UDC 534.084.2：53.089.6
N 65

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 13823.11—1995

# 振动与冲击传感器的校准方法 激光干涉法低频振动一次校准

**Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups Primary vibration calibration by laser interferometry at low frequencies**

1995-04-02发布　　1996-02-01实施

国家技术监督局　发布

需要全本请访问 www.ertongbook.com

中华人民共和国国家标准

# 振动与冲击传感器的校准方法 激光干涉法低频振动一次校准

GB/T 13823.11—1995

**Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups Primary vibration calibration by laser interferometry at low frequencies**

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了采用激光干涉法进行低频振动校准的详细要求、所使用的仪器设备及校准方法。

本标准适用于直线运动型传感器，其适用范围如下：

频率范围：0.1～100 Hz。

动态范围(视振动频率而定)：

位移：10 μm～40 mm；

加速度：0.1～100 $m/s^2$。

不确定度：

参考点不确定度：≤0.5%；

总不确定度：≤1%。

## 2 引用标准

GB/T 13823.1 振动与冲击传感器的校准方法 基本概念

GB/T 13823.2 振动与冲击传感器的校准方法 激光干涉法振动绝对校准(一次校准)

## 3 环境条件

温度：20℃±5℃。

相对湿度：≤75%。

## 4 仪器设备

### 4.1 振动发生器系统

#### 4.1.1 振动台

加速度波形失真度：≤3%。

信噪比：满功率输出时应大于或等于 60 dB。

加速度幅值的稳定度：在测试期间，其幅值变化量小于或等于读数的 0.1%。

安装面所引起的传感器基座应变不应影响校准灵敏度。

横向、弯曲和摆动加速度应保持最小；在校准用频率点处，最大为轴向运动的 5%。

#### 4.1.2 信号发生器

频率范围：0.01～1 000 Hz。

国家技术监督局1995-04-02批准 1996-02-01实施

不确定度：给定频率的极限误差，最大为读数的 0.01%。

频率稳定度：在测试期间小于或等于读数的 0.01%。

幅值稳定度：在测试期间小于或等于读数的 0.01%。

4.2 安装基础

振动台和激光干涉仪组合在同一基础上，该基础的质量至少为振动台运动部分质量（包括夹具和传感器）的 2 000 倍，以减小基础的反作用力所引起的相对运动。

应采用隔振的方式尽量减少地表面振动的影响。

4.3 激光干涉仪

4.3.1 氦氖激光器

波长：0.632 8 μm。

4.3.2 干涉仪光电转换器

频率范围：DC～15 MHz。

信噪比：≥40 dB。

4.4 频比计数器

频率范围：0.01 Hz～10 MHz。

不确定度：最大为读数的 0.01%。

4.5 真有效值电压表

频率范围：0.1～1 000 Hz。

不确定度：≤0.1%。

在测量中用电压表的读数值乘以 $\sqrt{2}$ 得单峰值。

4.6 失真度测量装置

频率范围：0.1 Hz～10 kHz。

测量范围：0～10%。

读数的不确定度：≤10%。

当使用频谱仪测量失真度时，注意读取不少于 10 次的谐波分量。

4.7 示波器

用于观察传感器输出信号波形。

频率范围：DC～1 000 Hz。

## 5 其他要求

校准时应将传感器和信号适调仪视为一整体；尽量消除传感器信号适调仪的直流输出。

## 6 推荐的幅值和频率

对位移传感器校准择优选择如下的幅值和频率点：

位移：0.1，0.5，1.0，2.0，5.0，10，20 mm。

频率：0.5，1.0，2.0，5.0，10，20，40，80 Hz。

对加速度传感器校准择优选择如下的幅值和频率点：

加速度：0.5，1，2，5，10，20，50，100 $m/s^2$。

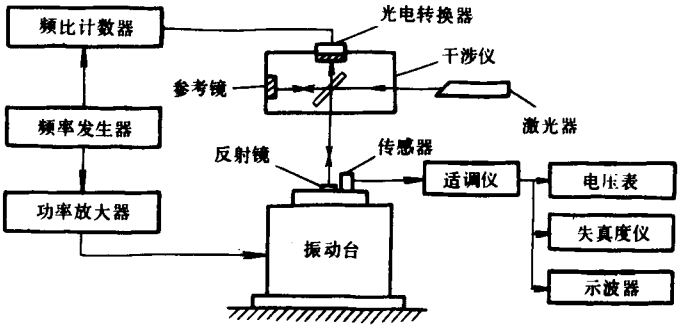
