

文章编号:1671-8879(2009)02-0094-04

农用柴油机燃用二甲醚/柴油混合燃料的性能

李跟宝¹, 周龙保²

(1. 长安大学 汽车学院, 陕西 西安 710064; 2. 西安交通大学 能源与动力工程学院, 陕西 西安 710049)

摘 要: 为了进一步探索二甲醚作为代用燃料在柴油机上的应用途径, 开发了一种新型的燃料低压供给系统, 可以使发动机燃用二甲醚/柴油混合燃料时, 在全工况范围内消除燃油系统低压油路的气阻问题。试验结果表明: 燃用二甲醚/柴油混合燃料时, 发动机的经济性有所改善; 与原机相比, 碳烟下降约 30%, NO_x 排放平均降低约 36%。

关键词: 汽车工程; 发动机; 二甲醚; 排放

中图分类号: U464.172 **文献标志码:** A

Performance of dimethyl ether/diesel blended fuel used for farm diesel engine

LI Gen-bao¹, ZHOU Long-bao²

(1. School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;

2. School of Energy and Power Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, Shaanxi, China)

Abstract: To further explore the application of dimethyl ether as an alternative fuel for diesel engines, the tests were carried out to determine the engine performance, combustion characteristics, and emission properties of a diesel engine fueled with dimethyl ether diesel blended fuel. A novel low-pressure fuel supply system was developed, which can eliminate the vapor block problem in the fuel system under all operating conditions of the engine. The results indicate that there is a significant improvement in engine performance compared to the one of diesel engines, such as a lower fuel specific consumption rate, a decrease of soot emissions around 30%, and a mean reduction of NO_x emissions about 36%. 9 figs, 9 refs.

Key words: automobile engineering; engine; dimethyl ether; emission

0 引 言

二甲醚(DME)是目前世界上被普遍看好的超清洁燃料,它能够实现高效、超低排放和柔和压缩燃烧,具有和原柴油机相同或略高的动力性和经济性,能够基本消除柴油机的排烟。随着专用燃油喷射和燃烧系统的发展,柴油机 NO_x 排放可望降低到所期

望的最严厉的法规水平,噪声可降低 10~15 dB,从而达到汽油机的水平。因此,二甲醚是近年来倍受关注的柴油机代用燃料^[1-5]。

二甲醚沸点低、饱和蒸气压力高,容易导致发动机供油系统中出现气阻;同时,二甲醚粘度低,液态下粘度约为柴油的 1/20,使供油系统存在润滑及泄漏问题^[6-7]。据此,本文将二甲醚与纯柴油按一定比

收稿日期:2008-04-15

基金项目:国家自然科学基金重点项目(50122166,50136040)

作者简介:李跟宝(1974-),男,陕西富平人,讲师,工学博士,E-mail:ligenbao@sina.com。

例混合,使其综合的理化性能最适合柴油机的需要,从而发挥二甲醚燃烧性能好的优势,改善柴油机的燃油经济性和排放水平。前期的研究发现,混合燃料的饱和蒸气压力低于纯二甲醚蒸气压,并且随柴油所占混合组分的增加而减小^[8]。同时,根据Bhide等的研究结果,二甲醚/柴油混合燃料中二甲醚的比例达到25%(质量比)时,燃料粘度已低于美国ASTM相关标准要求的下限^[9]。本文考虑到中国柴油粘度明显高于美国同等级别柴油水平,实际应用中,20%的二甲醚掺混比例应该可以满足供油系统的润滑性要求。因此,着重进行D20混合燃料(20%的二甲醚+80%柴油)在发动机上的燃烧与排放特性试验研究,从而为二甲醚/柴油混合燃料作为车用代用燃料的进一步推广提供技术依据。

1 试验装置

D20(燃料)发动机台架试验在一台为小型农用拖拉机装配的柴油机(YTR2105,自然吸气)上进行。原发动机的主要技术参数为:压缩比为17,标定功率为26 kW(2 300 r/min),最大扭矩为123.7 N·m(1 700 r/min),供油提前角为22° CA(静态)。

对于D20混合燃料来说,温度为293 K时的饱和蒸气压力为0.2~0.3 MPa,313~323 K时饱和蒸气压力为0.5~0.6 MPa。如果原柴油机不加以改造,直接燃用D20混合燃料,输油泵中容易产生气阻,影响到燃料供给的连续性,导致发动机的功率输出和工作稳定性变差。因此,试验前对原柴油机燃料供给系统进行了改造,以不低于0.6 MPa的供油压力将D20混合燃料输送至发动机高压油泵。

