

汽油机燃用甲醇及甲醇汽油的性能研究

陈 勇

(安徽省交通集团滁州汽运有限公司,安徽 滁州 239000)

摘要:为了研究汽油机燃用甲醇及甲醇汽油的性能,在一台 4G15S 汽油机上对甲醇及不同体积比例甲醇汽油的动力性、经济性和排放特性进行了对比试验。结果表明:与燃用 93#汽油相比,M15、M85 及 M100 功率增加;M15 有效燃料消耗率平均上升 4.43%、M85 平均上升 46.53%、M100 平均上升 57.26%;M15、M85 及 M100 的 HC 与 CO 排放随甲醇体积比例增加而降低;而甲醛排放随甲醇体积比例增加而明显增加。
关键词:甲醇;甲醇汽油;功率;比油耗;甲醛
中图分类号:TK41 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2016)01-0006-04

车用燃料是石油最主要的应用领域,占全球石油总消耗量的 70% 以上。随着汽车工业的发展,我国石油资源日益短缺,同时汽车排放成为城市环境污染的主要来源,开发与研究车用清洁替代燃料十分紧迫。

甲醇汽油是一种汽油车的替代燃料。通过添加剂将甲醇与汽油互溶实现对原油的部分替代,比如 M15 甲醇汽油(15% 体积比例甲醇),可以在不改动发动机结构的前提下,代替成品汽油使用的车用燃料,其动力性与经济性良好,同时具有常规排放低的特点^[1-3]。推广甲醇汽油,可以缓解石油日益短缺的局面,同时具有较高的环保效益,对国家可持续发展、社会进步都具有十分重要的意义。甲醇汽油已经在我国一些煤炭资源丰富的地区推广使用^[4-6]。

目前对甲醇汽油的常规研究较多,主要集中在:1)低体积比例甲醇汽油的燃烧特性、动力性、经济性与常规排放特性;2)高体积比例甲醇汽油的互溶性;3)甲醇汽油非常规污染物甲醛排放。本文通过灵活的自制燃料控制器,将过量空气系数调整至 1 ± 0.03 ,增加喷油脉宽,直接燃用高比例甲醇汽油或直接燃用甲醇,研究:1)纯甲醇与 M85 的动力性、经济性与常规排放特性;2)纯甲醇与 M85 的甲醛排放;3)甲醇汽油的非常规污染

物成分。

1 试验条件

1.1 仪器与燃料

发动机主要参数与主要测试仪器见表 1。

车用甲醇汽油配制比例(V/V)为:汽油 85%,甲醇 14%,添加剂 1%(M15);汽油 15%,甲醇 80%,添加剂 5%(M85);甲醇 94%;添加剂 6%(M100)。添加剂的主要成份包括:稳定剂与助溶剂。

2 结果与分析

2.1 发动机动力性

图 1 为外特性下发动机燃用不同燃料的功率。可以看出:外特性下,M15、M85 及 M100 在整个转速范围内功率均高于 93#汽油。与燃用 93#汽油相比,当发动机转速为 4 200 r/min 时,M15 功率增大 1.7 kW(增加 2.85%),M85 功率增大 1.8 kW(增加 3.02%),M100 功率增大 1.5 kW(增加 2.5%)。这是由于甲醇汽油及纯甲醇的热值低于 93#汽油,而灵活的自制燃料控制器将过量空气系数调整至 1 ± 0.03 ,提高了喷油脉宽,增加了喷油量,从而提高了发动机功率。

2.2 发动机经济性

图 2 为外特性下有效燃油消耗率。外特性

表 1 发动机主要参数及主要测试仪器
Table 1 Main parameters of test engine and instruments

名称		型号	参数	数值
发动机	4G15S	排量/mL	1488	
		最大功率/kW/转速/(r·min ⁻¹)	78/6000	
		最高转速/(r·min ⁻¹)	7000	
		最大扭矩/(N·m)/转速/(r·min ⁻¹)	134/4500	
		测功机(CW100)		
		灵活燃料控制器(自制)		
		缸径×行程/(mm×mm)	76×82	
		升功率/(kW·L ⁻¹)	52.4	
		比功率/(kW·kg ⁻¹)	0.684	
		压缩比	10	
测试仪器	汽车甲醛测定仪 废气分析仪	CDIM-01(自制) AVI4000L	发动机净质量/kg	114

