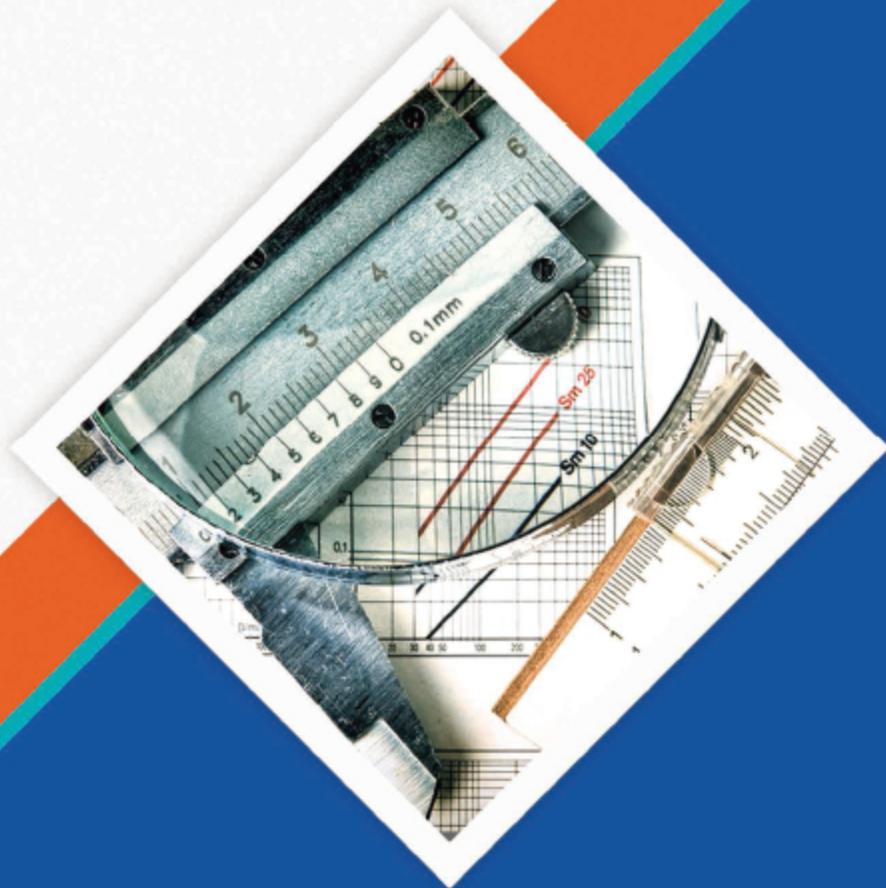


应用型人才培养机械类专业系列教材

应用型人才培养机械类专业系列教材  
公差配合与技术测量



# 公差配合 与技术测量

曾艳玲 滕云鹏 刘文平◎主 编

曾艳玲 滕云鹏 刘文平◎主 编

电子科技大学出版社

电子科技大学出版社  
University of Electronic Science and Technology of China Press

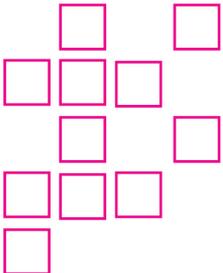
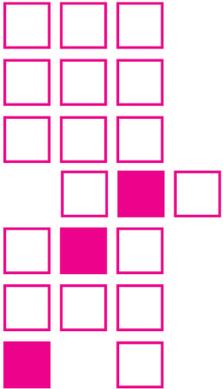
# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	1
1.1 课程的性质、目的和任务 .....	2
1.2 互换性 .....	2
1.3 加工误差与公差 .....	4
1.4 标准与标准化 .....	5
1.5 优先数与优先数系 .....	6
1.6 小结 .....	8
习题 1 .....	9
<b>2 光滑圆柱体结合的极限与配合</b> .....	10
2.1 极限与配合的基本术语和定义 .....	11
2.2 极限与配合国家标准 .....	17
2.3 国标中规定的公差带与配合 .....	29
2.4 线性尺寸的一般公差 .....	32
2.5 常用尺寸段极限与配合选用 .....	33
2.6 小结 .....	39
习题 2 .....	40
<b>3 测量技术基础</b> .....	42
3.1 概述 .....	43
3.2 长度基准与量值传递 .....	43
3.3 计量器具与测量方法 .....	46
3.4 常用长度量具的基本结构与原理 .....	50



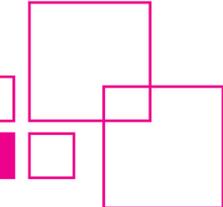
3.5	新技术在长度测量中的应用	54
3.6	测量误差和数据处理	57
3.7	光滑工件尺寸的检验	64
3.8	小结	71
	习题 3	71
<b>4</b>	<b>形状公差与位置公差, 及其误差的检测</b>	<b>72</b>
4.1	概述	73
4.2	形位公差带	78
4.3	形位误差的检测	89
4.4	公差原则与公差要求	96
4.5	形位公差的选择	108
4.6	小结	113
	习题 4	113
<b>5</b>	<b>表面粗糙度</b>	<b>116</b>
5.1	概述	117
5.2	表面粗糙度的评定	118
5.3	表面粗糙度的标注	123
5.4	表面粗糙度的选择	128
5.5	表面粗糙度的测量	132
5.6	小结	134
	习题 5	135
<b>6</b>	<b>光滑极限量规设计</b>	<b>137</b>
6.1	概述	138
6.2	量规尺寸公差带	140
6.3	工作量规设计	142
6.4	小结	147
	习题 6	148

<b>7 滚动轴承的公差与配合</b> .....	149
7.1 滚动轴承的精度等级及其应用 .....	150
7.2 轴和外壳孔与滚动轴承的配合 .....	152
7.3 小结 .....	157
习题 7 .....	157
<b>8 螺纹、键、花键、圆锥结合的公差</b> .....	158
8.1 螺纹结合的公差配合及检测 .....	159
8.2 键和花键结合的公差配合及检测 .....	171
8.3 圆锥的公差配合及检测 .....	180
8.4 小结 .....	188
习题 8 .....	189
<b>9 圆柱齿轮传动的公差及测量</b> .....	190
9.1 圆柱齿轮传动的要求 .....	191
9.2 齿轮加工误差简述 .....	191
9.3 圆柱齿轮的误差项目及检测 .....	193
9.4 渐开线圆柱齿轮精度标准及其应用 .....	209
9.5 小结 .....	218
习题 9 .....	218
<b>参考文献</b> .....	220



## 2

# 光滑圆柱体结合的 极限与配合



### 学习目标

- 掌握有关尺寸、偏差及配合的基本概念及定义。
- 熟练掌握公差带图的绘制，并能进行公差类别的判别。
- 了解公差与配合国家标准的组成与特点。
- 掌握公差与配合的选用。



## 2.1 极限与配合的基本术语和定义

光滑圆柱体结合是机械产品最广泛采用的一种结合形式，通常指孔与轴的结合。为使加工后的孔与轴能满足互换性要求，必须在结构设计中统一其公称尺寸，在尺寸精度设计中采用极限与配合标准。因此，圆柱体结合的极限与配合标准是一项最基本、最重要的标准。

### 2.1.1 孔和轴

(1) 孔：主要指工件圆柱形的内表面，也包括其他由单一尺寸确定的非圆柱形的内表面部分（由两平行平面或切面形成的包容面）。

(2) 轴：主要指工件的圆柱形外表面，也包括其他由单一尺寸确定的非圆柱外表面部分（由两平行平面或切面形成的被包容面）。

从工艺上看，随着工件表面材料的去除，孔的尺寸不断加大，轴的尺寸不断减小；而且在测量方法上，孔与轴的尺寸也有所不同。

在公差与配合标准中，孔是包容面，轴是被包容面，孔与轴都是由单一的主要尺寸的构成，如圆柱形的直径、轴的键槽宽和键的键宽等，如图 2-1 所示。

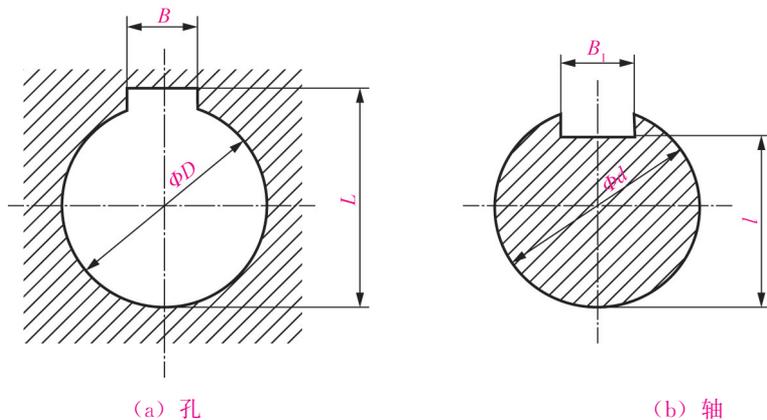


图 2-1 孔和轴

孔和轴具有广泛的含义，不仅表示通常的概念，即圆柱体的内、外表面，而且也表示由两平行平面或切面形成的包容面和被包容面。由此可见，除孔、轴以外，类似键连接的极限与配合也可直接应用公差与配合国家标准。

