

互换性与尺寸测量



任务一



公差与配合

知识目标

- (1)了解互换性的含义。
- (2)掌握公差、配合、基本偏差的概念。
- (3)掌握间隙、过渡、过盈配合的概念。

能力目标

能运用所学知识计算零件极限尺寸,判断配合类型。

相关知识

一、互换性

在机械和仪器制造工业中,零件的互换性指在同一规格的一批零件中,任取其一,不需任何挑选或附加修配(如汽车轴承更换)就能装在机器上,达到规定的性能要求。为满足机械制造中零件所具有的互换性,要求生产的零件尺寸应在允许的公差范围之内。这就必须对零件的形式、尺寸、精度、性能等制定一个统一的标准。同类产品还需按尺寸大小合理分档,以减少产品的系列,这就是产品标准化。

在现代化的大量或成批生产中,互换性是工业产品必备的基本性质,日常生活中使用的自行车、钟表等所用的零件都有互换性。互换性有利于生产分工协作,也有利于采用先进工艺和专用设备进行高效率的专业化生产。这不仅可以缩短生产周期、降低成本和保证质量,还可以为产品提供备件,方便维修。

按零件的互换程度,互换性可分为完全互换和不完全互换。若一批零件在装配时,不需

要挑选、调整和修配,装配后即能满足预定的要求,则这些零部件属于完全互换。零件在加工完后,通过测量将零件按实际尺寸大小分为若干组,使各组组内零件间实际尺寸的差别减小,装配时按对应组进行。这样,既可保证装配精度和使用要求,又能解决加工上的困难,降低成本。但此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换,称为不完全互换。装配时需要进行挑选或调整的零部件也属于不完全互换。

二、公差与配合的定义及有关术语

1. 公差

在零件的加工过程中,由于受到机床、刀具、夹具、量具和操作人员技术水平等方面的影响,加工出来的零件尺寸必然存在一定的误差,一批零件的尺寸也不可能绝对相等。因此,在设计时,为了保证零件的互换性,应根据零件的使用要求和加工条件,合理地给零件的某种尺寸规定一个允许的变动量,即尺寸公差,简称公差。

图 1-1(a)所示的孔和轴的配合尺寸为 $\phi 50 \frac{H7}{g6}$,图 1-1(b)和图 1-1(c)所示分别为孔和轴的直径允许变动量。图 1-2 所示为尺寸公差与配合的示意图。

