

2 工装设计基础

工装是在机械加工、产品检验、装配和焊接等工艺过程中使用的工艺装备的简称。工装设计时，工装设计人员不仅要了解产品制造的工艺过程，同时还能够根据工艺的需要，正确设计工装在不同阶段的工艺图纸，合理选择工装材料。因此，掌握工装设计过程中所必需的基础知识是进行工装设计的前提。本章主要介绍工装设计过程中尺寸、公差、配合及材料的基础知识，其他相关知识请参阅相关书籍。

2.1 尺寸基础

尺寸 (Basic Size) 是指设计中给定的尺寸，根据使用要求，通过计算、试验或按类比法确定的。为了减少定制刀具、量具的规格，现有零部件中许多尺寸都需按标准进行设计选择。

2.1.1 尺寸基本术语

1. 尺寸

尺寸是指用特定单位表示两点之间的距离的数值，单位一般为毫米 (mm)，工装设计过程中主要包括直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。

2. 基本尺寸 (D, d)

基本尺寸是由设计给定的，孔用 D 表示，轴用 d 表示。

如图 2.1 所示为孔和轴的基本尺寸，孔是指工件的圆柱形内表面，也包括非圆柱形内表面（由二平行平面或切面形成的包容面）。孔的直径尺寸用 D 表示。轴是指工件的圆柱形外表面，也包括非圆柱形外表面（由二平行平面或切面形成的被包容面）。轴的直径尺寸用 d 表示。从装配关系讲，孔是包容面，轴是被包容面。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。

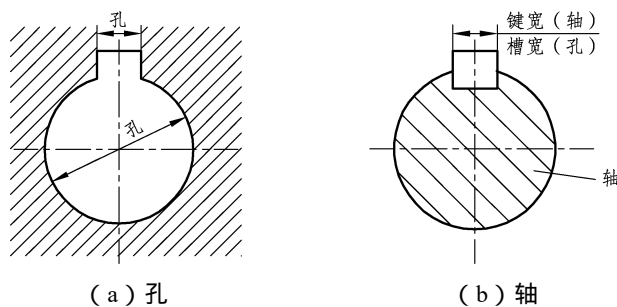


图 2.1 孔、轴基本尺寸

3. 实际尺寸 (D_a, d_a)

实际尺寸是通过测量所得的尺寸。孔的实际尺寸以 D_a 表示，轴的实际尺寸以 d_a 表示。

4. 极限尺寸

允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸；较小的一个称为最小极限尺寸。孔与轴的极限尺寸如图 2.2 所示，孔和轴的最大、最小极限尺寸分别用 D_{\max} 、 d_{\max} 和 D_{\min} 、 d_{\min} 表示。

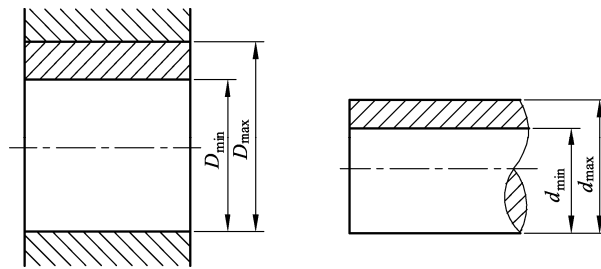


图 2.2 孔与轴的极限尺寸

2.1.2 偏差基本术语

1. 尺寸偏差

某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差，称为尺寸偏差（简称偏差）。偏差可能为正或负，也可为零。

2. 实际偏差

实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差，称为实际偏差。

3. 极限偏差

极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差。包括上偏差、下偏差两种。

上偏差：最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差，称为上偏差。孔的上偏差用 ES 表示；轴的上偏差用 es 表示。

下偏差：最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差，称为下偏差。孔的下偏差用 EI 表示；轴的下偏差用 ei 表示。

极限偏差可用下列公式表示：

$$\begin{aligned} ES &= D_{\max} - D & es &= d_{\max} - d \\ EI &= D_{\min} - D & ei &= d_{\min} - d \end{aligned}$$

除零外的偏差值，前面必须标有正或负号。上偏差总是大于下偏差，如 $50_{+0.009}^{+0.034}$ 、 $50_{-0.020}^{-0.009}$ 、 $30_{-0.007}^0$ 、 $30_0^{+0.011}$ 。

4. 基本偏差

用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差称为基本偏差。一般为公差带靠近零线的那个偏差。

基本偏差代号用拉丁字母表示，孔用大写字母表示，轴用小写字母表示。28种基本偏差构成了基本偏差系列，如图 2.3 所示。基本偏差系列各公差带只画出一端，另一端未画出，它取决于公差的大小。

