



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111550315 B

(45) 授权公告日 2021. 11. 02

(21) 申请号 202010324259.7

F02D 41/06 (2006.01)

(22) 申请日 2020.04.22

F02P 5/15 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

F02D 41/00 (2006.01)

申请公布号 CN 111550315 A

F02D 37/02 (2006.01)

F02D 41/14 (2006.01)

(43) 申请公布日 2020.08.18

(56) 对比文件

(73) 专利权人 天津大学

US 2008140300 A1, 2008.06.12

地址 300350 天津市津南区海河教育园雅

JP 2019035359 A, 2019.03.07

观路135号天津大学北洋园校区

CN 101946074 A, 2011.01.12

(72) 发明人 陈韬 药卓效 石皓天

EP 2264299 A2, 2010.12.22

JP 2017125486 A, 2017.07.20

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代

审查员 边绍平

理事务所 12201

代理人 李丽萍

(51) Int. Cl.

F02D 13/02 (2006.01)

F02D 41/40 (2006.01)

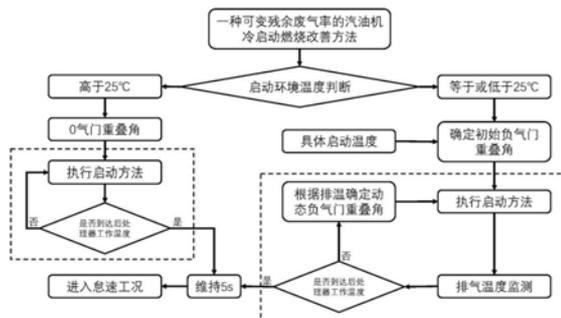
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法

(57) 摘要

本发明公开了一种可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,以改善冷启动阶段的燃烧及排放的状况。汽油机是一台至少每缸均配有火花塞、缸内直接喷油器以及至少一个进气门和一个排气门的电控可变气门机构的四冲程汽油机;该汽油机冷启动工况下,当启动环境温度低于25℃时,在汽油机负气门重叠期喷射燃油,利用废气能量促进燃油雾化乃至进行燃油重整反应,进而提高缸内温度,显著提高启动工况燃料的可燃性和火焰传播速度,改善污染物排放;当启动环境温度高于25℃时,采用零气门重叠角的直喷策略启动。本发明可有效降低冷启动阶段的燃烧和排放状况,提升了寒冷地区的汽油机启动性能。



1. 一种可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,其中,汽油机是一台每缸均配有火花塞、缸内直接喷油器以及至少一个进气门和一个排气门的电控可变气门正时机构的四冲程汽油机,且该汽油机对排气温度有直接或间接的监测能力;其特征在于,

该汽油机启动工况下,根据启动时的环境温度,通过两种不同特征的配气参数设置,存留废气,进而实现燃烧改善:

当启动环境温度等于或低于 25°C 时,将汽油机启动时初始进气门开启时刻置于排气门关闭时刻之后,形成负气门重叠角;当启动水温低于 -20°C 时,初始负气门重叠角为 100°CA ;启动水温为 -20°C 至 0°C 时,初始负气门重叠角为 80°CA ;启动水温为 0°C 至 10°C 时,初始负气门重叠角为 70°CA ;启动水温为 10°C 至 25°C 时,初始负气门重叠角为 60°CA ;在负气门重叠期内采用直喷喷油器向缸内喷射燃油,利用废气能量,提高缸内温度,改善低温启动时缸内燃油的雾化过程;并在启动过程中,利用废气不断提升缸内温度,当负气门重叠期内缸内温度达到或超过 800K 时引发燃油重整反应,生成小分子碳氢和中间氧化产物;利用废气存留的不完全氧化产物和重整反应生成物,提高可燃物-空气混合气的火焰传播速度,在提升经济性的同时降低污染物排放;随着启动过程中汽油机着火成功,燃烧趋于稳定,排气温度升高,负气门重叠期时间缩短;

当启动环境温度高于 25°C 时,将汽油机启动时初始进气门开启时刻置于排气门关闭时刻之时,形成零气门重叠角,采用直喷方式供油,利用少量的残留废气,加热缸内的混合气,改善燃油雾化效果,形成稳定燃烧,减少未燃碳氢排放。

2. 根据权利要求1所述的可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,其特征在于,当汽油机启动环境温度等于或低于 25°C 时,具体实施步骤如下:

步骤一、所述负气门重叠角大小由可变气门机构控制,通过可变气门机构使进排气门形成负气门重叠角,初始负气门重叠角的大小在 $60\sim 100^{\circ}\text{CA}$ 之间,以存留较多的内部废气;

