

## 前 言

本标准是根据国际电工委员会 IEC 68-2-59《环境试验方法 试验 Fe: 振动——正弦拍频法》1990 年第一版制定的。

本标准等同采用 IEC 68-2-59, 1990 年第一版。

本标准的附录 A 是提示的附录。

本标准由中华人民共和国电子工业部提出。

本标准由全国电工电子产品环境技术标准化技术委员会归口。

本标准起草单位: 电子工业部第五研究所、电子工业部标准化研究所。

本标准主要起草人: 张友兰、王树荣、杨汉祥、周心才、陈健儿。

## IEC 前言

1) 国际电工委员会(IEC)关于技术问题的正式决议或协议,是由对该问题特别关切的国家委员会派代表参加的技术委员会制定的,他们尽可能地表达了国际上对该问题的一致意见。

2) 这些决议或协议以推荐标准的形式供国际上使用,在这种意义上为各国家委员会所接受。

3) 为了促进国际间的统一,国际电工委员会希望所有会员国在制定国家标准时,只要国家具体条件许可,应采用国际电工委员会的推荐标准的内容作为他们的国家标准,国际电工委员会的推荐标准和国家标准之间的任何分歧应尽可能地在国家标准中明确地指出。

本标准是由国际电工委员会第 50 技术委员会(环境试验)50A 分技术委员会(冲击、振动和其他动力学试验)制定的。

本标准文本以下列文件为基础:

标准草案	表决报告
50A(CO)175	50A(CO)180

更详细的全部表决资料可在上表指明的表决报告中找到。

# 中华人民共和国国家标准

## 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fe:振动——正弦拍频法

GB/T 2423.49—1997  
idt IEC 68-2-59:1990

Environmental testing for electric and electronic products  
Part 2: Test methods  
Test Fe: Vibration—sine-beat method

### 引言

本标准规定了元器件、设备和其他电工电子产品的正弦拍频振动试验方法。因为这些元器件、设备和其他电工电子产品(下称样品)在使用中会经受到诸如地震、爆炸现象或机器振动所引起的短持续时间的脉冲和振荡力的作用。

在本试验中,样品在固定频率上用若干预定的正弦拍频振动激励(见图1)。这些固定试验频率不是预定频率就是借助于正弦振动试验(GB/T 2423.10)辨别出来的危险频率。在独立的正弦拍频之间有一间歇,以便允许样品的自响应衰减。

在本标准的12章中列出了编写有关规范必须具备细节的详细清单,并且在附录A(提示的附录)导则中得到指导。

### 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 2298—91 机械振动与冲击术语(neq ISO 2041:1990)

GB 2421—89 电工电子产品基本环境试验规程 总则(eqv IEC 68-1:1988)

GB/T 2423.10—1995 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc 和导则:振动(正弦)(idt IEC 68-2-6:1982)

GB/T 2423.43—1995 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 元器件、设备和其他产品在冲击(Ea)、碰撞(Eb)振动(Fc 和 Fd)和稳态加速度(Ga)等动力学试验中的安装要求和导则(idt IEC 68-2-47:1982)

### 1 目的

提供一个用正弦-拍频振动试验方法来确定样品抗御规定严酷等级瞬时振动能力的标准程序。

### 2 一般说明

本试验的目的是按规定的性能确定样品的机械薄弱环节和/或规定性能的降低情况,并使用这些信息,结合有关规范来确定样品是否被接收。在某些情况下,本标准也可用来确定样品的机械强度和研

国家技术监督局1997-09-01批准

1998-10-01实施

它们的动态特性。

有关规范应规定试验期间,样品必须工作或仅仅是经受住振动条件。

本标准规定了进行试验的程序和在给定点进行振动测量的方法。也详细地叙述了对振动运动的要求和对严酷等级(包括频率范围、振幅、正弦拍频的周期,正弦拍频的次数)的选择。

应该强调的是,振动试验总带有一定程度的工程判断,对此,供需双方都应充分认识到这一点。希望有关规范的编写者选择适合样品及其使用要求的试验程序和严酷等级的量值。

出于本试验的目的,样品通常是紧固在振动台上的。

为了本标准的使用方便,本标准的正文部分和附录部分都给出了读者需要相互参照的章条号。此外,附录部分给出了位移、速度、加速度之间相互关系的特别信息。

本标准应与 GB 2421 一起使用。

### 3 定义

本标准所采用的名词术语已普遍在 GB/T 2298 和 GB/T 2423.10 中被定义了。为了方便读者,这里包括了这些文本中的部分定义,并且指出了和其它文本有差别和相违背的地方。

下列附加术语和定义同样适用于本标准。

#### 3.1 危险频率 critical frequency(与 GB/T 2423.10 中 8.1 技术上等同)

由于振动而使样品发生故障和/或性能下降的频率。或者出现机械共振和/或其他效应例如颤振的频率。

#### 3.2 交越频率 crossover frequency(与 GB/T 2298 定义技术上等同)

振动特性从一种关系变到另一种关系的频率。

注:例如交越频率可以为这样的频率,即在此频率上振动试验的幅值,从以频率为函数的恒定位移值变到以频率为函数的恒定加速度值。

#### 3.3 阻尼 damping(与 GB/T 2298 定义不同)

阻尼是描述系统中各种机理产生的能量损失的一种通用术语。实际上,阻尼取决于许多参数,例如系统结构、振动模态、应力、外加力、速度、材料、连接滑动等。

##### 3.3.1 临界阻尼 critical damping

允许一个已位移的系统无振荡地回到其初始位置的最小粘性阻尼。

##### 3.3.2 阻尼比 damping ratio

在粘性阻尼系统中,实际阻尼对临界阻尼之比。

#### 3.4 失真度 distortion(与 GB/T 2423.10 中第 3 章相同,与 GB/T 2298 不同)

$$\text{失真度 } d = \frac{\sqrt{a_{\text{tot}}^2 - a_1^2}}{a_1} \times 100 \text{ (以百分比表示)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $a_1$ ——在驱动频率上的方均根加速度值;

$a_{\text{tot}}$ ——所施加的总方均根加速度值(包括  $a_1$  值)。

#### 3.5 固定点 fixing point(与 GB/T 2423.10 中 3.1 相同)

样品与夹具或与振动台台面点接触的部分,此处在实际使用中通常是紧固样品的地方。

注:如果实际安装结构的一部分作夹具使用,则固定点就是安装结构的固定点,而不是样品的固定点。

#### 3.6 重力加速度“ $g_n$ ” acceleration of gravity “ $g_n$ ”

由于地球引力而产生的标准加速度,该加速度本身是随着高度和地球纬度而变化。

注:在本标准中,“ $g_n$ ”值取为整数,10 m/s<sup>2</sup>。

#### 3.7 测量点 measuring point(与 GB/T 2423.10 中 3.2 技术上相同)

为进行试验而收集数据的特殊点,这些点具有两种主要形式,其定义如下:

注:为了评价样品的性能,可在样品中的许多点上进行测量,但在本标准中这些点不作测量点看待。

### 3.7.1 检查点 check point

位于夹具,振动台台面或样品上的点,该点要尽可能接近其中一个固定点,而且在任何情况下都要和固定点刚性连接。

注

- 1 一些检查点是用来保证满足试验要求的。
- 2 如果存在4个或4个以下的固定点,则每一个固定点都用作检查点。如果存在4个以上的固定点,则有关规范应规定4个具有代表性的固定点作检查点使用。
- 3 在特殊情况下,例如对大的或复杂的样品,如果不要求检查点紧靠固定点,则检查点应在有关规范中规定。
- 4 当大量的小样品安装在一个夹具上时,或在一个小样品有许多固定点的情况下,为了导出控制信号,可选用单个检查点(即基准点)。控制信号与夹具有关,而与样品的固定点无关。这种方法仅当加载后夹具的最低共振频率大大地超过试验的上限频率时才是可行的。

