

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.S0.038

农用柴油机燃用生物质焦油与柴油混溶油性能实验*

张 寰 刘圣勇 胡建军 焦有宙 张全国 郭前辉

(河南农业大学农业部农村可再生能源新材料与设备重点实验室, 郑州 450002)

【摘要】 根据生物质焦油中的可燃馏分与柴油互溶的可燃特性,研究了农用柴油机燃用不同比例的生物质焦油可燃馏分与柴油混溶油的动力性能,实验结果表明:生物质焦油可燃馏分与柴油混溶油具有良好的动力性和经济性,在农用柴油机功率较低时,各混溶油试样的消耗量均小于柴油;在农用柴油机功率较高时,生物质焦油可燃馏分掺混替代比例为10%时的混溶油消耗量低于柴油,而生物质焦油可燃馏分掺混替代比例为20%时的混溶油消耗量高于柴油,且燃用混溶油时农用柴油机的最大功率均超过农用柴油机的额定功率,可满足农用柴油机的动力要求。

关键词: 农用柴油机 生物质焦油 柴油 混溶油 性能实验

中图分类号: TK46⁺4; TK417⁺12 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2012)S0-0194-04

Performance Experiments of Miscible Oil Fueled with Biomass Tar and Diesel for Agricultural Diesel Engine

Zhang Huan Liu Shengyong Hu Jianjun Jiao Youzhou Zhang Quanguo Guo Qianhui

(Key Laboratory of New Materials and Facilities for Rural Renewable Energy of Ministry of Agriculture, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract

New materials and equipment according to the combustibile fraction of diesel miscible flammable characteristics of biomass tar was analyzed. Diesel engine fueled with different proportions of combustibile biomass tar distillates and diesel miscible oil power performance was proposed. Experimental results showed that biomass tar combustibile miscible distillate and diesel oil had good power and economy. When the power of agricultural diesel was low, the consumption of miscible oil sample was less than diesel. When the power of agricultural diesel was high, the consumption of miscible oil was less than diesel with the replacement ratio of 10% in diesel, but higher than diesel with replacement ratio of 20%. The maximum power of agricultural diesel engine with miscible oil was higher than the rated power of the agricultural diesel engines which met the power requirements of agricultural diesel engines.

Key words Agricultural diesel engine, Biomass tar, Diesel, Miscible oil, Performance experiments

引言

热化学转换技术一直是生物质能转换利用研究中的重点,处理过程中都有液体产物生成,

作为主产物形式的称为生物油,作为副产物形式的称为生物质焦油^[1]。国内外对不同生物质原料制取生物油的裂解液化工艺、化学成分、物理性质及作为农用柴油机代用燃料的运行特性等

收稿日期: 2012-08-19 修回日期: 2012-09-02

* 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2003AA514012)

作者简介: 张寰,硕士生,主要从事可再生能源工程研究,E-mail: 770633575@qq.com

通讯作者: 刘圣勇,教授,博士生导师,主要从事可再生能源工程研究,E-mail: liushy@vip.sina.com

进行了较为深入的实验研究,但对以副产物形式伴生的生物质焦油的研究不够深入,尤其是对生物质焦油作为农用柴油机代用燃料燃烧特性及精制技术等方面的研究报道甚少,与生物油技术相比较,生物质焦油研究相对滞后,影响到生物质焦油替代动力燃料应用的研究进度,制约了生物质气化技术、炭化技术的进一步发展和完善^[2]。因此,本文对生物质焦油可燃馏分与柴油互溶的可燃特性进行分析,利用非增压直喷式农用柴油机^[3]对不同比例的生物质焦油可燃馏分与柴油混溶油的燃烧性能进行实验研究^[4],为农用柴油机等动力机械的清洁燃烧及燃料替代技术研究提供科学依据。