### 2.1.2 尺寸、公称尺寸、实际尺寸、极限尺寸

(1) 尺寸：用特定单位表示长度值的数字。一般是指两点之间的距离，如直径、



宽度、高度和中心距等。在机械制造中常用毫米（mm）作为特定单位。在图样上或标注尺寸时，通常只写数字不写单位。

(2) 公称尺寸：设计给定的尺寸（孔—— $D$ ，轴—— $d$ ）。通常有配合关系的孔和轴的公称尺寸相同。

公称尺寸是在设计中根据运动、强度、结构等要求经计算、化整后确定的。公称尺寸应尽量按照标准尺寸系列选取，它是尺寸精度设计中用来确定极限尺寸和偏差的一个基准，并不是实际加工要求得到的尺寸。

(3) 实际尺寸：通过测量所得的尺寸（ $D_a$ ， $d_a$ ）。但由于加工误差的存在，即使在同一零件上，测量的部位不同、方向不同，其实际尺寸也往往不相等，况且测量时还存在着测量误差，所以实际尺寸并非真值。

(4) 极限尺寸：允许尺寸变化的两个极限值，基本极限值较大者称为上极限尺寸（ $D_{\max}$ ， $d_{\max}$ ），极限值较小者称为下极限尺寸（ $D_{\min}$ ， $d_{\min}$ ），如图 2-2 所示。

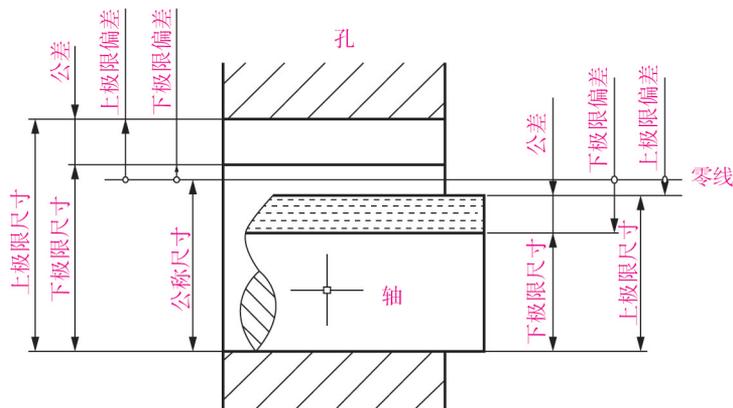


图 2-2 极限与配合示意图

极限尺寸是在设计中确定公称尺寸的同时，考虑加工经济性并满足某种使用要求而确定的。

### 2.1.3 尺寸偏差和公差

#### 1. 尺寸偏差（简称“偏差”）

尺寸偏差为某一尺寸减去其公称尺寸所得的代数差。偏差分为：

(1) 实际偏差 实际尺寸减去其公称尺寸所得的代数差，以公式表示如下：

$$\text{孔的实际偏差 } E_a = D_a - D$$

$$\text{轴的实际偏差 } e_a = d_a - d$$

(2) 极限偏差 极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差。其中，上极限尺寸与公称尺寸之差称为上极限偏差（ $ES$ ， $es$ ），下极限尺寸与公称尺寸之差称为下极限偏差（ $EI$ ， $ei$ ），如图 2-2 所示。公式如下：

$$\text{孔的上极限偏差 } ES = D_{\max} - D$$

$$\text{轴的上极限偏差 } es = d_{\max} - d$$



孔的下极限偏差  $EI = D_{\min} - D$

轴的下极限偏差  $ei = d_{\min} - d$

应该注意，偏差为代数值，可能为正值、负值或零。极限偏差用于控制实际偏差。完工后零件尺寸的合格条件常用偏差关系表示：

孔合格的条件  $EI \leq Ea \leq ES$

轴合格的条件  $ei \leq ea \leq es$

## 2. 尺寸公差 T (简称“公差”)

尺寸公差是上极限尺寸与下极限尺寸代数差的绝对值，或者是上极限偏差与下极限偏差代数差的绝对值，如图 2-2 所示，其关系式表示如下：

孔的公差  $T_D = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$

轴的公差  $T_d = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$

必须指出：公差与偏差是两种不同的概念。从工艺上讲，公差大小决定了允许尺寸变动范围的大小。若公差值大，则允许尺寸变动范围大，因而要求加工精度低；相反，若公差值小，则允许尺寸变动范围小，因而要求加工精度高。而偏差表示每个零件允许变动的极限值，是判断零件尺寸是否合格的依据。从作用上看，极限偏差用于控制实际偏差，影响配合的松紧，而公差则影响配合的精度。

### 2.1.4 零线和公差带图解

前述有关尺寸、极限偏差及公差是利用图 2-2 进行分析的，从图中可见公差的数值比公称尺寸的数值小得多，不能用同一比例画在一张示意图上，故采用简明的极限与配合图解（简称“公差带图”）来表示，如图 2-3 所示。

(1) 零线：在公差带图中，确定偏差的一条直准线称为零线。通常以零线表示公称尺寸，偏差由此零线算起，零线以上为正偏差，零线以下为负偏差。

(2) 尺寸公差带：在公差带图中，由代表上、下极限偏差的两条直线所限定的区域称为尺寸公差带（简称“公差带”）。公差带在垂直零线方向的宽度代表公差值，上线表示上极限偏差，下线表示下极限偏差。公差带沿零线方向长度可适当选取。图 2-3 中，尺寸单位为毫米（mm），偏差及公差单位也可用微米（ $\mu\text{m}$ ）表示，单位省略不写。

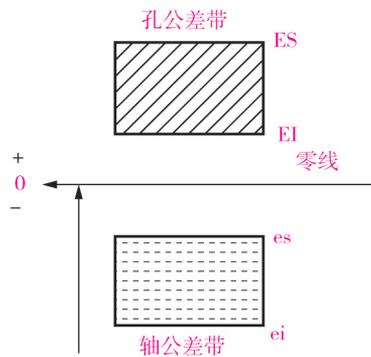


图 2-3 公差带图

### 2.1.5 配合和配合公差

#### 1. 配合

配合是指公称尺寸相同的相互结合的孔与轴公差带之间的关系。

(1) 间隙与过盈：孔的尺寸减去与其相配合的轴的尺寸所得的代数差。此值为正时称为间隙，此值为负时称为过盈。



(2) 间隙配合：孔的公差带在轴的公差带之上，具有间隙的配合（包括最小间隙为零的配合），如图 2-4 所示。

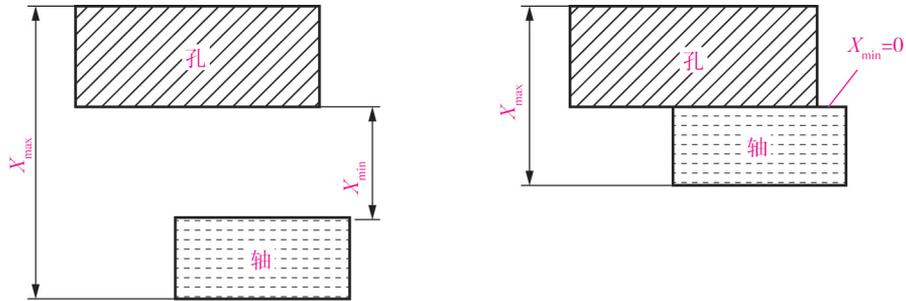


图 2-4 间隙配合

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  $X_{\text{av}}$  表示。计算式如下：

