



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101410609 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 09

(21) 申请号 200780011394. 9  
 (22) 申请日 2007. 03. 13  
 (30) 优先权数据  
 102006015503. 3 2006. 03. 31 DE  
 (85) PCT申请进入国家阶段日  
 2008. 09. 27  
 (86) PCT申请的申请数据  
 PCT/EP2007/002195 2007. 03. 13  
 (87) PCT申请的公布数据  
 W02007/115630 DE 2007. 10. 18  
 (73) 专利权人 FEV 有限公司  
 地址 德国亚琛  
 (72) 发明人 施诺尔布斯·托尔斯滕  
 马蒂亚斯·兰平  
 (74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127  
 代理人 党晓林 史敬久  
 (51) Int. Cl.  
 F02D 41/38 (2006. 01)  
 F02D 41/40 (2006. 01)  
 (56) 对比文件  
 US 3699935 A, 1972. 10. 24, 说明书第 1 栏第 6 行至第 2 栏第 63 行及摘要.

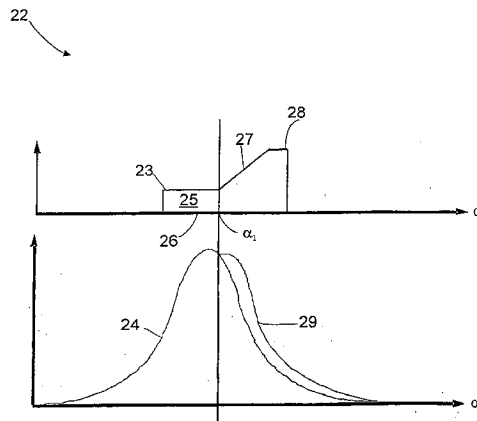
US 6850832 B1, 2005. 02. 01, 说明书第 3 栏第 18 行至第 6 栏第 12 行.  
 EP 1403495 A2, 2004. 03. 31, 全文.  
 EP 0411321 A1, 1991. 02. 06, 全文.  
 US 6935304 B1, 2005. 08. 30, 说明书第 1 栏第 5 行至第 6 栏第 24 行, 附图 1-6.  
 US 3699935 A, 1972. 10. 24, 说明书第 1 栏第 6 行至第 2 栏第 63 行及摘要.  
 GB 2365541 A, 2002. 02. 20, 说明书第 27 页第 5 行至第 28 页第 4 行.  
 US 2002/0020388 A1, 2002. 02. 21, 说明书第 51 段至第 58 段、附图 2, 4.  
 US 6935304 B1, 2005. 08. 30, 说明书第 1 栏第 5 行至第 6 栏第 24 行, 附图 1-6.  
 WO 2005/005813 A2, 2005. 01. 20, 权利要求 1.

审查员 李东晖

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 7 页

(54) 发明名称  
 喷油方法和相应的内燃机

(57) 摘要  
 为了尤其在排放和 / 或噪声产生方面改善汽车燃烧过程, 提出一种喷油曲线控制方法, 其中燃油将被直接喷入燃烧室, 此控制造成喷油曲线 (23) 至少在第一工作周期内依据在该第一工作周期内记录下的至少一个参数而改变。此外, 提出一种相应的直喷内燃机。



CN 101410609 B

1. 一种汽车直喷内燃机的喷油速率曲线 (23) 的控制方法,该方法包括如下步骤:  
将燃油直接喷入所述内燃机的燃烧室,  
控制所述喷油速率曲线 (23) 至少在第一工作周期内依据在所述第一工作周期内记录下的至少一个参数而改变,以及  
至少从所述燃烧室中的压力曲线确定所述至少一个参数。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述参数与燃烧过程相关并且在所述第一工作周期内被确定。
3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,在所述第一工作周期内的主喷油 (31) 依据在所述第一工作周期内记录下的所述参数而改变。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在所述第一工作周期内的二次喷油依据在所述第一工作周期内被记录下的所述参数而改变。
5. 如权利要求 4 所述的方法,其特征在于,在所述第一工作周期内执行喷油量控制,此喷油量控制至少依据至少在所述第一工作周期内记录下的参数,尤其是此喷油量控制是由该参数触发的。
6. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,依据从所述第一工作周期中确定的所述参数而改变后续工作周期的至少一个喷油曲线 (23)。
7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,该控制改变在所述第一工作周期和紧随所述第一工作周期的第二工作周期内的喷油曲线 (23)。
8. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,为至少一个第一缸所产生的至少一个控制信号被用于至少一个第二缸的喷油曲线控制的预控。
9. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,以自适应式控制作为预控,用于改变喷油曲线。
10. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,执行缸压监测,以便借此获得至少一个第一参数,该第一参数被引入所述控制中并且造成喷油曲线 (23) 的改变。
11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,燃烧重心在所述第一工作周期和随后的工作周期内通过喷油曲线 (23) 的改变而被延迟并且被稳定下来。
12. 如权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,在与内燃机相连的传动装置的换档过程中,所述控制执行喷油曲线 (23) 的改变。
13. 一种汽车直喷内燃机,其具有:  
至少一个用于将燃油喷入相应燃烧室的喷油装置,  
用于控制各喷油装置的喷油速率曲线的控制单元 (2 ;14 ;19 ;40 ;41 ;42),  
至少一个记录该燃烧室的燃烧压力曲线作为参数的传感器,其中该至少一个传感器向所述控制单元提供表示所述参数的信号,  
其中,所述喷油装置、所述控制单元和所述传感器各自具有如此短的反应时间,即,这些反应时间的总和小于第一工作周期的持续时间,并且  
其中,所述控制单元依据至少由所述传感器记录下的所述参数完成所述喷油速率曲线的控制。
14. 如权利要求 13 所述的内燃机,其特征在于,所述控制单元 (2 ;14 ;19 ;40 ;41 ;42) 与颗粒过滤器的监测相关联,其中所述控制单元 (2 ;14 ;19 ;40 ;41 ;42) 调整喷油曲线以便

再生所述颗粒过滤器。

15. 如权利要求 13 或 14 所述的内燃机,其特征在于,所述控制单元(2 ;14 ;19 ;40 ;41 ;42) 与至少一个排放监测机构相关联,其中所述控制单元(2 ;14 ;19 ;40 ;41 ;42) 调整喷油曲线(23) 以减少排放。

16. 如权利要求 15 所述的内燃机,其特征在于,设有与所述控制单元(2 ;14 ;19 ;40 ;41 ;42) 相关联的缸压监测机构。

17. 如权利要求 13 或 14 所述的内燃机,其特征在于,所述喷油装置具有至少一个与压电元件相连的喷油器。

18. 如权利要求 17 所述的内燃机,其特征在于,该内燃机布置在试制汽车中用于确定预控参数,该预控参数将在随后被用在量产汽车中。

19. 如权利要求 18 所述的内燃机,其特征在于,所述内燃机为试制汽车配备至少一个传感器,而针对量产汽车的所述内燃机没有传感器,尤其是没有用于测量缸压的传感器。

## 喷油方法和相应的内燃机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及内燃机优选是汽车的直喷内燃机的喷油曲线的控制方法以及相应的内燃机本身。

### 背景技术

[0002] 直喷内燃机尤其在汽车领域中广泛使用并且在排放特性、油耗和噪声产生方面被广泛深入地研究。除了特性图控制喷油外,例如 DE19749817A1 公开了从测定压力曲线和计算压力曲线之差中求出喷油起点和燃烧位置。另外,例如从 W02005/005813A2 中知道了从作为调节参量的测定缸内状态参数中调定至少一次喷油的喷油时刻和 / 或缸内惰性气体含量。

### 发明内容

[0003] 本发明的任务是尤其在排放特性和 / 或噪声产生方面改善燃烧过程。

[0004] 通过具有权利要求 1 的特征的喷油曲线控制方法以及具有权利要求 12 的特征的汽车直喷内燃机来完成该任务。在各自的从属权利要求中给出了有利的设计和进步。

[0005] 在根据本发明的、尤其是直接将燃油喷入燃烧室的汽车直喷内燃机的喷油曲线控制方法中规定,该控制造成喷油曲线至少在第一工作周期内依据至少一个在所述第一工作周期内记录下的参数而改变。

[0006] 喷油曲线例如可以以改变喷油速率的方式来改变。也可以规定,改变喷油时间。以下将指出改变喷油曲线的各种可能性。在这里提出的可能性可以被单独采用或者相互组合采用,尤其是不限于它们的组合方式。

[0007] 最好可以调整喷油特性曲线以便有利地影响排放和噪声。特别是可以在工作点内可变地调整喷油特性曲线。可以有利地补偿由喷油系统加工公差导致的不同喷油量。此外,此方法最好简化对其他工作方式的适应,例如柴油碳黑颗粒过滤器的再生。而且,最好可以使随后的燃烧重心稳定工作。最好将开创能无扭矩地在各工作方式之间切换的可能性。

[0008] 根据一项改进方案,在喷油式汽车内燃机中拟定以下控制,即在第一燃烧周期中测定至少一个与过程尤其是燃烧过程相关的第一参数,将第一参数与可预定的第二参数进行对比,根据对比结果尤其是根据两个参数之差进行喷油调整。可预定的第二参数将最好至少依据排放状况、油耗和燃烧噪声来确定。

[0009] 调整最好以时间方式和 / 或针对量来进行。在这里,喷油的时间曲线以及体积流本身可被改变。除了喷油曲线或者喷油特性曲线外,例如也可以计算优化喷油压力、轨压、充气压力、进气管温度、废气温度、惰性气体含量、缸内充气运动和 / 或空气量,并传递给内燃机的各个执行机构。如果无法得到单独完整的缸压曲线或者热曲线,也可以利用单独的特征值和 / 或片断。以下将对此详加说明。

