

高温气流对消声器传递损失的影响

The effect of the high temperature gas on the Transmission loss of the exhaust muffler

陈岳昌 石岩 朱立峰 谭淼 耿鹏飞 张慧芳 范永恒 吕世海

(长城汽车股份有限公司技术中心, 河北省汽车工程技术研究中心)

摘要: 本文主要利用 GT-POWER 软件分析了高温气流对消声器传递损失的影响, 通过对比分析找出温度和流速对消声器传递损失影响的一般规律, 为消声器内部结构优化提供指导。

关键词: 高温气流、排气、消声器、传递损失、GT-POWER

Abstract: the paper describe the effect of the high temperature gas on transmission loss of the exhaust muffler by the software GT-power. Then the result can be used for optimizing muffler.

Key words: the high temperature gas、exhaust、muffler、TL、GT-POWER

1、前言

消声器传递损失是评价其消声性能的重要指标, 是进行消声器内部结构优化的重要依据。目前可以通过仿真和试验两种手段获取消声器传递损失, 但往往不考虑气流温度和流速的影响。本文通过高温气流对两种典型消声器结构传递损失的影响分析, 得出气流温度和流速对不同消声器结构传递损失的影响存在很大差异, 如果不能获取正确的传递损失结果, 会对后续的消声器优化工作产生不利影响。

2、基于 GT-POWER 软件消声器传递损失的分析过程

在 GT-POWER 里有线性和非线性两种传递损失计算方法[1], 由于线性传递损失分析方法直接在频域里计算消声器的声学响应, 不方便考虑气体的温度和流速的影响, 所以本文选择非线性方法进行消声器的传递损失计算, 非线性传递损失计算方法在时域内进行分析, 考虑流速和温度的影响时只需要调整声源特性参数。利用非线性方法计算消声器的传递损失主要包括以下几个步骤:

利用前处理软件 GEM3D 对消声器建模, 并依据《GEM3D 网格离散原则》进行网格离散;

在 GT-POWER 软件里搭建传递损失分析模型, 并依据《消声器传递损失分析规范》设定控制参数进行求解;

利用后处理软件 GT-POST 查看计算结果, 并依据《消声器传递损失分析规范》对计算结果进行评价。整个过程如下图 1 所示。

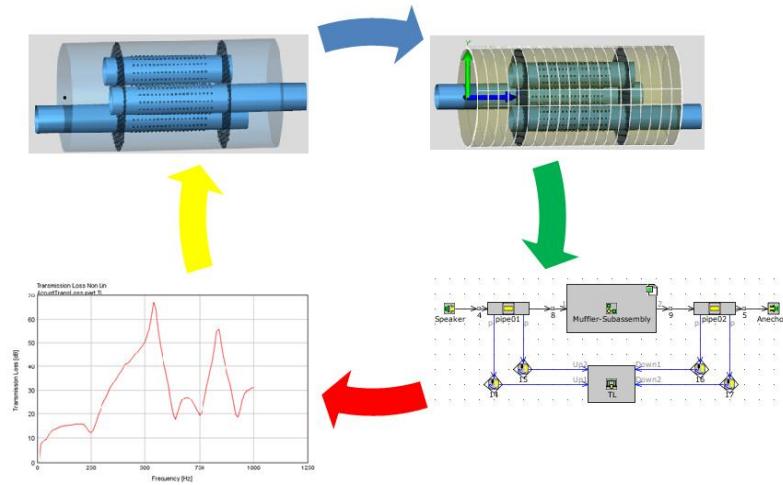


图 1 传递损失分析过程: 几何建模—网格离散—分析模型—结果评价

3、常温无流条件下两种典型消声器结构传递损失分析

3.1 两种典型消声器结构的选择

经过多款车型排气系统的开发，总结了数十种典型消声器结构，包括两腔结构、三腔结构和四腔结构等。通过对这些典型消声器结构的研究发现，消声器在常温无流与高温有流条件下的传递损失结果差异很大，而且不同结构对温度和流速的敏感程度不一样。本文从《典型消声器数据库》中选择两种具有代表性的消声器结构作为研究对象，通过在不同条件下的传递损失结果对比，阐述不同温度和流速对传递损失的影响程度。两种典型消声器的具体结构见下图。

