



中华人民共和国国家标准

GB/T 19739—2005/ISO 13753:1998

机械振动与冲击 手臂振动 手臂系统为 负载时弹性材料振动传递率的测量方法

**Mechanical vibration and shock—Hand-arm vibration
—Method for measuring the vibration transmissibility
of resilient materials when loaded by the hand-arm system**

(ISO 13753:1998, IDT)

2005-05-13 发布

2005-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准等同采用 ISO 13753:1998(E)《机械振动与冲击 手臂振动 手臂系统为负载时弹性材料振动传递率的测量方法》(英文版)。

为了便于使用,对于 ISO 13753:1998(E)本标准做了如下编辑性修改:

- a) 用“本标准”代替“本国际标准”;
- b) 用小数点符号“.”代替小数点符号“,”;
- c) 删除了 ISO 13753:1998(E)的前言;
- d) “ISO ××××”改为“GB/T ××××”;
- e) 表与图的格式按 GB/T 1.1 进行了修改。

本标准的附录 A 为规范性附录,附录 B、附录 C、附录 D 和附录 E 为资料性附录。

本标准由国家安全生产监督管理总局提出。

本标准由全国机械振动与冲击标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位:吉林省安全科学技术研究院。

本标准参加起草单位:长春工业大学。

本标准主要起草人:肖建民、郑凡颖、曲生、韩莲英、郭伟、崔文杰。

引 言

本标准是为适应日益增长的保护人员免受暴露于手传振动引起的振动损伤的风险的要求而制定的。

许多标准涉及到振动暴露风险的测量与评价,以及特定工具和作业的典型测试方法。

弹性材料用于覆盖手柄和制作手套,采用这两种方法以减轻振动暴露的程度。本标准给出了一种测量以单层或多层平板形式材料样品的振动衰减的方法。有些情况下材料可以是二层或多层的平板形式。这是一种实验室测量方法,提供了一种可重复和可靠的程序。

本标准假定材料的特性是线性的,其质量与负载质量相比可以忽略不计(如果需要,对材料的质量可做出修正)。本方法测定以质量块为负载时材料的阻抗,并假定质量块对于材料的压力与手握时的压力等效。这种方法通过测量质量块为负载时,材料在所有要求的频率上的传递函数来实现。以手臂为负载时的振动传递率通过对手臂阻抗的标准值与材料阻抗的测量值进行计算得出。本标准中使用的阻抗是握住圆形手柄时手掌的阻抗。本方法测得的传递率可能不适用于手指。本标准采用手臂系统 Z_1 方向即材料被施加压力的方向的阻抗。本方法的数学基础由附录 B 给出。

如果本测量方法得出的结果显示,在直到 500 Hz 的所有频率上传递率都大于 0.6,则该材料在实际应用中相同的频率范围内可能不会提供较大的衰减。在实际应用中,作为频率函数的传递率应与振源的频谱相对应。

机械振动与冲击 手臂振动 手臂系统为 负载时弹性材料振动传递率的测量方法

1 范围

本标准规定了测量手臂系统为负载时弹性材料的振动传递率的方法。

本方法适用工具有线性特性的所有材料。在大多数弹性泡沫材料和橡胶材料中都可使用本方法，暂时也可以用于编织材料。本方法可用于混合系统，例如带有泡沫或橡胶基板的编织材料。

这种实验室测试的结果可用于筛选工具手柄减振和手套使用的材料。本方法能实现对手套的材料进行分级，但未必能预测用这些材料制作的手套的传递率（手套振动传递率的测量见 GB/T 18703—2002 手套掌部振动传递率的测量与评价）。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 14790 人体手传振动的测量与评价方法（GB/T 14790—1993，eqv ISO 5349:1986）