[0010] 例如,第一燃烧周期内的喷油可以依据在第一燃烧周期内记录下的参数来改变。根据另一个改进方案规定,基于从第一燃烧周期确定的第一参数,改变后续燃烧周期的至

少一次喷油。这可以是紧随其后的下一个燃烧周期,或是更晚的一个燃烧周期。还可以规定,第二参数依照取决于负载和转速的方式优化。例如,为此可以规定,在内燃机测试状态运行时至少部分确定第二参数的所需曲线,通过自适应法可将其推断为期望值的相应优化值。

[0011] 至少一个为至少一个第一缸所产生的至少一个喷油控制值最好也被用于至少一个第二缸。这里基于以下假定条件,即内燃机汽缸的至少一部分将同时工作并因此在各缸中存在近似相同的工况。工况根据内燃机的不同也可以彼此区别。这例如可能由不同的冷却、不同的控制时间以及不同的余气填充或者部分停缸引起。为了补偿不同影响因素,因此可以基于不同气缸和相应引发的调整来确定平均调整,其尤其也可以被用作预控值,借以控制相应的后续的燃烧周期。

[0012] 最好规定,将第一和第二参数记录为参数曲线并进行相互比较。例如,监视缸压,以便由此获得参数曲线,将此参数曲线引入控制中并且造成喷油改变。也可以考虑只是将燃烧过程的至少一部分用于确定调整。例如,温度曲线的至少一部分、多向系数曲线的一部分和/或热曲线的一部分被考虑用于确定调整。另一项设计方案规定,从一条曲线尤其是缸压曲线中确定一个值,其将被增减借以调整燃烧周期中喷油的总喷油量。也可以规定,从缸压曲线中计算出平均压力并进行进一步处理。例如,为了调整总喷油量,可以由缸压曲线算出平均值并通过增减使总喷油量接近预定值。总喷油量分配例如通过喷油过程或喷油特性曲线的预定来实现。另一个设计方案规定,一条完整参数曲线被用于确定调整。此时,曲线最好被理解为参数在工作周期的燃烧过程期间内随时间变化的状况。在一个改进方案中关注的是,参数关于整个工作周期的时间曲线,以由此获得用于下个燃烧过程的调整。

[0013] 最好从一条曲线中选择一个或多个特性特征并将其用于调整喷油,此时该特性特征选自这样的组,其至少包括:所产生的平均值,切线斜率,最大值,最小值,开始,结束和/或与此曲线相关的时长。相应的特征例如可以非穷举地是各喷油进程的燃烧开始、燃烧持续时间、燃烧结束、燃烧压力平均值、最大压力上升值和/或位置、燃烧曲线、热曲线和/或缸压曲线的最大值和/或最小值的位置、燃烧的任何物质转换点的位置、燃烧位置、燃烧噪声和/或在燃烧曲线的任何一点上的切线斜率。为了调整,最好改变至少一个关于内燃机优选是关于某个缸的物质流、压力和/或温度。尤其是可以借助调整造成内燃机的喷油压力、轨压、充气压力、进气管温度、废气温度、缸内充气运动和/或空气量的改变。

[0014] 这种调整最好利用对喷油特性曲线的干预。术语“喷油特性”是指喷油次数、间隔、方式如单孔开放或多孔开放、以及预喷油、自引多级喷油、主喷油和/或二次喷油的起点、结束和/或持续时间。

[0015] 为了产生第一参数的所需曲线如缸压曲线或所需的燃烧曲线,改变并最好也调整来自以下组的许多不同值:例如不同喷油动作的起点,持续时间,类型,次数和时刻,及其各自速率,喷油压力,尤其是轨压,充气压力,空气量,惰性气体含量和/或缸内充气运动,进气管温度和/或废气温度。最好影响像喷油速率这样的值,或者也影响同一周期内的随后喷油。不过,按照一个改进方案,预喷油、预喷油量、轨压及上述选择值中的其它值将分别被调整以用于下一周期。尤其是如果无法做到对在先周期内的值进行调整,则在下一个周期内做调整。

[0016] 一个改进方案规定,对于在当前周期中无法调整的值,交付自学式预控特性图。一

方面,这减轻控制器的负担。另一方面,这有助于系统稳定化。还赢得了时间,这是因为基于学习效果,在一个或多个后续周期之后才能受到干预的那些值,在多次经历某个状况后在当前周期内也能通过优化预控来被预先调整和优化。

[0017] 例如,以下示出三种可能方式,但它们都不应该被解释为是限制性的。

[0018] 第一,在柴油颗粒过滤器的再生工作中,如果发现主喷油之前的预喷油燃烧故障,就可以在同一燃烧周期内实现一次附加的预喷油。这例如用于同一周期内的喷油特性曲线的改变:

[0019] 内燃机处于再生工作中并应产生高温废气。对此,需要 OT(上止点)后  $30^{\circ}$  KW(曲轴角度)的燃烧重心。实际喷油特性曲线包括 OT 前的  $10^{\circ}$  KW 的预喷油和 OT 后的  $25^{\circ}$  KW 的主喷油。现在,在因不充分燃烧过程而出现的偏差中发现,缸内实际状况不足以应对按规定的迟滞燃烧重心的稳定工作。为了消除此不足,拟定以下调整,以使得喷油特性曲线马上被改变,并且在主喷油之前的短时间内进行第二次预喷油,以稳定主喷油燃烧过程。

[0020] 第二,在第一缸内确定存在预喷油燃烧故障时,与第一缸相关的调整也为第二缸进行,随后在其内完成预喷油。这是用于改变以下周期的喷油特性曲线的一个例子:

[0021] 在动态驾驶操作中确定,第一缸的预喷油因空气稀薄而未燃烧。为了修正,喷油特性曲线被如此改变,直至预喷油重新燃烧。由于空气稀薄情况也存在于在点火顺序中排第二的气缸中,所以对于第二缸也进行在当前预喷油之前的第二次预喷油。第二次预喷油导致原先的预喷油的燃烧,因此,对所有缸都保持第二次预喷油,直到空气稀薄不再存在。

[0022] 第三,可以确定废气回输率并且为了调整可采取提高喷油压力的措施。下面示出在改变发动机参数时的示例性利用方式:

[0023] 废气再循环 (AGR) 速度因 AGR 阀故障而不期望地提高。主喷油的燃烧持续时间由此不期望地延长。如果通过对缸压曲线分析发现了与期望燃烧持续时间之差,则从调整角度出发提高喷油压力,以便减小此差。喷油压力的提高增大了单位曲轴角度的燃油输入量,燃烧因而被加速。保持提高的喷油压力,直到从缸压曲线分析中发现喷油压力又降低为止。

[0024] 内燃机最好是按照等容快燃原理或等定压循环原理工作的燃烧发动机。柴油发动机尤其是高速直喷式柴油发动机,也被称为 HSDI 柴油机。它尤其允许形成喷油速率曲线。喷油速率曲线最好可按照时间函数来调整。

[0025] 燃烧周期是指每个缸的时间段,在此时间段内开始喷油和结束燃烧,即燃烧周期位于工作周期内,即该工作周期是一个对四冲程发动机而言涵盖  $720^{\circ}$  曲轴角度的周期。对两冲程发动机而言,工作周期尤其涵盖  $360^{\circ}$  曲轴角度。尤其是,喷油曲线的调整依据至少一个在入口关闭和出口开启之间存在的工作周期段来进行。随后在工作周期内规定的调整以及控制动作也可以在一次燃烧中进行,反之亦然。

[0026] 按照一个改进方案,实现了在一个周期的三个冲程中做出反应,例如就预喷油和/或二次喷油、过滤器再生和为此所需的废气混合物润滑等而言。例如,可以考虑颗粒过滤器的再生、从  $\text{NO}_x$  存储催化器中除去所存储的  $\text{NO}_x$  或者  $\text{SO}_x$  或者催化器加热。最好可在一个冲程内记录、计算一个值,与此相应地在同一冲程内改变喷油曲线。

[0027] 参数例如在一个周期的至少一部分中从燃烧室内的压力曲线中求出。例如,从压力曲线测出燃烧室内的燃烧起点。最好将测定压力曲线与一个在牵引工作中测定或者算出的压力曲线进行比较,从差值中求出燃烧起点。作为替换方式或者补充方式,可以进行燃烧

函数计算,借助这种计算从测定压力曲线中求出燃烧起点。

[0028] 例如规定,如此调整开始喷油和随后增大的喷油速率,以使得在测得燃烧开始时喷油速率以斜坡形上升。在喷油结束时,最好将喷油速率突降至零。最好通过在燃烧开始时提高喷油速率来提高燃烧室内的涡流。此外,快速的喷油结束通过高温的燃烧结束产生对于良好二次氧化的优选前提条件。燃烧起点例如可以通过压力传感器来识别,随后,控制器产生用于改变喷油速率的信号。最好可重现地调节出用于高负荷工作点的喷油曲线。尤其是在平均负载的范围内有利的是,可以放弃初期喷油和 / 或预喷油,借以有益地实现排放值。尤其是在变化的工作中可拟定预喷油措施,以稳定燃烧或在短时段内优化噪声。