### 3.7.2 基准点 reference point(与GB/T 2423.10中3.2.2技术上相同)

从检查点中选出来的点,其信号是用来控制试验,以便满足本标准的要求。

### 3.8 调制频率 modulating frequency

调制试验频率的频率(见A2章、A3章和图1)。

### 3.9 高应力循环 high-stress cycles

产生会引起样品疲劳的应力值的响应循环。

### 3.10 间歇 pause

两相邻正弦拍频之间的间歇。

注:间歇应使样品的响应运动不产生有效迭加,其时间可以从下面的数学公式中获得:

$$T > \frac{1}{f} \cdot \frac{100}{d} \dots\dots\dots(2)$$

式中:  $T$ ——持续时间, s;

$f$ ——试验频率, Hz;

$d$ ——试验频率的临界阻尼, %。

### 3.11 优选试验轴线 preferred testing axes

基本上符合样品最脆弱轴线的三条正交轴线。

### 3.12 正弦拍振 sine beat

用较低频率正弦波调制的某一频率的连续正弦波。一个正弦拍频的持续时间为调制频率的半个周期(见图5)。

注:正弦拍振信号的数学表达式见A2.1。

### 3.13 扫频循环 sweep cycle(与GB/T 2423.10第3章技术上等效)

每个方向扫过规定的频率范围一次,例如1 Hz→35 Hz→1 Hz。

### 3.14 试验频率 test frequency

在试验进行期间,激励样品的频率。

试验频率是下列两种类型的一种,并定义如下:

#### 3.14.1 预定试验频率 predetermined test frequency

有关规范规定的频率。

#### 3.14.2 检查试验频率 investigated test frequency

由振动响应检查所获得的频率。

### 3.15 试验量值 test level

试验波形中的最大峰值。

注:该值等于或略小于调制半波的峰值。

## 4 条件试验的要求

4.1 规定了对振动响应检查的要求。4.2 规定了对正弦拍频条件试验的要求,而 4.3 规定了试验样品的安装要求。

对振动响应检查所规定的容差和对正弦拍频条件试验所规定的容差在表 1 进行了比较。

表 1 容差比较

	容 差	
	振动响应检查	正弦-拍频条件试验
失真度	基本运动的 25%(见 4.1.5)	不适用
在基准点上的振动	基本运动的 $\pm 15\%$ (见 4.1.6.1)	
在检查点上的振动	500 Hz 以下加速度的 $\pm 25\%$ (见 4.1.6.2); 500 Hz 以上 加速度的 $\pm 50\%$ (见 4.1.6.2)	
横向运动	50%或特殊情况下 25%(见 4.1.2)	25%(见 4.2)
试验频率	0.5 Hz 以下: $\pm 0.05$ Hz 0.5 Hz~5 Hz: $\pm 10\%$ 5 Hz~100 Hz: $\pm 0.5$ Hz 100 Hz 以上: $\pm 0.5\%$ (见 4.1.7)	a) 预定频率(见 4.2.5.1): 0.5 Hz 以下: $\pm 0.05$ Hz 0.5 Hz~5 Hz: $\pm 10\%$ 5 Hz~100 Hz: $\pm 0.5$ Hz 100 Hz 以上: $\pm 0.5\%$ b) 检查频率(见 4.2.5.2): $\pm 2\%$

### 4.1 振动响应检查

当有关规范有要求时,振动响应检查应按照 GB/T 2423.10 中的方式进行,特别要考虑下面 4.1.1~4.1.8 的要求。

#### 4.1.1 基本运动

基本运动应是时间的正弦函数,有关规范应规定样品在振动台上的各固定点,这些点应基本上同相并沿平行直线运动,且符合 4.1.2、4.1.3、4.1.5 所规定的容差要求。

#### 4.1.2 横向运动

垂直于规定轴线的任何轴线的检查点上的最大振动应不超过基本运动的 50%。在特殊情况下,例如对小样品,如果有关规范有要求,允许横向振动的峰值可限制到 25%。

在某些频率上,或大尺寸或大质量样品,达到这些要求可能是困难的(见 A1 章),在这种情况下,有关规范应规定采用下列二者之一:

- a) 超过上述规定的横向运动应记录在试验报告中;
- b) 横向运动不监控。

#### 4.1.3 旋转运动

当振动台的寄生旋转运动可能重要时,有关规范可以规定容差要求,然后写在试验报告中。

#### 4.1.4 测量点

##### 4.1.4.1 基准点

有关规范应规定是使用单点控制还是多点控制。当有关规范规定多点控制时,则应规定是检查点上的信号平均值还是选择点上的信号值被控制到所规定的量值上。

##### 4.1.4.2 检查点

在某些频率上,对大尺寸或大质量的样品,要达到 4.1.6.2 中所要求的容差可能是困难的(见 A1 章)。在这种情况下,有关规范应规定一个较宽的容差,或使用替换的评定方法,并应写在试验报告中。

#### 4.1.5 加速度波形失真



加速度波形失真的测量应在基准点上进行,其频率范围应达到试验频率的 5 倍。

按第 3 章定义的失真应不超过基本运动的 25%。

注:在某些情况下,要达到这些要求也许是不可能的。在这种情况下,如果使基频控制信号的试验幅值恢复到规定值,例如使用跟踪滤波器,则大于 25%的失真是可以接受的。

对大的或复杂的样品,在频率范围内的某些部分上所规定的失真可能不满足,并且使用跟踪滤波器也不实际时,则加速度就不需要恢复,此时应将失真写在试验报告中(见 A1 章)。

不管是否使用跟踪滤波器,有关规范可以要求记下失真及受影响的频率范围。

#### 4.1.6 振动幅值容差

沿着所要求轴线的检查点和基准点上的基本振动应等于下列容差的规定值,这些容差包括仪器误差。

##### 4.1.6.1 基准点

基准点上控制信号的容差:

±15%(基本运动)。

##### 4.1.6.2 检查点

每个检查点上的容差:

500 Hz 以下:±25%(加速度);

500 Hz 以上:±50%(加速度)。

#### 4.1.7 频率范围和容差

频率范围应从 5.1.2 的表 2、表 3、表 4 中选择,并且至少应包括正弦拍频条件试验的范围。

危险频率的容差应按如下规定:

0.5 Hz 以下:±0.05 Hz;

0.5 Hz~5 Hz:±10%;

5 Hz~100 Hz:±0.5 Hz;

100 Hz 以上:±0.5%。

#### 4.1.8 扫频

扫频应是连续的并以不超过每分钟一个倍频程的速率随时间按指数律变化(见 3.13)。

注:用数字控制系统时,扫频是“连续的”,严格来说不是很正确的,但这种差别毫无实际意义。

#### 4.2 正弦拍频条件试验

正弦拍频条件试验应考虑下列各条:

##### 4.2.1 基本运动

基本运动应是时间的正弦拍频函数,并按有关规范规定,样品在振动台上各固定点基本上同相,并沿平行直线运动,且符合 4.2.2、4.2.3、4.2.4 的容差要求。

##### 4.2.2 横向运动

垂直于规定轴线的任何轴线的检查点上的最大位移峰值,除有关规范另有规定外,应不超过在正弦拍频中所规定的峰值的 25%。测量仅需覆盖到所规定的频率范围。

在某些频率上,或大尺寸或大质量的样品达到这些数值可能是困难的(也见 A1 章)。在这种情况下,有关规范应规定采用下列哪一条:

a) 超过上述规定的横向运动应记录在试验报告中;

b) 横向运动不监控。

##### 4.2.3 旋转运动

当振动台的寄生旋转运动可能重要时,有关规范可以规定容差要求,并将其记录在试验报告中。

##### 4.2.4 振动幅值容差

沿着所需轴线检查点和基准点上的基本运动应等于下列容差内的规定值,这些容差包括仪器误差。

#### 4.2.4.1 基准点

基准点上控制信号的容差:

$\pm 15\%$  (基本运动)。

#### 4.2.4.2 检查点

每个检查点上的容差:

500 Hz 以下:  $\pm 25\%$  (加速度);

500 Hz 以上:  $\pm 50\%$  (加速度)。

在某些频率上, 或大尺寸或大质量的样品达到所要求的容差可能是困难的(见 A1 章)。在这种情况下, 有关规范应规定一个较宽的容差或使用替代的评价方法, 并记录在试验报告中。

#### 4.2.5 试验频率容差

试验频率容差有下列两种情况:

##### 4.2.5.1 预定试验频率

0.5 Hz 以下:  $\pm 0.05$  Hz;

0.5 Hz~5 Hz:  $\pm 10\%$ ;

5 Hz~100 Hz:  $\pm 0.5$  Hz;

100 Hz 以上:  $\pm 0.5\%$ 。

##### 4.2.5.2 探查试验频率

试验频率与由振动响应检查所获得的危险频率之间的频率偏差应不超过  $\pm 2\%$ 。

#### 4.3 安装

样品应按 GB/T 2423.10 中的安装要求进行安装, 因为该标准的安装部分参照了 GB/T 2423.43 标准。

如果样品通常安装在减震器上, 而又必须去除减震器进行试验时, 则应考虑修改所规定的激励电平。

在安装样品时, 应考虑连接件、电缆、导管等影响。

注: 试验时应包括样品在正常使用中的安装结构。

有关规范应规定条件试验时样品的方位和安装方法, 并且是认为样品符合本标准要求的唯一条件, 能给出充分的理由说明安装和方位对试验没有影响者除外(例如, 如果能证明重力效应不影响样品性能)。

### 5 严酷等级

试验严酷等级由下列参数组合确定:

——试验频率范围;

——试验量值;

——正弦拍频中的循环;

——正弦拍频的次数。

有关规范应根据 5.1~5.4 给出的资料规定每一参数值。

#### 5.1 试验频率

获得试验频率和频率范围如下:

##### 5.1.1 试验频率的确定

要采用的试验频率是由振动响应检查确定的危险频率, 任何预定频率或者这两种频率。万一在振动响应检查期间未发现危险频率时, 有关规范没有规定确定试验频率的方法, 那末, 应在 5.1.2 给出的数值中选出的试验频率范围内, 以不大于二分之一倍频程为一频率点的频率上进行试验。

##### 5.1.2 试验频率范围



有关规范应通过从表 2 中选择一个下限频率,从表 3 中选择一个上限频率的方法来给出试验频率范围。推荐的频率范围示于表 4 中。

表 2 下限频率 Hz

$f_1$
0.1
1
5
10

表 3 上限频率 Hz

$f_2$
10
20
35
55
100

表 4 推荐的试验频率范围 Hz

从 $f_1 \sim f_2$	
0.1~10*	
1~35	
1~100	
5~35*	
10~100*	
注: 在 GB/T 2423.10 的推荐频率范围中,没有带星号标记的频率范围。	

### 5.2 试验量值

有关规范应对每一轴线规定试验量值的峰值(位移或加速度或两者都规定)(见 A3 章)。

低于交越频率的所有峰值是以恒定位移来规定,高于交越频率的峰值是以恒定加速度来规定。对不同交越频率的推荐值列在表 5、表 6 和表 7,以及图 2、图 3、图 4 中。

表 5 0.8 Hz 交越频率时的推荐试验量值(见图 2)

低于交越频率的位移幅值 mm	高于交越频率的加速度幅值 m/s <sup>2</sup>
40	1
80	2
120	3
200	5
注	
1 上述所有量值是指正弦拍频中的峰值。	
2 当加速度用“g <sub>n</sub> ”作单位时,在本标准中规定“g <sub>n</sub> ”为 10 m/s <sup>2</sup> (见 3.6)。	

表 6 1.6 Hz 交越频率时推荐试验量值(见图 3)

低于交越频率时的位移幅值 mm	高于交越频率时的加速度幅值 m/s <sup>2</sup>
10	1
20	2
30	3
50	5
100	10
200	20

注

1 上述所有量值是指正弦拍频中的峰值。

2 当加速度用“g<sub>n</sub>”作单位时,在本标准中规定“g<sub>n</sub>”为 10 m/s<sup>2</sup>(见 3.6)。

表 7 8 Hz 交越频率时的推荐试验量值(见图 4)

低于交越频率时的位移幅值 mm	高于交越频率时的加速度幅值 m/s <sup>2</sup>
0.4	1
0.8	2
1.2	3
2.0	5
4	10
8	20
12	30
20	50

注

1 上述所有量值是指正弦拍频中的峰值。

2 当加速度用“g<sub>n</sub>”作单位时,在本标准中规定“g<sub>n</sub>”为 10 m/s<sup>2</sup>(见 3.6)。

若本条所规定的交越频率不适用,有关规范可以给出不同的交越频率,使位移/加速度峰值结合起来。对特殊应用,也可以规定一个以上的交越频率。

5.3 正弦拍频试验的波形

正弦拍频试验的波形按照 5.3.1 和 5.3.2 规定由正弦拍频中的试验频率和循环数确定(见图 5)。

5.3.1 正弦拍频中的循环数

有关规范应根据下列数值规定正弦拍频的循环数(见图 5):

3、5、10、20

注:上述四个循环数中的“5”为优选值,因为这个值代表了覆盖不能确定危险频率的宽频带信号和需高响应值之间的综合考虑(以实际经验为依据)(见图 6)。

5.3.2 调制频率

调制频率是从试验频率和正弦拍频的循环数中导出的(见 A2.2)。

5.4 正弦拍频数

有关规范应根据下列系列规定正弦拍频数(见图 1)。

1、2、5、10、20、50……

5.5 低周高应力疲劳效应

有关规范可以规定所需大于规定应力值的高应力周期数(见 A4 章)。

## 6 预处理

有关规范可以要求预处理。

## 7 初始检测

样品应按有关规范的要求进行外观、尺寸和功能检查。

## 8 条件试验

### 8.1 概述

除非有关规范另有规定,样品应按照 8.2 和 8.3 条所述在三条优选试验轴线中的每条轴线上进行振动。若有关规范没有另作规定,沿着这些轴线试验的顺序是不重要的。

当有关规范有规定时,对所规定的试验量值的控制应该用施加于振动台最大驱动力的上限来补充。限制力的方法也应在有关规范中规定。

### 8.2 振动响应检查

当有关规范规定有响应检查时,为了研究样品在振动条件下的动态特性,应对试验频率范围进行响应检查。振动响应检查应该在试验频率范围内用正弦波进行,以及按有关规范规定的试验量值进行。振动响应检查通常是以不大于每分钟一个倍频程的对数扫频速率进行。但如果为更准确的确定响应特性,扫频速率可以放慢,但应避免不适当的停顿。

