

甲醇汽油发动机润滑油抗磨性的改进

阿 里¹, 于 唯¹, 李 诺², 程 长¹

(1. 长安大学 汽车学院, 陕西 西安 710064; 2. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:为了提高甲醇汽油发动机油的抗磨性,使用润滑剂承载能力测定法(四球法)作为试验方法,运用正交试验设计方法理论,选用多种添加剂对发动机润滑油抗磨性进行了试验研究,调配了适应甲醇燃料发动机使用的新型复合发动机润滑油,以减少对发动机的腐蚀与磨损。研究结果表明:3 种添加剂的最佳添加量 MoDDP 为 0.4%~0.6%、T205 为 0.8%~1.2%、T203 为 1.5%~2.0%;3 种添加剂的最优配方为 MoDDP:T205:T203=2:4:5。

关键词:汽车工程;甲醇汽油;润滑油;正交试验;添加剂;抗磨性

中图分类号:U473.6

文献标志码:A

Improvement on the anti-wear properties of engine lubricant oil for methanol-gasoline blend

A Li¹, YU Wei¹, LI Nuo², CHENG Zhang¹

(1. School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;

2. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to improve the anti-wear property of lubricant oil used in methanol gasoline engine, four-ball tester was used to study the impact of additive on anti-wear property of lubricant oil through orthogonal tests in this paper. A new type of compound lubricant oil which fit methanol fuel engines was used to reduce the corrosion and abrasion in engines. The results show that the optimal volume of MoDDP, T205, T203 is from 0.4% to 0.6%, from 0.8% to 1.2%, and from 1.5% to 2.0% respectively, and when the additives' composition ratio is MoDDP:T205:T203=2:4:5, the tested oil has the best anti-wear performance. 10 tabs, 2 figs, 8 refs.

Key words: automotive engineering; methanol gasoline; lubricant oil; orthogonal test; additives; anti-wear property

0 引 言

车用清洁燃料开发应用是解决能源短缺和环境保护问题的战略性措施。醇类是最简单的可以大规模工业合成的液体有机化合物,其特性和汽油相似,可以方便地储存、运输和添加等,备受人们的关注,

得到了大力发展。其中,甲醇是煤炭高效转化利用的下游产品之一,以一定比例添加在汽油中成为甲醇汽油。甲醇汽油燃料本身含氧,在汽车发动机中燃烧更加完全,效率高,排放污染少,并且燃烧辛烷值提高,发动机抗爆性能增强,是一种性能优良的汽车燃料^[1]。

但是,甲醇汽油在燃烧过程中容易生成甲醛、甲酸等物质,窜入曲轴箱和发动机润滑油混在一起,会导致发动机润滑油中的粘度指数改进剂以油泥的形式沉淀出来;燃烧过程中生成的酸性物质会加剧发动机的磨损,若与润滑油中的碱性物质中和,会快速地降低润滑油中的碱储备,如清净剂、分散剂等。因此,为更好的推广甲醇汽油,必须解决好甲醇汽油发动机润滑油的抗磨性。

本文采用 MS-800 型四球摩擦磨损实验机,根据 GB/T3142—82 方法测定最大无卡咬负荷及综合磨斑直径来评价试样的抗磨性。首先选择合适的基础油,选取几种添加剂,先进行单剂试验,然后采用正交试验设计方案进行复合试验,并对试验结果进行分析,配比出最佳的复合抗磨剂。

1 试验基础

1.1 试验目的

根据燃用甲醇汽油的发动机在使用过程中出现的实际问题,将研究目标定位为研制出能够满足甲醇汽油发动机对润滑油抗磨性要求的油品配方。

1.2 试验方法

根据 GB/T3142—82 的试验方法,评定润滑油的抗磨性能。该方法适用在四球试验机上评定润滑油的承载能力,包括最大无卡咬负荷、综合磨斑直径。最大无卡咬负荷是在试验条件下不发生卡咬的

最高负荷(N),代表油膜强度,用 P_B 表示。磨斑直径是评定润滑剂抗极压性能的一个指标,等于在一定负荷下若干钢球磨斑直径的平均值,用 WSD_{30}^{329} 表示^[2-3]。

