

催化转化器老化试验相关性研究

方茂东 程 勇 詹兴泉 李孟良

(中国汽车技术研究中心,天津 300162)

周梅生

(河北工业大学,天津 300132)

[摘要] 介绍了试车场实车老化试验结果并进行了简要分析。从起燃温度、空燃比特性、工况法排放和实时连续分析结果等四方面比较分析了催化转化器台架快速老化和试车场实车老化的结果及其相关性。基于选定的车型和催化转化器,结果表明 100h 台架快速老化试验比试车场 8 万 km 老化试验更严厉些。

叙词:催化转化器,快速老化,相关性

Study on the Correlation Between Two Aging Tests for Catalytic Converter

Fang Maodong, Cheng Yong, Zhan Xingquan & Li Mengliang

China Automotive Technology and Research Center, Tianjin 300162

Zhou Meisheng

Hebei University of Technology, Tianjin 300132

[Abstract] In this paper the results obtained from both the aging test on the test track and accelerated aging test on catalytic converter tester are described and analyzed. Based on the test results of light-off temperature, A/F ratio characteristics, real-time continuous vehicle emission and emission results by European test cycle, we compare the two aging test methods and analyze their correlation. The results from the specific car and catalytic converter indicate that the aging of 100h fast bench test is more serious than the aging of real car 80000km running on the test track.

Keywords :Catalytic converter, Accelerated aging, Correlation

1 引言

催化器快速老化方法在国外是各催化剂和汽车公司的一些汽车公司的关键技术,在催化剂的研制开发甚至在汽车排放认证时得到广泛应用,但各公司的方法不尽相同。一个好的快速老化方法需要通过大量试验来不断修正,以获得与实车道路老化较好的相关性。

在原国家科委、机械部和美国福特汽车公司的技术支持和资助下,于 2000 年初研制成功了一整套催化转化器在发动机台架上快速老化试验、净化性能评价试验和机械性能评价试验装置。利用这些装

置和整车排放试验装置,初步试验研究了国内通行的快速老化试验方法的分辨力及其与实际道路老化的相关性^[1]。

2001 年在日本丰田汽车公司的资助下,选用国内某汽车再次进行了更详细的相关性试验研究。试验用老化试验循环采用的是国内另一种通行的快速老化试验循环——发动机断油工况和稳态工况交替运行的循环。

2 试验描述

2.1 试验用样车

试验用样车为国产经济型汽车,装配天津丰田

发动机有限公司生产的丰田 8A (1.3L) 发动机,最高车速 145km/h,设计乘员数为 5 人,整備质量 830kg。

2.2 试验用催化转化器

试验用催化转化器是为该试验样车配套生产的国产催化器,容积为 1.3L。试验时将其安装位置距发动机排气口约 520mm。试验采用同一型号的两只新鲜催化器。一只用于快速老化试验,以下简称 A 催化器;另一只用于试车场实车老化试验,以下简称 B 催化器。

2.3 试车场实车老化试验

试车场实车老化试验是按照 GB18352.2^[2] 中 V 型试验——污染控制装置耐久性试验进行的。试验员在试车场内按照标准规定的运转循环通过仪器发出的语音提示和显示的车速来正确操作车辆。

2.4 台架快速老化试验

按照 GB/T18377-2001^[3] (HCRJ007-1999) 中的快速老化试验循环进行的 100h 快速老化试验。发动机在稳定工况下运行 60s,保证催化器入口温度为 760℃;然后发动机断油 5s,使得催化床由于氧化反应而经受热冲击。这两种工况交替运行,直到 100h 试验结束。

2.5 台架净化性能试验

按照 GB/T18377-2001 进行台架净化性能试验,包括空燃比特性试验和起燃温度特性试验。

A 催化器在进行 100h 快速老化试验前后,均进行台架净化性能试验,分别作为新鲜催化器和 100h 快速老化后催化器的特性数据。B 催化器在 8 万 km 实车老化试验后,进行台架净化性能试验,作为 8 万 km 实车老化后的催化器特性数据。

