(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109184926 A
(43)申请公布日 2019.01.11

(21)申请号 201810821184.6

(22)申请日 2018.07.24

(71)申请人 哈尔滨工程大学
地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区南通大街145号哈尔滨工程大学科技处知识产权办公室

(72)发明人 杨立平 罗岩 宋恩哲 姚崇 范立云

(51)Int.Cl.
F02D 19/06(2006.01)
F02D 19/08(2006.01)
F02M 21/02(2006.01)
F02M 61/10(2006.01)
F02M 61/14(2006.01)
F02B 31/04(2006.01)

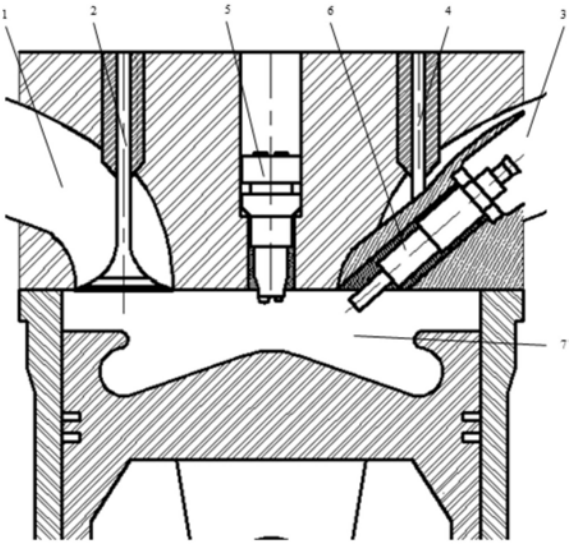
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置及方法

(57)摘要

本发明涉及双燃料发动机领域，具体涉及一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置及方法；一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置，包括：配气系统、燃料供给系统和燃烧室系统，配气系统位于气缸盖上，进气部分与排气部分对称分布于气缸盖两端，燃料供给系统位于气缸盖上，正对下方的燃烧室系统，燃烧室系统由气缸盖与气缸螺栓连接而形成；一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧方法，步骤一：双燃料发动机处于气体模式，步骤二：双燃料发动机在启动、怠速工况时，切换柴油模式；本发明可实现双燃料发动机燃气与燃油双模式快速灵活切换，并且实现双燃料发动机气体模式下混合气浓度分层，以改善燃料动力性、经济性和排放性。



CN 109184926 A

1.一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置,其特征在于,包括:

配气系统、燃料供给系统和燃烧室系统;配气系统位于气缸盖上,进气部分与排气部分对称分布于气缸盖两端;燃料供给系统位于气缸盖上,正对下方的燃烧室系统;燃烧室系统由气缸盖与气缸螺栓连接而形成。

2.根据权利要求1所述的一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置,其特征在于:所述的配气系统,包括:

进气道(1),进气门(2),排气道(3),排气门(4);其中,进气道(1)与进气门(2)位于气缸盖一端,进气门(2)位于进气道(1)末端;排气道(3)与排气门(4)对称分布于气缸盖另一端,排气门(4)位于排气道(3)首端。

3.根据权利要求1所述的一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置,其特征在于:所述的燃料供给系统,包括:

双针阀喷油器(5),缸内直喷喷气阀(6),双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8),双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9);双针阀喷油器(5)由双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8)以及双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)构成,双针阀喷油器(5)位于气缸盖上,并且其中心轴线与气缸中心轴线共线,双针阀喷油器(5)指向正下方燃烧室系统;缸内直喷喷气阀(6)倾斜位于气缸盖上,缸内直喷喷气阀(6)倾斜指向燃烧室系统;双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8)与双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)并排位于双针阀喷油器(5)内部,指向正下方燃烧室系统,双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8)与双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)均有独立的针阀、弹簧、电磁阀、供油通道和多孔喷嘴,双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8)的针阀直径和多孔喷嘴喷孔孔径小于双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)的针阀直径和多孔喷嘴喷孔孔径,相同喷射脉宽情况下,双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)的天然气喷射流量为双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8)的天然气喷射流量的5%。

4.根据权利要求1所述的一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置,其特征在于:所述的燃烧室系统,包括:

缩口ω形燃烧室(7);缩口ω形燃烧室(7)位于气缸盖与气缸之间的活塞顶面,其中心轴线与双针阀喷油器(5)的中心轴线共线,缩口ω形燃烧室(7)的中央凸起正对双针阀喷油器(5)的正下方。

