

JJF

中华人民共和国民用航空部门计量技术规范

JJF(民航) 0103-2009

PR0360、PR03600、DP-45 型角度测量仪

PRO360/PRO3600/DP-45 Protractor

2009-05-11 发布

2009-06-01 实施

中国民用航空局 发布

PR0360、PR03600、DP-45 型

角度测量仪

Calibration Specification for

PRO360/PRO3600/DP-45 Protractor

JJF(民航) 0103-2009

本规范经中国民用航空局2009年05月11日批准，并自2009年06月01日起施行。

归口单位：中国民用航空局航空器适航审定司

起草单位：北京飞机维修工程有限公司

本规范由起草单位负责解释。

本规范起草人：

吴华波 （北京飞机维修工程有限公司）

王 伟 （北京飞机维修工程有限公司）

冯 琳 （北京飞机维修工程有限公司）

目 录

1 范围	(1)
2 概述	(1)
3 计量特性	(2)
4 校准条件	(4)
4.1 环境条件	(4)
4.2 校准设备	(4)
5 校准项目和校准方法	(5)
5.1 校准项目	(5)
5.2 校准方法	(5)
6 校准结果的处理	(10)
7 复校时间间隔	(10)
附录 A 校准证书内容	(11)
附录 B 校准记录格式	(12)
附录 C 不确定度评定方法	(14)
附录 D 不确定度评定示例	(17)
附录 E 零位再调整方法	(20)

PRO360、PRO3600、DP-45 型角度测量仪校准规范

1 范围

本规范适用于民用航空系统飞机维修中应用的技术手册为《PRO 360 OWNER' S MANUAL FOR SUPERSET CALIBRATION INSTRUCTIONS》的 PRO360 型、技术手册为《PRO 3600 OWNER' S MANUAL FOR SUPERSET CALIBRATION INSTRUCTIONS》PRO3600 型, 以及技术手册为《DP45 DIGITAL PROTRACTOR INSTRUCTION MANUAL CHAEVITZ SENSORS》DP-45 型飞机专用角度测量仪(以下简称测角仪)的校准。

对于其他类型的测角仪, 如果本规范能够满足其技术要求, 可参照本规范进行校准。

2 概述

PRO360、PRO3600 型测角仪可在 360° 范围内测量任意角度, DP-45 型测角仪可在 $\pm 45^{\circ}$ 范围内测量任意角度, 主要用于发动机油门手柄运动轨迹的检查、陀螺仪的校准以及发动机扩散机匣喷嘴位置的调整等。

