

确定圆度误差的方法

两点、三点法

Assessment of departure from roundness —Two- and three- point methods

1 引言

1.1 本标准规定了用两点、三点法测量来确定圆度误差值的一种方法，适用于测量零件内、外圆形要素的圆度误差。

两点、三点测量得到的数值与实际的圆度误差值存在着差异，必须由本标准给出的反映系数进行修正。

1.2 与本标准有关的标准

GB 1183—80《形状和位置公差 术语及定义》

GB 1958—80《形状和位置公差 检测规定》

2 术语及定义

2.1 圆度误差的测量平面：过测头与工件接触点的一个假想平面。用两点、三点法测量时，假想平面必须通过固定测量支承。

注：测量圆度误差时，零件的被测截面为垂直于其轴线的假想平面；该平面应与测量平面重合。

2.2 圆度误差的测量方向：在测量平面上确定半径量变动的方向。

2.3 两点测量：在直径上对置的一个固定测量支承和一个可在测量方向上移动的测头之间所进行的测量。如图1所示。

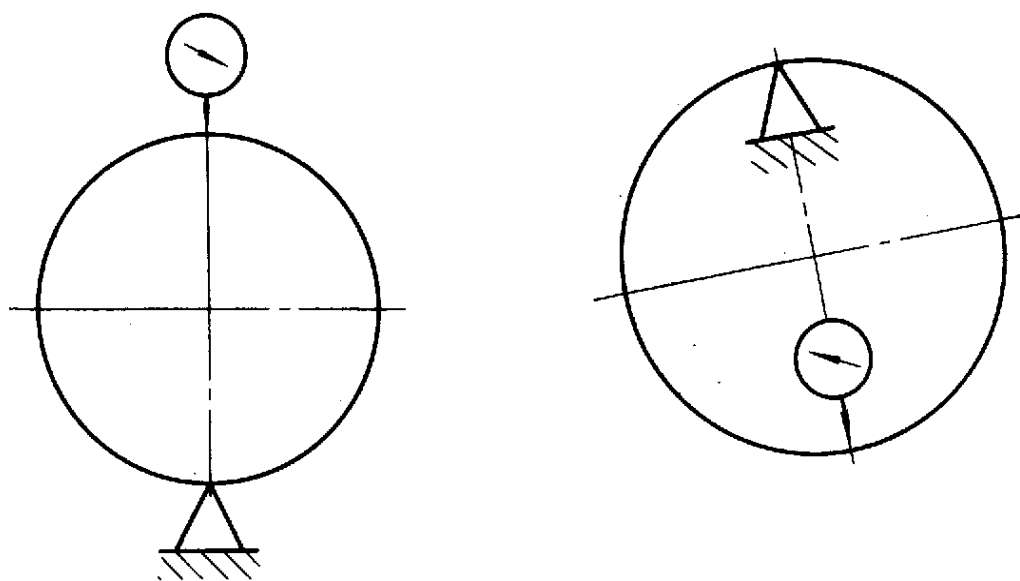


图 1

2.4 三点测量：在两个固定测量支承和一个可在测量方向上移动的测头之间所进行的测量。如图2所示。