[0029] 作为测量燃烧室压力的替换或补充手段,测量参数可以选自包括根据光学测量原理的输出信号、温度和离子流的组。

[0030] 另一个设计方案规定,至少近似调节出等压燃烧。在这种情况下可以规定,存在至少 10 巴  $p_{mi}$  压力。

[0031] 为了完成控制,例如采用比例积分微分 (PID) 控制方法、模糊 (FUZZY) 控制方法等。尤其是,此控制具有几个微秒级的周期时间。例如,可以这样拟定喷油斜率的控制,即,它的起点和终点可结合至少一个在第一周期中记录下的参数来调整。此外,也可以规定与至少一个测量参数相关的其他关联性。尤其是,可以调节喷油的脉冲长短和强度。

[0032] 按照一个改进方案,该参数与燃烧曲线相关并且在第一工作周期内被求出。控制参数例如从包括压力增大、峰值压力、点火延迟、峰值压力位置、散热、转换速率和 50% 转换点的组中选出。

[0033] 例如,从燃烧曲线中求出燃烧重心位置。

[0034] 为了控制喷油曲线,除了所述至少一个在第一周期中记录下的参数外,还可以考虑使用控制的其它输入参数。其它输入参数尤其可以从包括充气压力、进气管温度、喷油量、喷油特性、喷油起点、平均压力、角度传感器信号和 / 或终级输出电压的组中选出。此外,  $\lambda$  值以及工作模式也可以被考虑在内。喷油量和 / 或喷油特性例如可以结合特性图以及驾驶员要求来预定。此外,也可以考虑废气回输率。

[0035] 除了真正的喷油曲线控制外,为此可以采用至少一个记录下的参数,用于与燃烧曲线相关地改善所有缸的同步性。例如,结合所测定的平均压力的分析来如此确定喷油曲线,即缩小不同缸各喷油曲线之间的偏差。

[0036] 一个改进方案规定,二次喷油在第一工作周期内依据在第一工作周期内记录下的参数被改变。二次喷油例如被用于柴油黑烟过滤器的再生或者例如用于调整富油工作。二次喷油的适应性改变和 / 或延迟偏移的主喷油优选实现了力矩的均匀产生。尤其是,可以利用次数变化的预喷油来稳定可变的喷油特性。最好在发动机负荷低时的工况中选择这样的喷油。

[0037] 在一个设计中在第一工作周期内采取喷油量控制,这种控制至少依据至少在第一工作周期内记录下的参数,尤其是通过此参数触发这种控制。例如,增大的喷油速率斜率的起点可通过所识别的燃烧起点来触发。另外,例如可以规定,从燃烧室压力尤其是平均燃烧室压力中求出喷油速率曲线的幅值系数。

[0038] 一个变型方案规定,依据从第一工作周期中求出的参数,还改变一个后续周期的至少一条喷油曲线。例如,所求出的控制曲线无需额外调整被用于后续周期。例如可以规

定此措施,用于在具有更大时间常量的上级控制环路中考虑相对于喷油控制而言更大的废气回输控制无效时间。还可以规定,在控制中所求出的喷油速率斜率的增值被用于一个或多个后续周期。针对这种情况,在后续周期中例如可以确定喷油起点和喷油终点。另外可以规定,第一周期的幅值被用于一个或多个后续周期。

[0039] 一个改进方案规定,喷油曲线的控制在第一和紧随其后的第二工作周期中被改变。例如,控制在第一工作周期中开始,并将作用到第二工作周期中。

[0040] 按照另一个改进方案,至少一个为至少一个第一缸产生的控制信号被用于至少一个第二缸的喷油曲线控制的预控。此时,尤其从第一缸的紧邻的前一个工作周期中求出第二缸工作周期中的控制信号。例如,预控采取第二缸喷油曲线控制的调整。调整尤其对燃烧中的波动或偏差是合适的,这种波动或偏差例如由充气压力、废气回输率、充入空气温度、发动机温度等引起。最好通过预控来降低控制成本。预控尤其依据发动机工作状态下的现有的偏差或波动例如依据充气压力波动完成喷油曲线的调整。为了进行调整而例如规定,从喷油曲线的控制中识别在一个工作周期内记录下的参数的变化,并对之进行调整,在这里,控制干预作为预控值被存储起来。如果第二次出现这样的或类似的波动,则控制干预可套用所存储的预控值。在例如非稳定工作中存在充气压力偏差的情况下,由充气压力偏差产生的燃烧位置偏差被调整出来,并且依据尤其是充气压力偏差值保存在预控特性图中。如果这个或类似的充气压力偏差再次出现,则燃烧重心的所出现的控制偏差基于这种适应性预控特性图而优选地从一开始就较小。

[0041] 预控值的调整尤其逐步进行。例如,调整从内燃机投入工作的第一阶段开始连续地在一个工作过程中进行。最好在学习时间之后改善在非稳定工作点的宽泛的区域内的控制。

[0042] 为了产生预控值,例如为试制汽车的内燃机配备压力传感器,在工作条件变化的情况下从持续运转中获得预控值。相应地,预控值也可以从测试运转中获得。所求出的值最好输入随后制造的量产汽车。例如,由此可以在量产汽车中省掉压力传感器。

[0043] 一个设计方案规定,执行缸压监测,用于借此获得至少一个第一参数,第一参数被输入控制中,并且将造成喷油曲线的变化。借助缸压监测,尤其可以从包括最大压力、平均压力、最大压力增幅、关于曲轴角度的压力中心、关于曲轴角度的反转点和因燃烧开始而造成的压力增幅的组中选出参数。

[0044] 根据一个改进方案,在第一周期和随后周期中的燃烧重心将通过喷油曲线的改变而延迟偏移并被稳定下来。为此,例如使主喷油向延迟方向偏移。尤其是为了避免暂时提高的燃烧噪声,启动一次或多次预喷油,用于限制压力增幅。最好通过一次或多次预喷油来减小断火趋势,并且将燃烧稳定下来。代替单独的预喷油脉冲和主喷油脉冲,可以在采用尤其在点火开始后增大的喷油速率曲线的情况下采用连续喷油。

[0045] 在一个变型方案中,此控制采取了在同内燃机相连的传动装置的换档过程中改变喷油曲线的措施。例如,主喷油和/或预喷油或者二次喷油的起点和/或终点将被调整,以便在换档过程中不稳定的发动机工作中产生和谐的力矩。尤其是,在通常会伴随有内燃机强烈滞后现象的过高废气回输率的不稳定发动机工作中,避免不和谐的力矩产生。此外,最好避免过高的碳氢化合物率。

[0046] 本发明还涉及汽车的直喷式内燃机,其具有至少一个喷油装置用于将燃油喷入汽

车的各燃烧室中,包括用于控制喷油的控制单元、和至少一个属于燃烧室的且记录与该燃烧室内燃烧过程相关的第一参数的传感器,其中传感器与控制单元相连,喷油装置、控制单元和传感器各自具有如此短暂的反应时间,即其之和小于第一工作周期的持续时间,最好小于燃烧周期的持续时间,在第一工作周期内控制单元至少依据由传感器记录下的第一参数对其中一个喷油曲线进行控制。

[0047] 按照一个改进方案,反应时间总和与工作周期持续时间之间的这种关系存在于内燃机的整个工作区内。按照另一个设计,此条件只存在于内燃机的一个或多个工作区内。还存在以下可能性,所关注的部件中的至少一个部件的反应时间被改变。因此,由于这种改变,在相同工作区内可能有时满足此条件,有时不满足。如果在其它情况下出现过高负荷(例如在其中一个部件中或者在数据传输或数据进一步处理过程中),则最好采取改变反应时间的措施。

[0048] 一个改进方案规定,内燃机尤其是汽车的直喷内燃机配备有用于将燃油尤其喷入汽车各燃烧室中的喷油装置,该直喷内燃机配备有至少一个控制单元和至少一个传感器,传感器在第一燃烧周期内记录下第一参数,并且第一参数与一个过程优选是燃烧室内的燃烧过程相关联,其中传感器与控制单元相连,用于提供所记录的实际数据(IST-Daten),控制单元具有比较单元,借此将实际数据与期望数据(Soll-Daten)做比较,控制单元具有匹配功能,其在闭环控制范围内至少与喷油器相联系,用于依据比较结果执行实际数据到第一燃烧周期中的期望数据的匹配。

[0049] 按照一个设计方案,采用了至少一个传感器,其是连续工作式传感器,用于记录参数变化过程。用于记录第一参数的所有传感器最好在燃烧过程中连续工作。按照一个改进方案,至少一个尤其是所有传感器被用作间歇工作式传感器,其最好记录离散参数值。传感器也可以记录所期望的过程的片断。

[0050] 作为最好按照等容快燃原理或等定压循环原理工作的内燃机中的喷油装置,尤其采用高压喷油器。喷油装置此时最好以至少 1 千巴的压力工作,优选以至少 1.5 千巴压力工作。喷油装置最好按照共轨原理工作。对于从控制开始直至处于开启的时间要求,控制阀的反应时间最好小于 0.2 毫秒。与喷油针阀的惯性相关,最好达到小于 0.6 毫秒的延迟时间,优选小于 0.2 毫秒。最好采用这样的喷油器,其按照压电原理工作。为此,喷油装置的反应时间显著小于曲轴在 3000 转/分(在此举例)转速时完成一整圈的 20 毫秒时间要求。尤其是,反应时间也明显小于燃烧过程持续时间,在 3000 转/分的这个例子中约为 8 毫秒。另外,喷油装置的反应时间最好也明显小于所采用的例如约为 0.5—3 毫秒的喷油持续时间。

