



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 644—2003

振动位移传感器

Vibration Displacement Transducer

2003 - 09 - 23 发布

2004 - 03 - 23 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

振动位移传感器检定规程

Verification Regulation of

Vibration Displacement Transducer

JJG 644—2003

代替 JJG 644—1990

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2003 年 09 月 23 日批准，并自 2004 年 03 月 23 日起施行。

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：北京市计量科学研究所

参加起草单位：航空工业总公司第 304 研究所

湖北省计量测试技术研究院

本规程委托全国振动冲击转速计量技术委员会负责解释

ZY

本规程主要起草人：

何 伟 （北京市计量科学研究所）

李学瑞 （北京市计量科学研究所）

参加起草人：

曾 吾 （航空工业总公司第 304 研究所）

于 明 （湖北省计量测试技术研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量性能要求	(1)
5 通用技术要求	(1)
5.1 外观及附件	(1)
5.2 生产厂应给出的技术指标	(2)
5.3 传感器环境适应性	(3)
6 计量器具控制	(3)
6.1 定型鉴定或样机试验	(3)
6.2 首次检定、后续检定和使用中的检验	(3)
6.3 检定结果处理	(7)
6.4 检定周期	(7)
附录 A 定型鉴定、样机试验方法	(8)
附录 B 检定证书内页格式	(9)
附录 C 检定结果通知书内页格式	(10)

振动位移传感器检定规程

1 范围

本规程适用于 (0 ~ 5000) Hz 频率范围内的用于机械振动测量的电感式、电容式及电阻式的位移传感器 (以下简称传感器) 的定型鉴定、样机试验、首次检定、后续检定和使用中的检验。

2 引用文献

GB/T 2298—1991	机械振动与冲击	术语
GB/T 13866—1992	振动与冲击测量	描述惯性式传感器特性的规定
GB/T 13823.1—1993	振动与冲击传感器的校准方法	基本概念
GB/T 13823.3—1992	振动与冲击传感器的校准方法	正弦激励比较法校准 (二次校准)
GB/T 13823.16—1995	振动与冲击传感器的校准方法	温度响应比较测试法
JJG 2054—1990	振动计量器具计量检定系统	
JJF 1015—2002	计量器具型式评价和型式批准通用规范	
JJF 1016—2002	计量器具型式评价大纲编写导则	
JB/T 9256—1999	电感位移传感器	
JB/T 9257—1999	交流差动变压器式位移传感器	
JB/T 9258—1999	直流差动变压器式位移传感器	
JB/T 9329—1999	仪器仪表运输、运输存储基本环境条件及试验方法	

使用本规程时, 应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述

振动位移传感器是位移测量仪的主要组成部分, 主要用于机械振动测量, 它利用电感、电容或电阻量的变化将机械振动的位移量转变成电压或电流的变化量, 用来测量振动位移。

4 计量性能要求

振动位移传感器的计量性能要求见表 1。

5 通用技术要求

5.1 外观及附件

5.1.1 传感器产品的外壳上应有铭牌, 标明产品名称、规格型号、制造厂家、出厂日期及编号, 并应标有  标志及其编号。

表 1 振动位移传感器的计量性能要求

传感器类型 计量性能要求		电感式		电容式	电阻式	
		差动电感式 差动变压器式	电涡流式		应变式	电阻式
静态指标	1 灵敏度校准的不确定度	1.0% ($k=2$)				
	2 幅值线性度/%	± 0.5	10mm 量程以下 ± 2.0 ; 10mm 量程以上 ± 5.0	± 1.0	± 1.0	
	3 回程误差/%	0.4	—	—	0.5	
	4 幅值重复性/%	0.4	1.0	1.0	0.5	
	5 零值误差/%	1.0	0.5	0.2	0.1	
	6 温漂/($\% \cdot ^\circ\text{C}$)	0.06	0.1	0.6	0.5	
	7 幅值稳定度	0.5%				
动态指标	8 参考灵敏度校准的不确定度	3.0% ($k=2$)				
	9 频率响应	(0~20)Hz 或 (0~200)Hz 3dB	(0~5000)Hz 0.5dB	(0~5000)Hz 3dB	(0~2000)Hz 3dB	(0~100)Hz 3dB
	10 幅值线性度	$\pm 10\%$				

