

产品·设计

不同阻尼层对约束阻尼隔声性能的影响研究

郝敏,涂春潮,任玉柱,郭瑞毅

(北京航空材料研究院股份有限公司,北京 100095)

摘要:研究不同基胶[丁腈橡胶(IIR)/天然橡胶]配比硫化胶的阻尼性能及其作为阻尼层的约束阻尼的阻尼性能和隔声性能。结果表明:以IIR为主体基胶的硫化胶的阻尼性能最优,悬臂梁法测试的相应约束阻尼的阻尼性能也最优,插入损失最大;在控制附加质量的前提下,通过提高阻尼层的阻尼性能可抑制约束阻尼的共振,提高其隔声性能。

关键词:约束阻尼;丁基橡胶;天然橡胶;阻尼性能;隔声性能

中图分类号:TQ336.4⁺2;TQ332;TQ333.6

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2025)05-0365-07

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2025.05.0365



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

目前,客舱内声环境的舒适性越来越成为各大民航客机制造厂商的关注点,也成为客机商业竞争能力的重要指标^[1-2]。噪声控制除了现在正在研究的声源控制外,其他方法是消声、吸声和隔声^[3]。对于机舱来说,不可以进行消声,因为人生活在消声室中是非常难受的,因此机舱的声学设计结构需要达到足够的混响时间^[4-5]。经过长期的设计和研究,飞机已经最大限度地降低了振动和噪声,因此机舱的降噪主要采用隔声的方法来解决。

当前,国内外研制的隔声材料主要依靠材料的密实性、坚实性而使声波在材料结构上反射来隔声,所以隔声材料通常为高密度或大厚度构件^[6-13]。橡胶材料克服了以上隔声材料的缺点,一方面,当声波进入橡胶材料内部时,由于橡胶材料的粘弹阻尼特性能够将声能转变为热能耗散掉^[14];另一方面,橡胶材料的特性阻抗与空气的特性阻抗匹配度差,一部分声波不能进入橡胶材料内部而被反射。橡胶材料的质地柔软、密度较小,可通过橡胶的分子结构以及填充的各种功能填料来实现多功能性,其可在一些硬质隔声材料无法

使用的场合发挥作用。比如,美国Rogers公司通过将硅橡胶与玻璃纤维材料复合,同时添加一种特殊阻燃剂,成功制备出一种固体硅橡胶隔声片材,其特点是对低频噪声的阻隔性能优异,可直接贴合于客舱壁面,已应用于飞机上机组人员休息区以及商务舱和头等舱等中^[15]。此外,美国EAR公司和法国SMAC公司也开发出橡胶隔声产品,并广泛应用于航空领域。

本工作主要针对基胶配比不同(其他组分及用量相同)的硫化胶,研究其阻尼性能和以其作为阻尼层的约束阻尼的阻尼性能和隔声性能,为新型隔声材料的研制做技术储备,为隔声材料在民航客机降噪领域的应用奠定技术基础。

1 实验

1.1 试件制备

胶料配方见表1。

胶料混炼工艺为:将丁基橡胶(IIR)和天然橡胶(NR)在两辊开炼机上塑炼,待生胶软化后依次添加增塑剂、活化剂、补强剂、助交联剂和硫化剂,吃料完毕后进行薄通,薄通次数不少于8次,以使

作者简介:郝敏(1983—),女,河北保定人,北京航空材料研究院股份有限公司高级工程师,硕士,主要从事减震降噪材料的研究工作。

E-mail:haomin_mail@163.com

引用本文:郝敏,涂春潮,任玉柱,等.不同阻尼层对约束阻尼隔声性能的影响研究[J].橡胶工业,2025,72(5):365-371.

Citation:HAO Min, TU Chunchao, REN Yuzhu, et al. Influence of different damping layers on sound insulation performance of constrained damping[J]. China Rubber Industry, 2025, 72(5):365-371.

