



第2章

光滑圆柱体结合的极限与配合

圆柱体结合是机械制造中应用最广泛的结合形式之一。为了使机械零件具有互换性，零件的尺寸、几何形状、相互位置以及表面粗糙度等都要求具有一致性。就尺寸而言，互换性要求的尺寸一致性，是指要求尺寸在某一合理的范围之内。这个范围既要保证相互结合的尺寸之间形成一定的关系，以满足不同的使用要求，又要在制造上是经济合理的，因此就形成了“极限与配合”的概念。“极限”用于协调零件的使用要求和制造经济性之间的矛盾；而“配合”则反映零件组合时相互之间的关系。经标准化之后的极限与配合制度，有利于机器的设计、制造、使用和维修，有利于保证产品精度、使用性能和寿命等各项使用要求，也有利于刀具、量具、夹具和机床等工艺装备的标准化。

本章主要阐述极限与配合国家标准的基本概念、主要内容和应用。

§ 2.1 极限与配合的基本术语及定义

一、有关孔和轴的定义

孔：通常指工件的圆柱形内表面，也包括非圆柱形内表面（两平行平面或切面形成的包容面）。

轴：通常指工件的圆柱形外表面，也包括非圆柱形外表面（两平行平面或切面形成的被包容面）。

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。例如，键联结中键槽和键的配合表面分别为内表面和外表面，即键宽度表面相当于轴，轮毂键槽宽度和轴键槽宽度表面相当于孔。

在极限与配合标准中孔和轴都是由单一的主要尺寸确定的，如图 2-1 所示。

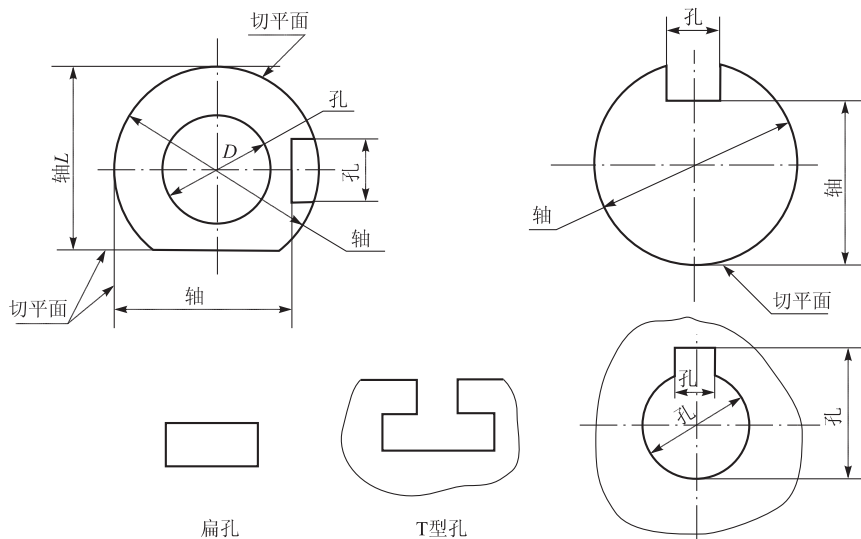


图 2-1 孔与轴

二、有关尺寸的定义

1. 尺寸

用特定单位表示线性尺寸的数值，由数字和长度单位组成，如 20 mm、40 μm 。

2. 基本尺寸（孔 D ；轴 d ）

设计给定的尺寸。它是根据零件的使用要求进行计算或根据实验和经验而确定的，一般应符合标准尺寸系列，以减少定值刀具、量具的规格和数量。通过基本尺寸并应用上、下偏差可算出极限尺寸。

3. 实际尺寸（孔 D_a ；轴 d_a ）

通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。由于被测表面存在形状误差，所以被测表面不同部位的实际尺寸不尽相同。另外，由于有测量误差，所以通过测量所得到的实际尺寸并非真实尺寸。

4. 极限尺寸（孔 $D_{\max}$ 、 $D_{\min}$ ；轴 $d_{\max}$ 、 $d_{\min}$ ）

一个孔或轴允许尺寸的两个界限值，其中，值较大的一个称为最大极限尺寸，值较小的一个称为最小极限尺寸。孔和轴的最大极限尺寸分别用符号 $D_{\max}$ 和 $d_{\max}$ 表示，孔和轴的最小极限尺寸分别用符号 $D_{\min}$ 和 $d_{\min}$ 表示。

上述尺寸中极限尺寸是以基本尺寸为基数来确定的，极限尺寸用于控制实际尺寸的变动范围。基本尺寸、极限尺寸是设计时给定的尺寸。

三、有关偏差和公差术语及定义

1. 尺寸偏差

尺寸偏差简称偏差，某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差称尺寸偏差。

(1) 极限偏差。极限尺寸减基本尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减基本尺寸所得的代数差称为上偏差；最小极限尺寸减基本尺寸所得的代数差称为下偏差。孔和轴的上偏差分别用 ES 和 es 表示，孔和轴的下偏差分别用 EI 和 ei 表示，如图 2-2 所示。极限偏差可用下列公式计算：

$$\text{孔 上偏差 } ES = D_{\max} - d \quad \text{下偏差 } EI = D_{\min} - d$$

$$\text{轴 上偏差 } es = d_{\max} - d \quad \text{下偏差 } ei = d_{\min} - d$$

为了满足孔与轴配合的不同松紧要求，极限尺寸可能大于、小于或等于其基本尺寸。因此，极限偏差的数值可能是正值、负值或零值。故在偏差值的前面除零值外，应标上相应的“+”号或“-”号。

偏差在标注时：上偏差标在基本尺寸右上角，下偏差标在基本尺寸右下角。例如 $\phi 25 \begin{smallmatrix} -0.020 \\ -0.033 \end{smallmatrix}$ 表示基本尺寸为 25 mm，上偏差为 -0.020 mm，下偏差为 -0.033 mm。

(2) 实际偏差。实际尺寸减去基本尺寸所得的代数差。实际偏差应控制在极限偏差范围之内。

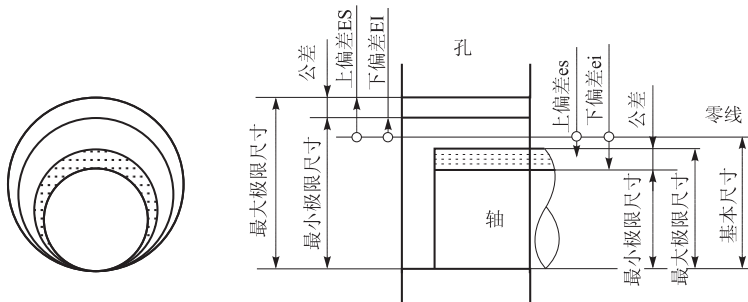


图 2-2 尺寸、偏差与公差

2. 尺寸公差

尺寸公差简称公差，它指的是允许尺寸的变动量。公差是用来限制误差的，工件的误差在公差范围内，为合格件；超出了公差范围，为不合格件。

公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸代数差的绝对值；也等于上偏差与下偏差的代数差的绝对值。

$$\text{孔的公差 } T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| \quad (2-1)$$

$$\text{轴的公差 } T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \quad (2-2)$$

3. 零线与公差带

孔、轴的偏差、公差与基本尺寸的关系可以用公差带图表示。公差带图中有一条零线和

相应公差带。

(1) 零线。指的是在极限与配合图解中,表示基本尺寸的一条线,以其为基准确定偏差和公差。通常,零线沿水平方向绘制,零线以上的偏差为正偏差,零线以下的偏差为负偏差,位于零线上的偏差为零,如图2-3所示。

(2) 尺寸公差带(公差带)。在公差带图中,由上、下偏差线段所限定的一个区域。如图2-3所示。

公差带由“公差带大小”和“公差带位置”两个基本要素构成。公差带的大小由标准公差值确定,在公差带图上由公差带在零线垂直方向上的宽度表示;公差带的位置由基本偏差确定。为了使公差带标准化,国家标准将公差值和极限偏差都进行了标准化。

4. 标准公差

标准公差是国家标准中所规定的用以确定公差带大小的任一公差值。

5. 基本偏差

用于确定公差带相对零线位置的上偏差或下偏差称为基本偏差。标准规定,一般以靠近零线的那个极限偏差作为基本偏差。

对跨在零线上(对称分布)的公差带,ES(es)或EI(ei)均可作为基本偏差。

例2-1 已知基本尺寸为 $\phi 30$ 的孔和轴,孔的最大极限尺寸为 $\phi 30.021$ mm,孔的最小极限尺寸为 $\phi 30.005$ mm;轴的最大极限尺寸为 $\phi 29.990$ mm,轴的最小极限尺寸为 $\phi 29.965$ mm。求孔、轴的极限偏差及公差,并画出公差带图。

解: 孔的极限偏差 $ES = D_{\max} - D = 30.021 - 30 = +0.021$ (mm)

$$EI = D_{\min} - D = 30.005 - 30 = +0.005$$
 (mm)

孔的公差 $T_h = ES - EI = (+0.021) - (+0.005) = 0.016$ (mm)

轴的极限偏差 $es = d_{\max} - d = 29.990 - 30 = -0.010$ (mm)

$$ei = d_{\min} - d = 29.965 - 30 = -0.035$$
 (mm)

轴的公差 $T_s = es - ei = (-0.010) - (-0.035) = 0.025$ (mm)

公差带图如图2-4所示。

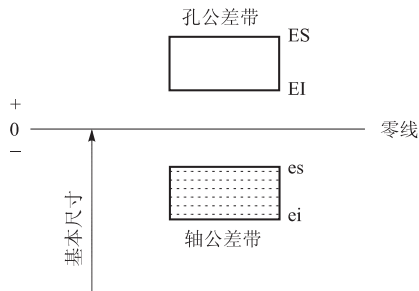


图2-3 尺寸公差带图

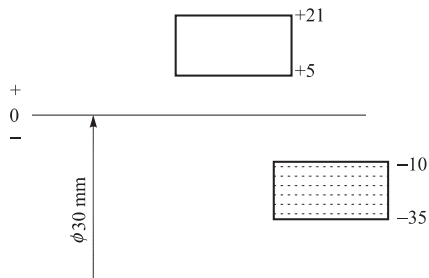


图2-4 公差带图(偏差单位: μm)

四、有关配合的术语及定义

1. 配合

配合指的是基本尺寸相同的相互结合的孔、轴公差带之间的关系。根据孔、轴公差带之间的不同关系，配合可分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三大类。

2. 间隙与过盈

间隙与过盈指的是孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差。此差值为正时是间隙，用符号 X 表示；为负时是过盈，用符号 Y 表示。

3. 配合的种类

(1) 间隙配合。孔公差带在轴公差带之上，具有间隙的配合（包括最小间隙等于零的配合），如图 2-5 所示。

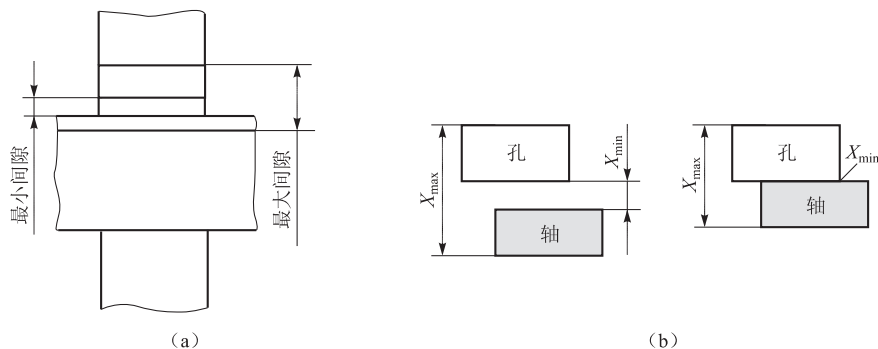


图 2-5 间隙配合

(a) 最小和最大间隙；(b) 间隙配合的示意图

间隙配合的性质用最大间隙 $X_{\max}$ 、最小间隙 $X_{\min}$ 和平均间隙 X_{av} 表示。 $X_{\max}$ 、 $X_{\min}$ 表示间隙配合中间隙变动的两个界限值。

