



中华人民共和国国家标准

GB/T 18258—2026

代替 GB/T 18258—2000

阻尼材料 阻尼性能测试方法

Damping materials—Testing method for damping properties

2026-01-28 发布

2026-08-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	1
4 测试方法和原理	2
5 测试装置	3
6 试样	5
7 测试步骤	7
8 数据处理	10
9 测试报告	12
10 精确度	12



前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 18258—2000《阻尼材料 阻尼性能测试方法》，与 GB/T 18258—2000 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了范围，删除了“采用悬臂梁共振法测定”，增加了可测试材料举例（见第 1 章，2000 年版的第 1 章）；
- 增加了术语“ n dB’带宽”“自由层（拉伸）阻尼”“约束层（剪切）阻尼”及其定义（见 3.1.4~3.1.6）；并删除了术语“ η_2 ”及其定义（见 2000 年版的 3.2）；
- 将“ G ”更改为“ G_1 ”，并更改了部分符号的定义，增加了“ M ”“ C_n ”“ f_n ”“ Δf_n ”“ f_c ”“ Δf_c ”“ η_c ”“ f_m ”“ Δf_m ”“ η_m ”“ f_s ”“ Δf_s ”“ η_s ”“ H ”“ H_1 ”“ T ”“ l ”“ n ”“ c ”“ m ”“ s ”“ ρ ”“ ρ_1 ”“ D ”等符号及其定义（见 3.2，2000 年版的 3.2）；
- 增加了测试方法概述（见 4.1）；
- 更改了测试原理（见 4.2，2000 年版的 4.1）；
- 增加了测试装置的规定（见第 5 章）；
- 更改了实验框图，增加了试样水平安装的测试装置框图（见图 1、图 2，2000 年版的图 1）；
- 删除了量具的规定（见 2000 年版的 4.3）；
- 增加了环境箱的规定（见 5.3）；
- 更改了传感器的规定（见 5.4，2000 年版的 4.5）；
- 更改了测试仪器的规定（见 5.5，2000 年版的 4.6）；
- 更改了试样种类及一般要求（见 6.1，2000 年版的 5.1）；
- 更改了试样制备的规定（见 6.2，2000 年版的 5.2）；
- 删除了“试样状态调节”（见 2000 年版的 5.5）；
- 更改了测试步骤，并增加了谐振频率、损耗因子随温度变化图谱及公式[见第 7 章、图 5、图 6、公式(1)，2000 年版的第 6 章]；
- 增加了数据处理的规定（见第 8 章）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国机械振动、冲击与状态监测标准化技术委员会(SAC/TC 53)提出并归口。

本文件起草单位：吉林省安全科学技术研究院、上海材料研究所有限公司、中国机械总院集团郑州机械研究所有限公司、中国商飞上海飞机设计研究院、北方工业大学、中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所、南方电网电力科技股份有限公司、广东新型储能国家研究院有限公司、上海铁院轨道交通科技有限公司、艾华(浙江)新材料有限公司、华中科技大学、上海淳信机电科技股份有限公司、江苏大洋精锻有限公司、河南九域恩湃电力技术有限公司。

本文件主要起草人：张春慧、袁贤浦、马卫平、李涛、刘峰斌、张菊、张力、刘岩磊、刘艳、杨宜谦、刘石、杨毅、罗雁云、徐平、刘震卿、刘仕国、宋银生、高秀丽、邹丹妮、郭玉杰。

本文件于 2000 年首次发布，本次为第一次修订。

阻尼材料 阻尼性能测试方法

1 范围

本文件描述了在 50 Hz~5 000 Hz 频率和材料有效使用温度范围内,对应用于结构振动、建筑声学及噪声振动控制等方面的材料的损耗因子 η 、弹性模量 E ,以及剪切模量 G 等振动阻尼特性进行测试的方法。

本文件适用于可制备成悬臂梁试样结构的金属、搪瓷、陶瓷、橡胶、塑料、增强环氧树脂基体,以及木材等材料。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2298 机械振动、冲击与状态监测 词汇

GB/T 4472 化工产品密度、相对密度的测定

GB/T 5163 烧结金属材料(不包括硬质合金) 可渗性烧结金属材料 密度、含油率和开孔率的测定

GB/T 14465 材料阻尼特性术语

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

GB/T 2298 和 GB/T 14465 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

自支撑阻尼材料 self-supporting damping materials

材料体较硬,其本身不需要其他材料辅助可直接做成试样由测试装置夹持进行测试的一类阻尼材料。

3.1.2

非自支撑阻尼材料 non-self-supporting damping materials

材料体较软,其本身不借助其他材料辅助无法直接做成试样由测试装置夹持进行测试的一类阻尼材料。

3.1.3

半功率带宽 half-power bandwidth

在共振曲线上共振峰两侧,振幅为共振振幅的 0.707 倍(即下降 3 dB)处的频率差。

3.1.4

“ n dB”带宽 “ n dB” bandwidth

在共振曲线上共振峰两侧,共振峰值下降 n dB 的两个非共振点处的频率差。

注: n 值由用户选择,容许范围为 $0.5 < n < 3$ 。

3.1.5

自由层(拉伸)阻尼 free-layer (extensional) damper

通过在结构表面粘贴一层阻尼材料,阻尼材料在拉伸-压缩的周期性变形时耗散能量,从而实现结构振动的控制。

3.1.6

约束层(剪切)阻尼 constrained-layer (shear) damper

通过在结构表面和附加弹性层(即约束层)之间粘贴一层阻尼材料,附加弹性层的刚度大于阻尼材料的刚度,通过阻尼材料的周期性变形(主要为剪切变形)耗散能量,从而实现结构振动的控制。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

