

·测试与试验·

随机振动试验前的参数估算

安长暖

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘要: 随机振动试验是工程中常用的一种模拟试验, 应用时振动量级有可能超出振动台极限而造成破坏. 列举出对随机振动试验有直接影响的几个振动台的关键指标, 根据试验样品的振动条件, 估算出随机振动试验所需的最大推力、最大位移和最大加速度. 通过与振动台极限指标进行对比, 考核该振动台能否进行该项试验.

关键词: 随机振动; 试验; 参数估算

中图分类号: TB533⁺.1

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)04-0044-03

Parameters Estimation before the Random Vibration Experiment

AN Chang-nuan

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The Random vibration experiment is a common simulation test in the engineering experiment, while applying the vibrate quantity class, it will probably outrun vibration set extreme limit and result in break-age. Through enumerating a few key index signs of vibration pedestal directly influencing the random vibration experiment, and according to the vibration condition of product, the full thrust, the largest displacement and the maximum acceleration required to random vibration experiment were estimated. By contrasting with the vibration set extreme limit index signs, the vibration set was tested to be capable of carrying on that experiment.

Key words: random vibration; experiment; estimation

随机振动试验是目前最常用的一种模拟试验. 被广泛的应用在各种不同领域的产品中, 在检验产品的可靠性和质量方面扮演着重要的角色. 在做随机振动试验时有可能遇到试验量级超出试验台极限的情况, 这对样品和试验设备都会产生一定的破坏作用. 为了试验的顺利进行, 为了提高试验的质量, 在振动试验前有必要对试验参数进行初步估算以了解试验能否进行.

1 影响振动试验的几个关键指标

试验推力: 试验推力对试验起着决定性的作用. 所需推力超过额定推力则试验不能进行, 但是推力远远小于额定推力, 容易造成资源浪费. 通过推力计

算合理选择振动台.

最大位移: 目前大多数电动振动台额定位移行程为 25.4 mm (单峰). 随机振动试验时, 从振动条件上看不出随机振动的最大位移, 而其值也是不确定的. 因此有必要在试验前估算最大位移, 避免因超过行程而损坏振动台.

加速度: 对于随机振动是指均方根加速度. 它是表征随机振动总能量的统计参数.

频率范围: 目前电磁振动台的频率多数可以达到 3 000~5 000 Hz, 基本可以满足产品试验的要求.

2 随机振动试验参数的估算

目前随机振动试验采用最多的是宽带随机振

收稿日期: 2009-05-31

作者简介: 安长暖(1979-), 男, 辽宁锦州人, 学士, 工程师, 研究方向为质量管理和环境试验技术.

动.根据试验样品给出的振动要求,计算试验所需的量值,通过与振动台的极限值进行对比,估算试验能否进行.振动台极限参数见表 1,产品参数见表 2.

表 1 振动台极限参数

额定推力	20.6 kN
最大位移	25.4 mm(单峰)
最大加速度	100 g
最大速度	1.5 m/s ²
频率范围	5~3 000 Hz
台面尺寸	Φ500 mm

表 2 试验样品参数

	质量	安装面尺寸	振动要求
样品	25 kg	231 mm×135 mm	见图 2

2.1 参数估算的依据

随机振动试验需要估算的有:随机推力和随机振动最大位移.随机振动一般给出功率谱密度与频率的关系曲线如图 1 所示,根据该曲线及相关计算公式即可计算出总均方根加速度,根据加速度估算出随机推力.

(1)加速度均方根的计算公式^[1]

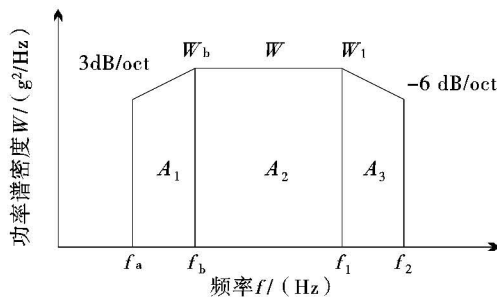


图 1 功率谱密度曲线图

图 1 中, A₁ 为升谱,斜率为 3 dB/oct; A₂ 为平直谱; A₃ 为降谱,斜率为 -6 dB/oct, W_b 和 W₁ 分别为 f_b、f₁ 点对应的功率谱密度, W 为平直谱对应的功率谱密度.

加速度总均方根值由曲线下总面积的和经过开方运算得到,用以下公式表示

$$G_{rms} = \sqrt{A_1 + A_2 + A_3}(g) \quad (1)$$

式中, A₁ 为升谱曲线所含的面积, A₂ 为平直谱曲线所含的面积, A₃ 为降谱曲线所含的面积.图谱曲线所含的面积通过谱密度函数在频率上进行积分算出.

直谱曲线所含的面积为

$$A_2 = W \cdot \Delta f = W \times (f_1 - f_b) \quad (2)$$

升谱曲线所含的面积为

$$A_1 = \int_{f_a}^{f_b} \omega(f) df = \frac{\omega_b f_b}{m+1} \left[1 - \left(\frac{f_a}{f_b} \right)^{m+1} \right] \quad (3)$$

降谱曲线所含的面积

$$A_3 = \int_{f_1}^{f_2} \omega(f) df = \frac{\omega_1 f_1}{m-1} \left[1 - \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^{m-1} \right] \quad (4)$$

式中, m = N/3; N 为谱线的斜率 (dB/octive). 若 N=3 则 m=1 时,式(4)中的分母为零,必须采用下式计算降谱面积

$$A_3 = 2.3 \omega_1 f_1 \cdot \lg \frac{f_2}{f_1} \quad (5)$$

(2)试验推力的计算公式

$$F = (m_0 + m_1 + m_2)G \quad (6)$$

式中, F 为推力(激振力)(N); m₀ 为振动台运动部分有效质量(kg); m₁ 为辅助台面质量(kg); m₂ 为试件(包括夹具、安装螺钉)质量(kg); G 为试验加速度(m/s²).

