

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1352—2012

角位移传感器校准规范

Calibration Specification for Angular-Position Transducers/Sensors

2012-06-18 发布

2012-09-18 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 计 量 技 术 规 范
角 位 移 传 感 器 校 准 规 范
JJF 1352—2012

国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国质检出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 30 千字
2012年9月第一版 2012年9月第一次印刷

*

书号: 155026·J-2725 定价 21.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

角位移传感器校准规范

Calibration Specification for
Angular-Position Transducers/Sensors

JJF 1352—2012

归口单位：全国几何量长度计量技术委员会

主要起草单位：陕西省计量科学研究院

中国飞行试验研究院

参加起草单位：中航工业西安飞行自动控制研究所

中航工业国营东方仪器厂

本规范主要起草人：

刘 莹（陕西省计量科学研究院）

秦 宇（陕西省计量科学研究院）

吴永红（中国飞行试验研究院）

参加起草人：

毛 毳（中国飞行试验研究院）

刘元度（中航工业西安飞行自动控制研究所）

韩军涛（中航工业国营东方仪器厂）

目 录

引言	(Ⅲ)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语及定义	(1)
3.1 相位移	(1)
3.2 基准电气零位	(1)
3.3 零位电压	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 灵敏度	(1)
5.2 线性度	(1)
5.3 回程误差	(1)
5.4 重复性	(2)
5.5 纹波电压	(2)
5.6 零位电压	(2)
5.7 相位移	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 校准用的主要设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 装夹与接线	(3)
7.2 基准电气零位	(3)
7.3 校准点的确定	(3)
7.4 数据采集	(3)
7.5 灵敏度及截距	(3)
7.6 线性度	(4)
7.7 回程误差	(5)
7.8 重复性	(5)
7.9 纹波电压	(5)
7.10 零位电压	(5)
7.11 相位移	(5)
8 校准结果表达	(5)
9 复校时间间隔	(6)

附录 A	交流差动变压器式角位移传感器角值误差的校准	(7)
附录 B	交流差动变压器式角位移传感器线性度测量结果的不确定度评定	(8)
附录 C	校准证书内容	(12)

引 言

本规范以 JJF 1071—2010《国家校准规范编写规则》、GB/T 18459—2001《传感器主要静态性能指标计算方法》为主要编写依据。

本规范是首次发布。

角位移传感器校准规范

1 范围

本规范适用于电感式角位移传感器、差动变压器式角位移传感器（直流输入型、交流输入型）、电阻式角位移传感器、电容式角位移传感器静态性能指标的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 18459—2001 传感器主要静态性能指标计算方法

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

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语及定义

3.1 相位移 phase shift

在线性工作范围内的最大行程处，角位移传感器的输出电压基波与输入电压基波在时间上的相位差。

3.2 基准电气零位 electrical null

角位移传感器输出电压满足相应的电压方程式，方程式中电气角 θ 为零时的转子位置即为基准电气零位。角位移传感器在该位置的输出电压为最小值。

3.3 零位电压 null voltage

角位移传感器的转子在基准电气零位时的输出电压，是输出电压的最小值。

4 概述

角位移传感器是一种能感受角位移量并转换成可用输出信号的测量仪器。按其工作原理可分为电阻式角位移传感器、电容式角移传感器、电感式角位移传感器、差动变压器式角位移传感器（直流输入型、交流输入型）等。各种角位移传感器的原理见图1。

