

车用NVH材料降噪性能提升策略探讨

喻志刚

南昌南铃新材料科技有限公司 江西南昌 330000

摘要: 随着汽车行业的快速发展以及消费者对驾乘舒适性要求的不断提高,车辆的NVH(Noise、Vibration、Harshness, 噪声、振动与声振粗糙度)性能成为衡量汽车品质的重要指标。NVH材料作为降低车辆噪声的关键因素,其降噪性能的提升对改善车内声环境、提高汽车竞争力具有重要意义。本文深入分析了车用NVH材料的降噪原理,结合当前汽车NVH性能面临的挑战,从材料选择、结构设计、工艺优化、多材料复合应用以及智能控制等方面系统探讨了提升NVH材料降噪性能的策略,并通过实际案例验证策略的有效性,为汽车NVH性能的优化提供理论参考与实践指导。

关键词: 车用NVH材料; 降噪性能; 材料选择; 结构设计; 工艺优化; 多材料复合; 智能控制

引言

在汽车市场竞争日益激烈的当下,消费者对汽车的需求已不仅局限于基本的代步功能,对驾乘舒适性的关注度显著提升。车辆行驶过程中产生的噪声、振动等问题,严重影响驾乘体验,而NVH材料作为抑制这些问题的核心手段,其性能优劣直接关乎车辆的舒适性表现。良好的NVH性能不仅能提升用户的驾驶感受,还能增强汽车品牌的市场竞争力。因此,深入研究并有效提升车用NVH材料的降噪性能,成为汽车行业亟待解决的重要课题。

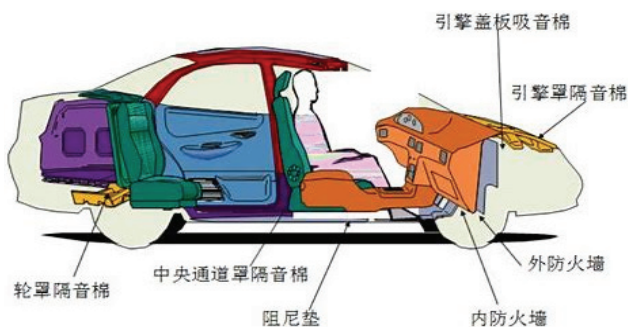


图1 车用NVH材料降噪

一、车用NVH材料降噪原理

(一) 吸声原理

吸声材料的主要作用是将入射的声波转化为热能而耗散掉。常见的吸声材料如多孔纤维材料(如聚酯纤维、玻璃纤维等),其内部存在大量相互连通的微小孔隙。当声波进入这些孔隙时,引起孔隙内空气的振动,空气与

材料孔壁之间产生摩擦和黏滞阻力,使声能不断转化为热能,从而达到吸声降噪的目的。材料的孔隙率、孔径大小、纤维密度等参数,都会影响其吸声性能。一般来说,孔隙率高、孔径适中且纤维分布均匀的材料,吸声效果更佳。

(二) 隔声原理

隔声材料侧重于阻挡声波的传播,通过反射、吸收和透射的综合作用减少噪声传入车内。质量较重、密度较大的材料,如钢板、铅板等,具有较好的隔声性能,这是基于“质量定律”,即材料单位面积质量越大,其隔声效果越好。此外,多层复合结构的隔声材料,通过不同材料的组合,利用各层材料对声波的不同作用(如弹性层的缓冲、阻尼层的耗能等),进一步提高隔声性能。

(三) 阻尼减振原理

阻尼材料能够抑制结构振动,减少因振动产生的噪声辐射。当结构受到外界激励产生振动时,阻尼材料会产生变形,材料内部分子间的摩擦和内耗将振动能量转化为热能,从而降低结构的振动幅度。常见的阻尼材料有橡胶基阻尼材料、沥青基阻尼材料等,通过在车身薄板结构上粘贴或喷涂阻尼材料,可有效抑制板件的振动,减少噪声的产生。