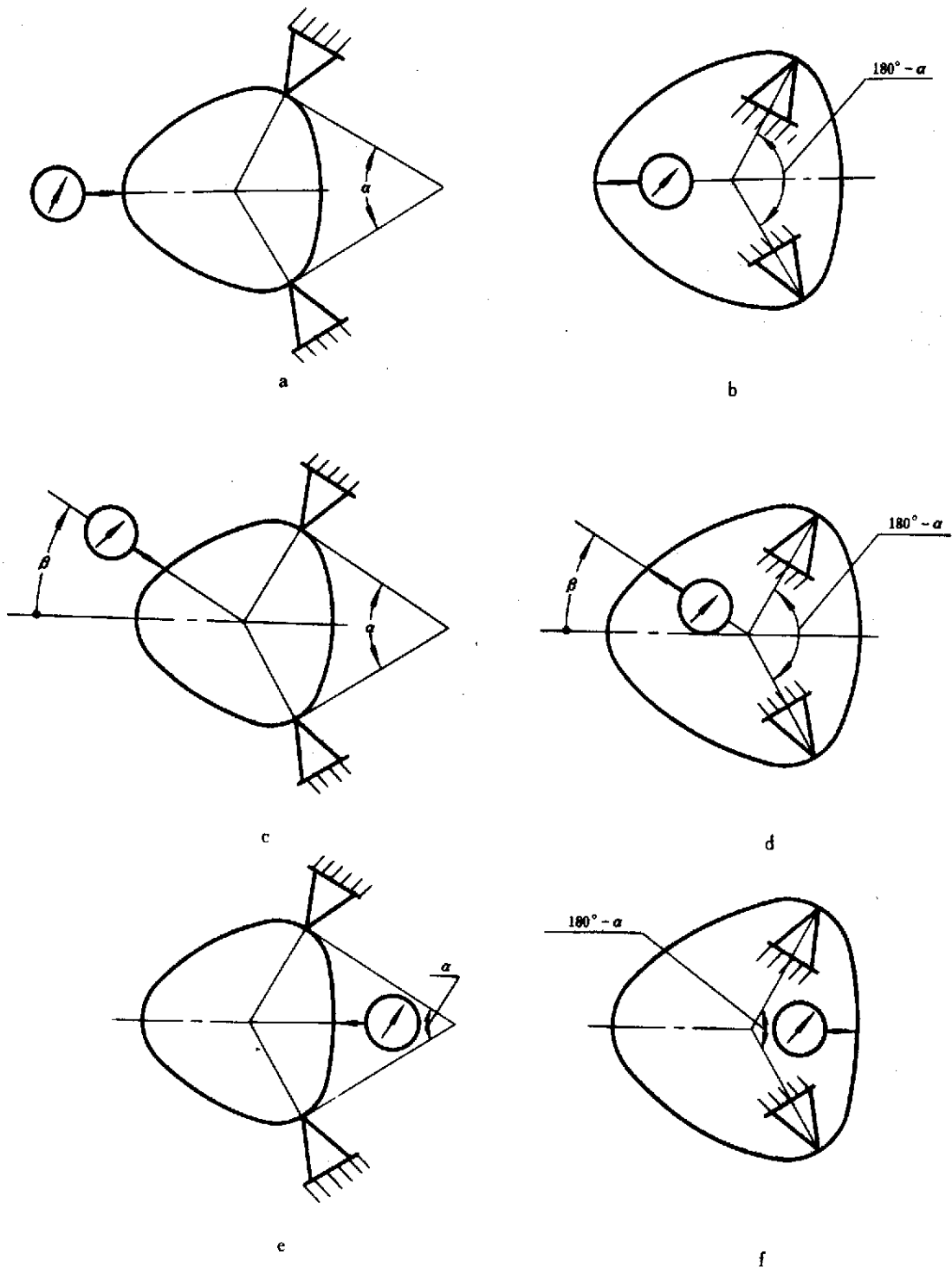


图 2

注： α ——固定测量支承夹角（一般即V型支承的角度），见图2。

β ——测量角。该角为测量方向与固定测量支承夹角平分线之间的角度。见图2（c，d）。

2.4.1 顶式三点测量：测头位于固定测量支承夹角（ α 或 $180^\circ - \alpha$ ）之外进行的三点测量。如图 2 (a, b, c, d) 所示。

2.4.2 鞍式三点测量：测头位于固定测量支承夹角（ α 或 $180^\circ - \alpha$ ）之内进行的三点测量。如图 2 (e, f) 所示。

2.4.3 对称三点测量：测量方向与两固定测量支承的夹角平分线重合时所进行的三点测量。如图 2 (a, b, e, f) 所示；

2.4.4 非对称三点测量：测量方向与两固定测量支承的夹角平分线不重合时所进行的三点测量。如图 2 (c, d) 所示。

2.5 正弦波数：在被测零件的截面轮廓上，重复的正弦波数目。本标准中称为棱数。

2.6 反映系数：用两点、三点法测量圆度误差时，修正测得值的系数。该系数在理论上是测得值与真实的圆度误差值的比值，它反映了测得值对真实圆度误差值的放大（或缩小）程度。