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

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

$$X_{\text{av}} = (X_{\max} + X_{\min}) / 2$$

(3) 过盈配合：孔的公差带在轴的公差带之下，具有过盈的配合（包括最小过盈为零的配合），如图 2-5 所示。

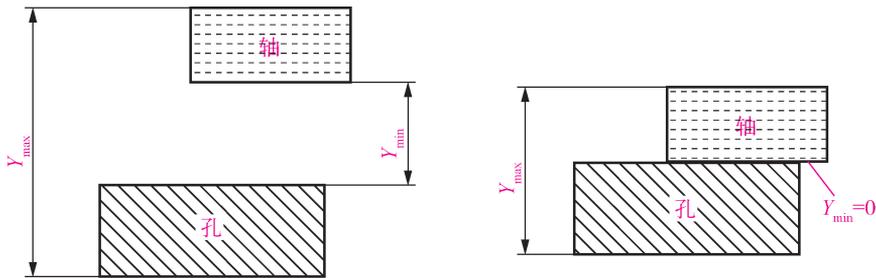


图 2-5 过盈配合

过盈配合的性质可用最小过盈  $Y_{\min}$ 、最大过盈  $Y_{\max}$  和平均过盈  $Y_{\text{av}}$  来表示。计算公式如下

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

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

$$Y_{\text{av}} = (Y_{\max} + Y_{\min}) / 2$$

(4) 过渡配合：是指孔的公差带与轴的公差带相互交叠，可能具有间隙或者过盈的配合，如图 2-6 所示。它是介于间隙配合与过盈配合之间的一类配合，但其间隙与过盈都不大。

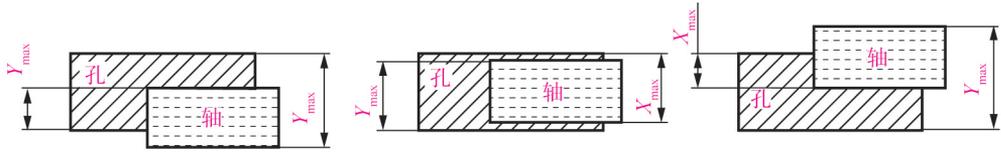


图 2-6 过渡配合

过渡配合用最大间隙  $X_{\max}$ 、最大过盈  $Y_{\max}$  和平均间隙  $X_{av}$  或平均过盈  $Y_{av}$  来表示。其计算式如下：

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

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

$$X_{av} \text{ 或 } Y_{av} = (X_{\max} + Y_{\max}) / 2$$

### 2. 配合公差

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松紧变动的程度给定的允许值。配合公差的大小为极限间隙或极限过盈之代数差的绝对值，其计算公式如下：

$$\text{间隙配合 } T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = X_{\max} - X_{\min}$$

$$\text{过盈配合 } T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}| = Y_{\min} - Y_{\max}$$

$$\text{过渡配合 } T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = X_{\max} - Y_{\max}$$

将最大、最小间隙和最大、最小过盈分别用孔、轴极限尺寸或极限偏差换算后代入上述三个式子中，得出三类配合的配合公差都为：

$$T_f = T_D + T_d$$

即配合公差等于相配合孔的公差与轴的公差之和。

当公称尺寸一定时，配合公差的大小反映了配合精度的高低，而孔公差和轴公差则表示孔、轴的加工精度。配合件配合精度决定于零件的加工精度，若要提高配合精度，使配合后间隙或过盈的变化范围减小，则应减小零件的公差，即需要提高零件的加工精度。

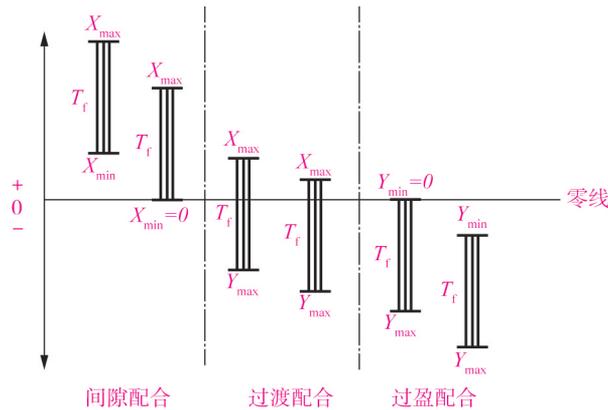


图 2-7 配合公差带



配合公差的特性也可用图 2-7 所示的配合公差带图来表示。在图 2-7 中，零线以上的纵坐标为正值，代表间隙；零线以下的纵坐标为负值，代表过盈；符号 III 代表配合公差带。配合公差带完全处在零线以上为间隙配合，完全处在零线以下为过盈配合，跨在零线上、下两侧则为过渡配合。

配合公差带的大小取决于配合公差的大小，配合公差带相对于零线的位置取决于极限间隙或极限过盈的大小。前者表示配合精度，后者表示配合的松紧。

例 2-1 若已知某配合的公称尺寸为  $\phi 60 \text{ mm}$ ，配合公差  $T_f = 49 \mu\text{m}$ ，最大间隙  $X_{\max} = 19 \mu\text{m}$ ，孔的公差  $T_D = 30 \mu\text{m}$ ，轴的下极限偏差  $ei = +11 \mu\text{m}$ ，试画出该配合的尺寸公差带图与配合公差图，并说明配合类别。

解：

①求孔与轴的极限偏差

因为  $T_f = T_D + T_d$ ，所以：

$$T_d = T_f - T_D = (49 - 30) \mu\text{m} = 19 \mu\text{m}$$

$$es = T_D + ei = (19 + 11) \mu\text{m} = 30 \mu\text{m}$$

因为  $X_{\max} = ES - ei$ ，所以：

$$ES = X_{\max} + ei = (19 + 11) \mu\text{m} = 30 \mu\text{m}$$

$$EI = ES - T_D = (30 - 30) \mu\text{m} = 0 \mu\text{m}$$

因为  $ES > ei$  且  $EI < es$ ，所以此配合为过渡配合。

②求最大过盈

$$\text{因为 } T_f = X_{\max} - Y_{\max}$$

$$\text{所以 } Y_{\max} = X_{\max} - T_f = (19 - 49) \mu\text{m} = -30 \mu\text{m}$$

③画出尺寸公差带图和配合公差带图（图 2-8 (a)、图 2-8 (b)）

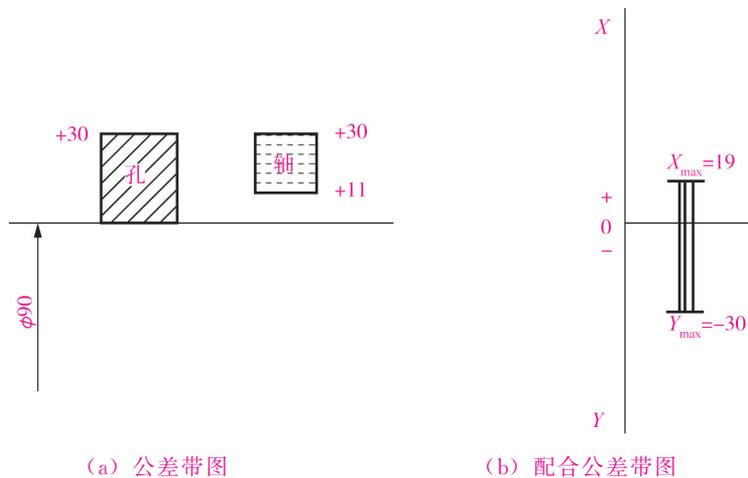


图 2-8 例 2-1 极限与配合公差带图



## 2.2 极限与配合国家标准

为了实现互换性和满足各种使用要求,极限与配合国家标准对形成各种配合的公差带进行了标准化,它的基本组成名为“标准公差系列”和“基本偏差系列”。前者确定公差带的大小,后者确定公差的位置,二者结合构成了不同的孔、轴公差带;而孔、轴公差带之间不同的相互关系则形成了不同的配合。

### 2.2.1 标准公差系列

#### 1. 公差等级

公差等级是确定尺寸精确程度的等级。GB/T 1800.3—1998《极限与配合基础第3部分:标准公差和基本偏差数值表》将标准公差分为20个公差等级,用IT和阿拉伯数字组成的代号表示,按顺序为IT01、IT0、IT1~IT18,等级依次降低,标准公差值依次增大。

