



9.4 零件图中的技术要求

- ❖ 极限与配合
- ❖ 几何公差
- ❖ 表面结构的表示法





零件图作为生产机器零件的重要技术文件，还必须具备制造该零件时应该达到的一些制造要求，一般称为**技术要求**。

技术要求主要包括：极限与配合、几何公差、零件的表面结构要求、材料及其热处理和表面要求等。

本节介绍**极限与配合、几何公差、表面结构**要求的基本含义及在视图上的标注方法。





极限与配合

在零件加工过程中，由于机床精度、刀具磨损、测量误差等因素的影响，不可能也不必要将零件的尺寸做得绝对准确，实际生产与理想设计的零件总会存在误差。

机器的装配过程中，组成机器的零件之间也有一定的松紧配合要求，这种要求也需要由零件的尺寸偏差来满足。

国家标准《GB/T 1800.1-2009 产品几何技术规范（GPS）极限与配合》和《GB/T 4458.5-2003 尺寸公差与配合注法》，保证了零件的互换性和制造精度，以此满足高效率的专业化生产和协作要求。



极限与配合

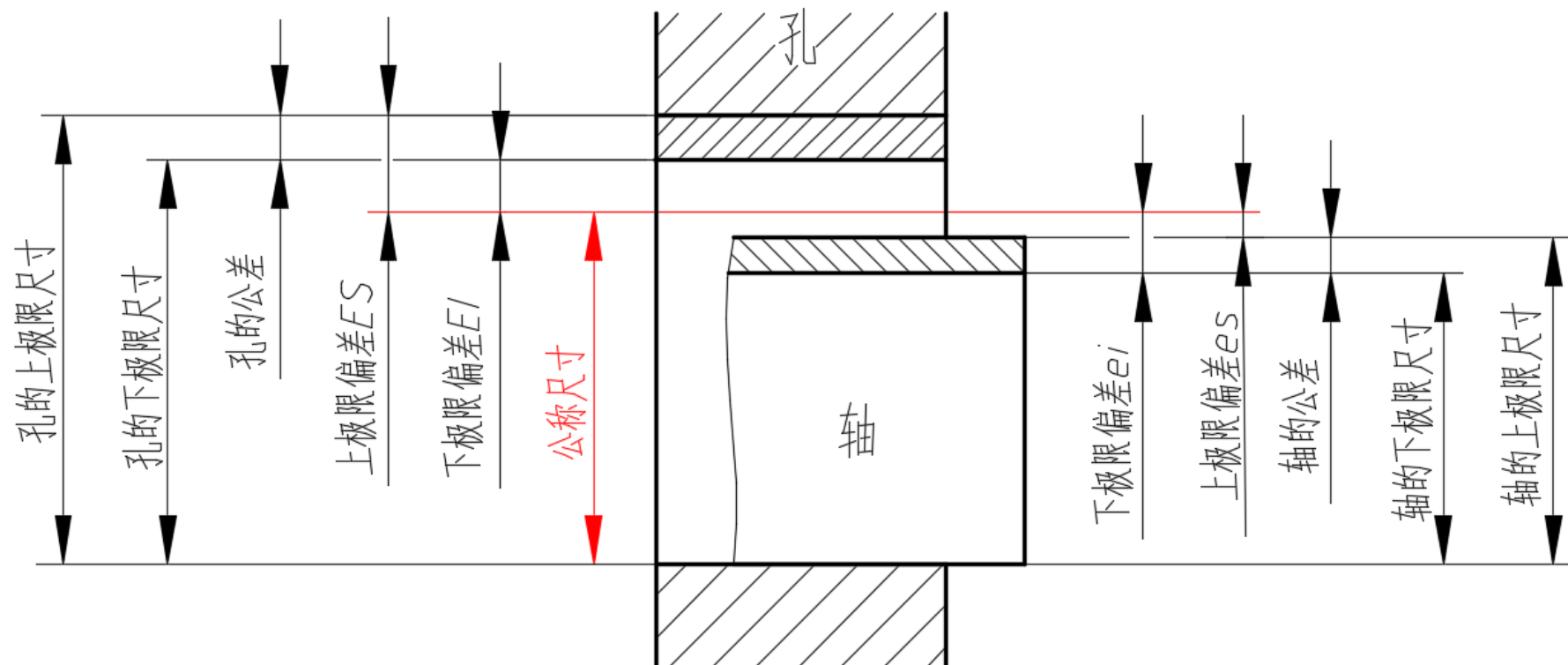
极限与配合基于零件的互换性要求。

所谓互换性是指在相同规格的零件中任选一个零件，不需经过任何修配，便能直接装配（或更换）到机器上，并达到设计的松紧配合要求，使机器正常运转或者能够保持其原有的性能。零件的互换性为机器装配和维修带来方便，更为现代化、大批量生产提供了可能。





