

# ■ 互换性与技术测量

## ■ 总复习

■ 2021年4月

# 总复习

## 绪    论

第1章 孔、轴的极限与配合

第3章 几何公差及检测

第4章 表面粗糙度及检测

第2章 长度测量技术基础

第5章 光滑极限量规

第6章 滚动轴承的公差与配合

各章节重点要点回顾。

# 绪论

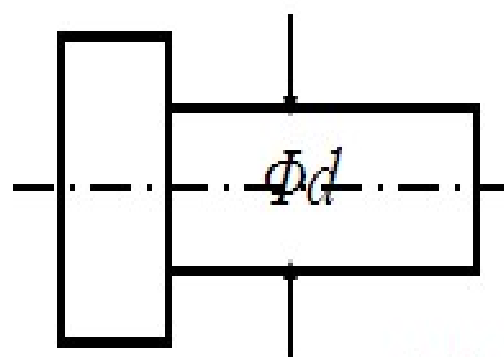
## 本课程的性质、特点和内容

### 一. 性质和研究对象

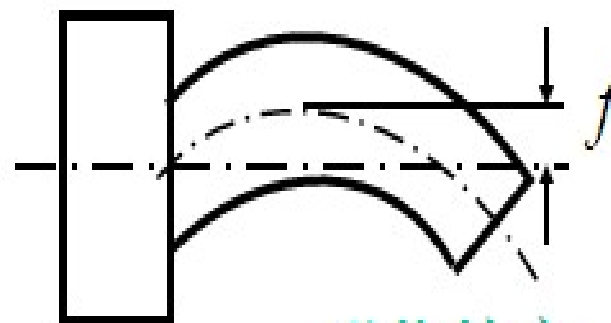
本课程为机械设计方面的**技术基础课**；



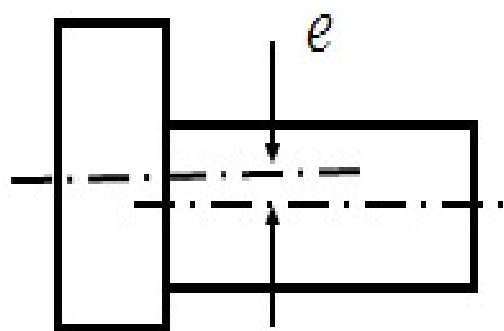
本课程只研究精度设计



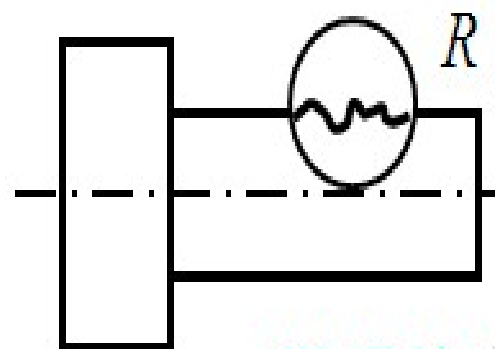
尺寸精度



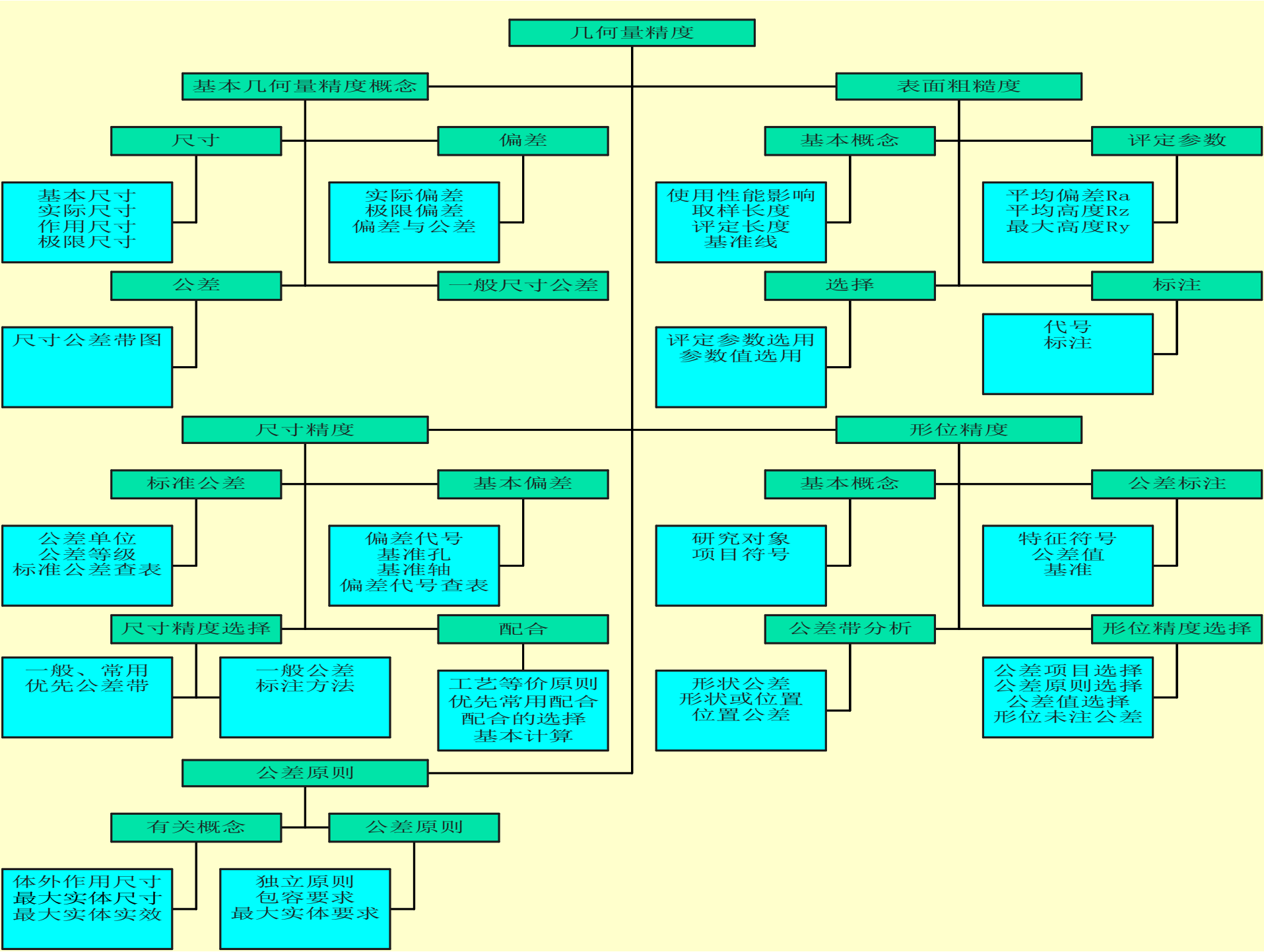
形状精度



位置精度



微观轮廓精度



## ■ 互换性

同一规格的一批零件或部件中,任取一件,不需经过任何选择、修配或调整就能装配在整机上,并满足使用性能的要求

# 零件**A**与零件**B** 具有互换性

- 并不意味着零件**A**=零件**B**，因为在制造过程中，对于任何定量的参数都存在加工**误差**。

公差是允许误差的变动量

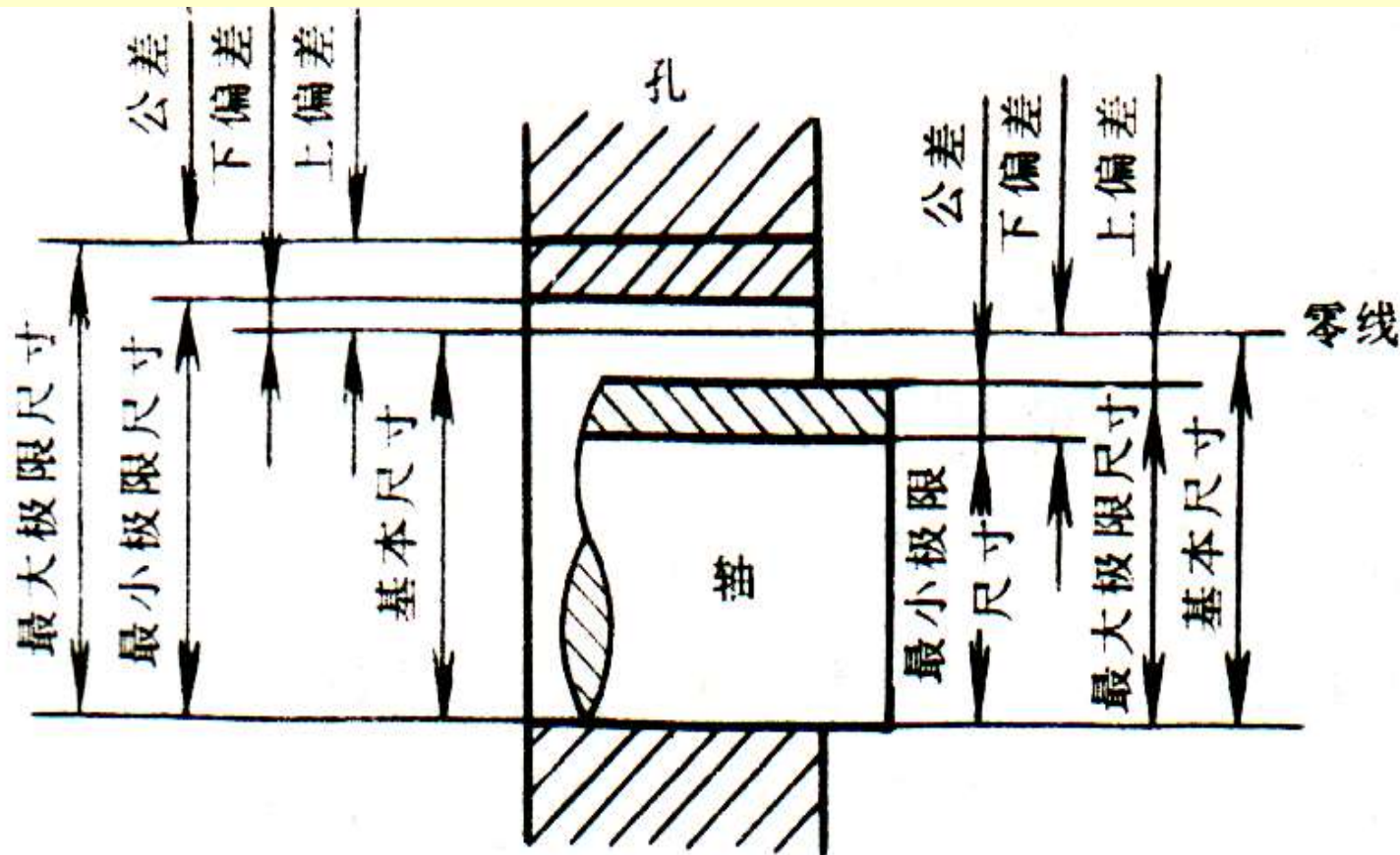
用于协调机器零件的使用要求与  
制造经济型之间的矛盾

# 第1章 孔与轴的极限与配合

一个概念：公差（公差带宽度、位置）

两种制度：基孔制、基轴制

三种配合：间隙、过盈、过渡





# 尺寸公差研究的对象——尺寸

公差:允许尺寸的变动范围

$$T_D = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| > 0$$

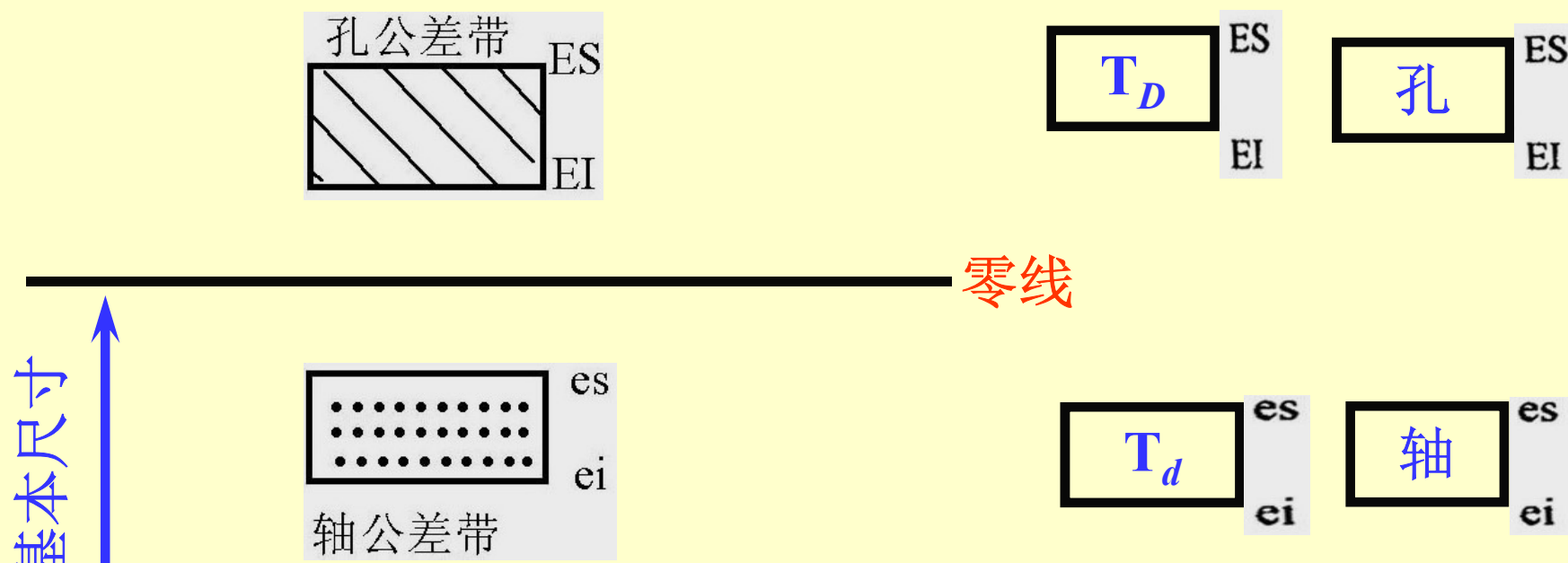
$$T_d = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| > 0$$

