

文章编号:1671-6833(2007)04-0105-04

直喷式柴油机燃用生物柴油的试验研究

耿莉敏, 边耀璋, 张春化, 陈昊, 宋建桐

(长安大学汽车学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 生物柴油是一种清洁、可再生的代用燃料。在一台四缸增压直喷式柴油机上进行生物柴油与0[#]柴油的性能对比试验。在不同转速和负荷下测定生物柴油与0[#]柴油的动力性、经济性和排放特性。试验结果表明:与燃用0[#]柴油相比,燃用生物柴油时发动机的动力性提高,有效能耗率降低,HC和碳烟排放大幅度下降,NO_x排放增加,CO排放在中低转速时有所增大。

关键词: 内燃机;直喷式柴油机;生物柴油;排放特性

中图分类号: U 473.1

文献标识码: A

0 引言

生物柴油是指以油料作物、野生油料植物和工程微藻等水生植物油脂,以及动物油脂、废餐饮油等为原料油通过酯交换反应而制成的脂肪酸甲酯或乙酯燃料^[1]。笔者以大豆毛油为原料制成的生物柴油和0[#]柴油做为试验用油,在一台四缸增压直喷式柴油机上性能对比试验,对比生物柴油和0[#]柴油在不同转速和负荷下的动力性、经济性和排放特性。

1 试验条件

本研究以B0表示纯柴油,B100表示纯生物柴油。试验所用主要仪器设备见表1。在一台四缸涡轮增压直喷式柴油机上,测定0[#]柴油与生物柴油在2 200 r/min负荷特性及外特性下的动力性、经济性和排放特性。

表1 试验所用主要仪器设备

Tab.1 Primary experimental equipment

试验仪器与设备	生产厂家
四缸增压直喷式索菲姆柴油机	意大利
E0300 电涡流测功机	日本三菱
TP-224 流量传感器	日本小野测器
DF-313 数字流量计	日本小野测器
毫伏指温控制计	上海仪表厂
不透光烟度计	奥地利 AVL 公司
五气分析仪	奥地利 AVL 公司

2 试验结果分析

2.1 动力性

满负荷下燃用生物柴油与柴油的动力性对比如图1所示。从图1可以看出,随着转速的增加,生物柴油的功率增大趋势与柴油相同;B0和B100在外特性7个试验点的平均功率分别为62.5 kW和68.4 kW,发动机燃用生物柴油动力性提高的主要原因是:生物柴油是含氧燃料,燃烧比较完全;其次,尽管生物柴油的低热值比柴油低,但是其密度比柴油大,在体积喷油量不变的情况下,喷入气缸的燃料所含的能量不一定降低,同时由于生物柴油的黏度比柴油高,燃油泵内的泄漏少,进一步增加生物柴油的循环供油量^[2];再次,由于生物柴油的密度和体积的可压缩性,以及每循环的喷油量与柴油不同,致使喷油正时提前,从而使使得发动机动力性提高。

2.2 经济性

图2为2 200 r/min不同负荷率下B0和B100的有效能量消耗率对比。可以看出:B100的有效能耗率随功率的变化趋势与B0基本一致;与燃用柴油时相比,生物柴油的有效能耗降低,这主要是由于生物柴油的燃烧效率高和体积热值低决定的。

2.3 排放特性

2.3.1 HC 排放

图3为转速2 200 r/min负荷特性的HC排

收稿日期:2007-06-06;修订日期:2006-08-07

基金项目:国家西部交通建设科技项目(2006G31826253)。

作者简介:耿莉敏(1978-),男,新疆奎屯人,长安大学讲师,博士研究生,主要从事汽车新能源应用方面的研究。

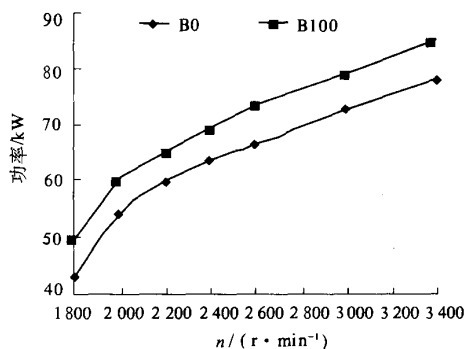
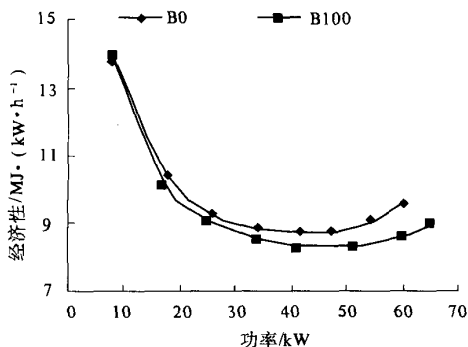