步骤二、在汽油机处于负气门重叠期时,通过所述缸内直接喷油器向缸内喷射燃油,其中,喷射时刻为排气门关闭时刻后 10°CA 或排气上止点,形成重整高温混合气;

步骤三、燃烧上止点设为 0°CA ,在 $0\sim 20^{\circ}\text{CA}$ ATDC区间内,通过火花塞一次点燃所述高温混合气;

步骤四、在冷启动的过程中,通过对排气温度的测试,评价汽油机的燃烧状态,减少存留废气的比率;在启动着火成功且稳定后,在启动工况向怠速工况过渡的过程中,根据排气温度的升高程度,相应地减少负气门重叠角,降低残余废气率,避免启动结束后废气对怠速稳定工况燃烧的不利影响,保持整个汽油机启动及怠速工况经济性和排放性的控制连续性。

3. 根据权利要求2所述的可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,其特征在于,汽油机初始负气门重叠角大小与启动时的汽油机水温的相关;启动时汽油机的冷却水温度越低,设定启动工况的初始负气门重叠角越大。

4. 根据权利要求2所述的可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,其特征在于,点火时刻在燃烧上止点后;利用活塞上行压缩缸内混合气,提升混合气温度,有助于混合气的引燃;同时,将点火时刻置于上止点之后,有助于提升排气温度,进而使催化剂快速加热,使其更早投入工作,减少启动过程排放到大气的污染物,并缩短启动过程所需的时间。

5. 根据权利要求2所述的可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,其特征在于,

随着启动过程中汽油机着火成功,燃烧趋于稳定,排气温度升高,负气门重叠期相应减小;根据排气温度调整负气门重叠角,具体方式包括:

通过直接测试或间接推算的方式,获得实时动态的排气温度,从而随温度变化对负气门重叠角的大小进行动态的、连续的调整及控制;

通过直接测试或间接推算的方式,获得实时动态的排气温度,从而随温度变化对负气门重叠角的大小进行非连续的间歇性调整及控制;

通过直接测试或间接推算的方法获得不连续的排气温度变化,相应对负气门重叠角采取非连续的控制。

6. 根据权利要求5所述的可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,其中,负气门重叠角调整过程中,排气温度直接测试或间接推算的方式包括:

通过排气温度传感器,直接获得动态实时的排气温度;

通过排气压力传感器所获得的动态实时参数,利用函数关系,建立所获得的排气压力与排气温度之间的关系,间接获得排气温度;

通过缸内压力传感器测量排气门打开时刻的缸内压力,依据理想气体状态方程,计算得到排气温度;

通过实测汽油机启动实验数据,建立排温预测模型。

7. 根据权利要求1所述的可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,其特征在于,当汽油机启动环境温度高于25℃时,具体实施步骤如下:

步骤一、气门重叠角大小由可变气门机构控制,通过可变气门机构使进排气门形成零气门重叠角,即排气门关闭的同时进气门开启,存留少量未排出的内部废气;这也是启动工况控制中最小残余废气量状态,也是低于25℃启动过程结束时气门参数设置;

步骤二、通过所述缸内直接喷油器在进气行程向缸内喷射燃油,其中,喷射时刻为360°CA ATDC或排气门关闭时刻,从而在缸内形成雾化条件较好的均质混合气;

步骤三、在0-20°CA ATDC区间内,通过所述火花塞一次点燃所述均质混合气。

8. 根据权利要求7所述的可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,其特征在于,点火时刻在燃烧上止点后;利用活塞上行压缩缸内混合气,提升混合气温度,有助于混合气的引燃;同时,将点火时刻置于上止点之后,有助于提升排气温度,进而使催化后处理器快速加热,使其更早投入工作,减少启动过程排放到大气的污染物,并缩短启动过程所需的时间。

9. 根据权利要求1所述的可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,其特征在于,当排气温度达到后处理器工作温度以上并维持5s后,则退出本启动过程的燃烧控制策略,进入传统汽油机的怠速工况。

一种可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种汽油机冷启动工况的燃烧控制方法。

背景技术

[0002] 汽油机冷启动是燃烧过程最恶劣的工况。配有三效催化后处理器的汽油机在美国联邦测试规程FTP75中,80%的HC、CO排放来自冷启动阶段。燃油空气混合气的浓度、温度及混合程度,燃烧反应的程度等,都将对汽油机在冷启动过程中的燃烧过程产生显著的影响。为了汽油机快速启动,启动过程中需要提供过量燃油,弥补燃油雾化、混合效果差引起不易点燃的问题,从而形成很浓的混合气,进而引起大量的不完全氧化产物排放甚至是未燃燃油排放。在高寒地区,这一问题显得更为突出,甚至出现点火困难引发无法着火启动的问题,启动过程中排放也会更加恶化。因此,汽油机冷启动的排放控制面临很大的挑战。

