(步骤1710)、确定点火序列、和/或针对所选工作循环和工作室(步骤1715)来选择高或低水平扭矩输出是基于逐个点火时机地执行的。因此，上文所描述的多个操作可以响应于请求扭矩或其他条件的变化而快速地执行。在其他实施例中，以上操作以略微较小的频率(例如每隔一次点火时机或每个发动机循环)执行。

[0163] 图17的方法1700的操作可以使用图1-15中所描述的这些系统中的任一者来执行。举例而言，方法1700涉及产生点火序列，该点火序列中的每次点火是与具体扭矩输出水平相关联的。在多个不同的实施例中，这些扭矩输出水平是结合图13A-13B和图14A-14H所讨论的不同动力水平或扭矩输出水平。即，当在发动机实施该点火序列(图17的步骤1720)并且所选工作室被点火来产生不同水平的扭矩输出时，使用附图中所描述的阀控制机构和/或其他系统中的任一者来产生这些不同水平的扭矩输出。

[0164] 发动机扭矩分数和有效点火分数之间的过渡

[0165] 跳过点火式发动机控制中的一个挑战是管理不同的发动机输出扭矩水平之间的过渡。考虑以下实例，其中略微踩下加速度踏板从而指示希望更多的扭矩。这个扭矩增大请求仅可以通过将汽缸负载增大至超过提供可接受NVH水平的水平来实现。所以，选择了不同的点火分数和水平分数。然而，如果突然使用新模式，则所产生的递送扭矩变化可能太突然而产生单独的NVH问题。因此，可能希望的是在两个有效点火分数之间具有更渐进的过渡。

[0166] 这样的过渡可以使用各种各样的技术来管理。举例来说，可以调整火花正时以便在过渡过程中降低扭矩输出。然而，以此方式使用火花正时一般是不具燃料经济性的。另一个选项是使用多级跳过点火式发动机控制来管理过渡。

[0167] 图23中描述了一种示例性技术。图23展示了一种使用多级跳过点火式发动机控制来管理第一与第二有效点火分数之间的过渡的方法2300。初始地，在步骤2305处，使用特定有效点火分数来运行发动机。之后，使用第二不同的优选点火分数来运行该发动机(步骤2310)。这些不同的有效点火分数总体上是与不同的发动机输出扭矩水平相关联的，但是在

一些情况下发动机扭矩在有效点火分数过渡期间可以保持不变。

[0168] 这些有效点火分数各自可以涉及以跳过点火的方式来运行发动机。在一些情况下，可能存在各种各样的点火图案，而在其他情况下，可能存在有限数量的点火图案，例如轮流汽缸停用(rolling cylinder deactivation)，其中汽缸因而在交替的点火时机上点火和跳过。在一些情况下，有效点火分数可以对应于可变排量操作，例如其中固定一组汽缸被停用或者使用全部汽缸运行。即使通过固定汽缸组进行的可变排量操作不是跳过点火操作(如果发动机硬件支持)，仍可以使用跳火控制来在多个固定排量水平之间过渡。在一些情况下，有效点火分数可以是零，例如当滑行时。在使用特定点火分数来运行发动机的每个运行状态期间，该发动机可以使用结合图16至22所描述的这些技术中的任一种来运行。

[0169] 在步骤2315处，在两个有效点火分数之间过渡期间，发动机使用多级跳过点火式点火序列来运行。该多级跳过点火式点火序列可以用各种各样的方式来产生，这取决于具体应用的需要。例如在一些实现方式中，该有效点火分数在过渡期间逐渐升高至一个或多个中等点火分数。多级跳过点火式点火序列是基于该一个或多个中等点火分数来产生的并且被用来在过渡期间运行发动机。该过渡期间该有效点火分数的变化速率可以是基于任何合适的发动机参数的，例如绝对歧管压力。可以使用结合附图所描述的这些技术中的任一种(例如一个或多个查找表、西格玛德尔塔转换器等)来产生该多级跳过点火式点火序列。额外地，在共同转让的美国专利申请号13/799,389中描述了用于在多个模式之间的过渡期间使用跳过点火操作的多种技术，出于所有目的，该申请的全部内容并入本文。还可以使用其中所描述的任一种技术。

[0170] 一种途径涉及将预定的多级跳过点火式点火序列存储在库中(例如，一个或多个查找表中)。在多个不同的实施例中，每个跳过点火式点火序列是与特定的有效点火分数相关联的。为了确定合适的多水平点火序列来用于过渡，该点火正时确定模块1606查询该库并且从这些预定序列中选择一个序列。接着使用所选序列来在过渡期间运行发动机。

[0171] 考虑以下实例，在该实例中，使用以下点火序列来运行四缸发动机，其中四个工作室基于图案0.7、0、0.7、0来点火或跳过。即，这些工作室1-4重复地被点火、被跳过、被点火、和被跳过，其中每次点火是低水平输出点火(例如涉及CTF＝0.7)。因此针对这种类型的发动机运行，等效有效点火分数是0.35。该发动机接着过渡到另一类型的发动机运行，其中点火图案将是0.7、0.7、0.7、0.7。即，这些工作室将被反复点火并且没有工作室被跳过。每次点火将产生相同的低水平输出(例如CTF＝0.7)。因此针对这种类型的发动机运行，该有效点火分数是0.7。即，假设其他发动机参数(如MAP和火花正时)保持固定，则从第一有效点火分数(0.35)到第二有效点火分数(0.7)的过渡期间，发动机输出扭矩将翻倍。

[0172] 在这个实例中，该点火正时确定模块1606查询一个或多个查找表。基于相关联的有效点火分数，该一个或多个查找表提供了以下过渡多级跳过点火式点火序列(以下下划线)：

[0173] 0,0.7,0,0.7(第一有效点火分数)

[0174] 0,1,0.7,0

[0175] 0.7,0.7,0,0.7

[0176] 0.7,0.7,0.7,0.7(第二有效点火分数)

[0177] 接下来，随着发动机在两个有效点火分数之间过渡，基于上述过渡模式来运行工

作室1-4。由此，发动机扭矩已经较逐步地增大，因此帮助使该过渡顺利并且改善乘客舒适度。

[0178] 应了解的是，可以在多种多样发动机类型中使用上文使用的传统的多级跳过点火式点火序列。相应地，不需要的是，发动机中的每个工作室都能够被停用和/或在多个扭矩输出水平下点火。可能的是，这些工作室中的仅一个或一些将具有上述功能，例如之前结合图14A-14H所讨论的。在以上实例中，比如，仅第一和第三汽缸能够被停用。该第二和第四汽缸在每个发动机循环过程中被点火并且能够在高水平与低水平之间调整器工作室输出。

[0179] 在一些情形下，在两个有效点火分数之间的过渡期间，可能希望的是改变该水平分数。即，在允许获得多个水平的工作室扭矩输出的发动机控制系统中，在有效点火分数之间的过渡期间，可能有用的是，改变使用特定工作室输出水平的频率。

[0180] 考虑以下实例，在该实例中，发动机在两个点火分数之间变换。当使用第一有效点火分数来运行发动机时，该有效点火分数是1/2，并且该发动机的工作室1-4使用1-0-1-0(例如，在高水平工作室扭矩输出下点火、跳过、在高水平工作室扭矩输出下点火、跳过)的序列来运行。当使用第二有效点火分数来运行发动机时，该有效点火分数是1，并且该发动机使用1-1-1-1(即，每个工作室以高水平输出被点火)的序列来运行。因此，假设其他发动机参数保持固定，该发动机扭矩输出在这两个有效点火分数之间的过渡期间翻倍。

[0181] 由于上述点火均涉及产生最大工作室输出，所以针对上述运行状态中的每一者的点火分数等于有效点火分数(假设每次点火涉及CTF＝1.0)并且针对这两种状态的高水平分数(HLF)是1(即，点火100％涉及高水平输出)。在这个实例中，这些工作室各自也能够在低水平工作室扭矩输出(例如，CTF＝0.7)下点火。每个有效点火分数的特征可以是以下值：(X,Y)，其中X＝点火分数，并且Y＝HLF，如图19所示。因此，这两种状态的特征为(1/2,1)以及(1,1)。

[0182] 在这两个不同的有效点火分数之间的过渡期间，有时希望的是，使用与发动机以这些状态之一或两者运行时所使用的不同的水平分数、以跳过点火的方式来运行该发动机。在以上实例的背景下，在过渡期间，存在从(1/2,1)到(1,0)的变化，即0.7-0.7-0.7-0.7的点火序列。即，在这两个状态之间的过渡过程中的点火子集中，这些工作室以低水平输出(例如，CTF＝0.7)点火。该有效点火分数因此从1/2过渡到0.7再到1。在该过渡期间使用低水平点火的优点是，由此类点火所产生的NVH较低。这是因为这些点火涉及较低的汽缸负载并且也因为在该点火图案中不存在跳过。

[0183] 在以上实例中，发动机在以固定的有效点火分数运行时使用1并且在这些固定点火分数之间的过渡期间使用0的高水平分数来运行。反之亦然。换言之，考虑以下实例，在该实例中，每个工作室同样可以在用以下两个输出水平之一点火：高输出水平(例如，CTF＝1.0)或低输出水平(例如，CTF＝0.7)。在初始有效点火分数中，发动机使用(1/2,0)来运行。在目标有效点火分数中，发动机使用(1,0)来运行。即，在以固定的有效点火分数运行时，发动机使用0的高水平分数(即，点火均产生较低水平的扭矩输出)来运行。然而，该过渡涉及不同的高水平分数。在这个实例中，发动机使用1(1/2,1)的水平分数以跳过点火的方式来运行。因此，该有效点火分数从0.35改变到0.5改变到0.7。

[0184] 在其他实施例中，可以对该有效点火分数进行过滤以便减慢在初始与最终点火分数之间的过渡。这可以通过过滤该点火分数、过滤该水平分数、或者过滤这两个数量来实

现。针对该点火分数和水平分数的过滤技术以及时间常量可以根据过渡的性质而相同或不同。在美国专利申请号13/654,244和14/857,371中描述了用于过滤和管理过渡的方法，出于所有目的，这些申请通过引用以其全部内容并入本文。在该过渡期间可以使用这些方法中的任一种。例如在一些实施例中，通过将FF以恒定的速率并且将LF以适当的计算速率单调地加以过渡来使得EFF以恒定的速率过渡。替代地，可以首先过渡到中间点、然后过渡到最终分数(例如1/2到0.7、到1)，因此LF或FF不会单调地变化。该中间值可以根据查找表来确定；例如，2D表的效果很好，其中是一个维度是起始分数，第二个维度是目标分数。可以添加第三个维度，例如发动机参数或加速踏板位置的变化速率。并且，在某些情况下，可能希望的是，维持恒定的有效点火分数、但是改变该点火分数和水平分数。在这种情况下，FF和LF可以以恒定的相反速率过渡，使得它们的乘积EFF保持恒定。

[0185] 爆震检测以及管理

[0186] 可以使用多级跳过点火式发动机控制来帮助管理爆震。爆震倾向于在较高的压力或温度下更频繁地发生，例如当工作室用最大量的空气与燃料来点火以产生最高可能的扭矩输出时。因此，在选定的条件下，希望的是，当已经检测到爆震时，以较低的扭矩输出水平对工作室点火。

[0187] 现在参见图24，描述了一种用于降低多级跳过点火发动机控制系统中的爆震的可能性的示例方法2400。初始地，在步骤2405处，使用多级跳过点火式点火序列来运行发动机。即，多级跳过点火式发动机控制器1630接收扭矩请求并且产生多级跳过点火式点火序列来递送所希望的扭矩。基于该点火序列来运行该发动机。在多个不同的实施例中，使用本申请中所描述(例如，如图16或17所描述的)的多级跳过点火操作、机构和/或系统中的任一者来运行发动机。

[0188] 在步骤2410处，发动机诊断模块1650(图16)检测发动机1612的一个或多个工作室中的爆震。可以使用任何合适的技术或传感器来检测发动机中的可能爆震。例如在一些实现方式中，该发动机诊断模块1650接收来自一个或多个爆震传感器的传感器数据，这些传感器检测由发动机1612的这些工作室所产生的振动图案。该发动机诊断模块1650分析这些振动图案以便确定是否可能已经发生爆震。

[0189] 响应于检测到发动机1612的工作室中的(潜在)爆震，该发动机诊断模块1650要求在一个或多个所选工作循环的过程中使得一个或多个所选工作室仅以一个或多个较低输出水平点火(步骤2415)。考虑了示例性多级跳过点火式发动机控制系统，在该系统中特定工作室可以在低(例如，CTF＝0.5)、中等(CTF＝0.7)以及高(CTF＝1.0)水平下来点火。响应于检测到特定工作室中的(潜在)爆震，该发动机诊断模块1650阻止这些工作室以一个或多个所选水平(例如中等水平和/或高水平)来点火。换句话说，可以使得(高)水平分数减小/改变(从1到0)。这个限制可以应用于单一工作室、工作室子组或所有工作室。还可以应用于所选数量的工作循环或者持续预定的时间段地应用于所有工作循环。

[0190] 在多个不同的实施例中，该发动机诊断模块1650将以上要求传递至该点火正时确定模块1606，使得在确定序列来递送请求扭矩时将来的跳过点火序列将此类限制考虑在内。在步骤2420处，基于该要求以跳过点火的方式来运行该发动机。即，如在步骤2405中所描述地运行发动机，但是仅使用被允许的工作室输出水平来递送请求扭矩。

[0191] 爆震倾向于当工作室被点火来产生高扭矩输出(即在较高的CTF下)时更频繁地发

生。这是因为在这样的条件下该工作室内的压力和温度倾向于显著更高。存在降低工作室中的压力和温度的手段，例如通过调节火花正时。然而，这样的技术一般倾向于具有较少的燃料效率。通过减少空气进气量来限制点火从而降低扭矩输出水平，可以以更具燃料效率的方式来降低爆震的可能性。

[0192] 可选地，发动机诊断模块1650包括用于响应于高扭矩请求来再次实现高扭矩输出点火的特征。在步骤2425处，发动机控制器1630接收高扭矩请求，例如，基于从加速踏板位置传感器接收到的数据。在多个不同的实施例中，该高扭矩请求必须超过预定阈值以使该方法进行到步骤2430。

[0193] 在步骤2430处，响应于该高扭矩请求，发动机诊断模块1650致使该发动机控制系统继续使用高输出点火。即，消除在高输出点火上的这些限制中的一些或全部(在步骤2415处实施的)。在步骤2435处，发动机诊断模块1650、点火控制单元1610、和/或动力传动系参数调整模块1608执行一个或多个合适的操作来降低进一步爆震的风险。可以使用任何已知的技术(例如火花正时调整)来降低爆震的风险。

[0194] 减速汽缸中断服务以及启动/停止特征

[0195] 在没有工作室被点火并且歧管绝对压力升高至大气水平的一些情形中也可以使用多级跳过点火式发动机控制。例如，当车辆正在滑行和/或即将停止时，驾驶员可以将他或她的脚从加速踏板上移开。在这样的情形下，多个不同发动机系统可以变换成被称为减速汽缸中断服务(DCCO)的模式。在这种模式中为了节省燃料，发动机的这些汽缸在不需要发动机扭矩时停用。在这段时间段期间，进气阀和排气阀被关掉并且没有空气从进气歧管递送到发动机的工作室中。

[0196] 另一种情形是在实施启动/停止特征时。即，在一些发动机系统中，当车辆已经停止时，发动机不是怠速运转而是被关掉以节约燃料。在以上两种情形下，由于没有空气从进气歧管递送到工作室中，所以歧管绝对压力(MAP)与大气压相等。这存在的一个问题是，当再次压下加速踏板下或者某些其他发动机控制需求扭矩时，高的MAP可能致使发动机递送比所需要的更大的扭矩。如果不采取措施来减轻这种扭矩喘振，则车辆和/或发动机可能突然加速。

[0197] 可以使用多级跳过点火式发动机控制来解决以上问题。在图25中展示了一种示例性方法2500。初始地，在步骤2505处，使用多级跳过点火式点火序列来运行发动机。即，多级跳过点火式发动机控制器1630接收多个扭矩请求并且产生多个多级跳过点火式跳过点火式点火序列来递送所希望的扭矩。基于这些点火序列来运行该发动机。在多个不同的实施例中，使用本申请中所描述(例如，如图16或17所描述的)的多级跳过点火操作、机构或系统中的任一者来运行发动机。

[0198] 在步骤2510中，发动机控制器1630(或该控制器中的任何合适的模块)检测存在一个或多个条件。例如在一些实施例中，控制器1630检测发动机已经进行滑行/减速、已进入DCCO和/或已经请求了扭矩。在其他实施例中，控制器1630检测发动机已经使用启动/停止特征停止和/或正在再次请求扭矩。

