

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.07.020

# 一类乘用车行驶工况下的气密性自动检测系统

程志伟<sup>1</sup>, 徐文<sup>2</sup>

(1. 广州汽车集团股份有限公司, 广东 广州 511434;

2. 武汉东测科技有限责任公司, 湖北 武汉 430056)

**摘要:** 针对汽车在道路高速行驶工况下车门或玻璃密封条部位漏风仍较严重的问题, 指出了相对于静态工况下的气密性指标—动态气密性, 将是一个更重要的考核指标, 提出了设计和加工动态气密性测试设备的构想, 基于数据采集器建立起了乘用车在行驶工况下的气密性试验设备自动检测系统, 从系统的组成、测量点的布置、软件设置和数据采集方法以及根据测量得到的车内外气压差、流量、温度等参数, 综合使用 LabVIEW 和 Matlab 软件快速绘制图形和计算整车等效泄漏面积及误差分析等几个方面进行了详细的说明。研究表明, 该系统为乘用车实际行驶工况下动态气密性特性的自动测量提供了一种简单易用的解决办法, 既有理论依据, 也有实践检验。

**关键词:** 等效泄漏面积; 动态气密性检测装置; 自动数据采集系统

中图分类号: TH39; U463

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2014)07-0912-04

## An air-tightness automatic measurement system when vehicle is running

CHENG Zhi-wei<sup>1</sup>, XU Wen<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Automotive Group Co., Ltd., Guangzhou 511434, China;

2. Dongfeng EME Co., Ltd., Wuhan 430056, China)

**Abstract:** Aiming at some still serious leak problem about weatherstrip of door and window when vehicle is running at high speed on actual road, a viewpoint was proposed that dynamic air leakage performance will be more important target to be controlled than static air leakage performance. So air-tightness test device was designed and manufactured, which was contained automatic processing system based on data acquisition during running, also including sensors, measuring points, software application and data acquisition; overpressure value of the passenger compartment related to the outer environment, air flow rate across the vehicle boundary temperature parameter etc, whose function was provided with generating figure and calculation of equivalent leakage cross sectional area about full vehicle body with software package by use of LabVIEW and Matlab comprehensively. The results indicate that the simple and effective method of dynamic air-tightness can be applied as a measurement tool with both theory and practice when vehicle is running.

**Key words:** equivalent leakage cross sectional area; dynamic air-tightness test device; automatic data acquisition system.

## 0 引言

现代汽车非常关注高速行驶乘坐舒适性, 乘用车的噪声振动性能又是舒适性的重要评价指标; 而高速行驶工况下车内风噪跟车身的动态密封性能紧密相关, 为了改善道路行驶风噪水平, 最基本的前提工作是

检测、分析和改进车身的动态气密性。

而乘用车车身密封技术开发中熟知的车身密封性能试验手段有防尘试验和淋雨试验, 但这两种测试方式分别是用于评价车身对固体和液体的密封性能的, 且是一般的定性判断或描述<sup>[1]</sup>, 未能给出定量的刻画。近几年来公开报道的国内自主乘用车公司应用较

多的是汽车静态气密性检测装置,可以检测和计算得出汽车在静止状态下的车身等效泄漏面积<sup>[2]</sup>。但是乘用车的使用工况绝大多数情况下都是在行驶过程中,所以车辆的动态气密性就显得尤为重要,而且静态气密性解决好了不一定意味着动态气密性就解决好了,如果动态气密性解决不好,如门洞密封胶条和车门结合部等处在高速行驶过程中因动态载荷而存在较大缝隙<sup>[3]</sup>,高速气流将在气流中存在强烈交换作用,那么车内风噪将会很大<sup>[4]</sup>,直接影响车辆的舒适性方面的商品性能。

在汽车行驶过程中,车内的气流与车外的气流要发生交换或流动;如果车窗玻璃全部关闭,那么气流将在因焊装或涂装工艺处理控制中留下的车身钣金接缝或密封条之间的孔隙中快速流动<sup>[5]</sup>,很明显,孔隙较多或较大的车即所谓车身等效孔隙泄漏面积大的车,气体流动在车速很高时会产生强烈风噪。

为了检测在车辆行驶过程中的车身动态气密性能,帮助车身产品设计工程师诊断和评价动态行驶工况下的车身泄漏的具体位置及计算出等效泄漏面积、最终有效地控制车身动态密封质量,给出工程化的可行性解决方案,本研究开发该测试装置及软件系统。