3 测量方法的代号

本标准采用下述代号：

2 —— 两点法；

3 —— 三点法；

S —— 顶式测量；

R —— 鞍式测量。

固定测量支承夹角 α 写在 S 或 R 之后；测量角 β 写在 α 之后，其间用一斜线分隔。

例：3S 90° 表示对称顶式三点测量法， $\alpha = 90^\circ$ ；

3R 120° 表示对称鞍式三点测量法， $\alpha = 120^\circ$ ；

3S $60^\circ/30^\circ$ 表示非对称顶式三点测量法， $\alpha = 60^\circ$ ， $\beta = 30^\circ$ 。

4 测量方法

测量方法与被测零件的棱数是否已知直接有关。

由两点、三点测量获得的指示器指示的最大值与最小值之差（即测得值）和实际的圆度误差值之间存在差异，需按下述方法进行修正后，才能求得实际圆度误差值。

4.1 被测零件的棱数已知，直接在表 1、表 2 中选用反映系数 F 较大的测量装置。将被测零件置于测量装置中匀速旋转一周，读取指示器的测得值，用相应的反映系数按下式计算出实际圆度误差值。

$$f = \frac{\Delta}{F} \dots\dots\dots (1)$$

式中： f —— 实际圆度误差值；

Δ —— 测得值，即指示器最大读数差值；

F —— 反映系数。

4.2 被测零件的棱数未知，一次测量不能正确得出零件的圆度误差，应采用两点法和三点法进行组合测量；组合方案见表 3、表 4。

采用表 3、表 4 的组合方案，应取各测量装置测得值中的最大值，用相应的平均反映系数按下式计算出实际圆度误差值。

$$f = \frac{\Delta_{\max}}{F_{\text{av}}} \dots\dots\dots (2)$$

式中： f —— 实际圆度误差值；

Δ_{\max} —— 各次测得值中的最大值；

F_{av} —— 平均反映系数。

表 1 顶式测量的反映系数 F

棱数 n	两点法	三 点 法						
		对 称 安 置					非 对 称 安 置	
		3S72°	3S108°	3S90°	3S120°	3S60°	3S120°/60°	3S60°/30°
2	2	0.47	1.38	1.00	1.58	—	2.38	1.41
3	—	2.62	1.38	2.00	1.00	3	2.00	2.00
4	2	0.38	—	0.41	0.42	—	1.01	1.41
5	—	1.00	2.24	2.00	2.00	—	2.00	2.00
6	2	2.38	—	1.00	0.16	3	0.42	0.73
7	—	0.62	1.38	—	2.00	—	2.00	2.00
8	2	1.53	1.38	2.41	0.42	—	1.01	1.41
9	—	2.00	—	—	1.00	3	2.00	2.00
10	2	0.70	2.24	1.00	1.58	—	2.38	1.41
11	—	2.00	—	2.00	—	—	—	—
12	2	1.53	1.38	0.41	2.16	3	1.58	2.73
13	—	0.62	1.38	2.00	—	—	—	—
14	2	2.38	—	1.00	1.58	—	2.38	1.41
15	—	1.00	2.24	—	1.00	3	2.00	2.00
16	2	0.38	—	2.41	0.42	—	1.01	1.41
17	—	2.62	1.38	—	2.00	—	2.00	2.00
18	2	0.47	1.38	1.00	0.16	3	0.42	0.73
19	—	—	—	2.00	2.00	—	2.00	2.00
20	2	2.70	2.24	0.41	0.42	—	1.01	1.41
21	—	—	—	2.00	1.00	3	2.00	2.00
22	2	0.47	1.38	1.00	1.58	—	2.38	1.41

表 2 鞍式测量的反映系数 F

棱数 n	两点法	三 点 法				
		对 称 安 置				
		$3R72^\circ$	$3R108^\circ$	$3R90^\circ$	$3R120^\circ$	$3R60^\circ$
2	2	1.53	0.62	1.00	0.42	2
3	—	2.62	1.38	2.00	1.00	3
4	2	2.38	2.00	2.41	1.58	2
5	—	1.00	2.24	2.00	2.00	—
6	2	0.38	2.00	1.00	2.16	1
7	—	0.62	1.38	—	2.00	—
8	2	0.47	0.62	0.41	1.58	2
9	—	2.00	—	—	1.00	3
10	2	2.70	0.24	1.00	0.42	2
11	—	2.00	—	2.00	—	—
12	2	0.47	0.62	2.41	0.16	1
13	—	0.62	1.38	2.00	—	—
14	2	0.38	2.00	1.00	0.42	2
15	—	1.00	2.24	—	1.00	3
16	2	2.38	2.00	0.41	1.58	2
17	—	2.62	1.38	—	2.00	—
18	2	1.53	0.62	1.00	2.16	1
19	—	—	—	2.00	2.00	—
20	2	0.70	0.24	2.41	1.58	2
21	—	—	—	2.00	1.00	3
22	2	1.53	0.62	1.00	0.42	2

