



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 948—2018

---

## 电动振动试验系统

Electrodynamic Vibration Testing Systems

2018-02-27 发布

2018-08-27 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 电动振动试验系统检定规程

Verification Regulation of  
Electrodynamic Vibration Testing Systems

JJG 948—2018  
代替 JJG 948—1999  
JJG 190—1997

归口单位：全国振动冲击转速计量技术委员会

主要起草单位：中航工业北京长城计量测试技术研究所  
中国计量科学研究院

参加起草单位：北京中元环试机电设备技术有限公司

苏州东菱振动试验仪器有限公司

苏州苏试试验仪器股份有限公司

工业和信息化部电子第五研究所

本规程委托全国振动冲击转速计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

王显伟（中航工业北京长城计量测试技术研究所）

曾 吾（中航工业北京长城计量测试技术研究所）

蔡晨光（中国计量科学研究院）

**参加起草人：**

张 越（北京中元环试机电设备技术有限公司）

江运泰（苏州东菱振动试验仪器有限公司）

李 平（苏州苏试试验仪器股份有限公司）

郑术力（工业和信息化部电子第五研究所）



# 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 概述 .....	( 1 )
4 计量性能要求 .....	( 1 )
4.1 振动控制器 .....	( 1 )
4.2 正弦振动 .....	( 2 )
4.3 随机振动 .....	( 3 )
4.4 正弦加宽带随机振动 .....	( 5 )
4.5 窄带随机加宽带随机振动 .....	( 5 )
4.6 经典冲击 .....	( 5 )
5 通用技术要求 .....	( 5 )
5.1 外观要求 .....	( 5 )
5.2 其他技术要求 .....	( 5 )
6 计量器具控制 .....	( 6 )
6.1 检定条件 .....	( 6 )
6.2 检定项目 .....	( 6 )
6.3 检定方法 .....	( 7 )
6.4 检定结果的处理 .....	( 17 )
6.5 检定周期 .....	( 17 )
附录 A 随机信号的检验 .....	( 18 )
附录 B 检定证书内页格式 .....	( 22 )
附录 C 检定结果通知书内页格式 .....	( 24 )
附录 D 检定记录格式 .....	( 25 )

## 引 言

本规程依据 JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》进行编写。本规程对 JJG 948—1999 进行了修订，并涵盖了 JJG 190—1997 的内容。为满足 GB/T 2423《电工电子产品环境试验》和 GJB 150A《军用设备环境试验方法》等新修订的环境试验标准对试验设备的要求，本规程除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 将原名称“数字式电动振动试验系统”修改为“电动振动试验系统”；
- 取消了原规程中对振动台推力的限制；
- 增加了随机振动台面均匀度和横向振动比的要求；
- 部分计量性能要求做了调整。

本规程代替 JJG 948—1999 和 JJG 190—1997。

JJG 190—1997 的历次版本发布情况：

- JJG 190—1987。



## 电动振动试验系统检定规程

### 1 范围

本规程适用于电动振动试验系统（以下简称试验系统）的首次检定、后续检定和使用中检查。

### 2 引用文件

本规程引用下列文件：

JJF 1156 振动 冲击 转速计量术语及定义

GB/T 7670—2009 电动振动发生系统（设备）性能特性

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

### 3 概述

电动振动试验系统是用来按照试验标准要求产生不同振动和冲击等激励（如正弦振动、随机振动、正弦加宽带随机振动、窄带随机加宽带随机、经典冲击、冲击响应谱等）的动态力学环境试验设备。如图 1 所示，它通常由数字式振动控制器、电动振动台、功率放大器、控制加速度计及其他附属设备等组成。

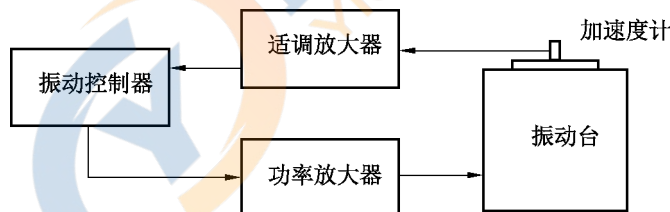


图 1 试验系统组成示意图

### 4 计量性能要求

本规程涵盖了试验系统各种不同功能的计量性能要求内容，如果试验系统只有部分功能，则必须对系统含有的全部功能进行性能检定。例如只有正弦振动功能，则必须对所有正弦振动功能项进行性能检定。

#### 4.1 振动控制器

4.1.1 振动控制器在规定的频率范围内，其频率示值误差如表 1 所示。

表 1 频率示值误差

频率范围	A 级	B 级	C 级
$f < 100 \text{ Hz}$	$\pm 0.05 \text{ Hz}$	$\pm 0.1 \text{ Hz}$	$\pm 0.5 \text{ Hz}$
$f \geq 100 \text{ Hz}$	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.5\%$

- 4.1.2 振动控制器正弦信号谐波失真度不大于 0.1%。
- 4.1.3 振动控制器随机自闭环加速度功率谱控制动态范围应控制在 (59~61) dB。
- 4.1.4 多通道振动控制器任意两通道之间的一致性应满足表 2 的要求。

表 2 通道间一致性

级别	A 级	B 级	C 级
幅值比	$\leq 0.1 \text{ dB}$	$\leq 0.2 \text{ dB}$	$\leq 0.3 \text{ dB}$
相位差	$\leq 1^\circ$	$\leq 2^\circ$	$\leq 3^\circ$

## 4.2 正弦振动

- 4.2.1 试验系统加速度噪声应满足表 3 的要求。

表 3 试验系统加速度噪声

级别	A 级	B 级	C 级
加速度噪声	$\leq 1 \text{ m/s}^2$	$\leq 2 \text{ m/s}^2$	$\leq 5 \text{ m/s}^2$

- 4.2.2 振动台空载频响特性要和出厂时相一致，共振频率偏差应不大于 5%。

- 4.2.3 试验系统的振动加速度幅值示值误差应满足表 4 的要求。

表 4 振动加速度幅值示值误差

级别	A 级	B 级	C 级
幅值示值误差	$\pm 5\%$	$\pm 8\%$	$\pm 10\%$

- 4.2.4 试验系统工作时，台面加速度谐波失真度应满足表 5 的要求。

表 5 加速度谐波失真度

频率范围	A 级	B 级	C 级
$f \leq 20 \text{ Hz}$	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$	$\pm 25\%$
$f > 20 \text{ Hz}$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$	$\pm 10\%$

注：在 20 Hz 以上允许有不超过 2 个失真度较大的频带，在该频带内最大失真度不大于 25%，频带宽度不超过最大失真度对应频率的  $\pm 10\%$ 。

- 4.2.5 试验系统工作时，台面加速度幅值均匀度应满足表 6 的要求。

表 6 台面加速度幅值均匀度

小台面	频率范围	A 级	B 级	C 级
	$f \leq 500 \text{ Hz}$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$	$\pm 15\%$
	$500 \text{ Hz} < f \leq 1\,500 \text{ Hz}$	$\pm 20\%$	$\pm 25\%$	$\pm 25\%$
	$f > 1\,500 \text{ Hz}$	$\pm 25\%$	$\pm 30\%$	$\pm 35\%$

表 6 (续)

大台面	频率范围	A 级	B 级	C 级
	$f \leq 500 \text{ Hz}$	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$	$\pm 25\%$
	$500 \text{ Hz} < f \leq 0.7 f^* \text{ Hz}$	$\pm 25\%$	$\pm 30\%$	$\pm 50\%$
	$f > 0.7 f^* \text{ Hz}$	$\pm 30\%$	$\pm 50\%$	$\pm 70\%$

注：

- 1 振动台台面最外圈安装螺栓孔分布圆直径大于 400 mm 的振动台为大台面。
- 2  $f^*$  为试验台的一阶共振频率。
- 3 在工作频率范围内允许有不超过 2 个均匀度较大的频带，在该频带内最大加速度幅值均匀度不大于 50%（小台面）及 150%（大台面）或给出实际测量值（大台面），频带宽度不超过最大均匀度对应频率的  $\pm 10\%$ 。