## 1 设备组合和测点布置

### 1.1 设备组合

为了检测乘用车高速行驶工况下的气密性水平,本研究通过空气温度传感器、空气湿度传感器、大气压传感器、空气流量计、车内外压差传感器、车速计及连接软管等,测量从车外环境进入和从车内流出的空气流量。上述所有数据都是实时测量,由数据采集器进行整合并显示在计算机软件界面,并进行实时计算和处理。

乘用车车身动态气密性测量装置所有设备都安装在车内。通常数据采集和处理器放在后排座位,试验由两人操作(一人开车,一人操作设备)。

测试硬件系统结构如图1所示。

### 1.2 测点布置

在试验准备工作中,笔者先降下一个后车窗的玻璃,用带空气连接管的有弹性的薄铝合金板固定在车窗导槽密封件过盈配合,并对铝合金板的四周用胶带作密封处理。空气连接管另一头连接车内流量传感器。再用一根测压软管经铝

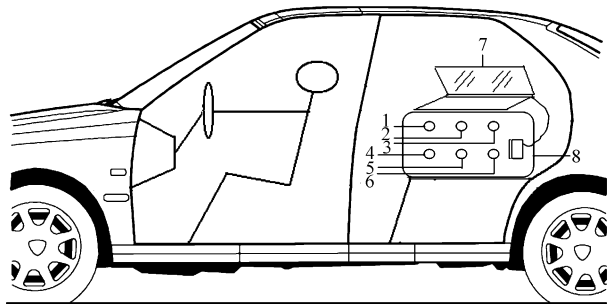


图1 动态气密性检测硬件装置组成

1—通讯控制接口;2—车速传感器;3—流量传感器;  
4—压差传感器;5—大气压传感器;6—温度传感器;7—  
便携计算机(含动态采集软件);8—数据采集器

合金板预留的小孔(小孔四周边缘须涂上密封胶)接入车内,测压软管外接压差传感器。与静态气密性测试相比,需增加车速传感器,可在驱动轴旁边固定一个激光测速仪,然后通过BNC线连接在数据采集器上;而大气压传感器和温度传感器则都布置在车内。

## 2 数据采集和计算分析

### 2.1 数据采集系统组成

数据采集系统由便携计算机、数据采集器及通讯控制接口和传感器组成。其中,便携式计算机用于数据采集、控制、存储及数据后处理;传感器则将需要测量的物理量转换成电信号,使采集系统可以确定测量值。数据采集器将传感器测量信号通过数字通讯传到计算机,使采集模块与计算机正常通讯,采集软件实时动态显示测量曲线。

由于LabVIEW软件<sup>[6]</sup>在数据采集、通讯协议和仪器控制方面有明显优势故采用该软件,LabVIEW软件编制的模块寻址如图2所示。软件基本设定有:ADAM模块寻址、参数定义、参数标定、数据存储,进入后系统会自动寻找ADAM模块,完成后点击“保存”即可<sup>[7]</sup>。



图2 LabVIEW软件编制的模块寻址

然后定义输入和输出通道的参数,输入通道包含模块名称、参数名称、测量值单位、输入信号方式、显示值对应关系(MIN 值与 MAX 值),小数位数(精度)及输入通道。输出通道可以设置输出模块名称、参数名称、单位、输出方式、对应关系(MIN 值与 MAX 值)、初始值、偏值系数、PID 控制对象及输出通道定义。例如当研究人员要控制  $\pm 100$  气压时,将对应关系改为  $-100 \sim 100$ ,PID 控制参数改为“压差 1”;如要控制  $\pm 1000$  压力时,将对应关系改为  $-1000 \sim 1000$ ,PID 控制参数改为“压差”。

此外,研究人员还可以对测量通道进行显示的非线性修正来进行标定。用一个标准信号给到模块 5~6 个数据,与显示值进行比较,如果偏差为非线性的,点击“拟合”,系统自动生成拟合系数,再保存到系统中。

该测试方案能够检测汽车高速行驶工况下的车身密封性能,采集车速、流量、压差信号并且将气温和大气压信号等全部集成为一体,同时在通讯接口和软件后处理上实现即时数据处理和分析。

