

文章编号:1006-1355(2009)06-0161-04

# 汽车排气消声器传递损失试验方法的研究

马家义<sup>1</sup>, 袁兆成<sup>1</sup>, 于莹潇<sup>2</sup>, 刘滨春<sup>2</sup>

(1. 吉林大学 汽车动态模拟国家重点实验室, 长春 130022; 2. 空军航空大学, 长春 130022)

**摘要:** 传递损失试验是评价车用消声器消声性能的一种重要方法,但在试验中应注意声源的稳定性、声波的反射等问题。总结插入损失和传递损失的一些区别,指出应用传递损失测试消声性能的优点,结合大量的试验研究结果和经验,提出了在消声器传递损失测试中避免声波反射的一种新的测试方法,并着重讨论了消声器入口不同声学边界情况下传递损失的变化情况。

**关键词:** 声学;消声器;传递损失;声波反射;噪声

**中图分类号:** TK413.4<sup>+</sup>7; TK417<sup>+</sup>.125 **文献标识码:** A **DOI 编码:** 10.3969/j.issn.1006-1355.2009.06.161

## Study on Test Method of Transmission Loss of Vehicle Muffler

MA Jia-yi<sup>1</sup>, YUAN Zhao-cheng<sup>1</sup>, YU Ying-xiao<sup>2</sup>, LIU Bin-chun<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Automobile Dynamic Simulation, Jilin University, Changchun 130022, China;

2. Aviation University of Air Force, Changchun 130022, China)

**Abstract:** The transmission loss is one of the important characteristics to appraise the muffler performance. But in the experiment, it should be paid attention to the acoustic source stability and sound wave reflection questions. In this article summarized some differences which the insertion losses and transmission losses, Simultaneously pointed out the merits of application transmission loss test noise elimination performance, And for avoided the sound reflection proposed one new transmission loss test way. Discussed the transmission loss value change situation when the muffler be inputted different intensity sound pressure, which through the massive experiments.

**Key words:** acoustics; muffler; transmission loss; sound reflection; noise

发动机排气噪声是汽车噪声的主要噪声源之一,可通过排气消声器进行削减。近年来国内外关于汽车通过噪声限值能够大幅度降低,消声器技术的提高起到了重要作用<sup>[3]</sup>。消声器的设计分为理论设计和试验两个主要环节,试验验证在其中起决定性作用。评价车用消声器的传递损失法,值得进一步深入的研究<sup>[6]</sup>。

## 1 消声器静态台架试验方法特点

汽车用消声器性能测试分现场测试(动态测试)和实验室测试(静态测试)<sup>[1]</sup>,其中以基于国家

标准 GB/T4760-1995 搭建的实验室测试为主要常用研究方法。插入损失和传递损失有其各自的应用要求和特性。

### 1.1 插入损失

(1) 插入损失反映的是整个消声系统的消声性能(包括噪声源、管路系统、消声元器件等),测试的数值对试验系统具有很强的依赖性,可在要评价的发动机系统上完成动态试验,反映真实的情况;

(2) 由于是外布测点,对背景环境有一定要求(如声波辐射、反射等)。

### 1.2 传递损失:

(1) 传递损失是针对消声器本身消声性能的一种评价,反映了消声器本身的传递特性,而不受消声器联接管道系统的影响(入口声源、出口末端等);

收稿日期: 2009-06-02; 修改日期: 2009-07-08

基金项目: 国家 863 项目编号: 2006AA110102-3

作者简介: 马家义,男,博士生,从事动力机械与工程。

E-mail: yijiam@126.com

(2) 实车上发动机排气状况相对噪声测试系统恶劣,所以传递损失法更适合在无发动机的台架上做消声性能试验。

根据上面的讨论可以看出,当在无发动机的台架上做消声器性能试验时,传递损失试验相对可靠。

2 传递损失新测试方法

2.1 传递损失公式及应用要求

当消声器进出口无强反射,或者加吸声末端使反射的影响比较小,且入口和出口的横截面积相等时,可以得到改进传递损失计算公式<sup>[1]</sup>:

$$TL = L_{p1} - L_{p2} \tag{1}$$

$L_{p1}$ 为入射声压级(dB), $L_{p2}$ 为透射声压级(dB)。

一般在消声器入口和出口处测试的声波都是叠混的,传声器实际测得的声压是入射波和反射波的合成声波的声压。为了使测得的传递损失满足要求,对测试方法和试验台架都有很高的要求。在常用形式的台架上,通过理论指导和试验的经验进行调整,虽然比较麻烦,但还是可以在消声器进入和输出管上选择到合适的位置,使反射影响不影响试验的准确度。

