

基于 GT-POWER 的排气消声器设计

Design of exhaust muffler based on GT-POWER software

耿鹏飞 陈岳昌 朱立锋 谭淼 史晓宁

(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, 河北 保定, 071000)

摘要: 使用 GT-POWER 软件对某车型排气消声器进行设计。利用 GT-POWER 软件建立发动机和排气消声器耦合仿真分析模型, 模拟分析排气消声器结构参数对排气尾管噪声和发动机性能的影响。依据分析结果, 指导排气消声器结构设计。

关键词: 排气消声器, 排气尾管噪声, 发动机性能, GT-POWER

Abstract: The software GT-POWER is used to design the exhaust mufflers. By using software GT-POWER, a coupled model for engine and exhaust muffler is built and the effects of exhaust tailpipe noise and engine performance are simulated and analyzed. Based on the results of simulation, guidance for structure design of the exhaust muffler.

Key words: Exhaust muffler, exhaust tailpipe noise, engine performance, GT-POWER

1 前言

排气噪声作为汽车噪声的主要噪声源, 对车内噪声贡献量最大。因此, 采用结构合理的排气消声器是减小整车噪声最有效、简单的途径^[1]。排气消声器结构设计考虑声学性能的同时, 必须兼顾空气动力学性能。为获得良好的排气尾管噪声, 往往设计复杂的消声器结构, 同时影响了发动机的动力性和燃油经济性。因此, 必须研究消声器结构参数变化对排气尾管噪声和发动机性能的影响, 设计结构合理的排气消声器。

GT-POWER 软件是美国 GTI 公司开发的一款发动机性能模拟和仿真软件, 适用于各种发动机性能模拟仿真^[2]。同时提供排气消声器声学性能仿真功能, 可以进行发动机和排气消声器耦合分析, 极大地提高排气消声器仿真计算精度和缩短设计开发周期。本文使用 GT-POWER 软件建立发动机与排气消声器耦合模型, 分析研究消声器结构对排气尾管噪声和发动机性能的影响, 设计结构合理的消声器。

2 发动机与排气消声器耦合模型的建立

2.1 发动机模型的建立与校核

本文研究设计的排气消声器匹配的是一款四缸四冲程汽油发动机, 其主要参数见表 1。依据发动机建模参数表建立详细的发动机仿真分析模型, 包括中冷系统、节气门、喷油器、进气阀、排气阀、

汽缸、曲轴箱和涡轮增压系统，建立的发动机仿真模型如图 1 所示。

表 1 发动机主要参数

型式	直列式、四冲程、四气门
吸气方式	涡轮增压
汽缸直径/mm	82.5
活塞行程/mm	92
压缩比	10
连杆长	134
活塞总排气量/L	1.97L
点火次序	1-3-4-2
最大扭矩/转速	350Nm/1500-4800rpm
额定功率/转速	180kw/5200-5500rpm

