

JJG

# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG97-202X

## 测角仪

Goniometers

(修订版征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局发布

# 测角仪检定规程

Verification Regulation of  
Goniometers

JJG97-202X

代替 JJG97-2004

本规程经国家市场监督管理总局 XXXX 年 XX 月 XX 日批准，并自 XXXX 年 XX 月 XX 日起实施。

归口单位：全国几何量长度计量技术委员会

起草单位：上海市计量测试技术研究院

参加起草单位：

本规范委托全国几何量长度计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

**参加起草人：**

# 目 录

引言.....	4
1 范围.....	5
2 引用文献.....	错误!未定义书签。
3 概述.....	5
4 计量性能要求.....	6
4.1 主要技术要求.....	错误!未定义书签。
4.2 表面粗糙度要求.....	错误!未定义书签。
4.3 平面度测量范围要求.....	错误!未定义书签。
5 通用技术要求.....	错误!未定义书签。
5.1 外观及表面质量.....	错误!未定义书签。
6 计量器具控制.....	7
6.1 检定条件.....	7
6.2 检定项目.....	9
6.3 检定方法.....	错误!未定义书签。
6.4 检定结果处理.....	错误!未定义书签。
6.5 检定周期.....	错误!未定义书签。
附录 A.....	22
附录 B.....	23
附录 C.....	24
附录 D.....	错误!未定义书签。
附录 E.....	错误!未定义书签。
附录 F.....	错误!未定义书签。
附录 G.....	错误!未定义书签。

## 引言

本规程依据 JJF1002-2010《国家计量检定规程编写规则》的要求和格式编写，根据 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》评定检定结果的测量不确定度。

本规程对 JJG97-2004《测角仪检定规程》进行修订，除编辑性修改外主要技术变化如下：

——在“范围”中增加了双准直光管比较法测角仪，速率转台-自准直动态光电瞄准法测角仪。

——在“检定器具一览表”中用增加了多齿分度台为主标准器的检定。

——以正多面棱体为主标准器来检定测角仪，增加了以多齿分度台为主标准器检定测角仪，并更新了该方法测量的数据表格。

——根据 JJF1002-2010 的要求重新修改检定证书/检定结果通知书内页格式。

——根据 JJF1059.1-2012 的要求增加了测量不确定度的评定。

本规程历次版本的发布情况为：

——JJG97-2004

# 测角仪检定规程

## 1 范围

本规程适用于以圆分度台-自准直仪组合作为标准器的测角仪，以及采用双准直光管比较法测角仪，速率转台-准直动态光电瞄准法测角仪，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。

测角仪从结构组合可分为三类：

第一类：单光轴转台法测角仪。一般由仪器底座、分度转台轴系、一套准直系统组成，准直系统又包括自准直仪和平行光管望远系统两个分类，其中自准直仪既可照准零位也可读取偏差值，而平行光管望远系统一般只用于照准零位。自准直仪法包括下列两种方法：1) 分度转台名义值赋值，自准直仪读取偏差；2) 自准直仪照准目标反射面，分度转台读取实测值。

第二类：双光轴转台法测角仪。一般由仪器底座、转台轴系、两套准直系统组成，主要用于比较法测量，采用高等级角度块（或棱体）传递低等级角度块。组合形式可分两种：其一为采用无读数功能的转台（带微动调节功能）和一套自准直仪读取偏差，转台仅用于调整样品位置，从而照准目标反射面；其二为采用分度转台和两个平行光管望远系统组成的测角仪，两个光管首先呈  $180^\circ$  布局分别瞄准钢质平行平晶的两个工作面校零（或呈  $90^\circ$  布局瞄准钢质垂直四面体的两个工作面校零）。首先，一个光管固定于仪器底座用于照准角度块第一个测量面，另一个光管随分度转台作同步旋转运动并照准角度块另一个测量面，并记录转台第二面位置读数，计算分度转台比较测量的偏差值。

第三类：速率转台-准直动态光电瞄准法测角仪（以下简称动态测角仪）。一般由速率转台、动态光电瞄准系统，上位机等组成，动态平面角度测量过程中，动态光电瞄准系统发出的准直光，经过被测对象平面反射后，回到瞄准系统中，经过电路信号处理后形成触发信号采集转台光栅的角度信息。被侧面的每个表面均

