



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 97—2001

测 角 仪

Goniometers

2001 - 11 - 30 发布

2002 - 03 - 01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

测角仪检定规程

Verification Regulation of
Goniometers

JJG 97—2001
代替 JJG 97—1981

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2001 年 11 月 30 日批准，并自 2002 年 03 月 01 日起施行。

归口单位：全国几何量角度计量技术委员会

起草单位：上海市计量测试技术研究院

参加起草单位：航空工业总公司第三〇四研究所

本规程委托全国几何量角度计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

顾耀宗 （上海市计量测试技术研究院）

参加起草人：

薛润秋 （上海市计量测试技术研究院）

张玉文 （航空工业总公司第三〇四研究所）

何超琼 （上海市计量测试技术研究院）

王 健 （上海市计量测试技术研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 概述	(1)
3 计量性能要求	(1)
4 通用技术要求	(1)
4.1 外观及各部分相互作用	(1)
4.2 光学系统各部分相互位置	(1)
4.3 度盘偏心	(2)
5 计量器具控制	(2)
5.1 检定条件	(2)
5.2 检定项目和检定方法	(3)
5.3 检定结果的处理	(13)
5.4 检定周期	(13)
附录 A 测微器行差的检定记录及计算实例	(14)
附录 B 测角仪测角重复性检定计算实例	(15)
附录 C 排列互比测量计算实例	(16)

测角仪检定规程

1 范围

本规程适用于以度盘作为圆分度标准器的测角仪首次检定、后续检定和使用中的检验。

2 概述

测角仪由圆分度标准器、轴系、照准、读数系统及工作台等部分组成，主要用于测量由反射平面构成的水平方向角度。

3 计量性能要求

测角仪准确度等级分为1"级、2"级、5"级和10"级。各等级的示值误差、测角重复性、测微器行差以及空程等要求列于表1。

表 1 (°)

准确度等级	示值误差	测角重复性 ($k=1$)	测微器行差	测微器空程
1"级	≤ 1	≤ 0.1	≤ 0.2	≤ 0.2
2"级	≤ 2	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 0.5
5"级	≤ 5	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 1.0
10"级	≤ 10	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 2.0

4 通用技术要求

4.1 外观及各部分相互作用


4.1.1 测角仪外表不应有碰伤、锈蚀和划痕，涂层表面不应有脱落现象。

4.1.2 各光学系统成像应清晰，无霉蚀、污点等缺陷，照明应均匀。

4.1.3 度盘、测微器、读数显微镜和照准系统等均不应有断线、脱色等缺陷。

4.1.4 工作台表面不应有毛刺。用刀口尺检查工作台表面的平面度时，其中部不允许凸出。

4.1.5 测角仪各可动部分均应在规定范围内平稳地移动或转动；各锁紧部分的作用应切实有效。

4.1.6 测角仪应标有制造厂名（或厂标）出厂编号及标志。

4.2 光学系统各部分相互位置

4.2.1 望远镜（或自准直望远镜，下同）和平行光管中的光轴应处于共面位置。

4.2.2 望远镜及平行光管中十字线的竖线应平行于主轴旋转轴线。

4.2.3 读数视场中度、分、秒刻线成像的相对位置应正确并应无目力可见的视差。

4.3 度盘偏心

4.3.1 度盘刻线为对径符合成像，上、下单刻线接合 [如图 1 (a)] 或双刻线接合 [如图 1 (b)] 以及对径两端符合成像，一端为单刻线，另一端为双刻线 [如图 1 (c)] 的测角仪，当旋转变盘时，度盘同一刻度圆的各刻线端点，相对于视场中某固定参考点，不应有目力可见的径向移动。

4.3.2 度盘对径均为单刻线符合成像，对径两刻线在视场中左右并列 [如图 1 (d)] 的测角仪，各对径并列两刻线间距之差应不大于 $15''$ 。

5 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

5.1 检定条件

5.1.1 检定用计量标准器具

检定用计量标准器具列于表 2。

表 2

测角仪准确度等级	检定用计量标准器具
1°级	(1) 二等光学角规或小角度常角；8 面棱体、9 面棱体 (2) 二等 23 面棱体 (3) 三等 23 面棱体
2°级	三等 23 面棱体
5°级	四等 24 面棱体
10°级	四等 12 面棱体

5.1.2 检定用计量标准器具的技术指标

检定用计量标准器具的主要技术指标列于表 3。

表 3

项 目	主要技术指标			
	多面棱体		常 角	光学角规
	三 等	四 等		
工作面平面度/ μm	0.05	0.1	0.05	0.06
工作面与底面垂直度/ $''$	10	20	10	10
工作角偏差/ $''$	± 2	± 5	± 10	± 1
工作角测量不确定度 $U/''$ ($k=2$)	0.5	1.0		0.1

5.1.3 检定时环境温度

检定时环境温度以及平衡温度时间要求列于表 4。

表 4

测角仪 准确度等级	检定时环境温度 /℃	环境温度每小时变化量 ℃/h	检定用计量器具与主要工具在 检定室内平衡温度时间/h
1"级	20±2	≤0.5	6
2"级	20±3	≤0.5	4
5"级	20±5	≤1	3
10"级	20±5	≤1	3

5.2 检定项目和检定方法

测角仪首次检定、后续检定、使用中检验的检定项目列于表 5。

表 5

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
1	外观及各部分相互作用	+	+	+
2	光学系统各部分相互位置	+	+	+
3	测微器空程	+	+	-
4	度盘偏心	+	+	-
5	测微器行差	+	+	+
6	测角的重复性	+	+	+
7	示值误差	+	+	-

注：表中“+”表示检定，“-”表示可不作检定。

5.2.1 外观及各部分相互作用

目力观察和试验。

5.2.2 光学系统各部分相互位置

望远镜及平行光管中十字线的竖线对于主轴旋转轴线的平行度可按下述方法检定。

在测角仪旋转工作台上放置一块四方铁，将测角仪工作台台面调整至与旋转轴线垂直，调整望远镜管与旋转轴线垂直，观察十字线反射像的水平线是否与望远镜分划板的水平标志平行。如不平行则转动镜管或分划板上的水平标志使之平行。

将平行光管的光束对准望远镜分划板，观察平行光管十字线的竖线是否与望远镜分划板的垂直标志平行。若不平行则用绕光轴转动平行光管或分划板的方法，使垂直标志与已调好的望远镜分划板的垂直标志平行。

其它各项要求，按观察方法检定。

5.2.3 测微器空程

测微器空程以对度盘同一刻线，用测微器旋进与旋出方向对准读数的差值来表示。

为了减少对准、读数误差的影响, 首先应选择一条质量较好的度盘刻线, 将测微器按旋进方向对准该刻线, 读取读数值为 a_i , 然后, 将测微器按旋出方向对准该刻线, 读取读数值为 a'_i , 按同样方法重复进行 10 次。测微器空程 h 按式 (1) 计算。

$$h = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (a_i - a'_i) \quad (1)$$

5.2.4 度盘偏心

5.2.4.1 对于符合成像如图 1 (a)、图 1 (b)、图 1 (c) 的测角仪, 在度盘的视场中, 选择一个与度盘刻度圆相邻近的固定参考点, 将度盘 0° 刻线与之靠近, 并记住 0° 刻线端点与参考点的距离, 然后缓慢旋转载度盘一周, 观察各度盘刻线端点与固定参考点的距离, 应无目力可见的变化。

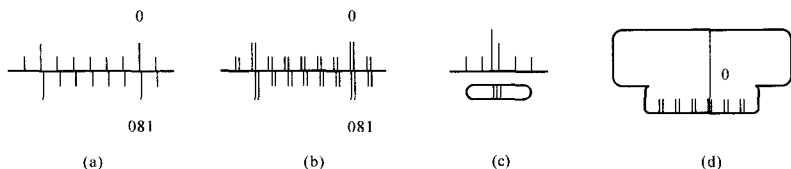


图 1

5.2.4.2 对于如图 1 (d) 的测角仪, 先将度盘 0° 刻线置于读数指标线附近并固定, 用测微器移动指标线来测量对径并列两刻线之间的距离。以相同方法依次在度盘 45° , 90° , \dots , 315° 等 8 个位置重复上述测量。8 个对径刻线间距的最大与最小值之差不应超过 $15''$ 。

5.2.5 测微器行差

度盘最小分度值的名义值 s 与测微器相应测量范围 s' 之差称为行差, 以符号 ρ 表示, 即

$$\rho = s - s' \quad (2)$$

检定时, 将测微器的零位置于度盘各起始刻线位置, 并取 3 次对准读数的算术平均值为 a_i ; 然后, 移动测微器至末端, 对准度盘的相邻刻线, 取 3 次对准读数的算术平均值为 b_i ; 检定工作台在度盘整周范围内, 均匀分布不少于 8 个位置进行, 计算各位置测量值的算术平均值求得 ρ 值。则

$$s'_i = b_i - a_i \quad (3)$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots, 8)$$

$$s' = (s'_1 + s'_2 + \dots + s'_8) / 8 \quad (4)$$

根据公式 (2) 计算 ρ 值。

测微器行差的检定记录及计算实例列于附录 A。

5.2.6 测角重复性

测角重复性主要反映受检仪器轴系的圆跳动及照准、读数等引起的变化。

将被检测角仪调至工作状态，照准光束应垂直于主轴轴线。将正 12 面棱体（或 17、23 面棱体）安放在测角仪工作台上，并使棱体几何中心与主轴的回转中心相重合。调整工作台使棱体 0° 、 90° 、 180° 、 270° 各工作面均与照准光束相垂直，其偏离应在表 3 规定的偏差范围以内。