1.3 试验基础油与添加剂选择

1.3.1 基础油调配

在选择基础油时,切勿凭经验或片面相信牌号,一定要注意实际质量。15W/40 级别的甲醇汽油发动机润滑油,必须能够满足粘度级别 15W/40 发动机润滑油性能的要求,因此基础油必须有较好的添加剂感受性和较好的粘温性能,而加氢基础油自身有较好的热氧化安定性、粘温性,且对降凝剂有较好的感受性,蒸发损失低,破乳化性能优良,能满足高档汽油机润滑油的使用性能要求。同时考虑此级别的发动机润滑油对粘度的要求以及经济性,因此选择韩国双龙生产的加氢基础油 250 N。由于甲醇燃烧产物甲醛、甲酸对发动机部件有腐蚀磨损,并使润滑油变质较快,因此要求有较好的低温粘度,而 250 N 的粘度还达不到 15W/40 粘度级别的要求,因此需要在基础油中加入 150BS 来提高其粘度。最后根据甲醇汽油发动机对发动机油的要求和对汽油机性能的影响,基础油的选择如下:基础油选用韩国双龙生产的 250 N 和中国兰州炼油厂生产的 150BS 光亮油二者调和而成^[4]。表 1 列出试验用油和 15W/40 的主要理化指标。

表 1 试验用油和 15W/40 的主要理化指标

Tab. 1 Physical and chemical performance indexes of base oil and 15W/40

试验项目	基础油		调和后	15W/40 甲醇汽油要求	试验方法
	加氢基础油 250 N	150BS 光亮油			
运动粘度(100 ℃)/(mm ² · s ⁻¹)	7.35	33	8.87	12.5~16.3	GB/T 265
粘度指数	138	80	134	≥100	GB/T 1995
闪点/℃	250	273	254	≥210	GB/T 3536
倾点/℃	-17	-10	-14	≤-23	GB/T 3535
边界泵送温度/℃	-25		-23	≤-20	GB/T 9171
低温粘度/(MPa · s)	1 797		1 985	≤3 500	GB 6538

1.3.2 添加剂选择

考虑到 15W/40 甲醇汽油发动机润滑油的工作条件以及对抗磨性、抗氧化性和抗腐性等的要求,选择以下 3 种添加剂:二烷基二硫代磷酸钼(MoD-DP)、二烷基二硫代磷酸锌(T205)、硫磷双辛基碱性锌盐(T203)。

MoDDP 油剂性能好,抗氧化性能高,在高温、高负荷的苛刻条件下分解出 MOS,改进摩擦面的复

合润滑膜,起到光滑无阻的抗磨减磨的作用。

T205 是硫磷仲醇基锌盐抗氧抗磨剂,其抗氧化和抗磨损性能特别好,可有效解决发动机凸轮和挺杆的磨损和腐蚀,适用于调制高档汽油机润滑油。

T203 属于抗氧抗腐剂。甲醇汽油燃烧产物如甲醛、甲酸和水,混合后具有酸性,会腐蚀金属表面。T203 能在金属表面生成保护膜,防止金属表面的腐蚀和磨损,兼有抗磨作用。

1.4 添加剂的感受试验

在试验中考察了 MoDDP、T205、T203 这 3 种添加剂对基础油的感受性,确定各单剂的最佳添加量见表 2。

表 2 试验编号与添加剂量							
Tab. 2 Test numbers and dosages of additive						%	
试验编号		1	2	3	4	5	6
添 加 剂	MoDDP	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
	T205	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
	T203	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5

1.4.1 极压试验

极压试验是测得相应最大无卡咬负荷(P_B 值),用以衡量润滑油的承载能力(即油膜强度)。超过此负荷后,油膜破裂,摩擦表面的磨损迅速增大。

图 1 为 MoDDP、T205、T203 不同加量下对 P_B 值的影响。

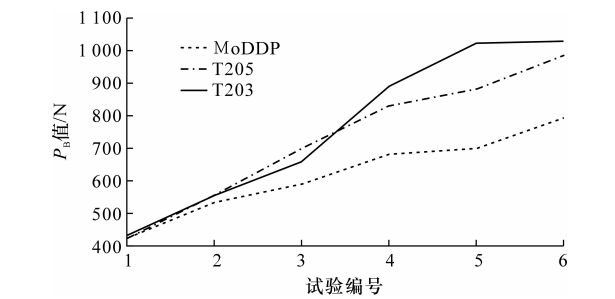


图 1 P_B 值与各添加剂量的关系

Fig. 1 Relationship between P_B and adding dosages

由图 1 可看出:MoDDP 的添加量在 0.4%~0.6%、0.8%~1.0%之间时,随着添加剂量的增加, P_B 值变大;T205 的添加量在 0.8%~1.2%、1.6%~2.0%之间时,随着添加剂量的增加, P_B 值变大;当添加剂量在 1.2%~1.6%之间时, P_B 增加幅度有所减缓;T203 的添加量在 0.5%~1.5%之间时,随着添加剂量的增加, P_B 值变大;添加量超过 1.5%时, P_B 值变化幅度有所减缓。

