



课题四、尺寸链基础

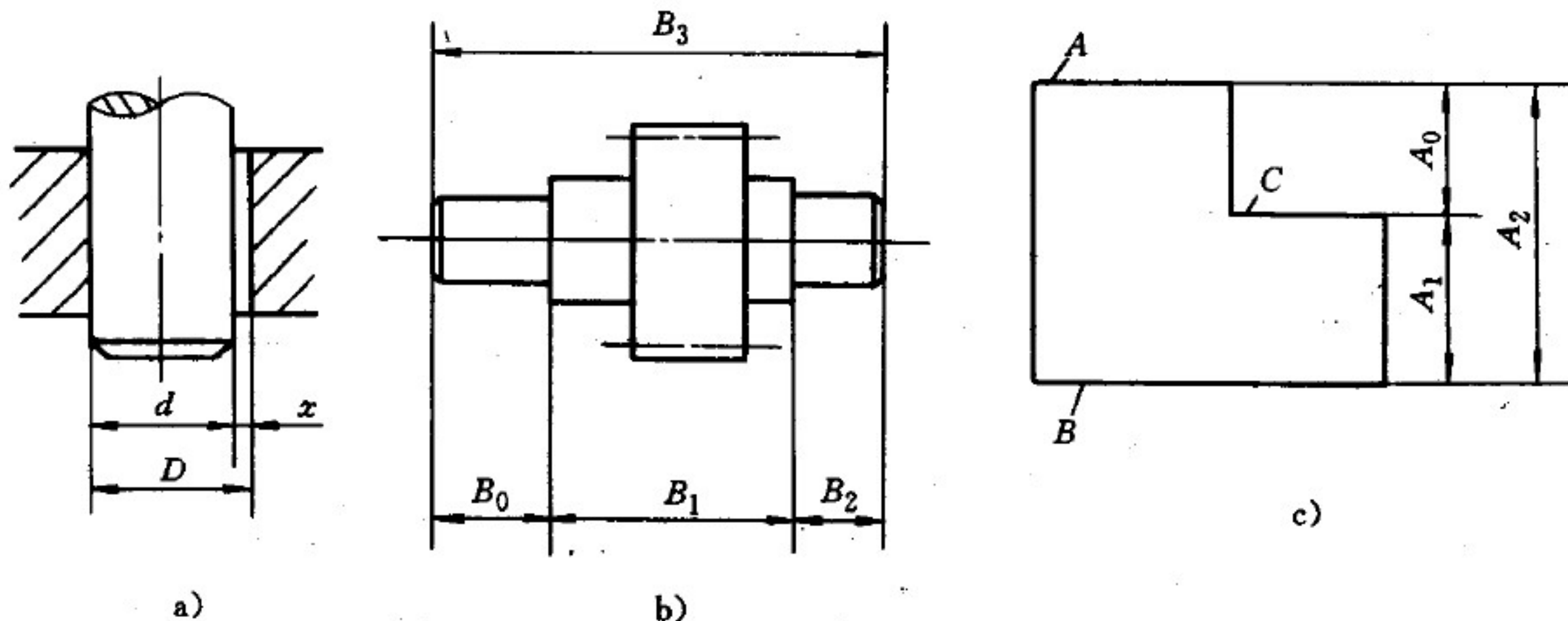
尺寸链的基本概念及计算



基本要求

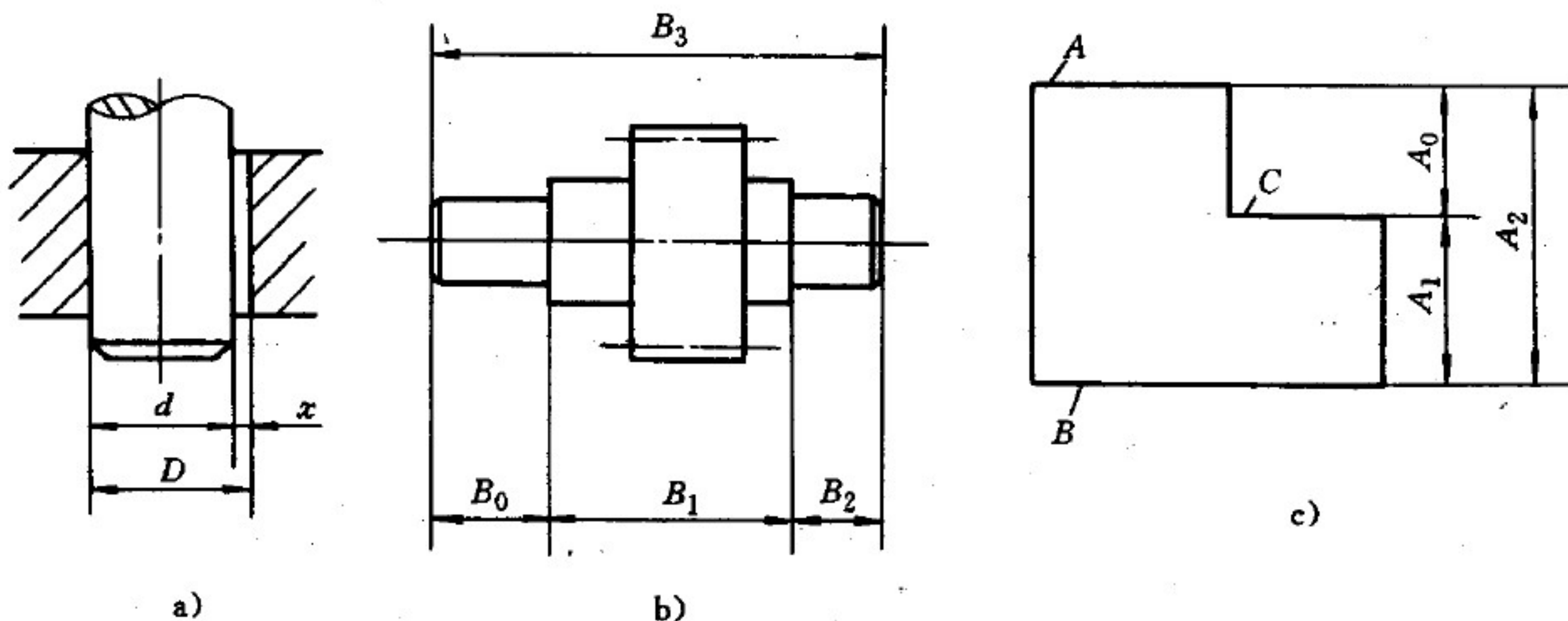
- **基本内容**: 尺寸链的基本概念、组成、分类、尺寸链的建立与分析，尺寸链的计算。
- **重点内容**: 尺寸链的建立与分析及基本计算。
- **难点内容**: 尺寸链的建立与分析
- **基本技能**: 通过本章节的学习能进行尺寸链的初步分析和计算，并逐步建立机构精度设计的概念。

