

柴油机燃用不同比例菜籽油生物柴油和乙醇柴油的对比试验研究

李会芬¹, 黄锦成¹, 黄豪中¹, 陈国栋²

(1. 广西大学 机械工程学院, 广西 南宁 530004; 2. 广西大学 行健文理学院, 广西 南宁 530004.)

摘 要: 在一台 S195 直喷柴油机上进行燃料燃烧对比试验, 试验结果表明, 燃用生物柴油和乙醇柴油会使柴油机的动力性有所下降, 其中菜籽油生物柴油的动力性接近纯柴油燃料的动力性, 乙醇柴油的动力性相对较差。生物柴油和乙醇柴油的油耗率都比纯柴油要高, 生物柴油的油耗率要高于乙醇柴油。但随负荷的增大, 这种差距呈下降趋势。生物柴油和乙醇柴油在较大工况范围都可以保持比纯柴油燃料较低的 CO 排放量。低负荷状态下改善不明显, 甚至会增大; 高负荷工况下, 混合燃料的 CO 排放比纯柴油降低较多。绝大部分工况下, 生物柴油和乙醇柴油燃料的 HC 排放都比纯柴油高。绝大部分工况下, 生物柴油和乙醇柴油的 NO_x 排放和碳烟排放都比纯柴油低, 其中生物柴油的表现优于乙醇柴油。

关 键 词: 柴油机; 燃料燃烧; 菜籽油; 生物柴油; 发动机性能; 发动机排放; 乙醇柴油

中图分类号: TK421.2 文献标识码: A

引 言

石化能源是不可再生能源, 面临着能源枯竭等问题。可再生和可替代石化柴油的生物柴油和开发乙醇柴油燃料是世界关注的热点。目前, 生物柴油和乙醇柴油发展的瓶颈因素是原料。“十五”期间, 我国油菜种植面积总和 5 年平均为 720.2 Mm² 和 1191 万 t, 分别占我国主要油料作物种植(5 年平均) 总面积和总产量的 31.1% 和 26.55%^[1]。菜籽油中饱和脂肪酸含量低, 可以作为优良的燃料使用。前期已有以木棉籽、棕榈油、地沟油等生物柴油和乙醇柴油单独在发动机上的试验研究, 但没有同一柴油机分别燃用菜籽油生物柴油和乙醇柴油的对比试验数据, 无法得出何种燃料在发动机上更加合适和有推广价值。

基于这一问题, 采用不同比例菜籽油和乙醇与柴油相混合的方式进行发动机台架试验, 分析它们

对直喷柴油机的动力性、经济性和污染物排放的影响, 对合理地使用菜籽油生物柴油及乙醇柴油有一定的参考价值。为了保证混合燃料的互溶稳定性和低温流动性, 我们选用了正丁醇作为助溶剂, 体积比为 5%。

1 试验设备及研究方法

1.1 发动机参数

试验用发动机为一台 S195 型卧式、单缸、四冲程、直喷柴油机, 其基本参数如表 1 所示。

表 1 发动机的基本参数

Tab. 1 Basic parameters of the engine

S195 型	数值
排量/L	0.815
缸径/mm	95
行程/mm	115
压缩比	20:1
标定功率(kW)/转速(r·min ⁻¹)	8.82/2000
最大扭矩(N·m)/转速(r·min ⁻¹)	48/1500
全负荷最低燃油耗/g·(kW·h) ⁻¹	≤251.6
喷油压力/MPa	16±0.49
供油提前角/°CA	-18

1.2 燃料指标

采用市售菜籽油、无水乙醇和 0 号柴油以不同比例混合后, 进行发动机试验。试验样品 5 种, 分别为 D100、B10、B20、E10、E20, 其中 D 代表柴油, B 代表菜籽油生物柴油, E 代表乙醇柴油, 数字为掺混比例(体积分数)。燃料为试验时现场制备。配制顺序为: 柴油 + 生物柴油(或乙醇) + 助溶剂, 机械方法搅匀。燃料理化指标除质量分数按油料中某元素

收稿日期: 2011-08-17; 修订日期: 2011-11-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51076033); 广西制造系统与先进制造技术重点实验室项目(桂科能 0842006-014-Z)