5.1.2 新制造的传感器外壳表面的金属镀层或其他化学处理层不应有划痕和脱落现象。

5.1.3 传感器的输出导线及各连接部件应配套齐全、完好、可靠。

5.2 生产厂应给出的技术指标

传感器生产厂家应给出传感器的其他技术指标,如:线性范围、绝缘电阻、绝缘强度、输出负载能力、重量、外形尺寸及安装方式。

5.3 传感器环境适应性

5.3.1 传感器正常工作环境：

温度：在生产厂规定的温度范围内使用。

湿度： $\leq 85\% \text{RH}$ 。

周围无强磁场、无腐蚀性气液体、无强振源。

5.3.2 环境适应性试验要求

环境试验应符合 JB/T 9329—1999《仪器仪表运输、运输存储基本环境条件及试验方法》第 3 条中湿度试验和跌落试验的要求。

湿度试验： $95\% \text{RH}$ (25℃)；

跌落试验：100mm 高度自由跌落。

6 计量器具控制

计量器具控制包括：定型鉴定或样机试验、首次检定、后续检定和使用中检验。

6.1 定型鉴定或样机试验

6.1.1 定型鉴定或样机试验应按 JJF1015—2002《计量器具型式评价和型式批准通用规范》和 JJF1016—2002《计量器具型式评价大纲编写导则》的有关要求进行。

6.1.2 定型鉴定和样机试验的项目见表 2。

6.1.3 定型鉴定和样机试验的方法见附录 A。

6.2 首次检定、后续检定和使用中的检验

6.2.1 检定条件

6.2.1.1 环境条件

1) 温度： $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

2) 湿度： $\leq 85\% \text{RH}$ 。

3) 电源电压波动量不应超过额定值的 $\pm 10\%$ 。

4) 检定现场应无强振源、强磁场的干扰及腐蚀性气、液体。

6.2.1.2 检定用仪器设备

可以根据不同类型的被检传感器的种类和型号来选择下列检定用仪器设备。

1) 静态标定用仪器设备：

位移（长度）测量仪器：

三等标准量块：测量不确定度为 $(0.1 + 1L) \mu\text{m}$ ($k = 3$)；

四等标准量块：测量不确定度为 $(0.2 + 2L) \mu\text{m}$ ($k = 3$)；

千分表： $(0 \sim 5) \text{mm}$ ，示值误差： $\pm 5 \mu\text{m}$ ；

百分表： $(0 \sim 10) \text{mm}$ ，示值误差： $\pm 20 \mu\text{m}$ ；

$(0 \sim 25) \text{mm}$ ，示值误差： $\pm 30 \mu\text{m}$ ；

位移静校器： $(0 \sim 10) \text{mm}$ 或 $(0 \sim 30) \text{mm}$ ；

直流数字电压表：测量不确定度为 0.1% ($k = 2$)；

示波器：示值误差 $\pm 5\%$ ；

直流稳压电源：电压稳定度 $\pm 0.1\%$ ，纹波电压 $< 1\text{mV}$ 。

2) 动态标定用仪器设备:

标准振动台: 加速度波形失真度 $\leq 5\%$; 横向振动比 $\leq 10\%$;加速度幅值稳定度 $\leq 0.5\%$; 信噪比 $\geq 60\text{dB}$;台面漏磁 $\leq 3\text{mT}$ 。

标准加速度计套组:

参考灵敏度校准不确定度:

在 160Hz 或 80Hz 时, 为 0.5% ($k=3$);在 (20~1000) Hz 频率范围时, 为 1.0% ($k=3$);交流数字电压表: 测量不确定度为 0.2% ($k=2$);数字频率计: 测量不确定度为 0.05% ($k=2$)。3) 温箱: 温度范围: $(-40 \sim 200)^\circ\text{C}$, 温度波动度: $\pm 0.5^\circ\text{C}$;温度均匀度: $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