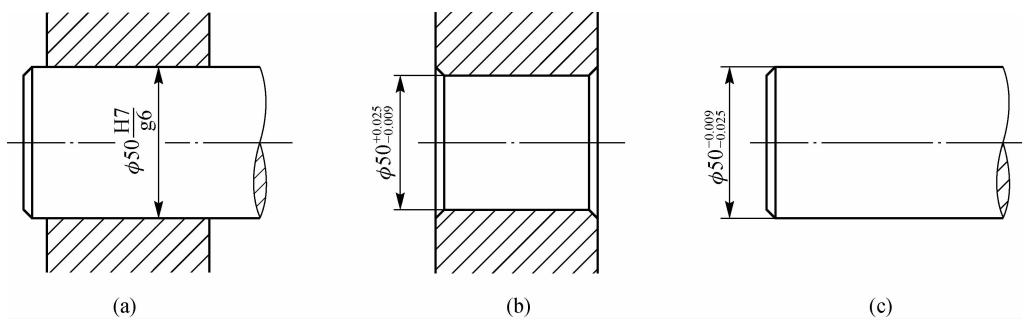


图 1-1 孔、轴配合与尺寸公差

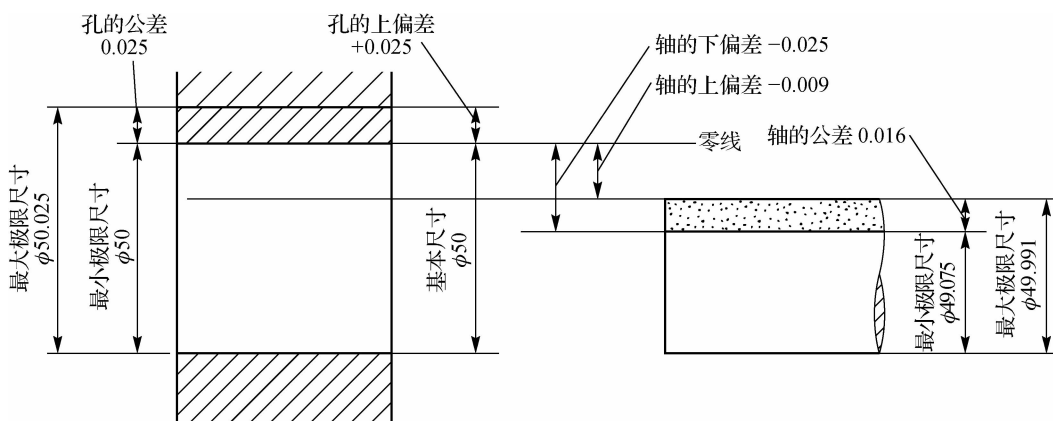


图 1-2 尺寸公差与配合的示意图

(1)基本尺寸。基本尺寸是设计给定的尺寸。

(2)实际尺寸。实际尺寸是通过测量所得的尺寸(存在测量误差)。

(3)极限尺寸。极限尺寸允许尺寸变化的两个界限值,它以基本尺寸为基数来确定。极限尺寸分为最大极限尺寸和最少极限尺寸。最大极限尺寸是两个极限尺寸中较大的一个,最小极限尺寸是两个极限尺寸中较小的一个。实际尺寸在两个极限尺寸所决定的区间内算合格。

(4)尺寸偏差。尺寸偏差简称偏差,是某一尺寸减去基本尺寸所得的代数差。尺寸偏差有上偏差、下偏差和实际偏差。国家标准规定用代号 ES 和 es 分别表示孔和轴的上偏差,用 EI 和 ei 分别表示孔和轴的下偏差。

上偏差=最大极限尺寸-基本尺寸。

例如,图 1-2 中轴的上偏差 $es=49.991-50=-0.009$ 。

下偏差=最小极限尺寸-基本尺寸。

例如,图 1-2 中轴的下偏差 $ei=49.975-50=-0.025$ 。

偏差可以为正值、负值或零。

实际尺寸减去基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。实际偏差在上、下偏差所决定的区间内算合格。

(5)尺寸公差。尺寸公差简称公差,是允许尺寸的变动量,即

$$\text{公差} = \text{最大极限尺寸} - \text{最小极限尺寸} = \text{上偏差} - \text{下偏差}$$

$$\text{轴的公差} = 49.991 - 49.975 = -0.009 - (-0.025) = 0.016$$

公差没有正、负号,它是绝对值,不能为零。

(6)零线。在公差与配合的图解(简称公差带图)中,确定偏差的一条基准线称为零偏差线。通常,零偏差线表示基本尺寸。

(7)尺寸公差带。图 1-3 所示为公差带图。尺寸公差带简称公差带,在公差带图中,是由代表上、下偏差的两条直线所规定的一个区域。孔的公差带用向左下方倾斜的 45° 平行细实线表示,轴的公差带用涂黑或画点表示。

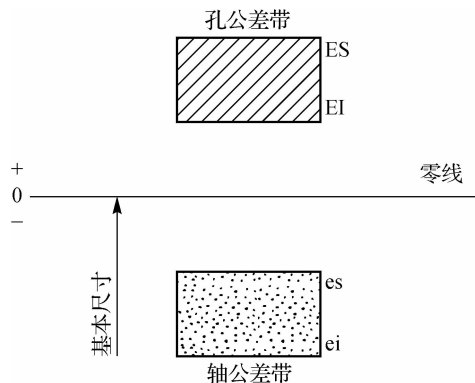


图 1-3 公差带图

(8)标准公差。标准公差指国家标准表列的用于确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差,一般为靠近零线的那个偏差。

2. 配合

配合指基本尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。这里的孔和轴主要指圆柱形的内、外表面,也包括内外平面组成的结构。孔和轴配合时,由于它们的实际尺寸不同,将产生间隙或过盈。

如图 1-4 所示,孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差为正时,该配合是间隙配合;为负时,该配合是过盈配合。