5 计量特性

5.1 灵敏度

5.2 线性度

5.3 回程误差

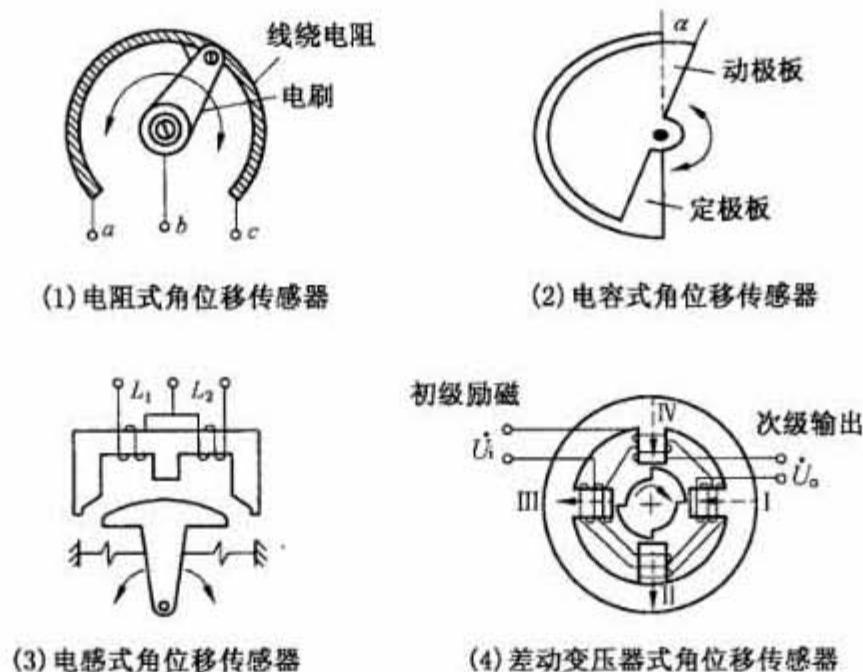


图 1 角位移传感器工作原理图

- 5.4 重复性
5.5 纹波电压
5.6 零位电压
5.7 相位移

6 校准条件

6.1 环境条件

温度： $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，温度变化不大于 2°C/h ；

湿度：相对湿度 $45\% \sim 75\%$ ；

校准时应避免外界磁场及机械振动。

6.2 校准用的主要设备

校准用的主要设备及技术要求见表 1。

表 1 主要校准设备及技术要求

序号	设备名称	技术要求
1	分度装置	示值误差 $\leq 4''$
2	数字电压表	MPE: DCV $\pm 0.004\% \sim \pm 0.1\%$, ACV $\pm 0.03\% \sim \pm 0.1\%$
3	稳定直流电源	纹波电压 $\leq 0.5\%$
4	励磁电源	频率 $1\text{ kHz} \sim 6\text{ kHz}$ 正弦波, 波形失真度 $\leq 2\%$
5	相位计	最小分度值 0.1°

注：由于仪器的准确度、操作方法和被校准角位移传感器计量特性不同，校准结果的不确定度会不同，可根据需要选择。

7 校准项目和校准方法

7.1 装夹与接线

将被校准的角位移传感器的转轴通过专用的连接轴固定在分度装置的回转轴上，并使角位移传感器的转轴与分度装置的回转轴同轴，安装偏心不大于 0.02 mm，同时在角位移传感器外壳上夹上固定夹具，使其不得与角位移传感器的转轴一起转动。

角位移传感器与校准用计量标准器的接线示例见图 2。

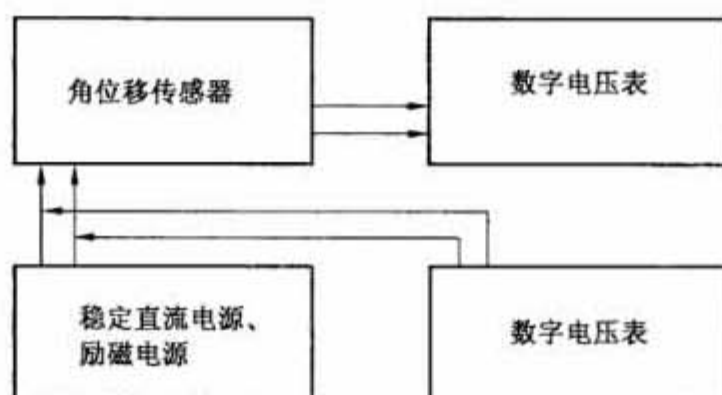


图 2 接线示例图

7.2 基准电气零位

角位移传感器接通电源预热后，旋转分度装置找出角位移传感器的基准电气零位。

对于单向角位移传感器，在传感器测量范围内旋转分度装置，读取数字电压表上角位移传感器的输出电压值，找出最小输出电压值从不变到突变的点，即为基准电气零位。

对于双向角位移传感器，在传感器测量范围内旋转分度装置，读取数字电压表上角位移传感器的输出电压值，最小输出电压值点即为基准电气零位。

7.3 校准点的确定

在传感器全量程范围内，根据期望线性度的值不同，设定不同的测量点数 n 。线性度 $>0.1\%$ 的角位移传感器，应在全量程范围（按量程均分）不少于 11 个受检点，线性度 $\leq 0.1\%$ 的角位移传感器，应在测量范围（按量程均分）不少于 21 个受检点。

