

中华人民共和国国家标准

液压伺服振动试验设备 特性的描述方法

GB 10179 88

Servo-hydraulic test equipment for generating
vibration—Method of describing characteristics

1 主题内容与适用范围

1.1 主题内容

本标准规定了液压伺服振动试验设备特性的描述方法。

本标准中,术语“液压”的含义指由液压源供给液压油并经电液控制装置单一或多环路控制作用在液压缸上产生振动。

液压伺服振动试验设备(以下简称“液压试验设备”)示意图与典型结构图如附录 A(补充件)中的图 A1、A2 所示,具体构成如下:

- a. 整个液压振动发生器系统(液压振动发生器、伺服阀控制装置、液压源系统);
- b. 控制台;
- c. 辅助台;
- d. 其他辅助设备。

注:控制台与辅助台将分别由相应的标准予以规定。

为了比较不同制造厂生产的试验设备,本标准做了如下规定:

- a. 特性一览表;
- b. 获得某些特性的标准方法。

本标准对试验设备特性规定了两级描述:

- a. A 级描述;
- b. B 级描述。

通过用户与制造厂协商确定采用某一级描述。本标准给出了由制造厂在其投标书中提供的特性描述一览表和随机文件清单。制造厂的技术文件中应至少包含 A 级特性描述。

1.2 适用范围

本标准适用于产生直线振动的液压试验设备,并用作设备选择的指南。本标准应用于:

- a. 液压振动发生器[液压缸、伺服阀、位置控制装置的整体或局部,或配有重力补偿装置(见第 5、6、7 章)];
- b. 伺服阀控制装置(见第 5、6、8 章);
- c. 液压源系统(见第 5、6、9 章);
- d. 整个液压振动发生器系统(见第 5、6、10 章)。

第 7、8、9 章对液压伺服振动试验系统各独立功能单元特性进行了描述,目的在于使用户能对来自不同制造厂的各独立功能单元特性做出规定,以便组成一个完整的振动试验系统。

如果用户要从某制造厂购置一个完整的液压伺服振动试验系统,则应根据第 5、6、10 章规定其特性

中华人民共和国机械电子工业部 1988-10-15 批准

1989-07-01 实施

的描述。

2 引用标准

- GB 1031 表面粗糙度参数及其数值
 GB 2298 机械振动冲击名词术语
 GB 3766 液压系统通用技术条件
 GB 3768 噪声源声功率级的测定 简易法

3 符号

- A ——有效横截面积；
 a ——加速度；
 a_b ——随机振动方均根值加速度的最大值；
 a_g ——无控制信号且信号源阻抗由一等效阻抗替代时，放大器输入端产生的背景噪声加速度；
 a_0 ——额定加速度；
 b ——粘性阻尼；
 c ——纵波声速〔见附录 C(补充件)〕；
 d ——总失真度(见 5.5.10.1 条)；
 d_0 ——额定总失真度(见 5.5.10.4 条)；
 D ——试验负载直径；
 E ——纵向弹性模量(杨氏模量)；
 f ——频率；
 f_b ——基频；
 $f_{\min}$ ——最低工作频率；
 $f_{\max}$ ——最高工作频率；
 f_0 ——试验负载最小模态频率〔见附录 C(补充件)〕；
 f_{oh} ——标称液压固有频率(见 5.5.6 条)；
 F_0 ——额定正弦激振力(见 5.5.7.4 条)；
 F_{ob} ——额定宽带随机激振力(见 5.5.7.5 条)；
 F_{omx} ——不同试验负载下最大正弦激振力(见 5.5.7.3 条，下标 t 表示不同的试验负载)；
 F_{st} ——静态力(见 5.5.7.1 条)；
 g_n ——自由落体标准重力加速度；
 $H_b(f)$ ——液压传递函数；
 $H_1(s)$ ——恒流下加速度的频率响应特性；
 I_d ——伺服阀输入电流；
 I_{s0} ——伺服阀输入端的额定正弦方均根值电流；
 K_h ——直线运动液压刚度；
 L ——试验负载高度〔见附录 C(补充件)〕；
 m_e ——运动部件质量(见 5.5.5 条)；
 m_t ——试验负载($t=0,1,2,3,4,5$)；
 p_s ——供油压力；
 $p_{s\max}$ ——最大供油压力；
 q_v ——伺服阀流量；

q_{vm} ——液压源系统流量；
 s ——拉普拉斯算子；
 S ——动态放大系数；
 U ——位置环放大器输入端的控制电压；
 U_{s0} ——伺服阀输入端的额定正弦方均根值电压；
 v ——速度；
 x_b ——随机振动位移方均根值；
 μ ——横向收缩系数(泊松比,见附录 C(补充件))；
 ε ——衰减阻尼系数；
 ν ——模态频率；
 φ ——工作噪声；
 $\Phi(f)$ ——加速度功率谱密度(加速度 PSD)；
 $\theta(f)$ ——位移功率谱密度(位移 PSD)。

4 单位

制造厂或用户给出本标准所规定的参数值时,采用法定计量单位,并说明是方均根值、峰值或峰-峰值。

5 术语

本标准仅对部分所用术语给出定义,通用术语定义见 GB 2298。

5.1 液压振动发生器 hydraulic vibration generator

通过作用在活塞上的液体压力使工作台或力输出端产生直线振动的装置。

附录 A(补充件)中的图 A2 示出了配备工作台与力输出端的液压振动发生器典型结构图。

液压振动发生器由第 5.1.1 到第 5.1.3 条规定的部件构成。

5.1.1 运动部件 moving element

运动部件应包括活塞杆和活塞,以及配备的:

- a. 工作台;
- b. 活塞杆与力输出端不是一体时两者之间的连接件;
- c. 位置传感器的运动件;
- d. 防止旋转的运动件。

5.1.2 底座 pedestal

将液压缸缸体连接到基础、反作用质量或者基板上的部件。

5.1.3 重力补偿装置 gravity compensation device

安装在液压振动发生器上用以抵消试验中试件重力的附加装置。

5.2 伺服阀控制装置¹⁾ servovalve control device

具有下述功能的装置:

- a. 静态与动态下适调控制信号;
- b. 保持运动部件中心位置²⁾;
- c. 使谐波失真影响因素减至最低限度³⁾。

注:1) 本装置也可备有一个非线性元件用以校正伺服阀的非线性。

2) 在某些情况下或者对某些伺服阀,阀可以不带有液压机械式位置传感器,但控制系统应具备保持运动部件中心位置的功能。

3) 为使谐波失真影响因素减小到最低限度,本装置除馈送振动信号和伺服阀滑阀位置数据外,还可以馈送加速

度、速度或压力数据。

5.3 液压源 hydraulic power supply

将液压油馈送给液压振动发生器所必需的成套设备。

附录 A(补充件)中的图 A3 示出了液压源工作原理图。

为液压振动发生器供油而设计的液压源一般应包括第 5.3.1 到第 5.3.8 条规定的工作介质与部件。

5.3.1 液压油 hydraulic fluid

液压源与液压振动发生器之间液动力传递的介质。

5.3.2 油箱 reservoir

储存液压油的容器,其容积一般取决于液压泵的最大流量。

5.3.3 液压泵 hydraulic pump

供给液压振动发生器一定流量与压力的液压油的设备,其流量可以是恒定或是可变的。

5.3.4 压力调节器 pressure regulator

保持压力在液压振动发生器制造厂规定的某一极限范围内的装置。压力调节可以是比例式的或者开关式的。

5.3.5 滤油系统 filtration system

根据伺服阀使用要求,为保持液压管路中油的清洁度而安装在油箱排油与回油管路中一系列滤油器构成的系统。

5.3.6 热交换器 heat exchangers

保持油箱中液压油温度在制造厂规定的温度范围内的装置。热交换器可以采用其他种类液体或气体(如空气)介质进行热交换。

5.3.7 蓄能器 accumulator

储存压力油以补偿液压回路(出油与回油)中压力波动和减小液压系统中压力冲击的容器。

5.3.8 辅助设备 auxiliary equipment

由附属装置、信息提供装置、安全保护系统(见 10.3.2 条)构成的设备。

5.4 试验负载 m_i test masses m_i

由制造厂选定并用于液压振动发生器性能试验的一系列纯质量负载。

注:关于试验负载形状、尺寸、平面度、表面粗糙度和安装要求,由附录 C(补充件)给出。

5.4.1 试验负载 m_0 test mass m_0

试验负载为零(空载)的特殊情况。

5.4.2 试验负载 m_1 test mass m_1

正弦振动时允许加速度峰值约 1 g 的试验负载。

5.4.3 试验负载 m_2 test mass m_2

正弦振动时允许加速度峰值约 4 g 的试验负载。

5.4.4 试验负载 m_3 test mass m_3

正弦振动时允许加速度峰值约 10 g 的试验负载。

5.4.5 试验负载 m_4 test mass m_4

正弦振动时允许加速度峰值约 20 g 的试验负载。

5.4.6 试验负载 m_5 test mass m_5

正弦振动时允许加速度峰值约 40 g 的试验负载。

5.5 量值

5.5.1 供油压力 p_s supply pressure p_s

液压源系统在流量为 q_m 时液压油所产生的压强。供油压力在液压源系统出口处测量,单位为 Pa。

5.5.2 液压源系统流量 q_{vm} flow rate of the hydraulic system q_{vm}

液压源系统在供油压力为 p_s 时能够输送的最大流量。流量在液压源系统出口处测量,单位为 L/min。

5.5.3 行程

5.5.3.1 额定行程 rated travel

振动发生器的运动部件正常工作的行程范围。额定行程之外制造厂不再保证振动发生器的性能。

5.5.3.2 限位器间的行程 travel between stops

额定行程与限位器制动的安全间距之和。

5.5.4 额定速度 rated velocity

正弦振动时,运动部件在非共振和试验负载为 m_0 条件下能产生的最大速度。

5.5.5 运动部件质量 m_e mass of the moving element m_e

第 5.1.1 条定义的运动部件的质量。运动部件质量以千克(kg)为单位给出。

注:运动部件质量 m_e 不包括运动的液压油质量。

5.5.6 标称液压固有频率 f_{oh} frequency of the normal hydraulic model f_{oh}

标称液压固有频率由式(1)定义:

$$f_{oh} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_h}{m_e + m_i}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

实际上,液压振动发生器的特性同具有如下参数的单自由度运动系统的特性相似:

- a. 总运动质量为 $(m_e + m_i)$;
- b. 液压刚度 K_h 。

注:粘性阻尼 b 可略而不计。

5.5.7 激振力 excitation force

由液压振动发生器产生的力,并能传递到安装在工作台面或力输出端的负载上。激振力以牛顿(N)或千牛顿(kN)为单位给出。

5.5.7.1 静态力 F_{st} static force F_{st}

运动部件静止时作用在其上的力。它等于供油压力 p_s 与有效横截面积 A 之积:

$$F_{st} = p_s A \quad \dots\dots\dots (2)$$

注:本定义对备有重力补偿装置的情况仍然适用。

5.5.7.2 动态力 dynamic force

一般情况下动态力是下述两个主要变量的函数:

- a. 频率;
- b. 作用在运动部件上的负载。

实际负载可包括弹性力和阻尼力,或两者中的一种。它们对振动发生器的性能有影响。通常,根据本标准描述的试验负载对液压振动发生器特性做出规定,制造厂应根据需要给出液压振动发生器纯弹性负载特性或纯阻尼负载特性。

5.5.7.3 相应于给定试验负载 m_i 的最大正弦激振力 F_{omt} maximum force F_{omt} for a specific test mass m_i under sinusoidal conditions

不借助任何共振效应而由下式导出的相应于试验负载 m_i 的正弦激振力最大值:

$$F_{\text{oml}} = m_i a_0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

额定加速度 a_0 的确定同所用试验负载(见第 5.4 条)有关。额定加速度 a_0 对应的频率范围称为相应于试验负载 m_i 的额定频率范围。

5.5.7.4 额定正弦激振力 F_0 rated force under sinusoidal conditions F_0

相应于各试验负载 m_i 的所有最大正弦激振力 F_{oml} 中的最大值。

注：额定正弦激振力 F_0 可能不同于静态力 F_{st} ，但不应使液压缸产生疲劳破坏。

5.5.7.5 额定宽带随机激振力 F_{ob} rated broad band random force F_{ob}

相应于各试验负载 m_i 的宽带随机激振力的最小值。该力与 f_3 到 f_4 频带内的均匀加速度功率谱密度(见 5.5.8, 5.5.9 条和图 5)相对应。

5.5.8 随机振动位移与加速度功率谱密度(PSD)

对用于实际试验的液压伺服振动试验设备，加速度功率谱密度 $\Phi(f)$ 和相关的位移功率谱密度 $\theta(f)$ 都具有重要意义。

5.5.8.1 加速度功率谱密度 $\Phi(f)$ acceleration power spectral density $\Phi(f)$

加速度功率谱密度由式(4)定义：

$$\Phi(f) = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \frac{a_b^2}{\Delta f} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： a_b ——随机振动方均根值加速度，加速度波形幅值具有高斯分布；

Δf ——以频率 f 为中心的频带。

$\Phi(f)$ 通常以单位 m^2/s^3 表示。

5.5.8.2 位移功率谱密度 $\theta(f)$ displacement power spectral density $\theta(f)$

位移功率谱密度由式(5)定义：

$$\theta(f) = \lim_{\Delta f \rightarrow 0} \frac{x_b^2}{\Delta f} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中： x_b ——随机振动方均根值位移，位移波形幅值具有高斯分布；

Δf ——以频率 f 为中心的频带。

$\theta(f)$ 通常以单位 $\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 表示。

加速度与位移功率谱密度函数曲线图可以根据最低工作频率 f_1 、位移-速度交越频率 f_2 、速度-加速度交越频率 f_3 、截止频率 f_4 、第二截止频率 f_5 、(如果要求)和最高工作频率 f_6 来确定。 f_1 和 f_2 之间的位移功率谱密度是常数， f_3 和 f_4 之间的加速度功率谱密度是常数。

表 1 列出了不同频带内位移与加速度功率谱密度值。

表 1

频 带	位 移 PSD	加 速 度 PSD
$f < f_1$	$\theta(f) = 0$	$\Phi(f) = 0$
$f_1 \leq f \leq f_2$	$\theta(f) = \theta_0$	$\Phi(f) = \frac{f^3}{(f_2 f_3)^3} \Phi_0$

续表 1

频 带	位 移 PSD	加 速 度 PSD
$f_2 \leq f \leq f_3$	$\theta(f) = \frac{f_2^2}{f^2} \theta_0$	$\Phi(f) = \frac{f}{f_2} \Phi_0$
$f_3 \leq f \leq f_4$	$\theta(f) = \frac{(f_3 f_2)^2}{f^4} \theta_0$	$\Phi(f) = \Phi_0$
$f_4 \leq f \leq f_5$	$\theta(f) = \frac{(f_4 f_3 f_2)^2}{f^6} \theta_0$	$\Phi(f) = \frac{f_4^2}{f^2} \Phi_0$
$f_5 \leq f \leq f_6$	$\theta(f) = \frac{(f_5 f_4 f_3 f_2)^2}{f^8} \theta_0$	$\Phi(f) = \frac{(f_4 f_5)^2}{f^4} \Phi_0$
$f > f_6$	$\theta(f) = 0$	$\Phi(f) = 0$

表中 θ_0 与 Φ_0 的关系为

$$\theta_0 = \frac{1}{(2\pi)^4 (f_2 f_3)^2} \Phi_0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

