

第三章 典型件结合和传动的精度设计习题解答 P12

第四章 尺寸链习题答案 P23

第五章 精度检测基本概念参考答案 P30

第六章 机械精度检测技术参考答案 P31

习题参考答案

第二章 几何量精度习题解答

一、判断题

1. × 2. × 3. × 4. × 5. × 6. × 7. × 8. √ 9. √ 10. √ 11. × 12. × 13. ×
14. × 15. √ 16. √ 17. × 18. × 19. √ 20. × 21. √ 22. × 23. √ 24. ×
25. × 26. √ 27. × 28. √ 29. √ 30. × 31. √ 32. √ 33. × 34. √ 35. ×
36. √ 37. × 38. √

二、选择题

1. A; D; E 2. B; C 3. A; B 4. A; C; D 5. A; B 6. B; C
7. B; C; E 8. B; D 9. C; D; E 10. A; C; E 11. B; C; E 12. B; D 13.
A; D; E 14. B; C; D 15. B; D 16. B; C 17. A; C 18. A; B 19. B; C;
D 20. A; E 21. A; B; D

三、填空题

1. 几何量误差 采用相应的技术措施
2. 零（部）件在装配前，允许有附加地选择；装配时允许有附加地调整但不允许修配；装配后能满足预定使用性能要求。
3. 零（部）件在装配或换前，不作任何地选择；装配时不作调整或修配；装配后能满足预定使用性能要求。
4. 实际尺寸减去基本尺寸所得的代数差 最大（或最小）极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差
5. 标准公差 基本偏差
6. +0.019 -0.019
7. IT7 S
8. $\Phi 80.023$ $\Phi 79.977$
9. -17 $\Phi 47.958$
10. +0.100 0 +0.050 -0.050
11. -0.01 -0.02
12. 增大 减小
13. 0 -0.050
14. 高一 同

15. 基轴
16. 公差带形状相同 前者公差带轴线位置浮动而后者轴线的位置是固定的。
17. 距离为公差值 t 的两平行平面 直径为公差值 t 的圆柱面内
18. 半径差为公差值 t 的两同心圆之间的区域 半径差为公差值 t 的两同轴圆柱面之间的区域
19. 距离为公差值 t ，且相对基准中心平面（或中心线、轴线）对称配置的两平行平面之间的区域
21. 距离分别为公差值 t_1 、 t_2 的两对平行平面之间的区域
22. 径向全跳动误差 径向全跳动误差
23. 内凹或中凸
24. 满足其功能要求
25. 相同 固定 浮动
26. 直径为公差值 t ，且与基准平面成理论正确角度的圆柱面内的区域
直径为公差值 t ，且以线的理想位置为轴线的圆柱面内的区域
27. 0.025
28. 给定任意方向的线相对第一基准 B，第二基准 A 的位置度公差为 $\Phi 0.1$ ，且遵守最小实体要求。
29. $\Phi 40.03$ $\Phi 40.119$ $\Phi 40.087$
30. $\Phi 40.041$ $\Phi 4.0046$ $\Phi 40.033$
31. 0.01 $\Phi 40.119$
32. MMC（最大实体边界） $\Phi 20$ 0
33. 最小实体状态 $\Phi 9.972$ 0.02
34. 在满足使用功能的前提下，选用最经济的公差值
35. 表述加工表面上具有较小间距和峰谷所组成的微观几何形状特性的术语
36. 评定表面轮廓粗糙度所必需的一段长度 取样长度
37. 能在测量范围内保持表面粗糙度特征，达到限制和减弱表面波纹度对表面粗糙度测量结果的影响
38. R_a 、 R_z 、 R_y

四、综合题

1. 互换性是指制成的同一规格的零（部）件中，在装配时不作任何选择，附加调整或修配，能达到预定使用性能的要求。它在机械制造业中的作用反映在以下几方面。在设计方面，可简化设计程序，缩短设计周期，并便于用计算机辅助设计；在制造方面，可保证优质高效生产；在使用方面，使机器维修方便，可延长机器寿命。

2. 生产中常用的互换性有两种；完全互换和不完全互换。当某产品结构复杂，装配精度要求较高，生产条件又不能完全适应时，常采用不完全互换，即装配时允许有附加选择、调整。这样既保证了装配精度要求，又使加工容易，成本降低。如轴承内、外圈滚道直径与滚珠之间的分组装配。

3. 最大实体尺寸指孔、轴允许材料量最多状态下的尺寸。轴的最大实体尺寸等于其最大极限尺寸，孔的最大实体尺寸等于其最小极限尺寸。最小实体尺寸指孔、轴允许材料量最少

状态下的尺寸。轴的最小实体尺寸等于其最小极限尺寸，孔的最小实体尺寸等于其最大极限尺寸。

4. 泰勒原则即极限尺寸判断原则，其内容是：

- (1) 孔或轴的作用尺寸不允许超过最大实体尺寸。
- (2) 孔或轴任意位置的实际尺寸不允许超过最小实体尺寸。

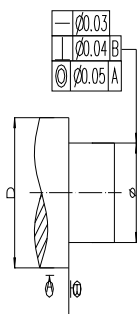
5. 公差是指允许尺寸的变动量。偏差是指某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差，有实际偏差和极限偏差之分。公差和极限偏差都是设计时给定的，前者是绝对值，后者是代数，有正负号。公差用于控制一批零件实际尺寸的差异程度，反映加工难易程度。极限偏差是判断完工零件尺寸合格与否的根据，是决定切削工具与工件相对位置的依据。在数值上，公差等于两极限偏差之差的绝对值。

6. 图样上没有注出公差的尺寸称未注公差尺寸。这一规定，适用于以下几种情况：

- (1) 非配合尺寸的限制要求很低。
- (2) 由工艺方法保证公差的尺寸。
- (3) 为简化制图，使图面清晰。

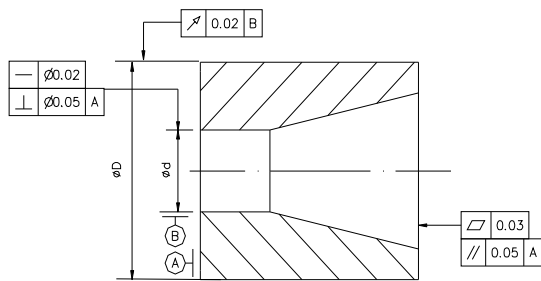
标准规定未注公差尺寸的公差等级为IT12~IT18。基本偏差孔用H，轴用h，长度用±IT/2，也可不分孔、轴和长度，均按±IT/2。