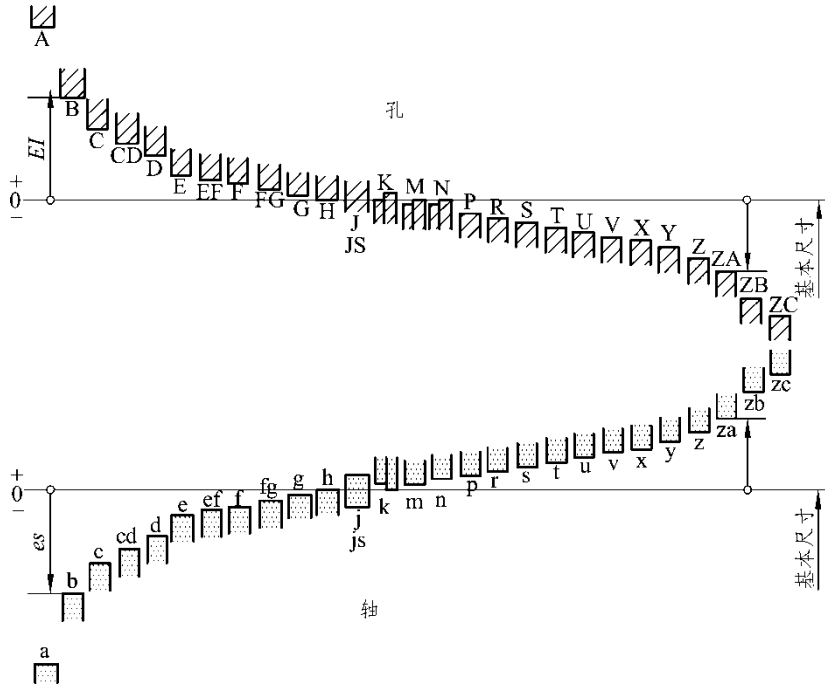


图 2.3 基本偏差系列

5. 基本偏差数值

(1) 轴的基本偏差数值。轴的基本偏差数值是以基孔制配合为基础，按照各种配合要求，再根据生产实践经验和统计分析结果得出的一系列公式经计算后圆整尾数而得出。轴的基本偏差数值，见表 2.1。

轴的基本偏差可查表确定，另一个极限偏差可根据轴的基本偏差数值和标准公差值 (IT) 按下列关系式计算

$$ei = es - IT$$

$$es = ei + IT$$

(2) 孔的基本偏差数值。

通用规则。用同一字母表示的孔、轴的基本偏差的绝对值相等，符号相反。孔的基本偏差是轴的基本偏差相对于零线的倒影。即

$$ES = -ei \text{ (适用于 A ~ H)}$$

$$EI = -es \text{ (适用于同级配合的 J ~ ZC)}$$

特殊规则。用同一字母表示的孔、轴的基本偏差的符号相反，而绝对值相差一个 Δ 值。即

表 2.1 轴基本偏差数值

基本尺寸/mm		上偏差 es/ μm																基本偏差数值																下偏差 ei/ μm															
		所有标准公差等级																IT5 和 IT6	IT7	IT8	IT4 至 IT7		≤ IT3 > IT6	所有标准公差等级																									
>	至	g	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	J				k																																
3	6	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+20	+26	+32	+40	+60																					
3	6	-270	-150	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	-2	-4		+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	+23	+28	+35	+42	+50	+80																					
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	-2	-5		+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	+28	+34	+42	+52	+67	+97																					
10	14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0	-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	+33	+40	+50	+64	+90	+130																					
14	18																						+39	+45	+60	+77	+108	+150																					
18	24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0	-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+188																				
24	30																						+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+218																			
30	40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0	-5	-10		+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274																		
40	50	-320	-180	-130																			+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325																		
50	65	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0	-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405																		
65	80	-360	-200	-150																			+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480																
80	100	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0	-9	-15		+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585																		
100	120	-410	-240	-180																			+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690																
120	140	-480	-260	-200																			+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800																
140	160	-520	-280	-210		-145	-85		-43		-14	0	-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900																		
160	180	-580	-310	-230																			+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000																

$$ES = -ei + \Delta$$

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

特殊规则适用于基本尺寸不大于 500 mm，标准公差不大于 IT8 的 J、K、M、N 和标准公差不大于 IT7 的 P~ZC。

孔的另一个极限偏差可根据孔的基本偏差数值和标准公差值按下列关系式计算。

$$EI = ES - IT$$

$$ES = EI + IT$$

2.1.3 公差基本术语

1. 标准公差

由国家标准规定的，用以确定公差带大小的任一公差称为标准公差。

2. 尺寸公差 (T_H, T_s)

