

汽车车外加速行驶噪声优化或是汽车消声器性能优化

南海秋

景德镇艺术职业大学 江西景德镇 333000

摘要: 本文旨在探讨汽车车外加速行驶噪声的优化方法及消声器性能的提升策略。通过对噪声产生机制、传播路径及影响因素的深入分析,提出了声源控制、传播路径控制和接收端控制等优化方法,并结合具体案例分析验证了其有效性。同时,研究了消声器的工作原理及性能评价指标,提出了结构优化、材料选择和设计改进等性能提升策略,并通过有限元分析和多目标优化技术进行了验证。结果表明,综合应用上述优化策略能够显著降低汽车车外加速行驶噪声,提升消声器性能,为汽车噪声控制提供了理论依据和技术支持。

关键词: 汽车噪声优化; 消声器性能; 声源控制; 传播路径控制; 有限元分析

引言

汽车噪声问题日益受到关注,其对环境和人类健康的影响不容忽视。噪声不仅影响居民生活质量,还可能导致听力损伤、心理压力增加等健康问题。汽车车外加速行驶噪声作为主要噪声源之一,其优化研究具有重要意义。消声器作为降低排气系统噪声的关键部件,其性能优化同样至关重要。

本文旨在探讨汽车车外加速行驶噪声的优化方法及消声器性能的提升策略。通过对噪声产生机制、传播路径及影响因素的深入分析,提出有效的噪声控制措施。同时,结合先进设计技术,优化消声器结构及材料,以提高其降噪效果。

研究内容主要包括:分析汽车车外加速行驶噪声的来源及特性,探讨声源控制、传播路径控制和接收端控制等优化方法;研究消声器的工作原理及性能评价指标,提出结构优化、材料选择和设计改进等性能提升策略;并通过具体案例分析,验证优化措施的实际效果。

本文的研究将为汽车噪声控制提供理论依据和技术支持,有助于提升汽车环保性能,改善人居环境。

1 汽车车外加速行驶噪声概述

汽车车外加速行驶噪声是指汽车在加速行驶过程中,由车辆各部件产生的噪声通过空气传播到车外的声音。其主要来源包括发动机噪声、排气系统噪声、轮胎噪声以及空气动力学噪声等。发动机噪声主要由发动机内部燃烧过程、机械振动和进排气系统引起;排气系统噪声则是由排气管道和排气管道的振动产生;轮胎噪声源于轮胎与路面接触时的摩擦和振动;空气动力学噪声则是车辆行驶时空气流动引起的。

噪声产生的物理机制复杂多样。发动机噪声的产生涉及燃烧过程中的压力波动、活塞和曲轴等部件的机械振动,以及进排气系统的气流扰动。排气系统噪声则主要与排气管流的速度、温度和排气管道的结构有关。轮胎噪声的产生机制包括轮胎花纹与路面相互作用产生的泵气效应、轮胎振动及其与车身结构的共振效应。空气动力学噪声则由车辆外形引起的气流分离、涡流和湍流等因素导致。

影响因素方面,发动机噪声受发动机类型、转速、负荷以及燃烧效率等影响;排气系统噪声与排气管材料、形状、消声器设计密切相关;轮胎噪声则受轮胎材料、花纹设计、路面状况等因素影响;空气动力学噪声则与车辆外形、车速等参数相关。

国内外对汽车车外加速行驶噪声均有严格的法规和标准。国际标准如 ISO 362 系列标准,规定了车辆加速行驶噪声的测试方法和限值。欧洲则有欧盟指令 70/157/EEC,对各类车辆的噪声排放进行了详细规定。中国则依据 GB 1495-2002《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》对汽车噪声排放进行管控。

2 汽车消声器原理及性能分析

汽车消声器作为降低排气系统噪声的关键部件,其工作原理主要基于声波干涉和能量吸收的原理。消声器内部通常设有多个隔板和吸声材料,通过改变声波的传播路径和吸收声波能量,达到降低噪声的目的。根据其结构和功能的不同,消声器可分为阻性消声器、抗性消声器和复合式消声器三大类。阻性消声器主要通过吸声材料吸收声波能量,适用

