



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 4857.23—2003

---

## 包装 运输包装件 随机振动试验方法

Packaging—Transport packages—Random vibration test method

2003-07-14 发布

2003-12-01 实施

---

中华人民共和国  
国家质量监督检验检疫总局 发布

## 前 言

美国材料与试验协会标准 ASTM4728—1995《运输包装件随机振动试验方法》、国际标准 ISO 13355—2001《包装 运输包装件 随机振动试验》在内容上基本相同,但考虑到 ASTM4728—1995 比 ISO 13355—2001 内容较为详细,操作性较强,本标准修改采用 ASTM4827—1995。

本标准与 ASTM4728—1995 的主要差异:

1. 取消了“4 用途和意义”因为这一部分属于对随机振动试验的原理性解释,本标准不作说明。
2. 保留了原标准两个推荐性附录的内容,作为本标准的资料性附录。其中原 ASTM 标准附录 X1 作为本标准的资料性附录 A,原 ASTM 标准附录 X2 作为本标准的资料性附录 B,同时在附录 B 中补充了少量我国随机振动功率谱密度试验数据实例。

本标准的附录 A、附录 B 为资料性附录。

本标准由中国包装总公司提出。

本标准由全国包装标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位:中国包装科研测试中心、华为技术有限公司。

本标准主要起草人:李华、邵忱、徐炜峰、韩雪山、戴震兴、韩冬、苏远。

# 包装 运输包装件 随机振动试验方法

## 1 范围

本标准规定了运输包装件、集装单元进行随机振动试验时所用试验设备的主要性能要求,试验程序及试验报告的内容。

本标准适用于评定运输包装件、集装单元经受随机振动时,内外包装的强度、包装箱的封合强度和包装对内装物的保护能力。它既可以作为单项试验,也可以作为一系列试验的组成部分。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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标准,然而,鼓励根据本标准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标准。

GB/T 4122.1 包装术语 基础

GB/T 4122.3 包装术语 防护

GB/T 4857.1 包装 运输包装件 试验时各部位的标示方法

GB/T 4857.2 包装 运输包装件 温湿度调节处理

GB/T 4857.17 包装 运输包装件 编制性能试验大纲的一般原理

## 3 术语和定义

GB/T 4122.1 和 GB/T 4122.3 确立的术语以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**均衡 equalization**

在整个预定频率范围内的每一个特定频率段上,对随机振动输入信号进行不同程度的放大和衰减,从而使振动台面或试验样品上的某一点达到预定的振动要求。

### 3.2

**功率谱密度(PSD) power spectral density(PSD)**

用于量化随机振动强度的术语,表示为单位频率的加速度均方值,单位  $g^2/Hz$ 。

### 3.3

**随机振动 random vibration**

在振动过程中,质点运动周期没有规律,并且过程永不精确重复,只能用统计方法来研究的非周期性振动。

### 3.4

**$\sigma$  驱动信号处理 sigma drive signal clipping**

振动系统的振动或输出信号的最大振幅被限制为一个  $\sigma$  值或一个均方根(rms)的倍数值的情况。

### 3.5

**统计自由度(DOF) statistical degrees of freedom(DOF)**

统计自由度反应的是对 PSD 统计的准确性。其计算见式(1):

$$DOF = 2 \times BT \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$B$ ——频谱分析中的频率分辨率,单位为赫兹(Hz);

$T$ ——记录时间,单位为秒(s)。

#### 4 试验设备

##### 4.1 振动试验机

振动试验机应有一个具有足够的强度、刚度和承载能力的尺寸适宜的振动台,能产生单轴向的振动,并能在预定频率范围内产生连续变化的振幅,具有防止其他轴向振动的功能。

##### 4.2 控制系统

控制系统应能有效地控制振动台,使试验样品附近产生预定的 PSD。闭环控制和开环控制系统的实时数字分析都要使用至少 60DOF 自由度和最大 2 Hz 的频谱分析带宽。

##### 4.2.1 闭环控制系统

闭环控制是一个自动均衡系统,操作者可以输入预定的 PSD 数值。控制系统能使振动台面上试验样品附近自动产生预定 PSD 的随机振动信号。典型的系统应包括读取反馈信号的模数转换器、产生驱动信号的数模转换器、实时数字分析处理器、随机振动控制软件、曲线显示终端、打印机、硬/软磁盘存储器及磁盘驱动器。