尺寸链的基本概念



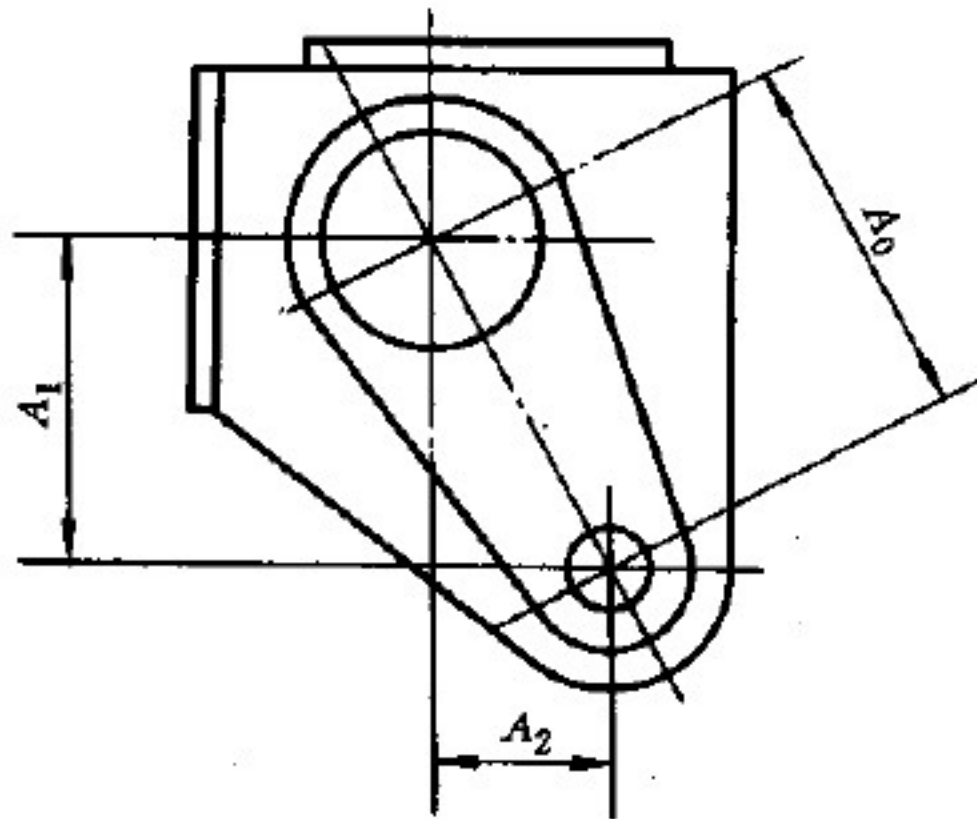
- 其特性有二：封闭性——组成尺寸链的各个尺寸按一定顺序构成一个封闭系统；相关性——其中一个尺寸变动将影响其他尺寸变动。

[HOME](#)



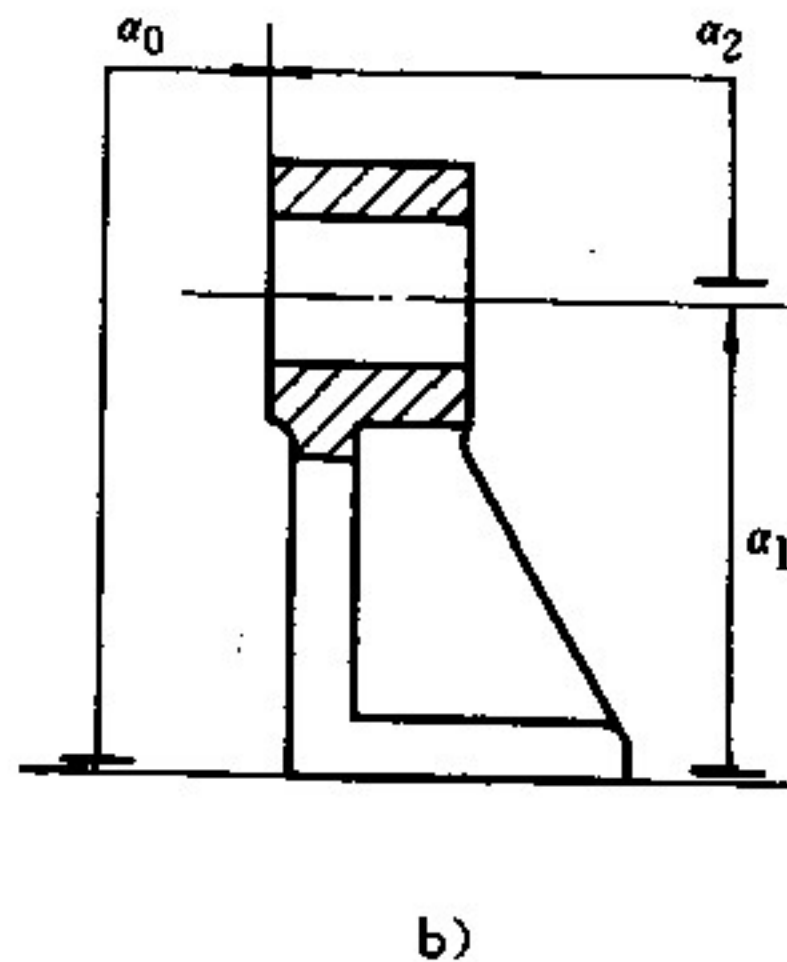
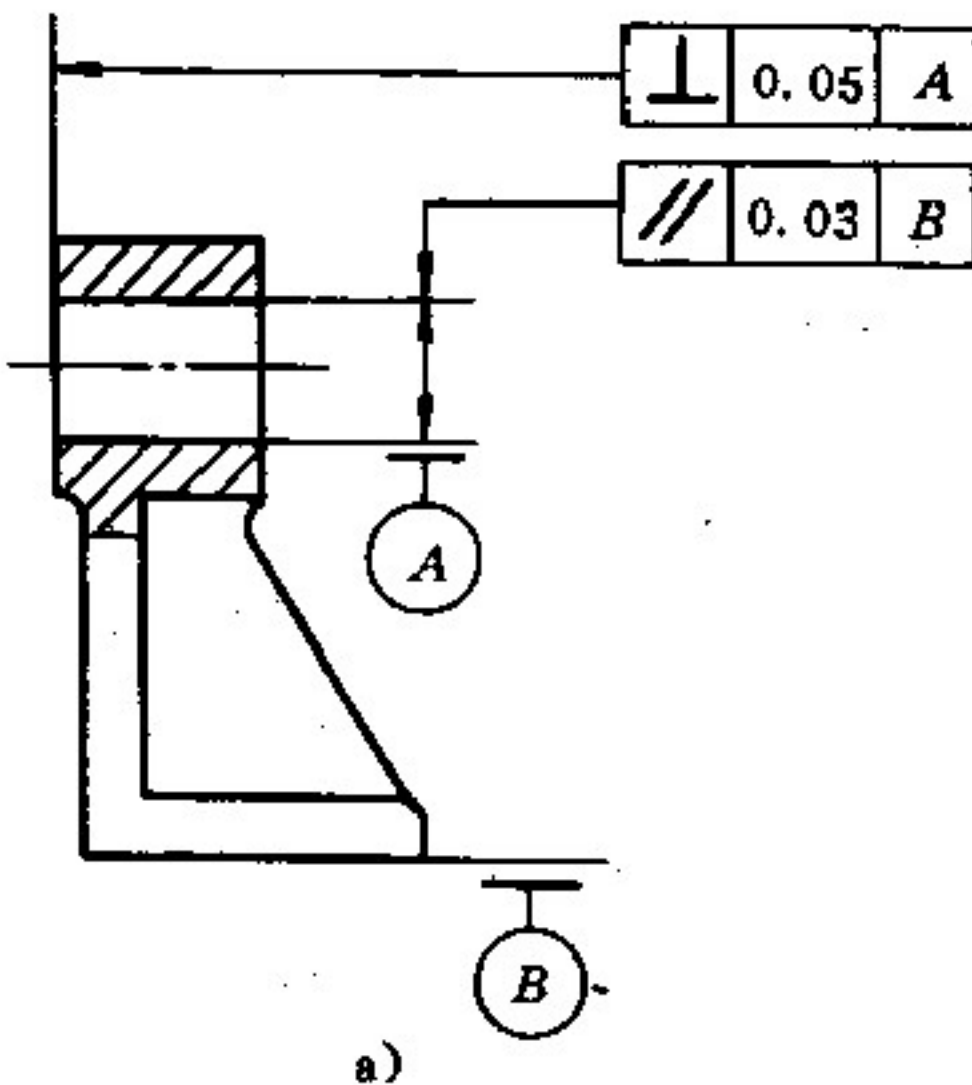
- 与封闭环同向变动的组成环称为**增环**，即当该组成环尺寸增大（或减小）而其它组成环不变时，封闭环也随之增大（或减小），如上图a中的D；
- 与封闭环反向变动的组成环称为**减环**，即当该组成环尺寸增大（或减小）而其他组成环不变时，封闭环的尺寸却随之减小（或增大），如上图a中的d。