[0051] 作为传感器,最好采用基于压电原理的传感器。借此最好测量燃烧室内压力。但是,尤其是与其它传感器相关地也可以规定,测量燃烧的有关参数。例如,光学传感器可被用于测量燃烧强度。此外可以采用离子流传感器,其可被用于测量可能与燃烧过程相关的离子流。尤其是,可以采用各种不同的传感器,它们提供互补信息。如何能原则上实现压力测量以及例如如何将压力测量装置最好整合到点火塞中的原理例如从 EP 1 637 806 A1、US 2005 252297 和 EP 1 519 175 中得到。与之相关地在本文中并入这些文献。

[0052] 参数最好从包括燃烧室压力、平均燃烧压力、燃烧过程起点、因燃烧开始引起的压力增幅、压力中心、压力峰值、压力变化率和压力过程的反转点的组中选择。

[0053] 汽车的燃烧室尤其以有助于充气均匀化的方式构造。进气系统和活塞凹穴表面最好以造成充气的翻滚或涡旋的方式设计。

[0054] 控制单元最好具有小于 0.2 毫秒的周期时间,这例如通过相当高的微处理器节拍来保证。作为输出信号,控制单元例如具有用于控制喷油器终级的电压输出。作为输入信号,尤其采用传感器所记录的参数。此外,可设有至少另一个参数,其可从包括充气压力、进气管温度、喷油量、喷油特性、喷油起点、轨压、角度传感器信号、工作模式、终级输出信号的组中选择。借助输出电压,将尤其控制喷油起点和喷油特性或者说喷油曲线。

[0055] 控制单元最好可与存储器相连。在存储器中例如可存有用于预控某个工作状况的特性图。存储器例如可以安置在发动机控制器内,但也可以在控制单元本身中。此外,控制单元可以被整合到发动机控制器中。

[0056] 根据一个改进方案,控制单元与颗粒过滤器监测机构相连,其中,控制单元调整喷油曲线以便再生颗粒过滤器。监测机构例如提供关于颗粒过滤器填充程度的信息。尤其是,监测机构发现何时需要颗粒过滤器的再生。在再生工作中,喷油曲线例如如此被调整,即通过至少一次二次喷油将喷油速率的重心调向延迟方向。尤其是,在燃烧过程接近结束时进行至少一次二次喷油。

[0057] 一个设计方案规定,控制单元与至少一个排放监测机构相连,该控制单元调整喷油曲线以减少排放。排放监测机构监测来自包括氧含量、碳氢化合物含量、氮氧化物浓度、黑烟颗粒大小和废气温度的组的参数。为此,例如可以在采用不同喷油曲线的情况下标出特性图,随后从中选择适于排放的工作点。此外,最好进行闭环控制,其中控制的周期时间因比燃烧过程更长的废气系统延迟时间而明显大于喷油控制的反应时间。尤其是,喷油控制具有例如约为 0.2 毫秒的短暂周期时间,其与周期时间长的排放控制叠加。排放监测的周期时间此时例如在大于 1 秒范围内。尤其是可以规定,结合排放控制来预先规定喷油曲线控制的期望值。

[0058] 按照一个改进方案,设有与控制单元相连的缸压监测机构。缸压监测机构最好监测内燃机各缸内的压力。尤其是,设有这样的缸压监测机构,其与控制单元连用以在内燃机的各缸中形成统一的压力。例如,借助控制单元如此调整各缸内的平均压力或 / 和峰值压力,以使得所述平均压力或 / 和峰值压力大致相等。在第一变型方案中可规定,各有一个控制单元和一个传感器被用于一个缸。在另一个变型方案中可规定,一个共同的控制单元被用于内燃机的多个缸。在此情况下,控制单元具有用于各缸的各传感器的相应输入。此外,控制单元在此情况下具有不同的输出,用于配属的缸的相应的喷油装置。尤其是可以规定,调整在第一缸中所确定的燃烧过程,用于测定第二缸中的喷油曲线。

[0059] 数据传输优选借助串行数据总线来进行,在这里,最好提供至少 500kbit/s 的数据传输速度。

[0060] 一个设计方案规定,喷油装置具有至少一个喷油器,其与压电元件相连。压电元件此时最好如此被整合入喷油器中,以使得喷油嘴可借助由压电元件产生的液压压力而被从阀座中顶出。压电元件此时最好如此被整合到喷油器中,即,实现尽量短的至喷油嘴的线路。

[0061] 喷油曲线也可以根据需要按照任何方式如连续地、以可变速度和 / 或通过至少两个单独的喷油动作来产生。连续产生例如用 FEV 发动机技术有限公司的 CORA RS 喷

油器来实现,其喷油速率以及喷油时间可以最灵活但最精确地调整。由 DE10001828 和 DE102004057610 具体公开了一种可行的优选采用的喷油器的结构和属于其的喷油系统,在本发明范围内并入上述文献。尤其是借助这样的喷油器可以在一个工作周期内做出相应的反应。

### 附图说明

[0062] 以下,结合附图来详细说明本发明。不过,附图所示的设计方案不应被视为是限制性的,或者被局限于这些附图。相反,在包括附图说明的说明书以及附图中各自表明的特征可以相互组合成许多改进方案。其中:

[0063] 图 1 表示第一信号流模式;

[0064] 图 2 表示第二信号流模式;

[0065] 图 3 表示第三信号流模式;

[0066] 图 4 表示第一喷油特性曲线;

[0067] 图 5 表示第二喷油特性曲线;

[0068] 图 6 表示第三喷油特性曲线;

[0069] 图 7 表示第四喷油特性曲线;

[0070] 图 8 表示第四信号流模式;

[0071] 图 9 表示控制过程的例子;

[0072] 图 10 与曲轴角相关地表示缸压曲线、喷油压力、喷油装置的喷油针阀升程和压力增幅;

[0073] 图 11 示意表示依据负载和压力增大的起始速率的控制;

[0074] 图 12 示意表示燃烧开始时的余量喷油速率增大的控制。

### 具体实施方式

[0075] 图 1 表示第一信号流模式 1。控制单元 2 具有各种未具体表示的输入,其设置目的是输入压力曲线 3、终级输出 4、充气压力 5、进气管温度 6、喷油量 7、喷油特性曲线 8、喷油起点 9、缸压 10 和角度测量信号 11。控制单元 2 由这些输入值算出控制信号 12,控制信号 12 被设计用于控制喷油器控制器的终级的输出电压。

[0076] 控制单元 2 的核心是微处理器,其结合在未表示的存储器中存储的控制指令能完成相应控制。

[0077] 优选考虑曲轴角度作为压力曲线的基准点,曲轴角度例如用角度传感器传递给控制单元 2。在另一个设计中也可以规定,作为替换方式或补充方式选择时间作为曲线基准点。

[0078] 第一信号流模式 1 被考虑用于控制喷油曲线。所需的喷油量 7 和所需的喷油起点 9 例如从未示出的特性图中按照也未示出的驾驶员愿望选出。

[0079] 借助喷油特性曲线 8 的输入参数,例如可以预先确定,其是多个喷油脉冲,或是一个连续喷油曲线。尤其是,可以从不同类型的喷油曲线中选取喷油特性曲线。

[0080] 以下,功能相同的构件附有相同附图标记。

[0081] 图 2 表示第二信号流模式 13,其基于喷油起点的闭环控制。在第二控制单元 14 中

输入一组输入参数,其分别是燃烧重心位置 15、在进气管中测定的  $\lambda$  值 16、充气压力 5、进气管温度 6、轨压 10 和工作模式 17。燃烧重心位置 15 例如借助用于获取燃烧室压力的传感器并结合曲轴转角传感器来确定。通过工作模式例如可预先选定内燃机应在哪个状态下工作。例如,内燃机可以在柴油黑烟过滤器的再生操作中运转。此外,富油或贫油燃烧可被规定作为工作模式。工作模式的预定例如结合特性图或驾驶员愿望来实现。

[0082] 第二控制单元 14 计算喷油起点 9 以及喷油特性曲线 8,作为输出参量。这两个输出参量例如可以从第一信号流模式被输入到第一控制单元 2。喷油特性曲线最好适应于工作模式。例如,当在高负荷工作点燃烧时可以规定,在燃烧开始时紧接在开始喷油后采取提高喷油速率的措施并且最终快速结束喷油。而在废气回输率临时高的发动机不稳定工作状态下可以规定,主喷油延迟进行,如果需要还可以采取预喷油。此外,例如在柴油黑烟过滤器的再生工作模式下规定一次或多次二次喷油。

[0083] 图 3 表示第三信号流模式,其基于喷油量的控制。这种控制也是闭环控制。作为输入参量,向第三控制单元 19 输入平均燃烧室压力 20 以及驾驶员愿望 21。驾驶员愿望 21 例如由油门踏板位置或油门踏板加速度来确定。尤其是,在确定驾驶员愿望时考虑传动装置的选定档位。第三控制单元 19 计算喷油量 7,作为输出参量。喷油量 7 例如可以按照第一信号流模式 1 被输送给第一控制单元 2。在确定喷油量时,最好考虑按照工作状况尤其按照废气回输率或充气压力依据喷油量调出不同的平均缸压。作为补充方式或替换方式,也可以考虑不同自调的缸压。优选借助喷油量控制将平均缸压设定为期望值,尽管其余工作参数例如废气回输率或充气压力有波动。