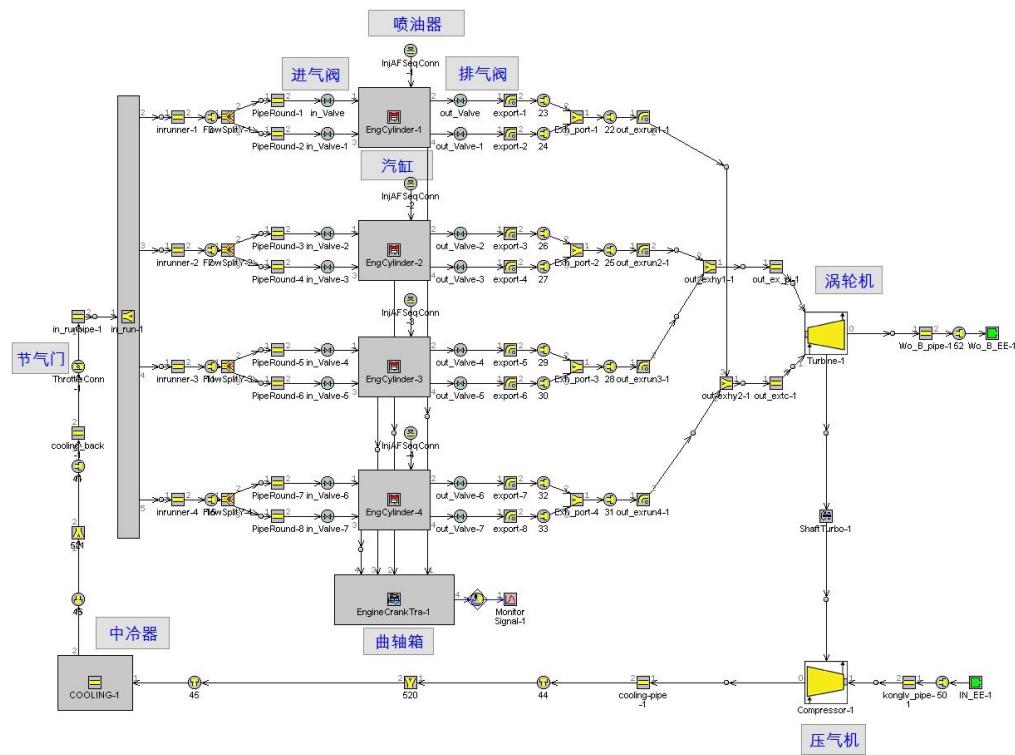


图 1 发动机 GT 仿真模型

为保证建立的发动机 GT 模型的准确性, 对建立的发动机进行校核, 将仿真结果与试验结果进行相关性对比。校核参数包括发动机功率、扭矩、燃油消耗率、缸内压力和排气压力、排气温度等参数。图 2 为发动机性能参数仿真结果与试验结果对比。对比结果显示最大误差均控制在 3% 以内, 可以准确地模拟发动机实际工作过程, 满足排气消声器设计模拟分析需要。

