

共振消声器孔颈弯曲角度对消声性能的影响

The Influences of Different Neck Bending Angles on the Acoustic Performance of Resonators

郭付洋

(合肥工业大学 机械与汽车工程学院)

摘要: 本文利用 GT-POWER 软件来分析孔颈弯曲角度对共振消声器消声性能的影响,对比分析不同孔颈弯曲角度共振消声器的插入损失和传递损失,结果显示,消声器孔颈弯曲角度的改变对共振消声器的消声性能影响不大。因此,在工程应用中,可以根据空间的需要,改变孔颈弯曲角度,既能满足安装使用的要求,又能达到合适的消声目的。

关键词: 共振消声器 孔颈弯曲角度 插入损失 传递损失

Abstract: The influences of different neck bending angles on the acoustic performance of resonators are investigated by the GT-Power in this paper. Insertion loss and transmission loss of resonators with different neck bending angles are comparatively analyzed. Results show that the acoustic performance of resonators is influenced slightly by neck bending angles' changing. Thus, neck bending angles can be changed to satisfy the mounting need and to minimize the noise according to the mounting room in the engineering application.

Keywords: Resonator、Neck Bending Angle、Insertion Loss、Transmission Loss

1 前言

共振消声器作为一种历史悠久的消声器,因其对某一频率的噪声有很好的消声效果,得到很好的应用。很多学者也对其进行了深入的研究。马大猷研究了共振消声器的参数及共振产生的机理^[1]。S. K. Tang分析了共振消声器孔颈截面面积轴向变化时共振消声器的消声特性^[2]。阮登芳研究了共振消声器腔体深宽比和截面宽高比变化对其共振频率的影响^[3]。张立等研究了插入软管的赫姆霍兹共振器吸声原理,研究发现插入软管可以有效降低吸声频率,明显改善赫姆霍兹共振器的吸声性能^[4]。随着汽车进气噪声得到关注,共振消声器在进气系统中得到了广泛应用,有效地降低了进气噪声。

有时,由于发动机舱内空间所限,共振消声器的孔颈形状要适当的改变,来满足安装要求。阮登芳在改变孔颈截面直径平方值与长度比值后,发现当连接管形状从短圆柱形变为长圆柱形时,共振频率变化很小^[3]。本文研究当保持孔颈长度不变,改变孔颈弯曲角度,即使孔颈由直管变为弯管后,共振消声器的插入损失和传递损失的变化情况。进气系统的噪声多为低频噪声,可能弯管弯曲角度的变化会引起管内介质振动时产生的摩擦阻尼与介质振动向外界空间辐射声波引起的辐射声阻发生改变,影响共振消声器的消声性能。基于此,本文利用GT-POWER软件,建立共振消声器的仿真模型,分析孔颈的弯曲角度的变化对共振消声器消声性能的影响。

2 共振消声器模型及结构参数

2.1 共振消声器模型^[6]

在GT-POWER软件中建立共振消声器的离散模型，如图1所示。在模型中，用BendPipe模版代表共振消声器孔颈部分，可以通过改变弯曲角度来模拟孔颈的不同弯曲角度。用tube-01和EndFlowCap模版组合代表共振消声器的共振腔。

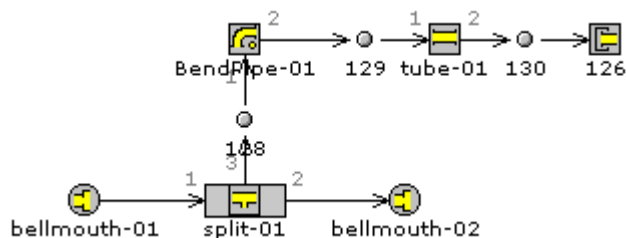


图 1 共振消声器模型

2.2 共振消声器结构参数

分析用共振消声器的结构参数如下：

共振腔体体积 $V=0.785 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ；

孔颈长度 $L=0.1\text{m}$ ；

孔颈内孔直径 $D=0.045\text{m}$ ；

孔径修正长度 $L_k=0.136\text{m}$ ；

根据共振消声器共振频率计算公式^[5]，计算得出共振频率 $f=210\text{Hz}$

3 共振消声器计算模型^[6]

