

压电加速度计检定规程

JJG 233—1996

压电加速度计检定规程

Verification Regulation of
Piezoelectric Accelerometer

JJG 233—1996

代替 JJG 233—1991

JJG 297—1991

本检定规程经国家技术监督局于1996年12月23日批准，并自1997年06月01日起施行。

归口单位：全国振动冲击计量技术委员会

起草单位：航天工业总公司第一计量测试研究所
中国计量科学研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

高金芳（航天工业总公司第一计量测试研究所）

徐 殷（中国计量科学研究院）

杨晓伟（航天工业总公司第一计量测试研究所）

目 录

一 概述	1372
二 技术要求	1372
三 检定条件	1373
四 检定项目和检定方法	1376
五 检定结果处理和检定周期	1385
附录 1 检定证书（背面）格式	1386
附录 2 检定结果通知书（背面）格式	1387

压电加速度计检定规程

本规程适用于新生产、修理后和使用中的工作压电加速度计和标准压电加速度计(以下简称工作加速度计和标准加速度计)的检定,其他直线加速度计的检定可参照本规程执行。

一 概 述

工作加速度计和标准加速度计是振动冲击测量系统的主要组成部分,它是以压电材料做敏感元件,将加速度转变为电荷或电压,用于机械振动和冲击的测试。标准加速度计还用作传递标准,以比较法校准振动传感器。

二 技 术 要 求

1 检定环境

- 1.1 温度: $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, 相对湿度 $\leq 80\%$ 。
- 1.2 电源电压: 198~242V, 49.5~50.5Hz。
- 1.3 实验室及其周围应无强震和强冲击源,无腐蚀性气液体,无强电场与磁场干扰,无工业电和噪声干扰。所有设备应接地良好。

2 物理性能

- 2.1 工作加速度计和标准加速度计壳体上应标出型号、编号、振动敏感方向(\uparrow)以及横向灵敏度最小的方位(红点)。壳体应无明显的机械损伤等。
- 2.2 工作加速度计的安装基面粗糙度 R_a 应优于 $1.6\mu\text{m}$, 标准加速度计的安装基面和传递面的粗糙度 R_a 应优于 $0.8\mu\text{m}$ 。
- 2.3 工作加速度计和标准加速度计制造厂应给出其绝缘电阻、电容、配接电缆电容、推荐安装力矩、极性、质量、壳体材料、安装螺纹尺寸、外形尺寸(用示意图给出)和结构形式(用文字给出)。

3 工作性能

3.1 参考与灵敏度

工作加速度计参考灵敏度校准不确定度为 2%, 标准加速度计校准不确定度为 0.5%。

3.2 动态范围

工作加速度计或标准加速度计的动态范围是指其加载或不加载时幅频响应和幅值响应的线性工作区域。

3.2.1 工作加速度计动态范围

制造厂应给出工作加速度计灵敏度变化 $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ 的工作频率范围和幅值线性变化 $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ 的工作加速度范围, 并应给出安装谐振频率和阻尼比的典型值。

3.2.2 标准加速度计动态范围

- a. 在规定的振动和冲击加速度范围内, 标准加速度计幅值线性度应 $\leq 3\%$;
- b. 制造厂应给出在不同负载质量时灵敏度变化 $\pm 2\%$ 的工作频率范围;
- c. 制造厂应给出在不同负载质量时幅频响应高频段(频率大于 2000Hz)的修正曲线;

d. 制造厂应逐只给出安装谐振频率和阻尼比, 并应给出在某一典型负载时的谐振幅频曲线。

3.3 年稳定性

工作加速度计参考灵敏度年稳定性应优于 1%; 标准加速度计参考灵敏度年稳定性应优于 0.5%。

3.4 振动最大横向灵敏度比

制造厂应给出振动最大横向灵敏度比的具体数值。工作加速度计的振动最大横向灵敏度比应不大于 5%; 标准加速度计振动最大横向灵敏度比应不大于 2%。

3.5 冲击最大横向灵敏度比

制造厂应给出冲击最大横向灵敏度比的具体数值。在最大工作冲击加速度范围内, 工作加速度计应不大于 15%, 标准加速度计应不大于 5%。

3.6 相频特性

制造厂应给出相频特性典型曲线。

4 环境及安装性能

4.1 温度和瞬变温度响应

制造厂应给出使用极限温度及极限温度时的温度附加误差典型值; 标准加速度计应逐只给出电容—温度或灵敏度—温度校正曲线。还应给出工作加速度计和标准加速度计的瞬变温度响应的典型值。

