

# 汽车燃油箱安全性能的测试方法研究

朱其文 杜天强 黄传义

(中国汽车技术研究中心 天津 300162)

**摘要** 近年来,国内汽车产业迅猛发展,汽车已经开始进入家庭,随着汽车数量猛增,汽车的安全性越来越引起广泛关注,作为汽车上储存燃料的容器——燃油箱自然也就成为不可忽视的一个重要的安全部件。国外早在1967年就出台了关于燃油系统的一系列的标准和法规,如FMVSS301、ECE-R34等。我国也于2001年发布了国家标准:GB 18296-2001《汽车燃油箱安全性能要求和试验方法》,开始对进入中国及在国内生产的燃油箱进行强制性检验。几年来我们对形式各异的燃油箱进行了大量试验,积累了很多数据和经验,同时参加了行业组织的有关研讨会,与国内外的专家及专业生产厂家进行了广泛而深入的交流,对准确、有效地评价燃油箱的安全性能具有很实际的意义。

## 1 燃油箱特性简介

燃油箱按其材料可分为金属和塑料两大类,按其装燃料可分为汽油箱和柴油箱,油箱的几何形状也不尽相同。

金属燃油箱具有较高的强度,耐高、低温性好等优点,内部还有焊接筋板,可增加油箱刚度,载货车上大部分是金属油箱,有长方形,也有圆柱形,使用L型托架和箍带悬挂在车身大梁的侧面,部分油箱的容积达到500L~600L。金属油箱也有自重大、难以实现复杂几何形状的成形制造、金属化学性质比较活跃易腐蚀的不足。但由于长方形、圆柱形的燃油箱成形容易、工艺简单易于批量生产,所以还是被广泛应用在中、重型车辆上,如图1所示。大客车用燃油箱则略有不同,车身底部的平板上有较大空间通常是将油箱布置在此,很多客车油箱分



图1 载货车上使用的金属燃油箱



图2 大客车上使用的金属燃油箱

塑料燃油箱 诞生得比较晚,是在1966-1967年,1969年轿车上开始使用,基于非金属材料特性,使塑料油箱具有设计造型自由度大、零件少可靠性高、稳定性好、重量轻及遇火只燃烧而不易发生强烈爆炸等诸多突出优点,尽管它也存在着低温抗冲击性差、耐火性差、受工艺方面的限制,容积不大,一般不超过120L等缺点,但为了最大限度地保证车身内部空间的充分利用,油箱需要设计成各种形状,充分利用车身底部空间,塑料油箱还是越来越多地应用在要求十分苛刻的乘用车上,并且有着将要完全取代金属油箱之势。



图3 乘用车上使用的塑料燃油箱

## 2 对燃油箱试验遇到问题的探讨

GB 18296-2001《汽车燃油箱安全性能要求和试验方法》中对燃油箱的密封性、安全阀开启压力、振动耐久性、耐压性能、低温耐冲击性、耐热性及耐火性能均作了相应的要求和规定,通过对国内诸多油箱厂的产品及进口中国的产品大量、严格的试验,笔者发现振动耐久性、耐火性能是两个主要易出问题的关键项目,在试验中笔者也发现了一些问题现就下面这两个试验项目的相关问题进行探讨:

### 2.1 燃油箱的振动耐久性试验

标准第4.3项要求燃油箱模拟装车形式固定在

振动试验台上 往燃油箱内加入额定容量一半的水，盖上燃油箱盖，密封好所有进、出口，按表 1 的规定进行试验。试验后不允许燃油箱有泄漏。

表 1

振动加速度 (m/s <sup>2</sup> )	振动频率 (Hz)	振动时间 (h)			装水量
		上下	左右	前后	
30	30	4	2	2	额定容量的 1/2



