

车辆燃油蒸发系统泄漏诊断试验研究

冯彧, 钟建伟, 邹洪波

(泛亚汽车技术中心有限公司, 上海 201201)

摘要: GB 18352.6—2016《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》对于燃油蒸发系统泄漏诊断提出了检测要求。文中针对新的故障检测要求,介绍了一种利用发动机熄火后燃油蒸发系统自然冷却而产生的内部压力的变化来检测是否存在泄漏的方法,分析了不同因素对该方法诊断结果的影响和不同泄漏孔径与正常数据的区分度,确定了泄漏诊断可靠性评估方法,并对其可靠性进行了验证,结果证明其可靠性满足诊断要求。

关键词: 汽车;燃油蒸发系统;泄漏;故障诊断

中图分类号:U472.4

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2018)02-0013-04

汽车排放有三大污染物来源,即尾气、曲轴箱和蒸发,其中蒸发排放的主要成分为 HC。面对日益严峻的环境压力,为防止燃油蒸汽对大气的污染,GB 18352.6—2016《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》(下称国六法规)对蒸发排放作了更严格的限制,并引入对燃油蒸发系统泄漏诊断的要求,同时要求车载诊断系统能检测燃油蒸发系统大于或等于 1 mm 的小孔产生的泄漏量(如生产企业提出要求,也可使用 0.5 mm 替代,该文基于 0.5 mm 的泄漏孔进行试验研究),这对生产企业是一个较大的挑战。通过分析总结国内外成熟燃油蒸发系统泄漏检测技术,发现对于传统汽油车,利用发动机熄火后燃油蒸发系统的自然冷却过程检测其压力变化来进行泄漏诊断是一个成本低且可靠性较高的方法。

1 诊断策略

1.1 诊断原理

将燃油蒸发系统(包括油箱、炭罐、加油管及炭罐清洗阀和油箱之间的所有管路)作为一个整体的封闭空间考虑,除油占用的体积外,其余体积均为燃油蒸汽和空气的混合气,适用于理想气体方程:

$$PV = nRT$$

式中: P 为燃油蒸发系统的压强; V 为燃油蒸发系统的蒸汽空间容积; n 为燃油蒸汽和空气组成的混合气的摩尔气体质量,燃油蒸汽和空气的比例随温度变化而变化,为一动态变化量; R 为理想气体常数; T 为燃油蒸汽和空气组成的混合气的温度。

车辆充分热机后,燃油蒸发系统的热量主要来

自于两方面,分别为油泵运转产生的热量和排气管的热辐射。车辆熄火后,在一定时间内排气管的温度仍高于环境温度,同时由于静止状态下油箱内的热积聚,燃油蒸发系统内的蒸汽温度仍会小幅升高,达到峰值后再逐步自然冷却到环境温度。整个过程中,伴随着蒸汽温度的变化,燃油蒸发系统内的压力将发生变化(见图 1)。如果燃油蒸发系统存在一定程度的泄漏,理论上其内部压力将等同于大气压力,也就不存在上述压力变化。当然,如果泄漏的孔径较小,同时燃油蒸汽大量产生,则仍会有一定程度的压力变化。

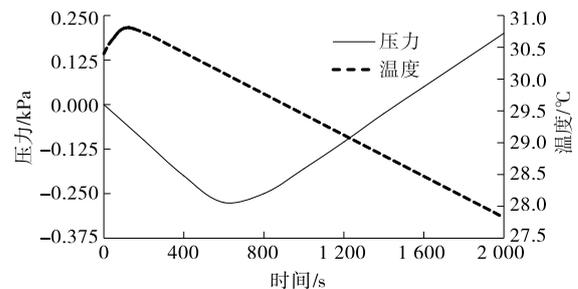


图 1 车辆熄火后油箱压力随蒸汽温度的变化

1.2 系统设计

利用上述原理,在车辆上增加炭罐通风阀控制燃油蒸发系统处于密闭状态,同时增加油箱压力传感器观察燃油蒸发系统在密闭状态下的压力变化(见图 2)。

图 2 中,炭罐清洗阀为国五车辆已有的硬件,油箱压力传感器和炭罐通风阀为国六车辆需增加的硬件。诊断时,炭罐清洗阀和炭罐通风阀均关闭,使燃油蒸发系统处于密闭状态,通过油箱压力传感器检