测量正行程和反行程往返一次为一个循环，根据期望线性度的值不同，设定不同的循环数 m 。线性度 $\geq 0.1\%$ 的角位移传感器应连续进行 3 个循环的测量，线性度 $< 0.1\%$ 的角位移传感器至少连续进行 4 个循环的测量。

7.4 数据采集

以基准电气零位为校准起始点，依次读取各校准点的输出电压值 y 和角度装置给出的角位移值 R 。

角位移传感器在整个测量范围内有 n 个校准点，并进行 m 次循环校准。

所记录数据记为 y_{Iij} , R_{Iij} , y_{Dij} , R_{Dij} ，其中 I 为正向，D 为反向， i 为点序号， j 为循环序号。

7.5 灵敏度及截距

各校准点的正、反行程示值的算术平均值分别按式 (1) 和式 (2) 计算。

$$\bar{y}_{li} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_{lij} \quad (1)$$

$$\bar{y}_{Di} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_{Dij} \quad (2)$$

式中:

y_{lij} ——正行程第 i 个校准点第 j 次输出值, $i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m, V_{rms}$;

y_{Dij} ——反行程第 i 个校准点第 j 次输出值, $i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m, V_{rms}$ 。

分别由 \bar{y}_{li} 、 \bar{y}_{Di} ($i=1, 2, \dots, n$) 所确定的曲线, 称为正行程曲线和反行程曲线。各校准点的正行程和反行程输出值的算术平均值为:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{2} (\bar{y}_{li} + \bar{y}_{Di}) \quad (3)$$

由 \bar{y}_i 为纵坐标、 R_i 为横坐标所确定的曲线称为角位移传感器的校准曲线。

角位移传感器的参比直线采用最小二乘线性回归直线, 线性方程式为:

$$Y_i = Y_0 + KR_i \quad (4)$$

式中:

Y_i ——角位移传感器在第 i 个校准点的线性回归值, V_{rms} ;

Y_0 ——角位移传感器的截距, V_{rms} ;

K ——角位移传感器的线性回归灵敏度, $V_{rms}/(^{\circ})$;

R_i ——角位移传感器第 i 个校准点的角位移量, $(^{\circ})$ 。

灵敏度 K 及截距 Y_0 公式如下:

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^n R_i \bar{y}_i - \sum_{i=1}^n R_i \sum_{i=1}^n \bar{y}_i}{n \sum_{i=1}^n R_i^2 - (\sum_{i=1}^n R_i)^2} \quad (5)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i \sum_{i=1}^n R_i^2 - \sum_{i=1}^n R_i \sum_{i=1}^n R_i \bar{y}_i}{n \sum_{i=1}^n R_i^2 - (\sum_{i=1}^n R_i)^2} \quad (6)$$

7.6 线性度

由式 (3) 计算各校准点输出值的平均值 \bar{y}_i , 并由式 (7) 计算与最小二乘线性回归直线 Y_i 的差值 Δy_i 。

$$\Delta y_i = \bar{y}_i - Y_i \quad (7)$$

传感器第 i 个受检点的线性度为:

$$l_i = \frac{\bar{y}_i - Y_i}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (8)$$

$$Y_{FS} = Y_M - Y_N$$

传感器的线性度为:

$$\xi_L = \frac{|\Delta y_i|_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

Y_M ——角位移传感器为上限值时 m 组正、反行程所测得的实际输出量的平均值， V_{rms} ；

Y_N ——角位移传感器为下限值时 m 组正、反行程所测得的实际输出量的平均值， V_{rms} ；

Y_{FS} ——输出信号量程， V_{rms} 。

在本规范中，角位移传感器的线性度采用的是最小二乘线性度，若被校准的角位移传感器标明是其他线性度时，应采用 GB/T 18459—2001《传感器主要静态性能指标计算方法》附录 A 中计算线性度的测量结果作为最终评定结果。

7.7 回程误差

计算同一校准点中正行程输出值的算术平均值与反行程输出值的算术平均值之差：

$$\Delta y_{Hi} = |\bar{y}_{Hi} - \bar{y}_{Di}| \quad (10)$$

传感器的回程误差为：

$$\xi_H = \frac{|\Delta y_{Hi}|_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (11)$$