作者简介: 李会芬(1972-), 女, 河北定州人, 广西大学讲师。

的质量百分比公式计算得到外,其余均为试验测量值。0 号柴油、菜籽油生物柴油、乙醇柴油的主要理化特性指标如表 2 所示。

表 2 0 号柴油、菜籽油生物柴油、乙醇柴油样品的主要理化特性
Tab. 2 Main physiochemical properties of 0# diesel , vegetable-seed oil bio-diesel and ethanol-diesel sample

	D100	B10	B20	E10	E20
十六烷值	>45	>44	>45	>43	>40
闪点/℃	52	61	71	47	43
密度(15℃) /kg · L ⁻¹	0.834	0.838	0.843	0.828	0.824
凝固点/℃	-3	-6	-7	-9	-14
运动黏度(20℃) /mm ² · s ⁻¹	4.70	5.34	6.664	3.962	3.439
硫质量分数/%	<0.2	<0.18	<0.16	<0.18	<0.16
碳质量分数/%	86.5	84.5	83.5	81.8	78.2
氢质量分数/%	13.4	13.20	13.00	13.34	13.27
氧质量分数/%	0	1.15	2.28	3.31	6.66
低热值/MJ · L ⁻¹	42.5	41.5	41.2	41	39

1.3 试验测试系统组成和试验方法

发动机测试系统能够满足国 III/IV 排放法规的测试能力的要求,测试系统主要设备:发动机测控系统(FC2000);测功机(S6400);不透光烟度计(FTY-100);智能油耗仪(FC2210Z);排气分析仪(AVL-LELP-420)。试验装置布置图如图 1 所示。试验在标定转速(2 000 r/min) 和最大扭矩转速(1 500 r/min) 下进行。

试验规范:先用纯柴油进行暖机,待润滑系统温度和冷却系统温度都达到要求后,再试验。为了消除油路中残存燃料对下一种试验燃料的影响,采用前一燃料燃烧完毕并换用同一状态下第二种燃料 15 min 后进行。

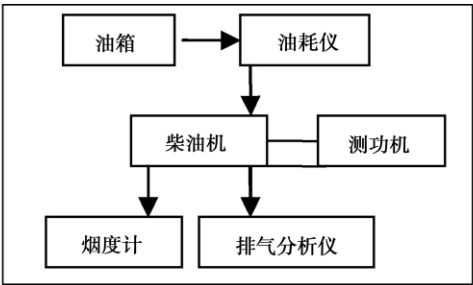


图 1 试验装置示意图
Fig. 1 Schematic drawing of the test device

2 试验结果

2.1 动力性

图 2 为 5 种燃料的外特性功率和转矩对比图。图中显示,混合燃料中菜籽油生物柴油 B10、B20 的动力性与 D100 的动力性比较接近,而乙醇柴油 E10、E20 的动力性相对较差。图 2(a) 显示, E10 与 D100 相比虽有起伏,但偏离值并不大,而 E20 的功率明显下降很多。以标定转速(2000 r/min) 时为例,与 D100 相比, B10、B20、E10、E20 的功率下降幅度分别为 4.1%、1.4%、0.01%、19.3%。图 2(b) 显示 B10、B20 与 D100 相比转矩下降但偏差较少, E10 在 1 500 r/min 以后转矩与 D100 相似,而 E20 下降最多。以最大扭矩转速(1500 r/min) 时为例,与 D100 相比, B10、B20、E10、E20 的转矩下降幅度分别为 4.2%、2.1%、-0.04%、16.1%。