5.5.9 位移与加速度的方均根值

5.5.9.1 位移方均根值 x_b r. m. s. value of displacement

位移方均根值由式(7)给出:

$$x_b = \theta_0^{1/2} \left[(f_2 - f_1) + f_2^2 \left(\frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_3} \right) + \frac{1}{3} (f_3 f_2)^2 \left(\frac{1}{f_3^3} - \frac{1}{f_4^3} \right) + \frac{1}{5} (f_4 f_3 f_2)^2 \left(\frac{1}{f_4^5} - \frac{1}{f_5^5} \right) + \frac{1}{7} (f_5 f_4 f_3 f_2)^2 \left(\frac{1}{f_5^7} - \frac{1}{f_6^7} \right) \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

5.5.9.2 加速度方均根值 a_b r. m. s. value of acceleration

加速度方均根值由式(8)给出:

$$a_b = \Phi_0^{1/2} \left[\frac{1}{5(f_2 f_3)^2} (f_2^5 - f_1^5) + \frac{1}{3f_3^2} (f_3^3 - f_2^3) + (f_4 - f_3) + f_4^2 \left(\frac{1}{f_4} - \frac{1}{f_5} \right) + \frac{(f_4 f_5)^2}{3} \left(\frac{1}{f_5^3} - \frac{1}{f_6^3} \right) \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

5.5.9.3 略去特殊频带时,上面的公式可以简化。例如,当最高工作频率 f_6 低于第一截止频率 f_4 时,公式简化为:

$$x_b = \theta_0^{1/2} \left[(f_2 - f_1) + f_2^2 \left(\frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_3} \right) + \frac{1}{3} (f_3 f_2)^2 \left(\frac{1}{f_3^3} - \frac{1}{f_4^3} \right) \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$a_b = \Phi_0^{1/2} \left[\frac{1}{5(f_2 f_3)^2} (f_2^5 - f_1^5) + \frac{1}{3f_3^2} (f_3^3 - f_2^3) + (f_4 - f_3) \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (10)$$

注：① 峰值因数应不小于 3。

② 额定行程(见 5.5.3.1 条)应至少为位移方均根值 x_b 与峰值因数之积的两倍,以避免接触机械限位器。

5.5.10 总失真度 d (见图 1) total distortion

总失真度有下述两种不同的定义公式,且总失真度值亦不同:

$$d = \sqrt{\frac{a^2 - a_1^2}{a_1}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$d = \sqrt{\frac{a^2 - a_1^2}{a}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中 a 与 a_1 的说明见第 5.5.10.1 条。

如果考虑工作噪声 φ ,总失真度则由式(13)定义:

$$d = \sqrt{\frac{\int_{f_{\min}}^{f_1 - \Delta f/2} G_{xx}(f) df + \int_{f_1 + \Delta f/2}^{f_{\max}} G_{xx}(f) df}{\int_{f_{\min}}^{f_{\max}} G_{xx}(f) df}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中: $G_{xx}(f)$ ——信号的功率谱密度(PSD);

f_b ——信号的基频。

总失真度又称失真度。

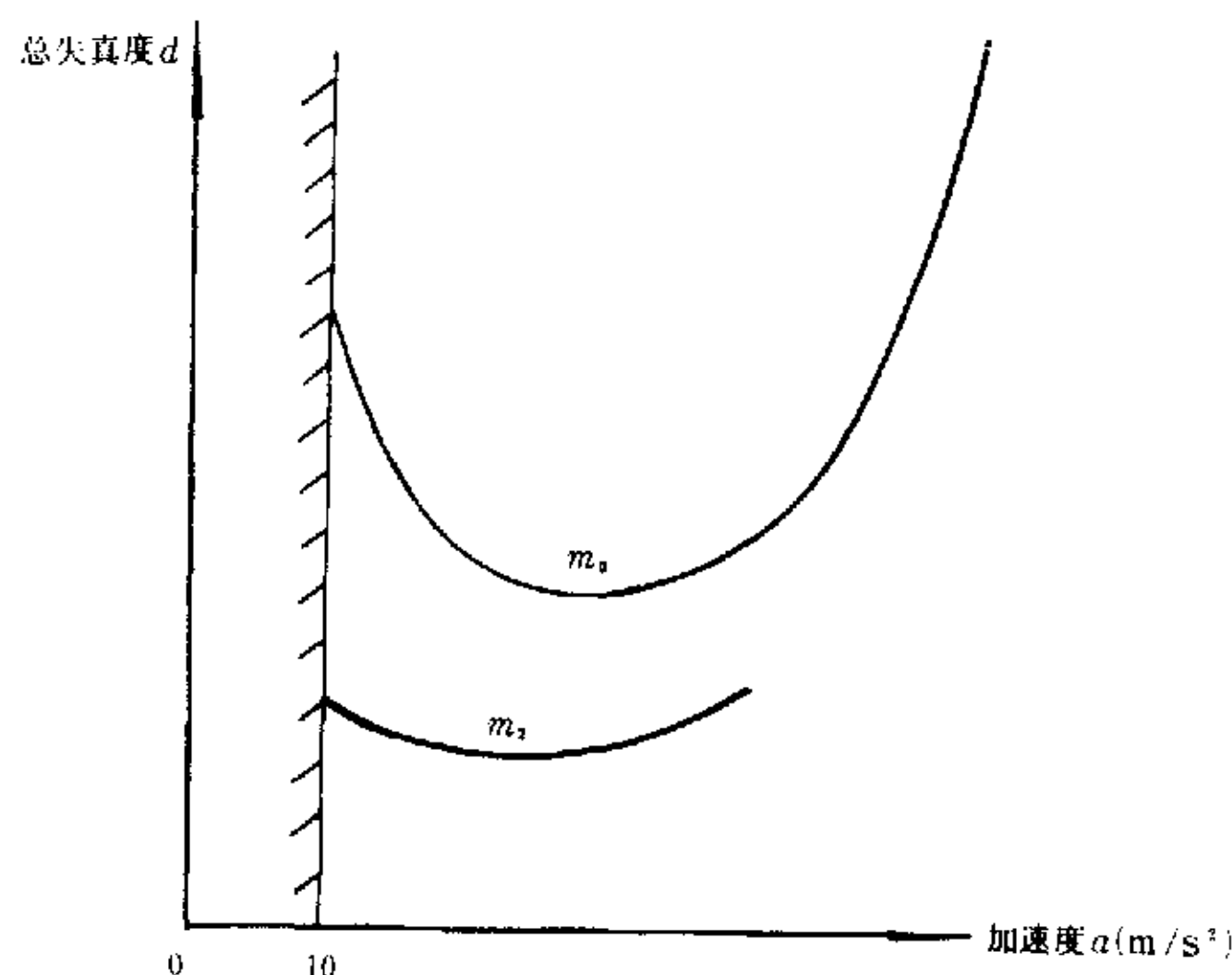


图 1 固定频率下总失真度与加速度的函数关系

5.5.10.1 加速度失真度 acceleration distortion

一个加速度信号 a 可视为一系列分量构成:

$$a = \sqrt{\varphi^2 + a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + \dots + a_n^2} = \sqrt{\varphi^2 + \sum_{i=1}^n a_i^2} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中: a ——加速度方均根值;

a_1 ——相应于基频 f 的加速度分量方均根值,通常要求的唯一分量;

$a_2, a_3, \dots, a_n$ ——相应于频率 $2f, 3f, \dots, nf$ 的谐波分量, n 包含了所有有意义的分量;

φ ——工作噪声(见 5.5.11.2 条)。

总失真度 d 为全部不希望有的加速度分量同所需要的加速度分量 a_1 之比:

$$d = \frac{\sqrt{\varphi^2 + a_2^2 + a_3^2 + \dots + a_n^2}}{a_1} = \frac{\sqrt{\varphi^2 + \sum_{i=2}^n a_i^2}}{a_1} = \frac{\sqrt{a^2 - a_1^2}}{a_1} \dots\dots\dots (15)$$

5.5.10.2 速度失真度 velocity distortion

加速度信号积分成速度信号时,速度失真度由式(16)定义:

$$d_v = \frac{\sqrt{\left(\int_0^t \varphi dt\right)^2 + \sum_{i=2}^n \left(\frac{a_i}{i2\pi f}\right)^2}}{a_1/2\pi f} = \frac{\sqrt{v^2 - v_1^2}}{v_1} \dots\dots\dots (16)$$

通常,速度谐波分量比速度噪声分量大得多,因此速度失真度比加速度失真度小些。如果要求的是速度失真度,则应加下标注明。

5.5.10.3 位移失真度 displacement distortion

速度信号积分成位移信号时,位移失真度由式(17)定义:

$$d_x = \frac{\sqrt{\left(\int_0^t \int_0^t \varphi dt dt\right)^2 + \sum_{i=2}^n \left(\frac{a_i}{i^2 4\pi^2 f^2}\right)^2}}{a_1/4\pi^2 f^2} = \frac{\sqrt{x^2 - x_1^2}}{x_1} \dots\dots\dots (17)$$

在有些情况下,位移谐波分量要比位移噪声大一些。如果要求的是位移失真度,则应加下标注明。

5.5.10.4 额定总失真度 d_0 rated total distortion d_0

在额定频率范围内和额定加速度下,对给定的试验负载测得的失真度最大值(见图 2)。

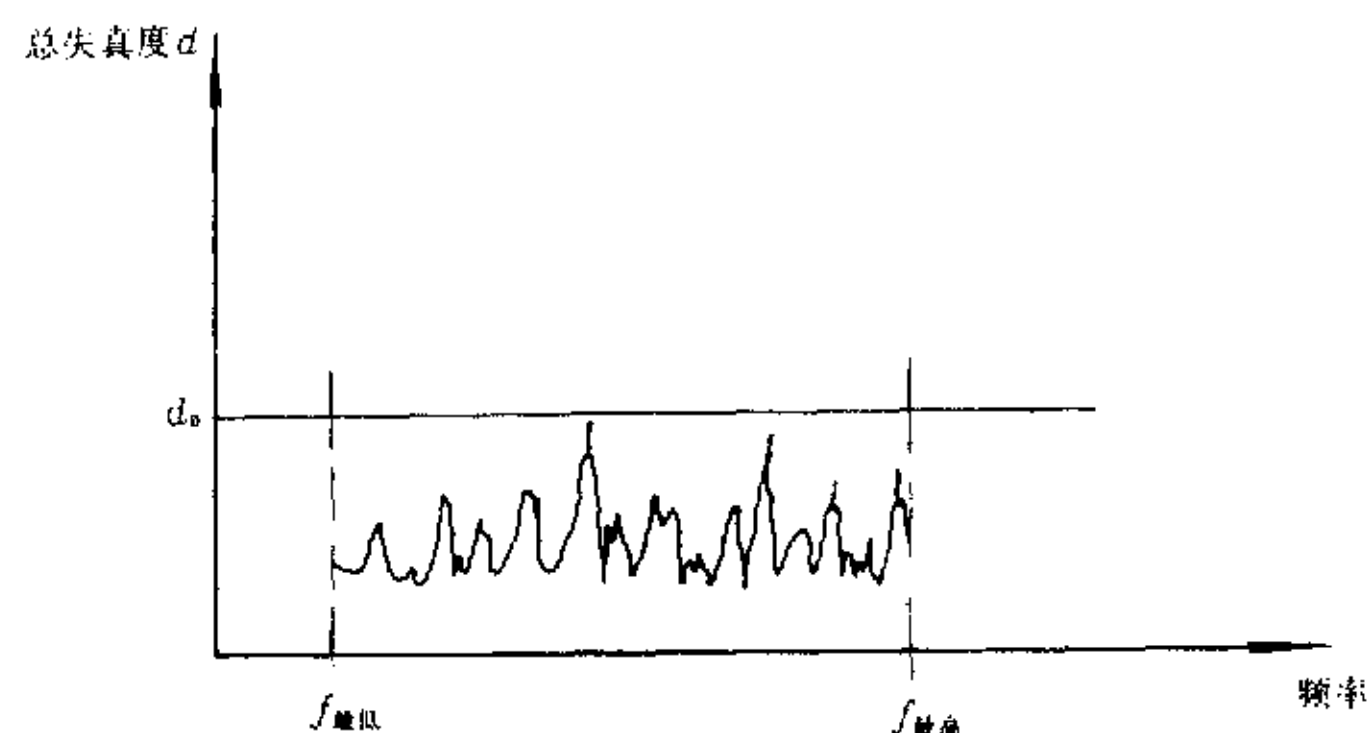


图 2 额定加速度下的总失真度与频率的函数关系(试验负载给定)

5.5.11 噪声 noise

任何不需要的干扰声或其频谱不能用确定的频率分量来描述的一般具有随机特性的信号。

噪声是由测量系统和控制系统产生的。

5.5.11.1 背景噪声 background noise

在给定的频带内,控制系统输入信号为零时残留的振动量值。通常采用背景噪声加速度的方均根值或峰-峰值描述。

注:在伺服阀控制装置输入端并联一个同信号源阻抗等效的阻抗条件下,调节控制装置处于最佳工作状态,然后测定背景加速度 a_g 。

5.5.11.2 工作噪声 φ operational noise φ

在给定的频带内,控制信号存在时振动运动的非谐波分量,通常采用“噪声”的方均根值或与加速度有关的非谐波分量描述。

工作噪声 φ 一般由下述因素引起:

- a. 外界干扰信号进入伺服阀控制回路;
- b. 伺服阀和液压缸启动与停止过程中产生的摩擦;
- c. 受试件中松动部件的撞击;
- d. 湍流对伺服阀挡板控制作用的影响。

5.5.11.3 信噪比 signal-to-noise ratio

信噪比由式(18)定义并以分贝表示:

$$20\lg \frac{a}{a_g} \dots\dots\dots (18)$$

式中: a ——在最大激振力 F_{om} 与试验负载 m_0 (空载)条件下允许的最大正弦振动加速度;

a_g ——背景噪声加速度(见 5.5.11.1 条)。

5.5.12 抖动信号 dither signal

为使伺服阀过零区线性化,减小伺服阀和液压缸中的摩擦或提高其灵敏性,而输入到伺服阀控制装置的高频信号。

5.5.13 横向加速度比 transverse acceleration ratio

横向加速度与轴向加速度之比。该比值与试验负载和频率有关。

5.5.14 负载下中心位置偏移 mean position deflection under load

初始中心位置在加载下产生的偏移,偏移与位置控制回路的特性有关。伺服阀开口使活塞两侧产生压力差以静平衡外力。因此,伺服阀开口大小取决于需要平衡的负载、泄漏流量和活塞中心位置偏移,初始中心位置由中心位置控制回路进行控制。