6.2.2 检定项目及检定方法

首次检定、后续检定和使用中检验的检定项目见表 2。

表 2 定型鉴定或样机试验、首次检定、后续检定和使用中检验的检定项目

序号	项 目	定型鉴定或 样机试验	首次检定	后续检定	使用中的检验
1	外观	+	+	+	+
2	静态 指标	灵敏度	+	+	+
3		幅值线性度	+	+	-
4		回程误差	+	-	-
5		幅值重复性	+	-	-
6		零值误差	+	+	-
7		温漂	+	-	-
8		幅值稳定度	+	-	-
9	动态 指标	参考灵敏度	+	+	+
10		频率响应	+	+	-
11		幅值线性度	+	+	-
12	线性范围	+	-	-	-
13	绝缘电阻	+	-	-	-
14	绝缘强度	+	-	-	-
15	环境适应性试验	+	-	-	-

表中带“+”者为必须检定或试验的项目,“-”为不需要检定或试验的项目。

6.2.2.1 外观及附件的检查

外观、铭牌及各种连接部件等通过目测进行检查,检查结果应符合本规程第 5.1 条的要求。

6.2.2.2 静态灵敏度的检定

把位移传感器安装在相应的位移静校器上,改变传感器的测量距离以每 10% 量程为 1 个测量点,在整个测量范围内,包括上、下限值共测 11 个点,顺序在各个测量点测量传感器的输出值 U_i 和传感器的移动距离 L_i ,以上、下两个行程为一个测量循环,一共测 3 个循环。

将检定数据中 10% 到 90% 量程的上、下行程各 9 个检测点的数据取为 1 组,共取 3 组,采用最小二乘法计算。

设回归方程为

$$\hat{U}_i = U_0 + SL_i \quad (1)$$

式中: S ——位移传感器灵敏度;

U_0 ——截距;

L_i ——给定位移 (测量位移);

$\hat{U}_i$ ——传感器输出信号的回归值。

根据给定位移 L_i 和传感器相应的输出值 U_i ,按最小二乘法公式计算出 S :

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n L_i U_i - \bar{L} \sum_{i=1}^n U_i}{\sum_{i=1}^n L_i^2 - \bar{L} \sum_{i=1}^n L_i} \quad (2)$$

$$U_0 = \frac{\bar{U} \sum_{i=1}^n L_i^2 - \bar{L} \sum_{i=1}^n L_i U_i}{\sum_{i=1}^n L_i^2 - \bar{L} \sum_{i=1}^n L_i} \quad (3)$$

式中: n ——检测次数 ($i = 1, 2, 3, \dots, n$);

$\bar{L}$ ——给定位移量平均值 ($\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i$);

$\bar{U}$ ——给定位移量的相应输出平均值 ($\bar{U} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i$)。

传感器静态灵敏度应符合本规程表 1 中第 1 项技术要求。

6.2.2.3 静态幅值线性度的检定

传感器幅值线性度检定与第 6.2.2.2 条静态灵敏度检定同时进行,检定数据取包括上、下限值在内的 3 次上行程的检测点数据,用最小二乘法〔式 (1), (2), (3)〕计算出 U_i 与 $\hat{U}_i$ 之间的最大差值 $\delta_{\max}$:

$$\delta_{\max} = (U_i - \hat{U}_i)_{\max} \quad (4)$$

则幅值线性度偏差按式 (5) 计算

$$\delta_r = \frac{\delta_{\max}}{U_N} \times 100\% \quad (5)$$

式中： δ_r ——幅值线性度；

U_N ——满量程时传感器的输出。

其幅值线性度最大偏差应符合本规程表 1 中第 2 项技术要求。

6.2.2.4 回程误差

回程误差的检定与第 6.2.2.2 条静态灵敏度检定同时进行，其回程误差按式 (6) 计算：

$$\delta_{hi} = \frac{|\bar{U}_{is} - \bar{U}_{ix}|}{U_N} \times 100\% \quad (6)$$