允许尺寸的变动量称为公差。公差是用以限制误差的，工件的误差在公差范围内即为合格；反之，则不合格。

公差等于最大极限尺寸减最小极限尺寸之差，或上偏差减下偏差之差。孔公差用 T_H 表示；轴公差用 T_s 表示。公差、极限尺寸和极限偏差的关系如下：

$$\text{孔公差 } T_H = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

$$\text{轴公差 } T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

公差值永远为正值。

3. 尺寸公差带

零件的尺寸相对其基本尺寸所允许变动的范围，叫作尺寸公差带。如图 2.4 (a) 所示为尺寸公差带。

零线为确定极限偏差的一条基准线，是偏差的起始线，零线上方表示正偏差，零线下方表示负偏差。在画公差带图时，注上相应的符号“0”、“+”和“-”号，并在零线下方画上带单箭头的尺寸线标上基本尺寸值，如图 2.4 (b) 所示。

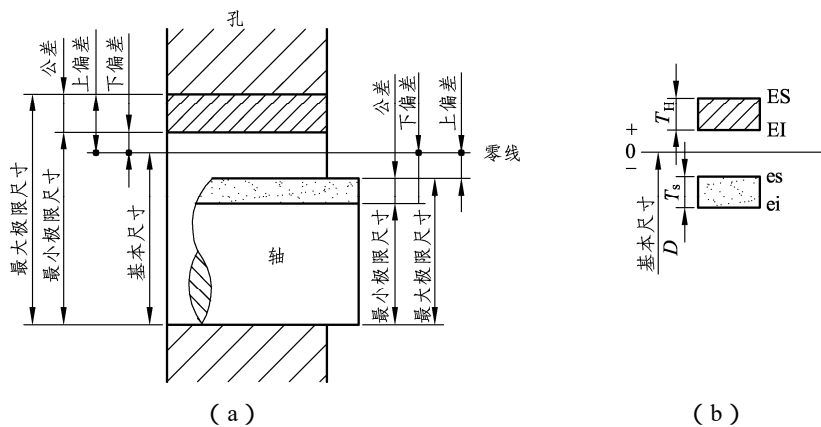


图 2.4 尺寸公差带

上、下偏差之间的宽度表示公差带的大小，即公差值。公差带沿零线方向的长度可适当选取。公差带图中，尺寸单位为毫米（mm），偏差及公差的单位也可以用微米（ μm ）表示，单位省略不写。

标准公差因子：标准公差因子（公差单位）是用以确定标准公差的基本单位，该因子是基本尺寸的函数，是制定标准公差数值的基础。

$$i = 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D \quad (2.1)$$

式中 D ——基本尺寸分段的计算尺寸（mm）；

i ——公差单位（ μm ）。

公差等级：确定尺寸精确程度的等级称为公差等级。不同零件和零件上不同部位的尺寸，对精确程度的要求往往不同，为了满足生产的需要，国家标准设置了 20 个公差等级，各级标准公差的代号为 IT01、IT0、IT1、IT2、...、IT18，IT01 精度最高，其余依次降低，标准公差值依次增大。常用公差等级及标准公差数值见表 2.2。

表 2.2 常用公差等级及标准公差数值

公称尺寸 /mm		标准公差等级																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
>	至	/ μm										/mm									
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	2.7	8.9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500	630	—	—	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
630	800	—	—	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
800	1 000	—	—	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1 000	1 250	—	—	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1 250	1 600	—	—	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1 600	2 000	—	—	18	25	35	46	65	92	250	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2 000	2 500	—	—	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2 500	3 150	—	—	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	$\frac{135}{0}$	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

尺寸分段：在计算标准公差时，公差单位算式中 D 取尺寸段首尾两个尺寸的几何平均值。

4. 一般公差

一般公差指在车间通常加工条件下可保证的公差，通常为线性尺寸的未注公差。

目前现行国家标准 GB/T 1804—2000《一般公差 线性尺寸的未注公差》，替代了 GB 1804—1979《未注公差尺寸的极限偏差》。

在国家标准 GB/T 1804—2000 中对线性尺寸的一般公差规定了 4 个公差等级，它们分别是精密级 f、中等级 m、粗糙级 c、最粗级 v，f、m、c、v 四个等级分别相当于 IT12、IT14、IT16、IT17，具体数值见表 2.1。

采用 GB/T 1804—2000 规定的一般公差，在图样、技术文件或标准中用该标准号和公差等级符号表示。例如，当选用中等级 m 时，表示为 GB/T 1804—m。

一般公差的线性尺寸是在车间加工精度保证的情况下加工出来的，一般可以不用检验。

2.2 配合基础

2.2.1 配合基本术语

1. 配合

配合是指基本尺寸相同的，相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

2. 间隙 (X) 或过盈 (Y)

在轴与孔的配合中，孔的尺寸减去轴的尺寸所得的代数差，当差值为正时称为间隙，用 X 表示；当差值为负时称为过盈，用 Y 表示。

3. 间隙配合

具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合称为间隙配合。在间隙配合中，孔的公差带在轴的公差带之上。最大间隙、最小间隙以及间隙配合的平均松紧程度称为平均间隙 X_{av} ，公式及间隙配合示意图见表 2.3。

