

文章编号: 1005—0523(2005)04—0125—04

汽油机瞬态排放 CO 的符号时间序列统计量分析

王爱国, 张 雨

(长沙理工大学 汽车与机电工程学院, 湖南 长沙 410076)

摘要:介绍了符号时间序列分析中的直方图、Shannon 熵和高阶矩等, 结合排放的体积百分数, 对 TOYOTA2500 汽油机瞬态排放中的 CO 进行了分析. 在节气门匀速变化时和匀加速变化时, 比较速度值不同时的瞬态排放质量.

关 键 词:汽油机; 瞬态; 排放; 符号时间序列; Shannon 熵; 高阶矩; 面积

中图分类号: TM392.3

文献标识码: A

长期以来, 国内车用汽油机的排放测试大多采用怠速时的排放测量数据来评判排放状况, 而对瞬态工况的评价极少研究, 本文针对这一状况, 利用符号时间序列^[1]中的统计量, 并且结合排放的体积百分数, 对 TOYOTA2500 汽油机瞬态排放量中的 CO 进行分析, 描述 CO 排放时间序列中的深层次信息, 以此来寻找更为合理的评价汽油机瞬态排放的方法.

1 符号时间序列的直方图、Shannon 熵和高阶矩

1.1 直方图

引入划分 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_p\}$, 并把系统状态空间划分为 $m = (q+1)^d$ 个单元, 其中 d 是状态空间的维数, q 是划分个数, $q=1$ 为最简单的二进制划分; 符号总数 $N_s = q+1$. 其次 τ 为时延, 然后通过引入相空间离散划分并分配符号给每个划分单元, 将时间序列转化为符号序列, 该符号序列经十进制编码后, 可以把它们的特征参数表示为直方图, 称为前向的符号序列直方图, 简称前向直方图, 可以评价复杂系统的状态. 如果使用生成划分把相空间符号化并将轨迹转换为符号序列, 则确定性信号对应的序列码表现出大概率值, 而对于纯粹的随机噪

音, 各种序列码出现的概率是相等的. 这一特性可以用来检测未知的原始时间序列中是否包含了确定性结构. 对于直方图中某几个最大概率序列码, 对应地找到在原始排放时间序列中的划分位置, 这一过程本文称为直方图求逆. 因为正向的符号化过程是粗略化过程, 一系列的幅值都粗略地并归到一个序列码下面, 在直方图求逆时会得到一个数值划分范围. 直方图求逆的价值在于能够获得以最大概率值序列码表征的原始时间序列幅值的划分范围, 对应于汽油机瞬态排放的分析要求, 就能得到原始排放数据中最可能出现的量值范围.

1.2 Shannon 熵

在二进制划分下, 树的第层的 Shannon 熵^[2]可定义为

$$H(P(\tau, L)) = \frac{1}{L \ln(q+1)} \sum_{p_{s_1, s_2, \dots, s_L}} 1 n(p_{s_1, s_2, \dots, s_L}) \quad (1)$$

其中 p 变元表示树的个数, 为时延 τ 和树层数 L 的函数(求和是在树层 L 上对所有的个数进行), 所有的熵隐式地依赖于划分的选择. 为了改进计算, 我们在计算中使用改进熵^[2]:

$$H_s(L) = -\frac{1}{\log N_{seq}} \sum_i p_{i, L} \log p_{i, L} \quad (2)$$

式(2)中 N_{seq} 是序列中非零概率的总个数, i 为

收稿日期: 2005—03—22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50176006)

作者简介: 王爱国(1976—), 男, 硕士研究生, 主要从事汽车检测理论与状态智能监测的研究.

中国知网 <http://www.cnki.net>

序列串序数, $p_{i,L}$ 是长度为 L 的第 i 个序列串的概率. 对于随机数据, $H_s(L)$ 将趋近于 1, 对于非随机数据, 其值介于 0 和 1 之间. $H_s(L)$ 越低意味着原始时间序列数据中包含着更加确定性的结构. 因此, 通过符号树 Shannon 熵值的比较, 一般可以判断数据间确定性程度的差异.

1.3 高阶矩

在定义熵值外, 再定义高阶矩^[3] T_n 说明不同直方图所含信息确定性程度的差别:

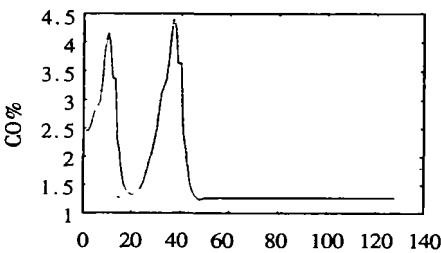
$$T_n = \frac{1}{n} \sum_i (F_i - \overline{F})^n \tag{3}$$

式(3)中: n 是矩数, $n=2, 3, 4$ 分别代表方差、歪度、峭度; $\overline{F}$ 是直方图概率的均值. T_n 值越大, 则直方图所含信息的确定性程度越大, 汽油机中燃烧的质量变佳, 排放量变小.