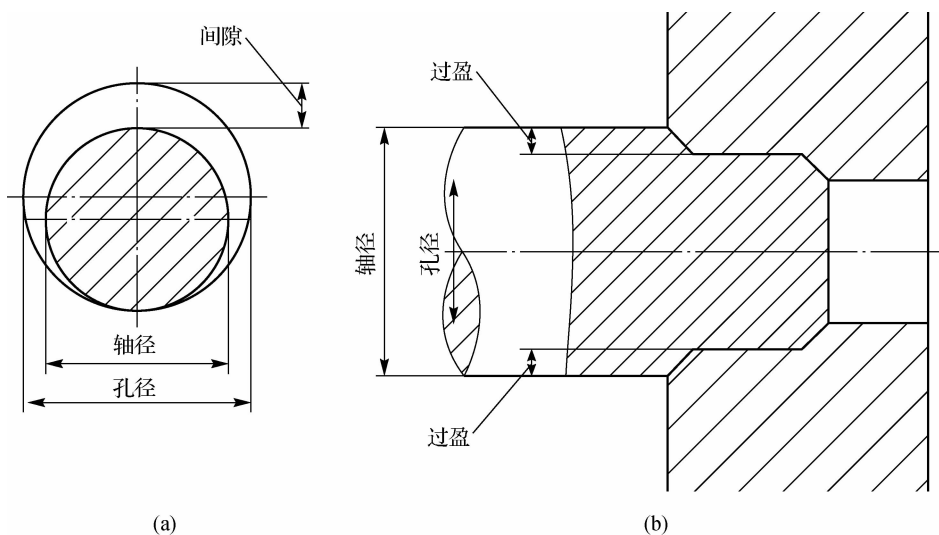


图 1-4 间隙配合和过盈配合

3. 标准公差与基本偏差

标准公差是国家标准表列的公差。标准公差数值与基本尺寸分段和公差等级有关,它不随配合改变,对孔和轴都一样。

在公差与配合中,公差带是个很重要的概念,图 1-5 所示为公差带大小和公差带位置的示意图。

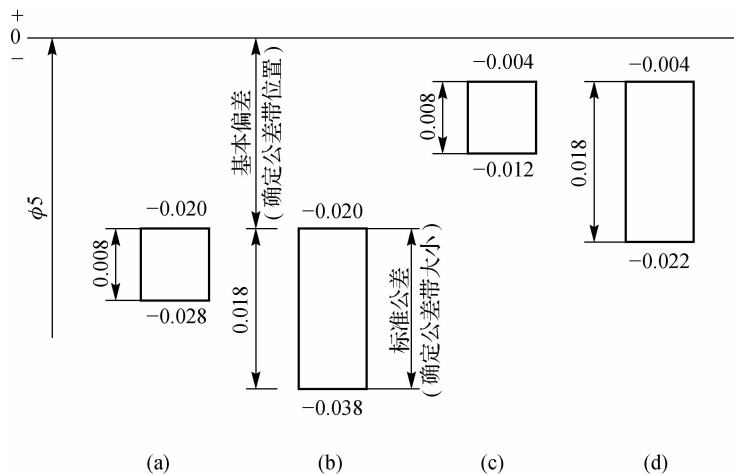


图 1-5 公差带大小和公差带位置的示意图

图 1-5(a)与图 1-5(b)所示的上偏差数值相同,说明公差带相对于零线的最近位置相同;下偏差数值不相同,是因为图 1-5(a)所示的公差为 0.008 mm,图 1-5(b)所示的公差为 0.018 mm,即公差带大小不同。图 1-5(a)与图 1-5(c)[图 1-5(b)与图 1-5(d)]所示的公差带位置不同,但公差带大小相同,而图 1-5(a)与图 1-5(d)[图 1-5(b)与图 1-5(c)]所示的公差带位置和大小都不同。

由此可见,公差带是由公差带大小和公差带位置两个要素组成的。公差带大小由标准公差确定,公差带位置由基本偏差确定,形成标准公差和基本偏差两个系列。图 1-5(a)与图 1-5(b)所示的基本偏差相等,标准公差不等,图 1-5(a)与图 1-5(c)所示的标准公差相等,基本偏差不等,图 1-5(a)与图 1-5(d)所示的标准公差与基本偏差都不等。国家标准对公差带的两个要素分别进行标准化,是为了得到多种不同大小和不同位置的公差带。这样既满足不同使用要求,又达到简化统一、便于生产的目的。

4. 公差等级

公差等级是确定尺寸精确程度的等级。国家标准将公差等级分为 20 级,即 IT01、IT0、IT1、……、IT18。IT 表示标准公差,它是国际公差(ISO tolerance)的缩写,公差等级的代号用阿拉伯数字表示,二者用同样字号。从 IT01 至 IT18,公差等级依次降低即尺寸精确度依次降低,而相应的标准公差数值则依次增大。这里所说的标准公差随公差等级降低而增大的关系是对同一基本尺寸而言的,即在同一基本尺寸分段。

值得注意的是,属于同一公差等级的公差,对所有基本尺寸,虽数值不同,但被认为具有同等的精确程度。例如,基本尺寸大于 30~50 mm 尺寸分段时,IT7 是 0.025 mm,而基本尺寸在大于 400~500 mm 尺寸分段时,IT7 是 0.063 mm。虽然这两个不同尺寸分段的标准公差数值不同,但是它们的公差等级都是 7 级,则认为它们在使用和制造上具有同等的精确程度。

