

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101649785 B

(45) 授权公告日 2012. 08. 15

(21) 申请号 200910092590. 4

US 2002/0157619 A1, 2002. 10. 31,

(22) 申请日 2009. 09. 11

CN 1821561 A, 2006. 08. 23,

(73) 专利权人 北京工业大学

CN 201574834 U, 2010. 09. 08,

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

审查员 石科峰

(72) 发明人 纪常伟

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 刘萍

(51) Int. Cl.

F02D 41/04 (2006. 01)

F02D 43/00 (2006. 01)

F02D 19/08 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101215996 A, 2008. 07. 09,

WO 2004/051060 A1, 2004. 06. 17,

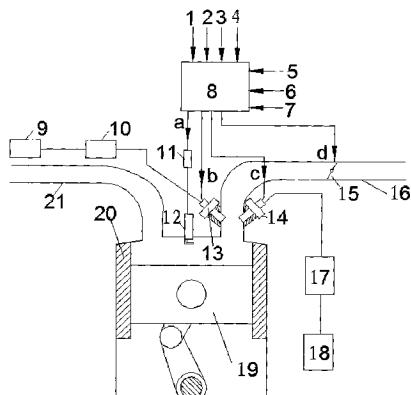
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种燃料现场混合点燃内燃机及控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种燃料现场混合点燃内燃机及控制方法，具体涉及一种燃烧发动机的燃料配制、供给与燃烧控制。本发明的内燃机增加了一套高十六烷值和高辛烷值燃料供给和控制系统，该系统包括混合燃料电子控制单元 (8)、高辛烷值燃料箱 (9)、高辛烷值燃料压力调节器 (10)、高辛烷值燃料喷嘴 (13)、高十六烷值燃料喷嘴 (14)、高十六烷值燃料压力调节器 (17)、高十六烷值燃料箱 (18)；通过控制高辛烷值燃料喷嘴、高十六烷值燃料喷嘴和点火模块实现对高辛烷值燃料和高十六烷值燃料的现场混和、混合比控制、过量空气系数控制及点火控制。本发明避免传统单燃料火花点火内燃机在冷起动的失火，还能改善怠速性能并有效提高内燃机的中高速性能，实现内燃机全工况节能减排的目标。



1. 一种燃料现场混合点燃内燃机的控制方法,其特征在于:所述燃料现场混合点燃内燃机,包括电控火花点火内燃机用于运行控制的曲轴转角位置传感器(1)、冷却水温度传感器(2)、进气温度传感器(3)、进气压力传感器(4)、节气门位置传感器(5)、爆震传感器(6)、线性氧传感器(7)、点火模块(11)、火花塞(12)、电子节气门(15)、内燃机进气管(16)、内燃机活塞(19)、内燃机气缸(20)、内燃机排气管(21);

还包括一套高十六烷值和高辛烷值燃料供给和控制系统,该系统包括混合燃料电子控制单元(8)、高辛烷值燃料箱(9)、高辛烷值燃料压力调节器(10)、高辛烷值燃料喷嘴(13)、高十六烷值燃料喷嘴(14)、高十六烷值燃料压力调节器(17)、高十六烷值燃料箱(18);

曲轴转角位置传感器(1)、冷却水温度传感器(2)、进气温度传感器(3)、进气压力传感器(4)、节气门位置传感器(5)、爆震传感器(6)、线性氧传感器(7)通过电缆与混合燃料电子控制单元(8)相连;混合燃料电子控制单元(8)通过点火模块(11)连接火花塞(12);混合燃料电子控制单元(8)通过电缆分别连接电子节气门(15),高辛烷值燃料喷嘴(13),高十六烷值燃料喷嘴(14);高辛烷值燃料箱(9)、高辛烷值燃料压力调节器(10)和高辛烷值燃料喷嘴(13)通过不锈钢管或耐压软管依次连接,高辛烷值燃料喷嘴(13)固连在内燃机进气管(16)上;高十六烷值燃料箱(18)、高十六烷值燃料压力调节器(17)和高十六烷值燃料喷嘴(14)通过不锈钢管或耐压软管依次连接,高十六烷值燃料喷嘴(14)固连在内燃机进气管(16)上;

其特征在于采用如下控制策略:

$$\text{燃料混合比 } \alpha = Q_D / (Q_D + Q_L) ; \text{ 过量空气系数 } \lambda = m_a / (Q_D AF_D + Q_L AF_L)$$

其中:  $Q_D$  为每循环喷入气缸的高十六烷值燃料质量;  $Q_L$  为每循环喷入气缸的高辛烷值燃料质量;  $m_a$  为根据进气温度  $T_a$  和进气压力  $P_a$  计算每缸的循环进气质量  $m_a = P_a V_d \rho_v / nRT_a$ ;  $V_d$  为内燃机的排量,  $\rho_v$  为内燃机充气效率,  $n$  为内燃机气缸数;  $AF_D$  为高十六烷值燃料的理论空燃比,  $AF_L$  为高辛烷值燃料的理论空燃比;

$$Q_L = m_a / [((\alpha / (1 - \alpha)) AF_D + AF_L) \lambda] \quad (1)$$

$$Q_D = \alpha m_a / [((\alpha / (1 - \alpha)) AF_D + AF_L) \lambda (1 - \alpha)] \quad (2)$$