4.2.6 试验系统工作时，台面横向振动比（横向加速度幅值与主振方向加速度幅值之比）应满足表 7 的要求。

表 7 台面横向振动比

频率范围	A 级	B 级	C 级
$f < 20 \text{ Hz}$	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$	$\pm 25\%$
$20 \text{ Hz} \leq f < 500 \text{ Hz}$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$	$\pm 15\%$
$f \geq 500 \text{ Hz}$	$\pm 20\%$	$\pm 25\%$	$\pm 50\%$

注：在工作频率范围内，允许有不超过 2 个横向振动比较大的频带，在该频带内最大横向振动比不应大于 100%，频带宽度不超过对应频率的  $\pm 10\%$ 。

4.2.7 试验系统在规定的频率范围内作扫频振动，扫频方式为对数形式，扫频速率为 1 oct/min，扫频定振精度应满足表 8 的要求。

表 8 扫频定振精度

级别	A 级	B 级	C 级
定振精度	$\pm 0.4 \text{ dB}$	$\pm 0.6 \text{ dB}$	$\pm 1.0 \text{ dB}$

4.2.8 试验系统在规定的频率范围内做 1 h 定频定加速度连续振动，其加速度幅值的稳定性应不大于 5%。

4.2.9 试验系统的工作频率范围、额定正弦推力、运动系统的等效质量、空载和满载时最大振动幅值、额定工作特性曲线、共振频率及连续工作时间等应满足制造商给出的技术指标。

#### 4.3 随机振动

4.3.1 试验系统随机加速度功率谱控制动态范围（设置谱动态范围 40 dB）应满足表 9 的要求。



表 9 加速度功率谱控制动态范围

级别	A 级	B 级	C 级
加速度功率谱控制动态范围	(39~41) dB	$\geq 35$ dB	$\geq 30$ dB

4.3.2 试验系统随机加速度总均方根值示值误差应满足表 10 的要求。

表 10 加速度总均方根值示值误差

级别	A 级	B 级	C 级
随机加速度总均方根值示值误差	$\pm 5\%$	$\pm 8\%$	$\pm 10\%$

4.3.3 试验系统随机振动工作频率范围外加速度总均方根值与工作频率范围内加速度总均方根值的比  $R$  应满足表 11 的要求。

表 11 带外带内加速度总均方根值的比  $R$ 

级别	A 级	B 级	C 级
带外带内总均方根值之比 $R$	$\pm 5\%$	$\pm 8\%$	$\pm 10\%$

4.3.4 试验系统工作时，台面随机加速度总均方根值均匀度应满足表 12 的要求。

表 12 随机加速度总均方根值均匀度

级别	A 级	B 级	C 级
小台面加速度总均方根值均匀度	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$	$\pm 30\%$
大台面加速度总均方根值均匀度	$\pm 20\%$	$\pm 30\%$	$\pm 50\%$
注：振动台台面最外圈安装螺栓孔分布圆直径大于 400 mm 的振动台为大台面。			

4.3.5 试验系统工作时，台面随机加速度横向振动比应满足表 13 的要求。

表 13 随机加速度横向振动比

级别	A 级	B 级	C 级
随机加速度总均方根值横向振动比	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$	$\pm 30\%$
随机加速度功率谱密度横向振动比	$\pm 20\%$	$\pm 30\%$	$\pm 50\%$

4.3.6 试验系统随机振动加速度功率谱密度示值误差应满足表 14 的要求。

表 14 加速度功率谱密度示值误差

级别	A 级	B 级	C 级
随机加速度功率谱密度示值误差	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$	$\pm 20\%$
注：允许有部分频带示值误差较大，但应不超过 50%，超过允差的累积带宽应不超过整个频带的 5% (99 Hz)。			

4.3.7 试验系统随机振动在 90% 置信度控制下，加速度总均方根值和加速度功率谱密

度控制精度应满足表 15 的要求。

表 15 加速度总均方根值和加速度功率谱密度控制允差限

级别	A 级	B 级	C 级
随机加速度总均方根值控制允差限	$\pm 0.5$ dB	$\pm 0.8$ dB	$\pm 1$ dB
随机加速度功率谱密度控制允差限	$\pm 1$ dB	$\pm 2$ dB	$\pm 3$ dB

4.3.8 随机振动试验的回路时间、随机推力、最大负载质量、空载或满载时的最大加速度总均方根值及连续工作时间应满足制造商给出的各项技术指标。

#### 4.4 正弦加宽带随机振动

4.4.1 正弦加宽带随机振动试验加速度总均方根值示值误差应不大于 10%。

4.4.2 正弦加宽带随机振动试验正弦信号频率应连续可调，幅值示值误差应不大于 10%，宽带随机振动信号加速度功率谱密度示值误差应不大于 20%。

#### 4.5 窄带随机加宽带随机振动

4.5.1 窄带随机加宽带随机振动试验加速度总均方根值示值误差应不大于 10%。

4.5.2 窄带随机加宽带随机振动试验窄带随机信号中心频率应连续可调，随机振动信号加速度功率谱密度示值误差应不大于 20%。

#### 4.6 经典冲击

4.6.1 基本冲击加速度波形（半正弦波、后峰锯齿波、梯形波）的脉冲持续时间示值误差应不大于 10%。

4.6.2 基本冲击加速度波形（半正弦波、后峰锯齿波、梯形波）的脉冲幅值示值误差应不大于 10%。

4.6.3 基本冲击加速度波形（半正弦波、后峰锯齿波、梯形波）的速度变化量误差应不大于 10%。

### 5 通用技术要求

#### 5.1 外观要求

5.1.1 试验系统应配有产品合格证、使用说明书及全部必备附件。各组成部分的铭牌或外壳上应标明其型号、规格、制造商、出厂编号和日期。供电电源的标志及电压和频率范围指示明确。

5.1.2 试验系统外形结构应完好，无影响正常工作的机械损伤。其开关、按键、旋钮等操作灵活可靠，标志清晰明确，输出输入插座应无松动。

5.1.3 试验系统按使用说明书要求进行通电、预热后进行自检，系统各部分应工作正常。

#### 5.2 其他技术要求

5.2.1 试验系统工作时，如果发出的噪声声压级大于 90 dB（A 计权），建议用户应采取隔声、消声措施。

5.2.2 试验系统励磁装置处于工作状态时，距台面安装螺栓孔的最大分布圆直径 1/4

高度处的整个平面上的漏磁应满足出厂技术要求条件。

5.2.3 振动控制器随机信号应满足平稳、正态分布和各态历经性要求。(检验方法见附录 A)

## 6 计量器具控制

### 6.1 检定条件

#### 6.1.1 检定时的环境条件

6.1.1.1 环境温度为 (15~35)℃，相对湿度不大于 90%。

6.1.1.2 电源电压的变化应在额定电压的 ±10% 范围内。

6.1.1.3 试验系统应保持清洁，周围无腐蚀性气体、液体。

#### 6.1.2 检定设备

6.1.2.1 动态信号分析仪：A 级。

6.1.2.2 真有效值数字电压表：交流电压测量最大允许误差 ±0.2%。

6.1.2.3 加速度计及三向加速度计（含适调放大器）：测量不确定度  $U_{rel} = 2\%$  ( $k = 2$ )，检定 5 Hz 以下低频和 3 kHz 以上高频指标时应选用具有满足相应频响要求的加速度计。

6.1.2.4 数字频率计（可选）：频率测量最大允许误差 ±0.01%。

6.1.2.5 声级计：2 级。

6.1.2.6 特斯拉计：测量最大允许误差 ±10%。

### 6.2 检定项目

检定项目选择如表 16 所示。

表 16 检定项目表

序号	检定项目	检定项目选择		
		首次检定	后续检定	使用中检查
1	外观检查	+	+	+
2	噪声声压级	+	—	—
3	台面漏磁	+	—	—
4	控制器频率示值误差	+	+	+
5	控制器谐波失真度	+	—	—
6	控制器控制动态范围	+	—	—
7	控制器通道间一致性	+	—	—
8	加速度噪声	+	+	—
9	频率响应特性	+	+	+
10	加速度幅值示值误差	+	+	+
11	加速度谐波失真度	+	+	—

表 16 (续)