极限偏差的标注:

$$\Phi 25^{+0.021}_0$$

$$\Phi 25 \pm 0.021$$

公差带图



# 配合

## 1.定义:

(1)  $D=d$ , 基本尺寸相同 } 之间的关系, 用公差带相互的位置关系来体现  
(2) 相互结合的孔、轴 }

## 2.间隙和过盈

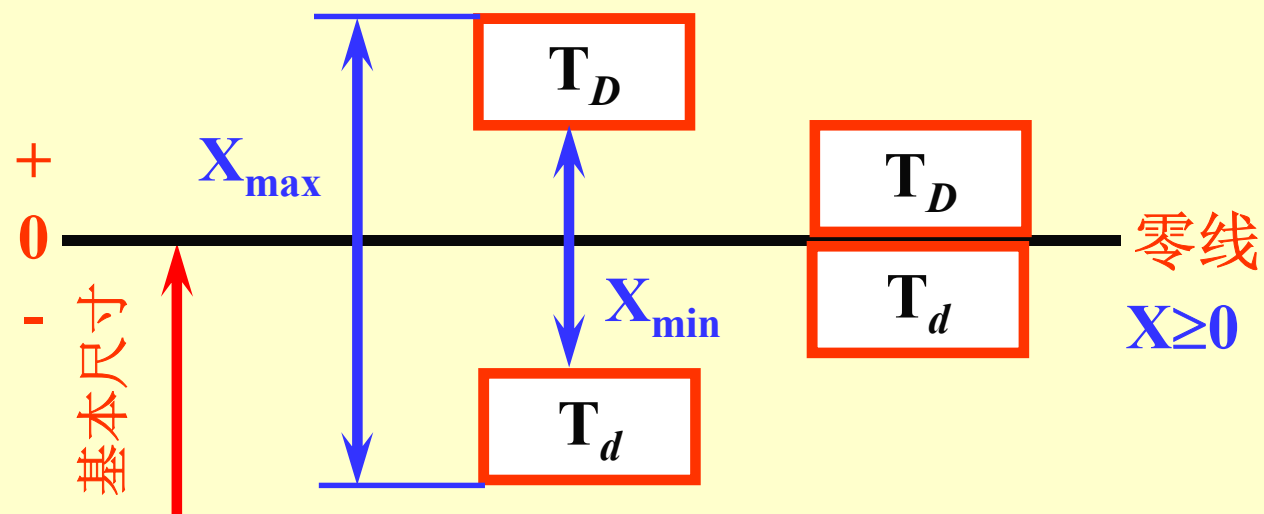
(孔的尺寸)-(轴的尺寸)  $\left\{ \begin{array}{l} \geq 0 \\ \leq 0 \end{array} \right. \begin{array}{l} \rightarrow \text{间隙 } X \\ \rightarrow \text{过盈 } Y \end{array}$

间隙:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{最大间隙: } X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \\ \text{最小间隙: } X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \\ \text{平均间隙: } X_{av} = 1/2 \cdot (X_{\max} + X_{\min}) \end{array} \right.$

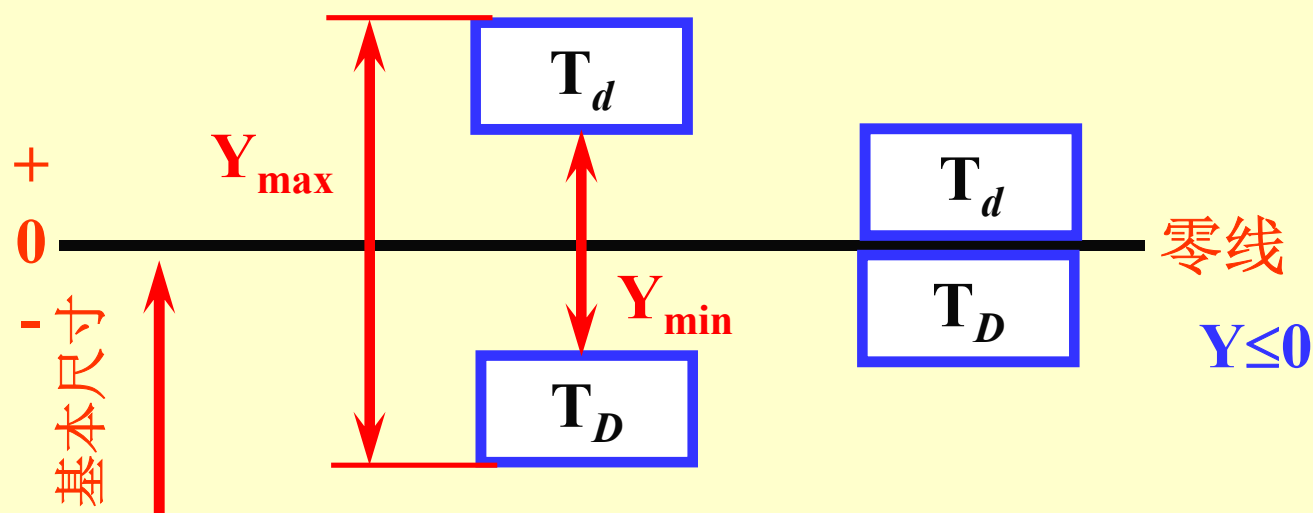
过盈:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{最大过盈: } Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \\ \text{最小过盈: } Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \\ \text{平均过盈: } Y_{av} = 1/2 \cdot (Y_{\max} + Y_{\min}) \end{array} \right.$

### 3.配合类别:

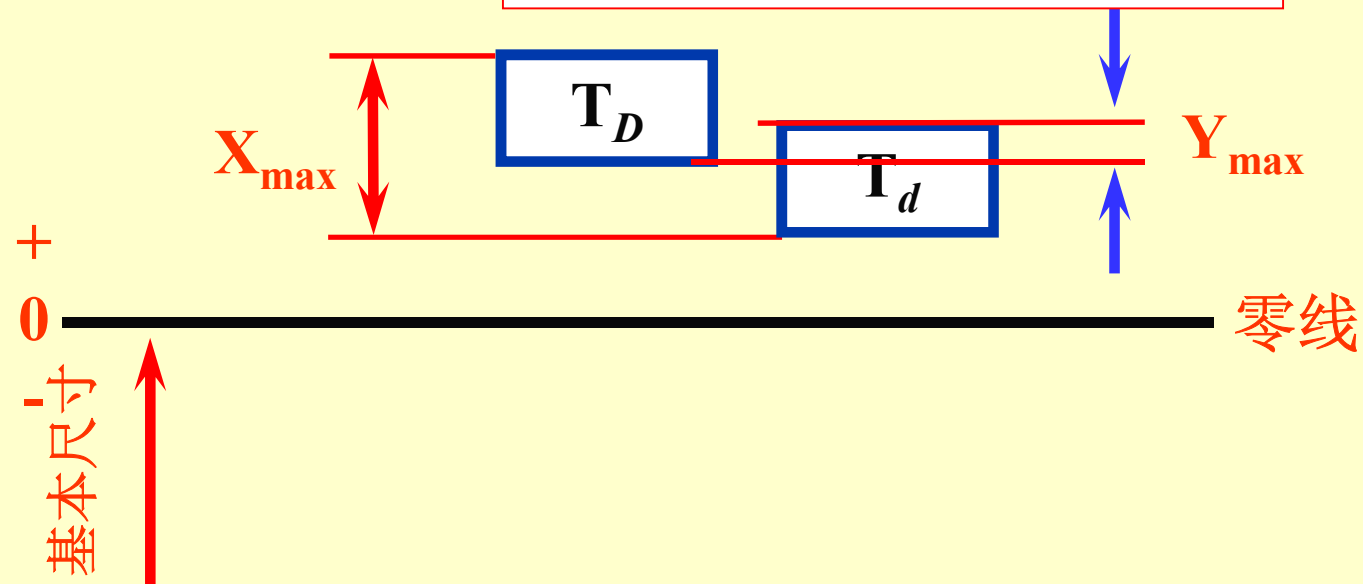
(1) 间隙配合——特点：孔总在轴之上



(2) 过盈配合——特点：孔总在轴之下



(3) 过渡配合: 特点: 孔和轴交叠



4. 配合公差: 允许间隙或过盈的变动量

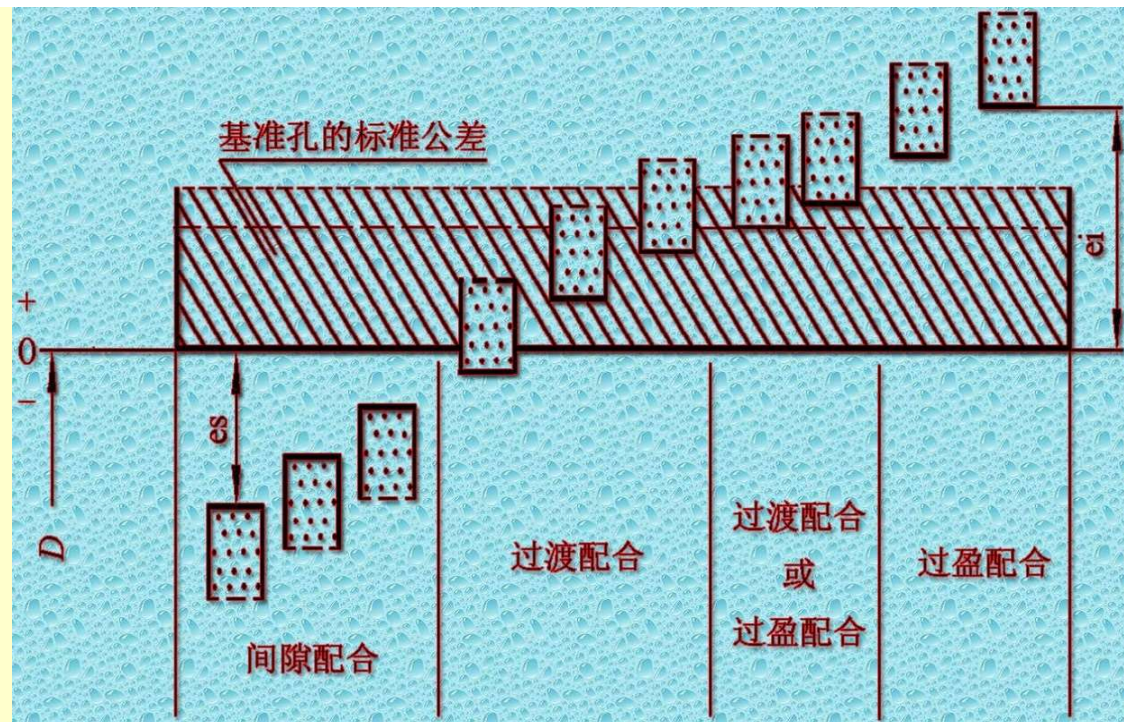
$$T_f = |X_{\max}(Y_{\min}) - X_{\min}(Y_{\max})| = T_D + T_d$$

