[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F01L 9/04 (2006.01)
F02D 13/02 (2006.01)
F16K 31/06 (2006.01)

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510055173.4

[43] 公开日 2006 年 1 月 18 日

[11] 公开号 CN 1721661A

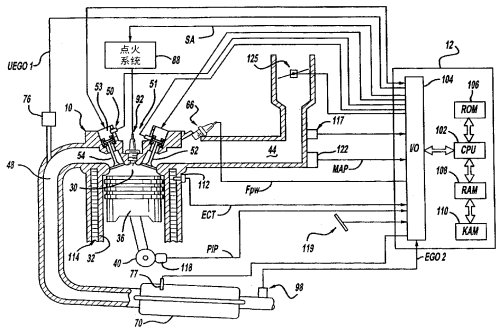
[22] 申请日 2005.3.18
[21] 申请号 200510055173.4
[30] 优先权
[32] 2004. 3.19 [33] US [31] 10/805,607
[71] 申请人 福特环球技术公司
地址 美国密执安
[72] 发明人 刘易斯·J·唐纳德
米歇里尼·O·约翰
[74] 专利代理机构 上海新天专利代理有限公司
代理人 衷诚宣
权利要求书 1 页 说明书 34 页 附图 37 页

[54] 发明名称

控制内燃机中机电驱动的气门

[57] 摘要

提供一种控制内燃机的发动机气门选择的方法，具体涉及控制内燃机中机电驱动的气门以减少燃料消耗和改进发动机操纵性能的方法。 所述方法包括：在发动机操作期间，在电力驱动的气门的第一组条件下停用电力驱动的气门；及在发动机操作期间，在电力驱动的气门的第二组条件下启用电力驱动的气门。



1. 一种控制内燃机的汽缸中电力驱动的气门操作的方法，其特征在于，所述方法包括：

在发动机操作期间，在电力驱动的气门的第一组条件下停用电力驱动的气门；及

在发动机操作期间，在电力驱动的气门的第二组条件下启用电力驱动的气门。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一组条件包括所述电力驱动气门的气门温度高的温度指示。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一组条件包括所述电力驱动气门的气门温度低的温度指示。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一组条件包括所述电力驱动气门的气门阻抗高的阻抗指示。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一组条件包括所述电力驱动气门的气门阻抗低的阻抗指示。

控制内燃机中机电驱动的气门

技术领域

本发明涉及控制内燃机中的气门的方法，更特别地，涉及控制机电驱动的气门来改进发动机性能、燃料节约和排放的方法。

发明背景

在编号为5,765,514的美国专利中描述了一种在发动机操作期间控制进气和排气门操作的方法。该方法提供启动具有机电气门的发动机的方法。该方法提供汽缸的喷射序列，当产生表示曲轴旋转720度的第一个信号脉冲之后产生了第一个曲轴脉冲时初始化所述喷射序列。喷射序列和曲轴位置序列对应于每个汽缸的位置，借此可以控制每个进气门和排气门的开启/关闭正时。相应地将各汽缸设置为排气行程、吸气行程、压缩行程和爆炸行程。

一旦上述方法已设置了每个汽缸的行程，通过基于加速器踏板位置和发动机转速的检索映射表(map)来确定了气门开启和关闭正时。最后，做出进一步的气门正时调整来纠正空燃比误差和气门操作条件。具体来说，参考气门温度和电源电压来纠正气门开启和关闭时间。

发明人在此注意到上述方法有几个缺点。例如，该方法可以基于电源电压调整气门开启和关闭时间，但是操作处于升高的温度的气门会加剧气门性能降级。例如，如果在升高的温度并用增加的电流量操作气门，则气门线圈(valve windings)之间的绝缘性能会降级。因此，在特定情况下，基于气门的温度调整气门正时和操作可能会不理想。另外，如果气门经历性能降级，该方法可能会不像期望的那样执行。例如，如果气门的阻抗增加或减少，则它可能会不像期望的那样开启或关闭。

发明内容

本发明的一个实施形态包括控制内燃机汽缸中的电力驱动的气门操作的方法，该方法包括：在发动机操作期间，在电力驱动的气门的第一组条件下停用电力驱动的气门；及，在发动机操作期间，在电力驱动的气门的第二组条件下启用电力驱动的气门。该方法可以用于减少现有技术方法的上述限制。

确定机电驱动的气门的操作条件，并使用所述操作条件作为在汽缸操作期间停用和/或启用气门考虑的因素，可以改进发动机操作。

例如，周围温度会影响电功率消耗、发动机摩擦和电池功率。因此，通过基于气门温度选择性地启用气门，例如，可又操作足够数量的气门来提供所述扭矩量，但是此数量少于气门总数。以此方式，可以实现所需扭矩而不增加功率消耗。

进一步来说，机电驱动的气门是其电阻抗可以发生变化的电力设备。通过使用机电驱动的气门特性，如阻抗，可以做出更好的决定来允许或禁止给定气门的操作。例如，如果气门或气门组的阻抗高于或低于预定阈值，则可以基于阻抗和发动机操作条件停用或命令气门在某一位置。

本发明还可以实现其他优点。例如，可以使用在此所述的各种方法来提高冷操作期间（此期间发动机摩擦增加）的燃料节约。通过确定适当且又较少数量的气门来工作，可以改进电功率消耗和燃料节约而仍然提供所需气流。另外，可以基于一个或多个气门的操作条件启用或停用气门组。通过提高驾驶者需求和发动机性能，这可以提供改进车辆操作性能的好处。

上述优点及其他优点和特性将通过下述实施形态的详细说明单独地或结合附图来阐明。

附图说明

通过单独地或参考附图来阅读实施形态的实例（在此称为详细说明），将能够更完整地理解在此所述的优点，其中所述附图包括：

图 1 为发动机的示意图；

图 2 为确定具有机电驱动气门的发动机中活跃汽缸和气门的数量的流程图；

图 3 为已初始化的汽缸和气门模式矩阵的一个举例；

图 4 为已进行汽缸和气门模式选择方法处理的模式矩阵的一个举例；

图 5 和 6 为根据操作限制确定汽缸和气门模式的例程的流程图；

图 7 和 7a 为机械/机电气门和汽缸的分组配置；

图 8 为另一个机械/机电气门和汽缸的分组配置；

图 9 为已选择了气门的分组汽缸和气门控制配置；

图 10 为另一个已选择了气门的分组汽缸和气门控制配置；

图 11 为另一个已选择了气门的分组汽缸和气门控制配置；

图 12 为另一个已选择了气门的分组汽缸和气门控制配置；

图 13 为另一个已选择了气门的分组汽缸和气门控制配置；

图 14 为在发动机启动期间控制机电气门的方法例程的流程图；

图 15a 为所需扭矩相对恒定时典型的进气门正时的图表；

图 15b 为所需扭矩相对恒定时典型的排气门正时的图表;

图 16a 为两次不同的发动机启动中的第一次的典型的进气门正时的图表;

图 16b 为两次不同的发动机启动中的第二次的典型的进气门正时的图表;

图 17a 为根据图 14 所示方法在海平面启动期间的典型的进气门正时的图表;

图 17b 为根据图 14 所示方法在高海拔处启动期间的典型的进气门正时的图表;

图 18 为在根据图 14 所示方法在发动机启动期间的典型进气门正时、所需发动机扭矩和发动机转速的图表;

图 19 为在请求停止发动机或请求停用汽缸之后控制气门正时的方法的流程图;

图 20 为四汽缸发动机停止期间的典型进气门正时序列的实例的图表;

图 21 为重启动内燃机中的机电气门的方法的流程图;

图 22 为气门开启和关闭事件期间的气门轨迹区域的实例的图表;

图 23 为在几次尝试重启动气门期间的电流的实例的图表;

图 24a 为启动期间在曲轴转角间隔上的进气门事件的实例的图表;

图 24b 为启动期间在曲轴转角间隔上的排气门事件的实例的图表;

图 25a 为启动期间在曲轴转角间隔上的进气门事件的实例的图表;

图 25b 为启动期间在曲轴转角间隔上的排气门事件的实例的图表;

图 26a 为启动期间在曲轴转角间隔上的进气门事件的实例的图表;

图 26b 为启动期间在曲轴转角间隔上的排气门事件的实例的图表;

图 27a 为启动期间在曲轴转角间隔上的进气门事件的实例的图表;

图 27b 为启动期间在曲轴转角间隔上的排气门事件的实例的图表;

图 28a 为启动期间在曲轴转角间隔上的进气门事件的实例的图表;

图 28b 为启动期间在曲轴转角间隔上的排气门事件的实例的图表;

图 29 为活塞轨迹和为确定发动机在启动期间的行程而判定边界的实例的图表。

具体实施方式

参考图 1，由电子发动机控制器 12 控制的内燃机 10 包括多个汽缸，在图 1 中显示了其中的一个汽缸。内燃机 10 包括燃烧室 30、汽缸壁 32 和位于其中并连接到曲轴 40 的活塞。燃烧室 30 如所示通过进气门 52 和排气门 54 相应地与进气歧管 44 和排气歧管 48 连通。每个进气和排气门均通过机电控制的阀线圈(valve coil)和电枢部件(armature assembly)53 进行控制。通过温

度传感器 51 来确定电枢温度。通过位置传感器 50 来确定气门位置。在另外的实例中，气门 52 和 54 的每个气门驱动器都具有位置传感器和温度传感器。

如图显示进气歧管 44 也与燃料喷射器 66 连接，燃料喷射器 66 供应其量与来自控制器 12 的 FPW 信号脉冲宽度成比例的液体燃料。通过燃料系统（未显示）向燃料喷射器 66 供应燃料，燃料系统包括燃料箱、燃料泵和燃料管线（未显示）。另外，可以配置内将燃料直接喷射到发动机的汽缸中的发动机，这为熟悉技术的人所知，称为直接喷射。此外，进气歧管 44 如所示与可选的电子节流阀 125 连通。

无分电器点火系统 88 通过火花塞 92 向燃烧室 30 提供点火火花来响应控制器 12。宽域排气氧（UEGO）传感器 76 如所示连接到催化转化器 70 上游的排气歧管 48。另外，可以用双态（two-state）排气氧传感器替换 UEGO 传感器 76。双态排气氧传感器 98 如所示连接到排气歧管 48 下游的催化转化器 70。另外，传感器 98 也可以是 UEGO 传感器。催化转化器温度可通过温度传感器 77 来测量，并/或基于如发动机转速、负载、空气温度、发动机温度和/或气流，或它们的组合这样的操作条件对它进行估计。

在一个实例中，转化器 70 可以包括多个催化剂砖(catalyst bricks)。在另一个实例中，可以使用多个排放控制设备，每个包括多个催化剂砖。在一个实例中，转化器 70 可以是三效催化转化器。

如图 1 所示的控制器 12 是常规的微型计算机，它包括：微处理器单元 102、输入/输出端口 104、只读存储器 106、随机访问存储器 108、保活存储器 110，及常规的数据总线。控制器 12 如所示接收来自连接到内燃机 10 的传感器的各种信号，除了上述的那些信号，这些信号还包括：来自连接到冷却套筒（cooling sleeve）114 的温度传感器 112 的发动机冷却剂温度（ECT）、连接到加速器踏板的位置传感器 119、来自连接到进气歧管 44 的压力传感器 122 的发动机歧管压力（MAP）测量值、来自温度传感器 117 的发动机空气温度或歧管温度（ACT）测量值，及通过霍尔效应传感器 118 传感曲轴 40 的位置的发动机位置传感器。在本发明的较佳方面，发动机位置传感器 118 在曲轴每旋转一周时产生预定数量的等距脉冲，通过它们可以确定发动机转速（RPM）。

在另外的实施形态中，可以使用直喷式发动机，其中喷射器 66 位于燃烧室 30 中，或类似于火花塞 92 那样在汽缸头内，或在燃烧室的侧面。

参考图 2，显示了具有机电驱动的气门的发动机的汽缸和气门模式选择的高级流程图。取决于机械复杂度、成本和性能目标，可以将发动机配置为具有一批机电气门配置。例如，假如一种性能较好且能降低成本并视为可行的气门配置包括机电进气门和机械驱动的排气门。此配置提供灵活的汽缸空气量控制，且与采用能够克服排气压具有较高电压的气门驱动器相比成本降低。

另一种希望获得的机械/电子气门配置是包括机电进气门和可变的机械驱动排气门（机械驱动排气门能被控制以调整与曲轴位置相对应的气门开启和关闭事件）。与全机电控制的气门机构相比，此配置能够以降低的复杂度改进低速扭矩并增加燃料节约。另一方面，机电进气和排气门可以提供更高的灵活性，但是可能需要更高的系统成本。

然而，对每个想得到的气门系统配置都使用独特的控制策略是昂贵的，并且会浪费有价值的人力资源。因此，具有能够以灵活的方式控制各种气门系统配置的策略是有利的。图 2 是可以降低复杂度并仍然能够用很少的修改灵活地控制各种不同的气门配置的汽缸和气门模式选择方法的实例。

此例所描述的方法在每次执行该例程时使得一组汽缸和气门模式可用。执行该方法的步骤，可以根据发动机、气门和车辆操作条件从一组可用模式中移除不同的汽缸和气门模式。而，该方法可以被重置使不可用状态汽缸和气门模式初始化，然后在执行例程的不同步骤时使所需的汽缸和气门模式可用。因此，对初始化状态的选择、执行顺序，及可用模式的启用和停用，有各种选择余地。

在步骤 1010,通过插入数值 1 到所有的矩阵行列单元中来初始化表示气门和汽缸模式的矩阵（模式矩阵）行列单元。图 3 所示模式矩阵实例是八汽缸发动机的模式矩阵，该八汽缸发动机为每组 4 汽缸的 2 个 V 型配置的缸组。在此例中，模式矩阵是保存二进制 1 或 0 的结构，也可以使用其他结构。该矩阵可以表示汽缸和气门模式的可用性。在此例中，1 表示可用模式，而 0 表示不可用模式。

在每次调用该例程时初始化模式矩阵，使得所有的模式初始设置为可用。图 7－13 显示某些可能的气门和汽缸模式，下面将对它们进行更详细的说明。显示的是矩阵，但也可以使用其他构成，如字、字节或数组，来代替矩阵。一旦初始化了模式矩阵，该例程就进入步骤 1012。

在步骤 1012，停用模式矩阵中的一些受发动机预热条件影响的气门和/或汽缸模式。可以用布尔逻辑语句来检验操作条件，并基于这些结果停用汽缸和/或气门模式。在一个实例中，基于由发动机操作状态决定的发动机操作条件来确定预热气门和汽缸模式选择。然而，基于发动机操作条件确定的预热汽缸和气门模式选择不受限于发动机温度和催化剂温度。

尽管发动机和催化剂温度提供了发动机操作条件的指示，机电气门的情形可以提供额外的信息，并在某些案例中为提供改变汽缸和气门模式的基础。例如，上述触发模式选择改变的代表性情形，包括由传感器 50 确定（或估计）的电枢温度。进一步来说，气门工作的数量、启动以来的时间、气门工作时间、气门电流(valve current)、气门电压(valve voltage)、由气门消耗的

功率、气门阻抗传感设备（valve impedance sensing devices）、及其组合和/或其子组合都可以提供附加的气门操作条件来增强（或代替）电枢温度传感器。因此，机电气门的操作条件能够被用于确定活跃汽缸的数量和/或活跃汽缸中行程的数量，另外还可以可选地将它们用于确定工作气门的数量和配置或模式。这些气门操作条件可以被包括在模式选择逻辑内的发动机和催化剂条件中，或它们可以包括没有发动机和催化剂操作条件的模式选择逻辑。

也可以基于预热条件、汽缸行程模式及活跃汽缸的数量通过选择逻辑选择气门模式，如，对置的进气和/或排气门或对角的进气和排气门。这通过给定的选择逻辑启用所需的气门模式、汽缸行程模式和汽缸模式来实现。然后图 2 余下的选择准则可以通过应用图 2 的步骤 1014－1022 的条件限制来确定汽缸模式、活跃气门的数量、活跃气门的模式，及汽缸行程模式。

在发动机预热期间以此方式选择机电气门操作可以在多方面改进发动机的操作，例如，用数量更少的气门来操作发动机的所有汽缸。这样的选项的一个实例是用八个汽缸且每个汽缸两个气门来操作每个汽缸都具有四个电磁阀(electromagnetic valve)的 V8。这样的操作不仅增加燃料经济性（通过降低气门电流(valve current)而节约电能来进行），还能够降低发动机噪音、振动和啸叫（NVH），这是因为发动机扭矩峰值之间更加接近了。进一步来说低温时的气门功率消耗增加而供电能力会下降。因此，在低温条件下（如，在发动机启动期间）选择使用更少数量的气门可以使更多的电流对发动机启动器可用，以使得较长的发动机发动（cranking）(旋转发动机直到发动机开始在其自身的功率下旋转）和较高的启动扭矩成为可能而不消耗蓄电池容量。然后例程进入步骤 1014。

在步骤 1014，停用那些影响发动机排放或受排放影响的气门和/或汽缸模式。然后例程进入步骤 1016。

在步骤 1016，停用那些受发动机操作区域和气门性能降级影响的气门和/或汽缸模式。在此步骤，催化剂和发动机温度与气门性能降级的指示一起用在一个示例中来确定汽缸和/或气门模式的停用。图 5 的说明提供选择处理进一步的细节。然后例程进入步骤 1018。

在步骤 1018，停用那些影响发动机和车辆噪音、振动和啸叫（NVH）的气门和/或汽缸模式。例如，可以选择性地启用和停用机电气门来改变活跃汽缸的数量，从而改变汽缸燃烧频率。理想的是，根据选择的环境，避免（或减少）能使汽车振动频率或模式增强的气门和汽缸模式，即，在机械结构只有很少或没有阻尼特性时。在步骤 1018 中停用影响这些频率的气门和/或汽缸模式。然后例程进入步骤 1020。

在步骤 1020,停用那些不能提供足够的扭矩来产生所需的发动机制动扭矩

(brake torque)的汽缸和/或气门模式。在此步骤，比较所需的发动机制动扭矩和包含在模式矩阵内的汽缸和气门模式的最大扭矩。在一个实例中，如果所需的制动扭矩大于给定汽缸和气门模式的最大扭矩（如果需要，可以包括最大容许误差），则停用该汽缸和/或气门模式。然后例程进入步骤1022。

在步骤1022，评估模式矩阵并确定汽缸和气门模式。在此，基于步骤1010－1020的准则，通过把0写到适当的模式矩阵单元行/列配对中来停用已变得不可用的汽缸和气门操作模式。从矩阵原点（0，0）单元开始，一行接一行地搜索模式矩阵来确定包含1的行列配对。最后一个包含值1的矩阵行/列确定气门和汽缸模式。以此方式，模式矩阵和选择处理的设计使得能用最少数量的汽缸和气门满足控制目标。

如果请求改变汽缸和/或气门模式，即，如果图2的方法确定自从最后一次执行图2的方法以来，更加适合使用不同的汽缸和/或气门模式，则通过将请求的模式变量设置为指示新的汽缸和/或气门模式的值来指示待决的模式改变。在预定的时间间隔之后，将目标模式变量设置为和请求的模式变量相同的值。使用请求的模式变量来向周边系统提供待决模式改变的早期指示，以使得那些系统可以在实际的模式改变之前采取行动。传送（transmission）是实现上述动作的一个实例。可以通过改变目标模式变量来发起实际的汽缸和/或气门模式改变。而且，该方法可以通过设置MODE_DLY变量来延迟请求的改变和目标扭矩，同时调整燃料来适合新的汽缸和/或气门模式。当设置了MODE_DLY变量时，抑制汽缸和/或气门模式改变。

然后将所选的气门和汽缸模式输出到气门控制器。然后退出汽缸和气门模式选择例程。

另外，汽缸和气门模式矩阵结构可以采取其他形式并具有其他目标。在一个实例中，其他的实施形态可以将通过最大扭矩、排放、和/或燃料节约加权的数值写入矩阵，而不是将1和0写入矩阵的单元。在此例中，可以根据写入矩阵单元的数值的确切涵义来选择所需的模式。此外，定义矩阵轴的模式不必基于扭矩量进行增减。燃料节约、功率消耗、可听噪音和排放可以作为用于定义模式控制矩阵组织的结构的附加的准则。以此方式，可以将矩阵结构设计为基于汽缸和气门数量最少之外的其他目标来确定汽缸和气门模式。

同样，可以将图2的方法可被设定成为确定气门、气门驱动器、发动机、底盘、电气系统、催化剂系统，或其他车辆系统的操作条件的方法。上述操作条件可以用来确定活跃汽缸的数量、活跃气门的数量、气门模式、汽缸循环内的汽缸行程、汽缸分组、其他气门模式，及所需的气门相位。确定各种操作条件并选择适当的汽缸和气门配置可以改进发动机性能、节约燃料并提高客户满意度。

在一个实例中，至少下面两项可用于调整发动机的最大扭矩:

(1) 执行燃烧的汽缸数量; 及

(2) 在每个汽缸中操作的气门数量

因此，可能提高最大扭矩的分辨率(resolution)，使之超出通过简单地使用汽缸数而获取的。

而且，图 2 的方法可以根据发动机操作条件在发动机运行期间在汽缸和气门模式之间切换。

在另一个实例中，八汽缸发动机以四行程模式操作四个汽缸、并以十二行程模式操作另外四个汽缸，所有汽缸都在每个汽缸中使用四个气门。此模式可以通过降低活跃汽缸的数量和通过以较高的热效率操作活跃汽缸，来产生所需的扭矩并提高燃料效率水平。为了响应操作条件的改变，控制器可能将发动机操作模式切换为四个汽缸以四行程模式操作并在每个汽缸中使用两个气门。余下的四个汽缸以十二行程模式操作，并具有轮换的排气门。

在另一个实例中，在其他操作条件下，停止一些汽缸的燃料喷射，而其他汽缸在每个汽缸中有 4 个活跃的气门。此模式可以产生所需的扭矩同时进一步提高燃料效率。同样，由于使用轮换模式，汽缸中以十二行程模式操作的排气门可以得到冷却。以此方式，图 2 的方法允许发动机基于操作条件和模式矩阵校准和设计来改变活跃汽缸的数量、汽缸循环中的行程数、气门工作的数量，及气门模式。

因为具有机电气门的发动机能够根据不同的方式运行不同的汽缸，如一半可用的汽缸以四行程操作，而余下的汽缸以六行程操作，发动机的循环在此定义为在最长的汽缸循环上重复的角度数量。另外，也可以对每个汽缸独立确定汽缸的循环。例如，又，发动机用四行程和六行程模式的汽缸进行操作，则发动机的循环由六行程汽缸模式定义，即，1080 度。图 2 所述的汽缸和气门模式选择方法也可以连接燃料控制方法来使用，以进一步改进发动机的排放。

参考图 3,显示了具有机电进气和排气门的 V8 发动机的已初始化了的汽缸和气门模式矩阵的实例。x-轴上的列表示具有四个气门的汽缸的可能的很多的气门模式中的一些。从左到右显示了双进气/双排气（DIDE）、双进气/轮换排气（DIAE）、轮换进气/双排气（AIDE）和轮换进气/轮换排气（AIAE），它们的最大扭矩从高到低排列。y-轴的行表示 V8 发动机的可能很多的汽缸模式中的一些。这些汽缸模式开始于底部具有较多汽缸的模式，而终止于顶部具有较少汽缸的模式，它们的最大扭矩从高到低排列。

在此例中，这样构建模式矩阵有利于减少搜索时间和模式判读。行和列的交点，即单元，表示独特的汽缸和气门模式。例如，图 4 中的模式矩阵的单

元（1，1）表示 V4 汽缸模式和双进气/轮换排气（DIAE）气门模式。模式矩阵的组织使得汽缸/气门模式中的发动机最大扭矩随着与原点之间的距离增加而减小。最大扭矩按行减小的量比按列减小的量大，因为每个发动机循环中活跃汽缸的数量随着行数增加而减少，而不同的气门模式的发动机扭矩减小依照汽缸最大扭矩小部分减少。

由于模式矩阵基于气门和汽缸构建，它自然地允许定义确定活跃汽缸和气门数量以及汽缸和气门配置的汽缸和气门模式。另外，模式矩阵可以标识具有分组汽缸并具有独特的操作气门数量和气门模式的汽缸和气门配置。例如，可以将模式矩阵配置为让一半活跃汽缸具有两个活跃气门，而另外一半活跃汽缸具有三个活跃气门。同样，模式矩阵支持多行程模式选择。多行程工作通常包括具有大于四行程燃烧循环的燃烧循环。在此所述的多行程操作包括大于四行程的燃烧和燃烧循环中行程数量的变更情形，如四行程、六行程和/或十二行程之间的变化。

进一步来说，对一种汽缸模式来说，可以让不同的汽缸活跃，如在四汽缸发动机中，通过定义并从两个独特的矩阵单元中选择，I2 汽缸模式可以通过汽缸 1－4 或 2－3 来产生。

除了位于（0，0）单元的汽缸和气门模式，可以停用在模式矩阵中表示的任何汽缸和气门模式。不停用单元（0，0），以使得至少有一种模式可用。

参考图 4，显示了已进行汽缸和气门模式选择处理的矩阵的实例。该图显示了在步骤 1010 模式矩阵初始化时初始设置为 1 而目前为 0 的模式单元。同样，在图 2 的方法的步骤中，当停用汽缸和气门模式时，也停用那些具有较小最大扭矩的汽缸和气门模式。例如，单元（1，2）在包含 0 的单元中具有较高的最大扭矩。基于选择的汽缸和上述气门模式选择准则，将单元（1，1）选择作为当前的汽缸和气门模式，即，V4 双进气/轮换排气（DIAE）。如果搜索在矩阵中碰到 0 之后停止，则这可以减少矩阵的搜索时间。

参考图 5，显示了根据发动机和气门操作来限制停用汽缸模式（例如，从可用模式进行停用）的方法的流程图。该方法评估发动机和催化剂温度来确定应停用哪个可用的汽缸和气门模式。进一步来说，如果指示了气门性能降级，则该方法在需要时停用受性能降级影响的汽缸和气门模式，除了模式矩阵中单元（0，0）的汽缸和气门模式。

在步骤 1510，确定发动机操作条件。测量发动机温度传感器 112 和催化剂砖温度 77。另外，也可以对温度进行推断。另外，可以根据发动机温度、排气残留、发动机转速、发动机空气量及点火提前的经验数据推断排气门温度。然后例程进入步骤 1512。

在步骤 1512，比较催化剂温度 CAT_TEMP 和预定的变量 CAT_tlim。如果催

化剂温度高于 CAT_tlim，则例程进入步骤 1514。如果催化剂温度小于 CAT_tlim，则例程进入步骤 1516。

在步骤 1514，基于预定的矩阵 CAT_LIM_MTX 停用汽缸和气门模式。该矩阵具有和模式矩阵相同的维度，即，两个矩阵具有相同数量的元素。在 CAT_LIM_MTX 内，停用产生较高温度的汽缸和气门模式。然后将停用的模式从 CAT_LIM_MTX 复制到模式矩阵。例如，如果测量或推断出的催化剂温度比 V8 发动机所需的温度高，则停用部分汽缸模式，包括 V4、六行程和 V2。通过降低每个汽缸在相同所需扭矩上的负载，停用部分汽缸模式来降低排气温度。然后例程进入步骤 1516。

在步骤 1516，比较发动机温度 ENG_TEMP 和预定的变量 ENG_tlim。如果发动机温度高于 ENG_tlim，则例程进入步骤 1518。如果发动机温度低于 ENG_tlim，则例程进入步骤 1520。

在步骤 1518，基于预定的矩阵 ENG_LIM_MTX 停用汽缸和气门模式，其中该矩阵具有和模式矩阵相同的维度，即，两个矩阵具有相同数量的元素。在 ENG_LIM_MTX 内，停用产生较高温度的汽缸和气门模式。然后将停用的模式从 ENG_LIM_MTX 复制到模式矩阵。例如，如果测量或推断出的催化剂温度比 V8 发动机所需的温度高，则停用部分汽缸模式，包括 V4、六行程和 V2。通过降低每个汽缸在相同所需扭矩上的负载，停用部分汽缸模式能降低排气温度。然后例程进入步骤 1520。

