

第 3 章

尺寸精度的设计与检测

机械零件的几何精度包含该零件的尺寸精度、形状和位置精度以及表面精度等。它们是根据零件在机器中的使用要求确定的。尺寸精度主要研究线性尺寸的公差、极限与配合。尺寸精度设计是机械零件设计中必不可少的重要内容。

有关尺寸精度的国家标准主要有 GB/T 1800.1—2009《极限与配合 第1部分:公差、偏差和配合的基础》,GB/T 1800.2—2009《极限与配合 第2部分:标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》,GB/T 1801—2009《极限与配合 公差带和配合的选择》,GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》。

下面就上述标准的基本概念和应用以及尺寸精度的设计进行阐述。

3.1 基本术语及其定义

3.1.1 极限与配合的基本术语和定义

1. 孔、轴的定义

在极限与配合的标准中,孔和轴这两个基本术语有其特定的含义,它涉及极限与配合国家标准的应用范围。

孔:通常指工件的圆柱形内尺寸要素,也包括非圆柱形内尺寸要素(由两平行平面或切面形成的包容面)。如图 3-1 所示零件的各内表面上, D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 各尺寸都称为孔。

轴:通常指工件的圆柱形外尺寸要素,也包括非圆柱形外尺寸要素(由两平行平面或切面形成的被包容面)。如图 3-1 所示零件的各外表面上, d_1 、 d_2 、 d_3 各尺寸都称为轴。

另外,从装配关系看,孔是包容面,轴是被包容面;从切削加工过程看,随着加工过程的进行,孔的尺寸由小变大,而轴的尺寸由大变小。在极限与配合制中,孔和轴的概念是广义的,都是由单一尺寸构成的。

2. 尺寸的术语和定义

尺寸是以特定单位表示线性尺寸值的数值。一般情况下,尺寸只表示长度的大小,包括直径、长度、宽度、高度、厚度以及中心距、圆角半径等,由数字和长度单位(如毫米)组成,不包括用角度单位表示的角度尺寸。

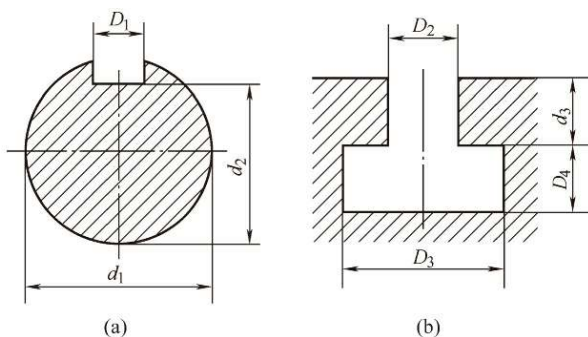


图 3-1 孔与轴示例

(1) 公称尺寸(D, d)

公称尺寸是由图样规范确定的理想形状要素的尺寸,是设计人员基于零件的功能要求,通过强度、刚度等方面的计算,并考虑工艺、结构等方面的要求后确定的。它一般应按标准尺寸(GB 2822—2005)选取并在图样上标注。它是确定偏差位置的起始尺寸。

(2) 实际(组成)要素(D_a, d_a)

实际(组成)要素是通过测量获得的尺寸。由于存在测量误差,所以实际组成要素并非尺寸的真值。又由于存在形状误差,工件上各处的实际组成要素往往是不同的。

(3) 极限尺寸

极限尺寸为允许尺寸变化的两个界限值。孔或轴允许的最大尺寸称为上极限尺寸,分别以 D_{\max} 和 d_{\max} 表示;孔或轴允许的最小尺寸称为下极限尺寸,分别以 D_{\min} 和 d_{\min} 表示。

公称尺寸和极限尺寸是设计时给定的,实际组成要素应控制在给定的极限尺寸范围内。

3. 尺寸偏差和尺寸公差的术语及定义

(1) 尺寸偏差

尺寸偏差指某一尺寸与其公称尺寸的代数差。

上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差,称为上极限偏差;下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差,称为下极限偏差;上极限偏差和下极限偏差统称为极限偏差。用代号 ES 表示孔的上极限偏差,用代号 es 表示轴的上极限偏差,用代号 EI 表示孔的下极限偏差,用代号 ei 表示轴的下极限偏差。

实际组成要素与其公称尺寸的代数差称为实际偏差。

孔、轴的极限偏差可用以下代数式表示:

孔

$$\text{上极限偏差 } ES = D_{\max} - D$$

$$\text{下极限偏差 } EI = D_{\min} - D \quad (3-1)$$

轴

$$\text{上极限偏差 } es = d_{\max} - d$$

$$\text{下极限偏差 } ei = d_{\min} - d \quad (3-2)$$

偏差可以为正值、负值或零。计算和标注时,除零以外必须带有正号或负号。



(2) 尺寸公差

尺寸公差(简称公差)是指允许尺寸的变动量。

公差等于上极限尺寸与下极限尺寸代数差的绝对值,也等于上极限偏差与下极限偏差代数差的绝对值。孔、轴的公差代号分别为 T_h 和 T_s 。

孔、轴的公差可用以下代数式表示:

$$\text{孔公差} \quad T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI| \quad (3-3)$$

$$\text{轴公差} \quad T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \quad (3-4)$$

