

用空气加热器减少轻型汽油车低温冷启动时 HC、CO 排放量的研究*

倪培永

(江苏大学汽车与交通工程学院,江苏 镇江 212013)

摘要 按照《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国Ⅲ、Ⅳ阶段)》(GB 18352.3—2005)的测试规范,在一辆轻型汽油车上使用空气加热器进行发动机进气预热,并测定了车辆低温冷启动时的 HC、CO 排放量。结果表明,发动机启动后 24 s 左右,HC 的瞬态排放量达到最大值,HC 的排放主要集中在启动后的前 150 s 左右;发动机启动后约 20 s,CO 的瞬态排放量达到高值。试验车辆的 HC、CO 排放量的测试值分别低于 GB 18352.3—2005 的相应限值;空气加热器不仅可以降低轻型汽油车在低温冷启动时的 HC、CO 排放量,而且也有助于改善其低温冷启动性能。

关键词 轻型车 汽油机 低温冷启动 排放 空气加热器

Reducing HC and CO emissions of low temperature cold-start gasoline vehicle using air heater NI Peiyong. (School of Automobile and Traffic Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu 212013)

Abstract: The emission control during cold start is one of the key processes of exhaust emissions reduction from vehicle gasoline engines. An air heater was applied on a light-duty vehicle for preheating the air, then the emission of HC, CO after cold-start was determined base on the national standard of pollutant emission limit value and the measuring method for light-duty vehicle (GB 18352.3—2005). The vehicle test results showed that the peak contractions of HC and CO emissions were found after 24 seconds and 20 seconds, respectively. Most of HC emissions yielded in the first 150 seconds of start-up. Both measured HC and CO emissions of test vehicle were lower than the emission limit value of (GB 18352.3—2005). The air heater could not only stringent gasoline vehicle exhaust limits, but also substantially improves the low temperature start-up performance of the vehicle.

Keywords: light-duty vehicle; gasoline engine; low temperature cold-start; emissions; air heater

发动机冷启动的时间虽然较短,但却是发动机燃烧性能最为恶劣的阶段^[1]。根据美国环境保护署(EPA)的研究,配备三元催化转化器的汽油机排放的 HC、CO 的近 80%(体积分数)是在冷启动最初的几分钟内产生的^[2]。在工况法试验中,《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国Ⅲ、Ⅳ阶段)》(GB 18352.3—2005)与《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(Ⅱ)》(GB 18352.2—2001)的主要不同之处在于:(1)改变发动机循环前 40 s(暖机时间)不采样为发动机启动后立即开始采样;(2)增加了一 7℃ 环境下低温冷启动的 HC 和 CO 排放量测试,并规定了其排放限值。

很多研究结果已表明,汽油车冷启动污染物排放的研究必须考虑到环境温度的影响。PIOTR 等^[3]研究了环境温度从 22℃ 到 -15℃ 变化时,汽油车冷启动阶段的 HC、CO 排放量变化情况,发现随着环境温度的下降,HC、CO 的排放量成比例增

加。LUDYKAR 等^[4]研究了不同环境温度下带有催化转化器的发动机的污染物排放情况,结果表明环境温度是影响发动机启动时污染物排放量的重要因素之一。MARTIN 等^[5]研究了汽油机在冷启动时的污染物排放情况,发现达到欧Ⅲ型式认证排放限值(欧Ⅲ排放标准)的车用汽油机在环境温度为 -20℃ 时启动的污染物排放量比环境温度为 23℃ 时启动的污染物排放量高 15 倍。

汽油车低温冷启动时污染物排放量高的根本原因是低温下发动机冷启动时的燃油蒸发率低。如果能在此阶段提高进气温度,将有利于提高燃油的蒸发率,改善混合气形成质量,这为减少汽油机冷启动时的污染物排放量提供了一个可行的途径。基于此,本研究在前期工作基础上^[6,7],提出了采用空气加热器对轻型汽油车发动机的进气进行加热的办法来降低其冷启动的 HC、CO 排放量,以期从源头入手实现轻型汽油车冷启动时的污染物减排。