决定了配合质量

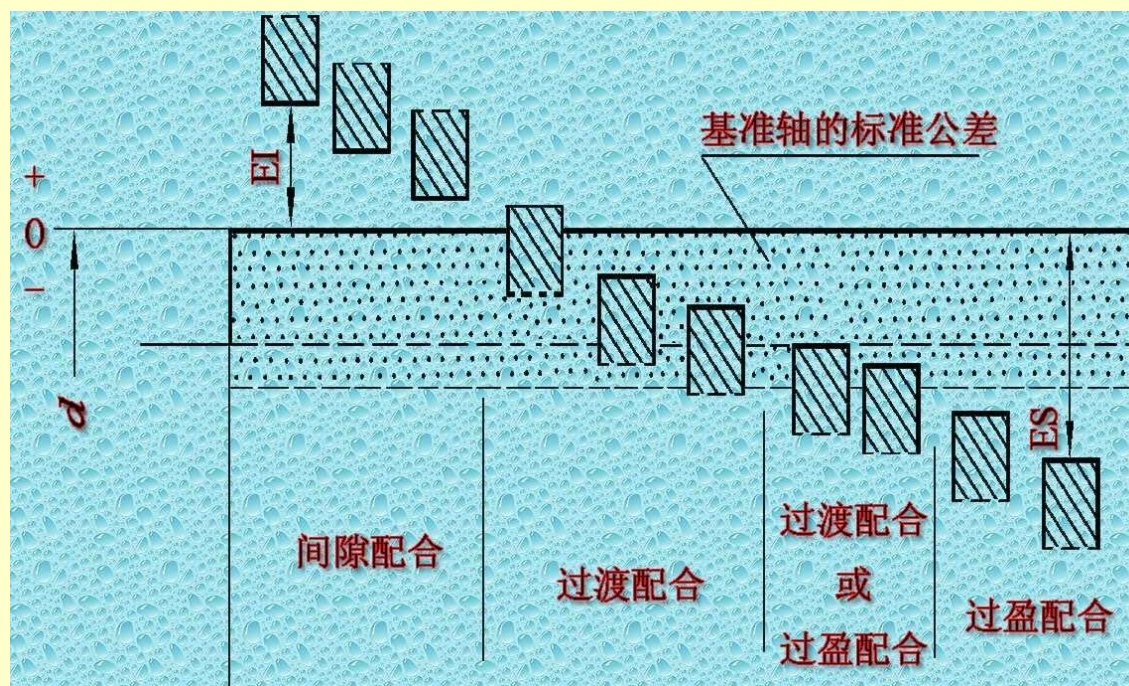
#### 4、配合制（基准制）

为了设计和制造上的方便，把其中孔或轴的公差带位置固定下来改变另一配合件的公差带位置，形成所需要的配合叫基准制

##### 基孔制配合

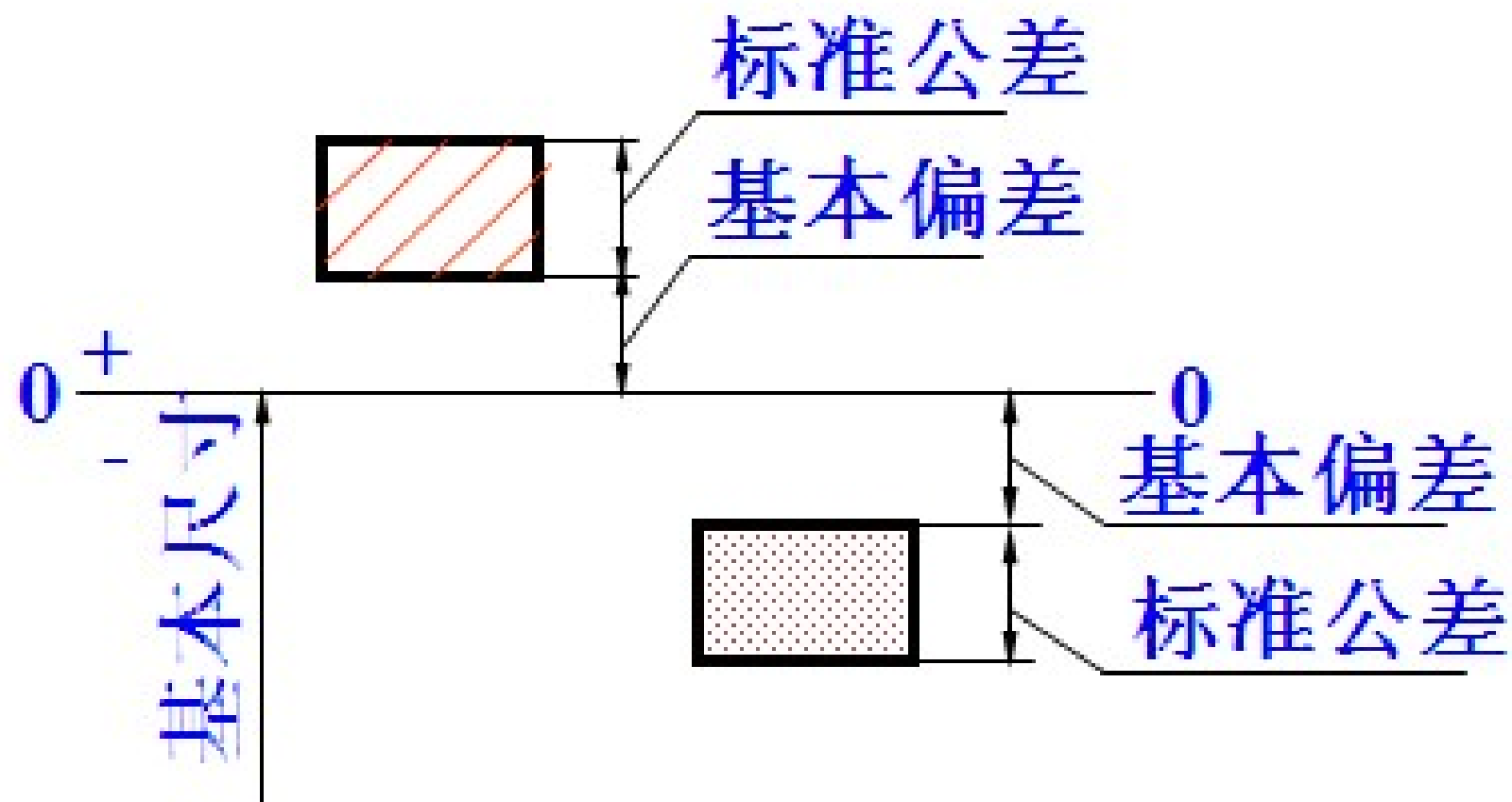


##### 基轴制配合





## 标准公差系列和基本偏差系列



## 标准公差与基本偏差

公差带由“公差带大小”和“公差带位置”这两个要素组成。

标准公差确定公差带大小，基本偏差确定公差带位置。

### ❖ 标准公差

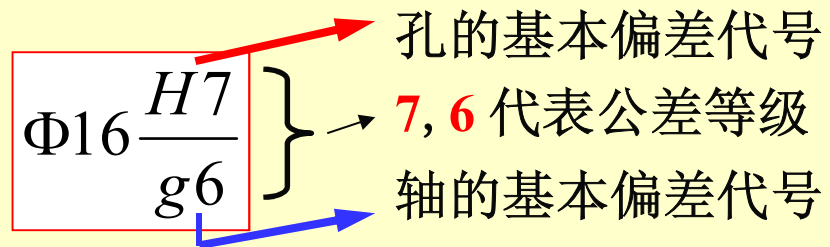
标准公差是标准所列的，用以确定公差带的大小的任一公差。标准公差分为20个等级，即：IT01、IT0、IT1至于IT18。IT表示公差，数字表示公差等级，从IT01至IT18依次降低。

### ❖ 基本偏差

基本偏差是标准所列的，用以确定公差带相对零位置的上偏差或下偏差，一般指靠近零线的那个偏差。当公差带在零线的上方时，基本偏差为下偏差；反之则为为上偏差。

# 配合的选用

## 一. 总装图和零件图上的标注



表示了孔轴的配合关系

解决问题: { 孔、轴公差等级  
孔、轴的基本偏差代号



# 工艺等价原则

## 公差等级的选择

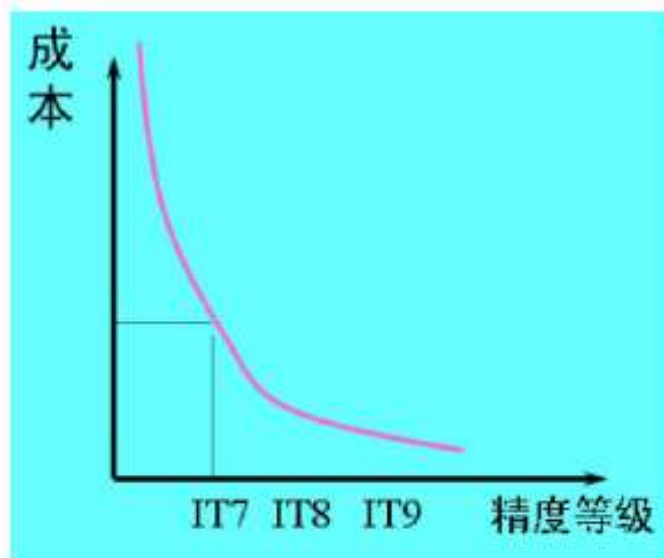


图 3-12 精度等级与成本

## 基本原则：

$$T_D + T_d \leq T_f$$

- 1) 在满足使用要求的前提下，尽可能选较低的公差等级或较大的公差值。
- 2) 满足 GB 推荐的公差等级组合规定 P48-49。(工艺等价) 对于基本尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 有较高公差等级的配合，因孔比同级轴难加工，当标准公差 $\leq \text{IT}8$ 时，国标推荐孔比轴低一级相配合，使孔、轴的加工难易程度相同。但对 $> \text{IT}8$ 级或基本尺寸 $> 500\text{mm}$ 的配合，因孔的测量精度比轴容易保证，推荐采用孔、轴同级配合。

- 工艺等价原则
- 核心是孔、轴的工艺等价性，是指孔和轴的加工难易程度应相同。
- 对于公称尺寸500mm以内的高精度配合（小于IT8），由于孔比轴加工困难，加工成本也高。
- 为了使得孔和轴的加工难易程度相同，即具有工艺等价性，其公差等级选择是孔比轴低一级。
- 当精度为IT8时，孔比轴低一级或同级；
- 而低精度（>IT8时）或公称尺寸大于500mm时孔轴同级配合。

## 第2章 长度测量基础

- 主讲内容:
- **2.1 测量的基本概念**
- 2.2 尺寸传递
- 2.3~2.6 不做要求，可以自己看看，扩大知识面。
- **2.7 测量误差和数据处理(重点)**
- **2.8 安全裕度的概念**

# 误差分类

- 1、系统误差:多次平均不能消除的。比如：测量仪器，温度条件变化等
- 2、随机误差：相同条件下，随机性误差，多次测量可以克服
- 3、粗大误差：非常规性误差。

本章主要研究是前两种。

但最主要的还是研究随机误差的处理。

# ● 随机误差

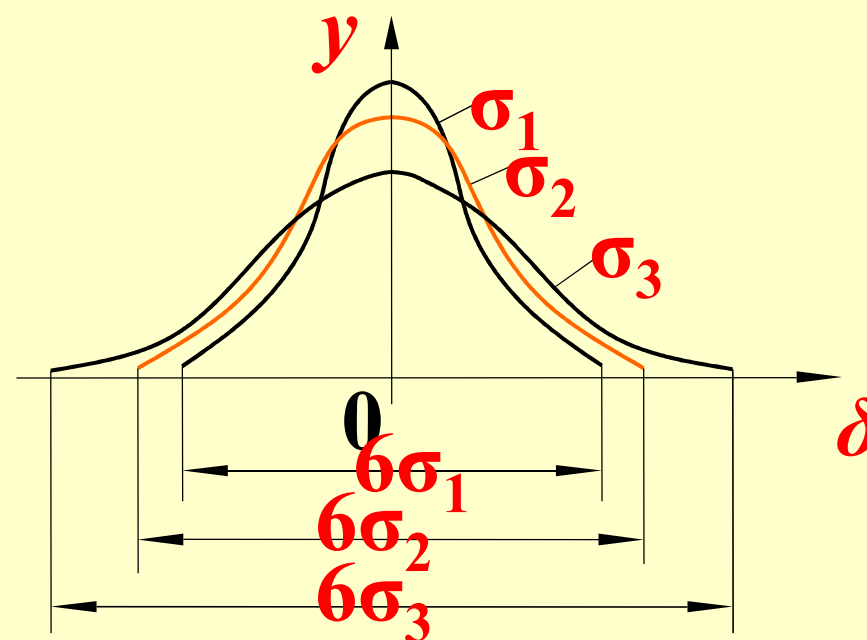
指在同一条件下，对同一被测几何量进行多次重复测量时，绝对值和符号以不可预定的方式变化着的误差称为随机误差。

从表面看，随机误差没有任何规律，表现为纯粹的偶然性，因此也讲其称为偶然误差。

# 单次测量的标准偏差

- 标准偏差  $\sigma$  ，它反映了测量值的离散程度，是测量值 $x$  的正态分布函数的一个重要参数。
- $\sigma$  越小，曲线峰值越高，图形越尖锐，表明测量值数据集中，重复性好。

不同的 $\sigma$ 对应不同形状的正态分布曲线， $\sigma$ 越小， $y_{\max}$ 值越大，曲线越陡，随机误差越集中，即测得值分布越集中，测量精密度越高； $\sigma$ 越大， $y_{\max}$ 值越小，曲线越平坦，随机误差越分散，即测得值分布越分散，测量精密度越低。图所示为 $\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3$ 时三种正态分布曲线，因此， $\sigma$ 可作为表征各测得值的精度指标。



总体标准偏差对随机误差分布特性的影响

从理论上讲，正态分布中心位置的均值 $\mu$ 代表被测量的真值 $Q$ ，标准偏差 $\sigma$ 代表测得值的集中与分散程度。

# 单次测量的极限误差值

- 由于超出 $\delta=\pm 3\sigma$ 的概率已很小，故在实践中常认为 $\delta=\pm 3\sigma$ 的概率 $P\approx 1$ 。从而将 $\pm 3\sigma$ 看作是单次测量的随机误差的极限值，将此值称为极限误差，记作

$$\delta_{\text{lim}} = \pm 3\sigma = \pm 3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n}}$$

即单次测量的测量结果为：

$$X = X_i \pm \delta_{\text{lim}} = X_i \pm 3\sigma$$

式中  $x_i$  为某次测得值。

极限误差  $\Delta$

$$\Delta = 3\sigma$$

$$\int_{-3\sigma}^{+3\sigma} f(\delta) d\delta = p(-3\sigma < \delta < +3\sigma) = 99.7\%$$

从上式可见，随机误差绝对值大于 $3\sigma$ 的概率很小，只有0.3%，出现的可能性很小。因此定义：

$$\Delta = 3\sigma$$



# 测量列算术平均值的标准偏差

- 相同条件下，对同一被测量，将测量列分为若干组，每组进行 $n$ 次的测量称为多次测量。
- 标准偏差 $\sigma$ 代表一组测得值中任一测得值的精密程度，但在多次重复测量中是以算术平均值作为测量结果的。因此，更重要的是要知道算术平均值的精密程度，可用算术平均值的标准偏差表示。根据误差理论，测量列算术平均值的标准偏差用下式计算

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

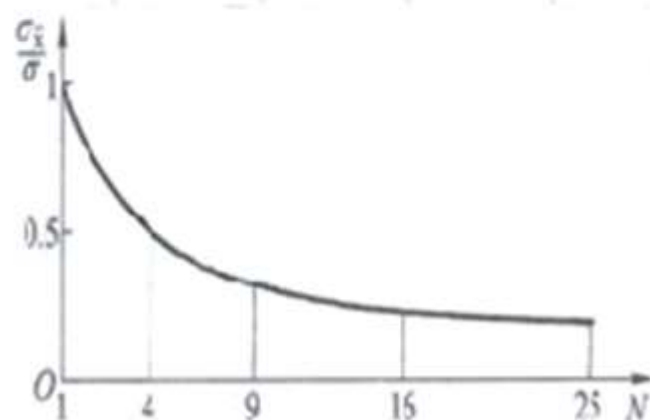
根据误差理论，测量列算术平均值的标准偏差与测量列单次测量值的标准偏差存在如下关系：

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

说明测量次数越多， $\sigma_{\bar{x}}$  就越小，测量精密度就越高。但当  $\sigma$  一定时， $N > 10$  以后， $\sigma_{\bar{x}}$  减小已很缓慢，故一般取  $N = 10 \sim 15$  次为宜。

多次测量的测量结果可表示为

$$x_e = \bar{x} \pm 3\sigma_{\bar{x}}$$



$\frac{\sigma_{\bar{x}}}{\sigma}$  与  $N$  的关系

## 残差、单次测量的标准偏差、算术平均值的标准偏差、单次测量的极限误差关系



$$\bar{x} = \frac{1}{n} (\chi_1 + \chi_2 + \dots + \chi_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \chi_i$$

$$v_i = \chi_i - \bar{x}$$

测量列算术平均值的标准偏差与测量列单次测量的标准偏差存在如下关系：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} (v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2)} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2}$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \sigma / \sqrt{n}$$

说明测量次数越多，

测量的精密度就越高。

由式，算出 $\sigma$ 后，便可取 $\pm 3\sigma$ 代替作为单次测量的极限误差。

即  $\delta_{\text{lim}} = \pm 3\sigma$

# 随机误差的处理过程

- 1) 采用多次（一般为**5-15**次）重复测量，减少随机误差的影响。
- 2) 取多次测量的算术平均值作为测量结果，以提高测量精度。

若在相同条件下，重复测量**n**次，

单次测量的标准偏差为  $\sigma$

则**n**次测量的算术平均值标准偏差

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

测量结果为  $x = \bar{x} \pm 3\sigma_{\bar{x}}$

例：对一轴进行10次测量，其测得值列表如下，求测量结果。

解：1) 求算术平均值  $\bar{x}$ ；

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i = 50.457 \text{mm}$$

2) 求残余误差；

$$\sum v_i = 0, \quad \sum v_i^2 = 38 \mu\text{m}$$

3) 求单次测量的标准偏差  $\sigma$ ；

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2} = 2.05 \mu\text{m}$$

$$x_e = x_i \pm 3\sigma$$

4) 求算术平均值的标准偏差  $\sigma_{\bar{x}}$ ；

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{2.05}{\sqrt{10}} = 0.65 \mu\text{m}$$

$$\pm 3 \sigma_{\bar{x}} = \pm 1.95 \mu\text{m}$$

5) 得测量结果

$$l = \bar{x} \pm 3 \sigma_{\bar{x}} = 50.457 \pm 0.002 \text{mm}$$

单次  
测量  
极限  
误差

10次  
测量的  
极限  
误差

$x_i$ (mm)
50.454
50.459
50.459
50.454
50.458
50.459
50.456
50.458
50.458
50.455
$\bar{x} = 50.457$



例 3.1 对轴进行 10 次等精度测量, 所得数据如表 3.4 所示(设不含系统和粗大误差), 求测量结果。

表 3.4 测量数据表

$l_i/\text{mm}$	$v_i = (l_i - \bar{l})/\mu\text{m}$	$v_i^2/\mu\text{m}^2$
20.454	-3	9
20.459	+2	4
20.459	+2	4
20.454	-3	9
20.458	+1	1
20.459	+2	4
20.456	-1	1
20.458	+1	1
20.458	+1	1
20.455	-2	4
$\bar{l} = 20.457$	$\sum v_i = 0$	$\sum v_i^2 = 38$