图1 外特性功率对比

Fig. 1 Power output at full load

图2 $n = 2200$ r/min 负荷特性有效能量

消耗率对比

Fig. 2 Effective specific energy consumption

at 2200 r/min

放对比,可以看出:在小负荷时,由于循环喷油量少,燃烧室内温度和压力低,超稀混合气量增加,局部熄火造成 HC 排放增加;随着负荷的增大,缸内温度压力增大,燃烧状况得到改善,HC 排放明显下降^[3]. 在中小负荷时,生物柴油的 HC 排放明显降低,这是由于生物柴油的十六烷值高,着火性能好,滞燃期短,可在着火条件较差的情况下顺利着火,减少局部熄火造成的 HC 排放. 在大负荷下,燃用生物柴油 HC 排放很低,这是因为高负荷下,循环喷油量增大,混合气局部熄火的情况得以改善,因此,HC 排放很低.

图 4 为生物柴油和柴油的外特性 HC 排放对比. 由图 4 可以看出:随着转速的提高,喷油压力的增加,缸内气流运动加强,混合气局部过浓或过稀的情况得到改善,浓度梯度减小,燃烧朝着预混合燃烧,方向进行,有利于燃料的完全燃烧,从而降低 HC 排放.

2.3.2 CO 排放

图 5 为转速 2200 r/min 负荷特性的 CO 排放对比,可以看出:第一,生物柴油和柴油的 CO 排放

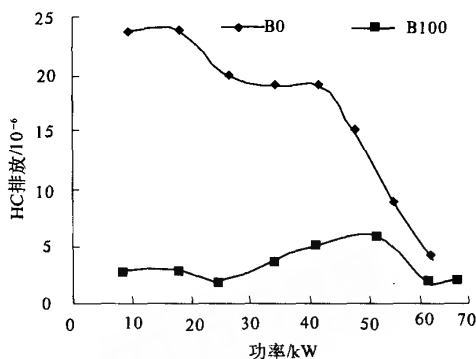
图3 $n = 2200$ r/min 负荷特性 HC 排放对比

Fig. 3 HC emission at 2200 r/min

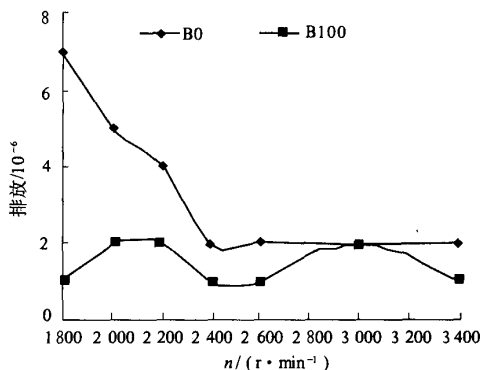


图4 外特性 HC 排放对比

Fig. 4 HC emission at full load

趋势相同,在 50 kW 以下随负荷的增大,CO 排放基本不变,在超过 50 kW 的大负荷下,随负荷的增大,CO 排放急剧增大. 这是因为在中小负荷下,循环喷油量少,过量空气系数较大,所以 CO 排放较低;在大负荷下,随负荷的增大,循环喷油量增大,局部缺氧情况加剧,燃烧不完全导致 CO 排放增加. 第二,与燃用柴油相比,中小负荷时,生物柴油的 CO 排放与柴油相当,大负荷时,生物柴油的 CO 排放略低于柴油. 燃用生物柴油时,由于在喷束的边缘会产生易挥发的成分,高温下双键的热裂解会促进燃烧,因而能使滞燃期缩短^[4];但是,在喷束核心发生的聚合反应会使喷束核心收缩,并导致喷束的贯穿率减小,这些挥发性差的聚合物会影响雾化过程,造成局部混合气过浓,最终导致 CO 排放较高. 以上两种因素对 CO 的生成作用相反,具体工况下 CO 排放量的大小取决于二者的综合作用.

