

汽车油耗检测方法研究

付百学, 于春鹏, 张德生

(黑龙江工程学院 汽车与交通工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150050)

摘要: 比较汽车油耗直接测量法和间接测量法的类型、特点, 分析容积法、失重法、碳平衡法、超声波法和燃油喷射量累积法的检测原理、计算数学模型及其应用范围和特点。采用不同的油耗检测方法, 研制适用于不同检测条件和检测功能要求的油耗检测仪器。

关键词: 汽车; 检测方法; 油耗; 原理; 数学模型

中图分类号: U472.9 文献标志码: A 文章编号: 1671-4679(2010)02-0004-04

The study on vehicle fuel consumption detection methods

FU Bai-xue, YU Chun-peng, ZHANG Deng-sheng

(College of Automobile and Traffic Engineering, Heilongjiang Institute of Technology, Harbin 150050, China)

Abstract: The paper compares car fuel consumption direct measurement and indirect measurements, types and characteristics analysis of volumetric method, weight loss, carbon balance method, ultrasonic method and the cumulative amount of fuel injection method detection principle, calculating mathematical model and its range of applications and features. Detection methods using different fuel consumption can be developed for different test conditions and testing the functional requirements of the fuel consumption testing instruments.

Key words: automobile; detection methods; fuel consumption; principle; mathematical model

我国经济持续快速发展, 对石油资源需求激增, 2009 年我国石油消费 40 837.5 万 t, 石油净进口 21 888.5 万 t, 能源供需矛盾日益突出。2009 年我国汽车产销分别为 1 379.10 万辆和 1 364.48 万辆, 汽车保有总量达到 7 619 万辆。汽车消耗的燃料占我国燃料消耗总量约为 40%。由于油价不断上涨, 人们更加关注汽车油耗, 厂家公布的油耗与实际差距很大。为此, 我国陆续出台了《乘用车燃料消耗量限值》、《轻型商用车燃料消耗量限值》、《轻型汽车燃料消耗量标示管理规定》等多项标准, 以加快汽车节能管理体系的建立和完善。因此, 需要更专业的检测机构, 采用科学合理的油耗检测仪器, 提供更权威的汽车油耗检测数据。汽车油耗关系到环保节能及汽车前沿技术的发展和运用。研究汽车油耗检测技术, 采用不同的油耗检测方法适应不同的检测要求, 具有重要意义。

1 汽车油耗检测方法的类型

汽车油耗检测方法分直接测量法和间接测量法两类。直接测量法通过计量一定时间或里程内汽车消耗的燃油体积或质量得到汽车油耗, 主要包括容积法、失重法等。间接测量法即不解体测量法, 包括碳平衡法、超声波法和燃油喷射量累积法等。间接测量法以碳平衡法为主, GB/T 19233—2008《轻型汽车燃料消耗量试验方法》规定, 通过测定汽车在实验室模拟市区和市郊工况循环排放的同时, 采用碳平衡法计算汽车油耗。碳平衡法是目前国际上通行的实验室内车辆工况油耗试验方法, 可解决直接测试法存在的问题。但测量精度相对较低, 整套测试设备昂贵, 体积庞大、无法移动, 对测试环境要求高, 取样口需要与排气管密封连接。

2 直接测量法

2.1 容积法

1) 油耗检测原理, 见图 1。对于电喷发动机,

收稿日期: 2010-03-02

基金项目: 黑龙江省科技攻关计划资助项目(GZ07A503)

作者简介: 付百学(1967—), 男, 教授, 博士研究生, 研究方向: 汽车电控技术; 汽车测试技术。

进、回油管道上各安装 1 只涡轮流量传感器, 用来测量进、回油管道的燃油流量, 测量信号送入单片机。单片机对进、回油管道流量信号进行处理, 并做温度修正, 得到进、回油管道标态体积流量, 然后对进、回油管道的流量进行差值计算, 累加得到实际燃油消耗量。

