

文章编号:1000-582X(2005)07-0005-04

# 燃油品质特性对车辆排放性能的影响\*

李 建,秦大同,韩维建

(重庆大学机械传动国家重点实验室,重庆 400030)

**摘 要:**针对日益严格的排放法规,汽油品质特性不仅要满足发动机高性能的需要,还应达到车辆排污控制的要求.作者通过对全国加油站进行采样,调查了车用燃油的品质特性,并分析了燃油在不同区域的分布状况.同时比较了国内燃油品质与国外燃油品质上的差异,通过建立发动机的排放模型,给出了不同地区车辆排放的参考值.最后提出了提高汽油的品质特性,并根据燃油品质分布对发动机相关参数进行调整控制的改进措施.

**关键词:**发动机;燃油品质;排放

**中图分类号:**TK41

**文献标识码:**A

有资料表明<sup>[1-2]</sup>,当前在我国许多城市空气中CO和NO<sub>x</sub>总体超标,在交通干线上CO严重超标,而且大部分污染物主要来自于机动车辆的排放.以北京为例,CO的63%、HC的73%和NO<sub>x</sub>的22%均来自汽车污染.由此看出,汽车工业在飞速发展的同时也带来了环境污染.为了降低机动车辆的排放,一方面提高汽油品质,另一方面开发利用有前景的发动机燃烧控制技术.作者就国内车用燃油的品质特性进行采样调查;根据燃油区域分布特性,分析了车辆排放的参考值并提出了一些改进措施.

## 1 汽油的品质对发动机排放的影响

汽油作为车用发动机的主要燃料,通常用抗爆性和挥发性作为其主要的品质因素.燃料对发动机发生爆燃的抵抗能力称为燃料的抗爆性,它以辛烷值来表示.辛烷值越高,抗爆性越好.根据长期的实践经验,国际上先进工业国家的辛烷值逐渐稳定为两档:一档为

优质汽油(高级汽油),其研究法辛烷值(RON)为98左右;另一档为普通汽油,其研究法辛烷值(RON)为92左右.目前,我国汽油的辛烷值有了明显的提高,但与先进工业国家还有一定差距.汽油的挥发性表示汽油汽化的倾向,它不仅与季节有关,也同地理位置、气候以及是否控制汽油蒸发排放有关.冬季汽油的雷德蒸汽压(RVP)一般在93~103 kPa,其目的是保证发动机的冷起动暖机性能;夏季汽油的雷德蒸汽压(RVP)一般在54~62 kPa,以防止因燃油温度升高而产生发动机起动性能差、供油系统的气阻以及燃油蒸汽的大量蒸发等不利现象,现代汽油机普遍安装活性碳罐来吸附由燃油箱和供油系统蒸发的燃油<sup>[2]</sup>.

### 1.1 国内汽油品质调查

为了比较准确地了解车用燃油的品质特性在国内的分布情况,作者对国内7大片区:华东、华南、华中、华北、西北、西南、东北进行燃油调研,结果如表1所示.

表1 国内7大片区加油站汽油的采样数据(2004年10月)

区域		华东	华南	华中	华北	西北	东北	西南
RON(研究法辛烷值)	90#	90.0~94.2	90.0~92.5	90.0~93.6	90.1~94.1	90.7~93.1	90.7~91.6	90.5~93.1
	93#	93.1~96.1	93.1~95.1	93.2~96.1	93.2~95.0	93.6~94.8	93.7~95.2	93.6~95.0
	97#	97.0~99.0	97.0~98.0	97.0~99.0	97.0~99.0	97.0~97.8	97.4~97.8	97.1~97.8
MON(马达法辛烷值)	90#	79.1~83.2	78.8~81.8	79.1~82.6	79.1~82.6	79.3~80.1	79.4~81.0	79.3~80.1
	93#	81.4~83.9	80.9~83.9	80.9~83.5	81.4~83.5	81.7~82.8	82.5~83.0	81.4~93.9
	97#	86.6~87.2	86.6~87.0	86.6~87.2	86.6~87.0	86.8~87.2	—	—

\* 收稿日期:2005-03-16

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No50122151)

作者简介:李建(1976-),男,湖北阳新人,重庆大学硕士生,主要从事汽车发动机控制技术研究.

