

项目 1 光滑圆柱公差配合及其检测

【项目目标】

- ◆ 掌握光滑圆柱公差与配合的基本术语和概念。
- ◆ 掌握公差与配合国家标准的主要内容。
- ◆ 掌握公差配合的数值确定方法及查表方法。
- ◆ 掌握公差配合的应用场合及选择方法。

【任务引入】

光滑圆柱体结合是机械制造中应用最广泛的一种结合形式。现代化的机械工业要求机械零件具有互换性。为了使零件具有互换性，必须保证零件的尺寸、几何形状和相互位置以及表面粗糙度等的一致性。就尺寸而言，互换性要求尺寸的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，又要在制造上经济合理，因此就形成了“极限与配合”的概念。“极限”用于协调机器零件使用要求与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。

“极限”与“配合”的标准化，有利于机器的设计、制造、使用和维修，有利于保证机械零件的精度、使用性能和寿命等要求，也有利于刀具、量具、机床等工艺装备的标准化。

【相关知识】

- ◆ 光滑圆柱公差与配合的基本概念。
- ◆ 公差与配合标准的主要内容。
- ◆ 公差配合的选择方法。

任务 1.1 光滑圆柱公差与配合的基本概念

光滑圆柱体孔与轴的结合是机械制造中应用最广泛的一种结合形式，本任务通过光滑圆柱孔和轴，直观地介绍公差与配合有关术语的定义和基本概念。

1.1.1 孔和轴的定义

1. 孔

孔通常指工件的圆柱形内表面，也包括其他由单一尺寸确定的非圆柱形内表面(由两平行平面或切面形成的包容面)部分。如图 1-1 所示，零件的各内表面上，尺寸 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 都称为孔。



2. 轴

轴通常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形外表面(由两平行平面或切面形成的被包容面)部分。如图 1-1 所示,零件的各外表面上,尺寸 d_1 、 d_2 、 d_3 都称为轴。

在极限与配合中,孔和轴的关系表现为包容和被包容的关系,即孔为包容面,轴为被包容面。

在加工过程中,随着余量的切除,孔的尺寸由小变大,轴的尺寸则由大变小。

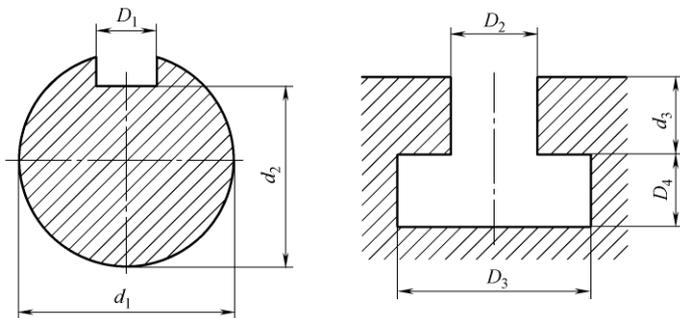


图 1-1 孔和轴

孔和轴的定义明确了极限与配合国家标准的应用范围。在极限与配合中,孔和轴都是由单一尺寸确定的,如圆柱体的直径、键与键槽的宽度等。

1.1.2 有关尺寸的术语及定义

1. 尺寸

尺寸是用特定单位表示线形几何量大小的数值。它由数字和长度单位组成,用以表示长度的大小,如直径、长度、宽度、深度、中心距等。机械图中标注的尺寸规定以毫米为单位。

广义地说,尺寸还包括线性尺寸和以角度单位表示角度尺寸的数值。

2. 公称尺寸(D 、 d)

公称尺寸是指设计给定的尺寸,通过它应用上、下极限偏差可算出极限尺寸。公称尺寸是设计者根据零件的使用要求,通过强度、刚度等方面的计算或结构需要,并考虑工艺方面的其他要求后,经过化整确定的。它一般应按标准尺寸选取,以减少定值刀具、量具和夹具的规格数量。

它只表示尺寸的基本大小,并不一定是在实际加工中得到的尺寸,有配合关系的孔与轴其公称尺寸相同,如图 1-2 中 $D(d)$ 所示。

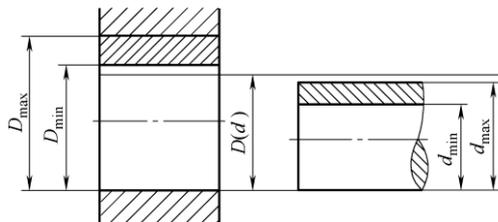


图 1-2 公称尺寸与极限尺寸

3. 提取组成要素的局部尺寸(D_a 、 d_a)

提取组成要素是按规定方法,由实际要素提取有限数目的点所形成的实际要素的近似替代。而提取组成要素上两对应点之间的距离统称为提取组成要素的局部尺寸。为方便起见,可简称为提取要素的局部尺寸。由于存在测量误差,局部尺寸非尺寸的真值;又由于存在形状误差,零件的同一表面上的不同部位,其局部尺寸往往并不相等。孔、轴的提取要素局部尺寸分别用 D_a 、 d_a 表示。提取组成要素的局部尺寸如图 1-3 所示。

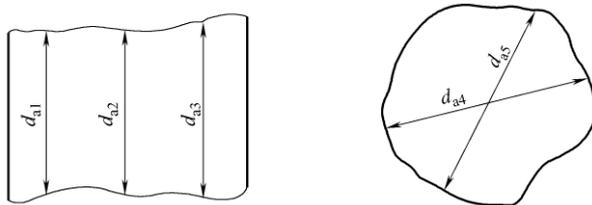


图 1-3 提取组成要素的局部尺寸

4. 极限尺寸(D_{\max} 、 d_{\max} 、 D_{\min} 、 d_{\min})

极限尺寸是指允许尺寸变化的两个界限值。孔或轴允许的最大尺寸为上极限尺寸(D_{\max} 、 d_{\max}),孔或轴允许的最小尺寸为下极限尺寸(D_{\min} 、 d_{\min}),如图 1-2 所示。设计中规定极限尺寸是为了限制工件尺寸的变动不要超出指定范围,以满足预定的使用要求。完工后,零件的实际尺寸应位于其中,也可达到极限尺寸,用公式表示为:

孔的尺寸合格条件: $D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$ 。

轴的尺寸合格条件: $d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$ 。

5. 最大实体状态(MMC)

孔或轴具有允许的材料量为最多时的状态称为最大实体状态。

6. 最大实体尺寸(MMS)

在最大实体状态下的极限尺寸称为最大实体尺寸,又称最大实体极限。孔的下极限尺寸(D_{\min})和轴的上极限尺寸(d_{\max})统称为最大实体尺寸。

7. 最小实体状态(LMC)

孔或轴具有允许的材料量为最少时的状态称为最小实体状态。



8. 最小实体尺寸(LMS)

在最小实体状态下的极限尺寸称为最小实体尺寸，又称最小实体极限。孔的上极限尺寸(D_{\max})和轴的下极限尺寸(d_{\min})统称为最小实体尺寸。

1.1.3 有关偏差和公差的术语及定义

1. 偏差

偏差是指某一尺寸(局部尺寸、极限尺寸等)减去其公称尺寸所得的代数差。偏差分为实际偏差和极限偏差。

(1) 实际偏差(E_a 、 e_a): 局部尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为实际偏差。其计算公式如下:

$$\text{孔的实际偏差} \quad E_a = D_a - D \quad (1-1)$$

$$\text{轴的实际偏差} \quad e_a = d_a - d \quad (1-2)$$

(2) 极限偏差(ES、es, EI、ei): 极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为极限偏差。其中上极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差(ES、es), 下极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差(EI、ei), 用公式表示为:

$$\text{孔的上极限偏差} \quad ES = D_{\max} - D \quad (1-3)$$

$$\text{孔的下极限偏差} \quad EI = D_{\min} - D \quad (1-4)$$

$$\text{轴的上极限偏差} \quad es = d_{\max} - d \quad (1-5)$$

$$\text{轴的下极限偏差} \quad ei = d_{\min} - d \quad (1-6)$$

上极限偏差与下极限偏差统称为极限偏差。偏差可以为正、负或零值，它分别表示其尺寸大于、小于或等于公称尺寸。所以不等于零的偏差值，在其值前必须标上相应的“+”号或“-”号，偏差为零时，“0”也不能省略。

在图样和技术文件上标注极限偏差时，标准规定：上极限偏差标在公称尺寸右上角，下极限偏差标在公称尺寸右下角。如 $\phi 20_{-0.013}^0$ 、 $\phi 35_{-0.009}^{+0.025}$ 、 $\phi 50f6_{-0.033}^{(-0.020)}$ 或 $\phi 63j7_{-0.012}^{(+0.018)}$ ，当上、下极限偏差数值相等、符号相反时，则标注为 $\phi 25 \pm 0.0065$ 。完工后零件尺寸的合格条件可以用偏差关系式表示为:

孔的尺寸合格条件： $EI \leq E_a \leq ES$ 。

轴的尺寸合格条件： $ei \leq e_a \leq es$ 。

2. 尺寸公差(简称公差)(T_h 、 T_s)

尺寸公差是指允许尺寸的变动量。它等于上极限尺寸与下极限尺寸代数差的绝对值，也等于上、下偏差代数差的绝对值。公差取绝对值，则不存在负值，也不允许为零。其计算公式如下:

$$\text{孔的公差} \quad T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| \quad (1-7)$$

$$\text{轴的公差} \quad T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \quad (1-8)$$

注：①尺寸误差是指一批零件的实际尺寸相对于理想尺寸的偏离范围。当加工条件一定时，尺寸误差表征了加工方法的精度。尺寸公差则是设计给定的误差允许值，体现了设

计者对加工精度的要求。

② 极限偏差和公差都是设计时给定的，但它们之间存在着本质的不同。在数值上，极限偏差是代数值，可正、可负，也可为零值；而公差是没有任何符号的绝对值，也不能为零值，是工件尺寸的精度指标。从作用上看，极限偏差用于控制实际偏差，是判断工件尺寸是否合格的依据；而公差用于控制尺寸误差，其大小反映尺寸精度。从工艺上看，极限偏差是调整机床时决定切削刀具与工件相对位置的依据；而公差大小则决定了加工的难易程度，是制定加工工艺时的主要依据。

公称尺寸、极限尺寸、极限偏差和尺寸公差之间的关系如图 1-4 所示。

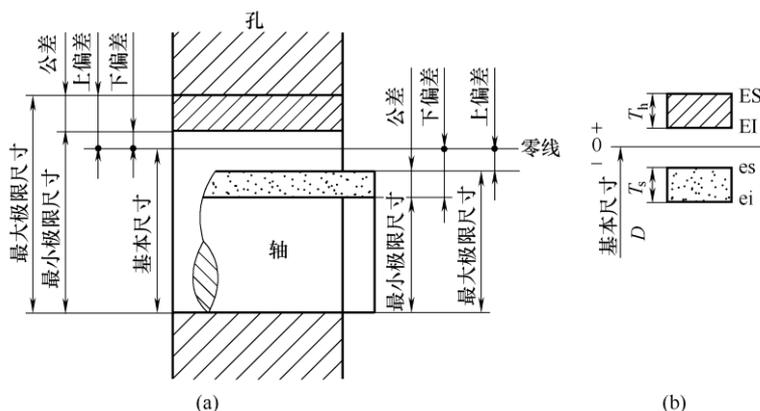


图 1-4 尺寸、偏差与公差

3. 公差带图

为了直观、方便，在研究公差和配合时，常用到公差带图这一非常重要的工具。公差带图由零线和公差带组成。由于公差或偏差的数值比公称尺寸的数值小得多，在图中不使用同一比例表示，同时为了简化，在分析有关问题时，不画出孔、轴的结构，只画出放大的孔、轴公差区域和位置。采用这种表达方法的图形称为公差带图，如图 1-5 所示。

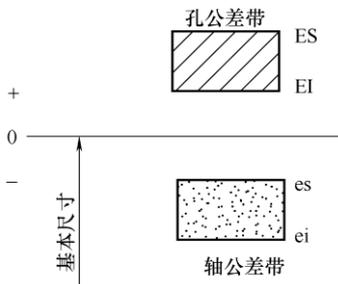


图 1-5 公差带图

(1) 零线。在公差带图中，确定极限偏差的一条基准直线称为零线。通常，零线沿水平方向绘制，表示公称尺寸，零线上方表示正偏差，零线下方表示负偏差。



(2) 公差带。在公差带图中, 由代表上极限偏差和下极限偏差或上极限尺寸和下极限尺寸的两平行直线所限定的区域称为公差带。公差带在零线垂直方向上的宽度代表公差值, 在零线方向其长度可适当选取。通常尺寸单位用毫米(mm)表示, 偏差及公差单位用微米(μm)表示, 单位省略不写。

(3) 公差带的两要素。在国家标准中, 公差带图包括了“公差带大小”与“公差带位置”两个要素, 前者由标准公差确定, 后者由基本偏差确定。

① 标准公差。极限与配合国家标准中所规定的(确定公差带大小的)任一公差为标准公差。

② 基本偏差。确定公差带相对于零线位置的那个极限偏差为基本偏差。它可以是上极限偏差或下极限偏差, 一般为靠近零线的那个极限偏差。

公差带图是学习本课程的一个极为重要的概念和工具, 必须熟练掌握。

【例 1-1】 作孔 $\phi 25\text{H}7^{(+0.021)}$ 和轴 $\phi 25\text{f}6^{(-0.021)}$ 的公差带图。

解: 作图步骤如下。

(1) 作零线, 并在零线左端标上“0”和“+”“-”号, 在其左下方画出单箭头的尺寸线并标上公称尺寸 $\phi 25\text{mm}$ 。

(2) 选择合适比例(一般可选 500:1, 即 1mm 代表 2 μm), 按选定的放大比例画出公差带。为了区别孔和轴的公差带, 孔的公差带画上剖面线; 轴的公差带涂黑, 标上公差带代号。一般将极限偏差值直接标在公差带的附近, 如图 1-6 所示。