图 4. 金属燃油箱的振动试验

大量的试验中我们发现振动耐久性试验中出现问题的全部是金属油箱，到目前为止还没有出现塑料油箱在振动试验中损坏的现象。一部分燃油箱的损坏原因是存在着工艺缺陷，举两个典型的例子：

a. 底部放油塞凸台处冲压模棱角过尖 (图 5 a)，易产生疲劳裂纹，修整冲压模具，圆角过渡即可得到改善，如图 5 b 所示。凸台处棱角过尖在振动试验中出现裂纹。

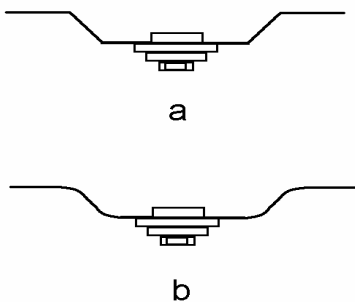


图 5 油箱底壳放油塞凸台处的工艺改进

b. 箱体中间隔板与外壳的焊接质量不好，振动试验中焊缝处撕裂 (图 6)。这就需要提高焊缝的质量，避免过烧和虚焊。

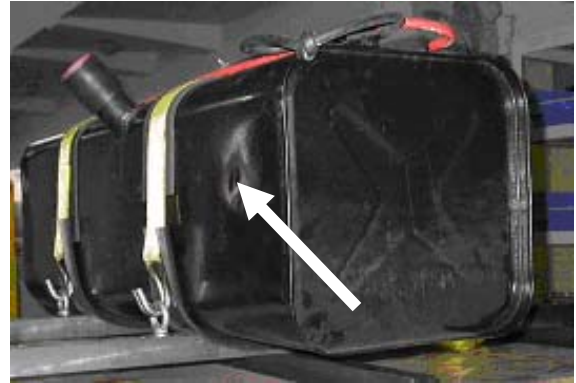


图 6 因油箱外壳与隔板焊接质量不好振漏

上述两种情况问题通过改进工艺是可以解决的，但也有的是结构设计上的问题，如图 7 a 所示，可以看出 P 处在振动试验中振幅较大容易破坏，如能改变成图 7 b 就可大大提高燃油箱底壳的刚度，提高油箱的耐振动寿命。

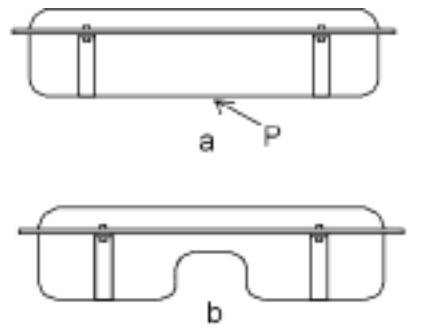


图 7 结构设计上的改进

但是有些情况通过工艺及结构设计的局部改动仍就很难通过振动试验。我们对试验现象的观察发现，金属油箱对振动的频率比较敏感，而塑料油箱则不敏感。在试验过程中在 15 Hz ~ 25 Hz 的频率范围内大多数金属油箱均出现不同程度的共振现象，也就是说 30 Hz 的振动试验频率恰好落在工程理论计算中常取的  $0.75 < \dots < 1.75$  的共振区内，试验中油箱钢板较薄的油箱其共振较为强烈。