1) 起动工况:内燃机起动时,混合燃料电子控制单元(8)接收来自曲轴转角位置传感器(1)的信号获得内燃机的转速,当转速大于 250 转/分钟时,发出混和燃料点火控制信号(a)通过点火模块(11)使火花塞(12)发火,同时发出高辛烷值燃料喷射信号(b)使高辛烷值燃料喷嘴(13)喷射高辛烷值燃料,发出高十六烷值燃料喷射信号(c)使高十六烷值燃料喷嘴(14)喷射高十六烷值燃料,实现内燃机起动;根据冷却水温度  $T_w$  和线性氧传感器(7)的空燃比信号确定起动工况的燃料混合比  $\alpha$ 、过量空气系数  $\lambda$  和点火角  $\beta$ ;起动工况燃料混合比  $\alpha = 0.1-1$ ,过量空气系数  $\lambda = 0.4-1$ ,点火角  $\beta = 0-6^\circ$ ;

起动工况又分为如下 5 种情况:

I)  $-40^\circ C < T_w < -10^\circ C$  时,混合燃料电子控制单元(8)根据  $T_w$  确定内燃机为超低温起动工况;超低温起动应采用  $\alpha = 0.7-1$  和  $\lambda = 0.4-0.8$ ;

II)  $-10^\circ C < T_w \leq 0^\circ C$  时,混合燃料电子控制单元(8)根据  $T_w$  确定内燃机为低温起动工况;低温起动应采用  $\alpha = 0.6-0.8$  和  $\lambda = 0.6-1$ ;

III)  $0^\circ C < T_w \leq 20^\circ C$  时,混合燃料电子控制单元(8)根据  $T_w$  确定内燃机为冷起动工况;冷起动应采用  $\alpha = 0.5-0.7$  和  $\lambda = 0.8-1$ ;

IV)  $20^{\circ}\text{C} < T_w \leq 40^{\circ}\text{C}$  时, 混合燃料电子控制单元 (8) 根据  $T_w$  确定内燃机为常温起动工况; 常温起动应采用  $\alpha = 0.3\text{--}0.6$  和  $\lambda = 0.9\text{--}1$ ;

V)  $40^{\circ}\text{C} < T_w \leq 80^{\circ}\text{C}$  时, 混合燃料电子控制单元 (8) 根据  $T_w$  确定内燃机为暖机工况; 暖机工况应  $\alpha = 0.1\text{--}0.3$  和  $\lambda = 1$ ;

2) 怠速工况: 混合燃料电子控制单元 (8) 接收曲轴转角位置传感器 (1) 的曲轴转角信号, 冷却水温度传感器 (2) 的冷却水温度信号, 节气门位置传感器 (5) 的节气门位置信号, 线性氧传感器 (7) 的空燃比信号, 发出混和燃料点火控制信号 (a) 通过点火模块 (11) 使火花塞 (12) 发火, 同时发出高辛烷值燃料喷射信号 (b) 使高辛烷值燃料喷嘴 (13) 喷射高辛烷值燃料, 发出高十六烷值燃料喷射信号 (c) 使高十六烷值燃料喷嘴 (14) 喷射高十六烷值燃料, 发出电子节气门控制信号 (d), 通过调整电子节气门 (15) 的开度、燃料混合比  $\alpha$  和点火角  $\beta$  实现内燃机稳定的怠速运行; 当  $T_w \leq 80^{\circ}\text{C}$  时, 控制目标怠速  $1000\text{rpm}$ , 当  $T_w \geq 80^{\circ}\text{C}$  时, 控制目标怠速  $800\text{rpm}$ ; 怠速工况时的燃料混合比  $\alpha = 0.1\text{--}0.3$ , 过量空气系数  $\lambda = 1$ , 点火角  $\beta = 0\text{--}12^{\circ}$ ;