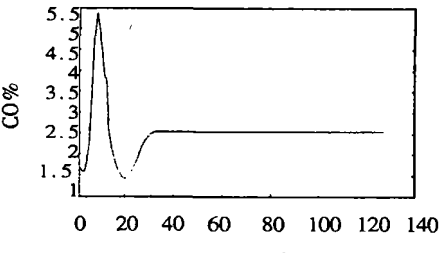
2 汽油机瞬态排放实验及其排放数据的 shannon 值和高阶矩

2.1 瞬态工况的试验设定

试验设备采用 AVL DiGas 4000 五组分排放分析仪(带取样管, 转速传感器)、瞬态节气门控制器、电脑各一台, TOYOTA2500 汽油机空载台架一台, 汽油机参数见表 1. 汽油机的节气门分别以 3.4 度/秒、34.0 度/秒、6.8 度/秒² 和 68.0 度/秒² 匀速或匀加速启闭 2 次, 间隔 10 秒, 来模拟发动机加、减速工况.



a 时间信号
图 1 TOYOTA 汽油机节气门以 3.4 度/秒匀速启闭 2 次, 间隔 10 秒(CO 成分)



a 时间信号
图 2 TOYOTA 汽油机节气门以 34.0 度/秒匀速启闭 2 次, 间隔 10 秒(CO 成分)

表 1 TOYOTA2500 汽油机台架的主要参数

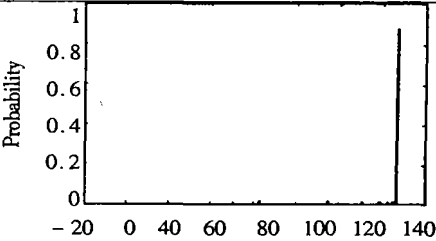
汽油机 型号	汽油机 结构	燃油 供给方式	总排量 (L)	压缩比	怠速转速 (r/min)	燃油牌号
TOY- OTA 2500	V 型六缸 24 气门, 四冲程水 冷, 顶置双 凸轮轴	OHDC 进 气道多点 电子控制 顺序燃油 喷射系统	2.500	9.3	600±50	RON93

2.2 试验数据的 shannon 值和高阶矩

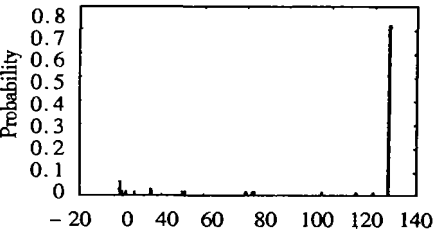
将符号时间序列的熵值和高阶矩分别用于表 2 所列的不同工况中, 对其瞬态排放的 CO 进行特征提取和排放评估. 使用 AVL DiGas 4000 五组分排放分析仪获取实验数据, 每个工况取 15 组样本, 然后平均, 画出各工况排放 CO 的排放曲线和直方图, 见图 1~图 4. 算出熵值与高阶矩, 同时给出了各个工况的体积百分数, 见表 2, 以此作为评价标准.

表 2 TOYOTA2500 汽油机不同工况的 CO 的熵、高阶矩和体积百分数

参数	节气门转角速度和转角加速度(节气门开闭 2 次, 间隔 10 秒)			
	3.4 度/秒	34.0 度/秒	6.8 度/秒 ²	68.0 度/秒 ²
熵	0.2901	0.4804	0.3131	0.3355
方差(二阶矩)	0.0060	0.0041	0.0058	0.0056
歪度(三阶矩)	11.0073	10.8337	10.9997	10.9916
峭度(四阶矩)	123.4120	120.7681	123.2985	123.1780
体积百分数 (×10-2)	50.1667	73.6060	48.2522	83.5650



b 符号时间序列直方图



b 符号时间序列直方图

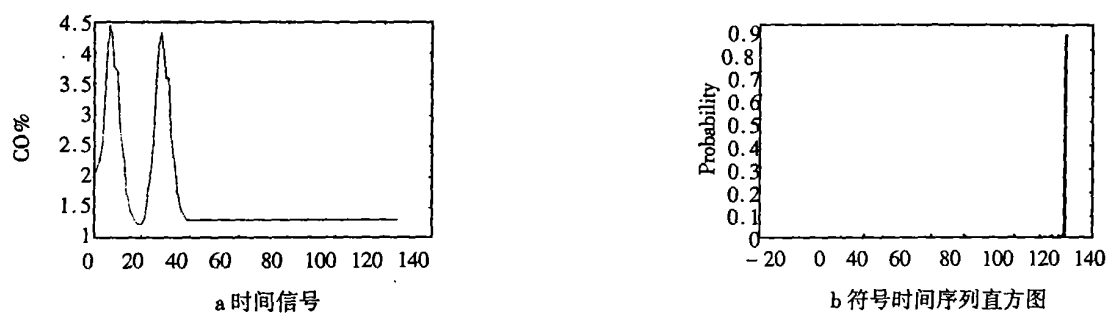


图 3 TOYOTA 汽油机节气门以 6.8 度/秒² 匀速启闭 2 次,间隔 10 秒(CO 成分)

