

中华人民共和国国家标准

GB/T 2423.48—2018/IEC 60068-2-57:2013
代替 GB/T 2423.48—2008,GB/T 2423.49—1997

环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ff:振动 时间历程和正弦拍频法

Environmental testing—Part 2: Test methods—Test Ff: Vibration—
Time-history and sine-beat method

(IEC 60068-2-57:2013, Environmental testing—Part 2-57: Tests—
Test Ff: Vibration—Time-history and sine-beat method, IDT)

2018-12-28 发布

2019-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 试验要求及相关参数	6
4.1 一般要求	6
4.2 试验要求	6
4.3 振动响应检查	7
4.4 时间历程试验	9
4.5 正弦拍频试验	10
4.6 安装	10
5 严酷等级	11
5.1 一般要求	11
5.2 时间历程	11
5.3 试验频率范围	11
5.4 规定响应谱	12
5.5 时间历程的数目和持续时间	12
5.6 正弦拍频试验量值	13
6 预处理	19
7 初始检测	20
8 试验	20
8.1 一般要求	20
8.2 振动响应检查	20
8.3 时间历程试验	20
8.4 正弦拍频试验	21
8.5 多轴向试验	21
9 中间检测	21
10 恢复	21
11 最后检测	21
12 有关规范应给出的信息	21
13 试验报告中应给出的信息	22
附录 A (资料性附录) 时间历程和正弦拍频试验导则	24
参考文献	29

图 1	5 周期的五个正弦拍频的序列	V
图 2	正弦拍频的循环数量	5
图 3	典型的时间历程	5
图 4	经典规定响应谱和试验响应谱及其公差带的对数坐标系对比图	6
图 5	规定时间历程激励下振荡器典型响应示例(规定阈值的 70%)	13
图 6	0.8 Hz 交越频率时的推荐幅值	14
图 7	1.6 Hz 交越频率时的推荐幅值	16
图 8	8 Hz 交越频率时的推荐幅值	17
图 9	不同正弦拍频、连续正弦以及典型自然时间历程的放大系数	19
图 A.1	通用型规定响应谱推荐谱形	25
图 A.2	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)	28
表 1	容差对比	7
表 2	推荐频率范围	11
表 3	0.8 Hz 交越频率时的推荐试验量值(见图 6)	13
表 4	1.6 Hz 交越频率时的推荐试验量值(见图 7)	15
表 5	8 Hz 交越频率时的推荐试验量值(见图 8)	15

前 言

GB/T 2423《环境试验 第2部分》按试验方法分为若干部分。

本部分为 GB/T 2423 的第 48 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 2423.48—2008《电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ff：振动——时间历程法》和 GB/T 2423.49—1997《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》，与 GB/T 2423.48—2008 和 GB/T 2423.49—1997 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 合并了 GB/T 2423.48—2008 和 GB/T 2423.49—1997 的内容，并对本部分的结构进行重新编排；
- 删除了引用文件 GB/T 2423.5—1995、ISO 266:1997 和 ISO 2041:1990、GB/T 2298—1991；
- 术语和定义注明了来源，并对某些定义进行了修改，修改情况进行了说明；
- 修改了术语“阻尼”的定义，增加了术语“黏性阻尼”“高应力循环”“自然时间历程”，增加了术语“信号容差”的注，删除了术语“响应高峰”“随机运动样本”“采样频率”“失真度”和“规定响应谱的强部”；
- 修改了“一般要求”的内容；
- 修改了“试验频率范围”的内容；
- 增加了试验容差要求；
- 删除了“寄生运动”，将“横向运动”“旋转运动”概念独立出来；
- 修改了“信号容差”和“振动幅值容差”；
- 删除了“试验响应谱的计算”；
- 修改了“响应高峰值的数目”“振动响应检查”和“时间历程试验”；
- 删除了 GB/T 2423.48—2008 的附录 B“试验频率范围”；
- 修改了 GB/T 2423.49—1997 的附录 A“导则”；
- 增加了第 13 章“试验报告中应给出的信息”。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 60068-2-57:2013《环境试验 第2-57部分：试验 试验 Ff：振动 时间历程和正弦拍频法》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 2421.1—2008 电工电子产品环境试验 概述和指南(IEC 60068-1:1998, IDT)；
- GB/T 2423.10—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fc：振动(正弦)(IEC 60068-2-6:1995, IDT)；
- GB/T 2424.26—2008 电工电子产品环境试验 第3部分：支持文件和导则 振动试验选择(IEC 60068-3-8:2003, IDT)；
- GB/T 2423.56—2018 环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fh：宽带随机振动和导则(IEC 60068-2-64:2008, IDT)。

为了便于使用，本部分做了以下编辑性修改：

- 本部分的名称修改为“环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ff：振动 时间历程和正弦拍频法”。

本部分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(SAC/TC 8)提出并归口。

GB/T 2423.48—2018/IEC 60068-2-57:2013

本部分起草单位：工业和信息化部电子第五研究所、重庆赛宝工业技术研究院、芜湖赛宝信息产业技术研究院有限公司。

本部分主要起草人：谢章用、周阳红生、阳川、侯卫国。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 2423.48—1997、GB/T 2423.48—2008；

——GB/T 2423.49—1997。

引 言

本部分规定了元器件、设备和其他电工电子产品的正弦拍频和时间历程振动试验方法。因为这些元器件、设备和其他电工电子产品(以下称“样品”)在使用中会经受到诸如地震、爆炸、不同运输工具的运输或机器运行中的短时、瞬态振动所引起的短持续时间的脉冲和震荡力的作用。

这些力的特性和样品的阻尼使样品的振动响应达不到稳态条件。

当用正弦或随机振动进行了初始振动响应检查之后,时间历程试验将使样品经受过具有模拟动态应力特性的响应谱固定的振动(加速度、速度或位移)时间历程。

时间历程可以用下列方法产生或获得:

- 自然事件(自然时间历程);
- 随机样本(人工时间历程);
- 合成信号(人工时间历程)。

为了达到所规定的试验严酷等级,通常需作一些修正。

采用时间历程时允许用单一试验波来包络宽带响应谱。

在激励轴(一条或几条)方向中样品的所有模态可能同时被激励,因此由耦合模态的合成效应而产生的应力一般都要加以考虑。

在正弦拍频试验中,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)。这些固定试验频率是预定频率,或借助于正弦振动试验(IEC 60068-2-6),或是两者一起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。

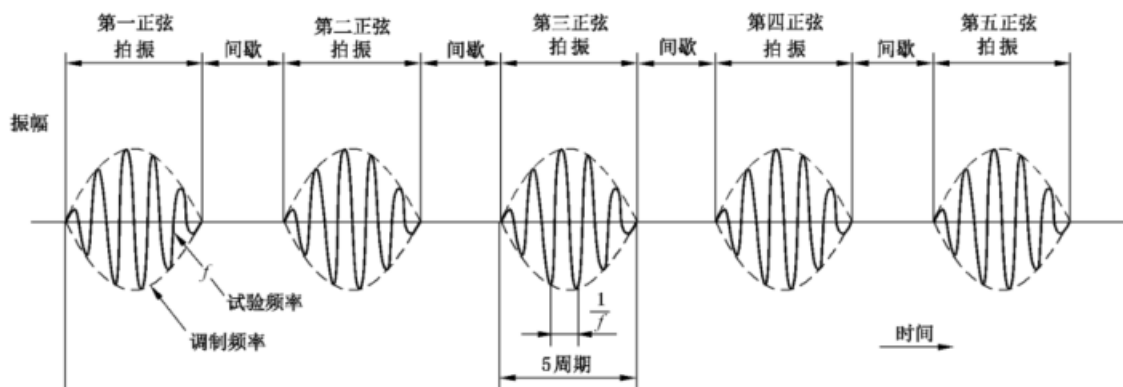


图1 5周期的五个正弦拍频的序列

在第12章列出了编写有关规范需考虑的细节,并且在附录A中得到指导。

环境试验 第2部分:试验方法

试验 Ff:振动 时间历程和正弦拍频法

1 范围

GB/T 2423 的本部分提供了一个通过时间历程法和正弦拍频法来确定样品耐规定严酷等级的瞬时振动能力的标准程序。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2424.25—2000 电工电子产品环境试验 第3部分:试验导则 地震试验方法(IEC 60068-3-3:1991, IDT)

GB/T 2423.43—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 振动、冲击和类似动力学试验样品的安装(IEC 60068-2-47:2005, IDT)

IEC 60068(所有部分) 环境试验(Environmental testing)

IEC 60068-1 环境试验 第1部分:总则和指南(Environmental testing—Part 1: General and guidance)

IEC 60068-2-6:2007 环境试验 第2-6部分:试验 试验 Fc:振动(正弦)[Environmental testing—Part 2-6: Tests—Test Fc: Vibration (sinusoidal)]

IEC 60068-2-64:2008 环境试验 第2-64部分:试验 振动、宽带随机(数控)和指南(Environmental testing—Part 2-64: Tests—Vibration, broadband random and guidance)

IEC 60068-3-8 环境试验 第3-8部分:支持文件和导则 振动试验选择(Environmental testing—Part 3-8: Supporting documentation and guidance—Selecting amongst vibration tests)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

注:本部分所采用的名词术语一般在 ISO 2041^[1], IEC 60068-1 或 IEC 60068-2-6 中作出规定。为了方便读者,本部分列出了其中一种标准的定义,指出其出处。