7. 改正后见答案图 2-1。



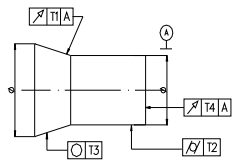
答案图 2-1

8. 改正后见答案图 2-2。



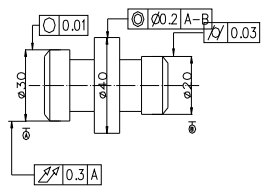
答案图 2-2

9. 改正后见答案图 2-3。



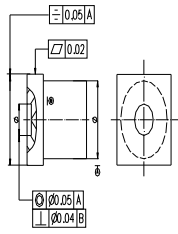
答案图 2-3

10. 改正后见答案图 2-4。



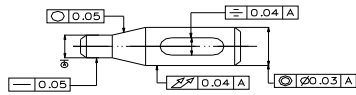
答案图 2-4

11. 改正后见答案图 2-5。



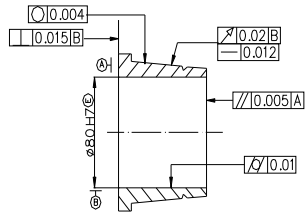
答案图 2-5

12. 改正后见答案图 2-6。



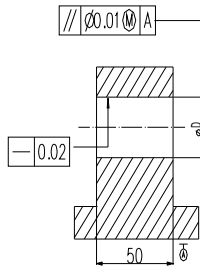
答案图 2-6

13. 改正后见答案图 2-7。



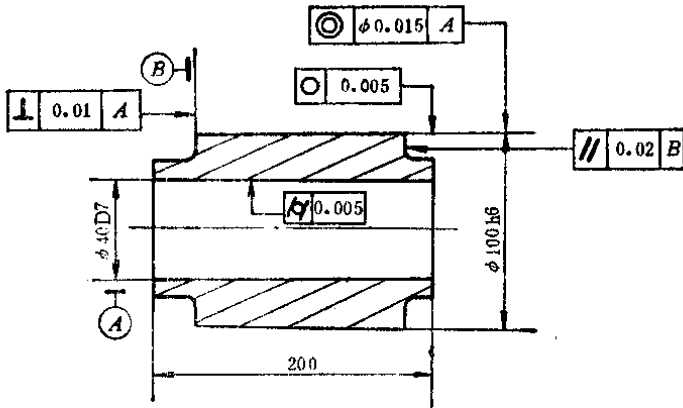
答案图 2-7

14. 改正后见答案图 2-8。



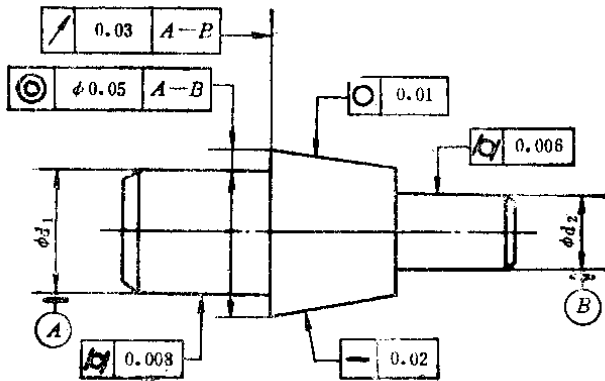
答案图 2-8

15. 见答案图 2-9。



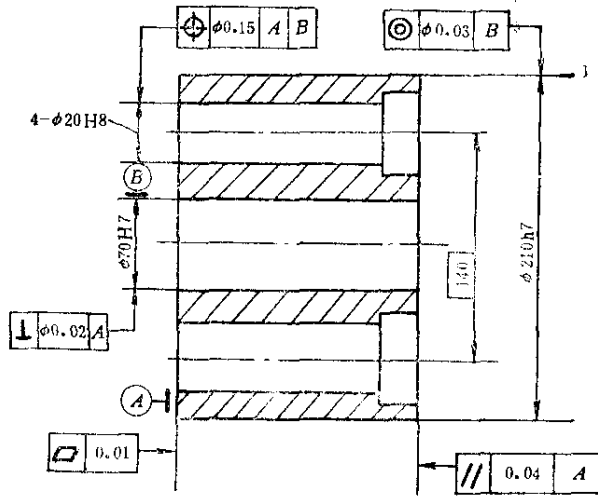
答案图 2-9

16. 见答案图 2-10。



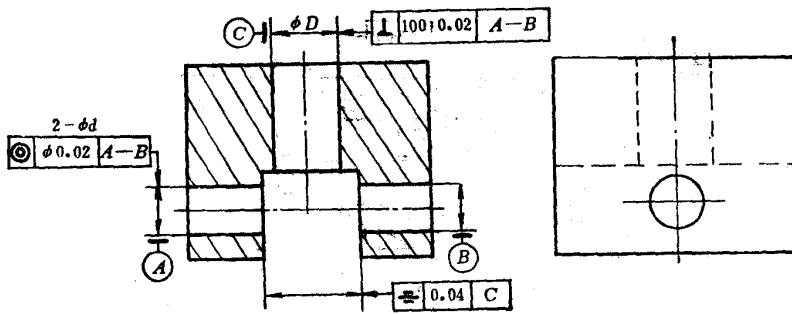
答案图 2-10

17. 见答案图 2-11。



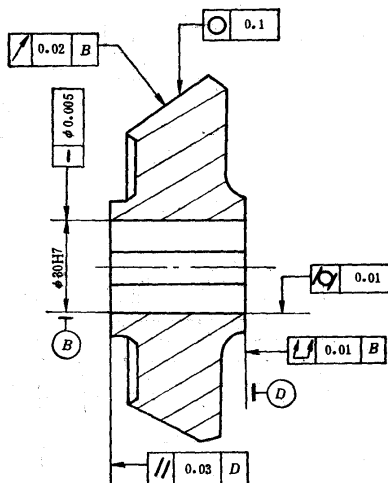
答案图 2-11

18. 见答案图 2-12。



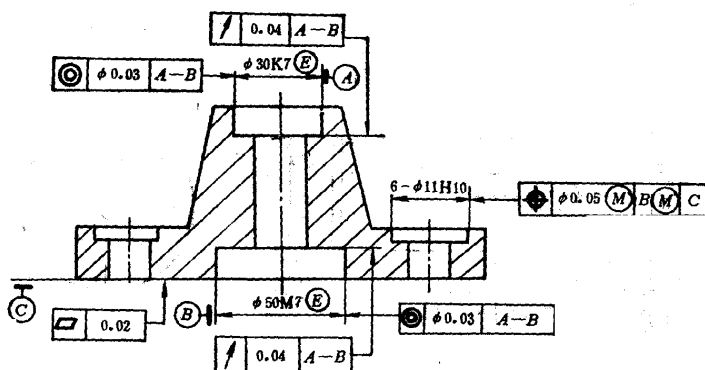
答案图 2-12

19. 见答案图 2-13。



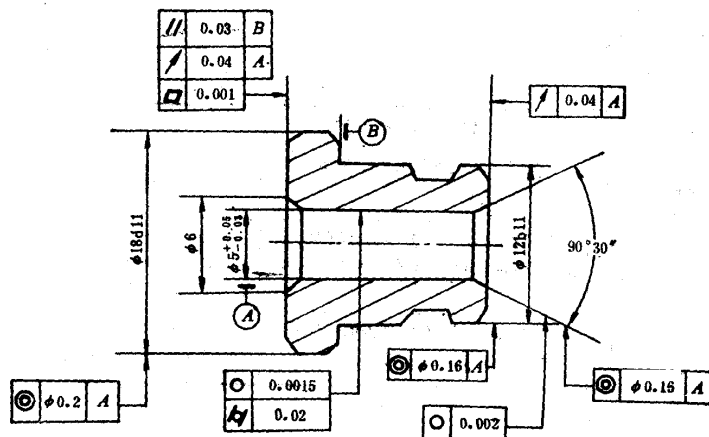
答案图 2-13

20. 见答案图 2-14。



答案图 2-14

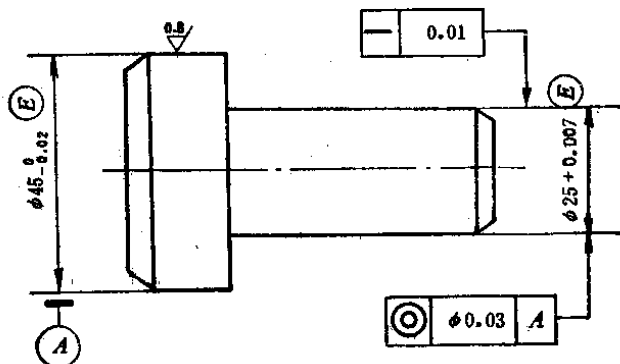
21. 见答案图 2-15。



答案图 2-15

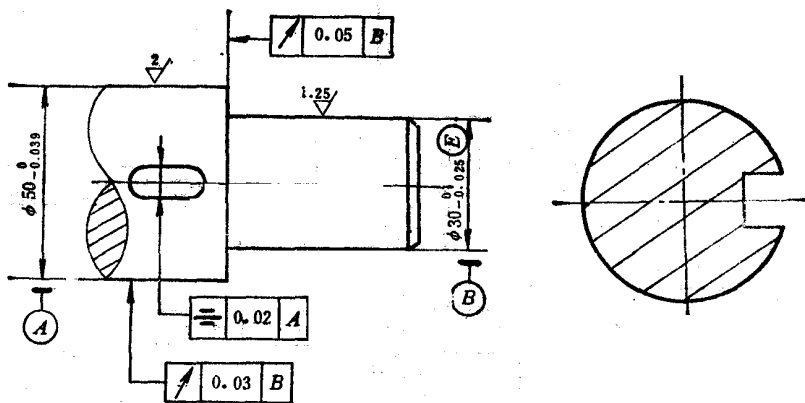
22. 见答案图 2-16。

其余 $\sqrt{\text{B}}$



答案图 2-16

23. 见答案图 2-17。



答案图 2-17

24. 见答案表 2-1。

答案表 2-1

代号	解释代号含义	公差带形状
$\textcircled{0.004}$	70h6 外圆柱面的圆 度公差为0.004mm	在同一正截面上,半径差为 0.004mm的两同心圆间的区域
$\textcircled{0.015} \text{ B}$	70h6 外圆柱面对基准轴 B的径向跳动公差为0.015mm	在垂直于基准轴B的任一测量平 面内,半径差为0.015mm,圆心在 基准轴B上的两同心圆间的区域
$\textcircled{0.01} \text{ A}$	左端面对右端面的平行度 公差为0.01mm	距离为公差值0.01mm,平行基准 平面的两平行平面间的区域

25. ~ 28. (略)

29. 答: 图 a 为给定平面内素线的直线度, 其公差带为宽度等于公差值 0.02mm 的两平行直线。

图 b 为轴线在任意方向的直线度, 其公差带为直径等于公差值 0.02mm 的圆柱体。

图 c 为给定平面内被测素线对基准素线的平行度, 其公差带为宽度等于公差值 0.02 且平行于基准 A 的两平行直线。

30. 答: 图 a 为线轮廓度, 其公差带为包络一系列直径为公差值 0.025mm 的圆的两包络线之间的区域, 诸圆圆心位于理想尺寸为 $\phi 20.025\text{mm}$ 的圆上。

图 b 为圆度, 其公差带为半径差为 0.025mm 的两同心圆之间的区域, 且被测要素遵守包容原则。

31. 答: 图 a 为轴线相对基准 A 的垂直度公差为 $\phi 0.05\text{mm}$, 其公差带形状是直径为公差值 $\phi 0.05\text{mm}$ 且垂直基准平面 A 的圆柱面内的区域。

图 b 为轴线相对第一基准 A, 第二基准 B、第三基准 C 的位置度公差为 $\phi 0.05\text{mm}$, 其公差带形状是直径为公差值 $\phi 0.05\text{mm}$, 且以线的理想位置为轴线的圆柱面内的区域。

32. 见答案表 2-2

答案表 2-2 (单位: mm)

图例	采用公差原则	边界及边界尺寸	给定的形位公差值	可能允许的最大形位误差值
a	独立	×	$\phi 0.008$	$\phi 0.008$
b	包容	MMC 边界 $\phi 20$	$\phi 0.02$	$\phi 0.02$
c	最大实体	MMVC 边界 $\phi 19.995$	$\phi 0.005$	$\phi 0.026$

33. 见答案表 2-3

34. 答: 图 a 表示端面对轴线的垂直度公差为 0.05mm 。垂直度误差综合的是整个被测端面的形状误差和位置误差。

图 b 表示端面对轴线的端面圆跳动公差为 0.05mm 。端面圆跳动是被测端面在给定直径圆周上的形状误差和位置误差的综合结果。

图 c 表示端面对轴线的端面全跳动公差为 0.05mm 。端面全跳动与端面对轴线的垂直度控制的被测要素的结果完全相同。

答案表 2-3 (单位: mm)

图例	采用公差原则	边界及边界尺寸	给定的形位公差值	可能允许的最大形位误差值
a	独立	×	$\phi 0.008$	$\phi 0.008$
b	包容	MMC 边界 $\phi 20$	0	$\phi 0.021$
c	最大实体	MMVC 边界 $\phi 39.9$	$\phi 0.005$	$\phi 0.026$

35. 见答案表 2-4, 该零件合格。 (单位: mm)

最大实体尺寸 MMS	最小实体尺寸 LMS	MMC 时的轴线直线度公差	LMC 时的轴线直线度公差	实体尺寸 VS	作用尺寸 MS
$\phi 20$	$\phi 20.033$	$\phi 0.02$	$\phi 0.053$	$\phi 19.98$	$\phi 19.985$

36. 答: 图 a 的标注为独立公差。表示被测孔的轴线应在直径为 $\phi 0.02\text{mm}$ 的圆柱体公差带内, 此圆柱体的轴线应垂直于基准 A。

图 b 的标注为最大实体要求, 尺寸公差与位置公差有关。当被测孔为最大实体尺寸 $\phi 20\text{mm}$ 时, 其轴线应在直径为 $\phi 0.02\text{mm}$ 的圆柱体内, 此圆柱的轴线应垂直于基准 A; 当被测孔偏离了最大实体尺寸时, 其轴线对基准 A 面的垂直度公差带直径可以增大, 直至被测孔为最小实体尺寸 $\phi 20.02\text{mm}$ 时, 其垂直度公差带直径可以到最大, 此时为 $\phi 0.04\text{mm}$, 此圆柱体公差带轴线垂直基准。

图 c 的标注为包容要求与最大实体要求同时标注。当被测孔为最大实体尺寸 $\phi 20\text{mm}$ 时, 其轴线的直线度公差等于 0, 即不允许有直线度误差; 而其轴线对基准 A 面的垂直度公差为 $\phi 0.02\text{mm}$ 。当被测孔偏离了最大实体尺寸, 直至到最小实体尺寸 $\phi 20.02\text{mm}$ 时, 其轴线的直线度公差为 $\phi 0.02\text{mm}$; 而其轴线对基准 A 面的垂直度公差为 $\phi 0.04\text{mm}$ 。

图 d 的标注为独立公差。表示被测孔的轴线在两个互相垂直的方向对基准 A 面有垂直度公差要求。被测孔无论在最大实体状态或最小实体状态, 其轴线位于在水平方向对基准 A 的垂直度公差带为宽度等于公差值 $\phi 0.02\text{mm}$ 的两平行平面之间, 在垂直方向对基准 A 的垂