表1 胶料配方
Tab.1 Compound formulas

组分	配方A	配方B	配方C
IIR	10	90	50
NR	90	10	50
补强剂	30	30	30
活化剂	2	2	2
增塑剂	6	6	6
硫化剂	1	1	1
助交联剂	2	2	2

胶料混炼均匀。

将混炼胶置于预热好的模具中硫化,硫化温度为 (160 ± 3) °C,硫化时间为 (20 ± 5) min,硫化压力为 (10 ± 2) MPa。硫化完毕后卸模取出硫化胶片,修边后得到硫化胶试件。

约束阻尼的结构如图1所示,约束阻尼由约束层、阻尼层和双面胶构成。其中约束层为铝板,阻尼层为表1中A,B,C 3个配方硫化胶,双面胶实现约束阻尼与粘附基体的粘合。约束阻尼的制备工艺如下:首先将铝板清洗干净,干燥的铝板表面依次涂刷Chemlok205和Chemlok220 2种胶粘剂,待胶粘剂晾干后放置于预热好的模具下模板,分别将厚度为1 mm的A,B,C 3个配方混炼胶坯料平铺于铝板面,合模硫化,硫化温度为 (160 ± 3) °C,硫化时间为 (20 ± 5) min,硫化压力为 (12 ± 2) MPa。硫化完毕后卸模取出约束阻尼片材并粘贴双面胶,修边后得到约束阻尼试件。配方A,B和C阻尼层的约束阻尼以下分别简称为配方A,B和C约束阻尼。

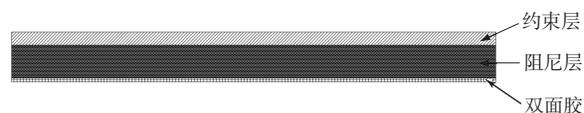


图1 约束阻尼的结构

Fig.1 Structure of constrained damping

1.2 测试分析

1.2.1 硫化胶的密度

采用电子天平分别测试A,B,C 3个配方硫化胶在空气中和水中质量,计算出3种硫化胶的密度。

1.2.2 硫化胶的阻尼性能

采用动态力学分析仪测试A,B,C 3个配方硫化胶在不同频率下的损耗因子($\tan\delta$)和弹性模量,获得硫化胶的阻尼性能。作为约束阻尼的阻

尼层,硫化胶受到剪切力的作用,因此硫化胶的阻尼性能测试采用平面剪切夹具,测试频率范围为1~50 Hz,应变为3%,室温环境。

1.2.3 约束阻尼的阻尼性能

约束阻尼的阻尼性能采用悬臂梁法测试,试验原理为半功率宽带法,根据简谐振动系统共振时的振幅放大因子曲线推算阻尼比。

梁为矩形条状结构,因约束阻尼的模量低,属于非自支撑材料,因此需要粘贴在基梁(220 mm×10 mm×1.6 mm硬化钢)上构成复合梁。首先测试钢基梁,再撕去约束阻尼双面胶上的硅油隔离纸,将相同尺寸的约束阻尼完全敷设在钢基梁表面构成复合梁再进行测试。钢基梁和复合梁的阻尼特性(弹性模量和 $\tan\delta$)按照ASTM E756-05—2017《测量材料振动阻尼特性的标准试验方法》进行测试,测试系统由激励部分和检测部分组成。具体的测试过程为:将梁垂直安装,上端刚性固定,下端自由,构成悬臂梁测试系统;由信号发生器产生的随机信号经功率放大器放大后对梁施加非接触激振力,由检测传感器检测梁的振动响应信号;采集仪同时采集激励和检测两路信号,经傅里叶变换后生成传递函数曲线,通过传递函数曲线可以得到梁的固有频率和半功率带宽。梁试样安装状态如图2所示。

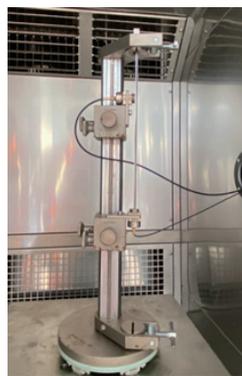


图2 梁试样安装状态

Fig.2 Installation status of beam specimen

1.2.4 约束阻尼的隔声性能

在隔声实验室进行隔声性能测试,通过测定隔声量最终得到敷设不同约束阻尼的基板相对于基板本身在不同频段的插入损失。隔声实验室由声源室和接收室共同构成,其结构如图3所示。声源室安装扬声器,其与试件有一定距离,使直