4.2 湿度范围

制造厂应给出湿度使用极限值。

4.3 声与磁灵敏度

制造厂应给出声、磁灵敏度的有关数据。

4.4 安装力矩与基座应变灵敏度

制造厂应给出安装力矩和基座应变灵敏度的典型值。

三 检 定 条 件

5 检定用仪器设备

检定用装置、仪器设备的技术要求见表 1。

表 1

序号	检定项目	装置、仪器设备名称	技术要求	检定装置不确定度 ($p=99\%$)
1	外观及文件检查	—	—	—
2	绝缘电阻	高阻表	测量电压: 100V; 测量范围: $10^9 \sim 10^{12}\Omega$	10%
3	电容	电容电桥 (电容测试仪)	频率: 1000Hz 测量范围: $100 \sim 10^6\text{pF}$	1%

续表

序号	检定项目	装置、仪器设备名称	技术要求	检定装置不确定度 ($p=99\%$)
4	参考灵敏度和参考年度稳定度	1 中频振动基准装置 (绝对法)	频率在 160Hz 或 80Hz 加速度在 100m/s^2 或 10m/s^2 , 标准加速度计的放大器增益挡在参考位置, 加速度失真度 $< 2\%$, 交流声与噪声低于满输出时 60dB	0.5%
		2 互易法基准装置 (绝对法)		
		3 中频振动标准装置 (比较法)	校准振动台: 横向振动比 $< 10\%$; 加速度失真度 $< 5\%$; 信噪比优于满输出时 40dB 标准加速度计; 灵敏度不确定度在频率 160Hz 或 80Hz 时, 为 0.5%; 在 20~1000Hz 时, 为 1%; 在 1000Hz 以上时, 为 2%; 在 2000Hz 以上时, 为 3%; (含标准放大器误差) 横向灵敏度比 $\leq 2\%$ 电压表: 测量不确定度: 0.1%	2%
5	安装谐振频率和阻尼比	1 频率响应自动测绘装置	频率范围: 200Hz~50kHz	优于 0.5dB
		2 金属钻	高弹性模量的立方体或细长比为 1 的圆柱体, 其质量约为被校工作加速度计 (或标准加速度计) 的 10 倍	—
		2 波形记录装置	采样频率不小于 100kHz, A/D 转换器 8bit	5%
6	幅频响应	1 中频振动基准装置 (绝对法)	20~2000Hz	0.5%~2%
		2 高频振动基准装置 (绝对法)	2000~50000Hz	2%~5%
		3 低频振动基准和标准装置 (绝对和比较法)	1~100Hz	0.5%~5%
		4 中频振动标准装置 (比较法)	10~5000Hz	2%~5%
		5 频率响应自动测绘装置 (比较法)	200Hz~50kHz	0.5dB

续表

序号	检定项目	装置、仪器设备名称	技术要求	检定装置不确定度 ($p=99\%$)	
7	加速度范围、幅值线性度和极性	1	共振梁标准 振动装置	加速度 $>1 \times 10^3 \text{m/s}^2$	3%
		2	冲击检定 装置	加速度范围： $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^2 \text{m/s}^2$	2%~5%
8	振动最大横向灵敏度比	横向检定装置	最大横向振动比 $\leq 1.0\%$ ； 信噪比 $\geq 10\text{dB}$	20%	
9	冲击最大横向灵敏度比	带对加速度计产生横向冲击夹具的冲击检定装置	冲击脉冲持续时间：0.01~10ms 冲击脉冲加速度： $100 \sim 10^2 \text{m/s}^2$	20%	
10	温度灵敏度	温箱	温度范围（通常）：-70~400℃ 温度均匀度： $<0.2\text{℃}$ 温度稳定度： $<0.2\text{℃}/15\text{min}$	3%~10%	
		振动台	加速度失真度 $<5\%$ 横向运动比 $<10\%$		
11	瞬变温度灵敏度	安装块	金属块，其质量为被检传感器的10倍	—	
		液体和容器	液体温度比室温高或低 $(20 \pm 1)\text{℃}$ ，容器足够大，在测试过程中，液体温度变化 $<1\text{℃}$		
		记录仪	频率范围：DC~10Hz；精度 3%		
12	声灵敏度	声场、声测量设备	声压级： $(130 \pm 5)\text{dB}$ ； 声谱：125Hz 时为 $(115 \pm 6)\text{dB}$ ， 250~2000Hz 时为 $(120 \pm 5)\text{dB}$ ， 4000Hz 时为 $(115 \pm 6)\text{dB}$ ， 8000Hz 时为 $(105 \pm 10)\text{dB}$ ； 声压测量设备： 测量范围：80~180dB； 最大测量不确定度为 3dB； 消声室或空间为 $\geq 75\text{m}^3$ 的房间：可产生近似自由场	—	
13	磁灵敏度	1	旋转磁场 测试装置	—	
			交流电压表测量不确定度为 0.1%；放大器综合不确定度为 2% 特斯拉计测量不确定度为 5%。磁场可旋转，在以被校工作加速度计（或标准加速度计）中心为球心的半径 20mm 球面内，磁感应强度不均匀度 $<10\%$ ，其可调范围： $5 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-2}\text{T}$ 。旋转磁场最小分度 3°	—	