7.8 重复性

计算同一校准点中正行程或反行程输出值中最大值与最小值之差：

$$\Delta y_{Si} = |y_{\max} - y_{\min}| \quad (12)$$

传感器的重复性为：

$$\xi_S = \frac{|\Delta y_{Si}|_{\max}}{CY_{FS}} \times 100\% \quad (13)$$

式中：

C ——极差系数。

7.9 纹波电压

在角位移传感器测量范围上、下限值上测量其输出电压的纹波电压有效值。

7.10 零位电压

把角位移传感器旋转至传感器所标识的基准电气零位附近，顺时针、逆时针旋转光学分度头，在数字电压表上读取所输出的最小电压值，即为零位电压。

7.11 相位移

把数字相位计的输入输出端同时并接到角位移传感器的激磁端，使数字相位计置零，然后把数字相位计的输出端接到角位移传感器的输出端，旋转角位移传感器到工作范围的上限处，读取相位差值，再旋转角位移传感器到工作范围的下限处，读取相位差值，取两个读取值中最大值为相位移。

8 校准结果表达

经校准的角位移传感器出具校准证书。校准证书内容见附录 C。

9 复校时间间隔

角位移传感器的复校时间间隔，建议不超过1年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

交流差动变压器式角位移传感器角值误差的校准

被校对象：交流差动变压器式角位移传感器；灵敏度为 $0.1565 \text{ V}_{\text{rms}}/(\text{°})$ ；线性度为 $\pm 0.35\% \text{ FS}$ ；零位电压为 12 mV ；相位移 $\leq 5^\circ$ ；误差带为 $0^\circ \pm 0.1^\circ$ ， $38.5^\circ \pm 0.27^\circ$ ，中间点误差线性过渡。

校准数据见表 A.1。

表 A.1 交流差动变压器式角位移传感器校准数据

序号	角位移值 $R_i/(\text{°})$	输出电压值/ V_{rms}					
		第一测回		第二测回		第三测回	
		正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程
1	-38.5	-6.030	-6.031	-6.031	-6.030	-6.031	-6.031
2	-36	-5.632	-5.631	-5.633	-5.633	-5.633	-5.633
3	-30	-4.682	-4.683	-4.682	-4.681	-4.682	-4.681
4	-24	-3.739	-3.739	-3.739	-3.738	-3.739	-3.739
5	-18	-2.800	-2.800	-2.801	-2.800	-2.801	-2.801
6	-12	-1.864	-1.863	-1.864	-1.864	-1.864	-1.864
7	-6	-0.931	-0.930	-0.931	-0.931	-0.931	-0.931
8	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	6	0.935	0.936	0.935	0.936	0.935	0.936
10	12	1.869	1.869	1.868	1.869	1.868	1.869
11	18	2.805	2.806	2.805	2.806	2.805	2.805
12	24	3.746	3.747	3.746	3.745	3.746	3.745
13	30	4.691	4.690	4.690	4.690	4.690	4.691
14	36	5.640	5.641	5.639	5.638	5.639	5.639
15	38.5	6.036	6.036	6.035	6.034	6.035	6.034

校准结果：灵敏度为 $0.1564 \text{ V}_{\text{rms}}/(\text{°})$ ，线性度为 $0.11\% \text{ FS}$ ，回程误差为 $0.01\% \text{ FS}$ ，重复性为 $0.006\% \text{ FS}$ ，零位电压为 $0.0093 \text{ V}_{\text{rms}}$ ，相位移为 2.3° 。

附录 B

交流差动变压器式角位移传感器线性度测量结果的不确定度评定

B.1 测量方法

被校准的交流差动变压器式角位移传感器的测量范围为 $\pm 38.5^\circ$ ，即线性度为0.35%。根据本规范使用分度值为 $2''$ 的角度标准，采用数字多用表读取输出电压值，励磁电源是信号发生器，频率准确度为 1×10^{-7} 。每隔 6° 取一个测量点，在角位移传感器全量程内取15个测量点，共测量3个测回。

B.2 数学模型

根据位移传感器校准特性的输出值 y_i 和标准器读数 R_i ，取一个测量循环中的输出值 y_i 和标准器读数 R_i 为一组，共三组，角位移传感器的参比直线采用最小二乘线性回归的直线，线性方程式为：

$$Y_i = Y_0 + KR_i \quad (\text{B.1})$$

式中：

Y_i ——角位移传感器在第 i 个校准点处输出量的线性回归值，V_{rms}；

Y_0 ——角位移传感器的截距，V_{rms}；

K ——角位移传感器的灵敏度；

R_i ——角位移传感器第 i 个校准点的角位移量，($^\circ$)。

灵敏度 K 及截距 Y_0 公式如下：

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^n R_i \bar{y}_i - \sum_{i=1}^n R_i \sum_{i=1}^n \bar{y}_i}{n \sum_{i=1}^n R_i^2 - (\sum_{i=1}^n R_i)^2} \quad (\text{B.2})$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i \sum_{i=1}^n R_i^2 - \sum_{i=1}^n R_i \sum_{i=1}^n R_i \bar{y}_i}{n \sum_{i=1}^n R_i^2 - (\sum_{i=1}^n R_i)^2} \quad (\text{B.3})$$

