



中华人民共和国国家标准

GB/T 18022—2000

声学 1~10 MHz 频率范围内橡胶和 塑料纵波声速与衰减系数的测量方法

Acoustics—Methods for measuring the longitudinal sound speed
and attenuation coefficient of rubbers and plastics in the
frequency range 1 MHz to 10 MHz

2000-03-16 发布

2000-12-01 实施

国家质量技术监督局 发布

目 次

前言 1

1 范围 1

2 引用标准 1

3 测量原理 1

4 测量设备及样品要求 2

5 测量步骤 3

6 测量误差 4

附录 A(标准的附录) 0~100 C 温度范围内除气蒸馏水的密度和声速 5

附录 B(提示的附录) 声速和衰减系数测量误差计算公式 6



前 言

橡胶、塑料以及以它们为基料的复合材料是声学工程中的常用材料,也是声学学科的重要研究对象,其声学特性数据是很有价值的基础资料。为使测量数据具有可比性,以便交流和使用,特制定本标准。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准的附录 B 是提示的附录,仅供参考。

本标准由中国科学院提出。

本标准由全国声学标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:中国科学院声学研究所。

本标准主要起草人:牛凤岐、朱承纲、程 洋。

声学 1~10 MHz 频率范围内橡胶和
塑料纵波声速与衰减系数的测量方法

GB/T 18022—2000

Acoustics—Methods for measuring the longitudinal sound speed
and attenuation coefficient of rubbers and plastics in the
frequency range 1 MHz to 10 MHz

1 范围

本标准规定了橡胶和塑料以及以它们为基料的复合材料纵波声速和衰减系数的测量方法。
本标准适用的频率范围为 1~10 MHz。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 3102.7—1993 声学的量和单位

GB/T 3947—1996 声学名词术语

GB/T 4472—1984 化工产品密度、相对密度测定通则

3 测量原理

3.1 在本标准中,声速和声衰减系数的测量采用插入取代法,即在测试水槽中,将被测材料样品插在发射换能器与接收换能器之间平面波声束路径上,令其取代相同长度的水,借助于样品插入前后声脉冲信号传播时间和幅度的变化从而测得该材料的声速和声衰减系数,如图 1 所示。

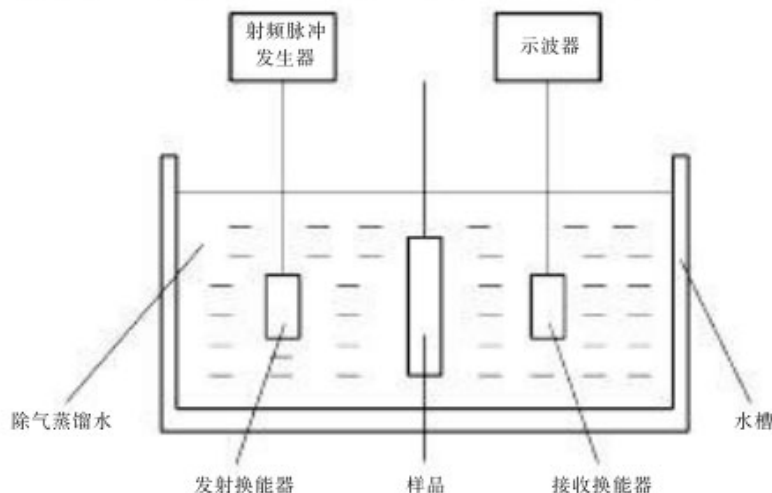


图 1 插入取代法测量原理框图

3.2 声速测量

采用插入取代法测量。恒温水槽中充以除气蒸馏水,发射和接收换能器间距离不大于发射换能器的近场区长度,以保证被测样品处于发射换能器的平面波束声场中,射频脉冲发生器以电脉冲激励发射换能器产生声脉冲向水中辐射,由接收换能器接收并送至示波器显示。若在发射与接收换能器之间插入被测样品,则声脉冲传播时间将发生变化,由此可求得样品材料中声速:

$$c = \frac{dc_w}{d + tc_w} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: c ——样品材料中声速, m/s;

d ——样品厚度, m;

t ——插入样品引起的声脉冲传播时间变化(时间缩短即脉冲波形前移时取负值,时间延长即脉冲波形后移时取正值), s;

c_w ——水中声速, m/s。

3.3 声衰减系数测量

采用插入取代法测量,如图1所示。在发射与接收换能器之间平面波声束路径上插入样品时,示波器显示的声脉冲幅度将发生变化,由此可求得样品材料的声衰减系数。测量可采用单样品法或双样品法。