注:典型的随机振动系统产生一个呈正态分布的驱动信号。为了避免试验样品遭受瞬时高幅振动,系统可以增加  $\sigma$  驱动信号处理功能。

##### 4.2.2 开环控制系统

根据试验负载,使用专用的记录仪器调节振动驱动系统,使振动台面上试验样品附近产生预定的 PSD 随机振动。典型的系统包括:记录/播放或播放设备,记录数据的贮存媒体,控制整体振动系统递增驱动信号的设备,一个监控整个水平的瞬时加速度显示器。为再现试验振动频谱,播放设备要有足够大的频率范围和动态响应范围。条件许可的情况下,开环控制系统应使用闭环控制方法来分别对每个试验样品进行均衡,以保证真实的 PSD、样品动态响应和预期的试验强度不产生重大偏差。在不能对每个试验样品分别进行均衡的情况下,允许使用与试验样品相同质量的模拟物来进行均衡。

注:由于开环控制系统不能补偿试验样品的真实响应,所以操作时应非常小心,并需要反复修正。

##### 4.3 流通环境频谱记录设备

为了保证记录的准确,记录设备应具有适宜的频响宽度和动态范围,以免降低加速度强度或产生噪声干扰。采集的数据必需转换并修正为 PSD 形式。

##### 4.4 辅助设备

加速度传感器、信号调节器、频谱分析仪、数据显示器、存储器、振动台 PSD 测量设备、监控试验样品反应的设备等。在整个试验频率范围内这些设备的准确度应为  $\pm 5\%$ 。

#### 5 试验程序

##### 5.1 试验样品的准备

按 GB/T 4857.17 的要求准备试验样品。

试验样品应与实际运输的包装件相同(相同的包装和真实的产品)。在不影响试验结果的情况下,可以使用有缺陷的产品或等外品,这些情况需要在实验报告中说明。若产品有危险或很昂贵,也可以使用模拟内装物,在试验后必须评价真实包装件能否通过试验。

如果需要对产品进行观测,可以在外包装上不重要的位置挖个孔。

##### 5.2 试验样品各部位的编号

按 GB/T 4857.1 的规定,对试验样品各部位进行编号。

##### 5.3 试验样品的预处理

按 GB/T 4857.2 的规定,选定一种条件对试验样品进行温、湿度预处理。

如果没有给出环境条件,包装材料对湿度又敏感,建议在  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  温度和  $50\% \pm 2\%$  相对湿度条

件下预处理至少 24 h。

#### 5.4 试验强度的选择

根据试验目的选用适当试验强度值,应优先选用从流通环境中实际采集的 PSD 和加速度均方根 (grms) 值,或参考选用附录中的数值,或从公开发表的 PSD 资料中选择一个适用的试验强度。

#### 5.5 设备校准

##### 5.5.1 试验前校准

试验前要对所有仪器和设备的准确性进行校验,保证达到预定的试验强度和允差。

加速度传感器应直接安装在振动台上测量反馈信息。它应放置在样品附近或样品下面振动台的背面。

振动系统的控制信号应用 4.2 中所述的控制系统进行均衡,来补偿振动台面对试验样品的驱动力、试验系统的传输功能和控制系统的传输功能。

##### 5.5.2 随机振动试验的允差

随机振动所产生的 PSD 强度误差在整个试验频率范围内的任意一个频率分析段上都不能超过  $\pm 3$  dB,当累计分析带宽为 10 Hz 时,这个误差允许达到  $\pm 6$  dB。同时,整个加速度均方根的误差不能超过预定的  $\pm 15\%$ 。

对于开环控制方法,实时加速度均方根测量表的瞬时时间间隔应为 1 s~2 s。

均衡器的最大分析带宽应根据 PSD 曲线上每段线段的斜率而变化,斜率越大的曲线使用的频谱分析带宽越窄,应使带宽两端的 PSD 值控制在  $\pm 3$  dB 之内。

在使用  $\sigma$  驱动信号处理时,分析的水平不能低于  $3.0\sigma$ 。

#### 5.6 试验步骤

##### 5.6.1 记录试验场所的温湿度。

##### 5.6.2 按预定的状态将试验样品置于振动台台面上。

5.6.2.1 试验样品的重心要尽量接近台面的中心,保证预期的振动(水平或垂直)能够传送到外包装上。

5.6.2.2 集装荷载、堆码振动或单独的包装件都应使用不固定方式放置,包装件用围框围住,以免它在振动过程中从台上坠落。调整保护设施的位置,使试验样品在任意水平方向上有大约 10 mm 的活动空间。

5.6.2.3 只有当包装件在真实的运输条件下需要固定时(如平板货车),试验时才将样品固定放置。

5.6.3 刚开始试验时,必须保证其强度不能超过选择的 PSD 曲线强度。

5.6.4 按下列两种方法进行试验:

5.6.4.1 方法 A:试验应以至少低于预定 PSD 6 dB 开始启动,然后分一步或几步增加强度直到达到预定值,使闭环控制系统在较低的试验强度下完成均衡。

5.6.4.2 方法 B:应逐步递增控制系统的驱动信号,使试验强度逐渐增加到预定强度值。

注 1: 对于一个全新的试验过程,随机振动会产生一个相对振幅较大的低频的位移。

注 2: 在试验过程中试验样品可能产生强烈的机械反应。因此栅栏、保护物等都要有足够的强度和安全性。在操作时应始终警惕潜在的危险并事先采取安全措施。如有危险发生请立即停止试验。

##### 5.6.5 时间

5.6.5.1 继续振动直至完成预定时间的随机振动,或者直到包装件出现损伤时停止试验。这段时间的振动完全是在预定强度下完成的,调节振动强度时间不计在内。

5.6.5.2 可以增加试验强度来缩短试验时间。

5.6.5.3 在能够得到实际流通过程反馈信息的情况下,允许根据实际破损率来调整试验时间和 PSD。例如:实验室的试验没有产生实际的运输损害水平,就可以调整。

## 6 试验报告

试验报告应包括下列内容:

- a) 详细说明内装物的名称、规格、型号、质量(以千克计)、数量及任何相关的细节;如果使用的是模拟内装物,应予以详细说明;
- b) 试验样品的数量、质量(以千克计)、放置状态;在测试组合包装件时,还应描述它的总质量、堆码高度、组合方式等;
- c) 详细说明包装容器的名称、尺寸、质量、结构和材料规格、附件、缓冲衬垫、支撑物、固定方法、封口、捆扎方式及其他的防护措施;
- d) 试验设备的说明;
- e) 试验样品预处理的温湿度和时间;
- f) 试验场所的温度和相对湿度;
- g) 是否添加载荷。如果加有载荷,说明所加载荷的质量(以千克计),及试验样品承受载荷的持续时间;
- h) 固定措施,是否使用了低围框或高围框,是否固定在振动台面及固定方式;
- i) 随机振动 PSD 曲线地选择依据,包括对测量和测试技术分析细节的描述;
- j) 试验方法的细节,包括试验强度的频谱分析带宽、DOF、驱动信号处理方式和试验时间;
- k) 试验方法准确性的核对,包括真实输入的 PSD 振动曲线或任何偏差的描述;
- l) 对所有有助于正确理解试验结果的共振现象的描述,以及有利于改进内、外包装和产品的观察叙述;
- m) 试验结果:应详细记录观察到的任何可以帮助正确解释试验结果的现象;
- n) 试验前样品接受的任何测试;
- o) 应用本标准及参考标准的情况;
- p) 实验室名称和地址及用户的名称和地址;
- q) 试验报告编号、接受任务的日期和试验日期;
- r) 试验人员的姓名、职称、签名,试验单位盖章。

## 附录 A

(资料性附录)

## 美国随机振动功率谱密度曲线实例

A.1 图 A.1 列举了不同运输方式的几种不同振动强度和频谱示例。

A.1.1 图 A.1 中的振动强度是在不同载重、不同减振系统、不同路面情况、不同的天气和行驶速度等条件下所采集的振动强度的平均值。它不代表某一特定的运输环境。具体准确的信息要由使用者通过这种方法自己采集。

A.1.2 地面坑洼、轨道接口和运输工具制动/起动引起的振动没有在图 A.1 中反映。

A.1.3 图 A.1 曲线强度例在表 A.1 中。

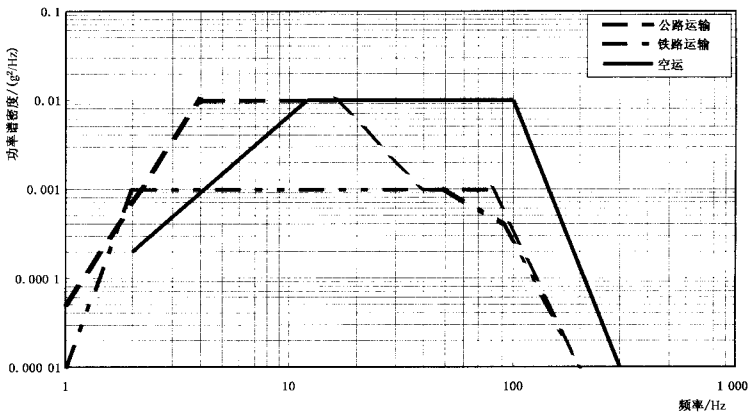


图 A.1 不同运输方式随机振动 PSD 曲线

表 A.1 图 A.1 的数据表

公路运输		铁路运输		空 运	
频率/Hz	强度/(g <sup>2</sup> /Hz)	频率/Hz	强度/(g <sup>2</sup> /Hz)	频率/Hz	强度/(g <sup>2</sup> /Hz)
1	0.000 05	1	0.000 01	2	0.000 2
4	0.01	2	0.001	12	0.01
16	0.01	50	0.001	100	0.01
40	0.001	90	0.000 4	300	0.000 01
80	0.001	200	0.000 01		
200	0.000 01				
加速度均方根 (grms)	0.52		0.29		1.09