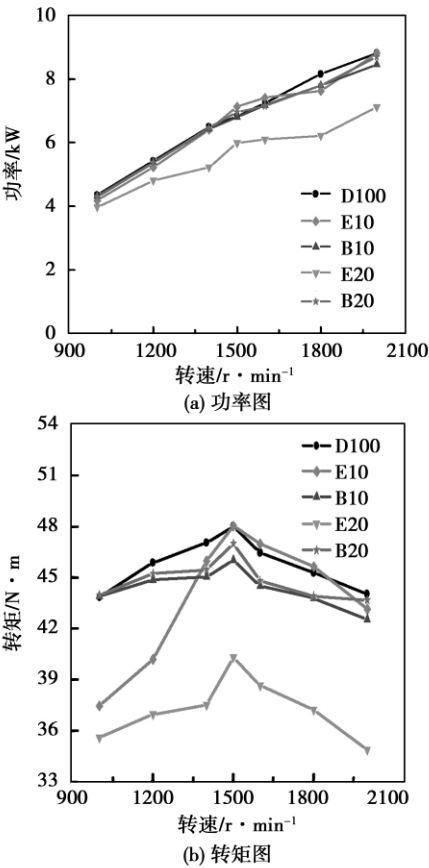


图 2 动力性比较
Fig. 2 Power performance comparison

由于生物柴油和乙醇柴油的热值比纯柴油低,功率有所下降^[2],若使用生物柴油,20% 比例较为

合适;若使用乙醇柴油,10%比例较为合适,乙醇掺混比例过大,会造成柴油机动力性下降过多,影响正常使用。

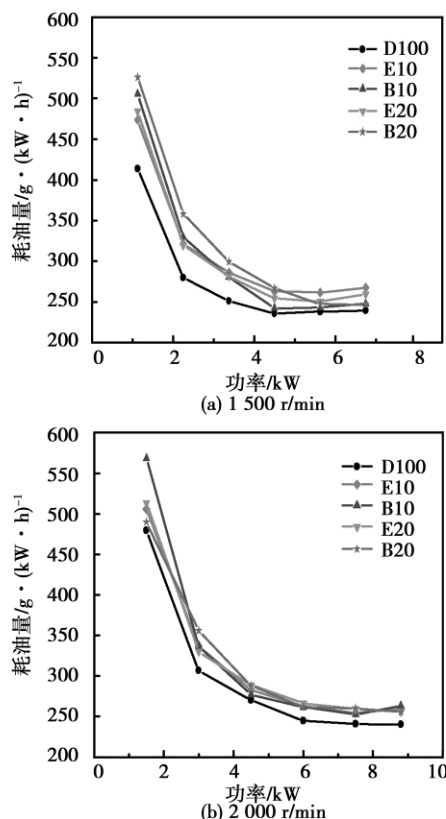


图3 油耗率对比图

Fig. 3 Chart showing a contrast of oil consumption rates

2.2 经济性

图3为4种混合燃料分别在标定转速(2000 r/min)和最大扭矩转速(1500 r/min)下与纯柴油燃料的油耗率对比图。图中显示4种混合燃料在两种转速下的油耗率都比纯柴油要高,生物柴油的油耗率要高于乙醇柴油,并且有随菜籽油和乙醇添加比例的加大油耗率也变大的趋势。但随负荷的增大,这种差距呈下降趋势。以标定工况(8.82 kW/2000 r/min)时的油耗率为例:此工况下,B10、B20、E10、E20燃料分别比D100燃料的油耗率高出9.5%、6.4%、7.8%、6.3%。

分析认为:混合燃料的油耗率都高于纯柴油,是因为生物柴油的热值要比石化柴油的低,要满足标定转速、负荷相同情况,生物柴油的油耗要比石化柴油的大^[3];乙醇的热值也比纯柴油低,燃料中乙醇的加入,使得燃烧持续期延长,导致燃烧效率降低成为主要影响因素,所以油耗率也会上升^[4];另外,生

物柴油的黏度比柴油高,雾化液滴的平均直径明显大于柴油,雾化挥发性不如柴油,降低了燃料与空气的混合质量,从而影响了燃烧,增加了油耗^[5],这也是生物柴油比乙醇柴油的油耗率大一些的主要原因。

2.3 排放性能

2.3.1 CO排放

图4为4种混合燃料分别在标定转速(2000 r/min)和最大扭矩转速(1500 r/min)下与纯柴油燃料的CO排放对比图。图中显示4种混合燃料在较大工况范围都保持较低的CO排放量。低负荷状态下改善不明显,甚至会增大;高负荷工况下,3种混合燃料的CO排放与纯柴油相比降低较多。以标定工况为例,此工况(8.82 kW/2000 r/min)下,B20、E10、E20燃料分别比D100燃料的CO排放低50%、10%、20%。B10燃料比D100燃料的CO排放高10%。

