ICS 83.140.99

CCS G 47

团　　体　　标　　准

T/CRIA XXXXX—XXXX

硫化橡胶或热塑性橡胶
阻尼性能测定方法

Vulcanized rubber or thermoplastic rubber
— Method for determination of damping properties

（报批稿）

XXXX－XX－XX发布　　XXXX－XX－XX实施

中国橡胶工业协会　　发布

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。

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。

本文件由中国橡胶工业协会提出并归口。

本文件起草单位：安徽微威胶件集团有限公司、浙江天铁实业股份有限公司、安徽职业技术学院、沈阳盖德橡胶制品有限公司、万新（厦门）新材料有限公司、江苏扬州合力橡胶制品有限公司、福建天盛恒达声学材料科技有限公司。

本文件主要起草人：李季、桂树国、周炯浩、刘英明、李俊、鲍俊瑶、赵树发、高为民、兰加水、钟伟、高俊、陈文、周一梁，叶海宁、李志远、宋岩、赵甲子。

硫化橡胶或热塑性橡胶　阻尼性能测定方法

1 范围

本文件描述了硫化橡胶或热塑性橡胶试件（以下简称试件）振动阻尼性能随温度和频率变化的一种方法。

本文件适用于在 10Hz～1000Hz 频率范围内硫化橡胶或热塑性橡胶的阻尼性能测定。

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 533　硫化橡胶或热塑性橡胶 密度的测定

GB/T 2941 橡胶物理试验方法试样制备和调节通用程序

GB/T 9870.1 硫化橡胶或热塑性橡胶动态性能的测定 第 1 部分：通则

GB/T 9881 橡胶 术语

GB/T 14465 材料阻尼特性术语

GB/T 18258 阻尼材料 阻尼性能测试方法

3 术语和定义

GB/T 9870.1、GB/T 9881、GB/T 14465 和 GB/T18258 界定的术语和定义适用于本文件 。

4 测试原理

试件粘贴在金属基板的一个侧面，将金属基板一端刚性固定，形成悬臂梁结构。在悬臂梁一端施加正弦激励力使试件产生强迫弯曲振动，在另一端测量振动位移。当激励力幅值保持不变，激励力的频率缓慢变化时，可根据测试的激励力傅里叶变换和位移的傅里叶变换按（1）式得出材料的动柔度曲线：

$$Y_{\mathrm{D}}(f)=X(f)/F(f) \qquad \text{----------（1）}$$

式中，

$Y_{\mathrm{D}}(f)$——试件结构的动柔度，单位为米每牛（m/N）；

$X(f)$——位移的傅里叶变换，单位为米（m）；

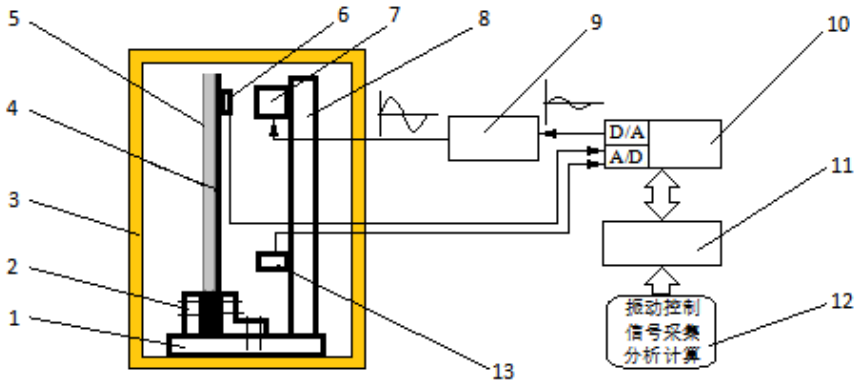
$F(f)$——激励力的傅里叶变换，单位为牛顿（N）。

对于动柔度曲线中的第 i 阶振动模态的共振峰，利用其半功率带宽 Δf_i 即可计算出在共振频率 f_{ni} 处的损耗因子 $\tan \delta_{fi}$ 以及弯曲储存模量 E_{fi}' 和弯曲损耗模量 E_{fi}'' 。