试验时,采用称重法来测定D20的质量流量,以确定实际燃料消耗量。尾气排放分析时,CO、HC、CO₂采用不分光红外吸收法测量;O₂、NO_x用顺磁分析仪法测量;烟度的测量采用不透光烟度计。

2 发动机台架试验

柴油机是按燃料体积供油的,D20的体积热值为纯柴油的88.43%,降低了11.57%。因此,为使发动机功率有进一步提高,应适当增加高压泵的循环供油量,增加原则以不恶化发动机的经济性和排放性能为前提。本研究主要通过增加高压泵柱塞有效行程来增加循环供油量,在油泵试验台上用柴油进行供油量调试。当油泵齿条限位螺钉退至极限位时,标定点最大供油量可在原基础上提高6%。同时,通过适当推迟喷油对发动机进行了性能优化,

在不引起D20发动机燃烧恶化的情况下,有效提高了燃料利用率,同时降低了NO_x排放。

试验研究表明,发动机燃用D20混合燃料时,最佳静态供油提前角为上止点前18° CA,比原机的供油提前角(22° CA)推迟了4° CA。由于每循环所供给燃料总热值的差异,与原柴油机相比,D20发动机中低速功率较原机低1.2 kW(约5%),额定功率低1.9 kW(约7.6%)。在对发动机燃烧与排放性能参数进行分析时,考虑到拖拉机的实际工作状况,性能试验全部在最大扭矩点所对应的转速(1 700 r/min)下进行。

2.1 发动机经济性

图1为发动机分别燃用D20与柴油时,在1 700 r/min转速条件下当量有效燃油消耗率的负荷特性试验结果。由图1可以看出,D20的燃油经济性曲线与柴油变化趋势一致,燃用D20时发动机比油耗低于原机水平。这是因为,加入二甲醚使混合燃料在燃烧过程中具有自供氧能力,加上二甲醚良好的自然性,燃料的燃烧可以得到明显的改善。

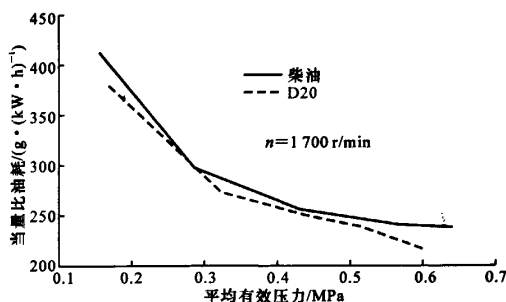


图1 D20发动机与柴油机当量有效燃油消耗率对比

2.2 燃烧特性

2.2.1 示功图与放热率

图2(见下页)为1 700 r/min转速下,D20发动机与柴油机在大负荷工况时示功图的对比。由图2可以看出,D20发动机的最大爆发压力均比柴油机低,而且其所对应的曲轴转角也相对延迟;大负荷时,原柴油机的最高爆发压力为8.85 MPa,D20发动机最大爆发压力降低为8.23 MPa,峰值压力比柴油机晚2° CA出现。爆发压力的降低有利于降低发动机的机械负荷,提高热效率。

图3(见下页)为根据示功图计算出的放热规律曲线。二甲醚的雾化性能好、十六烷值高,因此,D20的滞燃期比柴油机短,预混燃烧量少。发动机燃用D20时,最大放热率由于参加预混燃烧燃料量的减小,因而预混合燃烧放热峰值比柴油机低,并且与

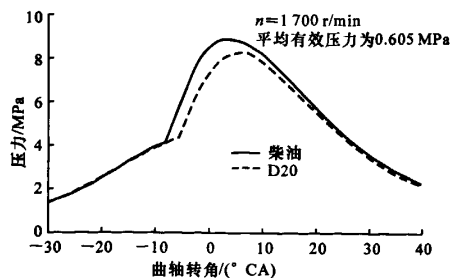


图2 D20发动机与柴油机示功图对比

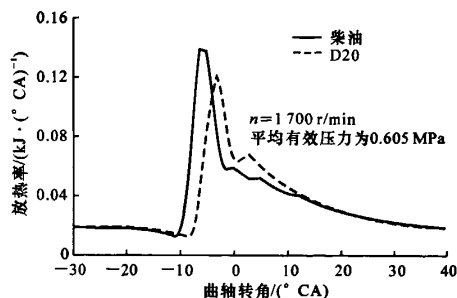


图3 D20发动机与柴油机放热率对比

最大放热率对应的曲轴转角也相应推迟。

2.2.2 压力升高率与燃烧温度

图4为压力升高率的对比。在大负荷的工况下,D20发动机最大压力升高率由原机的0.84 MPa/° CA降低为0.69 MPa/° CA。可见,优化后的D20发动机与原机相比,机械效率、机械噪声及运转平稳性等工作参数都将得到大大改善。

