



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 5170.19—2018  
代替 GB/T 5170.19—2005

## 环境试验设备检验方法 第 19 部分：温度、振动(正弦)综合试验设备

Inspection methods for environmental testing equipments—  
Part 19: Combined temperature vibration (sinusoidal) testing equipment

2018-12-28 发布

2019-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 特性要求 .....	4
5 测量仪器 .....	5
6 测量不确定度 .....	6
7 检验条件 .....	6
8 一般规定 .....	6
9 检验方法 .....	7
10 检验结果 .....	10
11 检验周期 .....	11
附录 A (资料性附录) 检验中测量不确定度的描述 .....	12

## 前 言

GB/T 5170《环境试验设备基本参数检验方法》是系列标准,分为若干部分。GB/T 5170 包含以下部分:

- GB/T 5170.1—2016 电工电子产品环境试验设备检验方法 第1部分:总则;
- GB/T 5170.2—2017 环境试验设备检验方法 第2部分:温度试验设备;
- GB/T 5170.5—2016 电工电子产品环境试验设备检验方法 第5部分:湿热试验设备;
- GB/T 5170.8—2017 环境试验设备检验方法 第8部分:盐雾试验设备;
- GB/T 5170.9—2017 环境试验设备检验方法 第9部分:太阳辐射试验设备;
- GB/T 5170.10—2017 环境试验设备检验方法 第10部分:高低温低气压试验设备;
- GB/T 5170.11—2017 环境试验设备检验方法 第11部分:腐蚀气体试验设备;
- GB/T 5170.13—2018 环境试验设备检验方法 第13部分:振动(正弦)试验用机械式振动系统;
- GB/T 5170.14—2009 环境试验设备基本参数检验方法 振动(正弦)试验用电动振动台;
- GB/T 5170.15—2018 环境试验设备检验方法 第15部分:振动(正弦)试验用液压式振动系统;
- GB/T 5170.16—2018 环境试验设备检验方法 第16部分:稳态加速度试验用离心机;
- GB/T 5170.17—2005 电工电子产品环境试验设备基本参数检定方法 低温/低气压/湿热综合顺序试验设备;
- GB/T 5170.18—2005 电工电子产品环境试验设备基本参数检定方法 温度/湿度组合循环试验设备;
- GB/T 5170.19—2018 环境试验设备检验方法 第19部分:温度、振动(正弦)综合试验设备;
- GB/T 5170.20—2005 电工电子产品环境试验设备基本参数检定方法 水试验设备;
- GB/T 5170.21—2008 电工电子产品环境试验设备基本参数检验方法 振动(随机)试验用液压振动台。

本部分为 GB/T 5170 的第 19 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 5170.19—2005《电工电子产品环境试验设备基本参数检定方法 温度/振动(正弦)综合试验设备》,与 GB/T 5170.19—2005 相比,主要技术变化如下:

- 为了便于使用,重复列出了 GB/T 5170.1 中的某些术语和定义(见 3.1、3.2、3.3、3.6、3.7、3.10);
- 删除了原第 4 章“检定项目”,改为“特性要求”(见第 4 章);
- 将 GB/T 2423.10、GB/T 2423.35、GB/T 2423.36“试验设备”未规定相关要求的检验项目从本部分调整出,并相应地删除相关测量仪器的要求;
- 增加了“测量不确定度”一章(见第 6 章);
- 为了便于使用,列出了具体检验时的环境条件(见 7.1);
- 增加了“一般规定”一章(见第 8 章);
- 为了便于使用,列出了各个检验项目的步骤、公式和结果处理等(见第 9 章);
- 根据 GB/T 5170.1 的要求,列出了“检验报告应至少包括以下信息”(见第 10 章);

——增加了附录 A“检验中测量不确定度的描述”。

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)提出并归口。

本部分起草单位:工业和信息化部电子第五研究所、厦门赛宝工业技术研究院有限公司、广州赛宝计量检测中心服务有限公司、佛山赛宝信息产业技术研究院有限公司、苏州苏试试验仪器股份有限公司。

本部分主要起草人:郑术力、范程钢、阚飞、钟灏、徐俊、李森、黄晓光。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 5170.19—1989、GB/T 5170.19—2005。

## 环境试验设备检验方法

### 第 19 部分：温度、振动(正弦)综合试验设备

#### 1 范围

GB/T 5170 的本部分规定了温度、振动(正弦)综合试验设备(以下简称试验设备)的特性要求、测量仪器、测量不确定度、检验负载、检验条件、检验方法、检验结果、检验周期。

本部分适用于 GB/T 2423.35、GB/T 2423.36 和 GB/T 2424.22 温度(低温、高温)、振动(正弦)综合试验设备的检验。

本部分也适用于类似试验设备的检验。

#### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2423.35 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Z/AFc:散热和非散热试验样品的低温/振动(正弦)综合试验(GB/T 2423.35—2005, IEC 60068-2-50:1983, IDT)

GB/T 2423.36 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Z/BFc:散热和非散热试验样品的高温/振动(正弦)综合试验(GB/T 2423.36—2005, IEC 60068-2-51:1983, IDT)

GB/T 5170.1—2016 电工电子产品环境试验设备检验方法 第 1 部分:总则

GB/T 16839.1 热电偶 第 1 部分:电动势规范和允差(GB/T 16839.1—2018, IEC 60584-1:2013, IDT)