5 测试装置

5.1 概述

测试装置分别由试件的固定装置、激振装置、传感器、振动控制仪和分析软件等几部分组成，并在温控箱进行测试，如图 1 所示。



标引序号说明：

1——底座　2——固定夹具　　3——温控箱　4——金属基板　5——被测试件

6——力传感器　7——激振器　8——支架　9——功率放大器　10——振动控制仪

11——计算机　　12——软件　13——位移传感器

图1　测试装置示意图

测试时，振动信号在振动控制仪的软件指令下产生正弦激励信号，经功率放大后推动激振器对试件进行振动激励，振动控制仪同时对激励力幅进行恒定控制。激励力和位移分别由力传感器和位移传感器转换为电信号,输送给计算机进行动柔度曲线计算。

5.2 固定装置

试件的一端通过夹具牢固地固定在底座上，形成图 1 所示悬臂梁结构。

注：固定装置结构的固有频率要避免出现在测试频率范围内。

5.3 激振装置

5.3.1 激振装置由激振器和功率放大器组成。

5.3.2 激振器采用非接触式激振器或接触式激振器。

5.3.3 激振器和功率放大器的工作频率范围应大于 10Hz～1kHz，并能在控制仪的控制下以恒定的力幅激励试件进行振动。

5.3.4 正弦扫描激振时，每次扫描时长为 10min。

5.4 传感器

5.4.1 在试件金属基板一面的两端分别安装力传感器和位移传感器，用于检测激振力和振动位移信号。

5.4.2 力传感器（或应变片）可采用非接触式传感器或接触式传感器。如采用应变片测力，应变片的基底尺寸应不大于 9mm×8mm，且需先对应力输出进行标定。

5.4.3 位移传感器（或速度传感器、加速度计）为非接触式传感器或质量不大于 1g 的接触式传感器。

5.5 振动控制仪和分析软件

5.5.1 振动控制仪应具有两个信号输入通道和一个信号输出通道，可同时采集激励力信号、振动位移信号和输出正弦扫频信号。

5.5.2 振动控制仪输入通道的采样频率不小于 10kHz；输入通道的模数转换分辨率和输出通道的数模转换分辨率均应不低于 24 位；通道之间的匹配误差为±0.05dB。

5.5.3 分析软件除具有正弦扫频信号输出的闭环控制功能外，还应具有双通道输入信号采集控制和频率响应函数计算（动柔度计算）等功能。

5.6 温控箱

5.6.1 温控箱应符合GB/T 2941的要求。

5.5.2 温控箱内的温度不均匀性不大于±1℃，温控精度应不大于±0.5℃。

6 试件

6.1 试件的制备

6.1.1 试件的制备环境

试件的制备环境应符合GB/T 2941的要求。

6.1.2 试件的形状和尺寸

试件的形状为图2所示的长条形。金属基板为厚度1mm的65锰钢板；试件的长度为180.0mm±0.5mm，宽度为10.0mm±0.3mm，厚度为2.0mm±0.2mm。试件的裁剪和尺寸的测量按GB/T 2941的有关规定执行。

