

文章编号: 1002-0268 (2001) 04-0116-04

# 整车排放连续稀释模态测试 延迟时间的测定及分析

邓志伟, 卢青春, 张俊智, 金振华

(清华大学汽车安全与节能国家重点实验室, 北京 100084)

**摘要:** 在汽车排放模态测试中, 采样管路的延迟时间是影响测试结果的重要因素。本文根据连续稀释采样模态测试的结果, 分析了延迟时间产生的原因、稀释模态测试中延迟时间随工况变化的规律以及通过试验数据确定延迟时间的方法。

**关键词:** 汽车排放; 连续稀释模态测试; 延迟时间

**中图分类号:** U467.4

**文献标识码:** A

## Determination and Analysis of Delay in Vehicle Emission Continuous Dilution Modal Test

DENG Zhi-wei, LU Qing-chun, ZHANG Jun-zhi, JIN Zhen-hua

(State Key Laboratory of Automobile Safety and Energy Conservation, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** In vehicle emission modal test, sample line delay is an important element that can affect the test result very much. In this paper, based on continuous dilution modal test data, it is analyzed that the reason for the delay and the regularity of the delay in response to the vehicle operating mode. And the way to determine the delay is introduced in this article also.

**Key words:** Vehicle emission; Continuous dilution modal test; Delay

## 0 引言

在现代汽车测试中, 对汽车排放尾气进行模态测试已经成为汽车排放研究和汽车开发中的一种重要手段。通过模态测试, 试验人员可以获得汽车排放尾气中各种污染物浓度随工况变动的关系, 总结出其中的规律<sup>[1]</sup>, 将其应用于发动机电控系统标定和排放控制措施的调整。

在实际的模态试验过程中, 考虑延迟时间(包括整个测试管路的延迟时间和分析仪的响应时间)的影响并进行相应的修正处理是排放测试结果再现实际排放的必要条件。而未经延迟时间修正的试验数据, 在要求排放模态测试数据与工况点严格对应的情况下则失去了意义, 如果将这些试验数据作为进一步研究的依据甚至会对实际的工作产生误导。然而, 国内的排放实验室在进行排放模态测试数据处理时, 对延迟时

间这一重要的参数进行考虑还处于起步阶段, 同时国内也没有相关的文献来介绍这方面的内容。国外很多研究机构和排放实验室都已经进行过延迟时间方面的研究, 然而这一研究结果还处于受控阶段, 所以也看不到国外期刊上相关的文献。

本文以整车排放稀释模态测试结果作为依据, 给出了稀释模态测试中延迟时间的测定结果, 归纳出稀释模态测试中延迟时间随工况变化的规律, 分析了稀释模态测试延迟时间产生的原因。

## 1 延迟时间测试结果

在汽车排气稀释模态测试时, 汽车的排放尾气经过 CVS 定容取样系统被空气连续地稀释后, 由采样文丘里管连续取出样气送往分析仪进行连续的模态测试。测试结束后结果数据文件存入主计算机的磁盘中, 等待进行进一步处理。

由于有延迟时间的存在，在汽车排放尾气各组分浓度的模式测试中， $t$ 时刻从分析仪获得的数据并不是 $t$ 时刻发动机排放物的浓度值。如果设延迟时间为 $\Delta t$ ，那么 $t$ 时刻发动机排放各污染物的浓度值应该是 $t + \Delta t$ 时刻的分析仪的读数。也就是说，在原始数据文件中，排放中各种污染物的浓度值与该时刻的工况点不是直接对应的，而是相差了一个相位 $\Delta t$ 。

对于连续稀释采样模式测试， $\Delta t$ 是下列一些延迟时间的总和：①排气由发动机排气总管至整车排气尾管的延迟时间；②排气流经带临界流量文丘里管的定容取样器（CFV-CVS）的延迟时间；③排气流经分析仪取样管路的时间（即分析仪取样管口至分析仪气体分析传感器的延迟时间）；④分析仪的响应时间。

这几种延迟时间的总和 $\Delta t$ 可以通过试验的方法来确定：让被测试的汽车在排放转鼓上，以一稳定的车速行驶，然后突然加速，从理论上讲，在突然加速时，发动机的负荷发生突然变化，各种污染物的浓度也会随着出现突然的变化。根据这一点，就可以把速度发生突然变化的时刻与采集到的浓度的突然变化之间的时间间隔作为延迟时间。当然也可以根据试验本