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (2-3)$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (2-4)$$

最大间隙与最小间隙的平均值称为平均间隙。

$$\text{平均间隙} \quad X_{av} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \quad (2-5)$$

(2) 过盈配合。孔公差带在轴公差带之下，具有过盈的配合（包括最小过盈等于零的配合），如图 2-6 所示。

过盈配合的性质用最大过盈 $Y_{\max}$ 、最小过盈 $Y_{\min}$ 、平均过盈 Y_{av} 表示。 $Y_{\max}$ 、 $Y_{\min}$ 表示过盈配合中过盈变动的两个界限值。

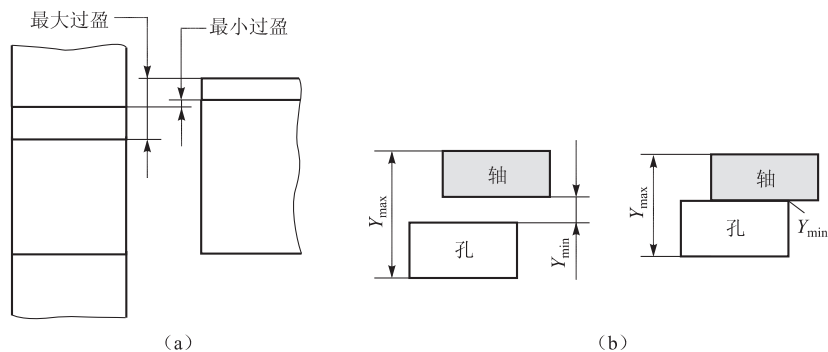


图 2-6 过盈配合

(a) 最小和最大过盈; (b) 过盈配合的示意图

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (2-6)$$

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (2-7)$$

最大过盈与最小过盈的平均值称为平均过盈。

平均过盈
$$Y_{av} = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \quad (2-8)$$

(3) 过渡配合。孔的公差带与轴的公差带相互交叠，可能具有间隙，也可能具有过盈的配合，如图 2-7 所示。

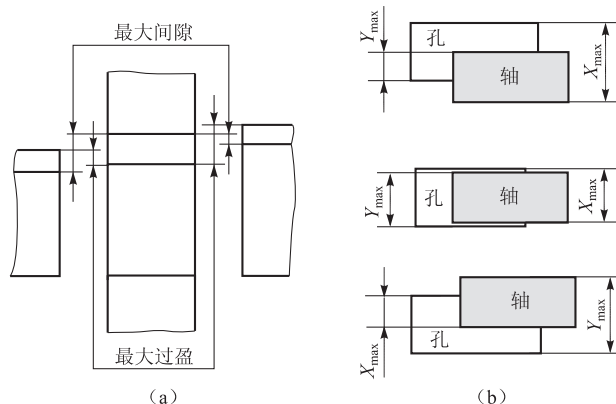


图 2-7 过渡配合

(a) 过渡配合的最大间隙和最大过盈; (b) 过渡配合的示意图

过渡配合的性质由最大间隙、最大过盈和平均间隙或平均过盈表示。 $X_{\max}$ 、 $Y_{\max}$ 表中允许间隙和过盈变动的两个界限值。

最大间隙
$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

最大过盈

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

平均间隙 (或平均过盈)

$$X_{av} \text{ (或 } Y_{av} \text{)} = \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} \quad (2-9)$$

计算结果为正时为平均间隙; 计算结果为负时为平均过盈。

4. 配合公差 (T_f)

标准将允许间隙或过盈的变动量称为配合公差。它是设计人员根据机器配合部位使用性能的要求对配合松紧变动的程度给定的允许值。配合公差越大, 配合精度越低; 配合公差越小, 配合精度越高。

配合公差是用符号 T_f 表示, 它与尺寸公差一样, 只能为正值。

$$\text{间隙配合} \quad T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = T_h + T_s \quad (2-10)$$

$$\text{过渡配合} \quad T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = T_h + T_s \quad (2-11)$$

$$\text{过盈配合} \quad T_f = |Y_{\max} - Y_{\min}| = T_h + T_s \quad (2-12)$$

由此可见, 对于各类配合, 均有其配合公差等于相互配合的孔公差和轴公差之和的结论。说明了配合精度的高低是由相互配合的孔和轴精度所决定的。

配合公差反映配合精度, 配合种类反映配合性质。

例 2-2 求下列三种孔、轴配合的最大、最小间隙或过盈, 平均间隙或过盈及配合公差, 并画出配合公差带图。

(1) 孔 $\phi 25^{+0.021}_0$ mm 与轴 $\phi 25^{+0.020}_{-0.033}$ mm 相配合。

(2) 孔 $\phi 25^{+0.021}_0$ mm 与轴 $\phi 25^{+0.041}_{-0.028}$ mm 相配合。

(3) 孔 $\phi 25^{+0.021}_0$ mm 与轴 $\phi 25^{+0.015}_{-0.002}$ mm 相配合。

解: (1) 极限间隙 $X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 25.021 - 24.967 = +0.054$ (mm)

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 25.000 - 24.980 = +0.020 \text{ (mm)}$$

$$\begin{aligned} \text{平均间隙} \quad X_{av} &= \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \\ &= \frac{(+0.054) + (+0.020)}{2} = +0.037 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

$$\text{配合公差} \quad T_f = X_{\max} - X_{\min} = 0.054 - 0.020 = +0.034 \text{ (mm)}$$

(2) 极限过盈 $Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = 25.000 - 25.041 = -0.041$ (mm)

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = 25.021 - 25.028$$

$$= -0.007 \text{ (mm)}$$

$$\begin{aligned} \text{平均过盈} \quad Y_{av} &= \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \\ &= \frac{(-0.041) + (-0.007)}{2} = -0.024 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

$$\text{配合公差 } T_f = Y_{\min} - Y_{\max} = -0.007 - (-0.041) = +0.034 \text{ (mm)}$$

$$(3) \text{ 最大间隙 } X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 25.021 - 25.002 = +0.019 \text{ (mm)}$$

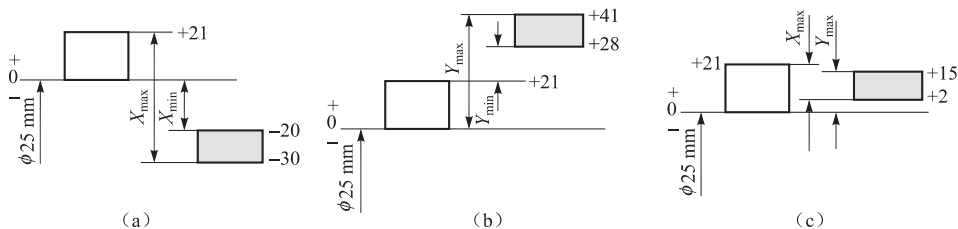
$$\text{最大过盈 } Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = 25.000 - 25.015 = -0.015 \text{ (mm)}$$

$$\text{平均间隙或平均过盈 } \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} = \frac{(+0.019) + (-0.015)}{2} = +0.002 \text{ (mm)}$$

可知为平均间隙, 则 $X_{av} = 0.002 \text{ mm}$ 配合公差

$$T_f = X_{\max} - Y_{\max} = +0.019 - (-0.015) = +0.034 \text{ (mm)}$$

上述三种配合的配合公差带图如图 2-8 所示。



(偏差单位: μm)

图 2-8 配合公差带图

(a) 间隙配合; (b) 过盈配合; (c) 过渡配合

§ 2.2 极限与配合国家标准

为了实现互换性生产, 极限与配合必须标准化。极限与配合国家标准是一项用于机械产品尺寸精度设计的基础标准, 由 GB/T 1800.1—1997、GB/T 1800.2—1998、GB/T 1800.3—1998 等 12 个部分标准组成, 适用于圆柱和非圆柱光滑工件的尺寸公差及其配合的精度设计等。该标准应用极为广泛。

配合是由孔和轴公差带之间的关系决定的, 而孔和轴的公差带又是由大小和位置决定的, 其大小和位置分别由标准公差和基本偏差决定。国标中规定了标准公差系列和基本偏差系列。

一、标准公差系列

标准公差是极限与配合标准中规定的任一公差, 用以确定公差带的大小。影响标准公差的因素有公差等级和基本尺寸。

1. 公差等级及其代号

确定尺寸精确程度的等级称为公差等级。标准公差用 IT 和阿拉伯数字表示, 如 IT6, 可读作: 标准公差 6 级或简称 6 级公差。

标准公差一共有 20 个等级: IT01、IT0、IT1、…、IT18。从 IT01 到 IT18 等级依次降低, 相应的标准公差值依次增大。

2. 标准公差数值

对于基本尺寸≤500 mm，IT5 ~ IT18 的标准公差计算公式如下：

$$T = ai \tag{2-13}$$

式中 T ——标准公差数值（ μm ）；

a ——等级系数，其数值见表 2-1；

i ——标准公差因子（ μm ）。

对于基本尺寸≤500 mm 的公差因子的计算公式如下：

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D \tag{2-14}$$

式中 D ——孔或轴的基本尺寸（mm）。

公式（2-13）表明：标准公差的数值是由反映公差等级的等级系数 a 和反映与基本尺寸关系的标准公差因子两者的乘积。

对于 IT01 ~ IT4 的标准公差数值，因主要考虑测量误差等影响，故采用其他公式计算，此处不再叙述。

标准公差数值见表 2-2。

表 2-1 IT5 ~ IT18 的公差等级系数

公差等级	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
a	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1 000	1 600	2 500

表 2-2 标准公差数值（摘自 GB/T 1800.3—1998）

公差等级	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
基本尺寸 /mm	/μm													/mm						
	≤3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0
>3 ~ 6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	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	0.90	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	0.70	1.10	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	1.30	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	1.00	1.60	2.5	3.9
>50 ~ 80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	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	1.40	2.20	3.5	5.4
>120 ~ 180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	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	2.90	4.6	7.2
>250 ~ 315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
>315 ~ 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
>400 ~ 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7

注：基本尺寸小于 1 mm 时，无 IT14 至 IT18。

由表 2-2 可见, 对于 IT5 ~ IT18 的公差等级, 其公差等级系数采用 R5 优先数系中的化整优先数。从 IT6 开始, 每隔五个级, 公差数值增加 10 倍。由此可见, 标准公差数值的计算具有很强的规律性, 便于国家标准的发展和扩大使用。按照规律可以利用优先数系的特点将国标中规定的公差等级向高、低精度延伸, 也可以在规定的任意相邻的两个公差等级之间插入新的公差等级。