续表

序号	检定项目	装置、仪器设备名称		技术要求	检定装置不确定度 ($p = 99\%$)
13	磁灵敏度	2	旋转传感器测试装置	被校工作加速度计(或标准加速度计)最小旋转分度 $10'$, 角度误差 $\leq 10\%$; 被校工作加速度计(或标准加速度计)旋转引起的机械输出 $< 10\%$; 测试用仪器技术要求同 14.1	—
14	基座应变灵敏度	悬臂梁装置		微应变范围: $100 \sim 500 \mu\text{m}/\text{m}$ 传感器安装处: 垂直度: $< 10 \mu\text{m}$, 表面粗糙度: $R_a < 1 \mu\text{m}$, 表面平面度: $< 5 \mu\text{m}$, 交流电压表测量不确定度为 1% ; 测力仪测量范围: $0 \sim 100\text{N}$, 测量不确定度为 2%	—
15	安装力矩灵敏度	1	中频振动标准装置	同序号 4.3	—
		2	力矩测量仪	力矩最大测量不确定度为 1.5%	
16	相频特性	1	中频振动标准装置	同序号 4-3 要求, 参考标准加速度计相位不确定度为 $1'$	—
			相位测量仪	频率: $20\text{Hz} \sim 5\text{kHz}$, 相位: $0 \sim 90'$, 测量不确定度为 $1'$	
		2	随机频响——相位校准装置	随机谱控制精度 $\leq 0.3\text{dB}$ (置信度 90%), 参考标准加速度计相位已知, 极限误差 $< 1'$	
17	密封性	密封性检测设备		试验介质: 90°C 真空泵: 可抽真空 0.02MPa	—
18	极限加速度及极限值时灵敏度稳定性	温箱		高温: 通常为 400°C , 低温: 通常为 -40°C	—
		冲击检定装置		同序号 8-2 要求	
		中频振动标准装置		同序号 4.3 要求	
19	质量	天平		感量小于 0.1g	—

四 检定项目和检定方法

6 环境检查

按照本规程第 1 条要求, 用温度计、湿度计及万用表检查检定环境, 应符合本规程第 1 条规定。

7 外观及文件检查

按照本规程第 2.1 款和第 2.2 款进行外观和安装面、传送面检查, 检查结果应符合 2.1

款和 2.2 款规定。

按照第 2.3 款检查有关参数图形文字，检查结果应与实物相符，并符合有关规定。

8 绝缘电阻的检定

用高阻表在室温和指定电压下，测量工作加速度计（或标准加速度计）插口芯线与壳体间绝缘电阻，应符合第 2.3 款有关规定。

9 电容的检查

用电容测试仪，在 $f = 1000\text{Hz}$ 时测量室温下工作加速度计（或标准加速度计）与电缆的组合电容及电缆电容，从组合电容中减去电缆电容，即得加速度计电容，应符合第 2.3 款的有关规定。

10 参考灵敏度检定

10.1 工作加速度计参考灵敏度的检定

用表 1 序号 4-3 给出的中频振动标准装置，采用比较法进行检定。将工作加速度计与参考标准加速度计背靠背刚性地连接在一起，安装在校准振动台的台面中心。在参考频率（160Hz 或 80Hz）和参考加速度（ 100m/s^2 或 10m/s^2 ）下进行校准，工作加速度计的电信输出与所承受的加速度值之比即为参考灵敏度。

10.2 标准加速度计参考灵敏度的检定

用表 1 序号 4-1 和 4-2 给出的中频振动基准装置或互易法基准装置，采用激光干涉绝对法或互易法进行检定。激光干涉绝对法检定在参考频率、参考加速度和配套电荷放大器参考增益情况下进行。检定结果应符合第 3.1 款规定。

电荷灵敏度的单位用 $\text{pC/m}\cdot\text{s}^{-2}$ 表示（必要时用 pC/g 表示）；

电压灵敏度的单位用 $\text{mV/m}\cdot\text{s}^{-2}$ 表示（必要时用 mV/g 表示）；

pC——皮库仑；

s——秒；

m——米；

g—— 9.80665m/s^2 ；

mV——毫伏。

11 年稳定性检定

灵敏度的稳定度通常以年稳定性来衡量，即正常使用的工作加速度计（或标准加速度计）在相同检定情况下，其灵敏度的逐年变化情况，即：

$$a = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中 a ——年稳定度；

S_2 ——当年测试的灵敏度；

S_1 ——上一年测试的灵敏度。

检定方法同参考灵敏度。检定结果应符合第 3.3 款的规定。

12 安装共振频率和阻尼比检定

12.1 连续扫描法

用表 1 序号 5-1 给出的闭环自动扫描系统，使被校工作加速度计（或标准加速度计）在自动扫描过程中承受一恒定加速度，并用记录仪记录下输出随频率的变化曲线，即可确定出安装谐振频率。

12.2 冲击法

用表 1 序号 5-2 给出的装置, 将工作加速度计 (或标准加速度计) 安装在金属砧上, 对悬吊的金属砧进行敲击, 图 1 表示为衰减波形:

衰减系数:

$$\psi = \frac{A_N}{A_{N+1}} \quad (2)$$

对数缩减:

$$\delta = \ln \psi \quad (3)$$

阻尼比:

$$\xi = \delta / \sqrt{\pi^2 + \delta^2} \quad (4)$$

安装谐振频率:

$$f_{\xi} = N / 2 \sum_{i=1}^N t_i \quad (N > 2) \quad (5)$$

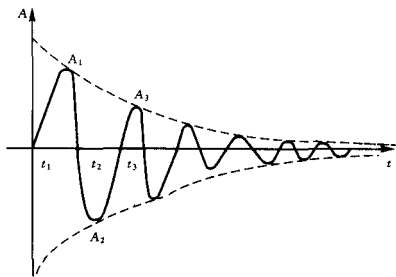


图 1

用 ξ 、 f_{ξ} 可以估算工作加速度计 (或标准加速度计) 的工作频带, 检定结果应符合出厂指标。

13 幅频响应检定

13.1 连续扫描法

方法同本章第 12.1 款。

13.2 逐点比较法

方法同参考灵敏度检定。先在表 1 序号 6-4 给出的装置上确定参考灵敏度, 然后在选定的频率范围内, 按对数刻度均匀地选取至少 10 个点, 用比较法测出不同频率下的灵敏度, 其结果以参考灵敏度的百分偏差给出。

优先选用的频率:

20, 40, 80, 160, 315, 630, 1250, 2500, 8000, 10000Hz; 参考频率: 160Hz (第二选择 80Hz)。

优先选用的加速度:

(10, 20, 50, 100) m/s^2 及 10 的倍数; 参考加速度: $100m/s^2$ (第二选择 $10m/s^2$)。

13.3 逐点绝对法

方法同参考灵敏度检定。用表 1 序号 6-1~6-3 给出的装置, 在选定的频率范围内, 按

对数刻度均匀地选取 10 个频率点, 采用激光干涉法或贝塞尔函数法逐点进行检定。

如需进行低频检定, 其优选频率为:

(0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20) Hz。

其优选加速度值为: 1Hz 以上, $1 \sim 10 \text{m/s}^2$; 1Hz 以下, 应保证有足够的信噪比。

13.4 负载影响检定

负载影响量主要对标准加速度计进行测试。

13.4.1 对负载的要求

检定负载影响量配用的负载质量块组, 应有与与被检标准加速度计质量比为 1/4, 1/2, 1, 2, 5 等数件, 两个传递面应经研磨。

13.4.2 连续扫描法

用表 1 序号 5-1 给出的闭环自动扫描系统, 使标准加速度计传递面上的负载在自动扫频过程中承受一个恒定的加速度, 用记录仪记录标准加速度计在工作频率范围内灵敏度随频率变化的曲线。至少应给出质量比为 1/2、1 和 2 的频响曲线。

13.4.3 逐点绝对法

方法同第 13.3 条。

以参考频率 160Hz (第二选择 80Hz) 下的灵敏度为参考点, 给出百分偏差。

检定结果应符合第 3.2.1 或第 3.2.2 项的要求。

14 幅值线性度检定

14.1 检定方法

在规定的加速度范围内, 选择 7~14 点 (包括最大和最小加速度), 检定工作加速度计 (或标准加速度计) 的灵敏度。

根据工作加速度计 (或标准加速度计) 的动态范围, 选用表 1 序号 7-1 或 7-2 给出的装置, 以共振梁法或冲击法进行检定, 并应给出共振梁的共振频率和检定冲击波形、脉冲持续时间。

在小动态范围内, 可根据用户要求进行幅值线性度振动检定, 检定方法同参考灵敏度的检定。

14.2 数据处理

14.2.1 最小二乘法

由 n 次检定的加速度 a_i 与灵敏度 S_i 值, 用下式求出回归直线:

$$S = S_0 + K \cdot a \quad (6)$$

式中

$$\text{斜率: } K = \frac{\sum_{i=1}^n a_i S_i - \bar{a} \sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n a_i^2 - \bar{a} \sum_{i=1}^n a_i} \quad (7)$$

$$\text{截距: } S_0 = \frac{\bar{S} \sum_{i=1}^n a_i^2 - \bar{a} \sum_{i=1}^n a_i S_i}{\sum_{i=1}^n a_i^2 - \bar{a} \sum_{i=1}^n a_i} = S - Ka \quad (8)$$

$$\text{加速度平均值: } \bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (9)$$

$$\text{灵敏度平均值: } \bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \quad (10)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n (n = 7 \sim 14)$$

