

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F02D 43/00 (2006.01)

F02B 43/12 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510000259.7

[45] 授权公告日 2009年2月18日

[11] 授权公告号 CN 100462538C

[22] 申请日 2005.1.7

[21] 申请号 200510000259.7

[73] 专利权人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街
5号

[72] 发明人 刘福水 刘兴华

[56] 参考文献

WO9828528A1 1998.7.2

US5603290A 1997.2.18

CN1523217A 2004.8.25

JP2003013765A 2003.1.15

审查员 康红艳

[74] 专利代理机构 北京理工大学专利中心

代理人 杨志兵

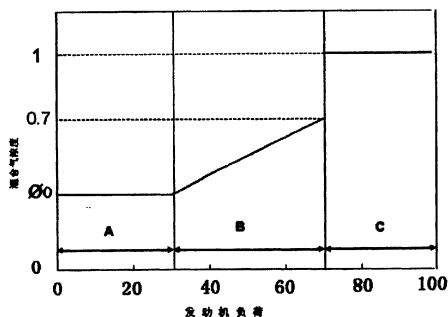
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

[54] 发明名称

一种氢气发动机的燃烧控制系统

[57] 摘要

本发明旨在提出一种氢气发动机的燃烧控制系统及其控制策略，其优点是：用现代精确控制技术，分三步，分别由节气门、喷油量、EGR 控制氢气-空气混合气的浓度。(1)在怠速和30%额定负荷下，发动机应当运转在非常低的燃空比 Φ_0 下，并且要用节气门控制发动机的功率输出。这时的燃空比既能使 NO 的排放量极低又能保证发动机达到良好的经济性。(2)在30% - 70%额定负荷下，混和气浓度随负荷大小在 Φ_0 到 0.7 之间调整。(3)在70%额定负荷以上时，发动机应当在当量燃空比下运转，而功率输出则由废气再循环(EGR)率控制。因此，随着燃空比增加，燃烧效率降低很小达到最低排放要求和理想的功率输出的燃烧控制。



1. 一种氢气发动机的燃烧控制方法，其特征在于：

当发动机处于怠速和小负荷时，用节气门控制发动机的功率输出，即，ECU 分别控制节气门的开度和氢气喷射量，使混合气控制在最低稳定当量浓度 Φ_0 ，合适的最低稳定当量浓度 Φ_0 的范围是 0.2~0.3；

当发动机在中等负荷运转时，功率输出由混合气浓度来控制，即，使节气门处于全开状态；电子控制单元根据油门踏板信号判断负荷的大小，并指令喷嘴喷射一定量的氢气，控制混合气当量浓度在 Φ_0 到 0.7 之间变化；

当发动机处于大负荷及额定负荷时，应当在化学当量比 ($\Phi=1$) 下运转，其功率输出由废气再循环(EGR)率控制，即，节气门依然保持全开状态，EGR 阀在 ECU 的控制下调节 EGR 率以调整缸内有效充量，从而控制发动机功率的输出和 NO 生成量。

一种氢气发动机的燃烧控制系统

技术领域

本发明涉及一种氢气发动机的燃烧控制系统，属于机械电子领域，其技术方案是为氢气发动机的燃烧系统提供一种现代控制模型。

背景技术

世界上 90% 的能源需求来自于化石类燃料，比如煤、石油和天然气。一半以上的石油被内燃机所消耗。随着环境污染的日益严重、人类对能源需求的日益增长、化石类能源的日益匮乏，人们对内燃机的要求越来越高，包括新技术、新能源的开发利用。

氢气发动机与传统的内燃机相比显示出了强大的优势：原料蕴藏量巨大，而且可以循环使用；燃烧零污染，也就是说，氢燃料汽车的排放极低或者可以忽略；着火范围宽，经济性好，即，氢发动机可以在很低的燃空比下燃烧运转，既经济又有利于降低 NO_x 的排放；热效率高，是由于氢的自燃温度很高，压缩比可以很高，而且，氢的热值也很高。