在步骤 1520，推断出的排气门温度，EXH_vlv_tmp，可用来预定变量 EXH_tlim。如果推断出的排气门温度高于 EXH_tlim，则例程进入步骤 1522。如果推断出的排气门温度低于 EXH_tlim，则例程进入步骤 1524。

在步骤 1522，基于预定的矩阵 EXH_LIM_MTX 停用汽缸和气门模式，其中该矩阵具有和模式矩阵相同的维度，即，两个矩阵具有相同数量的元素。在 EXH_LIM_MTX 内，停用产生较高温度的汽缸和气门模式。然后将停用的模式从 EXH_LIM_MTX 复制到模式矩阵。例如，如果测量或推断出的催化剂温度比 V8 发动机所需的温度高，则停用部分汽缸模式，包括 V4、六行程和 V2，并以轮换模式操作排气门。停用部分汽缸模式将通过降低每个汽缸的负载来降低排气温度，而轮换气门有助于非活跃的排气门和汽缸头之间的热传导。然后例程进入步骤 1524。

在步骤 1524，评估气门性能降级。可以通过多种方式来指示气门性能降级，这些方式可以包括但不限于：通过氧传感器推断或通过发动机转速传感器得到的气门位置测量、温度测量、电流测量、电压测量。如果检测到气门性能降级，则将具有性能降级的气门的汽缸数量赋予变量 VLV_DEG，并将最新在步骤 1528 中确定的性能降级的气门的汽缸数量赋予汽缸标识符 CYL_DEG。如果

出现了气门性能降级，则例程进入步骤 1526。如果没有出现气门性能降级，则例程退出。

在步骤 1526，停用受气门性能降级影响的汽缸和气门模式，这可以包括停用具有性能降级的气门的汽缸。具体来说，其中具有性能降级的气门的汽缸 CYL_DEG 是进入汽缸模式的矩阵 FN_DEGMODES_MTX 的一个索引，该矩阵包含受具有性能降级的气门的汽缸影响的汽缸模式。然后例程停用被 FN_DEGMODES_MTX 识别的所述汽缸模式。然而，在一个实例中，不停用行 0 的汽缸模式，以使得发动机能够在受到请求时通过至少部分（或全部）没有性能降级的气门的汽缸提供扭矩。另外，如果不止一个汽缸的性能由于气门的性能降级而降级，即，VLV_DEG 大于 1，则对应于行 0 的汽缸模式是单个活跃汽缸模式。以此方式，标识为性能降级的汽缸使得受影响的汽缸模式停用，这可以包括在具有性能降级的气门的汽缸中禁用燃烧、燃料喷射和/或启用火花塞。因此，可以在气门性能降级的汽缸中停用燃料和/或火花。

在步骤 1526 中也可以对气门性能降级进行补偿。气门温度通过温度传感器传感，而且其他的气门操作条件也可以确定。例如，气门电压、阻抗和功率消耗可以传感或推断。可以比较这些参数和预定的目标量来构成误差量，然后将误差量用于调整车辆电气系统的操作参数。例如，如果周围空气温度增加且在测量或推断出的气门电压量比所需的要低，则可以发送信号到车辆电气系统以增加供电电压。以此方式，可以使用气门的操作条件来调整车辆电气系统的操作条件，以改进气门操作。然后例程进入步骤 1530。

在步骤 1530，评估车辆电气系统的操作条件。如果电气系统可用的功率、可用电流和/或可用电压低于预定量或性能降级，则例程进入步骤 1532。此外，如果外部电力负载（如，由车辆电气系统供电的计算机或视频游戏）或辅助的、较低优先权的电力负载（如，装载于车辆电力系统的车辆部件，如气泵或风扇）超过了预定量或超过了总的可用电气系统容量的一小部分、给车辆电气系统带来更多负载，则例程进入步骤 1532。然后例程退出。

在步骤 1532，基于电气系统操作条件停用汽缸和气门模式。通过从选择的矩阵复制 0 到模式矩阵中来停用汽缸和气门模式。如果电气系统可用的功率、可用的电流和/或可用的电压低于第一组预定的量，则将矩阵 FNVLVRED 中的 0 复制到模式矩阵中。在此例中，这些 0 值将气门操作限制于每个汽缸具有两个操作气门的发动机汽缸的数量。如果上述电气参数低于第二组预定的量，则将矩阵 FNCYLRED 中的 0 复制到模式矩阵中。在此例中，这些 0 将减少活跃汽缸数量和活跃汽缸中的气门数量来限制气门操作。

进一步来说，如果外部或辅助负载的功率超出了预定的量，则控制电力开关，如继电器或晶体管，来停用加到这些设备的电力。停用汽缸和气门模式

与减少外部和辅助电力负载效应两者的组合可以在电气系统能力降低的条件下提高启动的可能性。例如，在周围温度较冷时，发动机摩擦力增加且蓄电池功率可能降低。通过停用较低优先级的电力负载并减少活跃汽缸和气门的数量，则在启动期间对发动机启动器和活跃气门有额外的电力可用。另外，如果在发动机操作期间电气系统性能会性能降级，则通过停用较低优先级的电力负载并减少活跃的汽缸和气门可以增加车辆的范围。

参考图 6，描述从可用的汽缸和气门模式矩阵中选择汽缸和气门模式的方法。在一个实例中，该方法搜索整个模式矩阵来查找具有最少活跃汽缸和气门的数量的模式。由于上述步骤已基于发动机和车辆的操作条件停用了汽缸和气门模式，此步骤提供第二个选择汽缸和气门模式的实例准则，即，燃料节约。通过选择最少数量的活跃汽缸和气门，改进汽缸效率并降低电力消耗，从而增加了燃料节约。然而，可以通过以不同的方式构建矩阵的行和列来使用其他搜索方案，以强调其他目标，或不同目标的组合。

在步骤 1810，在每次执行该例程时初始化行列下标，且如果下标所指向的模式矩阵单元值为 1，则例程存储当前行列下标。在此例中，一次只存储一个行列下标。在评估当前模式矩阵单元之后，例程进入步骤 1812。

在步骤 1812，比较当前列数 cols 和模式矩阵的列数 col_lim。如果当前列数小于模式矩阵的总列数，则例程进入步骤 1814。如果列数不小于模式矩阵的总列数，则例程进入步骤 1816。

在步骤 1814，递增列的下标值。这允许例程搜索每行的第 0 列到第 col_lim 列。然后例程进入步骤 1810。

在步骤 1816，将列的下标重置为 0。此动作允许例程在需要时评估模式矩阵的每个行的每个列。然后例程进入步骤 1818。

在步骤 1818，比较当前行数 rows 和模式矩阵的行数 row_lim。如果当前行数小于模式矩阵的总行数，则例程进入步骤 1820。如果行数不小于模式矩阵的总行数，则例程进入步骤 1822。

在步骤 1820，递增行下标值。这允许例程从第 0 行搜索到每一行的第 row_lim 列。然后，例程进入步骤 1810。

在步骤 1822，例程确定所需的汽缸和气门模式。将最后的行列下标输出到图 2 的步骤 212 中的扭矩确定例程。行数对应于所需的汽缸模式，而列数对应于所需的气门模式。然后例程退出。

参考图 7，显示提供降低成本的灵活控制选项的汽缸和气门配置。标签 M 表示通过凸轮轴操作的机械气门（可选地包括液压驱动的可变凸轮正时），而 E 表示机电气门。该图显示了两个汽缸组，一个组具有机电驱动的进气门，而另一个组具有机械驱动的进气门。也可以将第二个组配置为同时具有机械

进气门和机电排气门。另一种配置可以是其中一个汽缸组具有一个或多个机电驱动的气门，而发动机中余下的气门皆为机械驱动。这允许汽缸组对不同的目标使用不同的气门配置。例如，一个汽缸组可以用四个气门操作，而另一个组用两个气门操作。这允许四气门汽缸在某些条件下，如转速和负载条件，具有更高的最大扭矩，并通过选择性地启用机电驱动气门来允许发动机具有多个最大扭矩量。

通过操作两个具有不同气门配置的汽缸组，也可以提高发动机的燃料节约。例如，可以将具有两个汽缸组的 V10 发动机配置为具有机械驱动的气门组和机电驱动或机械/机电组合驱动的气门组。可以按需要停用机电组中的汽缸，而无需花成本在所有的汽缸中安装机电气门。

而且，催化剂砖到汽缸头设置为不同距离的排气配置可以使发动机排放得到改善。具有机电驱动的气门的汽缸组可以延迟排气门正时，从而提高其催化剂砖位置离汽缸头的较远的汽缸组的热量。因此，可以基于发动机设计配置不同的汽缸组来改进排放。

现参考图 7a，显示了另外的配置，该配置具有电力驱动的进气门和机械凸轮驱动的排气门（可选地包括液压驱动的可变凸轮正时）。注意，虽然显示了两个进气门和两个排气门，在另外的实施形态中，可以使用一个电力驱动的进气门和一个凸轮驱动的排气门。此外，也可以使用两个电力驱动的进气门和一个凸轮驱动的排气门。

参考图 8，显示以其他方式分组的汽缸和气门配置。图 8 的配置提供一些与参考图 7 所述相同的优点，但所有汽缸如所示都包括机械和机电驱动的气门。此配置通过允许所有汽缸为机械控制或通过操作机械组和机械/机电组，来提供进一步的控制灵活性。将机电气门和机械气门在不同汽缸组中设置在不同位置，可以进一步改变此实施形态。例如，可以将第一个组配置为具有机电进气门和机械排气门，而将第二个组配置为具有机械进气门和机电排气门。

可以通过更换机电气门的位置为机械气门的位置、或通过重排气门模式来进一步更改图 7、7A 和 8 的汽缸和气门配置。例如，一种汽缸组的安排可以配置机电进气门和排气门为对角配置以促进汽缸供送旋涡(cylinder charge swirl)，而不是所示的对置的气门配置。

参考图 9 和 10，显示汽缸和气门配置分组的其他实施形态。在发动机循环中操作由 S 表示的气门位置，即选择的气门。注意，在某些实例中，可以通过凸轮以机械方式操作另外的气门。所示的汽缸和气门配置将汽缸划分为两个区域（图 9 中在进气和排气门之间进行划分，图 10 中在进气和排气门组的组之间进行划分）。此外，可以使用另外的配置，其中选择的气门位于相同

的区域，但未在图中选择它。这些配置至少具有部分与那些如参考图 7－8 所述的配置相同的优点。

参考图 11、12 和 13，显示了分组的汽缸和气门配置的其他实施形态。在发动机循环期间操作由 S 表示的气门位置，即选择的气门。所示的汽缸和气门配置汽缸划分为四个区域，每个区域包括一个机电驱动的气门，区域 1 和 2 包含进气门，区域 3 和 4 包含排气门。此外，当选择的气门位于轮换区域时，可以使用另外的配置，但未在图中选择它。这些配置具有与图 7－10 所述的配置相同的优点，但是这些配置也可以提供更多的控制灵活性。例如，可以更改选择的气门模式来提供 2、3 和 4 气门的操作。

虽然机电驱动的气门提供增加燃料节约和发动机性能的各种机会，它们还能够以其他方式改进发动机的启动、停止和排放。图 14 显示了通过控制进气和排气门改进发动机启动的方法。

作为一个举例，机电驱动的气门支持在启动期间选择第一个汽缸执行燃烧的能力。在一个实例中，至少在某些操作条件下，选择同一个汽缸来执行第一次燃烧，这可以减少排放。换句话说，当发动机在相同的汽缸上启动时，至少在选择的条件下的两次接连启动期间，可以减少启动期间向每个汽缸提供的燃料量的变动。通过在相同的汽缸中开始燃料喷射，可以重复地向每次的汽缸提供唯一的燃料量。这是可能的，因为可以通过相同的参考点来调度燃料，即被选择用于燃烧空气－燃料混合气的第一个汽缸。总的来说，由于装配的限制，在多汽缸发动机中没有两个汽缸具有相同的进气口。因此，每个汽缸都有独特的燃料需求在汽缸中产生所需空燃混合气。幸运的是，在此所述的一个方法举例中允许根据每个独特的端口几何形状、端口表面抛光，及喷射器的喷射影响区域来定制喷射到每个单独的汽缸中的燃料，从而减少空气-燃料的变动和发动机排放。

在另一个实例中，为了减少因重复执行第一次燃烧而造成的磨损，改变选择用于重复执行第一次燃烧的汽缸。可以根据各种操作条件的集合，如固定的启动次数、发动机温度，它们的组合等等进行改变。因此，对第一批启动，重复使用汽缸 1 来启动发动机。然后，对第二批启动，重复使用另一个汽缸（如，第一个可用的汽缸，或相同的汽缸，如汽缸 2）来启动发动机。另外，可以基于发动机或空气温度选择不同的汽缸。在又一个实例中，可以基于大气压（测量或估计出，或与其他测量或估计出的参数相关）选择用于启动的不同汽缸。

参考图 14，在步骤 3210 中，例程确定是否已做出启动发动机的请求。可以由点火开关、远程发送的信号，或另一个子系统，如混合电源系统的电压控制器来做出请求。如果否，则例程退出。如果是，则例程进入步骤 3212。

在步骤 3212，关闭所有的排气门。可以同时关闭所有气门，或为了降低供电电流而以其他顺序关闭这些气门。在另外的实施形态中，也描述了可以关闭全部排气门中的一部分的情形。关闭的气门保持关闭，直到在这些气门相应的汽缸中发生了燃烧事件。即，汽缸的排气门保持关闭，直到在汽缸中发生了第一个燃烧事件。通过关闭排气门，可以防止残留的碳氢化合物在发动机发动和转数增加(run-up)（发动和在达到相当稳定的空转速度之间的时期）期间逸出汽缸。这可以减少排放出的碳氢化合物，从而可以减少车辆排放。然后例程进入步骤 3214。

另外，可以将进气门设置为预定的状态－开启或关闭。在发动期间关闭进气门会增强泵送所做的功(pumping work)和启动器电机电流，但可以将碳氢化合物限制在汽缸中。在发动期间开启进气门会降低泵送所做的功和启动器电机电流，但可以将碳氢化合物推到进气歧管中。同样，开启和关闭的进气门的各种组合都可以用作实例。在另一个实例中，使用关闭的进气门。而在又一个实例中，使用开启的进气门。图 24－28 的实施形态提供了可以用于图 14 显示的方法来启动发动机的其他气门序列的详细解释。

另外，也可以将所有的排气门设置在开启位置，进气门设置在关闭位置，直到确定发动机位置。然后在活塞行程的下止点关闭相应汽缸中的排气门，并基于所需的燃烧顺序操作进气门。在第一次燃烧事件之后基于所需的发动机循环操作相应汽缸中的排气门。碳氢化合物被从汽缸中抽空，然后被吸入汽缸，又在接下来的汽缸循环中通过此方法进行燃烧。与机械的四行程气门正时相比，这可以减少排放出的碳氢化合物。

在步骤 3214，转动发动机并通过评估发动机位置传感器 118 来确定发动机位置。能够快速识别发动机位置的传感器可以用于减少发动机发动时间，因此首选这样的传感器。然后例程进入步骤 3216。

在步骤 3216，发动机指示扭矩、点火提前和燃料通过以下方式来确定，即通过计算所需的指示扭矩、根据所需的指示扭矩计算所需的燃料供送、根据所需的燃料供送计算所需的汽缸空气供送、根据所需的空气供送确定气门正时，并根据所需的汽缸空气供送确定最终的火花。使用预定的所需发动机制动扭矩(brake torque)、发动机转速、点火提前及 Lambda(λ)来启动发动机。Lambda(λ)的定义如下：

$$Lambda(\lambda)=\frac{\frac{空气}{燃料}}{\frac{空气}{燃料_{化学计量}}}$$

这是与现有的发动机来形成对比，现有发动机是通过使燃料与基于固定气门正时的发动机空气量估计相匹配来启动的。调整气门正时和点火角度来产生所需的扭矩和发动机空气量。通过调整气门正时和/或气门升程来满足发动(cranking)和/或启动(starting)期间的扭矩和空气量需求，可以使发动机的每次启动都统一地加速到空转速度，无论是在海平面还是高海拔。图 17 和 18 显示了产生统一的海平面和高海拔发动机启动的气门正时实例。

此外，图 14 的方法可以减少启动发动机所需的空气和燃料量的变动。可以通过调整气门正时、喷射相等量的燃料和近似的点火正时来使在高海拔和海平面产生近似相同的扭矩（如果需要的话）。由于海拔的影响，只需做出小的调整来补偿燃料挥发性和发动机反压差。然后该方法进入步骤 3218。

提供统一的发动机启动转速也可以扩展为不基于发动机扭矩的发动机策略。例如，可以根据一些已加燃料的汽缸的事件和/或发动机操作条件（如，发动机温度、周围空气温度、所需扭矩量和大气压）来调度预定的目标发动机空气量。使用理想气体定律和在进气门关闭正时的汽缸容积来确定气门正时和持续时间。接下来，根据目标发动机空气量喷射燃料，然后燃料随吸入的空气量一起燃烧。由于目标发动机空气量在海平面和高海拔之间统一或近似统一，在燃料量保持近似相同（如，在 10% 内）时，做出气门正时调整。在另一个实例中，根据已加燃料的汽缸事件的数量和/或发动机操作条件(如，发动机温度，周围空气温度、催化剂温度，或进气门温度）而确定的目标燃料量也可以用于启动发动机。在此例中，通过调整气门正时实现所需空燃比，根据目标汽缸燃料量吸入汽缸空气量。然后按所需的空燃比（如，浓燃料、稀燃料，或化学计量的）燃烧来启动发动机。另外，可以基于汽缸空气量调整点火提前，可以基于周围空气温度和压力进一步调整气门正时，且可以使用此启动方法直接喷射或通过端口喷射燃料。

注意，可能需要在各种条件下提供统一的发动机启动转速，也可能存在一些需要使用其他方法的情况。此外，也可能需要根据发动机的操作条件来提供启动期间所需的空气量，这通过基于发动机位置和所需的汽缸空气量或所需扭矩等等调整气门正时来进行，即使不使用一致的发动机转速轨迹。

在步骤 3218,例程确定在预定的汽缸还是在可以完成第一个进气行程的汽缸（如，第一个可用于燃烧的汽缸）中开始燃烧。如果选择了在预定的汽缸中开始燃烧，则从可以通过发动机操作条件或发动机特征索引的表或函数中选择汽缸编号。

通过选择汽缸来开始燃烧，并基于发动机操作条件选择第一个燃烧的汽缸，（如果需要，每次启动都可以这样操作），发动机排放可以得到改进。在一个实例中，如果在 20 摄氏度启动四汽缸发动机，则每次发动机在 20 摄

氏度启动时都选择1号发动机来产生第一个燃烧事件。然而，如果同一个发动机在40摄氏度启动，则可以选择不同的汽缸来产生第一个燃烧事件，每次发动机在40摄氏度启动时都选择此汽缸，或另外可以取决于发动机控制目标来选择不同的汽缸。基于此策略选择启动汽缸可以减少发动机排放。具体来说，聚集的燃料液滴(fuel puddles)通常发生在进气口燃料喷射发动机的进气口。喷射的燃料可能在喷射之后附着到进气歧管壁上，而所吸入的燃料量可能受进气歧管几何形状、温度和燃料喷射器位置的影响。由于每个汽缸都可能有独特的端口几何形状和喷射器位置，在同一个发动机的不同汽缸中可能形成不同的聚集的燃料液滴(fuel puddle masses)。此外，基于发动机操作条件，在各个汽缸之间可能存在聚集的燃料液滴和发动机进排气特性的变化。例如，四汽缸发动机的1号汽缸可以包括稳定在20摄氏度的聚集的燃料液滴，而4号汽缸的聚集的燃料液滴可以在40摄氏度更稳定。这可能发生，因为聚集的燃料液滴可能受发动机冷却系统的位置（发动机温度）、周围空气温度、大气压，和/或发动机特性（如，歧管几何形状和喷射器位置）的影响。

同样，催化剂的位置和温度也可以用于确定第一个燃烧的汽缸。通过考虑启动期间的催化剂位置和温度，可以减少发动机排放。例如，在八汽缸双组发动机中，鉴于上面所述及的原因之一，在4号汽缸（第一组）中产生第一个燃烧事件可能是有利的。另一方面，在发动机变热之后，如果第二组中的催化剂位置对比于第一组中的催化剂、相对于4号汽缸更接近5号汽缸，则在5号汽缸（第二组）上启动相同的发动机可能是有利的。和第一组中的催化剂相比，第二组中位置更接近且可能更热的催化剂能够更有效地转换在较高温度启动期间产生的碳氢化合物。

另外，发动机硬件特性也会影响对第一个燃烧的汽缸的选择。例如，汽缸相对于动力装配的位置和/或氧传感器位置可以是在一组发动机操作条件下的因素，并不能作为不同的一组发动机操作条件下的因素使用。如果选择用于第一次燃烧事件的汽缸在较低温度下减少发动机噪音和振动，而另一个汽缸在不同的温度下具有改进的特性，则可以使用此策略。

同样，损失的燃料量，即由于聚集的燃料液滴和移动到曲轴箱的原因被喷射进入冷的发动机但没有在废气中观察到的燃料，能改变每次汽缸膨胀而引起的汽缸燃烧。此外，在特定汽缸中损失的燃料量会取决于发动机操作条件而改变。因此，基于一组发动机操作条件选择一个汽缸用于第一个燃烧事件，并基于第二组操作条件选择不同的汽缸用于第一个燃烧事件可能是有利的。然后，向单独的汽缸提供单独的燃料量，以相同的顺序随着第一个汽缸开始燃烧，这样可以减少燃料量的变动。因此，可以在每次启动时将相同的燃料

量喷射到相同的汽缸，该汽缸具有接近相同（如在1%内、在5%内，或在10%内）的聚集的燃料液滴。

因此，在启动期间基于发动机操作条件和/或发动机特性选择和/或改变第一个燃烧的汽缸是有利的。

注意，如果需要的话，也可以在多个汽缸中开始燃烧。

同样，在发动机“I”配置，即I4或I6中，选择位置最接近飞轮或接近发动机本体中心的预定汽缸可以降低在启动期间由于曲轴扭曲产生的扭转振动，至少在某些条件下是这样。曲轴扭曲是由于发动机加速可能在启动期间发生的曲轴末端之间的瞬间角偏移。总的来说，第一个点火的汽缸在将发动机从发动加速到运行速度的工作中吸入较高的空气供送，从而产生较大的加速度。如果发动机在离发动机载荷，即飞轮，的位置最远的汽缸上启动，曲轴可能受活塞施加于曲轴上的力和从燃烧的汽缸到载荷的距离的原因而产生扭曲。因此，选择位置最接近发动机载荷或具有更多支持，即，在发动机汽缸体中心位置的预定汽缸，可以降低启动期间的发动机振动。而且，通过选择在降低振动的汽缸上启动发动机，还可以提高客户满意度。

然而，选择最接近飞轮的预定汽缸并在其中执行第一个燃烧事件可以增加现有的受机械限制的气门机构的发动机发动(cranking)时间。然而，具有机电气门的发动机没有机械上的限制。相反，可以调整发动机气门正时在最接近发动机飞轮的第一个汽缸中产生进气行程，其中活塞能够使汽缸产生真空。例如，最接近飞轮的汽缸，其产生了足够的真空，随着活塞向下移动将喷射的燃料吸入汽缸，使得能够产生发动机输出。然后基于现有的四行程气门正时继续后面的燃烧。

因此，在一个实例中，在处理指示发动机启动（或发动机位置）的信号之后，例程在具有足够活塞向下移动的第一个汽缸上设置进气行程以产生发动机输出（如，发动机扭矩，或所需的汽缸指示）。一经这样设置，余下的汽缸就可以对比于已设置好了的所述汽缸的进气行程设置它们各自的气门正时位置。然后，在第一个汽缸中，伴随足够活塞向下移动执行第一次燃烧，而基于活塞气门正时以选择的点火顺序在余下的汽缸中执行接下来的燃烧。

参考图14，如果需要在预定的汽缸中进行燃烧，则例程进入步骤3222。如果不需要在预定汽缸中进行燃烧，则例程进入步骤3220。

在步骤3220，例程确定哪个汽缸能够第一次获取或截留所需的汽缸空气量。活塞的位置与其移动方向，向上（向着汽缸头）或向下（远离汽缸头），也可以作为作此确定的因素，如下在图29的说明中所示。通过选择能够第一次获取所需汽缸空气量的汽缸，可以减少启动时间。另外，选择能够产生第一次燃烧事件的汽缸也可以降低发动机的启动时间。然而，发动机的启动转

速和排放变动也会受到影响。燃料喷射的类型也会影响汽缸选择处理。进气口喷燃料的发动机依赖于进气行程来吸入汽缸的燃料和空气。然而，也可以晚些关闭进气门，但这会使吸入所需汽缸燃料量更加困难。因此，对进气口喷燃料的发动机来说，可以通过汽缸吸入空气和燃料两者的能力来决定选择用于第一次燃烧事件的汽缸。

另一方面，直喷式发动机将燃料直接喷入汽缸，可通过关闭进气和排气门来提供使燃料在截留的空气中燃烧的机会。假设截留了足够容量的空气，则气门的进气循环可以不需要促进汽缸中的燃烧，因为在汽缸中被截留的空气能与直接喷入汽缸中的燃料进行混合。因此，可以基于发动机位置调整发动机气门正时，以促进最接近飞轮并能够获取和压缩所需空气量的第一个汽缸进行燃烧。

另外，在发动机相同的汽缸位置通常配有两个彼此对置的活塞。可以通过对各个汽缸选择适当的气门正时来确定汽缸中的燃烧。由于机电气门的操作可以不考虑曲轴位置，发动机控制策略可以通过应用适当的气门正时来选择两个汽缸中的哪一个首先进行燃烧。因此，在步骤 3220，根据获取所需汽缸空气量的能力来选择汽缸，然后在竞争的汽缸之间设置适当的气门正时。例如，四汽缸发动机在 1 号和 4 号汽缸中备有活塞，处于将完成第一个吸入行程的位置，选择汽缸 1 来产生第一个燃烧事件。另外，从竞争第一个燃烧事件的两个汽缸中选择一个的实例准则包括汽缸位置、启动噪音和振动及汽缸空燃分布不均。例如，在四汽缸发动机中，4 号汽缸的位置最接近发动机飞轮。如果 4 号汽缸在 1 号汽缸之前点火，则曲轴在启动期间就只会有较少的扭曲。这可以降低启动期间的发动机噪音和振动。在另一个实例中，特定的汽缸的位置可以接近发动机机架。汽缸接近发动机机架也可会影响选择哪个汽缸用于第一个燃烧事件。在又一个实例中，制造处理和/或设计限制会影响发动机的汽缸中的空燃分布。基于发动机特性选择汽缸可以改进启动期间的空燃比控制。然后例程进入步骤 3222。

在步骤 3222，基于通过上面的步骤 3216 得到的发动机位置和所需扭矩、火花及 Lambda 来喷射燃料。在图 14 的方法中，可以将燃料喷射在开启或关闭的气门上，在同一时间向所有汽缸提供燃料，或以各个的量向各个汽缸提供燃料。然而，在一个实例中，在某个汽缸燃料被优先喷射，这样可以对汽缸事件定制燃料量。汽缸事件信号的时间段是曲轴转角持续时间，汽缸的循环在其中进行重复，在四行程汽缸循环的情况，汽缸事件的角度为：720/发动机汽缸数。

