



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1156—2006

---

## 振动 冲击 转速计量术语及定义

Terminology and Definitions for Measurement of  
Vibration, Shock and Rotating Velocity

2006-09-06 发布

2006-12-06 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 振动 冲击 转速计量术语及定义

**Terminology and Definitions for Measurement  
of Vibration, Shock and Rotating Velocity**

JJF 1156—2006

---

本规范经国家质量监督检验检疫总局 2006 年 9 月 6 日批准，并自 2006 年 12 月 6 日起施行。

归口单位：全国振动冲击转速计量技术委员会  
起草单位：全国振动冲击转速计量技术委员会

本规范由全国振动冲击转速计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

- 徐 殷 中国计量科学研究院  
靳书元 中国航空工业第一集团公司第三〇四研究所  
徐晓梅 中国航空工业第一集团公司第三〇四研究所  
杨建辉 陕西省计量测试研究院  
于 明 湖北省计量科学研究院  
曾 吾 中国航空工业第一集团公司第三〇四研究所  
李新良 中国航空工业第一集团公司第三〇四研究所  
吴承琦 北京市计量检测研究院  
顾国富 兵器工业二〇二研究所  
于 梅 中国计量科学研究院  
李学瑞 北京市计量检测研究院  
高金芳 中国火箭技术研究院 102 所  
龙祖洪 中国航空工业第一集团公司第三〇四研究所  
洪宝林 中国航空工业第一集团公司第三〇四研究所  
李传日 北京航空航天大学

## 目 录

1 主题内容与适用范围·····	( 1 )
1.1 主题内容·····	( 1 )
1.2 适用范围·····	( 1 )
2 通用术语·····	( 1 )
3 振动·····	( 7 )
4 冲击·····	( 33 )
5 转速·····	( 39 )
6 恒加速度·····	( 49 )
7 平衡·····	( 52 )
中文索引·····	( 55 )
英文索引·····	( 62 )



# 振动 冲击 转速计量术语及定义

## 1 主题内容与适用范围

### 1.1 主题内容

本规范规定了振动、冲击、转速、恒加速度、平衡基本术语及有关的辅助术语。

### 1.2 适用范围

本规范适应于一切与振动、冲击、转速、恒加速度、平衡有关的领域。

## 2 通用术语

### 2.1 重力加速度 (acceleration of gravity)

物体在地球表面由于重力作用所产生的加速度称为重力加速度。它与地球引力、地球自转引起的加速度有关，它的数值随着观察点的纬度和高度而改变，其方向为观察点的地垂线方向，指向地心。

### 2.2 国际标准重力加速度 (international standard gravity acceleration)

国际上将北纬 45°海平面的重力加速度数值  $9.80665\text{m/s}^2$  规定为标准重力加速度，即

$$g_n = 9.80665\text{m/s}^2。$$

### 2.3 系统 (system)

用以完成一定功能的各有关部分的组合。常用的系统有：

(1) 线性系统 (linear system)：响应与激励大小成正比，并且满足叠加定理的系统；

(2) 机械系统 (mechanical system)：有质量、刚度和阻尼等各元素所组成的系统；

(3) 动态系统 (dynamic system)：现在的输出与过去的输入有关的系统。动态系统具有记忆功能，其输入与输出的关系可用微分方程（或差分方程）描述；

(4) 惯性系统 (seismic system)：依靠弹性元件将一个质量连接到参考基座所构成的系统，系统中通常还包括阻尼元件；

(5) 等效系统 (equivalent system)：为便于分析而采用的与原系统效应相等的系统；

(6) 测量系统 (measuring system)：为某种特定测量，而组装起来的全套测量仪器和其他设备。

### 2.4 激励 (excitation)

作用于系统的外力或其他输入。为便于计算而引出的具有实部和虚部的激励，称为

复激励 (complex excitation), 实际激励可以是复激励的实部或虚部。在振动试验和测试中, 常用激励方式有:

(1) 离散步进正弦激励 (discrete step sinusoidal excitation): 由单个离散频率的正弦信号, 以固定频率或频率逐步改变的方式进行的激励, 简称正弦激励。

(2) 扫描正弦激励 (sweeping sinusoidal excitation): 用正弦信号, 在试验 (测试) 频率范围内, 从下限频率到上限频率以连续扫描的方式进行的激励。扫描先下后上称为正扫, 由上至下称为逆扫, 还可以采用来回的往复扫描。扫描正弦激励有三种形态: 在扫描过程中可以停留在某个或几个频率上作定频振动, 则称为正弦驻留 (sine remain); 扫描的周期以及结构的脉冲响应衰减时间小于测量数据的周期  $T$ , 则称为快速正弦扫描激励 (sine sweep excitation), 它也是一种瞬态随机激励 (transient random excitation); 否则, 则称为慢速正弦扫描激励 (sine sweep excitation with slow rate), 适用于稳态响应的获得。

(3) 纯随机激励 (pure random excitation): 用具有一定谱型和带宽的、概率密度为高斯分布的随机信号进行激励的方式, 它可同时激起该段频率范围内的所有模态。

(4) 伪随机激励 (pseudo random excitation): 将一段随机信号以周期  $T$  重复出现的激励方式。

(5) 周期随机激励 (periodic random excitation): 在第一个随机激励后, 在第二个周期稳定均衡后, 在第三个周期进行测量; 再重复此伪随机过程, 但每个伪随机过程是随机的、互不一样的激励方式; 它具有伪随机和纯随机的优点。

(6) 瞬态随机激励 (transient random excitation): 只在测量周期的初始一段输出瞬态的随机信号, 其占用时间可任意调节, 以适应不同的阻尼结构的激励; 每一个样本都具有不同的统计特性, 经平均处理可以消除非线性影响, 因此, 这种激励方法兼有瞬态和随机双重优点。

(7) 冲击激励 (shock excitation): 用经过选择的瞬态的各种冲击波形进行激励的方式。冲击可以是单次的, 也可以是多次重复的, 常称单次的为冲击激励, 多次的为碰撞。

(8) 环境激励 (environment excitation): 利用自然环境的扰动 (例如大地脉动、路面凹凸、海浪、噪声、风动以及湍流等) 作为激励源的方法, 它存在频率分量难以充分等缺陷。

## 2.5 响应 (response)

系统受外力或其他输入作用后的输出。线性系统受到复激励后的响应, 称为复响应 (complex response)。测量系统的响应可综合为:

(1) 有效响应 (effective response): 在传感器灵敏轴方向上, 由输入的机械振动或冲击所引起的传感器响应。这种响应是正确使用传感器进行测量、取得可靠数据所期望

的。有效响应主要有：灵敏度、幅频响应、相频响应、非线性度等。

(2) 环境响应 (environment (interfere) response)：在使用传感器测量机械振动或冲击时，同时还存在着环境和其他物理因素所引起的传感器的响应。这种响应是干扰正确测量的，是不期望的。主要有：温度响应、瞬变温度灵敏度、横向灵敏度、旋转运动灵敏度、基座应变灵敏度、磁灵敏度、声灵敏度、安装力矩灵敏度、特殊环境响应等。

## 2.6 动态范围 (dynamic range)

(1) 在测量 (分析) 仪器内，不受各种噪声的影响而能获得准确测定结果的输入信号范围，是最大允许信号级与噪声级之比，一般以 dB 表示。

(2) 在模拟式振动控制系统中，动态范围是指可以控制的最大信号和最小信号之比，一般以 dB 表示，该参数与振动台、控制系统以及整个电路的干扰噪声有关。

(3) 在随机振动控制系统中，动态范围是指在给定的频率范围内，系统最大输出的功率谱密度与本底噪声功率谱密度之比的对数，以 dB 表示。动态范围越大，系统的控制能力越强，控制效果越好。

## 2.7 机械阻抗 (mechanical impedance)

线性定常系统的激励向量与其响应向量之比称为机械阻抗，其倒数称为机械导纳，具体定义是：

(1) 激励向量是力，而响应向量分别是位移、速度、加速度时，相应的阻抗分别称为动刚度 (dynamic stiffness) (即位移阻抗)、机械阻抗 (mechanical impedance) (即速度阻抗，简称：阻抗)、视在质量 (apparent mass) (即加速度阻抗、又称动质量)；

(2) 上述各阻抗的倒数分别是：动柔度 (dynamic flexibility) (即位移导纳)、机械导纳 (mechanical mobility) (即速度导纳，简称：导纳)、惯量 (inertia) (即加速度导纳)；

(3) 若响应是激振点的，一般称为驱动点阻抗 (driving point impedance)，简称点阻抗；若响应不是激振点的，则称为传递阻抗 (transfer impedance)，或称为跨点阻抗 (translational impedance)。

## 2.8 频率响应函数 (frequency response function)

频响函数是线性定常系统的固有特性，当初始条件为零时，系统的输出 (响应) 与输入 (激励) 的傅里叶变换之比为频响函数，它与输入函数的类型无关。将一个量作为频率或波数的函数的描写，称为那个量的频谱 (前者) 或波谱 (wave spectrum) (后者)，简称谱。单位时间内的物理量的个数或次数称为时间频率，简称频率；单位空间 (或长度) 内的物理量的个数或次数称为空间频率 (space frequency) 或波数 (wave number)；波谱又称为波数谱或空间频率谱。以频谱为例，谱在不同场合下，表示形态有：

(1) 线谱 (line spectrum)：各谱分量出现在离散频率处的谱，同义词为离散谱；

(2) 连续谱 (continuous spectrum): 谱分量连续分布在某一频率范围内的谱;

(3) 幅值谱 (amplitude spectrum): 将傅里叶变换所得的复函数的模作为频率的函数来描述的频谱;

(4) 相位谱 (phase spectrum): 将傅里叶变换所得的复函数的相角 (相位角) 作为频率的函数来描述的频谱。

## 2.9 非线性度 (non-linearity)

校准曲线与某一规定直线的一致程度, 称为线性度 (linearity); 校准曲线与某一规定直线偏离的程度, 称为非线性度 (non-linearity)。不同规定的直线和相应的非线性度的名称有:

(1) 能保证传感器正反行程, 校准曲线与它的正、负偏差相等, 且为最小的一条直线, 称为“最佳直线” (best straight line); 相对于此直线的非线性度称为独立线性度 (independent linearity)。

(2) 传感器输出与被测量之间在全量程内存在着某种特定关系, 称为“理论曲线” (theoretical curve), 例如表、图或方程式。相对于此曲线的非线性度称为理论线性度 (theoretical linearity)。

(3) 由零点至传感器的满负荷的连接直线称为“端—零线” (end-zero line), 简称端零线。相对于此直线的线性度称为端点线性度 (end-point linearity)。

(4) 使传感器校准数据, 与线性或非线性回归直线或曲线的残差平方和为最小的直线或曲线, 称为“最小二乘线” (least-squares line)。相对于此直线的非线性度称为“最小二乘线性度” (least-squares linearity)。在冲击测量与校准中, 常称最小二乘线性度为“幅值线性度” (amplitude linearity)。最小二乘法的计算公式:

数学模型是

$$y = a + bx$$

最小二乘公式是

$$\begin{cases} \bar{X} = \frac{\sum x}{n} = \frac{\sum y}{n} \\ \begin{cases} b = \frac{\sum xy - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum x^2 - n(\bar{X})^2} \\ a = \bar{Y} - b\bar{X} \end{cases} \end{cases}$$

或

$$\begin{cases} b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \\ a = \frac{(\sum x^2)(\sum y) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \end{cases}$$

则幅值线性度表达为



$$\begin{cases} \gamma_1 = \frac{bx_{\max}}{a} \times 100\% \\ \gamma_2 = \frac{b \cdot 1000}{a} \times 100\% \\ \gamma_3 = \frac{y - \hat{y}}{\hat{y}} \times 100\% \end{cases}$$

式中： $x$ ——自变量，可以是加速度、速度、位移；例如，加速度， $\text{m/s}^2$ ；

$y$ ——应变量，可以是加速度、速度、位移或灵敏度；例如，灵敏度， $\text{mV}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$ ；

$a$ ——回归直线截距；例如，灵敏度—加速度回归线，截距单位为加速度灵敏度， $\text{mV}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$ ；

$b$ ——回归直线斜率；例如，灵敏度—加速度回归线，斜率单位， $\text{mV}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-4})$ ；

$\gamma_1$ ——在  $x_{\max}$  处  $y$  的幅值线性变化百分数，常用于冲击测试；

$\gamma_2$ ——每 1000g 的单位幅值线性变化百分数，常用于冲击测试；

$\gamma_3$ —— $x$  处  $y$  相对于  $y$  的估值  $\hat{y}$  的幅值线性百分数，常用于振动和振动仪器测试。

## 2.10 灵敏度 (sensitivity)

(1) 灵敏度：传感器、测量仪器或测量系统的指定输出量与指定输入量之比，称为灵敏度。

(2) 参考灵敏度 (reference sensitivity)：在规定的实验室条件下，在给定的参考频率、参考幅值和配套放大器增益条件下传感器的灵敏度，称为参考灵敏度。

(3) 相对灵敏度 (relative sensitivity)：在测量频段内灵敏度与基准频率 (160Hz 或 80Hz) 的灵敏度之比称为相对灵敏度。

(4) 标称灵敏度 (nominal sensitivity)：由制造厂给出的、在规定的工作条件下，某类型传感器的灵敏度称为标称灵敏度。

(5) 横向灵敏度 (transverse sensitivity)：传感器在与其灵敏轴垂直的方向被激励时的灵敏度。

(6) 横向灵敏度比 (transverse sensitivity ratio)：传感器或振动设备的最大横向灵敏度与沿灵敏轴方向的灵敏度之比，用百分数表示。

## 2.11 稳定性 (stability)

测量仪器保持其计量特性随时间恒定的能力。若稳定性不是对时间而是对其他量而言，则应该明确说明。稳定性可以用几种方式定量表示：

(1) 用计量特性变化某个规定的量所经过的时间表示，如：振动加速度幅值稳定性  $\pm 1.0\%/4\text{h}$ ；

(2) 用计量特性经规定的时间所发生的变化表示，如：加速度计灵敏度年稳定性：

$$W = \frac{S_{q2} - S_{q1}}{S_{q1}} \times 100\%$$

式中：W——加速度计电荷灵敏度年稳定性；

$S_{q1}$ ——上年检定得到的加速度计电荷灵敏度；

$S_{q2}$ ——本次检定得到的加速度计电荷灵敏度。

## 2.12 波形失真 (wave distortion)

信号波形中不希望有的变化。它又分为幅值失真、频率失真和相位失真；对波形失真的度量称为波形失真度，对模拟式和数字式仪器的失真度计算，分别称为谐波失真度和基波失真度：

(1) 幅值失真 (amplitude distortion)：在给定的某一频率上，传感器的灵敏度随输入的幅值而变化时所呈现的失真。

(2) 频率失真 (frequency distortion)：在给定的频率范围内，对于给定的激励幅值，当传感器的灵敏度随频率而变时所呈现的失真。

(3) 相位失真 (phase distortion)：当传感器相移不是频率的线性函数时所呈现的失真。

(4) 总谐波失真度 (distortion of total harmonic wave)：对模拟失真度测量仪测出的波形失真度，称为总谐波失真度，用下式计算：

$$\gamma = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n I_i^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2}} \times 100\%$$

式中： $\gamma$ ——失真度；

$I_i$ ——谐波幅值。

用此式计算时，总谐波方均根值同背景噪声之比应不低于 10dB。

(5) 基波失真度 (harmonic distortion)：国际标准化组织 (ISO) 对数字信号处理式测量仪测出的波形失真度称为基波失真度，用下式计算：

$$\gamma = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n I_i^2}}{I_1} \times 100\%$$

式中： $I_1$ ——基波幅值。

## 2.13 校准 (calibration)

在规定的条件下，为确定测量仪器或测量系统所指示的值，与对应的由标准所复现的量值之间的一组操作。按校准的时域状态分类，有：

(1) 动态校准 (dynamic calibration)：与被测量随时间 (或其他影响量) 变化有关的校准过程，称为动态校准。

(2) 稳态校准 (stable state calibration)：校准源的运动参数在校准时间段内不随时间变化 (或周期性变化) 的校准称为稳态校准。

例如：单双离心机校准、正弦振动校准和互易法校准等。

(3) 瞬态校准 (transient state calibration)：当系统的输入量或初始状态在某一瞬间发生突然变化时，描述系统的一些特征量随时间立刻产生“显著”的变化，然后这些特征量逐渐趋于稳定，这个过程称为“瞬态”。在瞬态过程中进行的校准称为瞬态校准，常称冲击校准为瞬态校准。

(4) 静态校准 (static calibration)：在校准过程中，各输入量值不随时间而变化，称为静态校准。例如：重力场校准，静态力校准等。

#### 2.14 系统校准 (system calibration)

将整套振动测量系统，从传感器到最后的显示装置，在基、标准装置上进行校准，称为系统校准。对电荷放大器、电压表等分别进行的校准，称为分部校准 (subsection calibration)。

#### 2.15 校准系数 (calibration factor)

在给定的频率范围内灵敏度的平均值。

### 3 振动

#### 3.1 振动 (vibration)

描述机械系统运动或位置的量值，相对于某一平均值或大或小交替地随时间变化的现象。

#### 3.2 简谐振动 (simple harmonic vibration)

自变量为  $t$  的正弦函数的振动，用公式表示为

$$y = A \sin(\omega t + \phi)$$

式中： $y$ ——简谐振动；

$A$ ——振幅；

$\omega$ ——角频率；

$t$ ——自变量；

$\phi$ ——振动的初相角。

同义词：正弦振动。

#### 3.3 振动烈度 (vibration severity)

诸如极大值、平均值、方均根值或其他描述振动的参数中的一个或一组指定值，被称为这个参数的烈度 (severity)，它可以适用于瞬时数据或平均后的数据。机器的振动烈度被定义为：在机器的轴承和基座等特定方向的振动速度的最大均方根值。

#### 3.4 振级 (vibration step)

一个量和同类参考量比值的对数，在使用“级”时必须说明对数的底、参考量和级的种类。振动位移、速度和加速度幅值 ( $x_m$ 、 $v_m$ 、 $a_m$ ) 的级常用“L”表示，表示方

法为

$$\text{位移级} \quad L_x = 20 \lg \frac{x_m}{x_0}$$

$$\text{速度级} \quad L_v = 20 \lg \frac{v_m}{v_0}$$

$$\text{加速度级} \quad L_a = 20 \lg \frac{a_m}{a_0}$$

国际标准化组织（ISO）的基准参考量的推荐值为：

$$x_0 = 10^{-11} \text{ m}$$

$$v_0 = 10^{-8} \text{ m/s}$$

$$a_0 = 10^{-5} \text{ m/s}^2$$

GB3238—1982《声学的量及其基本值》的基准值为：

$$d_0 = 1 \text{ pm}$$

$$v_0 = 1 \text{ nm/s}$$

$$a_0 = 1 \mu\text{m/s}^2$$

### 3.5 随机振动（random vibration）

在未来任一给定时刻，其瞬时值不能精确预知的振动。在随机振动试验中常用的随机振动形式为：

（1）窄带随机振动（narrow-band random vibration）：频率分量仅仅分布在某一窄频带内的随机振动。窄频带的带宽与所研究的问题有关，但通常等于或小于 1/3 倍频程。窄带随机振动的波形很类似于正弦振动，但其振幅和相位是随机变化的。