序号	检定项目	检定项目选择		
		首次检定	后续检定	使用中检查
12	加速度幅值均匀度	+	+	—
13	横向振动比	+	+	—
14	扫频定振精度	+	+	—
15	加速度幅值稳定性	+	—	—
16	正弦推力	+	—	—
17	系统控制动态范围	+(如适用)	+(如适用)	+(如适用)
18	加速度总均方根值示值误差	+(如适用)	+(如适用)	+(如适用)
19	带外带内加速度总均方根值比	+(如适用)	+(如适用)	—
20	随机加速度总均方根值均匀度	+(如适用)	+(如适用)	—
21	随机加速度横向振动比	+(如适用)	+(如适用)	—
22	加速度功率谱密度示值误差	+(如适用)	+(如适用)	+(如适用)
23	加速度总均方根值控制精度	+(如适用)	+(如适用)	—
24	加速度功率谱密度控制精度	+(如适用)	+(如适用)	—
25	随机推力	+(如适用)	—	—
26	正弦加随机加速度总均方根值示值误差	+(如适用)	+(如适用)	—
27	正弦加随机正弦振动幅值示值	+(如适用)	+(如适用)	—
28	正弦加随机宽带随机加速度功率谱密度示值误差	+(如适用)	+(如适用)	—
29	随机加随机总均方根值示值误差	+(如适用)	+(如适用)	—
30	随机加随机谱密度示值误差	+(如适用)	+(如适用)	—
31	冲击脉冲持续时间示值误差	+(如适用)	+(如适用)	—
32	冲击脉冲幅值示值误差	+(如适用)	+(如适用)	—
33	冲击脉冲速度变化量误差	+(如适用)	+(如适用)	—

注：表中“+”表示需要检定的项目；“—”表示不需要检定的项目。

### 6.3 检定方法

#### 6.3.1 适用范围

本规程检定方法适用于在振动台垂直状态及除特殊要求外台面在空载时进行（额定推力项目可根据需要加载进行）。

#### 6.3.2 试验系统的外观检查

对试验系统的外观进行检查，检查结果应符合 5.1 的各项要求。

#### 6.3.3 试验系统工作时噪声声压级

在规定的工作频率范围内，以其额定的最大振动幅值作扫频振动。在距振动台台体

边缘 1 m 远、离地面 1.5 m 高处用声级计 (A 计权) 测量, 并记录噪声的最大声压级。检查结果应符合 5.2.1 的要求。

#### 6.3.4 试验系统台面漏磁

当试验系统励磁装置处于工作状态时, 用特斯拉计测量台面安装螺栓孔的最大分布圆直径的 1/4 高度处的整个平面上的磁通密度。所有安装螺栓孔的上方位置都应作为测量点。测量结果应符合 5.2.2 的要求。

#### 6.3.5 振动控制器频率示值误差

振动控制器正弦自闭环控制, 将控制器信号输出端接数字式频率计或动态信号分析仪。在控制仪的工作频率范围内, 选取 3 个频率值 (包括工作频率上下限频率值), 分别在适当的量级上控制。采用动态信号分析仪测量时, 要采用矩形窗函数, 频率分辨力要好于被测量值允许误差的 5 倍。分别记录控制仪的频率示值和数字式频率计或动态信号分析仪的测量值, 计算控制器频率示值误差, 测量结果应符合 4.1.1 的要求。

#### 6.3.6 振动控制器正弦信号谐波失真度

振动控制器正弦自闭环控制, 将控制器信号输出端接动态信号分析仪。控制仪在 1 000 Hz 频率和适当量级上控制, 动态信号分析仪采用平顶窗函数, 线性幅值。用分析仪直接测量并计算谐波失真度  $\gamma$ , 或者用分析仪测量 1 000 Hz 频率下的幅值及至少五倍的谐波幅值, 按式 (1) 计算谐波失真度  $\gamma$ 。结果应符合 4.1.2 的要求。

$$\gamma = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + A_5^2 + \dots}}{A_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

$A_1$ ——控制仪的基波幅值;

$A_2, A_3, A_4, A_5, \dots$ ——基波的二次、三次、四次、五次等谐波幅值。

#### 6.3.7 振动控制器随机自闭环加速度功率谱控制动态范围

振动控制器采用图 2 谱形在适当量级上做随机自闭环控制, 控制器信号输出端接动态信号分析仪。分析仪采用海宁窗函数, 幅值对数坐标。测量控制仪所能均衡的动态范围。其结果应符合 4.1.3 的要求。

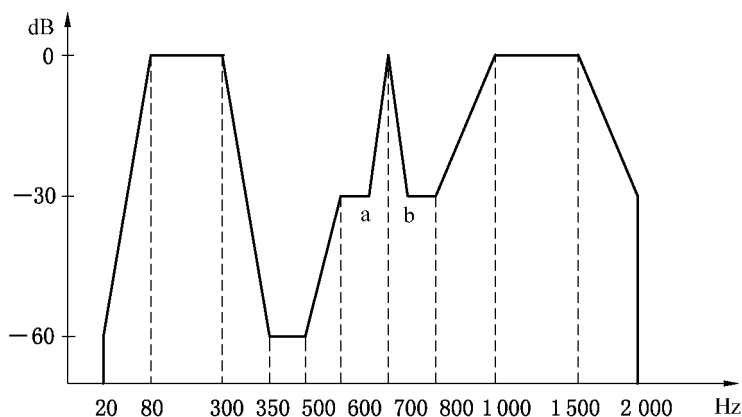


图 2 控制仪随机自闭环加速度功率谱控制动态范围设置谱形图

注: a, b 段频率差值要求不大于 40 Hz。

### 6.3.8 多通道振动控制器任意两通道之间一致性的检定

多通道振动控制器在工作频率范围内设置平直谱（图 3），在适当的量级上做随机自闭环控制。选择一个通道作为控制通道，其他通道作为测量通道，观察其幅值比（有相位差的可以选做）。其 99% 以上的测量值应符合 4.1.4 的要求。

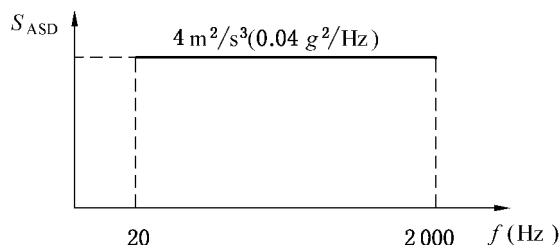


图 3 振动控制仪通道一致性检定设置谱形图

### 6.3.9 试验系统加速度噪声

将测量加速度计刚性连接在振动台台面中心，其输出通过适调放大器连接数字电压表。当试验系统处于工作状态，控制仪输出信号幅值为零，功率放大器增益调至最大，测量台面中心的加速度有效值  $a_0$ ，结果应符合 4.2.1 的要求。

### 6.3.10 振动台频率响应特性

振动台频率响应特性检定框图如图 4 所示，测量加速度计刚性连接在振动台台面中心。动态信号分析仪输出白噪声信号给功率放大器，调节功率放大器增益使振动台产生适当量值的振动。采用动态信号分析仪测量频响函数，幅值采用对数坐标，记录振动台频率响应曲线及一阶共振频率。其结果应符合 4.2.2 的要求。

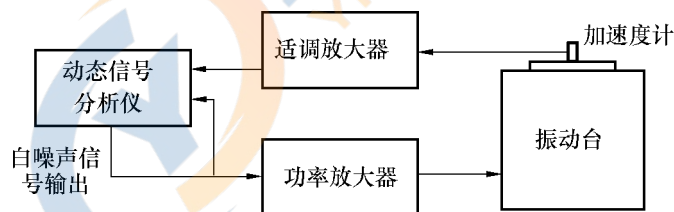


图 4 振动台频率响应特性检定框图

### 6.3.11 试验系统台面加速度幅值示值误差

将测量加速度计刚性连接在振动台台面中心，尽可能靠近控制加速度计，按图 5 方法安装加速度计及连接测量仪器。

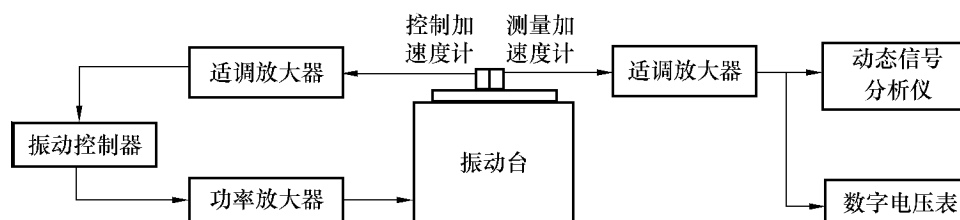


图 5 试验系统台面加速度幅值示值误差检定框图

在规定的工作频率范围内，选取高中低三个频率值，在所选频率值下取大、中、小三个振动幅值进行测量，示值误差  $\delta_a$  按式（2）计算。其结果应符合 4.2.3 的规定。

$$\delta_a = \frac{a_d - a_s}{a_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$a_d$ ——试验系统的振动幅值示值， $m/s^2$ ；