照准棱体 0° 工作面，同时从测微器中读数，取 3 次照准、读数的算术平均值为 a_0 。按度数增加方向旋转度盘，照准棱体 30° 工作面，同样取 3 次照准、读数的算术平均值为 a_{30} 。以上述相同的方法依次照准棱体各个工作面，共得到 a_0 、 a_{30} 、 \dots 、 a_{330} 等 12 个算术平均值，以此作为往测。

然后，重新照准棱体 0° 工作面，同时从测微器中读数，取 3 次照准、读数的算术平均值为 a'_0 。按度数减小方向旋转度盘，照准棱体 330° 工作面，取 3 次照准、读数的算术平均值为 a'_{330} 。以上述相同的方法依次照准棱体各个工作面，共得到 a'_0 、 a'_{330} 、 \dots 、 a'_{30} 等 12 个算术平均值，以此作为返测。

在整个测量过程中应不代入测微器的空程误差。

从以上读数的算术平均值中分别求出往测与返测棱体各相邻工作角的测量值：

$$\left. \begin{aligned} a_{30} - a_0 &= c_{0,30} \\ a_{60} - a_{30} &= c_{30,60} \\ \dots\dots \\ a_0 - a_{330} &= c_{330,0} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

及

$$\left. \begin{aligned} a'_{30} - a'_0 &= c'_{0,30} \\ a'_{60} - a'_{30} &= c'_{30,60} \\ \dots\dots \\ a'_0 - a'_{330} &= c'_{330,0} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

分别求出式 (5) 与式 (6) 各对应测量值之差值得：

$$\left. \begin{aligned} c_{0,30} - c'_{0,30} &= v_1 \\ c_{30,60} - c'_{30,60} &= v_2 \\ \dots\dots \\ c_{330,0} - c'_{330,0} &= v_{12} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

仪器测角仪重复性 s_r 按下式求得：

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} v_i^2}{2n}} \quad (8)$$

式中： n —— v 的个数， $n = 12$ 。

测角重复性的检定计算示例列于附录 B。

5.2.7 示值误差

测角仪示值误差 F 主要由测微器最大间隔误差 J_1 和度盘最大间隔误差（或直径误差，以下同） J_2 两部分组成。

对于 1' 级测角仪在首次检定、仲裁检定或要对度盘进行修正时，应分别检定测微器

最大间隔误差 J_1 和度盘最大间隔误差 J_2 ，然后按公式 (9) 计算 F 值（即采用 5.7.2.1 之方法）。在后续检定时，也可采用二等 23 面棱体直接检定或三等 23 面棱体排列互比法检定。仲裁检定时应采用分别检定测微器最大间隔误差和度盘最大间隔误差的方法进行。

$$F = \sqrt{J_1^2 + J_2^2} \quad (9)$$

对于 2^o级测角仪可采用三等 23 面棱体直接检定（检定方法与 5.2.7.2 类同）。

对于 5^o级测角仪可采用四等 24 面棱体，10^o级的采用四等 12 面棱体直接检定（检定方法与 5.2.7.2 类同）

5.2.7.1 1^o级测角仪示值误差检定方法之一

5.2.7.1.1 测微器最大间隔误差 J_1 的检定

测微器最大间隔误差是以测微器各刻线误差的最大值与最小值之差来评定。应在其全部测量范围内对均匀分布的 5 个间隔进行检定。对于测量范围为 5' 的测微器，每隔 1' 检定，其相对于零位的刻线误差 $\tau_{0,i}$ ($i = 1', 2', 3', 4', 5'$)；对于测量范围为 10' 的测微器，每隔 2' 检定其相对于零位的刻线误差 $\tau_{0,j}$ ($j = 2', 4', 6', 8', 10'$)。

a) 采用常角进行组合检定，即用 $m - 2$ 个常角 (m 为被检刻线数) 对测微器全程内的间隔进行组合测量。在已知全程误差（即行差 ρ ）的条件下，按最小二乘法原理处理测量值，从而求得测微器最大间隔误差。

以检定间隔为 1'，测量范围为 5' 的测微器为例， $m = 6$ ，令起始零位的刻线误差为 0，其它各被检点相对于零位的刻线误差依次为 $\tau_{0,1}, \tau_{0,2}, \tau_{0,3}, \tau_{0,4}, \tau_{0,5} = \rho$ 。选取 $6 - 2 = 4$ 个常角（常角见图 2 所示），即 $\beta_1 \approx 1', \beta_2 \approx 2', \beta_3 \approx 3', \beta_4 \approx 4'$ （常角的技术要

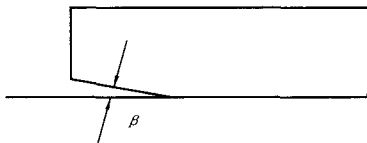


图 2

求见表 3。对于检定间隔为 2'，测量范围为 10' 的测微器，除相应常角值加大 1 倍外，测量与计算方法相同），依次按图 3 示意的次序分别用各刻线间隔去测量常角。对常角的每次测量均取 3 次照准、读数的算术平均值对其标称值之差作为测量值 d ，即

第一组 ($\beta \approx 1'$) 为 $d_{0,1}, d_{1,2}, d_{2,3}, d_{3,4}, d_{4,5}$

第二组 ($\beta \approx 2'$) 为 $d_{0,2}, d_{1,3}, d_{2,4}, d_{3,5}$

第三组 ($\beta \approx 3'$) 为 $d_{0,3}, d_{1,4}, d_{2,5}$

第四组 ($\beta \approx 4'$) 为 $d_{0,4}, d_{1,5}$

在检定时，第一组测量取常角 β_1 ($\beta_1 \approx 1'$)，将常角 β_1 置于测角仪工作台上，调整工作台使常角两工作面均垂直于平行光管和望远镜光轴夹角的分角线（或自准望远镜光

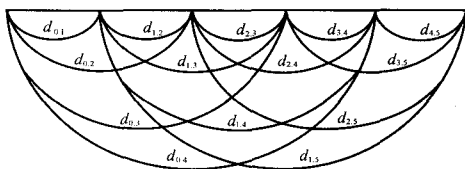


图 3

轴)。将测微器配置于 $0'00''$ 附近, 调整平行光管与望远镜管, 使其照准常角 β_1 的一个工作面, 并在测微器中读数。取 3 次照准、读数的算术平均值为 a_1 。转动工作台, 使平行光管与望远镜管照准常角 β_1 的另一工作面, 取 3 次照准、读数的算术平均值 b_1 , 则其差值为

$$d_{0,1} = b_1 - a_1 \quad (10)$$

然后, 改变常角 β_1 的位置, 用上述方法调整, 将测微器配置于 $1'00''$ 附近, 使平行光管与望远镜管照准常角 β_1 的一个工作面, 并在测微器中读数。取 3 次照准、读数的算术平均值 a_2 , 转动工作台, 使平行光管与望远镜管照准常角 β_1 的另一工作面, 取 3 次照准、读数的算术平均值 b_2 , 则

$$d_{1,2} = b_2 - a_2 \quad (11)$$

按同样方法, 分别测得 $d_{2,3}$, $d_{3,4}$, $d_{4,5}$ 。

与第一组测量相类似的方法, 分别进行第二组 (常角 $\beta_2 \approx 2'$)、第三组 (常角 $\beta_3 \approx 3'$) 以及第四组 (常角 $\beta_4 \approx 4'$) 测量, 依次得出 $d_{0,2}$, $d_{1,3}$, $d_{2,4}$, $d_{3,5}$; $d_{0,3}$, $d_{1,4}$, $d_{2,5}$ 以及 $d_{0,4}$, $d_{1,5}$ 各值。

按下列各式求得各受检点相对于零位的刻线误差:

$$\left. \begin{aligned} \tau_{0,1} &= \frac{1}{5}(\rho + d_{1,2} + d_{1,3} + d_{1,4} + d_{1,5} - d_{0,1} - d_{0,2} - d_{0,3} - d_{0,4}) \\ \tau_{0,2} &= \frac{1}{5}(2\rho + d_{2,3} + d_{2,4} + d_{2,5} + d_{1,5} - d_{0,4} - d_{0,3} - d_{0,2} - d_{1,2}) \\ \tau_{0,3} &= \frac{1}{5}(3\rho + d_{3,4} + d_{3,5} + d_{2,5} + d_{1,5} - d_{0,4} - d_{0,3} - d_{1,3} - d_{2,3}) \\ \tau_{0,4} &= \frac{1}{5}(4\rho + d_{4,5} + d_{3,5} + d_{2,5} + d_{1,5} - d_{0,4} - d_{1,4} - d_{2,4} - d_{3,4}) \\ \tau_{0,5} &= \rho \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

取各受检点 (包括零位) 的刻线误差中最大与最小值之差作为测微器最大间隔误差 J_1 。

b) 采用二等光学角规检定。检定时, 调整测角仪工作台, 使工作台平面与光学角规的主截面垂直。调整平行光管十字线与望远镜管十字线相重合, 然后在两光管之间放置光学角规, 用测微器测得两十字线竖线之间的距离即为测微器刻线误差。各刻线误差

的最大值与最小值之差为 J_1 。

5.2.7.1.2 度盘刻线（或直径）最大间隔误差 J_2 的检定

度盘刻线（或直径）最大间隔误差 J_2 以度盘各刻线误差（或直径误差，以下同）的最大值与最小值之差来评定。度盘刻线最大间隔误差 J_2 的检定是利用圆分度封闭原理，采用常角排列互比对称联法法进行。

a) 采用 8 面、9 面多面棱体作为常角（即常角为 $360^\circ/8 = 45^\circ$ ， $360^\circ/9 = 40^\circ$ ）。对于 8 面棱体（常角 45° ）应分别从度盘 0° ， 5° ， 10° ， \dots ， 40° 为起始位置作 9 组排列互比测量，各组测量顺序及度盘起始位置如表 6 所示。对于 9 面棱体（常角 40° ）分别从度盘 0° ， 5° ， 10° ， \dots ， 35° 为起始位置作 8 组排列互比测量，各组测量顺序及度盘起始位置如表 7 表示。

