



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108457790 B

(45)授权公告日 2020.05.22

(21)申请号 201810082023.X

(22)申请日 2018.01.29

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108457790 A

(43)申请公布日 2018.08.28

(73)专利权人 中国第一汽车股份有限公司  
地址 214063 江苏省无锡市滨湖区钱荣路  
15号

(72)发明人 王伏 居钰生 龚笑舞 施华传  
周奇 马涛

(74)专利代理机构 无锡市大为专利商标事务所  
(普通合伙) 32104  
代理人 曹祖良 刘海

(51)Int.Cl.  
F02M 65/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 101377166 A,2009.03.04,  
CN 103168160 A,2013.06.19,  
CN 103994006 A,2014.08.20,  
DE 102015203415 A1,2016.09.01,

审查员 周强

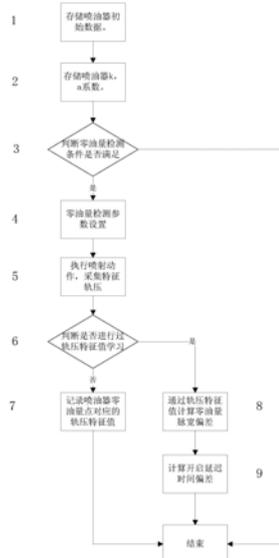
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

喷油器开启延迟时间在线检测方法及装置

(57)摘要

本发明涉及一种喷油器开启延迟时间在线检测方法及装置,其特征是,包括以下步骤:(1)获取喷油器不同轨压下的零油量脉宽偏差值和开启延迟时间偏差值之间的关系;(2)使用过程中,实时检测喷油器的零油量对应的脉宽值,计算实时脉宽与标准脉宽的偏差,根据偏差值计算出当前喷油器开启延迟时间的偏差值,实现对喷油器开启延迟时间的在线检测。本发明的关键点是,获取喷油器可实时测量的零油量脉宽和不可实时测量的开启延迟时间之间的对应关系,通过在发动机运行过程中对零油量脉宽的实时测量,获取零油量脉宽的偏差值,通过对应关系计算对应的开启延迟时间的偏差,从而实现对喷油器提前角的实时修正。



1. 一种喷油器开启延迟时间在线检测方法,其特征是,包括以下步骤:

(1) 获取喷油器不同轨压下的零油量脉宽偏差值和开启延迟时间偏差值之间的关系;

(2) 使用过程中,实时检测喷油器的零油量对应的脉宽值,计算实时脉宽与标准脉宽的偏差,根据零油量脉宽偏差值计算出当前喷油器开启延迟时间的偏差值,实现对喷油器开启延迟时间的在线检测;

所述步骤(1)的具体过程为:选取喷油器样本进行开启延迟特性试验,以同一型号喷油器为基础,选择不同老化程度的喷油器进行试验,测试不同轨压下、不同老化程度下喷油器的零油量脉宽值和开启延迟时间值;以轨压为标准,计算不同老化程度喷油器的零油量脉宽值和开启延迟时间值与标准值的偏差,通过多点之间的插值、拟合,获取同一轨压下喷油器零油量脉宽偏差值和开启延迟时间偏差值之间的关系 $y=f(x)$ ;其中 $y$ 为喷油器开启延迟时间偏差值, $x$ 为喷油器零油量脉宽偏差值, $f$ 为零油量脉宽偏差与开启延迟时间偏差之间的对应关系。

2. 一种喷油器开启延迟时间在线检测装置,其特征是,包括:

柴油机状态检测模块,所述柴油机状态检测模块在柴油机运行的过程中实时检测零油量脉宽的检测条件是否满足;

零油量脉宽检测过程参数设置模块,所述零油量脉宽检测过程参数设置模块用于在柴油机状态满足零油量脉宽检测过程条件后,为进行喷油器的零油量标定设置相关的控制参数;

喷射动作执行模块,所述喷射动作执行模块用于执行喷油器零油量标定动作,采集标定过程中的特征参数并分析;

零油量检测特征初始值学习模块,所述零油量检测特征初始值学习模块用于在零油量检测过程中学习每个喷油器零油量下的脉宽初始特征值,为喷油器标定过程提供标准;

零油量检测特征值计算模块,所述零油量检测特征值计算模块按照既定的喷射参数执行规定喷射动作后采集轨压特征值计算,参考特征初始值确定喷油器喷射开启延迟补偿值;

喷油器开启延迟补偿计算模块,所述喷油器开启延迟补偿计算模块根据得到的零油量脉宽偏差值,计算出对应的喷油器开启延迟时间偏差值,用此喷油器开启延迟时间偏差值修正喷油器的开启延迟时间;

