

多层阻尼复合板常温贮存5年性能研究

胡盛勇, 王国力, 赖盛景, 侯强, 梁天锡

(中国工程物理研究院总体工程研究所, 绵阳 四川 621999)

摘要: 目的 分析多层阻尼复合板常温贮存5年的性能变化。方法 对多层阻尼复合板进行常温下贮存5年的减振性能研究, 通过贮存前后的正弦扫描试验和随机振动试验, 获得贮存前后多层阻尼复合板的减振性能和模态变化, 进行对比分析。结果 阻尼复合板常温贮存5年后, 径向模态有较大的下降, 法向模态变化较少, 组件上的加速度响应基本无变化。结论 该多层阻尼复合板常温贮存5年后仍然满足要求。

关键词: 多层阻尼复合板; 贮存; 正弦扫描试验; 随机振动试验

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2017.01.004

中图分类号: TJ07; TH131

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2017)01-0014-04

Performances of Multilayered Damping Composite Panels within Five Years of Storage

HU Sheng-yong, WANG Guo-li, LAI Sheng-jing, HOU Qiang, LIANG Tian-xi

(Institute of Systems Engineering, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621999, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the performance change of multilayered damping composite panels after five years of storage. **Method** The vibration attenuation performance of multilayered damping composite panels was researched after five years of storage at normal atmospheric temperature. Vibration attenuation performance and modality variation of multilayered damping composite panels before and after storage were obtained according to sine scanning test and random vibration before and after storage to carry out contrastive analysis. **Results** After five years of storage, radial modality of panels declined obviously. The normal modality had little change. The acceleration response on subassemblies had no change. **Conclusion** Multilayered damping composite panels also meet the performance requests after five years of storage.

KEY WORDS: multilayered damping composite panels; storage; sine scanning test; random vibration test

飞行器在飞行过程中, 振动环境是最常见的环境条件, 工程设计中减振设计是有效手段, 前期研制了一种具有优良减振功能的多层阻尼复合板, 为内部搭载的电子测试设备提供一个良好的环境。

在复合板研究方面, 王宏伟^[1]从理论上系统分析了阻尼层厚度、温度和频率对弹性-粘弹性复合板的模态密度的影响。陈加云^[2]实验研究了不同的厚度比、温度及不同阻尼层材料对复合板动力学性能的影响。堵永国等^[3]研究发现温度和阻尼层厚度等对阻尼

板损耗因子有较大影响。邓年春等^[4]提出了一种基于虚功原理的建立约束阻尼板结构动力学模型的方法, 描述粘弹性材料随频率变化的特性。张春延等^[5]研究了铺设阻尼层对泡沫铝芯三明治板的隔声量的影响。秦惠增等^[6]建立了具有等厚 SMA 层的夹层矩形薄板的横向振动方程, 通过数值分析了夹层板结构的稳态响应特性和阻尼特性。施磊^[7]计算多孔阻尼层的等效弹性张量, 并建立了均匀化的约束层阻尼板有限元模型, 计算了多孔阻尼复合板的损耗因子。陈亚^[8]推导

收稿日期: 2016-07-22; 修订日期: 2016-08-20

基金项目: 中国工程物理研究院科学技术发展基金资助项目(2014B0203023)

作者简介: 胡盛勇(1982—), 男, 四川广安人, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为减振结构设计及结构优化设计方向。

了各向同性约束阻尼板的动力学控制方程。郑辉等^[9]给出了适合于任意层弹性-粘弹性阻尼复合板传声损失计算的传递矩阵法,并应用该矩阵对阻尼复合板的分舱材料的参数配置对隔声吻合频率及吻合频率处传声损失的影响规律。