2.6 工况法排放试验

按照 GB18352.2 中 I 型试验——冷启动后排气污染物排放试验的要求进行工况法排放试验。除了记录试验过程中按比例取样放在取样袋中的污染物分析结果(以下简称“袋排放”)外,还记录试验过程中污染物排放实时连续分析数据(以下简称“实时排放”)。

A 催化器在进行 100h 快速老化试验前后,分别装在试验样车上进行工况法排放试验,测量工况法排气排放物。

B 催化器装在试验样车上,在试车场实车老化试验开始前及每运行 1 万 km 时,分别进行工况法排放试验,测量排气排放物。

同时还用空管代替催化器位置,进行了工况法

排放试验,作为试验样车未安装催化转化器时的原车排放,并作了车速和催化器入口位置的温度曲线(见图 1),供以后的比较分析用。

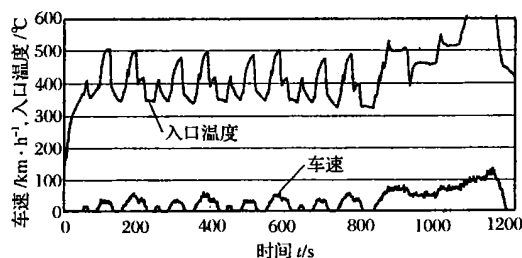


图 1 工况法试验车速及对应的催化器入口位置温度曲线

3 试车场实车老化试验结果

催化器 B 安装在试验样车上,在试车场实车老化前以及每 1 万 km 老化后进行的工况法排放试验。HC、NO_x、CO 三种污染物分别按市区运转循环 (ECE 循环)、市郊运转循环 (EUDC) 和综合运转循环 (ECE + EUDC) 的试验结果列于图 2、图 3 和图 4。

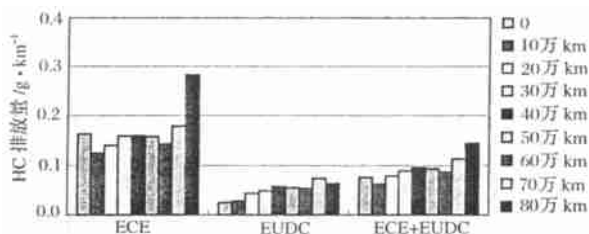


图 2 试车场实车老化不同里程后 HC 排放结果

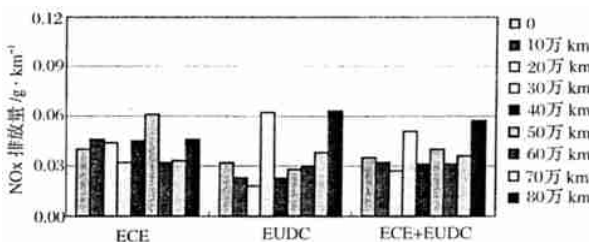


图 3 试车场实车老化不同里程后 NO_x 排放结果

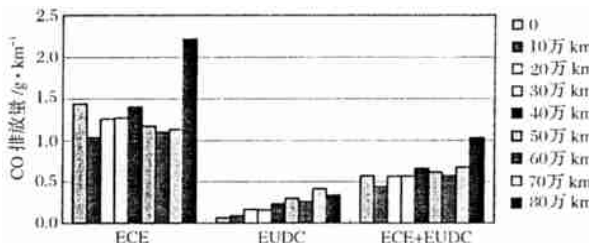


图 4 试车场实车老化不同里程后 CO 排放结果

从试验结果看,经过 8 万 km 的试车场实车老化后,该试验样车的排放结果均满足相当于欧 II 的 GB18352.2 的排放限值(CO 为 2.2 g/km, HC + NO_x 为 0.5 g/km),但无论是从 ECE、EUDC 循环,还是 ECE + EUDC 循环工况看,HC、NO_x、CO 污染物排放量都随着行驶里程的增加而呈逐渐增加的趋势。这反映了催化器及其它排放控制系统甚至是发动机本身随着行驶里程的增加而逐步劣化。