6 制造厂提供的特性

本标准采用的两级特性描述不直接涉及试验设备产品质量与尺寸。

对大型高质量的试验设备可采用 A 级描述,然而对某些情况需要采用 B 级描述,例如小型中等质量的试验设备。

描述级别的选择一般取决于试验设备使用目的与场合。

本标准也给出了适合于振动发生器系统各不同组成部分的相关特性。

表 2~表 5 中标注“×”记号的特性是制造厂应提供的特性。经制造厂与用户协商,可提供没有标注“×”记号的特性以满足特殊需要。

注:规定这些特殊的特性能使试验设备的造价提高,在询问与定货时必须予以考虑。

第 7、8、9 和 10 章仅对表 2~表 5 中列出的特性进行说明而没有规定其描述级别。附录 B(补充件)描述了某些特性的测量方法。

表 2 振动发生器

特 性	对应章条	描述级	
		A	B
一般特性			
供油要求	7.1.1	×	×
伺服阀特性	7.1.2	×	×
静态力	7.1.3	×	×
额定速度	7.1.4	×	×
额定频率范围	7.1.5	×	×
正弦振动特性的限制	7.1.6	×	×
随机振动特性的限制	7.1.7		
最大正弦激振力 F_{omr}	7.1.8	×	×
额定宽带随机激振力 F_{ob}	7.1.9		
工作台面加速度均匀度	7.1.10		
工作台面横向运动	7.1.11		
特性的限制	7.1.12		
运动部件			
质量	7.2.1	×	×
额定行程	7.2.2	×	×
电气安全装置间的行程	7.2.3		×
限位器间的行程	7.2.4	×	×
标称液压固有频率	7.2.5		×
液压刚度	7.2.6		×
重力补偿装置	7.2.7	×	×
最大横向力	7.2.8.1		×
额定静态横向力	7.2.8.2		×
横向静态刚度	7.2.9		×
运动部件的静摩擦	7.2.10		
工作台面尺寸	7.2.11	×	×
试验时负载或试件的固定方法	7.2.12	×	×
工作台面上螺纹衬套或紧固件的推荐扭矩	7.2.13	×	×
螺纹衬套或紧固件允许的最大轴向力	7.2.14		×
工作台面的平面度	7.2.15		×
螺纹衬套相对于台面的垂直度	7.2.16		×
台面相对于活塞杆轴线的垂直度	7.2.17		×

续表 2

特 性	对应章条	描述级	
		A	B
轴线的同轴度(力输出端)	7.2.18	×	×
辅助台的连接要求	7.2.19	×	×
辅助设备			
振动发生器轴向位置传感器	7.3.1.1	×	×
压力、力、速度或加速度传感器	7.3.1.2		×
冷却系统	7.3.2	×	×
安全保护系统	7.3.3	×	×
行程终端	7.3.3.1	×	×
液压缸中的压力	7.3.3.2	×	×
轴承温度	7.3.3.3	×	×
油的流量	7.3.3.4	×	×
过滤器的阻塞	7.3.3.5	×	×
软管与电缆	7.3.4	×	×
安装要求			
一般要求	7.4.1	×	×
振动发生器质量	7.4.2	×	×
振动发生器底座			
定位装置	7.4.3a	×	×
动态特性	7.4.3b		×
固定要求	7.4.3c	×	×
辐射噪声的声功率级	7.4.4		
散热	7.4.5		
工作台面温度	7.4.6		
环境和工作条件			
工作场所	7.5.1	×	×
综合试验	7.5.2		
技术文件	7.6	×	×

表 3 控制系统

特 性	对应章条	描述级	
		A	B
伺服阀控制装置			
非调制输入特性	8.1.1	×	×
调制输入特性	8.1.2	×	×

续表 3

特 性	对应章条	描述级	
		A	B
交流源输出特性	8.1.3	×	×
直流源输出特性	8.1.4	×	×
抖动特性	8.1.5		×
输送到伺服阀的输出特性	8.1.6	×	×
初始输入(来自信号源)特性	8.1.7	×	×
最大输入电压	8.1.8	×	×
传递函数	8.1.9		
总失真度	8.1.10		
信噪比	8.1.11		
零输入时输出量的稳定性	8.1.12		×
增益稳定性	8.1.13		
特性的限制	8.1.14		×
控制与保护面板	8.2	×	×
辅助设备	8.3	×	×
安装要求	8.4	×	×
环境与工作条件	8.5		×
技术文件	8.6	×	×

表 4 液压源系统

特 性	对应章条	描述级	
		A	B
一般特性			
驱动马达特性	9.1.1	×	×
液压源系统流量-压力特性	9.1.2.1	×	×
	9.1.2.2	×	×
液压油	9.2.1	×	×
油箱	9.2.2	×	×
液压泵	9.2.3	×	×
压力调节器	9.2.4	×	×
滤油器系统	9.2.5	×	×
热交换器	9.2.6	×	×
蓄能器	9.2.7	×	×
中间联接	9.2.8	×	×
辅助设备			
附件	9.3.1	×	×
指示装置	9.3.2	×	×

续表 4

特 性	对应章条	描述级	
		A	B
安全保护系统	9.3.3	×	×
安装要求			
一般要求	9.4.1	×	×
液压源系统主要部件的质量	9.4.2	×	×
所需功率(功耗)	9.4.3	×	×
联接要求	9.4.4	×	×
运行与维护	9.4.5	×	×
辐射噪声的声功率级	9.4.6		
散热	9.4.7		
冷却介质的要求	9.4.8	×	×
环境与工作条件	9.5	×	×
技术文件	9.6	×	×

表 5 整个液压振动发生器系统

特 性	对应章条	描述级	
		A	B
一般特性			
静态力	10.1.1	×	×
额定速度	10.1.2	×	×
额定频率范围	10.1.3	×	×
正弦振动特性的限制	10.1.4	×	×
随机振动特性的限制	10.1.5	×	×
最大正弦激振力 F_{omt}	10.1.6		×
额定宽带随机激振力 F_{ob}	10.1.7		
工作台面加速度均匀度	10.1.8		×
工作台面横向运动	10.1.9		×
特性的限制	10.1.10		
总失真度 d	10.1.11		
空载试验	10.1.11.1		
负载试验	10.1.11.2		×
背景噪声	10.1.12		×
工作噪声	10.1.13		×
信噪比	10.1.14		×
抖动	10.1.15		×

续表 5

特 性	对应章条	描述级	
		A	B
整个液压振动发生器系统输入特性	10.1.16	×	×
输出力稳定性	10.1.17		×
运动部件的瞬时运动	10.1.18		
伺服系统稳定性	10.1.19	×	×
负载下中心位置的偏移	10.1.20		
重力补偿装置	10.1.21		
运动部件			
质量	7.2.1	×	×
额定行程	7.2.2	×	×
电气安全装置间的行程	7.2.3	×	×
限位器间的行程	7.2.4		×
标称液压固有频率	7.2.5		×
液压刚度	7.2.6		×
重力补偿装置	7.2.7	×	×
最大横向力	7.2.8.1	×	×
额定静态横向力	7.2.8.2	×	×
横向静态刚度	7.2.9		×
运动部件的静摩擦	7.2.10		
工作台尺寸	7.2.11	×	×
试验时负载或试件的固定方法	7.2.12	×	×
工作台上螺纹衬套或紧固件的推荐扭矩	7.2.13	×	×
螺纹衬套或紧固件允许的最大轴向力	7.2.14	×	×
工作台面的平面度	7.2.15		×
螺纹衬套相对于台面的垂直度	7.2.16		×
台面相对于活塞杆轴线的垂直度	7.2.17		×
轴线的同轴度(力输出端)	7.2.18	×	×
辅助台的连接要求	7.2.19	×	×
辅助设备			
振动发生器的传感器	10.3.1	×	×
安全保护系统	10.3.2	×	×
电源故障	10.3.2.1		×
液压源故障	10.3.2.2		
输入信号电平	10.3.2.3		
手控紧急切断	10.3.2.4	×	×

续表 5

特 性	对应章条	描述级	
		A	B
外部信号自控切断	10.3.2.5		
安装要求			
总安装图	10.4.1	×	×
整个振动发生器系统主要部件的质量	10.4.2	×	×
整个振动发生器系统的基础			
定位装置	7.4.3a	×	×
动态特性	7.4.3b		×
固定要求	7.4.3c	×	×
所需功率	10.4.4	×	×
冷却介质	10.4.5	×	×
外部与内部联接	10.4.6	×	×
启动条件	10.4.7	×	×
辐射噪声的声功率级	10.4.8		
散热	10.4.9		
工作台面温度	10.4.10		
环境和工作条件			
工作场所	10.5.1.1	×	×
综合试验	10.5.1.2		
伺服阀控制装置	10.5.2		×
液压源	10.5.3	×	×
技术文件	10.6	×	×

7 液压振动发生器

液压振动发生器由液压缸、伺服阀构成,也可配置重力补偿装置。附录 A(补充件)图 A2 示出了具有工作台或力输出端的液压振动发生器典型结构图。

制造厂应对性能符合第 7.1.1~7.1.10 条规定的液压振动发生器的结构进行描述,描述应包括如下内容:

- a. 振动发生器型式,配备工作台或力输出端;
- b. 活塞杆导向轴承类型;
- c. 液压缸与基板连接方式;
- d. 重力补偿装置配备与否;
- e. 可调旁通配备情况;
- f. 同液压振动发生器装成一体或单独组装的各类传感器;
- g. 伺服阀的级数;
- h. 构成伺服阀每级的元件数目与类型;
- i. 蓄能器配备情况,高压的或低压的。

此外,对伺服阀的工作过程应予以特别说明。

7.1 一般特性

下述各项特性应使用一个大液压源进行测量。该液压源应以振动发生器额定供油压力供给足够流量的液压油,避免对振动发生器的特性产生任何限制。此外,应使振动发生器入油口与出油口处的压力波动小于额定供油压力的1%,以免影响振动发生器正常工作。

7.1.1 供油要求

制造厂应对伺服阀入油口处液压油的供给规定下述要求:

- a. 各种振动发生器(伺服阀级数和轴承类型不同等等)入油口与出油口处液压油压力、流量及其波动;
- b. 液压油温度范围;
- c. 保证振动发生器正常工作的液压油类型与特性(特别是油的纯度、水的含量及油的粘度),油的清洁度应符合有关规定。

7.1.2 伺服阀特性

制造厂应对所用伺服阀与配备的反馈传感器的类型及其特性进行详细说明,以使用户对驱动伺服阀的伺服阀控制装置提出具体要求。

制造厂应对下述的伺服阀电特性做出规定:

- a. 输入阻抗,包括等效的串联电阻与电感;
- b. 保证振动发生器额定特性所需的最大电流 I_{so} 及相应的电压 U_{so} ;电压-频率与电流-频率特性曲线(图3给出了弹性回复单级阀两条特性曲线的示例);

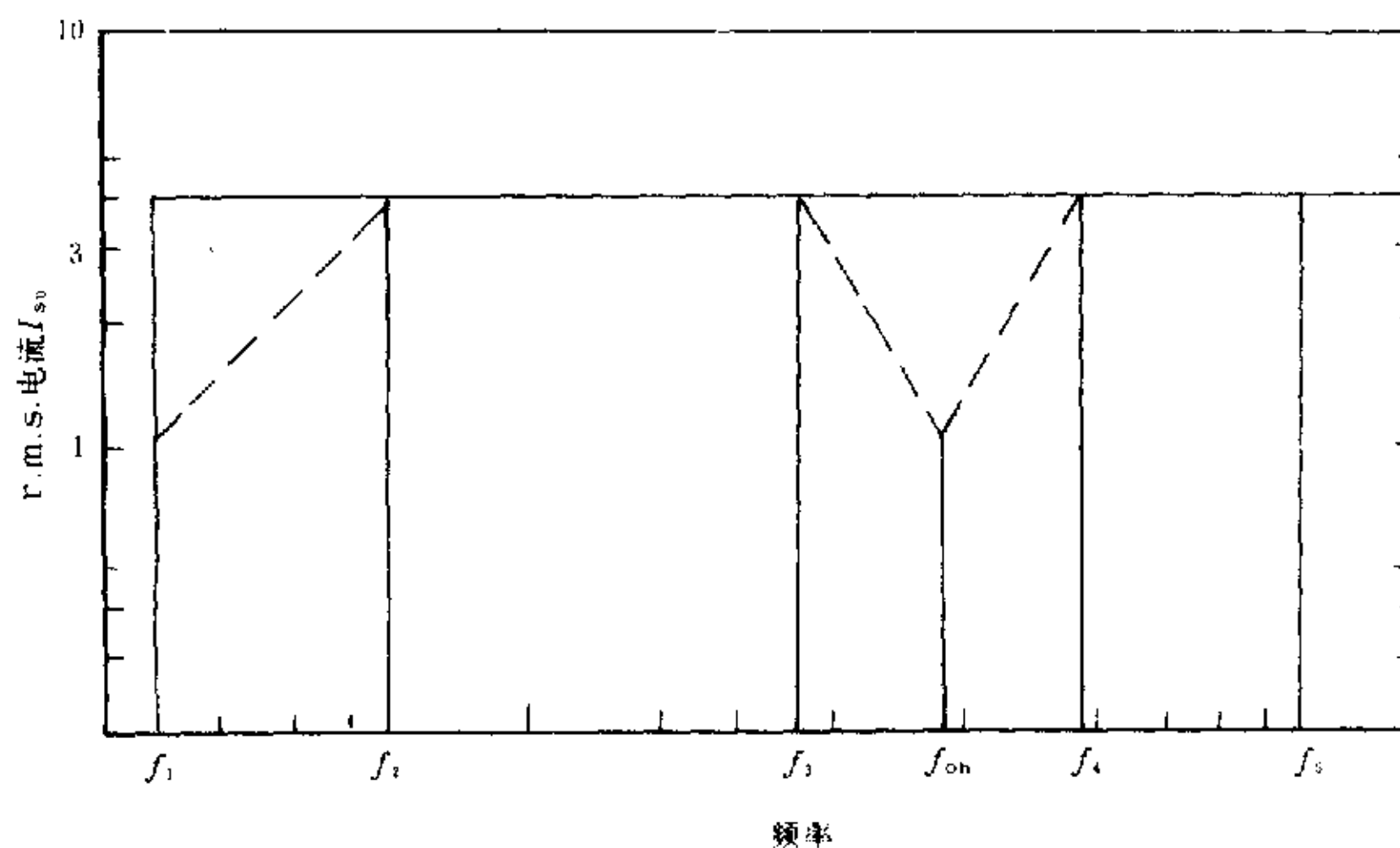
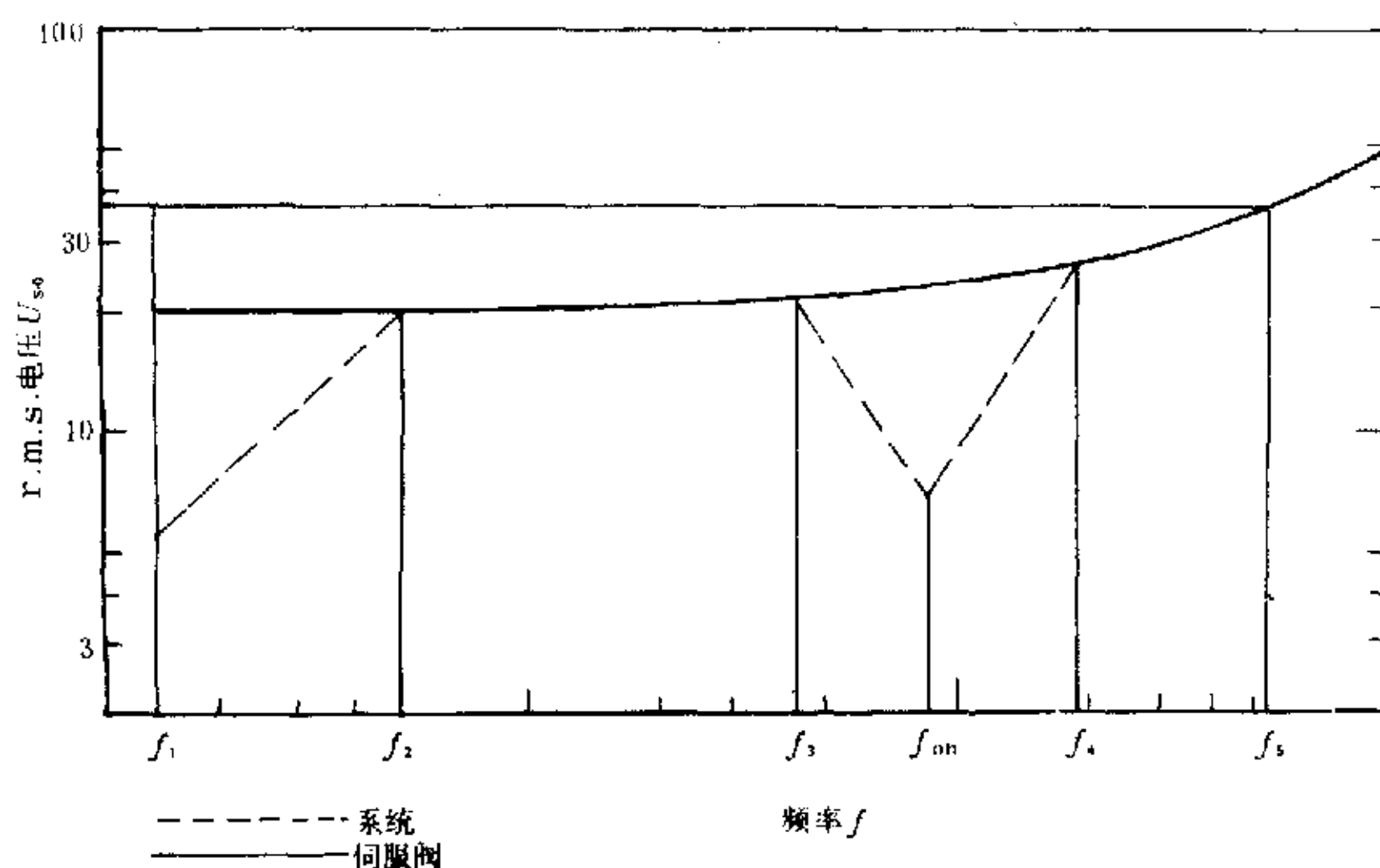


