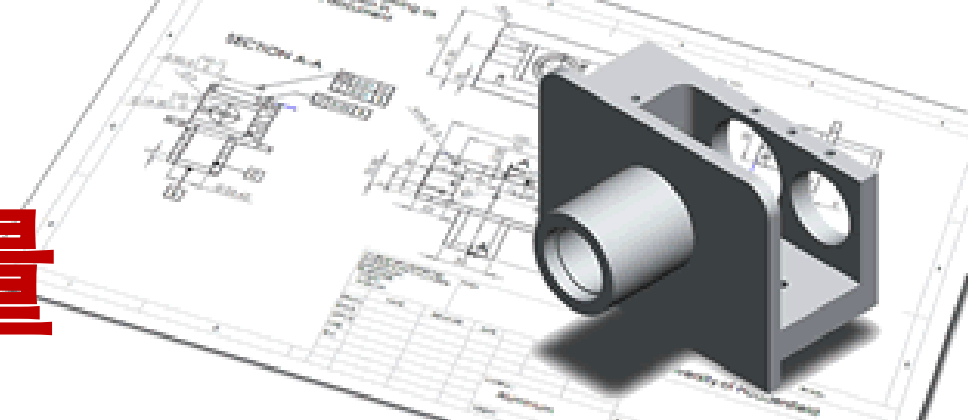
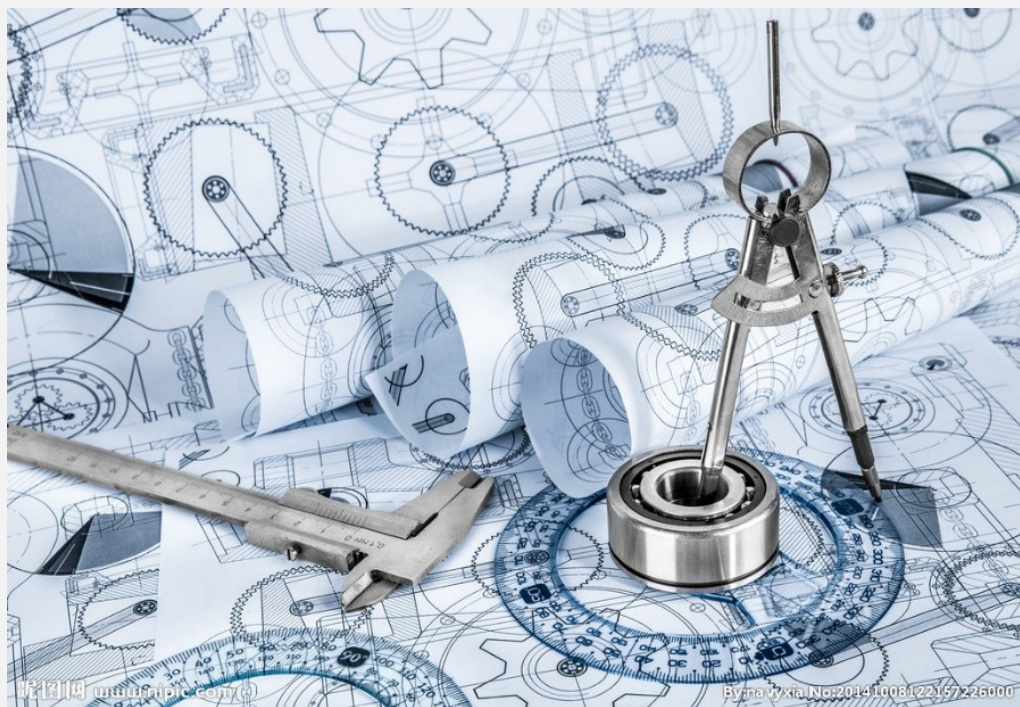


互换性与技术测量



Interchangeability and Technical Measurement



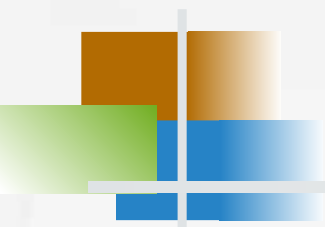
主讲人：杨世锡

机械工程学院 制造技术及装备自动化研究所

联系电话：87951145/ 1336011639

Email: yangsx@zju.edu.cn

办公室：浙江大学玉泉校区教 1 - 233



二、极限与配合



§1 基本术语及定义

§2 常用尺寸极限与配合国家标准的构成

§3 未注公差线性尺寸的一般公差

§4 常用尺寸孔、轴公差与配合的选择



本章学习目的和要求：

- 1 理解有关尺寸、公差、偏差、配合等方面的术语、定义。
- 2 牢固掌握标准中的 28 个基本偏差代号以及它们的分布规律。
- 3 掌握公差带的概念和公差带图的画法，并能熟练查取标准公差和基本偏差表格，正确进行有关计算。
- 4 初步学会公差与配合的正确选用，并能正确标注在图上。

重点内容：

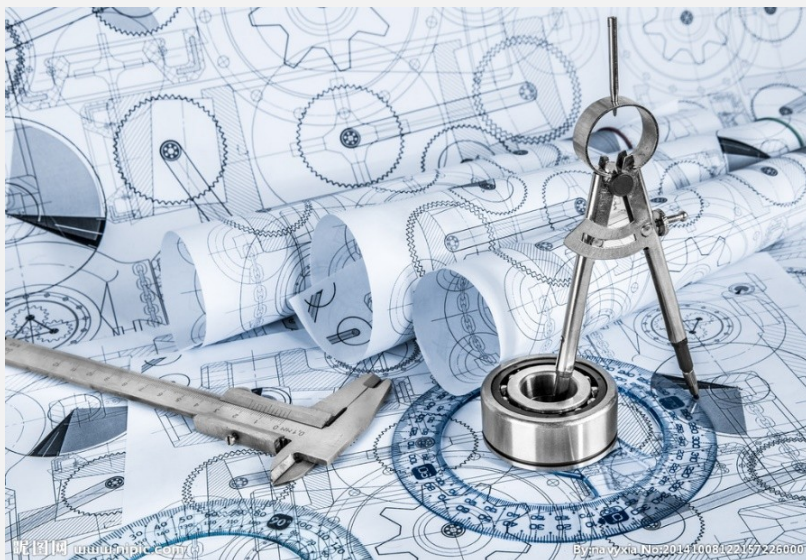
掌握尺寸精度及配合的选用；孔、轴公差与配合在图样上的标注。

本章难点：

尺寸精度及配合的选用。



第一节 尺寸与公差概念



1、了解尺寸组成、作用及类型；

2、理解公差与偏差概念；

3、掌握零件尺寸公差标注方法。



第一节 尺寸与公差概念

圆柱体结合（包括平行平面的结合）是机械制造中应用最广泛的一种结合，机械产品是由很多圆柱或平面形零、部件组成的，通过它们的结合可以实现旋转运动、直线平移或传递转矩的目的。根据使用要求的不同，可归纳为以下三类：

1 用作相对运动副

这类结合必须保证有一定的间隙。

2 用作固定连接

这类结合必须保证有一定的过盈。

3 用作定心可拆连接

这类结合必须保证间隙不大，过盈也不能大。



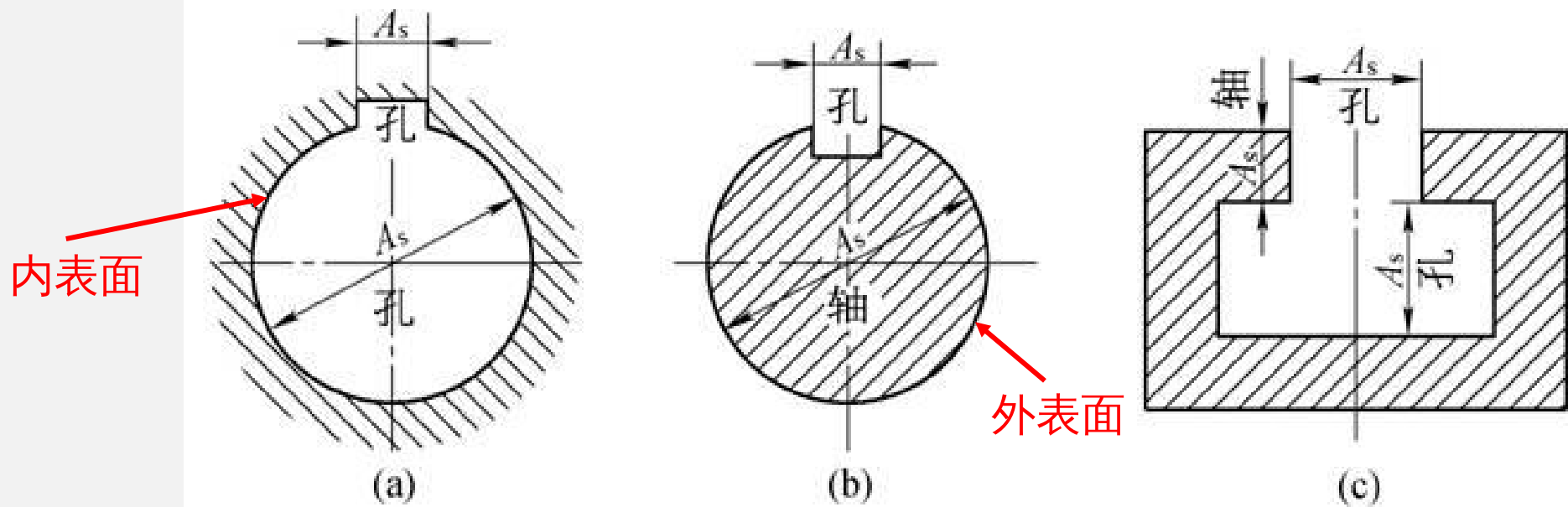


第一节 尺寸与公差概念

一、有关孔和轴的定义

1. 孔 (hole)：孔通常是指圆柱形内表面；也包括非圆柱形内表面（由两平行平面或切面形成的包容面）。

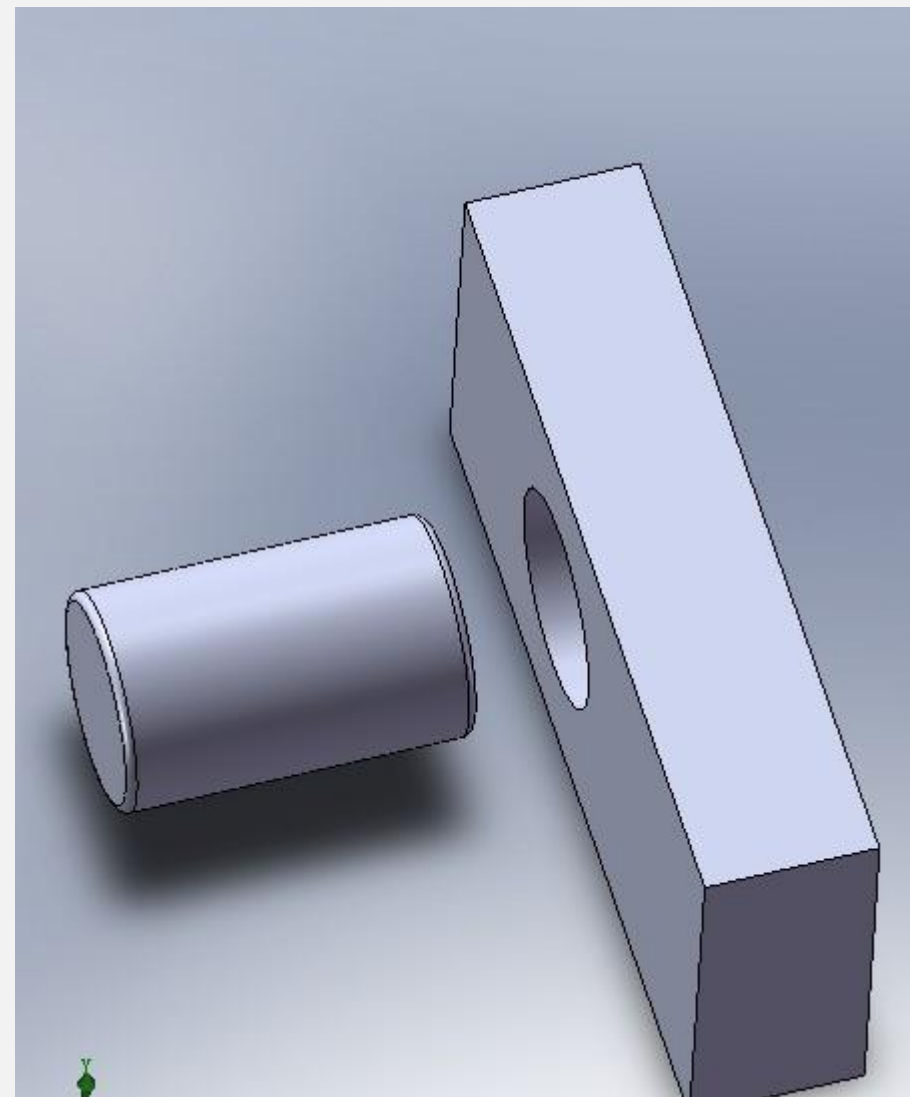
2. 轴 (shaft)：轴通常是指圆柱形外表面；也包括非圆柱形外表面（由两平行平面或切面形成的被包容面）。





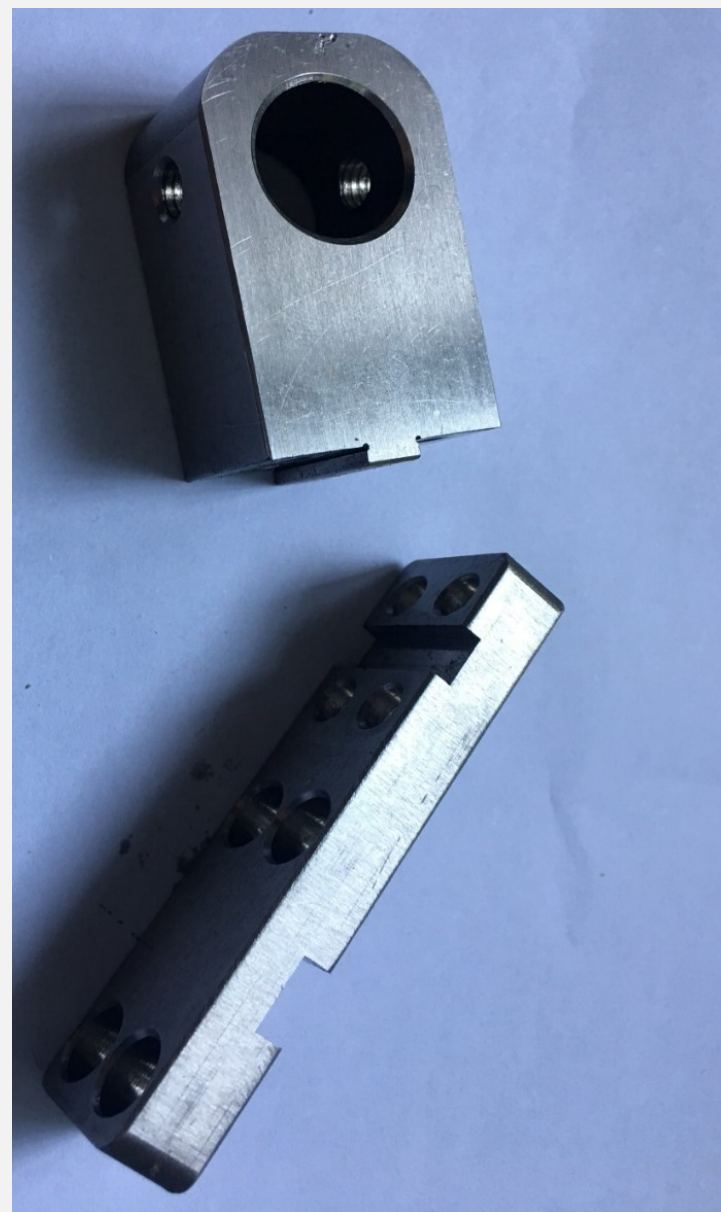
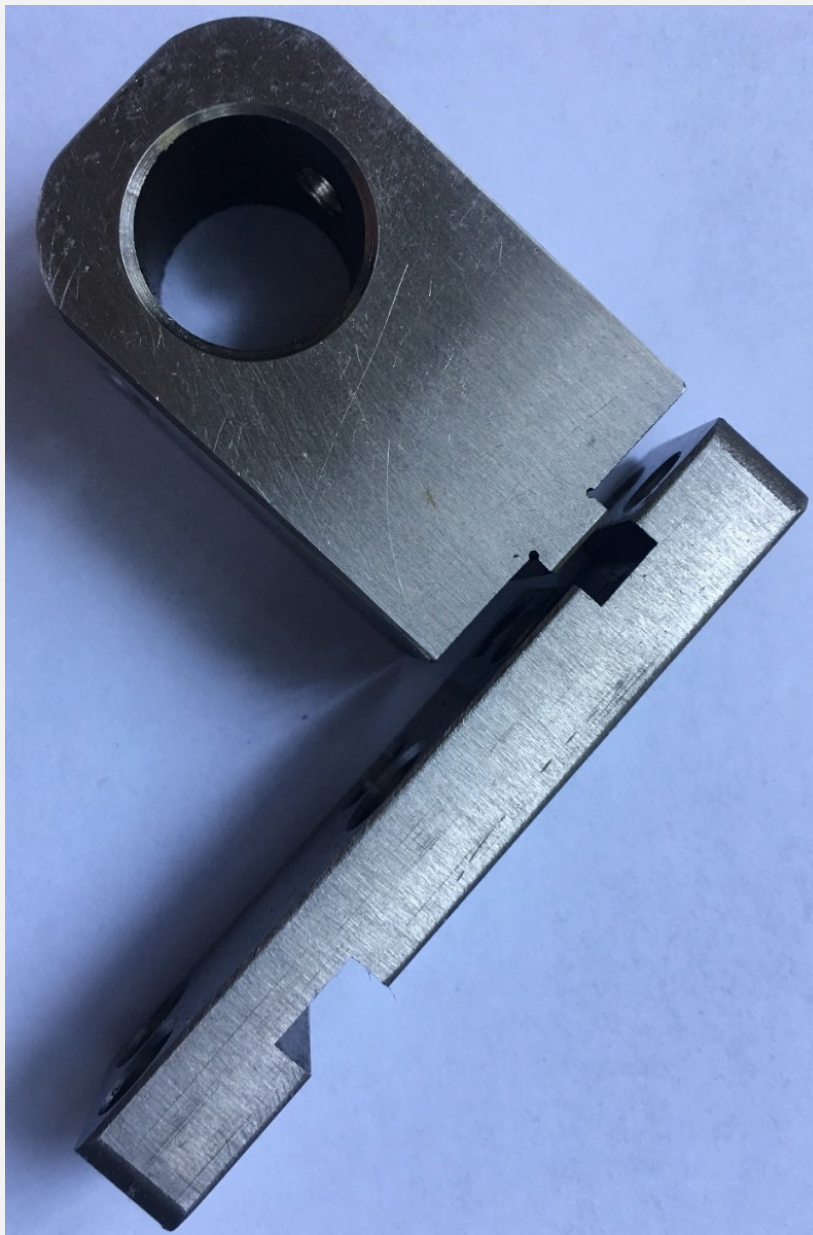
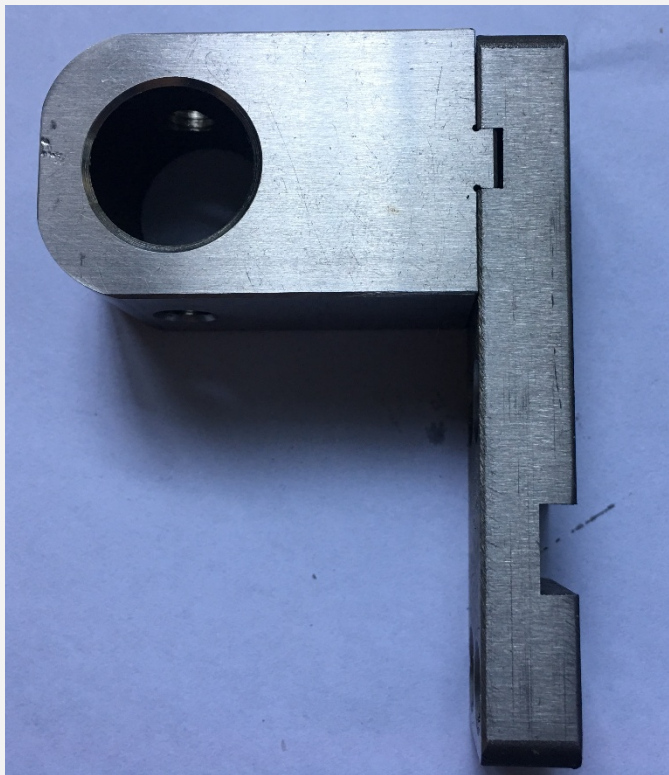
第一节 尺寸与公差概念

- ✓ 从定义来判断，内表面为孔，外表面为轴
- ✓ 从装配关系讲，孔是包容面（尺寸之间是空的），轴是被包容面（尺寸之间是实的）。
- ✓ 从加工过程看，随着余量的切除，孔的尺寸由小变大，轴的尺寸由大变小。





第一节 尺寸与公差概念

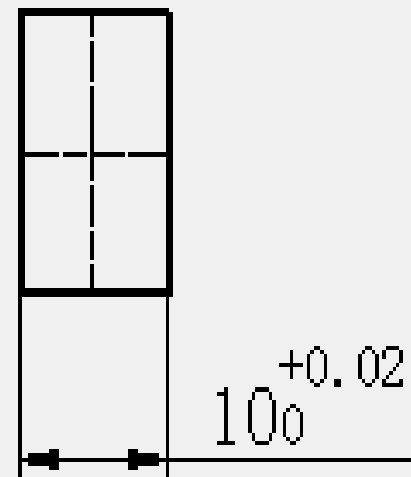
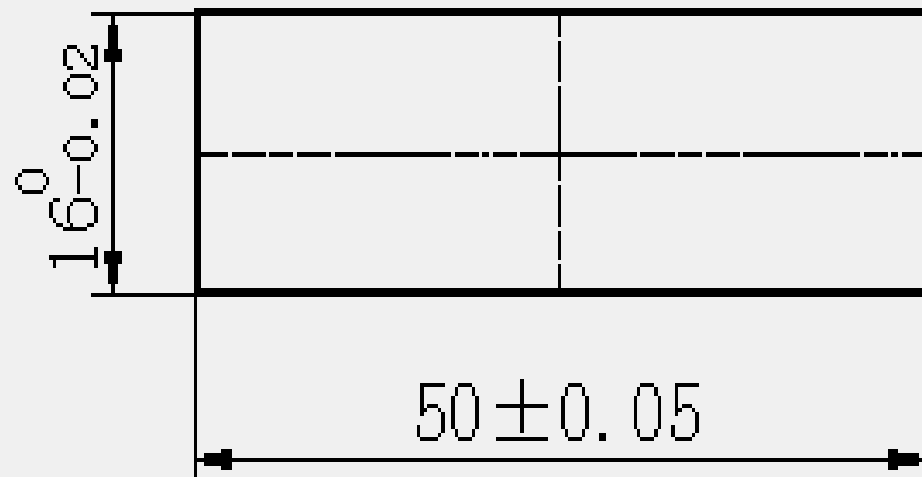