4. 过盈配合

具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合称为过盈配合。在过盈配合中，孔的公差带在轴的公差带之下。公式及过盈配合示意图见表 2.3，最大过盈、最小过盈以及平均过盈为最大过盈与最小过盈的平均值。

5. 过渡配合

可能具有间隙或过盈的配合，此时孔的公差带与轴的公差带相互交叠，它是介于间隙配合与过盈配合之间的一种配合，但间隙和过盈量都不大，公式及过渡配合示意图见表 2.3。在过渡配合中，平均间隙或平均过盈为最大间隙与最大过盈的平均值，所得值为正，则为平均间隙；为负则为平均过盈。

6. 配合公差

允许间隙或过盈的变动量称为配合公差。它表明配合松紧程度的变化范围。配合公差用 T_f 表示，是一个没有符号的绝对值。

表 2.3 间隙、过盈、过度配合

类型	配合示意	最大值公式	最小值公式	平均值公式
间隙配合		$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$ $= ES - ei$	$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$ $= EI - es$	$X_{\text{av}} = (X_{\max} + X_{\min})/2$
过盈配合		$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max}$ $= EI - es$	$Y_{\min} = D_{\max} - D_{\min}$ $= ES - ei$	$Y_{\text{av}} = (Y_{\max} + Y_{\min})/2$
过渡配合		$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$ $= ES - ei$	$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max}$ $= EI - es$	$X_{\text{av}}(Y_{\text{av}}) = (X_{\max} + Y_{\max})/2$

对间隙配合 $T_f = |X_{\max} - X_{\min}|$

对过盈配合 $T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}|$

对过渡配合 $T_f = |X_{\max} - Y_{\max}|$

若把最大、最小间隙和过盈分别用孔、轴的极限尺寸或偏差带入，可得三种配合的配合公差都为

$$T_f = T_H + T_s$$

2.2.2 基准制

1. 基孔制

基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。基孔制如图 2.5 (a) 所示。

基孔制配合中的孔为基准孔，是配合的基准件。标准规定，基准孔的基本偏差为下偏差 EI，数值为零，即 $EI = 0$ ，上偏差为正值，其公差带偏置在零线上侧。基准孔的代号为 H。

2. 基轴制

基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。基轴制如图 2.5 (b) 所示。

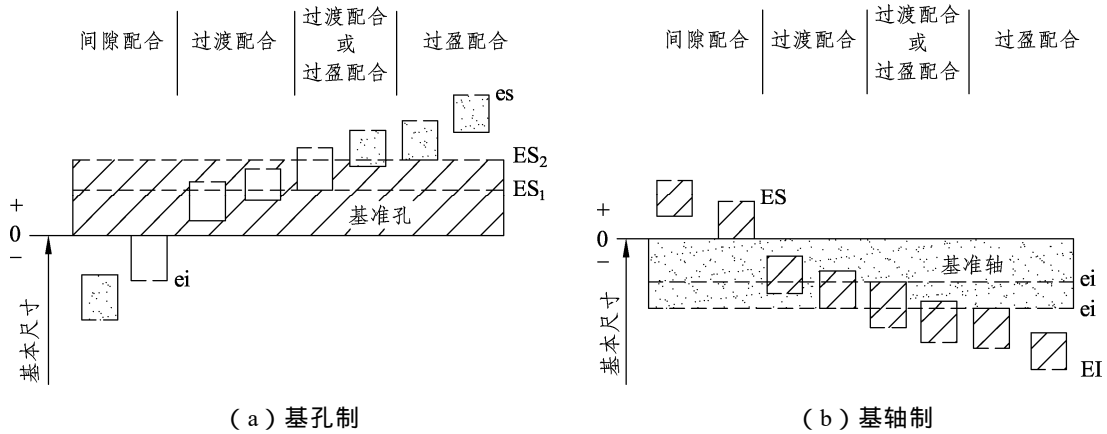


图 2.5 基孔制与基轴制

基轴制配合中的轴为基准轴，是配合的基准件。标准规定，基准轴的基本偏差为上偏差 es ，数值为零，即 $es = 0$ ，下偏差为负值，其公差带偏置在零线下侧。基准轴的代号为 h 。

3. 公差带代号与配合代号

孔、轴的公差带代号由基本偏差代号和公差等级数字组成，如 $H7$ 、 $F7$ 、 $K7$ 、 $P6$ 等为孔的公差带代号， $h7$ 、 $g6$ 、 $m6$ 、 $r7$ 等为轴的公差带代号。