PRO360、PRO3600 型测角仪主要由铝制外框、电子元器件和液晶显示屏等组成, 见图 1。

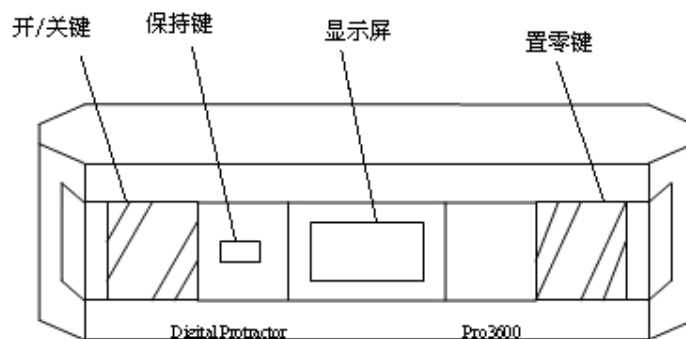


图 1

DP-45 型测角仪主要是由碳塑外框、电子元器件、液晶显示屏和面板组成，见图 2。

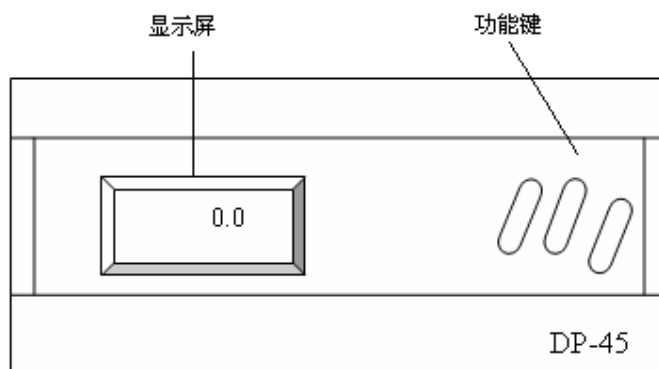


图 2

3 计量特性

3.1 测量面平面度

各测量面的平面度均不大于 0.01 mm。

3.2 零位误差

3.2.1 PR0360、PR03600 型测角仪的四个不同位置读数之差不大于 0.1°。

3.2.2 DP-45 型测角仪零位误差为 $\pm 0.1^\circ$ 。

3.3 示值稳定性

在 1h 内的示值变化应不大于 0.1°。

3.4 示值误差

应符合表 1、表 2 和表 3 的要求。

表 1

型号	校准范围	校准点		允差
		顺时针	逆时针	
Pro360	0° ~ 10°	2.1°	2.1°	$\pm 0.1^\circ$
		4.2°	4.2°	
		6.4°	6.4°	
		8.7°	8.7°	

表 1 (续)

型号	校准范围	校准点		允差
		顺时针	逆时针	
Pro360	10°~80°	10.0°	10.0°	±0.2°
		15.2°	15.2°	
		45.5°	45.5°	
		50.0°	50.0°	
		75.8°	75.8°	
	80°~90°	80.0°	80.0°	±0.1°
		85.0°	85.0°	
		87.0°	87.0°	
		90.0°	90.0°	

表 2

型号	校准范围	校准点		允差
		顺时针	逆时针	
Pro3600	0°~10°	2.11°	2.11°	±0.05°
		4.23°	4.23°	
		6.45°	6.45°	
		8.77°	8.77°	
	10°~80°	10.0°	10.0°	±0.2°
		15.2°	15.2°	
		45.5°	45.5°	
		50.0°	50.0°	
		75.8°	75.8°	
	80°~90°	80.0°	80.0°	±0.1°
		85.0°	85.0°	
		87.0°	87.0°	
		90.0°	90.0°	

表 3

型号	校准范围	校准点		技术要求
		顺时针	逆时针	
DP-45	0°~45°	5.0°	5.0°	4.9°~5.1°
		10.0°	10.0°	9.9°~10.1°
		20.0°	20.0°	19.7°~20.3°
		45.0°	45.0°	44.3°~45.6°

4 校准条件

4.1 环境条件

环境温度: $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

相对湿度: $<85\%$

校准前, 被校测角仪放在室内平衡温度时间应不少于 4 h。

周围无影响正常工作的电磁场干扰和振动。

4.2 校准设备

4.2.1 刀口形直尺

测量范围: 175 mm

允差: $1.0\text{ }\mu\text{m}$

4.2.2 平板

准确度等级: 1 级

4.2.3 角度块

测量范围: $10^{\circ} \sim 90^{\circ}$

准确度等级: 1 级

4.2.4 量块

测量范围: $(0.5 \sim 20)\text{ mm}$

准确度等级: 3 等

4.2.5 正弦规

测量范围: 200 mm

准确度等级: 1 级

4.2.6 方块角尺

规格: $300\text{ mm} \times 300\text{ mm}$

准确度等级: 1 级

5 校准项目和校准方法

5.1 校准项目

5.1.1 各测量面平面度的校准

5.1.2 零位误差的校准

5.1.3 示值稳定性的校准

5.1.4 示值误差的校准

5.2 校准方法

5.2.1 外观检查

测角仪的外形结构应完好,无影响正常工作的机械损伤,各开关应操作灵活、接触可靠、数字显示应清晰。

5.2.2 各测量面平面度的校准

5.2.2.1 各测量面的平面度用刀口形直尺以光隙法进行校准。

5.2.2.2 分别在各测量面的长边 (I)、短边 (II) 和对角线 (III、IV) 位置上进行校准,见图 3,其平面度根据各方位的间隙情况确定,当所有校准方向上出现的间隙均在中间部位或两端部位时,取其中一方位间隙量最大的作为平面度,当其中有的方位中间部位有间隙,而有的方位两端部位有间隙,则平面度以中间和两端最大间隙量之和确定。将校准结果填入附录 B 中。