GB/T 30121 工业铂热电阻及铂感温元件(GB/T 30121—2013, IEC 60751:2008, IDT)

JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示

#### 3 术语和定义

GB/T 5170.1—2016 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 GB/T 5170.1—2016 中的某些术语和定义。

##### 3.1

##### 温度偏差 temperature deviation

试验箱(室)稳定状态下,工作空间各测量点在规定时间内实测最高温度和最低温度与设定温度的上下偏差。

按式(1)、式(2)计算:

$$\Delta T_{\max} = T_{\max} - T_N \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta T_{\min} = T_{\min} - T_N \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$\Delta T_{\max}$  ——温度上偏差,单位为摄氏度(°C);

$\Delta T_{\min}$  ——温度下偏差,单位为摄氏度(°C);

$T_{\max}$  ——规定时间内实测最高温度,单位为摄氏度(°C);

$T_{\min}$  ——规定时间内实测最低温度,单位为摄氏度(°C);

$T_N$  ——设定温度,单位为摄氏度(°C)。

[GB/T 5170.1—2016, 定义 3.2.4]

3.2

**温度波动度 temperature fluctuation**

试验箱(室)稳定状态下,在规定的时间内,工作空间内任意一点温度随时间的变化量。

按式(3)计算:

$$\Delta T_j = T_{jmax} - T_{jmin} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$\Delta T_j$  ——工作空间第  $j$  点在规定的间隔内的温度波动度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_{jmax}$  ——工作空间第  $j$  点在规定的间隔内的实测最高温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_{jmin}$  ——工作空间第  $j$  点在规定的间隔内的实测最低温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )。

[GB/T 5170.1—2016, 定义 3.2.6]

3.3

**温度变化速率 temperature variation rate**

试验箱(室)工作空间几何中心点测得的两个规定温度之间的转变速率,用 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 表示。

按式(4)计算:

$$V_T = \frac{(T_2 - T_1) \times 80\%}{t} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$V_T$  ——温度变化速率,单位为摄氏度每分( $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ );

$T_2$  ——最高规定温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_1$  ——最低规定温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );

$t$  ——温度从规定温度范围的 10% 上升(下降)到 90% 的时间,单位为分(min)。

[GB/T 5170.1—2016, 定义 3.2.10]

3.4

**频率指示误差 frequency indication error**

振动发生器系统的频率指示值与真值之差。

3.5

**扫描 sweep**

[振动发生器系统]某一自变量(通常为频率)连续地通过某一区间的过程。

3.6

**扫描速率 sweep rate**

自变量(通常为频率)的变化率。

[GB/T 5170.1—2016, 定义 3.3.7]

3.7

**线性扫描速率 linear sweep rate**

扫描时自变量(通常为频率)的变化率为常数的扫描速率,  $df/dt = \text{常数}$ 。

注: 其中  $f$  为频率,  $t$  为时间。

[GB/T 5170.1—2016, 定义 3.3.8]

3.8

**对数(频率)扫描速率 logarithmic (frequency) sweep rate**

每单位频率的变化率为常数的扫描速率,  $(df/f)/dt = \text{常数}$ 。

3.9

**扫描速率误差 sweep rate error**

扫描速率的标称值与真值之差,一般采用相对误差的形式表示。对数扫描时,扫描速率误差按式

(5)计算。

$$\delta_{SR} = \frac{R_s - \frac{\lg(f_H/f_L)/\lg 2}{t}}{R_s} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

式中：

- $\delta_{SR}$ ——扫描速率误差，%；
- $R_s$ ——规定的扫频速率，单位为倍频程每分(oct/min)；
- $t$ ——实测扫频时间，单位为分(min)；
- $f_L$ ——振动试验系统工作频率下限值，单位为赫兹(Hz)；
- $f_H$ ——振动试验系统工作频率上限值，单位为赫兹(Hz)。

注：改写 GB/T 5170.1—2016，定义 3.3.15。

3.10

**振幅 amplitude**

正弦振动的最大值。

[GB/T 5170.1—2016，定义 3.3.10]

3.11

**振幅指示误差 amplitude indication error**

振幅示值与真值之差。

注：改写 GB/T 5170.1—2016，定义 3.3.13。

3.12

**扫描幅度偏差 sweep amplitude deviation**

扫频定振偏差 sweep frequency deviation

振动发生系统扫描时，扫描幅值的波动度量。对数扫描时，扫描幅度偏差按式(6)计算。

$$\delta_{max} = 20\lg \frac{a_{max}}{a_0} \dots\dots\dots(6)$$

$$\delta_{min} = 20\lg \frac{a_{min}}{a_0}$$

式中：

- $\delta_{max}$ ——扫描幅度偏差的正波动值，单位为分贝(dB)；
- $\delta_{min}$ ——扫描幅度偏差的负波动值，单位为分贝(dB)；
- $a_{max}$ ——扫描过程中加速度(或位移)幅值的最大值，单位为米每二次方秒或毫米[m/s<sup>2</sup>(或 mm)]；
- $a_{min}$ ——扫描过程中加速度(或位移)幅值的最小值，单位为米每二次方秒或毫米[m/s<sup>2</sup>(或 mm)]；
- $a_0$ ——加速度(或位移)幅值的设定值，单位为米每二次方秒或毫米[m/s<sup>2</sup>(或 mm)]。