达声不显著,声源室产生稳态声音并且形成连续频谱;声源室放置多个传声器,传声器位置均匀分布在声源室最大允许测量空间内。接收室为半消声室,半消声室内声强探头距试件表面距离为15 cm左右,测试人员手持声强探头匀速扫描,扫描时麦克风与试件表面垂直,扫描方式如图4所示。

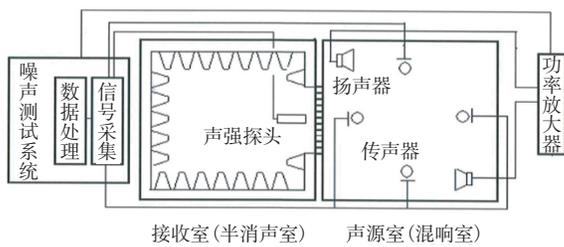


图3 隔声实验室结构

Fig. 3 Structure of sound insulation laboratory

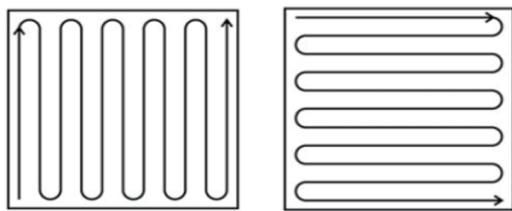


图4 隔声性能测试试件的扫描方式

Fig. 4 Scanning methods of specimen for sound insulation performance test

测试前,先将基板安装在声源室与接收室之间的洞口内,基板规格为1 600 mm×1 100 mm,四周封严,防止声泄露,基板安装后的状态如图5(a)所示;基板测试完成后,再在基板上敷设约束阻尼,约束阻尼尺寸为450 mm×140 mm,撕去约束阻尼双面胶上的硅油隔离纸,直接将约束阻尼粘贴在基板上,粘贴时避免产生气泡,基板上敷设10张相同规格的约束阻尼,敷设约束阻尼基板如图5(b)所示。



(a) 基板

(b) 敷设约束阻尼的基板

图5 基板和敷设约束阻尼基板

Fig. 5 Substrate and substrates with constrained dampings

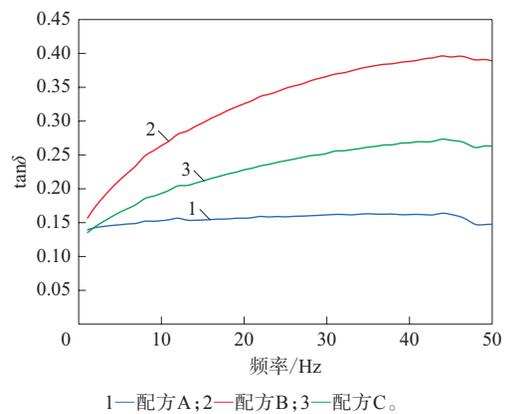
2 结果与讨论

2.1 硫化胶的密度

A,B,C 3个配方硫化胶的密度分别为1.14, 1.18, 1.16 $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。因IIR和NR 2种基胶的密度相当,配合剂完全相同,因此3个配方硫化胶的密度相差不大,这排除了质量因素对试件隔声性能的影响。

2.2 硫化胶的阻尼性能

3个配方硫化胶的 $\tan\delta$ -频率曲线如图6所示。



1—配方A; 2—配方B; 3—配方C。

图6 3个配方硫化胶的 $\tan\delta$ -频率曲线Fig. 6 $\tan\delta$ -frequency curves of three formula vulcanizates

