

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.06.012

基于超声波雾化的摩托车排放污染控制技术研究

黄堪丰, 张明容

(华南理工大学广州学院 汽车工程学院, 广东 广州 510800)

摘要: 针对机动车尾气排放污染物对环境的影响日趋严重的问题,在超声波雾化器中,根据超声波高频振荡的原理,将燃油雾化成了超微粒子,将深度雾化的燃油雾粒与新鲜空气完全混合形成了浓度适当的可燃混合气,并根据不同的转速和工况调节阀门的开度,实现了不同的空燃比,使其在发动机燃烧室中充分燃烧,通过超声波雾化燃油供给系统的测验,取得了可靠的试验结果。研究结果表明,该技术能有效地降低化油器式摩托车尾气排放中HC、CO等污染物的排放量,提高燃油经济性,达到节能减排的目的。

关键词: 超声波雾化; 摩托车; 污染物

中图分类号: U483; TH83 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)06-0693-03

Pollution control technology for motorcycle emission based on ultrasonic atomization

HUANG Kan-feng, ZHANG Ming-rong

(Department of Automotive Engineering, Guangzhou College South China University of Technology, Guangzhou 510800, China)

Abstract: Aiming at increasingly serious problem of motor vehicle exhaust emission pollutants influences on the environment, the principle of ultrasonic high-frequency oscillation was used and the fuel was atomized into ultra fine particles in ultrasonic nebulizer, which is formed the uniform combustible mixture with the fresh air, According to the different speed and working conditions, regulating valve opening was adjusted, to achieve different air-fuel ratio, and then it can full combustion in the engine combustor. By ultrasonic atomizing fuel supply system test, reliable test results were obtained. The results indicate that, it can effectively reduce the carburetor motorcycle exhaust emissions of pollutants (HC, CO), and improve fuel economy, to achieve the requirements of energy saving and emission reduction.

Key words: ultrasonic atomization; motorcycle; pollutants

0 引言

随着车辆保有量的增加,车辆尾气排放污染物对环境的影响日趋严重,给空气质量带来巨大压力,加剧了大气污染治理的难度。解决车辆尾气排放问题刻不容缓,目前,对车辆尾气排放控制的研究课题很多,主要方法如下^[1]:①通过三元催化处理,三元催化器安装在排气系统,将汽车尾气排放出的CO、HC和NO_x等有害气体通过氧化和还原作用转变为无害的二氧化碳、水和氮气。②涡轮增压+分层喷射+缸内直

喷,稀薄燃烧技术的最大特点就是燃烧效率高,经济、环保,同时还可以提升发动机的功率输出。③可变技术,可变技术是随着使用工况(转速、负荷)变化,使发动机某系统结构参数可变的技术,如本田的VTEC和丰田的VVT-i^[2]。

但以上措施只是局限于对燃料本身的选取、排放后的净化处理,却忽略了尾气污染物形成的根本原因。而污染物的产生主要是由于燃油与空气混合不均匀、燃烧不充分造成的,而超声波雾化的发动机燃油供给系统正可解决这一难题,它能使燃油充分燃

收稿日期: 2012-12-26

作者简介: 黄堪丰(1983-),男,广东湛江人,讲师,主要从事汽车技术方面的研究。E-mail: huangkanfeng123@163.com

烧,有效改善汽车发动机的尾气排放。

1 超声波雾化原理

本研究在传统的发动机燃油供给系统基础上,设计出一种新型的发动机燃油供给系统,其基本原理如图1所示,利用超声波换能器,使液态汽油在超声波高频振荡下发生剧烈碰撞,并使其变成微小的雾粒(直径约 $2\ \mu\text{m}$),与新鲜空气在涡旋发生器的作用下,形成均匀可燃混合气。根据发动机不同的工况,系统通过调节节气门的开度,实现理想的空燃比,使燃油燃烧更加充分,从而有效降低尾气排放,提高燃油经济性,达到节能减排的目的。

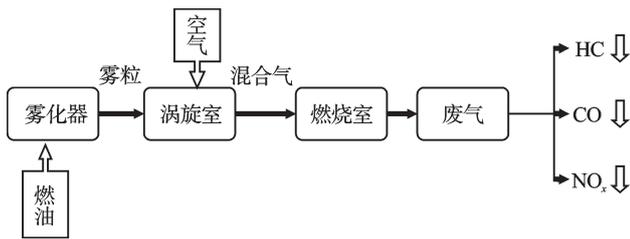


图1 燃油超声波雾化工作原理

超声波雾化是利用换能器将高频电磁振荡转化为液体的机械振荡,使液体破碎成雾粒。压电换能器(雾化片)在液体中辐射强超声,通过薄透声膜辐射到液体中,在液面产生喷泉状雾化,换能器是超声波雾化电路系统的核心部分,超声波雾化原理如图2所示^[3]。