可以采集到一个角度值，记录到上位机的软件中，计算得到任意两个表面的夹角。测量中，转台连续旋转、正反向旋转，通过多次测量减小随机误差，易于实现自动测量。

测角仪底座的材质结构形式可分为：花岗岩平台、铸铁平台或光学隔振平台。测角仪转台可分为：（细分）多齿分度台、光栅（磁栅、容栅）编码器分度转台，机械结构一般为气浮轴承转台、机械滚珠（柱）轴承转台、无磁滑动轴承转台，以及无分度读数功能的转台（带微动调节功能）。

测角仪中的自准直仪、平行光管望远系统包括以下几种形式：有读取偏差值功能的自准直仪，分为由人眼读取瞄准（参考自准直仪检定规程，分度格值和"两种角度单位）和以数字化图像处理为特征的智能自准直仪可以直接连接数据采集系统，仅用于照准目标反射面的平行光管望远系统。

### 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。测角仪主要由圆分度转台自准直仪（或平行光管望远系统）、隔振平台组合而成。装调过程对整套系统影响很大，需要通过控制测角重复性确保整体仪器的精度等级。

测角回程误差一般由机械传动机构的空程引起，传统的细分测微器鼓轮驱动刻线读数、编码器正反驱动微调瞄准过程中都存在测角回程误差。

测角回程差要求列于表 1。

表 1 ( " )

准确度等级	示值误差	测角重复性	测角回程差
1" 级	$\leq 1$	$\leq 0.1$	$\leq 0.2$
2" 级	$\leq 2$	$\leq 0.2$	$\leq 0.4$
5" 级	$\leq 5$	$\leq 0.5$	$\leq 1.0$
10" 级	$\leq 10$	$\leq 1.0$	$\leq 2.0$

### 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 自准直仪、平行光管望远系统成像应清晰，无霉蚀、污点等缺陷，照明应均匀；光电双轴自准直仪需设置正确的曝光度、对比度、采样率。

4.1.3 光学分度转台度盘、测微器、比较读数和照准系统等均不应有断线、脱色等缺陷；光栅分度头转台，读数系统的最小有效位数显示稳定；自动控制转台在设定驱动转角后，转动平稳，无卡滞冲击现象，最小有效位数显示稳定；速率转台相位采集输出稳定，无卡滞冲击现象，最小有效位数显示稳定。

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，其中部区域不允许凸出。

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。样品无夹紧状态下，放置在工作台上需要确保样品底面和工作台面之间需要有足够的静摩擦力，防止转台快速转动时，样品产生惯性滑移。如：加装负压气吸台、磁吸台或压紧装置等。

4.1.6 测角仪主要构件（圆分度转台、准直仪、平行光管望远系统、工作台系统）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 准直仪（平行光管望远系统）光轴相交于转台主轴轴线，对准棱体工作面中心区域。

4.2.2 准直仪（平行光管望远系统）光轴平行于转台旋转工作面。

4.2.3 光学手动自准直仪读数视场中度分秒刻线成像的相对位置应正确并无目力可见的视差。双轴光电自准直仪设置恰当的曝光量、对比度和采样率，无明显塔差，屏幕十字线清晰，数显示值稳定。

4.3 度盘偏心。对于手动鼓轮细分旋转圆分度台，度盘同一刻度圆的各刻线端点，相对于视场某固定参考电，不应有目力可见的径向移动。对于编码器原理圆分度台以及速率转台，可在芯轴孔里插入莫氏锥棒或安装同轴花盘，采用电感测微仪测量径向跳动。

## 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



检定用器具见表 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 (4) 0.2'' 多齿分度台（391 齿）
2''级	(1) 三等 23 面棱体 (2) 0.2'' 多齿分度台（391 齿）
5''级	(1) 四等 24 面棱体 (2) 0.5'' 多齿分度台（391 齿或 720 齿）
10''级	(1) 四等 12 面棱体 (2) 0.5'' 多齿分度台（391 齿或 720 齿）

### 5.1.2 环境条件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/ $\mu\text{m}$	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/(")	$\pm 2$	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 1$
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 /°C	环境温度每小时变化量 °C/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	度盘偏心	+	+	-
4	塔差	+	+	-
5	回程差	+	+	-
6	测角重复性	+	+	+
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 度盘偏心