C_n	——均质梁的 n 阶模态系数($C_1=0.559\ 59, C_2=3.50\ 69, C_3=9.819\ 4, C_4=19.242, C_5=31.809, C_n=(\pi/2)(n-0.5)^2 (n>3)$)
D	—— ρ_1/ρ , 密度比, 无量纲
E	——自支撑阻尼材料或均质梁弹性模量, 单位为帕斯卡(Pa)
E_1	——非自支撑阻尼材料弹性模量, 单位为帕斯卡(Pa)
f_c	——单侧粘贴阻尼材料的复合梁的 c 阶模态谐振频率, 单位为赫兹(Hz)
Δf_c	——单侧粘贴阻尼材料的复合梁的 c 阶模态半功率带宽, 单位为赫兹(Hz)
f_m	——双侧粘贴阻尼材料的复合梁的 m 阶模态谐振频率, 单位为赫兹(Hz)
Δf_m	——双侧粘贴阻尼材料的复合梁的 m 阶模态半功率带宽, 单位为赫兹(Hz)
f_n	——基梁的 n 阶模态谐振频率, 单位为赫兹(Hz)
Δf_n	—— n 阶模态的半功率带宽, 单位为赫兹(Hz)
f_s	——阻尼材料夹于中间的复合梁的 s 阶模态谐振频率, 单位为赫兹(Hz)
Δf_s	——阻尼材料夹于中间的复合梁的 s 阶模态半功率带宽, 单位为赫兹(Hz)
G_1	——非自支撑阻尼材料剪切模量, 单位为帕斯卡(Pa)
H	——均质梁(基梁)的厚度, 单位为米(m)
H_1	——阻尼材料的厚度, 单位为米(m)
l	——梁的长度, 单位为米(m)
M	—— E_1/E , 弹性模量比, 无量纲
T	—— H_1/H , 厚度比, 无量纲
η	——自支撑阻尼材料或均质梁损耗因子, 无量纲
η_c	—— $\Delta f_c/f_c$, 复合梁损耗因子, 无量纲
η_m	—— $\Delta f_m/f_m$, 双侧粘贴阻尼材料的复合梁损耗因子, 无量纲
η_s	—— $\Delta f_s/f_s$, 夹层试样的损耗因子, 无量纲
η_1	——非自支撑阻尼材料损耗因子, 无量纲
n, c, m, s	——模态阶数: 1, 2, 3, ...
ρ	——梁的密度, 单位为千克每立方米(kg/m^3)
ρ_1	——阻尼材料的密度, 单位为千克每立方米(kg/m^3)

4 测试方法和原理

4.1 测试方法概述

4.1.1 阻尼材料分为自支撑阻尼材料和非自支撑阻尼材料,不同类型的阻尼材料宜使用不同的试样测

定其阻尼性能。

4.1.2 自支撑阻尼材料阻尼性能的测试,用阻尼材料本身构成的单一均质梁试样进行测试,得出均质梁的弹性模量 E 和损耗因子 η 。

4.1.3 非自支撑阻尼材料的弹性阻尼特性的测试分两个步骤。首先,一个自支撑均质金属梁(称为基梁或裸梁)试样,测试确定其在关注的温度范围内的谐振频率。然后,按照单侧粘贴阻尼材料或双侧粘贴阻尼材料将阻尼材料与基梁组成复合梁试样,测试复合梁试样的谐振频率及相关温度范围内的复合损耗因子。基梁试样测试的阻尼特性计算过程见 8.2 a),复合梁试样测试的材料阻尼特性计算过程见 8.2 b)~d)。

4.1.4 对非自支撑阻尼材料的约束层(剪切)阻尼特性进行测试与 4.1.3 的步骤相似,不同的是采用两个完全相同的基梁将阻尼材料夹在中间构成复合梁试样结构进行测试。

4.1.5 单侧粘贴阻尼材料的复合梁试样和双侧粘贴阻尼材料的复合梁试样的数据整理使用了经典梁理论进行简化,分析基于平截面假设,不考虑转动惯性或剪切变形,试样阻尼材料厚度应小于金属梁厚度的 4 倍,但最低不应低于金属梁的厚度(见 6.1.2)。

4.1.6 阻尼材料夹于中间的复合梁试样中,当阻尼层的模量低于均质梁模量 10 倍以上时,计算阻尼材料剪切特性的方程不包括阻尼层的延伸项。

4.1.7 阻尼材料夹于中间的复合梁试样是利用振型的正弦展开对阻尼特性的方程进行计算并求解。对于该复合梁试样,宜至少从二阶模态开始计算。对于其他试样结构,可使用一阶模态结果。