尺寸链的分类



- 按应用场合分：装配尺寸链、工艺尺寸链。

- 按各环节尺寸链、尺寸链。投影法转换
- 按各环节尺寸链。
- 本章重点



[HOME](#)



尺寸链的建立与分析

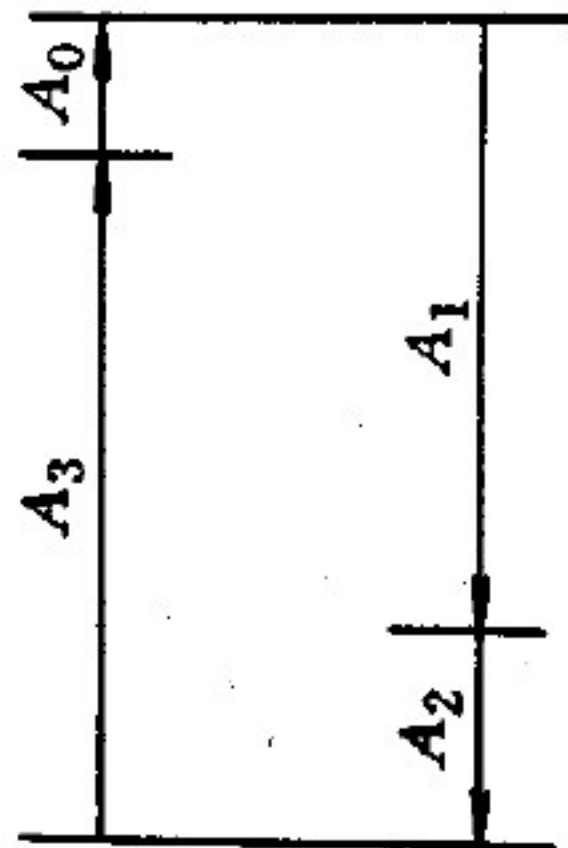
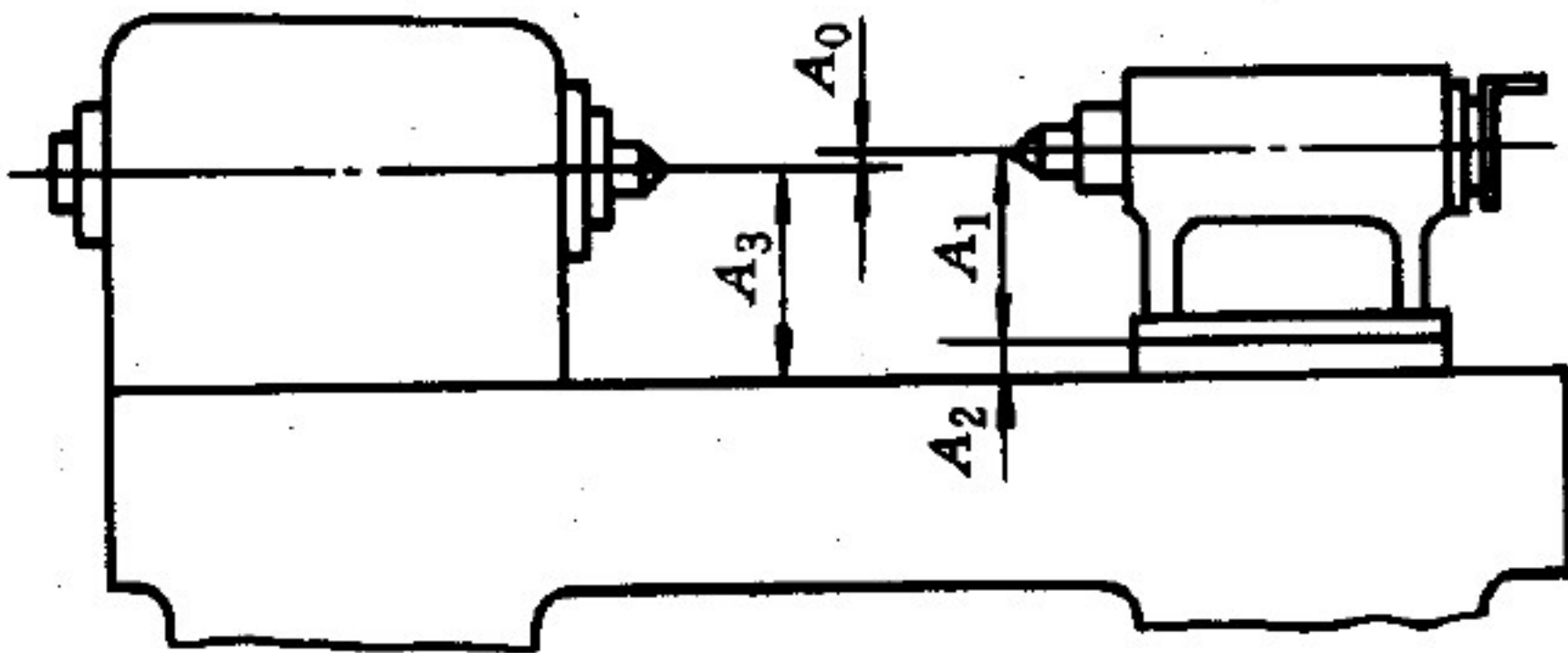
- 确定封闭环
- 查找组成环
- 判断增减环

HOME

确定封闭环

[HOME](#)

- **在装配尺寸链中**，封闭环就是产品上有装配精度要求的尺寸。如同一部件中各零件之间相互位置要求的尺寸或保证相互配合零件配合性能要求的间隙或过盈量。
- **零件尺寸链**的封闭环应为公差等级要求最低的环，一般在零件图上不进行标注，以免引起加工中的混乱。
- **工艺尺寸链**的封闭环是在加工中最后自然形成的环，一般为被加工零件要求达到的设计尺寸或工艺过程中需要的余量尺寸。加工顺序不同，封闭环也不同。所以工艺尺寸链的封闭环必须在加工顺序确定之后才能判断。**一个尺寸链中只有一个封闭环。**
- 在确定封闭环之后，应确定对封闭环有影响的各个组成环，使之与封闭环形成一个封闭的尺寸回路。
- 在建立尺寸链时应遵守“最短尺寸链原则”，即对于某一封闭环，若存在多个尺寸链时，应选择组成环数最少的尺寸链进行分析计算。