[0199] 响应于检测到该一个或多个条件，控制器1630要求在一个或多个所选工作循环的过程中使得一个或多个所选工作室仅以一个或多个较低的扭矩输出水平来点火(步骤2515)。该要求可以采取多种多样的形式。例如在一些实施例中，控制器1630阻止对一个或

多个较高工作室输出水平(例如,CTF＝1.0)的任何使用。换句话说,将高水平分数降低或被维持在较低的水平(例如,设置为0、1/2等)。该要求可以包括以上结合图24的步骤2415所描述的任何操作和特征,例如,可以以这种方式来限制任何数量的工作室或工作循环等。

[0200] 在步骤2515处,基于该要求以多级跳过点火的方式来运行该发动机。即,如在步骤2505中所描述地运行发动机,但是仅使用被允许的工作室输出水平来递送请求扭矩。在一些实施例中,该要求在满足特定条件之前或在预定时间段内有效,此后恢复正常的多级跳过点火式发动机运行。替代地或额外地,高水平分数可以随时间逐渐增加直至恢复正常的多级跳过点火式发动机运行。可以基于一个或多个发动机参数(例如歧管绝对压力)来动态地调整此逐渐增加。使用较低的高水平分数和/或较低的工作室扭矩输出水平有助于减轻高MAP的影响。

[0201] 可选地,发动机控制器1630可以具有用于响应于高扭矩要求来再次实现高输出点火的特征。在步骤2525处,发动机控制器1630接收高扭矩请求,例如,基于从加速踏板位置传感器接收到的数据。在多个不同的实施例中,该高扭矩请求必须超过预定阈值以使该方法进行到步骤2530。

[0202] 在步骤2530处,响应于该高扭矩请求,发动机控制器1630致使该点火控制单元1610继续使用高输出点火。即,消除在高扭矩输出点火上的这些限制中的一些或全部(在步骤2515处实施的)。

[0203] 方法2500中的任一个步骤可以视情况来修改以用于不同的应用。举例而言,美国专利申请号14/743,581(在下文中被称为'581申请并且出于所有目的通过引用以其全部内容并入本文)描述了用于通过跳过点火发动机控制来实施启动停止特征的多种技术。在'581申请中所描述的任一个特征或操作也可以包括在方法2500内。

[0204] 发动机诊断应用

[0205] 使用多级跳过点火式发动机控制也可以对发动机诊断系统的设计造成影响。在多种不同的发动机诊断系统中,基于测量到的特定发动机参数(例如,曲轴加速度)来检测发动机问题。在多个不同的实施例中,这样的系统将产生不同水平的扭矩输出的点火的效果考虑在内。

[0206] 参见图26,描述了用于诊断发动机问题的示例性方法2600。初始地,在步骤2605处,发动机诊断模块1650例如从点火正时确定模块1606和/或点火控制单元1610获得点火信息。该点火信息包括但不限于点火决定(例如,跳过或点火)、点火序列、以及相关联工作室的标识。该点火信息还包括指示了与每个将工作室点火的决定相关联的工作室输出水平的信息。

[0207] 在步骤2610处,发动机诊断模块1650对每个点火时机指派窗口。该窗口可以是对应于一个目标工作室的一个目标点火时机的任何适合的时间段或间隔。稍后将横跨该窗口来测量一个特定发动机参数,以便帮助确定在该窗口过程中在该目标工作室内是否已经发生发动机问题。该窗口的特性可能根据发动机参数测量的类型而不同。

[0208] 考虑涉及四冲程八缸发动机的实例。在这个实例中,所指派的窗口是对应于曲轴的90°旋转的角窗口区段。在该窗口过中,目标工作室点火。即,在这个实例中,该窗口覆盖了该目标工作室的动力冲程的前半段。应了解的是,该窗口可以具有任何合适的长度,这取决与具体应用的需要。

[0209] 在步骤2615处，发动机诊断模块1650确定，在所指派的窗口过程中，与该窗口过程中的这些工作室中的一个或多个工作室相关联的工作室扭矩输出。换句话说，在多个不同的实施例中，点火正时确定模块1606和/或点火控制单元1610已经给每个工作室指派了点火决定。在步骤2610中所指派的特定窗口过程中，目标工作室点火。在同一窗口过程中，其他工作室处于运行循环的不同阶段。为了使用以上实例，一些工作室已经完成动力冲程；其他工作室仍在完成或者稍后将进入动力冲程。针对其相关联的动力冲程，各工作室被安排成被跳过或点火。针对每次点火，已经指派了具体的工作室输出水平，例如以低扭矩输出点火、以高扭矩输出点火等。发动机诊断模块1650确定在所指派窗口过程中与这些工作室中的一个、一些或全部工作室相关联的工作室扭矩输出。

[0210] 在步骤2620处，发动机诊断模块1650提供发动机参数阈值或模型。例如在一些实施例中，发动机诊断模块1650确定发动机参数阈值(例如曲轴加速度阈值)，该发动机参数阈值将用于稍后帮助确定是否存在发动机问题。即，给定点火信息(步骤2605)和扭矩输出水平确定(步骤2615)，该阈值帮助指示用于后续发动机参数测量的期望值。在其他实施例中，发动机诊断模块1650确定同样可以用于帮助识别发动机问题的模型(例如，扭矩模型)。举例而言，可以用扭矩模型来帮助指明在该窗口过程中应由工作室产生的期望扭矩。该模型考虑了在窗口过程中对一个或多个工作室作出的点火决定(例如，如由步骤2605中获得的点火信息所指示的)、并且对于每次点火考虑了相关联的扭矩输出水平(例如，如在步骤2615中进行的确定所指示的)。

[0211] 在步骤2625处，发动机诊断模块1650在该窗口过程中测量发动机参数。根据具体应用的需要以及正诊断的发动机问题，可以使用各种各样的发动机参数。例如，一些设计涉及在窗口过程中测量曲轴加速度、MAP和/或氧传感器输出，尽管可以测量任何合适的参数。应了解的是，不同的测量可以使用不同的窗口。

[0212] 基于测量(步骤2625)以及阈值/模型(步骤2620)，发动机诊断模块1650接着确定是否存在发动机问题。此确定可以用各种各样的方式来执行。例如在一些实施例中，测量曲轴加速度(步骤2625)。可以用该测量值来估计该窗口过程中所产生的实际扭矩。将这个实际扭矩与使用扭矩模型计算出的期望扭矩(例如，步骤2620)进行比较。如果该实际扭矩小于期望扭矩，则发动机诊断模块1650确定可能存在着发动机问题(例如，点火失败)。在其他实现方式中，将曲轴加速度测量值与阈值(例如，步骤2620)进行比较并且不需要扭矩估计。如果该实际测量值超过该阈值，则假设发动机问题存在或可能存在。

[0213] 为了帮助展示出可以如何来执行该方法的一些实施例，提供了以下实例。在这个实例中，发动机是四冲程八缸发动机，其中这些汽缸按1-8-7-2-6-5-4-3的顺序被点火。每个汽缸具有独立控制的进气阀和/或能够使用不同的循环来操作这些阀，如结合图1-15所描述的。因此每个汽缸在被点火时能够以两个扭矩输出水平之一来点火：例如低扭矩输出(例如，CTF＝0.7)或高输出(CTF＝1.0)。

[0214] 发动机诊断模块1650被安排成用于确定工作室8是否点火失败。该模块获得点火信息(步骤2605)，该点火信息指示在接连的点火时机期间，工作室1、8、7、2、6、5、4、和3分别是被跳过、被点火、被跳过、被点火、被跳过、被点火、被跳过和被点火。该模块给工作室8的以上点火时机指派了窗口(步骤2610)。所指派的窗口发生在汽缸8处于其动力冲程的前半段并且覆盖该曲轴的90°旋转时。

[0215] 在这个实例中，发动机诊断模块1650还确定了以上点火中每个都是以低扭矩输出(步骤2615)，包括工作室8的点火在内。在这个实例中，该模块1650确定考虑了汽缸扭矩输出水平的曲轴加速度阈值。即，如果发动机诊断模块1650代替地确定的是，以上点火中的一个、一些或全部替代地在高扭矩输出下，则阈值将是不同的。

[0216] 在多个不同的实施例中，该曲轴加速度阈值尤其严重受工作室8的运行(即汽缸8是以低扭矩输出还是高扭矩输出来点火)的影响。然而，与其他汽缸相关联的扭矩输出水平也可以具有影响。例如，在所指派的窗口过程中，当汽缸8处于动力冲程的前半段时，汽缸1处于其动力冲程的后半段。汽缸1是否以低扭矩输出而不是高扭矩输出点火也可能显着影响阀值。

[0217] 该发动机诊断模块1650接着测量该窗口过程中的实际曲轴加速度(步骤2625)。模块1650将该测量值与阈值进行比较。如果测量值(基本上)低于阈值，则确定工作室8点火失败(或者存在它被点火失败的可能性)。

[0218] 可以用各种各样的方式来修改以上实例和方法2600以用于不同的应用。举例而言，共同转让的美国专利申请号14/207,109、14/582,008、14/700,494以及14/206,918(出于所有目的，这些申请通过引用以其全部内容并入本文)描述了多种不同发动机诊断系统和操作。这些申请中所描述的任何特征或操作可以引入方法2600中。

[0219] 可以将任何和所有所描述的部件安排成非常快速地更新它们的确定/计算。在一些优选实施例中，是逐点火时机地更新这些确定/计算的(尽管这不是一项要求)。例如在一些实施例中，确定(有效)点火分数(图17的步骤1710)、确定多级跳过点火式点火序列(步骤1715)、和/或基于序列来运行发动机(步骤1720)是基于逐点火时机地执行的。逐点火时机地控制多种不同部件的优点是使得发动机对改变的输入和/或条件非常具有响应性。尽管逐点火时机操作非常有效，但应当理解，这些不同部件可以是更缓慢地被更新的，而同时仍提供良好的控制(例如，可以曲轴每一转、每两个或更多个点火时机等地执行点火分数/序列确定)。

[0220] 已经主要在运行适合用在机动车辆中的自然吸气式、4冲程、内燃活塞发动机的背景下阐述了本发明。然而，应当理解，所描述的应用非常适合用于多种多样的内燃发动机中。这些内燃发动机包括用于几乎任何类型的车辆—包括汽车、卡车、船、飞机、摩托车、轻便摩托车等的发动机；并且适合于涉及工作室的点火和利用内燃发动机的几乎任何其他应用的发动机。所描述的这些不同途径与在多种多样的不同热力学循环下操作的发动机一起工作，包括几乎任何类型的两冲程活塞发动机、柴油发动机、奥托循环发动机、双循环发动机、米勒循环发动机、阿克金森循环发动机、转子(Wankel)发动机以及其他类型的旋转发动机、混合循环发动机(例如，奥托和狄塞尔双循环发动机)、混合发动机、径向发动机等。还认为所描述的方法将良好地适用于新开发的内燃发动机，无论它们是否利用当前已知的或以后开发的热力学循环来运行。也可以使用增压发动机，诸如那些使用超压增压器或涡轮增压器的发动机。在这种情况下最大汽缸负载可以对应于通过对空气进气加压而获得的最大汽缸充气量。

[0221] 还应当理解，在此描述的任何方法或操作可以是以可执行计算机代码的形式存储在适合的计算机可读介质中的。这些操作是在处理器执行计算机代码时实行的。此类操作包括但不限于点火分数计算器1602、点火正时确定模块1606、点火控制单元1610、动力传动

系参数调节模块1608、发动机控制器1630、发动机诊断模块1650、或本申请中所描述的任何其他模块、部件、或控制器执行的任意和所有操作。

[0222] 以上实施例中的一些涉及停用工作室。在多个不同的实现方式中，停用工作室涉及防止在一个或多个所选被跳过的工作循环过程中将空气泵送穿过被跳过的工作室。可以用各种各样的方式来跳过或停用工作室。在多个不同的途径中，在该工作室中形成低压弹簧，即在先前工作循环中排放气体从该工作室中释放之后，进气阀或排气阀两者在随后的工作循环过程中都不打开，由此在该工作室中形成低压真空。在还又另外的实施例中，在被跳过的工作室中形成高压弹簧，即防止空气和/或排放气体逸出该工作室。该工作室可以用任何合适的方式被停用，使得该工作室在其动力冲程过程中贡献一点动力或不贡献动力。

[0223] 本申请还涉及用于产生不同水平的扭矩或具有不同的空气进气量或汽缸负载水平的工作室的概念。举例而言，这些扭矩输出水平可以在多级跳过点火式点火序列中指明和/或存储在查找表或库中。如之前所讨论的，在一些实施例中，每个这样的扭矩输出水平是使用不同组的操作来实施的，这些操作在本申请中描述(例如，打开一个进气阀并且另一个进气阀不打开、打开两个进气阀、针对不同的进气阀使用不同的循环等)。在一些途径中，由工作室产生的扭矩水平可以基于逐点火时机而变化，例如汽缸可以在工作循环过程中被跳过、在下一个工作循环过程中以高扭矩输出来点火、在下一个工作循环过程中以低扭矩输出来点火、并且接着被跳过或以任一扭矩输出水平点火。

[0224] 已经主要地在一种跳过点火控制安排的背景下描述了本发明的多个实施例，在该安排中，在跳过的工作循环过程中通过停用进气阀和排气阀两者来停用这些汽缸以便防止空气在所跳过的工作循环过程中被泵送穿过汽缸。然而，应当理解，一些跳过点火阀致动方案想到仅停用排气阀或仅停用这些进气阀来有效地停用这些汽缸并且防止空气被泵送穿过这些汽缸。所描述途径中的若干途径同样地适用于此类应用。此外，尽管总体上优选的是停用汽缸，并且因此防止空气在所跳过的工作循环过程中穿过这些停用汽缸，但是存在可能希望在一个选定的跳过工作循环过程中使空气穿过一个汽缸的一些特定时间。通过举例，在希望进行发动机制动时这可能是所希望的，和/或与特定排放设备相关的诊断或操作要求所希望的。当转换出DCCO(减速汽缸中断服务)状态时也可能有用。所描述的阀控制途径同样地适用于此类应用。

[0225] 本申请涉及用于从被点火的工作室选择性地产生多个不同(例如，高或低)的扭矩输出水平的多种不同系统和技术。在多个不同的实施例中，应了解的是，在所选工作循环过程中(在此过程中工作室被点火)多个发动机条件可以基本上保持相同(但是这不是必需的)。此类发动机条件包括但不限于歧管绝对压力、凸轮相位器设置、发动机速度和/或节气门位置。换句话说，本申请描述了多种示例性阀控制系统和技术(例如，结合图1A、1B、2-11、12A-12F、13A、13B、14A-14H和15所讨论的)，这些阀控制系统被安排成用于使得被点火的工作室产生不同扭矩输出水平，而不需要例如改变节气门位置、MAP、发动机速度和/或凸轮相位器设置来产生那些不同扭矩输出水平。

[0226] 本发明的多个实现方式非常适用于结合动态跳过点火操作，在该操作中累加器或其他机构跟踪已经要求但未被递送的、或已被递送但未要求的点火部分，使得可以基于逐点火时机地作出点火决定。然而，所描述的技术同样很好地适用于包括使用如在利用轮流汽缸停用和/或多种不同的其他跳过点火技术时可能发生的固定点火图案或点火序列的跳

过点火操作的几乎任何跳过点火应用(其中在以具体运行模式运行的过程中单独汽缸有时被点火并且有时被跳过的运行模式中)。还可以在可变冲程发动机控制中使用类似的技术，在该可变冲程发动机中改变每个工作室中的冲程数量以便有效地改变发动机的排量。

[0227] 虽然已经详细描述了本发明的几个实施例，但应当理解，本发明可以以许多其他形式来实施而不背离本发明的精神或范围。若干次引用了术语点火分数。应了解的是，可以用多种多样的方式来表达或表示点火分数。例如，点火分数可以采取点火图案、顺序、或者涉及或固有地表达上述点火百分比的任何其他点火特征的形式。还若干次引用了术语“汽缸”。应理解的是，在多个不同的实施例中，术语汽缸应理解为广义地涵盖任何适合类型的工作室。发动机还可以使用跳过点火类的技术，其中代替汽缸被跳过和点火，它以低扭矩或高扭矩输出点火来运行。在这个控制方案中，表示为动态点火水平调制，汽缸并不被跳过。在动态点火水平调制中，被点火的汽缸的输出成跳过/点火式图案地动态变化。例如，特定汽缸可以有时以“高”或“较高”转矩输出水平点火并且可以有时以“低”或“较低”转矩输出水平点火，其中“低”输出水平对应于“跳过”并且“高”输出水平对应于跳过点火图案中的点火。因此，本发明实施例应当被认为是说明性的而非限制性的，并且本发明不限于在此给出的这些细节。