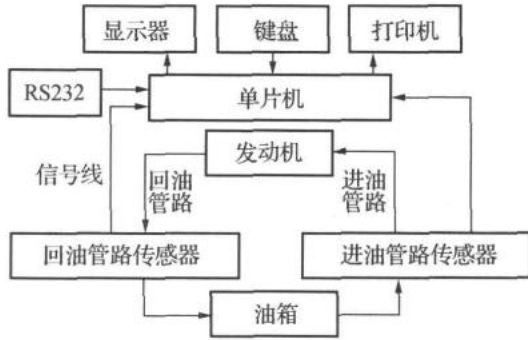


图 1 油耗检测原理

2) 油耗测量数学模型。在测量范围内, 流量传感器输出的脉冲频率与体积流量成正比, 该比值即体积仪表系数 K , 计算公式为

$$K = 3600 \times \frac{f}{Q} \text{ 或 } K = \frac{N}{V}. \quad (1)$$

式中: f 为流量信号频率, Hz; Q 为体积流量, L/h; N 为脉冲数; V 为体积总量, L。

将 K 预先置入单片机, 即可由获得的流量脉冲频率 f 与 K 之比, 求得管道燃油流量 Q 。

2.2 失重法

1) 油耗检测原理。失重法发动机油耗测试系统主要由压差传感器、单片机、电磁阀、测量油杯和油气交换器等组成, 见图 2。测量油杯用于存放油耗测试时供给发动机的燃油, 使压差传感器能够检测到一定时间内测量油杯中燃油质量的变化; 压差传感器的输出信号送到单片机进行处理, 单片机控制电磁阀的开启和关闭, 将测试系统切换为测试状态及充油状态; 油气交换器在测试和充油过程中进行油、气交换; 放气阀用于调整油气交换器中空气的数量, 以便在油、气交换过程中满足测量要求; 进油口连接供油油箱, 出油口连接发动机。

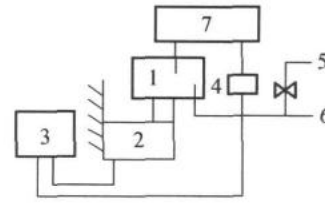
测量油杯固定于压差传感器之上, 压差传感器输出与油杯内的燃油质量成正比。

$$U = kW = k(W_c + W_f). \quad (2)$$

式中: W_c 为油杯自重, W_f 为杯内燃油质量, W 为测量油杯总质量, k 为仪表常数。

测量时, 流量传感器输出的电压信号随着油杯中燃油的消耗而减小。对测量过程中压差传感器输出的电压信号求导, 即可得到燃油流量

$$\frac{dU}{dt} = k \frac{dW}{dt} = -kG. \quad (3)$$



1. 测量油杯; 2. 压差传感器; 3. 单片机; 4. 电磁阀;
5. 供油口; 6. 出油口; 7. 油气交换器

图 2 质量法(失重法)测量原理

3 间接测量法

3.1 碳平衡法

碳平衡法基于物质守恒定律, 通过混合气燃烧前、后的碳(C)质量守恒, 计算汽车油耗。该方法测试排放气体(或稀释排放气体)中含碳成分(HC、CO 和 CO_2) 及其流量, 即可得到排放气体(或稀释排放气体)中总的碳质量; 燃烧前的碳质量来源于燃料和参与燃烧的空气。

碳平衡法又分为排气直采测量法和排气稀释测量法。

排气直采测量法利用排气流量计测量发动机排气流量, 通过排气直接采样分析排气中 CO_2 、CO 和 HC 浓度。不足: 排气中含大量水, 气样在输送过程中会发生冷凝现象; 排气存在压力波动, 温度很高, 精确计量排气流量比较困难; 普通的涡街式、孔板式和涡轮式流量计保证排气流量的高精度长期测量比较困难; 取样接头与排气管要密封连接, 而汽车排气管管径不一, 温度较高, 快速可靠的密封连接十分困难; 很难将测量误差控制在 5% 以内。国内一些单位开展了这方面研究工作, 但没有达到实用阶段。

排气稀释测量法将排气用空气稀释后测量稀释排气的流量及其含 C 成分浓度。通过容积泵定容取样系统(CVS)计量稀释排气流量, 采用气袋定比例收集稀释排气, 通过气体分析仪分析气袋中含 C 成分浓度。该方法的测量误差在 2% 以内; 但整套测试设备十分昂贵, 对测试环境要求高, 取样口需要与排气管密封连接。