从图6可以看出:因基胶不同,3个配方硫化胶的 $\tan\delta$ 有明显差异,配方A硫化胶的 $\tan\delta$ 最小,配方B硫化胶的 $\tan\delta$ 最大,配方C硫化胶的 $\tan\delta$ 居中;3个配方硫化胶的 $\tan\delta$ 随频率增大均呈增大趋势,其中,配方A硫化胶的 $\tan\delta$ 增幅最小,配方B硫化胶的 $\tan\delta$ 增幅最大,配方C硫化胶的 $\tan\delta$ 增幅居中。分析认为,IIR的聚异丁烯链段上有对称甲基,且异丁烯结构单元在IIR分子中所占比例大于97%,结构中密集的侧甲基使IIR分子链段的弛豫阻力增大,内耗较大,内旋转势垒高,这是IIR具有阻尼减振性能的结构原因。配方A基胶以NR为主,IIR为辅,室温环境下NR的本身阻尼较小,因此配方A硫化胶的 $\tan\delta$ 较小;配方B基胶以IIR为主,NR为辅,室温下IIR的本身阻尼较大,因此配方B硫化胶的 $\tan\delta$ 较大;配方C中2种基胶各占一半,因此配方C硫化胶的 $\tan\delta$ 居中。

3个配方硫化胶的弹性模量-频率曲线如图7所示。

从图7可以看出,3个配方硫化胶的弹性模量

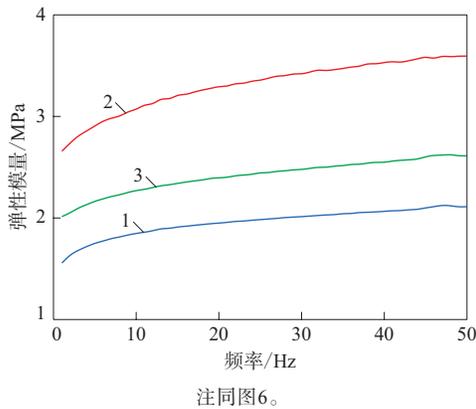


图7 3个配方硫化胶的弹性模量-频率曲线
Fig.7 Elastic modulus-frequency curves of three formula vulcanizates

随频率的增大均呈增大趋势,因为室温下IIR的弹性模量大于NR,所以配方B硫化胶的弹性模量最大,配方A硫化胶的弹性模量最小,配方C硫化胶的弹性模量居中。

2.3 约束阻尼的阻尼性能

钢基梁和复合梁的传递函数曲线分别如图8—11所示。

从图8—11可以看出:钢基梁的传递函数曲线各阶固有频率峰型尖锐,说明钢基梁阻尼小;敷设约束阻尼后复合梁的传递函数曲线各阶固有频率峰型变宽,其中敷设配方B约束阻尼复合梁的传递函数曲线各阶固有频率峰型最宽,相对更平滑,说明敷设配方B约束阻尼复合梁的阻尼最大。

钢基梁和复合梁的 $\tan\delta$ 和弹性模量如表2所示。

从表2可以看出:钢基梁本身的弹性模量非常大,2阶、3阶、4阶固有频率对应的 $\tan\delta$ 均很小;敷设

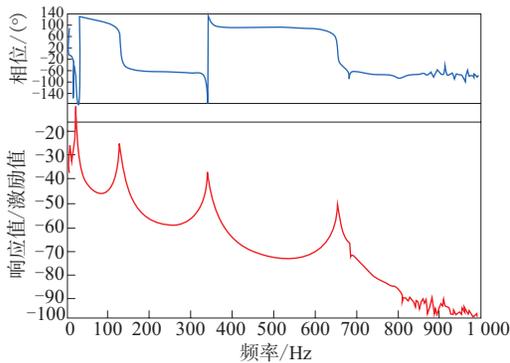


图8 钢基梁传递函数曲线
Fig. 8 Transfer function curves of steel beam

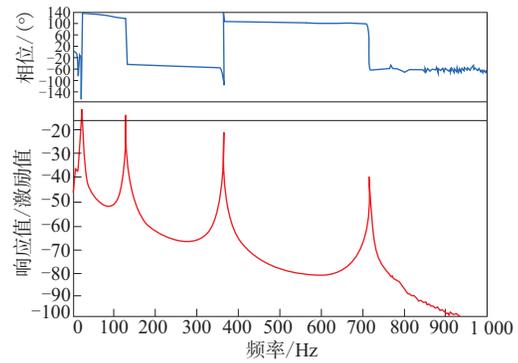


图9 敷设配方A约束阻尼复合梁传递函数曲线
Fig.9 Transfer function curves of composite beam with formula A constrained damping