[0003] 目前,国内外关于汽油机冷启动的研究主要采用控制补偿油量的方法对缸内形成的可燃混合气浓度进行优化,包括:缸内油膜和燃油蒸发的建模、环境温度的补偿、冷启动空燃比模型等,这些方法虽然可以通过补足燃油供给量的方式,保证启动着火的可靠性。其主要思想还是期望快速起燃可以缩短启动所用时间,提高汽油机的工作温度,使其尽早进入正常工作模式,但仍无法解决冷启动状态下大量未雾化或不完全燃烧的燃油造成的高油耗和排放问题。针对启动过程中油耗和排放控制问题,当前的研究主要以储集启动工况的排放尾气、然后集中处理方式为主,但在实际中却存在重量超支、安装空间有限、费效比低和成本增加等难题。因此,开展汽油机启动过程中快速有效的燃油和排放控制方法有重要的应用需求和现实意义。

发明内容

[0004] 针对现有技术,为了改善汽油机冷启动排放问题,本发明提供了一种可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,该方法适用于同时具有火花点火、缸内直接喷射燃油、可变气门机构的四冲程汽油机,即该汽油机应具有的具体功能为:可以通过所述可变气门运动形成负气门重叠期:即当排气门关闭时刻处于进气门开启时刻之前,排气门关闭时刻至进气门开启时刻这段期间;通过缸内直接喷射方式可以在负气门重叠期,向存有废气的缸内进行喷油,具体油量由启动温度决定;利用废气的热量改善冷启动时燃油雾化差的问题,当废气温度升高并引发负气门重叠期内缸内温度升高到一定程度后(压缩上止点时缸内温度达到800K),高温废气还可引发直喷燃油发生重整反应,生成更易着火的小分子碳氢或含氧化合物;在合理的时刻使用火花点火的方式可以点燃混合气。

[0005] 启动工况中首个喷油循环,可以通过负气门重叠方式存留上个未喷油循环中经过压缩的空气,从而提高首个喷油循环中燃油和新鲜空气混合时的缸内温度,改善循环燃油雾化的速率。通过负气门重叠策略在启动过程中不断存留前一个循环产生的废气,实现热量的累积,在进一步提高燃油和空气混合时缸内温度的基础上,利用废气中存留的不完全燃烧产物,提高缸内混合气的可燃性和燃烧的完全性。随着启动过程的进行,由于存留废气

在循环间存在传递和积累作用,在接下来的循环中负重叠期内缸内温度不断提升,混合气的雾化条件持续改善,雾化速率持续提升,燃烧的完全性也持续改善。

[0006] 当负气门重叠期内缸内温度达到或超过800K时,在高温作用下雾化的燃油会发生裂解反应生成小分子碳氢,并可进一步与废气存留的不完全氧化产物以及残氧发生反应,产生更进一步的小分子含氧化合物,显著提高与空气混合后的可燃物混合气的可燃性和火焰传播速度,使得燃烧的稳定性和完全性均得到提高,经济性改善,污染物排放降低。

[0007] 通过负气门重叠角策略,可以在缸内存留大量上个循环的燃烧产物。所存留的废气质量最大可以达到缸内总质量的50%,其中包括大量未燃碳氢和上一个循环未燃烧完全的燃料,在新的循环中,这些物质与新喷入的燃油一起燃烧。上述过程的特征在于,与传统汽油机相比,由于废气存留部分不完全氧化产物,导致每次循环汽油机所排出废气中的碳氢和一氧化碳总量较实际生成量明显减少,优化了汽油机冷启动工况的污染物排放;同时,在上一循环中存在大量未完全燃烧的燃烧中间产物,可以在接下来的循环中得到更为充分的燃烧,燃烧效率显著提升,使每循环汽油机排出废气的中未燃碳氢和一氧化碳都较前一个循环减少,改善了汽油机冷启动工况的污染物排放和燃油经济性。

[0008] 启动过程中,对上个循环的燃烧产物的截留,能提高缸内气体的温度,提升燃油雾化速率;通过负气门阶段的重整反应,可以提高可燃物的燃料活性。在冷启动相同点火能量的前提下,采用上述方法能提高可燃混合物的可燃性,进而提高点火的成功率和着火可靠性,改善了低温条件下特别是极低温度条件下汽油机的启动性能。