极限与配合——相关术语

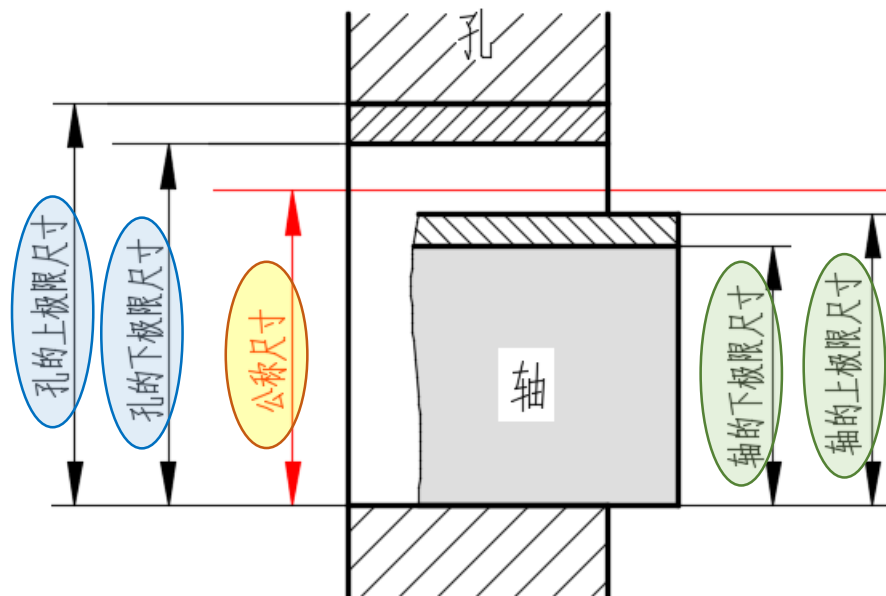




极限与配合——相关术语

(1) 公称尺寸

公称尺寸是由设计确定的理想形状要素的尺寸。一般根据零件的功能、强度、结构和工艺要求，通过设计计算或经验来确定。



(2) 极限尺寸

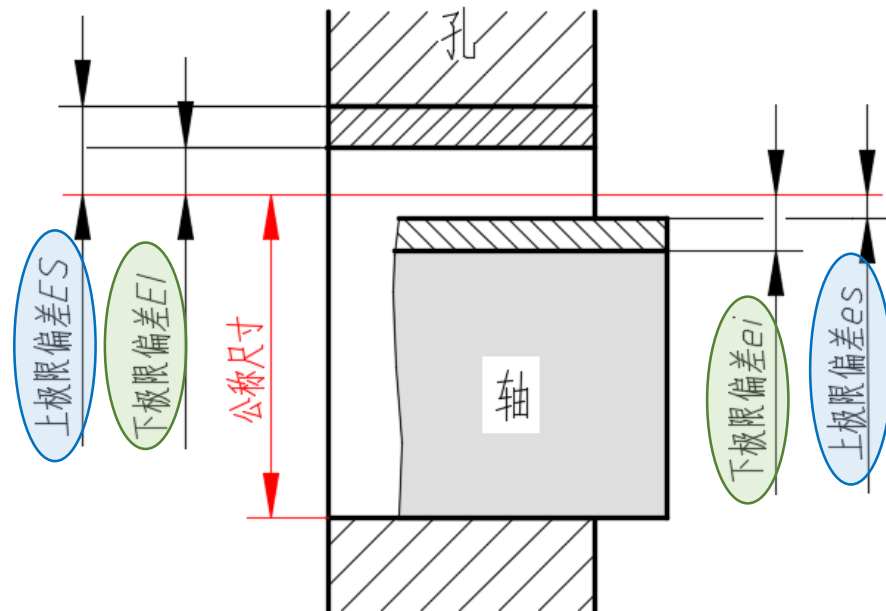
极限尺寸是制造时允许尺寸变动所能达到的两个极限值。最大允许尺寸称为上极限尺寸，最小允许尺寸称为下极限尺寸。实际尺寸位于这两个极限尺寸之间即为合格。



极限与配合——相关术语

(3) 极限偏差

极限尺寸减去公称尺寸得到的代数差即为极限偏差。极限偏差分为上极限、下极限偏差。



上极限偏差 (ES 或 es) = 上极限尺寸-公称尺寸

下极限偏差 (EI 或 ei) = 下极限尺寸-公称尺寸

极限偏差数值可以是正值、负值或零。

国家标准规定，孔的上、下极限偏差代号分别用大写字母 ES 、 EI 表示，轴的上、下极限偏差代号分别用小写字母 es 、 ei 表示。



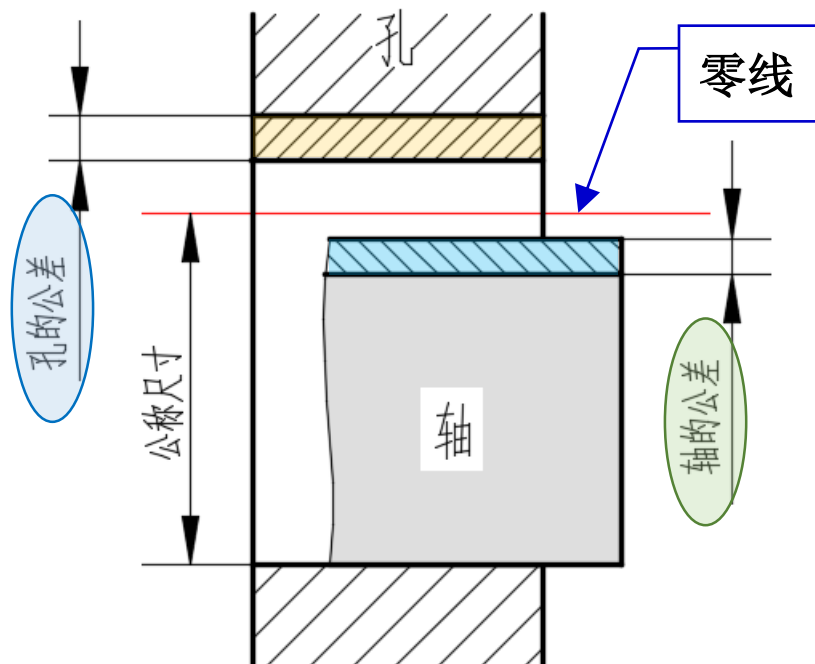
极限与配合——相关术语

(4) 尺寸公差（简称公差）

尺寸公差是允许的尺寸变动量。

尺寸公差是一个绝对值。

$$\begin{aligned}\text{尺寸公差} &= \text{上极限尺寸} - \text{下极限尺寸} \\ &= \text{上极限偏差} - \text{下极限偏差}\end{aligned}$$



(5) 零线

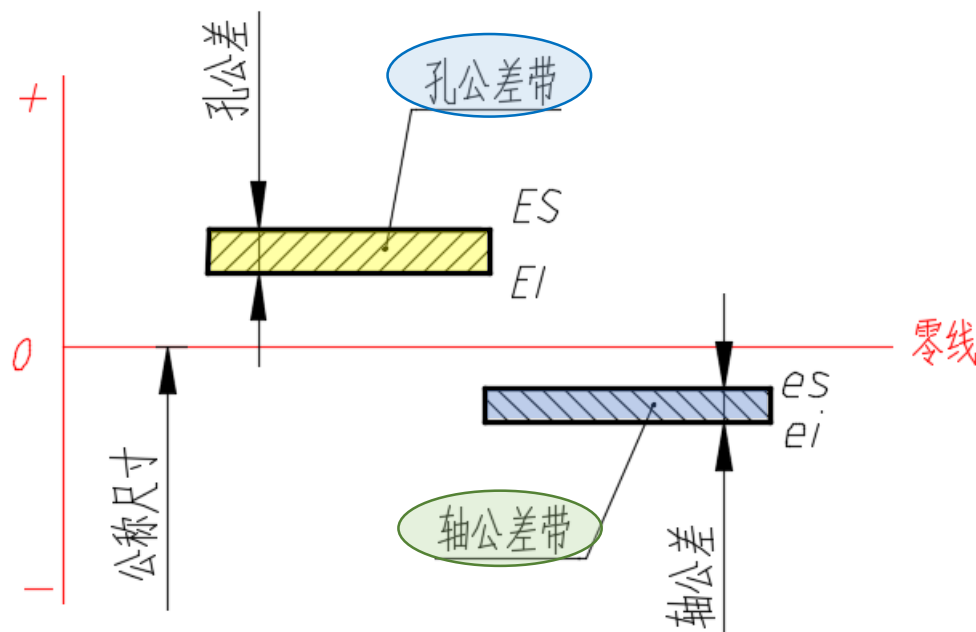
零线是在极限与配合的图示中表示公称尺寸的一条直线，以其为基准来确定偏差的位置。通常，零线沿水平方向绘制，正偏差位于零线之上，负偏差位于零线之下。