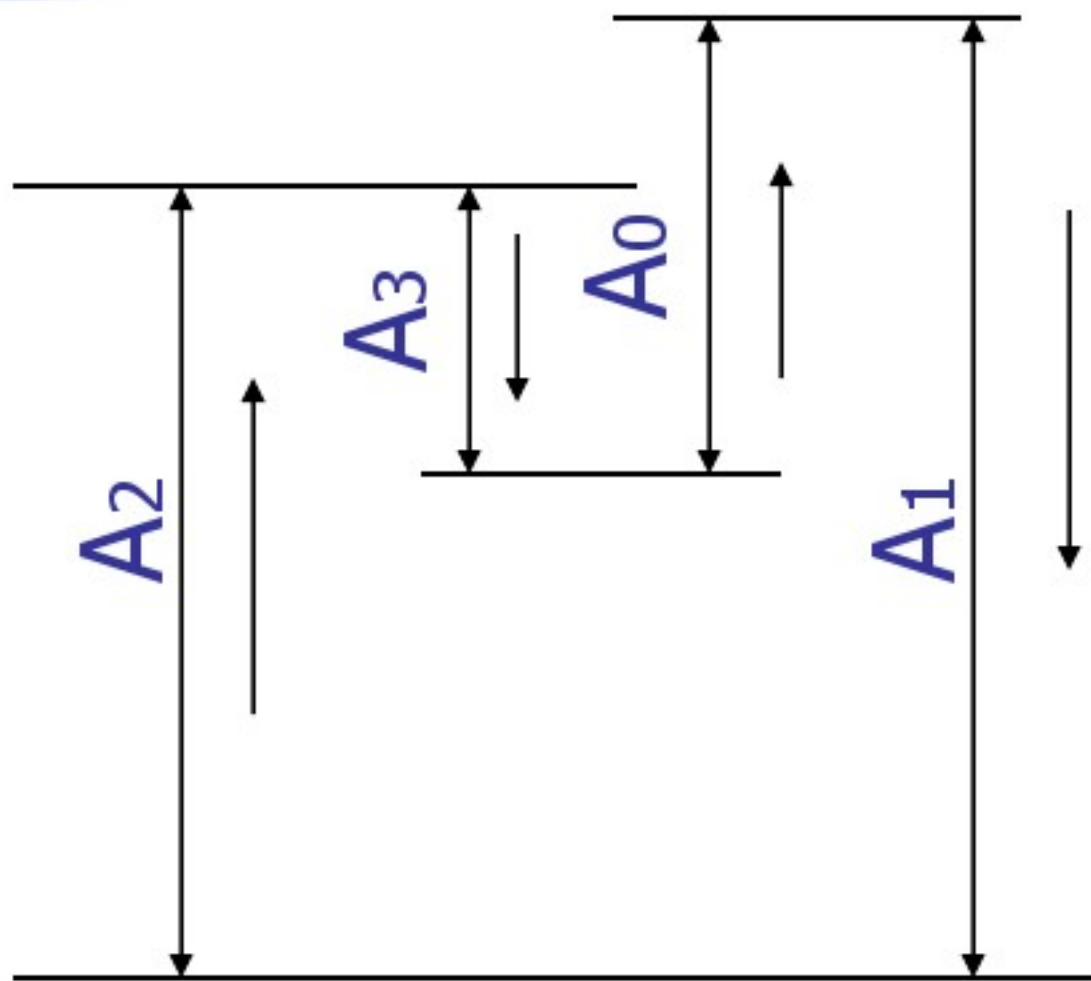


- 在尺寸链线图中，常用带单箭头的线段表示各环，箭头仅表示查找尺寸链组成环的方向。与封闭环箭头方向相同的环为减环，与封闭环箭头方向相反的环为增环。

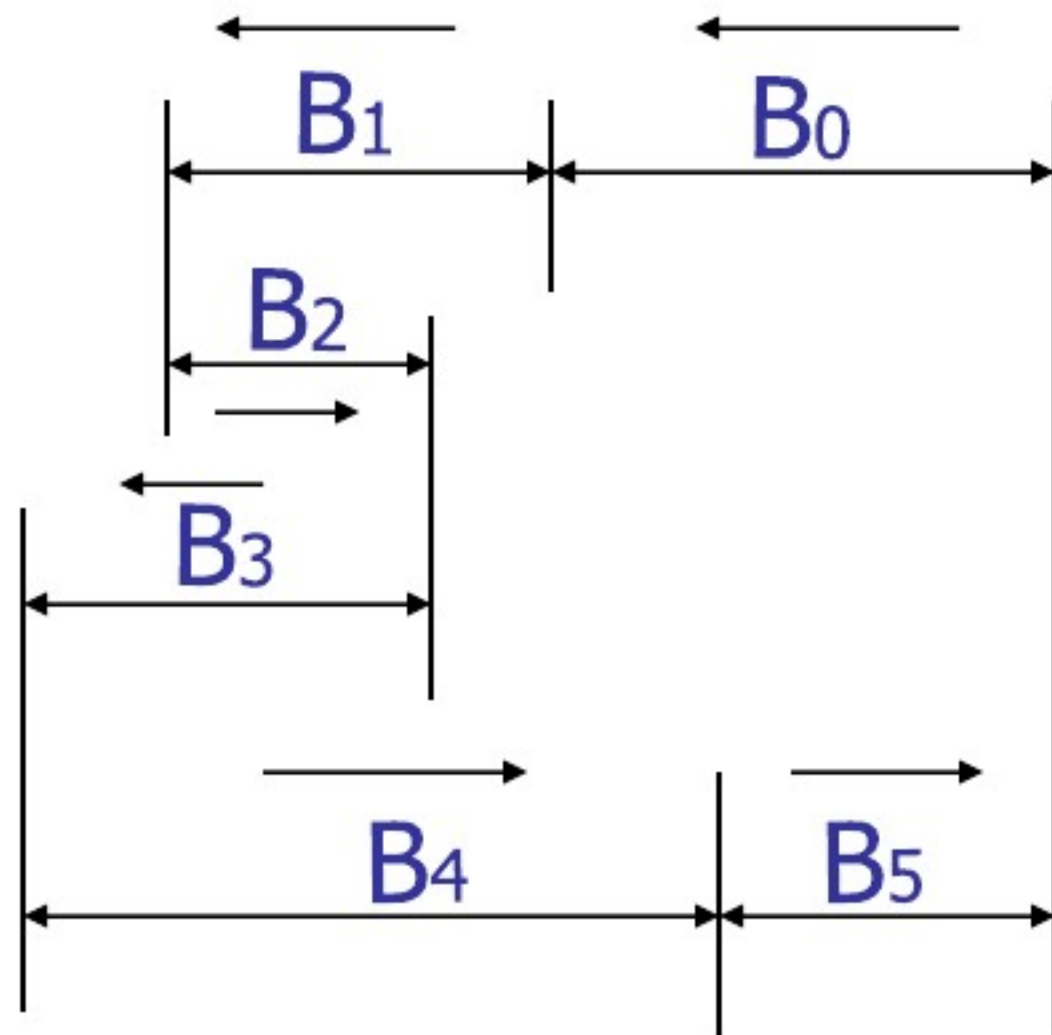
HOME

判断增减环

HOME



A_1 、 A_3 为增环， A_2 为减环



B_2 、 B_4 、 B_5 为增环， B_1 、 B_3 为减环



尺寸链的计算

- 计算类型
- 计算方法
- 完全互换法解尺寸链计算公式
- 举例

HOME



计算类型

- **正计算** 已知各组成环的极限尺寸，求封闭环的极限尺寸。这类计算主要用来验算设计的正确性，故又叫校核计算。
- **反计算** 已知封闭环的极限尺寸和各组成环的基本尺寸，求各组成环的极限偏差。这类计算主要用在设计上，即根据机器的使用要求来分配各零件的公差。
- **中间计算** 已知封闭环和部分组成环的极限尺寸，求某一组成环的极限尺寸、这类计算常用在工艺上。
- 反计算和中间计算通常称为设计计算。

[HOME](#)



计算方法

- **完全互换法（极值法）**：从尺寸链各环的最大与最小极限尺寸出发进行尺寸链计算，不考虑各环实际尺寸的分布情况。按此法计算出来的尺寸加工各组成环，装配时各组成环不需挑选或辅助加工，装配后即能满足封闭环的公差要求，即可实现完全互换。**完全互换法是尺寸链计算中最基本的方法。**
- **大数互换法**：该法是以保证大数互换为出发点的。生产实践和大量统计资料表明，在大量生产且工艺过程稳定的情况下，各组成环的实际尺寸趋近公差带中间的概率大，出现在极限值的概率小。采用概率法，不是在全部分产品中，而是在绝大多数产品中，装配时不需要挑选或修配，就能满足封闭环的公差要求，即保证大数互换。
- **其他方法**：在某些场合，为了获得更高的装配精度，而生产条件又不允许提高组成环的制造精度时，可采用分组互换法、修配法和调整法等来完成这一任务。