3.1

危险频率 critical frequency

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)其他效应如颤振的频率。

[IEC 60068-2-6:2007, 定义 3.9]

3.2

交越频率 crossover frequency

振动特性从一种关系变到另一种关系的频率。

注：例如交越频率可以是这样的频率，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。

[ISO 2041:2007^[4], 定义 2.118]

3.3

阻尼 **damping**

描述系统因能量耗散导致振动幅值随时间逐步衰减的一种通用术语。

注 1：实际上，阻尼取决于许多参数，例如系统结构、振动模态、应变、外加力、速度、材料、连接滑动等。

注 2：改写 IEC 60068-2-6:2007, 定义 3.8。

3.4

黏性阻尼 **viscous damping**

系统中元件或部件受到幅值与速度成正比、方向与该速度相反的阻力而发生的阻尼。

3.5

临界阻尼 **critical damping**

C_c

允许一个已位移的系统无振荡地回到其初始位置的最小黏性阻尼。

3.6

阻尼比 **damping ratio**

在黏性阻尼系统中，实际黏性阻尼对临界阻尼之比。

注 1：阻尼比(DR)可以用计算公式 $DR = C/C_c$ 来计算，其中 C 是实际黏性阻尼， C_c 是临界阻尼。

注 2：阻尼比通常用百分数表示。

3.7

信号容差 **signal tolerance**

信号容差 $T = \left(\frac{NF}{F} - 1 \right) \times 100$ (以百分比计算)

式中：

NF ——未过滤信号的均方根值；

F ——过滤信号的均方根值。

注：本参数适用于加速度、速度或位移信号中任一种用于控制试验的情况(见 IEC 60068-2-6:2007, A.2.2)。

3.8

固定点 **fixing point**

样品与夹具或振动台面接触的部分，在使用中通常是固定样品的点。

注 1：如果实际安装结构的一部分作为夹具使用，则固定点就是安装结构的固定点，而不是样品的固定点。

注 2：改写 IEC 60068-2-6:2007, 定义 3.1。

3.9

标准加速度 **standard acceleration**

g_n

由地球重力而引起的随着高度和地理纬度而变化的加速度。

注：在本部分中，标准加速度值取整为 10 m/s^2 。

3.10

高应力循环 **high stress cycles**

产生会引起达到样品性能退化、变形或低周疲劳应力值的响应循环。

注：一般情况下，样品的应力值不用测量或控制。这里使用高应力作为高激励的界限，参见 A.1.4。

3.11

测量点 measuring points

为进行试验而搜集数据的特殊点。

注 1: 这些点具有两种主要形式,其定义如下:

注 2: 为了评价样品的性能,可在样品中的许多点上进行测量,但在部分中这些点不作测量点看待。

[IEC 60068-2-6:2007,定义 3.2]

3.11.1

检查点 check point

位于夹具、实体安装结构、振动台面或样品上的点,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。

注 2: 如果存在 1 个或 1 个以下的固定点,则每一个固定点都用作检查点。如果存在 1 个以上的固定点,则有关规范应规定 1 个具有代表性的固定点作为检查点使用。

注 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,则检查点需在有关规范中规定。

注 4: 当大量的小样品安装在一个夹具上时,或者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超过试验的上限频率时才是可行的。

3.11.2

基准点 reference point

从检查点中选出来的点,其信号是用来控制试验,以便满足本部分的要求。

[IEC 60068-2-6:2007,定义 3.2.2]

3.12

调制频率 modulating frequency

调制试验频率的频率。

注: 见 A.2.2.2 和图 1。

3.13

自然时间历程 natural time history

由给定事件导致的加速度、速度或位移随时间而变化的记录。

3.14

振荡器 oscillator

用来产生或保持机械振荡的单自由度系统。

3.15

间隔 pause

两相邻正弦拍频或时间历程之间的间歇。

注: 间歇需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:

$$T > \frac{1}{f} \times \frac{100}{C_c}$$

式中:

T ——持续时间,单位为秒(s);

f ——试验频率,单位为赫兹(Hz);