1 实验设备与方法

1.1 实验设备

利用 ZH100B 型非增压直喷式农用柴油机(标定功率 11 kW, 标定转速 2 200 r/min)^[5]进行生物质焦油可燃馏分与柴油混溶油的代用燃料燃烧实验,并采用 HZB 油耗测量仪(油耗测量范围: 10 ~ 500 g, 测量精度: 优于 0.2% FS, 定时设定: 2 ~ 80 s, 定重设定: 10 ~ 200 g, 分辨率: 时间 0.01 s, 质量 0.1 g)、D110B 型水力测功器(扭矩测量精度 ± 0.4%, 最大吸收功率 110 kW, 主轴最高转速 6 000 r/min, 制动力测定范围 0 ~ 29 N, 最大制动力矩 270 N·m)^[6]等仪器进行生物质焦油可燃馏分与柴油混溶油代用燃料的动力性和经济性测定。

1.2 实验方法

实验原料分别为: 0 号柴油, 生物质焦油可燃馏分试样 1(即生物质焦油 105℃ 以下馏分上层液), 试样 2(即生物质焦油 105 ~ 145℃ 馏分上层液), 试样 3(即生物质焦油 145 ~ 205℃ 馏分), 试样 4(即生物质焦油 205℃ 以上馏分)。各生物质焦油可燃馏分试样的元素分析及发热量见表 1。先后按 0 号柴油与各生物质焦油可燃馏分试样分别以 10% 和 20% 进行混配, 制备生物质焦油可燃馏分

与 0 号柴油的混溶油试样, 并按照有关标准^[7~8]在 ZH100B 型非增压直喷式农用柴油机上进行代用燃料燃烧动力性实验。

2 实验结果与分析

将不同生物质焦油可燃馏分试样和 0 号柴油在不同比例下的混合燃料称为混溶油, 实验用的试样分别为: 混溶油试样 1-1(10% 试样 1 与 90% 柴油), 混溶油试样 2-1(10% 试样 2 与 90% 柴油), 混溶油试样 3-1(10% 试样 3 与 90% 柴油), 混溶油试样 4-1(10% 试样 4 与 90% 柴油), 混溶油试样 1-2(20% 试样 1 与 80% 柴油), 混溶油试样 2-2(20% 试样 2 与 80% 柴油), 混溶油试样 3-2(20% 试样 3 与 80% 柴油), 混溶油试样 4-2(20% 试样 4 与 80% 柴油)。在 ZH100B 型非增压直喷式农用柴油机上进行各种混溶油试样的台架燃烧实验, 实验结果分别如图 1 ~ 5 所示。

图 1 表明配置比例 1:9 的混溶油与 0 号柴油相比较在初始功率 3 ~ 6 kW 时, 0 号柴油的耗油率高于其他混溶油, 混溶油 3-1、4-1 的耗油量高于 0 号柴油。

图 2 表明在相同功率下混溶油 1-1 耗油量最少, 初始功率阶段 0 号柴油耗油率最大, 6 kW 之后柴油耗油率降低, 混溶油 1-1、1-2 在功率 9 ~ 12 kW 耗油率最小, 12 kW 之后混溶油 1-2 耗油率上升。

图 3 表明在 0 ~ 9 kW 时 0 号柴油的耗油率先高于后低于混溶油 2-1、2-2, 柴油机功率达到 9 kW 以后混溶油 2-2 耗油量最大。

图 4 表明混溶油 3-1 的耗油率和耗油量在相同功率下均低于 0 号柴油和混溶油 3-2。

图 5 表明在功率相同情况下, 混溶油 4-1 与 0 号柴油、混溶油 4-2 相比耗油率和耗油量变化曲线平缓, 性能稳定。0 ~ 6 kW 3 种油耗油率波动大。

在图 1 ~ 5 中, 分别给出了 0 号柴油和不同比例混溶油的油耗量及耗油率与农用柴油机功率的关系图。对于同一种试样来讲, 在农用柴油机功率较低时, 混溶油的消耗量要小于 0 号柴油; 在农用柴油机功率较高时, 配置比例为 1:9 时的混溶油消耗量仍低于 0 号柴油, 而配置比例为 2:8 时的混溶油消耗量高于 0 号柴油, 说明配置比例为 1:9 时的混溶油的燃烧特性较好, 提高了农用柴油机的燃油效率。