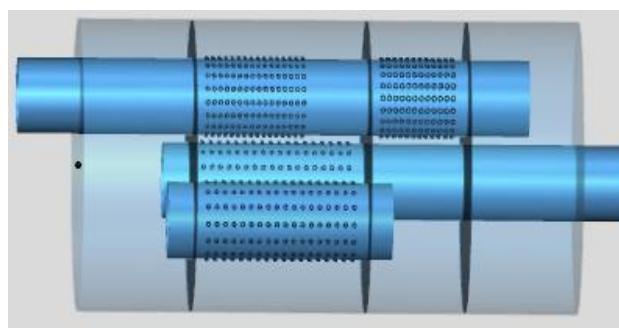


图 2 (a)方案一：三管迷路加共振腔消声器

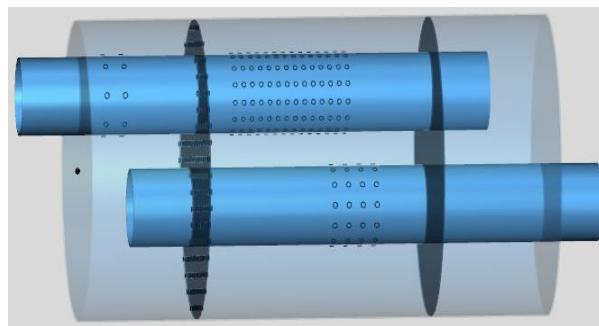


图 2 (b)方案二：三腔两管隔板穿孔消声器

3.2 常温无流条件下的传递损失计算

利用 GT-POWER 计算消声器传递损失的具体过程已经在第二部分进行了阐述，这里就不再进行

过多说明。这里只提一点，计算无流条件下传递损失分析时，声源的流速不能设为 0m/s，需要设置一定的速度，具体的参数设定见下图 3：

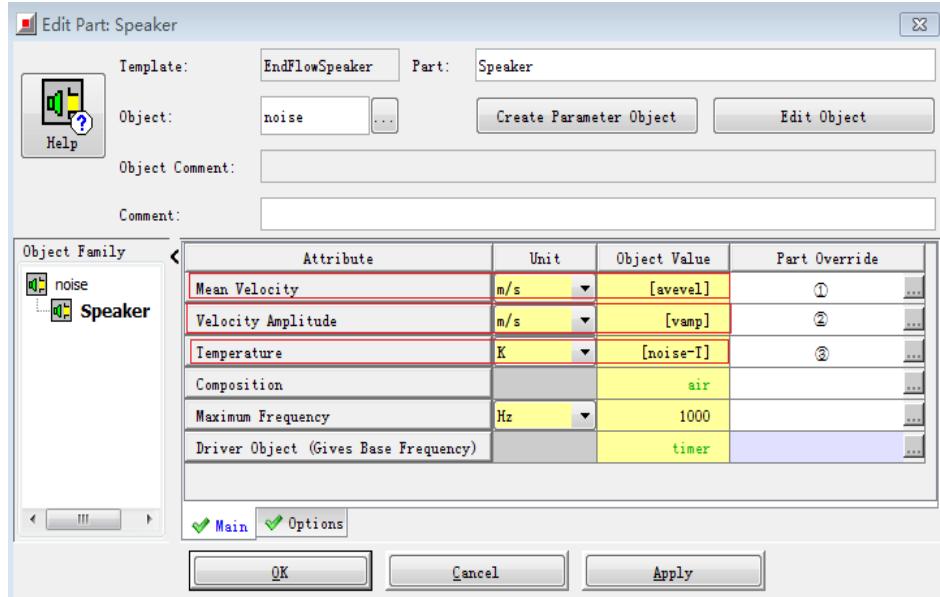


图 3 无流条件下声源参数的设定

- ①平均流速：考虑有流条件下的流体速度设置参数，参数大小为实际流速，如果进行无流传递损失分析时，流速参数[avevel]=1m/s；
- ②速度幅值：该参数取平均流速的 $1/5$ ，如果进行无流传递损失分析时，速度幅值参数[vamp]=0.1m/s；
- ③温度：该参数设置是依据试验时的实际温度，进行设置。