图上两个零件上
共有几个孔？



第一节 尺寸与公差概念

二、尺寸组成及作用



1、基本尺寸	50	10
:	16	
2、公差	± 0.05	$\begin{matrix} +0.02 \\ 0 \end{matrix}$
:		$\begin{matrix} 0 \\ -0.02 \end{matrix}$

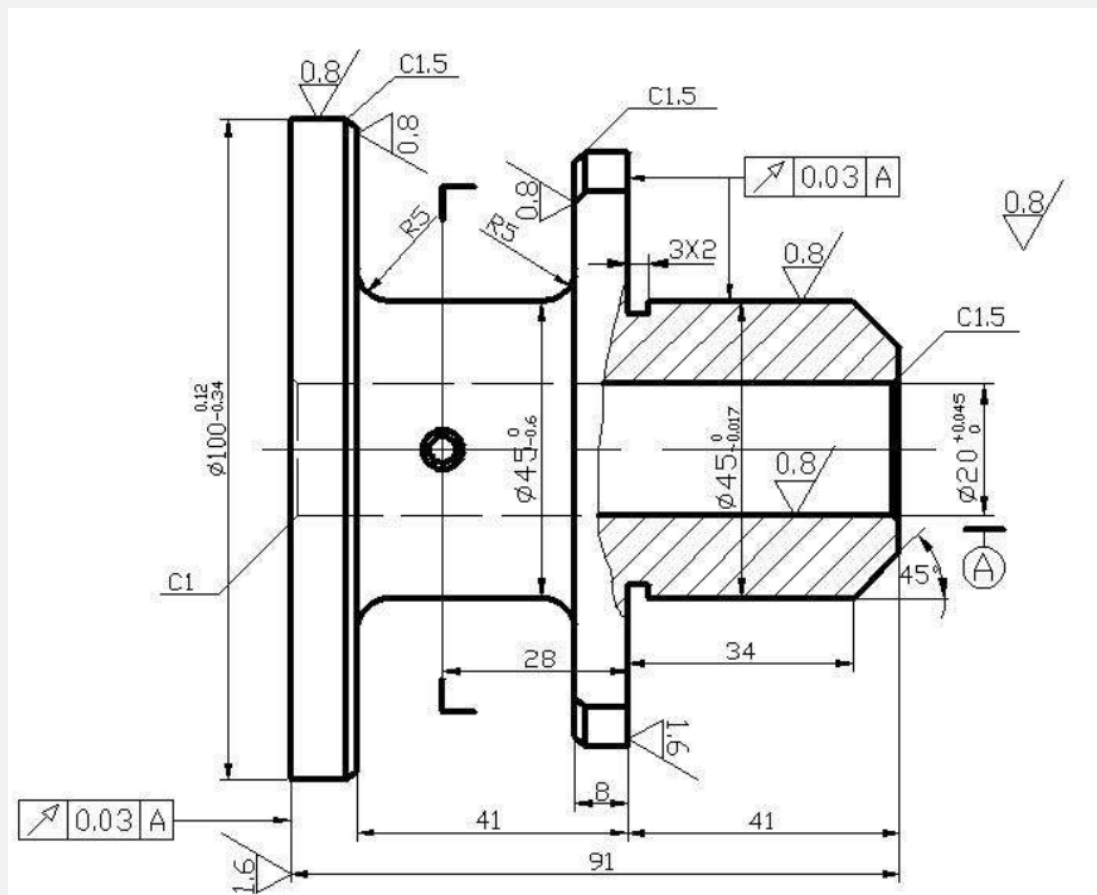
表示零件大小和形状

表示零件的尺寸精度

第一节 尺寸与公差概念

三、尺寸单位

- 1、尺寸单位：毫米（mm）
- 2、公差单位：毫米（mm）或微米（ μm ）
丝单位（实际中常用）
$$1 \text{ 丝} = 0.01 \text{ mm} = 10\mu\text{m}$$
- 3、图纸上标注的尺寸和公差单位均为毫米（mm）



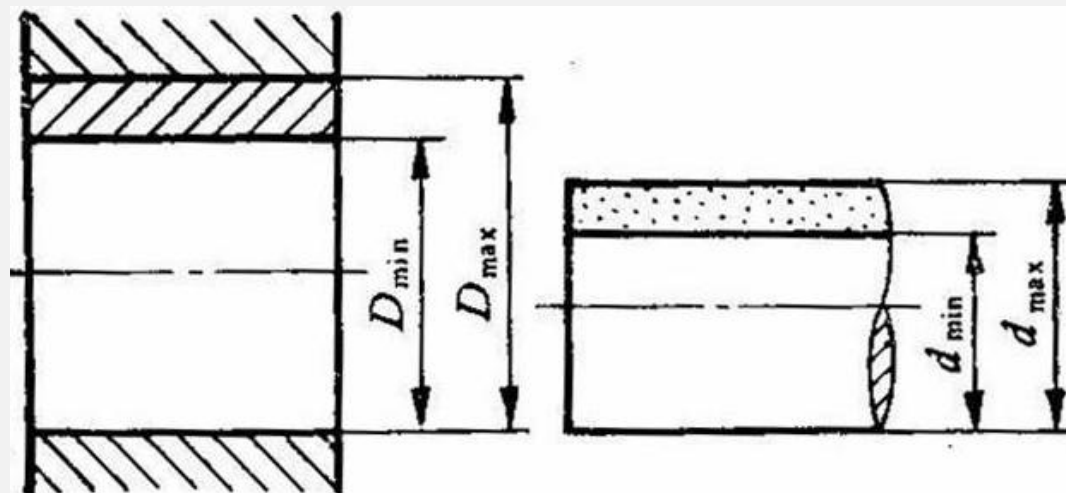


第一节 尺寸与公差概念

四、有关尺寸的术语和定义

1. **尺寸**：尺寸通常分为线性尺寸和角度尺寸两类。**线性尺寸**是指两点之间的距离。
2. **公称尺寸（基本尺寸）**：公称尺寸是指设计确定的尺寸，用符号 D 表示。**标准尺寸**按 GB/T 2822-2005 选取。
3. **极限尺寸**：指一个孔或轴允许的尺寸的两个极端值（上、下极限尺寸），极限尺寸用来控制实际尺寸。

D_{\max} 、 D_{\min} 、 d_{\max} 、 d_{\min}





第一节 尺寸与公差概念

4. **实际尺寸**：通过测量获得的某一孔和轴的尺寸。

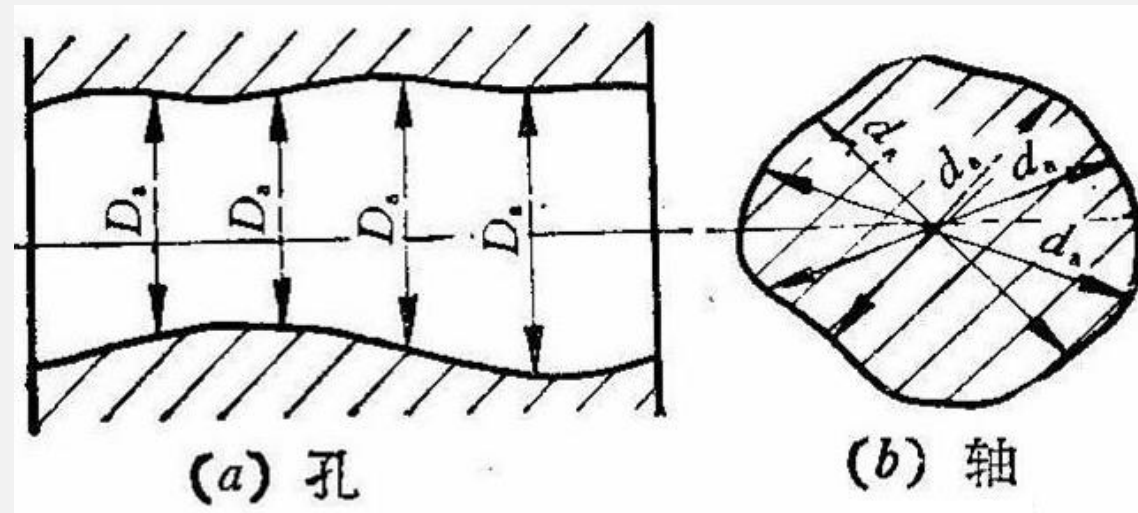
分别用 D_a 和 d_a 表示。

包含测量误差，且同一表面不同部位的实际尺寸往往也不相同。

基本尺寸和极限尺寸是设计时给定的，实际尺寸应限制在极限尺寸范围内，也可达到极限尺寸。孔和轴实际尺寸的合格条件分别为：

$$D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$$

$$d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$$





第一节 尺寸与公差概念

尺寸

- 1、**基本尺寸**：（设计尺寸，公称尺寸（由图样规范确定的，设计时综合考虑使用要求，通过刚度、强度计算和工艺结构分析，并按标准直径或标准长度圆整后所给定的尺寸）
- 2、**实际尺寸**（实测尺寸）：零件加工成品后，通过测量获得的尺寸：
- 3、**极限尺寸**（公差尺寸）：允许尺寸变化的两个极限值，合格零件的尺寸应该在上下极限尺寸之间。



第一节 尺寸与公差概念

五、有关偏差和公差的术语和定义

1. **尺寸偏差**（又称偏差， deviation）：某一尺寸减去公称尺寸所得的代数差。包括实际偏差和极限偏差。

极限偏差又分：

- ✓ 上极限偏差，简称**上偏差**（孔 ES、轴 es）
- ✓ 下极限偏差，简称**下偏差**（孔 EI、轴 ei）。

法文缩写：

ecart supérieur(**上偏差**)

ecart inférieur(**下偏差**)

2. **尺寸公差**（简称公差， Tolerance）：允许尺寸的变动量。等于上极限尺寸减去下极限尺寸所得的差值。



第一节 尺寸与公差概念

公差和极限偏差的比较

两者区别：

- ✓ 从数值上看：极限偏差是代数值，正、负号要标注清楚；而公差是允许尺寸的变动范围，是没有正负号的绝对值，也不能为零（零值意味着加工误差不存在，是不可能的）。实际计算时由于最大极限尺寸大于最小极限尺寸，故可省略绝对值符号。
- ✓ 从作用上看：极限偏差用于控制实际偏差，是判断完工零件是否合格的根据，而公差则控制一批零件实际尺寸的变化范围。
- ✓ 从工艺上看：对某一具体零件，公差大小反映加工的难易程度，即加工精度的高低，它是制定加工工艺的主要依据，而极限偏差则是调整机床决定切削工具与工件相对位置的依据。

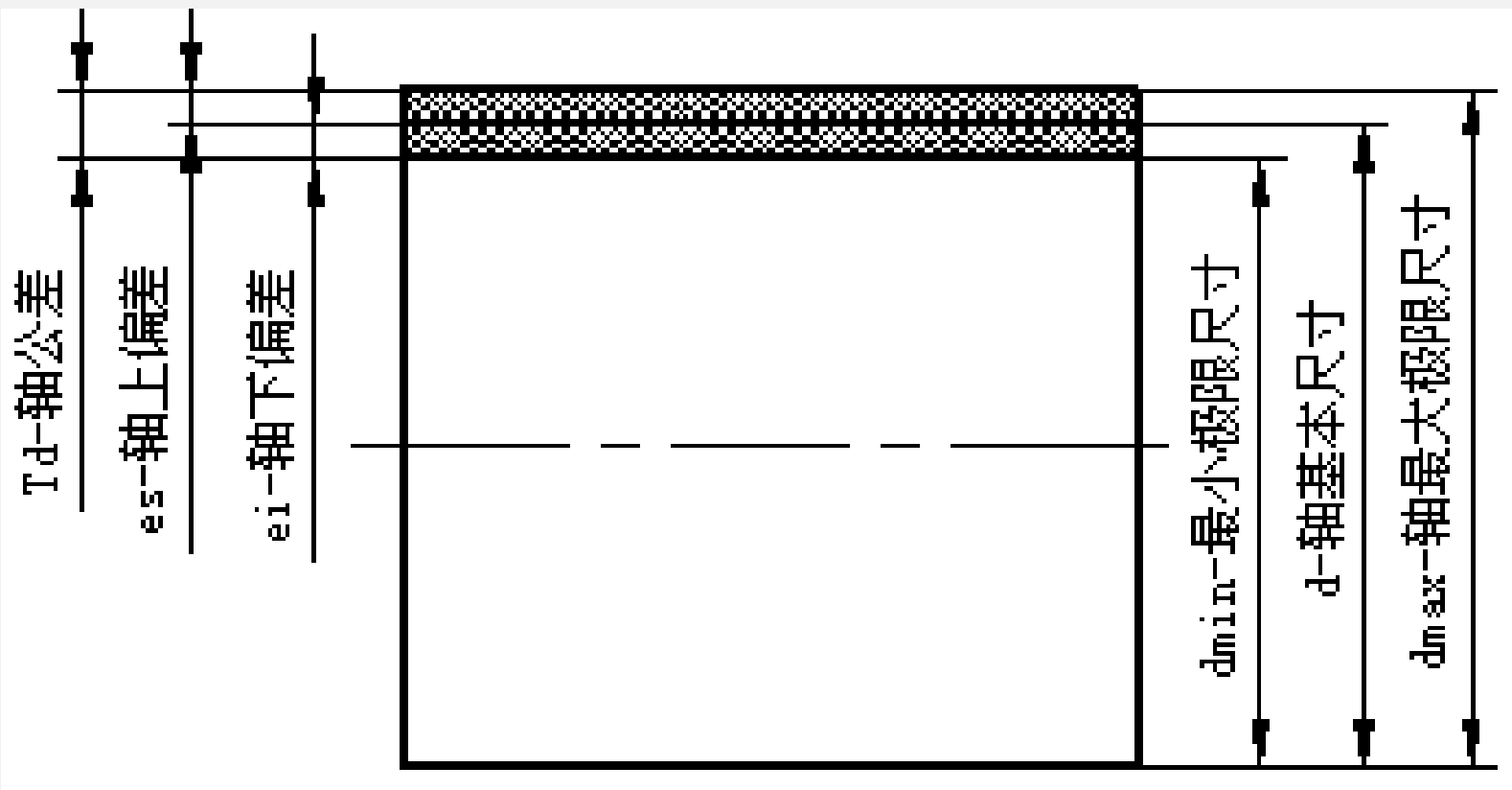
两者联系：

- ✓ 公差是上、下偏差之代数差的绝对值，所以确定了两极限偏差也就确定了公差。



第一节 尺寸与公差概念

1、轴尺寸与公差关系图



1、轴公差 (T_d) :

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

2、轴偏差 (es, ei)

1) 轴上偏差 : $es = d_{\max} - d$

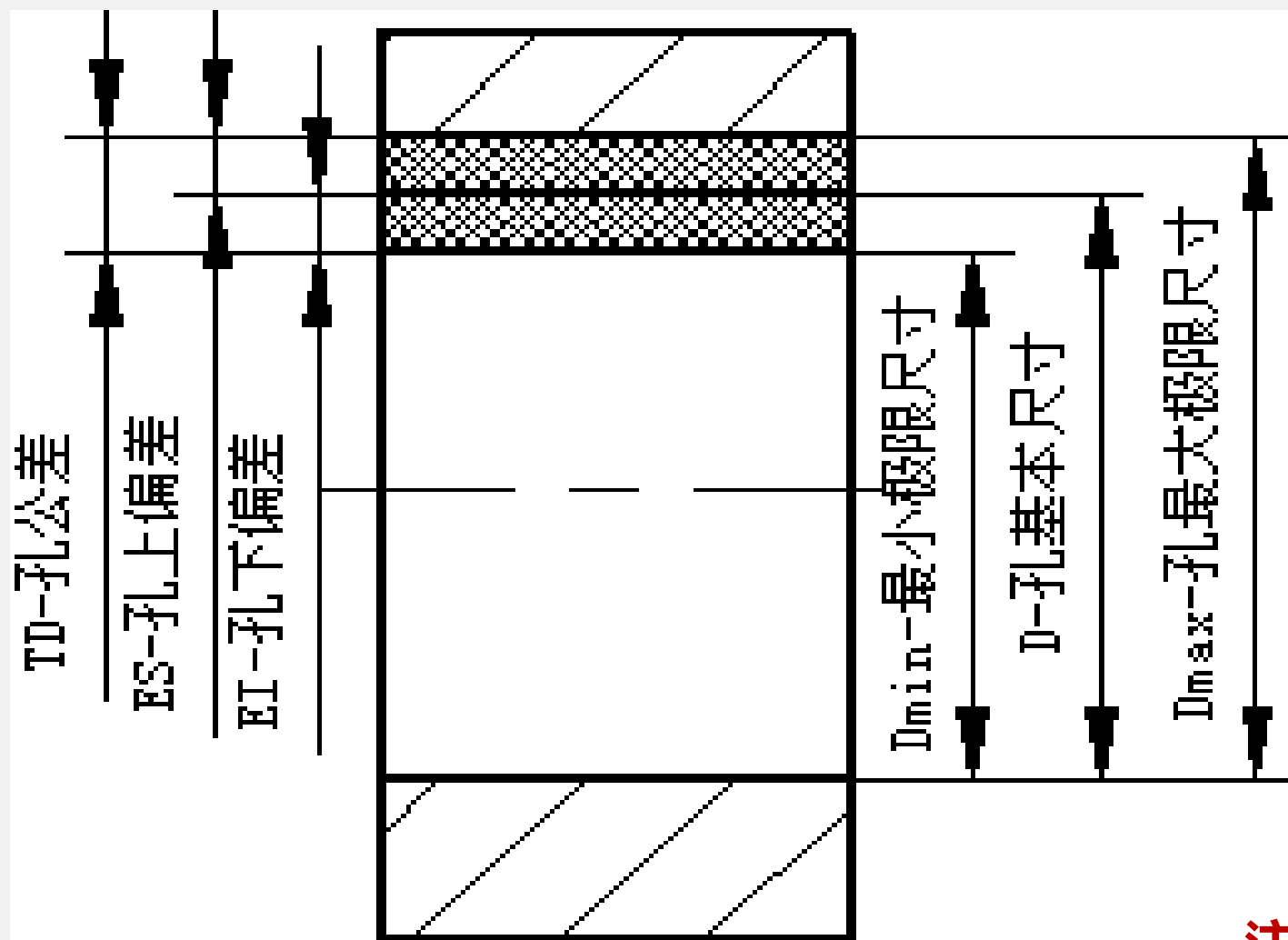
2) 轴下偏差 : $ei = d_{\min} - d$

注意：偏差为代数值，故有正数、负数或零。



第一节 尺寸与公差概念

2、孔尺寸与公差关系图



1、孔公差 (T_D) :

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

2、孔偏差 (ES, EI) :

1) 孔上偏差 : $ES = D_{\max} - D$

2) 孔下偏差 : $EI = D_{\min} - D$

注意：偏差为代数值，故有正数、负数或零。

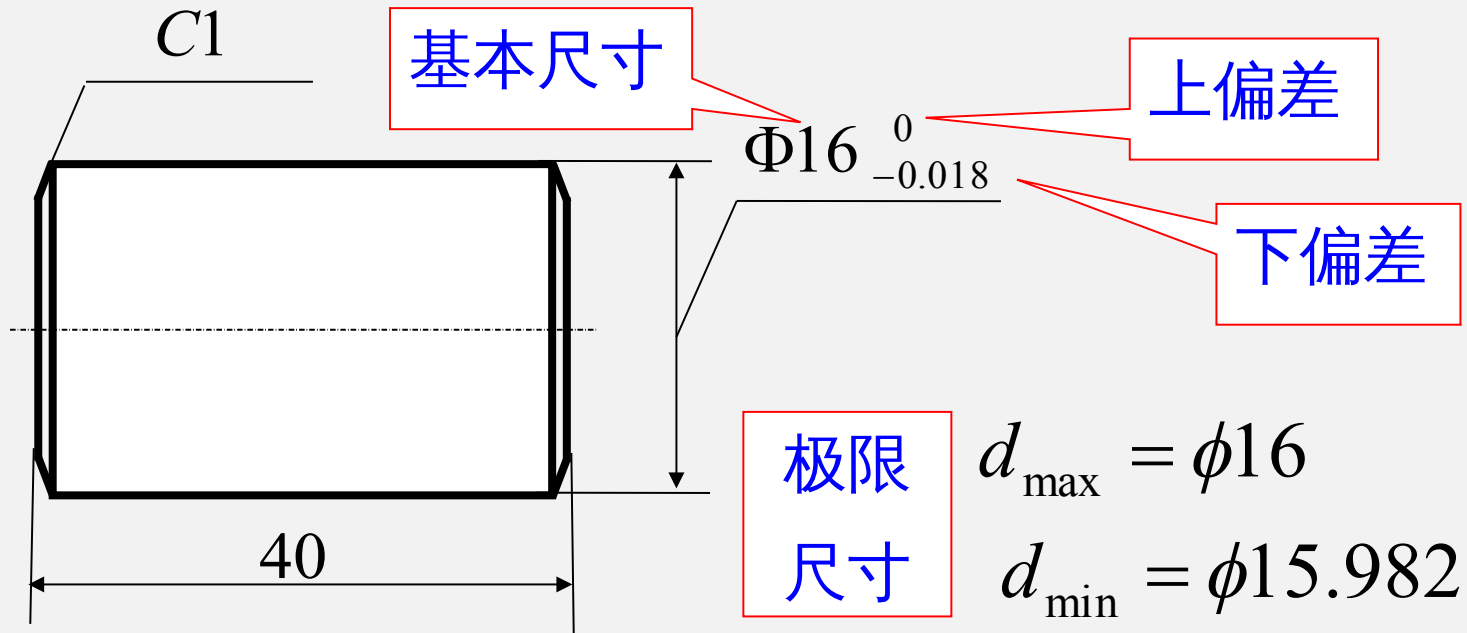


第一节 尺寸与公差概念

例题

有轴类零件数量：
30 个

例题分析



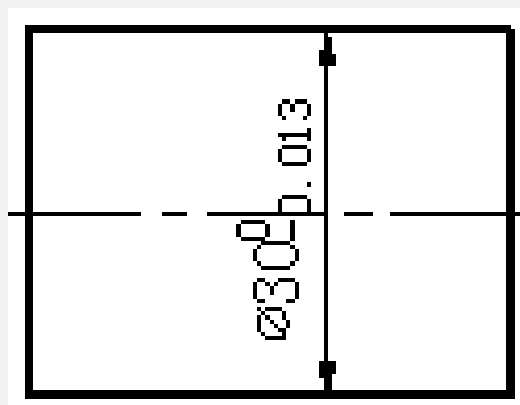
实际尺寸	15.980	15.985	15.990	15.995	16.000	16.005	实际尺寸数量
数量	1	5	11	9	3	1	30
实际偏差	-0.020	-0.015	-0.010	-0.005	0	+0.005	