在一个实例中，基于已加燃料的汽缸事件的数量喷射燃料，使用已受控的各个汽缸的空气量可以改进发动机空燃比控制。通过控制各个汽缸事件空气

量、对已加燃料的汽缸事件数量进行计数，然后基于计数得到的已加燃料的汽缸事件的数量和汽缸空气量提供燃料量，可以改进发动机的启动。换句话说，由于可以在启动期间控制发动机空气量，而且由于获得一个所需空燃比的燃料量能根据已加燃料的汽缸事件的数量来改变，基于汽缸事件的数量和各个汽缸的空气量供给燃料可以改进发动机空燃比控制。因此，基于已加燃料的汽缸事件供给燃料和控制各个汽缸的空气量可以用于减少发动机排放，并在启动期间提供统一的发动机转数增加(run-up)速度。

进一步来说，发动机燃料需求可以是已加燃料的汽缸事件的数量的函数，而不是仅仅基于时间。汽缸事件可以和机械维度关联，而时间是连续统一体，它缺乏空间维度及与物理发动机之间的连接。因此，基于已加燃料的汽缸事件的数量提供发动机的燃料可以减少与基于时间提供燃料相关的燃料变动。

通常，在步骤 3222 喷射的燃料量在冷启动期间产生稀混合气。这可以减少碳氢化合物和催化剂活化所需时间。然而，喷射的燃料量也可以产生化学计量或浓混合气。然后例程进入步骤 3224。

在步骤 3224，随着被选择产生第一次燃烧事件的汽缸行程（进气）的设置开始操作气门。另外，也可以在选择用于燃烧的第一个汽缸中设置另一种行程（排气、动力、压缩）。取决于气门机构配置（如，完全机电或机械/机电混合）及控制目标（如，减少排放或减少泵送所做的功，等等），基于预定的燃烧顺序来排列气门，参见图 15－16 和 24－28 的实例。通常，为了减少发动机排放和催化剂活化所需时间，在启动期间以四行程模式操作所有的汽缸。然而，也可以在启动期间使用多行程或全部汽缸中的一部分。然后例程退出。

图 15a 和 15b 为图表，显示通过图 14 的方法以四行程模式操作的四汽缸发动机的所需扭矩、火花和 Lambda 相对恒定时典型的进气和排气门正时。气门开启和关闭位置由气门序列左边的图例标识，O 表示开启，C 表示关闭。

在接通或操作者产生了请求启动发动机的信号指示时，将机电控制的进气和排气门从停用的中央位置设置为关闭位置。另外，也可以在各个汽缸中将进气门设置为开启位置，直到第一个进气事件开始，这样可以减少发动扭矩和启动器电流。在此图中，汽缸 1 是选择用于第一个燃烧事件的汽缸，但如果需要更快的启动，也可以选中汽缸 3 或 2。一旦选择了第一个燃烧的汽缸，且发生了第一个吸入事件，余下的汽缸就遵循四汽缸四行程发动机气门正时，即，1－3－4－2。

在此序列中，将排气门设置为关闭位置，并保持关闭位置直到在相应的汽缸中发生了燃烧事件。排气门在所示的排气门正时之后开始操作。通过关闭排气门直到在汽缸中发生了燃烧，使来自机油和残留燃料的碳氢化合物在汽

缸中被截留，并在第一个燃烧事件中被燃烧。以此方式，可以减少排到排气系统中的原始碳氢化合物的量。进一步来说，燃烧碳氢化合物可以为启动发动机和加热催化剂提供附加的能量。

另外，具有机械气门停用器的汽缸可以用类似的方式停用排气或进气门来产生类似结果。

图 16a 和 16b 为图表，显示四汽缸发动机通过图 14 的方法在不同的发动机位置两次启动的典型进气门正时。选择汽缸 1 作为启动汽缸，且以相当恒定的所需扭矩、火花和 Lambda（虽然在其他实例中，这些都是可变的）启动发动机。通过气门序列左边的图例标识气门开启和关闭位置，O 表示开启，C 表示关闭。

在接通时，将进气和排气门从停用的中央位置设置为关闭位置。另外，也可以在不同的汽缸中将进气门设置为开启位置，直到第一个进气事件开始，这样可以减少发动扭矩和启动器电流。从上到下，第一批四个气门正时事件是启动#1 的，第二批四个气门正时事件是启动#2 的，在此显示了启动#1 的汽缸位置，也显示了启动#2 的汽缸位置。

如图所示启动#1 的发动机停止位置近似在汽缸 1 和 4 的上止点之后的 50 度。同样，汽缸 1 的曲线通过活塞位置显示出活塞已部分地通过其下行程运动。接通发生在这个点，且可以在这个点将燃料喷射在开启的气门上，因此混合气在随后的行程中当活塞向上运动时可以被压缩和燃烧。然而，发动机在此点的发动速度可能因为发动机惯性及摩擦而较低，这些因素会降低燃油的雾化和燃烧效果。因此，在此例中，发动机控制器等待开启进气门，直到汽缸 1 的整个进气行程完成，近似地发动机曲轴转动角度 280 度。余下的汽缸气门事件以所示的燃烧顺序跟随汽缸 1。

另一方面，启动#2 的第一个气门事件近似等于接通后的 180 度。气门事件较早发生，因为在汽缸#1 中发动机的停止位置早于启动#1 的发动机停止位置其允许一个完整的进气行程。

启动#2 也显示如何为了一个策略排列气门正时，该策略根据汽缸能完成第一次全吸入行程来选择用于第一次燃烧事件的汽缸。由于发动机停止位置，汽缸 1 和 4 是能够完成完整进气行程的第一批汽缸。活塞 2 和 3 与活塞 1 和 4 的相位差为 180 度，并且因此在发动机停止位置中部分地完成了向下行程。

使用相同的原理，可以调整直喷式（DI）发动机的气门正时。例如，将燃料喷入 DI 发动机的汽缸。进一步来说，也可以基于活塞的位置和运动方向来选择用于第一次燃烧事件的汽缸。然后可以调整第一个汽缸的进气门正时来实现所需扭矩。然而，燃料喷射不限于 DI 气门正时。因此，可以通过调整气门正时在进气行程的下止点之前或之后开启进气门来获得所需的发动机空气

量。

图 17a 和 17b 分别为发动机按图 14 的方法在海平面处启动期间的典型的进气门正时的图表，和发动机按图 14 的方法在高海拔启动期间的典型的进气门正时的图表。为了使说明简洁，两次启动开始于相同的发动机启动位置，且在所需扭矩请求之后的气门正时，其在高海拔和海平面两种情形都可以使用。在高海拔和海平面情形预设相同的扭矩请求，这样燃料的供应在高海拔和海平面之间几乎保持恒定。然而，如上所述，如果需要的话，也可以使用不同的扭矩请求。

相比之下，现有的发动机基于发动机空气量来调整所提供的燃料量，由于大气压的变动，发动机空气量在海平面和高海拔之间是不同的。这可能导致海平面和高海拔处启动的启动扭矩不同，导致海平面和高海拔处的启动转速不同。然后发动机转速和喷射的燃料量的改变会导致在海平面和高海拔处的空燃比和排放有差别。

通过如图 17 所示那样调整气门正时从而在高海拔和海平面处的发动机扭矩和空气量接近相同（如，在 1%、5%或 10%内），可以降低高海拔和海平面处的空燃比的变动和发动机排放。并且虽然早先的液压 VCT 系统也能够调整气门正时，但这些驱动器通常不能在启动期间工作（原因是可用的液压很小或不存在）。因此可以通过使用电力气门来改进启动。

图 17a 的发动机启动#1 在海平面处进行并开始于较长的气门开启持续时间事件，从而发动机可以从发动开始快速地加速。随着发动机摩擦降低使发动机加速到空转速度所需的扭矩减少，接下来的气门事件变短。在前四个事件之后，气门持续时间本质上保持恒定，这反映出扭矩需求本质上保持恒定（虽然如果扭矩需求改变，持续时间也会改变）。同样，在另外的实例中，气门开启持续时间可以在第一个事件之后开始减少。另外，可以在更少或更多数量的汽缸事件上减少气门持续时间。进一步来说，由于冷启动火花延迟或稀空燃混合气，发动机所需扭矩可能改变。

发动机启动#2 在高海拔处进行并开始于与海平面气门事件相比更长的气门事件，从而发动机可以用近似相同的速率从发动开始加速。由于上述原因，接下来的气门事件比对应的海平面气门事件长，但比初始的气门事件短。

参考图 18，显示了表示汽缸#1 在高海拔和海平面处的气门事件的图表，并显示了典型的所需扭矩请求和发动机转速的轨迹。该图表显示了在海平面和高海拔处启动时发动机启动的区别的实例，而当达到空转速度之后，获得具有很少的过量喷射的统一的发动机转速，其转速保护稳定。在高海拔和海平面之间保持这些发动机转速和扭矩轨迹可以减少空燃比变动和排放。进一步来说，驾驶者在启动中能感受到更稳定的发动机性能，从而客户满意度得

到提高。

同样，可以使用相同的原理调整直接喷射（DI）发动机的气门正时。例如，为了获得一个在当前海拔的所需的转矩，调整气门正时，之后，根据活塞的位置和运动方向可以将燃料喷入 DI 发动机的汽缸。

参考图 19，显示了在收到停止发动机或停用汽缸的请求之后控制气门正时的方法的流程图。

在步骤 3710，例程确定是否已做出停止发动机或停用一个或多个汽缸的请求。请求可以通过车辆的驾驶者或从车辆控制架构内部（如电动混合机车）发起。如果出现了请求，则例程进入步骤 3712。如果没有请求，则例程退出。

在步骤 3712，基于发动机的燃烧顺序，对个别的汽缸燃料被停用。即，完成正在进行中的燃料喷射，然后停用燃料。进一步来说，在步骤 3714 继续确定汽缸进气口聚集的燃料液滴的计算并调整进气门持续时间来产生所需的空燃比。使用美国专利 5,746,183 的方法来确定聚集的燃料液滴，将该方法完整包括在此作为参考。通过下面的公式确定最后的喷射之后的聚集的燃料液滴：

$$m_p(k) = \frac{\tau}{\tau + T} \cdot m_p(k-1)$$

其中 m_p 是聚集的燃料液滴，k 是汽缸事件的数量，τ 是时间常量，而 T 是取样时间。后面的聚集的燃料液滴通过下面公式得到：

$$\Delta m_p = m_p(k) - m_p(k-1) = m_p(k-1) \cdot \left(\frac{-T}{\tau + T} \right)$$

其中 Δm_p 是进入汽缸的聚集的燃料液滴。另外，可以使用一个预定的聚集的燃料液滴或通过查找表格确定的聚集的燃料液滴来代替进入汽缸的聚集的燃料液滴。

另外，可以在此步骤基于停止发动机的请求调整火花。最好将火花调整为迟于 MBT 的值，以减少发动机碳氢化合物并增加排出热。例如，通过在停止发动机期间调整火花，催化剂温度会提高，从而如果发动机在较短的时间内重启动，则由于较高的催化剂温度而可以实现较高的催化剂转换效率。在另一个实例中，在停止发动机期间延迟火花可以减少蒸发排放。由于可以减少集中在废气内的碳氢化合物，在发动机停止期间逸出到大气中的废气包含的碳氢化合物会更少。

因此，在一些实例中，在发动机的停止操作期间，可以使用计算机可读的代码在停止期间的最后一组燃烧事件中的至少一个发生时延迟点火正时来增加排气温度，从而改进接下来的发动机重启动中的排放。在一个实例中，当接收到停止发动机的命令时，仍然在执行一个或几个燃烧事件，如 1、2、3、

4，或取决于操作条件的燃烧事件的范围，如 1－5、1－3、1－2 等等。通过调整这些事件中至少一部分的点火正时（如，最后一个、最后两个，最后两个或三个中的一个），可以改进接下来在催化剂冷却之前执行的重启动。进一步来说，如上所述，也可以同时（或单独）调整排气（或进气）气门开启和/或关闭正时（或升程）来进一步增加在停止期间作用于催化剂的废气热。

在步骤 3714，调整气门正时。在接收到停止请求或停用汽缸的指示时，可以调整进气和排气门正时。进气门开启（IVO）移至在其中可获得较高的进气口速度的发动机位置，通常这在进气行程开始 45 度之后。将气门开启位置移动到此位置能够使更多燃料从进气口吸入到汽缸中以用于最后一个燃烧事件。这可以在停用汽缸或发动机停止时减少聚集的燃料液滴。进一步来说，当发动机重启动时，更小的聚集的燃料液滴促使向汽缸形成更少的燃料，从而能在启动期间实现更精确的空燃比控制。然后例程进入步骤 3716。，

在步骤 3716，使用聚集的燃料液滴和气门开启位置结合理想气体定律来确定气门开启持续时间和点火角度。

至少在进气事件中用调整的正时来操作气门，但如果需要可以这样操作更长的时间。进一步来说，将进气门开启点调整到进气行程上止点之后曲轴转度 30 和 180 度之间的位置。也可以调整进气门关闭正时来补偿调整进气门开启正时可能导致的空气供送区别。

取决于控制目标，发动机停止期间的汽缸空燃混合气可以是浓燃料、稀燃料或化学计量的。

另外，也可以在发动机停止期间调整排气门和点火提前。例如，调整排气门的开启位置调整在排气行程上止点之后曲轴转角 0 和 120 度之间。当此排气门正时与火花角度调整组合时，可以在发动机停止之前向催化剂增加附加的热量。如上所述，这可以增加催化剂的温度为接下来的启动做准备。进一步来说，也可以基于调整的排气门开启时间来调整排气门关闭正时。然后例程退出。

参考图 20，显示了四汽缸发动机停止期间的典型进气门正时序列的实例。气门序列开始于图左边，其中相对于相应汽缸的燃烧行程上止点标记气门的曲轴转角。进气门在排气行程末端开启，指示进入汽缸的内部 EGR 流。在出现了停止请求时，即垂直线处，调整第一个汽缸的进气门正时，在出现停止请求之后停用该汽缸中的燃料喷射，该汽缸在此例中为汽缸 1。调整气门开启和气门持续时间两者。基于估计的聚集的燃料液滴进入汽缸的部分来调整气门持续时间。气门持续时间调整提供所需的排气空燃比。另外，可以在停用燃料喷射之前调整气门开启位置并调度化学计量的或稀燃料的最终喷射。进一步来说，在燃料喷射停用之前，预定特殊的喷射量使符合气门开启位置的

调整。

该图显示了做出气门正时调整之后的三个吸入（induction）事件。然而，可以在每个进气事件之后使用更少或附加的燃烧或甚至非燃烧汽缸事件。

参考图 21，显示了在内燃机中重启动机电气门的方法。在某些情况下，机电气门驱动器包括机械弹簧和充当电磁铁的电线圈，两者都用于调整气门位置。然而，在汽缸操作期间，汽缸中的压力可能有助于气门操作，也可能阻碍气门操作。例如，排气门开启时需要克服汽缸压力，而在关闭时却需要汽缸压力。结果，能获取的电流，克服弹簧力所需的电流，及保持气门开启或关闭的维持电流会因发动机的操作条件而不同。如果预定的电流不能克服开启或关闭弹簧力，则在此所述的方法可以重启动内燃机中的气门，在汽缸的循环中开启或关闭气门。在非活动（没有加电压或电流）状态，机械弹簧会将气门定位于部分开启的中间位置。如果发动机中的条件不能执行预定的电流开启或关闭气门的情形时，即，气门轨迹（位置）偏离所需路径，则气门也可以采用中间位置。如果气门的路径偏离所需的气门轨迹，可以一次或多次尝试做出重启动气门使之恢复所需轨迹。下面描述一种这样的方法。

可以通过传感器测量，例如传感器 50，直接确定气门轨迹，或通过曲轴位置对它进行推断。

具体来说，可以对发动机中的每个机电气门应用下述方法来帮助气门重启动。因此，图 21 的变量为包含每个相应的气门的数据的数组，当然，需要的话也可以将其应用到气门的子集或单个气门。

在步骤 3910，从气门位置传感器 51 中读取气门轨迹并评估它来确定气门轨迹中是否出现了误差。气门位置传感器 51 可以是离散或连续位置传感器。通过查询包含所需气门轨迹和相关电流的查找指针的四个矩阵来确定所需的气门位置和电流。矩阵 FNVLVCURO 和 FNVLVCURC 保存分别标识气门开启和关闭的气门电流向量的数值指针。矩阵 FNVLVPOSO 和 FNVLVPOSC 保存分别标识气门开启和关闭的气门位置的数值指针。位置和电流矩阵都通过发动机转速和负载来检索。然后包含在矩阵内的指针基于图 22 中指定的气门位置区域确定包含位置或电流信息的特定向量，它们分别为 CL_pos_set 和 CL_cur_set。单独的气门控制方法访问 CL_cur_set 来驱动机电气门。如果确定气门轨迹中出现误差，则例程进入步骤 3912。如果确定没有出现轨迹误差，则例程进入步骤 3932。

在步骤 3912，施加预定的电流来关闭偏离轨迹的气门。所施加的电流是基于气门和电源确定的上限电流。另外，也可以将气门移至开启或中间位置。另外，将表示符合轨迹的气门开启和关闭数量的变量 Vlv_cnt 归零。进一步来说，可以禁用进入覆盖偏离轨迹气门的汽缸的燃料喷射，直到该气门已完

成预定数量的符合轨迹的操作。然后该方法进入步骤 3914。

在步骤 3914，例程确定偏离轨迹的气门是否已关闭。如果气门已关闭，则例程进入步骤 3916。如果气门尚未关闭，则例程进入步骤 3930。

另外，可以删去步骤 3912 和 3914。在此情况，如果气门偏离轨迹，则气门电流在检测到轨迹误差的区域中增加。气门将保持在中间位置，直到基于基础气门正时给出了开启或关闭气门的命令。换句话说，驱动偏离轨迹的气门的电流在检测到轨迹误差的区域中增加，但是该气门由基础气门正时（如，基于所需扭矩和发动机操作条件的气门正时）重启动。

在步骤 3930，停用偏离轨迹的气门和包含该气门的汽缸。通过图 2 的汽缸和气门模式选择方法停用汽缸和气门。在步骤 3930 中把汽缸数量赋值给变量 CYL_DEG 并将其传递给图 15 的步骤 1528。然后例程退出。

在步骤 3916，比较气门电流 CL_cur 和预定的变量 cur_lim。气门轨迹轮廓的每个区域，如图 22 所示，开始于预定的电流水平。如果出现了气门轨迹误差，则开启（R1－R4）或关闭（R4－R7）气门事件的所有区域中的气门电流增加，（步骤 3930 和 3922）。

另外，气门操作和发动机正时重新同步。例如，气门正时与相应汽缸的所需循环对齐。进一步来说，可以在预定数量的汽缸循环之后尝试重新同步。

如果气门不遵循所需的气门轨迹且每个区域中的气门电流超过 cur_lim，则例程进入步骤 3918。如果气门电流低于 cur_lim，则例程进入步骤 3920。

在步骤 3918 中，比较在电流水平 cur_lim 的气门重启动尝试数量 Rcl_dec 和预定的变量 Rcl_deg_lim。如果重启动尝试的数量大于 Rcl_deg_lim，则例程进入步骤 3930。如果重启动尝试的数量小于 Rcl_deg_lim，则例程进入步骤 3924。此判定逻辑允许例程在停用汽缸和气门之前做出预定数量的气门重启动尝试。

在步骤 3924，表示变量 cur_lim 中的电流量的气门重启动尝试数量的计数递增。每次例程执行此逻辑时均递增变量 Rcl_deg。如果超出了尝试的预定数量，则此变量允许例程停用偏离轨迹的气门及其所在的汽缸，（步骤 3918 和 3930）。在递增该变量之后，例程退出。

在步骤 3920，比较气门重启动尝试和预定值。比较表示电流量低于 cur_lim 的重启动尝试数量变量 Rcl 和预定值 Rcl_lim。如果重启动尝试的数量超过预定值，则例程进入步骤 3922。如果重启动尝试的数量小于预定值，则例程进入步骤 3926。

在步骤 3926，表示低于存储在 Rcl_lim 中的电流量的气门重启动尝试的数量的计数递增。在递增 Rcl 之后，例程进入步骤 3928。

在步骤 3928，调整气门电流。每次尝试重启动气门时，都用预定量

Δ_adjust_up 调整上述气门控制电流向量 CL_cur_set。进一步来说，如果气门在低于标称的发动机操作温度下重启动，则不调整 CL_adjust，而是在做出气门重启动尝试的温度下，基于温度的气门电流补偿 Vt_adjust 递增预定量。通过下面的公式进行气门电流调整:

$$CL_cur_set = Vt_adjust \cdot (CL_base_set + CL_adjust)$$

其中 CL_cur_set 是发动机操作条件下的电流向量，Vt_adjust 是通过发动机或气门温度检索的函数，CL_base_set 是包含基础电流量的向量，而 CL_adjust 是发动机操作条件下的调整电流量向量。在电流调整之后，例程退出。

在步骤 3922，将气门电流设置为预定量。在尝试重启动偏离轨迹达气门预定次数之后，将 CL_cur_set 设置为 cur_lim。这可以让气门重启动比继续递增小量电流更快。另外，将 CL_cur_set 最新的值赋予可变向量 Alow。通过将 CL_adjust 赋予 Alow，例程使气门电流适应发动机操作条件。然后例程退出。

在步骤 3932，递增符合轨迹的气门事件计数器。在没有检测到轨迹误差时，递增符合轨迹的开启和关闭气门事件数量 Vlv_cnt。通过考虑符合轨迹的气门操作数量，此方法可以从存储在 cur_lim 中的量降低气门电流。然后例程进入步骤 3934。

在步骤 3934，比较气门电流和预定的量。如果气门电流高于存储在 cur_lim 中的量，则例程进入步骤 3936。如果气门电流低于存储在 cur_lim 中的量，则例程退出。

在步骤 3936，比较符合轨迹的气门事件数量 Vlv_cnt 和预定的量 Vlv_on_traj。如果 Vlv_cnt 大于 Vlv_on_traj，则例程进入步骤 3938。如果 Vlv_cnt 小于 Vlv_on_traj，则例程退出。

在步骤 3938，将气门电流 CL_cur_set 调整为较低的量。在预定数量的符合轨迹的气门事件之后，气门电流降低预定量 Δ_adjust_dn。通过在预定数量的符合轨迹的事件之后降低气门电流，例程可以快速地重启动气门，并确定出能够操作气门而同时降低电损耗并提高燃料节约的电流量。因此，步骤 3938 向例程提供电流适应操作。然后例程退出。

参考图 22，显示了开启和关闭气门事件期间的气门轨迹区域的图表。在图 21 的方法中，比较开启和关闭事件期间的气门轨迹和预定的气门轨迹，如在图 22 中显示的那些，来确定气门误差轨迹。将气门轨迹划分为七个区域，区域 1－4 描述气门开启而区域 4－7 描述气门关闭。通过比较气门轨迹区域来查找轨迹误差，气门重启动方法可以提高或降低特定区域中的气门电流。这允许图 21 的方法调整其他区域中的气门电流，从而改进发动机和电机效率。

类似于在图 22 中所示的那样，也将气门开启和关闭期间的气门电流划分

为几个区域。可以调整气门轨迹误差区域中和周围的气门电流来恢复符合轨迹的气门操作。进一步来说，可以将气门轨迹和电流量划分为比图 22 所示更少或更多的区域。

参考图 23，显示了由图 21 的方法产生的实例气门电流的图表。一旦指示了气门轨迹误差，就慢慢地调整气门电流然后将其逐渐增加到 CL_lim。进一步来说，在气门重启动之后，气门电流在 A_{low} 的方向上降低。

如上参考图 15a 和 15b 所述，可以使用机电气门来改进发动机启动并减少发动机排放。图 24 到 28 显示了可以在具有机电气门或能够以机械方式停用的气门的发动机中使用的其他气门序列。为简单起见，这些图显示了四汽缸操作，但是此方法也可以用于具有更少或更多汽缸的发动机。

如前文和下文所述，上述任何一种操作模式都可以单独使用，或互相组合，和/或组合变化的汽缸循环行程数量、定相的进气和/或定相的排气门开启和/或关闭来使用。

参考图 24a 和 24b，这些图表显示了具有机械排气门且气门可以保持在开启位置的（如，机电气门）的发动机在启动期间的进气和排气门正时。

在接通之后，将进气门设置在开启位置。随着启动器旋转发动机，基于发动机位置和凸轮正时开启和关闭机械驱动的排气门。在垂直的同步线处所显示的用于说明的点，取决于系统配置而不同，发动机控制器 12 通过曲轴传感器 118 确定发动机位置。如所示，在同步点和第一个气门操作（开启/关闭）之间存在延迟，实际的延迟可能更短或更长。在知道发动机的位置之后，进气门保持开启，直到将燃料喷入选择用于第一个燃烧事件的汽缸的进气口之前。另外，进气门也可以保持开启而在第一个进气行程期间喷射燃料。

通过将进气门保持在开启位置，可以减少当发动机旋转时残留碳氢化合物被抽出吸入发动机。

在相同的曲轴转角间隔开启进气和排气门允许将部分残留的碳氢化合物吸入进气歧管，这样可以在第一个燃烧事件之后吸入并燃烧碳氢化合物。

如上所述，直到将燃料喷入相应汽缸的端口之前，单个汽缸的进气门都保持开启。在吸入事件以前，在各个汽缸气门关闭情形下喷射燃料。另外，也可以按多行程模式操作汽缸且/或可以将燃料喷射在开启的气门上。此外，也可以在直喷式发动机的吸入行程之后喷射燃料。

参考图 25a 和 25b，这些图表显示具有可以在所选择的汽缸发生燃烧之前进行操作的气门的发动机、在启动期间的进气和排气门正时，图示为机电进气门和机械排气门的例子。

在接通之后，将进气门设置在开启位置。随着启动器旋转发动机，基于发动机位置和凸轮正时开启和关闭机械驱动的排气门。在垂直的同步线处所显

示的用于说明的点，取决于系统配置而不同，发动机控制器 12 通过曲轴传感器 118 确定发动机位置。在得到发动机位置之后，在排气门开启时关闭进气门，且在排气门关闭时进气门保持开启，直到将燃料喷入选择用于第一个燃烧事件的汽缸的进气口之前。

通过遵循此序列，可以减少发动机泵送所做的功，但是可能有某些净残留碳氢化合物流过发动机。

如上所述，在排气门开启时关闭进气门，且在排气门关闭时进气门保持开启。在相应的汽缸的吸入事件之前，将燃料喷射在关闭的进气门上。另外，也可以按多行程模式操作汽缸且/或可以将燃料喷射在开启的气门上。进一步来说，可以在直喷式发动机的吸入行程之后喷射燃料。

参考图 26a 和 26b，这些图表显示具有可以在所选择的汽缸发生燃烧之前进行操作的气门的发动机、在启动期间的进气和排气门正时，图示为机电进气门和机械排气门的例子。

在接通之后，将进气门设置在开启位置。随着启动器旋转发动机，基于发动机位置和凸轮正时开启和关闭机械驱动的排气门。在垂直的同步线处所显示的用于说明的点，取决于系统配置而不同，发动机控制器 12 通过曲轴传感器 118 确定发动机位置。在得到发动机位置之后，在可以是四行程汽缸操作的进气和压缩行程的曲轴转角间隔期间，进气门开启。在可以视为四行程汽缸操作的动力和排气行程的曲轴转角间隔期间，进气门关闭。直到将燃料喷入选择用于第一个燃烧事件的汽缸的进气口之前，此序列均存在。

通过遵循此序列，可以减少发动机泵送所做的功，但是可能有某些净残留的碳氢化合物被抽出吸入发动机。并且，在某些情况下，通过发动机的净流量会反向，使得来自排气歧管的气体在开始燃烧喷射之前被吸入进气歧管。

在相应的汽缸的吸入事件之前，将燃料喷射在关闭的进气门上。另外，也可以按多行程模式操作汽缸且/或可以将燃料喷射在开启的气门上。进一步来说，可以在直喷式发动机的吸入行程之后喷射燃料。

参考图 27a 和 27b，这些图表显示具有可以保持在某个位置的气门的发动机在启动期间的进气和排气门正时，图示为机电进气和排气门的例子。

在接通之后，将进气门设置在开启位置并将排气门设置在关闭位置。在垂直的同步线处所显示的用于说明的点，取决于系统配置而不同，发动机控制器 12 通过曲轴传感器 118 确定发动机位置。延迟时间如所示在同步和第一个气门操作（开启/关闭）之间，实际的延迟可能更短或更长。在得到发动机位置之后，进气门保持开启，直到将燃料喷射入选择用于第一个燃烧事件的汽缸的进气口之前。