4.1.8 假设金属梁的损耗因子 η 为零。

注:因为钢质和铝质材料的损耗因子约为 0.001 或更低,远低于复合梁的损耗因子。

4.1.9 单侧粘贴阻尼材料的复合梁试样和双侧粘贴阻尼材料的复合梁试样通常用于弹性模量大于 100 MPa 的刚性材料的自由层(拉伸)阻尼材料阻尼性能测试。阻尼材料夹于中间的复合梁试样通常用于剪切模量小于 100 MPa 的软黏弹性材料。100 MPa 是基于 6.3.2 基梁的厚度范围给出的。基梁越厚,越适用于对剪切模量值较高的材料进行测试,基梁越薄,越适用于对剪切模量值较低的材料进行测试。当一个给定试样的剪切模量值超过 100 MPa 时,测试后整理的数据可具有很小的离散性,重复性较好,测试数据看上去是准确的。尽管该组测试数据看上去是准确的,但用阻尼材料夹于中间的复合梁测试并计算得到的材料特性通常是错误的。只有根据合适的模量范围使用适合的试样结构,才能得到准确的材料特性结果。

4.2 测试原理

4.2.1 当选定了测试试样梁结构并准备好试样后,将试样根部用刚性夹具垂直或水平固定,自由端处于垂直或水平状态,放置于环境箱中,构成悬臂梁测试系统。测试系统的仪器由激励和检测两部分组成,由信号发生器产生一个正弦或随机信号经放大器激励激振器,对试样施加激振力,由检测传感器检测试样的振动响应信号,经放大器放大后回传至显示仪器和记录仪器。保持激振幅值恒定,连续改变频率,测出试样的共振曲线。根据所测共振频率和半功率带宽或“ n dB”带宽,依据第 8 章给出的公式计算出材料的各模量值和损耗因子。通过对环境箱中固定装置的温度调节,进一步研究温度对材料阻尼特性的影响。

4.2.2 全面评价非自支撑阻尼材料从玻璃态区到过渡态区再到橡胶态区需要两次测试,一次是用单侧粘贴阻尼材料的复合梁试样或双侧粘贴阻尼材料的复合梁试样结构之一进行测试,另一次是用阻尼材料夹于中间的复合梁试样进行测试。

5 测试装置

5.1 测试装置示例

测试装置由一个用于固定试样的刚性测试夹具、一个控制温度的环境箱、两个振动传感器,以及用

于产生激励信号和测试响应信号的仪器组成。图 1 和图 2 给出了典型的装置结构框图。图 1 是使用正弦激励信号独立激励和响应通道、试样垂直安装的测试装置框图。图 2 是使用随机噪声激励信号、双通道频谱分析仪、试样水平安装的测试装置框图。

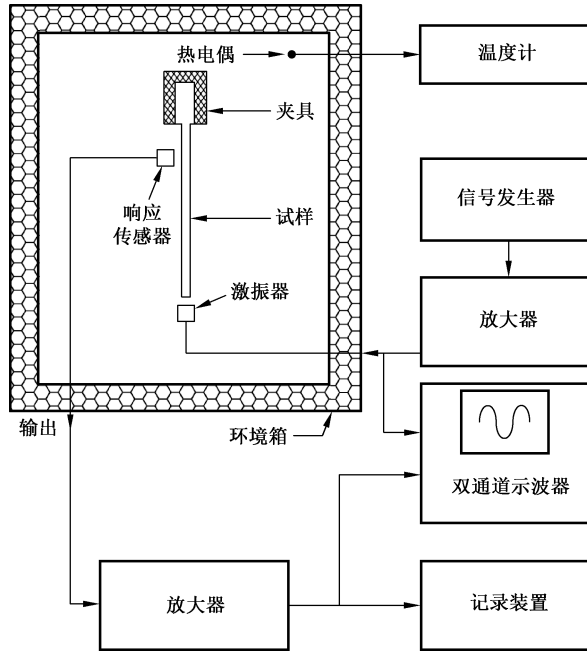


图 1 使用正弦激励信号试样垂直安装的测试装置框图

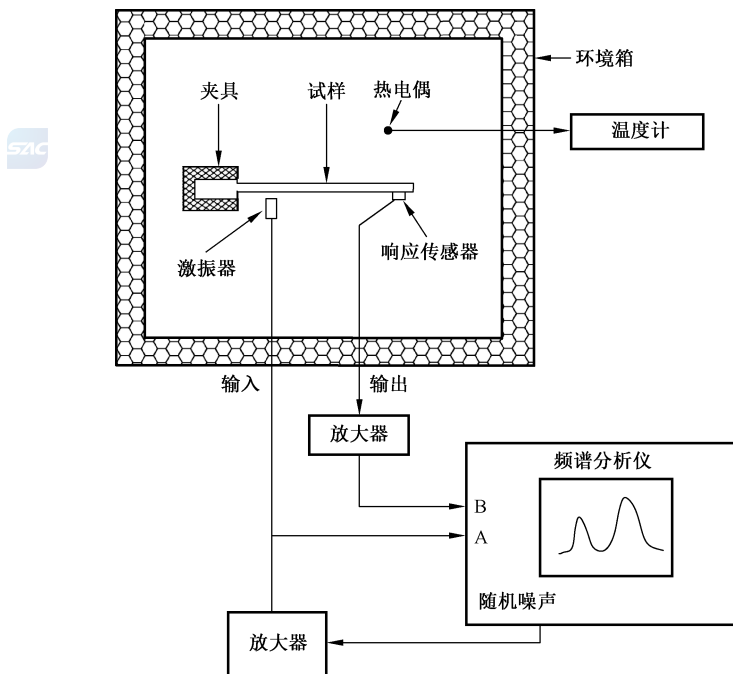


图 2 使用随机噪声激励信号试样水平安装的测试装置框图

5.2 测试夹具

5.2.1 测试夹具由一个结实的刚性结构组成,用于固定梁的根部,并为传感器提供安装支撑。

5.2.2 为了检查夹具的刚度和夹紧功能,按照第 7 章中的测试步骤,将裸钢梁作为均质梁试样进行测试

试[见 6.2.1 a)],并按照公式(2)和公式(3)计算材料性能。如果弹性模量不是 2.07×10^{11} Pa,并且一阶模态和二阶模态的损耗因子不是近似于 0.001~0.002,而高阶模态的损耗因子是 0.001 或更小,则夹具刚性不足或测试系统存在问题。