极限与配合——相关术语

(6) 公差带和公差带图

公差带是表示公差大小相对于零线位置的一个带状区域。为简化起见，由代表上极限偏差和下极限偏差的两条直线围成的一个矩形框图表示。在公差带图中，上、下极限偏差的距离应成比例，公差带方框的左右方向长度根据需要任意确定。



公差带图



极限与配合——相关术语

(7) 公差等级

确定尺寸精确程度的等级。标准公差等级代号由符号IT和阿拉伯数字组成，分IT01、IT0、IT1~IT18共20级。“IT”表示标准公差，数字表示公差等级。同一公称尺寸，从IT01到IT18，尺寸的精确程度依次降低。IT01公差数值最小，精度最高；IT18公差数值最大，精度最低。





极限与配合——相关术语

(8) 标准公差

国家标准《GB/T 1800.1-2009极限与配合制》将公差数值标准化、系列化，形成**标准公差**。标准公差用符号IT表示。

标准公差=上极限偏差-下极限偏差

IT=ES-EI（孔用）

IT=es-ei（轴用）

标准公差的数值由公称尺寸和公差等级来确定。**对于一定的公称尺寸，公差等级愈高，标准公差愈小，尺寸的精确程度愈高。**
公称尺寸和公差等级相同的孔和轴，它们的标准公差值相等。



极限与配合——相关术语

标准公差数值（节选自**GB/T 1800.1-2009**）

公称尺寸 /mm		标准公差等级									
		IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13
大于	到	μm								mm	
--	3	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14
3	6	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18
6	10	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22
10	18	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27
18	30	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33
3	50	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39
50	80	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46
80	120	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54
120	180	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63
180	250	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72
250	315	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81