[0009] 总体来说,本发明所述的汽油机冷启动工况的燃烧改善方法,所具有的优势有:存留废气的能量可以持续改善重压阶段喷射直喷燃油的雾化效果,并在一定条件下引发燃油重整反应,将燃油裂解和部分氧化为活性更高的小分子化合物,从而提高混合气的整体反应活性,显著提高火焰传播速度,提高点火的成功率和着火可靠性。通过存留大量上个循环的燃烧产物,改善了汽油机冷启动工况的污染物排放和燃油经济性。根据启动时的环境温度,控制汽油机负气门重叠期的长短来进行燃油重整反应。温度低时,负气门重叠喷射主要目标是尽可能改善燃油的雾化,提供可燃的混合气;温度较高时,负气门重叠喷射的主要目标是,充分利用燃油重整的优势,提供化学特征上更易燃的混合气,减少启动过程的燃油消耗,提高排气温度。

[0010] 为了实现上述技术过程,本发明提出的一种可变残余废气率的汽油机冷启动燃烧改善方法,其中,汽油机是一台每缸均配有火花塞、缸内直接喷油器以及至少一个进气门和一个排气门的电控可变气门正时机构的四冲程汽油机,且该汽油机对排气温度有直接或间接的监测能力;该汽油机启动工况下,根据启动时的环境温度,通过两种不同特征的配气参数设置,存留废气,进而实现燃烧改善,如图3所示,两种排放情形如下:

[0011] 当启动环境温度等于或低于25℃时,将汽油机启动时初始进气门开启时刻置于排气门关闭时刻之后,形成负气门重叠角;在负气门重叠期内采用直喷喷油器向缸内喷射燃油,利用废气能量,提高缸内温度,改善低温启动时缸内燃油的雾化过程;并在启动过程中,利用废气不断提升缸内温度,负气门重叠期内缸内温度达到或超过800K后,引发燃油重整反应,包括在高温下燃油自身发生的裂解反应,生成小分子碳氢化合物,也包括燃油与废气存留的不完全氧化产物和残氧之间发生氧化反应,生成小分子含氧化合物;利用废气存留的不完全氧化产物和重整反应生成物,提高燃料的活性,提高可燃混合物的可燃性、火焰

传播速度以及点火后燃烧的完全性,在提升经济性的同时降低污染物排放;随着启动过程中汽油机着火成功,燃烧趋于稳定,排气温度升高,负气门重叠期时间缩短;

[0012] 当启动环境温度高于 25°C 时,将汽油机启动时初始进气门开启时刻置于排气门关闭时刻之时,形成零气门重叠角,采用直喷方式供油,利用少量的残留废气,加热缸内的混合气,改善燃油雾化效果,形成稳定燃烧,减少未燃碳氢排放。

[0013] 当排气温度达到后处理器工作温度以上并维持5s后,则退出本启动过程的燃烧控制策略,进入传统汽油机的怠速工况。

[0014] 进一步讲,当汽油机启动环境温度等于或低于 25°C 时,汽油机冷启动燃烧改善方法的具体实施步骤如下:

[0015] 步骤一、所述负气门重叠角大小由可变气门机构控制,通过可变气门机构使进排气门形成负气门重叠角,引入内部废气;负气门重叠角由标定过程产生,初始负气门重叠角的大小在 $60\sim 100^{\circ}\text{CA}$ 之间,以存留较多的内部废气;其中,汽油机初始负气门重叠角大小与启动时的汽油机水温的相关;启动时汽油机的冷却水温度越低,设定启动工况的初始负气门重叠角越大。汽油机初始负气门重叠角大小与启动水温的关系如下:当启动水温低于 -20°C 时,负气门重叠角大小为 100°CA ;当启动水温为 -20°C 至 0°C 时,负气门重叠角大小为 80°CA ;当启动水温为 0°C 至 10°C 时,负气门重叠角大小为 70°CA ;当启动水温为 10°C 至 25°C 时,负气门重叠角大小为 60°CA ;总之,启动温度越低则需要更大的气门重叠俯角存留更多的废气。

[0016] 步骤二、在汽油机处于负气门重叠期时,通过所述缸内直接喷油器向缸内喷射燃油,其中,喷射时刻为排气门关闭时刻后 10°CA 或排气上止点,利用存留废气的温度改善燃油雾化效果,促进可燃混合气的生成,减少喷入缸内未能混合并参与燃烧的燃油数量。随着启动过程中废气温度的增加,当负气门重叠期内缸内温度达到或超过 800K 时,还可以诱发喷入缸内的燃油发生重整反应,在高温作用下雾化的燃油会发生裂解反应生成小分子碳氢,并可进一步与废气存留的不完全氧化产物以及残氧发生反应,产生更进一步的小分子含氧化合物,在提高混合气温度的同时,提高混合气活性和火焰传播速度;

[0017] 步骤三、燃烧上止点设为 0°CA ,在 $0-20^{\circ}\text{CA}$ ATDC区间内,通过火花塞一次跳火点燃所述高温混合气;其中,点火时刻在燃烧上止点后;利用活塞上行压缩缸内混合气,提升混合气温度,有助于混合气的引燃;同时,将点火时刻置于上止点之后,有助于提升排气温度,进而使催化剂快速加热,使其更早投入工作,减少启动过程排放到大气的污染物,并缩短启动过程所需的时间。