3. 基本尺寸分段

由于标准公差因子是基本尺寸的函数, 那么对于不同的基本尺寸就会有不同的公差数值与之对应, 如果按照标准公差计算公式计算标准公差数值, 这样编制的公差表格就会特别庞大, 给生产也会带来不便。同时, 当基本尺寸相差不是太大时, 计算得到的标准公差也比较接近。为了统一公差数值, 简化公差表格, 减少公差数值, 便于使用, 国家标准将基本尺寸进行分段, 分为 13 个尺寸段。

尺寸分段后, 对于同一尺寸分段内不同的基本尺寸采用同一尺寸来计算公差值, 计算时按首尾两个基本尺寸 D_1 、 D_2 的几何平均值作为 D 值 ($D = \sqrt{D_1 \times D_2}$) 代入式 (2-13) 和式 (2-14) 进行计算。

按照上述计算方法计算各尺寸段和各公差等级的公差值便得到表 2-1。在实际应用中, 标准公差数值可直接查表无需计算, 应该注意的是在表 2-2 中基本尺寸小于 1 mm 时, 无 IT14 至 IT18。

二、基本偏差系列

用于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。标准规定一般以靠近零线的那个极限偏差作为基本偏差。

设置基本偏差的目的是将公差带相对于零线的位置加以标准化, 以满足各种配合性质的需要。

1. 基本偏差系列代号及特征

标准设置了 28 个基本偏差, 其代号分别用拉丁字母表示, 大写表示孔, 小写表示轴。在 26 个拉丁字母中去掉容易与其他含义混淆的 5 个字母: I、L、O、Q、W (i、l、o、q、w), 同时增加了 7 个双写字母: CD、EF、FG、JS、ZA、ZB、ZC (cd、ef、fg、js、za、zb、zc), 共 28 个基本偏差, 图 2-9 为基本偏差系列图。

从图中我们可以看出, 对所有公差带, 当位于零线上方时, 基本偏差为下偏差; 当位于零线下方时, 基本偏差为上偏差。

A ~ H 的孔基本偏差为下偏差 EI; P ~ ZC 的孔基本偏差为上偏差 ES。

a ~ h 的轴基本偏差为上偏差 es; p ~ zc 的轴基本偏差为下偏差 ei。

从 A ~ H (a ~ h) 离零线越来越近, 亦即基本偏差的绝对值越来越小; 从 K ~ ZC (k ~ zc) 离零线越来越远, 亦即基本偏差的绝对值越来越大。

H 和 h 的基本偏差数值都为零, H 孔的基本偏差为下偏差, h 轴的基本偏差为上偏差。

JS (js) 公差带完全对称地跨在零线上。上、下偏差值为 $\pm IT/2$ 。上、下偏差均可作为基本偏差。

在图 2-9 中, 各公差带只画出基本偏差一端, 而另一个极限偏差没有画出, 因为另一端表示公差带的延伸方向, 其确切位置取决于标准公差数值的大小。

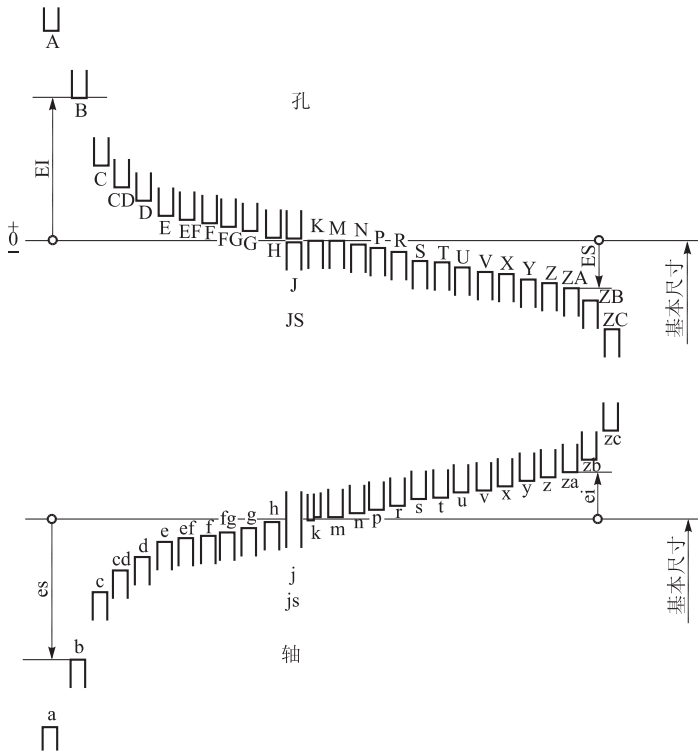


图 2-9 基本偏差系列图

2. 基准制

在机械产品中, 基本尺寸相同的孔和轴有各种不同的配合要求, 这就需要不同的孔和轴的公差带来实现。鉴于设计和制造上的经济性, 把其中一种零件 (孔或轴) 的公差带的位置固定, 而通过改变另一零件 (轴或孔) 的公差带位置来形成各种不同的配合。这种制度就成为基准制。国标对配合规定了两种基准制, 即基孔制和基轴制。

(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。

基孔制配合中的孔称为基准孔, 用基本偏差 H 表示, 它是配合中的基准件, 轴为非基准件。如图 2-10 (a) 所示, 基准孔 H 的下偏差 EI 为基本偏差, 其数值为零, 上偏差 ES

为正值，即其公差带偏置在零线上侧。

(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。

基轴制配合中的轴称为基准轴，用基本偏差 h 表示，是配合的基准件，而孔为非基准件。如图 2-10 (b) 所示，基准轴 h 的上偏差 es 为基本偏差，其数值为零，下偏差 ei 为负值，即其公差带偏置在零线下侧。

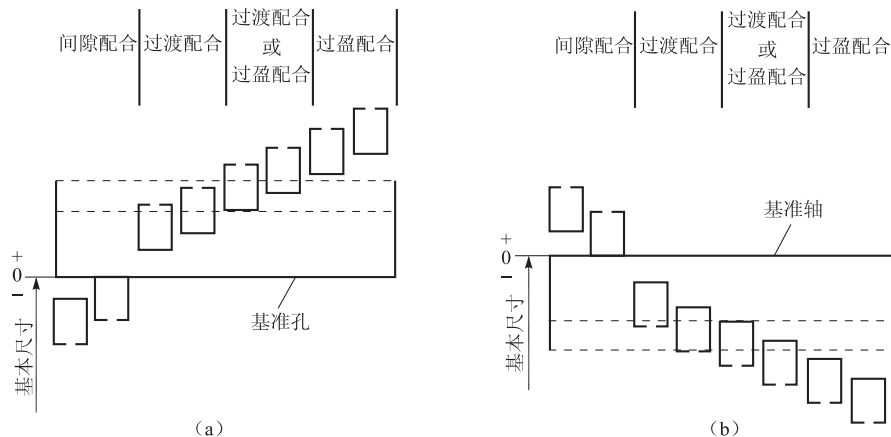


图 2-10 基孔制配合和基轴制配合公差带

(a) 基孔制配合公差带；(b) 基轴制配合公差带

3. 基本偏差的数值

(1) 轴的基本偏差的数值。轴的基本偏差数值是以基孔制为基础，依据各种配合的要求，从生产实践经验和有关统计分析的结果中整理出一系列公式而计算出来的。具体数值见表 2-3。

当轴的基本偏差确定后，在已知公差等级的情况下，可确定轴的另一个极限偏差。其计算公式如下：

$$es = ei + T_s \quad \text{或} \quad ei = es - T_s \quad (2-15)$$

例 2-3 利用标准公差数值表和轴的基本偏差数值表，确定 $\phi 40t6$ 的极限偏差。

解：从表 (2-2) 查得轴的标准公差为 $IT6 = T_s = 16 \mu m$

从表 (2-3) 按 t 查得基本偏差为下偏差 $ei = +48 \mu m$

因此轴的另一极限偏差为上偏差 $es = ei + T_s = (+16 + 48) \mu m = +64 \mu m$

(2) 孔的基本偏差数值。孔的基本偏差可以由同名的轴的基本偏差换算得到，具体数值见表 2-4。换算原则为：同名配合的配合性质不变，即基孔制的配合（如 $\phi 50H7/h6$ ）变成同名基轴制的配合（如 $\phi 40T7/h6$ ）时，其配合性质（极限间隙或极限过盈）不变。

表 2-3 轴的基本偏差数值表

基本尺寸 /mm		基本偏差数值																	
		上偏差 es																	
		所有标准公差等级													IT5 和 IT6	IT7	IT8	IT4 至 IT7	
大于	至	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	偏差 = ± IT _n /2 ，式中 IT _n 是 IT 数值	j			k	
—	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0			-2	-4	-6	0	
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0			-2	-4		+1	
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0			-2	-5		+1	
10	14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0				-3	-6		+1
14	18																		
18	24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0				-4	-8		+2
24	30																		
30	40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0				-5	-10		+2
40	50	-320	-180	-130															
50	65	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0				-7	-12		+2
65	80	-360	-200	-150															
80	100	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0				-9	-15		+3
100	120	-410	-240	-180															
120	140	-460	-260	-200		-145	-85		-43		-14	0				-11	-18		+3
140	160	-520	-280	-210															
160	180	-580	-310	-230		-170	-100		-50		-15	0				-13	-21		+4
180	200	-660	-340	-240															
200	225	-740	-380	-260		-190	-110		-56		-17	0				-16	-26		+4
225	250	-820	-420	-280															
250	280	-920	-480	-300		-210	-125		-62		-18	0				-18	-28		+4
280	315	-1 050	-540	-330															
315	355	-1 200	-600	-360		-230	-135		-68		-20	0				-20	-32		+5
355	400	-1 350	-680	-400															
400	450	-1 500	-760	-440		-260	-145		-76		-22	0							0
450	500	-1 650	-840	-480															
500	560					-290	-160		-80		-24	0							0
560	630																		
630	710					-320	-170		-86		-26	0							0
710	800																		
800	900					-350	-195		-98		-28	0							0
900	1 000																		
1 000	1 120					-390	-220		-110		-30	0						0	
1 120	1 250																		
1 250	1 400					-430	-240		-120		-32	0					0		
1 400	1 600																		
1 600	1 800					-480	-260		-130		-34	0					0		
1 800	2 000																		
2 000	2 240					-520	-290		-145		-38	0					0		
2 240	2 500																		
2 500	2 800																		
2 800	3 150																		
注：1. 基本尺寸小于或等于 1 mm 时，基本偏差 a 和 b 均不采用； 2. 公差带 js7 至 js11，若 IT _n 数值是奇数，则取偏差 = ± $\frac{IT(n-1)}{2}$ 。																			

(摘自 GB/T 1800.3—1998)

μm

基本偏差数值															
下偏差 ei															
$\leq \text{IT}3$ $> \text{IT}7$															
k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc	
0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60	
0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80	
0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97	
0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130	
								+39	+45		+60	+77	+108	+150	
0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188	
						+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218	
						+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274	
0	+9	+17	+26	+34	+43		+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405	
				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480	
0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585	
				+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690	
0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800	
				+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900	
				+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1 000	
0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1 150	
				+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1 250	
				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1 050	+1 350	
0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1 200	+1 550	
				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1 000	+1 300	+1 700	
0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1 150	+1 500	+1 900	
				+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1 000	+1 300	+1 650	+2 100	
0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1 100	+1 450	+1 850	+2 400	
				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1 000	+1 250	+1 600	+2 100	+2 600	
0	+26	+44	+78	+150	+280	+400	+600								
				+155	+310	+450	+660								
0	+30	+50	+88	+175	+340	+500	+740								
				+185	+380	+560	+840								
0	+34	+56	+100	+210	+430	+620	+940								
				+220	+470	+680	+1 050								
0	+40	+66	+120	+250	+520	+780	+1 150								
				+260	+580	+840	+1 300								
0	+48	+78	+140	+300	+640	+960	+1 450								
				+330	+720	+1 050	+1 600								
0	+58	+92	+170	+370	+820	+1 200	+1 850								
				+400	+920	+1 350	+2 000								
0	+68	+110	+195	+440	+1 000	+1 500	+2 300								
				+460	+1 100	+1 650	+2 500								
0	+76	+135	+240	+550	+1 250	+1 900	+2 900								
				+580	+1 400	+2 100	+3 200								