当孔和轴组成配合时，配合代号写成分数形式，分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号。如 $\frac{H7}{g6}$ 或 $H7/g6$ 。如指某基本尺寸的配合，则基本尺寸标在配合代号之前，如 $\phi 30H7/g6$ 。图 2.6 所示为公差标注形式。

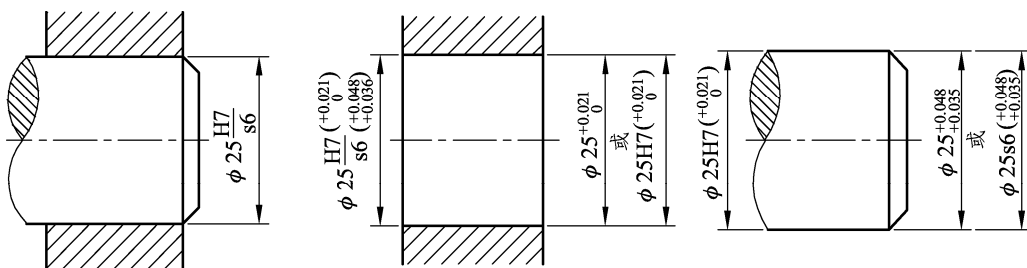


图 2.6 公差标注形式

国标 GB/T 1801—2009 规定了一般、常用和优先轴用公差带共 119 种，其中有 59 种为常用公差带，13 种为优先公差带；规定了一般、常用和优先孔用公差带共 105 种，其中有 44 种为常用公差带，13 种为优先公差带。对于配合，该标准规定基孔制常用配合有 59 种，优先配合 13 种；基轴制常用配合 47 种，优先配合 13 种。

选用公差带或配合时，应按优先、常用、一般公差带的顺序选取。若上述标准不能满足

某些特殊需要，则国家标准允许采用两种基准制以外的非基准制配合。

2.2.3 基准制的选择

1. 基准制的选择

选用基准制时，应从结构、工艺及经济性等几方面综合分析考虑。

(1) 一般情况下优先选用基孔制，这主要是从工艺性和经济性来考虑的。孔通常用定值刀具（如钻头、铰刀、拉刀）加工，用极限量规（塞规）检验。当孔的基本尺寸和公差等级相同而基本偏差改变时，就需更换刀具、量具。而一种规格的磨轮或车刀，可以加工不同基本偏差的轴，轴还可以用通用量具进行测量。所以，为了减少定值刀具、量具的规格和数量，利于生产，提高经济性，应优先选用基孔制。

(2) 当在机械制造中采用具有一定公差等级的冷拉钢材（其外径不经切削加工即能满足使用要求），此时就应选择基轴制，再按配合要求选用和加工孔就可以了。这在技术上、经济上都是合理的。

由于结构上的特点，宜采用基轴制。根据工作要求，活塞销轴与活塞孔应为过渡配合，而活塞销与连杆之间由于有相对运动应为间隙配合。若采用基孔制配合，销轴将做成阶梯状，这样既不便于加工，又不利于装配。若采用基轴制配合，销轴做成光轴，既方便加工，又利于装配，如图 2.7 所示。