C_c ——试验频率的临界阻尼,%。

3.16

优选试验轴向 preferred testing axes

样品最易受损的三条相互正交轴线。

3.17

规定响应谱 required response spectrum

由使用者(客户)规定的响应谱。

3.18

响应谱 response spectrum

一系列单自由度物体以自振频率函数的形式按规定阻尼比作规定输入运动的最大响应曲线。

3.19

正弦拍频 sine beat

用较低频率正弦波调制的某一频率的连续正弦波。

注 1: 一个正弦拍频的持续时间为调制频率的半个周期(见图 2)。

注 2: 正弦拍频的数学表达式见 A.2.2.1。

3.20

时间历程的强部 strong part of the time history

从曲线开始到达最大值 25%到最后下降到 25%的这段时间的时间历程(见图 3)。

3.21

扫频循环 sweep cycle

每个方向扫过规定的频率范围一次,例如 1 Hz→35 Hz→1 Hz。

注: 改写 IEC 60068-2-6:2007,定义 3.4。

3.22

合成时间历程 synthesized time history

人工产生的时间历程,其响应谱包络规定的响应谱。

3.23

试验频率 test frequency

在试验进行期间,激励样品的正弦拍频的频率。

注: 试验频率是下面定义的两类型的一种。

3.23.1

预定试验频率 predetermined test frequency

有关规范规定的频率。

3.23.2

检查试验频率 investigated test frequency

由振动响应检查所获得的频率。

3.24

试验量值 test level

试验中波形的最大峰值。

注 1: 该值等于或略小于调制半波的峰值。

注 2: 对于正弦拍频法,这是等于或略小于(可忽略不计)调制半波的峰值。

3.25

试验响应谱 test response spectrum

通过分析或频谱分析仪导出的振动台实际运动响应谱。

3.26

时间历程 time history

加速度、速度或位移随时间变化函数的记录。

注: 数学术语“时间历程”在 ISO 2041^[1]中给出,并与以时间为函数的量值有关。

3.27

零周期加速度 zero period acceleration

响应谱加速度的高频渐近值。

注: 零周期加速度具有实际意义,因为它代表如时间历程等的加速度的最大峰值,但不要和响应谱中加速度峰值混淆。示例见图 4。

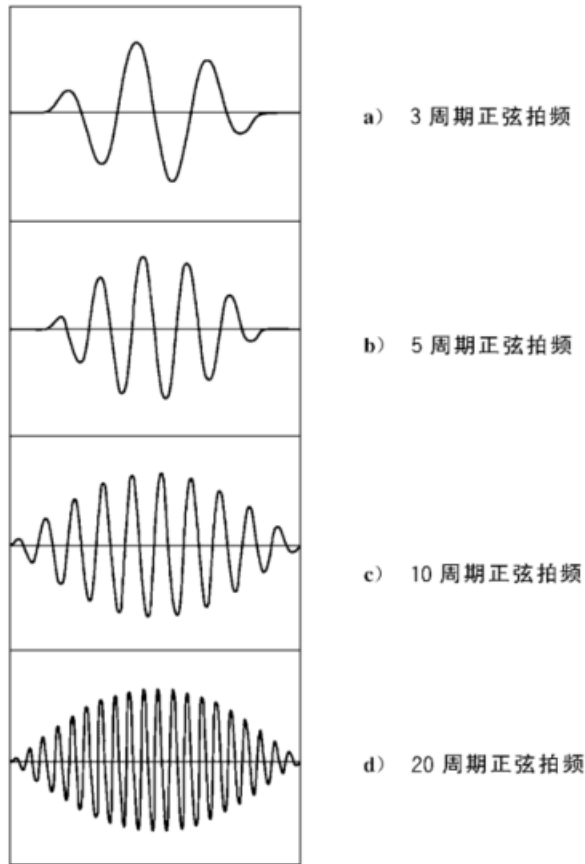


图 2 正弦拍频的循环数量

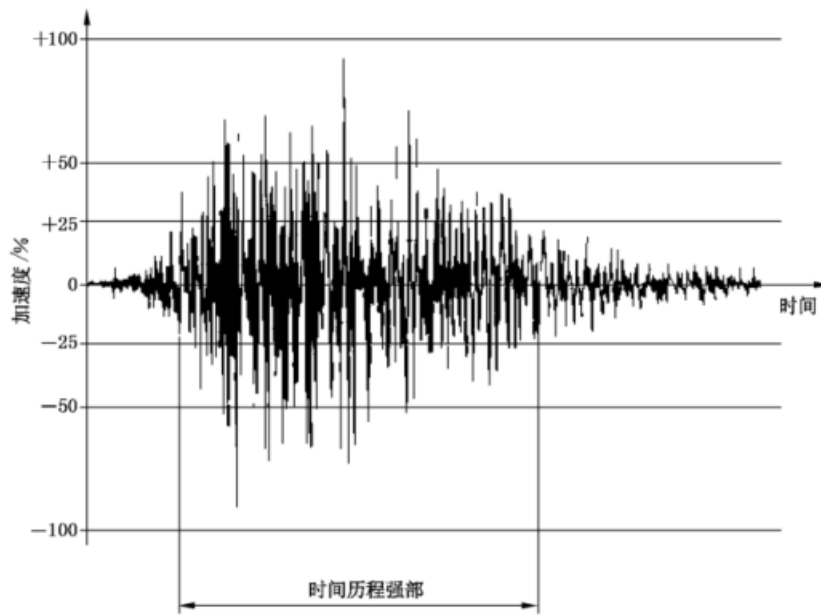


图 3 典型的时间历程

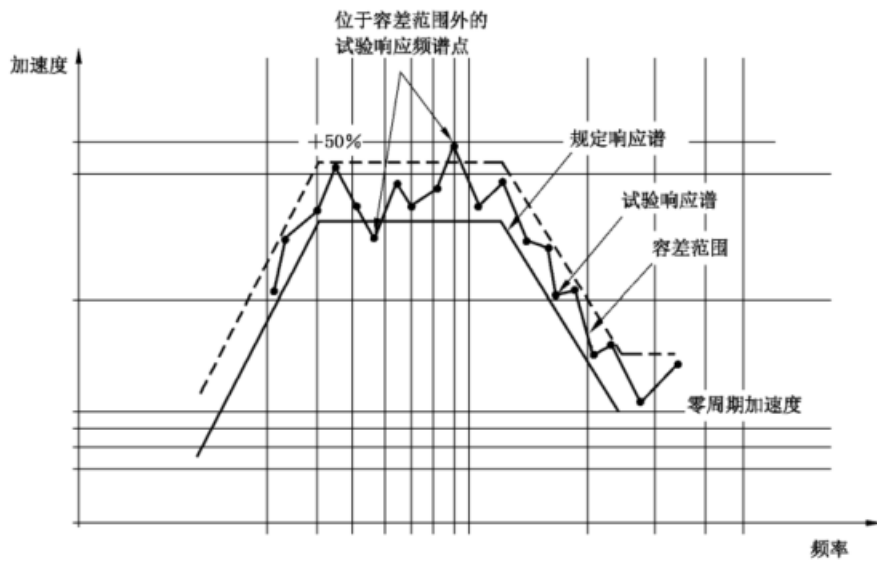


图4 经典规定响应谱和试验响应谱及其公差带的对数坐标系对比图

4 试验要求及相关参数

4.1 一般要求

本部分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,结合相关规范来确定样品是否被接收。在某些情况下,本部分也可以用来确定样品的机械强度和它们的动态特性。

有关规范应规定样品振动时或能经受住的振动条件。

本部分规定了进行试验的方法和在给定点进行振动测量的方法。也详细叙述了对振动运动的要求和对严酷等级(包括频率范围、规定响应谱、高应力循环数、时间历程数量、正弦拍频的周期和数量)的选择。

应该强调的是,振动试验总是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方法和严酷等级的量值。

出于本试验的目的,样品通常是直接或采用夹具紧固在振动台上的。

为了方便本部分的应用,本部分的正文和附录 A 都给出了读者需要相互参考的章条号。这些章条给出了正弦拍频位移、速度和加速度之间相互关系的特别信息。

4.2 试验要求

4.3 规定了对振动响应检查的要求,4.4 规定了对时间历程试验的要求,4.5 规定了对正弦拍频试验的要求,4.6 规定了对试验安装的要求。

对振动响应检查所规定的容差、正弦拍频条件试验所规定的容差和时间历程试验规定的容差在表 1 中进行了比较。

表 1 容差对比

参数	容 差	
	振动响应检查	正弦拍频试验和时间历程试验
失真度	基本运动的 5% (见 4.3.5.3)	不适用
在基准点上的振动	基本运动的 $\pm 15\%$ [见 4.3.6 a)]	
在检查点上的振动	500 Hz 及以下, 加速度的 $\pm 25\%$ [见 4.3.6 b)]	
	500 Hz 以上, 加速度的 $\pm 50\%$ [见 4.3.6 b)]	
横向运动	50% 或特殊情况下 25% (见 4.3.3)	25% (见 4.4.2)
试验频率	(选择方案见 4.3.7) 0.5 Hz 以下: ± 0.05 Hz 0.5 Hz~5 Hz: $\pm 10\%$ 5 Hz~100 Hz: ± 0.5 Hz 100 Hz 以上: $\pm 0.5\%$	a) 预定频率 (见 4.5.3.2) 0.5 Hz 以下: ± 0.05 Hz 0.5 Hz~5 Hz: $\pm 10\%$ 5 Hz~100 Hz: ± 0.5 Hz 100 Hz 以上: $\pm 0.5\%$ b) 检查频率 (见 4.5.3.3): $\pm 2\%$

4.3 振动响应检查

4.3.1 一般要求

当有关规范有要求时, 振动响应调查 (见 8.2) 应该基于 IEC 60068-2-6, 采用单轴激励的方式进行, 特别要考虑 4.3.2~4.3.9 的要求, 以便确定危险频率和必要时确定阻尼比。

如果认为合适或者有关规范规定, 随机振动试验也可以作为振动响应调查的另一种替代方法 (见 IEC 60068-2-64)。

4.3.2 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, 这些点基本上同相并沿平行直线运动, 且符合 4.3.3、4.3.4 和 4.3.6 所规定的容差要求。

4.3.3 横向运动

在检查点上垂直于规定轴向上的最大振幅不应超过基本运动振幅的 50%。在特殊情况下, 例如对小样品, 如果有关规范有要求, 允许横向振动峰值限制到 25%。

在某些频率上, 大尺寸或大质量样品可能很难达到这些值 (参见 A.1.1), 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。

4.3.4 旋转运动

当振动台伴随产生的旋转运动显著时, 有关规范可规定容差水平, 并将其记录在试验报告中。

4.3.5 测量点

4.3.5.1 基准点

有关规范应规定采用单点或多点控制。若有关规范规定采用多点控制, 则应指定采用检查点的平

均信号值或某指定点的信号值来控制试验量值。

4.3.5.2 检查点

在某些频率上,大尺寸或大质量样品可能很难达到 4.3.6 b) 中规定值(参见 A.1.1)。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。

4.3.5.3 信号容差

应在基准点上进行信号容差的测量,测量频率应该覆盖试验频率的 5 倍。

3.7 定义的信号容差不应超过基本运动的 5%。

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,如果可以使控制信号基频的试验幅值恢复到规定值,例如通过使用跟踪滤波器,则大于 5% 的信号容差是可以接受的。

当样品很大或复杂时,在某些频率点上无法满足规定的信号容差值且无法使用跟踪滤波器,此时信号加速度幅值不必恢复,但其信号容差应记录在试验报告中(参见 A.1.1)。

不管是否使用跟踪滤波器,有关规范可要求把信号容差和受影响的频率范围记录在试验报告(见第 13 章)中。

4.3.6 振动幅值容差

沿规定轴向在检测点和基准点的基本运动应在以下容差内等于规定值。这些容差包括仪器误差:

a) 基准点

基准点上控制信号的容差应:±15%。

b) 检查点

每个检查点上的容差:

500 Hz 及以下:±25%;

500 Hz 以上:±50%(见 4.3.5.2)。

4.3.7 频率容差

危险频率处的频率容差:

0.25 Hz 及以下:±0.05 Hz;

0.25 Hz~5 Hz:±20%;

5 Hz~50 Hz:±1 Hz;

50 Hz 以上:±2%。

当要求比较试验前后的危险频率(见 8.2)时,相关规范应规定比较条件。为确定危险频率,频率容差规定如下:

0.5 Hz 及以下:±0.05 Hz;

0.5 Hz~5 Hz:±10%;

5 Hz~100 Hz:±0.5 Hz;

100 Hz 以上:±0.5%。

4.3.8 扫频

扫频应是连续的,并且以每分钟不超过一个倍频程的速率随时间按指数规律变化(见 3.20)。

注:对数字控制系统,“扫频是连续的”严格来说是不准确的,但这种差别毫无实际意义。

4.3.9 阻尼比

一般根据振动响应检查确定阻尼比。这种确定取决于所用试验装置,并且需要工程判断。如试验

报告认为正确,可采用其他方法。

4.4 时间历程试验

4.4.1 基本运动

时间历程可以从以下方法中获得:

- a) 自然时间历程;
- b) 在所规定的频率范围内用的频率合成法合成的时间历程,在这种情况下,合成时间历程应该用如下合适的分辨率产生:
 - 1) 当样品的阻尼(阻尼比)小于或等于 2% 时,不得超过 1/12 倍频程频带;
 - 2) 当样品的阻尼为 2%~10% 之间(一般情况),不得超过 1/6 倍频程频带;
 - 3) 当样品的阻尼大于或等于 10% 时,不得超过 1/3 倍频程频带。

阻尼比的值(见 3.6)可由有关规范规定或其他方法得到(见 4.3.9)。通常选用 5% 的值。

4.4.2 横向运动

除有关规范另外规定外,垂直于规定轴(基本运动)的任何轴向上检测点的最大加速度或位移最大峰值应不超过规定时间历程所规定的峰值的 25%。记录测量仪需要覆盖所规定的频率范围。

在某些频率上,大尺寸或大质量样品可能很难达到这些值(参见 A.1.1),在这种情况下,有关规范应指出下列哪一项要求适用:

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

4.4.3 旋转运动

见 4.3.4。

4.4.4 规定响应谱的容差带

适用于规定响应谱的容差带应在 0%~50% 的范围内(见图 4)。

如果试验响应谱有一小部分单个点在容差带之外,该试验仍可接受。这些点的值应记录在试验报告中(见第 13 章和 A.1)