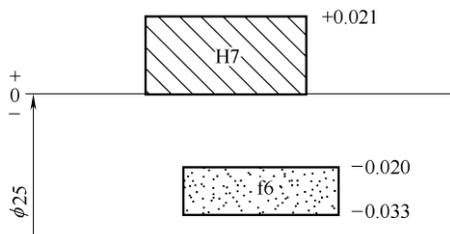


图 1-6 公差带图

1.1.4 有关配合的术语及定义

1. 配合

配合是指公称尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。根据孔和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. 间隙或过盈

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差为正时, 称为间隙, 用符号 X 表示; 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差为负时, 称为过盈, 用符号 Y 表示。

3. 配合的种类

根据相互结合的孔、轴公差带之间的相对位置关系, 配合可分为以下三大类。

(1) 间隙配合。保证具有间隙(包括最小间隙等于零)的配合,称为间隙配合。此时,孔的公差带在轴的公差带之上,如图 1-7 所示。

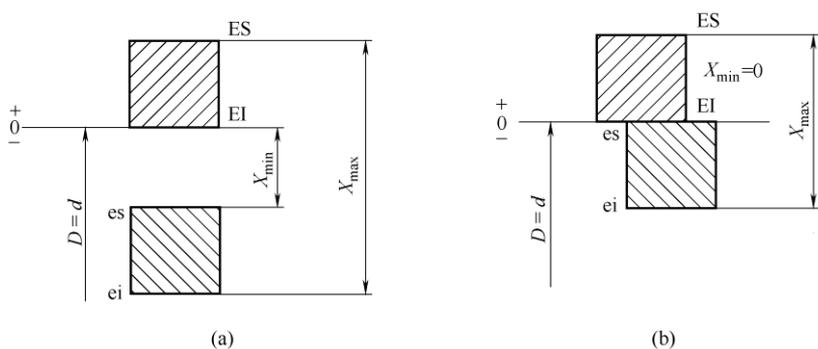


图 1-7 间隙配合

由于孔、轴的实际尺寸允许在各自公差带内变动,所以装配后孔、轴配合的间隙也是变动的。当孔为上极限尺寸,轴为下极限尺寸时,装配后得到最大间隙(X_{\max});反之,得到最小间隙(X_{\min})。最大间隙 X_{\max} 和最小间隙 X_{\min} 统称为极限间隙,它们是间隙配合中反映配合性质的特征值。但在正常的生产中,出现 X_{\max} 和 X_{\min} 的机会是很少的。故有时用平均间隙(X_{av})来描述间隙配合的平均松紧程度。它是最大间隙和最小间隙的平均值。

$$\text{最大间隙} \quad X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1-9)$$

$$\text{最小间隙} \quad X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1-10)$$

$$\text{平均间隙} \quad X_{av} = 1/2(K_{m+a} + X_n) \quad (1-11)$$

(2) 过盈配合。过盈配合是指具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带的下方,如图 1-8 所示。

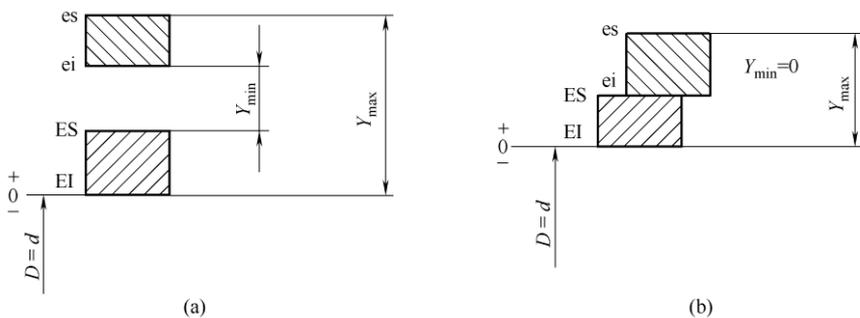


图 1-8 过盈配合

过盈配合的性质可用最大过盈 Y_{\max} 、最小过盈 Y_{\min} 和平均过盈 Y_{av} 表示。

$$\text{最大过盈} \quad Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1-12)$$

$$\text{最小过盈} \quad Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1-13)$$

$$\text{平均过盈} \quad Y_{av} = 1/2(Y_{\max} + Y_{\min}) \quad (1-14)$$

(3) 过渡配合。过渡配合是指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, 如图 1-9 所示。

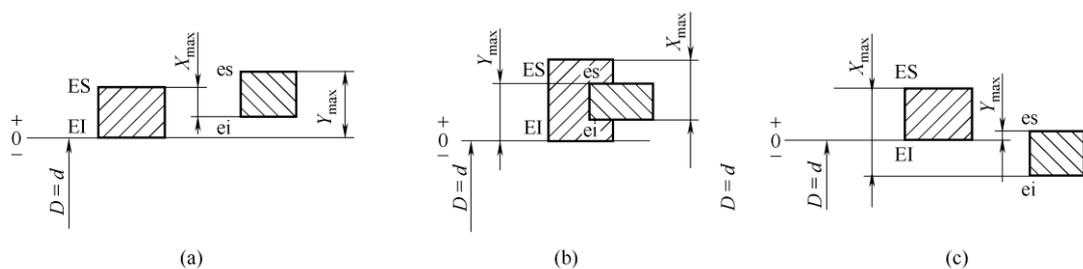


图 1-9 过渡配合

过渡配合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。其性质用最大间隙 X_{\max} 、最大过盈 Y_{\max} 和平均间隙 X_{av} 或平均过盈 Y_{av} 表示。

$$\text{最大间隙} \quad X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (1-15)$$

$$\text{最大过盈} \quad Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (1-16)$$

$$\text{平均间隙(过盈)} \quad X_{\text{av}} (\text{或} Y_{\text{av}}) = 1/2(X_{\max} + Y_{\max}) \quad (1-17)$$

X_{av} (或 Y_{av}) 的计算结果为正时是平均间隙, 表示偏松的过渡配合; 为负时是平均过盈, 表示偏紧的过渡配合。

4. 配合公差(T_f)

配合公差是指组成配合的孔、轴公差之和。它是允许间隙或过盈的变动量。配合公差反映配合的松紧变化程度, 它和尺寸公差一样, 是没有符号的绝对值, 用符号 T_f 表示。

$$\text{对于间隙配合} \quad T_f = T_h + T_s = |X_{\max} - X_{\min}| \quad (1-18)$$

$$\text{对于过盈配合} \quad T_f = T_h + T_s = |Y_{\min} - Y_{\max}| \quad (1-19)$$

$$\text{对于过渡配合} \quad T_f = T_h + T_s = |X_{\max} - Y_{\max}| \quad (1-20)$$

配合公差反映配合精度的高低, 式(1-18)~式(1-20)说明配合件的配合精度与零件的加工精度有关。若要提高配合精度, 使配合后间隙或过盈的变化范围减小, 就必须减小相互配合的孔与轴的公差, 需要提高零件的加工精度。

间隙配合、过盈配合与过渡配合通过实例进行综合比较的情况, 可参见表 1-1。

表 1-1 三大类配合综合比较表

配合类型	间隙配合	过盈配合	过渡配合
项目	孔公差带在轴公差带之上	孔公差带在轴公差带之下	孔公差带与轴公差带交叠
实例	$\phi 30 \frac{H7(+0.021)}{g6(-0.007)}_{(-0.020)}$	$\phi 30 \frac{H7(+0.021)}{p6(+0.035)}_{(+0.022)}$	$\phi 30 \frac{H7(+0.021)}{k6(+0.015)}_{(+0.002)}$

续表

配合类型		间隙配合	过盈配合	过渡配合
项目	配合类型			
尺寸公差带图				
配合松紧的特征参数	可能最紧配合状态下的极限盈隙	孔轴均处于最大实体尺寸: $D_{\min} - d_{\max} = EI - es$		
		$X_{\min} = EI - es$ $= 0 - (-0.007) = +0.007$	$Y_{\max} = EI - es$ $= 0 - (+0.035) = -0.035$	$Y_{\max} = EI - es$ $= 0 - (+0.015) = -0.015$
	可能最紧配合状态下的极限盈隙	孔轴均处于最小实体尺寸: $D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$		
		$X_{\max} = ES - ei = +0.021 - (-0.020) = +0.041$	$Y_{\min} = ES - ei = +0.021 - (+0.022) = -0.001$	$X_{\max} = ES - ei = +0.021 - (+0.002) = +0.019$
	平均间隙(或平均过盈)	$X_{av} = (X_{\max} + X_{\min}) / 2$	$Y_{av} = (Y_{\max} + Y_{\min}) / 2$	$X_{av}(Y_{av}) = (X_{\max} + X_{\min}) / 2$
配合公差 T_f	$ X_{\max} - X_{\min} $ $T_f = T_h + T_s$	$ Y_{\min} - Y_{\max} $	$ X_{\max} - Y_{\max} $	

【例 1-2】 公称尺寸 $D=30\text{mm}$; 孔的极限尺寸 $D_{\max}=30.033\text{mm}$, $D_{\min}=30\text{mm}$, 轴的极限尺寸 $d_{\max}=29.980\text{mm}$, $d_{\min}=29.959\text{mm}$ 。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

$$ES = D_{\max} - D = (30.033 - 30)\text{mm} = +0.033\text{mm}$$

$$EI = D_{\min} - D = (30 - 30)\text{mm} = 0$$

轴的极限偏差

$$es = d_{\max} - d = (29.980 - 30)\text{mm} = -0.020\text{mm}$$

$$ei = d_{\min} - d = (29.959 - 30)\text{mm} = -0.041\text{mm}$$

孔的公差

$$T_h = D_{\max} - D_{\min} = (30.033 - 30)\text{mm} = 0.033\text{mm}$$

轴的公差

$$T_s = d_{\max} - d_{\min} = (29.980 - 29.959)\text{mm} = 0.021\text{mm}$$

公差带图如图 1-10 所示。

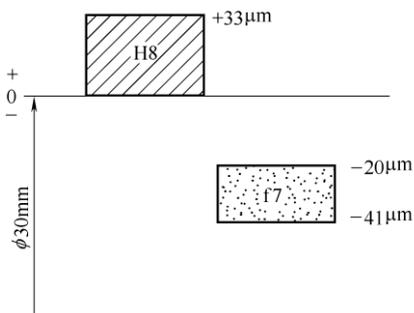


图 1-10 公差带图

【例 1-3】 计算 $\phi 50_0^{+0.021}$ 的孔与 $\phi 50_{-0.044}^{-0.025}$ 轴配合的极限间隙和配合公差，并画出孔、轴公差带图。

解：先画出孔、轴公差带图如图 1-11 所示。

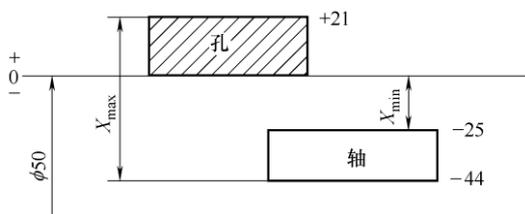


图 1-11 公差带图

计算极限间隙和配合公差：

$$X_{\min} = EI - es = 0 - (-25)\mu\text{m} = 25\mu\text{m}$$

$$X_{\max} = ES - ei = 21 - (-44)\mu\text{m} = 65\mu\text{m}$$

$$T_f = X_{\max} - X_{\min} = (65 - 25)\mu\text{m} = 40\mu\text{m}$$

任务 1.2 公差与配合标准的主要内容简介

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标准化，它的基本组成包括“标准公差系列”和“基本偏差系列”，前者确定公差带的大小，后者确定公差带的位置，二者结合构成了不同孔、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。

经标准化的公差与偏差制度称为极限制，它是一系列标准的孔、轴公差数值和极限偏差数值。配合制则是同一极限制的孔和轴组成配合的一种制度。极限与配合国家标准主要由配合制、标准公差系列和基本偏差系列等组成。

1.2.1 配合制

配合制是以两个相配合的零件中的一个零件为基准件，并对其选定标准公差带，将其公差带位置固定，而改变另一个零件的公差带位置，从而形成各种配合的一种制度。国家

标准规定了两种配合制：基孔制和基轴制。

1. 基孔制

基孔制是指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所形成各种配合的一种制度。

基孔制中的孔是基准件，称为基准孔，代号为 H ，基本偏差为下偏差，且等于零，即 $EI=0$ ，其公差带偏置在零线上方。基孔制配合中的轴为非基准轴，由于轴的基本偏差不同，使它们的公差带和基准孔公差带形成不同的相对位置，根据不同的相对位置可以判断其配合类别，如图 1-12 所示。

2. 基轴制

基轴制是指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。

基轴制中的轴是基准件，称为基准轴，代号为 h ，基本偏差为上偏差，且等于零，即 $es=0$ ，其公差带偏置在零线下方。基轴制配合中的孔为非基准孔，不同基本偏差的孔和基准轴可以形成不同类别的配合，如图 1-12 所示。