## 2.2 数据实时计算和分析

在检测车身气密性的工程实践中,静态和动态气密性结果对比如图 3 所示。

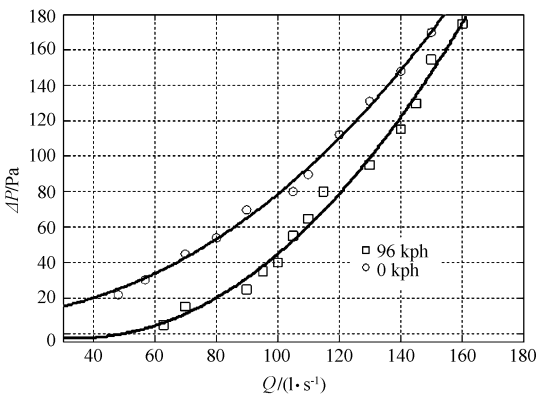


图 3 静态和动态气密性结果对比

相同车内外气压差条件下,静态工况下比动态工况下的流量小;那么按式(1)计算车身等效泄漏面积<sup>[8]</sup>。几款乘用车静态和动态气密性结果如表 1 所示。动态工况下的车身等效泄漏面积也比静态工况大。在气密性测试的开发应用中,若乘用车在静止状态下,测得气密性达标;但在高速行驶过程中,如检查到车身密封胶条与 B 柱钣金贴合不好,运行状态存在较大缝隙,主观也感受到此处漏风严重、车内风噪明显。所以,除了首先要控制好静态气密性,还要严格控制好动态气密性;只有这样,才使高速行驶工况下的车

内风噪达标。

$$A_e = \frac{Q}{\mu \sqrt{2\Delta P/D}}, D = \frac{PD_s/T}{P_s/T_s} \quad (1)$$

式中: $A_e$ —等效泄漏面积; $Q$ —进气流量; $D$ —试验当前状态下的空气密度; $P_s, T_s, D_s$ —标准状况下的大气压、温度和空气密度值; $P, T, \Delta P, \mu$ —试验当前状态下的大气压、温度、车内外气压差和流量系数。

由于车身钣金、密封胶条等结合部位的小孔或缝隙形状不规则且面积大小不等, $\mu$  值可结合标定试验和理论计算确定<sup>[9]</sup>。

表 1 几款乘用车静态和动态气密性结果

试验乘用车	等效泄漏面积/cm <sup>2</sup>		
	车 1	车 2	车 3
静态气密性	46.7	76.6	104.5
动态气密性	72.2	98.3	135.8

而且引入自化控制功能之后,这种动态气密性装置在数据采集功能上可获得不同车速、不同环境等工况下以及车身各部位密封改善状态下的压差,同时,也可以按式(1)来计算和表征车身的动态气密性。然后本研究根据实时采集到的离散试验数据自动绘制出拟合曲线,数据采集和软件处理界面如图 4 所示。研究人员还可获得拟合多项式,用拟合计算所得的多项式系数可以量化表征和对比分析试验车的气密性特性,指明了改进乘用车的动态气密性的方向和途径,非常有利于提高乘用车高速行驶工况下的驾乘舒适性品质。

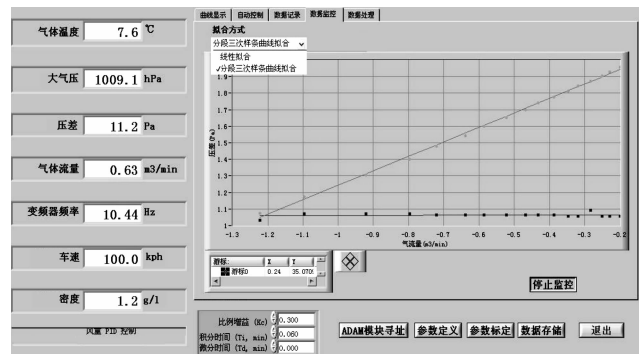


图 4 数据采集和软件处理界面

另外,笔者还在计算方法上作了符合工程实际的探索,根据应用实践和精度控制需求,借助于 LabVIEW 的数采界面控制和 Matlab 数值计算程序进行混合编程<sup>[10]</sup>,又因三次样条插值函数计算精度高、稳定性好,可采用这种算法得出分段代数多项式、曲线拟合和进行误差分析,计算流量( $Q$ )—压差( $\Delta P$ )之间关系的样条插值函数及其系数。试验设备采集和计算流程框图如图 5 所示。