直度公差带为宽度等于公差值 $\phi 0.04\text{mm}$ 的两平行平面之间。

37. 最大实体要求 $\phi 60$ $\phi 60.19$ $\phi 59.95$ $\phi 0.05$ $\phi 0.19$
 $\phi 0.05$ $\phi 0.15$

38. 包容要求 $\phi 20$ $\phi 19.98$ $\phi 20.01$ 0 $\phi 0.01$

39. (1) 实效尺寸= $\phi 29.975\text{ mm}$ 作用尺寸= $\phi 29.97\text{mm}$

(2) 不合格

(3) 允许的最大同轴度误差= $\phi 0.098\text{mm}$

40. (1) 被测要素遵守最大实体要求。

(2) 单一要素的实效尺寸= $\phi 20.02\text{mm}$

关联要素的实效尺寸= $\phi 20.05\text{mm}$

(3) 直线度公差的给定值为 $\phi 0.02\text{mm}$,

垂直度公差的给定值为 $\phi 0.05\text{mm}$ 。

直线度误差的最大允许值为 $\phi 0.12\text{mm}$,

垂直度误差的最大允许值为 $\phi 0.15\text{mm}$ 。

(4) 不合格。

41. 中心距的变化范围为 $(\phi 45 - \phi 0.68)\text{ mm} \sim (\phi 45 + \phi 0.68)\text{ mm}$,
即 $\phi 44.32\text{mm} \sim \phi 45.68\text{mm}$ 。

42. (1) 最大实体要求应用于被测要素和基准要素。

(2) 被测要素的同轴度公差是在被测要素处于最大实体状态而基准要素处于实效状态时给定的。

(3) 同轴度误差所允许的最大值= $\phi 0.079\text{mm}$ 。

43. 同轴度误差不合格。

44. 国标中规定与高度有关的参数有：①轮廓算术平均偏差 R_a ；②微观不平度十点高度 R_z ；③轮廓的最大高度 R_y 。

与间距特性有关的参数有：①轮廓微观不平度的平均间距 S_m ；③轮廓的单峰平均间距 S_o ；②与形状特性有关的参数为轮廓支承长度率 t_p 。

标准规定与高度特性有关的三个参数 R_a 、 R_y 、 R_z 是基本的评定参数。与间距特性有关的参数和与形状特性有关的参数均为附加的评定参数。一般情况下应从三个基本评定参数中选取只有少数零件的重要表面有特殊使用要求时才选用附加的评定参数。

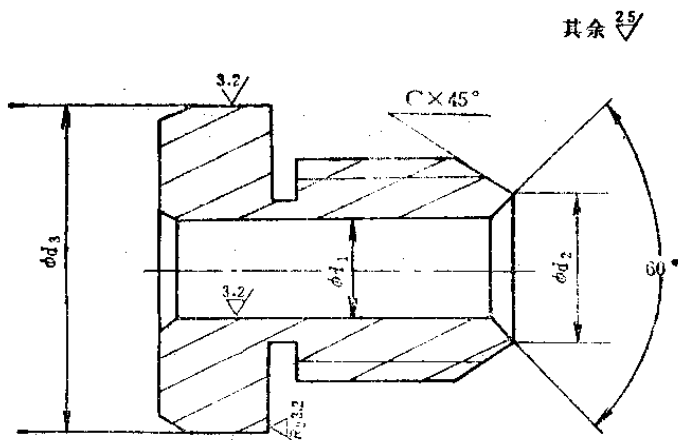
45. 答：取样长度 l 是指评定表面粗糙度时所规定的一段基准线长度。规定取样长度的目的在于限制和减弱其他几何形状误差，特别是表面波纹度对测量结果的影响。表面越粗糙取样长度就应越大，因为表面越粗糙，波距也越大，较大的取样长度才能反映一定数量的微观高低不平的痕迹。

评定长度 l_n 包括一个或几个取样长度。由于零件表面各部分的表面粗糙度不一定很均匀，是由于加工的不均匀性造成的。在一个取样长度上往往不能合理地反映某一表面粗糙度特征，故需在表面上取几个取样长度来评定表面粗糙度。此时可得到一个或数个测量值，取其平均值作为表面粗糙度数值的可靠值。评定长度一般按五个取样长度来确定。

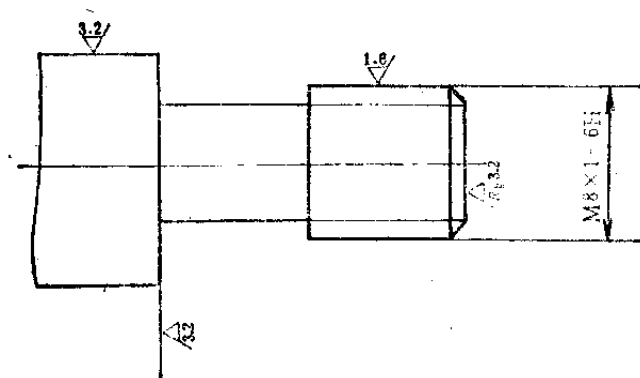
46. 答：轮廓中线是确定表面粗糙度各评定参数值大小的一条基准线。首先按它确定方向，然后由它开始计算距离（大小）。

47. 见答案图 2-18。

48. 见答案图 2-19。



答案图 2-18



答案图 2-19

第三章 典型件结合和传动的精度设计习题解答

一、判断题

1. \checkmark 2. \checkmark 3. \times 4. \checkmark 5. \checkmark 6. \times 7. \times 8. \times 9. \checkmark
 10. \times 11. \checkmark 12. \times 13. \times 14. \checkmark 15. \times 16. \checkmark 17. \times
 18. \checkmark 19. \times 20. \checkmark 21. \times 22. \checkmark 23. \checkmark 24. \times 25. \checkmark
 26. \checkmark 27. \times 28. \checkmark 29. \checkmark 30. \checkmark 31. \checkmark 32. \times 33. \checkmark 34. \checkmark
 35. \times 36. \times 37. \checkmark 38. \times 39. \checkmark 40. \checkmark 41. \checkmark 42. \times 43. \checkmark
 44. \checkmark 45. \checkmark

二、选择题

1. BCE 2. ABDE 3. CDE 4. CD 5. AC 6. ABC 7. AC 8. AD
 9. ACD 10. AD 11. ACD 12. ABE 13. BCD 14. A 15. B
 16. B 17. AB 18. B 19. B 20. ACD 21. ABE 22. BC

23. AB 24. ACD 25. C 26. AC 27. C 28. A 29. AD
 30. BD 31. AD 32. BC 33. ABC

三、填空题

1. 基孔 间隙
2. 基轴 过盈
3. $X_{max}=+0.150$ $Y_{max}=-0.050$
4. 0 +0.013
5. 基孔制 可减少定尺孔用刀、量具
6. 允许间隙或过盈的变动量 配合精度
7. 高一 同
8. -0.05
9. 过盈 间隙
10. 0 0.078
11. 过盈
12. 间隙 +0.052 +0.002
13. 满足使用要求 较低
14. 间隙 过盈
15. 基轴
16. 增加 增加
17. G、E、D、C、 B G B
18. 下侧 过盈
19. 过盈 公差等级、旋转精度和运动平稳性
20. 轴承的工作条件、作用在轴承上负荷的大小、方向和性质、工作温度、轴承类型和尺寸、旋转精度和速度等一系列因素
21. 轴和外壳孔的公差代号
22. 当量径向动负荷 P 轴承额定动负荷 Cr
23. 较松
24. 过盈
25. G
26. 局部负荷 循环负荷 摆动负荷
27. 间隙配合 紧密配合 过盈配合
28. 结构型圆锥配合 位移型圆锥配合
29. 中径偏差 螺距误差 牙型半角误差
30. 螺纹作用中径不能超越最大实体牙型的中径；任意位置的实际中径（单一中径）不能超越最小实体牙型的中径。
31. 中径 中径公差
32. G、H e、f、g、h
33. 公称直径为 10 的外螺纹 螺距（细牙） 中径公差带代号 顶径公差带代号 旋合长度代号

34. 两个相互配合的螺纹，沿螺纹轴线方向相互旋合部分的长度
35. 短旋合长度 中等旋合长度 长旋合长度
36. 基本牙型 公差等级 基本偏差
37. 紧固螺纹 传动螺纹 紧密螺纹
38. 平键 半圆键 楔键 平键
39. 矩形花键 渐开线花键 三角形花键 矩形花键
40. 定心精度高，导向性好，承载能力强
41. 圆周侧隙 j_t 法向侧隙 j_n 无关
42. 12 7
43. 测量齿距累积误差 ΔF_p
44. 传递运动准确性 传动的平稳性 载荷分布均匀性
45. 齿圈径向跳动公差 第 I 运动准确性
46. 传递运动准确性 侧隙
47. $\Delta F_i''$ (ΔF_r) F_w 运动准确性
48. (Δf_f) Δf_{pt} Δf_{pb} 传动平稳性
49. 齿距极限偏差 传动平稳性
50. 齿距累积误差 I
51. 齿向公差 III 载荷分布均匀性
52. 齿厚偏差和公法线平均长度偏差
53. 相同
54. 传递运动的准确性
55. 齿面接触良好
56. 第 I、II、III 公差组的精度等级 齿厚上偏差 齿厚下偏差

四、综合题

1. 公差为允许尺寸的变动量，反映零件的加工难易程度。配合公差为允许间隙或过盈的变动量，表明装配后的配合精度。其联系是，配合公差等于相配合孔公差与轴公差之和。

2. $Y_{\min} = -0.015\text{mm}$ $Y_{\max} = -0.049\text{mm}$ $T_f = 0.034\text{mm}$

3. $D_{\max} = 15.027\text{mm}$ $D_{\min} = 15\text{mm}$ $d_{\max} = 14.984\text{mm}$ $d_{\min} = 14.966\text{mm}$
 $T_h = 0.027\text{mm}$ $T_s = 0.018\text{mm}$ $X_{\max} = +0.061\text{mm}$ $X_{\min} = +0.016\text{mm}$
 $X_{av} = +0.0385\text{mm}$ $T_f = 0.045\text{mm}$

4. $X_{\max} = +0.181\text{mm}$ $X_{\min} = +0.080\text{mm}$ $T_f = 0.101\text{mm}$

5. $T_f = 0.050\text{mm}$ $Y_{\max} = -0.010\text{mm}$

$ES = +0.020\text{mm}$ $EI = -0.010\text{mm}$

孔尺寸为 $60^{+0.020}_{-0.010}\text{mm}$ ，轴尺寸为 $60^{0}_{-0.20}\text{mm}$ 。

6. 孔尺寸为 $\phi 50^{+0.039}_{0}\text{mm}$ ，轴尺寸为 $\phi 50^{0.009}_{-0.034}\text{mm}$ 。

7. $es = +0.011\text{mm}$ $ei = +0.002\text{mm}$ 。

8. 孔尺寸为 $\phi 30^{+0.010}_{-0.010}\text{mm}$ ，轴尺寸为 $\phi 30^{0}_{-0.013}\text{mm}$ 。