通过将进气门保持在开启位置，将排气门保持在关闭位置，可以减少在发动机旋转时发动机的泵送所做的功和流过发动机的残留碳氢化合物。由于空气可以在活塞朝向或远离汽缸头运动时进出汽缸，开启进气门可以减少发动机泵送所做的功。由于在燃烧过程中也可以将残留的碳氢化合物转换为其他成分，如 CO_2 和 H_2O，将残留的碳氢化合物保持在发动机中并燃烧这些碳氢化合物可以降低排放的碳氢化合物量。

参考图 28a 和 28b，这些图表显示具有可以保持在某个位置的气门的发动机启动期间的进气和排气门正时，图示为机电进气和排气门的例子。

在接通之后，将进气门设置在开启位置并将排气门设置在关闭位置。在垂直的同步线处所显示的用于说明的点，取决于系统配置而不同，发动机控制器 12 通过曲轴传感器 118 确定发动机位置。延迟时间如所示在同步和第一个气门操作（开启/关闭）之间，实际的延迟可能更短或更长。在得到发动机位置之后，进气门保持开启，直到将燃料喷射入相应汽缸的进气口，然后开启进气门来吸入空－燃混合气。

排气门保持在开启位置直到在各自汽缸的第一次吸入事件之前。排气门被打开，排气门的操作是根据汽缸的运行行程，如四行程。

通过将进气门保持在关闭位置并将排气门保持在开启位置，可以减少当发动机旋转时发动机泵送所做的功和流过发动机的残留碳氢化合物。由于空气可以在活塞朝向或远离汽缸头运动时进出汽缸，开启排气门可以减少发动机泵送所做的功。然而，由于进气门保持在关闭位置，流过发动机的净空气量仍然很低。

由于具有机电气门的发动机在机械上不限制以固定的曲轴位置进行操作，可以设置气门正时在选择的汽缸中产生所需行程。例如，可以通过调整气门正时将朝向汽缸头运动的活塞设置为压缩或排气行程。在一个实例中，可以如图 29 描述的那样设置汽缸的行程。

参考图 29，该图表显示了四汽缸发动机的两个活塞在两个发动机循环上的活塞轨迹。上面的图的活塞轨迹和下面的图的活塞轨迹的曲轴转角之间的相位差为 180 度。即，一个活塞在汽缸的顶部而另一个活塞在汽缸的底部。

三个符号（o，*和 Δ）标识这样的实例发动机位置，其中发动机控制器可以在启动期间确定发动机位置。另外，穿过两个图的四条垂直线显示可移动的判定边界，在其中可以确定汽缸的行程。判定边界的数量可以根据发动机中的汽缸数量而不同。通常，对发动机中的每两个汽缸选择一个判定边界。

设置能够进行第一次燃烧事件的汽缸的行程（如，进气、燃烧、压缩或排气）可以基于一些发动机操作条件、控制目标来实现，并可以包括判定边界。例如，在确定发动机位置之后，可以基于发动机操作条件和控制目标将判定

边界用作曲轴转角间隔上的位置来设置特定汽缸的行程。控制目标为在1号汽缸中发生第一个燃烧事件并通过1号燃烧事件产生所需扭矩的四汽缸发动机，只要符合准则，都可以在判定边界处或判定边界之前设置汽缸1的行程。余下的汽缸行程可以基于预定的燃烧顺序进行设置。

可以将判定边界描述为在曲轴转角上相对于活塞位置的位置。在图29中，判定边界1位于汽缸“B”的上止点之后约170度。判定边界2位于汽缸“B”的上止点之后约350度。

当发动机旋转时，基于已确定的发动机操作条件，可以在边界条件之前直到边界条件处通过调整气门正时来设置相应的汽缸的行程。在图29中显示了两个边界条件，判定边界1和判定边界2，这是因为所示的汽缸轨迹具有相位差且可能在再次遇到由判定边界1表示的活塞位置之前遇到第二个边界条件，这允许设置汽缸行程。换句话说，在此例中，判定边界1和2虽然是在不同的汽缸中，但它们表示相同的汽缸行程设置机会。

当然，可以基于发动机操作条件和控制目标来移动边界条件。例如，可以基于发动机温度或大气压、相对于曲轴转角来移动边界条件。当遇到判定边界时，评估发动机操作参数来确定是否可以设置发动机汽缸的行程。例如，如果发动机位置和发动机转速和/或加速度允许吸入所需的空气量，能够产生所需的发动机输出，则可以将选择的汽缸设置在吸入行程。具体来说，所需的发动机输出可以包括所需的发动机扭矩、所需的汽缸空气量，及所需的发动机转速。然而，如果操作条件不允许在当前的边界设置汽缸的行程，则在下一个边界条件设置汽缸行程。

再次参考图29，“o”标识了这样的位置，在其中可以确定发动机位置。如果发动机操作条件在遇到判定边界1之前符合设置汽缸行程的准则，则可以设置所选汽缸的行程。在一个实例中，可以通过调整气门正时使得汽缸“B”是第一个燃烧的汽缸，将汽缸“B”设置为进气行程。基于点火顺序设置余下的汽缸的行程，例如，在四汽缸发动机中，此顺序为1－3－4－2。换句话说，如果将1号汽缸设置为进气行程，则将3号汽缸设置为排气行程，4号汽缸设置为动力行程，而2号汽缸设置为压缩行程。然而，如上所述，选择的气门事件可能不遵循四行程汽缸正时，直到第一个燃烧事件发生，因此可以改进发动机的启动。另一方面，如果在评估发动机操作条件之后，不能设置汽缸行程，则判定边界2是下一次设置行程的机会。

“*”标识了另一个发动机位置，在其中也可以确定发动机位置。同样，如果发动机操作条件在遇到判定边界1之前满足设置汽缸行程的准则，则设置所选汽缸的行程。然而，“*”位置出现在比“o”位置更接近判定边界的地方。当确定发动机位置更接近判定边界时，设置汽缸行程的机会将减少。

例如，如果发动机开始旋转且确定了发动机位置接近判定边界，则可能没有足够的时间或足够的向上或向下的运动来吸入所需的汽缸空气量并产生发动机输出。在此例中，可以延迟汽缸行程的设置，直到这些条件下的下一个判定边界。

“Δ”标识了又一个发动机位置，在其中也可以确定发动机位置。在此位置，如果发动机操作条件在遇到判定边界 2 之前满足设置汽缸行程的准则，则设置所选汽缸的行程。具体来说，在此情况，将汽缸“A”设置为进气行程并加入燃料，使之成为第一个执行燃烧的汽缸。判定边界 1 和 2 可以用于设置产生第一个燃烧事件的不同汽缸的行程。

如上所述，可以用各种气门序列来改变气门正时（例如，机电气门的气门正时），使之在第一个燃烧事件（或第一个燃料喷射事件）之前（和/或期间）与第一个燃烧事件之后的气门正时相比不同。上述实施形态中的每一个都提供可以用于改进发动机操作的不同优点。

熟悉技术的人应理解，图 2、5、6、14、19 和 21 中所述的例程表示任何数量的处理策略中的一个或多个，处理策略如事件驱动、中断驱动、多任务、多线程等等。因此，所示的各个步骤或功能都可以按所示的顺序执行、并行执行或在某些情况下略去。类似地，处理的顺序对实现在此所述的特性和优点并不是必需的，而是为了便于显示和说明设置的。虽然没有明确显示，熟悉技术的人应承认，可以根据所使用的特定策略重复执行所示步骤或功能中的一个或多个。

应理解，上述的各种操作模式本质上都是说明性的，且不应这些特定的实施形态视为限制性的，因为存在各种变化。本说明书的主题包括气门操作模式、汽缸操作模式、汽缸行程变化、气门正时变化，及在此揭示的其他特性、功能和/或属性的所有创新的和非易见的组合及子组合。

例如，在一个实例中，可以使用这样的方法，其中发动机改变执行燃烧的汽缸数量。进一步来说，不仅是执行燃烧的汽缸数量可以变化，而且活跃汽缸中的气门的数量也可以变化（在时间上，或不同的汽缸组之间）。进一步来说，除此之外或作为其他选择，活跃汽缸中的行程数量也可以变化（在时间上，或不同的汽缸组之间）。因此，在一个实例中，在第一种模式中，发动机可以用第一个数量的汽缸进行操作，这些汽缸使用第一个数量的行程和第一个数量的活跃气门执行燃烧，而在第二种模式中，发动机可以用第二个数量的汽缸进行操作，这些汽缸使用第二个数量的行程和第二个数量的活跃气门执行燃烧。以此方式，可以获得更大的扭矩分辨率并增进燃料节约。在另一个实例中，发动机的第一组汽缸可以用第一个数量的行程和第一个数量的活跃气门进行操作，而发动机的第二组汽缸可以用第二个数量的行程和第

二个数量的活跃气门进行操作。在又一个实例中，这些汽缸可以有相同数量的活跃气门，而具有不同的气门模式（如，一组汽缸可以有对角配置的活跃进气门和排气门，而第二组汽缸具有非对角配置）。

进一步来说，在一个方法中，控制系统可以将改变执行燃烧的汽缸数量、改变活跃气门的数量（或模式），和/或改变活跃汽缸的行程数量的组合作为控制发动机输出扭矩的方式。通过具有很多自由度，可能更好地对各种操作条件优化发动机性能。

在另一种方法中，本发明提供控制内燃机的汽缸中电力驱动的气门的操作的方法，该方法包括：确定所述电力驱动的气门的至少一个操作条件；评估是否在所述汽缸中操作所述电力驱动的气门来响应所述已确定的操作条件；及，基于所述评估，在所述汽缸的循环中保持停用所述电力驱动的气门。另外，该方法可以包括这样的气门操作条件，例如与至少一个所述电力驱动气门相连的气门驱动器的温度、至少一个所述电力驱动的气门的阻抗、至少一个所述气门的温度、由至少一个所述电力驱动的气门消耗的功率量，和/或所述内燃机启动后的时间。

在另一种方法中，本发明提供控制电力驱动的气门在内燃机汽缸中的操作的方法，该方法包括：确定至少一个电力驱动的气门的至少一个操作条件；在至少一个条件期间，选择至少一个电力驱动的气门来响应所述确定的操作条件；及，在发动机操作期间，停用所述至少一个选择的电力驱动的气门。进一步来说，电力驱动的气门操作条件可以包括气门驱动器的温度、气门驱动器的阻抗，和/或由气门驱动器消耗的功率量。

在又一种方法中，本发明提供控制内燃机的至少一个汽缸中至少一个电力驱动的气门工作的方法，该方法包括：确定所述电力驱动的气门的操作条件；确定所述内燃机的操作条件；评估是否在所述汽缸中操作所述电力驱动的气门来响应所述电力驱动的气门的所述操作条件和所述发动机操作条件；及，基于所述评估，在所述汽缸的循环期间操作所述电力驱动的气门。进一步来说，发动机的操作条件可以包括发动机启动后的时间、所需发动机扭矩、发动机转速、由发动机消耗的燃料量、预测的所需发动机扭矩和/或转速，和/或发动机温度。同样，气门操作条件可以包括气门驱动器的温度、由气门驱动器消耗的功率量，和/或由气门驱动器使用的电流量。

在又一种方法中，本发明提供控制内燃机的至少一个汽缸中至少一个电力驱动的气门工作的方法，该方法包括：确定所述电力驱动的气门的操作时间；确定所述内燃机的操作条件；调整所述汽缸中的所述电力驱动的气门的开启和关闭正时来响应所述操作时间和所述发动机操作条件；及，基于所述评估，在所述汽缸的循环期间操作所述电力驱动的气门。

在又一种方法中，本发明提供控制内燃机的至少一个汽缸中至少一个电力驱动的气门工作的方法，该方法包括：确定所述电力驱动的气门的开启和关闭事件的数量；确定所述内燃机的操作条件；调整所述汽缸中的所述电力驱动的气门的开启和关闭正时来响应所述确定的开启和关闭事件的数量和所述发动机操作条件；及，基于所述评估，在所述汽缸的循环期间操作所述电力驱动的气门。

同样，在一个上述的实例中，行程的数量可以随排气系统中的催化剂条件的变化而变化，如，所存储的氧化剂的量。然而，也可以基于催化剂条件调整其他发动机参数，如活跃汽缸中的活跃气门的数量，和/或活跃汽缸中的活跃气门的模式。进一步来说，执行燃烧的汽缸的数量也可以随催化剂条件的变化而变化。

下面的权利要求特别指出视为创新的和非易见的特定组合及子组合。这些权利要求可能会提到“一个”元素或“第一个”元素或其等价。应将这样的权利要求理解为包括一个或多个这样的元素，而不是必须有且仅有一个这样的元素或排除有两个或多个这样的元素的情况。可以通过本权利要求的修改或在此申请或相关申请中呈现的新的权利要求来要求气门操作模式、汽缸操作模式、汽缸行程变化、气门正时变化，和/或属性的其他组合及子组合的权利。这样的权利要求，无论是其范围比初始的权利要求更宽、更窄、等价或不同，同样都视为包括在本发明的主题之内。

本说明书到此结束。熟悉技术的人通过阅读本说明书可以理解可以做出很多替换或修改而不偏离本发明的精神和范围。例如，以柴油机、天然气、汽油或其他燃料配置操作的 I3、I4、I5、V6、V8、V10 和 V12 发动机都可以用于实现本发明的优点。

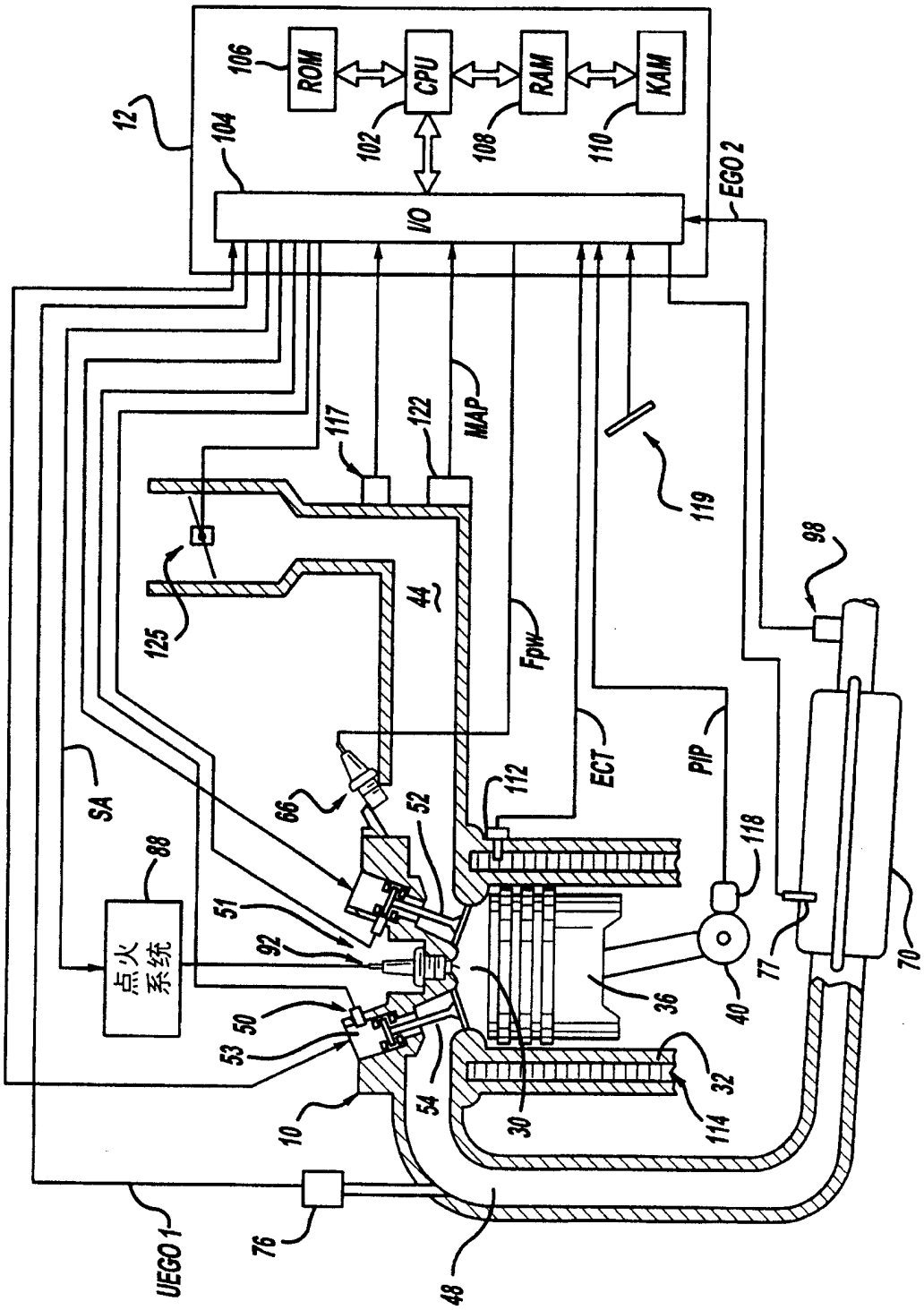

12
104
106
ROM
CPU
RAM
KAM
102
108
110
I/O
EGO 2
117
122
MAP
119
98
125
44
Fpw
ECT
PIP
112
118
SA
66
52
88
51
92
50
53
54
10
点火系统
36
40
77
70
32
114
30
76
48
UEGO 1

图 1

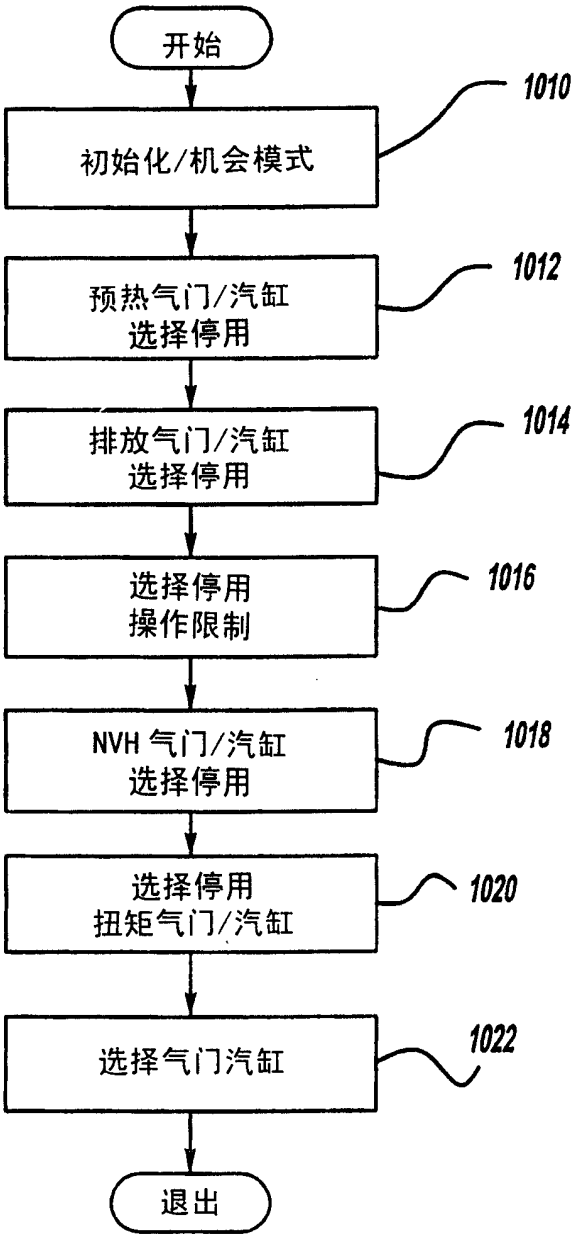

开始
初始化/机会模式
1010
预热气门/汽缸
选择停用
1012
排放气门/汽缸
选择停用
1014
选择停用
操作限制
1016
NVH 气门/汽缸
选择停用
1018
选择停用
扭矩气门/汽缸
1020
选择气门汽缸
1022
退出

图 2

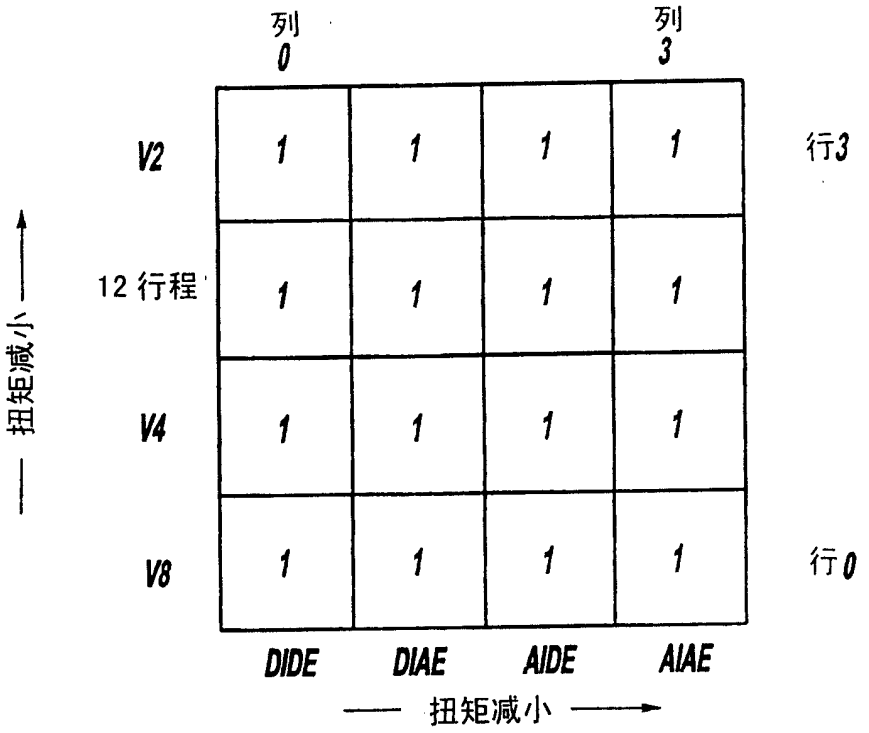

列
0
列
3
V2
12 行程
V4
V8
1
行3
行0
DIDE
DIAE
AIDE
AIAE
扭矩减小
扭矩减小

图 3

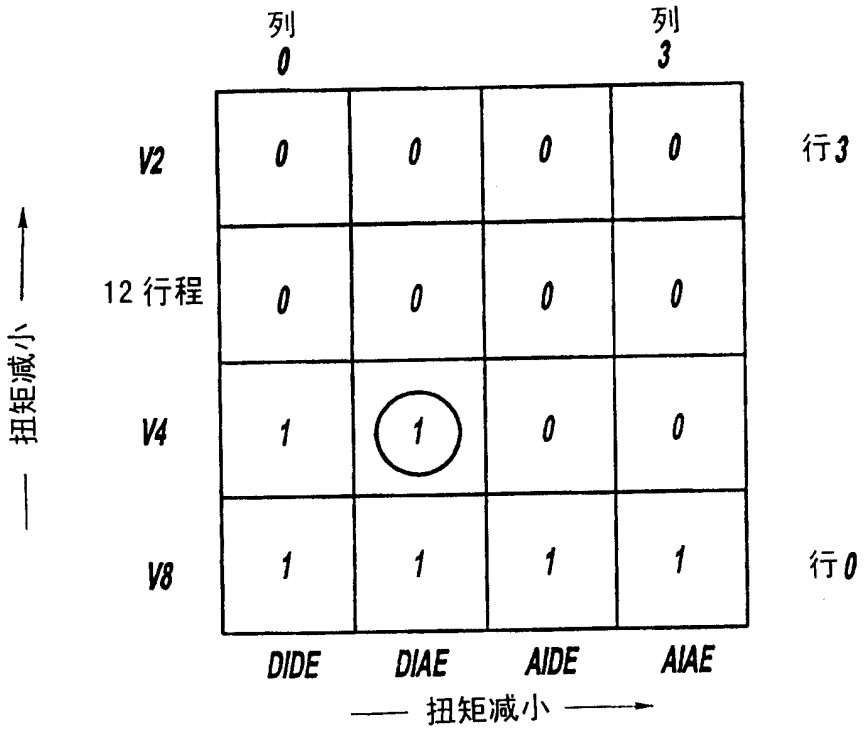

列
0
列
3
V2
12 行程
V4
V8
0
1
行3
行0
DIDE
DIAE
AIDE
AIAE
扭矩减小
扭矩减小

图 4

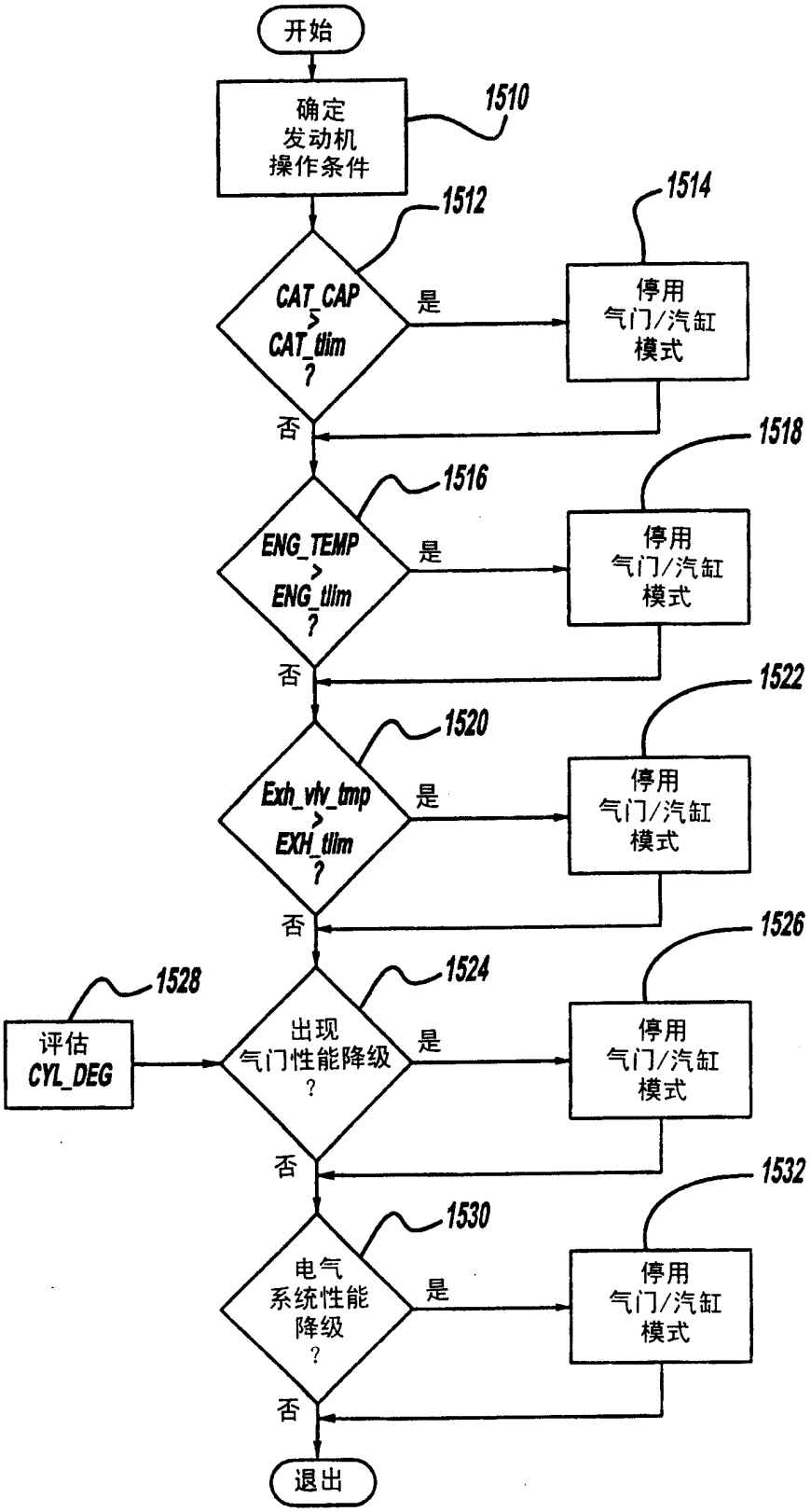

开始
确定
发动机
操作条件
1510
1512
CAT_CAP
>
CAT_tlim
?
是
1514
停用
气门/汽缸
模式
否
1516
ENG_TEMP
>
ENG_tlim
?
是
1518
停用
气门/汽缸
模式
否
1520
Exh_vlv_tmp
>
EXH_tlim
?
是
1522
停用
气门/汽缸
模式
否
1524
出现
气门性能降级
?
是
1526
停用
气门/汽缸
模式
1528
评估
CYL_DEG
否
1530
电气
系统性能
降级
?
是
1532
停用
气门/汽缸
模式
否
退出