选择公差等级时要正确、合理地处理零件使用要求与制造工艺、加工成本之间的关系,在满足使用要求的前提下尽可能选择较低的公差等级。一般配合尺寸中,孔用 IT12~IT6,轴用 IT12~IT5。

三、基本偏差

基本偏差一般是指尺寸的两个极限偏差(上偏差和下偏差)中靠近零线的那个极限偏差。如图 1-6 所示,基本偏差的大小和正、负号决定了公差带对零线的相对位置。当公差带位于零线上方时,基本偏差为下偏差;当公差带位于零线下方时,基本偏差为上偏差。

为了满足各种配合要求,国家标准根据不同的基本尺寸和基本偏差代号规定了基本偏差系列,如图 1-7 所示。

基本偏差代号用拉丁字母及其顺序表示,大写的为孔、小写的为轴。在 26 个字母中,I、L、O、Q、W(i、l、o、q、w)5 个字母因为容易与其他含义混淆而不用,故使用 21 个字母,再增加用 2 个字母表示的 7 个,共有 28 个代号,即孔和轴各有 28 个基本偏差,见表 1-1。

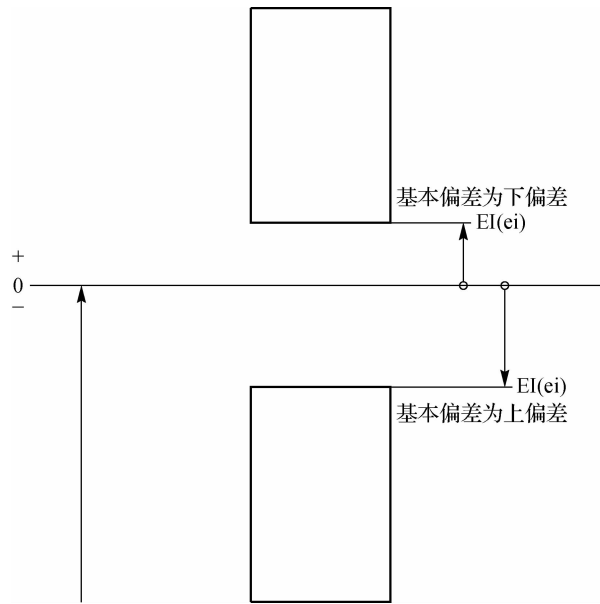


图 1-6 基本偏差示意图

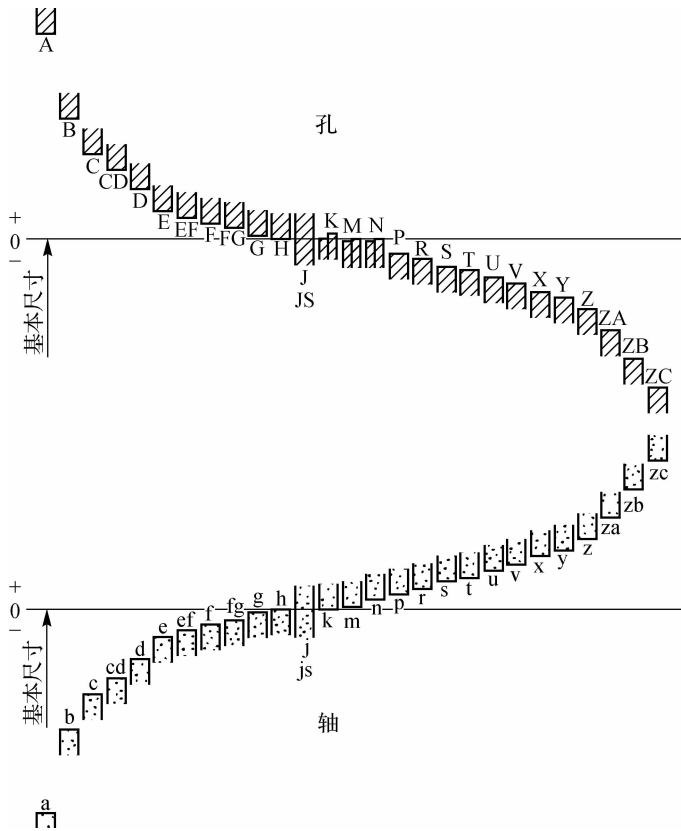


图 1-7 基本偏差系列

表 1-1 孔、轴基本偏差代号

项 目	偏 差	基本偏差
孔	下偏差	A B C CD D E EF F FG G H
	上偏差或下偏差	JS=±IT/2
	上偏差	J K M N P R S T U V X Y Z ZA ZB ZC
轴	上偏差	a b c cd d e ef f fg g h
	上偏差或下偏差	js=±IT/2
	下偏差	j k m n p r s t u v x y z za zb ac