3.1 共振消声器插入损失计算模型

建立共振消声器的插入损失计算模型，如图2所示。分别测量系统中安装有共振消声器与替代管时出口处的声压级，并用AcoustInsLoss模块计算其差值，获取共振消声器的插入损失。为消除反射波的影响，采用EndFlowAnechoic模块作为出口终端^[6]。

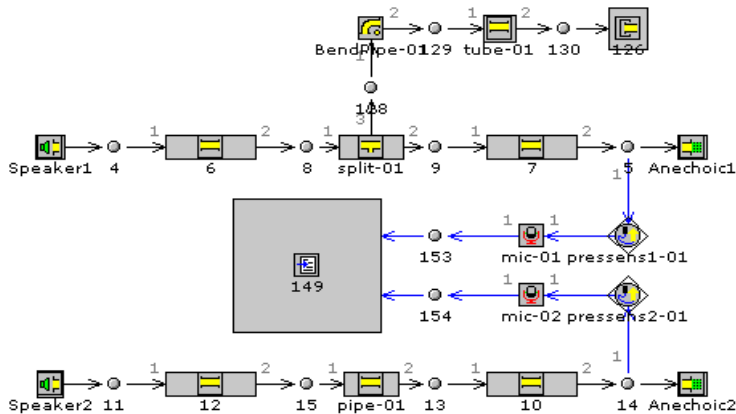


图 2 插入损失计算模型

设置插入损失计算模型各模块参数，具体见表1。其中，插入损失计算模块为默认模块。

表1 插入损失计算模型参数设置表

元件名称	属性	属性值	备注
声源 (Speaker)	Mean Velocity	0.01m/s	按照推荐值取 0.01m/s
	Velocity Amplitude	0.2m/s	速度波动幅值
	Temperature	294K	环境温度
	Maximum Frequency	1500Hz	最大频率
	Frequency Step	10Hz	声波频率增量
传声器 AcoustExtMicrophone	High Frequency Filter	24	推荐值
	Maximum Frequency	1500Hz	插入损失分析的最大频率
	Source Diameter	45mm	测量声源直径（消声器管口）
	X Position of Source	353.55mm	X 方向与消声器管口距离
	Y Position of Source	353.55mm	Y 方向与消声器管口距离
	Z Position of Source	0mm	与消声器管口在一个平面

3.2 共振消声器传递损失计算模型

建立共振消声器的传递损失计算模型，如图3所示。

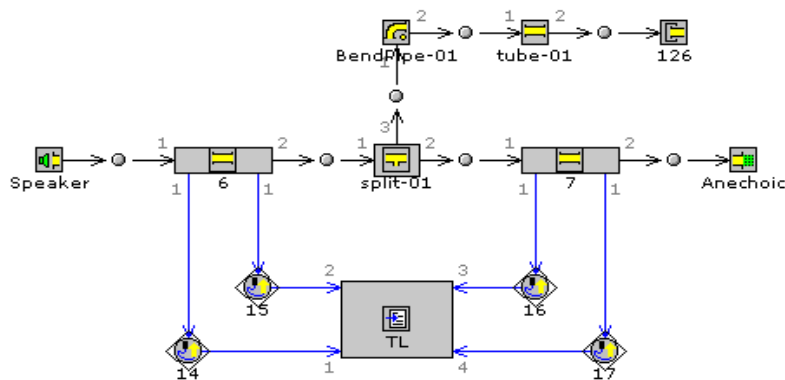


图3 传递损失计算模型

设置传递损失计算模型各模块参数，具体见表2。在本计算模型中，采用的声源与插入损失计算模型中的声源参数设置一致。在两个计算模型中，管道模块的离散长度均为10mm。

表2 传递损失模型参数设置表

元件名称	属性	属性值	备注
传递损失计算模块 AcoustTransLoss	High Frequency Filter	24	推荐值
	Maximum Frequency	1500Hz	传递损失分析的最大频率