[0018] 步骤四、在冷启动的过程中,通过对排气温度的测试,评价汽油机的燃烧状态,减少存留废气的比率;在启动着火成功且稳定后,在启动工况向怠速工况过渡的过程中,根据排气温度的升高程度,相应地减少负气门重叠角,降低残余废气率,避免启动结束后废气对怠速稳定工况燃烧的不利影响,保持整个汽油机启动及怠速工况经济性和排放性的控制连续性。

[0019] 其中,随着启动过程中汽油机着火成功,燃烧趋于稳定,排气温度升高,负气门重叠角的大小则相应进行减小。特别是在三效后处理器正常工作后,应取消负气门重叠角。考虑到冷启动过程中缸内温度不断上升,燃烧趋于稳定后,始终保持高比例的缸内废气会不利于燃烧过程的效率和污染物控制,所以,需要通过排气温度变化,评估缸内燃烧状态,并

据此对负气门重叠角进行调整。

[0020] 根据排气温度调整负气门重叠角的方式包括但不限于:通过直接测试或间接推算的方式,获得实时动态的排气温度,从而随温度变化对负气门重叠角的大小进行动态的、连续的调整及控制;通过直接测试或间接推算的方式,获得实时动态的排气温度,从而随温度变化对负气门重叠角的大小进行非连续的间歇性调整及控制;通过直接测试或间接推算的方法获得不连续的排气温度变化,相应对负气门重叠角采取非连续的控制。具体的控制策略可以通过实验确定。

[0021] 负气门重叠角调整过程中,排气温度的获得方法包括但不限于:排气温度直接测试和间接推算的方式,具体如下:通过排气温度传感器,直接获得动态实时的排气温度;通过排气压力传感器所获得的动态实时参数,利用函数关系,建立所获得的排气压力与排气温度之间的关系,间接获得排气温度;通过缸内压力传感器测量排气门打开时刻的缸内压力,依据理想气体状态方程,计算得到排气温度;通过实测汽油机启动实验数据,建立排温预测模型。

[0022] 可以采用动态连续气门重叠角控制措施。首先根据启动水温的大小确定初始的负气门重叠角大小,在启动的过程中,利用排气温度传感器或排气压力传感器对排气温度进行实时动态的监测,获得排气温度的瞬时值。在调节负气门的过程中,可以通过下式对负气门重叠角进行动态控制: $x = -0.31T + 177.63$,其中 x 为负气门重叠角的绝对值(单位: $^{\circ}\text{CA}$), T 为排气温度(单位: K)。在启动的过程中,将获得的动态排气温度代入上式中,汽油机ECU计算得到负气门重叠角的具体数值后,调节可变气门机构,控制进排气门到相应的位置。随着排气温度的上升,负气门重叠角逐渐减小,直到排气温度达到 300°C 及其以上并维持 5s ,则退出本启动过程的燃烧控制策略,进入传统汽油机的怠速工况。

[0023] 进一步讲,当汽油机启动环境温度高于 25°C 时,汽油机冷启动燃烧改善方法的具体实施步骤如下:

[0024] 步骤一、气门重叠角大小由可变气门机构控制,通过可变气门机构使进排气门形成零气门重叠角,即排气门关闭的同时进气门开启,存留少量未排出的内部废气;这也是启动工况控制中最小残余废气量状态,也是低于 25°C 启动过程结束时气门参数设置;

[0025] 步骤二、通过所述缸内直接喷油器在进气行程向缸内喷射燃油,其中,喷射时刻为 360°CA ATDC或排气门关闭时刻,从而在缸内形成雾化条件较好的均质混合气;配气参数负角为 0°CA 。

[0026] 步骤三、在 $0-20^{\circ}\text{CA}$ ATDC区间内,通过所述火花塞一次跳火点燃所述高温混合气。具体点火时刻同样由标定实验确定。

[0027] 点火时刻在燃烧上止点后;利用活塞上行压缩缸内混合气,提升混合气温度,有助于混合气的引燃;同时,将点火时刻置于上止点之后,有助于提升排气温度,进而使催化后处理器快速加热,使其更早投入工作,减少启动过程排放到大气的污染物,并缩短启动过程所需的时间。

[0028] 与现有技术相比,本发明可有效降低汽油机冷启动期间排放,利于满足排放法规。同时,本发明对于不同汽油机启动环境下的排放性能有针对性地改善,提升了寒冷地区的汽油机启动性能。