身确定延迟时间，通过寻找工况上的特殊点作为基准进行测定。这些特殊点有：怠速阶段与加速阶段的交界点，加速阶段与等速阶段的交界点，等速阶段与减速阶段的交界点，减速阶段与怠速阶段的交界点。在这些交界点处，由于汽车的负荷会发生突然的变化，导致排放污染物的浓度也会出现突然的变化。而汽车处于稳定运转工况点，例如汽车在等速行驶时，其负荷基本上维持不变，在这种状态下排气中各种污染物的浓度就不会发生突然的改变，这样就无法确定延迟时间测定的起止点，自然也无法进行延迟时间测定。汽车在由等速行驶变为减速行驶的瞬间，排气的瞬时流量与等速阶段的瞬时流量基本相同，可以把这一时刻作为等速阶段的结束时刻，因此在该点上测定的延迟时间可以作为等速阶段的延迟时间。

图1至图5是一辆安装有三元催化器的电喷轿车的稀释模式测试结果曲线。这些曲线是按照车速的递增的顺序进行排列的，并按照在工况中的实际运行顺序进行排列。

根据上面的结果曲线，可以获得该车排气中各种污染物在不同工况下的延迟时间，如表1所示。

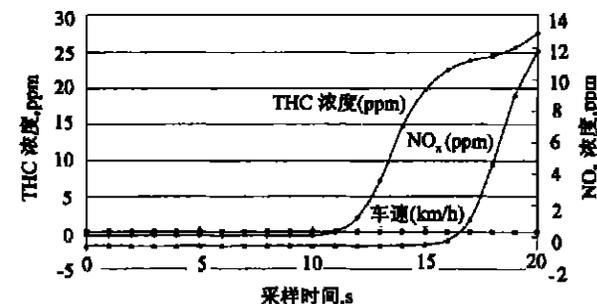
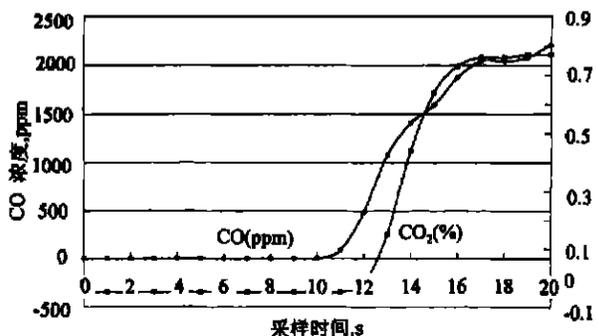


图1 连续稀释采样各污染物浓度曲线（启动）

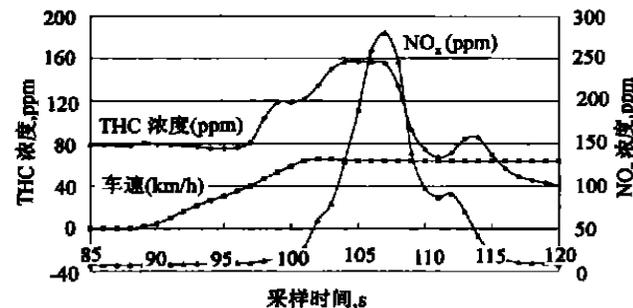
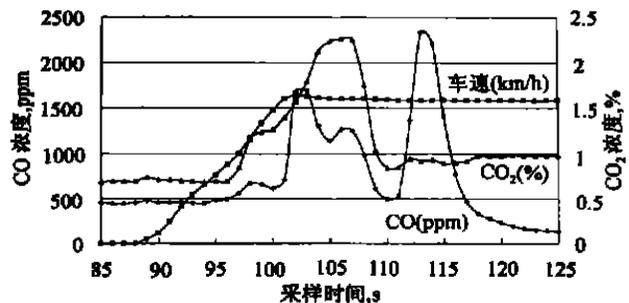


图2 连续稀释采样各种污染物浓度曲线（怠速至加速）

各种污染物在各工况下的延迟时间（单位：s）

表1

组分	启动	怠速	15km/h	32km/h	50km/h	70km/h	120km/h
CO	10	8	7	6	6	6	6
CO <sub>2</sub>	11	8	6	6	—	6	—
THC	10	9	8	6	—	6	6
NO <sub>x</sub>	14	12	11	6	—	6	6