频率大于图 A.1 中 $(1/3)f_z$ 的部分,容差带 >50% 是允许的。

响应谱至少要受以下检查:

- 如果样品的阻尼小于或等于 2% 时,按 1/12 倍频程频带检查;
- 如果样品的阻尼为 2%~10% 之间(一般情况),按 1/6 倍频程频带检查;
- 如果样品的阻尼大于或等于 10% 时,按 1/3 倍频程频带检查。

在某些情况下,由于规定响应谱是人工使其成形和加宽的,以致使试验响应谱无法在该容差带内产生。此时,有关试验规范的容差可能要修正。

4.4.5 频率范围

除试验装置和样品产生的频率外,基准点上的信号不应包括试验频率范围以外的任何频率。试验装置产生的试验频率范围外的最大信号值,在无样品情况下不应超过基准点规定信号最大值的 20%。如果上述值不可能达到,所获得的值应记录在试验报告中。

在评价试验响应谱时,频率范围以外的频率不予考虑。

4.5 正弦拍频试验

4.5.1 总则

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,这些点基本上同相并沿平行直线运动,且符合 4.3.1、4.3.2、4.3.3 和 4.3.5 所规定的容差要求。正弦拍频试验仅适用于单轴激励(见 GB/T 2424.25—2000 中表 1)。

4.5.2 振动幅值容差

4.5.2.1 基本运动

沿规定轴向在检查点和基准点的基本运动应在以下容差内等于规定值。这些容差包括仪器误差。

4.5.2.2 基准点

见 4.3.6 a)。

4.5.2.3 检查点

见 4.3.6 b)。

4.5.3 试验频率容差

4.5.3.1 一般要求

试验频率容差分为以下 2 类。

4.5.3.2 预定试验频率

0.5 Hz 及以下: ± 0.05 Hz;

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

5 Hz~100 Hz: ± 0.5 Hz;

100 Hz 以上: $\pm 0.5\%$ 。

4.5.3.3 探查试验频率

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

4.5.4 横向运动

见 4.4.2。

4.6 安装

样品应按 IEC 60068-2-6 中的安装要求进行安装,该标准的安装要求参照了 GB/T 2423.43。

如果样品通常安装在减震器上,而又需要去除减震器进行试验时,则应考虑该因素修改所规定的激励值。

如果样品按实际安装状态进行试验,但不是按照实际安装状态施加规定的激励时,应该考虑这一因素并修改试验激励值,见 GB/T 2423.43—2008 的 A.2。

在安装样品时,应考虑连接件、电缆、管路等影响。

试验时应包括样品在正常使用中用到的安装结构。

用于激励实际安装结构的响应谱或时间历程应与用于激励夹具或样品的响应谱或时间历程不同。

有关规范应规定试验时样品的方位和安装方法,并且作为样品符合本部分要求的唯一条件,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产品性能)。

5 严酷等级

5.1 一般要求

时间历程试验严酷等级由下列参数的组合确定:

- 频率范围;
- 规定响应谱;
- 时间历程的数目和持续时间;
- 高应力响应循环数(若适用)。

有关规范应根据 5.2~5.5 给出的资料规定每一参数值。

正弦拍频试验严酷等级由下列参数的组合确定:

- 试验频率范围;
- 试验量值;
- 正弦拍频中的循环数;
- 正弦拍频的次数。

有关规范应根据 5.6 给出的资料规定每一参数值。

5.2 时间历程

试验频率和试验频率范围由 5.3 给出。

5.3 试验频率范围

相关规范应可通过选取一个较低频率(0.1 Hz, 1 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 55 Hz, 100 Hz)和一个较高频率(10 Hz, 20 Hz, 35 Hz, 55 Hz, 100 Hz, 150 Hz, 300 Hz, 500 Hz, 2 000 Hz)来给出试验频率范围,表 2 给出了推荐的频率范围。

表 2 推荐频率范围

推荐频率范围 $f_1 \sim f_2$ /Hz
0.1~10 ^a
1~35
1~100
5~35 ^a
10~100 ^a
10~500
10~2 000
55~2 000
^a 这些不在 IEC 60068-2-6 推荐的频率中。

5.4 规定响应谱

有关规范应规定试验所需要的响应谱的形状和量值,包括零周期加速度值。若样品所有轴向不相同,还应规定施加响应谱的样品轴向。

在完全不知环境条件的情况下,A.1.3 提供了指定规定响应谱的导则。

5.5 时间历程的数目和持续时间

5.5.1 时间历程的数目

有关规定应规定对样品所施加的时间历程数目和有关轴向。

除非另有规定,对每条和每一时间历程量级所施加的时间历程数目应从下列系列中选取:…1,2,5,10,20,50,…

当所施加的时间历程量级有一个以上时,条件试验总是应从最低值开始,继续升到较高值,每一时间历程之后应有一个时间间隔。

5.5.2 时间历程的持续时间

有关规范应规定每一时间历程的持续时间,以秒为单位的推荐值以下列系列给出:…1,2,5,10,20,50,…

若试验样品的周期已知或可计算得到,则每一时间历程的持续时间不应小于该周期的3倍或5倍。

若相关规范有规定,持续时间可以采用3 s。

注:地震的典型持续时间是30 s。

5.5.3 时间历程强部的持续时间

在某些情况下,有关规定可以规定时间历程强部以占总的持续时间的百分比给出。此外,除应满足5.6要求外,应从下列总持续时间的百分比中选择时间历程强部的值:

25%, 50%, 75%

所选定的值应记录在试验报告中。

5.5.4 高应力响应循环数

有关规范可以规定导致大于规定应力值的高应力循环(见A.1.4)。

除非另有相关规范规定,高应力响应循环数应从…4,8,16,32中选取。正负峰值近似均匀地分布,如图5所示。

这些响应高峰值的加速度值应以在规定固有频率下规定响应谱值的百分比值来表示。规定的加速度值应从下列值中选取:

规定值(规定响应谱的百分比)50%,70%(首选),90%

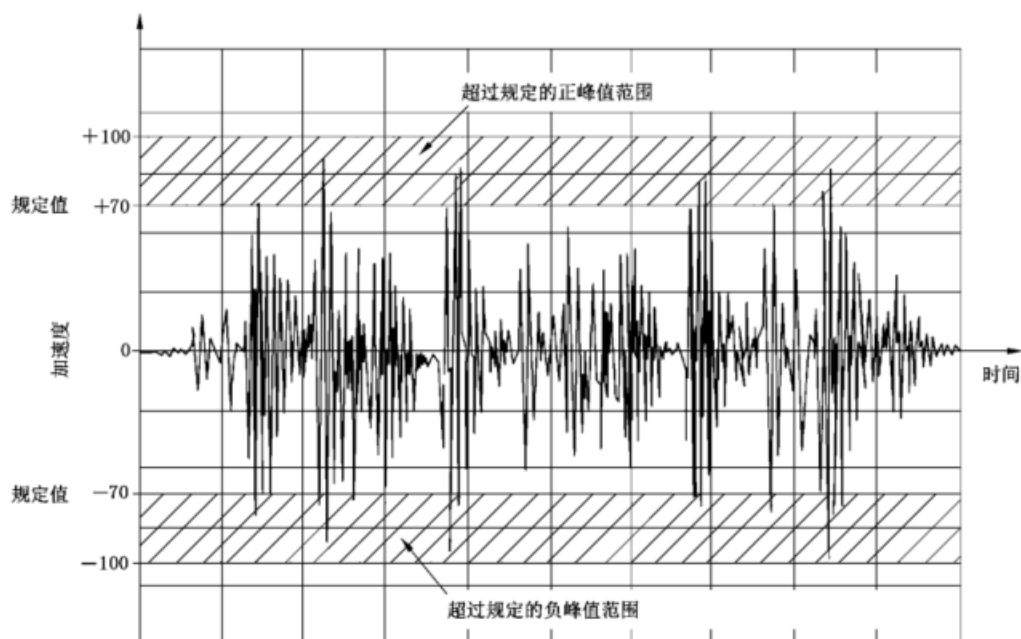


图5 规定时间历程激励下振荡器典型响应示例(规定阈值的70%)

5.6 正弦拍频试验量值

5.6.1 一般要求

相关规范应规定试验每一轴向的量值(位移,速度或加速度,或全部)(见 A.2.1)。

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的加速度来规定。对不同交越频率的推荐值列在表3、表4和表5,以及图6、图7、图8中。

表3 0.8 Hz 交越频率时的推荐试验量值(见图6)

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^2
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。
注2: 当加速度用“ g_n ”表示时,在本部分中规定“ g_n ”为 $10 m/s^2$ (见 3.9)。