式中： δ_{hi} ——第 i 个测量点上的回程误差；

$\bar{U}_{is}$ ——第 i 个测量点上 3 次上行程传感器输出值的算术平均值；

$\bar{U}_{ix}$ ——第 i 个测量点上 3 次下行程传感器输出值的算术平均值；

U_N ——满量程时传感器的输出值。

其回程误差应符合本规程表 1 中第 3 项技术要求。

6.2.2.5 幅值重复性

幅值重复性的检定与第 6.2.2.2 条静态灵敏度检定同时进行，由 3 次循环中同一行程的同一测量点的 3 次测量的传感器输出值，得出相互间的最大差值 Δ_r ，然后按式 (7) 计算幅值重复性：

$$\delta_{ri} = \frac{|\Delta_{ri}|}{U_N} \times 100\% \quad (7)$$

式中： Δ_{ri} ——第 i 个测量点的 Δ_r 值；

δ_{ri} ——第 i 个测量点的幅值重复性；

U_N ——满量程时传感器的输出值。

其幅值重复性应符合本规程表 1 中第 4 项技术要求。

6.2.2.6 零值误差

把传感器安装在位移静校器上，在工作状态下将位移传感器置于零点（起始工作点），用示波器测出传感器的噪声信号，再与满量程时传感器的输出信号之比，即为传感器的零值误差。其检定结果应符合本规程表 1 中第 5 项技术要求。

6.2.2.7 动态参考灵敏度的检定

对于测量中用支架固定的传感器，在检定中要用适合的支架将被检传感器固定在标准振动台台面垂直方向上的合适位置，并确保支架及传感器非活动部分与振动台台体之间不产生相对运动；对于测量中不用支架固定，可直接安装在被测振动体上的传感器，在检定中应将被检传感器刚性地安装在标准振动台台面上。

用标准加速度计监控振动台，在被检传感器的动态范围内，选取某一实用的频率值〔推荐 (20, 40, 80, 160) Hz〕和某一指定的位移值〔推荐 (0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0) mm〕进行检定，其被检传感器的输出值与振动台的位移值之比为该传感器的动态参考灵敏度。动态参考灵敏度按式 (8) 计算：

$$S_d = \frac{U}{D} \quad (8)$$

式中： S_d ——位移传感器的动态参考灵敏度；

U ——参考点处传感器的输出值；

D ——参考点处的振动位移值。

其动态参考灵敏度应符合表 1 中的第 8 项技术要求。

6.2.2.8 频率响应的检定

传感器的安装方法同第 6.2.2.7 条，在传感器的动态范围内，均匀地选取不少于 7 个频率值（包括上、下限值），在保持振动台位移恒定的情况下，测量各频率点传感器的输出值，并计算出各点的动态位移灵敏度，然后按式（9）计算各测量点灵敏度与动态参考灵敏度的相对偏差：

$$\delta_{fi} = 20 \lg \left| \frac{S_{di}}{S_d} \right| \quad (9)$$

式中： δ_{fi} ——第 i 个频率点的动态灵敏度与动态参考灵敏度的相对偏差；

S_{di} ——第 i 个频率点的动态灵敏度；

S_d ——动态参考灵敏度。

其频率响应最大偏差应符合本规程表 1 中的第 9 项的技术要求。

6.2.2.9 动态幅值线性度的检定

被测传感器的安装方法同第 6.2.2.7 条，在传感器的频率范围内选取某一实用的频率值，并在校准振动台可达到的振动位移幅值内选取 5 个位移值进行激振，分别测量各位移点的传感器输出值和振动台的位移幅值，计算出各测量点传感器的动态位移灵敏度，然后按式（10）计算各测量点灵敏度与动态参考灵敏度的相对偏差：

$$\delta_{dri} = \frac{S_{di} - S_d}{S_d} \times 100\% \quad (10)$$

式中： δ_{dri} ——第 i 个位移点的动态灵敏度与参考动态灵敏度的相对偏差；

S_{di} ——第 i 个位移点的动态位移灵敏度；

S_d ——参考动态灵敏度。

其幅值线性度最大偏差应符合本规程表 1 中第 10 项的技术要求。

6.3 检定结果处理

经检定符合本规程要求的传感器发给检定证书，检定证书内页格式见附录 B；经检定不符合本规程要求的发给检定结果通知书，检定结果通知书内页格式见附录 C，注明不合格项。