当农用柴油机功率较低时, 燃油消耗量小, 由于混溶油中含有一定的氧, 其理论空燃比要优于 0 号柴油, 所起的作用较大, 燃烧更完全, 所以耗油率要低一些; 当农用柴油机功率较高时, 燃油消耗量比较大, 这时空燃比所起的作用显得较小, 所以耗油率比

表 1 生物质焦油可燃馏分的元素分析(收到基)

Tab.1 Element analysis of biomass tar and its distillations

原料	元素质量分数/%			低位发热量/	高位发热量/
	C	H	O	MJ·kg ⁻¹	MJ·kg ⁻¹
试样 1	84.88	7.36	7.76	35.214	36.685
试样 2	83.26	7.14	9.60	34.338	35.945
试样 3	79.82	7.42	12.76	33.522	35.214
试样 4	85.64	9.38	4.98	38.352	39.978

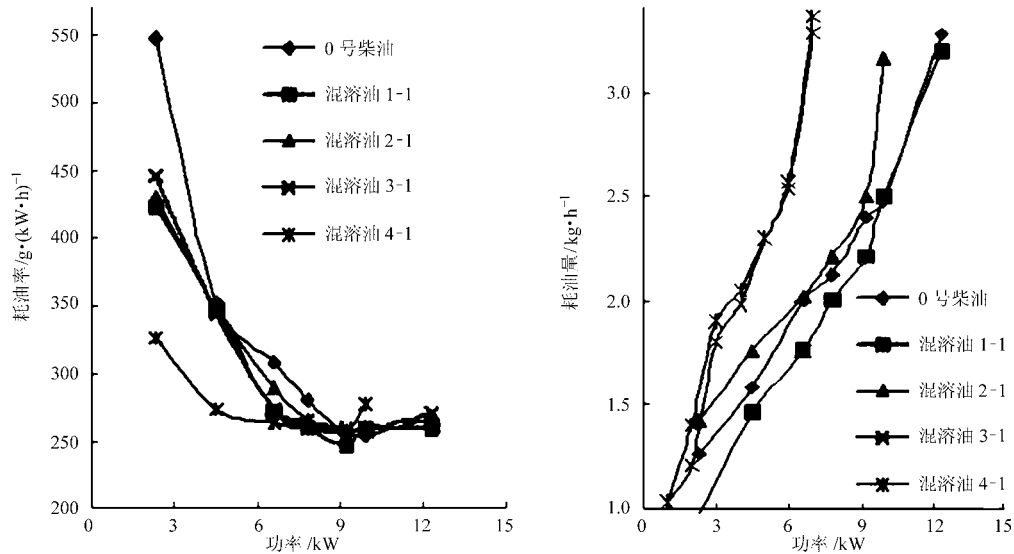


图1 农用柴油机燃用混合10%试样混溶油的负荷特性曲线

Fig.1 Load characteristic curves of agricultural diesel engine with 10% miscible oil

