

桑塔纳轿车 HC 排放分布规律和建模研究

乔向明

(济南交通高等专科学校 济南 250023)

摘要 运用数理统计手段并基于大量 HC 排放实测数据, 研究确定国产主要轿车桑塔纳 LX 汽油机怠速 HC 排放及分布参数, 并相应建立其 HC 排放分布计算模型。

关键词 桑塔纳轿车 汽油机 HC 排放 分布规律 计算模型

Research on the Regularity & Model Establishment of SANTANA Car's HC Emission Distribution

Qiao Xiangming

(Jinan Communications College, Jinan)

Abstract Based on a vast amount of actual test data of HC emission and by means of math statistics, this paper researches into the distribution law and parameters of gasoline engine HC emission of SANTANA LX, the main car model made in China, and establishes its HC emission distribution calculation model accordingly.

Key words SANTANA car Gasoline engine HC emission Distribution law Calculating model

0 前言

目前, 全世界的大中城市, 尤其是我国的大中城市所面临的汽车排放污染问题以及由此而引起的环境保护压力正越来越大, 作为一种主要的汽车动力源, 车用汽油机的主要排放污染物有碳氢化合物(HC)、一氧化碳(CO)和氮氧化物(NO_x), 现阶段由于受试验过程和所用设备等条件的限制, 我国对在用汽油车着重于控制 GB14761.5-93《汽油车怠速污染物排放标准》所定义的汽油车怠速污染物 HC 和 CO。考虑到怠速工况是汽车在城市交通拥挤行驶条件下常见的工况, 而该工况下汽油车所排放的 HC 和 CO 又是大中城市汽车对大气环境的主要污染物, 所以其控制对改善大中城市的大气环境质量具有极为重要的作用。

在车用汽油机的各种排放污染物中, HC 对人类健康和生态环境的影响不可低估。HC 刺激人的呼吸器官, 在阳光中的紫外线作用下, 可与另一汽车排放

污染物 NO_x 发生一系列光化学反应, 形成臭氧。臭氧以其极强的氧化能力将 HC 氧化为醛类、酮类等, 这些有害物质进而与 NO_x 反应, 产生过氧酰基硝酸酯及其他过氧化物, 反应的生成物与大气中的水蒸汽在一定条件下形成毒性很大的光化学烟雾, 损害人的粘膜组织, 并有致癌的危险; 烟雾严重时, 可导致年老体弱者因心脏障碍和肺功能衰竭而死亡。另外, HC 对自然界中植物的生长亦有较大的危害。

考虑到以上问题, 本文对目前国内轿车保有量最大的上海桑塔纳 LX 在正常使用条件下汽油机的 HC 排放进行实测, 在对所得大量怠速 HC 排放实测样本数据进行统计分析的基础上, 研究确定该型轿车之汽油机在正常使用条件下的怠速 HC 排放分布规律及分布参数, 进而建立上海桑塔纳 LX 轿车汽油机怠速 HC 排放分布计算模型。

开展此项研究, 对准确计算上海桑塔纳 LX 轿车汽油机 HC 排放分布数值和评价其对大气环境, 尤其是对大中城市及其附近大气环境的影响, 以及修订相

应的汽车排放控制法规、改进设计等，均具有十分重要的现实意义和作用。

1 HC 排放样本数据采集与整理

对在用的 597 辆上海桑塔纳 LX 型轿车，利用 MEXA 32F 型废气分析仪，就其怠速状态下汽油机的 HC 排放进行了认真测量，所得大量样本数据经初步分组处理后，得表 1 及相应的图 1。

上海桑塔纳 LX 轿车怠速 HC 排放值分组统计 表 1

HC 排放值 ppm	样本数	HC 排放值 ppm	样本数
0~100	209	600~700	12
100~200	157	700~800	9
200~300	76	800~900	9
300~400	57	900~1000	8
400~500	31	1000~1100	5
500~600	19	1100~1200	5

注：样本车总数 $n = 597$ 辆

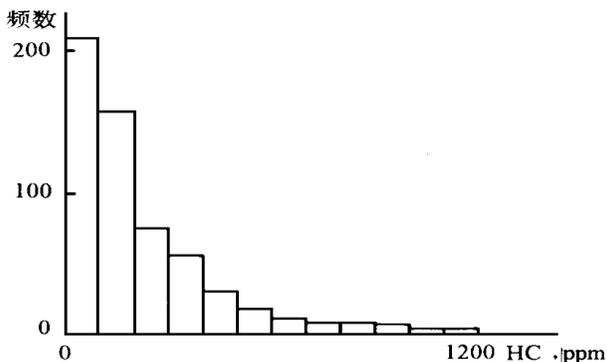


图 1 上海桑塔纳 LX 轿车怠速 HC 排放值分布

2 HC 排放参数估计与假设检验

根据表 1 所列数据及图 1 所示图形，可初步判定上海桑塔纳 LX 型轿车汽油机的怠速 HC 排放值服从指数分布。为进行分布检验，首先用极大似然法 (MLE) 估计 HC 排放的均值 μ

