

车用 M85 甲醇烃类燃料的发动机性能试验研究*

杨丹¹, 白国福², 彭芬¹, 张海荣¹, 熊莲¹, 陈新德^{1†}

(1. 中国科学院广州能源研究所, 广州 510640; 2. 深圳市漆牌燃料开发有限公司, 广东 深圳 518109)

摘要: 本文介绍了一种醇烃燃料的制备方法, 并对该醇烃燃料的排放特性、速度特性和负荷特性进行了试验研究, 探讨了内燃机燃烧该醇烃燃料和 92#汽油在动力性、经济性和尾气排放三个方面的差异。研究表明, 和 92#汽油相比, 该醇烃燃料的最大输出功率略有增加: 耗油率增加了 5.5%~6.0%, 尾气中 CO 含量下降了 95%~96.3%、HC 含量上升了 24%~27%。因此, 从较低成本、CO 含量降低等角度分析, 该醇烃燃料可以部分或完全替代汽油。

关键词: 醇烃燃料; 内燃机; 汽油机; 台架试验

中图分类号: TK01

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.2095-560X.2015.05.006

Research on Performance of Gasoline Engine Operating on M85 Methanol-hydrocarbon Fuels

YANG Dan¹, BAI Guo-fu², PENG Fen¹, ZHANG Hai-rong¹, XIONG Lian¹, CHEN Xin-de¹

(1. Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;

2. Shenzhen DMMP Fuel Development Co., Ltd, Guangdong Shenzhen 518109, China)

Abstract: This paper introduced a preparation method of methanol-hydrocarbon fuels. The fuel emission characteristics, speed characteristics and load characteristic were experimentally studied. The performances of power, fuel economy and exhaust emission of combusting the methanol-hydrocarbon fuels and 92# gasoline was analyzed. The results show that compared with 92# gasoline, the maximum output power of methanol-hydrocarbon fuels increased slightly: the fuel consumption increased by 5.5%~6.0%, the CO content in exhaust gas decreased by 95%~96.3%, and the HC content increased by 24%~27%. Therefore, considering of the low cost and low CO emission, the methanol-hydrocarbon fuels can partially or completely replace gasoline fuels.

Key words: methanol-hydrocarbon fuel; IC engine; gasoline engine; bench test

0 前言

近年来, 随着能源、资源消耗量的不断增大, 加之石油资源紧缺, 持续的工业化增长伴随着车辆的广泛使用, 抵消了尾气排放控制所取得的技术进展, 国内已经开始减少对石油的依赖^[1]。我国的能源结构特点是煤多油少、地区分布不均衡, 因此以煤为原料生产甲醇, 再以甲醇代替汽油是改善能源结构的重要措施; 特别是在少油地区, 大力开发醇类燃料势在必行。目前研究较热的甲醇燃料成为新燃料的代表, 是理想的石油替代品。

目前的汽车发动机代用燃料以甲醇汽油为主^[2-5], 世界各国根据不同国情, 研发了 M3 (在汽油里添加

3%甲醇)、M5、M10、M15、M20、M50、M85 等不同掺和比的甲醇汽油。然而低甲醇汽油组成中汽油仍占主要成分, 导致甲醇汽油成本高, 生产原料受到能源限制, 且当汽油含量低于 15%时, 其制备过程会出现分层现象, 导致甲醇汽油性能不稳定, 从而使汽车动力不足; 如果使用高甲醇含量的甲醇汽油, 不仅需要对汽车的燃料供应系统做改动^[6], 同时存在点火难、冷启动难等问题^[7]。同时, 汽油中含有的苯、烯烃、硫等对环境污染严重, 降低燃料中的硫含量, 改进汽油中苯、芳烃、烯烃等组成性质, 不断提高车用燃料质量, 是摆在石油化工行业面前的一项刻不容缓的任务。

一般而言, 醇类燃料由于醇类物质的高汽化潜

* 收稿日期: 2015-08-04

修订日期: 2015-09-10

基金项目: 醇烃燃料工艺技术及应用研究项目 (y510081001); “十二五”国家科技支撑计划项目 (2012BAD32B07); 江苏省科技计划 (BE2013083)

