

《互换性与测量技术基础》习题参考解答 (第3版)

第二章 光滑圆柱体结合的公差与配合

1.

孔或轴	最大极限尺寸	最小极限尺寸	上偏差	下偏差	公差	尺寸标注
孔: $\Phi 10$	9.985	9.970	-0.015	-0.030	0.015	$\Phi 10 \begin{smallmatrix} -0.015 \\ -0.030 \end{smallmatrix}$
孔: $\Phi 18$	18.017	18	+0.017	0	0.017	$\Phi 18 \begin{smallmatrix} +0.017 \\ 0 \end{smallmatrix}$
孔: $\Phi 30$	30.012	29.991	+0.012	-0.009	0.021	$\Phi 30 \begin{smallmatrix} +0.012 \\ -0.009 \end{smallmatrix}$
轴: $\Phi 40$	39.95	39.888	-0.050	-0.112	0.062	$\Phi 40 \begin{smallmatrix} -0.050 \\ -0.112 \end{smallmatrix}$
轴: $\Phi 60$	60.041	60.011	+0.041	+0.011	0.030	$\Phi 60 \begin{smallmatrix} +0.041 \\ +0.011 \end{smallmatrix}$
轴: $\Phi 85$	85	84.978	0	-0.022	0.022	$\Phi 85 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.022 \end{smallmatrix}$

2. 1) $X_{\max} = 0.033 - (-0.098) = 0.131\text{mm}$

$$X_{\min} = 0 - (-0.065) = 0.065\text{mm}$$

$$T_f = |0.131 - 0.065| = 0.066\text{mm}$$

2) $Y_{\max} = 0 - 0.060 = -0.060\text{mm}$

$$Y_{\min} = 0.030 - 0.041 = -0.011\text{mm}$$

$$T_f = |-0.060 + 0.011| = 0.049\text{mm}$$

3) $X_{\max} = 0.007 - (-0.016) = 0.023\text{mm}$

$$Y_{\max} = -0.018 - 0 = -0.018\text{mm}$$

$$T_f = |0.023 - (-0.018)| = 0.041\text{mm}$$

4) $X_{\max} = 0.039 - 0.002 = 0.037\text{mm}$

$$Y_{\max} = 0 - 0.027 = -0.027\text{mm}$$

$$T_f = |0.037 - (-0.027)| = 0.064\text{mm}$$

5) $X_{\max} = 0.074 - (-0.140) = 0.214\text{mm}$

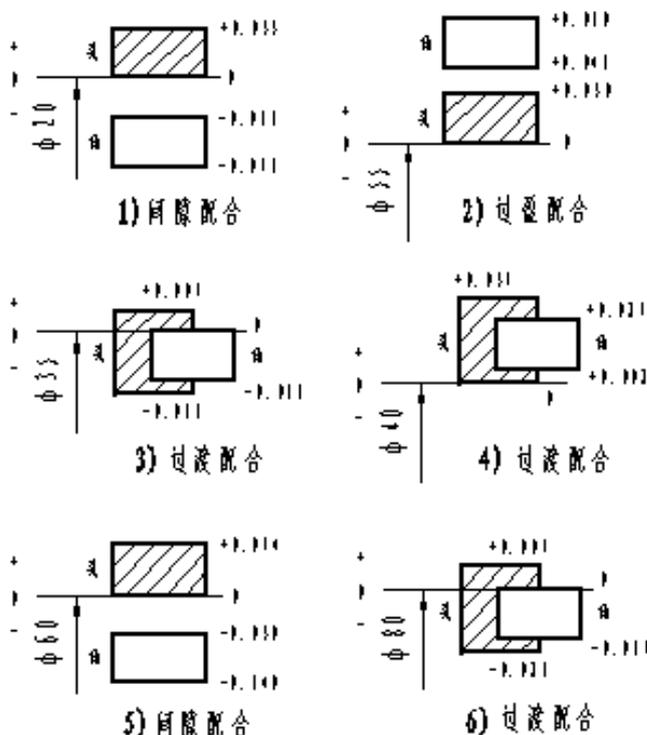
$$X_{\min} = 0 - (-0.030) = +0.030\text{mm}$$

$$T_f = |0.214 - 0.030| = 0.184\text{mm}$$

6) $X_{\max} = 0.009 - (-0.019) = 0.028\text{mm}$

$$Y_{\max} = -0.021 - 0 = -0.021\text{mm}$$

$$T_f = |0.028 - (-0.021)| = 0.049\text{mm}$$



第2题

3. (1) $\Phi 50 \frac{H8(+0.039)}{f7(-0.050)}$ $X_{\max} = 0.089\text{mm}$ $X_{\min} = 0.025\text{mm}$ 基孔制、间隙配合