A.2 图 A.2 给出了不同减振的车辆和不同负载的车辆的不同振动曲线。

A.2.1 图 A.2 中这些曲线是卡车在美国州际高速公路以 88.5 km/h 速度行驶时的振动情况。

A.2.2 图 A.2 曲线的数据列在表 A.2 中。

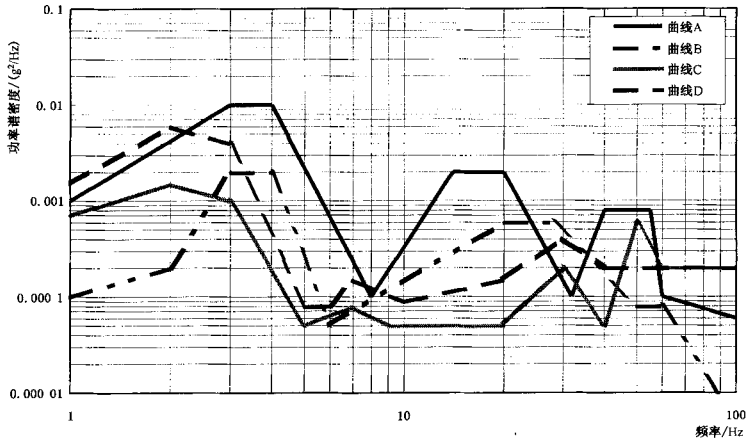


图 A.2 不同货载卡车随机振动 PSD 曲线

表 A.2 图 A.2 的数据表

曲线 A		曲线 B		曲线 C		曲线 D	
频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)	频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)	频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)	频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)
1	0.001	1	0.000 1	1	0.000 7	1	0.001 5
3	0.01	2	0.000 2	2	0.001 5	2	0.006
4	0.01	3	0.002	3	0.001	3	0.004
8	0.000 1	4	0.002	5	0.000 05	5	0.000 08
14	0.002	6	0.000 05	7	0.000 08	6	0.000 08
20	0.002	20	0.006	9	0.000 05	7	0.000 15
32	0.000 1	28	0.000 6	20	0.000 05	10	0.000 09
40	0.000 8	50	0.000 08	30	0.000 2	20	0.000 15
55	0.000 8	60	0.000 08	40	0.000 05	30	0.000 4
60	0.000 1	100	0.000 005	50	0.006	40	0.000 2
100	0.000 05			60	0.000 2	100	0.000 2
				100	0.000 2		
加速度均方根 (grms)	0.26		0.14		0.14		0.17

注 1：曲线 A 是弹簧减振汽车负载 9 072 kg(20 000 b) 的货物。

注 2：曲线 B 是弹簧减振汽车负载 18 144 kg(40 000 b) 的货物。

注 3：曲线 C 是空气减振汽车负载 2 268 kg(5 000 b) 的货物。

注 4：曲线 D 是空气减振汽车负载 8 165 kg(18 000 b) 的货物。

A.3 图 A.3 列举了簧减振卡车负载 18 144 kg(40 000 b) 的货物,以 88.5 km/h 的速度行驶在混凝土州际高速公路上的 XYZ 三个轴向振动强度曲线。