HOME

完全互换法解尺寸链的基本公式

- 设尺寸链的组成环数为 m ，其中 n 个增环， $m-n$ 个减环， A_0 为封闭环的基本尺寸， A_i 为组成环的基本尺寸，则对于直线尺寸链有如下公式：

- 封闭环的基本尺寸

$$A_0 = \sum_{i=1}^n \overset{\rightarrow}{A_i} - \sum_{i=n+1}^m \overset{\leftarrow}{A_i}$$

- 封闭环的极限尺寸

$$A_{0\max} = \sum_{i=1}^n \overset{\rightarrow}{A_{i\max}} - \sum_{i=n+1}^m \overset{\leftarrow}{A_{i\min}}$$

$$A_{0\min} = \sum_{i=1}^n \overset{\rightarrow}{A_{i\min}} - \sum_{i=n+1}^m \overset{\leftarrow}{A_{i\max}}$$

基本公式（续）

- 封闭环的极限偏差

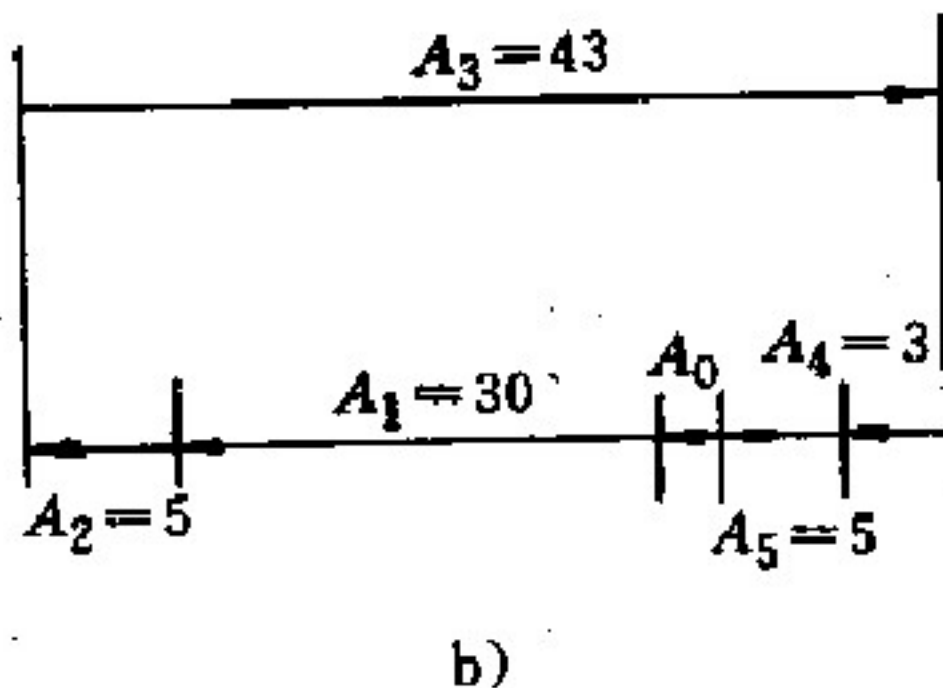
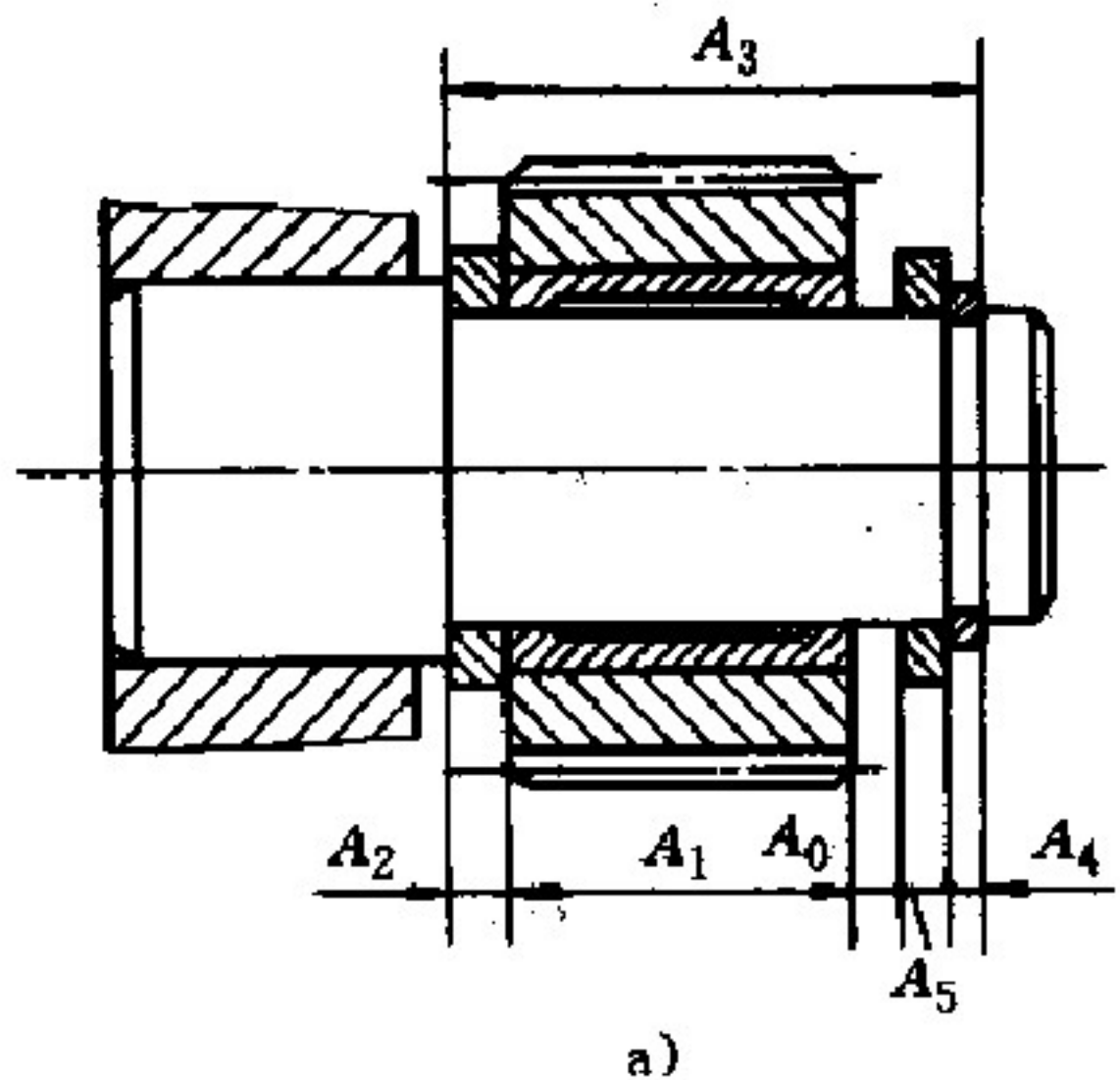
$$ES_0 = \sum_{i=1}^n \overrightarrow{ES}_i - \sum_{i=n+1}^m \overleftarrow{EI}_i$$

$$EI_0 = \sum_{i=1}^n \overleftarrow{EI}_i - \sum_{i=n+1}^m \overrightarrow{ES}_i$$

- 封闭环的公差

$$T_0 = \sum_{i=1}^m T_i$$

HOME



- 如图a所示的结构，已知各零件的尺寸：

$$A_1 = 30 \begin{matrix} 0 \\ -0.13 \end{matrix} \text{ mm}, \quad A_2 = A_5 = 5 \begin{matrix} 0 \\ -0.075 \end{matrix} \text{ mm},$$

$$A_3 = 43 \begin{matrix} +0.18 \\ +0.02 \end{matrix} \text{ mm}, \quad A_4 = 3 \begin{matrix} 0 \\ -0.04 \end{matrix} \text{ mm}$$