3.3.1 单样品法

采用一定厚度样品,在样品中不出现驻波,且水中声衰减和声束扩展影响可以忽略的情况下,样品材料声衰减系数的计算式为:

$$\alpha = \frac{20}{d} \left[\log \frac{A_0}{A} - \log \frac{(\rho c + \rho_w c_w)^2}{4 \rho c \rho_w c_w} \right] \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: α ——样品材料的声衰减系数, dB/m;

d ——样品厚度, m;

A_0 ——插入样品前接收脉冲幅值, V;

A ——插入样品后接收脉冲幅值, V;

ρ ——样品材料密度, kg/m³;

c ——样品材料中声速, m/s;

ρ_w ——水的密度, kg/m³;

c_w ——水中声速, m/s。

3.3.2 双样品法

在发射与接收换能器之间的平面波声束路径上先后插入两种不同厚度的样品,在样品中不出现驻波,且水中声衰减和声束扩展影响可以忽略的情况下,样品材料声衰减系数的计算式为:

$$\alpha = \frac{20}{d_1 - d_2} \log \frac{A_2}{A_1} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: α ——样品材料的声衰减系数, dB/m;

d_1 ——厚样品厚度, m;

d_2 ——薄样品厚度, m;

A_1 ——插入厚样品时接收脉冲幅值, V;

A_2 ——插入薄样品时接收脉冲幅值, V。

4 测量设备及样品要求

4.1 仪器设备

4.1.1 游标卡尺:最小分度应不大于 0.02 mm。

4.1.2 千分尺:最小分度应不大于 0.002 mm。

4.1.3 温度计:分辨率应达到 0.1℃。

4.1.4 天平:感量应不大于 0.001 g。

4.1.5 射频脉冲发生器:

频率范围:1~10 MHz;

脉冲宽度:1~30 μ s;

重复频率:50~200 Hz;

脉冲幅度(峰-峰值):连续可调,最大值不小于 100 V;

幅度变化: ± 0.05 dB。

4.1.6 示波器

频带宽度:0~40 MHz;

灵敏度:优于 5 mV/div;

时间轴误差: $\pm 3\%$;

幅度轴误差: $\pm 3\%$ 。

4.1.7 换能器:一般采用具有平面圆形辐射面的压电陶瓷换能器,压电陶瓷圆片的直径应远大于其厚度(一般不小于其 10 倍),以满足辐射面呈活塞振动的要求,工作频率在 1~10 MHz 范围,可以用多对换能器满足。

4.1.8 水槽:水槽尺寸应足够大,以保证反射波不影响对直达脉冲的测量。

4.2 样品:横向尺寸应大于换能器有效直径的两倍,厚度应大于 10 个波长;两表面的不平行度不超过 0.02 mm。

5 测量步骤

5.1 声速测量

5.1.1 将样品放入充有除气蒸馏水的测试水槽中,保持温度起伏不超过 ± 0.1 ℃,在预定温度恒定 1 h 以上,使样品表面充分浸润且不附有气泡,并用精密温度计测量水的温度。

