

汽车蒸发排放控制技术的研究

李国良 钱耀义 马忠杰 张海涛
(吉林大学汽车工程学院 长春 130022)

摘要: 介绍汽车蒸发排放控制的发展, 以及蒸发排放控制系统的设计方法, 提出了蒸发排放系统的控制策略: 充分的脱附与不影响尾气排放, 试验结果表明该系统设计可行, 其蒸发排放可满足法规限值的要求。

关键词: 蒸发排放 活性炭罐 脱附电磁阀 控制策略

中图分类号: TK411.5

0 前言

装用汽油机或气体燃料发动机动力的汽车, 排向大气的尾气主要污染物是 CO、HC 和 NO_x。除了尾气有害排放之外, 由于汽车燃油供给系统的泄漏与蒸发, 汽车车辆还排放出相当数量的碳氢化合物 HC。因此, 为了改善大气质量, 世界各国都制订了越来越严的汽车尾气排放法规和汽车蒸发排放法规。

根据汽车运行与蒸发产生的实际情况, 车辆的蒸发损失可以分成以下 5 类。

(1) 运转损失 它是指在车辆运行期间燃油系统逸出的燃油蒸气。当燃油蒸气的生成量超过燃油蒸气的存储及脱附系统的能力时, 就产生了这种运转损失。

(2) 热浸损失 热浸损失的定义为: 从发动机熄火开始, 在规定时间内(约 1 h)燃油系统排出的燃油蒸气。

(3) 昼间换气损失 它是在规定的时间内, 燃油箱按规定的规范升温时, 燃油系统所排出的燃油蒸气。

(4) 渗透及迁移损失 这部分损失来自燃油系统(油箱、油管、接头、密封件等非金属元件)的渗透损失以及蒸发控制系统元件结构(如敞底的炭罐)导致的迁移损失。

(5) 注油损失 它是在油箱注油期间排入环境的燃油蒸气。

1 蒸发排放的测量

目前蒸发损失的测量方法是收集法和密闭室法

两种。收集法是将活性炭收集器与燃油系统中所有可能逸出蒸气的部分相联, 收集各处产生的燃油蒸气, 最后对收集器进行称量, 测得其蒸发损失结果。

密闭室法是通过测量车辆置在整个密闭室中的碳氢浓度来给出蒸发损失结果。因为它测得的燃油蒸气不仅来自燃油系统本身还计入了来自整车其他系统的碳氢。对于新车这种影响更大, 相当量的碳氢会来自新轮胎、密封剂等有机材料。与收集法相比, 密闭室法显得要求更高。

1970 年美国颁布实施世界上第一部汽车蒸发排放法规, 以后, 法规限值逐渐加严, 由 6 g/test (克/一次测试)减少到 2 g/test。但试验方法一直沿用收集法。直到 1978 年, 又规定采用密闭室法进行试测。

20 世纪 90 年代以后, 美国蒸发排放法规规定执行增强的蒸发试验程序。在测试内容中, 添加了运转损失试验和高温环境试验。1996 年规定的试验流程中还增加了补充试验程序和注油试验程序。同时还要求在试验前对炭罐进行预处理, 即在试验前就要求炭罐吸附满燃油蒸气, 否则炭罐将没有足够能力吸附昼间换气过程和热浸时产生的燃油蒸气。

由于汽车尾气排放法规加严, 目前的电控汽油机均使用三效催化转换器等后处理装置, 而要达到高的催化转换效率, 还要求发动机的空燃比控制在过量空气系数 $\lambda=1.0$ 的狭窄范围内, 由此必须限制所脱附的汽油蒸气对空燃比造成的干扰。

满足高脱附量和少干扰空燃比的要求必须提高蒸发排放系统的控制精度。现用的高精度空燃比控制的蒸发排放系统如图 1 所示。其特点是把蒸发控制与燃油喷射控制系统集成一个整体来考虑, 为了解决脱附期间精确地控制空燃比的问题, 系统中还设有一个 HC 浓度传感器来判断吸附 HC 的浓度, 并据此来修正喷油量。甚至有的汽车上还设有 OBD