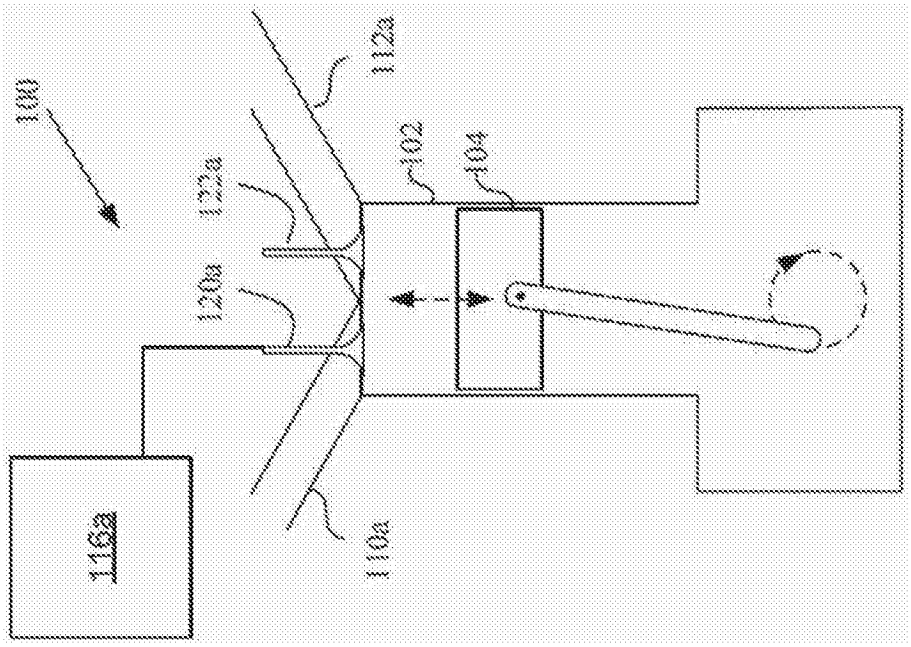

100
112a
102
104
122a
120a
116a
110a

图1A

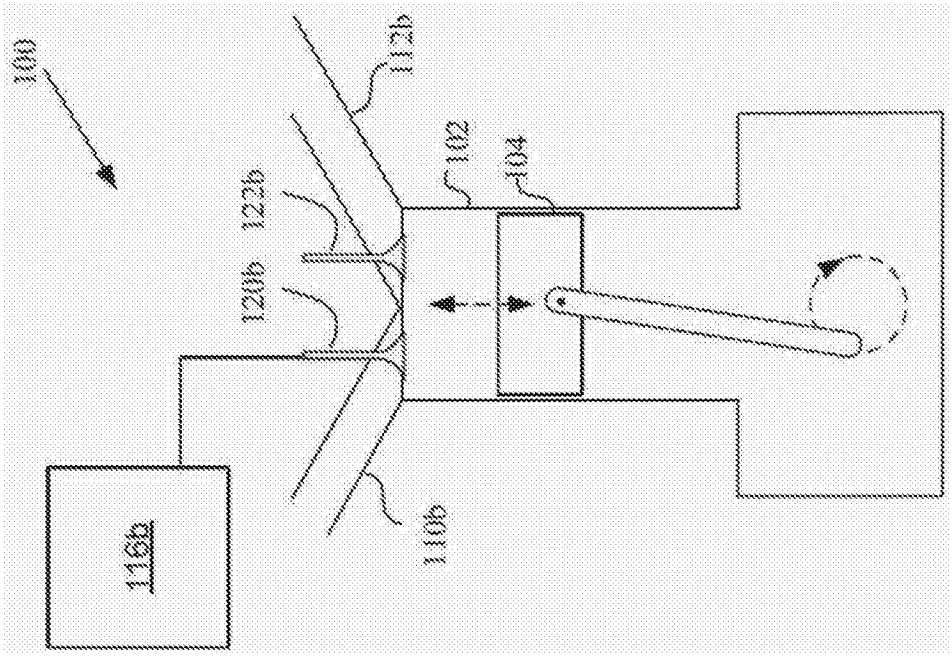

100
112b
102
104
122b
120b
116b
110b

图1B

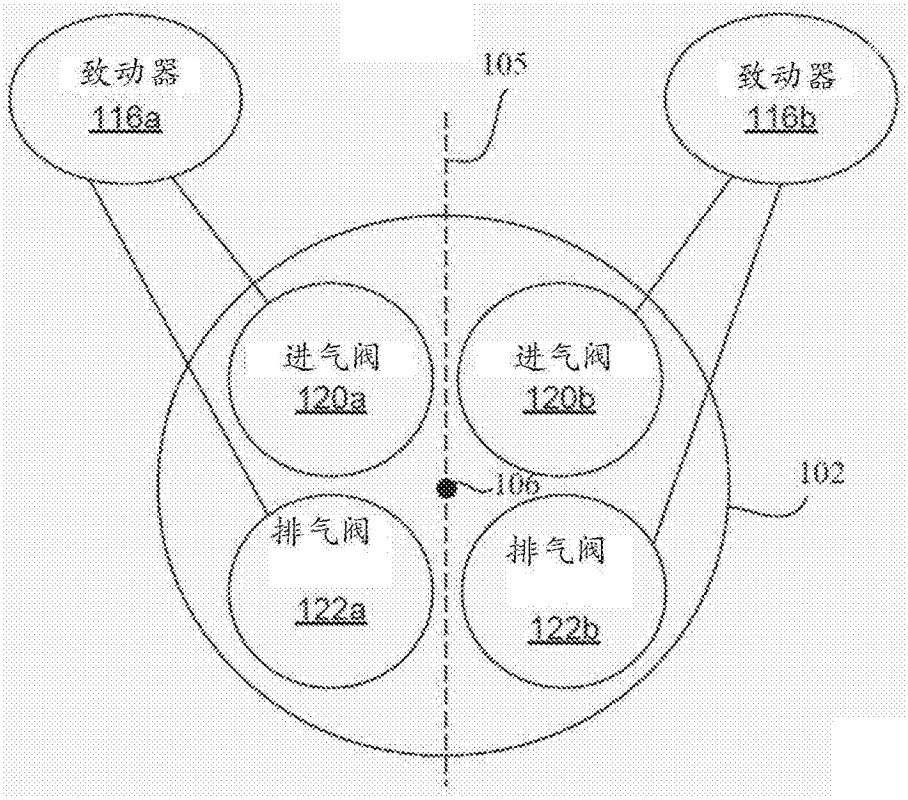

致动器
116a
105
致动器
116b
进气阀
120a
进气阀
120b
106
102
排气阀
122a
排气阀
122b

图2

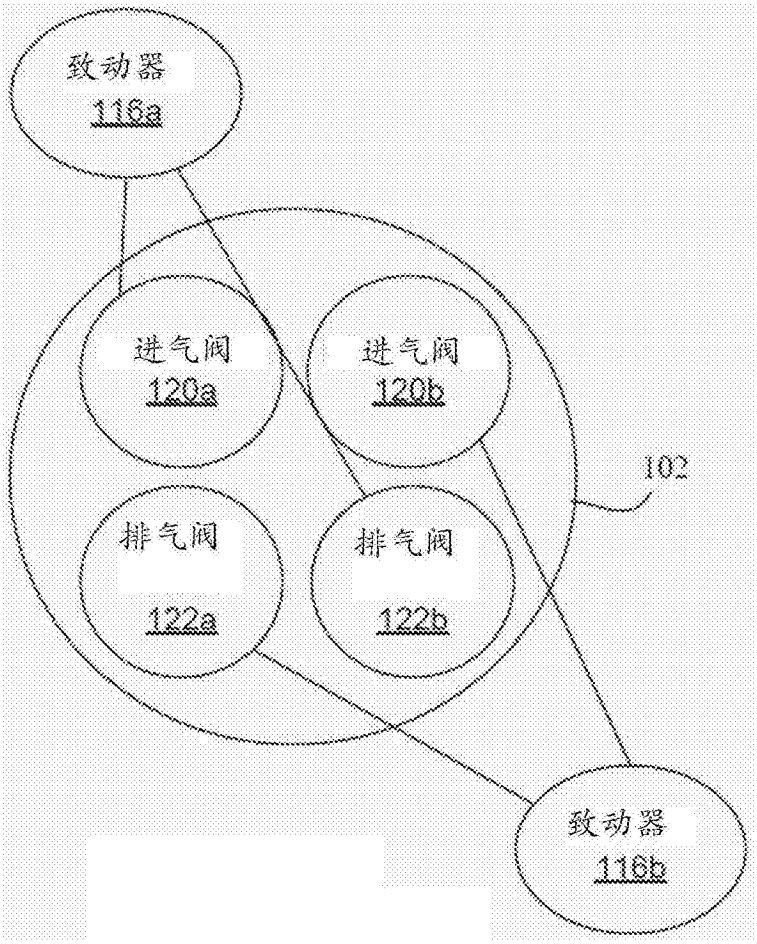


图3

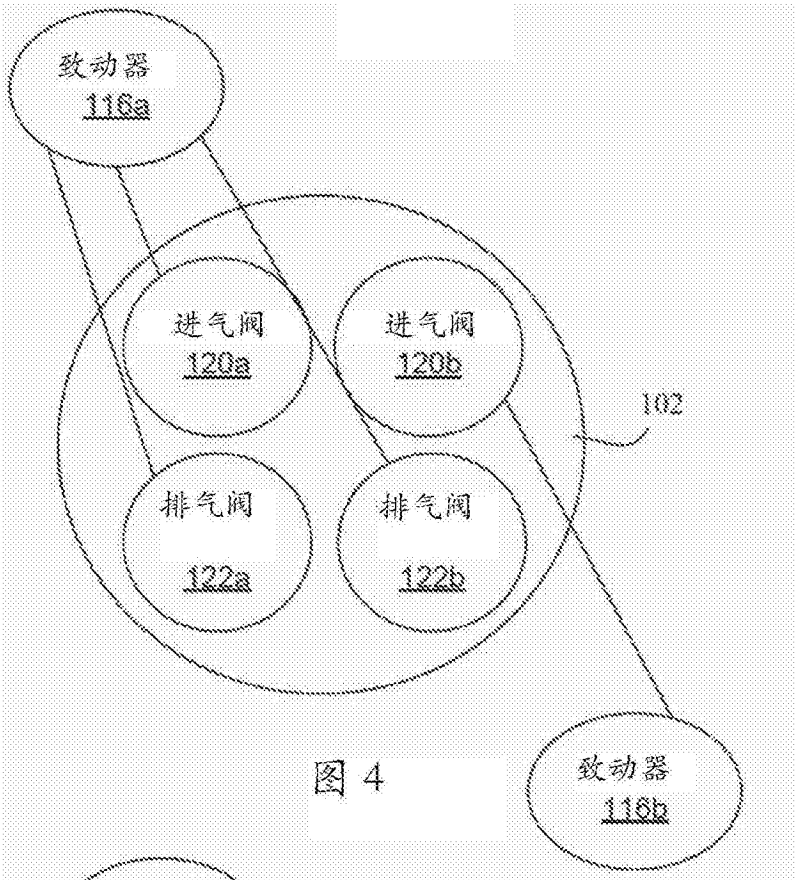

致动器
116a
进气阀
120a
进气阀
120b
102
排气阀
122a
排气阀
122b
致动器
116b

图 4

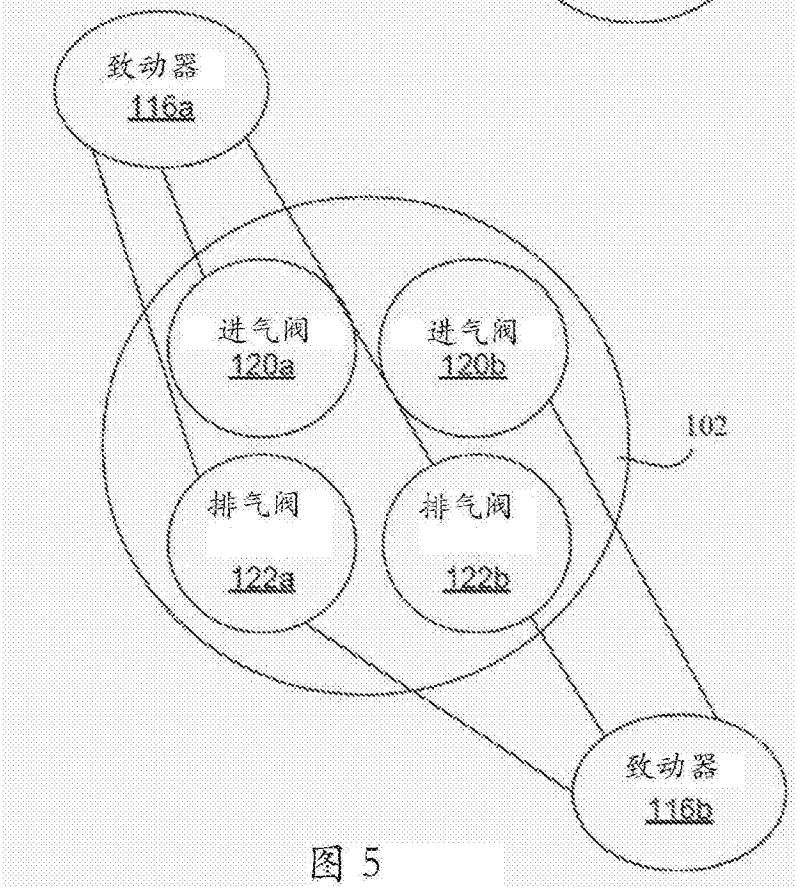

致动器
116a
进气阀
120a
进气阀
120b
102
排气阀
122a
排气阀
122b
致动器
116b

图 5

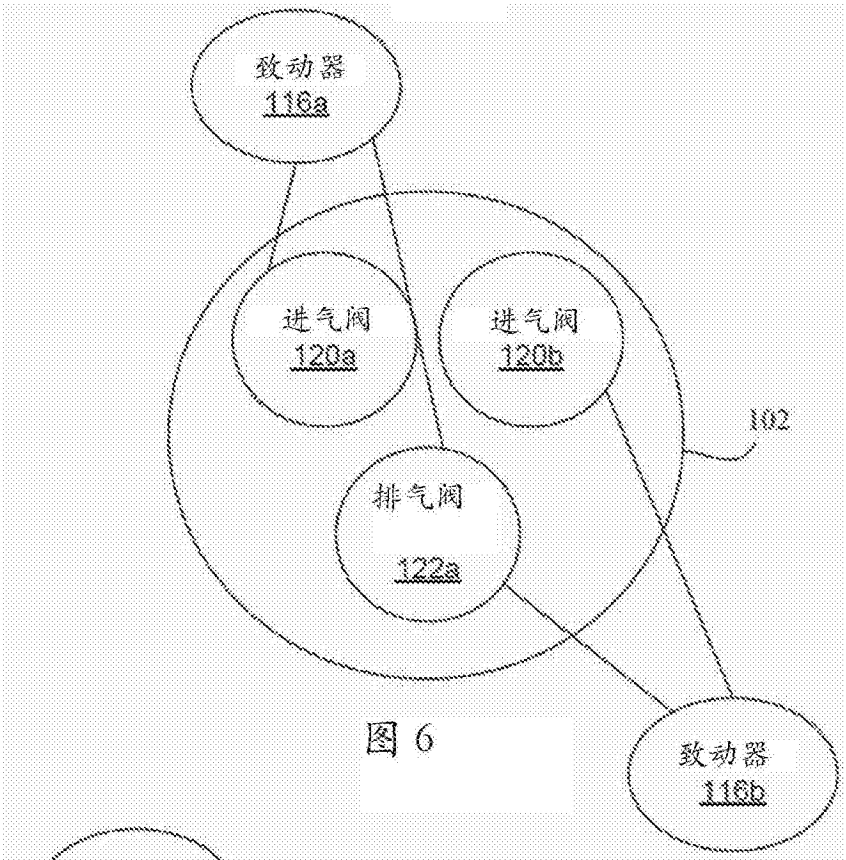

致动器
116a
进气阀
120a
进气阀
120b
102
排气阀
122a
致动器
116b

图 6

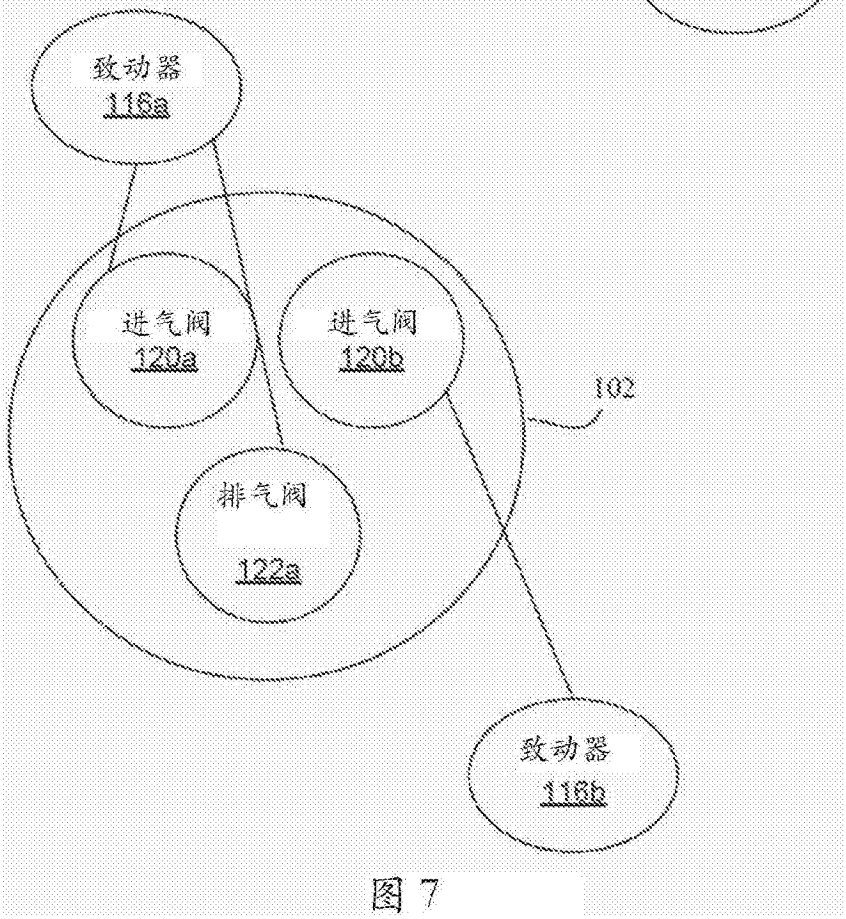

致动器
116a
进气阀
120a
进气阀
120b
102
排气阀
122a
致动器