附图说明

[0029] 图1是本发明中同时具有缸内直喷能力和可变气门机构的单缸汽油机系统结构图；

[0030] 图2是负气门重叠角方式存留废气的气门定时示意图；

[0031] 图3是所述启动方法实施流程图；

[0032] 图1中：1-缸内工作容积，2-活塞；3-连杆，4-排气门，5-进气门，6-喷油器，7-火花塞。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图和具体实施例对本发明技术方案作进一步详细描述。

[0034] 本发明的设计思路是，为了改善冷启动阶段的燃烧及排放的状况，在负气门重叠期内喷射燃油。利用负气门重叠策略存留的废气能量，增强燃油的雾化，甚至在废气温度足够高的时候引发燃油重整，制造可燃、易燃的空气燃油混合气，改善汽油机的冷启动排放性能。本发明提出的汽油机冷启动工况的燃烧优化方法是基于同时具有火花点火、缸内直接喷射燃油、可变气门机构的汽油机。在汽油机冷启动工况（启动至稳定怠速）下，根据启动水温大小，控制汽油机负气门重叠期的长短，改变废气存留的数量。利用废气的能量，改善启动阶段的燃油雾化，乃至引发燃油重整反应，提高缸内温度和混合气的可燃性。通过所述缸内直喷喷油器向气缸内喷射燃油，在缸内形成高温改质混合气。利用火花塞点燃所述高温均质混合气，形成稳定燃烧。本发明可以有效降低冷启动期间排放，且适用于各种汽油机启动环境。

[0035] 本发明中涉及到的汽油机是基于同时具有火花点火、缸内直接喷射燃油、可变气门机构的汽油机。实施例是基于一台带有缸内直喷喷油器的汽油机，图1示出的是一台单缸往复式四冲程汽油机的系统结构图，活塞2通过连杆3与曲轴相连，通过活塞2往复运动而实现缸内工作容积1的变化。汽油机燃烧室至少配备一个进气门5和一个排气门4；一个安装在汽油机缸盖上的用于缸内直接喷射的喷油器6将燃油直接注入缸内；一个火花塞安7装于气缸盖上用于点燃缸内混合气。

[0036] 图2示出了引入内部残余废气的气门定时原理图（引入内部残余废气的方法），即负气门重叠角方式。这种方式是指，排气门关闭时刻在进排气上止点前，进气门打开时刻在进排气上止点后，以在活塞达到进排气上止点附近时创造出负气门重叠角，使得部分废气存留在气缸内，利用废气温度加热燃油，促进燃油雾化，乃至引发燃油重整反应。本发明控制方法是根据汽油机不同的启动环境温度，利用可变气门正时技术形成不同大小的负气门重叠角，存留不同数量的废气，针对性地改善了不同环境下汽油机的冷启动排放性能。随着汽油机冷启动水温降低，汽油机缸内温度降低，因此需要更大的负气门重叠角，增大存留废气的数量，增强燃油改质的效果，提高缸内温度以改善汽油机的冷启动排放性能。

[0037] 该汽油机冷启动工况（启动至怠速）下，根据水温大小，控制汽油机负气门重叠期长短进行燃油重整反应，以提高缸内温度。通过所述缸内直喷喷油器向气缸内喷射燃油，充分利用废气的能量，在缸内形成高温混合气。利用火花塞点燃所述高温均质混合气，形成稳定燃烧，以改善冷启动阶段的燃烧状况。本发明可以有效降低冷启动期间排放，且适用于各种汽油机启动环境。

[0038] 在汽油机冷启动工况(启动至怠速)下,根据启动环境温度有以下两种情形:

[0039] 当启动环境温度等于或低于25℃时,启动电机将汽油机转速拖至200r/min以后,在负气门重叠期喷射燃油。利用废气的能量,加热喷入的燃油,改善其雾化,当废气温度进一步升高时,还可引发燃油重整反应;并且利用废气中存留的不完全燃烧产物和燃油重整反应提高混合气的可燃性以及火焰传播速度,进而提高启动过程中燃烧时的缸内温度,改善碳氢化合物和一氧化碳排放。根据不同的水温温度,通过可变气门机构使排气门4关闭时刻处于进气门5开启时刻之前,形成不同大小的负气门重叠期,存留内部废气。所述初始负气门重叠角大小与启动水温相关联,负气门重叠角的初始大小由所述可变气门正时机构控制,其中,当启动水温低于-20℃时,初始负气门重叠角为100°CA;启动水温为-20℃至0℃时,初始负气门重叠角为80°CA;启动水温为0℃至10℃时,初始负气门重叠角为70°CA;启动水温为10℃至25℃时,初始负气门重叠角为60°CA,如图2气门参数所示。在汽油机处于负气门重叠期时,通过缸内直喷喷油器6于负气门重叠期340°CA ATDC将汽油以缸内直喷的方式喷入缸内,与内部废气混合发生重整反应,形成高温的重整混合气。在10°CA ATDC利用火花塞7以火花跳火的方式点燃高温混合气。