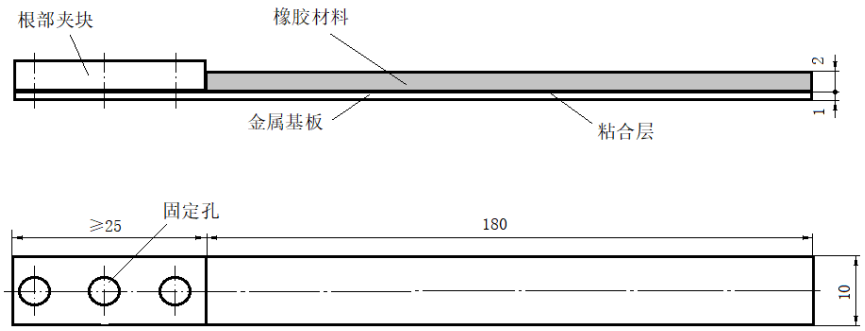


图2　试件的形状和尺寸

6.1.3 试件的粘贴

试件从硫化结束到粘贴之间的静置时间应符合GB/T 2941的规定。

在粘接前须保持试件与金属基板的粘接面无油污、灰尘等污染物。

试件在金属基板上的粘贴，可以通过喷涂有机硅密封胶等软性胶粘剂的方法将试件粘接在金属基板上，粘接剂的厚度控制在0.10mm±0.02mm。

试件在金属基板上粘贴后，需在10N±1N的压力下静置60min后再进行安装测试。

6.2 试件的数量

6.2.1 对于固定温度、固定频率下，试件数量不少于 3 个。

6.2.2 对于温度和频率任意一项发生变化时，试件数量至少保证每组 2 个。

6.2.3 对于温度和频率都变化，试件数量至少保证每组 1 个。

7. 测试

7.1试件的密度

试件的密度按照GB/T533中描述的方法进行测量。

7.2 试件的安装

试件的根部和固定夹具之间采用防松螺母牢固地夹紧，使之形成图1所示的悬臂梁形式。

7.3 激振器和传感器的安装

7.3.1试件固定后，安装激振器和传感器。激振器和传感器分别位于金属基板一侧的两端，见图1。

7.3.2激振器和传感器的安装位置距离悬臂梁的根部或端部10mm±0.5mm。

7.3.3在非接触激振时，激振器与金属基板的距离应保持在1mm-5mm之间，在测量一阶振动时，距离应3 .0mm-5mm；测量一阶以上振动时，距离应减少到1.0mm-3 mm。

7.4 测试环境

7.4.1 在测试过程中应避免外界环境振动、冲击对测试结果的影响。如果环境振动的振级超过 75dB，需对测试装置采取振动隔离措施。

7.4.2 测试温度（或温度随时间变化）以及相对湿度应根据规定的测试目的进行选择。

7.5 动柔度曲线（共振曲线）的测试

7.5.1在试件、激振器、传感器安装后，依次启动计算机、振动控制仪和功率放大器，调节控制参数和输出功率，,检查测试系统各部分的试运行是否正常，然后进行试测试。

7..5.2测试时激振力的自功率谱幅值随频率的变化不应超过±5%。

7.5.3测试完成后，在10Hz～1kHz频率范围内采集力和位移信号（或速度信号、加速度信号），并利用软件进行计算，得到图3所示的动柔度曲线（共振曲线）。

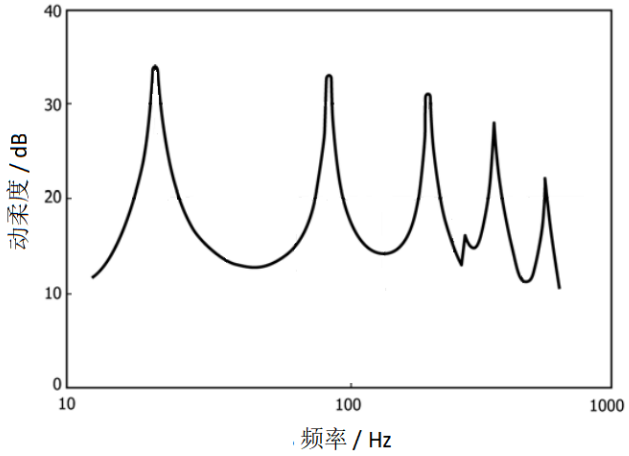


图3　动柔度曲线（共振曲线）示例

7.5.4 在图4所示的动柔度曲线第i 阶振动的共振峰中，共振峰值R_{AMi}下降3dB处界定的频率差即为其半功率带宽Δf_i：

$$\Delta f_i = f_{iH} - f_{iL} \qquad (2)$$

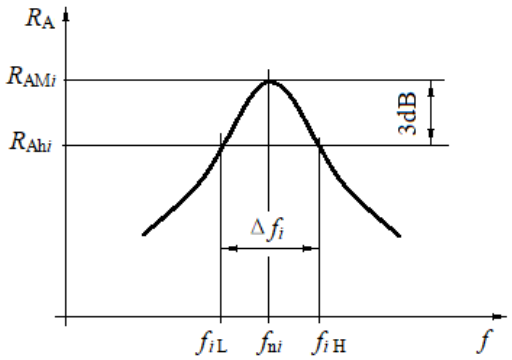


图 4　动柔度曲线中第 i 阶共振峰的半功率带宽

7.6 变温测试

7.6.1 测定材料随温度变化的阻尼性能时，温度变化范围的起点和终点按实际要求确定。

7.6.2 测试温度按从低到高的升温方式进行。采用连续升温时，升温速率为 1℃/min ～2℃/min；采用步阶升温时，温度增量为 5℃或 10℃，每一步阶间隔时间为 5min ～10min。