氢气发动机与传统的内燃机有着类似的结构和工作原理。它是活塞式内燃机，有四个工作行程：进气行程吸入氢-空气混合气，充气量由节气门控制，（或将氢气直接喷入汽缸）；压缩行程将吸入的混合气进行压缩，在压缩上止点附近火花点火燃烧；膨胀行程由高压燃气推动活塞做功；排气行程将废气排出汽缸外，部分废气再循环利用（EGR）以控制 NO_x 排放。其整个工作过程由电控系统管理。

燃烧过程决定着发动机的功率、燃料消耗和排放。由于氢和空气可以在很宽的浓度范围内混合燃烧，而其不同浓度下的燃烧对发动机的性能和排放影响巨大，所以，制定合理的混合气燃烧控制策略，对于氢发动机来说是至关重要的。

不同的氢-空气混合气浓度对氢发动机的性能影响机理如下：

（1） NO 排放。稀薄燃烧将显著降低 NO 排放，这是由于大的过量空气系数致使最高燃烧温度极大地降低。但随着混合气浓度的增加， NO 排放量将急剧增加。而在化学当量比下，尽管最高燃烧温度比其它情况下高， NO 排放量却会显著降低。这种现象是由于氢比氮更容易与氧反应，当氢燃烧完后，氧也被消耗殆尽，再没有氧可以与氮反应了。

(2) 扭矩输出。与汽油发动机一样，高的混合气浓度将会得到高的扭矩输出，如图 4 所示。

(3) 最高平均压力和最高燃烧温度将随着氢混合浓度的增加线性的增加。这将要求发动机有更高的结构强度，造成发动机重量和体积增加。同时要求发动机具有高的耐热负荷的能力。同时发动机的冷却系统也须强化，以保证发动机正常的运转。当发动机额外的功率损失在冷却系统中时，机械效率也同时在降低。热效率在富氢燃烧时（燃空比 $\Phi_0 > 1$ ）将变得很低，如图 2 所示。

发动机性能优化的主要目标是排放和有效热效率。氢发动机的唯一燃烧排放物是 NO，而 NO 的生成量随燃烧温度的变化而剧烈改变。通过控制空燃比来控制燃烧温度是控制 NO 排放的关键。NO 的排放量随氢气当量比变化的特性曲线如附图 1 所示。从图中我们可以看出从氢气当量比从 0.7—0.95 这一段内，NO 的生成量急剧增加达到峰值后又回落。

发明内容

本发明所涉及的燃烧控制系统的构成有：空气虑清器、空气流量计、进气管、节气门及进气门构成进气系统；氢气喷射器和火花塞安装在缸盖上，喷嘴将氢喷在进气门之前的气道中随空气一起进入燃烧室或直接喷入燃烧室，由火花塞在合适的相位角将混合气点燃；适量燃烧废气引入进气系统，引入量由 EGR 控制阀控制；ECU（发动机控制单元）是整个发动机管理系统的核心，相关信号（比如缸内压力、进气压力、空气流量、曲轴凸轮轴转速及其相位等）输入 ECU，经过 ECU 计算输出节气门开度、EGR 控制阀开度、喷射持续期及点火时刻等控制信号。

整个系统的工作过程是：发动机运转时，空气经滤清器进入进气总管，流经空气流量计并计量进气量，并将进气量信号传给 ECU。在怠速和 30%额定负荷以下时，节气门接受 ECU 的指令控制气缸进气量的大小，喷嘴在 ECU 的控制下喷射氢气，使混合气控制在最低稳定浓度 Φ_0 。在活塞的压缩上止点附近火花塞在 ECU 的控制下点燃混合气。在 30%—70%额定负荷时节气门全开，ECU 根据油门踏板信号判断负荷的大小，并指令喷嘴喷射一定量的氢气，使混合气浓度控制在 Φ_0 到 0.7 之间。在 70%额定负荷以上时，节气门依然保持全开，氢气的喷射量控制在保证氢气的当量比为 1，EGR 阀在 ECU 的控制下调节 EGR 率，调整气缸内混合气的浓度，从而控制发动机功率的输出和 NO 生成量。