解: ① 求算术平均值

$$\bar{l} = \frac{\sum l_i}{n} = 20.457 \text{ mm}$$

② 求残余误差平方和

$$\sum v_i = 0, \quad \sum v_i^2 = 38 \mu\text{m}^2$$

③ 求测量列任一测得值的  $S$

$$S = \sqrt{\frac{\sum \nu_i^2}{n-1}} = 2.05 \mu\text{m}$$

④ 求任一测得值的极限误差

$$\delta_{\text{lim}} = \pm 3S = \pm 6.15 \mu\text{m}$$

⑤ 求测量列算术平均值的标准偏差  $\sigma_i$

$$\sigma_i = \frac{S}{\sqrt{n}} = 0.65 \mu\text{m}$$

⑥ 求算术平均值的测量极限误差

$$\lambda_{\text{lim}} = \pm 3\sigma_i = \pm 1.95 \mu\text{m} \approx \pm 2 \mu\text{m}$$

轴的直径测量结果

$$d = \bar{l} \pm 3\sigma_i = 20.457 \pm 0.002 \text{ mm} \quad (P = 99.73\%)$$

## 二、间接测量列的数据处理

间接测量的被测几何量是测量所得到的各个实测几何量的函数，而间接测量的测量误差则是各个实测几何量测量误差的函数，故称这种误差为**函数误差**。

### 1. 函数误差的基本计算公式

间接测量中，被测几何量通常是实测几何量的多元函数，它表示为

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (2-17)$$

该函数的增量可用函数的全微分来表示，即

$$dy = \sum_{i=1}^m \frac{\partial F}{\partial x_i} dx_i \quad (2-18)$$

$\partial F / \partial x_i$ ：各实测几何量的误差传递函数。

函数误差的基本计算公式



函数随机误差处理重要。

掌握各自变量的多次测量的标准偏差与函数之间随机误差关系。

掌握各自变量的多次测量的极限误差与函数之间极限误差关系。

### 3. 函数随机误差的计算

函数的标准偏差与各个实测几何量的标准偏差的关系为

$$\sigma_F = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2}$$

函数的测量极限误差的计算公式：

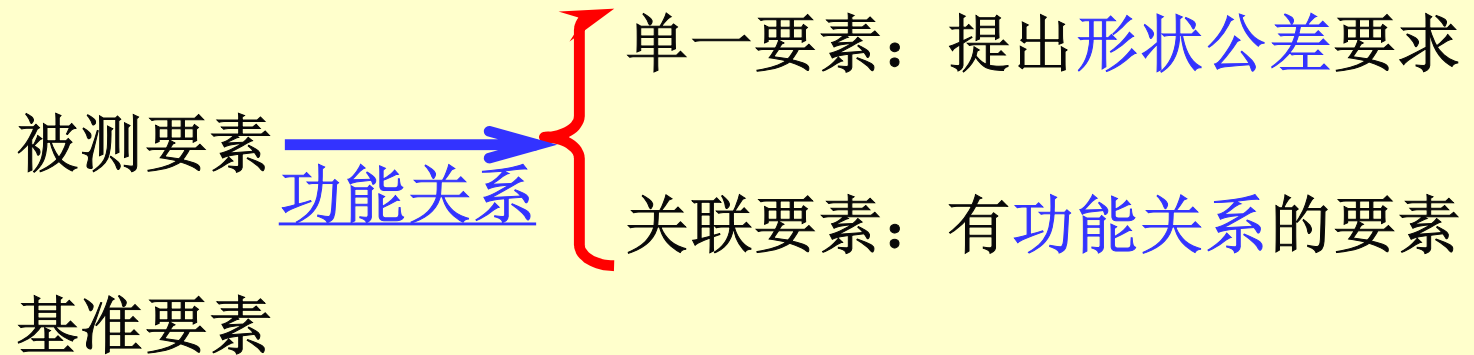
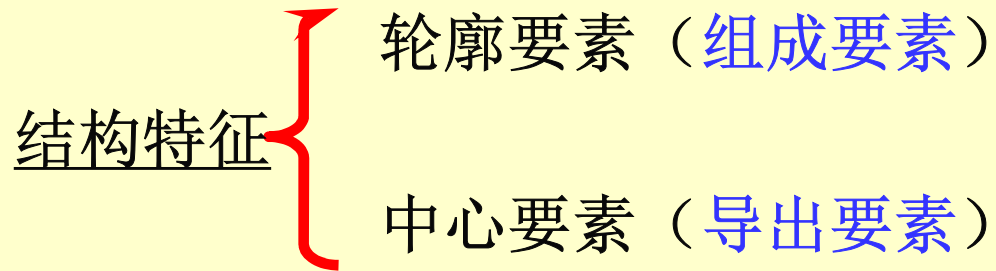
$$\delta_{\text{lim}}(F) = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2 \delta_{\text{lim}}^2(x_i)}$$

注  
意

# 第3章 几何公差检测





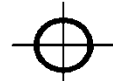


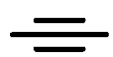

- 目的要求
- 熟记19个形位公差特征项目的名称和符号。
- 理解掌握19个项目公差带的特点。
- 掌握公差原则中独立原则、包容要求及最大实体要求的基本内容，会标注、理解含义、明确主要应用场合。
- 初步掌握形位公差的选用方法。

## 几何公差研究的对象——几何要素



理想要素 具有几何学意义，没有任何误差的要素，设计时在图样上表示的要素均为理想要素。

实际要素 零件在加工后实际存在，有误差的要素。它通常由测得要素来代替。由于测量误差的存在，测得要素并非该要素的真实情况。

公差		特征	符号	有或无 基准要求	公差		特征	符号	有或无 基准要求		
形状	形状	直线度		无	位置	定向	平行度		有		
		平面度		无			垂直度		有		
		圆度		无			倾斜度		有		
		圆柱度		无		定位	位置度		有或无		
形状或位置	廓轮	线轮廓度		有或无			同轴 (同心)度		有		
							对称度		有		
		面轮廓度		有或无		跳动	圆跳动		有		
							个跳动		有		

# 几何公差标注及其公差带

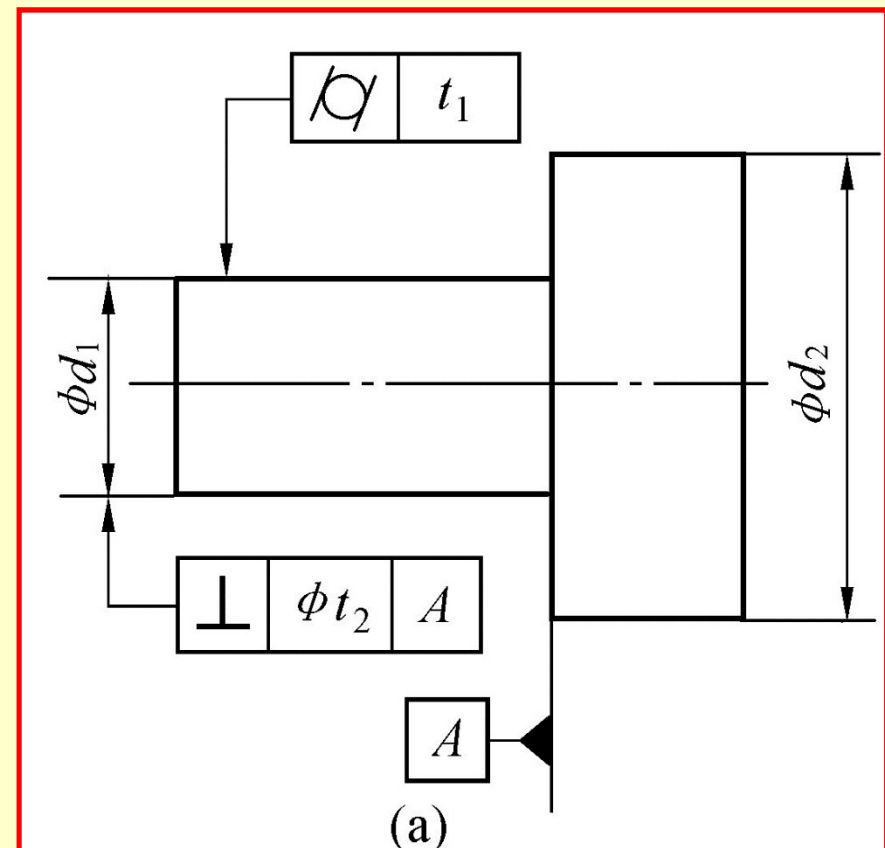
## 一. 标注:

提出什么要求—— 几何公差特征符号

公差值大小;

有无基准;

被测要素的性质;



# 1. 公差框格的内容

公差特征符号: 19个

基准符号字母

公差值: mm

当公差带为圆形或者  
圆柱形时加  $\Phi$

—	0.1
---	-----

(a)

//	0.1	A
----	-----	---

(b)

/	0.1	A	B
---	-----	---	---

(c)

$\oplus$	$\phi 0.1$	A	B	C
----------	------------	---	---	---

(d)

$\oplus$	S $\phi 0.1$	A	B	C
----------	--------------	---	---	---

(e)

$\odot$	$\phi 0.1$	A-B
---------	------------	-----

(f)

6 ×	$\square$	0.2
-----	-----------	-----

(g)

6 × $\phi 30H7$	$\oplus$	$\phi 0.1$
-----------------	----------	------------

$\square$	0.1
-----------	-----

NC  
(h)

—	0.01	
//	0.06	$B$

(i)

平面度误差  
不允许凸起

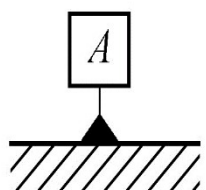
## 基准符号

1) 大写的英文字母, 不许用: ***E, I, J, M, O, P, L, R, F***

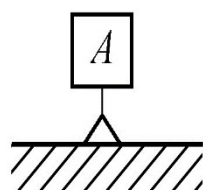
2) 用角标满足多个

3) 字母必须水平书写

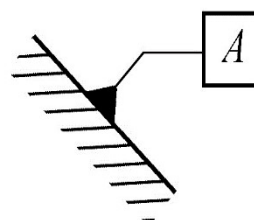
基准符号由一个标注在基准方框内的大写字母, 用细实线与一个涂黑 (或空白) 的三角形相连而组成。



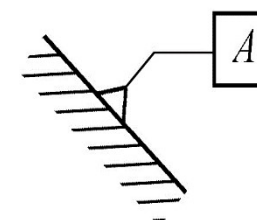
(a)



(b)

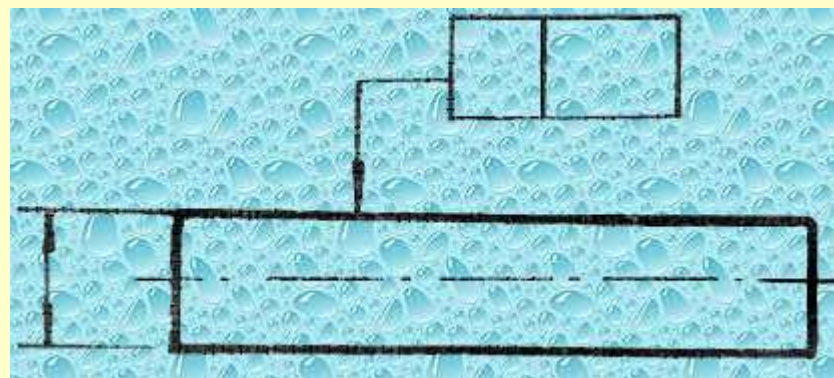
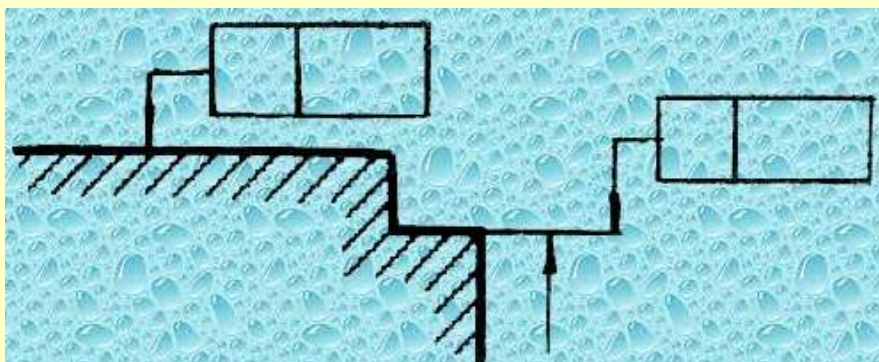


(c)

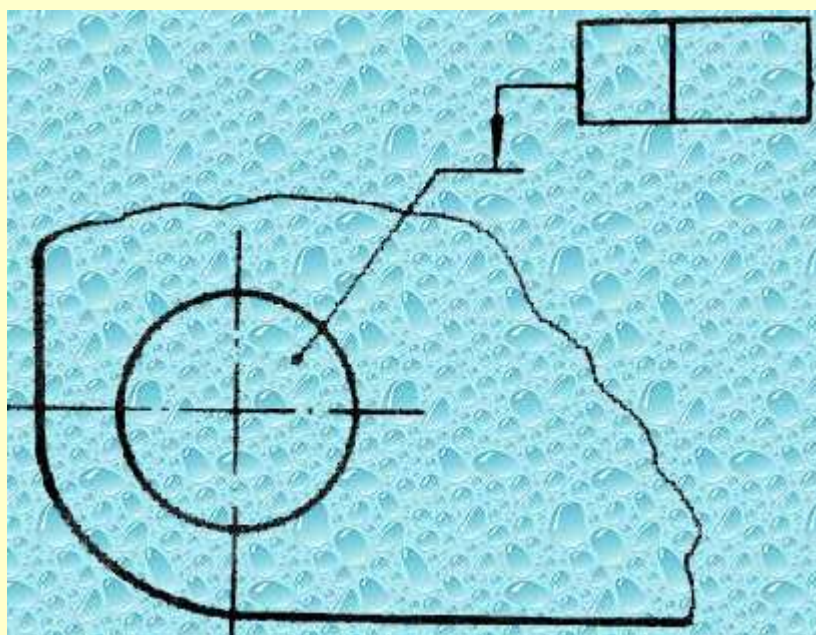


(d)