7.6.3 在达到每个设定的温度点时，应待温度稳定时方可进行测试。

8 结果表达

8.1 弯曲储能模量 E_f' 的计算

由试件的形状参数、密度、数值因子和共振频率等可按式（3）计算弯曲储能模量 E_f'：

$$E_{fi}' = [4\pi(3\rho)^{1/2} l^2 / h]^2 (f_{ri}/k_i^2)^2 \quad \cdots\cdots (3)$$

式中：

E_{fi}' —— 弯曲储能模量，单位为帕斯卡（Pa）；

ρ ——试件密度，单位为千克/立方米（kg/m^3）；

f_{ri} ——第 i 阶共振频率，单位为赫兹（Hz）;其中i为振动阶数，i = 1、2、3……；

l ——试件的长度，单位为米（m）；

h ——试件的厚度，单位为米（m）；

k_i^2 ——数值因子，由式（4）～式（6）：

$$k_1^2 = 3.52, \quad i=1 \quad \cdots\cdots (4)$$

$$k_2^2 = 22.0, \quad i=2 \quad \cdots\cdots (5)$$

$$k_i^2 = (i-1/2)^2\pi^2, \quad i > 2 \quad \cdots\cdots (6)$$

8.2 弯曲损耗因子 tan δ_f 的计算

弯曲损耗因子tan δ_{fi} 由共振频率处的半功率带宽 Δf_i 和共振频率 f_{ri} 按式（7）计算：

$$\tan\delta_{fi} = \Delta f_i / f_{ri} \quad \cdots\cdots (7)$$

式中：

tan δ_{fi} —— i 阶弯曲损耗因子；

f_{ri} ——第 i 阶共振频率，单位为赫兹（Hz）；

Δf_i ——第 i 阶共振频率处的半功率带宽。

注：由于锰钢片基板自身的损耗因子远小于橡胶材料的损耗因子，故可忽略基板损耗因子的影响。

8.3 弯曲损耗模量 E_f'' 的计算

弯曲损耗模量 E_f'' 由弯曲储能模量 E_f' 和弯曲损耗因子tan δ_f 按式（8）计算：

$$E_{fi}'' = E_{fi}' \tan\delta_{fi} \quad \cdots\cdots (8)$$

式中：

E_{fi}'' ——弯曲损耗模量，单位为帕斯卡（Pa）；

E_{fi}' —— 弯曲储能模量，单位为帕斯卡（Pa）；

$\tan\delta_{fi}$ ——弯曲损耗因子。

8.4 复模量随温度变化的曲线

将测量频率、复模量E_f^*以及 E_f' 和 E_f'' 都作为温度的函数进行测量并绘制曲线。

9 测量不确定度

9.1 弯曲损耗因子

弯曲损耗因子的测量不确定度$u(\delta)$和频率测量不确定度$u(f)$的关系为：

$$u(\delta) = \sqrt{2}u(f)/\tan\delta_{fi} \cdots\cdots (9)$$

式中：

$u(\delta)$—— 弯曲损耗因子的测量不确定度；

$u(f)$ —— 频率测量不确定度。

$\tan\delta_{fi}$ —— i 阶弯曲损耗因子。

示例：在$u(f) = 0.1\%$的情况下，当$\tan\delta_{fi} = 0.1$时，损耗因子的测量不确定度$u(\delta) = 1.4\%$。

9.2 弯曲储能模量

按本文件的规定进行测试，在不大于四阶振动模态的范围内，弯曲储能模量的测量不确定度不大于5%。

10.测试报告

测试报告应包括以下内容：

a) 测试依据本文件，即T/CRIA*****；

b) 试件的来源、制造厂等信息；

c）试件形状、尺寸特征的描述；

d）试件的制备、状态调节、数量；

e）试验环境；

f）试验仪器；

g）温度试验程序（起始温度和最终温度、温度变化速率或温阶的大小、持续时间）；

h）测试数据（弯曲损耗因子、弯曲储能模量、弯曲损耗模量）；

i）绘制的曲线（模量-温度曲线或模量-频率曲线）；

j）测试人员和测试日期。

————————————————