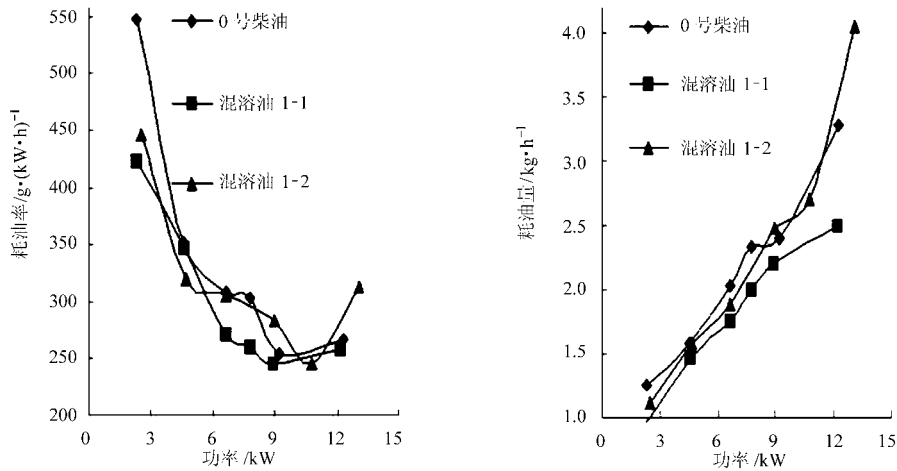


图2 农用柴油机燃用试样1混溶油的负荷特性曲线

Fig.2 Load characteristic curves of diesel engine of sample No. 1

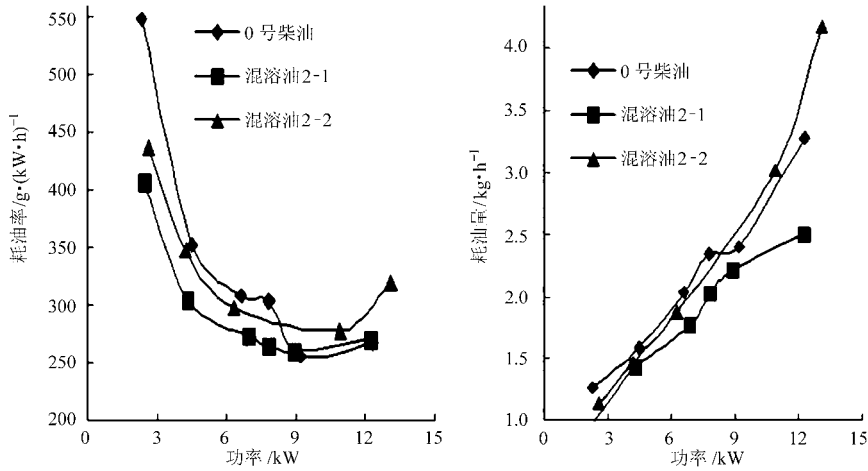


图3 农用柴油机燃用试样2混溶油的负荷特性曲线

Fig.3 Load characteristic curves of diesel engine of sample No. 2

较接近。

值得注意的是,虽然混溶油的发热量比0号柴油低,但大部分混溶油的密度比0号柴油的密度大。

因此相同体积的发热量与0号柴油比较接近,这也是不改变农用柴油机结构和参数时,混溶油能够取代0号柴油进行燃烧的重要原因。

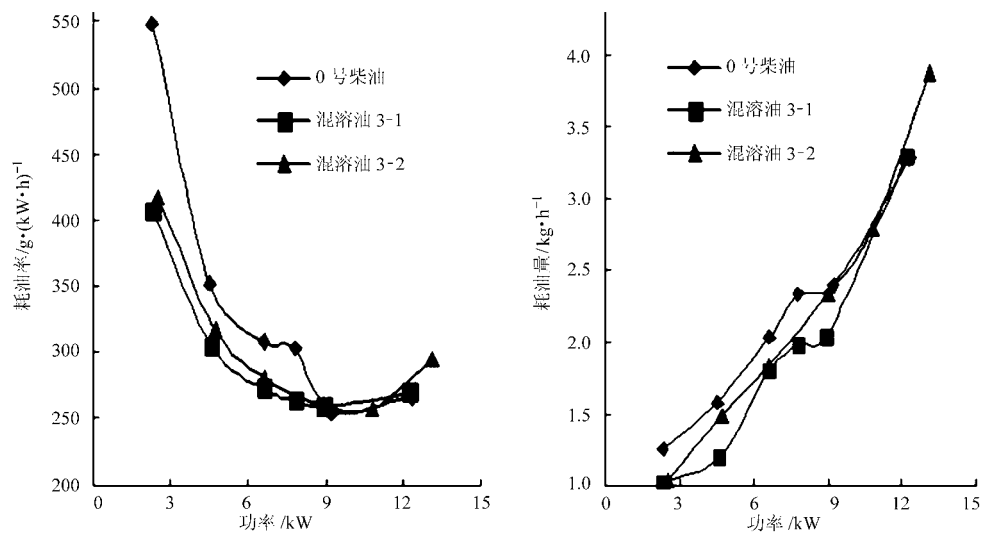


图4 农用柴油机燃用试样3混溶油的负荷特性曲线

Fig. 4 Load characteristic curves of diesel engine of sample No. 3

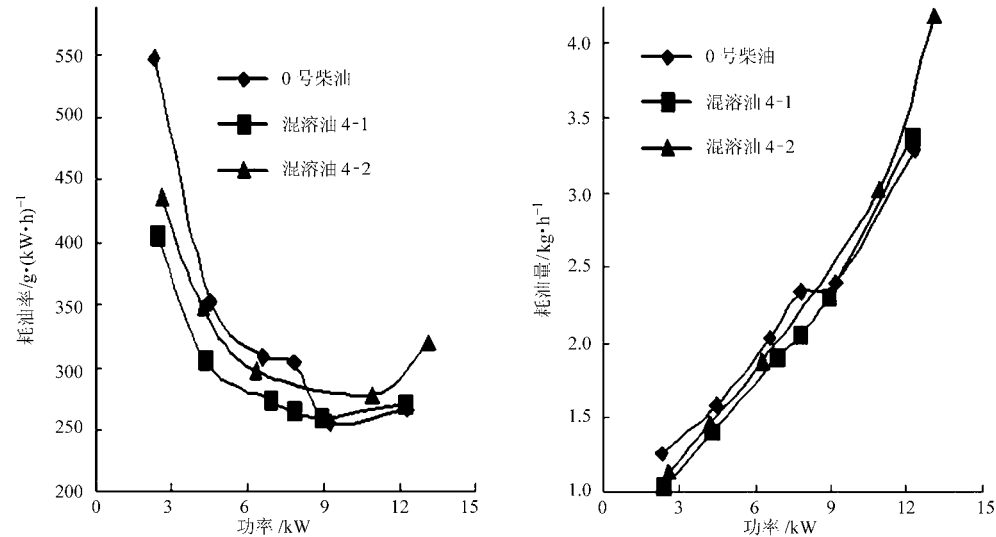


图5 农用柴油机燃用试样4混溶油的负荷特性曲线

Fig. 5 Load characteristic curves of diesel engine of sample No. 4

3 结论

- (1) 采用本实验配置的混溶油 1-1、2-1、3-1、4-1、1-2、2-2 的平均耗油率低于 0 号柴油,说明它们具有较好的节油效果。