5.2.3 为避免外部振动影响测试结果的准确性,宜对夹具采取振动隔离。图 1 给出了试样梁垂直方向的测试夹具。如图 1 所示,夹具在顶部,试样在夹具下方,也可以是夹具在底部,试样在夹具上方。如图 2 所示,将梁水平方向放置也是常用的方式。

5.3 环境箱

环境箱用于控制测试夹具和试样的温度。该环境箱也可控制其他环境因素,如真空或湿度。环境箱通常配备有旋转风扇,用于平衡整个箱内的温度。为防止风扇成为测试梁的干扰振动源,在数据采集过程中可关闭风扇,但应确保测试温度或试样内的温度分布。

5.4 传感器

5.4.1 使用两个传感器,一个传感器测量激振力,另一个传感器测量梁的响应。宜使用非接触式传感器以减少除待测量材料外的所有阻尼源。通常使用磁电式非接触式传感器施加激振力,亦可使用相同类型的传感器测量响应。当使用不锈钢、铝或有色金属梁时,可将小块磁性材料黏接固定在试样的基梁一侧,以实现对待试样施加激振力,以及获取可测试的响应。

5.4.2 在较高频率振动时,当非接触式传感器无法达到测试所需的灵敏度时,宜使用超小型传感器(小于 0.5 g,如加速度计、应变片等)直接附在梁上,传感器的安装应使用黏合剂黏接。在使用接触式传感器之前,应使用 5.2.2 中的步骤确保传感器本身不会成为阻尼源。由于接触式传感器需要布线,使用接触式传感器获得的数据应在报告中增加注释,说明使用接触式传感器对阻尼和刚度可能产生的影响。

5.4.3 图 1 给出了传感器的布置,响应传感器靠近根部,激励传感器靠近自由端。图 2 中响应传感器和激励传感器进行了互换,也可选择图 2 的装置,但是两个传感器的位置不进行互换。宜选择合适的位置以获得最佳信噪比。

5.5 测试仪器

5.5.1 该测试对仪器的最低要求是两个通道的振动数据(激励和响应)传输和一个通道的温度数据传输。

5.5.2 图 1 为独立的激励和响应信号仪器通道,也可使用如图 2 所示的双通道频谱分析仪(如基于快速傅里叶变换算法)。

5.5.3 仪器可产生正弦激励信号或随机噪声激励信号。

5.5.4 宜同时监测激励通道和响应通道中的波形。如图 1 所示,如果使用单独的激励和响应通道,宜使用双通道示波器或双通道频谱分析仪。

6 试样

6.1 试样种类及一般要求

6.1.1 阻尼材料试样的取样,应能充分代表该批次材料。在使用黏合剂粘贴时,应减少黏合剂化学和物理性质的批次间差异。图 3 给出了四种不同的试样,用于测试材料在较大模量值的自由层(拉伸)阻尼和约束层(剪切)阻尼特性。

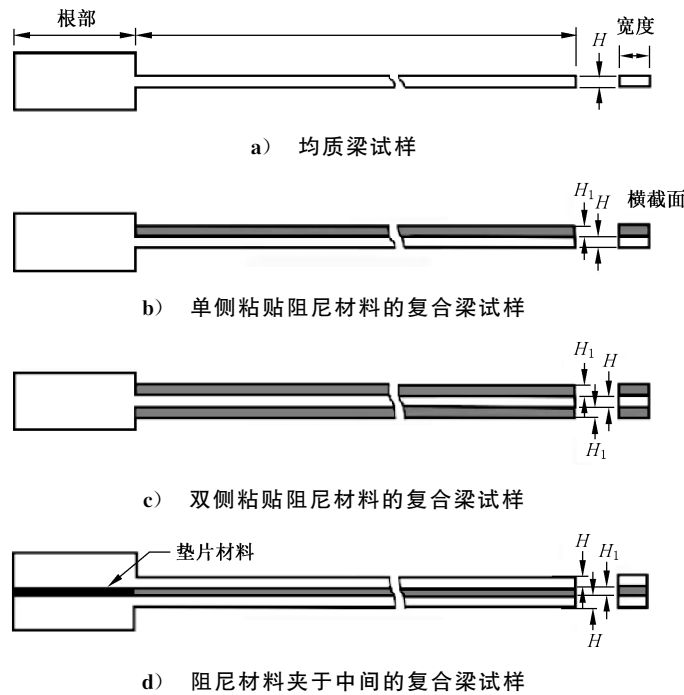


图 3 试样

6.1.2 在金属梁上粘贴有效的阻尼材料通常会产生良好的阻尼响应和较低的信噪比。因此,选择合适的阻尼材料厚度获得可测试的阻尼量是很重要的。首先,对于试样图 3 b)和图 3 c),阻尼材料与金属梁的厚度比为 1 : 1,但最多不能超过 4 : 1;对于试样图 3 d),阻尼材料与夹层梁之一的厚度比为 1 : 10。相反,应避免系统中极低的阻尼,因为这种情况下阻尼系统和无阻尼系统之间的差异会很小。如果阻尼材料的厚度不容易改变以获得上述厚度比,则考虑改变基梁的厚度(见 6.3.2)。