3) 部分负荷和全负荷工况: 混合燃料电子控制单元 (8) 接收曲轴转角位置传感器 (1) 的曲轴转角信号, 冷却水温度传感器 (2) 的冷却水温度信号, 进气温度传感器 (3) 的进气温度信号, 进气压力传感器 (4) 的进气压力信号, 节气门位置传感器 (5) 的节气门位置信号, 爆震传感器 (6) 的燃烧压力信号, 线性氧传感器 (7) 的空燃比信号, 发出混和燃料点火控制信号 (a) 通过点火模块 (11) 使火花塞 (12) 发火, 同时发出高辛烷值燃料喷射信号 (b) 使高辛烷值燃料喷嘴 (13) 喷射高辛烷值燃料, 发出高十六烷值燃料喷射信号 (c) 使高十六烷值燃料喷嘴 (14) 喷射高十六烷值燃料, 发出电子节气门控制信号 (d), 通过调整电子节气门 (15) 的开度、燃料混合比  $\alpha$  和点火角  $\beta$  实现内燃机的部分负荷和全负荷运行, 实现的内燃机转速为  $1000\text{--}8000\text{rpm}$ ; 燃料混合比  $\alpha = 0\text{--}0.3$ , 过量空气系数  $\lambda = 1$ , 点火角  $\beta = 6\text{--}30^{\circ}$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的一种燃料现场混合点燃内燃机的控制方法, 其特征在于, 所述的高辛烷值燃料为汽油、甲醇、乙醇、液化石油气、天然气或氢气; 所述的高十六烷值燃料为十六烷值大于 40 的燃料。

3. 根据权利要求 1 所述的一种燃料现场混合点燃内燃机的控制方法, 其特征在于: 所述的混合燃料电子控制单元 (8) 接收线性氧传感器 (7) 的空燃比信号, 当实测的过量空气系数  $\lambda$  偏离标定值 5% 以上时, 即采用 PID 算法调节高十六烷值燃料喷嘴 (14) 和高辛烷值燃料喷嘴 (13) 的每循环喷入气缸的燃料质量实现对各工况过量空气系数  $\lambda$  的闭环控制。

## 一种燃料现场混合点燃内燃机及控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明提供一种燃料现场混合点燃内燃机及控制方法,具体涉及一种燃烧内燃机的燃料配制、供给与燃烧控制。

### 背景技术

[0002] 20世纪70年代以来,随着电子技术和尾气后处理技术的广泛应用,内燃机的油耗和有害物排放得到大幅度降低。传统的汽油机属于预混均质燃烧,由于受爆震等诸多因素的限制,压缩比低,热效率低,采用电子控制和排气后处理装置可使汽油机达到极低的排放。与汽油机相比,柴油机压缩比高,具有较高的热效率和优越的燃油经济性,但是,传统柴油机的燃烧是燃料喷雾的扩散燃烧,依靠内燃机活塞压缩到接近终点时的高温使混合气自燃着火。由于喷雾与空气的混和时间很短,燃料与空气混和的严重不均匀,形成高温浓混合气区和高温火焰区,导致碳烟和NO<sub>x</sub>大量生成,采用电控高压共轨和多次喷油技术并附以排气后处理技术可使柴油机达到很低的排放,但成本较高。另一种受到广泛关注的燃烧形式,把柴油机的高压缩比和汽油机均质预混合结合起来,形成了均质预混合点燃内燃机,高压缩比实现高热效率,均质预混合实现低排放。该内燃机在进气过程形成均质的混合气,当压缩到上止点附近时均质混合气实现多点自燃着火。由于采用稀混合气均质同时燃烧,没有火花点火和扩散燃烧的局部高温反应区,使得NO<sub>x</sub>和PM排放很低,而且具有较高的热效率。但这种燃烧方式受燃烧边界条件和燃料化学协同控制,没有汽油机的火花点火和柴油机的缸内喷油来控制着火时刻,因此,着火时刻难于控制,低负荷易失火,高负荷易爆震,运行工况较窄。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是为了解决上述着火时刻难于控制,低负荷易失火,高负荷易爆震,运行工况较窄的问题,实现火花点火内燃机燃料辛烷值的灵活控制,提高内燃机起动性能、降低油耗和排放。

[0004] 本发明采用了如下技术方案:一种燃料现场混合点燃内燃机包括传统电控火花点火内燃机用于运行控制的曲轴转角位置传感器1、冷却水温度传感器2、进气温度传感器3、进气压力传感器4、节气门位置传感器5、爆震传感器6、线性氧传感器7、点火模块11、火花塞12、电子节气门15、内燃机进气管16、内燃机活塞19、内燃机气缸20、内燃机排气管21;其特征在于:

[0005] 增加了一套高十六烷值和高辛烷值燃料供给和控制系统,该系统包括混合燃料电子控制单元8、高辛烷值燃料箱9、高辛烷值燃料压力调节器10、高辛烷值燃料喷嘴13、高十六烷值燃料喷嘴14、高十六烷值燃料压力调节器17、高十六烷值燃料箱18;

[0006] 曲轴转角位置传感器1、冷却水温度传感器2、进气温度传感器3、进气压力传感器4、节气门位置传感器5、爆震传感器6、线性氧传感器7通过电缆与混合燃料电子控制单元8相连;混合燃料电子控制单元8通过点火模块11连接火花塞12;混合燃料电子控制单元