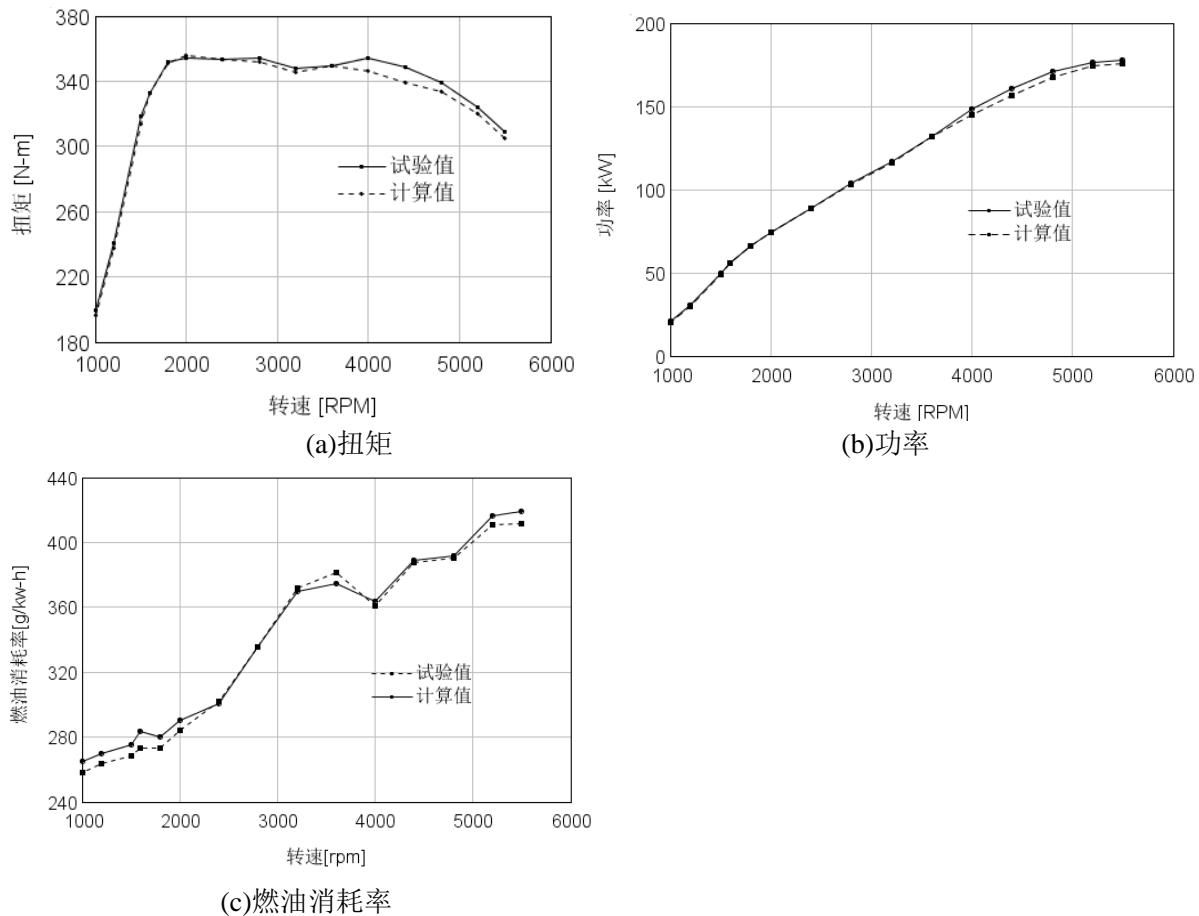


图 2 发动机性能参数模拟与试验结果

2.2 排气消声器模型的建立

排气消声器使用 GEM3D 模块建立，其中副消声器截面为三角形，穿孔直径为 3.5mm，穿孔率为 15%，穿孔长度为 75%，穿孔部分添加玻璃丝棉，填充密度为 100g/L；主消声器为三管迷路结构，穿孔直径为 3.5mm，穿孔率为 10%，穿孔长度为 60%，主消声器由于底盘空间的限制为异形结构，详细结构如图 3 所示。

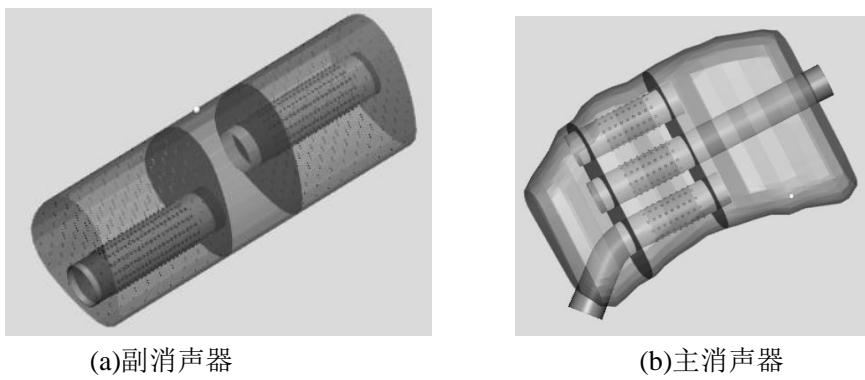


图 3 副消声器和主消声器 GT 模型

3 消声器结构参数的影响

3.1 穿孔率的影响

保持主消声器结构不变, 设置副消声器穿孔管的穿孔率分别为 7.5%, 和 30%; 再保持副消声器的结构不变, 设置主消声器穿孔管穿孔率分别为 5%, 和 20%。图 4 和图 5 分别为主副消声器不同穿孔率下的排气尾管噪声。