6.4 检定周期

传感器的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

定型鉴定、样机试验方法

1. 表 2 中第 1~6 项和第 9~11 项检定分别按本规程第 6.2.2.1~6.2.2.9 条检定方法进行。

2. 温漂

将传感器安装在位移静校器上, 并将测量距离调至于传感器的线性中点, 将传感器放至温箱内, 温箱温度以 20℃ 为基准, 按每 20℃ 间隔为一个测量点, 升高或降低温箱温度, 直至传感器允许使用的温度上限或下限, 每个温度测量点需恒温 15min, 然后读取传感器的输出值并按式 (11) 计算温度每改变 1℃ 时传感器输出值变化的相对量:

$$\delta_{ii} = \frac{U_{ii} - U_{i0}}{(t_i - 20) U_N} \times 100\% \quad (11)$$

式中: δ_{ii} ——第 i 个温度测量点传感器的温度变化量;

t_i ——第 i 个温度测量点的温度值;

U_{ii} ——第 i 个温度测量点传感器的输出值;

U_{i0} ——在室温时传感器的输出值;

U_N ——满量程时传感器的输出值。

其检定结果应符合本规程表 1 中第 6 项技术要求。

3. 幅值稳定度的检定

传感器在室温下检测, 将传感器安装在位移静校器上, 并将测量距离调至于传感器的线性中点, 接通电源预热 1h, 开始测量传感器的输出值, 每隔 2h 测量 1 次, 至少连续测量 24h, 然后按式 (12) 计算幅值稳定度:

$$\delta_e = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_N} \times 100\% \quad (12)$$

式中: δ_e ——传感器的幅值稳定度;

$U_{\max}$ ——24h 内传感器的输出最大值;

$U_{\min}$ ——24h 内传感器的输出最小值;

U_N ——满量程时传感器的输出值。

其检定结果应符合本规程表 1 中第 7 项技术要求。

4. 环境适应性试验:

(1) 湿度试验

按 JB/T9329—1999 中第 4.3 条的试验方法进行湿度试验。

(2) 跌落试验

按 JB/T9329—1999 中第 4.5 条的试验方法进行跌落试验。

附录 B

检定证书内页格式

_____ 振动位移传感器检定结果

1. 外观：_____。

2. 静态指标：

1) 位移灵敏度：_____ (/mm)；

2) 幅值线性度：_____ %；

3) 回程误差：_____ %；

4) 幅值重复性：_____ %；

5) 零值误差：_____ %。

3. 动态指标：

1) 参考位移灵敏度：_____ (/mm)

(在频率为_____ Hz, 位移为_____ mm 时)；

2) 频率响应：_____ %，(_____ Hz ~ _____ Hz)；

3) 幅值线性度：_____ %，(_____ mm ~ _____ mm)。

4. 其他

检定结果：_____ 可作为_____ 使用。

检定环境条件：_____ 温度_____ °C；相对湿度_____ %。

注：下次检定请带此证书。

附录 C

检定结果通知书内页格式

_____ 振动位移传感器检定结果
经检定不合格项目列入下表

序号	检定项目	规程指标	实测指标	备注

检定环境条件：_____ 温度_____℃；相对湿度_____％。

中华人民共和国
国家计量检定规程

振动位移传感器

JJG 644—2003

国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

E-mail jifxb@263.net.cn

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

880 mm × 1230 mm 16开本 印张1 字数14千字

2003年12月第1版 2003年12月第1次印刷

印数1—1 500

统一书号 155026—1748 定价: 14.00元