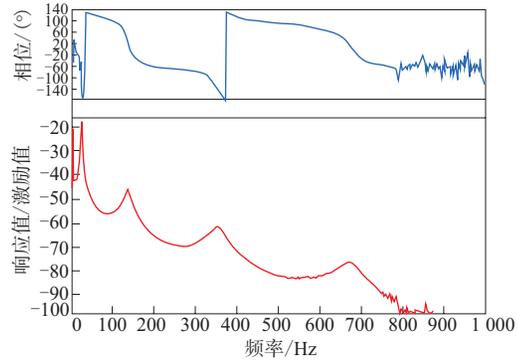


图10 敷设配方B约束阻尼复合梁传递函数曲线
Fig. 10 Transfer function curves of composite beam with formula B constrained damping

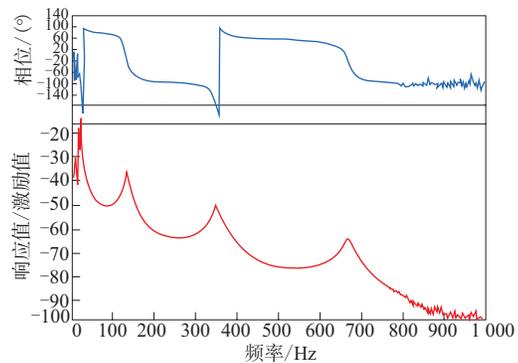


图11 敷设配方C约束阻尼复合梁传递函数曲线
Fig. 11 Transfer function curves of composite beam with formula C constrained damping

配方B约束阻尼复合梁各阶固有频率对应的 $\tan\delta$ 最大,敷设配方A约束阻尼复合梁各阶固有频率对应的 $\tan\delta$ 较小,敷设配方C约束阻尼复合梁各阶固有频率对应的 $\tan\delta$ 居中。约束阻尼复合梁的弹性模量远小于钢基梁,而 $\tan\delta$ 远大于钢基梁。影响约束阻尼的阻尼性能的因素有2个,一个是约束阻尼

表2 钢基梁和复合梁的 $\tan \delta$ 和弹性模量
Tab.2 $\tan \delta$ and elastic moduli of steel base beam and composite beams

项 目	钢基梁	复合梁		
		配方A约束阻尼	配方B约束阻尼	配方C约束阻尼
固有频率阶数	4	4	4	4
2阶固有频率对应的				
$\tan \delta$	0.010	0.127	0.487	0.294
弹性模量 $\times 10^{-9}/\text{Pa}$	192.00	1.47	5.88	2.75
3阶固有频率对应的				
$\tan \delta$	0.004	0.138	0.499	0.259
弹性模量 $\times 10^{-9}/\text{Pa}$	187.00	1.33	5.06	3.11
4阶固有频率对应的				
$\tan \delta$	0.003	0.155	0.520	0.353
弹性模量 $\times 10^{-9}/\text{Pa}$	190.00	2.07	6.56	3.80

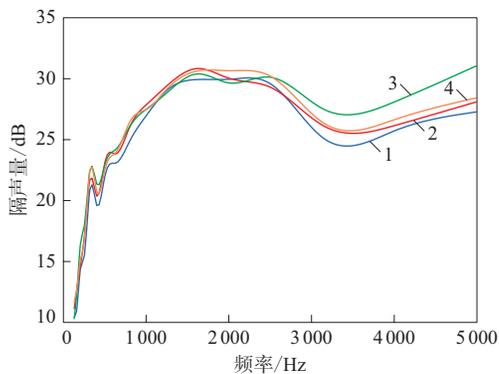
注:1阶固有频率对应的数据不作参考。

的构型,另一个是阻尼层的性能。在相同构型的情况下,阻尼层的性能决定了约束阻尼的阻尼性能。悬臂梁法测试的约束阻尼的阻尼特性与DMA法测试的硫化胶的阻尼特性相互印证。