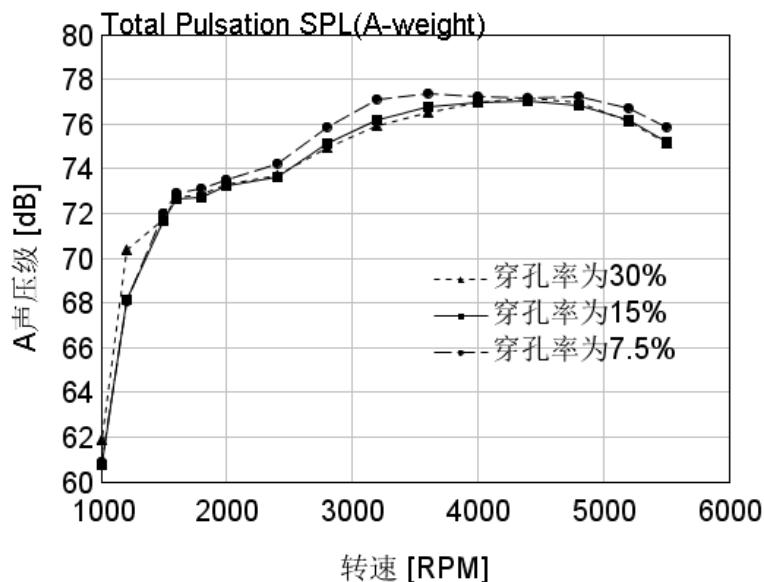


图 4 不同副消声器穿孔率下 A 计权排气尾管噪声

由图 4 可见, 随着副消声器穿孔率的增加, 在 1600r/min 转速以下, 排气尾管噪声水平提高; 在 1600r/min 以上转速, 排气尾管噪声水平整体下降。由图 5 可知, 随着主消声器穿孔率为增加, 在 1600r/min 以下转速, 排气尾管噪声水平提高; 在 1600r/min 以上转速, 排气尾管噪声降低。

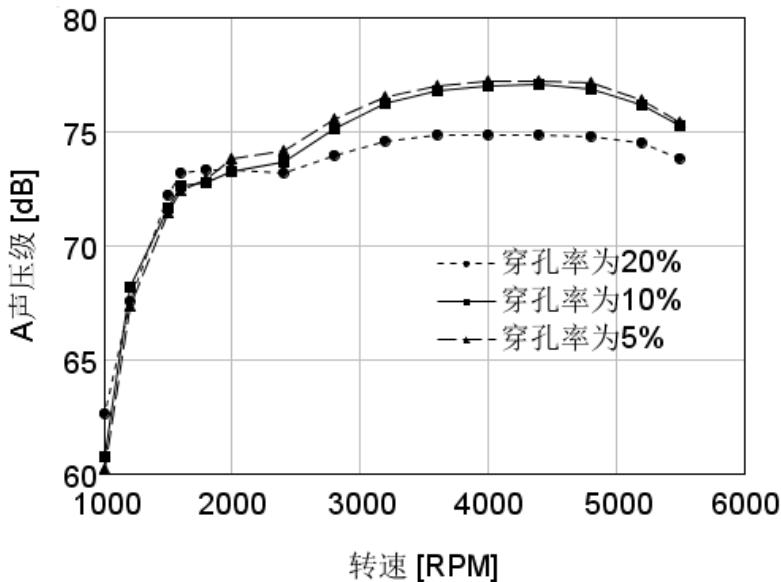


图 5 不同主消声器穿孔率下 A 计权排气尾管噪声

模拟结果显示, 副消声器穿孔率的改变, 发动机性能参数功率和扭矩最大变化量为 0.64%, 燃油消耗率最大变化量为 0.13%; 主消声器穿孔率的变化, 发动机性能参数功率和扭矩最大变化量为 1.65%, 燃油消耗率最大变化量为 0.12%。

3.2 穿孔长度的影响

保持穿孔率不变的情况下，分别设置副消声器穿孔管的穿孔长度为 100%，75%，50%；再保持副消声器的结构不变，分别设置主消声器穿孔管穿孔长度为 100%，80%，60%。图 6 和图 7 分别为主副消声器不同穿孔率下的排气尾管噪声。