在贮存试验研究方面,自然贮存和加速试验均开展了不同的研究工作。翁正等^[10-11]对长期贮存中的气密封方式进行了深入研究。孔占兴^[12]分析了长期自然贮存评估和加速寿命试验评估两种评估方法的现状,研究了自然贮存试验转化为类比法试验评估方法。李坤兰^[13]对 14 个型号电容器分别在寒温、亚湿热-入海口、亚湿热-内陆、热带海洋四地开展 150 个月的贮存试验。解红雨等^[14]对某随弹贮存 8 年的硅橡胶密封材料进行力学性能测试和加速试验研究,获得了 25 °C 下硅橡胶密封材料 8 年贮存后可继续贮存寿命大于 5 年的结论。牛越昕等^[15]采用极小估计拟合的方式,得到控制舱贮存可靠性分布函数,分析得到控制舱的自然贮存寿命为 15.78 年。林总君等^[16]对硅橡胶 P6144 密封圈进行加速老化试验,预测了 25, 35, 45, 55, 65, 75 °C 温度条件下硅橡胶 P6144 密封材料的贮存寿命。马同玲等^[17]利用自然贮存数据对加速老化试验数据进行检验,然后利用加速老化试验中的数据,预测出 C402 氟硅橡胶制品的贮存寿命为 15 年。陈津虎等^[18]对某型硅橡胶减振器进行加速老化试验,通过试验数据评估减振器的贮存寿命。徐静等^[19]采用恒定温度应力加速贮存试验方式,对膜片组件进行加速试验,获得了膜片组件的贮存寿命。

文中针对一种多层阻尼复合板,进行常温贮存试验研究,在贮存初始和第 5 年进行试验研究,通过前后试验数据对比,分析多层阻尼复合板常温贮存 5 年的性能变化。

1 阻尼复合板组成及试验设计

1.1 阻尼复合板组成

多层阻尼复合板由多层金属面板、阻尼层和芯层粘接而成,如图 1 所示。多层阻尼复合板一共有三层,三层面板均为铝材料,面板 2 和面板 3 厚度为 1 mm,面板 1 为 2 mm,阻尼层为橡胶层,芯层为发泡而成的聚氨酯泡沫,五层通过粘胶粘接形成阻尼复合板,总板厚 13 mm,螺纹结构预埋在复合板中。

阻尼复合板与其他产品通过螺钉连接,为产品提供支承、减振的作用。由于阻尼复合板由多层结构粘接而成,同时阻尼复合板含有橡胶材料和聚氨酯泡沫芯层,因此在长期贮存环境下可能有脱胶、脱层现象,从而导致支撑、减振功能下降,工程要求为:

- 1) 长期贮存后其模态频率不低于初始的 70%,

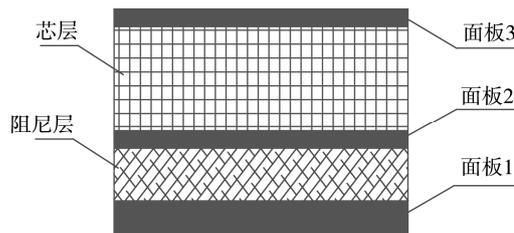


图 1 多层阻尼复合板组成

即为保证支撑功能,其刚度不要有明显下降,从结构分析为不要有较多的脱胶、脱层情况。

2) 减振功能要求为在相同的输入条件下,经历长期贮存后的阻尼复合板安装组件上,测量的加速度响应比初始加速度响应增大不超过 50%,即阻尼复合板经过长期贮存后,橡胶、聚氨酯泡沫等材料的老化性能不会明显下降。

1.2 贮存性能试验设计

利用三件阻尼复合板进行贮存性能变化研究,对复合阻尼板上安装组件状态(如图 2 所示)进行常温贮存。在贮存初始和贮存一定年限后,分别对三块阻尼复合板进行动态力学性能测试,主要包括正弦扫描试验和低量级随机振动试验。分别获取阻尼复合板贮存一定年限后的模态和安装组件上的加速度响应,通过对比贮存初始的试验结果,对阻尼复合板的常温贮存性能变化进行研究。