5.一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧方法,其特征在于,包括:

步骤一:双燃料发动机为四冲程发动机,处于气体模式:

双燃料发动机为进气冲程时,通过打开进气门(2)使空气经过进气道(1)进入气缸内,之后进气门(2)关闭,通过缸内直喷喷气阀(6)向气缸内高压喷射天然气,其中天然气喷射量为总量的20%,通过高压天然气射入气缸形成的射流扰动作用将气缸内空气与天然气进行第一次混合,形成稀薄的第一次混合气;双燃料发动机为压缩冲程时,通过缸内直喷喷气阀(6)再次向气缸内高压喷射天然气,其中天然气喷射量为总量的65%,通过高压天然气射入气缸形成的射流扰动作用将气缸内第一次混合气与天然气进行第二次混合,形成当量比混合气;在活塞压缩上止点前20℃A时,通过缸内直喷喷气阀(6)再次向缸内高压喷射天然气,其中天然气喷射量为总量的15%,形成混合气空间局部浓区,气缸内自上而下混合气由浓至稀;同时,在活塞压缩上止点前10℃A～30℃A内,通过双针阀喷油器(5)的双针阀喷油

器内部小流量喷油器针阀体(9)喷射柴油，其中柴油喷射量小于总量5％，柴油经压燃后在气缸内形成多个点火源；所形成的点火源首先引燃双针阀喷油器(5)周围高浓度混合气，随后火焰向四周传播，引燃周围低浓度混合气，最终实现混合气迅速完全燃烧；

步骤二：双燃料发动机在启动、怠速工况或气体模式出现故障时，切换柴油模式：

缸内直喷喷气阀(6)不参与工作，仅双针阀喷油器(5)的双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8)与双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)共同工作；整个过程中，双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)一直处于工作状态；在活塞压缩上止点前10℃A～30℃A内，通过开启双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8)向气缸内供给柴油；柴油经压燃后在气缸内形成多个点火源，所形成的点火源引燃双针阀喷油器(5)周围柴油燃油油滴，随后火焰向四周传播，引燃周围柴油燃油油滴，最终实现柴油燃油油滴迅速完全燃烧。

6.根据权利要求5所述的一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧方法，其特征在于，所述的步骤一，包括：

双燃料发动机为进气冲程时，通过打开进气门(2)使空气经过进气道(1)进入气缸内，之后进气门(2)关闭，通过缸内直喷喷气阀(6)向气缸内高压喷射天然气，其中天然气喷射量为总量的20％，通过高压天然气射入气缸形成的射流扰动作用将气缸内空气与天然气进行第一次混合，形成稀薄的第一次混合气；双燃料发动机为压缩冲程时，通过缸内直喷喷气阀(6)再次向气缸内高压喷射天然气，其中天然气喷射量为总量的65％，通过高压天然气射入气缸形成的射流扰动作用将气缸内第一次混合气与天然气进行第二次混合，形成当量比混合气；在活塞压缩上止点前20℃A时，通过缸内直喷喷气阀(6)再次向缸内高压喷射天然气，其中天然气喷射量为总量的15％，形成混合气空间局部浓区，气缸内自上而下混合气由浓至稀；同时，在活塞压缩上止点前10℃A～30℃A内，通过双针阀喷油器(5)的双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)喷射柴油，其中柴油喷射量小于总量5％，柴油经压燃后在气缸内形成多个点火源；所形成的点火源首先引燃双针阀喷油器(5)周围高浓度混合气，随后火焰向四周传播，引燃周围低浓度混合气，最终实现混合气迅速完全燃烧；

其中，所述的通过在气缸内多次直接喷射天然气，气缸内混合气由上至下形成浓度阶梯分层，同时多次喷射降低了气缸内温度；所述的仅通过双针阀喷油器(5)的双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)工作，精确控制少量引燃柴油的喷射时刻和柴油喷射量。

7.根据权利要求5所述的一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧方法，其特征在于，所述的步骤二，包括：

缸内直喷喷气阀(6)不参与工作，仅双针阀喷油器(5)的双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8)与双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)共同工作；整个过程中，双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)一直处于工作状态；在活塞压缩上止点前10℃A～30℃A内，通过开启双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8)向气缸内供给柴油；柴油经压燃后在气缸内形成多个点火源，所形成的点火源引燃双针阀喷油器(5)周围柴油燃油油滴，随后火焰向四周传播，引燃周围柴油燃油油滴，最终实现柴油燃油油滴迅速完全燃烧；

