



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 2423.48—2008/IEC 60068-2-57:1999  
代替 GB/T 2423.48—1997

## 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

Environmental testing for electric and electronic products—  
Part 2: Test methods—  
Test Ff: Vibration—Time-history method

(IEC 60068-2-57:1999, Environmental testing—Part 2-57: Tests—  
Test Ff: Vibration—Time-history method, IDT)

2008-06-16 发布

2009-03-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	I
引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 一般要求 .....	4
5 试验要求 .....	4
6 严酷等级 .....	7
7 预处理 .....	9
8 初始检测 .....	9
9 试验 .....	9
10 中间检测 .....	10
11 恢复 .....	10
12 最后检测 .....	10
13 有关规范应做出的规定 .....	10
附录 A (资料性附录) 人工时间历程合成: 导则 .....	16
附录 B (资料性附录) 试验频率范围 .....	19
图 1 振动、时间历程流程图 .....	11
图 2 规定时间历程激励下振荡器典型响应示例(规定阈值的 70%) .....	12
图 3 高于规定阈值(70%)的响应峰值鉴别示例 .....	12
图 4 包络的典型响应谱 .....	13
图 5 典型时间历程 .....	13
图 6 规定响应谱典型图 .....	14
图 7 通用型规定响应谱推荐形状(类别 1) .....	14
图 8 通用型规定响应谱推荐形状(类别 2) .....	15

## 前 言

GB/T 2423《电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法》按试验方法分为若干部分。

本部分为GB/T 2423的第48部分。

本部分等同采用IEC 60068-2-57:1999 Ed2.0《电工电子产品环境试验 第2-57部分:试验方法 试验Ff:振动——时间历程法》。

为便于使用,本部分做了下列编辑性修改:

——“IEC 60068-2的本部分”一词改为“GB/T 2423的本部分”或“本部分”;

——用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;

——删除国际标准的前言;

——为了与现有GB/T 2423其他各部分的名称一致,将本部分名称改为当前名称。

本部分代替GB/T 2423.48—1997《电工电子产品环境试验 第二部分:试验方法 试验Ff:振动——时间历程法》(IEC 60068-2-57:1989 Ed1.0)。

本部分与GB/T 2423.48—1997的差异主要有:

——增加了试验要求的信号容差、试验响应谱的计算的技术内容,对原有的内容也有删改和补充;

——增加附录B 试验频率范围;

——附录A有较大修改。

本部分引用的规范性文件中有一部分目前尚未转化为等同采用的国家标准,在引用这些规范性文件时仍以IEC/ISO的编号列出。

本部分附录A、附录B均为资料性附录。

本部分由机械工业联合会提出。

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)归口。

本部分起草单位:信息产业部电子第五研究所、广州大学、上海市质量监督检验技术研究院、西安捷盛电子技术有限责任公司、苏州试验仪器总厂。

本部分主要起草人:解禾、纪春阳、徐忠根、卢兆明、常少莉、李劲、冯睿、徐立义。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 2423.48—1997。

## 引 言

GB/T 2423 的本部分详细阐述了元器件、设备和其他电工电子产品(下文称样品)的试验方法,因为这些在其使用期间可能会受到短持续时间的随机形式的动力作用,典型的例子是地震、爆炸、运输和在不同类型运输工具中运行时在设备中产生的应力。

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。

在当用正弦或随机振动进行了初始振动响应检查之后,本试验将使样品经受过具有模拟动态应力特性的响应谱规定的振动时间历程。

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,通常必须作一些修正。

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。

本部分描述了操作试验和在指定点上进行振动测量的试验程序。同时详细给出了振动要求、根据不同频率范围进行的严酷等级选择规定响应谱、响应高峰个数及时间历程的持续时间和个数。

在第 13 章中列出了有关规范需考虑的细节的详细清单,并在附录 A 中给出了导则,在附录 B 中给出了推荐的试验频率范围。

应当强调的是,振动测试通常需要一定程度的工程判断,供需双方都应充分认识到这点。有关规范的编写者选择符合样品及其用途的试验方法和严酷等级。

# 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

#### 1 范围

GB/T 2423 的本部分目的在于提供一个用时间历程法来确定样品抵抗规定的严酷等级的瞬时振动能力的标准方法。

#### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 2423 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 2421—1999 电工电子产品环境试验 第 1 部分:总则(idt IEC 60068-1:1988)

GB/T 2423. 5—1995 电工电子产品环境试验 第二部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击(idt IEC 60068-2-27:1987)

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 2423. 43—2008 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)试验中的安装和导则(IEC 60068-2-47:1995, IDT)

GB/T 2423. 56—2006 电工电子产品环境试验规程 第 2 部分:试验方法 试验 Fh:宽频带随机振动(数控)和导则(IEC 60068-2-64:1993, IDT)

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)

ISO 266:1997 声学 优选频率

ISO 2041:1990 振动和冲击 词汇

#### 3 术语和定义

ISO 2041, GB/T 2421—1999, GB/T 2423. 10—2008, GB/T 2423. 56—2006 中及下列术语与定义适用于本部分。

##### 3.1

**危险频率 critical frequency**

试验样品由于振动而出现故障和(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

**阻尼 damping**

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。实际中,阻尼取决于许多参数,例如结构系统、振动模式、变形、外加力、速度、材料、连结滑移等。

3.3

**临界阻尼 critical damping**

允许一个已移位的系统在允许的最短时间内无振荡地回到初始位置的最小粘性阻尼。

3.4

**阻尼比 damping ratio**

粘性阻尼系统中,实际阻尼与临界阻尼的比。

3.5

**信号容差 signal tolerance**

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

式中:

$NF$ ——未过滤信号的均方根值;

$F$ ——过滤信号的均方根值。

3.6

**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:如果实际安装结构的一部分作为夹具使用,则应取安装结构和振动台面接触的部分作固定点,而不应取样品和振动台面接触的部分作固定点。

3.7

**重力加速度  $g_n$  acceleration of gravity**

由于地球重力而引起的标准加速度,该加速度本身随着高度和地理纬度而变化。

注:在本部分中,重力加速度值取整数  $10 \text{ m/s}^2$ 。

3.8

**响应高峰 high peaks of the response**

单自由度系统(振荡器)在高于规定阈值的时间历程激励下计算到的响应峰值(见图2)。

注1:实际中,提到响应高峰是由于瞬态激励(时间历程)而难以确定完全反应周期。

注2:峰值是连续与零轴交叉的两点间偏移零轴的最大正值或最小负值(见图3)。

3.9

**测量点 measuring points**

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,但在本部分中这些点不做测量点对待。

3.9.1

**检测点 check point**

位于夹具、振动台台面或样品上的点,该点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1:一些检测点是用来保证满足试验要求的。