### (1) 被测要素为轮廓要素时

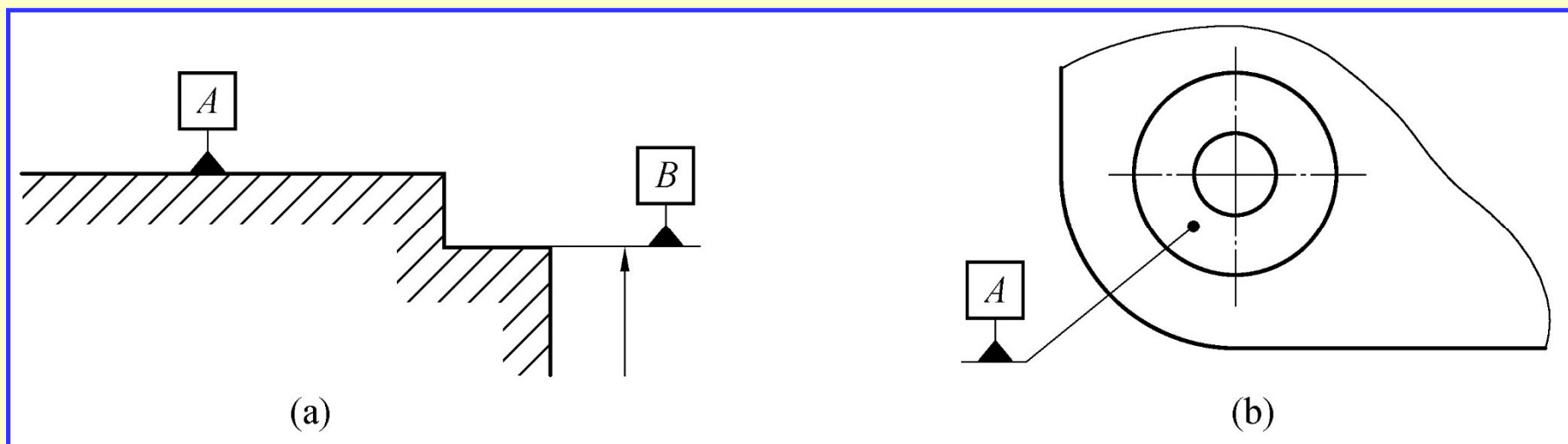


### (2) 被测要素指向实际表面时

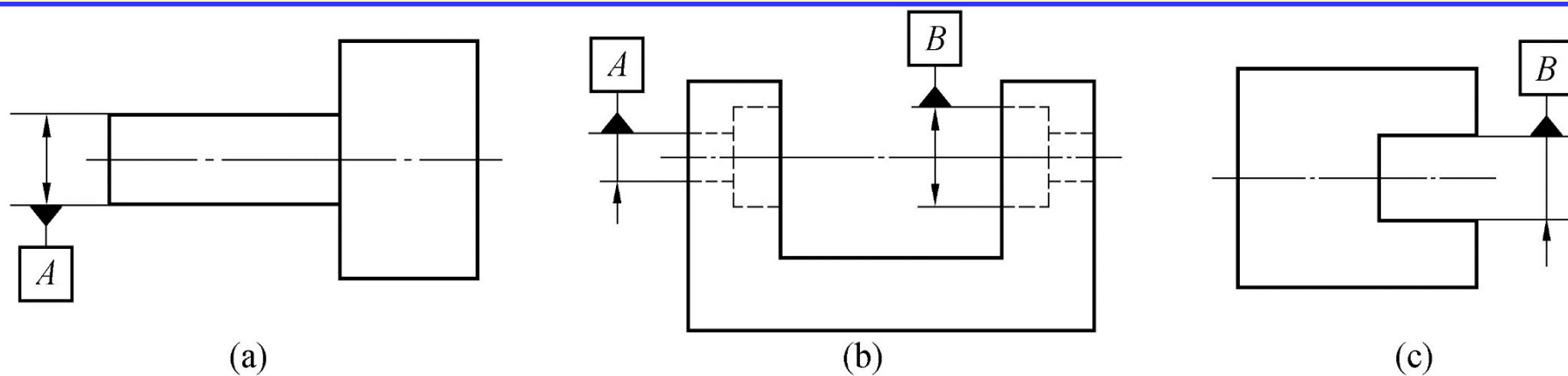




### (3) 基准要素为轮廓要素

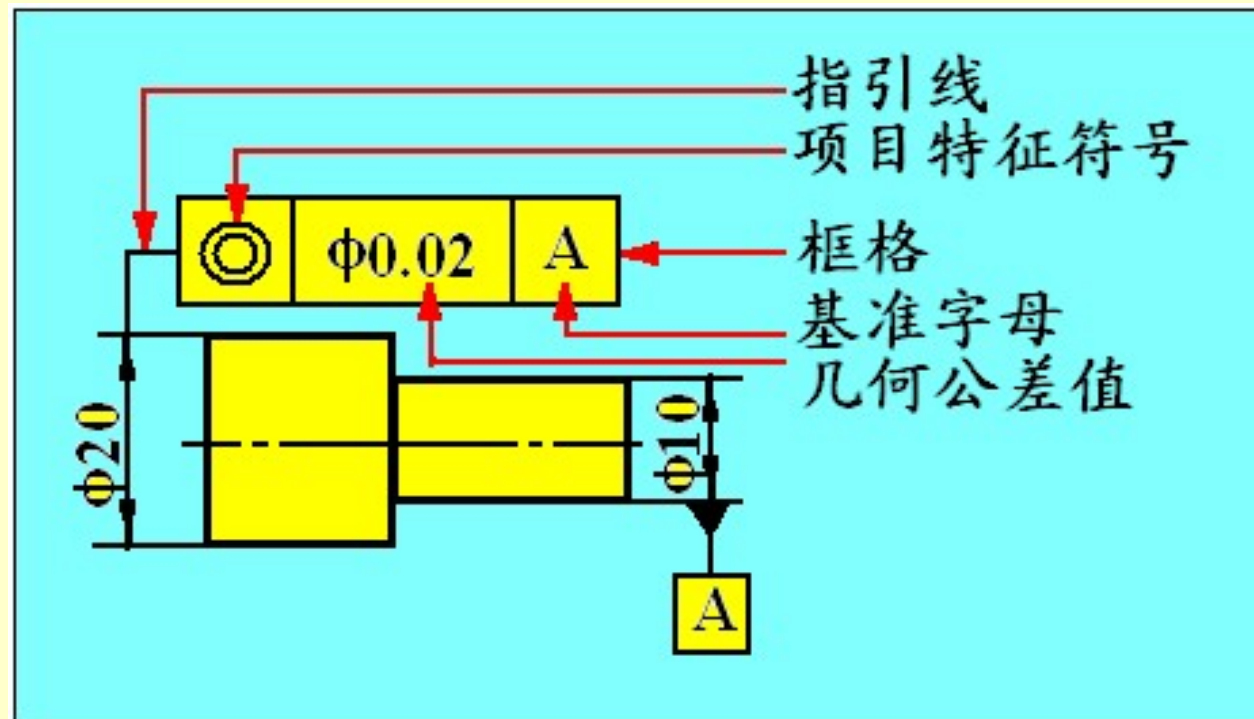


### (4) 基准要素为中心要素



# 几何公差标注方法

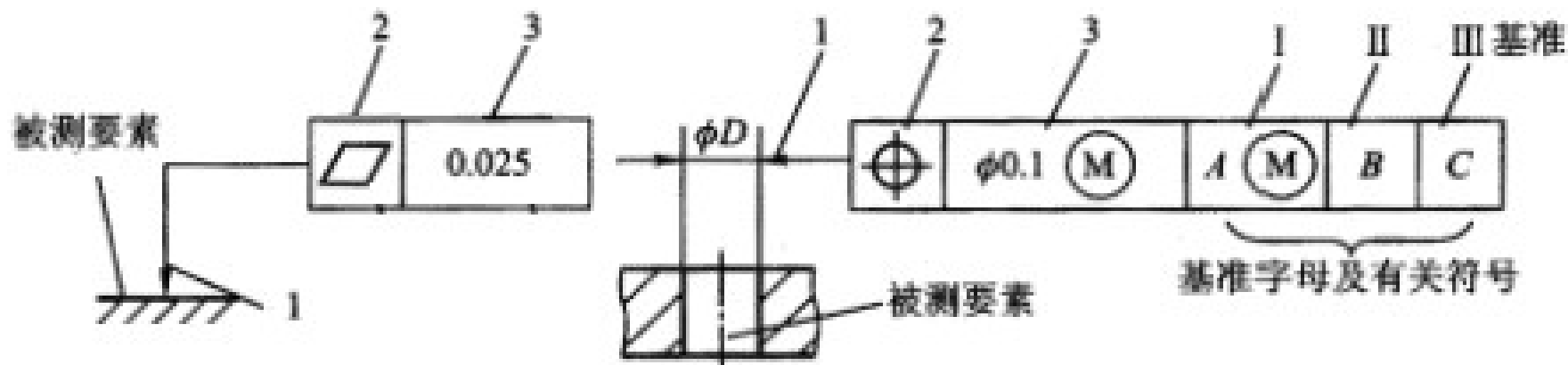
几何公差在图样上用框格的形式标注，如下图所示。



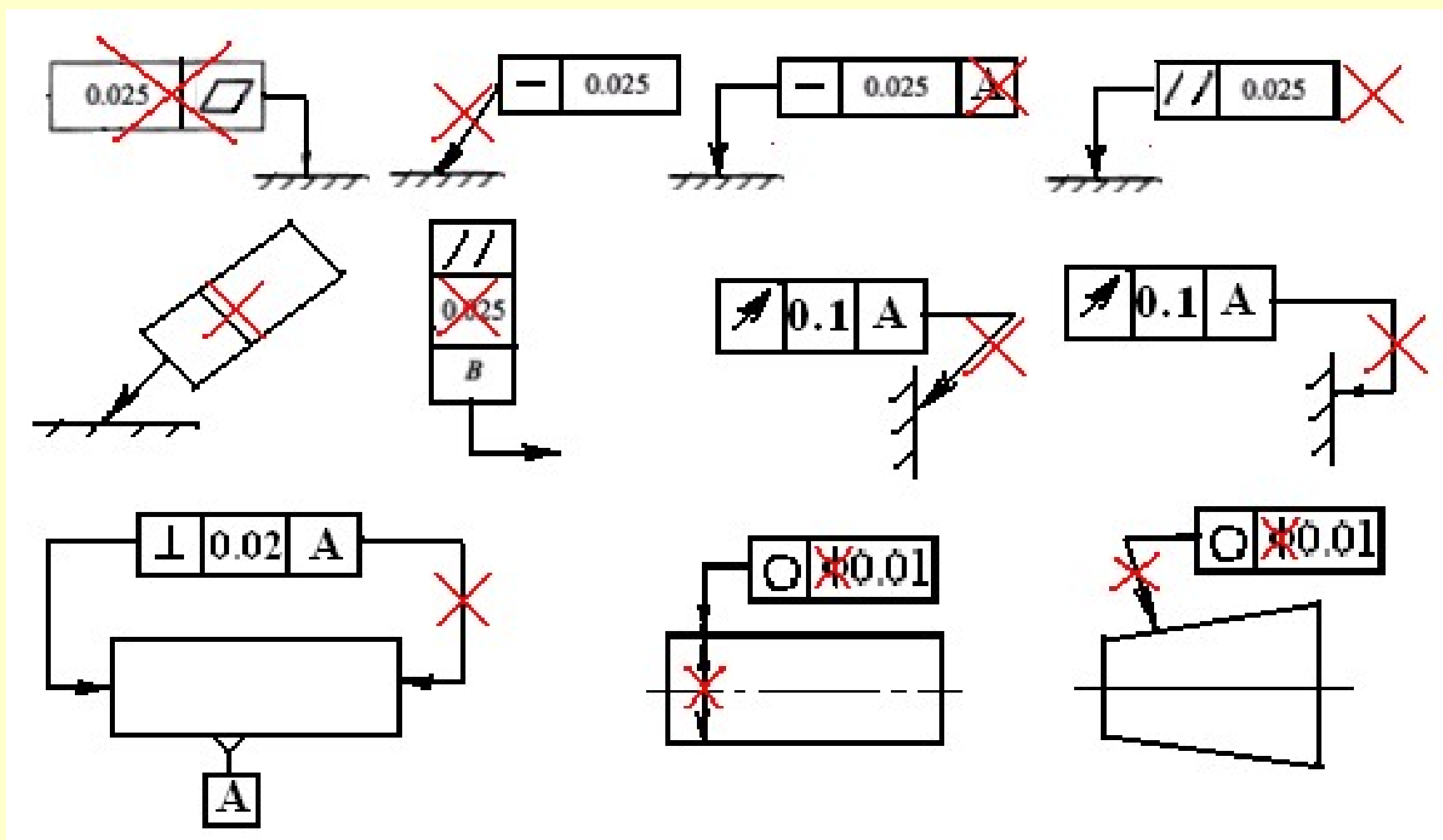
# 公差框格

公差框格一般用细实线画，水平或垂直绘制（不可歪斜），公差项目符号一般用粗实线画（跳动除外）。形状公差只有前两格无基准要求，而位置公差一般为三至五格，即必须有基准。