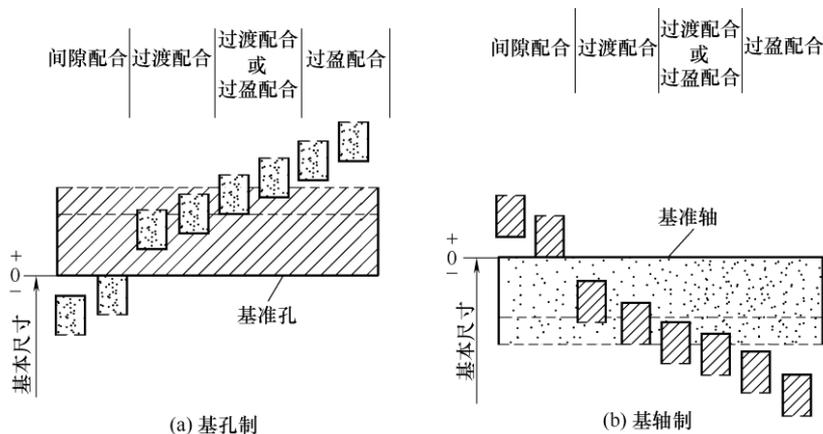


图 1-12 基孔制和基轴制公差带

基孔制配合和基轴制配合是规定配合系列的基础。按照孔、轴公差带相对位置的不同，基孔制和基轴制都有间隙配合、过渡配合和过盈配合三类配合。

各种配合是由孔、轴公差带之间的关系决定的，而公差带的大小和位置又分别由标准公差和基本偏差所决定。下面我们就对标准公差和基本偏差做详细介绍。

1.2.2 标准公差系列

标准公差系列是国家标准制定出一系列标准公差数值，用以确定公差带大小，如表 1-2 所示。由表 1-2 可知，标准公差数值由公差等级和公称尺寸决定。



表 1-2 标准公差值 (GB/T 1800.1—2009)

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	1.4
$>3\sim 6$	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
$>6\sim 10$	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
$>10\sim 18$	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
$>18\sim 30$	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	2.0	3.3
$>30\sim 50$	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
$>50\sim 80$	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
$>80\sim 120$	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	820	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
$>120\sim 180$	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
$>180\sim 250$	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
$>250\sim 315$	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
$>315\sim 400$	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
$>400\sim 500$	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：公称尺寸小于 1mm 时，无 IT14~IT18。

在实际应用中，只要选定了公差等级，就可用查表法确定公差数值，步骤如下。

第一，根据公称尺寸找到所在尺寸段(左竖列)。

第二，根据公差等级，找到 IT 所在位置(上横行)。

第三，竖列和横行的交叉点数值即为所查公差数值。

1. 标准公差等级及其代号

确定尺寸精确程度的等级称为标准公差等级。它由标准公差代号 IT 和公差等级数字结合表示，如 IT7。当其与代表基本偏差的字母一起组成公差带时，省略 IT 字母，如 H7。

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。为了满足不同使用需求和制造的需要，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。同一公差等级(例如 IT7)对所有公称尺寸的一组公差被认为具有同等的精确程度。在公称尺寸相同的条件下，标准公差值随公差等级的降低而依次增大，见表 1-2。

2. 标准公差因子(i)及公差等级系数(α)

表 1-2 所列的标准公差是按公式计算后，根据一定规则圆整尾数后而确定的。

由表 1-3 可知，常用公差等级 IT5~IT18，其计算公式可归纳为一般通式：

$$IT = \alpha i \quad (1-21)$$

式中：IT——标准公差。

i ——标准公差因子(公差单位)，单位： μm ；

α ——公差等级系数。

表 1-3 公称尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 标准公差的计算公式

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

(1) 标准公差因子 i 。标准公差因子是确定标准公差的基本单位，也称为公差单位。它是公称尺寸的函数。由大量的试验和统计分析得知，在一定工艺条件的情况下，加工公称尺寸不同的轴或孔，其加工误差和测量误差按一定规律随公称尺寸的增大而增大。由于公差是用来控制误差的，所以，公差和公称尺寸之间也应符合这个规律。这个规律在标准公差的计算中由标准公差因子体现，其计算公式为

$$i = 0.045\sqrt[3]{D} + 0.001D \quad (1-22)$$

式中： i ——标准公差因子， μm ；

D ——公称尺寸段的几何平均值， mm 。

公式右边第一项反映了加工误差与公称尺寸之间呈立方抛物线关系；第二项是补偿主要由测量温度不稳定或对标准温度有偏差引起的测量误差，此项和公称尺寸呈线性关系，如图 1-13 所示。

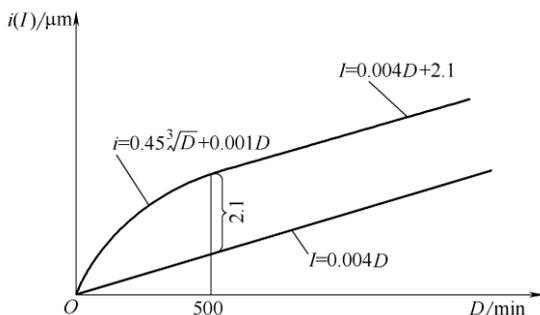


图 1-13 公差单位与公称尺寸的关系

(2) 公差等级系数 α 。

公差等级系数 α 是 IT5~IT18 各级标准公差所包含的标准公差因子数，在此等级内不论公称尺寸的大小，各等级标准公差都有一个相对应的 α 值，且 α 值是标准公差分级的唯一指标。在公称尺寸一定的情况下， α 值大小反映了加工方法的难易程度，是决定标准公差大小的唯一参数。



表 1-4 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
α	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

3. 尺寸分段

由标准公差的计算公式可知,对应每一个公称尺寸和公差等级可以算出相应的公差值,这样编制的公差表格会非常庞大,给生产、设计带来麻烦,同时也不利于公差值的标准化、系列化。为了简化公差与配合的表格,便于实际应用,国家标准对公称尺寸进行了分段,常用尺寸($\leq 500\text{mm}$)分为 13 个尺寸段,见表 1-2,对同一尺寸段内所有的公称尺寸规定了相同的标准公差因子。同一尺寸段内按首尾两尺寸的几何平均值作为公式中的 D 值,即 $D = \sqrt{D_1 \times D_2}$ 。代入标准公差、标准公差因子的计算公式,可算出各尺寸段内各标准公差等级的标准公差值。例如,大于 30mm 至 50mm 尺寸段,其几何平均值为 $D = \sqrt{D_1 \times D_2} = \sqrt{30 \times 50\text{mm}} = 38.73\text{mm}$ 。表 1-2 中的 13 个尺寸段叫主段落,标准将主段落又分成 2 个中间段落,用在标准公差表中。在实际应用中,标准公差数值可直接查表 1-2,不必另行计算。

1.2.3 基本偏差系列

基本偏差是用于确定公差带相对于零线位置的那个极限偏差,原则上与公差等级无关。它可以是上极限偏差或下极限偏差。设置基本偏差是为了将公差带位置标准化,以实现不同配合的需要。

1. 基本偏差代号及其特点

国家标准对孔和轴分别规定了 28 种基本偏差,其代号用拉丁字母表示,小写代表轴,大写代表孔。在 26 个字母中,除去易与其他含义混淆的 I、L、O、Q、W(i、l、o、q、w)五个字母外,同时增加 CD(cd)、EF(ef)、FG(fg)、JS(js)、ZA(za)、ZB(zb)、ZC(zc)7 个双字母,共 28 种。这 28 种基本偏差代号反映了 28 种公差带的位置,构成了基本偏差系列,如图 1-14 所示。

基本偏差系列示意图中,各公差带仅绘出了由基本偏差决定的一端的界限,另一端的界限未绘出,它取决于基本偏差与标准公差值的组合。因此,任何一个公差带都用基本偏差代号和公差等级数字表示,如孔公差带 H7、P8,轴公差带 h6、m7 等。

在孔的基本偏差系列中,代号 A~H 的基本偏差为下偏差 EI,其绝对值逐渐减小,其中 A~G 的 EI 值为正值,H 的 EI=0,代号为 J~ZC 基本偏差为上偏差 ES(除 J 外一般为负值),绝对值逐渐增大。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偏差 $ES = +\frac{IT}{2}$ 或下偏差 $EI = -\frac{IT}{2}$ 。

在轴的基本偏差系列中,代号 a~h 的基本偏差为上偏差 es,其绝对值也是逐渐减小,其中 a~g 的 es 值为负值,h 的 es=0,代号为 j~zc 基本偏差为下偏差 ei(除 j 外,一般为正值),绝对值也逐渐增大。代号为 js 的公差带相对于零线对称分布,因此其基本偏

差可以为上偏差 $es = +\frac{IT}{2}$ 或下偏差 $ei = -\frac{IT}{2}$ 。

基本偏差中的 H 和 h 的基本偏差为零，H 代表基准孔，h 代表基准轴。

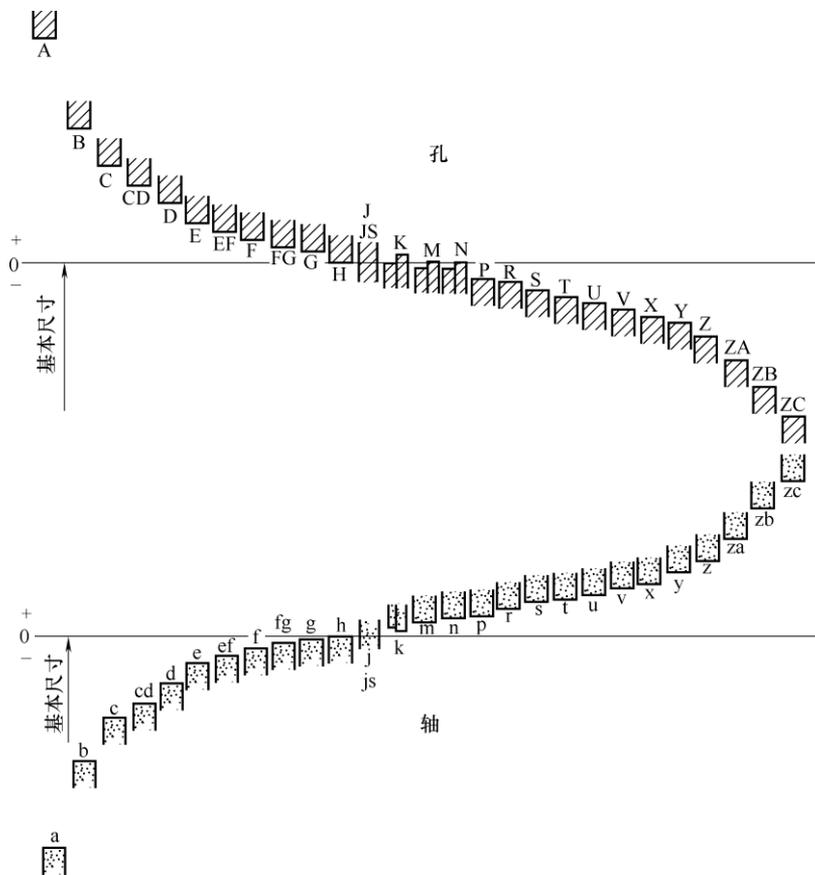


图 1-14 基本偏差系列示意图

2. 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，根据各种配合的要求，经过理论计算、科学实验和统计分析得出的一系列计算公式计算而来的，计算结果按一定规则将尾数圆整后就是轴的基本偏差表，见表 1-4。

轴的基本偏差构成规律如下。

a~h 的轴与基准孔(H)组成间隙配合，其最小间隙量等于基本偏差的绝对值。其中，a、b、c 用于大间隙或热动配合，以考虑发热膨胀的影响；d、e、f 主要用于旋转运动，以保证良好的液体摩擦；g 主要用于滑动和半液体摩擦，或用于定位配合；cd、ef、fg 适用于小尺寸的旋转运动，如钟表行业，其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。

h 与 H 形成最小间隙等于零的一种配合，常用于定位配合。

j~n 的轴与基准孔(H)组成过渡配合，以保证配合时有较好的对中及定心，基本偏差的数值基本上根据经验与统计的方法确定。其中，j 只有 IT5、IT6、IT7、IT8 四个公差等



级，目前主要用于和轴承相配合的孔和轴。

p~zc 主要用于过盈配合，以保证孔、轴结合时具有足够的连接强度，正常地传递转矩，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。

当轴的基本偏差确定后，轴的另一个极限偏差可根据下列公式计算：

$$\text{下偏差: } ei = es - T_s \quad (1-23)$$

$$\text{上偏差: } es = ei + T_s \quad (1-24)$$

表 1-5 公称尺寸 ≤ 500mm 轴的基本偏差值(GB/T 1800.1—2009)

