



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 283—1997

正多面棱体

Angular Polygon

1997-06-26 发布

1998-01-01 实施

国家技术监督局 发布

正多面棱体检定规程

Verification Regulation of

Angular Polygon

JJG 283—1997

代替 JJG 283—1981

本检定规程经国家技术监督局于 1997 年 06 月 26 日批准，并自 1998 年 01 月 01 日起施行。

归口单位：航空工业总公司第三〇四研究所

起草单位：航空工业总公司第三〇四研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

张玉文 （航空工业总公司第三〇四研究所）

陈照聚 （航空工业总公司第三〇四研究所）

参加起草人：

张瑶珍 （中国船舶工业总公司第六三五四研究所）

目 录

一 概述	(1)
二 检定项目及检定工具	(2)
三 技术要求和检定方法	(2)
四 检定结果的处理和检定周期	(7)
附录 正多面棱体工作角测量不确定度计算实例	(8)

正多面棱体检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的正多面棱体的检定。

一 概 述

正多面棱体（以下简称棱体）是一种高准确度的角度计量标准器具，常用的棱体有 8、9、12、17、23、24 和 36 面等不同规格。棱体与自准直仪配合，用来检定圆分度仪器的分度误差。在机械加工或精密测量中常用于角度分度或定位。

按 JJG 2057—1990 平面角计量器具检定系统的规定，将棱体分为 2、3、4 等（相对应 ZBJ 42016—1987 中的 0、1、2 级），棱体主要技术要求见表 1。

表 1

技 术 要 求	2 等	3 等	4 等
工作面平面度 (μm)	0.03	0.05	0.1
工作面表面粗糙度 R_a (μm)	0.025		
上表面和基准面的平面度 (μm)	1.0	1.5	1.5
工作面对基准面垂直度 ($''$)	5	10	20
上表面与基准面平行度 (μm)	2		
工作面尺寸 (mm)	$\geq 15 \times 15$ 或 $\phi 15$		
工作角偏差 ($''$)	± 1	± 2	± 5
工作角测量不确定度 ($''$)	0.2	0.5	1.0

钢制棱体的外形如图 1：

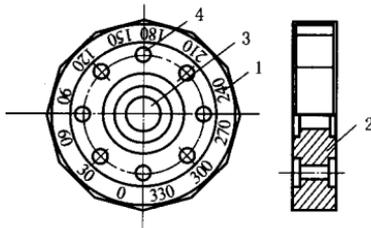


图 1

1—工作面；2—基准面；3—中心孔；4—减轻孔

二 检定项目及检定工具

1 棱体的检定项目及检定工具列于表 2。

表 2

序号	检 定 项 目	主要 检定 工具	检定类别		
			新制的	使用中	修理后
1	外 观	目力观察	+	+	+
2	工作面平面度	平面等厚干涉仪或 1 级平晶	+	+	+
3	工作面表面粗糙度	干涉显微镜	+	-	+
4	上表面和基准面平面直度	0 级刀口尺	+	-	+
5	工作面对基准面垂直度	标准方铁、自准直仪	+	-	+
6	上表面与基准面平行度	平板、测微表	+	-	+
7	工作角偏差	多齿分度台、分度值不大于 0.2" 的自准直仪	+	+	+

注：表中“+”表示检定，“-”表示可不检定。

2 检定室内的温度应为 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，其变化每小时不应超过 0.5°C 。受检棱体在检定室内恒温时间不少于 4 h。

三 技术要求和检定方法

3 外观

3.1 要求

钢制棱体的工作面、上表面、基准面不应有锈蚀、划伤、碰伤等疵病；玻璃棱体的工作面必须镀有全反射膜，其表面不应有划伤、麻点、镀层脱落等现象。

对于使用中的棱体允许有不影响使用准确度的上述缺陷。

棱体工作面的尺寸 $\geq 15\text{ mm} \times 15\text{ mm}$ 或 $\Phi 15\text{ mm}$ 。

棱体应刻有角度标称值或工作面序号、制造厂商标和出厂编号。

3.2 检定方法

目力观察。

4 工作面表面粗糙度

4.1 要求

各工作面表面粗糙度 $R_a \leq 0.025 \mu\text{m}$ 。

4.2 检定方法

采用干涉显微镜检定。

5 工作面平面度

5.1 要求

2等棱体工作面的平面度不大于 $0.03 \mu\text{m}$ ，3等不大于 $0.05 \mu\text{m}$ ，4等不大于 $0.1 \mu\text{m}$ 。