116b

图 7

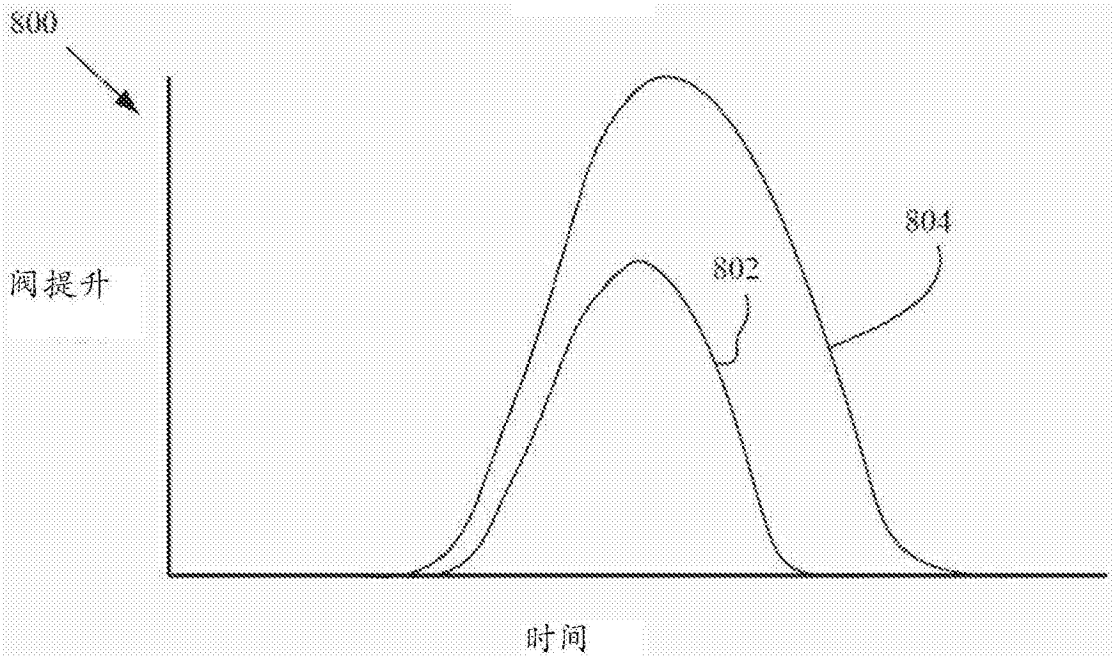


图8

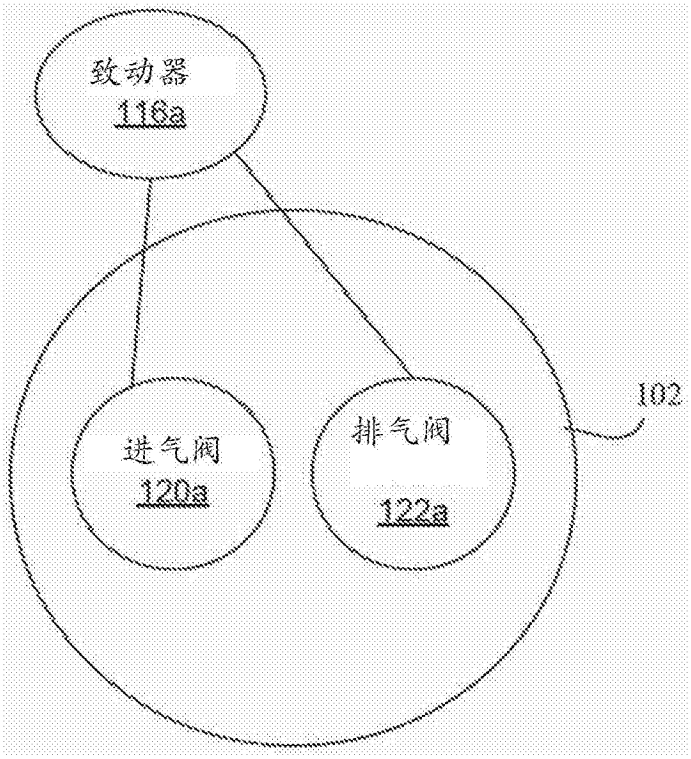


图9

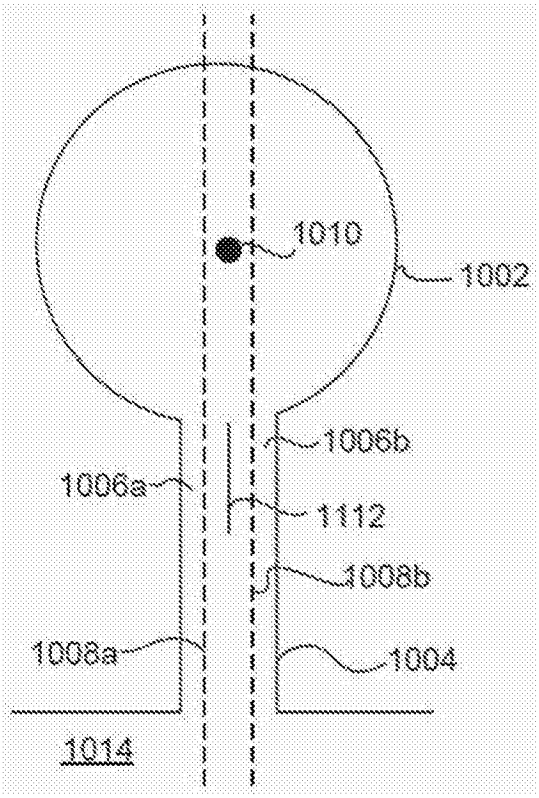

1010
1002
1006b
1006a
1112
1008b
1008a
1004
1014

图10

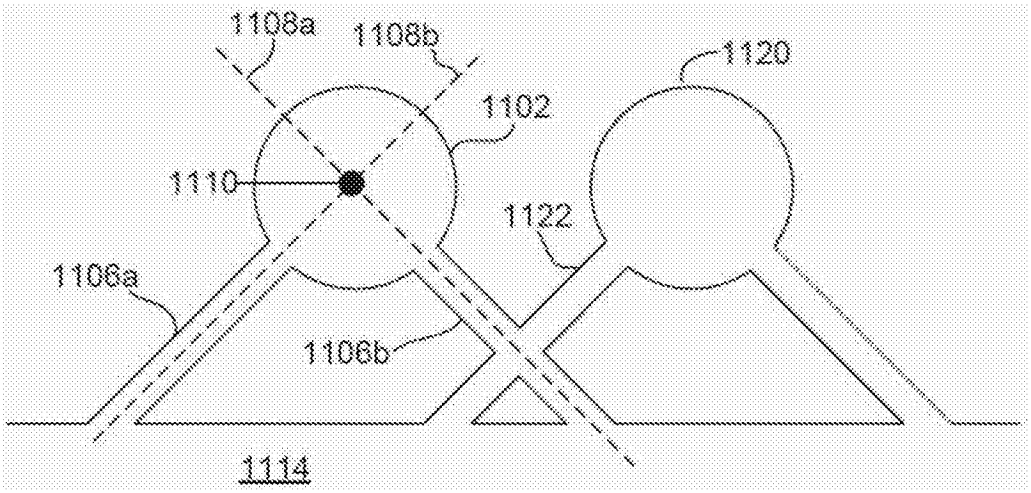

1108a
1108b
1120
1102
1110
1122
1106a
1106b
1114

图11

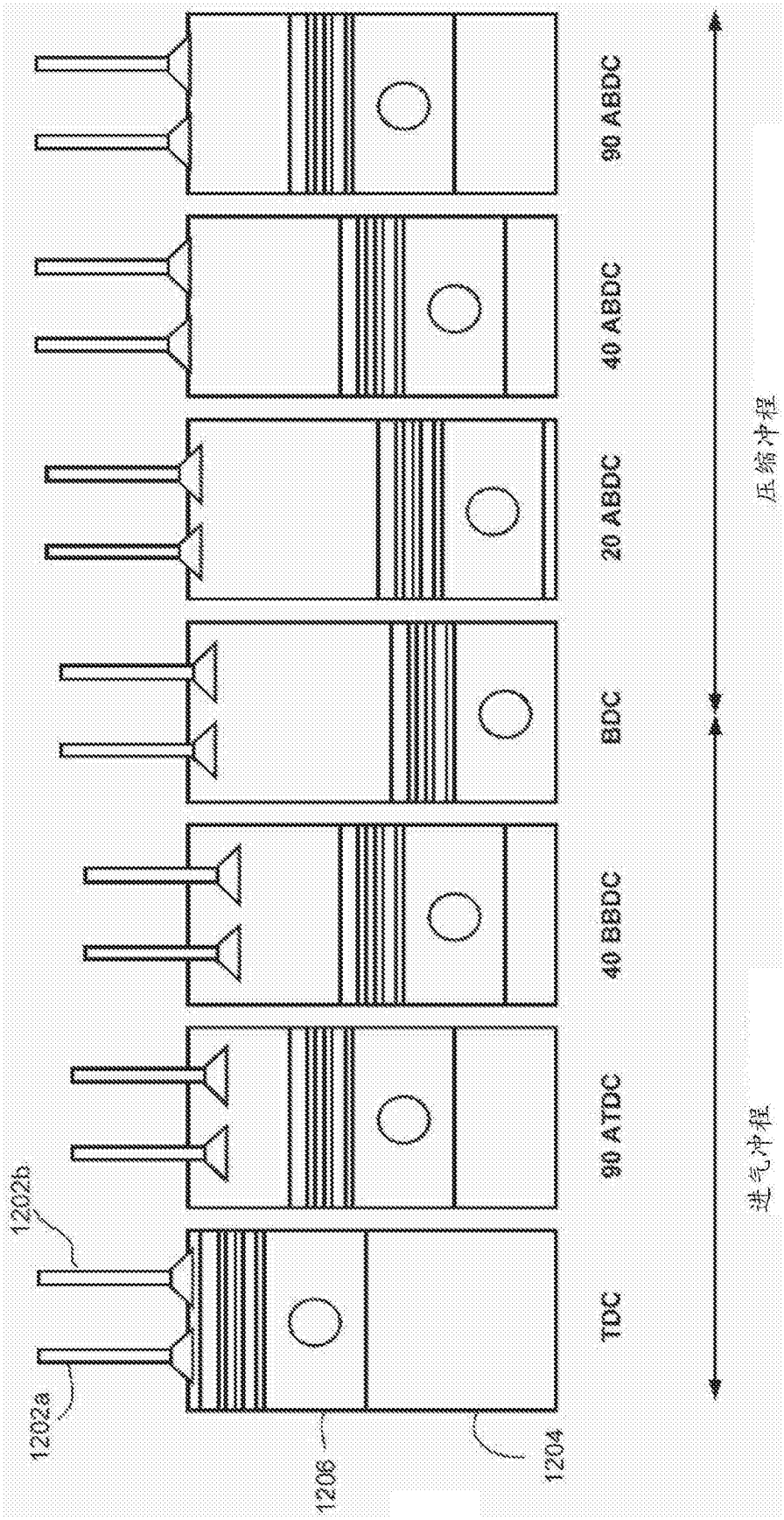

TDC
90 ATDC
40 BBDC
BDC
20 ABDC
40 ABDC
90 ABDC
进气冲程
压缩冲程
1202a
1202b
1206
1204

图12A

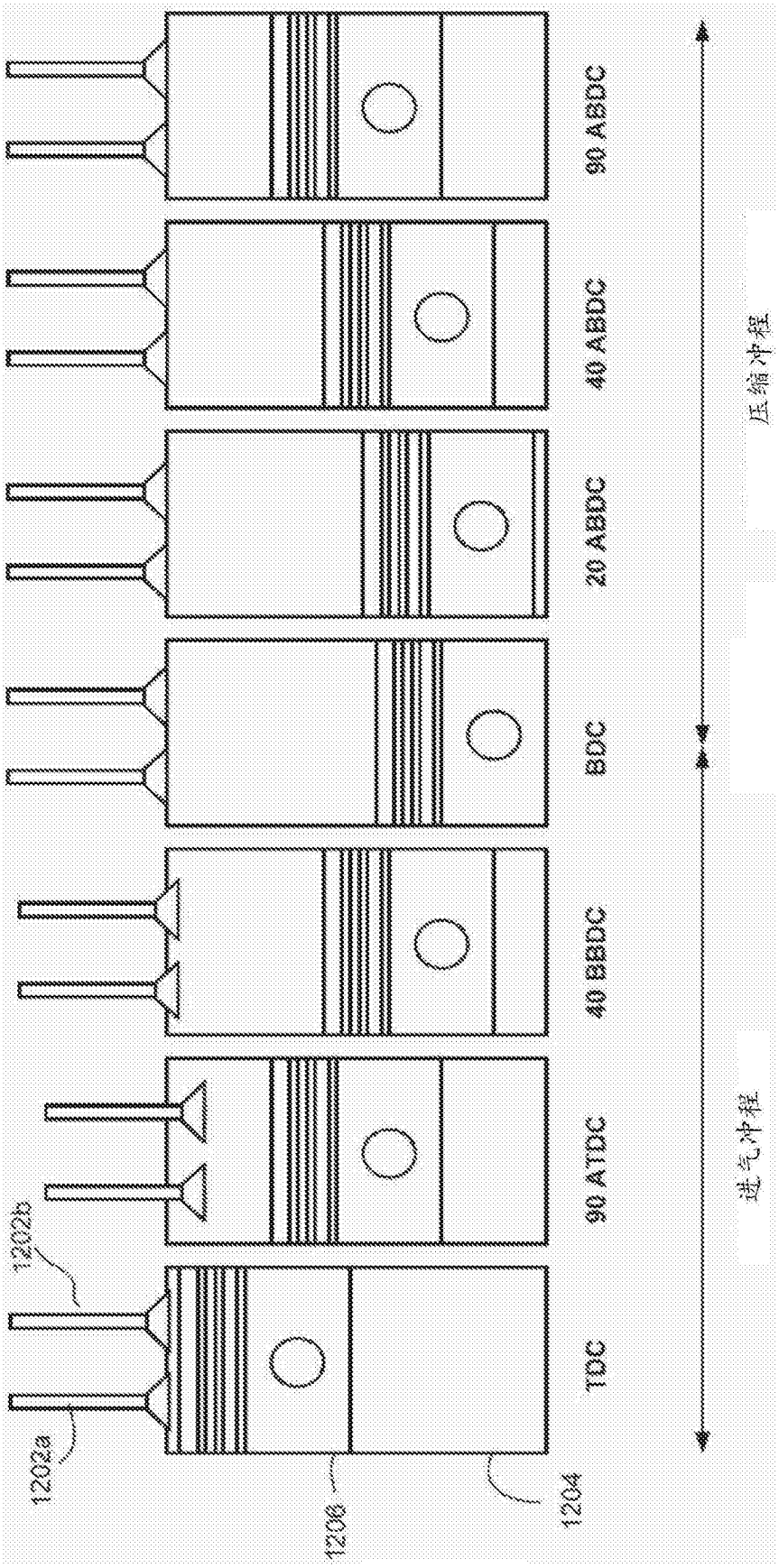

90 ABDC
40 ABDC
20 ABDC
BDC
40 BBDC
90 ATDC
TDC
压缩冲程
进气冲程
1202b
1202a
1206
1204

图12B

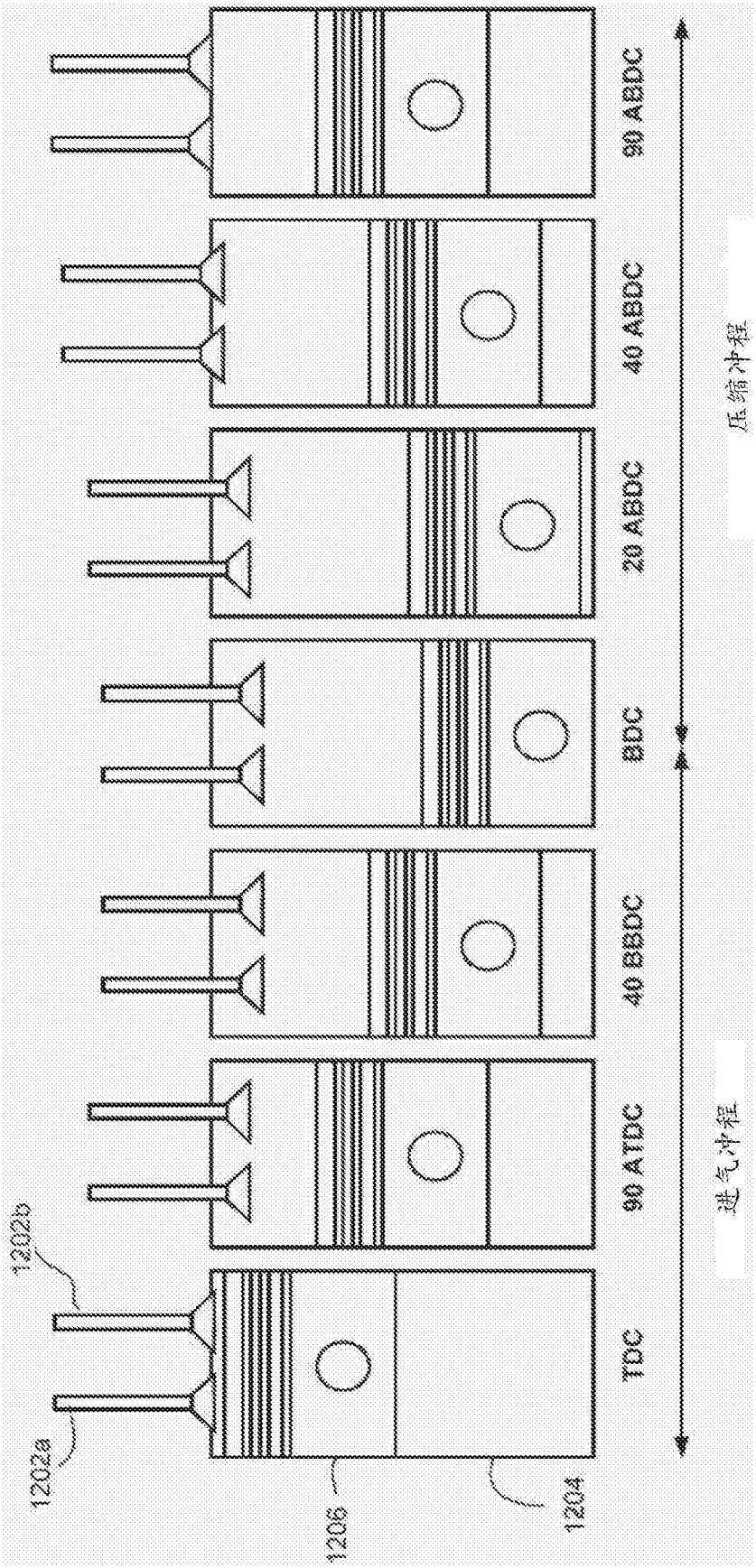

TDC
90 ATDC
40 BBDC
BDC
20 ABDC
40 ABDC
90 ABDC
进气冲程
压缩冲程
1202a
1202b
1206
1204

图12C

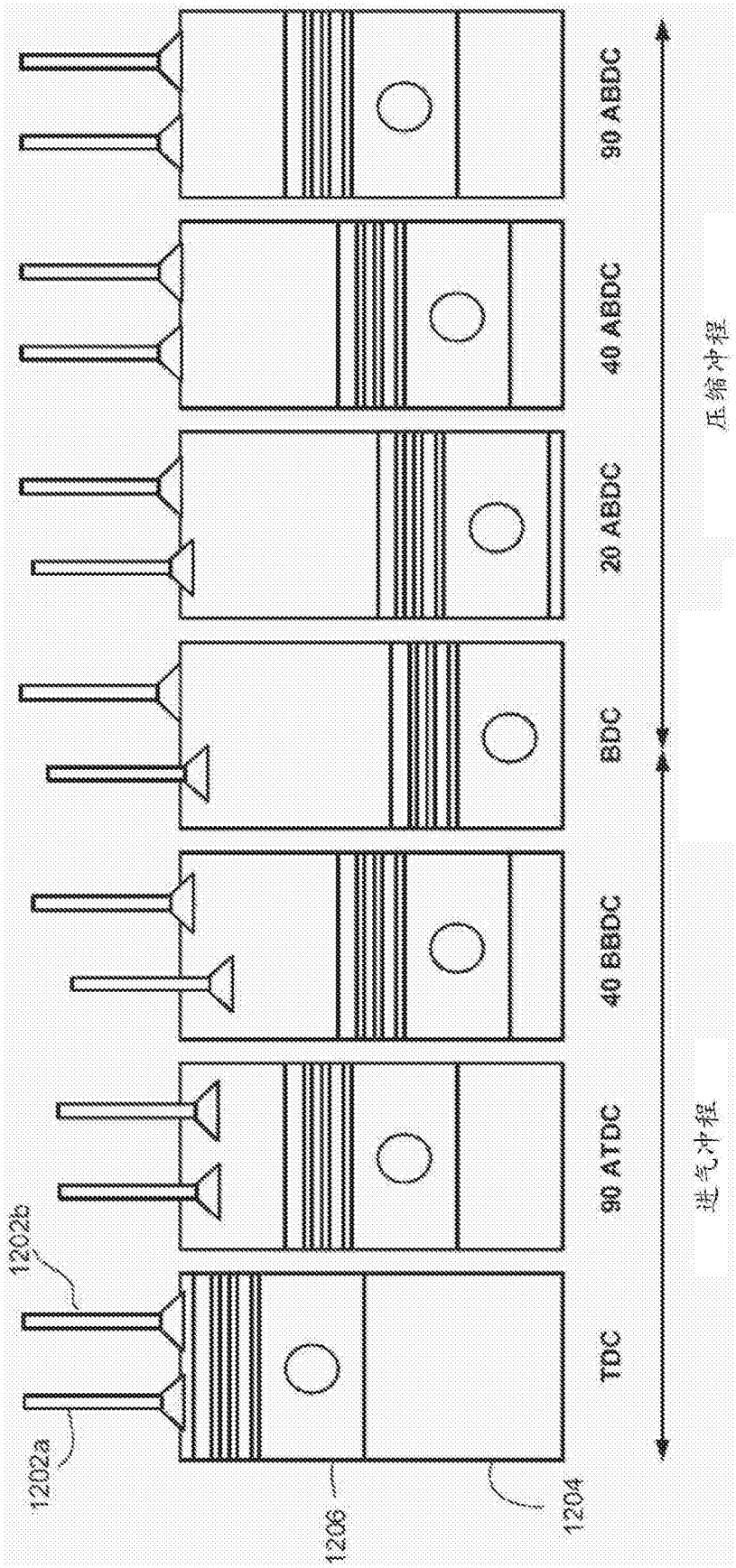