图 5

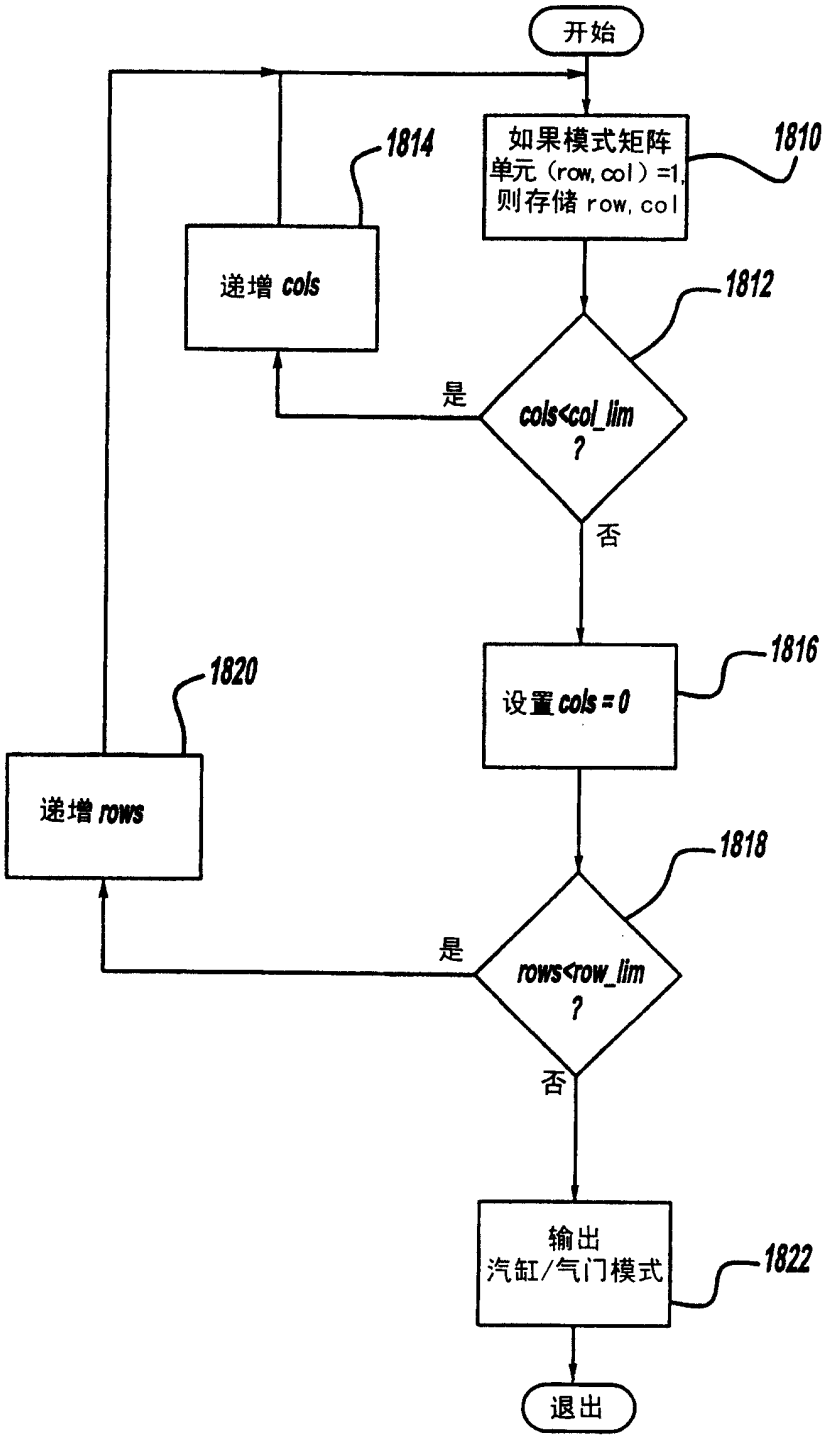

开始
如果模式矩阵单元（row, col）=1，则存储 row, col
1810
递增 cols
1814
1812
cols<col_lim ?
是
否
递增 rows
1820
设置 cols = 0
1816
rows<row_lim ?
1818
是
否
输出汽缸/气门模式
1822
退出

图 6

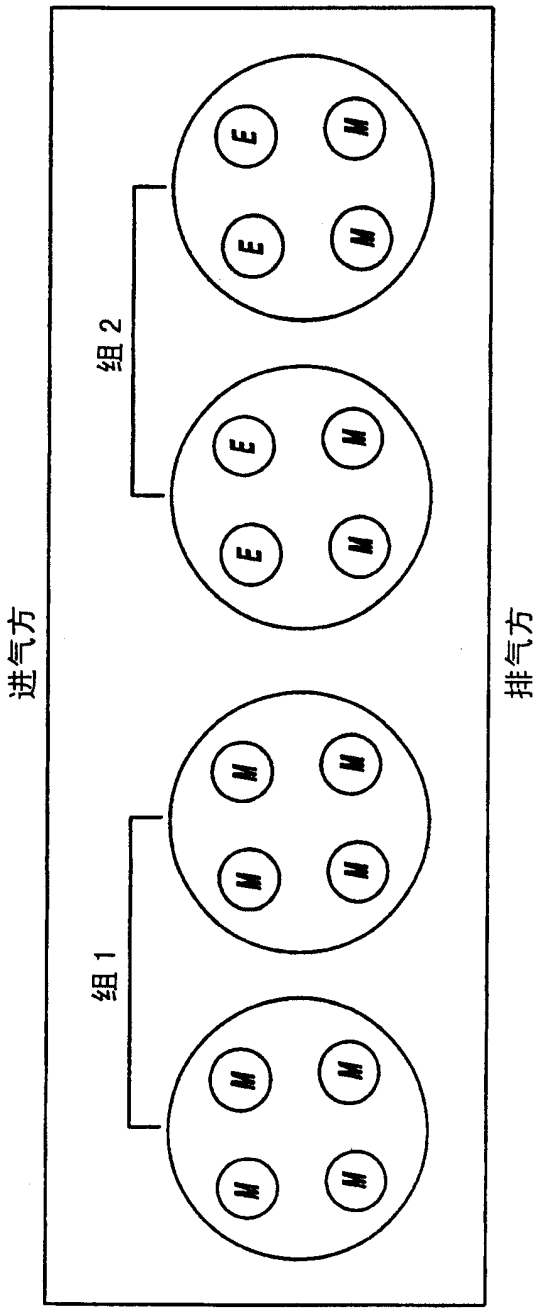


图 7

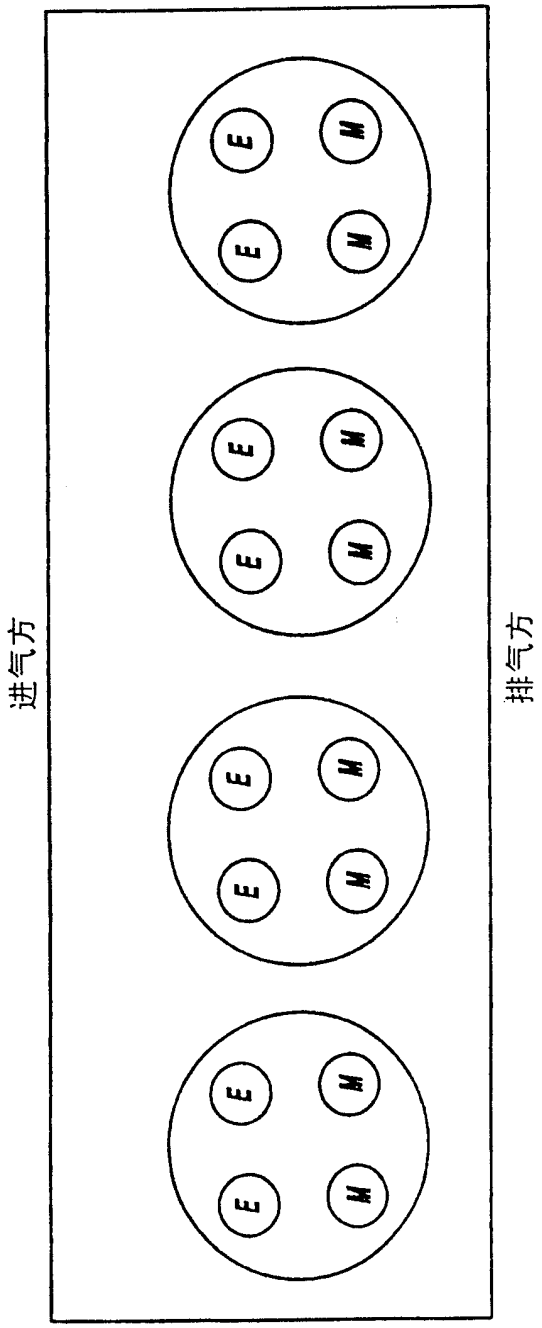


图 7a

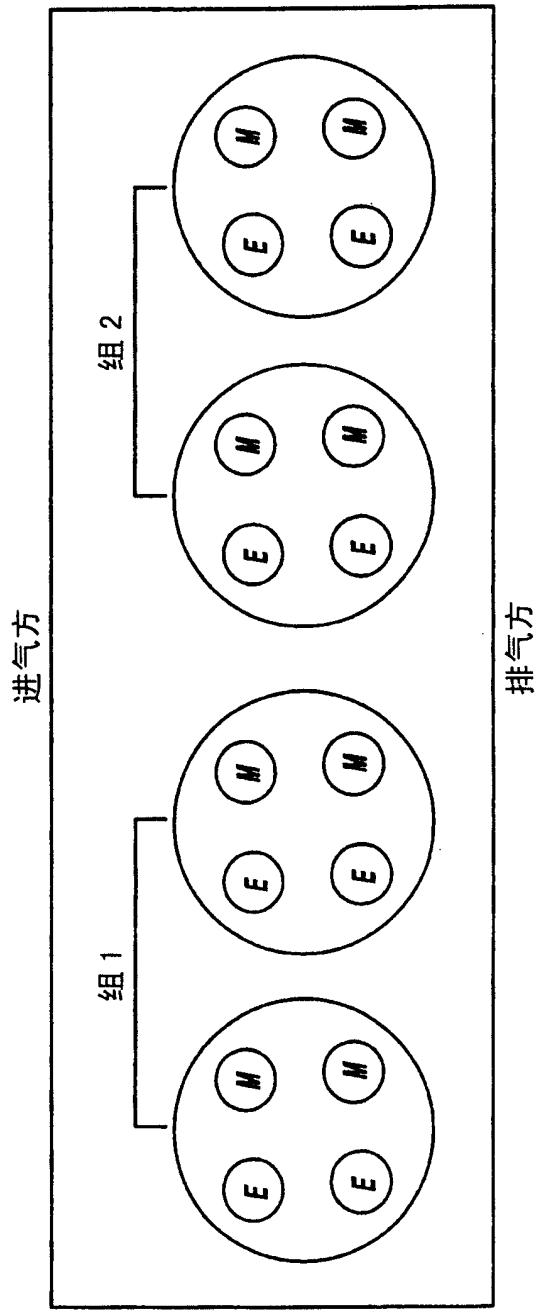


图 8

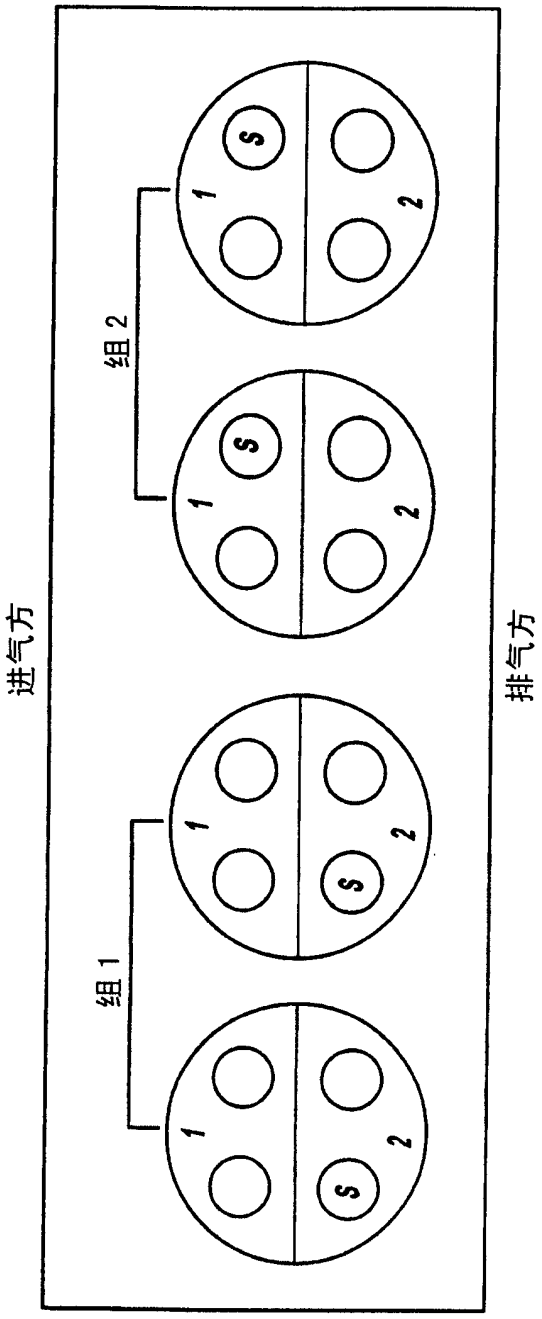


图 9

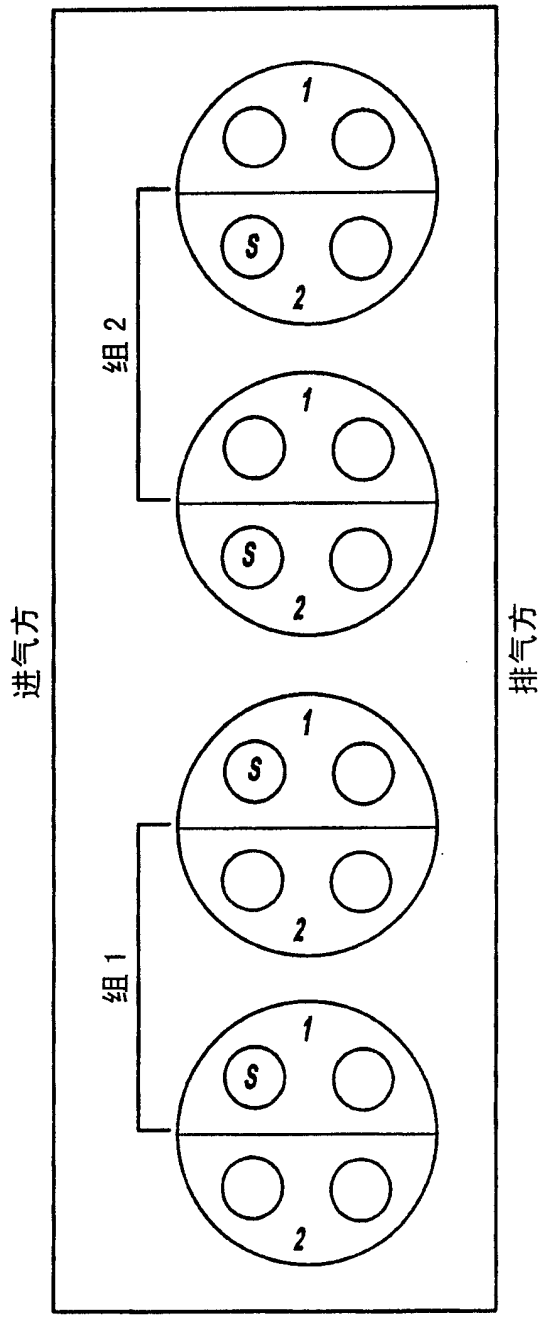


图 10

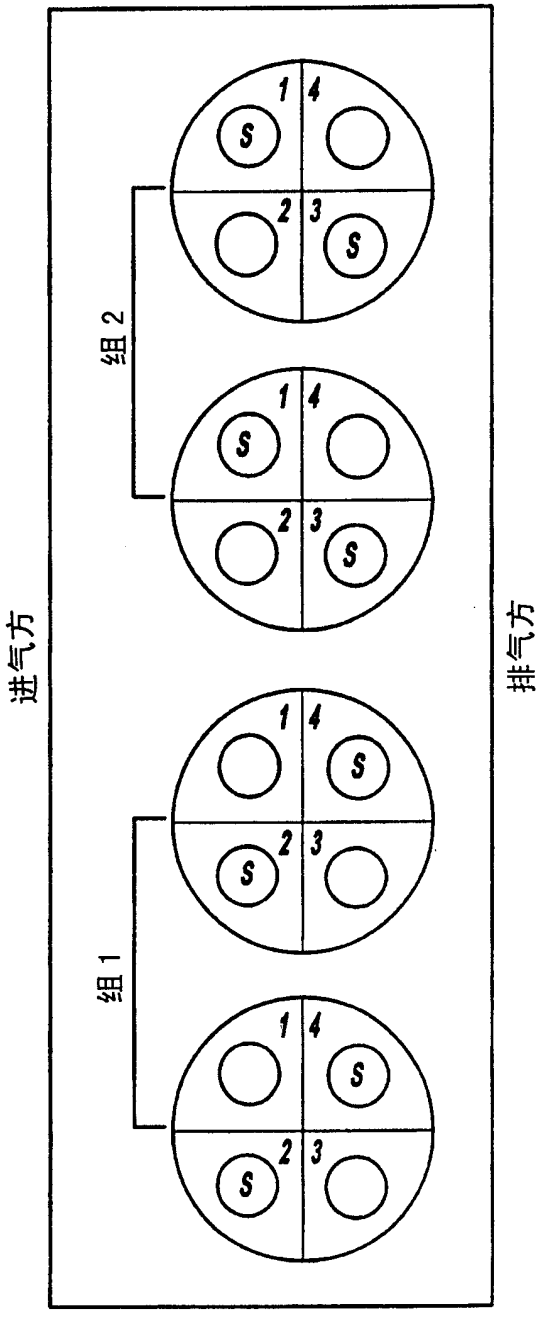


图 11

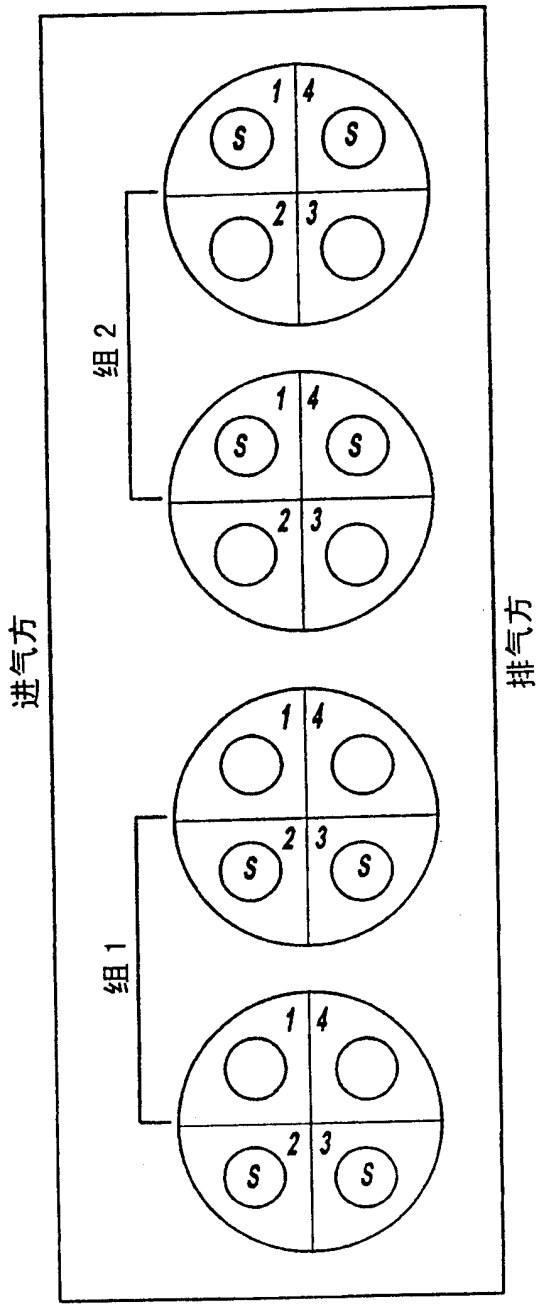


图 12

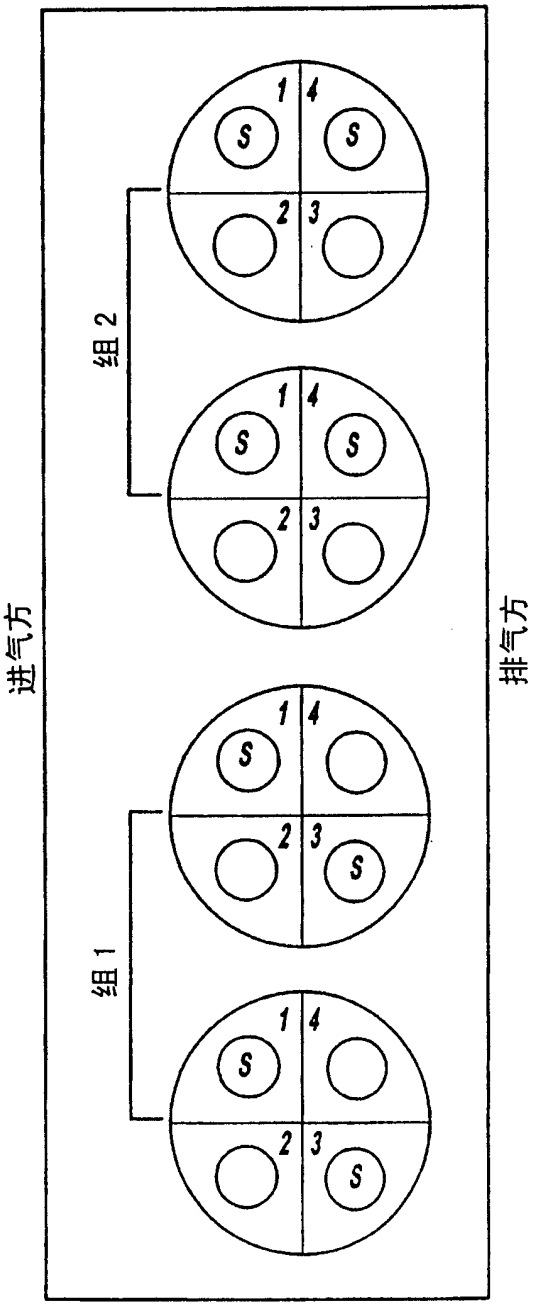


图 13

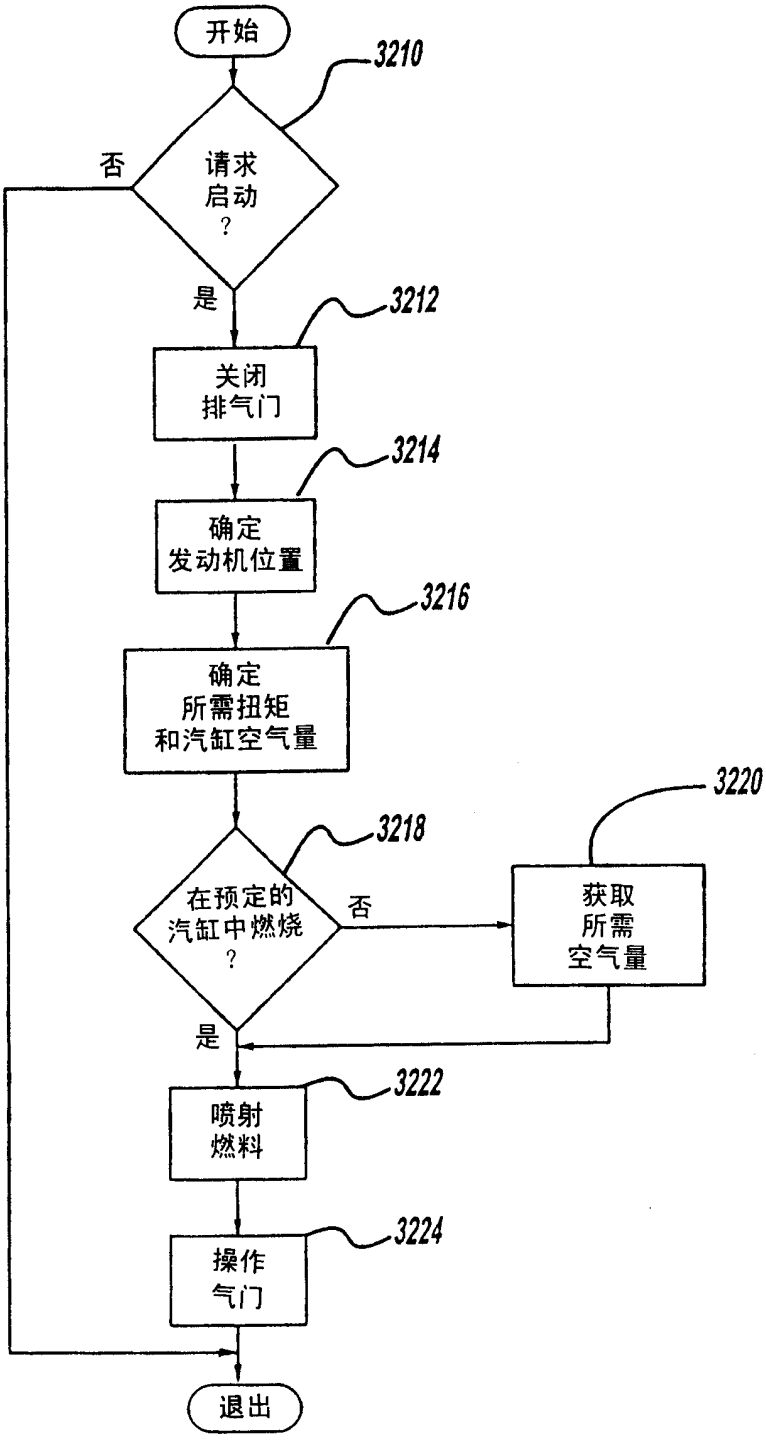

开始
3210
请求
启动
?
否
是
3212
关闭
排气门
3214
确定
发动机位置
3216
确定
所需扭矩
和汽缸空气量
3220
3218
在预定的
汽缸中燃烧
?
否
获取
所需
空气量
是
3222
喷射
燃料
3224
操作
气门
退出