5.2.3.1 对于手动鼓轮细分旋转圆分度台。度盘同一刻度圆的各刻线端点，相对于视场某固定参考电，不应有目力可见的径向移动。

5.2.3.2 对于编码器原理圆分度台以及速率转台。可在芯轴孔里插入莫氏锥棒或安装同轴花盘，采用电感测微仪测量径向跳动。

5.2.3.3 对于 1" 级细分多齿分度台、光栅分度头转台。通过其制造过程中良好的工艺控制，偏心量引起测角仪示值误差的分量可以忽略不计。

### 5.2.4 旋转工作台塔差

当自准直仪光轴与转台旋转工作面不平行时，产生样品的两个反光测量面不垂直与转台旋转工作面，不能沿光轴水平反射回平行光管。表象为两次照准在双轴光电自准直仪的十字光标的水平线在竖直方向上不重合。一般可采用反光工作面与基准安装面垂直度符合要求的偶数正多面棱体，同轴安装在转台工作面上，采用电子水平仪调整转台工作台的水平度，然后用自准直仪瞄准正多面棱体的第一个工作面，工作台带动正多面棱体旋转  $180^\circ$ ，自准直仪再次照准与第一个工作面平行的另一个工作面，观察十字光标的水平线在竖直方向上的偏差值，调整自准直光管光轴的俯仰角，尽量减小偏差值，上述步骤反复多次即可将光轴调至水平，将旋转工作台塔差控制到偏差值  $\leq 10''$ 。

### 5.2.5 回程差

#### 5.2.5.1 机械鼓轮读数方式的转台

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，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。

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

### 5.2.5.2 光电轴角编码器转台

回程误差采用棱体法，自准直仪读数，转台正、反向各测量一周（正反测量点位置相同），取各测量点正、反读数值之差的绝对值中最大者作为测角仪回程误差值。

### 5.2.6 测角重复性

#### 5.2.6.1 分度转台测角重复性

采用转台细分读数法的测角重复性，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  $0^\circ$ ， $90^\circ$ ， $180^\circ$ ， $270^\circ$  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  $0^\circ$  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  $30^\circ$  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  $0^\circ$  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  $330^\circ$  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带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：

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

及

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

分别求出式（5）与式（6）各对应测量值之差值得：

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

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。

#### 5.2.6.2 自准直仪测角重复性

采用自准直仪或光管比较读数法的测角重复性主要反映受检仪器反光面平面度、表面粗糙度及照准、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  $0^\circ$ ， $90^\circ$ ， $180^\circ$ ， $270^\circ$  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  $0^\circ$  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  $30^\circ$  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  $b_0$ ， $b_{30}$ ， $\dots$ ， $b_{330}$  等 12 个算术平均值，以此作为往测。

然后，重新照准棱体  $0^\circ$  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  $330^\circ$  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  $b'_0$ ， $b'_{30}$ ， $\dots$ ， $b'_{330}$  等 12 个算术平均值，以此作为返测。

在整个测量过程中应不带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：

$$\left. \begin{aligned} b_{30} - b_0 &= c_{0,30} \\ b_{60} - b_{30} &= c_{30,60} \\ &\dots\dots\dots \\ b_0 - b_{330} &= c_{330,0} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

及

$$\left. \begin{aligned} b'_{30} - b'_0 &= c'_{0,30} \\ b'_{60} - b'_{30} &= c'_{30,60} \\ &\dots\dots\dots \\ b'_0 - b'_{330} &= c'_{330,0} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

分别求出式(5)与式(6)各对应测量值之差值得:

$$\left. \begin{aligned} c_{0,30} - c'_{0,30} &= v_1 \\ c_{30,60} - c'_{30,60} &= v_2 \\ &\dots\dots\dots \\ c_{330,0} - c'_{330,0} &= v_{12} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

仪器测角仪重复性 $s_r$ 按下式求得:

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

式中:  $n$ —— $v$  的个数,  $n=12$ 。

### 5.2.7 示值误差

对于细分分度台准直光管零位照准原理的测角仪, 其示值误差  $F$  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。

