

## 前 言

本标准等同采用国际电工委员会标准 IEC 68-2-6《环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Fc 和导则:振动(正弦)》1982 年第 5 版及两个修改文件。

本标准代替 GB 2423.10—81《电工电子产品基本环境试验规程 试验 Fc:振动(正弦)试验方法》和 GB 2424.7—81《电工电子产品基本环境试验规程 振动(正弦)试验导则》。

GB 2423.10—81 和 GB 2424.7—81 是参照国际电工委员会标准 IEC 68-2-6:1970 年第 4 版起草的,并将国际电工委员会的一个标准分成了两个标准,正文部分成为 GB 2423.10 振动(正弦)试验方法,附录部分成为 GB 2424.7 振动(正弦)试验导则。这次修订将试验方法和导则合并在一起,并且和 IEC 68-2-6 第 5 版一样。

本标准于 1981 年首次发布,1995 年 8 月第一次修订。自 1996 年 8 月 1 日起实施。

自本标准实施之日起,原中华人民共和国国家标准 GB 2423.10—81 和 GB 2424.7—81 同时废止。

本标准的附录 A 是标准的附录;

本标准的附录 B 和附录 C 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条件与环境试验标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位:电子部五所。

本标准主要承办人纪春阳、王树荣、周心才、王增兰、邢申承

## IEC 前 言

1) 由所有对该问题特别关切的国家委员会参加的国际电工委员会所属技术委员会制定的有关技术问题的正式决议或协议,它尽可能地体现和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 50 技术委员会(环境试验)50A 分技术委员会(冲击和振动试验)制定的。

本标准代替以前在标准 68-2-6 第四版中颁行的试验规程,其中包括 1983 年的第一号修正和 1985 年的第二号修正。

第二号修正的文本以下列文件为基础:

六月法	投票报告
50A(中办)165	50A(中办)166

更进一步的资料可见上表中的有关投票报告。

在 1977 年 6 月莫斯科会议上讨论了试验 Fc 的第一个草案,通过讨论形成了 50A(中办)145 文件,于 1978 年 6 月将此文件分发给各国家委员会按“六个月法”表决。

下列国家委员会投票明确赞成本标准:

澳大利亚	法国	荷兰
奥地利	联邦德国	南非(共和)
比利时	匈牙利	西班牙
巴西	以色列	瑞典
加拿大	意大利	瑞士
丹麦	朝鲜民主主义人民共和国	土耳其
埃及	南朝鲜	苏联
芬兰	美国	英国

# 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 Fc 和导则: 振动(正弦)

GB/T 2423.10—1995  
idt IEC 68-2-6:1982

代替 GB 2423.10-81  
GB 2424.7-81

Environmental testing for electric and electronic products  
Part 2: Test methods  
Test Fc and guidance: Vibration (Sinusoidal)

### 1 目的

提供一种确定元器件、设备和其他产品承受规定等级正弦振动能力的标准方法。

### 2 一般说明

本试验的目的用来确定机械薄弱环节和(或)性能下降情况,并利用这些资料,结合有关规范,来决定样品是否可以接收。在某些情况下,也可用来确定样品的结构完好性和(或)研究它们的动态特性。也可根据经受住本试验中的各种严酷等级的能力来划分元器件的等级。

在振动试验期间样品是否处于工作状态应在有关规范中规定。

必须强调指出,振动试验总需一定程度的工程判断,供需双方应充分认识这一点。

本标准的正文部分首先论述了在规定点上控制试验的方法,详细给出了试验程序,并且还对振动的要求、严酷等级(频率范围、振幅、耐久时间)的选择作出规定。有关规范的编写者应选择适用于该样品及其使用要求的试验程序和严酷等级。

附录 A 到 C 给出了通用导则及对元件、设备的严酷等级的选择。

为了便于本标准的理解,定义了某些术语,见第 3 章。

为了便于本标准的使用,本标准的正文部分列出了所要参阅的附录 A 的章条号,并且附录 A 也列入了正文的章条号。

### 3 定义

本标准所使用的术语一般按 GB/T 2298—91《机械振动与冲击术语》的定义。然而,下列二个术语在本标准中有特殊含义,定义如下:

a) 扫频循环 sweep cycle

在规定的频率范围内往返扫描一次,例如 10 Hz~150 Hz~10 Hz。

b) 失真 distortion

$$d = \frac{\sqrt{a_{\text{tot}}^2 - a_1^2}}{a_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $a_1$ ——在驱动频率上的均方根加速度值。

$a_{\text{tot}}$ ——所施加的总均方根加速度值(包括  $a_1$  值)。

就本标准而言,也需使用下列附加术语和定义。

### 3.1 固定点 fixing point

样品与夹具或与振动台点接触的部分,在使用中通常是固定样品的地方。如果实际安装结构的一部分作夹具使用,则应取安装结构和振动台点接触的部分作固定点,而不应取样品和振动台点接触的部分作固定点。

### 3.2 测量点 measuring point

试验中采集数据的某些特定点具有两种形式,下面给出其定义。

注:为了评价样品的性能,可以在样品中的许多点上进行测量,但在本标准中,这种情况不作为测量点看待,对这方面的更详细的叙述见附录 A2.1。

#### 3.2.1 检测点 check point

位于夹具、振动台或样品上的点,并且要尽可能接近于一固定点,而且在任何情况下,都要和固定点刚性连接。

试验的要求是通过若干检测点的数据来保证的。

如果存在四个或四个以下的固定点,则每一个都用作检测点。如果存在四个以上的固定点,则有关规范中应规定四个具有代表性的固定点作检测点用。

在特殊情况下,例如对大型或复杂样品,如果要求检测点在其他地方(不紧靠固定点),则在有关规范中规定。

当大量的小样品安装在一个夹具中时,或当一个小样品具有许多固定点时,为了导出控制信号,可选用单个检测点(即基准点),但该点应选自样品和夹具的固定点而不应选自夹具和振动台的固定点。这仅当夹具装上样品等负载后的最低共振频率充分高过试验频率的上限时才是可行的。

#### 3.2.2 基准点 reference point

是从检测点中选定的点,为了满足本标准的要求,该点上的信号是用来作控制试验之用的。

### 3.3 控制点 control point

#### 3.3.1 单点控制 single point control

单点控制是通过使用来自基准点上传感器的信号,使该基准点保持在所规定的振动量级上来实现的(见 4.1.4.1)。

#### 3.3.2 多点控制 multi point control

多点控制是将来自各检测点上每个传感器的信号,按有关规范的要求,进行连续的算术平均或采用比较技术处理来实现的(见 4.1.4.1)。

## 4 试验设备

### 4.1 特性要求

当振动台按所规定的方法装上负荷时,振动台和夹具的特性要求如下:

