

前 言

本标准等同采用国际电工委员会标准 IEC 68-2-34《环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Fd:宽频带随机振动——一般要求》(1973 年第 1 版)及第 1 号修改单(1983 年 8 月)。

本标准代替 GB 2423.11—82《电工电子产品基本环境试验规程 试验 Fd:宽频带随机振动试验方法——一般要求》。

本标准的第 1、2 两章与 GB 2423.11—82 的第 1、2 两章不同,GB 2423.11—82 对 IEC 68-2-34 的第 1、2 两章进行了改写,还删去了 IEC 68-2-34 的附录 A。本标准还增加了 1983 年 8 月国际电工委员会对 IEC 68-2-34 的第 1 号修改单的内容。

本标准于 1982 年首次发布,1997 年 9 月第 1 次修订,自 1998 年 10 月 1 日起实施。

自本标准实施之日起,同时代替 GB 2423.11—82。

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。

本标准由电子工业部标准化研究所总归口。

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:电子工业部标准化研究所、电子工业部五所、上海市电子仪表标准计量测试所。

本标准主要起草人:周心才、王树荣、卢兆明、林宗祥、徐明等。

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委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)的 50A 分技术委员会(冲击、振动和其他动力学试验)制定的。

第 1 次草案是在 1968 年斯德哥尔摩会议上讨论的,新的草案是在 1969 年德黑兰会议上讨论的,作为这次会议的结果,最后草案 50A(中办)133 号文件于 1971 年 2 月提交给各国家委员会按“六个月法”表决。

下列国家投票明确赞成本标准:

澳大利亚	德国	葡萄牙
奥地利	匈牙利	瑞典
比利时	以色列	土耳其
捷克斯洛伐克	日本	英国
丹麦	挪威	美国
芬兰	波兰	

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 Fd:宽频带随机振动——一般要求

Environmental testing for electric and electronic products

Part 2: Test methods

Test Fd: Random vibration wide band

—General requirements

GB/T 2423.11—1997
idt IEC 68-2-34:1973

代替 GB 2423.11—82

1 引言

随机振动试验很复杂,因此该标准的篇幅相当大。所以,本标准在此引言中给出试验方法的布局及其所依据的基本原理。

必须注意,在整个标准文本中,经常提到随机振动试验问题中两个特别重要的术语。为了使读者更好地了解本标准的内容,现定义如下:

加速度谱密度 acceleration spectral density(A. S. D)

加速度变量的谱密度,以加速度单位的平方每单位频率来表示。

加速度谱密度的频谱 A. S. D spectrum

加速度谱密度在频率范围内的变化方式。

1.1 试验方法设计

为了方便使用起见,整个宽频带随机振动分为四个标准:

试验 Fd:宽频带随机振动——一般要求,GB/T 2423.11(IEC 68-2-34)。

试验 Fda:宽频带随机振动——高再现性,GB/T 2423.12(IEC 68-2-35)。

试验 Fdb:宽频带随机振动——中再现性,GB/T 2423.13(IEC 68-2-36)。

试验 Fdc:宽频带随机振动——低再现性,GB/T 2423.14(IEC 68-2-37)。

后三部分的每一个试验组成一个完整的试验方法,其附录载有推荐的验证方法。

在试验 Fd——一般要求中包括有关规范编写者所需用的全部信息,而试验工程师所需用的信息则分别包括在试验 Fda、Fdb 和 Fdc 中。本标准的附录 A(提示的附录),将进一步提供信息。

有关规范的编写者只需阅读试验 Fd:一般要求,而试验工程师可在 Fda、Fdb 和 Fdc 中选取规定的试验方法,郑重建议所有用户都阅读本标准。

1.2 试验的基本原理

在所有环境试验方法国家标准中,特别是对鉴定试验或验收试验,以及有关方面(例如电子元器件的供方和需方)打算对同型号试验样品进行的试验,都要求有一定等级的再现性。

本标准所用再现性这一词不是指试验与实际环境之间的再现性,而是指由不同的人在不同场合下进行试验时所得结果的一致性。

为了力求满足严酷等级中不同的容差范围和证实试验的有效性的巨大差别,引用了三种再现性(见第5章)。在研究试验样品的动态特性及试验设备的适用性时,在每一种再现性内可以选择一种验证方