还可以看到,经过 1 万 km 的实车老化后,汽车排放(无论是 HC、NO_x、CO)比老化前还略好。这可能是由于车辆经过最初 1 万 km 的磨合,车辆各系统包括发动机电控系统和排放控制系统等都相互适应、系统性能处于最佳状态。而 8 万 km 时 ECE 循环下 CO、HC 排放显著增加 50% 以上。这可能是在 7~8 万 km 老化期间催化器的性能发生了明显劣化,包括正常的劣化和非正常原因导致的劣化,如使用汽油的质量差异等。

图 3 还显示在实车老化过程中,NO_x 的排放不太稳定。初步分析图 3 中 3 万 km、5 万 km 的数据,可能是发动机空燃比变化导致 NO_x 排放不稳定;另外,由于 NO_x 排放绝对值较小,分析仪器的精度和试验驾驶员操作的一致性也可能导致每次试验时 NO_x 排放不稳定。

比较 ECE、EUDC、ECE + EUDC 循环的排放结果,发现对于 HC 和 CO,最终排放结果主要取决于市区 ECE 循环,此时催化器的起燃特性起到非常关键的作用,必须使其迅速起燃,才能更好地降低排放污染物。而对于 NO_x,最终排放结果还取决于市郊 EUDC 循环,因为进入市郊循环后,车速较高,发动机负荷较大,发动机会产生较多的 NO_x,从而对催化器的 NO_x 转化能力带来考验。

4 台架快速老化试验结果及其相关性分析

从起燃温度特性、空燃比特性、工况法试验等方面列出催化器在台架上快速老化试验后的试验结果并进行对比分析,以考察 100h 台架快速老化试验和 8 万 km 实车老化试验的相关性。

4.1 起燃温度对比分析

图 5 是根据各催化器的起燃温度特性曲线,用插值法求出的催化器对各污染物的起燃温度结果示意图。由图可见,经过 8 万 km 实车老化试验后催化器 B 对 HC、NO_x 的起燃温度比催化器新鲜时升

高了 10 °C 左右,CO 的起燃温度升高略大一些,达到 22 °C。但经过 100h 快速老化后的催化器 A 对各种污染物的起燃温度有了显著的升高,比催化器新鲜时高 80~90 °C,比 8 万 km 老化后的催化器 B 也要高出 70 °C 左右。

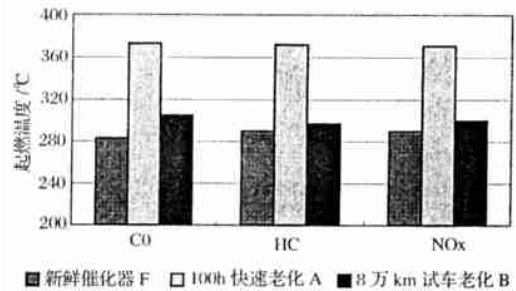


图 5 起燃温度试验结果

因此,仅从起燃温度的角度来看,文中快速老化试验方法对催化器的老化作用非常显著,大大超出 8 万 km 试车场实车老化的水平。

4.2 空燃比特性对比分析

三效催化器的“窗口效应”要求发动机的实际空燃比保持在理论空燃比附近的狭窄区域内才能同时对三种典型污染物进行高效净化。窗口越宽,则表示催化剂的使用性能越好,同时对电控系统的空燃比控制精度要求也越低。空燃比特性曲线显示了催化器的“窗口”情况。

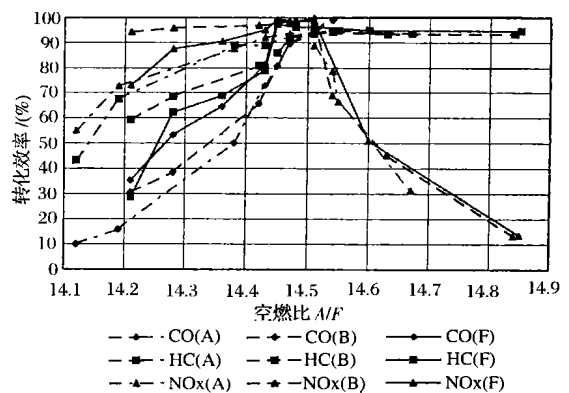


图 6 空燃比特性曲线

图 6 给出了三种状态下催化器空燃比特性曲线,代号 F、A、B 的含义同图 5。由图 6 可知,催化器经老化后(包括快速老化和实车老化),它们的空燃比特性窗口的中心基本没有变化,大约在空燃比 $A/F = 14.49$ 附近,以此为中心形成一个高转化率的窗口。但是这些窗口的宽度不同。如果定义窗口宽度为在窗口内催化器对各典型污染物的转化效率高于 90% 所对应的空燃比区间,则三个催化器的窗