5.1.2 调节射频脉冲发生器的输出至适当幅度,观察示波器的波形,调节换能器的夹持系统,使第一次接收信号幅度为最大,确保发射与接收换能器辐射面平行,声轴对准。

5.1.3 取用较窄的脉冲并使其中心处呈明显的极大值,用示波器测量其频率。

5.1.4 在两换能器之间插入样品,调节示波器的扫描档和延迟触发,使样品插入前后接收信号波形的时间分辨率足够大。

5.1.5 选择接收脉冲中极大值峰尖或过零点作为标记位置,用示波器的电子游标测量样品插入前后的时间差 t 。

5.1.6 用游标卡尺或千分尺测量水温条件下的样品厚度 d 。

5.1.7 由附录 A 查得测量温度下蒸馏水中声速 c_w 。

5.1.8 将有关数值代入式(1)求出样品材料中声速 c 。

5.2 声衰减系数测量

5.2.1 测量准备工作同 5.1.1, 5.1.2。

5.2.2 调节射频脉冲发生器的输出,使接收信号包含 15~18 个正弦波,并用数字示波器测量其频率。

5.2.3 采用单样品法测量

5.2.3.1 调节射频脉冲发生器的输出,使在插入样品时具有适当的透射信号幅度,用示波器的电子游标测得插入厚度为 d 的样品前后第一个接收脉冲的幅度 A_0 和 A 。

5.2.3.2 用游标卡尺或千分尺测量水温条件下的样品厚度 d 。

5.2.3.3 由附录 A 查得测量所在温度下水的密度 ρ_w 和声速 c_w 。

5.2.3.4 采用 GB/T 4472 中方法测得样品材料密度 ρ 。

5.2.3.5 将有关数值代入式(2)求出样品材料的声衰减系数 α 。

5.2.4 采用双样品法测量

5.2.4.1 调节射频脉冲发生器的输出,使在插入较厚样品时具有适当的透射信号幅度,用示波器的电子游标测出插入厚度为 d_1 和 d_2 的样品时第一个接收脉冲幅度 A_1 和 A_2 。

5.2.4.2 用游标卡尺或千分尺测量水温条件下的样品厚度 d_1 和 d_2 。

5.2.4.3 将有关数值代入式(3)求出样品材料的声衰减系数 α 。

6 测量误差

6.1 声速测量

6.1.1 按本标准规定的要求进行测量,对同种材料,声速测量的误差随样品厚度的增大而单调降低。

6.1.2 按本标准规定的要求进行测量,对厚度相同的样品,材料声速与水中声速越接近,其声速测量的误差越小。

6.2 声衰减系数测量

6.2.1 按本标准规定的要求进行测量,对同种材料,声衰减系数测量的误差随样品厚度(单样品法)或厚度差(双样品法)的增大而单调降低。

6.2.2 按本标准规定的要求进行测量,在样品厚度(单样品法)或厚度差(双样品法)相同的情况下,声衰减系数测量的误差随材料声衰减系数的增大而单调降低。

6.3 计算误差的公式见附录 B。

附录 A

(标准的附录)

0~100℃温度范围内除气蒸馏水的密度和声速

表 A1 0~100℃温度范围内除气蒸馏水的密度和声速

温度 T ℃	密度 ρ kg/m ³	声速 c m/s	温度 T ℃	密度 ρ kg/m ³	声速 c m/s
0	999.840	1 402.74	31	995.339	1 511.71
1	999.899	1 407.71	32	995.024	1 513.91
2	999.940	1 412.57	33	994.701	1 516.05
3	999.964	1 417.32	34	994.370	1 518.12
4	999.972	1 421.96	35	994.030	1 520.12
5	999.964	1 426.50	36	993.682	1 522.06
6	999.940	1 430.92	37	993.327	1 523.93
7	999.902	1 435.24	38	992.964	1 525.74
8	999.848	1 439.46	39	992.593	1 527.49
9	999.781	1 443.58	40	992.214	1 529.18
10	999.700	1 447.59	41	991.828	1 530.80
11	999.605	1 451.51	42	991.435	1 532.37
12	999.497	1 455.34	43	991.034	1 533.88
13	999.377	1 459.07	44	990.626	1 535.33
14	999.244	1 462.70	45	990.211	1 536.72
15	999.099	1 466.25	46	989.789	1 538.06
16	998.942	1 469.70	47	989.361	1 539.34
17	998.774	1 473.07	48	988.925	1 540.57
18	998.594	1 476.35	49	988.483	1 541.74
19	998.404	1 479.55	50	988.034	1 542.87
20	998.203	1 482.66	55	985.691	1 547.70
21	997.991	1 485.69	60	983.193	1 551.30
22	997.769	1 488.63	65	980.547	1 553.76
23	997.537	1 491.50	70	977.760	1 555.12
24	997.295	1 494.29	75	974.840	1 555.45
25	997.043	1 497.00	80	971.790	1 554.81
26	996.782	1 499.64	85	968.614	1 553.25
27	996.511	1 502.20	90	965.318	1 550.79
28	996.231	1 504.68	95	961.901	1 547.50
29	995.943	1 507.10	100	958.367	1 543.41
30	995.645	1 509.44			