基本尺寸/mm	基本偏差/μm																
	上偏差 es											下偏差 ei					
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j		k		
	所有公差等级											5~6	7	8	4~7	≤3 >7	
≤ 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	偏差 等于 $\pm \frac{IT}{2}$	-2	-4	-6	0	0
>3~6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	—	+1	0
>6~10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	—	+1	0
>10~14	-290	-150	-95	—	-50	-32	—	-16	—	-6	0		-3	-6	—	+1	0
>14~18													-4	-8	—	+2	0
>18~24	-300	-160	-110	—	-65	-40	—	-20	—	-7	0		-5	-10	—	+2	0
>24~30													-7	-12	—	+2	0
>30~40	-310	-170	-120	—	-80	-50	—	-25	—	-9	0		-9	-15	—	+3	0
>40~50	-320	-180	-130	—	-100	-60	—	-30	—	-10	0		-7	-12	—	+2	0
>50~65	-340	-190	-140	—	-120	-72	—	-36	—	-12	0		-9	-15	—	+3	0
>65~80	-360	-200	-150	—	-145	-85	—	-43	—	-14	0		-11	-18	—	+3	0
>80~100	-380	-220	-170	—	-170	-100	—	-50	—	-15	0		-13	-21	—	+4	0
>100~120	-410	-240	-180	—	-190	-110	—	-56	—	-17	0		-16	-26	—	+4	0
>120~140	-460	-260	-200	—	-210	-125	—	-62	—	-18	0		-18	-28	—	+4	0
>140~160	-520	-280	-210	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0		-20	-32	—	+5	0
>160~180	-580	-310	-230	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0		-20	-32	—	+5	0
>180~200	-660	-340	-240	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0		-20	-32	—	+5	0
>200~225	-740	-380	-260	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0		-20	-32	—	+5	0
>225~250	-820	-420	-280	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0		-20	-32	—	+5	0
>250~280	-920	-480	-300	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0		-20	-32	—	+5	0
>280~315	-1050	-540	-330	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0	-20	-32	—	+5	0	
>315~355	-1200	-600	-360	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0	-20	-32	—	+5	0	
>355~400	-1350	-680	-400	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0	-20	-32	—	+5	0	
>400~450	-1500	-760	-440	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0	-20	-32	—	+5	0	
>450~500	-1650	-840	-480	—	-230	-135	—	-68	—	-20	0	-20	-32	—	+5	0	

续表

基本尺寸/mm	基本偏差/ μm													
	下偏差 e_i													
	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
	所有公差等级													
≤ 3	+2	+4	+6	+10	+14	—	+18	—	+20	—	+26	+32	+40	+60
$>3\sim 6$	+4	+8	+12	+15	+19	—	+23	—	+28	—	+35	+42	+50	+80
$>6\sim 10$	+6	+10	+15	+19	+23	—	+28	—	+34	—	+42	+52	+67	+97
$>10\sim 14$	+7	+12	+18	+23	+28	—	+33	—	+40	—	+50	+64	+90	+130
$>14\sim 18$									+39	+45	—	+60	+77	+108
$>18\sim 24$	+8	+15	+22	+28	+35	—	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
$>24\sim 30$							+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160
$>30\sim 40$	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+220	+274
$>40\sim 50$							+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242
$>50\sim 65$	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
$>65\sim 80$				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
$>80\sim 100$	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
$>100\sim 120$				+54	+79	+104	+144	+172	+210	+256	+310	+400	+525	+690
$>120\sim 140$	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
$>140\sim 160$				+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
$>160\sim 180$				+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
$>180\sim 200$	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
$>200\sim 225$				+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
$>225\sim 250$				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
$>250\sim 280$	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
$>280\sim 315$				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
$>315\sim 355$	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
$>355\sim 400$				+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
$>400\sim 450$	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
$>450\sim 500$				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

注：① 公称尺寸小于或等于 1mm 时，各级的 a 和 b 均不采用。

② js 数值：对于 IT7~IT11，若 IT 的数值为奇数，则取 $js = \pm 1/2IT(n-1)$ 。

【例 1-4】 确定 $\phi 30f7$ 的基本偏差和另一个极限偏差。

解： 根据公称尺寸 $\phi 30f7$ ，查基本偏差表 1-5 得该轴的基本偏差为上偏差， $es = -20\mu\text{m}$ ，查表 1-2 得该轴的标准公差 $IT7 = 21\mu\text{m}$ 。因此，轴的另一个极限偏差为下偏差：

$$es = es - IT7 = (-20 - 21)\mu\text{m} = -41\mu\text{m}$$

故： $\phi 30f7_{-0.041}^{-0.020}$ 。





(2) 孔的基本偏差数值。孔的基本偏差数值是从同名轴的基本偏差数值换算得来的, 见表 1-6。其换算原则如下。

① 同名配合, 配合性质相同。

同名配合如: $\phi 30 \frac{H8}{f8}$ 和 $\phi 30 \frac{F8}{h8}$, $\phi 45 \frac{P7}{h6}$ 和 $\phi 45 \frac{H7}{p6}$ 等。

应满足以下四条: (a) 公称尺寸相同; (b) 基孔制、基轴制互变; (c) 同一字母 $F \leftarrow f$; (d) 孔、轴公差等级分别相等。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。

② 满足工艺等价原则。

由于较高精度的孔比轴难加工, 因此国家标准规定, 为使孔和轴在工艺上等价(孔、轴加工的难易程度基本相当), 在较高精度等级(以 8 级为界)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。

为此, 按轴的基本偏差换算成孔的基本偏差, 就出现以下两种规则。

(a) 通用规则: 孔与轴采用相同的公差等级。用同一字母表示的孔、轴基本偏差的绝对值相等, 但符号相反, 即:

$$\text{对于 A} \sim \text{H:} \quad EI = -es \quad (1-25)$$

$$\text{对于 } >IT8 \text{ 的 K、M、N:} \quad ES = -ei \quad (1-26)$$

$$\text{对于 } >IT7 \text{ 的 P} \sim \text{ZC:} \quad ES = -ei \quad (1-27)$$

(b) 特殊规则: 采用孔比轴公差等级低一级相配合。用同一字母的孔、轴基本偏差符号相反, 而绝对值相差一个 Δ 值, 即:

对于标准公差等级 $\leq IT8$ 的 K、M、N, 标准公差等级 $\leq IT7$ 的 P~ZC 来说, 孔的基本偏差 ES 与同字母的轴的基本偏差 ei 的符号相反, 而绝对值相差一个 Δ 值, 即:

$$ES = -ei + \Delta \quad (1-28)$$

$$\Delta = IT_n - IT_{n-1} = IT_h - IT_s \quad (1-29)$$

式中 IT_n —— 孔的标准公差值;

IT_{n-1} —— 比孔高一级的轴的标准公差值。

当孔的基本偏差确定后, 孔的另一个极限偏差可根据下列公式计算:

$$ES = EI + T_h \quad (1-30)$$

或
$$EI = ES - T_h \quad (1-31)$$

【例 1-5】 查表确定 $\phi 30 \frac{H8}{p8}$ 和 $\phi 30 \frac{P8}{h8}$ 两种配合的孔、轴的极限偏差, 计算极限盈隙。

解: (1) 查表确定孔和轴的标准公差。

查表 1-2 得 $T_D = T_d = IT8 = 33\mu\text{m}$

(2) 查表确定轴的基本偏差。

查表 1-5 得 p 的基本偏差为下偏差 $ei = +22\mu\text{m}$ h 的基本偏差为上偏差 $es=0$

(3) 查表确定孔的基本偏差。

查表 1-6 得 H 的基本偏差为下偏差 $EI=0$ P 的基本偏差为上偏差 $ES = -22\mu\text{m}$

(4) 计算轴的另一个极限偏差。

$$p8 \text{ 的另一个极限偏差 } es = ei - IT_8 = (+0.022 - 0.033) = -0.011 \text{ mm}$$

$$h8 \text{ 的另一个极限偏差 } ei = es - IT_8 = (-0.011 - 0.033) = -0.044 \text{ mm}$$

(5) 计算孔的另一个极限偏差。

$$H8 \text{ 的另一个极限偏差 } ES = EI - IT_8 = (+0.033 - 0.033) = 0 \text{ mm}$$

$$P8 \text{ 的另一个极限偏差 } EI = ES - IT_8 = (0 - 0.033) = -0.033 \text{ mm}$$

(6) 标出极限偏差。

$$\phi 30 \frac{H8(+0.033)}{p8(+0.022)} \quad \phi 30 \frac{P8(-0.022)}{h8(-0.033)}$$

(7) 计算极限盈隙。

$$\text{对 } \phi 30 \frac{H8}{p8} \quad Y_{\max} = EI - es = [0 - (-0.011)] \text{ mm} = +0.011 \text{ mm}$$

$$X_{\max} = ES - ei = [+0.033 - (-0.044)] \text{ mm} = +0.077 \text{ mm}$$

$$\text{对 } \phi 30 \frac{P8}{h8} \quad Y_{\max} = EI - es = [-0.033 - 0] \text{ mm} = -0.033 \text{ mm}$$

$$X_{\max} = ES - ei = [0 - (-0.033)] \text{ mm} = +0.033 \text{ mm}$$

由于 $\phi 30 \frac{H8}{p8}$ 和 $\phi 30 \frac{P8}{h8}$ 是同名配合, 所以配合性质相同, 即极限盈隙相同。

【例 1-6】 查表确定 $\phi 30 \frac{H8}{p6}$ 和 $\phi 30 \frac{P7}{h6}$ 两种配合的孔、轴的极限偏差, 计算极限盈隙。

解: (1) 查表确定孔和轴的标准公差。

查表 1-4 得 $IT_6=13\mu\text{m}$ $IT_7=21\mu\text{m}$

(2) 查表确定轴的基本偏差。

查表 1-7 得 p 的基本偏差为下偏差 $ei = +22\mu\text{m}$ h 的基本偏差为上偏差 $es = 0$

(3) 查表确定孔的基本偏差。

查表 1-8 得 H 的基本偏差为下偏差 $EI=0$ P 的基本偏差为上偏差 $ES=(-22+8)\mu\text{m} = -14\mu\text{m}$

(4) 计算轴的另一个极限偏差。

$$p6 \text{ 的另一个极限偏差 } es = ei + IT_6 = (+22 + 13) \mu\text{m} = +35 \mu\text{m}$$

$$h6 \text{ 的另一个极限偏差 } ei = es - IT_6 = (0 - 13) \mu\text{m} = -13 \mu\text{m}$$

(5) 计算孔的另一个极限偏差。

$$H7 \text{ 的另一个极限偏差 } ES = EI + IT_7 = (0 + 21) \mu\text{m} = +21 \mu\text{m}$$

$$P7 \text{ 的另一个极限偏差 } EI = ES - IT_7 = (-14 - 21) \mu\text{m} = -35 \mu\text{m}$$

(6) 标出极限偏差。

$$\phi 30 \frac{H7(+0.021)}{p6(+0.035)} \quad \phi 30 \frac{P7(-0.014)}{h6(-0.013)}$$

(7) 计算极限盈隙。

$$\text{对 } \phi 30 \frac{H7}{p6} \quad Y_{\max} = EI - es = [0 - (+0.035)] \text{ mm} = -0.035 \text{ mm}$$





$$X_{\max} = ES - ei = [+0.021 - (+0.022)]\text{mm} = -0.001\text{mm}$$

$$\text{对 } \phi 30 \frac{\text{P7}}{\text{h6}} \quad Y_{\max} = EI - es = [-0.035 - 0]\text{mm} = -0.035\text{mm}$$

$$X_{\max} = ES - ei = [-0.014 - (-0.013)]\text{mm} = -0.001\text{mm}$$

可见 $\phi 30 \frac{\text{H9}}{\text{p6}}$ 与 $\phi 30 \frac{\text{P7}}{\text{h6}}$ 的配合性质相同。

表 1-6 公称尺寸 ≤ 500mm 孔的基本偏差值(GB/T1800.1—2009)

基本尺寸 /mm	基本偏差/ μm																	
	下偏差 EI											JS	上偏差 ES					
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H		J		K		M	
	所有的公差等级												6	7	8	≤8	>8	≤8
≤3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	+2	+4	+6	0	0	-2	-2
>3~6	+270	+140	+70	+36	+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	—	-13+Δ	-13
>100~120	+410	+240	+180															
>120~140	+440	+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	—	+120	+150	—	+62	—	+18	0	+29	+39	+60	-4+Δ	—	-21+Δ	-21
>280~315	+1050	+540	+330															
>315~355	+1200	+600	+360	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	—	-23+Δ	-23
>355~400	+1350	+680	+400															
>400~450	+1500	+760	+440	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	—	-23+Δ	-23
>450~500	+1650	+840	+480															

续表

基本尺寸 /mm	基本偏差/ μm														$\Delta/\mu\text{m}$							
	上偏差 ES																					
	N		P~ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC							
	≤ 8	>8	≤ 7	>7											3	4	5	6	7	8		
≤ 3	-4	-4		-6	-10	-14	—	-18	—	-20	—	-26	-32	-40	-60	0						
$>3\sim 6$	-8 + Δ	0		-12	-15	-19	—	-23	—	-28	—	-35	-42	-50	-80	1	1.5	1	3	4	6	
$>6\sim 10$	-10 + Δ	0		-15	-19	-23	—	-28	—	-34	—	-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7	
$>10\sim 14$	-12	0		-18	-23	-28	—	-33	—	-40	—	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9	
$>14\sim 18$	+ Δ			-39	-45	—	-60	-77	-108	-150												
$>18\sim 24$	-15+ Δ	0		-22	-28	-35	—	-41	-47	-54	-65	-73	-98	-136	-188	1.5	2	3	4	8	12	
$>24\sim 30$				-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218										
$>30\sim 40$	-17+ Δ	0	在大 于 7	-26	-34	-43	—	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1.5	3	4	5	9	14
$>40\sim 50$				-54	-70	-81	-95	-114	-136	-180	-242	-325										
$>50\sim 65$	-20+ Δ	0	级的 相应 数值 上增	-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-400	2	3	5	6	11	16	
$>65\sim 80$				-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480								
$>80\sim 100$	-23+ Δ	0	加一 个 Δ 值	-37	-51	-71	-92	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19	
$>100\sim 120$				-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690								
$>120\sim 140$		0		-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23	
$>140\sim 160$	-27+ Δ			-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900								
$>160\sim 180$				-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000								
$>180\sim 200$		0		-50	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	3	4	6	9	17	26	
$>200\sim 225$	-31+ Δ			-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250								
$>225\sim 250$				-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350								
$>250\sim 280$	-34+ Δ	0		-56	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1500	4	4	7	9	20	29	
$>280\sim 315$				-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700								
$>315\sim 355$	-37+ Δ	0		-62	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32	
$>355\sim 400$				-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100								
$>400\sim 450$	-40+ Δ	0		-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34	
$>450\sim 500$				-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600								