$a_s$ ——动态信号分析仪测量振动幅值， $m/s^2$ 。

#### 6.3.12 试验系统台面加速度谐波失真度

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器。在试验系统的工作频率范围内，按倍频程选取不少于 10 个频率值（包括上限、下限频率值），测量所选频率下最大振动幅值 50% 时的加速度谐波失真度。动态信号分析仪采用平顶窗函数，直接测量并计算谐波失真度  $\gamma$ ，或者用分析仪测量其基波和至少五次谐波，按式（1）计算谐波失真度。其结果应符合 4.2.4 的规定。

#### 6.3.13 试验系统台面加速度幅值均匀度

将不少于 5 只加速度计刚性连接在振动台台面中心和不同直径的安装螺栓孔分布圆周上，如图 6 所示，图中 1、2、3、4、5 点为加速度计安装点（1 点位于中心，2、4 点位于耳轴轴线上，3、5 点位于垂直耳轴轴线上）。加速度计通过适调放大器接动态信号分析仪的各通道（如图 5 所示）。

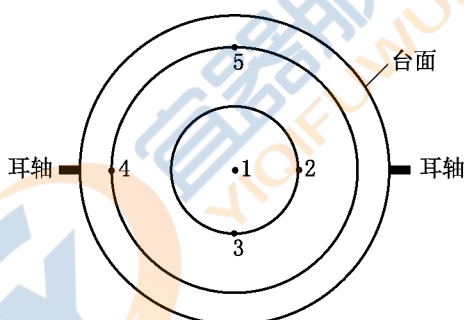


图 6 台面加速度幅值均匀度检定加速度计安装分布图

在试验系统工作频率范围内，按倍频程至少选取 10 个频率值（包括上、下限频率值）及相应频率下最大振动幅值的 50% 进行测量，在同次测量中，采用动态信号分析仪测得各个位置的振动加速度幅值，并按式（3）计算出台面加速度幅值均匀度  $N$ 。其结果应符合 4.2.5 的规定。

$$N = \frac{|\Delta a_{\max}|}{a} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$|\Delta a_{\max}|$ ——同次测量中，各点加速度值与中心点加速度幅值的最大偏差， $m/s^2$ ；

$a$ ——同次测量中，中心点的加速度幅值， $m/s^2$ 。

也可通过扫频的方法来测量整个工作频率范围内的加速度幅值均匀度。

#### 6.3.14 试验系统台面横向振动比

将三轴向加速度计刚性连接在振动台台面中心，使三轴向加速度计的 X 轴（或 Y 轴）与振动台的耳轴方向重合。加速度计通过适调放大器连接多通道动态信号分析仪。在试验系统规定的工作频率范围内，按倍频程选取 10 个频率值（包括上、下限频率

值), 在所选频率下以振动台主振方向所允许最大振动幅值的 50% 进行振动, 从动态信号分析仪上同时测量并记录三个方向的加速度信号, 按式 (4) 计算出横向振动比  $T$ 。其结果应符合 4.2.6 的规定。

$$T = \max_t \left\{ \frac{a_T(t)}{a_z} \right\} \times 100\% = \max_t \left\{ \frac{\sqrt{a_x^2(t) + a_y^2(t)}}{a_z} \right\} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

$a_T(t)$  —— 垂直于主振方向平面内的横向加速度,  $\text{m/s}^2$ ;

$a_z$  —— 主振方向的加速度幅值,  $\text{m/s}^2$ ;

$a_x(t), a_y(t)$  —— 垂直于主振方向平面内两个正交的横向加速度,  $\text{m/s}^2$ 。

### 6.3.15 扫频定振精度

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器。在试验系统工作频率范围内, 按额定工作特性曲线的 50% 幅值设置扫频曲线。定位移到定速度交越频率  $f_1$  和定速度到定加速度交越频率  $f_2$  按式 (5) 计算。用动态信号分析仪记录其扫频曲线, 幅值为对数坐标 dB, 测量扫频曲线中各点加速度值与设定值的最大偏差。其结果应符合 4.2.7 的规定。

$$f_1 = \frac{1\,000\,v}{2\pi d} \quad (5)$$

$$f_2 = \frac{a}{2\pi v}$$

式中:

$v$  —— 速度峰值,  $\text{m/s}$ ;

$d$  —— 位移峰值,  $\text{mm}$ ;

$a$  —— 加速度峰值,  $\text{m/s}^2$ 。

### 6.3.16 加速度幅值稳定性

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器。选取 160 Hz, 加速度幅值调至此频率下最大加速度幅值, 连续考察 1 h, 每隔 5 min 记录一次动态信号分析仪加速度幅值示值, 加速度幅值稳定性按式 (6) 计算。其结果应符合 4.2.8 的规定。

$$S = \frac{a_{\max} - a_{\min}}{a_0} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

$a_{\max}, a_{\min}$  —— 各次测量中加速度幅值的最大值、最小值,  $\text{m/s}^2$ ;

$a_0$  —— 加速度幅值设定值,  $\text{m/s}^2$ 。

### 6.3.17 试验系统正弦推力

将振动台的负载质量 (有的振动台可以不加负载) 刚性安装在振动台台面的中心部位, 按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器。选取 160 Hz 频率值, 按式 (7) 计算加速度峰值  $a_{\max}$ 。试验系统按此加速度峰值振动 5 min, 采用动态信号分析仪或数字电压表测量实际的加速度幅值  $a$ , 则最大正弦推力  $F'_{\max}$  按式 (8) 计算。其结果应符合 4.2.9 的规定。



$$a_{\max} = \frac{F_{\max}}{m_a + m_d} \quad (7)$$

式中：

$a_{\max}$ ——额定推力下计算最大加速度， $m/s^2$ ；

$F_{\max}$ ——振动台额定推力，N；

$m_a$ ——振动台负载质量，kg；

$m_d$ ——振动台活动部件质量，kg。

$$F'_{\max} = (m_a + m_d) \cdot a \quad (8)$$

式中：

$F'_{\max}$ ——振动台测量最大推力，N；

$a$ ——测量加速度， $m/s^2$ 。

### 6.3.18 试验系统加速度功率谱控制动态范围

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器。在控制仪上设置图 7 谱形，其加速度总均方根值要大于  $80 m/s^2$ ，振动控制系统均衡控制，采用动态信号分析仪测量振动台台面的加速度功率谱控制动态范围，分析仪采用海宁窗函数，取 100 次以上的平均次数，幅值采用对数坐标 dB，记录并量取动态范围值。其结果应符合 4.3.1 的规定。

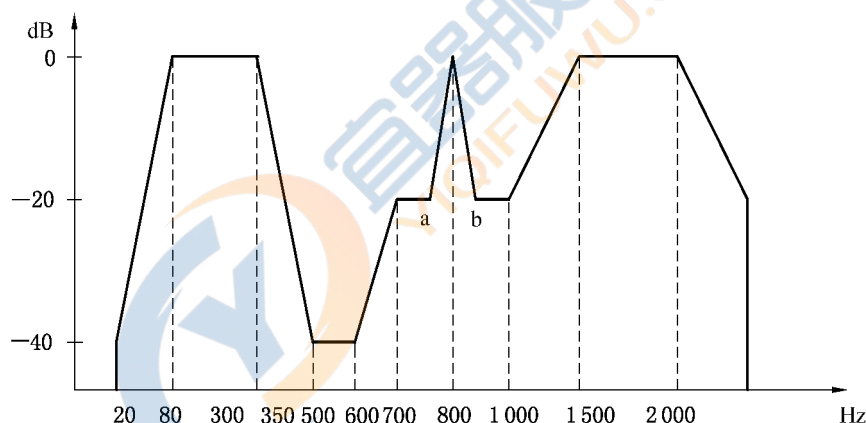


图 7 试验系统加速度功率谱控制动态范围谱形图

注：a, b 段频率差值要求不大于 40 Hz

### 6.3.19 随机加速度总均方根值示值误差和带外带内加速度总均方根值比

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器。试验系统设置图 8 谱形，并均衡控制。采用下列方法之一测量加速度总均方根值示值误差及带外带内总均方根值之比。