图3 系统与单级伺服阀的驱动要求示例



续图 3

- c. 任一输入端与振动发生器金属台体间的击穿电压；
- d. 电反馈回路中用的传感器特性与传递函数；
- e. 为保证第 7.1.3~7.1.5 条规定的特性是否需要抖动(见 5.5.12 条)；如果需要抖动，对抖动提出相应的要求。

7.1.3 静态力 F_{st}

制造厂应对第 7.1.1 和 7.1.2 条额定条件下的静态力(见 5.5.7.1 条)予以规定。

7.1.4 额定速度

制造厂应对第 7.1.1 和第 7.1.2 条额定条件下的额定速度(见 5.5.4 条)予以规定。

如果振动发生器配备可调旁通，应根据制造厂给出的旁通调节量规定其额定速度。

7.1.5 额定频率范围

制造厂应分别规定相应于不同试验负载(见 5.4 条)下最大激振力 $F_{\max}$ (见 5.5.7 条)的频率范围。

7.1.6 正弦振动特性的限制

制造厂应给出不同试验负载(见 5.4 条)下振动发生器位移、速度与加速度极限特性曲线。图 4 给出了极限特性曲线示例。

注：① 由于下述因素，振动发生器在较低频率上的使用可能受到限制：

- a. 谐波失真；
- b. 信噪比；
- c. 最大活塞行程(图 4 中①点的左侧曲线)。

② 由于下述因素，振动发生器在较高频率上的使用可能受到限制：

- a. 伺服阀特性；
- b. 系统的响应频率；
- c. 速度限制(图 4 中①与②两点间的曲线)；
- d. 加速度限制(图 4 中②与③两点间的曲线；有时要考虑旁通中泄漏量的影响)；
- e. 伺服阀限制(图 4 中③或④的右侧曲线)；
- f. 整个系统的液压谐振频率(图 4 中④或③点的右侧曲线)；
- g. 运动部件的横向运动。

7.1.7 随机振动特性的限制

如果用户需要，制造厂可给出不同试验负载(见 5.4 条)下振动发生器加速度功率谱密度极限特性曲线。图 5 给出了该极限特性曲线的示例。

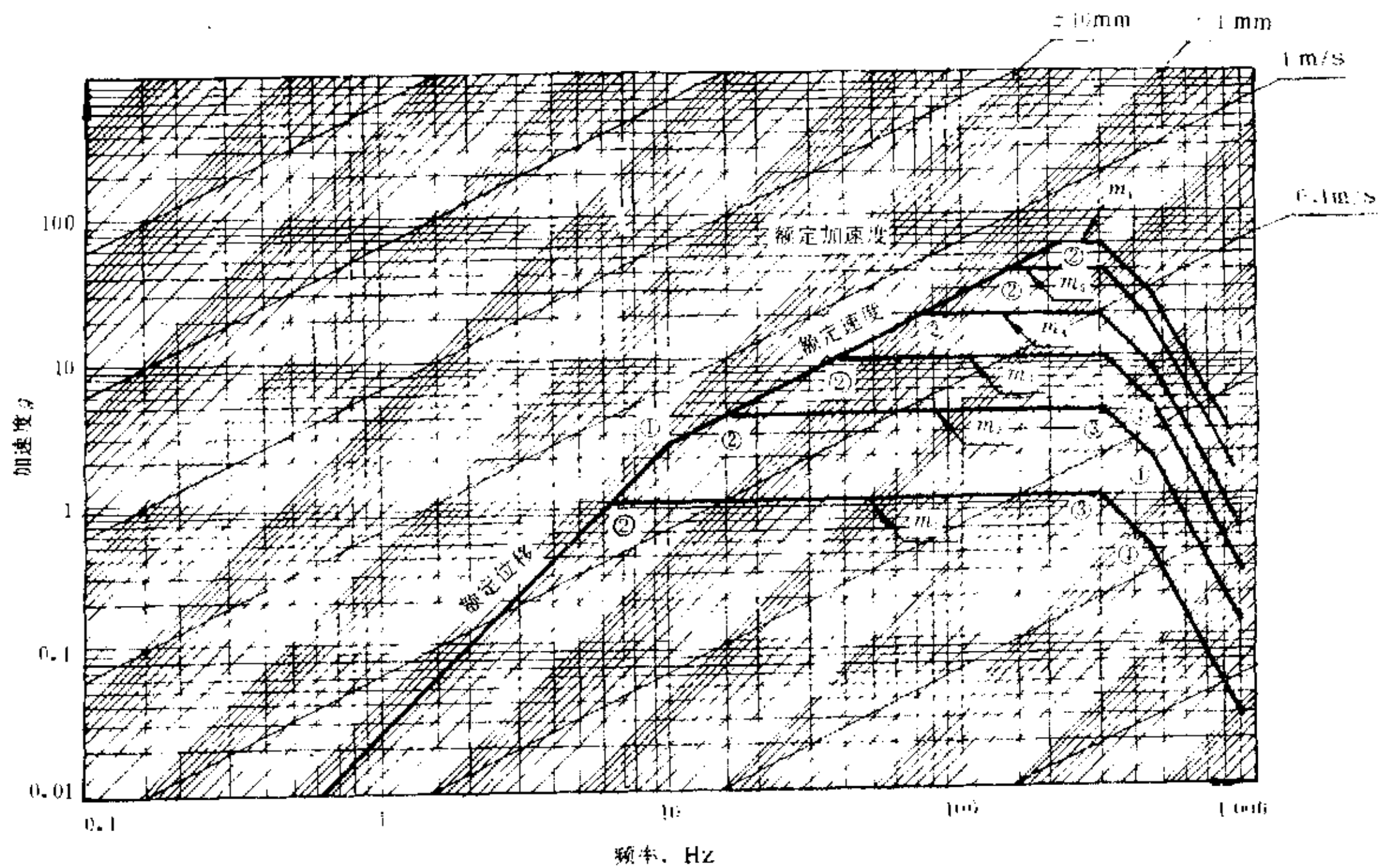
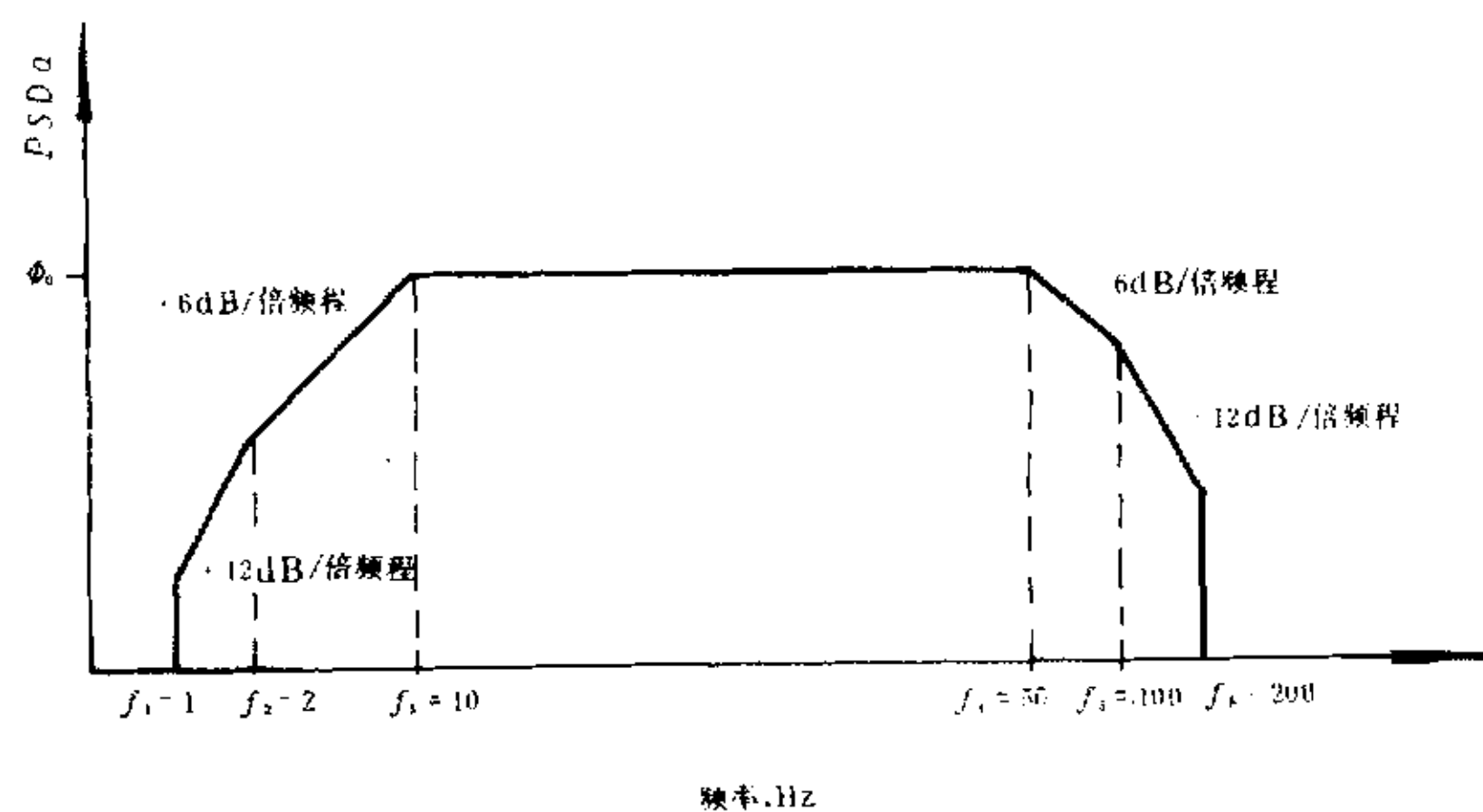


图4 额定正弦振动特性示例

图5 加速度功率谱密度 PSD_a 曲线图示例

7.1.8 最大正弦激振力 $F_{\max}$

制造厂应给出在额定频率范围(见7.1.5条)内相应于所选试验负载的最大正弦激振力。

试验负载的重力可由振动发生器外部系统或与激振力产生无关的内部系统进行补偿。

对于某些试验负载或频带,如果振动发生器不能连续工作,则应予以说明。

如果最大正弦激振力仅适用于振动发生器而不适用于整个系统,则应予以说明。

7.1.9 额定宽带随机激振力 F_{0b}

如果用户需要,制造厂可给出由频率 f_1 与 f_2 确定的频带(见5.5.8,5.5.9条和图5)内液压振动发生器连续工作时能够产生的额定宽带随机激振力(见5.5.7.5条)。

7.1.10 工作台面加速度均匀度

如果用户需要,制造厂可说明工作台面空载时加速度均匀度,并以频率函数曲线形式给出各固定点

的加速度偏差。

对于开槽的工作台面,应至少沿半径选择两个测量点:

- a. 可能最好的点(尽可能接近台面中心);
- b. 可能最坏的点。

7.1.11 工作台面横向运动

如果用户需要,制造厂可说明工作台面的横向运动,并通过两条频率函数曲线给出台面或力输出端中心固定点的横向运动与轴向运动的比值,两条曲线应与垂直运动部件轴线的两个正交方向对应。

如果中心点难以接近,则应说明参考点的位置。

横向运动应在空载下进行测量。如可能,也应在额定激振力下进行测量,并说明采用的测量方法和激振力值。

对于有载或偏离中心点的测量,由制造厂与用户商定。

7.1.12 特性的限制

如果用户需要,制造厂可说明限制液压振动发生器特性的其他各种因素。

7.2 运动部件

液压振动发生器运动部件的构成如下:

- a. 活塞(图 A2 中的 1);
- b. 活塞杆(图 A2 中的 4);
- c. 工作台体(图 A2 中的 11);
- d. 工作台面(图 A2 中的 12)或力输出端(图 A2 中的 14)。