9. $ES = -0.015\text{mm}$ $EI = -0.037\text{mm}$ ，该配合为基轴制过渡配合。

10. $ES=+0.033\text{mm}$ $EI=0$ $es=+0.081\text{mm}$ $ei=+0.048\text{mm}$

11. 见答案表 3-1。

答案表 3-1

公差带	基本偏差	标准公差	极限盈隙	配合公差	配合类别
$\phi 80S7$	-0.048	0.030	$Y_{\min}=-0.029$	0.049	过盈配合
$\phi 80h6$	0	0.019	$Y_{\max}=-0.078$		

12. 见答案表 3-2。

答案表 3-2

基本尺寸	孔			轴			X_{\max} 或 Y_{\min}	X_{\min} 或 Y_{\max}	T_f
	ES	EI	T_h	es	Ei	T_s			
$\phi 25$	+0.052	0	0.052	+0.030	-0.022	0.052	+0.074	-0.030	0.104

13. 见答案表 3-3。

答案表 3-3

基本尺寸	孔			轴			X_{\max} 或 Y_{\min}	X_{\min} 或 Y_{\max}	T_f
	ES	EI	T_h	es	Ei	T_s			
$\phi 45$	-0.025	-0.050	0.025	0	-0.016	0.016	-0.009	-0.050	0.041

14. 见答案表 3-4。

答案表 3-4

基本尺寸	孔			轴			X_{\max} 或 Y_{\min}	X_{\min} 或 Y_{\max}	T_f
	ES	EI	T_h	es	Ei	T_s			
$\phi 30$	+0.086	+0.065	0.021	0	-0.013	0.013	+0.099	+0.065	0.034

15. 见答案表 3-5。

答案表 3-5

组别	孔公差带	轴公差带	相同点	不同点
①	$\phi 20$ +0.021 0	$\phi 20$ -0.020 -0.033	孔均为基准孔，轴均为 IT6 级。	间隙配合 $X_{av}=+0.037\text{mm}$
②	$\phi 20$ +0.021 0	$\phi 20 \pm 0.0065$		过渡配合
③	$\phi 20$ +0.021 0	$\phi 20$ 0 -0.013		间隙配合 $X_{av}=+0.017\text{mm}$

16. (1) ~ (3) 均为 IT7 级, 制造难易程度一致; 使用上, 与基准孔配合, (1) 间隙配合, (2) 为过渡配合, (3) 为过盈配合。

17. 孔尺寸为 $15_{0}^{+0.43}$ mm, 长度尺寸为 30 ± 0.26 mm, 轴尺寸为 $40_{-0.62}^{0}$ mm。

18. 该配合为 $\phi 35P8/h7$ 。

19. 轴的公差带代号为 $\phi 30f7$ 。

20. 孔的公差带代号为 $\phi 25P7$ 。

21. 换算成基轴制配合的代号为 $\phi 8F6/h5$ 。

22. 换算成基轴制配合的代号为 $\phi 50P7/h6$ 。

23. 换算成基轴制配合的代号为 $\phi 50J8/h7$ 。

24. 配合为 $\phi 35H8/e7$ 。

25. 配合为 $\phi 60H8/k7$ 。

26. 配合为 $\phi 75H7/k6$ 。

27. 配合为 $\phi 45H5/s4$ 。

28. 配合为 $\phi 40F9/h8$ 。

29. 配合为 $\phi 52J7/f9$, 属非基准制配合。

30. 选用公差等级要综合考虑使用性能和制造工艺、成本之间的矛盾, 应在满足使用性能的前提下, 尽量选用较低的公差等级。

31. 配合类别的选择主要根据使用要求和工作条件, 即所选部位松紧程度的要求。确定非基准件基本偏差的方法有计算法、类比法和试验法。

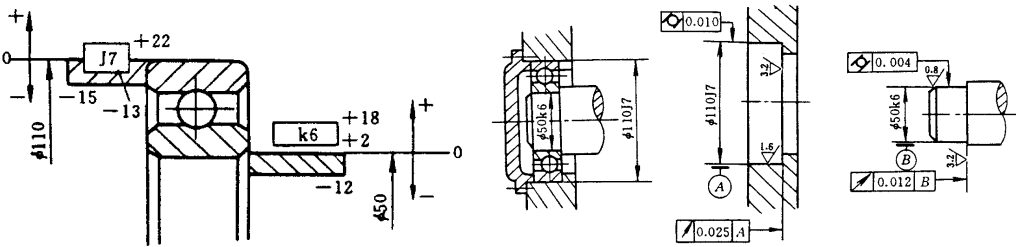
36. 解: 按给定条件, 可算得 $Fr=0.125Cr$, 属于正常负荷。内圈相对于负荷方向旋转, 外圈相对于负荷方向固定。参考有关资料选轴颈公差带为 k6, 外壳孔公差带为 G7 或 H7。但由于该轴旋转精度要求较高, 故选用更紧一些的配合 J7 较为恰当。

从有关表中查出轴承内、外圈单一平面平均直径的上、下偏差, 再由有关表中查出 k6 和 J7 的上、下偏差, 从而画出公差带图, 如答案图 3-1a 所示。由于图中可以算出内圈与轴 $Y_{\min}=-0.002$ mm, $Y_{\max}=-0.030$ mm; 外圈与孔 $X_{\max}=+0.037$ mm, $Y_{\max}=-0.013$ mm。

为保证轴承正常工作, 还应对轴颈和外壳孔提出形位公差及粗糙度要求。查有关表得圆柱度要求: 轴颈为 0.004mm, 外壳孔为 0.010mm; 端面圆跳动要求: 轴肩 0.012mm, 外壳孔端面 0.025mm。

查有关表得粗糙度要求: 轴颈 $Ra \leq 0.8\mu\text{m}$, 外壳表面 $Ra \leq 1.6\mu\text{m}$, 轴肩端面 $Ra \leq 3.2\mu\text{m}$, 外壳孔端面 $Ra \leq 3.2\mu\text{m}$ 。

将选择的各项公差要求标注在图样上, 如答案图 3-1b 所示。由于轴承是标准件, 因此, 在装配图上只需标出轴颈和外壳孔的公差带代号。



答案图 3-1a 轴承与外壳孔的配合 答案图 3-1 b 轴承与外壳孔和轴的配合、轴颈和外壳孔的公差标注

37. 解：分析确定轴承的精度等级：

- (1) C616 车床属轻载的普通车床，主轴承受轻载荷。
- (2) C616 车床主轴的旋转精度和转速较高，选择 E 级精度的滚动轴承。

分析确定轴承与轴和壳体孔的配合：

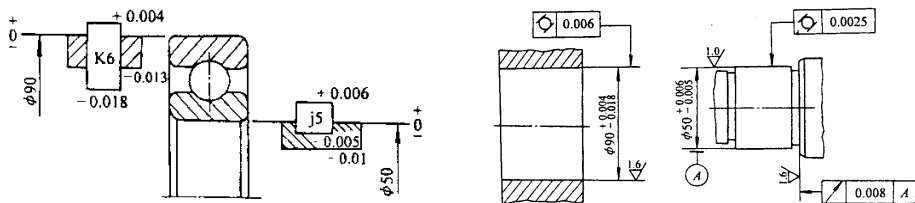
- (1) 轴承内圈与主轴配合一起旋转，外圈装在壳体中不转。
- (2) 主轴后支承主要承受齿轮传递力，故内圈承受循环负荷，外圈承受局部负荷，前者配合应紧，后者配合略松。
- (3) 参考有关表选出轴公差带为 $\phi 50j5mm$ ，壳体孔公差带为 $\phi 90J6mm$ 。
- (4) 机床主轴前轴承已轴向定位，若后轴承外圈与壳体孔配合无间隙，则不能补偿由于温度变化引起的主轴的伸缩性；若外圈与壳体孔配合有间隙，会引起主轴跳动，影响车床的加工精度。为了满足使用要求，将壳体孔公差带提高一档，改用 $\phi 90K6mm$ 。

(5) 按滚动轴承公差国家标准，由有关表查出 E 级轴承单一平面平均内径偏差 (Δd_{mp}) 为 $\phi 50 ({}^0_{-0.01}) mm$ ，由有关表查出 E 级轴承单一平面平均外径偏差 (ΔD_{mp}) 为 $\phi 90 ({}^0_{-0.013}) mm$ 。

根据公差与配合国家标准 GB/T1800.3—1998，查得：轴为 $\phi 50j5mm$ ，壳体孔为 $\phi 90K6mm$ 。

图 1 为 C616 车床主轴后轴承的公差与配合图解，由此可知，轴承与轴的配合比与壳体孔的配合要紧些。

(6) 按有关表查出轴和壳体孔的形位公差和表面粗糙度值，标注在零件图上。



答案图 3-2 (1) C616 车床主轴后轴承公差与配合图解 (2) 零件图

$$X_{\max}=0.017mm \quad X_{\min}=0.005mm \quad Y_{\max}=-0.018mm$$

$$Y_{\max}=-0.016mm$$

$$Y_{\text{平均}}=-0.0005mm \quad Y_{\text{平均}}=-0.0055mm$$

42. 解：(1) 键宽 b 的配合代号为 $h9$ ，轴槽宽为 $N9$ ，毂槽宽为 $Js9$ 。

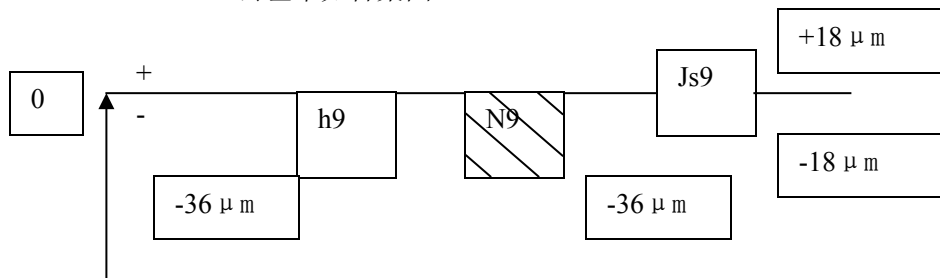
(2) 查表得出极限偏差值为:

键宽 $es=0$ $ei=-0.036\text{mm}$

轴槽宽 $ES=0$ $EI=-0.036\text{mm}$

毂槽宽 $ES=+0.018\text{mm}$ $EI=-0.018\text{mm}$

(3) 公差带如答案图 3-3:



答案图 3-3

43. 解: 根据条件可知花键联接的配合应选用精密传动用的紧滑动配合, 且应将内花键的小径公差带代号选为 H6。

查表得花键孔和花键轴的公差代号为:

花键孔 $6 \times 26H6 \times 30H10 \times 6H9$

花键轴 $6 \times 26g6 \times 30a11 \times 6f7$

47. 答: -0.78mm 。

48. 答: 由于内、外圆锥配合间采用单键连接, 减速器输出轴上的扭矩主要用单键传递而圆锥配合主要起定位作用, 故右只规定圆锥直径公差, 其公差带同时控制圆锥直径偏差、圆锥角偏差和形状误差。内圆锥公差为 $\phi 45H8$; 外圆锥公差为 $\phi 45.4h8$ 。基面距变化量为 0.78mm 。

50. 答: 内螺纹作用中径为 11.141mm , 合格; 外螺纹作用中径为 11.149mm , 不合格。

51. 答: 作用中径为 18.721mm , 不合格。

52. 答: 内螺纹作用中径为 22.670mm 。此螺纹不合格。

53. 解: 查表中径极限尺寸为 $16.701_{(-0.198)}^{(-0.038)}\text{mm}$,

$$\text{螺纹合格条件为 } \left\{ \begin{array}{l} 15.663\text{mm} \geq d_{2\text{单}-} + (0.022 + 0.018)\text{mm} \\ d_{2\text{单}-} \geq 15.053\text{mm} \end{array} \right\}$$

此加工方法允许的中径实际最大、最小尺寸分别为 15.623mm 和 15.503mm 。

54. 答: $d_{\text{max}}=23.962\text{mm}$, $d_{\text{min}}=23.682\text{mm}$, $d_{\text{max}} > d_a=23.850\text{mm} > d_{\text{min}}$, 大径合格; $d_{2\text{m}}=22.625 < 22.663$ ($d_{2\text{max}}$); $d_{2a}=22.521 > 22.493$ ($d_{2\text{min}}$)

螺纹中径合格; 采用中等旋合长度为 $8.5\text{--}25\text{mm}$ 。

55. 解: (1) 确定中径的极限尺寸

查表得 $D_2=18.701\text{mm}$, $TD_2=212 \mu\text{m}$, $EI=0$

故得 $D_{2\text{max}}=18.701+0.212=18.913\text{mm}$

$D_{2\text{min}}=18.701\text{mm}$

(2)计算螺距误差和牙型半角误差对中径的补偿值

$$f_p=1.732|\Delta P_\Sigma|=1.732\times|-45|=77.94\mu\text{m}$$

$$f_{\alpha/2}=0.0732P[K_1|\Delta\alpha_1/2|+K_2|\Delta\alpha_2/2|]$$

$$=0.732\times 2\times[3\times|50|+2\times|-35|]=32.12\mu\text{m}$$

$$D_{2m}=D_{2s}-(f_p+f_{\alpha/2})$$

$$=18.87-(77.94+32.12)\times 10^{-3}=18.67\text{mm}$$

(3)判断能否具有理想轮廓的螺栓旋合内螺纹合格条件:

$$D_{2m}\geq D_{2\min} \quad D_{2s}\leq D_{2\max}$$

虽然 $18.78 < 18.913$, 但 $D_{2m} > D_{2\min}$ 。所以不能与具有理想轮廓的螺栓旋合。

因为不管是外螺纹, 还是内螺纹, 一般修复的办法都是使外螺纹的实际中径减小, 使内螺纹的实际中径增大, 所以该螺母可以修复, 使内螺纹的实际中径增大。

$$\text{令 } D_{2m}=D_{2\min}$$

$$\text{所以 } D_{2s}-(f_p+f_{\alpha/2})=D_{2\min}$$

$$D_{2s}=D_{2\min}+(f_p+f_{\alpha/2})$$

$$=18.701+(77.94+32.12)\times 10^{-3}=18.811\text{mm}$$

因而使内螺纹的实际中径增大 $18.811-18.78=0.031\text{mm}$

$$\text{此时 } D_{2m}\geq D_{2\min}$$

$$D_{2s}\leq D_{2\max}$$

令 $D_{2ms}=D_{2\max}$ 内螺纹实际中径增大 $18.913-18.78=0.133$ 。因此, 当内螺纹的实际中径增大 $0.031\sim 0.133\text{mm}$ 时, 该螺母可修复到与理想的螺栓旋合。

65. 解: 分度圆直径 $d=Mz=1.5\times 60\text{mm}=90\text{mm}$

分度圆弧长 $L=\pi/2d=\pi d/2=\pi\times 90\text{mm}/2=141.4\text{mm}$

由此查表得: $F_r=36\mu\text{m}$ $F_w=28\mu\text{m}$ $F_p=45\mu\text{m}$

实测误差与上述查表公差值比较如下:

$$\Delta F_r=45\mu\text{m}>F_r \quad \text{此项指标不合格}$$

$$\Delta F_w=26\mu\text{m}<F_w \quad \text{此项指标合格}$$

$$\Delta F_p=43\mu\text{m}<F_p \quad \text{此项指标合格}$$

由于 ΔF_p 是第 I 公差组中的综合指标, 而 ΔF_w 与 ΔF_r 都是第 I 公差组中的单项指标, 对 7 级精度的齿轮, 这两项指标有一项合格而综合指标 ΔF_p 不超差, 即可判断该齿轮的第 I 公差组的检验结果为合格。

69. 答: 第 I、II、III 公差组的检验组分别为 F_p 、 f_f 与 f_{pt} 、 F_β 。由于检验组项目均合格 (查表计算略), 且齿厚偏差也在极限偏差范围内, 因此该齿轮合格。

71. 计算确定各项公差与极限偏差, 如答案表 3-6 所列。

答案表 3-6

项目	小齿轮	大齿轮	备注
齿数 Z	20	100	
孔径	25mm	80mm	
分度圆直径 mz	100mm	500mm	

顶圆直径 $m(z+2)$		110mm	510mm	
$L = \pi m z / 2$		157mm	785mm	
齿 坯	孔径公差 IT6		13 μm	19 μm
	顶圆直径公差 IT8		54 μm	110 μm
	基准面的径向和端面圆跳动		11 μm	20 μm
齿 轮	I	切向综合公差	42 μm	94 μm
		周节累积公差	32 μm	80 μm
		径向综合公差	40 μm	71 μm
		齿圈径向跳动公差	28 μm	50 μm
	II	一齿切向综合公差	13.8 μm	16.8 μm
		齿形公差	10 μm	14 μm
		齿距极限偏差	$\pm 13 \mu\text{m}$	$\pm 14 \mu\text{m}$
		一齿径向综合公差	18 μm	20 μm
	III	齿向公差	12 μm	12 μm
	侧隙	齿厚上偏差	-52 μm	-56 μm
齿厚下偏差		-208 μm	-224 μm	
齿 轮 副	中心距极限偏差		$\pm 26 \mu\text{m}$	
	接触斑点	沿齿高不小于	50%	
		沿齿长不小于	70%	
	轴线平行度公差	f_x	12 μm	
		F_y	6 μm	
	齿轮副切向综合公差		136 μm	
齿轮副一齿切向综合公差		30.6 μm		

72. 答：齿轮代号为 877FJGB10095-88。检验组及公差值为：径向综合公差为 63 μm ，公法线长度变动公差为 40 μm ，一齿径向综合公差为 20 μm ，齿形公差为 11 μm ，基节偏差为 $\pm 13 \mu\text{m}$ ，齿距累积公差为 11 μm 。

73. 解：（1）确定精度等级

根据其圆周速度确定公差组的精度等级。圆周速度 v 为

$$v = \pi d n / (1000 \times 60) = [\pi \times 4 \times 30 \times 1280 / (1000 \times 60)] \text{m/s} = 8.04 \text{m/s}$$

查表得第三公差组精度为 7 级。

一般减速器对传递运动准确性的要求不高，故第一公差组可比第二公差组低一级，即取 8 级。而动力齿轮对齿的接触精度有一定要求，通常将第三公差组取与第二公差组同级，取 7 级。故该齿轮的精度标注应为 8-7-7。

（2）确定齿厚偏差代号

① 计算最小极限侧隙 $j_{\text{min}} = j_{n1} + j_{n2}$

$$j_{n1} = a (\alpha_{\text{齿}} \Delta t_{\text{齿}} - \alpha_{\text{箱}} \Delta t_{\text{箱}}) 2 \sin \alpha$$

$$= \{ [4 \times (30+96) / 2] \times [11.5 \times 10^{-6} \times (60-20) - 10.5 \times 10^{-6} \times (30-20)] \times 2 \sin 20^\circ \} \mu\text{m} = 61 \mu\text{m}$$

$$j_{n2}=10m_n=(10 \times 4) \mu\text{m}=40\mu\text{m}$$

$$j_{n\min}=(61+40) \mu\text{m}=101\mu\text{m}$$

②计算齿轮齿厚上偏差

查表得 $f_{pb1}=16\mu\text{m}$, $f_{pb2}=18\mu\text{m}$

查表得 $F_\beta=11\mu\text{m}$, $f_x=F_\beta=11\mu\text{m}$

$$f_\gamma=\frac{1}{2} F_\beta=5.5\mu\text{m}$$

$$k=\sqrt{16^2+18^2+2.104 \times 11^2} \mu\text{m}=28.89\mu\text{m}$$

$$\text{查表得 } f_a=\frac{1}{2} IT8=\frac{1}{2} \times 81\mu\text{m}=40.5\mu\text{m}$$

齿厚上偏差

$$E_{ss}=-\left(f_a t g \alpha_n + \frac{j_{n\min} + k}{2 \cos \alpha_n} \right)$$

$$=-(40.5 t g 20^\circ + \frac{101 + 28.89}{2 \cos 20^\circ}) \mu\text{m}=-84\mu\text{m}$$