(2) $\Phi 80 \frac{G10(+0.130)}{h10(0/-0.120)}$ $X_{\max} = 0.250\text{mm}$ $X_{\min} = 0.010\text{mm}$ 基轴制、间隙配合

(3) $\Phi 30 \frac{K7(+0.006)}{h6(0/-0.013)}$ $X_{\max} = 0.019\text{mm}$ $Y_{\max} = -0.015\text{mm}$ 基轴制、过渡配合

$$(4) \Phi 140 \frac{H8(+0.063)}{r8(+0.063)} \quad Y_{\max} = -0.126\text{mm} \quad Y_{\min} = 0\text{mm} \quad \text{基孔制、过盈配合}$$

$$(5) \Phi 180 \frac{H7(+0.040)}{u6(+0.235)} \quad X_{\max} = -0.235\text{mm} \quad Y_{\min} = -0.170\text{mm} \quad \text{基孔制、过盈配合}$$

$$(6) \Phi 18 \frac{M6(-0.004)}{h5(0)} \quad X_{\max} = 0.004\text{mm} \quad Y_{\max} = -0.015\text{mm} \quad \text{基轴制、过渡配合}$$

$$(7) \Phi 50 \frac{H7(+0.025)}{js6(-0.008)} \quad X_{\max} = 0.033\text{mm} \quad Y_{\max} = -0.008\text{mm} \quad \text{基孔制、过渡配合}$$

$$(8) \Phi 100 \frac{H7(+0.035)}{k6(+0.003)} \quad X_{\max} = 0.032\text{mm} \quad Y_{\max} = -0.025\text{mm} \quad \text{基孔制、过渡配合}$$

$$(9) \Phi 30 \frac{H7(+0.021)}{n6(+0.015)} \quad X_{\max} = 0.006\text{mm} \quad Y_{\max} = -0.028\text{mm} \quad \text{基孔制、过渡配合}$$

$$(10) \Phi 50 \frac{K7(+0.007)}{h6(0)} \quad X_{\max} = 0.023\text{mm} \quad Y_{\max} = -0.018\text{mm} \quad \text{基轴制、过渡配合}$$

$$4. (1) \Phi 60 \frac{D9(+0.174)}{h9(0)} \quad (2) \Phi 30 \frac{F8(+0.053)}{h8(0)} \quad (3) \Phi 50 \frac{H7(+0.025)}{k6(+0.002)} \quad (4) \Phi 30 \frac{H7(+0.021)}{s6(+0.035)}$$

$$(5) \Phi 50 \frac{U7(-0.061)}{h6(0)}$$

5. $\because X_{\min} = 0.025\text{mm}, X_{\max} = 0.066\text{mm} . \therefore$ 配合公差 $T_f = |0.066 - 0.025| = 0.041\text{mm}$,
 $\because T_f = T_h + T_s$, 选基孔制. 查表, 孔为 7 级, 轴为 6 级 $T_h = 0.025\text{mm} T_s = 0.016\text{mm}$ 符合要求.

$$\therefore \text{选 } \Phi 40 \frac{H7(+0.025)}{f6(-0.041)} .$$

验算: $X_{\max} = 0.025 - (-0.041) = 0.066\text{mm} ; X_{\min} = 0 - (-0.025) = 0.025\text{mm}$. 符合题意.

6. 1) $\because T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |0.086 - 0.020| = 0.066\text{mm}, T_f = T_h + T_s . \therefore$ 查表选 $T_h = T_s = 0.033\text{mm}$.

8 级公差. 基孔制 H8, 根据 X_{\min} 查表选轴为 f8, \therefore 选 $\Phi 25 \frac{H8(+0.033)}{f8(-0.053)}$. 验算 X_{\max}, X_{\min} 后

符合要求.

(2) $\because T_f = |Y_{\max} - Y_{\min}| = |0.076 - (-0.035)| = 0.041\text{mm}, T_f = T_h + T_s . \therefore$ 查表选 T_h 为 7 级, T_s 为 6

级, 基孔制 H7, 根据 Y_{\min} 查表选轴为 u6, \therefore 选 $\Phi 40 \frac{H7(+0.025)}{u6(+0.076)}$ 验算 Y_{\max}, Y_{\min} 后符合要求.