8通过电缆分别连接电子节气门15，高辛烷值燃料喷嘴13，高十六烷值燃料喷嘴14；高辛烷值燃料箱9、高辛烷值燃料压力调节器10和高辛烷值燃料喷嘴13通过不锈钢管或耐压软管依次连接，高辛烷值燃料喷嘴13固连在内燃机进气管16上；高十六烷值燃料箱18、高十六烷值燃料压力调节器17和高十六烷值燃料喷嘴14通过不锈钢管或耐压软管依次连接，高十六烷值燃料喷嘴14固连在内燃机进气管16上。

[0007] 一种燃料现场混合点燃内燃机对不同工况的控制方法如下：

[0008] 燃料混合比  $\alpha = Q_D / (Q_D + Q_L)$ ；过量空气系数  $\lambda = m_a / (Q_D AF_D + Q_L AF_L)$

[0009] 其中： $Q_D$  为每循环喷入气缸的高十六烷值燃料质量 (g/cycle)； $Q_L$  为每循环喷入气缸的高辛烷值燃料质量 (g/cycle)； $m_a$  为根据进气温度  $T_a$  和进气压力  $P_a$  计算每缸的循环进气质量  $m_a = P_a V_d \rho_v / n R T_a$  (mg/cycle)； $V_d$  为内燃机的排量， $\rho_v$  为内燃机充气效率， $n$  为内燃机气缸数。 $AF_D$  为高十六烷值燃料的理论空燃比， $AF_L$  为高辛烷值燃料的理论空燃比。

$$[0010] Q_L = m_a / [((\alpha / (1 - \alpha)) AF_D + AF_L) \lambda] \quad (1)$$

$$[0011] Q_D = \alpha m_a / [((\alpha / (1 - \alpha)) AF_D + AF_L) \lambda (1 - \alpha)] \quad (2)$$

[0012] 1) 起动工况：内燃机起动时，混合燃料电子控制单元8接收来自曲轴转角位置传感器1的信号获得内燃机的转速，当转速大于250转/分钟时，发出混和燃料点火控制信号a通过点火模块11使火花塞12发火，同时发出高辛烷值燃料喷射信号b使高辛烷值燃料喷嘴13喷射高辛烷值燃料，发出高十六烷值燃料喷射信号c使高十六烷值燃料喷嘴14喷射高十六烷值燃料，实现内燃机起动。根据冷却水温度  $T_w$  和线性氧传感器7的空燃比信号确定起动工况的燃料混合比  $\alpha$ 、过量空气系数  $\lambda$  和点火角  $\beta$ 。起动工况燃料混合比  $\alpha = 0.1-1$ ，过量空气系数  $\lambda = 0.4-1$ ，点火角  $\beta = 6^\circ$ 。随着冷却水温度的不断提高，燃料混合比  $\alpha$  和过量空气系数  $\lambda$  根据工况动态变化，直至进入怠速稳定状态。

[0013] 起动工况又分为如下5种情况：

[0014] I)  $-40^\circ C < T_w < -10^\circ C$  时，混合燃料电子控制单元8根据  $T_w$  确定内燃机为超低温起动工况。超低温起动应采用高的燃料混合比和浓的混合气。根据  $\alpha = 0.7-1$  和  $\lambda = 0.4-0.8$ 。由式(1)和(2)确定高十六烷值燃料循环喷射量  $Q_D$  和高辛烷值燃料循环喷射量  $Q_L$  的范围并通过内燃机台架试验进行验证。

[0015] II)  $-10^\circ C < T_w \leq 0^\circ C$  时，混合燃料电子控制单元8根据  $T_w$  确定内燃机为低温起动工况。低温起动应采用较高的燃料混合比和较浓的混合气。根据  $\alpha = 0.6-0.8$  和  $\lambda = 0.6-1$ 。由式(1)和(2)确定高十六烷值燃料循环喷射量  $Q_D$  和高辛烷值燃料循环喷射量  $Q_L$  的范围并通过内燃机台架试验进行验证。

[0016] III)  $0^\circ C < T_w \leq 20^\circ C$  时，混合燃料电子控制单元8根据  $T_w$  确定内燃机为冷起动工况。冷起动应采用中等的燃料混合比和中等浓度的混合气。根据  $\alpha = 0.5-0.7$  和  $\lambda = 0.8-1$ 。由式(1)和(2)确定高十六烷值燃料循环喷射量  $Q_D$  和高辛烷值燃料循环喷射量  $Q_L$  的范围并通过内燃机台架试验进行验证。

[0017] IV)  $20^\circ C < T_w \leq 40^\circ C$  时，混合燃料电子控制单元8根据  $T_w$  确定内燃机为常温起动工况。常温起动应采用较低的燃料混合比和接近化学计量比浓度的混合气。根据  $\alpha = 0.3-0.6$  和  $\lambda = 0.9-1$ 。由式(1)和(2)确定高十六烷值燃料循环喷射量  $Q_D$  和高辛烷值燃料循环喷射量  $Q_L$  的范围并通过内燃机台架试验进行验证。