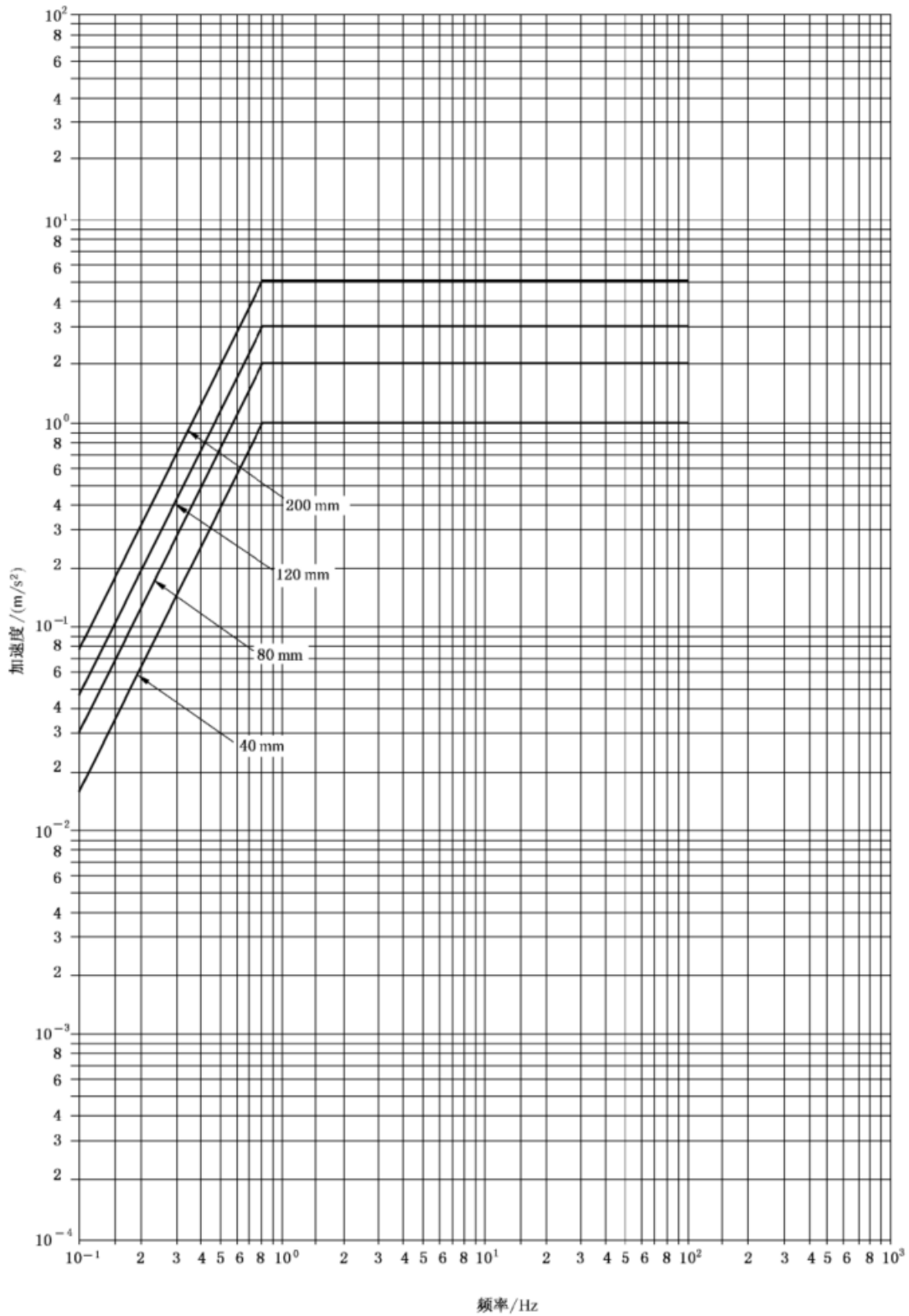


图 6 0.8 Hz 交越频率时的推荐幅值

表 4 1.6 Hz 交越频率时的推荐试验量值(见图 7)

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 ²
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。
注 2:当加速度用“g_n”表示时,在本部分中规定“g_n”为 10 m/s²(见 3.9)。

表 5 8 Hz 交越频率时的推荐试验量值(见图 8)

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 ²
0.4	1
0.8	2
1.2	3
2	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。
注 2:当加速度用“g_n”表示时,在本部分中规定“g_n”为 10 m/s²(见 3.9)。