口宽度分别为 $F[14.44, 14.53]$, $A[14.47, 14.50]$, $B[14.47, 14.52]$ 。

可以计算出, 催化器新鲜时 (状态 F) 的窗口较宽, 为 0.09; 而经过 8 万 km 试车场实车老化后的催化器 (状态 B) 窗口宽度减为 0.05; 经过 100h 快速老化后的催化器 (状态 A) 的窗口更窄。因此, 从窗口效应角度看, 100h 的快速老化比 8 万 km 试车场实车老化也更严重。

理论空燃比 ($A/F \approx 14.5$) 时 HC、NO_x、CO 转化率为催化器的特征转化率。图 7 示出了三种不同状态催化器的特征转化率。从图 7 可以看到, 经过两种方法的老化试验后, HC、CO 的转化率变化基本一样, 但 NO_x 的转化率约相差 10%。所以从特征转化率来看, 100h 的快速老化比 8 万 km 试车场实车老化严重些。

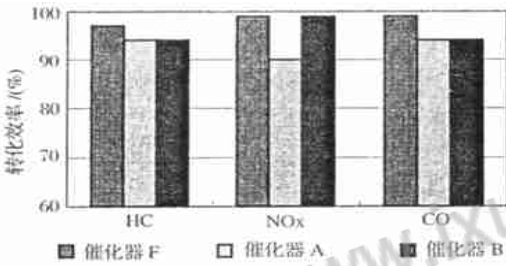


图 7 特征转化率变化图

4.3 工况法排放试验结果对比分析

4.3.1 袋排放对比分析 催化器 A 在台架上进行 100h 快速老化试验前和试验后, 分别安装在试验样车上进行工况法排放试验。三种典型污染物的袋排放试验结果分别按 ECE 运转循环、EUDC 运转循环和 (ECE + EUDC) 循环处理后, 连同 B 催化器实车 8 万 km 老化试验结果见图 8、图 9、图 10。

(1) 快速老化试验前后试验结果 图 8~图 10 可以看出, 催化器经过 100h 快速老化试验后, 试验样车排放已严重恶化。ECE + EUDC 循环的排放分别是: HC + NO_x 为 0.77g/km, 已经达不到 GB18352.2 限值要求; CO 为 1.29g/km。与老化前相比, 100h 快速老化后 HC 排放增加了 1 倍, CO 增加了 3 倍多, 而 NO_x 增加 10 倍左右。由此可见, 100h 快速老化对催化器的性能劣化很严重。

HC 和 CO 的排放主要取决于市区低速运转循环, 而 NO_x 主要是市郊高速运转循环时排放太多, 这是由于催化器转化率较低和“窗口”变窄造成的。进一步的分析认为, 低速运转时由于催化器入口温度较低, 而快速老化后催化器起燃温度上升幅度较