- (2) 使用混溶油时农用柴油机的最大功率均超过农用柴油机的额定功率,说明混溶油能在超负荷工况下工作,可满足农用柴油机的动力要求。
- (3) 在农用柴油机功率较低时,混溶油的消耗量小于 0 号柴油;在农用柴油机功率较高时,生物质

- 焦油可燃馏分掺混替代比例为 10% 时的混溶油消耗量低于 0 号柴油,而生物质焦油可燃馏分掺混替代比例为 20% 时的混溶油消耗量高于 0 号柴油。
- (4) 耗油率与农用柴油机功率的关系曲线表明,随着农用柴油机功率的增加,0 号柴油和不同比例混溶油的耗油率开始急剧下降,以后平缓降低。
- (5) 不同比例混溶油的密度基本上比 0 号柴油的密度大,相同体积的发热量与 0 号柴油比较接近,这是不改变农用柴油机结构和参数时,混溶油能够取代 0 号柴油进行燃烧的重要原因。

参 考 文 献

1 张全国. 生物质焦油燃烧动力学及其燃料特性实验研究[D]. 大连:大连理工大学,2006.
Zhang Quanguo. Experimental study of combustion kinetics and fuel characteristics of biomass tar[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2006. (in Chinese)

垃圾等,具有较好推广应用前景。

4 结论

(1)采用螺旋桨叶轴机械搅拌的新型卧式厌氧发酵罐,解决了干式发酵出料难题和牛粪厌氧发酵过程中由于粘稠、致密抑制沼气的释放等难题,加快了厌氧发酵反应速度,提高了发酵罐处理效率。