注2:如果存在4个或4个以下的固定点,则每个固定点都用作检测点。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做检测点用。

注3:在特殊情况下,例如对大的或复杂的样品,如果不要求检测点紧靠固定点,则检测点应在有关规范中规定。

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,可选用单个检测点(即参考点)。因此,控制信号与夹具有关,而与试验样品固定点无关。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。

## 3.9.2

**参考点 reference point**

从检查中选出来的点,它的信号是用来控制试验以满足本部分要求的。

## 3.10

**固有频率 natural frequency**

由自身物理特性(质量,刚度和阻尼)决定的有阻尼或无阻尼自由振动频率。

## 3.11

**自然时间历程 natural time-history**

由给定事件导致的加速度、速度或位移等随时间而变化的记录。

## 3.12

**振荡器 oscillator**

用来产生或保持机械振荡的单自由度系统。

## 3.13

**间隔时间 pause**

两相邻时间历程之间的间隔。

注:间隔应使样品的响应运动无显著叠加,可从以下表达式得到:

$$T > \left( \frac{1}{f} \times \frac{100}{d} \right)$$

式中:

$T$ ——间隔时间,单位为秒(s);

$f$ ——最低无阻尼自然频率,单位为赫兹(Hz);

$d$ ——最小自然频率时间的阻尼比,(以百分比计算)。

## 3.14

**优选试验轴向 preferred testing axes**

样品最易受损的三个互相垂直的轴向。

## 3.15

**随机运动样本 random motion sample**

为产生规定的响应谱,对记录频率范围和振幅进行修正的随机运动样本。

## 3.16

**规定响应谱 required response spectrum**

有关规范规定的响应谱。

## 3.17

**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。

## 3.18

**采样频率 sampling frequency**

为以数字形式记录或代表时间历程每秒采集离散量值的数目。

## 3.19

**规定响应谱的强部 strong part of the required response spectrum**

响应加速度高于规范响应谱-3 dB 带宽的那部分频谱(见图4)。

注:一般情况下对地震来说,规定响应谱的强烈部分位于频率带宽的前1/3。

## 3.20

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

从曲线开始达到最大值25%到最后下降到25%的这段时间的时间历程(见图5)。

3. 21

**扫频循环 sweep cycle**

在规定频率范围内,在每个方向上来回一次,例如从 1 Hz 到 35 Hz 再到 1 Hz。

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

**试验量值 test level**

试验波形的最大峰值。

3. 24

**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. 25

**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 中给出,并与以时间为函数的量值有关。

3. 26

**零周期加速度 zero period acceleration**

响应谱加速度的高频渐近值(见图 6)。

注:零周期加速度具有实际意义,因为它代表时间历程中加速度的最大峰值,但不要和响应谱中加速度峰值相混淆。

4 一般要求

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,本试验也可以用来确定样品的机械强度和(或)研究它们的动态特性。

有关规范应规定样品在振动时的工作程度或仅仅是在经受振动后保持功能。

在本试验中,样品一直紧固在振动台上。

为促进本部分的应用,在正文中给出了参考流程图图 1 和附录 A,附录 A 中也提及了正文的段落编号。

5 试验要求

5.1 规定了对振动响应检查的要求,5.2 规定了对时间历程试验的要求,而 5.3 规定了对试验安装的要求。

5.1 振动响应检查

当有关规范有要求时,振动响应检查应按 GB/T 2423. 10—2008 中的方式进行。特别要考虑以下

5.1.1~5.1.9 的要求,以便确定危险频率和必要时确定阻尼比。

随机振动试验也可用作振动响应检查的另一种替代方法(见 GB/T 2423. 56—2006 的 4.3 和 A.3)。

5.1.1 基本运动

基本运动应为时间的正弦函数,按有关规范的要求样品在振动台上各固定点应基本同相,并以平行直线运动,且满足 5.1.2 和 5.1.3 中规定的限值要求。

5.1.2 寄生运动

5.1.2.1 横向运动

在检测点上垂直于规定轴向上的最大振幅应不超过规定振幅的 50%(频率小于 500 Hz)或者不超



过 100% (频率大于 500 Hz)。试验测试需要覆盖规定的频率范围。在特殊情况下,例如小样品,如果有有关规范有规定,允许横向运动幅值限制在 25% 以内。

在某些频率上,大尺寸或高质心样品可能难以达到这些值。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) 确知对样品无危害的横向运动可不必监控。

#### 5.1.2.2 旋转运动

大尺寸或高质心样品可能引起振动台的寄生旋转运动,对此有关规范应规定其容差量级。达到的量级应记录在试验报告中。

#### 5.1.3 信号容差

除非有关规范另有规定,应进行加速度信号容差测量。在参考点上进行,并应覆盖到 5 000 Hz 的频率或者为驱动频率的 5 倍,取较小值。然而,如果有关规范有上限试验频率的规定,此最大分析频率可能达到甚至超出扫频的上限试验频率。

除非有关规范另有规定,信号容差不应超过 5%。某些情况下,它可能达不到此值,此时允许信号容差大于 5%。如果有规定,使用跟踪滤波器可使基本驱动频率上控制信号的加速度幅值恢复到规定值。

当样品很大或复杂时,在某些频率点上无法满足规定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。

注:如果无法使用跟踪滤波器且信号容差超过 5%,再现性可能会受到选择数字的或模拟控制系统显著影响。

不管是否使用跟踪滤波器,如上所述,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中。

#### 5.1.4 振动幅值容差

沿规定轴向在检测点和参考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。有关规范可能要求把用于评价测量不确定度的置信度水平记录在试验报告中。

低频或大尺寸或高质心样品时,难以达到容差要求。此时,有关规范应规定采用更大容差或采用另一评价方法,并记录在试验报告中。

##### 5.1.4.1 参考点

参考点上控制信号的容差应为基本运动的  $\pm 15\%$ 。

##### 5.1.4.2 检测点

每一检测点上的容差:

500 Hz 及以下:加速度的  $\pm 25\%$ ;

500 Hz 以上:加速度的  $\pm 50\%$ 。

#### 5.1.5 频率容差

应用下列频率容差:

小于或等于 0.25 Hz:  $\pm 0.05$  Hz;

0.25 Hz~5 Hz:  $\pm 20\%$ ;

5 Hz~50 Hz:  $\pm 1$  Hz;

50 Hz 以上:  $\pm 2\%$ 。

当要求比较试验前后的危险频率时,采用以下容差:

小于 0.5 Hz:  $\pm 0.05$  Hz;