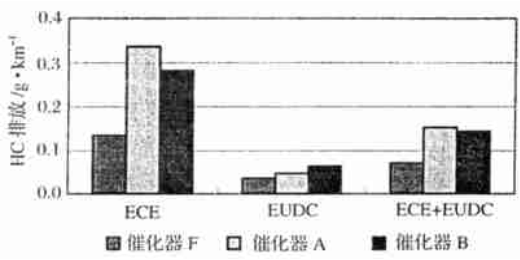


图 8 不同老化方法对 HC 排放的影响

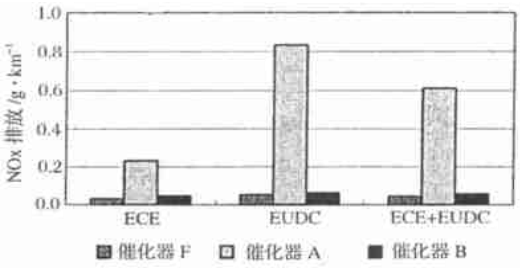


图 9 不同老化方法对 NO_x 排放的影响

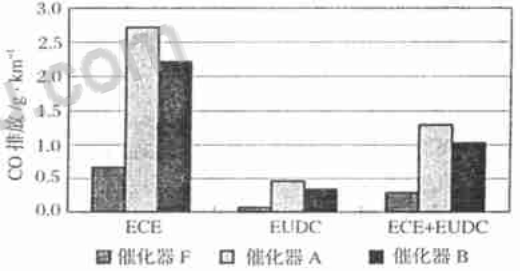


图 10 不同老化方法对 CO 排放的影响

大, 起燃温度的变化直接决定了低速运转时的催化转化率和排放。

(2) 两种老化方法试验结果对比分析 不装催化器时样车 (RAW) 两次试验的 HC、NO_x、CO 排放均值分别为 1.04g/km、1.76g/km、5.98g/km。根据图 8、图 9、图 10 的结果算出不同状态下催化器在不同阶段的转化率见表 1。

表 1 不同催化器状态 (F、A、B) 时的转化率

	HC 转化率/(%)			NO _x 转化率/(%)			CO 转化率/(%)		
	F	A	B	F	A	B	F	A	B
ECE	89.9	74.3	79.5	97.9	79.6	96.0	89.3	62.0	68.7
EUDC	95.0	93.5	92.5	98.2	68.3	97.0	98.4	87.3	93.6
ECE+EUDC	92.6	85.1	86.2	98.2	70.7	96.8	94.4	76.3	82.8

图 8、图 10 和表 1 表明, 100h 快速老化和 8 万 km 试车场实车老化后, 车辆 HC 和 CO 的排放都比老化试验前有相当程度的恶化, 但前者的 HC、CO 排放量略多于后者。

图 9 和表 1 表明, 经过 8 万 km 试车场实车老

化后, NO_x 排放没有根本的恶化;但经过 100h 快速老化后, NO_x 排放水平约是老化前的 10 倍。主要原因是快速老化时催化器入口温度在 760°C 以上, 引起高温失活, 导致催化器本身性能的严重劣化, 使得催化器的起燃温度升高了 $80\sim 90^\circ\text{C}$; 更主要的是空燃比特性窗口变窄, 对空燃比变化的适应能力降低, 导致对 NO_x 的转化率明显降低。

4.3.2 实时排放对比分析 为了进一步分析对比 100h 快速老化后和 8 万 km 试车场实车老化后的工况法试验排放结果, 考察工况法排放试验时实时采集、分析的每秒钟稀释过的污染物浓度数据。

图 11、图 12、图 13 分别是新鲜催化器 F、100h 快速老化的催化器 A 和 8 万 km 实车老化的催化器 B 和不装催化器 (RAW) 时进行排放试验时 HC、 NO_x 和 CO 的实时排放浓度。由图 11~图 13 可知, 三种污染物都有两个高浓度的排放期, 即冷启动后的前 2min 和高速运转期。在这两个时期, 各污染物的排放浓度随着剧烈的加速或高速运行而出现