（2）宽带随机振动（broad-band random vibration）：频率分量分布在较宽频带内的随机振动。宽频带的带宽与所研究的问题有关，但通常等于或大于一个倍频程。

### 3.6 过程（process）

信号的汇总。当希望强调信号有、无成群的特性时，一般用过程而不用集合。在随机振动试验中常使用的过程是：

（1）平稳过程（stationary process）：统计特性不随时间平移而改变的时间历程（样本函数）的集合。

（2）各态历经过程（ergodic process）：平稳随机过程中任意随机样本函数的时间平均值与无限多个随机样本函数在同一时刻的平均值相等，即时间平均等于集合平均，又称为遍历过程（all over process）。

### 3.7 正态分布（normal distribution）

正态分布的随机变量的概率密度函数为

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$$

式中： $\sigma$ ——方均根值；

$\mu$ ——均值；

$x$ ——瞬时值。

正态分布又称高斯分布。

### 3.8 瑞利分布 (Rayleigh distribution)

瑞利分布随机变量的概率密度函数为

$$p(x) = \frac{x}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right]$$

瑞利分布的均值为  $\sqrt{\frac{\pi}{2}}\sigma$ ，方差为  $\left(2 - \frac{\pi}{2}\right)\sigma^2$ 。窄带平稳随机振动、正态随机振动的峰值（最大值）和包络线为瑞利分布。

### 3.9 噪声 (noise)

不需要的声音，可引伸为在一定的频段中任何不需要的干扰，如电波干扰，可能混淆时应注明“声噪声”或“电噪声”。

### 3.10 随机噪声 (random noise)

在未来任一给定时刻，其瞬时值都不能精确预知的噪声。随机噪声的瞬时值对时间的分布只服从一定的统计分布规律。最常用到的随机噪声是：

(1) 白噪声 (white noise)：用固定频带宽度测量时，频谱连续并且均匀的噪声。白噪声的功率谱密度不随频率而改变。

(2) 粉红噪声 (pink noise)：用正比于频率的频带宽度测量时，频谱连续并且均匀的噪声。粉红噪声的功率谱密度与频率成反比。

(3) 高斯随机噪声 (Gaussian random noise)：其瞬时值分布为高斯分布的随机噪声。

### 3.11 相位 (phase)

将自变量的某值作为基准值来测量时，周期函数的超前的周期分数值（用角度来表示），相位单位通常为弧度 (rad) 或度 (degree)。同义词为相角。

(1) 相位差 (phase difference)：两个频率相同的周期量的相位之差称为相位差。在正弦量的情况下，相位差是由同一基准值得。

(2) 初相位 (start angle)：自变量取零时的相位称为初相位，如正弦量  $A\sin(\omega t + \phi)$  的初相位为  $\phi$ 。

### 3.12 振幅 (amplitude)

正弦振动的最大值。在不同的场合与使用不同的测量仪器时，振幅值常用的表示方法有：

(1) 绝对平均值 (absolute average value)：正弦振动在一周期内的绝对平均值，常简称为平均值 (average value)。

(2) 峰值 (peak value)：在给定时间内振动量的最大幅值，对简谐振动指的是单峰值。

(3) 峰峰值 (peak-to-peak value)：振动量的最大值间的代数差，对简谐振动又称双峰值。

(4) 方均根值 (root-mean-square value): 一组数的方均根值等于这些数平方和的平均值, 再取其平方根; 或者, 单值函数在  $T_1$  到  $T_2$  区间的方均根值为在该区间函数值平方的平均值, 再取其平方根, 同义词为有效值 (effective value)。

注: 按数学运算规则, 均方根值应当读作方均根值。

### 3.13 方均值 (mean-square value)

函数 (或数组) 在某区间的方均值等于该区间内函数 (或数组) 平方值的均值, 方均值和方差、均值三者之间的关系为: 方差等于方均值减均值的平方。

注: 按数学运算规则, 方均值应当读作方均值。

### 3.14 波峰因数 (crest factor)

峰值与方均根值 (或说有效值) 之比, 又称为波高率、峰值因数。例如正弦波的波峰因数为  $\sqrt{2}$ 。

### 3.15 波形因数 (form factor)

在两个相继过零的半循环中, 其方均根值 (或说有效值) 与均值之比。例如正弦波的波形因数为  $\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.111$ 。

### 3.16 阻尼 (damping)

能量随时间或距离的耗散。在粘性阻尼系统中, 常用阻尼比 ( $\zeta$ ) (damping ratio) 来表征阻尼的大小, 它是实际阻尼系数  $C$  与临界粘性阻尼系数  $C_c$  的比值。实际阻尼系数  $C$  常用阻尼系数 ( $\delta$ ) (damping coefficient) 表示, 它的定义为

如果一个量是时间  $t$  的函数, 且为

$$F(t) = Ae^{-\delta(t-t_0)} \sin[\omega(t-t_0)]$$

则称式中  $\delta$  为阻尼系数, 单位为每秒,  $s^{-1}$ 。

### 3.17 对数衰减率 ( $\Delta$ ) (logarithmic decrement)

在单自由度振动衰减过程中, 任意两个相继的同号振幅比值的自然对数, 同义词为对数缩减。

### 3.18 时间常数 ( $\tau$ ) (time constant)

某一按指数规律变化的量, 其幅值衰变为某指定时刻幅值的  $1/e$  倍时所需要的时间。它是阻尼系数  $\delta$  的倒数, 单位为秒,  $s$ 。

### 3.19 品质因数 ( $Q$ ) (quality factor)

表示单自由度机械共振或单自由度电共振的锐度或频率选择性大小的量值,  $Q$  值等于阻尼比的倒数的一半。机械系统中计算公式为

$$Q = 1/2\zeta = 1/\eta = \frac{1}{2C/C_c}$$

式中:  $Q$ ——品质因数;

$\zeta$ ——阻尼比;

$\eta$ ——损耗因数；

$C$ ——实际阻尼系数；

$C_c$ ——临界阻尼系数。

### 3.20 通道一致性 (passage unaniously)

多通道测量或分析系统，在输入同一信号时，各通道之间的输出的差异程度。包括幅值一致性和相位一致性，幅值一致性常用 dB 表示，相位一致性常用角度 (°) 来表示。

### 3.21 交叉干扰 (cross talk)

在一通道内由于其他通道信号影响而观测到的信号，同义词为串音 (通讯)、路际防卫度 (通讯和测量仪器)、通道间窜扰 (测量仪器)。

### 3.22 数字信号处理 (DSP) (digital signal processing)

数字信号处理是研究用数字的方法，对信号进行采集、分析、变换、滤波、检测、调制、解调、增强、压缩、存储、传输、识别等等，以及他们的各种算法或快速算法的一项专门技术。

### 3.23 通频带 (pass-band)

位于滤波器最大响应频率之上或之下的频率称为截止频率 (cut-off frequencies)，上、下截止频率之间的频带称为通频带，同义词为带宽。通频带标称上下截止频率 (nominal upper and lower cut-off frequencies of the pass-band) 的差值，称为滤波器的标称带宽 (nominal bandwidth of a filter)，该差值可以：

- (1) 以赫兹为单位来表示；
- (2) 以倍频程为单位的上下标称截止频率间的区间表示；
- (3) 以通带中心频率的百分比来表示。

### 3.24 3dB 带宽 (3dB bandwidth)

标称上下截止频率的响应比最大响应降低 3dB (半功率点) 的滤波器的带宽，又称半功率带宽。

### 3.25 有效带宽 (effective bandwidth)

某一传输系统的有效带宽是一个理想系统的带宽，又称等效带宽或理想带宽。理想系统具有如下特性：

- (1) 在通带内传输频率特性均匀，传输系统与原系统的最大值相等；
- (2) 当频率分布均匀的信号通过时，传输的总功率与原系统传输的总功率相等。

则有效带宽可用下式表示：

$$B = \int_0^{\infty} G df$$

式中： $B$ ——有效带宽，Hz；

$f$ ——频率，Hz；

$G$ ——在频率  $f$  时的功率传输与最大传输的比。

### 3.26 基带分析 (base band analysis)

是由直流到某一最高频率  $f_{\max}$  的频率分析方法。

### 3.27 细化分析 (zoom analysis)

细化分析是动态信号分析仪中广泛使用的一种复解调技术，它可以在较窄的指定频带内，以很高的频率分辨率，来显示隐含在信号内精细的频率结构。有多种细化技术，其中之一是将要分析的频带转移到低频段后，用低通滤波器去掉高频成分，再重新采样来获得高分辨率。同义词，选带分析 (select band analysis)。

### 3.28 滤波器 (filter)

根据频率不同来分离并取舍波形的装置。它通过或增强输入信号中某些频率分量，抑制或衰减输入信号中另一些频率分量。滤波器的构造方法可分为模拟滤波器和数字滤波器。

(1) 数字滤波器 (digital filter): 对数字序列进行运算处理的滤波器。它在对连续信号经过采样和数字化后，变成有限的离散数字信号，通过计算机进行滤波算法的计算处理，把有用信号与噪声信号分离开来。它的构造方法可分为无限冲击响应滤波器和有限冲击响应滤波器。

(2) 模拟滤波器 (analogue filter): 用电子元、器件等硬件组成的滤波器，例如电阻—电容—电感式、集成电路式等等。

### 3.29 恒定带宽滤波器 (constant bandwidth filter)

带宽为定值 (通常用赫兹为单位表示) 的滤波器，此定值与中心频率无关，简称恒定带宽滤波器。

### 3.30 比例带宽滤波器 (proportional bandwidth filter)

带宽与中心频率成正比的滤波器，如果比例值为百分数，则称为恒百分比带宽滤波器。

### 3.31 中心频率 (centre frequency)

通频带的标称截止频率的几何均值。

### 3.32 带内波动度 (in-band ripple)

通带内的滤波器幅值波动程度的度量，简称波动度，也称为波纹度，用 dB 表示。

### 3.33 跟踪滤波器 (tracking filter)

中心频率能追随需分析的信号的频率变化的滤波器。

### 3.34 频程 (frequency interval)

两个声或其他信号的频率间的距离。最常用的频程为：

(1) 倍频程 (octave): 对高频与低频的比，用以 2 为底的对数来表示，则称为倍频程，单位为倍频程 (简写 oct); 例如：倍频程，oct; 1/2 倍频程，1/2 oct; 1/3 倍频程，1/3 oct; …:



(2) 十倍频程 (decade): 高频与低频的比, 用以 10 为底的对数来表示, 则称为十倍频程, 单位为十倍频程 (简写 dec); 例如: 十倍频程, dec; 1/3 十倍频程, 1/3 dec; 1/4 十倍频程, 1/4 dec; …。

### 3.35 带外衰减率 (out-of-band attenuation ratio)

滤波器通带外各旁瓣的衰减速率, 表示单位为 dB 每倍频程 (即 dB/oct) 和 dB 每十倍频程 (即 dB/dec) 两种表示方式。

注: 带外衰减率与过渡带衰减率不同, 后者是过渡带本身的衰减速率, 而前者是指阻带内各旁瓣谱峰的衰减速率。

### 3.36 振动参考频率 (vibration reference frequency)

在振动传感器的灵敏度校准中所选的、规定的振动频率。例如: 在激光干涉法振动绝对校准 (一次校准) 中规定参考频率为 160Hz, 第二选择为 80Hz。

### 3.37 振动参考幅值 (vibration reference amplitude)

在振动传感器的灵敏度校准中所选的、规定的振动幅值。例如: 在激光干涉法振动绝对校准 (一次校准) 中规定参考幅值为  $100\text{m/s}^2$ , 第二选择  $10\text{m/s}^2$ 。

### 3.38 振动灵敏轴 (vibration sensitive axis)

传感器具有最大灵敏度的标称轴, 称为灵敏轴。

### 3.39 校准振动台 (standard vibrator)

对振动传感器和测量仪进行检定校准时, 产生标准振动激励的装置。

### 3.40 振动标准套组 (vibration standard combination)

由一支振动标准传感器和一台精密放大器组成的, 用于振动量值传递的一套标准仪器。

### 3.41 条纹计数法 (fringe-counting method)

激光干涉仪的参考镜与测量镜分别反射的两束光会形成干涉, 在振动台振动时会产生干涉条纹。在各种环境条件稳定时, 干涉条纹与测量镜的移动距离有关: 镜面每移动半个波长的距离, 会出现一对明暗相间的条纹。利用条纹数的多少即可测量出振动的振幅值, 所以称为条纹计数法。

(1) 直接计数法 (direct mounting method): 当振动的振幅值为  $A$ , 激光波长为  $\lambda$ , 在振动的一个周期内纪录的条纹数为  $N$ , 则振幅值为

$$A = \frac{\lambda}{8} N$$

(2) 频比计数法 (frequency rate mounting method): 由于振动台以频率  $f$  振动, 则光的接受信号实际为频率  $Nf$ , 为获得振幅, 将此频率除以振动频率, 由下式表示:

$$A = \frac{\lambda}{8} \times \frac{Nf}{f} = \frac{\lambda}{8} N$$

(3) 多周期平均法 (average method with multi periods): 振动的干涉信号在正弦信号过零处条纹信号质量较高, 而在正弦信号峰值处由于条纹相位翻转、计数触发误差及

信噪比等原因条纹信号难于精确测量，为此采用在多个周期之内（即周期倍乘率）测量条纹数，进行平均化处理以提高精度、减小量化误差的方法。

(4) 低频调制法 (modulating method at low frequency)：在干涉仪的参考镜上附加一个小振幅的低频振动信号，使对应振动信号的光电信号的翻转点随着调制信号的起伏而变化，从而改善翻转点处的信号质量，提高测量振幅精度的方法。

### 3.42 条纹细分法 (subdividing fringe method)

在激光干涉测振动的条纹计数法中，所计条纹整数后有尾数时，对条纹进行细化处理的方法。主要有两种：

(1) 相位细分法 (subdividing phase method)：将接受的一束激光通过一个三角棱镜分成相位相差  $90^\circ$  的两束光，将两束光经两路光电管接收放大后，分别送给相位专用示波器的 X 轴和 Y 轴；由于两路信号的频率和幅值完全相同，所以在示波器上可得到一个圆的李萨育图形，在干涉条纹移动一条时示波器上便扫描出一个圆；若在示波管的荧光屏前设置一个辐射状的  $M$  等分的圆形金属挡板，则每当电子束打倒金属板上时，就在负载电阻上出现一个脉冲，打到空间处就在荧光屏出现亮点，一个干涉条纹就变成了  $M$  个脉冲信号和  $M$  条亮线，即对原来的信号进行了  $M$  倍频；将倍频信号送入计数器就可分辨出的  $1/M$  干涉条纹，即：

$$A = \frac{N\lambda}{8M}$$

称为振动幅值测量的相位细分法。

(2) 幅值细分法 (subdividing amplitude method)：根据光电信号的平均值按幅值等分的原则，取出  $1/M$  的比较信号作为基准电压，用电压比较器可得  $M$  个信号，则对各信号进行了  $N$  的  $1/M$  幅值细分，称为振动振幅的幅值细分法。

### 3.43 贝塞尔函数法 (Bessel function method)

在用激光干涉仪测量振动时，随时间变化的干涉条纹的强度由光电倍增管转变成电信号，其光电流可展开成傅里叶级数，级数中的每一项的系数都是与振幅有关的贝塞尔函数。当用选频放大器（或跟踪滤波器）分别选出各次谐波分量，则选频放大器的输出电压：

$$U_n \propto B \begin{pmatrix} \sin\theta \\ \cos\theta \end{pmatrix} J_n(2kE_0) \cos\omega t$$

式中  $J_n$  是第一类  $n$  阶贝塞尔函数，正弦项相应于奇数阶贝塞尔函数，余弦项相应于偶数阶贝塞尔函数。 $U_n$  相对于振动台的振幅，是典型的贝塞尔函数关系。选出某一项时（例如含  $\cos\omega t$ ,  $\cos 2\omega t$ ,  $\cos 3\omega t \dots$ ），改变振动台的振幅，从而改变了贝塞尔函数的值，而贝塞尔函数的零值点、最大值点都是已知的。当将振动台的振幅调到使贝塞尔函数达到这些值时，就可由已知的贝塞尔函数值反求出振幅值，这就是贝塞尔函数法测振。最常用的贝塞尔函数法是零值法 (zero value method)（又称消失法 (disappear method)、最小值法 (minimum method)、最大值法 (maximum method)（又称极值法 (extremum

method) 和比值法 (ratio method))。零值法最常用的是  $J_0$  零值法和  $J_1$  零值法；最大值法最常用的是  $J_1$  最大值法；比值法最常用的是  $J_1/J_2$  比值法和  $J_1/J_3$  比值法。零值法、最大值法和  $J_1/J_3$  比值法只需调整一次，方法较简单； $J_1/J_2$  比值法需调整两次，因而也增加了误差因素。

### 3.44 互易校准法 (reciprocity method)

利用传感器 (例如压电式、磁电式传感器、动圈式速度计、电动式振动台的动圈) 的机—电可逆性 (双向性)、线性和无源性，对振动传感器进行检定、校准的方法。它除了质量测量是机械量测量外，主要取决于电测精度，避免了直接测量加速度、速度、位移等振动计量中大的直接误差源，因此它是一种绝对校准方法。

### 3.45 正弦逼近法 (sine—approximation method)

将单模激光器的圆偏振光经过偏振器后形成线偏振光，一路是至不动的参考镜并沿原路返回的参考线偏振光，另一路是经过  $\lambda/4$  波片和偏振片至振动台台面的反射镜并沿原路返回形成圆偏振光 (它由相位差  $90^\circ$  的两正交光组成)；在汇合处，圆偏振光的两正交光分别与参考线偏振光干涉；再由一个偏振分光镜将干涉后的相位差  $90^\circ$  的两正交光分开，分别由两只光电检测器接收、并输出光电信号  $U_1$ 、 $U_2$ ：

$$U_1 = U_0 \cos 2\pi \frac{d_2 - d_1}{\lambda}$$

$$U_2 = U_0 \sin 2\pi \frac{d_2 - d_1}{\lambda}$$

式中： $U_0$ ——两路输出光电信号的幅值，经调整使二者相等；

$d_1$ ——参考光程，为不变量；

$d_2$ ——测量光程， $d_2 = d_{20} + 2d \sin(\omega t + \varphi_0)$ ；

$d_{20}$ ——振动台处于平衡位置时的光程；

$d$ ——被测量振动信号的幅值；

$\varphi_0$ ——被测量振动信号的初相位。

求出  $U_2/U_1$ ，并对其取反正切，用  $\theta$  表示，即：

$$\theta = \arctan\left(\frac{U_2}{U_1}\right) + n\pi = \frac{2\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}； (-\pi/2 < \arctan(u_2/u_1) < \pi/2)$$

将  $d_2$  代入上式得：

$$\theta = \frac{4\pi d \sin(\omega t + \varphi_0)}{\lambda} + C$$

式中： $C = 2\pi(d_{20} - d_1)/\lambda$  为一常数。将上式改写为：

$$\theta_i = A \cos \omega t_i + B \sin \omega t_i + C \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n)$$