[0040] 本例中采取两种负气门重叠角控制策略,实时连续的负气门重叠角控制策略与非连续的间歇性负气门重叠角控制策略。在实时控制策略中,假设负气门重叠角的绝对值与排气温度满足关系 $x = -0.31T + 177.63$,其中 x 为负气门重叠角的绝对值(单位:°CA), T 为排气温度(单位:K)。在冷启动过程中,通过温度传感器直接测量或虚拟传感器间接计算得到的实时动态排气温度代入上述公式中,获得负气门重叠角的绝对值,进而计算出负气门重叠角的数值,控制负气门重叠角到计算得到的位置,实现负气门重叠角的动态调节,保证冷启动过程的灵活性。比如,利用排气温度传感器或虚拟传感器获得的排气温度为273K,将 $T = 273$ 代入上式中,获得实时的负气门重叠角度的绝对值为93°CA,通过可变气门机构将进排气门的负气门重叠期调整为93°CA。上述控制及计算过程通过汽油机ECU实现。当排气温度动态变化时,负气门重叠角也相应发生改变。这样,在冷启动过程中就实现了负气门重叠角的动态调节,保证冷启动过程的灵活性。

[0041] 负气门重叠角的间歇性控制方法可以通过如下策略实现:通过对排气温度进行区间划分,如表二所示。其中, a 是根据表一启动水温所确定的初始负气门重叠期。在启动过程中,通过温度传感器直接测量或虚拟传感器间接计算,对排气温度进行监测。当排气温度变化到表二所对应的区间时,获得相应的校正系数,将校正系数与初始的负气门重叠期数值相乘得到当前排气温度下的负气门重叠期。比如,上述汽油机在0℃至10℃的水温下进行启动,根据表一可知,初始的负气门重叠期大小为70°CA。当运行一段时间之后,监测到排气温度在200℃至300℃之间,据表格中数据可得,此时的校正系数为0.6,则利用汽油机ECU控制可变气门机构,调节负气门重叠期到 $0.6 * 70 = 42$ °CA;当排气温度上升到300℃以上时,根据上述过程同理可得到,调节负气门重叠期到 $0.2 * 70 = 14$ °CA。当排气温度达到后处理器工作温度300℃及其以上并维持5s,则退出本启动过程的燃烧控制策略,进入传统汽油机的怠速工况。

[0042] 表1

[0043] 启动水温	初始负气门重叠期持续时间
小于-20℃	100°CA

-20℃至0℃	80°CA
0℃至10℃	70°CA
10℃至25℃	60°CA
25℃以上	0°CA

[0044] 表2

排气温度	校正系数	动态负气门重叠期持续时间
小于200℃	1	1*a
200℃至300℃	0.6	0.6*a
300℃以上	0.2	0.2*a

[0046] 当启动环境温度正常或较高时,例如高于25℃时,采用零气门重叠角方式启动,此时排气门关闭后进气门立刻打开;通过缸内直喷喷油器6向缸内喷射燃油,其中,喷射时刻推迟到上止点后450°CA ATDC,从而在缸内形成混合较好的混合气,避免缸内压力低引发喷油湿壁。在10°CA ATDC利用火花塞7以火花跳火的方式点燃均质混合气,当排气温度达到300℃及其以上并维持5s,则退出本启动过程的燃烧控制策略,进入传统汽油机的怠速工况。

[0047] 综上,本发明控制方法中,当汽油机启动环境温度较低时,通过负气门重叠角的方式引入内部废气;在负气门重叠期内喷射燃油,燃油与高温废气发生重整反应,释放热量,提高了混合气温度,利用废气的温度,改善燃油的雾化和混合,并随着废气温度的不断提升,在缸内形成高温的重整混合气。由于汽油机压缩行程时缸内温度较高,燃油雾化和油气混合得以改善,避免了大容积淬熄现象,从而降低了HC排放以及由于不完全燃烧导致的CO排放。同时,由于汽油机排气温度升高,使得排气温度迅速达到三效催化转化器起燃温度,进一步降低了汽油机冷启动期间的排放。

[0048] 尽管上面结合附图对本发明进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨的情况下,还可以做出很多变形,这些均属于本发明的保护之内。