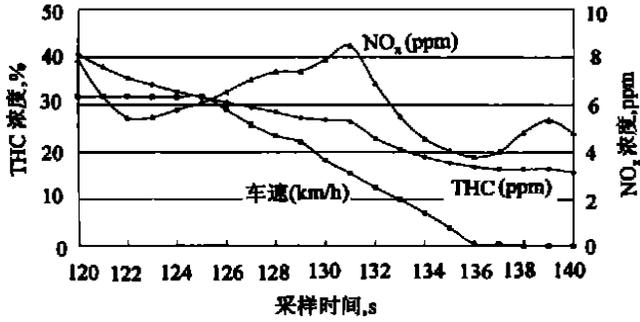
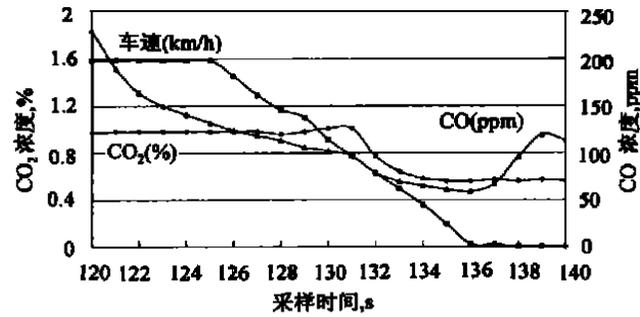


图3 连续稀释采样各污染物浓度曲线 (32km/h至减速)

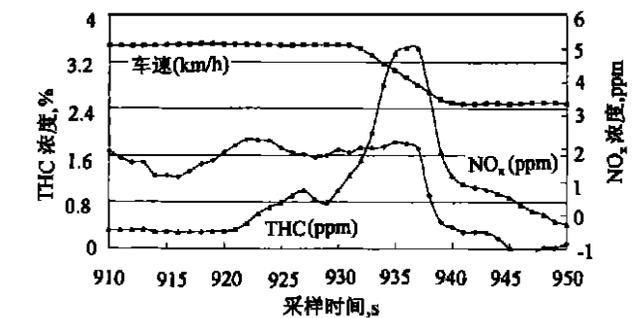
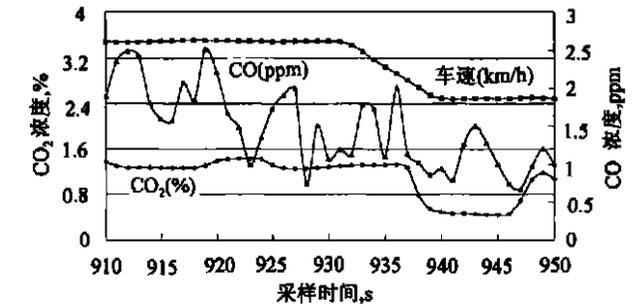


图5 连续稀释采样各种污染物浓度曲线 (70km/h至减速)

表1中的“—”表示该工况点下的延迟时间无法通过结果曲线测定出来,也就是说负荷发生变化污染物浓度并没有出现明显的变化,因此无法确定这一车速下的延迟时间。特别是当催化器起燃后,污染物经过催化器后,浓度降低很多,导致负荷变化引起的浓度变化也变得不明显了。

## 2 结果分析

从表1中横向观察每一种排放污染物,可以看到

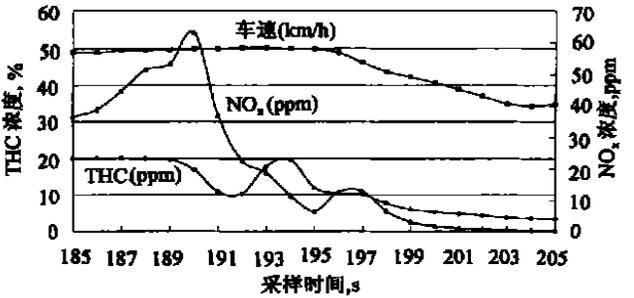
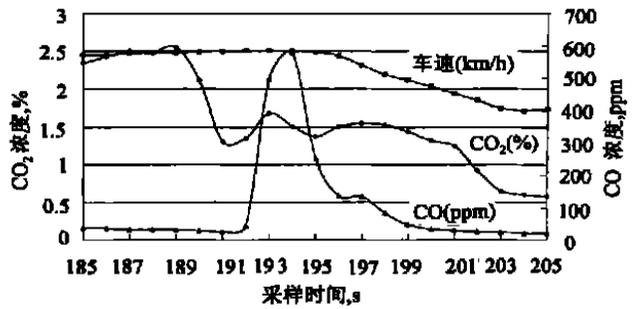


图4 连续稀释采样各污染物浓度曲线 (50km/h至减速)

随着测试汽车车速的增加,每一种排放污染物的延迟时间均有缩短的趋势,而且在车速大于32km/h后,延迟时间不再随着车速的增加而减少,而是维持在一个恒定的值。再纵向观察在同一工况下的各种污染物的延迟时间,可以看到测试汽车在由启动到以15km/h(包括该速度)等速行驶这段过程中,各种污染物的延迟时间各不相同,而且延迟时间相差得较大。但当测试汽车的车速大于等于32km/h时,各种污染物的延迟时间都相同了。综观整个表格,可以发现,在测试汽车车速大于等于32km/h时,各种污染物的延迟时间都维持在同一个固定的值。