频率：0.5，1.0，2.0，4.0，8.0，16，20，40，80 Hz。

## 7 校准方法

7.1 校准步骤

7.1.1 将干涉仪调整到最佳工作状态，测试光束尽量对准台面中心，其信噪比满足 4.3.2 的要求。被校

传感器应尽量安装在台面中心；若不能安置在中心时应配置与被校传感器轴向对称的平衡质量块，以减少台面横向运动。其系统图如下：




激光干涉法低频振动校准装置图

7.1.2 在校准频率点和幅值处检查传感器的失真、噪声及横向振动，应满足 4.1.1 中的规定要求。

7.1.3 首先确定被校传感器参考灵敏度，对于加速度传感器其优选参考幅值为 10 m/s²(第二参考点为 1.0 m/s²)；而频率可优先选择 8 Hz(第二选择点为 1 Hz)。然后在其他校准幅值和频率点确定其灵敏度并给出与参考灵敏度相比的百分比偏差作为校准结果。

7.2 校准结果

通过频比计数器测出的干涉频率和振动频率之间的比 $R_f$ 可按式(1)计算出振动的位移值：

$$D = \frac{\lambda}{8} \cdot R_f \quad \cdots\cdots(1)$$

式中：$\lambda$ ——氦氖激光波长，为 0.632 8 μm；

$R_f$ ——激光干涉频率和振动频率之比。

如果是位移传感器，则位移灵敏度 $S_d$ 按式(2)计算：

$$S_d = \frac{V}{D} \quad \cdots\cdots(2)$$

如果是速度传感器，则速度灵敏度 $S_V$ 按式(3)计算：

$$S_V = \frac{V}{2\pi f D} \quad \cdots\cdots(3)$$

如果是加速度传感器，则加速度灵敏度 $S_a$ 按式(4)计算：

$$S_a = \frac{V}{4\pi^2 f^2 D} \quad \cdots\cdots(4)$$

式中：$V$ ——传感器输出的单峰值电压，V；

$f$ ——振动校准的频率值，Hz。

当提供校准结果报告时，应根据附录 A(补充件)和所规定的置信水平计算出总不确定度。所规定的置信水平为 99%(第二选择点为 95%)。



需要全本请访问 www.ertongbook.com

# 附 录 A
# 不确定度的计算
（补充件）

## A1 总不确定度的计算

本标准所规定的置信水平为：$CL$ =99%或 95%；其校准的总不确定度 $X_{CL}$ 应按式(A1)计算：

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

式中：$X_r$ ——随机不确定度；

$X_s$ ——系统不确定度。

对于给定了置信水平的随机不确定度：$X_{r(CL)}$ 按式(A2)进行计算：

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

式中：$e_{r1}, e_{r2}, \cdots, e_{rn}$ ——是一系列单次测量值与算术平均值的偏差；

$n$ ——测量的次数；

$t$ ——为规定了置信水平与测量次数的 $t$ 分布值。

对于系统误差，首先应进行消除和修正，其残余部分作为系统不确定度 $X_{s(CL)}$，并按式(A3)进行计算：

$$X_{s(CL)} = \frac{K}{\sqrt{3}} \times e_S \quad \cdots\cdots (A3)$$

式中：$K = 2.0(CL = 95\%)$ 或 $K = 2.6(CL = 99\%)$；

$e_S$ ——在校准时的频率、幅值和所设定的适调仪增益处，校准灵敏度的绝对误差(见 A2)。

## A2 校准灵敏度绝对误差的计算

在定校准频率定幅值和所设定的适调仪增益处，校准灵敏度的绝对误差 $e_S$ 可通过相对误差合成公式(A4)计算：

$$\frac{e_S}{S} = \pm \sqrt{\left(\frac{e_V}{V}\right)^2 + \left(\frac{e_{Rf}}{R_f}\right)^2 + \left[\frac{1}{2}\left(\frac{d_{tot}}{100}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{a_T T}{100 a_{rms}}\right)^2 + \left(\frac{2a_H}{a_{rms}}\right)^2} \quad \cdots\cdots (A4)$$