(3) $\because T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = |0.046 - (-0.032)| = 0.078\text{mm}, T_f = T_h + T_s . \therefore$ 查表选 T_s 为 7 级, T_h

为 8 级, 基轴制 h7, 根据 X_{\max} 和 Y_{\max} 查表选孔为 K8, \therefore 选 $\Phi 60 \frac{K8(+0.014)}{h7(0)}$. 验算 $X_{\max},$

Y_{\max} 后符合要求。

$$7. \Delta I = \frac{50}{2} (a_{\text{黄铜}} + a_{\text{玻璃}}) \Delta t = \frac{50}{2} \times (19.5 \times 10^{-6} + 8 \times 10^{-6}) \times (20 + 50) = 0.048 \text{mm},$$

$$\text{查表 } \Phi 50 \frac{\text{H}8(+0.039)}{f7(-0.025)}, 0.039 - (-0.050) + 0.048 = 0.137 \text{mm}, 0 - (-0.025) + 0.048 = 0.073 \text{mm}$$

$\therefore 0.137 > 0.075 \text{mm}$, \therefore 原设计 $\Phi 50\text{H}8/f7$ 配合不合适。

重选为: $0.075 - 0.048 = 0.027 \text{mm}$, $0.009 - 0.048 = -0.039 \text{mm}$, 装配时的间隙量应为 $-0.039 \sim$

$$0.027 \text{mm} \text{ 之间, } \therefore \text{选 } \Phi 50 \frac{\text{H}8(+0.039)}{\text{n}6(+0.017)} \text{ 验算后满足要求。}$$

$$8. \Delta I = \frac{95}{2} \times [22 \times (150 - 20) + 12 \times (100 - 20)] \times 10^{-6} = 0.181 \text{mm}; 0.04 + 0.181 = 0.221 \text{mm},$$

$0.097 + 0.181 = 0.278 \text{mm}$ \therefore 装配间隙应为 $0.221 \sim 0.278 \text{mm}$,

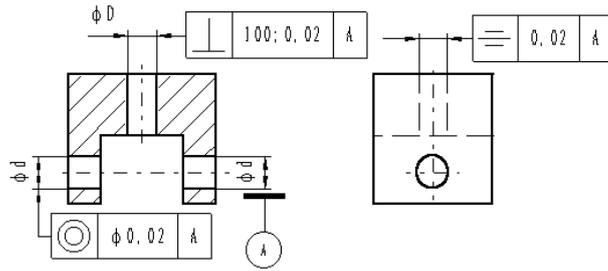
$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |0.278 - 0.221| = 0.057 \text{mm}$, $T_f = T_h + T_s$ \therefore 查表选孔为 7 级, 轴为 6 级, 基

孔制 H7, 根据 X_{\min} 查表选轴 (活塞) 为 b6, 选 $\Phi 95 \frac{\text{H}7(+0.035)}{\text{b}6(-0.242)}$ 。验算后基本满足要求。

第四章 形状和位置公差及检测

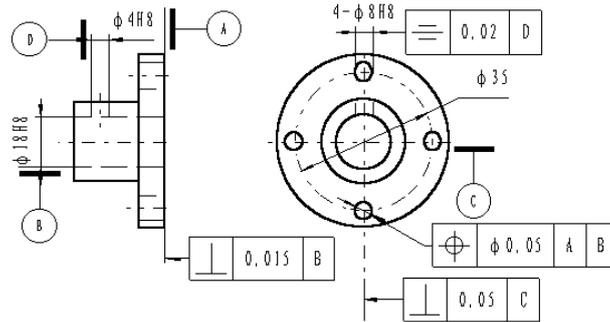
1. a) 公差带是距离为 0.02mm 的两平行平面之间的区域; b) 公差带是直径为 0.02mm 的圆柱面内的区域; c) 公差带是距离为 0.02mm 且平行于基准 A 的平行平面之间的区域。
2. a) 为垂直度公差, 公差带与基准轴线相垂直。它的公差带相对于基准有确定的方向, 并且公差带的位置可以浮动。它的公差带具有综合控制被测要素的方向和形状的职能。
b) 为圆跳动公差, 控制与基准同轴的任一半径位置的圆柱面上的位置误差。
c) 为全跳动公差, 控制与基准同轴的所有半径位置的圆柱面上的位置误差; 跳动公差带相对于基准轴线有确定的位置, 它可以综合控制被测要素的位置、方向和形状的。
3. a) 要求斜端面对 ϕ 基准轴线成 60° 的理想方向, 又要求斜端面中点在 ϕ 轴方向距离 B 面有公差要求。
b) 要求斜端面对 ϕ 基准轴线成 60° 的理想方向, 则公差带是距离为公差值 0.05mm , 且与基准轴线成 60° 角的两平行平面之间的区域。
4. a) 尺寸无公差而且也不是理论正确尺寸, 无基准; b) 无基准; c) 基准符号标注位置不对; d) 正确。