表 3 对称安置组合测量的反映系数

组合方案 反映系数 F 棱数 n	$2 + 3S90^\circ + 3S120^\circ$	$2 + 3R90^\circ + 3R120^\circ$	2	$3S90^\circ + 3S120^\circ$	$3R90^\circ + 3R120^\circ$	$2 + 3S72^\circ + 3S108^\circ$	$2 + 3R72^\circ + 3R108^\circ$	$3S72^\circ + 3S108^\circ$	$3R72^\circ + 3R108^\circ$
n 未知 $2 \leq n < 22$	最大 2.41 平均(F_{av})1.95 最小 1.00	最大 2.41 平均(F_{av})1.98 最小 1.00	—	—	—	最大 2.62 平均(F_{av})2.09 最小 1.38	最小 2.70 平均(F_{av})2.11 最小 1.38	—	—
n 为未知的偶数 $2 \leq n < 22$	—	—	2.00	—	—	—	—	—	—
n 为未知的奇数 $3 \leq n < 21$	—	—	—	最大 2.00 平均(F_{av})1.80 最小 1.00	最大 2.00 平均(F_{av})1.80 最小 1.00	—	—	最大 2.62 平均(F_{av})2.06 最小 1.38	最大 2.62 平均(F_{av})2.06 最小 1.38

表 4 非对称安置组合测量的反映系数

组合方案 反映系数 F 棱数 n	$2 + 3S60^\circ/30^\circ$	$2 + 3S90^\circ + 3S60^\circ/30^\circ$	$2 + 3S120^\circ/60^\circ$	2	$3S60^\circ/30^\circ$	$3S120^\circ/60^\circ$	$3S90^\circ + 3S60^\circ/30^\circ$	$3S90^\circ + 3S120^\circ/60^\circ$
n 未知, $2 \leq n < 10$	2.00	—	最大 2.38 平均(F_{av})2.08 最小 2.00	—	—	—	—	—
n 未知, $2 \leq n < 22$	—	最大 2.73 平均(F_{av})2.07 最小 2.00	—	—	—	—	—	—
n 为未知的偶数, $2 \leq n < 22$	—	—	—	2.00	—	—	—	—
n 为未知的奇数, $3 \leq n < 9$	—	—	—	—	2.00	2.00	—	—
n 为未知的奇数, $3 \leq n < 21$	—	—	—	—	—	—	2.00	2.00

5 测量条件和仪器

5.1 测头静压力

测头的静止测量力应小于 1 牛顿。在保证测头始终与被测表面连续接触的前提下，应尽量减小测量力，避免由此引起的测量误差。

5.2 测头

测头的尺寸和形状应根据被测表面的形状和尺寸按表 5 选取。

表 5 测头的尺寸和形状

mm

被测表面形状	被测表面直径	测头的半径和形状
轴类外表面	所有直径	R2.5 球
外刃口边缘		R2.5 圆柱
孔类内表面	< 20	R0.5 球
	> 20	R2.5 球
内刃口边缘	< 20	R0.5 圆柱
	> 20	R2.5 圆柱

注：① 被测表面为轴类外表面或外刃口边缘，也可选用平面测头。

② 测头尺寸和形状如有特殊要求时，应在专门文件中规定。

5.3 固定测量支承

固定测量支承应采用点或线接触的类型。对于轴类外表面的测量，用较小半径的球或短圆柱支承，也可用较窄的 V 型支承。对于孔类内表面的测量，用较小半径的球支承。

轴类外表面测量的固定支承中心距：

$$L_{\text{外}} = (D + d) \times \cos \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (3)$$

孔类内表面测量的固定支承中心距：

$$L_{\text{内}} = (D - d) \times \cos \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (4)$$