4 分析方案设计

本文设计了5种分析方案，见图4所示。以共振消声器孔颈轴线与主管轴线垂直时为参考基准，

当两轴线垂直时，孔颈的弯曲角度为 0° 。改变孔颈的弯曲角度时，孔颈的长度保持不变。

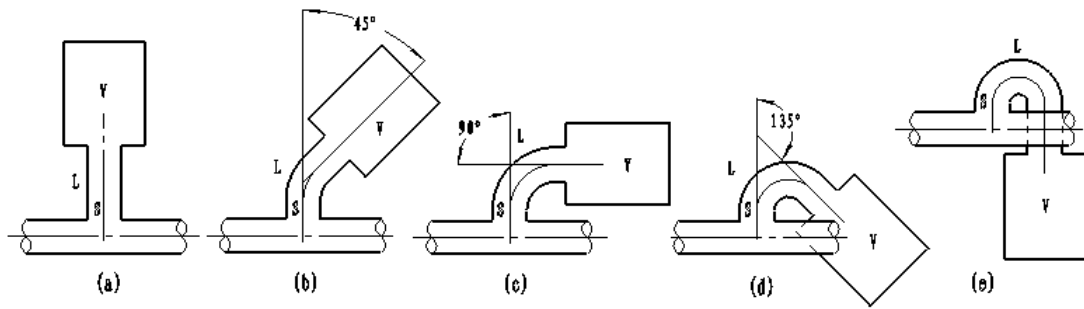


图 4 分析方案

5 模拟分析结果

共振消声器一般用来消除低频噪声^[7]，所以在研究分析消声器的插入损失与传递损失时，均以 0~500Hz 频段范围内的结果为研究对象。

5.1 插入损失计算结果

插入损失计算结果如图 5 所示。

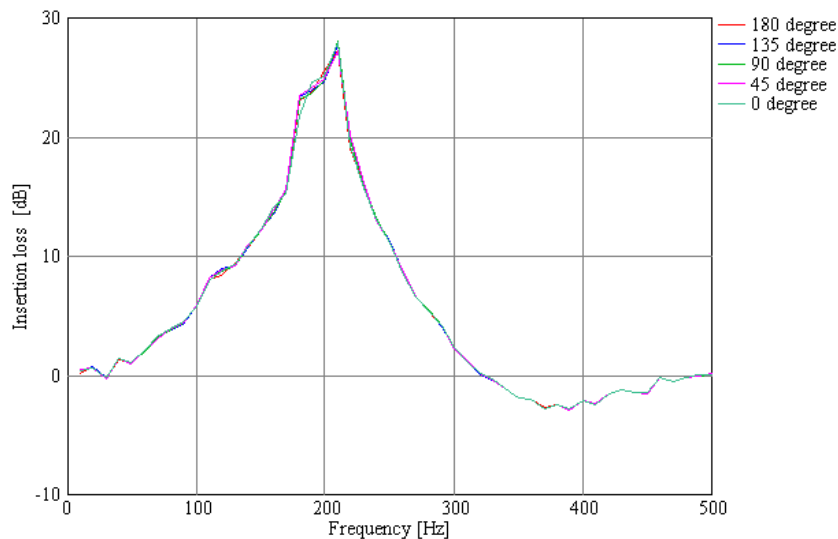


图 5 插入损失计算结果

表 3 插入损失结果表

	0 度弯管	45 度弯管	90 度弯管	135 度弯管	180 度弯管
$IL_{\max}$ (dB)	27.96	27.22	28.07	27.86	27.26
$IL_{\max} - IL_{0\max}$ (dB)	0	-0.74	0.11	-0.10	-0.70

从图 5 中可以看出，保持共振消声器孔颈长度不变，仅改变孔颈的弯曲角度，计算出的插入损失结果曲线在 0~500Hz 频率范围内整体变化不大。从表 3 中可以看出，0~500Hz 频率范围内，孔颈弯曲角度为 90 度时，消声器插入损失最大值比孔颈弯曲角度为 0 度时的插入损失最大值高出仅 0.11dB。而 45 度时的值比 0 度时的值低了 0.74dB。在五个方案中，插入损失的最大值与最小值相差 0.85dB。由于插入损失取决于声源和出口处的声学特性^[7]，声源与出口处的声学特性改变时，插入损