† 通信作者: 陈新德, E-mail: chenxd@ms.giec.ac.cn

热及低饱和蒸气压将导致点火难、冷启动困难等问题, 醇类物质低热值使同等车况下油耗量增加。本论文针对以上问题, 选用挥发度适中的戊烷做点火剂, 以解决点火难、冷启动困难等问题; 添加对二甲苯来提高燃料的耐烧度, 从而降低行车油耗量。需要指出的是, 对二甲苯属低毒物质, 但由于添加量较低, 安全隐患较小; 对二甲苯和戊烷虽然价格较高, 但添加量少, 加之甲醇价格低廉, 故醇烃燃料的成本较汽油低。

本文研制的车用醇烃燃料甲醇含量达到 85%, 无需更改汽车发动机等装置可以直接使用, 且该燃料性能稳定, 成本低, 可以达到节约石油资源。将调配好的醇烃燃料, 送往国家石油石化产品质量监督检验中心(广东)进行质检。

1 实验方法与装置

原料甲醇、二甲苯、戊烷均为分析纯, 从国药集团化学试剂有限公司购买, 使用前未做任何处理。将甲醇、对二甲苯、戊烷按照 85:7.5:7.5 的质量配比称量, 进行混合, 搅拌 1 h 后, 沉淀、过滤, 密封存放 24 h 即得车用醇烃燃料。通过在传祺汽油发动机上分别燃用 92#汽油和本文调配的醇烃燃料

进行台架性能对比试验, 考察该醇烃燃料尾气排放性、速度特性试验和负荷特性试验, 为评价醇烃燃料的性能提供实验依据。台架试验在广州机械科学研究院油品中心进行, 所用的主要实验仪器及设备见表 1。

表 1 台架试验主要仪器及设备

Table 1 Main instruments and equipments of bench test

设备名称	规格型号	生产厂家
发动机性能测试仪	FC2000 汽油发动机自动检测系统	湘仪动力测试仪器有限公司
汽车尾气分析仪	NHFD-1 自由加速双怠速排放系统	南华仪器股份有限公司
汽油发动机	点燃式 VTML1.8L, 直列四缸最大马力 144 ps, 最大功率 106 kW	广汽传祺提供

2 实验结果与讨论

2.1 M85 醇烃燃料理化性能测试

表 2 是 M85 醇烃燃料理化性能的检测结果, 可以看到, 各项测试指标均优于国标中的指标, 尤其是硫含量、钠含量、锰含量和胶质含量都远远低于

表 2 M85 车用醇烃燃料检测指标及检测结果

Table 2 Testing index and results of M85 vehicle methanol-hydrocarbon fuel

检测项目	质量指标	检测结果	检测方法
甲醇 + 多碳醇 (C2~C8), % (体积分数)	≥84	83.09	GB/T 23799-2009 附录 A、NB/SH/T 0663-2014
烃化合物+脂肪族醚, % (体积分数)	14~16	16.66	GB/T 23799-2009 注 b
蒸气压, kPa (11月1日-4月30日)	≤78	53	SH/T 0794-2007
铅含量, mg/L	≤2.5	<2.5	GB/T 8020-1987
硫含量, mg/kg	≤80	<1.0	SH/T 0689-2000
多碳醇 (C2~C8), % (体积分数)	≤2	<0.01	NB/SH/T 0663-2014
酸度 (按乙酸计), mg/kg	≤50	47	ASTM D1613-06(2012)
实际胶质, mg/10mL	≤5	1.0	GB/T 8019-2008
未洗胶质, mg/10mL	≤20	4.0	GB/T 8019-2008
有机氯含量, mg/kg	≤2	1.2	GB/T 18612-2011
无机氯含量 (按 Cl ⁻ 计), mg/kg	≤1	0.8	GB/T 23799-2009 附录 C
钠含量, mg/kg	≤2	0.7	GB/T 17476-1998
水分%, (质量分数)	≤0.5	0.314	GB/T 6283-2008
锰含量, mg/kg	≤3	<0.3	SH/T 0711-2002
低热值 (kJ/kg)	-	27.12	氧弹热量计
辛烷值	-	106	研究法辛烷值

