



中华人民共和国国家计量检定规程

JIG 472—1997

多 齿 分 度 台

Precise Angle Dividing Table

1997—10—24 发布

1998—05—01 实施

国家技术监督局 发布

本规程主要起草人：

薛润秋 （上海市计量测试技术研究院）

张瑶珍 （中国船舶工业总公司第六三五四研究所）

顾耀宗 （上海市计量测试技术研究院）

参加起草人：

范天泉 （中国科学院光电技术研究所）

曹学东 （中国科学院光电技术研究所）

多齿分度台检定规程

Verification Regulation of

Precise Angle Dividing Table

JJG 472—1997

代替 JJG 472—1986

本检定规程经国家技术监督局于 1997 年 10 月 24 日批准，并自 1998 年 05 月 01 日起施行。

归口单位：上海市技术监督局

起草单位：上海市计量测试技术研究院

中国船舶工业总公司第六三五四研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释

目 录

一 概述	(1)
二 技术要求	(1)
三 检定项目与检定条件	(3)
四 检定方法	(3)
五 检定结果处理和检定周期	(8)
附录1 多齿分度台测角重复性的检定计算示例	(9)
附录2 多齿分度台最大分度间隔误差的检定计算示例	(10)

多齿分度台检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的不带细分机构的多齿分度台的检定。

一 概 述

多齿分度台（以下简称分度台）是利用齿数、齿形、直径均相同的一对端面齿盘，在不同位置啮合而进行圆周分度的器具。由于分度台有多齿啮合平均效应的特点，因而能获得较高的分度准确度。

分度台可作为角度计量标准器具，用于角度精密测量，也可作为精密加工中的圆分度装置。

分度台根据其最大分度间隔误差 Δ 的大小分为 0 级、1 级和 2 级（对应于平面角计量器具检定系统中的 2 等、3 等和 4 等）。

0 级（2 等）多齿分度台 $\Delta \leq 0.2''$ ；

1 级（3 等）多齿分度台 $0.2'' < \Delta \leq 0.5''$ ；

2 级（4 等）多齿分度台 $0.5'' < \Delta \leq 2.0''$ 。

多齿分度台的外形如图 1。

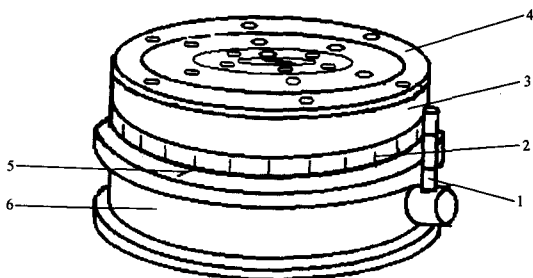


图 1

1—升降机构；2—刻度圈；3—上齿盘；4—工作台面；5—固定指标线；6—下齿盘

二 技 术 要 求

1 外观

1.1 分度台外表不应有锈蚀、碰伤，镀铬表面不应有脱落等缺陷。

- 1.2 分度台工作台面不应有毛刺和明显的划伤。
- 1.3 刻线和刻字应端正、清晰、均匀、无断线等弊病。
- 1.4 分度台啮合后刻度圈的刻线与固定指标线应对齐。
- 1.5 分度台应有制造厂名（或商标）和出厂编号等标志。
- 1.6 对使用中和修理后的分度台，允许有不影响准确度的上述缺陷。
- 2 各部分相互作用
- 升降灵活，锁紧可靠；上下齿盘脱离啮合时，旋转应平稳，无明显晃动。
- 3 分度台工作台面表面粗糙度
- 工作台面表面粗糙度 R_a 应不大于 $0.05 \mu\text{m}$ 。
- 4 分度台工作台面平面度
- 工作台面平面度应不超过表 1 的规定，并且不允许中间凸起。

表 1 μm

多齿分度台 直径 D (mm)	0 级		1 级		2 级	
	平面度	平行度或 垂直度	平面度	平行度 或垂直度	平面度	平行度或 垂直度
$50 < D \leq 100$	2	3	4	6	4	10
$100 < D \leq 160$	3	4	5	8	5	12
$160 < D \leq 250$	4	6	6	9	6	15
$250 < D \leq 400$	5	8	8	12	8	20
$400 < D \leq 600$	—	—	10	15	10	25
$600 < D \leq 1000$	—	—	12	18	12	30

- 5 分度台任意位置啮合时工作台面与底平面的平行度或垂直度应不超过表 1 的规定。
- 6 分度台测角重复性 $\Delta_{\text{重}}$
- 0 级 $\leq 0.06''$ ；1 级 $\leq 0.12''$ ；2 级 $\leq 0.20''$ 。
- 7 分度台的分度误差
- 分度台的分度误差以分度台的最大分度间隔误差 Δ 来表示，最大分度误差及其测量结果的不确定度应不超过表 2 的规定。