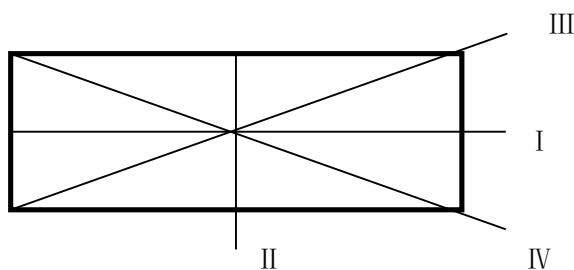
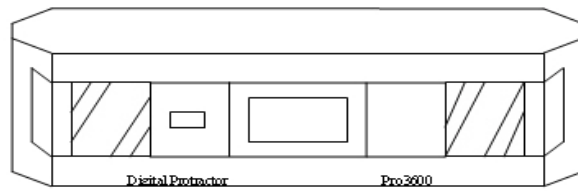


图 3

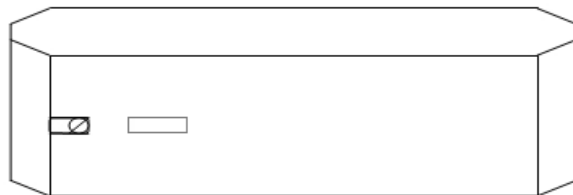
5.2.3 零位误差的校准

5.2.3.1 PR0360、PR03600 型测角仪零位误差

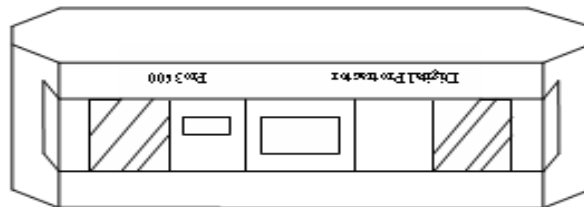
将测角仪依照四个不同位置 (见图 4) 放置在平板上,每个位置放置 10 s 后,读取其数值,四个位置的读数值之差均不应超过 0.1° ; 将校准结果填入附录 B 中。如果零位误差不符合要求,则应进行零位调整。零位调整的方法见附录 E。



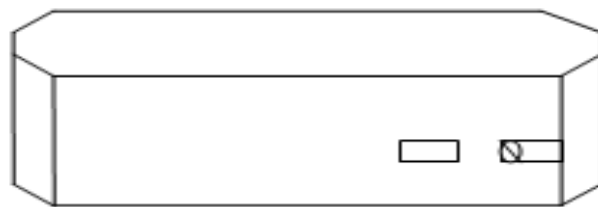
位置一：测角仪正向校准者



位置二：测角仪背向校准者



位置三：测角仪倒置后正向校准者



位置四：测角仪倒置后背向校准者

图 4

5.2.3.2 DP-45 型测角仪零位误差

校准零位误差时，应：

- a) 将测角仪后盖打开，用笔尖点按“Calibration Switch(校准键)”按钮，进入校准模式见图 5；

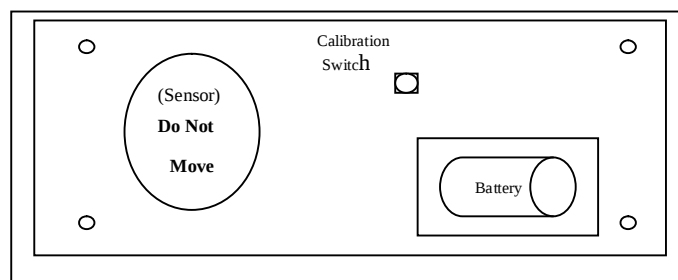


图 5

- b) 用一个 100 mm 的量块与正弦规组合成 30° 的角，放在平板上，将测角仪放置于正弦规上（必须放置在图 6 所示的位置），此时测角仪应在显示屏上显示 “3.0”；