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{597} \sum_{j=1}^{12} x_j n_j \\ &= \frac{1}{597} (50 \times 209 + 150 \times 157 + \dots + 1150 \times 5) \\ &= 231.4070 (\text{ppm}) \end{aligned}$$

接下来，对假设

$$H_0: F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{231.4070}\right)$$

进行 χ^2 检验。由于表 1 中每一组中的样本数已经满足 χ^2 检验时每组中样本数据个数最好不少于 5 的要求，因此，可不进行组的合并而直接计算。

$$\begin{aligned} p_1 &= F_0(100; 231.4070) - F_0(0; 231.4070) \\ &= 1 - e^{-\frac{100}{231.4070}} = 0.3509 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_2 &= F_0(200; 231.4070) - F_0(100; 231.4070) \\ &= e^{-\frac{100}{231.4070}} - e^{-\frac{200}{231.4070}} = 0.2277 \end{aligned}$$

同理可求得 p_3, p_4, \dots, p_{12} ，具体数值详见表 2 第 3 列。

上海桑塔纳 LX 轿车怠速 HC 排放 χ^2 检验计算表 表 2

组号	n_j	p_j	np_j	$n_j - np_j$	$(n_j - np_j)^2$	$\frac{(n_j - np_j)^2}{np_j}$
1	209	0.3509	209.4873	-0.4873	0.2375	0.0011
2	157	0.2277	135.9369	21.0631	443.6542	3.2637
3	76	0.1479	88.2963	-12.2963	151.1990	1.7124
4	57	0.0960	57.3120	-0.3120	0.0973	0.0017
5	31	0.0623	37.1931	-6.1931	38.3545	1.0312
6	19	0.0404	24.1188	-5.1188	26.2021	1.0864
7	12	0.0262	15.6414	-3.6414	13.2598	0.8477
8	9	0.0171	10.2087	-1.2087	1.4610	0.1431
9	9	0.0110	6.5670	2.4330	5.9195	0.9014
10	8	0.0072	4.2984	3.7016	13.7018	3.1877
11	5	0.0047	2.8059	2.1941	4.8141	1.7157
12	5	0.0030	1.7910	3.2090	10.2977	5.7497

统计量 χ^2 的观察值

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{12} \frac{(n_j - np_j)^2}{np_j} = 19.6418$$

取显著性水平 $\alpha = 0.01$ ，可由参考文献 1 或 2 查得 χ^2 检验临界值为

$$\chi_{\alpha}^2(j - m - 1) = \chi_{0.01}^2(12 - 1 - 1) = \chi_{0.01}^2(10) = 23.209$$

式中， j, m 分别为样本数据分组数和分布 $F_0(x; \theta)$ 中未知参数 θ 的维数。

由于 $\chi^2 < \chi_{0.01}^2(10)$ ，故接受原假设 F_0 ，即认为上海桑塔纳 LX 轿车汽油机怠速 HC 排放服从参数 μ 值为 231.4070 ppm 的指数分布。

3 HC 排放分布计算模型建模

基于以上研究结果，可以建立上海桑塔纳 LX 轿车汽油机怠速 HC 排放分布计算模型，该模型既包括 HC 排放分布密度函数 $f(x)$ ，又包括 HC 排放分布函数 $F(x)$ ，即

$$f(x) = \frac{1}{231.4070} \exp\left(-\frac{x}{231.4070}\right), x \geq 0 \quad (1)$$

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{231.4070}\right), x \geq 0 \quad (2)$$

利用模型式 (1) 和 (2)，可以准确地进行与上海桑塔纳 LX 轿车汽油机怠速 HC 排放有关的计算 (见表 3)，并正确地评价该型轿车汽油机怠速 HC 排

放所引起的大气环境污染。譬如，分别按 GB3842-83 《汽油车怠速污染物排放标准》和 GB14761.5-93 《汽油车怠速污染物排放标准》中在用车 HC ≤ 3 000ppm 和 1995年7月1日以前定型四冲程轻型车 HC ≤ 900ppm 的要求，上海桑塔纳 LX 轿车汽油机怠速 HC 排放合格率分别为 99.999 8% 和 97.953 9%；若按本文表 1 所给实测值统计，则 597 辆在用上海桑塔纳 LX 轿车怠速 HC 排放实际合格率分别为 100% 和 96.984 9%。显而易见，以 1983 年国家标准为准，本文所建模型的计算误差为 -0.000 2%；而以 1993 年新国家标准为准，则模型的计算误差为 0.999 1%，尚不及 1%。因此不难看出，模型具有很高的计算精度，从而表明本文研究所建上海桑塔纳 LX 轿车汽油机怠速 HC 排放分布计算模型达到了令人相当满意的上海桑塔纳 LX 轿车怠速 HC 排放分布模型计算结果 表 3