注：改写 GB/T 5170.1—2016，定义 3.3.15。

3.13

**失真度 distortion**

波形中不希望有的变化。失真度一般用谐波失真度来定量表示，见式(7)。

$$d = \frac{\sqrt{a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + a_5^2 + \dots}}{a_1} \times 100 \dots\dots\dots(7)$$

式中：

- $d$ ——谐波失真度，%；
- $a_1$ ——给定正弦振动信号基波幅值；
- $a_2$ ——为基波的二次谐波幅值；
- $a_3$ ——为基波的三次谐波幅值；

$a_4$  ——为基波的四次谐波幅值；

$a_5$  ——为基波的五次谐波幅值。

注：改写 GB/T 5170.1—2016, 定义 3.3.19。

3.14

**台面振动幅值均匀度 amplitude uniformty for vibration table**

振动系统台面任意一点振动幅值(加速度、速度或位移)和参考点振动幅值(加速度、速度或位移)相对偏差的最大绝对值。

3.15

**横向运动比 transverse motion ratio**

**横向振动比 transverse vibration ratio**

振动系统或冲击台沿垂直于工作轴方向运动的加速度(速度、位移)与工作轴方向的加速度的最大比值。

注：改写 GB/T 5170.1—2016, 定义 3.3.21。

3.16

**信号容差 signal tolerance**

振动系统实际运动和基本运动的差异程度。见式(8)。

$$ST = \left( \frac{NF}{F} - 1 \right) \times 100 \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中：

ST ——信号容差，%；

NF ——未经滤波的信号 r.m.s.值；

F ——经滤波的信号 r.m.s.值。

4 特性要求

4.1 振动系统基本运动

基本运动应为时间的正弦函数,振动系统台面的各点应基本上同相位并沿平行直线运动,并符合 4.2 和 4.3 限定的要求。

4.2 振动系统横向运动

当频率低于或等于 500 Hz 时,振动系统横向振动比应不大于 50%。横向运动的测量仅需在规定的频率范围内进行。在特殊情况下,例如对小样品振动试验,有关规范可以规定允许横向运动的振幅不大于 25%。在某些情况下,对于大尺寸、大质量的样品振动试验或在某些频率上要达到上面的要求是困难的,则应给出横向运动比的实测值。

4.3 失真度

振动系统的加速度波形失真度不超过 25%。

4.4 振幅容差

振动系统在所要求轴线上的基本运动幅值与标称值的偏差应在下列容差范围内：

a) 振动幅值示值误差和定振偏差：

振动系统的加速度和位移幅值示值误差应不超过±15%，扫描幅度偏差不得超过±1.5 dB。

b) 振动系统台面加速度幅值均匀度：



振动系统工作时,振动试验系统台面加速度幅值均匀度应不大于 25%。在额定的频率范围内,允许有 1 个~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%,频带宽度不超过最大均匀度对应频率的±10%。

#### 4.5 振动频率容差

振动系统在规定的频率范围内,其频率容差符合表 1 的规定。

表 1 频率容差

频率范围	$5 \text{ Hz} \leq f \leq 50 \text{ Hz}$	$f > 50 \text{ Hz}$
频率示值最大允许误差	±1 Hz	±2%
频率稳定度	±1 Hz	±2%

#### 4.6 扫频速率误差

振动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,扫频速率误差应不超过±1%。

#### 4.7 试验箱(室)的温度偏差

试验箱(室)稳定状态时,其温度偏差应在±2℃以内。

#### 4.8 试验箱(室)的温度波动度

试验箱(室)稳定状态时,其温度波动度应在±1℃以内。

#### 4.9 试验箱(室)的温度变化速率

试验箱(室)的温度变化速率应符合说明书的要求;然而通过温度控制,试验箱(室)温度变化速率应可控制不超过 1℃/min。

注:试验 Ab、Ad、Bb 和 Bd 要求在条件试验的升温和降温过程中温度变化速率不超过 1℃/min(5 min 平均),试验 Aa、Ba、Bc、Na 和 Nc 不受温度变化速率 1℃/min 的限制。

#### 4.10 试验设备的综合要求

振动系统与试验箱应避免过度热传导和振动传递。综合工作状态下,振动幅值和温度偏差应分别满足 4.4a) 和 4.7 的要求。

### 5 测量仪器

#### 5.1 振动幅值测量仪器

采用由加速度计(包括三向加速度计),带积分和滤波网络的放大器,显示器或动态信号分析仪组成的振动幅值测量系统。在规定的温度条件下,振动幅值测量系统的扩展不确定度:加速度优于 3%( $k=2$ );位移优于 5%( $k=2$ )。

#### 5.2 频率测量仪器

采用由加速度计(包括三向加速度计),带积分和滤波网络的放大器,频率计或动态信号分析仪组成

的振动频率测量系统,频率测量系统扩展不确定度应优于 0.5%( $k=2$ )。

### 5.3 失真度测量仪器

采用由加速度计,带积分和滤波网络的放大器,失真度仪或动态信号分析仪组成的失真度测量系统,失真度测量系统扩展不确定度应优于 10%( $k=2$ )。

### 5.4 温度测量系统

温度测量系统一般由铂电阻温度计或热电偶温度计与数据采集器组成,其扩展不确定度应不大于 0.2 °C( $k=2$ );温度测量系统在空气中的 50%响应时间一般应小于 40 s;铂电阻温度计应符合 GB/T 30121 的等级 A,热电偶温度计应符合 GB/T 16839.1。