5.2 检定方法

棱体工作面平面度用平面等厚干涉仪逐面检定，将被检棱体放在仪器工作台上，调整工作台手轮使仪器视场内出现清晰的干涉条纹，调整干涉带的宽度，测量干涉条纹的宽度与弯曲度，棱体工作面平面度按下式计算：

$$\delta = \frac{d}{L} \times \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

式中： d ——干涉条纹的最大弯曲量，mm；

L ——相邻干涉条纹间隔，mm；

λ ——光源波长， μm 。

工作面平面度的检定应在水平和垂直的两个方向上进行，若两个方向均凸（或凹），其最大值为该面的平面度。若在两个方向上有凸有凹时，取两数值之和作为该面的平面度。距离工作面边缘 0.5 mm 的平面度不计在内。

钢制棱体也可以用直径 60 mm 的1级平晶，以技术光波干涉法逐面检定。

等厚干涉仪测量原理如图2：

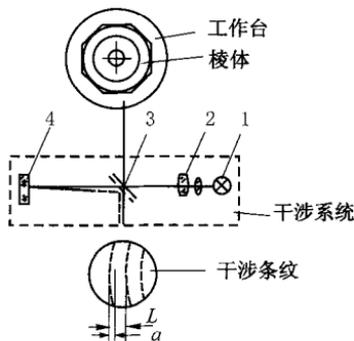


图 2

1—光源；2—平行光管组；3—分光镜；4—平面反射镜

6 上表面和基准面的平面度

6.1 要求

上表面和基准面的平面度，2等棱体不大于 $1\ \mu\text{m}$ ，3、4等棱体不大于 $1.5\ \mu\text{m}$ ，但中间不允许凸起。

6.2 检定方法

用0级刀口尺在平面相互垂直的两个位置上进行检定。

7 上表面与基准面的平行度

7.1 要求

每100 mm长度上平行度不大于 $2\ \mu\text{m}$ 。

7.2 检定方法

将被检棱体放在0级平板上，用分度值为 $1\ \mu\text{m}$ 的测微表检定。检定时测微表不动，棱体以基面定位，在平板上移动最大距离，观察测微表的示值变化，最大变化不应超过 $2\ \mu\text{m}$ 。

8 工作面对基准面垂直度

8.1 要求

2等棱体不大于 $5''$ ，3等不大于 $10''$ ，4等不大于 $20''$ 。

8.2 检定方法

将标准 90° 方铁或角尺（测量不确定度不大于 $1''$ ）放在平台上，以自准直仪照准工作面（如图3（a）），取自准直仪读数为 α_0 ，取下标准方铁，将被检棱体放在平台上（如图3（b）），使各工作面依次对准自准直仪，读数为 α_i ，各次读数 α_i 与起始读数 α_0 之差加上方铁的修正值 γ ，即为棱体工作面对基准面的垂直度。

$$\Delta\alpha_i = (\alpha_i - \alpha_0) + \gamma \quad (2)$$

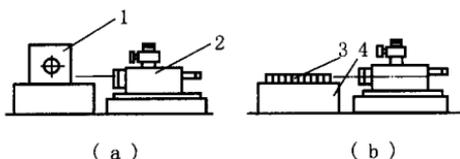


图 3

1—标准方铁；2—自准直仪；3—棱体；4—平台

9 工作角偏差

9.1 要求

0° 工作面法线至任意工作面法线之间在测量平面上的实际夹角与标称角的偏差及测量不确定度应不大于表1的要求。

9.2 检定方法

2等棱体用分度误差0级的多齿分度台与分度值不大于 $0.2''$ 的自准直仪，以排列互比法检定。

3等棱体用分度误差0级的多齿分度台与分度值不大于 $0.2''$ 的自准直仪，以直接法

检定。

4等棱体用分度误差1级的多齿分度台与分度值不大于 $0.5''$ 的自准直仪，以直接法检定。

工作角偏差也可选用测量不确定度不大于表1要求的其他方法检定。

9.2.1 排列互比法

将被检棱体、多齿分度台和自准直仪按图4所示位置安放在基座上，调整定位夹具的心轴与多齿分度台回转中心重合，其偏差小于 0.02 mm 。调整自准直仪，使其十字线分划板的竖线与被检棱体回转轴线相平行。自准直仪视轴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。