#### 4.1.1 基本运动

基本运动应为时间的正弦函数,样品的各固定点应基本上同相沿平行直线运动,并符合 4.1.2 和 4.1.3 的容差要求。

#### 4.1.2 横向运动

垂直于规定轴线任何轴线的检测点上的最大振幅,当频率等于或低于 500 Hz 时,不大于规定振幅的 50%,当频率超过 500 Hz 时,不大于规定振幅的 100%。横向的测量仅需在规定的频率范围上进行。在特殊情况下,例如对小样品,如果有关规范有规定,允许的横向运动的振幅不大于 25%。

在某些情况下,对于大样品或对于较高的试验频率,要达到上述要求可能是困难的。在这样的情况下,有关规范要指出下述二条中的那一条适用。

- a) 应在报告中指明并记录超过上述规定的任何横向运动;
- b) 横向运动不监控。

### 4.1.3 失真

加速度波形失真的测量应在基准点上进行,应覆盖到 5 000 Hz 或驱动频率的五倍,并采用其中的较高者。

按第 3 章的规定,失真度不应超过 25%。在某些情况下,要达到上述要求是不可能的,在这种情况下,如果基频控制信号的加速度振幅被恢复到规定的值,例如使用跟踪滤波器,则可以容许失真度超过 25%。

对大的或复杂的样品,在频率范围内的某些部分上,若所规定的失真要求不能被满足,而且使用跟踪滤波器也不现实时,则就不需要恢复加速度振幅,但应指明失真并记录在报告中(见 A2.2)。

不管是否使用跟踪滤波器,有关规范可以要求记下如上述所规定的失真及其受影响的频率范围(见 A2.2)。

### 4.1.4 振幅容差

在所要求轴线上的检测点和基准点上的实际振幅应等于所规定的值,并应在下列容差范围内。这些容差包括仪器误差。

#### 4.1.4.1 基准点

基准点上控制信号的容差:±15%(见 A2.3)。

有关规范应指明是采用单点控制,还是采用多点控制。如果采用多点控制,应说明是将各检测点上信号的平均值控制到所规定的值,还是将所选择的一个点上的信号控制到所规定的值(见 A2.3)。

#### 4.1.4.2 检测点

在每一检测点上:

当频率低于或等于 500 Hz 时: ±25%;

当频率超过 500 Hz 时: ±50%。

在某些情况下,例如对低频或大样品的某些频率要达到上述要求可能是困难的,应当在规范中规定一个较宽的容差或规定另一种可选择的评价方法。

### 4.1.5 频率容差

低于或等于 0.25 Hz 时: ±0.05 Hz;

从 0.25 Hz~5 Hz 时: ±20%;

从 5 Hz~50 Hz 时: ±1%;

超过 50 Hz 时: ±2%。

在比较耐久试验前后的危险频率时(见 8.1),即在振动响应检查期间,应采用下列容差:

低于或等于 0.5 Hz 时: ±0.05 Hz;

从 0.5 Hz~5 Hz 时: ±10%;

从 5 Hz~100 Hz 时: ±0.5 Hz;

超过 100 Hz 时: ±0.5%。

### 4.1.6 扫频

扫频应是连续的,且频率应随时间按指数规律变化(见 A4.3)

扫频的速率应为每分钟一个倍频程,其容差为±10%。

## 4.2 安装

样品的安装在 GB/T 2423.43—1995《电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 元件、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》中叙述。对通常安装在减振器上的样品还可见 8.2.2 注 2、A3.1 和 A3.2 以及 A5 章。

## 5 严酷等级

振动试验的严酷等级由三个参数共同确定,即频率范围、振动幅值和耐久试验的持续时间(按扫频

循环数或时间给出)。

对每一参数,有关规范应从下面所列出的数值中选取。如果环境预先已知,且与下面所列的数据有显著差异,则有关规范就应根据已知的环境来规定试验要求。

在附录 B 和附录 C 中,分别给出了元件和设备的严酷等级的示例(见 A4.1 和 A4.2)。

### 5.1 频率范围

有关规范应从表 1 中选取一个下限频率和从表 2 中选取一个上限频率来给出频率范围,推荐的频率范围见表 3。

表 1 Hz	表 2 Hz	表 3 Hz
下限频率 $f_1$	上限频率 $f_2$	推荐的频率范围 从 $f_1 \sim f_2$
0.1	10	1~35
1	20	1~100
5	35	10~55
10	55	10~150
55	100	10~500
100	150	10~2 000
	300	10~5 000
	500	55~500
	2 000	55~2 000
	5 000	55~5 000
		100~2 000

### 5.2 振动幅值

应在有关规范中规定振动幅值(位移幅值或加速度幅值或两者都要)。

交越频率以下规定为定位移,交越频率以上规定为定加速度。表 4、表 5 和图 1、图 2、图 3 给出了不同交越频率时的位移和加速度幅值的推荐值。

注:振幅与频率的关系图见图 1、图 2、图 3,其在低频段的应用参照 A4.1。

每一位移幅值有一相对应的加速度幅值(示于表 4、表 5 中的同一横格线上)。因此在交越频率上振动量值是相同的(见 A4.1)。

当规定的交越频率在技术上不适用时,有关规范可以规定其他的交越频率以及对应的位移-加速度幅值。在某些情况下也可以规定一个以上的交越频率。

上限频率只到 10 Hz 的试验,通常是在整个频率范围内采用定位移的方法。因此在表 6 和图 3 中仅给出位移幅值。

表 4 较低交越频率( $\approx 8 \text{ Hz} \sim 9 \text{ Hz}$ )时的振动幅值的推荐值

低于交越频率时的位移幅值		高于交越频率时的加速度幅值	
mm	(in)	$\text{m/s}^2$	( $g_n$ )
0.035	(0.0014)	1	(0.1)
0.75	(0.03)	2	(0.2)
1.5	(0.06)	5	(0.5)
3.5	(0.14)	10	(1.0)
7.5	(0.30)	20	(2.0)
10	(0.40)	30	(3.0)
15	(0.60)	50	(5.0)

注

1 表中所列全部数值均为峰值振幅。

2 供参考的英寸值由原毫米值导出且是近似值,同样  $g_n$  值也是为参考而给出的近似值。

3 表中 15 mm 的位移幅值主要适用于液压振动台。

表 5 较高交越频率(57 Hz~62 Hz)时的振动幅值的推荐值

低于交越频率时的位移幅值		高于交越频率时的加速度幅值	
mm	(in)	m/s <sup>2</sup>	(g <sub>n</sub> )
0.035	(0.0014)	5	(0.5)
0.075	(0.003)	10	(1.0)
0.15	(0.006)	20	(2.0)
0.35	(0.014)	50	(5.0)
0.75	(0.03)	100	(10)
1.0	(0.04)	150	(15)
1.5	(0.06)	200	(20)
2.0	(0.08)	300	(30)
3.5	(0.14)	500	(50)