[0018] V)  $40^\circ C < T_w \leq 80^\circ C$  时，混合燃料电子控制单元8根据  $T_w$  确定内燃机为暖机工

况。暖机工况应采用低的燃料混合比和化学计量比浓度的混合气。根据  $\alpha = 0.1-0.3$  和  $\lambda = 1$ 。由式(1)和(2)确定高十六烷值燃料循环喷射量  $Q_b$  和高辛烷值燃料循环喷射量  $Q_L$  的范围并通过内燃机台架试验进行验证。

[0019] 所述的超低温起动、低温起动、冷起动、常温起动和暖机工况的内燃机台架试验采用的  $Q_b$  和  $Q_L$  应确保内燃机起动顺利,不出现失火或爆震。

[0020] 2)怠速工况:混合燃料电子控制单元8接收曲轴转角位置传感器1的曲轴转角信号,冷却水温度传感器2的冷却水温度信号,节气门位置传感器5的节气门位置信号,线性氧传感器7的空燃比信号,发出混和燃料点火控制信号a通过点火模块11使火花塞12发火,同时发出高辛烷值燃料喷射信号b使高辛烷值燃料喷嘴13喷射高辛烷值燃料,发出高十六烷值燃料喷射信号c使高十六烷值燃料喷嘴14喷射高十六烷值燃料,发出电子节气门控制信号d,通过调整电子节气门15的开度、燃料混合比 $\alpha$ 和点火角 $\beta$ 实现内燃机稳定的怠速运行。当 $T_w \leq 80^{\circ}\text{C}$ 时,控制目标怠速1000rpm,当 $T_w \geq 80^{\circ}\text{C}$ 时,控制目标怠速800rpm。怠速工况时的燃料混合比 $\alpha = 0.1-0.3$ ,过量空气系数 $\lambda = 1$ ,点火角 $\beta = 0-6^{\circ}$ 。由式1和2确定高十六烷值燃料循环喷射量  $Q_b$  和高辛烷值燃料循环喷射量  $Q_L$  的范围并通过内燃机台架试验进行验证。

[0021] 3)部分负荷和全负荷工况:混合燃料电子控制单元8接收曲轴转角位置传感器1的曲轴转角信号,冷却水温度传感器2的冷却水温度信号,进气温度传感器3的进气温度信号,进气压力传感器4的进气压力信号,节气门位置传感器5的节气门位置信号,爆震传感器6的燃烧压力信号,线性氧传感器7的空燃比信号,发出混和燃料点火控制信号a通过点火模块11使火花塞12发火,同时发出高辛烷值燃料喷射信号b使高辛烷值燃料喷嘴13喷射高辛烷值燃料,发出高十六烷值燃料喷射信号c使高十六烷值燃料喷嘴14喷射高十六烷值燃料,发出电子节气门控制信号d,通过调整电子节气门15的开度、燃料混合比 $\alpha$ 和点火角 $\beta$ 实现内燃机的部分负荷和全负荷运行,实现的内燃机转速为1000-8000rpm。燃料混合比 $\alpha = 0-0.3$ ,过量空气系数 $\lambda = 1$ ,点火角 $\beta = 6-30^{\circ}$ 。由式1和2确定高十六烷值燃料循环喷射量  $Q_b$  和高辛烷值燃料循环喷射量  $Q_L$  的范围并通过内燃机台架试验进行验证,通过实时调整  $Q_b$ 、 $Q_L$ 、 $\alpha$  和  $\beta$  确保内燃机不出现失火或爆震。

[0022] 所述的高辛烷值燃料为汽油或甲醇或乙醇或液化石油气或天然气或氢气。所述的高十六烷值燃料为二甲醚或任何易挥发的高十六烷值燃料。所述的混合燃料电子控制单元8接收线性氧传感器7的空燃比信号,当实测的过量空气系数 $\lambda$ 偏离标定值5%以上时,即采用PID算法调节高十六烷值燃料喷嘴14和高辛烷值燃料喷嘴13的每循环喷入气缸的燃料质量实现对各工况过量空气系数 $\lambda$ 的闭环控制。所述的内燃机为有节气门、火花点火内燃机,内燃机压缩比范围为7-15之间。

[0023] 本发明的工作过程:内燃机起动,混和燃料电控单元8接收曲轴转角位置传感器1,冷却水温度传感器2和节气门位置传感器5的信号确定发动机为起动工况,控制高十六烷值燃料喷嘴14和高辛烷值燃料喷嘴13同时喷射高十六烷值和高辛烷值燃料,为了确保燃料点燃,根据不同的冷却水温度采用起动工况燃料混合比 $\alpha = 0.1-1$ ,过量空气系数 $\lambda = 0.4-1$ ,点火角 $\beta = 6^{\circ}$ 。随着冷却水温度的不断提高,燃料混合比 $\alpha$ 和过量空气系数 $\lambda$ 根据工况动态变化,直至进入怠速稳定状态。怠速工况,混合燃料电子控制单元8接收曲轴转角位置传感器1的曲轴转角信号,冷却水温度传感器2的冷却水温度信号,节气门