HC 排放值 ppm	$f(x)$ 1/ppm	$F(x)$	HC 排放值 ppm	$f(x)$ 1/ppm	$F(x)$
100	0.002805	0.350881	1100	0.000037	0.991379
200	0.001821	0.578644	1200	0.000024	0.994404
300	0.001182	0.726490	1300	0.000016	0.996367
400	0.000767	0.822459	1400	0.000010	0.997642
500	0.000498	0.884755	1500	0.000007	0.998469
600	0.000323	0.925192	1600	0.000004	0.999006
700	0.000210	0.951441	1800	0.000002	0.999581
800	0.000136	0.968479	2000	0.000001	0.999824
900	0.000088	0.979539	2500	0.000000	0.999980
1000	0.000057	0.986719	3000	0.000000	0.999998

程度，完全可以投入实际应用。

4 结论

1. 本文运用数理统计手段并基于大量 HC 排放样本实测数据，确认国产主要在用轿车车型上海桑塔纳 LX 汽油机怠速状态下排放的有害气体成分 HC 服从参数 $\mu = 231.407$ 0ppm 的指数分布。

2. 本文研究所建立的上海桑塔纳 LX 轿车汽油机怠速 HC 排放分布计算模型，具有相当高的仿真精度，对准确地进行与怠速 HC 排放分布有关的计算，正确地估计和评价车用汽油机怠速 HC 排放对大气环境，尤其是大中城市大气环境的影响等，均具有十分重要的作用。

3. 在用上海桑塔纳 LX 轿车汽油机怠速 HC 排放一次实测合格率以 1993 年新国标为准即达 96.984 9%，说明今后随着轿车产品的更新换代，尤其是电控燃料喷射 (EFI) 系统的采用，完全有可能也有必要进一步提高国标的限值水平。

参考文献

- 1 茆诗松, 王玲玲. 可靠性统计. 华东师范大学出版社, 1984
- 2 复旦大学数学系主编. 概率论与数理统计 (第二版). 上海科学技术出版社, 1961
- 3 GB3842-83 汽油车怠速污染物排放标准. 中国标准出版社, 1983
- 4 GB14761.5-93 汽油车怠速污染物排放标准. 中国标准出版社, 1993

(上接第 87 页) 表明, 汽车燃用天然气与燃用汽油相比, 其排放污染物中的主要成份均大幅降低。

尾气排放对比测试结果 表 2

尾气成分	CO ₂	CO	NO _x	CH ₄ 化合物	苯	Pb	硫化物	烟尘
与汽油机相比	降低							
(%)	22~24	76	83	88	99	100	100	无

注: 本实验采用了三元催化来降低 NO_x 排放。

4 总结语

根据对天然气与汽油的燃烧比较, 可以看出, 由于甲烷分子结构简单, 甲烷与空气混合比较均匀, 气缸内压力、温度比较均匀, 导致排放中 NO_x、CO、CH₄ 以及排放微粒都相对汽油机大幅度减少。而且我国天然气资源丰富, 如有相应政策保证, 天然气汽车

的技术经济性明显, 从节约能源与保护环境诸方面来看, 大力发展天然气汽车势在必行。

参考文献

- 1 机械工业部汽车工业司. 1994 年中国汽车工业. 天津科学技术出版社, 1995
- 2 刘希玲等. 中国汽车排气污染与控制. 中日技术合作汽车工业发展与城市环境研讨会论文集, 1995
- 3 杨天模. 对人体有害的汽车废气. 重庆晚报, 1995-11
- 4 王云鹏等. 天然气汽车发展现状与对策. 公路交通科技, 1998, 15 (3)
- 5 刘林. 汽车废气能导致心脏病. 长春晚报, 1998-5
- 6 孙志军等. 天然气作为汽车燃料的应用及发展. 汽车技术, 1997 (10)
- 7 张荣旺. 压缩天然气汽车技术在海南和广东的应用前景. 天然气工业, 1997, 17 (2)