以及,零油量检测过程管理模块,所述零油量检测过程管理模块对零油量检测特征初始值学习模块、零油量检测特征值计算模块、以及喷油器开启延迟补偿计算模块进行综合管理调度。

## 喷油器开启延迟时间在线检测方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种喷油器开启延迟时间在线检测方法及装置,尤其是一种针对柴油机高压共轨系统零部件的补偿和修正,实现对喷油器开启延迟时间的在线检测和修正的方法及装置,属于柴油机零部件电控技术领域。

### 背景技术

[0002] 在柴油机工作过程中,各个零部件不可避免的会出现老化或是轻微的故障,喷油器也是一样。随着工作时间的累积,喷油器的喷射开启延迟时间会发生变化。喷油器开启延迟时间如图1所示,图1中示出了ECU加载在喷油器上的驱动脉宽和由此产生的驱动电流、以及虚线表示的不同喷油器喷油速率曲线,开启延时时间就是从ECU加载驱动脉宽(A)到出现喷油速率(B)之间的时间间隔。在喷油器的使用过程中,由于零部件的老化,会造成喷油器开启时间的变化,导致喷油速率曲线从初始的B点移动B'点,其中产生的 $\Delta t$ 就是喷油器老化后开启延迟时间的偏移值。喷油器在出现开启延迟偏差后,会影响喷油控制的精度,导致发动机油耗和排放的恶化。

[0003] 目前,喷油器开启延迟时间检测和修正主要分两种:(1)离线式的喷油器开启延迟检测和修正;(2)基于驱动电流信号的喷油器开启延迟检测和修正。

[0004] 离线式的解决方法主要是通过大量的喷油器样本老化试验,获取开启延迟时间的变化规律,整合为MAP表格保存在ECU中,在实际使用过程中,ECU根据喷油器的使用时间和开启延迟MAP表,计算对应的开启延迟补偿量。

[0005] 基于驱动电流信号的方法主要是通过对喷油器的驱动电流信号特征点的采样获取喷油器控制阀的开启时刻,在实际使用中,通过实时检测驱动电流信号的起始点与特征点之间的时间间隔,获取喷油器的开启时间,计算与标准的喷油器开启时间的偏差,得到开启延迟的补偿值。

[0006] 上述的两种方法存在一定的缺陷:(1)离线式的解决方案的缺点在于喷油器开启延迟时间补偿量的获取是基于喷油器样本统计规律获得的,针对个体喷油器的补偿精度不高。对于由于非老化原因造成的喷油器开启延迟时间的变化,此方案无法对此进行补偿。(2)基于驱动电流信号的解决方案的缺点在于,驱动电流信号的特征点,只能反映控制阀的开启时刻,对于柴油喷油器来说嘴端的针阀开启相对控制阀的开启还存在一段延时,此段延时时间由轨压和机械决定,此段延时无法准确获取。同时这种方案需要修改ECU硬件设计,软件也需要消耗一定的资源来实现信号采样,滤波和分析。

[0007] 现有技术中,专利申请CN101881246A公开了一种喷油器相应时间的测量装置,通过喷油器向充满背压的背压容器内部喷油,使用压力传感器和采样装置记录容器内压力变化情况,通过计算喷油器控制装置发送脉冲信号和压力采样装置实际记录到的压力开始上升时刻之间的时间间隔来获取喷油器的开启延迟时间,这是一种离线式的喷油器开启延迟时间检测方法,需要将喷油器从发动机上移除,通过专用设备进行开启延迟时间的测量。

[0008] 专利申请CN102305140A公开了一种基于驱动电流检测的喷油器开启时间测量方

法和设备,通过检测喷油器上的电流驱动,计算对应的喷油器衔铁(控制阀)落座时间,并且在完成该一系列加压指令的发送以及对应的一系列喷油器衔铁落座时间的最大值,并根据与最大喷油器衔铁落座时间对应的受控电压脉冲的增压电压持续时间确定喷油开启时间。该专利申请仅实现了对喷油器衔铁开启时间的实时检测,未考虑针阀打开时间的变化,同时该专利申请需要在原有的ECU中增加相应的信号检测电路以及相应的信号处理软件,系统开销较大。

## 发明内容

[0009] 本发明的目的是克服现有技术中存在的不足,提供一种喷油器开启延迟时间在线检测方法及装置,实时在线检测和补偿高压共轨柴油机喷油器开启延迟时间。

[0010] 按照本发明提供的技术方案,所述喷油器开启延迟时间在线检测方法,其特征是,包括以下步骤:

[0011] (1) 获取喷油器不同轨压下的零油量脉宽偏差值和开启延迟时间偏差值之间的关系;

[0012] (2) 使用过程中,实时检测喷油器的零油量对应的脉宽值,计算实时脉宽与标准脉宽的偏差,根据偏差值计算出当前喷油器开启延迟时间的偏差值,实现对喷油器开启延迟时间的在线检测。

[0013] 进一步的,所述步骤(1)的具体过程为:选取喷油器样本进行开启延迟特性试验,以同一型号喷油器为基础,选择不同老化程度的喷油器进行试验,测试不同轨压下、不同老化程度下喷油器的零油量脉宽值和开启延迟时间值;以轨压为标准,计算不同老化程度喷油器的零油量脉宽值和开启延迟时间值与标准值的偏差,通过多点之间的插值、拟合,获取同一轨压下喷油器零油量脉宽偏差值和开启延迟时间偏差值之间的关系 $y=f(x)$ ;其中 $y$ 为喷油器开启延迟时间偏差值, $x$ 为喷油器零油量脉宽偏差值, $f$ 为零油量脉宽偏差与开启延迟时间偏差之间的对应关系。

[0014] 进一步的,所述步骤(2)的具体过程为:

[0015] 步骤1:存储喷油器出厂时的在不同轨压下的零油量脉宽值、开启延迟时间值、以及零油量脉宽偏差值和开启延迟时间偏差值之间的关系;

[0016] 步骤2:监控发动机运行状态,判断是否进入合适的零油量脉宽检测工况;

[0017] 步骤3:如果满足零油量脉宽检测工况要求,则设置零油量脉宽检测时需要配置的控制参数;

[0018] 步骤4:执行喷油器动作,进行零油量脉宽检测,控制指定的喷油器在指定相位点以设定的控制脉宽向缸内喷射,并采集在此区间范围内的轨道燃油压力变化过程,将采集得到的轨压值存储并进行滤波;

[0019] 步骤5:判断是否已经进行过零油量脉宽初始化检测,判断是否已经记录过喷油器出厂状态下零油量脉宽对应的轨道内轨压波动特征值;

[0020] 步骤6:如果步骤5的判断结果为是,则将检测到的喷油器零油量状态下对应的轨压特征值与初始化状态下记录的轨压特征值比较,如果出现轨压偏差,则调整喷油量喷射脉宽,直到实测的轨压特征值与初始值相同,记录下此时的喷油器驱动脉宽,作为当前的零油量脉宽;

[0021] 步骤7:计算测得的零油量脉宽与步骤1中记录的出厂时的零油量脉宽偏差值,根据步骤1中的零油量脉宽偏差值和开启延迟时间偏差值之间的关系,计算出对应的喷油器开启延迟偏差值,实现了对喷油器开启延迟时间的偏差检测。

[0022] 进一步的,所述合适的零油量脉宽检测工况,具体指发动机是否处于急速断油状态或者发动机倒拖状态,通过判断驾驶员控制的油门值是否超过阈值以及柴油机转速满足范围要求确定。

[0023] 进一步的,所述零油量脉宽检测时需要配置的控制参数,包括通过控制高压泵切断高压燃油进入共轨轨道内,采用人为设定值确定喷油器的喷射脉宽做为之后的喷射动作执行模型,设定轨道内的目标轨压值。

[0024] 进一步的,如果步骤5的判断结果为否,则记录喷油器出厂状态下零油量对应的轨压值。

[0025] 所述喷油器开启延迟时间在线检测装置,其特征是,包括:

[0026] 柴油机状态检测模块,所述柴油机状态检测模块在柴油机运行的过程中实时检测零油量脉宽的检测条件是否满足;

[0027] 零油量脉宽检测过程参数设置模块,所述零油量脉宽检测过程参数设置模块用于在柴油机状态满足零油量脉宽检测过程条件后,为进行喷油器的零油量标定设置相关的控制参数;

[0028] 喷射动作执行模块,所述喷射动作执行模块用于执行喷油器零油量标定动作,采集标定过程中的特征参数并分析;

[0029] 零油量检测特征初始值学习模块,所述零油量检测特征初始值学习模块用于在零油量检测过程中学习每个喷油器零油量下的脉宽初始特征值,为喷油器标定过程提供标准;

[0030] 零油量检测特征值计算模块,所述零油量检测特征值计算模块按照既定的喷射参数执行规定喷射动作后采集轨压特征值计算,参考特征初始值确定喷油器喷射开启延迟补偿值;

[0031] 喷油器开启延迟补偿计算模块,所述喷油器开启延迟补偿计算模块根据得到的零油量脉宽偏差值,计算出对应的喷油器开启延迟偏差,用此偏差值修正喷油器的开启延迟时间;