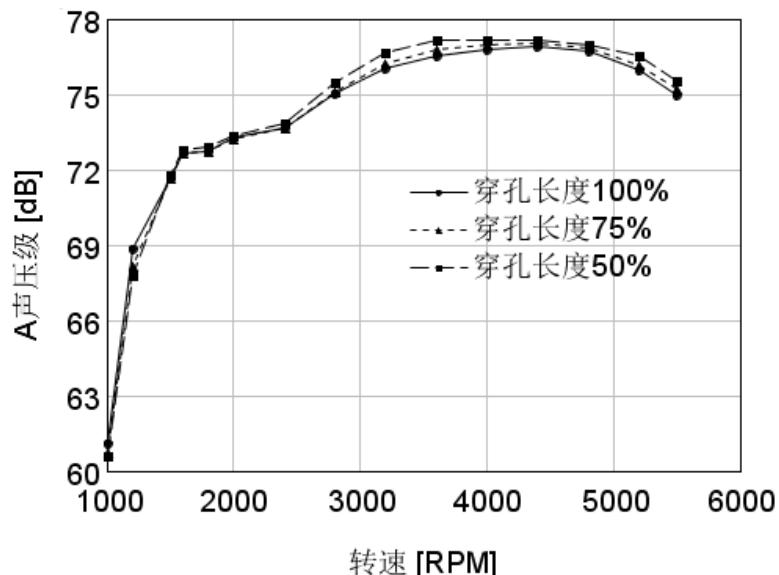


图 6 不同副消声器穿孔长度下 A 计权排气尾管噪声

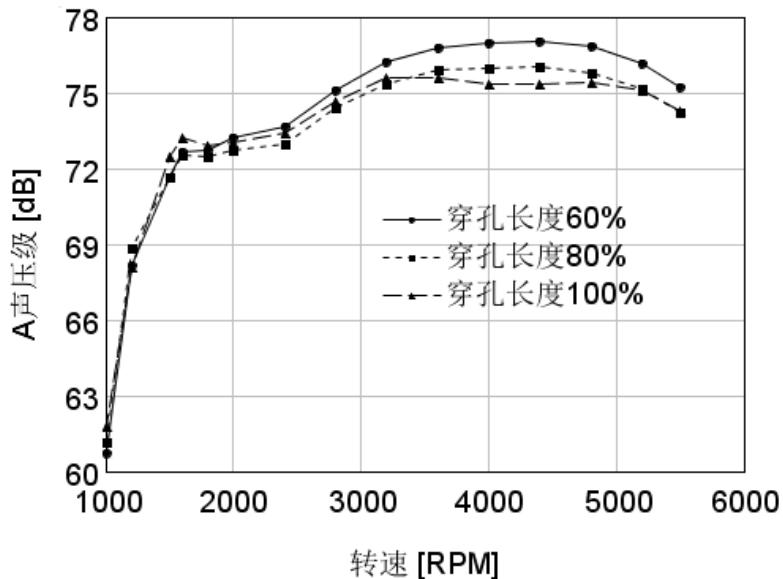


图 7 不同主消声器穿孔长度下 A 计权排气尾管噪声

由图 6 可见：随着副消声器穿孔长度增加，在 1600r/min 转速以下，排气尾管噪声降低；在 2400r/min 转速以上，排气尾管噪声随穿孔长度的增加而降低。由图 7 可知：随着主消声器穿孔长度的增加，在 1800r/min 以下转速，排气尾管噪声增大；在 1800r/min 到 3200r/min 之间，穿孔长度为 80% 时排气尾管噪声最低，穿孔长度为 60% 时排气尾管噪声最大；在 3200r/min 转速以上，排气尾管噪声随穿孔长度增加而降低。

模拟计算结果显示，副消声器穿孔长度改变，发动机性能参数功率和扭矩最大变化量为 0.32%，

燃油消耗率最大变化量为 0.1%；主消声器穿孔长度的改变，发动机性能参数功率和扭矩最大变化量为 1.38%，燃油消耗率最大变化量为 0.11%。

3.3 容积的影响

保持主消声器结构不变的情况下，将副消声器容积均匀变化为原来容积的 80% 和 120%；再保持副消声器的结构不变，将主消声器容积均匀变化为原来容积的 80% 和 120%。图 8 和图 9 分别为主副消声器容积不同情况下的排气尾管噪声。

由图 8 可见：随着副消声器容积的增大，排气尾管噪声在全转速范围内均降低；图 9 可知：在 1500r/min 转速以下，随着主消声器容积的增大，排气尾管噪声增大；当转速超过 1500r/min 以上，排气尾管噪声随容积的增大而均匀降低；图 8 和图 9 对比可知，主消声器容积的变化对尾管噪声的影响更大，增大消声器的容积可有效地降低排气尾管噪声，但是容积的变化往往受到车辆底盘空间的限制。