1.4.2 长磨试验

长磨试验是在 392 N 载荷下运行 30 min,并测定相应的磨痕直径,得出综合磨斑直径值,并用以判断润滑油的抗磨性能。

图 2 为 MoDDP、T205、T203 在不同添加量下对磨斑直径的影响。由图 2 可看出,MoDDP 的添加量在 0.4%~0.6%之间时,随着添加剂量的增加,磨斑直径不断变小,润滑油的抗磨性不断增加;其他添加范围,抗磨性提高幅度有所减缓;T205 的添加

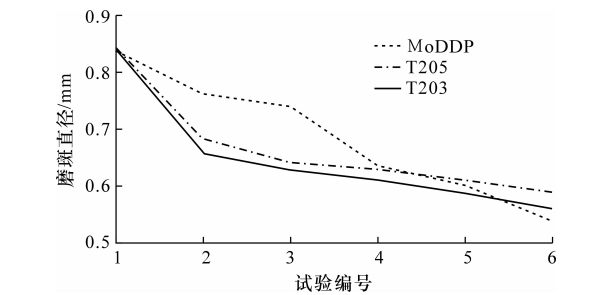


图 2 磨斑直径与各添加剂量的关系

Fig. 2 Relationship between wear scar diameters and the adding dosages

量在 0~0.4%之间时,随着添加剂量的增加,磨斑直径不断减小,润滑油的抗磨性不断增加,随着添加剂再次增多,抗磨性提高幅度有所减缓;T203 的添加量在 0%~0.5%之间时,随着添加剂量的增加,随着添加剂量的增加,磨斑直径不断减小,润滑油的抗磨性不断增加,随着添加剂再次增多,抗磨性提高幅度有所减缓。

1.4.3 结果综述

在极压试验中,添加剂 MoDDP 的添加量在 0.4%~0.6%、0.8%~1.0%之间时,随着添加剂量的增加, P_B 值变大,当添加剂量在 1.2%~1.6%之间时, P_B 增加幅度有所减缓,说明添加剂有一定的最佳添加量,在实际中,还应考虑到经济因素的影响,所以 MoDDP 的最佳区域为 0.4%~0.6%;长磨试验中,MoDDP 添加量在 0.4%~0.6%时为最佳添加量。综合评定后,MoDDP 添加量取 0.4%和 0.6%两组。

对 T205 和 T203 进行同样分析后得出,T205 的最佳添加量为 0.8%和 1.2%两组,T203 的最佳添加量为 1.0%和 1.5%两组。

2 正交试验

2.1 正交试验设计

根据以上试验结果,采用正交设计进行复配,选用 L8(27)安排试验,因子和水平确定见表 3,表头设计及试验结果见下页表 4^[5-8]。

表 3 试验因子和水平

Tab. 3 Experimental factors and levels				%
因子		MoDDP	T205	T203
水平	1	0.4	0.8	1.0
	2	0.6	1.2	1.5

2.2 正交试验结果与分析

试验结果及标准化后的结果见下页表 5。

表 4 正交试验 L8(2⁷)表头

Tab. 4 Header of orthogonal tests

试验编号	MoDDP/%	T205/%	MoDDP 与 T205 调和	T203/%	MoDDP 与 T203 调和	T205 与 T203 调和
1	1(0.4)	1(0.8)	1	1(1.0)	1	1
2	1(0.4)	1(0.8)	1	2(1.5)	2	2
3	1(0.4)	2(1.2)	2	1(1.0)	1	2
4	1(0.4)	2(1.2)	2	2(1.5)	2	1
5	2(0.6)	1(0.8)	2	1(1.0)	2	1
6	2(0.6)	1(0.8)	2	2(1.5)	1	2
7	2(0.6)	2(1.2)	1	1(1.0)	2	2
8	2(0.6)	2(1.2)	1	2(1.5)	1	1