其中，所述的双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8)与双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)共同利用柴油的冷却作用；所述的双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体(9)同时干扰双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体(8)喷出的柴油燃油形成雾化的柴油燃油油滴。

一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及双燃料发动机领域，具体涉及一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置及方法。

背景技术

[0002] 由于内燃机的发展带来了能源危机和大气环境污染等问题。在城市环境污染中，汽车尾气排放的CO、HC化合物、NO_X、和PM成为城市大气环境的主要污染源。由此造成城市雾霾和酸雨等恶劣天气现象。船舶发动机排放废气中的SO_X和NO_X等成为港口、海峡、船舶流量大的海区和内陆河周边地区的主要污染源，内燃机排放对大气环境造成的污染已经引起国际社会广泛的关注，世界各国相继制定了严苛的排放法规，给内燃机技术发展带来了更高的挑战。

[0003] 目前解决能源短缺和环境污染问题的热门方法是使用替代燃料。天然气以其燃烧高效、清洁环保、抗爆性好等特点成为最有潜力的柴油机替代燃料。同时我国天然气储量丰富且天然气管网已经建成，有利于天然气发动机和柴油/天然气发动机的推广使用。

[0004] 并且，由于柴油/天然气双燃料发动机具有较好的排放性能，天然气的主要成分是甲烷，而甲烷的辛烷值高，具有较高的抗爆震性能，因此将柴油机改装成柴油/天然气双燃料发动机可以继承柴油机的高压缩比特点，掺烧天然气后发动机不易发生爆震，保证了双燃料发动机的动力性和可靠性。同时对柴油机的机械结构改动较少，改装成本低，改装成柴油/天然气双燃料发动机后能够带来较大的经济利益和排放性能。

[0005] 目前，传统的柴油/天然气双燃料发动机一般是在保留原有柴油喷油器的基础上，加装一个柴油喷油器用于在气体模式下向缸内供给少量柴油。这存在三个问题：一是需要在气缸盖上布置两个安装孔，气缸盖面积一定，增加了气缸盖的损耗；二是在气体模式发生故障或启动、怠速工况时，需要切换为柴油模式，由于柴油和天然气的供给方式不同，当两种模式发生切换时，会引起发动机波动，同时两个喷油器也要进行切换，会产生切换延时，影响发动机工作稳定性；此外，柴油/天然气双燃料发动机燃气供气方式一般采用进气道喷射，这使得充气效率较低，降低了发动机的输出功率。并且在扫气过程中，会将一部分未燃混合气排出，影响发动机的燃料经济性。

[0006] 申请号为CN107796629A的专利，一种模拟甲醇/柴油双燃料发动机多种燃烧模式的定容燃烧弹系统与方法，通过调节甲醇相对于柴油的喷射时刻，实现多种燃烧模式；申请号为CN106930849A的专利，一种双燃料发动机燃烧模式的切换控制方法，针对燃用汽油和柴油两种燃料发动机，且两种燃料供油和点火方式不同，提出了不同燃烧模式之间的切换控制方法。但是其装置结构比较复杂，发动机工作稳定性和燃料经济性仍有待提高。

发明内容

[0007] 本发明实施例在于提供一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置及方法，以实现双燃料发动机燃气与燃油双模式快速灵活切换，并且实现双燃料发动机气体模式下

混合气浓度分层，以改善燃料动力性、经济性和排放性。

[0008] 第一方面，本发明实施例提供一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置，包括：

[0009] 配气系统、燃料供给系统和燃烧室系统；配气系统位于气缸盖上，进气部分与排气部分对称分布于气缸盖两端；燃料供给系统位于气缸盖上，正对下方的燃烧室系统；燃烧室系统由气缸盖与气缸螺栓连接而形成；

[0010] 配气系统，包括进气道1，进气门2，排气道3，排气门4；其中，进气道1与进气门2位于气缸盖一端，进气门2位于进气道1末端；排气道3与排气门4对称分布于气缸盖另一端，排气门4位于排气道3首端；