[0084] 上述控制单元 1、14 和 19 各自对应于一个燃烧室或者说缸。与此相应,设有用于控制属于各缸的喷油器的控制信号 12。在另一个变型方案中可以规定,各自对应于一个缸的输入参量针对每个缸被单独规定作为一个共同控制单元的输入参量。其余输入参量对于各燃烧室或缸的喷油曲线的控制是无区别的,这些其余输入参量最好一次性被规定作为共同控制单元的输入参量。共同用于所有缸的控制的参量尤其是轨压、充气压力、进气管温度、 $\lambda$  值以及工作模式。相应地,在未示出的共同控制单元中针对每个缸分别单独规定一个控制信号。在采用共同控制单元时最好规定,针对至少一个缸所生成的至少一个控制信号被用于至少另一个缸的控制的预控。

[0085] 图 4 表示第一喷油特性曲线 22。在此示出了关于曲轴角度  $\alpha$  的喷油速率曲线 23 以及关于曲轴角度  $\alpha$  的压力曲线 24。在喷油过程开始时设有初期喷油 25,其在第一曲轴角度区 26 具有稳定喷油速率。随着在曲轴角度  $\alpha_1$  的燃烧起点的开始,稳定速率过渡至上升斜坡速率 27。在喷油接近结束时,喷油速率短暂保持在稳定水平 28,以便随后突降至零。

[0086] 燃烧开始时的喷油速率的上升最好加强了燃烧室中的涡流。突然的喷油结束最好造成因燃烧灼热结束而产生良好的二次氧化前提条件。

[0087] 喷油速率曲线 23 对应于压力曲线 24。作为上升斜坡速率 27 的结果,压力曲线 24 向前变为第二压力曲线 29。第二压力曲线 29 与第一压力曲线 24 相比是朝向“延迟”偏移的。

[0088] 图 5 表示第二喷油特性曲线 30。还示出了压力曲线 24 和喷油速率曲线 23。为了避免断火并稳定与主喷油 31 延迟相关的燃烧而规定了预喷油 32。在非稳定的发动机工作中,在临时过高的废气回输率的情况下会出现显著的燃烧滞后,这尤其会造成很高的碳氢

化合物率以及产生不和谐的力矩。这可以通过明显偏离理想压力曲线 33 的压力曲线而被观察到。具体说,第二压力曲线 29 明显朝向延迟方向偏移。为了补偿,主喷油 31 向提前方向偏移,在这里,尤其为了避免断火和稳定燃烧,可变地启动一次或多次预喷油 32。由此出现了经修正的压力曲线 34。

[0089] 图 6 表示第三喷油特性曲线 35。还示出了压力曲线 24 和喷油速率曲线 23。在非稳定发动机工作中,在临时过低的废气回输率的情况下可能出现压力陡增 36,值得注意的是,其明显偏离理想取向 33。为了避免临时增大的燃烧噪声,除了使主喷油 31 向延迟方向偏移外,还作为辅助手段启动一次或多次预喷油,以限制压力增大。

[0090] 图 7 表示第四喷油特性曲线 37,其例如被规定用于稳定非常滞后的主喷油,尤其在负荷很小的工作点或者在柴油碳黑颗粒过滤器的再生工作中。又与曲轴角度  $\alpha$  相关地示出了压力曲线 24 和喷油速率曲线 23。对于均匀产生力矩有利的油量控制来说,规定多次预喷油 32 以及明显延迟偏移的主喷油 31。由此出现一条经修正的压力曲线 34,其与常见的压力曲线 38 相比明显向延迟方向偏移。与此相应,未具体示出的燃烧重心明显向延迟方向偏移。

[0091] 最后,图 8 表示第四信号流模式 39,其基于喷油速率的闭环控制。具体说,设有第四、第五和第六控制单元 40、41 和 42。第四控制单元 40 用于计算喷油起点。第五控制单元 41 用于计算喷油速率变化的起点。第六控制单元 42 借助累积得到的终级输出与所需油量的比较来计算喷油终点。各输出信号 43、44 和 45 又被逻辑结合而形成总控制信号 12,借以控制喷油装置。喷油特性曲线 8、喷油起点 9 以及角度传感器信号 11 被作为输入参量提供给第四控制单元 40。

[0092] 向第五控制单元 41 输入喷油特性曲线 8 以及燃烧起点 43。燃烧起点例如借助压力传感器由燃烧室中的压力增大中来确定。

[0093] 在喷油特性曲线 8 中,将作为输入参量在第六控制单元中输入终级输出信号 3、角度传感器信号 11 以及喷油量 7。喷油量 7 此时例如可以借助第三控制单元按照第三信号流模式来提供。相应地,喷油起点 9 和喷油特性曲线 8 通过第二控制单元按照第二信号流模式来提供。

[0094] 图 9 借助喷油特性曲线的改变示例性地示出控制过程。此测量记录表明 2000 转/分时的缸内压力曲线,在这里,其中一条曲线是在没有控制干预的情况下得到的,而另一条曲线因控制干预而延迟偏移,并且还伴随有压力增大和由此出现的燃烧重心偏移。在低负荷下的非常滞后的主喷油的稳定化将通过预喷油来实现,该预喷油在第一平台具有坡状曲线。平台高度将被保持,随后,从所达到的平台高度起以相应的上升斜率开始主喷油。为了更清楚起见,在测量记录中标明两条不同的喷油曲线。上喷油曲线记录实际曲线,而其下方的曲线表明该曲线的另一个特别优选的设计。在上曲线中能看到第一和第二平台,而下曲线只有一个平台,喷油速率从该平台起一直增大到喷油快结束时。事实证明以下措施是有利的,即在控制范围内可改变地使喷油速率适应当时位于缸内的状况。此外,尤其是可以适应于喷油速率的上升。在此的控制允许在小于 15 微秒的时间段内完成喷油速率的改变。尤其是,该测量记录表明,该控制能够在超过第一压力最高值之后通过被调整的喷油曲线使压力变为另一个尤其是更大的最高值。喷油速率的改变最好在  $170^\circ$  曲轴角度 (KW) 和  $210^\circ$  曲轴角度 (KW) 之间的曲轴区域内完成。只要喷油速率曲线中存在第二斜率即第二上

升,则在最高为 3000 转 / 分的工作范围内的第二斜率布置在  $180^{\circ}$  KW 和  $205^{\circ}$  KW 之间的区域里。

[0095] 图 10 与曲轴角度相关地绘制示出了缸压曲线、喷油压力、喷油装置的针阀升程和相对压力变化。测量曲线是在 2400 转 / 分时记录下的,此时标明 14.6 巴的平均压力。该控制使得可以如此调节喷油压力,即上升被执行为达到第一水平,随后执行紧接着第一水平的第二上升,第二上升过渡到几乎平直的水平,随后出现降低。在这里,根据此设计方案,喷油针阀行程几乎保持不变,因而尤其是可用的喷口区域大致完全在几乎整个喷油过程中被利用。因此,通过调整压力曲线,基本上影响了待喷的物质流。如还从测量记录中看到的,喷油尤其可以如此完成,即压力如图所示地按以下方式在缸内被控制,在达到反向点之前几乎始终升高,随后一直降低。均匀的压力增大允许噪声排放的改善,这是因为避免了突然改变,该突然改变又表现为故障和噪声成因。此外,遵循此压力曲线能够检测到燃烧开始,特别是可以生成关于燃烧自身的报告(例如就其质量且尤其是就其与预定的期望燃烧重合而言)。这种调整和控制最好允许 NOx 未处理排放能在无需废气回输的情况下与目前常见的标准燃烧方法相比降低大约 2/3。如果利用了废气回输,则废气回输同样也可以被并入到控制中。最好通过预调整来适当考虑回输率。

[0096] 图 11 示意表示与负载和压力增大有关的最好是起始速率的控制。喷油速率沿 Y 轴延伸, X 轴表示时间。按照哪个承受负载以及缸内压力上升如何进展,能够与之相关地在同一周期或者至少下个周期中发挥控制作用,并且尤其是将预调的喷油速率设定为期望值。这可能如图所示地意味着起始速率的增减。在另一个设计中可以规定,按照每个缸将速率设定为不同的水平级别。依据在开始喷油时由此出现的实际速率增大,待喷燃油的余量经相应调整被细分喷入。此时,对喷油速率上升进行调整可能是有利的,例如以不同的斜率上升至最高平台示出的喷油速率。作为这种控制的结果,除了上升外,还针对各个缸将升高后的喷油速率的实施时刻或向前设定或向后设定。

[0097] 图 12 示意表示对喷油速率上升进行控制的例子,该喷油速率上升最好与在燃烧开始时被确定的余量相关。喷油速率沿 Y 轴延伸, X 轴表示时间。余量尤其可能改变,这是因为作为控制的快速性的结果可以在燃烧过程中就对喷油量的变化进行设定,尤其是与开始时的喷油量相比而言。由于余量改变,因而喷油速率的增幅会发生变化,或增或减。这样,还会形成较高的平台,如虚线所示。不过,该较高的平台也可省掉,就像在增幅较低时那样。尤其是,喷油速率的最大值也可以变化。这意味着,例如喷油速率的终值可朝上或朝下变化。为此,喷油速率平台的高度也可能变化。

[0098] 以上举例说明了使喷油适应于缸的当前状态的各种控制可能性,除此之外,还可以规定未示出的其它喷油速率曲线。这例如可以包括一个或多个不同的降低速度、多个高度不同的平台和 / 或无平台的喷油速率曲线。

[0099] 一个改进方案规定,可调节为等压燃烧。尤其是可以规定,在外源点火式发动机中,等压燃烧将至少部分被调节为等容燃烧。尤其是在按照柴油机循环或混合循环的内燃机中,只是近似出现等压燃烧。为此,按照一个设计方案,喷油起点和喷油起始速率依照当时的缸压曲线做调整。