式中：

$$A = (4\pi d/\lambda) \cos \varphi_0$$

$$B = (4\pi d/\lambda) \sin \varphi_0$$

实际测量过程中通过 A/D 转换为数字量，并逐点存入计算机，得到一数字序列  $\theta_i$ 。将它与带直流分量的正弦函数拟合并用最小二乘法算出上式中的 A、B、C，再由

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$\varphi_0 = \arctan \frac{B}{A}$$

获得振动加速度幅值  $a = 4\pi^2 f^2 d$ ，振动加速度初相位  $\varphi_a = \varphi_0 + \pi$ 。同时用同样的方法对传感器的输出信号进行处理，可获得电输出信号的幅值  $E_0$  和相位  $\varphi_1$ ，则被校加速度计在被测频率点上的灵敏度  $S_a$  和相移  $\Delta\varphi$  为：

$$S_a = \frac{E_0}{a}$$

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_a = \varphi_1 - (\varphi_0 + \pi)$$

改变测试频率  $f$ ，重复上述步骤，即可获得灵敏度  $S_a$  和相移  $\Delta\varphi$  的频率特性。由于在测试、计算的过程中，对数据进行了正弦函数的逼近模拟和迭代运算，故称此法为正弦逼近法。

### 3.46 振动比较法校准 (vibration calibration method by comparison)

通过标准传感器与被校传感器的比较而获得被校传感器的灵敏度的方法，校准时需在校准振动台上同时“背靠背” (back to back) 地安装标准传感器和被校传感器。最常用的比较法是：

(1) 正弦比较法 (sine comparing method)：振动台产生一定频率和幅值的正弦激励，对两个传感器进行比较。

(2) 随机比较法 (random comparing method)：由标准传感器、电荷放大器、校准振动台、功率放大器、动态信号分析仪、随机振动控制器组成校准系统，其中随机振动控制器闭环控制校准振动台，并产生所需的各种加速度谱密度谱型激励振动台，然后对标准传感器和被校传感器采用一定的方法进行比较的校准方法，称为随机比较法。如果只是被校传感器与标准传感器的输出直接进行比较，称为简单法 (simple method) 校准；如果调换电缆的接头再作一次，两次计算传递函数，可消除大部分系统误差，则称为切换法 (switching method)；如果用被校传感器和标准传感器分别与一只测量用工作传感器作比较，称为替换法 (substitution method)。简单法使用方便，切换法精度最高。在随机比较法校准时如已知标准传感器的相位特性，还可求出被校传感器的相位特性。

### 3.47 安装共振频率 (mounted resonance frequency)

加速度计安装到结构物上所呈现的共振频率，又称安装谐振频率。最低的安装共振频率称为基本安装共振频率 (fundamental mounted resonance frequency)。

### 3.48 瞬变温度灵敏度 (transient temperature sensitivity)

具有热释效应的传感器在瞬变温度作用下将产生电输出，该输出的最大值与传感器灵敏度和温度改变量乘积的比值，称为瞬变温度灵敏度。

### 3.49 传感器温度响应 (transducer temperature response)

传感器灵敏度随温度的变化,称为传感器的温度响应,用测试温度下的灵敏度与室温下的灵敏度之差相对于室温灵敏度的百分数来表示。

### 3.50 温度灵敏度 (temperature response sensitivity)

温度响应用灵敏度对温度的变化来表示。温度变化时,传感器有不需要的输出,此输出值与灵敏度和温度变化值的乘积之比值,称为温度灵敏度。

### 3.51 漂移 (drift)

在规定的输入和工作条件下,传感器的输出量随时间的缓慢变化。

### 3.52 旋转运动灵敏度 (sensitivity for rotational motion)

某些直线振动传感器对旋转运动敏感,当以其敏感轴为中心旋转时,传感器灵敏度对不同转速的比值称为旋转运动灵敏度。

### 3.53 基座应变灵敏度 (base strain sensitivity)

在传感器基座产生应变时会引起不需要的信号输出,该输出值与传感器灵敏度和应变值乘积的比值,称为基座应变灵敏度。

### 3.54 极限加速度 (limited acceleration)

传感器所能承受的不被损坏的最大加速度。

### 3.55 声灵敏度 (sound sensitivity)

传感器在声场中,会随声级强度变化而产生输出,该输出值与传感器灵敏度和声压级的乘积的比值,称为传感器的声灵敏度。

### 3.56 磁灵敏度 (magnetic sensitivity)

传感器置于磁场中,会产生不需要的输出信号,该输出值与传感器灵敏度和磁场的磁感应强度乘积的比值,称为传感器的磁灵敏度。

### 3.57 安装力矩灵敏度 (mounting torque sensitivity)

采用螺纹安装的传感器,安装力矩的变化会引起灵敏度变化。施加 1/2 倍规定安装力矩或 2 倍规定安装力矩时的灵敏度,与施加规定安装力矩时的灵敏度值最大差值,相对于规定安装力矩时灵敏度的比值的百分数,称为安装力矩灵敏度。

### 3.58 特殊环境的响应 (special environment response)

在强静电场、交变磁场、射频场、电缆影响、核辐射等的特殊环境下,传感器会受到一定的影响,这些物理因素将引起传感器产生乱真响应,称这些响应为特殊环境的响应。

### 3.59 振动传感器 (vibration transducer)

将感受到的振动量作为输入并按一定规律转换成测量所需物理量后输出的一种装置。它通常由敏感元件和转换元件组成。常用传感器有:

#### (1) 绝对式传感器 (absolute transducer)

所测量是以地球(惯性系统)为参考系的绝对运动量的传感器。

## (2) 相对式传感器 (relative transducer)

所测量是以任意物体 (如行驶中的汽车底盘) 为参考系的相对运动量的传感器。

## (3) 机电传感器 (electromechanical pick-up)

将被测的机械量 (应变、力、运动等) 按一定规律转换成电量或电参数的一种装置。

## (4) 惯性传感器 (seismic transducer)

由单自由度系统中质量与基座的相对运动而产生与基座运动成比例的输出信号的传感器。

## (5) 可逆传感器 (bilateral transducer)

能在输入端和输出端之间作双向传输的传感器。

## (6) 内装传感器 (inner transducer)

用于振动校准系统或振动控制系统的装在振动台内部或底部的传感器, 它具有共振频率比较高、稳定性好、横向灵敏度低等优点。

## (7) 力锤 (force hammer)

由刚性质量块 (含可更换的质量块)、紧固在质量块一端的力传感器和紧固在力传感器另一端的锤头组成的冲击激励试验用的手锤形工具, 它的刚性和质量可以选择, 以控制力脉冲的宽度并避免反弹。

## (8) 阻抗头 (impedance head)

把加速度传感器和力传感器组装在一起, 用来进行驱动点机械阻抗测量的装置。

## (9) 伺服式传感器 (servo transducer)

利用传感—转换元件的输出信号, 经放大后反馈给伺服机构, 以使加到敏感元件上的力或其位移达到平衡, 而使被测信号与反馈信号成函数关系的传感器。

## (10) 工具式传感器 (tool transducer)

用于基桩动态测量仪上的应变式传感器, 可像工具一样安装和用后取下, 故称工具传感器。

## 3.60 跟随条件 (follow condition)

相对式速度传感器的质量—弹簧系统, 能靠弹簧的预紧力将顶杆顶牢被测物体, 并跟随其同步运动的预压量, 称为跟随条件:

$$\lambda > X_R \left( 1 + \frac{f^2}{f_n^2} \right)$$

式中:  $\lambda$ ——弹簧的预压缩量;

$X_R$ ——被测物体与传感器支座之间的相对振幅为  $\pm X_R$ ;

$f$ ——最高工作频率;

$f_n$ ——传感器的质量—弹簧系统的固有频率。

## 3.61 动态信号分析仪 (dynamic signal analyzer)

基于快速傅里叶变换原理和数字信号处理技术的信号分析仪。它对输入的模拟信号进行抗混滤波、采样保持和模数转换等初步处理后，按不同的要求，可对信号进行时域分析、时差域分析（相关分析）、频域分析（功率谱、频响函数等分析）和幅值域分析（直方图、概率密度分析）等。分析仪还具有齐全的辅助功能如加窗、平均、细化、重叠、内装信号源等。

### 3.62 实时分析 (real-time analysis)

信号分析的时间能满足非平稳过程动态参数分析的需要，即分析时间不大于采样时间。

### 3.63 自功率谱密度 (auto spectral density)

量  $x(t)$  通过中心频率  $f$ 、带宽  $B$  的窄带滤波器后的单位带宽的方均值，当带宽趋于零，平均时间趋于无穷大时的极限，称为量  $x(t)$  的功率谱密度  $G(f)$ ，简称自谱密度。其计算公式为

$$G(f) = \lim_{\substack{B \rightarrow 0 \\ T \rightarrow \infty}} \frac{1}{BT} \int_0^T x^2(f, t, B) dt \quad (f \geq 0)$$

式中： $x^2(f, t, B)$  ——  $x(t)$  通过带宽  $B$ ，中心频率  $f$  的窄带滤波器以后部分的平方；

$T$  —— 平均时间。

根据傅里叶变换关系单边功率谱密度  $G(f)$  可表示为

$$G(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{2}{T} |F(f, T)|^2$$

式中： $F(f, T)$  —— 用  $T$  秒时间截断的  $x(t)$  的傅里叶变换。

$$F(f, T) = \int_0^T x(t) e^{-i2\pi ft} dt$$

对于平稳随机过程，单边功率谱密度是自相关函数的傅里叶变换的两倍，即：

$$\begin{aligned} G(f) &= 2 \int_{-\infty}^{\infty} R(t) e^{-i2\pi ft} dt \\ &= 4 \int_0^{\infty} R(t) \cos(2\pi ft) dt \quad (f \geq 0) \end{aligned}$$

### 3.64 互功率谱密度 (cross spectral density)

两个量  $x_1(t)$  和  $x_2(t)$  的由下式定义的频率  $f$  的复函数，简称互谱密度。

$$G_{12}(f) = C_{12}(f) - iQ_{12}(f)$$

式中实部称为共谱密度函数或共谱，它是和由下式给出的每单位带宽的乘积的平均值。

$$G_{12}(f) = \lim_{\substack{B \rightarrow 0 \\ T \rightarrow \infty}} \frac{1}{BT} \int_0^T x_1(f, t, B) x_2(f, t, B) dt$$

式中： $x_1(f, t, B)$  和  $x_2(f, t, B)$  是  $x_1(t)$  和  $x_2(t)$  分别通过带宽  $B$ 、中心频率  $f$  的

相同的窄带滤波器的结果。虚部 $Q_{12}(f)$ 称为正交谱密度函数或正交谱,它也是 $x_1(t)$ 和 $x_2(t)$ 的乘积平均值,但 $x_2(t)$ 有一 $90^\circ$ 的相移, $Q_{12}(f)$ 可用下式表示:

$$Q_{12}(f) = \lim_{\substack{B \rightarrow 0 \\ T \rightarrow \infty}} \frac{1}{BT} \int_0^T x_1(f, t, B) x_2^0(f, t, B) dt$$

式中:  $x_1(f, t, B)$  ——  $x_1(t)$  通过带宽  $B$ 、中心频率  $f$  的窄带滤波器后的结果;

$x_2^0(f, t, B)$  ——  $x_2(f, t, B)$  作了一  $90^\circ$  相移后的结果;

$x_2(f, t, B)$  ——  $x_2(t)$  通过带宽  $B$ 、中心频率  $f$  的窄带滤波器后的结果。

### 3.65 相干函数 (coherence function)

$x_1(t)$  和  $x_2(t)$  的互谱的绝对值的平方与各自的自谱的乘积之比, 又称凝聚函数。可用下式表示:

$$\gamma_{12}^2(f) = \frac{|\overline{G_{12}}(f)|^2}{\overline{G_1}(f)\overline{G_2}(f)}$$

由互谱不等式可得:

$$0 \leq \gamma_{12}^2(f) \leq 1$$

式中:  $\overline{G_{12}}(f)$  —— 经过集合平均后的互谱;

$\overline{G_1}(f)$ ,  $\overline{G_2}(f)$  —— 经过集合平均后的自谱。

### 3.66 加速度谱密度 (acceleration spectral density)

随机信号为加速度时的功率谱密度, 即单位频率上的均方加速度值, 单位为  $g^2/\text{Hz}$ 。

### 3.67 自相关函数 (autocorrelation function)

(1) 自相关函数: 量  $x(t)$  在  $t$  时刻的值与  $t+\tau$  时刻的值乘积的平均。

$$R(\tau) = \overline{[x(t)][x(t+\tau)]} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t+\tau) dt$$

对于持续时间无限长但功率有限的平稳随机量  $x(t)$ , 自相关函数为

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t+\tau) dt$$

(2) 自相关系数 (autocorrelation coefficient): 一个量的自相关函数与其均值之比。

### 3.68 互相关函数 (cross-correlation function)

(1) 互相关函数:  $x(t)$  和  $y(t)$  两个量中一个量在  $t$  时刻与另一个量在  $t+\tau$  时刻值的乘积的平均。互相关函数可用数学式表达为

$$R_{xy}(\tau) = \overline{[x(t)y(t+\tau)]} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)y(t+\tau) dt$$

对于持续时间无限大但功率有限的平稳随机量  $x(t)$  和  $y(t)$ , 互相关函数为

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t)y(t+\tau) dt$$



(2) 互相关系数 (cross-correlation coefficient): 两个量的互相关函数与各自的均方值乘积的正平方根之比。

### 3.69 抗混迭滤波器 (anti-aliasing filter)

防止分析中出现频率混迭现象, 滤除  $1/\Delta t$  ( $\Delta t$  为 A/D 采样间隔) 以上的频率成分的滤波器。

### 3.70 谱线数 (number of spectral line)

信号分析仪在给定的分析频率范围内, 等间隔给出的谱线的条数。两谱线的间隔为频率分辨率。

### 3.71 采样 (sampling)

在函数的定义域内等间隔 (或不等间隔) 地获取函数值的过程, 称为采样。一秒钟内的采样次数, 称为采样频率 (sampling frequency)  $f_s$ 。相邻两次采样的时间间隔, 称为采样间隔 (sampling interval)  $\Delta t$ 。填满一个数据块所需要的时间, 称为采样时间 (sampling time), 又称为采样长度 (sample length)  $L$ 。采样时间的倒数称为频率分辨率 (frequency resolution)  $\Delta f$ 。

### 3.72 平滑 (smoothing)

将数据块移动和平均的运算过程, 也称为滑动平均。例如: 三个数据点用下式来作线性平滑公式:

$$X_k = (X_{k-1} + X_k + X_{k+1})/3$$

### 3.73 平均 (average)

利用分析仪对各个测试数据进行逐次加权处理, 又可分为:

(1) 线性平均 (linearity average): 对新、旧数据作相同的加权, 通常用于平稳随机数据。

$$A_k = \frac{\sum_{j=1}^k B_j}{k}$$

式中:  $B_j$ ——第  $j$  个测试结果;

$A_k$ —— $k$  个数据平均后的结果。

(2) 指数平均 (exponent average): 对新数据的加权大于旧数据, 通常用于非平稳随机数据:

$$A_k = \left(1 - \frac{1}{N}\right)A_{k-1} + \frac{1}{N}B_k$$

式中:  $B_k$ ——第  $k$  个测试数据;

$N$ ——总加权数。

(3) 有效值平均 (virtual value average): 对各测试数据的有效值进行平均处理, 也称功率平均或 RMS 平均, 其公式为

$$y_N = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i)^2}$$

式中： $x_i$ ——各测试数据有效值。

### 3.74 峰值保持 (peak hold)

在信号测量和分析中，获取信号峰值的方法。有时也称峰值平均，实际不是“平均”的概念，而是峰值保持的概念。它一般分为两类：

(1) 时域峰值保持 (peak hold in time domain)：即在一信号的多次测量中，仅保留各次测量中的最大值。

(2) 频域峰值保持 (peak hold in frequency domain)：这是在信号的分析中，在指定的时间间隔或平均次数内保留每一频率点的最大谱值，得到的结果将是整个平均过程中最高峰值谱的组合。

### 3.75 自由度 (degrees of freedom)

在振动力学中，在任何时刻完全确定一个机械系统各个部分的位置，所需要的独立广义坐标数。

### 3.76 统计自由度 (statistical degrees of freedom)

在数理统计学中，估计某些量时的独立变量数，统计自由度决定了估计的统计精度。

### 3.77 计权 (weighting)

对信号进行变换或约束的一种方法，其基本点是突出信号中的某些成分，抑制信号中的另一些成分。对信号不同成分所乘的比例因子称为计权函数 (weighting function)，根据计权函数设计的电网络，用以达到对信号进行预期变换的目的，称为计权网络 (weighting network)。例如，声级计的 A 计权是频率计权，时间窗和滞后窗是时域计权，谱窗则是频域计权。计权函数又称为加权函数，简称权函数。

### 3.78 窗函数 (window function)

用数字信号分析仪进行分析时，对信号进行截断处理时所用的权函数，简称窗。理想窗函数的傅里叶谱的主瓣应很窄 (分辨率高)，旁瓣应很低 (泄露少)，实际窗函数不可能同时兼顾这两项指标。窗分为时域窗和频域窗，但一般均用时域函数来表示。在时域中窗用乘法来表示、实现，频域中窗常用卷积来表示、实现。常用的时间窗有：

(1) 矩形窗 (rectangular window)：在窗内对所有的样值都给以等计权的窗函数，其表达式为

$$\omega(n) = 1; n = 0, 1, \dots, N-1$$

(2) 汉明窗 (Hamming window)：余弦窗函数，其表达式为

$$\omega(n) = 0.54 - 0.46\cos(2\pi n/N); n = 0, 1, \dots, N-1$$

(3) 汉宁窗 (Hanning window)：余弦平方窗函数，其表达式为

$$\omega(n) = 0.5 - 0.5\cos(2\pi n/N); n = 0, 1, \dots, N-1$$

(4) 平顶窗 (flat top window): 主瓣平坦, “栅栏效应”最小, 其表达式为

$$\omega(n) = 0.21170 - 0.40565 \cos(2\pi n/N) + 0.27808 \cos(4\pi n/N) \\ - 0.09435 \cos(6\pi n/N) + 0.01022 \cos(8\pi n/N)$$

(5) 力窗 (force window) 和指数窗 (exponent window): 用于瞬态测试中的锤击法, 力窗去掉脉冲力持续时间以外的噪声; 指数窗可使小阻尼系数采样结束时, 尚未衰减完的响应变为零, 以避免泄漏, 对响应大处加大权, 响应小处加小权, 以提高信噪比。

### 3.79 加窗修正系数 (windowing correction coefficient)

由于自谱密度的物理意义是单位带宽的平均功率, 而对原时间函数进行了有限的截取 (加窗过程), 从数学上讲, 就是原信号乘以截断函数。除矩形窗外, 都在截取段内对原信号进行了不等加权的修正, 结果使在截取段内的平均功率减小, 算出的自谱密度值也随之减小。因此需对加窗后算出的结果进行修正, 即乘以一个修正系数。修正系数  $K$  的原理计算公式是:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} u^2(t) dt}$$