TDC
90 ATDC
40 BBDC
BDC
20 ABDC
40 ABDC
90 ABDC
进气冲程
压缩冲程
1202a
1202b
1206
1204

图12D

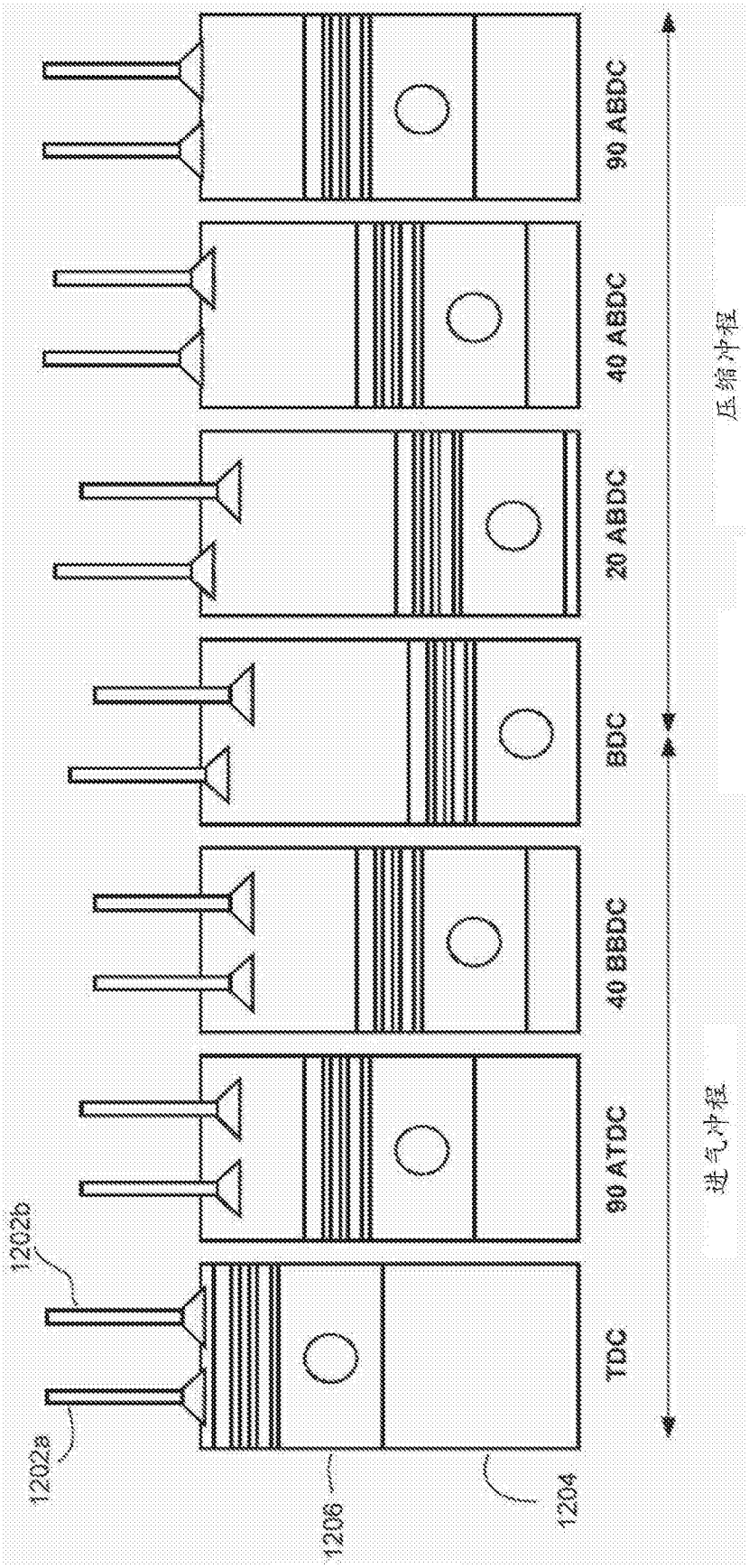

TDC
90 ATDC
40 BBDC
BDC
20 ABDC
40 ABDC
90 ABDC
进气冲程
压缩冲程
1202a
1202b
1206
1204

图12E

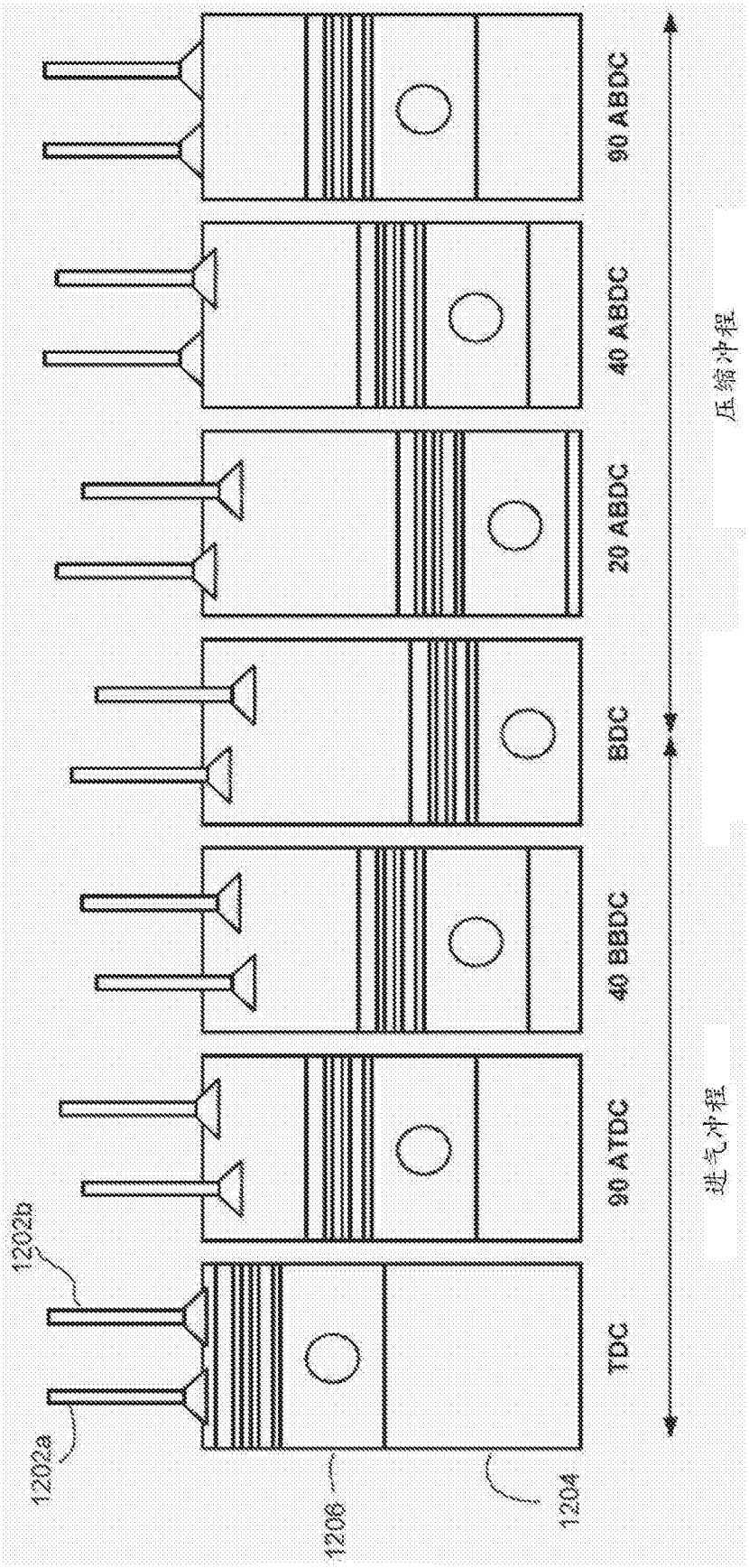

TDC
90 ATDC
40 BBDC
BDC
20 ABDC
40 ABDC
90 ABDC
进气冲程
压缩冲程
1202a
1202b
1206
1204

图12F

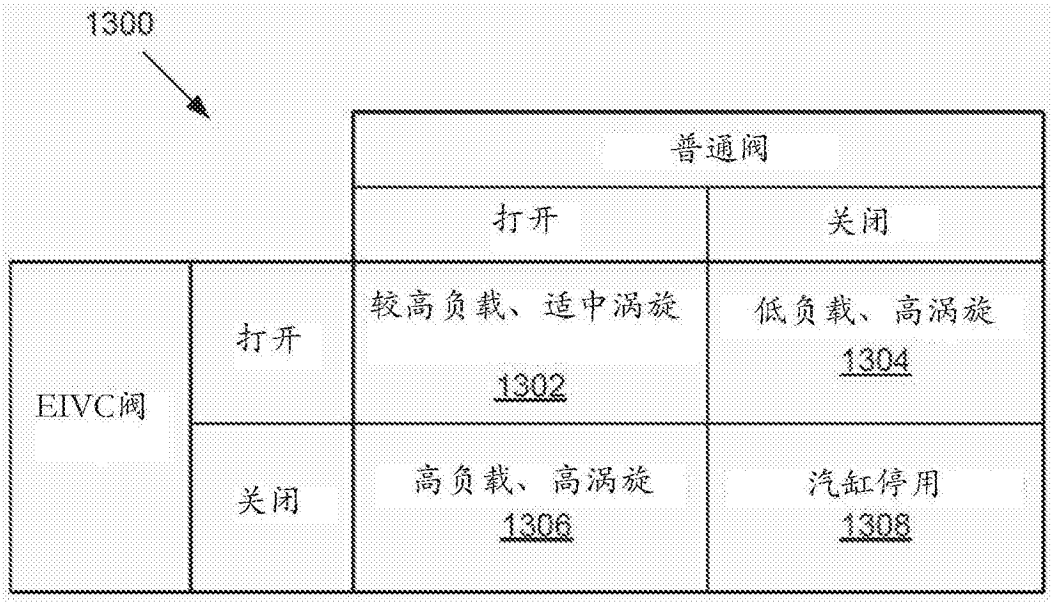

1300
普通阀
打开
关闭
EIVC阀
打开
较高负载、适中涡旋
1302
低负载、高涡旋
1304
关闭
高负载、高涡旋
1306
汽缸停用
1308

图13A

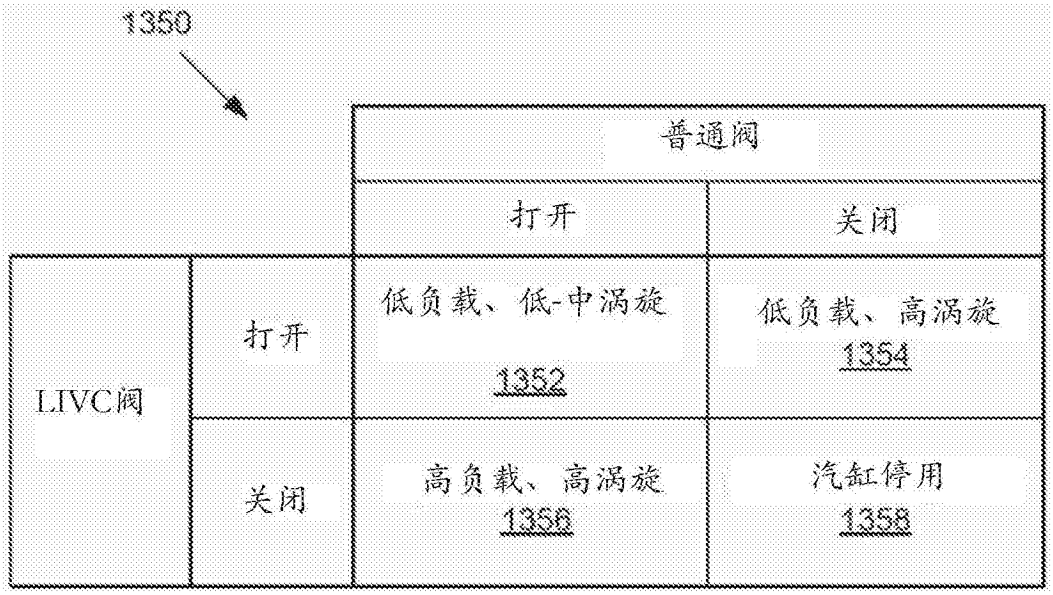

1350
普通阀
打开
关闭
LIVC阀
打开
低负载、低-中涡旋
1352
低负载、高涡旋
1354
关闭
高负载、高涡旋
1356
汽缸停用
1358

图13B

仿真中的燃料经济性增益

	1	2	3	4
动力水平1	满	满	满	满
动力水平2				
动力水平3	零	零	零	零

7.5%

图 14A

	1	2	3	4
动力水平1	满	满	满	满
动力水平2				
动力水平3		零	零	

5.2%