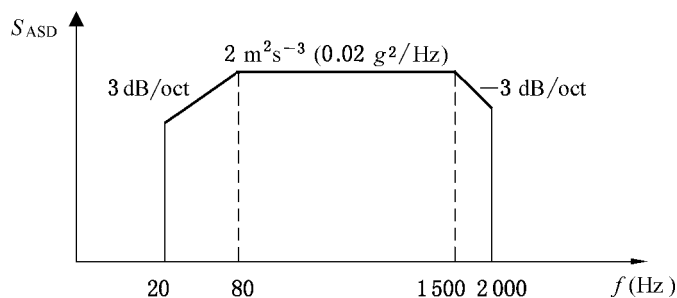


图 8 试验系统检定谱形图

6.3.19.1 测量加速度计经适调放大器接低通滤波器再接数字电压表。低通滤波器截止频率放置在 2 kHz，数字电压表平均时间放置在 3s。同时读取数字电压表和振动控制仪的总均方根值示值 20 次以上，分别计算其示值平均值  $A_a$  和  $A_b$ ，按式 (9) 计算加速度总均方根值示值误差  $\delta_A$ 。其结果应符合 4.3.2 的规定。

$$\delta_A = \frac{A_b - A_a}{A_a} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

$A_a$ ——数字电压表测量的加速度总均方根值平均值， $m/s^2$ ；

$A_b$ ——试验系统加速度总均方根值示值平均值， $m/s^2$ 。

将低通滤波器截止频率设置为 10 kHz，数字电压表平均时间放置在 3 s，读取数字电压表总均方根值示值 20 次以上，计算其平均值  $A_{ay}$ ，按式 (10) 计算频带外加速度总均方根值和频带内加速度总均方根值之比  $R$ 。其结果应符合 4.3.3 的规定。

$$R = \frac{\sqrt{A_{ay}^2 - A_a^2}}{A_a} \times 100\% \quad (10)$$

6.3.19.2 采用动态信号分析仪测量加速度功率谱密度  $S(f)$ ，幅值采用线性坐标，基带分析，海宁窗函数，平均次数 100 以上，分析上限频率放置在 2 kHz，测量 20 Hz~2 000 Hz 内的加速度总均方根值，重复 10 次，计算其平均值  $A_a$ 。按 6.3.19.1 方法读取并计算试验系统加速度总均方根值示值平均值  $A_b$ ，按式 (9) 计算其示值误差。其结果应符合 4.3.2 的规定。

将动态信号分析仪上限频率放置在 10 kHz，经 100 次以上平均后，分别测量 20 Hz~2 000 Hz 内的加速度总均方根值  $A'_a$  和 2 kHz~10 kHz 内的外加速度总均方根值  $A'_{ay}$ ，按式 (11) 计算频带外加速度总均方根值与频带内加速度总均方根值之比  $R$ ，重复 10 次计算其平均值，其结果应符合 4.3.3 的规定。

$$R = \frac{A'_{ay}}{A'_a} \times 100\% \quad (11)$$

6.3.20 试验系统随机加速度总均方根值均匀度

按 6.3.13 方法安装加速度计和连接测量仪器。试验系统设置图 8 谱形，并均衡控制。在同次测量中，采用动态信号分析仪依次测得各个位置的振动加速度总均方根值，并按式 (3) 计算出均匀度。其结果应符合 4.3.4 的规定。

6.3.21 试验系统随机加速度总均方根值和加速度功率谱密度横向振动比

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器。试验系统设置图 8 谱形，并均衡控制。在同次测量中，采用动态信号分析仪依次测量三个方向的振动加速度总均方根值，按式 (12) 计算出横向振动比。通过分析仪的传递函数功能分别计算出水平两个方向的加速度功率谱密度与垂直方向的加速度功率谱密度的比值，取平直段的最大值，其结果应符合 4.3.5 的规定。

$$T = \frac{\sqrt{A_x^2(t) + A_y^2(t)}}{A_z} \times 100\% \quad (12)$$

式中：

$A_x, A_y$ ——垂直于主振方向的两个互相垂直轴的加速度总均方根值,  $\text{m/s}^2$ ;  
 $A_z$ ——主振方向的加速度总均方根值,  $\text{m/s}^2$ 。

### 6.3.22 试验系统随机加速度功率谱密度示值误差

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器。试验系统设置图 8 谱形, 并均衡控制。采用动态信号分析仪测量振动台台面的加速度功率谱密度。分析仪设置海宁窗函数, 幅值采用线性坐标, 取平均次数 120 次以上, 在谱形的平直段任取 3 个频率值 (建议取 160 Hz、800 Hz 和 1 200 Hz), 测量各频率处的加速度功率谱密度值, 重复 5 次, 计算其平均值  $S_{\text{ASD}}$ , 同时记录试验系统加速度功率谱密度示值的平均值  $S'_{\text{ASD}}$ , 按式 (13) 计算加速度功率谱密度示值误差。其结果应符合 4.3.6 的规定。

$$\delta_{\text{ASD}} = \frac{S'_{\text{ASD}} - S_{\text{ASD}}}{S_{\text{ASD}}} \times 100\% \quad (13)$$

### 6.3.23 试验系统随机加速度总均方根值和加速度功率谱密度控制精度

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器。试验系统设置图 8 谱形, 并均衡控制。

6.3.23.1 用数字电压表测量其加速度总均方根值, 每次测量取 5 个读数, 每隔 2 min 测量一次, 共测 5 次。分别计算每次测量的平均值。按式 (14) 分别计算每次加速度总均方根值的控制精度。其结果应符合本规程 4.3.7 的规定。

$$C_A = 20 \lg \frac{A}{A'} \quad (\text{dB}) \quad (14)$$

式中:

$A$ ——各次测量加速度总均方根值的平均值,  $\text{m/s}^2$ ;

$A'$ ——试验系统设置的加速度总均方根值,  $\text{m/s}^2$ 。

6.3.23.2 试验系统加速度功率谱密度控制精度的检定可以采用 a) 或 b) 的方法进行检定。

a) 在图 8 谱形的平直段任取一频率值, 采用动态信号分析仪测量该频率值的加速度功率谱密度。动态信号分析仪的分析频率上限设置为 2 000 Hz、海宁窗函数、平均次数设为 10, 每次测量取 5 个读数, 每隔 2 min 测量一次, 共测 5 次。分别计算每次测量的平均值, 按式 (15) 分别计算每次加速度功率谱密度控制精度值。取最大值作为加速度功率谱密度控制精度。其结果应符合 4.3.7 的规定。

$$C_D = 10 \lg \frac{\overline{S}_{\text{ASD}}}{S'_{\text{ASD}}} \quad (\text{dB}) \quad (15)$$

式中:

$\overline{S}_{\text{ASD}}$ ——各次测量加速度功率谱密度值的平均值;