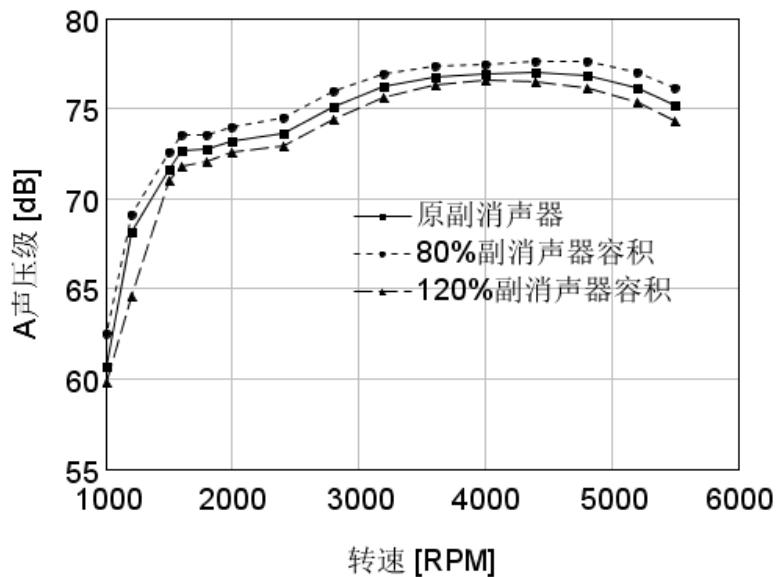


图 8 不同副消声器容积下 A 计权排气尾管噪声

模拟计算结果显示，副消声器容积改变，发动机性能参数功率和扭矩最大变化量为 1.55%，燃油消耗率最大变化量为 0.33%；主消声器容积的改变，发动机性能参数功率和扭矩最大变化量为 0.19%，燃油消耗率最大变化量为 0.06%。

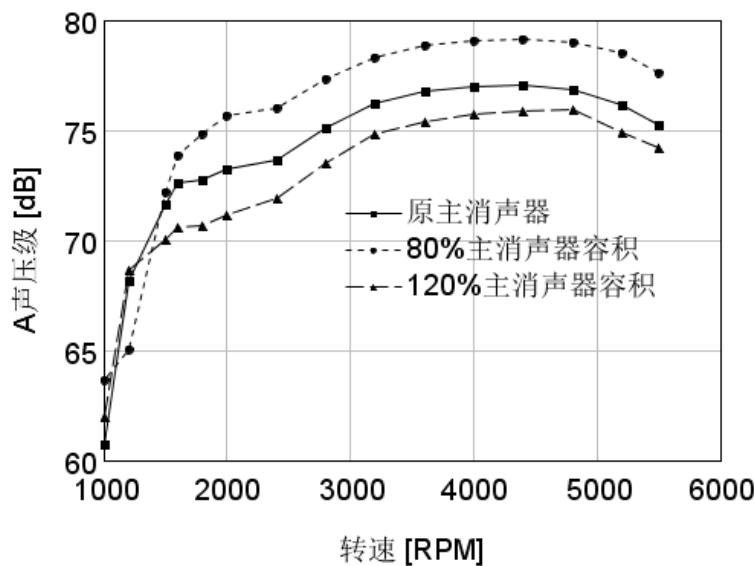


图 9 不同主消声器容积下 A 计权排气尾管噪声

4 结论

利用 GT-POWER 软件建立发动机和排气消声器耦合仿真模型, 研究了消声器结构参数变化对排气尾管噪声和发动机性能的影响。研究结果表明: 副消声器穿孔率增加, 排气尾管噪声先降低后增高, 主消声器穿孔率增大, 排气尾管噪声则是先升高后降低; 主副消声器穿孔长度增加, 低转速时排气尾管噪声增大, 高转速时排气尾管噪声降低; 主副消声器容积增加, 排气尾管噪声降低, 主消声器容积变化对排气尾管噪声的影响比副消声器更大。主副消声器结构参数的改变对发动机性能的影响均比较小。

5 参考文献

- [1] 岳贵平. 发动机进排气噪声模拟技术研究 [D]. 吉林: 吉林大学, 2007.
- [2] Gamma Technologies, Inc. GT-Power USERS MANUAL. Gamma Technologies, 2013