#### 2. 标准公差值

公差值的大小与公差等级及公称尺寸有关。计算公差值分三段进行。

(1) IT5~IT18的公差值

当公称尺寸 $\leq 500$  mm时,公差值的计算式为 $IT = a \cdot i$ ;当公称尺寸 $= 500 \sim 3150$  mm时,计算式为 $IT = a \times I$ 为标准公差。其中 $a$ 为公差等级系数; $i$ 和 $I$ 为公差单位。

公差等级系数 $a$ :在公称尺寸一定的情况下,公差等级系数 $a$ 的大小反映了加工的难易程度,为了使公差值标准化,除了IT5的公差等级系数 $a=7$ 以外,IT6~IT18公差等级系数 $a$ 采用了R5优先数系,即公比 $q_5 = \sqrt[5]{10} = 1.6$ 的等比数列,每隔5项公差数值增加至10倍。

公差单位( $i, I$ ):用于确定标准公差的基本单位,是制定标准公差数值的基础。由大量的试验与统计分析得知,公差单位是公称尺寸 $D$ 的函数。

当公称尺寸 $< 500$  mm时,公差单位 $i$ 与加工误差和测量误差有关,而加工误差与公称尺寸近似成立方根关系;测量误差(主要是温度变化引起的)与公称尺寸近似呈线性关系,其计算式为

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

前项反映了加工误差的影响,是主要影响因素;而后项用于补偿由温度不稳定和量规变形等引起的测量误差。

当公称尺寸 $= 500 \sim 3150$  mm时,由于公称尺寸的增大,测量误差成为主要影响,而测量误差与公称尺寸近似呈线性关系,其计算式为



$I=0.004D+2.1$  式中, 前项为测量误差, 后项常数 2.1 为尺寸间的衔接关系常数。

(2) IT01~IT1 的公差值

IT01、IT0、IT1, 公差值比较小, 主要考虑测量误差的影响, 其公差计算采用线性关系式:  $IT=A+BD$ ,  $D$  为公称尺寸, 常数  $A$  与系数  $B$  均采用优先数系的派生系列  $R10/2$ 。

(3) IT2~IT4 的公差值

IT2~IT4 的公差值是在 IT1 与 IT5 之间按等比级数插入, 即  $IT2 = IT1 \cdot q$ ,  $IT3 = IT1 \cdot q^2, \dots$ , 其公比  $q = \left(\frac{IT5}{IT1}\right)^{1/4}$ 。

公称尺寸  $\leq 500$  mm 时, 标准公差的计算式见表 2-1; 公称尺寸  $= 500 \sim 3150$  mm, 公差值可按公式  $T = a \cdot I$  计算, 方法与公称尺寸  $\leq 500$  mm 相同, 不再赘述。

表 2-1 公称尺寸  $\leq 500$  mm 的标准公差计算式

单位:  $\mu\text{m}$

公称尺寸 /mm		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	标准公差计算公式																	
—	500	—	—	—	—	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i	2500i
500	3150	2I	2.7I	3.7I	5I	7I	10I	16I	25I	40I	64I	100I	160I	250I	400I	640I	1000I	1600I	2500I

注: 1. 公称尺寸至 500 mm 的 IT1 至 IT4 的标准公差计算见 2.2.1。  
2. 从 IT6 起, 其规律为: 每增 5 个等级, 标准公差增加至 10 倍, 也可用于延伸超过 IT8 的 IT 等级。

### 3. 尺寸分段

根据表 2-1 所列的标准公差的计算式可知, 有一个公称尺寸就应该有一个相应的公差值。生产实践中的公称尺寸很多, 这样就形成了一个庞大的公差数值表, 给设计和生产带来很大的困难。实践证明公差等级相同而公称尺寸相近的公差数值差别不大。因此, 为简化公差数值表格, 便于使用, GB/T 1800.3—1998 将  $\leq 500$  mm 的公称尺寸分成 13 个尺寸段。这里的尺寸段叫主段落。但考虑到某些配合 (如过盈配合) 对尺寸变化很敏感, 故在一个主段落中又细分成 2~3 段中间段落, 以供确定基本偏差时使用。公称尺寸分段见表 2-2 所列。

在标准公差以及以后的基本偏差的计算公式中, 公称尺寸  $D$  一律以所属尺寸分段 ( $>D_1 \sim D_n$ ) 内的首尾两个尺寸的几何平均值  $D_j$  [ $D_j = (D_1 D_n) \times 1/2$ ] 进行计算。

这样, 一个尺寸段内就只有一个公差数值, 极大地简化了公差表格尺寸段。



表 2-2 公称尺寸≤500 mm 的尺寸分段

单位: mm

主段落		中间段落		主段落		中间段落	
大于	至	大于	至	大于	至	大于	至
—	3	无细分段		50	80	50	65
3	6			65	80		
6	10			80	100		
10	18	10	14	100	120	100	120
		14	18			120	140
18	30	18	24	120	180	140	160
		24	30			160	180
30	50	30	40	180	250	180	200
		40	50			200	225
250	315	250	280			225	250
		280	315	1000	1250	1000	1120
315	400	315	355			1120	1250
		355	400	1250	1600	1250	1400
400	500	400	450			1400	1600
		450	500	1600	2000	1600	1800
500	630	500	560			1800	2000
		560	630	2000	2500	2000	2240
630	800	630	710			2240	2500
		710	800	2500	3150	2500	2800
800	1000	800	900			2800	3150
		900	1000				

例 2-2 公称尺寸分段 $>18\sim 30$  mm, 计算确定 IT7 级的标准公差数值。

$$\text{解: } D = \sqrt{18 \times 30} \text{ mm} \approx 23.24 \text{ mm}$$

$$I = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D = (0.45 \times \sqrt[3]{23.24} + 0.001 \times 23.24) \mu\text{m} \approx 1.31 \mu\text{m}$$

查表 2-1 可得

$$IT7 = 21 \mu\text{m} \text{ (尾数圆整)}$$

在公称尺寸和公差数值已定的情况下, 按标准公差计算公式计算出相应的公差值, 并按国家标准的有关规定对尾数圆整, 最后编出标准公差数值表 (表 2-3), 供设计时查用。

表 2-3 标准公差数值 (摘自 GB/T 1800.3—1998)

公称尺寸 /mm		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	$\mu\text{m}$																	
—	3	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	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	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	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	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	1.5	2.5	4	7	11	16	24	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	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	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	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	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	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	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	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	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1000	1250	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
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	850	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

注: 1. 公称尺寸大于 500 mm 的 IT1~IT5 的标准公差数值为试行。  
 2. 公称尺寸小于或等于 1 mm 时, 无 IT14~IT18。  
 3. IT01 和 IT0 在工业上很少用到, 因此本表中未列。



### 2.2.2 基本偏差系列

如前所述,基本偏差的作用是确定公差带相对于零线的位置,原则上与公差等级无关。为了满足机器中各种不同性质和不同松紧程度的配合,必须将孔与轴的公差带位置标准化。为此,国家标准对孔与轴各规定了 28 个公差带位置,分别由 28 个基本偏差来确定。

#### 1. 基本偏差代号

基本偏差代号用拉丁字母来表示,其中孔用大写字母表示,轴用小写字母表示,在 26 个拉丁字母中去除容易与其他含义混淆的五个字母: I、L、O、Q、W (i、l、o、q、w),同时增加七个双字母: CD、EF、FG、JS、ZA、ZB、ZC (cd、ef、fg、js、za、zb、zc),构成了 28 种基本偏差代号,它们分别形成孔、轴的基本偏差系列,如图 2-9 所示。

在孔的基本偏差系列中,代号 A—H 的基本偏差为下极限偏差 EI,其绝对值逐渐减小,其中 A—G 的 EI 为正值, H 的 EI=0,代号为 J—ZC 的基本偏差为上极限偏差 ES (除 J 外,一般为负值),绝对值逐步增大。

代号为 JS 的公差带相对于零线对称分布,因此其基本偏差可以为上极限偏差  $ES = +\frac{IT}{2}$  或下极限偏差  $EI = -\frac{IT}{2}$ 。

在轴的基本偏差系列中,代号 a—h 的基本偏差为上极限偏差 es,其绝对值也是逐渐减小,其中 a—g 的 es 为负值, h 的 es=0;代号为 j—zc 的基本偏差为下极限偏差 ei (除 j 外,一般为正值),绝对值也逐步增大。代号为 js 的公差带相对于零线对称分布,