图 14

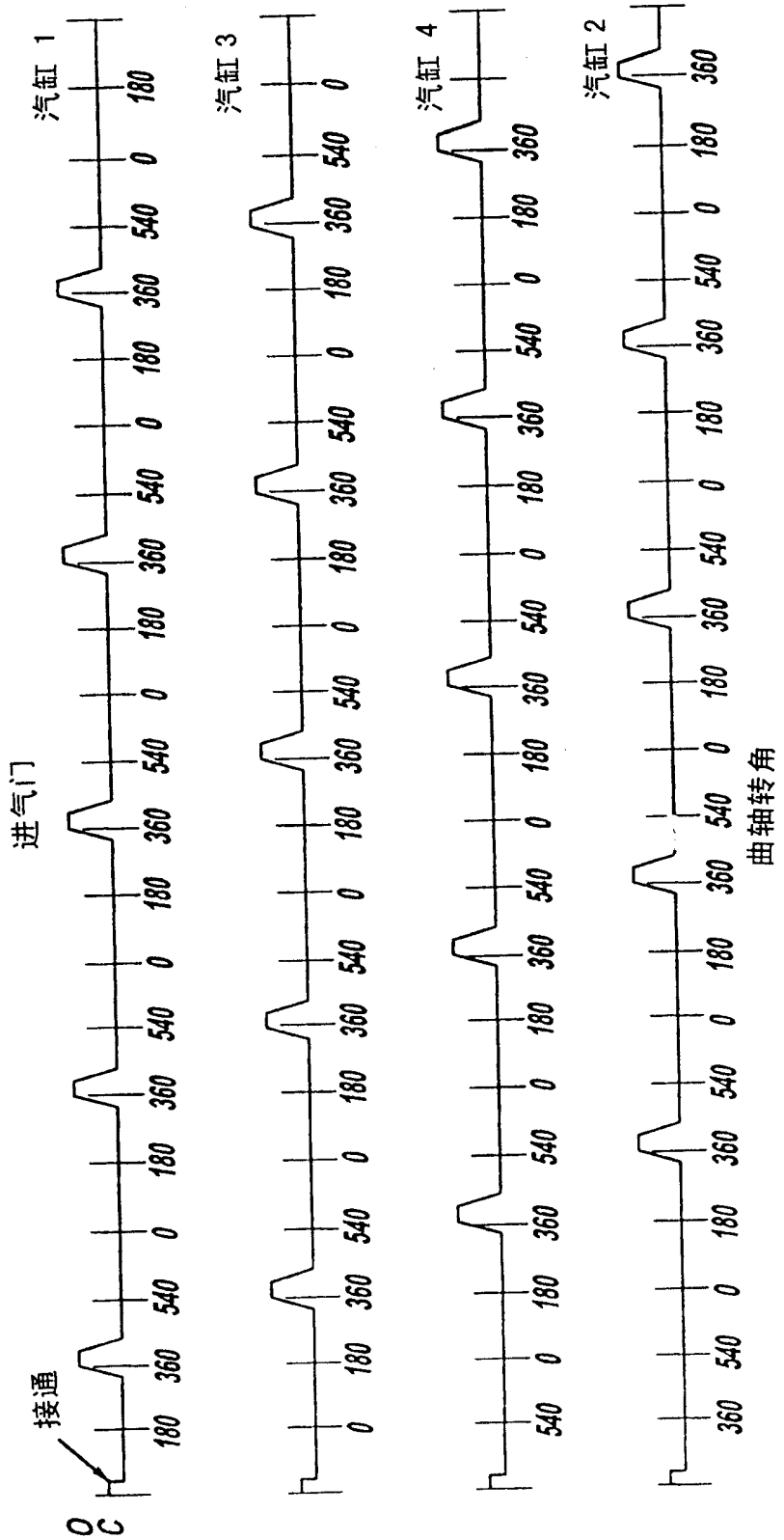


图 15a

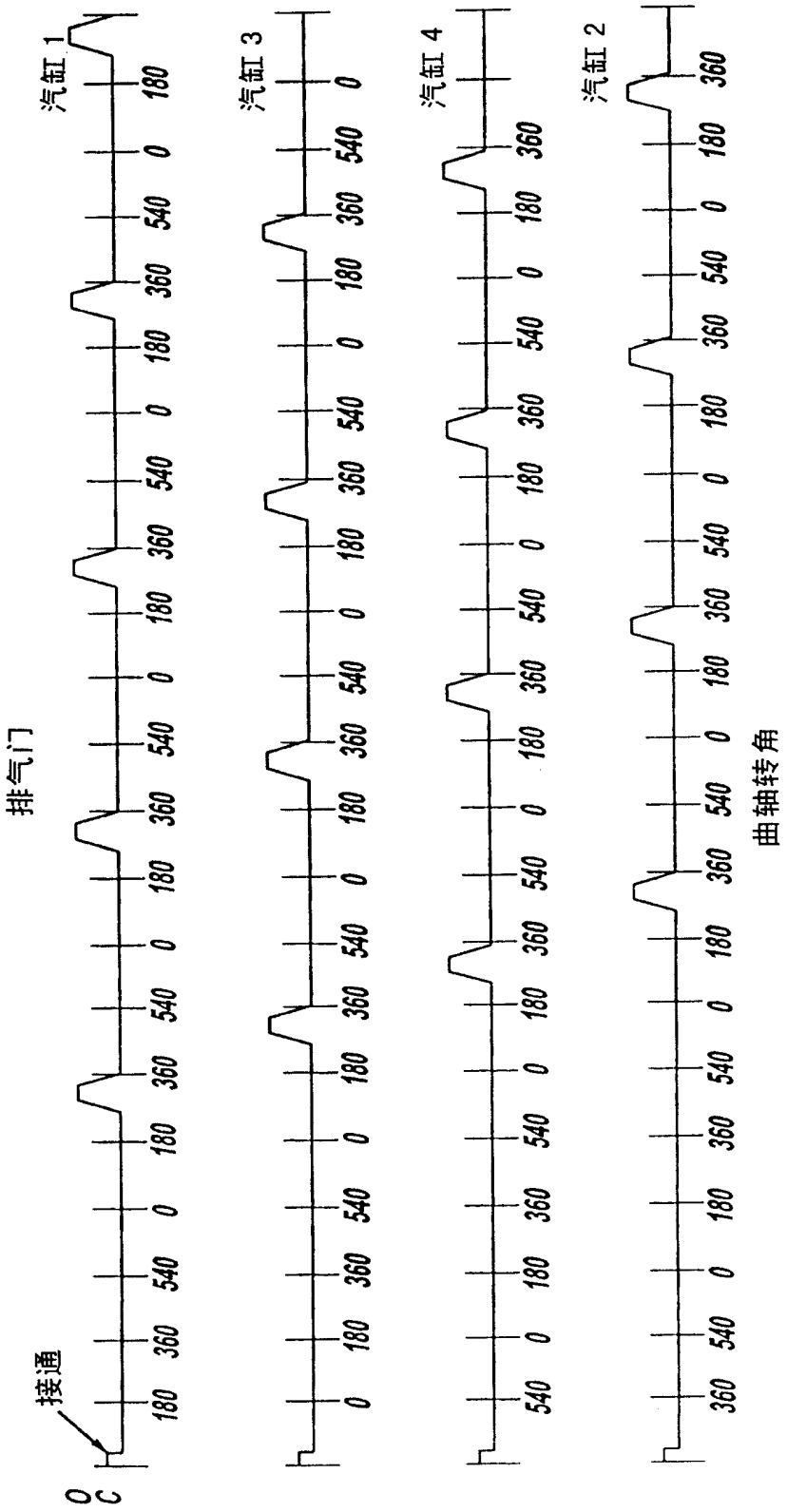


图 15b

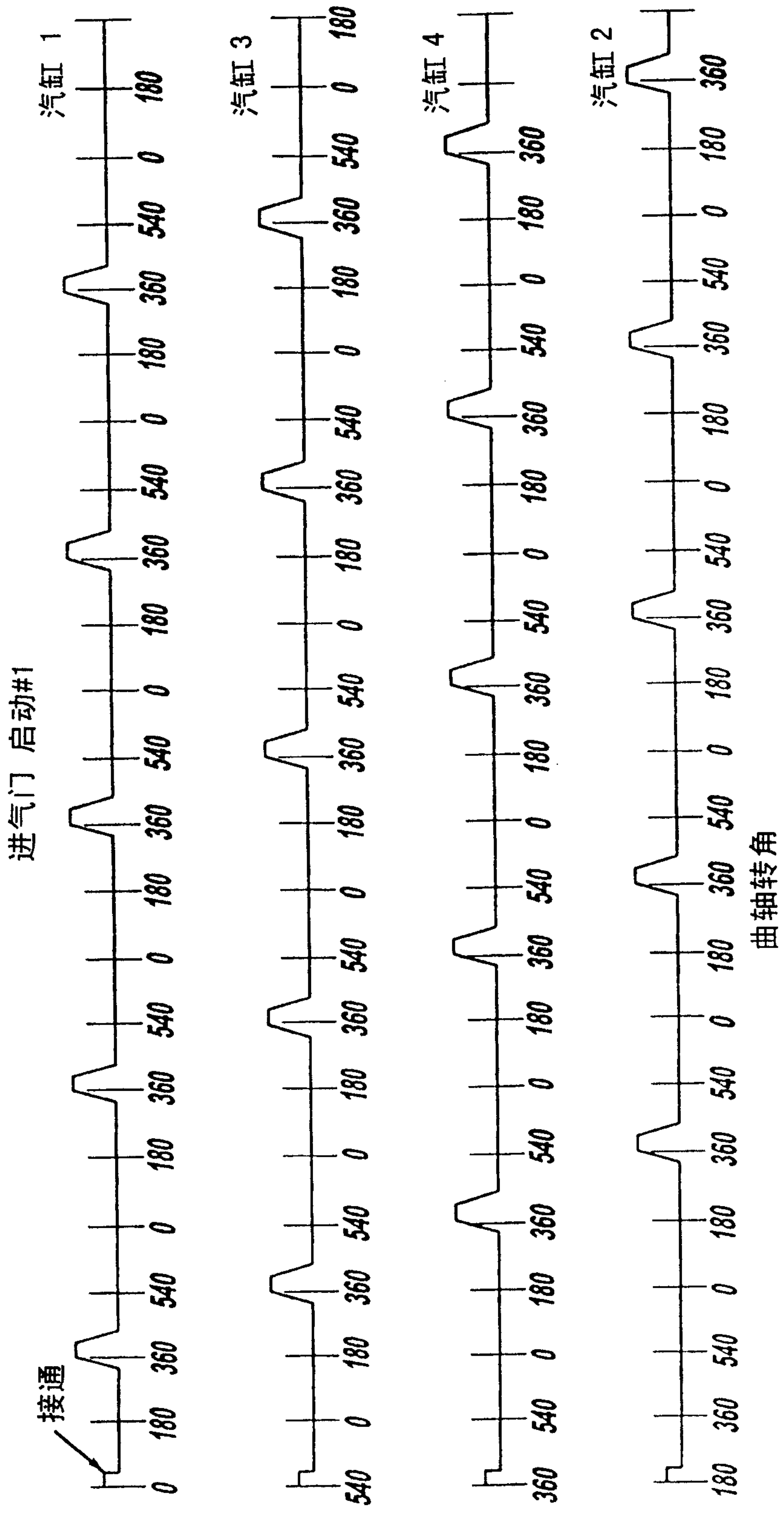


图 16a

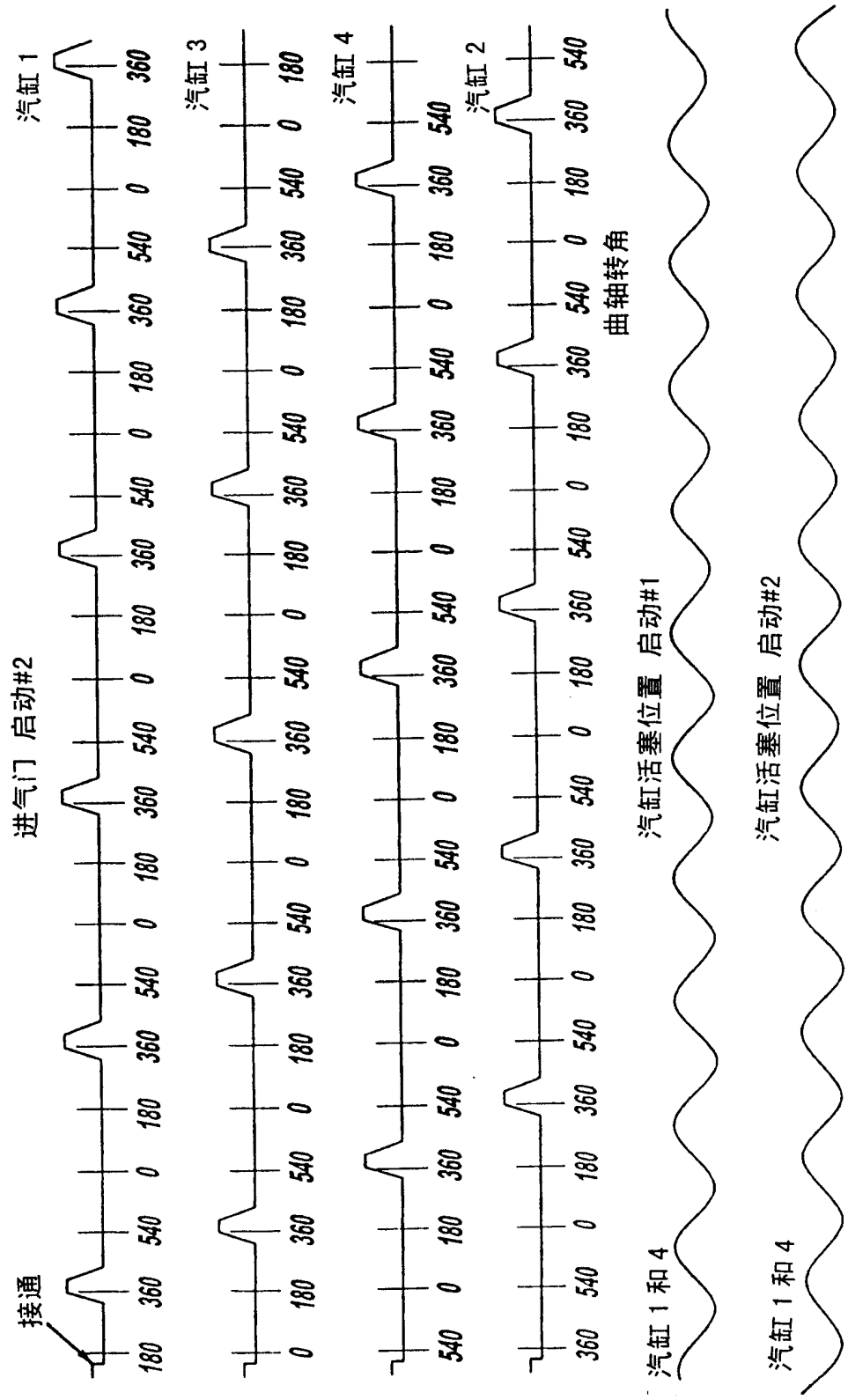

进气门 启动#2
汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
接通
0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
曲轴转角
汽缸活塞位置 启动#1
汽缸 1 和 4
汽缸活塞位置 启动#2
汽缸 1 和 4

图 16b

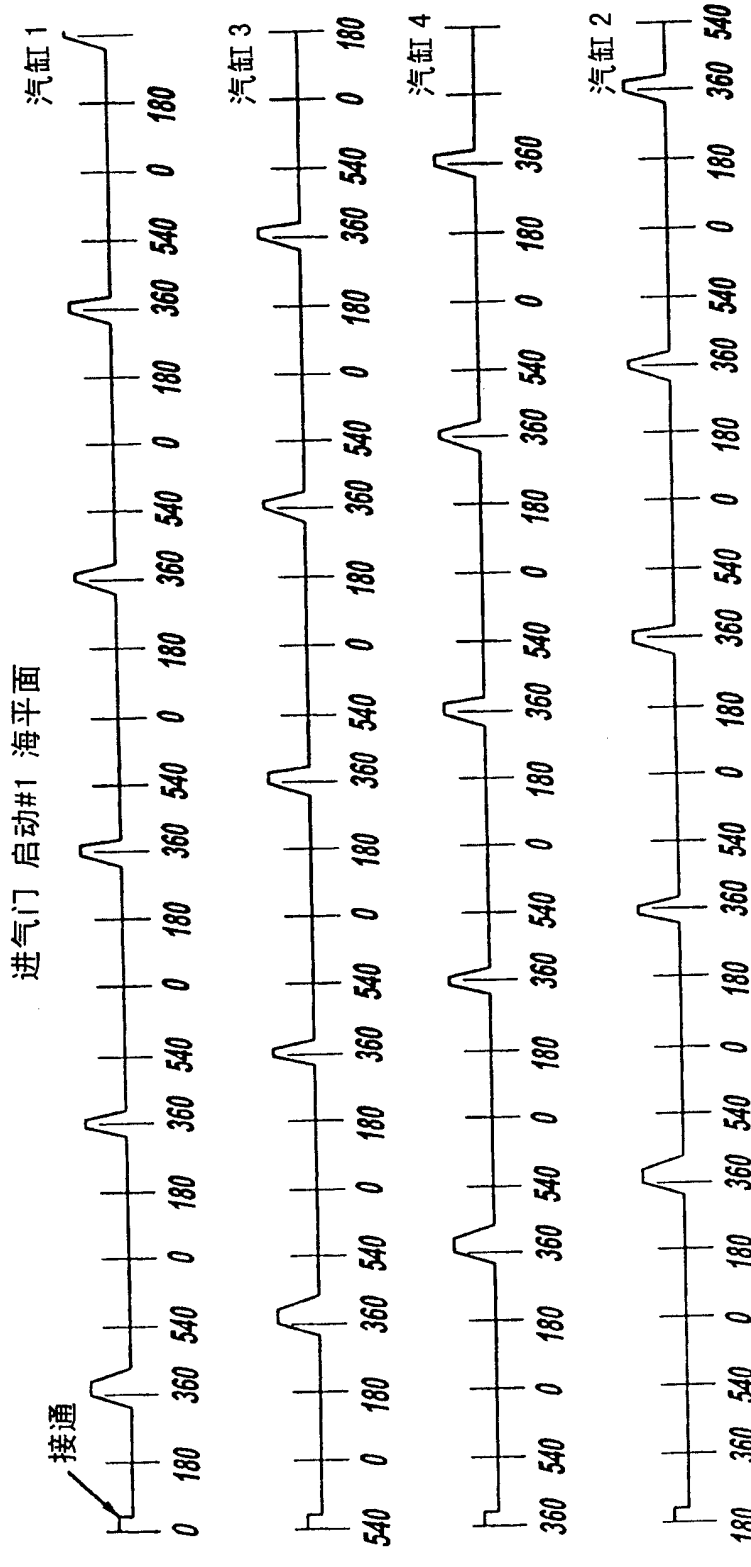

进气门 启动#1 海平面
汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
接通
0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180
540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0
360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180
曲轴转角

图 17a

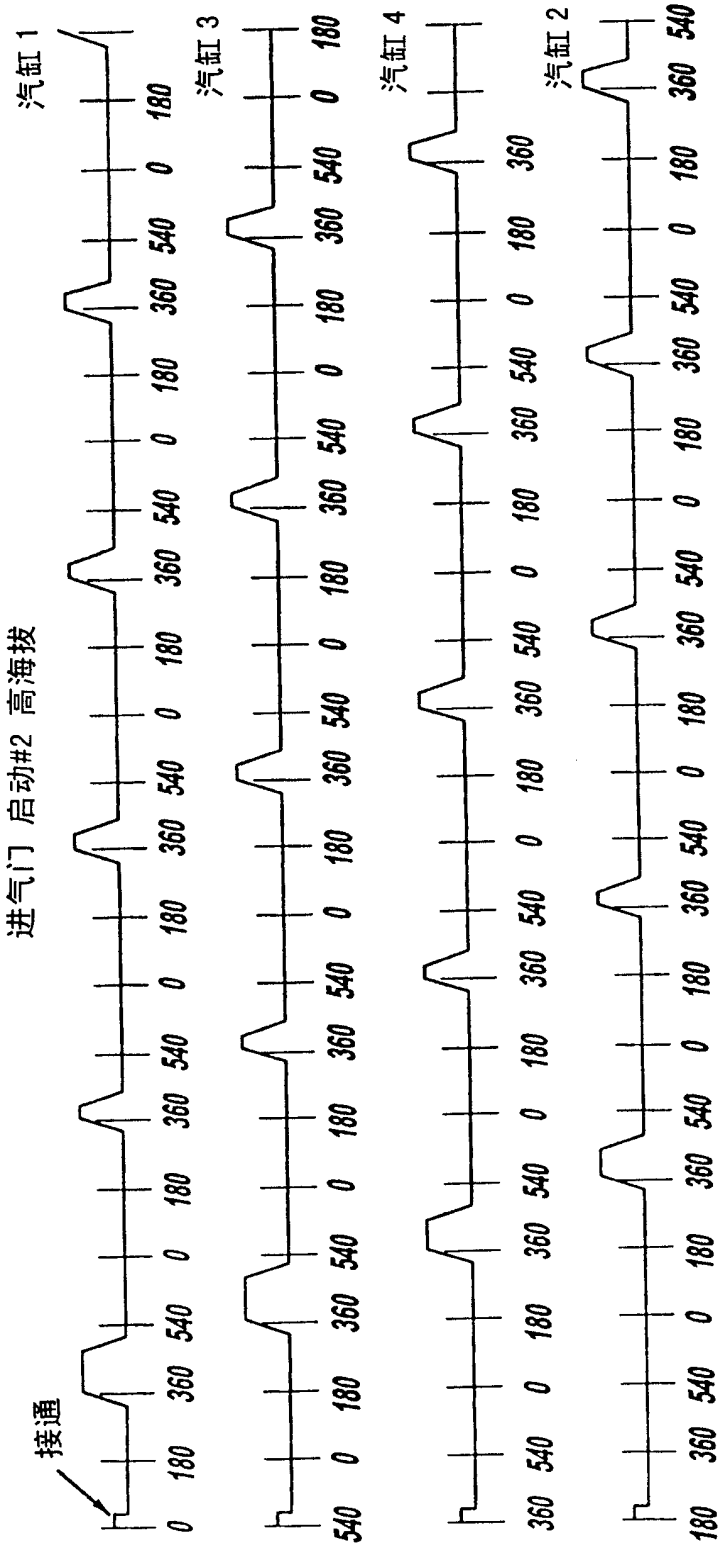

进气门 启动#2 高海拔
汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
接通
0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180
540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0
360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540

图 17b

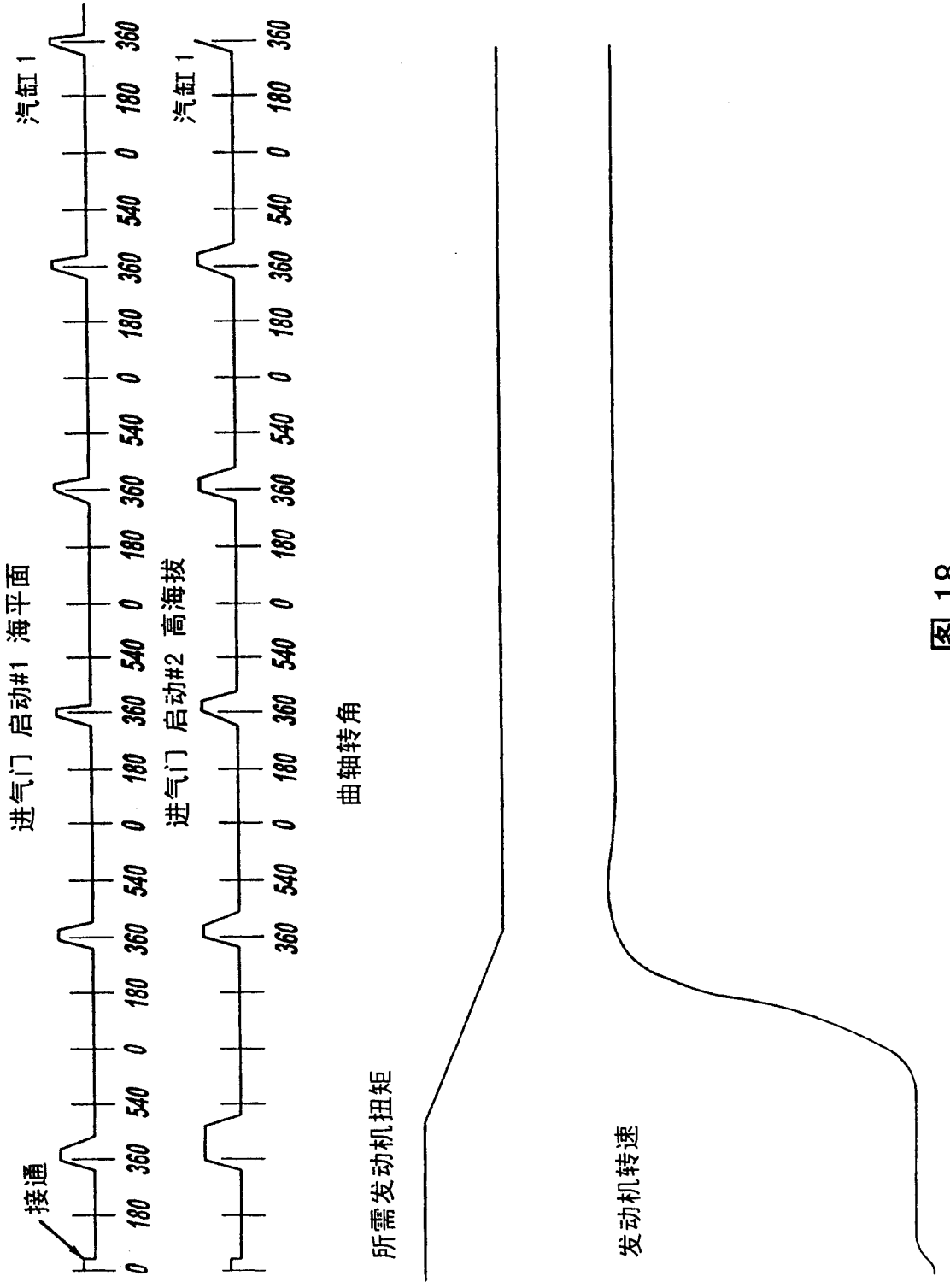

进气门 启动#1 海平面
汽缸 1
接通
0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
进气门 启动#2 高海拔
汽缸 1
360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0
曲轴转角
所需发动机扭矩
发动机转速

图 18

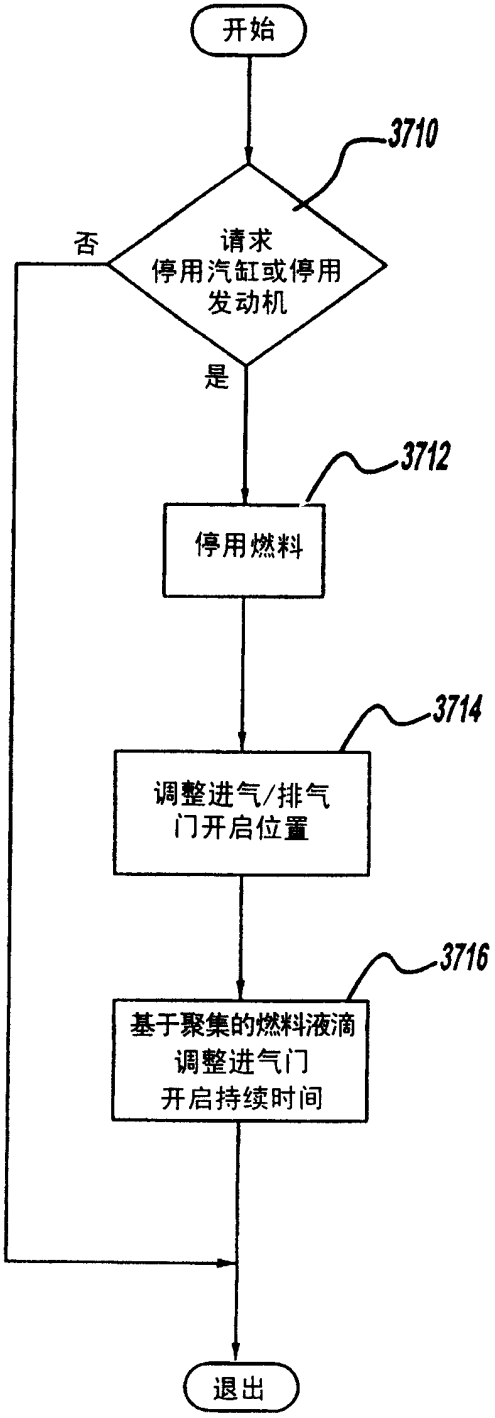

开始
3710
请求
停用汽缸或停用
发动机
否
是
3712
停用燃料
3714
调整进气/排气
门开启位置
3716
基于聚集的燃料液滴
调整进气门
开启持续时间
退出