法。

有关规范应说明适合于特定要求的再现性,而将验证方法的选择留给试验室。对于特定再现性来说,容差的选定应使每种验证方法都能得到近似相等的结果。

再现性要求将振动电平控制在窄频带范围内。尽管窄频带均衡给出的再现性较宽频带系统要好些,但它使试验样品难于反映试验环境。可是,宽频带均衡容许试验样品内的共振改变试验电平,从而产生波峰和波谷。在使用中,由于试验样品响应其环境,也将产生波峰和波谷,但要使这种波峰和波谷符合试验室内产生的波峰和波谷未必是可能的。

为了提供信息,有关规范可以规定在适合该方法的低再现性试验之后继续进行窄频带分析。

随机振动试验的丰富经验,能使试验工程师更好地使用现有的试验设备,但不能过分强调,如果要证实随机振动试验所运用的等级是合理的实际等级,则必须允许在其应用中做出工程判断。这点适用于验证方法的选择、夹具设计、以及结果的一般解释。

2 目的

用于确定元器件和设备经受规定严酷等级的随机振动的能力。

随机振动试验适用于使用中可能受到随机性振动条件影响的元器件和设备。试验目的在于确定机械弱点和(或)规定性能是否下降,并结合有关规范使用这些信息来决定试验样品是否接收。

在进行本试验规定的振动应力(条件试验)时,试验样品要经受宽频带范围内给定等级的随机振动试验。由于试验样品及其夹具会产生复杂的机械响应,所以本试验要求特别注意试验的准备、进行及规定要求的验证。

3 安装与控制

3.1 试验样品的安装

试验样品应按 GB/T 2423.43—1995(idt IEC 68-2-47)《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》的要求安装到试验设备上。

3.2 基准点和控制点

采用在基准点上(在某种情况下用与试验样品固定点有关的各个控制点上)所作的测量来验证试验要求,对高再现性,在控制点进行测量是必要的。而对中和低再现性则规定在一个假设点上测量。

如果在一个夹具上安装许多小试验样品,则当荷载夹具的最低共振频率超过试验上限频率 f_2 时,就可以认为基准点和(或)控制点与夹具有关,而与试验样品的固定点无关(即选夹具和振动台的固定点作基准点和(或)控制点,而不选试验样品和夹具的固定点)。

3.2.1 固定点

固定点定义为试验样品与夹具或振动台接触的部分,通常是使用中正常紧固试验样品的点。如果使用实际安装结构的一部分做为夹具,那么应该用这些安装结构的固定点作为固定点,而不用试验样品的固定点。

3.2.2 控制点

控制点通常就是固定点。控制点应尽量靠近固定点,在任何情况下它和固定点的连接应是刚性的。

如果有四个或四个以下的固定点,那么每一个固定点都用作控制点。如果有四个以上的固定点,那么有关规范需要规定四个有代表性的固定点作控制点。

注

1 对大的和(或)复杂的试验样品,在有关规范中规定各个控制点是个重要问题。

2 只为高再现性的各个控制点规定容差。

3.2.3 基准点

基准点是用来取得基准信号验证试验要求和表示试验样品运动的单个点。它可以是一个控制点,或者是用人工或自动方法处理各控制点信号而建立起来的一个假设点。

如果采用假设点,那么基准信号的频谱规定为全部控制点信号加速度谱密度值在每一频率上的算术平均值。在这种情况下,信号的总方均根值等于来自各控制点信号方均根值的方均根。有关规范应指明所采用的基准点,或者说明应如何选取基准点。对大的和(或)复杂的试验样品建议采用假设基准点。

注:对总方均根加速度验证,允许采用扫频技术自动处理来自各控制点的信号而建立假设点进行。但若不修正误差来源(例如:分析器频带宽度,取样时间等等)则不能用来验证加速度谱密度值。

4 严酷等级

本试验采用下列参数的组合来规定振动的严酷等级:

- 频率范围($f_1 \sim f_2$);
- 加速度谱密度等级;
- 条件试验的持续时间。

对于每一参数,有关规范应该根据下面给出的数值选择合适的要求。频率范围和加速度谱密度等级一起规定了试验的总方均根值。这些值的范围参看表 4a 和表 4b。

为了简化起见,本试验规定为平直频谱。在特殊情形下,可以相应地规定成形频谱。在这种情形下,有关规范应规定以频率为函数的加速度谱密度的频谱形状。对这种情况的特殊考虑见 4.1, 4.2 和 5.1 的注。

4.1 频率范围

有关规范应从表 1 中选取一种频率范围:

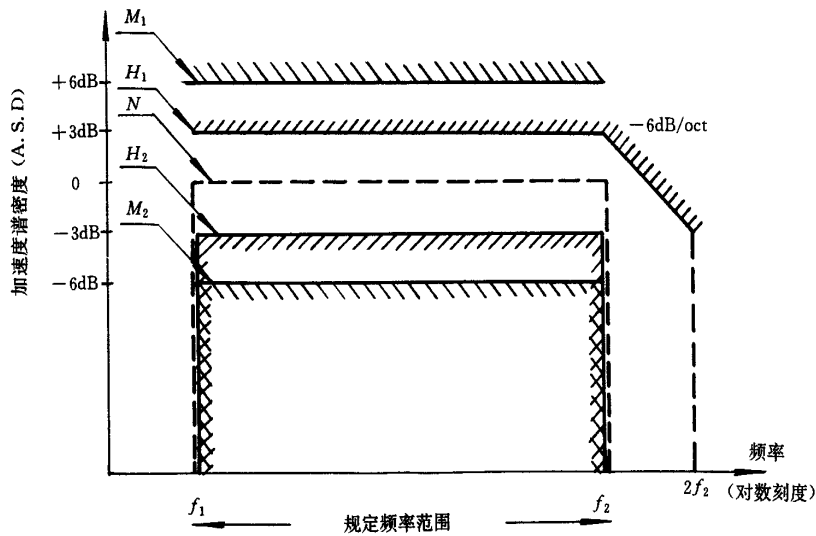
表 1

Hz

f_1	f_2	说 明
20	150	必要时,有关规范可以规定 f_1 为 5 Hz 或 10 Hz。 在特殊情况下,有关规范可以规定 f_2 为 200 Hz。
20	500	必要时,有关规范可以规定 f_1 为 50 Hz。
20	2 000	
20	5 000	

频率 f_1 和 f_2 及其和加速度谱密度的频谱的关系,见图 1。

注:在特殊情况下,如果必须规定加速度谱密度的成形频谱,则频率范围仍应尽量取自表 1。



M_1 = 容差上限, 中再现性; M_2 = 容差下限, 中再现性;
 H_1 = 容差上限, 高再现性; H_2 = 容差下限, 高再现性;
 N = 规定的加速度谱密度 (标称频谱)

图 1 加速度谱密度的频谱和容差范围

4.2 加速度谱密度频谱的等级

在 f_1 与 f_2 之间的加速度谱密度频谱等级应从下值中选取 (0 dB、见图 1):

0.05(m/s ²) ² /Hz	10.0(m/s ²) ² /Hz
0.1(m/s ²) ² /Hz	20.0(m/s ²) ² /Hz
0.2(m/s ²) ² /Hz	50.0(m/s ²) ² /Hz
0.5(m/s ²) ² /Hz	100(m/s ²) ² /Hz
1.0(m/s ²) ² /Hz	200(m/s ²) ² /Hz
2.0(m/s ²) ² /Hz	500(m/s ²) ² /Hz
5.0(m/s ²) ² /Hz	1 000(m/s ²) ² /Hz

注: 在特殊情况下, 如果必须规定具有两个或两个以上的加速度谱密度等级的频谱时, 其值仍应尽量符合上述规定。

4.3 条件试验的持续时间

持续时间应从下列时间中选取。如果规定的持续时间在每一方向等于或大于 10 h, 那么可将这个时间分为每 5 h 一个周期。但不能减少试验样品中的应力 (例如热应力等)。下列持续时间是条件试验的总时间, 应在规定方向之间平均分配。

30 s	90 min
90 s	3 h
3 min	9 h
9 min	30 h
30 min	

5 再现性等级

5.1 表征再现性等级的容差

在规定频率范围 $f_1 \sim f_2$ 以内, 用表 2 所给出的相应方向的容差来规定再现性。表中所列容差以规定加速度谱密度等级和对应的总方均根的分贝值表示。