注

1 表中所列全部数值均为峰值振幅。

2 供参考的英寸值由原毫米值导出且是近似值,同样 g<sub>n</sub> 值也是为参考而给出的近似值。

表 6 仅适用于频率范围的上限到 10 Hz 的位移幅值的推荐值

位移幅值	
mm	(in)
10	(0.4)
35	(1.4)
75	(3.0)
100	(4.0)

注

1 表中所列全部数值均为峰值振幅。

2 供参考的英寸值由原毫米值导出且是近似值。

3 大于 10 mm 的位移幅值主要适用于液压振动台。

### 5.3 耐久试验的持续时间

有关规范应从下面所给出的推荐值中选取耐久试验的持续时间。如果规定的持续时间导致在每轴线或每频率上等于或大于 10 h,则可分成几个周期进行,但不能减少样品中的应力(由于发热等)。

#### 5.3.1 扫频耐久

在每一轴线上的耐久试验持续时间以扫频循环数(见第 3 章)给出,并根据有关规范,从下列诸值中选取:

1、2、5、10、20、50、100。

当需要更多的扫频循环数时,应采用与上述诸值相同的系列(见 A4.3)。

#### 5.3.2 定频耐久

##### 5.3.2.1 在危险频率上

由振动响应检查(见 8.1)所发现的每一轴线中的每一频率上的耐久试验持续时间,应根据有关规范,从下列诸值中选取(见 A6.2):

10 min ± 0.5 min

30 min±1 min

90 min±1 min

10 h±5 min

### 5.3.2.2 在预定频率上

有关规范所规定的持续时间应考虑样品在其整个工作寿命期间可能经受到这种振动的总时间。对每一规定频率和轴线的组合应进行上限为  $10^7$  循环的试验(见 A6.2)。

## 6 预处理

有关规范可以要求预处理(见 GB/T 2421)。

## 7 初始检测

应按有关规范的规定进行电气和机械检测(见 A9 章)。

## 8 条件试验

有关规范应规定样品受振动的轴线数和它们的相对位置。如果有关规范不作规定,则样品应在三个互相垂直的轴线上依次经受振动,而且轴向的选择应选最可能暴露故障的方向。

基准点上的控制信号应从各检测点的信号中得出,并用于单点或多点控制。

所用的试验程序应根据有关规范的规定,从下列各步骤中选择,导则见附录 A。通常试验各步骤应依次在同一条轴线上完成后再在其它轴线上重复进行(见 A3 章)。

对通常带减振器使用的样品需去除减振器进行试验时,必须规定特殊的措施(见 A5 章)。

当有关规范有要求时,应以施加于振动系统的最大驱动力的极限来控制规定的振动幅值。力限制的方法在有关规范中规定(见 A7 章)。

### 8.1 振动响应检查

当有关规范有要求时,为了研究样品在振动条件下的特性,应对整个频率范围进行响应检查。通常应按耐久试验相同的条件在一个扫频循环上进行(见 8.2)。如果采用低于规定值的振动幅值和扫频速率能更精确地确定响应特性,则该方法就可采用,但应避免过度地延长时间。

如果有关规范有要求,则在振动响应检查期间样品应工作。若因样品工作而不能评价其机械振动特性时,则应将样品处于不工作状态进行附加的响应检查。

在振动响应检查期间,应检查样品以便确定出现下列现象的危险频率:

- a) 由于振动而使样品出现故障和(或)性能下降;
- b) 出现机械共振及其他响应现象,例如抖动。

应记录出现上述现象的所有频率及所施加的幅值,并应记录样品的性能变化(见 A1)章。有关规范应规定对此所采取的措施。

在某些情况下,有关规范可以要求在耐久程序结束后,再进行一次附加的响应检查,以便对试验前后的危险频率进行比较。如果危险频率发生任何变化,则有关规范应规定对此所采取的措施。但基本的要求是试验前后的两种响应检查应在相同的振幅下以相同的方式进行(见 A3.1)。

### 8.2 耐久试验程序

有关规范应规定采用下列两种耐久程序中的那一种(见 A3.2)。

#### 8.2.1 扫频耐久试验

这种耐久程序应优先选用。

应按有关规范所选择的频率范围、幅值、持续时间进行扫频(见 5.3.1)。必要时可将频率范围分成几段进行,但不能因此而减少样品所受的应力。

#### 8.2.2 定频耐久试验



用下列两种频率之一进行耐久试验：

- a) 按 8.1 进行振动响应检查所获得的那些危险频率；
- b) 按有关规范所规定的预定频率。

当在由振动响应检查所获得的危险频率上进行试验时，其频率应始终保持在实际的危险频率上。

注

1 如果实际的危险频率不十分明显，例如出现抖动或几个独立的产品被同时试验时，为了方便起见，则可在一个围绕着危险频率的限定频率范围上进行扫频，以确保被充分的激励。

2 对装有减振器的样品，有关规范应规定是否应对装上减振器后的共振频率进行耐久试验。

## 9 中间检测

当有关规范有要求时，样品在条件试验期间应工作，并进行性能检测，其工作和检测时间按所规定总时间的百分比来确定（见 A3.2 和 A8 章）。

## 10 恢复

当有关规范有要求时，在条件试验后给一段恢复时间，以便使样品处于与初始检测时相同的条件，例如在温度方面。

## 11 最后检测

按有关规范的规定对样品进行电气和机械性能检测（见 A9 章）。

## 12 有关规范应作出的规定

当有关规范采用本试验时，为便于应用，应规定下述各项内容。规范的编写者应按下述各项提供材料，并要特别注意有星号（\*）标记的项目，因为该项资料总是必不可少的。

- a) 检测点(3.2)；
- b) 横向运动(4.1.2)；
- c) 失真(4.1.3)；
- d) 控制信号的导出(4.1.4.1)；
- e) 检测点的容差(4.1.4.2)；
- f) 样品的安装(4.2)；
- g) 频率范围 \* (5.1)；
- h) 振动幅值 \* (5.2)；
- i) 特殊的交越频率(5.2 条)；
- j) 耐久试验的类型和持续时间 \* (5.3)；
- k) 预处理(6 章)；
- l) 初始检测 \* (7 章)；
- m) 振动的轴线(8 章)；
- n) 力的限制(8 章)；
- o) 进行试验的步骤和顺序 \* (8 章、8.1、8.2)；
- p) 功能和功能检查 \* (8.1 和 9 章)；
- q) 振动响应检查之后所采取的措施(8.1)；
- r) 在最后响应检查时，如果发现共振频率变化时所采取的措施(8.1)；
- s) 预定频率(8.2.2)；
- t) 样品装上减振器后的共振频率上的条件试验(8.2.2)；