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

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

100 Hz 以上:  $\pm 0.5\%$ 。

#### 5.1.6 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时间按指数规律变化。

注:对数字控制系统,讲扫频是“连续的”严格来说不是很准确,但这种差别毫无实际意义。

#### 5.1.7 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。

### 5.2 时间历程试验

时间历程试验应考虑下列要求:

#### 5.2.1 基本运动

时间历程可从以下方法中获得:

- a) 自然时间历程,或
- b) 对在规定频率范围内频率的综合得到的合成时间历程。在这种情况下,合成时间历程应该以下列适当的方法产生。
  - 当样品阻尼小于或等于  $2\%$  时,不超过  $1/12$  倍频程频带;
  - 当样品阻尼为  $2\% \sim 10\%$  时,一般情况下不超过  $1/6$  倍频程频带;
  - 当样品阻尼大于或等于  $10\%$  时,不超过  $1/3$  倍频程频带。

阻尼比的值(见 3.4)可由有关规范个规定或由其他方法得到,如振动响应检查(见 5.1)。通常选用  $5\%$  的值。

#### 5.2.2 横向运动

除有关规范另有规定外,垂直于规定轴向上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时间历程所规定的峰值的  $25\%$ 。记录测量仅需覆盖到所规定的频率范围。

在某些频率上,大尺寸或大质量样品可能难以达到这些值(见 A.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) 横向运动不需监测。

#### 5.2.3 旋转运动

当振动台的寄生旋转运动可能很重要时,有关规范可规定容差水平,并将其记录在试验报告中。

#### 5.2.4 规定响应谱的容差带

适用于规定响应谱的容差带应在  $0\% \sim$  到  $+50\%$  的范围内(见图 6)。

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,只要提供的这些点与样品的共振频率不一致。

试验响应谱至少要受以下检查:

- 如果样品的阻尼小于或等于  $2\%$ ,按  $1/12$  倍频程频带检查;
- 如果样品的阻尼在  $2\%$  和  $10\%$  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。

注: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。

#### 5.2.5 频率范围

除试验装置和样品产生的频率外,参考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参考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。

### 5.2.6 试验响应谱的计算

为计算试验响应谱时把误差降低至最小,在评价时,时间历程的取样和滤波应给予特别考虑。

对响应计算,时间历程的采样频率至少高于上限频率  $f_2$  的 10 倍。

注:采用这种方法,最大上限频率( $f_2$ )振荡器的响应时间历程的计算具有小于 5% 的量级误差。如果取常用频率分析的  $2.56f_2$  的采样频率,最大上限频率( $f_2$ )振荡器的最大响应可达到超过 60% 的误差。

为避免重叠误差,估值时总先用低通滤波器滤波,然后将时间历程数字化。推荐半功率点抗混淆滤波器的截止频率为  $1.5f_2$ 。截止比率至少应为  $-60\text{ dB/oct}$ 。采用以上推荐值以确保最大上限频率( $f_2$ )振荡器能获得完整响应。由抗混淆滤波器导致的相变引起的最大振荡器误差同样得到控制。

如果在估值或振荡器的响应时间历程下的时间历程在为了试验响应谱计算的帧内衰减不够时,可能会产生截断误差,这对低阻尼振荡器进行计算时尤为重要。通过采用长时帧可避免截断误差。

注:本问题的基本原理记录在 GB/T 2423. 5—1995 的附录 B,后者给出了初始响应谱和残余响应谱的定义。对试验响应谱的估值应考虑到一个“总”的响应谱,然后考虑振荡器响应的总的“强部”。

### 5.3 安装

样品应按 GB/T 2423. 43—2008 的要求进行安装。

如果样品通常安装在减震器上,而在进行试验时,又必须去除减震器,则应考虑修改规定的激励值。

安装样品时应考虑连接件、电缆、导管等的影响。

注:只要可行,试验应包括样品在实际中正常使用的安装结构。

有关规范应规定试验时样品的方位和安装方法,并应作为样品符合本部分要求是唯一条件,可给出充分的理由说明方位和安装对试验没有影响者除外(例如,能证明重力效应不影响样品的性能)。

## 6 严酷等级

试验严酷等级由下列参数的组合确定:

- 试验频率范围;
- 规定响应谱;
- 时间历程的数目和持续时间;
- 响应高峰值数目(见 A. 3)。

有关规范应根据 6.1~6.4 中给出的资料规定每一参数值。

### 6.1 试验频率范围

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试验频率范围。推荐的频率范围示于表 3;适用于不同应用的常用试验频率范围的例子在附录 B 中给出。

表 1 下限频率

$f_1/\text{Hz}$
0.1
1
5
10
55
100

GB/T 2423. 48—2008/IEC 60068-2-57: 1999

表 2 上限频率

$f_2/\text{Hz}$
10
20
35
55
100
150
300
500
2 000

表 3 推荐频率范围

从 $f_1/\text{Hz}$	到	$f_2/\text{Hz}$
0.1	到	10*
1	到	35
1	到	100
5	到	35*
10	到	100*
10	到	150
10	到	500
10	到	2 000
55	到	2 000

带 \* 标记的频率范围不在 GB/T 2423. 10—2008 的推荐频率范围中。

6.2 规定响应谱

有关规范应规定试验所需用的响应谱的形状与量值,包括零周期加速度值。若样品所有轴向不相对应,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. 2 章提供了制定规定响应谱的导则。

6.3 时间历程的数目和持续时间

6.3.1 时间历程的数目

有关规范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,对每条轴向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。

6.3.2 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……

6.3.3 时间历程强部的持续时间

在某些情况下,有关规范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

6.4 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。

#### 6.4 响应高峰值的数目

有关规范可以规定导致大于规定应力值的高应力循环次数(见 A.3 章)。

响应高峰值是适用的附加严酷等级,尤其是在固有频率落在规定响应谱强部时。

响应高峰值应以在规定固有频率下规定响应谱值的百分比表示。

除非有关规范另有规定,对阻尼比为 2%~10%,响应高峰值数目应在 3~20 内,建议阈值为 70%。正峰值和负峰值应近似为均匀分布,如图 2 所示。

### 7 预处理

有关规范可要求预处理,并给出条件。

### 8 初始检测

应根据有关规范的要求对样品进行外观、尺寸和功能检查。

### 9 试验

#### 9.1 概述

除非有关规范另有规定,样品应沿三条优选试验轴向中的每条轴向进行激励,如果有关规范没有规定,沿着这些轴向的试验次序是不重要的。

当有关规范有规定时,规定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。

#### 9.2 振动响应检查

当有关规范有规定时,在规定频率范围内应对样品进行动态响应检查。

振动响应检查应按有关规范规定的试验量级,在试验频率范围内按正弦振动或随机振动进行。

试验量级的选择应使样品的响应保持小于时间历程的响应,但保持在一个足够高的量级上,以便发现危险频率。

以正弦激励的响应检查应以不高于每分钟一个倍频程的对数扫频来进行,但如果要求获得更高精度的响应特性,扫频速率可放慢,但应避免不适当的停顿。

进行随机振动响应检查应考虑到为试验时间应足够长以使响应的随机波动最小。应该注意的是,频率分辨率应足够高以便能充分地确定响应峰值(最小-3 dB 带宽),并且建议在最小-3 dB 带内至少包含 5 条谱线。