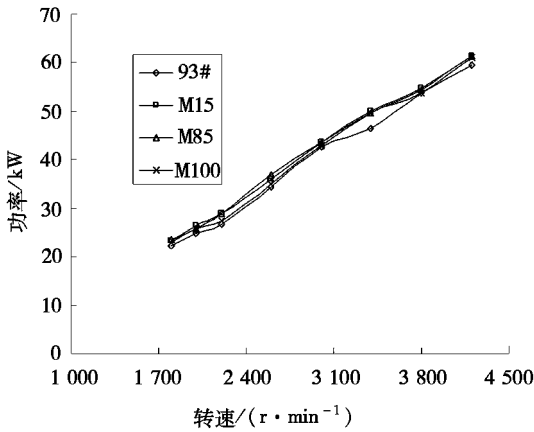


图 1 外特性下发动机功率
Fig. 1 Engine power at full load

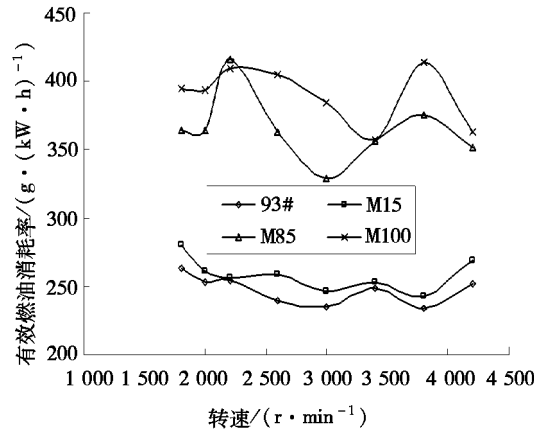


图 2 外特性下有效燃油消耗率
Fig. 2 Specific fuel consumption at full load

下,M15、M85 及 M100 在整个转速范围内有效燃料消耗率均高于 93#汽油(M15、M85、M100 分别比 93#汽油高 4.43%、47.42%、57.52%),这是由于节气门开度 100% 时燃用甲醇汽油或纯甲醇时喷油脉宽升高所导致。

在负荷特性下,与燃用 93#汽油相比,发动机在 2 400 r/min、2 600 r/min、3 000 r/min、3 400 r/min 时,M15 有效燃料消耗率分别上升 4.45%、4.98%、4.44%、3.85%,平均上升 4.43%;M85 分别上升 45.34%、45.87%、46.46%、48.44%,平均上升 46.53%;M100 分别上升 58.73%、56.24%、55.45%、58.62%,平均上升 57.26%。负荷特性下甲醇汽油及纯甲醇有效燃料消耗率高于 93#汽油是由于甲醇热值低,达到相同工况需要消耗更多的燃料。

2.3 发动机排放特性

2.3.1 HC 与 CO 怠速排放

表 2 为怠速工况下发动机燃用不同燃料 HC 和 CO 的排放比较。可以看出:与燃用 93#汽油相比,M15 在低怠速(900 r/min)工况下 CO 排放由 0.57% 下降到 0.46%,HC 排放量由 94×10^{-6} 下降到 88×10^{-6} ;高怠速(2 000 r/min)工况下,CO 排放量由 0.60% 下降到 0.59%,HC 排放量由 79×10^{-6} 下降到 42×10^{-6} 。M85 在低怠速(900 r/min)工况下 CO 排放量由 0.57% 下降到 0.45%,HC 排放量由 94×10^{-6} 下降到 76×10^{-6} ;高怠速(2 000 r/min)工况下,CO 排放量由 0.60% 下降到 0.41%,HC 排放量由 79×10^{-6} 下降到 53×10^{-6} 。M100 在低怠速(900 r/min)工况下 CO 排放量由 0.57% 下降到 0.42%,HC 排放量由 $94 \times$