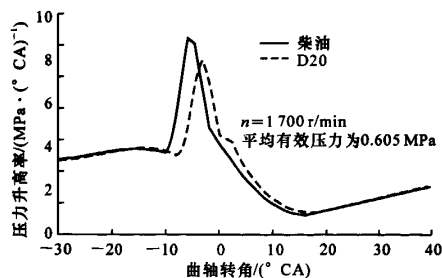


图4 D20发动机与柴油机压力升高率对比

图5为D20发动机与柴油机缸内燃烧温度的对比。D20发动机在1700 r/min、大负荷的工况下(平均有效压力为0.605 MPa),缸内最高燃烧温度由原机的2073 K降低为1996 K,降低了77 K。由于缸内燃烧温度对发动机的排放特性有至关重要的影响,D20发动机最高燃烧温度的降低大大抑制了NO_x排放的生成。

2.3 排放特性

2.3.1 碳烟与NO_x的排放

图6为1700 r/min下的碳烟排放负荷特性曲

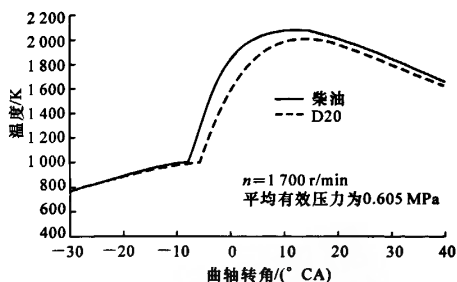


图5 D20发动机与柴油机燃烧温度对比

线对比。由图6可以看出,各个工况下碳烟排放量都有大幅度降低,这种变化在负荷较大时反映的更为明显,在中高负荷区与原机相比平均降低约为30%。其原因是:①二甲醚沸点低,雾化性能好,燃油喷入缸内时能够更好的与空气均匀混合,抑制了碳烟的生成;②二甲醚本身34.8%的氧含量使其具有自供氧的功能,从而大大降低了燃料燃烧中处于贫氧区的概率。

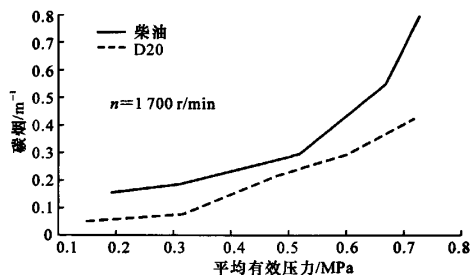
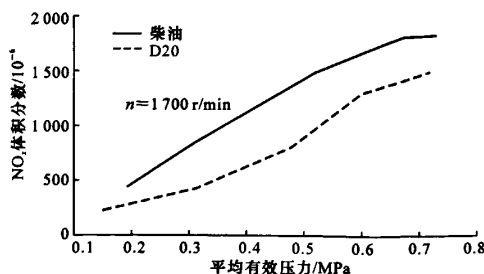


图6 D20发动机与柴油机的碳烟排放对比

图7为1700 r/min下的NO_x排放负荷特性曲线对比。与原机相比,D20发动机的NO_x排放有显著的降低,平均降低约36%。NO_x排放主要有高温、富氧和高温持续时间3个影响因素,二甲醚的掺烧使缸内最高燃烧温度降低,从而抑制了缸内NO_x的生成。

图7 D20发动机与柴油机的NO_x排放对比

2.3.2 CO与HC的排放

图8(见下页)为CO排放负荷特性曲线的对比。2种燃料在中低负荷时CO排放水平均保持很低,这是因为,此时缸内混合气过量空气系数比较大

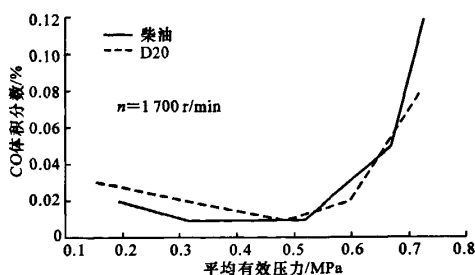


图8 D20发动机与柴油机的CO排放对比

的缘故。对于柴油机来说,当负荷升高接近冒烟极限时,CO排放急剧升高,这是因为,此时混合气过浓,局部缺氧加剧,使CO不能充分氧化燃烧成最终产物 CO_2 ,从而留下大量的CO排放;由于二甲醚的含氧性可以缓解混合气中的局部缺氧现象,抑制了CO的生成,因此,燃用D20可以使原柴油机的CO排放有所降低。