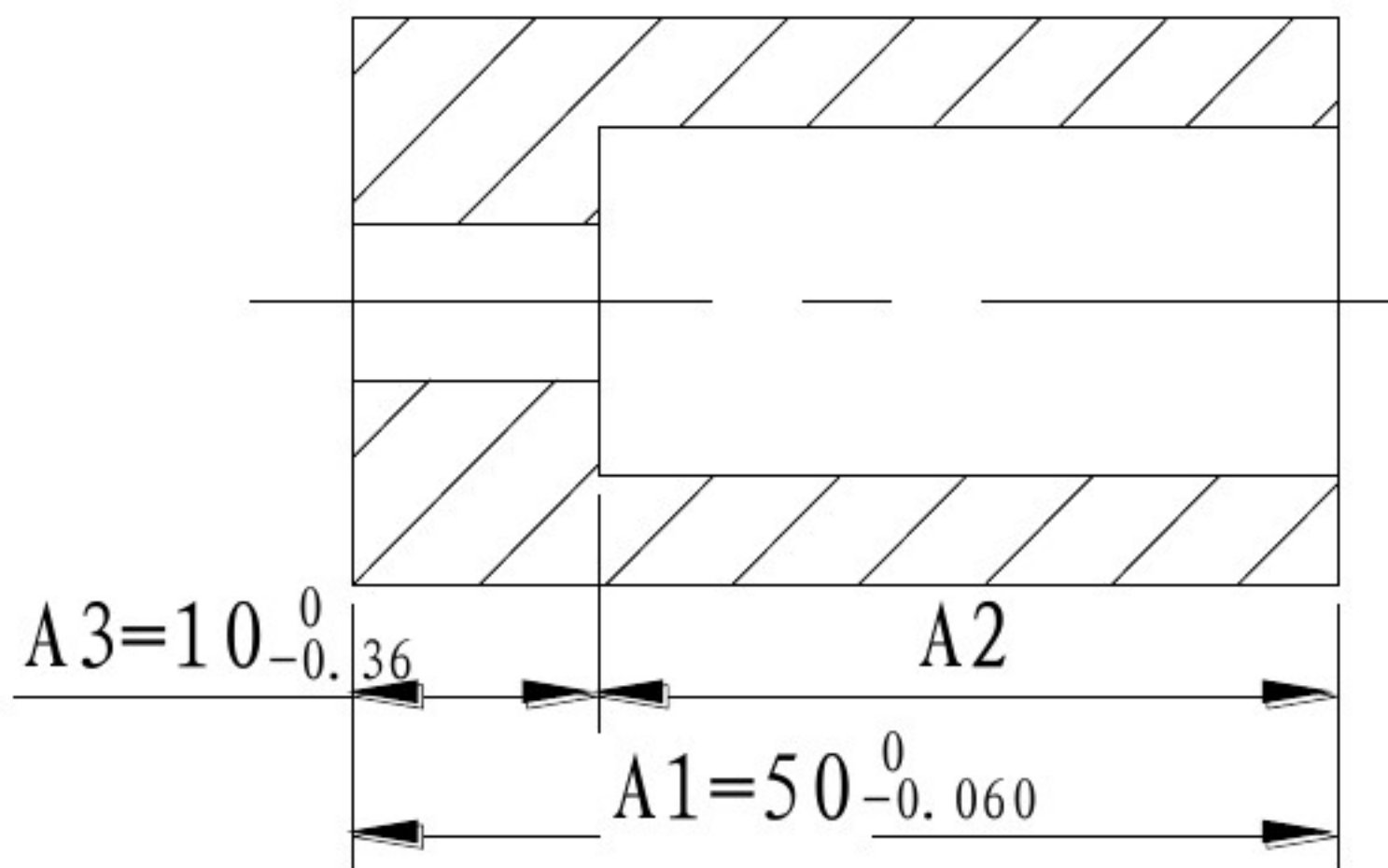
设计要求间隙 A_0 为 $0.1 \sim 0.45 \text{ mm}$ ，试做校核计算。

校核计算举例（续）

- 解（1）确定封闭环为要求的间隙 A_0 ；寻找组成环并画尺寸链线图（上图**b**）；判断 A_3 为增环， A_1 、 A_2 、 A_4 和 A_5 为减环。
- （2）封闭环的基本尺寸
- $A_0 = A_3 - (A_1 + A_2 + A_4 + A_5) = 43 - (30 + 5 + 3 + 5) = 0$
即要求封闭环的尺寸为 $0^{+0.45}_{+0.10}$ mm。
- （3）计算封闭环的极限偏差
- $ES_0 = ES_3 - (EI_1 + EI_2 + EI_4 + EI_5)$
 $= +0.18 - (-0.13 - 0.075 - 0.04 - 0.075) = +0.50$
- $EI_0 = EI_3 - (ES_1 + ES_2 + ES_4 + ES_5)$
 $= +0.02\text{mm} - (0 + 0 + 0 + 0) \text{mm} = +0.02\text{mm}$
- （4）计算封闭环的公差
- $T_0 = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$
 $= 0.13 + 0.075 + 0.16 + 0.075 + 0.04 = 0.48\text{mm}$
- 校核结果表明，封闭环的上、下偏差及公差均已超过规定范围。

中间计算举例

- 如图所示零件，按图样注出的尺寸 A_1 和 A_3 加工时不易测量，现改为按尺寸 A_1 和 A_2 加工，为了保证原设计要求，试计算 A_2 的基本尺寸和偏差。