6.1.3 遵循所有材料的使用说明。在应用时,应留出足够的时间使得将阻尼材料黏合到基梁上的黏合剂固化。

6.1.4 黏合剂的刚度和其厚度会影响复合梁的阻尼,并成为误差源(见 6.2.2)。在保存试样进行老化试验之前,应知晓阻尼材料和黏合材料老化极限。

6.2 试样制备

6.2.1 应根据待测阻尼材料的类型和需要测试的阻尼特性选择试样的结构。制备阻尼材料试样的方法通常取决于材料本身的物理特性。可通过对预制的样品进行喷涂、涂敷或黏接等技术制备复合梁试样。图 3 给出了四种试样结构,其用途如下。

a) 均质梁试样[图 3 a)],用于测试自支撑材料的阻尼特性。这种结构也用于其他三种试样结构中形成支撑结构的金属基梁。推荐使用钢或铝。

b) 单侧粘贴阻尼材料的复合梁试样[图 3 b)],用于评估刚性阻尼材料在受到拉伸变形时的性能。

注 1: 这是赫·奥贝斯特博士使用的试样结构,常称为奥贝斯特梁或奥贝斯特杆。使用振动悬臂梁测试阻尼的一般方法也被称为奥贝斯特梁测试法。

c) 双侧粘贴阻尼材料的复合梁试样[图 3 c)]。这种结构允许简化为 6.2.1 b)相关的方程,测试拉伸变形的特性。它还有助于在温度条件变化时,将因热膨胀差异而导致的复合梁翘曲降至最低。

注 2: 这种试样结构通常被称为改良的奥贝斯特梁。

d) 夹层试样[图 3 d)],用于测试受到剪切变形的软材料的阻尼特性。应在试样两个基梁之间的

根部增加一个与阻尼材料厚度相同的金属垫片[图 3 d)]。金属垫片应使用坚硬的结构胶黏接到位。两个基梁的尺寸和谐振频率应匹配。当自由端长度差值在 ± 0.5 mm 以内、厚度差值在 ± 0.05 mm 以内时,可获得有效的测试结果。对于数据简化计算中未使用的其他梁尺寸,应遵循以往的工程实践确定匹配的充分性。对于计算中使用的每个模态的谐振频率,两个基梁的频率差应在较低测试频率值的 1.0% 以内。

6.2.2 除自黏型的阻尼材料外,对非自黏型阻尼材料应按照阻尼材料提供者推荐的方法选择和使用黏合剂,如果没有推荐,宜选用结构型黏合剂(相对于接触型)。测试前应让黏合剂完全固化,同时黏合剂固化后的弹性模量比阻尼材料的弹性模量高 10 倍以上。黏合层的厚度应保持最小(低于 0.05 mm)且小于阻尼材料的厚度。如果不符合上述要求,可能会在黏合层而不是阻尼层发生变形,从而导致数据错误。

6.3 试样尺寸

6.3.1 所有试样都要有明确界定的根部,根部用于将试样夹在测试固定装置夹具中(见图 3)。根部截面的长度宜为 25 mm~40 mm,厚度应大于复合梁的厚度。根部可作为梁的一部分进行整体加工或焊接到梁上,也可使用刚性结构黏合剂黏接到梁上。

6.3.2 基梁尺寸为宽 10 mm,自由端长度 180 mm~250 mm,厚度 1 mm~3 mm,也可根据所需的测试频率范围和待测阻尼材料的特性选择其他的基梁尺寸。在计算材料特性的方程式中,梁的宽度不作要求,然而,选择梁的宽度时宜注意避免使梁易受扭转振动的影响。

6.3.3 阻尼材料的厚度随材料特性及温度和频率的不同而有所不同。

6.4 试样数量

仅在一个温度下测试时,材料和尺寸相同的试样应不少于 3 个。

7 测试步骤

7.1 测试材料密度

按照 GB/T 4472 和 GB/T 5163 的规定执行,测试准确度应不低于 0.5%。

7.2 测试试样尺寸

测试试样厚度时,应在沿测试方向上取 5 点或多于 5 点求平均值,各测点厚度不应超过平均值的 $\pm 3\%$ 。

7.3 安装测试装置

7.3.1 将梁安装在大质量刚性夹具中,夹紧梁的根部以模拟固定端悬臂边界条件。

7.3.2 将测试夹具、梁试样放置在同一个环境箱内。

7.3.3 根据传感器的类型确定传感器的安装方式(黏接在试样上或非接触放置)。非接触式传感器布置在距离试样约 1 mm 的位置。典型的安装方式如图 1 和图 2 所示。

7.4 温度调节

7.4.1 将环境箱设置到所需温度。振动响应测试应在很宽的温度范围内以一定间隔进行。数据采集时的温度增量为 5 °C 或 10 °C。

7.4.2 测试时温度范围的起点和终点取决于被测试的阻尼材料,并通过监测复合梁的损耗因子结果来确定。当测试结果很好地定义了损耗因子曲线的上斜率和下斜率以及峰值时,则该温度范围满足要求,