2.4 约束阻尼的隔声性能

在隔声实验室测试基板和敷设约束阻尼基板的隔声量,通过声强表征。声强等于某一点的瞬时声压与相应瞬时质点速度乘积的平均值,一般质点速度测量很困难,采用2个特性一致的声压传感器作为声强测量仪的传感器,这时沿X方向的压力梯度近似等于2个传感器测得的声压差值除以距离。用声强表征的隔声量更符合实际使用工况。基板和敷设3个配方约束阻尼基板的隔声量如图12所示。

从图12可以看出,基板本身的隔声量最小,敷

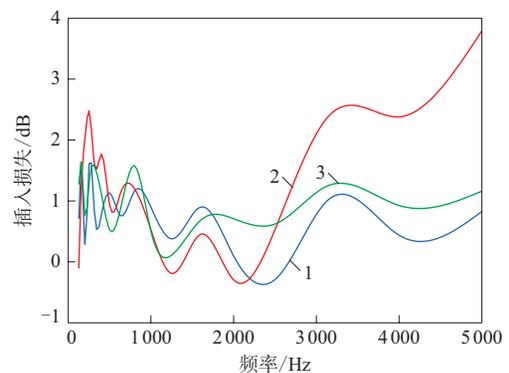


1—基板;2—敷设配方A约束阻尼基板;3—敷设配方B约束阻尼基板;4—敷设配方C约束阻尼基板。

图12 基板和敷设3个配方约束阻尼基板的隔声量
Fig.12 Transmission losses of substrate and substrates with three formula constrained dampings

设3个配方约束阻尼基板的隔声量有所增大。在120~2 500 Hz范围内,敷设配方B和配方C约束阻尼基板的隔声量整体大于基板约1 dB,敷设配方A约束阻尼基板的隔声量大于基板不到1 dB;在2 500~5 000 Hz范围内,敷设3个配方约束阻尼基板的隔声量均明显大于基板,其中敷设配方B约束阻尼基板的隔声量最大。

3种约束阻尼敷设于基板的插入损失如图13所示。



1—敷设配方A约束阻尼基板;2—敷设配方B约束阻尼基板;
 3—敷设配方C约束阻尼基板。

图13 敷设3个配方约束阻尼基板的插入损失
Fig.13 Insertion losses of substrates with three formula constrained dampings

从图13可以看出,除在1 250,1 600和2 000 Hz这3个频率之外,在其他频率下敷设配方B约束阻尼基板的插入损失基本是最大的。分析原因如下:根据约束阻尼在民用飞机舱壁上实际使用时不是全覆盖的,试验时模拟实际工况将10块450 mm \times 140 mm的约束阻尼敷设于1 600 mm \times 1 100 mm的基板上,采用手持声强探头扫描时,扫描位置有可能没有敷设约束阻尼,对应的测试值就会偏小。总体来看,相对于敷设配方A约束阻尼和配方C约束阻尼基板,敷设配方B约束阻尼基板的隔声量最大,因此其插入损失最大。

对于薄板结构约束阻尼,影响隔声频率特性曲线的参量主要由3个物理量决定,分别是质量、板的劲度和材料的阻尼性能。3种约束阻尼的密度和厚度基本一致,因此质量基本一致,质量因素对隔声性能的影响可忽略;板的劲度取决于约束阻尼敷设于基板后整体的弹性模量,弹性模量越大,板的劲度越大,尽管约束阻尼的弹性模量有一

定差异,但基板的弹性模量远高于约束阻尼,基板敷设约束阻尼构成复合板,复合板的弹性模量取决于基板,因此,3种复合板的弹性模量差异不大,劲度相当;在白噪声环境中,复合板存在“共振效应区”和“吻合效应区”,在“共振效应区”将产生一系列共振,这时材料的阻尼性能对抑制共振有明显作用,对提高隔声性能有明显作用。从试验结果看出,配方B约束阻尼的 $\tan\delta$ 最高,当声波入射时,配方B约束阻尼将机械能转化为热能的能力最强,从而抑制板振动,起到隔声作用。

