

## 振动台在使用中经常运用的公式

### 1、求推力 (F) 的公式

$$F = (m_0 + m_1 + m_2 + \dots) A \dots \dots \dots \text{公式 (1)}$$

式中: F—推力 (激振力) (N)

$m_0$ —振动台运动部分有效质量 (kg)

$m_1$ —辅助台面质量 (kg)

$m_2$ —试件 (包括夹具、安装螺钉) 质量 (kg)

A— 试验加速度 ( $m/s^2$ )

### 2、加速度 (A)、速度 (V)、位移 (D) 三个振动参数的互换运算公式

$$2.1 \quad A = \omega v \dots \dots \dots \text{公式 (2)}$$

式中: A—试验加速度 ( $m/s^2$ )

V—试验速度 (m/s)

$\omega = 2\pi f$  (角速度)

其中 f 为试验频率 (Hz)

$$2.2 \quad V = \omega D \times 10^{-3} \dots \dots \dots \text{公式 (3)}$$

式中: V 和  $\omega$  与 “2.1” 中同义

D—位移 ( $mm_{0-p}$ ) 单峰值

$$2.3 \quad A = \omega^2 D \times 10^{-3} \dots \dots \dots \text{公式 (4)}$$

式中: A、D 和  $\omega$  与 “2.1”, “2.2” 中同义

公式 (4) 亦可简化为:

$$A = \frac{f^2}{250} \times D$$

式中: A 和 D 与 “2.3” 中同义, 但 A 的单位为 g

$$1g = 9.8m/s^2$$

所以:  $A \approx \frac{f^2}{25} \times D$ , 这时 A 的单位为  $m/s^2$

定振级扫频试验平滑交越点频率的计算公式

### 3.1 加速度与速度平滑交越点频率的计算公式

$$f_{A-V} = \frac{A}{6.28V} \dots \dots \dots \text{公式 (5)}$$

式中:  $f_{A-V}$ —加速度与速度平滑交越点频率 (Hz) (A 和 V 与前面同义)。

### 3.2 速度与位移平滑交越点频率的计算公式

$$f_{V-D} = \frac{V \times 10^3}{6.28D} \dots\dots\dots \text{公式 (6)}$$

式中：  $f_{V-D}$ —加速度与速度平滑交越点频率 (Hz) (V 和 D 与前面同义)。

### 3.3 加速度与位移平滑交越点频率的计算公式

$$f_{A-D} = \sqrt{\frac{A \times 10^3}{(2\pi)^2 \times D}} \dots\dots\dots \text{公式 (7)}$$

式中：  $f_{A-D}$ — 加速度与位移平滑交越点频率 (Hz)，(A 和 D 与前面同义)。

根据“3.3”，公式 (7) 亦可简化为：

$$f_{A-D} \approx 5 \times \sqrt{\frac{A}{D}} \quad \text{A 的单位是 } m/s^2$$

## 4、 扫描时间和扫描速率的计算公式

### 4.1 线性扫描比较简单：

$$S_1 = \frac{f_H - f_L}{V_1} \dots\dots\dots \text{公式 (8)}$$

式中：  $S_1$ —扫描时间 (s 或 min)

$f_H-f_L$ —扫描宽带，其中  $f_H$  为上限频率， $f_L$  为下限频率 (Hz)

$V_1$ —扫描速率 (Hz/min 或 Hz/s)

### 4.2 对数扫频：

#### 4.2.1 倍频程的计算公式

$$n = \frac{Lg \frac{f_H}{f_L}}{Lg 2} \dots\dots\dots \text{公式 (9)}$$

式中： n—倍频程 (oct)

$f_H$ —上限频率 (Hz)

$f_L$ —下限频率 (Hz)

#### 4.2.2 扫描速率计算公式

$$R = \frac{Lg \frac{f_H}{f_L} / Lg 2}{T} \dots\dots\dots \text{公式 (10)}$$

式中： R—扫描速率 (oct/min 或)

$f_H$ —上限频率 (Hz)

$f_L$ —下限频率 (Hz)