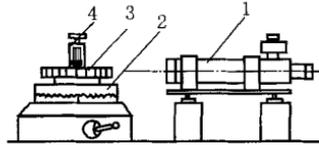


图 4

1—自准直仪；2—多齿分度台；3—棱体；4—专用定位夹具

以12面棱体为例，共进行12个系列测量，其过程如下：

第一系列，多齿分度台位于 0° 位，自准直仪照准棱体 0° 工作面，在自准直仪上取3次读数，其平均值为 $\alpha_{1,1}$ 。然后依次将多齿分度台转至 30° ， 60° ， \dots ， 330° ，从自准直仪上分别得到各位置3次读数的平均值，依次为 $\alpha_{1,2}$ ， $\alpha_{1,3}$ ， \dots ， $\alpha_{1,12}$ 。最后回到起始零位，回零差应不大于 $0.1''$ ，否则重测。

第二系列测量时，多齿分度台以 30° 为起始位置，被检棱体反向旋转 30° ，使 0° 工作面对准自准直仪，与第一系列相同方向测量，分别得到 $\alpha_{2,1}$ ， $\alpha_{2,2}$ ， \dots ， $\alpha_{2,12}$ 。最后仍回到棱体 0° 工作面。回零差也应不大于 $0.1''$ ，否则重测。

其他各系列均按上述方法进行测量，将全部读数列入表3。

表 3

系列 序号	多齿分度台 起始位置	棱 体 位 置 及 读 数											
		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
1	0°	$\alpha_{1,1}$	$\alpha_{1,2}$	$\alpha_{1,3}$	$\alpha_{1,4}$	$\alpha_{1,5}$	$\alpha_{1,6}$	$\alpha_{1,7}$	$\alpha_{1,8}$	$\alpha_{1,9}$	$\alpha_{1,10}$	$\alpha_{1,11}$	$\alpha_{1,12}$
2	30°	$\alpha_{2,1}$	$\alpha_{2,2}$	$\alpha_{2,3}$	$\alpha_{2,4}$	$\alpha_{2,5}$	$\alpha_{2,6}$	$\alpha_{2,7}$	$\alpha_{2,8}$	$\alpha_{2,9}$	$\alpha_{2,10}$	$\alpha_{2,11}$	$\alpha_{2,12}$
3	60°	$\alpha_{3,1}$	$\alpha_{3,2}$	$\alpha_{3,3}$	$\alpha_{3,4}$	$\alpha_{3,5}$	$\alpha_{3,6}$	$\alpha_{3,7}$	$\alpha_{3,8}$	$\alpha_{3,9}$	$\alpha_{3,10}$	$\alpha_{3,11}$	$\alpha_{3,12}$
4	90°	$\alpha_{4,1}$	$\alpha_{4,2}$	$\alpha_{4,3}$	$\alpha_{4,4}$	$\alpha_{4,5}$	$\alpha_{4,6}$	$\alpha_{4,7}$	$\alpha_{4,8}$	$\alpha_{4,9}$	$\alpha_{4,10}$	$\alpha_{4,11}$	$\alpha_{4,12}$

表 3 (续)