对高再现性,应在离安装平面中心最远的控制点两互相垂直的横截方向进行横向测量。对大型结构建议测量多于一个控制点的横向加速度。

在规定频率范围 $f_1 \sim f_2$ 以外的加速度谱密度,应尽量低。

超过上限频率 f_2 直到 $2f_2$,高再现性要求加速度谱密度的频谱要低于图 1 所示 -6 dB/oct 斜率。此外,在频带 $f_2 \sim 10f_2$ 或 10 kHz 以下(采用较小者)的方均根加速度,不应超过规定频率范围以内的总方均根加速度的 25% (-12 dB)。

对中再现性,超过 f_2 时,加速度谱密度不受限制,频带 $f_2 \sim 10f_2$ 或 10 kHz 以下(采用较小者)的方均根加速度不应超过规定频率范围内总方均根加速度的 70% (-3 dB)。

对低再现性,超过 f_2 时,无论加速度谱密度或总方均根加速度都不受限制。

在较低频率 f_1 以下,对任何再现性,无论加速度谱密度或总方均根加速度都不受限制。

注

- 1 如果在特殊情况下,不能采用加速度谱密度的平直谱,有关规范可规定采用标称成形频谱,此时仍应尽量采用图 1 中的容差带。
- 2 当规定两个或两个以上的加速度谱密度等级时,有关规范应规定从一个等级过渡到另一个等级的斜率(因为斜率大的频谱难以获得和验证)不应要求大于 24 dB/oct。

表 2

dB

再现性	容 差 范 围			
	加速度谱密度的真值			预定方向的总方均根加速度的真值 ($f_1 \sim f_2$)
	预定方向		横 向	
	基准点	各控制点	各控制点	基 准 点
高再现性	± 3	± 5	$< +5$	± 1.0
中再现性	± 6	—	—	± 1.5
低再现性	注	—	—	± 2.0

注:低再现性的加速度谱密度的真值没有规定容差。但所用分析仪器给出的指示值容差不得大于 ± 3 dB。

5.2 再现性的选择

有关规范应规定适用于试验所需的再现性。再现性的分类只表示从一个试验室到另一个试验室能预计的再现性度量。

当要求低再现性试验时,有关规范的编写者可以规定所用均衡器和(或)分析器的最大容许带宽。在任何情况下,分析器的带宽不应大于 100 Hz 或三分之一倍频程(以大者为准)。当规定较宽的带宽系统时,则本试验所得出的再现性就差,但可能比其他方法要简单和便宜。应该注意,低再现性试验无需用正弦振动来进行频率响应的测量。

高再现性试验给出相对高的再现性,但一般都比较复杂,可能需要更贵重和更先进的试验设备,还由于要求附加的测试而使试验的时间较长。只有当绝对必要时才要求采用高再现性试验。

重要的是,有关规范的编写者要考虑这些因素,并且选取的再现性不要高于试验样品推荐应用时所必要的再现性。

6 正弦振动

6.1 频率响应测量

对高、中再现性来说,为进行频率响应测量,试验样品要经受正弦振动试验。此时,应在整个频率范围内的正反两个方向上,以表 3 规定幅值(取决于规定的随机振动严酷等级)进行正弦扫频。在例外情况下,例如试验样品对正弦振动很敏感时,有关规范可规定采用较低幅值。

表 3

规定等级		正弦幅值 (峰值)	
$(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$	g^2/Hz	m/s^2	g
<4.8	(<0.05)	9.8	(1.0)
4.8~19.2	(0.05~0.2)	14.7	(1.5)
>19.2	(>0.2)	19.6	(2.0)

6.2 共振检查

有关规范可以要求初始和最后共振检查。检查时应记录和比较初始和最后共振检查时发生机械共振和其他频率相关效应(例如故障)的频率点,以便提供与随机振动试验所引起的残余效应相关的补充信息。如果共振频率发生任何变化,则有关规范应说明所采取的措施。