式中:  $u(t)$  —— 截断函数 (时间窗)。

### 3.80 概率分布函数 (probability distribution function)

表示一个随机变量取给定值、或属于一给定值的概率所确定的函数, 称为随机变量的概率分布函数, 简称概率分布或分布。对任意值  $x$ , 给出随机变量  $X$  小于或等于  $x$  的概率的函数

$$F(x) = P(X \leq x)$$

则称分布函数  $F(x)$  时右连续的; 对于任意值  $x$ , 给出随机变量  $X$  小于  $x$  的概率的函数

$$F(x) = P(X < x)$$

此时分布函数是左连续的。随机变量在整个变化范围内取值的概率等于 1。

### 3.81 概率密度函数 (probability density function)

概率分布函数的微商 (导数), 如果它存在, 则

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

称为连续随机变量  $x$  的概率密度函数, 式中:  $f(x)dx = P(x < X < x + dx)$  是概率元。一个随机变量  $X$ , 它的值落在  $x$  与  $x + dx$  的概率是

$$P(x < X < x + dx) = f(x)dx$$

其中  $f(x)$  是随机变量  $X$  的全部可能值中落在  $x$  与  $x + dx$  之间的相对比率, 称为随机变量的概率密度函数, 简称密度函数或密度。

### 3.82 振动试验台 (vibration generator for testing)

试验样品固定在台面上，对其进行振动试验的试验设备，其振动参数是可控制和可重现的，简称振动台。

### 3.83 电动振动台 (electrodynamics vibration generator)

利用电磁感应原理设计、制造的振动台，其主要类型有：

(1) 电动振动台：由固定磁场和位于该磁场中通有一定交变电流的可动线圈的相互作用，所产生的激振力来进行驱动的振动台。

(2) 电磁振动台 (electromagnetic vibration generator)：由电磁铁和铁磁材料相互作用产生激振力来驱动的振动台。

注：为区别两种振动台，常称 (1) 为动圈式，(2) 为动铁式。

### 3.84 液压式振动台 (hydraulic vibration generator)：

利用液体压力经电液伺服阀输出作为激振力来驱动的振动台。

### 3.85 机械振动台 (mechanical vibration generator)

由机械原理及机械构件来产生机械激振力的振动台。常用的机械振动台有：

(1) 直接驱动振动台 (direct-drive vibration generator)：由连杆或凸轮等强制性传动机构直接驱动的振动台。

(2) 反作用式振动台 (reaction type vibration generator)：由不平衡质量体旋转或往复运动产生激振力的振动台。

(3) 共振式振动台 (resonance vibration generator)：由处于机械共振状态的振动系统来产生激振力的振动台。

### 3.86 辅助台 (auxiliary generator <table>)

是将一个或多个振动发生器的振动传递给试验装置的一种机械系统。辅助台的导向系统与振动台的导向系统是相容的。辅助台主要有三部分组成：由工作台和联结器（联接工作台和振动台）组成的滑台；导向系统；校平垫块。辅助台的主要型式有：

(1) 板簧台 (spring slide table)：滑台与导向系统固定部分用金属板簧联结，板簧沿滑台方向刚度低，而其他五个自由度方向刚度高。

(2) 油膜或气垫台 (oil film or air film slide table)：滑台放在平板上，为减小摩擦系数，滑台与平板之间的表面用油膜或气垫隔开（对于这类滑台，不能确定滑台与导向系统固定部分之间的连接刚度）。

(3) 机械式滑台 (mechanical slide table)：用连杆、滑块机构连接滑台与导向系统的固定部分，如果不存在间隙，其纵向刚度非常低，其余自由度的刚度很高。

(4) 滚珠、滚柱或滚针式支撑滑台 (ball, cylindrical roller or needle roller slide table)：原理与机械式滑台相同，摩擦力的减小是由滚珠、滚柱或滚针来实现的。

(5) 液压式滑台 (hydraulic slide table)：原理与机械式滑台相同，润滑是在加压条件下实现的。对于非常小的横向直线位移或转动位移，可以确定其刚度。

(6) 静压支撑滑台 (static press supporting slide table)：滑台与导向系统固定部分的

连接是由液压实现的，它能保证系统自动对中，且纵向的连接刚度可以忽略不计，相应于其他几个自由度的刚度可以给定。

(7) 磁性悬浮滑台 (magnetic floating slide table): 滑台与导向系统固定部分的连接是由磁场实现的，磁场梯度决定了刚度，且滑动平面之间没有实际的接触，纵向刚度和摩擦均可忽略不计；相应于其他几个自由度的刚度可以给定。

(8) 带静压补偿的干支撑滑台 (static press compensate dry supporting slide table): 滑台与导向系统固定部分的连接是由两种摩擦系数较小的材料相接触来实现的，用接触表面外的流体压力保证间隙自动调整和补偿，纵向刚度很低，相应于其他几个自由度的刚度可以给定。

注：对单一水平向振动的辅助台，常称为水平滑台，简称滑台。

### 3.87 角振动台 (angle-vibration generator)

一种可在某一频率范围内绕回转轴作某种摆动的设备。这种摆动既可以是正弦振动，也可以是随机振动。角振动台按其回转轴的数量也分为单轴、双轴和三轴等。角振动台也分为角振动标准台和角振动试验台两种。

### 3.88 激振器 (vibration exciter)

用以产生振动力，并能将这种振动力加到其他被试结构或被试设备上的振动激励装置。激振器是通常附加在结构或设备上的以提供所要求的输入力的设备。常用的型式有电动式、电磁铁式、电液式、磁致伸缩式、压电式。

### 3.89 耳轴 (bearing axes)

振动台的支承轴。通常振动台具有一对对称的耳轴。

### 3.90 横向轴 (transverse axis)

任一与振动方向垂直的标称轴，常用两支承轴（耳轴）的中心连线，即耳轴中心连线作为横向轴。

### 3.91 交越频率 (cross-over frequency)

振动特征量由一种关系转变为另一种关系时的频率。例如：交越频率为振动幅值由等位移—频率关系变为等速度—频率关系时的频率，称为第一交越频率，由等速度—频率关系变为等加速度—频率关系时的频率，称为第二交越频率。

### 3.92 台面加速度信噪比 (acceleration signal-to-noise ratio for vibration table)

振动台台面加速度信噪比由下式定义，并以分贝表示：

$$\text{台面加速度信噪比} = 20 \lg \frac{a_{\max}}{a_0}$$

式中： $a_{\max}$ ——振动台空载时最大加速度有效值， $\text{m/s}^2$ ；

$a_0$ ——背景噪声加速度有效值， $\text{m/s}^2$ 。

### 3.93 运动部件的谐振频率 (resonance frequency of the moving element)

电动振动台的台面是运动部件的一部分，其机械结构与电性能共同形成了它的谐振

状态，因而运动部件谐振频率是电动振动台的重要指标之一。最常用的三个谐振频率是：

(1) 运动部件悬挂的机械共振频率  $f_{st}$  (mechanical resonance frequency of the moving element suspension)：由运动部件的等效质量、试验负载和运动部件悬挂的动刚度所确定的频率。

(2) 运动部件的机械共振频率  $f_{mt}$  (mechanical resonance frequency of the moving element)：运动部件固有的首阶机械共振频率，它高于运动部件悬挂的机械共振频率  $f_{st}$ ，又称为台面一阶共振频率。

(3) 运动部件的电谐振频率 (electrical resonance frequency of the moving element)：动圈中的电压与电流同相、且电阻抗为最小值时的频率。

### 3.94 台面加速度幅值均匀度 (acceleration amplitude uniformity for vibration table)

对振动台台面振动加速度幅值均匀程度的度量。在测试时，应在台面布置五个以上的传感器，各传感器的测量应在同一时刻进行。圆形台面，传感器应以台面中心起始沿螺旋状展开；方形台面，传感器应在中心和四个角展开。台面不均匀度计算公式为

$$N = \frac{|\Delta a|}{a_0} \times 100\%$$

式中： $N$ ——台面不均匀度；

$a_0$ ——同次测量中，中心点的加速度幅值， $\text{m/s}^2$ ；

$|\Delta a|$ ——同次测量中，各点加速度值与中心点加速度幅值的最大偏差（绝对值）， $\text{m/s}^2$ 。

### 3.95 台面横向振动比 (transverse vibration ratio for generator)

对振动台台面横向振动程度的度量。测试时应使用安装在台面中心的三向加速度计，三向加速度计的 X 轴（或 Y 轴）与振动台的耳轴平行。台面横向振动比的计算公式为

$$T = \frac{\max\{a_x, a_y\}}{a_z} \times 100\%$$

式中： $T$ ——台面加速度横向振动比；

$a_z$ ——主振方向的加速度幅值， $\text{m/s}^2$ ；

$a_x$ 、 $a_y$ ——垂直于主振方向的两个互相垂直方向的加速度幅值， $\text{m/s}^2$ 。

### 3.96 扫描速率 (sweep rate)

自变量（通常是频率）连续地通过一定区间的过程，称为扫描 (sweep)。扫描中自变量的变化率，称为扫描速率。有两种主要扫描形式：

(1) 线性扫描 (linear sweep)：扫描中自变量的变化率，即频率变化率（扫描速率） $df/dt$  为常数，也称均匀扫描；

(2) 对数扫描 (logistic sweep)：扫描中单位自变量的变化率，即单位频率变化率

(扫描速率) $(df/f) / dt$ (即  $df/dt/f$ ) 为常数。在对数扫描的试验中, 最常用 1oct/min, 即 1 倍频程每分钟的扫描速率。

### 3.97 扫频精度 (sweep frequency width vibration)

振动台扫频工作时对扫频时间和扫频幅值波动程度的度量, 又称扫频定振精度。对数扫频时的扫频时间误差和扫频定振精度的计算公式为

(1) 扫频时间误差:

$$t_n = \frac{\lg(f_H/f_L)/\lg 2}{s}$$

$$\delta_t = \frac{t - t_n}{t_n}$$

式中:  $f_L$ ——振动态系统工作频率下限值, Hz;

$f_H$ ——振动态系统工作频率上限值, Hz;

$t_n$ ——理论扫频时间, s;

$s$ ——扫描速率, oct/min;

$t$ ——实测扫频时间, s;

$\delta_t$ ——扫频时间误差。

(2) 扫频定振精度:

$$\delta_+ = 20 \lg \left( \frac{a_{i\max}}{a_0} \right)$$

$$\delta_- = 20 \lg \left( \frac{a_{i\min}}{a_0} \right)$$

式中:  $a_i$ ——扫频过程中加速度值,  $m/s^2$ ;

$i$ ——测量次数,  $i=1, 2, \dots, N$ ;

$a_{i\max}$ 、 $a_{i\min}$ —— $i$ 次测量中的最大、最小值,  $m/s^2$ ;

$a_0$ ——加速度幅值设定值,  $m/s^2$ ;

$\delta_+$ 、 $\delta_-$ ——扫频扫振精度的正负波动值, dB。

### 3.98 循环时间 (cycle time)

输出谱型进行一次修正、反馈所需要的时间。即是指从 A/D 采样开始, 中间经过快速傅里叶变换、功率谱的比较、修正、逆傅里叶变换、相位随机、时域随机化、由 D/A 接口输出等所需的总时间, 有时也称回路时间 (loop time)。

### 3.99 均衡时间 (equalization time)

是指随机振动试验开始后, 控制谱达到控制精度所需要的时间。均衡时间除与回路时间有关外, 还受谱型形状、动态范围、控制精度、频率分辨率等因素的影响。

### 3.100 加速度功率谱密度控制动态范围 (control dynamic range for acceleration power spectral density)

数字振动试验系统依据规定的参考谱密度的形状和强度，使控制谱密度工作在谱密度估计的误差允许范围内，此时加速度功率谱密度的最大、最小强度范围，用常用对数 (dB) 表示。它体现了振动控制系统的试验控制能力。

3.101 加速度谱密度设置动态范围 (setting dynamic range of acceleration power spectral density)

将数字振动试验系统脱离振动试验台而自闭环，依据规定的参考谱密度的形状，使控制谱密度工作在谱密度估计的误差允许范围内，此时加速度功率谱密度的最大、最小强度范围，用常用对数 (dB) 表示。它体现了振动控制仪的谱密度的设置能力。

3.102 加速度总方均根值示值误差 (error of acceleration root-mean-square indication value) 和加速度总方均根值控制精度 (control accuracy of acceleration root-mean-square value)

数字振动试验系统台面空载并按规定的谱形振动时，台面中心加速度总方均根的显示值与动态信号分析仪测量的标准值之间的偏差，称为加速度总方均根值示值误差，常用百分数表示 (%)；数字振动试验系统台面空载并按规定的谱形振动时，台面中心加速度总方均根多次测量值间的离散程度，称为加速度总方均根值控制精度，常用对数 (dB) 表示。其计算过程和计算公式为：

(1) 总方均根值的标准偏差  $\sigma_0$  和均值  $\bar{V}_{0\text{rms}}$  的计算

对动态信号分析仪连续测量 (11~12) 次的总均方根值，去掉两个偏差最大的值，用  $N_0$  个测量值进行  $V_{\text{rms}}$  计算：

$$\bar{V}_{0\text{rms}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} V_{i0\text{rms}}}{N_0}$$

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_0} (V_{i0\text{rms}} - \bar{V}_{0\text{rms}})^2}{N_0 - 1}}$$

在读取分析仪的读数的同时读取随机振动台的读数，去掉两个偏差最大的值后，用  $N_1$  个测量值按照上述公式计算出被校振动台的标准偏差  $\sigma_1$  和均值  $\bar{V}_{1\text{rms}}$ 。

(2) 对分析仪和振动台进行总方均根值的均值和方差检验先进行方差检验，若

$$\frac{1}{F_{\alpha/2}(N_1 - 1, N_0 - 1)} = F_{1-\alpha/2}(N_0 - 1, N_1 - 1) < \frac{\sigma_0^2}{\sigma_1^2} < F_{\alpha/2}(N_0 - 1, N_1 - 1)$$

成立，作合并标准偏差

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{N_0 + N_1}{N_0 N_1}} \sqrt{\frac{\sigma_0^2 (N_0 - 1) + \sigma_1^2 (N_1 - 1)}{N_0 + N_1 - 2}}$$

再作均值检验，若

$$-t_{1-\alpha/2}(N_0 + N_1 - 2)\sigma_d < (\bar{V}_{0\text{rms}} - \bar{V}_{1\text{rms}}) < t_{1-\alpha/2}(N_0 + N_1 - 2)$$



成立，可进行下一步，否则需检查原因或重新测量。

(3) 总方均根值示值精度和总方均根值控制精度计算  
总方均根值示值精度：

$$\delta_A = \frac{\bar{V}_{1\text{rms}} - \bar{V}_{0\text{rms}}}{\bar{V}_{0\text{rms}}} \times 100\%$$

总方均根值控制精度：

$$C_A = \left( 20\lg \frac{V_{i0\text{rms min}}}{\bar{V}_{0\text{rms}}}, 20\lg \frac{V_{i0\text{rms max}}}{\bar{V}_{0\text{rms}}} \right)$$

式中： $V_{i0\text{rms min}}$ 、 $V_{i0\text{rms max}}$ —— $N_0$ 次测量中的最小值、最大值。

3.103 加速度功率谱密度示值误差 (error of acceleration power spectral density indication value) 和加速度功率谱密度控制精度 (control accuracy of acceleration power spectral density)

数字振动试验系统台面空载并按规定的谱形振动时，台面中心加速度功率谱密度示值与动态信号分析仪测量的标准值之间的偏差，称为加速度功率谱密度示值误差，常用百分数表示 (%)。数字振动试验系统台面空载并按规定的谱形振动时，台面中心加速度功率谱密度多次测量值间的离散程度，称为加速度功率谱密度控制精度，常用对数 (dB) 表示。计算过程和计算公式为：

(1) 谱密度值的标准偏差和控制精度

对动态信号分析仪连续测量 (11~12) 次的谱密度值，去掉两个偏差最大的值，用  $N_0$  个测量值  $\text{PSD}_{0\text{rms}}$  计算：

$$\bar{\text{PSD}}_{0\text{rms}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} \text{PSD}_{i0\text{rms}}}{N_0}$$

$$\sigma_{0\text{PSD}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_0} (\text{PSD}_{i0\text{rms}} - \bar{\text{PSD}}_{0\text{rms}})^2}{N_0 - 1}}$$

在读取分析仪的读数的同时读取随机振动台的读数，去掉两个偏差最大的值后，用  $N_1$  个测量值按照上述公式计算出被校振动台的标准偏差  $\sigma_{1\text{PSD}}$  和均值  $\bar{\text{PSD}}_{1\text{rms}}$ 。

(2) 对分析仪和振动台进行谱密度值的均值和方差检验先进行方差检验，若

$$\frac{1}{F_{\alpha/2}(N_1 - 1, N_0 - 1)} = F_{1-\alpha/2}(N_0 - 1, N_1 - 1) < \frac{\sigma_{0\text{PSD}}^2}{\sigma_{1\text{PSD}}^2} < F_{\alpha/2}(N_0 - 1, N_1 - 1)$$

成立，作合并标准偏差

$$\sigma_{\text{dPSD}} = \sqrt{\frac{N_0 + N_1}{N_0 N_1}} \sqrt{\frac{\sigma_{0\text{PSD}}^2 (N_0 - 1) + \sigma_{1\text{PSD}}^2 (N_1 - 1)}{N_0 + N_1 - 2}}$$

再作均值检验，若

$-t_{1-\alpha/2}(N_0 + N_1 - 2)\sigma_{\text{dPSD}} < (\overline{P SD}_{0\text{rms}} - \overline{P SD}_{1\text{rms}}) < t_{1-\alpha/2}(N_0 + N_1 - 2)\sigma_{\text{dPSD}}$   
成立，可进行下一步，否则需检查原因或重新测量。

(3) 谱密度值的示值精度和总均方根值控制精度计算

谱密度值示值精度：

$$\delta_{\text{APSD}} = \frac{\overline{P SD}_{1\text{rms}} - \overline{P SD}_{0\text{rms}}}{\overline{P SD}_{0\text{rms}}} \times 100\%$$

谱密度值控制精度：

$$C_{\text{APSD}} = \left( 20\lg \frac{\text{PSD}_{i0\text{rms min}}}{\overline{P SD}_{0\text{rms}}}, 20\lg \frac{\text{PSD}_{i0\text{rms max}}}{\overline{P SD}_{0\text{rms}}} \right)$$

式中： $\text{PSD}_{i0\text{rms min}}$ 、 $\text{PSD}_{i0\text{rms max}}$ —— $N_0$ 次测量中的最小值、最大值。

### 3.104 自相关函数幅值示值误差 (error of autocorrelation function indication value)

用动态信号分析仪测量自相关函数幅值的误差。该误差通常用标准正弦信号对其自相关函数功能测量进行校准，其计算公式如下：

$$\epsilon_0 = \frac{A_p - U_{\text{Drms}}^2}{U_{\text{Drms}}^2} \times 100\%$$

式中： $\epsilon_0$ ——自相关函数示值误差，%；

$A_p$ ——被测分析仪自相关函数示值， $V^2$ ；

$U_{\text{Drms}}$ ——数字电压表的均方根值， $V$ 。

### 3.105 概率密度函数示值误差 (error of probability density function indication value) 和 概率分布函数示值误差 (error of probability distribution function indication value)

用动态信号分析仪测量的概率密度值与理论概率密度函数值的偏差，称为概率密度函数示值误差；用动态信号分析仪测量的概率分布值与理论概率分布函数值之差称为概率分布函数示值误差，计算公式为：