续表 1

区域		华东	华南	华中	华北	西北	东北	西南
Antiknock index (抗爆指数)	90#	84.6~88.7	84.4~87.0	84.6~88.1	84.6~88.4	85.0~86.6	85.1~86.1	84.9~86.6
	93#	87.3~90.0	87.0~89.5	87.1~89.8	87.3~89.3	87.7~88.8	88.0~89.1	87.5~88.7
	97#	91.8~93.0	91.8~92.5	91.8~93.1	91.9~93.0	91.9~92.5	—	—
Olefins % (烯烃含量)	90#	15.7~35.0	12.9~35.0	12.9~35.0	25.8~34.9	28.0~34.8	30.0~34.9	21.5~35.0
	93#	12.3~34.9	12.3~35.0	19.0~35.0	19.2~35.0	20.5~33.5	30.0~35.0	20.5~35.0
	97#	17.3~34.5	13.3~33.2	13.3~34.5	10.3~35.0	17.5~27.4	30.0~34.0	17.5~33.2
Aromatics % (芳烃含量)	90#	13.5~37.4	13.5~38.8	13.5~38.8	15.2~37.4	15.2~25.4	15.0~35.0	14.8~25.4
	93#	15.3~39.9	15.3~39.0	17.5~39.9	18.5~38.3	18.9~32.0	18.0~35.0	17.5~30.4
	97#	27.8~38.9	22.5~45.8	22.2~45.8	27.8~38.9	28.5~35.5	20.0~35.0	22.5~31.3
Sulfur % (硫含量)	90#	0.009~0.080	0.009~0.078	0.010~0.080	0.010~0.080	0.040~0.078	0.018~0.080	0.022~0.078
	93#	0.010~0.080	0.010~0.078	0.010~0.080	0.010~0.080	0.010~0.010	0.030~0.080	0.020~0.078
	97#	0.012~0.058	0.007~0.080	0.007~0.080	0.013~0.058	0.025~0.055	0.030~0.080	0.025~0.080

从表 1 中看出,车用燃油的品质特性在不同区域上存在较大差异,它们将对发动机的性能和排放造成不同影响。

## 1.2 国内汽油品质分析

国内燃油的 RON 有所提高,但 MON 值偏低,而且 RON 与 MON 之差基本上都大于 10,而世界燃油规范要求 RON 与 MON 之间的差值应在 10 以内.国内 RON 值与美国和欧洲标准的比较如图 1,国内 MON 值与美国和欧洲标准的比较如图 2.

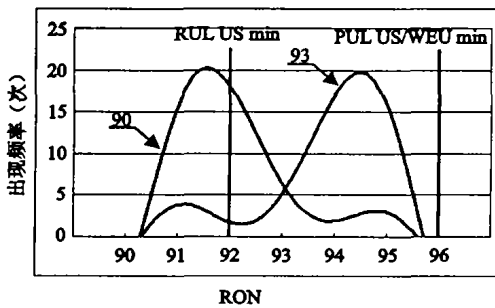


图 1 中国汽油 RON 的分布

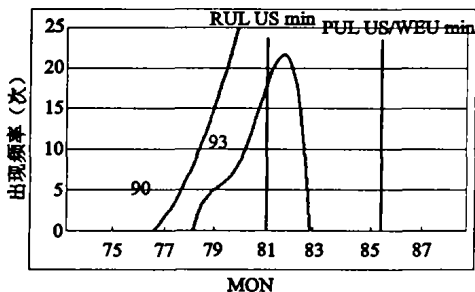


图 2 中国汽油 MON 的分布

硫含量虽然都小于 80 ppm,但是要达到欧洲 III 号燃油标准的 150 ppm,还有相当的差距.高含硫量增大了汽车废气排放,降低车辆的效率和耐久性.国内硫含量与美国和欧洲标准的比较如图 3. 芳烃含量和烯烃含量都普遍高于欧洲 III 号燃油标准,烯烃含量高影响汽车电控燃油喷射系统,降低发动机工作效率,具

有很强的臭氧生成趋势;芳烃含量高增大了噪音和  $\text{NO}_x$ 、CO 的排放.国内烯烃含量与欧美标准的比较如图 4.