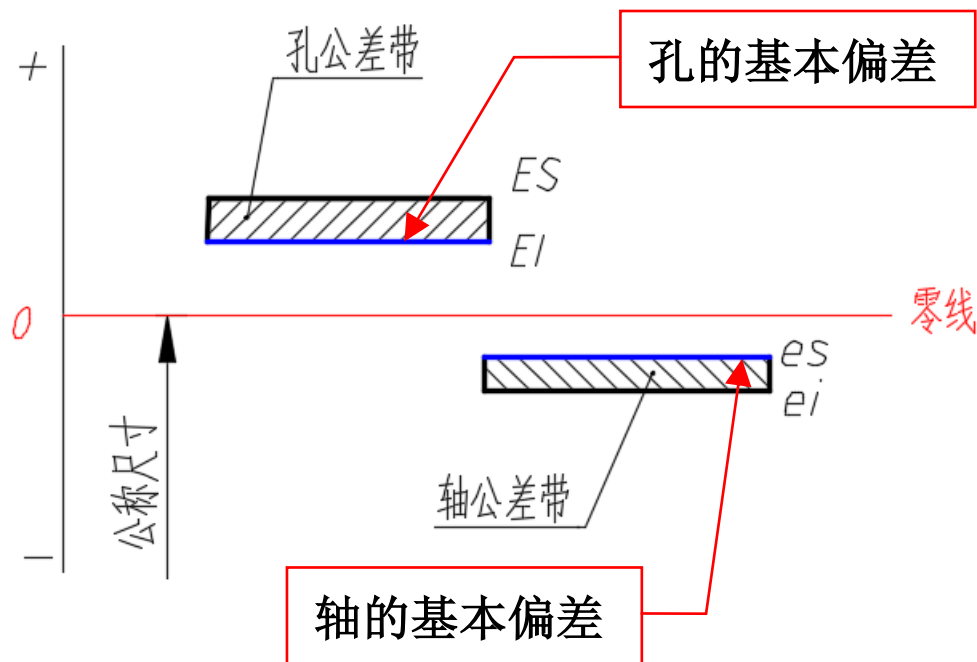


极限与配合——相关术语

(9) 基本偏差

确定公差带相对零线位置的极限偏差称为基本偏差。它可以是上极限偏差或下极限偏差，一般是指靠近零线的那个极限偏差。

图示的公差带图中，孔的基本偏差为下极限偏差 EI ；轴的基本偏差为上极限偏差 es 。





极限与配合——相关术语

(9) 基本偏差

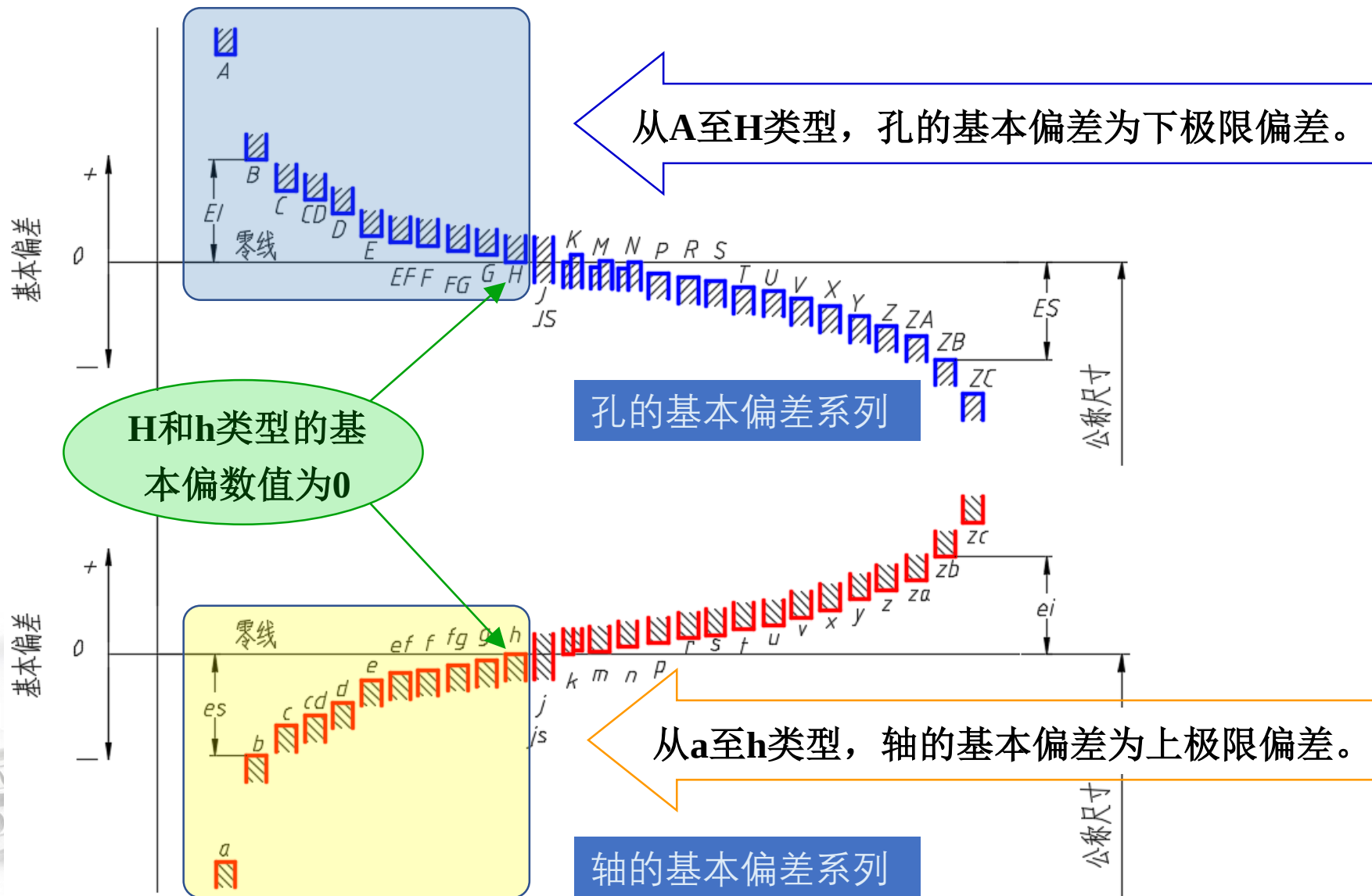
根据实际需要，国家标准《GB/T 1800.1-2009极限与配合制》分别对孔和轴各规定了28个不同类型的基本偏差，每一种基本偏差用一个基本偏差代号表示。

孔的基本偏差代号用大写字母A, B, C, CD, DX, Y, Z, ZA, ZB, ZC表示；

轴的基本偏差代号用小写字母a, b, c, cd, dx, y, z, za, zb, zc表示。



极限与配合——相关术语——基本偏差系列图表





极限与配合——相关术语——基本偏差系列图表

偏差类型决定了公差带在公差图中的位置，当公差带位于零线上方时，基本偏差为下极限偏差；当公差带位于零线下方时，基本偏差为上极限偏差。基本偏差的数值需查阅轴、孔基本偏差数值表（GB/T1800.3-2009）。

JS和js没有基本偏差，其上、下极限偏差以零线对称。

基本偏差系列图只表示公差带的位置，不表示公差带的大小，因此表示公差带的矩形是开口的，开口的另一端由标准公差限定。如果基本偏差和标准公差等级确定了，那么孔和轴的公差带位置和大小就确定了。

轴的基本偏差数值（摘自GB/T1800.3-2009） 单位： μm

基本偏差	上极限偏差（es）						下极限偏差（ei）					
	d	e	f	g	h	js	j		k	m	n	p
公差等级 公称尺寸mm	所有标准公差等级						IT5~6	IT7	IT4~7	所有标准公差等级		
>3~6	-30	-20	-10	-4	0	偏差 = ± IT/2	-2	-4	+1	+4	+8	+12
>6~10	-40	-25	-13	-5			-2	-5	+1	+6	+10	+15
>10~18	-50	-32	-16	-6			-3	-6	+1	+7	+12	+18
>18~30	-65	-40	-20	-7			-4	-8	+2	+8	+15	+22
>30~50	-80	-50	-25	-9			-5	-10	+2	+9	+17	+26
>50~80	-100	-60	-30	-10			-7	-12	+2	+11	+20	+32
>80~120	-120	-72	-36	-12			-9	-15	+3	+13	+23	+37

孔的基本偏差数值（摘自GB/T1800.3-2009） 单位： μm

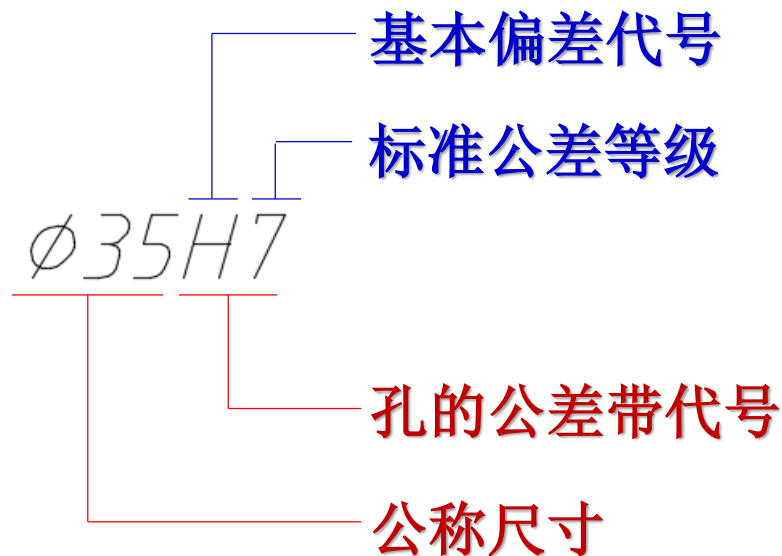
基本偏差	下极限偏差（EI）				上极限偏差（ES）						Δ		
	F	G	H	JS	J			K	M	N			
公称尺寸mm \ 公差等级	所有标准公差等级				IT6	IT7	IT8	$\leq \text{IT8}$			IT6	IT7	IT8
>3~6	+10	+4	0	偏差 = $\pm \text{IT}/2$	+5	+6	+10	-1+ Δ	-4+ Δ	-8+ Δ	3	4	6
>6~10	+13	+5			+5	+8	+12	-1+ Δ	-6+ Δ	-10+ Δ	3	6	7
>10~18	+16	+6			+6	+10	+15	-1+ Δ	-7+ Δ	-12+ Δ	3	7	9
>18~30	+20	+7			+8	+12	+20	-2+ Δ	-8+ Δ	-15+ Δ	4	8	12
>30~50	+25	+9			+10	+14	+24	-2+ Δ	-9+ Δ	-17+ Δ	5	9	14
>50~80	+30	+10			+13	+18	+28	-2+ Δ	-11+ Δ	-20+ Δ	6	11	16
>80~120	+36	+12			+16	+22	+34	-3+ Δ	-13+ Δ	-23+ Δ	7	13	19