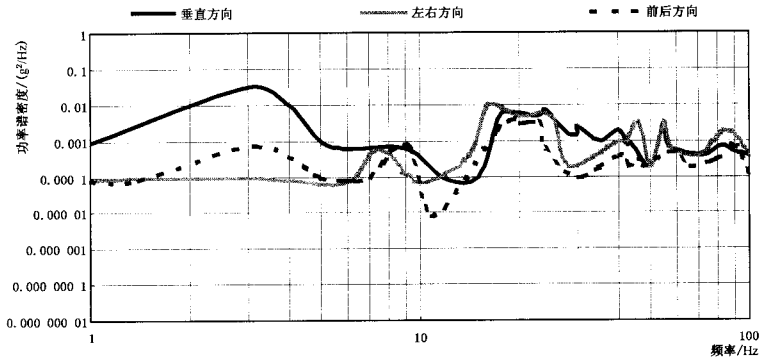


图 A.3 卡车 XYZ 三个轴向随机振动 PSD 曲线

A.4 图 A.4 列举了用不同类型铁路运输时的不同振动强度曲线。它们是在不同的路途、不同的旅程、以不同速度运输时采集的振动强度平均值。

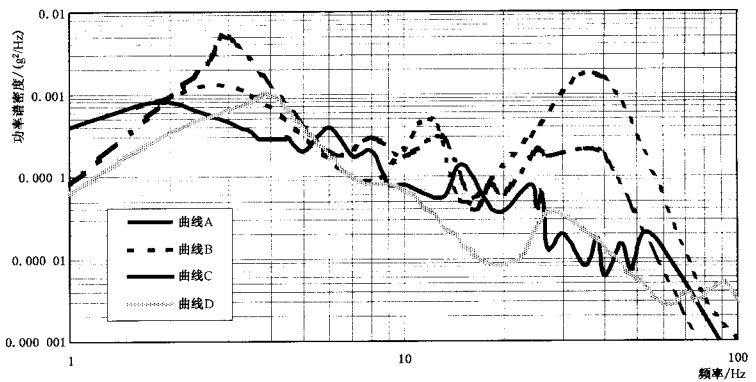


图 A.4 不同铁路运输方式随机振动 PSD 曲线

- 注 1：曲线 A 是标准牵引货车在中部测量的结果。  
 注 2：曲线 B 是铰链连接集装箱车 (COFC, 单层堆码、五个单元)。  
 注 3：曲线 C 是铰链连接平板车 (TOFC, 五个单元)。  
 注 4：曲线 D 是 27 m 长的平板车。

附录 B  
(资料性附录)

中国天津外环线随机振动功率谱密度曲线实例

B.1 图 B.1 列举了簧减振卡车在不同负载条件下,以匀速 50 km/h 的速度行驶在沥青柏油公路上垂  
直轴向振动强度曲线,这些曲线采集自天津外环线(一级公路)。

B.2 图 B.1 的 PSD 数据见表 B.1。

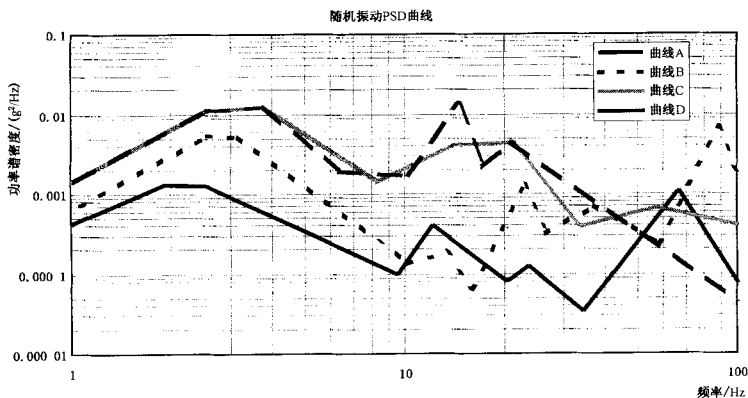


图 B.1 中国天津外环线随机振动 PSD 曲线

注 1: 曲线 A, 载重量小于 1 000 kg。

注 2: 曲线 B, 载重量 1 000 kg。

注 3: 曲线 C, 载重量 1 500 kg。

注 4: 曲线 D, 载重量 4 500 kg。

表 B.1 中国天津外环线随机振动功率谱密度数据

曲线 A		曲线 B		曲线 C		曲线 D	
频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)	频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)	频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)	频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)
1	0.000 187	1	0.000 22	1	0.000 498	1	0.000 498
2	0.001 31	2	0.005 4	2	0.011 2	2	0.011 2
3	0.001 28	3	0.005 34	4	0.012 4	4	0.012 4
10	9.94E-05	10	0.000 135	8	0.001 42	6	0.001 91
12	0.000 405	13	0.000 185	14	0.004 17	10	0.001 72
20	7.97E-05	16	6.45E-05	21	0.004 43	15	0.013 55
24	0.000 124	23	0.001 29	34	0.000 392	17	0.002 11
34	3.36E-05	27	0.000 313	57	0.000 682	21	0.004 43
67	0.001 12	38	0.000 697	101	0.000 401	100	4.34E-05

表 B. 1(续)

曲线 A		曲线 B		曲线 C		曲线 D	
频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)	频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)	频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)	频率/ Hz	功率谱密度/ (g <sup>2</sup> /Hz)
103	6.29E-05	58	0.000 23				
		88	0.006 8				
		102	0.001 52				
加速度均方 根(g <sub>rms</sub> )	0.18		0.38		0.46		0.38