测燃油蒸发系统的压力变化,判断燃油蒸发系统是否存在泄漏。需说明的是,油箱压力传感器为相对压力传感器,零代表大气压力,负值代表压力,正值代表真空。

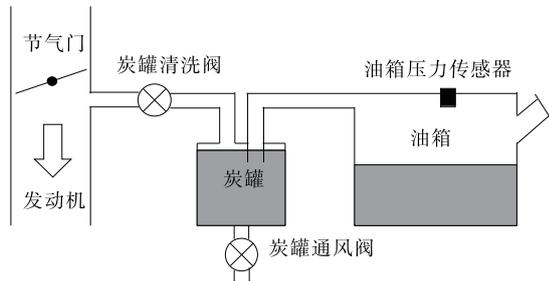


图2 满足国六法规的燃油蒸发系统简图

1.3 泄漏诊断方法

车辆熄火时,首先进行诊断使能条件判断。诊断使能条件范围需覆盖国六法规对燃油蒸发系统诊断率的要求,同时考虑诊断可靠性要求,包括 $4\text{ }^{\circ}\text{C}\leq\text{环境温度}\leq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $15\%\leq\text{油位}\leq 85\%$ 、发动机运行时间 $\geq 600\text{ s}$ 、海拔 $< 2\ 440\text{ m}$ 、燃油挥发性不为高的状态。如果上述作动条件均满足,同时关闭炭罐清洗阀和炭罐通风阀,检测一定时间内油箱压力传感器反馈的压力信号,诊断时间结束后,计算油箱压力变化值,用于诊断结果评估(见图3)。

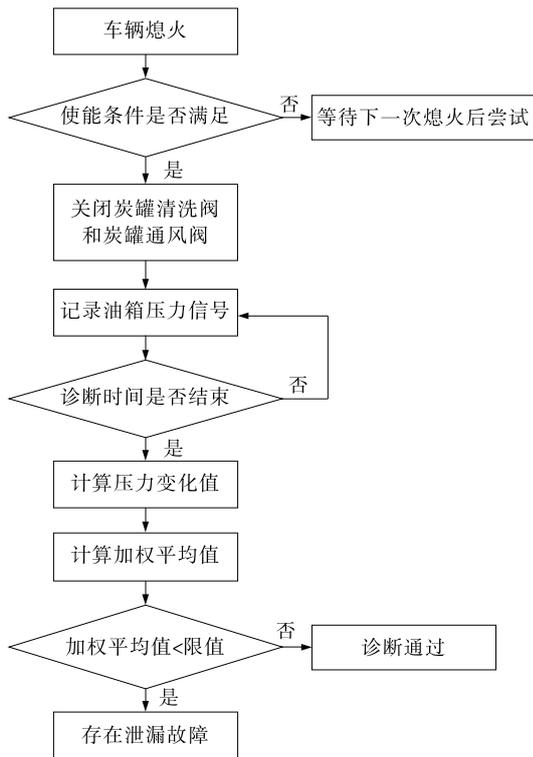


图3 泄漏诊断流程

2 试验结果分析

2.1 影响诊断的因素

如前面所述,该诊断方法是一种成本低、可靠性较高的方法。但由于该方法受许多外界因素的影响,要通过大量试验进行标定。其影响因素包括环境温度、油位、燃油雷德蒸汽压(RVP)、驾驶里程、海拔和泄漏孔径。

2.2 环境温度对诊断的影响

根据理想气体方程,环境温度是影响诊断的主要因素之一。在不同环境温度下,燃油的挥发性不一样,因而在不同环境温度下进行测试,燃油蒸发系统在车辆熄火后能建立的压力不一样。如图4所示,在同样的测试基准下,环境温度越高,燃油蒸发系统能建立的压力越大。