表 5 试验结果及标准化后的结果

Tab. 5 Test results and standardized results

试验 编号	试验结果		标准化后的结果	
	P_B 值/N	WSD ₃₀ ³⁹² /mm	P_B 值	WSD ₃₀ ³⁹²
1	932	0.41	1.00	0.16
2	1 029	0.66	0.38	0.97
3	1 020	0.46	0.43	0.32
4	1 118	0.67	0.00	1.00
5	981	0.44	0.60	0.26
6	1 118	0.44	0.00	0.26
7	1 069	0.43	0.24	0.23
8	1 069	0.36	0.24	0.00

数据处理后,各权重见表 6~表 8。

表 6 重要性权重

Tab. 6 Weight of importance

指标	P_B 值/N	WSD ₃₀ ³⁹² /mm
权重	0.40	0.60

表 10 正交试验数据处理结果

Tab. 10 Data processing results of orthogonal tests

来源	K1	K2	ΔK	离差值	自由度	F 值	显著性
MoDDP	3.52	0.94	0.94	0.83	1	1 336 537.00	***
T205	1.97	2.49	3.00	0.03	1	2 120.62	
T203	1.74	2.72	3.70	0.01	1	28 382.66	*
误差	0.000 718 3				1		
MoDDP 与 T205 调和	2.40	2.06	2.06	0.01	1	403.66	
MoDDP 与 T203 调和	1.77	2.69	3.61	0.11	1	21 638.54	
T205 与 T203 调和	1.71	2.75	3.80	0.17	1	35 913.42	**
总和				1.24	7		
临界值	$F_{\alpha}0.05(1,1)=161.45$						

注:K_i为任一列上水平号为*i*的所对应的试验结果之和;F值为各因素的均方除以误差的均方,用以与F分布查出的临界值F_α进行比较。

从数据处理分析可知,方案 8 为优化组合方案,即 3 种添加剂的最佳比例关系为 MoDDP : T205 : T203=2 : 4 : 5。由表 10 可知,MoDDP 对试验结果影响最为显著。

3 结 语

(1)通过四球试验机进行试验,测出加入一定量

表 7 信息性权重

指标	P_B 值/N	WSD ₃₀ ³⁹² /mm
权重	0.35	0.38

表 8 综合性权重

Tab. 8 Weight of comprehensiveness

指标	P_B 值/N	WSD ₃₀ ³⁹² /mm
权重	0.38	0.62

各方案的综合评分见表 9。

表 9 各方案的综合评分

Tab. 9 Overall rating of all schemes

1	2	3	4	5	6	7	8
0.48	1.24	0.84	1.00	0.96	0.26	0.46	0.23

根据最后评分的结果可看出,方案 8 的综合评分最低,说明方案 8 各因子水平的选择是最好的。

正交试验数据处理结果见表 10。

添加剂的基础油的 P_B 值和 WSD,用来评定润滑油性能的好坏。得出添加剂的最佳加量是:MoDDP 为 0.4%~0.6%、T205 为 0.8%~1.2%、T203 为 1.5%~2.0%。

(2)进一步通过正交试验分析法来确定复配方案,再次使用四球机进行试验,对试验结果进行分析,得出最优配方为:MoDDP : T205 : T203=2 : 4 : 5。

参考文献:

References:

[1] 刘生全,马志义,王平福,等. 车用甲醇汽油燃料技术性能[J]. 长安大学学报:自然科学版,2007,27(7):88-89.
LIU Sheng-quan, MA Zhi-yi, WANG Ping-fu, et al. Technical performance of methanol gasoline fuel for vehicle[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition,2007,27(7):88-89. (in Chinese)

[2] 方开泰,马长兴. 正交与均匀试验设计[M]. 北京:科学出版社,2001.
FANG Kai-tai, MA Chang-xing. Orthogonal experimental design[M]. Beijing: Sence Press,2001. (in Chinese)

[3] 夏之宁,谌其亨,穆小静,等. 正交设计与均匀设计的初步比较[J]. 重庆大学学报:自然科学版,1999,22(5):112-117.
XIA Zhi-ning, CHEN Qi-ting, MU Xiao-jing, et al. Orthogonal design compared with uniform design[J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition,1999,22(5),112-117. (in Chinese)