第一节 尺寸与公差概念

六、尺寸公差标注

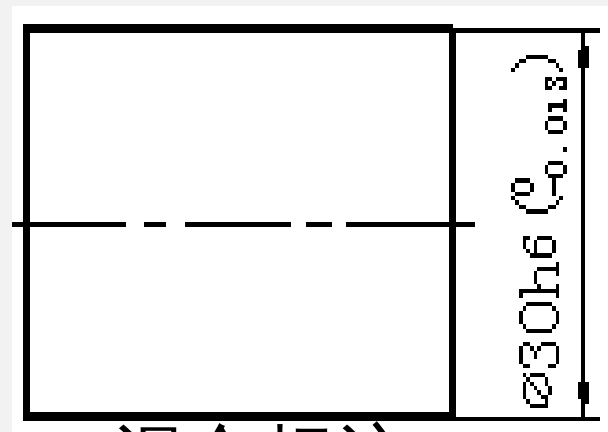
1、尺寸公差标注方式



公差数值标注



常用



混合标注



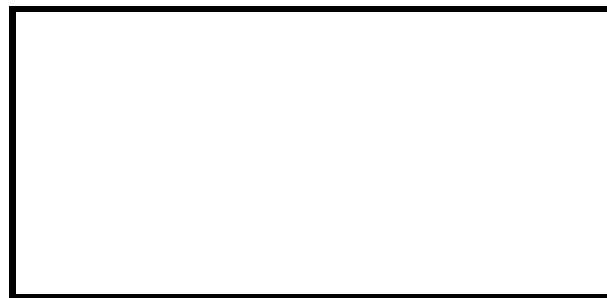
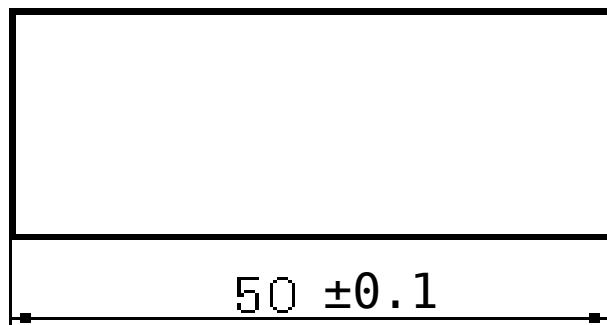
可用



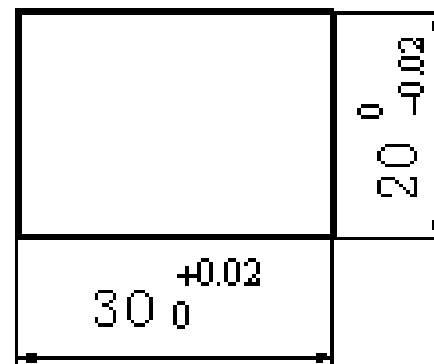
第一节 尺寸与公差概念

2、尺寸公差标注实例

长 : 50 ± 0.1
1



高 : $20 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.02 \end{smallmatrix}$
2

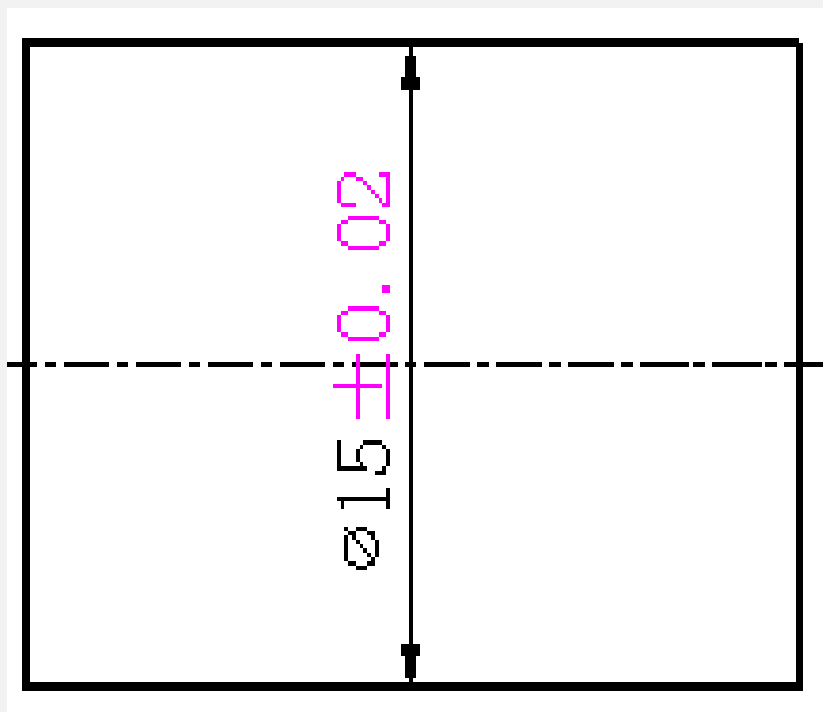


宽 : $30 \begin{smallmatrix} +0.02 \\ 0 \end{smallmatrix}$



第一节 尺寸与公差概念

课堂测验一：尺寸与公差概念训练



- 1、基本尺寸 $\text{Ø}15$
- 2、最大极限尺寸 $\text{Ø}15.02$
- 3、最小极限尺寸 $\text{Ø}14.98$
- 4、偏差 ± 0.02 公差值： 0.04
- 5、上偏差 $+0.02$
- 6、下偏差 -0.02
- :



第一节 尺寸与公差概念

课堂测验一：尺寸与公差概念训练

孔	基本尺寸 D	最大极限尺寸 D_{\max}	最小极限尺寸 D_{\min}	尺寸公差 TD	上偏差 ES	下偏差 EI	合格尺寸的变化范围	合格尺寸误差的变化范围
$\varnothing 30 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ -0.02 \end{smallmatrix}$	30	30.0_3	29.9_8	0.05	$+0.0_3$	-0_0	$29.98 \sim 30.03$	$-0.02 \sim +0.03$

轴	基本尺寸 d	最大极限尺寸 d_{\max}	最小极限尺寸 d_{\min}	尺寸公差 Td	上偏差 es	下偏差 ei	合格尺寸的变化范围	合格尺寸误差的变化范围
$\varnothing 30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.01 \end{smallmatrix}$	30	30	29.9_9	0.01	0	-0_0	$29.99 \sim 30$	$-0.01 \sim 0$



第一节 尺寸与公差概念

课堂测验一：尺寸与公差概念训练

例 已知孔的基本尺寸 D 与轴的基本尺寸 d 均为 25mm，孔的最大极限尺寸 $D_{\max} = 25.021\text{mm}$ ，孔的最小极限尺寸 $D_{\min} = 25.000\text{mm}$ ，轴的最大极限尺寸 $d_{\max} = 24.980\text{mm}$ ，轴的最小极限尺寸 $d_{\min} = 24.967\text{mm}$ ，求孔与轴的极限偏差及公差。

解：孔的上偏差 $ES = D_{\max} - D = 25.021 - 25 = +0.021\text{mm}$

孔的下偏差 $EI = D_{\min} - D = 25.000 - 25 = 0$

轴的上偏差 $es = d_{\max} - d = 24.980 - 25 = -0.020\text{mm}$

轴的下偏差 $ei = d_{\min} - d = 24.967 - 25 = -0.033\text{mm}$

孔公差 $T_H = |D_{\max} - D_{\min}| = |25.021 - 25.000| = 0.021\text{mm}$

轴公差 $T_S = |d_{\max} - d_{\min}| = |24.980 - 24.967| = 0.013\text{mm}$

或 孔公差 $T_H = |ES - EI| = |+0.021 - 0| = 0.021\text{mm}$

轴公差 $T_S = |es - ei| = |-0.020 - (-0.033)| = 0.013\text{mm}$

孔、轴设计要求用基本尺寸与极限偏差表示时，可写为：孔 $\phi 25^{+0.021}_0\text{mm}$ ；轴 $\phi 25^{-0.020}_{-0.033}\text{mm}$ 。



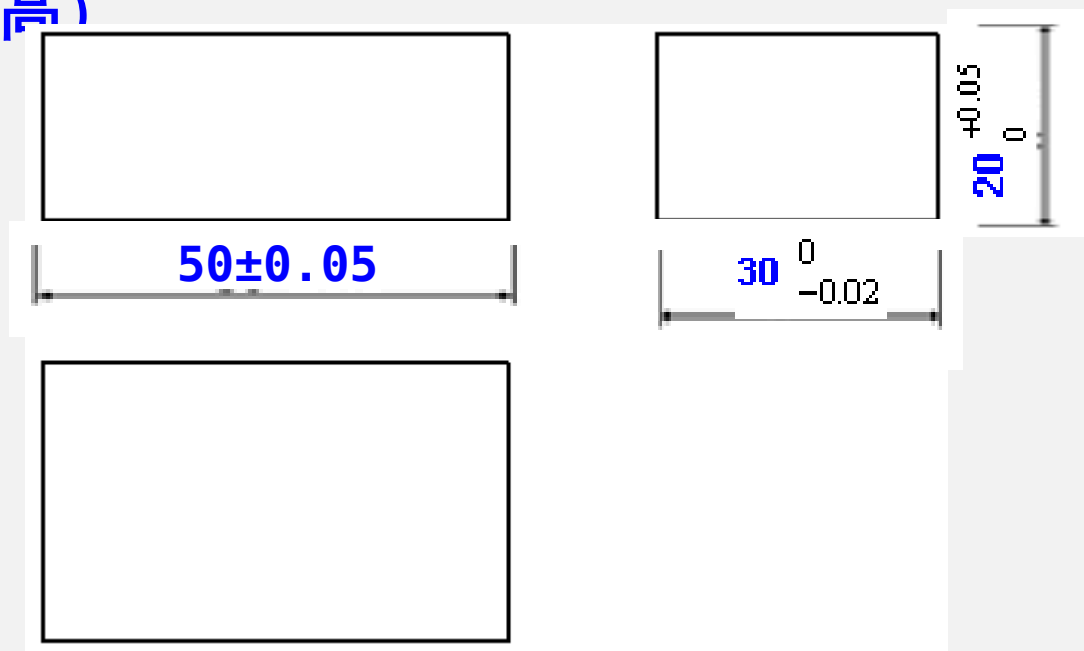
第一节 尺寸与公差概念

课堂测验二：尺寸公差标注训练

1、在下图中标注尺寸及公差 50 ± 0.05 (长)、 $30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.02 \end{smallmatrix}$

(宽) $\begin{smallmatrix} +0.05 \\ 0 \end{smallmatrix}$
和 20

(高)

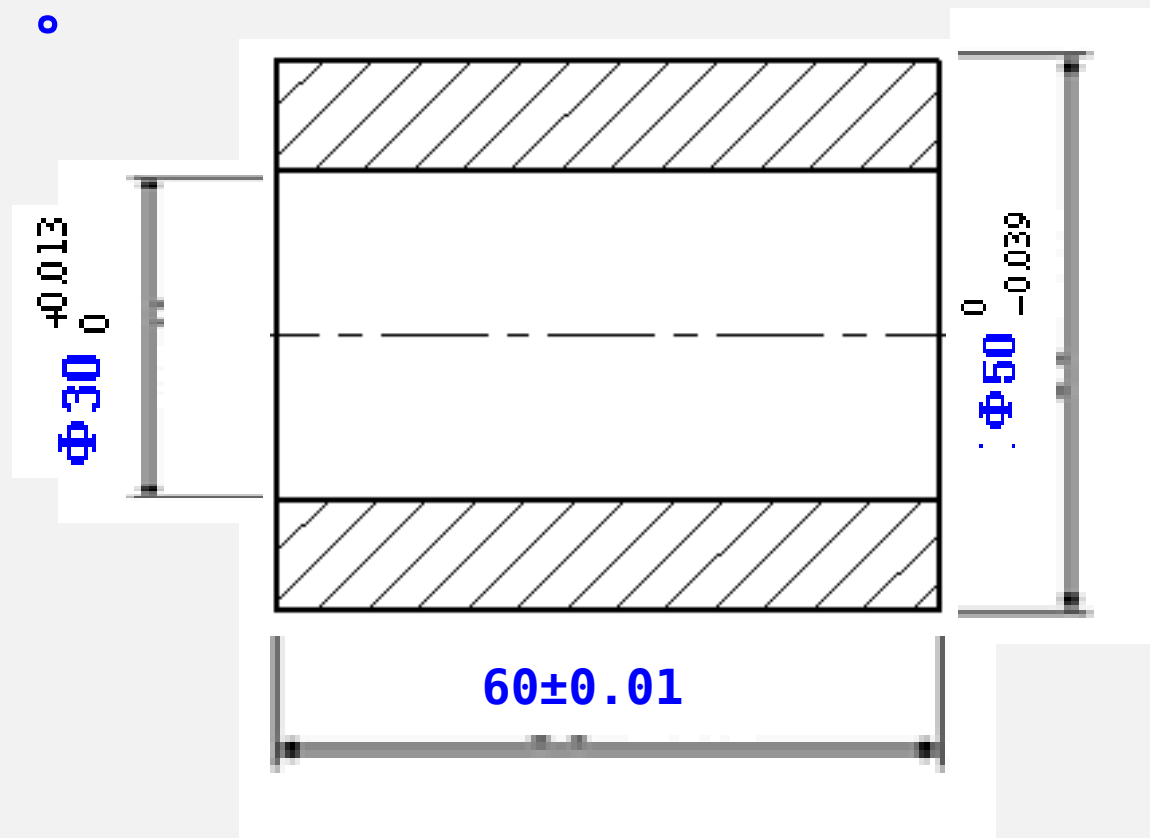




第一节 尺寸与公差概念

课堂测验二：尺寸公差标注训练

2、在下图中标注尺寸及公差外径（ $\Phi 50^{0}_{-0.039}$ ）、内径（ $\Phi 30^{+0.013}_{0}$ ）、长度（ 60 ± 0.01 ）。

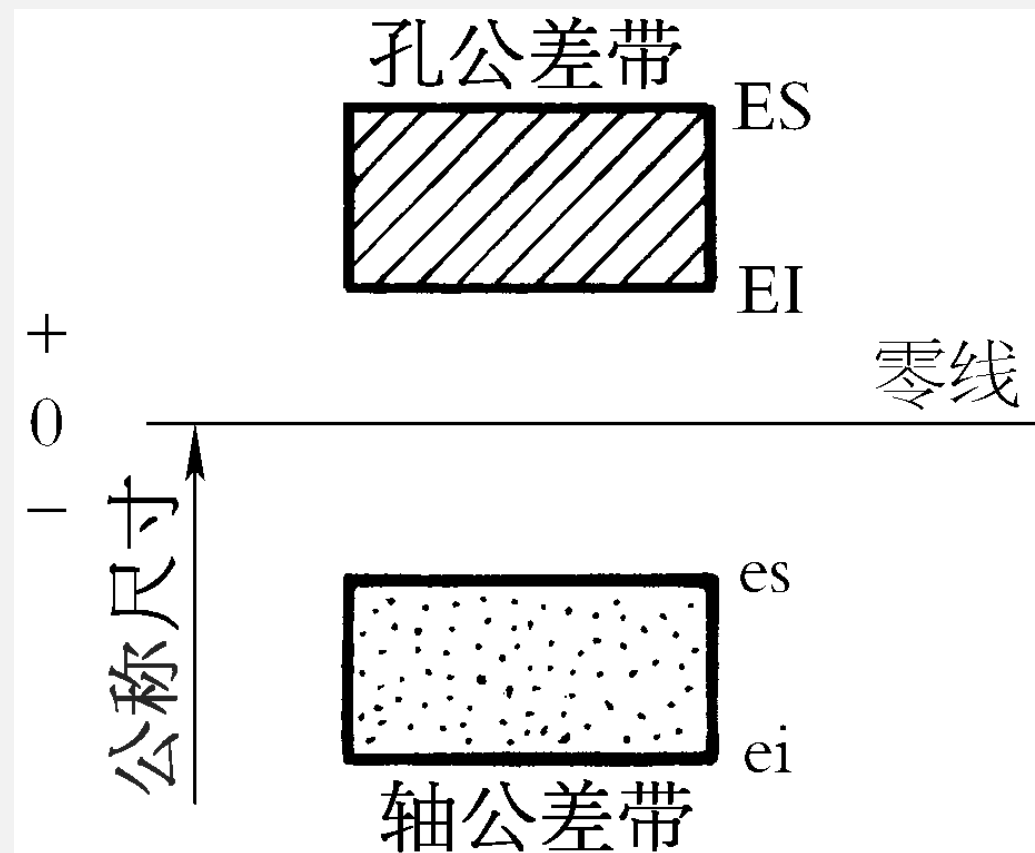




第一节 尺寸与公差概念

七、尺寸公差带图 —— 形象表达尺寸公差

- 由于公称尺寸与公差、偏差的数值相差颇大，不使用同一比例表示，故采用**公差带图**。
- **零线**：表示公称尺寸的一条直线，以它作为基准线确定偏差和公差，零线以上为正偏差，以下为负偏差。
- **尺寸公差带**：由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个区域。



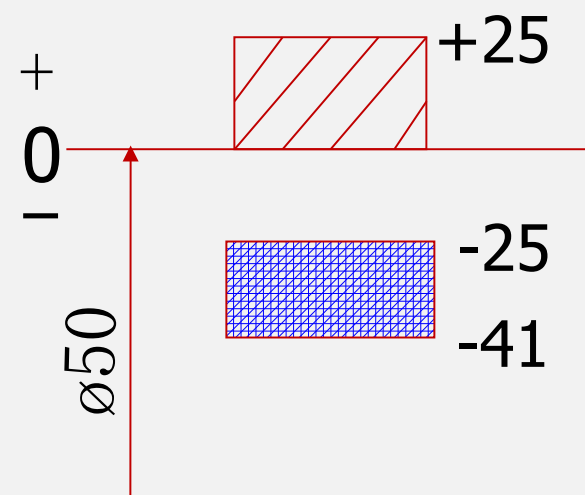
公差带示意图及公差带



第一节 尺寸与公差概念

尺寸公差带图举例

画出公称尺寸为 $\phi 50\text{mm}$, 上极限尺寸为 $\phi 50.025\text{mm}$ 、 下极限尺寸为 $\phi 50\text{mm}$ 的孔与上极限尺寸为 $\phi 49.975\text{mm}$ 、 下极限尺寸为 $\phi 49.959\text{mm}$ 的轴的公差带图。





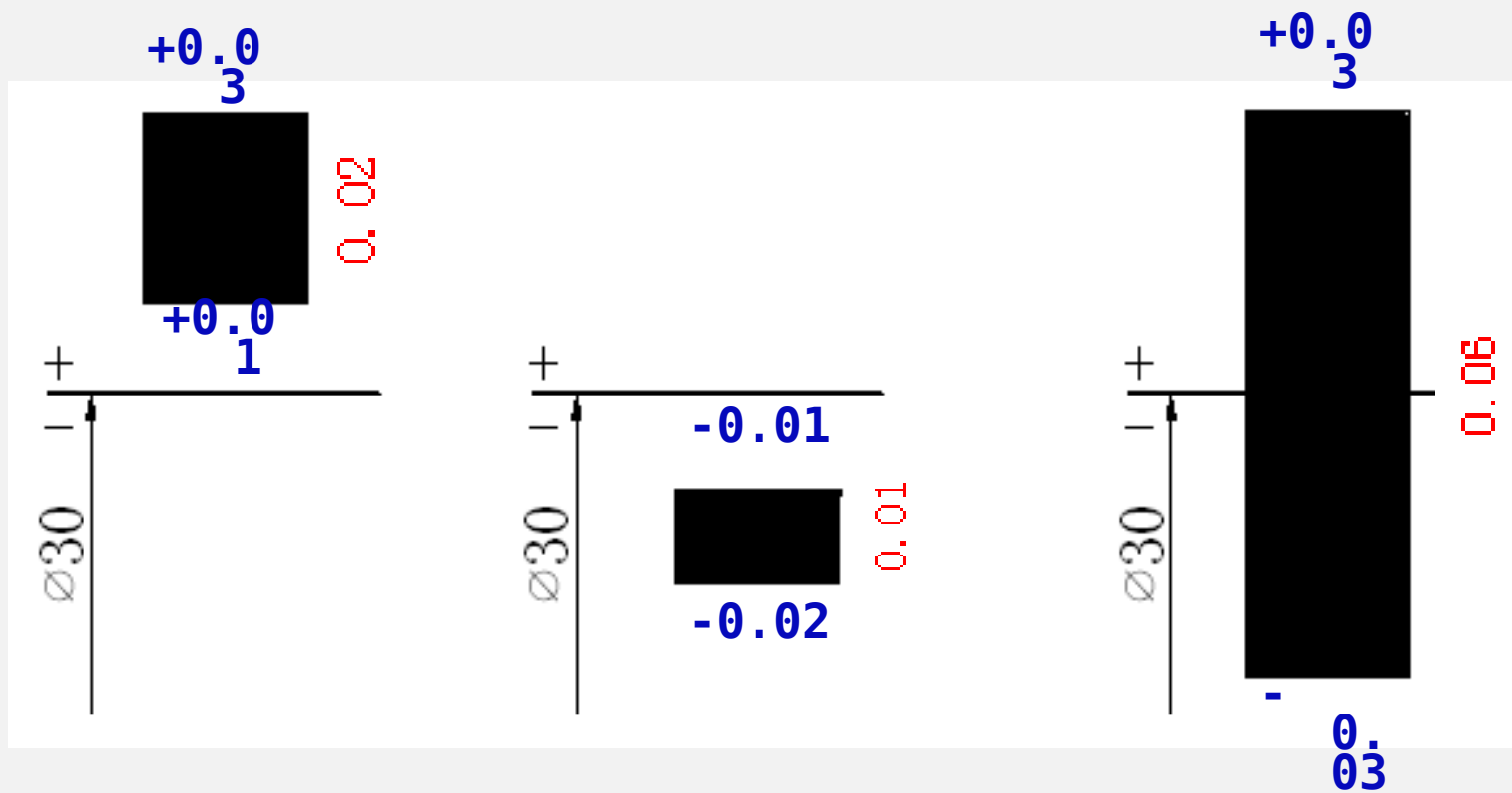
第一节 尺寸与公差概念

课堂测试三：试画 $\Phi 30$ 带图

$+0.03$
 $+0.01$

$\Phi 30$
 -0.01
 -0.02

和 $\Phi 30 \pm 0.03$ 的尺寸公差





第一节 尺寸与公差概念

例：公称尺寸为 50mm 的相互结合的孔和轴的极限尺寸分别为：

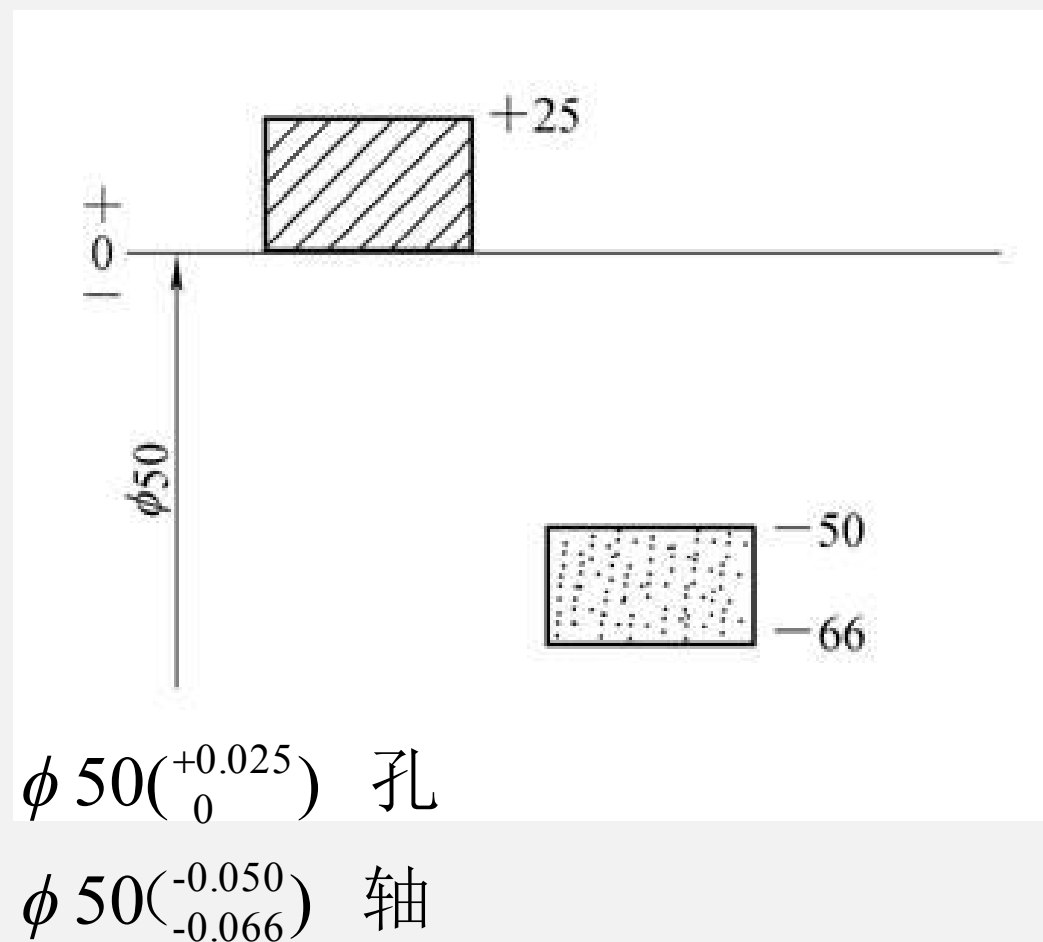
$$D_{\max} = \phi 50.025\text{mm} \quad D_{\min} = \phi 50\text{mm}$$