如果有关规范有要求,振动响应检查期间样品应工作。如果因样品工作而不能评价其机械振动特性时,则应在样品不工作的情况下进行附加的振动响应检查。在这阶段,为了确定危险频率,应对样品进行检查,然后把检查情况写在试验报告中。

在某些情况下,有关规范可以要求在完成了时间历程试验后再进行附加的振动响应检查,以便比较危险频率。

有关规范应规定如果危险频率出现任何变化时所采取的措施。最重要的是应以同样的方式和相同的试验量级进行两种振动响应检查。

#### 9.3 时间历程试验

对于时间历程试验,有关规范应根据第 6 章的规定给出严酷等级。

试验响应谱应被包络在规定响应谱按 5.2.4 给出的容差带内。

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。

注:双轴向、三轴向试验方法通常用于地震领域(类别 1,见 A.2.1),参考 GB/T 2424.25—2000。

### 9.3.1 单轴向试验

试验连续地沿着每条优选轴向进行。

### 9.3.2 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。如果两个时间历程不是独立的,则先以相位角 $0^\circ$ ,然后以 $180^\circ$ 重复每一试验。

注: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。应调整每条轴向的试验响应谱,以便包络该轴向的规定响应谱。

### 9.3.3 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。

## 10 中间检测

当有关规范有规定时,在所规定的时间历程试验期间,样品应工作,并检测其性能。

## 11 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时相同的条件,例如温度条件。

## 12 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。

## 13 有关规范应做出的规定

当有关规范包括本实验时,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。

	章节
a) 基本运动*	5.1.1 和 5.2.1
b) 横向运动	5.1.2.1 和 5.2.2
c) 旋转运动	5.1.2.2 和 5.2.3
d) 信号容差	5.1.3
e) 振幅容差	5.1.4
f) 阻尼比	5.1.7
g) 样品的安装*	5.3
h) 试验频率范围*	6.1
i) 规定响应谱*	6.2, A. 2
j) 时间历程数目*	6.3.1
k) 时间历程持续时间*	6.3.2
l) 时间历程强部的持续时间	6.3.3
m) 响应高峰值数目和阈值	6.4, A. 3
n) 预处理	第 7 章
o) 初始检测*	第 8 章
p) 优选试验轴向	9.1
q) 驱动力限制	9.1

- r) 振动响应研究 9.2
- s) 性能和功能检查 9.2
- t) 单轴向、双轴向三轴向试验\* 9.3
- u) 恢复 第11章
- v) 最后检测\* 第12章