注：① 公称尺寸小于 1mm 时，各级的 A 和 B 及大于 8 级的 N 均不采用。

② JS 的数值，对 IT7~IT11，若 IT 的数值(μm)为奇数，则取 $JS=\pm(IT-1)/2$ 。

③ 特殊情况：当公称尺寸大于 250~315mm 时，M6 的 ES 等于 -9(不等于 -11)。

④ 对 $\leq IT8$ 级的 K、M、N 和 $\leq IT7$ 级的 P~ZC，所需 Δ 只从表内右侧栏选取。

1.2.4 极限与配合在图样上的标注

1. 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。例如，H7、F8、K7、P7 等为孔的公差带代号，h7、g6、m6、r7 等为轴的公差带代号。

配合代号用孔、轴公差带的组合表示，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/g6。若指某公称尺寸的配合，则公称尺寸标在配合代号之前，如 $\phi 30 \frac{H7}{g6}$ 。

2. 图样上尺寸公差标注形式

零件图上，在公称尺寸之后标注公差带代号或标注上、下偏差数值，或同时标注公差带代号及上、下偏差数值。例如：孔尺寸 $\phi 50H7$ ，或 $\phi 50^{+0.025}_0$ ，或 $\phi 50H7(\begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix})$ ；轴尺寸 $\phi 50g6$ ，或 $\phi 50^{-0.009}_{-0.025}$ ，或 $\phi 50g6(\begin{smallmatrix} -0.009 \\ -0.025 \end{smallmatrix})$ ，如图 1-15 所示。

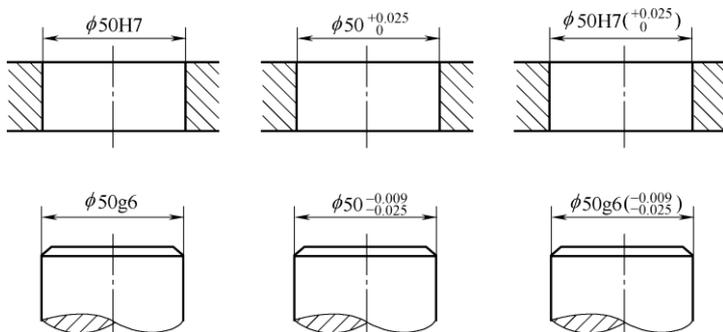


图 1-15 孔、轴公差带在零件图上的标注

装配图上，在公称尺寸之后主要标注配合代号，即标注孔、轴的基本偏差代号及公差等级。例如，基孔制的间隙配合 $\phi 60 \frac{H8}{f7}$ ，如图 1-16 所示。

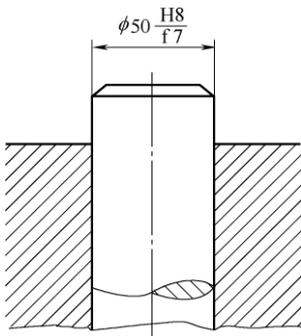


图 1-16 孔、轴公差带在装配图上的标注

1.2.5 一般、常用和优先公差带与配合

国家标准规定了 20 个公差等级和 28 种基本偏差，其中，基本偏差 j 限于四个公差等级，J 限于三个公差等级。由此可以组成 $20 \times 27 + 4 = 544$ 种轴的公差带和 $20 \times 27 + 3 = 543$ 种孔的公差带，而这些公差带又可以组成近 30 万种配合。这么多的公差带都使用显然是不经济的，因为它必然导致定值刀具和量具规格繁多。为此，GB/T 1801—2009 对公称尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 的孔、轴规定了一般、常用和优先公差带与配合。

国家标准规定了一般用途轴的公差带共 116 种，如图 1-17 所示。图中方框内 59 种为常用公差带，圆圈内 13 种为优先公差带。



表 1-7 基孔制优先、常用配合(GB/T 1801—2009)

基准孔	轴																					
	间隙配合						过渡配合						过盈配合									
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	
H6					H6/f5	H6/g5	H6/h5	H6/js5	H6/k5	H6/m5	H6/n5	H6/p5	H6/r5	H6/s5	H6/t5							
H7					H7/f6	H7/g6	H7/h6	H7/js6	H7/k6	H7/m6	H7/n6	H7/p6	H7/r6	H7/s6	H7/t6	H7/u6	H7/v6	H7/x6	H7/y6	H7/z6		
H8					H8/f7	H8/g7	H8/h7	H8/js7	H8/k7	H8/m7	H8/n7	H8/p7	H8/r7	H8/s7	H8/t7	H8/u7						
H9					H9/f9		H9/h9															
H10							H10/h10															
H11							H11/h11															
H12							H12/h12															

注：① $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ 在公称尺寸小于或等于 3mm 和 $\frac{H8}{r7}$ 在公称尺寸小于或等于 100mm 时，为过渡配合。

② 标注 ' 的配合为优先配合。

表 1-8 基准制优先、常用配合(GB/T 1801—2009)

基准轴	孔																							
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z			
	间隙配合												过渡配合						过盈配合					
h5						F6/h5	G6/h5	H6/h5	JS6/h5	K6/h5	M6/h5	N6/h5	P6/h5	R6/h5	S6/h5	T6/h5								
h6						F7/h6	G7/h6	H7/h6	JS7/h6	K7/h6	M7/h6	N7/h6	P7/h6	R7/h6	S7/h6	T7/h6	U7/h6							
h7					E8/h7	F8/h7	H8/h7	JS8/h7	K8/h7	M8/h7	N8/h7													
h8				D8/h8	E8/h8	F8/h8	H8/h8																	
h9				F9/h9	D9/h9	E9/h9	H9/h9																	
h10				D10/h10			H10/h10																	
h11	A11/h11	B11/h11	C11/h11	D11/h11			H11/h11																	
h12		B12/h12					H12/h12																	

注：标注“▼”的配合为优先配合。





1.2.6 一般公差——线性尺寸的未注公差

一般公差是指在车间普通加工条件下可以保证的公差，是机床设备在日常维护和操作情况下，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。正常情况下，一般可不检验。除另有规定外，即使检验出超差，但若未达到损害其功能时，通常不应拒收。

零件图样应用一般公差后，可带来以下好处。

- (1) 简化制图，使图样清晰。
- (2) 节省设计时间，设计人员不必逐一考虑一般公差的公差值。
- (3) 简化产品的检验要求。
- (4) 突出了图样上注出公差的重要因素，以便在加工和检验时引起重视。
- (5) 便于供需双方达成加工和销售协议，避免不必要的争议。

国家标准 GB/T 1804—2000 规定了线性尺寸的一般公差等级和极限偏差。一般公差等级分为四级，它们分别是精密级 f、中等级 m、粗糙级 c、最粗级 v，这四个等级分别相当于 IT12、IT14、IT16、IT17。极限偏差全部采用对称偏差值，对尺寸采用了大的分段。具体数值见表 1-9 和表 1-10。

线性尺寸一般公差主要用于较低精度的非配合尺寸。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，可在技术要求中注明：未注公差尺寸按 GB/T 1804—m。

表 1-9 线性尺寸未注极限偏差的数值(摘自 GB/T 1804—2000)

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~ 4000
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	±3	±4
v(最粗级)	—	±0.5	±0.1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

表 1-10 倒圆半径与倒角高度尺寸的未注极限偏差的数值(摘自 GB/T 1804—2000)

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(中等级)				
c(粗糙级)	±0.4	±1	±2	±4
v(最粗级)				

任务 1.3 公差与配合的选择

公差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。极限与配合的选择包括基准制、公差等级和配合种类三个方面。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。

1.3.1 基准制的选择

1. 优先选用基孔制

基孔制和基轴制是两种平行的配合制。基孔制配合能满足要求的，用同一偏差代号按基轴制形成的配合，也能满足使用要求。所以，基准制的选择主要从经济方面考虑，同时兼顾功能、结构、工艺条件和其他方面的要求，一般优先选择基孔制。因为从工艺上看，加工中等尺寸的孔通常要用价格较贵的定尺寸刀具，而加工轴则用一把车刀或砂轮就可加工不同的尺寸。因此，采用基孔制可以减少备用定尺寸刀具和量具的规格数量，降低成本，提高加工的经济性。对于尺寸较大的孔及低精度孔，虽然一般不采用定值刀、量具加工与检验，但从工艺上讲，不论采用基孔制还是采用基轴制都一样，为了统一，也优先选用基孔制。

2. 选用基轴制配合的场合

(1) 直接采用冷拉棒料作为轴。直接使用一定精度而不需要进行切削加工的冷拉钢材与其他零件的孔配合，此时采用基轴制可获得明显的经济效益，主要用于农业、建筑、纺织机械中。

(2) 有些零件由于结构上的需要，采用基轴制更合理。如图 1-19(a)所示的活塞连杆机构，根据使用要求，活塞销轴与活塞孔采用过渡配合，而连杆衬套孔与活塞销轴则采用间隙配合。若采用基孔制配合，如图 1-19(b)所示，活塞销轴将加工成台阶形状，这不仅不利于加工，装配也困难；而采用基轴制配合，如图 1-19(c)所示，活塞销轴作成光轴，既经济合理，又便于加工和装配。

3. 与标准件配合时，必须按标准件来选择基准制配合

例如，滚动轴承内圈与轴颈的配合应采用基孔制，而滚动轴承外圈与外壳孔的配合应采用基轴制。

4. 为了满足配合的特殊需要，允许选用非基准制配合

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，则有的配合要出现非基准制的配合。如减速器某轴颈处的轴向定位套用来作轴向定位，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制配合 $\phi 55 \frac{F9}{j6}$ ，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 $\phi 100 \frac{K7}{f9}$, 如图 1-20 所示。

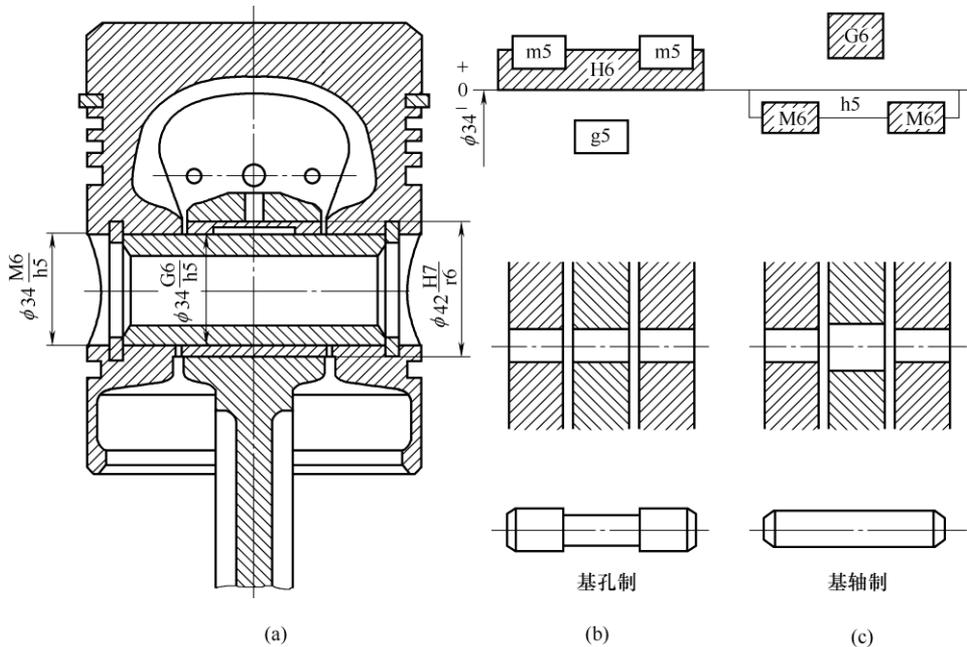


图 1-19 基轴制配合选用示例

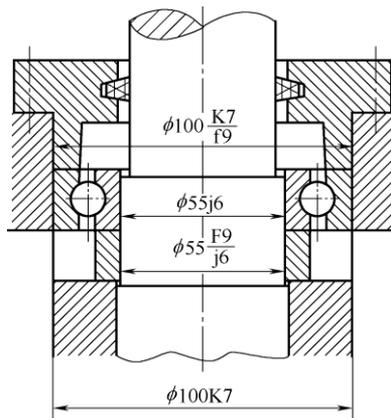


图 1-20 减速器中箱体孔与端盖定位圆柱面的配合

1.3.2 公差等级的选择

合理地选用公差等级, 就是为了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。

公差等级的选用常采用类比法, 即参照生产实践已证明是合理的同类产品的孔、轴公差等级进行比较选择。采用类比法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, 具体参见表 1-11~表 1-13。