为了达到降低排放及燃油消耗率的目标并控制功率的输出，根据氢-空气的

混合气浓度对发动机性能的影响机理,本发明所涉及的氢发动机燃烧控制系统可分为三个控制范围(如图3所示):

(1) 在怠速和30%额定负荷下,发动机应当运转在非常低的燃空比 Φ_0 下,并且要用节气门控制发动机的功率输出。因为过稀的混合气将会是燃烧速度降低,合适的燃空比范围是0.2—0.3。具体的燃空比值 Φ_0 要根据实验对发动机进行标定。这时的燃空比既能使NO的排放量极低又能保证发动机达到良好的经济性。

(2) 在30%—70%额定负荷下,混和气浓度随负荷大小在 Φ_0 到0.7之间调整。这时节气门全开,发动机功率输出由混合气浓度控制,在达到NO排放要求的情况下保证足够的动力输出。

(3) 在70%额定负荷以上时,发动机应当在当量燃空比下运转,而功率输出则由废气再循环(EGR)率控制。随着燃空比增加,燃烧效率降低很小。所以,我们用EGR的控制方法能有效地增大混合气热容,降低燃烧温度,从而控制NO生成量。

附图说明

图1所示是NO排放量随着混合气中氢的当量比的变化规律。由图中曲线变化趋势可知,发动机稀薄燃烧,即氢的浓度低于0.7时,NO的排放量极低,但当氢的浓度在0.7—0.95时NO的排放量几乎直线上升。当氢的浓度接近理论化学当量比时NO的排放量急剧下降到零。

图2表示发动机的热效率随混合气氢浓度的变化规律。在氢浓度小于1的情况下,热效率随 Φ_0 的增加而降低,但降低很小。

图3表示发动机对应不同负荷时的混合气氢浓度的控制策略。分为三部分:A,发动机在怠速和部分负荷(0—30%额定负荷)时,燃空比由节气门的开度控制, Φ_0 值控制在0.2—0.3之间;B,在中负荷(30%—70%额定负荷)时,节气门保持在100%的开度,ECU根据不同的负荷信号精确计算氢的喷射量,使混合气浓度控制在 Φ_0 —0.7之间线性地变化;C,高负荷(70%—额定负荷)时,节气门依然保持全开,氢的当量比保持定值1。功率输出由废气再循环率来控制。

图4表示发动机的平均有效压力随混合气中氢浓度的变化规律。从图中可以看出,平均有效压力随着燃气密度的增加而增加。

图5是氢发动机进气、氢喷射及控制系统结构、原理简图。1是火花塞,2是燃烧室,3是氢气喷射器,4是进气总管,5是活塞,6是节气门,7是废气再

循环控制阀，8 是发动机控制单元，9 是空气滤清器，10 是油门踏板，11 是空气流量计。Q 表示进气量。

具体实施方式

结合图 3 和图 5 介绍本发明的具体控制过程。

1、在发动机怠速及小负荷（0—30%额定负荷）时，由节气门开度控制发动机的功率。此时进行量调节，即当油门踏板在 0—30%范围内变化时（油门踏板位置表示负荷的大小），节气门开度对应应在 0—100%范围内变化。油门位置传感器将表示负荷大小的信号传送给 ECU（电控单元），并依此计算出合适的喷油量，同时确定节气门开度，使混合气控制在最低稳定浓度 Φ_0 ，具体值由实验标定确定。