[0011] 燃料供给系统，包括双针阀喷油器5，缸内直喷喷气阀6，双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8，双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9；双针阀喷油器5由双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8以及双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9构成，双针阀喷油器5位于气缸盖上，并且其中心轴线与气缸中心轴线共线，双针阀喷油器5指向正下方燃烧室系统；缸内直喷喷气阀6倾斜位于气缸盖上，缸内直喷喷气阀6倾斜指向燃烧室系统；双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8与双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9并排位于双针阀喷油器5内部，指向正下方燃烧室系统，双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8与双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9均有独立的针阀、弹簧、电磁阀、供油通道和多孔喷嘴，双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8的针阀直径和多孔喷嘴喷孔孔径小于双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9的针阀直径和多孔喷嘴喷孔孔径，相同喷射脉宽情况下，双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9的天然气喷射流量为双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8的天然气喷射流量的5％；

[0012] 燃烧室系统，包括缩口ω形燃烧室7；缩口ω形燃烧室7位于气缸盖与气缸之间的活塞顶面，其中心轴线与双针阀喷油器5的中心轴线共线，缩口ω形燃烧室7的中央凸起正对双针阀喷油器5的正下方；

[0013] 第二方面，本发明实施例提供一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧方法，包括：

[0014] 步骤一：双燃料发动机为四冲程发动机，处于气体模式：

[0015] 双燃料发动机为进气冲程时，通过打开进气门2使空气经过进气道1进入气缸内，之后进气门2关闭，通过缸内直喷喷气阀6向气缸内高压喷射天然气，其中天然气喷射量为总量的20％，通过高压天然气射入气缸形成的射流扰动作用将气缸内空气与天然气进行第一次混合，形成稀薄的第一次混合气；双燃料发动机为压缩冲程时，通过缸内直喷喷气阀6再次向气缸内高压喷射天然气，其中天然气喷射量为总量的65％，通过高压天然气射入气缸形成的射流扰动作用将气缸内第一次混合气与天然气进行第二次混合，形成当量比混合气；在活塞压缩上止点前20℃A时，通过缸内直喷喷气阀6再次向缸内高压喷射天然气，其中天然气喷射量为总量的15％，形成混合气空间局部浓区，气缸内自上而下混合气由浓至稀；同时，在活塞压缩上止点前10℃A～30℃A内，通过双针阀喷油器5的双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9喷射柴油，其中柴油喷射量小于总量5％，柴油经压燃后在气缸内形成多个点火源；所形成的点火源首先引燃双针阀喷油器5周围高浓度混合气，随后火焰向四周传播，引燃周围低浓度混合气，最终实现混合气迅速完全燃烧；

[0016] 步骤二:双燃料发动机在启动、怠速工况或气体模式出现故障时,切换柴油模式:

[0017] 缸内直喷喷气阀6不参与工作,仅双针阀喷油器5的双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8与双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9共同工作;整个过程中,双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9一直处于工作状态;在活塞压缩上止点前10℃A～30℃A内,通过开启双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8向气缸内供给柴油;柴油经压燃后在气缸内形成多个点火源,所形成的点火源引燃双针阀喷油器5周围柴油燃油油滴,随后火焰向四周传播,引燃周围柴油燃油油滴,最终实现柴油燃油油滴迅速完全燃烧;

[0018] 所述步骤一,包括:

[0019] 双燃料发动机为进气冲程时,通过打开进气门2使空气经过进气道1进入气缸内,之后进气门2关闭,通过缸内直喷喷气阀6向气缸内高压喷射天然气,其中天然气喷射量为总量的20%,通过高压天然气射入气缸形成的射流扰动作用将气缸内空气与天然气进行第一次混合,形成稀薄的第一次混合气;双燃料发动机为压缩冲程时,通过缸内直喷喷气阀6再次向气缸内高压喷射天然气,其中天然气喷射量为总量的65%,通过高压天然气射入气缸形成的射流扰动作用将气缸内第一次混合气与天然气进行第二次混合,形成当量比混合气;在活塞压缩上止点前20℃A时,通过缸内直喷喷气阀6再次向缸内高压喷射天然气,其中天然气喷射量为总量的15%,形成混合气空间局部浓区,气缸内自上而下混合气由浓至稀;同时,在活塞压缩上止点前10℃A～30℃A内,通过双针阀喷油器5的双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9喷射柴油,其中柴油喷射量小于总量5%,柴油经压燃后在气缸内形成多个点火源;所形成的点火源首先引燃双针阀喷油器5周围高浓度混合气,随后火焰向四周传播,引燃周围低浓度混合气,最终实现混合气迅速完全燃烧;

