

中华人民共和国国家标准

振动与冲击传感器的校准方法 离心机法一次校准

GB/T 13823.14—1995

Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups
Primary calibration by centrifuge

本标准等效采用 ISO 5347-7:1993《振动与冲击传感器校准方法 离心机法一次校准》。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了振动与冲击传感器离心机法一次校准所用仪器设备及校准方法的详细要求。

本标准适用于应变式、压阻式等具有零频响应的直线运动型加速度传感器,其中包括标准和工作传感器。

本标准适用零频加速度:10~1 000 m/s²。

本标准适用的误差限:读数的±1%。

2 引用标准

GB/T 2298 机械振动与冲击 术语

GB/T 13823.1 振动与冲击传感器的校准方法 基本概念

3 环境条件

温度:20±5℃;

相对湿度:≤75%。

4 仪器设备

4.1 离心机

4.1.1 加速度 10~100 m/s²:水平度不大于±0.5°;

加速度大于 100 m/s²:水平度不大于±2°。

4.1.2 转台或转臂旋转频率一周中变化量:应小于名义值的±0.05%。

4.1.3 当加速度传感器用一个对加速度不灵敏的等效阻抗器代替时,离心机以校准转速旋转产生的交流声和噪声应低于读数的一60 dB。

4.2 旋转频率测量系统

不确定度:小于读数的±0.05%。

4.3 电压表

不确定度:直流电压测量小于读数的±0.01%。

4.4 其他要求

4.4.1 在水平面内加速度传感器灵敏轴与径向的角度偏差:不大于0.5°。

4.4.2 离心机旋转中心到加速度传感器质量中心半径测量的不确定度:应小于读数的0.1%。

国家技术监督局 1995-04-02 批准

1996-02-01 实施

5 优先选择的加速度值

应从以下系列选择能够均匀覆盖加速度传感器工作范围的六个以上的加速度值：

10, 20, 50, 100, 200, 500, 1 000 m/s²；

参考加速度值：100 m/s²（第二选择：50 m/s²）。

6 校准方法

6.1 方法一：测量旋转半径

6.1.1 校准步骤

6.1.1.1 转台或转臂以不同的频率旋转，其旋转频率可从第 5 条选择的加速度值由式(1)计算确定：

$$a = 4\pi^2 n^2 r \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：a——加速度传感器进行校准的加速度值，m/s²；

n——转台或转臂的旋转频率，Hz；

r——旋转中心到加速度传感器质量中心的半径，m。

6.1.1.2 在参考加速度值和其他选定的一系列加速度值下，测量传感器的电压输出。

6.1.2 校准结果

6.1.2.1 加速度传感器在不同加速度值下的灵敏度，应按式(2)计算：

$$S = \frac{V}{4\pi^2 n^2 r} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：S——加速度传感器灵敏度，V/(m·s⁻²)；

V——加速度传感器输出电压，V。

6.1.2.2 在参考加速度值下确定加速度传感器的参考灵敏度，然后在选定的一系列加速度值下确定其灵敏度，校准结果以偏离参考灵敏度的百分数表示。

6.1.2.3 校准总不确定度应以 99% 的置信水平按附录 A(补充件)计算。

6.2 方法二：不用测量旋转半径

6.2.1 校准步骤

6.2.1.1 加速度传感器先后安装在转台或转臂同一径向且距旋转中心距离不等的位置上，两处位置间距离测量准确度高于读数的±0.5%。

6.2.1.2 加速度传感器安装在转台或转臂的第一处位置，调节转台或转臂旋转频率，使其加速度值近似等于从第 5 条中选取的一系列加速度值，依次分别测量对应的转台或转臂旋转频率和加速度传感器电压输出。

6.2.1.3 加速度传感器安装在转台或转臂第二处位置，调节转台或转臂旋转频率，使加速度传感器产生和 6.2.1.2 中一系列相等的电压输出，依次测量与其对应的一系列转台或转臂旋转频率。