位置传感器 5 的节气门位置信号, 线性氧传感器 7 的空燃比信号, 控制高十六烷值燃料喷嘴 14 和高辛烷值燃料喷嘴 13 同时喷射高十六烷值和高辛烷值燃料, 发出电子节气门控制信号 d, 通过调整电子节气门 15 的开度、燃料混合比  $\alpha$  和点火角  $\beta$  实现内燃机稳定的怠速运行, 燃料混合比  $\alpha = 0.1\text{--}0.3$ , 过量空气系数  $\lambda = 1$ , 点火角  $\beta = 0\text{--}6^\circ$ 。部分负荷和全负荷工况, 混合燃料电子控制单元 8 接收曲轴转角位置传感器 1 的曲轴转角信号, 冷却水温度传感器 2 的冷却水温度信号, 进气温度传感器 3 的进气温度信号, 进气压力传感器 4 的进气压力信号, 节气门位置传感器 5 的节气门位置信号, 爆震传感器 6 的燃烧压力信号, 线性氧传感器 7 的空燃比信号, 控制高十六烷值燃料喷嘴 14 和高辛烷值燃料喷嘴 13 同时喷射高十六烷值和高辛烷值燃料, 发出电子节气门控制信号 d, 通过调整电子节气门 15 的开度、燃料混合比  $\alpha$  和点火角  $\beta$  实现内燃机的部分负荷和全负荷运行, 燃料混合比  $\alpha = 0\text{--}0.3$ , 过量空气系数  $\lambda = 1$ , 点火角  $\beta = 6\text{--}30^\circ$ 。

[0024] 本发明的有益效果是, 针对传统点燃内燃机存在的不足, 提出一种燃料现场混合点燃内燃机及控制方法。本发明的点燃内燃机采用灵活燃料, 根据内燃机的工况实时调整高辛烷值和高十六烷值燃料的配比, 实现高辛烷值和高十六烷值燃料的现场混合, 满足点燃内燃机在全工况对燃料辛烷值的要求。

[0025] 采用高辛烷值和高十六烷值燃料现场混合技术是一条简单可行的技术路线, 可满足火花点火内燃机在不同工况使用不同辛烷值燃料的要求, 即低负荷在高辛烷值燃料中混入较多的高十六烷值燃料, 降低混合燃料的辛烷值, 改善混合燃料的着火性能, 使其能够在较低的负荷和温度下, 特别是低温起动条件下可靠点火; 在中等负荷减少高十六烷值燃料的混入量, 在大负荷采用单一高辛烷值燃料, 避免内燃机爆震。采用以上燃料现场混合点燃燃烧模式, 实现了火花点火内燃机燃料辛烷值的灵活控制, 提高内燃机起动性能、降低了油耗和排放, 成为改善火花点火内燃机性能的简单且实用的技术手段。

## 附图说明

[0026] 图 1 本发明的结构和工作原理图

[0027] 图中 1 曲轴转角位置传感器; 2 冷却水温度传感器; 3 进气温度传感器; 4 进气压力传感器; 5 节气门位置传感器; 6 爆震传感器; 7 线性氧传感器; 8 混合燃料电子控制单元; 9 高辛烷值燃料箱; 10 高辛烷值燃料压力调节器; 11 点火模块; 12 火花塞; 13 高辛烷值燃料喷嘴; 14 高十六烷值燃料喷嘴; 15 电子节气门; 16 内燃机进气管; 17 高十六烷值燃料压力调节器; 18 高十六烷值燃料箱; 19 内燃机活塞; 20 内燃机气缸; 21 内燃机排气管。混合燃料点火控制信号 a; 高辛烷值燃料喷射信号 b; 高十六烷值燃料喷射信号 c; 电子节气门控制信号 d。

## 具体实施方式

[0028] 本实施例对各种工况作了如下实验:

[0029] 实验内燃机为 1 台直列 4 缸 1.6L 电喷汽油机, 按图 1 所示改造成高十六烷值和高辛烷值燃料现场混合点燃式内燃机。实验选用的高十六烷值燃料为二甲醚 ( $C_2H_6O$ ), 高辛烷值燃料为丙烷 ( $C_3H_8$ )。用一台日本堀场株式会社生产的 Horiba-7100DEGR 排放分析仪, 分别测量内燃机各个运行工况下的 HC、CO 和  $NO_x$  排放。