表 2 (″)

多齿分度台级别	0 级	1 级	2 级
最大分度误差 Δ	0.2	0.5	2.0
测量结果的不确定度 U	0.06	0.12	0.20

三 检定项目与检定条件

8 检定项目与主要检定工具列于表 3。

表 3

序号	检定项目	主要检定工具	检定类别		
			新制的	修理后	使用中
1	外观	—	+	+	+
2	各部分相互作用	—	+	+	+
3	工作台面表面粗糙度	表面粗糙度轮廓仪	+	-	-
4	工作台面平面度	0 级刀口尺	+	-	-
5	分度台任意位置啮合时工作台面与底平面的平行度或垂直度	测微表、1 级平板、5 等量块	+	+	-
6	分度台测角重复性	1 级正多面棱体、分度值不大于 0.2" 自准直仪	+	+	+
7	分度台分度误差	1 级正多面棱体，分度值不大于 0.2" 自准直仪，平面反射镜	+	+	+

注：表中“+”表示该项应检定；“-”表示该项可不检定。

9 检定分度台的室温应为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，每小时变化不大于 0.5°C 。多齿分度台及其主要检定工具必须在检定室内恒温 24h 方可进行检定。

四 检定方法

10 外观

目力观察试验。

11 各部分相互作用

操作试验。

12 分度台工作台面表面粗糙度

用表面粗糙度轮廓仪在分度台工作台面不少于 3 个位置处进行测量。

13 分度台工作台面平面度

采用尺寸不小于工作台面直径的 0 级刀口尺用光隙法，在工作台面任意两个相互垂直的位置处进行测量。距离工作台面内、外边缘 5 mm 内允许塌边。

也可采用其他方法进行测量。

14 分度台任意位置啮合时工作台面与底平面的平行度或垂直度

首先将分度台安放在 1 级平板上，把一块 5~10 mm 的 5 等量块放置在分度台工作台上离边缘 15 mm 左右位置处。将测微表座固定在平板上，并使测微表与量块接触。检定时，测微表不动，转动分度台，从测微表上依次测得整周范围内均匀分布的 4 个位置的数值，根据数值计算其平行度。其平行度的测量应在分度台 0° ， 90° ， 180° ， 270° 4 个啮合位置分别进行。最后取其中平行度最大值为检定结果。

对于主轴处于水平状态的分度台，在检定其任意位置啮合时工作台面与底平面垂直度时，首先将分度台安放在 1 级平板上，测微表座固定在平板上，用手持一块 5~10 mm 的 5 等量块，使量块放置在分度台工作台上离边缘 15 mm 左右位置处。并使测微表与量块接触。检定时测微表不动，转动分度台，从测微表上依次测得整周范围内均匀分布的 4 个位置的数值，根据数值计算其垂直度。其垂直度的测量应在分度台 0° ， 90° ， 180° ， 270° 4 个啮合位置分别进行。最后取其中垂直度最大值为检定结果。

15 分度台测角重复性

将分度台、正多面棱体（以下简称棱体）和自准直仪按图 2 所示位置安放在基座上，调整定位夹具的轴心（棱体的轴心）与分度台回转中心重合，其偏差不大于 0.01 mm，棱体的轴线应与分度台的转轴相平行。调整自准直仪，使其十字线分划板的竖线与被检分度台回转轴线平行。自准直仪视轴应垂直于棱体工作面并与其中心重合。待自准直仪稳定后，即可开始检定。

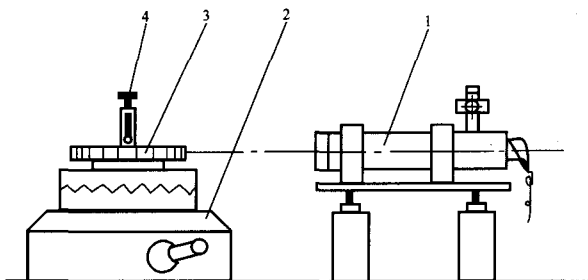


图 2

1—自准直仪；2—多齿分度台；3—正多面棱体；4—专用定位夹具

测量间隔应在圆周均匀分布不少于 12 个位置处进行。

检定时, 分度台以 0° 为起始, 自准直仪对准棱体 0° 工作面, 并进行 3 次对准读数, 得 3 次读数的算术平均值为 \bar{a}_0 , 然后, 将分度台按刻度圈角值增加方向旋转 30° , 在自准直仪上再次进行 3 次对准读数, 得读数平均值 \bar{a}_{30} , 依次以 30° 为间隔进行测量, 分别测得 $\bar{a}_{60}, \bar{a}_{90}, \dots, \bar{a}_{330}$ 。最后回到棱体 0° 位置。然后进行与上述相同方向的第 2 周测量, 分别测得 $\bar{a}'_0, \bar{a}'_{30}, \dots, \bar{a}'_{330}$ 。