[4] 王 震. 基于均匀设计的汽油机油(15W/40 SH)全配方优化试验及低温性能研究[D]. 西安:长安大

(上接第 88 页)

[5] 林庆峰,许洪国. 基于 PC-Crash 的轿车行人高速碰撞仿真模型[J]. 汽车工程,2007(7):562-565.
LIN Qing-feng, XU Hong-guo. Simulation model for high speed car-pedestrian collision based on PC-Crash [J]. Automotive Engineering, 2007(7) :562-565. (in Chinese)

[6] 林庆峰,许洪国. 汽车行人碰撞抛射仿真模型[J]. 汽车工程,2007(4):296-303
LIN Qing-feng, XU Hong-guo. Throw simulation model for vehicle pedestrian collisions[J]. Automotive Engineering,2007(4):296-303. (in Chinese)

[7] 林庆峰,许洪国,成 波. 交通事故行人、骑车人和自行车抛距模型[J]. 交通运输系统工程与信息,2006(6):73-78.
LIN Qing-feng, XU Hong-guo, CHENG Bo. Throw model of pedestrian, bicyclist and bicycle in traffic accident [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2006(6) :73-78. (in Chinese)

[8] Lin Q F, Wang Q C, Fu J R, et al. Numerical simulation of cyclist injuries in vehicle to electric-bicycle collision[C]//AFTC. IET Conf. Pub. /Volume2009/Issue CP560, AFTC. 2009:227-232.

[9] 许 骏,李一兵. 汽车自行车碰撞事故中骑车人头部损伤仿真分析[J]. 汽车工程,2008(8):667-670.
XU Jun, LI Yi-bing. A simulative analysis on bicyc-

学,2002.
WANG Zhen. Uniform design-based research of the full formula optimization experiment and cryogenic property of gasoline engine oil(15W/40 SH) [D]. Xi'an:Chang'an Unversity,2002. (in Chinese)

[5] GB/T 3142-88, 润滑剂承载能力测定法(四球法) [S].
GB/T 3142-88, Lubricant bearing capacity test method(four ball method) [S]. (in Chinese)

[6] 汪荣鑫. 数理统计[M]. 西安:西安交通大学出版社,1998.
WANG Rong-xin. Mathematical statistics[M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press,1998. (in Chinese)

[7] 姚顽强. 绿色 10W/40SH 汽油机润滑油试验研究 [D]. 西安:长安大学,2003.
YAO Wan-qiang. Experimental study on green 10W/40SH gasoline engine oil[D]. Xi'an:Chang'an University,2003. (in Chinese)

[8] 李云雁,胡传荣. 试验设计与数据处理[M](第二版). 北京:化学工业出版社,2008.
LI Yun-yan, HU Chuan-rong. Orthogonal and uniform experimental design [M] (Second Edition). Beijing: Chemical Industry Press,2008. (in Chinese)

listps head injury in vehicle-bicycle collision accident [J]. Automotive Engineering, 2008(8) :667-670 (in Chinese)

[10] 王宏雁,邵文煜. 基于 Pc-crash 的交通事故再现误差分析[J]. 同济大学学报:自然科学版,2009,37(4):531-536.
WANG Hong-yan, SHAO Wen-yu. Error analysis of traffic accident reconstruction based on Pc-crash [J]. Journal of Tongji University: Natural Science,2009,37(4):531-536. (in Chinese)

[11] 王国林,鲁 砚. 人车碰撞事故仿真与行人保护研究 [J]. 汽车工程,2009(1):14-17.
WANG Guo-lin, LU Yan. A study on simulation of vehicle-pedestrian collision and pedestrian protection [J]. Automotive Engineering, 2009(1):14-17. (in Chinese)

[12] 邹冬华,刘宁国,陈建国,等. 轿车与自行车碰撞事故仿真研究及骑车者致伤特点分析[J]. 法医学杂志,2007,23(4):250-257.
ZOU Dong-hua, LIU Ning-guo, CHEN Jian-guo, et at. Simulation study on the bicyclist involved traffic accident and analysis of the injury[J]. Journal of Forensic Medicine,2007,23(4):250-257. (in Chinese)

[13] Cherry C. Implications of electric bicycle use in China: analysis of costs and benefits[R]. Berkeley UC Berkeley Center for Future Urban Transport-Volvo Summer Workshop,2006.