$\beta_1 \approx 45^\circ$ （8 面棱体）

表 6

($^\circ$)

排列互比顺序	度 盘 起 始 位 置							
	0	45	90	135	180	225	270	315
第 1 组	0	45	90	135	180	225	270	315
第 2 组	5	50	95	140	185	230	275	320
第 3 组	10	55	100	145	190	235	280	325
第 4 组	15	60	105	150	195	240	285	330
第 5 组	20	65	110	155	200	245	290	335
第 6 组	25	70	115	160	205	250	295	340
第 7 组	30	75	120	165	210	255	300	345
第 8 组	35	80	125	170	215	260	305	350
第 9 组	40	85	130	175	220	265	310	355

$\beta_2 \approx 40^\circ$ （9 面棱体）

表 7

($^\circ$)

排列互比顺序	度 盘 起 始 位 置								
	0	40	80	120	160	200	240	280	320
第 1 组	0	40	80	120	160	200	240	280	320
第 2 组	5	45	85	125	165	205	245	285	325
第 3 组	10	50	90	130	170	210	250	290	330
第 4 组	15	55	95	135	175	215	255	295	335
第 5 组	20	60	100	140	180	220	260	300	340
第 6 组	25	65	105	145	185	225	265	305	345
第 7 组	30	70	110	150	190	230	270	310	350
第 8 组	35	75	115	155	195	235	275	315	355

通过排列互比测量可分别按式 (13) ~ (16) 计算出 ω_{φ}^8 ($\varphi = 0^{\circ}, 5^{\circ}, 10^{\circ}, \dots, 40^{\circ}$) 和 ω_{φ}^9 ($\varphi = 0^{\circ}, 5^{\circ}, 10^{\circ}, \dots, 35^{\circ}$)。这两类系列互为基本系列及联系系列。各系列分别与度盘进行比较, 这样, 共进行 17 组排列互比测量。

b) 8 面棱体第 1 组排列互比测量第 1 系列时, 将度盘位置配置于 $0^{\circ}0'00''$ 附近, 调整平行光管和望远镜管使之照准棱体 0° 工作面中心, 同时从测微器中读取读数; 取 3 次照准、读数的算术平均值 a_0 ; 按度盘读数增加方向旋转度盘, 照准棱体 45° 工作面, 同时取 3 次照准、读数的算术平均值 a_{45} 。以上述相同方法依次照准棱体 $90^{\circ}, 135^{\circ}, \dots, 315^{\circ}$, 分别读得 $a_{90}, a_{135}, \dots, a_{315}$, 最后仍回到棱体 0° 工作面, 读取读数 a'_0 。 a'_0 与 a_0 应一致, 其差值应不超过 $0.15''$, 否则该系列应重检。

c) 8 面棱体第 1 组排列互比第 2 系列测量时, 度盘位置仍处于 $0^{\circ}0'00''$, 将棱体沿度盘读数递减方向绕旋转轴旋转 45° , 照准棱体 45° 工作面; 以与第 1 系列相同方法, 从棱体 45° 工作面起按度盘读数增加方向依次对棱体各工作面进行 3 次照准; 取相应 3 次读数的算术平均值, 分别得 $b_0, b_{45}, b_{90}, \dots, b_{315}$; 仍重新回到棱体 45° 工作面, 读取读数 b'_0 , 同样 b'_0 与 b_0 之差应不超过 $0.15''$ 。

第 3 ~ 9 系列均按上述方法依次进行测量。其它各组排列互比测量与第 1 组相同。将全部测量值列于表 8, 根据测量值按式 (13)、(14) 计算 ω_{φ}^8 值。

$$\left. \begin{aligned} \omega_{0+\varphi}^{8r} &= (a_{0+\varphi} + b_{0+\varphi} + \dots + h_{0+\varphi}) / 8 \\ \omega_{45+\varphi}^{8r} &= (a_{45+\varphi} + b_{45+\varphi} + \dots + h_{45+\varphi}) / 8 \\ &\dots\dots \\ \omega_{315+\varphi}^{8r} &= (a_{315+\varphi} + b_{315+\varphi} + \dots + h_{315+\varphi}) / 8 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$$\left. \begin{aligned} \omega_{0+\varphi}^8 &= \omega_{0+\varphi}^{8r} - (\omega_{0+\varphi}^{8r} + \omega_{45+\varphi}^{8r} + \dots + \omega_{315+\varphi}^{8r}) / 8 \\ \omega_{45+\varphi}^8 &= \omega_{45+\varphi}^{8r} - (\omega_{0+\varphi}^{8r} + \omega_{45+\varphi}^{8r} + \dots + \omega_{315+\varphi}^{8r}) / 8 \\ &\dots\dots \\ \omega_{315+\varphi}^8 &= \omega_{315+\varphi}^{8r} - (\omega_{0+\varphi}^{8r} + \omega_{45+\varphi}^{8r} + \dots + \omega_{315+\varphi}^{8r}) / 8 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

式 (13)、(14) 中 φ 分别为 $0^{\circ}, 5^{\circ}, \dots, 40^{\circ}$ 。

d) 9 面棱体各组排列互比测量方法与 8 面棱体排列互比测量相类似。将全部测量值列于表 9, 根据测量值按式 (15)、(16) 计算 ω_{φ}^9 值。

$$\left. \begin{aligned} \omega_{0+\varphi}^{9r} &= (a_{0+\varphi} + b_{0+\varphi} + \dots + i_{0+\varphi}) / 9 \\ \omega_{40+\varphi}^{9r} &= (a_{40+\varphi} + b_{40+\varphi} + \dots + i_{40+\varphi}) / 9 \\ &\dots\dots \\ \omega_{320+\varphi}^{9r} &= (a_{320+\varphi} + b_{320+\varphi} + \dots + i_{320+\varphi}) / 9 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

表 8 ω_{φ}^8 计算中的测量值读数

(")

棱体位置	度 盘 位 置								
	$0^{\circ} + \varphi$	$45^{\circ} + \varphi$	$90^{\circ} + \varphi$	$135^{\circ} + \varphi$	$180^{\circ} + \varphi$	$225^{\circ} + \varphi$	$270^{\circ} + \varphi$	$315^{\circ} + \varphi$	$0^{\circ} + \varphi$
0°	$a_{0+\varphi}$	$a_{45+\varphi}$	$a_{90+\varphi}$	$a_{135+\varphi}$	$a_{180+\varphi}$	$a_{225+\varphi}$	$a_{270+\varphi}$	$a_{315+\varphi}$	$a'_{0+\varphi}$
45°	$b_{0+\varphi}$	$b_{45+\varphi}$	$b_{90+\varphi}$	$b_{135+\varphi}$	$b_{180+\varphi}$	$b_{225+\varphi}$	$b_{270+\varphi}$	$b_{315+\varphi}$	$b'_{0+\varphi}$
90°	$c_{0+\varphi}$	$c_{45+\varphi}$	$c_{90+\varphi}$	$c_{135+\varphi}$	$c_{180+\varphi}$	$c_{225+\varphi}$	$c_{270+\varphi}$	$c_{315+\varphi}$	$c'_{0+\varphi}$
135°	$d_{0+\varphi}$	$d_{45+\varphi}$	$d_{90+\varphi}$	$d_{135+\varphi}$	$d_{180+\varphi}$	$d_{225+\varphi}$	$d_{270+\varphi}$	$d_{315+\varphi}$	$d'_{0+\varphi}$
180°	$e_{0+\varphi}$	$e_{45+\varphi}$	$e_{90+\varphi}$	$e_{135+\varphi}$	$e_{180+\varphi}$	$e_{225+\varphi}$	$e_{270+\varphi}$	$e_{315+\varphi}$	$e'_{0+\varphi}$
225°	$f_{0+\varphi}$	$f_{45+\varphi}$	$f_{90+\varphi}$	$f_{135+\varphi}$	$f_{180+\varphi}$	$f_{225+\varphi}$	$f_{270+\varphi}$	$f_{315+\varphi}$	$f'_{0+\varphi}$
270°	$g_{0+\varphi}$	$g_{45+\varphi}$	$g_{90+\varphi}$	$g_{135+\varphi}$	$g_{180+\varphi}$	$g_{225+\varphi}$	$g_{270+\varphi}$	$g_{315+\varphi}$	$g'_{0+\varphi}$
315°	$h_{0+\varphi}$	$h_{45+\varphi}$	$h_{90+\varphi}$	$h_{135+\varphi}$	$h_{180+\varphi}$	$h_{225+\varphi}$	$h_{270+\varphi}$	$h_{315+\varphi}$	$h'_{0+\varphi}$
ω_{φ}^8	$\omega_{0+\varphi}^8$	$\omega_{45+\varphi}^8$	$\omega_{90+\varphi}^8$	$\omega_{135+\varphi}^8$	$\omega_{180+\varphi}^8$	$\omega_{225+\varphi}^8$	$\omega_{270+\varphi}^8$	$\omega_{315+\varphi}^8$	
ω_{φ}^8	$\omega_{0+\varphi}^8$	$\omega_{45+\varphi}^8$	$\omega_{90+\varphi}^8$	$\omega_{135+\varphi}^8$	$\omega_{180+\varphi}^8$	$\omega_{225+\varphi}^8$	$\omega_{270+\varphi}^8$	$\omega_{315+\varphi}^8$	