除有关规范另有规定外,对共振检查应采用 6.1 的正弦幅值。

7 初始检测

有关规范应规定条件试验前所需进行的电气和机械性能检测。

8 条件试验

在条件试验时,应给试验样品施加全等级的随机振动。除非有关规范另有规定,试验样品要在三个相互垂直轴线上依次受振。轴线的选取要使最容易暴露样品的缺陷。

除非有关规范另有规定,如果允许,条件试验时应要求样品工作,以便确定电气性能和机械效应。

对元器件来说,有关规范应规定条件试验期间是否要进行电气和机械检查,以及在条件试验的哪一阶段上进行这些检查。

9 最后检测

有关规范应规定条件试验后所需进行的电气和机械性能检测。

10 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:

- a) 试验样品的安装方法(包括磁干扰、温度和重力影响、减震器特性及补充试验)(3.1);
- b) 基准点和控制点(3.2);
- c) 频率范围*(4.1);
- d) 加速度谱密度等级*(4.2);
- e) 条件试验持续时间*(4.3);
- f) 再现性*(5.2);
- g) 共振检查(第6章);
- h) 频率响应测量用的加速度上限(第6章);
- i) 初始检测*(第7章);
- j) 条件试验时的功能检测*(第8章);
- k) 最后检测*(第9章)。

* 必不可少的规定。

表 4a 总方均根加速度值
每一频率范围对每一加速度谱密度的总方均根加速度(矩形谱,单位:m/s²)

规定的 加速度 谱密度 (m/s ²)/Hz	规定的频率范围($f_1 \sim f_2$) Hz											
	5~150	5~200	10~150	10~200	20~150	20~200	20~500	20~2 000	20~5 000	50~500	50~2 000	50~5 000
	总方均根加速度 m/s ²											
0.048	2.65	3.04	2.55	3.04	2.55	2.94	4.81	9.81	15.7	0.46	9.81	15.7
0.096	3.73	4.32	3.62	4.31	3.53	4.22	6.77	13.7	21.6	0.66	13.7	21.6
0.192	5.30	6.20	5.20	6.08	5.00	5.89	9.61	19.6	31.4	0.93	19.6	31.4
0.48	8.33	9.71	8.24	9.61	7.95	9.32	15.7	31.4	49.1	1.47	30.4	49.1
0.96	11.8	13.7	11.8	13.7	10.8	12.8	21.6	44.1	69.7	2.06	43.2	68.7
1.92	16.7	19.6	16.7	18.6	15.7	18.6	30.4	61.8	98.1	2.94	61.8	98.1
4.8	26.5	30.4	25.5	30.4	25.5	29.4	48.1	98.1	157	4.61	98.1	157
9.6	37.3	43.2	36.2	43.1	35.3	42.2	67.7	137	216	6.60	137	216
19.2	53.0	62.0	52.0	60.8	50.0	58.9	96.1	196	314	9.32	196	314
48	83.3	97.1	82.4	96.1	79.5	93.2	157	314	491	14.7	304	491
96	118	137	118	137	108	128	216	441	697	20.6	432	687
192	167	196	167	186	157	186	304	618	981	29.4	618	981
480	265	304	255	304	255	294	481	981	1 570	46.1	981	1 570
960	373	432	362	431	353	422	677	1 370	2 160	66.0	1 370	2 160

表 4b 总方均根加速度值
每一频率范围对每一加速度谱密度的总方均根加速度(矩形谱,单位:g)

规定的 加速度 谱密度 g ² /Hz	规定的频率范围($f_1 \sim f_2$) Hz											
	5~150	5~200	10~150	10~200	20~150	20~200	20~500	20~2 000	20~5 000	50~500	50~2 000	50~5 000
	总方均根加速度 g											
0.000 5	0.27	0.31	0.26	0.31	0.26	0.30	0.49	1.0	1.6	0.47	1.0	1.6
0.001	0.38	0.44	0.37	0.44	0.36	0.43	0.69	1.4	2.2	0.67	1.4	2.2
0.002	0.54	0.63	0.53	0.62	0.51	0.60	0.98	0.2	3.2	0.95	2.0	3.2
0.005	0.85	0.99	0.84	0.98	0.81	0.95	1.6	3.2	5.0	1.5	3.1	5.0
0.01	1.2	1.4	1.2	1.4	1.1	1.3	2.2	4.5	7.1	2.1	4.4	7.0
0.02	1.7	2.0	1.7	1.9	1.6	1.9	3.1	6.3	10	3.0	6.3	10
0.05	2.7	3.1	2.6	3.1	2.6	3.0	4.9	10	16	4.7	10	16
0.1	3.8	4.4	3.7	4.4	3.6	4.3	6.9	14	22	6.7	14	22
0.2	5.4	6.3	5.3	6.2	5.1	6.0	9.8	20	32	9.5	20	32