T—扫描时间

#### 4.2.3 扫描时间计算公式

$$T = n/R \dots\dots\dots \text{公式 (11)}$$

式中: T—扫描时间 (min 或 s)

n—倍频程 (oct)

R—扫描速率 (oct/min 或 oct/s)

### 5、随机振动试验常用的计算公式

#### 5.1 频率分辨力计算公式:

$$\Delta f = \frac{f_{\max}}{N} \dots\dots\dots \text{公式 (12)}$$

式中:  $\Delta f$ —频率分辨力 (Hz)

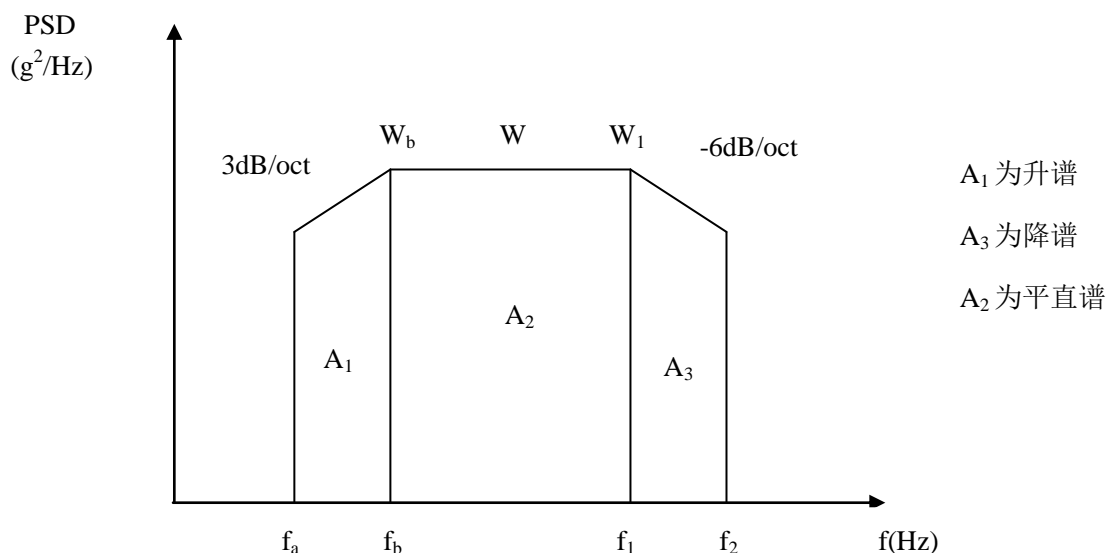
$f_{\max}$ —最高控制频率

N—谱线数 (线数)

$f_{\max}$  是  $\Delta f$  的整倍数

#### 5.2 随机振动加速度总均方根值的计算

(1) 利用升谱和降谱以及平直谱计算公式



功率谱密度曲线图 (a)

$A_2=W \cdot \Delta f=W \times (f_1-f_b)$  .....平直谱计算公式

$$A_1=\int_{f_a}^{f_b} w(f)df = \frac{w_b f_b}{m+1} \left[ 1 - \left( \frac{f_a}{f_b} \right)^{m+1} \right] \text{ .....升谱计算公式}$$

$$A_1=\int_{f_1}^{f_2} w(f)df = \frac{w_1 f_1}{m-1} \left[ 1 - \left( \frac{f_1}{f_2} \right)^{m-1} \right] \text{ .....降谱计算公式}$$

式中:  $m=N/3$   $N$  为谱线的斜率 (dB/oct)

若  $N=3$  则  $n=1$  时, 必须采用以下降谱计算公式

$$A_3=2.3w_1 f_1 \lg \frac{f_2}{f_1}$$

加速度总均方根值:

$$g_{\text{mis}}=\sqrt{A_1 + A_2 + A_3} \quad (\text{g}) \text{ .....公式 (13-1)}$$

设:  $w=w_b=w_1=0.2\text{g}^2/\text{Hz}$   $f_a=10\text{Hz}$   $f_b=20\text{Hz}$   $f_1=1000\text{Hz}$   $f_2=2000\text{Hz}$