极限与配合——尺寸公差的注写

尺寸公差的标注一般有三种形式：

形式一：标注公差代号。直接在公称尺寸后面标注出公差带代号，两者字高相同。这种注法适用于大批量生产，也便于与装配图对照。

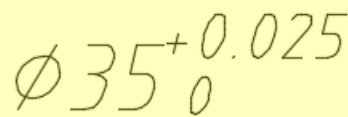




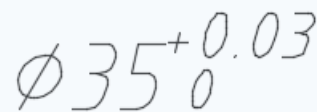
极限与配合——尺寸公差의注写

形式二：标注极限偏差。将上、下极限偏差数值在公称尺寸后面注出。这种标注形式数值直观，便于测量。注写时应注意以下几点：

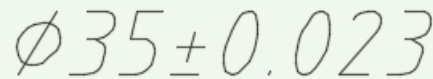
(1) 下极限偏差注写在公称尺寸的同一直线上，上极限偏差注写在公称尺寸的右上方，上、下极限偏差的小数点对齐。偏差值的字号比公称尺寸数字字体小一号。某一偏差为零时，用数字“0”标出，并与另一偏差的个位数对齐。


$$\phi 35^{+0.025}_0$$

(2) 小数点后右端的“0”一般不予标出。


$$\phi 35^{+0.03}_0$$

(3) 当上、下极限偏差相等时，仅写出一个数值，字高与公称尺寸相同，数值前面加“±”。


$$\phi 35 \pm 0.023$$



极限与配合——尺寸公差的注写

形式三：在公称尺寸后面标注公差带代号，同时在公差带代号后面圆括号中注出上下极限偏差数值。这种标注兼具前两者优点。

$$\phi 35H7 \left(\begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$$





极限与配合——尺寸公差的应用示例一

已知某零件上孔公称直径为 $\Phi 65$ ，公差带代号为H7，请确定其上、下极限偏差及上、下极限尺寸，以三种形式标注该孔的尺寸公差，并画出其公差带图。

解答思路：已知公称尺寸为 $\Phi 65\text{mm}$ ，公差等级为7级，基本偏差类型为H。（1）根据公称尺寸和公差等级，查表确定标准公差值；（2）根据公称尺寸和基本偏差类型代号，查表确定基本偏差数值。





极限与配合——尺寸公差的应用示例一

(1)：查“标准公差数值表”可知：当公称尺寸在>50~80段内，公差等级7级所对应的标准公差IT=30 μ m。

公称尺寸 /mm		标准公差等级									
		IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13
大于	到					μ m				mm	
18	30	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33
30	50	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39
50	80	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46
80	120	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54
120	180	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63
180	250	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72
250	315	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81



极限与配合——尺寸公差的应用示例一

(2) : H类型的基本偏差为下极限偏差, 偏差数值 $EI=0$ 。

(3) : 求孔的上极限偏差 ES 。

标准公差: $IT=ES-EI$,

因此有: $ES=IT+EI$

$$=30+0$$

$$=30 (\mu m) = 0.030mm$$

(4) : 孔的上极限尺寸= 公称尺寸+上极限偏差

$$=\Phi 65 + 0.03 = \Phi 65.003$$

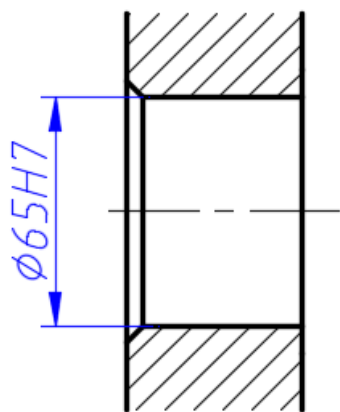
孔的下极限尺寸= 公称尺寸+下极限偏差

$$=\Phi 65 + 0 = \Phi 65$$

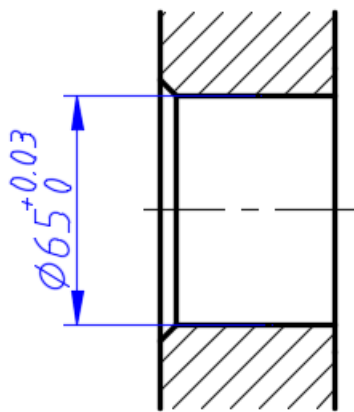




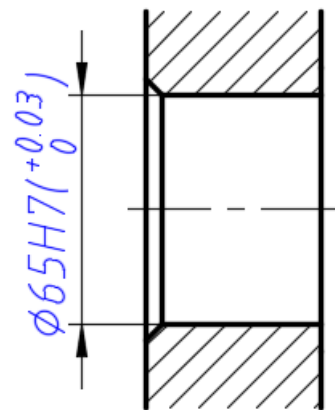
极限与配合——尺寸公差的应用示例一



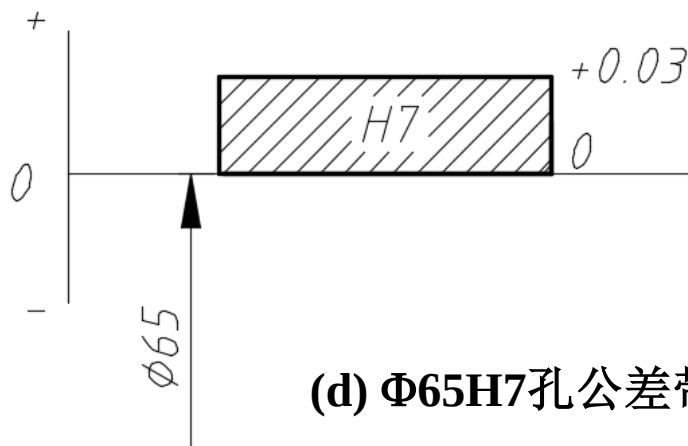
(a) 标注形式一



(b) 标注形式二



(c) 标注形式三



(d) $\Phi 65H7$ 孔公差带图



极限与配合——尺寸公差的应用示例二

例：查表确定轴 $\Phi 65k6$ 的极限偏差。

解：

(1) 公称尺寸为65mm，公差等级为IT6时，查“标准公差数值表”可知：当公称尺寸在 $>50\sim 80$ 段内，公差等级6级所对应的标准公差 **$IT=19\mu m$** 。