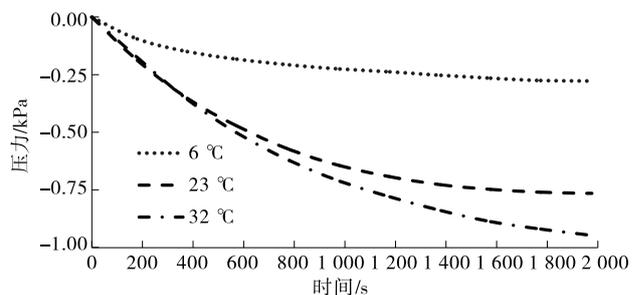


图4 不同环境温度下燃油蒸发系统的压力变化

2.3 油位对诊断的影响

根据理想气体方程,油位是影响诊断的主要因素之一。在不同油位下,油箱内的蒸汽空间容积不一样,故在不同油位下进行测试,燃油蒸发系统在车辆熄火后能建立的压力也不一样。如图5所示,在同样的测试基准下,油位越高,蒸汽空间容积越小,燃油蒸发系统能建立的压力越大。

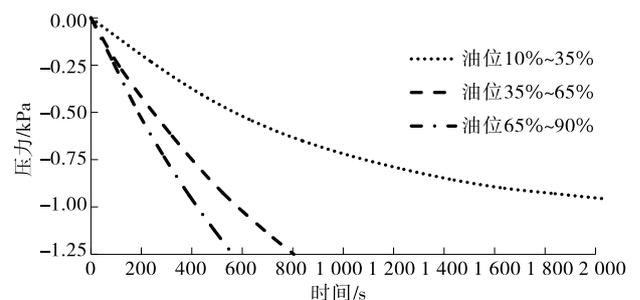


图5 不同油位下燃油蒸发系统的压力变化

2.4 RVP对诊断的影响

RVP 直接决定燃油的挥发性,对车辆熄火后能建立的压力也有影响,但其属于不可控因素。目前

中国市场上燃油的 RVP 普遍为 55~65 kPa,考虑实际情况,测试使用 RVP45、RVP60、RVP75 3 种燃油时蒸发系统的压力变化,结果见图 6。从中可见,在同样的测试基准下,RVP 越高,燃油蒸发系统能建立的压

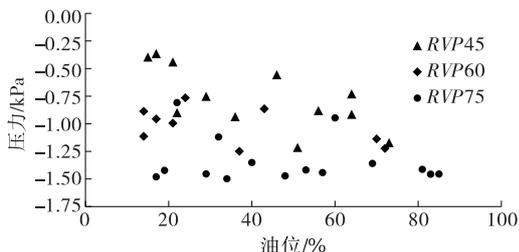


图 6 不同 RVP 下燃油蒸发系统的压力变化

2.5 驾驶里程对诊断的影响

这里所说的驾驶里程是指车辆从冷起动开始计算的驾驶里程。如前所述,该诊断方法依赖于发动机运转对燃油蒸发系统的加热能力,故冷起动后如果驾驶里程较短,则燃油蒸发系统的温度变化不明显,对诊断不利。如图 7 所示,在同样的测试基准下,从车辆冷起动开始的驾驶里程越长,对燃油蒸发系统的加热效果越明显,建立的压

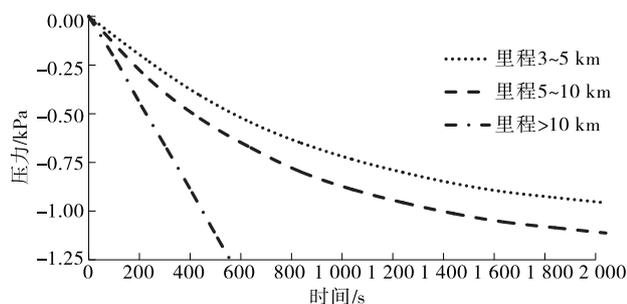


图 7 不同驾驶里程下燃油蒸发系统的压力变化

2.6 海拔对诊断的影响

油箱压力传感器为相对压力传感器,其零位受不同海拔的影响,同时高海拔地区燃油的挥发性比平原地区差,且车辆行驶过程中如果伴随着海拔的变化,环境温度也会变化,即环境温度不会像平原地区那样在整个驾驶过程中较恒定,这些因素都将对诊断结果产生影响。高原地区诊断数据与平原地区诊断数据的比较见图 8。从中可见,高原地区与平原地区的压力变化差值并没有太明显的区别,两者的区别在于高原地区容易在燃油蒸发系统产生真