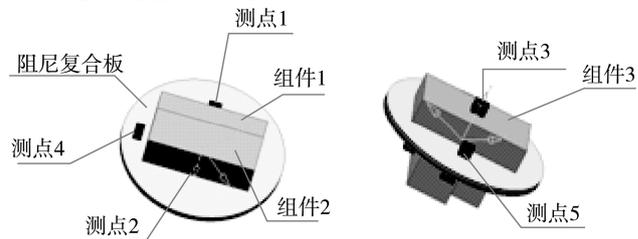


图 2 多层阻尼复合板贮存状态

根据测试需要,分别在多层阻尼复合板和板上组件上布置加速度传感器测点,通过阻尼复合板上加速度传感器测量结果获取阻尼复合板的模态,通过组件上的加速度响应分析在相同输入条件下的阻尼复合板的减振性能,共设置 5 个加速度测点,位置如图 2 所示。

2 试验结果

在阻尼复合板贮存前和贮存第 5 年分别对三块复合阻尼板先进行检查,均发现无脱胶、毛边等现象,然后进行正弦扫描测试和随机低量级振动试验。

2.1 正弦扫描试验结果。

分别进行了 x 向和 y 向的正弦扫描试验, x 向正弦扫描试验阻尼复合板上加速度测量结果见表 1, y

向正弦扫描试验阻尼复合板上加速度测量结果见表2。从表1和表2的数据分析可以看出,经过5年常温贮存,三件阻尼复合板 x 向上的一阶谐振频率从128~134 Hz下降至115~123 Hz,三件阻尼复合板 y 向上的一阶谐振频率从795~805 Hz下降至691~720 Hz,但两个方向的模态变化率(贮存后模态频率与初始模态频率之比)都存在不同程度的下降。从模

态变化率上看,模态均下降至初始模态的90%左右,下降比较明显,且 y 向模态变化要比 x 向变化大一些,说明阻尼复合板的刚度有一定程度的下降。由于多层阻尼复合板的各层由胶粘接而成,经过5年贮存后,可能是粘接质量下降导致了复合板刚度下降。虽然模态有一定程度下降,但模态变化率仍然大于0.80,复合阻尼板仍然满足模态指标要求。

表1 x 向正弦扫描试验阻尼复合板测点测量结果

测点	一阶谐振频率/Hz											
	试件1				试件2				试件3			
	上扫		下扫		上扫		下扫		上扫		下扫	
	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年
测点4	129.7	118.5	128.1	115.1	130.8	118.9	130.7	117.0	134.0	122.5	133.6	122.3
测点5	129.7	119.0	130.4	118.4	132.2	118.9	134.0	118.3	134.0	122.5	133.6	123.2
模态变化率	≥0.914		≥0.899		≥0.899		≥0.883		≥0.914		≥0.915	

表2 y 向正弦扫描试验阻尼复合板测点测量结果

测点	一阶谐振频率/Hz											
	试件1				试件2				试件3			
	上扫		下扫		上扫		下扫		上扫		下扫	
	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年
测点4	804.9	709.8	799.8	709.2	795.8	692.4	797.6	691.9	799.3	717.2	802.8	720.2
测点5	799.3	709.8	799.8	709.2	795.8	692.4	797.6	691.9	805.0	717.2	802.8	720.2
模态变化率	≥0.882		≥0.887		≥0.870		≥0.867		≥0.891		≥0.897	

2.2 随机振动试验结果

分别进行了 x 向和 y 向随机振动试验,阻尼复合板安装组件上的加速度响应总均方根值测量结果见表3。从整体加速度响应分析,在采用相同的实验条件下,常温贮存5年后,组件上(测点1、测点2和测点3)的加速度响应与初始相比变化不明显(不超

过1g)。说明经过5年的常温贮存后,加速度响应变化不大,从加速度增大百分比(贮存后加速度响应与初始加速度之比)看,加速度增大百分比在0.916~1.114之间,说明贮存5年后,其加速度响应增大最大不超过12%,满足设计的减振要求。说明经过5年常温贮存后,阻尼复合板的减振性能变化不大,仍然满足要求。

表3 随机振动试验组件上测点测量结果

测点	加速度响应总均方根值/g											
	x 向						y 向					
	试件1		试件2		试件3		试件1		试件2		试件3	
	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年	初始	第5年
测点1	4.23	4.28	4.21	3.856	4.46	4.440	3.08	3.042	2.83	2.996	2.91	3.084
测点2	4.12	4.112	4.12	4.177	4.29	4.384	2.87	3.108	2.79	3.028	2.75	3.063
测点3	4.29	4.699	4.14	4.488	4.24	4.576	10.00	9.958	10.64	10.25	10.30	11.04
加速度增大百分比	0.998~1.096		0.916~1.084		0.996~1.079		0.988~1.083		0.963~1.085		1.060~1.114	