2.2 新传递损失测试方法提出及说明

做如图 1 的试验台架布置,在管路末端安装吸声末端,就能尽量减少声波反射的影响,所以可以认为声压级  $P_1$  与消声器入口处的入射声压级是相等的,公式(1)的应用误差被尽量减少了。通过试验验证,可以认为这是一种比较合理的、简单的方法。

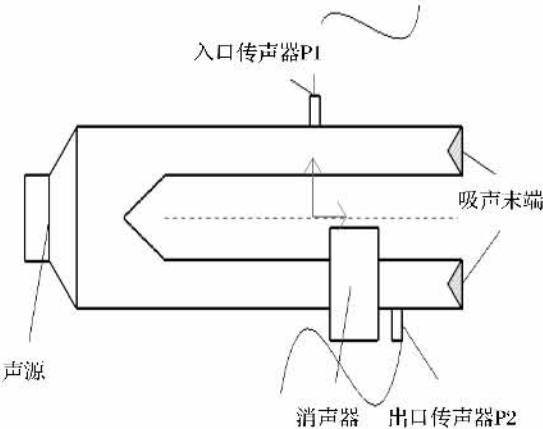


图 1 改进后的试验结构简图  
Fig. 1 Schematic diagram of improvement experiment of mechanism

3 变化声源的传递损失试验

3.1 传递损失 1/3 倍频程域分析

根据 GB/T4760 - 1995 要求搭建试验台架,并调节声源,使消声器入口声压由小到大变化,再进行传递损失测试。经过几组典型消声器的试验,可以总结一些试验规律。下面用其中两款抗性,两款以阻为主的阻抗混合消声器(简称阻性消声器)进行讨论。

图 2、4、6、8 中是消声器的入口输入不同强度的声压的频谱图。声压 1 > 声压 2 > 声压 3 > 声压 4 > 声压 5,在图 3、5、7、9 显示对应的传递损失曲线。图 3、图 5、图 7 曲线的整体趋势比较规整,随着在消声器入口的声压级升高,相对应的传递损失在 1/3 倍频程内随着升高。这是由于图 2、4、6 采用的消声器结构是以抗性为主的,系统线性度比较高。由图 8、9 看出:消声器的传递损失曲线随着消声器入口声压级的升高,变化较杂乱。这是由于该消声器是以阻性为主,且抗性结构复杂造成的,它的消声特性更加非线性。试验表明消声器的插入损失也是随着输入声压级在变化,并不固定在一个定值上。

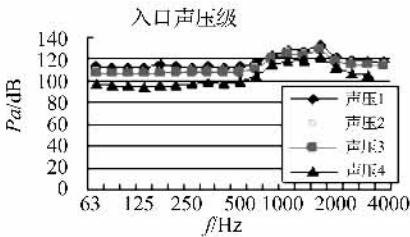


图 2 抗性消声器 1 入口声压级曲线  
Fig. 2 Entrance acoustic pressure level curve muffler1

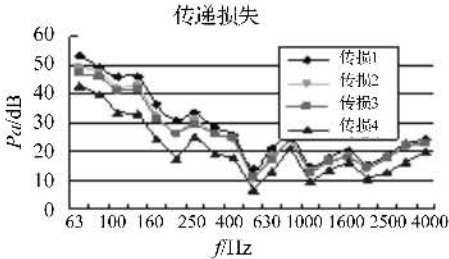


图 3 抗性消声器 1 传递损失曲线  
Fig. 3 Transmission loss curve of middle curve of anti of anti muffler1

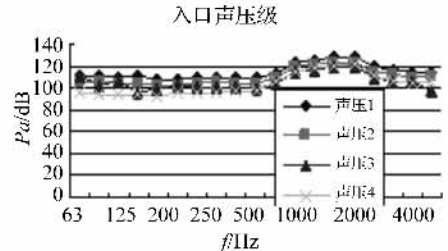


图 4 抗性消声器 2 入口声压级曲线图  
Fig. 4 Entrance acoustic pressure level curve of anti muffler2