从图 1-7 和表 1-1 可以看出,轴的基本偏差中,a~h 为上偏差 es,且是负值,其绝对值依次减小,其中 h 的上偏差 es=0。js 为上偏差($es=+\frac{IT}{2}$)或下偏差($ei=+\frac{IT}{2}$),即 js 与各级标准公差组成的公差带完全对称地分布在零线两侧,所以 js 的基本偏差认为是上偏差或下偏差都可以,因而在图 1-7 中画成两端都开口。从 j~ac 为下偏差 ei,其中 j 是负值,其他都是正值,其绝对值依次增大。j 的上、下偏差近似对称于零线。

原则上,基本偏差与公差等级无关,但有少数基本偏差对不同的公差等级使用不同的数值,例如,k 在 4~7 级使用一种数值,而在其他公差等级内全部是零。所以,在图 1-7 中,k 表示了两种位置,其基本偏差分成高低不同的两个部分。

从图 1-7 看出,在孔的基本偏差中,从 A~H,下偏差 EI 为基本偏差,且是正值,其绝对值依次减小,其中 H 的下偏差 EI=0。从 J~ZC,上偏差 ES 为基本偏差,其中 J 是正值,K~ZC 都是负值,其绝对值依次增大。孔、轴对照,同一字母表示的孔和轴的基本偏差,其绝对值相等,而正负号相反,相对于零线成对称关系,但应注意,从 J~ZC,只有在公差等级较低时才有这种对称关系。

基本偏差系列图只表示公差带属于基本偏差的一端,另一端是开口的,公差带在图 1-7 中画成半封闭形式,公差带的另一端取决于各级标准公差的大小。因此,根据孔、轴的基本偏差和标准公差,就可以计算孔、轴的另一个偏差。