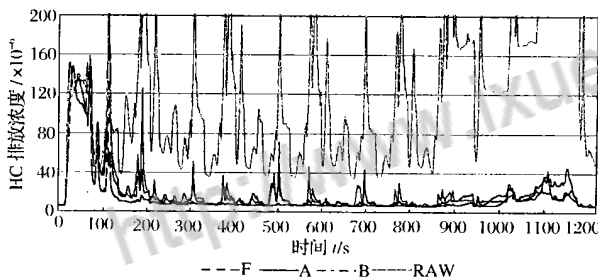


图 11 HC 实时排放浓度

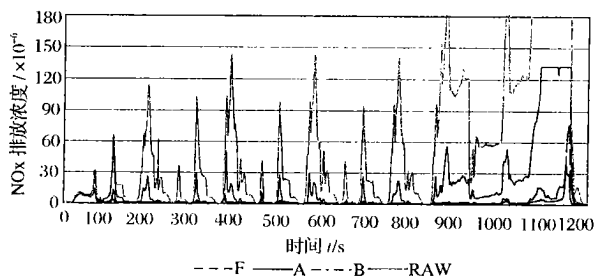


图 12 NO_x 实时排放浓度

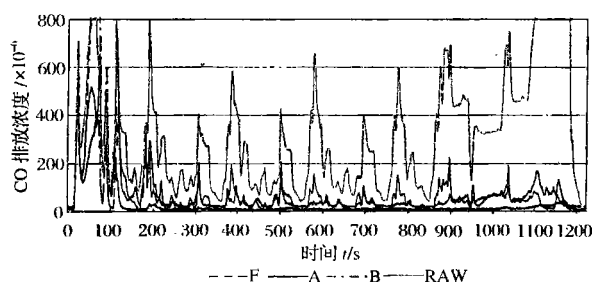


图 13 CO 实时排放浓度

一个个峰值或高平台。这些峰值或平台的高低和宽度(持续时间的长短)基本上决定了整个试验循环总排放量的高低。

由图 11 和图 13 可知, HC 和 CO 在冷启动后的前 2min 内排放浓度很高, 除去不采样的前 40s, 接下来的 80s 左右的排放决定了整个试验循环的 HC 和 CO 排放总量。因此降低这 80s 的 HC 和 CO 排放问题, 是降低其总排放量的关键。有效的办法是降低催化器的起燃温度(提高催化剂技术)和尽快提高催化器的入口温度(缩短与排气歧管的距离和提高冷启动后发动机排气温度)。

前面的起燃温度试验结果表明, 100h 快速老化的催化器比 8 万 km 实车老化的催化器具有更高的起燃温度, 但都小于 370°C 。从图 2 可以看到试验样车的催化器入口位置的温度很快就到达 400°C , 然后保持在 $350^\circ\text{C}\sim 500^\circ\text{C}$ 范围。这种排温特性掩盖了 HC、CO 起燃温度的差异, 从另一个角度看, 它弥补了催化器的性能劣化。所以从图 11 和图 13 也可以看出, 关于 HC 和 CO 排放, 两种老化方法对催化器性能劣化程度基本一致。

由图 12 可知, 冷启动后发动机 NO_x 原始排放浓度并不高, 随着车速增加, NO_x 排放浓度也增高。100h 快速老化后 NO_x 的排放浓度比 8 万 km 实车老化要高出许多, 特别是在市郊循环中, 前者的 NO_x 排放浓度远远超出后者。

仔细分析图 12 中的一个“尖峰”和市郊循环中的几个“平台”的数据, 100h 快速老化后的催化器相对原车排放的转化率基本都在 75% 左右, 而新鲜催化器和 8 万 km 道路老化的催化器的转化率基本都在 95% 以上。所以从图 12 可以清楚看到, 100h 快速老化比 8 万 km 的实车道路老化程度更严重。

总之, 无论从工况法的袋排放结果还是从实时排放数据来看, 催化器经过 100h 快速老化和 8 万 km 实车老化后, 装在同一样车上的 HC 和 CO 的排放处于相当的水平且略高于后者, 但前者 NO_x 排放量普遍大大高于后者, 快速老化方法的劣化程度更严重。

5 结论

综合以上对比分析, 基于选定的车型和催化转化器等污染控制装置, 可以得出以下结论: 采用的 100h 台架快速老化试验比催化转化器装车 8 万 km 老化试验更严重些。主要表现在:

(下转第 92 页)

尺寸检测和故障诊断一直是车身质量控制技术研究和应用的难点。此文主要研究车身制造过程中检测点的布置及优化方法,通过采集检测点的信息尽可能完整地监测整个车身制造过程及尽可能敏锐地分辨制造过程的偏差。在分析比较了国内几种轿车白车身检测点布置之后,总结了白车身制造过程中各类检测点的布置规律。同时提出了面向制造偏差控制的检测点布置位置的优化方法,并成功应用于实例。