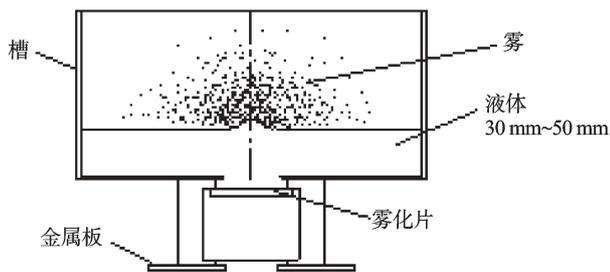


图2 雾化器工作示意图

雾化量和雾粒直径是超声雾化系统的主要设计参数。雾化量与超声波发生器的功率成正比,雾粒的直径是由介质和超声激发频率决定,其雾滴的直径计算公式为^[4]:

$$d = 0.34 \left(\frac{8\pi\tau}{\rho f^2} \right)^{1/3} \quad (1)$$

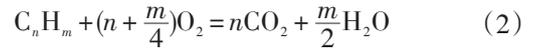
式中: d —雾滴直径; τ —液体的表面张力系数,汽油的表面张力系数为 $\tau = 0.025$; ρ —液体的密度,汽油密度为 $\rho = 0.7 \times 10^3\ \text{kg/m}^3$; f —振荡频率, $f = 1.7\ \text{MHz}$ 。

由式(1)计算得汽油雾粒直径 $d = 2.03\ \mu\text{m}$ 。超声波频率愈高,雾滴愈小;液体温度越高,表面张力越小,则雾滴越细小。

2 污染物的生成与控制

2.1 污染物的生成

可燃混合气的燃烧其实就是烃的氧化反应过程,理想反应方程式为:

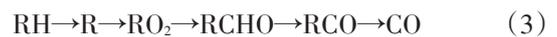


由上式可知:当燃油中的C、H完全燃烧,生成物为 CO_2 、 H_2O 。

当燃烧不完全时会生成 CO 、 HC 、 NO_x 等大气污染物。其中各个污染物的生成机理如下:

(1) 一氧化碳 CO 。

燃料分子(RH)经高温氧化生成 CO 过程如下:



其中R代表碳氢根。 CO 的生成速率主要受混合气浓度的影响,对于浓的混合气,由于燃料中的碳缺氧而不能完全氧化成 CO_2 。对于稀的混合气,由于燃烧产物 CO_2 、 H_2O 高温离解反应生成部分 CO 。混合气形成不均匀是造成 CO 生成的重要原因之一。

(2) 碳氢化合物 HC 。

HC 的生成主要是由混合气燃烧不完全造成,具体原因有:①油气不能完成混合或可燃混合气过浓,导致燃烧不充分;②火焰不能完全传播到壁面导致淬熄层形成;③燃烧室结构存在许多缝隙,火焰不能到达,造成燃烧不完全^[5]。

(3) 氮氧化合物 NO_x 。

氮氧化合物是空气在燃烧室高温富氧的条件下,由氧和氮的化学反应所形成。其主导反应过程是: $\text{N} + \text{O} \rightleftharpoons \text{NO}$; $\text{N} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{O}$;反应中温度越高,燃烧后残余的氧气浓度越大,高温持续时间越长, NO_x 生成的量就越大^[6]。

2.2 污染物的控制

根据表面效应、污染物产生机理与涡旋紊流的原理,本研究利用超声波雾化器将汽油雾化成雾粒小而均匀(直径约 $2\ \mu\text{m}$)的超微粒子,使汽油雾粒与空气中氧原子接触的表面积爆炸式地增加,并利用涡旋加强气流旋转,形成完全预混合式的可燃混合气,解决了化油器供油时混合气混合不均的弊端,有效减少 CO 、 HC 、 NO_x 等排放量。

(1) 表面效应。

根据资料显示,1 g超微颗粒表面积的和可高达 $100\ \text{m}^2$ 。随着颗粒粒径的减小,表面原子数迅速增加,油粒雾化示意图如图3所示。

当粒径为 $10\ \text{nm}$ 时,表面原子数为完整晶粒原子总数的20%;而粒径为 $1\ \text{nm}$ 时,其表面原子百分数增大到99%;此时组成该纳米晶粒的所有约30个原子几

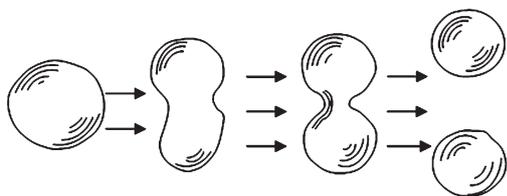


图3 油粒雾化示意图

乎全部分布在表面。随着粒径的减小,颗粒的表面积、表面能及表面结合能都迅速增大。假设1 mL的燃油为一球体,则其表面积约为482.8 mm²,若雾化为直径2 μm的均匀球状雾粒,可产生的油滴约为2.98×10¹⁰个,其总的表面积约为1.497×10⁶ mm²,约增加为原来的3 100倍,油滴与空气中氧原子接触的面积显著增加,毫无疑问,这可使燃油与空气更加充分地混合^[7]。