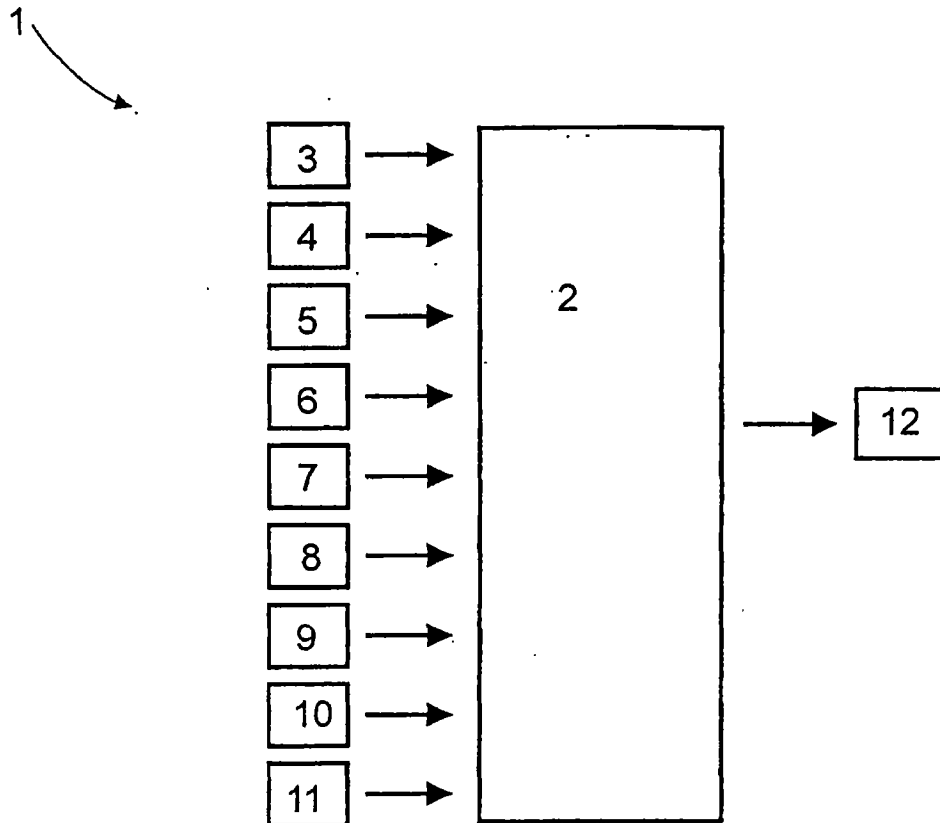


图 1

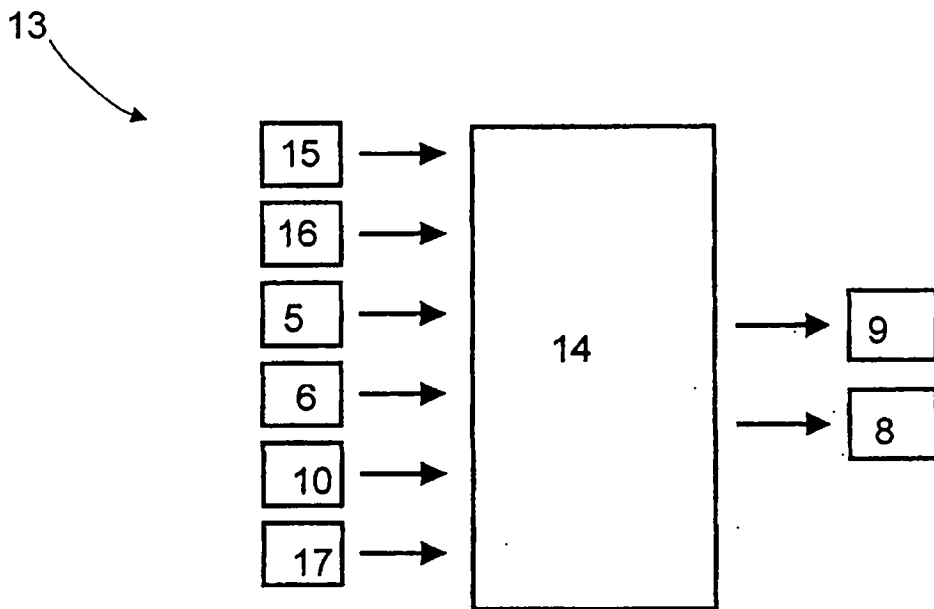


图 2

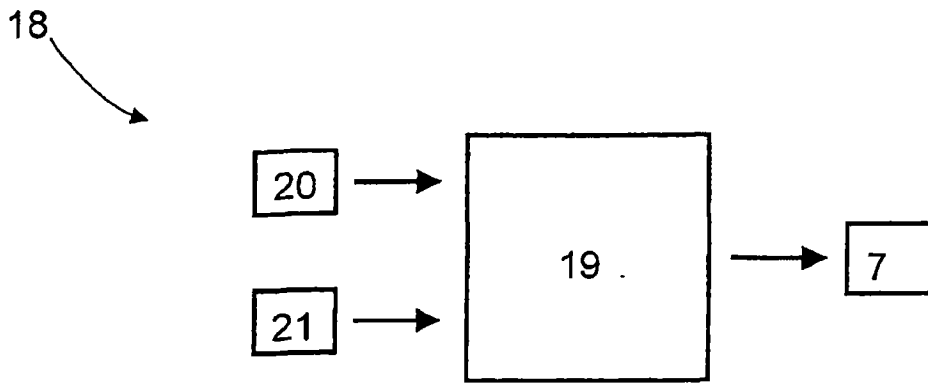


图 3

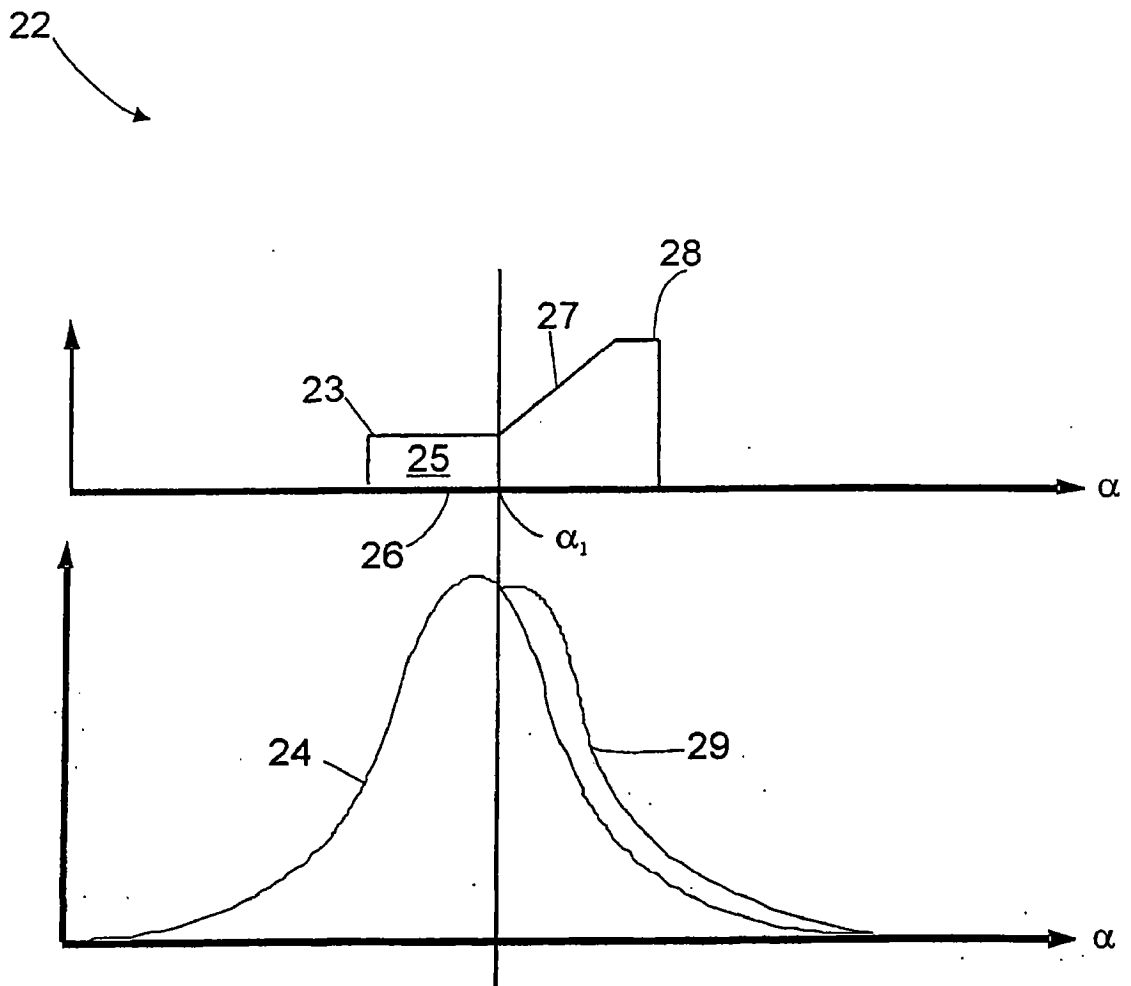