(1) 概率密度函数示值误差：

$$\epsilon_p = \frac{p - p_0}{p_0} \times 100\%$$

式中： $p_0$ ——理论概率密度函数值；

$p$ ——实测概率密度值。

(2) 概率分布函数示值误差：

$$\epsilon_P = \frac{P - P_0}{P_0} \times 100\%$$

式中： $P_0$ ——理论概率分布函数值；

$P$ ——实测概率分布值。

注：正态分布概率密度函数和概率密度分布见本名词术语相关条款。

反正弦分布的概率密度函数为

$$p(x) = \begin{cases} \frac{1}{\pi\sqrt{A^2-x^2}} & |x| < A \\ 0 & |x| \geq A \end{cases}$$

反正弦分布的概率分布函数为

$$P(x) = \begin{cases} 0 & x < -A \\ \frac{1}{\pi} \left( \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{x}{A} \right) & -A \leq x \leq A \\ 1 & x > A \end{cases}$$

3.106 带内带外总均方根值比 ( $R$ ) (acceleration root-mean-square value ratio of band-in to band-out)

数字振动试验系统台面空载并按规定的谱形振动时, 工作频率范围外加速度总均方根值与工作频率范围内加速度总均方根值之比, 用百分数表示。

3.107 随机信号的质量检验 (verify inspection of random vibration signal)

为保证随机振动试验所用的时域驱动信号是各态历经的, 对驱动信号的检测方法。随机信号检验的主要三种特性及其检验方法是:

(1) 周期性 (period characteristic): 用定性的目测法观测周期性信号是否存在; 用谱分析和自相关函数的方法定量地测试周期信号是否存在; 用倒频谱测量的方法检查小振幅的周期信号; 用  $\chi^2$  (卡埃平方) 分布定量地进行方差检验周期性。

(2) 平稳性 (stationarity characteristic): 用轮次法检验平稳性; 用目测的定性方法观测信号的时域波形, 诸如平均值波动情况、波形峰谷变化均匀程度、频率结构异常、不同样本均方值的等效性等。

(3) 正态性 (normal characteristic): 用  $\chi^2$  (卡埃平方) 分布定量地进行  $\chi^2$  (卡埃平方) 拟合优度检验, 用概率密度曲线定量计算和对概率密度曲线形状的定量观测, 诸如曲线对称性、有无断痕和尖峰等。

3.108 额定正弦激振力  $F_0$  (rated thrust force under sinusoidal vibration exciting)

不同试验负载下所有最大正弦激振力  $F$  的最小值。

3.109 额定宽带随机激振力  $F_{ob}$  (rated thrust force under broad-band random vibration exciting)

任一试验负载的宽带随机激振力的最小值, 该力与频率上下限之间的均匀加速度功率谱密度对应。

3.110 最大正弦推力 (maximum thrust force for sinusoidal vibration)

在正弦振动试验条件下, 振动台或激振器所产生的动力最大值。

3.111 最大随机推力 (maximum thrust force for random vibration wide band)

在宽带随机振动试验条件下, 振动台或激振器所产生的动力最大值。

3.112 空载最大加速度 (maximum bare table acceleration)

振动台空载时台面中心点所能达到的最大加速度值。

3.113 满载最大加速度 (maximum loaded table acceleration)

振动台满载时台面中心点所能达到的最大加速度值。

3.114 额定行程 (rated travel)

电动振动发生器运动部件正常工作允许的最大行程。

3.115 额定加速度 (位移, 速度) (rated acceleration (displacement, velocity))

在规定技术指标范围内加速度 (位移、速度) 可以复现的最高值。

3.116 运动部件的等效质量  $m_e$  (effective mass of the moving element)

表示运动部件惯性特性的当量质量。运动部件及其悬挂系统、连接件和其他安装在运动部件上的装置构成一个既是离散又是连续的振动系统, 它的振动特性可以用一个等效的单自由度离散系统来描述, 而该系统的质量与刚度是频率的函数。

3.117 最大倾覆力矩 (maximum pitch moment)

在水平滑台不被破坏的条件下, 施加的静态力和动态力, 在垂直于滑台的纵向平面内, 所产生的前后倾覆极限力矩。

3.118 最大偏转力矩 (maximum roll moment)

在水平滑台不被破坏的条件下, 施加的静态力和动态力, 在滑台的水平面内, 所产生的偏转极限力矩。

3.119 最大侧倾力矩 (maximum yaw moment)

在水平滑台不被损坏的条件下, 在垂直于滑台的横向平面内, 施加的静态力和动态力所产生的侧倾极限力矩。

3.120 振动试验 (vibration test)

在现场或试验室, 用振动试验设备所进行的试验。振动试验的对象可以是实物, 也可以是模型。振动试验的主要内容有:

(1) 响应测量 (response measurement): 为了解设备的运行品质和安全程度, 在各种工况运行时对设备选定点上的振动响应进行测量, 如振动烈度测量。在力学分析中称为动力学的正问题。

(2) 振动环境试验 (environment test for vibration): 为了保证产品在加工、运输、安装及使用过程中, 能承受各种外来振动, 或由于自身运动而产生的振动时不致突然破坏、能可靠地工作、性能符合设计指标、达到预期寿命不会提前失效; 或为了寻找产品中薄弱环节所作的各种试验。如疲劳试验 (fatigue test)、运输试验 (transport test)、环境应力筛选 (environmental stress screening)、共振试验 (resonance test)、耐振试验 (endurance test) 等。

(3) 动态特性测定试验 (test for dynamic characteristic): 为了解结构的动态特性和验证设计时采用的力学模型是否正确所作的试验, 例如模态试验 (modal test)、结构动力学实验 (structural dynamics test) 等。这在力学分析中称为动力学的第一类逆问题。

(4) 载荷识别试验 (load identification test): 为了确定振源的位置、性质、时间历程或谱特性及传递途径等所作的试验。这在力学分析中称为动力学的第二类逆问题。

### 3.121 综合试验 (combined test)

两种或多种试验环境同时作用于试验样品的试验。例如对试验样品的温度/湿度/振动/压力的综合试验等。

### 3.122 加速试验 (accelerating test)

对动力学破坏机理是疲劳破坏的设备和产品, 可以用提高应力水平的方法来加快试验速度, 以减少试验时间, 即提高振动量级而缩短试验时间的试验。

### 3.123 共振试验 (resonance test)

为检验产品是否会因共振而发生破坏, 在产品的共振频率处以规定的加速度或位移, 在规定的时间内所作的振动试验。

### 3.124 耐振试验 (endurance test)

为检验产品在规定的振动条件下的动强度、疲劳性能及工作性能所作的试验。

## 4 冲击

### 4.1 机械冲击 (mechanical shock)

能激起系统瞬态扰动的力、位置、速度或加速度的突然变化。突然变化是指变化时间小于系统的固有基本周期。

### 4.2 冲击脉冲 (shock pulse)

用时变参数如位移、力或速度的突然上升, 突然下降来表征的冲击激励形式。可以用简单时间函数描述的冲击脉冲称为理想冲击脉冲 (ideal shock pulse), 也可称为简单脉冲。带有给定公差带的特定脉冲, 称为标称冲击脉冲 (简称标称脉冲) (nominal shock pulse)。针对规定公差所给出的规定值 (如峰值或持续时间) 称为标称脉冲的标称值 (nominal value of shock pulse)。通常给出的典型的常用的冲击脉冲型式有:

(1) 半正弦冲击脉冲 (half-sine shock pulse): 时间历程曲线为半正弦波的理想冲击脉冲。

(2) 后峰锯齿冲击脉冲 (final peak saw tooth shock pulse): 时间历程曲线为三角形的, 即运动量由零线性地增加到最大值, 然后在一瞬间降落到零的理想冲击脉冲。

(3) 前峰锯齿冲击脉冲 (initial peak saw tooth shock pulse): 运动量在一瞬间上升到最大值, 然后线性地减少到零的理想冲击脉冲。

(4) 对称三角形冲击脉冲 (symmetrical triangular shock pulse): 时间历程曲线为等腰三角形的理想冲击脉冲。

(5) 正矢冲击脉冲 (versed shock pulse): 时间历程曲线为自零开始的正矢 (余弦平方) 曲线。

(6) 矩形冲击脉冲 (rectangular shock pulse): 时间历程曲线为矩形的理想冲击脉

冲。

(7) 梯形冲击脉冲 (trapezoidal shock pulse): 时间历程曲线为梯形的理想冲击脉冲。

(8) 钟形冲击脉冲 (shock pulse with Gauss distribution): 时间历程曲线为高斯曲线的理想冲击脉冲。

(9) 爆炸波 (blast): 由于爆炸或大气压力、水压力的急剧变化所形成的压力脉冲, 及随之产生的介质的运动。

(10) 冲击波 (shock wave): 伴随有通过介质或结构的冲击传播的位移、压力或其他变量的冲击时间历程。在流体中, 冲击波通常用压力突然上升到相当大值的波阵面来表征。

#### 4.3 冲击脉冲持续时间 (duration of shock pulse)

简单冲击脉冲的运动量上升到某一设定的最大值的分数值和下降到该值的时间间隔, 对实测脉冲通常取 0.1 的最大值作为设定值, 对理想脉冲设定值取为零。

#### 4.4 冲击脉冲上升时间 (shock pulse rise time)

简单冲击脉冲的运动量从某一设定的最大值的较小分数值, 上升到另一设定的最大值的较大分数值, 所需要的时间间隔。对实测脉冲, 通常取 0.1 作为较小分数值, 取 0.9 作为较大分数值; 对理想脉冲, 通常分别取 0 和 1 作为较小分数值和较大分数值。

#### 4.5 冲击脉冲下降时间 (shock pulse drop-off time)

简单冲击脉冲的运动量从某一设定的最大值的较大分数值, 下降到另一设定的最大值的较小分数值, 所需要的时间间隔。对实测脉冲, 通常取 0.9 作为较大分数值, 取 0.1 作为较小分数值; 对理想脉冲, 通常分别取 1 和 0 作为较大分数值和较小分数值。

#### 4.6 冲击谱 (shock spectrum)

冲击运动波形的傅里叶谱。

#### 4.7 冲击响应谱 (shock response spectrum)

一系列单自由度线性系统受到同一冲击 (或碰撞) 作用的最大响应, 在频域中按系统固有频率的大小排列 (位移、速度、加速度), 它是系统固有频率的函数, 如不加说明, 则认为系统是无阻尼的。冲击响应谱按冲击作用时间和按冲击参数的性质可分为:

(1) 初始冲击响应谱 (initial shock response spectrum): 在系统受到冲击的作用时间内产生的最大响应中所得到的冲击响应谱。

(2) 剩余冲击响应谱 (residual shock response spectrum): 在系统受到冲击的作用时间后产生的最大响应中所得到的冲击响应谱。

(3) 最大冲击响应谱 (maximum shock response spectrum): 指由初始及剩余冲击响应谱中确定的, 具有最大值的响应谱。

(4) 加速度—冲击响应谱 (acceleration shock response spectrum): 由加速度响应得到的冲击响应谱。

(5) 速度—冲击响应谱 (velocity shock response spectrum): 由速度响应得到的冲击响应谱。

(6) 位移—冲击响应谱 (displacement shock response spectrum): 由位移响应得到的冲击响应谱。

#### 4.8 冲击响应谱波形匹配 (wave shape matching for shock response spectrum)

按冲击响应谱产生波形的过程称为匹配, 产生的时域波形称为匹配波形。最常见的匹配波形是余弦衰减波、正弦衰减波和小波组合。由外场的冲击响应谱返回 (匹配) 的瞬态波形并不是惟一的。

#### 4.9 能量谱密度 (energy spectrum density)

功率谱密度乘以瞬态信号分析中进行 FFT 计算的数字记录长度 (单位 s), 称为能量谱密度, 单位为  $g^2 s/Hz$ 。

#### 4.10 冲击机 (shock machine)

冲击加速度校准装置中的产生冲击运动的设备, 常用的有以下几种:

(1) 冲击摆 (shock pendulum): 采用物理摆 (单摆或双摆) 的势能变为动能的碰撞冲击机;

(2) 落球 (或上抛) 冲击机 [drop ball (or throw) shock machine]: 采用重力或势能、动能转换的蓄能原理产生导向落体碰撞或上抛加力碰撞的冲击机;

(3) 气炮和气枪式冲击机 (shock machine by air gun): 采用压缩空气推动靶体和弹体互相碰撞的冲击机;

(4) 霍布金森杆或棒冲击机 (shock machine for Hopkinson rod): 采用弹性波在杆或棒中传播而产生冲击运动的冲击机;

(5) 电磁能冲击装置 (shock equipment by electromagnetic energy): 采用电能变为机械碰撞能原理的冲击机。

#### 4.11 冲击力法 (method for shock force)

据动量守恒的原理, 将频响宽的压电式力传感器作为标准传感器, 并将被校传感器、标准传感和落体重物构件作为势能冲击源, 用同次测量的两只传感器的冲击加速度值, 进行冲击加速度灵敏度校准方法。其原理基础是“静标动用”, 因此应首先进行力传感器的静态标定, 再进行冲击加速度的动态标定, 方可进行冲击加速度传感器的检定与校准。

#### 4.12 速度改变法 (method for velocity change)

利用碰撞时动量传递 ( $m_1 v_1 = m_2 v_2$ ) 的原理, 或者说速度改变的原理, 进行冲击加速度校准的方法。主要方法有两种:

(1) 平均测速法 (method for average measuring velocity): 在撞击瞬间前的一段距离 (定距) 内测量其运动的时间 (测时), 从而获得平均速度的测速方法, 因为使用光信号作为时间开关门信号测量时间, 又称光切割法 (light incise method)。

(2) 激光多普勒测速法 (measuring velocity method by laser Doppler): 在传输系统中源与观察点间的有效传输距离内, 随时间改变而引起的观察到的波频率有所改变的现象, 称为多普勒效应 (Doppler effect)。直接利用激光多普勒频移原理进行测速的方法, 称为激光多普勒测速。多普勒效应在激光测量中的定量关系式为

$$f_d(t) = \frac{2v(t)}{\lambda} \cos\theta$$

式中:  $v(t)$  ——冲击运动速度的时间历程, m/s;

$f_d(t)$  ——激光多普勒频移, Hz;

$\lambda$  ——激光波长, 采用氦氖激光器,  $\lambda = 0.6328 \times 10^{-6}$  m;

$\theta$  ——激光的矢量方向与运动的矢量方向的夹角。

#### 4.13 光栅测速法 (method for measurement velocity with grating)

在大冲击校准中, 为解决冲击的安全性和降低工作频率, 并提高信噪比、解决随机相位问题, 需采用侧向测量, 为此采用金属光栅组件和散射式光路, 其光栅主要有两种方式:

(1) 测量光栅 (measurement grating) 式: 直接利用明、暗相间的条纹光栅的反射和吸收而形成光栅条纹计数测量位移, 再微分或二次微分以求得速度或加速度的方法;

(2) 物理光栅 (physics grating) 式: 利用单一频率的激光入射到运动的衍射光栅平面时, 不同级次的衍射光产生不同的多普勒频移, 取任意两级衍射光作为测量光束进行干涉, 其差动信号的频率与光栅的运动速度成简单的线性关系, 通过测量位移, 并对位移微分或二次微分以求得速度或加速度的方法。

#### 4.14 霍布金森杆压缩波法 (method for Hopkinson bar compress wave)

运动中物体 (例如金属圆柱) 与霍布金森杆碰撞, 利用霍布金森杆中的应力波引起的应变和应变速率与时间的关系, 来校准冲击加速度计的方法, 又称为应变比较法。

#### 4.15 冲击加速度比较校准法 (method for shock acceleration comparison calibration)

将被校加速度计和参考加速度计“背靠背”安装, 承受同一冲击激励, 对两只加速度计的冲击响应量值进行比较, 得到被校加速度计的冲击校准灵敏度的方法。此法可在时域和频域同时或分别进行:

(1) 时域校准 (time domain calibration): 同时获得被校加速度计和参考加速度计的冲击时域波形, 作加速度波形的峰值灵敏度校准。此法对冲击机的要求较高, 冲击脉冲应有明确的起点终点和峰值点, 且波形光滑、规矩。

(2) 频域校准 (frequency domain calibration): 将被校和参考冲击波形输出同时进行傅里叶变换, 可进行频域比较法校准, 又称冲击谱法校准。对两冲击谱的比较可测出被校传感器的频率和相位特性, 其难点在于标准的冲击激励源、标准谱型, 并要求标准谱型的第一个包络零点尽可能的宽, 以减小校准误差。

#### 4.16 冲击测量仪 (shock measuring instrument)



能测量、纪录、显示并存储冲击波形图形及其各种参数的测量仪器。仅只显示参数数值的称为冲击测量仪；同时具备参数和图形显示并能存储的，常用的有瞬态记录仪或数字存储式波器或虚拟仪器；用于冲击试验设备检定的冲击测量仪，应能生成显示指定的容差带和实测的冲击波形。

#### 4.17 容差带生成 (tolerance range generation)

冲击试验台波形允差检定时，检定仪器或设备按规程规定的允差范围，据实测的波形数据，在显示实测波形的同时，在屏幕上能同时显示允差范围的图形的功能。与一般意义下的谱分析的容差带不同，谱分析时容差带是选定后即固定的，而冲击测量时“带”是随实测波形而变化的，变化的准则是相关标准或相关规程所规定的。

#### 4.18 冲击脉冲波形再现 (reproduction of shock pulse)

用再现规定的冲击脉冲波形形状进行冲击试验的一种类型，这种冲击脉冲波形形状其前、后沿脉冲形状的幅值限定到原始脉冲复值的一小部分，而用附加的前沿脉冲和后沿脉冲的形状来限制速度和位移。简称冲击波形再现，试验类型可以是单次的或多次的。

#### 4.19 冲击试验机再现 (reproduction with shock machine)

规定使用专门的冲击试验机，包括一系列弹簧、冲击垫片及脉冲程序器或脉冲发生器等，来实现的冲击试验，通常由脉冲形成装置的动态力与变形器的特性，来控制 and 实现冲击脉冲波形的波形、脉冲持续时间和加速度值的一种冲击试验类型。例如舰船试验使用的轻型冲击机、中型冲击机和浮动冲击平台。

#### 4.20 冲击响应谱再现 (reproduction of shock response spectrum) (wave matching reproduce of shock response spectrum)

用规定的冲击响应谱进行冲击试验的一种类型，冲击响应谱既可以是标准的、也可以是现场环境的冲击响应谱。这种试验实际是一种受控试验，要测量冲击响应谱，并与所要求的冲击响应谱比较，其差值用于修改下一个脉冲的形状，因此这种试验类型一般是多次的。由于冲击响应谱没有相位信息，匹配波形并不惟一，需要事先规定。因此，冲击响应谱再现实验方法和设备分为两种：

(1) 冲击响应谱再现：试验按冲击响应谱显示和运作，而不研究时域的波形；

(2) 冲击响应谱波形匹配再现：试验按冲击响应谱的匹配波形显示和运作，而不一定显示冲击响应谱。

#### 4.21 冲击试验台 (shock testing table)

由冲击激励源、冲击脉冲形成装置、装夹试件的工作台组成的冲击试验设备。冲击台通常按冲击激发方式或所采用的原理来描述，例如：自由跌落式（重力激发）冲击台，加速式冲击台，或空气炮、爆炸炮、液压及气压驱动冲击台等等。电动和液压伺服式振动试验设备也可以用于冲击试验。通常冲击台对单次和多次是不加区分的，多次的通常指的是碰撞试验台，单次的或者是峰值加速度较高、或者是脉冲持续时间较长、或