GB/T 15619 机械振动与冲击 人体暴露 词汇（GB/T 15619—2005，ISO 5805:1997，IDT）

GB/T 19740 机械振动与冲击 人体手臂系统驱动点的自由机械阻抗（GB/T 19740—2005，ISO 10068:1998，IDT）

ISO 2041 振动与冲击 词汇

3 术语和定义

ISO 2041、GB/T 14790 和 GB/T 15619 确立的术语和定义适用于本标准。

注：关于手传振动，见 GB/T 15619，传递率见 ISO 2041。

4 符号

本标准使用下列符号：

a_1 ——振动台上测量的加速度

a_2 ——作为材料负载的质量块 m 上测量的加速度

real——表示复数量实部的下标

imag——表示复数量虚部的下标

$| \quad |$ ——表示复数量的模

m ——弹性材料上负载的质量

T ——传递率

Z_M ——弹性材料的阻抗

Z_H ——手臂系统的阻抗。该值由 GB/T 19740（见附录 A）给出

ω ——角频率

j —— -1 的平方根

$A_i(j\omega)$ 或简写为 $A_i; a_i$ 的傅里叶变换。

示例:

$\left[\frac{A_1(j\omega)}{A_2(j\omega)} \right]_{\text{real}}$ 表示 $A_1(j\omega)$ 和 $A_2(j\omega)$ 复数比的实部。

5 原理

本方法使用一个振动激励系统(振动台),台面上放置弹性材料,负载质量块 m 置于材料之上。用加速度计测量振动台上的振动 a_1 和质量块 m 的振动 a_2 。振动台可由宽带随机信号或正弦信号驱动。

6 测量设备

6.1 一般要求

本方法要求使用一台频率分析仪(最好是双通道),两个传感器和双通道测量设备。

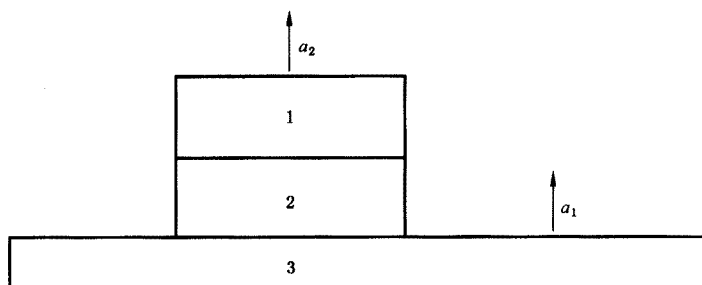
测量装置如图 1 所示。

6.2 加速度传感器和前置放大器

选择的传感器(加速度计)和前置放大器应满足频率范围 5 Hz 至 1 000 Hz 的测量要求,仪器应有过载指示。

6.3 传感器的安装

两个传感器应分别刚性安装于振动台的台面和负载质量块 m 顶部。安装可使用螺栓、胶和蜂蜡。安装应符合以下要求:在无材料样品时,至少在达到 1 000 Hz 的频率范围内,两个传感器之间的传递函数为 1。



- 1——质量块 m ;
- 2——弹性材料;
- 3——振动台。

图 1 测量装置

7 测试样品和质量块 m

测试样品应为厚度一致的平板,面积至少应能容纳半径为 45 mm 的圆形面积。样品大小不应超出振动台面的边缘。应采用半径 45 mm、质量 2.5 kg 的圆柱形金属块(例如:钢)作为弹性材料的负载。

8 测量步骤

8.1 同步测量振动台面上和质量块 m 顶部的加速度 a_1 和 a_2 。

8.2 振动台可用宽带随机信号激励。在 10 Hz 至 500 Hz 范围内功率谱密度应保持恒定,其值至少应为 $2.5 \times 10^{-2} (\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$, 误差在 $\pm 10\%$ 之内。