3 结论

通过动态力学性能测试,研究不同配方(不同基胶配比)硫化胶的阻尼性能,获得了不同配方硫化胶在室温下的阻尼性能;通过悬臂梁法测试,研究不同配方约束阻尼的阻尼性能,获得了不同配方约束阻尼在室温下的 $\tan\delta$ 和弹性模量;通过隔声实验室试验,研究不同配方约束阻尼的隔声量,获得了不同配方约束阻尼的插入损失。由测试结果可以看出,以IIR为主体基胶的硫化胶的阻尼性能最优,对应的约束阻尼的阻尼性能也最优,插入损失最大。对于薄板结构约束阻尼,在质量和板的劲度基本一致的情况下,材料的阻尼性能可抑制共振,提高隔声性能。因此,在结构不可更改和附加质量受限的情况下,可通过提高阻尼层的阻尼性能提升约束阻尼的隔声性能。

参考文献:

- [1] 唐见茂. 航空航天复合材料发展现状及前景[J]. 航天器环境工程, 2013, 30(4): 352-359.
TANG J M. Current status and trends of advanced composites in aerospace[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2013, 30(4): 352-359.
- [2] 张正平, 任方, 冯秉初. 飞机噪声技术研究——工程解决方法[J]. 航空学报, 2008, 29(5): 1207-1212.
ZHANG Z P, REN F, FENG B C. Noise task of aircraft—Resolve in engineering[J]. Acta Aeronautica ET Astronautica Sinica, 2008, 29(5): 1207-1212.
- [3] 张荣, 秦浩明. 飞机舱内噪声特性分析[J]. 噪声与振动控制, 2009(s1): 481-483.
ZHANG R, QIN H M. Investigation of measurement and analysis of the cabin noise of fuselage[J]. Noise and Vibration Control, 2009(s1): 481-483.
- [4] 张荣, 秦浩明, 李军照. 声压法在壁板隔声试验中的应用研究[C]. 2008年航空试验测试技术峰会论文集. 南昌: 航空工业测控技术发展中心、中国航空学会测试专业委员会、《测试技术》杂志社, 2008: 23-26.
- [5] 韩峰. 大型客机机舱内饰板隔声性能计算与试验[J]. 噪声与振动控制, 2014, 34(2): 107-110.
HAN F. Calculation and testing of sound transmission loss for interior panels of large aircraft fuselages[J]. Noise and Vibration Control, 2014, 34(2): 107-110.
- [6] 何立燕, 胡莹. 飞机绝热隔声层分布方式对壁板隔声量的影响[J]. 噪声与振动控制, 2015, 35(6): 123-126.
HE L Y, HU Y. Influence of distribution mode of thermal/acoustic insulation blankets on the transmission loss of airplanes[J]. Noise and Vibration Control, 2015, 35(6): 123-126.
- [7] 周新祥. 噪声控制技术及其新进展[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.
- [8] TADEU A, ANTÓNIO J, MATEUS D. Sound insulation provided by single and double panel walls—A comparison of analytical solutions versus experimental results[J]. Applied Acoustics, 2004, 65(1): 15-29.
- [9] HASHIMOTO N, KATSURA M, NISHIKAWA Y, et al. Experimental study on sound insulation of membranes with small weights for application to membrane structures[J]. Applied Acoustics, 1996, 48(1): 71-84.
- [10] HASHIMOTO N, KATSURA M, YASUOKA M, et al. Sound insulation of a rectangular thin membrane with additional weights[J]. Applied Acoustics, 1991, 33(1): 21-43.
- [11] ANTÓNIO J M P, TADEU A, GODINHO L. Analytical evaluation of the acoustic insulation provided by double infinite walls[J]. Journal of Sound and Vibration, 2003, 263(1): 113-129.
- [12] LIU Y, DAUDIN C. Analytical modelling of sound transmission through finite clamped double-wall sandwich panels lined with poroelastic materials[J]. Composite Structures, 2017, 172: 359-373.
- [13] WANG G L, ZHAO G Q, DONG G W, et al. Lightweight, super-elastic, and thermal-sound insulation bio-based PEBA foams fabricated by high-pressure foam injection molding with mold-opening[J]. European Polymer Journal, 2018, 103: 68-79.
- [14] 胡振国, 张益苗, 袁新华, 等. 丁基橡胶阻尼复合材料的研究进展[J]. 橡胶工业, 2024, 71(8): 630-636.
HU Z G, ZHANG Y M, YUAN X H, et al. Research progress of IIR damping composites[J]. China Rubber Industry, 2024, 71(8): 630-636.
- [15] NATSUKI T, NI Q Q. Theoretical analysis of sound transmission loss through graphene sheets[J]. Applied Physics Letters, 2014, 105(20): 201907.