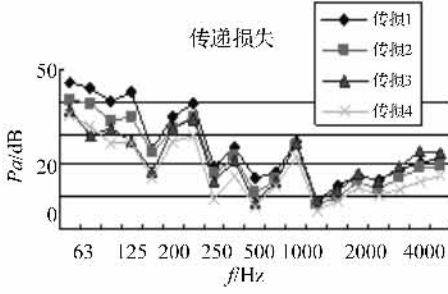


图 5 抗性消声器 2 传递损失曲线图  
Fig. 5 Transmission loss curve curve of anti muffler2

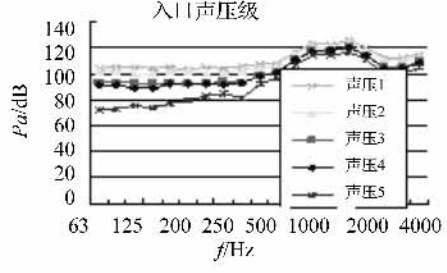


图 6 抗性消声器 3 入口声压级曲线  
Fig. 6 Entrance acoustic pressure level curve of anti muffler3

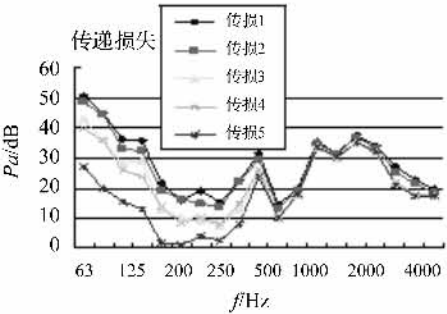


图 7 抗性消声器 3 传递损失曲线  
Fig. 7 Transmission loss curve of anti muffler3

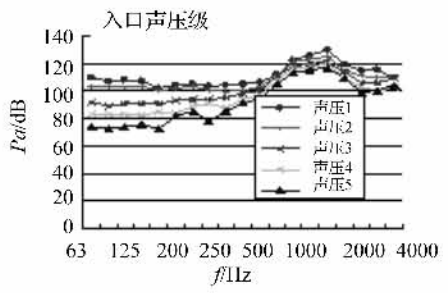


图 8 阻性消声器 1 入口声压级曲线  
Fig. 8 Entrance acoustic pressure level curve of resistive muffler1

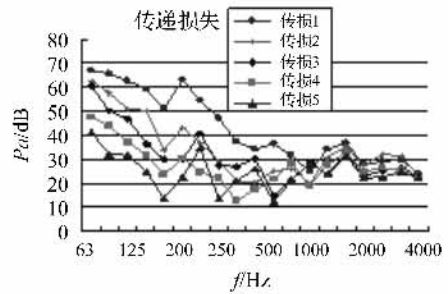


图 9 阻性消声器 1 传递损失曲线  
Fig. 9 Transmission loss curve curve of resistive muffler1

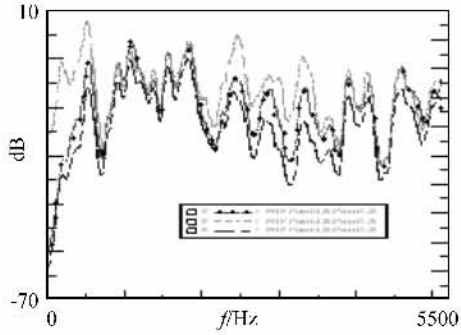


图 10 抗性消声器的频响函数曲线  
Fig. 10 The curve FRF of middle muffler of car1

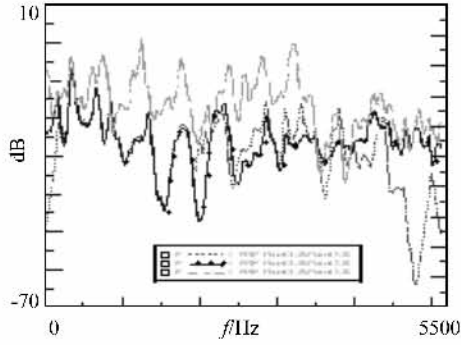


图 11 阻性消声器的频响函数曲线  
Fig. 11 The curve FRF of terminational muffler of car2

3.2 传递损失变化原因初步分析

设进、出口处的传声器测得信号为  $P_i(t)$  和  $P_o(t)$ , 经过变换得频响函数<sup>[1]</sup>:

$H_{oi}(f) = P_i(f)/P_o(f)$ , 取模的对数变换后得  $20\lg|1/H_{oi}(f)| = 20\lg|P_o(f)/P_i(f)|$ , 与理想化、近似忽略后传递损失的公式:  $L_{TL} = L_{pi} - L_{po} = 20\lg(P_i/P_o)$  具有一定的一致性, 是倒数关系。因此, 传递损失公式(1)应该反映出消声器消声性能的固有属性, 不随输入声压的变化而变化。但是频响函数是针对线性系统系统特性的反映, 图 10、图 11 试验测试的是一款抗性为主消声器和一款阻性为主的阻抗混合消声器的频响函数曲线, 随着激励系统的声压强度的不同, 频响函数幅值变化明显, 曲线走势变化交错, 并没有稳定在一条曲线上。表明该两款消声器构成的系统不是线性系统, 特别是阻性为主的消声系统的非线性较强。反映在传递损失上也是不稳定的。

由于传递损失随着入口输入声压级的变化而变化, 因此出示试验数据时, 应同时出示入口声压数据和传递损失数据。试验时通过可控声

源模拟发动机不同工况下排气噪声强度, 测出相应的传递损失值, 就可详细的评价消声器的消声性能。

3.3 输入声压级变化对传递损失 A 计权总值的影响

从表 1 的数据可以看出消声器的传递损失总体 A 声级随着输入声压级变化而变化, 最大最小之间相差约 4 到 5 dB, 如果入口声压级变化不大时, A 声级相差不超过 2 dB, 其具体原因可由总频域 A 计权公式<sup>[2]</sup>得出

$$La = 10\lg \sum_{i=1}^n (L_i + A_i)/10 \quad (\text{dB(A)}) \quad (2)$$

式中:  $L_i$  为倍频程或 1/3 倍频程声压级;  $A_i$  为与之对应的修正值。可简化成声压级公式形式:  $La = 10\lg x$ , 仍是对数函数。根据对数函数的本身属性, 当 X 轴方向上数值变化很大时, 在 Y 轴方向上变化的幅度却比较小的, 因此在 dB 值相差较小。但声功率上变化很大, 所以严格说消声器入口输入声压强度的变化, 无论是插入损失还是传递损失对 A 声级的影响应加以注意。

表 1 传递损失 A 计权值  
Tab.1 Weight A of Transmission loss

种类型号	声压值 1	声压值 2	计算方式 声压值 3	声压值 4	声压值 5
	传损 A 计权 (dB)	传损 A 计权 (dB)	传损 A 计权 (dB) 数值	传损 A 计权 (dB)	传损 A 计权 (dB)
抗性消声器 1	16.66	15.07	14.56	12.33	
抗性消声器 2	29.6	27.8	27.3	25.8	
抗性为主消声器 3	28.69	28.3	27.4	27.6	26.1
阻性为主消声器 1	31.01	28.2	26.9	26.3	25.5

4 结 语

消声器进出口处的声场都是混叠声场, 通过并联测试方式测量消声器传递损失可以避免声波反射的影响, 很好的实现传递损失法的测试。消声器入口声源强度发生变化时, 传递损失和插入损失值都会随着入口声压强度变化而变化, 特别是阻性为主结构复杂的复式消声器变化更大。在出示消声器传递损失值时, 应同时出示消声器入口的声压级值。由于传递损失法是针对消声器本身消声特性的评价, 比较不同的消声器消声性能时, 应尽量采用传递损失法, 并保证消声器试验时入射声压强度相同。

参考文献:

[1] 马大猷. 噪声与振动控制工程手册[M]. 北京:机械工业出版社, 2002: 41,502.  
[2] 盛美萍. 噪声和振动控制技术基础[M]. 北京:科学出版社, 2001. 8:177.  
[3] 袁兆成, 丁万隆. 排气消声器的边界元仿真设计方法[J]. 吉林大学(工学版)学报 2004. 3:357.  
[4] 马家义, 袁兆成. 消声器内部流场及其对消声性能影响[J]. 车用发动机, 2007. 5:33.  
[5] Z. Tao and A. F. Seyber A review of current techniques for measuring muffler transmission loss[G]. Noise & Vibration Conference and Exhibition. University of Kentucky Traverse City, Michigan, May 5 - 8, 2003:1 - 4.  
[6] Yuan Zhao-cheng, etc. Study on the simulation design method about exhaust muffler of vehicle[G]. 14th International Congresson Sound and Vibration 9 - 12 July, 2007:219.