表 2-4 孔的基本偏差数值表

基本尺寸 /mm		基本偏差数值																		
		下偏差 EI																		
														IT6	IT7	IT8	≤ IT8	> IT8	≤ IT8	> IT8
所有标准公差等级														IT6	IT7	IT8	≤ IT8	> IT8	≤ IT8	> IT8
大于	至	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J			K		M	
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	偏差 = ± IT _n / 2 , 式中 IT _n 是 IT 数值	+2	+4	+6	0	0	-2	-2
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0		+5	+6	+10	-1 + Δ		-4 + Δ	-4
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1 + Δ		-6 + Δ	-6
10	14	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0		+6	+10	+15	-1 + Δ		-7 + Δ	-7
14	18																			
18	24	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0		+8	+12	+20	-2 + Δ		-8 + Δ	-8
24	30																			
30	40	+310	+170	+120		+80	+50		+25		+9	0		+10	+14	+24	-2 + Δ		-9 + Δ	-9
40	50	+320	+180	+130																
50	65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0		+13	+18	+28	-2 + Δ		-11 + Δ	-11
65	80	+360	+200	+150																
80	100	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12	0		+16	+22	+34	-3 + Δ		-12 + Δ	-13
100	120	+410	+240	+180																
120	140	+460	+260	+200		+145	+85		+43		+14	0		+18	+26	+41	-3 + Δ		-15 + Δ	-15
140	160	+520	+280	+210																
160	180	+580	+310	+230		+170	+100		+50		+15	0		+22	+30	+47	-4 + Δ		-17 + Δ	-17
180	200	+660	+340	+240																
200	225	+740	+380	+260		+190	+110		+56		+17	0		+25	+36	+55	-4 + Δ		-20 + Δ	-20
225	250	+820	+420	+280																
250	280	+920	+480	+300		+210	+125		+62		+18	0		+29	+39	+60	-4 + Δ		-21 + Δ	-21
280	315	+1 050	+540	+330																
315	355	+1 200	+600	+360		+230	+135		+68		+20	0		+33	+43	+66	-5 + Δ		-23 + Δ	-23
355	400	+1 350	+680	+400																
400	450	+1 500	+760	+440		+260	+145		+76		+22	0					0		-26	
450	500	+1 650	+840	+480																
500	560					+290	+160		+80		+24	0					0		-30	
560	630																			
630	710					+320	+170		+86		+26	0					0		-34	
710	800																			
800	900					+350	+195		+98		+28	0					0		-40	
900	1 000																			
1 000	1 120					+390	+220		+110		+30	0					0		-48	
1 120	1 250																			
1 250	1 400					+430	+240		+120		+32	0					0		-58	
1 400	1 600																			
1 600	1 800					+480	+260		+130		+34	0					0		-68	
1 800	2 000																			
2 000	2 240					+520	+290		+145		+38	0					0		-76	
2 240	2 500																			
2 500	2 800																			
2 800	3 150																			

注：1. 基本尺寸小于或等于 1 mm 时，基本偏差 A 和 B 及大于 IT8 的 N 均不采用；

2. 公差带 JS7 至 JS11，若 IT_n 是奇数，则取偏差 = $\pm \frac{IT(n-1)}{2}$ ；

3. 对小于或等于 IT8 的 K、M、N 和小于或等于 IT7 的 P 至 ZC，所需 Δ 值从表内右侧选取；

4. 特殊情况：250 ~ 315 段的 M6，ES = -9 μm（代替 -11 μm）。

(摘自 GB/T 1800.3—1998)

μm

基本偏差数值															Δ 值						
上偏差																					
≤ IT8	> IT8	≤ IT7	标准公差等级大于 IT7												标准公差等级						
N		P ~ ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	
-4	-4	在大于 IT7 的相应数值上增加一个 Δ 值	-6	-10	-14		-18		-20		-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0	
-8 + Δ	0		-12	-15	-19		-23		-28		-35	-42	-50	-80	1	1.5	1	3	4	6	
-10 + Δ	0		-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7	
-12 + Δ	0		-18	-23	-28		-33		-40		-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9	
								-39	-45		-60	-77	-108	-150							
-15 + Δ	0		-22	-28	-35		-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1.5	2	3	4	8	12	
							-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160							
-17 + Δ	0		-26	-34	-43		-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	1.5	3	4	5	9	14	
							-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242							
-20 + Δ	0		-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16	
				-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480							
-23 + Δ	0		-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19	
				-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690							
-27 + Δ	0		-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23	
				-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900							
				-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1 000							
-31 + Δ	0		-50	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1 150	3	4	6	9	17	26	
				-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1 250							
				-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1 050	-1 350							
-34 + Δ	0		-56	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1 200	-1 550	4	4	7	9	20	29	
				-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1 000	-1 300	-1 700							
-37 + Δ	0		-62	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1 150	-1 500	-1 900	4	5	7	11	21	32	
				-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1 000	-1 300	-1 650	-2 100							
-40 + Δ	0		-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1 100	-1 450	-1 850	-2 400	5	5	7	13	23	34	
				-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1 000	-1 250	-1 600	-2 100	-2 600							
-44			-78	-150	-280	-400	-600														
				-155	-310	-450	-660														
-50			-88	-175	-340	-500	-740														
				-185	-380	-560	-840														
-56			-100	-210	-430	-620	-940														
				-220	-470	-680	-1 050														
-66			-120	-250	-520	-780	-1 150														
				-260	-580	-840	-1 300														
-78			-140	-300	-640	-960	-1 450														
				-330	-720	-1 050	-1 600														
-92			-170	-370	-820	-1 200	-1 850														
				-400	-920	-1 350	-2 000														
-110			-195	-440	-1 000	-1 500	-2 300														
				-460	-1 100	-1 650	-2 500														
-135			-240	-550	-1 250	-1 900	-2 900														
				-580	-1 400	-2 100	-3 200														

一般情况下,对于同一字母表示的孔的基本偏差与轴的基本偏差相对于零线是完全对称的(比如E与e),如图2-9所示。因此同一字母的孔和轴的基本偏差的绝对值相等,而符号相反,即

$$EI = -es \quad \text{或} \quad ES = -ei \quad (2-16)$$

在某些特殊情况下,即对于基本尺寸 $>3 \sim 500 \text{ mm}$,标准公差等级 $\leq IT8$ 的K~N的孔和标准公差等级 $\leq IT7$ 的P~ZC的孔,由于这些孔的精度高,较难加工,故一般常取低一级的孔与轴相配合,因此其基本偏差可以按下式计算,即:

$$ES = -ei + \Delta \quad (\text{式中 } \Delta = T_h - T_s) \quad (2-17)$$

当孔的基本偏差确定后,孔的另一个极限偏差可以根据下列公式计算:

$$ES = EI + T_h \quad \text{或} \quad EI = ES - T_h$$

例2-4 试用查表法确定基孔制配合如: $\phi 50H7/t6$ 与 $\phi 40T7/h6$ 中孔和轴的极限偏差,计算极限过盈并画出孔、轴公差带图。

解: (1) 确定孔和轴的标准公差。

查表2-2得: $IT6 = 16 \mu\text{m}$, $IT7 = 25 \mu\text{m}$

(2) 确定孔和轴的基本偏差。

检表2-4得

孔H7的基本偏差: $EI = 0$

孔T7的基本偏差: $ES = -45 \mu\text{m}$

查表2-3得

轴h6的基本偏差: $es = 0$

轴t6的基本偏差: $ei = +54 \mu\text{m}$

(3) 确定孔和轴的另一个极限偏差。

孔H7的另一个极限偏差: $ES = EI + IT7 = (0 + 25) \mu\text{m} = +25 \mu\text{m}$

孔T7的另一个极限偏差: $EI = ES - IT7 = (-45 - 25) \mu\text{m} = -70 \mu\text{m}$

轴h6的另一个极限偏差: $ei = es - IT6 = (0 - 16) \mu\text{m} = -16 \mu\text{m}$

轴t6的另一个极限偏差: $es = ei + IT6 = (+54 + 16) \mu\text{m} = +70 \mu\text{m}$

(4) 计算极限过盈

$\phi 50H7/t6$ 的极限过盈: $Y_{\max} = EI - es = [0 - (+70)] \mu\text{m} = -70 \mu\text{m}$

$Y_{\min} = ES - ei = [(+25) - (+54)] \mu\text{m} = -29 \mu\text{m}$

$\phi 40T7/h6$ 的极限过盈:

$Y_{\max} = EI - es = [(-70) - (-16)] \mu\text{m} = -54 \mu\text{m}$

$Y_{\min} = ES - ei = [(-25) - 0] \mu\text{m} = -25 \mu\text{m}$

$\phi 50H7/t6$ 和 $\phi 40T7/h6$ 的极限过盈相同,因此两者的配合性质相同,其孔和轴的公差带图见图2-11。

三、极限与配合在图样上的标注

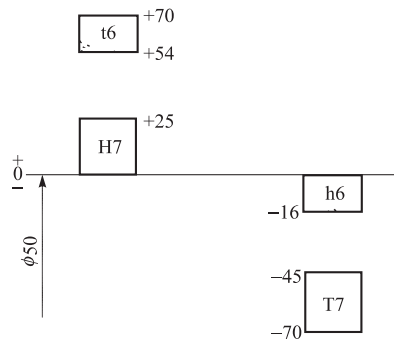
孔和轴在零件图上主要有三种标注方法,如图2-12所示。

(1) 在基本尺寸后面标注孔或轴的公差带代号,如 $\phi 65\text{H}7$ 、 $\phi 65\text{k}6$ 。

(2) 在基本尺寸后面标注孔或轴的上、下偏差数值,如孔 $\phi 65 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ +0.002 \end{smallmatrix}$ 、轴 $\phi 65 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix}$ 。

(3) 在基本尺寸后面同时标注孔或轴的公差带代号与上、下偏差数值。如 $\phi 65\text{K}6 \left(\begin{smallmatrix} +0.021 \\ +0.002 \end{smallmatrix} \right)$ 、 $\phi 65\text{H}7 \left(\begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$ 。

零件图上的标注通常采用第(2)种标注方法。



(偏差单位: μm)