为了验证 GT-POWER 传递损失的分析过程的可行性，同时用某 3D 声学软件进行了传递损失的对比分析。在分析过程中，对穿孔部分用穿孔阻抗法进行模拟[2]。（注：也可以对穿孔部分的小孔直接建模，计算结果一致。）

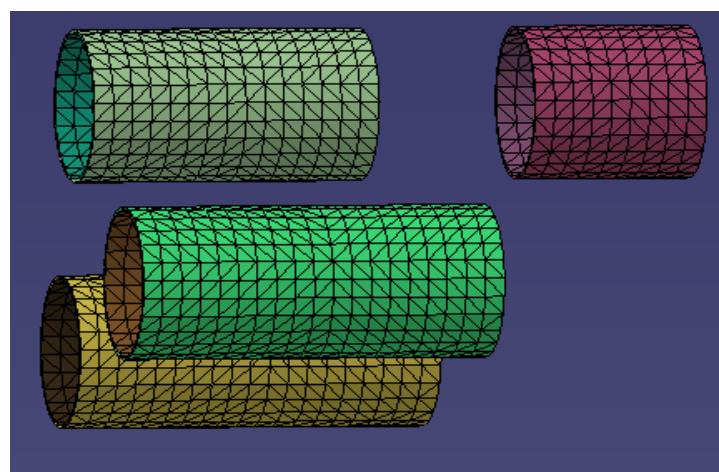


图 4 方案一穿孔部分的关联面

3.3 传递损失结果对比

两种消声器结构传递损失的对比分析结果见下图 5。

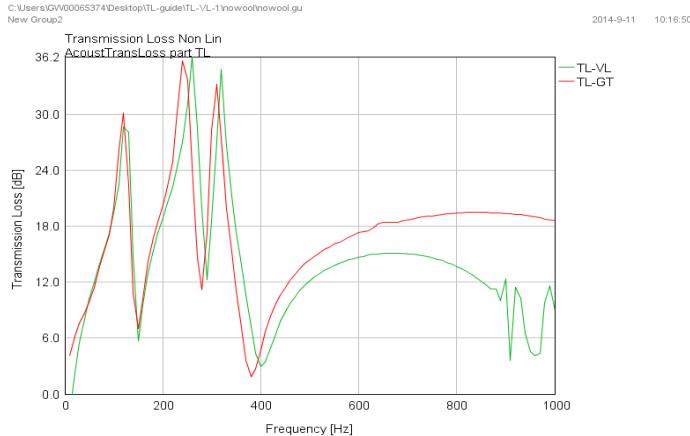


图 5 (a) 方案一传递损失的对比结果

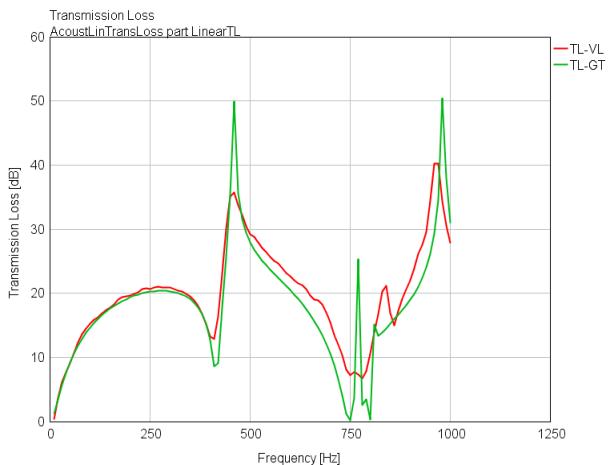


图 5 (b) 方案二传递损失的对比结果

从分析结果对比可以得出, GT-POWER 计算的传递损失和 3D 声学软件的结果吻合度非常高, 特别是在 400Hz 以下的低频区几乎重合, 进而也验证了利用 GT-POWER 按照《消声器传递损失分析规范》进行传递损失分析的可行性和准确性。