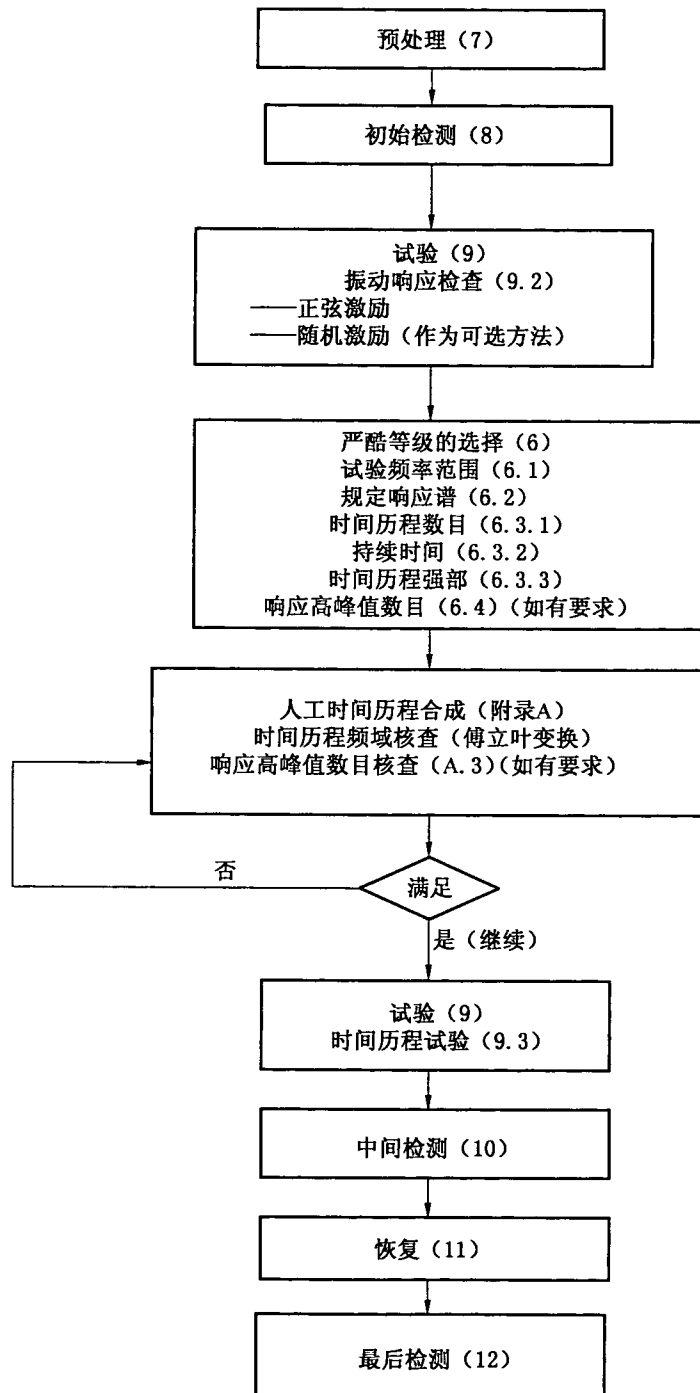


图 1 振动、时间历程流程图

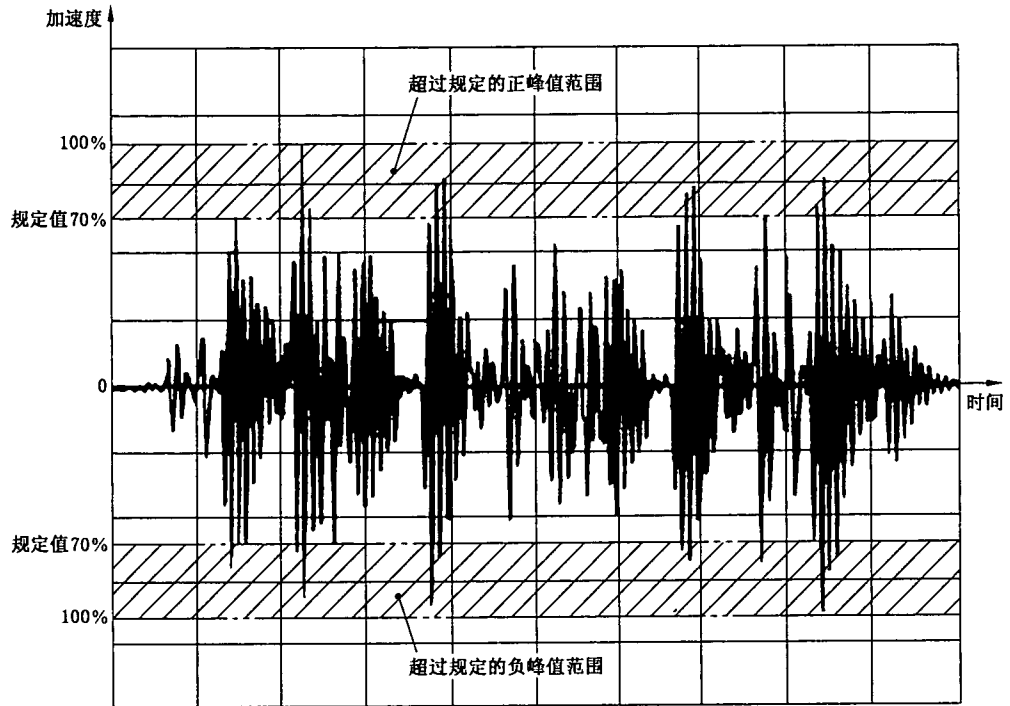


图 2 规定时间历程激励下振荡器典型响应示例(规定阈值的70%)

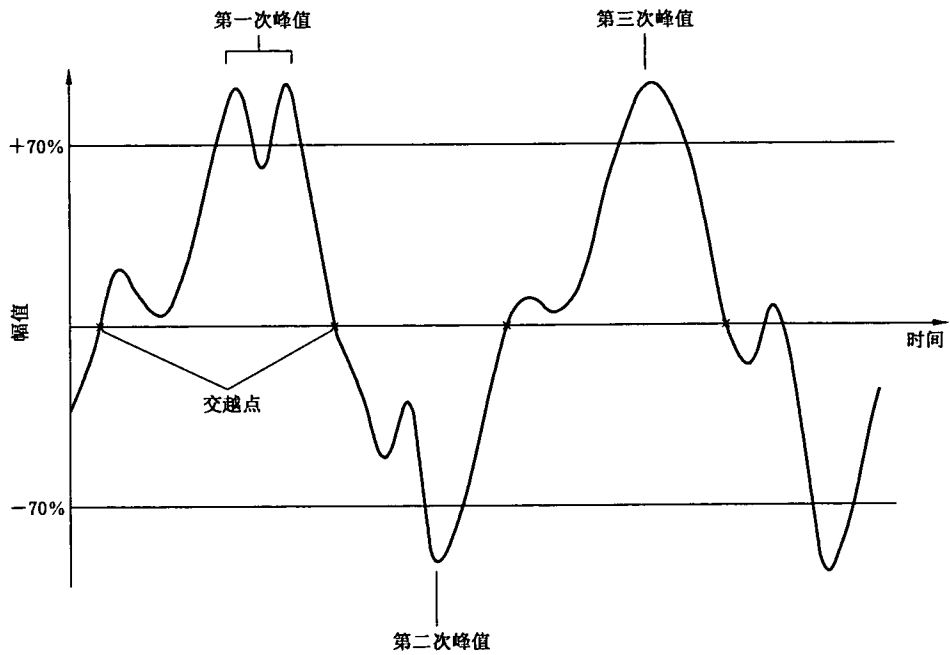
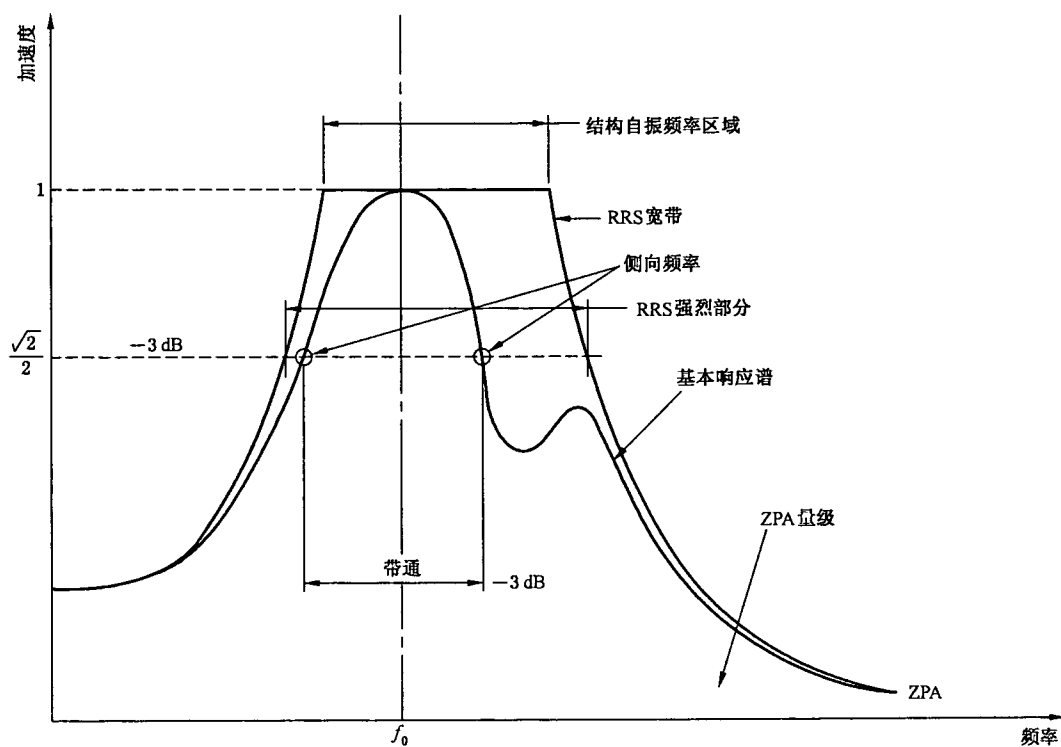