指引线可以从框格的两端中的任一端引出。

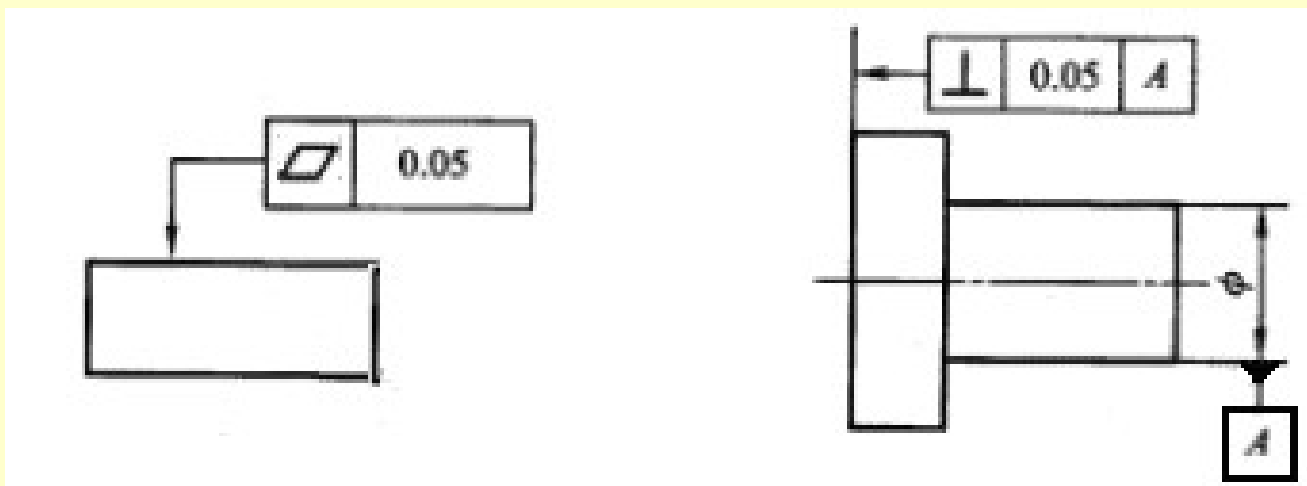


# 公差框格标注常见错误



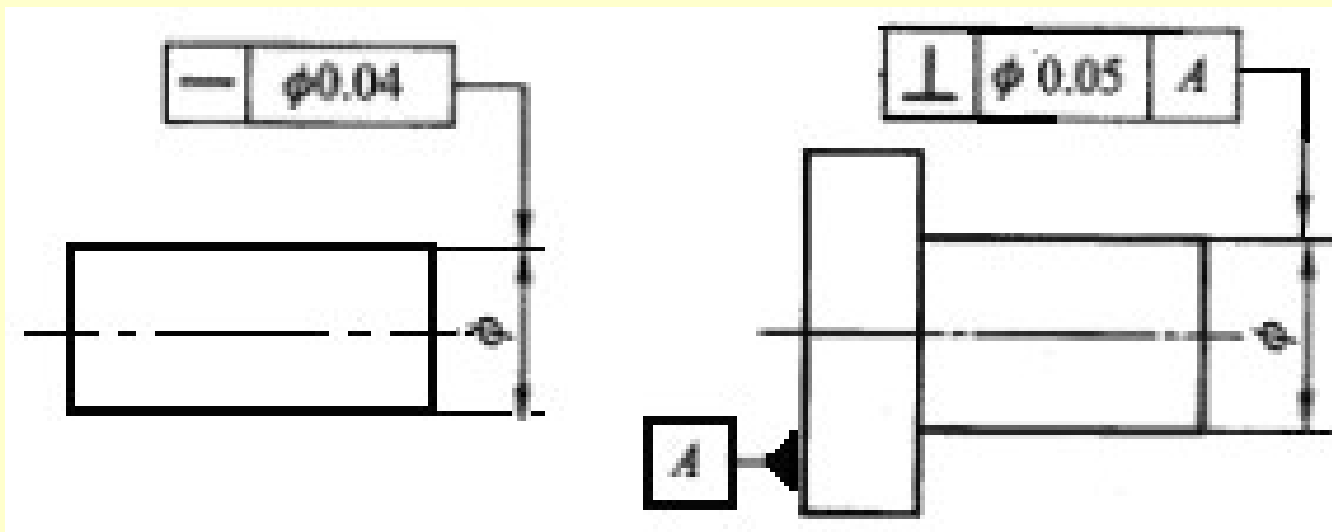
# 被测要素的标注

当被测要素为轮廓要素时，指示箭头应直接指向被测要素或其延长线上，并与尺寸线明显错开，如图所示。



# 被测要素的标注

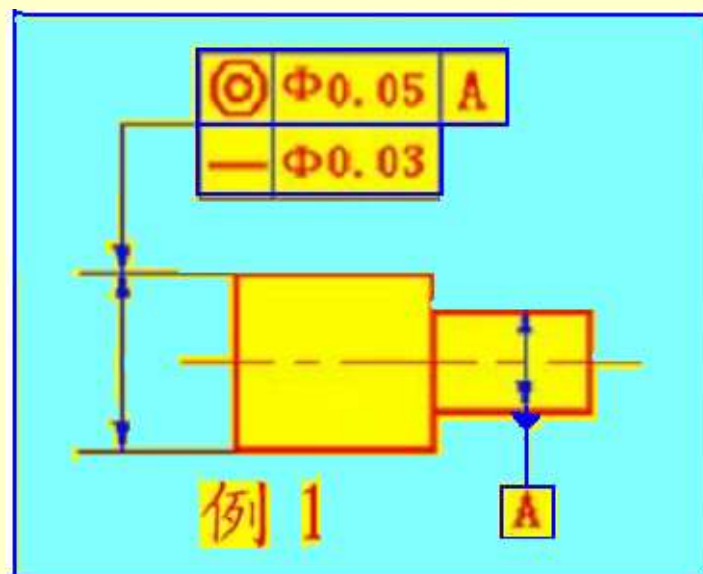
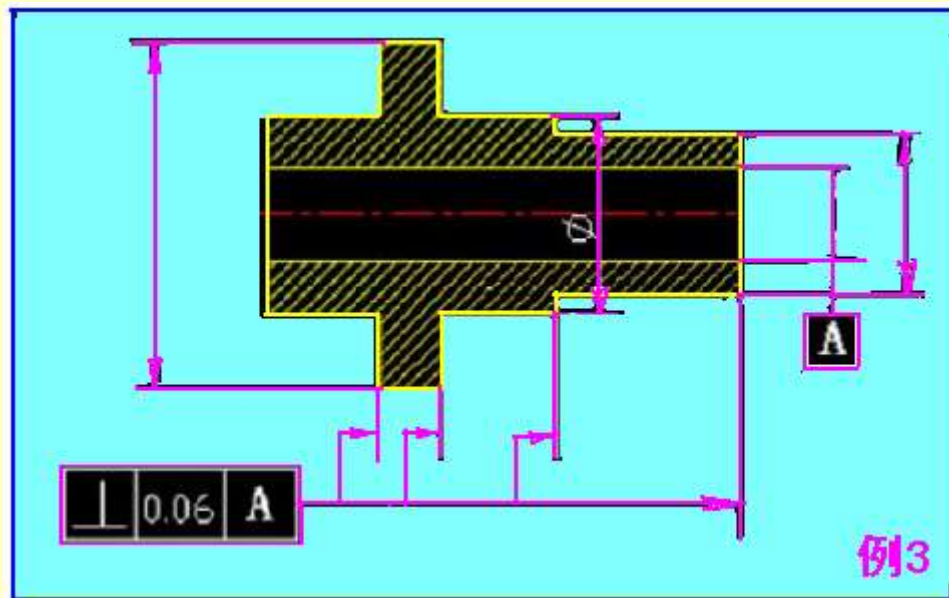
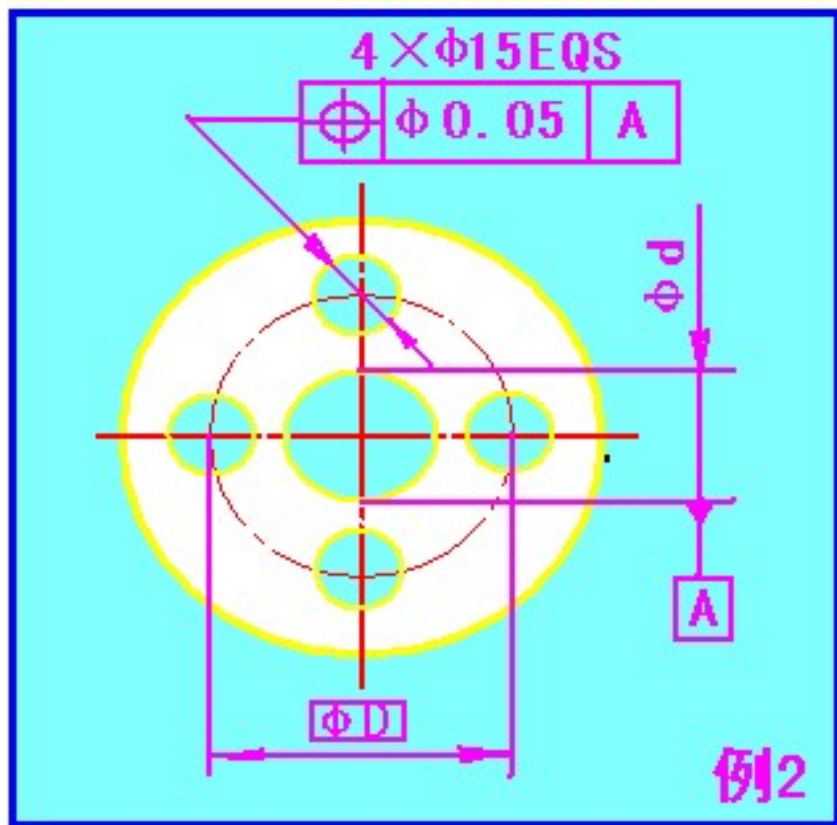
当被测要素为导出要素（中心点、中心线、中心面等）时，指示箭头应与被测要素相应的轮廓要素的尺寸线对齐，如图所示。



# 几何公差的简化标注

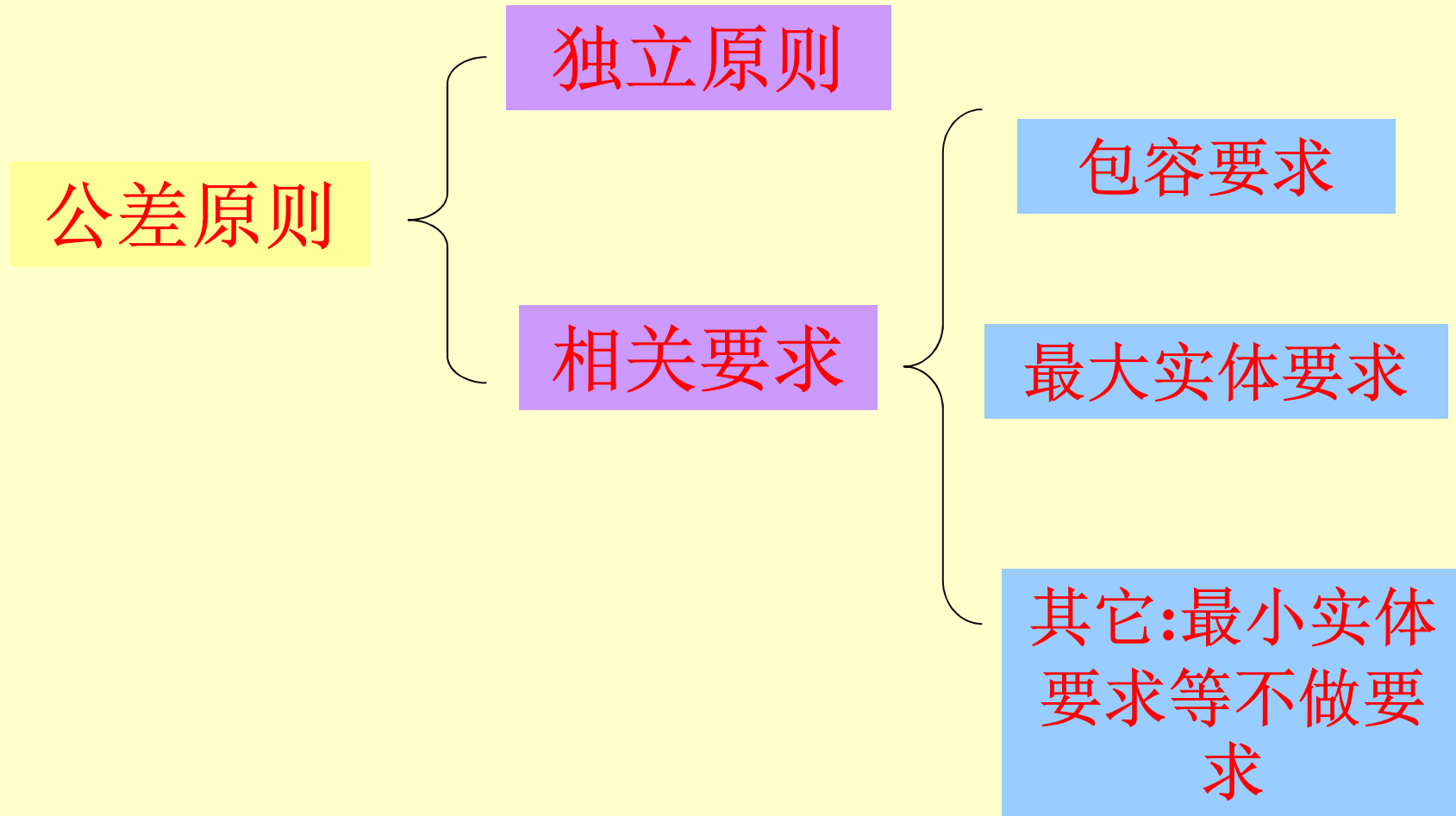
为减少图样上公差框格的数量,可采用简化标注方法

- (1) 同一被测要素有多项几何公差要求时  
可将公差框格重叠,用一条指引线指向被测要素
- (2) 不同要素有相同几何公差要求时,可用一个公差框格表示



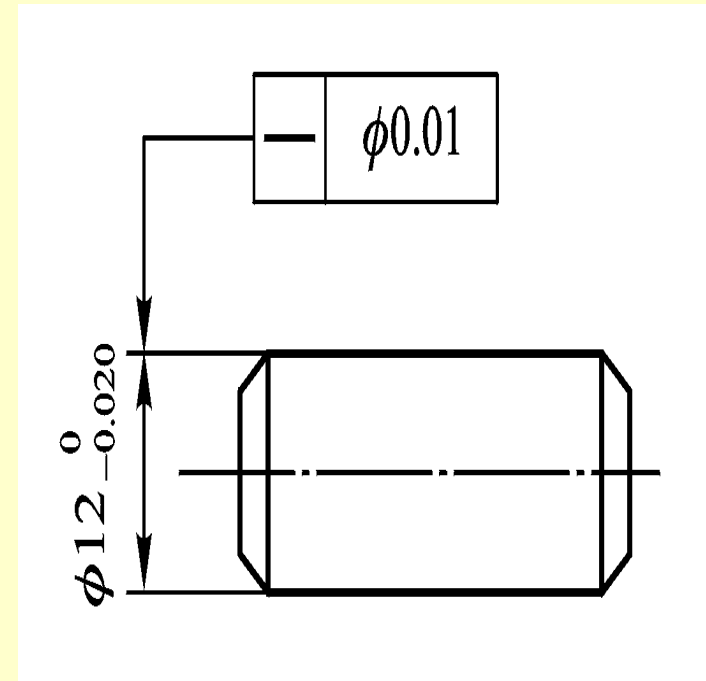


# 公差原则的分类



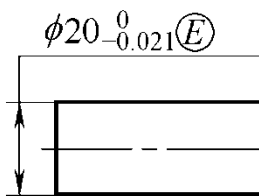
# 独立原则

- ◆ 零件的尺寸公差和形位公差都要分别满足图纸上的公差标注要求，两者之间没有关联，互不影响，相互独立。
- ◆ 如图所示，销轴的外径公差为0.02，中心线的直线度误差为0.01，检测结果互不影响，应满足各自的独立要求，只要有一项超差，该零件就算不合格。

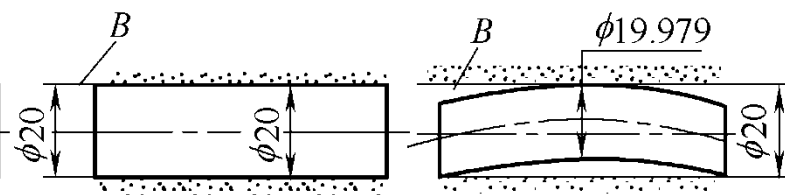


# 包容要求

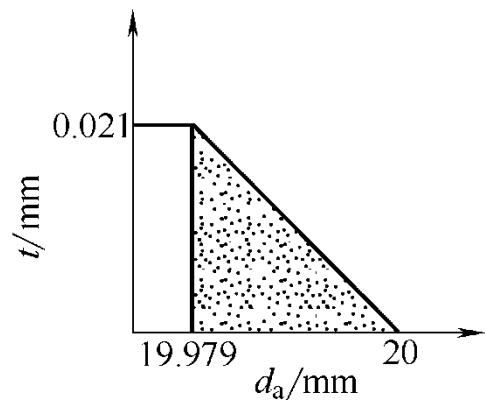
被测要素实际尺寸	所遵守的边界尺寸	允许的直线度误差
20	20（最大实体尺寸）	0
19.99		0.01
19.979		0.021