7.2.1 运动部件的质量

制造厂应说明运动部件的质量(见 5.1.1 条)。

7.2.2 额定行程

制造厂应规定运动部件的额定行程(见 5.5.3.1 条)。

7.2.3 电气安全装置间的行程

制造厂应规定电气安全装置间的行程,并说明其控制范围。

7.2.4 限位器间的行程

7.2.4.1 简易机械限位器

制造厂应规定机械限位器间的行程(见 5.5.3.2 条)。

7.2.4.2 配有阻尼器的机械限位器

制造厂应指出在不同初始速度和负载下速度随位移的衰减,或说明其动能的改变。制造厂还应说明阻尼是否来自振动发生器内部。

7.2.5 标称液压固有频率

制造厂应给出在给定试验负载下的标称液压固有频率及其测量方法(见 5.5.6.1 条)。附录 B(补充件)中的 B1 章举例说明了标称液压固有频率的计算方法。

7.2.6 液压刚度

制造厂应给出液压刚度及计算方法。附录 B(补充件)中的 B2 章举例说明了液压刚度的测量方法。

7.2.7 重力补偿装置

如果液压振动发生器备有重力补偿装置,制造厂应给出能补偿的最大负载,并说明在第 7.1.5 条给定的频率范围内重力补偿装置的调节方法及其他要求。

7.2.8 导向与定位装置允许的负载

7.2.8.1 最大横向力

为防止设备出现故障,制造厂应规定允许瞬时作用的最大横向力,并说明是静态力、动态力或两者的合成。

最大横向力应沿着工作台面施加并垂直于振动轴线,同时活塞应至少处于三个轴向位置(零行程、半行程、全行程)。

7.2.8.2 额定静态横向力

制造厂应说明振动发生器能永久承受而不改变其特性的静态横向力。

按照第 7.2.8.1 条述及的方法施加静态横向力。

7.2.9 横向静态刚度

制造厂应说明液压缸体的横向静态刚度。横向静态刚度一般沿工作台面测定。

横向静态刚度由两部分组成:运动部件导向机构的横向刚度和活塞杆的弯曲刚度。

注:对于长行程的直线振动发生器,刚度值应以活塞位置的函数形式给出。

7.2.10 运动部件的静摩擦

如果用户需要,制造厂可说明运动部件启动时克服静摩擦所需的力。

7.2.11 工作台面尺寸

制造厂应给出工作台面尺寸,并提供一张标注固定点位置公差和制造材料的图纸。

7.2.12 试验时负载或试件的固定方法

制造厂应说明负载或试件在工作台面或力输出端上的固定方法,并规定紧固螺栓的最大紧固扭矩。

对于工作台,制造厂应说明是否备有可更换的螺纹衬套;如果备有螺纹衬套,应说明其在工作台面上的相对位置。

7.2.13 工作台面上螺纹衬套或紧固件的推荐扭矩

制造厂应说明施加在螺纹衬套或紧固件上的推荐扭矩。

7.2.14 螺纹衬套或紧固件允许的最大轴向力

制造厂应给出每一螺纹衬套或紧固件允许的最大轴向力。

7.2.15 工作台面的平面度

制造厂应给出在规定环境与热稳定(见 7.4.6 条)条件下工作台面整个与局部的平面度。

如果螺纹衬套位于台面之下,则应给出整个台面的平面度。

如果工作台备有可更换的凸缘衬套,则应给出衬套安装表面的平面度和衬套凸缘厚度偏差。

7.2.16 螺纹衬套相对于台面的垂直度

制造厂应规定螺纹衬套相对于台面的垂直度。

7.2.17 台面相对于活塞杆轴线的垂直度

制造厂应规定台面相对于活塞杆轴线的垂直度。

7.2.18 轴线的同轴度(力输出端)

制造厂应规定力输出端轴线与活塞杆轴线的同轴度。

7.2.19 辅助台的连接要求

制造厂应说明辅助台与振动发生器的连接要求。

7.3 辅助设备

7.3.1 振动发生器的传感器

7.3.1.1 振动发生器轴向位置传感器

除机械式位置控制外,振动发生器应至少有一个传感器用作中心位置反馈控制。对于轴向位置传感器,制造厂应给出如下参数:

- a. 标称输入电压;
- b. 输入信号频率;
- c. 标称输入电流;
- d. 灵敏度,即运动部件额定行程范围内的最大输出信号(mV)与输入信号(V)之比;
- e. 最小负载阻抗;

- f. 输出信号与输入信号间的相位差(如果需要);
- g. 击穿电压。

当传感器内装有电子线路时,制造厂还应给出传感器输出与振动发生器轴向位移间的传递函数。

7.3.1.2 压力、力、速度或加速度传感器

如果振动发生器配有压力、力、速度或加速度传感器中的一种或多种,制造厂应对其每一种传感器作如下说明:

- a. 标称输入电压(如可能);
- b. 输入阻抗(如可能);
- c. 最小负载阻抗;
- d. 电输出(电压或电流)与机械输入(压力、力、速度或加速度)间的传递函数;
- e. 输入信号频率;
- f. 标称输入信号;
- g. 灵敏度(类同 7.3.1.1d 条)。

7.3.2 冷却系统

如果振动发生器的冷却系统独立于液压源,制造厂应说明其特性(见 9.2.6 条)。

7.3.3 安全保护系统

安全保护系统一般由安全检测、报警与切断装置组成。报警装置与切断装置按其功能加以区别:

- a. 报警装置,当出现反常现象时立即发出可见的或音响信号,以引起操作人员的注意并采取必要的措施;
- b. 切断装置,当出现反常现象和紧急情况时立即停止设备运转。

制造厂应给出安全保护系统的特性,并说明报警装置与切断装置的配置情况。有时,同一个安全检测装置能够触发具有一定门槛值的报警装置和具有另一个门槛值的切断装置。

制造厂还应说明切断装置的特性及停机过程。一般应避免突然停机以防止损坏试件。

7.3.3.1 行程终端

固定式或可调式的行程终端安全装置可以采用行程终端触点开关而独立于振动发生器轴向位置测量系统,也可以设定门槛值并利用轴向位置测量系统。

7.3.3.2 液压缸中的压力

为防止液压缸活塞两侧压力差超过额定值,可以配备一个触发式安全装置(例如,压力差超过其门槛值时触发动作的安全装置)。

在某些情况下,安全装置是可调式的,以适应振动发生器不同使用要求。

7.3.3.3 轴承温度

如果配备温度测量及设定温度阈值超过时触发报警或安全装置的系统,制造厂应说明其特性。

7.3.3.4 油流量

制造厂应说明配置于振动发生器上的或液压源所要求的节流器特性。

7.3.3.5 滤油器的阻塞

振动发生器配备滤油器时,制造厂应说明滤油器阻塞检测装置的特性。

7.3.4 软管与电缆

制造厂应对同振动发生器一起提供的连接软管与电缆予以说明。

7.4 安装要求

7.4.1 一般要求

制造厂应提供振动发生器与辅助设备(油路、液压源、连接电缆等)尺寸及公差图,并说明安装时需专用工具。

7.4.2 振动发生器的质量

制造厂应说明:

- a. 振动发生器的总质量;
- b. 底座(如果配备)质量;
- c. 拆卸振动发生器时最大搬运质量;
- d. 辅助设备(如果配备)质量。

7.4.3 振动发生器底座

如果振动发生器配有底座,制造厂应说明:

- a. 振动发生器定位装置:定位销、锁紧装置及其操作方法;
- b. 振动发生器底座处于水平与垂直位置时的动态特性;
- c. 振动发生器底座在基础上的安装要求,必要时应提供安装图。

注:值得注意的是基础动态特性以及基础与振动发生器间的机械连接质量关系到安装效果特别是振动发生器频率范围。

7.4.4 辐射噪声的声功率级

如果用户需要,制造厂可给出在额定频率范围内空载正弦振动时,振动发生器及所配备的辅助设备辐射噪声的最大声功率级。

制造厂应按 GB 3768 规定的方法进行测量。如不采用这种方法,应说明所用测量方法。

7.4.5 散热

如果用户需要,制造厂可说明振动发生器在规定条件下的散热量和热稳定时间。如果配备辅助设备,制造厂应对辅助设备各组成部分的散热量分别予以说明。

7.4.6 工作台面温度

如果用户需要,制造厂可说明相应于热稳定条件下运动部件最大发热量的工作台面温度。

7.5 环境与工作条件

7.5.1 工作场所

制造厂应说明振动发生器在规定条件下正常工作的工作场所环境:

- a. 环境温度与相对湿度范围;
- b. 环境的清洁度。

7.5.2 综合试验

振动发生器用于综合试验(振动试验同气候或机械试验综合进行)时,制造厂应根据用户要求提供下述说明:

对于气候条件

- a. 温度与相对湿度范围;
- b. 允许绝对大气压;
- c. 必要时,对所用气候箱及热屏蔽予以说明。

对于离心加速度

- a. 振动发生器在三个正交方向上允许的最大持续加速度;
- b. 加速度补偿装置(如果配备)技术要求。

7.6 技术文件

制造厂应列出随振动发生器一起提供的技术文件。技术文件可包括如下内容:

- a. 振动发生器及其辅助设备示意图与说明;
- b. 特性参数;
- c. 操作与控制方法;
- d. 安装要求及其平面图;
- e. 底座(见 7.4.3 条)固定的详细说明;

- f. 连接与电缆图；
- g. 备件名称与明细表；
- h. 组装与拆卸说明；
- i. 必要的专用工具清单；
- j. 运行与维护；
- k. 制造厂推荐的优先选用备件表；
- l. 环境与工作条件；
- m. 其他说明。

8 控制系统

控制系统构成如下：

- a. 液压振动发生器的伺服阀控制装置；
- b. 控制与保护面板；
- c. 辅助设备；
- d. 整个液压振动发生器系统启动与停机装置，以及安全与报警装置。

控制系统各组成部分通常安装在控制箱内，诸如本标准没有涉及的信号发生器以及位移、速度与加速度指示装置也安装在控制箱内。

有时，控制系统某些组成部分安装在液压源或者液压振动发生器上。某些制造厂用两块面板分别提供伺服阀控制功能以及启动、停机与安全保护功能。另一些制造厂将这些功能集成在一块控制面板上。

根据本章内容，用户可以对控制系统或系统中某一装置提出技术要求。如果液压振动发生器由不同制造厂提供，应特别注意所用安全保护系统。

8.1 伺服阀控制装置

制造厂应说明伺服阀控制装置工作原理，并且最好采用方框图形式进行说明（见附录 D（补充件）中的图 D1）。

制造厂应根据第 8.1.1～8.1.13 条述及的内容规定控制装置的特性。

8.1.1 非调制输入特性

如果采用非调制输入，制造厂应说明其下述特性：

- a. 最小与最大输入电压范围；
- b. 输入灵敏度调节控制范围；
- c. 随温度与电源电压而变化的增益稳定性；
- d. 零点漂移调节范围；
- e. 随温度与电源电压而变化的零点稳定性；
- f. 频率范围，上限与下限（如果需要可包括直流）；
- g. 内部滤波器的响应；
- h. 输入阻抗；
- i. 共模抑制；
- j. 输入保护电路电平与可调性。

8.1.2 调制输入特性

如果采用调制输入，制造厂应说明其下述特性：

- a. 满量程（mV/V）输出的最大与最小输入电压范围；
- b. 输入灵敏度调节控制范围；
- c. 随温度与电源电压而变化的增益稳定性；
- d. 零点漂移调节范围；

- e. 随温度与电源电压而变化的零点稳定性；
- f. 90°相移电压补偿范围；
- g. 含有解调滤波器的解调系统频率范围；
- h. 滤波器转角频率调节范围；
- i. 输入阻抗；
- j. 共模抑制；
- k. 输入保护电路电平与可调性。

8.1.3 交流源输出特性

对于传感器所用交流源,制造厂应说明其如下输出特性:

- a. 频率；
- b. 频率调节范围；
- c. 频率稳定性；
- d. 电压；
- e. 电压调节范围；
- f. 电压稳定性；
- g. 最大电流；
- h. 输出方式,一般以地为参考点并对地平衡,或者同悬浮变压器(有或没有中心抽头)次级相平衡；
- i. 短路保护方法。

8.1.4 直流源输出特性

对于传感器所用直流源,制造厂应说明其如下特性:

- a. 电压；
- b. 电压调节范围；
- c. 电压稳定性；
- d. 残留噪声电压；
- e. 最大电流；
- f. 输出方式,一般单向对地(仅有正或负),或者对地平衡(等于正与负)；
- g. 短路保护方法。

8.1.5 抖动特性(见 5.5.12 条)

如果伺服阀控制装置装有抖动信号源,并通过伺服阀激励信号叠加一个抖动信号以减少“粘性摩擦力”或克服“淤塞”时,制造厂应对其抖动特性作如下说明:

- a. 抖动频率；
- b. 抖动频率调节范围；
- c. 抖动幅度；
- d. 抖动幅度调节范围；
- e. 如果备有随频率升高而自动减弱以至切断抖动的电路,应指出抖动存在的最高频率。

8.1.6 伺服阀控制装置的输出特性

制造厂应说明伺服阀控制装置的输出特性:

- a. 输出的交流与直流电流；
- b. 输出的交流与直流电压；
- c. 输出阻抗；
- d. 频率范围；
- e. 短路保护方法。

8.1.7 来自信号源的初始输入特性

制造厂应说明反馈回路无反馈时获得第 8.1.6 条所述输出电流或输出电压的伺服阀控制装置初始输入电压(来自信号源)范围。

8.1.8 最大输入电压

对于每一输入端,制造厂应给出伺服阀控制装置性能不受影响的最大输入电压。

8.1.9 传递函数

如果用户需要,制造厂可给出伺服阀控制装置线性工作区内的由初始输入和辅助输入到输出的传递函数。

如果增益是可调的,应说明其调节范围。

8.1.10 总失真度 d

如果用户需要,制造厂可给出额定输出量的总失真度,并在输出端并联一个能得到第 8.1.6 条述及的额定参数的阻抗条件下测量。

8.1.11 信噪比

如果用户需要,制造厂可给出信噪比。信噪比应在输出端并联额定阻抗和输入端并联其各自的最大源阻抗条件下测量。

8.1.12 零输入时输出量的稳定性

制造厂应说明零输入时输出量的稳定性,并以输出量偏离额定值的百分比表示。测量时,输出端并联额定阻抗,输入端并联其各自的最大源阻抗。

在规定工作条件(见 8.4 条)下,制造厂应以环境温度与供给电压的函数形式说明其稳定性。

8.1.13 增益稳定性

如果用户需要,制造厂可说明对于每一输入的增益稳定性,并以输出量偏离额定值的百分比表示。制造厂应在下述测量条件下,以环境温度与供给电压的函数形式说明其增益稳定性:

- a. 控制装置并联额定源阻抗和输出阻抗;
- b. 增益稳定装置(如果需要)指示规定值;
- c. 信号源提供的信号,其给定频率与恒定幅值对应于额定输出量;
- d. 环境温度与供给电压在第 8.4 条规定的范围内变化。

8.1.14 特性的限制

制造厂应指出限制伺服阀控制装置特性的各种因素。

8.2 控制与保护面板

对于控制与保护面板,制造厂应说明其启动与停机,以及冷却液通与断的控制功能。制造厂还应对保护电路与联锁保护予以说明。

8.3 辅助设备

对于伺服阀控制装置所配备的辅助设备,制造厂应说明其功能与特性。

8.4 安装要求

对于控制装置,制造厂应说明其如下安装要求:

- a. 所需电源(电压、电流、频率、功率、冷却要求等);
- b. 所需空间;
- c. 连接方法(连接型式、电缆型号与长度等);
- d. 符合第 8.5 条规定的工作环境。

8.5 环境与工作条件

制造厂应说明控制装置正常工作的环境条件:

- a. 环境温度与相对湿度范围;
- b. 允许的电磁干扰;

- c. 电源电压波动范围。

8.6 技术文件

制造厂应列出随伺服阀控制装置一起提供的技术文件。技术文件可包括如下内容：

- a. 控制装置示意图及说明；
- b. 操作与控制方法；
- c. 布置要求及其平面图；
- d. 连接与电缆图；
- e. 安装要求；
- f. 备件明细表；
- g. 制造厂推荐的优先选用备件表；
- h. 环境与工作条件；
- i. 其他说明。

9 液压源系统

液压源系统原理图由附录 A(补充件)的图 A3 给出。

9.1 一般特性

制造厂应说明液压源系统各组成部分及其特性。

液压源系统应符合 GB 3766 中的有关规定。

9.1.1 驱动马达特性

对于驱动马达,制造厂应给出以下特性：

- a. 驱动马达的类型(电动机、内燃机等)；
- b. 额定特性(对于电动机,转速、电压、电流和频率等)。

9.1.2 液压源系统的流量与压力特性

9.1.2.1 制造厂应给出液压源系统的流量 q_m (见 5.5.2 条)和供油压力 p_s (见 5.5.1 条)。

9.1.2.2 如果用户需要,制造厂应提供在驱动马达额定功率下最大流量-供油压力特性曲线。

9.2 液压源特性

9.2.1 液压油

液压油一般为矿物油,并适用于液压源的不同组件特别是密封件。

液压油型号的选择取决于它的标准或下述物理特性：

- a. 动力粘度或运动粘度；
- b. 工作温度；
- c. 密度；
- d. 体积弹性模量；
- e. pH 值(适用于同液压油接触的材料)；
- f. 闪点；
- g. 抗泡性。

