

文章编号:1671-6833(2007)02-0093-04

氧传感器对排放及三元催化器转化效率的影响研究

陈昊, 马其华, 耿莉敏

(长安大学 汽车学院, 陕西 西安 710064)

摘要:在发动机故障模拟试验台上研究了电控发动机氧传感器常见故障对发动机排放以及三元催化转换器转化效率等指标的影响进行了试验研究. 结果表明:若氧传感器发生断开故障,对于怠速工况,发动机的喷油脉宽与排放量基本保持不变;对于常用工况,发动机的功率略有增加,油耗增加较多,CO和HC排放增加,NO_x排放降低. 若氧传感器发生排气通孔堵塞故障,发动机的性能变化与氧传感器发生断开故障相仿. 在三元催化器前后分别检测排气污染物浓度,可以判断三元催化器性能的优劣. 在常用工况下,若三元催化器转化效率低下,通过更换新氧传感器后三元催化器转化效率是否变化,可以判断故障原因.

关键词:汽车工程;电控发动机;氧传感器;三元催化器;排放;转化效率

中图分类号: U 46 **文献标识码:** A

0 引言

电控单元(ECU)、传感器和执行器的广泛应用使现代汽车走进了电子精确控制的年代^[1]. ECU接收空气流量传感器、转速传感器和氧传感器的信号从而对喷油脉宽进行控制. 氧传感器是电控发动机空燃比控制系统的核心部件,它安装在排气管上,其功能是用来检测排气中的氧含量,并向ECU反馈相应的电压信号,ECU根据相对应的工况和氧传感器所反馈的实际空燃比相对于理论空燃比的偏离程度,来控制基本喷油量的增加或减少^[2].

三元催化器以铂、铑等金属作为催化剂,使排放物中的NO_x、CO、HC等与O₂发生化学反应,生成中性的N₂、CO₂和H₂O. 氧传感器和三元催化转换器的配合使用是排放控制的重要内容. 本文作者旨在研究氧传感器出现故障时对排放及三元催化器催化转换效率的影响.

1 试验条件

试验所使用的氧传感器为二氧化锆型二线无加热器式氧传感器^[3]. 正常输出信号电压为0~1V. 试验在一台三缸DAEWOO m-TEC发动机上进行,其排量为0.796 L,标定功率为37.5/6 000 (kW/(r·min⁻¹)),最大扭矩为68.6/3 800 ~

4 600 (N·m/(r·min⁻¹)).

氧传感器常见的故障有氧传感器老化、氧传感器中毒、氧传感器破裂、氧传感器内部加热原件损坏、导线断开以及氧传感器信号不正确等等,其中传感元件老化和铅、硅、磷中毒是氧传感器失效的主要原因^[4]. 氧传感器的失效会产生一个不变化的信号或者根本没有信号输出,这时就会出现故障码,随后发动机故障灯就亮了^[5]. 为模拟氧传感器失效的故障,采用以下两种方法:第一,断开氧传感器,即没有信号输入发动机控制电脑,用以模拟氧传感器完全损坏或氧传感器连接电路断开故障;第二,堵住氧传感器采集排气的通孔,用以模拟因使用时间过长及燃油质量不佳使氧传感器采集排气通孔被胶质、灰尘堵塞的故障. 试验分别在怠速工况和中速中负荷工况下进行. 通过在某一工况下记录燃油量减少30 g所经历的时间,进而计算出油耗和比油耗. 通过观察五气分析仪,NO_x排放停止上升时,打印排放数据.

2 氧传感器失效故障的模拟试验

2.1 怠速工况通断对比试验

首先对发动机进行暖机(使氧传感器达到其工作温度400℃),使冷却水温度、机油温度等各项指标达到正常值. 在怠速工况(转速955 r/min),氧传感器正常工作情况下,记录发动机油耗和排放等

收稿日期:2007-02-01;修订日期:2007-04-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50676012)

作者简介:陈昊(1981-),男,安徽滁州人,长安大学博士研究生,主要从事发动机故障诊断方面的研究.

数据;模拟电喷发动机现实故障,在发动机以怠速工况正常运转时,突然切断氧传感器信号,记录此时的发动机相应数据.试验采集数据见表 1.