在延迟 $\Delta t$ 的构成成分中:①分析仪的响应时间是分析仪的固有属性,不随车速的变化而变化。②排气流经分析仪取样管路的时间(即分析仪取样管口至分析仪气体分析传感器的延迟时间)也是固定的值,不随着测试车辆车速的变化而变化,这是因为这段管路的前端是采样文丘里管,流经采样文丘里管的气体流速与环境温度及文丘里管本身的特性有关,基本保持恒定,或者只在微小的范围内变动,因此这一段管路的延迟时间也是不随着车速的变化而变化的。③排气流经带临界流量文丘里管的定容取样器(CFV-CVS)的延迟时间其实是由两部分构成:一部分是由汽车排气尾管口至主文丘里管(稀释文丘里管)的延迟时间,在这一段管路中的延迟时间是一个变动的值,其大小随汽车排气在管路中的流速变化而变化;另一部分是由主文丘里管至采样文丘里管这段管路上

的延迟时间, 由于在这段管路中, 气体以恒定速度流动, 因此排气流经这段管路的延迟时间也是不随测试车辆的车速变化而变化的。④排气由发动机排气总管至整车排气尾管的延迟时间, 排气在这段管路中的流动比较复杂, 特别是当经过催化器时, 不但要在流动状态上发生很大的变化, 而且排气的物理性质化学性质都发生了巨大的变化, 但总体上可以确定, 气体在流经这段管路时, 其延迟时间是随车速的变化而变化的。

正是由于延迟时间的组成成分中含有与车速有关的成分, 因此随着车速的增加, 延迟时间呈现减小趋势。当车速增大, 排气流速大于一定值之后, 随车速变化的延迟时间成分变得很小, 此时的延迟时间就是由不随车速变化的延迟时间成分构成的。

在车速低于 32km/h 时, 各种排放污染物的延迟时间各不相同。这种现象的产生并不是由于分析仪的响应时间不同而造成的, 理由是: ①分析仪的响应时间是分析仪固有的特性, 不会随着工况的变化而变化; ②从表 1 中可以看到, 延迟时间相差最大达 5s 之多, 如果这被解释成分析仪响应时间之差, 就说明其中一种分析仪的响应时间起码要大于 5s 钟。而实际上根据分析仪数据缓冲区更新的时间可以判断出分析仪的响应时间大约在 200ms 左右。

在汽车刚刚启动车速低于 32km/h 时, 催化器尚未起燃, 此时气体流经催化器后, 会被催化器吸附, 而由于各种组分的分子结构各不相同, 所以催化器对不同的污染物的吸附作用也各不相同, 这种吸附作用随着催化器的起燃而减弱, 即这种物理净化过程被化学净化过程所代替。正是由于起燃以前的低速阶段催化器的吸附作用, 使得排气流经相同的管路的时间并

不相同。催化器起燃后, 这种吸附作用减弱, 才使得排气中各组分流经采样管路的时间相等。

启动过程中,  $\text{NO}_x$  的延迟时间比其他组分的延迟时间要大一些的另外一个原因是: 在冷车启动过程中, 由于发动机的温度比较低,  $\text{NO}_x$  生成的量比较少, 浓度很低, 再经过空气稀释后与背景气的浓度相差不多, 有时仅仅比背景气体中  $\text{NO}_x$  的浓度高零点几 ppm, 在坐标比例比较大的曲线图中, 这一变化无法从曲线上进行区分, 这也导致通过曲线计算出来的延迟时间较大。

### 3 结束语

延迟时间是个极其重要的参数, 从上面的曲线中足可以看出延迟时间对模态试验排放试验数据的影响是很大的, 如果要利用这些模态排放试验的数据结果作为设计时的信息反馈, 则更要对原始数据进行严格的延迟时间修正。在一次试验中, 延迟时间是一个变动的值, 而通过试验本身来确定出的延迟时间只是有限点上的延迟时间, 无法获得瞬态的延迟时间。这样在对原始数据进行延迟时间修正时就不能采用瞬态延迟时间, 只能使用固定的延迟时间。为了把延迟时间造成的误差减小到最低范围, 应该使用能够满足测试过程中大部分工况的延迟时间。严格意义上讲, 排气稀释模态测试过程中的误差是固有的、系统的, 只能通过后续的处理方法尽量减少误差对试验结果带来的不利影响, 无法做到非常精确。因此使用固定的延迟时间是目前可以获得的最好的解决方法。

#### 参考文献:

- [1] 李峥. 利用稀释后废气连续取样分析解决十五工况排放问题. 99 中国内燃机年会论文集 1999-09