4、高温有流条件对传递损失结果的影响

为了更好地识别温度和流速对消声器传递损失的影响, 对温度和流速分别进行单独研究, 然后再进行总结。

4.1 温度对消声器传递损失的影响分析

在无流状态下, 考核不同温度对传递损失的影响, 这样能更清晰地得出温度对传递损失的影响效果。根据排气系统在实际整车状态下可能承受到的温度, 分为 200、400、600、800、1000 摄氏度五种对比分析工况。传递损失的计算过程和常温无流工况分析一致, 只需要调整相应的温度参数。分析结果见图 6。

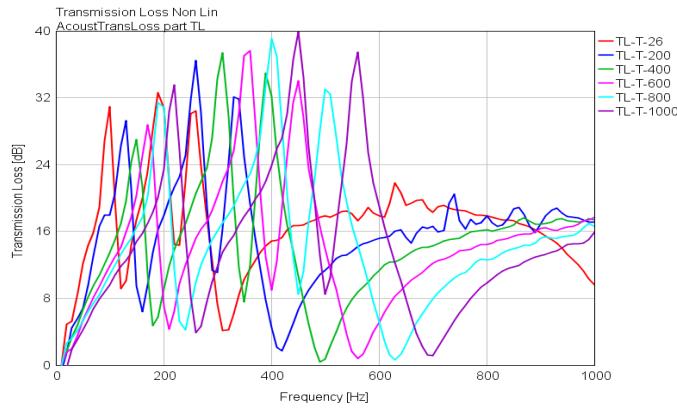


图 6 (a) 温度对方案一传递损失的影响

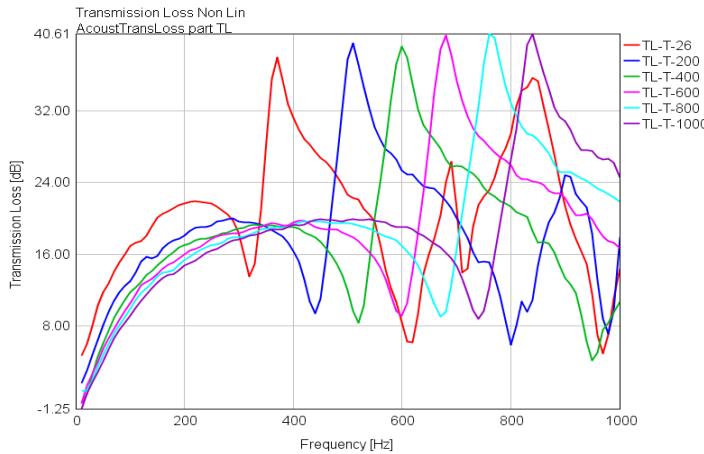


图 6 (b) 温度对方案二传递损失的影响

总结：

从图 6 的结果可以得出，无论是方案一还是方案二，温度对传递损失的影响都是一致的，温度主要影响传递损失的频率特性，也就是随着温度的升高，传递损失曲线向高频被拉伸，而温度对传递损失的消声量级几乎没有影响。

4.2 流速对消声器传递损失的影响分析

采取与分析温度对传递损失影响一样的措施，在常温状态下，考核不同流速对传递损失的影响，这样能更清晰地得出流速的影响效果。根据排气系统在实际整车状态下流经过的气流速度，分为 10、20、40、60、80m/s 五种对比分析工况。传递损失的计算过程和常温无流工况分析一致，只需要调整相应的流动参数。分析结果见图 7。