对 A 试件进行了试验，将传感器分别布置到不同的位置 (见图 8) 在不同激励即不同激振力的作用下逐渐增加频率而得到下面一组数据，请看图 9。



图8 A 试件上布置加速度传感器的3个位置点

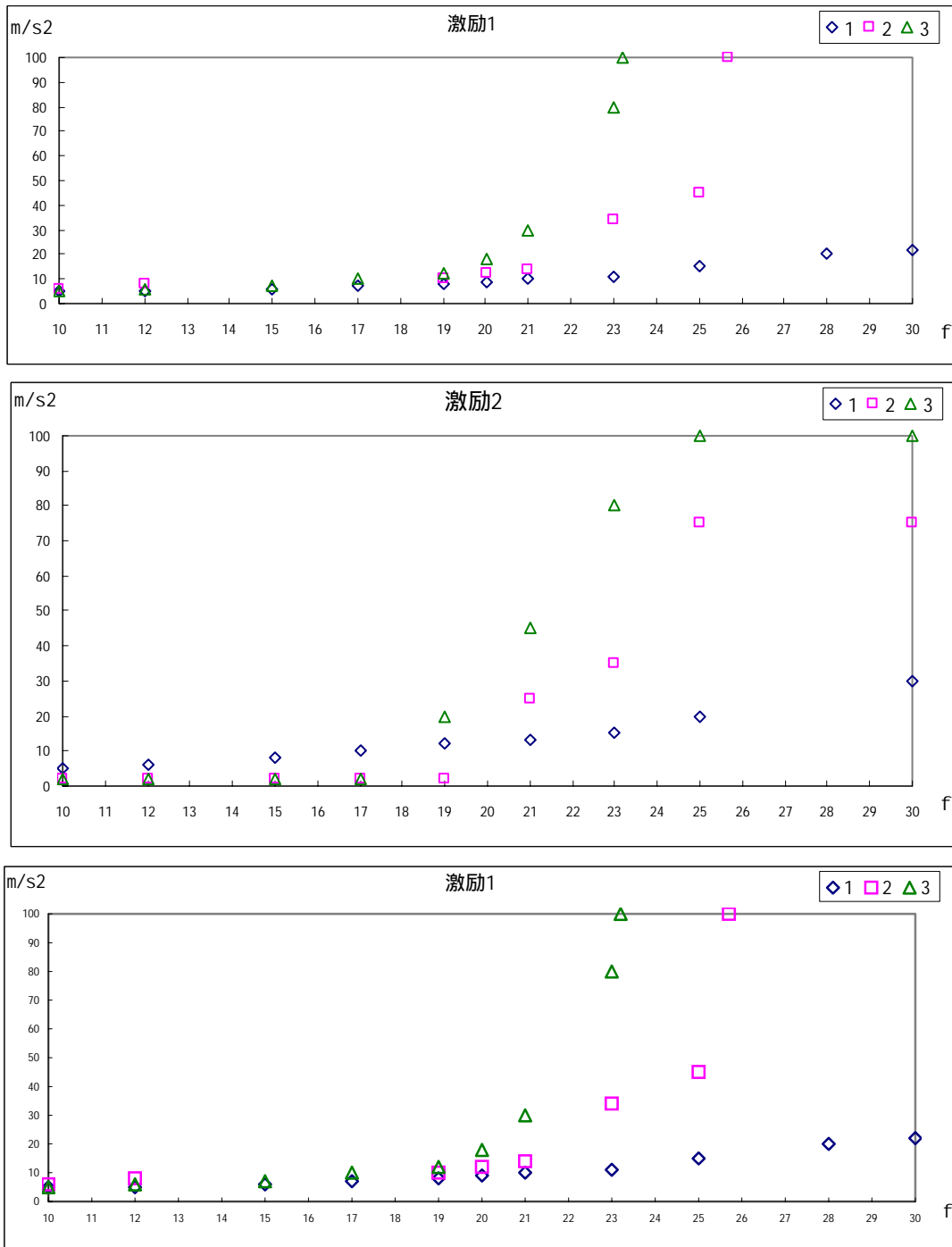


图9 不同激励下3个测量点的加速度值曲线

从数据中我们看出对于同一试件不同的激励其响应差异可能也会非常大，油箱某些局部可能会因强烈共振产生很大的动负荷造成试件很快失效。我们在大量的试验中，按图 10 所示 4 个反应强弱不同的位置，分别测量了上下振动时大小不同的的长方形金属油箱的加速度值，将数据列入表 2。可以看出：