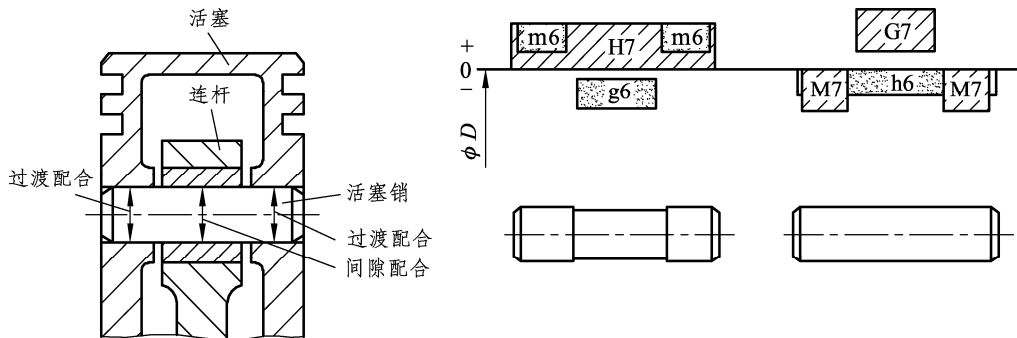


图 2.7 基轴制配合示意

(3) 与标准件配合时，应以标准件为基准件来确定基准制。在特殊需要时可采用非基准制配合，如图 2.8 所示。

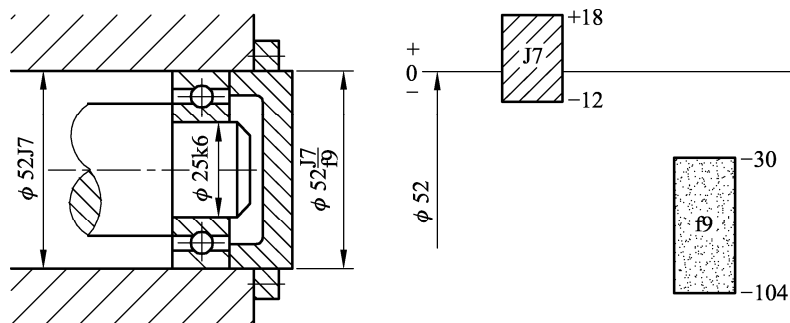


图 2.8 非基准值配合

2. 公差等级的选择

(1) 联系工艺。

在按使用要求确定了配合公差 T_f 后, 由于 $T_f = T_H + T_s$, 这里 T_H 与 T_s 的公差分配可按工艺等价性考虑。孔和轴的工艺等价性是指孔和轴加工难易程度应相同。在间隙和过渡配合中孔的标准公差不大于 IT8, 过盈配合中孔的标准公差不大于 IT7 时, 可确定轴的公差等级比孔的公差等级高一级, 如 H7/f6、H7/p6, 低精度的孔和轴的配合可采用同级配合, 如 H8/s8。

(2) 联系配合。

对过渡配合或过盈配合, 一般不允许其间隙或过盈的变动太大, 因此公差等级不能太低, 孔可选标准公差不大于 IT8, 轴可选标准公差不大于 IT7。间隙配合可不受此限制。但间隙小的配合公差等级应较高, 间隙大的配合公差等级可以低些。例如, 选用 H6/g5 和 H11/a11 是可以的, 而选用 H11/g11 和 H6/a5 就不合理了。

(3) 联系零件的相关结构。

例如, 齿轮孔与轴的配合公差等级应决定于齿轮的精度等级, 滚动轴承与轴颈和外壳孔的配合公差等级与滚动轴承的精度有关。

在用类比法选择公差等级时, 应熟悉各个公差等级的应用范围和各种加工方法所能达到的公差等级, 需要根据实际情况查阅相关匹配标准和对应数据。

3. 配合的选择

一般选用配合的方法有三种, 即计算法、试验法、类比法。

(1) 计算法: 是根据理论公式, 计算出使用要求的间隙或过盈大小来选定配合的方法。对依靠过盈来传递运动和负载的过盈配合, 可根据弹性变形理论公式, 计算出能保证传递一定负载所需的最小过盈和不使工件损坏的最大过盈。由于影响间隙和过盈的因素很多, 理论计算也是近似的, 所以在实际应用中还需经过试验来确定, 一般情况下, 很少使用计算法。在此不做详细介绍。

(2) 试验法: 采用试验的方法确定满足产品工作性能的间隙或过盈范围。该方法主要用于对产品性能影响大而又缺乏经验的场合。试验法比较可靠, 但周期长、成本高, 应用也较少。选择配合的主要依据是使用要求和工作条件。对初学者来说, 首先要确定配合的类别, 选定是间隙配合、过渡配合还是过盈配合, 然后根据配合的方法依靠数据同时参照标准来确定。采用试验法下间隙配合基本偏差的选择见表 2.4。

表 2.4 试验法下的间隙配合基本偏差的选择

配合类别与特性	基本偏差	特点及应用
特大间隙	a、b	用于高温、热变形大的场合, 如活塞与缸套 H9
很大间隙	c	用于受力变形大、装配工艺性差、高温动配合等场合, 如内燃机排气阀衬与导管配合为 H8/c7
较大间隙	d	用于较松的间隙配合, 如滑轮与轴 H9/d9; 大尺寸滑动轴承与轴的配合, 如轧钢机等重型机械
一般间隙	e	用于大跨距、多支点、高速重载大尺寸等轴与轴承的配合, 如大型电机、内燃机的主要轴承配合处 H8/e7

续表

配合类别与特性	基本偏差	特点及应用
一般间隙	f	用于一般传动的配合,如齿轮箱、小电机、泵等转轴与滑动轴承的配合 H7/f6
较小间隙	g	用于轻载精密滑动零件,或缓慢回转零件间的配合,如插销的定位、滑阀、连杆销、钻套孔等处的配合
很小同隙	h	用于不同精度要求的一般定位件的配合,缓慢移动和摆动零件间的配合,如车床尾座孔与滑动套的配合 H6/h5

试验法下各种过渡配合基本偏差的比较与选择见表 2.5。

表 2.5 试验法下过渡配合基本偏差

盈、隙情况	定心要求	装配与拆卸情况	应选择的基本偏差	应用实例
过盈率很小、稍有平均间隙	要求较高定心时	木槌装配、拆卸方便	js (JS)	滚动轴承外圈与基座孔的配合 JS7
过盈率中等、平均过盈接近为零	要求定心精度较高时	木槌装配、拆卸比较方便	k (K)	滚动轴承内圈与轴颈、外圈与基座孔的配合 k6
过盈率较大、平均过盈较小	要求精密定心时	最大过盈时需相当的压入力,可以拆卸	m (M)	蜗轮青铜轮缘与轮毂的配合 H7/m6
过盈率大、平均过盈很大	要求更精密定心时	用锤或压力机装配,拆卸较困难	n (N)	冲床上齿轮与轴的配合