(2) 涡旋紊动加强气流旋转。

本研究通过应用旋转气流,在气体进入进气管之前,使其产生旋转运动,产生气流径向和轴向压力梯度,从而影响流场,加强燃油与空气的混合。同时用旋转气流来改善混合过程,进而增加燃烧强度,消除局部区域混合气偏稀的现象,使燃油燃烧更充分。毫无疑问,这使燃油与空气更易充分混合,燃烧更加充分,增加燃烧强度,从而减少尾气HC、CO与NO_x的排放。

3 实验数据处理分析

本研究将安装上超声波雾化燃油供给系统的DY156 FMI-2发动机在等转速的条件下,用“南华NHA-500(五气)”废气分析仪进行实时测量排放尾气。首先,在怠速工况下(800 r/min),进行10 s左右取样;然后,每提高一定转速(大约100 r/min),同样进行10 s左右的取样;按照这样的操作,直到发动机转速达到7 000 r/min左右为止。系统的实物与实验测量过程如图4、图5所示。

根据测量数据,笔者在一定范围内进行取样,采取平均值法对4组数据进行处理,即转速、HC、CO、CO₂和NO_x浓度值都取平均值,得到一组数据,并分别对原化油器与安装本系统的发动机进行数据整理,绘制曲线对比图,依次如图6~9所示^[8]。

通过实时测量,与原化油器对比,雾化供油系统

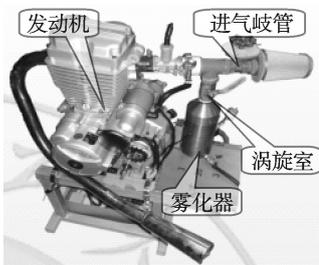


图4 超声波雾化燃油供给系统实物图



图5 发动机废气实验测量过程

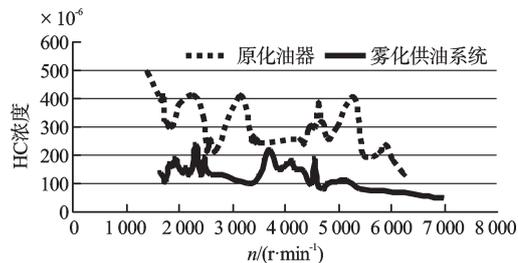


图6 HC浓度曲线对比图

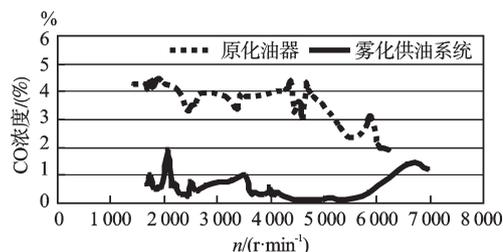


图7 CO浓度曲线对比图

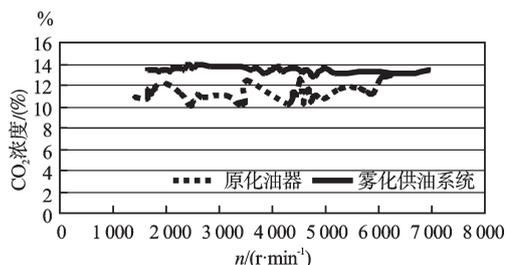


图8 CO₂浓度曲线对比图

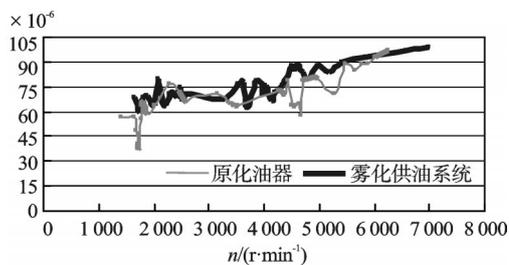


图9 NO_x浓度曲线对比图

发动机排放的HC、CO平均浓度值明显比原化油器低,而NO_x浓度值在低速时稍有减少,高速时不是很明显;雾化供油系统中有害气体排放量降低效果显著,体现出其环保性、可行性;同时,其排放的CO₂浓度值比原化油器高,说明了超声波雾化的发动机燃油供给系统使燃油燃烧更充分,降低了燃油消耗量,体现出其优越的燃油经济性。

(下转第724页)