系列 序号	多齿分度台 起始位置	棱 体 位 置 及 读 数											
		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
5	120°	$\alpha_{5,1}$	$\alpha_{5,2}$	$\alpha_{5,3}$	$\alpha_{5,4}$	$\alpha_{5,5}$	$\alpha_{5,6}$	$\alpha_{5,7}$	$\alpha_{5,8}$	$\alpha_{5,9}$	$\alpha_{5,10}$	$\alpha_{5,11}$	$\alpha_{5,12}$
6	150°	$\alpha_{6,1}$	$\alpha_{6,2}$	$\alpha_{6,3}$	$\alpha_{6,4}$	$\alpha_{6,5}$	$\alpha_{6,6}$	$\alpha_{6,7}$	$\alpha_{6,8}$	$\alpha_{6,9}$	$\alpha_{6,10}$	$\alpha_{6,11}$	$\alpha_{6,12}$
7	180°	$\alpha_{7,1}$	$\alpha_{7,2}$	$\alpha_{7,3}$	$\alpha_{7,4}$	$\alpha_{7,5}$	$\alpha_{7,6}$	$\alpha_{7,7}$	$\alpha_{7,8}$	$\alpha_{7,9}$	$\alpha_{7,10}$	$\alpha_{7,11}$	$\alpha_{7,12}$
8	210°	$\alpha_{8,1}$	$\alpha_{8,2}$	$\alpha_{8,3}$	$\alpha_{8,4}$	$\alpha_{8,5}$	$\alpha_{8,6}$	$\alpha_{8,7}$	$\alpha_{8,8}$	$\alpha_{8,9}$	$\alpha_{8,10}$	$\alpha_{8,11}$	$\alpha_{8,12}$
9	240°	$\alpha_{9,1}$	$\alpha_{9,2}$	$\alpha_{9,3}$	$\alpha_{9,4}$	$\alpha_{9,5}$	$\alpha_{9,6}$	$\alpha_{9,7}$	$\alpha_{9,8}$	$\alpha_{9,9}$	$\alpha_{9,10}$	$\alpha_{9,11}$	$\alpha_{9,12}$
10	270°	$\alpha_{10,1}$	$\alpha_{10,2}$	$\alpha_{10,3}$	$\alpha_{10,4}$	$\alpha_{10,5}$	$\alpha_{10,6}$	$\alpha_{10,7}$	$\alpha_{10,8}$	$\alpha_{10,9}$	$\alpha_{10,10}$	$\alpha_{10,11}$	$\alpha_{10,12}$
11	300°	$\alpha_{11,1}$	$\alpha_{11,2}$	$\alpha_{11,3}$	$\alpha_{11,4}$	$\alpha_{11,5}$	$\alpha_{11,6}$	$\alpha_{11,7}$	$\alpha_{11,8}$	$\alpha_{11,9}$	$\alpha_{11,10}$	$\alpha_{11,11}$	$\alpha_{11,12}$
12	330°	$\alpha_{12,1}$	$\alpha_{12,2}$	$\alpha_{12,3}$	$\alpha_{12,4}$	$\alpha_{12,5}$	$\alpha_{12,6}$	$\alpha_{12,7}$	$\alpha_{12,8}$	$\alpha_{12,9}$	$\alpha_{12,10}$	$\alpha_{12,11}$	$\alpha_{12,12}$
竖行和 S_j													
工作角偏差 $\frac{S_j - S_1}{n}$													

按 (3) 式求表 4 中数据的竖行和 S_j ：

$$S_j = \alpha_{1,j} + \alpha_{2,j} + \cdots + \alpha_{n,j} = \sum_{i=1}^n \alpha_{i,j} \quad (3)$$

式中, $j=1, 2, \dots, n$ (n 为棱体面数)。

按 (4) 式求多面棱体的工作角偏差 $\Delta\alpha_j$ ：

$$\Delta\alpha_j = \frac{S_j - S_1}{n} \quad (4)$$

式中, $j=1, 2, \dots, n$ (n 为棱体面数)。

正多面棱体工作角测量不确定度计算实例见附录。

9.2.2 直接检定

3 等棱体在 0 级多齿分度台上以 0°, 120°, 240° 三个均匀分布位置和分度值不大于 0.2" 的自准直仪直接检定, 取 3 个位置的算术平均值作为最后检定结果。