者是试件较重。

#### 4.22 冲击脉冲的形成装置 (equipment for generating shock pulse)

冲击试验台除了力源形成装置、承载装置等外，主要的是脉冲波形形状的形成装置，对不同的波形，需要不同的形成装置。

(1) 半正弦和三角形冲击脉冲形成装置 (impulse form set of half-sine shock pulse and triangular shock pulse): 半正弦和三角形冲击脉冲形成装置起着弹簧的作用，冲击脉冲是该系统的半周振荡。该系统使用完全线性的或准线性弹簧（力与变形成线性关系）产生半正弦脉冲；逐渐增大非线性硬化弹簧的特性产生近似三角形的尖脉冲。作为弹簧的主要材料和介质是：橡胶型、高强度塑料、液体与准液体弹簧、气体弹簧（可变力）等。

(2) 矩形和梯形脉冲形成装置 (impulse form set of rectangular shock pulse and trapezoidal shock pulse): 矩形和梯形脉冲形成装置能施加一个不随时间而变的恒力，这样的装置可能是弹性也可能是非弹性的。主要材料和介质有：模铸的成形铅体、金属材料或纤维材料的薄壁盒制成的蜂房式非弹性脉冲形成装置、气体弹簧（准恒力）等。

(3) 四分之一正弦形和后峰锯齿形脉冲形成装置 (impulse form set of 1/4 sine shock pulse and final peak saw tooth shock pulse): 线性的压缩弹簧产生四分之一正弦脉冲，非线性的压缩弹簧产生后峰锯齿形脉冲；当力达到峰值时，力的输出值迅速衰减到零。由于脉冲的不对称性，这些脉冲总是用非回弹装置来产生。主要材料和介质有：模铸成形铅体、蜂房形三棱柱体、变截面的预充气气缸等。

#### 4.23 碰撞试验台 (bump testing table)

提供各类产品，特别是电子元器件等产品作碰撞试验用，以确定其在碰撞环境下工作的可靠性的试验台。碰撞台的主要形式有：

(1) 气液式碰撞试验台 (bump testing table with gas and liquid): 采用强迫冲击和节流缓冲的工作原理，改变环状节流面积和调整带有工作台的活塞下落速度，从而改变峰值加速度幅值和对应的脉冲持续时间；产生的脉冲波形为半正弦脉冲波形。

(2) 凸轮式碰撞试验台 (bump testing table with cam): 工作原理是用直流电机通过机械系统带动凸轮，将工作台顶起，并让其自由下落至缓冲器；调节电机的转速，可改变工作台下落的冲击重复频率。改变工作台的跌落高度或调整缓冲器，可获得不同峰值加速度和相对应的脉冲持续时间的半正弦脉冲波形。凸轮式碰撞台的缓冲器有两种形式：一种为弹性缓冲器，大多采用橡胶片、海绵片、毛毡片、铝板和钢板的组合件；一种为液体阻尼缓冲器。

#### 4.24 落体式冲击试验台 (drop shock testing table)

供各类产品作冲击试验用，以确定元件、设备及其他产品在使用和运输过程中承受非多次重复性机械冲击的适应性及评定结构的完好形的试验台。其原理是用绞绳或气压提升工作台，经释放后，下落至缓冲器。改变工作台的跌落高度和变换不同的缓冲器，

可获得不同峰值加速度和对应的脉冲持续时间的基本脉冲波形。

#### 4.25 冲击加速度速度变化量 (velocity change quantity for shock acceleration)

冲击加速度在指定的脉冲持续时间内对时间的积分。

#### 4.26 台面冲击峰值加速度幅值不均匀度 (amplitude uniformity of acceleration peak for shock table)

对冲击台台面冲击加速度幅值均匀程度的度量。在测试时，应在台面布置 5 个以上的传感器，各传感器的测量应在同一时刻进行。圆形台面传感器应以台面中心起始沿螺旋状展开；方形台面传感器应在中心和四角展开。台面不均匀度计算公式为

$$N = \frac{|\Delta a|}{a_0} \times 100\%$$

式中：N——台面不均匀度；

$a_0$ ——同次测量中，中心点的冲击加速度幅值， $\text{m/s}^2$ ；

$|\Delta a|$ ——同次测量中，各点冲击加速度值与中心点冲击加速度幅值的最大偏差（绝对值）， $\text{m/s}^2$ 。

#### 4.27 台面冲击加速度峰值横向运动比 (transverse movement vibration ratio for shock acceleration peak)

对冲击台台面横向运动程度的度量。测试时应使用安装在台面中心的三向加速度计，三向加速度计的 X 轴（或 Y 轴）与冲击台的耳轴平行。台面横向运动比的计算公式为

$$T = \frac{\max\{a_x, a_y\}}{a_z} \times 100\%$$

式中：T——台面冲击峰值加速度横向运动比；

$a_z$ ——主冲击方向的加速度幅值， $\text{m/s}^2$ ；

$a_x$ 、 $a_y$ ——垂直于主冲击方向的两个互相垂直的冲击加速度幅值， $\text{m/s}^2$ 。

#### 4.28 冲击试验 (shock test)

为检验产品承受冲击载荷能力而作的试验。冲击试验分为两种：

(1) 单次冲击试验 (shock test)，即冲击试验。

(2) 连续冲击试验 (bump test)：检验产品承受多次重复冲击载荷的能力的试验，在不至引起混淆的情况下，常称为碰撞试验。

## 5 转速

### 5.1 角速度 (angular velocity)

描述刚体转动快慢和方向的物理量。刚体在一段时间内转过的转角，称为角位移 (angular displacement)；角位移和这一时间段的比值称为角速度，或称为这个时间内的平均角速度 (average angular velocity)；如果这个时间段趋于零，则称为这一时刻的瞬时角速度 (instantaneous angular velocity)，或即时角速度。速率 (rate) (speed) 是角速

度作为标量的同义词。通常使用单位：弧度/秒；°/秒。

## 5.2 线速度 (linear velocity)

旋转刚体上任一点在单位时间里的位移量。是描述转动刚体上任一点（质点）的运动特性。通常使用单位：米/秒；公里/小时。

## 5.3 转速 (旋转速度) (rotating velocity)

在工程上描述物体转动快慢的物理量。是旋转刚体在单位时间内的转数 (r)。转速符号为  $n$ ，计量单位为转/分 (r/min)。描述转速，常有以下几个概念：

(1) 时间平均转速 (Time's average rotating velocity)：在一段时间内转过的转数和这一时间段的比值为这个时间段内的平均转速 (average rotating velocity)；

(2)  $N$  转数平均转速 ( $N$  turn number average rotating velocity)：在指定的  $N$  转数内测量转速，同义词为多周期平均转速；称此测量方法为多周期平均法，此时的测量不确定度为  $N$  周期内的测量不确定度；

(3) 分转数平均转速 (dispart turn number average rotating velocity)：以一周 (转) 的某个角度 (必须是一周的  $1/N$ ， $N$  为正整数) 为基数测量转数，可用于标准转速装置对高转速测量仪器的检定与校准，即常用的齿盘技术或多标记技术；也可用于转速波动度的概念，是高精度转速装置的转速精度评价参数之一；此时的测量不确定度为  $1/N$  转的测量不确定度。

(4) 瞬时转速 (instantaneous rotating velocity)：如果测试时间段趋于零，则称为这一时间段的转速为瞬时转速 (instantaneous rotating velocity)，或称即时转速。

## 5.4 转速波动度 (fluctuation of rotating velocity)

对旋转物体在一周内的转速变化状况的度量。一般有三种度量方法，不论哪种方法必须指明：转速 (r/min)、 $N$  ( $1/N$  周， $N$  为正整数)、度量时间 (ms、s、min 或 h) 或度量的转数 (r)。

(1) 基波失真度法 (Fundamental wave lose expression degree method)：以转速的  $1/N$  为基频，以国际标准化组织 (ISO) 计算失真度的公式计算转速波动度；常用于数字式仪表：

$$\gamma = \frac{\sqrt{\sum_{i=2} I_i^2}}{I_1} \times 100\%$$

式中： $\gamma$ ——转速波动度，即失真度；

$I_i$ ——谐波幅值， $i=1, 2, \dots$ 。

(2) 谐波失真度法 (Harmonic lose expression degree method)：以转速的  $1/N$  为基频，将 (1) 中公式的分母换为总有效值而计算转速波动度，常用于模拟式仪表：

$$\gamma = \frac{\sqrt{\sum_{i=2} I_i^2}}{\sqrt{\sum_{i=1} I_i^2}} \times 100\%$$

用此式计算时，总谐波失真方均根值同背景噪声之比应不低于 10dB。

(3) 基波/谐波比值法 (Fundamental wave/ Harmonic ratio's method)：以转速的  $1/N$  为基频，以下式计算转速波动度：

$$\gamma = \left( 1 - \frac{I_1}{\sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2}} \right) \times 100\%$$

### 5.5 转速的频率测量法 (M 法) (method of rotating velocity for frequency measuring)

用时基信号作为门控信号，以计入的被测转速信号的数量来测量被测转速的频率的方法，又称频率（或转速）直接测量法，简称直接测频法。即在一定时间间隔内，测取传感器发出的脉冲个数来计算被测转速的方法。被测转速  $n$  计算公式为

$$n = \frac{60m}{pT} \quad (\text{r/min})$$

其分辨力  $Q$  为

$$Q = \frac{60(m+1)}{pT} - \frac{60m}{pT} = \frac{60}{pT} \quad (\text{r/min})$$

其相对分辨力（分辨率） $q$  为

$$q = \frac{Q}{n} \times 100\% = \frac{1}{m} \times 100\%$$

式中： $m$ ——在检测时间  $T$  内所测得的脉冲数；

$p$ ——传感器在被测对象每旋转一周时发出的脉冲数；

$T$ ——设定的检测周期，s。

M 法的测量精度在转速的不同区段是不同的，在低转速段精度低 ( $m$  小)，而在高转速段精度高 ( $m$  大)。选定时间以测量此时间段内的所计测量物理量的数量的方法，一般有两种：

(1) 定时计数法 (Timing take count of method)：在转速测量中，计的数一般是作为物理量的转数、角度或脉冲数等；

(2) 定时测距法 (Timing range finding method)：在速度测量中，在预定的时间内，测量物体所运行的距离而测量速度的方法。

### 5.6 转速的周期测量法 (T 法) (method of rotating velocity for periodic measuring)

用被测转速信号作为门控信号，以计入的时基信号的数量来测量转速信号的周期的方法，又称频率（或转速）的周期测量法，简称直接测周法。即通过传感器测量脉冲发出的相邻两个脉冲之间的间隔时间来计算被测转速的方法，其间隔时间是用频率为  $f_c$  的时钟脉冲进行计数的。被测转速  $n$  计算公式为

$$n = \frac{60f_c}{mp} \quad (\text{r/min})$$

其分辨力  $Q$  为

$$Q = \frac{60f_c}{(m-1)p} - \frac{60f_c}{mp} = \frac{1}{(m-1)}n \quad (\text{r/min})$$

其相对分辨力（分辨率） $q$ 为

$$q = \frac{Q}{n} \times 100\% = \frac{1}{m-1} \times 100\%$$

式中： $n$ ——被测转速，r/min；

$p$ ——传感器在被测对象每旋转一周时发出的脉冲数；

$m$ ——在检测时间内所测得的脉冲数。

T法的不确定度在转速的不同区段是不同的，在低转速段精度高（ $m$ 大），而在高转速段精度低（ $m$ 小）。并且，在T法的测量中，时钟频率 $f_c$ 越高，则检测结果的不确定度越好、越灵敏；但这会增加检测装置计数器的字长，时钟频率 $f_c$ 由下式决定

$$f_c = \frac{n_{\min} p m_{\max}}{60} \quad (1/\text{s})$$

式中： $n_{\min}$ ——测量的最低转速，r/min；

$m_{\max}$ ——计数器的最长字长。

选定计数的数量，以测量此计数数量内的时间，来测量物理量的方法，一般有两种：

(1) 定数计时法（Fix number reckon by times method）：在转速测量中，计的数一般是作为时基的周期信号、脉冲个数等，就是定多少个数测一次时间。

(2) 定距测时法（Fix from measure time method）：在速度测量中，选定距离，而测量物体经过此距离的时间的测速方法，又称平均测速法。

注：在直接测周法中，实际测出的是周期或多周期的时间，现代频率计或转速表，均可自动将其结果进行倒数运算，而显示频率或转速，又称此法为倒数频率计法。

### 5.7 转速的综合测量法（M/T法）（method of rotating velocity for synthesis measuring）

综合M法与T法，在固定时间间隔 $T_0$ 内，由一个计数器对传感器的输出脉冲进行计数、直至 $T_0$ 后第一个脉冲出现，得脉冲数 $m_1$ ；同时对另一个计数器在同样的时间内，得另一脉冲数 $m_2$ ；前者相当于测频法（M法），后者相当于测周法（T法），从而计算被测转速的方法，称为频率周期综合测量法，简称综合法（M/T法）。被测转速 $n$ 计算公式为

$$n = \frac{60m_1f_c}{m_2p} \quad (\text{r/min})$$

其分辨力为

$$Q = \frac{1}{\frac{60f_cm_1}{np} - 1}n \quad (\text{r/min})$$

其相对分辨力（分辨率）为

$$q = \frac{Q}{n} \times 100\% = \frac{1}{\frac{60f_c m_1}{np} - 1} \times 100\%$$

式中： $m_1$ ——在检测时间  $T_0$  内所测得的传感器脉冲数；

$m_2$ ——在检测时间  $T_0$  内所测得的时钟脉冲数。

M/T 法测量时，测量装置的分辨率近似是一个常数，与被测转速高、低无关，即在高和低转速时，精度基本上一致。M/T 法的测转速精度为

$$q = \frac{\Delta n}{n} \approx \pm \frac{\epsilon_r \%}{m_1}$$

### 5.8 中界频率（separating frequency）

直接测量频率时，量化误差随被测频率  $f_x$ （或转速）的增高而降低；直接测量周期时，量化误差随被测周期  $T_x$  的增大而减小，也即量化误差随被测频率的增高而增高；在直接测量频率和直接测量周期的量化误差相等时，就确定了一个测频率和测周期的测量精度的分界点，这个分界点的频率称为中界频率  $f_m$ 。中界频率取决于测频时的门控时间、测周时的周期倍乘数、以及计数器的时标。

### 5.9 高次（阶）谐波（high frequency harmonic）与次（分）谐波（time（cent）harmonic）

在旋转机械的测试与分析中，转速的  $N$  倍转速称为  $N$  阶谐波或  $N$  次谐波；转速的  $1/N$  次谐波称为  $1/N$  次谐波或  $N$  次分谐波。

### 5.10 触发误差（trig error）

在周期测量中，由于开关门信号是被测的转速传感器的信号，它存在的元器件的随机误差（取决于信号的信噪比）、触发电路或开关门电路的迟滞误差等，形成了测周法的触发误差。它限制了测周法的精度，采用多周期测周法可以减小这种误差。

### 5.11 量化误差（quantization error）

在数字电路中有两种量化误差：

（1）幅值量化误差（amplitude value quantification error）：模拟信号经过量化后产生的误差，它是由于对连续信号进行函数量化时，因用指定值近似表示子区间（量化区间）的值，致使恢复的信号与实际信号出现误差的度量。如果信号电压为  $U_s$ ，则量化电压  $U_q$  为

$$U_q = \frac{1}{2^N} U_s$$

其量化误差电压的有效值是：

$$\epsilon_{q\max} = \frac{1}{\sqrt{12}} U_q = 0.289 U_q$$

式中， $N$  是量化位数（A/D 转换 bit 数）。

(2) 计数量化误差 (take count quantification error): 计数时产生的误差, 它是由于时基稳定性和触发误差的存在造成的, 量值是  $\pm 1$ , 而相对值与频率计和计数器的使用状况、特别是显示位数密切相关。

### 5.12 频闪效应 (effect of frequency lighting)

物体在人的视野中消失后, 能保留一定时间的视觉印象, 称此视觉效应为视后效应 (consideration behind effect), 同义词为视觉暂留现象 (sight temporary stay phenomenon), 在转速和振动测量中称为频闪效应。视后效应的持续时间因人而异, 在一般照明的条件下, 约为 (1/15 秒~1/20 秒) 范围内。利用频闪效应在振动和转速检定、校准中可作如下测量:

(1) 频闪测 (转) 速法 (method of measuring rotating rate by frequency lighting): 在旋转轴上安装一个带有均匀齿孔的圆盘 (或贴上与圆盘不同色调的均匀标记), 称为频闪盘。标记个数为  $Z$ , 闪光频率为  $n_0$ , 转轴转速为  $n$ , 则有测量转速的表达式:

$$n = \frac{k}{mZ} n_0$$

式中:  $k$ ——频闪像停留序数, 即转速高于频闪次数的倍数;  $k=1, 2, \dots$  只形成  $k$  个单定像;

$m$ ——频闪次数高于转速的倍数, 单个标记时会产生  $m$  重像;

$m \cdot Z$ ——频闪像停留不动时的频闪点 (像) 数,  $m$  和  $Z$  互为整数倍时, 频闪点数取决于其中较大者, 不为整数倍时频闪点数是他们两者的乘积  $m \cdot Z$ 。

注: 频闪像加宽、摆动表明被测转速与频闪次数有系统误差; 频闪像移动表明被测转速有漂移; 转速的随机误差, 频闪法无法评价。

(2) 频闪法振动测频 (measuring vibration frequency by frequency lighting): 在振动物体上贴上标记, 根据稳定的频闪像和频闪次数可测出振动频率。

(3) 光楔法测振幅 (method of measuring vibration amplitude by light wedge): 在振动物体上贴上与物体不同色调的底边水平的直角三角形, 在物体稳定振动时, 由于视后效应, 将形成两个三角形, 两个三角形底边之间的距离即为振动的双振幅值。

### 5.13 转速表 (tachometer)

测量各种旋转物体旋转速度的仪器仪表, 计量单位为转每分钟, r/min。转速表有固定式和手持式 (便携式); 接触式和非接触式; 一体式和分体式。按工作原理主要分为以下类型:

(1) 离心式转速表 (centrifugal tachometer): 根据角速度与惯性离心力的非线性关系制成;

(2) 定时式转速表 (timing style tachometer): 利用计时机构控制计数表机构, 测量时间间隔和相应的转速, 即在一定时间间隔内测量旋转体转数的方法, 从而确定转速;

(3) 振动式转速表 (oscillate style tachometer): 利用特制簧片组与相应的转速引起的振动谐振效应制成;



(4) 电动式转速表 (dynamolectric style tachometer): 将机械转速通过机电换能器而转换成相应的电输出, 即利用转速传感器 (测速发电机) 与被测旋转轴相连接而输出电压信号, 分为带电机传感器的电动式转速表和电脉冲式转速表;

(5) 磁感应式转速表 (magnet inductor type's tachometer): 根据电磁感应原理制成, 即转速表轴上的永磁体转动所形成的旋转磁场与敏感元件切割磁力线感生电流之间产生相互作用力, 当此两者的相互作用力矩, 即涡流电磁力矩与游丝反作用力矩平衡时, 转速表表盘上的指针即指示被测转速;

