

某乘用车加速噪声问题分析与控制

杨万江¹ 杨学新²

1. 中国汽车工程研究院股份有限公司 重庆 401122

2. 河北机电职业技术学院 河北邢台 054000

摘要: 针对某乘用车发动机扭矩增加后引起加速噪声大问题,在动力源头不变的情况下进行优化分析。通过传递路径分析(Transfer Path Analysis, TPA)方法明确悬置到驾驶员右耳为主要传递路径,并在声学灵敏度(Noise Transfer function, NTF)分析的基础上,确认与车身接附点动刚度和钣金辐射噪声有关。本文通过右悬置结构加强,提升乙向动刚度54%,并进一步的通过仿真结合试验的方式,获得170-270Hz频率范围内辐射噪声的薄弱钣金区域为地板在左右两侧座椅下部区域,并在该区域铺设阻尼胶,使得整车加速噪声在2600-3300rpm转速范围噪声降低3-4dB(A),170-270Hz的共振带改善明显,为发动机源头扭矩增加引起的车内噪声大问题的工程分析与控制提供参考。

关键词: 加速噪声;传递路径分析;声学灵敏度

自20世纪初,中国汽车工业蓬勃发展,汽车销售总量屡创新高、汽车生产规模不断壮大,目前汽车工业已成为重要国民经济支柱产业之一。在二十余年的发展进程中,汽车生产制造技术水平不断提升,促进了汽车产品的创新与智能化发展,同时由于经济增长与购买力的提升,消费者对汽车的性能要求已不再局限于传统的动力性、经济性和安全性等方面,越来越关注驾乘的舒适性,因此提升整车振动噪声性能(Noise、Vibration、Harshness, NVH)已成为各大主机厂车型开发过程中的重要内容^[1-3]。而车内噪声的大小与品质是影响汽车舒适性的关键因素,为满足消费者对舒适性的需求,促进汽车市场经济,汽车舱室内噪声的控制与声音品质的提升已经成为汽车产品开发过程中不可或缺的一环。其中,加速作为常用工况,噪声较大且容易被消费者感知,往往成为抱怨的焦点^[4-5]。加速噪声包括结构声和空气声传播,其主要激励为动力总成,但项目开发后期,动力总成锁定后,控制车内加速噪声主要通过传递路径进行管控,包括悬置系统、车身系统,通过模态避频,改变悬置结构,提升车身接附点动刚度,或加强车身结构等方式提升^[6]。

本文以某款车型发动机增扭后加速噪声增为例,首先排查主要传递路径,即右悬置到驾驶员位置右耳(Front、Left、Right, FLR)为主要传递路径。其次进行结构优化,通过提升右悬置接附点的刚度,并找出170-270Hz频率范围内辐射噪声的薄弱钣金。最终进行方案验证,通过悬置加强,

并在地板增加阻尼材料的优化方案,整车加速噪声在2600-3300rpm转速范围 overall 降低3-4dB(A),170-270Hz的共振带改善明显,提升乘坐舒适性。

1. 问题描述

某车型样车开发后期,由于动力需要提升,对发动机进行增扭,增扭后加速行驶时,车内整体噪声变大,特别是当发动机转速在2300-3100rpm附近,出现轰鸣。通过二档全油门加速工况采集主驾右耳处声压级曲线,从Overall曲线可以看出,发动机增扭后,驾驶员位置(FLR)声压级在2300-3100rpm附近峰值突出,相比发动机原扭矩时车内噪声,增加1-4dB(A),且Colormap图中170Hz-270Hz共振带能量明显,如图1-2所示。因此,170Hz-270Hz频段问题是导致2300-3100rpm轰鸣问题的关键,需在传递路径上进行优化。