[0030] 1) 起动实验

[0031] 混合燃料电控单元 8 根据冷却水温度  $T_w$  确定高十六烷值和高辛烷值燃料的混合比。电控单元 8 驱动高辛烷值燃料喷嘴 13 以 0.012g/cycle 的喷油量和高十六烷值燃料喷嘴 14 以 0.007g/cycle 的喷油量将高辛烷值燃料和高十六烷值燃料同时喷入进气道, 此时采用的点火角  $\beta = 6^\circ$ 。

[0032] 实验结果表明, 在冷却水温度为 18℃, 按以上的高辛烷值燃料和高十六烷值燃料喷射量, 内燃机能顺利起动, Horiba-7100DEGR 排放分析仪测得 HC 排放为 532ppm, CO 排放为 0.62%,  $NO_x$  排放为 21ppm。而采用单一燃料异辛烷 ( $C_8H_{18}$ ) 点燃的 HC 排放为 1329ppm, CO 排放为 1.08%,  $NO_x$  排放为 34ppm。原因是通过丙烷和二甲醚现场混合使得混合燃料的辛烷值 (RON) 降低到大约 84 低于单一燃料异辛烷的 100, 燃料的着火性能大大提高, 起动容易, 燃烧迅速, 排放物得到较大降低。

[0033] 2) 怠速实验  $n = 800\text{rpm}$ ,  $T_w = 85^\circ\text{C}$ , 节气门开度 0% )

[0034] 电控单元 8 驱动高辛烷值燃料喷嘴 13 以 0.014g/cycle 的喷油量和高十六烷值燃料喷嘴 14 以 0.003g/cycle 的喷油量将高辛烷值燃料和高十六烷值燃料同时喷入进气道, 此时采用的点火角  $\beta = 3^\circ$ 。为了确保怠速稳定, 应采用较部分负荷浓的混合气。

[0035] 实验结果表明, 在冷却水温度为 85℃, 按以上的高辛烷值燃料和高十六烷值燃料喷射量, 内燃机怠速能够稳定在 800+5rpm, Horiba-7100DEGR 排放分析仪测得 HC 排放为 421ppm, CO 排放为 0.6%,  $NO_x$  排放为 97ppm。而采用单一燃料异辛烷 ( $C_8H_{18}$ ) 点燃的 HC 排放为 687ppm, CO 排放为 0.76%,  $NO_x$  排放为 182ppm。原因是通过丙烷和二甲醚现场混合使得混合燃料的辛烷值 (RON) 降低到大约 90 低于单一燃料异辛烷的 100, 在较高冷却水温度下气态燃料丙烷和二甲醚较液态燃料异辛烷更易于与空气的混合, 混合气更稀、燃烧更完全, 排放物得到进一步降低。

[0036] 3) 中等负荷实验  $n = 2000\text{rpm}$ ,  $T_w = 90^\circ\text{C}$ , 节气门开度 35%

[0037] 电控单元 8 驱动高辛烷值燃料喷嘴 13 以 0.018g/cycle 的喷油量和高十六烷值燃料喷嘴 14 以 0.001g/cycle 的喷油量将高辛烷值燃料和高十六烷值燃料同时喷入进气道, 此时采用的点火角  $\beta = 18^\circ$ 。

[0038] 实验结果表明, 在内燃机转速 2000rpm, 冷却水温度为 90℃, 节气门开度 35%, 按以上的高辛烷值燃料和高十六烷值燃料喷射量, Horiba-7100DEGR 排放分析仪测得 HC 排放为 234ppm, CO 排放为 0.45%,  $NO_x$  排放为 464ppm。而采用单一燃料异辛烷 ( $C_8H_{18}$ ) 点燃的 HC 排放为 423ppm, CO 排放为 0.51%,  $NO_x$  排放为 392ppm。原因是通过丙烷和二甲醚现场混合使得混合燃料的辛烷值 (RON) 降低到大约 95, 但在较高冷却水温度下气态燃料丙烷和二甲醚较液态燃料异辛烷更易于与空气的混合, 混合气可更稀、燃烧更完全, HC 和 CO 排放物得到进一步降低, 但  $NO_x$  排放有所提高, 原因是燃烧较完全, 导致缸内温度提高。

[0039] 4) 大负荷实验  $n = 3000\text{rpm}$ ,  $T_w = 90^\circ\text{C}$ , 节气门开度 75% )

[0040] 电控单元 1 驱动高辛烷值燃料喷嘴 13 以 0.025g/cycle 的喷油量将高辛烷值燃料喷入进气道, 此时采用的点火角  $\beta = 26^\circ$ 。

[0041] 实验结果表明, 在内燃机转速 3000rpm, 冷却水温度为 90℃, 节气门开度 75%, 按以上的高辛烷值燃料喷射量, 内燃机功率为 72.2Kw, 而原汽油机为 75.3Kw。Horiba-7100DEGR 排放分析仪测得 HC 排放为 121ppm, CO 排放为 0.26%,  $NO_x$  排放为 521ppm。