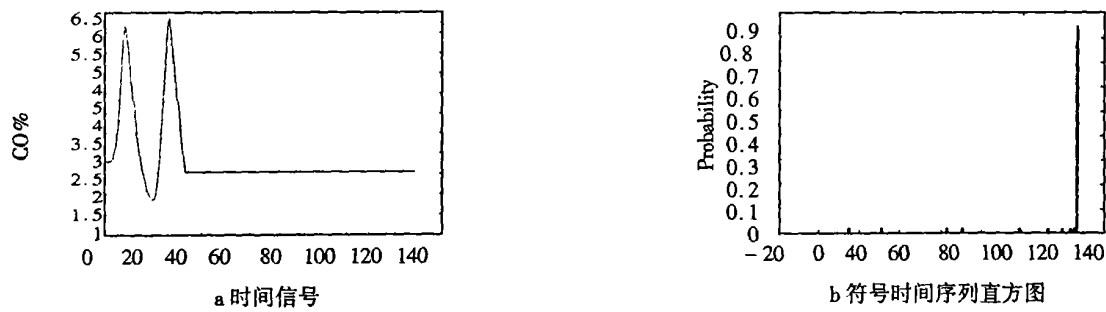


图 4 TOYOTA 汽油机节气门以 68.0 度/秒² 匀速启闭 2 次,间隔 10 秒(CO 成分)

3 基于 shannon 熵、高阶矩和体积百分数的汽油机瞬态排放分析

3.1 熵值

节气门以 3.4 度/秒匀速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时的熵值小于节气门以 34.0 度/秒匀速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时的熵值。

节气门以 6.8 度/秒² 匀加速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时的熵值小于节气门以 68.0 度/秒² 匀加速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时的熵值。

3.2 高阶矩

节气门以 3.4 度/秒匀速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时的方差、歪度和峭度均大于节气门以 34.0 度/秒匀速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时相对应的方差、歪度和峭度。

节气门以 6.8 度/秒² 匀加速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时的方差、歪度和峭度均大于节气门以 68.0 度/秒² 匀加速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时相对应的方差、歪度和峭度。

3.3 体积百分数

节气门以 3.4 度/秒匀速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时的体积百分数小于节气门以 34.0 度/秒匀速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时的体积百分数。

节气门以 6.8 度/秒² 匀加速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时的体积百分数小于节气门以 68.0 度/秒² 匀加速变化(启闭 2 次,间隔 10 秒)时的体积百

分数。

3.4 分析

一般来说熵值越小、高阶矩越大,包含的确定性程度越大,根据这个原理则可以认为 TOYOTA 2500 电喷汽油机的节气门以匀速或匀加速变化时,节气门速度变化小的排放比节气门速度变化大的排放质量要好,而且这个分析符合排放的体积百分数原理^[4]:在相同排放体积中,体积百分数越大,排放越大;体积百分数越小,排放越小。上述排放优劣的主要原因是节气门速度变化越大,供给的燃油越多,燃烧时间越短,气缸壁的热滞后性越明显,造成不完全燃烧加剧,从而导致排放的质量变差。

4 小 结

根据以上的分析我们可以得出以下结论:

1) 可以利用符号时间序列的 Shannon 值和高阶矩来分析 TOYOTA 2500 电喷汽油机的瞬态排放状况,为分析其它汽油机瞬态燃烧状况提供了参考。

2) TOYOTA 2500 电喷汽油机的节气门匀速变化时,速度变化小的比速度变化大的燃烧质量要好。

3) TOYOTA 2500 电喷汽油机的节气门匀加速变化时,加速度变化小的比加速度变化大的燃烧质量要好。

参考文献:

[1] C.S. Daw and C.E.A. Finney. Symbolic Analysis of experim-ental data. <http://www-chaos.engr.utk.edu/abs/abs-rsi2002.html>.

[2] 张 雨,李碧琼,王爱国,等. 汽油机怠速 HC 排放信息

的符号序列直方图分析[J]. 长沙交通学院学报, 2004(4): 12-15.

[3] 屈梁生,何正嘉. 机械故障诊断学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1987.

[4] 冯国胜,等. 汽车发动机排气污染物分析及对策[J]. 小型内燃机,1998(1).

Analysis of CO Emission of Gasoline Engine on Transience
with the Symbolic Time Series Statistics

WANG Ai-guo,ZHANG Yu

(School of Automobile and Mechatronic Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076,China)

Abstract:The symbolic series bar chart, Shannon entropy and high rank square are introduced based on the symbolic time series analysis method, and combined with the percent of volume. This method is used to analyse the CO of emis-sion of TOYOTA2500 gas engine in transient condition. Under the circumstance of uniform velocity and uniform increase velocity, we respectively compare the burning degree of transience of different velocity.

Key words:gasoline; transience; exhaust; symbolic time series analysis; shannon entropy; high rank square; area