查表得 $f_{pb1}=18\mu\text{m}$, $f_{pb2}=20\mu\text{m}$

$$E_{ss}/f_{pt1}=-81/18=-4.67$$

$$E_{ss}/f_{pt2}=-84/20=-4.2$$

查有关 f_{pt} 系数资料, 可知 E_{ss}/f_{pt1} 和 E_{ss}/f_{pt2} 之值介于 -6 与 -4 之间, 如都取 -4 即代号为 F, 则会使装配后的 $j_{n\min}$ 。一般根据强度要求使小齿轮齿厚厚一些, 故现取小齿轮齿厚偏差代号为 F ($F=-4f_{pt1}$), 大齿轮齿厚偏差代号为 G ($G=-6f_{pt2}$)。

$$E_{ss1}=-4 f_{pt1}=-4 \times 18\mu\text{m}=-72\mu\text{m}$$

$$E_{ss2}=-6 f_{pt2}=-6 \times 20\mu\text{m}=-120\mu\text{m}$$

根据验算最小极限侧隙, 故满足要求。

③计算齿轮齿厚下偏差

齿厚的下偏差 $E_{si1}=E_{ss1}-T_{s1}$, $E_{si2}=E_{ss2}-T_{s2}$

$$\text{齿厚公差 } T_s=\sqrt{F_r^2+b_r^2} 2 t g \alpha_n$$

查表得 $F_{r1}=50\mu\text{m}$, $F_{r2}=71\mu\text{m}$,

另 $b_{r1}=1.26IT9=1.26 \times 87\mu\text{m}=109.62\mu\text{m}$

$$b_{r2}=1.26 \times 140\mu\text{m}=176.4\mu\text{m}$$

$$T_{s1}=(\sqrt{50^2+109.62^2} \times 2 t g 20^\circ) \mu\text{m}=87.70\mu\text{m}$$

$$T_{s2}=(\sqrt{71^2+176.4^2} \times 2 t g 20^\circ) \mu\text{m}=138.42\mu\text{m}$$

$$E_{s11}=E_{ss1}-T_{s1}=(-72-87.70)\mu\text{m}=-159.70\mu\text{m}$$

$$E_{s12}=E_{ss2}-T_{s2}=(-120-138.42)\mu\text{m}=-258.42\mu\text{m}$$

$$E_{ss}/f_{pt1}=-159.70/18=-8.87, \text{确定代号为 J}$$

$$E_{ss}/f_{pt2}=-258.42/20=-12.92, \text{确定代号为 K}$$

故小齿轮为 8-7-7FJ GB10095-88

大齿轮为 8-7-7GK GB10095-88

(3) 选择检验项目及其公差值

本减速器齿轮属于中等精度，齿廓尺寸不大，生产规模为小批量生产。

①第 I 公差组用 F_r 和 F_w

查表得 $F_{r1}=50\mu\text{m}$, $F_{r2}=71\mu\text{m}$,

$$F_{w1}=40\mu\text{m}, F_{w2}=50\mu\text{m},$$

②第 II 公差组用 f_f 和 $\pm f_{pb}$

查表得 $f_{f1}=14\mu\text{m}$, $f_{f2}=16\mu\text{m}$

查表得 $f_{pb1}=16\mu\text{m}$, $f_{pb2}=18\mu\text{m}$

③第 III 公差组用 F_β

查表得 $F_{\beta 1}=F_{\beta 2}=11\mu\text{m}$

④齿侧间隙用 ΔE_{wm}

现用公法线平均长度极限偏差 (E_{wms} 、 E_{wmi}) 来保证侧隙的实现，因此需要计算理论公法线长度，其公式如下：

$$W=m\cos\alpha_n[\pi(n-0.5)+z\text{inv}\alpha_n] \text{ (变位系数为零)}$$

式中, $n_1=30/9+0.5\approx 11$

$$\text{则 } W_1=\{4\times\cos 20^\circ[\pi(4-0.5)+30\times 0.0149]\}\text{mm}=43.01\text{mm}$$

$$W_2=\{4\times\cos 20^\circ[\pi(11-0.5)+96\times 0.0149]\}\text{mm}=129.37\text{mm}$$

由公法线长度极限偏差与齿厚=极限偏差的换算公式可求得

$$E_{wms1}=-56\mu\text{m}, E_{wmi1}=-157\mu\text{m}$$

$$E_{wms2}=-130\mu\text{m}, E_{wmi2}=-208\mu\text{m}$$

$$\text{公法线 } W_1=43.01 \begin{matrix} -0.056 \\ -0.157 \end{matrix} \text{mm}$$

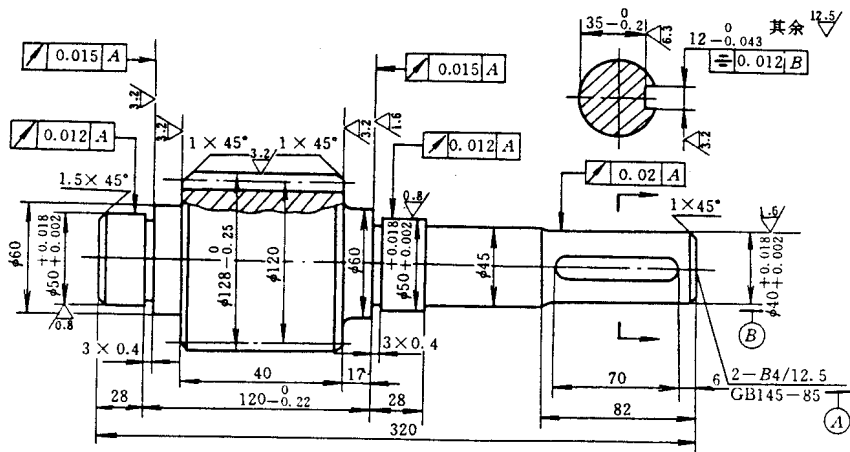
$$W_2=129.37 \begin{matrix} -0.130 \\ -0.208 \end{matrix} \text{mm}$$

(4) 齿坯技术要求

查表可得：孔轴的尺寸公差和形位公差，顶圆直径公差。齿坯基准面径向跳动和端面圆跳动。齿轮各面的表面粗糙度的推荐值。

(5) 绘制齿轮工作图

将选取的齿轮精度等级、齿厚偏差代号、检验项目及公差、极限偏差和齿坯技术条件等标注在大、小齿轮的工作图上，如图所示。



模数 m 4 基节极限偏差 $\pm f_{pb}$ ± 0.016
 齿数 z 30 齿向公差 F_{β} 0.011
 齿形角 α 20° 公法线平均长度极限偏差 $43.01^{+0.056}_{-0.156}$
 精度等级 8—7—7 FJ GB10095—88 跨齿数 n 4
 齿圈径向跳动公差 F_r 0.050
 公法线长度变动公差 F_w 0.040 技术要求
 齿形公差 f_f 0.014 1. 未注圆角半径 R1.5 ;

2. 调质 220~250HB

答案图 3-4 小齿轮工作图

第四章 尺寸链习题答案

一、判断题:

1. \checkmark 2. \times 3. \checkmark 4. \checkmark 5. \checkmark 6. \checkmark 7. \checkmark 8. \times 9. \times 10. \checkmark 11. \checkmark
 12. \checkmark 13. \times 14. \times 15. \times 16. \times 17. \checkmark 18. \checkmark 19. \checkmark 20. \checkmark

二、选择题:

1. A; B; 2.C; E; 3.A; B; D; 4.B; D; 5.A; B; 6.B; C;
 7.E 8.E; C; D 9.C; E 10.A; B

三、填空题:

- 公差设计 公差校核
- 某一组成环尺寸增大而其他组成环尺寸不变时封闭环尺寸减小。
- 最大极限尺寸
- 下偏差
- 各组成环公差之和
- 加工顺序
- 封闭环的基本尺寸、极限偏差和公差是否符合设计要求。
- 上
- 有关尺寸的公差和极限偏差

10. 基准换算或确定工序尺寸

四、综合题:

1. 答: 尺寸链是指在机器装配加工过程中, 由相互连接的尺寸形成封闭的尺寸组。它有多种不同的形式, 按尺寸几何特征分为长度尺寸链与角度尺寸链, 按尺寸链用途分为装配尺寸链、零件尺寸链与工艺尺寸链, 按其空间位置分直线尺寸链、平面尺寸链和空间尺寸链。

2. 答: 尺寸链的两个基本特征是: 各尺寸链相互连接成封闭形式, 既具有封闭性, 链中某一尺寸的变动直接受其他尺寸变动的影响, 既具有约束性。

3. 答: 尺寸链封闭环是在装配加工过程中最后形成的一环, 装配尺寸链中, 封闭环是由机器装配精度决定的, 工艺尺寸链中, 封闭环必须在加工顺序确定后才能判断。组成环尺寸增大, 封闭环增大是增环, 组成环尺寸增大, 封闭环尺寸反而减小是减环。

4. A_1 、 A_2 、 A_4 为增环, A_3 、 A_5 为减环。

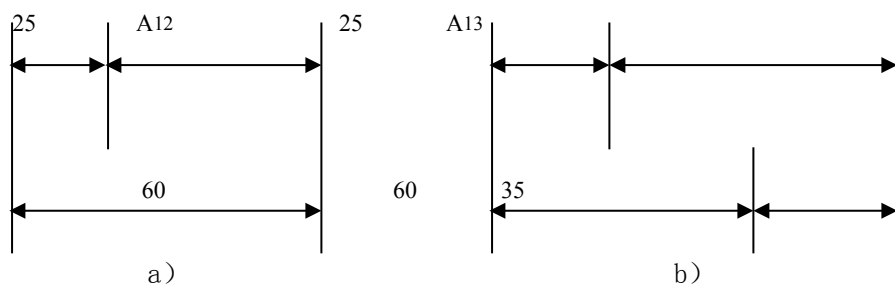
5. 答: 封闭环公差等于各组成环公差之和, 故封闭环公差比任何一个组成环公差都大。当封闭环公差一定时, 组成环越多, 各组成环分配公差值越小, 故设计时应尽量减小尺寸链组成环, 即应遵循最短尺寸链原则。

6. 答: 在尺寸链中, 当组成环为定位公差(同轴度、对称度、位置度公差)时, 它们对尺寸的影响可正可负, 公差带对称与零线分布, 计算时, 作为增环或减环代入均可, 结果相同。

7. 答: 尺寸链计算一般分两种类型, 它们是公差设计计算和公差校核计算。公差设计计算的目的是根据给定封闭环基本尺寸、公差或极限偏差和各组成环尺寸, 求解各组成环公差或极限偏差, 它们通常是设计人员在设计产品时, 根据机器使用的要求, 合理的分配有关尺寸公差或极限偏差。公差校核设计通常是由工艺人员在产品投产前, 根据工艺条件或管理质量中获得的数据进行验算, 它是各组成环基本尺寸、公差或极限偏差求解封闭环的基本尺寸、公差或极限偏差。

8. 答: 安全互换法又称极值法, 它的出发点是从各环的最大和最小极限尺寸出发来计算的, 它能保证零、部件的互换性。

9. 解: 分析题意, 尺寸 A_{12} 和 A_{13} 均为加工后形成的尺寸, 故分别为两尺寸链封闭环。尺寸链图见答案图 4-1。



答案图 4-1

如图 a 所示, $25_{0}^{+0.05}$ mm 为减环, $60_{0}^{+0.05}$ mm 为增环。

$$A_{12} = (60 - 25) \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

$$ES_{12} = +0.05 - 0 = +0.05 \text{ mm}$$

$$EI_{12} = 0 - 0.05 = -0.05 \text{ mm}$$

如图 b 所示, $60_{0}^{+0.05} \text{ mm}$ 、 $35_{0}^{+0.05} \text{ mm}$ 为增环, $25_{0}^{+0.05} \text{ mm}$ 为减环。

$$A_{13} = (60 + 36 - 25) \text{ mm} = 70 \text{ mm}$$

$$ES_{13} = (0.05 + 0.05 - 0) \text{ mm} = +0.10 \text{ mm}$$

$$EI_{13} = (0 + 0 - 0.05) \text{ mm} = -0.05 \text{ mm}$$

故孔 1 到孔 2 间尺寸为 $35_{-0.05}^{+0.05} \text{ mm}$, 孔 1 到孔 3 间尺寸为 $70_{-0.05}^{+0.10} \text{ mm}$ 。