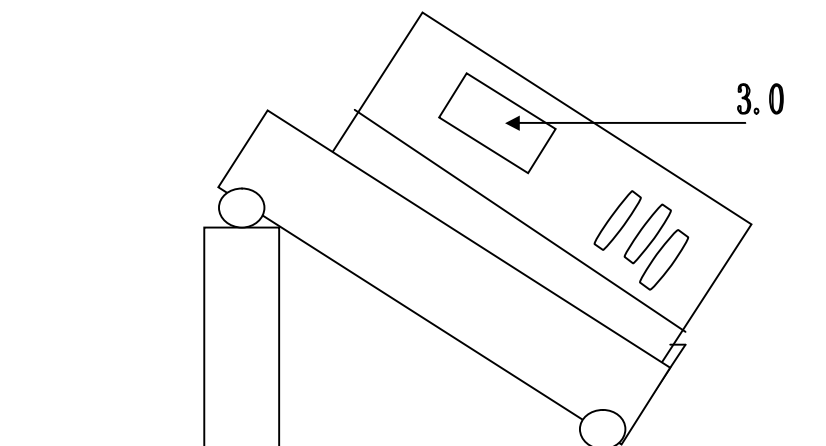


图 6

- c) 等待 2 min，按压 “Hold”（保持）键，5 s 后在测角仪的显示屏上应显示 “0.0”，在显示 “0.0” 前不应移动测角仪；
- d) 取走量块和正弦规，再将测角仪正面朝向校准者放在平板上。等待 2 min，按压 “Hold” 键，5 s 内在测角仪的显示屏上应显示 “-0.0”，在显示 “-0.0” 前不应移动测角仪；
- e) 将测角仪旋转 180° ，背面朝向校准者（见图 7），等待 2 min，按压 “Hold” 键，5 s 后在测角仪的显示屏上应显示 “00.0”。



图 7

将测角仪正面朝向校准者放在平板上，读取示值填入附录 B 中。

5.2.4 示值稳定性的校准

将测角仪放在平板上，观察 1 h 内示值变化，将最大变化量填入附录 B 中。

5.2.5 示值误差的校准

将测角仪放在平板上，分别在测角仪的顺时针和逆时针两个方向上进行校准。

5.2.5.1 PR0360、PR03600 型测角仪的示值误差

示值误差校准时，应：

- a) 对 $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 的范围进行校准时，按照表 4、表 5 的校准点选择相应尺寸的量块，以相应尺寸的量块与正弦规组合，将测角仪放在正弦规上，分别在顺时针、逆时针两个方向上进行校准，读取测角仪上相应的数值，将校准结果填入附录 B 表 B1、B2 中；

表 4

测角仪型号	校准范围	校准点	量块标称值 mm
Pro360	$0^{\circ} \sim 10^{\circ}$	2.1°	7.33
		4.2°	14.65
		6.4°	22.29
		8.7°	30.25

表 5

测角仪型号	校准范围	校准点	量块标称值 mm
Pro3600	$0^{\circ} \sim 10^{\circ}$	2.11°	7.36
		4.23°	14.75
		6.45°	22.47
		8.77°	30.49

- b) 对 $10^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 、 $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 范围进行校准时, 依次按表 6 中的相应角度块, 在顺时针、逆时针两个方向上将角度块放入测角仪测量面与正弦规之间, 在测角仪上读取数值, 将校准结果填入附录 B 表 B1、B2 中;

表 6

Pro360 Pro3600	校准范围	校准点	角度块标称值
	$0^{\circ} \sim 10^{\circ}$	10.0°	10°
	$10^{\circ} \sim 80^{\circ}$	15.2°	$15^{\circ}10'$
		45.5°	$45^{\circ}30'$
		50.0°	50°
		75.8°	$75^{\circ}50'$
	$80^{\circ} \sim 90^{\circ}$	80.0°	80°
		85.0°	85°
		87.0°	87°
		90.0°	90°

5.2.5.2 DP-45 型测角仪的示值误差

示值误差校准时, 应:

- a) 校准点为 5.0° 时, 按照表 7 中的量块尺寸, 以相应尺寸的量块与正弦规组合, 将测角仪放在正弦规上, 在顺时针、逆时针两个方向上进行校准, 读取数值, 将校准结果填入附录 B 表 B3 中;