8.3 振动台也可用正弦信号激励,激励信号 a_1 的量值至少应为 1 m/s^2 。

注:应测量在每一频率上两个信号的相干函数,其值应大于 0.95,尽管在共振频率上可能低于此值。

8.4 应测量在每一频率上的 A_1/A_2 (用模与相位或用实部和虚部表示)的比率。该比率为复函数。

GB/T 19739—2005/ISO 13753:1998

8.5 根据测试报告的要求,传递率的测量应在 50 Hz 至 500 Hz 频率范围内的 1/3 倍频程中心频率上进行。如果可能,建议对更低的频率进行测量,直到 10 Hz。

9 结果评价

首先确定材料的阻抗 Z_M ,然后由该值与手臂的阻抗 Z_H 确定传递率。

9.1 确定材料的阻抗 Z_M

用公式(1)计算材料的阻抗:

$$Z_M = \frac{j\omega m}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right) - 1} \quad \dots\dots\dots(1)$$

9.2 确定传递率 T

用手臂系统为负载时材料的传递函数 A_2/A_1 就是所要求的振动传递率。该值通过对 9.1 中得到的 Z_M 和 GB/T 19740(见附录 A)给出的 Z_H 值计算得出:

$$T = \left| \frac{Z_M}{Z_H + Z_M} \right| \quad \dots\dots\dots(2)$$

注:公式(1)和(2)中包含复数量,这些公式的完整表达由附录 C 给出。附录 D 给出了传递率 T 的计算举例。

9.3 传递率的测量精度

传递率的测量精度(重复性)约为 10%。测量精度取决于样品的线性程度、阻抗值 Z_H 以及其他测量参数的精度(见附录 E)。

注 1:非线性材料的传递率的测量精度可能大大超过 10%。

注 2:振动台和测量仪器的允差也使结果产生误差。

10 测试报告

测试报告应包括以下内容:

- a) 引用本标准;
- b) 材料制造厂家的名称和地址;
- c) 材料的描述,包括厚度、尺寸、质量和材料类型;
- d) 测试样品的数量;
- e) 测试实验室的名称和地址及测试日期;
- f) 测量系统描述;
- g) 激励信号的类型(正弦或随机)及其特性数据;
- h) 环境条件包括温度和湿度;
- i) 在以下频率(单位:Hz)上传递率的值:

50,63,80,100,125,160,200,315,400,500,如果可能在以下频率:10,12.5,16,20,25,31.5,40。

GB/T 19739—2005/ISO 13753:1998

附 录 A
(规范性附录)
手臂阻抗 Z_H 的值

表 A.1 列出了 GB/T 19740 中给出的 Z_H 的值。这些值可以模和相位的形式引用,也可以实部和虚部的形式引用,以供在传递率 T 的评价中使用。

表 A.1 手臂阻抗 Z_H 的值

频率/Hz	模 $ Z_H /(N \cdot s/m)$	相位/度	实部 $(Z_H)_{\text{real}}/(N \cdot s/m)$	虚部 $(Z_H)_{\text{imag}}/(N \cdot s/m)$
10	156	30	135.1	78
12.5	170	28	150.1	79.8
16	185	24	169	75.2
20	198	19	187.2	64.5
25	210	15	202.8	54.4
31.5	225	8	222.8	31.3
40	228	1	228	4
50	210	-4	209.5	-14.6
63	181	-6	180	-18.9
80	161	-3	160.8	-8.4
100	165	2	164.9	5.8
125	180	8	178.2	25.1
160	190	14	184.4	46
200	205	18	195	63.3
250	221	19	209	72
315	236	20	221.8	80.7
400	251	20	235.9	85.8
500	270	23	248.5	105.5

附录 B (资料性附录)

弹性材料的振动传递率测量的数学基础

B.1 评价

使用一半径 45 mm、质量为 2.5 kg 的质量块压在材料上。使用在质量块和振动台平面上的传感器测量传递函数,然后对材料的阻抗进行评价。

$\frac{A_1(j\omega)}{A_2(j\omega)}$ 是一个复函数。

在单一频率上,有 $\frac{A_1(j\omega)}{A_2(j\omega)} = \text{量值} \times [\cos(\text{相位}) + j\sin(\text{相位})]$