10. 解: 根据题意, A_3 为封闭环, A_1 为增环, A_2 为减环。

$$A_3 = A_1 - A_2 = (50 - 20) \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$ES_3 = ES_1 - ES_2 = \{0.1 - (-0.15)\} \text{ mm} = +0.25 \text{ mm}$$

$$EI_3 = EI_1 - EI_2 = (-0.1 - 0) \text{ mm} = -0.10 \text{ mm}$$

$$\text{故 } A_3 = 30_{-0.10}^{+0.25} \text{ mm}$$

11. 解: 本工件具有对称性, 应以半径进入尺寸链, 对称度应以基本尺寸为零, 上下偏差绝对值相等进入尺寸链, 即 $0 \pm 0.02 \text{ mm}$

$$N = A_1/2 - A_2/2 = (8 - 3) \text{ mm} = 20.2 \text{ mm}$$

$$ES_N = ES_1/2 - ES_2/2 - EI_3 = \{0 - 0 - (0.02)\} \text{ mm} = +0.02 \text{ mm}$$

$$EI_N = EI_1/2 - ES_2/2 - ES_3 = (-0.043/2 - 0.048/2 - 0.02) \text{ mm} = -0.066 \text{ mm}$$

$$\text{故 } N = 5_{-0.066}^{+0.020} \text{ mm}$$

12. 解: 根据极值法计算公式

$$A_0 = (100.5 - 20 - 60.3) \text{ mm} = 20.2 \text{ mm}$$

$$ES_0 = \{0 - (-0.1) - 0\} \text{ mm} = 0.1 \text{ mm}$$

$$EI_0 = (-0.3 - 0 - 0.2) \text{ mm} = -0.5 \text{ mm}$$

故 A_0 尺寸范围为 $19.7 \sim 20.3 \text{ mm}$ 正确。

13. 解: 不同尺寸标注构成不同尺寸链, 封闭环均为 N , 分别求出 N 偏差即可判断哪种 N 变动范围最小。

比较结果为图 b 标注尺寸变动范围最小。

14. 解: 据题意, 按尺寸 A_1 、 A_2 加工, 则 A_3 必须为封闭环, A_2 则为工序尺寸。

$$A_3 = A_1 - A_2 \quad A_2 = A_1 - A_3 = (50 - 10) \text{ mm} = 40 \text{ mm}$$

$$ES_3 = ES_1 - EI_2 \quad EI_2 = ES_1 - ES_3 = 0 - 0 = 0$$

$$EI_3 = EI_1 - ES_2 \quad ES_2 = EI_1 - EI_3 = \{-0.06 - (-0.36)\} \text{ mm} = +0.3 \text{ mm}$$

故 A_2 尺寸为 $40_{0}^{+0.30} \text{ mm}$ 。

15. 解: 根据公式校核

$$N = A_1 - A_2 - A_3 = 150 - 75 - 75 = 0$$

$$ES_N = ES_1 - EI_2 - EI_3 = \{0.016 - 2 \times (-0.06)\} \text{ mm} = +0.136 \text{ mm}$$

$$EI_N = EI_1 - ES_2 - ES_3 = \{0 - 2 \times (-0.02)\} \text{ mm} = +0.04 \text{ mm}$$

故 N 范围为 $0.04 \sim 0.136 \text{ mm}$, 在装配精度要求范围 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ 以内, 故合理。

16. 解 $T_N = T_1 + T_2 + T_3$

$$= (0.100 + 0.200 + 0.010) = 0.310 \text{ mm} > 0.25 \text{ mm}$$

组成环公差和大于封闭环公差，故公差不能满足装配要求，可适当提高组成环精度，并调整其偏差以满足装配要求。

17. 解：根据公式 $A_0 = A_3 - A_1 - A_2 - A_4 = 38 - 30 - 5 - 3 = 0$

$$ES_0 = ES_3 - (EI_1 + EI_2 + EI_4) = (0.16 + 0.06 + 0.04 + 0.05) \text{ mm} = +0.31 \text{ mm}$$

$$EI_0 = EI_3 - (ES_1 + ES_2 + ES_4) = (0.10 - 0 - 0 - 0) \text{ mm} = +0.10 \text{ mm}$$

故轴向间隙 A_0 的变化范围为 $0.10 \sim 0.31 \text{ mm}$ 。

18. 解：据题意，加工最后形成的深度尺寸 $87.90^{+0.23}_0 \text{ mm}$ 为封闭环尺寸，画尺寸链图（答案图 4-2）。

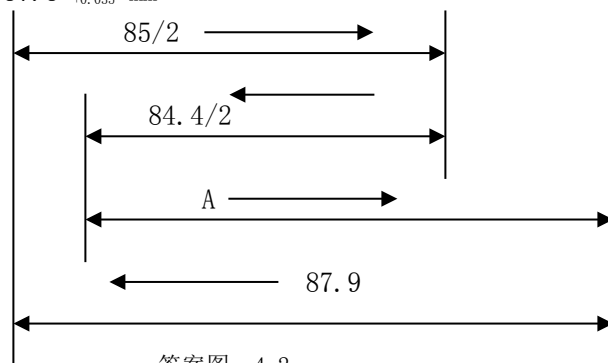
根据公式计算计算工序尺寸 A 及公差、极限偏差。由画箭头方法可判断出 A、 $85^{+0.036}_0 \text{ mm}$ 为增环， $84.8^{+0.07}_2 \text{ mm}$ 为减环。

$$A = (87.9 + 84.8/2 - 85/2) = (87.9 + 42.4 - 42.5) \text{ mm} = 87.8 \text{ mm}$$

$$ES = (+0.23 + 0 - 0.036/2) \text{ mm} = +0.212 \text{ mm}$$

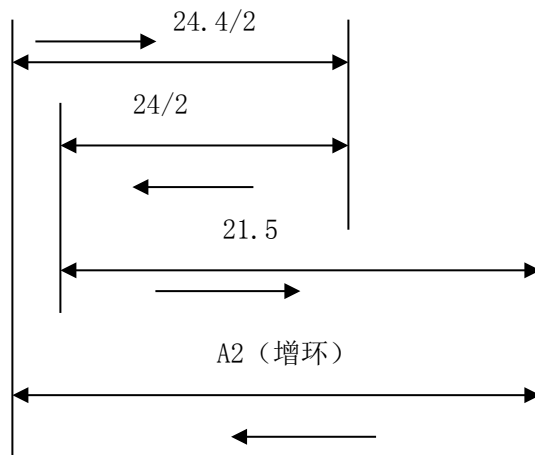
$$EI = (0 + 0.07/2 - 0) \text{ mm} = +0.035 \text{ mm}$$

故工序尺寸为 $87.8^{+0.212}_{+0.035} \text{ mm}$



答案图 4-2

19. 解：根据题意，完工后要求的键槽深度尺寸 $21.5^{0}_{-0.100} \text{ mm}$ 为封闭，根据加工顺序画尺寸链图（见答案图 4-3）。



答案图 4-3

根据公式计算 A2 尺寸及偏差

$$A_2 = (21.5 - 12 + 12.2) \text{ mm} = 21.7 \text{ mm}$$

$$ES_2 = \{0 - 0 + (-0.025)\} \text{ mm} = -0.025 \text{ mm}$$

$$EI_2 = [-0.1 - (-0.003/2) + 0] \text{ mm} = -0.0935 \text{ mm}$$

故工序尺寸 A_2 为 $21.7 \begin{smallmatrix} -0.0250 \\ -0.0936 \end{smallmatrix} \text{ mm}$

20. 解: 根据题意, A 为封闭环

$$B = C - A = (103 - 61) \text{ mm} = 42 \text{ mm}$$

$$ES_B = EI_C - EI_A = \{-0.05 - (-0.05)\} \text{ mm} = 0$$

$$EI_B = ES_C - ES_A = (0 - 0.05) \text{ mm} = -0.05 \text{ mm}$$

$$\text{故 } B = 42 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.05 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

21. 解: 根据题意, 60 ± 0.060 尺寸为封闭环.

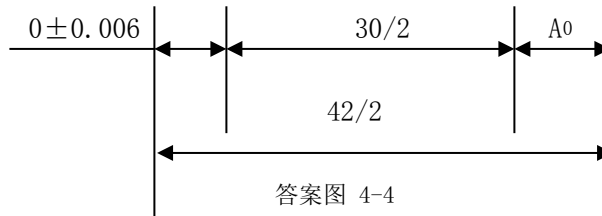
$$A = (60 + 40) \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

$$ES_A = \{0.06 + (-0.02)\} \text{ mm} = +0.04 \text{ mm}$$

$$EI_A = (-0.06 + 0.02) \text{ mm} = -0.04 \text{ mm}$$

$$\text{故 } A = 100 \pm 0.04 \text{ mm}$$

22. 解: 根据题意, 壁厚为封闭环, 外圆、内孔、壁厚和同轴度公差构成如图答案图 11-5 所示尺寸链。同轴度应以基本尺寸为零, 上偏差与下偏差绝对值相等进入尺寸链, 即 $0 \pm 0.006 \text{ mm}$ 。



$$A_0 = (21 - 15) \text{ mm} = +0.0125 \text{ mm}$$

$$ES_0 = \{0.0165 - (0.006) - 0.010\} \text{ mm} = +0.0125 \text{ mm}$$

$$EI_0 = \{0.0085 - 0.006 - 0.0205\} \text{ mm} = -0.018 \text{ mm}$$

故壁厚尺寸为 $6 \begin{smallmatrix} +0.125 \\ -0.0180 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ 。

23. 解: 解题思路如上题。设同轴度尺寸为 A。

$$\text{则 } A = (20 - 10 - 10) \text{ mm} = 0$$

$$\text{因为 } 0.05 = 0.01 - EI_A + 0.01$$

$$\text{所以 } EI_A = -0.03 \text{ mm}$$

$$\text{因为 } -0.05 = -0.01 - ES_A - 0.01$$

$$\text{所以 } ES_A = +0.03 \text{ mm}$$

故轴套孔对外圆同轴度公差为 $\phi 0.06 \text{ mm}$ 。

24. 解: 解题思路同 22 题。

$$5 = A_1/2 - 50/2 \quad A_1 = 40 \text{ mm}$$

$$0.05 = ES_1/2 - 0/2 - (-0.01) \quad ES_1 = +0.08 \text{ mm}$$

$$-0.05 = EI_1/2 - 0.05/2 - 0.01 \quad EI_1 = -0.03 \text{ mm}$$

故外圆尺寸 $A_1 = 40 \begin{smallmatrix} +0.08 \\ -0.03 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ 。