国标中的指标含量。另外, M85 醇烃燃料中甲醇含量较高, 烃类含量较低, 提高了醇烃燃料的含氧量, 有助于燃料在内燃机中充分燃烧, 进而可相应减少尾气的排放量。因此, 该醇烃燃料较汽油更清洁、更环保, 是汽油和甲醇汽油等燃料的较佳替代品。

2.2 怠速排放性能试验

本实验采用自由加速双怠速法, 按照 GB/T 14951-2007 标准进行排放性能试验。其中怠速工况是指发动机无负载运转状态, 即离合器处于接合位置, 变速器处于空挡位置; 油门踏板处于完全松开位置; 高怠速工况指用油门踏板将发动机转速稳定控制在 50% 额定转速。本标准将轻型汽车的高怠速转速规定为 $2\,500 \pm 100$ r/min。双怠速检测过程包括: 发动机由怠速工况加速至 70% 额定转速, 维持运转 30 s 后降至高怠速工况 (轻型车 $2\,500 \pm 100$ r/min); 尾气分析仪取样探头插入排气管 400 mm 深并固定; 发动机维持高怠速 15 s 后, 尾气分析仪开始取值, 读取 30 s 内的最高值和最低值, 取平均数为高怠速排放测试结果; 发动机由高怠速工况降至怠速工况; 待发动机维持高怠速 15 s 后, 尾气分析仪开始取值, 读取 30 s 内的最高值和最低值, 取平均数为怠速排放测试结果。分别燃用 M85 醇烃燃料与 92# 汽油的汽车进行尾气污染物的测试, 结果见表 3。尾气排放数据显示, 高怠速条件下, 内燃机燃烧醇烃燃料比燃烧 92# 汽油的 CO 排放量下降了 96.3%, HC 化合物增加了 24%; 低怠速条件下, CO 排放量下降了 95%, HC 增加了 27%。由检测结果可以看出, 燃烧车用 M85 醇烃燃料的尾气排放中, HC 含量有所升高, 但 CO 排量显著降低。

表 3 M85 醇烃燃料和 92# 汽油的排放情况

Table 3 Exhaust emission of M85 methanol-hydrocarbon fuels and 92# gasoline

测试项目	92#		醇烃燃料	
	高怠速	低怠速	高怠速	低怠速
CO (%)	1.43	1.90	0.07	0.07
HC ($\times 10^{-6}$)	52	141	66	175

尾气排放的 NO_x 中, NO 占 95% 以上, 其在发动机高负荷工况时的高温条件下产生, 由空气中的氧和氮结合而生成, 在发动机温度达 800°C 时, 生成的 NO 浓度很高。在普通怠速情况下, 发动机负荷低, 氮氧结合慢, 生成的 NO 浓度低, 所以怠速条件下测 NO 意义并不大。因此, 在双怠速法测试

排放污染物时, 国家标准中并未给出 NO_x 的排放限值, 一般测试结果只给出 CO 和 HC 含量。

2.3 总功率对比试验

发动机总功率对比试验按照 GB/T 18297-2001 中总功率的规定进行, 油门全开, 在发动机工作转速范围内, 依次改变转速进行试验。图 1 和图 2 是发动机在 100% 油门开度下, 转速在 1500 r/min ~ 4 000 r/min 之间的试验性能动态对比曲线。随着转速的增加, 两种燃料的功率 P 几乎是沿直线迅速增加, 而扭矩增加缓慢。当转速在 1 500 r/min ~ 2 800 r/min, 车用 M85 醇烃燃料的扭矩和功率略高于 92# 汽油, 推测原因主要有: 甲醇理论空燃比仅为汽油的 45% 左右, 在同样的过量空气系数下, 燃料与空气混合气的单位体积低热值反而比汽油稍高; 另外, 甲醇的辛烷值较高, 发动机可以使用较高压缩比, 容许较大的点火提前角, 从而获得更大的功率。结果说明 M85 醇烃燃料燃烧时的发动机动力性能较 92# 汽油略有提高。由图 1 和图 2 还可以看出, 车用醇烃燃料的速度特性曲线与汽油相似, 都是平稳变化的, 从侧面反映了该醇烃燃料的均一性和燃烧的稳定性, 表明该醇烃燃料可用于汽油机。