u) 最后检测 \* (11 章)。

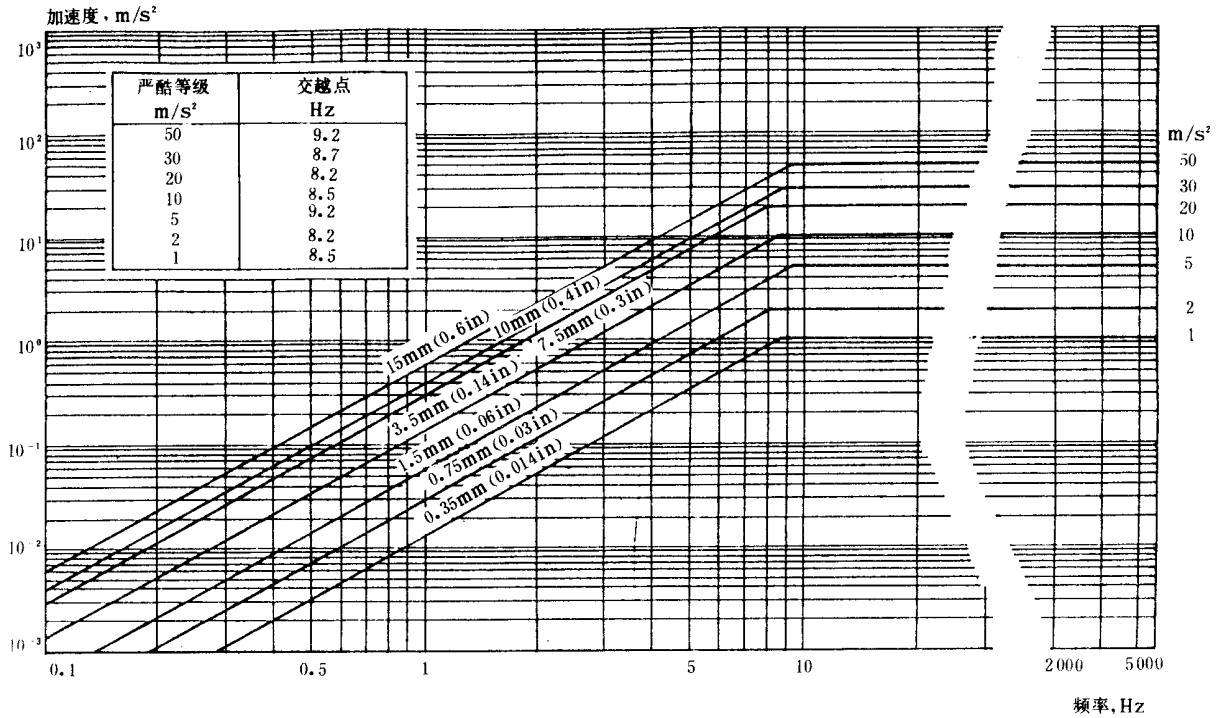


图 1 采用较低交越频率(≈8 Hz~9 Hz)时的振动幅值

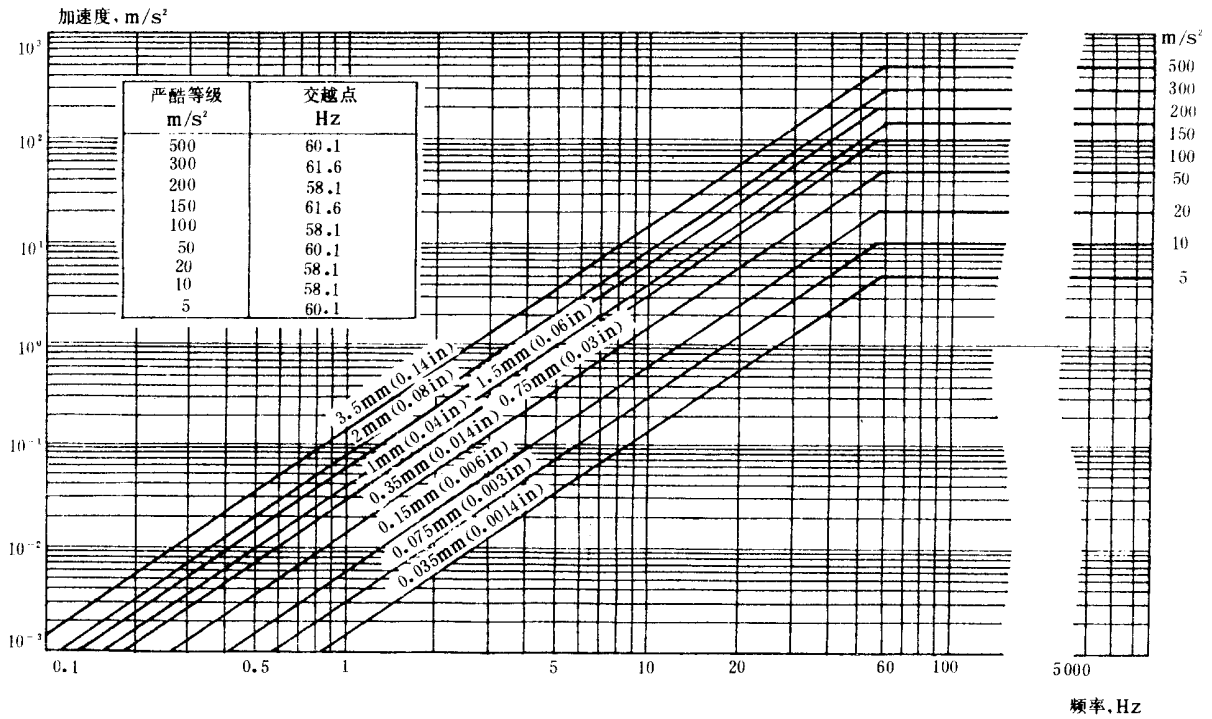


图 2 采用较高交越频率(57 Hz~62 Hz)时的振动幅值

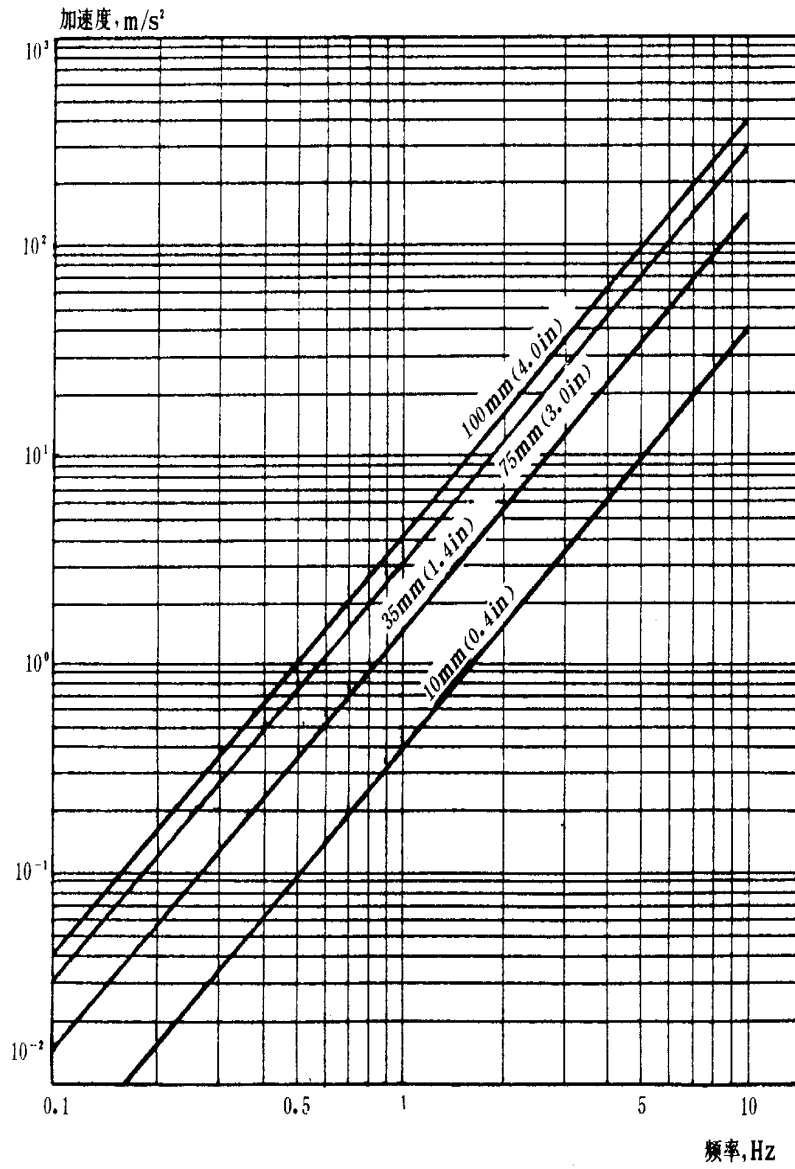


图 3 振动位移幅值(仅用于上限频率为 10 Hz)的频率范围

**附录 A**  
(标准的附录)  
**试验导则**

## A1 引言

本试验的基本目的是提供一种能在试验室内再现样品可能经受到的实际环境影响的方法,而不是重现实际环境。

为了使不同的人在不同的地点上所做的试验有相同的结果,本试验所给出的参数是经过标准化的,并有合适的容差。参数的标准化还可使元器件能按其经受本标准所规定的某种振动严酷等级的能力来分类。

在振动试验中,以往的规范通常是先寻找共振,然后使样品在共振频率上按所规定的时间进行耐久试验。可惜一般的确定方法很难将容易引起失效的共振与在长期振动下不可能引起样品失效的共振区别开来。

此外,这种试验程序要应用于大多数现代化的样品也不实际。因为在评价任何封闭器件或现代化小型装置的振动特性时,直接观察几乎是不可能的。若采用传感器技术,则要改变该装置的质量-刚度分布,所以通常不能使用。即使可以使用,成败的关键完全取决于试验工程师在该装置中选择合适测量点的技巧和经验。

本标准提出的优选程序,即扫频耐久,使上述这些困难减到最小,并且避免了确定重要或有害共振的必要性。若允许象规定现行环境试验那样规定这些方法,则会对试验工程师的技术依赖性减到最小。但由于需要规定试验方法,所以使本方法的推荐受到了影响。扫频耐久的时间从有关的应力循环数导出的扫频循环数来给出的。

在某些情况下,如果耐久试验的持续时间打算长到足以保证其疲劳寿命与所要求的使用时间相当,或长到足以保证相当于使用中经受到的振动条件下的无限寿命。则这种扫频耐久法就可能导致持续时间过长。因此给出了另一种方法,其中包括定频耐久。当采用这种方法时,不是在预定频率上进行,就是在响应检查期间所发现的危险频率上进行。若振动响应检查期间每轴线上所发现的危险频率点较少,且不超过四个,则定频耐久是合适的。如果超过四个,则扫频耐久可能更合适。当然,既用扫频耐久又用定频耐久也可能是合适的。需要记住定频耐久在试验中仍需一定程度的工程判断。对任何预定频率,其耐久持续时间在有关规范中规定。