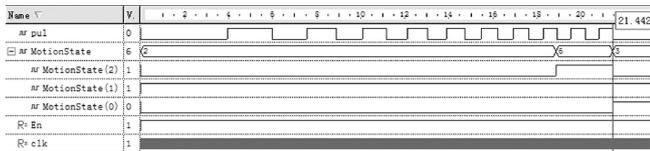


图5 DDA模块时序仿真图

给脉冲pul的前8个脉冲的频率是递增变化的,当送出第8个脉冲后, MotionState[2]置位,表示已经达到Spd_V1。当第10个进给脉冲的下降沿发出时, MotionState[0]置1,表示该段运动已经完成。该运动区间的运动时间为21.442 ms,而理论运动时间为21.289 ms,这种情况是由于驱动时钟clk的频率不能调整到理想值所造成的。该情况在工程中是可以接受的,当然也可以在软件中对速度值和加速度值乘以一个修正系数来解决。

本研究将所设计的模块综合后下载到控制卡的FPGA芯片(Lattice公司的LFXP6C-3T144C)中,应用于垂直升降设备中,系统运行平稳可靠,各个小区间内的运动速度变化平滑,小区间之间速度衔接是连续的。

3 结束语

本研究将电子凸轮控制模块集成到控制卡中,采用DSP端对电子凸轮的运动规律进行离散配置并向FPGA发送离散后各区间的运动指令,而FPGA端通过级联的DDA算法实现各个离散区间的脉冲序列生成,使得区间离散无需很细密,而且速度衔接连续。这样

便大大减轻了电子凸轮配置的工作量,并且减轻了DSP的负担。这种设计方法也可以进一步应用于变加速度曲线的电子凸轮控制中。

参考文献(References):

- [1] 王程,贺炜. 基于单片机的电子凸轮系统研究[J]. 机械设计与制造,2006(11):4-6.
- [2] 王安敏,鹿虎. 基于C8051单片机的电子凸轮实现[J]. 机械传动,2010,34(10):84-87.
- [3] 胡超,宋春兰,刘呐. 基于PLC设计的电子凸轮[J]. 锻压装备与制造技术,2009,44(5):82-83.
- [4] 曾强. 基于PLC的电子凸轮控制器[J]. 流体传动与控制,2007,22(3):41-42.
- [5] 伍宗富,王立. 基于数字信号处理器的电子凸轮控制系统设计[J]. 电机与控制应用,2008,35(8):47-51.
- [6] 梅彬运. 基于DSP的电子横移控制系统设计[J]. 电子技术,2008,45(2):21-23.
- [7] 王晓明. 电动机的单片机控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007:209.
- [8] 李丙才,胡静萍,魏泰,等. 可控凸轮机构与步进电机控制系统的集成设计[J]. 机械与电子,2011(1):17-19.
- [9] PREBEN W. Cam Design and Manufacture [M]. New York:Industrial Press,1965.
- [10] CHEN F Y. Mechanics and Design of Cam Mechanisms [M] New York:Pergamon Press,1982.
- [11] 刘杰,张任. 基于DSP2812的光伏MPPT控制系统[J]. 轻工机械,2012,30(3):58-61.
- [12] 王永章. 机床的数字控制技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1995.

[编辑:张翔]

(上接第695页)

4 结束语

基于超声波雾化的发动机燃油供给系统通过超声换能器使燃油颗粒达到微米级,有效增强了燃油与新鲜空气的混合,根据发动机不同的工况,通过调节气门的开度,实现了理想的空燃比的均匀混合气,使其燃烧更充分,降低了有效燃油消耗率,提高了燃油化学能的利用率。

通过理论与实验研究表明,超声波雾化技术能可靠地应用在化油器式摩托车发动机燃油供给系统中,有效地降低摩托车尾气污染物的排放量。同时,相比传统的燃油供给系统,该系统结构简单,制造成本低;放出更多的热量,提高了燃油化学能的利用率,降低了燃油消耗量,从而有效提高了发动机的燃油经济性,符合国家节能减排的经济发展模式,具有强大的市场竞争力和广泛的应用前景。

参考文献(References):

- [1] 朱中平. 汽车排气污染治理实用手册[M]. 北京:中国物资出版社,2001.
- [2] 崔心存,金国栋. 内燃机排气净化[M]. 武汉:华中理工大学出版社,2008.
- [3] 蔡晓峰,何维庚,姜德星. 压电陶瓷超声雾化换能器的研制[J]. 佛山陶瓷,1994(3):18-20.
- [4] 冯若. 超声波手册[M]. 南京:南京大学出版社,1999.
- [5] 周龙保. 内燃机原理[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [6] 连之伟. 热质交换原理与设备[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [7] 倪星元,沈军,张志华. 纳米材料理化特性与应用[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [8] 袁义春. 摩托车尾气排放控制措施[J]. 内燃机,2009(4):37-39.

[编辑:李辉]