振动响应检查时,应选择激励峰值,使样品的响应保持在小于正弦拍频条件试验期间的峰值上,但也要在一个足够高的量值上,以便能检测出危险频率。

如果有关规范有要求,样品在振动响应检查期间应工作。若因为样品工作而不能评价机械振动特性时,应在样品不工作的条件下进行附加振动响应检查,在这个阶段,为了确定危险频率,应对样品进行检查,并将检查的结果写在试验报告中。

在某些情况下,有关规范可以要求在正弦拍频条件试验结束后再进行一次附加的响应检查,以便比较条件试验前后的危险频率。有关规范应规定如果频率发生变化,需采取什么措施。最重要的是两种振动响应检查应采用同样的方式和在同样的量值下进行。

### 8.3 正弦拍频条件试验

对正弦拍频条件试验,按照第 5 章规定,有关规范给出了试验严酷等级。在连续的正弦拍频之间应有一个间歇,以便使样品的响应运动不出现有效的迭加。基准点的实际控制信号,包括所用任何滤波器的影响,应当记录在试验报告中。有关规范也应规定是要求单轴线试验,还是要求双轴线试验。

#### 8.3.1 单轴线试验

除有关规范另有规定外,优先选用单轴线试验,并且沿着每条优选试验轴线连续进行。若有关规范不作规定,沿着这些轴线的试验程序是不重要的。

#### 8.3.2 双轴线试验

当有关规范有规定时,应沿着两条优选试验轴线同时施加正弦拍频进行试验。在每一试验频率上,试验顺序应当是先在  $0^\circ$  然后在  $180^\circ$  相对相位偏移之间进行。

注:这实际上与在不同角平面上的一系列单轴线试验是相同的。

#### 8.3.3 三轴线试验

三轴线试验对正弦拍频试验不适用。

## 9 中间检测

当有关规范有要求时,样品应在所规定的若干正弦拍频试验期间工作,并应检查其性能。

## 10 恢复

有关规范有规定时,有时必须在条件试验后最后测量前,规定一段时间以便使样品达到初始测量时的相同条件,例如温度。

## 11 最后检测

样品应根据有关规范的规定进行外观、尺寸和功能检查。

有关规范应规定接收或拒收样品的判据。

## 12 有关规范应作出的规定

当有关规范包括本试验时,只要适用应规定下列细节,应特别注意带星号“\*”标记的项目,因为这些项目总是不可少的。

- a) 固定点\*(见 4.1.1 和 4.2.1);
- b) 横向运动(见 4.1.2 和 4.2.2);
- c) 旋转运动(见 4.1.3 和 4.2.3);
- d) 测量点(见 4.1.4);
- e) 加速度失真(见 4.1.5);
- f) 振幅容差(见 4.1.6 和 4.2.4);
- g) 样品的安装\*(见 4.3);
- h) 试验频率\*(见 5.1.1);
- i) 试验频率范围\*(见 5.1.2);
- j) 试验量值\*(见 A3 章和 5.2);
- k) 正弦拍频中的周期数\*(见 5.3.1);
- l) 正弦拍频数\*(见 5.4);
- m) 高应力循环数\*(见 A4 章和 5.5);
- n) 预处理(见 6 章);
- o) 初始检测\*(见 7 章);
- p) 优选试验轴线(见 8.1);
- q) 驱动力限制(见 8.1);
- r) 振动响应检查(见 8.2);
- s) 性能和功能检查(见 8.2);
- t) 单轴线或双轴线试验\*(见 8.3);
- u) 中间测量(见 9 章);
- v) 恢复(见 10 章);
- w) 最后检测\*(见 11 章)。