因此其基本偏差可以为上极限偏差  $es = +\frac{IT}{2}$  或下极限偏差  $ei = -\frac{IT}{2}$ 。

在基本偏差系列图中,仅绘出公差带的一端(由基本偏差决定),而公差带的另一端取决于标准公差值的大小。因此,任何一个公差带代号都由基本偏差代号和公差等级代号联合表示,如孔的公差带代 H7、G8。轴的公差带代号 h6、p6。

配合代号用孔、轴公差带代号的组合表示,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 H7/n6, H8/f7, N8/h7。

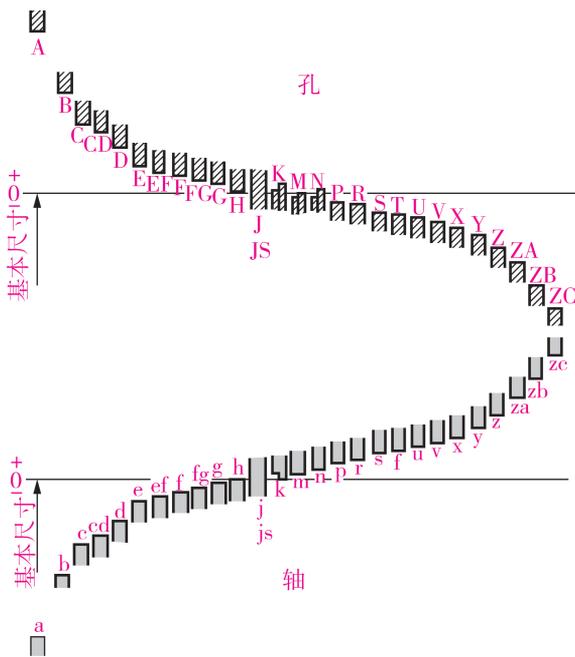


图 2-9 基本偏差系列



### 2. 基准制

(1) 基孔制：基本偏差为一定的孔的公差带，与不同偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度，称为基孔制，如图 2-10 所示。

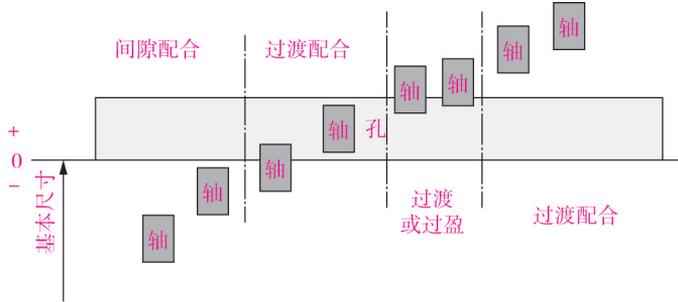


图 2-10 基孔制公差带图

基孔制配合中的孔是基准件，称为基准孔，代号为 H，其基本偏差（下极限偏差）为 0，即  $EI=0$ ，上极限偏差值为带有正号的孔公差值。

(2) 基轴制：基本偏差为一定的轴的公差带，与不同偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度，称为基轴制，如图 2-11 所示。

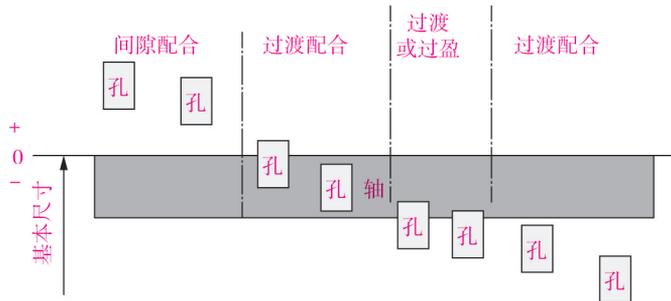


图 2-11 基轴制公差带图

基轴制配合中的轴是基准件，称为基准轴，代号为 h，其基本偏差（上极限偏差）为 0，即  $es=0$ ，下极限偏差值为带有负号的轴的公差值。

### 3. 基本偏差构成规律

(1) 轴的基本偏差：轴的基本偏差数值是以基孔制配合为基础，根据各种配合要求，在生产实践和大量试验的基础上，依据统计分析的结果整理出一系列经验公式计算后，按一定规则将尾数圆整而得。

在基孔制中轴的基本偏差从 a—h，用于间隙配合，其基本偏差的绝对值正好等于最小间隙。a、b、c 三种用于大间隙或者热动配合，基本偏差采用与直径成正比的关系计算；d、e、f 主要用于一般润滑条件下的旋转运动，为了保证良好的液体摩擦，最小



间隙应与直径呈平方根关系，但考虑到表面粗糙度的影响，间隙应适当减小，所以计算式中  $D$  的指数略小于 0.5； $g$  主要用于滑动、定心或半液体摩擦件擦的场合，要求间隙小，所以  $D$  的指数更要减小； $cd$ 、 $ef$ 、 $fg$  基本偏差的绝对值分别按  $c$  与  $d$ 、 $e$  与  $f$ 、 $f$  与  $g$  基本偏差的绝对值的几何平均值确定。

$j$ — $n$  与基孔制形成过渡配合，基本偏差的数值基本上是根据经验与统计的方法确定，最小间隙与直径呈立方根关系。其中， $j$  目前主要用于与滚动轴承相配合的孔与轴。

$p$ — $zc$  用于过盈配合，常按所需的最小过盈和相配基准制孔的公差等级来确定基本偏差值。如  $p$  常与 7 级基准孔相配合，要求最小过盈量为  $0\sim 5\ \mu\text{m}$ ，故基本偏差 =  $IT7 + (0-5)$ 。又如  $\leq 50\ \text{mm}$  的  $s$  与 8 级基准孔相配合，要求  $1\sim 4\ \mu\text{m}$  最小过盈，故基本偏差 =  $IT8 + (1-4)$ 。而  $r$  取  $p$  与  $s$  的几何平均值，其基本邻偏差 =  $\sqrt{ps}$ 。

50 mm 以上尺寸的  $s$ — $zc$  各级基本偏差等于公差值加上与直径呈线性关系的最小过盈。其中，系数符合优先数系增长，规律性好，便于应用。

归纳以上各经验计算式可得表 2-4，根据表 2-4 公式可计算出各种配合的轴和孔的基本偏差。

表 2-4 基本偏差尺寸  $\leq 500\ \text{mm}$  轴的基本偏差计算公式

基本偏差代号	适用范围	基本偏差 $es/\mu\text{m}$	基本偏差代号	适用范围	基本偏差 $ei/\mu\text{m}$
a	$D \leq 120\ \text{mm}$	$-(265 + 13D)$	k	$\leq IT3$ 及 $\geq IT8$	0
	$D > 120\ \text{mm}$	$-3.5D$		$IT4 \sim IT7$	$0.6^3 \sqrt{D}$
b	$D \leq 160\ \text{mm}$	$-(140 + 0.85D)$	m	—	$(IT7 - IT6)$
	$D > 160\ \text{mm}$	$-1.8D$	n	—	$+5D^{0.34}$
c	$D \leq 40\ \text{mm}$	$-52D^{0.2}$	p	—	$+IT7 + (0-5)$
	$D > 160\ \text{mm}$	$-1.8D$	n	—	$+5D^{0.34}$
cd	—	$-\sqrt{cd}$	S	$D \leq 50\ \text{mm}$	$+IT8 + (1\sim 4)$
d	—	$-16D^{0.44}$		$D \geq 51\ \text{mm}$	$IT7 + 0.4D$
e	—	$-16D^{0.41}$	t	—	$+IT7 + 0.63D$
ef	—	$-\sqrt{ef}$	u	—	$+IT7 + D$
f	—	$-5.5D^{0.41}$	v	—	$+it7 + 1.25D$
fg	—	$-\sqrt{fg}$	x	—	$+IT7 + 1.6D$
g	—	$-2.5D \times 0.34$	y	—	$+IT7 + 2D$



(续表)

基本偏差代号	适用范围	基本偏差 $es/\mu\text{m}$	基本偏差代号	适用范围	基本偏差 $ei/\mu\text{m}$
h	—	0	z	—	$+IT7+2.5D$
j	IT5~IT8	经验数据	za	—	$+IT7+3.15D$
js	—	$es=+IT/2$	zh	—	$+IT9+4D$
		或 $ei=-IT/2$	zc	—	$+IT10+5D$