检定装置如图 4，检定方法如 9.2.1 所述，检定数据处理如表 4。

表 4

棱体位置	多齿分度台起始位置及检定读数			3 次读数 平均值	棱体 工作角偏差
	0°	120°	240°		
0°	1.0	1.2	0.8	1.00	0
30°	0.6	0.7	0.2	0.50	-0.50
60°	0.6	0.7	0.2	0.50	-0.50
90°	0.9	0.9	0.5	0.77	-0.23
120°	0.6	0.9	0.4	0.63	-0.37
150°	0.3	0.6	0.2	0.37	-0.63
180°	1.4	1.6	1.1	1.37	+0.37
210°	0.6	0.9	0.4	0.63	-0.37
240°	0.9	1.1	0.7	0.90	-0.10
270°	0.6	0.5	0.2	0.43	-0.57
300°	1.0	1.2	+0.9	1.03	+0.03
330°	-0.4	-0.1	-0.6	-0.37	-1.37

4 等棱体在 1 级多齿分度台和分度值不大于 $0.2''$ 的自准直仪装置上直接检定，检定方法如 9.2.1。

9.2.3 17, 23 面棱体的检定，在 391 齿分度台上检定。检定方法及数据处理同上。

四 检定结果的处理和检定周期

10 经检定符合本规程要求的多面棱体，发给检定证书；不符合本规程要求的，发给检定结果通知书。

11 多面棱体的检定周期一般为 2 年。

附 录

正多面棱体工作角测量不确定度计算实例

以 12 面棱体为例, 将测量数据填入附表 1, 首先按前面 (3), (4) 两式求得棱体工作角偏差 $\Delta\alpha_j$, 为求不确定度 U , 对表 4 中的数据作如下计算。

(1) 求横行和的平均值 C_i :

$$C_i = \frac{1}{n}(\alpha_{i,1} + \alpha_{i,2} + \cdots + \alpha_{i,n}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \alpha_{i,j} \quad (1)$$

式中, $i=1, 2, \cdots, n$ (n 为棱体面数)。

(2) 求棱体第 j 面的位置误差 A_j :

$$A_j = \frac{1}{n}(S_j - \sum_{i=1}^n C_i) \quad (2)$$

式中, $i=1, 2, \cdots, n$ (n 为棱体面数, S_j 为竖行和)。

(3) 求斜行和 Y_j :

$$Y_j = \sum_{i=1}^n \alpha_{i,j-i+1+\epsilon n} \quad (3)$$

式中, $j=1, 2, \cdots, n$ (n 为棱体面数);

ϵ 为系数, 当 $j-i \geq 0$ 时 $\epsilon=0$;

当 $j-i < 0$ 时 $\epsilon=1$ 。

(4) 求多齿分度台各分度的位置误差 B_j :

$$B_j = -\frac{1}{n}(Y_j - \sum_{i=1}^n C_i) \quad (4)$$

式中, $j=1, 2, \cdots, n$ (n 为棱体面数)。

(5) 求读数 $\alpha_{i,j}$ 的残差 $v_{i,j}$:

$$v_{i,j} = \alpha_{i,j} - A_j + B_{i+j-1+\epsilon n} - C_i \quad (5)$$

式中, $i=1, 2, \cdots, n$;

$j=1, 2, \cdots, n$ (n 为棱体面数);

ϵ 为系数, 当 $i+j-1 \leq n$ 时 $\epsilon=0$;

当 $i+j-1 > n$ 时 $\epsilon=-1$ 。

(6) 求残差的平方和 $[vv]$:

$$[vv] = \sum_i^n \sum_j^n (v_{i,j})^2 \quad (6)$$

(7) 求棱体工作角偏差检定结果的扩展不确定度 U ：

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

将按上述各式求得的数据及读数的残差分别填入附表 1 和附表 2。

附录 1

系列 序号	多齿分度 台起始位置	棱体位置及读数 $a_{i,j}$												横行平 均值 C_i
		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
1	0°	5.06	3.41	3.96	3.71	3.96	4.66	4.71	4.96	5.71	6.06	6.61	5.86	4.889
2	30°	5.73	4.03	4.48	4.33	4.53	5.18	5.18	5.53	6.23	6.68	7.23	6.43	5.463
3	60°	5.34	3.64	4.14	3.94	4.14	4.84	4.89	5.09	5.84	6.24	6.84	6.04	5.082
4	90°	3.42	1.77	2.22	1.97	2.27	2.92	3.02	3.22	3.97	4.37	4.92	4.17	3.187
5	120°	2.93	1.28	1.68	1.48	1.73	2.43	2.53	2.73	3.43	3.83	4.33	3.63	2.668
6	150°	2.47	0.87	1.27	1.07	1.27	1.97	2.07	2.27	3.02	3.32	3.92	3.17	2.224
7	180°	3.79	2.19	2.69	2.44	2.69	3.34	3.44	3.64	4.44	4.79	5.29	4.49	3.603
8	210°	4.83	3.23	3.63	3.53	3.68	4.38	4.43	4.63	5.43	5.78	6.38	5.58	4.626
9	240°	5.63	3.98	4.38	4.23	4.48	5.18	5.28	5.48	6.18	6.53	7.13	6.38	5.405
10	270°	3.73	2.13	2.53	2.28	2.63	3.33	3.33	3.58	4.33	4.63	5.23	4.43	3.513
11	300°	4.87	3.17	3.62	3.47	3.67	4.37	4.52	4.57	5.42	5.82	6.42	5.57	4.624
12	330°	5.94	4.29	4.64	4.59	4.79	5.49	5.54	5.84	6.54	6.89	7.44	6.59	5.715
棱体工作角偏差 $\Delta\sigma_j$		0	-1.646	-1.208	-1.392	-1.158	-0.471	-0.400	-0.183	-0.567	0.933	1.500	0.717	
竖行和 S_j		53.74	33.99	39.24	37.04	39.84	48.09	48.94	51.54	60.54	64.94	71.74	62.34	
斜行和 Y_j		50.89	50.94	51.09	50.99	51.14	50.94	50.94	50.99	51.14	50.89	51.04	50.99	
棱体工作面 位置误差 A_j		0.228	-1.417	-0.980	-1.163	-0.930	-0.242	-0.172	0.045	0.795	1.162	1.728	0.945	
多齿分度台位置 误差 B_j		0.009	0.005	-0.008	0.001	-0.012	0.005	0.005	0.001	-0.012	0.009	-0.003	0.001	

附表 2

系列序号	多齿分度台 起始位置	棱体位置及各读数的残差 $v_{i,j}$											
		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
1	0°	-0.049	-0.057	0.043	-0.015	-0.011	0.018	-0.003	0.026	0.014	0.018	-0.011	0.026
2	30°	0.043	-0.024	-0.003	0.018	0.001	-0.036	-0.111	0.010	-0.019	0.051	0.039	0.031
3	60°	0.022	-0.024	0.026	0.026	-0.007	0.001	-0.032	-0.028	-0.040	-0.003	0.039	0.018
4	90°	0.006	-0.011	0.018	-0.049	0.014	-0.036	0.014	-0.015	-0.011	0.031	0.010	0.031
5	120°	0.022	0.035	-0.003	-0.024	-0.019	0.014	0.031	0.018	-0.024	0.006	-0.074	0.018
6	150°	0.022	0.068	0.026	-0.003	-0.015	-0.015	0.018	0.010	0.006	-0.074	-0.032	-0.011
7	180°	-0.036	0.006	0.056	0.010	0.014	-0.019	0.018	-0.003	0.035	0.026	-0.053	-0.053
8	210°	-0.024	0.010	-0.007	0.004	-0.015	0.006	-0.019	-0.049	0.010	-0.019	0.031	0.014
9	240°	-0.015	0.001	-0.049	-0.011	0.014	0.022	0.039	0.031	-0.032	-0.032	0.001	0.031
10	270°	-0.003	0.031	-0.003	-0.061	0.051	0.051	-0.011	0.010	0.026	-0.040	-0.011	-0.040
11	300°	0.014	-0.036	-0.015	0.014	-0.032	-0.011	0.056	-0.094	0.006	0.035	0.056	0.010
12	330°	-0.003	0.001	-0.090	0.031	0.006	0.006	0.001	0.085	0.031	0.001	0.006	-0.074

残差的平方和 $[vv]$:0.158 1

棱体工作角偏差测量结果不确定度:0.046