## 6 测量不确定度

按照 JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示,测量不确定度应使用扩展不确定度  $U$  来表达。本部分的使用者参照附录 A 所作的 uncertainty 估计来证实其 uncertainty 水平(见第 5 章)。

## 7 检验条件

### 7.1 环境条件

按以下环境条件进行检验:

- a) 环境温度为 15 °C~35 °C,相对湿度不大于 80%;
- b) 电源电压的变化应在额定电压的±10%范围内;
- c) 试验设备应保持清洁,周围无腐蚀性气体、液体;
- d) 试验设备在检验时的其他条件应符合 GB/T 5170.1—2016 中第 4 章的规定。

### 7.2 外观和安全条件

试验设备的外观和安全条件应符合 GB/T 5170.1—2016 中第 8 章的规定。

## 8 一般规定

### 8.1 检验用负载

#### 8.1.1 振动系统检验用负载

检验用负载应由金属材料制成外形对称的刚性体,其质量、质心高及安装偏心距应符合有关规定。负载与振动系统面连接表面的平面度应优于 0.1 mm,表面粗糙度  $R_a$  优于 5.0  $\mu\text{m}$ 。负载与台面刚性连接,固定点均匀分布且不少于 4 个。

#### 8.1.2 试验箱(室)检验用负载

除有关规范另有规定,设备的检验负载应满足以下条件:

- a) 负载的总质量在每立方米工作空间容积内放置不超过 80 kg;
- b) 负载的总体积不大于工作空间容积的五分之一;
- c) 在垂直于主导风向的任意截面上,负载面积之和应不大于该处工作空间截面积的三分之一,负载放置时不可阻塞气流的流动;

d) 检验负载的具体选择也可由用户和试验设备生产商双方协商确定。

## 8.2 加速度计的安装

加速度计应刚性地固定在台面中心及离台面中心最远的 4 个安装点上。

## 9 检验方法

### 9.1 试验设备外观和工作环境条件的检查

对试验设备的工作环境条件和外观进行检查,检查结果应符合第 7 章的各项规定。

### 9.2 安装负载

根据检验要求选择空载或安装检验用负载。检验用负载应满足第 8 章的要求。

### 9.3 安装振动传感器

试验箱不工作,振动系统按规定准备完毕,按第 8 章的要求,在振动系统台面或负载上安装加速度传感器,并连接好测量系统。

### 9.4 横向振动比

振动系统空载或满载。加速度计(或位移计,含适调放大器)连接多通道动态信号分析仪。如果采用位移计,需进行二次微分。在振动系统规定的工作频率范围内,按倍频程选取不少于 10 个频率值(包括上、下限频率值),在所选频率下以振动试验系统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三个方向的位移时域信号,按式(9)计算出横向振动比  $T$ ,其结果应符合 4.2 的规定。

$$T = \max_i \left\{ \frac{a_T(t)}{a_z} \right\} \times 100 = \max_i \left\{ \frac{\sqrt{a_x^2(t) + a_y^2(t)}}{a_z} \right\} \times 100 \dots\dots\dots(9)$$

式中:

- $T$  —— 振动试验系统台面加速度幅值横向振动比, %;
- $a_T(t)$  ——  $t$  时刻垂直于主振方向平面内的横向加速度,单位为米每二次方秒( $\text{m/s}^2$ );
- $a_x(t)、a_y(t)$  ——  $t$  时刻垂直于主振方向平面内两个正交的横向加速度,单位为米每二次方秒( $\text{m/s}^2$ );
- $a_z$  —— 主振方向的加速度幅值,单位为米每二次方秒( $\text{m/s}^2$ )。

### 9.5 加速度波形失真度

振动系统空载或满载。在振动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),在所选频率下最大振动幅值 50% 的大小振动。动态信号分析仪采用平顶窗函数,测量其基波和至少 5 次谐波。按式(7)计算谐波失真度。其结果应符合 4.3 的规定。

### 9.6 台面加速度幅值均匀度

振动系统空载或满载。在振动系统工作频率范围内,按倍频程选取不少于 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加速度幅值,并按式(10)计算出台面加速度幅值均匀度  $N$ ,其结果应符合 4.4b) 的规定。

$$N = \frac{|\Delta A_{\max}|}{A} \times 100 \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- $N$  —— 振动试验系统台面加速度幅值均匀度, %;
- $|\Delta A_{\max}|$  —— 同次测量中, 各点与中心点加速度幅值的最大偏差, 单位为米每二次方秒( $\text{m/s}^2$ );
- $A$  —— 同次测量中, 中心点的加速度幅值, 单位为米每二次方秒( $\text{m/s}^2$ )。

9.7 振动幅值指示误差

在规定的工作频率范围内, 选取高中低三个频率值, 分别对应加速度、速度和位移控制段, 在所选频率值下取大、中、小三个加速度(或速度、位移)幅值进行测量, 示值误差  $\delta_a$  按式(11)计算。其结果应符合 4.4a) 的规定。

$$\delta_a = \frac{a_d - a_s}{a_s} \times 100 \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:

- $\delta_a$  —— 振动试验系统的振动幅值示值误差, %;
- $a_d$  —— 振动试验系统的振动幅值示值;
- $a_s$  —— 动态信号分析仪测量振动幅值。