中间计算举例

- 解：据题意，按尺寸A1、A2加工，则A3必须为封闭环，A2则为工序尺寸。

- $A_3 = A_1 - A_2$

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

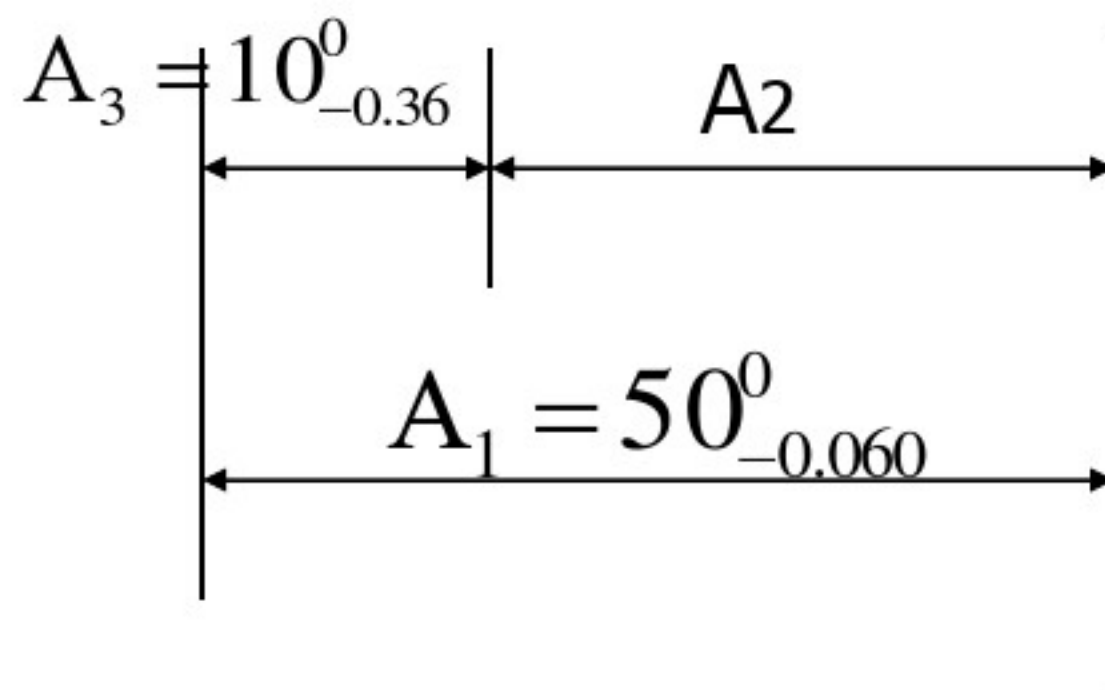
- $ES_3 = ES_1 - EI_2$

- $EI_2 = ES_1 - ES_3 = 0 - 0 = 0$

- $EI_3 = EI_1 - ES_2$

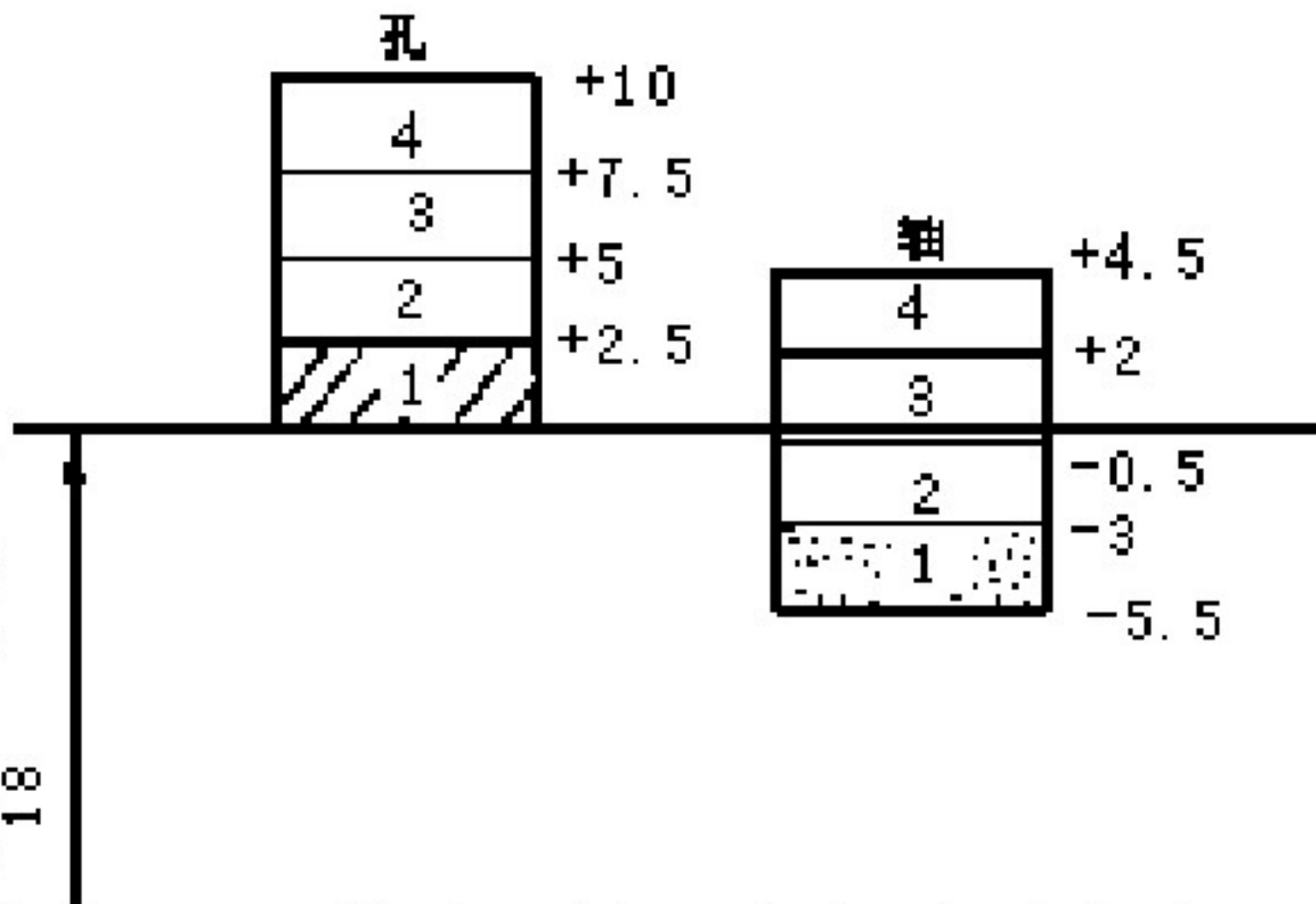
- $ES_2 = EI_1 - EI_3 = -0.06 - (-0.36) = +0.30\text{mm}$

- 故A2尺寸为 $40 \begin{matrix} +0.30 \\ 0 \end{matrix} \text{mm}$ 。

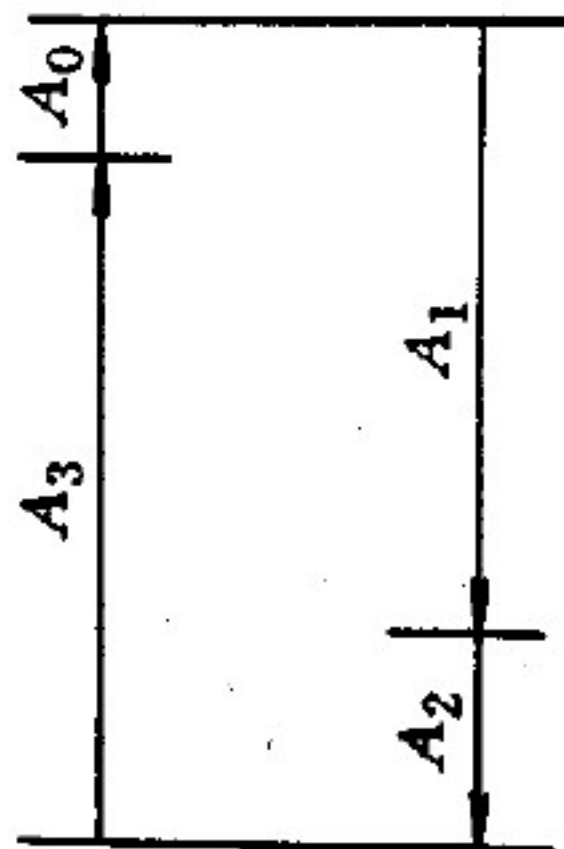
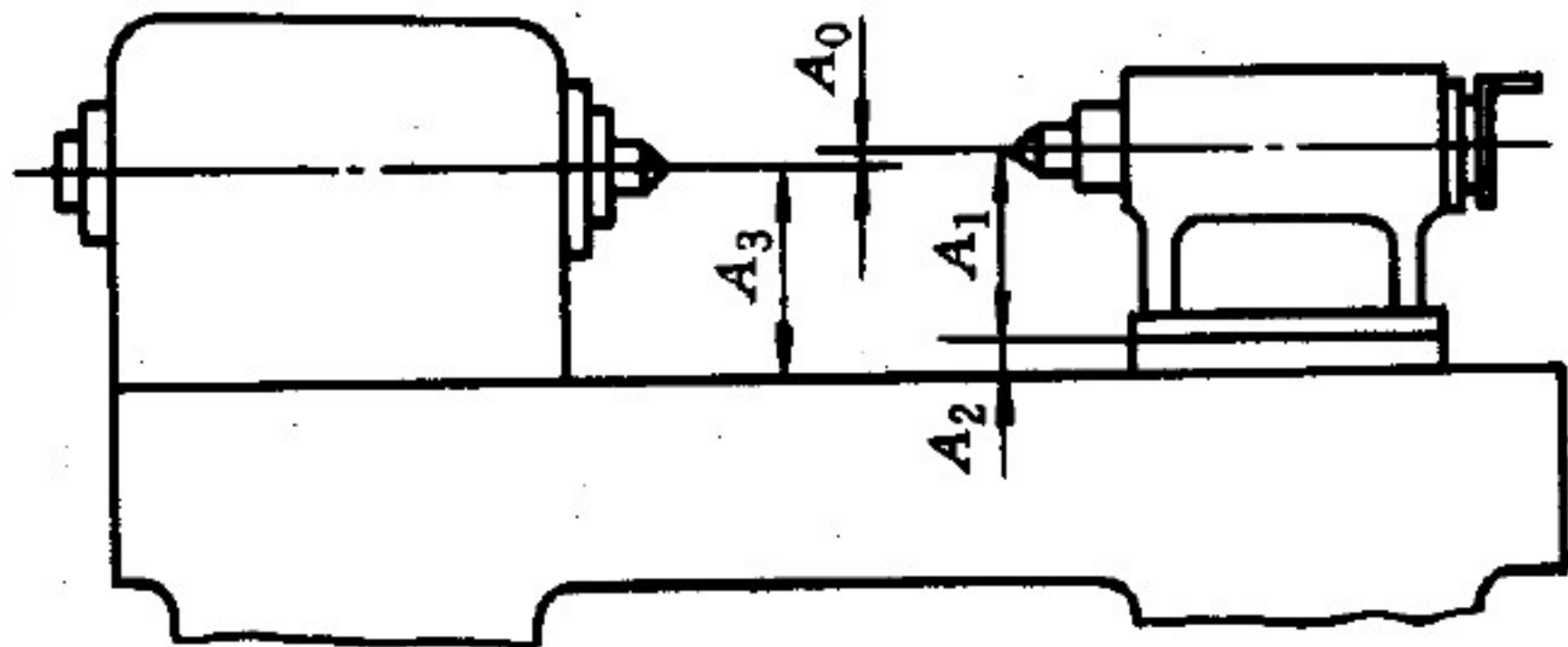