对于整数倍分度台自准直仪比较读数原理的测角仪, 其示值误差  $F$  主要由自准直仪误差  $K_1$ , 和度盘最大间隔误差(或直径误差, 以下同)  $K_2$  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(13)计算  $F$  值(即采用 5.7.2.1 之方法)。同理, 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, 应分别检定自准直仪最大误差  $K_1$  和度盘最大间隔误差  $K_2$ , 然后按公式(14)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。

$$F = \sqrt{J_1^2 + J_2^2} \quad (13)$$

$$F = \sqrt{K_1^2 + K_2^2} \quad (14)$$

对于  $2''$ 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  $5''$ 级测角仪可采用四等 24 面棱体,  $10''$ 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 $1''$ 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  $\rho$ ) 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  $\beta_1$  ( $\beta_1 \approx 1'$ )，将常角  $\beta_1$  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  $\beta_1$  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  $\beta_1$  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

$$d_{0,1} = b_1 - a_1 \quad (14)$$

然后, 改变常角 $\beta_1$ 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 $\beta_1$ 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 $\beta_1$ 的另一工作面, 取 3 次照准、读数的算术平均值  $b_2$ , 则

$$d_{1,2} = b_2 - a_2 \quad (15)$$

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:

$$\left. \begin{aligned} \tau_{0,1} &= \frac{1}{5}(\rho + d_{1,2} + d_{1,3} + d_{1,4} + d_{1,5} - d_{0,1} - d_{0,2} - d_{0,3} - d_{0,4}) \\ \tau_{0,2} &= \frac{1}{5}(2\rho + d_{2,3} + d_{2,4} + d_{2,5} + d_{1,5} - d_{0,4} - d_{0,3} - d_{0,2} - d_{1,2}) \\ \tau_{0,3} &= \frac{1}{5}(3\rho + d_{3,4} + d_{3,5} + d_{2,5} + d_{1,5} - d_{0,4} - d_{0,3} - d_{1,3} - d_{2,3}) \\ \tau_{0,4} &= \frac{1}{5}(4\rho + d_{4,5} + d_{3,5} + d_{2,5} + d_{1,5} - d_{0,4} - d_{1,4} - d_{2,4} - d_{3,4}) \\ \tau_{0,5} &= \rho \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

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系法进行。

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  $45^\circ$ ) 应分别从度盘  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $\dots$ ,  $40^\circ$  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  $40^\circ$ ）分别从度盘  $0^\circ$ ， $5^\circ$ ， $10^\circ$ ， $\dots$ ， $35^\circ$  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

排列互比顺序	度 盘 起 始 位 置							
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

排列互比顺序	度 盘 起 始 位 置								
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	10 5	14 5	185	225	265	305	345
第 7 组	30	70	110	15 0	190	230	270	310	350
第 8 组	35	75	115	15 5	195	235	275	315	355

通过排列互比测量可分别按式(13)~(16)计算出 $\omega_{\varphi}^8$  ( $\varphi = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, \dots, 40^\circ$ )和 $\omega_{\varphi}^9$  ( $\varphi = 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, \dots, 35^\circ$ )。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  $0^\circ 0' 0''$  附近, 调整平行光管和望远镜管使之照准棱体  $0^\circ$  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  $45^\circ$  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  $0^\circ$  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  $0^\circ 0' 0''$ , 将棱体沿度盘读数递减方向绕旋转轴旋转  $45^\circ$ , 照准棱体  $45^\circ$  工作面; 以与第 1 系列相同方法, 从棱体  $45^\circ$  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  $45^\circ$  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 $\omega_{\varphi}^8$ 值。

$$\left. \begin{aligned} \omega_{0+\varphi}^8 &= (a_{0+\varphi} + b_{0+\varphi} + \dots + h_{0+\varphi})/8 \\ \omega_{45+\varphi}^8 &= (a_{45+\varphi} + b_{45+\varphi} + \dots + h_{45+\varphi})/8 \\ &\dots\dots\dots \\ \omega_{315+\varphi}^8 &= (a_{315+\varphi} + b_{315+\varphi} + \dots + h_{315+\varphi})/8 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

$$\left. \begin{aligned} \omega_{0+\varphi}^8 &= \omega_{0+\varphi}^{8'} - (\omega_{0+\varphi}^{8'} + \omega_{45+\varphi}^{8'} + \dots + \omega_{315+\varphi}^{8'})/8 \\ \omega_{45+\varphi}^8 &= \omega_{45+\varphi}^{8'} - (\omega_{0+\varphi}^{8'} + \omega_{45+\varphi}^{8'} + \dots + \omega_{315+\varphi}^{8'})/8 \\ &\dots\dots\dots \\ \omega_{315+\varphi}^8 &= \omega_{315+\varphi}^{8'} - (\omega_{0+\varphi}^{8'} + \omega_{45+\varphi}^{8'} + \dots + \omega_{315+\varphi}^{8'})/8 \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