式中:

量值——由 A_1/A_2 表示的比率的数值;

相位—— A_1 与 A_2 之间的相位差。

材料的阻抗由对质量块的阻抗与复函数 A_1/A_2 的计算得出:

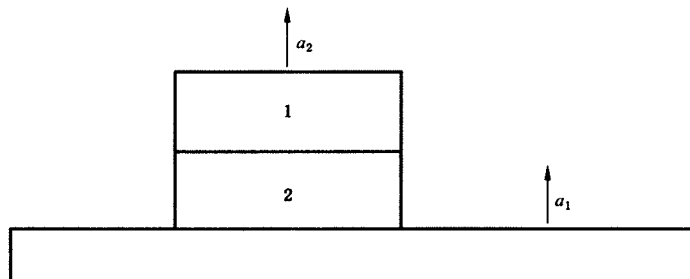
$$Z_M = \frac{j\omega m}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right) - 1}$$

然后计算由手臂系统为负载时材料的传递函数:

$$T = \left| \frac{Z_M}{Z_H + Z_M} \right|$$

这里 Z_H 为手臂的阻抗。

B.2 理论基础



1——质量块 m ;

2——阻抗为 Z_M 的弹性材料。

$$a_2 = \ddot{x}_2$$

$$a_1 = \ddot{x}_1$$

这里 x_2 和 x_1 为位移。

图 B.1 带有质量块 m 的理论模型

GB/T 19739—2005/ISO 13753:1998

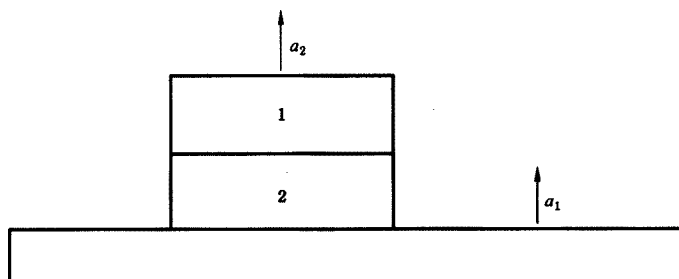
假定材料的质量可以忽略不计:

$$m\ddot{x}_2 = -Z_M(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)$$

(由牛顿第二定律)则有

$$Z_M = \frac{j\omega m}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right) - 1}$$

当由手握持时,模型变为如图 B.2 所示。



- 1——手臂阻抗 Z_H ;
2——阻抗为 Z_M 的弹性材料。

图 B.2 手臂阻抗 Z_a 的理论模型

再次假定材料的质量可以忽略不计:

$$Z_H \dot{x}_2 = -Z_M(\dot{x}_2 - \dot{x}_1)$$

由此

$$T = \left| \frac{\dot{x}_2}{x_1} \right| = \left| \frac{Z_M}{Z_H + Z_M} \right|$$

附 录 C
(资料性附录)
公式(1)和(2)的完整表达

本附录以实部和虚部的形式给出了第 9 章的公式(1)和(2)的完整表达。

$$Z_M = \frac{j\omega m}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)_{\text{real}} - 1 + j\left(\frac{A_1}{A_2}\right)_{\text{imag}}}$$

故有

$$(Z_M)_{\text{real}} = \frac{\omega m \left(\frac{A_1}{A_2}\right)_{\text{imag}}}{\left[\left(\frac{A_1}{A_2}\right)_{\text{real}} - 1\right]^2 + \left(\frac{A_1}{A_2}\right)_{\text{imag}}^2}$$

$$(Z_M)_{\text{imag}} = \frac{\omega m \left[\left(\frac{A_1}{A_2}\right)_{\text{real}} - 1\right]}{\left[\left(\frac{A_1}{A_2}\right)_{\text{real}} - 1\right]^2 + \left(\frac{A_1}{A_2}\right)_{\text{imag}}^2}$$