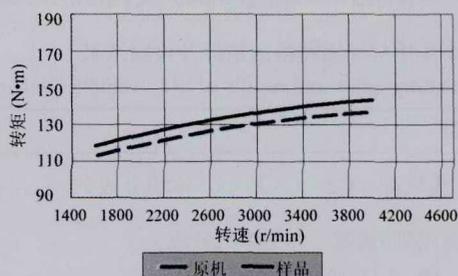


图 1 M85 醇烃燃料 (样品) 和 92# 汽油 (原机) 的汽油发动机扭矩的对比试验

Fig. 1 Engine torque contrast test of M85 methanol-hydrocarbon fuels and 92# gasoline

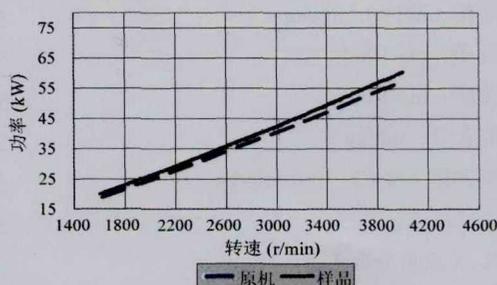


图 2 M85 醇烃燃料 (样品) 和 92# 汽油 (原机) 发动机总功率对比试验

Fig. 2 Engine total power contrast test of M85 methanol-hydrocarbon fuels and 92# gasoline

2.4 负荷特性试验

发动机负荷特性对比试验按照 GB/T 14951-2007 中负荷特性的规定进行，测试时，选用常用转速进行试验。图 3 ~ 图 5 分别是 M85 醇烃燃料和 92#汽油在不同转速条件下的负荷特性曲线。由图可知，无论是在低转速 1 600 r/min、2 000 r/min，还是在高转速 3 000 r/min 条件下，随着功率 P 的增加，两种燃料的消耗率都会随之改变，且变化趋势一致。当功率小于 15 kW 时，燃料消耗率下降，而当功率大于 15 kW 时，燃料消耗率缓慢上升，M85 醇烃燃料比 92#汽油更为明显。这表明同等车况下，使用 M85 醇烃燃料的油耗较 92#汽油高，这主要是由于甲醇的低位热值 (19.83 kJ/kg) 小，导致 M85 醇烃燃料低位热值 (27.497 kJ/kg) 较 92#汽油的低位热值低 (43.5 kJ/kg) 引起的，然而甲醇的辛烷值 (106 ~ 115) 较高，抗爆性能好，使得到的 M85 醇烃燃料的辛烷值较高 (为 106，见表 2)，这样的高辛烷值燃料可以满足高压比汽油机的需要，汽油机压缩比高，则热效率高，可以节省燃料，因此油耗增加量不会很高^[6]。从图 3 ~ 图 5 可知，在不同转速条件下，燃烧 M85 醇烃燃料的最低燃料消耗率比 92#汽油分别上升了 5.51%、5.88%、5.86%。同时，按照燃料目前的实际价格计算，车用 M85 醇烃燃料成本仅为 92#汽油的 37%，如表 4 所示，这可以解决高出的油耗带来的成本问题，从而具备更大的经济竞争优势。由图 3 ~ 图 5 还可看出，燃用车用 M85 醇烃燃料的三负荷特性曲线与 92#汽油相似，都是平稳变化的，同样反映了该燃料的均一性和燃烧的稳定性，表明该醇烃燃料完全可用于汽油发动机上。

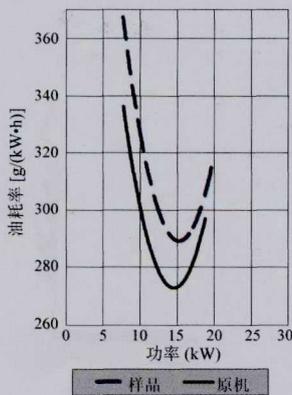


图 3 M85 醇烃燃料 (样品) 和 92#汽油 (原机) 在转速为 1 600 r/min 的发动机负荷特性曲线

Fig. 3 Motors' load characteristic curve of M85 methanol-hydrocarbon fuels and 92# gasoline at 1 600 r/min