表中 φ 分别为 $0^{\circ}, 5^{\circ}, \dots, 40^{\circ}$ 。

表 9 ω_{φ}^9 计算中的测量值读数

(")

棱体位置	度 盘 位 置									
	$0 + \varphi$	$40 + \varphi$	$80 + \varphi$	$120 + \varphi$	$160 + \varphi$	$200 + \varphi$	$240 + \varphi$	$280 + \varphi$	$320 + \varphi$	$0 + \varphi$
0°	$a_{0+\varphi}$	$a_{40+\varphi}$	$a_{80+\varphi}$	$a_{120+\varphi}$	$a_{160+\varphi}$	$a_{200+\varphi}$	$a_{240+\varphi}$	$a_{280+\varphi}$	$a_{320+\varphi}$	$a'_{0+\varphi}$
40°	$b_{0+\varphi}$	$b_{40+\varphi}$	$b_{80+\varphi}$	$b_{120+\varphi}$	$b_{160+\varphi}$	$b_{200+\varphi}$	$b_{240+\varphi}$	$b_{280+\varphi}$	$b_{320+\varphi}$	$b'_{0+\varphi}$
80°	$a_{0+\varphi}$	$c_{40+\varphi}$	$c_{80+\varphi}$	$c_{120+\varphi}$	$c_{160+\varphi}$	$c_{200+\varphi}$	$c_{240+\varphi}$	$c_{280+\varphi}$	$c_{320+\varphi}$	$c'_{0+\varphi}$
120°	$d_{0+\varphi}$	$d_{40+\varphi}$	$d_{80+\varphi}$	$d_{120+\varphi}$	$d_{160+\varphi}$	$d_{200+\varphi}$	$d_{240+\varphi}$	$d_{280+\varphi}$	$d_{320+\varphi}$	$d'_{0+\varphi}$
160°	$e_{0+\varphi}$	$e_{40+\varphi}$	$e_{80+\varphi}$	$e_{120+\varphi}$	$e_{160+\varphi}$	$e_{200+\varphi}$	$e_{240+\varphi}$	$e_{280+\varphi}$	$e_{320+\varphi}$	$e'_{0+\varphi}$
200°	$f_{0+\varphi}$	$f_{40+\varphi}$	$f_{80+\varphi}$	$f_{120+\varphi}$	$f_{160+\varphi}$	$f_{200+\varphi}$	$f_{240+\varphi}$	$f_{280+\varphi}$	$f_{320+\varphi}$	$f'_{0+\varphi}$
240°	$g_{0+\varphi}$	$g_{40+\varphi}$	$g_{80+\varphi}$	$g_{120+\varphi}$	$g_{160+\varphi}$	$g_{200+\varphi}$	$g_{240+\varphi}$	$g_{280+\varphi}$	$g_{320+\varphi}$	$g'_{0+\varphi}$
280°	$h_{0+\varphi}$	$h_{40+\varphi}$	$h_{80+\varphi}$	$h_{120+\varphi}$	$h_{160+\varphi}$	$h_{200+\varphi}$	$h_{240+\varphi}$	$h_{280+\varphi}$	$h_{320+\varphi}$	$h'_{0+\varphi}$
320°	$i_{0+\varphi}$	$i_{40+\varphi}$	$i_{80+\varphi}$	$i_{120+\varphi}$	$i_{160+\varphi}$	$i_{200+\varphi}$	$i_{240+\varphi}$	$i_{280+\varphi}$	$i_{320+\varphi}$	$i'_{0+\varphi}$
ω_{φ}^9	$\omega_{0+\varphi}^9$	$\omega_{40+\varphi}^9$	$\omega_{80+\varphi}^9$	$\omega_{120+\varphi}^9$	$\omega_{160+\varphi}^9$	$\omega_{200+\varphi}^9$	$\omega_{240+\varphi}^9$	$\omega_{280+\varphi}^9$	$\omega_{320+\varphi}^9$	
ω_{φ}^9	$\omega_{0+\varphi}^9$	$\omega_{40+\varphi}^9$	$\omega_{80+\varphi}^9$	$\omega_{120+\varphi}^9$	$\omega_{160+\varphi}^9$	$\omega_{200+\varphi}^9$	$\omega_{240+\varphi}^9$	$\omega_{280+\varphi}^9$	$\omega_{320+\varphi}^9$	

表中 φ 分别为 $0^{\circ}, 5^{\circ}, \dots, 35^{\circ}$ 。

$$\left. \begin{aligned} \omega_{0+\varphi}^9 &= \omega_{0+\varphi}^{9'} - (\omega_{0+\varphi}^{9'} + \omega_{40+\varphi}^{9'} + \cdots + \omega_{320+\varphi}^{9'}) / 9 \\ \omega_{40+\varphi}^9 &= \omega_{40+\varphi}^{9'} - (\omega_{0+\varphi}^{9'} + \omega_{40+\varphi}^{9'} + \cdots + \omega_{320+\varphi}^{9'}) / 9 \\ &\quad \dots\dots\dots \\ \omega_{320+\varphi}^9 &= \omega_{320+\varphi}^{9'} - (\omega_{0+\varphi}^{9'} + \omega_{40+\varphi}^{9'} + \cdots + \omega_{320+\varphi}^{9'}) / 9 \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

式 (15)、(16) 中 φ 分别为 $0^\circ, 5^\circ, \dots, 35^\circ$ 。

e) 在检定时, 将多面棱体安放在测角仪工作台上, 并使棱体几何中心与测角仪工作台回转中心重合。调整工作台, 使棱体的 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ 及 270° 工作面均垂直于照准光轴, 其最大偏离应在表 3 所规定的棱体工作面与底面的垂直度要求范围以内。然后, 对于 8 面棱体, 按表 6 顺序进行各组排列互比测量, 对于 9 面棱体, 按表 7 顺序进行各组排列互比测量。

排列互比对称联系法检定度盘最大间隔误差的实例见附录 C。

每组排列互比测量都是相对独立的, 测量度盘 72 个位置 (每隔 5°) 计 72 个 ω_φ 值, 每个位置均经过 17 次观测。为此, 可采用对称联系方法将之联系起来。联系系数为 $\omega_\varphi^{8,9}$ 及 $\omega_\varphi^{9,8}$ 。

$$\omega_\varphi^{8,9} = \frac{1}{9} (\omega_\varphi^8 + \omega_{\varphi+40}^8 + \omega_{\varphi-80}^8 + \cdots + \omega_{\varphi+320}^8) \quad (17)$$

(φ 分别为 $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, \dots, 35^\circ$)

$$\omega_\varphi^{9,8} = \frac{1}{8} (\omega_\varphi^9 + \omega_{\varphi+45}^9 + \omega_{\varphi+90}^9 + \cdots + \omega_{\varphi+315}^9) \quad (18)$$

(φ 分别为 $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, \dots, 40^\circ$)

度盘刻线误差用 $\langle \varphi \rangle$ 表示, 则

$$\langle \varphi \rangle_1 = \omega_\varphi^9 + \omega_\varphi^{8,9} \quad (19)$$

$$\langle \varphi \rangle_2 = \omega_\varphi^8 + \omega_\varphi^{9,8} \quad (20)$$

$$\langle \varphi \rangle = \frac{1}{2} \{ \langle \varphi \rangle_1 + \langle \varphi \rangle_2 \} \quad (21)$$

对于对径 (符合) 读数的测角仪, 取对径的 $\langle \varphi \rangle$ 及 $\langle \varphi + 180^\circ \rangle$ 的算术平均值即为直径误差 (φ), 即

$$(\varphi)_1 = \frac{1}{2} \{ \langle \varphi \rangle_1 + \langle \varphi + 180^\circ \rangle_1 \} \quad (22)$$

$$(\varphi)_2 = \frac{1}{2} \{ \langle \varphi \rangle_2 + \langle \varphi + 180^\circ \rangle_2 \} \quad (23)$$

$$(\varphi) = \frac{1}{2} [(\varphi)_1 + (\varphi)_2] \quad (24)$$

取全部刻线误差 $\langle \varphi \rangle$ [或直径误差 (φ)] 中的最大值与最小值之差为 F_2 。

$$F_2 = \langle \varphi \rangle_{\max} - \langle \varphi \rangle_{\min} \quad (25)$$

或

$$F_2 = (\varphi)_{\max} - (\varphi)_{\min} \quad (26)$$

取相同 φ 角的 $\langle \varphi \rangle_1$ 与 $\langle \varphi \rangle_2$ 或 $(\varphi)_1$ 与 $(\varphi)_2$ 的各差值 v_i ($i = 1, 2, \dots, 72$)