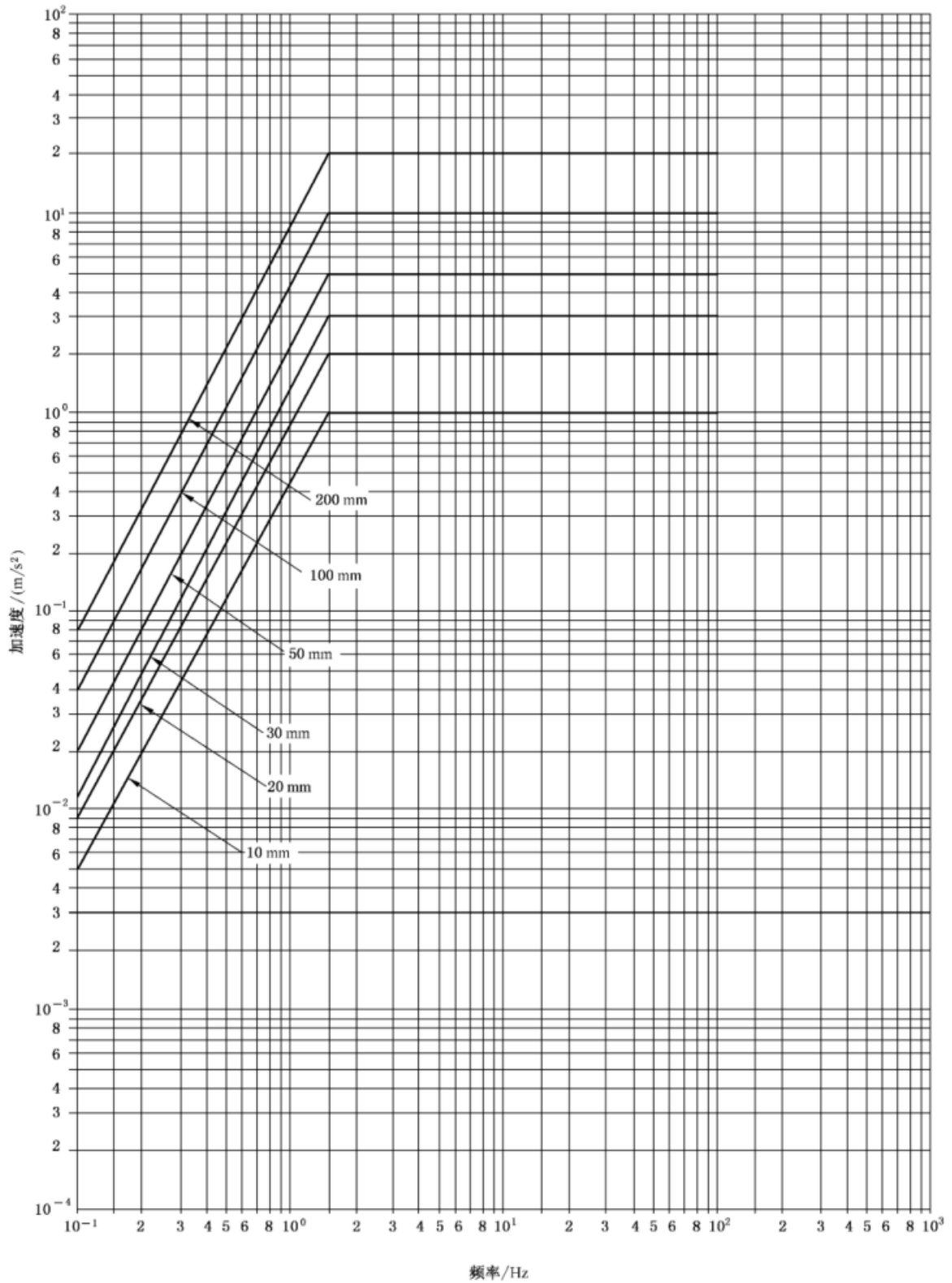


图 7 1.6 Hz 交越频率时的推荐幅值

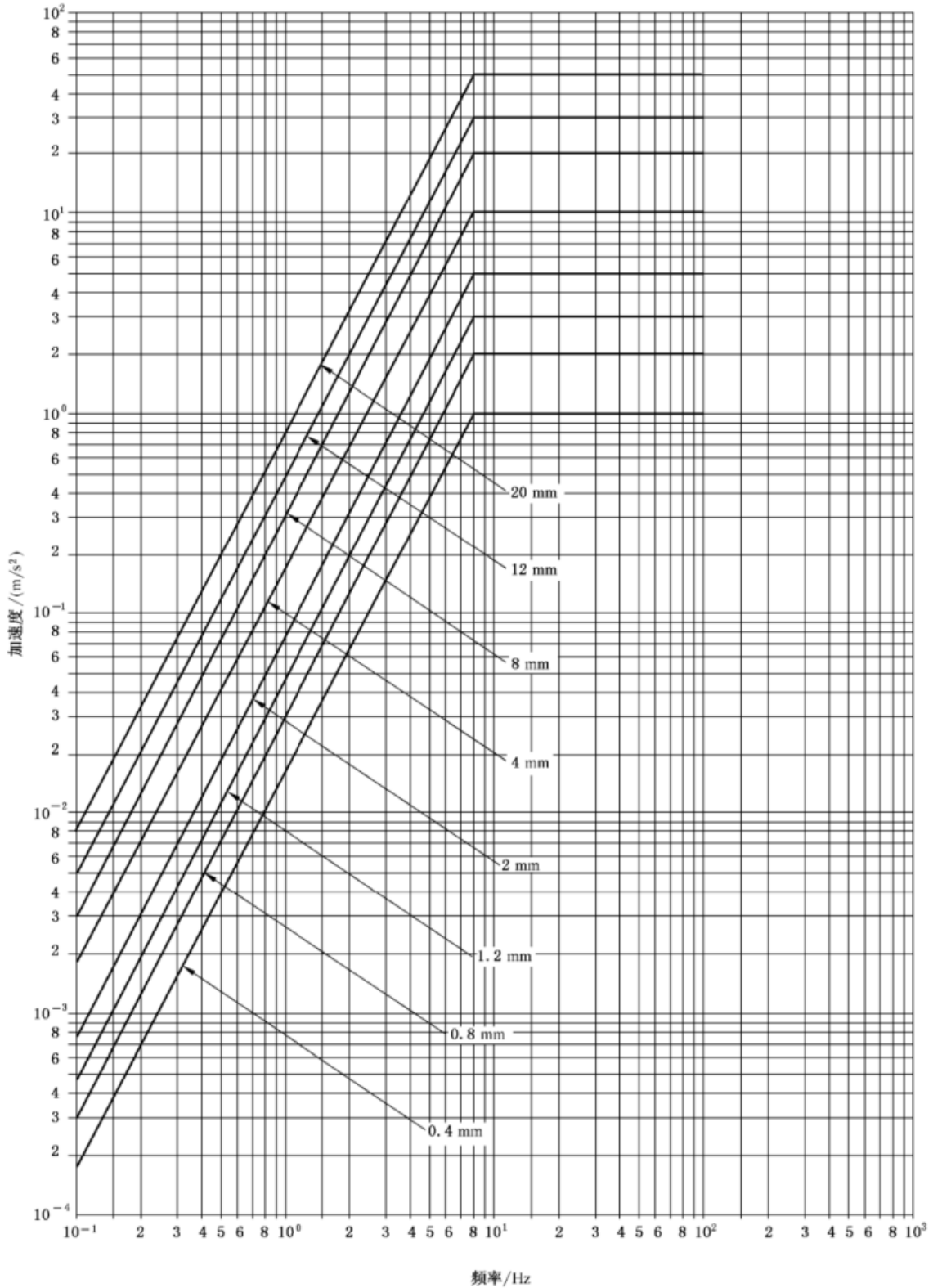


图 8 8 Hz 交越频率时的推荐幅值

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/加速度峰值合起来。对特殊应用,也可以规定一个以上的交越频率。

5.6.2 试验频率确定

试验频率由振动响应检查或任何预定频率,或两者一起来确定。

在振动响应检查中没有发现危险频率,而且相关规范也没有给出试验频率的情况下,试验以在 5.3 给出的频率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上进行试验。

5.6.3 正弦拍频试验的波形

正弦拍频的波形按照 5.6.5 和 5.6.6 规定由正弦拍频上的循环数确定(见图 2)。

5.6.4 正弦拍频试验的循环数

有关规范应根据下列数值规定正弦拍频的循环数(见图 2):

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 9)。

5.6.5 调制频率

调制频率是从正弦拍频的循环数中导出的(见 A.2.2.1)。

5.6.6 正弦拍频数

有关规范应根据下列系统来规定正弦拍频数(见图 1):

1,2,5,10,20,50

5.6.7 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 A.2.4)。

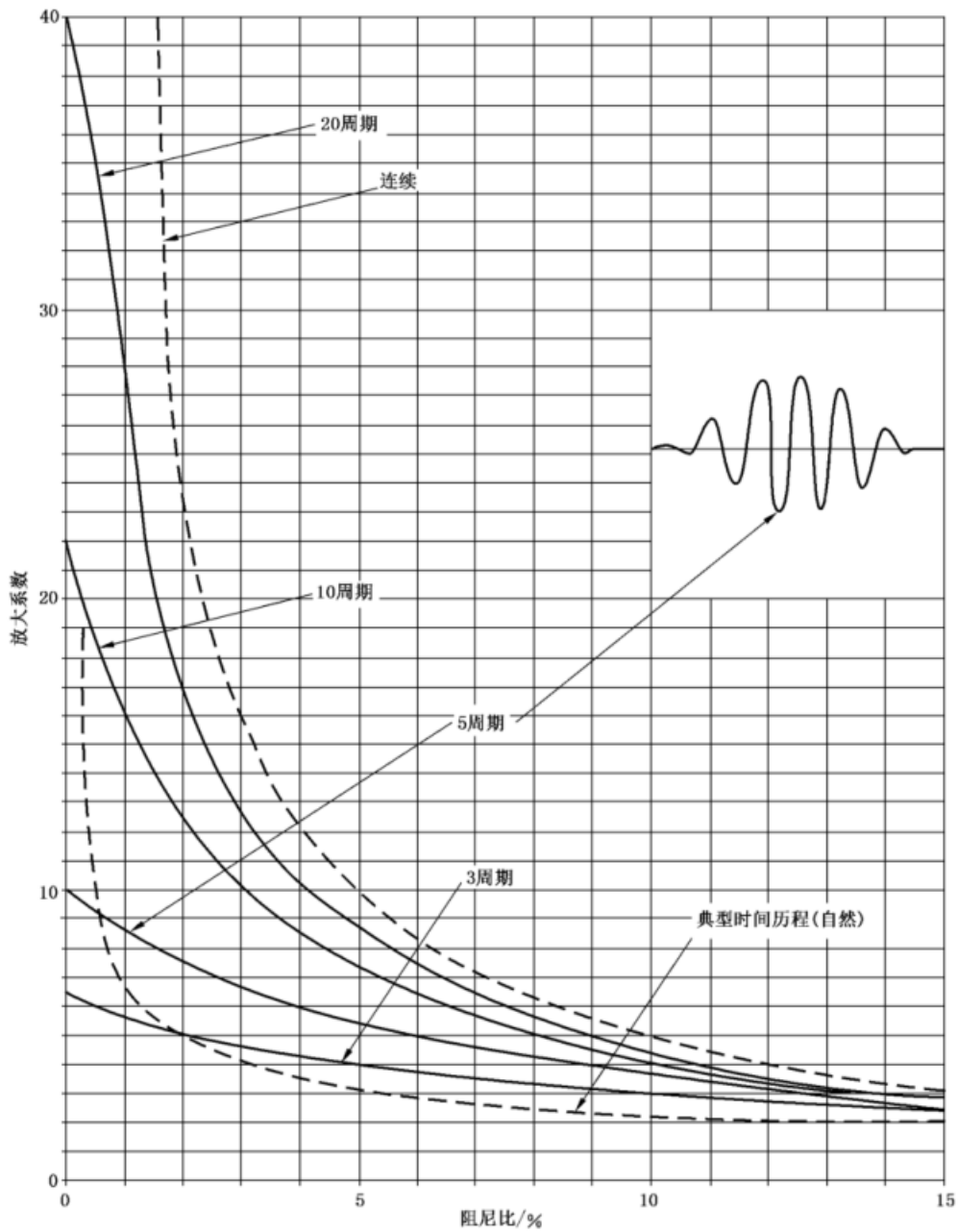


图9 不同正弦拍频、连续正弦以及典型自然时间历程的放大系数

6 预处理

有关规范可以要求预处理,例如,对样品施加一定的温度和(或)湿度条件。

7 初始检测

样品应按有关规范的要求进行外观、尺寸和功能检测。

8 试验

8.1 一般要求

除非有关规范另有规定,样品应按照 8.2、8.3 和 8.4 所述在三条优选的每条轴向上进行振动。若有关规定没有另作规定,轴向间的顺序是不重要的。

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。但如果为更准确地确定响应特性,扫频速率可以放慢,但应避免不适当的停顿。

在振动响应检查时,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。

另外,响应检查也可以用随机振动进行,见 IEC 60068-2-64:2008 中的 8.2。

当确定用正弦拍频试验时,用频率与样品的共振频率接近的正弦拍频是非常重要的。如果样品具有非线性,例如,瓷片间有橡胶板的电涌放电器,优先考虑用大量值的正弦振动来进行响应检查。然而,如果仅仅是用来检查样品的动态特性,那么随机振动的方式是合适的。

若有关规范有要求,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,并将检查的结果记录在试验报告中。

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。若需了解更多关于振动响应检查,危险频率变化(CCF)以及基于 CCF 的通过与否判别准则定义的相关信息,见 IEC 60068-3-8。

8.3 时间历程试验

对于时间历程试验,有关规范应根据第 5 章的规定给出严酷等级。在相邻时间历程之间应有足够时间间隔,以使样品的响应运动不发生明显的叠加。有关规范还应规定是需要单轴向试验、双轴向试验,还是三轴向试验。

8.4 正弦拍频试验

对正弦拍频条件试验,按照第5章规定给出严酷等级。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发生明显的叠加。基准点的实际控制信号,包括所使用的任何滤波器的影响,应当记录在试验报告中。有关规范也应规定是要求单轴向试验,还是双轴向试验。

8.5 多轴向试验

8.5.1 一般要求

以下内容对时间历程试验和正弦拍频试验均适用。

8.5.2 单轴向试验

除有关规范另有规定外,优先选用单轴向试验,并且沿着每个优选试验轴向连续进行。若有关规范不用规定,沿着这些轴向的试验顺序是不重要的。

8.5.3 双轴向试验

对每个系列试验,沿着样品的两条优选轴向同时施加两个时间历程或正弦拍频。如果两个时间历程不是独立的,则先以相位角 0° ,然后以 180° 重复每一试验。不建议正弦拍频试验采用双轴向试验方式进行。