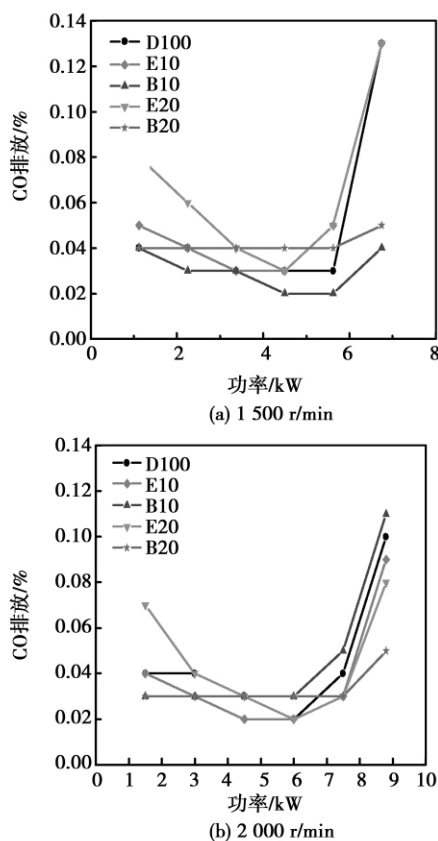


图4 CO排放对比图

Fig. 4 Chart showing a contrast of CO emissions

分析认为:这主要是由于低负荷时,缸内温度低,生物柴油黏度高,混合雾化较差,影响燃烧^[6];高负荷时由于缸内温度提高,生物柴油中含氧,在燃

烧过程中产生自供氧效应,有利于促进燃料的快速充分燃烧,所以生成的CO比纯柴油少。乙醇的高汽化潜热使温度本来就不高的缸壁面的猝冷层厚度增加,使燃料混合和燃烧条件变差,导致燃烧初期CO排放较高;随着转速提高,缸内温度提高,靠近壁面的猝冷层厚度减小,乙醇的汽化潜热影响减小,乙醇的低沸点使燃料雾化及混合更加完善,再加乙醇的低C富O,使得CO排放也比纯柴油燃料下降^[4]。

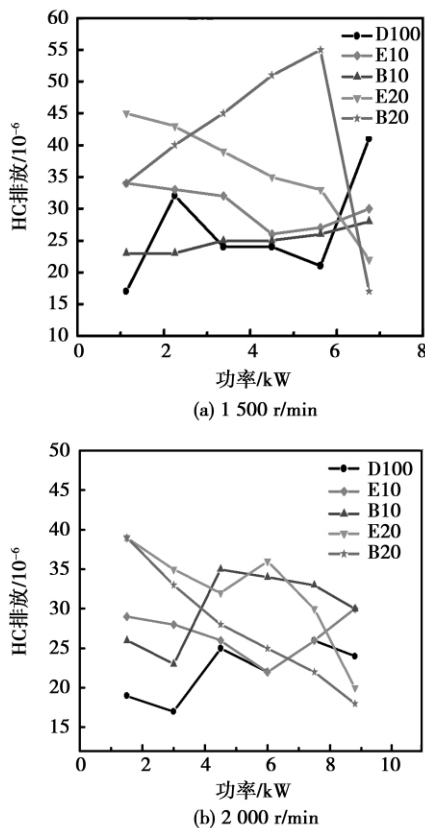


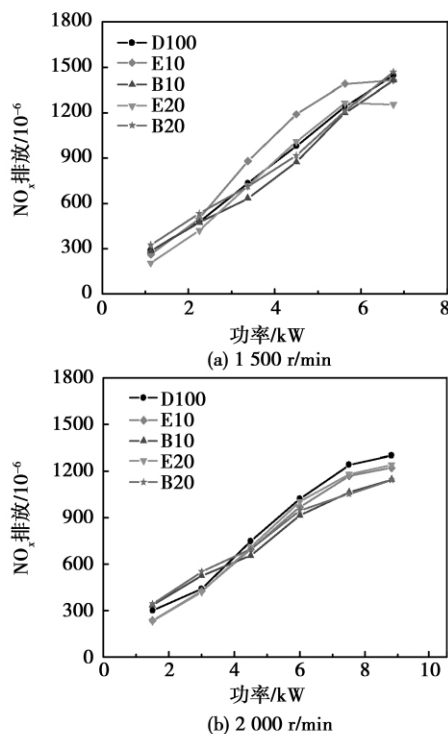
图5 HC排放对比图

Fig. 5 Chart showing a contrast of HC emissions

2.3.2 HC排放

图5为4种混合燃料分别在标定转速(2000 r/min)和最大扭矩转速(1500 r/min)下与纯柴油燃料的HC排放对比图。图中显示,绝大部分混合燃料的HC排放都比纯柴油高,表现相对较好的是B10和E10,曲线变化比较平和,HC排放增加量小一些。大负荷下,混合燃料的HC排放相对低一些。以标定工况(8.82 kW/2000 r/min)时为例:此工况下,B20、E20燃料的HC排放分别比D100燃料低25%、16.7%;B10、E10燃料的HC排放比D100燃料高25%。