II 的蒸发监控装置,通过对整个蒸发系统的压力(或真空度)检测,监控是否有燃油蒸气从蒸发系统漏向大气。

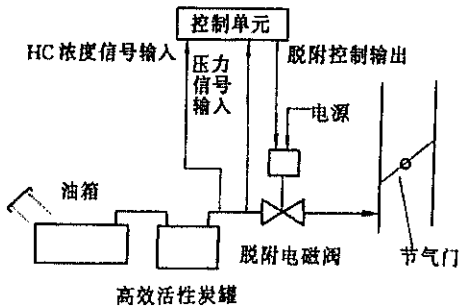


图1 系统简图

装载量过大,会使脱附空气的流动阻力增大,影响脱附效果。图2为一种高效的炭罐结构简图。罐中设有一个通大气的敞开口,另一个开口同时和燃油箱与脱附电磁阀相连。

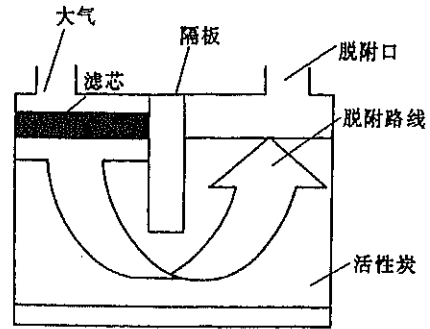


图2 炭罐结构简图

2 蒸发排放控制系统的设计

蒸发排放控制系统中主要有两个部件:活性炭罐和脱附电磁阀。

2.1 活性炭罐

设计活性炭罐时,要考虑活性炭材料、炭罐结构与装载量等问题。

活性炭主要有碳基活性炭、可可基活性炭和木材基活性炭三种,三种活性炭的吸附能力有所不同,据此选择的炭粒的大小,将有不同的吸附能力。吸附能力常用丁烷吸附率(BWC)来表示,其定义为100 ml 活性炭在规定的条件下能吸附丁烷蒸气的质量(g),现有的活性炭材料的吸附率约在 2.5~4.0 g/(100 ml)范围内。

活性炭的装载量是与炭材料的颗粒大小密切相关的。

在已知昼间换气时的蒸发量 m_d 和热浸时的蒸发量 m_h , 以及材料的 BWC 值时,炭罐装载量的计算公式为

$$L = K \frac{\max(m_d, m_h)}{R} \quad \text{ml}$$

式中的 K 为系数, R 为丁烷吸附率,考虑实际运行因素后而进行的修正,实际运行因素如下。

(1)实际燃油是多种成分的烃类,活性炭对不同成分烃有机物的吸附能力是不同的。

(2)燃油蒸气被活性炭吸附过程中将伴随着温度升高,由此会降低活性炭的吸附能力。

(3)环境因素变化对活性炭的吸附能力也有影响,如相对湿度增加,吸附能力下降,同时随着运行时间的增加,活性炭的吸附能力也是下降的。

因此,系数 K 取值必须适当,若 K 太小,则装置较小,无法满足吸附要求; K 过大,活性炭罐

2.2 脱附电磁阀

脱附电磁阀是蒸发排放控制系统中的重要元件,选择脱附电磁阀时要考虑以下因素。

(1)电磁阀流量曲线的线性范围要较宽。

(2)电磁阀的最大流量要大于所希望的流量值。

在控制精度要求较高的系统中,一般选用脉宽调制型的电磁阀。图3表示一种脉宽调制型的电磁阀的流量特性,它表示脱附量随电磁阀占空比(脉冲打开的时间)的变化关系。在发动机运行时,如脱附阀开启,则燃油蒸气由进气真空度吸入缸内燃烧。

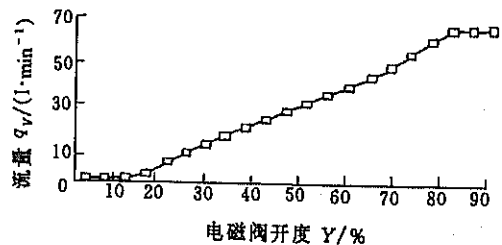


图3 实测的脱附电磁阀流量特性

一般来说,满足欧洲 I 号汽车排放法规的多点电控喷射发动机,经常采用三效催化转化器的闭环控制系统。闭环系统的根本目的在于将混合气成分控制在理论空燃比($\lambda=1.0$)的狭窄窗口内,使催化剂在 CO 、 HC 、与 NO_x 高转换效率的区域,从而实现降低排放。

闭环系统通过氧传感器提供的混合气浓、稀信息反馈来对喷油量进行修正。例如,混合气稀于理论空燃比,氧传感器的输出电压值随之降低于限制的电平,ECU 接受此信号后,即刻使闭环校正系数加大,使喷油量增多,于是空燃比很快变得浓于理论空燃比,闭环系统空燃比反馈控制的变化如图

4表示。

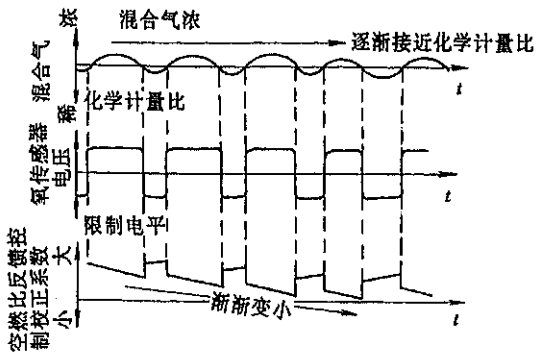


图4 闭环系统空燃比控制变化

在电控喷油系统中引入蒸发排放系统后,会使原匹配的空燃比脉谱受到干扰,因此设计蒸发排放系统时必须采取相应的对策与措施。

3 蒸发排放的控制策略

蒸发排放控制系统的任务在于在发动机运转时尽可能多地脱附掉炭罐中已吸附的燃油蒸气,同时又不能恶化空燃比干扰。在闭环系统中,氧传感器能够判断运行混合气的稀或浓,这也就间接地感知了脱附气体的稀或浓。实现蒸发排放控制要求以及对空燃比的高控制精度的要求,在制定蒸发脱附的控制策略时,必须很精确仔细。要求策略如下。