10^{-6} 下降到 58×10^{-6} ;高怠速(2 000 r/min)工况下,CO 排放量由 0.60% 下降到 0.42%,HC 排放量由 79×10^{-6} 下降到 49×10^{-6} 。甲醇汽油及纯

甲醇的 HC 与 CO 排放降低是由于甲醇含氧使得燃烧更加完全所致。

表 2 怠速工况下 CO 与 HC 排放比较
Table 2 CO and HC emission in idle condition

怠速/ (r·min ⁻¹)	CO/%				HC/ 10^{-6}			
	93#汽油	M15	M85	M100	93#汽油	M15	M85	M100
900	0.57	0.46	0.45	0.42	94	88	76	58
2000	0.60	0.59	0.41	0.42	79	42	53	49

2.3.2 甲醛排放

(1) 甲醛采样与测试

甲醛的收集是利用甲醛与水任意互溶的特性,让发动机废气通过吸收装置和混合装置来采集排气中的甲醛。外接一套管路(部分流采样系统,不会引起排放阻力的增加)以稀释排气中的甲醇,这样尾气进入甲醛分析仪时不致超出其量程范围。新鲜空气流量与发动机废气流量的稀释比例为 5:1。

甲醛的测试分为化学法和仪器法。化学法包括分光光度法、催化动力学光度法以及荧光光度法;仪器法包括气相色谱法、高效液相色谱法、极谱法以及电化学法等。在分光光度法中,变色酸法与乙酰丙酮法的灵敏度相同,且均需在沸水浴中加热显色,乙酰丙酮比色法加热时间为 3 min,变色酸法加热时间较长。酚试剂比色法(属于分光光度法)在常温下显色,因而被广泛应用于空气中甲醛快速检测。本文基于国家标准酚试剂法的便携式快速甲醛测定仪,与长安大学自行研制的采样系统,对各种燃料进行了甲醛排放测试。

(2) 甲醛浓度计算

不同温度不同压力下排放气体中甲醛浓度计算如下:

$$C = \frac{C_0}{V_0} \times 10 = \frac{C_0}{V_t \times \frac{273}{273 + t} \times \frac{P}{101.3}} \times 10$$

式中:

C:排放气体中甲醛浓度,mg/m³;C₀:甲醛测定仪显示值,mg/L;V₀:标准状态(0℃,一个大气压)下的采样体积,L;10:测定时比色瓶中溶液体积,mL;V_t:采样体积,为采样流量(流量校正后的实测值)与采样时间乘积,L;t:采样点的气温,℃;P:采样点的大气压,kPa。

表 3 为 2℃时各种燃料在怠速工况下甲醛的

排放情况。由表 3 可以看出:(1)93#汽油与 M15 在低怠速与高怠速下甲醛的排放浓度相同,而 M85 与 M100 在高怠速时甲醛排放明显降低;(2)对于 M15、M85、M100 而言,随着甲醇体积比例的增加,甲醛排放明显增加。试验还发现,当气温降至-10℃时,转速对甲醛排放没有影响,且所有燃料的甲醛排放浓度均很低。

表 3 怠速工况下甲醛排放(2℃)
Table 3 Formaldehyde emission in idle condition

怠速/ (r·min ⁻¹)	condition				mg/m ³
	93#汽油	M15	M85	M100	
800	0.059	0.040	0.102	0.228	
2 000	0.059	0.040	0.078	0.165	

图 3 为各种燃料甲醛排放的负荷特性。由图 3 可以看出:随着甲醇比例的增加,在整个负荷特性范围内,甲醛排放明显增加;与燃用 93#汽油相比,M15、M85 及 M100 的甲醛排放平均增加 73%、314% 及 414%。显然高比例甲醇汽油与纯