图 14B

	1	2	3	4
动力水平1	满	满	满	满
动力水平2	部分	部分	部分	部分
动力水平3	零	零	零	零

12.0%

图 14C

	1	2	3	4
动力水平1	满	满	满	满
动力水平2	部分			部分
动力水平3	零			零

6.7%

图 14D

仿真中的燃料经济性增益

	1	2	3	4
动力水平 1	满	满	满	满
动力水平 2	部分			部分
动力水平 3	零	零	零	零

9.3%

图 14E

	1	2	3	4
动力水平 1	满	满	满	满
动力水平 2		部分	部分	
动力水平 3	零			零

8.1%

图 14F

	1	2	3	4
动力水平 1	满	满	满	满
动力水平 2	部分	部分	部分	部分
动力水平 3	零			零

10.6%

图 14G

	1	2	3	4
动力水平 1	满	满	满	满
动力水平 2	部分	部分	部分	部分
动力水平 3				

7.0%

图 14H

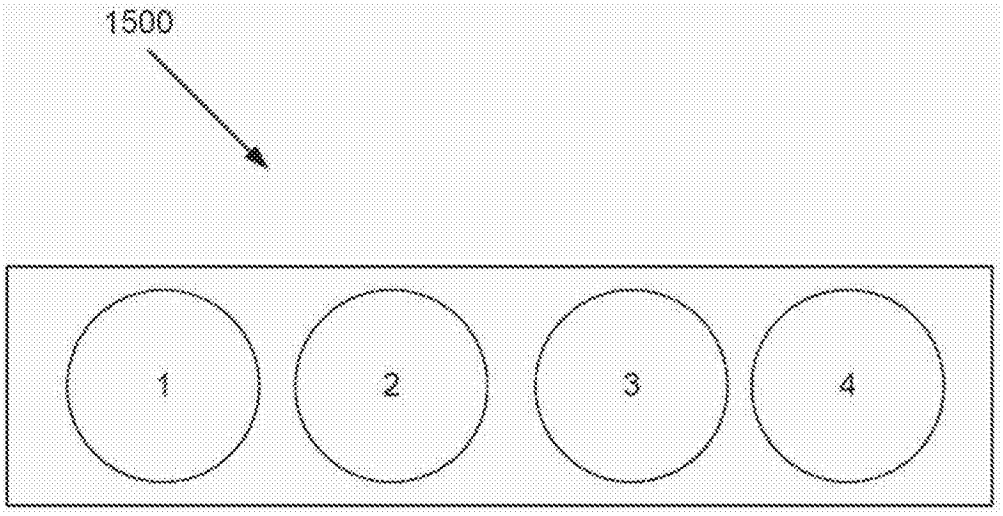


图15

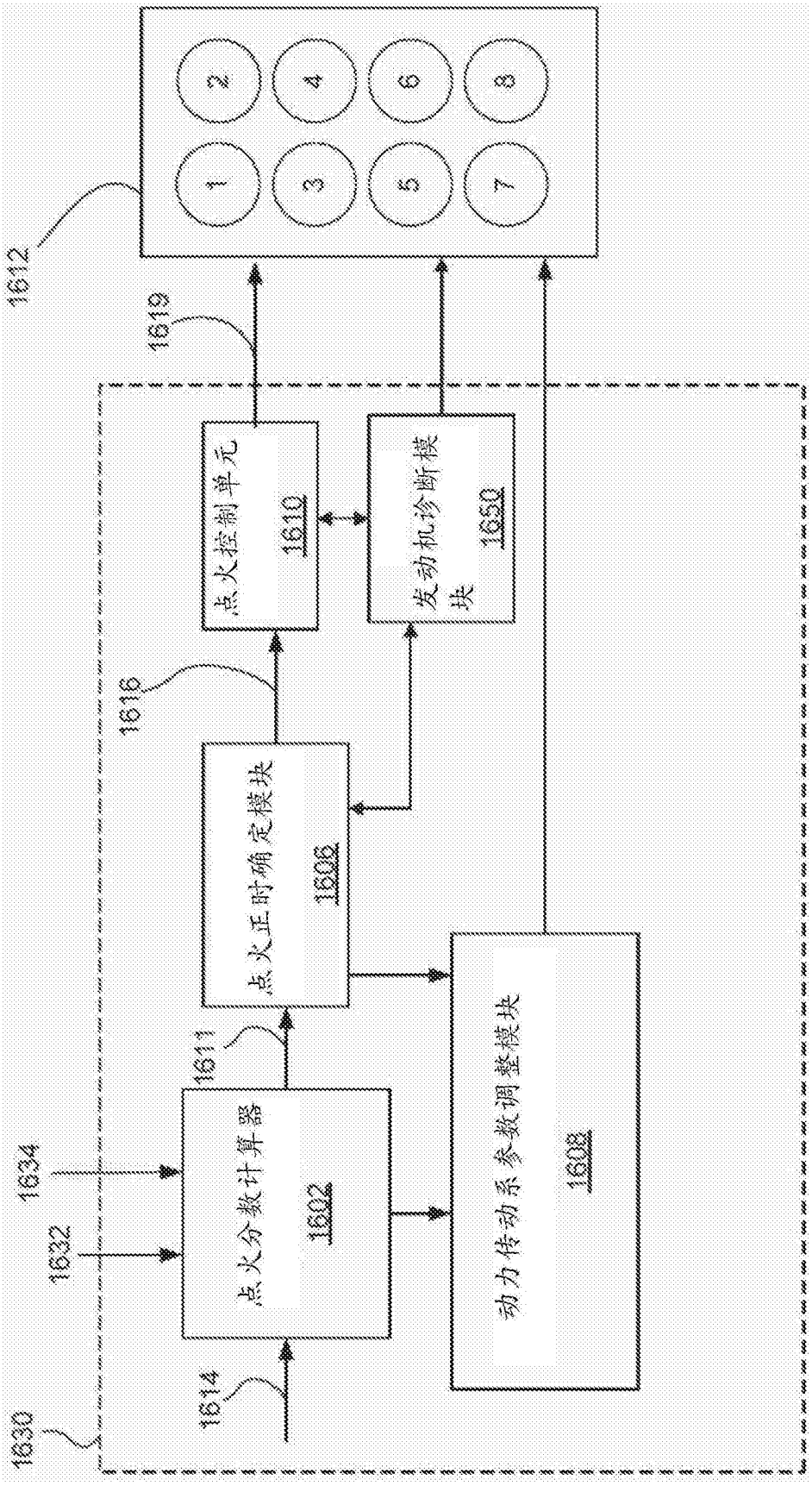

1612
2
4
6
8
1
3
5
7
1619
点火控制单元
1610
发动机诊断模块
1650
1616
点火正时确定模块
1606
1611
点火分数计算器
1602
动力传动系参数调整模块
1608
1634
1632
1614
1630

图16

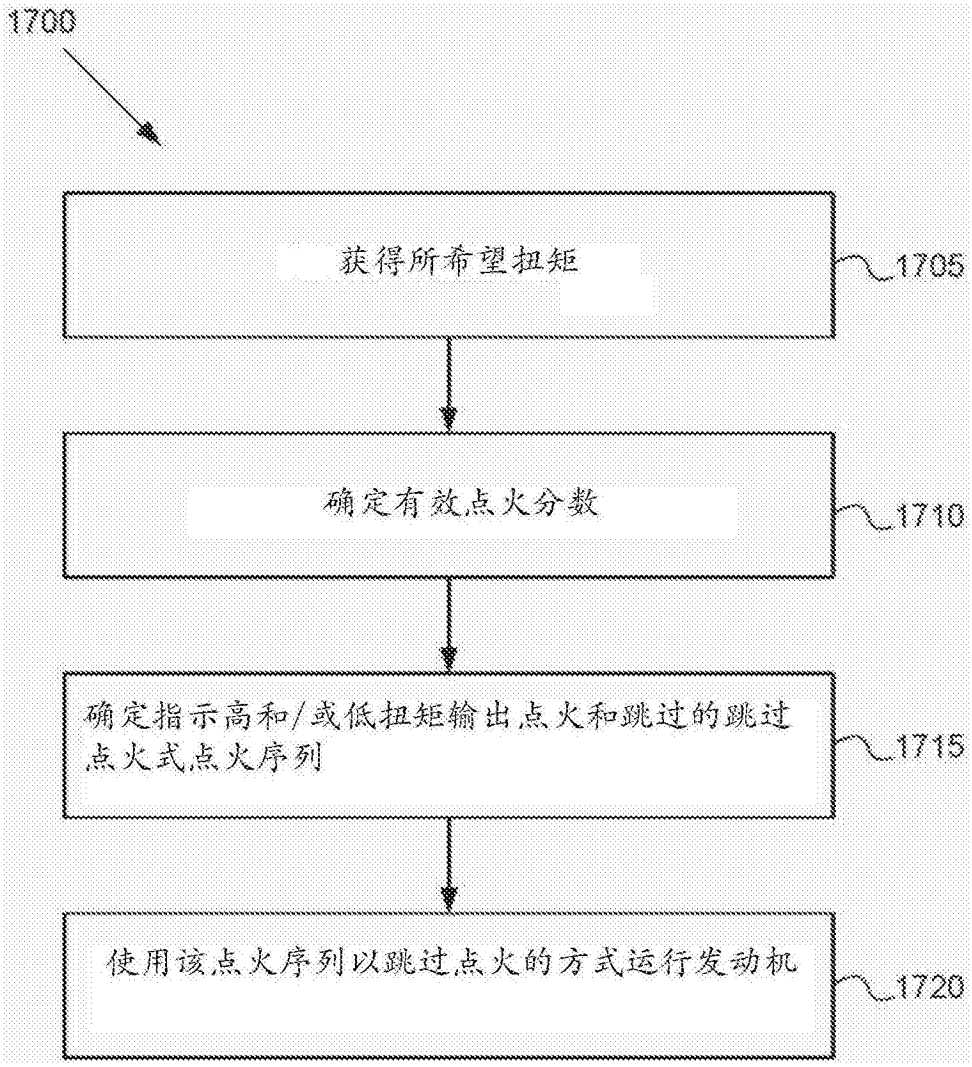
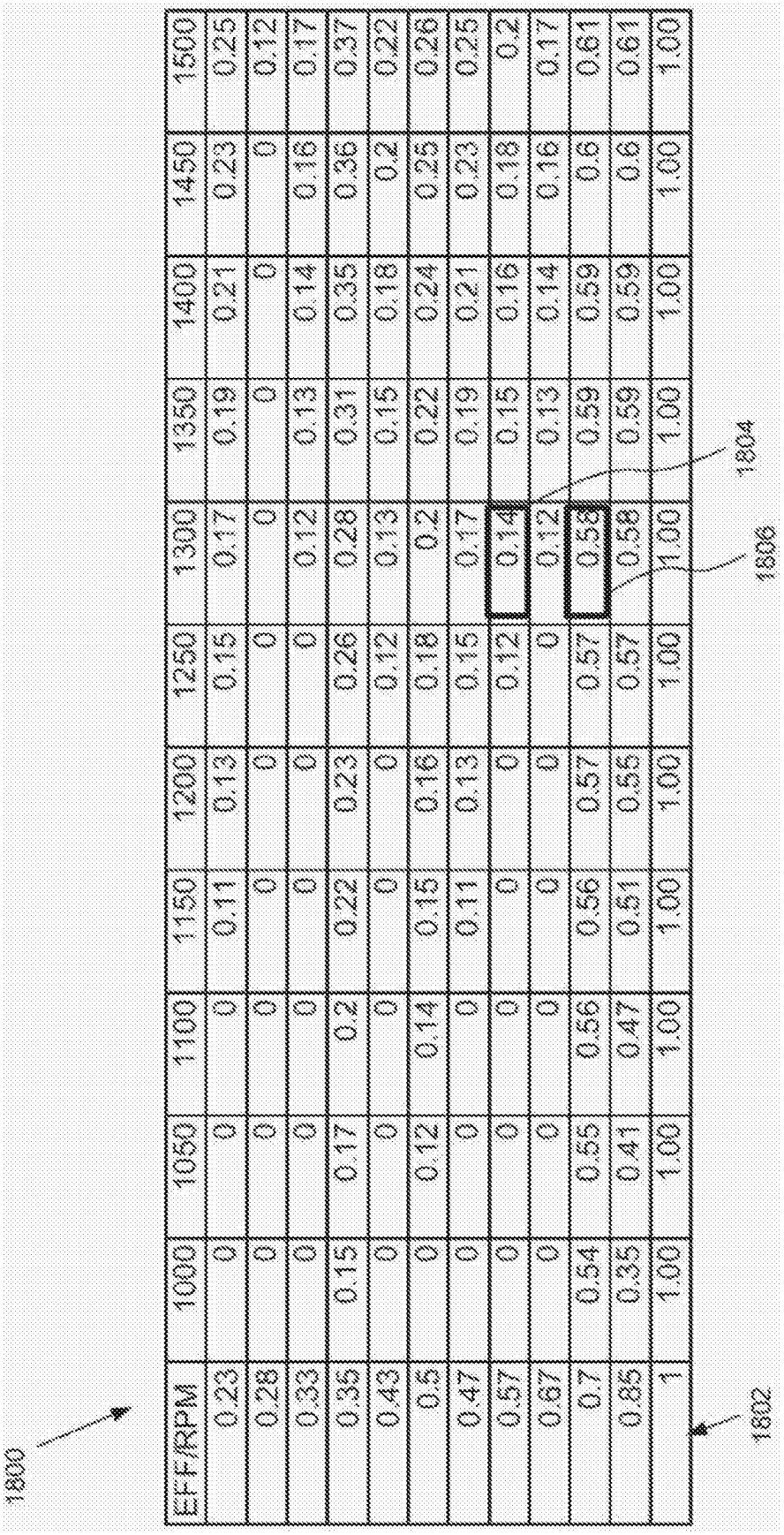