[0032] 以及,零油量检测过程管理模块,所述零油量检测过程管理模块对零油量检测特征初始值学习模块、零油量检测特征值计算模块、以及喷油器开启延迟补偿计算模块进行综合管理调度。

[0033] 本发明能够实现对喷油器开启延迟的实时检测和补偿,能够实时补偿喷油提前角的偏移,保证在发动机在整个使用过程中,保持喷射性能的一致性和稳定性。

## 附图说明

[0034] 图1为喷油器开启延迟时间的示意图。

[0035] 图2为本发明所述喷油器开启延迟时间在线检测装置的框图。

[0036] 图3为300bar时喷油器零油量脉宽偏差与开启延迟偏差的关系图。

[0037] 图4为600bar时喷油器零油量脉宽偏差与开启延迟偏差的关系图。

[0038] 图5为800bar时喷油器零油量脉宽偏差与开启延迟偏差的关系图。

[0039] 图6为1000bar时喷油器零油量脉宽偏差与开启延迟偏差的关系图。

[0040] 图7为本发明所述喷油器开启延迟时间在线检测方法的流程图。

## 具体实施方式

[0041] 下面结合具体附图对本发明作进一步说明。

[0042] 在发动机运行过程中,对喷油器油量和脉宽的检测方法较多且精度较高。本发明的基本观点是可以通过对喷油器其他特性参数的检测结果来推导喷油器的开启延迟时间。通过对可实时检测的零油量脉宽的获取,间接实现了对开启延迟时间的检测和补偿。

[0043] 基于现有的硬件平台,通过间接的方法,来实现对高压共轨系统喷油器开启延迟时间的在线补偿。其中间接的方法中同时包括了离线和实时的实现方法。通过离线式的方法,在台架上获取喷油器零油量脉宽偏移量和开启延迟时间偏移量之间的关系  $\Delta T_{\text{delay}}=f(\Delta L_{\text{zero}})$ 。在使用过程中,实时检测喷油器的零油量对应的脉宽值,计算实时脉宽值与标准脉宽值的偏差,根据偏差值计算出当前喷油器开启延迟时间的偏差值。从而实现对喷油器开启时间的实时检测和补偿。

[0044] 目前存在的解决方案都采用较为单一方案来实现对喷油器开启时间的检测和修正。而本发明首先从喷油器的机械特性出发,通过离线的方式在台架上获取喷油器零油量脉宽偏差与开启延迟时间偏差之间的关系,在应用过程中,由于喷油器零油量脉宽的偏差可以进行实时的检测,且相关的检测方法很多、精度较高,可以实现根据实时检测的喷油器零油量脉宽计算出对应的喷油器开启延迟脉宽。

[0045] 本发明所述喷油器开启延迟时间在线检测方法,主要为:选取喷油器样本进行开启延迟特性试验,以同一型号喷油器为基础,选择不同老化程度的喷油器进行试验,测试不同轨压下,不同老化程度下喷油器的零油量脉宽值和开启延迟时间值。以轨压为标准,计算不同老化程度喷油器的零油量脉宽值和开启延迟时间值与标准值的偏差,通过多点之间的插值、拟合,获取同一轨压下喷油器零油量脉宽偏差值和开启延迟时间偏差值之间的关系:  $y=f(x)$ ;其中  $y$  为喷油器开启延迟时间偏差值,  $x$  为喷油器零油量脉宽偏差值,  $f$  为零油量脉宽偏差与开启延迟时间偏差之间的对应关系。

[0046] 在ECU运行过程中,对喷油器的开启延迟时间偏差进行实时检测,脉宽检测按照以下流程进行,如图2所示:

[0047] (1) 柴油机状态检测,在柴油机运行的过程中实时检测零油量脉宽的检测条件是否满足,即算法执行的入口条件。

[0048] (2) 零油量脉宽检测过程参数设置:柴油机状态满足零油量脉宽检测过程条件后,为进行喷油器的零油量标定需要设置相关的控制参数。具体含义包括通过控制高压泵切断高压燃油进入共轨轨道内,采用人为设定值确定喷油器的喷射脉宽做为之后的喷射动作执行模型,设定轨道内的目标轨压值。

[0049] (3) 喷射动作执行模块执行喷油器零油量标定动作,采集标定过程中的特征参数并分析。具体含义包括,控制指定的喷油器在指定相位点以设定的控制脉宽向缸内喷射,并采集在此区间范围内的轨道燃油压力变化过程,将采集得到的轨压值存储并进行滤波。