式中 n ——测量次数。

将给定加速度值 a 代入回归直线方程 (6), 可求出在该加速度 a 时的灵敏度 S , 代入幅值线性度公式:

$$\gamma = \frac{S - S_0}{S_0} \times 100\% \quad (11)$$

式中 γ ——幅值线性度。

在计算 γ 的过程中, 必须将工作加速度计 (或标准加速度计) 的中频灵敏度 ($f = 160\text{Hz}$ 或 $f = 80\text{Hz}$) 代入, 做为一点, 而不论 n 为多少。

给出 γ 最终方式:

$$(1) \quad \gamma_1 = \frac{S - S_0}{S_0} \times 100\% \quad \left| \begin{array}{l} \text{指明最大加速度 } a_{\max} \end{array} \right. \quad (12)$$

$$\text{或}(2) \quad \gamma_2 = \frac{(S - S_0) \times 1000g}{S_0 \cdot a_{\max}} \times 100\% \quad (13)$$

即每千个 g 幅值线性变化百分数。

14.2.2 检定点百分偏差法

在动态范围不是很大的情况, 可用检定点的灵敏度相对参考灵敏度百分偏差表征幅值线性度, 以便于使用中修正灵敏度, 此时应当明确检定点灵敏度和加速度值。

检定结果应符合第 3.2.1 (或 3.2.2) 项的要求。

15 振动最大横向灵敏度比的检定

将工作加速度计 (或标准加速度计) 刚性地安装在横向检定装置台面中心, 被检工作加速度计 (或标准加速度计) 的灵敏轴必须与振动方向相垂直, 横向检定装置的要求见表 1 序号 8。选择 500Hz 以下的某一频率施加正弦振动, 使被检工作加速度计 (或标准加速度计) 绕其自身灵敏轴转动或使横向振动方向绕被检工作加速度计 (或标准加速度计) 的灵敏轴转动, 找出横向灵敏度最大值和最小横向灵敏度的方向, 并作下标记。

振动最大横向灵敏度比计算公式为:

$$\text{TSR} = \frac{S_{T\max}}{S_Z} 100\% \quad (14)$$

式中 TSR ——振动最大横向灵敏度比;

$S_{T\max}$ ——被检工作加速度计 (或标准加速度计) 的最大横向灵敏度值;

S_Z ——被检工作加速度计 (或标准加速度计) 的轴向灵敏度值。

检定结果应符合第 3.4 款要求。

16 冲击最大横向灵敏度比检定

将被检工作加速度计 (或标准加速度计) 按第 15 条的方式安装在表 1 序号 9 给出的冲击横向检定装置上。该夹具可以使被检工作加速度计 (或标准加速度计) 围绕其敏感轴转动, 最小分挡不得大于 15° 。

优先选用冲击时间:

(0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10) ms;

优先选用加速度值:

(100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000, 25000, 50000, 100000) m/s²。

检定点至少选择最宽脉冲的加速度和被检工作加速度计(或标准加速度计)极限加速度的80%两点,并另选2~3点。

用第14.1条的检定方法,在上述的检定点,在不同方位角度下,在垂直于工作加速度计(或标准加速度计)主轴方向施加冲击运动,确定冲击横向灵敏度的最大和最小值的方向及幅值。冲击最大横向灵敏度计算公式:

$$S_{shT} = \frac{A_{shTmax}}{A_z} \times 100\% \quad (15)$$

式中 S_{shT} ——冲击最大横向灵敏度比;

A_{shTmax} ——冲击最大响应横向幅值;

A_z ——冲击方向最大冲击值。

应给出 S_{shT} 的最大冲击值和脉宽。

检定结果应符合第3.5款要求。

17 温度灵敏度测试

17.1 检定方法

用表1序号10给出的装置采用激光干涉绝对法或比较法进行检定。在温升和温降循环中跨越室温时,灵敏度的变化不得超出测量误差的允许范围,否则试验需重做。

将被检工作加速度计(或标准加速度计)与参考加速度计同轴刚性安装在振动台台面中心(参考加速度计置于温箱外,被检工作加速度计或标准加速度计置于温箱内)。在整个测试过程中,在规定温度范围内,参考加速度计参考灵敏度的变化应小于读数的±2%。温箱的温度不少于6种(包括最低温度、室温和最高温度)。在每个测试点上至少恒温15min,然后测出被检工作加速度计(或标准加速度计)的灵敏度。

优先选用的温度如下:

(-70, -65, -55, -50, -40, -25, -10, 0, +20, +40, +70, +100, +155, +200, +250, +400, +800)℃。

优先选用频率和加速度值同第13.2和13.3款的规定。

17.2 数据处理

对某一频率下的温度响应曲线,用测试温度下的灵敏度与室温下的灵敏度之差相对于室温灵敏度的百分数给出温度响应偏差。

对某温度下的频响曲线,则用 $f=160\text{Hz}$ 的灵敏度与其他频率下灵敏度的偏差相对于它的百分数给出某温度下的灵敏度频响偏差。一般只做最高和最低温两条频响曲线即可。