计算检定方法的标准不确定度 u ,

$$v_i = \langle \varphi \rangle_1 - \langle \varphi \rangle_2 \quad (27)$$

或

$$v_i = (\varphi)_1 - (\varphi)_2 \quad (28)$$

则

$$u = \sqrt{\frac{\sum v^2}{2n}} \quad (29)$$

式中： n ——度盘的受检点数（或直径数）。当检定刻线误差时 $n = 72$ ，当检定直径误差时， $n = 36$ 。

u 应不大于 $0.1''$ 。

5.2.7.2 1"级测角仪示值误差检定方法之二

采用二等 23 面棱体直接检定。

将 23 面棱体安放在测角仪工作台上，并使棱体几何中心与测角仪工作台回转中心重合。调整工作台，使棱体的第 1, 7, 12 及第 18 工作面均垂直于照准光束，其最大偏离应在表 3 所规定的棱体工作面与底面的垂直度要求范围以内。

a) 将度盘配置于 $0^\circ 0' 00''$ 附近，调整平行光管和望远镜管使之照准棱体第 1 工作面中心，同时从测微器中读取读数，取 3 次照准、读数的算术平均值 a_1 ；按度盘读数增加方向旋转度盘，照准棱体第 2 工作面，同时取 3 次照准、读数的算术平均值 a_2 。以上述相同方法依次照准棱体第 3, 4, ..., 23 工作面，分别读得 a_3, a_4, \dots, a_{23} ，最后仍回到棱体第 1 工作面，读取读数 a'_1 。 a'_1 与 a_1 应一致，其差值应不超过 $0.15''$ ，否则该组测量应重检。

$$F_{ai} = (a_i - a_1) - \beta_i \quad (30)$$

式中： β_i ——棱体偏差值。（ $i = 1, 2, 3, \dots, 23$ ）

b) 将度盘配置于 $7^\circ 30' 00''$ 附近，将度盘递减方向绕旋转轴旋转 $7^\circ 30'$ 左右，使平行光管和望远镜管照准棱体第 1 工作面中心，与上述 a) 相同方法得：

$$F_{bi} = (b_i - b_1) - \beta_i \quad (31)$$

$$F_1 = F_{ai, \max} - F_{ai, \min} \quad (32)$$

$$F_2 = F_{bi, \max} - F_{bi, \min} \quad (33)$$

取 F_1 和 F_2 中的最大值为受检测角仪的示值误差。

5.2.7.3 1"级测角仪示值误差检定方法之三

采用三等 23 面棱体排列互比法检定。

将 23 面棱体安放在测角仪工作台上，与 5.2.7.2 相同方法调整棱体与工作台。

23 面棱体排列互比测量方法与 5.2.7.1.2 b)、c) 相类似，共进行 23 组系列测量。根据测量值参照式 (13)、(14)、(32) 计算受检测角仪的示值误差。

5.2.7.4 2"级测角仪示值误差

采用三等 23 面棱体直接检定。检定方法和程序与 5.2.7.2 相同，但其回零差值应不超过 $0.3''$ 。

5.2.7.5 5"级测角仪示值误差

采用四等 24 面棱体直接检定。

检定时以度盘 $0^{\circ}0'00''$ 附近起作一组测量，检定方法和程序与 5.2.7.2 相同，但其回零差值应不超过 $1''$ 。

5.2.7.6 $10''$ 级测角仪示值误差

采用四等 12 面棱体直接检定，检定时以度盘 $0^{\circ}0'00''$ 附近起作一组测量，检定方法和程序与 5.2.7.2 相同，但其回零差值应不超过 $2''$ 。

5.3 检定结果的处理

经检定合格的测角仪出具检定证书，对于不合格的测角仪，出具检定结果通知书，并注明其不合格项目。对使用中的测角仪允许根据检定结果降级使用。

5.4 检定周期

测角仪的检定周期应根据其稳定情况和使用频繁程度而确定，检定周期一般不超过 2 年。

附录 A

测微器行差的检定记录及计算实例

度盘位置	读数 a_i				读数 b_i				$s'_i = b_i - a_i$
	第一次	第二次	第三次	a_i	第一次	第二次	第三次	b_i	
0°	0'1.05"	0'1.05"	0'1.10"	0'1.07"	5'1.05"	5'1.05"	5'1.00"	5'1.03"	4'59.96"
45°	0'1.25"	0'1.35"	0'1.35"	0'1.32"	5'1.30"	5'1.30"	5'1.30"	5'1.30"	4'59.98"
90°	0'1.20"	0'1.30"	0'1.30"	0'1.27"	5'1.25"	5'1.35"	5'1.15"	5'1.25"	4'59.98"
135°	0'1.15"	0'1.30"	0'1.20"	0'1.22"	5'1.05"	5'1.30"	5'1.25"	5'1.20"	4'59.98"
180°	0'1.20"	0'1.25"	0'1.30"	0'1.25"	5'1.10"	5'1.00"	5'1.15"	5'1.08"	4'59.83"
225°	0'1.30"	0'1.40"	0'1.55"	0'1.42"	5'1.15"	5'1.30"	5'1.40"	5'1.28"	4'59.86"
270°	0'1.20"	0'1.45"	0'1.50"	0'1.38"	5'1.20"	5'1.45"	5'1.40"	5'1.35"	4'59.97"
315°	0'1.55"	0'1.80"	0'1.85"	0'1.73"	5'1.50"	5'1.70"	5'1.75"	5'1.65"	4'59.92"

$$s' = (s'_1 + s'_2 + \dots + s'_8) / 8 = 4'59.94''$$

$$\begin{aligned} \rho &= s - s' \\ &= 5' - 4'59.94'' \\ &= +0.06'' \end{aligned}$$

附录 B

测角仪测角重复性检定计算实例

棱体位置	往 测		返 测		v
	读数平均值 a	相邻角测量值	读数平均值 a'	相邻角测量值	
I	II	III	IV	V	VI = III - V
0°	6.3"	+0.7"	6.4"	+0.5"	+0.2"
30°	7.0"	-0.6"	6.9"	-0.5"	-0.1"
60°	6.4"	+0.4"	6.4"	+0.3"	+0.1"
90°	6.8"	-0.3"	6.7"	-0.1"	-0.2"
120°	6.5"	-0.7"	6.6"	-0.6"	-0.1"
150°	5.8"	+1.3"	6.0"	+1.1"	+0.2"
180°	7.1"	-0.7"	7.1"	-0.6"	-0.1"
210°	6.4"	+1.6"	6.5"	+1.5"	+0.1"
240°	8.0"	-1.7"	8.0"	-1.8"	+0.1"
270°	6.3"	+0.6"	6.2"	+0.8"	-0.2"
300°	6.9"	+0.2"	7.0"	+0.3"	-0.1"
330°	7.1"	-0.8"	7.3"	-0.9"	+0.1"

$$\begin{aligned}
 \text{则 } s_r &= \sqrt{\frac{\sum v^2}{2n}} \\
 &= \sqrt{\frac{0.24}{24}} \\
 &= 0.1''
 \end{aligned}$$

附录 C

排列互比测量计算实例

C.1 8面棱体第1组排列互比测量计算实例见表 C.1。

表 C.1 (°)

棱体起始位置	度 盘 位 置							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0°	0.77	1.26	0.72	-0.48	0.49	0.92	1.48	1.90
45°	0.97	1.75	0.30	1.19	0.73	2.47	2.43	1.93
90°	7.07	6.90	7.73	7.26	8.12	8.98	8.15	7.78
135°	4.41	6.38	5.68	6.55	6.66	6.78	5.98	6.06
180°	4.94	5.55	6.25	6.36	5.62	5.88	5.48	4.34
225°	3.87	5.69	5.60	4.90	4.30	4.90	3.53	4.62
270°	-0.66	0.38	-0.41	-0.94	-1.33	-1.71	-0.93	-1.14
315°	-0.39	-0.01	-0.82	-1.18	-2.34	-0.55	-1.24	-0.21
ω_p^8	2.62	3.49	3.13	2.96	2.78	3.46	3.11	3.16
ω_p^8	-0.47	0.40	0.04	-0.13	-0.31	0.37	0.02	0.07

C.2 8面棱体第2组排列互比测量计算实例见表 C.2。

表 C.2 (°)

棱体起始位置	度 盘 位 置							
	5°	50°	95°	140°	185°	230°	275°	320°
0°	-0.63	-0.34	-0.60	-2.03	-0.99	-0.93	0.31	0.42
45°	0.95	1.47	0.13	1.02	0.68	2.02	2.38	1.57
90°	-1.72	-2.17	-1.35	-1.85	-0.89	-0.27	-0.88	-1.30
135°	7.92	9.75	9.14	10.06	10.28	10.04	9.62	9.35
180°	-1.73	-1.36	-0.45	-0.41	-1.03	-1.14	-1.24	-2.48
225°	-2.72	-1.02	-0.98	-1.72	-2.18	-1.92	-3.09	-2.04
270°	4.42	5.32	4.71	4.00	3.98	3.15	4.22	3.86
315°	0.76	0.76	0.35	0.04	-1.16	0.32	0.04	0.89
ω_p^8	0.91	1.55	1.37	1.14	1.09	1.41	1.42	1.28
ω_p^8	-0.36	0.28	0.10	-0.13	-0.18	0.14	0.15	0.01

C.3 8面棱体第3组排列互比测量计算实例见表C.3。

表 C.3

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置							
	10°	55°	100°	145°	190°	235°	280°	325°
0°	-1.75	-1.36	-1.63	-3.15	-2.03	-1.87	-0.64	-0.74
45°	-4.82	-4.42	-5.68	-4.93	-5.09	-3.65	-3.40	-4.38
90°	0.35	-0.01	0.45	0.32	1.41	2.02	1.52	0.76
135°	0.85	2.60	2.03	2.85	3.16	2.75	2.55	2.00
180°	-6.93	-6.62	-5.57	-5.94	-6.36	-6.47	-6.45	-7.90
225°	-1.15	0.65	0.71	-0.32	-0.61	-0.29	-1.33	-0.72
270°	-0.25	0.60	-0.04	-0.96	-0.89	-1.75	-0.51	-1.18
315°	1.62	1.79	1.14	0.72	-0.29	1.14	1.00	1.71
ω_p^s	-1.51	-0.85	-1.07	-1.43	-1.34	-1.02	-0.91	-1.31
ω_p^s	-0.33	0.33	0.10	-0.25	-0.16	0.16	0.27	-0.13