(6) 频闪式转速表 (frequently flash style tachometer): 利用人的视觉暂留现象而测量转速的方法, 即根据频闪原理制成;

(7) 电子计数式转速表 (electron take count of style tachometer): 利用各种转速传感器 (例如光电式、磁电式、激光式、红外式、涡流式等) 将机械旋转频率转换成电脉冲信号, 通过电子计数器计数并显示相应转速值的转速表;

(8) 频率—电压 (F—V) 变换式转速表 (frequency—voltage (F—V) change style tachometer): 将旋转频率通过频率—电压变换器 (例如谐振电路) 而转换成电压量输出。

#### 5.14 转速比 (revolution speed ratio)

转速表的实际转速值与转速表刻度值之比, 也称转速表系数。1:1 的转速表可不标明转速比。

#### 5.15 【转速表】基本误差 (intrinsic error 【of tachometer】)

转速表在标准条件下具有的误差, 一般用引用误差的形式给出。

#### 5.16 【转速表】回程误差 (error of hysteresis) 【of tachometer】)

在相同的条件下, 被测量值不变而转速表的行程方向不同时, 其示值之差的绝对值为回程误差值, 它与指定的转速之值比为回程误差, 一般以引用误差形式给出。

#### 5.17 【转速表】示值变动性 (indication variation 【of tachometer】)

在被测对象不作任何改变的情况下, 对同一被测量进行多次重复读数, 其示值变化的最大差值; 可以用绝对误差表示, 也可用它与指定转速的比值即相对误差来表示。

#### 5.18 【转速表】指针摆幅率 (swing ratio 【of tachometer】)

转速表在检定点检定时, 被检表指针摆动的范围, 一般用引用误差形式给出。

#### 5.19 时基频率稳定度 (stability of time base frequency)

形成转速表和转速标准装置的时基的振荡器在规定的时间内, 频率的变动程度。在检定、校准时必须指明测量稳定度时所规定的时间。

#### 5.20 时基频率准确度 (accuracy of time base frequency)

形成时基的振荡器的频率值与标称值的相对偏差, 常用仪器或设备开机预热后的开机时的时基频率准确度表示, 称为开机时基频率准确度。

#### 5.21 转速标准装置 (rotating velocity of verifying standard equipment)

能够提供宽的调速范围和（或）高的转速精度的专门用于转速检定和校准的装置。它主要由三部分组成：转速源，通常用可控旋转电机；变速箱，由齿轮箱或其他变速设备构成，以产生宽范围的标准转速；测控系统，用于调节、控制标准转速的稳定性和准确性。转速源的转速与通过齿轮变速箱的输出轴的转速与之比称为主传动比，各输出轴之间的输出转速之比称为分传动比；降速的传动比用 $<1$ 的分数来表示，升速的传动比用 $>1$ 的分数来表示。

### 5.22 转速测量不确定度（uncertainty in measurement of rotating velocity）

标准转速装置的检定、校准转速点转速的扩展不确定度，简称转速不确定度，即该点的转速正确度与精密度的合成及扩展，用下式计算：

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N}$$

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (n_i - \bar{n})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma_a = \frac{\bar{n} - n_0}{\sqrt{3} n_0} \times 100\%$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_N}{\sqrt{N} n_0} \times 100\%$$

$$U = k \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}$$

式中： $\bar{n}$ ——检定点的 10 次检定值的平均值，r/min；

$n_i$ ——检定点转速的 10 次检定值，r/min；

$N$ ——检定点的测量次数，一般取  $N=10$  次；

$\sigma_N$ ——检定点 10 次转速测量值的标准不确定度，r/min；

$\sigma_a$ ——检定点不定系差的相对误差表示的标准不确定度，均匀分布， $k=3$ ，%；

$\sigma_b$ ——检定点平均值的相对标准不确定度，%；

$n_0$ ——检定点的标称转速，r/min；

$k$ ——置信系数，取  $k=3$ ；

$U$ ——检定点的转速测量扩展不确定度。

### 5.23 转速稳定度（stability for rotating velocity）

转速装置在一定时间内的稳定程度的度量，分为 20min 的短时稳定度和 4h 的长时稳定度两种：

(1) 20min 稳定度（stability of 20 minute）：用于高转速状态的检定、校准，计算公式为：

$$S_{20\min} = \frac{n_{i+1} - n_i}{\frac{n_{i+1} + n_i}{2}} \times 100\%$$

式中： $S_{20\min}$ ——标准转速装置的 20min 稳定性；每 2min 一测点；

$n_i$ ——第  $i$  次测量的转速值， $i=0, 1, 2, \dots, 11$  (0~20min, 共 11 测点)，  
r/min。

(2) 4h 稳定性 (stability of 4 hour)：计算公式为

$$S_{4h} = \frac{\overline{n_{j\max}} - \overline{n_{j\min}}}{\overline{n}} \times 100\%$$

$$= \frac{\sum_{j=0}^M \overline{n_j}}{M}$$

$$\overline{n_j} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N}$$

式中： $S_{4h}$ ——标准转速装置的 4h 稳定性，每半小时一测点；

$n_i$ ——每次测量时间的每次转速测量值， $i=1, 2, \dots, N$ ， $N=10$ ，r/min；

$\overline{n_j}$ ——每次测量时间的转速平均值， $j=0, 1, 2, \dots, M$ ， $M=9$  (0~4h, 共 9 测点)，r/min；max、min 为其中最大、最小者。

$\overline{n}$ —— $M$  个转速平均值的平均值，r/min。

#### 5.24 转角 (或角度) 标准装置 (rotating angle)

用于惯性导航器件和设备的测试或校准的台式设备，常称为转台 (rotating table)。由于这些器件和设备运动时有俯仰轴、侧滚轴和航向轴之别，因而转台也有单轴、双轴及三轴之分。转台分为以转动的角度定位的位置转台 (position's revolving table) (计量单位为角度、角分、角秒，°、′、″等) 和定转角速率 (转速) 的速率 (speed) 转台 (velocity's revolving table) (计量单位为角度每秒、角分每秒、角秒每秒，°/s、′/s、″/s)。

#### 5.25 出租汽车计价器 (taximeter)

出租汽车计价器是一种专用的计量仪器，它安装在出租汽车上、能连续累加并指示出行程中任一时刻乘客应付费用的总数，其金额值是计程和计时时间的函数。未装车的出租汽车计价器称为本机 (this instrument—themselves)。

注：出租汽车计价器属强制检定类计量器具。

#### 5.26 出租汽车计价器本机检定标准装置 (taximeter instrument—themselves of verifying standard equipment)

检定出租汽车计价器本机所使用的标准设备。该标准装置是转速源和计数器的组合，它与计价器联接后，能驱动计价器运行，并能同时计量转数。标准装置同时还设有电脉冲发生器。

5.27 出租汽车计价器使用误差的检定标准装置 (taximeter instrument to the vehicles error of verifying standard equipment)

检定出租汽车计价器装车后使用误差的检定标准装置。该装置模拟出租汽车在道路上行驶的状态,而设计成滚轮式结构,主滚轮轴侧装有传感器,其电信号送至计数器计量主滚轮转数,其周长应设计成1米整数倍以便于计算。主滚轮带动汽车驱动轮转动时,装置必须带有遥控开关和安全设备,以便于操作和保证安全。

5.28 车速里程表 (speed and milege meter)

测量指示车辆瞬时速度(车辆速度表)和车辆行驶过程车轮总转数所对应的里程(里程表)的计量仪器。两者共装于同一机壳内的仪表总称为车速里程表。车速里程表结构形式多种多样,如机械式、磁感应式、测速发电机式等。

5.29 车速里程表检定标准装置 (speed and milege meter of verifying standard equipment)

用于检定机动车辆用的速度表、里程表和车速里程表的标准装置,它只用于对仪表自身的检定。一般由标准信号源、驱动电路和电动机及各种附件组成。为完成检定车速里程表的全过程,应装有控制、显示电路和其他辅助电路。

5.30 滚筒式车速表检验台 (roller type speedometer tester)

对装车后的车速里程表进行检验的设备。由滚筒装置、测速系统和显示仪表等组成。被检验机动车辆车轮置于车速台滚筒上,将滚筒模拟活动路面。利用车轮与滚筒之间在滚动时线速度相等的原理进行检验。

5.31 空间滤波式车速测量仪 (apparatus with space filter for measuring rate of motor car)

单位空间长度内物理量周期性变化的次数,称为空间频率。用对空间频率具有一定选择性的栅格式空间滤波器,将相对移动背景的随机光强变化,转换成窄带随机信号,其中心频率正比于相对运动的速度,称此类测量车辆速度的装置为空间滤波式车辆测速仪。用相关法测量此中心频率,或采用频率—电压变换器测频,并进行信号的数字处理,即可测出背景相对移动速度。

5.32 五轮仪测速装置 (apparatus with five wheels for measuring rate)

在进行车辆道路实验时,为测量车辆的行程和速度,在车辆上安装标准的、附有传感器的第五个车轮,称为五轮仪测速装置,简称五轮仪。

5.33 机动车雷达测速仪 (apparatus with radar for measuring rate of motor car)

应用多普勒原理对机动车进行速度测量的仪器。它一般分为三种类型:手握式动态雷达测速仪 (portable apparatus with dynamic radar for measuring velocity)、手握式静态雷达测速仪 (portable apparatus with static radar for measuring velocity)、以及发射天线和数显装置分体而组成的动态雷达测速仪 (dynamic state's radar test speed apparatus)。雷达测速仪有两种工作模式:

(1) 动态工作模式 (dynamic state work mode): 能在车载运动中同时对目标车速和自身车速(即装载测速仪的巡逻车车速)进行测量的模式;

(2) 静态工作模式 (quiescent state work mode): 只对目标车速进行测量的模式。

5.34 机动车超速自动监测系统 (automatic monitor system for vehicles speeding of motor car)

固定安装于道路上, 在规定的条件下, 能对监测车道内机动车行驶速度进行实时、自动测量, 同时拍摄超出该车道路限速范围行驶的机动车图像, 并自动记录该车道路内机动车行驶时的速度值、日期、时间、地点等相关信息的监测系统。

5.35 场地检定法 (field verification method)

利用标准路面或规定的特种场地, 对车辆的性能和装车后的仪器仪表进行试验测量、检定、校准的方法, 又称标准路面法 (normative road surface method) 或道路试验法 (road experiment method)。

## 6 恒加速度

6.1 恒加速度 (constant acceleration)

离心机稳定旋转时, 作用于安装台面 (或转臂) 上的载荷的向心加速度称为恒加速度。恒加速度用间接法测定, 即根据实测的安装计算半径及主轴回转速度, 按下式计算恒加速度值:

$$a_0 = \omega^2 R_0 \approx 0.010966n_0^2 R_0$$

式中:  $a_0$ ——恒加速度,  $\text{m/s}^2$ ;

$n_0$ ——主轴回转速度,  $\text{r/min}$ ;

$R_0$ ——安装计算半径,  $\text{m}$ 。

6.2 离心机 (centrifuge)

可以以不同的角速度绕回转轴稳速旋转的标定或试验设备, 设备的工作台的形式分为圆盘式、桁架式和悬臂式等几种。离心机分为:

(1) 精密离心机 (precision centrifuge): 通过角运动产生标准向心加速度, 即恒加速度, 用以校准线加速度计和其他惯性导航器件的标准装置, 又称为恒加速度校准装置 (permanent acceleration calibration set);

(2) 离心试验机 (centrifugal testing machine): 通过角运动产生向心加速度, 即恒加速度, 用以进行环境试验、分离试验和其他试验的试验设备, 又称为恒加速度离心试验机 (centrifugal testing machine of constant acceleration)。

6.3 安装计算半径 (installing radius)

离心机台面 (或转臂) 安装的试验负载 (包括检定用负载) 中心位置到回转中心的距离。应使安装计算半径等于试验规范所规定的标称半径。

6.4 工作半径 (effective radius)

离心机平均回转中心到加速度计有效检测质量中心的距离。离心机静止时的工作半径, 称为静态工作半径 (static radius), 离心机旋转时变化的工作半径, 称为动态工作

半径 (dynamic effective radius)。

#### 6.5 切向加速度 (acceleration in tangential direction)

离心机台面 (或转臂) 上载荷沿着半径为  $R_0$  圆周运动时, 它在切线方向的速度变化率称为切线加速度, 切线加速度的计算式为

$$a_T = \frac{\pi}{30} \frac{(n_2 - n_1)R_0}{t}$$

式中:  $a_T$ ——切线加速度,  $\text{m/s}^2$ ;

$n_1$ 、 $n_2$ ——主轴回转速度初终值,  $\text{r/min}$ ;

$t$ ——主轴回转速度由初值到终值的时间,  $\text{s}$ 。

#### 6.6 切向加速度比 (rate of acceleration in tangential direction to constant acceleration)

载荷中心切线加速度  $a_T$  和恒加速度  $a_0$  的比值为切线加速度比  $\beta$ , 计算式为

$$a_T = \frac{a_T}{a_0} \times 100\% \approx 0.1047 \frac{(n_2 - n_1)R_0}{ta_0} \times 100\%$$

当  $t$  为  $n_1=0$  到  $n_2=n_0$  的时间时,  $\beta_0$  为切线加速度比平均值, 即:

$$\beta_0 = 0.1047 \frac{n_0 R_0}{ta_0} \times 100\%$$

当  $t=1\text{s}$  时,  $\beta_1$  为切线加速度瞬时值, 即:

$$\beta_1 = 0.1047 \frac{(n_2 - n_1)R_0}{a_0} \times 100\%$$

#### 6.7 主轴回转速度 (转速) 设定值 (setting value of angular velocity of main axis)

满足被试载荷试验条件而设置的离心机回转速度, 有时简称转速。主轴回转速度设定值依据恒加速度规定值及安装计算半径, 按下式计算:

$$n'_0 = \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{a'_0}{R_0}} \approx 9.549 \sqrt{\frac{a'_0}{R_0}}$$

式中:  $a'_0$ ——恒加速度规定值,  $\text{m/s}^2$ ;

$n'_0$ ——主轴回转速度设定值,  $\text{r/min}$ 。

#### 6.8 集 (汇) 流环 (slip-ring)

在转台和离心机等旋转设备上, 由定子的电刷和转子的滑环组成, 用于传递电信号的器件, 有时称“导电滑环” (electric slip ring)。其静止状态和旋转状态的接触电阻是重要指标之一, 称为集 (汇) 流环接触电阻 (contact resistance of gathering current ring)。

#### 6.9 两次安装法 (calibration method of accelerometer in two different positions)

当离心机旋转半径不能直接测量时, 可以把被测传感器分别安装在两个位置上, 两个位置之间的距离可以测量, 误差控制在  $\pm 0.5\%$  以内。测量两个安装位置上的转速和传感器输出, 则传感器标度因数  $S$  用下式表示:

$$S = \frac{V}{2\pi^2 n_2^2 \frac{\Delta r}{1 - (n_2/n_1)^2}}$$

式中：V——加速度计输出，V；

$n_1$ ——第一位置时的转速，r/min；

$n_2$ ——第二位置时的转速，r/min；

$\Delta r$ ——两次安装中加速度计之间的距离（半径差），m。

#### 6.10 惯性导航加速度计（inertial navigation accelerometer）

利用检测质量（或称敏感质量）的惯性力来测量线加速度或角加速度，经过计算（一次或二次积分），从而求得所需的控制信号，来控制运载体按要求的轨道或弹道运动的加速度传感器。开环的惯导加速度计又称为简单加速度计（simpleness accelerometer），常称为过载加速度计（overloading accelerometer）；闭环的惯导加速度计按构造原理又称为力平衡式加速度计（accelerometer with force equalization）、力反馈式加速度计（accelerometer with force feedback）和带有补偿系统的加速度计（accelerometer with compensate system），又常称为伺服加速度计。惯导加速度计、陀螺仪、计算机共同构成了惯导平台。惯导加速度计主要有两类：

（1）线加速度计（linearity accelerometer）：测量沿输入轴的线加速度，输出信号是由检测质量对输入的惯性力所产生的电信号，主要构造形式为各种圆柱形结构；

（2）摆式加速度计（swing accelerometer）：检测质量做成单摆形式，在加速度作用下，检测质量绕支承点产生角位移做输出量，常见的有宝石轴承摆式、动圈摆式、液浮摆式、线性摆式等等结构。

#### 6.11 输入基准轴（input reference axis）

在加速度计中，沿着该轴输入加速度作用时，能产生最大输出的轴。

#### 6.12 静态模型方程（static mathematic model of accelerometer）

模型方程是表达加速度计输出，与沿平行或垂直于加速度计输入基准轴作用的加速度分量间的数学关系式。

（1）加速度计的三次静态模型方程：

$$A_{\text{ind}} = \frac{E_i}{K_1} = K_0 + a_i + K_2 a_i^2 + K_3 a_i^3$$

式中： $A_{\text{ind}}$ ——加速度计输出所指示的加速度值，用重力加速度  $g$ （ $g_n = 9.80665\text{m/s}^2$  或校准地点的重力加速度实测值）为单位表示；

$E_i$ ——加速度计输出，V，mA 或脉冲数/s 等；

$a_i$ ——加速度计输入的加速度，用重力加速度  $g$ （ $g_n = 9.80665\text{m/s}^2$  或校准地点的重力加速度实测值）为单位表示；

$K_0$ ——偏值， $g$ ；

$K_1$ ——标度因数，V/g，mA/g 或脉冲数/（s·g）；

$K_2$ ——二阶非线性系数，（V，Ma 或脉冲数/s）/g<sup>2</sup>；

$K_3$ ——三阶非线性系数，（V，mA 或脉冲数/s）/g<sup>3</sup>。

(2) 加速度计的二次静态方程：

$$A_{\text{ind}} = \frac{E_i}{K_1} = K_0 + a_i + K_1 a_i^2$$

(3) 加速度计的一次静态方程：

$$A_{\text{ind}} = \frac{E_i}{K_1} = K_0 + a_i$$

### 6.13 标度因数 (scale factor)

线加速度计输出的量值与作用在输入轴上加速度量值的比值。

### 6.14 非线性系数 (nonlinearity coefficient)

表示加速度计输入与输出偏离线性关系的系数，输出变化量与作用在输入轴上加速度的平方的比值称为二阶非线性系数 (second-order nonlinearity coefficient)，输出变化量与作用在输入轴上加速度的三次方的比值称为三阶非线性系数 (third-order nonlinearity coefficient)

## 7 平衡

### 7.1 临界转速 (critical speed)

旋转机械系统发生共振时的特征转速。由于支承刚度和其质量之比与转子刚度和其质量相比的比值不同，达到临界转速时表现明显的可以是轴颈的运动，也可以是转子的挠曲变形，因而可分为挠曲临界转速和刚性转子的振型临界转速。转子在理论上一般具有无穷多个临界转速，但在工程上有意义的只是前  $n$  阶临界转速。对转子平衡来说，必须考虑的是从零到最高工作转速范围内  $n$  阶临界转速，有时还需要考虑  $(n+1)$  阶甚至更高阶的临界转速。临界转速也称为共振转速。