(3)位移的计算公式

准确的方法应该找出位移谱密度曲线,计算出均方根位移值,再用均方根位移算出最大峰值位移.在工程上往往只要估计一个大概的值.这里介绍一个简单的估算公式,通过估算的值比实际要大.

$$X_{p-p} = 1.067 \times \left(\frac{\omega_0}{f_0^3} \right)^{\frac{1}{2}} = 1.067 \times \sqrt{\frac{\omega_0}{f_0^3}} \quad (7)$$

式中, X_{p-p} 为最大的峰峰位移(mm_{p-p}); f₀ 为下限频率(Hz); ω₀ 为下限频率(f₀)处的功率谱密度值(g²/Hz).

2.2 随机振动试验的参数估算

例如,一个试验样品的振动要求如图 2 所示,其中 B₁ 为升谱,斜率是 4 dB/oct; B₂ 为平直谱; B₃ 为降谱,斜率是 -6 dB/oct.

(1)均方根加速度的计算

根据式(2)计算平直谱面积,从图 2 可以得到 ω = 0.25, f₁ = 1 000 Hz, f_b = 300 Hz,将参数带入式(2)得到

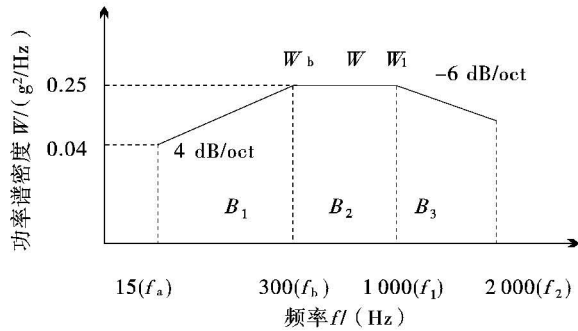


图2 试验频谱(随机振动)

$$B_2 = W \times (f_1 - f_b) = 0.25 \times (1\,000 - 300) = 175$$

根据式(3)计算升谱面积,从图2可以得到 $m = N/3 = 4/3$, $\omega_b = 0.25$, $f_a = 15$, $f_b = 300$,将参数带入式(3)得到

$$B_1 = \frac{\omega_b f_b}{m+1} \left[1 - \left(\frac{f_a}{f_b} \right)^{m+1} \right] = \frac{0.25 \times 300}{\frac{4}{3} + 1} \times \left[1 - \left(\frac{15}{300} \right)^{\frac{4}{3} + 1} \right] = 32$$

根据式(4)计算降谱面积,从图2可以得到 $m = N/3 = 6/3 = 2$, $\omega_1 = 0.25$, $f_1 = 1\,000$, $f_2 = 2\,000$,将参数带入式(4)得到

$$B_3 = \frac{\omega_1 f_1}{m-1} \left[1 - \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^{m-1} \right] = \frac{0.25 \times 1\,000}{2-1} \times \left[1 - \left(\frac{1\,000}{2\,000} \right)^{2-1} \right] = 125$$

根据式(1)计算均方根加速度,将 B_1, B_2, B_3 值带入式(1)得到

$$G_{rms} = \sqrt{A_1 + A_2 + A_3} = \sqrt{32 + 175 + 125} = 18\text{ g}$$

(2)推力计算

根据式(6)计算试验最大推力,查振动台参数可知 $m_0 = 8.3\text{ kg}$, $m_1 = 25\text{ kg}$;从表2可知 $m_2 = 25\text{ kg}$; $G = G_{rms} = 18\text{ g}$,将参数带入式(6)得到

$$F = (m_0 + m_1 + m_2) G = (8.3 + 25 + 25) \times 18 \times 9.8 = 10.28\text{ kN}$$

(3)随机振动最大位移的计算

根据式(7)计算位移,从图2可知 $f_0 = f_a = 15$, $\omega_0 = 0.04$,将以上参数带入式(7)得到

$$X_{p-p} = 1\,067 \times \sqrt{\frac{\omega_0}{f_0^3}} = 1\,067 \times \sqrt{\frac{0.04}{15^3}} = 3.67\text{ mm}$$

所以单峰位移 $X_{p-0} = 1.84\text{ mm}$

3 估算结果分析

将所估算的结果与振动台的极限参数进行对比,见表3.

表3 试验参数与振动台极限参数

	额定推力/kN	最大位移/mm	最大加速度/g	频率范围/Hz	尺寸
振动台	20.6	25.4(单峰)	100	5-3 000	Φ500 mm
试验样品	10.28	1.84(单峰)	18	15-2 000	231 mm×135 mm
结论	满足	满足	满足	满足	满足

通过表3中数据表明,振动台完全可以胜任该试验样品的试验条件要求.

4 结 论

根据最常用的宽带随机试验图谱估算出了试验可能达到的最大推力和位移,通过与振动台极限参数进行对比,可以初步判定该试验样品能否在这个振动台上进行试验.但是实际情况往往很复杂,除了估算外还要在振动台上进行试振.试振没问题就可

以进行正式试验了.

参考文献

- [1] 胡志强,法庆衍,洪宝林.随机振动试验应用技术[M].北京:中国计量出版社,1996:184-191.
- [2] 李德葆.工程振动试验分析[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [3] 力学环境试验技术委员会.力学环境试验技术[M].西安:西北工业大学出版社,2003.
- [4] 林家浩.随机振动的虚拟激励法[M].北京:科学出版社,2004.