二、当前汽车NVH性能面临的挑战

(一) 新能源汽车带来的新问题

随着新能源汽车的快速发展,其NVH性能面临着独特的挑战。与传统燃油汽车相比,新能源汽车由于没有发动机的轰鸣声掩盖,一些原本不明显的噪声问题变得

突出。例如，电机的电磁噪声、减速器的齿轮啮合噪声以及动力电池冷却系统的风扇噪声等，都成为影响新能源汽车NVH性能的重要因素。这些噪声的频率特性和传播路径与传统汽车噪声不同，对NVH材料的降噪性能提出了新的要求。

（二）轻量化与降噪性能的矛盾

汽车轻量化是降低能耗、提高续航里程的重要途径，但轻量化往往意味着减少材料的使用量或采用轻质材料。这与NVH材料追求高隔声、高吸声性能所需的大质量、高密度存在矛盾。例如，使用轻质塑料替代金属材料时，其隔声性能明显下降；减少内饰材料的厚度以实现轻量化，也会降低材料的吸声和减振效果。如何在保证轻量化目标的前提下，提升NVH材料的降噪性能，成为汽车设计和制造中的一大难题。

（三）法规与标准的不断升级

全球各国对汽车噪声排放的法规和标准日益严格，同时消费者对车内安静环境的期望也在不断提高。这要求汽车制造商必须持续优化车辆的NVH性能，而作为关键环节的NVH材料，其降噪性能的提升面临更大压力。例如，欧盟、美国等地区不断更新汽车噪声限值标准，我国也逐步加强对汽车噪声排放的监管，促使汽车企业加大在NVH材料研发和应用方面的投入。

三、车用NVH材料降噪性能提升策略

（一）优化材料选择

新型吸声材料如金属泡沫和石墨烯改性材料，因其轻质、高强度和良好的吸声性能，为降噪提供了新选择。金属泡沫在高频段效果显著，适用于汽车发动机舱等区域。石墨烯改性材料则增强了稳定性和耐久性，拓宽了吸声频带。

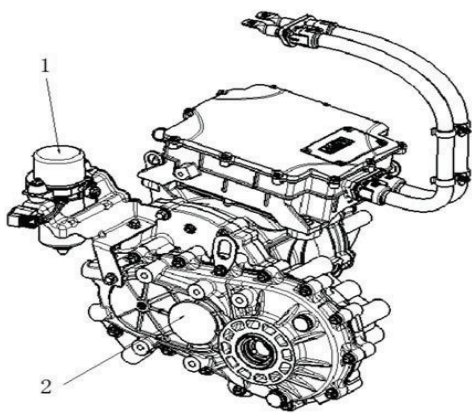


图2 优化材料

高性能隔声材料的研发满足了轻量化和高隔声性能

的需求。多层复合结构材料结合轻质高分子聚合物与金属箔、阻尼材料，优化厚度和排列顺序以实现轻量化和隔声效果。智能隔声材料能自动调整性能，实现动态隔声。

阻尼材料研发集中在提高阻尼损耗因子和温度适应性。形状记忆聚合物阻尼材料能根据温度自动调整阻尼效果，抑制结构振动。纳米复合阻尼材料通过添加纳米粒子改善分子间作用，提升阻尼和力学性能，适用于汽车车身减振。

（二）创新结构设计

优化吸声材料的多孔结构可提升其吸声性能。调整孔隙率、孔径分布和孔道形状，使材料在不同频段具有更好的吸声效果。梯度孔隙结构和仿生多孔结构设计可拓宽吸声频带，提高吸声效率。

多层复合结构在隔声和减振方面具有独特优势。通过组合不同特性的材料，利用各层材料对声波的反射、吸收和耗散作用，实现协同隔声。三层复合结构有效提高整体隔声性能，多层复合阻尼结构优化阻尼效果，降低结构振动噪声。

共振腔结构利用声波的共振原理，对特定频率的声波进行吸收。引入共振腔结构可有效控制车辆特定的噪声频率。亥姆霍兹共振器是一种常见的共振腔结构，通过设计其腔体尺寸和颈部长度，可实现对宽频噪声的有效吸收。