表 1-11 常用加工方法所能达到的公差等级

加工方法	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	
研磨	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
珩磨						—	—	—	—												
圆磨							—	—	—	—											
平磨							—	—	—	—											
金刚石车							—	—	—												
金刚石镗							—	—	—												
拉削							—	—	—	—											
铰孔								—	—	—	—	—									
车									—	—	—	—	—								
镗									—	—	—	—	—								
铣										—	—	—	—								
刨、插											—	—									
钻												—	—	—	—						
滚压、挤压												—	—								
冲压												—	—	—	—	—					
压铸													—	—	—	—					
粉末冶金成形									—	—	—										
粉末冶金烧结										—	—	—	—								
砂型铸造、气割																			—	—	—
锻造																			—	—	

表 1-12 公差等级的应用范围

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			—	—	—	—	—	—	—											
配合尺寸							—	—	—	—	—	—	—	—						
特别精密的配合				—	—	—	—													
非配合尺寸														—	—	—	—	—	—	—
原材料尺寸										—	—	—	—	—	—					

公差等级应用说明如下。

IT01~IT1: 用于精密尺寸传递基准——量块的尺寸公差以及高精密测量工具。



IT1~IT7: 用于检验 IT6~IT16 工作作用的量规的尺寸公差。

IT2~IT12: 用于配合尺寸, 其公差等级范围很广, 可以适应各类不同机械的配合要求。其中 IT5~IT12 为常用公差等级, 注意相配轴、孔公差等级一般应按标准推荐的选用。

IT2~IT4: 用于特别精密的重要部位的配合。例如, 高精度机床主轴和 P4 级滚动轴承的配合, 高精度齿轮基准孔或基准轴, 精密仪器中特别精密的配合部位。

IT5~IT7: 用于精密配合, 在机械制造中应用较广。其中 IT5 的轴和 IT6 的孔用于机床、发动机等机械中特别重要的关键部位, 如机床主轴和 P6 级滚动轴承相配的主轴颈以及箱体孔; 车床尾座孔和套筒配合处。IT6 的轴和 IT7 的孔应用更广泛, 可用于机床、动力机械、机床夹具等的重要部位。例如, 一般传动轴和轴承, 内燃机曲轴主轴颈和轴承, 传动齿轮和轴的配合, 机床夹具中的普通精度镗套以及钻模套的内、外径配合处, 与普通精度滚动轴承相配的轴和外壳孔等。

IT7~IT8: 通常用于中等精度要求配合部位。例如, 一般通用机械的滑动轴承处, 一般速度的皮带轮、联轴器和轴颈的配合, 另外, 也用于重型机械、纺织机械、农业机械等较重要的配合部位。

IT9~IT10: 用于一般精度的配合部位, 机床、发动机中次要的配合部位。例如, 轴套外径和孔, 操纵件与轴、空转带轮和轴等配合部位, 也用于重型、纺织机械中一般配合部位。另外, 平键和轴槽、轮毂槽的配合用 IT9。

IT11~IT12: 用于不重要的配合部位或间隙较大, 且允许有显著变动而不会引起严重后果的场合。例如, 机床上法兰盘止口和孔、滑块和滑移齿轮或凹槽, 也用于农业机械、纺织机械粗糙的活动配合处, 冲压加工件的配合。

IT12~IT18: 主要用于非配合表面和未注公差的尺寸精度, 以及工序间尺寸公差。

表 1-13 常用公差等级的应用实例

公差等级	应用
IT5 (孔为 IT6)	主要用在配合公差、形状公差要求很小的地方, 其配合性质稳定, 一般在机床、发动机、仪表等重要部位应用。例如与 5 级滚动轴承配合的外壳孔; 与 6 级滚动轴承配合的机床主轴, 机床尾架与套筒, 精密机床及高速机械中轴颈, 精密丝杠轴径等
IT6 (孔为 IT7)	配合能达到较高的均匀性, 例如与 6 级滚动轴承相配合的孔、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; 机床夹具导向件外径尺寸; 6 级精度齿轮的基准孔, 7、8 级精度齿轮基准轴
IT7	比 6 级精度稍低, 应用条件与 6 级基本相似, 在一般机械制造中应用较为普遍。例如联轴器、带轮、凸轮等孔径; 夹具中固定转套; 7、8 级齿轮基准孔, 9、10 级齿轮基准轴
IT8	在机械制造中属于中等精度。例如轴承座衬套沿宽度方向尺寸, 9、12 级齿轮基准孔; 11、12 级齿轮基准轴
IT9、IT10	主要用于机械制造中轴套外径与孔; 操纵件与轴; 带轮与轴; 单键与花键
IT11、IT12	配合精度很低, 装配后, 可能产生很大间隙, 适用于基本上没有什么配合要求的场合。例如机床上法兰盘与止口; 滑块与滑移齿轮; 加工中工序间尺寸; 冲压加工的配合件; 机床制造中的扳手孔与扳手座的连接

用类比法选择公差等级时，还应考虑以下问题。

1. 工艺等价性

工艺等价性是指相互配合的孔、轴的加工难易程度基本相当。对尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 相配合的孔、轴公差等级的选取一般遵循以下原则。

(1) 公差等级 $< \text{IT}8$ 时，轴比孔高一级配合，如 $\frac{\text{H}7}{\text{f}6}$ 、 $\frac{\text{M}7}{\text{h}6}$ 。

(2) 公差等级 $= \text{IT}8$ 时，轴比孔高一级配合或孔与轴同级配合，如 $\frac{\text{H}8}{\text{r}8}$ 、 $\frac{\text{F}8}{\text{h}7}$ 。

(3) 公差等级 $> \text{IT}8$ 时，孔与轴同级配合，如 $\frac{\text{H}9}{\text{c}9}$ 、 $\frac{\text{D}10}{\text{h}10}$ 。

2. 零部件精度的匹配性

例如，与齿轮孔配合的轴的公差等级取决于相配合的齿轮的精度等级；与滚动轴承相配合的外壳孔和轴颈的公差等级取决于相配合的滚动轴承的类型和精度。

3. 配合性质与加工成本

(1) 对于过渡配合或过盈配合，因为间隙或过盈的变动量不允许太大，所以公差等级不宜太低：一般孔的公差等级不低于 $\text{IT}8$ 级，轴的公差等级不低于 $\text{IT}7$ 级，如 $\frac{\text{H}7}{\text{k}6}$ 。对于间隙配合，间隙小时其相配合的孔、轴公差等级较高；间隙大时其相配合的孔、轴公差等级较低。

(2) 在非基准制配合中，有的零件精度要求不高，其公差等级可与相配合零件的公差等级相差 $2\sim 3$ 级，以便在满足使用要求的前提下降低加工成本。例如，减速器中箱体孔与端盖定位圆柱面的配合为 $\phi 100 \frac{\text{K}7}{\text{f}9}$ ，轴套与轴颈的配合为 $\phi 55 \frac{\text{F}9}{\text{j}6}$ 。

1.3.3 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。

配合的选择可分为配合类别的选择和非基准件的基本偏差代号的选择。

1. 配合类别的选择

配合分为三大类：间隙配合、过渡配合和过盈配合。(以基孔制为例)

(1) 孔、轴之间有相对运动，或没有相对运动，但需要经常拆卸的场合，应采用间隙配合。用基本偏差 $a\sim h$ ，字母越往后，间隙越小。间隙量小时主要用于精确定心又便于拆卸的静连接，或结合件间只有缓慢移动或转动的动连接。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连接。工作温度高，对中性要求低、相对运动速度高等情况，应使间隙增大。

(2) 既需要对中性好，又要便于拆卸时，应采用过渡配合。用基本偏差 $j\sim n$ (n 与高精度的基准孔形成过盈配合)，字母越往后，获得过盈的机会越多。过渡配合可能具有间隙，





也可能具有过盈，但不论是间隙量还是过盈量都很小，主要用于精确定心，结合件间无相对运动，可拆卸的静连接，如需要传递力矩，则加键、销等紧固件。

(3) 当需要不用紧固件就能保证孔、轴之间无相对运动，且需要靠过盈来传递载荷，不经常拆装(或永久性连接)的场合，应采用过盈配合。用基本偏差 $p \sim zc$ (p 与低精度的基准孔形成过渡配合)，字母越往后，过盈量越大，配合越紧。当过盈量较小时，只作精确定心用，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。采用大过盈的配合，容易将零件挤裂，很少采用。具体选择配合类别时可参考表 1-14。

表 1-14 配合类别选择

无相对运动	需传递力矩	精确定心	不可拆卸	过盈配合
			可拆卸	过渡配合或基本偏差为 $H(h)$ 的间隙配合加键、销等紧固件
		无须精确定心		间隙配合加键、销等紧固件
	不需传递力矩		过渡配合或过盈量较小的过盈配合	
有相对运动	缓慢转动或移动		基本偏差为 $H(h)$ 、 $G(g)$ 的间隙配合	
	转动、移动或复合运动		基本偏差为 D ~ $F(d-f)$ 的间隙配合	

确定配合类别后，首先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，若仍不能满足要求，最后可以按孔、轴公差带组成相应的配合。

2. 非基准件的基本偏差代号的选择

非基准件的基本偏差代号的选择方法有三种：算法、试验法和类比法。

(1) 算法：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。如根据液体润滑理论，计算保证液体摩擦状态所需要的最小间隙。在依靠过盈来传递运动和负载的过盈配合时，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要的最小过盈和不使工件损坏的最大过盈。用算法选择配合时，关键点是确定所需的极限间隙或极限过盈。算法随着科学技术的发展，计算机的广泛应用，将会日趋完善并逐渐增多。

(2) 试验法：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，应用比较少。

(3) 类比法：在对机械设备上现有的行之有效的一些配合有充分了解的基础上，对使用要求和工作条件与之类似的配合件进行分析对比的方法确定配合，这是目前选择配合的主要方法。

在实际工作中，大多采用类比法来选择公差与配合。因此，必须了解和掌握一些在实践生产中已被证明成功的极限与配合的实例，同时，也要熟悉和掌握各个基本偏差在配合方面的特征和应用。明确标准规定的各种配合，特别是优先配合的性质，这样，在充分分析零件使用要求和工作条件的基础上，考虑结合件工作时的相对运动状态，承受负载情况、润滑条件、温度变化以及材料的物理力学性能等对间隙或过盈的影响，就能选出合适的配合类型。

表 1-15 为尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 基孔制常用和优先配合的特征及应用。

表 1-15 尺寸≤500mm 基孔制常用和优先配合的特征及应用

配合类别	配合特征	配合代号	应用
间隙配合	特大间隙	$\frac{H11}{a11} \frac{H11}{b11} \frac{H12}{b12}$	用于高温或工作时要求大间隙的配合
	很大间隙	$\left(\frac{H11}{c11}\right) \frac{H11}{d11}$	用于工作条件较差、受力变形或为了便于装配而需要大间隙的配合和高温工作的配合
	较大间隙	$\frac{H9}{c9} \frac{H10}{c10} \frac{H8}{d8} \left(\frac{H9}{d9}\right) \frac{H10}{d10} \frac{H8}{e7} \frac{H8}{e8} \frac{H9}{e9}$	用于高速重载的滑动轴承或大直径的滑动轴承,也可以用于大跨距或多支点支承的配合
	一般间隙	$\frac{H6}{f5} \frac{H7}{f6} \left(\frac{H8}{f7}\right) \frac{H8}{f8} \frac{H9}{f9}$	用于一般转速的配合。当温度影响不大时,广泛应用于普通润滑油润滑的支承处
	较小间隙	$\left(\frac{H7}{g6}\right) \frac{H8}{g7}$	用于精密滑动零件或缓慢间隙回转的零件的配合部位
	很小间隙和零间隙	$\frac{H6}{g5} \frac{H6}{h5} \left(\frac{H7}{h6}\right) \left(\frac{H8}{h7}\right) \frac{H8}{h8} \left(\frac{H9}{h9}\right) \frac{H10}{h10}$ $\left(\frac{H11}{h11}\right) \frac{H12}{h12}$	用于不同精度要求的一般定位件的配合和缓慢移动和摆动零件的配合
过渡配合	绝大部分有微小间隙	$\frac{H6}{js5} \frac{H7}{js6} \frac{H8}{js7}$	用于易于装拆的定位配合或加紧固件后可传递一定静载荷的配合
	大部分有微小间隙	$\frac{H6}{k5} \left(\frac{H7}{k6}\right) \frac{H8}{k7}$	用于稍有振动的定位配合。加紧固件可传递一定载荷。装拆方便可用木槌敲入
	绝大部分有较小过盈	$\frac{H6}{m5} \frac{H7}{m6} \frac{H8}{m7}$	用于定位精度较高而且能够抗振的定位配合。加键可传递较大载荷。可用铜锤敲入或小压力压入
	大部分有微小过盈	$\left(\frac{H7}{g6}\right) \frac{H8}{g7}$	用于精确定位或紧密组合件的配合。加键能传达大力矩或冲击性载荷。只在大修时拆卸
过盈配合	绝大部分有较小过盈	$\frac{H8}{p7}$	加键后能传递很大力矩,且能承受振动或冲击的配合。装配后不再拆卸
	轻型	$\frac{H6}{n5} \frac{H6}{p5} \left(\frac{H7}{p6}\right) \frac{H6}{r5} \frac{H7}{r6} \frac{H8}{r7}$	用于精确的定位配合。一般不能靠过盈传递力矩。要传递力矩尚需要加紧固件
过盈配合	中型	$\frac{H6}{s5} \left(\frac{H7}{s6}\right) \frac{H8}{s7} \frac{H6}{t5} \frac{H7}{t6} \frac{H8}{t7}$	不需要加紧固件就能传递较小力矩和轴向力。加紧固件后能承受较大载荷和动载荷
	重型	$\left(\frac{H6}{u5}\right) \frac{H8}{u7} \frac{H7}{v6}$	不需要加紧固件就可传递和承受大的力矩和动载荷的配合。要求零件材料有高强度
	特重型	$\frac{H7}{x6} \frac{H7}{y6} \frac{H7}{z6}$	能传递和承受很大力矩和动载荷的配合,需要经过试验后方可应用