若通过频率($f$)计算其速度灵敏度(见 7.2)，公式(A4)中应增加如下系数项：

$$\left(\frac{e_f}{f}\right)^2$$

若通过频率$(f)^2$ 计算其加速度灵敏度(见 7.2)，公式(A4)中应增加如下系数项：

$$\left(\frac{2e_f}{f}\right)^2$$

式中：$S$ ——被校传感器的校准灵敏度；

$V$ ——被校传感器的输出电压；

$e_V$ ——电压表读数绝对误差；

$e_f$ ——振动频率的绝对误差；

$e_{Rf}$ ——频比计数器的绝对误差；

$R_f$ ——激光干涉频率和振动频率之比；

$a_T$ ——振动台的横向、摇摆和弯曲振动，以测量的绝对值表示；

$a_{rms}$ ——校准频率处的传感器振动量输出的有效值；

$a_H$ ——交流声和噪声引起的振幅；

$d_{tot}$ ——总失真度，以百分比表示；

$$d_{tot} = 100 \times \sqrt{\frac{a_{tot}^2 - a_{rms}^2}{a_{rms}^2}}\%$$

式中：$a_{tot}$ ——总的真有效值输出；

$a_{rms}$ ——激励频率点的真有效值输出。

### A3 全频率和全振幅范围内的校准系数总绝对误差 $e_{St}$ 的计算

根据 A2 计算的校准灵敏度的绝对误差 $e_S$ 仅仅适应于已确定了校准频率、振幅和适调仪增益的校准值；而在整个的频率和振幅范围内的总不确定度应按式 A5 计算：

$$\frac{e_{St}}{S} = \pm\sqrt{\left(\frac{e_S}{S}\right)^2 + \left(\frac{L_{fA}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{fP}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{aA}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{aP}}{100}\right)^2 + \left(\frac{I_A}{100}\right)^2 + \left(\frac{I_P}{100}\right)^2 + \left(\frac{R}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_A}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_P}{100}\right)^2} \quad \cdots\cdots (A5)$$

式中：$S$ ——传感器校准灵敏度；

$e_S$ ——在参考频率、幅值以及所设置的适调仪增益处，其校准灵敏度的绝对误差；

$L_{fA}$ ——适调仪频率的线性偏差，以相对于该适调仪参考校准系数的百分比表示；

$L_{fP}$ ——传感器频率的线性偏差，以相对于该传感器的参考校准灵敏度的百分比表示；

$L_{aA}$ ——适调仪的幅值线性偏差，以相对于该适调仪的校准系数的百分比表示；

$L_{aP}$ ——传感器的幅值线性偏差，以相对于该传感器的参考校准灵敏度的百分比表示；

$I_A$ ——适调仪增益的不稳定性误差和源阻抗误差，以相对于被校适调仪校准系数的百分比表示；

$I_P$ ——被校传感器的不稳定性，以相对于参考校准灵敏度的百分比表示；

$R$ ——在适调仪的增益范围内改变增益挡所引起的误差，以相对于参考校准系数的百分比表示；

$E_A$ ——适调仪的环境效应所引起的误差，以相对于被校适调仪校准系数的百分比表示；

$E_P$ ——传感器的环境效应所引起的误差，以参考校准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。

本标准由中国计量科学研究院、中国测试技术研究院负责起草。

本标准主要起草人冯源、邓荣鑫、刘泽东、马明德。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
**振动与冲击传感器的校准方法**
**激光干涉法低频振动一次校准**
GB/T 13823.11—1995
*
中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电　　话:8522112
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售
**版权专有　不得翻印**
*
开本 880×1230　1/16　印张 1/2　字数 10 千字
1995年11月第一版　1995年11月第一次印刷
印数 1—1 500
*
书号:155066·1-11933　定价 8.00 元
*
标 目 276—27

GB/T 13823.11-1995