5.



第5题

6.

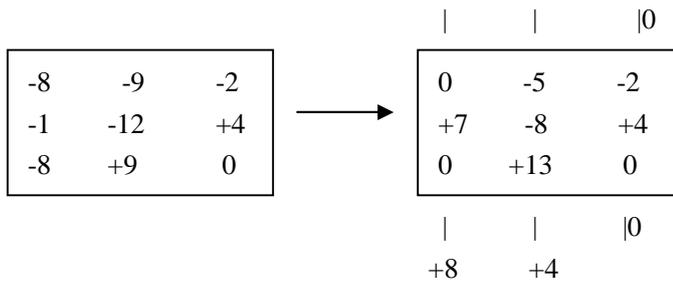


第6题

7.

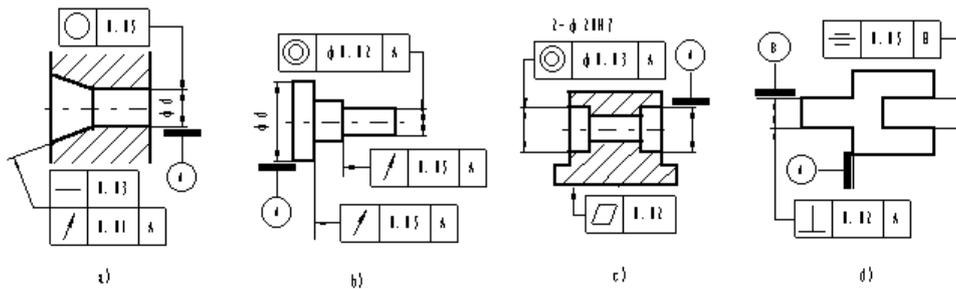
图样序号	采用的公差原则	理想边界及边界尺寸 (mm)	允许最大形状公差值 (mm)	实际尺寸合格范围 (mm)
a)	独立	$\phi 20.01$	$\phi 0.01$	$\phi 19.979 \sim \phi 20$
b)	包容	$\phi 20$	$\phi 0.021$	$\phi 19.979 \sim \phi 20$
c)	包容	$\phi 20.0$	$\phi 0.008$	$\phi 19.979 \sim \phi 20$
d)	最大实体	$\phi 20.01$	$\phi 0.031$	$\phi 19.979 \sim \phi 20$

8.



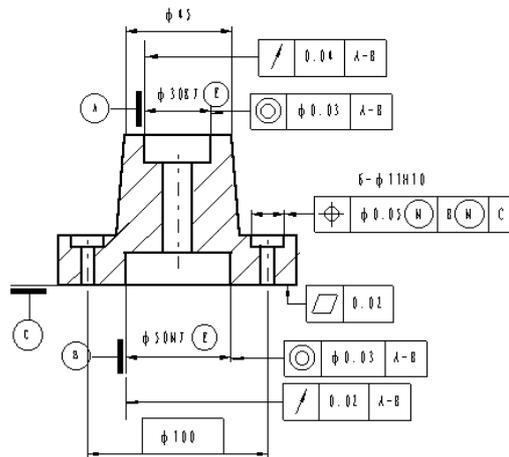
平面度误差 $f = |13| + |-8| = 21 \mu m > 20 \mu m$, 不合格。

9.



第9题

10.