$w_a \rightarrow w_b$  谱斜率为 3dB,  $w_1 \rightarrow w_2$  谱斜率为-6dB

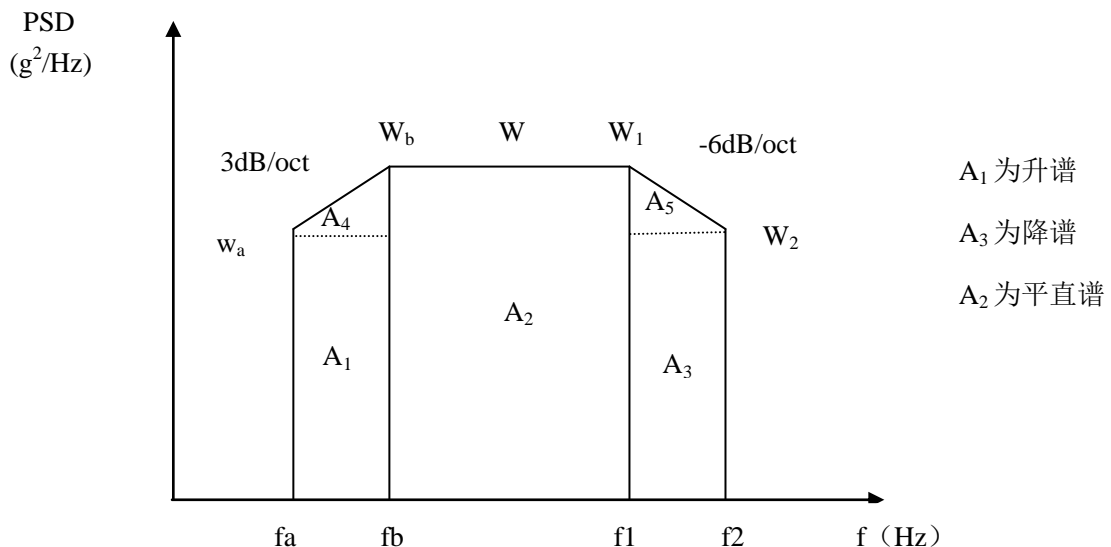
利用升谱公式计算得:  $A_1=\frac{w_b f_b}{m+1} \left[ 1 - \left( \frac{f_a}{f_b} \right)^{m+1} \right] = \frac{0.2 \times 20}{1+1} \left[ 1 - \left( \frac{10}{20} \right)^{1+1} \right] = 1.5$

利用平直谱公式计算得:  $A_2=w \times (f_1-f_b) = 0.2 \times (1000-20) = 196$

利用降谱公式计算得:  $A_3=\frac{w_1 f_1}{m-1} \left[ 1 - \left( \frac{f_1}{f_2} \right)^{m-1} \right] = \frac{0.2 \times 1000}{2-1} \times \left[ 1 - \left( \frac{1000}{2000} \right)^{2-1} \right] = 100$

利用加速度总均方根值公式计算得:  $g_{\text{mis}}=\sqrt{A_1 + A_2 + A_3} = \sqrt{1.5 + 196 + 100} = 17.25$

(2) 利用平直谱计算公式: 计算加速度总均方根值



功率谱密度曲线图 (b)

为了简便起见，往往将功率谱密度曲线图划分成若干矩形和三角形，并利用上升斜率（如 3dB/oct）和下降斜率（如-6dB/oct）分别算出  $w_a$  和  $w_2$ ，然后求各个几何形状的面积与面积和，再开方求出加速度总均方根值  $g_{rms} = \sqrt{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}$  (g)……公式 (13-2)

注意：第二种计算方法的结果往往比用升降谱计算结果要大，作为大概估算可用，但要精确计算就不能用。

例：设  $w = w_b + w_1 = 0.2g^2/Hz$   $f_a = 10Hz$   $f_b = 20Hz$   $f_1 = 1000Hz$   $f_2 = 2000Hz$