于中高频噪声的消除；抗性消声器则利用声波的反射和干涉原理，适用于低频噪声的控制；复合式消声器则结合了前两者的优点，具有更广泛的频率适用范围。

消声器性能的评价指标主要包括消声量、阻力损失、结构尺寸和耐久性等。消声量是衡量消声器降噪效果的核心指标，通常用分贝（dB）表示，反映了消声器在不同频率下的噪声降低能力。阻力损失则是指消声器对排气气流产生的阻力，直接影响发动机的排气效率和动力性能。结构尺寸和耐久性则关系到消声器的安装空间和长期使用性能。

现有消声器技术在实际应用中各有优缺点。阻性消声器具有较好的中高频降噪效果，但低频噪声控制能力较弱，且吸声材料易受高温和气流冲刷影响，导致性能下降。抗性消声器在低频噪声控制方面表现优异，但结构复杂，体积较大，且对高频噪声的消声效果有限。复合式消声器虽然综合性能较好，但设计和制造难度较高，成本相对较高。

3 汽车车外加速行驶噪声优化方法

在汽车车外加速行驶噪声的控制中，常用的噪声优化方法主要包括声源控制、传播路径控制和接收端控制。声源控制通过直接降低噪声源的辐射强度来实现降噪，具体措施包括优化发动机燃烧过程、改进排气系统设计等。传播路径控制则通过改变声波传播路径或增加吸声、隔声材料来减少噪声传递，例如在车身结构中增加隔音层、优化车身外形以减少空气动力学噪声等。接收端控制则侧重于在噪声接收端采取措施，如提高驾驶室隔音性能、使用主动降噪技术等。

针对汽车车外加速行驶噪声的具体优化措施，首先可以从声源控制入手。优化发动机燃烧过程，通过调整点火时机和燃油喷射策略，减少燃烧过程中的噪声产生。改进排气系统设计，采用高效消声器，如复合式消声器，结合阻性和抗性消声器的优点，有效降低排气噪声。此外，优化发动机悬置系统，减少发动机振动向车身的传递，也是降低声源噪声的重要手段。

在传播路径控制方面，车身结构的优化设计至关重要。增加车身隔音层，使用高密度隔音材料，可以有效阻断噪声的传播。优化车身外形设计，减少空气动力学噪声的产生，例如通过风洞试验优化车身曲面，降低风噪。此外，底盘和车身的密封性能也需要重点关注，防止噪声通过缝隙进入车内。

接收端控制方面，提高驾驶室的隔音性能是关键。使

用高性能隔音玻璃，增加车门和车窗的密封性，可以有效降低外界噪声的传入。主动降噪技术的应用，如通过车载音响系统发出反向声波，抵消外界噪声，也是一种高效的接收端控制方法。

各种优化方法的适用性和效果各有不同。声源控制直接作用于噪声源，效果显著，但技术难度和成本较高。传播路径控制适用范围广，但需要综合考虑车身结构设计和材料选择，实施难度较大。接收端控制相对简单，但对整体降噪效果的提升有限。综合应用多种优化方法，可以取得最佳的降噪效果。

通过对上述优化方法的详细分析和具体措施的阐述，可以为汽车车外加速行驶噪声的控制提供系统的解决方案。实际应用中，需根据具体车型和噪声特性，选择合适的优化方法，进行综合设计和改进，以实现最优的降噪效果。

4 汽车消声器性能优化策略

在汽车车外加速行驶噪声优化的研究中，消声器性能的优化是至关重要的环节。消声器作为排气系统的重要组成部分，其性能直接影响到整车噪声水平。针对消声器性能优化，本文提出以下具体策略：结构优化、材料选择和设计改进。

首先，结构优化是提升消声器性能的关键途径。通过改进消声器的内部结构，如增加消声单元、优化消声腔体布局，可以有效提高消声效果。例如，采用多级消声结构，将阻性消声和抗性消声相结合，能够在不同频段内实现更全面的噪声抑制。此外，优化消声器的外形设计，减少气流阻力，也能提升其整体性能。

