

汽车加速行驶噪声优化设计

南海秋

景德镇艺术职业大学, 江西景德镇, 333000;

摘要: 汽车噪声作为城市环境噪声的重要组成部分, 对人类健康和生活质量产生深远影响, 而汽车噪声又以加速行驶噪声为主要来源。为满足日益严格的环保标准, 本研究综合运用声学原理、有限元分析和多目标优化等理论, 通过对汽车排气消声器系统优化, 实现对汽车加速行驶噪声的优化设计。通过仿真及实验验证, 优化后的噪声水平满足整车设计要求, 符合最新的汽车加速行驶车外噪声法规要求。

关键词: 汽车噪声; 优化设计; 声学原理; 调音测试

DOI: 10.64216/3080-1508.25.07.029

引言

汽车加速行驶噪声作为现代城市环境噪声的重要组成部分, 对人类健康和生活质量产生了深远影响。长期暴露于高噪声环境中, 不仅会导致听力损伤, 还会引发心血管疾病、神经系统紊乱等健康问题。此外, 噪声污染还严重影响居民的日常生活和工作效率, 降低了生活质量。因此, 控制和降低汽车加速行驶噪声, 已成为环境保护和公共卫生领域的重要课题。

本研究旨在通过优化设计, 降低汽车加速行驶噪声, 以满足日益严格的环保标准。研究意义主要体现在以下几个方面: 首先, 通过优化设计, 可以有效减少汽车噪声对环境和人类健康的影响, 提升居民的生活质量。其次, 满足环保标准的要求, 有助于汽车制造商提升产品竞争力, 符合市场发展趋势。最后, 推动噪声控制技术的发展, 为汽车工业的可持续发展提供技术支持。

综上所述, 本研究通过优化设计降低汽车加速行驶噪声, 不仅具有重要的环保意义和健康价值, 还能推动相关技术的创新和发展, 为汽车工业的可持续发展贡献力量。

1 汽车加速行驶噪声概述

汽车加速行驶噪声是指在汽车加速过程中产生的噪声, 主要包括发动机噪声、轮胎噪声、空气动力学噪声和传动系统噪声等, 而对于传统燃油车而言, 汽车加速行驶噪声主要来源于发动机噪声, 在汽车设计中一般通过发动机舱隔音以及排气系统的优化来降低发动机噪声。

国内外对汽车噪声的环保标准有着严格的规定, 且随着环保意识的提升, 这些标准不断演变。国际上, 欧洲的ECE R51标准、美国的FMVSS 108标准以及日本的JIS D 1601标准均对汽车加速行驶噪声进行了详细规定。国内方面, GB 1495-2002《汽车加速行驶车外噪声

限值及测量方法》是我国现行的强制性标准, 规定了各类汽车在不同车速下的噪声限值。近年来, 随着技术的进步和环保要求的提高, 这些标准逐渐趋于严格, 对汽车制造商提出了更高的噪声控制要求。

当前, 汽车噪声控制技术主要包括声源控制、传播路径控制和接收者防护三个方面。声源控制方面, 通过优化发动机燃烧过程、改进进排气系统设计、使用低噪声轮胎等措施, 有效降低了噪声的产生。传播路径控制方面, 采用隔音材料、吸音材料和结构优化设计, 减少噪声的传播。

2 噪声优化设计理论基础

排气系统所包含的冷热端需要同时开发, 热端指的是三元催化器部分。冷端是指消声器部分, 冷端的主要作用就是降噪。而排气系统噪声包含各种各样的噪声, 不同的噪声具有不同的特性, 这些噪声包括辐射噪声、振动噪声和尾管气流噪声等等, 其中尾管气流噪声在排气系统噪声占主要成分^[1]。随着噪声法规要求日益严格, 客户对车辆性能需求越来越高, 这是对排气噪声控制的新挑战。另外, 车辆燃油经济性和动力性要求通常需要排气系统的设计使空气流动阻力减少, 即排气背压要尽量小。排气背压、排气噪声是相互矛盾的, 背压越小排气噪声越大^[2]。

项目冷端具体开发流程: 首先, 是冷端数据的设计布置, 按设计要求通过CATIA软件将主副消声器及管路走向的三维模型完善, 再进行DMU检查, 查找排气系统与周边间隙小的风险点加以改进, 再是主副消声器材料的选择和内部结构的优化, 完成后制作样件进行道路测试, 选取最优方案, 最后再进行整个排气系统的背压测试分析以保证满足法规及设计要求。

3 消声器整车位置校核

笔者以搭载1.5T发动机某车型开发为例, 主副消

声器在底盘中布置如图1所示:



图1 主、副消声器底盘空间布置简图

在产品数据设计完成后,都需要进行DMU检查,因此对于主副消声器设计数据同样进行检查,结果为:副消筒体周边无风险,管路走向无风险,主消声器筒体增大有风险,详见图2。后续经实车验证满足项目开发要求。

方案间隙检查

	检查项目: 排气管与周边件间隙	
	DMU检查要求:	
	项目	测量值
主消声器与备胎架	26	≥30mm
主消声器与悬挂	40	≥30mm
检查结论: 主消声器与备胎架存在风险,主消声器调整,主消声器与悬挂满足周边间隙。		

图2 周边件间隙检查

4 优化设计方案及实施

根据项目开发节点,对该车型进行排气系统优化,由于该车型发动机从自然吸气发动机升级到增压发动机,因此消声能力需要增强,且需要针对新发动机进行匹配优化。

4.1 内部结构方案初定

经与消声器供应商讨论、分析,先在原车消声器基础上改进得到EP样车方案,再在此基础上设计优化两个方案,三种方案副消声器内部结构相同,仅为缓冲管孔数量有差别,副消声器示意图见图3。

主消声器EP方案、优化方案一内部结构基本相同,优化方案二增加阀门,具体示意图见图4、图5。

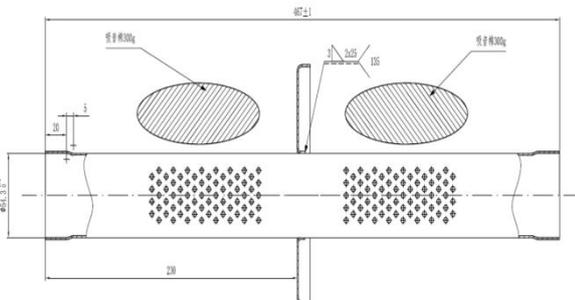


图3 副消结构

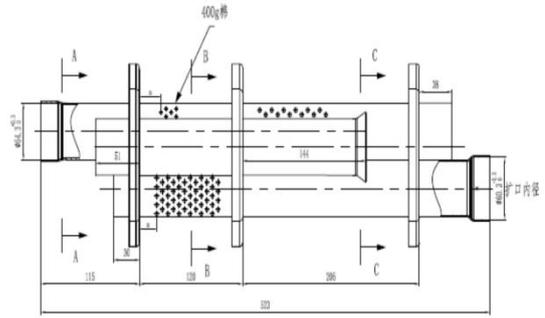


图4 主消结构(EP方案、优化方案一)

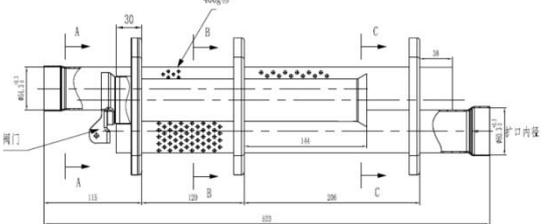


图5 主消结构(优化方案二带阀门)

4.2 消声器内部缓冲管孔数量对比

在三种方案中,优化方案一、二主副消声器内部缓冲管孔大小、数量相同,优化方案二中主消声器增加了阀门。各方案主副消声器缓冲管孔具体数量见表1。

表1 消声器三种方案具体内容

样件方案	副消结构	主消结构
EP方案	缓冲管孔Φ3 912个	进气缓冲管孔Φ3 84个、Φ4 192个; 排气缓冲管孔Φ3.5 198个
优化方案一	缓冲管孔Φ3 816个	进气缓冲管孔Φ3 80个、Φ4 180个; 排气缓冲管孔Φ3.5 204个
优化方案二	缓冲管孔Φ3 816个	进气缓冲管孔Φ3 80个、Φ4 180个; 排气缓冲管孔Φ3.5 204个

4.3 主副消声器总成调音测试

在该项目冷端开发中采用GT-Power声学仿真和实车试验相结合的方式,优化了消声器的内部结构,并用实车验证了优化效果^[3]。

前期通过声学仿真确定了EP方案、优化方案一、优化方案二共计三种方案后,再对这几种方案样件分别进行主客观评价,测出数据,并分析以得到最优方案。

主客观评价试验条件为:在同等条件下对同一台车进行测试分析对比。

试验地点:户外空旷安静路段

试验目的:验证调音样件

试验车辆:EP样车

试验方案:EP车样件、优化方案一、优化方案二

测试工况:怠速噪声、2档、3档全油门加速噪声

测试位置:驾驶员内耳、后排中间、排气管口45°、500MM处

最终噪声测试结果:

三种方案样件均由厂家制作完成后,我与NVH产品工程师及厂家技术人员共同对三种方案分别进行测试,测试工况分为关空调、开空调、2 WOT(1000~5000rpm)、3WOT(1000~5000rpm)四个工况,每种工况均在排气口、前排驾驶员、后排乘客位置处安装传感器,再进行测试,

各种工况测试五次,记录数据,排除不合理数据再取平均值,最终汇总数据见表2。

从测试数据中可以看出:EP车样件3 WOT前后噪声较低,优化方案一怠速噪声较低,优化方案二2 WOT噪声较低。

表2 噪声测试结果 (dB (A))

工况	传感器位置	总声压级			
		EP车样件	优化方案一	优化方案二	目标值
关空调	排气口	55.02	52.62	53.88	≤55
	前排	41.72	41.14	42.66	---
	后排	39.05	38.93	38.93	---
开空调	排气口	59.88	57.35	59.43	≤60
	前排	45.88	45.82	47.54	---
	后排	43.4	43.52	43.41	---
2 WOT (1000~5000rpm)	排气口	67.88~94.77	66.80~92.97	66.05~92.29	72-95
	前排	53.73~73.79	57.85~78.36	51.86~74.21	---
3 WOT (1000~5000rpm)	后排	54.21~73.61	56.18~74.57	50.89~72.54	---
	排气口	72.62~102.53	72.67~101.83	70.94~100.00	75-100
	前排	53.39~74.31	60.28~81.05	56.11~78.29	---
	后排	54.97~74.68	59.26~75.80	56.11~78.29	---

结论:EP车样件方案与优化方案一整体噪声声压级均可接受,对2套方案进行主观评价,后续根据评价结果确定最终方案;优化方案二需增加排气控制阀门,成本过高不作考虑。

4.4 主副消声器总成数据背压分析结果

选定优化方案一为主副消声器的设计方案后,再对整个排气系统进行背压分析。结果为:发动机转速在6000r/min工况下压力损失约为:21kPa,满足≤25kPa的开发要求,详见图6。

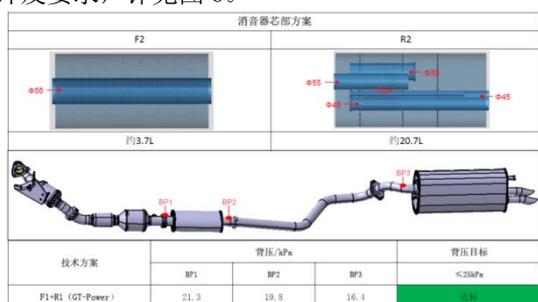


图6 背压分析结果

理论分析后,再对整个排气系统背压进行台架测试,样件实际测出的排气背压比上述理论分析值略大,约为22kPa~23kPa,仍满足≤25kPa的开发要求,由此可以判断,消声器的开发是成功的,满足项目开发要求。

5 结论与展望

本研究主要内容是在原车型的消声器上进行结构优化,与新发动机的排气噪声匹配,满足国标要求以及

整车的性能目标,主要从消声器的布置位置、内部结构以及背压等几个方面进行优化设计,具体表现在缓冲管孔的变化以及是否增加阀门,通过道路测试选定最优方案,选定方案再进行背压分析,最终产品满足车型开发要求,为该车型的顺利完成打下坚实的基础。

参考文献

[1]KATO D, SEYBERT A, JONES D. The modeling and design of a reactive muffler to reduce a low frequency Tone[J]. SAE Technical Paper 2013-01-1885, 2013.

[2]施昭林,杨悦. 汽车排气尾管气流噪声分析及优化[J]. 内燃机与配件, 2020(09): 53-56.

[3]王营, 吴进军, 夏青, 赵曦. 汽车排气系统尾管声学性能优化及试验验证[J]. 机电产品开发与创新, 2019(9): 42-43.

[4]黄丹, 闻英, 朱定胜. 混合动力汽车噪声和振动控制研究[J]. 汽车测试报告, 2024, (05): 155-157.

作者简介: (南海秋, 1981年9月, 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 河北河间, 单位名称: 景德镇艺术职业大学, 学历: 本科, 职称: 高级工程师, 主要研究方向: 机械设计、汽车设计、能源与动力工程, 单位地址: 江西省景德镇市珠山区红塔路999号。

项目基金: 景德镇艺术职业大学2023年校级科研项目: 某车型车外加速行驶噪声应对新标准排气系统优化研究。