混合燃料的HC排放绝大部分工况都高于纯柴油,这主要是混合燃料的特性决定的。由于生物柴油黏度较大导致燃料混合雾化较差,生成HC较普通柴油高;乙醇的汽化潜热大且十六烷值低,乙醇的加入使滞燃期延长,喷雾过稀区增多;乙醇良好的挥发性及高汽化潜热,使其在喷射雾化时吸热降低了缸内温度,低温易造成火焰壁面淬熄,使靠近壁面的燃料燃烧不充分,甚至部分燃料未燃烧而在排气行程中以HC形式排出,因此乙醇柴油混合燃料的HC排放要比纯柴油的HC排放要高^[4]。大负荷时B20、E20的HC排放会有所改善,这主要是因为生物柴油十六烷值比柴油高,燃烧迅速,滞燃期短,未燃HC和热裂解HC较少,另外是生物柴油和乙醇中含氧,有利于燃料的充分燃烧。

图6 NO_x排放对比图Fig. 6 Chart showing a contrast of NO_x emissions

2.3.3 NO_x排放

图6为4种混合燃料分别在标定转速(2000 r/min)和最大扭矩转速(1500 r/min)下与纯柴油燃料的NO_x排放对比图。从图中可以看出,绝大部分工况下混合燃料的NO_x排放都比纯柴油低,其中生物柴油的表现优于乙醇柴油,乙醇柴油中E10在最大扭矩转速(1500 r/min)时的NO_x排放较高。以标定工况(8.82 kW/2000 r/min)时的NO_x排放为

例: B10、B20、E10、E20 燃料分别比 D100 燃料的 NO_x 排放低 11.8%、12.1%、6.1%、4.7%。

这是由于混合燃料热值低, 燃烧放热滞后; 黏度大, 导致雾化混合质量下降, 缸内温度降低, 抑制了 NO_x 的生成。虽然混合燃料氧含量增加, 但生物柴油本身的特性如十六烷值较高、芳烃含量低等优点, 降低了燃烧温度, 从而降低了 NO_x 的排放, 所以其 NO_x 的排放比纯柴油低。乙醇的表面张力小、沸点低^[7], 乙醇的快速蒸发会吸收缸内的热量, 又由于乙醇的汽化潜热大约为柴油的 3 倍^[8], 这也有效降低了缸内平均温度, 使 NO_x 的排放也比纯柴油的低。在全工况范围, 生物柴油对 NO_x 排放的改善优于乙醇柴油。

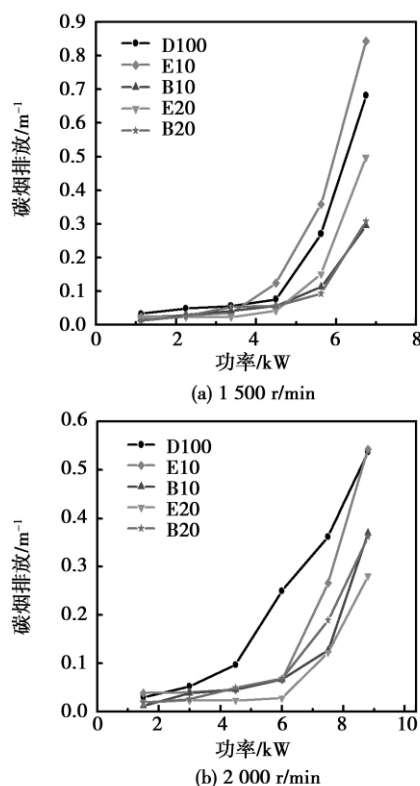


图 7 碳烟排放对比图

Fig. 7 Chart showing a contrast of carbon-fired flue gas emissions

2.3.4 碳烟排放

图 7 为 4 种混合燃料分别在标定转速 (2 000 r/min) 和最大扭矩转速 (1 500 r/min) 下与纯柴油燃料的碳烟排放对比图。从图中可以看出, 绝大部分工况下, 混合燃料的碳烟排放比纯柴油低, 并且全工况范围都保持较低的碳烟排放, 其中生物柴油的表现优于乙醇柴油, 乙醇柴油中 E10 在最大扭矩转速