### 7.2 转子 (rotor)

通常指轴颈由轴承支承的旋转体。转子又分为刚性和柔性两种：

(1) 刚性转子 (rigid rotor)：是指可以在任意选定的两个校正平面上进行平衡校正之后，在直至最高工作转速的任何转速以及接近实际工作运转的支承条件下，其剩余不平衡量无明显改变的转子；

(2) 柔性转子 (flexible rotor)：指由于弹性挠曲而不能满足刚性转子定义的转子，也称为挠性转子。

### 7.3 质量偏心距 (mass eccentricity)

刚性转子的质心与转子轴线间的距离。

### 7.4 不平衡 (unbalance)



转子旋转产生离心力所引起的振动力或运动作用于轴承时，该转子所处的状态。刚性转子的不平衡，一般可用任意两个面上的两个不平衡向量表示。不平衡一般可分解为：

(1) 静不平衡 (static unbalance)：中心主惯性轴平行偏离于轴线的不平衡状态。静不平衡可由两个动不平衡矢量的合成给出。

(2) 动不平衡 (dynamic unbalance)：中心主惯性轴与转子轴线既不平行又不相交的不平衡状态。动不平衡可由两个等效的不平衡矢量给出，这两个等效的不平衡矢量分别在两个垂直于轴线的指定平面上并能完全表示转子总的不平衡。

#### 7.5 不平衡矢量 (unbalance vector)

大小为不平衡量值，方向为不平衡相角的矢量。

#### 7.6 不平衡量 (amount of unbalance)

转子各微段的质心不严格处于回转轴线上则产生不平衡量 (对某个平面而言)，它等于不平衡质量与其质心至轴线距离的乘积，不涉及不平衡的相角位置。不平衡量的单位用  $g \cdot mm$  表示。

#### 7.7 不平衡度 ( $e$ ) (specific unbalance)

转子单位质量的不平衡量。在静不平衡时，不平衡度的值等于转子的质量偏心距。

#### 7.8 平衡 (balancing)

对回转体的质量分布进行调整，使作用于轴颈上的与转速同步的振动和力减少到某个规定限度以内的操作称为平衡。为了进行平衡，可用平衡试验机测定不平衡的程度。

#### 7.9 校正平面 (correction plane)

垂直于转子轴线，在其上校正不平衡的平面，又称平衡平面。

#### 7.10 校验转子 (proving rotor)

为校验平衡机而设计的适当质量的刚性转子，这种转子已平衡到足以能用加重方法引入准确的不平衡量，其量值和相角位置具有高度的重复性。同义词为试验转子。

#### 7.11 标定质量 (calibration mass)

某已知质量，用于：

(1) 与校验转子一起，以标定平衡机；

(2) 在某种类型的第一个转子上，标定软支承平衡机以校正该转子以及同类型的转子。

#### 7.12 平衡机 (balancing machine)

用于测量转子不平衡的机器。如需要可用于调整被平衡转子的质量分布，使与转速同频的轴颈振动或作用于轴承的力减小。平衡机按转子—支承系统力学特性分为硬支承和软支承两种。

(1) 硬支承 (hard bear) 平衡机 (低于共振)：指平衡转速低于转子—支承系统固有频率的平衡机；

(2) 软支承 (soft bear) 平衡机 (高于共振): 指平衡转速高于转子—支承系统固有频率的平衡机。

#### 7.13 最小可达剩余不平衡度 ( $e_{\text{mar}}$ ) (minimum achievable residual specific unbalance)

在给定条件下, 平衡机能够使转子达到的剩余不平衡度的最小值, 其单位为  $\text{g} \cdot \text{mm}/\text{kg}$ 。

$$e_{\text{mar}} = \frac{U_{\text{mar}}}{M}$$

式中:  $M$ ——校验转子的质量,  $\text{kg}$ ;

$U_{\text{mar}}$ ——最小可达剩余不平衡量, 即平衡机能够使转子达到的剩余不平衡量的最小值, 单位为  $\text{g} \cdot \text{mm}$ 。

#### 7.14 不平衡量减少率 (URR) (unbalance reduction ratio)

经过一次平衡校正减少的不平衡量与初始不平衡量之比值, 它是不平衡校正总效率的量度, 通常以百分数表示。

## 中文索引

A	
安装共振频率	3. 47
安装计算半径	6. 3
安装力矩灵敏度	3. 57
B	
贝塞尔函数法	3. 43
比例带宽滤波器	3. 30
标定质量	7. 11
标度因数	6. 13
波峰因数	3. 14
波形失真	2. 12
波形因数	3. 15
不平衡	7. 4
不平衡度 (e)	7. 7
不平衡量	7. 6
不平衡量减少率 (URR)	7. 14
不平衡矢量	7. 5
C	
采样	3. 71
场地检定法	5. 35
传感器温度响应	3. 49
车速里程表	5. 28
车速里程表检定标准装置	5. 29
冲击测量仪	4. 16
冲击机	4. 10
冲击加速度比较校准法	4. 15
冲击加速度速度变化量	4. 25
冲击力法	4. 11
冲击脉冲	4. 2
冲击脉冲波形再现	4. 18
冲击脉冲持续时间	4. 3
冲击脉冲的形成装置	4. 22
冲击脉冲上升时间	4. 4
冲击脉冲下降时间	4. 5
冲击谱	4. 6
冲击试验	4. 28
冲击试验机再现	4. 19

冲击试验台	4. 21
冲击响应谱	4. 7
冲击响应谱波形匹配	4. 8
冲击响应谱再现	4. 20
出租汽车计价器	5. 25
出租汽车计价器本机检定标准装置	5. 26
出租汽车计价器使用误差的检定标准装置	5. 27
D	
触发误差（迟滞误差）	5. 10
窗函数	3. 78
磁灵敏度	3. 56
带内波动度	3. 32
带内带外总均方根值比（ $R$ ）	3. 106
带外衰减率	3. 35
电动振动台	3. 83
动态范围	2. 6
动态信号分析仪	3. 61
对数衰减率（ $\Delta$ ）	3. 17
E	
额定加速度（位移，速度）	3. 115
额定宽带随机激振力 $F_{ob}$	3. 109
额定行程	3. 114
额定正弦激振力 $F_0$	3. 108
耳轴	3. 89
F	
非线性度	2. 9
非线性系数	6. 14
峰值保持	3. 74
辅助台	3. 86
G	
概率分布函数	3. 80
概率密度函数	3. 81
概率密度函数示值误差和概率分布函数示值误差	3. 105
高次（阶）谐波与次（分）谐波	5. 9
跟随条件	3. 60
跟踪滤波器	3. 33
工作半径	6. 4
共振试验	3. 123
惯性导航加速度计	6. 10
光栅测速法	4. 13

滚筒式车速表检验台	5.30
国际标准重力加速度	2.2
过程	3.6
H	
恒定带宽滤波器	3.29
恒加速度	6.1
横向轴	3.90
互功率谱密度	3.64
互相关函数	3.68
互易校准法	3.44
霍布金森杆压缩波法	4.14
J	
机动车超速自动监测系统	5.34
机动车雷达测速仪	5.33
机械冲击	4.1
机械振动台	3.85
机械阻抗	2.7
基带分析	3.26
基座应变灵敏度	3.53
激励	2.4
激振器	3.88
极限加速度	3.54
集(汇)流环	6.8
计权	3.77
加窗修正系数	3.79
加速度功率谱密度控制动态范围	3.100
加速度功率谱密度示值误差	3.103
加速度谱密度	3.66
加速度谱密度设置动态范围	3.101
加速度总均方根值示值误差	3.102
加速试验	3.122
简谐振动	3.2
交叉干扰	3.21
交越频率	3.91
校验转子	7.10
校正平面	7.9
校准	2.13
校准系数	2.15
校准振动台	3.39
角速度	5.1

角振动台	3. 87
静态模型方程	6. 12
均方值	3. 13
均衡时间	3. 99
K	
抗混迭滤波器	3. 69
空间滤波测速装置	5. 31
空载最大加速度	3. 112
L	
离心机	6. 2
两次安装法	6. 9
量化误差	5. 11
临界转速	7. 1
灵敏度	2. 10
滤波器	3. 28
落体式冲击试验台	4. 24
M	
满载最大加速度	3. 113
N	
耐振试验	3. 124
能量谱密度	4. 9
P	
碰撞试验台	4. 23
漂移	3. 51
频程	3. 34
频率响应函数	2. 8
频闪效应	5. 12
品质因数 (Q)	3. 19
平衡	7. 8
平衡机	7. 12
平滑	3. 72
平均	3. 73
谱线数	3. 70
Q	
切向加速度	6. 5
切向加速度比	6. 6
R	
容差带生成	4. 17
瑞利分布	3. 8

S	
3dB 带宽	3.24
扫描速率	3.96
扫频精度	3.97
声灵敏度	3.55
时基频率稳定度	5.19
时基频率准确度	5.20
时间常数 ( $\tau$ )	3.18
实时分析	3.62
输入基准轴	6.11
数字信号处理 (DSP)	3.22
瞬变温度灵敏度	3.48
速度改变法	4.12
随机信号的质量检验	3.107
随机噪声	3.10
随机振动	3.5
T	
台面冲击峰值加速度幅值不均匀度	4.26
台面冲击峰值加速度横向运动比	4.27
台面横向振动比	3.95
台面加速度幅值均匀度	3.94
台面加速度信噪比	3.92
特殊环境的响应	3.58
条纹计数法	3.41
条纹细分法	3.42
通道一致性	3.20
通频带	3.23
统计自由度	3.76
W	
温度灵敏度	3.50
稳定性	2.11
五轮仪测速装置	5.32
X	
系统	2.3
系统校准	2.14
细化分析	3.27
线速度	5.2
相干函数	3.65
相位	3.11
响应	2.5

旋转运动灵敏度	3. 52
循环时间	3. 98
Y	
液压式振动台	3. 84
有效带宽	3. 25
运动部件的等效质量 $m_e$	3. 116
运动部件的谐振频率	3. 93
Z	
噪声	3. 9
振动	3. 1
振动标准套组	3. 40
振动比较法校准	3. 46
振动参考幅值	3. 37
振动参考频率	3. 36
振动传感器	3. 59
振动试验台	3. 82
振动灵敏轴	3. 38
振动烈度	3. 3
振动试验	3. 120
振幅	3. 12
振级	3. 4
正态分布	3. 7
正弦逼近法	3. 45
质量偏心距	7. 3
中界频率	5. 8
中心频率	3. 31
重力加速度	2. 1
主轴回转速度（转速）设定值	6. 7
转角（或角度）标准装置	5. 24
转速（旋转速度）	5. 3
转速比	5. 14
转速标准装置	5. 21
转速表	5. 13
【转速表】回程误差	5. 16
【转速表】基本误差	5. 15
【转速表】示值变动性	5. 17
【转速表】指针摆幅率	5. 18
转速波动度	5. 4
转速的频率测量法（M法）	5. 5
转速的周期测量法（T法）	5. 6



转速的综合法 (M/T 法)	5. 7
转速精度	5. 22
转速稳定度	5. 23
转子	7. 2
自功率谱密度	3. 63
自相关函数	3. 67
自相关函数幅值示值误差	3. 104
自由度	3. 75
综合试验	3. 121
阻尼	3. 16
最大侧倾力矩	3. 119
最大偏转力矩	3. 118
最大倾覆力矩	3. 117
最大随机推力	3. 111
最大正弦推力	3. 110
最小可达剩余不平衡度 (emar)	7. 13



## 英文索引

accelerating test	3. 122
acceleration amplitude uniformity for vibration table	3. 94
acceleration in tangential direction	6. 5
acceleration of gravity	2. 1
acceleration root-mean-square value ratio of band-in to band-out	3. 106
acceleration signal-to-noise ratio for vibration table	3. 92
acceleration spectral density	3. 66
accelerometer	6. 10
accuracy of rotating velocity	5. 22
accuracy of time base frequency	5. 20
amount of unbalance	7. 6
amplitude	3. 12
amplitude uniformity of acceleration peak for shock table	4. 26
angle—vibration generator	3. 87
angular velocity	5. 1
anti—aliasing filter	3. 69
apparatus with five wheels for measuring rate	5. 32
apparatus with radar for measuring rate of motor car	5. 33
apparatus with space filter for measuring rate	5. 31
auto spectral density	3. 63
automatic monitor system for vehicles speeding of motor car	5. 34
autocorrelation function	3. 67
auxiliary generator <table>	3. 86
average	3. 73
balancing	7. 8
balancing machine	7. 12
base band analysis	3. 26
base strain sensitivity	3. 53
bearing axes	3. 89
bearing axes	3. 125
Bessel function method	3. 43
bump testing table	4. 23
calibration	2. 13
calibration factor	2. 15
calibration mass	7. 11
calibration method of accelerometer in two different positions	6. 9
centre frequency	3. 31

centrifuge	6. 2
coherence function	3. 65
combined test	3. 121
constant acceleration	6. 1
constant bandwidth filter	3. 29
control dynamic range for acceleration power	3. 100
correction plane	7. 9
crest factor	3. 14
critical speed	7. 1
cross spectral density	3. 64
cross talk	3. 21
cross-correlation function	3. 68
cross-over frequency	3. 91
cross-over frequency	3. 127
cycle time	3. 98
damping	3. 16
degrees of freedom	3. 75
digital signal processing	3. 22
drift	3. 51
drop shock testing table	4. 24
duration of shock pulse	4. 3
dynamic range	2. 6
dynamic signal analyzer	3. 61
effect of frequency lighting	5. 12
effective bandwidth	3. 25
effective mass of the moving element	3. 116
effective radius	6. 4
electrodynamics vibration generator	3. 83
endurance test	3. 124
energy spectrum density	4. 9
equalization time	3. 99
equipment for generating shock pulse	4. 22
error of acceleration power spectral density indication	3. 103
error of acceleration root-mean-square indication value	3. 102
error of autocorrelation function indication value	3. 104
error of hysteresis <b>【of tachometer】</b>	5. 16
error of probability density function indication value and (error of probability distribution function indication value)	3. 105
excitation	2. 4
field verification method	5. 34

filter	3. 28
fluctuation of rotating velocity	5. 4
follow condition	3. 60
form factor	3. 15
frequency interval	3. 35
frequency response function	2. 8
fringe-counting method	3. 41
high frequency harmonic and (Time (cent) harmonic) (hypo humorous wave)	5. 9
hydraulic vibration generator	3. 84
in-band ripple	3. 32
indication variation 【of tachometer】	5. 17
input reference axis	6. 11
installing radius	6. 3
international standard gravity acceleration	2. 2
intrinsic error 【of tachometer】	5. 15
limited acceleration	3. 54
linear velocity	5. 2
logarithmic decrement	3. 17
magnetic sensitivity	3. 56
mass eccentricity	7. 3
maximum bare table acceleration	3. 112
maximum loaded table acceleration	3. 113
maximum pitch moment	3. 117
maximum roll moment	3. 118
maximum thrust force for random vibration wide band	3. 111
maximum thrust force for sinusoidal vibration	3. 110
maximum yaw moment	3. 119
mean-square value	3. 13
mechanical impedance	2. 7
mechanical shock	4. 1
mechanical vibration generator	3. 85
method for Hopkinson bar compress wave	4. 14
method for measurement velocity with grating	4. 13
method for measuring frequency	5. 5
method for measuring periodic	5. 6
method for shock acceleration comparison calibration	4. 15
method for shock force	4. 11
method for velocity change	4. 12
minimum achievable residual specific unbalance	7. 13
mounted resonance frequency	3. 47

mounting torque sensitivity	3. 57
noise	3. 9
non—linearity	2. 9
nonlinearity coefficient	6. 14
normal distribution	3. 7
number of spectral line	3. 70
out-of-band attenuation ratio	3. 35
passage unanimously	3. 20
pass-band	3. 23
peak hold	3. 74
phase	3. 11
probability density function	3. 81
probability distribution function	3. 80
process	3. 6
proportional bandwidth filter	3. 30
proving rotor	7. 10
quality factor	3. 19
quantization error	5. 11
random noise	3. 10
random vibration	3. 5
rate of acceleration in tangential direction to constant acceleration	6. 6
rated acceleration (displacement、 velocity)	3. 115
rated thrust force under broad-band random vibration exciting	3. 109
rated thrust force under sinusoidal vibration exciting	3. 108
rated travel	3. 114
Raleigh distribution	3. 8
real-time analysis	3. 62
reciprocity method	3. 44
reproduction of shock pulse	4. 18
reproduction of shock response spectrum or (wave matching reproduce of shock response spectrum)	4. 20
reproduction with shock machine	4. 19
resonance frequency of the moving element	3. 93
resonance test	3. 123
response	2. 5
revolution speed ratio	5. 14
Roller type speedometer tester	5. 30
rotating angle	5. 24
rotating velocity	5. 3
rotating velocity of verifying standard equipment	5. 21

rotor	7. 2
sampling	3. 71
scale factor	6. 13
sensitivity	2. 10
sensitivity for rotational motion	3. 52
separating frequency	5. 8
setting dynamic range of acceleration power spectral density	3. 101
setting value of angular velocity of main axis	6. 7
shock machine	4. 10
shock measuring instrument	4. 16
shock pulse	4. 2
shock pulse drop-off time	4. 5
shock pulse rise time	4. 4
shock response spectrum	4. 7
shock spectrum	4. 6
shock test	4. 28
shock testing table	4. 21
simple harmonic vibration	3. 2
sine-approximation method	3. 45
slip-ring	6. 8
smoothing	3. 72
sound sensitivity	3. 55
special environment response	3. 58
specific unbalance	7. 7
Speed and mileage meter	5. 28
Speed and mileage meter of verifying standard equipment	5. 29
stability	2. 11
stability for rotating velocity	5. 23
stability of time base frequency	5. 19
standard vibrator	3. 39
static mathematic model of accelerometer	6. 12
statistical degrees of freedom	3. 76
subdividing fringe method	3. 42
sweep frequency width vibration	3. 97
sweep rate	3. 96
swing ratio 【of tachometer】	5. 18
synthesis method	5. 7
system	2. 3
system calibration	2. 14
tachometer	5. 13

---

taximeter	5. 25
Taximeter instrument to the vehicles error of verifying standard equipment	5. 27
Taximeter instrument-themselves of verifying standard equipment	5. 26
temperature response	3. 49
temperature response sensitivity	3. 50
3dB bandwidth	3. 24
time constant	3. 18
tolerance range generation	4. 17
tracking filter	3. 33
transient temperature sensitivity	3. 48
transverse axis	3. 90
transverse axis	3. 126
transverse movement vibration ratio for shock acceleration peak	4. 27
transverse vibration ratio for generator	3. 95
trig error	5. 10
unbalance	7. 4
unbalance reduction ratio	7. 14
unbalance vector	7. 5
velocity change quantity for shock acceleration	4. 25
verify inspection of random vibration signal	3. 107
vibration	3. 1
vibration calibration method by comparison	3. 46
vibration exciter	3. 88
vibration generator for testing	3. 82
vibration severity	3. 3
vibration reference amplitude	3. 37
vibration reference frequency	3. 36
vibration standard combination	3. 40
vibration sensitive axis	3. 38
vibration step	3. 4
vibration test	3. 120
vibration transducer	3. 59
wave distortion	2. 12
wave shape matching for shock response spectrum	4. 8
weighting	3. 77
windowing correction coefficient	3. 79
window function	3. 78
zoom analysis	3. 27

---