定频耐久试验的持续时间按危险频率情况下的时间来确定,并取决于预计的应力循环数。由于材料种类繁多,不可能给出应力循环数的统一数据。对一般的振动试验,引用  $10^7$  的上限数据而不需要超过它(见 5.3.2.1 和 5.3.2.2)。

如果知道实际环境基本上是随机振动,只要经济上许可,耐久试验阶段就应该用随机振动来进行。这种做法对设备特别适用。对某些结构简单的元件型式样品,通常采用正弦振动就足够了。关于随机振动见 GB 2423.11—82《电工电子产品基本环境试验规程 试验 Fd:宽带随机振动试验方法 一般要求》、GB 2423.12—82《电工电子产品基本环境试验规程 试验 Fda:宽带随机振动试验方法 高再现性》、GB 2423.13—82《电工电子产品基本环境试验规程 试验 Fdb:宽带随机振动试验方法 中再现性》和 GB 2423.14—82《电工电子产品基本环境试验规程 试验 Fdc:宽带随机振动试验方法 低再现性》。

## A2 测量和控制

### A2.1 测量点

在第3章中规定了两种主要类型的测量点。然而在产品的研制期间,必须测量样品内部局部位置上的响应,以便证实这些测量点上的振动不会引起损坏。在某些情况下,为了避免严重破坏样品,甚至必须把这些测量点上的信号合并后输入到控制回路。应当指出,本标准不推荐这种技术,因为它不可能被标准化。

#### A2.2 失真引起的误差

在失真大的情况下,测量系统将显示出不正确的振动量级,因为它包含了所需的频率和许多不想要的频率。这就导致在所需频率上产生低于规定值的幅值,但其容差在第4.1.3所规定的范围内是允许的。然而当超过时,就必须把基频振级恢复到所要求的幅值。有许多方法可以做到这一点,推荐使用跟踪滤波器。如果基频振级被恢复,则样品将在所需的频率下经受预定的应力。然而那些不需要的频率幅值也将随之增加,其结果将导致对样品的某些附加应力。如果由此而产生不切合实际的高应力,则放弃所规定的失真值要求就更合适(见4.1.3)。

#### A2.3 控制信号的导出

控制信号的导出有许多方法。

如果规定用多点平均控制信号,即从算术平均导出,就是调整与每一检测点上峰值加速度成比例的直流电压来获得平均信号。

时分多路方法是通过分配器对测量通道与各个测点进行切换。为保证在任一通道被接通时至少可以拾取到一个周期的信号,其切换频率不得高于驱动信号频率。例如当测点数为四路,驱动信号频率为100 Hz时,测点切换频率不得高于25 Hz。