在实际工作中,轴的基本偏差数值不必用公式计算,为方便使用,计算结果的数值已列成表,见表 2-5 所列,使用时可直接查表。当轴的基本偏差确定后,另一个极限偏差可根据轴的基本偏差和标准公差数值按下列关系计算。

下极限偏差:  $ei=es-T_d$

上极限偏差:  $es=ei+T_d$

(2) 孔的基本偏差数值:是从同名轴的基本偏差数值经抽象算得来的,换算原则是保证同名代号的孔和轴的基本偏差所组成的公差带,在基轴制和基孔制中分别与基准轴的基准孔相配合,两者的配合性质完全相同,即应保证两者有相同的极限间隙或极限过盈,如  $\frac{H9}{f9}$  与  $\frac{F9}{h9}$ ,  $\frac{H7}{p6}$  与  $\frac{H7}{p6}$ 。

由于孔比轴加工困难,因此国家标准规定,为使孔和轴的工艺等价,在较高精度等级的配合中,孔比轴的公差等级低一级;在较低精度等级的配合中,孔与轴采用相同的公差等级。在孔与轴的基本偏差换算中,有以下两种规则。

①通用规则。同名代号的孔与轴的基本偏差的绝对值相等,而符号相反,即

对于 A—H  $EI=-es$

对于 J—ZC  $ES=-ei$

②特殊原则。同名代号的孔与轴的基本偏差的符号相反,而绝对值相差一个  $\Delta$  值,即

$$\begin{aligned} ES &= ei + \Delta \\ &= IT_n - IT_n - I = IT_D - IT_d \end{aligned}$$

此式适用于公称尺寸大于 500 mm,标准公差小于 IT8 的 J、K、M、N 和标准公差  $\leq IT7$  的 P—ZC 的配合中。

用于述公式计算出的孔的基本偏差按一定规则化整,编制出孔的基本偏差数值表,见表 2-6 所列。使用时可直接查表,不必计算。

表 2-5 轴的基本偏差数值表

单位:  $\mu\text{m}$ 

基本尺寸 /mm		基本偏差数值																												
		下偏差 EI								上偏差 ES																				
		所有标准公差等级																												
大于	至	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	g	js	IT5 或 IT6	IT7	IT8	IT4 至 IT7	≤IT3 >IT7	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc			
—	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	0	-2	+4	+6	-4	0	+10	+14	+18	+20	+26	+32	+40	+60				
3	4	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-5	-4	0	0	-2	+4	+12	-4	+1	+15	+19	+23	+28	+35	+42	+50	+80				
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	0	-2	+6	+10	-5	+1	+19	+23	+28	+34	+42	+52	+67	+97				
10	14	-290	-150	-95	-50	-32	-16	-11	-6	-4	0	0	0	-3	+7	+12	-6	+1	+23	+28	+33	+40	+50	+64	+90	+130				
14	18	-300	-160	-110	-65	-40	-20	-14	-9	-7	0	0	0	-4	+8	+15	-8	+2	+28	+35	+41	+47	+63	+73	+98	+136	+188			
24	30	-310	-170	-120	-80	-50	-25	-16	-10	-9	0	0	0	-5	+9	+17	-10	+2	+34	+43	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218		
30	40	-320	-180	-130	-100	-60	-30	-18	-12	-10	0	0	0	-7	+11	+20	-12	+2	+41	+53	+54	+61	+71	+81	+94	+112	+148	+200	+274	
50	65	-340	-190	-140	-110	-70	-40	-20	-14	-10	0	0	0	-9	+13	+23	-15	+3	+54	+70	+75	+81	+91	+102	+114	+136	+180	+242	+325	
65	80	-360	-200	-150	-120	-80	-50	-25	-16	-10	0	0	0	-11	+15	+27	-18	+3	+66	+87	+92	+102	+114	+122	+136	+160	+200	+260	+340	
80	100	-380	-220	-170	-130	-90	-60	-30	-18	-12	0	0	0	-13	+17	+31	-21	+4	+71	+91	+92	+102	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480
100	120	-410	-240	-180	-140	-100	-70	-36	-20	-14	0	0	0	-15	+19	+35	-25	+5	+91	+104	+104	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480	
120	140	-460	-260	-200	-150	-110	-85	-43	-24	-16	0	0	0	-17	+21	+39	-28	+7	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
140	160	-520	-280	-210	-160	-120	-95	-48	-26	-18	0	0	0	-19	+23	+43	-32	+9	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
160	180	-580	-310	-230	-180	-140	-105	-50	-28	-19	0	0	0	-21	+25	+47	-36	+11	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
180	200	-660	-340	-240	-190	-150	-115	-55	-30	-20	0	0	0	-23	+27	+51	-40	+13	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
200	225	-740	-380	-260	-210	-170	-130	-60	-34	-22	0	0	0	-25	+29	+57	-44	+15	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
225	250	-820	-420	-280	-230	-190	-145	-65	-38	-24	0	0	0	-27	+31	+63	-48	+17	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
250	280	-920	-480	-300	-250	-210	-165	-75	-42	-26	0	0	0	-29	+33	+71	-52	+19	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
280	315	-1050	-540	-330	-280	-240	-185	-80	-48	-28	0	0	0	-31	+35	+81	-58	+21	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
315	355	-1200	-600	-360	-310	-270	-210	-100	-55	-30	0	0	0	-33	+37	+91	-62	+23	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
355	400	-1350	-680	-400	-350	-310	-250	-125	-62	-32	0	0	0	-35	+39	+101	-68	+25	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
400	450	-1500	-760	-440	-390	-350	-290	-135	-68	-34	0	0	0	-37	+41	+111	-74	+27	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		
450	500	-1650	-840	-480	-430	-390	-330	-155	-74	-36	0	0	0	-39	+43	+121	-80	+29	+104	+114	+114	+122	+146	+174	+210	+274	+360	+480		







孔的另一个极限偏差可根据下列公式计算：

$$ES = EI + IT_D$$

$$EI = ES - IT_D$$

例 2-3 查表确定  $\phi 25 \frac{H7}{r6}$  和  $\phi 25 \frac{R7}{h6}$  两种配合的孔、轴的极限偏差，计算极限过盈，并画出孔、轴公差带图。

解：由表 2-3 查得：公称尺寸为 25 mm、IT6 级的  $T_d = 13 \mu\text{m}$ ，IT7 级的  $T_D = 21 \mu\text{m}$ 。

(1) 对于  $\phi 25 \frac{H7}{r6}$ ， $\phi 25$ 、H7 为 7 级基准孔  $EI = 0$ ， $ES = +21 \mu\text{m}$