第 10 题

11. 都采用最大实体要求。a) 图被测轴线必须位于直径为 $\phi 0.1\text{mm}$ ，且以相对于 A、B、C 基准表面的理论正确尺寸所确定的理想位置为轴线的圆柱面内。b) 图三个被测轴线公差带为三个直径为 $\phi 0.1\text{mm}$ 的圆柱，三个圆柱整体在水平、垂直方向可在 $\pm 0.5\text{mm}$ 范围内移动，但三个圆柱在水平方向上相互间不能移动，保持理论正确尺寸。c) 图为复合位置度，由两个位置度联合控制孔组的位置。上框格为四个 $\phi 0.1\text{mm}$ 的公差带，由基准 A、B、C 而确定；下框格为各孔之间的进一步要求，四个 $\phi 0.05\text{mm}$ 的公差带，其几何图框仅相对于基准 A 定向，因而它可在一定范围内任意移动，孔的实际轴线必须同时符合上下框格的位置要求，即只能位于 $\phi 0.1\text{mm}$ 和 $\phi 0.05\text{mm}$ 两个圆柱形公差带的重叠部分内。d) 图三个被测轴线公差带为三个直径为 $\phi 0.1\text{mm}$ 的圆柱，三个圆柱整体在水平方向可在 $\pm 0.5\text{mm}$ 范围内移动，但三个圆柱个体在水平、垂直方向上相互之间不能移动，和整体在垂直方向一样，保持理论正确尺寸。
12. a) 最大实体要求，理想边界尺寸为 $\phi 20\text{mm}$ ，当实际尺寸为 $\phi 20.13\text{mm}$ 时，允许的垂直度误差为 $\phi 0.13\text{mm}$ ；
 b) 最大实体要求和独立原则并用，理想边界尺寸为 $\phi 20\text{mm}$ ，允许的垂直度误差为 $\phi 0.05\text{mm}$ ；
 c) 最大实体要求，理想边界尺寸为 $\phi 19.95\text{mm}$ 允许的垂直度误差为 $\phi 0.18\text{mm}$ ；
 d) 独立原则，理想边界尺寸为 $\phi 19.95\text{mm}$ ，允许的垂直度误差为 $\phi 0.05\text{mm}$ 。
13. 直线度误差数据

测点序号	0	1	2	3	4	5	6	7	
M	测量读数 (格)	0	+1.5	-3	-0.5	-2	+3	+2	+1
	累积 (格)	0	+1.5	-1.5	-2	-4	-1	+1	+2
D	测量读数 (格)	0	-2	+1.5	+3	-2.5	-1	-2	+1
	累积 (格)	0	-2	-0.5	+2.5	0	-1	-3	-2

按最小条件:

M 直线度误差 $f = 200 \times 0.02 \times 5.75 = 23 \mu\text{m}$

D 直线度误差 $f = 200 \times 0.02 \times 4.9 = 19.6 \mu\text{m}$

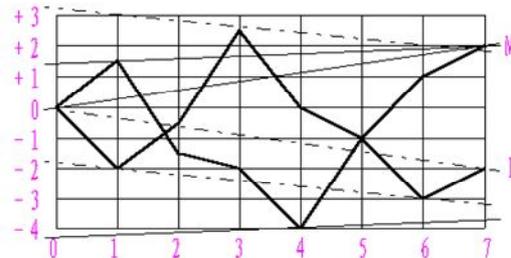
按两端点连线:

M 直线度误差

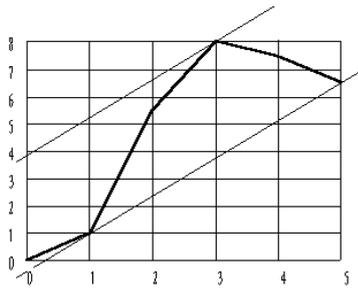
$f_m' = 200 \times 0.02 \times (1.3 + 5.2) = 26 \mu\text{m}$

D 直线度误差

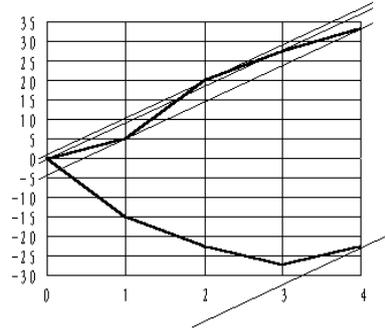
$f_D' = 200 \times 0.02 \times (3.3 + 1.8) = 20.4 \mu\text{m}$



14. 直线度误差 $f=300 \times 0.02 \times 4.3=25.8 \mu\text{m}$, $25.8 > 25 \mu\text{m}$, 不合格。
 15. 直线度误差 $6 \mu\text{m}$, 合格。平行度误差 $59 \mu\text{m}$ 。 $59 > 25 \mu\text{m}$, 不合格。