图2-11 公差带图

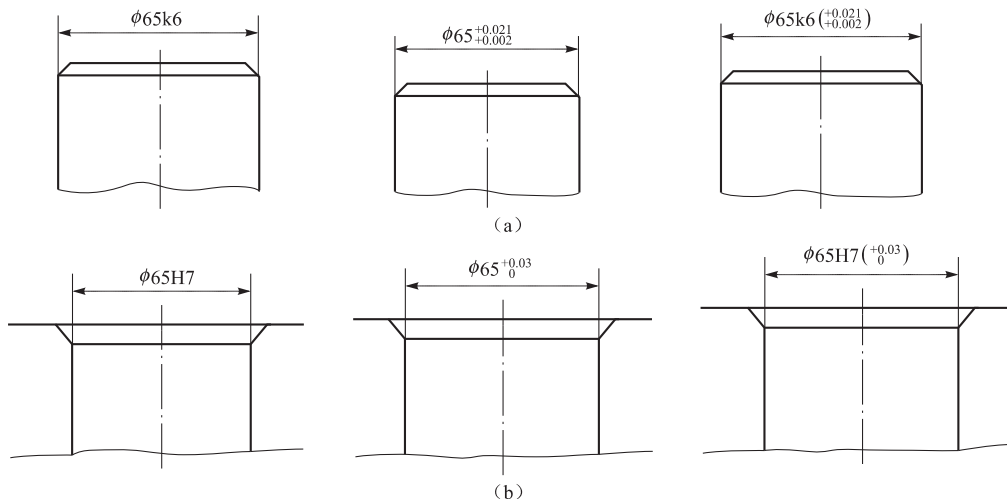


图2-12 孔、轴公差带在零件图上的标注

(a) 轴公差带在零件图上的标注; (b) 孔公差带在零件图上的标注

在装配图上,在基本尺寸后面标注配合代号。标准规定,配合代号由相互配合的孔和轴的公差带以分数的形式组成,分子为孔的公差带,分母为轴的公差带,如 $\phi 30\text{H}7/\text{f}6$,如图2-13所示。

与标准件有配合要求的零件在装配中经常遇见,例如箱体的孔与滚动轴承(标准件)的外径相配,轴颈与滚动轴承的内径相配,这时仅标出该零件的公差带代号即可,不必标注标准件的公差带代号,如图2-14所示。图中 $\phi 62\text{J}7$ 是箱体孔的公差带代号, $\phi 30\text{k}6$ 是轴颈的公差带代号。

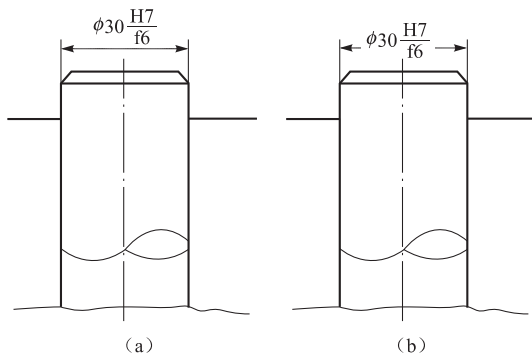


图 2-13 孔、轴公差带在装配图上的标注

(a) 标准的注法; (b) 允许的注法

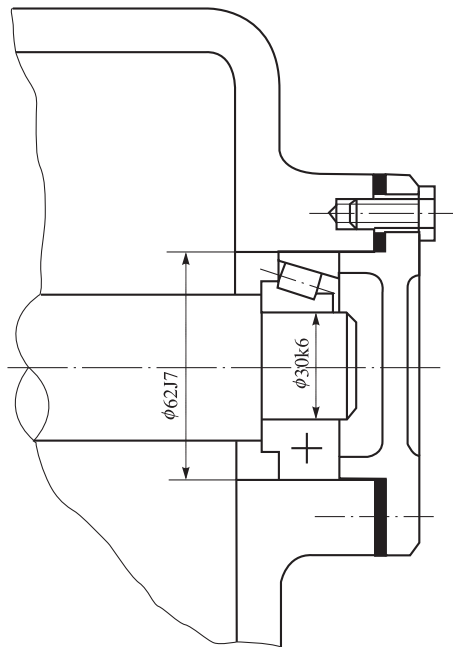


图 2-14 与标准件有配合要求时的注法

四、优先、常用、一般公差带与优先、常用配合

公差等级和基本偏差的任意组合可以构成公差带，而孔和轴公差带的任意组合都会形成配合，这样形成的公差带与配合的数目非常庞大。实际上这些庞大数目的配合中有许多生产上很少用到，还有许多配合性质是相同的。

为了简化公差配合的种类，减少定值刀具、量具和工艺装备的品种及规格，国家标准在尺寸小于等于 500 mm 的范围内，规定了一般、常用和优先公差带，如图 2-15 和图 2-16 所示。

图 2-15 列出孔的一般公差带 105 种，其中方框内为常用公差带，共 44 种；圆圈内为优先公差带，共 13 种。

图 2-16 列出轴的一般公差带 119 种，其中方框内为常用公差带，共 59 种；圆圈内为优先公差带，共 13 种。

为了使配合的选择比较集中，国标还规定了基孔制和基轴制的优先（基孔制、基轴制各 13 种）和常用配合（基孔制 59 种，基轴制 47 种），见表 2-5 和表 2-6。

公差设计时，尺寸小于等于 500 mm 的配合，应按优先、常用和一般公差带和配合的顺序，选用合适的公差带和配合。为满足某些特殊需要，允许选用无基准件配合，如 G8/n7。

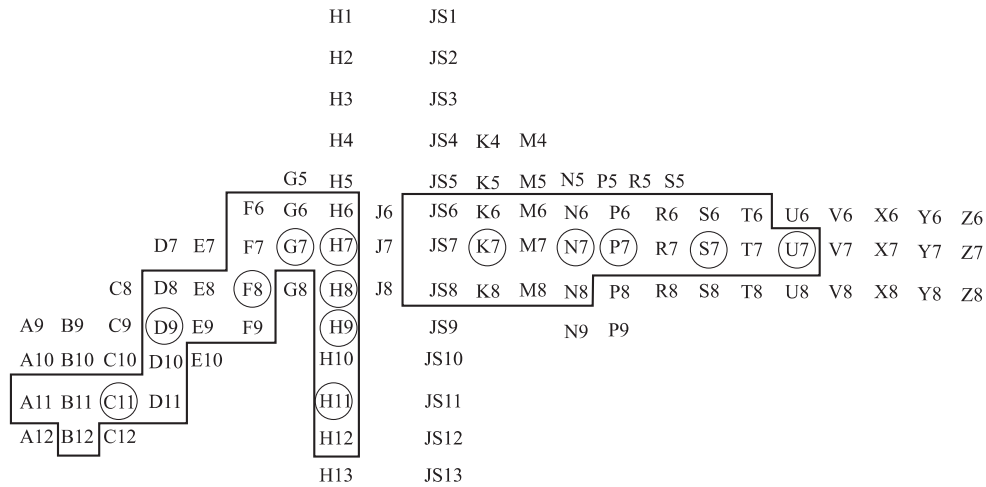


图 2-15 一般、常用和优先孔公差带

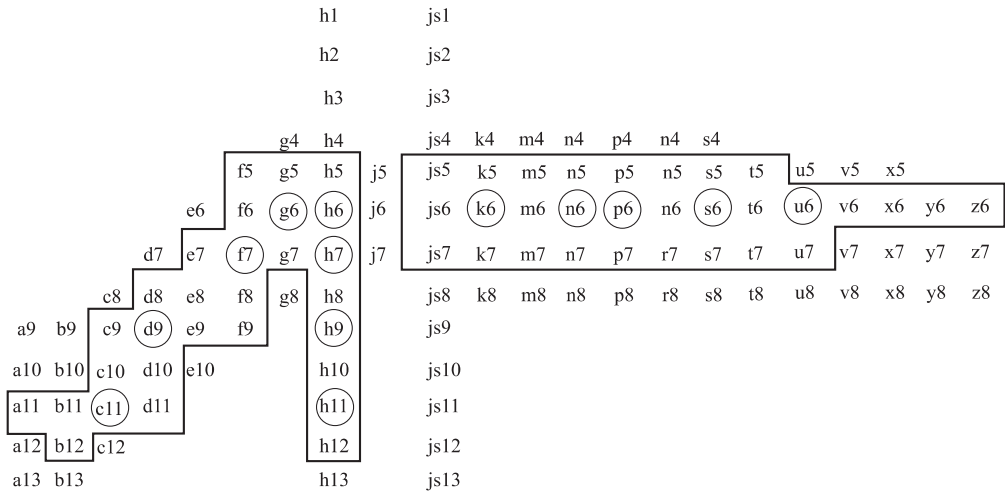


图 2-16 一般、常用和优先的轴公差带

表 2-5 基孔制优先、常用配合

基准孔	轴																		
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x
	间隙配合								过渡配合				过盈配合						
	H6					$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H6}{t5}$			

续表

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									
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				$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$	$\frac{H9}{h6}$													
H10			$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$													
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$													
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$													
注：1. $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ 在基本尺寸小于或等于 3 mm 和 $\frac{H8}{r7}$ 在小于或等于 100 mm 时，为过渡配合。 2. 标注▴的配合为优先配合。																					

表 2-6 基轴制优先、常用配合

基准轴	孔																				
	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									
h5						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{JS6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$					
h6						$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{JS7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$				
h7					$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{JS8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{m7}$									

续表

基准轴	孔																				
	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									
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		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$													
注：标注▴的配合为优先配合。																					

§ 2.3 极限与配合的选用

孔、轴极限与配合的选用是机械产品设计中重要的一个环节，极限与配合选用的合理与否直接影响着机械产品的使用性能和制造成本。极限与配合的选择包括基准制、公差等级和配合的选择。

一、基准制的选择

基准制的选择主要考虑经济效益，同时兼顾到功能、结构、工艺条件和其他方面的要求。设计时应优先选用基孔制。

从加工工艺的角度来看，对应用最广泛的中小直径尺寸的孔，通常采用定值刀具（如钻头、铰刀、拉刀等）加工和定值量具（如塞规、心轴等）检验。而一种规格的定值刀具和量具，只能满足一种孔公差带的需要。对于轴的加工和检验，一种尺寸的刀具和量具，能方便地对多种轴的公差带进行加工和检验。由此可见，对于中小尺寸的配合，采用基孔制配合可以大大减少定值刀具和量具的规格数量，降低生产成本，提高加工经济性。

当孔的尺寸增大到一定的程度，采用定值刀具和量具来制造将逐渐变得不方便也不经济，这时孔和轴的制造都用通用工具，则选择哪种基准制都一样，但是为了统一，仍优先选用基孔制。

但在有些情况下,由于结构和原材料等因素,采用基轴制更为适宜。基轴制一般用于以下情况:

(1) 当配合的公差等级要求不高时,可采用冷拉钢材直接作轴。冷拉圆型材的尺寸公差可达 IT7 ~ IT9,这对某些轴类零件的轴颈精度,已能满足性能要求,在这种情况下采用基轴制,可免去轴的加工,只需按照不同的配合性能要求加工孔,就能得到不同性质的配合。

(2) 一轴配多孔,且配合性质要求不同。如活塞连杆机构中,图 2-17(a) 所示,通常是活塞销与活塞的两个销孔的配合要求紧些,用过渡配合,而活塞销与连杆小头孔的配合要求松些,采用最小间隙为零的配合。若采用基孔制,如图 2-17(b) 所示,则活塞两个销孔和连杆小头孔的公差带相同(H6),而为了满足两种不同的配合要求应该把活塞销按两种公差带(h5、m5)加工成阶梯轴。这种形状的活塞销加工不方便,而且对装配不利,容易将连杆小头孔刮伤。反之,采用基轴制,如图 2-17(c) 所示,活塞销按一种公差带加工,制成光轴,则活塞销的加工和装配都很方便。