国际标准《道路车辆—摩托车—燃油消耗测量方法》给出碳平衡法油耗计算公式

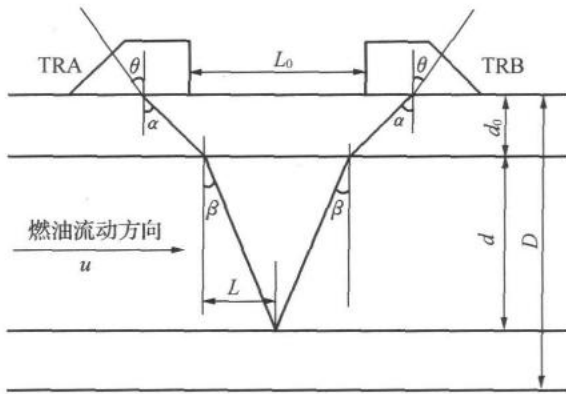
$$G = \frac{1000 \times d \times 0.866}{0.429CO + 0.866HC + 0.273CO_2}. \quad (4)$$

式中: G 为燃油消耗量, km/L; d 为燃油密度, kg/L; CO、HC 和 CO_2 为单位排放物的质量, g/km。

3.2 基于超声波技术的油耗检测法

超声波流量测量按原理分为时差法、多普勒法、相关法、噪声法、波束偏移法和空间滤波法等,其中时差法应用最广泛。时差法超声波流量检测采用信号自动跟踪、温度自动补偿等先进技术,具有性能稳定、计量准确可靠、仪表运算和测试精度高、安装使用方便和测量范围宽等特点。

时差法超声波汽车油耗检测原理见图 3。测量超声波脉冲在同一流体中顺流和逆流传播的时间差,得到被测流体的流速。超声波换能器 TRA 和 TRB 采用管外 V 形安装,TRA 和 TRB 在单片机的控制下,同时发射超声波脉冲和接收对方发射的超声波信号。超声波信号发射后以入射角 θ 穿过换能器斜楔,在换能器界面发生折射,以一次折射角 α 穿过管壁,在管壁与被测流体的分界面上发生二次折射,以二次折射角 β 穿过被测流体达到对面管壁的内侧面,经反射后超声波信号按相反的顺序进入另一个换能器。



TRA、TRB 为超声波换能器; d 为油管内径; d_0 为管壁厚度; D 为油管外径; L_0 为换能器前端面距离。

图 3 超声波流量检测原理

设超声波信号在被测流体中的声速为 c_1 , 在管壁中的声速为 c_2 , 燃油在管路中的流速为 u , 超声波顺流时从 TRA 到 TRB 历时 t_1 , 逆流时从 TRB 到 TRA 历时 t_2 , 则

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} u = \frac{\Delta t k \pi d}{16 \tan \beta} c_0^2 (1 + k_t T)^2 \quad (5)$$

式中: Q 为被测燃油的流量, k 为流量修正系数, c_0 为温度为 0°C 时的声速, k_t 为被测燃油声速温度系数, T 为环境温度。

3.3 燃油喷射量累积法

根据电控喷射发动机的特性及原理,汽车耗油量与喷油器的开启时间成正比,直接通过采集喷油器的控制脉冲宽度(即喷油时间),找出耗油量和控制信号脉宽之间的关系,只需测量控制信号脉宽就可以计算出相应的耗油量及耗油率。

电喷发动机使用电磁喷油器直接向各缸进气门附近或进气总管喷油。喷油器电磁线圈的一端接 12 V 电源的正极,另一端接发动机 ECU 中的驱动电路。ECU 控制驱动电路中功率晶体管的导通和截止,即控制喷油器线圈通电开始时刻和通电持续时间,从而控制喷油器的喷油时刻和喷油量。

典型发动机油耗测试系统见图 4,以单片机为核心,外围电路包括电源模块、喷油脉冲信号采集模块、转速信号处理模块、按键模块、显示模块、打印模块和数据通讯模块等。

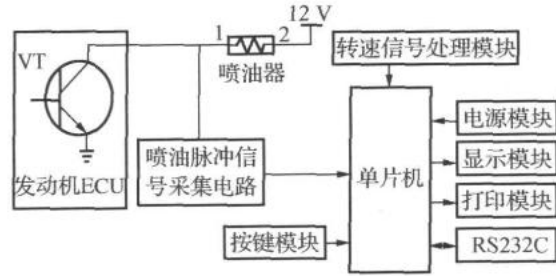


图 4 发动机油耗测试系统控制关系

喷油器单次喷油量 q 的计算公式为

$$q = \mu_n A_n \cdot \sqrt{2} \cdot g \rho (P_f - P_b) t \quad (6)$$

式中: μ_n 为喷油器喷嘴流量系数, A_n 为喷油器喷嘴截面积, g 为重力加速度, ρ 为燃油密度, P_f 为喷油器喷油压力, P_b 为进气压力, t 为喷油器针阀开启(喷油)时间。