分别计算棱体各相邻工作角的测量值:

$$\left. \begin{aligned} \bar{a}_{30} - \bar{a}_0 &= \bar{C}_{0-30} \\ \bar{a}_{60} - \bar{a}_{30} &= \bar{C}_{30-60} \\ &\vdots \\ \bar{a}_0 - \bar{a}_{330} &= \bar{C}_{330-0} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

按上述过程进行第 2 周操作, 又可得到一组数据, 均以带撇号表示, 则有:

$$\left. \begin{aligned} \bar{a}'_{30} - \bar{a}'_0 &= \bar{C}'_{0-30} \\ \bar{a}'_{60} - \bar{a}'_{30} &= \bar{C}'_{30-60} \\ &\vdots \\ \bar{a}'_0 - \bar{a}'_{330} &= \bar{C}'_{330-0} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

分别求出式 (1) 与式 (2) 各对应测量值之差值, 即:

$$\left. \begin{aligned} C_{0-30} - C'_{0-30} &= v_1 \\ C_{30-60} - C'_{30-60} &= v_2 \\ &\vdots \\ C_{330-0} - C'_{330-0} &= v_{12} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

分度台测角重复性 $\Delta_{\text{重}}$ 为:

$$\Delta_{\text{重}} = \pm 3 \sqrt{\frac{[vv]}{2n}} \quad (4)$$

式中, n 为 v 的个数。

分度台测角重复性的检定计算示例见附录 1。

16 分度台分度误差

分度台分度误差可采用 1 级棱体与被检分度台以排列互比法检定, 也可采用两台分度台以排列互比法检定。

391 齿分度台用 23 (或 17) 面棱体检定, 552 齿分度台用 23 (或 24) 面棱体检定,

360, 720 和 1 440 齿分度台, 新制造的用 24 面棱体检定; 修理后和使用中的, 用 12 面棱体检定。

下面以正 24 面棱体与多齿分度台排列互比法检定为例, 简述检定方法。

检定时, 多齿分度台、多面棱体以及自准直仪的安装, 调整方法和第 16 条相同。整个检定分 24 个系列进行测量。

第 1 系列, 分度台以 0° 为起始位置, 自准直仪照准棱体 0° 工作面, 取 3 次读数的算术平均值为 $\bar{a}_{1,1}$ 。然后, 将分度台按刻度值增加方向旋转 15° , 在自准直仪上取 3 次读数的算术平均值为 $\bar{a}_{1,2}$, 接着依次以 15° 为间隔测量, 分别读得 $\bar{a}_{1,3}, \bar{a}_{1,4}, \dots, \bar{a}_{1,24}$, 最后回到分度台 0° 位置, 读取回零读数 $\bar{a}'_{1,1}$ 。在所有的测量系列中, 回零误差对于 0 级分度台不应超过 $0.15''$; 对于 1 级分度台不应超过 $0.2''$; 对于 2 级分度台不应超过 $0.3''$, 否则重测。

测量第 2 系列时, 分度台仍以 0° 为起始位置, 将棱体转至 15° , 使自准直仪照准棱体 15° 工作面。与第 1 系列相同方向测量, 分别得 $\bar{a}_{2,1}, \bar{a}_{2,2}, \dots, \bar{a}_{2,24}$, 最后仍回到分度台 0° 位置, 读取 $\bar{a}'_{2,1}$ 。其他各系列均按上述方法依次进行测量, 将全部读数填入表 4。

按式 (5) 计算表 4 中的竖列和 S_j :

$$S_j = a_{1,j} + a_{2,j} + \dots + a_{24,j} = \sum_{i=1}^{24} a_{i,j} \quad (5)$$

按式 (6) 求出分度台的零起分度误差 Δa_j :

$$\Delta a_j = \frac{S_j - S_1}{24} \quad (6)$$

取零起分度误差的最大值与最小值之差的绝对值作为分度台的最大分度间隔误差。

检定分度台最大分度间隔误差的不确定度 U 为:

$$U = \pm 3 \sqrt{\frac{2[vv]}{n(n-1)(n-2)}} \quad (7)$$

式中: v ——残差;

n ——测量系列数。

$$\left. \begin{aligned} v_{i,j} &= a_{i,j} - (A_j - B_{i+j-1}) - C_i & (i+j-1 \leq n) \\ v_{i,j} &= a_{i,j} - (A_j - B_{i+j-n-1}) - C_i & (i+j-1 > n) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} [vv] &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{n-j+1} (a_{i,j} - A_j + B_{i+j-1} - C_i)^2 \\ &+ \sum_{j=2}^n \sum_{i=n-j+2}^n (a_{i,j} - A_j + B_{i+j-n-1} - C_i)^2 \end{aligned} \quad (9)$$