和

$$T = \left|\frac{A_2}{A_1}\right| = \left|\frac{Z_M}{Z_H + Z_M}\right| = \sqrt{\frac{|Z_M|^2}{|Z_H|^2 + |Z_M|^2 + 2[(Z_H)_{\text{real}}(Z_M)_{\text{real}} + (Z_H)_{\text{imag}}(Z_M)_{\text{imag}}]}}$$

GB/T 19739—2005/ISO 13753:1998

附录 D
(资料性附录)
传递率 T 的计算举例

表 D.1 给出了一些计算举例说明如何根据 A_1/A_2 的值(量值和相位)以及附录 A 给出的手臂阻抗值计算出传递率 T 。

表 D.1 传递率 T 的计算

频率 f	100 Hz	250 Hz
角频率 ω	$200\pi\text{s}^{-1}$	$500\pi\text{s}^{-1}$
质量 m	2.5 kg	2.5 kg
$\left \frac{A_1}{A_2}\right =$	0.6	2.5
相位	60°	140°
$\left \frac{A_1}{A_2}\right _{\text{real}} =$	0.3	-1.92
$\left \frac{A_1}{A_2}\right _{\text{imag}} =$	0.52	1.61
$\left[\left(\frac{A_1}{A_2}\right)_{\text{real}} - 1\right]^2 + \left(\frac{A_1}{A_2}\right)_{\text{imag}}^2 =$	0.76	11.1
$(Z_M)_{\text{real}}$	$1\,074\text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}$	$569.6\text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}$
$(Z_M)_{\text{imag}}$	$-1\,446\text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}$	$-1\,029.5\text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}$
$ Z_M ^2$	$3.24 \times 10^6 (\text{N}\cdot\text{s}/\text{m})^2$	$1.38 \times 10^6 (\text{N}\cdot\text{s}/\text{m})^2$
$(Z_H)_{\text{real}}$	$164.9\text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}$	$209\text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}$
$(Z_H)_{\text{imag}}$	$5.8\text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}$	$72\text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}$
$ Z_H ^2$	$27\,225 (\text{N}\cdot\text{s}/\text{m})^2$	$48\,841 (\text{N}\cdot\text{s}/\text{m})^2$
T	0.95	0.95

GB/T 19739—2005/ISO 13753:1998

附 录 E
(资料性附录)
影响测量结果的因素

测试条件(例如:湿度、温度、样品的形状)和测试材料的特性(例如:老化、非线性)对样品的动态特性和性能有很大的影响。

在以下情况中,评价测试结果时应特别注意:

- 湿度吸收率大于5%;
- 转变温度在0℃和33℃之间。

材料老化对样品的特性有大的影响。为了评估材料的长期防护效果,对旧的材料样品可能需要进行附加测试。

参 考 文 献

- [1] GB/T 18703—2002 手套掌部振动传递率的测量与评价(eqv ISO 10819:1996)。
 - [2] Bendat, J. S. and Piersol, A. G. *Engineering applications of correlation and spectral analysis*. Wiley Interscience, New York, 1980 and 1993.
 - [3] Cronjäger, L., Zeglam-Verch, I. and Gillmeister, F. Measurement and evaluation methods to determine the vibration attenuation of resilient materials, in: *Proceedings of the 6th International Conference on Hand-Arm Vibration*, Bonn, Germany, 19-22 May 1992. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Alte Heerstr. 111, 53757 Sankt Augustin, Germany, pp. 747-754.
 - [4] Smagowska, B. and Liwkowicz, J. The measurement of antivibration properties of polymeric materials, in: *Proceedings of the 6th International Conference on Hand-Arm Vibration*, Bonn, Germany, 19-22 May 1992. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Alte Heerstr. 111, 53757 Sankt Augustin, Germany, pp. 755-764.
-