(a) 图示

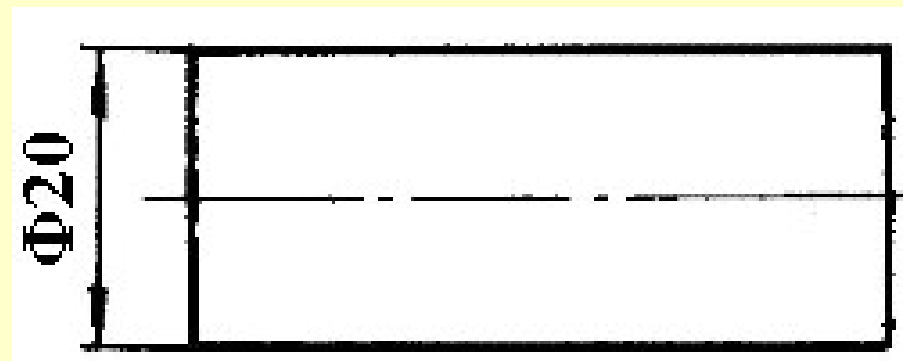
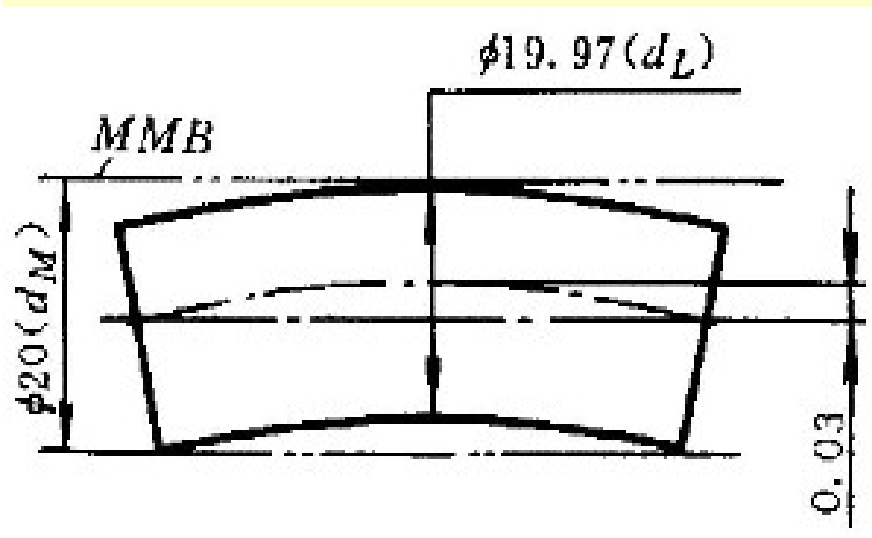
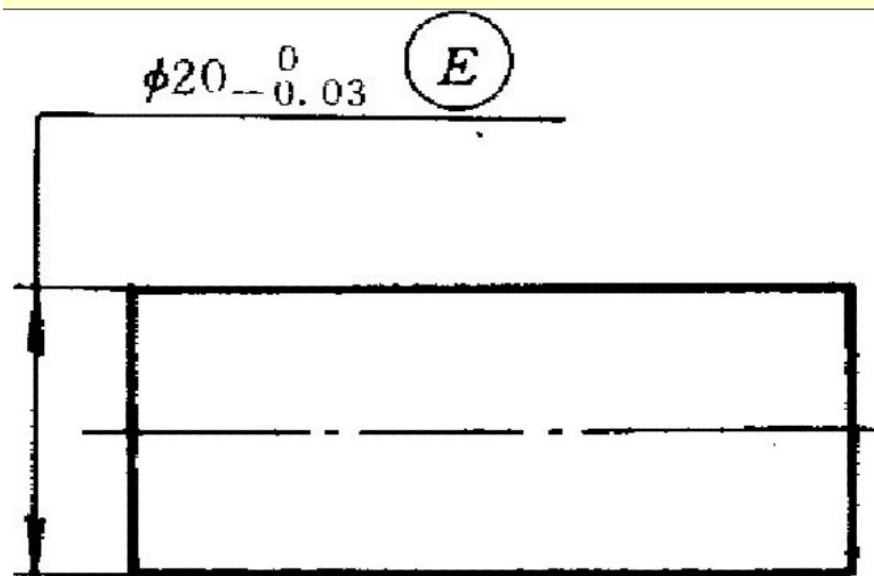


(b) 最大实体边界



(c) 补偿关系及合格区域

要素遵守包容要求时局部实际尺寸不能超出(对于孔指不大于，对于轴指不小于)最小实体尺寸，即零件的局部实际尺寸不得小于**19.979**。



实际尺寸 “—”误差允  
许值

$\Phi 20$

$0$

$\Phi 19.99$

$\Phi 0.01$

$\Phi 19.98$

$\Phi 0.02$

$\Phi 19.97$

$\Phi 0.03$

尺寸

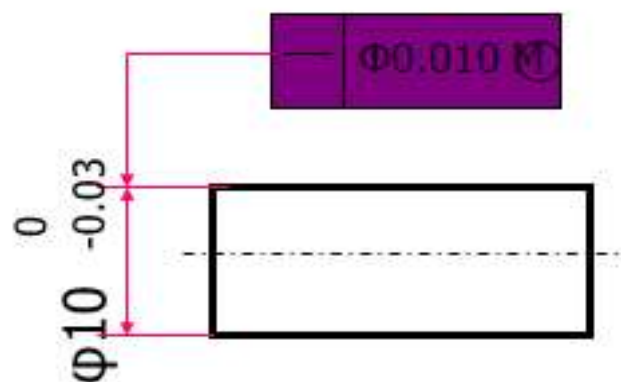
补偿给

形位

# 最大实体要求示例

此处的偏离，是中性词

实际尺寸偏离了MMVS（最大实体实效尺寸），  
则形位误差值允许得到补偿。



$$\text{MMVS} = \text{MMS} \pm t_{\text{形位}}$$

$$\text{MMS} = \phi 10$$

实际尺寸  
值

$\phi 10$

$\phi 9.99$

$\phi 9.98$

$\phi 9.97$

尺寸

“—”误差允许

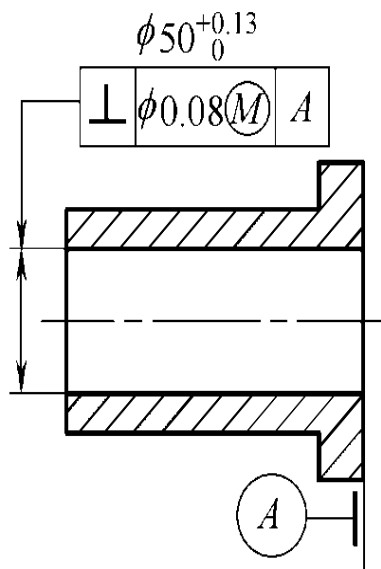
$\phi 0.01$

$\phi 0.02$

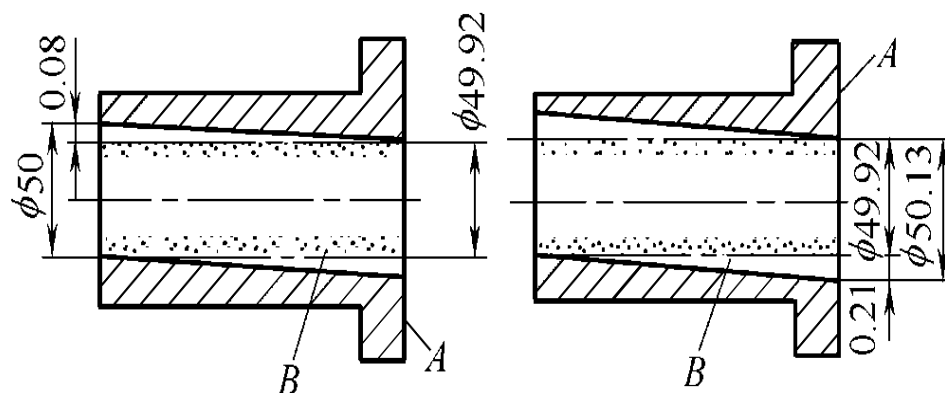
$\phi 0.03$

$\phi 0.04$

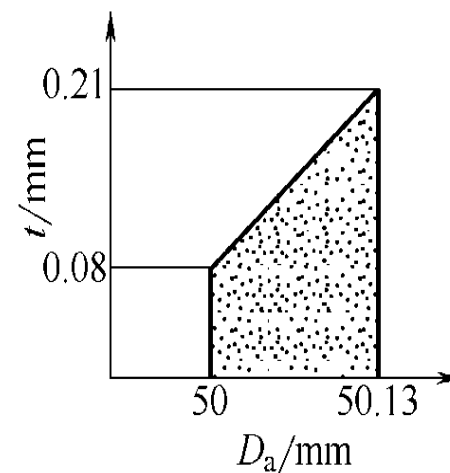
补偿给 形位



(a) 标注



(b) 实效边界



(c) 补偿关系图

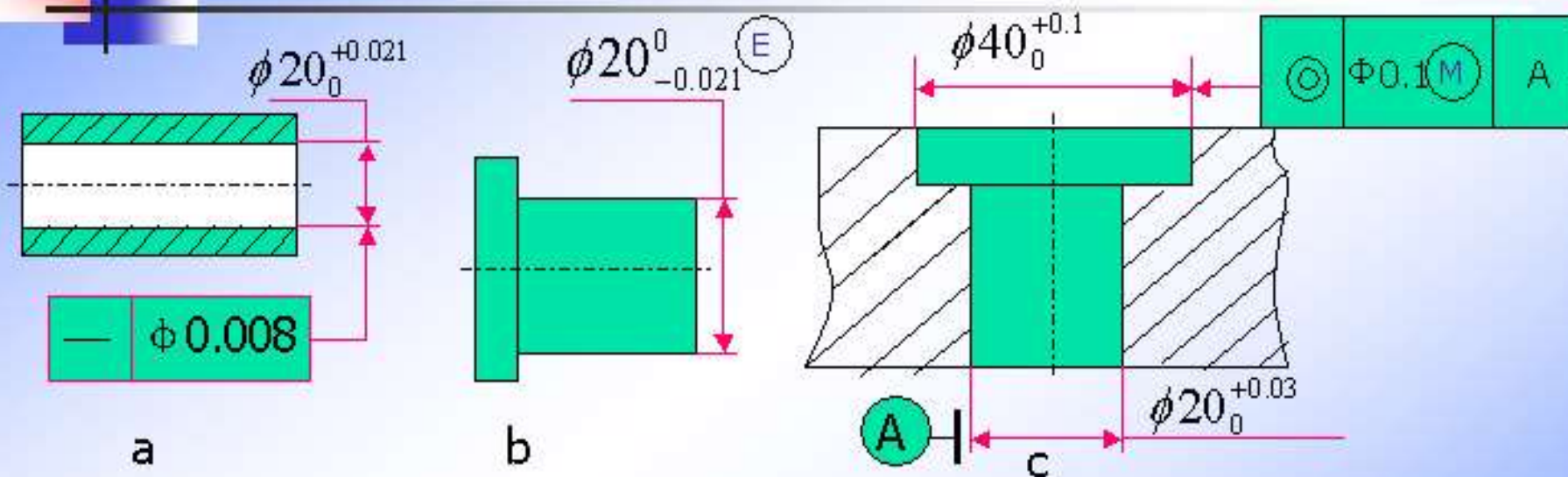
被测要素实际尺寸	所遵守的边界尺寸	允许的垂直度误差
50	最大实体实效边界 49.92	$0.08 + \text{补偿}(0) = 0.08$
50.1		$0.08 + \text{补偿}(0.1) = 0.18$
50.13		$0.08 + \text{补偿}(0.13) = 0.21$

# 包容要求与最大实体要求

	包容要求		最大实体要求	
公差原则含义	<div>轴 <math>\begin{cases} d_m \leq d_{MMS} = d_{\max} \\ d_a \geq d_{LMS} = d_{\min} \end{cases}</math></div> <div>孔 <math>\begin{cases} D_m \geq D_{MMS} = D_{\min} \\ D_a \leq D_{LMS} = D_{\max} \end{cases}</math></div> <div>边界尺寸为最大实体尺寸 MMS(<math>d_{\max}</math>, <math>D_{\min}</math>)</div>		<div>轴 <math>\begin{cases} d_m \leq d_{MMVS} = d_{MMS} + t_{形位} \\ d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max} \end{cases}</math></div> <div>孔 <math>\begin{cases} D_m \geq D_{MMVS} = D_{MMS} - t_{形位} \\ D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max} \end{cases}</math></div> <div>边界尺寸为最大实体实效尺寸 MMVS = MMS ± t</div>	
标注	单一要素	在尺寸公差带后 加注 $\textcircled{E}$	用于被测要素时	在形位公差框格第二格公差值后加 $\textcircled{M}$
			用于基准要素时	在形位公差框格相应的基准要素后加 $\textcircled{M}$
主要用途	用于保证配合性质		用于保证零件的互换性	



# 例题:



图例	采用公差原则	边界及边界尺寸mm	给定的形位公差mm	可能允许的最大形位误差值mm
a	独立原则	无	0.008	0.008
b	包容要求	最大实体边界 20	0	0.021
c	最大实体要求	最大实体实效边界 39.9	0.1	0.2