图 3 高于规定阈值(70%)的响应峰值鉴别示例





注：RRS: 规定响应谱；  
ZPA: 零周期加速度。

图 4 包络的典型响应谱

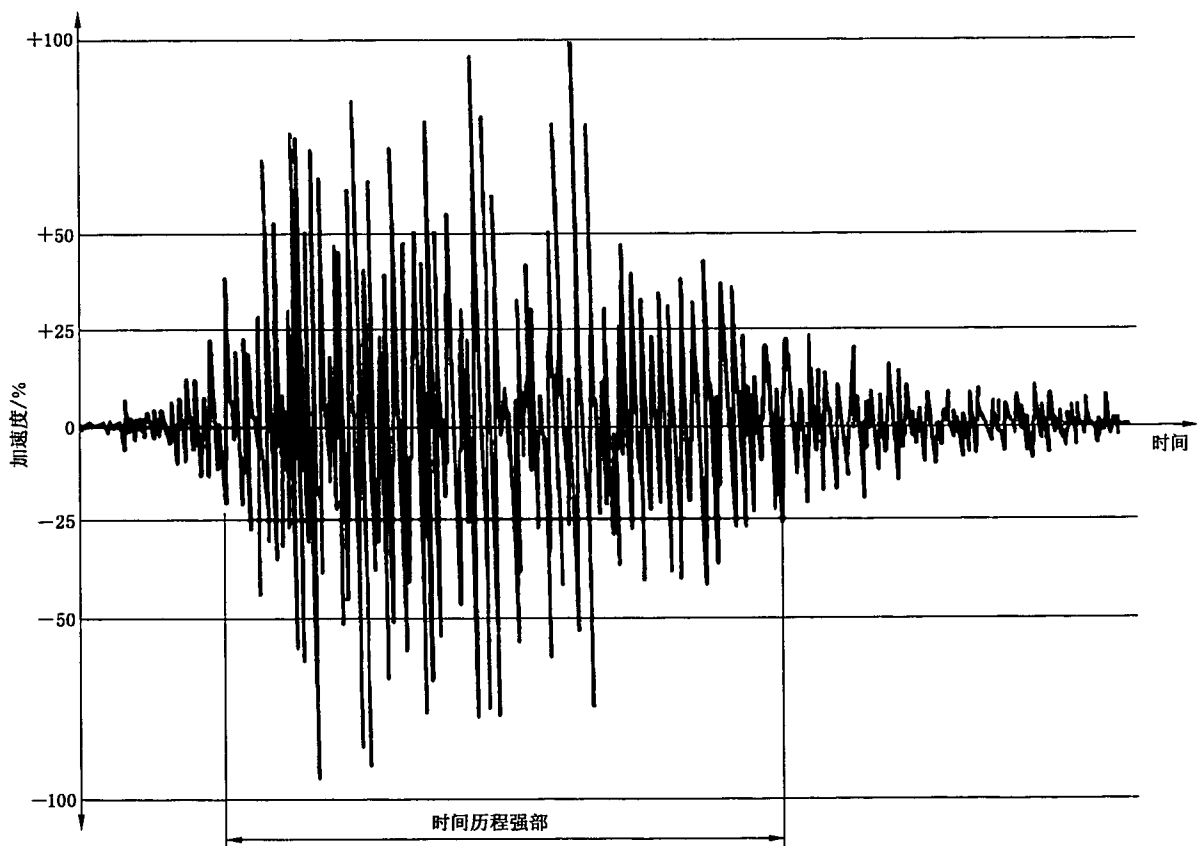


图 5 典型时间历程

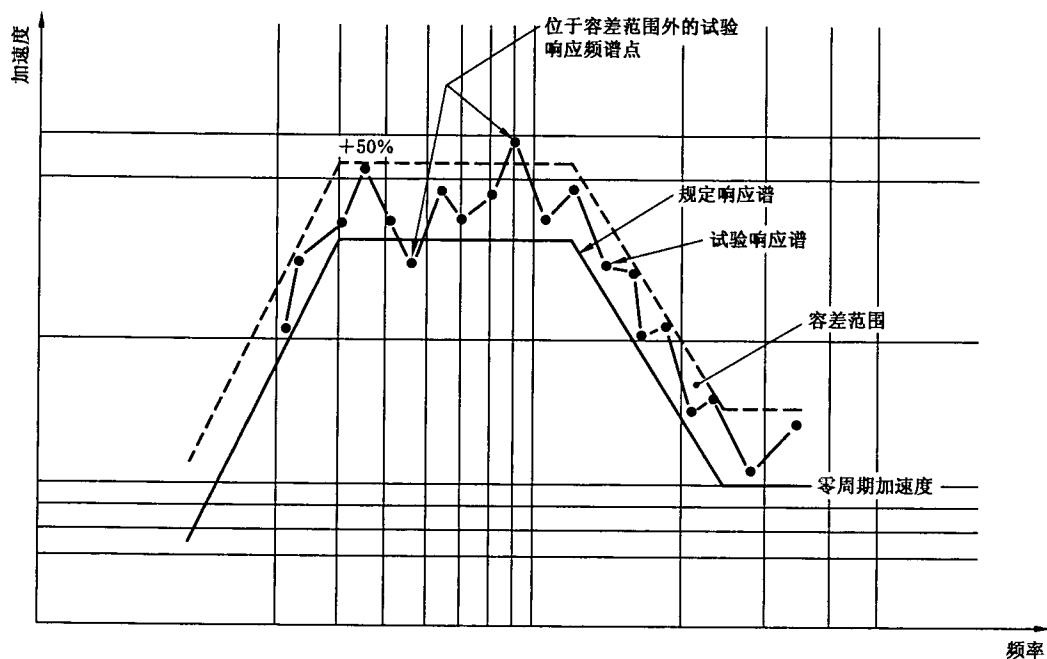


图 6 规定响应谱典型图

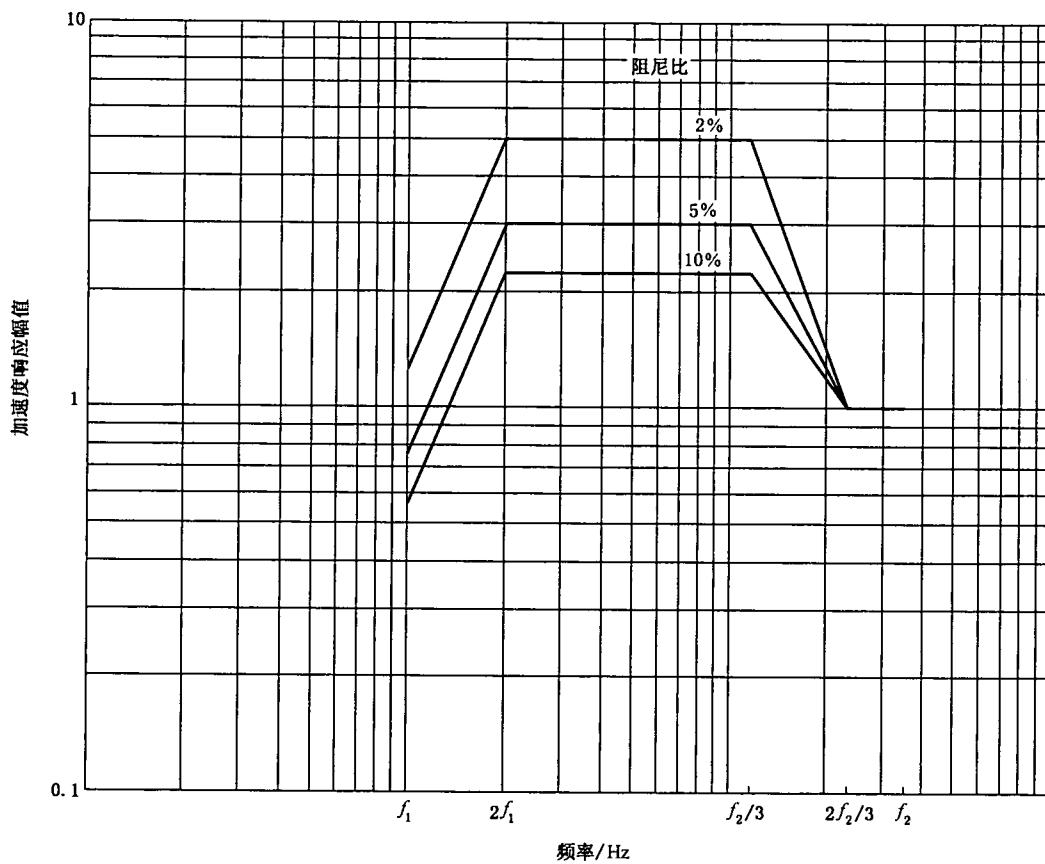


图 7 通用型规定响应谱推荐形状(类别 1)

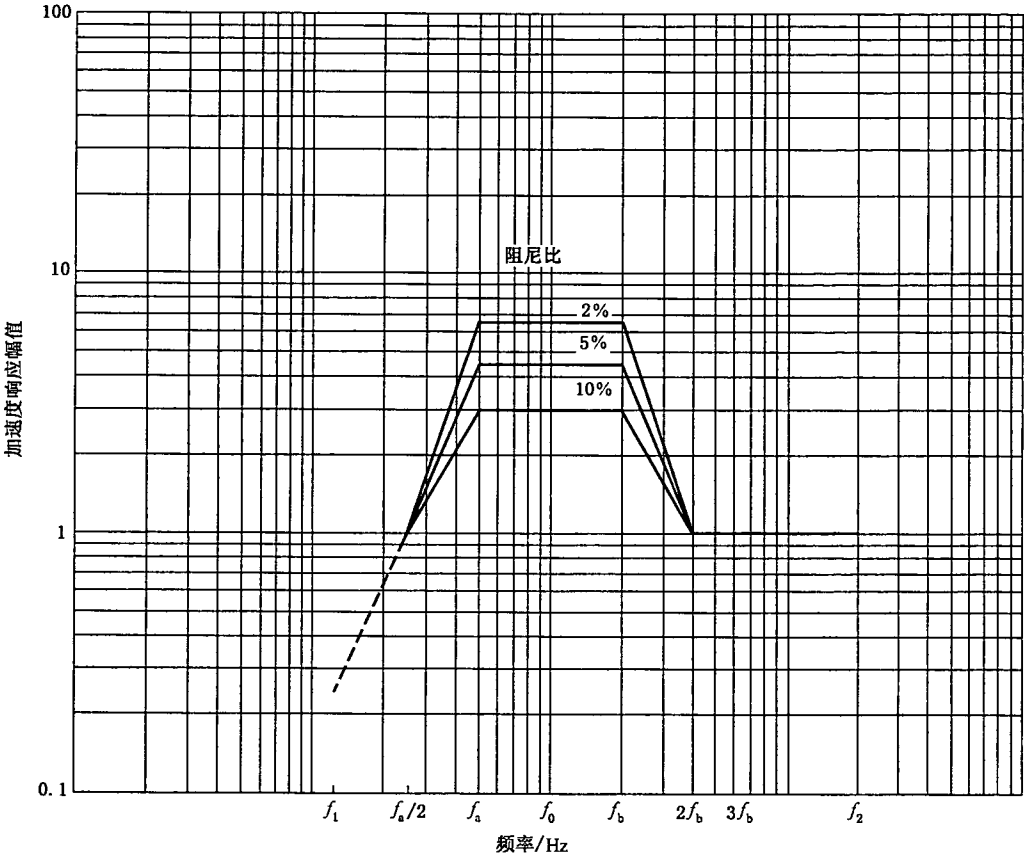


图 8 通用型规定响应谱推荐形状(类别 2)

## 附录 A

### (资料性附录)

#### 人工时间历程合成: 导则

##### A.1 引言

目前已有许多公认的试验程序,可验证样品是否经受得起各种不同类型振动应力。这些程序从简单的连续的正弦振动法到复杂的高度专门化的时间历程法。每种程序都是适合一种特殊的要求或环境,或代表一种特殊的振动环境。

时间历程方法对下列场合很重要:

- a) 必须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中,由规范编写者制定响应谱。通常给一个阻尼系数代表样品阻尼。这样制定的响应谱叫做规定响应谱,并且是规范的一部分,代表了必须满足的指标。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。这个试验响应谱在试验期间通过监测振动台的运动产生(5.2.6)。在试验响应谱计算中,重要的是输入波形(振动台运动)的记录要考虑5.2.6中规定的推荐值。

然后把试验响应谱和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,试验响应谱必须包络规定响应谱。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6),试验仍可接受。在某些情况下,当试验尺寸大或高质心的样品时,在某些频率上达到要求的容差是不可能的,在这种情况下,规范允许一个更宽的容差(见5.2.4)。

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。所给的参数是标准化的,并且选择合适的容差,以便在不同的地点进行试验时获得类似的结果。数值的标准化也可帮助设备按经受给定振动的严酷等级的能力来分类。

##### A.2 对获得规定响应谱的建议(见6.2)

当不了解使用范围或环境时,为定义规定响应谱,给出以下建议。由于其用途有很多种(地震、航空器、运输及其他等),需要为两类规定响应谱给出建议。

###### A.2.1 类别1

类别1是有关于:

- 应用于地震;
- 应用于在宽频带范围上分布有多个频率的时间历程;
- 需要包络不同频率的时间历程集合的情况;
- 要求不考虑应用而以宽频激励设备的情况。

根据以下列出的因素,类别1的规定响应谱如图7所示。

- a) 应从表 3 中选取试验频率范围( $f_1$  到  $f_2$ ),其常用值如附录 B 所示。
- b) 零周期加速度值( $g_n$ )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。

注:当选择了一个低于 0.8 Hz 的  $f_1$  频率时,频率  $2f_1$  应固定为 1.6 Hz 且小于 1.6 Hz 的斜率应为 12 dB/oct。

- d)  $2f_1$  和  $1/3f_2$  之间加速度最大值等于:
  - 对 10% 的阻尼比,零周期加速度的 2.24 倍;
  - 对 5% 的阻尼比,零周期加速度的 3 倍;
  - 对 2% 的阻尼比,零周期加速度的 5 倍。
- e)  $1/3f_2$  和  $2/3f_2$  之间加速度按对数-对数的比例线性达到零周期加速度。

注: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。

### A.2.2 类别 2

类别 2 是有关于那些确知时间历程在相当窄的频带内包含一个或几个的主要频率时的应用。

根据以下列出的因素,类别 2 的规定响应谱如图 8 所示。

- a) 基于对用途或环境的主频有丰富了解而选取中心频率  $f_0$ 。和 ISO 266 一致,通过以下系列选取  $f_0$  的推荐值(间隔为 1/3 倍频程)…16,20,25,31.5,40,50,63,80,100,125,160, …
- b) 对于一般要求, $f_0$ ,  $f_a$  和  $f_b$  之间关系如下:

$$f_a = f_0/2; f_b = 2f_0$$

注:对某些用途上,因为响应谱强部需要更窄的频率范围。在这种情况下,推荐 2/3 倍频程带宽的限制( $f_a = f_0/\sqrt[3]{2} = 0.794f_0$ ,  $f_b = f_0 \cdot \sqrt[3]{2} = 1.26f_0$ )。

- c) 为达到 6.1 或附录 B 中给出的值, $f_a/2$  和  $3f_b$  频率范围应做调整。
- d) 零周期加速度值  $g_n$  通常从以下系列中选取:…1,2,5,10,20…
- e) 在  $f_a/2$  和  $f_a$  之间,及在  $f_b$  和  $2f_b$  之间加速度按对数-对数比例线性按图 8 达到零周期加速度。在  $f_1$  和  $f_a/2$  之间,推荐用 12 dB/oct 的斜率;在  $2f_b$  和  $f_2$  之间,加速度等于零周期加速度。
- f)  $f_a$  和  $f_b$  之间加速度最大值等于:
  - 对 10% 的阻尼比,零周期加速度的 3 倍;
  - 对 5% 的阻尼比,零周期加速度的 4.5 倍;
  - 对 2% 的阻尼比,零周期加速度的 6.5 倍。

注:当样品典型阻尼比在 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。

### A.3 响应高峰值数目(见 6.4)

重现由振动产生的影响(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。当不能充分知道环境时或难以模拟时,考虑安全系数时必须包括最坏的情况。

上述的第一个指标在于保证试验响应谱包络所要求的响应谱。这种包络保证已经达到每个振荡器响应的最大规定量级。

第二个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,上述这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非弹性变形。

对经过模拟所考虑现象的信号分析,允许考虑这些响应高峰值。这在人工时间历程合成的过程可以做到(见流程图 1)。

- a) 核查时间历程的频率成分以确保以样品自振频率来激励样品(傅立叶变换分析);

- b) 计算以覆盖规定响应谱强部的频率为中心频率的每个振荡器超过规定量级的响应高峰值的个数。

时间历程的损坏力直接跟其能量成分成正比,而由时间历程传输的能量直接跟振荡器响应中产生的高数值个数相关。因此,如果两个不同时间历程在同样的振荡器响应中产生同样数目的高数值,二者则有着相同的损坏力。然而,要考虑的是样品产生的损坏数量不仅跟响应高数值个数有关还跟这些峰值的大小有关。于是,响应高数值数目的选择应注意到阈值。

由于疲劳损坏随振幅的减少而迅速下降,考虑峰值超过以覆盖了规定响应谱强部的频率为中心频率的每个振荡器响应阈值就足够了(见 6.4 和图 2 和图 3)。

对每一用途(如地震、爆炸等),在安装样品的位置上阈值量级和峰值数目之间存在一定关系。因此,为尽可能全面地体现疲劳效应,应选择阈值量级和相应的峰值数目。一般地,从低周疲劳观点看,低于 50% 的峰值影响较小。高于 90% 的阈值量级会导致只有很少的没能代表疲劳效应的峰值。因此,对于每一用途的峰值典型数目推荐采用 70% 的阈值量级。经验表明,对地震的应用,至少要考虑到 5 个具有 70% 阈值的峰值。无论如何,对响应高数值数目选择上要求工程判断。

为得到足够的响应高数值个数,在人工时间历程合成中应特别细心。根据经验,当应用以下三个条件能得到规定的响应谱高数值个数:

- 样品固有频率位于响应谱强部以内;
- 样品特性为线性;
- 试验响应谱覆盖规定响应谱。

**附录 B**  
(资料性附录)  
试验频率范围

不同用途的常用频率范围举例如下：

* 应用于地震 (安装于地面和楼板的设备)	从	1 Hz	到	35 Hz
注：设备的自振频率低于 1 Hz 时，建议频率范围为 0.1 Hz~35 Hz。				
* 应用于运输	从	1 Hz	到	100 Hz
	从	10 Hz	到	100 Hz
	从	10 Hz	到	150 Hz
	从	10 Hz	到	500 Hz
* 应用于航空器	从	10 Hz	到	500 Hz
	从	10 Hz	到	2 000 Hz

GB/T 2423.48—2008/IEC 60068-2-57:1999

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 Ff: 振动——时间历程法  
GB/T 2423.48—2008/IEC 60068-2-57:1999

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话:68523946 68517548

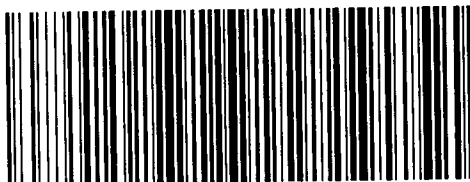
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 38 千字  
2008年10月第一版 2008年10月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-33300 定价 20.00 元



GB/T 2423.48-2008

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68533533