表 7

DP-45	校准范围	校准点	量块标称值
	$0^{\circ} \sim 45^{\circ}$	5.0°	17.43 mm

- b) 校准点为 10.0° 、 20.0° 、 45.0° 时, 按照表 8 的要求, 在顺时针、逆时针两个方向上将相应的角度块放入测角仪测量面与正弦规之间, 在测角仪上读取数值, 将校准结果填入附录 B 表 B3 中;

表 8

DP-45	校准范围	校准点	角度块标称值
	$0^{\circ} \sim 45^{\circ}$	10.0°	10°
		20.0°	20°
		45.0°	45°

6 校准结果的处理

经校准的测角仪出具校准证书。

7 复校时间间隔

测角仪的复校时间间隔一般不超过 12 个月，必要时可随时送校。

附录 A

校准证书内容

校准证书的内容应排列有序、清晰，一般应包括下列内容：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- 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的应用有关时，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，应对抽样程序进行说明；
- i) 对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) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的说明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

附录 B

校准记录格式

计 量 器 具 名 称	_____	型 号	规 格	_____
制 造 厂	_____	设 备	编 号	_____
出 厂 编 号	_____	送 检	单 位	_____
环 境 温 度	_____	相 对	湿 度	_____
检 定 结 果	_____			

校 准 员 _____ 核 验 员 _____ 校准日期 _____

外观检查 _____

各测量面平面度 _____

零位误差 _____

示值稳定性 _____

表 B1 PR0360 示值误差的校准记录

校准范围	校准点	实测结果		允差
		顺时针	逆时针	
0°~10°	2.1°			±0.1°
	4.2°			
	6.4°			
	8.7°			
10°~80°	10.0°			±0.2°
	15.2°			
	45.5°			
	50.0°			
	75.8°			
80°~90°	80.0°			±0.1°
	85.0°			
	87.0°			
	90.0°			

表 B2 PR03600 示值误差的校准记录

校准范围	校准点	实测结果		允差
		顺时针	逆时针	
0°~10°	2.11°			±0.05°
	4.23°			
	6.45°			
	8.77°			
10°~80°	10.0°			±0.2°
	15.2°			
	45.5°			
	50.0°			
	75.8°			
80°~90°	80.0°			±0.1°
	85.0°			
	87.0°			
	90.0°			

表 B3 DP-45 示值误差的校准记录

校准范围	校准点	实测结果		允差
		顺时针	逆时针	
0°~45°	5.0°			4.9°~5.1°
	10.0°			9.9°~10.1°
	20.0°			19.7°~20.3°
	45.0°			44.3°~45.6°

附录 C

不确定度评定方法

C1 概述

C1.1 评定依据

《JJF1059-1999 测量不确定度评定与表示》

《PR0360、PR03600、DP-45 型角度测量仪校准规范》

《常用测量不确定度评定方法及应用实例》

C1.2 环境条件

温度 $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $< 85\%$ 。

C1.3 测量标准

$(0.5 \sim 100)$ mm 三等量块，一级角度块

C1.4 测量对象

Pro360、Pro3600、DP-45 测角仪

C3 测量不确定的评定方法

C3.1 测量不确定度 A 类的评定方法

在某一点进行 n 次重复性测量。 n 一般不少于 10。用公式(C1) (贝塞尔公式) 计算试验标准差。

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{C1})$$

式中： $s(x_i)$ ——实验标准差；

n ——测量次数；

x_i ——第 n 次的测量结果；

$\bar{x}$ —— n 次测量结果的算术平均值。

用公式(C2) 计算测量结果的标准不确定度 $u(\bar{x})$ ：

$$u(\bar{x}) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}} \quad (\text{C2})$$

C3.2 测量不确定度 B 类评定

C3.2.1 标准装置的不确定度 u_{B1}

若标准器检定或校准证书上出具了不确定度的可直接引用在测量点上的标准不确定度, 需要注意的是应为合成标准不确定度; 若标准器检定或校准证书上未出具不确定度, 可引用标准器在此测量点上通过准确度或允差计算得到的不确定度。