生物柴油和柴油外特性 CO 排放对比如图 6 所示. 从图 6 可以看出,在发动机转速小于 2600 r/min 时,生物柴油的 CO 排放明显大于柴油,这是因为在喷油量最大转速较低的情况下,生

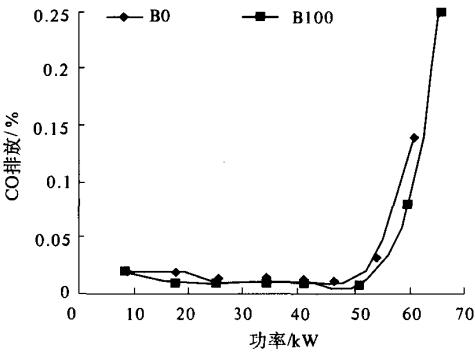


图5 $n=2200$ r/min 负荷特性 CO 排放对比

Fig.5 CO emission at 2200 r/min

物柴油的密度大、黏度高导致雾化情况恶劣;另外,一定工况下,由于供油特性的缘故,燃用生物柴油时混合气比燃用柴油时浓,燃烧情况不佳而导致 CO 排放增大.在喷油量最大的前提下,3400 r/min 时生物柴油和柴油的 CO 排放降低到相同水平,这是因为随着转速的提高,喷油压力的增大,缸内气流运动加强,改善了燃料在缸内的雾化与混合,有利于完全燃烧从而降低 CO 的排放,此时,生物柴油密度和黏度对燃烧完全程度的影响降到最低.

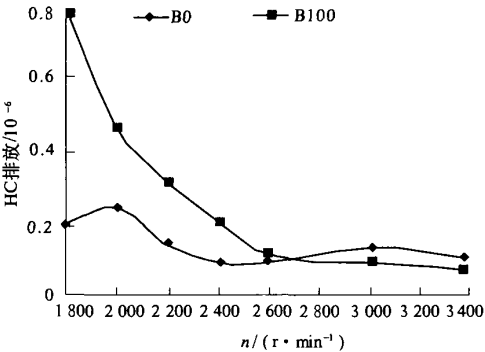


图6 外特性 CO 排放对比

Fig.6 CO emission at full load

2.3.3 NO_x 排放

图7、图8分别为两种燃料2200 r/min 负荷特性和外特性 NO_x 排放对比,可以看出:与燃用柴油相比,燃用生物柴油的 NO_x 排放有所增大.这是由于,影响 NO_x 生成的主要因素有燃烧温度、氧气含量和滞留时间.生物柴油是含氧燃料,其燃烧与柴油燃烧相比,相对富氧,加之,燃料中的氧使燃烧放热集中度升高,缸内最高燃烧温度增大,这都会促使 NO_x 排放增多.

2.3.4 碳烟排放

图9为2200 r/min 负荷特性碳烟排放对比,可以看出:第一,生物柴油和柴油的碳烟排放均随万方数据

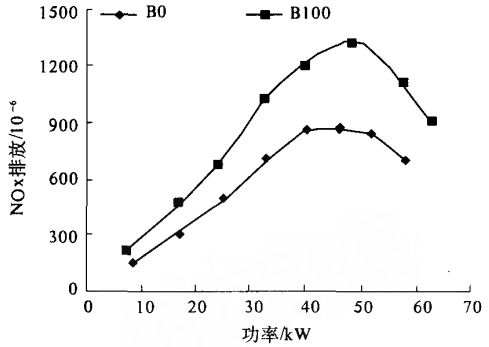


图7 $n=2200$ r/min 负荷特性 NO_x 排放对比

Fig.7 NO_x emission at 2200 r/min

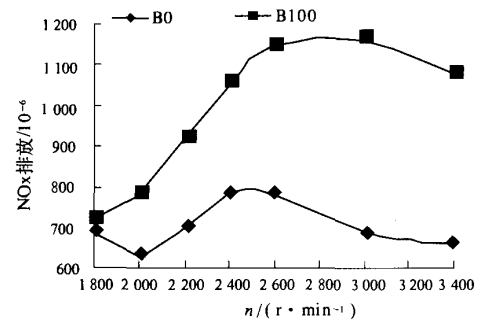


图8 外特性 NO_x 排放对比

Fig.8 NO_x emission at full load

负荷的增大而增大.这是因为转速不变时,柴油机每循环的进气量基本相同,负荷的调节是靠改变循环喷油量来实现的,循环喷油量随负荷增加而增加,而过量空气系数随负荷增加而减小,因局部高温缺氧而产生的碳烟急剧增大.第二,在不同负荷下,燃用生物柴油的碳烟排放均小于柴油的,特别是在大负荷时,降低幅度较大.这是因为生物柴油是含氧燃料,燃料中的氧原子在燃烧过程中起到助燃作用,特别是在大负荷下,过量空气系数较小,较浓的混合气在燃烧过程中可以自给氧,大大克服了石化柴油燃烧过程中因缺氧而形成的大量碳烟排放.