当规定双轴向试验时,可在单斜轴安装下进行试验,但沿两个轴向的运动总是相关的。应调整响应谱,以便包络该轴向的规定响应谱。

8.5.4 三轴向试验

对每个系列试验,沿样品的三条优选轴向同时施加时间历程。对这种试验方法,用单轴向或双轴向的安装是不合适的。三轴向试验对正弦拍频不适用。

9 中间检测

当有关规范有规定时,在所规定的时间历程试验或正弦拍频试验期间,样品应工作,并检测其性能。

10 恢复

有关规范有规定时,在试验之后、最后检测之前,有时需要提供一段时间让样品达到与初始检测相同的条件,例如温度条件。

11 最后检测

应按有关规范的规定对样品进行外观、尺寸和功能检查。

有关规范应提供接受或拒收样品的判据。

12 有关规范应给出的信息

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。

	章条号
a) 基本运动*	4.3.2 和 4.5.1
b) 横向运动	4.3.3 和 4.4.2
c) 旋转运动	4.3.4 和 4.4.3
d) 测量点	4.3.5
e) 信号容差	4.3.5.3
f) 振动幅值容差	4.3.6 和 4.5.2
g) 阻尼比	4.3.9
h) 样品的安装*	4.6
i) 规定的响应谱*(同见 A.1.3)	5.4
j) 时间历程数目*	5.5.1
k) 时间历程持续时间*	5.5.2
l) 时间历程强部持续时间*	5.5.3
m) 高应力响应循环数*	5.5.4
o) 试验量值*(同见 A.2.3)	5.6
p) 正弦拍频试验的循环数*	5.6.4
q) 调制频率	5.6.5
r) 正弦拍频数*	5.6.6
s) 预处理	第 6 章
t) 初始检测*	第 7 章
u) 驱动力限制	8.1
v) 优选试验轴向	8.1
w) 振动响应检查	8.2
x) 性能和功能检查	第 7 章,第 9 章,第 11 章
y) 单轴向、双轴向三轴向试验*	8.5
z) 中间检测	第 9 章
aa) 恢复	第 10 章
bb) 最后检测*	第 11 章

13 试验报告中应给出的信息

试验报告中应至少给出下列信息：

- | | |
|----------|--------------|
| a) 客户 | (名称和地址) |
| b) 实验室信息 | (名称和地址) |
| c) 试验报告 | (签发日期、唯一识别号) |
| d) 试验日期 | |
| e) 试验目的 | (研发试验、验证试验等) |

- | | |
|----------------------|---|
| f) 试验标准,版本 | (相关试验方法) |
| g) 样品描述 | (初始状态,唯一标识号,数量,照片,图片等) |
| h) 样品的安装 | (夹具特性,图片,照片等) |
| i) 试验设备的性能 | (横向运动等) |
| j) 测量系统,传感器位置 | (描述,图片,照片等) |
| k) 测量系统的不确定性 | (校准数据,上次日期和下次日期) |
| l) 初始,中间或最终测量 | |
| m) 要求严酷等级 | (来自试验规范) |
| n) 试验严酷等级 | (试验频率范围,规定的响应谱,时间历程的数量和持续时间,高应力响应循环数,试验量级,正弦拍频中的循环数,正弦拍频数等) |
| o) 试验结果 | (试验样品的最终状态) |
| p) 试验过程中观察到的现象和采取的措施 | |
| q) 试验摘要 | |
| r) 试验负责人 | (姓名和签名) |
| s) 发送 | (报告分送清单) |
| t) 试验轴向 | (单轴向,双轴向,三轴向) |

试验过程中,应记录试验日志,按照时间顺序记录试验运行参数、观察到的现象、采取的措施及检测的数据表格等。试验日志可附在试验报告中。

注:同见 ISO/IEC 17025⁻³¹。

附录 A

(资料性附录)

时间历程和正弦拍频试验导则

A.1 引言

A.1.1 一般要求

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,每一种都能最好地适合于特殊的要求或情况,或代表特殊的振动环境。本部分提供一种方法,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。

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要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,并按足够低的速率进行扫频,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共振或其他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(见 IEC 60068-3-8)。

试验大尺寸或大质量样品,或重心远离样品几何中心时,应小心时行。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,比如在检查点上,很难达到所需容差。

A.1.2 时间历程方法

时间历程方法在下列场合非常重要:

- a) 尽可能真实地重现振动环境;
- b) 对样品所知甚少,或很难确定样品的临界值,例如危险频率。

与其他方法相比,时间历程试验避免了过试验的倾向。这是因为时间历程方法重现或密切地代表了实际环境,减少了采用保守的试验方法而产生过应力或疲劳的可能性。

在重现实际或现场环境时,由规范编写者制定响应谱。通常给一个阻尼比代表样品阻尼。这样制定的响应谱叫规定响应谱,并且是规范的一部分,代表了需满足的指标。

在样品试验期间,试验室产生一个类似的环境,并且产生一个试验响应谱。这个试验响应谱期间通过监测振动台的运动产生。然后把试验响应与规定响应谱进行比较,以便确定试验指标是否已被满足。为了达到试验指标,试验响应谱需包络规定响应谱。在制定试验响应谱时,往往先把样品换成可以代表样品典型动力学特性的等效质量进行尝试性试验或预先运行,这样试验室可以调整试验值,而避免样品不必要的疲劳和过试验。

适用于规定响应谱的容差将在规范中规定,但若少部分的单个点落在容差带之外(见图 4),试验仍可接受。在某些情况下,当试验样品的尺寸大或高质心时,在某些频率上达到要求的容差是不可能的,在这种情况下,规范允许一个更宽范围的容差,或替换使用一种试验方法(见 4.4.4)。

时间历程试验要求试验室采用复杂精密的仪器以及控制和分析用的数字计算机设备。

A.1.3 对获得规定响应谱的建议

当不了解使用范围或环境时,为定义规定响应谱,根据图 A.1 给出以下建议:

- a) 应从表 2 中选出试验频率范围;
- b) 零周期加速度值(g_0)(见 3.9)通常从以下系列中选取:…0.2,0.5,1,2,5,10,20, …
- c) 在 f_1 和 $2f_1$ 之间,用 12 dB/oct 的斜率规定加速度;
- d) $2f_1$ 和 $(1/3)f_2$ 之间加速度最大值等于:
 - 1) 对 10% 的阻尼比,零周期加速度的 2.24 倍;
 - 2) 对 5% 的阻尼比,零周期加速度的 3 倍;
 - 3) 对 2% 的阻尼比,零周期加速度的 5 倍。

应分别给出三个平动自由度的响应谱,或至少给出一个水平方向和竖直方向激励的响应谱。

当样品的典型阻尼比在 2%~10% 之间时,推荐用 5% 的规定响应谱。如果样品的典型阻尼比小于或等于 2%,仅推荐用 2% 的规定响应谱;如果样品的阻尼比大于或等于 10%,则推荐用 10% 的规定响应谱。