失会改变。当保持声源与出口处的声学特性不变,改变共振消声器的孔颈弯曲角度时,消声器的结构发生了变化,消声器的插入损失也发生了改变,但是变化不大。可以认为,共振消声器孔颈弯曲角度的变化对插入损失的影响很小。

5.2 传递损失计算结果

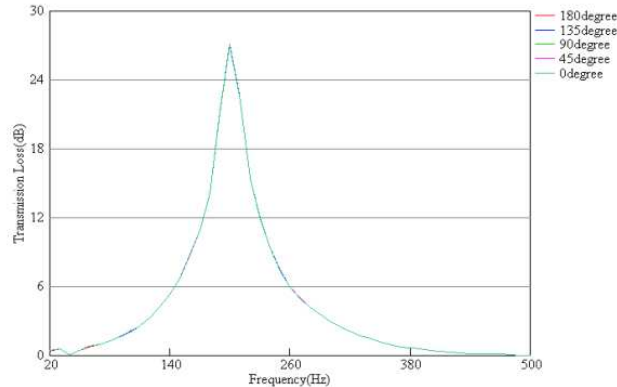


图 6 传递损失计算结果

表 4 传递损失结果表

	0 度弯管	45 度弯管	90 度弯管	135 度弯管	180 度弯管
TL_{max} (dB)	26.96	26.94	26.92	27.00	26.93
$TL_{max}-TL_{0max}$ (dB)	0	-0.02	-0.04	0.04	-0.03

从图 6 中可以看出,当改变共振消声器孔颈弯曲角度后,计算出的传递损失曲线在 0~500Hz 频率范围内整体变化也不大,各曲线吻合很好。从表 4 中可以看出,0~500Hz 频率范围内,孔颈弯曲角度为 135 度时,传递损失最大值比孔颈弯曲角度为 0 度时的传递损失最大值高出 0.04dB。而弯曲度为 90 度时,传递损失的最大值低了 0.04dB。在本文五个方案中,传递损失的最大值与最小值相差 0.08dB。而传递损失只取决于消声元件的结构、介质的阻抗率和截面面积^[7],当改变孔颈弯曲角度后,共振消声器的传递损失也发生了变化,但变化量较小。可以认为,共振消声器孔颈弯曲角度的变化对传递损失的影响也很小。

6 结论

在改变共振消声器孔颈弯曲角度,保持其他结构参数不变的情况下,对比分析了不同消声器的插入损失与传递损失的计算结果,可以看出,共振消声器插入损失和传递损失均发生了变化,但变化量很小,GT-Power 计算的共振频率与理论计算的一致。

本文在分析孔颈弯曲角度时,仅考虑了文中所列的 5 种情况,对于其他孔颈弯曲角度的消声器的消声性能,有待进一步分析。从目前分析结果来看,孔颈弯曲角度的改变对共振消声器的消声性能影响不大。

在工程应用中,可以根据空间的需要,改变孔颈的弯曲角度,这样既能满足安装使用的要求,又能达到合适的消声目的。

7 参考文献

- [1] 马大猷 亥姆霍兹共鸣器 声学技术 2002 年 21 卷 1-2 期
- [2] S.K.Tang On Helmholtz resonators with tapered necks Journal of Sound and Vibration 279 (2005) 1085 - 1096
- [3] 阮登芳 共振式进气消声器设计理论及其应用研究 万方数据库
- [4] 张立 插入软管的赫姆霍兹共振器吸声原理 机械设计与制造 2005 年 11 月第 11 期
- [5] 周新祥 编《噪声控制技术及其新进展》冶金工业出版社 2007.7
- [6] GT-POWER V6.1 User's Manual
- [7] 庞剑, 湛刚, 何华 编 《汽车噪声与振动-理论与应用》北京理工大学出版 2006.6