[0050] (4) 零油量检测过程管理模块对零油量检测过程调度、复位以及初始值学习和特

征值计算等模块进行综合管理调度。

[0051] (5) 零油量检测特征初始值学习模块在零油量检测过程中学习每个喷油器零油量下的脉宽初始特征值,为之后的喷油器标定过程提供标准。

[0052] (6) 零油量检测特征值计算模块按照既定的喷射参数执行规定喷射动作后采集轨压特征值计算,参考特征初始值确定喷油器喷射开启延迟补偿值。具体含义包括多次反复执行控制的喷射动作,并计算多次计算特征值的平均值,以及将得到的特征值与该特征初始值求差得到该喷油器的零油量脉宽偏差值。

[0053] (7) 喷油器开启延迟补偿计算模块根据得到的零油量脉宽偏差值,通过公式 $y=f(x)$ ,计算出对应的喷油器开启延迟偏差,用此偏差值修正喷油器的开启延迟时间。

[0054] 本发明所述喷油器开启延迟时间在线检测方法,具体包括以下过程:

[0055] 首先进行喷油器试验台试验:试验装置采用通用的喷油器试验台架,且配备了EFS单次油量喷射仪,除去上述喷油器样品外,轨道以及油管、油泵均采用产品化样品以减少同喷油器实际运行环境差异;

[0056] 试验重要步骤包括:

[0057] 做好试验电源、电机开关等准备工作;

[0058] 起动试验控制软件以及EFS测量控制软件;

[0059] 起动试验台架,并将电机转速和轨压设置在合理值范围以内等待油温满足大于41摄氏度要求;

[0060] 按照试验大纲设置的工况控制喷射脉宽和轨压,待轨压稳定后开启EFS测量200次燃油平均值,并记录;

[0061] 按照试验大纲,设置工况控制喷射脉宽,达到零油量点,测量零油量脉宽偏差后开启延迟偏差情况。

[0062] 选择样品喷油器,对此喷油器进行老化磨合试验,在老化的不同阶段分别测量其在不同轨压下的零油量脉宽和开启延迟时间,以轨压为标准将不同老化阶段下喷油器零油量脉宽和开启延迟时间与老化前的零油量脉宽和开启延迟时间的偏差值为坐标轴,画出零油量脉宽偏差与开启延迟偏差的关系图,如图3-图6所示。

[0063] 通过多点之间的插值、拟合,获取喷油器零油量脉宽和开启延迟之间的关系。可以通过一阶线性方程 $y=kx+a$ 表征喷油器零油量脉宽偏差与开启延迟偏差之间的关系,其中, $x$ 为零油量脉宽偏差, $y$ 为开启延迟时间偏差。

[0064] 如图3所示,300bar时的一阶线性方程为: $y=x*0.515+4.58$ ;

[0065] 如图4所示,600bar时的一阶线性方程为: $y=x*0.509+5.035$ ;

[0066] 如图5所示,800bar时的一阶线性方程为: $y=x*0.523+4.578$ ;

[0067] 如图6所示,1000bar时的一阶线性方程为: $y=x*0.489+14.4$ ;

[0068] 其中系数 $k$ 与 $a$ 喷油器型号和轨压有关。

[0069] 在ECU中,在不增加硬件开销的前提下,通过以下流程,实现对喷油器开启延迟时间的补偿,如图7所示,具体为:

[0070] 步骤1:将喷油器出厂时的在不同轨压下的零油量脉宽值和开启延迟时间值存储在ECU的非易失性的存储空间中。

[0071] 步骤2:将在喷油器试验台架上获取的可以表征此型号喷油器零油量脉宽偏差与

开启延迟时间偏差关系的 $k, a$ 系数存储在ECU的非易失性的存储空间中。

[0072] 步骤3: 监控发动机运行状态, 判断是否进入合适的零油量脉宽检测工况, 具体指发动机是否处于急速断油状态或者发动机倒拖状态, 通过判断驾驶员控制的油门值是否超过某个阈值以及柴油机转速满足范围要求确定。

[0073] 步骤4: 如果满足零油量脉宽检测工况要求, 则设置零油量脉宽检测时需要配置的一些控制参数, 包括通过控制高压泵切断高压燃油进入共轨轨道内, 采用人为设定值确定喷油器的喷射脉宽做为之后的喷射动作执行模型, 设定轨道内的目标轨压值。

[0074] 步骤5: 执行喷油器动作, 进行零油量脉宽检测, 控制指定的喷油器在指定相位点以设定的控制脉宽向缸内喷射, 并采集在此区间范围内的轨道燃油压力变化过程, 将采集得到的轨压值存储并进行滤波。