(2)建设了干式厌氧发酵中试系统,各项指标和功能满足生产要求,实现了连续干式厌氧发酵产气,为干式沼气工业化提供了新模式。

(3)中试试验表明系统运行稳定,产气效果较好,平均有效容积产气率为 $3.0\text{ m}^3/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,平均甲烷体积分数为 56.1% 。反应器保温增温性能较好,进出料流畅。

参 考 文 献

1 陈智远,石东伟,王恩学,等. 农业废弃物资源化利用技术的应用进展[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(12):112~117.
Chen Z Y, Shi D W, Wang E X, et al. Development of the application of resource utilization technology in agricultural waste [J]. China Population Resources and Environment, 2010, 20(12):112~117. (in Chinese)

2 韩捷,向欣,李想. 覆膜槽沼气规模化干法发酵技术与装备研究[J]. 农业工程学报,2008,24(10):100~104.
Han J, Xiang X, Li X. Technology and equipment of large scale biogas dry fermentation in membrane covered trough [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2008,24(10):100~104. (in Chinese)

3 Couto S R, Sanroman M A. Application of solid-state fermentation to food industry[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 76(3): 291~302.

4 钱靖华,田宁宁. 牛场沼气工程设计中的关键问题研究[J]. 中国沼气,2009,27(1):20~23.
Qian J H, Tian N N. Key problems existing in biogas project design for cattle farms[J]. China Biogas, 2009, 27(1): 20~23. (in Chinese)

5 田晓东,张典,俞松林,等. 沼气工程技术讲座(三):沼气工程的技术设计[J]. 可再生能源,2011,29(3):157~159.
Tian X D, Zhang D, Yu S L, et al. Lecture on biogas engineering technology (Ⅲ): the technology design of biogas engineering [J]. Renewable Energy, 2011, 29(3): 157~159. (in Chinese)

6 赵立欣,董保成,田宜水,等. 大中型沼气工程技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007.

7 刘广青. 高温厌氧消化厨余和庭院废弃物性能研究[D]. 北京:中国农业大学,2006.

(上接第 197 页)

2 江淑琴. 生物质燃料的燃烧与热解特性[J]. 太阳能学报,1995(1):15~20.
Jiang Shuqin. The combustion and pyrolysis property of biomass[J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 1995(1):15~20. (in Chinese)

3 谭丕强,胡志远,楼狄明,等. 非直喷式增压柴油机燃用生物柴油的性能与排放特性[J]. 内燃机学报,2006,24(2):110~115.
Tan Piqiang, Hu Zhiyuan, Lou Diming, et al. Performance and emissions of IDI turbocharged diesel engines fuelled with biodiesel fuels[J]. Transactions of CSICE, 2006,24(2):110~115. (in Chinese)

4 宋天一,雷廷宙,王志伟,等. 生物柴油—柴油混合燃料性能和排放的实验研究[J]. 河南科学,2012,30(3):70~75.
Song Tianyi, Lei Tingzhou, Wang Zhiwei, et al. Performance and emission tests of biodiesel-diesel blends[J]. Henan Sciences, 2012, 30(3):70~75. (in Chinese)

5 吴创之. 生物质燃气净化技术[J]. 可再生能源,2003(4):55~56.

6 张素平,颜涌捷,李庭琛,等. 生物质裂解焦油的燃烧特性及动力学模型[J]. 华东理工大学学报,2002,28(1):104~106.
Zhang Suping, Yan Yongjie, Li Tingchen, et al. Combustion characteristics and kinetic analysis of bio-oil from flash pyrolysis of biomass[J]. Journal of East China University of Science and Technology, 2002, 28(1): 104~106. (in Chinese)

7 GB/T 6072.1—2008 往复式内燃机性能第1部分:功率燃料消耗和机油消耗的标定及试验方法 通用发动机的附加要求[S]. 2008.

8 刘鹏. 微型汽车发动机及整车热平衡试验系统开发[D]. 武汉:武汉理工大学,2010.
Liu Peng. Development of mini vehicle engine and vehicle heat balance test system[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2010. (in Chinese)