然而这一系统与跟踪滤波器一道使用就会出现。因此在这种情况下必须相当注意。

当试验必须进行定位移控制时,抽样数据系统可能会引起一些问题,其原因是由于抽样信号之间的相位差所引起的失真,将会使加速度信号被二次积分后与位移幅值不成比例(见3.3.2)。

重要的是整个振动系统应具有低的本底噪声,以便在试验期间可采用本标准所规定的最大容差(见4.1.4.1)。

### A3 试验程序

#### A3.1 振动响应检查(见8.1)

当工作环境的资料足够时,振动响应检查就是最有用的。当已知样品要经受诸如在船上、在螺旋桨式的飞机上和旋转机械等场合所遇到的相当大的周期振动时,进行振动响应检查是合理的。当研究样品的振动特性是首要的时候,振动响应检查也是有用的。振动响应检查也适用于要评价其疲劳特性的样品。

耐久试验前后的振动响应检查可以用来确定共振频率和其他某些响应频率所发生的变化。频率的变化可能标志着疲劳的出现。并说明样品不适用于该工作环境。

当规定有振动响应检查时,有关规范应在适当的地方明确规定试验期间和试验后所采取的措施,例如动态放大值超过任何特定值时,应要求做扫频耐久试验;频率变化试验;不可接受的响应等级试验和电噪声试验。

重要的是,在振动响应检查期间,为了探测样品内部部件所受到的影响而做的任何安排,都不应明显的改变整个样品的动态特性。应当记住,在非线性的情况下,样品可能随扫频方向改变而有不同的响应。

当有关规范要求振动响应检查时,所用减振器的有效性是很重要的。如果样品用减振器,通常是去除或锁住减振器进行响应检查,以便确定样品本身的危险频率,然后进行第二步的检查,即反复进行装上和去除减振器的试验,以便确定减振器的影响。在这第二阶段上,为了了解减振器的传递特性,需要采用不同的振动幅值进行。如果样品不使用减振器,则其响应检查见A5.1。

#### A3.2 耐久试验(见8.2)

扫频耐久对模拟样品在使用中所经受到的应力影响最合适(见 8.2.1)。

定频耐久最适合有限范围内使用的样品,例如工作场地受到机械振动影响,或局限于在一种或几种类形的车辆或飞机上安装的样品。在这种情况下,主要的频率通常是已知的或可以预测的。为了证实诸如在机动运输环境中由于激励而引起的疲劳影响,定频耐久对迅速积累的重复应力也是适用的(见 8.8.2)。在某些情况下,研究在某些离散频率上可能出现的疲劳问题,以及确定样品经受振动的一般能力是很重要的。在这些情况下,先进行定频试验,接着进行扫频试验将是合适的。这样可在尽可能短的时间内提供所需的数据。

对小元件,若确信在 55 Hz 或 100 Hz 以下不存在共振,则根据情况从这些频率上开始进行耐久试验就可以了。

对通常装有减振器的设备,耐久试验时一般应装上减振器进行。若不能使用合适的减振器进行试验,例如被试设备和其他设备一道安装在一个公共的安装装置中,则可在有关规范所规定的不同严酷等级上进行不带减振器的试验。其幅值应根据减振器在该试验中的每一试验轴线上的传递特性来决定。当减振器的特性未知时,见本附录 A5.1。

为了确定是否已达到可接收的最低结构强度,有关规范可以要求对具有可拆除或锁住的外部减振器的样品行附加试验。在这种情况下,有关规范应规定所采用的严酷等级。

#### A4 试验严酷等级

##### A4.1 试验严酷等级的选择

为了能包括各种应用情况,本标准所给出的频率和振幅已经过选择。当一个设备仅作一种用途时,最好根据实际环境的振动特性(如果已知的话)来确定严酷等级。如果设备的实际环境的振动特性未知,则应从附录 C 中选择合适的试验严酷等级。附录 C 给出了各种应用情况下的试验严酷等级示例。

由于位移幅值和相应的加速度幅值在交越频率上的振级是相同的,所以可在频率范围内连续扫频,在交越频率时从定位移变到定加速度或相反变化。本标准给出了二种交越频率,一种近似在 8~9 Hz 之间;另一种是在 57~62 Hz 之间。若需要模拟已知的实际环境,则可采用上述标准交越频率以外的交越频率。如果由此而引起高交越频率,则必须考虑到振动台的能力。重要的是所选择的位移幅值在底频区并不对应于能与振动系统本底噪声电平相比较的加速度幅值(见 5.2)。

##### A4.2 元件试验严酷等级的选择

在许多情况下,由于不知道元件要安装于何种设备内,也不知道它们要经受到何种应力,所以元件试验严酷等级的选择是复杂的。即使知道元件要用于某一设备的特定部位,也应该考虑到,由于结构、设备、分装置等的动态响应,元件要经受的振动环境还可能不同于设备要经受到的振动环境。

因此在选择与设备试验严酷等级有关的元件试验严酷等级时必须谨慎,并且对这些响应的影响留有余地。

当元件以防振方式安装在设备中,则用设备的试验严酷等级和低于设备的试验严酷等级是合适的。选择元件试验严酷等级的另一种途径是按所规定的严酷等级对元件进行试验和分类,以便设备的设计师可以选择他们适用的元件。

应参考附录 B 给出的在各种应用情况下的试验严酷等级示例。

##### A4.3 扫频

扫频时,频率须随时间按指数规律变化。即:

$$f/f_1 = e^{kt} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $f$ ——频率;

$f_1$ ——扫频的下限频率;

$k$ ——取决于扫频速率的因素;

$t$ ——时间。

对本标准的试验,如果时间以分钟计算,扫频速率是每分钟一个倍频程(见 4.1.6),则  $k = \log_e 2 = 0.693$ 。

为了确定一个扫频循环的倍频程数,采用下列公式:

$$N = 2 \log_2(f_2/f_1) = \frac{2}{\log_{10} 2} \log_{10}(f_2/f_1) = 6.644 \log_{10}(f_2/f_1) \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $N$ ——倍频程数;

$f_1$ ——扫频的上限频率;