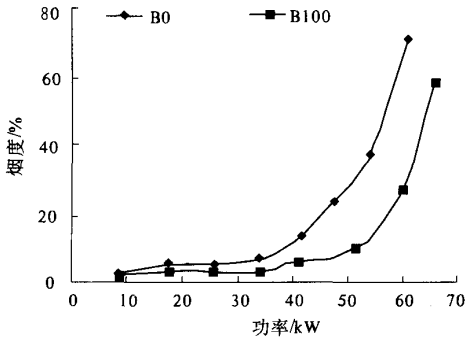


图9 $n=2200$ r/min 负荷特性碳烟排放对比

Fig.9 Carbon smoke emission at 2200 r/min

生物柴油和柴油的外特性碳烟排放对比如图10所示.从图中可以看出:B100的碳烟排放在整个转速范围内均低于B0,并且下降的幅度随转速的增大而增大.这主要是由于生物柴油中含氧、不含芳香烃,并且硫含量很低,这些因素都能在一定程度上降低柴油机的碳烟排放^[5];从图中还可以看出,在较高转速范围(大于2 600 r/min),B100的碳烟排放与B0相比优势更大.这是由于,当转速增加时,由油泵速度特性所决定的循环供油量增加,混合气变浓,转速增加燃烧温度增高,高温缺氧的氛围更浓,有利于碳烟的生成.在这种情况下,生物柴油含氧的优势必然更为突出.

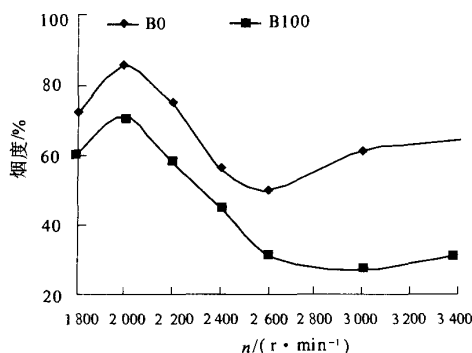


图10 外特性碳烟排放对比

Fig. 10 Carbon smoke emission at full load

3 结论

(1)满负荷时不同转速下,生物柴油的功率输出比柴油的略有提高;转速2 200 r/min不同负荷率下,生物柴油的有效能耗率比柴油低.在不对发动机做任何调整的情况下,燃用生物柴油可以达到原机的动力性及经济性要求.

(2)柴油机燃用生物柴油时,HC和碳烟排放大幅度下降, NO_x 排放增加,外特性中低转速时CO排放有所增加.

参考文献:

- [1] 李昌珠,蒋丽娟,程树棋. 生物柴油——绿色能源[M]. 北京:化学工业出版社,2005:3-4.
- [2] USTA N. Combustion of biodiesel fuel produced from hazelnut soapstock/Waste sunflower oil mixture in a diesel engine[J]. Energy Conversion and Management, 2005, (2):45-50.
- [3] 宋建桐. 生物柴油在柴油机上的应用研究[D]. 西安:长安大学,2006:45-50.
- [4] 司利增,边耀璋,蔡永江. 柴油机燃用生物柴油的特性[J]. 长安大学学报(自然科学版),2006,26(5):83-85.
- [5] 李岳林,王生昌. 交通运输环境污染与控制[M]. 北京:机械工业出版社,2003:126-127.

An Experimental Study on Direct Injection Diesel Engine with Biodiesel and Diesel

GENG Li-min, BIAN Yao-zhang, ZHANG Chun-hua, CHEN Hao, SONG Jian-tong

(School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: Biodiesel is a kind of clean and renewable alternative fuel. In this study, a comparative test of biodiesel and No. 0 diesel has been carried out on a supercharged direct injection diesel engine. Under different loads and speeds, this paper determines power performance, fuel consumption and characteristics of exhaust emission from the engine fueled with biodiesel and No. 0 diesel. The results show that, comparing with burning No. 0 diesel, when the engine fuels with biodiesel, its power is increased, its effective specific fuel consumption is reduced, the HC and smoke emissions greatly decrease, but the NO_x emissions increase and the CO emissions increase under some conditions.

Key words: I. C. Engine; direct injection diesel engine; biodiesel; exhaust emissions