2、中负荷（30%—70%额定负荷）时，节气门保持在 100%的开度。此时功率进入质调节，ECU 根据不同的负荷信号精确计算氢的喷射量，使混合气浓度控制在 Φ_0 之间线性地变化。此时在过量空气条件下，燃烧速度及功率输出完全由喷入的氢气体量决定，充分燃烧。随着负荷增加（从 30%到 70%）不断提高氢气的供给量，以达到控制混合物浓度线性增加。

3、高负荷（70%额定负荷—额定负荷）时，节气门依然保持全开，此时，氢的喷射量由与进气量相关的化学当量决定，当量比保持定值 1。功率输出由废气再循环率来控制，即，ECU 根据负荷信号计算 EGR 率的大小，利用 EGR 的比例来控制有效充量，以实现输出功率的调节。

本发明旨在提出一种氢气发动机的燃烧控制系统及其控制策略。本发明的优点是：用现代精确控制技术，分三步，分别由节气门、喷油量、EGR 控制氢气-空气混合气的浓度，达到最低排放要求和理想的功率输出的燃烧控制。

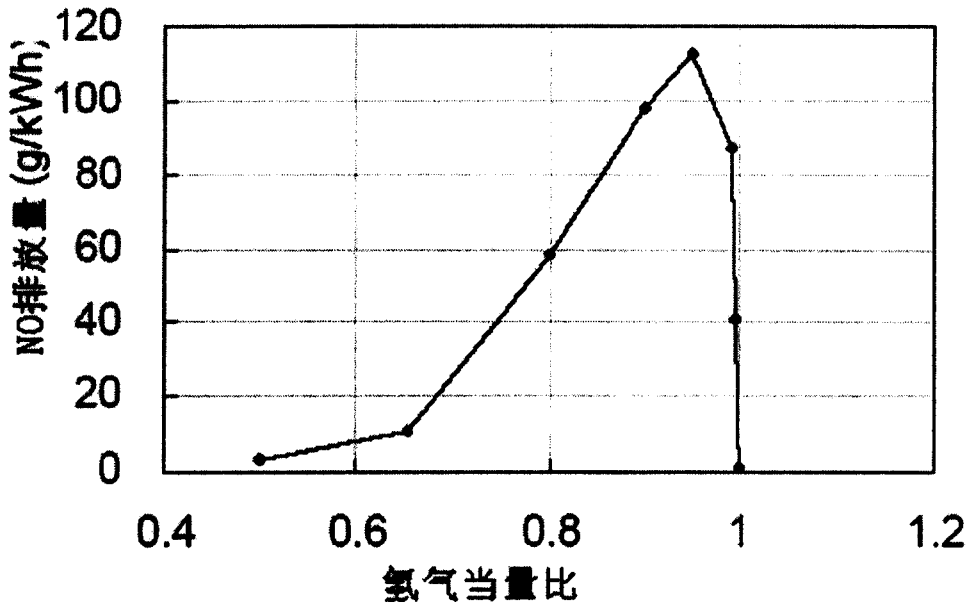