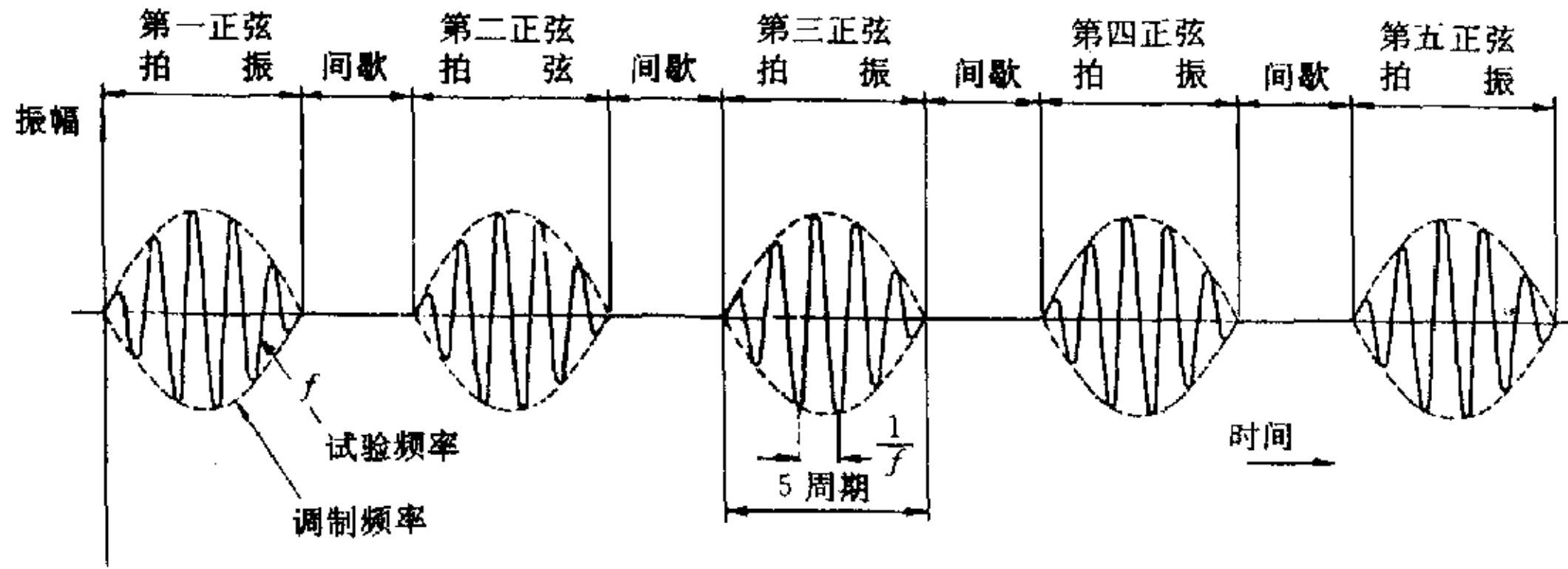


图 1 5 周期的五个正弦拍频的序列

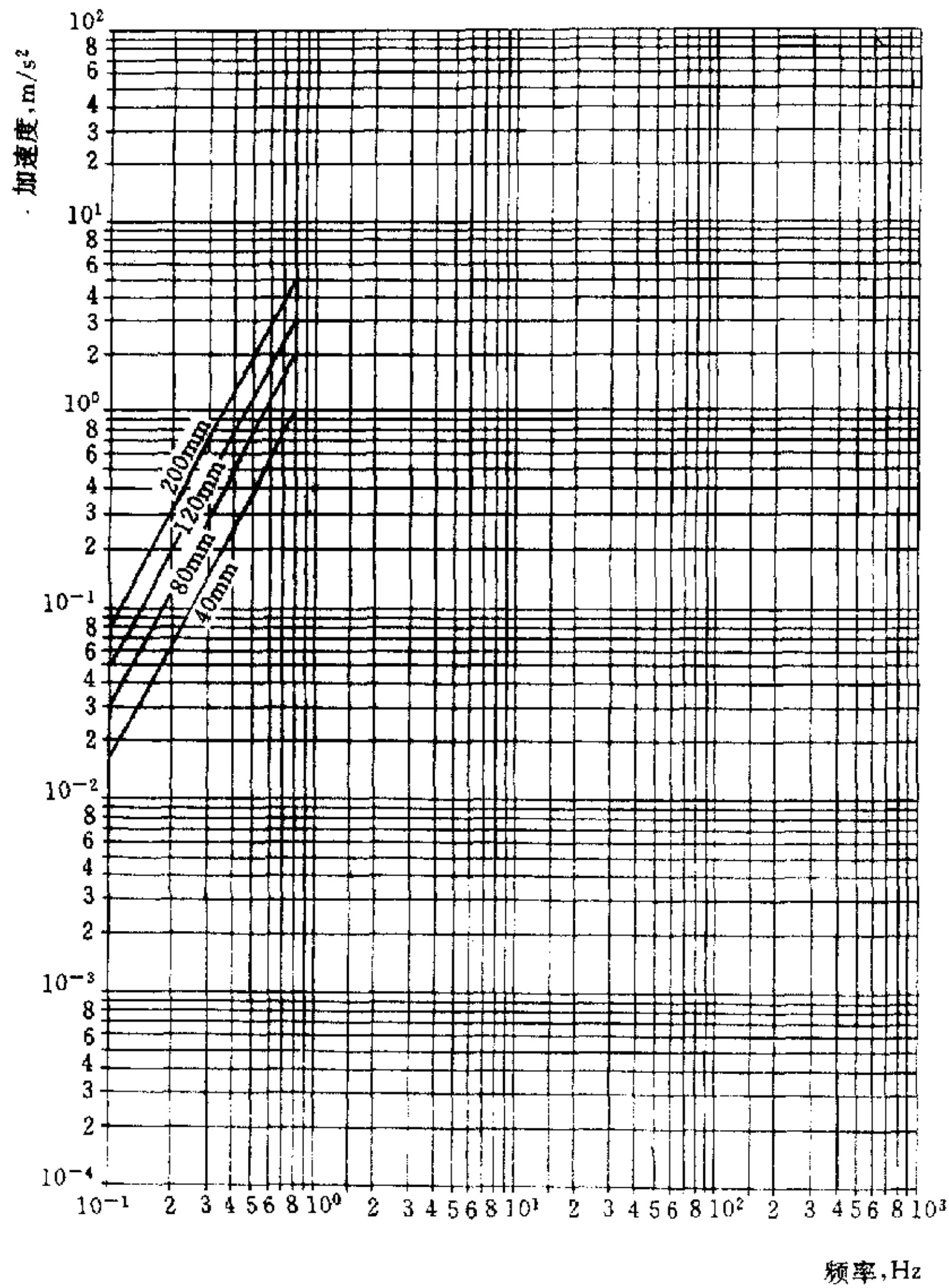


图 2 0.8 Hz 交越频率时的推荐幅值



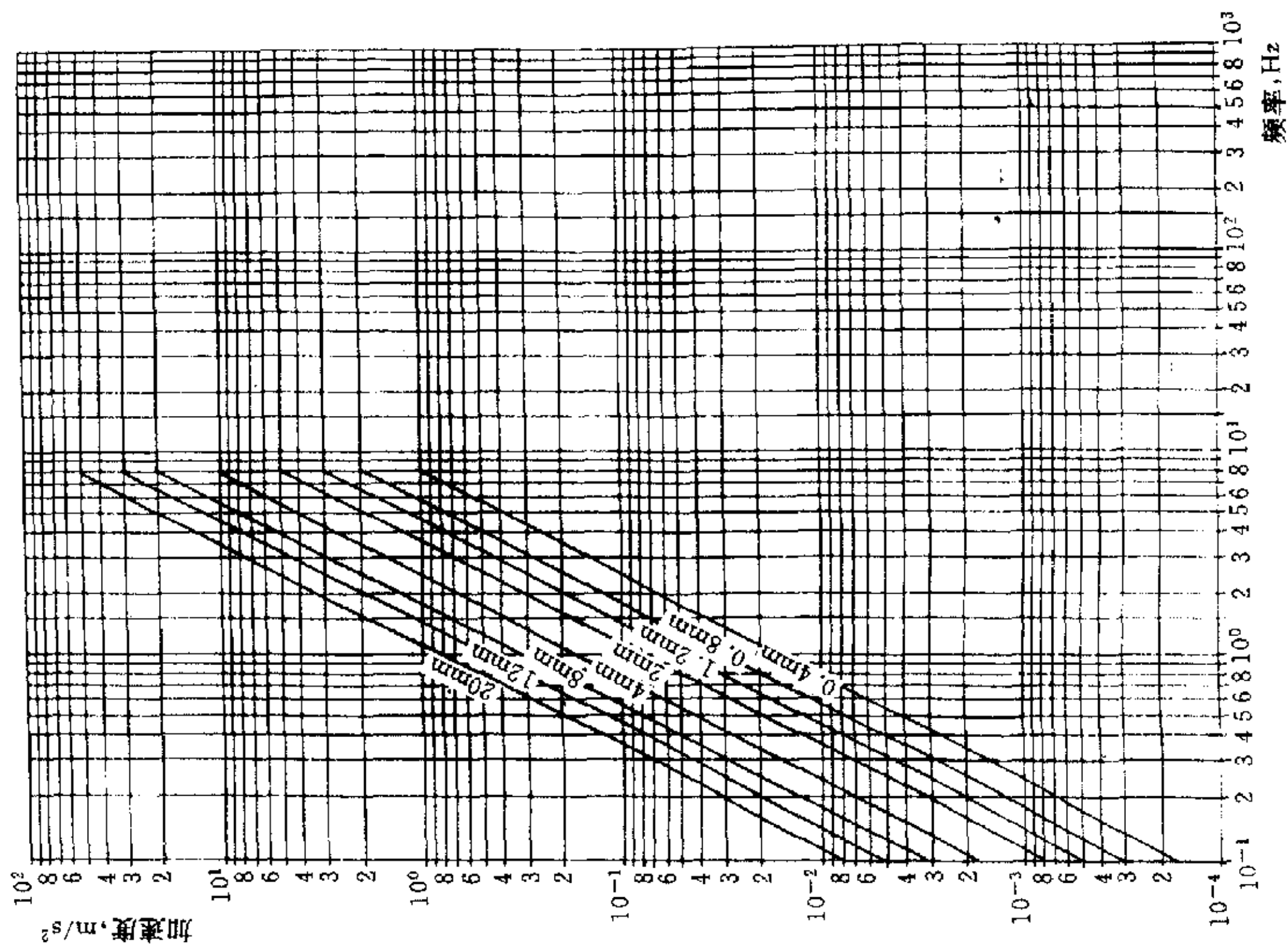


图 4 8 Hz 交越频率时的推荐幅值

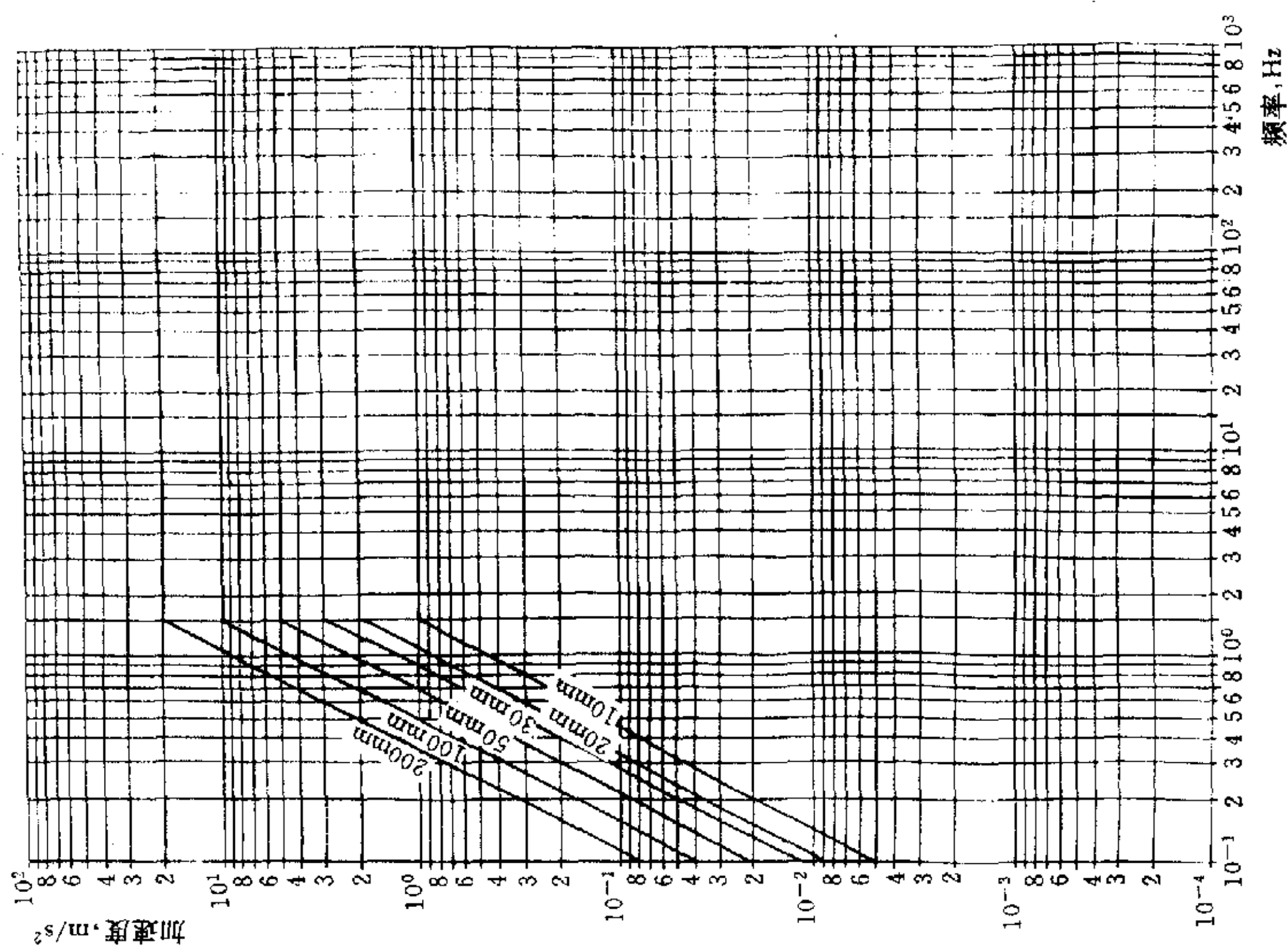


图 3 1.6 Hz 交越频率时的推荐幅值

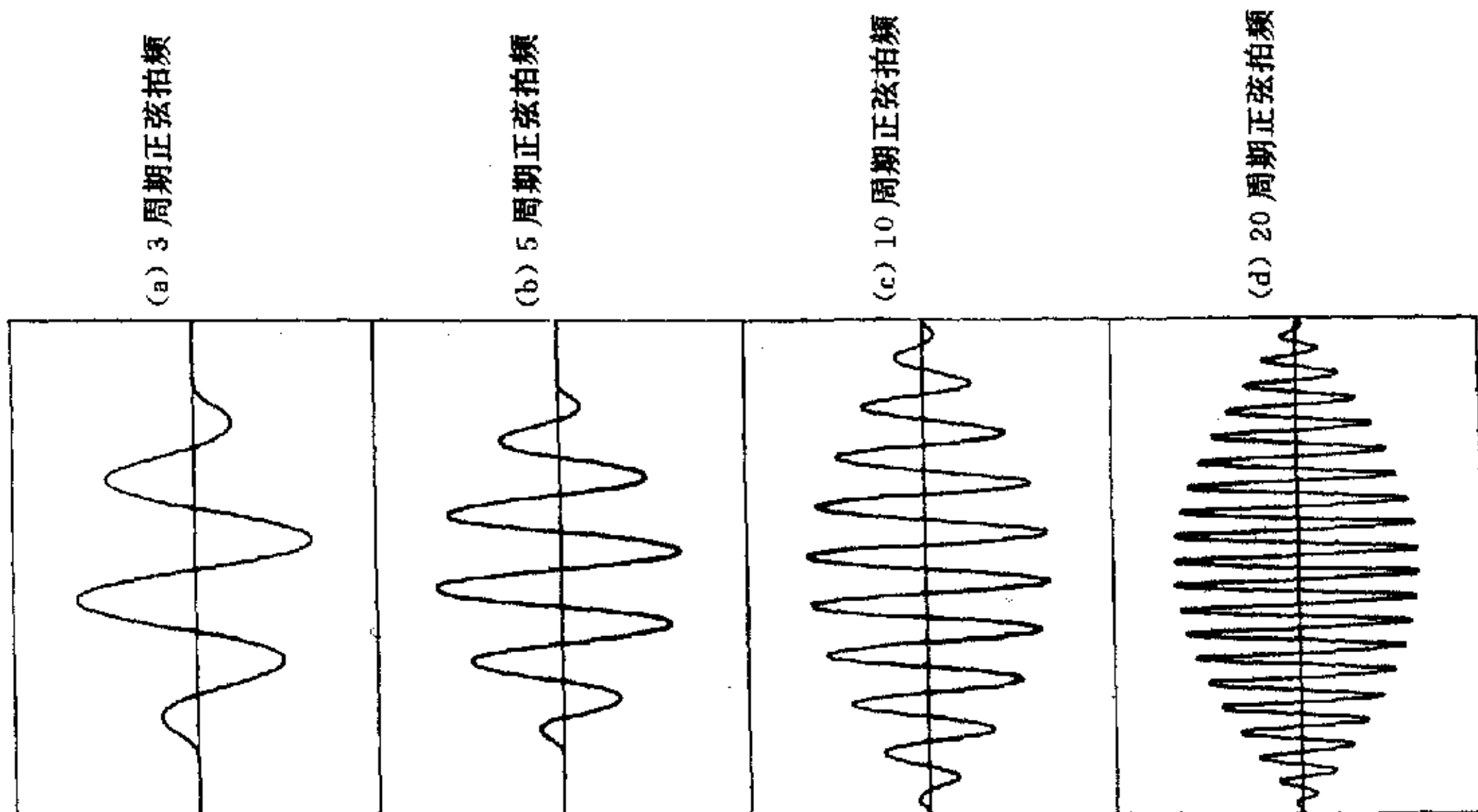


图 5 每个正弦拍频的周期数

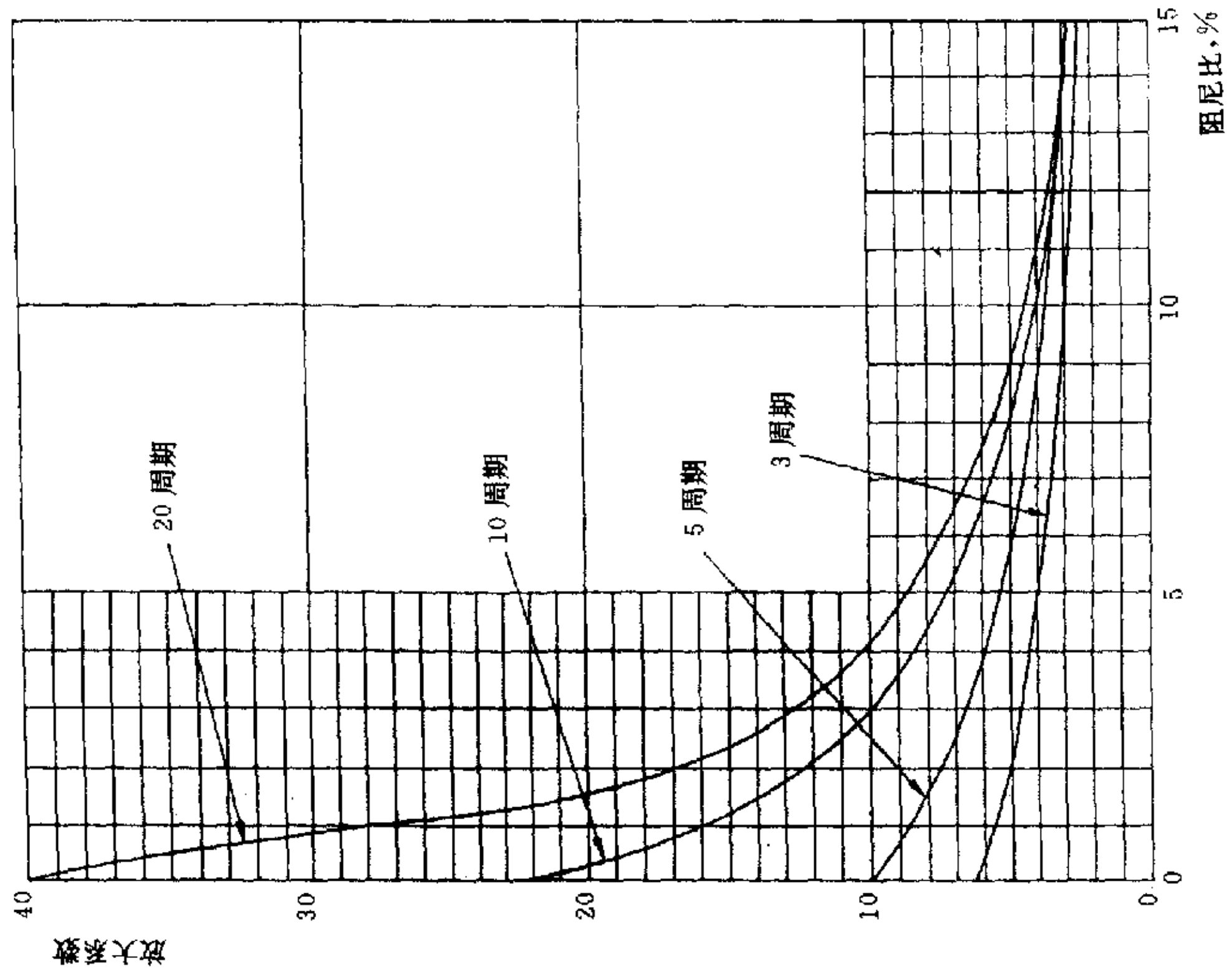


图 6 不同正弦拍频的放大系数

附 录 A  
(提示的附录)  
导 则

## A1 引言

现有许多公认的试验方法,可验证样品经受得起各种振动的能力。这些方法包括从简单的连续正弦振动到复杂的、高度专用的时间历程法,每一种都能最好的适合于特殊的要求或情况,或代表特殊的振动环境。本标准提供了一种方法,可在试验室内再现那些与实际可能经受到的相似影响,但基本意图并不是再现实际环境。