在最高试验温度下,温度稳定后,应测量被检工作加速度计(或标准加速度计)的电容和绝缘电阻。对标准加速度计的初次检定应在每个选定温度下同时测量电容值。

检定结果应符合第4.1条要求。

18 瞬变温度灵敏度测试

18.1 检定方法

将工作加速度计(或标准加速度计)装在表1序号11指定的金属安装块上,连接好记录仪,迅速地将被检金属块连同工作加速度计(或标准加速度计)沿灵敏轴方向浸入容器内的液体中(速度以不引起冲击加速度为准),测出工作加速度计(或标准加速度计)的最大输出

幅度和由零到达该幅度所需的时间。

试验时,应当将配套的电荷放大器一起进行试验,并将放大器放在其最低下限频率。

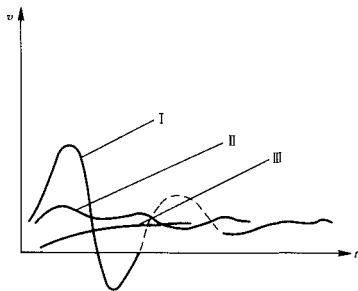


图 2

18.2 数据处理

瞬变温度曲线如图 2 所示。图中 I 为压缩式工作加速度计(或标准加速度计), II 为剪切式工作加速度计(或标准加速度计), III 为电荷放大器低频下限不够低的情况。

将最大输出电压折算成等效加速度值(m/s^2),再除以容器中液温与室温之差,即:

$$S_{tr} = \frac{a_{tr}}{\Delta T} \quad (16)$$

式中 S_{tr} ——瞬变温度灵敏度, $ms^{-2}/^{\circ}C$;

a_{tr} ——最大输出的等效加速度值, m/s^2 ;

ΔT ——浸入液体前后的温度差, $^{\circ}C$ 。

检定结果应符合第 4.1 条要求。

19 声灵敏度测试

19.1 检定方法

按表 1 序号 12 的要求,在消声室或 $75m^3$ 房间的几何中心附近,用一无阻固有频率低于 20Hz 的悬挂系统将工作加速度计(或标准加速度计)悬挂起来。按规定声谱的随机噪声用扬声器输入声压。转动工作加速度计(或标准加速度计)并测出其最大电输出值。

如果出现工作加速度计(或标准加速度计)共振而随机噪声谱型无误时,则应设法消除共振;或用另一支工作加速度计(或标准加速度计)来测量共振量,以便扣除;或者用刚性杆、刚性重底座支撑工作加速度计(或标准加速度计)。当用这些方法时,应指明测试状况与结果。

19.2 数据处理

将输出最大值,根据工作加速度计(或标准加速度计)的参考灵敏度,换算成等效加速度的有效值即(m/s^2)rms 来表示,同时应给出此时的声压级。

检定结果应符合第 4.3 款要求。

20 磁灵敏度测试

20.1 检定方法

用表 1 序号 13 中的两种装置,均可进行磁场灵敏度的检定。先用特斯拉计在安装工作加速度计(或标准加速度计)位置测出磁场强度 B 。然后旋转磁场或旋转工作加速度计(或标准加速度计),找出输出最大值。试验过程应注意剔除感应的机械振动和寄生的电噪声。

20.2 数据处理

将工作加速度计(或标准加速度计)的最大输出根据参考灵敏度换算成等效加速度,再除以磁场磁感应强度,即:

$$S_B = \frac{a_{Bmax}}{B} \quad (17)$$

式中 S_B ——磁灵敏度, $m \cdot s^{-2}/T$;

a_{Bmax} ——输出最大值的等效加速度, m/s^2 ;

B ——测试时交变磁场的磁感应强度, T。

测试结果应给出试验条件。

检定结果应符合第 4.3 款要求。

21 基座应变灵敏度测试

21.1 检定方法

使用表 1 序号 14 中悬臂梁装置及测力仪, 在贴应变片梁的两面一侧同时安装参考标准加速度计和被测工作加速度计 (或标准加速度计)。使用测力仪的目的是保证每次测试应变片处能有 $250\mu\text{m}/\text{m}$, 使用参考标准加速度计是为了从被检工作加速度计 (或标准加速度计) 的输出中减去梁在该点的实际运动量。

使梁作自由振动, 观察应变值, 在应变值为 $250\mu\text{m}/\text{m}$ 时, 记下参考标准加速度计的输出和被检工作加速度计 (或标准加速度计) 的输出。

如果不易观察出微应变的量值时, 可按下两式先行计算出曲率半径 R 和力 F :

$$F = \frac{E\epsilon b h^2}{6L} \quad (18)$$

$$R = \frac{h}{2\epsilon} \quad (19)$$

式中 F ——施加于梁自由端的力, N;

E ——梁材的杨氏模量, N/m^2 (钢 $E = 2.1 \times 10^{11} \text{N}/\text{m}^2$);

ϵ ——应变;

b 、 h 、 L ——梁的宽度、厚度、长度 (测试点到力作用点的距离), m;