$S'_{\text{ASD}}$ ——试验系统设置的加速度功率谱密度值。

b) 动态信号分析仪的分析频率上限设置为 2 000 Hz、海宁窗函数、平均次数设为 64, 测量试验系统各谱线处的加速度功率谱密度。按式 (16) 计算加速度功率谱密度控制精度值, 取绝对值, 舍去 10% 较大的值、然后取最大值为其控制精度。其结果应符合 4.3.7 的规定。

$$C'_D = 10 \lg \frac{S_{ASD}}{S'_{ASD}} \text{ (dB)} \quad (16)$$

式中：

$S_{ASD}$ ——试验系统各谱线处的加速度功率谱密度值；

$S'_{ASD}$ ——试验系统设置的加速度功率谱密度值。

### 6.3.24 试验系统随机推力的检定

将振动台的负载质量刚性安装在振动台台面的中心部位，按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器。按式 (17) 计算在此负载下最大加速度总均方根值  $a$ 。

$$a = \frac{F}{m_d + m_e} \quad (17)$$

式中：

$a$ ——额定推力时计算负载最大加速度， $\text{m/s}^2$ ；

$F$ ——试验系统额定随机推力，N；

$m_d$ ——振动台活动部件质量，kg；

$m_e$ ——振动台负载质量，kg。

按式 (18) 计算加速度功率谱密度  $S_F$ 。

$$S_F = \frac{a^2}{1980} \times 1.02 \quad (18)$$

控制仪按图 9 设置谱形，峰值因数设为 3，容差限设为  $\pm 3$  dB，并均衡控制，连续振动 5 min，采用动态信号分析仪或数字电压表测量其加速度总均方根值  $a'$ ，按式 (19) 计算随机推力  $F'$ 。其结果应符合 4.3.8 的规定。

$$F' = (m_d + m_e) \cdot a' \quad (19)$$

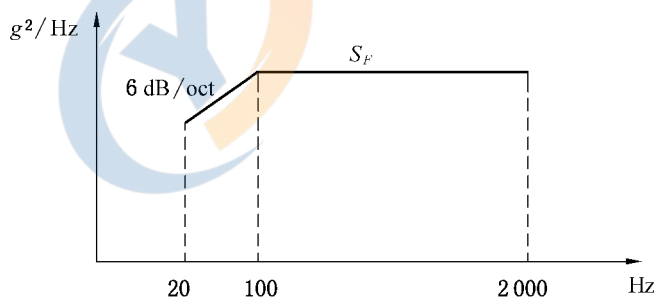


图 9 随机推力检定谱形图

### 6.3.25 正弦加宽带随机振动加速度总均方根值示值误差

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器，试验系统按图 10 设置谱形并均衡。采用动态信号分析仪或数字电压表测量加速度总均方根值，电压表测量时低通滤波器截止频率放置在 500 Hz，平均时间放置在 3 s。同时读取数字电压表和振动控制仪总均方根值 20 次以上，分别计算其示值平均值  $A_a$ ， $A_b$ 。按式 (9) 计算示值误差。其结果应符合 4.4.1 的规定。

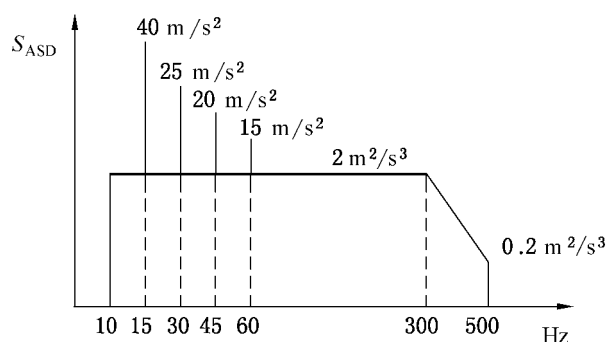


图 10 正弦加宽带随机振动检定谱形图

## 6.3.26 正弦加宽带随机振动正弦幅值示值误差和随机加速度功率谱密度示值误差

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器，试验系统按图 10 设置谱形并均衡控制。正弦信号在图 10 的平直段内往返扫频一次，并停留在原位置。采用动态信号分析仪按 6.3.11 的方法测量正弦信号的加速度峰值，按 6.3.23 的方法在平直段选取一个频率点测量随机信号加速度功率谱密度，计算示值误差。其结果应符合 4.4.2 的规定。

## 6.3.27 试验系统窄带随机加宽带随机振动加速度总均方根值示值误差的检定

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器，试验系统按图 11 设置谱形并均衡控制。采用动态信号分析仪或数字电压表测量加速度总均方根值，电压表测量时低通滤波器截止频率放置在 2 000 Hz，平均时间放置在 3 s。同时读取数字电压表和振动控制仪总均方根值 20 次以上，分别计算其示值平均值  $A_a$ ， $A_b$ 。按式 (9) 计算示值误差。其结果应符合 4.5.1 的规定。

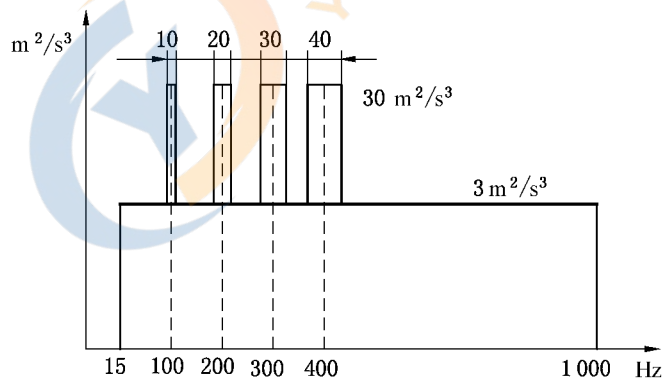


图 11 窄带随机加宽带随机振动检定谱形图

## 6.3.28 窄带随机加宽带随机振动加速度功率谱密度示值误差

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器，试验系统按图 11 设置谱形并均衡控制。窄带随机谱在图 11 的加速度功率谱密度平直段往返扫频一次，并停留在原位置。采用动态信号分析仪测量窄带加速度功率谱密度及中心频率和宽带加速度功率谱密度。按式 (13) 计算示值误差。其结果应符合 4.5.2 的规定。

## 6.3.29 试验系统经典冲击加速度波形参数

按 6.3.11 方法安装加速度计及连接测量仪器，试验系统分别设置脉冲持续时间 11 ms，脉冲高度  $150 \text{ m/s}^2$  的半正弦波、后峰锯齿波、梯形波等基本冲击加速度波形，

并均衡。当被控制波形纳入容差带后，采用动态信号分析仪分别测量并记录各个波形。

首先寻找波形左端的过零点，然后寻找右端的过零点，两零点之间的时间差  $t$  (ms) 为此波形的脉冲宽度，按式 (20) 计算冲击加速度波形脉冲持续时间示值误差。其结果应符合 4.6.1 的规定。

$$\delta_t = \frac{t-11}{11} \times 100\% \quad (20)$$

测量从过零点到波形顶端的脉冲高度  $A_m$  ( $\text{m/s}^2$ )，若顶部波形有振荡产生，测量从过零点到顶部振荡的中线脉冲为高度  $A_m$ ，按式 (21) 计算冲击加速度波形幅值示值误差。其结果应符合 4.6.2 的规定。

$$\delta_{A_m} = \frac{A_m-150}{150} \times 100\% \quad (21)$$

式中：

$\delta_{A_m}$ ——脉冲波形的加速度幅值示值误差；

$A_m$ ——脉冲波形的脉冲高度， $\text{m/s}^2$ 。

在冲击脉冲持续时间内对冲击波形积分，计算其速度变化量  $\Delta V$  ( $\text{m/s}$ )。按式 (22)、(23)、(24) 分别计算半正弦波、后峰锯齿波、梯形波的脉冲波形的速度变化量误差。其结果应符合 4.6.3 的规定。

$$\delta_{\Delta V_1} = \frac{\Delta V_1-1.050}{1.050} \times 100\% \quad (22)$$

$$\delta_{\Delta V_2} = \frac{\Delta V_2-0.825}{0.825} \times 100\% \quad (23)$$

$$\delta_{\Delta V_3} = \frac{\Delta V_3-1.485}{1.485} \times 100\% \quad (24)$$

式中：

$\delta_{\Delta V_1}$ ——半正弦波脉冲波形的速度变化量误差；

$\Delta V_1$ ——半正弦波脉冲波形的速度变化量， $\text{m/s}$ ；

$\delta_{\Delta V_2}$ ——后峰锯齿波脉冲波形的速度变化量误差；

$\Delta V_2$ ——后峰锯齿波脉冲波形的速度变化量， $\text{m/s}$ ；

$\delta_{\Delta V_3}$ ——梯形波脉冲波形的速度变化量误差；

$\Delta V_3$ ——梯形波脉冲波形的速度变化量， $\text{m/s}$ 。

#### 6.4 检定结果的处理

经检定符合本规程要求的试验系统，发给检定证书，检定证书内页格式见附录 B；不符合本规程要求的试验系统，发给检定结果通知书，并注明不合格项目。检定结果通知书的内页格式见附录 C。