注: ① 括号内的配合为优先配合。

② 国标规定的 44 种基轴制配合的应用与本表中的同名配合相同。

3. 各类常用配合的特征及应用

公差等级确定后,若采用基孔制,则选择配合的关键是确定轴的基本偏差代号;若采



用基轴制，则选择配合的关键是确定孔的基本偏差代号。因为各类配合的特性与应用，可根据基本偏差来反映。以下是基孔制轴的基本偏差的特性及其应用。

(1) 间隙配合。属于间隙配合一类的基本偏差代号为 $a\sim h$ (或 $A\sim H$)，共有 11 种，其中与轴 a 组成的配合间隙最大，与轴 h 组成的配合间隙最小，其最小间隙为 0。

① $\frac{H}{a}$ 、 $\frac{H}{b}$ 、 $\frac{H}{c}$ 配合为特大间隙配合，应用不广泛，一般用于需要大间隙配合的场合，如管道法兰的配合连接，如图 1-21 所示，推荐的配合为 $\frac{H12}{b12}$ 。其较高等级的配合 $\frac{H8}{c7}$ 适用于轴在高温下工作的紧密配合，如内燃机气门导杆与衬套的配合，如图 1-22 所示。

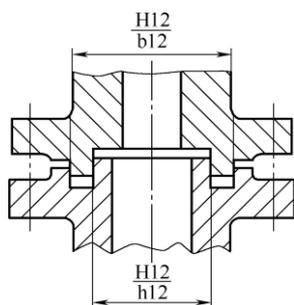


图 1-21 管道法兰的配合连接

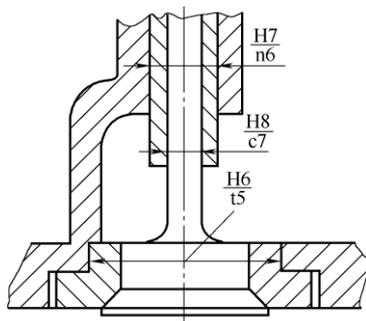


图 1-22 内燃机气门导杆与衬套

② $\frac{H}{b}$ 配合一般用于 IT7~IT11 级。这种配合间隙较大，适用于较松的配合，如密封盖、滑轮、空转带轮等与轴的配合，也适用于大直径滑动轴承配合，如球磨机、轧钢机等其他重型机械中的一些滑动轴承的配合。推荐的配合为 $\frac{H9}{d9}$ ，用于自由转动或只有滑动的配合，如滑轮与轴的配合，如图 1-23 所示。

③ $\frac{H}{e}$ 配合多用于 IT7~IT9 级，通常适用于要求有明显间隙，易于转动的支承配合，如大跨距或多支点支承等的配合。高等级的 e 轴适用于大直径、高速、重载支承，如涡轮发电机、大电动机的支承以及内燃机主要轴承、凸轮轴轴承等的配合。内燃机主轴承的配合，如图 1-24 所示。

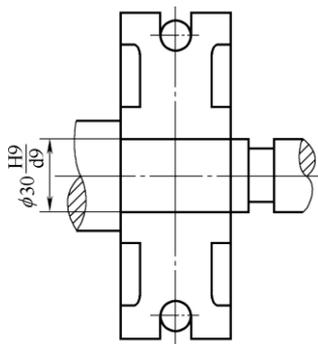


图 1-23 滑轮与轴的配合

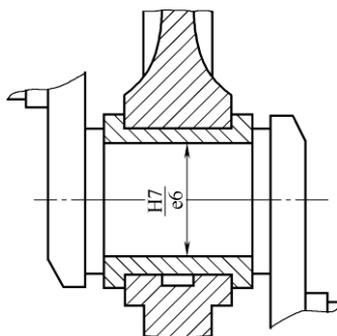


图 1-24 内燃机主轴承的配合

④ $\frac{H}{f}$ 配合多用于 IT6~IT8 级的一般转动配合。当温度影响不大时, 被广泛用于普通润滑油(或润滑脂)润滑的支承, 如齿轮箱、小电动机、泵等的转轴与滑动轴承的配合。推荐的配合为 $\frac{H7}{f6}$, 如 C616 床头箱 x 轴与衬套的配合, 如图 1-25 所示。

⑤ $\frac{H}{g}$ 配合多用于 IT5~IT7 级, 配合间隙很小, 制造成本高, 除承受很轻负荷的精密装置外, 一般不推荐用于轴转动配合。该配合最适合不回转的精密滑动配合, 也用于插销等的定位配合, 如精密连杆轴承、活塞及滑阀等。推荐的配合为 $\frac{H7}{g6}$, 如图 1-26 所示凸轮机构中导杆与衬套的配合; 精密机床的主轴与轴承、分度头轴颈与轴承的配合等。

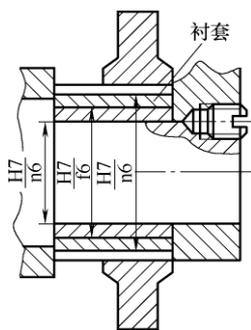


图 1-25 C616 床头箱 x 轴与衬套的配合

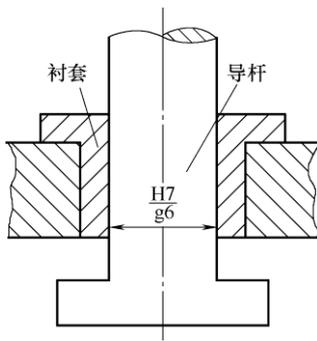


图 1-26 凸轮机构中导杆与衬套的配合

⑥ $\frac{H}{h}$ 配合多用于 IT4~IT11 级, 广泛用于无相对转动零件, 作为一般的定位配合。若无温度、变形的影响, 也用于精密滑动配合。推荐的配合为 $\frac{H7}{h6}$ 、 $\frac{H8}{h7}$ 、 $\frac{H9}{h9}$ 、 $\frac{H11}{h11}$, 均为间隙定位配合, 零件可自由拆装, 而工作时一般相对静止, 如定心凸缘的配合, 如图 1-27 所示。

(2) 过渡配合。属于过渡配合一类的基本偏差代号主要是 js、j、k、m、n(或 J、JS、K、M、N), 适用于 IT4~IT7 级。这类配合一般根据经验确定, 选用时应该考虑孔与轴的定心要求、装拆的经常性和方便性、承受荷载的大小和类型。对于定心要求较高而不经常拆卸的, 选用较紧的配合; 定心要求不高而又经常拆卸的, 以及易损部件, 选用较松的配合; 承受大转矩或动载荷的结合部位, 选用较紧的配合; 而在拆卸不方便处, 可选用较松的配合。过渡配合常常附加联结件(键、销等), 以提高传递载荷的能力。

① $\frac{H}{js}$ 和 $\frac{H}{j}$ 配合为平均稍有过盈的过渡配合, 用于要求间隙比 h 轴小并且允许略有过盈的定位配合, 附加联结件可传递一定的静载荷, 可用木槌敲击的方法进行装配。推荐的配合为 $\frac{H7}{js6}$, 用于较精密的定位, 如带轮与轴的配合, 如图 1-28 所示。

② $\frac{H}{k}$ 配合为平均间隙接近于 0 的过渡配合, 可用于稍有振动的定位配合, 附加联结件可传递一定的载荷, 一般用木槌进行装配。推荐的配合为 $\frac{H7}{k6}$, 用于精确定位, 如刚性



联轴器的配合,如图 1-29 所示。

③ $\frac{H}{m}$ 配合为平均具有很小过盈的过渡配合,用于能抗振的精确定位,加键能传递较大的载荷,一般可用木槌来装配,但在最大过盈时,要求有相当的压入力。

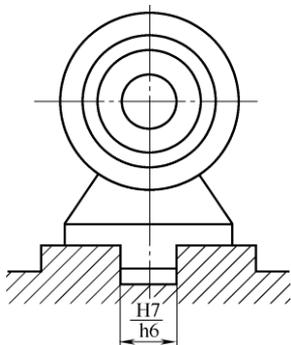


图 1-27 定心凸缘的配合

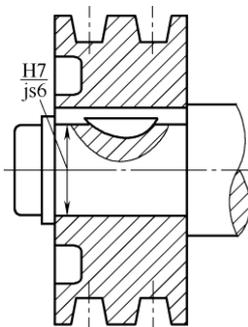


图 1-28 带轮与轴的配合

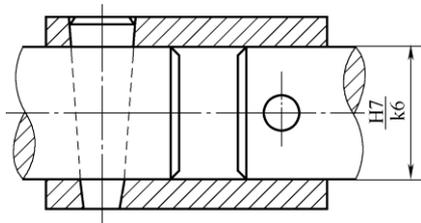


图 1-29 刚性联轴器的配合

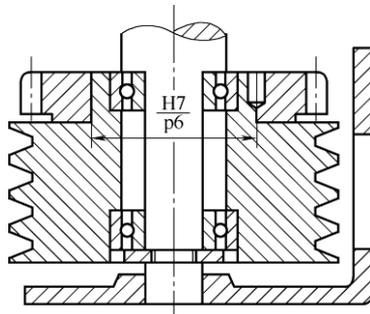


图 1-30 卷扬机的绳轮与齿轮的配合

④ $\frac{H}{n}$ 配合的平均过盈比 m 轴稍大,通常用于精确定位或精密组件配合,加键能传递大转矩或冲击性载荷,一般大修时才拆卸,用锤或压力机装配。如内燃机气门导杆衬套与座的配合 $\frac{H7}{n6}$ 。

(3) 过盈配合。属于过盈配合一类的基本偏差代号为 $p \sim zc$ (或 $P \sim ZC$)共 12 种基本偏差,其特点是由于有过盈,装配后的孔尺寸被胀大而轴的尺寸被压小,两者产生弹性变形,在结合面上产生一定的正压力和摩擦力,借以传动力矩和紧固零件。

选用过盈配合时,如不附加销键等紧固件,则最小过盈量应能保证传递所需力矩,最大过盈量应不使材料破坏,最小过盈量与最大过盈量一般不能相差太大,故一般过盈配合公差等级为 IT5~IT7 级。基本偏差根据最小过盈量及结合件的标准公差来选取。

① $\frac{H}{p}$ 、 $\frac{H}{r}$ 配合为轻型过盈配合,主要用于定位精度很高,零件有足够的刚性、受冲击载荷的定位配合。可以用锤打或压力机装配,只适用于在大修时拆卸。推荐的配合为 $\frac{H7}{p6}$,如卷扬机的绳轮与齿轮的配合,如图 1-30 所示;连杆小头孔与衬套的配合,如图 1-31 所示。

② $\frac{H}{s}$ 、 $\frac{H}{t}$ 配合为中型过盈配合，多采用 IT6、IT7 级，主要用于钢或铁制零件的永久性或半永久性结合，依靠过盈产生的结合力，可以直接传递中等负荷。一般用压力机装配，如柱、销、轴、套等压入孔中的配合，也有用冷轴或热套法装配的。如联轴器和轴的配合为 $\frac{H7}{t6}$ ，如图 1-32 所示。

③ $\frac{H}{u}$ 、 $\frac{H}{v}$ 、 $\frac{H}{x}$ 、 $\frac{H}{y}$ 、 $\frac{H}{z}$ 配合为重型过盈配合，过盈量依次增大，适用于传递和承受大的转矩和动载荷，完全依靠过盈产生的结合力保证牢靠联结的配合，要求零件材料的许用应力大，一般不采用。

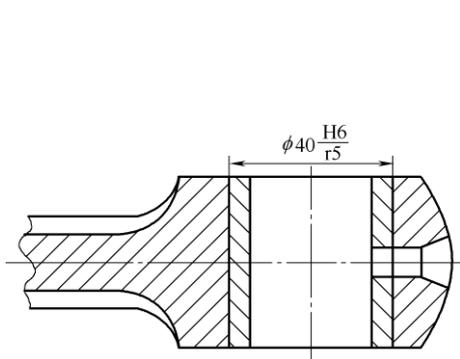


图 1-31 连杆小头孔与衬套的配合

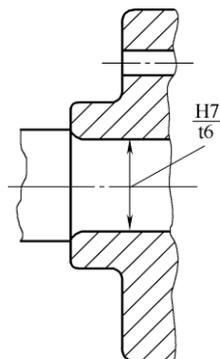


图 1-32 联轴器与轴的配合

总之，配合的选择应先根据使用要求确定配合的类别(间隙配合、过渡配合、过盈配合)，然后按工件条件选出具体的公差带代号。

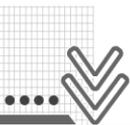
此外，还要考虑以下因素：承受载荷情况、工作时结合件是否有相对运动、温度变化、润滑条件、装拆情况，生产类型以及材料的物理、化学、力学性能等对间隙或过盈的影响。根据不同的工作条件，结合件配合的间隙量或过盈量必须相应地改变。工作情况对间隙量或过盈量的影响见表 1-16，可供类比时参考。