图9为不同燃油HC排放量随发动机负荷的变化曲线对比。对于D20混合燃料来说,在全部试验负荷范围内,HC的排放量都整体高于柴油机HC排放。这可能是由于二甲醚汽化迅速,滞燃期内从混合燃料中释放出来的二甲醚,在燃烧之前可能扩散到燃烧室内的空气中,其中燃烧室狭隙中的可燃气体未能完全氧化燃烧,甚至未能燃烧就被排出,增加了HC的排放量。

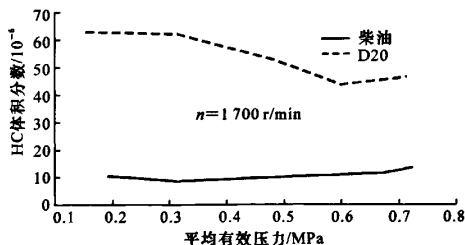


图9 D20发动机与柴油机的HC排放对比

3 结 语

(1)针对二甲醚饱和蒸气压力高的特点,以及在高压燃油系统中易发生气阻等问题,开发了新型的二甲醚/柴油混合燃料发动机低压供给系统;该系统可在全工况内保证混合燃料低压供给系统的压力始终高于燃料的饱和蒸气压力,消除了气阻问题。

(2)由于混合燃料的容积热值降低,发动机改装时应增加D20发动机循环供油量,并对供油提前角进行优化;经改装后的D20发动机的标定功率较原机有所降低(加大供油量后可以补偿),燃油经济性有所改善。

(3)D20发动机在1700 r/min时,碳烟排放在中高负荷区与原机相比平均降低约30%; NO_x 排放比柴油机平均降低约36%;CO排放较原机有所降低;HC排放则有所增加(可加装氧化催化反应器得以改善)。

中高负荷区与原机相比平均降低约30%; NO_x 排放比柴油机平均降低约36%;CO排放较原机有所降低;HC排放则有所增加(可加装氧化催化反应器得以改善)。

参考文献:

References:

- [1] 王贺武,边耀璋,陈世海. 柴油机掺烧二甲醚的性能[J]. 长安大学学报:自然科学版,2002,22(3):72-75.
WANG He-wu, BIAN Yao-zhang, CHEN Shi-hai. Performance of direct injection diesel engine fueled with dimethyl-ether/diesel fuel [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2002, 22(3):72-75.
- [2] 王 恒,边耀璋,祁东辉. 火花点火发动机燃用二甲醚-液化石油气混合燃料时的燃烧特性[J]. 交通运输工程学报,2003,3(3):68-71,92.
WANG Heng, BIAN Yao-zhang, QI Dong-hui. Combustion characteristics of spark ignition engines with dimethyl ether-LPG blends fuel [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003, 3(3):68-71, 92.
- [3] 黄 震,乔信起,张武高. 二甲醚发动机与汽车研究[J]. 内燃机学报,2008,26(增刊):115-125.
HUANG Zhen, QIAO Xin-qi, ZHANG Wu-gao. Research and development of a DME engine and vehicle [J]. Transactions of CSICE, 2008, 26(S):115-125.
- [4] Semelsberger T A, Borup R L, Greene H L. Dimethyl ether (DME) as an alternative fuel [J]. Journal of Power Sources, 2006, 156(2):497-511.
- [5] Yu J, Bae C. Dimethyl ether (DME) spray characteristics in a common-rail fuel injection system [J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2003, 217(1):1135-1144.
- [6] Zhao X M, Ren M F, Liu Z Q. Critical solubility of dimethyl ether(DME)+diesel fuel and dimethyl carbonate (DMC)+diesel fuel [J]. Fuel, 2005, 84(18):2380-2383.
- [7] 王 鹏,汪宪臣. 车用二甲醚(DME)燃料润滑剂的研究与开发[J]. 内燃机工程,2008,29(6):40-44.
WANG Peng, WANG Xian-chen. Study and development of lubricant for vehicular dimethyl ether (DME) fuel [J]. Chinese Internal Combustion Engine Engineering, 2008, 29(6):40-44.
- [8] Li G B, Zhou L B. Experimental study on vapor pressure of dimethyl ether (DME) blended in diesel oil [J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2007, 221(7):889-892.
- [9] Bhide S V, Boehman A L, Perez J M. Viscosity of DME-diesel fuel blends[J]. ACS Fuel Chemistry Division Preprints, 2001, 46:400-401.