C3.2.2 测量过程中环境的变化带来的不确定度 u_{B2}

由温度、相对湿度等带来的影响, 若环境条件为标准条件, 此影响可忽略不计。

C3.3 合成标准不确定度 u_c 的评定

在各输入量彼此独立的条件下, 用公式(C3)计算合成标准不确定度 u_c 。

$$u_c = \sqrt{\sum_{k=1}^N u_k^2} \quad (C3)$$

式中: u_c ——合成标准不确定度;

N ——标准不确定度来源个数;

u_k ——第 k 个来源的不确定度。

C3.4 扩展不确定度 U 的评定

用公式(C4)计算扩展不确定度 U 。

$$U = k u_c \quad (C4)$$

式中: k 为包含因子, 一般取 2。

附录 D

不确定度评定实例——Pro3600 型测角仪示值误差 uncertainty 评定

D1 数学模型

建立数学模型，如公式(D1)所示。

$$q = q_a - q_s \quad (D1)$$

式中： q ——测角仪某点的示值误差；

q_a ——测角仪读数；

q_s ——量块或角度块的示值。

D2 不确定度的来源、类别、概率分布

如表 D1 所示。

表 D1

项目	来源	类别	标准不确定度	概率分布	包含因子 k
$u(q_a)$	测量重复性	A	$u(q_{a1})$	正态分布	——
	数字式指示仪器分辨率	B	$u(q_{a2})$	均匀分布	$\sqrt{3}$
$u(q_s)$	量块与正弦规的组合	B	$u(q_s)$	均匀分布	$\sqrt{3}$
	角度块			正态分布	2.7

D3 输入量的标准不确定度的评定

D3.1 输入量 q_a 的标准不确定度 $u(q_a)$ 的评定

D3.1.1 输入量 q_a 的不确定度来源之一是测量重复性引起的标准不确定度

$u(q_{a1})$ ，对角度测量在某一点进行 n 次重复性测量。 n 一般不少于 10。用公式(C1)

计算实验标准差。

以 Pro3600 型测角仪在 6.45° 为例。用三等量块和正弦规组合连续校准 10 次，如表 D2 所示。

表 D2

参数	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
数值	6.39	6.40	6.40	6.39	6.40	6.39	6.39	6.39	6.40	6.40

用公式(C1)计算实验标准差:

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.00167^\circ$$

用公式(C2)计算标准不确定度:

$$u(q_{a1}) = s(\bar{x}) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}} = \frac{0.00167}{\sqrt{10}} = 0.0005^\circ$$

D3.1.2 输入量 q_a 的不确定度来源之二是数字式指示仪器的分辨率。其引入的不确定度为指示值的最低有效位(LSD)的一半。数字式测量仪器对示值量化(分辨率)导致的不确定度符合均匀分布。均匀分布在置信概率为100%时的包含因子 $k = \sqrt{3}$, 用公式(D2)计算 $u(q_{a2})$:

$$u(q_{a2}) = \frac{LSD}{2\sqrt{3}} \quad (D2)$$

指示值的最低有效位(LSD)为 0.01° , 因此得到:

$$u(q_{a2}) = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029^\circ$$

D3.1.3 $u(q_a)$ 的合成标准不确定度为:

$$u(q_a) = \sqrt{u(q_{a1})^2 + u(q_{a2})^2} = \sqrt{0.0005^2 + 0.0029^2} = 0.0029^\circ$$

D3.2 输入量 q_s 的标准不确定度 $u(q_s)$ 的评定

D3.2.1 输入量 q_s 的不确定度来源主要是三等量块或一级角度块。

D3.2.2 如果采用三等量块和一级正弦规组合测量的方法, 已知三等量块不确定度 U 为 $0.20 \mu\text{m}$, 包含因子 $k=2.7$, 则 $u(q_s)_1 = \arctg \frac{0.20}{2.7 \times 100 \times 10^6} = 7.4 \times 10^{-10}^\circ$, 因此可以忽略不计。

一级正弦规的最大允许偏差为 Δ ，在测量范围内的概率分布为均匀分布，因此 k 取 $\sqrt{3}$ 。一级正弦规在成 30° 时的角值最大允许偏差为 $\pm 16''$ ，则：

$$u(q_s) = \frac{|\Delta|}{\sqrt{3}} = \frac{16''}{\sqrt{3}} = 9.2'' = 0.003^\circ$$