[0020] 其中,所述的通过在气缸内多次直接喷射天然气,气缸内混合气由上至下形成浓度阶梯分层,同时多次喷射降低了气缸内温度;所述的仅通过双针阀喷油器5的双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9工作,精确控制少量引燃柴油的喷射时刻和柴油喷射量;

[0021] 所述步骤二,包括:

[0022] 缸内直喷喷气阀6不参与工作,仅双针阀喷油器5的双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8与双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9共同工作;整个过程中,双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9一直处于工作状态;在活塞压缩上止点前10℃A～30℃A内,

[0023] 通过开启双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8向气缸内供给柴油;柴油经压燃后在气缸内形成多个点火源,所形成的点火源引燃双针阀喷油器5周围柴油燃油油滴,随后火焰向四周传播,引燃周围柴油燃油油滴,最终实现柴油燃油油滴迅速完全燃烧;

[0024] 其中,所述的双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8与双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9共同利用柴油的冷却作用;所述的双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9同时干扰双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8喷出的柴油燃油形成雾化的柴油燃油油滴;

[0025] 本发明的有益效果在于:

[0026] 1.本发明能够根据双燃料发动机的实际工况,通过控制双针阀喷油器的双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体以及双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体协同工作,实现双燃料发动机气体模式与柴油模式双模式快速灵活切换;

[0027] 2.通过在气体模式下,控制天然气的喷射时刻和单次喷射量,利用气缸内挤流作

用，使得最后喷射的天然气分布在喷油器附近，整体气缸内天然气浓度合理分布，提高点火稳定性，有利于火焰传播，实现缸内分层快速燃烧，提高燃烧速率；同时缸内多次喷射天然气，能够一定程度上降低缸内温度，有效减少NOx的排放；

[0028] 3.通过在柴油模式下，采用双针阀喷油器的双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体以及双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体同时工作的方式，同时利用柴油的冷却作用，达到两个喷油器的冷却程度一致，受到热应力相同，提高双针阀喷油器的工作可靠性；同时，也使得双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体以及双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体及对应针阀受力均匀，所喷射的柴油燃油油滴相互影响、相互扰动，进一步促进柴油的雾化和缸内燃料的均匀混合；

[0029] 4.通过双针阀喷油器喷嘴上多孔喷嘴的角度和布置位置，柴油模式下燃油在燃烧室内均匀喷射，缸内直喷喷气阀与缩口ω形燃烧室一同控制缸内混合气形成；缩口ω形燃烧室较大的挤气面积增强了压缩接近上止点时缸内的挤流强度，有利于缸内燃气的快速混合；缩口ω形燃烧室中央凸起产生导流作用，在压缩接近上止点时引导气流向燃烧室两侧流动，有利于火焰的传播，缩短快速燃烧期；缩口ω形燃烧室中央凸起的导流作用与缸内挤流作用相互耦合，进一步促进气流扰动，有利于混合气的快速均匀混合；缩口ω形燃烧室增加了压缩冲程接近终点时缸内挤流强度，增强了缸内湍动能，促进燃气快速混合；

附图说明

[0030] 图1为一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置结构示意图；

[0031] 图2为本发明气体模式下活塞压缩上止点前双针阀喷油器工作状态示意图以及气缸内可燃混合气浓度分布图；

[0032] 图3为本发明柴油模式下活塞压缩上止点前双针阀喷油器工作状态示意图；

[0033] 图4为本发明双针阀喷油器喷嘴部分示意图；

具体实施方式

[0034] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本发明做进一步描述：

[0035] 图1为一种基于双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧装置结构示意图；

[0036] 图2为本发明气体模式下活塞压缩上止点前双针阀喷油器工作状态示意图以及气缸内可燃混合气浓度分布图；

[0037] 图3为本发明柴油模式下活塞压缩上止点前双针阀喷油器工作状态示意图；

[0038] 图4为本发明双针阀喷油器喷嘴部分示意图；

[0039] 所述附图中：进气道1，进气门2，排气道3，排气门4，双针阀喷油器5，缸内直喷喷气阀6，缩口ω形燃烧室7，双针阀喷油器内部大流量喷油器针阀体8，双针阀喷油器内部小流量喷油器针阀体9；