空,压力较难建立,这是由于高原地区温差变化大,燃油蒸发系统的冷却可较快完成。

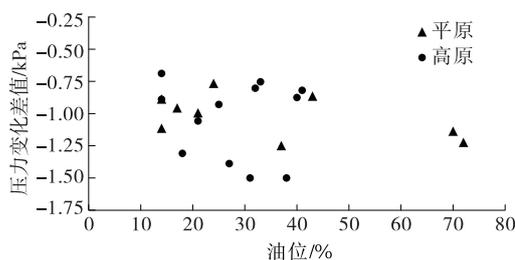


图 8 平原和高原地区燃油蒸发系统压力变化差值

2.7 泄漏孔径对诊断的影响

诊断的目的是区分正常和泄漏的燃油蒸发系统。选取法规要求的 0.5 mm 泄漏孔与正常情况进行对比,同时选取 1 个中间状态的泄漏尺寸进行试验,结果见图 9。该燃油蒸发系统的油箱容积为 60 L,从图 9 可看出:如果系统存在 0.5 mm 孔径的泄漏,燃油蒸发系统基本不能建立压力,其与正常燃油蒸发系统的区别非常明显。

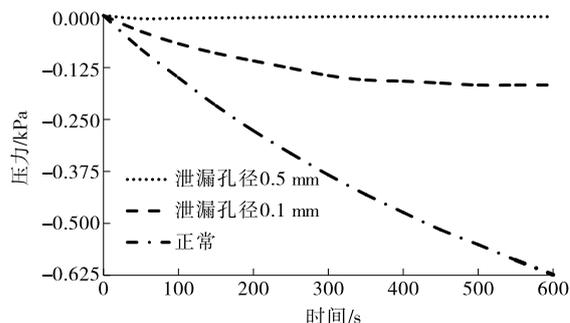


图 9 泄漏与正常燃油蒸发系统的压力变化对比

3 可靠性评估

根据前面的试验数据,要保证诊断的可靠性,需确定正常和泄漏燃油蒸发系统的最恶劣试验环境,若在最恶劣试验环境下正常和泄漏燃油蒸发系统之间仍具有足够的区分度,则认为诊断系统可靠。

正常燃油蒸发系统的最恶劣试验环境为环境温度 4℃、油位 15%、RVP45,泄漏的燃油蒸发系统的最恶劣试验环境为环境温度 35℃、油位 85%、RVP75。分别对上述情况下正常和泄漏燃油蒸发系统进行测试,求出各自的压力变化平均值和标准差。如果相互之间区分度满足式(1)的要求,则认为诊断系统可靠。

$$(\mu_{\text{正常}} - 3\sigma_{\text{正常}}) - (\mu_{\text{泄漏}} + 3\sigma_{\text{泄漏}}) > 0 \quad (1)$$