6.2.2 校准结果

6.2.2.1 加速度传感器在不同加速度值下的灵敏度应按式(3)计算：

$$S = \frac{V}{4\pi^2 n_2^2 \frac{\Delta r}{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：n₁——加速度传感器安装在第一处位置时，转台或转臂的旋转频率，Hz；

n₂——加速度传感器安装在第二处位置时，转台或转臂的旋转频率，Hz；

Δr — 加速度传感器两处安装位置之间的径向距离, m。

6.2.2.2 在参考加速度值下确定加速度传感器的参考灵敏度,然后在选定的一系列加速度值下确定其灵敏度,校准结果以偏离参考灵敏度的百分数表示。

6.2.2.3 校准的总不确定度应以 95% 的置信水平按附录 A(补充件)计算。

附录 A
不确定度的计算
(补充件)

A1 总不确定度的计算

本标准规定了方法一:置信水平 $CL=99\%$,方法二:置信水平 $CL=95\%$;其校准的总不确定度 X_{CL} 应按式(A1)计算:

$$X_{CL} = \pm \sqrt{X_r^2 + X_s^2} \dots\dots\dots(A1)$$

式中: X_r ——随机不确定度;
 X_s ——系统不确定度。

对于给定置信水平的随机不确定度 $X_{r(CL)}$ 按式(A2)计算:

$$X_{r(CL)} = \pm t \sqrt{\frac{e_{r1}^2 + e_{r2}^2 + e_{r3}^2 + \dots + e_{rn}^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots(A2)$$

式中: $e_{r1}, e_{r2}, \dots, e_{rn}$ ——一系列单次测量值与其算术平均值的偏差;
 n ——测量次数;
 t ——对规定置信水平和测量次数的学生分布值(即 t 分布值)。

首先应对系统误差进行消除和修正,其残余部分为系统不确定度 $X_{s(CL)}$,并按式(A3)计算:

$$X_{s(CL)} = \frac{K}{\sqrt{3}} \times e_s \dots\dots\dots(A3)$$

式中: e_s ——在校准加速度值下加速度传感器灵敏度的绝对误差,见 A2, $V/(m \cdot s^{-2})$;
 K ——置信系数;置信水平 CL 为 95% 时, $K=2.0$;
置信水平 CL 为 99% 时, $K=2.6$ 。

A2 在校准加速度值下加速度传感器灵敏度的绝对误差 e_s 的计算

A2.1 方法一

在设定的校准加速度值下,从误差合成公式加速度传感器灵敏度的绝对误差 e_s 应按式(A4)计算,并用 $V/(m \cdot s^{-2})$ 表示:

$$\frac{e_s}{S} = \pm \left\{ \left(\frac{e_v}{V} \right)^2 + \left[\frac{9.8(1 - \cos\alpha)}{a} \right]^2 + (1 - \cos\beta)^2 + \left(\frac{2e_r}{n} \right)^2 + \left(\frac{2e_{\Delta r}}{n} \right)^2 + \left(\frac{e_r}{r} \right)^2 + \left(\frac{a_H}{a} \right)^2 + \left(\frac{e_p}{p} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(A4)$$

式中: S ——加速度传感器灵敏度, $V/(m \cdot s^{-2})$ (见 6.1.2);
 V ——加速度传感器输出电压, V ;
 e_v ——加速度传感器输出电压绝对误差, V ;
 α ——转台或转臂水平误差, $(^\circ)$;
 β ——加速度传感器敏感轴在水平面内的径向安装偏差, $(^\circ)$;

- a ——校准加速度, m/s^2 (见 6.1.1);
- n ——旋转频率, Hz;
- e_n ——旋转频率绝对误差, Hz;
- $e_{\Delta n}$ ——旋转频率稳定性的绝对误差, Hz;
- r ——旋转中心到加速度传感器质量中心的旋转半径, m;
- e_r ——旋转半径的误差, m;
- a_H ——交流声和噪声引起的加速度幅值, m/s^2 ;
- p ——给加速度传感器的供电电压, V;
- e_p ——给加速度传感器的供电电压误差, V。

A2.2 方法二

在设定的校准加速度值下,从误差合成公式加速度传感器灵敏度绝对误差 e_s 应按式(A5)计算,并用 $V/(m \cdot s^{-2})$ 表示:

$$\frac{e_s}{S} = \pm \left\{ \left(\frac{e_V}{V} \right)^2 + \left[\frac{9.8(1 - \cos\alpha)}{a} \right]^2 + (1 - \cos\beta)^2 + \left(\frac{e_{\Delta r}}{\Delta r} \right)^2 + \left(\frac{2e_{n1}}{n_1} \right)^2 + \left(\frac{2e_{n2}}{n_2} \right)^2 + \left(\frac{a_H}{a} \right)^2 + \left(\frac{e_p}{p} \right)^2 + \left[\frac{2e_{\Delta n}}{(n_1 + n_2)/2} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (A5)$$