[0040] 本发明的技术方案是这样实现的：

[0041] 如图1所示的一种带有双针阀喷油器的双燃料发动机燃烧系统及燃烧控制方法，包括进气道1，进气门2，排气道3，排气门4，双针阀喷油器5，缸内直喷喷气阀6，缩口ω形燃烧室7。气缸盖上布置有双针阀喷油器5，双针阀喷油器5的中心轴线与气缸中心轴线共线。

双针阀喷油器5具有由两个流量不同的喷油器组合成的一体结构，每个喷油器具有独立的针阀、弹簧、电磁阀、供油通道和多孔喷嘴，通过控制系统操作两个独立的针阀开启和关闭，从而控制双针阀喷油器5在不同的燃烧模式下工作。两个针阀的直径和多孔喷嘴的喷孔孔径不同，较小直径的针阀和多孔喷嘴对应小流量喷油器。相同喷射脉宽情况下小流量喷油器天然气喷射流量为大流量喷油器天然气喷射流量的5％左右。气体模式下只控制小流量喷油器工作，向缸内喷射少量的引燃柴油；柴油模式下控制两个喷油器同时工作。缸内直喷喷气阀6倾斜布置在气缸盖上，用于向缸内多次直喷天然气。通过控制天然气的喷气时刻和喷射量，实现缸内天然气浓度的分层分布，一定浓度的天然气合理地分布在柴油喷油器附近；控制柴油的喷射时刻和压力，引燃缸内混合气。活塞顶面中央位置设有一个缩口ω形燃烧室7。缩口ω形燃烧室7中心轴线与双针阀喷油器5中心轴线共线，通过双针阀喷油器5多孔喷嘴的角度和布置位置的设计保证在柴油模式下燃油在燃烧室内均匀喷射。缩口形燃烧室7较大的挤气面积增强了压缩接近上止点时缸内的挤流强度，有利于缸内燃气的快速混合。ω形燃烧室7中央凸起会产生导流作用，在压缩接近上止点时引导气流向燃烧室两侧流动，有利于火焰的传播，缩短快速燃烧期。中央凸起的导流作用与缸内挤流作用相互耦合，进一步促进气流扰动，有利于混合气的快速均匀混合。

[0042] 结合图2和图4，发动机在气体模式下工作过程为：

[0043] 发动机为四冲程发动机，在发动机进气冲程，空气经过进气道进入气缸内。在进气门关闭后，缸内直喷喷气阀6开始工作，向缸内高压喷射天然气，天然气喷射量大约为总量的20％。具有一定压力的天然气射入气缸内，在天然气射流的扰动作用下与气缸内空气进行第一次混合，形成相对稀薄的混合气。在发动机进入压缩冲程后，再次控制喷气阀6向缸内高压喷射天然气，天然气喷射量大约为总量的65％，天然气与稀薄混合气在缸内混合，形成的混合气接近当量比混合气。在压缩冲程接近终点，考虑到喷油时刻的提前，在活塞接近压缩上止点前20℃A时，再次向缸内高压喷射少量的天然气，此次天然气喷射量大约为总量的15％，实现空间上的局部燃气浓区，缸内自上而下由浓至稀。在压缩上止点前10℃A-30°

[0044] CA范围内，控制双针阀喷油器5的小流量喷油器喷射少量柴油，柴油喷射量小于总能量5％，柴油经压燃后在气缸内形成多个点火源，首先引燃双针阀喷油器5周围的较浓可燃混合气，这有利于点火稳定性。随后火焰向四周传播，引燃浓混合气周围相对稀薄的可燃混合气，稀薄可燃混合气迅速燃烧，有利于缩短燃烧持续期，提高燃烧效率。同时缸内多次喷射天然气，能够一定程度上降低缸内温度，有效减少NOx的排放。

[0045] 当发动机处于启动、怠速工况或气体模式出现故障时，发动机切换为柴油模式工作，工作原理为：

[0046] 结合图3和图4，缸内直喷喷气阀不工作，双针阀喷油器5的两个喷油器共同工作。双针阀喷油器5大流量喷油器的针阀开启，向缸内供给柴油，燃油喷射时刻在压缩上止点前10-30℃A范围内。大流量喷油器喷嘴部分具有更大的喷孔孔径，可以供给更多的柴油。为了保证两个喷油器均受到柴油的冷却作用，受到的热应力平衡，小流量喷油器必须处于工作状态。同时，由于两个喷油器的喷嘴部分距离较近，经过小流量喷油器射出的柴油油束对大流量喷油器射出的柴油油束存在一定影响，油束液滴之间相互碰撞，促进柴油大液滴破碎成小液滴，有利于燃油油滴破碎和燃油的雾化，提高发动机在柴油模式下的动力性能。