(1 500 r/min) 时的碳烟排放较高。以标定工况 (8.82 kW/2 000 r/min) 时的碳烟排放为例: B10、B20、E20 燃料分别比 D100 燃料的碳烟排放低 31.0%、32.5%、47.6%。E10 燃料分别比 D100 燃料的碳烟排放高 1.1%。

这主要是由于: 混合燃料中含氧原子, 在燃烧过程中可提供较多的氧, 降低了燃料浓混合区缺氧的程度, 在一定程度上抑制了碳烟的生成; 生物柴油无硫^[6], 降低了混合燃料中的硫含量, 也在一定程度上减少了硫酸盐颗粒物的生成。乙醇柴油燃料中氧含量增大, 使燃烧更加充分从而会降低碳烟排放^[9]; 乙醇中不含芳香烃, 缺失了芳香烃由于高温缺氧裂解而生成碳烟的条件^[7], 所以碳烟减少; 乙醇的低沸点、易蒸发, 使燃料混合更加均匀, 在扩散过程生成碳烟^[10]的几率也减小, 所以碳烟排放也会降低。

3 结 论

(1) 燃用生物柴油和乙醇柴油会使柴油机的动力性有所下降, 其中菜籽油生物柴油的动力性接近与纯柴油燃料的动力性, 乙醇柴油的动力性相对较差。若使用生物柴油 20% 比例较为合适; 若使用乙醇柴油, 10% 比例较为合适, 乙醇掺混比例过大, 会造成柴油机动力性下降过多, 影响正常使用。

(2) 生物柴油和乙醇柴油的油耗率都比纯柴油要高, 生物柴油的油耗率要高于乙醇柴油。但随负荷的增大, 这种差距呈下降趋势。

(3) 生物柴油和乙醇柴油在较大工况范围都可以保持较低的 CO 排放量。低负荷状态下改善不明显, 甚至会增大; 高负荷工况下, 混合燃料的 CO 排放比纯柴油燃料降低较多。

(4) 绝大部分工况下, 生物柴油和乙醇柴油燃料的 HC 排放都比纯柴油高。

(5) 绝大部分工况下, 生物柴油和乙醇柴油的 NO_x 排放都比纯柴油低, 其中生物柴油的表现优于乙醇柴油。

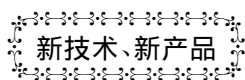
(6) 绝大部分工况下, 生物柴油和乙醇柴油的碳烟排放比纯柴油低, 其中生物柴油的表现优于乙醇柴油。

参考文献:

- [1] 王汉中. 我国油菜产需形势分析及产业发展对策[J]. 中国油料作物学报 2007 29(1): 101-105.
WANG Han-zhong. Analysis of the rape production and demand