$f_2$ ——扫频的下限频率。

利用上述公式所得出的数值列在表 A1 中,并给出了与推荐的扫频循环数及频率范围有关的整数时间(见 5.3.1)。

表 A1 每轴线的扫频循环数及相应的试验时间

频率范围 Hz	扫频循环数						
	1	2	5	10	20	50	100
1~35	10 min	21 min	50 min	1h 45 min	3 h 30min	9 h	(17h)
1~100	13 min	27 min	1 h05 min	2h 15 min	4 h 30min	11 h	22 h
10~55	5 min	10 min	25 min	(45 min)	(1 h 45 min)	4 h	(8 h)
10~150	8 min	16 min	40 min	(1 h 15 min)	(2 h 30 min)	(7 h)	(13 h)
10~500	11 min	23 min	55 min	(2 h )	3 h 45 min	9 h	19 h
10~2 000	15 min	31 min	1 h 15 min	(2 h 30 min )	5 h	13 h	25 h
10~5 000	18 min	36 min	1 h 30 min	3 h	6 h	15 h	30 h
55~500	6 min	13 min	30 min	(1 h)	2 h	5 h	11 h
55~2 000	10 min	21 min	50 min	(1 h 45 min)	3 h 30 min	9 h	17 h
55~5 000	13 min	26 min	1 h 05 min	2 h 15 min	4 h 15 min	11 h	22 h
100~2 000	9 min	17 min	45 min	(1 h 30 min)	3 h	7 h	14 h

注  
 1 表中所列的耐久时间是以 1 oct/min 的扫频速率计算出来的,并且是用 4 舍 5 入的方法取整数。其误差不超过 10%。  
 2 括号内的数据是从附录 B 和附录 C 中得来的。

**A5 通常带减振器的设备**

**A5.1 减振器的传递特性**

对通常应安装在减振器上的样品而没有减振器时,并且减振器的特性也未知时,则必须对样品提供一个更真实的振动输入方法来修改规定的振动量级。这个修改的振动量级建议从图 A1 所给的曲线上求出,其说明如下:

- a) 曲线 A 适用于当仅考虑单自由度系统时,其固有频率不超过 10 Hz 的具有高回跳特性的有载减振器。
- b) 曲线 B 适用于当仅考虑单自由度系统时,其固有频率为 10 Hz~20 Hz 的具有中等回跳特性的有载减振器。
- c) 曲线 C 适用于当仅考虑单自由度系统时,其固有频率为 20 Hz~50 Hz 的具有低回跳特性的有载减振器。

曲线 B 是根据在典型机载设备上所作的振动测量得出的。这种设备装有高阻尼金属机架,其固有频率在考虑单自由度系统时约为 15 Hz。

曲线 A 和曲线 C 所代表的减振器,其可利用的数据很少,而且这些数据是分别考虑 8 Hz 和 25 Hz 的固有频率从曲线 B 外推出来的。

为了包络各种联接型式的安装中可能出现的传递特性,对传递曲线进行了估计。因此,采用这种曲线考虑了由于平移和旋转运动的综合效应在样品周围产生的振动量值。

应选择最合适的传递曲线,并且所规定的振动量级应乘以在所需频率范围内的这条曲线上所取的值。

从这二条曲线上所取值的乘积便可得出试验量级,试验工程师可能无法在试验室内重现这些试验量级。在这种情况下,试验工程师应调整量级,以使在整个频率范围内总是能获得可能的最大量级。最重要的是,应记录所采用的实际值。

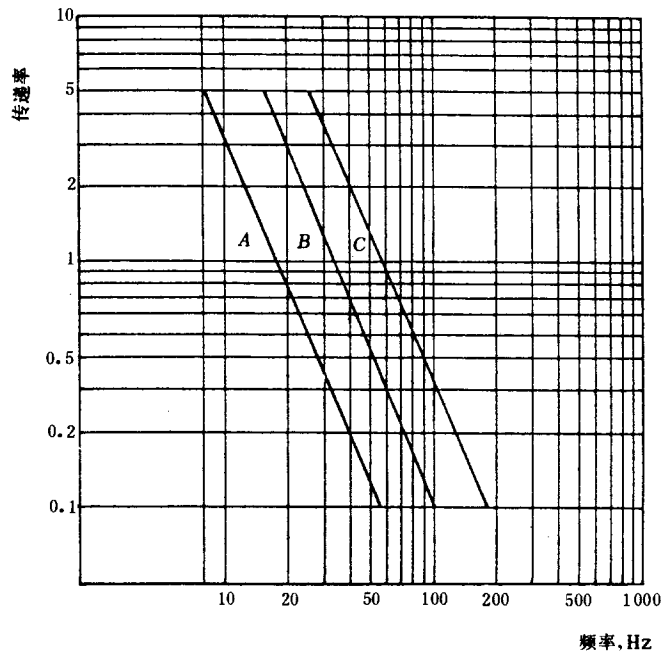


图 A1 减振器的一般传递特性曲线

## A5.2 温度效应

应当指出,许多减振器包含有温度敏感材料。如果减振器上样品的基本共振频率在试验频率范围内,应谨慎地决定任何耐久试验时间的长短。然而,在某些情况下,采用连续激励而不允许恢复可能是不合理的。如果该基本共振频率的激励时间分布已知,则应设法模拟它。如果实际的时间分布未知,则可通过工程判断的方法来限制激励时间,以避免过热(见 5.3)。

## A6 持续时间

### A6.1 基本概念(见 5.3.1)

现行的许多规范都是根据持续时间来描述振动试验的扫频耐久状态。如果它们的试验频率范围不同,就不可能把一个共振样品的性能和另一个共振样品的性能联系起来,因为所受的共振激励次数不同。例如,人们往往认为,对一相同的加速度和相同的持续时间,频率范围宽的比频率范围窄的更为严酷,但事实却恰恰相反。作为耐久参数的扫频循环数概念可以解决这一问题,因为此时共振可按相同的



次数被激励,而不管频率范围如何。

在决定采用何种扫频循环数时,要和现行规范的要求进行比较。而对各种应用都明确规定这种次数的范围,最接近优选严酷等级的扫频耐久次数列在本标准的附录 B 和附录 C 中。

#### A6.2 试验

如果试验仅用于证实一个样品在合适振幅下经受住振动和(或)在合适振幅下工作的能力,则该试验需连续进行,其试验时间应长到足以证实在规定的频率范围内满足这种要求。如果要证实一个设备经受振动累积效应的能力,例如疲劳和机械变形时,试验应有足够的持续时间以累积必需的应力循环。为了证实无限疲劳寿命,通常认为总数为  $10^7$  的应力循环是合适的。

#### A7 动态响应

试验样品内部产生的动态应力是造成损坏的主要原因。其经典的例子是把一个简单的质量-弹簧系统连接到一个惯性比该系统大的振动体上时,在该质量-弹簧系统中所产生的是动态应力。在共振频率上,弹簧内的应力将随着该质量-弹簧系统响应幅度的增大而增大。在这样的共振频率上进行耐久试验,需要进行许多工程判断。困难主要在于确定那一种共振是重要的,另一个问题是如何使驱动频率保持在共振频率上。