图 19

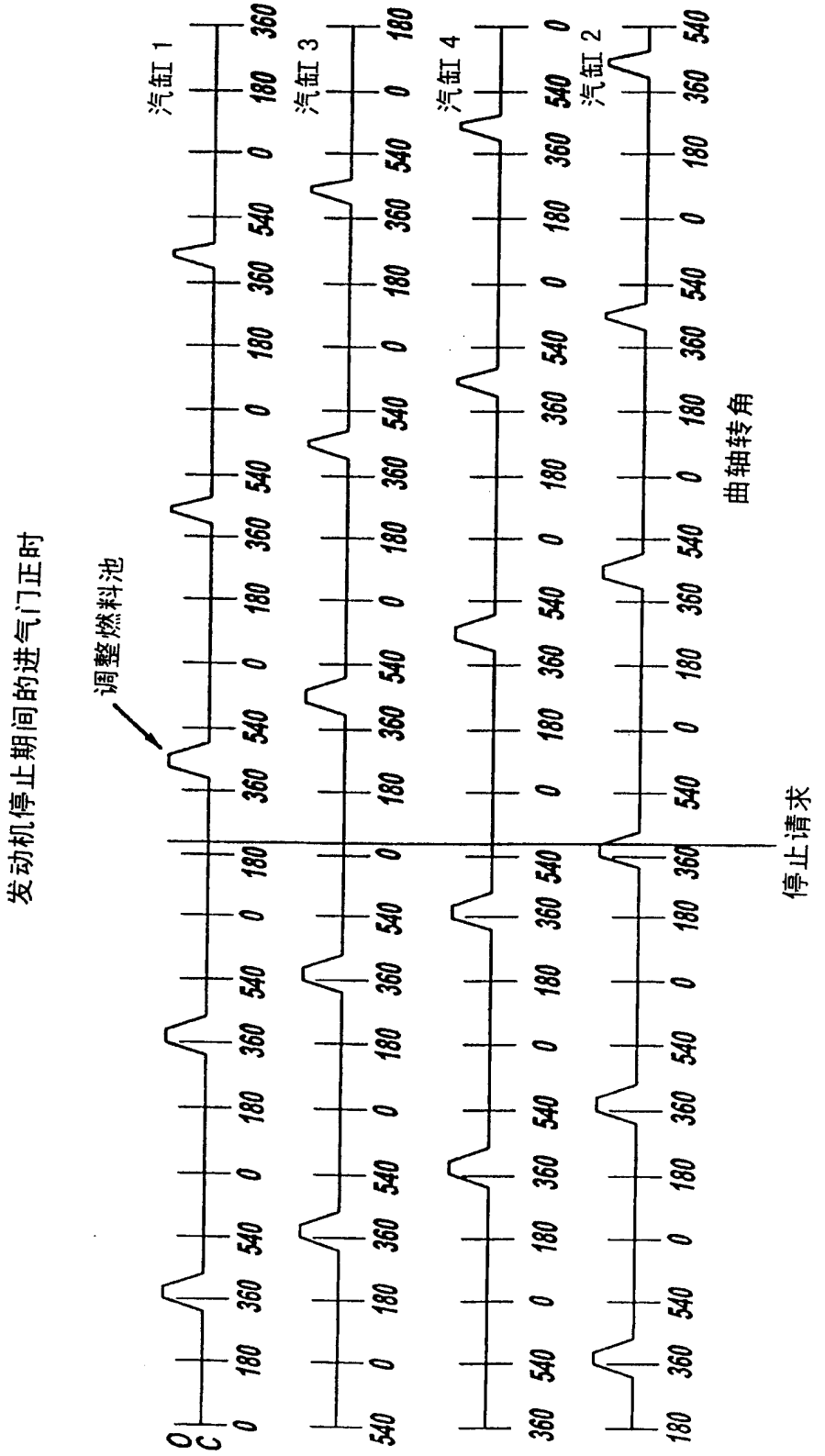

发动机停止期间的进气门正时
调整燃料池
汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
O
C
0 180 360 540
曲轴转角
停止请求

图 20

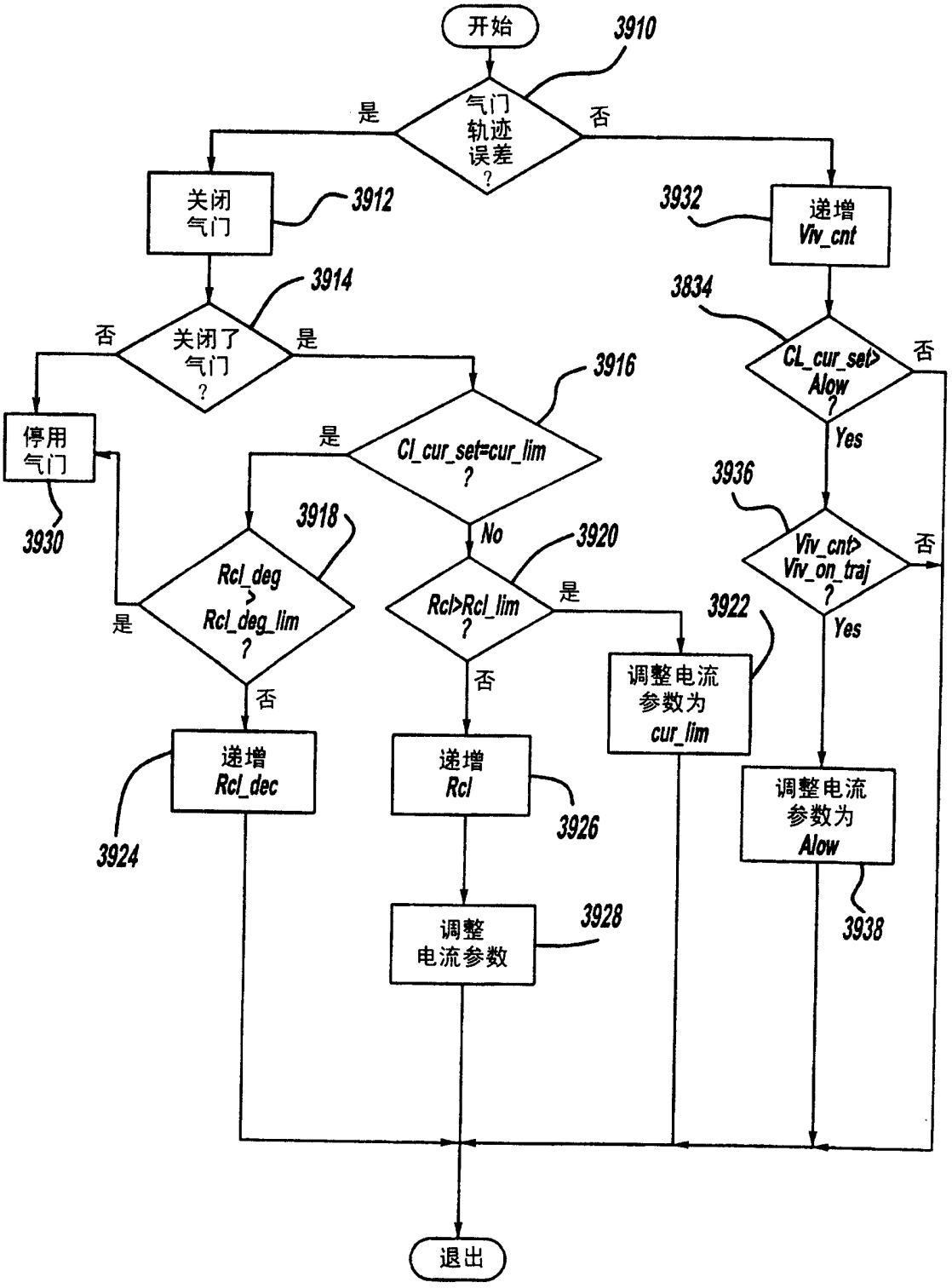

开始
3910
气门轨迹误差?
是
否
关闭气门
3912
3914
关闭了气门?
否
是
停用气门
3930
3916
Cl_cur_set=cur_lim?
是
No
3918
Rcl_deg > Rcl_deg_lim?
是
否
递增 Rcl_dec
3924
3920
Rcl>Rcl_lim?
是
否
递增 Rcl
3926
调整电流参数为 cur_lim
3922
调整电流参数
3928
3932
递增 Viv_cnt
3834
CL_cur_set> Alow?
否
Yes
3936
Viv_cnt> Viv_on_traj?
否
Yes
调整电流参数为 Alow
3938
退出

图 21

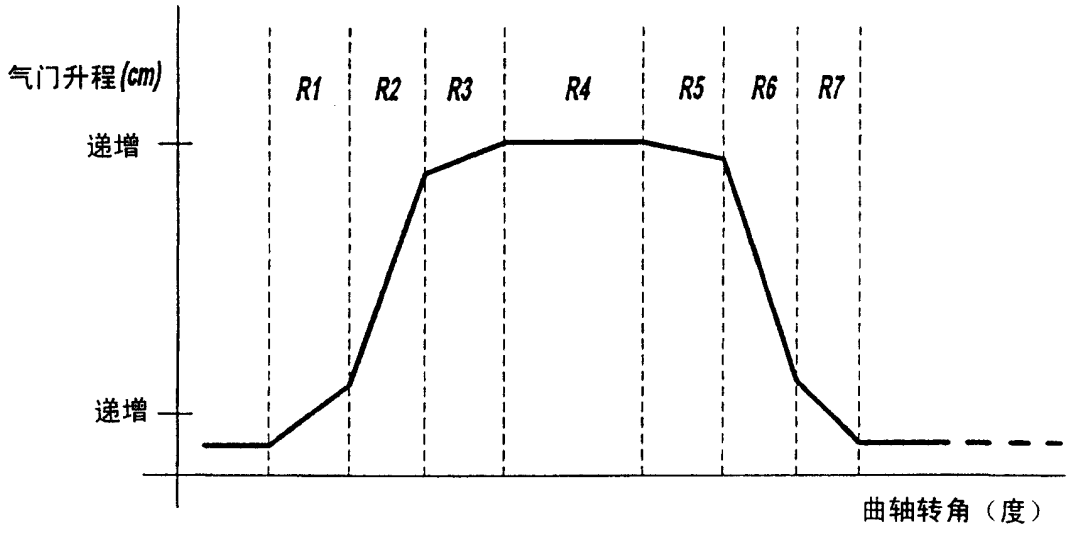


图 22

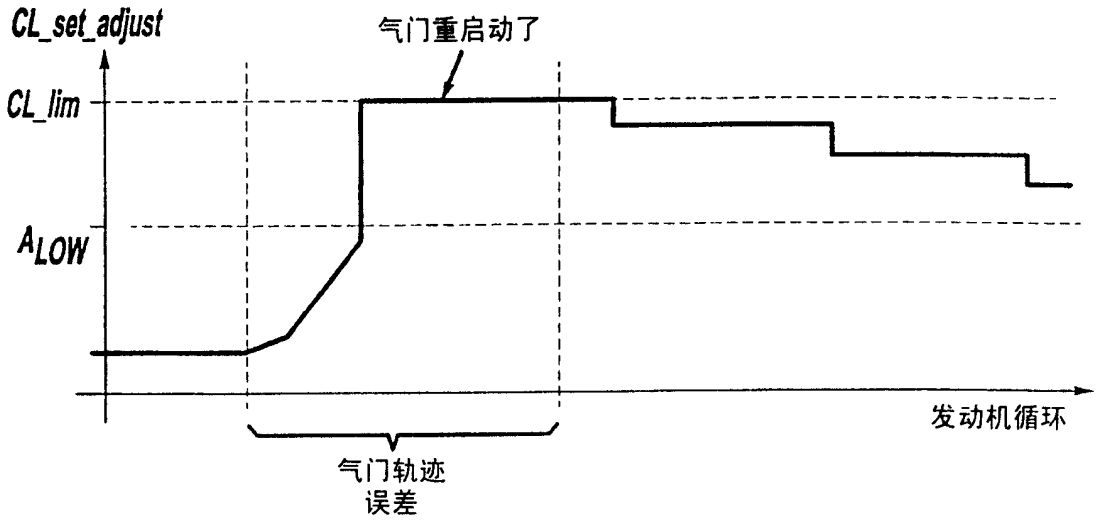


图 23

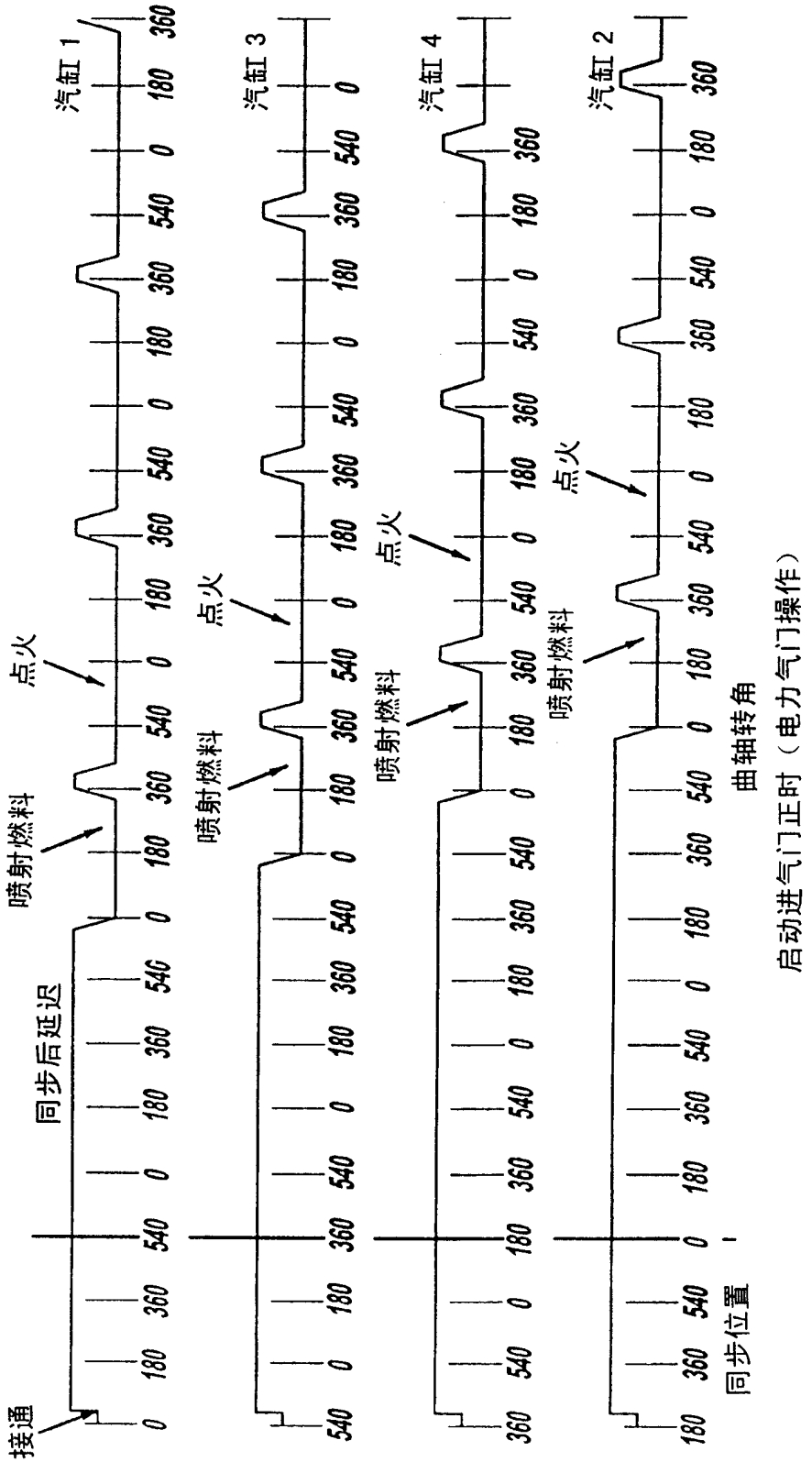

接通
同步后延迟
喷射燃料
点火
喷射燃料
点火
喷射燃料
点火
喷射燃料
点火
汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
同步位置
曲轴转角
启动进气门正时（电力气门操作）

图 24a

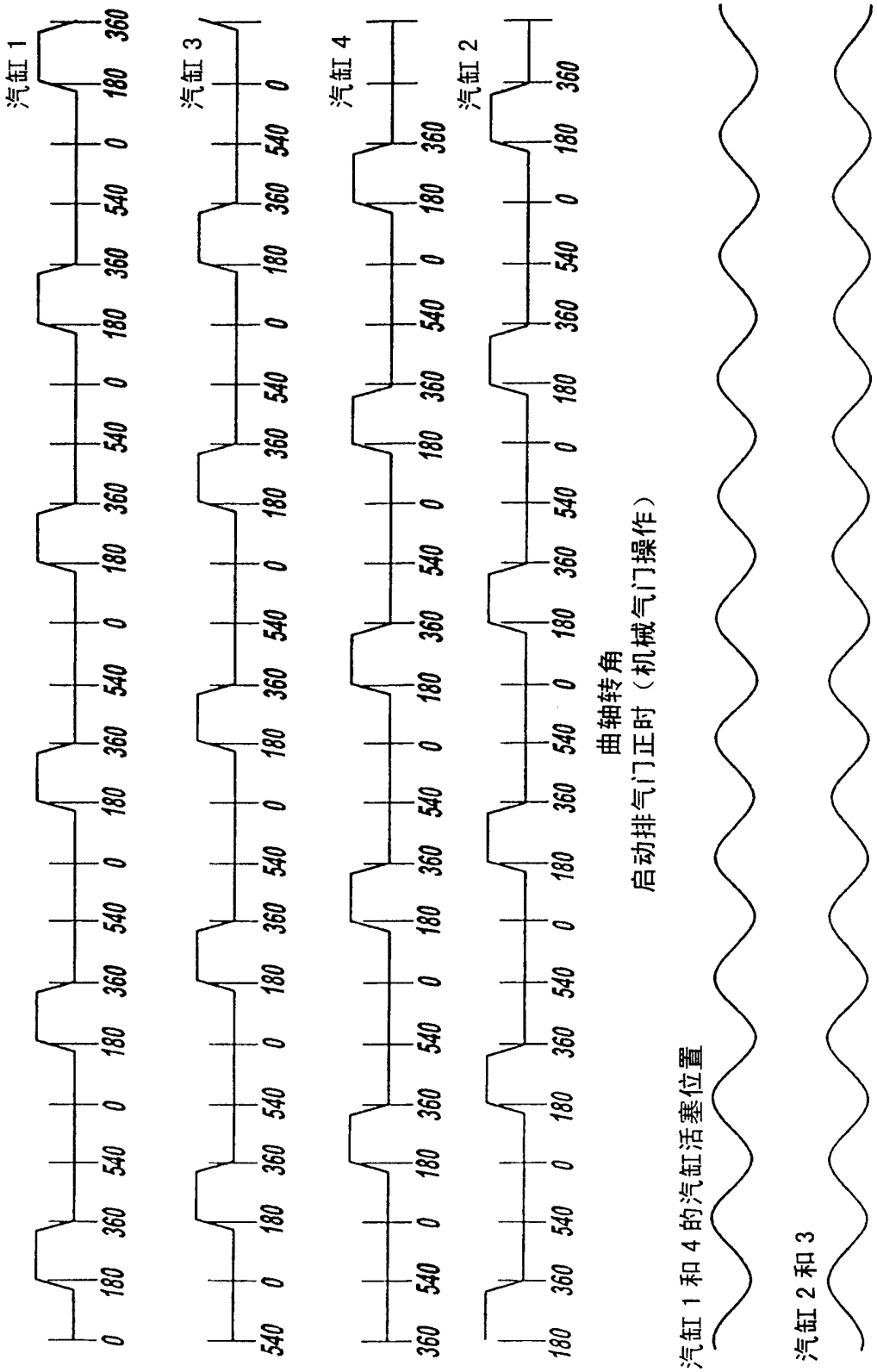

汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180
360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0
180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
曲轴转角
启动排气门正时（机械气门操作）
汽缸 1 和 4 的汽缸活塞位置
汽缸 2 和 3

图 24b

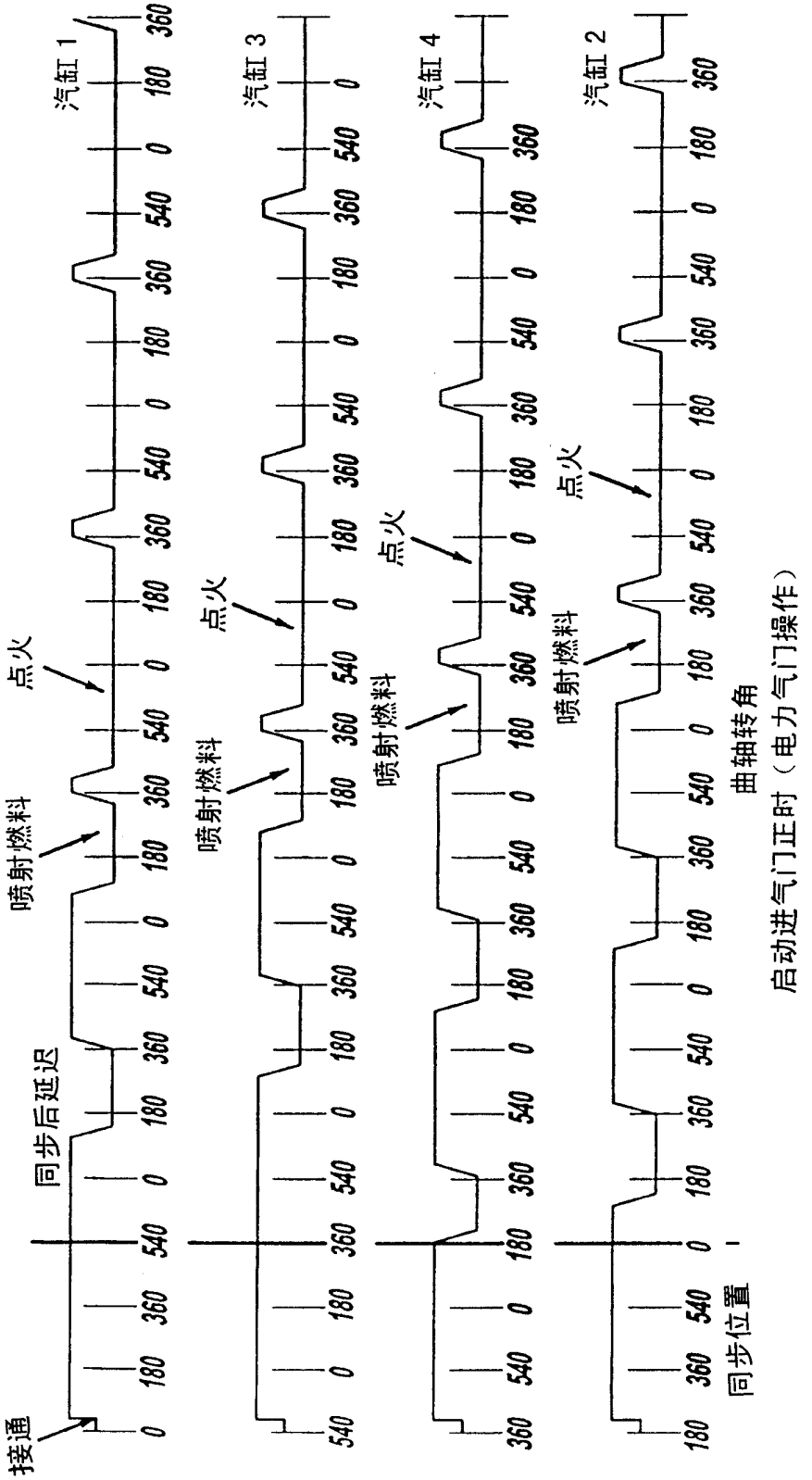

接通
同步后延迟
喷射燃料
点火
喷射燃料
点火
喷射燃料
点火
喷射燃料
点火
汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
同步位置
曲轴转角
启动进气门正时（电力气门操作）

图 25a

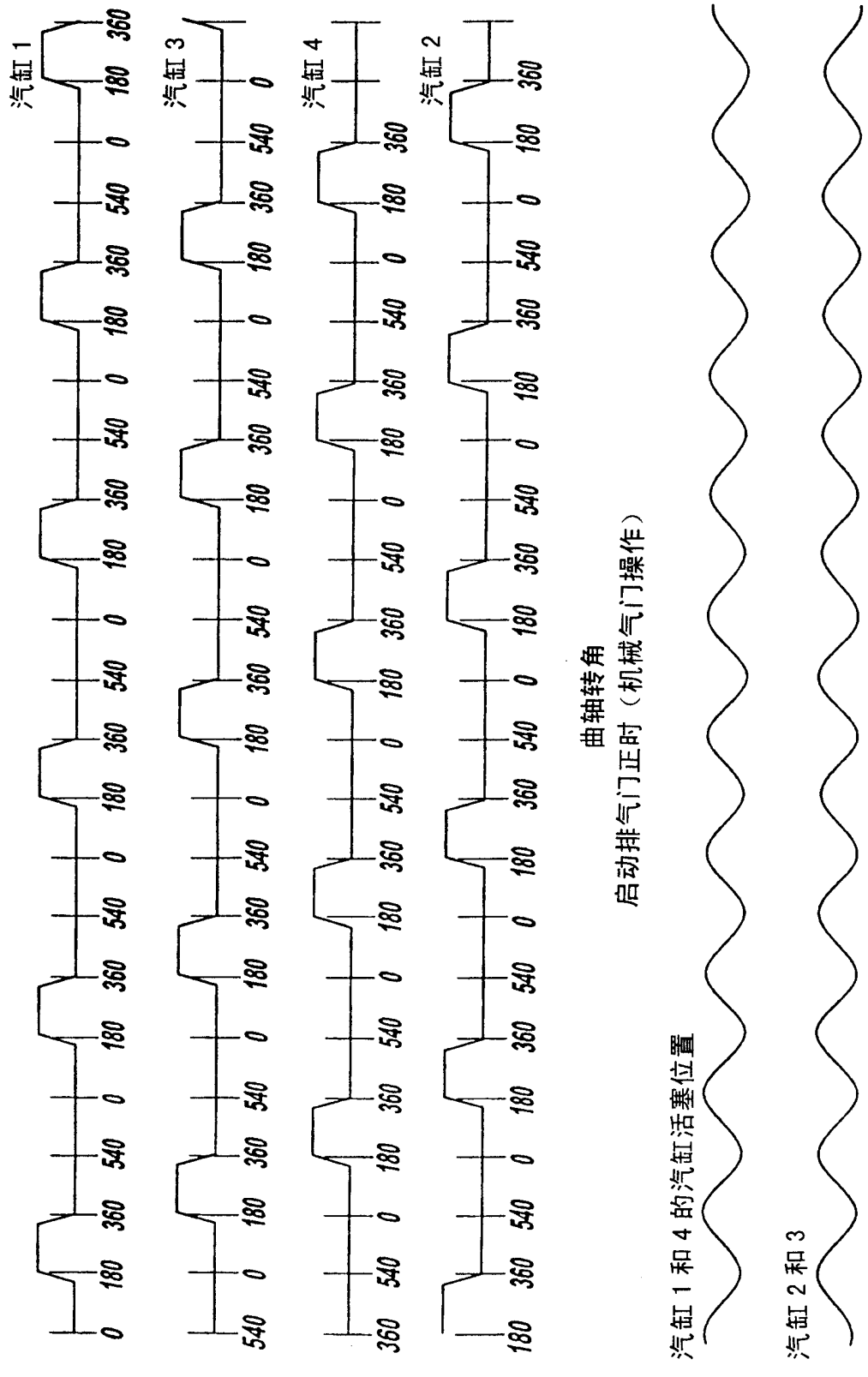

汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
曲轴转角
启动排气门正时（机械气门操作）
汽缸 1 和 4 的汽缸活塞位置
汽缸 2 和 3