式(13)、(14)中 $\varphi$ 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 $\omega_\varphi^9$ 值。

$$\left. \begin{aligned} \omega_{0+\varphi}^9 &= (a_{0+\varphi} + b_{0+\varphi} + \dots + i_{0+\varphi})/9 \\ \omega_{40+\varphi}^9 &= (a_{40+\varphi} + b_{40+\varphi} + \dots + i_{40+\varphi})/9 \\ &\dots\dots\dots \\ \omega_{320+\varphi}^9 &= (a_{320+\varphi} + b_{320+\varphi} + \dots + i_{320+\varphi})/9 \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

表 8  $\omega_\varphi^8$  计算中的测量值读数

表 9  $\omega_\varphi^9$  计算中的测量值读数

$$\left. \begin{aligned} \omega_{0+\varphi}^9 &= \omega_{0+\varphi}^{9'} - (\omega_{0+\varphi}^{9'} + \omega_{40+\varphi}^{9'} + \dots + \omega_{320+\varphi}^{9'})/9 \\ \omega_{40+\varphi}^9 &= \omega_{40+\varphi}^{9'} - (\omega_{0+\varphi}^{9'} + \omega_{40+\varphi}^{9'} + \dots + \omega_{320+\varphi}^{9'})/9 \\ &\dots\dots\dots \\ \omega_{320+\varphi}^9 &= \omega_{320+\varphi}^{9'} - (\omega_{0+\varphi}^{9'} + \omega_{40+\varphi}^{9'} + \dots + \omega_{320+\varphi}^{9'})/9 \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

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

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 $270^\circ$ 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 $5^\circ$ )计 72 个 $w$ 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

$$\omega_{\varphi}^{8,9} = \frac{1}{9}(\omega_{\varphi}^8 + \omega_{\varphi+40}^8 + \omega_{\varphi+80}^8 + \dots + \omega_{\varphi+320}^8) \quad (21)$$

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

$$\omega_{\varphi}^{9,8} = \frac{1}{8}(\omega_{\varphi}^9 + \omega_{\varphi+45}^9 + \omega_{\varphi+90}^9 + \dots + \omega_{\varphi+315}^9) \quad (22)$$

( $\varphi$ 分别为  $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, \dots, 45^\circ$ )

度盘刻线误差用 $\langle\varphi\rangle$ 表示, 则

$$\langle\varphi\rangle_1 = \omega_{\varphi}^9 + \omega_{\varphi}^{8,9} \quad (23)$$

$$\langle\varphi\rangle_2 = \omega_{\varphi}^8 + \omega_{\varphi}^{9,8} \quad (24)$$

$$\langle\varphi\rangle = \frac{1}{2}\{\langle\varphi\rangle_1 + \langle\varphi\rangle_2\} \quad (25)$$

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( $\varphi$ ), 即

$$(\varphi)_1 = \frac{1}{2}\{\langle\varphi\rangle_1 + \langle\varphi+180^\circ\rangle_1\} \quad (26)$$

$$(\varphi)_2 = \frac{1}{2}\{\langle\varphi\rangle_2 + \langle\varphi+180^\circ\rangle_2\} \quad (27)$$

$$(\varphi) = \frac{1}{2}[(\varphi)_1 + (\varphi)_2] \quad (28)$$

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

$$F_2 = \langle\varphi\rangle_{\max} - \langle\varphi\rangle_{\min} \quad (29)$$

或

$$F_2 = (\varphi)_{\max} - (\varphi)_{\min} \quad (30)$$

取相同 $\varphi$ 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 $u$ ,

$$v_i = \langle\varphi\rangle_1 - \langle\varphi\rangle_2 \quad (31)$$

或

$$v_i = (\varphi)_1 - (\varphi)_2 \quad (32)$$

则

$$u = \sqrt{\frac{\sum v^2}{2n}} \quad (33)$$

### 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  $0^{\circ}0'0''$  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  $a_2$ 。上述相同方法依次照准棱体第 3, 4,  $\dots$ , 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  $a_0$  应一致,其差值应不超过  $0.15''$ ,否则该组测量应重检。