表 1 怠速氧传感器通断试验数据

Tab. 1 Experiment data of oxygen sensor without output

状态	喷油脉宽/ms	过量空气系数 λ	油耗/ $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$	CO/%	HC/ 10^{-6}	NO _x / 10^{-6}
原机	4.64	1.033	0.58	0.15	326	22
断氧传感器	4.64	1.031	0.58	0.24	331	43

表 1 为怠速氧传感器通断试验数据. λ 为过量空气系数,它等于燃烧 1 kg 燃料所提供的实际空气量与理论上所需空气量的比值.由表 1 可见,氧传感器通断前后,发动机油耗、喷油脉宽不变,这是由于在进行电控发动机电控系统程序设计时,为了保证怠速工况运转平稳,怠速工况一般不以氧传感器的反馈信号为控制空燃比的依据,而是向发动机提供一个固定的喷油量.

2.2 3 000 r/min 氧传感器通断的负荷特性

2.2.1 氧传感器通断对功率和燃料经济性的影响

图 1、图 2 分别为氧传感器通断对功率和对喷油脉宽的影响.由图 1 和图 2 可以看出:在氧传感器断开情况下,发动机的功率和喷油脉宽增加.这是由于氧传感器断开时 ECU 无法获得废气中氧浓度的信号,无法进行反馈控制.此时发动机进入故障运行模式,电脑按照预先设定的程序,自动增加供油所致.基于同样的原因,氧传感器断开时发动机的耗油量增大(图 3).虽然与此同时功率增大,但其增加幅度没有发动机油耗增加幅度大,因此比油耗增大(图 4).

2.2.2 氧传感器通断对排放影响

(1)氧传感器通断对 CO 排放影响.氧传感器通断对 CO 排放的影响如图 5 所示.试验表明,与接通氧传感器相比,断开氧传感器后,CO 排放增加.这是由于断开氧传感器后,ECU 按照程序将混合气自动加浓, λ 减小(图 6),燃料燃烧不完全度增加所致.

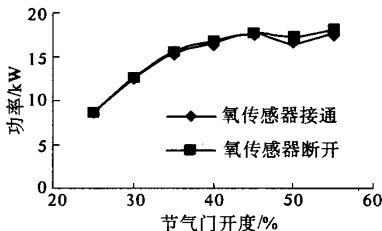


图 1 氧传感器通断对功率的影响
Fig. 1 Influence of oxygen sensor on power

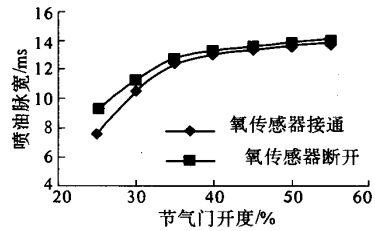


图 2 氧传感器通断对喷油脉宽的影响
Fig. 2 Influence of oxygen sensor on injection

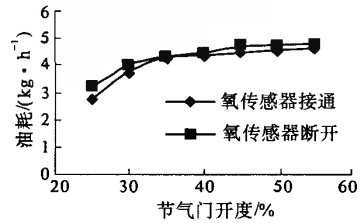


图 3 氧传感器通断对油耗的影响
Fig. 3 Influence of oxygen sensor on fuel consumption

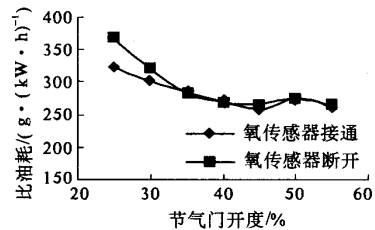


图 4 氧传感器通断对比油耗的影响
Fig. 4 Influence of oxygen sensor on specific fuel consumption

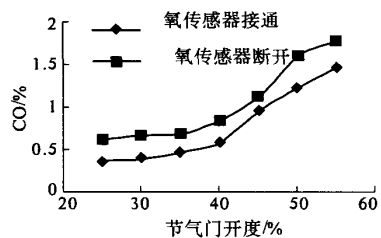


图 5 氧传感器通断对 CO 排放的影响
Fig. 5 Oxygen sensor on CO emission

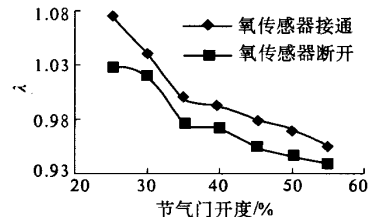


图 6 氧传感器通断对 λ 的影响
Fig. 6 Oxygen sensor on λ

(2)氧传感器通断对 HC 排放影响. 其影响如图 7 所示. 试验表明:氧传感器断开与正常工作相比, HC 排放高于原机. 原因也是由于氧传感器断开时混合气被加浓, 燃烧不完全所致.