式中：D——被测零件直径；

d——球（或圆柱）支承的直径；

α ——固定测量支承夹角。

如图 3 所示。

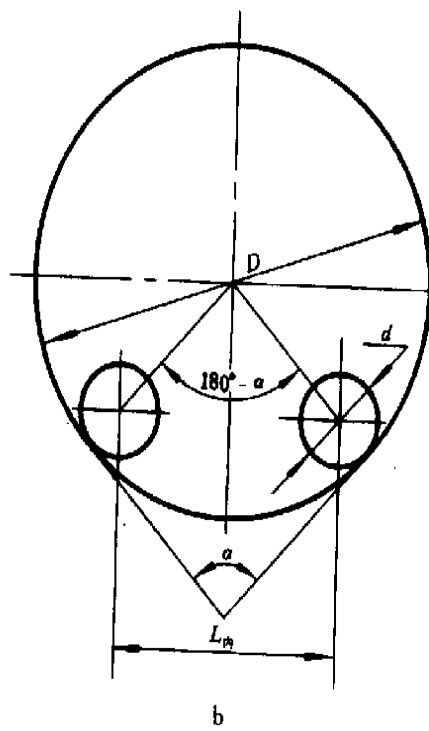
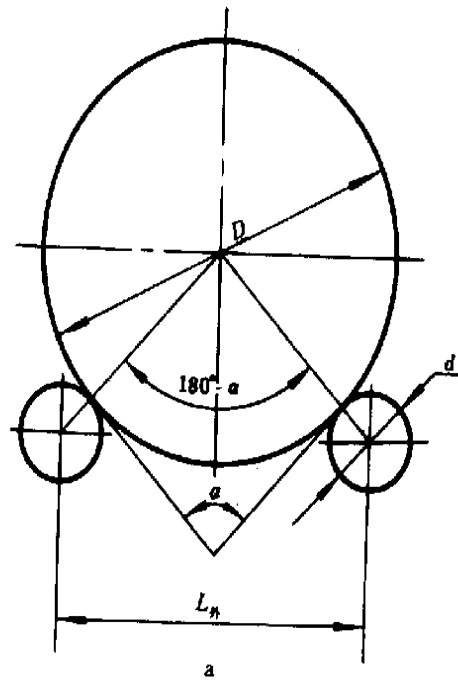


图 2

附录 A
两点、三点法应用示例
(参考件)

A.1 检测一棱数为3的圆柱孔，圆度公差 t 为 $7\mu\text{m}$ ，测量方法采用 $3S60^\circ$ ，测得值 Δ 为：

$$\Delta = 18\mu\text{m}$$

A.1.1 圆度误差值的计算

A.1.1.1 由表1可直接查得反映系数，当 $n=3$ 时， $3S60^\circ$ 顶式测量的反映系数为：

$$F = 3$$

由(1)式可得该圆柱孔的圆度误差：

$$f = \frac{\Delta}{F} = \frac{18}{3} = 6\mu\text{m}$$

A.1.1.2 如只需判断零件是否在给定的公差带范围内，而不必求出具体的圆度误差值时，则可直接利用测得值 Δ ，由下式进行评定：

$$\Delta \begin{cases} < tF & \text{零件合格} \\ > tF & \text{零件不合格} \end{cases}$$

就此例而言

$$tF = 7 \times 3 = 21\mu\text{m}$$

$$\Delta = 18\mu\text{m} < tF$$

故该零件合格。

A.2 检测一无心磨磨削的零件，棱数为未知的奇数，且 $3 < n < 21$ ，给定的圆度公差 t 为 $4\mu\text{m}$ 。测量方法选用 $3S60^\circ/30^\circ + 3S90^\circ$ （或 $3S120^\circ/60^\circ + 3S90^\circ$ ）测得值 Δ 为：

测量方法	$3S60^\circ/30^\circ$	$3S90^\circ$
测得值 Δ	$4.5\mu\text{m}$	$5.2\mu\text{m}$

A.2.1 圆度误差值的计算

A.2.1.1 由表4可查得非对称安置组合测量反映系数，当 $3 < n < 21$ 时， $3S60^\circ/30^\circ + 3S90^\circ$ （或 $3S120^\circ/60^\circ + 3S90^\circ$ ）的平均反映系数为：

$$F_{av} = 2$$

由(2)式可得该零件的圆度误差：

$$f = \frac{\Delta_{\max}}{F_{av}} = \frac{5.2}{2} = 2.6\mu\text{m}$$

A.2.1.2 与上例类似，如只需对零件进行合格与否的判断，则可直接用下式进行评定：

$$\Delta_{\max} \begin{cases} < tF_{av} & \text{零件合格} \\ > tF_{av} & \text{零件不合格} \end{cases}$$

就此例而言

$$tF_{av} = 4 \times 2 = 8\mu\text{m}$$

$$\Delta_{\max} = 5.2\mu\text{m} < tF_{av}$$

故该零件合格。

附加说明:

本标准由中华人民共和国机械工业部提出，由机械工业部标准化研究所归口。

本标准由机械工业部标准化研究所负责起草。

本标准主要起草人汪恺、杨列群、宋芸、胡林。