$$d_{\max} = \phi 49.950\text{mm} \quad d_{\min} = 49.934\text{mm}$$

它们加工后测得一孔和一轴的实际尺寸分别为：

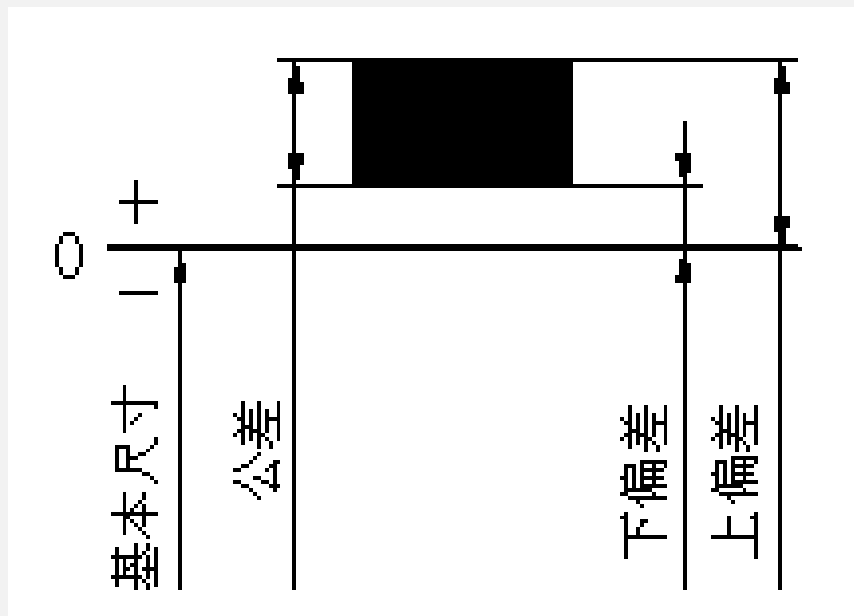
$$D_a = \phi 50.01\text{mm} \quad d_a = \phi 49.946\text{mm}$$

求：孔和轴的极限偏差、公差和实际偏差，并画出该孔、轴的公差带示意图。



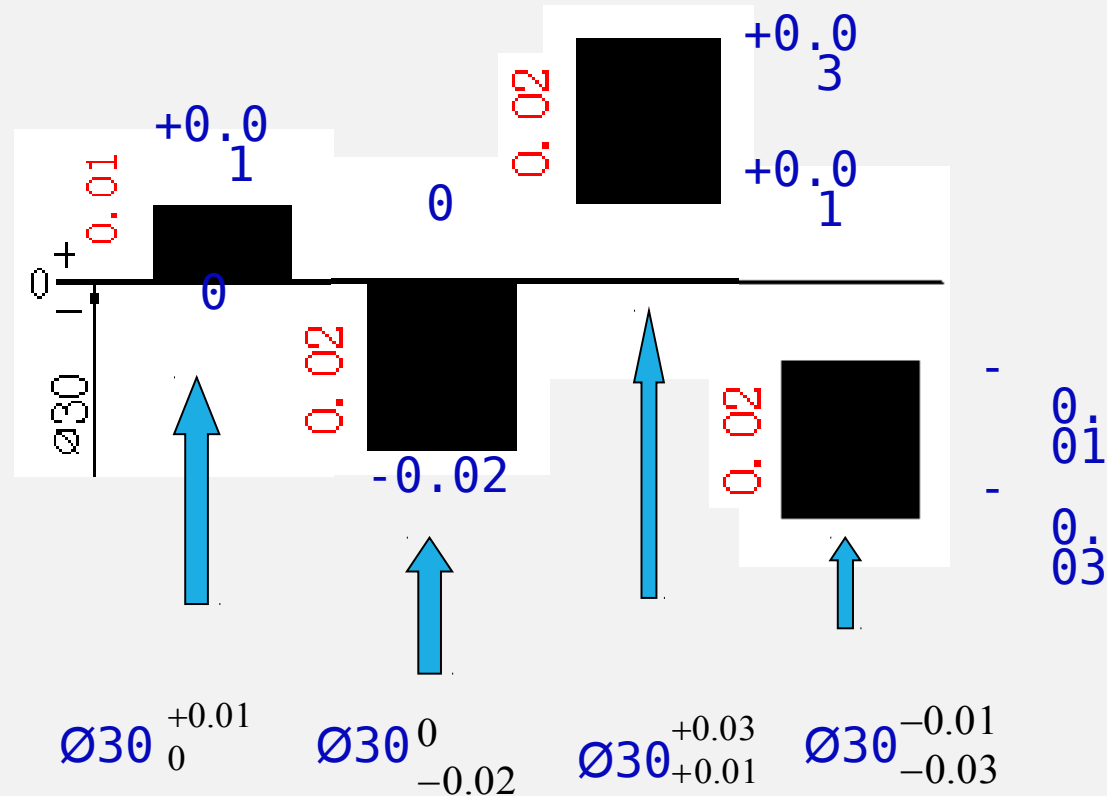


第一节 尺寸与公差概念



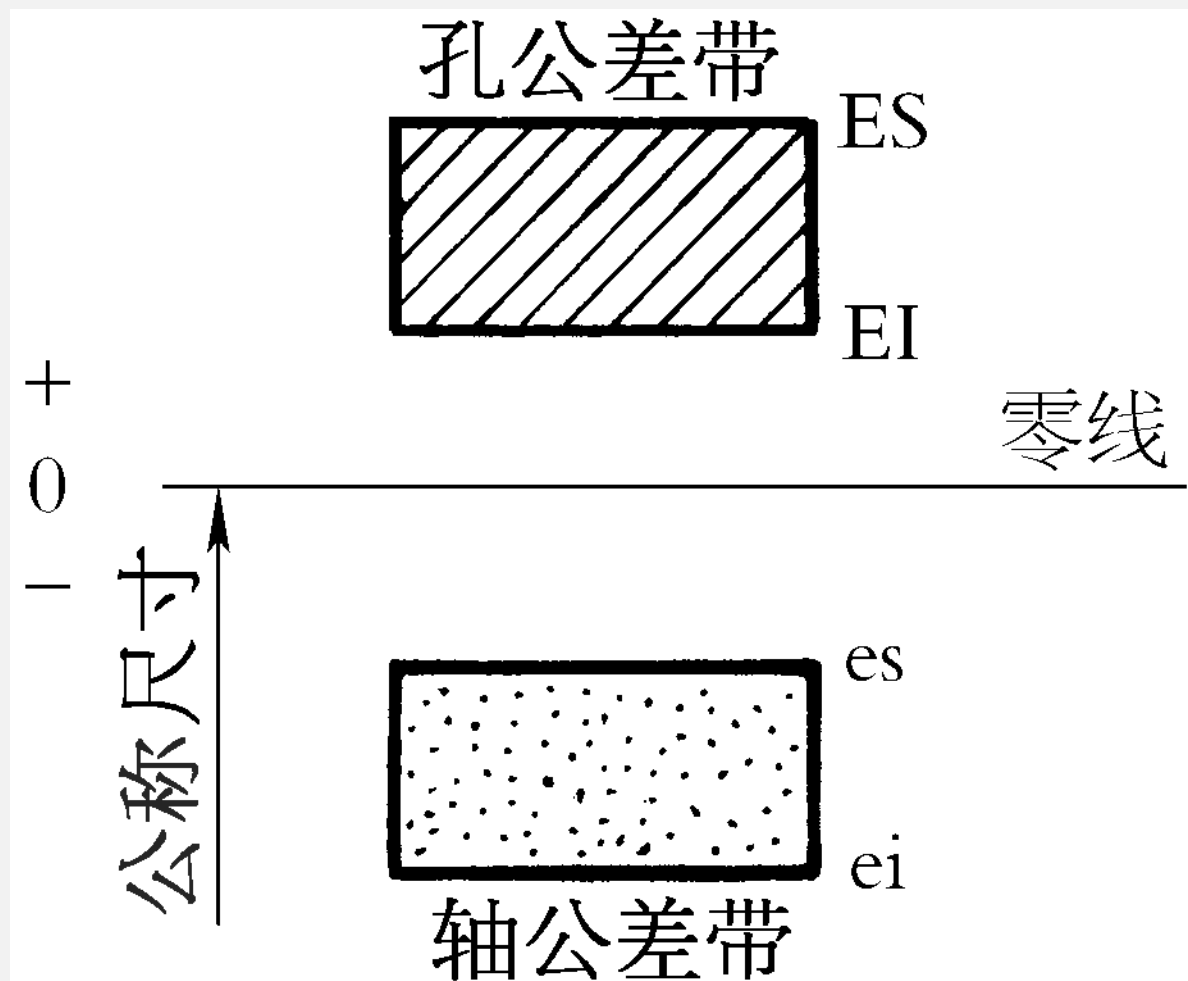
结论：

位置——上下偏差决定
宽度——公差值（等级）





第一节 尺寸与公差概念



公差带基本参数:

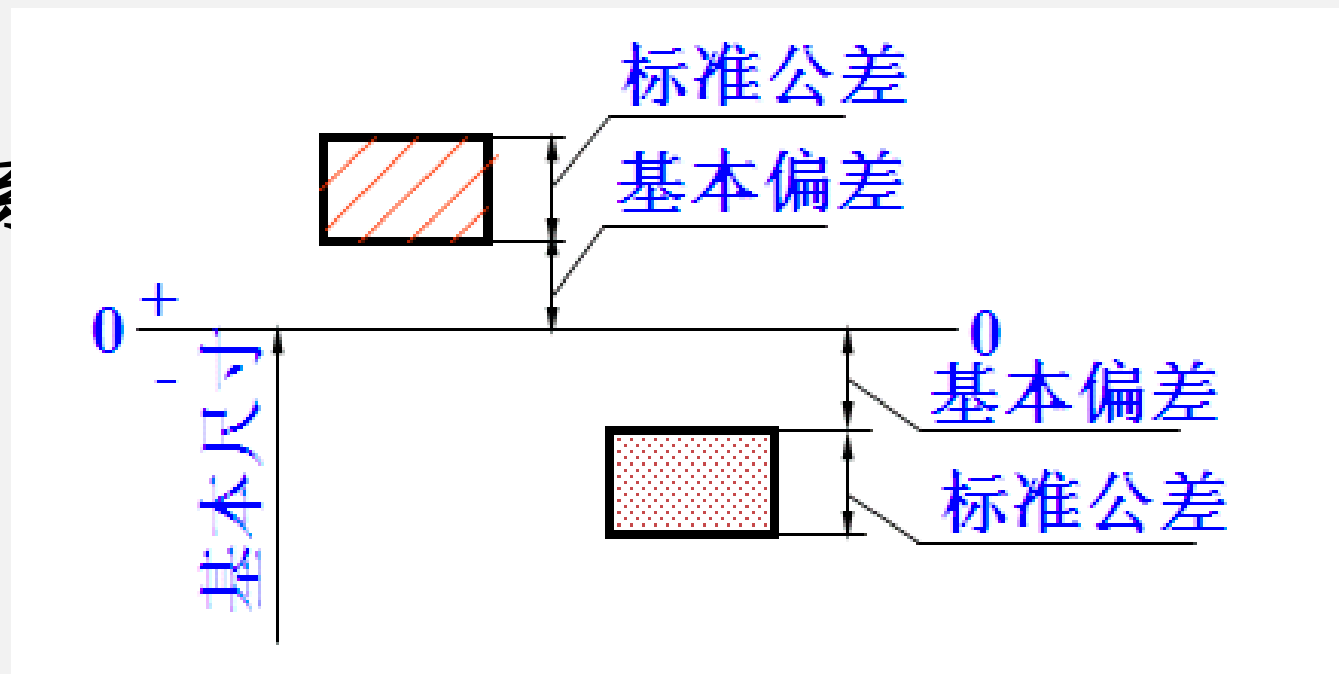
大小 (T_h 、 T_s)

位置 $ES(es)$ 或 $EI(ei)$



第一节 尺寸与公差概念

公差带 { 大小：标准公差系列
位置：基本偏差系列

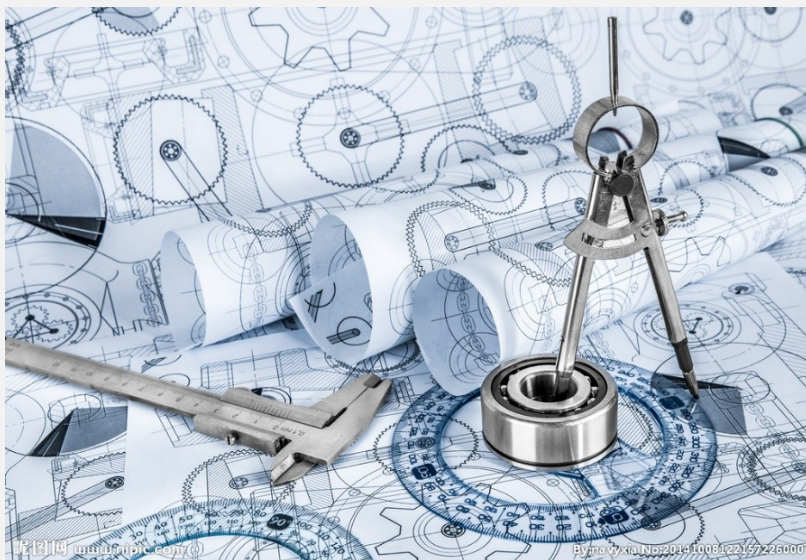


用标准化的公差与极限偏差组成标准化的孔、轴公差带的制度称为**极限限制**。



第二节 尺寸标准公差

--- 公差带大小的标准化



1、明确标准公差值及公差等级；

2、会查标准公差值表；

3、会画尺寸公差带图。



第二节 尺寸标准公差

1. 标准公差等级与代号

标准公差 IT：国标规定的，用以确定公差带大小的任一公差值。

标准公差等级代号由符号 IT 和阿拉伯数字组成。例如 **IT2**，记作 2 级标准公差等级。

- ✓ 国标规定的标准公差等级分为 20 个等级，即 IT01、IT0、IT1、IT2、…、IT18。
- ✓ 从 IT01 到 IT18，等级依次降低，而相应的标准公差数值依次增大。



第二节 尺寸标准公差

公差等级与标准公差值 (GB/T1800.1-2009)

基本尺寸段 (mm)	公差等级													
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
	公差值 (μm)													
≤ 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
$< 3—6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
$> 6—10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
$> 10—18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
$> 18—30$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	6.0	9.0	13	21	33	52	84	130	210
$> 30—50$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	7.0	11	16	25	39	62	100	160	250

国家标准：1、尺寸分段： $< 3—6$ 、 $> 6—10$ 、 $> 10—18$

2、规定等级：IT01—IT18 共 20 个公差等级；

3、公差值：不同尺寸段对应的公差等级有确定的公差值；

4、例如： $> 6—10$ 尺寸段对应 IT01 级的公差值为 $0.4\mu\text{m}$ 。



第二节 尺寸标准公差

例：标准公差值查表

1、在下表中填入尺寸公差值

$\Phi 40\text{IT}5$	$\Phi 40\text{IT}6$	$\Phi 40\text{IT}7$	$\Phi 40\text{IT}8$	$\Phi 40\text{IT}9$	$\Phi 40\text{IT}10$
0.01 1	0.01 6	0.02 5	0.03 9	0.06 2	0.10 0

基本尺寸段 (mm)	公差等级													
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
	公差值 (μm)													
≤ 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
$< 3-6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
$> 6-10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
$> 10-18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
$> 18-30$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	6.0	9.0	13	21	33	52	84	130	210
$> 30-50$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	7.0	11	16	25	39	62	100	160	250



第二节 尺寸标准公差

例：标准公差值查表

2、在下表中填入尺寸公差值 T_d 及公差等级 IT

尺寸	$\Phi 40 \begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$\Phi 40 \begin{smallmatrix} +0.049 \\ +0.01 \end{smallmatrix}$	$\Phi 40 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.062 \end{smallmatrix}$	$\Phi 40 \pm 0.002$	$\Phi 40 \begin{smallmatrix} -0.01 \\ -0.011 \end{smallmatrix}$
T_d	0.025	0.039	0.06 ₂	0.004	0.00 ₁
IT	IT7	IT8	IT9	IT3	IT0

基本尺寸段 (mm)	公差等级													
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
	公差值 (μm)													
≤ 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
$< 3-6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
$> 6-10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
$> 10-18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
$> 18-30$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	6.0	9.0	13	21	33	52	84	130	210
$> 30-50$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	7.0	11	16	25	39	62	100	160	250

第二节 尺寸标准公差

公差等级与标准公差值 (GB/T1800.1-2009)

基本尺寸段 (mm)	公差等级													
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
	公差值 (μm)													
≤ 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
$< 3-6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
$> 6-10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
$> 10-18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
$> 18-30$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	6.0	9.0	13	21	35	55	85	130	200
$> 30-50$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	7.0	11	16	25	40	63	100	160	250

表中的公差值如何确定的？

国家标准：1、尺寸分段：< 3-6、> 6-10、> 10-16

2、规定等级：IT01-IT18 共 20 个公差等级；

3、公差值：不同尺寸段对应的公差等级有确定的公差值；

4、例如：> 6—10 尺寸段对应 IT01 级的公差值为 $0.4\mu\text{m}$ 。



第二节 尺寸标准公差

2. 标准公差数值的计算

常用尺寸范围内各个公差等级的标准公差计算：

- ◆ IT01 、 IT0 、 IT1 公差数值与公称尺寸呈线性关系；
- ◆ IT2 、 IT3 、 IT4 公差数值呈等比数列；
- ◆ IT5 、 IT6 、 …、 IT18 其他标准公差等级的数值计算公式。

$$IT = ai$$

其中，标准公差等级系数 a ： 反映标准公差等级高低的参数

；



第二节 尺寸标准公差

表 3-1 $D \leq 500\text{mm}$ 各级标准公差数值的计算公式

标准公差等级	公 式	标准公差等级	公 式	标准公差等级	公 式
IT01	$0.3 + 0.008D$	IT6	$10i$	IT13	$250i$
IT0	$0.5 + 0.012D$	IT7	$16i$	IT14	$400i$
IT1	$0.8 + 0.020D$	IT8	$25i$	IT15	$640i$
IT2	$(IT1)(IT5/IT1)^{1/4}$	IT9	$40i$	IT16	$1000i$
IT3	$(IT1)(IT5/IT1)^{1/2}$	IT10	$64i$	IT17	$1600i$
IT4	$(IT1)(IT5/IT1)^{3/4}$	IT11	$100i$	IT18	$2500i$
IT5	$7i$	IT12	$160i$		

与公称尺寸
呈线性关系

呈等比数列

各级的公差等级系数按 R5 优先数系



第二节 尺寸标准公差

3. 公差单位：标准公差因子 i

- ✓ **标准公差因子 i** 是计算标准公差的基本单位。与公称尺寸 D 呈一定的函数关系。

$$i = f(D)$$

- ✓ **标准公差因子**是以生产实践为基础，通过专门试验和大量统计数据分析，找出孔轴加工和测量误差随公称尺寸变化规律来确定的。公差 T 则可表达为

$$T = a \times i$$



第二节 尺寸标准公差

3. 公差单位：标准公差因子

(1) 基本尺寸 $\leq 500\text{mm}$, IT5 ~ IT18

$$i = 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D$$

单位: μm



反映加工误差的影响，加工的极限误差与直径的关系符合立方抛物线关系



当直径较大时，测量误差的影响增大，补偿偏离标准温度和量具变形引起的测量误差，为线性关系



第二节 尺寸标准公差

3. 公差单位：标准公差因子

(2) 基本尺寸 $>500\text{mm}-3150$

$$i = 0.004D + 2.1 \quad \text{单位: } \mu m$$



大尺寸，测量误差特别是温度造成测量误差的影响很突出，反映测量误差，为线性关系

为尺寸衔接关系常数



第二节 尺寸标准公差

4. 尺寸分段

在实际生产中，基本尺寸很多，会形成一个庞大的公差数值表，反而给生产带来许多困难。实际上，公差等级相同而基本尺寸相近的公差数值差别并不大。

如基本尺寸为 80mm 和 90mm 的 IT6 级公差计算值分别为：

$$\phi 80 : IT6=10i =10 \times (0.45 \times D^{1/3} +0.001D) =20.19 (\mu m)$$

$$\phi 90 : IT6=10i =10 \times (0.45 \times D^{1/3} +0.001D) =21.07 (\mu m)$$

两值仅差 $0.88 \mu m$

因此，为了简化标准公差数值表格，国标采用了尺寸分段的方法。



第二节 尺寸标准公差

公差等级与标准公差值 (GB/T1800.1-2009)

基本尺寸段 (mm)	公差等级													
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
	公差值 (μ m)													
≤ 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
< 3—6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
> 6—10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
> 10—18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
> 18—30	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	6.0	9.0	13						210
> 30—50	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	7.0	11	16						250

每一分段如何
计算 D ?

国家标准：1、尺寸分段：< 3—6、> 6—10、> 10—18.....