参考文献

- 1 Ceglarek D, Shi J. Fixture Failure Diagnosis for Auto Body Assembly

(上接第 52 页)

求,混合气浓度改变的同时可实现对点火时刻和节气门开度的连动控制,维持发动机输出功率稳定。实验结果表明,稀混合气燃烧配以 NO_x 吸附-还原催化转化器进行排气后处理可使 NO_x 排放最低达 50×10^{-6} , 最高转化率达 91%, 该系统是解决稀燃及其排放问题的可行方案。

参考文献

- 1 Inoue T, et al. Toyota Lean Combustion System-3rd Generation System[R]. SAE 930873

(上接第 60 页)

(1) 催化器经过老化试验后,前者的起燃温度高于后者 70℃左右;

(2) 催化器经过老化试验后,前者的空燃比特性窗口比后者更窄,对空燃比变化的适应能力更差,理论空燃比下的转化率更低;

(3) 老化后的催化器装在同一试验用车上进行工况法排放试验,无论实时排放数据,还是最终袋排放结果,前者的 NO_x 排放量远高于后者;两者的 HC

Using Pattern Recognition. Journal of Engineering for Industry, 1996, 118

- 2 Ceglarek D, Shi J. Z. S. M. Wu. A Knowledge-Based Diagnosis Approach for the Launch of the Auto-Body Assembly process. Trans. of ASME. Journal of Engineering for Industry, 1994, 116(4)
- 3 Cai W, Hu S J, Yuan J X. Deformable Sheet Metal Fixturing: Principles, Algorithms and Simulations. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 1996, 118(8)
- 4 金隼. 基于功能尺寸的车身检测体系优化设计:[学位论文]. 上海:上海交通大学, 2001
- 5 来新民, 林忠钦 等. 轿车车体装配尺寸偏差控制技术. 中国机械工程, 2000(11)

- 2 Lake TH, et al. Development Experience of a Multi-Cylinder CCVS Engine[R]. SAE 950165
- 3 陈强. 五气门汽油机电控开发系统及低排放稀薄燃烧实验研究:[学位论文]. 天津:天津大学, 1999
- 4 Iwamoto Y, et al. Development of Gasoline Direct Injection[R]. SAE 970541
- 5 Aexl Koning, Thomas Richer, et al. Research Results on Processes and Catalyst Materials for Lean NO_x Conversion[R]. SAE 962041
- 6 李勤. 现代内燃机排气污染物的测量与控制[M]. 北京:机械工业出版社, 1998
- 7 Liu Shuliang, Pei Pucheng, Fan Yongjian. Twice Electronic Fuel Injection (TEFI)-A New Idea of Lean Combustion in S. I. Engines [R]. SAE 2000 - 01 - 1087

和 CO 排放浓度基本相当。

参考文献

- 1 方茂东, 马杰, 陆红雨 等. 催化转化器快速老化方法研究. 汽车工程, 2001, (1)
- 2 国家环境保护总局. GB18352. 2 - 2001 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(II)
- 3 国家质量监督检验检疫总局. GB/ T18377 - 2001 汽油车用催化转化器性能要求及试验方法.

论文降重、修改、代写请加微信（还有海量Kindle电子书哦）



免费论文查重，传递门 >> <http://free.paperyy.com>

阅读此文的还阅读了：

1. [车用催化转化器快速老化试验方法对比分析](#)
2. [聚碳酸酯用于不同干热环境老化试验的相关性评价](#)
3. [冶炼烟气处理新技术——SO₂的非定态转化理论研究](#)
4. [汽车尾气催化转化器模拟研究评述](#)
5. [车用三元催化转化器快速老化试验研究](#)
6. [催化转化器老化试验相关性研究](#)
7. [催化转化器设计过程中关键技术及影响因素的研究](#)
8. [汽车催化转化器研究概述](#)
9. [试验样车对催化转化器性能的影响研究](#)
10. [车用三效催化转化器的理论研究](#)