见图 1。

7.4.3 为确保试样在测试过程中整体处于热平衡,每达到新温度后,均应保持足够的时间。当整个试样夹具系统的温度与所期望的测试温度相差不超过 $\pm 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,可认为试样-夹具系统处于完全热平衡状态。温度保持时间取决于试样-夹具系统的热稳定性。建议温度保持时间不少于 30 min。

7.5 测试与记录

7.5.1 在每个数据采集温度下,通过功率放大器向激振器施加正弦或随机信号用于激励试样,并使用另一个传感器测试梁的响应。当使用扫频正弦激励时,宜使用手动控制扫频。图 4 给出了在固定温度下均质梁试样的典型频率响应谱。

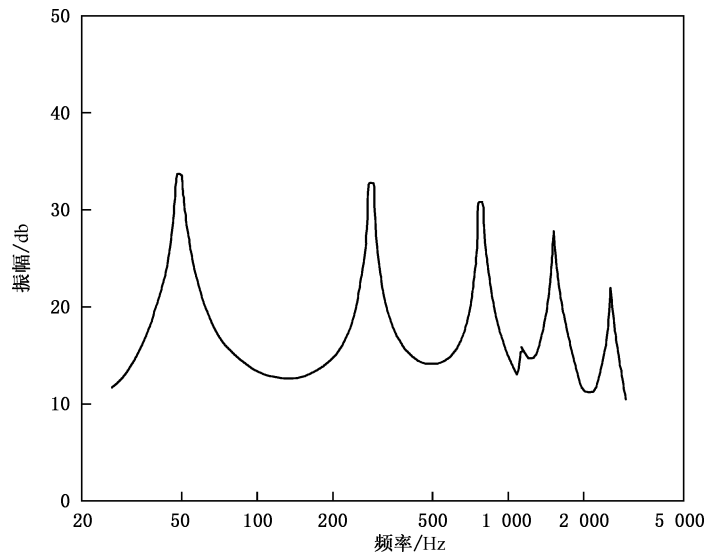


图 4 均质梁试样典型频率响应谱

7.5.2 针对每个数据采集温度测试梁的几个谐振峰下的模量,图 5 和图 6 给出了从二阶模态开始测试四个或更多个模态的阻尼复合梁试样的谐振频率和损耗因子随温度变化的情况。

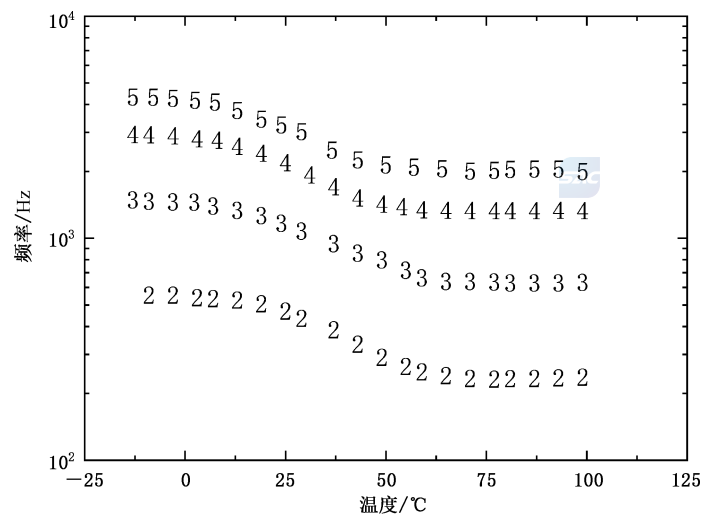


图 5 阻尼悬臂梁的指定弯曲模式下谐振频率随温度变化示例

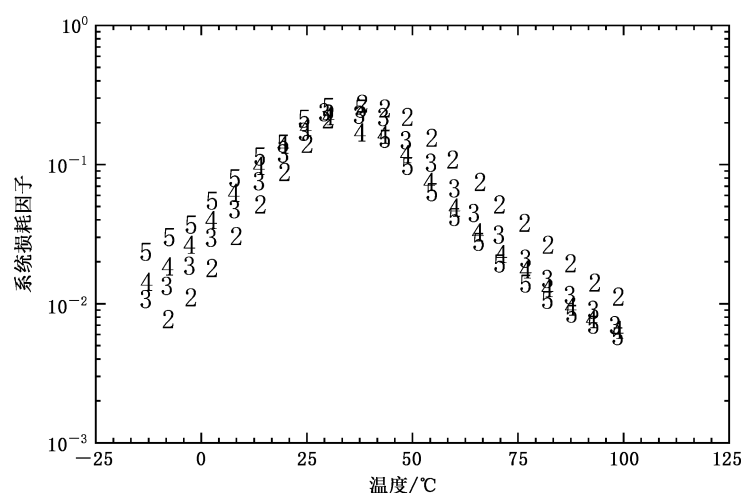


图6 阻尼悬臂梁的指定弯曲模式下损耗因子随温度变化示例

7.6 复合梁试样的测试

7.6.1 测试基梁的共振频率、弹性模量。

7.6.2 制备成复合梁试样后,再测共振频率即半功率带宽,具体如下。

- 使用半功率带宽法测试复合梁的阻尼特性。对于每一阶模态的响应曲线,测试谐振峰位置的频率值,以及比谐振峰值下降 3 dB 的两个非谐振点的频率值(两个非谐振点分别为谐振峰下降 3 dB 对应的左右两个频率点)。两个频率点之间的频率差是该模态的半功率带宽。模态损耗因子(η)是半功率带宽与谐振频率的比值[等截面均质梁的损耗因子计算见 8.2 a)]。
- 可使用半功率带宽法以外的其他方法来测试试样的模态阻尼,如“ n dB”带宽法。
 - “ n dB”带宽法类似于半功率带宽法,不同之处在于需要测试谐振峰值下降 n dB 的两个非谐振点的频率值(两个非谐振点分别为谐振峰下降 n dB 对应的左右两个频率点)。 n 值由用户选择,容许范围为 $0.5 < n < 3$ 。
 - 用“ n dB”带宽法按照公式(1)计算均质梁的损耗因子:

$$\eta = \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 - 1}} \right) \frac{\Delta f}{f} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

x ——取 $10^{(n/20)}$;

n ——用户选择的“ n dB”值。

- 当响应曲线中出现的峰值不影响半功率带宽测试时,可忽略。当采用“ n dB”带宽法避免尖峰时,并应报告遇到的问题和采取的补救措施。
- 当在谐振处测得的响应曲线中出现双峰,且可清晰地识别出主峰,可采用“ n dB”带宽法,并应报告遇到的问题和采取的补救措施。

7.6.3 当试样的某阶模态的损耗因子超过 0.20 时,宜格外关注。建议如下。

- 在使用半功率带宽或类似方法确定损耗因子时,宜密切关注响应曲线的对称性。
- 当响应曲线缺乏对称性且试样制备技术无法提高阻尼材料的可测试性(见 6.1.2 中关于阻尼材料厚度的选择,以获得可测试的阻尼值),则宜选择并使用适当的公式来评估损耗因子,该公式反映了高阻尼对响应曲线形状的影响。宜在报告中标识得到的数据,并且宜清楚地引用所选公式。
- 遇到的问题及采取的补救措施均宜记入报告。

7.7 注意事项

7.7.1 所有阻尼测试都宜在线性范围内进行,即阻尼材料的性能符合线性黏弹性理论。如施加的激振力超出梁的线性区域,则数据分析不适用。

7.7.2 施加到激振器的力信号的幅值宜随频率保持恒定。如果力的幅值不能保持恒定,那么梁的响应宜除以力的幅值。然后,宜使用响应与力的比值(柔度或导纳)作为频率的函数来评估阻尼特性。

7.7.3 除均质梁试样外,悬臂梁测试技术基于有阻尼的复合梁和无阻尼的基梁之间的测试差异。当存在大量的小误差时,用于计算材料特性的方程不适用,具有高误差放大系数,即小的测试误差导致阻尼特性计算的大误差。为防止此类情况发生,建议如下:

- a) 对于试样 b),宜满足: $(f_c/f_n)^2(1+DT) \geq 1.01$;
- b) 对于试样 c),宜满足: $(f_m/f_n)^2(1+2DT) \geq 1.01$;
- c) 对于试样 d),宜满足: $(f_s/f_n)^2(2+DT) \geq 2.01$ 。

以上限值为近似值。它取决于阻尼材料相对于基梁的厚度以及基梁的模量。然而,a)、b)或c)中的整式的值接近这些限值时,宜仔细评估结果,并宜使用 a)、b)或 c)部分中的比率来判断出错的可能性。

8 数据处理

8.1 对于所有类型的试样,阻尼材料特性均需要通过每个模态的谐振频率、半功率带宽(3 dB 下降点处)或模态损耗因子、梁的几何特性以及组成试样的材料密度得出。

8.2 如果测试的材料是自支撑阻尼材料,直接由自支撑阻尼材料制作成均质梁试样,计算均质梁的阻尼特性即可。如果阻尼材料是非自支撑阻尼材料,首先要确定均质梁(基梁或裸梁)的频率响应,然后将均质梁的阻尼特性结果作为阻尼材料性能计算的输入。

- a) 均质梁(基梁或裸梁)试样

自支撑阻尼材料(也可用于制作基梁)的弹性模量按公式(2)计算,损耗因子按公式(3)计算:

$$E = \frac{12\rho l^4 f_n^2}{H^2 C_n^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$\eta = \frac{\Delta f_n}{f_n} \dots\dots\dots (3)$$

- b) 单侧粘贴阻尼材料的复合梁试样(奥贝斯特梁)

阻尼材料的弹性模量由公式(4)计算得出,阻尼材料的损耗因子按公式(5)计算:

$$E_1 = \frac{E}{2T^3} [(\alpha - \beta) + \sqrt{(\alpha - \beta)^2 - 4T^2(1 - \alpha)}] \dots\dots\dots (4)$$

$$\eta_1 = \eta_c \frac{(1 + MT)(1 + 4MT + 6MT^2 + 4MT^3 + M^2 T^4)}{(MT)(3 + 6T + 4T^2 + 2MT^3 + M^2 T^4)} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

α —— $(f_c/f_n)^2(1+DT)$;