特别在高频范围内,共振现象可能不十分明显,但仍会出现局部的高应力。虽然有些规范试图用一个任意的放大值来规定共振频率的严酷等级。本标准没有采用这种方法。

本试验给出的程序是将振动幅值(位移或加速度)保持在与样品的动态响应无关的规定值上。这与适合标准化要求的一般振动技术是一致的。

众所周知,当一个样品在其共振频率上被激励时,其视在质量可以高于它的工作安装结构质量。在这种情况下,应考虑样品的反作用。由于驱动力和结构的机械阻抗通常是未知的,所以对这些参数进行一般性的假设通常是非常困难的。

可以预见,借助于力的控制是减少上述问题的一种方法,因为目前还不可能给出程序、测量和容差方面的资料,所以未包含在本标准中。当有关规范要求进行这种试验时,可使用力传感器或依靠对驱动电流的测量来进行。后一种方法有某些缺点,因为驱动电流在本试验所规定的频率范围内的部分频率上可能与驱动力不成比例。然而,如果有好的工程判断方法,就能采用驱动电流的方法,特别是对有限的频率范围尤其是这样。

因此,当这种力控制试验具有吸引力时,必须注意它的使用。当然,在某些情况下,例如对元件,采用幅值控制方法几乎总是更适宜(见 8 章)。

#### A8 性能评价

如果适用,可在整个试验期间或试验过程中的适当阶段上,设备应按其典型的功能条件进行工作,在耐久试验的适当阶段上及其试验结束前,建议对样品进行功能检查。

对振动可能影响其开关特性的样品(例如干扰继电器工作),应反复试验这些功能,以及验证样品在试验频率内或可能引起干扰的频率上能满意地工作。

如果试验仅仅是为了验证能否经受住振动,则样品功能特性的评价应在耐久振动完成后进行(见 8.2)。

#### A9 初始和最后检测

初始和最后检测的目的是为了比较特定的参数,以便评价振动对样品的影响。

除目检外检测应包括电气和(或)机械工作特性、尺寸等(见 7 章和 11 章)。

## 附录 B

(提示的附录)

## 主要供元件应用的严酷等级示例

第 5 章所允许的严酷等级很多。为简化使用,本附录表 B1 给出了从第 5 章所推荐的耐久参数中选出来的主要供元件用的严酷等级示例。其试验条件按本标准的规定。

表 B1 扫频耐久

幅值 <sup>1)</sup> 频率范围 Hz	每一轴线的扫频循环数			应用示例
	0.35 mm 或 50 m/s <sup>2</sup>	0.75 mm 或 100 m/s <sup>2</sup>	1.5 mm 或 200 m/s <sup>2</sup>	
10~55	10	10	—	大型工业电厂、重型旋转机械、轧钢机、大型商船或军舰
10~500	10	10	—	通用的陆上基地和陆上运输、快速小型海上飞机(海军用或民用)以及一般用途的飞机
10~2 000	—	10	10	空间发射器(200 m/s <sup>2</sup> )、安装于飞机引擎处的元件
55~500	10	10	—	按 10 Hz~500 Hz 的应用示例,但是指 55 Hz 以下无共振响应的小型刚性元件
55~2 000	—	10	10	按 10 Hz~2 000 Hz 的应用示例,但是指 55 Hz 以下无共振响应的小型刚性元件
100~2 000	—	10	10	按 55 Hz~2 000 Hz 的应用示例,但是指非常小且又非常牢固的元件,例如密封的晶体管、二极管、电阻器和电容器

1) 指交越频率以下的位移幅值和交越频率以上的加速度幅值。交越频率在 57 Hz~62 Hz 之间(见 5.2 和表 5)。

在危险频率上的耐久试验:

在每一轴线的每一危险频率上,耐久试验的典型时间为 10 min、30 min、10 h。

## 附录 C

(提示的附录)

## 主要供设备应用的严酷等级示例

当设备实际所受的严酷等级已知时,则按 A4.1 选择。当设备实际所受的严酷等级未知时,则需任意选择,但应尽可能按本附录给出的应用示例,选择类似的通用严酷等级。

下面给出若干主要供设备和其他产品用的,由频率范围、振动幅值、耐久时间组合的严酷等级示例(见表 C1 和表 C2)。它们是从本标准第 5 章中为耐久试验所规定的推荐参数中选出来的,并认为已包括了振动试验较一般的应用示例。此处不打算列出一个应有的清单,因此,本附录没有包括的要求,应从本标准的其它推荐的严酷等级中选取,并应在有关标准中规定。

在某些应用中,用扫频耐久也许不合实际,可能要在危险频率上进行试验。这种试验应根据本标准

的合适条文,并用本附录作为指导,由有关规范来规定。

表 C1 主要供设备用的严酷等级示例  
(从图 1 中选出的扫频耐久试验,见 A6.1)

加速度 频率范围 Hz	每一轴线的扫频循环数			应用示例
	5 m/s <sup>2</sup>	10 m/s <sup>2</sup>	20 m/s <sup>2</sup>	
10~150	50	—	—	固定设备,例如长期暴露在振动条件下的大型计算机和轧钢厂设备
10~150	20	—	—	固定设备,例如间歇暴露在振动条件下的大型发射机和空调设备
10~150	—	20	20	打算安装在轮船、火车、陆用车辆上的设备或由这些运输工具运输的设备

在危险频率上的耐久试验:

在每一轴线的每一危险频率上,耐久试验的典型时间为 10 min、30 min、10 h。

表 C2 主要供设备用的严酷等级示例  
(从图 2 中选出来的扫频耐久试验,见 A6.1)

振幅 <sup>1)</sup> 频率范围 Hz	每一轴线的扫频循环数				应用示例
	0.15 mm 或 20 m/s <sup>2</sup>	0.35 mm 或 50 m/s <sup>2</sup>	0.75 mm 或 100 m/s <sup>2</sup>	1.5 mm 或 200 m/s <sup>2</sup>	
1~35 <sup>2)</sup>	—	100	100	—	安装在重型旋转机械附近的设备
10~55 <sup>2)</sup>	10	—	—	—	大型电厂及通用工业设备
	20	20	—	—	
	100	—	—	—	
10~150	10	—	—	—	振动成分超过 55 Hz 的大型电厂及通用工业设备
	20	20	—	—	
	100	—	—	—	
10~500	10	10	—	—	一般飞机用设备,较高值应用于接近但不处于发动机舱内的设备
10~2 000	—	10	10	—	高速飞机用设备,较高值应用于接近但不处于发动机舱内的设备
				10	飞行器发动机舱

1) 指低于交越频率的位移幅值和高于交越频率的加速度幅值。交越频率在 57 Hz~62 Hz 之间(见 5.2 和表 5)。  
2) 定位移试验。

在危险频率上的耐久试验:

在每一轴线的每一危险频率上,耐久试验的典型时间为 10 min、30 min、10 h。