正弦拍频法适用于试验在使用中经受到的没有精确定义的短期脉冲或振荡力的设备。这种方法特别适用于试验安装在使用中易受到随机或多频激励的结构上的设备。这些结构在其共振频率下响应,产生一种正弦拍频运动,然后作为输入传递到受此影响的设备上。因此,用正弦拍频波形试验,使这种方式安装的设备受到激励,接近于实际环境的激励。此外,正弦拍频产生一种比连续正弦波得到的更宽阔更少破坏的响应。

为了在不同场所进行试验时得到类似结果,给出的参数是标准化的,并给出适当容差。数值的标准化可帮助我们按设备经受得起的某一振动严酷等级的能力分成相应的类别。

振动试验时,通常的途径是在所需频率范围内进行振动响应检查来发现样品的危险频率。然后进行某种形式的耐久试验,常常是在每个危险频率下使样品振动规定的时间。

通常是在所需频率范围内用单个扫频循环产生单轴正弦激励来进行振动响应检查。检查期间的振幅不应大到产生与耐久试验本身类似的那种效应,并按相当低的速率进行扫频,以便确定危险频率。

可以用耐久试验前后的振动响应来检查识别出现共振或其它某些响应的频率变化。频率变化可表明已出现某些疲劳,因此,样品可能不适合该工作环境。

试验大尺寸或大质量样品,或者重心远离样品几何中心时,应小心进行。这样的样品可能会有引起振动台横向运动或旋转运动的趋势。在这种情况下很难达到所需容差,如在检查点上。