制造厂应指出液压源系统可以使用的液压油牌号,以及推荐的优先选用型号。

9.2.2 油箱

油箱的主要特性是它的容积,足够的容积能使流经系统之后的液压油恢复其特性。但是,应特别注意液压油的防泡、防乳化和冷却。

制造厂应给出影响液压油的下述参数：

- a. 油箱的有效容积；
- b. 最大流量与油箱容积之比；

c. 液压油最低液面高度与通过油箱的时间。

制造厂还应说明油箱通气孔、注油孔和排油口的配置情况：

- a. 通气孔是否配有过滤器；
- b. 注油孔是否配有塞子与过滤器；
- c. 排油孔的个数和定期清洁油箱的窗口设置。

9.2.3 液压泵

制造厂应说明所用液压泵的类型(叶片泵、齿轮泵或柱塞泵)以及流量是否可变。液压泵的选择取决于所需压力级别,制造厂还应说明高压泵是否配有低压(辅助)泵,如果配有低压泵,应说明其型号。

9.2.4 压力调节器

制造厂应说明压力调节器是装在液压源内还是装在排油管路中,以及控制方式(手动或自动)与动作方式(比例阀或开关阀)。

制造厂还应说明压力调节器下述特性：

- a. 压力控制范围；
- b. 作为时间与流量波动函数的压力稳定性；
- c. 流量阶跃变化的响应时间。

9.2.5 过滤系统

制造厂应说明过滤系统中各级滤油器的配置情况及其型号：

- a. 注油滤油器；
- b. 液压泵吸油口的吸入滤油器；
- c. 液压泵排油回路中的高压滤油器；
- d. 油箱入油口处的回油滤油器；
- e. 旁通滤油器。

制造厂还应说明下述同液压油类型及其温度有关的滤油器特性：

- a. 允许的最大流量；
- b. 允许的最大压力；
- c. 压力降；
- d. 滤网规格。

制造厂应说明油的清洁度,并符合第 7.1.1 条的规定。

9.2.6 热交换器

液压油温度应在最严酷及连续工作条件下保持稳定。

制造厂应对热交换器做如下说明：

- a. 热交换器类型(自然或强制式对流空冷,或冷却液冷却),以及工作方式(连续或两点式)；
- b. 液压油最佳温度与上、下限温度；
- c. 液压油压力范围；
- d. 在液压油最大流量下,允许的冷却液最大与平均流量(随输入温度而变化)；
- e. 冷却液特性；
- f. 空冷时最高环境温度；
- g. 热损失功率最大值(随液压泵消耗功率而变化)。

9.2.7 蓄能器

制造厂应对各蓄能器作如下说明：

- a. 最高工作压力；
- b. 容量；
- c. 充气压力；

d. 必须进行的定期检验;

e. 充气种类。

蓄能器应满足有关压力检验要求。

9.2.8 中间连接

制造厂应说明液压源系统与液压缸之间的中间连接系统(高压源,回油与排油管路)。

9.3 辅助设备

9.3.1 附件

制造厂应指出所需附件:

- a. 检验液压回路中油清洁度的采样装置;
- b. 热交换器的温控开关;
- c. 主液压泵的增压泵,以及所需漏油回收泵等;
- d. 配有或不配干燥器的油箱空气输入滤清器;
- e. 排气器。

9.3.2 指示装置

制造厂应对所配备的指示装置及其提供信息的方式(现场或遥测)予以说明:

- a. 可通断的高、低压压力计;
- b. 油箱液面指示计;
- c. 油箱液压油温度计。

9.3.3 安全保护系统

制造厂应对安全系统以及是否备有报警或切断装置予以详细说明。例如:

- a. 热继电器;
- b. 压力继电器(液压油压力、热交换器中冷却液压力);
- c. 最高与最低液面检测器;
- d. 过滤器阻塞指示器;
- e. 液压源系统与液压振动发生器隔开时使液压油排到油箱的分流阀;
- f. 管路或整个系统发生故障时使液压振动发生器隔开的分流阀。

9.4 安装要求

9.4.1 一般要求

制造厂应提供液压源系统的布置图,特别是紧固件及其固定点安装尺寸图。制造厂还应给出维修所需的空间。

9.4.2 液压源系统主要部件的质量

制造厂应说明下述质量:

- a. 整个液压源系统主要部件的质量;
- b. 液压源拆装搬运时的最大质量。

9.4.3 功率消耗

如果以电机作为动力源,制造厂应给出稳定工作条件下液压源系统所消耗的功率。功率消耗取决于最大流量 q_{vm} 与供油压力 p_s ,必要时应给出功率消耗随流量与供油压力而变化的函数曲线。制造厂还应给出启动峰值电流及其持续时间。

如果以内燃机作为动力源,制造厂应说明每小时燃料消耗,以及系统工作所需辅助装置消耗的电功率。

9.4.4 连接

制造厂应给出下述连接处的要求与尺寸:

- a. 液压油注入口;

- b. 液压油输出口；
- c. 油箱的回油口；
- d. 辅助口(例如,排油管口)；
- e. 电气连接；
- f. 冷却液回路连接。

9.4.5 启动与维护

在启动设备时,特别值得注意的是启动程序,以及油路的冲洗与清理方法。

制造厂应说明液压源系统抽空的频次,以及检查液压油污染的方法与时间间隔,制造厂还应说明检查滤油器堵塞程度的方法及滤芯更换的要求。

9.4.6 辐射噪声的声功率级

如果用户需要,制造厂可给出最大流量 q_m 与供油压力 p_s 下液压源系统辐射噪声的声功率级。

制造厂应按照 GB 3768 规定的方法进行测量。如果不采用这种方法,应说明所用测量方法。

9.4.7 散热

如果用户需要,制造厂可说明在最大流量 q_m 与供油压力 p_s 下液压源系统散发到空间的最大热量。

9.4.8 冷却介质的要求

制造厂应对冷却介质作如下说明：

- a. 随输入温度而变化的最大流量(L/min)；
- b. 输入温度范围；
- c. 输入的压力范围；
- d. 化学特性(pH 值,水的硬度)。

9.5 环境与工作条件

制造厂应说明正常工作条件下液压源系统所需空间以及下述环境条件：

- a. 允许的温度与相对湿度范围；
- b. 所需空气流量(与热交换器中的流量无关)；
- c. 允许的海拔高度；
- d. 允许电源电压与频率变化的范围。

对于内燃机,制造厂应指出：

- a. 供给内燃机的空气流量；
- b. 允许的温度与相对湿度范围；
- c. 空气过滤要求。

9.6 技术文件

制造厂应列出随液压源系统一起提供的技术文件。技术文件可包括如下内容：

- a. 液压源系统工作原理图及其说明；
- b. 特性参数(见 9.1 与 9.2 条)；
- c. 操作与控制方式,以及启动与维护方法(见 9.4.5 条)；
- d. 安装要求及布置图(见 9.4.1 条)；
- e. 连接与电缆图；
- f. 总体图与备件明细表；
- g. 组装与拆卸说明；
- h. 制造厂推荐的备件优选清单；
- i. 环境与工作条件；
- j. 其他技术文件。

10 液压振动发生器系统

液压振动发生器系统由液压振动发生器、伺服阀控制装置与液压源系统构成(见图 A1)。

本章规定的特性仅适用于液压振动发生器系统,而不适用于系统的各功能单元。对系统各功能单元的特性,制造厂应按照本标准中相应章条予以规定(见第 7、8、9 章)。

液压振动发生器系统的特性应使用试验负载 m_t (见 5.4 条)进行检验。

10.1 一般特性

10.1.1 静态力 F_{st}

关于振动发生器的第 7.1.3 条的内容也适用于整个液压振动发生器系统。

10.1.2 额定速度

关于振动发生器的第 7.1.4 条的内容也适用于整个液压振动发生器系统。

10.1.3 额定频率范围

关于振动发生器的第 7.1.5 条的内容也适用于整个液压振动发生器系统。

10.1.4 正弦振动特性的限制

关于振动发生器的第 7.1.6 条的内容也适用于整个液压振动发生器系统。

10.1.5 随机振动特性的限制

制造厂应根据 7.1.7 条的要求说明随机振动特性的限制。

10.1.6 最大正弦激振力 F_{omr}

关于振动发生器的第 7.1.8 条的内容也适用于整个液压振动发生器系统。

10.1.7 额定随机激振力 F_{ob}

关于振动发生器的第 7.1.9 条的内容也适用于整个液压振动发生器系统。

10.1.8 工作台面加速度均匀度

制造厂应按第 7.1.10 条的要求说明工作台面空载时加速度均匀度。

10.1.9 工作台面的横向运动

制造厂应按 7.1.11 条的要求说明工作台面空载时横向运动。

10.1.10 特性的限制

关于振动发生器的第 7.1.12 条的内容也适用于整个液压振动发生器系统。

10.1.11 总失真度 d (见 5.5.10.1 条)

制造厂应给出总失真度,并说明是位移、速度或加速度失真度。

制造厂还应指出所用滤波器与信号分析的频带宽度。

总失真度 d 应在振动发生器极限工作条件下(额定位移、额定速度与额定加速度)进行测量。

10.1.11.1 空载试验

如果用户需要,制造厂可给出在工作频率范围内和最大激振力条件下台面或力输出端空载加速度总失真度。

总失真度应在最大激振力、十分之一最大激振力以及制造厂规定的标称液压模态阻尼条件下测量,并以频率函数曲线形式给出。该曲线两端由额定频率范围限定(见 7.1.5 和 7.1.6 条)。

10.1.11.2 负载试验

制造厂应给出第 10.1.11.1 条规定的相同条件下不同试验负载对应的加速度总失真度。该失真度应在额定位移、额定速度和额定加速度下测量,特别是在最大功率输出相对应的速度-加速度交越点处测量。

制造厂还应给出加速度为额定加速度值的一半与四分之一时的总失真度。

10.1.12 背景噪声(见 5.5.11.1 条)

制造厂应给出台面或力输出端加速度与位移背景噪声方均根值和峰值,制造厂还应说明测量频带。

背景噪声应在空载和无信号输入条件下测量,同时在输入端并联一个与最大源阻抗等效的阻抗。

10.1.13 工作噪声(见 5.5.11.2 条)

如果用户需要,制造厂应给出加速度与位移的工作噪声以及测量频带。工作噪声应在空载与有载下测量,并对应于位移、速度和加速度的额定值。

10.1.14 信噪比(见 5.5.11.3 条)

制造厂应根据第 5.5.11.3 条的定义给出信噪比。

10.1.15 抖动

制造厂应说明是否需要抖动(见 5.5.12 和 8.1.5 条),以达到第 10.1.1~10.1.7 条规定的特性要求。如果需要抖动,则应说明如何满足抖动要求。

10.1.16 整个液压振动发生器系统的输入特性

制造厂应给出整个液压振动发生器系统的输入特性。

制造厂应首先给出 $f_{\min} \sim f_{\max}$ 频带内所要求的输入电压和最小输入阻抗。

10.1.17 激振力的稳定性

制造厂应说明整个系统的电源电压波动 $\pm 10\%$ 时激振力(F_{st} 或 F_{omt})相应的变化。

10.1.18 运动部件的瞬态运动

如果用户需要,制造厂可给出在下列条件下运动部件瞬态运动特性及其最大值:

- a. 正常启动;
- b. 正常停机;
- c. 安全保护系统(如果配备)工作;
- d. 整个液压振动发生器系统或其部分供电突然中断。

测量应在规定的试验负载和反馈控制条件下进行。

10.1.19 伺服系统稳定性

制造厂应说明使伺服系统处于稳定工作状态所采用的方法。

如果采用可调泄漏的方法使系统处于稳定工作状态或减少失真度,制造厂应给出最大激振力时的最大可调泄漏量,并说明对额定速度的影响。

如果采用电稳定方法,制造厂应说明如何利用由传感器到各反馈输入端的反馈信号(例如,活塞杆的位移,活塞杆与控制滑阀的速度,随动滑阀的位移,活塞的压差和台面的加速度)。

10.1.20 负载下中心位置的偏移

制造厂应规定在允许的静态力 F_{st} 的作用下,中心位置的偏移。

10.1.21 重力补偿装置

7.2.7 条对振动发生器的要求同样适用于整个液压振动发生器系统。

10.2 运动部件

7.2 条对振动发生器的要求同样适用于整个液压振动发生器系统。

10.3 辅助设备

10.3.1 振动发生器的传感器

7.3.1 条对振动发生器的要求同样适用于整个液压振动发生器系统。

10.3.2 安全保护系统

除了振动发生器(见 7.3.3 条),伺服阀控制装置(见 8.2 条)和液压源系统的报警和切断装置以及所有极限保护装置外,制造厂还应说明整个液压振动发生器系统的报警、切断或极限保护装置。制造厂应说明在各种情况下,是否使用了报警、切断或极限保护装置(见 7.3.3 条)。

10.3.2.1 电源故障

如果用户需要,制造厂可说明电源发生故障时可能发生的情况。

10.3.2.2 液压源故障

如果用户需要,制造厂可说明液压源发生故障时可能发生的情况。

10.3.2.3 输入信号电平

如果用户需要,制造厂可指出振动发生器在额定特性范围内工作的最高输入电平。在有些情况下,振动发生器配有输入信号突然中断的安全装置,制造厂可对其工作方式加以说明。

10.3.2.4 手控紧急切断

制造厂应对手控紧急切断装置的操作方法加以说明。

10.3.2.5 外部信号自控切断

如果用户需要,制造厂可说明能否通过一个或几个外接安全装置控制液压振动发生器,例如通过试件的响应阈值检测装置。这种情况下,制造厂应在相应的文件中(见 10.6 条)说明停机条件及相应的动作方式。

10.4 安装要求

10.4.1 总安装图

制造厂应给出整个液压振动发生器系统与其他辅助装置的尺寸及装配公差图表。制造厂应对安装所需零部件(包括须由用户准备的零部件)以及用户准备工作予以说明。

制造厂应说明系统每一功能单元周围所需要的自由空间。

10.4.2 整个液压振动发生器系统主要部件的质量

制造厂应说明下述质量:

- a. 整个液压振动发生器系统主要部件的质量;
- b. 拆卸某一功能单元时,所需搬运的最大质量。

10.4.3 整个液压振动发生器系统的基础

7.4.3 条对振动发生器的要求同样适用于整个液压振动发生器系统。必要时,制造厂应说明整个振动发生器系统对基础的要求。

10.4.4 功率

当整个液压振动发生器系统在额定条件下工作时,制造厂应指出在稳定条件下,系统电功率消耗和液压源系统的最大启动功率。

10.4.5 冷却介质

制造厂应说明对冷却介质的要求。第 9.4.8 条中的要求也适用于整个液压振动发生器系统。

10.4.6 内部与外部联接

制造厂应对整个液压振动发生器系统的电气与液压连接要求及其特性加以说明,还应说明整个系统各功能单元之间的连接要求及其特性。

10.4.7 启动条件

制造厂应说明整个液压振动发生器系统的启动程序和液压回路的清洁方法。启动程序应适用于液压系统第一次启动和其后的中间启动。

10.4.8 辐射噪声的声功率级

制造厂应给出在供油压力 p_s 和空载正弦振动额定加速度条件下,整个液压振动发生器系统每一功能单元辐射的最大声功率级。

制造厂应按照 GB 3768 规定的方法进行测量。如果不采用这种方法,应说明所用测量方法。

10.4.9 散热

制造厂应给出在额定条件下,液压源系统与液压振动发生器散发到空间中的最大热量以及热稳定时间。

如果使用了辅助装置,应分别说明它们的散热。

10.4.10 工作台面温度

如果用户需要,制造厂可给出相应于热稳定条件下运动部件最高温度时的工作台面温度。

10.5 环境与工作条件

由于所允许的环境条件对于构成整个液压振动发生器系统各功能单元可以是不同的,因此制造厂应对各功能单元相应的工作条件分别予以说明。

10.5.1 液压振动发生器

10.5.1.1 工作场所

关于振动发生器第 7.5.1 条的要求也适用于本条。

10.5.1.2 综合试验

关于振动发生器第 7.5.2 条的要求也适用于本条。

10.5.2 伺服阀控制装置

关于控制系统第 8.5 条的要求也适用于本条。

10.5.3 液压源

关于液压源系统第 9.5 条的要求也适用于本条。

10.6 技术文件

制造厂应列出随整个液压振动发生器系统一起提供的技术文件,技术文件可包括以下内容:

- a. 整个液压振动发生器系统及其辅助设备的示意图与说明;
- b. 特性参数;
- c. 操作与控制方法;
- d. 安装要求及其平面图;
- e. 现场基础要求(见 7.4.3 条)的详细说明;
- f. 连接与电缆图;
- g. 备件名称与明细表;
- h. 组装与拆卸说明;
- i. 必要的专用工具清单;
- j. 运行与维护;
- k. 制造厂推荐的优先选用备件表;
- l. 环境与工作条件;
- m. 其他说明。

附录 A

液压伺服振动试验设备示意图及液压振动发生器典型结构图 (补充件)

A1 液压伺服振动试验设备示意图见图 A1。

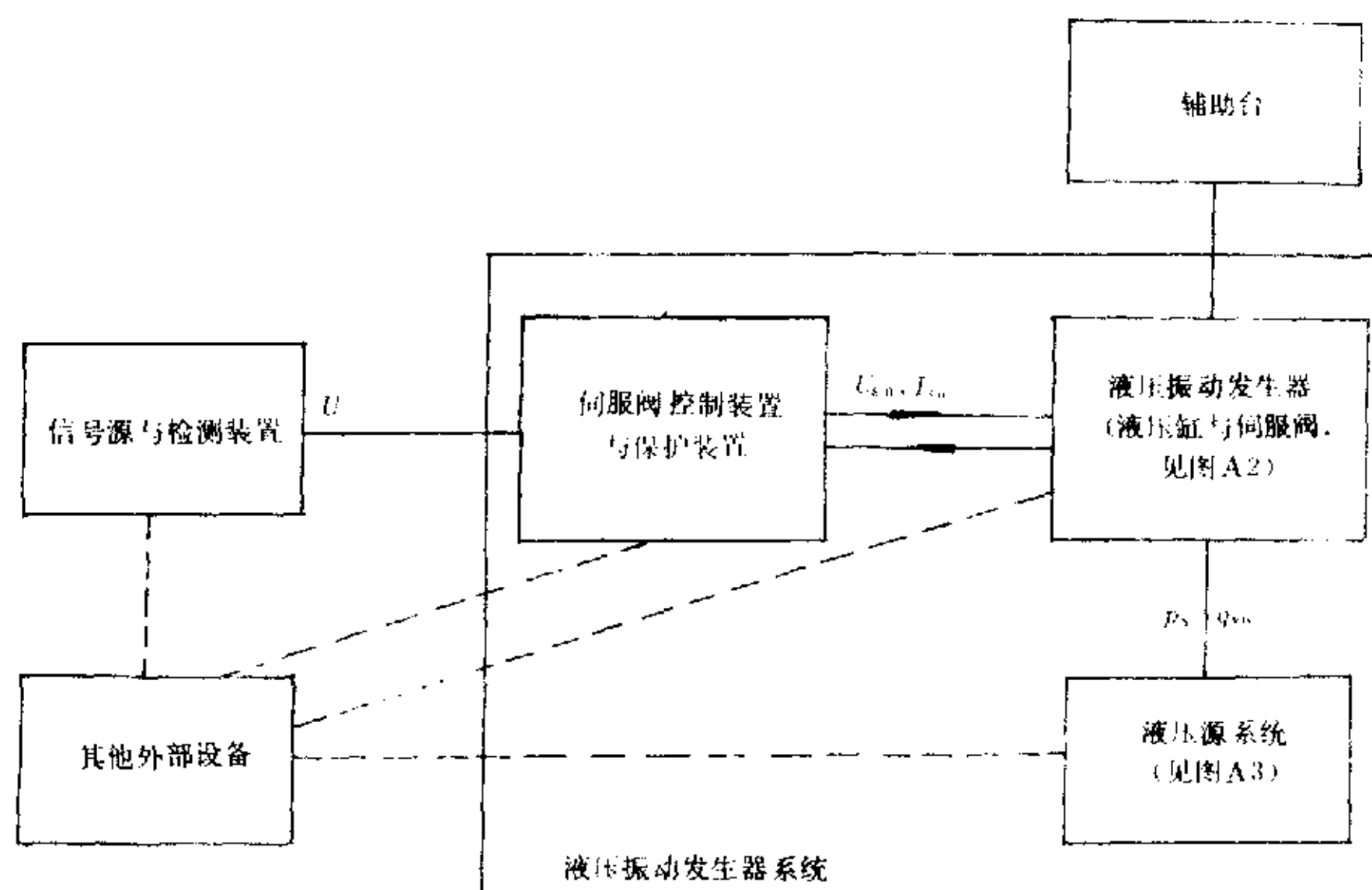
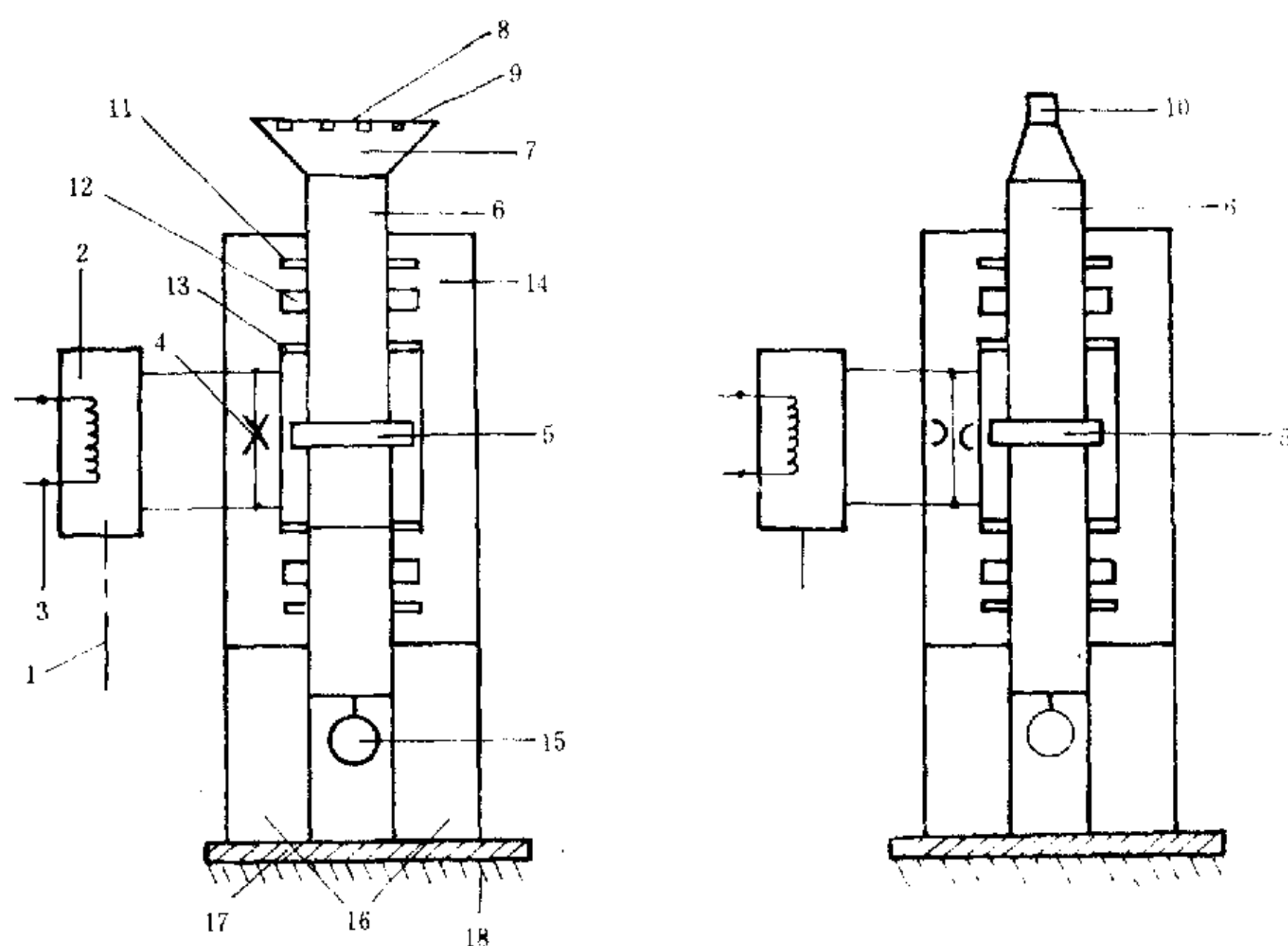


图 A1 液压伺服振动试验设备示意图

A2 液压振动发生器典型结构见图 A2。



a. 具有工作台的液压振动发生器

b. 具有力输出端的液压振动发生器

图 A2 液压振动发生器典型结构图

- 1—高压源；2—伺服阀；3—伺服阀控制线圈；4—可调旁通；5—活塞；6—活塞杆；7—工作合体；
8—工作台面；9—螺纹衬套；10—力输出端；11—密封与泄漏收集器；12—导向系统；13—限位器；
14—液压缸体；15—位移传感器；16—底座；17—基板；18—基础或反作用质量

注：运动部件包括活塞、活塞杆、工作台体（或力输出端）；

液压缸体与底座可采用柱铰或球铰连接。

A3 液压源系统见图 A3。

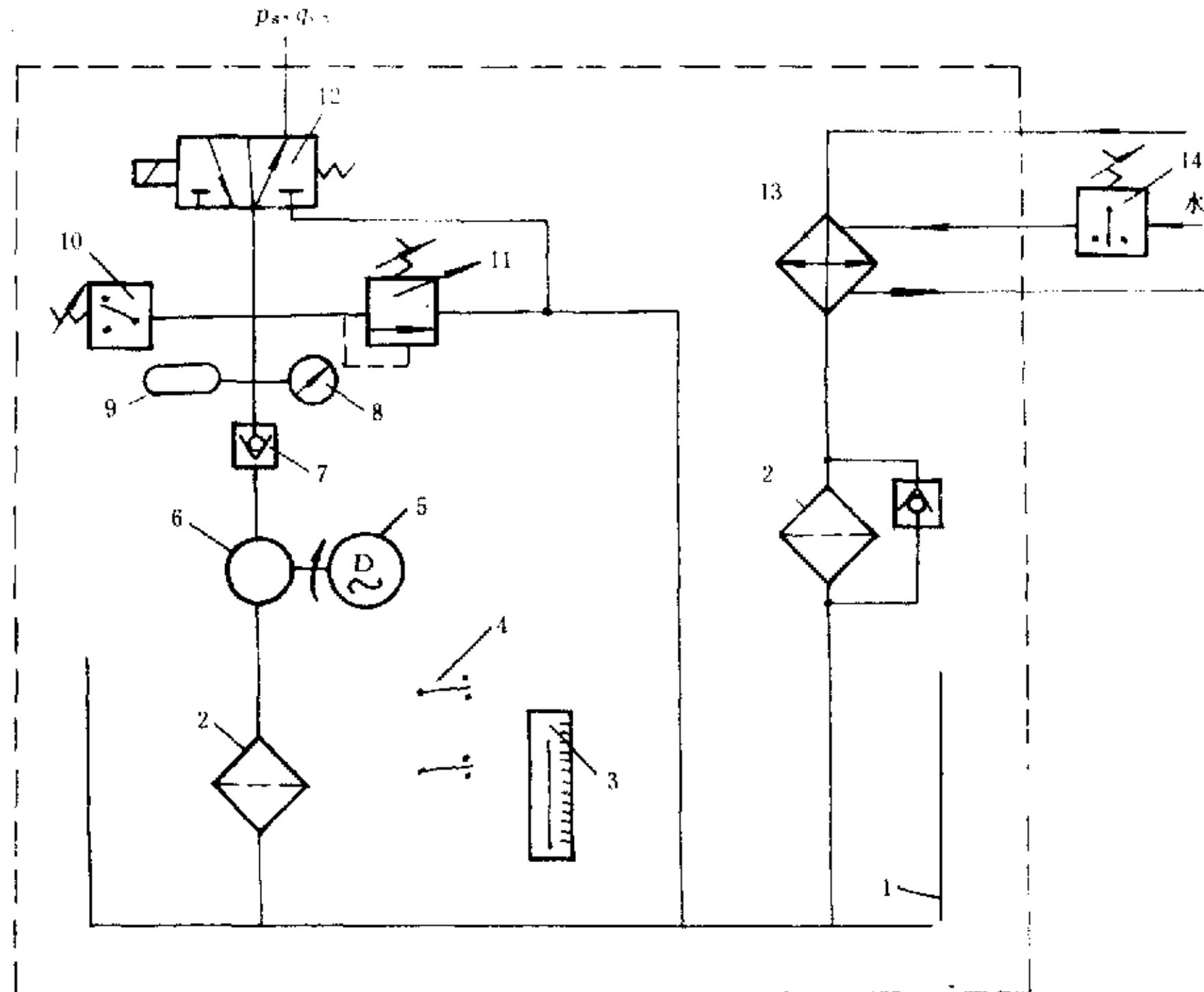


图 A3 液压源系统(示例)

1—油箱；2—滤油器；3—液面指示计与温度计；4—最高与最低液面检测器；5—马达；
6—液压泵；7—单向阀；8—高压压力表；9—蓄能器；10—压力开关；11—压力调节器
(可调式)；12—电磁换向阀；13—热交换器；14—温控开关

附录 B

液压振动发生器参数的测量与计算方法

(补充件)

B1 标称液压固有频率 f_{oh} 测量

在空载下，保持压力和伺服阀线圈电流 (I_{sv}) 恒定，并连续改变振动发生器工作频率，测定加速度的频率响应曲线 $H_1(f)$ ，然后由响应曲线 $H_1(f)$ 确定标称液压固有频率 f_{oh} 。

注：① 如果振动发生器两个油腔间存在液压阻尼回路，测量时该回路不工作。

② 液压缸与活塞杆间的相对速度通过电感型速度传感器更精确测定。它也可以通过内部线位移传感器的微分信号进行测量，位移测量范围的截止频率至少应比所允许的标称液压固有频率大一倍。通过加速度传感器测量速度只有在振动发生器标准模态和惯性质量已知的情况下才是可能的。

③ 如果液压固有频率接近或超出伺服阀的通频带，则应对所测定的液压传递函数 $H_h(s)$ 进行修正：

$$H_h(s) = \frac{H_1(s)}{q_v(s)} \dots\dots\dots (B1)$$

式中: s ——拉普拉斯算子;