(3)氧传感器通断对 NO_x 排放影响. 其影响如图 8 所示. 试验表明:氧传感器断开时, NO_x 排放降低. 这是由于 NO_x 在低氧浓度时排放降低.

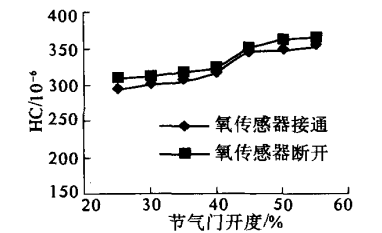


图 7 氧传感器通断对 HC 排放的影响
Fig.7 Oxygen sensor on HC emission

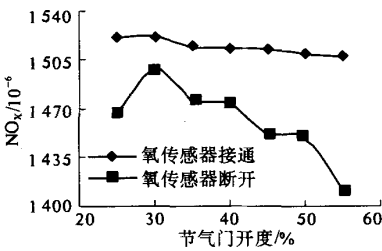


图 8 氧传感器通断对 NO_x 排放的影响
Fig.8 Oxygen sensor on NO_x emission

3 氧传感器采集排气通孔堵塞模拟试验

在 2 800 r/min, 40% 负荷下, 三元催化后对氧传感器正常工作和氧传感器排气采集通孔堵塞时的排放进行对比, 试验结果列于表 2.

表 2 氧传感器堵孔故障对排放影响

Tab. 2 Block of oxygen sensor on emission					
状态	喷油脉宽/ms	过量空气系数 λ	CO/%	HC/10 ⁻⁶	NO _x /10 ⁻⁶
原机	14.8	0.861	5.11	371	697
堵孔	18.8	0.707	10.83	619	110

由表 2 可以看出: 发生堵孔故障后, λ 减小, 喷油脉宽增加. CO 排放和 HC 排放增加, NO_x 排放减少. 这是因为当排气采集通孔发生堵塞时, 铝管内的氧浓度都基本不变. 信号电压以固定值输出, 长时间输出固定电压, ECU 将按故障模式自动加浓混合气的缘故.

4 氧传感器对三元催化器性能的监测

4.1 怠速时氧传感器对三元催化器性能的监测

在同一工况下分别测量三元催化器前后的废气浓度. 试验结果列于表 3. 表中“前”指尾气没有经过催化转换时的废气浓度; “后”指尾气经过了催化转换后的废气浓度. 转化效率等于催化转换前、后的废气浓度差与催化转换前的废气浓度之比.

表 3 怠速氧传感器通断试验数据

Tab. 3 Experiment data of oxygen sensor without output

状态	喷油脉宽/ms	过量空气系数 λ	油耗/(kg · h ⁻¹)	CO/%		HC/10 ⁻⁶		NO _x /10 ⁻⁶	
				前	后	前	后	前	后
原机	4.64	1.033	0.58	0.56	0.15	851	326	108	22
断氧传感器	4.64	1.031	0.58	0.49	0.24	767	331	84	43

由表 3 可以看出: 对于 CO, 氧传感器接通工作时, 转化效率为 73.2%; 断开氧传感器即氧传感器不向 ECU 提供反馈信号时, 转化效率为 51.0%. 对于 HC, 该指标分别为 61.7%、56.8%. 对于 NO_x, 该指标分别为 79.6%、48.8%. 可见怠速工况下, 3 种排放物的转化效率都比较高, 氧传感器接通工作时的转化效率比断开时要高一些, 但差别不是很大. 这是因为在怠速工况下, ECU 不以氧传感器的信号来调整空燃比, 而是以固定的喷油脉宽进行控制. 因而通断时过量空气系数 λ 均接近 1, 三元催化器处于最佳工作状态.