表 4

测量值 多面体位置 i $a_{i,j}$ ($^{\circ}$)	多齿分度台位置 j ($^{\circ}$)		1	2	3	4	5	21	22	23	24	回零
	0°	15°	30°	45°	60°	.....	300°	315°	330°	345°		
1	$a_{1,1}$	$a_{1,2}$	$a_{1,3}$	$a_{1,4}$	$a_{1,5}$	.....	$a_{1,21}$	$a_{1,22}$	$a_{1,23}$	$a_{1,24}$	$a'_{1,1}$	
2	$a_{2,1}$	$a_{2,2}$	$a_{2,3}$	$a_{2,4}$	$a_{2,5}$	.....	$a_{2,21}$	$a_{2,22}$	$a_{2,23}$	$a_{2,24}$	$a'_{2,2}$	
3	$a_{3,1}$	$a_{3,2}$	$a_{3,3}$	$a_{3,4}$	$a_{3,5}$	.....	$a_{3,21}$	$a_{3,22}$	$a_{3,23}$	$a_{3,24}$	$a'_{3,3}$	
4	$a_{4,1}$	$a_{4,2}$	$a_{4,3}$	$a_{4,4}$	$a_{4,5}$	.....	$a_{4,21}$	$a_{4,22}$	$a_{4,23}$	$a_{4,24}$	$a'_{4,4}$	
5	$a_{5,1}$	$a_{5,2}$	$a_{5,3}$	$a_{5,4}$	$a_{5,5}$	.....	$a_{5,21}$	$a_{5,22}$	$a_{5,23}$	$a_{5,24}$	$a'_{5,5}$	
6	$a_{6,1}$	$a_{6,2}$	$a_{6,3}$	$a_{6,4}$	$a_{6,5}$	.....	$a_{6,21}$	$a_{6,22}$	$a_{6,23}$	$a_{6,24}$	$a'_{6,6}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		
21	$a_{21,1}$	$a_{21,2}$	$a_{21,3}$	$a_{21,4}$	$a_{21,5}$	.....	$a_{21,21}$	$a_{21,22}$	$a_{21,23}$	$a_{21,24}$	$a'_{21,21}$	
22	$a_{22,1}$	$a_{22,2}$	$a_{22,3}$	$a_{22,4}$	$a_{22,5}$	.....	$a_{22,21}$	$a_{22,22}$	$a_{22,23}$	$a_{22,24}$	$a'_{22,22}$	
23	$a_{23,1}$	$a_{23,2}$	$a_{23,3}$	$a_{23,4}$	$a_{23,5}$	.....	$a_{23,21}$	$a_{23,22}$	$a_{23,23}$	$a_{23,24}$	$a'_{23,23}$	
24	$a_{24,1}$	$a_{24,2}$	$a_{24,3}$	$a_{24,4}$	$a_{24,5}$	.....	$a_{24,21}$	$a_{24,22}$	$a_{24,23}$	$a_{24,24}$	$a'_{24,24}$	
竖列和 S_j		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	.....	S_{21}	S_{22}	S_{23}	S_{24}	
多齿分度台零起分度误差 Δa_j		$\Delta a_1 = 0$	Δa_2	Δa_3	Δa_4	Δa_5	.....	Δa_{21}	Δa_{22}	Δa_{23}	Δa_{24}	
斜列和 Y_j		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	.....	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	
棱体零起工作角偏差 $\Delta \beta_i$		$\Delta \beta_1 = 0$	$\Delta \beta_2$	$\Delta \beta_3$	$\Delta \beta_4$	$\Delta \beta_5$	.....	$\Delta \beta_{21}$	$\Delta \beta_{22}$	$\Delta \beta_{23}$	$\Delta \beta_{24}$	

$$A_j = \frac{1}{n} \left(S_j - \sum_{i=1}^n C_i \right) \quad (10)$$

$$B_j = \frac{1}{n} \left(Y_j - \sum_{i=1}^n C_i \right) \quad (11)$$

$$C_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{i,j} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

计算表 4 中的斜列和 Y_j ：

$$Y_j = \sum_{i=1}^{24} a_{i,(j-i+\epsilon+1)} \quad (13)$$

式中：当 $j - i \geq 0$ 时， $\epsilon = 0$ ；

$j - i < 0$ 时， $\epsilon = n$ 。

棱体的零起工作角偏差 $\Delta\beta_i$ 为：

$$\Delta\beta_i = \frac{Y_1 - Y_i}{24} \quad (14)$$

分度台最大分度间隔误差的检定计算示例列于附录 2。

分度台最大分度误差也可采用两台多齿分度台以排列互比法检定。

检定时的步骤和多齿分度台与正多面棱体排列互比法检定相仿，计算方法相同。

五 检定结果处理和检定周期

17 经过检定合格的多齿分度台发给检定证书，并注明等级。对于不合格的多齿分度台，发给检定结果通知书，并注明不合格内容。对使用中的多齿分度台允许降级使用。

18 多齿分度台的检定周期应根据其稳定情况和使用频繁程度而确定，但最长不应超过 2 年。

附 录

附录 1

多齿分度台测角重复性的检定计算示例

(°)