(1) 为了避免吸附阀从零开度突变到目标开度而引起的空燃比突变的尾气排放恶化。因此,吸附阀从零开度至目标开度的过程中,应采用线性逐渐递增的方法。同样也适用于从目标开度过渡到零开度。

(2) 考虑到发动机怠速运转的稳定性,一般在低转速区运行时宜不开启脱附阀。

(3) 考虑到排放的原因,在小负荷及减速断油区一般也不开启脱附阀。

(4) 在部分负荷区可使用逐渐增大的开度值。

脱附区的标定,应以空燃比波动的变化不超过5%为限(与不开脱附阀时的空燃比相比)。实际标定运行时应在尾气排放试验中得到确认,若脱附量太大,使空燃比波动太大而恶化尾气排放时,此标定限值还要适当减小。

4 汽车蒸发排放系统的试验

4.1 试验车装备

试验选用一台轻型汽油车,整车质量为1500 kg,汽车燃油箱容积为76 L。该车装有4缸

直列4冲程电控发动机,该机缸径98 mm,行程81 mm,排量2.46 L,压缩比8.1。

电控系统中设有进气绝对压力传感器、进气温度传感器、冷却水温传感器、曲轴位置传感器、凸轮轴位置传感器、节气门位置传感器、氧传感器以及车速传感器等。蒸发排放控制系统中设有脱附电磁阀与活性炭罐。炭罐的完全脱附时的质量为1194 g,吸附满载时的质量为1286 g,炭罐吸附蒸气量为92 g,实测的脱附电磁阀特性见图3表示。

4.2 脱附脉谱的确定

试验在发动机各种不同的运行工况下进行,比较混合气在 $\lambda=1.05$ 、1.10和1.15工作时的性能。考虑CO、HC与NO_x的排放量,考虑发动机扭矩及燃油消耗率后,确定优化的发动机部分负荷下的混合比为 $\lambda=1.10$ 。

为了保证电控系统有较高的空燃比控制精度,根据脱附原则选择,当脱附阀开启以后,闭环校正系数喷油使空燃比的波动不超过5%为限,由此试验确定的脱附脉谱表示在图5上。

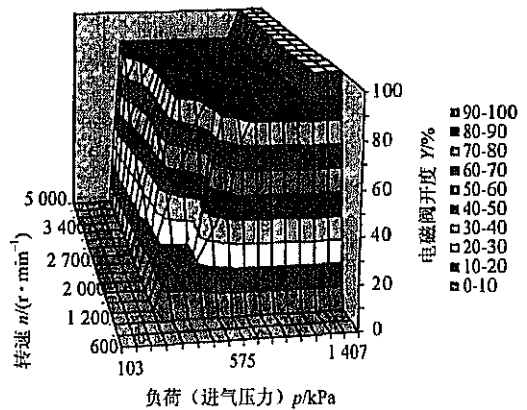


图5 脱附脉谱

试验车按蒸发排放法规规定的试验流程,试验结果测得的昼间换气损失为0.4 g,热浸损失经过车辆预处理及在密闭室内经历60 min后为0.48 g,这样,实测的总蒸发排放量小于2 g/test.的法规限值的要求。同时还验证了该车的尾气排放能满足欧洲II号排放法规要求。

5 结论

(1) 电控系统中设有一个活性炭罐来存贮从油箱和燃料系统蒸发出来的燃油蒸气,并用一个吸附电磁阀来控制这种清污操作。

(2) 脱附阀开启时,贮在炭罐中的燃油蒸气从罐中被抽向进气管,进入气缸内燃烧。

(3) 蒸发排放控制策略是实现在发动机运行时

尽可能地脱附掉炭罐中被吸附的燃油蒸气，同时又不致生成过浓的混合气使尾气排放恶化。

(4) 汽车蒸发排放试验证明，上述提到的蒸发排放控制的设计方法是可行的。

参 考 文 献

- 1 Lavoie G A. Carbon canister modeling for evaporative emission: adsorption and thermal effects. SAE Paper No. 961210. 1996
- 2 Haskew H M. The development of a real time evaporative emission test. SAE Paper No.90110, 1990
- 3 林田洋一. 汽车电子学. 北京: 人民交通出版社, 1988

STUDY ON EVAPORATIVE EMISSION CONTROL TECHNOLOGY FOR AUTOMOBILE

*Li Guoliang Qian Yaoyi
Ma Zhongjie Zhang Haitao
(Jilin University)*

Abstract: The development of evaporative emission control technology and the design method of evaporative control system are introduced. The control strategies of this system are presented: purge the fuel vapor inside canister as much as possible, meanwhile, keep air-fuel ratio steady. The automobile test showed that this design method of EVAP System was available, and the evaporative emission standard can be reached.

Key words: Evaporative emission Active charcoal canister
Purge solenoid valve Control strategy

作者简介: 李国良, 男, 1963 年出生, 工程师。主要研究方向是汽车发动机的电控系统。