25. 解: 本题属设计计算, 壁厚为封闭环。

公差 $T_N=10.014-9.96=0.054$

组成环为外圈半径、内孔半径和同轴度。

用等公差法

$$T/2+T/2+0.028=0.054\text{mm}$$

$$\text{所以 } T=0.026\text{mm}$$

查公差表知：选内孔精度 7 级， $IT=0.030\text{mm}$

选外圆精度 6 级， $IT=0.022\text{mm}$

按“入体原则”内外径尺寸公差及基本偏差为 $80_{-0.030}^0\text{mm}$ 、 $100_0^{+0.022}\text{mm}$ 。

再进行校核

$$T_N=(0.030/2+0.022/2+0.028)\text{mm}=0.054\text{mm}$$

$$EI_N=(0-0+0.014)\text{mm}=+0.014\text{mm}$$

$$ES_N=(0.011+0.015+0.014)\text{mm}=0.040\text{mm}$$

满足壁厚要求，故设计合理。

轴承内径和外径尺寸公差和偏差分别为 $80_{-0.030}^0\text{mm}$ 和 $100_0^{+0.022}\text{mm}$ 。

26. 解：(1)根据题意，镀铬后尺寸为 $80_{-0.060}^{-0.030}\text{mm}$ ，为加工最后形成的尺寸，是封闭环 A_N 。

(2)画尺寸链图（答案图 4-5）。

影响封闭环尺寸的有：镀铬前轴颈

A_1 、镀铬厚度 $A_2=0.010+0.002\text{mm}$ 。

$A_1/2$ 、 A_2 均为增环。

(3)计算

$$A_0/2=A_1/2+A_2$$

$$A_1=(80-0.020)\text{mm}=79.98\text{mm}$$

$$ES_0/2=ES_1/2+ES_2$$

$$ES_1=(-0.030-2\times 0.002)\text{mm}=-0.034\text{mm}$$

$$EI_N/2=EI_1/2+EI_2$$

$$EI_1=\{-0.060-2\times (-0.002)\}\text{mm}=-0.056\text{mm}$$

故未镀铬前尺寸应为 $79.98_{-0.056}^{-0.034}\text{mm}$ ，或写成 $80_{-0.056}^{-0.036}\text{mm}$ 。

27. 解：(1)确定封闭环。镀铬后应满足的尺寸 $\phi 30f7$ 为封闭环 A_N 。查公差表 $\phi 30f7$ 为 $\phi 30_{-0.041}^{-0.020}\text{mm}$ 。

(2)画尺寸链图（答案图 4-6）。

(3)计算

$$A_1=A_N-2A_2$$

$$=(30-2\times 0.010)\text{mm}=29.98\text{mm}$$

$$ES_1=ES_N-2ES_2$$

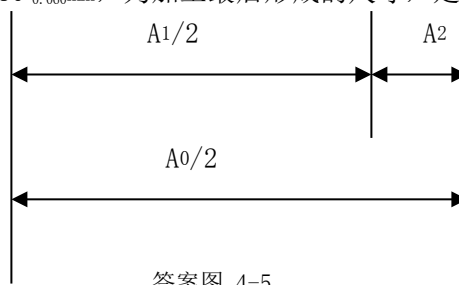
$$=(-0.020-2\times 0.002)\text{mm}=-0.024\text{mm}$$

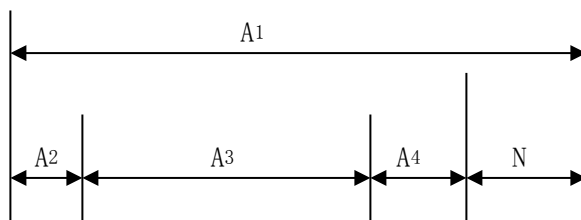
$$EI_1=EI_N-2EI_2=\{-0.04-2(-0.002)\}\text{mm}$$

$$=-0.037\text{mm}$$

故未镀铬前尺寸是： $30_{-0.037}^{-0.026}\text{mm}$

28. 解(1)绘尺寸链图（答案图 4-6）。





答案图 4-6

(2) 间隙 N 装配后得到的, 故为封闭环。由尺寸链图中知: A_1 为增环、 A_2 、 A_3 、 A_4 为减环。总环数 $N=5$

(3) 按平均公差法确定各组成环公差及偏差

$$T_{\text{平均}} = T_N / (N-1)$$

式中 $T_N = (0.95 - 0.5) \text{ mm} = 0.45 \text{ mm}$

$$T_{\text{平均}} = 0.45 / (5-1) = 0.1125 \text{ mm}$$

根据加工难易程度及基本尺寸大小, 分配各环公差为

$$T_1 = 0.15 \text{ mm} \quad T_2 = 0.07 \text{ mm} \quad T_3 = 0.15 \text{ mm}$$

为满足公式 $T_N = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$

T_N 应进行计算:

$$\begin{aligned} T_4 &= T_N - (T_1 + T_2 + T_3) \\ &= \{ 0.45 - (0.15 + 0.07 + 0.15) \} \text{ mm} = 0.08 \text{ mm} \end{aligned}$$

封闭环的基本尺寸及上、下偏差如下

$$\begin{aligned} N &= A_1 - (A_2 + A_3 + A_4) \\ &= \{ 150 - (8 + 133.5 + 8) \} \text{ mm} = 0.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$ES_N = N_{\text{max}} - N = 0.95 - 0.5 = 0.45 \text{ mm}$$

$$EI_N = N_{\text{min}} - N = 0.5 - 0.5 = 0$$

为组成环公差带分布符合“向体内原则”, 则按

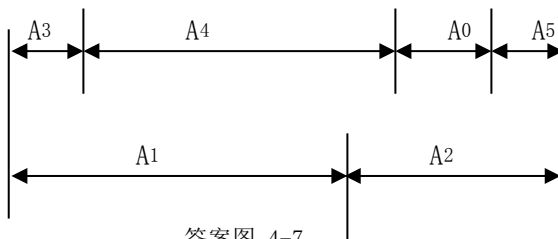
$$EI_1 = ES_2 = ES_3 = ES_4 = 0$$

于是各组成环的尺寸为

$$A_1 = 150_{0}^{+0.15} \text{ mm} \quad A_2 = 8_{-0.07}^0 \text{ mm} \quad A_3 = 133.5_{-0.15}^0 \text{ mm} \quad A_4 = 8_{-0.08}^0 \text{ mm}$$

本题亦可按平均等级法确定各组成环公差及偏差, 在此略。

29. 解: 画尺寸链图 (答案图 4-7)



答案图 4-7

A_1 、 A_2 为增环, A_3 、 A_4 、 A_5 为减环, 间隙 A_0 在装配后形成为封闭环。

$$A_0 = A_1 + A_2 - (A_3 + A_4 + A_5) \\ = \{101 + 50 - (5 + 140 + 5)\} \text{ mm} = 1 \text{ mm}$$

由题 $T_0 = (1.75 - 1) \text{ mm} = 0.75 \text{ mm}$

则 $A_0 = 1 \begin{smallmatrix} +0.75 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$

封闭环公差为各组成环公差之和。求各环公差时，可采用等精度法，先初步估算公差值，然后根据实际情况合理确定各环公差值。

因为 $T_0 = a_{av} \sum (0.45 \sqrt[3]{A_i} + 0.001 A_i)$

式中 A_i 为各组成环尺寸， a_{av} 为平均公差等级系数。

$$a_{av} = T_0 / \sum (0.45 \sqrt[3]{A_i} + 0.001 A_i) \\ = 750 / (2.2 + 1.7 + 0.77 + 2.47 + 0.77) = 94.8$$

根据标准公差计算式， $a_{av} = 94.8$ 相当于 IT11 级。

由标准公差表可知： $T_1 = 0.22 \text{ mm}$ $T_2 = 0.16 \text{ mm}$ $T_3 = T_5 = 0.075 \text{ mm}$ ，

则 $T_4 = T_0 - (T_1 + T_2 + T_3 + T_5) = 0.75 - 0.53 = 0.22 \text{ mm}$

查表知：可取 $T_4 = 0.16 \text{ mm}$ (IT10)。

故 $A_1 = 101 \begin{smallmatrix} +0.22 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ $A_2 = 50 \begin{smallmatrix} +0.16 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ $A_3 = A_5 = 5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.75 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ $A_4 = 140 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.16 \end{smallmatrix} \text{ mm}$

验算 $ES_0 = 0.69 \text{ mm}$ ， $EI_0 = 0$ ，满足 $A_0 = 1 \begin{smallmatrix} +0.75 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ 要求。

第五章精度检测基本概念参考答案

一、判断题：

1、× 2、√ 3、× 4、× 5、√ 6、× 7、× 8、× 9、× 10、√

二、选择题：

1、D； E 2、B； C 3、B； C； D 4、A； B； C； D 5、B； E 6、A； B； D 7、E
8、A； C； D； E 9、A； D； E 10、A； B； D

三、填空题：

- 1、随机误差 系统误差 粗大误差
- 2、计量器具误差 方法误差 环境误差 人员误差
- 3、单峰性 对称性 有界性 抵偿性
- 4、修正法 抵偿法
- 5、算术平均值
- 6、被测对象 计量单位 测量方法 测量精度
- 7、相邻两刻线所代表的量值之差 0.01mm
- 8、在允许的误差限内计量器具的被测量值的范围 25~50
- 9、量块的一个测量面与另一量块的测量面或另一经精密加工的类似的平面，通过分子吸力作用而粘合的性能。

10、制造误差 测量误差

四、综合题：（解题过程略）

8、1.005 1.48 9.5 40； 1.005 1.35 5 20。

- 9、 $\phi 34.975\text{mm}$ $\phi 34.959$ 。
- 10、 47.983mm 47.985mm 。
- 11、 $\varepsilon_1=8\%$ $\varepsilon_2=8.75\%$ 。
- 12、 $d=19.999\pm 0.006\text{mm}$ 。
- 13、 $d=67.018\pm 0.03\text{mm}$ 。
- 14、单次测量： $\pm 6\mu\text{m}$ 平均值： $\pm 2\mu\text{m}$ 。
- 15、单次测量： $\pm 5\mu\text{m}$ 平均值： $\pm 1.5\mu\text{m}$ 。
- 16、 $d=10.430\pm 0.003\text{mm}$ 。
- 17、 $d=30.005\pm 0.03\text{mm}$ 。
- 18、 $L=80.045\pm 0.032\text{mm}$ 。

第六章机械精度检测技术参考答案

一、判断题：

- 1、 \checkmark 2、 \times 3、 \times 4、 \times 5、 \checkmark 6、 \times 7、 \times 8、 \checkmark 9、 \times 10、 \times 11、 \times
 12、 \checkmark 13、 \checkmark 14、 \times 15、 \times 。

二、选择题：

- 1、B； C； D 2、A； C； E 3、A； B； E 4、B； C； E 5、A； D； E 6、D； E 7、B； E
 8、A； E 9、A； C； E 10、C； D 11、B； E 12、A； D 13、A； C； E

三、填空题：

- 1、最大实体尺寸
 2、工作量规
 3、全形 点状
 4、保证通规有一定使用寿命
 5、最大实体尺寸
 6、 $\phi 60.012$
 7、 $\phi 59.994$
 8、 $\phi 59.981$
 9、 $\phi 40.025$
 10、尺寸公差 保证用通用测量器具检验工件不发生误收现象
 11、最小区域原则 符合最小条件的包容区域的宽度或直径
 12、最小区域原则 模拟法 心棒轴心线
 13、内圆锥角小了，孔径大了。

四、综合题：（略）