多齿分度台 位置	第一周		第二周		v
	读数平均值 \bar{a}	相邻角测量值 c	读数平均值 \bar{a}'	相邻角测量值 c'	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5) = (2) - (4)
0°	2.94	-0.29	2.98	-0.30	+0.01
30°	2.65	-0.02	2.68	-0.03	+0.01
60°	2.63	+0.02	2.65	+0.05	-0.03
90°	2.65	-0.60	2.70	-0.63	+0.03
120°	2.05	-0.25	2.07	-0.27	+0.02
150°	1.80	+0.82	1.80	+0.80	+0.02
180°	2.62	+0.28	2.60	+0.28	0.00
210°	2.90	+0.20	2.88	+0.24	-0.04
240°	3.10	+0.64	3.12	+0.61	+0.03
270°	3.74	-0.09	3.73	-0.08	+0.01
300°	3.65	-0.37	3.65	-0.38	+0.01
330°	3.28	-0.34	3.27	-0.29	+0.05

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{重}} &= \pm 3 \sqrt{\frac{[vv]}{2n}} \\
 &= \pm 3 \sqrt{\frac{0.008}{24}} \\
 &\approx \pm 0.05''
 \end{aligned}$$

附录 2

多齿分度台最大分度

多齿分度台位置 j 读数值 $a_{i,j}$		1	2	3	4	5	6
		0°	30°	60°	90°	120°	150°
多面棱体位置 i							
1	0°	2.15	1.93	1.59	1.60	0.92	0.75
2	30°	1.95	1.66	1.55	0.95	0.65	1.55
3	60°	2.00	1.95	1.20	0.95	1.80	2.10
4	90°	2.65	1.85	1.50	2.45	2.70	2.85
5	120°	6.25	6.05	6.55	6.90	7.10	7.85
6	150°	6.00	6.75	7.05	7.10	7.80	7.65
7	180°	6.95	7.15	7.20	7.85	7.70	7.50
8	210°	7.60	7.75	8.25	8.20	8.05	7.75
9	240°	6.25	6.80	6.55	6.40	6.25	6.15
10	270°	6.80	6.60	6.35	6.15	6.05	5.80
11	300°	6.80	6.55	6.30	6.15	5.85	5.90
12	330°	6.65	6.35	6.15	5.95	5.95	5.25
竖列和 S_j		62.05	61.39	60.24	60.65	60.82	61.10
多齿分度台零起分度误差 $\Delta\alpha_j$		0.00	-0.06	-0.15	-0.12	-0.10	-0.08
多齿分度台位置误差 A_j		+0.06	+0.01	-0.09	-0.05	-0.04	-0.02
斜列和 Y_j		64.55	62.63	59.00	59.25	51.17	48.35
多面棱体零起工作角偏差 $\Delta\beta_i$		0.00	-0.16	-0.41	-0.44	-1.12	-1.35
多面棱体位置误差 B_i		-0.27	-0.11	+0.14	+0.17	+0.84	+1.08

间隔误差的检定计算示例

(°)

7	8	9	10	11	12	横行和平均值 C_i
180°	210°	240°	270°	300°	330°	
1.55	1.90	1.98	2.65	2.45	2.35	1.82
1.85	2.00	2.65	2.50	2.25	2.15	1.81
2.25	2.85	2.75	2.55	2.30	2.20	2.08
3.55	3.45	3.15	3.05	2.85	2.70	2.73
7.70	7.50	7.35	7.25	6.85	6.95	7.02
7.45	7.35	7.15	6.95	6.80	6.25	7.22
7.40	7.20	6.90	6.85	6.15	6.05	7.08
7.60	7.45	7.35	6.75	6.45	7.35	7.55
5.90	5.85	5.15	5.00	5.75	6.15	6.02
5.85	5.10	4.80	5.70	5.95	6.10	5.94
5.35	5.10	5.90	6.20	6.25	7.00	6.11
5.05	5.85	6.15	6.25	6.90	6.85	6.11
61.50	61.60	61.28	61.70	60.95	62.10	
-0.05	-0.04	-0.06	-0.03	-0.09	0.00	
+0.02	+0.03	0.00	+0.04	-0.03	+0.07	
58.15	61.70	63.08	70.95	69.20	66.75	
-0.53	-0.24	-0.12	+0.53	+0.39	+0.18	
+0.26	-0.04	-0.15	-0.81	-0.66	-0.46	