- (1) 大油箱各点的值比小油箱大。
- (2) 1 点及 4 点的值较大，试验中油箱绝大部分裂纹也是出现在此两点处。

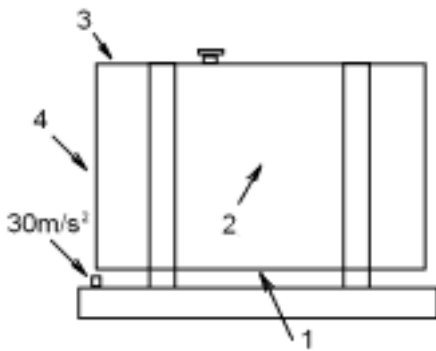


图 10 试件 4 个加速度测量点的位置

表 2

试件	容积 (L)	测点 1 (m/s <sup>2</sup> )	测点 2 (m/s <sup>2</sup> )	测点 3 (m/s <sup>2</sup> )	测点 4 (m/s <sup>2</sup> )
B	65	60	18	40	44
C	200	180	160	44	100
D	390	300	120	40	165

从快速强化疲劳寿命的理论角度来讲，通过对上述现象的分析，可以说很大的不确定度将会使试验结果无法与实际工况下油箱的疲劳寿命建立起关系。图 11 是多数油箱在试验中失效的情况，可见尽管厂家已在这两个部位采用了一些加强刚度的结构，但仍就是油箱的薄弱处。



图 11 多数情况裂纹出现的位置

那么目前国外在油箱试验方面的试验及标准是怎样的呢？在丰田公司提供的中国与全球三个具有代表性的试验标准及要求的对比表中，我们发现只

有我国国家标准对燃油箱有振动试验要求，而欧美日没有此项要求。

回想早些时候欧美的产品进入中国市场，在接受油箱检测时，也没有发现有什么问题，但是，当后来日系油箱进入国内市场时，便出现了其金属油箱很难通过国标对振动的要求的现象。日方专家讲述了他们对油箱的抗疲劳寿命的考核方法是通过在中国采集典型的坏路路谱，然后由台架上复现，要求油箱的设计寿命设计是在坏路谱下达到 50 万公里，他们认为我国现行标准的试验方法中，振动频率达到 30 Hz 时，油箱部分点的加速度会超过实际工作情况下动负荷的很多倍，有的可达 6 倍以上，过于严格。

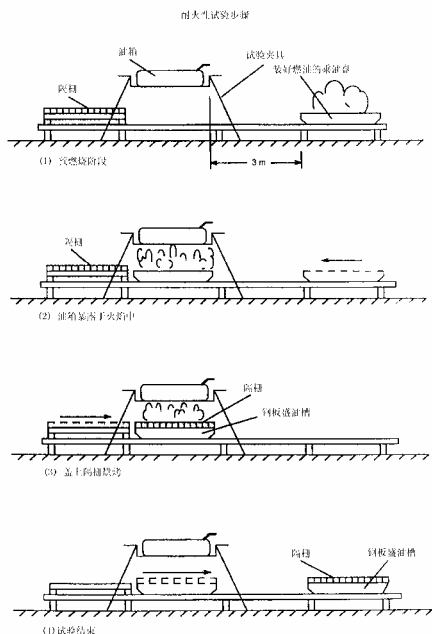
我们认为，针对国内生产的油箱，在国标严格的要求下确实发现了有些企业的产品确实存在着设计及工艺上的缺陷，通过企业针对所出现问题的改进，使汽车安全性能得以提高。

## 2.2 塑料油箱的耐火性试验

我国标准第 4.8 项是依据 ECE 标准 1979 版规定的，其中详细地叙述了塑料油箱的耐火性试验方法及要求，现简述如下：将燃油箱按实际装车形式固定在试验装置上，车辆上配置有影响火路蔓延的部件也应安装。在燃油箱中加入 1/2 额定容量的相同燃油。试验时燃油箱所有开口应封闭，通气装置处于正常工作状态。油箱底部距盛液器油面的距离与空载时油箱实际离路面高度相同，不受风的影响，试验分四个阶段进行，见图 12。其中对隔栅的要求是厚度为 70 mm，上开 15 mm × 30 mm 长方形孔，过火面积为 60%。