[0075] 步骤6: 判断是否已经进行过零油量脉宽初始化检测, 判断是否已经记录过喷油器出厂状态下零油量脉宽对应的轨道内轨压波动特征值。

[0076] 步骤7: 如果步骤6的判断结果为否, 则记录喷油器出厂状态下零油量对应的轨压值, 在初始化检测中, 需要记录喷油器初始应用时零油量脉宽对应的轨压特征值。后续为零油量脉宽的检测都以此轨压为标准实现。

[0077] 步骤8: 如果步骤6的判断结果为是, 则将检测到的喷油器零油量状态下对应的轨压特征值与初始化状态下记录的轨压特征值比较, 如果出现轨压偏差, 则调整喷油量喷射脉宽, 直到实测的轨压特征值与初始值相同, 记录下此时的喷油器驱动脉宽, 作为当前的零油量脉宽。

[0078] 步骤9: 计算测得的零油量脉宽与步骤1中记录的出厂时的零油量脉宽偏差值, 将此偏差值应用到步骤2中 $k, a$ 参数确定的一阶线性方程中, 计算出对应的喷油器开启延迟偏差值, 实现了对喷油器开启延迟时间的偏差检测。

[0079] 本发明的关键点是, 获取喷油器可实时测量的零油量脉宽和不可实时测量的开启延迟时间之间的对应关系, 通过在发动机运行过程中对零油量脉宽的实时测量, 获取零油量脉宽的偏差值, 通过对应关系计算对应的开启延迟时间的偏差, 从而实现对喷油器提前角的实时修正。