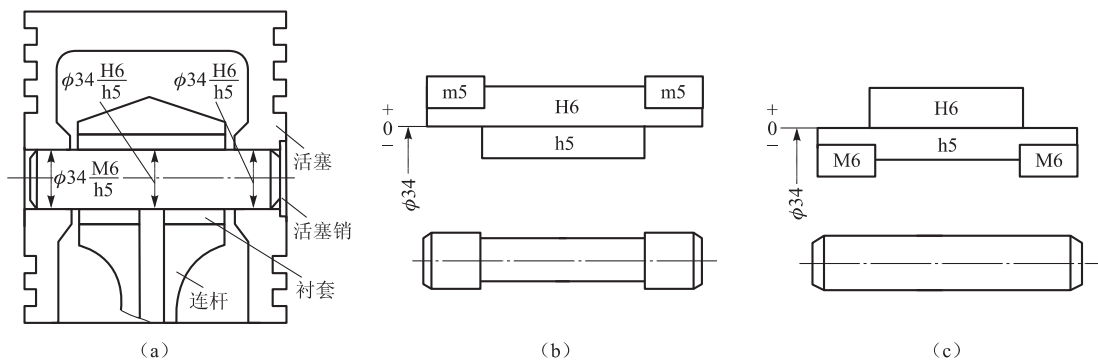


图 2-17 活塞销与连杆和支承孔的配合

(a) 活塞连杆机构; (b) 基孔制时公差带图; (c) 基轴制时公差带图

(3) 配合中,轴为标准件。采用标准件时,基准制不能随便采用,要按规定选用。例如:滚动轴承为标准件,它的内圈与轴颈配合无疑应是基孔制,而外圈与外壳孔的配合应是基轴制。

另外,有时为了满足配合的特殊要求,允许采用任意孔、轴公差带组成的非基准制配合。例如图 2-18 所示,箱体孔与滚动轴承和轴承端盖的配合。由于滚动轴承是标准件,它与箱体孔的配合选用基轴制配合,箱体孔的公差带已确定为 $\phi 52J7$,而与之装配的端盖只要求装拆方便,并且允许配合的间隙较大,因此端盖定位圆柱面的公差带可采用 t9 ,那么箱体孔与端盖的配合就组成了较大间隙的间隙配合 $J7/\text{t9}$,这样既便于拆卸又能保证轴承的轴向定位,还有利于降低成本。

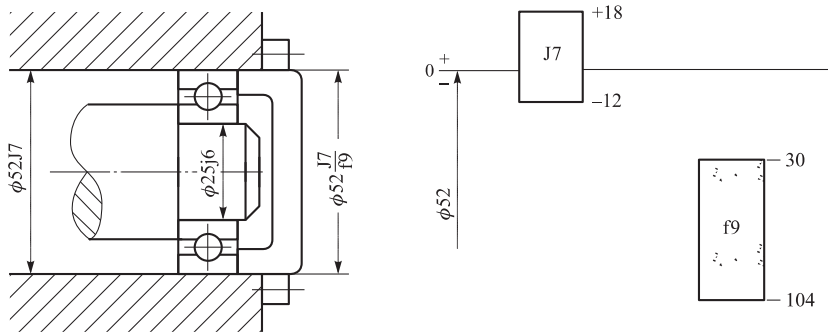


图 2-18 箱体孔与滚动轴承和轴承端盖的配合

二、公差等级的选择

选择公差等级时，要正确处理使用要求、制造工艺和成本之间的关系。因此选择公差等级的基本原则是在满足使用要求的前提下，尽量选用精度较低的公差等级。

生产中，经常选用类比法来选择公差等级。类比法就是参考从生产实践中总结出来的经验资料进行对比来选择。用类比法选择公差等级时，首先应熟悉各个公差等级的应用范围。

各级公差的应用范围如表 2-7 所示。

表 2-7 公差等级的应用

应 用	公 差 等 级 (IT)																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
量 块	√	√	√																	
量 规			√	√	√	√	√	√	√											
特别精密零件				√	√	√	√													
配合尺寸							√	√	√	√	√	√	√							
非配合尺寸														√	√	√	√	√	√	√
原 材 料										√	√	√	√	√	√	√				

另外，用类比法选择公差等级时还应该考虑以下几方面问题。

(1) 对相配合的孔和轴，应保证工艺等价性，即组成配合的孔和轴的加工难易程度应基本相同。对于基本尺寸小于 500 mm 的配合，较高精度（公差等级高于或等于 IT8）的孔与轴组成配合时，孔的公差等级比轴的公差等级低一级。如 H7/m6，H8/f7；标准也推荐了少量 8 级公差的孔与 8 级公差的轴组成孔、轴同级的配合，如 H8/f8；当公差等级低于 IT8

($>IT8$) 时, 孔、轴采用同级配合。

当基本尺寸大于 500 mm 时, 标准推荐孔、轴采用同级配合, 并尽量保证孔、轴加工难易程度相同。

(2) 相关件或相配件的结构或精度。如与滚动轴承相配合的轴颈和外壳孔的公差等级取决于与之相配的滚动轴承的类型和公差等级以及配合尺寸的大小。

(3) 配合性质及加工成本。对于间隙配合, 小间隙应选高的公差等级, 反之, 选低的公差等级; 对于过渡、过盈配合公差等级不应低于 8 级。

公差等级与生产成本之间的关系见图 2-19。

常用配合尺寸公差等级的应用见表 2-8。

公差等级与加工方法之间的关系见表 2-9。

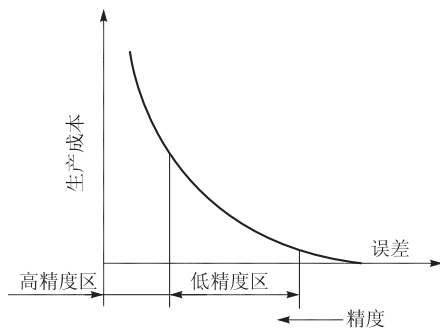


图 2-19 公差与生产成本的关系

表 2-8 常用配合尺寸 IT5 至 IT13 级的应用 (尺寸 ≤ 500 mm)

公差等级	适用范围	应用举例
IT5	用于仪表、发动机和机床中特别重要的配合, 加工要求较高, 一般机械制造中较少用。特点是能保证配合性质的稳定性	航空及航海仪器中特别精密的零件; 与特别精密的滚动轴承相配的机床主轴和外壳孔, 高精度齿轮的基准孔和基准轴
IT6	用于机械制造中精度要求很高的重要配合, 特点是能得到均匀的配合性质, 使用可靠	与 6 级滚动轴承相配合的孔、轴径; 机床丝杠轴径; 矩形花键的定心直径; 摇比臂钻床的立柱等
IT7	广泛用于机械制造中精度要求较高、较重要的配合	联轴器、带轮、凸轮等孔径; 机床卡盘座孔; 发动机中的连杆孔、活塞孔等
IT8	机械制造中属于中等精度, 用于对配合性质要求不太高的次要配合	轴承座衬套沿宽度方向尺寸; IT9 至 IT12 级齿轮基准孔; IT11 至 IT12 级齿轮基准轴
IT9 ~ IT10	属于较低精度, 只适用于配合性质要求不太高的次要配合	机械制造中轴套外径与孔, 操作件与轴, 空轴带轮与轴, 单键与花键
IT11 ~ IT13	属于低精度, 只适用于基本上没有什么配合要求的场合	非配合尺寸及工序间尺寸, 滑块与滑移齿轮, 冲压加工的配合件, 塑料成形尺寸公差

表 2-9 各种加工方法可达到的公差等级

公差等级 加工方法	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
研 磨	√	√	√	√	√	√	√													
珩 磨						√	√	√	√											
圆 磨							√	√	√	√										
平 磨							√	√	√	√										
金刚石车							√	√	√											
金刚石镗							√	√	√											
拉 削							√	√	√	√										
铰 孔								√	√	√	√	√								
精车精镗									√	√	√									
粗 车												√	√	√						
粗 镗												√	√	√						
铣										√	√	√	√							
刨、插												√	√							
钻 削												√	√	√	√					
冲 压												√	√	√	√	√				
滚压、挤压												√	√							
锻 造																	√	√		
砂型铸造																√	√			
金 属																√	√			
气 割																	√	√	√	√

总之，在选择公差等级时，应全面考虑使用性能、加工方法和经济效益等多方面因素的影响。要防止精度越高越好的片面思想，在保证使用性能要求的前提下应选用最低的公差等级。

三、配合的选择

公差等级和基准制确定以后，接下来就是配合的选择。配合的选择包括配合种类的选择以及相配件的基本偏差的确定。也就是说，对于基孔制要选择轴的基本偏差，对于基轴制要

选择孔的基本偏差；如需选取非基准制配合时，则要同时确定孔和轴的基本偏差。

一般配合选择的方法有以下三种：

（1）计算法。根据配合部位使用性能的要求，在理论分析指导下，通过一定的公式计算出极限间隙或极限过盈量。然后从标准中选定合适的孔和轴的公差带。重要的配合部位才采用。

（2）试验法。在新产品设计过程中，对某些特别重要部位的配合，为了防止计算或类比不准确而影响产品的使用性能，可通过几种配合的实际试验结果，从中找出最佳的配合方案。用于特别重要的关键性配合。

（3）类比法。参考同类机器或机构中经过使用证明适用的配合，再根据所设计机器的实际使用情况加以调整。该方法应用最广。要掌握这种方法，首先要掌握各种配合的特征和应用场合，然后考虑所设计品的具体工作和使用要求。

各种配合的特征及应用场合如下：

（1）间隙配合。 $a \sim h$ （或 $A \sim H$ ）11 种基本偏差与基准孔（或基准轴）形成间隙配合。间隙由大到小。

应用场合：有相对运动，有活动结合的部位，要求经常拆卸，某些需要方便拆卸的静止连接中（要加紧固件），也可采用间隙配合。

（2）过渡配合。 $js、j、k、m、n$ （或 $JS、K、J、M、N$ ）5 种基本偏差与基准孔（基准轴）形成过渡配合。形成的配合松紧程度由大到小。

应用场合：相配件对中性要求高，而又需要经常拆卸的静止结合部位。

（3）过盈配合。 $p \sim zc$ （或 $P \sim ZC$ ）12 种基本偏差与基准孔（或基准轴）形成过盈配合。过盈量由小到大。

应用场合：无相对运动，无辅助连接件（如螺钉、键等）靠过盈传递扭矩，或是虽有辅助连接件，但扭矩大或是有冲击负载时采用过盈配合。

各种基本偏差的应用实例见表 2-10，在选用时应尽量按表 2-11 选用。

表 2-10 各种基本偏差的应用实例

配合	基本偏差	各种基本偏差的特点及应用实例
间隙配合	a (A) b (B)	可得到特别大的间隙，应用很少。主要用于工作时温度高、变形大的零件的配合，如发动机中活塞与缸套的配合为 H9/a9
	c (C)	可得到很大的间隙。一般用于工作条件较差（如农业机械）、工作时受力变形大及装配工艺性不好的零件的配合，也适用于高温工作的间隙配合，如内燃机排气阀杆与导管的配合为 H8/c7
	d (D)	与 IT7 ~ IT11 对应，适用于较松的间隙配合（如滑轮、空转的带轮与轴的配合），以及大尺寸滑动轴承与轴颈的配合（如涡轮机、球磨机等滑动轴承）。活塞环与活塞槽的配合可用 H9/d9