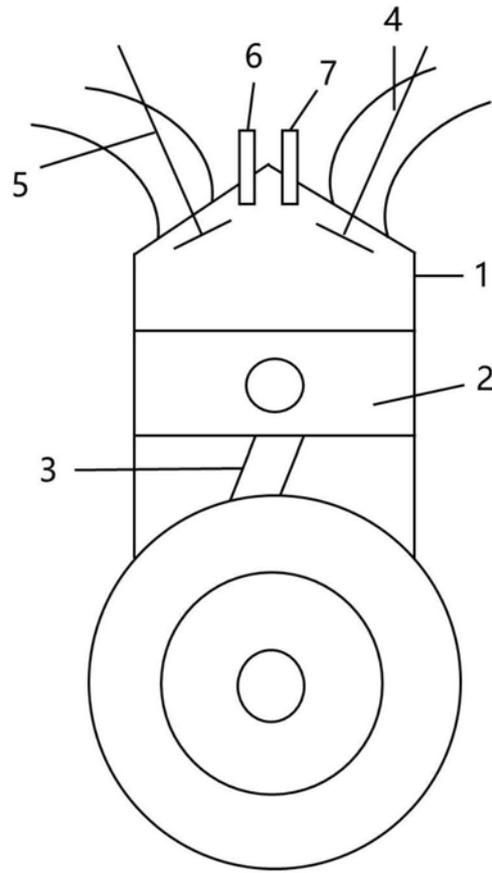


图1

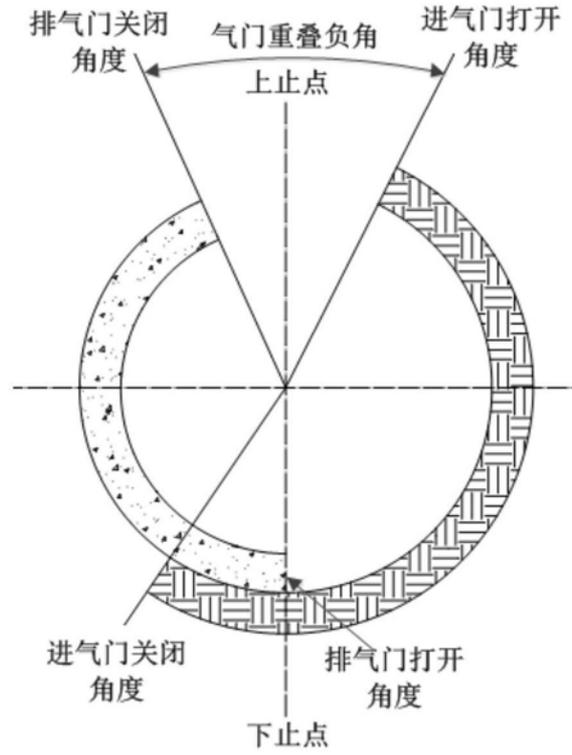


图2

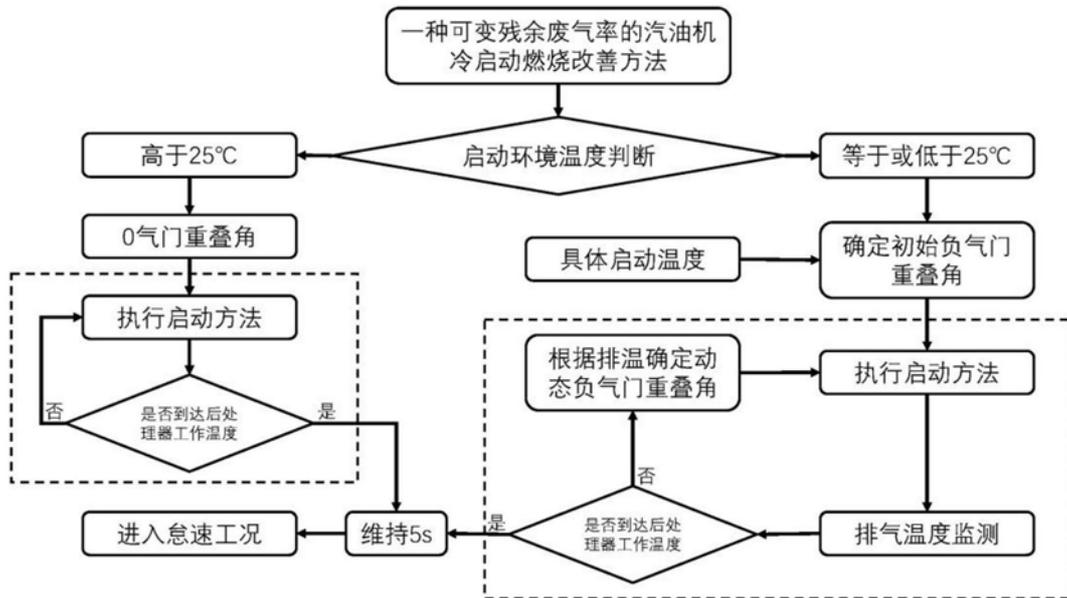


图3