图 1

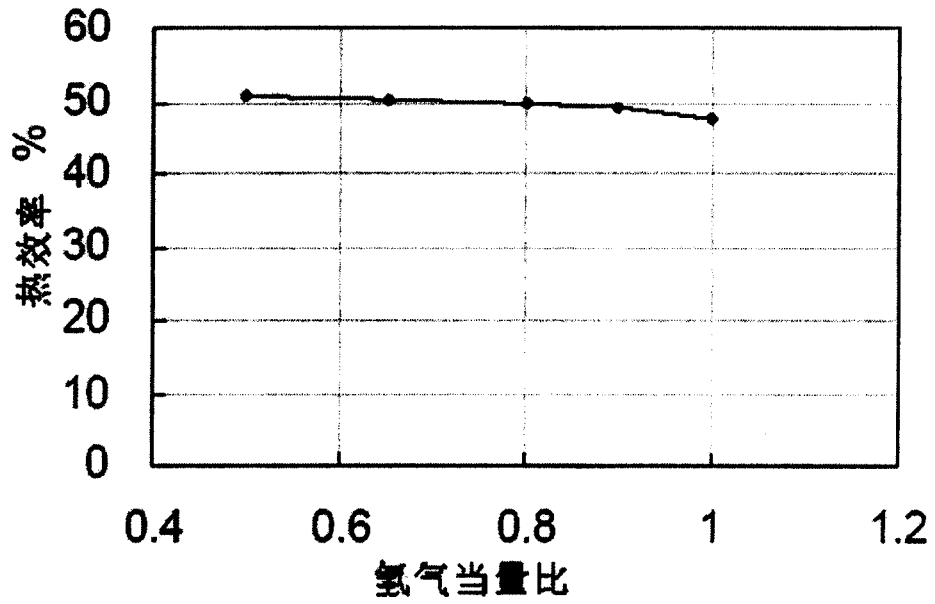


图 2

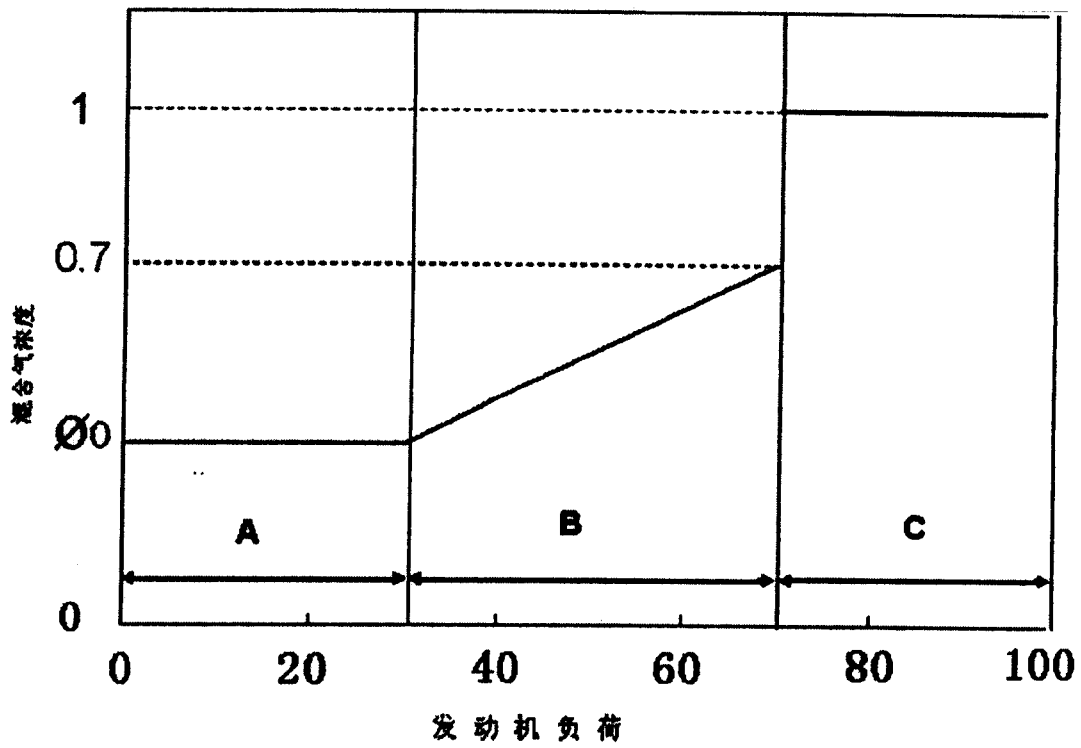


图 3

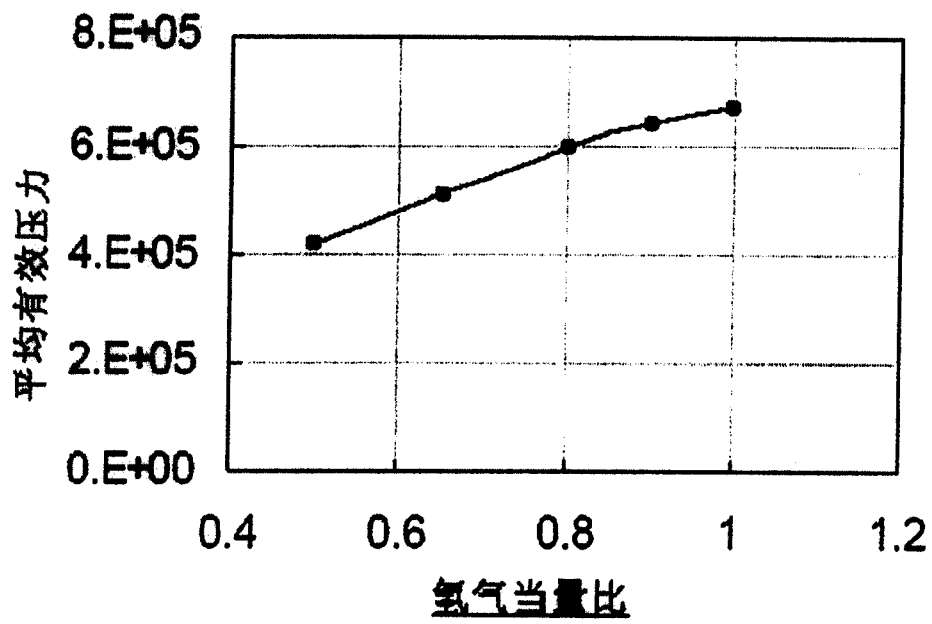


图 4

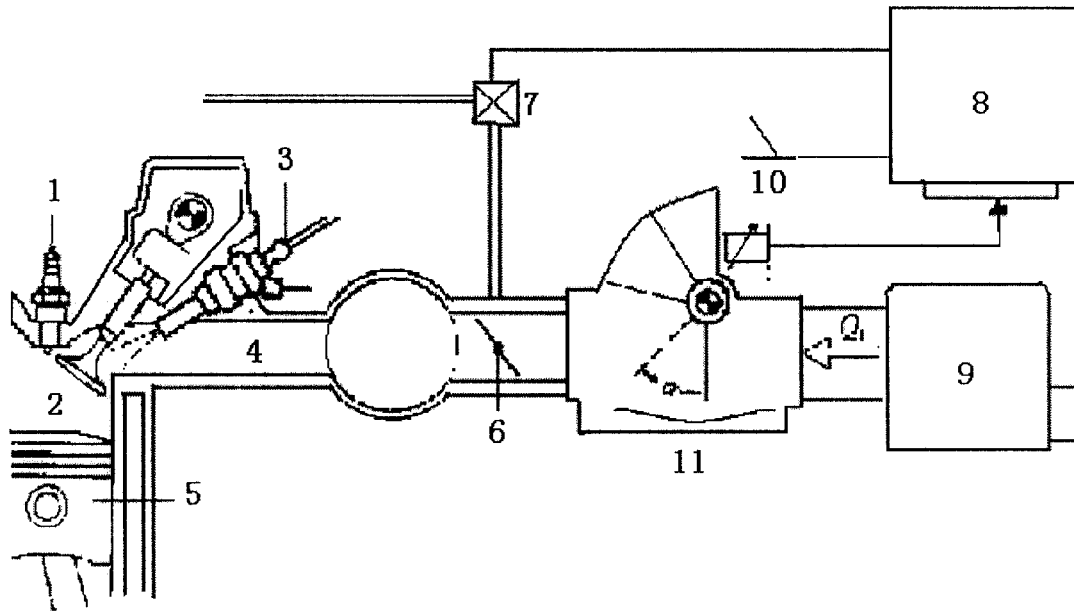


图 5