

第六章 机械式振动试验台

(一) 机械振动台工作原理

机械式振动台按其激振力产生的方式不同主要有三种

一种是离心式，第二种是偏心（曲柄连杆）式，第三种是偏心激振和双质量共振式。

这里介绍常用的离心式机械振动台的工作原理。它是依靠安装在旋转轴上的不平衡激振块在旋转过程中产生的离心力而激励振动。

图 6-1 是具有两个扇形偏心激振块的原理示意图。

从图中可以看到，当两个扇形块位置相差 0° 或 180° 时，其产生的离心力合力为零，振动台位移为零。（如图 b 位置）。当两扇形块位置调到 a 位置或 c 位置时，其离心力的合力为最大，则振动台的位移幅度为最大。当两个扇形块在其它位置时两轴上产生的离心力在水平方向的分力互相抵消，而垂直方向的分力合成一合力，此合力即激振振动台的活动系统上下振动。显然，调节两个扇形块的夹角就可改变振幅的大小。

图 6-1

每个激振块的运动是通过直流电机带动变速箱和传动系统来实现的，显然直流电机的转速将决定振动台频率的大小，由于直流电机转速的提高是有限的，这就决定了机械式振动台的工作频率不可能做的很高，而直流电机在低转速时受静摩擦的限制，也不可能使振动台工作在很低频率。因此机械振动台一般工作下限为 5 赫兹，而上限为几十赫兹（例如 60-80Hz）。

(二) 机械振动台的力学模型

常见的机械震动台一般可简化为单自由度惯性系统，其力学模型如图 6-2 所示。

其中 M: 振动台运动部件的总质量

K: 支承弹簧刚度

P: 合离心力

ω : 角速度

C: 阻尼系数

该力学模型系统的微分方程为

$$MX'' + CX' + KX = P \sin \omega t$$

该二阶微分方程的特介为

$$X = A \sin (\omega t - \alpha) \dots\dots\dots 6-1$$

A 为振动台的相当幅值 其值为

$$A = P/M \dots\dots\dots 6-2$$

图 6-2 力学模型

可见，振动台的振幅值主要取决于离心力 P 的大小和可动系统的重量 M

而离心力又可用下式表达

$$P = MR \omega^2 \dots\dots\dots 6-3$$

式中 R 为激振块的重心半径，即不平衡质量块偏离中心的距离。

ω 为旋转角速度。

激振块是对称的安装在旋转轴上，轴的旋转速度即决定振动台的频率

$$\omega = 2 \pi f = 2 \pi n/60$$

$$f = \omega / 2 \pi = n/60 \dots\dots\dots 6-4$$

f 为振动台激振频率(Hz)

ω 为角频率 (red/s)

n 为转速(r/min)

(三) 机械振动台的工作特性曲线

图 6-3 是一典型的机械振动台工作特性曲线

由图可见有如下几个特点

(1) 机械振动台只能工作特定位移振幅扫频，而无法实现定加速度扫频。

(2) 随着负载的增加，振动台的位移振幅将相应减小，这从公式(6-2)中也可以看出，即在机械振动台激振力不变的情况下，可动系统重量的增加将导致位移振幅的下降。

(3) 机械振动台的振动加速度比较小，它不可能象电动台那样空载加速度可达上百个加速度 g ，这也是与机械振动台工作在几十赫兹频段相适应的。

(4) 机械振动台的技术指标中，最大位移与最大加速度由一个交越点，在交越点频率以下振动台达到最大位移在交越点频率上方，振动台达到最大加速度。

(四) 机械振动台的基本参数和主要技术指标

4.1 机械振动台的基本参数应包括

- 最大试验负载：振动台允许的试验样品（含夹具）的最大质量（以 kg 计）
- 频率范围：振动台允许工作的频率下限值和上限值（以 Hz 计）
- 额定位移：振动台空载时给出的最大位移（以 mm 计）
- 额定加速度：振动台空载时给出的最大加速度（以 m/s^2 计）

除此之外还应给出振动方向以及扫频期间等。

4.2 机械振动台的主要技术指标

根据中华人民共和国国家标准 GB/T13309-91 机械振动台技术条件的要求对机械振动台的主要技术要求有：

- 在规定的工作频率范围内，振动台频率可调，其频率示值误差为

$$5Hz \leq f \leq 50Hz \quad \text{不大于} \pm 1 Hz$$

$$f > 50Hz \quad \text{不大于} \pm 2Hz$$

其中 f 为振动台的实际振动频率

- 在规定的工作频率范围内，振动台的位移幅值的示值误差不大于 $\pm 15\%$

振动台本底位移幅值不大于 $0.05mm$

其测量方法是

$$\sigma_A = \frac{A_1 - A}{A} \times 100\%$$

式中 A_1 -----振动台位移幅值示值

A -----测振仪实测位移幅值

- 振动台工作时，在规定的工作频率范围内，台面横向运动比（横向位移幅值与主振方向位移幅值之比）不大于 25%

$$\text{其计算方法为 } T = \frac{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}}{A_z} \times 100\%$$

式中 A_x 、 A_y -----垂直于主振方向两个相互垂直的位移幅值分量（ mm ）

A_z -----主振方向的位移幅值 (mm)

• 振动台工作时, 在规定的工作频率范围内, 加速度波形失真度不大于 25% (失真度的测量应包括到上限频率 5 倍的谐波)

$$\text{即 } r = \frac{\sqrt{s_2^2 + s_3^2 + s_4^2 + \dots}}{s_1} \times 100\%$$

s_1 为加速度基波幅值

$s_2 s_3 s_4 \dots$ 为高次谐波的振幅

• 振动台工作时, 在规定的工作频率范围内, 当台面面积不超过 1m^2 时
其台面位移幅值均匀度不大于 15%

$$\text{即 } N = \frac{|\Delta A|}{A} \times 100\%$$

• 式中 $|\Delta A|$ -----同次测量中, 各点位移幅值与台面中心位移幅值的最大偏差 (mm)

A -----同次测量中, 台面中心的位移幅值 (mm)

• 在规定的工组频率范围内, 振动台作定频、定位移连续振动 2h, 振动台频率的变化小于 $\pm 1\text{Hz/h}$, 位移幅值变化不大于 $\pm 15\%$

• 振动台工作在本底位移幅值时, 噪音声级不大于 85dB (A 计权) 振动台应给出最大工作噪声。

• 可自动扫频的振动台, 其扫频方式一般具有指数形式 (亦可采用线性扫频)、扫频速率可调并包括 1 倍频程/分。在规定的扫频频率范围内作自动扫频试验时, 其扫频定振精度不大于 3dB。

• 振动台连续工作时间大于 6h。