续表

配合	基本偏差	各种基本偏差的特点及应用实例
间隙配合	e (E)	与 IT6 ~ IT9 对应, 具有明显的间隙, 用于大跨距及多支点的转轴与轴承的配合以及高速、重载的大尺寸轴颈与轴承的配合, 如大型电机、内燃机的主要轴承处的配合为 H8/e7
	f (F)	多与 IT6 ~ IT8 对应, 用于一般的转动配合, 受温度影响不大、采用普通润滑油的轴颈与滑动轴承的配合, 如齿轮箱、小电机、泵等的转轴轴颈与滑动轴承的配合为 H7/f6
	g (G)	多与 IT5 ~ IT7 对应, 形成配合的间隙较小, 用于轻载精密装置中的转动配合, 用于插销定位配合, 滑阀、连杆销等处的配合, 钻套导向孔多用 G6
	h (H)	多与 IT4 ~ IT11 对应, 广泛用于无相对转动的配合、一般的定位配合。若没有温度、变形的影响, 也可用于精密滑动轴承, 如车床尾座导向孔与滑动套筒的配合为 H6/h5
过渡配合	js (JS)	多用于 IT4 ~ IT7 具有平均间隙的过渡配合, 用于略有过盈的定位配合, 如联轴器, 齿圈与轮毂的配合, 滚动轴承外圈与外壳孔的配合多用 JS7。一般用手或木槌装配
	k (K)	多用于 IT4 ~ IT7 平均间隙接近零的配合, 用于定位配合, 如滚动轴承的内、外圈分别与轴颈、外壳孔的配合。用木槌装配
	m (M)	多用于 IT4 ~ IT7 平均过盈较小的配合, 用于精密的定位配合, 如涡轮的青铜轮缘与轮毂的配合为 H7/m6
	n (N)	多用于 IT4 ~ IT7 平均过盈较大的配合, 很少形成间隙。用于加键传递较大转矩的配合, 如冲床上齿轮的孔与轴的配合。用木槌或压力机装配
过盈配合	p (P)	用于小过盈量配合。与 H6 或 H7 的孔形成过盈配合, 而与 H8 孔形成过渡配合。碳钢和铸铁零件形成的配合为标准压入配合, 如卷扬机绳轮的轮毂与齿圈的配合为 H7/p6。合金钢零件的配合需要小过盈量时可用 p 或 P
	r (R)	用于传递大转矩或受冲击负荷而需要加键的配合, 如涡轮孔与轴的配合为 H7/r6。须注意 H8/r8 配合在基本尺寸 < 100 mm 时, 为过渡配合
	s (S)	用于钢和铸铁零件的永久性结合和半永久性结合, 可产生相当大的结合力, 如套环压在轴、阀座上用 H7/s6 配合
	t (T)	用于钢和铸铁零件的永久性结合, 不用键可传递转矩, 需用热套法或冷轴法装配, 如联轴器与轴的配合为 H7/t6
	u (U)	用于大过盈量配合, 最大过盈需验算, 用热套法进行装配。如火车轮毂和轴的配合为 H6/u5
	v (V), x (X), y (Y), z (Z)	用于特大过盈量配合, 目前使用的经验和资料很少, 须经实验后才能应用。一般不推荐

表 2-11 优先配合选用说明

优先配合		说 明
基孔制	基轴制	
$\frac{H11}{c11}$	$\frac{C11}{h11}$	间隙非常大, 用于很松、转动很慢的动配合, 用于装配方便得很松配合
$\frac{H9}{d9}$	$\frac{D9}{h9}$	间隙很大的自由配合, 用于精度非主要要求时, 或有大的温度变化。高转速或大的轴颈压力时
$\frac{H8}{f7}$	$\frac{F8}{h7}$	间隙不大的转动配合, 用于中等转速与中等轴颈压力的精确转动, 也用于装配较容易的中等定位配合
$\frac{H7}{g6}$	$\frac{G7}{h6}$	间隙很小的滑动配合, 用于不希望自由转动, 但可自由移动和滑动并精密定位时, 也可用于要求明确的定位配合
$\frac{H7}{h6}$ $\frac{H8}{h7}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{H11}{h11}$	$\frac{H7}{h6}$ $\frac{H8}{h7}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{H11}{h11}$	均为间隙定位配合, 零件可自由装拆, 而工作时, 一般相对静止不动在最大实体条件下的间隙为零, 在最小实体条件下的间隙由公差等级决定
$\frac{H7}{k6}$	$\frac{K7}{h6}$	过渡配合, 用于精密定位
$\frac{H7}{n6}$	$\frac{N7}{h6}$	过渡配合, 用于允许有较大过盈的更精密定位
$\frac{H7}{p6}$	$\frac{P7}{h6}$	过盈定位配合即小过盈配合, 用于定位精度特别重要时, 能以最好的定位精度达到部件的刚性及对中性要求
$\frac{H7}{s6}$	$\frac{S6}{h7}$	中等压入配合, 适用于一般钢件, 或用于薄壁件的冷缩配合, 用于铸铁件可得到最紧的配合
$\frac{H7}{u6}$	$\frac{U7}{h6}$	压入配合, 适用于可以承受高压入力的零件, 或不宜承受大压入力的冷缩配合

选择配合种类时还应考虑以下主要因素:

(1) 孔、轴间是否有相对运动。相互配合的孔、轴间有相对运动, 必须选用间隙配合, 无相对运动且传递载荷(转矩、轴向力)时, 则用过盈配合, 也可选用过渡配合, 但必须加键、销等紧固件。

(2) 过盈配合中的受载情况。用过盈配合中的过盈来传递转矩时, 需传递的转矩越大, 则所选的配合的过盈量应越大。

(3) 孔和轴的定心精度要求。孔和轴配合, 如果定心精度要求高时, 不宜采用间隙配

合,通常采用的是过渡配合或过盈量较小的过盈配合。

(4) 带孔零件和轴的拆装情况。对于需要经常拆装的零件的孔与轴的配合,为了便于拆装,它要比不拆装零件的配合松些。有些零件虽不经常拆装,但一旦要拆装却很困难,也要采用松的配合。

(5) 孔和轴工作时的温度。如果相互配合的孔和轴工作时与装配时的温度差别较大,那么选择配合时要考虑热变形的影响。

(6) 装配变形。机械结构中,有时会遇到薄壁套筒装配后变形的問題,如图2-20所示,套筒外表面与机座孔的配合为过盈配合 $\phi 80H7/u6$,套筒内孔与轴的配合为间隙配合 $\phi 60H7/f6$ 。由于套筒外表面与机座孔装配会产生过盈,当套筒压入机座后,套筒内孔会收缩,产生变形使得套筒孔径减小,因此,在选择套筒内孔与轴的配合时应该考虑此变形量的影响。有两种办法,一种是将内孔做大些,比 $\phi 60H7$ 稍大点以补偿装配变形;一种是用工艺措施来保证,将套筒压入机座后再按 $\phi 60H7$ 加工套筒内孔。

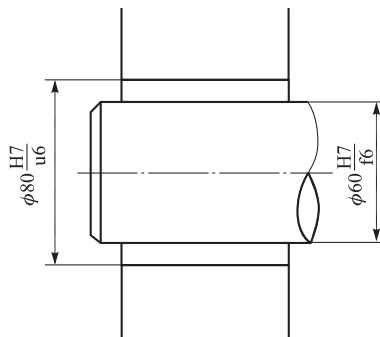


图 2-20 会产生装配变形结构示例

(7) 生产类型。选择配合种类时还应该考虑生产类型(批量)的影响。在大批量生产时,多用调整法加工,加工后尺寸的分布通常遵循正态分布。而单件小批量生产时,多用试切法加工,孔加工后尺寸多偏向最小极限尺寸,轴加工后尺寸多偏向最大极限尺寸。也就是说大批量生产时,孔与轴装配后形成的配合要比单件小批量生产时,孔与轴的配合紧一些。

因此,为了满足相同的使用要求,在单件小批量生产时,应该采用比大批量生产时稍松的配合。

总之,在选择配合时,应根据零件的工作情况综合考虑以上几方面因素的影响。表2-12所示为配合件的生产情况对过盈和间隙的影响,在实际选择时可以参考此表。

表 2-12 配合件的生产情况对过盈和间隙的影响

具体情况	过盈应增大或减小	间隙应增大或减小
材料许用应力小	减小	—
经常拆卸	减小	—
工作时,孔温高于轴温	增大	减小
工作时,轴温高于孔温	减小	增大
有冲击载荷	增大	减小
配合长度较大	减小	增大
配合面形位误差较大	减小	增大

续表

具体情况	过盈应增大或减小	间隙应增大或减小
装配时可能歪斜	减小	增大
旋转速度高	—	增大
有轴向运动	—	增大
润滑油黏度增大	—	增大
装配精度高	减小	减小
表面粗糙度参数值大	增大	减小

例 2-5 有一孔、轴配合的基本尺寸为 $\phi 30\text{ mm}$ ，要求配合间隙在 $+0.020\text{ mm} \sim +0.055\text{ mm}$ 之间，试确定孔和轴的精度等级和配合种类。

解：（1）选择基准制

本例无特殊要求，选用基孔制。孔的基本偏差代号为 H，EI = 0。

（2）确定公差等级

根据使用要求，其配合公差为：

$$T_f = X_{\max} - X_{\min} = T_h + T_s = +0.055 - (+0.020) = 0.035\text{ (mm)}$$

假设孔、轴同级配合，则：

$$T_h = T_s = \frac{T_f}{2} = 17.5\text{ }\mu\text{m}$$

从表 2-2 中查得：孔和轴公差等级介于 IT6 和 IT7 之间。根据工艺等价原则，在 IT6 和 IT7 的公差等级范围内，孔应比轴低一个公差等级，故选孔为 IT7， $T_h = 21\text{ }\mu\text{m}$ ，轴为 IT6， $T_s = 13\text{ }\mu\text{m}$ 。

配合公差 $T_f = T_h + T_s = \text{IT7} + \text{IT6} = 0.021 + 0.013 = 0.034\text{ (mm)} < 0.035\text{ mm}$

因此满足使用要求。

（3）选择配合种类

根据使用要求，本例为间隙配合。采用基孔制配合，孔的公差带代号为 H7，孔为 $\phi 30\text{H7}(\begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix})$ 。

$$X_{\min} = \text{EI} - \text{es} \quad \text{所以} \quad \text{es} = \text{EI} - X_{\min} = -X_{\min} = -0.020\text{ mm}$$

查表 2-3 得轴的基本偏差代号为 f，即轴公差带代号为 f6。 $\text{ei} = \text{es} - \text{IT6} = -0.020 - 0.013 = -0.033\text{ (mm)}$

所以 轴为 $\phi 30\text{f6}(\begin{smallmatrix} -0.020 \\ -0.033 \end{smallmatrix})$ ，则配合代号为： $\phi 30\text{H7/f6}$

（4）验算设计结果

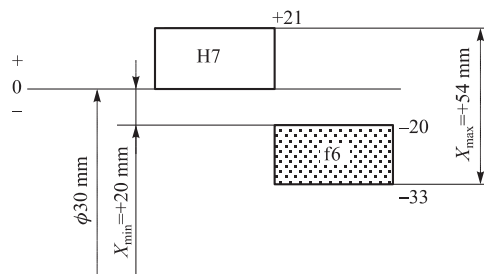
$$X_{\max} = \text{ES} - \text{ei} = +0.021 - (-0.033) = +0.054\text{ (mm)}$$

$$X_{\min} = \text{EI} - \text{es} = 0 - (-0.020) = +0.020\text{ (mm)}$$

$\phi 30\text{H7/f6}$ 的 $X_{\max} = +54\text{ }\mu\text{m}$ ， $X_{\min} = +20\text{ }\mu\text{m}$ ，它们分别小于要求的最大间隙（ $+55\text{ }\mu\text{m}$ ）