式中：

\bar{y}_i ——各校准点的正行程和反行程输出值的算术平均值，V_{rms}。

由式(3)计算各校准点输出值的平均值 \bar{y}_i ，并由式(7)计算与最小二乘线性回归直线 Y_i 的差值 Δy_i 。

$$\Delta y_i = \bar{y}_i - Y_i \quad (\text{B.4})$$

传感器第 i 个受检点的线性度为：

$$l_i = \frac{\bar{y}_i - Y_i}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (\text{B.5})$$

$$Y_{FS} = Y_M - Y_N$$

传感器的线性度为：

$$\xi_L = \frac{|\Delta y_i|_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (\text{B.6})$$

式中:

Y_M ——角位移传感器为上限值时 3 组正、反行程所测得的实际输出量的平均值, V_{rms} ;

Y_N ——角位移传感器为下限值时 3 组正、反行程所测得的实际输出量的平均值, V_{rms} ;

Y_{FS} ——输出信号量程, V_{rms} 。

B.3 方差和灵敏系数

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n [\partial f / \partial x_i]^2 u^2(x_i) \quad (B.7)$$

$$\text{根据线性度公式 } l_i = \frac{y_i - Y_i}{Y_{FS}} \times 100\% = \frac{y_i - (Y_0 + KR_i)}{Y_{FS}} \times 100\% \quad (B.8)$$

$$\text{则: } u^2(l_i) = c_{y_i}^2 u^2(y_i) + c_{Y_0}^2 u^2(Y_0) + c_K^2 u^2(K) + 2\rho_{Y_0, K} c_{Y_0} u(Y_0) c_K u(K) + c_{R_i}^2 u^2(R_i)$$

$$c_{y_i} = 1/Y_{FS} = 1/12.066 = 0.0828/V_{rms};$$

$$c_{R_i} = -K/Y_{FS} = -0.1564/12.066 = -0.0129(^{\circ});$$

$$c_{Y_0} = -1/Y_{FS} = -0.0828/V_{rms};$$

$$c_K = -R_i/Y_{FS} = -38.5/12.066 = -3.1907^{\circ}/V_{rms};$$

$$\rho_{Y_0, K} = \frac{d_{12}}{\sqrt{d_{11}d_{22}}} = 0;$$

取 $Y_{FS} = 12.066 V_{rms}$; $R_i = 38.5^{\circ}$ 。

B.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量见表 B.1。

表 B.1 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值 $u(x_i)$	$c_i = \partial f / \partial x_i$	$ c_i \times u(x_i)$
$u(K)$	灵敏系数 K 引入的标准不确定度分量	0.000 04 $V_{rms}/(^{\circ})$	-3.190 7($^{\circ}$) V_{rms}	0.000 1
$u(Y_0)$	截距 Y_0 引入的标准不确定度分量	0.001 0 V_{rms}	-0.082 8/ V_{rms}	0.000 1
$u(R_i)$	标准角位移引入的标准不确定度分量	0.022 9 $^{\circ}$	-0.012 9/ $^{\circ}$	0.000 3
$u_1(R_i)$	光学分度头示值误差	0.000 6 $^{\circ}$		
$u_2(R_i)$	角位移传感器安装偏心	0.022 9 $^{\circ}$		
$u(y_i)$	电压输出值引入的标准不确定度分量	0.002 1 V_{rms}	0.082 8/ V_{rms}	0.000 2
$u_1(y_i)$	数字电压表示值误差	0.001 3 V_{rms}		
$u_2(y_i)$	重复性	0.001 6 V_{rms}		
u_c		0.04%		

B.5 标准不确定度分量

B.5.1 角位移传感器的灵敏系数 K 和截距 Y_0 引入的标准不确定度分量 $u(K)$ 和 $u(Y_0)$

采用最小二乘法计算出的理论直线方程式 $Y_i = Y_0 + KR_i$ 。

$$u(Y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-2}} \quad (n=15) \quad (\text{B.9})$$