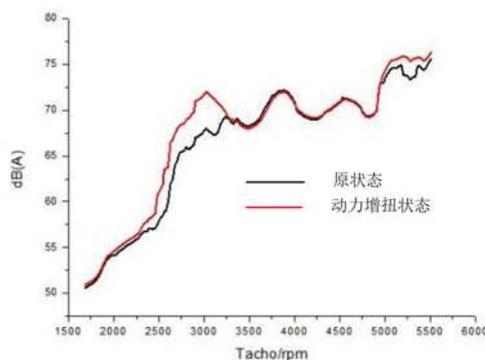


图1 动力增扭前后 overall 噪声曲线对比

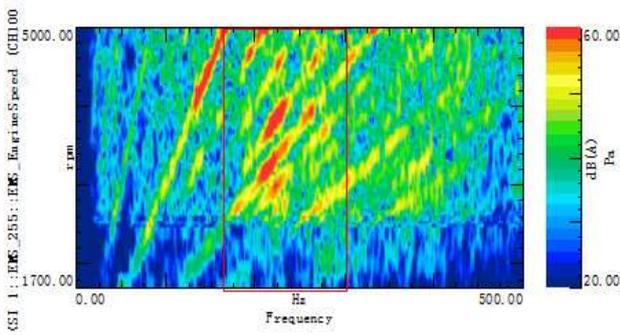


图2 驾驶员右耳位置加速噪声-Colormap

2. 提升路径

项目后期工装车阶段，为了提升动力性进而实施发动机增扭措施，但也导致动力系统输出的激励力变大，源头噪声增加。为保证动力性能，需在发动机不变的情况下通过优化传递路径的方式进行 NVH 提升，保证驾乘舒适性。

2.1 主要传递路径识别

为了分析发动机激励力增加后的主要传递路径，利用 Transfer Path Analysis(TPA) 方法对加速噪声大问题主要传递路径分析，发现整车加速运行工况下 170–270Hz 共振带，明确右悬置到驾驶员右耳（FLR）为主要传递路径。

2.2 结构优化分析与验证

由于传递路径识别出左右悬置到驾驶员右耳为主要传递路径，首先进行悬置在车身依附点的声振传函 NTF。将该样车拆除动力系统，底盘系统和进排气系统，用柔软的橡胶绳将车身吊起，模拟“自由-自由”边界条件，测试右悬置到车内 FLR 的传递函数 NTF，测试结果如图 3。右图可知，右悬置 Z 向到车内声振传函 NTF 在 170–270Hz 峰值特征明显，且超过 60dB，需进行优化。

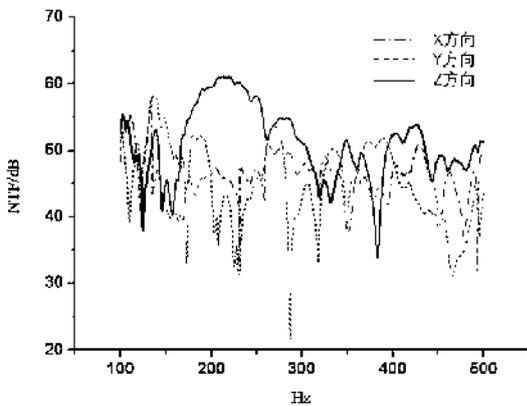


图3 右悬置依附点到 FLR 位置 NTF 水平

由于声振传函 NTF 与车身依附点动刚度和钣金辐射噪声有关，需重点提升悬置依附点的刚度，同时找出 170–270Hz 频率范围内辐射噪声的薄弱钣金，并进行抑制，从而降低悬置传递到车身的振动，降低加速噪声。

针对该样车进行悬置结构分析，发现右悬置依附点搭接面积较少，钣金结构较弱，需进行结构优化。通过在右悬置上部 1# 安装点增加 2mm 加强件，下部安装点增加套管，前端 2# 位置套管只加到纵梁表面，后端 3# 位置套管贯穿纵梁，同时背面增加 1.5mm 加强件，如图 4。改制方案后，在内饰车身上进行右悬置动刚度 IPI 测试，发现 X 方向平均值提升 43%，Y 向提升 44%，Z 向提升 54%，效果明显，如表 1 所示。