- 式中: S ——加速度传感器灵敏度, $V/(m \cdot s^{-2})$ (见 6.2.2);
- V ——加速度传感器输出电压, V;
 - e_V ——加速度传感器输出电压绝对误差, V;
 - α ——转台或转臂水平误差, ($^\circ$);
 - β ——加速度传感器敏感轴在水平面内的径向安装偏差, ($^\circ$);
 - a ——校准加速度, m/s^2 ;
 - Δr ——加速度传感器两次安装位置间的距离, m;
 - $e_{\Delta r}$ ——加速度传感器两次安装位置间距离的绝对误差, m;
 - n_1 ——加速度传感器在第一处安装位置时的旋转频率, Hz;
 - e_{n1} ——加速度传感器在第一处安装位置时旋转频率的绝对误差, Hz;
 - n_2 ——加速度传感器在第二处安装位置时的旋转频率, Hz;
 - e_{n2} ——加速度传感器在第二处安装位置时旋转频率的绝对误差, Hz;
 - a_H ——交流声和噪声引起的加速度幅值, m/s^2 ;
 - p ——给加速度传感器的供电电压, V;
 - e_p ——给加速度传感器供电电压的绝对误差, V;
 - $e_{\Delta n}$ ——转台或转臂旋转稳定性的绝对误差, Hz。

A3 在整个频率和加速度值量程范围内加速度传感器灵敏度总的绝对误差的计算

根据 A2.1 和 A2.2 计算的加速度传感器灵敏度绝对误差 e_s 仅适于相应各个校准加速度值,在整个旋转频率和加速度值范围内灵敏度总的绝对误差 e_{st} (以 $V/(m \cdot s^{-2})$ 表示)应按式(A6)计算:

$$\frac{e_{st}}{S} = \pm \left\{ \left(\frac{e_s}{S} \right)^2 + \left(\frac{L_{nA}}{100} \right)^2 + \left(\frac{L_{nP}}{100} \right)^2 + \left(\frac{L_{eA}}{100} \right)^2 + \left(\frac{L_{eP}}{100} \right)^2 + \left(\frac{I_A}{100} \right)^2 + \left(\frac{I_P}{100} \right)^2 + \left(\frac{R}{100} \right)^2 + \left(\frac{E_A}{100} \right)^2 + \left(\frac{E_R}{100} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (A6)$$

- 式中: S ——加速度传感器灵敏度, $V/(m \cdot s^{-2})$ (见 6.1.2 或 6.2.2);
- e_s ——在校准加速度值下按照 A2.1 或 A2.2 计算的加速度传感器灵敏度绝对误差,

$V/(m \cdot s^{-2})$;

- L_{nA} ——与被校传感器相接的放大器频率线性偏差,以相对于参考灵敏度的百分比表示;
- L_{nF} ——传感器频率线性偏差,以相对于传感器参考灵敏度的百分比表示;
- L_{sA} ——与被校传感器相接的放大器幅值线性偏差,以相对于参考灵敏度的百分比表示;
- L_{sF} ——传感器幅值线性偏差,以相对于传感器参考灵敏度的百分比表示;
- I_A ——与被校传感器相接的放大器增益的不稳定性误差,以相对于参考灵敏度的百分比表示;
- I_F ——传感器不稳定性误差,以相对于传感器参考灵敏度的百分比表示;
- R ——与被校传感器相接的放大器量程跟踪误差(不同放大器设定下的增益误差),以相对于参考灵敏度的百分比表示;
- E_A ——由放大器受环境影响所产生的误差,以相对于参考灵敏度的百分比表示;
- E_R ——由加速度传感器受环境影响所产生的误差,以相对于参考灵敏度的百分比表示。

附加说明:

本标准由国家技术监督局提出。

本标准由全国机械振动与冲击标准化技术委员会归口。

本标准由陕西省计量测试研究所负责起草。

本标准主要起草人杨建辉、第五兴乐。