9.8 扫描速率误差和扫描幅度偏差

振动系统空载或满载, 在额定频率范围内, 按额定工作特性曲线的 50% 幅值设置扫频曲线, 以 1 oct/min 的速率作扫频振动。用动态信号分析仪记录其扫频曲线, 幅值为对数坐标 dB。按式(5)计算扫频速率误差, 其结果应符合 4.6 的规定。按式(6)计算扫描幅度偏差, 其结果应符合 4.4a) 的规定。

9.9 频率指示误差

在振动系统额定频率范围内, 按倍频程选取 9 个以上频率点进行测量, 记录振动系统频率示值和动态信号分析仪频率示值并计算其误差, 测量结果应符合 4.5 的规定。

9.10 频率稳定度

振动系统满载, 在振动系统最大位移幅值与最大加速度幅值的交越频率或振动系统上限频率以最大加速度幅值对应的位移幅值作连续定频振动, 每隔 10 min 记录一次分析仪的频率示值, 试验时间 1 h, 频率稳定度  $F_c$  按式(12)计算, 测量结果应符合 4.5 的规定。

$$F_c = \frac{\Delta f_{\max}}{f_0} \times 100 \text{ 或 } |\Delta f_{\max}| \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

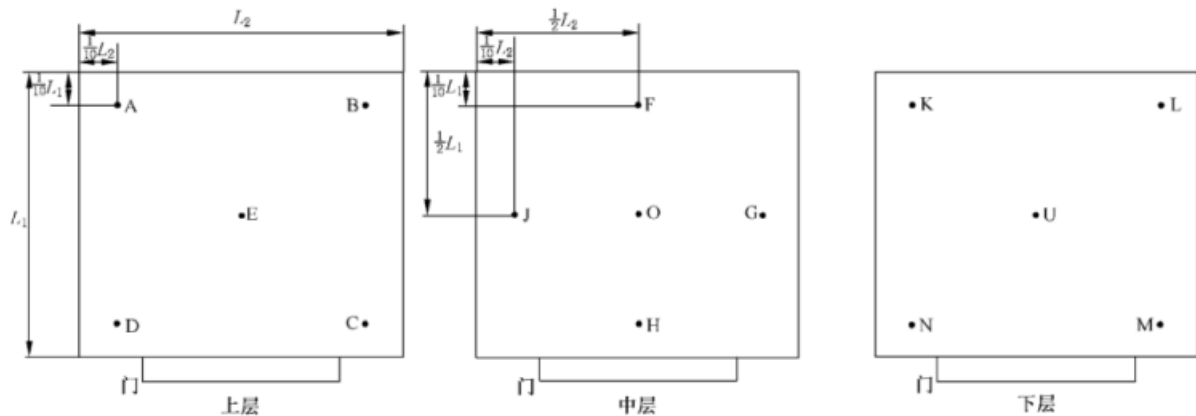
- $F_c$  —— 频率稳定度, % 或 Hz;
- $f_0$  —— 给定的试验频率示值, 单位为赫兹(Hz);
- $|\Delta f_{\max}|$  —— 各次测量中, 分析仪频率示值相对于给定频率值的最大偏差, 单位为赫兹(Hz)。

9.11 试验箱(室)的温度偏差

9.11.1 温度测量点的布置

试验箱(室)工作空间内温度测量点的布置如图 1 所示, 对称布置, 并连接好温度测量系统。传感器不应受冷热源的直接辐射。当设备容积小于或等于 2 m<sup>3</sup> 时, 温度测量点为 A、B、C、D、O、K、L、M、N 共 9 个, 当设备容积大于 2 m<sup>3</sup> 时, 温度测量点为 A、B、C、D、E、F、G、H、J、O、K、L、M、N、U 共 15 个, 当设备容积小于 0.05 m<sup>3</sup> 或大于 50 m<sup>3</sup> 时, 可适当减少或增加测量点, 并在报告中注明。测量点 A、B、C、D、K、L、M、N、F、G、J、H 与设备内壁的距离为各自边长的 1/10(遇有风道时, 是指与送风口和回风口的

距离),但最大距离不大于 500 mm,最小距离不小于 50 mm。如果设备带有样品架或样品车时,下层测量点可布放在样品架或样品车上方 10 mm 处。



注: 图中 O、A、B、C、D、E、F、G、H、J、K、L、M、N、U 为温度测量点位置。 $L_1$  试验箱(室)深度,单位为毫米(mm); $L_2$  试验箱(室)宽度,单位为毫米(mm)。

图 1 温度测量点布放位置示意图

### 9.11.2 检验温度值的选取

推荐按 GB/T 2423.35、GB/T 2423.36 中“严酷等级”的相关规定选取,也可按用户要求选择检验的温度值。

### 9.11.3 检验步骤及计算检验结果

振动系统不工作,将试验箱(室)设定至检验的温度值并运行。当温度箱进入控温状态(设备控制器的温度示值达到设定值偏差带时起,可视为进入控温状态)后稳定 30 min,开始记录各测量点的温度值和设备指示的温度值,每隔 1 min 记录一次,共记录 30 次。按式(1)、式(2)计算温度偏差,其结果应符合 4.7 的规定。

### 9.12 试验箱(室)的温度波动度

取 9.11.3 所记录的全部测量数据,按式(3)计算温度波动度,其结果应符合 4.8 的规定。

### 9.13 试验箱(室)的温度变化速率

振动系统不工作,将试验箱(室)设定至检验的温度值并运行。当温度箱进入控温状态(设备控制器的温度示值达到设定值偏差带时起,可视为进入控温状态)后稳定 30 min,把试验箱调节到另一规定的温度值上,记录测量点 O 的温度,并按式(4)计算温度变化速率,其结果应符合 4.9 的规定。