由于  $f_a$  的  $w_a$  升至  $f_b$  的  $w_b$  处，斜率是 3dB/oct，而  $w_b = 0.2g^2/Hz$

$$10 \lg \frac{w_b}{w_a} = 3dB \quad \text{所以 } w_a = 0.1g^2/Hz$$

又由于  $f_1$  的  $w_1$  降至  $f_2$  的  $w_2$  处，斜率是-6dB/oct，而  $w_1 = 0.2g^2/Hz$

$$10 \lg \frac{w_2}{w_1} = -6dB \quad \text{所以 } w_2 = 0.05g^2/Hz$$

将功率谱密度曲线划分成三个长方形( $A_1$   $A_2$   $A_3$ )和两个三角形 ( $A_4$   $A_5$ )，再分别求出各几何形的面积，则

$$A_1 = w_a \times (f_b - f_a) = 0.1 \times (20 - 10) = 1$$

$$A_2 = w \times (f_1 - f_b) = 0.2 \times (1000 - 20) = 196$$

$$A_3 = w_2 \times (f_2 - f_1) = 0.05 \times (2000 - 1000) = 50$$

$$A_4 = \frac{(w_b - w_a)(f_b - f_a)}{2} = \frac{(0.2 - 0.1)(20 - 10)}{2} = 0.5$$

$$A_5 = \frac{(w_1 - w_2)(f_2 - f_1)}{2} = \frac{(0.2 - 0.05)(2000 - 1000)}{2} = 75$$

$$\begin{aligned} \text{加速度总均方根值 } g_{rms} &= \sqrt{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5} \\ &= \sqrt{1 + 196 + 50 + 0.5 + 75} \\ &= 17.96 \text{ (g)} \end{aligned}$$

### 5.3 已知加速度总均方根 $g_{(rms)}$ 值,求加速度功率谱密度公式

$$S_F = \frac{g_{rms}^2}{1980} \times 1.02 \dots\dots\dots \text{公式 (14)}$$

设：加速度总均方根值为  $19.8g_{rms}$  求加速度功率谱密度  $S_F$

$$S_F = \frac{g_{rms}^2}{1980} \times 1.02 = \frac{19.8^2}{1980} \times 1.02 = 0.2(g^2 / Hz)$$

### 5.4 求 $X_{p-p}$ 最大的峰峰位移 (mm) 计算公式

准确的方法应该找出位移谱密度曲线，计算出均方根位移值，再将均方根位移乘以三倍得出最大峰值位移（如果位移谱密度是曲线，则必须积分才能计算）。在工程上往往只要估计一个大概的值。这里介绍一个简单的估算公式

$$X_{p-p} = 1067 \cdot \left( \frac{w_o}{f_o^3} \right)^{\frac{1}{2}} = 1067 \times \sqrt{\frac{w_o}{f_o^3}} \dots\dots\dots \text{公式 (15)}$$

式中：  $X_{p-p}$ —最大的峰峰位移 (mm<sub>p-p</sub>)

$f_o$ —为下限频率 (Hz)

$w_o$ —为下限频率 ( $f_o$ ) 处的 PSD 值 ( $g^2/Hz$ )

设：  $f_o=10Hz$       $w_o=0.14g^2/Hz$

$$\text{则： } X_{p-p} = 1067 \cdot \left( \frac{w_o}{f_o^3} \right)^{\frac{1}{2}} = 1067 \times \sqrt{\frac{w_o}{f_o^3}} = 1067 \times \sqrt{\frac{0.14}{10^3}} = 12.6mm_{p-p}$$

### 5.5 求加速度功率谱密度斜率 (dB/oct) 公式

$$N = 10 \lg \frac{w_H}{w_L} / n \quad (\text{dB/oct}) \dots\dots\dots \text{公式 (16)}$$

式中：  $n = \lg \frac{f_H}{f_L} / \lg 2$  (oct 倍频程)

$w_H$ —频率  $f_H$  处的加速度功率谱密度值 ( $g^2/Hz$ )

$w_L$ —频率  $f_L$  处的加速度功率谱密度值 ( $g^2/Hz$ )