2、规定等级：IT01—IT18 共 20 个公差等级；

3、公差值：不同尺寸段对应的公差等级有确定的公差值；

$$i = 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D$$

单位：μm

$$i = 0.004D + 2.1$$

单位：μm



第二节 尺寸标准公差

为了减少标准公差的数目，**国标对公称尺寸进行了分段**。在标准公差和基本偏差的计算公式中，公称尺寸一律以所属尺寸段的几何平均值来计算

首尾两项的几何平均值：

$$D = \sqrt{D_1 D_n}$$

标准公差值 IT 求解步骤：

- (1) 尺寸分段求几何平均值；
- (2) 计算公差单位 i ；
- (3) 计算标准公差值 IT 。



第二节 尺寸标准公差

例：公称尺寸 ϕ^{25} ，求 IT6 和 IT7。

解：公差值 IT 求解步骤：

(1) 尺寸分段求几何平均值；

$$25 \text{ 属于 } 18 \sim 30, \quad D = \sqrt{D_1 D_n} = \sqrt{18 * 30} = 23.24 \text{ mm}$$

(2) 计算标准公差因子 i ；

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D = 1.31 \mu\text{m}$$

(3) 计算标准公差值 IT 。

$$\text{IT6} = 10i = 10 * 1.31 \mu\text{m} = 13.1 \mu\text{m} \approx 13 \mu\text{m}$$

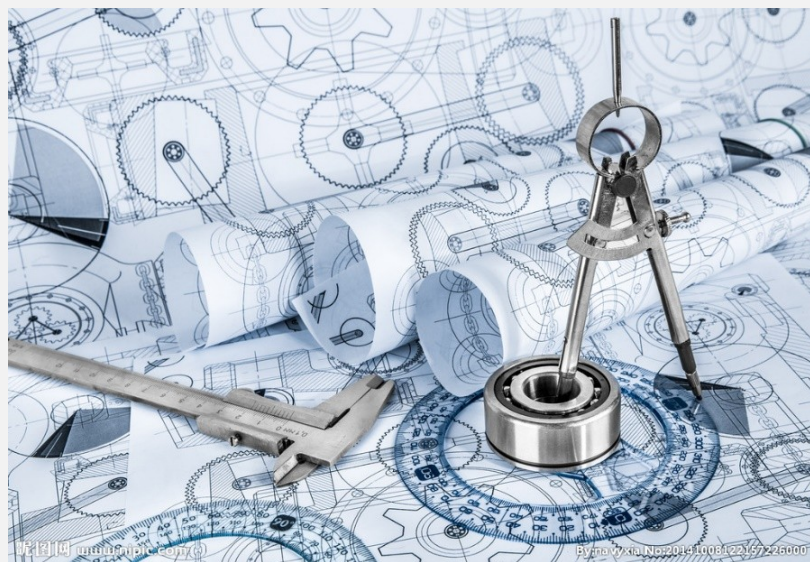
$$\text{IT7} = 16i = 16 * 1.31 \mu\text{m} = 20.96 \mu\text{m} \approx 21 \mu\text{m}$$

基本尺寸段 (mm)	IT	
	IT01	IT0
≤ 3	0.3	0.5
$< 3 - 6$	0.4	0.6
$> 6 - 10$	0.4	0.6
$> 10 - 18$	0.5	0.8
$> 18 - 30$	0.6	1.0
$> 30 - 50$	0.6	1.0



第三节 基本偏差系列

--- 公差带位置的标准化



1、明确孔轴的基本偏差；

2、会查基本偏差表；

3、会画尺寸公差带图。



第二节 尺寸标准公差

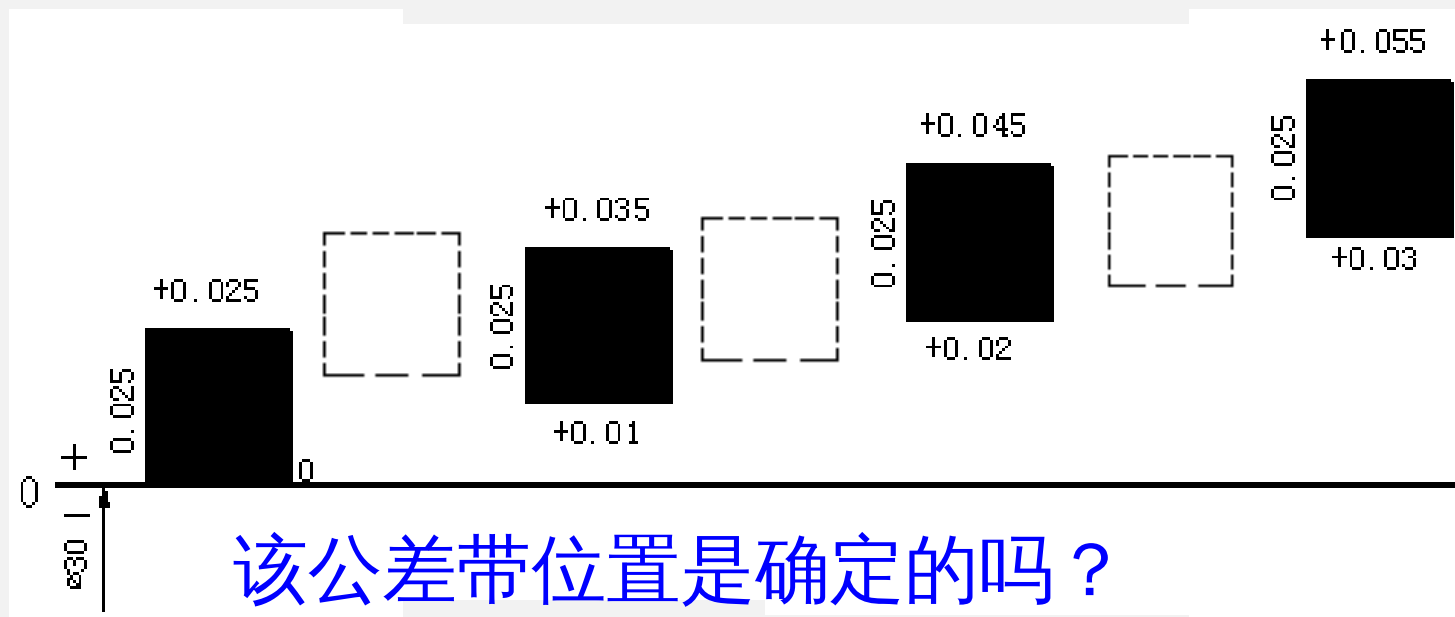
画 $\varnothing 30\text{IT}7$ 尺寸的公差带图 $\text{TD}=0.025$

基本尺寸段 (mm)	公差等级													
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
	公差值 (μm)													
≤ 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
$< 3-6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
$> 6-10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
$> 10-18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
$> 18-30$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	6.0	9.0	13	21	33	52	84	130	210
$> 30-50$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	7.0	11	16	25	39	62	100	160	250



第三节 基本偏差系列

画 $\varnothing 30\text{IT}7$ 尺寸的公差带图 $\text{TD}=0.025$



不能确定！

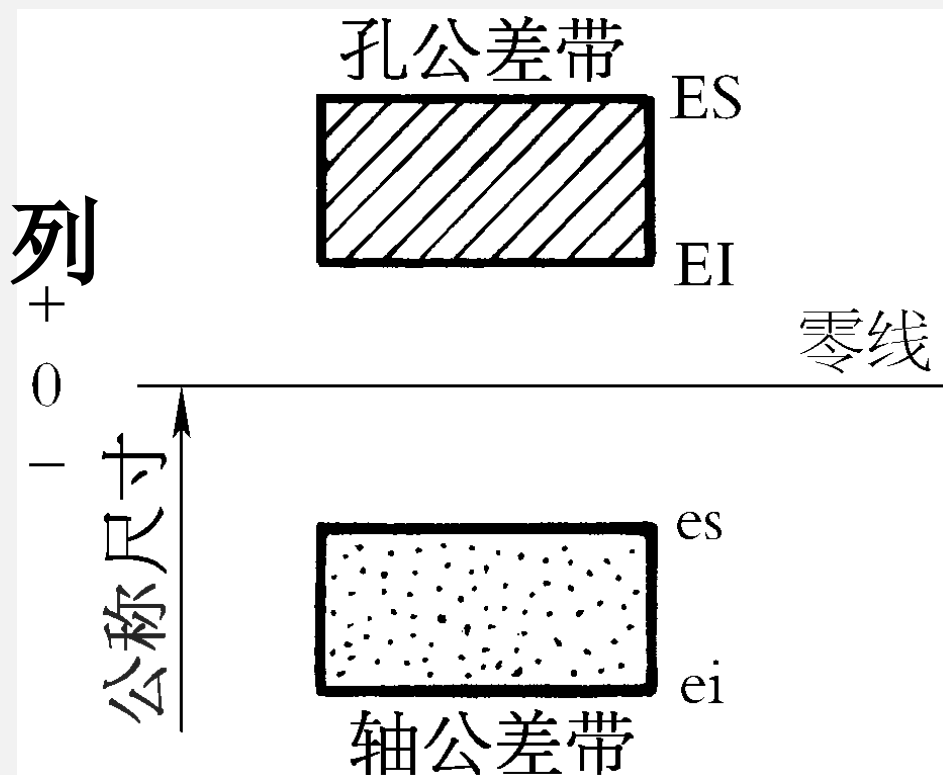


怎么办？



第三节 基本偏差系列

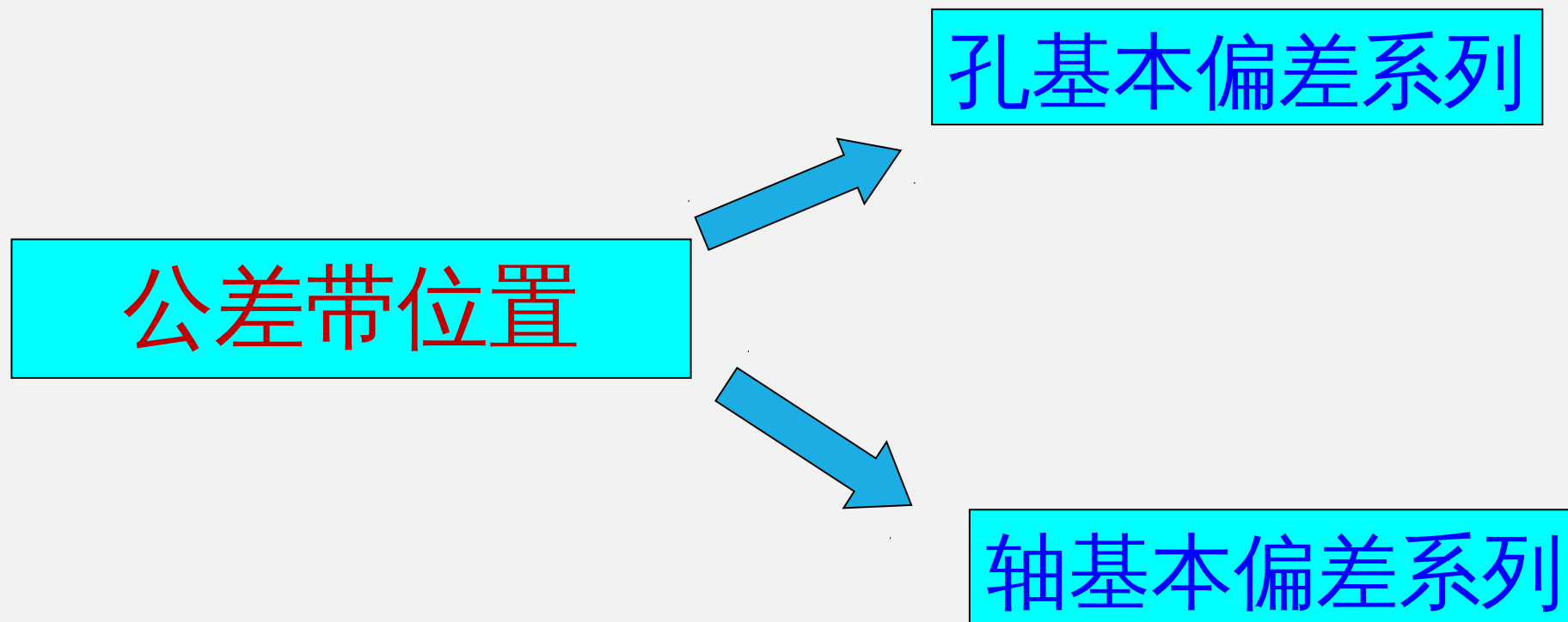
公差带 { 大小——标准公差系列
位置——基本偏差系列



用**标准化的公差**与**极限偏差**组成标准化的孔、轴公差带的制度称为**极限制**。



第三节 基本偏差系列





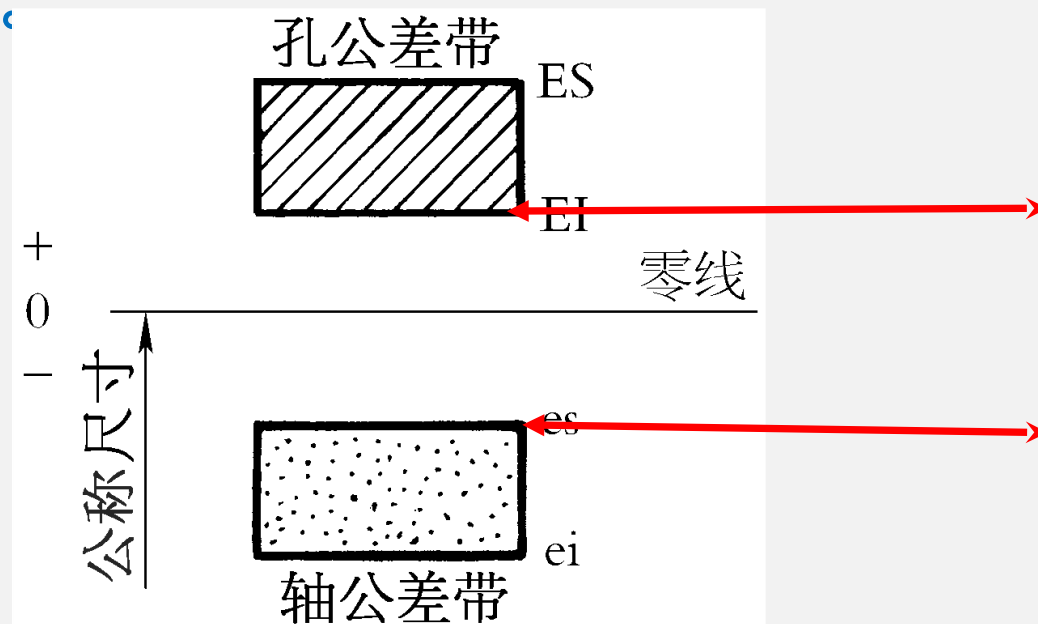
第三节 基本偏差系列

孔、轴基本偏差系列（公差带位置的标准化）

1. 基本偏差的定义

确定孔、轴公差带相对于零线位置的那个极限偏差（上偏差或下偏差）。

除 JS 和 js 外，均指靠近零线的偏差。





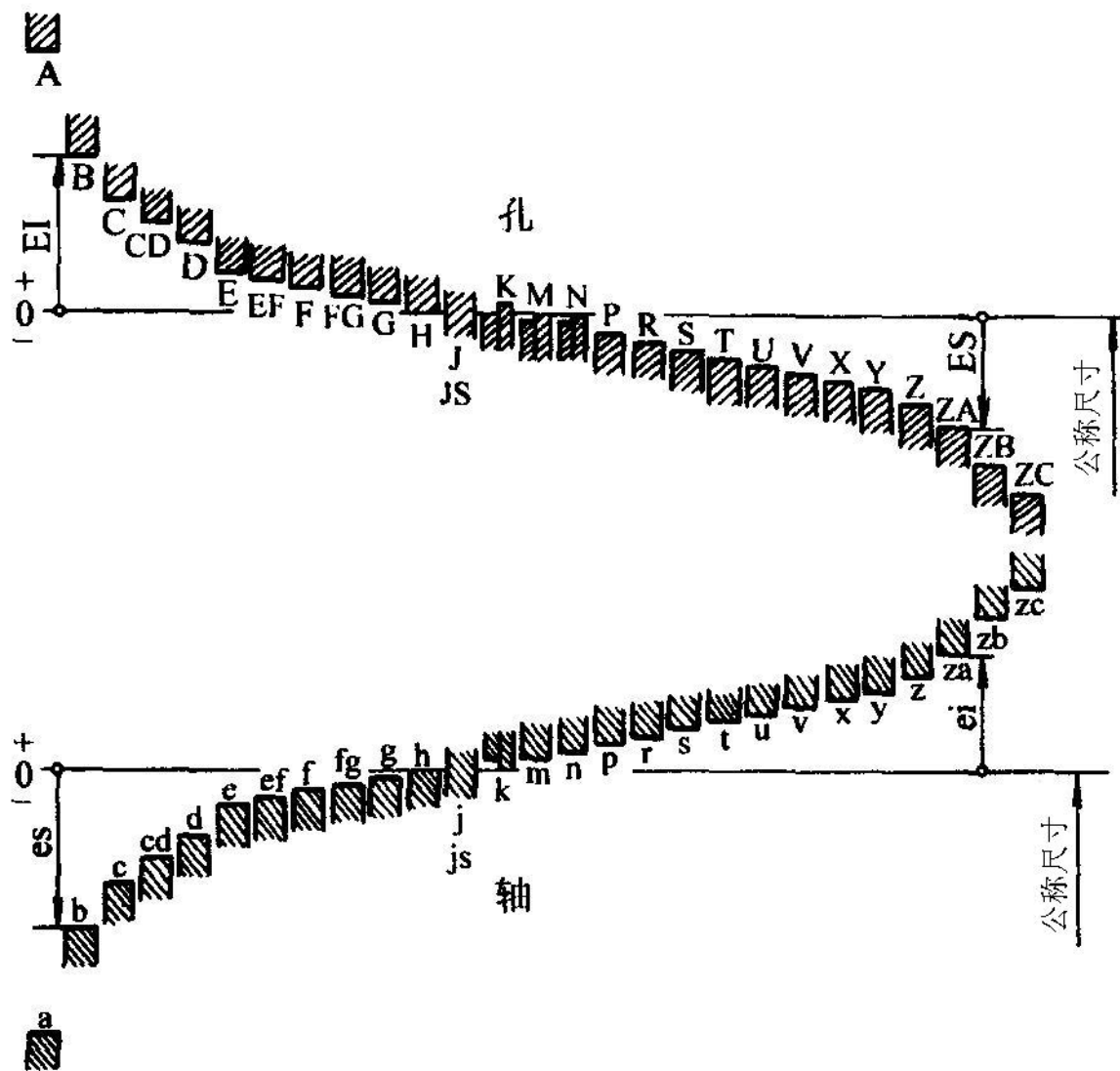
第三节 基本偏差系列

2. 基本偏差的代号

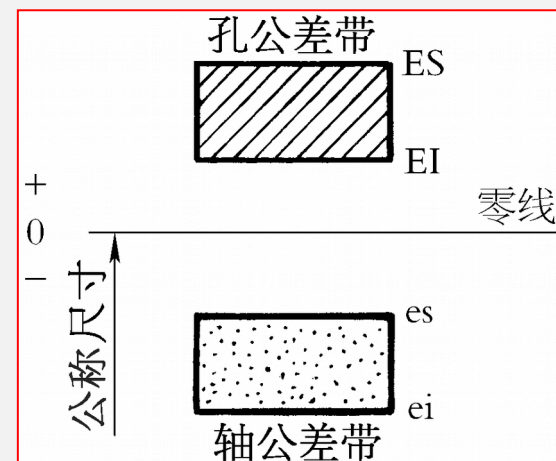
用英文字母表示。大写表示孔，小写表示轴。在 26 个字母中除去易与其它混淆的 I、L、O、Q、W(i、l、o、q、w)，再加上七个用两个字母表示的代号（CD、EF、FG、JS、ZA、ZB、ZC 和 cd、ef、fg、js、za、zb、zc），共有 28 个代号，即孔和轴各有 28 个基本偏差。



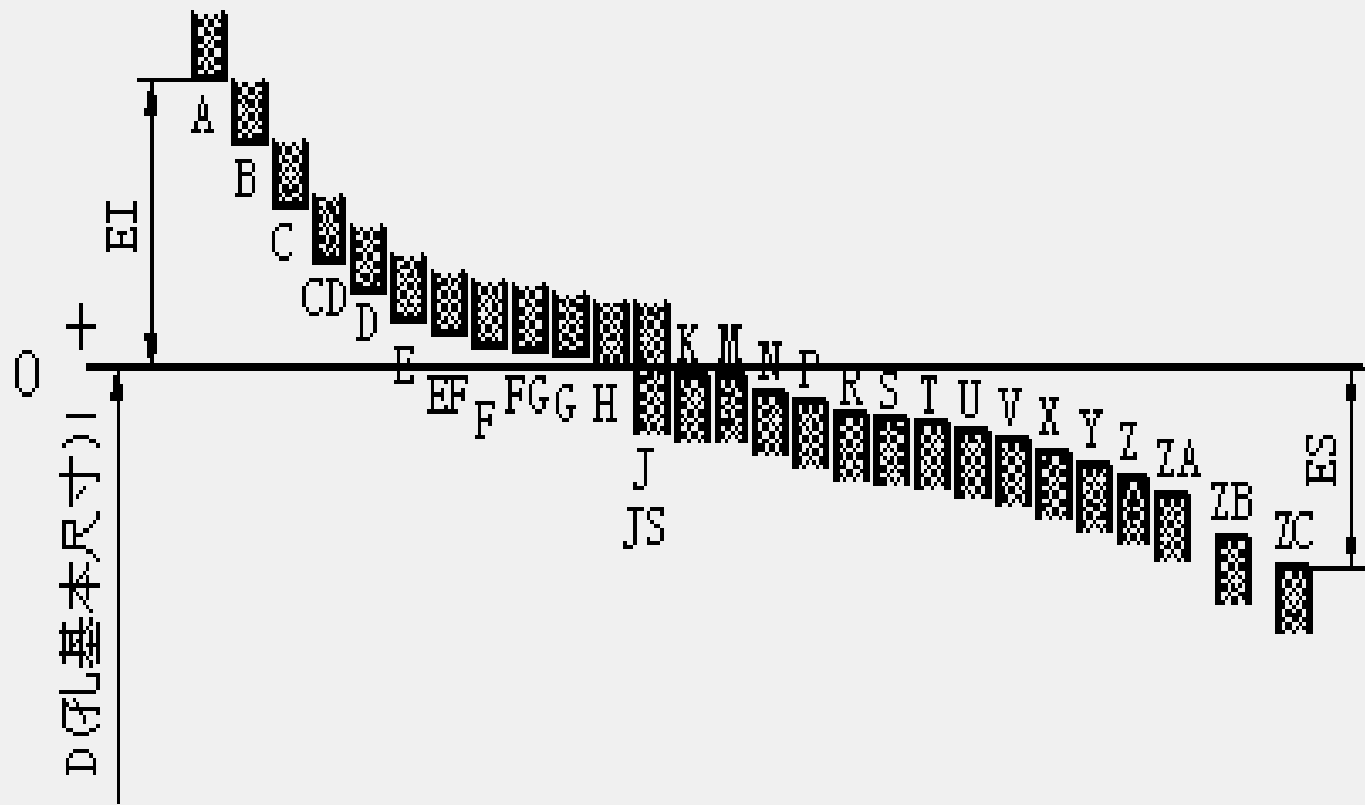
第三节 基本偏差系列



基本偏差系列



3. 孔基本偏差系列(确定了孔公差带位置)