测量值 $a_{i,j}$ 多齿分度台位置 j 多面棱体位置 i		各 测 量				
		1	2	3	4	5
		0°	30°	60°	90°	120°
1	0°	-0.00	-0.01	-0.00	0.00	-0.02
2	30°	-0.04	-0.02	-0.00	0.04	-0.04
3	60°	0.00	0.04	0.05	0.01	0.02
4	90°	0.03	-0.05	-0.06	-0.03	-0.03
5	120°	0.00	0.09	-0.13	-0.11	-0.04
6	150°	-0.01	-0.02	0.08	-0.02	0.001
7	180°	0.07	0.03	0.06	0.02	0.00
8	210°	-0.04	0.05	-0.01	0.05	0.09
9	240°	0.02	-0.03	-0.04	-0.02	-0.00
10	270°	-0.01	-0.01	0.04	-0.01	0.04
11	300°	-0.04	-0.03	0.00	-0.02	-0.08
12	330°	0.02	-0.04	0.01	0.03	0.05
残差的平方和 $[vv]$: 0.196 221						
多齿分度台测量结果不确定度: $U = \pm 3 \frac{2 [vv]}{\sqrt{n(n-1)(n-2)}}$						

以上计算结果是由下面所列的计算机程序所得。

值的残差 $v_{i,j}$

6	7	8	9	10	11	12
150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
0.02	-0.03	0.02	0.01	-0.01	-0.00	0.01
0.02	-0.01	0.01	0.04	-0.00	0.01	0.00
0.01	0.01	-0.06	0.02	-0.02	-0.02	-0.06
-0.01	-0.00	0.03	-0.03	0.01	0.04	0.04
0.03	-0.00	-0.01	0.05	0.08	-0.01	0.03
-0.02	-0.05	0.03	0.01	0.03	-0.03	-0.00
-0.02	0.03	-0.01	-0.03	-0.09	-0.05	-0.02
-0.05	-0.08	0.02	-0.03	0.01	0.01	-0.00
0.04	0.01	-0.02	-0.02	0.03	0.02	0.03
0.02	0.06	-0.02	-0.06	-0.01	0.01	-0.06
-0.03	0.06	0.04	0.05	0.02	0.02	0.01
-0.00	-0.00	-0.03	0.00	-0.05	0.01	0.01

$$= \pm 3 \frac{2 \times 0.196}{\sqrt{12(12-1)(12-2)}} = \pm 0.05''$$

```

10 REM 多齿分度台检测数据及结果计算
20 CLS
30 INPUT "检定日期(1993-5-30):";A$
40 INPUT "送检单位:";B$
50 INPUT "出厂编号:";C$
60 INPUT "检定人员:";D$
70 INPUT "测量点数 N:";N
80 IF N=0 THEN 70
90 DIM A(N),B(N),Y(N),S(N),C(N),V(N,N),A1(N,N),A0(N),B0(N)
110 FOR I=1 TO N;FOR J=1 TO N;READ A1(I,J);NEXT J;NEXT I
120 GOSUB 400:CLS
130 GOSUB 800;REM ***PRINT***
200 PRINT:PRINT:INPUT "需要打印吗? Y/N";E$
210 IF E$="y"THEN GOSUB 900
220 IF E$="Y"THEN GOSUB 900
230 END
400 FOR I=1 TO N:S(I)=0;FOR J=1 TO N:S(I)=A1(J,I)+S(I);NEXT
J:NEXT I
410 FOR I=1 TO N;FOR J=1 TO N;K=I-J+1+N
420 IF K>N THEN K=K-N
430 Y(I)=Y(I)+A1(K,J);NEXT J;NEXT I
440 FOR I=2 TO N:A0(I)=(S(I)-S(1))/N;B0(I)=(Y(I)-Y((1)))/N;NEXT
I:A0(1)=0;B0(1)=0
450 FOR I=1 TO N:C(I)=0;FOR J=1 TO N:C(I)=C(I)+A1(I,J);NEXT J;C
(I)=C(I)/N;NEXT I
460 CO=0;FOR I=1 TO N;C0=C0+C(I);NEXT I
470 FOR I=1 TO N:A(I)=(S(I)-C0)/N;B(I)=- (Y(I)-C0)/N;NEXT I
480 FOR I=1 TO N;FOR J=1 TO N;K=I+J-1
490 IF K>N THEN K=K-N
500 v(I,J)=A1(I,J)-(A(J)-B(K))-C(I);NEXT J;NEXT I
510 UU=0;FOR I=1 TO N;FOR J=1 TO N;UU+UU+v(I,J)*v(I,J);NEXT
J;NEXT I
520 F=3*1.41421*SQR(UU)/(N*(N-1)*(N-2))
530 P1=A0(1);v1=A0(1);FOR I=1 TO N
540 IF P1<A0(I) THEN P1=A0(I)
550 IF v1>A0(I) THEN v1=A0(I)
560 NEXT I;Pv1=P1-v1