图 4

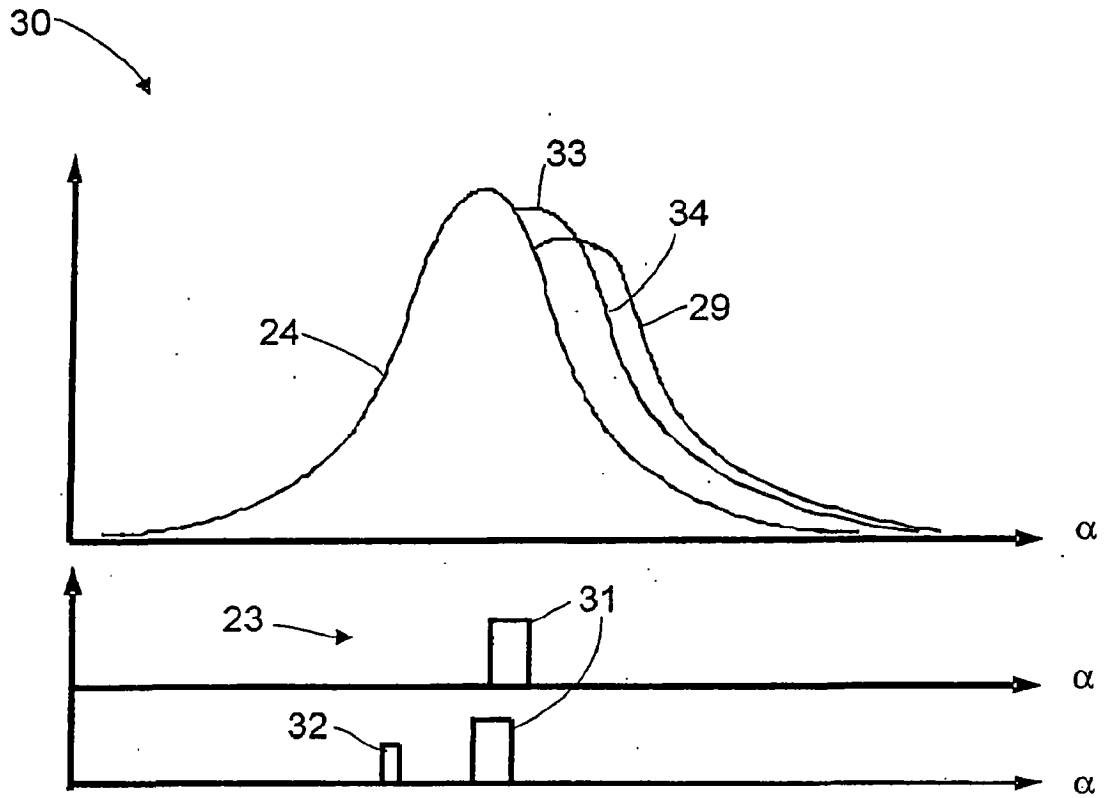


图 5

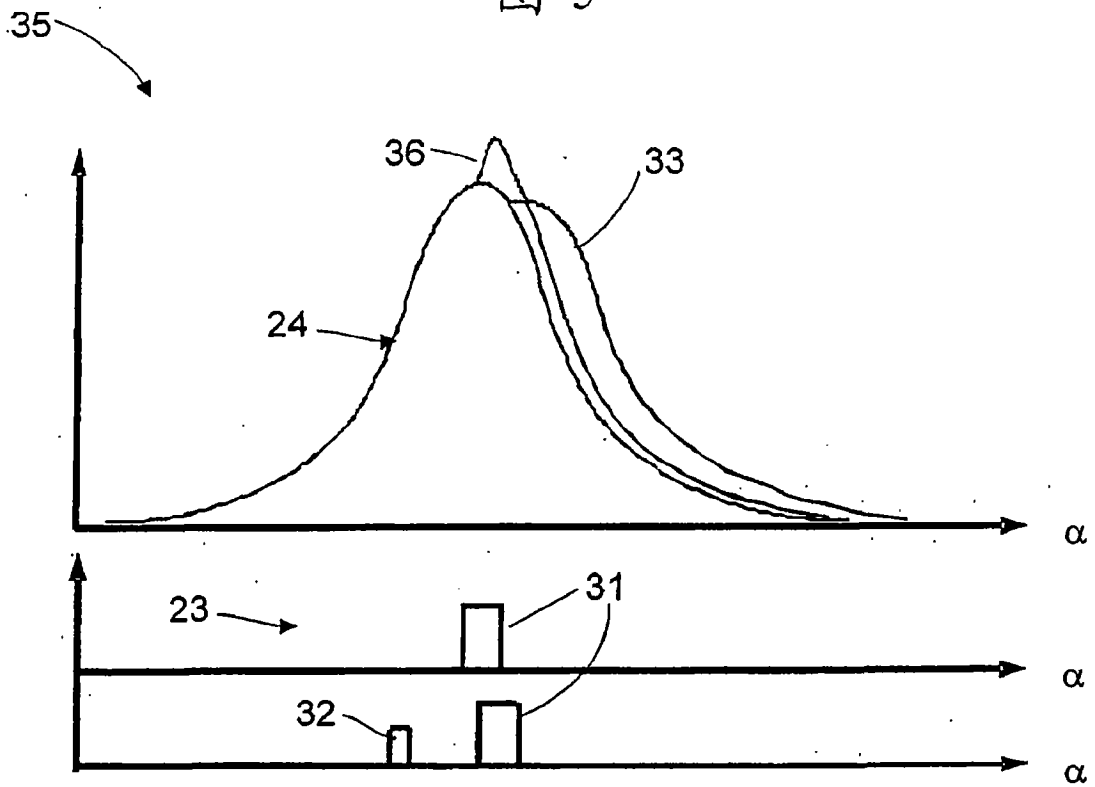


图 6

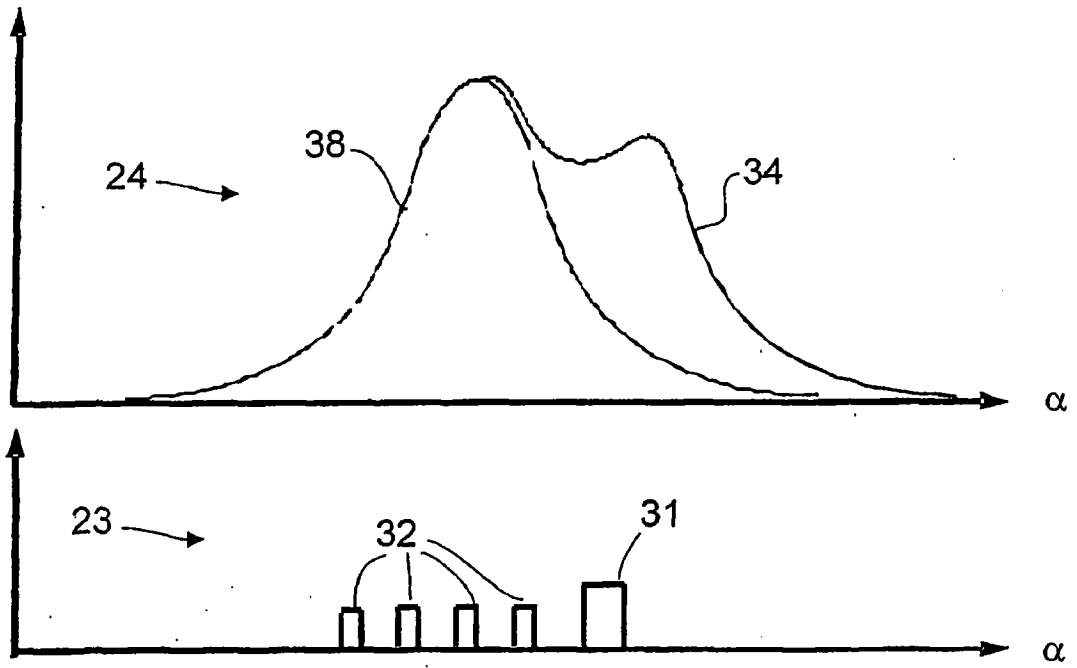


图 7

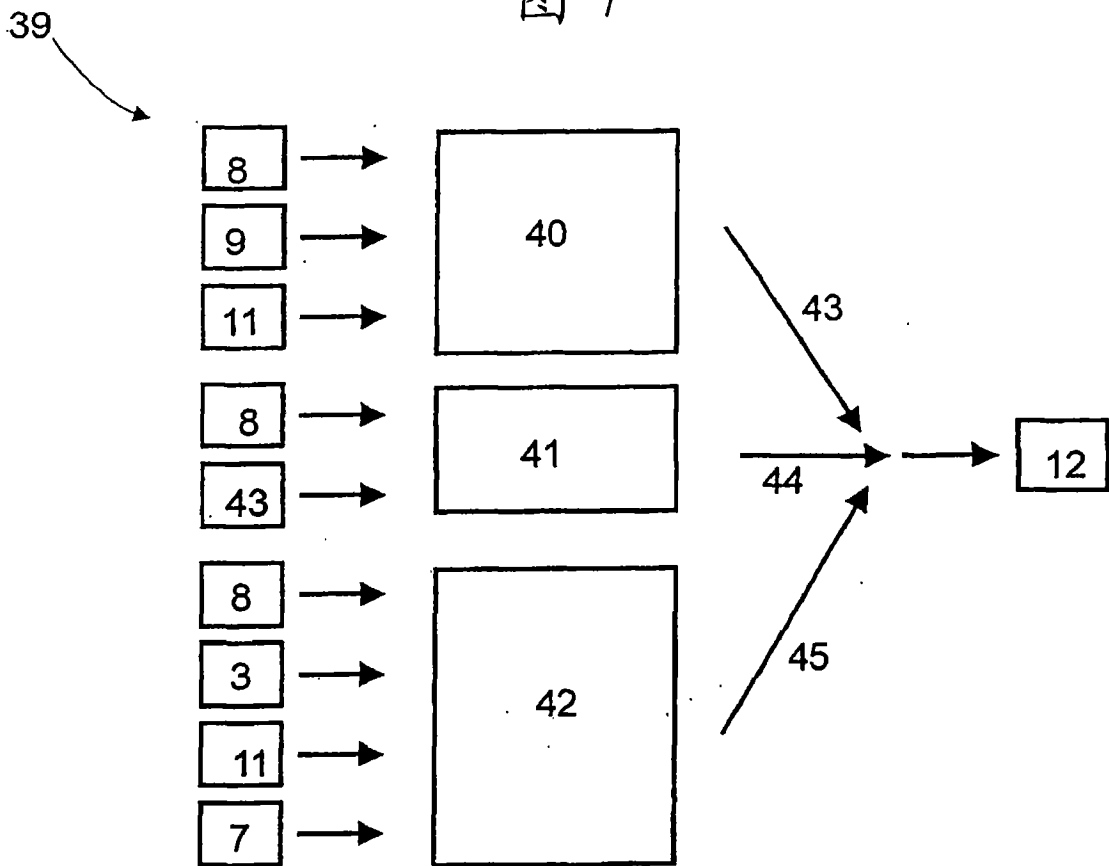