[HOME](#)

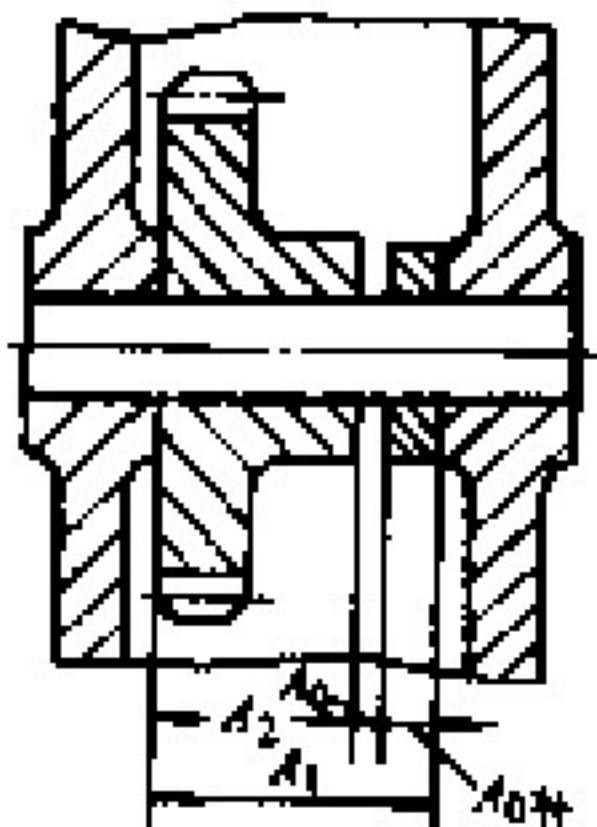
分组互换



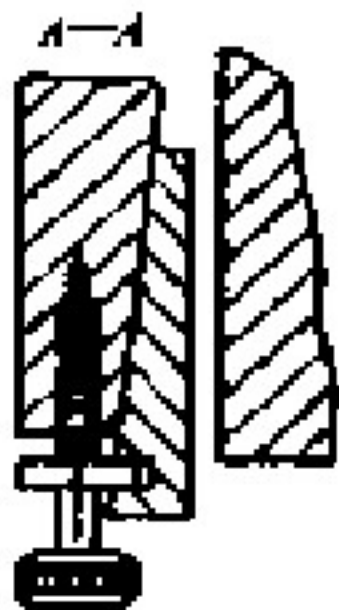
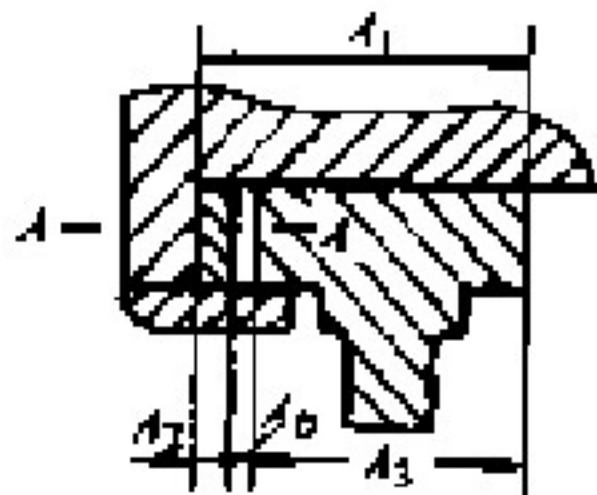
- 分组互换法是把组内加工精度要求，然后装配时根据大配大、小配小，以满足封闭环的公差要求。
- 例如，设基本尺寸为 $\phi 18\text{mm}$ 的孔、轴配合间隙要求为 $x=3\sim 8\mu\text{m}$ ，这意味着封闭环的公差 $T_{\Sigma}=5\mu\text{m}$ ，若按完全互换法，则孔、轴的制造公差只能为 $2.5\mu\text{m}$ 。
- 若采用分组互换法，将孔、轴的制造公差扩大四倍，公差为 $10\mu\text{m}$ ，将完工后的孔、轴按实际尺寸分为四组，按对应组进行装配，各组的最大间隙均为 $8\mu\text{m}$ ，最小间隙为 $3\mu\text{m}$ ，故能满足要求。
- 分组互换仅组内零件可以互换。



- 如图所示，将 A_1 、 A_2 和 A_3 的公差放大到经济可行的程度，为保证主轴和尾架等高性的要求，选面积最小、重量最轻的尾架底座 A_2 为补偿环，装配时通过对 A_2 环的辅助加工（如铲、刮等）切除少量材料，以抵偿封闭环上产生的累积误差，直到满足 A_0 要求为止。
- 补偿环切莫选择各尺寸链的公共环，以免因修配而影响其他尺寸链的封闭环精度。
- 修配法的优点也是既扩大了组成环的制造公差，又能得到较高的装配精度。主要缺点是增加了修配工作量和费用。



垫圈或轴套等)
从合适的尺寸链
到规定的技术要求



HOME

公差制造，由于组成环尺寸公差放大在装配时采用调整补偿环的尺寸或位置：

合适的组成环作为补偿环（如垫片、要按尺寸大小分为若干组，装配时，入尺寸链中预定的位置，使封闭环达

- 可动补偿环：装配时调整可动补偿环的位置以达到封闭环的精度要求。这种补偿环在机械设计中应用很广，结果形式很多，如机床中常用的镶条、调节螺旋副等。
- 主要优点是：加大组成环的制造公差，使制造容易，同时可得到很高的装配精度；装配时不需修配；使用过程中可以调整补偿环的位置或更换补偿环，以恢复机器原有精度。它的主要缺点是有时需要额外增加尺寸链零件数（补偿环），使结构复杂，制造费用增高，降低结构的刚性。