3 结论

多层阻尼复合板以安装组件形式进行常温贮存,分别在初始和第5年进行正弦扫描试验和随机振动

试验,获得阻尼复合板的一阶谐振频率和幅值以及安装组件上的加速度响应,通过对比分析,多层阻尼复合板的粘接质量可能存在下降现象,但经过5年常温贮存,多层阻尼复合板仍满足支承、减振作用。

参考文献:

- [1] 王宏伟, 赵德有. 弹性-粘弹性复合板模态密度研究[J]. 大连理工大学学报, 2001, 41(1): 81—84.
- [2] 陈加云. 减振复合板动力学特性的实验研究及数值分析[D]. 华东理工大学, 2013.
- [3] 堵永国, 杨广, 张为军, 等. 金属/高聚物夹层阻尼板的阻尼特性及其应用[J]. 国防科技大学学报, 1999, 21(3): 34—37.
- [4] 邓年春, 邹振祝, 杜华军, 等. 约束阻尼板的有限元动力学分析[J]. 振动工程学报, 2003, 16(4): 489—492.
- [5] 张春岩, 沈火明, 王瑞乾, 等. 阻尼层对泡沫铝芯三明治板隔声特性的影响分析[J]. 应用数学和力学, 2014, 35(s): 191—194.
- [6] 秦惠增, 李贵生, 任勇生. 具有 SMA 层的夹层板的振动和阻尼特性分析[J]. 太原理工大学学报, 2001, 32(3): 234—237.
- [7] 施磊, 郑玲. 多孔阻尼复合板优化研究[J]. 噪声与振动控制, 2012(6): 194—199.
- [8] 陈亚, 谢天宇. 温度对约束阻尼板振动性能影响分析[J]. 海军航空工程学院学报, 2015, 30(2): 139—142.
- [9] 郑辉, 陈端石, 骆振黄. 阻尼复合板的结构参数配置与穿声损失[J]. 振动工程学报, 1994, 7(4): 297—305.
- [10] 翁正, 周建洪, 刘红民. 长期贮存对气密性密封的影响研究[J]. 现代电子技术, 2014, 37(2): 138—143.
- [11] 石更强. 基于虚拟仪器微压力真空包装气密性研究[J]. 包装工程, 2016, 37(21): 132—136.
- [12] 孔占兴. 长期贮存寿命评估方法研究[J]. 电子与封装, 2014, 14(8): 45—48.
- [13] 李坤兰, 邱森宝. 电容器长期贮存可靠性研究[J]. 电子元件与材料, 2010, 29(9): 70—73.
- [14] 解红雨, 吴勋, 刘春梅, 等. 硅橡胶密封件随弹贮存老化分析及寿命预估[J]. 装备环境工程, 2011, 8(6): 15—18.
- [15] 牛跃听, 穆希辉, 杨振海. 自然贮存环境下某型控制舱贮存寿命评估[J]. 装备环境工程, 2014, 11(4): 7—10.
- [16] 林总君, 高劼, 王丕毅. 不同温、湿度条件下硅橡胶密封圈贮存寿命研究[J]. 海军航空工程学院学报, 2009, 24(2): 237—240.
- [17] 马同玲, 党晓勇, 庞明磊. 基于加速老化和自然贮存数据的氟硅橡胶制品贮存寿命预估[J]. 装备环境工程, 2014, 11(4): 65—69.
- [18] 陈津虎, 金锐, 李星, 等. 某型硅橡胶减振器的加速贮存试验技术研究[J]. 强度与环境, 2013, 40(1): 54—57.
- [19] 徐静, 李海波, 杨晋勇, 等. 膜片组件贮存失效分析与加速贮存试验研究[J]. 装备环境工程, 2013, 10(4): 52—55.