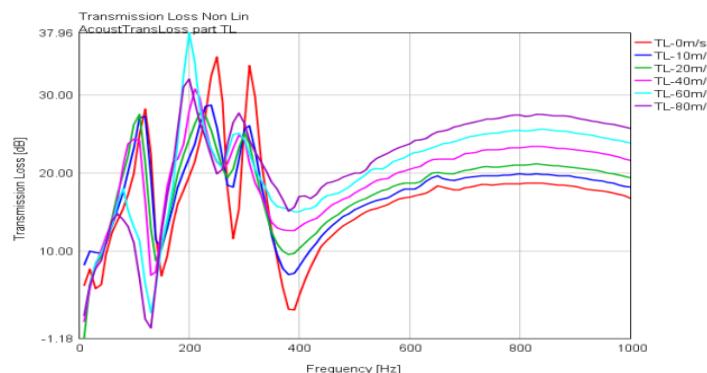


图 7 (a) 流速对方案一传递损失的影响

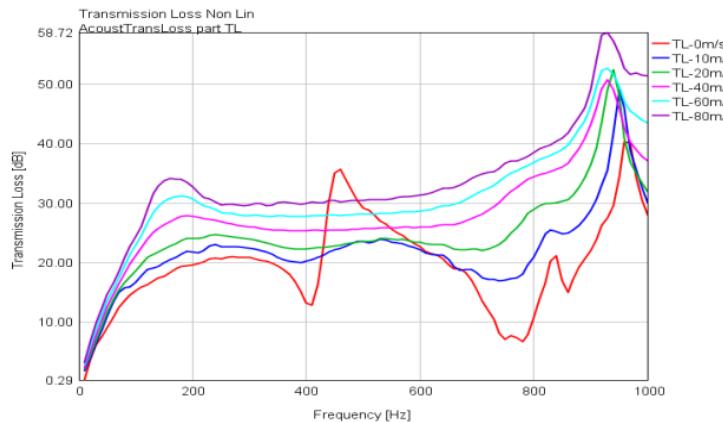


图 7 (b) 流速对方案二传递损失的影响

总结：

对于方案一

1、气流对方案一传递损失的影响主要表现在消声量级上，对消声器传递损失的频率特性影响不大，也就是说气流并不显著地改变传递损失的频率特性，传递损失的波峰和波谷并没有随气流流速更变而发生变化；

2、方案一共振腔的作用（对应第一个传递损失峰值）随气流流速的增大而减小，峰值频率向低频移动；

3、三管迷路的两个共振频率也随着流速的增大向低频移动；

4、400Hz 以后的消声量随流速增大而提高；

方案二

1、气流不但改变了消声器传递损失的消声量级，同时也改变了传递损失的频率特性，随着流速的增大，无流状态下的传递损失频率特性完全被改变，原有的波谷和波峰都消失了，并且在低频出现了新的峰值；

2、消声器的消声量随气流流速的增加整体提升；

5、结论

通过对对比分析高温气流对两种典型消声器结构传递损失的影响，可以得出以下结论：

1、温度对不同消声器结构传递损失的影响主要表现在频率特性上，随着温度的变化传递损失曲线在频域上被拉伸或压缩，消声量级变化不大；

2、气流对传递损失的影响不同于温度对传递损失的影响那么一致，对于不同的消声器结构存在很大差异。特别是“声流同道”的隔板穿孔结构对流速更为敏感，不但会影响到频率特性而且会影响到消声量；而三管迷路类的结构更多地会影响到消声量级，频率特性改变不大；

3、传递损失计算是稳态分析，并且没有考虑高温气流带来的次生噪声，所以传递损失的结果和实际状态会存在差异。

6 参考文献

[1] Gamma Technologies, Inc. GT-Power USERS MANUAL. Gamma Technologies, 2013

[2] 李增刚, 詹福良. 声学仿真计算高级应用实例. 北京: 国防工业出版社, 2013