极限与配合——尺寸公差的应用示例二

(2) 轴的偏差类型 k ，查轴的基本偏差数值表可知：

基本偏差为**下极限偏差**，对于公称尺寸 $\Phi 65$ ，下极限偏差数值： **$ei=+2\mu m$** 。

轴的基本偏差数值（摘自GB/T1800.3-2009） 单位： μm

基本偏差		上极限偏差（es）					下极限偏差（ei）						
		d	e	f	g	h	js	j		 k	m	n	p
公差等级 公称尺寸mm	所有标准公差等级						IT5~6	IT7	IT4~7	所有标准公差等级			
	>10~18	-50	-32	-16	-6	0	偏差 = ± IT/2	-3	-6	+1	+7	+12	+18
	>18~30	-65	-40	-20	-7			-4	-8	+2	+8	+15	+22
	>30~50	-80	-50	-25	-9			-5	-10	+2	+9	+17	+26
	>50~80	-100	-60	-30	-10			-7	-12	+2	+11	+20	+32



极限与配合——尺寸公差的应用示例二

(3) 根据: $IT = es - ei$

$$IT = 19, \quad ei = +2$$

$$es = IT + ei = 19 + 2 = 21 \text{ (}\mu\text{m)}$$

结论: $\Phi 65k6$ 轴的上极限偏差 $es = 0.021$, 下极限偏差 $ei = 0.002$,

可标记为 $\Phi 65_{+0.002}^{+0.021}$ 或 $\Phi 65k6\left(\begin{smallmatrix} +0.021 \\ +0.002 \end{smallmatrix}\right)$



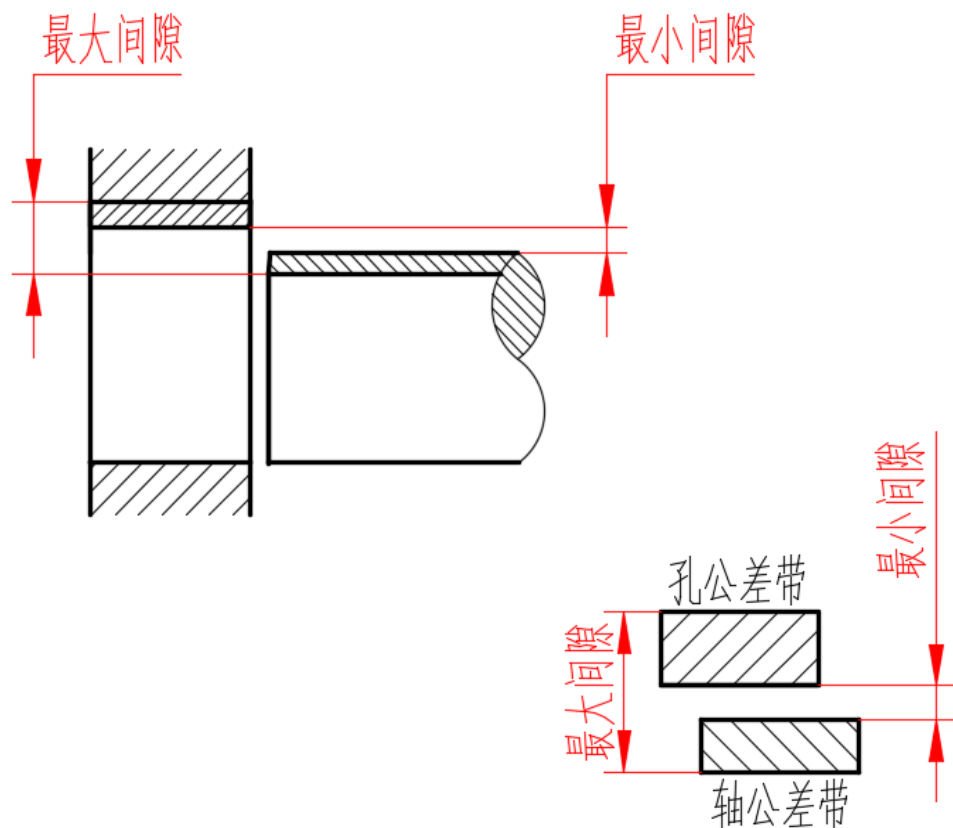


极限与配合——配合

配合是指公称尺寸相同的孔和轴相互结合时的公差带之间的关系，体现孔和轴相结合的松紧程度。根据机器的设计和工艺要求，配合有以下三种类型：

(1) 间隙配合

保证具有间隙（包括最小间隙为0）的配合称为间隙配合。此时**孔的公差带在轴的公差带之上**，轴在孔中可自由转动。当相互配合的两个零件需要相对运动或者无相对运动但要求拆卸非常方便时，采用间隙配合。