孔的另一个偏差(上偏差或下偏差)为

$$ES=EI+IT$$

或

$$EI=ES-IT$$

轴的另一个偏差(上偏差或下偏差)为

$$es=ei+IT$$

或

$$ei=es-IT$$

四、配合类别和基准制

1. 配合类别

根据孔和轴公差带的关系,或按配合零件结合面形成间隙或过盈的情况,配合分三类,

即间隙配合、过盈配合和过渡配合。

(1) 间隙配合。间隙配合指具有间隙(包括最小间隙等于零)的配合。这时,孔的公差带在轴的公差带之上,如图 1-8 所示。

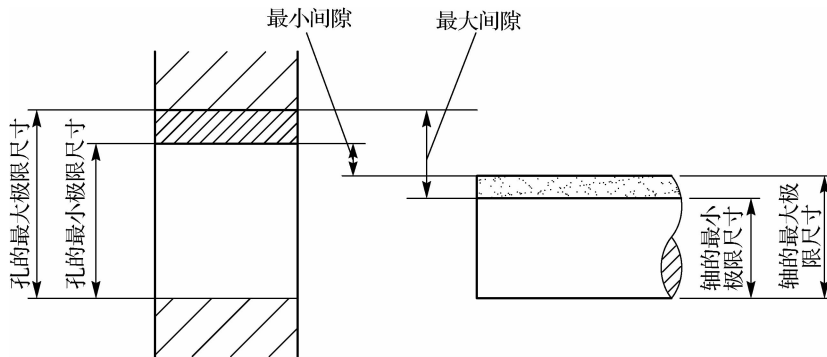


图 1-8 间隙配合

最大间隙 = 孔的最大极限尺寸 - 轴的最小极限尺寸

最小间隙 = 孔的最小极限尺寸 - 轴的最大极限尺寸

(2) 过盈配合。过盈配合指具有过盈(包括最小过盈等于零)的配合。这时,孔的公差带在轴的公差带之下,如图 1-9 所示。

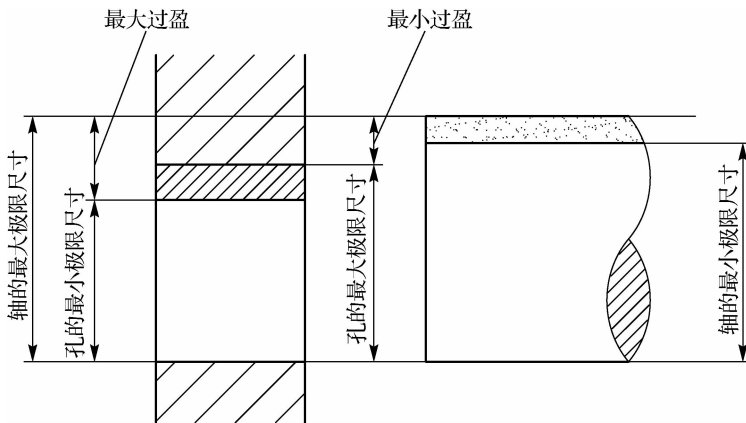


图 1-9 过盈配合

最大过盈 = 孔的最小极限尺寸 - 轴的最大极限尺寸

最小过盈 = 孔的最大极限尺寸 - 轴的最小极限尺寸

(3) 过渡配合。过渡配合指可能具有间隙或过盈的配合。这时,孔的公差带和轴的公差带相互交叠,可以有多种情况,如图 1-10 所示。

过渡配合一般只计算最大间隙和最大过盈。

最大间隙 = 孔的最大极限尺寸 - 轴的最小极限尺寸

最大过盈 = 孔的最小极限尺寸 - 轴的最大极限尺寸

在规定的具有过渡配合性质的一批零件的公差时,允许得到间隙或过盈的配合。但对装配好的一对零件,则只得到一种结果。

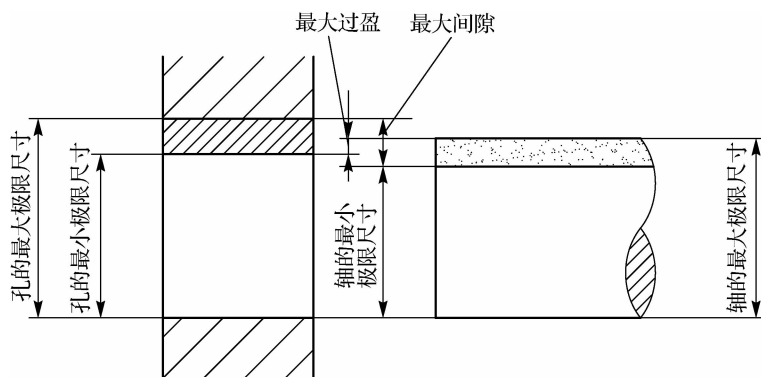


图 1-10 过渡配合

2. 基准制

为实现配合标准化,国家标准规定两种基准制,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制度称为基孔制。在基孔制的配合中,孔为基准件,国家标准规定基准孔的代号为 H , 其下偏差 $EI=0$ 。

(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制度称为基轴制。在基轴制配合中,轴为基准件,国家标准规定基准轴的代号为 h , 其上偏差 $es=0$ 。

基孔制和基轴制各有三种类型的配合,如图 1-11 和图 1-12 所示。

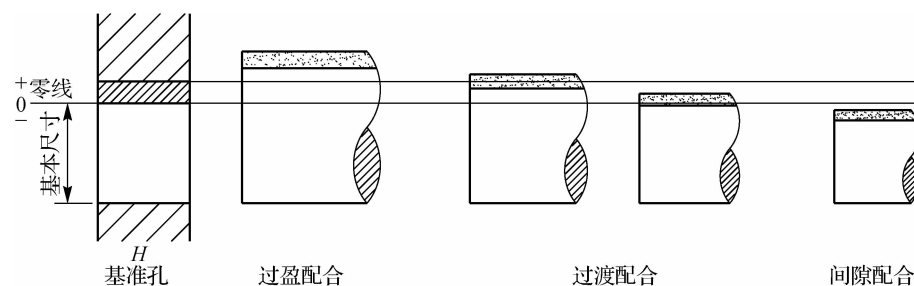


图 1-11 基孔制配合示意图

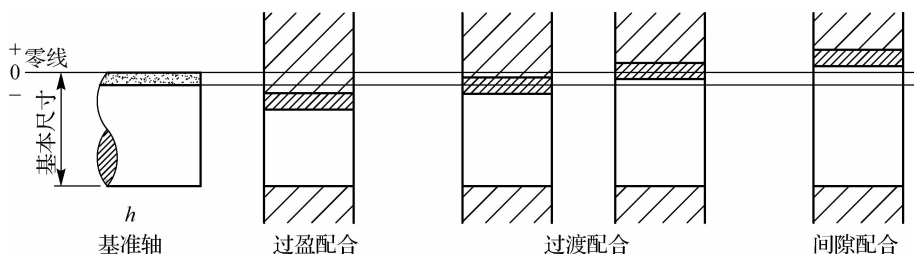


图 1-12 基轴制配合示意图

基准制是规定配合系列的基础。采用基准制是为了统一基准件的极限偏差,获得最大的技术经济效果。选择基准制时,应从结构、工艺和经济性等方面分析确定。一般情况下,

优先使用基孔制,因为加工相同公差等级的孔和轴,加工孔比加工轴要困难些。基轴制仅用于有明显经济效益的场合。例如,直接用冷拉棒料制作轴,外圆不需加工,或者同一基本尺寸的各个部分需要安装不同配合的零件,图 1-13 所示的活塞销与连杆衬套采用间隙配合,而与活塞上的孔则采用过渡配合。