### 9.14 综合工作状态下温度偏差和振动幅度

控制用加速度计应经过温度响应的校准后,才能用于温度、振动综合试验设备的控制。将控制用加速度计和校准用加速度计尽可能地相互靠近安装在振动系统台面上。试验设备按图 2 所示时序剖面图运行温度、振动,分别按 9.7 和 9.11 的方法测量综合工作状态下的振动幅度和温度偏差,其结果应符合 4.10 的规定。

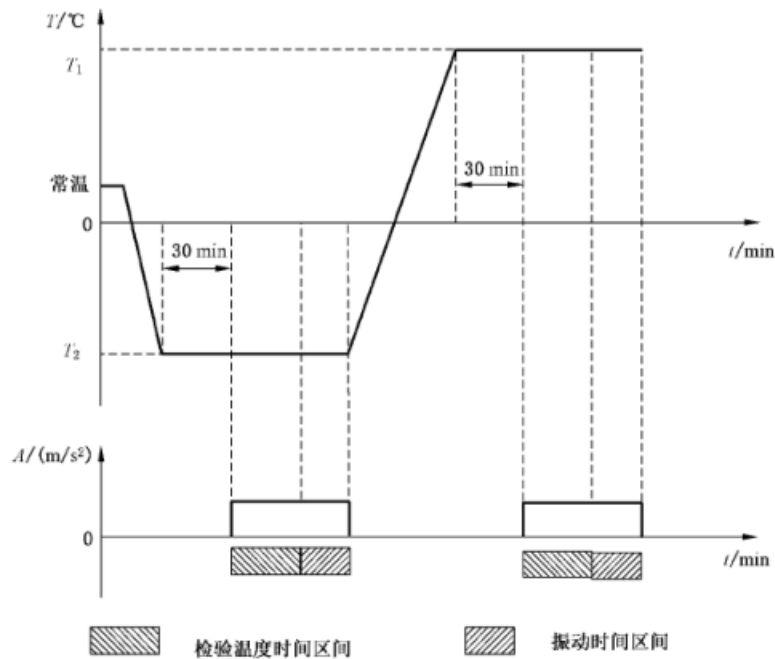


图 2 温度振动检验时序剖面图

## 10 检验结果

检验结果应在检验报告中反映,检验报告应至少包括以下信息:

- a) 标题“检验报告”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行检验的地点(如果与实验室的地址不同);
- d) 证书的唯一性标识(如编号),每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被检对象的描述和明确标识;
- g) 进行检验的日期,如果与检验结果的有效性和应用有关时,应说明被检对象的接收日期;
- h) 检验所依据的标准的标识,包括名称及标准编号;
- i) 本次检验所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 检验环境的描述;
- k) 对标准偏离的说明;
- l) 检验不确定度说明;
- m) 检验人员、核验人员的签名,签发人员的签名、职务或等效标识;
- n) 明确的结论;
- o) 检验单位公章;
- p) 检验结果仅对被检对象有效的声明;
- q) 未经实验室书面批准,不得部分复制证书的声明。

## 11 检验周期

正常使用的设备,每一年至少进行一次检验。对设备的重要部位(指对试验条件的变化有直接影响的部位)维修或更换后,应立即进行检验。设备在安装调试之后或启封重新使用之前均应进行检验。

## 附录 A

(资料性附录)

## 检验中测量不确定度的描述

A.1 测量扩展不确定度( $U$ )的计算

## A.1.1 目的

根据国际度量衡委员会(CIPM)推荐的方法——GUM,应该用扩展不确定度  $U$  来表述检验中的测量不确定度。给出  $U$  的目的是提供  $y-U$  到  $y+U$  的一个区间,在这个区间里期望  $Y$  值能具有高的概率。为确信估计  $y-U \leq Y \leq y+U$ ,扩展不确定度按以下方法确定。

## A.1.2 分析不确定度来源和建立测量模型

## A.1.2.1 分析不确定度来源

由测量所得的测得值只是被测量的估计值,测量中可能导致测量不确定度的来源一般可从以下方面考虑:

- a) 被测量的定义不完整;
- b) 复现被测量的测量方法不理想;
- c) 取样的代表性不够,即被测样本不能代表所定义的被测量;
- d) 对测量过程受环境影响的认识不恰如其分或对环境的测量与控制不完善;
- e) 对模拟式仪器的读数存在人为偏移;
- f) 测量仪器的计量性能(如最大允许误差、灵敏度、鉴别力、分辨力、死区及稳定性等)的局限性导致的不确定度,即仪器的不确定度;
- g) 测量标准或标准物质提供的量值的不确定度;
- h) 引用的数据或其他参量的不确定度;
- i) 测量方法和测量程序中的近似和假设;
- j) 在相同条件下重复观测中测得的量值的变化。

测量不确定度的来源必须根据实际测量情况进行具体分析。分析测量不确定度来源时,除了定义的不确定度外,可从测量仪器、测量环境、测量人员、测量方法等方面全面考虑,特别要注意对测量结果影响较大的不确定度来源,应尽量做到不遗漏、不重复。修正仅仅是对系统误差的补偿,修正值是具有不确定度的。在评定已修正的被测量的估计值的测量不确定度时,要考虑修正引入的不确定度。