图 8

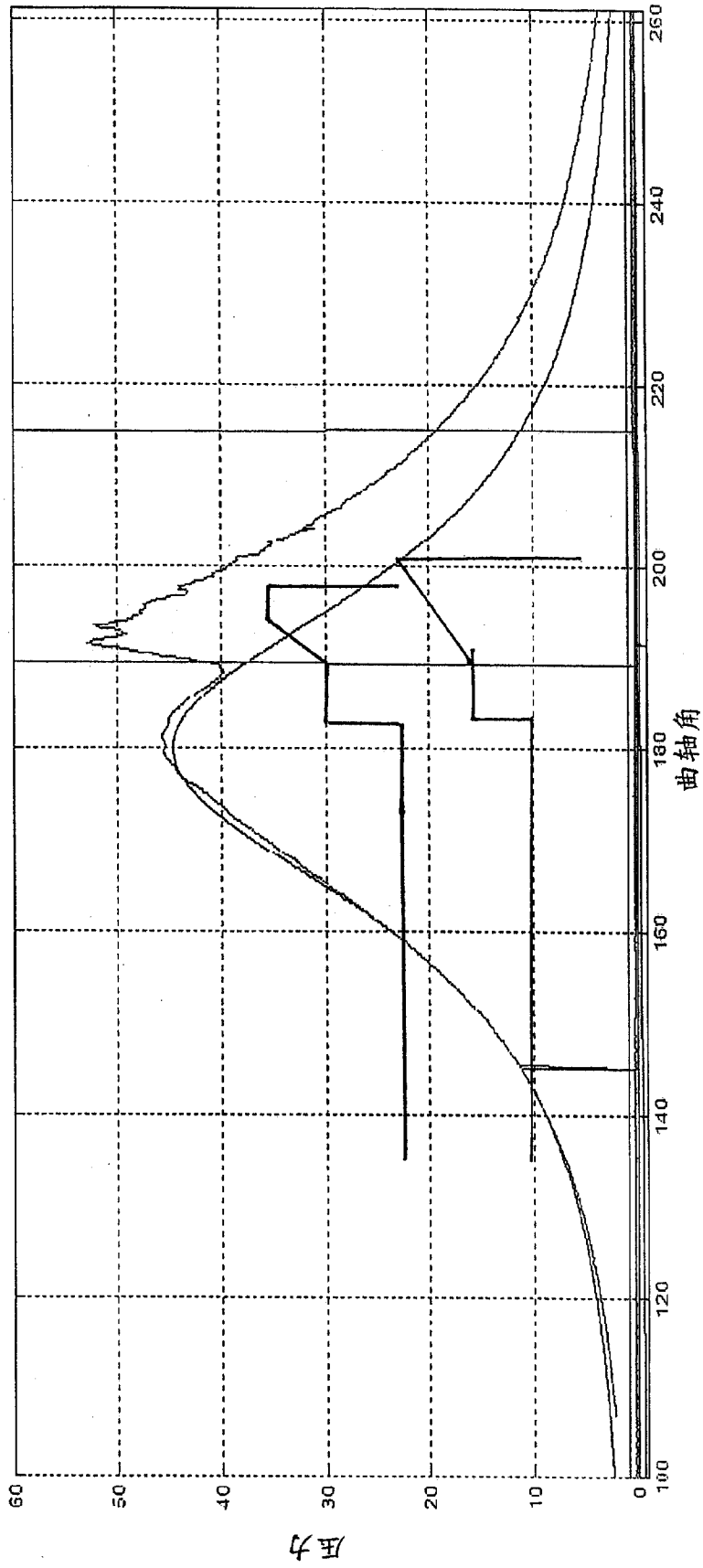


图 9

2400 转每分钟 / 14.6 巴平均压力

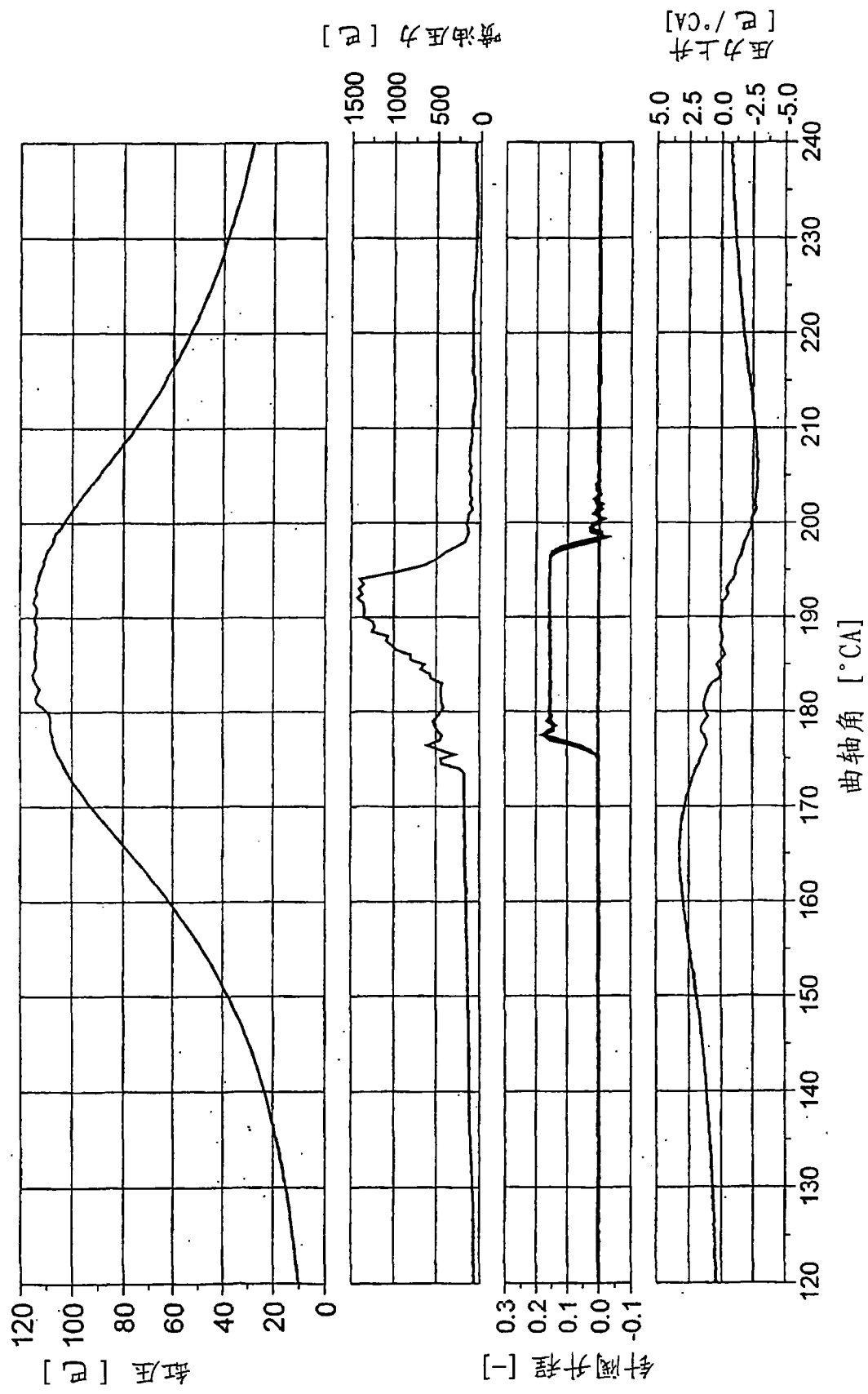


图 10

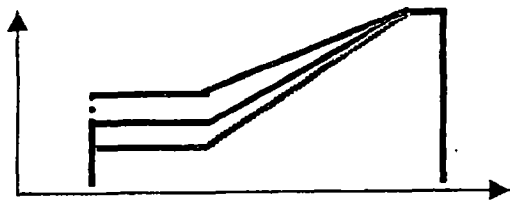


图 11



图 12