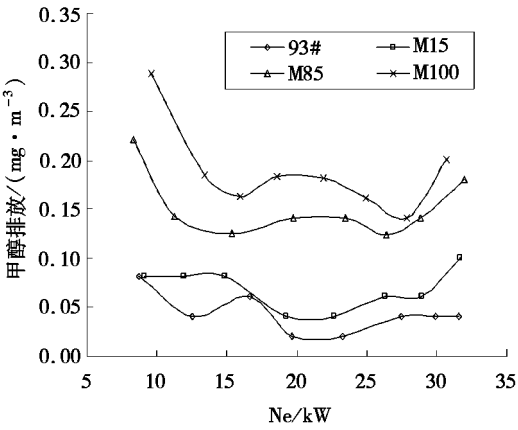


图 3 2 400 r/min 负荷特性甲醛排放
Fig. 3 Formaldehyde emission at 2 400 r/min

甲醇的甲醛排放与 93#汽油不在一个数量级上,这是由于:一方面随着甲醇比例增加,缸内不完全燃烧的中间产物甲醛含量增加;另一方面排气管温度低,未燃甲醇在排气管中容易生成甲醛。

2.3.3 非常规污染物成分

93#汽油、M15 以及 M85 三种燃料排放中共有的物质有:水蒸气、二氧化碳、甲醛、乙醛、丙烯醛、甲醇、乙醇、丙酮、氨、异戊二烯、苯、甲苯、乙醚、丁烯、乙烯、H₂S、DMS(二甲硫,二硫醚)、Me-Phenol(间乙基苯酚)、戊酸、环己酮、1,4-苯醌、2-苯基乙醇、NO、NO₂。M15 与 M85 排放中共有的物质有:丙酸、正丙醇、乙酸乙酯、甲烷、乙烷、丙烷。M85 排放中有丁酸。

参考文献:

[1] 刘生全,李佳,王琪,等. 甲醇燃料汽车 VOC 排放实验研究[J]. 北方环境,2011,23(5):184-185.

[2] 刘生全,马志义,刘丹丹,等. 含醇类燃料非常规排放污染物甲醛的实验研究[J]. 汽车工程,2008,30(9):775-778.

[3] 边耀璋. 汽车新能源技术[M]. 北京:人民交通出版社,2003.

[4] LIANG Y, WU D S, GOU X J, et al. Design of sampling system for methanol-fueled tail gases and its composition analysis[J]. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition), 2005,37(3):52-55.

[5] WANG Y H, ZHENG G Z. Research on application of methanol fuel to vehicle engines[J]. Chinese Internal Combustion Engine Engineering, 2005,26(2):22-25.

[6] KIM K W, LEE B H, KIM S. Reduction of VOC emission from natural flours filled biodegradable bio-composites for automobile interior[J]. Journal of Hazardous Materials, 2011,187(1-3):37-43.

Research on Performances of Gasoline Engine Fueled with Methanol and Methanol Gasoline

CHEN Yong

(Anhui Transportation Group Chuzhou Automotive Co. Ltd. Chuzhou Anhui 239000, China)

Abstract: In order to study the performance of gasoline engine fueled with methanol and methanol gasoline, power, economy and emission characteristics of methanol and different volume ratio of methanol gasoline were compared in a 4G15S gasoline engine. Results show that: compared with the burning 93# gasoline, power of M15, M85 and M100 increased; consumption of M15 efficient fuel rose by an average of 4.43%, M85 rose by an average of 46.53%, M100 rose by an average of 57.26%; HC and CO emissions of M15, M85 and M100 decreased with the increase of methanol volume fraction; while the emission of formaldehyde increased with the increase of methanol volume ratio.

Keywords: methanol; methanol gasoline; power; specific fuel consumption; methyl aldehyde

(责任编辑:李华云)

3 结论

通过灵活的自制燃料控制器将过量空气系数调整至 1 ± 0.03 , 可以提高汽油机燃用甲醇汽油及甲醇的动力性,但由于甲醇热值低导致甲醇汽油及甲醇燃料的经济性变差;燃用甲醇汽油及甲醇可以降低 HC 与 CO 排放,但是甲醛排放明显增加,同时污染物组分更加复杂。因此,燃用甲醇汽油及纯甲醇可能会导致 PM_{2.5}、PM₁₀ 上升,从而引起空气质量的恶化,影响身体健康,但总体来说,汽油机不仅可以掺烧低比例甲醇汽油,也完全可以使用高比例甲醇汽油与纯甲醇。