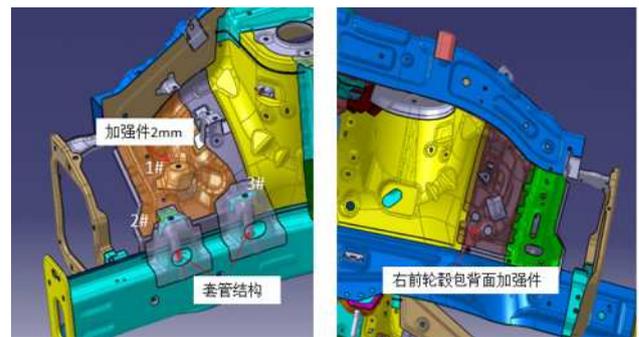


图4 右悬置依附点结构加强示意图

表 1 右悬置车身侧焊接加强后悬置依附点 IPI 平均值对比 (单位:

N/mm)								
X 向			Y 向			Z 向		
原状态	方案后	提升率	原状态	方案后	提升率	原状态	方案后	提升率
23567	33692	43%	20822	30029	44%	37330	57530	54%

进一步地，为找出 170–270Hz 频率范围内辐射噪声的薄弱钣金，抑制板件辐射噪声，通过 CAE 仿真分析右悬置 Z 方向到前壁板、前风挡、压力室板、地板、备胎池和顶棚等位置钣金的速度响应，分析结果如图 5。从图中可知，右悬置 Z 方向 NTF 在 170–270Hz 频段范围内主要贡献钣金为地板在主副驾座椅下部和脚踏区域。为验证仿真分析结果的准确性，在内饰车身上进行板件灵敏度试验测试，通过地板布置传感器，测试右悬置 Z 向到钣金的速度响应，地板上布置传感器中速度响应大于 0.05mm/s 的区域也主要集中在主副驾左右两侧座椅下部。

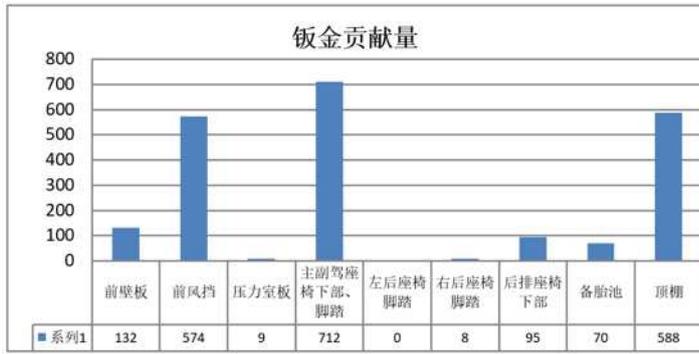


图 5 CAE 仿真分析钣金贡献量结果

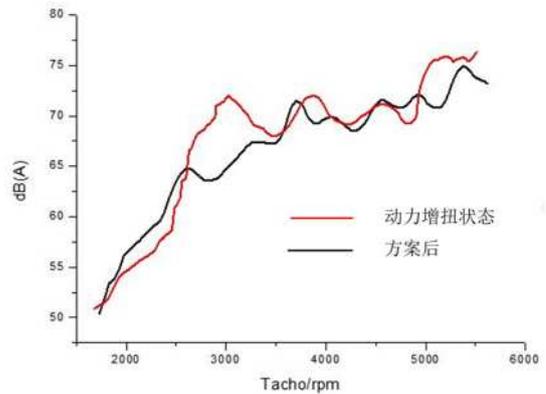


图 6 优化方案前后 2 档全油门加速 overall 对比曲线

3. 方案验证

由上文可知，右悬置接附点增加加强件和套管结构后，X/Y/Z 三个方向的动刚度均提升大于 40%，效果明显。同时通过板件灵敏度测试，发现地板钣金在主副驾驶室下部位置速度响应较大，为抑制板件辐射噪声，且考虑工程化可行方案，在地板主副驾驶室下部增加阻尼材料铺设。将右悬置加强方案和地板增加阻尼材料方案同时集成到样车上，在整车状态进行二档全油门加速噪声测试，测试结果如图 6-7。由图可知，整车加速噪声在 2600-3300rpm 转速范围 overall 降低 3-4dB(A)；170-270Hz 的共振带改善明显，验证了该方案的有效性。