# 第四章 表面粗糙度

- 标注
- Ra的意义

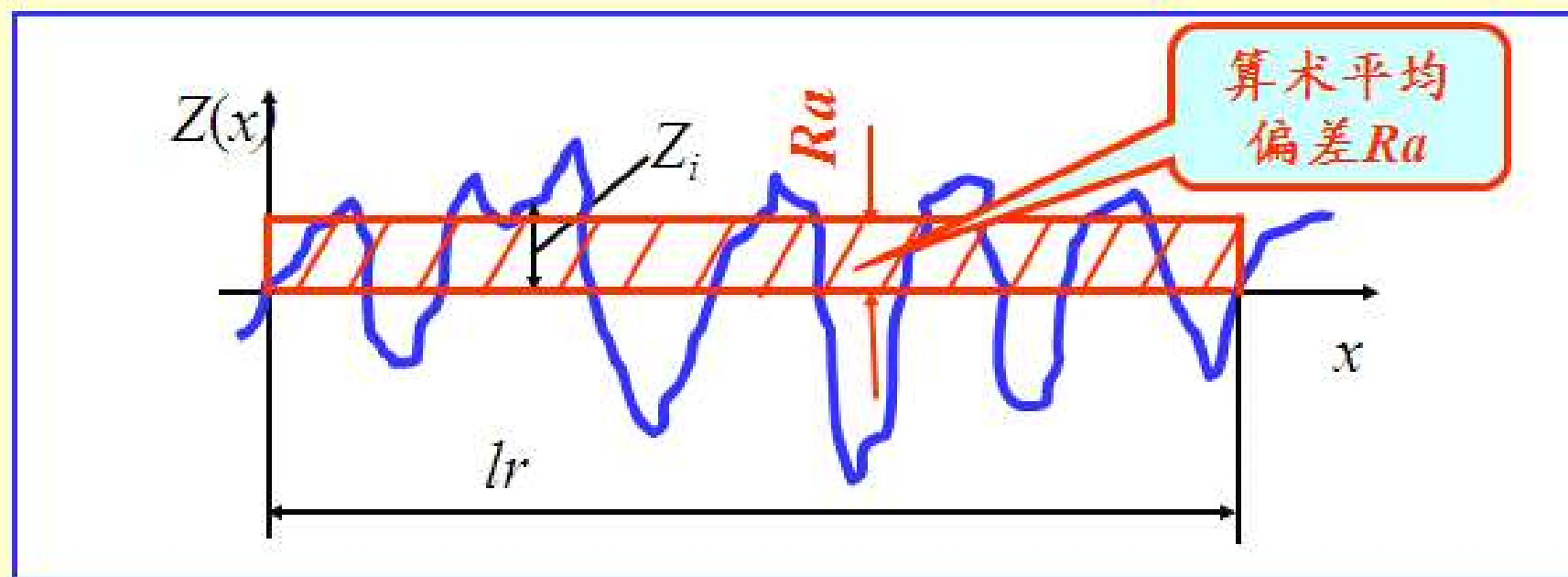
## 二. 评定参数

### 1. 幅度参数 (高度参数)

#### (1) 轮廓的算术平均偏差 $Ra$

在取样长度  $l_r$  内, 纵坐标值  $Z(x)$  的绝对值的算术平均值

$$Ra = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx \quad Ra \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_i|$$



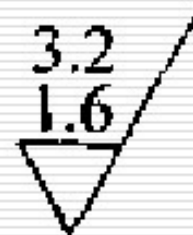
- 1) 对于光滑表面和半光滑表面，一般采用  $R_a$  作为评定参数。
- 2) 对于极光滑和极粗糙表面，宜采用  $R_z$  作为评定参数。
- 3) 对不允许出现较大加工痕迹和受交变应力作用的表面，应采用  $R_y$  作为评定参数。

大多采用  $R_a$  表示

- 标注示例

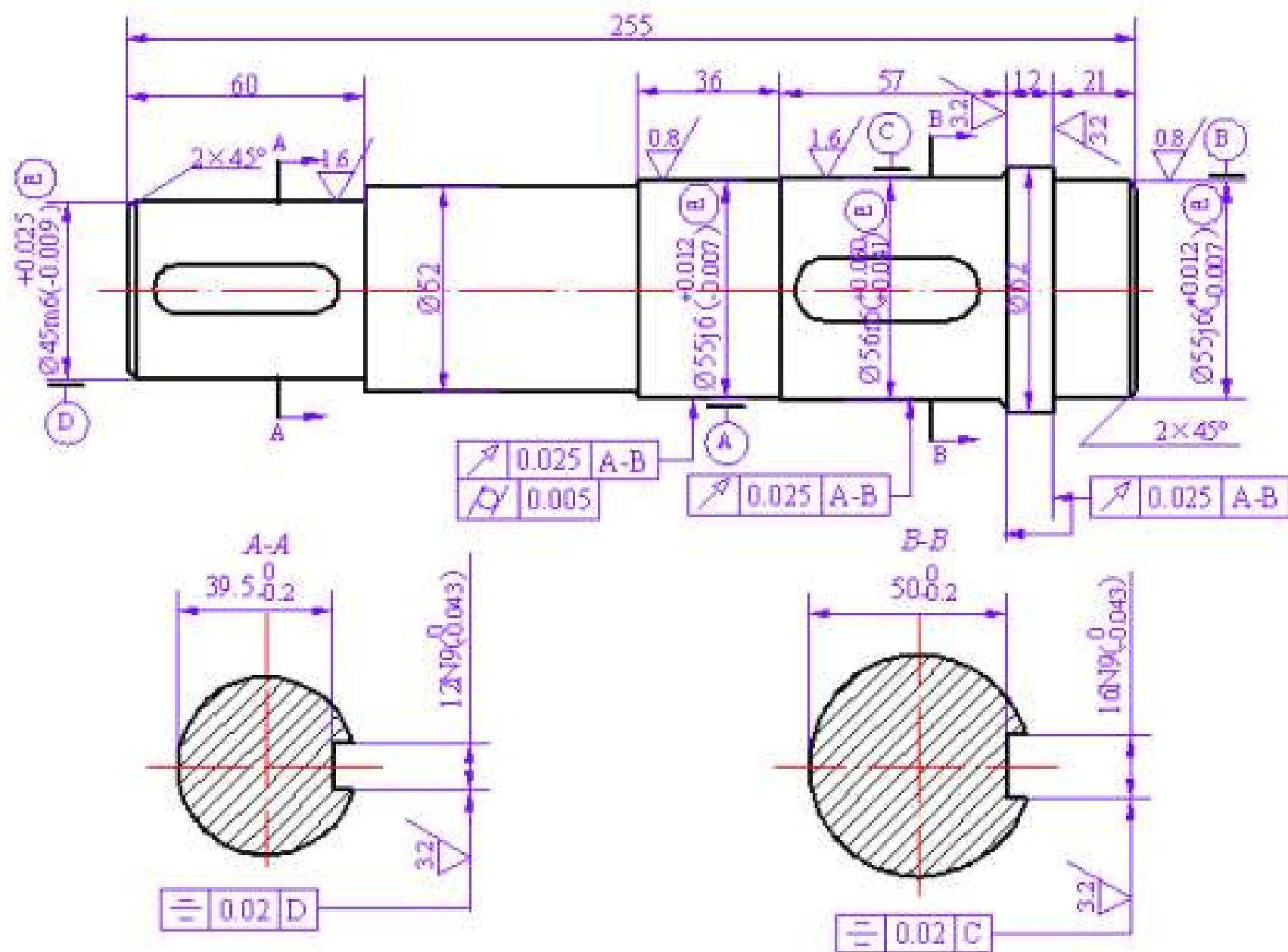
当选用 $R_a$ 时，只需在代号中标出其参数值，

“ $R_a$ ”本身可以省略。



一般不用

其余  $\sqrt{6.3}$



# 光滑极限量规设计

- 量规设计原理
- T、Z的意义

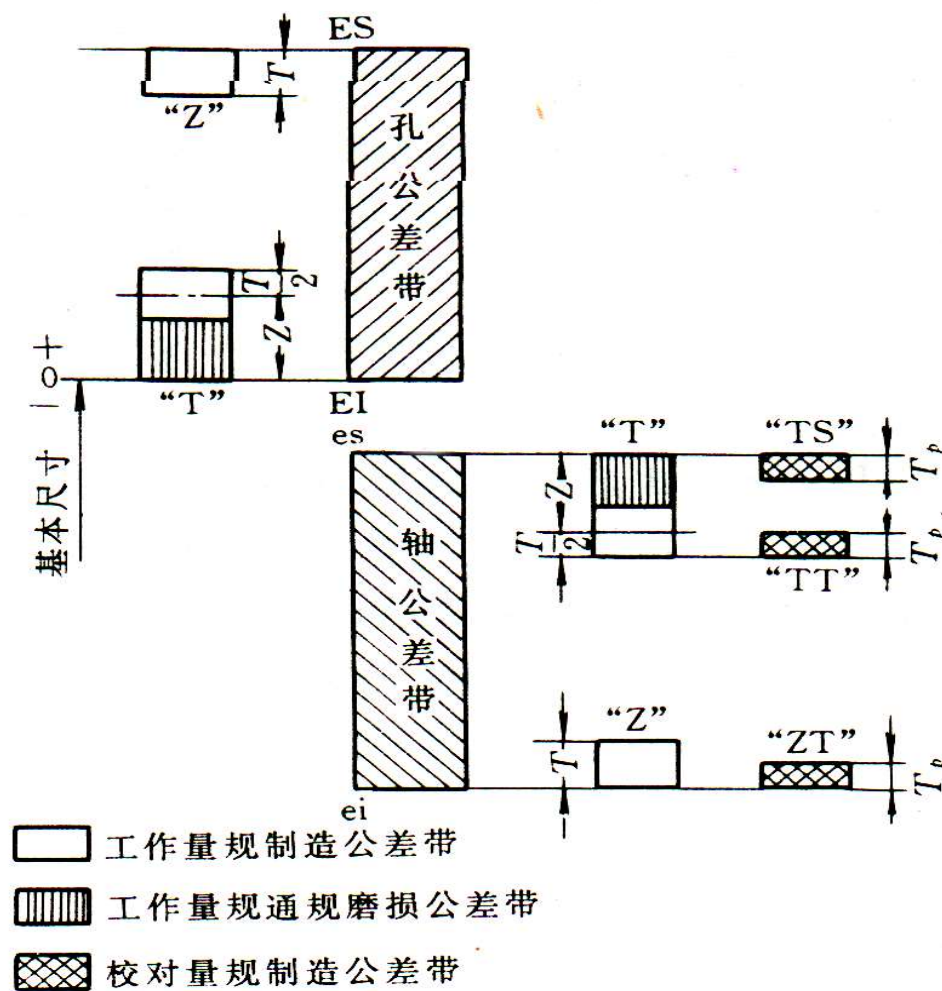


图 5—4

图中：  $T$ —工作量规制造公差；  
 $Z$ —工作量规制造公差带中心到工件最大  
 实体尺寸之间的距离；  
 $T_p$ —校对量规制造公差。

量规在制造过程中  
 必有制造误差，  
 因此通规和止规  
 都设定了一定的  
 制造公差。

同时通规在  
 使用过程中还存  
 在着磨损，故通  
 规还设计了一定  
 的磨损公差。

公差为 $T$ ，位  
 置要素为 $Z$ 。 63

# 滚动轴承公差选择

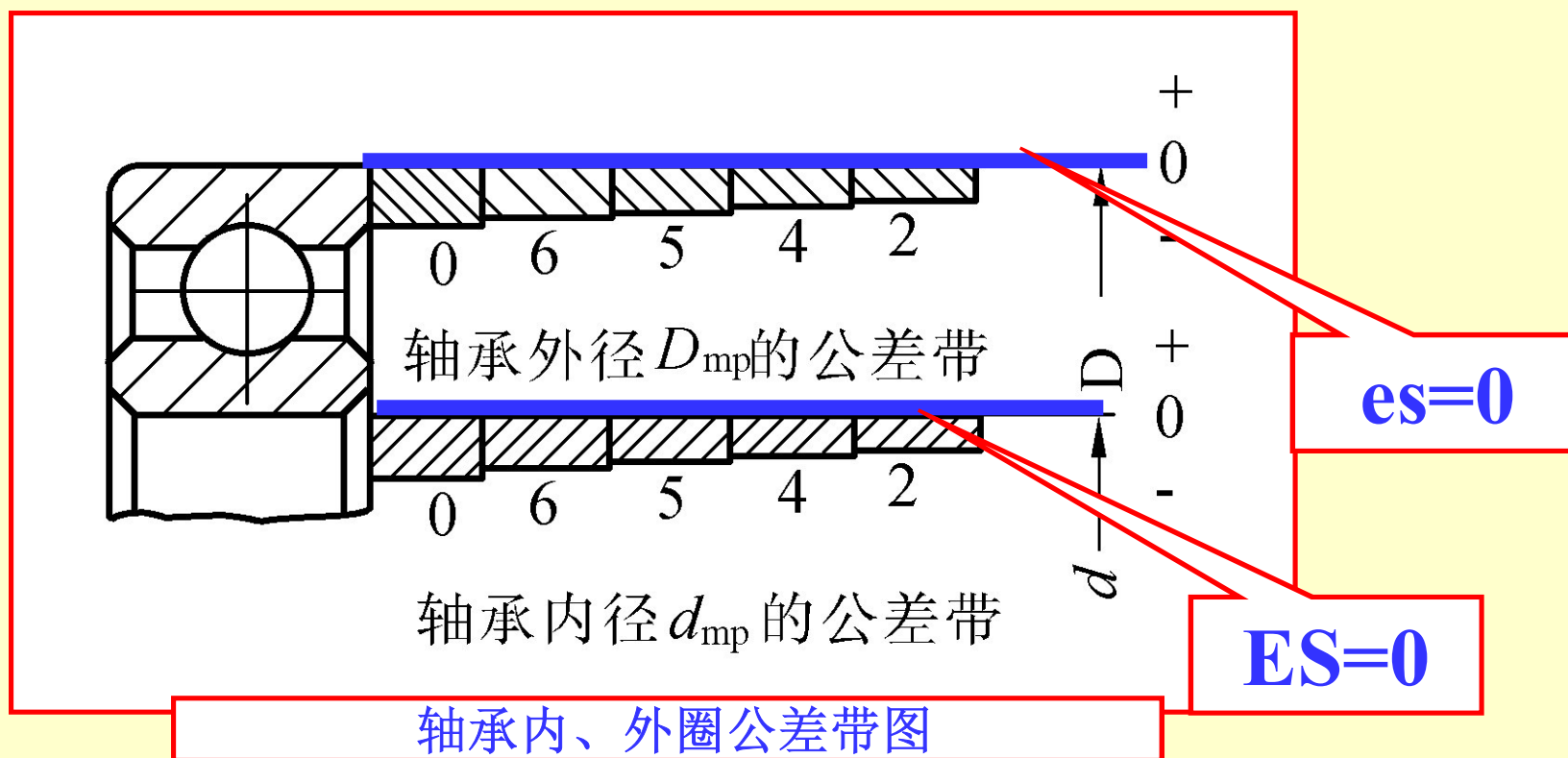
- 公差带特点
- 标注



# 滚动轴承与孔、轴配合公差带

滚动轴承与孔、轴配合公差带特点：上偏差为零，下偏差为负值，因为精度要求高，所以公差带宽度窄。

内圈与轴配合选择基孔制、外径与外壳孔配合选择基轴制。



# 考试总成绩组成比例

**期末考试 (70%) + 平时作业 (20%)**

**+ 课堂成绩 (10%, 出勤、回答问题、讨论等) 。**

# 考试题型和考试分值分布

- 1) 填空题和选择题 30分
- 2) 判断对错题 30分
- 3) 尺寸公差计算、分析 10分
- 4) 形状、位置公差标注、改错题 20分
- 5) 测量误差和数据处理分析题 5分
- 6) 公差原则分析题 5分

# 线上同学考试注意事项

- 1) 线上考试，我们会在钉钉中建考试群公布具体考试事项。
- 2) 将在“学在浙大” 中进行线上考试
- 3) 考试时间与线下考试同步进行。