注:当 f_1 小于 0.8 Hz 时,小于 1.6 Hz 的加速度值通过 12 dB/oct 的斜率来确定。

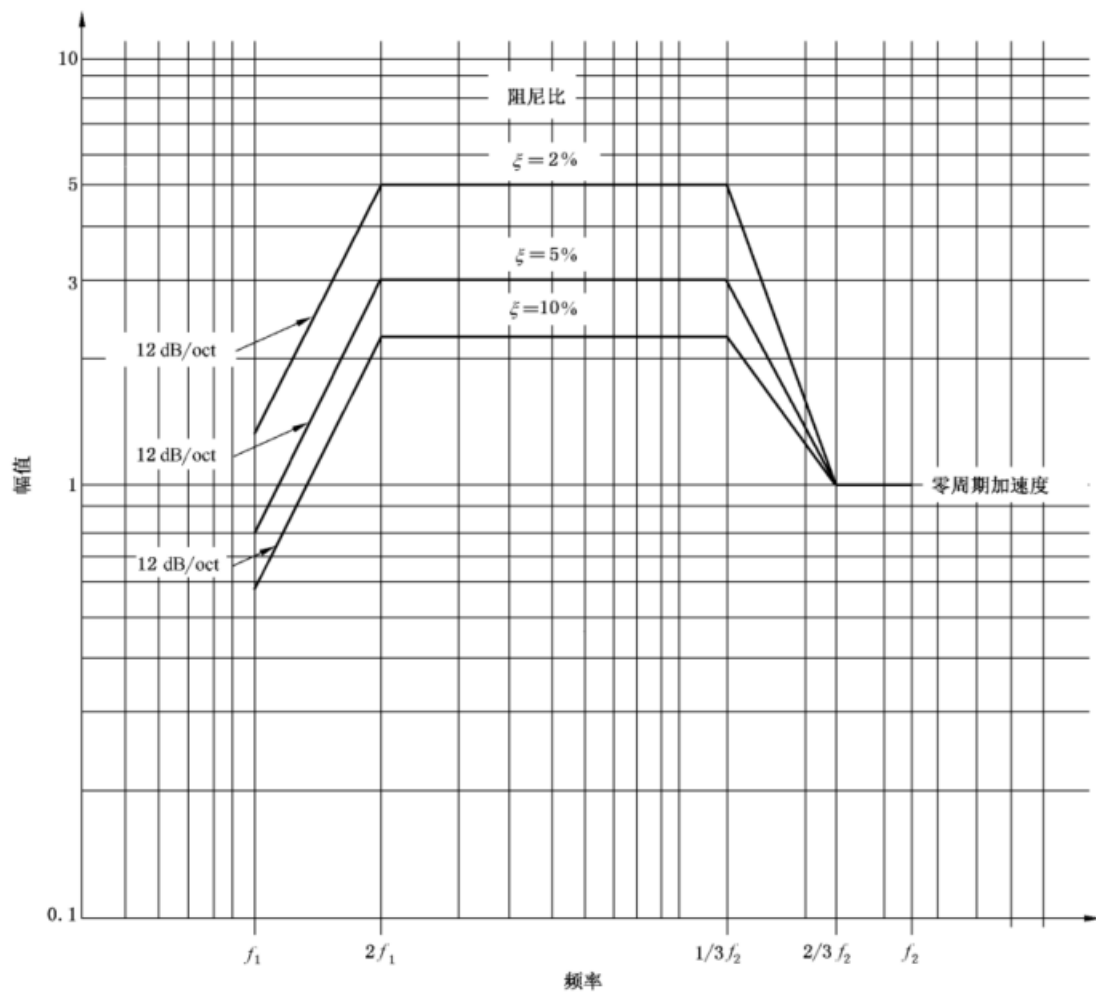


图 A.1 通用型规定响应谱推荐谱形

A.1.4 高应力响应循环数

重现由振动产生的高应力低周疲劳效应(例如地震、爆炸)要求以一定的安全系数尽可能准确地模拟特定的环境,当不能充分了解环境或难以模拟时,需要考虑不确定性的安全裕度。试验量级的峰值和正弦拍频数目需要考虑最坏的情况。

由于没有完全考虑高量值交变激励的影响,有时这种方法不够充分。当这些激励出现在样品的共振频率上时,对样品来说是危险的,并产生对样品有害的非弹性应变。在这种情况下,分析模拟信号有助于保证试验的合理性。

上述的第一指标在于保证试验响应谱包络要求的响应谱。这种包络保证已经达到每个振荡器响应的最大规定量级。

第二指标在于保证时间历程强部的持续时间等于或大于要考虑的现象所产生的时间。

然而,上述两种方法由于没有完全考虑高量值交变激励的影响,所以是不够的。的确这种激励在危险频率上出现时,对设备是非常重要的,并产生对样品有害的塑性变形。

如果需要的话,分析模拟所考虑现象的信号和样品特性的信号,可以考虑这些高量级应力。实际上,这是通过计算超出集中在特定频率上的每个振荡器的规定量级的应力循环数来完成。由于随着幅值减小疲劳破坏会急剧减轻,通常只需考虑超过特定最大值的峰值,例如规定的响应谱值(见图5)。该规定值极大程度上取决于材料的疲劳性能和失效的部位。

A.2 正弦拍频方法

A.2.1 一般要求

正弦拍频率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率激励的结构上的设备。这些结构在其共振频率响应,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、更少破坏的影响。

在由振动响应检查确定的频率,以及任何其他预定频率或者在这两种频率下进行正弦拍频试验。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个频率点进行试验。如果由于危险频率数增加,而存在累积疲劳损伤的问题,正弦拍频法就变得不太适用,这种情况下,应考虑其他试验方法。

A.2.2 正弦拍频试验中位移、速度和加速度之间的相互关系

A.2.2.1 正弦拍频函数(见3.19)

正弦拍频的一般数学表达式[见式(A.1)]:

$$a(t) = a_0 \times \sin 2\pi f t \times \sin \frac{2\pi f t}{\rho} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$$0 \leq t \leq \frac{\rho}{2f}$$

a_0 —— 试验量值;

f —— 试验频率;

ρ —— 试验频率和调制频率在一般情况下的比率。

因为加速度、速度和位移是相互关联的,只能选择其中的一个作基本函数就可以了,并且对其他有某些影响。

用加速度作基准信号,在每一拍频结束处将存在残余位移。

为避免这种影响,A.2.2.2 给出了基于速度作为基准信号的公式。

A.2.2.2 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如下:

速度的正弦拍频见式(A.2):

$$v(t) = \frac{a_0}{2\pi f} \times \sin 2\pi f t \times \sin \frac{2\pi f}{m} t \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

等同于[见式(A.3)]:

$$v(t) = \frac{a_0}{2\pi f} \times \frac{1}{2} \left[\cos 2\pi \left(1 - \frac{1}{m}\right) f t - \cos 2\pi \left(1 + \frac{1}{m}\right) f t \right] \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

相应加速度[见式(A.4)]:

$$a(t) = a_0 \times \frac{1}{2} \left[\left\{ - \left(1 - \frac{1}{m}\right) \times \sin 2\pi \left(1 - \frac{1}{m}\right) f t \right\} + \left\{ \left(1 + \frac{1}{m}\right) \times \sin 2\pi \left(1 + \frac{1}{m}\right) f t \right\} \right] \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

相应位移[见式(A.5)]:

$$d(t) = \frac{a_0}{(2\pi f)^2} \times \frac{1}{2} \left[\left[\left(\frac{1}{1 - \frac{1}{m}} \right) \times \sin 2\pi \left(1 - \frac{1}{m}\right) f t - \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{m}} \right) \times \sin 2\pi \left(1 + \frac{1}{m}\right) f t \right] \right] \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

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 $2n$,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 A.2 的五周期正弦拍频表示。

注 2: 就按 A.2.2.1 定义的正弦拍频时间而言,从微分和积分导出的所有信号,本部分称为正弦拍频。

注 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 ρ 值稍作修改并变成 m (见 A.2.3)。

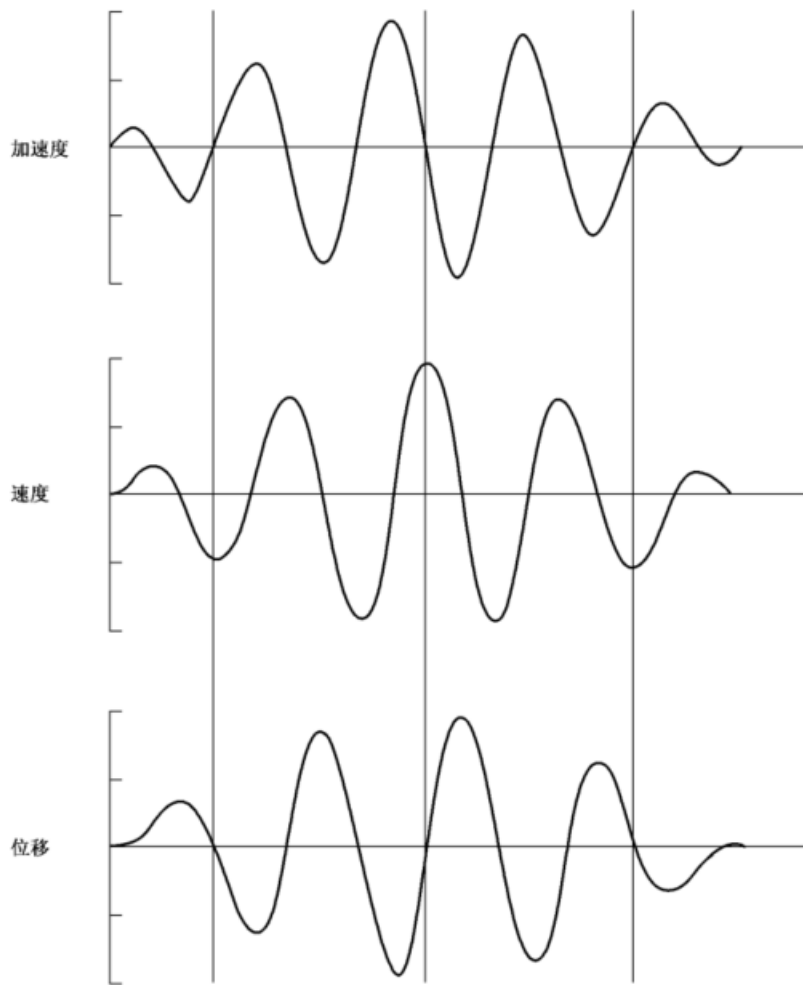


图 A.2 加速度、速度、位移正弦拍频的波形图图示(5 周期加速度正弦拍频)

A.2.3 试验量值

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地导出,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 、可位移峰值 d_0 的公式如下[见式(A.6)]:

$$v_0 \approx \frac{a_0}{2\pi f}$$

$$d_0 \approx \frac{a_0}{4\pi^2 f^2} \dots\dots\dots (A.6)$$

A.2.4 低周期高应力疲劳

见 A.1.4。

参 考 文 献

- [1] IEC 60068-2-59:1990 Environmental testing—Part 2-59; Test methods—Test Fe; Vibration—Sine-beat method1
- [2] IEC 60068-2-81 Environmental testing—Part 2-81; Tests—Test Ei; Shock—Shock response spectrum synthesis
- [3] ISO/IEC 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- [4] ISO 2041 Mechanical vibration, shock and condition monitoring—Vocabulary
-

中华人民共和国
国家标准
环境试验 第2部分:试验方法
试验 Ff:振动 时间历程和正弦拍频法
GB/T 2423.48—2018/IEC 60068-2-57:2013

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.org.cn

服务热线:400-168-0010

2019年1月第一版

*

书号:155066·1-61612

版权专有 侵权必究



GB/T 2423.48-2018