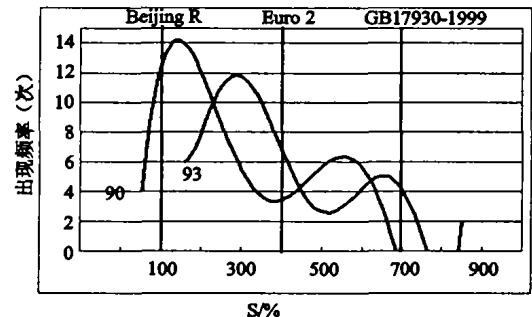


图 3 中国汽油 Sulfur 的分布

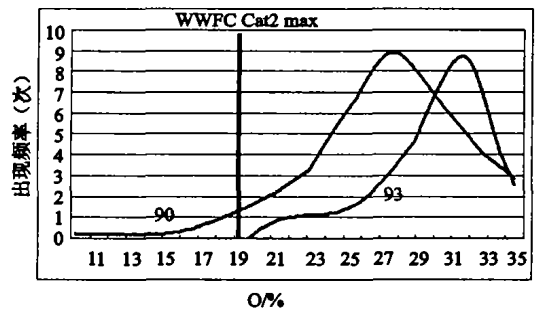


图 4 中国汽油 Olefins 的分布

## 2 发动机控制参数研究

建立发动机排放模型的方法大致有两种<sup>[4]</sup>,一是从分析发动机内部工作过程入手,首先建立物理模型,然后对其简化并进行定量的数学描述,获得数学模型.为使所得模型达到一定精度,尤其是对排气成分进行准确的预测,必须对工作过程的各个环节进行详尽的描述,从而使模型变得很复杂.二是直接通过实验,测取足够的的数据后,通过统计方法,建立经验模型,它能够简明地表达排放性能与控制参数的关系.因此一般在建立发动机的排放模型时常采用经验模型.

研究结合美国加州 ARB(Air Resources Board)的

发动机排放经验模型<sup>[3]</sup>和文献[4]的数学模型,建立了HC、CO和NO<sub>x</sub>的排放模型.它们可用简单的函数形式来表达,即

HC模型:

$$HC = k_{HC} f_{HC}(S, A, G), \quad (1)$$

CO模型:

$$CO = k_{CO} f(S, A, G), \quad (2)$$

NO<sub>x</sub>模型:

$$NO_x = k_{NO_x} f(S, A, G), \quad (3)$$

式中

$k_{HC}$ 、 $k_{CO}$ 、 $k_{NO_x}$ ——不同转速的转换系数;

$S$ ——点火提前角;

$A$ ——空燃比;

$G$ ——进气流量.

假定 $f_{HC}(S, A, G)$ 、 $f_{NO_x}(S, A, G)$ 和 $f_{CO}(S, A, G)$ 具有连续的 $m$ 阶偏导,对其进行泰勒级数展开,展开后的前 $m$ 项作为多元函数的近似表示,结果得到多元多项式的形式,以此作为模型的回归方程.以HC排放模型为例,它的3次多项式回归方程:

$$CH = k_{CH}(C_0 + C_1S + C_2A + C_3G + C_4S^2 + C_5A^2 + C_6G^2 + C_7S + C_8A + C_9G + C_{10}S^3 + C_{11}A^3 + C_{12}G^3 + C_{13}S^2A + C_{14}S^2G + C_{15}A^3S + C_{16}A^2G + C_{17}G^2S + C_{18}G^2A + C_{19}SAG), \quad (4)$$

式中

$C_0 \sim C_{19}$ ——回归系数.

理论上讲,多项式的次数越高,则与原函数的近似程度越好<sup>[5]</sup>.实际上,首先是实验数据限定了回归系数的个数,另外,多项式阶数过高,会给计算造成困难.通过不同阶次多项式回归的误差比较,最后选定了三次多项式.表2回归结果为输入标准燃油,发动机转速1500 r/min,点火提前角12°,空燃比14.7,进气流量85 kg·h<sup>-1</sup>的回归模型参数,当然这时的转速的转换系数为1.

表2 回归结果

回归系数	NO <sub>x</sub> 模型	CO模型	HC模型
$C_0$	-31.878 5	-32.936 2	0.774 42
$C_1$	0.206	-0.240 3	-0.058 1
$C_2$	5.235 68	9.802 45	2.345 5
$C_3$	-0.094 87	-0.038 56	-0.069 5
$C_4$	-0.001 99	0.000 64	-0.003 2
$C_5$	-0.303 89	-0.769 13	-0.328 94
$C_6$	-0.000 86	0.000 5	-0.001 49
$C_7$	0	0	0.000 03
$C_8$	0.005 25	0.020 69	0.010 99
$C_9$	0.000 01	-0.000 02	-0.000 01
$C_{10}$	-0.000 97	0.020 04	0.045 01
$C_{11}$	-0.002 79	0.002 19	-0.005 06

续表2

回归系数	NO <sub>x</sub> 模型	CO模型	HC模型
$C_{12}$	0.034 89	-0.003 23	0.040 89
$C_{13}$	0.001 22	-0.000 02	-0.000 12
$C_{14}$	-0.000 01	-0.000 01	0.000 02
$C_{15}$	-0.000 60	-0.001 01	-0.000 5
$C_{16}$	-0.000 76	-0.001 44	-0.002 19
$C_{17}$	-0.000 01	-0.000 02	0.000 03
$C_{18}$	-0.000 1	0.000 32	0.000 21
$C_{19}$	0.000 3	0.000 11	-0.000 13

根据多元回归检验原理<sup>[5]</sup>,对上述模型进行显著性检验,取显著水平 $\alpha = 0.005$ ,则对应的 $F$ 分布上侧数为

$$F_{\alpha} = (p, k - p - 1) = 2.05, \quad (5)$$

式中, $P = 20$ 为回归系数的总项数, $k = 174$ 为实验点数.