C.4 8面棱体第4组排列互比测量计算实例见表C.4。

表 C.4

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置							
	15°	60°	105°	150°	195°	240°	285°	330°
0°	0.30	0.47	0.03	-1.45	0.01	-0.05	1.28	0.72
45°	-1.62	-1.08	-2.42	-1.96	-1.79	-0.55	-0.15	-1.34
90°	1.88	1.46	2.22	1.61	3.00	3.28	3.15	1.95
135°	-1.43	0.28	-0.40	0.46	1.01	0.55	0.38	-0.21
180°	-0.98	-0.45	0.30	0.05	-0.16	-0.59	-0.17	-1.84
225°	0.88	2.54	2.34	1.36	1.41	1.28	0.75	1.12
270°	-1.34	-0.59	-1.22	-2.22	-1.94	-2.95	-1.51	-2.43
315°	2.53	2.41	1.75	1.38	0.49	1.75	1.73	2.28
ω_p^s	0.03	0.63	0.33	-0.10	0.25	0.34	0.68	0.03
ω_p^s	-0.25	0.36	0.05	-0.37	-0.02	0.07	0.41	-0.24

C.5 8面棱体第5组排列互比测量计算实例见表C.5。

表 C.5 (°)

棱体起始位置	度 盘 位 置							
	20°	65°	110°	155°	200°	245°	290°	335°
0°	0.09	0.15	-0.21	-1.82	-0.27	-0.49	0.95	0.45
45°	-9.11	-8.55	-10.00	-9.41	-9.16	-8.31	-7.75	-8.95
90°	-1.05	-1.66	-0.88	-1.80	0.00	-0.06	-0.19	-1.25
135°	0.63	2.13	1.72	2.11	3.00	2.30	2.31	1.52
180°	-0.55	-0.37	0.42	0.16	0.15	-0.35	-0.04	-1.83
225°	3.93	5.46	5.66	4.48	4.67	4.42	3.93	4.00
270°	1.79	2.45	1.66	0.82	1.04	-0.05	1.31	0.56
315°	-2.53	-2.55	-3.08	-3.83	-4.25	-3.50	-3.24	-2.80
ω_p^R	-0.85	-0.37	-0.59	-1.16	-0.60	-0.76	-0.34	-1.04
ω_p^R	-0.14	0.35	0.12	-0.45	0.11	-0.04	0.37	-0.32

C.6 8面棱体第6组排列互比测量计算实例见表C.6。

表 C.6 (°)

棱体起始位置	度 盘 位 置							
	25°	70°	115°	160°	205°	250°	295°	340°
0°	0.50	0.54	0.38	-1.30	0.22	-0.15	1.20	1.02
45°	1.04	1.40	0.24	0.69	0.75	1.79	2.35	1.22
90°	-2.46	-3.30	-2.10	-2.86	-1.65	-1.42	-1.52	-2.45
135°	0.72	2.18	1.82	2.22	2.83	2.32	2.25	1.68
180°	6.63	6.55	7.75	7.32	7.16	6.75	6.85	5.32
225°	-4.18	-2.79	-2.52	-3.75	-3.83	-3.75	-4.50	-3.90
270°	-0.18	0.26	-0.35	-1.23	-0.98	-2.12	-0.67	-1.55
315°	3.80	3.60	3.20	2.49	1.88	2.89	2.82	3.37
ω_p^R	0.73	1.06	1.05	0.45	0.80	0.79	1.10	0.59
ω_p^R	-0.09	0.23	0.23	-0.37	-0.02	-0.03	0.28	-0.23

C.7 8面棱体第7组排列互比测量计算实例见表C.7。

表 C.7

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置							
	30°	75°	120°	165°	210°	255°	300°	345°
0°	-0.30	-0.65	-0.65	-2.26	-0.95	-1.23	0.05	-0.18
45°	-0.03	0.08	-1.07	-0.47	-0.42	0.50	1.03	-0.08
90°	-0.39	-1.22	-0.03	-0.82	0.49	0.64	0.24	-0.64
135°	-0.75	0.48	0.25	0.61	1.37	0.65	0.60	0.00
180°	0.20	0.01	1.12	0.83	0.64	0.15	0.31	-1.23
225°	4.53	5.71	5.82	4.75	4.78	4.60	3.68	4.35
270°	-5.85	-5.39	-6.00	-6.92	-6.60	-7.82	-6.40	-7.05
315°	-3.16	-3.67	-3.96	-4.58	-5.29	-4.42	-4.32	-3.65
$\omega_p^{8'}$	-0.72	-0.58	-0.57	-1.11	-0.75	-0.87	-0.60	-1.06
ω_p^8	0.06	0.20	0.22	-0.33	0.03	-0.09	0.18	-0.28

C.8 8面棱体第8组排列互比测量计算实例见表C.8。

表 C.8

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置							
	35°	80°	125°	170°	215°	260°	305°	350°
0°	-2.06	-2.40	-2.53	-4.09	-2.69	-2.99	-1.74	-2.05
45°	-1.79	-1.78	-2.94	-2.30	-2.24	-1.29	-0.70	-1.73
90°	2.05	1.01	1.99	1.53	3.02	3.04	2.70	1.62
135°	2.80	4.03	3.67	4.42	4.95	4.03	3.88	3.17
180°	0.24	0.36	1.23	1.29	0.93	0.34	0.35	-1.20
225°	1.29	2.55	2.75	1.85	1.70	1.51	0.52	1.19
270°	-4.65	-4.36	-4.98	-5.68	-5.41	-6.71	-5.43	-6.18
315°	2.15	1.75	1.42	1.03	0.26	1.06	1.14	1.73
$\omega_p^{8'}$	0.00	0.15	0.08	-0.24	0.07	-0.13	0.09	-0.43
ω_p^8	0.06	0.20	0.13	-0.19	0.12	-0.07	0.14	-0.38

C.9 8面棱体第9组排列互比测量计算实例见表 C.9。

表 C.9

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置							
	40°	85°	130°	175°	220°	265°	310°	355°
0°	0.15	-0.77	-0.74	-1.86	-0.52	-1.09	-0.05	-0.33
45°	-0.96	-1.55	-2.42	-1.39	-1.46	-0.66	-0.28	-1.45
90°	0.01	-1.38	-0.11	-0.48	0.83	0.75	0.24	-0.62
135°	1.67	2.50	2.52	3.36	3.83	2.86	2.46	2.06
180°	-0.40	-0.84	0.16	0.42	0.06	-0.73	-0.69	-2.23
225°	1.12	1.78	1.95	1.45	1.12	0.85	-0.34	0.50
270°	2.50	2.45	2.00	1.67	1.70	0.43	1.46	0.93
315°	-1.53	-2.47	-2.73	-2.92	-3.83	-2.97	-3.22	-2.57
$\omega_{\varphi}^{8'}$	0.32	-0.04	0.08	0.03	0.22	-0.07	-0.05	-0.46
ω_{φ}^8	0.32	-0.04	0.08	0.03	0.21	-0.07	-0.06	-0.47

C.10 9面棱体第1组排列互比测量计算实例见表 C.10。

表 C.10

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置								
	0°	40°	80°	120°	160°	200°	240°	280°	320°
0°	6.14	7.84	9.13	7.57	6.46	7.93	6.67	7.08	6.24
40°	-5.70	-3.37	-5.22	-5.81	-5.37	-6.15	-5.76	-6.20	-6.26
80°	1.22	0.38	-0.47	0.32	-1.43	-0.57	-1.23	-0.53	0.00
120°	-6.24	-6.05	-5.38	-6.63	-6.99	-7.04	-6.66	-5.39	-4.20
160°	-3.13	-1.38	-2.98	-2.56	-3.63	-2.87	-1.89	-0.17	-2.00
200°	4.52	4.10	3.96	3.45	3.35	4.74	6.37	4.90	3.98
240°	-3.34	-2.23	-3.06	-2.75	-2.26	-0.30	-1.90	-2.17	-1.62
280°	0.98	1.17	1.25	2.24	3.37	2.18	1.72	2.80	1.16
320°	-2.99	-1.70	-1.06	0.37	-1.67	-1.67	-0.86	-1.86	-1.83
$\omega_{\varphi}^{9'}$	-0.95	-0.14	-0.43	-0.42	-0.91	-0.42	-0.39	-0.17	-0.50
ω_{φ}^9	-0.47	0.34	0.06	0.06	-0.43	0.06	0.09	0.31	-0.02

C.11 9面棱体第2组排列互比测量计算实例见表 C.11。

表 C.11

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置								
	5°	45°	85°	125°	165°	205°	245°	285°	325°
0°	-1.85	-0.22	0.66	-0.71	-1.72	-0.54	-1.72	-0.97	-1.96
40°	0.36	2.75	0.69	0.23	0.51	-0.33	0.03	0.15	-0.22
80°	-2.56	-3.43	-4.57	-3.53	-5.23	-4.45	-4.91	-4.15	-3.69
120°	-0.72	-0.40	-0.15	-1.13	-1.34	-1.42	-1.12	0.26	1.32
160°	2.45	4.00	2.24	2.75	1.72	2.42	3.52	5.34	3.42
200°	-0.43	-0.98	-1.04	-1.46	-1.74	-0.44	1.29	0.05	-0.93
240°	-0.02	1.09	-0.01	0.42	0.75	2.82	1.28	1.11	1.47
280°	-6.42	-6.20	-6.34	-5.31	-4.23	-5.53	-5.99	-4.68	-6.37
320°	1.22	2.19	2.52	4.15	2.11	2.00	2.87	2.15	2.06
ω_p°	-0.89	-0.13	-0.67	-0.51	-1.02	-0.61	-0.53	-0.08	-0.54
ω_p°	-0.33	0.42	-0.11	0.04	-0.47	-0.05	0.03	0.47	0.01