$$F_{ai} = (a_i - a_1) - \beta_i \quad (34)$$

式中:  $\beta$ ——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(自准直仪照准)棱体第 1 工作面中心,与上述 a) 相同方法得:

$$F_{bi} = (b_i - b_1) - \beta_i \quad (35)$$

$$F_1 = F_{ai,max} - F_{ai,min} \quad (36)$$

$$F_2 = F_{bi,max} - F_{bi,min} \quad (37)$$

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

测角仪回程差的检定记录及计算实例

序号	分度转台输出值	棱体角度值 (23 面正多面棱 体)	自准直仪读数 (正测) " $a_i$	自准直仪读数 (反测) " $b_i$	测角回程误 差 " $s_i=b_i-a_i$
1	0° 0' 0"	0° 0' 0"	0.0	0.1	0.1
2	15° 39' 7.8"	15° 39' 8.5"	0.8	0.9	0.1
3	31° 18' 15.7"	31° 18' 16.3"	0.6	0.6	0.0
4	46° 57' 23.5"	46° 57' 22.1"	0.2	0.1	-0.1
5	84° 42' 21.2"	84° 42' 19.8"	0.4	0.3	-0.1
6	78° 15' 39.1"	78° 15' 37.1"	0.4	0.5	0.1
7	93° 54' 47.0"	93° 54' 45.8"	0.4	0.4	0.0
8	109° 33' 54.8"	109° 33' 53.1"	1.0	1.2	0.2
9	125° 13' 2.6"	125° 13' 0.8"	0.6	0.7	0.1
10	140° 52' 10.4"	140° 52' 10.0"	0.5	0.4	-0.1
11	156° 31' 18.3"	156° 31' 18.2"	0.9	0.8	-0.1
12	172° 10' 26.1"	172° 10' 25.3"	0.8	0.7	-0.1
13	187° 49' 33.9"	187° 49' 33.4"	0.9	0.9	0.0
14	203° 28' 41.7"	203° 28' 41.6"	1.0	1.2	0.2
15	219° 7' 49.6"	219° 7' 49.3"	0.6	0.6	0.0
16	234° 46' 57.4"	234° 46' 56.7"	0.5	0.5	0.0
17	250° 26' 5.2"	250° 26' 5.0"	0.9	0.9	0.0
18	266° 5' 13.0"	266° 5' 13.3"	1.0	1.1	0.1
19	281° 44' 20.9"	281° 44' 21.0"	0.6	0.6	0.0
20	297° 23' 28.7"	297° 23' 29.3"	0.5	0.5	0.0
21	313° 2' 36.5"	313° 2' 35.8"	0.9	0.9	0.0
22	328° 41' 44.3"	328° 41' 44.0"	0.8	1.0	0.2
23	344° 20' 52.2"	344° 20' 51.4"	0.9	0.9	0.0

## 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"



## 附录 C

## 排列互比测量计算实例

C.1 正 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
u'	2.62	3.49	3.13	2.96	2.78	3.46	3.11	3.16
o。	-0.47	0.40	0.04	-0.13	-0.31	0.37	0.02	0.07

C.28 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
	0.91	1.55	1.37	1.14	1.09	1.41	1.42	1.28
w。	-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
u)'	-1.51	-0.85	-1.07	-1.43	-1.34	-1.02	-0.91	-1.31
w。	-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
u'	0.03	0.63	0.33	-0.10	0.25	0.34	0.68	0.03
u	-0.25	0.36	0.05	-0.37	-0.02	0.07	0.41	-0.24

C.58 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°	2005	2450	290°	3350
0°	0.09	0.15	-0.2	-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
w <sup>o</sup> '	-0.85	-0.37	-0.59	-1.16	-0.60	-0.76	-0.34	-1.04
u'。	-0.14	0.35	0.12	-0.45	0.11	-0.04	0.37	-0.32