#### 6.5 检定周期

试验系统的检定周期一般不超过 1 年。

## 附录 A

## 随机信号的检验

振动控制器采用图 A.1 谱形在适当量级上作随机自闭环控制，控制器信号输出端接动态信号分析仪。动态信号分析仪采用矩形窗函数。

## A.1 随机信号平稳性检验

## A.1.1 定性检验方法

采用动态信号分析仪观察振动控制器的时域输出波形。若信号的平均值波动很小，波形的峰谷变化比较均匀及频率结构比较一致，而且从不同的时间样本记录测得的均方值等效，则可认为被测随机信号是平稳的。

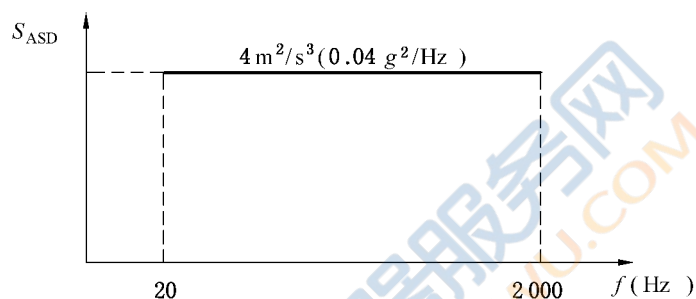


图 A.1 振动控制器随机信号的检定谱形图

## A.1.2 轮次检验方法

采用动态信号分析仪采集控制器输出信号的一个样本记录，把此样本记录分成等间距的  $N$  个子段，测量每段的均方值。计算该组均方值的平均值。采用“+”“-”号区别测量值，大于平均值记为“+”号，小于平均值记为“-”号。按原来的时间顺序排列用“+”和“-”标出的测量值，将符号相同的连续序列定义为一个轮次，计算出轮次数目。按表 A.1 判断随机信号的平稳性，其中  $\alpha$  为显著水平。

表 A.1 轮次公布表

N	$\alpha=0.10$		$\alpha=0.05$		$\alpha=0.01$	
	下限	上限	下限	上限	下限	上限
8	3	6	—	—	—	—
10	4	7	3	8	—	—
12	4	9	4	9	3	10
14	5	10	4	11	4	11
16	6	11	5	12	4	13
18	7	12	6	13	5	14
20	7	14	7	14	5	15
22	7	16	7	16	5	18

表 A. 1 (续)

N	$\alpha=0.10$		$\alpha=0.05$		$\alpha=0.01$	
	下限	上限	下限	上限	下限	上限
24	8	17	7	18	6	19
26	9	18	8	19	7	20
28	10	19	9	20	7	22
30	11	20	10	21	8	23
32	11	22	11	22	9	24
34	12	23	11	24	10	25
36	13	24	12	25	10	27
38	14	25	13	26	11	28
40	15	26	14	27	12	29
50	19	32	18	33	16	35
60	24	37	22	39	20	41

## A. 2 随机信号周期性检验

## A. 2.1 定性检验方法

采用动态信号分析仪观察振动控制器输出信号的自相关函数，若其自相关函数在时间延迟很大时接近于零，则认为被测信号无周期信号。若自相关函数衰减为重复的周期振荡，则被测信号含有周期分量。

## A. 2.2 方差检验方法

A. 2.2.1 采用动态信号分析仪测量控制器时间长度为  $T_s$  的输出信号，观察其加速度功率谱密度曲线是否有陡峰。若有一个或多个陡峰，按下述方法检验。

A. 2.2.2 把记录的样本分成等间距的  $N$  个子段，测量每段的均方值（一般限制  $N < 0.1 BT$ ）。

A. 2.2.3 假设测量的样本信号是随机的，按式（A. 1）计算期望的标准化方差：

$$\epsilon^2 = \frac{1}{BT_a} \quad (\text{A. 1})$$

式中：

$B$ ——分析仪滤波器带宽；

$T_a = T/N$ 。

A. 2.2.4 按式（A. 2）计算均方测量值实际的标准化方差：

$$\hat{\epsilon}^2 = \frac{\frac{1}{N-1} \left[ \sum_{i=1}^N \left( \hat{G}_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{G}_i \right)^2 \right]}{\left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{G}_i \right)^2} \quad (\text{A. 2})$$



式中：

$\hat{G}_i$ ——第  $i$  段均方测量值。

A. 2. 2. 5 计算实际的与期望的标准化方差之比：

$$R_\epsilon = \frac{\hat{\epsilon}^2}{\epsilon^2} \quad (\text{A. 3})$$

若在统计上  $R_\epsilon$  等效于 1，则认为加速度功率谱密度曲线陡峰是由窄带随机信号引起的；若  $R_\epsilon$  显著地小于 1，则认为加速度功率谱密度曲线是由周期分量引起的。判读  $R_\epsilon$  等效于 1 的标准为：

$$R_\epsilon > \frac{\chi_{1-\alpha}^2(N-1)}{N-1}, \text{ 则 } R_\epsilon = 1 \quad (\text{A. 4})$$

$$R_\epsilon < \frac{\chi_{1-\alpha}^2(N-1)}{N-1}, \text{ 则 } R_\epsilon < 1 \quad (\text{A. 5})$$

式中：

$\chi_{1-\alpha}^2(N-1)$  ——自由度  $N-1$  的卡埃平方分布；

$\alpha$  ——判断的显著性水平。

### A. 3 随机信号检验

#### A. 3. 1 定性检验方法

采用动态信号分析仪测量振动控制器输出信号的概率密度曲线，并与理论正态概率密度曲线相比较。若曲线呈现对称钟形，且其上没有断痕和尖峰，则被测信号概率密度为正态分布。

#### A. 3. 2 卡埃平方拟合优度检验方法

A. 3. 2. 1 采用动态信号分析仪测量振动控制器输出信号的 1 个样本，按递增次序排列：

$$x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_n$$

A. 3. 2. 2 按子样大小确定分组区间  $k$ ：

当  $n=200$  时， $k=18\sim 20$ ；

当  $n=400$  时， $k=25\sim 30$ ；

当  $n=1\ 000$  时， $k=35\sim 40$ 。

A. 3. 2. 3 按  $p=1/k$  确定每个区间的概率，并有标准正态概率分布表查出每个区间限所要求的  $Z_\alpha$  值。

A. 3. 2. 4 由式 (A. 6) 计算样本均值和方差：

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\ s^2 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \end{aligned} \quad (\text{A. 6})$$

A. 3. 2. 5 按  $x = sZ_\alpha + \bar{X}$  计算标准化区间限。

A. 3. 2. 6 把区间限用到记录上以确定每段的频数  $f_j$ 。

A. 3. 2. 7 计算每个分组区间频数偏离期望频数  $F$  的标准化平方偏差和：

$$\chi^2 = \frac{\sum_{j=1}^k (F - f_j)^2}{F} \quad (\text{A. 7})$$

式中：

$F$ —— $n/k$ 。

A. 3. 2. 8 选取自由度= $k-3$ ，显著水平  $\alpha$ ，查卡埃平方分布表确定其接受域，判断是否接受正态性假设。



## 附录 B

## 检定证书内页格式

## 检定结果

## 一、外观检查

## 二、振动控制器

## 1. 频率示值误差

设定频率/Hz			
测量频率/Hz			
频率示值误差			

## 2. 正弦信号谐波失真度

## 3. 自闭环控制谱动态范围 (附图)

## 4. 通道一致性 (通道) 幅值比: 相位:

## 三、正弦振动

## 1. 台面漏磁

## 2. 台面加速度噪声

## 3. 加速度幅值示值误差

## 4. 一阶谐振频率 (附图)

## 5. 台面加速度波形失真度:

频率/Hz												
失真度/%												

## 6. 振动台横向振动比:

频率/Hz												
横振比/%												

## 7. 振动台台面均匀度:

频率/Hz												
均匀度/%												

## 8. 扫频定振精度 (附图)

## 9. 加速度稳定性

## 10. 正弦推力

## 四、随机振动

1. 动态范围 (附各通道测量图)
2. 随机加速度总均方根值示值误差
3. 随机加速度功率谱密度示值误差 (附图 )
4. 带外加速度总均方根值与带内加速度总均方根值之比 (附图 )
5. 随机加速度总均方根值控制精度
6. 随机加速度功率谱密度控制精度
7. 随机加速度总均方根值均匀度
8. 随机加速度总均方根值横向振动比
9. 随机加速度功率谱密度横向振动比
10. 随机推力 (台体运动部件质量: 负载质量: ) (附图 )