C.12 9面棱体第3组排列互比测量计算实例见表 C.12。

表 C.12

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置								
	10°	50°	90°	130°	170°	210°	250°	290°	330°
0°	-4.39	-2.84	-1.73	-3.18	-4.05	-3.04	-4.25	-3.42	-4.45
40°	-0.64	1.31	-0.51	-0.87	-0.54	-1.62	-1.21	-1.30	-1.43
80°	-2.76	-3.76	-4.62	-3.78	-5.52	-4.70	-5.36	-4.57	-4.16
120°	-1.47	-1.53	-1.00	-2.12	-2.20	-2.50	-2.29	-0.80	0.07
160°	1.36	2.60	1.13	1.56	0.57	1.10	2.16	4.07	2.06
200°	0.48	-0.33	-0.10	-0.76	-0.75	0.42	1.97	0.94	-0.22
240°	-1.24	-0.37	-1.13	-0.81	-0.20	1.55	0.00	-0.08	0.25
280°	3.12	3.09	3.17	4.17	5.17	3.96	3.38	4.65	2.83
320°	-3.36	-2.49	-1.84	-0.22	-2.11	-2.34	-1.57	-2.50	-2.68
ω_p°	-0.99	-0.48	-0.74	-0.67	-1.07	-0.80	-0.80	-0.33	-0.86
ω_p°	-0.24	0.27	0.01	0.08	-0.32	-0.05	-0.05	0.41	-0.11

C.13 9面棱体第4组排列互比测量计算实例见表 C.13。

表 C.13

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置								
	15°	55°	95°	135°	175°	215°	255°	295°	335°
0°	0.33	1.62	2.74	0.97	0.58	1.51	0.00	0.80	-0.16
40°	2.65	4.74	2.72	2.13	3.07	1.83	2.12	1.94	1.67
80°	-0.03	-0.99	-1.95	-1.33	-2.46	-1.97	-2.79	-2.05	-1.60
120°	3.59	3.57	3.95	2.53	3.11	2.51	2.69	4.01	5.05
160°	-1.67	0.33	-2.11	-1.89	-2.34	-1.95	-1.14	0.67	-1.40
200°	-1.24	-2.12	-2.08	-2.87	-2.42	-1.37	-0.08	-1.29	-2.35
240°	1.80	2.83	1.76	1.80	2.91	4.50	2.68	2.70	2.95
280°	1.68	1.52	1.47	2.22	3.85	2.24	1.59	2.82	1.03
320°	0.23	1.02	1.64	2.91	1.45	0.94	1.77	0.76	0.67
ω_p°	0.82	1.39	0.90	0.72	0.86	0.92	0.76	1.15	0.65
ω_p°	-0.09	0.48	0.00	-0.19	-0.05	0.01	-0.15	0.24	-0.26

C.14 9面棱体第5组排列互比测量计算实例见表 C.14。

表 C.14

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置								
	20°	60°	100°	140°	180°	220°	260°	300°	340°
0°	2.79	4.12	5.49	3.37	2.74	4.12	2.56	3.20	2.30
40°	-0.72	1.32	-0.63	-1.48	-0.79	-1.57	-1.39	-1.82	-1.82
80°	1.72	0.47	-0.20	0.32	-1.26	-0.37	-1.04	-0.61	-0.07
120°	0.60	0.67	1.32	-0.30	-0.10	-0.17	-0.10	1.06	2.23
160°	1.47	2.90	1.37	1.31	0.58	1.36	2.30	3.92	1.87
200°	0.89	0.19	0.41	-0.60	-0.43	1.10	2.30	0.88	-0.10
240°	0.09	1.03	0.22	0.12	0.97	3.06	1.22	0.83	1.24
280°	-1.79	-1.84	-1.74	-1.27	0.04	-1.14	-1.73	-0.73	-2.34
320°	-0.80	0.00	0.60	1.79	0.09	0.05	0.72	-0.34	-0.29
ω_p°	0.47	0.98	0.76	0.36	0.20	0.72	0.54	0.71	0.34
ω_p°	-0.09	0.42	0.20	-0.20	-0.36	0.15	-0.03	0.15	-0.23

C.15 9面棱体第6组排列互比测量计算实例见表 C.15。

表 C.15

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置								
	25°	65°	105°	145°	185°	225°	265°	305°	345°
0°	0.74	1.89	3.25	1.35	0.67	2.12	0.61	0.99	0.00
40°	2.43	4.40	2.71	1.66	2.52	1.82	1.83	1.50	1.37
80°	-2.22	-3.46	-4.24	-3.69	-5.02	-4.17	-4.89	-4.48	-4.05
120°	1.48	1.12	2.01	0.30	0.60	0.70	0.69	1.66	2.73
160°	-0.55	0.60	-0.63	-0.80	-1.28	-0.48	0.13	1.89	-0.18
200°	-1.22	-2.20	-1.98	-2.90	-2.64	-1.03	0.06	-1.37	-2.38
240°	-0.97	-0.24	-1.11	-1.03	-0.10	1.96	0.08	-0.37	0.02
280°	-1.49	-1.70	-1.60	-1.10	0.45	-0.57	-1.49	-0.52	-2.16
320°	0.80	1.42	2.07	3.33	1.77	1.74	2.17	1.12	1.01
ω_{φ}°	-0.11	0.20	0.05	-0.32	-0.34	0.23	-0.09	0.05	-0.40
ω_{φ}°	-0.03	0.28	0.13	-0.24	-0.26	0.31	-0.01	0.13	-0.32

C.16 9面棱体第7组排列互比测量计算实例见表 C.16。

表 C.16

(")

棱体起始位置	度 盘 位 置								
	30°	70°	110°	150°	190°	230°	270°	310°	350°
0°	-2.30	-1.14	0.21	-1.78	-2.08	-0.94	-2.39	-2.00	-2.93
40°	-0.14	1.45	-0.32	-1.27	-0.14	-1.13	-0.99	-1.49	-1.54
80°	-0.61	-2.04	-2.64	-2.37	-3.33	-2.75	-3.49	-3.19	-2.66
120°	-3.42	-3.87	-3.07	-4.86	-4.29	-4.45	-4.36	-3.40	-2.36
160°	4.31	5.47	4.06	3.89	3.66	4.22	4.87	6.37	4.50
200°	-1.36	-2.37	-2.12	-3.19	-2.64	-1.40	-0.15	-1.65	-2.62
240°	-0.39	0.08	-0.53	-0.58	0.58	2.35	0.51	0.10	0.60
280°	2.21	1.85	2.15	2.64	4.30	2.90	2.30	3.15	1.56
320°	-0.43	-0.03	0.83	1.80	0.45	0.28	1.03	-0.30	-0.37
ω_{φ}°	-0.24	-0.07	-0.16	-0.64	-0.39	-0.10	-0.30	-0.27	-0.65
ω_{φ}°	0.07	0.24	0.15	-0.32	-0.08	0.21	0.01	0.04	-0.34

C.17 9面棱体第8组排列互比测量计算实例见表 C.17。

表 C.17

(*)

棱体起始位置	度 盘 位 置								
	35°	75°	115°	155°	195°	235°	275°	315°	355°
0°	0.30	1.23	2.85	0.50	0.53	1.61	0.12	0.44	-0.55
40°	1.37	3.12	1.53	0.33	1.62	0.61	0.69	0.17	0.08
80°	2.08	0.50	0.10	0.28	-0.57	0.20	-0.76	-0.38	0.05
120°	-0.09	-0.59	0.31	-1.64	-0.80	-1.11	-1.02	-0.02	0.90
160°	1.92	2.92	1.77	1.35	1.32	1.95	2.57	4.13	2.04
200°	1.26	0.19	0.58	-0.67	0.14	1.20	2.55	1.03	0.05
240°	4.61	5.04	4.47	4.21	5.60	7.29	5.60	4.96	5.40
280°	-1.07	-1.57	-1.22	-0.88	1.04	-0.34	-1.02	-0.17	-1.96
320°	1.21	1.53	2.67	3.49	2.33	2.00	2.75	1.36	1.23
ω_{φ}^9	1.29	1.37	1.45	0.77	1.25	1.49	1.28	1.28	0.80
ω_{φ}^9	0.07	0.15	0.23	-0.45	0.03	0.27	0.06	0.06	-0.42

C.18 $\omega_{\varphi}^{8,9}$ 计算实例见表 C.18。

表 C.18

(*)

φ	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
ω_{φ}^8	-0.47	-0.36	-0.33	-0.25	-0.14	-0.09	0.06	0.06
$\omega_{\varphi+40}^8$	0.32	0.40	0.28	0.33	0.36	0.35	0.23	0.20
$\omega_{\varphi+80}^8$	0.20	-0.04	0.04	0.10	0.10	0.05	0.12	0.23
$\omega_{\varphi+120}^8$	0.22	0.13	0.08	-0.13	-0.13	-0.25	-0.37	-0.45
$\omega_{\varphi+160}^8$	-0.37	-0.33	-0.19	0.03	-0.31	-0.18	-0.16	-0.02
$\omega_{\varphi+200}^8$	0.11	-0.02	0.03	0.12	0.21	0.37	0.14	0.16
$\omega_{\varphi+240}^8$	0.07	-0.04	-0.03	-0.09	-0.07	-0.07	0.02	0.15
$\omega_{\varphi+280}^8$	0.27	0.41	0.37	0.28	0.18	0.14	-0.06	0.07
$\omega_{\varphi+320}^8$	0.01	-0.13	-0.24	-0.32	-0.23	-0.28	-0.38	-0.47
$\omega_{\varphi}^{8,9}$	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.04	-0.01

C.19 $\omega_{\varphi}^{9,8}$ 计算实例见表 C.19。

表 C.19

(")