C.68 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°	1150	160	2056	250°	295°	3400
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
u'	0.73	1.06	1.05	0.45	0.80	0.79	1.10	0.59
u	-0.09	0.23	0.23	-0.37	-0.02	-0.03	0.28	-0.23

C.78 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
a)。	-0.72	-0.58	-0.57	-1.11	-0.75	-0.87	-0.60	-1.06
w	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
	0.00	0.15	0.08	-0.24	0.07	-0.13	0.09	-0.43
8	0.06	0.20	0.13	-0.19	0.12	-0.07	0.14	-0.38

C.98 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
a'	0.32	-0.04	0.08	0.03	0.22	-0.07	-0.05	-0.46
w。	0.32	-0.04	0.08	0.03	0.21	-0.07	-0.06	-0.47

C. 109 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
a°'	-0.95	-0.14	-0.43	-0.42	-0.91	-0.42	-0.39	-0.17	-0.50
o°	-0.47	0.34	0.06	0.06	-0.43	0.06	0.09	0.31	-0.02

C.119 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
w°'	-0.89	-0.13	-0.67	-0.51	-1.02	-0.61	-0.53	-0.08	-0.54
a g	-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
9	-0.99	-0.48	-0.74	-0.67	-1.07	-0.80	-0.80	-0.33	-0.86
w <sup>9</sup>	-0.24	0.27	0.01	0.08	-0.32	-0.05	-0.05	0.41	-0.11

C. 139 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
w <sub>9</sub> ′	0.82	1.39	0.90	0.72	0.86	0.92	0.76	1.15	0.65
w°	-0.09	0.48	0.00	-0.19	-0.05	0.01	-0.15	0.24	-0.26

C. 149 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
w°'	0.47	0.98	0.76	0.36	0.20	0.72	0.54	0.71	0.34
.9	-0.09	0.42	0.20	-0.20	-0.36	0.15	-0.03	0.15	-0.23

C. 159 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
w <sup>9</sup> ′	-0.11	0.20	0.05	-0.32	-0.34	0.23	-0.09	0.05	-0.40
u <sub>9</sub>	-0.03	0.28	0.13	-0.24	-0.26	0.31	-0.01	0.13	-0.32

C. 169 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
w <sup>o</sup> ′	-0.24	-0.07	-0.16	-0.64	-0.39	-0.10	-0.30	-0.27	-0.65
o°	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
w°	1.29	1.37	1.45	0.77	1.25	1.49	1.28	1.28	0.80
9 Ug	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

9	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
$\omega_{\varphi}^8$	-0.47	-0.36	-0.33	-0.25	-0.14	-0.09	0.06	0.06
$u^3g+40$	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

$\varphi$	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
$\omega_{\varphi}^9$	-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
$\omega_{\varphi+225}^9$	0.3	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(″)

9	$u^\circ$	$\omega_{\varphi}^8$	$u^\circ$ ,	a?	$\langle\varphi\rangle$ :	$\langle\varphi\rangle$	$\langle\varphi\rangle$	U
					(6)=	(7)=	(8)=1/2	(9)=
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(2)+(5)	(3)+(4)	(6)+(7)	(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
9	a <sub>9</sub>	w'。	, <sup>9</sup> u	$\omega_{\varphi}^{8,9}$	$\langle\varphi\rangle 1$	$\langle\varphi\rangle 2$	$\langle\varphi\rangle$	V
					(6)=	(7)=	(8)=1/2	(9)=
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(2)+(5)	(3)+(4)	(6)+(7)	(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	0.0	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	0.0	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	0.0	-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
9	w <sub>9</sub>	u <sub>°</sub>	w <sub>9</sub>	$\omega_{\varphi}^{8,9}$	<φ>1	<φ>	<φ>	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	-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	-0.0:
230 °	0.21	0.14	-0.03	-0.04	0.17	0.11	0.14	0.06
235 °	0.27	0.16	0.09	-0.0	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	0.0
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
φ	$\omega_{\varphi}^9$	$\omega_{\varphi}^8$	$\omega_{\varphi}^{9.8}$	$\omega_{\varphi}^{8.9}$	$\langle \varphi \rangle 1$	$\langle \varphi \rangle 2$	$\langle \varphi \rangle$	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	-0.4	0.05
355°	-0.42	-0.47	0.00	-0.01	-0.43	-0.47	-0.45	0.04

o								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

---