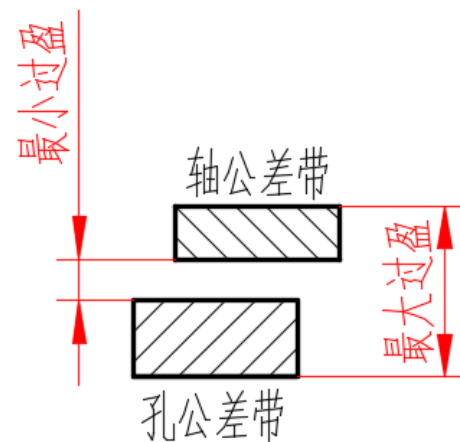
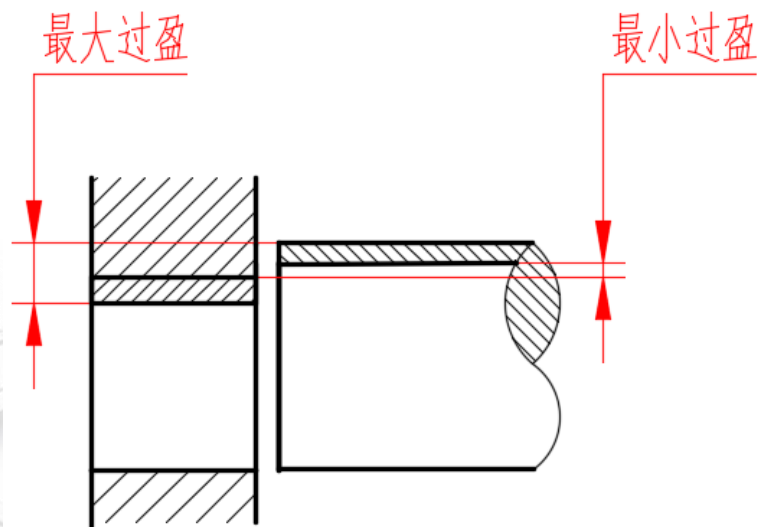




极限与配合——配合

(2) 过盈配合

保证具有过盈（包括最小过盈为0）的配合称为过盈配合。此时**轴的公差带在孔的公差带之上**，即孔的实际尺寸小于（或等于）轴的实际尺寸，孔和轴在装配后不能作相对运动。当相互配合的两个零件要求牢固连接、保持相对静止，采用过盈配合。

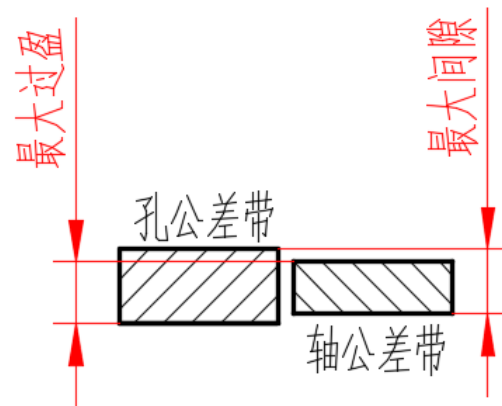
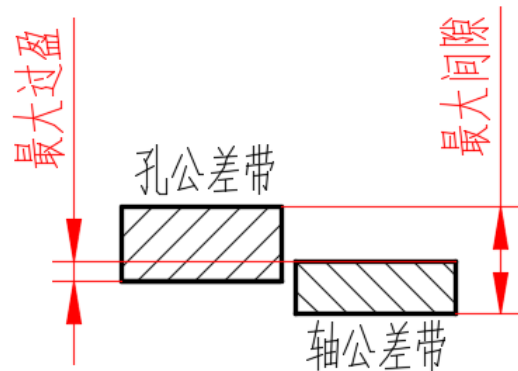
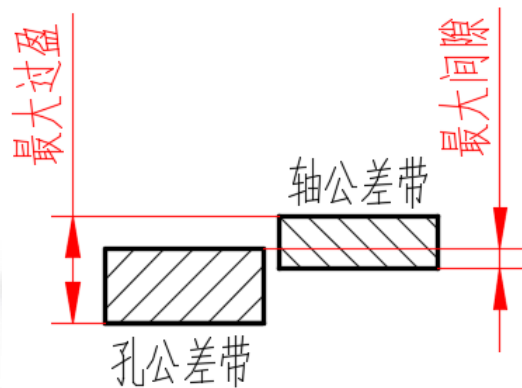




极限与配合——配合

(3) 过渡配合

可能出现过盈或间隙的配合称为过渡配合。此时孔和轴的公差带相互重叠，即孔的实际尺寸可能大于、小于或等于轴的实际尺寸。当相互配合的两个零件不允许有相对运动、轴孔对中性好，但又须拆卸时，采用过渡配合。





极限与配合——配合

尺寸公差应用的两个例子，其中：

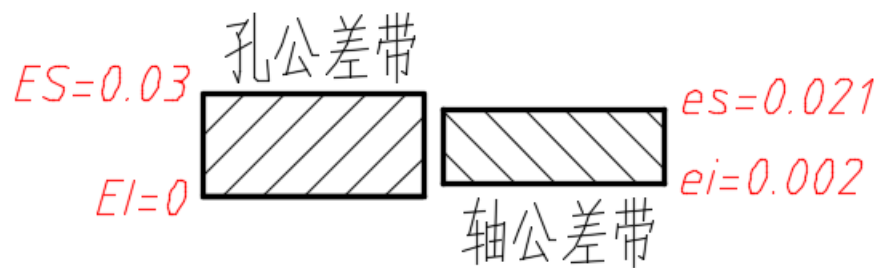
孔 $\phi 65H7$ 的极限偏差为： $ES=0.03$

$EI=0$

轴 $\phi 65k6$ 的极限偏差为： $es=0.021$

$ei=0.002$

孔、轴公差带图如下：



孔、轴公差带有重叠，因此，将该孔、轴装配后形成过渡配合。



极限与配合——配合制

在制造相互配合的零件时，使其中一种零件作为基准件，它的基本偏差固定，通过改变另一种零件的偏差来获得不同性质的配合。这样统一基准件的极限偏差，可以达到减少定位刀具和量具规格的数量。