因各 Y_i 独立, 则

$$u(Y_0) = u(Y_i) \sqrt{d_{11}} \quad (\text{B.10})$$

$$u(K) = u(Y_i) \sqrt{d_{22}} \quad (\text{B.11})$$

其中:

$$d_{11} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i^2}{n \sum_{i=1}^n R_i^2 - (\sum_{i=1}^n R_i)^2} \quad (\text{B.12})$$

$$d_{22} = \frac{n}{n \sum_{i=1}^n R_i^2 - (\sum_{i=1}^n R_i)^2}$$

$$d_{12} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n \sum_{i=1}^n R_i^2 - (\sum_{i=1}^n R_i)^2}$$

具体的数据计算见表 A.1。

则: $Y_0 = 0.0030 \text{ Vrms}$ $u(Y_0) = 0.0010$

$K = 0.1564$ $u(K) = 0.00004 \text{ Vrms}/(^{\circ})$

$$\rho_{Y_0, K} = \frac{d_{12}}{\sqrt{d_{11} d_{22}}} = 0$$

B.5.2 标准角位移引入的标准不确定度分量 $u(R_i)$

B.5.2.1 光学分度头示值误差引入的标准不确定度分量 $u_1(R_i)$

光学分度头示值误差为 $4''$, 服从均匀分布, 则:

$$u_1(R_i) = 4'' / \sqrt{3} = 0.0006^{\circ}$$

B.5.2.2 角位移传感器安装偏心引入的标准不确定度分量 $u_2(R_i)$

角位移传感器安装偏心为 0.02 mm , 引起的安装偏心误差为:

$$u_2(R_i) = \frac{e}{R} \times \rho = \frac{0.02 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} \times 206265'' = 0.0229^{\circ}$$

$$u(R_i) = \sqrt{u_1^2(R_i) + u_2^2(R_i)} = \sqrt{0.0006^2 + 0.0229^2} = 0.0229^{\circ}$$

B.5.3 电压输出值引入的标准不确定度分量 $u(y_i)$

B.5.3.1 数字电压表示值误差引入的标准不确定度分量 $u_1(y_i)$

数字电压表的交流测量示值误差限为 $\pm 0.06\%$, 满量程输出电压值是 6.025 Vrms , 服从均匀分布, 则:

$$u_a(y_i) = 6.025 \times 0.06\% / \sqrt{3} = 0.0021 \text{ Vrms}$$

因输入电压也用数字电压表监测, 输入电压为 7.0 Vrms, 所以

$$u_b(y_i) = 7.0 \times 0.06\% / \sqrt{3} = 0.0024 \text{ Vrms}$$

因测量值取正、反行程 3 个测回的平均值, 所以

$$u_1(y_i) = \sqrt{u_a^2(y_i) + u_b^2(y_i)} / \sqrt{6} = \sqrt{0.0021^2 + 0.0024^2} / \sqrt{6} = 0.0013 \text{ Vrms}$$

B.5.3.2 重复性引入的不确定度分量 $u_2(y_i)$

在同一校准点中正行程、反行程各测量 3 次, 采用极差法计算重复性, 数据见表 B.2。

表 B.2 测量重复性数据

测量次数	1	2	3
正行程	1.406	1.404	1.404
反行程	1.403	1.402	1.404

$$u_2(y_i) = |1.406 - 1.402| / 2.53 = 0.0016 \text{ Vrms}$$

$$u(y_i) = \sqrt{u_1^2(y_i) + u_2^2(y_i)} = \sqrt{0.0013^2 + 0.0016^2} = 0.0021 \text{ Vrms}$$

B.6 合成标准不确定度

$$u^2(L_i) = c_{y_i}^2 u^2(y_i) + c_{Y_0}^2 u^2(Y_0) + c_K^2 u^2(K) + 2\rho_{Y_0 K} c_{Y_0} c_K u(Y_0) u(K) + c_{R_i}^2 u^2(R_i)$$

$$u(L_i) = \sqrt{(-3.1907)^2 \times 0.0004^2 + (-0.0828)^2 \times 0.0010^2 + (-0.0129)^2 \times 0.0229^2 + 0.0828^2 \times 0.0021^2} \\ = 0.04\%$$

B.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则有:

$$U_{\text{rel}} = k u_c = 2 \times 0.04\% = 0.08\%$$

附录 C

校准证书内容

校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。



JJF 1352-2012

版权专有 侵权必究

书号：155026·J-2725

定价：21.00 元