表 1-16 工作情况对间隙或过盈的影响

具体工作情况	过盈应增大或减小	间隙应增大或减小	具体工作情况	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	—	装配时可能歪斜	减小	增大
经常拆卸	减小	—	旋转速度增高	增大	增大
有冲击载荷	增大	减小	有轴向运动	—	增大
工作时，孔温高于轴温	增大	减小	润滑油黏度增大	—	增大
工作时，轴温高于孔温	减小	增大	表面趋向粗糙	增大	减小
配合长度较大	减小	增大	装配精度较高	减小	减小
配合面形位误差较大	减小	增大			

4. 公差配合应用示例

【例 1-7】 有一孔、轴配合，其公称尺寸为 $\phi 40$ ，要求配合间隙在 $0.025 \sim 0.066 \text{mm}$



之间。试确定基孔制配合孔轴的公差等级和配合种类。

$$\text{解: } T_f = 0.066\text{mm} - 0.025\text{mm} = 0.041\text{mm}$$

$$\text{又因为 } T_f = T_D + T_d = 0.041\text{mm}$$

$$\text{试选 } IT6=0.016\text{mm}, IT7=0.025\text{mm}$$

选基准孔 H7

$$\text{再确定 } X_{\min} = EI - es$$

$$es = EI - X_{\min} = 0 - 0.025\text{mm} = -0.025\text{mm}$$

再查轴的基本偏差表知 f 为 -0.025mm ，轴为 $\phi 40f6$

$$es = -0.025\text{mm} - 0.016\text{mm} = -0.041\text{mm}$$

$$\text{校对: } X_{\max} = 0.025\text{mm} + 0.041\text{mm} = 0.066\text{mm}$$

$$X_{\min} = 0 - (-0.025) = +0.025\text{mm}$$

结果: $\phi 40H7/f6$ 。

【技能训练】

已知公称尺寸为 $\phi 80\text{mm}$ 的滑动轴承，要求间隙在 $+58 \sim +138 \mu\text{m}$ 。试确定轴承孔、轴的配合代号，并画出公差带图。

解:

(1) 无特殊规定，采用基孔制。

(2) 确定公差等级。

$$\text{先计算配合公差: } T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |138 - 58| = 80\mu\text{m}$$

又因为配合公差是孔、轴公差之和，所以

$$T_f = T_h + T_s = 80\mu\text{m}$$

根据 $T_h = T_s = 1/2T_f$ 的原则，得出预选公差值:

$$T_h = T_s = 40\mu\text{m}$$

查表 1-2，选定

$$T_h = IT8 = 46\mu\text{m}, T_s = IT7 = 30\mu\text{m}$$

验算:

$$T_f = IT8 + IT7 = 76\mu\text{m} < 80\mu\text{m}$$

因此，选孔 8 轴 7，孔为 $\phi 80H8(0^{0.046})\text{mm}$ ，其公差带图如图 1-33 所示。

(3) 确定轴的基本偏差代号：间隙配合选取的轴的基本偏差为上极限偏差 es 。

据式(1-10)得

$$X_{\min} = EI - es, es = -58\mu\text{m}$$

查表 1-5，选 $es = -60\mu\text{m}$ ，选择轴的基本偏差代号为 ei。

$$ei = es - IT7 = -60 - 30 = -90\mu\text{m}$$

$$X'_{\max} = ES - ei = +46 - (-90) = +136\mu\text{m}$$

$$X'_{\min} = EI - es = 0 - (-60) = +60\mu\text{m}$$

极限间隙在原要求范围内，所以选择配合代号 $\phi 80 \frac{H8}{e7}$ 合适。其公差带如图 1-33 所示。

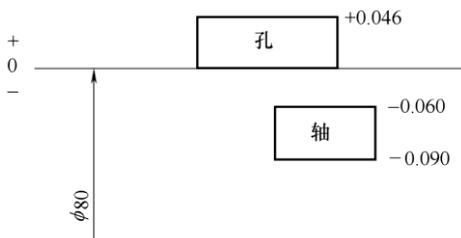


图 1-33 公差带图

项目小结

本项目主要介绍了极限与配合的基本术语和概念、极限与配合国家标准的组成和特点以及公差与配合的选用。掌握各个术语的含义及其之间的联系与区别是掌握该部分内容的关键。

训练与实践

一、判断题

1. 公差可以说是允许零件尺寸的最大偏差。 ()
2. 公称尺寸不同的零件, 只要它们的公差值相同, 就可以说明它们的精度要求相同。 ()
3. 公差通常为正, 在个别情况下也可以为负或为零。 ()
4. 孔的基本偏差即下偏差, 轴的基本偏差即上偏差。 ()
5. 现代科学技术虽然很发达, 但要把两个尺寸做得完全相同是不可能的。 ()
6. 基本偏差决定公差带相对零线的位置。 ()
7. 孔和轴的加工精度越高, 则其配合精度也越高。 ()
8. 间隙配合中, 孔公差带一定在零线以上, 轴公差带一定在零线以下。 ()
9. 如零件的实际尺寸在规定的公差范围内, 则该零件合格。 ()
10. 同一公差等级的孔和轴的标准公差数值一定相等。 ()
11. $\phi 10f6$ 、 $\phi 10f7$ 和 $\phi 10f8$ 的上偏差是相等的, 只是它们的下偏差各不相同。 ()
12. 偏差可为正、负或零值, 而公差为正值。 ()
13. 基本偏差为 $a\sim h$ 的轴与基孔制的孔必定构成间隙配合。 ()
14. 一光滑轴与多孔配合, 其配合性质不同时, 应当选用基孔制配合。 ()
15. 选择公差等级的原则是, 在满足使用要求的前提下, 尽可能选择较小的公差等级。 ()

二、填空题

1. 尺寸公差带具有_____和_____两个特性。尺寸公差带的大小由_____决定; 尺寸公差带的位置由_____决定。
2. 孔和轴的公差带由_____决定大小, 由_____决定位置。
3. 配合分为间隙配合、_____和_____。
4. 尺寸 $\phi 80js8$, 已知 $IT8 = 46\mu m$, 则其上极限尺寸是_____mm, 下极限尺寸是_____mm。



- _____mm。
5. $\phi 50H10$ 的孔和 $\phi 50j$ 的轴, 已知 $IT10=0.100\text{mm}$, $ES=$ _____mm, $EI=$ _____mm, $es=$ _____mm, $ei=$ _____mm。
 6. 已知公称尺寸为 $\phi 50\text{mm}$ 的轴, 其下极限尺寸为 $\phi 49.98\text{mm}$, 公差为 0.01mm , 则它的上偏差是_____mm, 下偏差是_____mm。
 7. 常用尺寸段的标准公差的大小, 随公称尺寸的增大而_____, 随公差等级的提高而_____。
 8. 孔的最大实体尺寸即孔的_____极限尺寸, 轴的最大实体尺寸为轴的_____极限尺寸, 当孔、轴以最大实体尺寸相配时, 配合最_____。
 9. 标准对孔和轴各设置了_____个基本偏差, 对于轴 $a\sim h$ 的基本偏差为_____偏差, 与基准孔构成_____配合, $k\sim zc$ 的基本偏差为_____偏差, 与基准孔构成_____配合。
 10. 配合是指_____相同的孔和轴_____之间的关系。
 11. 标准对标准公差规定了_____个等级, 最高级为_____, 最低级为_____。
 12. 一般公差分为_____, _____、_____、_____四个等级。
 13. 孔的公差带在轴的公差带之上为_____配合; 孔的公差带与轴的公差带相互交叠为_____配合; 孔的公差带在轴的公差带之下为_____配合。
 14. 选择基准制时, 应优先选用_____配合, 原因是_____。
 15. 公差等级的选择原则是_____的前提下, 尽量选用_____的公差等级。

三、选择题

1. 当相配合的孔和轴既要求对准中心, 又要求装拆方便时, 应选用()。
 - A. 间隙配合
 - B. 过盈配合
 - C. 过渡配合
 - D. 间隙配合或过渡配合
2. 若某配合的最大间隙 $30\mu\text{m}$, 孔的下偏差为 $-11\mu\text{m}$, 轴的下偏差为 $-16\mu\text{m}$, 轴的公差为 $16\mu\text{m}$, 则其配合公差为()。
 - A. $46\mu\text{m}$
 - B. $41\mu\text{m}$
 - C. $27\mu\text{m}$
 - D. $14\mu\text{m}$
3. 公差与配合的国家标准中规定的标准公差有()个公差等级。
 - A. 13
 - B. 18
 - C. 20
 - D. 28
4. 基本偏差为 m 的轴的公差带与基准孔 H 的公差带形成()。
 - A. 间隙配合
 - B. 过盈配合
 - C. 过渡配合
 - D. 过渡配合或过盈配合
5. 对于孔, $J\sim ZC$ (JS 除外)的基本偏差为()。
 - A. ES
 - B. EI
 - C. es
 - D. ei
6. 最大实体尺寸是指()。
 - A. 孔和轴的上极限尺寸
 - B. 孔和轴的下极限尺寸
 - C. 孔的下极限尺寸和轴的上极限尺寸
 - D. 孔的上极限尺寸和轴的下极限尺寸
7. 以下各组配合中, 配合性质相同的有()。
 - A. $\phi 30 \frac{H7}{f6}$ 和 $\phi 30 \frac{H8}{p7}$
 - B. $\phi 30 \frac{P8}{h7}$ 和 $\phi 30 \frac{H8}{p7}$
 - C. $\phi 30 \frac{M8}{h7}$ 和 $\phi 30 \frac{H8}{m7}$
 - D. $\phi 30 \frac{H8}{m7}$ 和 $\phi 30 \frac{H7}{f6}$

8. 下列配合零件, 应选用基轴制的有()。
- A. 滚动轴承外圈与外壳孔
B. 同一轴与多孔相配, 且有不同的配合性质
C. 滚动轴承内圈与轴
D. 轴为冷拉圆钢, 无须再加工
9. 下列配合零件, 应选用过盈配合的有()。
- A. 需要传递足够大的转矩
B. 不可拆联结
C. 有轴向运动
D. 要求定心且常拆卸
10. 下列有关公差等级的论述中, 正确的有()。
- A. 公差等级高, 则公差带宽
B. 在满足使用要求的前提下, 应尽量选用低的公差等级
C. 公差等级的高低影响公差带的大小、决定配合的精度
D. 孔、轴相配合均为同级配合

四、综合题

1. 尺寸误差与尺寸公差有何区别与联系?
2. 国标规定有哪几种配合? 为什么优先选用基孔制? 什么情况下选用基轴制?
3. 利用标准公差和基本偏差表, 查出下列公差带的极限偏差。
(1) $\phi 40M7$ (2) $\phi 80r6$ (3) $\phi 27K7$ (4) $\phi 60js5$ (5) $\phi 50T8$ (6) $\phi 120J6$
4. 根据下表中提供的数据, 求出空格中应有的数据并填入空格中。(单位: mm)

序号	公称尺寸	孔			轴			X_{\max} (Y_{\min})	X_{\min} (Y_{\max})	T_f	基准制	配合性质
		ES	EI	T_h	es	ei	T_s					
1	$\phi 40$		0				0.025	+0.089		0.064		
2	$\phi 24$		0				0.011		-0.012	0.030		
3	$\phi 100$			0.009	0				-0.021	0.015		

5. 已知一对间隙配合的孔轴基本尺寸 $D = \phi 40\text{mm}$, 孔的下偏差 $EI=0$, 轴的公差 $T_s=16\mu\text{m}$, 配合的最大间隙 $X_{\max}=+61\mu\text{m}$, 平均间隙 $X_{\text{av}}=+43\mu\text{m}$, 试求: (1) 配合的最小间隙 X_{\min} ; (2) 配合公差 T_f ; (3) 孔的上偏差 ES, 公差 T_h ; (4) 轴的上偏差 es, 下偏差 ei; (5) 画出孔、轴公差带图。

6. 设三个配合的公称尺寸和允许的极限间隙或极限过盈如下。

(1) $D(d) = \phi 45\text{mm}$, $X_{\max} = +0.070\text{mm}$, $X_{\min} = +0.020\text{mm}$

(2) $D(d) = \phi 110\text{mm}$, $Y_{\max} = -0.130\text{mm}$, $Y_{\min} = -0.020\text{mm}$

(3) $D(d) = \phi 15\text{mm}$, $X_{\max} = +0.010\text{mm}$, $Y_{\min} = -0.020\text{mm}$

若选用基孔制, 试确定孔、轴的公差等级及配合种类, 并画出公差带图。

7. 设有一公称尺寸为 $\phi 25\text{mm}$ 的配合, 为保证装拆方便和对中的要求, 其最大间隙和最大过盈均不得大于 0.020mm 。试确定此配合的孔、轴公差带代号(含基准制的选择分析), 并画出其尺寸公差带图。

8. 公称尺寸为 $\phi 100\text{mm}$ 的孔轴配合, 基本过盈在 $-34 \sim -94 \mu\text{m}$, 要求采用基轴制, 确定配合代号并画出公差带图。