$\phi 25$ 、r6 基本偏差为下极限偏差，查表 2-5 得

$$ei = 28 \mu\text{m} \quad es = ei + T_d = +41 \mu\text{m}$$

极限过盈：

$$Y_{\min} = ES + ei = (21 - 28) \mu\text{m} = -7 \mu\text{m}$$

$$Y_{\max} = EI + es = (0 - 41) \mu\text{m} = -41 \mu\text{m}$$

(2) 对于  $\phi 25 \frac{R7}{h6}$ ， $\phi 25$ 、R7 基本偏差为上极限偏差，查表 2-6 得

$$ES = (-28 \mu\text{m} + \Delta) = (-28 + 8) \mu\text{m} = -20 \mu\text{m}$$

$$EI = ES - T_D = (-20 - 21) \mu\text{m} = -41 \mu\text{m}$$

$\phi 25$ 、h6 为 6 级基准轴：

$$es = 0, \quad ei = -13 \mu\text{m}$$

极限过盈：

$$Y_{\min} = ES - ei = [-20 - (-13)] \mu\text{m} = -7 \mu\text{m}$$

$$Y_{\max} = EI - es = (-41 - 0) \mu\text{m} = -41 \mu\text{m}$$

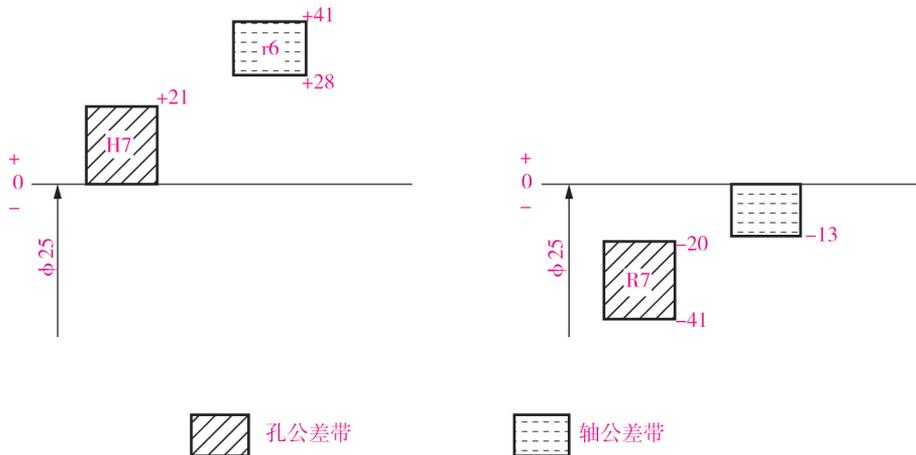


图 2-12 例 2-3 公差带图

公差带图见图 2-12。



由于  $\phi 25 \frac{H7}{r6}$  和  $\phi 25 \frac{R7}{h6}$  是同名配合，所以配合性质相同，即极限过盈相同。

#### 4. 圆柱孔、轴公差配合的图样上的标注法

(1) 孔和轴的公差带在零件图上的标注如图 2-13 所示，主要标注上下极限偏差数值，也可附注基本偏差代号及公差等级。

(2) 孔和轴的公差带在装配图上标注如图 2-14 所示，主要标注配合代号，即标注孔、轴的基本偏差代号及公差等级，也可附注上下极限偏差数值。

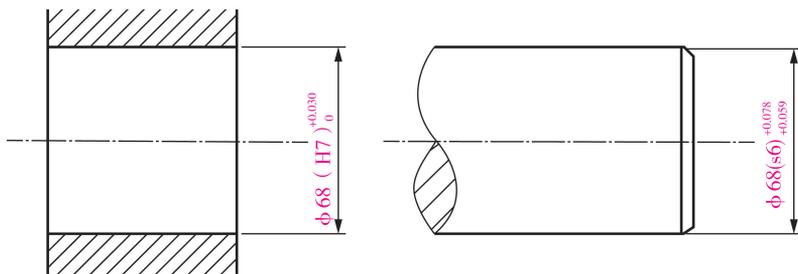


图 2-13 孔和轴的公差带在零件图上的标注

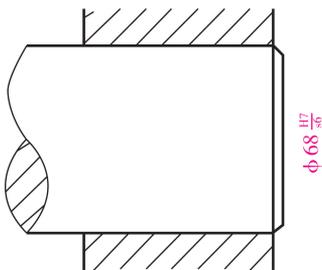


图 2-14 孔和轴的公差带在装配图上的标注

## 2.3 国际中规定的公差带与配合

### 2.3.1 一般、常用和优先公差带

按照国家标准中提供的标准公差与基本偏差系列，可将任一基本偏差与任一标准公差组合，从而得到大小与位置不同的大量公差带。在公称尺寸  $\leq 500$  mm 范围内，孔的公差带有： $20 \times 27 + 3 = 543$  个，轴的公差带有： $20 \times 27 + 4 = 544$  个。而公差带数量多，势必会使定值刀具和量具。规格繁多，使用时很不经济。为此 GB/T 1801—1999 《极限与配合 公差带和配合的选择》规定的公称尺寸  $\leq 500$  mm 的一般用轴的公差带 119 个和孔的公差带 105 个，再从中选出常用轴的公差带 59 个和孔的公差带 44 个，并



进一步选出孔和轴的优先公差带各 13 个，如图 2-15 和图 2-16 所示（图中方框内的公差带为常用公差带，图圈内的公差带为优先公差带）。

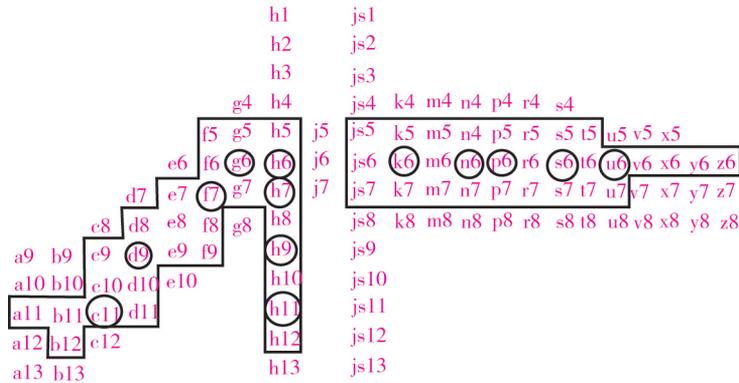


图 2-15 轴的一般、常用和优先公差带（尺寸 ≤ 500 mm）

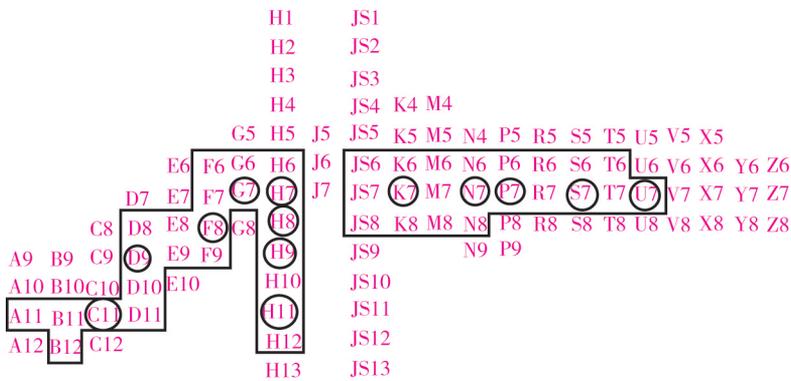


图 2-16 孔的一般、常用和优先公差带（尺寸 ≤ 500 mm）

### 2.3.2 图版

在上述推荐的轴、孔公差带的基础上，国家标准还推荐了孔、轴公差带的组合。对基孔制，规定有 59 种常用配合；对基轴制，规定有 47 种常用配合。在此基础上，又从中各选取了 13 种优先配合，见表 2-7 和表 2-8 所列。

表 2-7 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	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						$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$



(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								
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			$\frac{H10}{e10}$	$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$													
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$													
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注意：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  $\frac{H}{h}$  配合为优先配合。

3. 摘自 GB/T1801—1999。

表 2-8 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					$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{JS8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$									
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		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注意：1. 标注的  $\frac{H}{h}$  配合为优先配合。

2. 摘自 GB/T 1801—1999。



## 2.4 线性尺寸的一般公差

一般公差是指在车间一般加工条件下可以保证的公差，是机床设备在正常维护操作情况下，能达到的经济加工精度。采用一般公差时，在该尺寸后不标注极限偏差或其他代号，所以也称未注公差。

GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》对线性尺寸的一般公差规定了4个公差等级：精密级、中等级、粗糙级和最粗级，分别用字母f、m、c和v表示，按未注公差的线性尺寸和角度尺寸分别给出了各公差的极限偏差数值，具体数值见表2-9所列。这4个公差等级分别相当于IT12、IT14、IT16和IT17（旧国家标准GB 1804—1979的规定）。

表 2-9 线性尺寸的未注极限偏差的数值

单位：mm

公差等级	尺寸分段							
	0.5~3	>3~6	>6~30	>30~120	>120~400	>400~1000	>1000~2000	>2000
f (精密级)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	—
m (中等级)	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c (粗糙级)	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±2	±3
v (最粗级)	—	±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

表 2-10 倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差的数值

单位：mm

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

当采用一般公差时，在图样上只注公称尺寸，不注极限偏差，但应在图样的技术要求或有关技术文件中，用标准号和公差等级代号作出总的表示。例如，当选用中等级m时则表示为GB/T 1804-m。

一般公差用于精度较低的非配合尺寸。当要素的功能要求比一般公差更小或允许更大的公差值，而该公差比一般公差更经济时，则在公称尺寸后直接标注出极限偏差数值。一般公差的线性尺寸可以不检验。