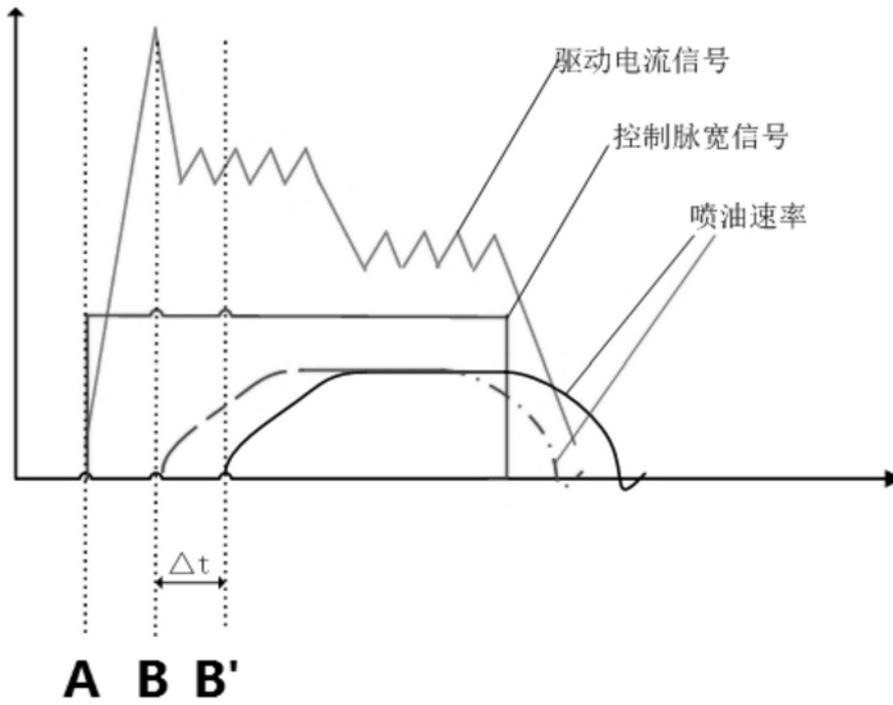


图1

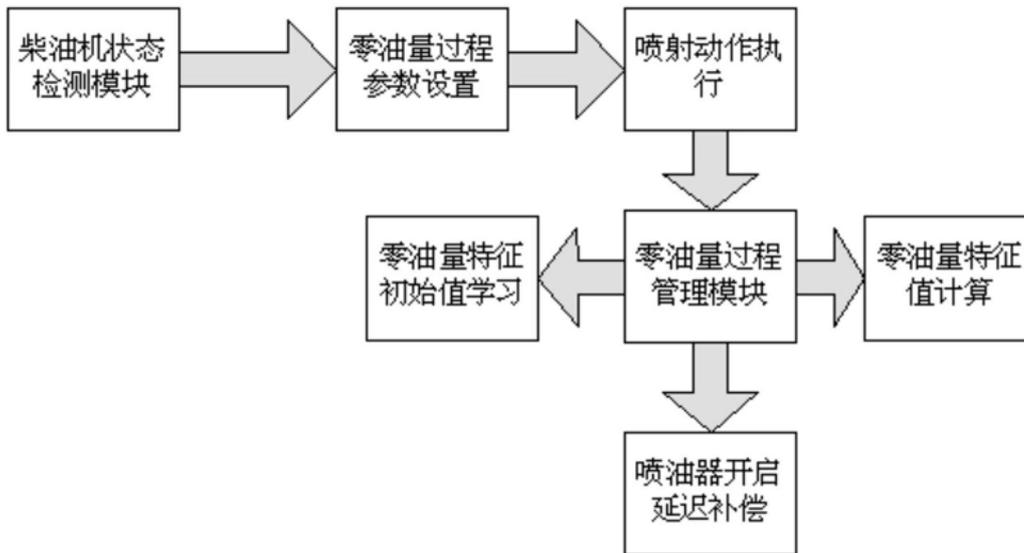


图2

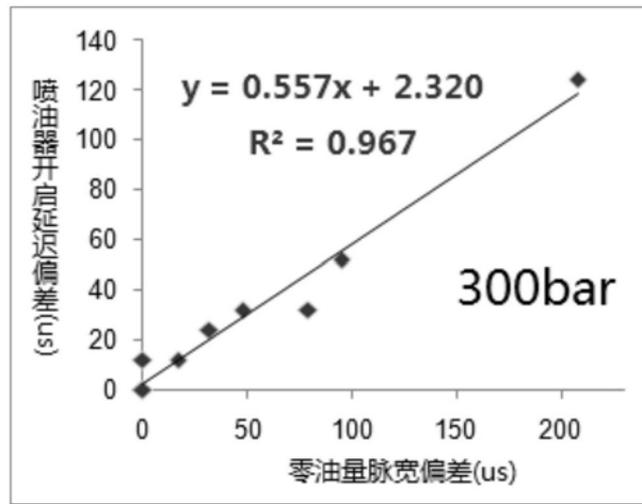


图3

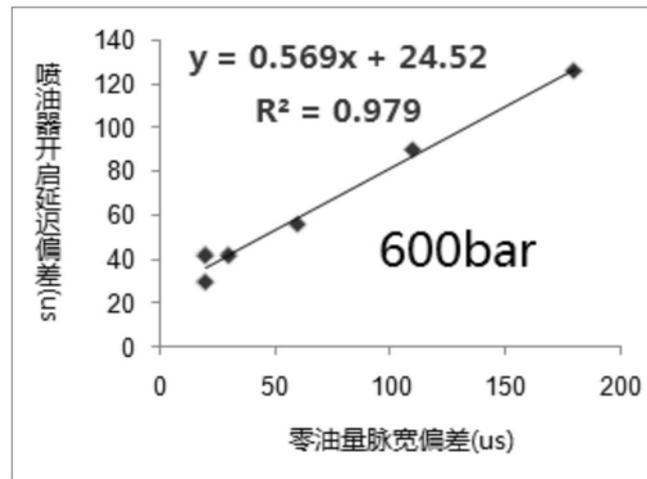