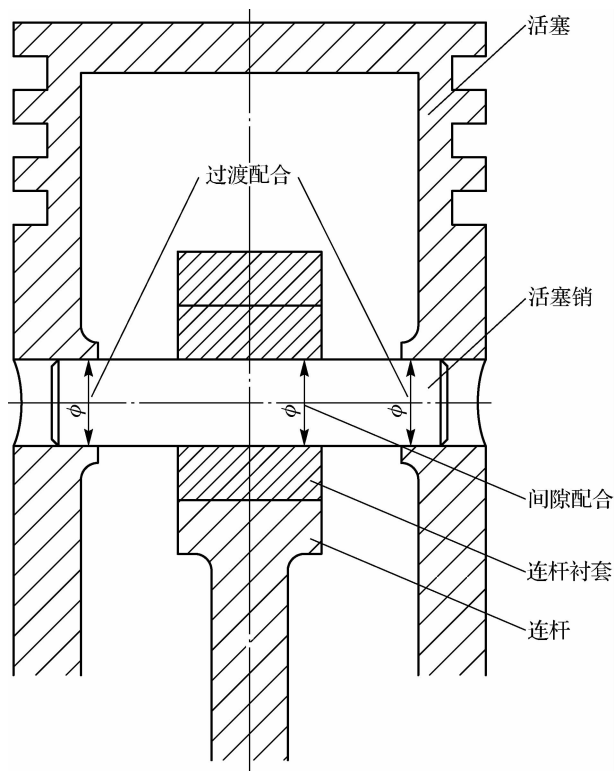


图 1-13 活塞销配合基准制的选择

标准件配合时,基准制的选择依标准件而定。例如,与滚动轴承配合的轴采用基孔制,与滚动轴承外圈配合的轴孔则采用基轴制,如图 1-14 所示。

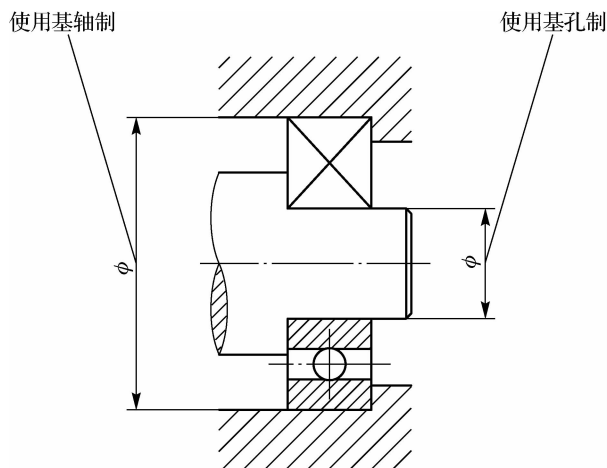


图 1-14 滚动轴承配合基准制的选择

五、常用和优先选用的公差带与配合

按照配合定义,只要把基本尺寸相同的孔、轴公差带组合起来就可以组成不同的配合。因为标准公差有 20 个公差等级,基本偏差有 28 个代号,所以能得到大量不同大小和位置的公差带,也就可以组成大量的配合。使用过多的公差带,则发挥不了标准化应有的作用,不利于生产,且公差等级差别较大的孔、轴公差带配合也不合理。因此,国家标准规定了一般、常用及优先选用的孔、轴公差带和与之相应的常用及优先选用的配合。基孔制的常用配合有 59 种,其中包括优先选用的 13 种,见表 1-2。基轴制的常用配合有 47 种,其中优先选用的也是 13 种,见表 1-3。在表 1-2 和表 1-3 中,右上角有符合“Δ”者为优先选用的配合。