- situation and industry development countermeasures[J]. Journal of China Oil Crops 2007 29(1):101-105.
- [2] 丁凯,王会明,亢淑娟,等.大豆生物柴油混合燃料性能试验研究[J].内燃机与动力装置 2009 8(4):48-51.
DING Kai,WANG Hui-ming,KANG Shu-juan,et al. Experimental study of the performance of soybean-biodiesel-blended fuel[J]. Internal Combustion Engine & Power Plant 2009 8(4):48-51
- [3] 范焱虎,张汝坤,张天顺,等.柴油机掺烧三种生物柴油的排放性能试验研究[J].农机化研究 2011 6(6):214-216 220.
FAN Yan-hu,ZHANG Ru-kun,ZHANG Tian-shun,et al. Experimental study of the emissions performance of three kinds of biodiesel[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2011,6(6):214-216 220.
- [4] 李会芬,黄锦成,陈国栋.乙醇柴油混合燃料发动机的经济性和排放特性的试验研究[J].小型内燃机与摩托车,2011,6(3):67-70.
LI Hui-fen,HUANG Jin-cheng,CHEN Guo-dong. Experimental study of the cost-effectiveness and emissions characteristics of ethanol-diesel-blended fuel engines[J]. Small-sized Internal Combustion Engine and Motorcycle 2011 6(3):67-70.
- [5] 孙书生,谈建,张健,等.山茶油生物柴油特性及用于柴油机的性能与排放研究[J].节能技术 2009 1(1):3-6.
SUN Shu-sheng,TAN Jian,ZHANG Jian,et al. Camellia oil biodiesel characteristics and research of its performance and emissions when used for diesel engines[J]. Energy Conservation Technology, 2009,1(1):3-6.
- [6] 刘双喜,邵忠英,高俊华,等.柴油机燃用不同比例棉籽生物柴油的试验[J].内燃机学报 2011 2(2):119-124.
LIU Shuang-xi,SHAO Zhong-ying,GAO Jun-hua,et al. Test of a diesel burning cottonseed bio-diesel in various proportions [J]. Transactions of Internal Combustion Engine,2011,2(2):119-124.
- [7] 颜文胜,申立中,雷基林,等.不同大气压力和乙醇/柴油混合掺比对柴油机性能和排放的影响[J].内燃机学报,2007,25(6):539-544.
YAN Wen-sheng,SHEN Li-zhong,LEI Ji-lin,et al. Influence of various atmospheric pressures and alcohol/diesel mixture proportion on the performance and emissions of a diesel engine [J]. Transactions of Internal Combustion Engine 2007 25(6):539-544.
- [8] 邢元,尧命发,张福根,等.乙醇柴油混合燃料燃烧特性及排放特性的试验研究[J].内燃机学报 2007 25(1):24-29.
XING Yuan,YAO Ming-fa,ZHANG Fu-gen,et al. Experimental investigation of the combustion and emission characteristics of ethanol-diesel blended fuel [J]. Transactions of Internal Combustion Engine 2007 25(1):24-29.
- [9] 李会芬,余红东,黄锦成.以醇类为助溶剂的乙醇柴油混合燃料的试验研究[J].广西大学学报 2010 35(2):282-285.
LI Hui-fen,YU Hong-dong,HUANG Jin-cheng. Experimental study of ethanol-diesel blended fuel with alcohol and its kind serving as the dissolution-assisting agent [J]. Journal of Guangxi University, 2010 35(2):282-285.
- [10] 陈虎,陈文森,王建昕,等.柴油机用乙醇-甲酯-柴油时PM排放特性的研究[J].内燃机学报 2007 25(1):47-52.
CHEN Hu,CHEN Wen-sen,WANG Jian-xin,et al. Study of PM emission characteristics of a diesel engine when fueled with ethanol-ester-diesel [J]. Transactions of Internal Combustion Engine, 2007 25(1):47-52.

(辉 编辑)



汽轮机中压缸第一级的改进

据《Электрические станции》2011年9月刊报道,分析并归纳了K-300-240型汽轮机中压缸通流部分由固体粒子引起的破坏情况。

绘制了两相流动(蒸汽-固体粒子)图,确定了强侵蚀-磨蚀的方向和区域。用公式表达了磨蚀流动态作用的条件。优化了中压缸第一级。

中压缸第一级的改进包括增加叶栅间隙并在顶部密封内安装具有自动排出内部磨蚀生成物功能的离心分离器。这些措施减少了通流部分零件磨损并大幅度地延长汽轮机级的使用期限。

在电站检修部门或专门训练的维修机构协助下可以进行大型汽轮机中压缸第一级的现代化改造。

(吉桂明 摘译)

and reaction atmosphere etc. on the HCl release. Furthermore, the influence of the CaCO_3 adding amount and temperature on the HCl removal efficiency was investigated and by using a GASMET DX4000 model infrared gas analyzer, the concentration of the HCl released was real-time measured. It has been found that with an increase of the proportion of the sludge mixed and diluted, the volume of the HCl released will increase while the conversion rate of Cl to HCl will decrease. To increase the temperature will promote the HCl release, however, after 600 °C, the conversion rate of Cl to HCl will change little. The proportion of oxygen in the carrier gas will make a part of HCl converted into Cl_2 , resulting in a drop of the conversion rate of Cl to HCl in the sample. A high temperature rise speed will lead to a large peak value of HCl release. To increase the $\text{Ca}/(\text{S} + 0.5\text{Cl})$ molar ratio will increase the HCl removal rate. When the $\text{Ca}/(\text{S} + 0.5\text{Cl})$ molar ratio is 2, 700 °C will be regarded as the optimum temperature for HCl removal. **Key words:** sewage sludge, bituminous coal, HCl emissions, HCl removal

造纸污泥与污水污泥的表现干燥动力学研究 = **Study of the Apparent Drying Kinetics of Papermaking and Sewage Water Sludge** [刊, 汉] LOU Bo, QIAN Wei, WU De-zhi (Guangdong Provincial Key Laboratory on Green Energy Source Technologies, College of Electric Power, South China University of Science and Technology, Guangzhou, China, Post Code: 510640) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012, 27(4). - 494 ~ 497