φ	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
ω_{φ}^9	-0.47	-0.33	-0.24	-0.09	-0.09	-0.03	0.07	0.07	0.34
$\omega_{\varphi+45}^9$	0.42	0.27	0.48	0.42	0.28	0.24	0.15	0.06	-0.11
$\omega_{\varphi+90}^9$	0.01	0.00	0.20	0.13	0.15	0.23	0.06	0.04	0.08
$\omega_{\varphi+135}^9$	-0.19	-0.20	-0.24	-0.32	-0.45	-0.43	-0.47	-0.32	-0.05
$\omega_{\varphi+180}^9$	-0.36	-0.26	-0.08	0.03	0.06	-0.05	-0.05	0.01	0.15
$\omega_{\varphi+225}^9$	0.31	0.21	0.27	0.09	0.03	-0.05	-0.15	-0.03	-0.01
$\omega_{\varphi+270}^9$	0.01	0.06	0.31	0.47	0.41	0.24	0.15	0.13	0.04
$\omega_{\varphi+315}^9$	0.06	-0.02	0.01	-0.11	-0.26	-0.23	-0.32	-0.34	-0.42
$\omega_{\varphi}^{9,8}$	-0.03	-0.03	0.09	0.08	0.02	-0.01	-0.07	-0.05	0.00

C.20 刻线误差计算实例见表 C.20。

表 C.20

(")

φ	ω_{φ}^9	ω_{φ}^8	$\omega_{\varphi}^{9,8}$	$\omega_{\varphi}^{8,9}$	$\langle \varphi \rangle_1$	$\langle \varphi \rangle_2$	$\langle \varphi \rangle$	v
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (2) + (5)	(7) = (3) + (4)	(8) = 1/2 (6) + (7)	(9) = (6) - (7)
0°	-0.47	-0.47	-0.03	0.04	-0.43	-0.50	-0.47	0.07
5°	-0.33	-0.36	-0.03	0.00	-0.33	-0.39	-0.36	0.06
10°	-0.24	-0.33	0.09	0.00	-0.24	-0.24	-0.24	0.00
15°	-0.09	-0.25	0.08	0.01	-0.08	-0.17	-0.13	0.09
20°	-0.09	-0.14	0.02	0.00	-0.09	-0.12	-0.11	0.03
25°	-0.03	-0.09	-0.01	0.00	-0.03	-0.10	-0.07	0.07
30°	0.07	0.06	-0.07	-0.04	0.03	-0.01	0.01	0.04
35°	0.07	0.06	-0.05	-0.01	0.06	0.01	0.04	0.05
40°	0.34	0.32	0.00	0.04	0.38	0.32	0.35	0.06
45°	0.42	0.40	-0.03	0.00	0.42	0.37	0.40	0.05
50°	0.27	0.28	-0.03	0.00	0.27	0.25	0.26	0.02
55°	0.48	0.33	0.09	0.01	0.49	0.42	0.46	0.07

表 C.20 (续)

φ	ω_{φ}^9	ω_{φ}^8	$\omega_{\varphi}^{9,8}$	$\omega_{\varphi}^{8,9}$	$\langle \varphi \rangle_1$	$\langle \varphi \rangle_2$	$\langle \varphi \rangle$	ν
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (2) + (5)	(7) = (3) + (4)	(8) = 1/2 (6) + (7)	(9) = (6) - (7)
60°	0.42	0.36	0.08	0.00	0.42	0.44	0.43	-0.02
65°	0.28	0.35	0.02	0.01	0.28	0.37	0.33	-0.09
70°	0.24	0.23	-0.01	-0.04	0.20	0.22	0.21	-0.02
75°	0.15	0.20	-0.07	-0.01	0.14	0.13	0.14	0.01
80°	0.06	0.20	-0.05	0.04	0.10	0.15	0.13	-0.05
85°	-0.11	-0.04	0.00	0.00	-0.11	-0.04	-0.08	-0.07
90°	0.01	0.04	-0.03	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
95°	0.00	0.10	-0.03	0.01	0.01	0.07	0.04	-0.06
100°	0.20	0.10	0.09	0.00	0.20	0.19	0.20	0.01
105°	0.13	0.05	0.08	0.00	0.13	0.13	0.13	0.00
110°	0.15	0.12	0.02	-0.04	0.11	0.14	0.13	-0.03
115°	0.23	0.23	-0.01	-0.01	0.22	0.22	0.22	0.00
120°	0.06	0.22	-0.07	0.04	0.10	0.15	0.13	-0.05
125°	0.04	0.13	-0.05	0.00	0.04	0.08	0.06	-0.04
130°	0.08	0.08	0.00	0.00	0.08	0.08	0.08	0.00
135°	-0.19	-0.13	-0.03	0.01	-0.18	-0.16	-0.17	-0.02
140°	-0.20	-0.13	-0.03	0.00	-0.20	-0.16	-0.18	-0.04
145°	-0.24	-0.25	0.09	0.00	-0.24	-0.16	0.20	-0.08
150°	-0.32	-0.37	0.08	-0.04	-0.36	-0.29	0.33	-0.07
155°	-0.45	-0.45	0.02	-0.01	-0.46	-0.43	-0.45	-0.03
160°	-0.43	-0.37	-0.01	0.04	-0.39	-0.38	-0.39	-0.01
165°	-0.47	-0.33	-0.07	0.00	-0.47	-0.40	-0.44	-0.07
170°	-0.32	-0.19	-0.05	0.00	-0.32	-0.24	-0.28	-0.08
175°	-0.05	0.03	0.00	0.01	-0.04	0.03	-0.01	-0.07
180°	-0.36	-0.31	-0.03	0.00	-0.36	-0.34	-0.35	-0.02
185°	-0.26	-0.18	-0.03	0.00	-0.26	-0.21	-0.24	-0.05
190°	-0.08	-0.16	0.09	-0.04	-0.12	-0.07	-0.10	-0.05
195°	0.03	-0.02	0.08	-0.01	0.02	0.06	0.04	-0.04

表 C.20 (续)

φ	ω_{φ}^2	ω_{φ}^8	$\omega_{\varphi}^{9,8}$	$\omega_{\varphi}^{8,9}$	$\langle \varphi \rangle_1$	$\langle \varphi \rangle_2$	$\langle \varphi \rangle$	v
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (2) + (5)	(7) = (3) + (4)	(8) = 1/2 (6) + (7)	(9) = (6) - (7)
200°	0.06	0.11	0.02	0.04	0.10	0.13	0.12	-0.03
205°	-0.05	-0.02	-0.01	0.00	-0.05	-0.03	-0.04	-0.02
210°	-0.05	0.03	-0.07	0.00	-0.05	-0.04	-0.05	-0.01
215°	0.01	0.12	-0.05	0.01	0.02	0.07	0.05	-0.05
220°	0.15	0.21	0.00	0.00	0.15	0.21	0.18	-0.06
225°	0.31	0.37	-0.03	0.00	0.31	0.34	0.33	-0.03
230°	0.21	0.14	-0.03	-0.04	0.17	0.11	0.14	0.06
235°	0.27	0.16	0.09	-0.01	0.26	0.25	0.26	0.01
240°	0.09	0.07	0.08	0.04	0.13	0.15	0.14	-0.02
245°	0.03	-0.04	0.02	0.00	0.03	-0.02	0.01	0.05
250°	-0.05	-0.03	-0.01	0.00	-0.05	-0.04	-0.05	-0.01
255°	-0.15	-0.09	-0.07	0.01	-0.14	-0.16	-0.15	0.02
260°	-0.03	-0.07	-0.05	0.00	-0.03	-0.12	-0.08	0.09
265°	-0.01	-0.07	0.00	0.00	-0.01	-0.07	-0.04	0.06
270°	0.01	0.02	-0.03	-0.04	-0.03	-0.01	-0.02	-0.02
275°	0.06	0.15	-0.03	-0.01	0.05	0.12	0.09	-0.07
280°	0.31	0.27	0.09	0.04	0.35	0.36	0.36	-0.01
285°	0.47	0.41	0.08	0.00	0.47	0.49	0.48	-0.02
290°	0.41	0.37	0.02	0.00	0.41	0.39	0.40	0.02
295°	0.24	0.28	-0.01	0.01	0.25	0.27	0.26	-0.02
300°	0.15	0.18	-0.07	0.00	0.15	0.11	0.13	0.04
305°	0.13	0.14	-0.05	0.00	0.13	0.09	0.11	0.04
310°	0.04	-0.06	0.00	-0.04	0.00	-0.06	-0.03	0.06
315°	0.06	0.07	-0.03	-0.01	0.05	0.04	0.05	0.01
320°	-0.02	0.01	-0.03	0.04	0.02	-0.02	0.00	0.04
325°	0.01	-0.13	0.09	0.00	0.01	-0.04	-0.02	0.05
330°	-0.11	-0.24	0.08	0.00	-0.11	-0.16	-0.14	0.05
335°	-0.26	-0.32	0.02	0.01	-0.25	-0.30	-0.28	0.05

表 C.20 (续)

φ	ω_{φ}^9	ω_{φ}^8	$\omega_{\varphi}^{9,8}$	$\omega_{\varphi}^{8,9}$	$\langle \varphi \rangle_1$	$\langle \varphi \rangle_2$	$\langle \varphi \rangle$	v
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (2) + (5)	(7) = (3) + (4)	(8) = 1/2 (6) + (7)	(9) = (6) - (7)
340°	-0.23	-0.23	-0.01	0.00	-0.23	-0.24	-0.24	0.01
345°	-0.32	-0.28	-0.07	0.00	-0.32	-0.35	-0.34	0.03
350°	-0.34	-0.38	-0.05	-0.04	-0.38	-0.43	-0.41	0.05
355°	-0.42	-0.47	0.00	-0.01	-0.43	-0.47	-0.45	0.04

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \langle \varphi \rangle_{\max} - \langle \varphi \rangle_{\min} \\
 &= 0.48 - (-0.47) \\
 &= 0.95''
 \end{aligned}$$