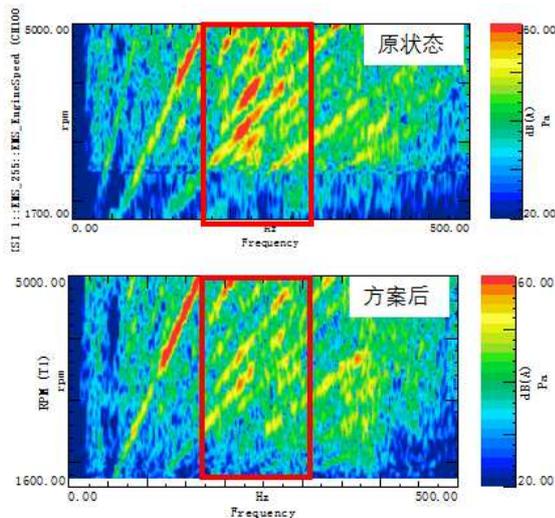


图 7 优化方案前后 2 档 WOT_Color map 对比图

4. 结论

本文针对某乘用车发动机扭矩增加后引起加速噪声大问题，通过 TPA 方法和声学灵敏度分析，确认右悬置车身

各接附点和地板在左右座椅下部钣金为薄弱点，并结构优化，达到减振降噪效果，得出如下结论：

(1)右悬置通过增加套管和加强件方式，内饰车身状态右悬置动刚度 X 方向平均值提升 43%，Y 向提升 44%，Z 向提升 54%，效果明显。

(2) CAE 仿真分析钣金贡献量结合板件声学灵敏度试验测试，可获得辐射噪声较大的薄弱钣金，为工程化方案提供有利支撑。

(3)改进方案后，整车加速噪声在 2600-3300rpm 转速范围 overall 降低 3-4dB(A)，170-270Hz 的共振带改善明显。

参考文献：

- [1] 王晓蒙, 梁文昌, 刘忠伟, 常光宝. 基于频谱分析与拓扑优化的汽车加速噪声控制 [J]. 研究与开发, 2019,07:015-019.
- [2] 谢旭, 何森东, 吕兆平, 等. 某 MPV 加速声品质优化 [J]. 噪声振动与控制, 2020 (1): 111-115
- [3] 刘祥环, 潘晓东, 皮旭明. 纯电动汽车电驱动总成 NVH 分析与优化研究 [J]. 汽车制造业, 2020(05):10-13.
- [4] 邓休, 周副权, 屈少举, 等. 动力总成阶次引起的整车加速噪声粗糙感解析与改善 [C]// 中国汽车工程学会 (China Society of Automotive Engineers). 2023 中国汽车工程学会年会论文.
- [5] 赵庆荣, 王思明. 基于传递路径分析法的车内噪声优化 [J]. 汽车工程师, 2020(11):29-33.
- [6] 潘威, 史晓宁, 张焰, 等. 汽车加速车内轰鸣声控制研究 [J]. 客车技术与研究, 2020,42(01):56-59.

作者简介:

杨万江(1989.12-),男,汉族,重庆市万盛区,本科,中级职称,研究方向:汽车整车检测。毕业于重庆大学车辆工程专业,本科。目前就职于中国汽车工程研究院股份有限

公司,职称为中级工程师,主要从事汽车振动噪声测试与分析工作。曾在《汽车实用技术》以第一作者发表1篇论文,在《汽车博览》以第一作者发表1篇论文,在《汽车工程师》以第二作者发表一篇论文。