燃油喷射量累积法测试汽车仪器不使用油耗传感器,安装时无需拆动燃油管路,无燃油损失,且测量方便、快捷。油耗测试系统直接测取喷油器喷油脉宽,信号处理实时化,无信号滞后,动态特性好,对于瞬变工况测量具有优越性。

4 油耗检测方法性能比较及其发展趋势

油耗检测方法的性能比较见表 1。

表 1 油耗检测方法的性能比较

检测方法	优点	缺点
直接检测法	容积法 测试精度高,使用方便,具有便携式特性。	需拆开发动机油路接入油耗仪,安装不便,历时较长,且存在安全隐患,破坏汽车原有结构,费时费力,影响测试精度。
	失重法 测试精度高,使用方便,测试快速,工作寿命长、可靠性高,具有便携式特性。	需拆开发动机油路接入油耗仪,安装不便,历时较长,且存在安全隐患,破坏汽车原有结构,费时费力,影响测试精度。

续表 1

检测方法	优点	缺点
碳平衡法	可实现车辆油耗的不解体快速检测,主要用于室内检测。	测试精度较低,整套测试设备昂贵,对测试环境要求高,取样口需要与排气管密封连接;使用灵活性较差。
	具有便携式特性;安装时无需拆动燃油管路,无燃油损失,性能稳定、计量准确可靠、安装使用方便和测量范围宽。	
间接检测法	具有便携式特性;安装时无需拆动燃油管路,无燃油损失,测量方便、快捷;信号处理实时化,无信号滞后,动态特性好。	测试精度相对较低,仪器结构较复杂。
燃油喷射量累积法		测试精度相对较低,喷油器喷油压力大,回油量多,且油温较高,易造成接在传感器上的回油管软化胀爆。

不同的汽车油耗检测方法具有不同的特点,会影响油耗测量精度和油耗检测仪器的成本。各种油耗检测方法在不断发展与完善,随着汽车油耗检测向智能化方向发展,虚拟技术应用于汽车油耗检测,可克服传统设计的缺陷,提高仪器的功能和检测效率,大幅度降低仪器成本,是实现汽车油耗高精度、低成本检测的一个发展趋势。

5 结束语

1)分析几种典型油耗检测方法的基本组成、检测原理和特点。

2)对典型油耗检测方法的优缺点进行细致的比较,为研究使用不同场合、不同条件的油耗检测产品提供参考。

3)提出油耗检测方法的发展趋势。不同油耗检测方法使用场合不同,其性能在不断发展与完善,采用虚拟技术检测汽车油耗是未来发展趋势。

参考文献

- [1] 贺新,王岐东,叶身斌.汽车油耗的测量与计算研究及其进展[J].北京工商大学学报:自然科学版,2007(1):32-37.
- [2] 付百学,胡胜海.汽车油耗测试系统数学模型的建立与应用研究[J].测试技术学报,2008(1):38-43.
- [3] 原培新,孙丽娜,刘红梅.汽车不解体油耗分析仪测试方法研究[J].仪器仪表学报,2006(S2):1136-1139.
- [4] 杜灿谊,冯德军.基于虚拟仪器的汽车油耗测试仪的研制[J].汽车科技,2008(4):50-53.
- [5] YE SHENG, XU XIAOMING. Research and design of a new I. C. engine instantaneous fuel consumption meter [C]. Hong Kong: The Institution of Electrical Engineers, 2002, 357-359.
- [6] 隗海林,俄文娟,王羽,等.电控汽油机喷油脉宽与燃油消耗质量关系试验研究[J].车用发动机,2009(3):65-68.
- [7] 刘军,高建立,穆桂脂,等.基于碳平衡法的汽车燃油消耗量快速测量系统开发[J].内燃机工程,2008(6):73-76.
- [8] 白思春,褚全红,王孝,等.多燃料全密闭式重量法燃油消耗测量仪的研究[J].仪表技术,2009(1):1-3.

[责任编辑:郝丽英]