作者:倪培永,男,1977 年生,博士,讲师,研究方向为内燃机燃烧及废气排放控制研究。

* 江苏大学高级专业人才科研启动基金资助项目(No. 09JD007)。

1 汽油车低温冷启动时 HC、CO 排放量的测定试验概况

汽油车低温冷启动时 HC、CO 排放量的测定试验(VI型试验)是欧洲Ⅲ/Ⅳ排放标准规定的试验内容之一,也是 GB 18352.3—2005 规定的试验内容之一。此试验只适用于装有点燃式发动机的车辆。

试验前,车辆必须放置在一7℃的低温环境下浸车12 h以上,但不可超过36 h。VI型试验的行驶工况由1部循环(市区运转循环)组成,1部循环由4个单元组成。启动发动机后,立即采集废气样品,总历时780 s,行驶距离为4.052 km,平均车速为18.7 km/h。GB 18352.3—2005 对VI型试验中 HC、CO 的排放限值见表1。

表1 VI型试验的工况及 HC、CO 排放限值
Table 1 Limit values of HC, CO emissions in VI test

类别	级别	基准质量 (RM)/kg	CO /(g·km ⁻¹)	HC /(g·km ⁻¹)
第一类车		全部	15	1.8
第二类车	I	RM≤1 305	15	1.8
	II	1 305<RM≤1 706	24	2.7
	III	RM>1 706	30	3.2

2 研究方法

2.1 试验对象

本试验对象为一辆轻型汽油车,该车采用多点闭环顺序汽油喷射发动机,排量为1.0 L,尾气排放达到 GB 18352.2—2001 规定的要求。该车座位数为7, RM 为1 500 kg,属于第二类车,级别为II。

2.2 试验方法

将空气加热器与发动机进气管串联。经测试,装上空气加热器后对试验车辆的动力性能并无影响。试验前,在一7℃低温环境下浸车12 h。

本试验在清华大学汽车安全与节能国家重点实验室的汽车轮鼓试验台上进行,其试验装置如图1所示。在司机助的提示下,按照 GB 18352.3—2005

的测试规范来控制汽车的行驶工况。发动机启动后,排气经过稀释混合器与新鲜空气混合稀释、分离颗粒、除水后经过定容采样器(CVS),再进入采样袋,最后经过排气分析仪。控制中心的主要功能是对排气分析仪、转鼓控制柜、司机助进行控制,信号采集与显示,数据处理与结果显示。其中,鼓风机的作用是保证 CVS 临界状态,维持 CVS 流量。

3 结果与讨论

采用空气加热器对试验车辆发动机预热60 s,之后启动发动机,测得的车速如图2所示。图3为发动机启动后的 HC、CO 排放情况(根据试验规范,0~11 s 为怠速状态,即车速为0 km/h,行驶车程为0 km,因此图中未列出该期间的排放量)。从图2可以看出,经空气加热器预热后,试验车辆的行驶工况符合要求。研究中还发现,发动机启动后24 s左右,HC 的瞬态排放量达到最大值,HC 的排放主要集中在发动机启动后的前150 s,此后由于燃油燃烧条件的改善,三元催化转化器已经起燃,因此 HC 的排放量大大减少;发动机启动后20 s左右,CO 的瞬态排放量达到高值,由于工况的变化导致混合气过浓或过稀,导致 CO 的排放量因空燃比较大而有较大波动。