R ——曲率半径, m。

用 (19) 式验证曲率半径 (25m), 用 (18) 式计算应给自由端的初始力。用测力仪在给出 F 时测出它, 以保证产生 $250\mu\text{m}/\text{m}$ 。用计算出的力 F 在自由端使梁振动 (频率约为 5Hz), 记下参考标准和被检工作加速度计 (或标准加速度计) 的输出。

绕被检工作加速度计 (或标准加速度计) 灵敏轴旋转, 找出最大输出值, 并记下标准参考加速度计的输出值。

21.2 数据处理

由被检工作加速度计 (或标准加速度计) 输出最大值减去参考标准加速度计的输出, 折算成等效加速度 $a_{\epsilon\text{max}}$ (m/s^2), 再除以所施加的应变值 (参考值为 $250\mu\text{m}/\text{m}$), 即:

$$S_{\epsilon} = \frac{a_{\epsilon\text{max}}}{\epsilon} \quad (20)$$

式中 S_{ϵ} ——基座应变灵敏度, $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}/\mu\text{m}/\text{m}$;

$a_{\epsilon\text{max}}$ ——输出最大值的等效加速度, m/s^2 ;

ϵ ——测试施加的应变值, $\mu\text{m}/\text{m}$ 。

检定结果应符合第 4.4 款要求。

22 安装力矩灵敏度测试

22.1 检定方法:

用表 1 序号 15 指定的测试装置, 对 1/2, 1 和 2 倍规定安装力矩时的灵敏度进行比较法测试。

测试时应注意:

(1) 安装工作加速度计 (或标准加速度计) 的固定件厚度应不小于固定螺钉长度 3 倍,

并不小于 20mm；

(2) 安装工作加速度计（或标准加速度计）的试验表面应当是平整、光滑，没有毛刺和损伤的表面，表面粗糙度应优于 $R_{s1.6}\mu\text{m}$ ，平面度应优于 $5\mu\text{m}$ 。

(3) 安装螺纹孔应与安装面垂直，其垂直度应优于 $10\mu\text{m}$ 。

(4) 对接界面和螺纹孔应进行润滑，并给出所用润滑剂。

(5) 如采用一个以上的螺钉，则必须对每个螺钉进行安装力矩测试。

22.2 检定结果处理

安装力矩灵敏度计算公式：

$$S_T = \frac{S_X - S}{S} \times 100\% \quad (21)$$

式中 S_T ——安装力矩灵敏度，%；

S_X ——在 1/2、1 和 2 倍规定安装力矩时的灵敏度， $\text{mV}/\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ；

S ——在规定安装力矩时的参考灵敏度， $\text{mV}/\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 。

检定结果应符合第 4.4 款要求。

23 相频特性测试

23.1 相频比较法测试

用表 1 序号 16-1 给出的装置，在参考标准加速度计相位特性已知的情况下，在选定的频率范围内，按对数刻度均匀选取至少 10 个频率点，测出被校工作加速度计（或标准加速度计）与参考标准加速度计的相位差，即为校准结果。

23.2 相频随机测试

用表 1 序号 16-2 给出的装置，使用替代法或切换法，先测出参考标准加速度计相频特性，再测出被校工作加速度计（或标准加速度计）的相频特性，二者的差即为被校工作加速度计（或标准加速度计）的相频特性。

23.3 检定结果处理

标准加速度计相频正常工作区，相位差应 $< 2^\circ$ ，并应给出频率范围；一般加速度计相位差应 $< 5^\circ$ ，并应给出频率范围。

24 密封性检查

工作加速度计（或标准加速度计）的密封性测试方法有如下两种：

(1) 将透明玻璃杯内的水加热烧开几分钟后，静置降温到 90°C 。将不接导线的工作加速度计（或标准加速度计）浸入水面以下，如气泡不连续冒出并在 5min 内少于 5 个气泡，则认为密封性合格；如连续释放气泡，特别是电缆接头处与壳体封接处有一连串气泡冒出，则表明密封性不良。

(2) 用一磨口玻璃器皿，注入适量 90°C 水。先用真空泵抽至 15kPa 左右，以除去水中游离气体然后放气至常压状态。再将拆下电缆的（如果可拆的话）工作加速度计（或标准加速度计）投入水中，再抽空至 15kPa 。检查工作加速度计（或标准加速度计）周围，特别是电缆接头处与壳体封接处是否有一连串气泡出现，如有则表明密封性不良。

密封不良的工作加速度计（或标准加速度计）应当作不合格处理。

25 极限加速度及极限值时灵敏度稳定性检定

此项检定只在新产品定型时进行。

25.1 极限值时灵敏度的稳定性检定

用表 1 序号 18 中的设备和方法, 抽取 3 支工作加速度计 (或标准加速度计), 按以下步骤进行试验):

(1) 在常温下用表 1 序号 7 给出的装置, 在 $f=160\text{Hz}$, $a=100\text{m/s}^2$ 下, 确定出每只工作加速度计 (或标准加速度计) 的参考灵敏度 S_{0i} , $i=1, 2, 3$ 。