表 1-2 0~500 mm 基孔制优先、常用配合

轴	a b c d e f g h	j s k m	n p r s i u v x y z
配合	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	$\frac{H7}{f6}$ $\frac{H7^\Delta}{g6}$ $\frac{H7^\Delta}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$ $\frac{H7^\Delta}{k6}$ $\frac{H7}{m6}$ $\frac{H7^\Delta}{n6}$	$\frac{H7^\Delta}{p6}$ $\frac{H7}{r6}$ $\frac{H7^\Delta}{s6}$ $\frac{H7}{i6}$ $\frac{H7^\Delta}{u6}$ $\frac{H7}{v6}$ $\frac{H7}{x6}$ $\frac{H7}{y6}$ $\frac{H7}{z6}$
H8	$\frac{H8}{e7}$ $\frac{H8^\Delta}{7}$ $\frac{H8}{g7}$ $\frac{H8^\Delta}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$ $\frac{H8}{k7}$ $\frac{H8}{m7}$ $\frac{H8}{n7}$ $\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$ $\frac{H8}{s7}$ $\frac{H8}{t7}$ $\frac{H8}{u7}$
	$\frac{H8}{d8}$ $\frac{H8}{e8}$ $\frac{H8}{i8}$ $\frac{H8}{h8}$		
H9	$\frac{H9}{c9}$ $\frac{H9^\Delta}{d9}$ $\frac{H9}{e9}$ $\frac{H9}{f9}$ $\frac{H9^\Delta}{n9}$		
H10	$\frac{H10}{c10}$ $\frac{H10}{a10}$ $\frac{H10}{h10}$		
H11	$\frac{H11}{a11}$ $\frac{H11}{b11}$ $\frac{H11^\Delta}{c11}$ $\frac{H11}{d11}$ $\frac{H11^\Delta}{b11}$		
H12	$\frac{H12}{b12}$ $\frac{H12}{h12}$		

表 1-3 0~500 mm 基轴制优先、常用配合

孔	A B C D E F G H	J S K M	N P R S T U
配合	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	$\frac{F7}{h6}$ $\frac{G7^\Delta}{h6}$ $\frac{H7^\Delta}{h6}$	$\frac{JS7}{h6}$ $\frac{K7^\Delta}{h6}$ $\frac{M7}{h6}$ $\frac{N7^\Delta}{h6}$	$\frac{P7^\Delta}{h6}$ $\frac{R7}{h6}$ $\frac{S7^\Delta}{h6}$ $\frac{T7}{h6}$ $\frac{U7^\Delta}{h6}$
h7	$\frac{E8}{h7}$ $\frac{F8^\Delta}{h7}$ $\frac{H8^\Delta}{h7}$	$\frac{JS8}{h7}$ $\frac{K8}{h7}$ $\frac{M8}{h7}$ $\frac{N8}{h7}$	
h8	$\frac{D8}{h8}$ $\frac{E8}{h8}$ $\frac{F8}{h8}$ $\frac{H8}{h8}$		
h9	$\frac{D9^\Delta}{h9}$ $\frac{E9}{h9}$ $\frac{F9}{h9}$ $\frac{H9^\Delta}{h9}$		

续表

h10	$\frac{D10}{h10}$	$\frac{H10}{h10}$	
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11^\Delta}{h11}$
h12	$\frac{B12}{h12}$	$\frac{H12}{h12}$	

有特殊需要时,允许采用任一孔、轴公差带组成配合。

从表 1-2 和表 1-3 规定的配合中看出,以 IT8 为界,孔、轴公差等级有如下关系:

- (1) IT8 的孔可与同级的或高一级的轴配合,如 $\frac{H8}{f8}$ 、 $\frac{H8}{f7}$ 和 $\frac{F8}{h8}$ 、 $\frac{F8}{h7}$ 。
- (2) 高于 IT8 的孔均采用与高一级的轴配合,如 $\frac{H7}{f6}$ 和 $\frac{F7}{h6}$ 。
- (3) 低于 IT8 的孔均采用与同级轴配合,如 $\frac{H9}{f9}$ 和 $\frac{F9}{h9}$ 。

复习题

1. 计算出表 1-4 空格中的数值。

表 1-4 题表(1)

单位: mm

基本尺寸	最大极限尺寸	最小极限尺寸	上偏差	下偏差	公差	尺寸标注
孔 $\phi 12$	12.050	12.032				
轴 $\phi 60$			+0.072		0.019	
孔 $\phi 30$		29.959			0.021	
轴 $\phi 80$			-0.010	-0.056		
孔 $\phi 50$				-0.034	0.039	
孔 $\phi 40$						$\phi 40_{-0.011}^{+0.014}$
轴 $\phi 70$	69.970				0.074	

2. 根据表 1-5 中给出的数据计算出空格中的数值。

表 1-5 题表(2)

单位: mm

基本尺寸	孔			轴			X_{\max} 或 Y_{\min}	X_{\min} 或 Y_{\max}	X_{av} 或 Y_{av}	T_f
	ES	EI	T_h	es	ei	T_s				
$\phi 25$		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	