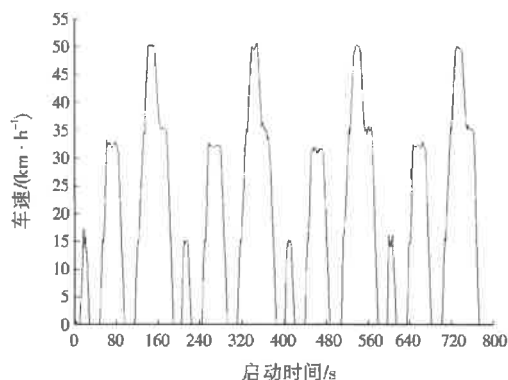


图2 车速随启动时间的变化

Fig. 2 Variation of vehicle speed versus time

表2对比了 GB 18352.3—2005 中 HC、CO 的排放限值和本研究的测试结果。由表2可见,本研究所得的轻型汽油车低温冷启动时的 HC、CO 排放量均低于 GB 18352.3—2005 的相应限值,测定值分别比限值低了14.8%、77.3%,相对而言,控制 HC 的排放是轻型汽油车低温冷启动时的重点工作。可见,应用空气加热器对轻型汽油车低温冷启动时的发动机进气进行预热,能有效降低其在低温冷启动时的 HC、CO 排放量。

本研究还发现,当试验车辆不装空气加热器时,发动机首次启动的时间较长(约6 s),而在怠速11 s

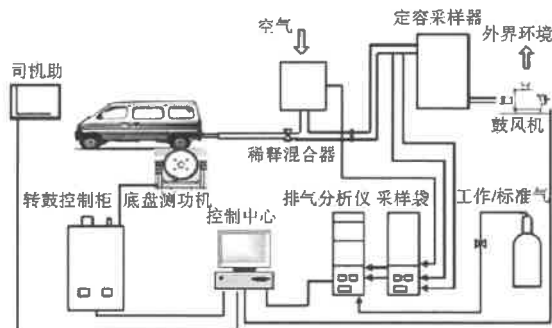


图1 试验装置示意图

Fig. 1 Sketch of the experimental apparatus

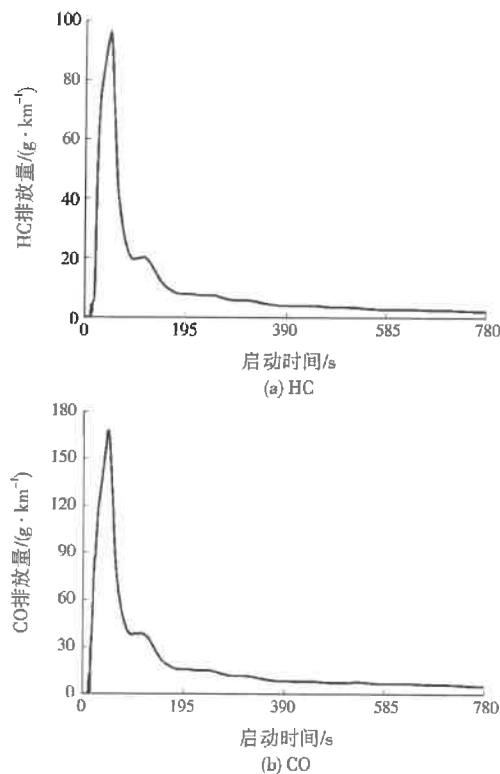


图3 HC、CO的排放情况

Fig. 3 HC, CO emissions versus time

后,在1部循环的第1个单元中车速没有提升到相应要求。这说明,试验车辆的发动机在低温环境下无法正常启动和加速,进而无法完成Ⅵ型试验。可见,空气加热器不仅可以降低轻型汽油车在低温冷启动时的HC、CO排放量,而且也有助于改善其低温冷启动性能。

表2 GB 18352.3—2005中HC、CO的排放限值

和本研究测试结果的比较

Table 2 Comparison between measured value and limited emissions of HC, CO

项目	HC/(g·km ⁻¹)	CO/(g·km ⁻¹)
GB 18352.3—2005 限值	2.7	24
测试值	2.3	5.44

4 结论

对一辆装有空气加热器的轻型汽油车实施发动机进气预热,进行了低温冷启动时的HC、CO排放量测定,得到如下结论:

(1) 发动机启动后24s左右,HC的瞬态排放量达到最大值,HC的排放主要集中在启动后的前150s左右;启动后约20s,CO的瞬态排放量达到高值。

(2) 试验车辆低温冷启动时的HC、CO排放量测试值分别低于GB 18352.3—2005的相应限值。

(3) 空气加热器不仅可以降低轻型汽油车在低温冷启动时的HC、CO排放量,而且也有助于改善其低温冷启动性能。

参考文献:

- [1] BIELACZYK P, MERKISZ J. Euro III/Euro IV emissions: a study of cold start and warm up phases with a SI (Spark ignition) engine[EB/OL]. [2011-01-04]. <http://papers.sae.org/1999-01-1073> SAE Paper 1999-01-1073.
- [2] ROBERT C, PFEFFERLE W C. Laboratory evaluation of ultra-short metal monolith catalyst[EB/OL]. [2011-01-04]. <http://papers.sae.org/980672/>.
- [3] PIOTR B, JERZY M. Cold start emissions investigation at different ambient temperature conditions[EB/OL]. [2011-01-04]. <http://papers.sae.org/980401/>.
- [4] LUDYKAR D, WESTERHOLM R, ALM N J. Cold start emissions at 22, -7, and -20 °C ambient temperatures from a three-way catalyst (TWC) car; regulated and unregulated exhaust components[J]. The Science of the Total Environment, 1999, 235(1/2/3): 65-69.
- [5] MARTIN W, PATRIK S, CHRISTIAN S. Regulated and non-regulated diesel and gasoline cold start emissions at different temperature[J]. Atmospheric Environment, 2005, 39(13): 2433-2441.
- [6] 姚春德, 倪培永, 姚广涛. 进气预热降低汽油机冷启动排放的研究[J]. 内燃机学报, 2006, 11(6): 494-499.
- [7] 姚春德, 杨广峰, 倪培永, 等. 快速空气加热器减少汽油机冷启动排放的试验研究[J]. 内燃机工程, 2009, 30(3): 30-33.

编辑:卜岩枫 (修改稿收到日期:2011-03-02)

(上接第65页)

- [5] 魏源送, VAN HOUTEN R T, BORGER A R. 蠕虫在膜生物反应器和活性污泥法中的污泥减量研究[J]. 环境科学学报, 2004, 24(3).
- [6] 熊贞晟. 红班膜体虫的习性及其处理污泥的可行性研究[D]. 上海: 同济大学, 2003.
- [7] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [8] WEI Yuansong, VAN HOUTEN R T, BORGER A R, et al. Comparison performances of membrane bioreactor (MBR) and conventional activated sludge (CAS) processes on sludge reduction induced by *Oligochaete* [J]. Environ. Sci. Technol., 2003, 37(14): 3171-3180.
- [9] WEI Yuansong, WANG Yawei, GUO Xuesong, et al. Sludge reduction potential of the activated sludge process by integrating an oligochaete reactor[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 163(1): 87-91.
- [10] SONG Biyu, CHEN Xiaofei. Effect of *Aeolosoma hemprichi* on excess activated sludge reduction[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 162(1): 300-304.
- [11] 经济部工业局. 废水处理功能生物诊断技术[M]. 中国台北: 经济部工业局, 1985: 175-176.
- [12] 熊贞晟, 杨海真, 王丹, 等. 活性污泥中红班膜体虫的繁殖速率[J]. 桂林工学院学报, 2006, 26(3): 400-403.
- [13] 尹军, 刘韬, 宋显东. 污泥好氧消化处理的若干问题探讨[J]. 中国给水排水, 2001, 17(8): 23-26.
- [14] 张艳萍, 彭永臻. 好氧/缺氧消化降解污泥特征分析[J]. 环境工程学报, 2009, 3(4): 673-676.

编辑:黄苇 (修改稿收到日期:2011-03-24)