表 4b(完)

规定的 加速度 谱密度 g^2/Hz	规定的频率范围($f_1 \sim f_2$) Hz											
	5~150	5~200	10~150	10~200	20~150	20~200	20~500	20~2 000	20~5 000	50~500	50~2 000	50~5 000
	总方均根加速度 g											
0.5	8.5	9.9	8.4	9.8	8.1	9.5	16	32	50	15	31	50
1.0	12	14	12	14	11	13	22	45	71	21	44	70
2.0	17	20	17	19	16	19	31	63	100	30	63	100
5.0	27	31	26	31	26	30	49	100	158	47	100	157
10.0	38	44	37	44	36	43	69	141	223	67	140	222

附录 A

(提示的附录)

关于宽频带随机振动试验问题的讨论

下面所讨论的几点,能使本标准的使用者获得有关选择振动试验再现性和验证方法所依据的背景信息。

A1 宽频带随机振动、固定窄带随机振动和扫描随机振动试验

我们并不认为这三种振动试验方法是等同的,所以需要各个试验单独叙述,宽频带试验占有优先地位,宽频带在技术上也是一种最先进的办法。

A2 试验目的

随机振动试验方法已列入国家标准 GB 2423(IEC 68 号标准),以扩大现行的正弦振动试验 GB/T 2423.10(IEC 68-2-6),随机振动试验是一种比较接近于实际环境可能存在振动类型的方法,并且在试验样品中产生的效应比较接近于使用中可能发生的效应。当实际环境大致为随机振动时,只要经济上合理就应采用随机振动试验,因为正弦振动和随机振动对样品失效机理的影响方式并不相同。

在“试验的基本原理”中曾经指出,在所有的国家标准和 IEC 标准试验方法中,当从一个实验室到另一个实验室时,都要求具有一定的再现性。随机振动试验也不例外。

规定和进行那些随机振动试验,不只是需要实际环境效应和合适的再现性,还需要有快速、简单的试验程序。可惜,目前技术状况下还没有快速、简单的能再现的宽频带随机振动试验。简单试验不是能再现的试验,能再现的试验就不是简单的试验。

对一些试验应用来说,再现性比简单性更为重要。对另一些试验应用来说,特别是当试验费用较紧张时,则简单性比再现性更为重要。

A3 再现性等级

单项试验方法,不能满足上述各种试验的需要。因此,经综合考虑给出了多种再现性,这些等级称为高、中、低再现性等级,并有不同的容差要求。

振动试验的再现性,在试验样品内有共振构件时,主要取决于输入试验样品的振动控制。如果要获得高再现性,那么高选择性(高 Q)共振要求试验样品安装或固定点的激励控制在很小的带宽范围内。对于随机振动试验来说,这将导致对输入到试验样品的加速度谱密度进行窄带分析和窄带控制。

通常的试验设备可以允许加速度谱密度 30 dB~40 dB 的变化为分析器带宽所掩蔽。例如 $Q=40$ 的共振,包括了总运动部分质量 10%(质量包括试验样品、夹具和振动台面),会引起在 25 Hz~500 Hz 以内 25 dB 的变化。

在 GB/T 2423.10(IEC 68-2-6)所给出的正弦振动试验通常要求幅值在控制点保持在 15% (± 1.2 dB)以内。对相同的再现性,宽频带随机振动试验在整个频率范围内要求控制加速度谱密度近似为 $\pm 30%$ (± 1.2 dB),我们认为随机振动试验的这种再现性等级,在实际应用中是难以达到的。