(2) 将 3 支工作加速度计 (或标准加速度计) 在规定使用的高温下恒温 1h, 然后在室温下放置 24h, 测量并记下每只新的参考灵敏度 S_{1i} , $i=1, 2, 3$ 。

(3) 将 3 支工作加速度计 (或标准加速度计) 以最大工作加速度冲击 3 次, 放置 24h, 测量并记下每只新的灵敏度 S_{2i} , $i=1, 2, 3$ 。

(4) 将 3 支工作加速度计 (或标准加速度计) 在规定使用的低温下, 恒温 1h, 然后在室温下放置 24h, 测量并记下每只新的灵敏度 S_{3i} , $i=1, 2, 3$ 。

计算每只工作加速度计 (或标准加速度计) 在三种试验情况下, 相对于参考灵敏度的变化百分比, 然后将每只工作加速度计 (或标准加速度计) 灵敏度变化百分比的最大值进行平均, 以此衡量极限值时灵敏度稳定性, 其值应符合有关规定。

25.2 极限加速度检定

从做过第 25.1 款试验的 3 支工作加速度计 (或标准加速度计) 中取 1 支做极限加速度检定。

确定极限加速度, 采用逐次加大冲击的方法。在工作加速度计 (或标准加速度计) 灵敏轴的两个方向上分别施加极限加速度, 然后放置 24h, 再测参考灵敏度, 并做频响扫描试验。如参考灵敏度有明显变化或频响曲线出现异常峰值, 说明极限加速度值低于此值。否则, 根据用户要求, 可加大极限加速度的冲击值, 重新冲击。

26 极性测试

用表 1 序号 7 的装置, 对着工作加速度计 (或标准加速度计) 底座沿机械轴方向加一瞬间冲击, 如果输出为一正脉冲信号, 则为正极性, 反之则为负极性。

测试结果应符合出厂规定。

27 质量测试

用表 1 序号 19 的装置称量工作加速度计 (或标准加速度计) 的质量 (不包括插头、电缆及连接件)。称量结果应符合出厂规定。

28 检定项目选择

标准加速度计和工作加速度计的检定项目列于表 2, 供各种情况下选择, 其中周期检定可根据用户要求增加项目。

五 检定结果处理和检定周期

29 经检定符合本规程的加速度计 (或标准加速度计), 发给检定证书; 不合格的, 发给检定结果通知书, 并不注明合格的项目。

30 检定周期为 1 年, 如有必要可适当缩短周期

表 2

序号	检定项目	标准加速度计			加速度计			检定方法条款
		1	2	3	1	2	3	
1	外观及文件检查	○	○	○	○	○	○	7
2	绝缘电阻	○	○		○	○		8

续表

序号	检定项目	标准加速度计			加速度计			检定方法条款
		1	2	3	1	2	3	
3	电容	○	○		○	○		9
4	参考灵敏度	○	○	○	○	○	○	10
5	参考灵敏度年稳定性	○	○	○	○	○	○	11
6	安装谱频和阻尼比	○	○		○			12
7	幅频响应	○	○	○	○	○	○	13
8	幅值线性度	○	○		○	*	*	14
9	振动最大横向灵敏度比	○	○	○	○	○	○	15
10	冲击最大横向灵敏度比	*	*		*	*		16
11	温度灵敏度	○	○		○	○		17
12	瞬变温度灵敏度	○	○		○			18
13	声灵敏度	○			○			19
14	磁灵敏度	○		○				20
15	基准应变灵敏度	○		○				21
16	安装力矩灵敏度	○		○				22
17	相频特性	○	○			○		23
18	密封性	○	○		○			24
19	极限加速度及其稳定性	*		*				25
20	极性	○	○		○	○		26
21	质量	○			○			27

注：1为“新产品定型试验”；2为“出厂检定”；3为“计量部门周期检定”；“*”：用于冲击测量的加速度计。

附录1 检定证书（背面）格式

____ 压电加速度计检定结果

- 参考灵敏度：_____ $\mu\text{C}/\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 或 _____ $\text{mV}/\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ，
(在 $f =$ _____ Hz ， $a =$ _____ m/s^2)
- 工作频率范围：_____ $\text{Hz} \sim$ _____ Hz
- 幅值线性度：_____ %，(在 _____ $\text{m}/\text{s}^2 \sim$ _____ m/s^2)
- 参考灵敏度年稳定度：_____ %
- 最大横向灵敏度比：_____ %
- _____：
- _____：
- _____：
- _____：

检定结果：_____ 可作为 _____ 使用。

附图如下：

(注：下次检定请带此证书)

附录 2 检定结果通知书（背面）格式

_____ 压电加速度计检定结果

本压电加速度计下述项目：

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

不符合检定规程要求，特发此检定结果通知书。

附加说明：

本规程经全国振动冲击计量技术委员会审定通过。