$H_b(s)$ ——液压传递函数;

q_v ——伺服阀的流量(伺服阀电流 I_d 的函数)。

伺服阀传递函数由式(B2)给出:

$$H_d(s) = \frac{q_v(s)}{I_d} \quad \dots\dots\dots (B2)$$

消掉 q_v 得:

$$H_b(s) = \frac{1}{I_d H_d(s)} H_1(s) \quad \dots\dots\dots (B3)$$

由于 I_d 是常数,可用伺服阀传递函数的倒数乘以 $H_1(s)$ 。

通常选择伺服阀电流等于 1/10 额定电流。

B2 液压刚度的计算

一般,直接测量液压刚度是不可能的,要从所测标称液压固有频率 f_{oh} 导出,并由式(B4)确定:

$$K_h = (m_e + m_t)(2\pi f_{oh})^2 \quad \dots\dots\dots (B4)$$

附录 C

试验负载的选择

(补充件)

C1 通过与最高工作频率 f_{max} 相比较确定试验负载的第一阶模态频率。

试验负载可认为是一个由质量与刚度表征的结构。如果试验负载固定到振动发生器的工作台或力输出端上所有可能模态的最低频率 f_o 比最高工作频率 f_{max} 高得多时,则试验负载可视为一个纯质量。

试验负载的振动响应同一个单自由度无阻尼系统响应相似,并用式(C1)表示:

$$s_2/s_1 = 1 / \left(1 - \frac{f_{max}^2}{f_o^2} \right) \quad \dots\dots\dots (C1)$$

式中: s_1 ——工作台或力输出端上的激励幅值;

s_2 ——试验负载的响应幅值;

f_o ——试验负载最低模态频率;

f_{max} ——工作范围的最高工作频率。

当 $s_1 = s_2$ 时,试验负载为纯质量。当 $f_o \geq 10f_{max}$ 时, s_2 与 s_1 相对差不超过 1%,因而试验负载仍可视为纯质量。由此确定的 f_o 值,即为所有可能模态频率($\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_8$)的最小值。

表 C1 给出了直径为 D 和高为 L 的柱体型纯质量试验负载八种基本模态,其中一些边界条件不是通用的。

材料中纵波声速由式(C2)给出:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots\dots\dots (C2)$$

ν 值为公认的理论研究结果。这些理论值是基于薄板和细长杆理论假设得到的,对于实际结构仅供参考。

C2 试验负载尺寸

第 5.4 条已经对试验负载 $m_1 \sim m_5$ 作出了定义,为了得到接近于纯质量的力学性能且具有给定质量的试验负载,可对其材料与尺寸进行选择。

考虑到各种材料的密度和力学性能不尽相同,多数用钢制作试验负载。

如果选定钢材,为了使试验负载的各种固有模态不致于对试验结果产生影响,应当合理选择试验负载的直径 D 和高度(或厚度) L 。

第 C1 章给出了各种固有模态。对用于确定振动发生器特性的试验负载,可以采用下述三种模态。

- a. 修正试验负载机械阻抗的第一种拉-压模态。
- b. 横向弯曲模态,用于修正试验负载的机械阻抗,并产生有可能导致振动发生器轴承出现故障的弯曲应力;
- c. 纵向弯曲模态,增强试验负载上的加速度梯度。

对应于所用试验方法与试验负载的最高工作频率 $f_{\max}$ 给出之后,即可确定 D 与 L 值之间最佳比例关系。

对于各种不同的最高工作频率,根据附录 C(补充件)可以确定 D 与 L 的最佳选值范围,从而避免出现上述模态现象。

对于给定的最高工作频率,在相应于横向弯曲与纵向弯曲模态两条直线构成的区域内,可避免这两种模态的影响。一般情况下,拉伸-压缩模态规定的 L 极限值位于该限定区域之外。

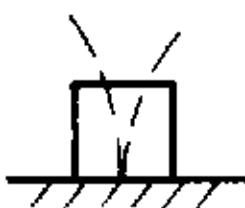
限定区域确定之后,可用于检查是否能够使用质量 m_i (即直线 m_i),以便沿 m_i 直线在极限 D_1 和 D_2 间选择 D 值以及相应的 L 值。

应指出, $D/L=1.75$ 是同可使用的最大质量相对应的比值,而不考虑其采用的限定区域,因而也不考虑最高工作频率。

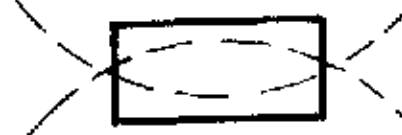
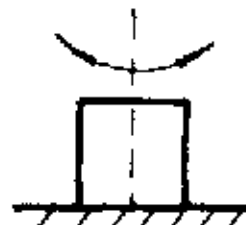
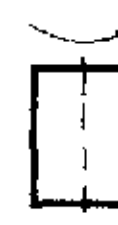
举例:对于给定的振动发生器,令其最高工作频率 $f_{\max}=200$ Hz。试验负载高度应小于 0.6 m。如果试验负载规定为 1 000 kg,那么将由图 C1 给出对应值 $0.59 \text{ m} < D < 0.74 \text{ m}$ 。利用图表,该示例应选择 $D=0.6 \text{ m}$, $L=0.45 \text{ m}$ 。

如果由最高工作频率确定了一个限定区域,而且所需质量 m_i 的直线不穿越此限定的区域时(例如 $f_{\max}=500$ Hz, $m_i=500$ kg),那么,推荐的相应 L 值不应超过该区域决定的 $L_{\max}$ (在这种情况下, $L < 0.24 \text{ m}$),从而使试验负载拉伸-压缩模态对振动发生器工作不产生干扰。然而,需要选择足够大的 D 值(在这种情况下, $D < 0.57 \text{ m}$)。如果对 D 所指出的极限值是按照试验负载在其中心处固定条件下计算出来的,那么允许超过这些极限值的条件是:相对于试验负载直径,其固定螺栓分布圆周直径要足够大。

表 C1 纯质量试验负载的基本模态

模 态	变 形	频 率
横向弯曲 拉 压		$\nu_1 = \frac{3.516}{8\pi} \times \frac{cD}{L^2} = 0.14 \frac{cD}{L^2}$
自由 固定		$\nu_2 = \frac{c}{4L} = 0.25 \frac{c}{L}$

续表 C1

模 态	变 形	频 率
自由 自由 纵向弯曲		$\nu_1 = \frac{c}{2L} = 0.50 \frac{c}{L}$
中间铰支		$\nu_4 = 0.726 \frac{cL}{D^2}, \mu = 0.3$
端部铰支		$\nu_5 = 0.98 \frac{cL}{D^2}, \mu = 0.3$
固定端 扭转		$\nu_6 = 1.98 \frac{cL}{D^2}, \mu = 0.3$
自由 固定		$\nu_7 = \frac{c}{4L} \times \frac{1}{\sqrt{2(1+\mu)}} = 0.155 \frac{c}{L}$
自由 自由		$\nu_8 = \frac{c}{2L} \times \frac{1}{\sqrt{2(1+\mu)}} = 0.310 \frac{c}{L}$

C3 试验负载的要求

试验负载应满足下列要求:

- 试验负载的重心应在振动发生器的中心线上;
- 在安装区域内,固定螺栓数目的确定应使试验负载的标称模态频率在额定频率范围之外;
- 负载与台面接触表面的粗糙度应满足 $R_a < 1.6 \mu\text{m}$;
- 接触表面的平面度误差应不大于 0.1 mm/m ;
- 固定螺栓的紧固扭矩应使质量块在固定点处与台面或力输出端保持接触。

此外,在试验频率范围内,试验负载应视为纯质量,即纵向与横向弯曲模态频率应处于额定频率范围之外。

试验负载与运动部件的组合体应视为刚体,因此牛顿定律能够在整个频率范围内适用。

试验负载应满足下列不等式:

$$f_0 \geq 10f_{\max} \quad \dots\dots\dots (C3)$$

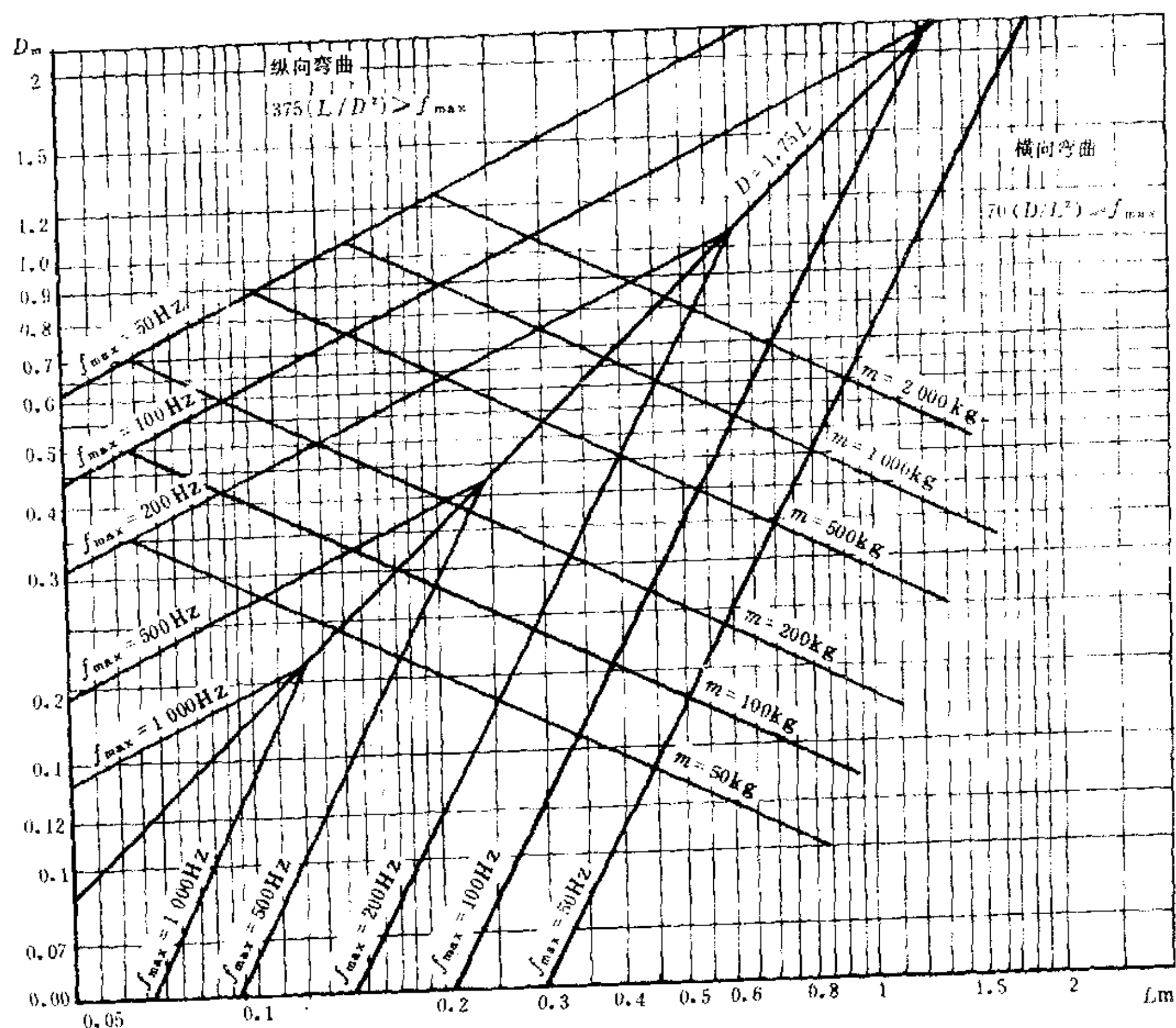
式中: f_0 ——模态频率 $\nu_1 \sim \nu_8$ 中的最低频率, Hz;

$f_{\max}$ ——最高工作频率, Hz。

在任何情况下,应说明试验负载的形状和连接部件。

注: (1) 如果制造厂与用户商定使用偏心试验负载,则应对所用试验负载及其紧固件予以说明。

(2) 沿水平轴线试验时,静态与动态横向力不应超过最大横向力(见 7.2.8.1 条)。

图 C1 由最高工作频率确定参数 D 与 L 的图表

附录 D

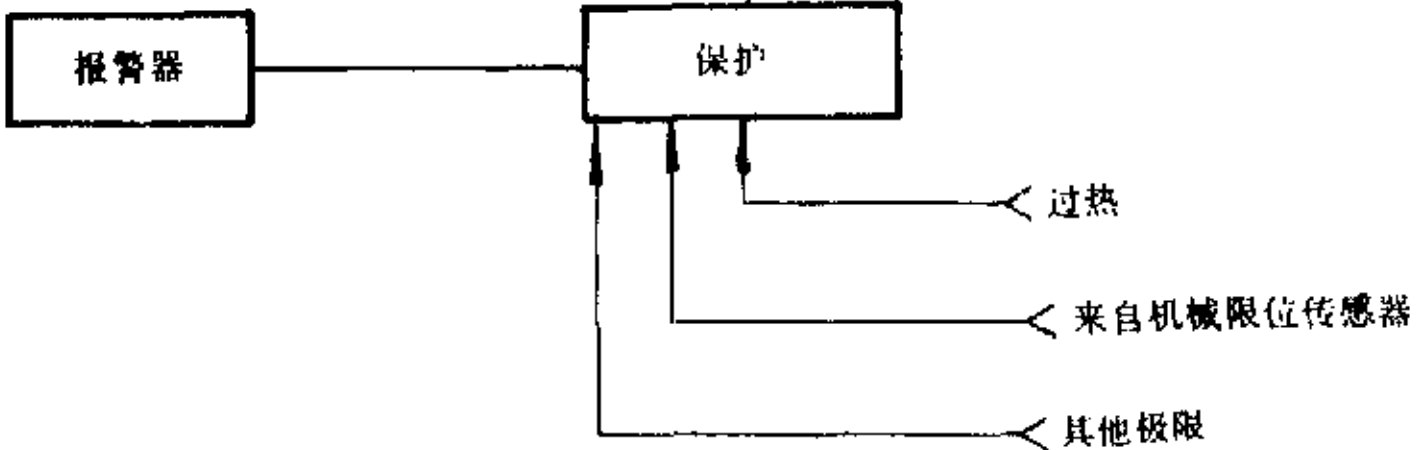
伺服阀控制装置

(补充件)

D1 一般,伺服阀控制装置有一个初始输入端,其输入信号取自外部信号源。通常情况下,要求伺服阀控制装置按位移正比于初始输入信号驱动液压缸动作。

除了初始输入端,一般伺服阀控制装置还有一个或几个反馈输入端。安装在液压缸或伺服阀上的各种反馈传感器提供的信号输入到这些反馈输入端。装在活塞杆上的传感器通常提供一个同液压缸位移成正比的信号,而伺服阀控制装置将此反馈信号同初始输入信号相比较并用以驱动伺服阀动作。如果其他的反馈传感器也提供输入信号,那么这些信号主要用于提高液压伺服试验系统的稳定性、准确度和频率响应。反馈用传感器产生的信号通常正比于活塞杆的速度或位移,正比于伺服阀输出滑阀和(或)控制滑阀的速度,或者压差输出。

典型伺服阀控制装置方框图由图 D1 给出。



附加说明:

本标准由全国机械振动与冲击标准化技术委员会归口。

本标准由长春试验机研究所和北京机械工业自动化研究所负责起草。