第 14 题



第 15 题

16. 基准孔采用包容要求。被测孔采用最大实体要求并同时应用于被测要素和基准要素。基准孔沿中心距方向有 $\pm 0.04\text{mm}$ 的变动量, 被测孔沿中心距方向有 $\pm 0.05\text{mm}$ 的变动量, 位置度公差为 0.5mm , 所以最大中心距为 $45+0.04+0.05+\frac{0.5}{2}=45.34\text{mm}$, 最小中心距为 $45-0.04-0.05-\frac{0.5}{2}=44.66\text{mm}$ 。
17. 基准孔采用最大实体要求。被测孔采用最大实体要求并同时应用于被测要素和基准要素。基准孔沿中心距方向有 $\pm \frac{0.1+0.08}{2} = \pm 0.09\text{mm}$ 的变动量, 被测孔沿中心距方向有 $\pm \frac{0.5+0.1}{2} = 0.3\text{mm}$ 的变动量, 所以最大中心距为 $45+0.09+0.3=45.39\text{mm}$, 最小中心距为 $45-0.09-0.3=44.61\text{mm}$ 。

第五章 表面粗糙度

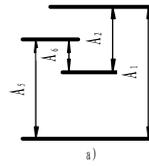
- $IT=0.016-0.002=0.014$ (尺寸公差) $T=0.0025$ (圆柱度公差) $T \approx 0.17IT$ 属 $T < 0.25IT$ 范围 $R_a \leq 0.15T=0.375 \mu\text{m}$ 确定 R_a 值为 $0.32 \mu\text{m}$
- 表面粗糙度常用的检测方法有五种: 比较法、光切法、干涉法、印模法、针描法。
- 形状误差属于宏观几何形状误差。一般是由机床、刀具、工件所组成的工艺系统的误差所造成的。
 表面粗糙度属于微观几何形状误差。指加工后, 刀具在工件表面留下波峰和波长都很小的波形。

第八章 尺寸链

1. 0.1~0.35mm

2. a) $A_6 = A_5 - (A_1 - A_2) = 24 - 30 + 16 = 10$
 $ES_6 = 0 + 0 + 0.052 = +0.052$
 $EI_6 = -0.084 - 0.043 - 0 = -0.127$

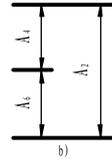
$$10 \begin{matrix} +0.052 \\ -0.127 \end{matrix} \text{ mm}$$



b) $A_6 = A_2 - A_4 = 16 - 6 = 10$

$ES_6 = 0 - 0 = 0$
 $EI_6 = -0.043 - 0.048 = -0.091$

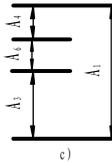
$$10 \begin{matrix} 0 \\ -0.091 \end{matrix}$$



c) $A_6 = A_1 - A_4 - A_3 = 30 - 6 - 14 = 10$

$ES_6 = 0 - 0 + 0.021 = +0.021$
 $EI_6 = -0.052 - 0.048 - 0.021 = -0.121$

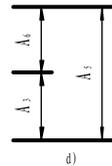
$$10 \begin{matrix} +0.021 \\ -0.121 \end{matrix}$$



d) $A_6 = A_5 - A_3 = 24 - 14 = 10$

$ES_6 = 0 + 0.021 = +0.021$
 $EI_6 = -0.084 - 0.021 = -0.105$

$$10 \begin{matrix} +0.021 \\ -0.105 \end{matrix}$$

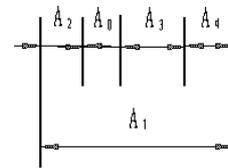


b) 尺寸标注中可使 A6 的变动范围最小。

3. (1) 绘制尺寸链图如下 $A_1=32$ $A_2=4$ $A_3=20$
 $A_4=8$ $A_0=0.04 \sim 0.15$

(2) $T_0 = A_{0max} - A_{0min} = 0.15 - 0.04 = 0.11 \text{ mm} = 110 \mu \text{ m}$

(3) $A_0 = 32 - 4 - 20 - 8 = 0$



第 3 题

(4) $a_{av} = T_0 / \sum_{i=1}^{n-1} (0.45 \sqrt[3]{D_i} + 0.001 D_i)$

$= 110 / (1.56 + 0.73 + 2.87 + 0.898) = 110 / 6.058 = 18.1$

查表 2-1 $a_{av} = 18.1$ 接近 IT8 级 (标准公差值等于 25i), 查表 2-4 $T_1 = 39 \mu \text{ m}$ $T_2 = 18 \mu \text{ m}$
 $T_3 = 33 \mu \text{ m}$ $T_4 = 22 \mu \text{ m}$ 组成环公差之和 $112 \mu \text{ m}$, 大于封闭环公差 $110 \mu \text{ m}$, 要调整容易加工的组成环 A4 的尺寸公差, 使 $T_4 = 22 - 2 = 20 \mu \text{ m}$.