在由振动响应检查确定的频率,以及任何其它预定频率或者在这两种频率下进行正弦拍振试验。如果没有确定或没有规定频率时,通常是在所关心的整个频率范围内每二分之一倍频程选 1 频率点进行试验。如果由于危险频率数增加,而存在累积疲劳损坏问题,正弦拍频法就变得不太适合,在这种情况下,应考虑采用其他试验方法。

## A2 正弦拍振的位移、速度和加速度之间的关系

### A2.1 正弦拍频函数(见 3.12)

正弦拍频的一般数学表达式为:

$$a(t) = a_0 \cdot \sin 2\pi f t \cdot \sin \frac{2\pi f t}{\rho} \dots\dots\dots (A1)$$

式中:  $0 \leq t \leq \frac{\rho}{2f}$ ;

$a_0$ ——试验量值;

$f$ ——试验频率;

$\rho$ ——试验频率和调制频率在一般情况下的比率。

因为加速度、速度和位移是相互联系的,只要选择其中的一个作基本函数就可以了,并且对其它有某些影响。

用加速度作基准信号,在每一拍振结束处将存在残余位移。

为了避免这种影响,在附录 A2.2 中给出了以速度作基准信号的公式。

A2.2 正弦拍频的关系

以速度作为基准函数时,加速度、速度和位移的正弦拍频的关系式如下:

加速度的正弦拍频:

$$a(t) = a_0 \cdot \frac{1}{2} \left[ \left\{ - \left( 1 - \frac{1}{m} \right) \cdot \sin 2\pi \left( 1 - \frac{1}{m} \right) ft \right\} + \left\{ \left( 1 + \frac{1}{m} \right) \cdot \sin 2\pi \left( 1 + \frac{1}{m} \right) ft \right\} \right] \dots (A2)$$

速度的正弦拍频:

$$v(t) = \frac{a_0}{2\pi f} \cdot \frac{1}{2} \left[ \cos 2\pi \left( 1 - \frac{1}{m} \right) ft - \cos 2\pi \left( 1 + \frac{1}{m} \right) ft \right] \dots (A3)$$

$$v(t) = \frac{a_0}{2\pi f} \sin 2\pi ft \cdot \sin \frac{2\pi ft}{m} \dots (A4)$$

位移的正弦拍频:

$$d(t) = \frac{a_0}{(2\pi f)^2} \cdot \frac{1}{2} \left[ \left[ \frac{1}{1 - \frac{1}{m}} \right] \cdot \sin 2\pi \left( 1 - \frac{1}{m} \right) ft - \left[ \frac{1}{1 + \frac{1}{m}} \right] \cdot \sin 2\pi \left( 1 + \frac{1}{m} \right) ft \right] \dots (A5)$$

式中:  $0 \leq t \leq \frac{m}{2f}$ ;

$m$ ——加速度正弦拍频的试验频率和调制频率的比值,该比值等于  $(2n-1)$ ,其中  $n$  是加速度正弦拍频的循环数。

注

- 1 在数学说明中,也可以利用单正弦拍频作为二个余弦振动的叠加来表达。由这个定义得出的信号在图 7 的 5 周期正弦拍频中表示。
- 2 就按 A2.1 条定义的正弦拍频时间而言,从微分和积分导出的所有信号,本标准称为正弦拍频。
- 3 应当指出,这种说明不打算作严格的数学验证。为了在所有的正弦拍频函数的终点上得到零值, $\rho$  值稍作修改并变成  $m$ (见 A3 章)。

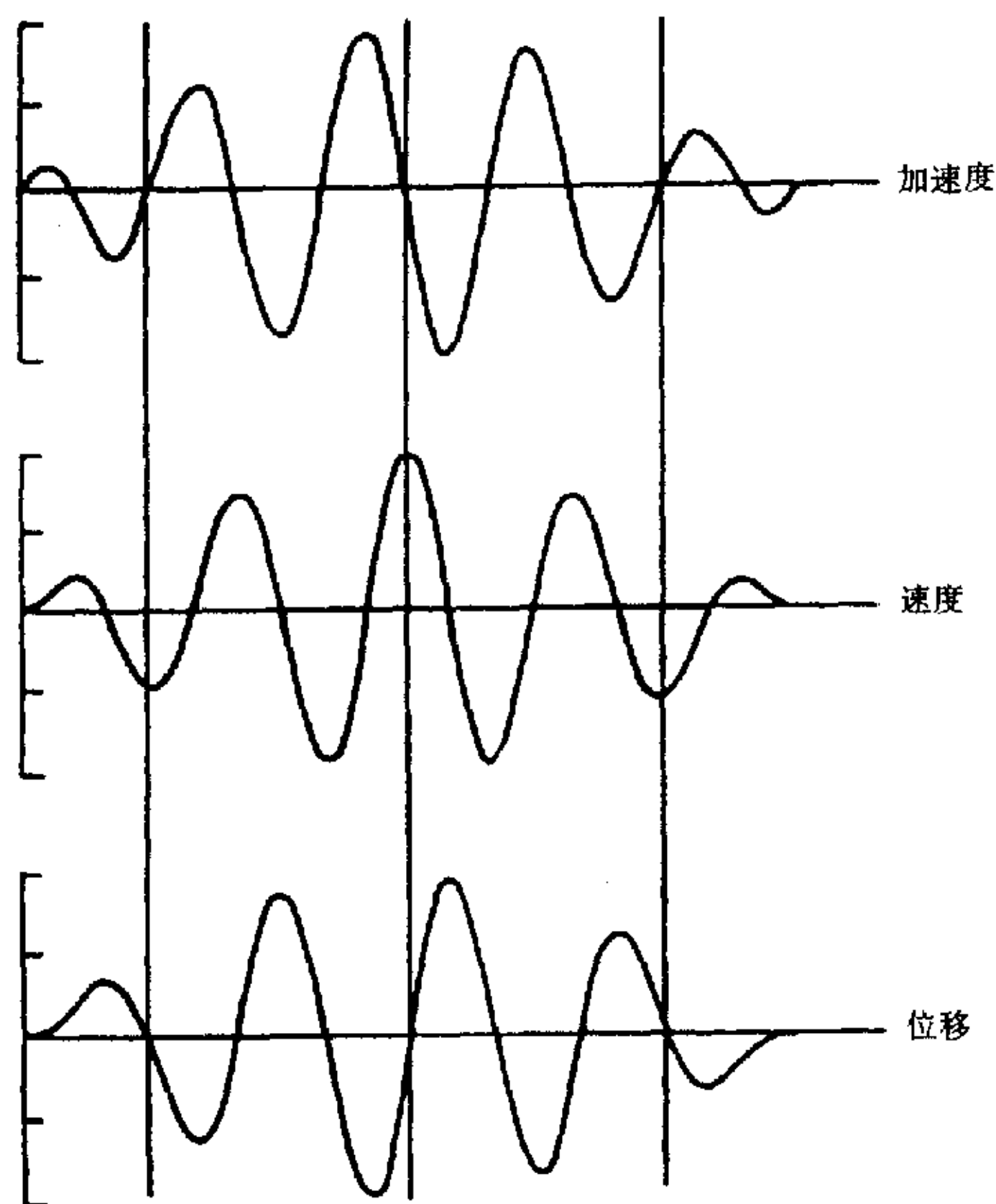


图 7 加速度、速度、位移正弦拍频的波形图图示(5 周期加速度正弦拍频)

**A3 试验量值(见 5.2)**

加速度、速度、位移的试验量值,可以按对恒定频率的正弦振动的相同方式十分精确的导出,即根据加速度正弦拍频的试验量值  $a_0$ 。导出速度峰值  $v_0$  或位移峰值  $d_0$  的公式如下:

$$v_0 = \frac{a_0}{2\pi f} \quad \dots\dots\dots(A6)$$

$$d_0 = \frac{a_0}{4\pi^2 f^2} \quad \dots\dots\dots(A7)$$

**A4 低周期高应力疲劳(见 5.5)**

重现由振动(例如地震、爆炸)产生的低周期高应力疲劳效应要求尽可能精确的模拟特殊的环境。当不十分了解环境或模拟有困难时,考虑到不定因素,必须包括安全系数。因此,试验量级峰值及正弦拍频数必须适合于考虑的模拟环境。

因为没有完全考虑高量值交替激励的影响,有时这样考虑尚嫌不够。这些激励在共振频率上出现时对样品是危险的,并产生对样品有害的无弹性应变。在这种情况下,分析模拟所考虑的环境信号会有助于确证试验的适当程度。