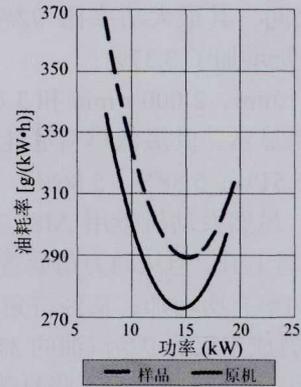


图 4 M85 醇烃燃料 (样品) 和 92#汽油 (原机) 在转速为 2 000 r/min 的负荷特性曲线

Fig. 4 Motors' load characteristic curve of M85 methanol-hydrocarbon fuels and 92# gasoline at 2 000 r/min

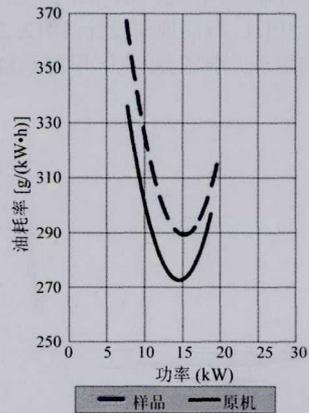


图 5 M85 醇烃燃料 (样品) 和 92#汽油 (原机) 在转速为 3 000 r/min 的负荷特性曲线

Fig. 5 Motors' load characteristic curve of M85 methanol-hydrocarbon fuels and 92# gasoline at 3 000 r/min

表 4 M85 醇烃燃料和 92#汽油价格

Table 4 Prices of M85 methanol-hydrocarbon fuels and 92# gasoline

原料	工业甲醇	戊烷	对二甲苯	M85	92#汽油
单价 (元/t)	2 200	7 500	7 600	3 002	8 064.6 ^a

a: 参考 2015 年 9 月 92#汽油油价为 5.97 元/L。

3 结 论

试验在汽油发动机未做任何改动的情况下，对燃用 M85 醇烃燃料的发动机台架性能与燃用 92#汽油的相比，结果如下：

- (1) 尾气中 HC 含量上升了 24% ~ 27%，但 CO 含量下降了 95% ~ 96.3%；
- (2) 在 100%油门开度下，转速在 1 500 r/min ~

4 000 r/min 之间,其最大功率比 92#汽油增加了 3.35%,最大扭矩增加了 3.37%;

(3) 1 600 r/min、2 000 r/min 和 3 000 r/min 负荷特性试验结果显示,其最低燃料消耗率比 92#汽油分别上升了 5.51%、5.88%、5.86%。

综上所述,虽然发动机燃用 M85 醇烃燃料比 92#汽油的耗油量上升,但从动力角度看,车用 M85 醇烃燃料输出功率有所增加;从经济角度考虑,车用 M85 醇烃燃料成本仅为 92#汽油的 37%左右;从环保角度看,尾气中 CO 排放量下降显著。因此,该燃料可以部分或完全替代汽油在汽油内燃机中使用。

参考文献:

- [1] 汤湘华,李雪峰,罗艳托,等.国内车用替代燃料的发展现状和展望[J].石油规划设计,2012,23(3):15-18.
- [2] 薛丽丽,刘琼琼,李冬会,等.甲醇汽油热值研究[J].

内燃机,2011(5):33-36.

- [3] 张俊伟.新型 M15 甲醇汽油应用前景分析[J].中国石油和化工标准与质量,2014(1):245.
- [4] 吴芑,许世海,李晓然.甲醇汽油研究现状[J].化工时刊,2015,29(3):22-25.
- [5] 张吉泉,吴坤森.甲醇汽油排放与油耗性能试验研究[J].能源研究与利用,2015(2):43-45.
- [6] 李峰.甲醇及下游产品[M].北京:化学工业出版社,2008.65-70.
- [7] 李兴虎.汽车环境保护技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004.325-326.

作者简介:

杨丹(1989-),女,硕士,研究实习员,主要从事下游化工产品的开发利用。

陈新德(1967-),男,博士,正高级工程师,主要从事下游化工产品的开发利用。