图4

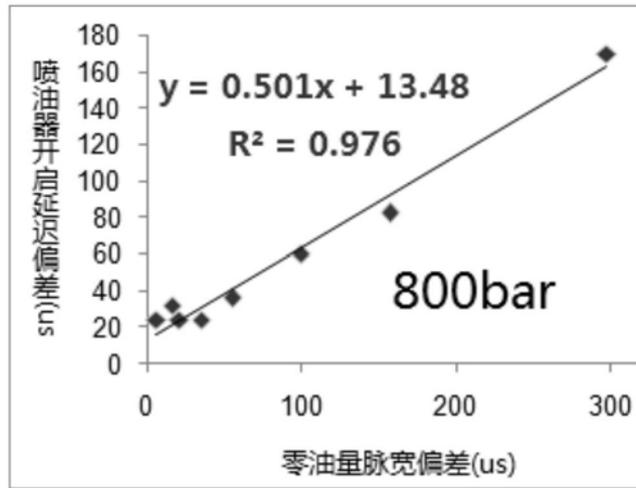


图5

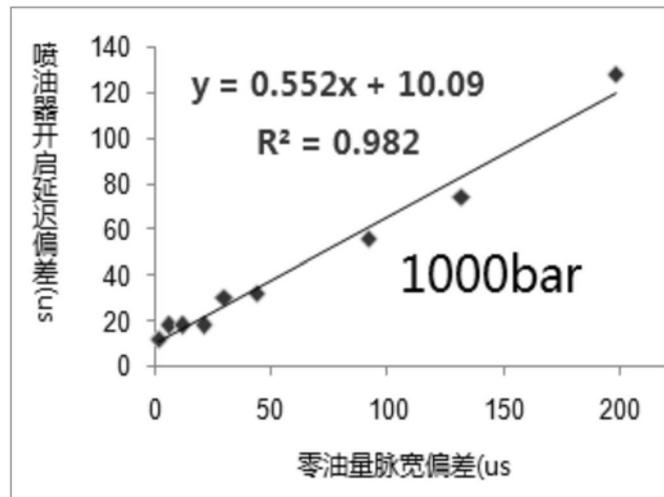


图6

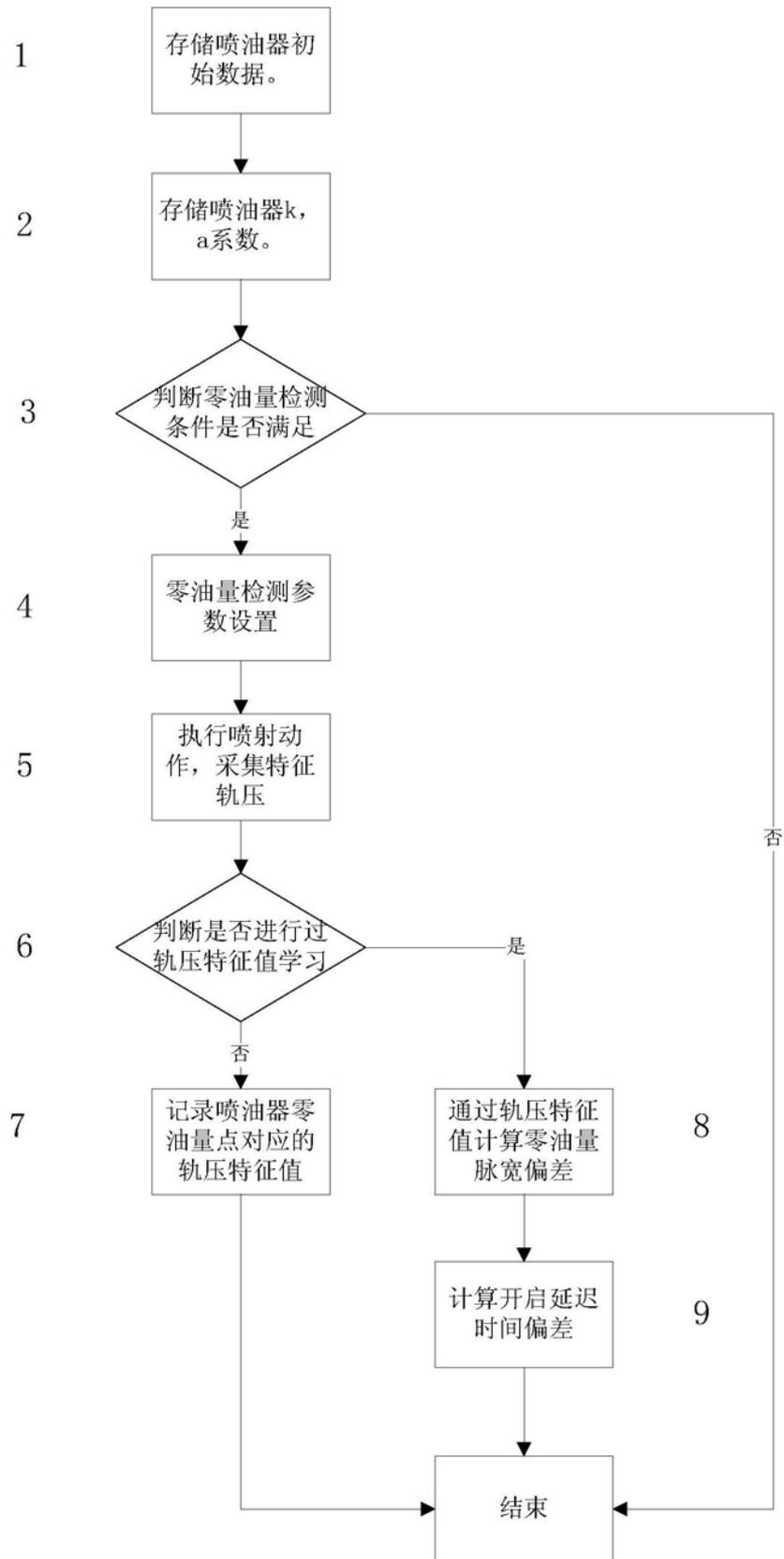


图7