对HC、CO及NO<sub>x</sub>模型计算得到的统计量 $F$ 比值分别为96.40、64.93和80.96.可见3个模型的 $F$ 比值均大于上侧数数值,表明上述的多元回归是显著的,回归模型成立.

### 3 不同燃油品质对发动机排放影响研究

采用标准燃油(其品质参数见表3)得到车辆的排放为:CO:2.2 g/km, NO<sub>x</sub>:0.2 g/km, HC:0.3 g/km.

表3 标准燃油的主要特性参数

分析项目	标准试验油	试验方法
辛烷值		
研究法辛烷值	94.6	GB/T5487
马达法辛烷值	81.1	GB/T503
馏程		GB/T 6536
10% 馏出温度, °C	53.5	
50% 馏出温度, °C	104.7	
90% 馏出温度, °C	163.7	
终馏点, °C	197.5	
雷德蒸汽压, kPa	54.8	GB/T 8017
硫含量, % (V/V)	0.028 9	GB/T 17040
族组成		GB/T 11132
芳烃含量, % (V/V)	28.8	
烯烃含量, % (V/V)	37.9	
苯含量, % (V/V)	0.50	ASTM D3606
含氧化合物,		SH/T 0663
MTBE含量, % (m/m)	0	
其它含氧化合物, % (m/m)	—	

利用成熟燃油排放软件,输入国内华东、华南、华中、华北、西北、西南、东北的平均燃油品质特性,得到发动机排放的变化情况,如表4.根据计算结果可以知道,汽油中硫含量严重影响HC和NO<sub>x</sub>的排放;氧化物含量对CO的排放有一定的影响<sup>[6]</sup>.由于华中地区的硫含量较高(500 ppm以上),HC和NO<sub>x</sub>的排放高于其

它地区.

表4 相对于标准燃油国内七大片区排放结果

地区	HC	NO <sub>x</sub>	CO
华东	-3%	-4%	-2%
华南	3%	-3%	-3%
华北	1%	7%	0%
华中	29%	86%	-1%
东北	-1%	7%	0%
西北	-5%	-8%	-2%
西南	3%	20%	0%

## 4 结论

通过对国内加油站的燃油调查,可知车用燃油的品质特性在不同地区上存在较大差异.通过建立的发动机排放模型研究,获得了燃油品质与车辆排放之间的关系.

为了解决汽车发展带来的环境污染问题,建议采取以下措施:

- 1) 解决燃油运输过程中的燃油品质下降问题,从燃油运输渠道缓解环境污染问题;
- 2) 采用先进的燃油加工工艺,从根本上提高燃油

品质,特别是降低汽油中的硫含量,以有效的进一步解决环境污染问题;

3) 根据现有燃油品质随地区分布的不同,调节发动机相关参数来改善废气排放对环境污染的影响问题.

## 参考文献:

- [1] 邱先文,夏淑敏.汽油机燃料的改质[J].哈尔滨工业大学学报,2001,33(6):867-869.
- [2] 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.
- [3] HENDRICKS ELBERT, CHEVALIER ALAIN, JENSEN MICHAEL. Modeling of the Intake Manifold Filling Dynamics [J]. 1996, (37):1 042-1 052.
- [4] 周萍,张振东,孙跃东.车用汽油发动机稳态控制参数的优化研究[J].上海理工大学学报,2001,23(2):141-146.
- [5] 孙荣恒,伊亨云,刘琼荪,等.概率论和数理统计[M].重庆:重庆大学出版社,2000.
- [6] 冉振亚,田龙,倪霖,等.绿色汽车的开发前景[J].重庆大学学报(自然科学版),2002,25(7):15-19.

# Investigation on Effects of Fuel Properties on Vehicle Emissions

LI Jian, QIN Da-tong, HAN Wei-jian

(State key Lab of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Owing to increasingly strict emission regulation, gasoline properties not only satisfy the needs of high performance for the engine, but also attain the requirement of vehicles exhaust control. The gasoline from gas stations around China is sampled and its properties are analyzed. The distribution of gasoline quality in different zones is listed. At the same time, the difference of properties between domestic and oversea gasoline is compared. After establishing the emission model of the engine, the reference value of vehicle emissions in different zones is obtained. At last, some measurements are proposed to reduce the emissions: improving gasoline quality and controlling the related parameters for engine according to the distribution of gasoline properties.

**Key words:** gasoline engine; fuel properties; emission

(编辑 成孝义)