## 五、混合振动

1. 正弦加宽带随机控制正弦信号加速度幅值示值误差 (附图 )
2. 正弦加宽带随机加速度总均方根值示值误差 (附图 )
3. 正弦加宽带随机加速度功率谱密度示值误差
4. 正弦加宽带随机加速度总均方根值控制精度
5. 正弦加宽带随机加速度功率谱密度控制精度
6. 窄带随机加宽带随机加速度总均方根值示值误差 (附图 )
7. 窄带随机加宽带随机加速度功率谱密度示值误差 (附图 )
8. 窄带随机加宽带随机加速度总均方根值控制精度
9. 窄带随机加宽带随机加速度功率谱密度控制精度

## 六、经典冲击

1. 半正弦冲击加速度波形 ( $150 \text{ m/s}^2$ , 11 ms) (附图 )  
 脉冲幅值误差 脉冲宽度误差  
 冲击脉冲速度变化量误差
2. 后峰距齿冲击加速度波形 ( $150 \text{ m/s}^2$ , 11 ms) (附图 )  
 脉冲幅值误差 脉冲宽度误差  
 冲击脉冲速度变化量误差
3. 梯形冲击加速度波形 ( $150 \text{ m/s}^2$ , 11 ms) (附图 )  
 脉冲幅值误差 脉冲宽度误差  
 冲击脉冲速度变化量误差

## 附录 C

## 检定结果通知书内页格式

## 检定结果

经过检定，不合格项目为：

序号	不合格项目	实际检定结果



## 附录 D

## 检定记录格式

## 一、外观检查

## 二、振动控制器

## 1. 频率示值误差、正弦信号谐波失真度

设定频率/Hz		1 000	
测量频率/Hz			
谐波失真度/%	——		——
频率示值误差/%			

## 2. 控制器自闭环控制谱动态范围

设\_\_\_\_\_ dB 总均方根值\_\_\_\_\_  $g_{rms}$  测试结果\_\_\_\_\_ dB 图\_\_\_\_\_

## 3. 通道一致性 (\_\_\_\_\_ 通道\_\_\_\_\_ dB)

## 三、正弦振动

1. 台面漏磁\_\_\_\_\_ mT (距台面\_\_\_\_\_ mm) 台面尺寸\_\_\_\_\_ mm

2. 台面加速度噪声: 噪声电压为\_\_\_\_\_ mV, 加速度噪声\_\_\_\_\_  $m/s^2$

3. 试验系统频率响应特性: 一阶频率响应\_\_\_\_\_ Hz 图\_\_\_\_\_

## 4. 频率示值误差、谐波失真度、横向振动比、均匀度检定

设定频率/Hz							
幅值设置							
谐波失真度/%							
$a_z$							
$a_x$							
$a_y$							
横向振动比/%							
$a_1$							
$a_2$							
$a_3$							
$a_4$							
$a_5$							
均匀度/%							

续

设定频率/Hz							
幅值设置							
谐波失真度/%							
$a_z$							
$a_x$							
$a_y$							
横向振动比/%							
$a_1$							
$a_2$							
$a_3$							
$a_4$							
$a_5$							
均匀度/%							

5. 加速度示值误差

频率：5 Hz			频率：20 Hz			频率：1 000 Hz		
设置值	测量值	误差	设置值	测量值	误差	设置值	测量值	误差

6. 扫频定振精度：\_\_\_\_\_ dB 图\_\_\_\_\_

7. 正弦推力测试：动圈质量：\_\_\_\_\_ kg，测量加速度：\_\_\_\_\_  $m/s^2$ ，推力：\_\_\_\_\_ kN

8. 稳定性测试：设定 160 Hz，\_\_\_\_\_  $m/s^2$

时间/min	0	5	10	15	20	25	30
加速度值/( $m/s^2$ )							
时间/min	35	40	45	50	55	60	——
加速度值/( $m/s^2$ )							——

加速度稳定性：\_\_\_\_\_ %

四、随机振动

1. 振动台控制谱动态范围：

设置 40 dB,总均方根值\_\_\_\_\_  $m/s^2$ ,测试结果\_\_\_\_\_ dB

通道 1	通道 2	通道 3	通道 4	通道 5	通道 6	通道 7	通道 8
图	图	图	图	图	图	图	图

2. 随机加速度总均方根值和谱密度示值误差：

设：谱密度  $2 \text{ m}^2/\text{s}^3$ ，总均方根值\_\_\_\_\_  $\text{m}/\text{s}^2$ ，图\_\_\_\_\_

序号	1	2	3	4	5	平均	示值误差
160 Hz 谱密度							
800 Hz 谱密度							
1200 Hz 谱密度							
总均方根值/( $\text{m}/\text{s}^2$ )							

3. 随机加速度总均方根值和谱密度控制精度：

设：谱密度  $2 \text{ m}^2/\text{s}^3$ ，总均方根值\_\_\_\_\_  $\text{m}/\text{s}^2$

序号	1		2		3	
	谱密度	均方根值	谱密度	均方根值	谱密度	均方根值
1						
2						
3						
4						
5						
平均						
精度/dB						
序号	4		5		——	
次数	谱密度	均方根值	谱密度	均方根值	——	——
1					——	——
2					——	——
3					——	——
4					——	——
5					——	——
平均					——	——
精度/dB					——	——

控制器总均方根值平均示值\_\_\_\_\_  $\text{m}/\text{s}^2$

4. 随机加速度总均方根值频带外与频带内之比 图\_\_\_\_\_



次数	1	2	3	4	5
频带外加速度总均方根值					
频带内加速度总均方根值					
比值 $R/(%)$					

## 5. 随机加速度总均方根值均匀度：

测量点	1点	2点	3点	4点	5点	均匀度/(%)
总均方根值						

## 6. 随机加速度总均方根值和谱密度横向振动比：

方向	X向	Y向	Z向	横向振动比/(%)
总均方根值				
谱密度				

## 7. 随机推力测试：(台体运动部件质量：\_\_\_\_\_ kg, 负载质量：\_\_\_\_\_ kg)

测量加速度：\_\_\_\_\_  $m/s^2$ , 推力：\_\_\_\_\_ kN, 图\_\_\_\_\_

## 五、混合振动

## 1. 正弦加宽带随机正弦信号加速度幅值示值误差：图\_\_\_\_\_

设定值	15 Hz, 40 $m/s^2$	30 Hz, 25 $m/s^2$	45 Hz, 20 $m/s^2$	60 Hz, 15 $m/s^2$
正弦加速度				
示值误差/(%)				

## 2. 正弦加宽带随机宽带随机谱密度及总均方根值示值误差：

设：谱密度  $2 m^2/s^3$ , 总均方根值\_\_\_\_\_  $m/s^2$  图\_\_\_\_\_

序号	1	2	3	4	5	平均值	示值误差
200 Hz 谱密度							
总均方根值							

## 3. 正弦加宽带随机宽带随机谱密度和总均方根值控制精度：

设：谱密度  $2 m^2/s^3$ , 总均方根值\_\_\_\_\_  $m/s^2$ 

序号	1		2		3	
次数	谱密度	均方根值	谱密度	均方根值	谱密度	均方根值
1						
2						
3						



续

序号	4			5			—		
	谱密度	谱密度	均方根值	谱密度	谱密度	均方根值	—	—	—
1							—	—	—
2							—	—	—
3							—	—	—
4							—	—	—
5							—	—	—
平均							—	—	—
精度/dB							—	—	—

控制器总均方根值平均示值\_\_\_\_\_ m/s<sup>2</sup>

六、经典冲击

基本冲击加速度波形检定(设脉冲幅值 150 m/s<sup>2</sup>, 脉冲持续时间 11 ms):

冲击波形	半正弦波(图 )		后峰锯齿波(图 )	
	脉冲幅值	m/s <sup>2</sup>	%	m/s <sup>2</sup>
脉冲持续时间	ms	%	ms	%
速度变化量	m/s	%	m/s	%
冲击波形	梯形波(图 )		—	
脉冲幅值	m/s <sup>2</sup>	%	—	—
脉冲持续时间	ms	%	—	—
速度变化量	m/s	%	—	—