1、 A—ZC 28 个基本偏差

2、 A—H :下偏差确定位置

3、K—ZC 上偏差确定位置

4、基本偏差值由查表选定

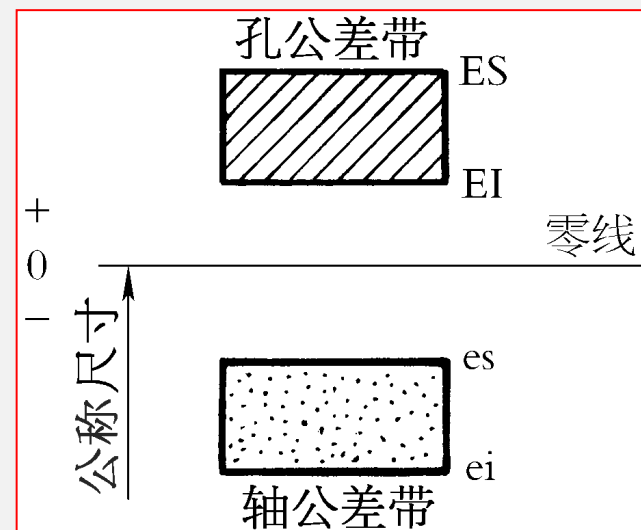
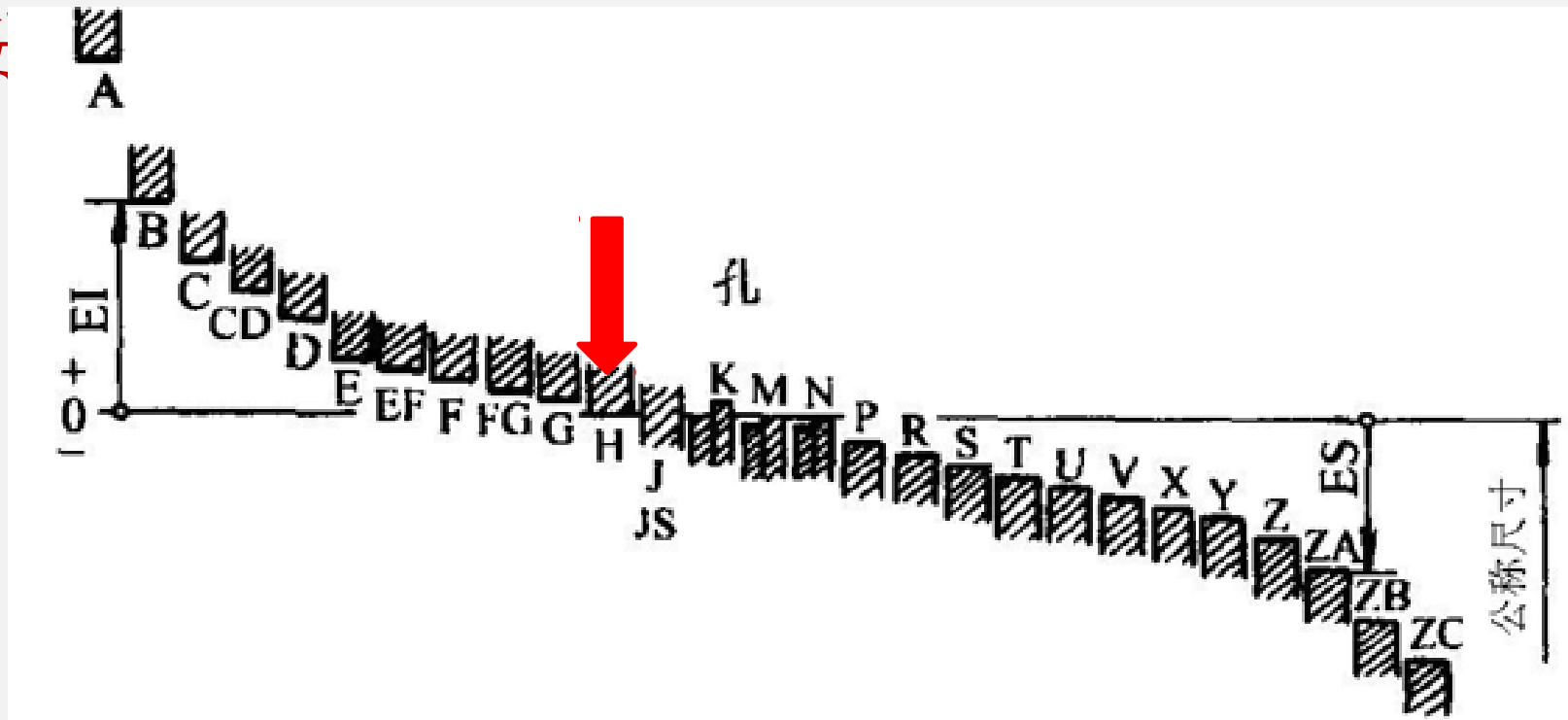
孔基本偏差系列图



第三节 基本偏差系列

孔基本偏差： A ~ H 的基本偏差为下偏差 EI，其绝对值依次减小，J ~ ZC 的基本偏差为上偏差 ES，其绝对值依次增大，**JS 公差带关于零线对称**

分



H 为基准孔，基本偏差为下偏差，数值为零；

第三节 基本偏差系列

基本偏差	下偏差 EI							JS	上偏差 ES							
	A	C	D	E	F	G	H		J	K	M	N				
基本尺寸 (mm)	公差等级							偏差等于 IT2	6	7	8	8	8	8	8	8
≤3	+270	+60	+20	+14	+6	+2	0		+2	+4	+6	0	-2	-2	-4	-4
< 3—6	+270	+70	+30	+20	+10	+4	0		+5	+6	+10	-1	-4	-4	-8	0
> 6—10	+280	+80	+40	+25	+13	+5	0		+5	+8	+12	-1	-6	-6	-10	0
> 10—14	+290	+95	+50	+32	+16	+6	0		+6	+10	+15	-1	-7	-7	-12	0
> 14—18																
> 18—24	+300	+110	+65	+40	+20	+7	0		+8	+12	+20	-2	-8	-8	-15	0
> 24—30																



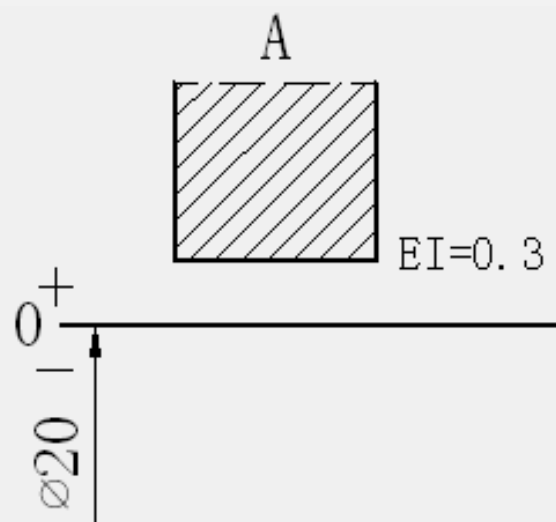
第三节 基本偏差系列

例：确定孔 $\varnothing 20A$ 尺寸公差带的位置

解：1、查孔 $\varnothing 20A$ 的基本偏差为：

$$EI \text{ (下偏差)} = +300\mu\text{m} = +0.3\text{mm}$$

2、画公差带如下：



基本偏差	下偏差 EI			
	A	C	D	E
基本尺寸 (mm)	所 有			
≤ 3	+270	+60	+20	+14
$< 3-6$	+270	+70	+30	+20
$> 6-10$	+280	+80	+40	+25
$> 10-14$	+290	+95	+50	+32
$> 14-18$				
$> 18-24$	+300	+110	+65	+40
$> 24-30$				

上偏差（ES）能确定吗？

怎样才能确定？

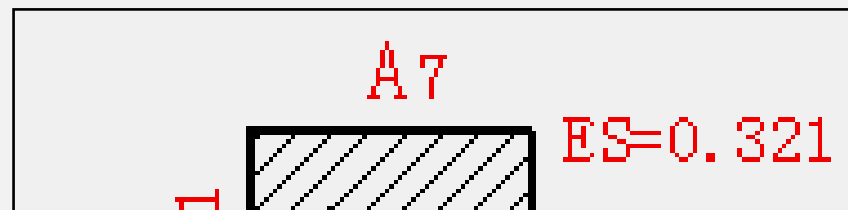


第三节 基本偏差系列

例：确定孔 $\varnothing 20A7$ 尺寸公差带的位置 (7 为公差等级 IT7)

解：1、基本偏差： $EI = +0.3\text{mm}$

2、查表得： $TD = 0.021\text{mm}$

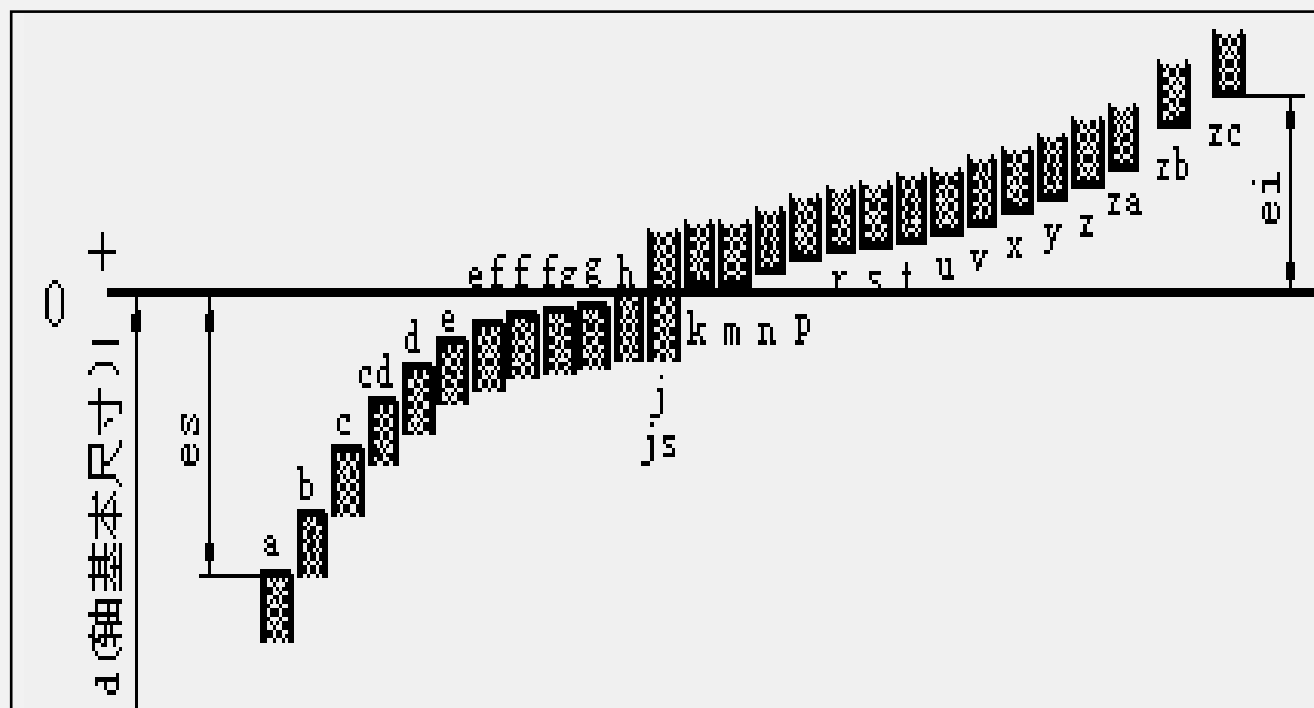


基本尺寸段 (mm)	公差等级													
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
	公差值 (μm)													
≤ 3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
$< 3 - 6$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
$> 6 - 10$	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
$> 10 - 18$	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
$> 18 - 30$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	6.0	9.0	13	21	33	52	84	130	210
$> 30 - 50$	0.6	1.0	1.5	2.5	4.0	7.0	11	16	25	39	62	100	160	250



第三节 基本偏差系列

4. 轴基本偏差系列(确定了轴公差带位置)



轴基本偏差系列图

1、 a—zc :28 个基本偏差

2、 a—h :上偏差确定位置

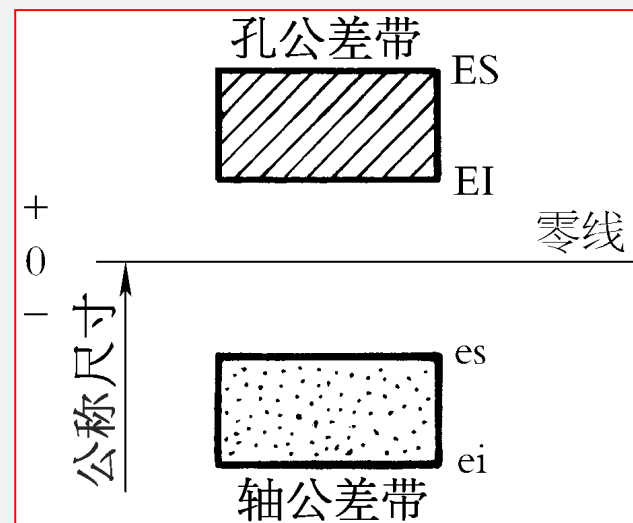
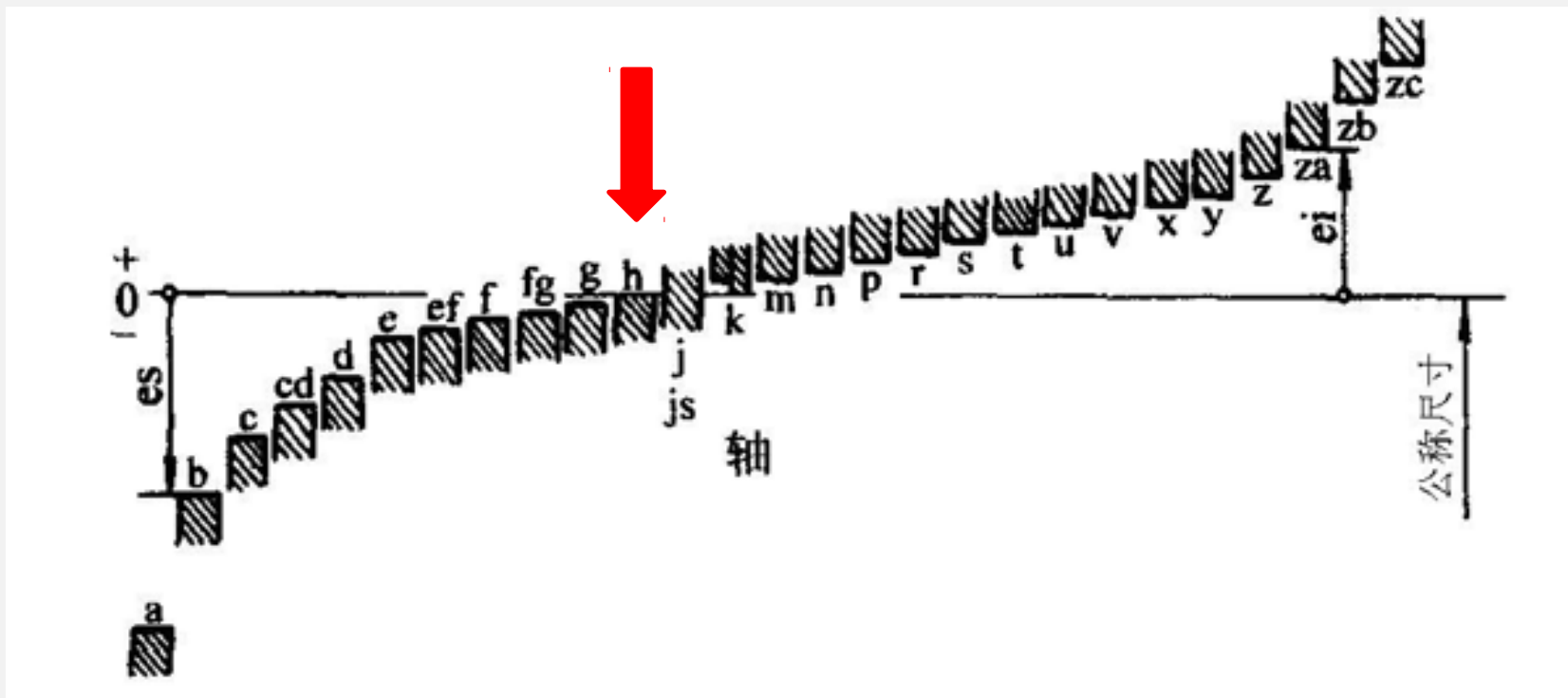
3、 k—zc 下偏差确定位置

4、 基本偏差值由查表选定



第三节 基本偏差系列

轴基本偏差： $a \sim h$ 的基本偏差为上偏差 es ，其绝对值依次减小， $j \sim zc$ 的基本偏差为下偏差 ei ，其绝对值依次增大， js 公差带关于零线对称分布。



h 为基准轴，基本偏差为上偏差，数值为零。



第三节 基本偏差系列

基本偏差 _i	上 偏 差 es_i							js_i	下 偏 差 ei_i				
	a_i	c_i	d_i	e_i	f_i	g_i	h_i		j_i		k_i		
基本尺寸 (mm) _i	公 差 等 级 _i												
	所 有 等 级 _i							6_i	7_i	8_i	$4-7_i$	≤ 3 $> 7_i$	
$<3-6_i$	-270 _i	-70 _i	-30 _i	-20 _i	-10 _i	-4 _i	0 _i	偏 差 等 级 _i IT/2 _i	-2 _i	-4 _i	- _i	+1 _i	0 _i
$>6-10_i$	-280 _i	-80 _i	-40 _i	-25 _i	-13 _i	-5 _i	0 _i		-2 _i	-5 _i	- _i	+1 _i	0 _i
$>10-14_i$	-290 _i	-95 _i	550 _i	-32 _i	-16 _i	-6 _i	0 _i		-3 _i	-6 _i	- _i	+1 _i	0 _i
$>14-18_i$													
$>18-24_i$	-300 _i	-110 _i	-65 _i	-40 _i	-20 _i	-7 _i	0 _i		-4 _i	-8 _i	- _i	+2 _i	0 _i
$>24-30_i$													
$>30-40_i$	-310 _i	-120 _i	-80 _i	-50 _i	-25 _i	-9 _i	0 _i	-5 _i	-10 _i	- _i	+2 _i	0 _i	



第三节 基本偏差系列

例 2-1 画孔 $\Phi 20C7$ 尺寸公差带图。

解：1、基本偏差为 EI $+0.11\text{mm}$;

2、公差值为 TD $: 0.021\text{mm}$;

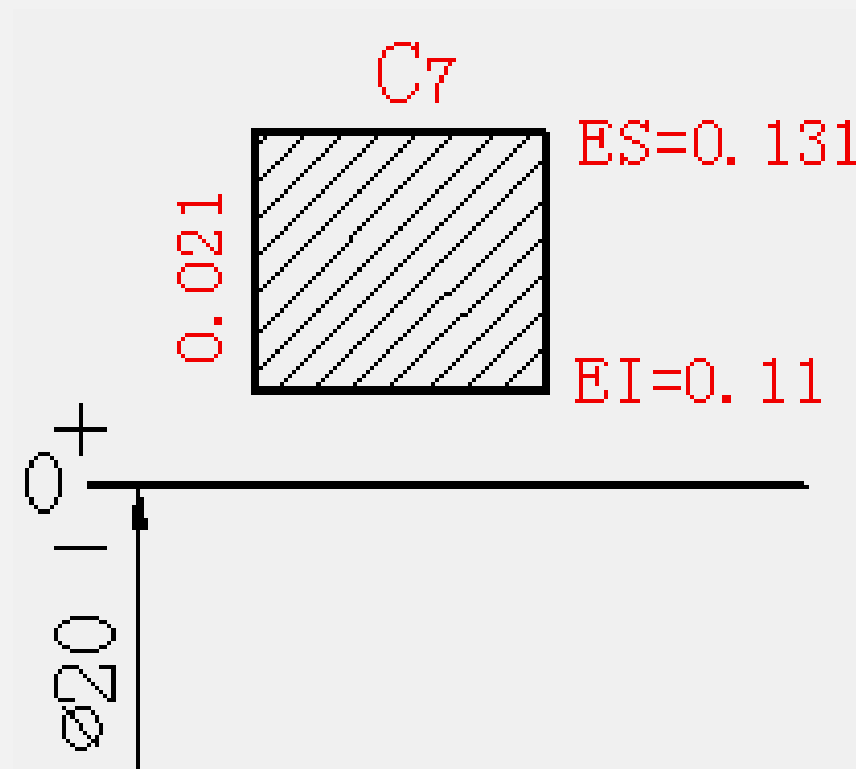
3、上偏差 ES

$$\begin{aligned} ES &= TD + EI \\ &= 0.021 + \end{aligned}$$

($+0.11$)

4、画公差带

$$= +0.311$$



图



第三节 基本偏差系列

例 2-2 画轴 $\Phi 25h6$ 的尺寸公差带图。

解：1、基本偏差为 es : 0mm ;

2、公差值为 Td 0.013mm ;