而采用单一燃料异辛烷 ( $C_8H_{18}$ ) 的 HC 排放为 254ppm, CO 排放为 0.34%,  $NO_x$  排放为 339ppm。原因是丙烷使得燃料的辛烷值 (RON) 升高到大约 130 大于单一燃料异辛烷的 100, 使得高辛烷值燃料的抗爆能力远高于异辛烷, 内燃机可在较高转速和负荷下稳定工作, 不会发生爆震。但较高的冷却水温度和负荷使得燃烧速度更快, HC 和 CO 排放物进一步降低, 但  $NO_x$  排放有较大提高, 原因是混合气较浓且燃烧更完全, 导致缸内温度更高。

[0042] 上述的内燃机台架试验结果表明, 采用本发明提供的燃料现场混合点燃内燃机及控制方法, 可以在较宽广的转速和负荷范围实现低排放, 该内燃机大负荷功率接近原机的水平。该技术将为车用内燃机达到欧 4 以上排放标准提供一条有效的技术途径。

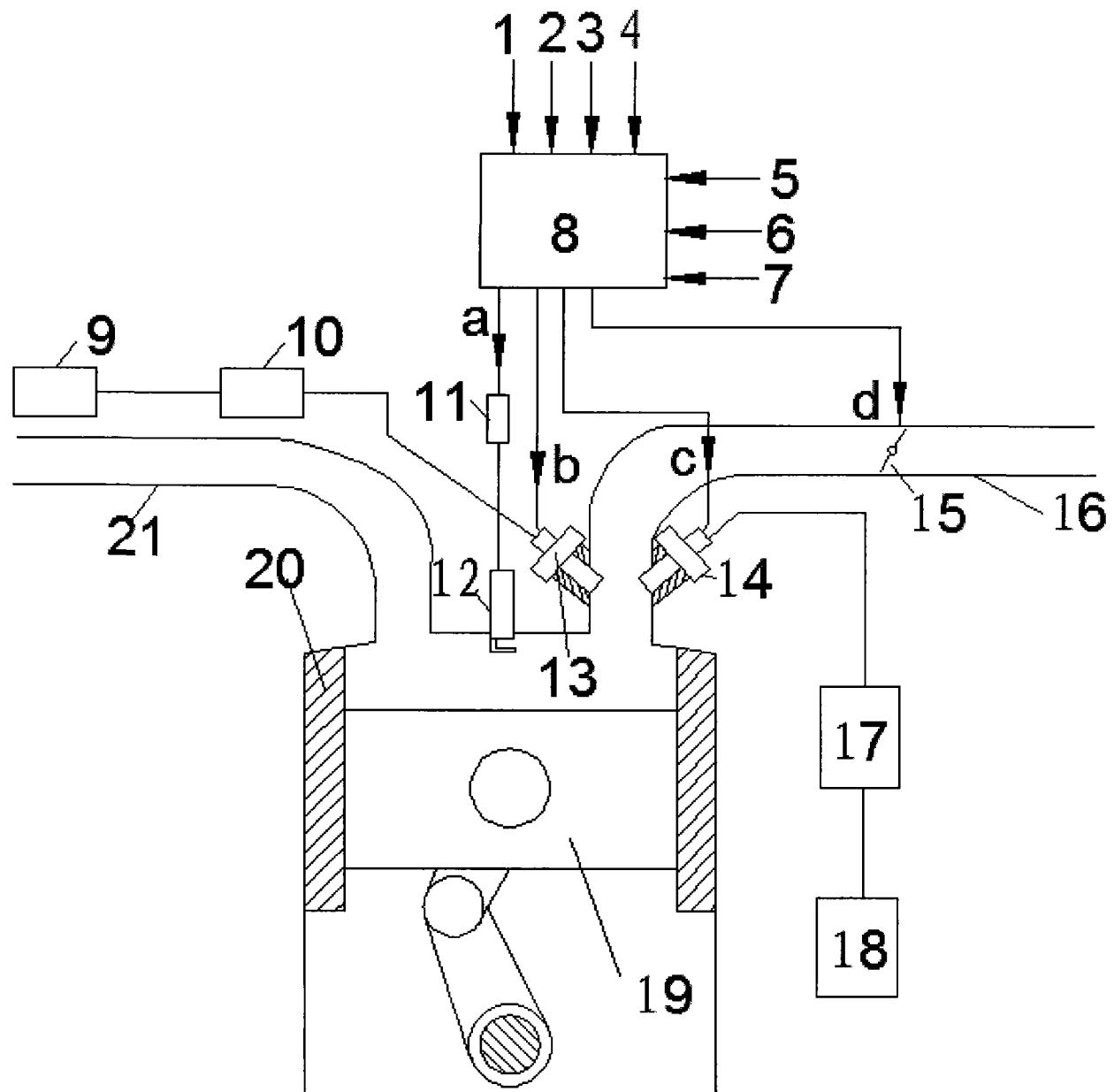


图 1