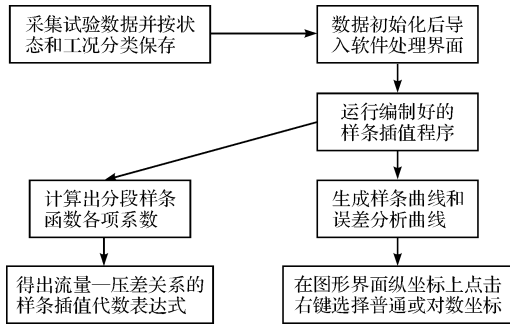


图5 数据采集和计算程序框图

软件后处理界面如图6所示。

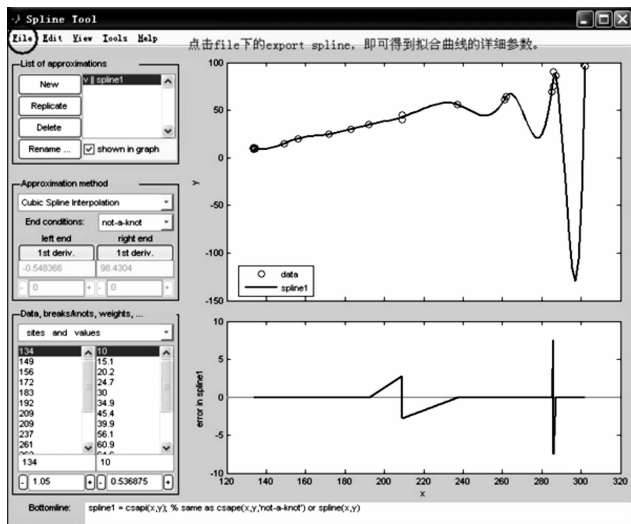


图6 样条差值软件处理界面

### 3 结束语

本研究开发的动态气密性测量装置不但可以完成过去静态气密性测量工作,还可更进一步考核车辆高速行驶过程中的车身动态气密性。该套测量系统已成功使用于多个乘用车项目的气密性能开发工作中。实践证明,虽然乘用车在静载工况下的气密性满足了目标要求,但高速行驶过程中车门、车窗、发动机舱盖、行李箱盖等开闭件在动载工况下仍有较明显的泄漏问题,影响高速行驶风噪品质。在对比了同级别乘用车后,本研究发现了车身动态气密性的差异,由此开发出

了这套高度集成式的动态气密性测量系统;实测表明:该装置非常适合于快速、准确地分析和解决动态工况下的车身密封性能问题。

动态气密性装置相对于静态气密性装置,除了功能性的进一步拓展之外,还做到了小型化和轻量化,全套测试设备放在车内即可开展工作;而静态气密性装置占地空间较大,其他风机和变频器等设备只能放在车外。

### 参考文献(References):

- [1] 张洋,张静营.气密性检测技术在驾驶室内饰装配中的应用[J].汽车工艺与材料,2009(4):68-70.
- [2] 万之一.一种汽车车厢气密性检测装置:中国,200710093183.6[P].2007-12-19.
- [3] GUR Y, MORMAN K N, Sound Transmission Analysis of Vehicle Door Sealing System[C] //Proceeding of the 1999 SAE Noise & Vibration Conference. Traverse City: [s. n.], 1999:1187-1196.
- [4] CHAIGNE B S, MERMET A D M. Prediction of Sound Transmission Through Automotive Door Seal Systems[C] // Proceeding of the 2008 Acoustic 08 Paris Conference. Paris: [s. n.], 2008:3817-3822.
- [5] 程志伟,叶志刚.乘用车气密性和风噪的关系及车身设计的密封改进[J].汽车科技,2011(2):52-54.
- [6] National Instruments Coporation. LabVIEW user manual. PartNumber 320999C-01[Z]. N I,2000.
- [7] 郭亮,王吟.一种结合LabVIEW的双层永磁直线电机测试系统[J].机电工程,2013,30(1):73-76.
- [8] JONES M R, STAPLEFORD W R, FLETCHER D W. A Study of Passenger Car Body Sealing and Interior Airflow Performance Characteristic [C] //SAE/IMEchEVTMS 3 Conference, Indianapolis:[s. n.],1997.
- [9] 李玉柱,贺五洲.工程流体力学[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [10] 裴锋,杨万生. LabVIEW 与 Matlab 混合编程[J]. 电子技术应用,2004(3):4-6.

[编辑:程浩]

### 本文引用格式:

程志伟,徐文.一类乘用车行驶工况下的气密性自动检测系统[J].机电工程,2014,31(7):912-915.

CHENG Zhi-wei, XU Wen. An air-tightness automatic measurement system when vehicle is running[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(7):912-915.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>