和等于要求的最小间隙 ($+20\text{ }\mu\text{m}$), 因此设计结果满足使用要求, 其公差带图如图 2-21 所示。

例 2-6 如图 2-22 所示圆锥齿轮减速器, 已知传递的功率 $P = 10\text{ kW}$, 中速轴转速 $n = 750\text{ r/min}$, 稍有冲击, 在中、小型工厂小批生产。试选择: (1) 联轴器 1 和输入端轴颈 2; (2) 带轮 8 和输出端轴颈; (3) 小锥齿轮 10 内孔和轴颈; (4) 套杯 4 外径和箱体 6 座孔, 以上四处配合的公差等级和配合。



(偏差单位为: μm)

图 2-21 公差带图

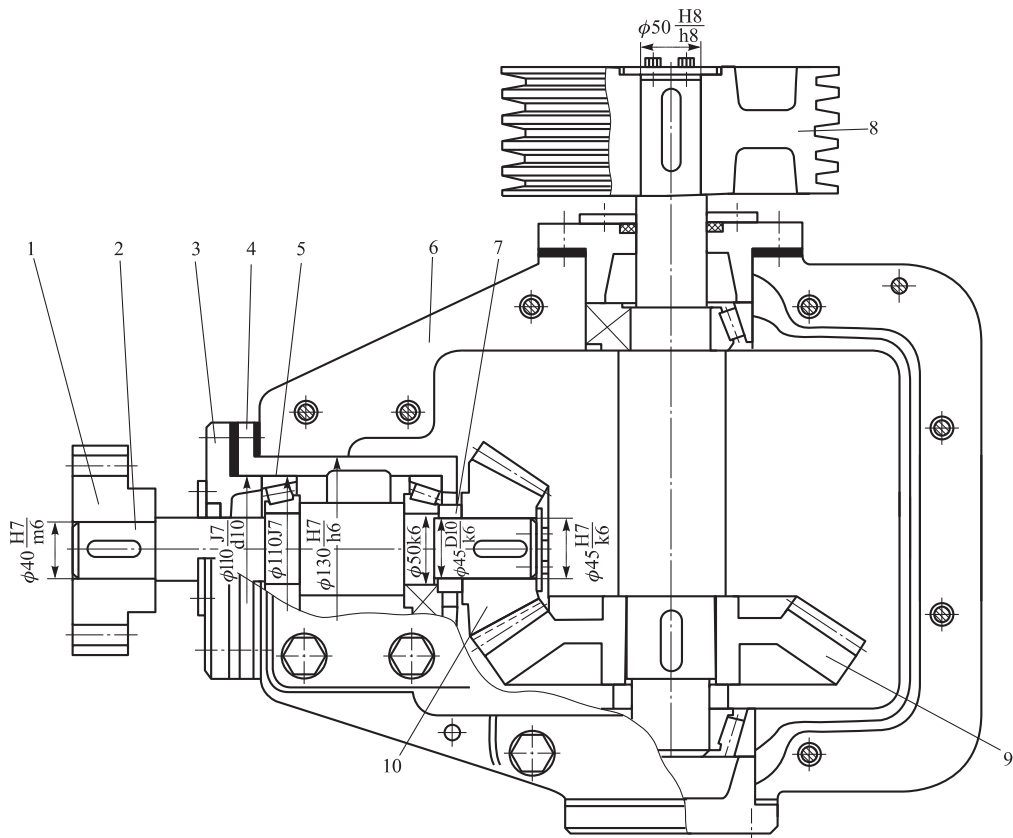


图 2-22 圆锥齿轮减速器

1—联轴器; 2—轴颈; 3—轴承盖; 4—套杯; 5—轴承; 6—箱体;
7—套筒; 8—带轮; 9—大锥齿轮; 10—小锥齿轮

解：以上四处配合，无特殊要求，优先采用基孔制。

(1) 联轴器 1 是用铰制螺孔和精制螺栓连接的固定式刚性联轴器。为防止偏斜引起附加载荷，要求对中性好，联轴器是中速轴上重要配合件，无轴向附加定位装置，结构上采用紧固件，故选用过渡配合 $\phi 40H7/m6$ 。

(2) 带轮 8 和输出轴轴颈配合和上述配合比较，定心精度因是挠性件传动，故要求不高，且又有轴向定位件，为便于装卸可选用 $H8/h7$ ($h8$ 、 $js7$ 、 $js8$)，本例选用 $\phi 50H8/h8$ 。

(3) 小锥齿轮 10 内孔和轴颈。是影响齿轮传动的重要配合，内孔公差等级由齿轮精度决定，一般减速器齿轮为 8 级，故基准孔为 IT7。传递负载的齿轮和轴的配合，为保证齿轮的工作精度和啮合性能，要求准确对中，一般选用过渡配合加紧固件，可供选用的配合有 $H7/js6$ ($k6$ 、 $m6$ 、 $n6$ ，甚至 $p6$ 、 $r6$)，至于采用那种配合，主要考虑装卸要求，载荷大小，有无冲击振动，转速高低、批量等。此处为中速、中载，稍有冲击，小批生产故选用 $\phi 45H7/k6$ 。

(4) 套杯 4 外径和箱体孔配合是影响齿轮传动性能的重要部位，要求准确定心。但考虑到为调整锥齿轮间隙而有轴向移动的要求，为便于调整，故选用最小间隙为零的间隙定位配合 $\phi 130H7/h6$ 。

§ 2.4 一般公差 线性尺寸的未注公差

一、一般公差的概念

一般公差指在车间一般加工条件下可保证的公差。在正常维护和操作条件下，它代表经济加工精度。一般公差适用于功能上无特殊要求的非配合尺寸。采用一般公差的尺寸，在该尺寸后不注出极限偏差，并且在正常条件下可不进行检验。这样将有利于简化制图，使图面清晰，突出重要的、有公差要求的尺寸，以便在加工和检验时引起对重要尺寸的重视。

当要素的功能允许一个比一般公差更大的公差，且采用该公差比一般公差更为经济时，其相应的极限偏差应在尺寸后注出。

二、一般公差等级和极限偏差数值

线性尺寸的公差等级分为四级， f (精密级)、 m (中等级)、 c (粗糙级)、 v (最粗级)。每个公差等级都规定了相应的极限偏差，极限偏差全部采用对称偏差值。规定图样上线性尺寸的未注公差时，应考虑车间的一般加工精度，选取本标准规定的公差等级，在图样上、技术文件或相应的标准（如企业标准、行业标准等）中用标准号和公差等级符号表示。例如，选用中等级时，表示为：GB/T 1804— m 。

表 2-13 给出了线性尺寸的极限偏差数值。表 2-14 给出了倒圆半径与倒角高度尺寸的

极限偏差数值。

表 2-13 线性尺寸的极限偏差数值（摘自 GB/T 1804—2000） mm

公差等级	尺寸分段						
	0.5 ~ 3	>3 ~ 6	>6 ~ 30	>30 ~ 120	>120 ~ 400	>400 ~ 1 000	>1 000 ~ 2 000
精密分级 f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5
中等级 m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2
粗糙级 c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3
最粗级 v	—	±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6

表 2-14 倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差数值（摘自 GB/T 1804—2000） mm

公差等级	尺寸分段			
	0.5 ~ 3	>3 ~ 6	>6 ~ 30	>30
精密级 f	±0.2	±0.5	±1	±2
中等级 m				
粗糙级 c	±0.4	±1	±2	±4
最粗级 v				

思考题与习题

- 2.1 判断下列说法是否正确。
- (1) 公差通常为正，在个别情况下也可以为负或零。

(2) 最小间隙为零的配合与最小过盈等于零的配合，二者实质相同。

(3) 过渡配合可能具有间隙，也可能具有过盈，因此，过渡配合可能是间隙配合，也可能是过盈配合。

(4) 孔、轴公差带的相对位置反映加工的难易程度。

(5) 配合公差的数值愈小，则相互配合的孔、轴的公差等级愈高。
- 2.2 选用标准公差等级的原则是什么？是否公差等级越高越好？
- 2.3 试用标准公差、基本偏差数值表查出下列公差带的上、下偏差数值。
- (1) 轴：① $\phi 32d8$ ② $\phi 70h11$ ③ $\phi 28k7$ ④ $\phi 80p6$

(2) 孔：① $\phi 40C8$ ② $\phi 300M6$ ③ $\phi 30Js6$ ④ $\phi 35P8$
- 2.4 查表确定下列各尺寸的公差带代号。

- (1) $\phi 40^{+0.033}_{+0.017}$ (轴) (2) $\phi 18^{0}_{-0.011}$ (轴)
 (3) $\phi 65^{+0.03}_{-0.06}$ (孔) (4) $\phi 65^{+0.005}_{-0.041}$ (孔)

2.5 计算出表 2-15 空格中的数值, 并按规定填写在表中。

表 2-15 习题 2.5 表

mm

基本尺寸	孔			轴			$X_{\max}$	$X_{\min}$	X_{av}	T_f
	ES	EI	T_h	es	ei	T_s	或 $Y_{\min}$	或 $Y_{\max}$	或 Y_{av}	
$\phi 25$		0				0.021	+0.074		+0.057	
$\phi 14$		0				0.010		-0.012	+0.002 5	
$\phi 45$			0.025	0				-0.050	-0.029 5	

2.6 若已知某孔轴配合的基本尺寸为 $\phi 30$, 最大间隙 $X_{\max} = +23 \mu\text{m}$, 最大过盈 $Y_{\max} = -10 \mu\text{m}$, 孔的尺寸公差 $T_h = 20 \mu\text{m}$, 轴的上偏差 $es = 0$, 试确定孔、轴的尺寸。

2.7 某孔、轴配合, 已知轴的尺寸为 $\phi 10\text{h}8$, $X_{\max} = +0.007 \text{ mm}$, $Y_{\max} = -0.037 \text{ mm}$, 试计算孔的尺寸, 并说明该配合是什么基准制, 什么配合类别。

2.8 图 2-23 是卧式车床主轴箱中 I 轴的局部结构示意图, 轴上装有同一基本尺寸的滚动轴承内圈、挡圈和齿轮。根据标准件滚动轴承要求, 轴的公差带确定为 $\phi 30\text{k}6$ 。分析挡圈孔和轴配合的合理性。

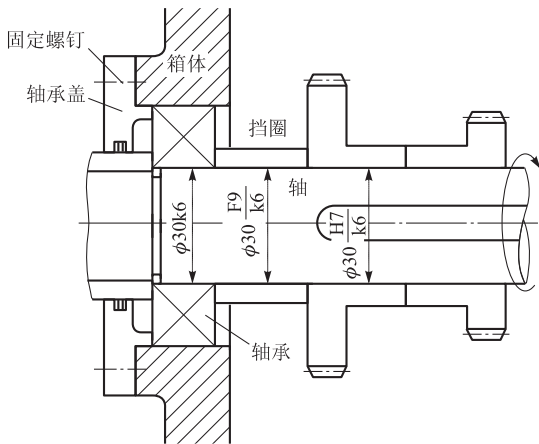


图 2-23 习题 2.8 图