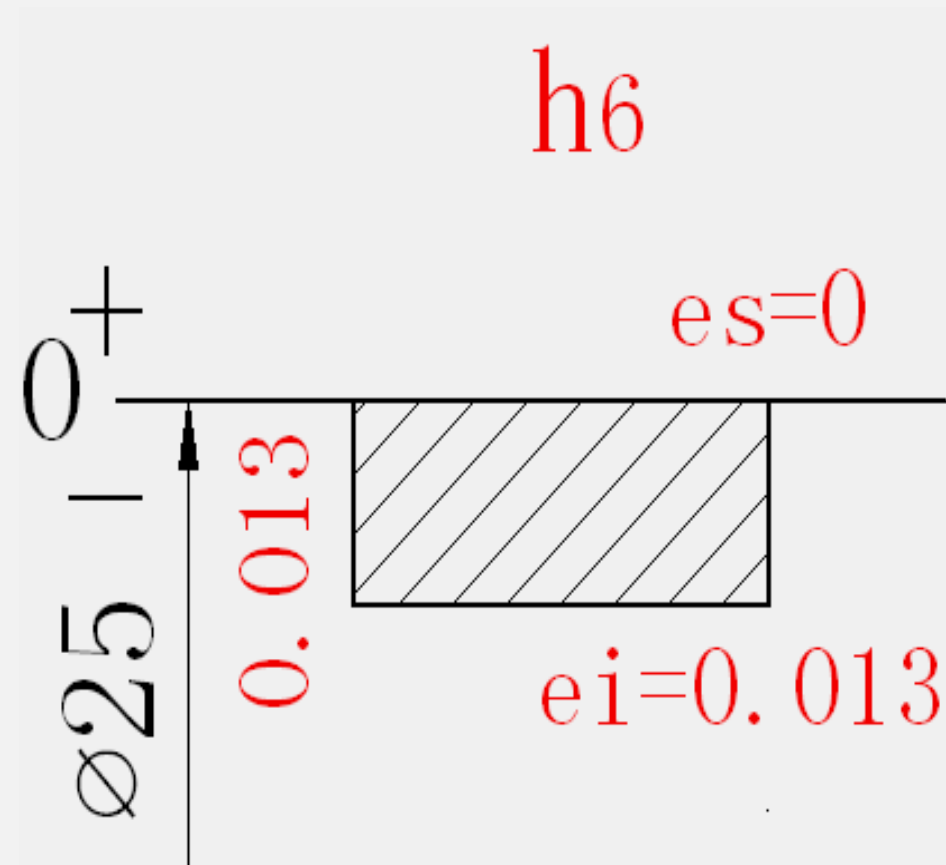
3、计算下偏差 ei

$$ei = es -$$

Td

$$= 0 -$$

4、画公差带图





第三节 基本偏差系列

课堂测验：查表并画出下列尺寸的公差带图：

$\Phi 30A6$ 、 $\Phi 30Js6$ 、 $\Phi 30N6$



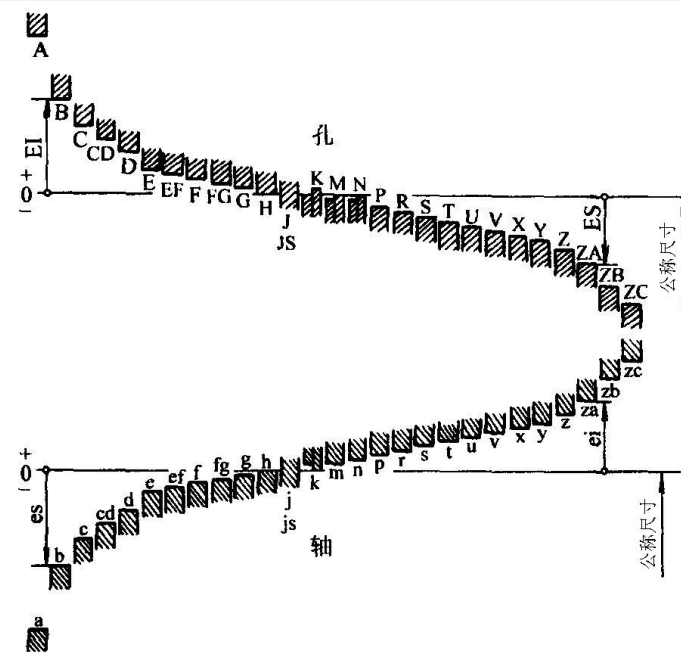
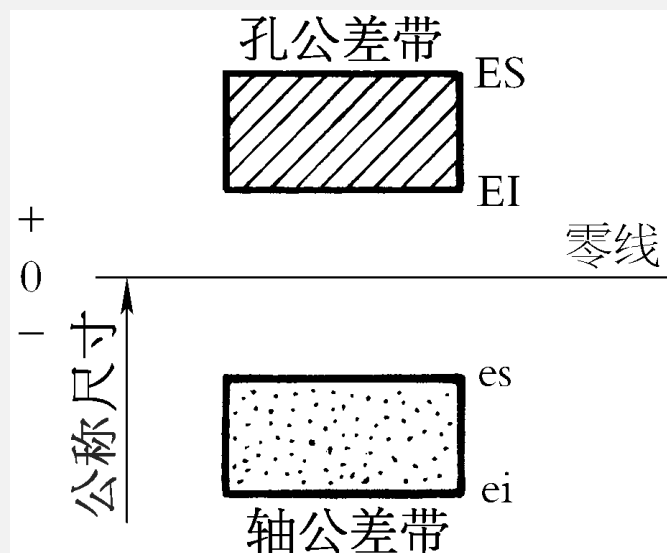
孔、轴基本偏差的对应关系



第三节 基本偏差系列

间隙配合关系式：

- 1) 最大间隙： $X_{\max} = \underline{D_{\max} - d_{\min}} = ES - ei$ ；
- 2) 最小间隙： $X_{\min} = \underline{D_{\min} - d_{\max}} = EI - es$ ；
- 3) 配合公差（间隙公差）： $T_f = \underline{X_{\max} - X_{\min}}$



基本偏差系列



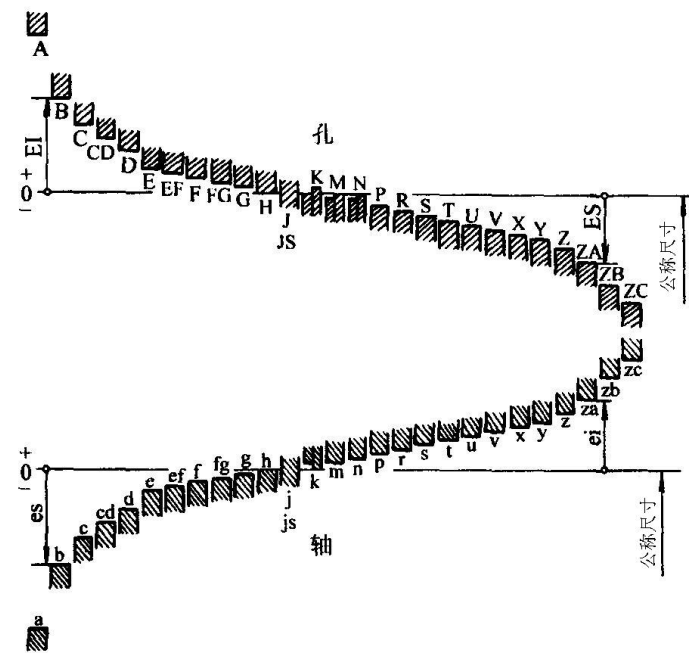
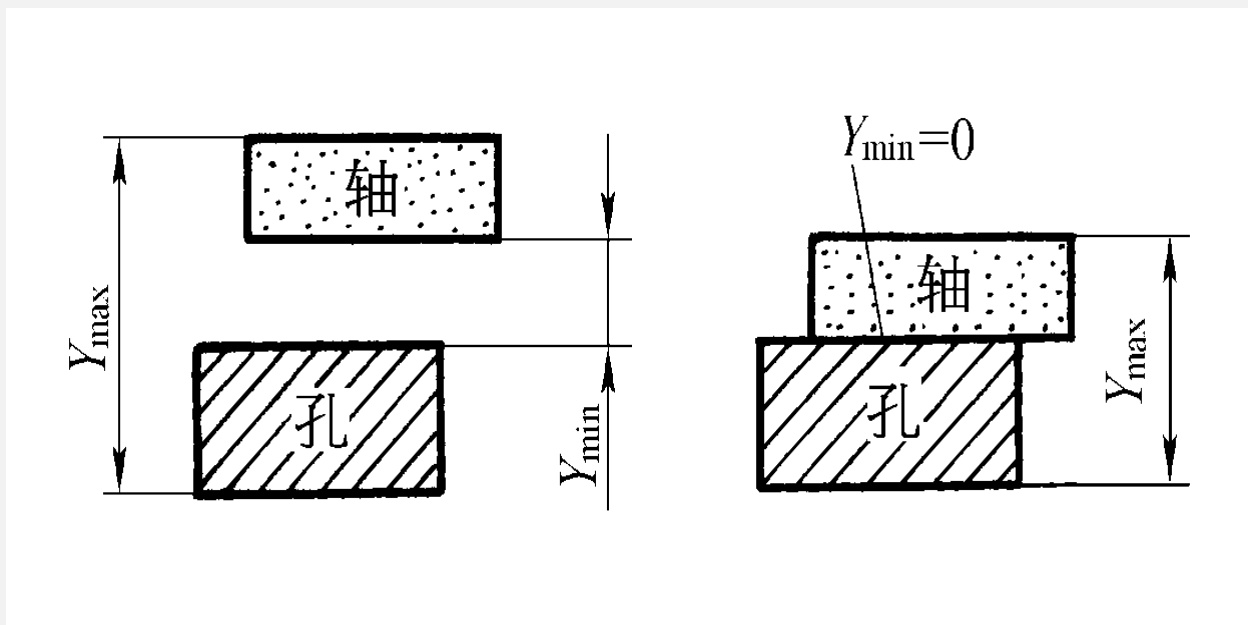
第三节 基本偏差系列

过盈配合关系式：

1) 最大过盈： $Y_{\max} = | \underline{D_{\min}} - \underline{d_{\max}} | = | EI - es |$ ；

2) 最小过盈： $Y_{\min} = | \underline{D_{\max}} - \underline{d_{\min}} | = | ES - ei |$ ；

3) 配合公差（过盈公差）： $T_f = \underline{Y_{\max}} - \underline{Y_{\min}}$ 。



基本偏差系列



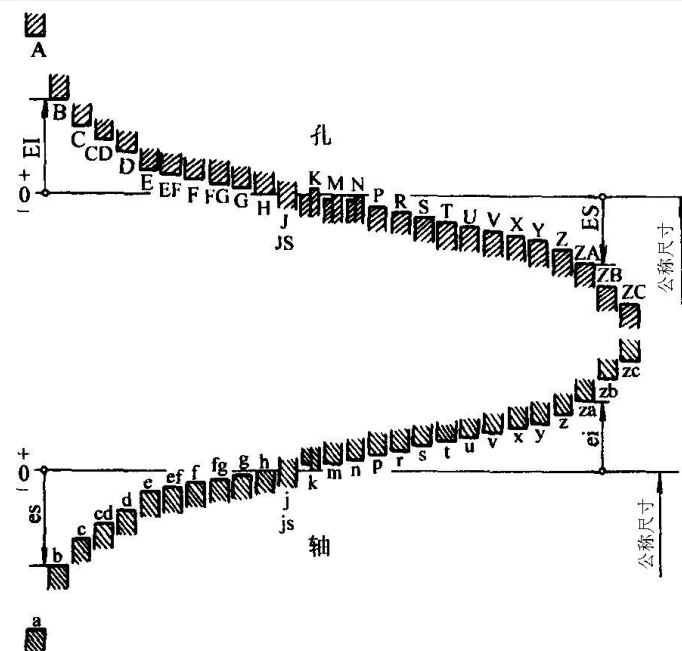
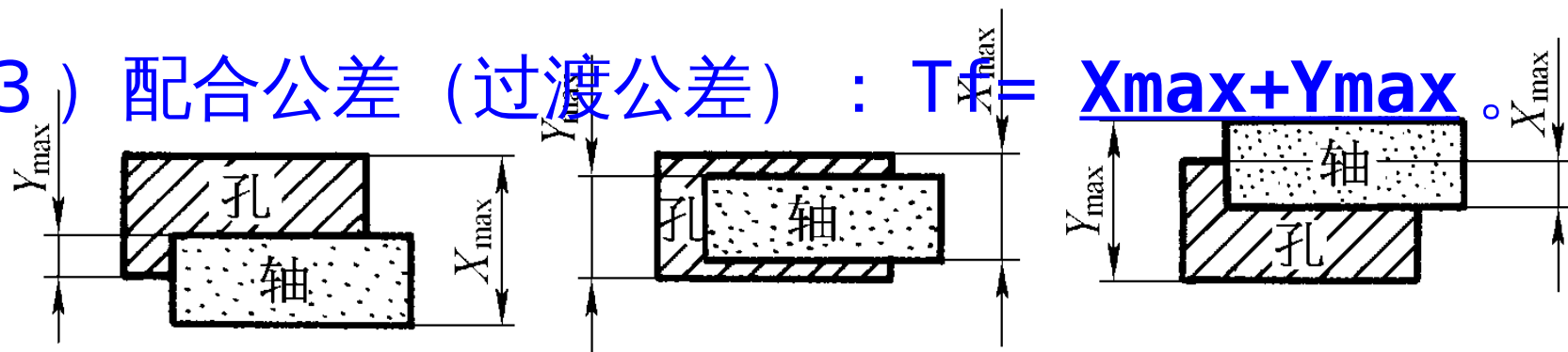
第三节 基本偏差系列

过渡配合关系式：

1) 最大间隙： $X_{\max} = \underline{D_{\max} - d_{\min}} = ES - ei$ ；

2) 最大过盈： $Y_{\max} = | \underline{D_{\min} - d_{\max}} | = | EI - es |$ ；

3) 配合公差（过渡公差）： $T_f = \underline{X_{\max} + Y_{\max}}$ 。



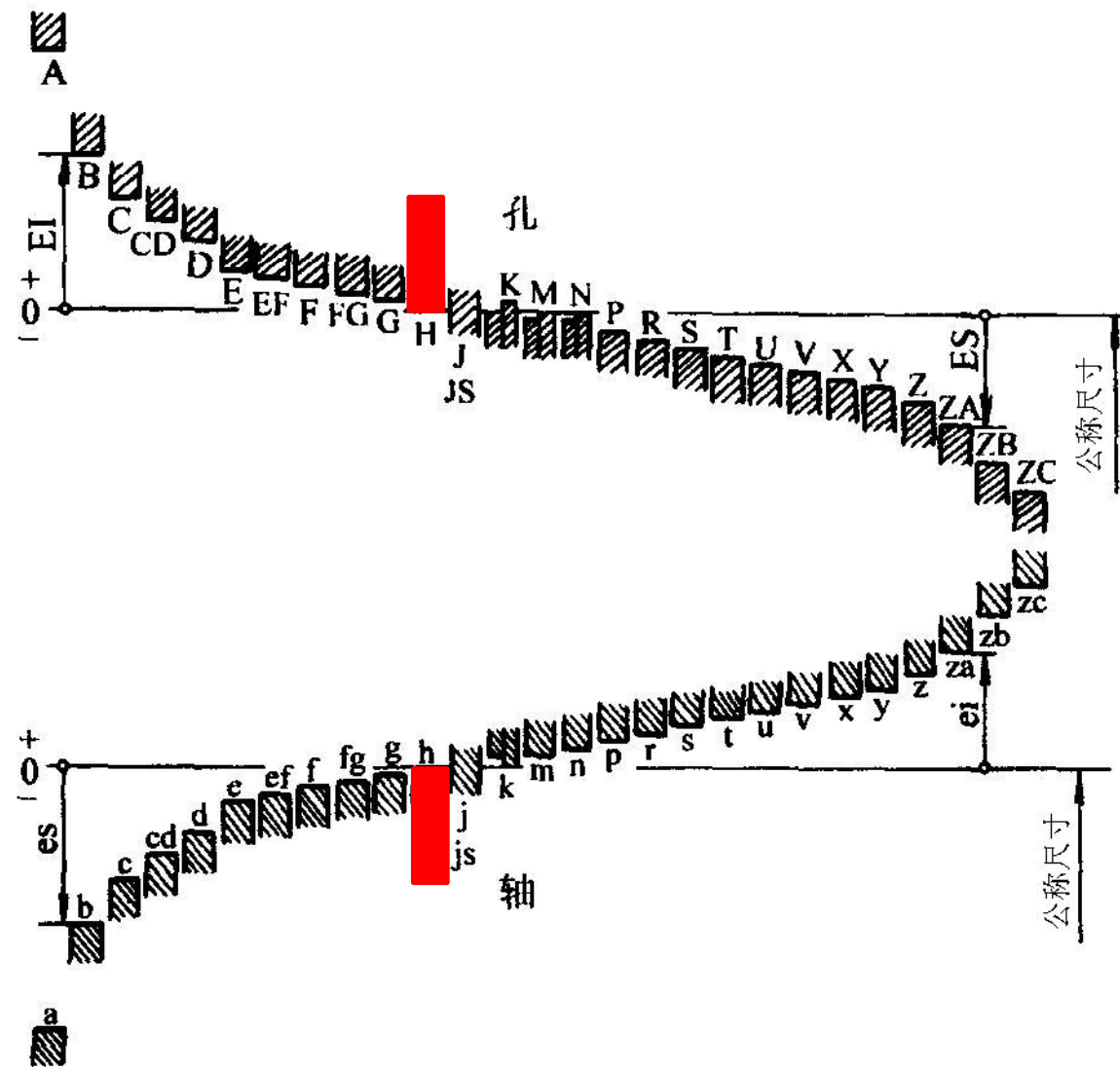
基本偏差系列



第三节 基本偏差系列

孔、轴基本偏差的对应关系

同一字母的孔或轴的基本偏差，
在相应公差等级条件下，按基轴
制形成的配合与按基孔制形成的
配合性质相同。



基本偏差系列



第三节 基本偏差系列

孔、轴基本偏差的对应关系

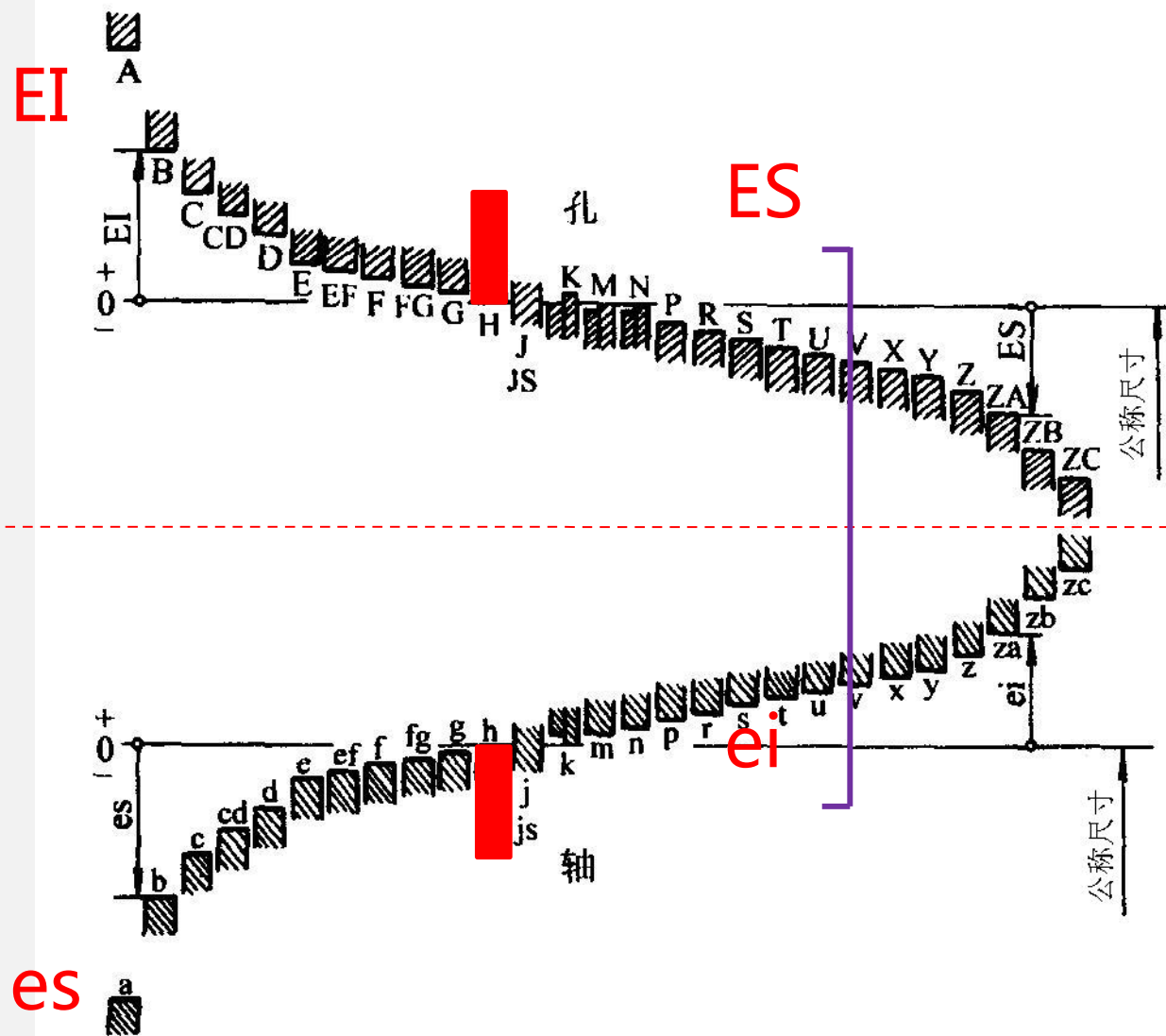
1) 通用规则

同一字母表示的孔、轴基本偏差的绝对值相等，而符号相反，即

$$EI = -es \text{ 或 } ES = -ei$$

例：A/h - H/a

ZC/h - H/zc



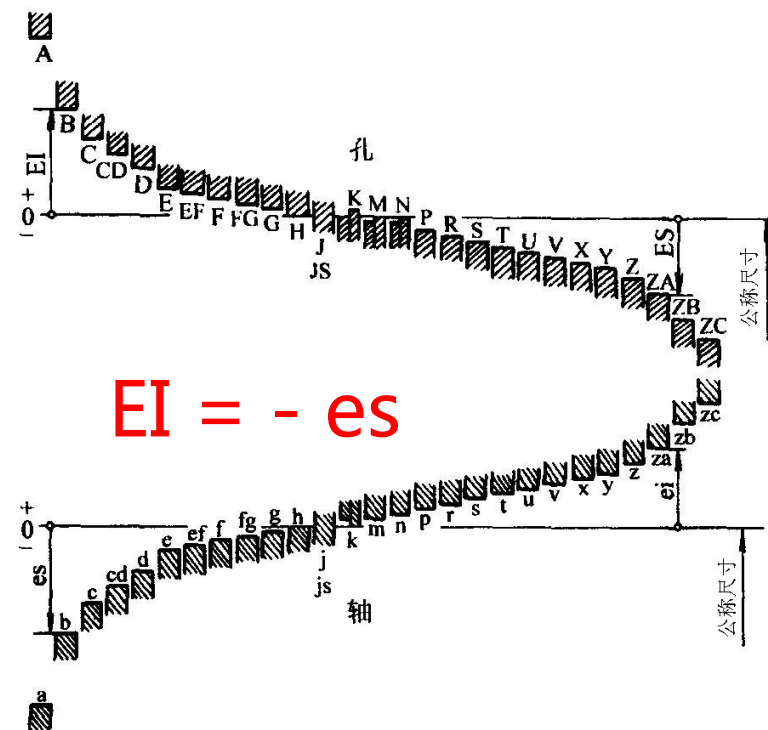
基本偏差系列



第三节 基本偏差系列

$A/h - H/a$ 均为间隙配合：

- 1) 最大间隙： $X_{\max} = \underline{D_{\max}} - \underline{d_{\min}} = ES - ei$ ；
- 2) 最小间隙： $X_{\min} = \underline{D_{\min}} - \underline{d_{\max}} = EI - es$ ；
- 3) 配合公差（间隙公差）： $T_f = \underline{X_{\max}} - \underline{X_{\min}}$



A/h (EI & 基轴制 $es=0$)：

- 1) 最大间隙： $X_{\max} = ES - ei$ ；
- 2) 最小间隙： $X_{\min} = EI - es = EI$ ；
- 3) 配合公差： $T_f = \underline{X_{\max}} - \underline{X_{\min}}$

H/a (基孔制 $EI=0$ & es)：

- 1) 最大间隙： $X_{\max} = ES - ei$ ；
- 2) 最小间隙： $X_{\min} = EI - es = es$ ；
- 3) 配合公差： $T_f = \underline{X_{\max}} - \underline{X_{\min}}$