一般公差适用于金属切削加工，以及一般冲压加工的尺寸。对于非金属材料和其他工艺方法加工的尺寸也可参照使用。

## 2.5 常用尺寸段极限与配合选用

尺寸极限与配合的选择是机械设计与制造中的一个重要环节，它是在公称尺寸已经确定的情况下进行的尺寸精度设计。极限与配合的选择是否恰当，对产品的性能、质量、互换性及经济性有着重要的影响。其内容包括选择基准制、公差等级和配合种类三大方面。选择的原则是在满足使用要求的前提下能获得最佳的经济效益。

### 2.5.1 基准制的选用

#### 1. 优先先用基孔制

中等尺寸精度较高的孔的加工和检验常采用钻头、铰刀、量规等定值刀具和量具，孔的公差带位置固定，可减少刀具、量具的规格，有利于生产和降低成本，故一般情况下，应优先采用基孔制。

#### 2. 选用基轴制的情况

(1) 直接使用有一定公差等级 (IT8~IT11) 而不再进行机械加工的冷拔钢材 (这种钢材按基准轴的公差带制造) 做轴。当需要各种不同的配合时，可选择不同的孔公差带位置来实现。这种情况主要应用于农业机械和纺织机械中。

(2) 加工尺寸  $< 1 \text{ mm}$  的精密轴比同级孔要困难，因此在仪表制造、钟表生产、无线电工程中，常使用经过光轧成形的钢丝直接做轴，这时采用基轴制比较经济。

(3) 根据结构上的需要，同一公称尺寸的轴上装配有不同配合要求的几个孔件时应采用基轴制。如图 2-17 (a) 所示，柴油机的活塞销同时与连杆孔和支承孔相配合，连杆要转动，故采用间隙配合；而与支承配合可紧一些，采用过渡配合。如采用基孔制，则如图 2-17 (b) 所示，活塞销需做成中间小、两头大形状，这不仅对加工不利，同时装配也有困难，易拉毛连杆孔。若改用基轴制，如图 2-17 (c) 所示，活塞销可尺寸不变，而连杆孔、支承孔分别按不同要求加工，较经济合理且便于安装。

#### 3. 与标准件配合时，必须按标准来选择基准制

如图 2-18 所示，滚动轴承的外圈与壳体孔的配合必须采用基轴制，滚动轴承的内圈与轴颈的配合必须采用基孔制，此轴颈按  $\phi 55j6$  加工，外壳孔应按  $\phi 100K7$  加工。

#### 4. 为了满足配合的特殊需要，允许选用非基准制的配合

非基准制的配合是指相配合的两零件既无基准孔 H 又无基准轴 h 的配合，当一个孔与几个轴相配合或一个轴与几个孔相配合，其配合要求各不相同，则有的配合要使用非基准制的配合，

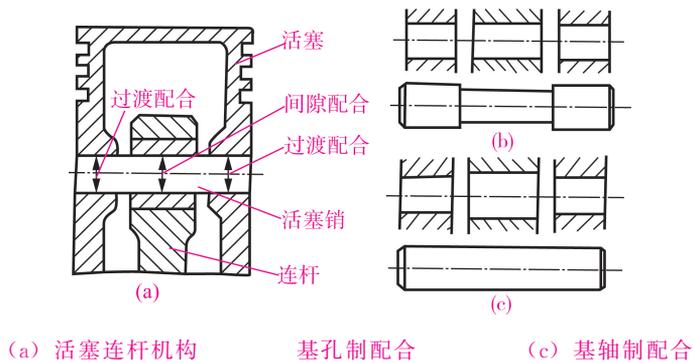


图 2-17 活塞连杆机构

如图 2-18 所示，在减速器某轴颈处的轴向定位套用来作轴向定位，它松套在轴颈上即可。但轴颈的公差带已确定为  $\phi 55j6$ ，因此，轴套与轴颈的间隙配合就不能采用基孔制配合，形成了任一孔、轴公差带组成的非基准配合  $\phi 55F9/j6$  来满足使用要求。另一处箱体孔与端盖定位圆柱面的配合和上述情况相假似，考虑到端盖的拆卸方便，且允许配合的间隙较大，因此选用非基准制配合  $\phi 100K7/f6$ 。

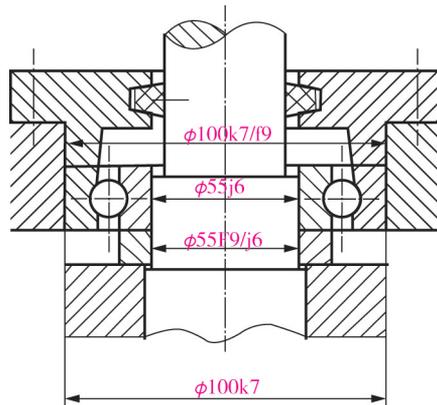


图 2-18 减速器中箱体孔与端盖定位圆柱面的配合

## 2.5.2 公差等级的选用

合理地选用公差等级，就是为了更好地解决机械零、部件使用要求与制造工艺及成本之间的矛盾。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，尽量选取低的公差等级。

公差等级的选择可用类比法，也就是参照生产实践证明是合理的同类产品的孔、轴公差等级，进行比较选择。

用类比法选择公差等级时，应掌握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，以便有所依据。表 2-11 为公差等级的大体应用，表 2-12 为各种加工方法可能达到的公差等级。



表 2-11 公差等级的应用

公差等级																				
应用	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
块规																				
量规																				
配合尺寸																				
特别精密零件																				
非配合尺寸																				
原材料误差																				

表 2-12 各种加工方法可能达到的公差等级

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																				
磨																				
圆磨																				
平磨																				
金刚石车																				
金刚石																				
纹削																				
绞孔																				
箱车																				
租车																				
租																				
铣																				
刨、																				
钻削																				
冲压																				
滚压、挤压																				
铸造																				
砂型铸造																				
金属型铸造																				
气割																				



用类比法选择公差等级时，应注意以下几个方面。

(1) 相互配合的孔与轴的工艺等价性。在常用尺寸段内，对于较高精度等级的配合，孔比同级轴的加工困难，加工成本也要高一些，其工艺是不等价的。为了使相互配合的孔轴工艺等价，当公差等级 $<IT8$ 时，孔比轴低一级（如  $H7/n6$ 、 $P6/h5$ ）；当公差等级为  $IT8$  时，孔与轴同级或孔比轴低一级（如  $H8/f8$ 、 $F8/h7$ ）；当公差等级 $>IT8$  时，孔、轴为同级（如  $H9/e9$ 、 $F8/h8$ ）。

(2) 相配零件或部件精度的匹配性。在齿轮的基准孔与轴的配合中，该孔与轴的公差等级由相关齿轮精度等级确定，与滚动轴承相配合的外壳孔和轴颈的公差等级和相配合滚动轴承公差等级有关。

(3) 加工成本。考虑到在满足使用要求的前提下降低加工成本，不重要的相配合件的公差等级可以低二三级，如图 2-18 所示。减速器中箱体孔与端盖定位圆柱面的配合为  $\phi 100K7/f9$ ，轴套与轴颈的配合为  $\phi 55F9/j6$ 。

### 2.5.3 配合种类的选择

前述基准孔和公差等级的选择，确定了基准孔或基准轴的公差带，以及相应的非基准轴公差配合与测量技术或非基准孔公差带的大小，因此选择配合种类实质上就是确定非基准轴或非基准孔公差带的位置，也就是选择非基准轴或非基准孔的基本偏差代号。

设计时，通常多采用类比法选择配合种类。为此必须掌握各种配合的特征和应用场合，并了解它们的应用实例，然后再根据具体情况加以选择。

#### 1. 配合种类的选择

配合分为三类：间隙配合、过渡配合和过盈配合。

(1) 间隙配合具有一定的间隙量，间隙量小时主要用于精确定心又便于拆卸的静联接，或结合件间只有缓慢移动或转动的动联接。如结合件要传递力矩，则需加键、销等紧固件。间隙量较大时主要用于结合件间有转动、移动或复合运动的动联接。

(2) 过渡配合可能具有间隙，也可能具有过盈，但不论是间隙还是过盈量都很小，主要用于精确定心，结合件间无相对运动，是可拆卸的静联接。如需要传递力矩，则加键、销等紧固件。

(3) 过盈配合具有一定的过盈量，主要用于结合件无相对运动不可拆卸的静联接。当过盈量较小时，只用作精确定心，如需传递力矩，需加键、销等紧固件。过盈量较大时，可直接用于传递力矩。具体选择配合类别时可参考表 2-13。