## A.1.2.2 建立测量模型

测量中,当被测量(即输出量) $Y$ 由  $N$  个其他量  $X_1, X_2, \dots, X_N$ (即输入量),通过函数  $f$  来确定时,则式(A.1)称为测量模型。

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中大写字母表示量的符号,  $f$  为测量函数。

设输入量  $X_i$  的估计值为  $x_i$ ,被测量  $Y$  的估计值为  $y$ ,则测量模型可写成式(A.2)的形式。

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$



**A.1.3 标准不确定度的评定**

**A.1.3.1 概述**

每个测量不确定度的来源用其概率分布的标准偏差估计值表征,称标准不确定度分量,用  $u_i$  表示。标准不确定度分量的评定就是要获得每个分量的标准偏差估计值。根据对  $X_i$  的一系列测得值  $x_i$  得到实验标准偏差的方法为 A 类评定,根据有关信息估计的先验概率分布得到标准偏差估计值的方法为 B 类评定。在识别不确定度来源后,对不确定度各个分量作一个预估算是必要的,测量不确定度评定的重点应放在识别并评定那些重要的、占支配地位的分量上。

**A.1.3.2 标准不确定度的 A 类评定**

对被测量进行独立重复测量,通过所得到的一系列测得值,用统计分析方法获得实验标准偏差  $s(x)$ ,当用算术平均值  $\bar{x}$ ,作为被测量估计值时,被测量估计值的 A 类标准不确定度见式(A.3):

$$u_A = u(\bar{x}) = s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (A.3)$$

A 类评定时,重复测量的方法应尽可能考虑随机影响的来源,使其反映到测得值中去。如加速度计安装是测量程序的一部分,获得 A 类评定的数据时应注意每次测量要重新安装加速度计,以便计入每次安装的随机变化导致的不确定度分量。

**A.1.3.3 标准不确定度的 B 类评定**

根据有关的信息或经验,判断被测量的可能值区间  $[\bar{x}-a, \bar{x}+a]$ ,假设被测量值的概率分布,根据概率分布和要求的概率  $p$  确定  $k$ ,则 B 类标准不确定度  $u_B$  可由式(A.4)得到:

$$u_B = \frac{a}{k} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中: $a$  为被测量可能值区间的半宽度。

区间半宽度  $a$  根据有关信息确定,信息来源一般有:

- a) 以前测量的数据;
- b) 对有关材料和测量仪器特性的了解和经验;
- c) 生产厂提供的技术说明书;
- d) 校准证书、检定证书或其他文件提供的数据;
- e) 手册或某些资料给出的参考数据及其不确定度;
- f) 检定规程、校准规范或测试标准中给出的数据;
- g) 其他有用的信息。

**A.1.4 计算合成不确定度**

当被测量  $Y$  由  $N$  个其他量  $X_1, X_2, \dots, X_N$  通过线性测量函数  $f$  确定时,被测量的估计值  $y$  为:  
 $y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ 。

被测量的估计值  $y$  的合成标准不确定度  $u_c(y)$  按式(A.5)计算:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial x_i}\right]^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} r(x_i, x_j) u(x_i) u(x_j)} \dots\dots (A.5)$$

式中:

- $y$  ——被测量  $Y$  的估计值,又称输出量的估计值;
- $x_i$  ——输入量  $X_i$  的估计值,又称第  $i$  个输入量的估计值;

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$  ——被测量  $Y$  与有关的输入量  $X_i$  的函数对于  $x_i$  的偏导数,称灵敏系数;

$u(x_i)$  ——输入量  $x_i$  的标准不确定度;

$r(x_i, x_j)$  ——输入量  $x_i$  与  $x_j$  的相关系数,  $r(x_i, x_j)u(x_i)u(x_j) = u(x_i, x_j)$ ;

$u(x_i, x_j)$  ——输入量  $x_i$  与  $x_j$  的协方差。

当各输入量间均不相关时,相关系数为零。被测量的估计值  $y$  的合成标准不确定度  $u_c(y)$ 按式(A.6)计算:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i)} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

当简单直接测量,测量模型为  $y=x$  时,应该分析和评定测量时导致测量不确定度的各分量,若相互间不相关,则按式(A.7)计算:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

**A.1.5 扩展不确定度**

扩展不确定度  $U$  由合成标准不确定度  $u_c$  乘包含因子  $k$  得到,按式(A.8)计算:

$$U = k u_c \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

在通常的测量中,一般取  $k=2$ 。当取其他值时,应说明其来源。当给出扩展不确定度  $U$  时,一般应注明所取的  $k$  值。若未注明  $k$  值,则指  $k=2$ 。

当  $y$  和  $u_c(y)$  所表征的概率分布近似为正态分布时,且  $u_c(y)$  的有效自由度较大情况下,若  $k=2$ ,则由  $U=2u_c$  所确定的区间具有的包含概率约为 95%。若  $k=3$ ,则由  $U=3u_c$  所确定的区间具有的包含概率约为 99%。

**A.1.6 报告结果**

完整的测量结果应报告被测量的估计值及其测量不确定度以及有关的信息。报告应尽可能详细,以便使用者可以正确地利用测量结果。

**A.2 整个频率和加速度范围内的加速度测量扩展不确定度**

对于某一个频率、加速度和信号适调放大器增益设置,可以用式(A.9)计算位移测量的相对扩展不确定度  $U$ :

$$U = k u_{c,rel}(A) \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

$k$  ——包含因子;