高再现性的宽频带随机振动试验要求在基准点控制加速度谱密度真值在 ± 3 dB 以内。对大的和复杂的试验样品,这点很难做到,但对小于振动发生器的试验样品却比较容易做到。对这种再现性,还必须考虑在预定方向上的控制点(不是基准点)和选定的一个以上控制点上的横向加速度谱密度的容差。这些容差比基准点要宽些。对大于振动发生器和夹具质量的试验样品,横向的加速度谱密度的峰值很大,在两种不同试验装置之间,频率也不同。因此,横向加速度谱密度等级可以超过预定方向规定的加速度谱密度值,允许采用 5 dB。

中再现性要求在基准点使加速度谱密度控制为 ± 6 dB。一般说来,对小试验样品达到这种再现性并不很困难,对大试验样品小心些也能达到。

低再现性不规定加速度谱密度真值的容差。但要求分析器指示值为 ± 3 dB。在低再现性试验 Fdc 附录中给出的推荐验证方法,其设计允许采用完全不同于国家标准和 IEC 环境试验方法的振动试验基本原理。一般说来,实际环境用规定的严酷等级表示,且试验给出的再现性应该和同一等级的实际再现性一样高。试验 Fdc 的基本原理是容许试验样品和夹具内产生高 Q 共振来修正加速度谱密度频谱的波峰和波谷。试验样品的共振构件所引起的波峰和波谷,在实际使用寿命期内是经常存在的,但在试验时其频率一般是不同的。较严酷的波谷,在实际场合和实验室都可能出现。此种原理通常是不能接受的,因为实验结果过分地依赖于夹具设计和振动台的大小。本试验的容差是以目前使用的方法为依据,但是,试验的使用经验将表明在今后需要对容差进行修订。

A4 验证方法

有关规范应说明实际试验所要求的再现性等级,而对低再现性也可以规定均衡系统或分析系统。给出这些条件以后,试验工程师可以自由地选择验证方法。推荐验证方法在试验 Fda[GB/T 2423.12(IEC 68-2-35)]、Fdb[GB/T 2423.13(IEC 68-2-36)]、Fdc[GB/T 2423.14(IEC 68-2-37)]的有关附录中规定。在 Fda 或 Fdb 附录中的验证方法,对同一等级的再现性,认为是等同的。

对传递率不随频率而发生显著变化的试验样品一夹具系统,其传递率应用正弦扫频来检查,同时检查噪音发生器的频谱的平坦度就足够了,这种间接方法见 Fda 或 Fdb 的附录 C。如果把均衡器接到这个系统,那么对高和中再现性,这种方法要求有 4 dB 的较紧公差,以补偿均衡器电平的可能变化,当振动电平从调正值增大到试验所规定的电平时,就会发生这种变化。

A5 验证误差的估计

根据许多宽带实用滤波器描绘的图形,[见 GB/T 2423.12(IEC 68-2-35)(试验 Fda)和 GB/T 2423.13(IEC 68-2-36)(试验 Fdb)的附录 A],并用于帮助估计所谓波纹的工具。这些图表适合于因单自由度运动质量的振动器所产生的峰谷干扰区域部分的频谱。大家知道,最重要的参数是峰谷频率和幅值比、滤波器带宽,对于分析误差,最重要的参数是 12 dB 和 3 dB 衰减点间的滤波器波形因素。

A6 扫描速度和平均时间

当分析随机过程时,常用统计平均来表示数据特征。对随机振动来说,仪器必须包括时间平均。为了得到波动相当小的加速度谱密度读数,对高、中再现性所需要的窄带宽来说,此种时间应该较长。如果采用扫描分析,那么时间域均值会引起不需要的频率域均值。因此,扫描速度要随着平均时间有关的上限而变慢。

A7 总方均根加速度的测量

在一般情况下,加速度谱密度从低频 f_1 到高频 f_2 规定为常数,在这个范围外具有某一最小斜率。但在容差较大时,则必须严格控制总方均根加速度值。当使用上述第 A4 章所述间接验证方法时,如果一般不要求做加速度谱密度的频谱分析,那么在全等级的最后试验时间控制的唯一量是方均根加速度的测量。

A8 未来发展

试验 Fda、Fdb 和 Fdc 附录中所述验证方法,是以目前广泛应用的方法为依据的,也可采用其他谱密度的验证方法,例如数字分析、实时(时间压缩)频谱分析。一旦这些分析用的仪器和资料在振动实验室内更广泛使用时,在未来的试验方法修订本中,可以列入这些验证方法。