第三节 基本偏差系列

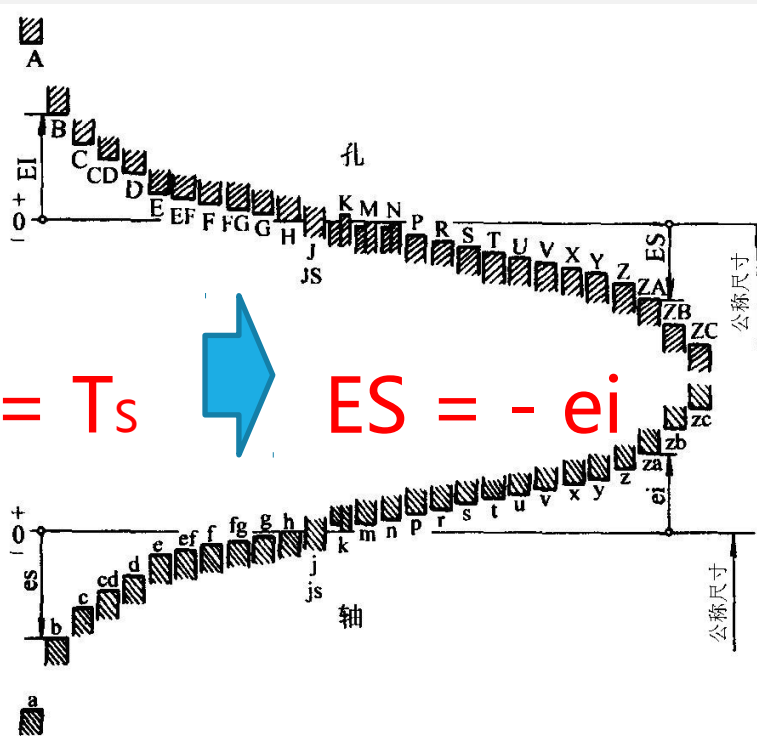
ZC/h – H/zc 均为过盈配合：

- 1) 最大过盈： $Y_{\max} = | \underline{D_{\min}} - \underline{d_{\max}} | = | EI - es |$ ；
- 2) 最小过盈： $Y_{\min} = | \underline{D_{\max}} - \underline{d_{\min}} | = | ES - ei |$ ；
- 3) 配合公差（过盈公差）： $T_f = \underline{Y_{\max}} - \underline{Y_{\min}}$ 。

$$T_H = T_s$$



$$ES = -ei$$



ZC/h (ES & 基轴制 $es=0$)：

1) 最大过盈： $Y_{\max} = | EI | = | ES + T_H$ ；

2) 最小过盈： $Y_{\min} = ES - ei$ ；

3) 配合公差： $T_f = \underline{X_{\max}} - \underline{X_{\min}}$

H/zc (基孔制 $EI=0$ & ei)：

1) 最大过盈： $Y_{\max} = | es | = | ei + T_s$ ；

2) 最小过盈： $Y_{\min} = ES - ei$ ；

3) 配合公差： $T_f = \underline{X_{\max}} - \underline{X_{\min}}$



第三节 基本偏差系列

孔、轴基本偏差的对应关系

2) 特殊规则

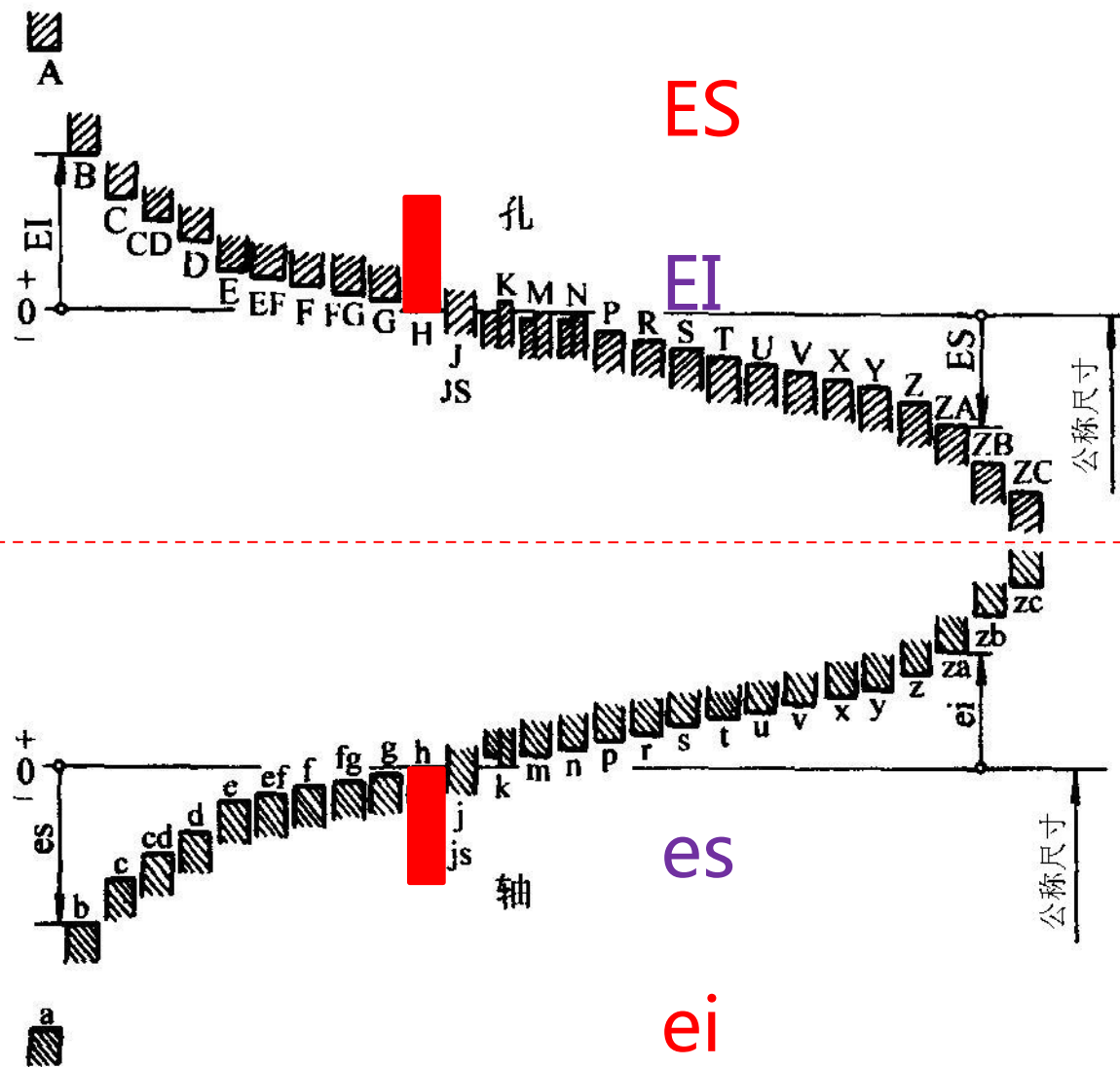
孔、轴基本偏差 ES 与 ei 的符号相反，而绝对值相差一个 Δ 值， Δ 为孔的公差等级比轴的公差等级低一级时，两者标准公差的差值，即

$$ES = -ei + \Delta$$

$$\Delta = IT_n - IT_{n-1}$$

IT_n 孔的标准公差 T_H

IT_{n-1} 比孔高一级轴的标准公差 T_S



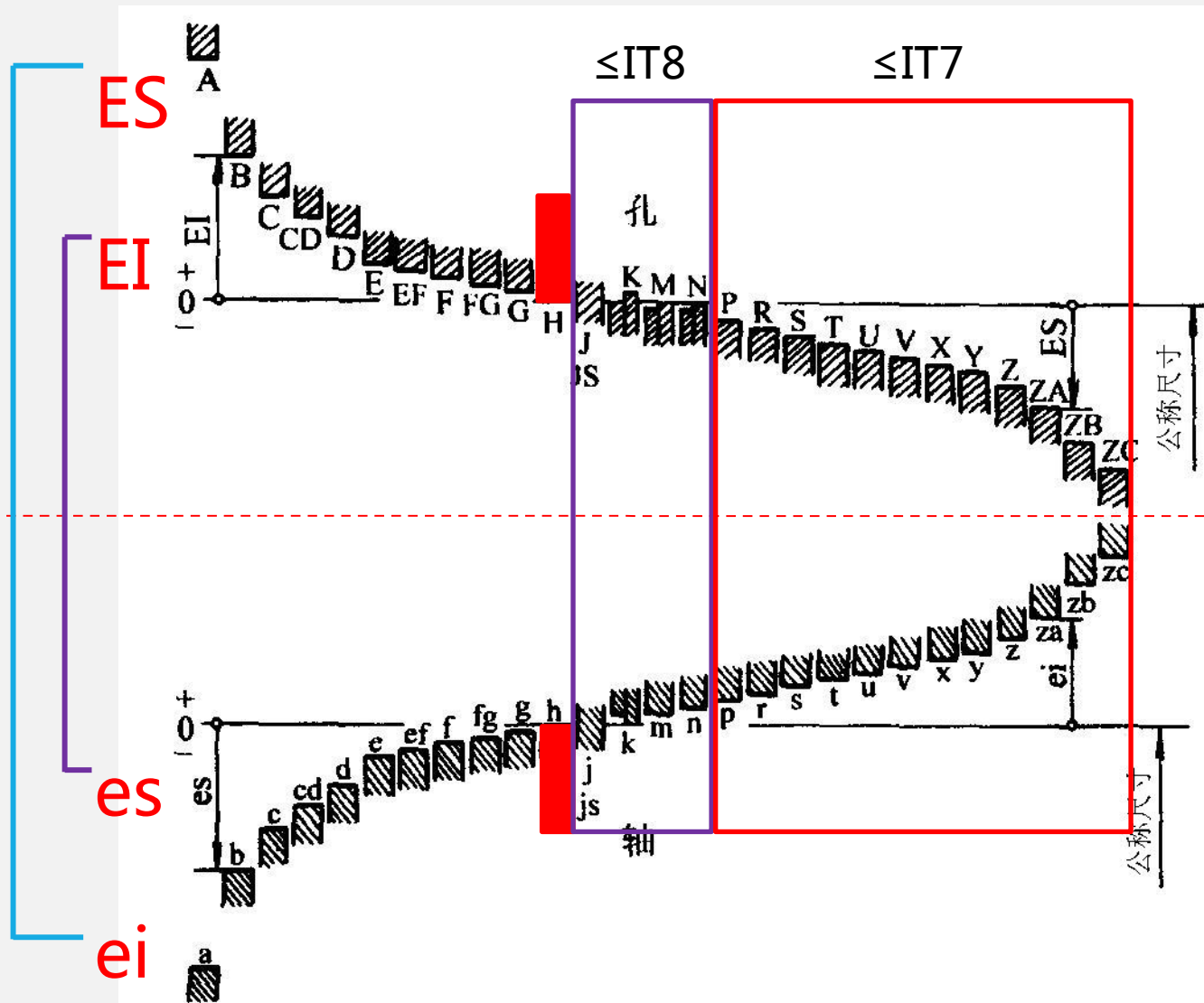
基本偏差系列

孔、轴基本偏差的对应关系

2) 特殊规则

特殊规则的应用范围为：

- ✓ 基本尺寸 $>3\text{mm}$ 至 $\leq 500\text{mm}$, 且标准公差 $\leq \text{IT}8$ 的 J、K、M、N , 以及 $\leq \text{IT}7$ 的 P 到 ZC。
- ✓ 由于此时标准规定 , 按孔的公差等级比轴的公差等级低一级来考虑配合 , 而基轴制配合与相应基孔制配合的最大过盈与最小过盈均应保持不变。



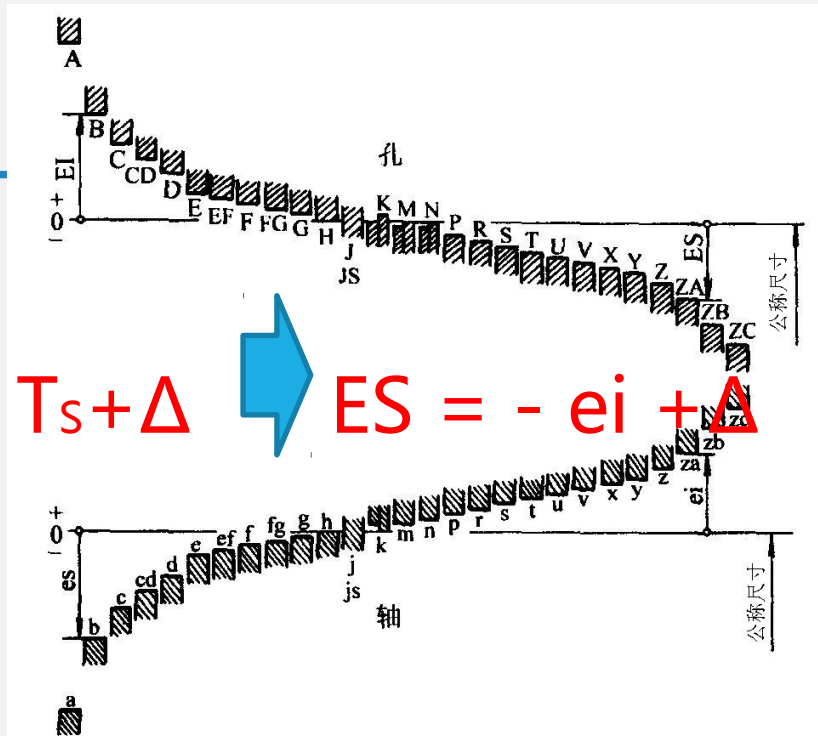
基本偏差系列



第三节 基本偏差系列

ZC/h – H/zc 均为过盈配合：

- 1) 最大过盈： $Y_{\max} = | \underline{D_{\min}} - \underline{d_{\max}} | = | EI - es |$ ； $T_H = T_S + \Delta$ \Rightarrow $ES = -ei + \Delta$
- 2) 最小过盈： $Y_{\min} = | \underline{D_{\max}} - \underline{d_{\min}} | = | ES - ei |$ ；
- 3) 配合公差（过盈公差）： $T_f = \underline{Y_{\max}} - \underline{Y_{\min}}$ 。



ZC/h (ES & 基轴制 $es=0$)：

1) 最大过盈： $Y_{\max} = | EI | = | ES + T_H$ ；

2) 最小过盈： $Y_{\min} = ES - ei$ ；

3) 配合公差： $T_f = \underline{X_{\max}} - \underline{X_{\min}}$

H/zc (基孔制 $EI=0$ & ei)：

1) 最大过盈： $Y_{\max} = | es | = | ei + T_S$ ；

2) 最小过盈： $Y_{\min} = ES - ei$ ；

3) 配合公差： $T_f = \underline{X_{\max}} - \underline{X_{\min}}$



第三节 基本偏差系列

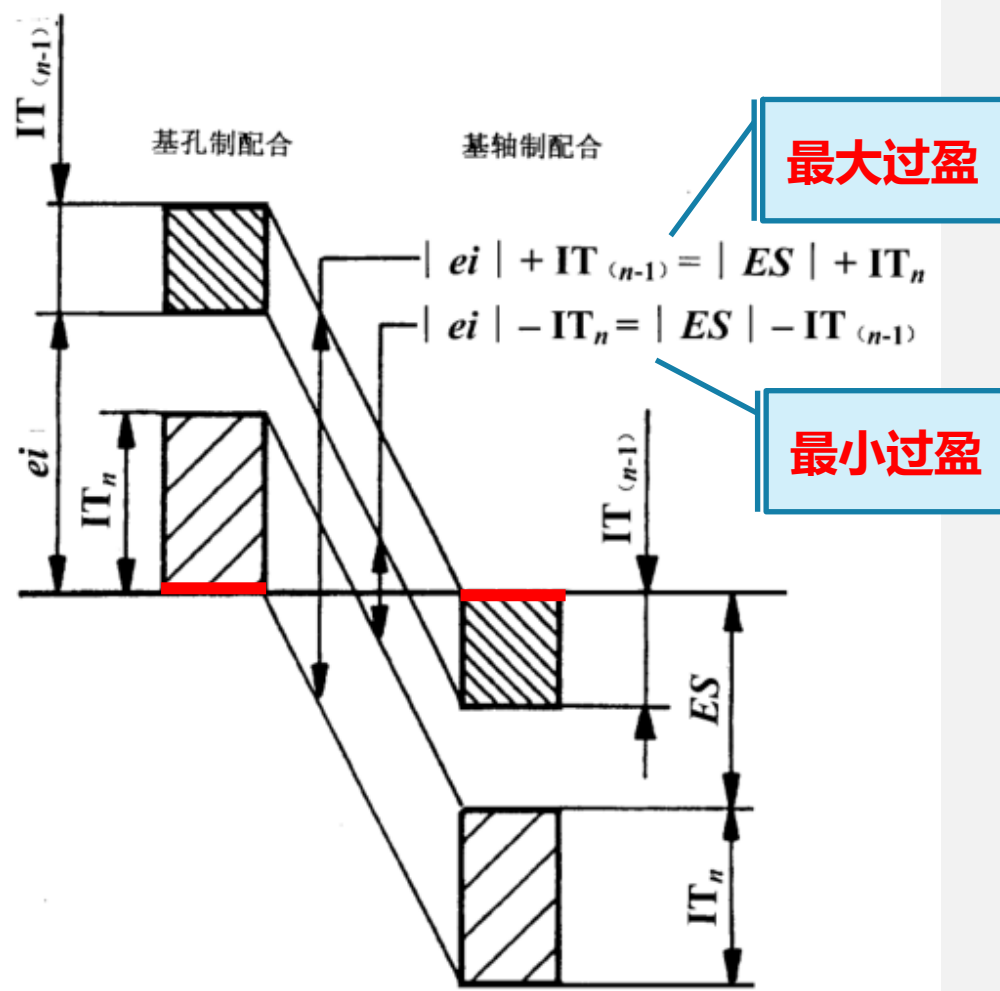
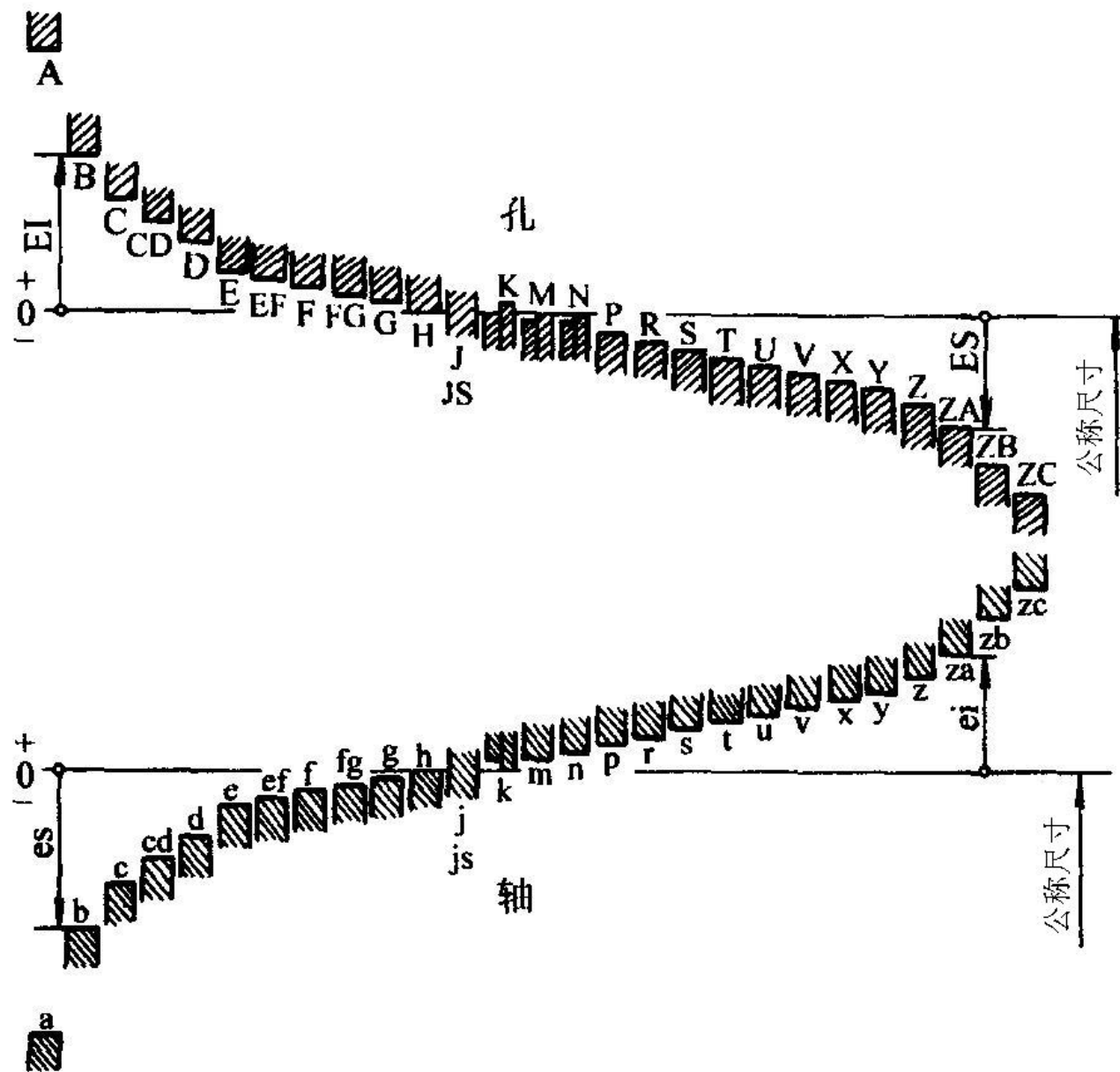
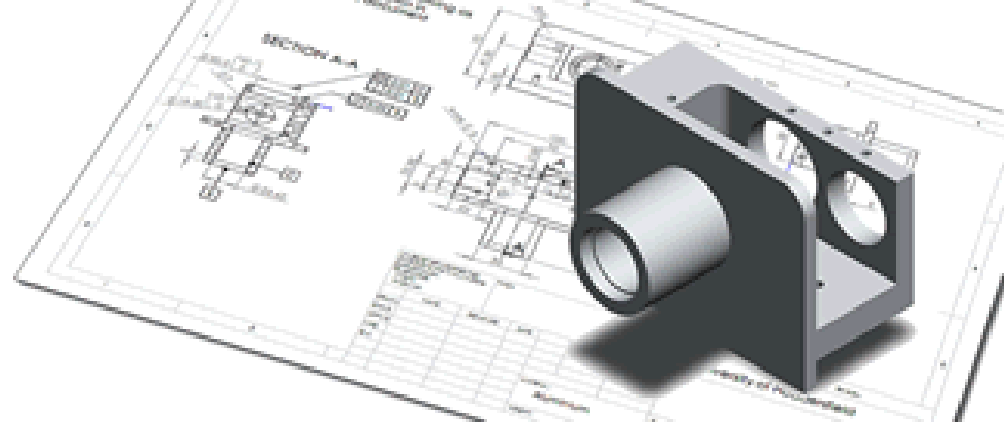


图 3.18 特殊规则





互换性与技术测量



Interchangeability and Technical Measurement



谢谢！