图 25b

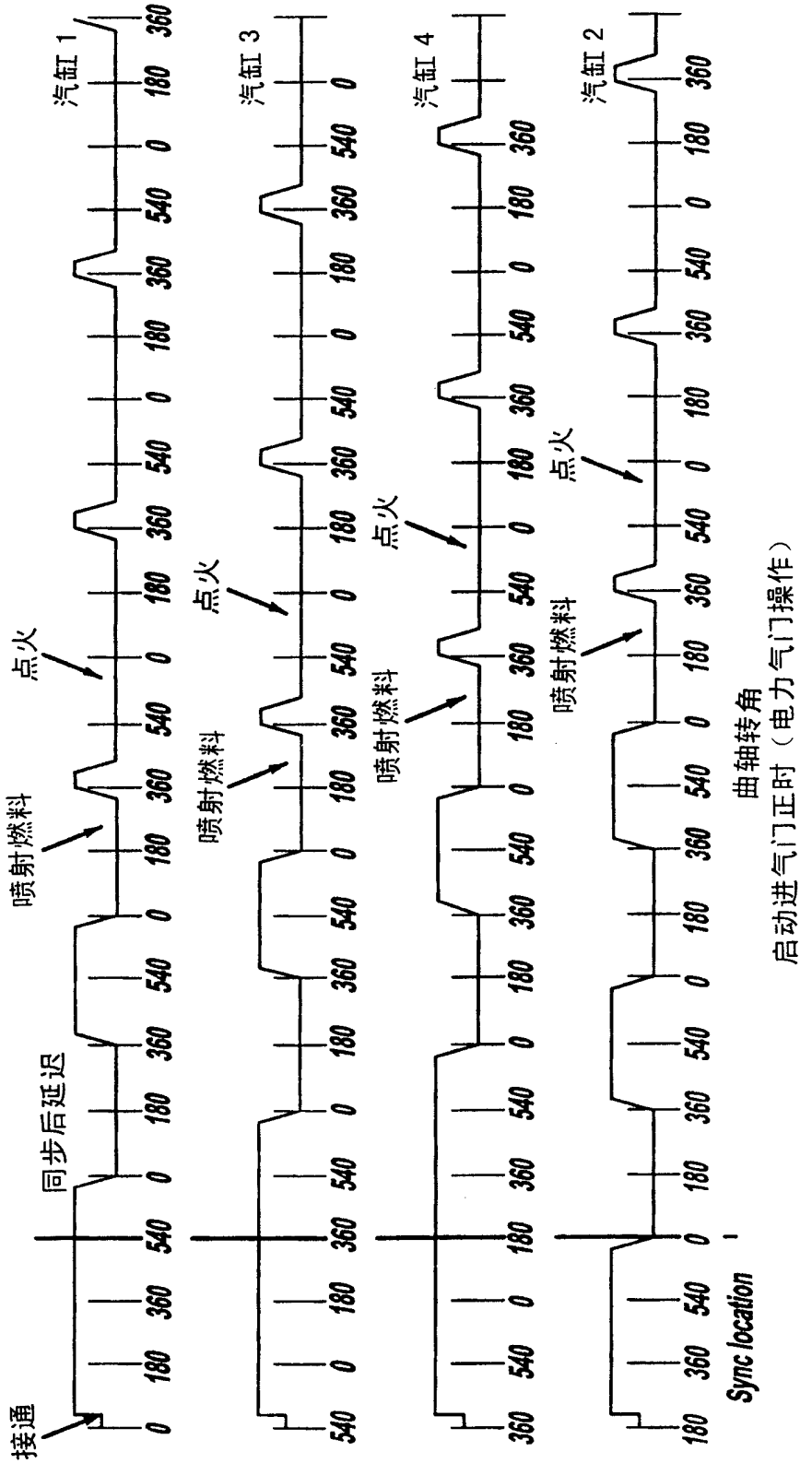

接通
同步后延迟
喷射燃料
点火
汽缸 1
喷射燃料
点火
汽缸 3
喷射燃料
点火
汽缸 4
喷射燃料
点火
汽缸 2
Sync location
曲轴转角
启动进气门正时（电力气门操作）

图 26a

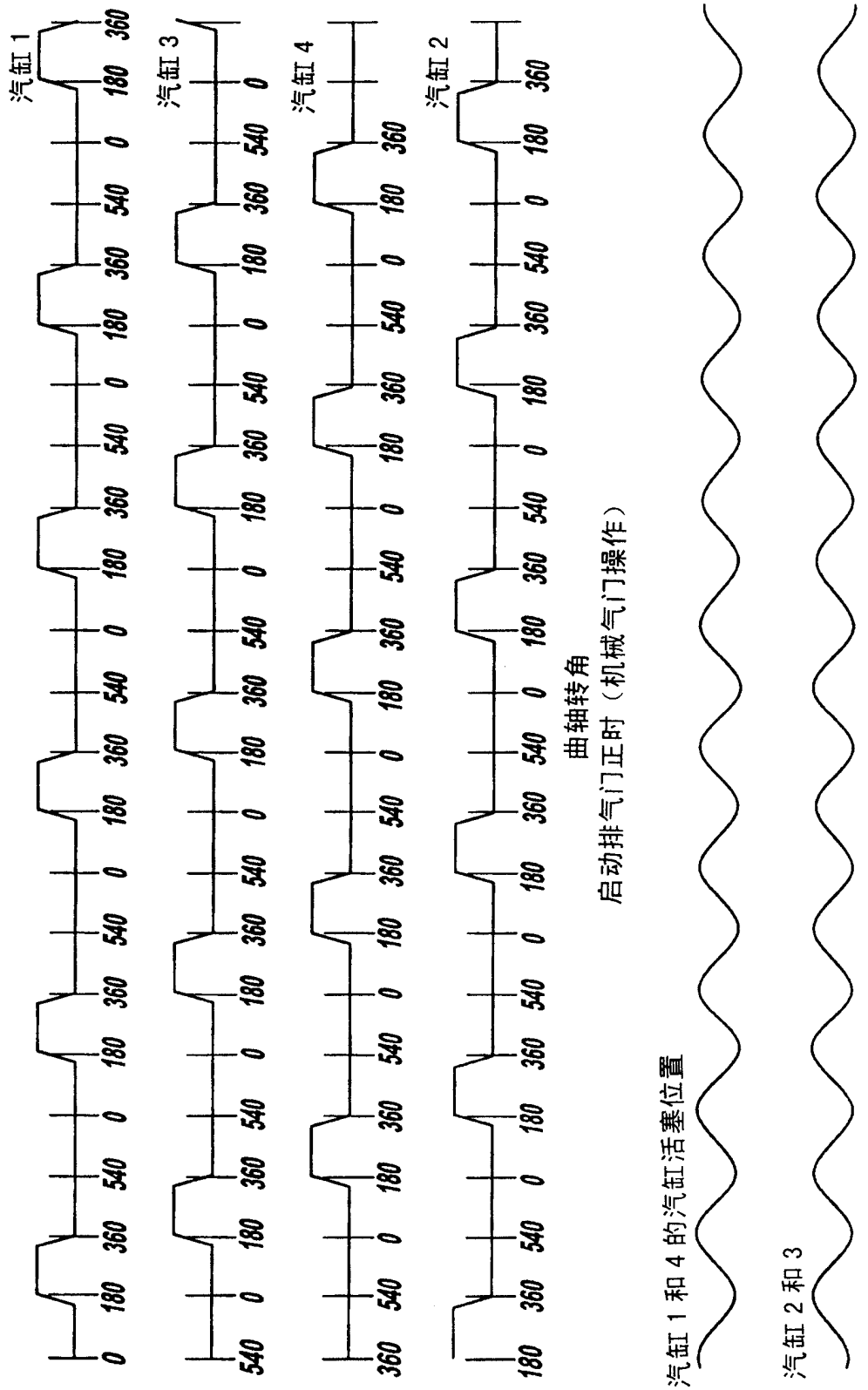

汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
曲轴转角
启动排气门正时（机械气门操作）
汽缸 1 和 4 的汽缸活塞位置
汽缸 2 和 3

图 26b

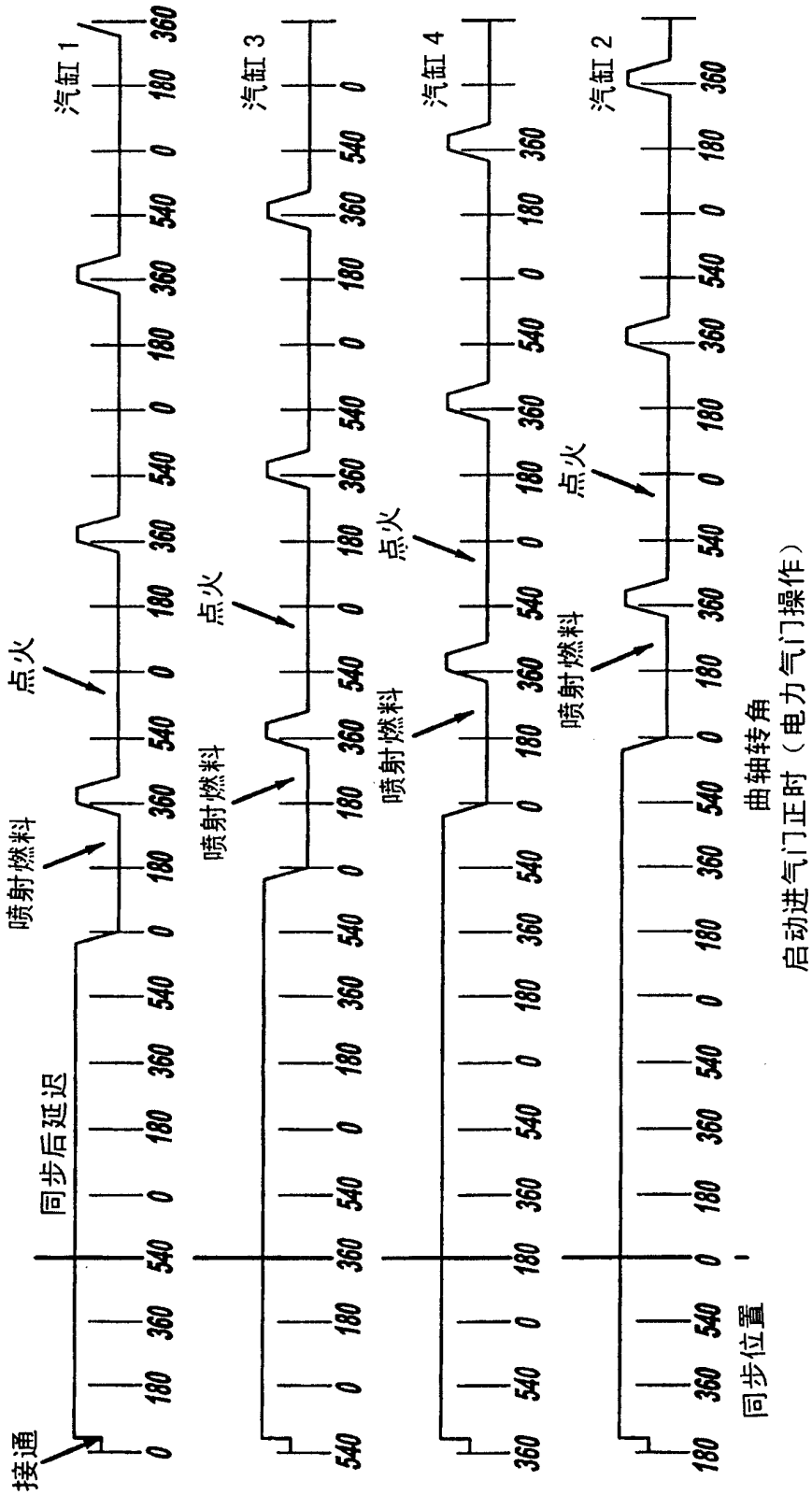

接通
同步位置
同步后延迟
喷射燃料
点火
汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
曲轴转角
启动进气门正时（电力气门操作）
0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360

图 27a

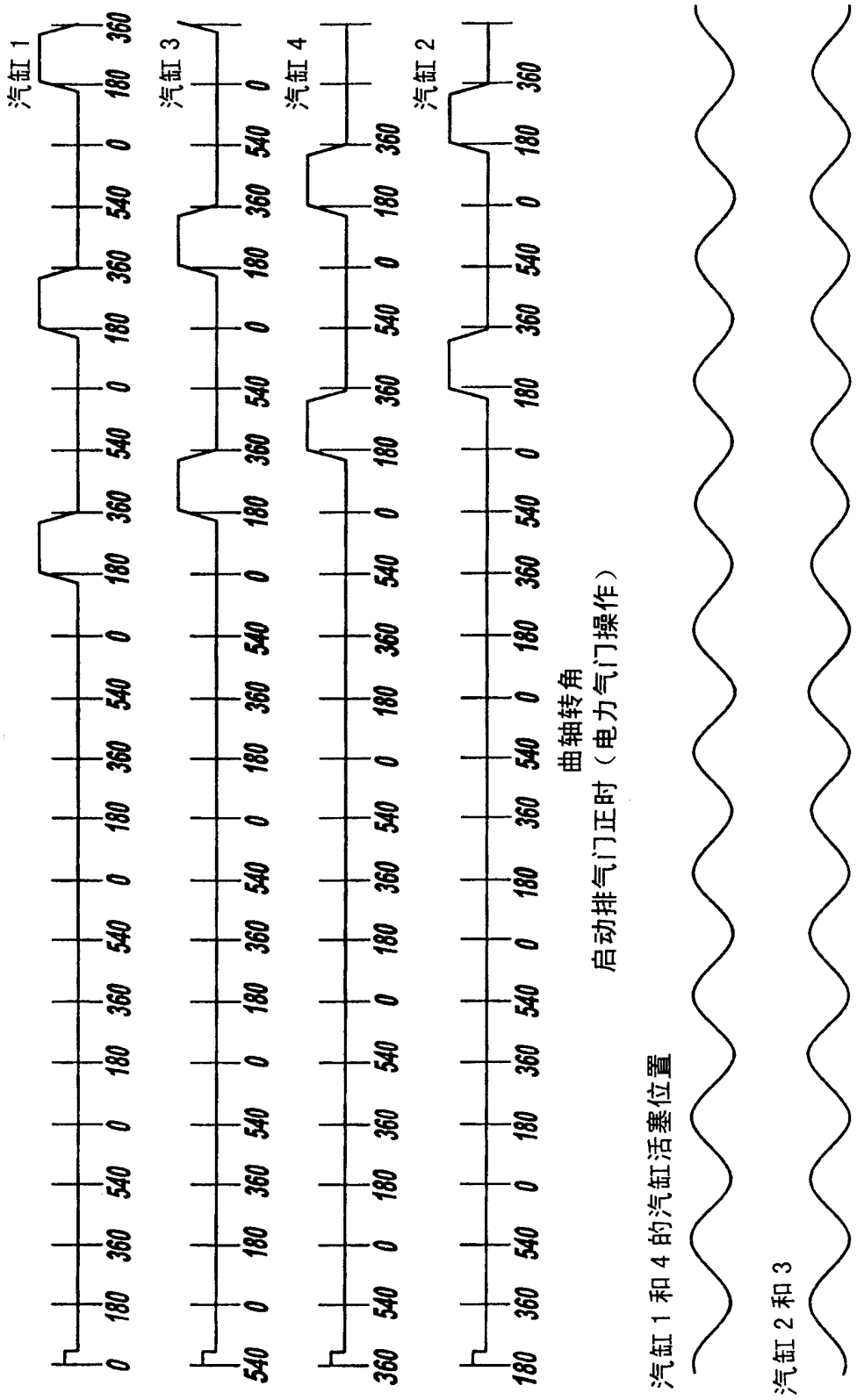

汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0
360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540
180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
曲轴转角
启动排气门正时（电力气门操作）
汽缸 1 和 4 的汽缸活塞位置
汽缸 2 和 3

图 27b

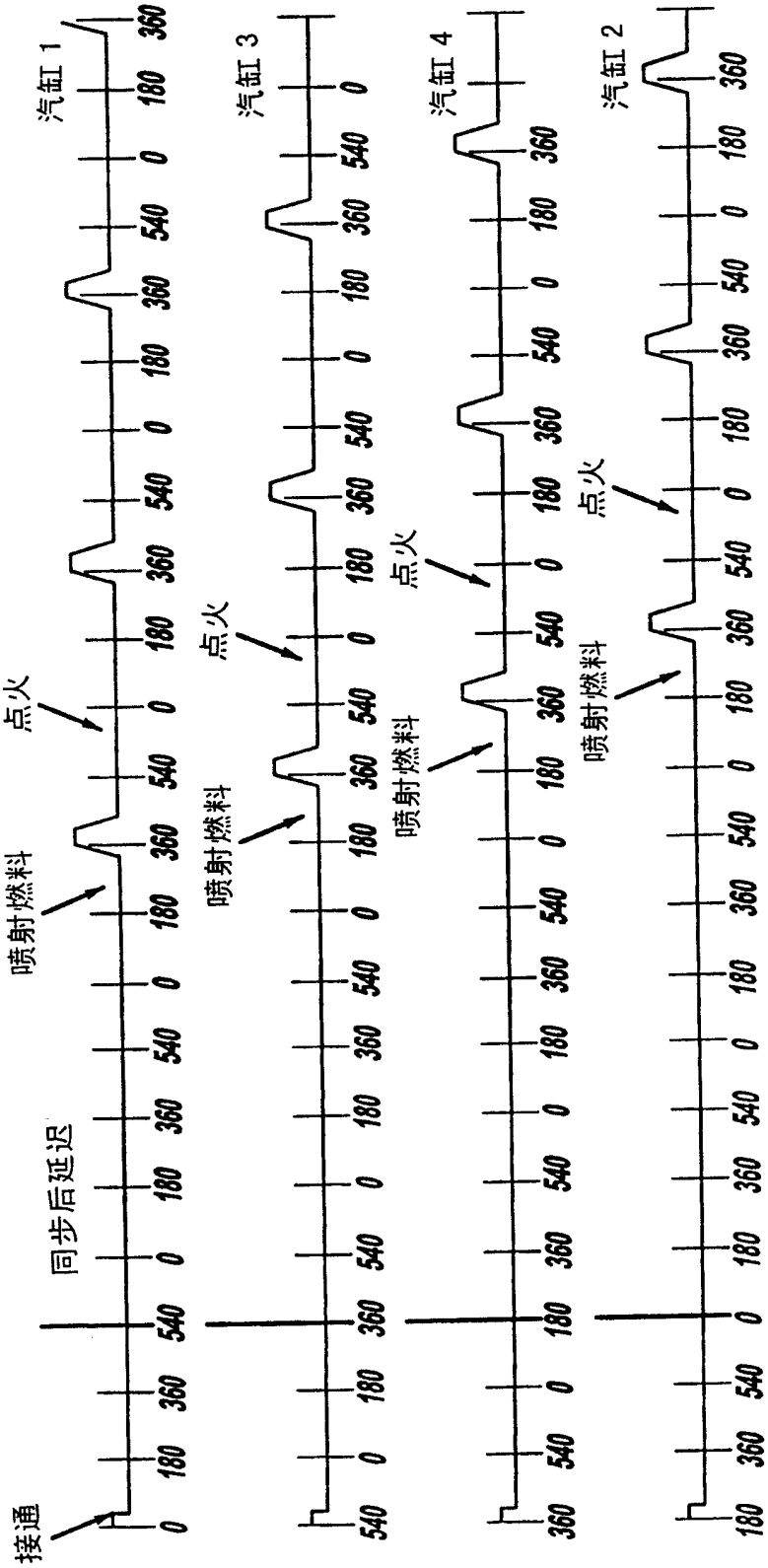

汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
接通
喷射燃料
点火
同步后延迟
喷射燃料
点火
喷射燃料
点火
喷射燃料
点火
同步位置
曲轴转角
启动进气门正时（电力气门操作）

图 28a

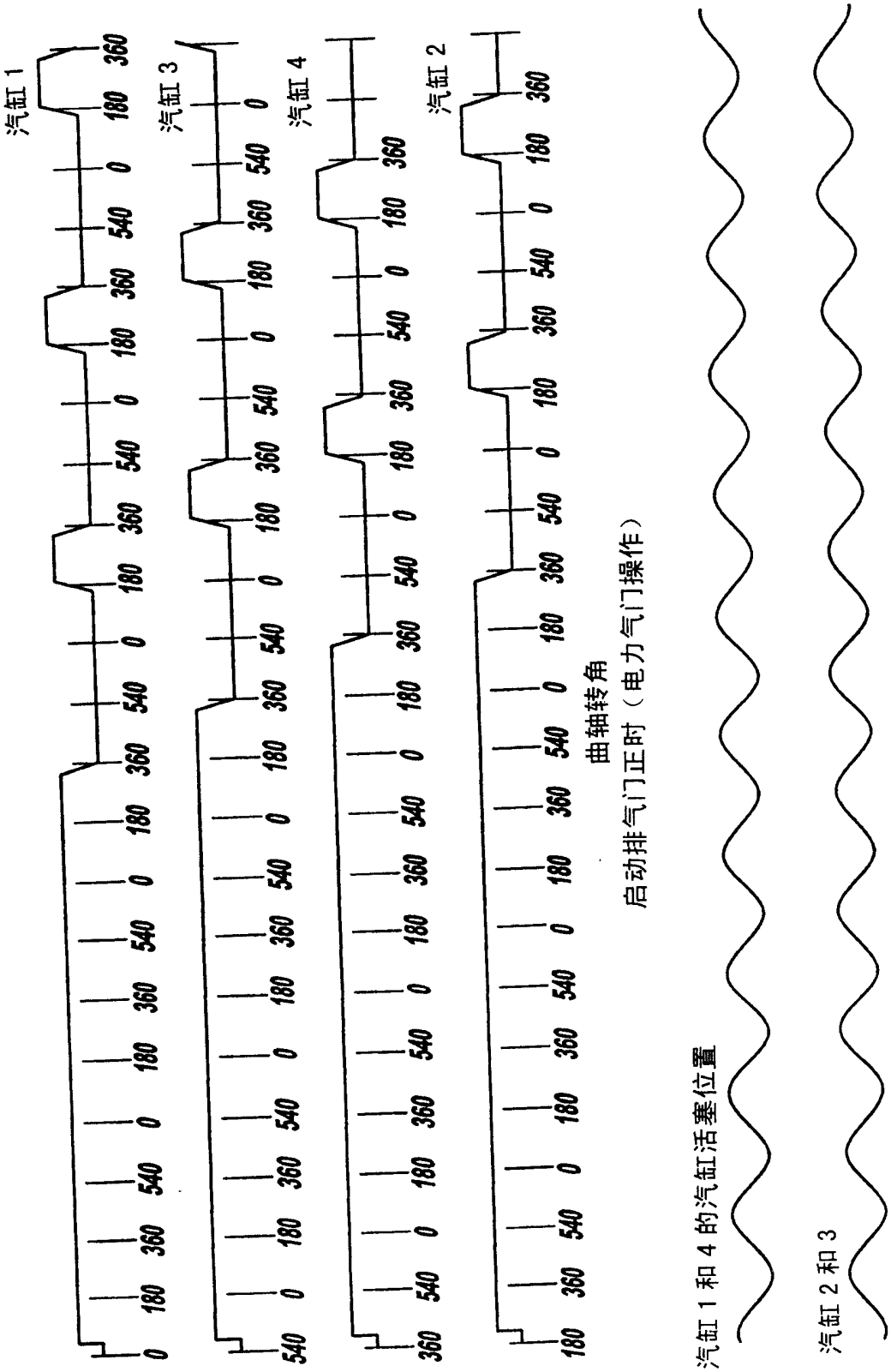

汽缸 1
汽缸 3
汽缸 4
汽缸 2
0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180
360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0
180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360 540 0 180 360
曲轴转角
启动排气门正时（电力气门操作）
汽缸 1 和 4 的汽缸活塞位置
汽缸 2 和 3

图 28b

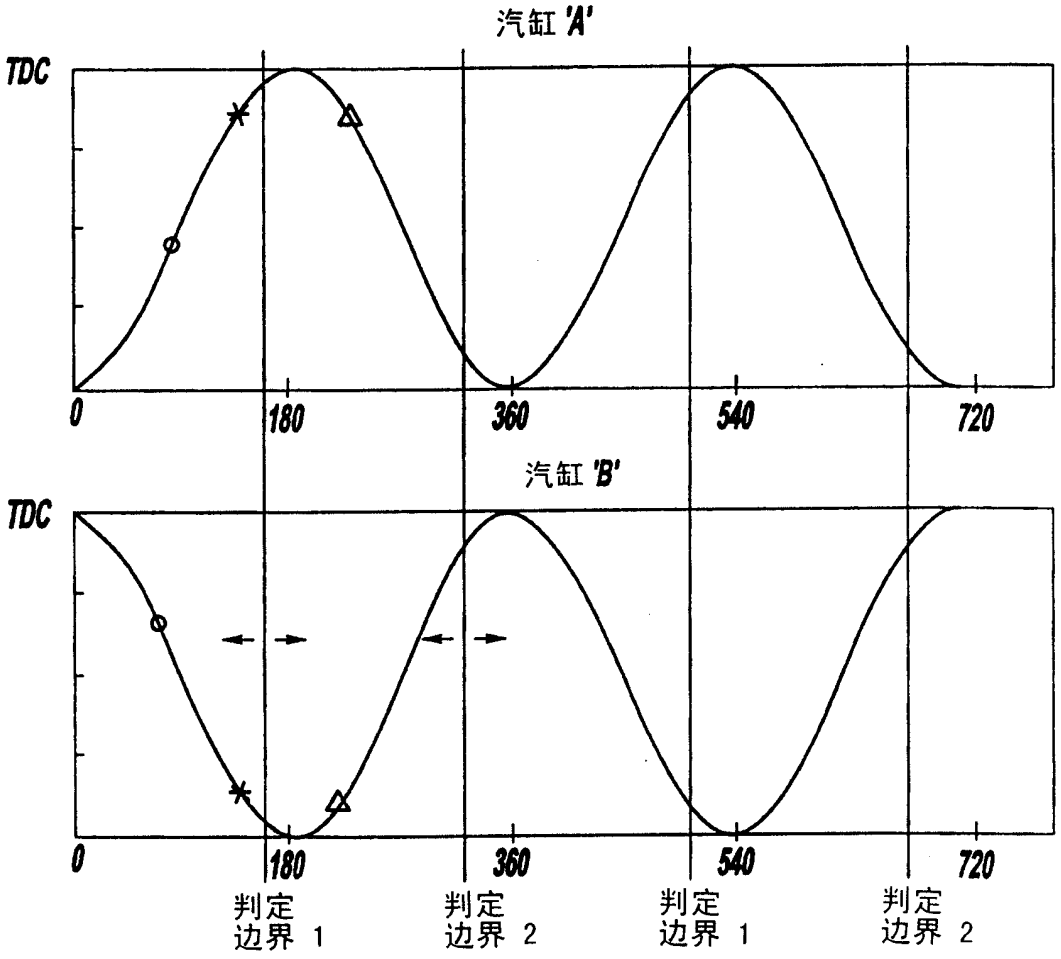

汽缸 'A'
TDC
0
180
360
540
720
汽缸 'B'
TDC
0
180
360
540
720
判定
边界 1
判定
边界 2
判定
边界 1
判定
边界 2

图 29