- (1) 预燃烧阶段 将相同的汽油加入盛液器，在距离燃油箱 3 m 外燃烧 60 s。
- (2) 直接接触火焰阶段将燃油箱暴露在火焰中，使火焰接触燃油箱的底面及所有侧面，持续 60 s。
- (3) 间接接触火焰阶段 立即用隔栅盖住盛液器，并持续 60 s。
- (4) 试验结束 立即将燃烧着的盛液器及隔栅一起撤离到燃油箱 3 m 外。如果燃油箱仍在着火，应立即扑灭。

要求：试验过程中燃油箱不允许有泄漏现象。图 12 为的试验步骤的图解、图 13 为的燃烧装置及试验照片。



验照片。

图 12 燃烧试验步骤



图 13 燃烧试验装置及照片

由于塑料的熔点很低（只有 140 左右），在 400 ~ 600 的火焰下，油箱的泄漏只是时间长短问题，因此测试油箱是否达到标准，燃烧试验进行对于各项试验条件的严格控制尤为重要，要特别注意控制以下几点：

(1) 需安装一切影响火路蔓延的部件及模拟车身，这些部件可有效地阻挡并保护塑料油箱，特别是遮挡油箱的薄弱部位，使之免于直接暴露在火焰中，这对于延长塑料油箱在火焰中的泄漏时间十分有效。

(2) 在向油箱加油后一定要清除干净加油口周围的汽油，油箱的加油管处也是塑料油箱较为薄弱的部位，剩余在油箱外壁的汽油在火焰中会有助燃作用，使得加油管处因局部温度过高很快地异常烧漏，从而导致整个油箱过早地泄漏失效。

(3) 做好防风也是十分重要的，因为风会将火焰吹向一侧，导致油箱不确定性的局部燃烧加剧而提前不正常失效。

在 2000 年 ECE 又对隔栅过火的面积及开孔形状上做了修订，将过火面积改为 44%，孔的形状也由长方形改为 R15 mm 的圆孔。

### 3 结论和建议

#### 3.1 关于环保与节约的理念

从日系产品对国标振动试验项的水土不服现象不难看出我国与欧美日在此项目上存在着不同的考核方式，而由于日系车更加侧重经济与环保，在满足要求的情况下尽可能地节省材料，减轻重量，提高经济性。面对我国能源十分短缺，环境治理形式严峻的局面，这一理念非常值得我们借鉴。

建议：如果以台架复现典型路谱的试验方式与实际路试相比能够更加快捷、经济、合理地评价油箱的实际抗疲劳性能，我们应该避免国内现行使用的不确定因素较多的振动试验方法对产品的成本所带来的一些无谓的增加，在安全系数与经济环保中寻求一个最佳点。

#### 3.2 塑料油箱的耐火性试验

既然我国标准第 4.8 项规定了塑料油箱的耐火性试验，是根据 ECE 标准 1979 版制定的，其试验方法及设施均有详细的规定，而在 2000 年 ECE 已在隔栅过火的面积及开孔形状上做了修订，考虑到塑料油箱的燃烧试验各项条件对试验的结果影响很大，那么我们是否也需要与 ECE 一起更新，以保证试验结果的一致性。

建议：及时更新并采用与国际同步的试验方法及评价指标。

参考文献：

- 1) GB18296-2001 《汽车燃油箱安全性能要求和试验方法》
- 2) ECE R34 UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF VEHICLES WITH REGARD TO THE PREVENTION OF FIRE RISKS
- 3) 关于汽车燃油箱安全性能试验研讨会中丰田公司关于燃油箱试验介绍

（收稿日期：2005-09-09）