4.2 中速时氧传感器对三元催化器性能的监测

表 4 为 3 000 r/min, 20% 负荷下, 氧传感器对

三元催化器性能的监测情况. 由表 4 可以看出: 在氧传感器正常工作情况下, 3 种排放物的转化率分别为 59.4%、46.9% 和 83.4%; 在断开氧传感器后转化率分别为 31.5%、22.5% 和 52.3%. 3 种排放物的转化率分别下降 47%、52% 和 37%. 这是因为三元催化器在氧传感器断开的情况下, ECU 加浓混合气, λ 降低 (λ = 0.811), 不能达到最佳的催化转化效果. 当发现三元催化器的转化效率降低较多时 (转化率低于 50%), 应分别检查三元催化器和氧传感器的工作是否正常. 若更换新氧传感器后, 转化效率不增加, 说明三元催化器老化、性能不佳; 若更换新氧传感器后, 转化效率增加, 则说明原氧传感器性能不佳.

表 4 中速氧传感器通断试验数据

Tab. 4 Experiment data of oxygen sensor at 3000r/min and 20% load

状态	喷油脉宽/ms	过量空气系数 λ	油耗/ ($\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$)	CO/%		HC/ 10^{-6}		NO _x / 10^{-6}	
				前	后	前	后	前	后
原机	6.40	1.027	2.36	0.64	0.26	113	60	1781	295
断氧传感器	8.08	0.811	3.00	3.65	2.50	213	163	1412	674

5 结 论

(1)在怠速工况,空燃比控制系统不以氧传感器信号作为反馈信号和进行喷油脉宽修正的依据,ECU 以一个固定的空燃比提供给发动机工作所用。

(2)在常用工况,氧传感器断开与正常工作相比,发动机的喷油脉宽和油耗增加,功率略有增加。CO、HC 排放增加明显,NO_x 排放随燃烧的恶化而降低。

(3)在常用工况,氧传感器排气采集孔被堵上以后,发动机进入故障模式工作,CO 和 HC 排放增加,NO_x 排放减少。

(4)三元催化器应当有较高的转化效率。可以采用在三元催化器前后分别检测排气污染物浓度的方法,判断三元催化器性能的优劣。在常用工况下,若三元催化器转化效率低下,通过更换新氧传感器后三元催化器转化效率是否变化,可以判

断故障原因。若更换新氧传感器后转化效率不增加,说明三元催化器老化、性能不佳;若更换新氧传感器后,转化效率增加,则说明原氧传感器性能不佳。

参考文献:

- [1] 董 辉. 汽车用传感器[M]. 北京:北京理工大学出版社,2000:12-13.
- [2] 曹振峰. 怎样维修电控发动机[M]. 北京:机械工业出版社,2006:27-28.
- [3] 马其华. 基于波形分析法的电喷汽油机空燃比控制系统故障诊断研究[D]. 西安:长安大学,2006:35-41.
- [4] 王忠良,陈昌建. 汽车微电脑控制系统与故障检测[M]. 北京:人民邮电出版,2004.
- [5] 王子威. 氧化锆式氧传感器的测量误差和检验方法[J]. 辽宁化工,2003, 32(9):411-414.
- [6] 马玉芳,卢世魁. 汽车发动机用氧传感器的研究[J]. 工矿自动化,2003,(5):19-20.

Influence of Oxygen Sensor on Emission and Conversion Efficiency

CHEN Hao, MA Qi-hua, GENG Li-min

(School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: Experiment research is carried out on oxygen sensor. Emission characteristic and conversion efficiency of the three-way catalytic converter are studied when the oxygen sensor works in normal condition and in malfunction. Results indicate: when the sensor is cut off, in the condition without output cutting oxygen sensor has no influence on fuel consumption and emission and in common condition it will increase power output, fuel consumption, CO and HC emission and decrease NO_x emission; when the sensor is jammed, performance of engine varies similarly with cutting. Checking concentration of pollutant before and after using three-way catalytic converter can estimate its performance. In common condition, when conversion efficiency is low, malfunction can be estimated by analyzing conversion efficiency through replacing oxygen sensor.

Key words: automobile engineering; electronic controlled engine; oxygen sensor; three-way catalytic converter; emission; conversion efficiency