$u_{c,rel}(A)$  ——加速度相对合成标准不确定度。

式(A.9)中  $u_{c,rel}(A)$ 可由式(A.10)计算可得:

$$u_{c,rel}(A) = \frac{1}{A} \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} r(x_i, x_j) u(x_i) u(x_j)} \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u_{rel}^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} r(x_i, x_j) u_{rel}(x_i) u(x_j)}$$

式中：

- $A$  ——被测量加速度；
- $x_i$  ——输入量  $X_i$  的估计值；
- $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$  ——估计加速度；
- $\frac{\partial f}{\partial x_i}$  ——被测量  $Y$  与有关的输入量  $X_i$  的函数对于  $x_i$  的偏导数,称灵敏系数；
- $u(x_i)$  ——输入量  $x_i$  的标准不确定度；
- $r(x_i, x_j)$  ——输入量  $x_i$  与  $x_j$  的相关系数,  $r(x_i, x_j)u(x_i)u(x_j) = u(x_i, x_j)$ ；
- $u(x_i, x_j)$  ——输入量  $x_i$  与  $x_j$  的协方差(如果不相关,为零)。

表 A.1 列出了一些不确定度来源,该表包含了所有重要的不确定度来源,但不能保证包括了全部。

表 A.1 加速度的相对测量不确定度评定

序号	标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	相对扩展不确定度或估计误差分量的范围/%	包含因子	相对不确定度贡献 $u_{rel,i}(A)/\%$
1	$u(S)$	加速度计(或位移计)幅值灵敏度的校准不确定度	2	1/2	1
2	$u(S_s)$	加速度计(或位移计)幅值灵敏度的年稳定度	0.5	$1/\sqrt{3}$	0.29
3	$u(G)$	适调放大器的增益	0.1	$1/\sqrt{3}$	0.058
4	$u(e_s)$	适调放大器的归一化	0.1	$1/\sqrt{3}$	0.058
5	$u(e_{fr})$	适调放大器的频率响应	0.1	$1/\sqrt{3}$	0.058
6	$u(V)$	交流电压幅值的测量不确定度	0.2	$1/\sqrt{3}$	0.115
7	$u(e_{R,N})$	安装参数(电缆的固定、扭矩等)的影响	0.05	$1/\sqrt{3}$	0.029
8	$u(e_h)$	加速度谐波失真度	0.002 4	$1/\sqrt{3}$	0.001 4
9	$u(e_{Tr})$	横向运动比的测量的影响	0.5	1/3	0.167
10	$u(e_{rc})$	基座应变的测量的影响	0.05	$1/\sqrt{3}$	0.029
11	$u(e_{rl})$	传感器非线性的测量的影响	0.03	$1/\sqrt{3}$	0.017
12	$u(e_{dl})$	动态信号采集仪非线性的影响	0.03	$1/\sqrt{3}$	0.017
13	$u(e_{rg})$	重力测量的影响	0.00	$1/\sqrt{3}$	0.00
14	$u(e_m)$	振动系统的磁场的影响	0.03	$1/\sqrt{3}$	0.017
15	$u(e_c)$	其他环境条件的影响	0.03	$1/\sqrt{3}$	0.017

A.3 温度测量扩展不确定度

对于某一个温度和数据采集单元的设置,可以用式(A.11)和式(A.12)计算温度测量的相对扩展不确定度  $U$ ：

$$U = k u_{c,rel}(T) \dots\dots\dots (A.11)$$

式中:包含因子  $k=2$ (A.1.5)

$$u_{c,rel}(T) = \frac{1}{T} \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} r(x_i, x_j) u(x_i) u(x_j)} \dots\dots\dots (A.12)$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u_{rel}^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} r(x_i, x_j) u_{rel}(x_i) u(x_j)}$$

式中：

- $T$  ——被测量温度；
- $x_i$  ——输入量  $X_i$  的估计值；
- $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$  ——估计温度；
- $\frac{\partial f}{\partial x_i}$  ——被测量  $Y$  与有关的输入量  $X_i$  的函数对于  $x_i$  的偏导数,称灵敏系数；
- $u(x_i)$  ——输入量  $x_i$  的标准不确定度；
- $r(x_i, x_j)$  ——输入量  $x_i$  与  $x_j$  的相关系数,  $r(x_i, x_j)u(x_i)u(x_j) = u(x_i, x_j)$ ；
- $u(x_i, x_j)$  ——输入量  $x_i$  与  $x_j$  的协方差(如果不相关,为零)。

表 A.2 列出了一些不确定度来源,该表包含了所有重要的不确定度来源,但不能保证包括了全部。

表 A.2 温度测量不确定度评定

序号	标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	相对扩展不确定度或估计误差分量的范围/℃	包含因子	相对不确定度贡献 $u_{rel,i}(T)/℃$
1	$u(S)$	温度传感器的校准	0.1	1/2	0.05
2	$u(S_s)$	温度传感器的年稳	0.05	$1/\sqrt{3}$	0.029
3	$u(G)$	自热效应	0.001	$1/\sqrt{3}$	0.000 58
4	$u(e_s)$	数据采集器的测温误差	0.015	1/2	0.008
5	$u(e_c)$	磁场的影响	0.00	$1/\sqrt{3}$	0.00