(3) 类比法:就是参照同类型机器或机构中经过生产实践验证的配合的实例,再结合所设计产品的使用要求和应用条件来确定配合,该方法应用最广。用类比法选择配合时须考虑如下因素:受载情况、拆装情况、配合件的结合长度和形位误差、配合件的材料、温度的影响、装配变形的影响、生产类型。类比法应用举例见表 2.6。

表 2.6 类比法应用举例

公差等级	应用
5 级	主要用在配合精度,形位精度要求较高的地方,一般在机床、发动机、仪表等重要部位应用。如与 5 级滚动轴承配合的机床主轴,机床尾架与套筒,精密机械及高速机械中的轴径
6 级	用于配合性质均匀性要求较高的地方。如与 5 级滚动轴承配合的孔、轴径;与齿轮、蜗轮、联轴器、带轮、凸轮等连接的轴径,机床丝杠轴径,摇臂钻立柱,机床夹具中导向件外径尺寸,6 级精度齿轮的基准孔,7、8 级精度齿轮的基准轴径
7 级	在一般机械制造中应用较为普遍。如联轴器、带轮、凸轮等孔径,机床夹盘座孔,可换钻套,7、8 级齿轮基准孔
8 级	在机器制造中属于中等精度。如轴承座衬套沿宽度方向尺寸,低精度齿轮基准孔与基准轴,通用机械中与滑动轴承配合的轴颈,也用于重型机械或农业机械中某些较重要的零件
9 级 10 级	精度要求一般。如机械制造中轴套外径与孔,操作件与轴,键与键槽等零件
11 级 12 级	精度较低,适用于基本上没有什么配合要求的配合。如滑块与滑移齿轮,加工中工序间尺寸

根据国家标准规定的一般、常用和优先的公差带与配合、一般公差的规定以及公差与配合的选择，其中几何精度设计包括基准制的选择，公差等级的选择，配合（即与基准件相配合的非基准件的基本偏差代号）的选择。基准制的选择方法主要是类比法，应优先选用基孔制。确定公差等级的基本原则是，在满足使用要求的前提下，尽量选取较低的公差等级，确定方法主要是类比法。配合的选择应尽可能地选用优先配合，其次是常用配合，再次是一般配合，如果仍不能满足要求，可以选择其他的配合。要非常熟悉各类基本偏差在形成基孔制（或基轴制）配合时的应用场合。

2.3 几何公差

任何零件都是由点、线、面构成的，这些点、线、面，称为零件的几何要素。机械加工后零件的实际要素相对于理想要素总有误差，这些误差即被称之为几何公差包括形状公差、位置公差、方向公差和跳动公差。误差会严重影响机械产品的功能，设计时应规定相应的公差并按规定的标准符号标注在图样上。我国于 2018 年颁布 GB/T 1182—2018《产品几何技术规范（GPS）几何公差形状、方向、位置和跳动公差标注》，标准确定了几何公差的类别及符号等。几何公差的几何特征和符号，见表 2.7。

表 2.7 几何特征符号

公差类型	几何特征	符号	公差类型	几何特征	符号
形状公差	直线度	—	位置公差	位置度	\oplus
	平面度	\square		同心度	\odot
	圆度	\bigcirc		同轴度	\odot
	圆柱度	⌀		对称度	\equiv
	线轮廓度	\frown		线轮廓度	\smile
	面轮廓度	\cap		面轮廓度	\cup
方向公差	平行度	//	跳动公差	圆跳动	\nearrow
	垂直度	\perp		全跳动	\nearrow
	倾斜度	\sphericalangle	方向公差	线轮廓度	\frown
		面轮廓度		\cup	

2.3.1 形状公差

1. 基本概念

形状公差是指单一实际要素的形状所允许的变动量，如平面度、圆度、圆柱度、直线度、

轮廓度等。由于有加工误差，零件上存在的是有几何误差的要素称为实际要素，实际要素如图 2.9 所示。因此，形状公差是被测实际要素的几何形状的公差，即几何形状的准确性。与位置公差相比，形状公差没有基准，是独立的误差。