其次，材料选择对消声器性能的影响不容忽视。高性能的吸声材料可以显著提高消声器的降噪效果。例如，使用多孔金属材料或复合吸声材料，能够有效吸收高频噪声，并具有良好的耐高温性能。同时，材料的密度和厚度也是需要重点考虑的因素，合理选择材料可以平衡消声效果与重量、成本之间的关系。

设计改进方面，引入先进的消声器设计技术至关重要。有限元分析（FEA）作为一种强大的数值模拟工具，可以在设计阶段对消声器的性能进行预测和优化。通过建立消声器的有限元模型，模拟不同工况下的声学特性，可以指导设计人员进行针对性的改进。此外，多目标优化（MOP）技术能够在多个性能指标之间寻求最优平衡，如同时考虑消声效

果、气流阻力和重量等因素,实现综合性能的提升。

通过上述案例分析可以看出,结构优化、材料选择和设计改进的综合应用,能够显著提升消声器的性能,进而有效降低汽车车外加速行驶噪声。实际应用中,需根据具体车型和噪声特性,灵活运用这些优化策略,以实现最佳的降噪效果。

5 案例分析

本文选取某典型车型进行案例分析,以探讨其噪声问题和消声器性能现状。该车型在车外加速行驶过程中,噪声水平较高,尤其在低频段表现尤为明显。原车消声器采用传统金属材质,结构为单级消声,虽有一定降噪效果,但难以满足日益严格的噪声排放标准。

为提升该车型消声器性能,本文应用前述优化方法进行改进。首先,对消声器内部结构进行优化,采用多级消声设计,结合阻性消声和抗性消声,以覆盖更宽频段的噪声抑制。其次,选用多孔金属复合材料替换传统金属,增强吸声效果,尤其在高频段表现显著。此外,利用有限元分析技术,对改进后的消声器进行性能预测,确保设计方案的可行性。

改进后的消声器在实际测试中表现出色,车外加速行驶噪声降低了约 3 dB(A),气流阻力仅增加 1.5%。对比原车消声器,新型消声器在降噪效果和气流阻力方面均有显著提升。

通过本案例分析,可见结构优化、材料选择和设计改进的综合应用,对提升消声器性能至关重要。实际操作中,需根据车型特性和噪声特点,灵活运用优化策略,以实现最佳降噪效果。此案例为后续研究提供了宝贵经验和参考。

6 结论与展望

本文通过对汽车车外加速行驶噪声及其消声器性能的深入研究,提出了多项优化策略,并验证了其有效性。研究结果表明,综合应用声源控制、传播路径控制和接收端控制

等优化方法,能够显著降低汽车车外加速行驶噪声。同时,通过结构优化、材料选择和设计改进等策略,有效提升了消声器的降噪性能。

未来研究可进一步探索新型降噪材料和先进设计技术,如智能材料和自适应消声器,以应对复杂多变的噪声环境。此外,多学科交叉研究,如声学、材料科学与信息技术的融合,将为汽车噪声控制提供新的思路。然而,降噪技术的应用需平衡成本与效果,且需考虑实际工况的复杂性,这些将是未来研究面临的挑战。

参考文献:

- [1] 秦多. 汽车噪声控制技术研究 [J]. 汽车测试报告, 2023,(04):143-145.
- [2] 胡志鸿. 滚动转子压缩机排气消声器性能分析与优化研究 [D]. 江西理工大学, 2024.
- [3] 向康深, 张良吉, 陈伟杰, 等. 1.5 级涡轮声源特征及复合锯齿静叶噪声控制的数值研究 [J]. 推进技术, 2025,46(04):118-127.
- [4] 刘天正, 王宇, 陈嘉梁, 等. 轨道交通振动传播路径隔振措施研究综述 [J/OL]. 铁道标准设计, 1-15[2025-06-19]. <https://doi.org/10.13238/j.issn.1004-2954.202403180001>.
- [5] 薛晓宏. 地铁车辆段上盖开发工程大跨度转换梁高支模盘扣式支架体系有限元分析及现场监测 [J/OL]. 施工技术 (中英文), 1-11[2025-06-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1768.TU.20250617.1844.037.html>.

作者简介: 南海秋 (1981—), 女, 汉族, 河北河间人, 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。

基金项目: 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。