D3.2.3 如果采用一级角度块测量法，则在测量范围内的概率分布为正态分布。

已知一级角度块的不确定度 U_s ，按公式(D4)计算 $u(q_s)$ ：

$$u(q_s) = \frac{U_s}{2.7} \quad (D3)$$

D4 合成标准不确定度的评定

以采用三等量块和一级正弦规组合测量的方法为例。由于输入量之间彼此独立，则用公式(C3)计算合成标准不确定度：

$$u_c = \sqrt{u(q_a)^2 + u(q_s)^2} = \sqrt{0.0029^2 + 0.003^2} = 0.004^\circ$$

D5 扩展不确定度的评定

用公式(C4)计算扩展不确定度 U ，得到：

$$U = ku_c = 2 \times 0.004 = 0.008^\circ \quad k = 2$$

附录 E

零位再调整方法

E1 测角仪正面朝向操作者放置在一级平板上，见图 E1，等待 10 s 测角仪角度平稳后，同时按“Hold”（保持键）及“Alt Zero（置零键）”键保持 3 s，当屏幕出现“SUP”时，松开按键，保持 10 s 不移动；再按“Hold”键，屏幕显示[1]，此时测角仪保持 10 s 不移动。

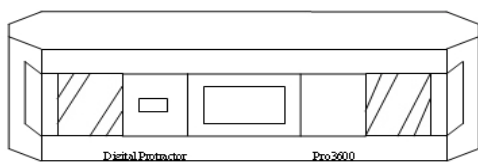


图 E1

E2 将测角仪转至图 E2 所示位置，按“Hold”键屏幕显示[2]，保持 10 s 不移动。



图 E2

E3 将测角仪转至图 E3 所示位置，按“Hold”键屏幕显示[3]，保持 10 s 不移动。

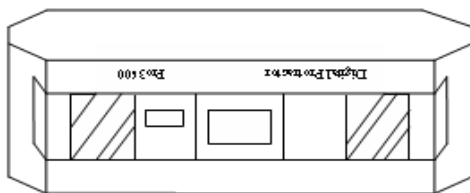


图 E3

E4 将测角仪转至图 E4 所示位置，按“Hold”键屏幕显示[4]，保持 10 s 不移动；此时完成水平位置的再调整。

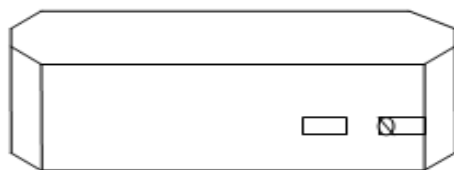


图 E4

E5 将测角仪转至图 E5 所示位置，按“Hold”键屏幕显示[5]，保持 10 s 不移动。

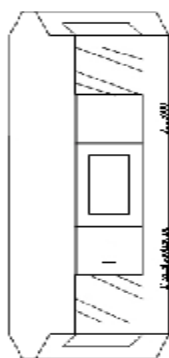


图 E5

E6 将测角仪转至图 E6 所示位置，按“Hold”键屏幕显示[6]，保持 10 s 不移动。

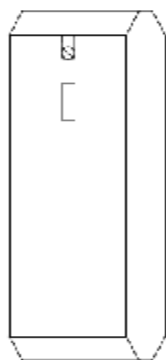


图 E6

E7 将测角仪转至图 E7 所示位置，按“Hold”键屏幕显示[7]，保持 10 s 不移动。

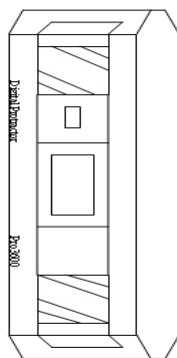


图 E7

E8 将测角仪转至图 E8 所示位置，按“Hold”键屏幕显示[8]会很快闪动消失，此时完成零位的再调整。

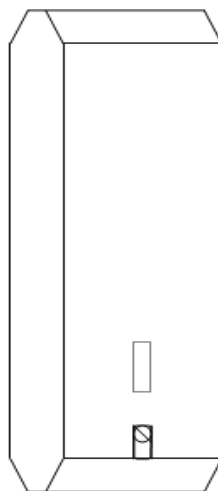


图 E8