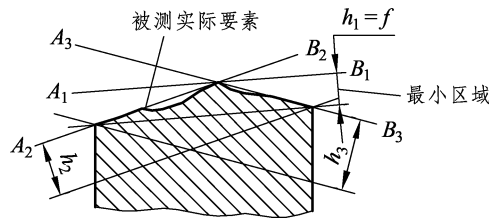


图 2.9 实际要素

2. 常见的形状公差

(1) 直线度。

直线度是限制实际直线对理想直线变动量的一项指标，它是针对直线发生不直而提出的要求，如图 2.10 所示。

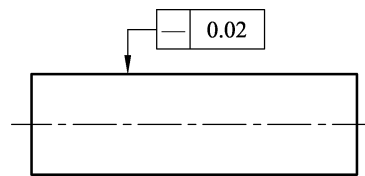
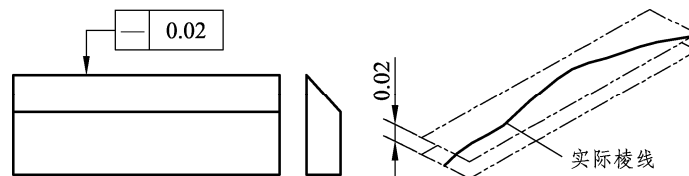


图 2.10 直线度示意

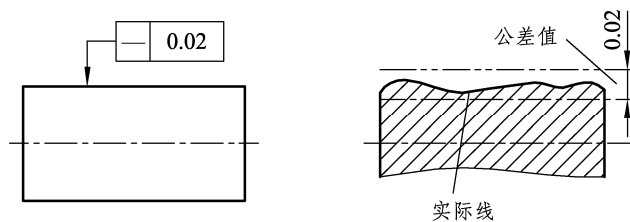
在给定平面内的直线度公差带是距离为公差值 t 的两平行直线之间区域，如图 2.11 (a) 所示。

在给定一个方向上的直线度公差带是距离为公差值 t 的两平行平面之间的区域，如图 2.11 (b) 所示。

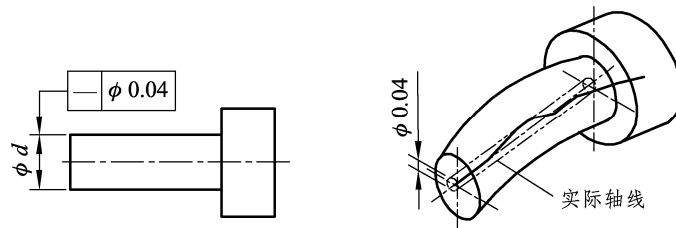
在任意方向上的直线度公差带是直径为公差值 t 的圆柱面内的区域，如图 2.11 (c) 所示。



(a) 给定平面下的直线度



(b) 给定方向下的直线度



(c) 任意方向下的直线度

图 2.11 直线度公差带

由于任意方向上的直线度公差值是圆柱形公差带的直径值，因此，标注时必须在公差值前加注符号“ ϕ ”。

(2) 平面度。

平面度是限制实际平面对其理想平面变动量的一项指标。平面度公差带是距离为公差值 t 的两平行平面之间的区域，如图 2.12 所示。

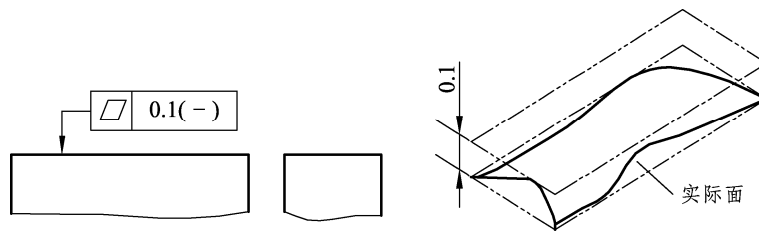


图 2.12 平面度

(3) 圆度。

圆度是限制实际圆对理想圆变动量的一项指标是对具有圆柱面（包括圆锥面、球面）的零件，在一正截面内的圆形轮廓要求。

圆度公差带是在同一正截面上半径差为公差值 t 的两同心圆之间的区域，如图 2.13 所示。

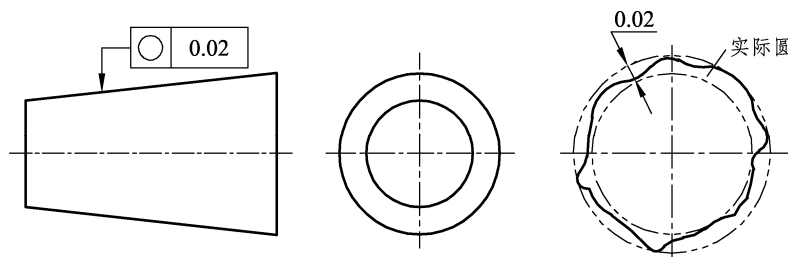


图 2.13 圆度

(4) 圆柱度。

圆柱度是限制实际圆柱面对理想圆柱面变动量的一项指标。圆柱度公差带是半径差为公差值 t 的两同轴圆柱面之间的区域，如图 2.14 所示。