β —— $4+6T+4T^2$ 。

- c) 双侧粘贴阻尼材料的复合梁试样

梁材料的弹性模量和损耗因子按公式(6)和公式(7)计算:

$$E_1 = E \frac{(f_m/f_n)^2(1+2DT) - 1}{8T^3 + 12T^2 + 6T} \dots\dots\dots (6)$$

$$\eta_1 = \eta_m + \frac{E\eta_m}{E_1(8T^3 + 12T^2 + 6T)} \dots\dots\dots (7)$$

- d) 阻尼材料夹于中间的复合梁试样

梁材料的剪切模量和损耗因子按公式(8)和公式(9)计算:

$$G_1 = [A - B - 2(A - B)^2 - 2(A\eta_s)^2] \left[\frac{2\pi C_n E H H_1}{l^2} \right] \dots\dots\dots (8)$$

$$\eta_1 = \frac{A\eta_s}{A - B - 2(A - B)^2 - 2(A\eta_s)^2} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

A —— $(f_s/f_n)^2(2+DT)(B/2)$ ；

B —— $1/[6(1+T)^2]$ 。

8.3 阻尼材料的模量(剪切模量或弹性模量)和损耗因子可通过单个梁试样在多阶模态下的振动来测试,从而作为频率相关的函数确定其频率相关性。通过对试样分别在几种温度下进行测试,从而作为温度相关的函数确定其温度相关性。图 7 和图 8 给出了自由层(拉伸)阻尼材料频率和温度对弹性模量和材料损耗因子影响的典型数据(见 4.2.2、6.1.2)。在这些测试中,使用单侧粘贴阻尼材料和两侧粘贴阻尼材料的试样进行测试。

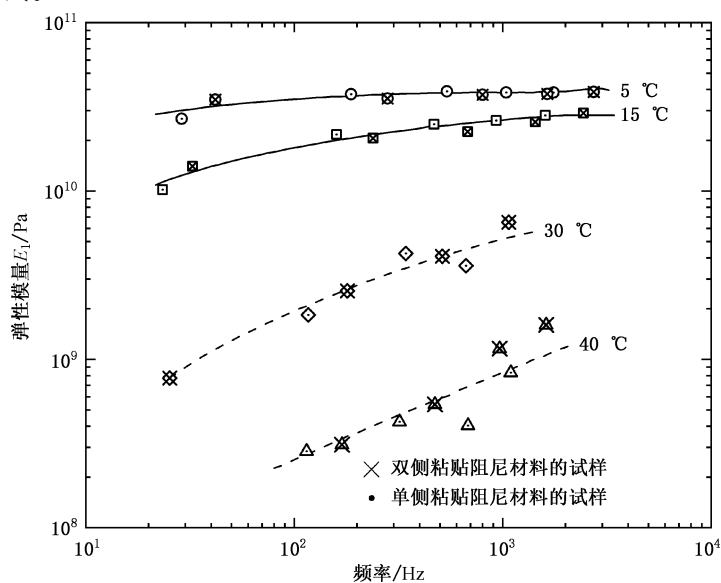


图 7 不同温度下,阻尼材料弹性模量-频率的关系图

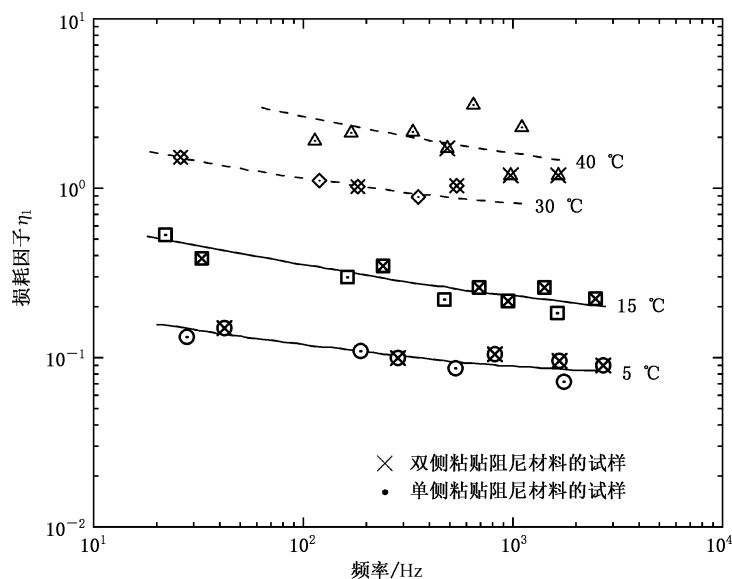


图 8 不同温度下,阻尼材料损耗因子-频率的关系图

9 测试报告

测试报告应包括以下内容：

- a) 阻尼材料名称；
- b) 说明测试是否在每一个方面都按本测试方法执行；
- c) 采用的试样名称(见图 3)、类型、试样的基本尺寸及计算中使用的试样材料的密度；
- d) 用于制作复合梁试样的特定金属材料的名称和类型,基梁的密度；
- e) 准备阻尼材料复合梁试样之前,所有金属材料的表面化学处理过程；
- f) 所用特定黏合剂的牌号及其厚度；
- g) 每种被测材料的复合梁的频率、系统损耗因子和温度；
- h) 基梁的测试频率和温度；
- i) 每种阻尼材料测试后计算出的弹性模量或剪切模量和损耗因子；
- j) 不同温度下测得的阻尼材料弹性模量-频率关系图(见图 7)、阻尼材料损耗因子-频率关系图(见图 8)；
- k) 测试日期。

10 精确度

精确度取决于实验室阶段的研究测试结果。对于阻尼材料的拉伸阻尼特性,在每一个温度-频率下,损耗因子及模量值的分散率分别不应超出 25%和 20%。约束层材料的剪切模量变化较大,其分散率不应超过 45%。