式中: $\mu_{\text{正常}}$ 、 $\sigma_{\text{正常}}$ 分别为正常燃油蒸发系统压力变化

的平均值和标准差; $\mu_{\text{泄漏}}$ 、 $\sigma_{\text{泄漏}}$ 分别为泄漏的燃油蒸发系统压力变化的平均值和标准差。

图 10 为安装 0.5 mm 泄露孔和正常燃油蒸发系统在某一特定驾驶环境下的压力变化正态分布。从中可见,在该特定驾驶环境下,两系统的区分度满足可靠性要求。

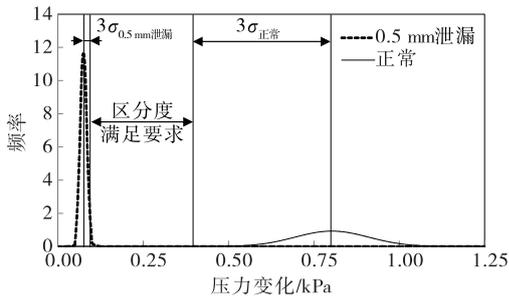


图 10 泄漏和正常燃油蒸发系统压力变化的正态分布

4 结语

利用车辆熄火后燃油蒸发系统自然冷却的过程进行泄漏检测是一种行之有效的方法。环境温度、

油位和 RVP 是影响该诊断方法的主要影响因素,其他因素如驾驶里程、海拔可作为噪声来考量。该方法可有效区分正常和泄漏的燃油蒸发系统,诊断可靠性较高。

参考文献:

[1] GB 18352.6-2016, 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)[S].

[2] Michael De Ronne, Greg Labus, Chad Lehner, et al. The development and implementation of an engine off natural vacuum test for diagnosing small leaks in evaporative emissions systems[R]. SAE Paper, 2003.

[3] Russell Randall Pearce, Scott A Bohr, Dennis Seung-Man Yang, et al. Engine-off leak detection based on pressure[P]. 美国专利: US20150046026A1, 2015-02-15.

[4] 吴启才, 张远军. 汽油品质对轻型车辆排放的影响[J]. 北京汽车, 2010(1).

收稿日期: 2017-12-06

(上接第 12 页)

50%以上,补气压力达到 1.2 MPa 时碳烟排放值已非常小了。

3.2 补气管路直径对碳烟排放的影响

模拟在起步工况下补气压力为 0.8 MPa 时不同直径补气管路的碳烟排放,结果见图 6。

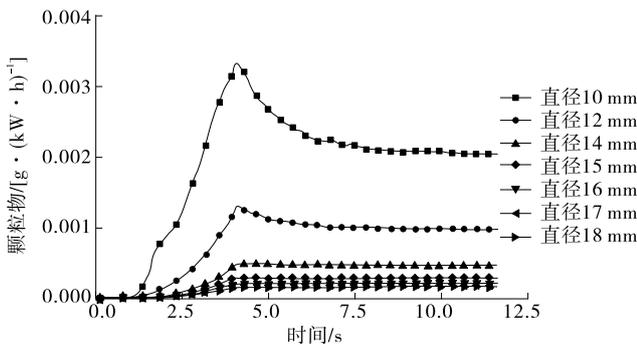


图 6 补气管径对碳烟排放的影响

从图 6 可看出:随着补气管径的增大,碳烟排放减少,管径从 10 mm 增大到 12 mm 时,碳烟排放减少非常明显,达 60%以上;但管径达到 15 mm 以上时,随着管径的增大,碳烟排放减少已不明显。

4 结论

(1) 补气能有效调高柴油公交车发动机增压压

力,改善发动机机内燃烧,从而减少碳烟排放。

(2) 柴油公交车发动机碳烟排放随着补气压力的增大而降低。

(3) 柴油公交车发动机碳烟排放随着补气管径的增大而减少,但管径达到 15 mm 以上时,随着管径的增大,碳烟排放减少不明显。

参考文献:

[1] 赵家琳. 公交车发动机的选择及对节能减排的影响[J]. 城市车辆, 2009(6).

[2] 李孟良, 苏梦辉, 秦孔建, 等. 实际行驶工况下柴油车发动机负荷分布及排放[J]. 江苏大学学报: 自然科学版, 2007, 28(3).

[3] 石来华, 冯仁华. 基于 GT-POWER 模型的发动机进气系统优化[J]. 客车技术与研究, 2010(3).

[4] 贺绍华, 阳林, 彭才望, 等. 硫含量对柴油车排放的影响与减排措施的研究[J]. 客车技术与研究, 2012(6).

[5] 王泽平, 任杰, 王黎明. 客车柴油机排放及其控制技术[J]. 客车技术与研究, 2010(1).

[6] 沙学锋. 城市道路机动车动态排放预测模型研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.

收稿日期: 2017-12-13