1700
获得所希望扭矩
1705
确定有效点火分数
1710
确定指示高和/或低扭矩输出点火和跳过的跳过点火式点火序列
1715
使用该点火序列以跳过点火的方式运行发动机
1720

图17



EFF/RPM	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
0.23	0	0	0	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25
0.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.12
0.33	0	0	0	0	0	0	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17
0.35	0.15	0.17	0.2	0.22	0.23	0.26	0.28	0.31	0.35	0.36	0.37
0.43	0	0	0	0	0	0.12	0.13	0.15	0.18	0.2	0.22
0.5	0	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.2	0.22	0.24	0.25	0.26
0.47	0	0	0	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25
0.57	0	0	0	0	0	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.2
0.67	0	0	0	0	0	0	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17
0.7	0.54	0.55	0.56	0.56	0.57	0.57	0.53	0.59	0.59	0.6	0.61
0.85	0.35	0.41	0.47	0.51	0.55	0.57	0.58	0.59	0.59	0.6	0.61
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

图18

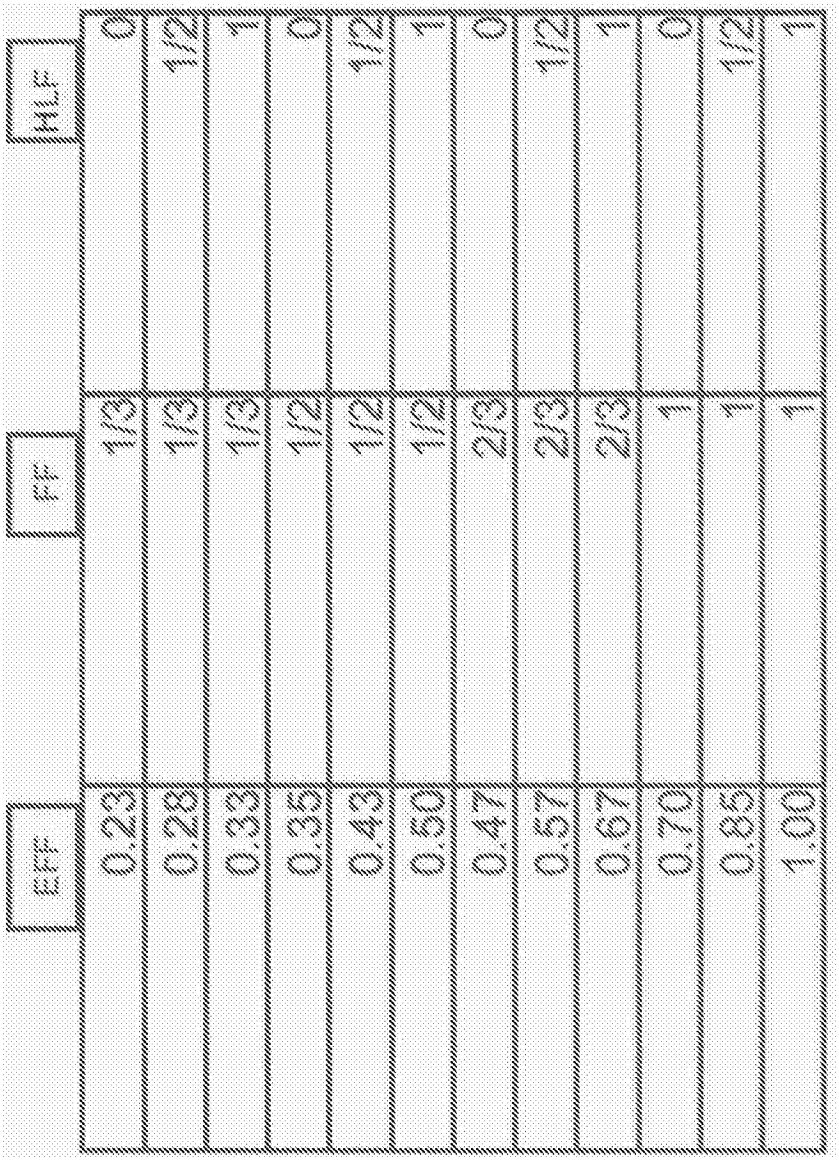

EFF
FF
HLF
0.23
1/3
0
0.28
1/3
1/2
0.33
1/3
1
0.39
1/2
0
0.43
1/2
1/2
0.50
1/2
1
0.47
2/3
0
0.57
2/3
1/2
0.67
2/3
1
0.70
1
0
0.85
1
1/2
1.00
1
1

图19

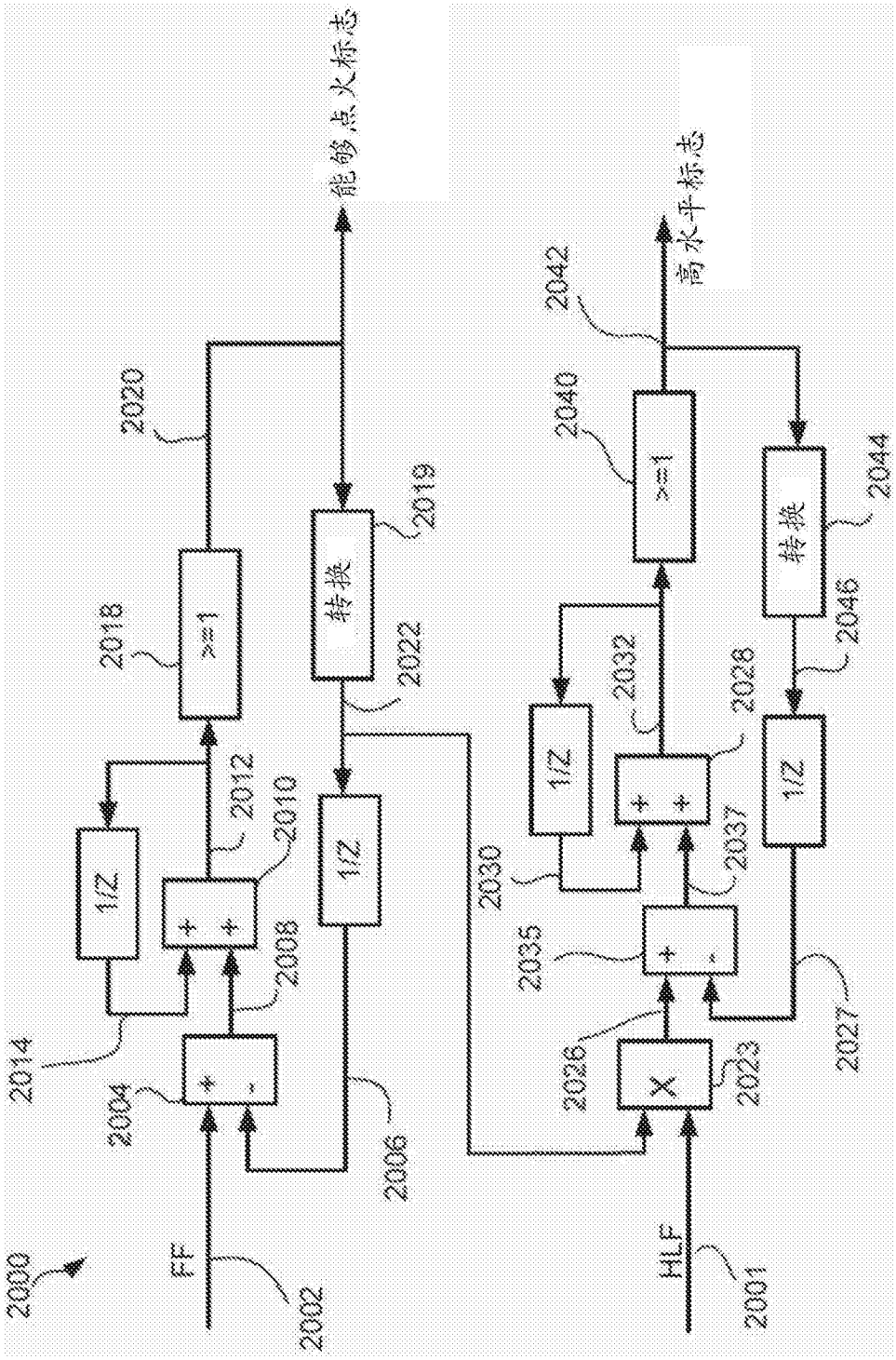

能够点火标志
高水平标志
2000
FF
2002
HLF
2001
2004
2006
2008
2010
2012
2014
2018
2019
2020
2022
2023
2026
2027
2028
2030
2032
2035
2037
2040
2042
2044
2046
转换
转换
>=1
>=1
1/2
1/2
1/2
+
+
+
+
+
-
-
X

图20

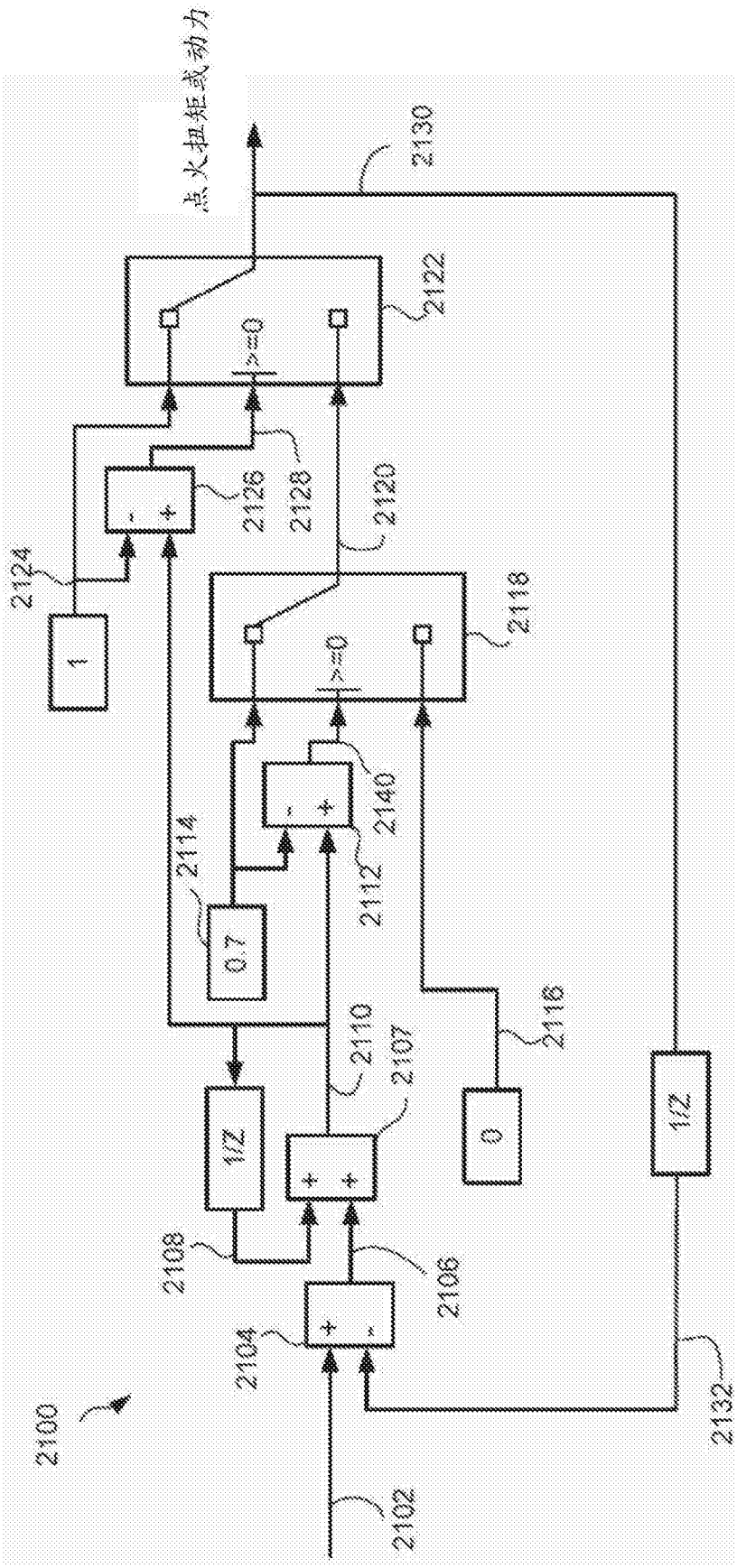

点火扭矩或动力
2130
2122
>=0
2126
2128
2120
2124
1
2118
>=0
2140
2114
2112
0.7
2110
2116
2107
1/2
0
1/2
2108
2106
2104
2100
2102
2132