(5) 按向体原则确定各组成环的极限偏差, 各组成环均为轴类零件, 取上偏差为零

$$A_1 = 32 \begin{matrix} 0 \\ -0.039 \end{matrix} \quad A_2 = 4 \begin{matrix} 0 \\ -0.018 \end{matrix} \quad A_3 = 20 \begin{matrix} 0 \\ -0.033 \end{matrix} \quad A_4 = 8 \begin{matrix} 0 \\ -0.020 \end{matrix}$$

4. 孔: $\phi 50 \begin{matrix} +0.039 \\ 0 \end{matrix}$ 轴: $\phi 50 \begin{matrix} -0.025 \\ -0.050 \end{matrix}$

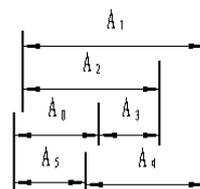
$es = -0.025 - (0.010 + 0.002) = -0.037$ $ei = -0.050 - (0.010 - 0.002) = -0.058$

$d_{max} = 50 - 0.037 = 49.963 \text{ mm}$ $d_{min} = 50 - 0.058 = 49.942 \text{ mm}$

5. (1) 绘制尺寸链图

(2) 活塞实际长 $A_3 = 11 + 40 - (50 - 30) - 12 = 19 \text{ mm}$

(3) A_0 为封闭环, 由等精度法求组成环公差等级系数



$$a_{av} = T_0 / \sum_{i=1}^{n-1} (0.45\sqrt[3]{D_i} + 0.001D_i)$$

$$= (0.4 + 0.4) / (1.71 + 1.428 + 1.22 + 1.579 + 1.012)$$

第 5 题

$$= 0.8 / 6.949 = 0.11512$$

由表 2-1 查得 $a_{av} = 115$ 时接近 IT12 级 (标准公差等于 160 μ m), 由表 2-4 查各组成环的公差值

$$T_1 = 250 \mu\text{m} \quad T_2 = 210 \mu\text{m} \quad T_3 = 210 \mu\text{m} \quad T_4 = 250 \mu\text{m} \quad T_5 = 180 \mu\text{m}$$

组成环公差之和 1100 μ m 大于封闭环公差值 800 μ m,

$$\text{调整为: } T_1 = 250 \mu\text{m} \quad T_2 = (210 - 100) = 110 \mu\text{m} \quad T_3 = (210 - 50) = 160 \mu\text{m} \quad T_4 = (250 - 100) = 150 \mu\text{m}$$

$$T_5 = (180 - 50) = 130 \mu\text{m}$$

(4) 按向体原则确定各组成环的极限偏差: $A_1 = 50 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.250 \end{smallmatrix} \text{mm}$ $A_2 = 30 \begin{smallmatrix} +0.11 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$

$$A_3 = 19 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.160 \end{smallmatrix} \text{mm} \quad A_4 = \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.150 \end{smallmatrix} \text{mm} \quad A_5 = \begin{smallmatrix} +0.130 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{mm}$$

6. (1) 绘制尺寸链图 $A_1 = 21 \begin{smallmatrix} +0.0165 \\ +0.0085 \end{smallmatrix}$

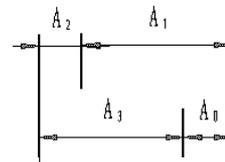
$$A_2 = 0 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \quad A_3 = 15 \begin{smallmatrix} +0.0205 \\ +0.01 \end{smallmatrix}$$

$$(2) A_0 = A_1 + A_2 - A_3 = 21 + 0 - 15 = 6$$

$$ES_0 = +0.003 + 0.0165 - 0.01 = 0.0095$$

$$EI_0 = -0.003 + 0.0085 - 0.0205 = -0.015$$

钻套壁厚尺寸变动范围 6.0095 ~ 5.985mm



第 6 题