（三）改进工艺技术

NVH材料的成型工艺直接影响其性能。优化注塑成型工艺参数，改善材料的内部结构和密度分布，提高材料的吸声和隔声性能。阻尼材料的涂覆工艺采用高精度喷涂设备和优化的喷涂参数，保证阻尼材料均匀覆盖，充分发挥减振效果。3D打印技术在NVH材料制备中的应用逐渐兴起，实现复杂结构的精确制造。

对NVH材料进行表面处理，可增强其降噪性能。例如，吸声材料表面进行疏水性处理，防止水分侵入，避免降低吸声效果；隔声材料表面涂覆特殊涂层，提高反射性能，增强隔声效果。表面处理技术还可改善材料的耐候性、耐磨性等性能，延长NVH材料的使用寿命。

在多材料复合应用中，材料之间的连接方式对NVH性能有重要影响。采用先进的连接技术，如激光焊接、超声波焊接、结构胶粘接等，保证材料之间的紧密结合，减少振动传递和噪声泄漏。例如，采用结构胶粘接NVH材料与金属部件，提高连接强度，起到减振和隔声作用，改善车辆的NVH性能。

(四) 多材料复合应用

将不同特性的NVH材料进行复合应用,发挥各材料的优势,可实现更优异的降噪效果。例如,将吸声材料与隔声材料复合,形成“吸-隔”一体化结构,先通过吸声材料吸收部分声波,再利用隔声材料阻挡剩余声波的传播;在车身地板等部位,采用“阻尼材料-隔声材料-吸声材料”的多层复合结构,阻尼材料抑制地板振动,隔声材料阻挡外界噪声传入,吸声材料吸收车内反射声波,综合提升降噪性能。此外,将智能材料与传统NVH材料复合,可实现对噪声的动态控制,进一步优化车辆的NVH性能。

(五) 引入智能控制技术

智能控制技术为NVH材料降噪性能的提升开辟了新途径。主动噪声控制(ANC)技术通过在车内布置多个麦克风和扬声器,实时采集车内噪声信号,经控制器分析处理后,发出与原始噪声幅值相等、相位相反的声波,实现对噪声的抵消。与传统NVH材料相结合,ANC技术可针对低频噪声(如发动机低频轰鸣、轮胎低频噪声等)进行有效控制,弥补了传统材料在低频降噪方面的不足。此外,智能传感器与自适应阻尼材料的结合,可根据车辆行驶工况和振动情况,实时调整阻尼材料的性能,实现更精准的减振降噪。

结论

车用NVH材料降噪性能的提升对于改善汽车驾乘

舒适性、增强汽车市场竞争力具有重要意义。通过优化材料选择,应用新型吸声、隔声和阻尼材料;创新结构设计,采用多孔结构优化、多层复合结构和共振腔结构等;改进工艺技术,优化成型、表面处理和连接工艺;开展多材料复合应用以及引入智能控制技术策略,能够有效提升NVH材料的降噪性能。实际案例也验证了这些策略的有效性。在未来的汽车发展中,随着新能源汽车的普及、轻量化要求的提高以及法规标准的不断升级,车用NVH材料降噪性能的研究和提升将持续深入,需要汽车行业产学研各方共同努力,不断探索创新,以满足消费者日益增长的需求,推动汽车行业向更高质量发展。

参考文献

- [1]山雨琦.气隙偏心对电机NVH性能的影响[D].沈阳工业大学,2024.DOI: 10.27322/d.cnki.gsgyu.2024.000516.
- [2]李运源.车用无骨雨刮器刮拭振动噪声分析及降噪优化设计[D].上海大学,2023.DOI: 10.27300/d.cnki.gshau.2023.000640.
- [3]邓昌宇.车用叶片式真空泵故障分析及优化研究[D].南昌大学,2022.DOI: 10.27232/d.cnki.gnchu.2022.003998.
- [4]周检.车用电机噪音测试控制及加载系统的设计与实现[D].湖南大学,2022.DOI: 10.27135/d.cnki.ghudu.2022.003491.
- [5]满朝.车用发动机NVH试验室的工程设计[J].内燃机,2014,(02): 4-7.