附录 B

(提示的附录)

声速和衰减系数测量误差计算公式

B1 $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ 为直接测量量, y 为导出量, 有

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n) \quad \dots\dots\dots (B1)$$

其相对误差的公式为:

$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{1}{y} \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 (\Delta x_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (B2)$$

据此可导出本标准中声速测量相对误差的表达式:

$$\frac{\Delta c}{c} = \left(\frac{c_w - c}{c_w} \right) \left[\left(\frac{\Delta d}{d} \right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (B3)$$

单样品法声衰减系数测量相对误差的表达式:

$$\frac{\Delta a}{a} = \left\{ \left(\frac{\Delta d}{d} \right)^2 + \frac{1}{a^2 d^2} \left[\left(\frac{\Delta A_0}{A_0} \right)^2 + \left(\frac{\Delta A}{A} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (B4)$$

双样品法声衰减系数测量不确定度的表达式:

$$\frac{\Delta a}{a} = \left\{ \frac{(\Delta d_1)^2 + (\Delta d_2)^2}{(d_1 - d_2)^2} + \frac{1}{a^2 (d_1 - d_2)^2} \left[\left(\frac{\Delta A_1}{A_1} \right)^2 + \left(\frac{\Delta A_2}{A_2} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (B5)$$

B2 表 B1 和表 B2 是声速和衰减系数测量中系统误差状况的实例。

表 B1 声速测量中的系统误差

样品名称	d, cm	$\Delta d, \text{cm}$	$\Delta t/t$	$c_w, \text{m/s}$	$c, \text{m/s}$	$\Delta c/c$
有机玻璃	5.000	0.002	3%	1 470	2 744	2.6%
聚氨酯橡胶	1.005	0.002	3%	1 502	1 570	0.16%

注: 样品厚度误差 Δd 取自游标卡尺最小分度, 传播时间差 $\Delta t/t$ 依据数字示波器的使用说明书。

表 B2 衰减系数测量中的系统误差

样品名称	f, MHz	d_1, cm	d_2, cm	$\Delta d, \text{cm}$	$\Delta A/A$	$a, \text{NP/cm}$	$\Delta a/a$
有机玻璃	1.033	5.000	2.998	0.002	3%	0.140	15%
	2.283	5.000	2.998	0.002	3%	0.277	7.7%
	3.521	5.000	2.998	0.002	3%	0.392	5.4%
	5.120	5.000	2.998	0.002	3%	0.571	3.7%
	7.977	5.000	2.998	0.002	3%	0.804	2.6%
聚氨酯橡胶	0.881	1.988	1.005	0.002	3%	0.507	8.5%
	2.222	1.005	0.473	0.002	3%	1.72	4.6%
	3.355	1.005	0.473	0.002	3%	2.97	1.9%

注

- 1 样品厚度误差 Δd 取自游标卡尺最小分度, 传播时间差和幅度误差 $\Delta t/t$ 和 $\Delta A_1/A_1, \Delta A_2/A_2$ 依据数字示波器的使用说明书。
- 2 计算 a 测量误差时, 须将此单位中的 dB 换算为 NP。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
声学 1~10 MHz 频率范围内橡胶和
塑料纵波声速与衰减系数的测量方法

GB/T 18022—2000

*

中国标准出版社出版发行
北京西城区复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

<http://www.bzcbbs.com>

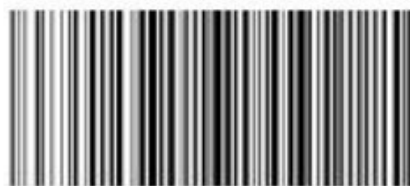
电话:63787337、63787447

2000年8月第一版 2004年11月电子版制作

*

书号:155066·1-16867

版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 18022-2000