收稿日期: 2024-12-29

Influence of Different Damping Layers on Sound Insulation Performance of Constrained Damping

HAO Min, TU Chunchao, REN Yuzhu, GUO Ruiyi

(Beijing Institute of Aeronautical Materials Co., Ltd, Beijing 100095, China)

Abstract: The damping performance of the vulcanizates with different base rubber [butyl rubber (IIR) / natural rubber] ratios, and the damping performance and sound insulation performance of the constrained damping with the vulcanizates as damping layers were studied. The results showed that the damping performance of the vulcanizate with IIR as the main base rubber was the best, and the damping performance of the corresponding constrained damping tested by the cantilever beam method was also the best, while the insertion loss was the greatest. Under the premise of controlling additional mass, the resonance of the constrained damping could be suppressed and sound insulation performance could be improved by increasing the damping performance of the damping layer.

Key words: constrained damping; IIR; NR; damping performance; sound insulation performance

专利3则

由沈阳沃德喜工业材料有限公司申请的专利(公布号 CN 119463314A, 公布日期 2025-02-18)“一种耐穿刺兼耐磨橡胶表面配方及涂覆工艺”, 涉及的耐穿刺兼耐磨橡胶表面配方(用量/份)为: 生胶 70~100, 塑性树脂浆料 20~40, 陶瓷粉 5~15, 耐热聚合物 10~30, 聚硅氧烷 2~10, 炭黑 30~75, 白炭黑 6~12, 纤维材料 5~20, 纳米材料 0~5, 耐磨剂 2~10, 防老剂 0.5~5, 增塑剂 0.5~5, 软化剂 0~10, 交联剂 2~6, 其他添加剂 <10。本发明通过各组分之间的配合提高橡胶表面的功能性和耐用性, 从而减小橡胶表面使用时的磨损程度, 延长橡胶表面的使用寿命, 降低橡胶表面的更换频率和成本, 进而保护其密封结构, 防止液体或气体泄漏。

由惠州市杜科新材料有限公司申请的专利(公布号 CN 119463002A, 公布日期 2025-02-18)“一种应用于电池密封胶的UV固化型液态三元乙丙橡胶及其制备方法”, 涉及的紫外光(UV)固化型液态三元乙丙橡胶配方(用量/份)为: 液态三元乙丙橡胶 20~30, 石油醚 20~30, 硫

基-1,2-丙二醇 0.2~1, 引发剂 0.05~0.5, 丙酮 20~30, 异氰酸酯丙烯酸乙酯 适量, 催化剂 0.1~0.2, 阻聚剂 0.1~0.2。本发明采用含10%第三单体的液态三元乙丙橡胶作为基材, 通过巯基-烯点击反应及异氰酸酯的加成反应, 将光固化基团接枝到液态三元乙丙橡胶分子侧链上, 使得制成的电池密封胶可通过LED照射实现快速固化, 以此提高生产效率, 降低生产成本。

由湖南北思孚新材料有限公司申请的专利(公布号 CN 119463496A, 公布日期 2025-02-18)“一种发泡硅橡胶及其组成的防火材料”, 公开的发泡硅橡胶防火材料由A和B两个组分组成。其中, A组分包括100份 α, ω -二羟基聚硅氧烷、0.5~8份羟基化合物、0.1~5份发泡反应催化剂(包括二乙基羟胺和1种或2种含氨基的有机硅化合物)和0.1~5份有机金属类催化剂; B组分包括100份烷氧基封端聚硅氧烷和1~50份聚甲基氢硅氧烷。A与B组分的质量比为(10:1)~(1:4)。该双组分发泡硅橡胶制造成本低, 可长期存放, 密度低, 防火阻燃性能优越, 泡孔结构好, 粘结性能优异, 方便现场制备和施工。

(信息来源于国家知识产权局)