[0047] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述，但并非对本发明保护范

围的限制，所属领域技术人员应该明白，在本发明的技术方案的基础上，本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

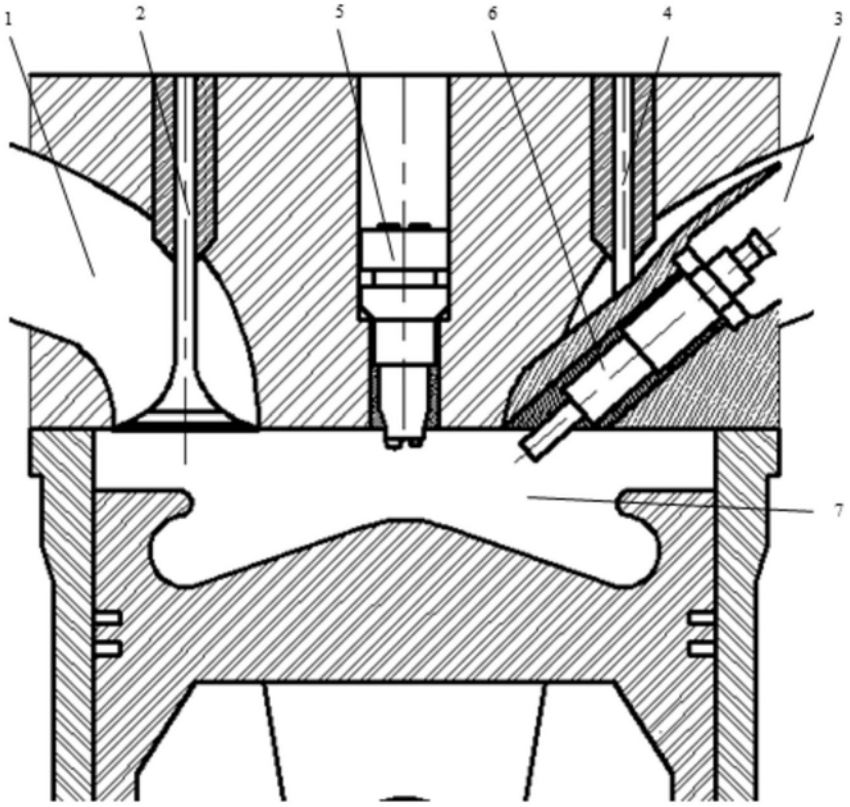


图1

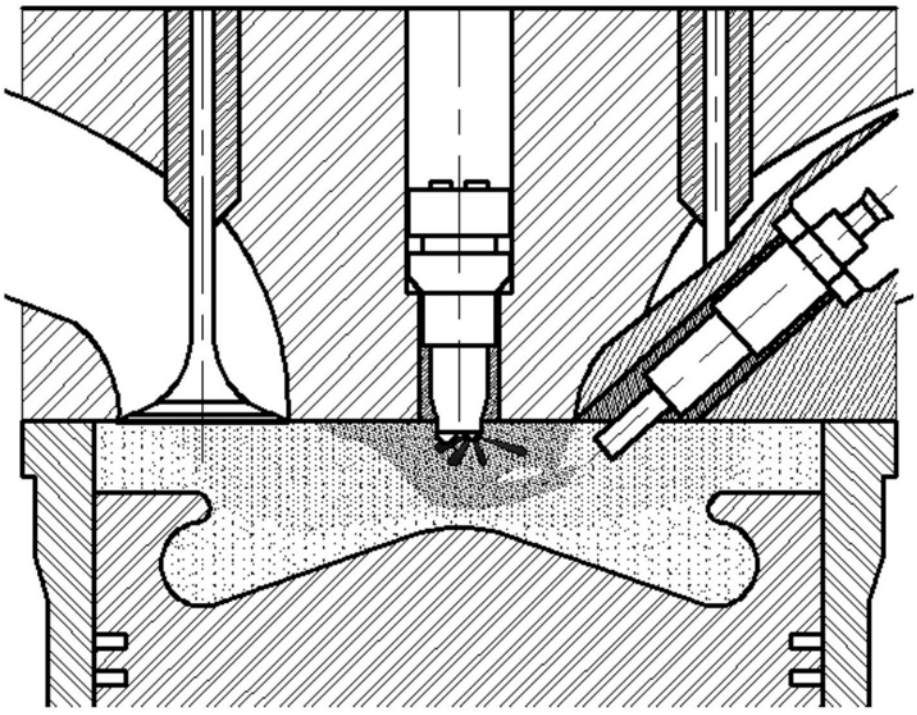


图2

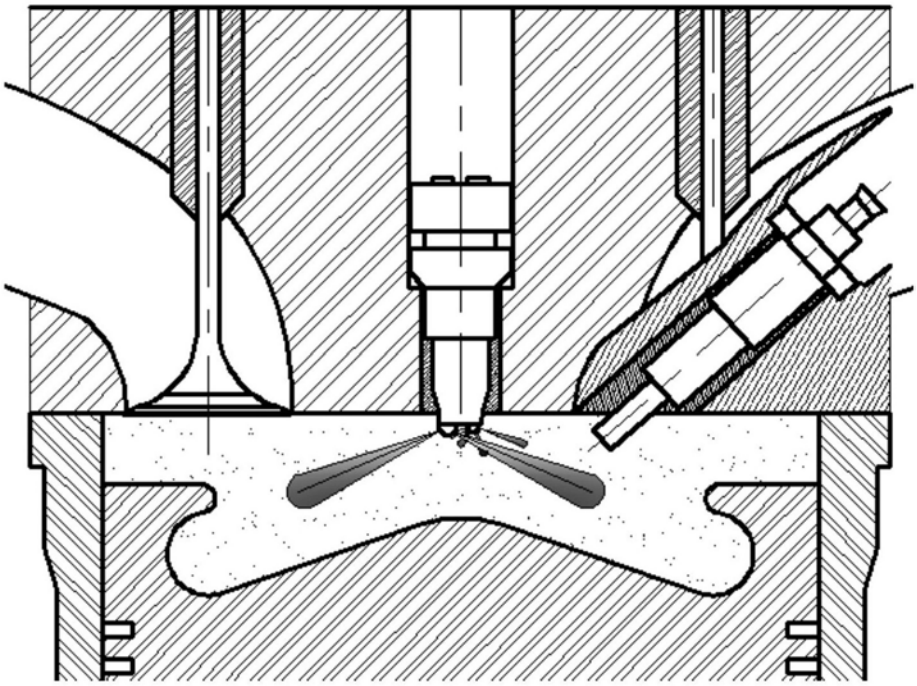


图3

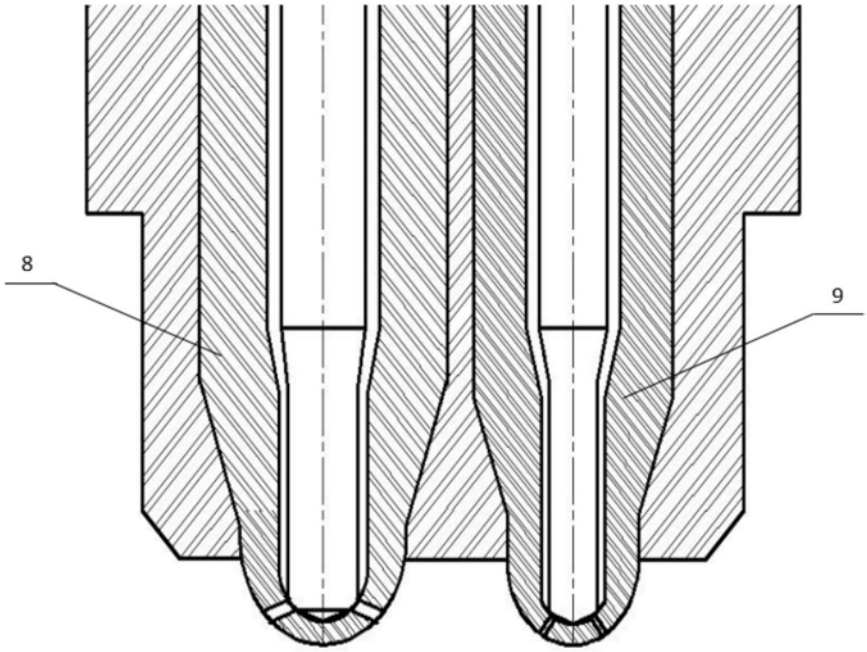


图4