```

```

570 RETURN
800 REM * * * * PRINT * * * * * * * * * * * * * * * * * *
810 PRINT“ 多齿分度台检测数据及计算结果”：
      PRINT
815 PRINT“ 检定日期：”；A$；：LOCATE 3,42；
      PRINT“测量点数：N= ”；：PRINT
      USING“##”；N
820 PRINT“ 送检单位：”；B$；：LOCATE 4,42；
      PRINT“检定人员：”；D$
825 PRINT“ 出厂编号：”；C$；：LOCATE 5,42；
      PRINT“计量单位：角秒”
830 PRINT；PRINT“ 原始数据 a(i.j)：”
835 FOR I=1 TO N；PRINT“ ”；：FOR J=1 TO N；PRINT
      USING“###.##”；A1(I.J)；：NEXT J；P
      RINT；NEXT I
840 PRINT；PRINT“ 残差 v(i.j)”
845 FOR I=1 TO N；PRINT“ ”；：FOR J=1 TO N；PRINT USING“###.##
#”；v(I.J)；：NEXT J；PRI
      NT；NEXT I
850 PRINT；PRINT“ 测量结果：”；PRINT
855 PRINT“ 多齿分度台的零起分度误差  $\Delta\alpha(j)$ ：”
860 PRINT“ ”；：FOR I=1 TO N；PRINT USING“###.##”；A0(I)；：
NEXT I；PRINT
861 PRINT：“ 多齿分度台的最大分度间隔误差：”；USING“###.##”；
PV1
865 PRINT；PRINT“ 多面棱体的零起工作角误差  $\Delta\beta(i)$ ：”
870 PRINT“ ”；：FOR I=1 TO N；PRINT USING“###.##”；B0(I)；：
NEXT I；PRINT
875 PRINT；PRINT“ 残差平方和[ $v_v$ ] = ”；USING“###.####”；
UU
880 PRINT；PRINT“ 测量结果的不确定度： $\delta = \pm$  ”；USING“###.##”；F
885 RETURN
900 REM * * * * LPRINT * * * * * * * * * * * * * * * * * *
910 LPRINT“ 多齿分度台检测数据及计算结果”；LPRINT
915 LPRINT“ 检定日期：”；A$；：LPRINT TAB(50)；“测量点数：N= ”；：
LPRINT USING“##”；N
920 LPRINT“ 送检单位：”；B$；：LPRINT TAB(50)；“检定人员：”；D$

```

```

925 LPRINT"      出厂编号:";C$;:LPRINT TAB(50);"计量单位:角秒"
930 LPRINT:LPRINT"      原始数据 a(i,j):"
935 FOR I=1 TO N:LPRINT"      ";:FOR J=1 TO N:LPRINT USING"# #
#.# #";A1(I,J);:NEXT J:LPRINT:NEXT I
940 LPRINT:LPRINT"      残差 v(i,j):"
945 FOR I=1 TO N:LPRINT"      ";:FOR J=1 TO N:LPRINT USING"# #
#.# #";v(I,J);:NEXT J:LPRINT:NEXT I
950 LPRINT:LPRINT"      测量结果:";LPRINT
955 LPRINT"      多齿分度台的零起分度误差  $\Delta\alpha(j)$ :"
960 LPRINT"      ";:FOR I=1 TO N:LPRINT USING"# #.# #";A0
(I);:NEXT I:LPRINT
961 LPRINT"      多齿分度台的最大分度间隔误差:";USING"# #.# #";
PV1
965 LPRINT:LPRINT"      多面棱体的零起工作角误差  $\Delta\beta(i)$ :"
970 LPRINT"      ";:FOR I=1 TO N:LPRINT USING"# #.# #";B0
(I);:NEXT I:LPRINT
975 LPRINT:LPRINT"      残差平方和( $\sum v^2$ )=";USING"# #.# #.# #
#";UU
980 LPRINT:LPRINT"      测量结果的不确定度: $\delta = \pm$ ";USING"# #.# #
#";F
985 RETURN
1001 DATA 2.15,1.93,1.59,1.60,0.92,0.75,1.55,1.90,1.98,2.65,2.45,2.35
1002 DATA 1.95,1.66,1.55,0.95,0.65,1.55,1.85,2.00,2.65,2.50,2.25,2.15
1003 DATA 2.00,1.95,1.20,0.95,1.80,2.10,2.25,2.85,2.75,2.55,2.30,2.20
1004 DATA 2.65,1.85,1.50,2.45,2.70,2.85,3.55,3.45,3.15,3.05,2.85,2.70
1005 DATA 6.25,6.05,6.55,6.90,7.10,7.85,7.70,7.50,7.35,7.25,6.85,6.95
1006 DATA 6.00,6.75,7.05,7.10,7.80,7.65,7.45,7.35,7.15,6.95,6.80,6.25
1007 DATA 6.95,7.15,7.20,7.85,7.70,7.50,7.40,7.20,6.90,6.85,6.15,6.05
1008 DATA 7.60,7.75,8.25,8.20,8.05,7.75,7.60,7.45,7.35,6.75,6.45,7.35
1009 DATA 6.25,6.80,6.55,6.40,6.25,6.15,5.90,5.85,5.15,5.00,5.75,6.15
1010 DATA 6.80,6.60,6.35,6.15,6.05,5.80,5.85,5.10,4.80,5.70,5.95,6.10
1011 DATA 6.80,6.55,6.30,6.15,5.85,5.90,5.35,5.10,5.90,6.20,6.25,7.00
1012 DATA 6.65,6.35,6.15,5.95,5.95,5.25,5.05,5.85,6.15,6.25,6.90,6.85