极限与配合——配合制

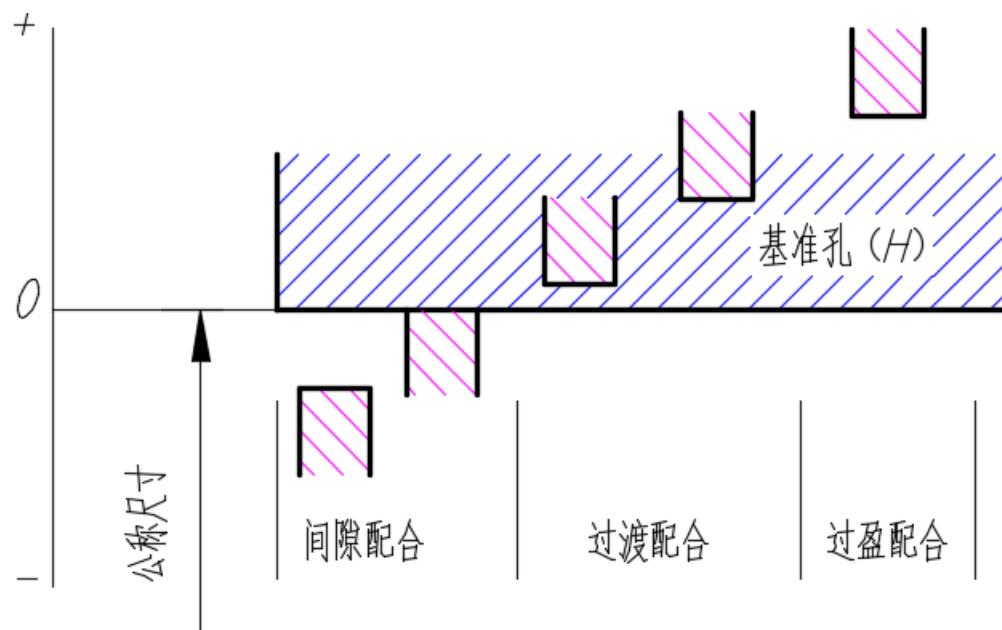
为了满足实际生产的需要。国家标准规定了两种配合制，基孔制和基轴制。一般应优先选用基孔制。因为通常加工孔（内表面）的难度比加工轴（外表面）大，其次改变孔的尺寸需要改变刀具、量具的数量，而改变轴的尺寸通常仅需改变刀具、量具的数量，因此选用基孔制配合可以减少备用的定制孔用刀具、量具的种类，经济效益比较好。





极限与配合——配合制

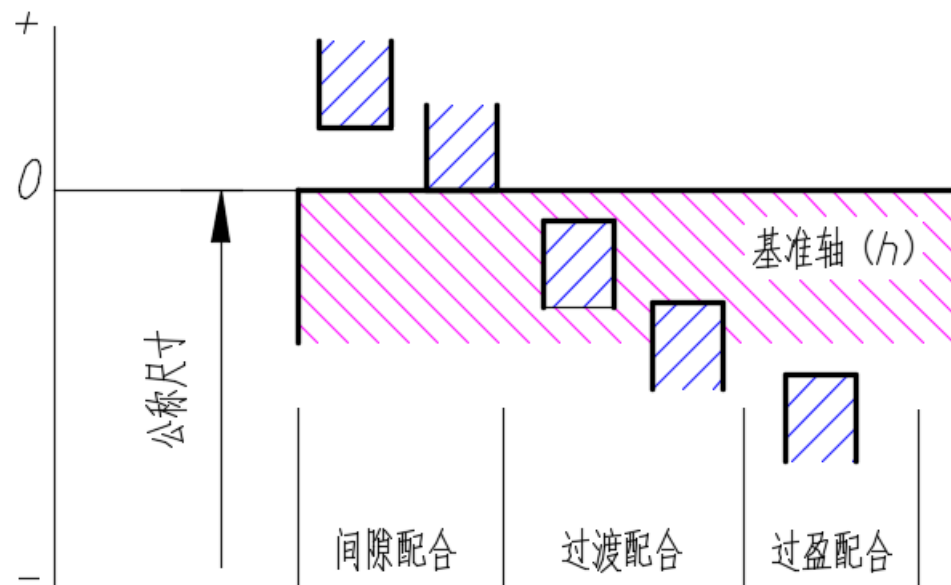
(1) 基孔制配合是指基本偏差一定的孔的公差带与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。基孔制的孔称为基准孔，其基本偏差代号为H，下极限偏差为0，孔的下极限尺寸与公称尺寸相同。





极限与配合——配合制

(2) 基轴制配合是指由基本偏差一定的轴的公差带与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。基轴制的轴称为基准轴，其基本偏差代号为 h ，上极限偏差为 0 ，轴的上极限尺寸与公称尺寸相同。





极限与配合——配合制

(3) 优先、常用配合——国家标准根据机械工业产品生产和使用的需要，考虑到各类产品的不同特点，制定了优先和常用配合。在设计零件时，应尽量选用优先、常用配合。





极限与配合——配合制

基孔制优先、常用配合（GB/T 1801-2009）

基准孔	轴																					
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	
	间隙配合								过渡配合					过盈配合								
H6						$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H6}{t5}$						
H7						$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$	
H8					$\frac{H8}{e7}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$					
				$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h8}$														
H9			$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h9}$														
H10			$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$	表格中黄色加粗的配合为优先配合													
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$														
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$														

表格中黄色加粗的配合为优先配合

注：H5/n6、H7/p6在公称尺寸小于或等于3mm，H8/r7在小于或等于100mm时，为过渡配合



极限与配合——配合制

表9-7 基轴制优先、常用配合（GB/T 1801-2009）

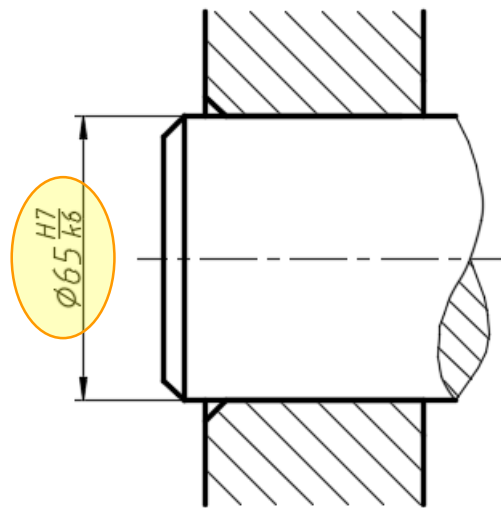
基准轴	孔																
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U
	间隙配合								过渡配合			过盈配合					
h5						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{JS\ 6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$	
h6						$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{JS\ 7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$
h7					$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{JS8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$					
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$									
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H9}{h9}$									
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$									
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$									
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$									

表格中黄色加粗的配合为优先配合



极限与配合——配合在图样中的标注

在装配图中需要标注配合代号。
配合代号由两个相互配合的零件的公差带代号以分数形式组成，其中分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号。





极限与配合——配合在图样中的标注

当标准件与自制零件配合时，
可仅标注出自制零件的公差代
号。

如图所示的滚动轴承与轴和
座孔的配合，由于滚动轴承是
标准件，因此在装配图中，可
仅标注轴的公差带代号 $\phi 35k6$ ，
以及座孔的公差带代号 $\phi 80JS7$ 。