图21

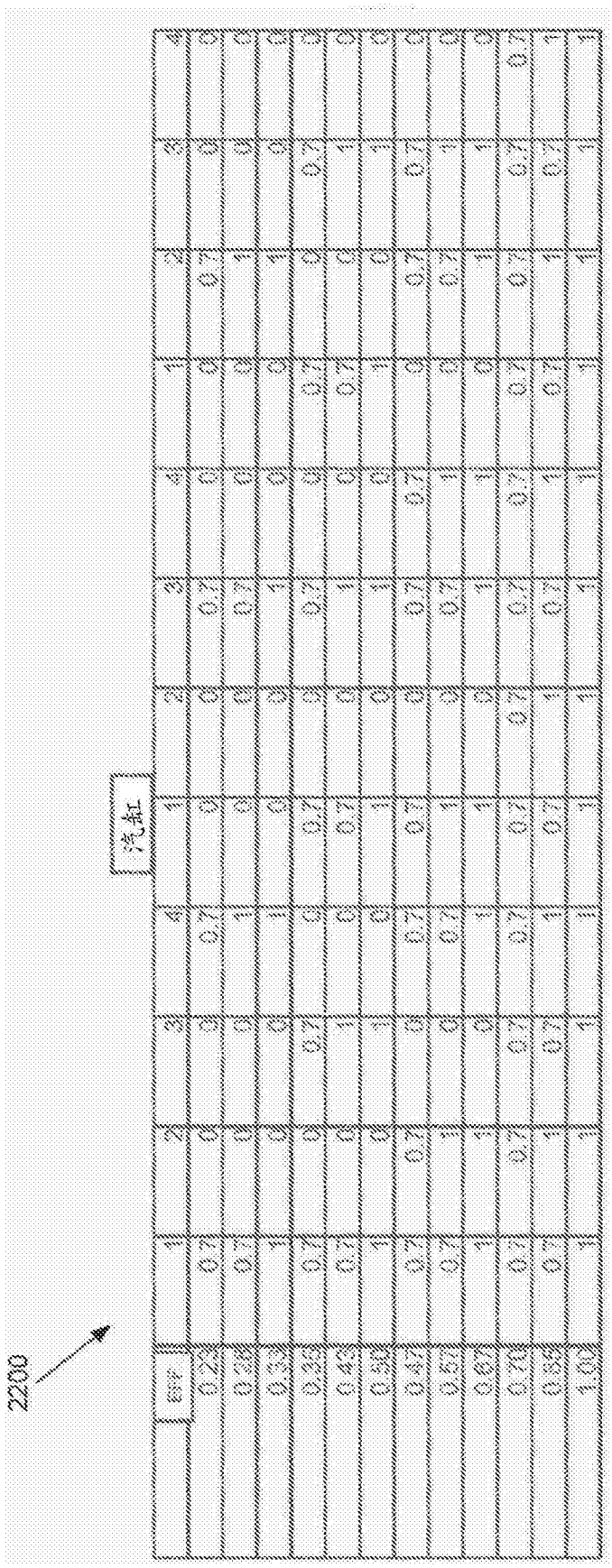


图22

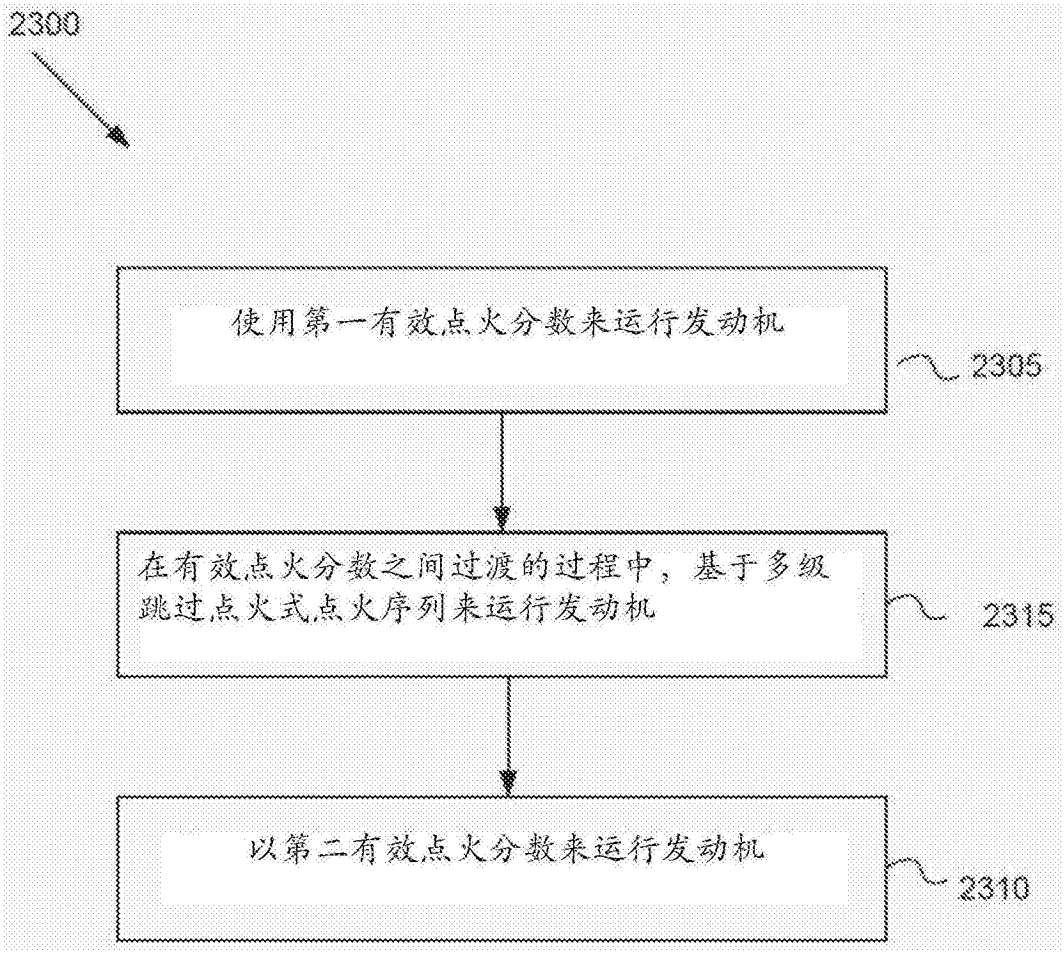

2300
使用第一有效点火分数来运行发动机
2305
在有效点火分数之间过渡的过程中，基于多级跳过点火式点火序列来运行发动机
2315
以第二有效点火分数来运行发动机
2310

图23

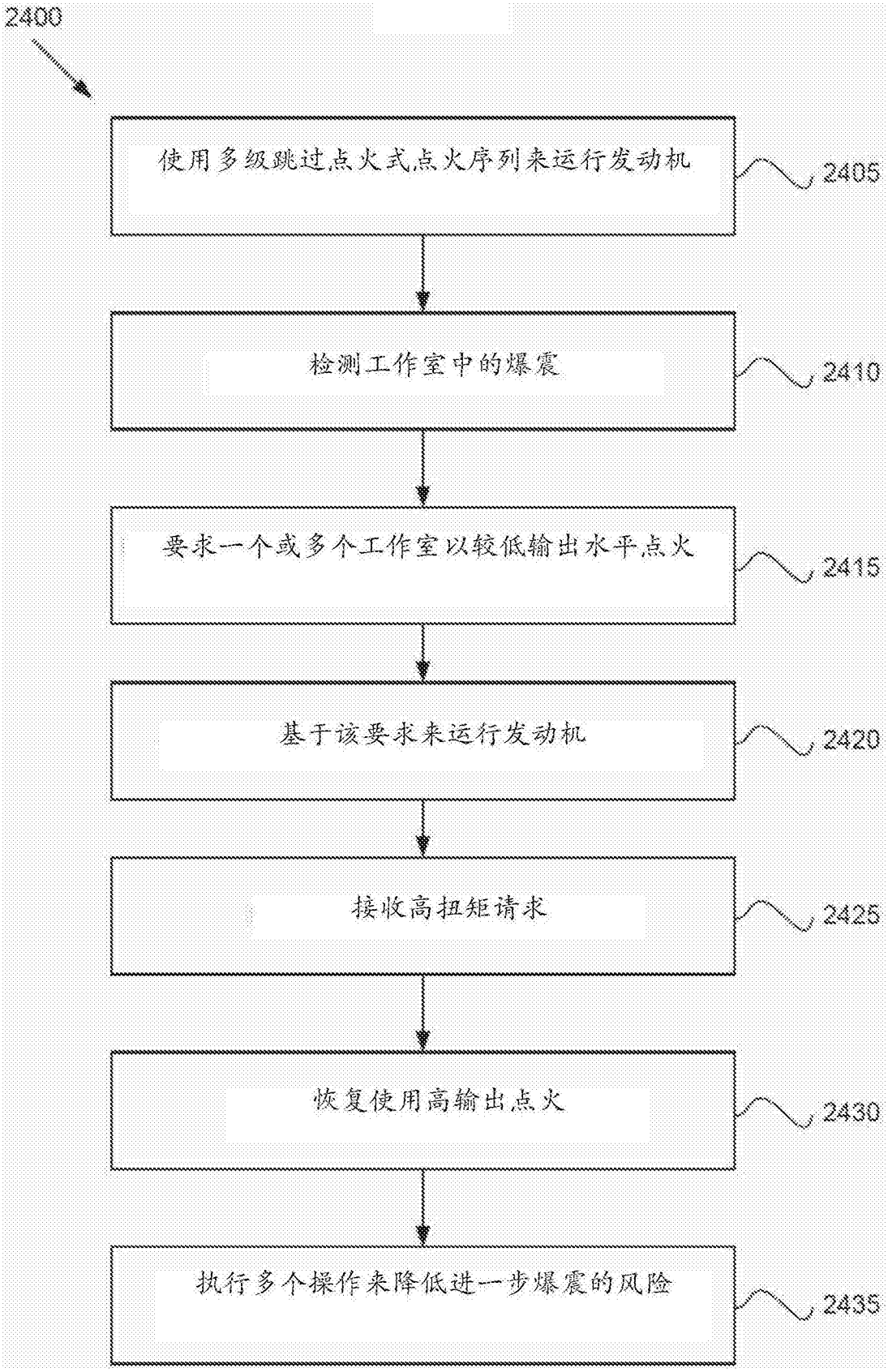

2400
使用多级跳过点火式点火序列来运行发动机
2405
检测工作室中的爆震
2410
要求一个或多个工作室以较低输出水平点火
2415
基于该要求来运行发动机
2420
接收高扭矩请求
2425
恢复使用高输出点火
2430
执行多个操作来降低进一步爆震的风险
2435

图24

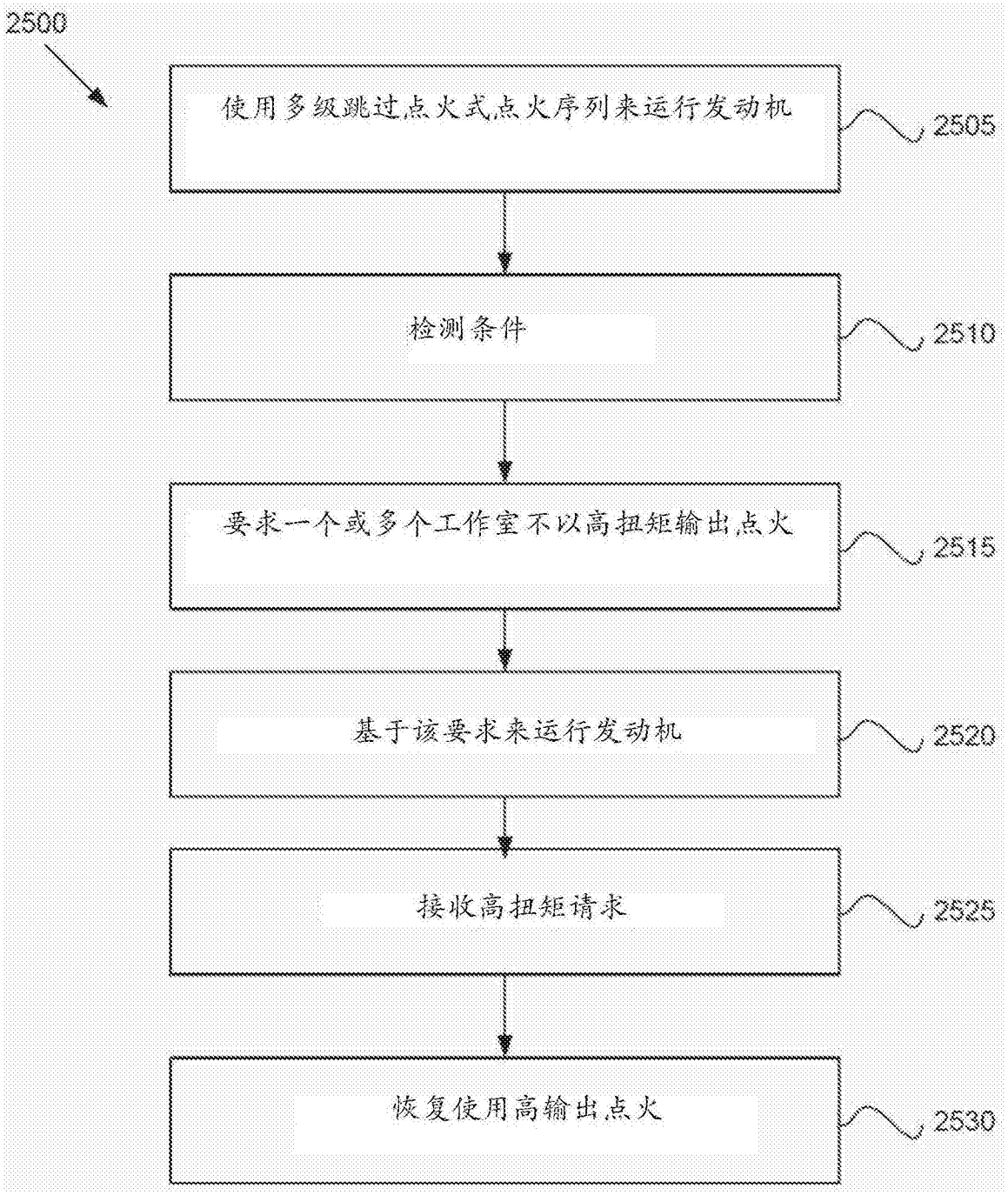

2500
使用多级跳过点火式点火序列来运行发动机
2505
检测条件
2510
要求一个或多个工作室不以高扭矩输出点火
2515
基于该要求来运行发动机
2520
接收高扭矩请求
2525
恢复使用高输出点火
2530

图25

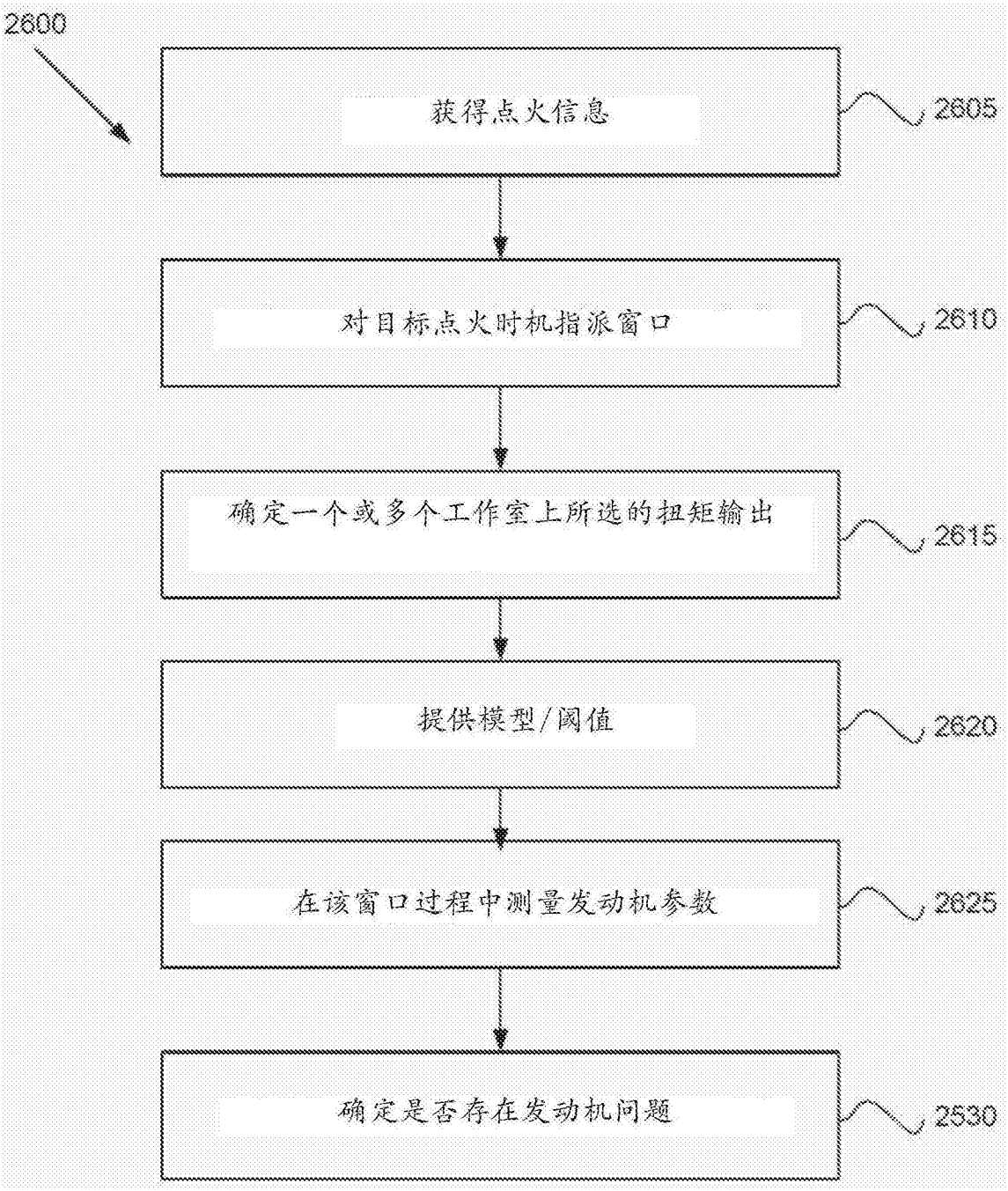

2600
获得点火信息
2605
对目标点火时机指派窗口
2610
确定一个或多个工作室上所选的扭矩输出
2615
提供模型/阈值
2620
在该窗口过程中测量发动机参数
2625
确定是否存在发动机问题
2530

图26