```

多齿分度台检测数据及计算结果

检定日期: 测量点数: $n = 12$

送检单位: 检定人员:

出厂编号: 计量单位: 角秒

原始数据 $a(i, j)$:

2.15	1.93	1.59	1.60	0.92	0.75	1.55	1.90	1.98	2.65	2.45	2.35
1.95	1.66	1.55	0.95	0.65	1.55	1.85	2.00	2.65	2.50	2.25	2.15
2.00	1.95	1.20	0.95	1.80	2.10	2.25	2.85	2.75	2.55	2.30	2.20
2.65	1.85	1.50	2.45	2.70	2.85	3.55	3.45	3.15	3.05	2.85	2.70
6.25	6.05	6.55	6.90	7.10	7.85	7.70	7.50	7.35	7.25	6.85	6.95
6.00	6.75	7.05	7.10	7.80	7.65	7.45	7.35	7.15	6.95	6.80	6.25
6.95	7.15	7.20	7.85	7.70	7.50	7.40	7.20	6.90	6.85	6.15	6.05
7.60	7.75	8.25	8.20	8.05	7.75	7.60	7.45	7.35	6.75	6.45	7.35
6.25	6.80	6.55	6.40	6.25	6.15	5.90	5.85	5.15	5.00	5.75	6.15
6.80	6.60	6.35	6.15	6.05	5.80	5.85	5.10	4.80	5.70	5.95	6.10
6.65	6.35	6.15	5.95	5.95	5.25	5.05	5.85	6.15	6.25	6.90	6.85

残差 $v(i, j)$:

-0.00	-0.01	-0.00	0.00	-0.02	0.02	-0.03	0.02	0.01	-0.01	-0.00	0.01
-0.04	-0.02	-0.00	0.04	-0.04	0.02	-0.01	0.01	0.04	-0.00	0.01	0.00
0.00	0.04	0.05	0.01	0.02	0.01	0.01	-0.06	0.02	-0.02	-0.02	-0.06
0.03	-0.05	-0.06	0.03	-0.03	-0.01	-0.00	0.03	-0.03	0.01	0.04	0.04
0.00	0.09	-0.13	-0.11	-0.04	0.03	-0.00	-0.01	0.05	0.08	-0.01	0.03
-0.01	-0.02	0.08	-0.02	0.01	-0.02	-0.05	0.03	0.01	0.03	-0.03	-0.00
0.07	0.03	0.06	0.02	0.00	-0.02	0.03	-0.01	-0.03	-0.09	-0.05	-0.02
-0.04	0.05	-0.01	0.05	0.09	-0.05	-0.08	0.02	-0.03	0.01	0.01	-0.00
0.02	-0.03	-0.04	-0.02	-0.00	0.04	0.01	-0.02	-0.02	0.03	0.02	0.03
-0.01	-0.01	0.04	-0.01	0.04	0.02	0.06	-0.02	-0.06	-0.01	0.01	-0.06
-0.04	-0.03	0.00	-0.02	-0.08	-0.03	0.06	0.04	0.05	0.02	0.02	0.01
0.02	-0.04	0.01	0.03	0.05	-0.00	-0.00	-0.03	0.00	-0.05	0.01	0.01

测量结果:

多齿分度台的零起分度误差 $\Delta\alpha(j)$:

0.00	-0.06	-0.15	-0.12	-0.10	-0.08	-0.05	-0.04	-0.06
-0.03	-0.09	0.00						

多齿分度台的最大分度间隔误差: 0.15

多面棱体的零起工作角误差 $\Delta\beta(i)$:

0.00 0.16 0.41 0.44 1.11 1.35 0.53 0.24 0.12 -0.53 -0.39
-0.18

残差平方和 $[vv]=0.196\ 222$

测量结果的不确定度: $\delta = \pm 0.05$