To study the apparent drying kinetics of sludge is of major significance for guiding sludge treatment. For this purpose, a contrast test of paper-making sludge and sewage water sludge with a same specific surface area of $3.24 \text{ cm}^2/\text{g}$ at four temperatures (30°C, 70°C, 102°C and 130°C) was performed and a fitting of the kinetic equation was conducted. It has been found that the drying rate constant k is an important parameter for studying the drying kinetics of sludge and the drying rate constant of the paper-making sludge is bigger than that of sewage water sludge. The activated energies of the paper-making and sewage water sludge are 26.84 kJ/mol and 27.423 kJ/mol respectively, indicating that the activated energy of the sewage water sludge is slightly bigger than that of the paper-making sludge. This depends on the fact that the viscosity of the sewage water sludge is comparatively big. **Key words:** paper-making sludge, sewage water sludge, drying kinetics, activated energy, drying rate

柴油机燃用不同比例菜籽油生物柴油和乙醇柴油的对比试验研究 = **Contrast Experimental Study of a Diesel Engine Burning Rapeseed Oil-based Bio-diesel and Ethanol-diesel in Various Proportions** [刊, 汉] LI Hui-fen, HUANG Jin-cheng, HUANG Hao-zhong (College of Mechanical Engineering, Guangxi University, Nanning, China, Post Code: 530004), CHEN Guo-dong (Xingjian College of Science and Liberal Arts, Guangxi Univer-

sity ,Nan-ning ,China ,Post Code: 530004) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. – 2012 27(4) .
–498 ~ 503

A contrast test was performed on a S195 direct spraying diesel engine. The test results show that to burn bio-diesel and ethanol-diesel will deteriorate the power performance of the diesel engine ,however ,the power performance of the diesel engine burning rapeseed oil-based bio-diesel is close to that of the diesel burning pure diesel and that of the diesel engine burning ethanol-diesel is relatively poor. Both oil consumption rates of the diesel engine burning bio-diesel and ethanol-diesel are higher than that burning pure diesel. The oil consumption rate of the bio-diesel is higher than that of ethanol-diesel. However ,with an increase of the load ,this difference will assume a descending tendency. Both bio-diesel and ethanol-diesel can maintain a relatively low amount of CO emissions in a comparatively large range when compared with pure diesel. However ,at a low load ,such an improvement is not evident and even gets worsened. At a high load ,the CO emissions of the blended fuels will decrease much more than those of pure diesel. Under the majority of the operating conditions ,the HC emissions of both bio-diesel and ethanol-diesel are higher than that of pure diesel and the NO_x and carbon-contained flue gas emissions of the bio-diesel and ethanol-diesel are lower than that of pure diesel ,among them ,the bio-diesel behaves better than the ethanol-diesel. **Key words:** rapeseed oil ,bio-diesel ,engine performance ,engine emissions ,ethanol-diesel

循环流化床中木屑与煤混烧特性的试验研究 = **Experimental Study of the Blended-combustion Characteristics of Sawdust and Coal in a Circulating Fluidized Bed** [刊 汉] TANG Xiu-neng ,LU Xiao-feng ,LU Jia-yi (Education Ministry Key Laboratory on Low Quality Energy Source Utilization Technologies and Systems ,Chongqing University ,Chongqing ,China ,Post Code: 400030) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. – 2012 27 (4) . – 504 ~ 509

In a self-developed small-sized circulating fluidized bed with the furnace dimensions of 150 mm × 150 mm × 2500 mm ,a blended combustion test of sawdust and coal was performed to study the combustion characteristics and pollutant emissions characteristics. It has been found that mixtures of sawdust and coal in mass proportions of 1:3 ,1:5 and 1:7 can maintain a stable combustion in the circulating fluidized bed. With an increase of the proportion of sawdust ,the high temperature combustion zone will shift upwards and the curves showing the temperature distribution in the furnace will assume a "parabola" shape. With a rise of the temperature in the dense-phase zone ,the NO_x volumetric fraction will increase. At a same fluidized air speed ,with an increase of the proportion of sawdust ,the CO volumetric fraction will increase and the SO_2 and NO_x volumetric fractions ,however ,will decrease. **Key words:** circulating fluidized bed ,sawdust and coal ,blended combustion