值得注意的是,公差和偏差是有区别的,偏差是代数值,有正负号;而公差则是绝对值,没有正负之分,而且不能为零。

图3-2所示为极限与配合示意图,它表明了相互结合的孔和轴的公称尺寸、极限尺寸、极限偏差与公差的相互关系。工程中常用图解法定量分析以上关系,比较直观。

(3) 尺寸公差带图

由于公差及偏差的数值与公称尺寸数值相比差别甚大,不使用同一比例表示,故采用孔、轴的公差及其配合图解(简称公差带图)表示,见图3-2b。由该图可以看出,公差带图由零线和公差带两部分组成,其定义分别如下:

① 零线 在公差带图中,确定偏差的一条基准直线,即零偏差线。通常,零线表示公称尺寸。在绘制公差带图时,应注意标注零线的公称尺寸线、公称尺寸值和符号“+”、“0”、“-”。

② 尺寸公差带(简称公差带) 在公差带图中,公差带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条直线所限定的一个区域。公差带有两个基本参数,即公差带的大小与位置。大小由标准公差确定,位置由基本偏差确定。

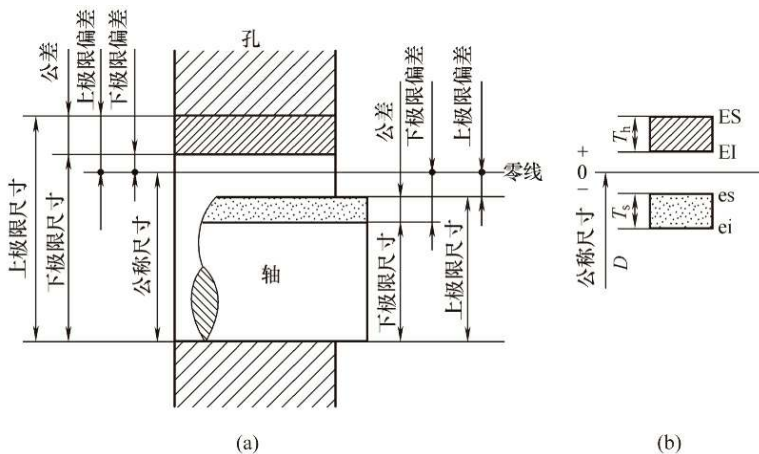


图3-2 极限与配合示意图

例3.1 已知孔、轴的公称尺寸都为 $\phi 25$ mm, $D_{\max} = \phi 25.021$ mm, $D_{\min} = \phi 25.000$ mm, $d_{\max} = \phi 24.980$ mm, $d_{\min} = \phi 24.967$ mm,求孔、轴的极限偏差和公差,画出它们的尺寸公差带图。

解: 根据式(3-1)~式(3-4)可得:

$$\text{孔 上极限偏差 } ES = D_{\max} - D = (25.021 - 25) \text{ mm} = 0.021 \text{ mm}$$

$$\text{下极限偏差 } EI = D_{\min} - D = (25.000 - 25) \text{ mm} = 0 \text{ mm}$$

轴 上极限偏差 $es = d_{\max} - d = (24.980 - 25) \text{ mm} = -0.020 \text{ mm}$

下极限偏差 $ei = d_{\min} - d = (24.967 - 25) \text{ mm} = -0.033 \text{ mm}$

孔公差 $T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |25.021 - 25.000| \text{ mm} = 0.021 \text{ mm}$

轴公差 $T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |24.980 - 24.967| \text{ mm} = 0.013 \text{ mm}$

孔、轴的尺寸公差带图见图 3-3。

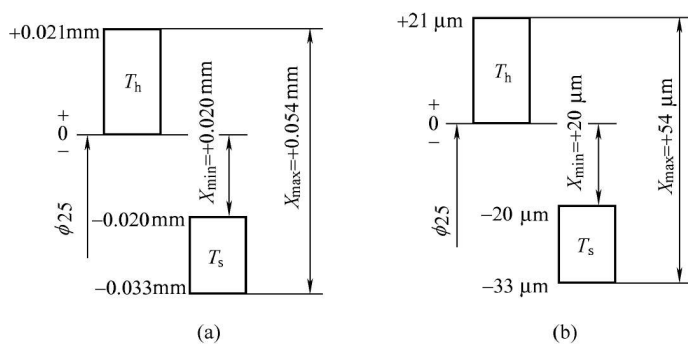


图 3-3 孔、轴的尺寸公差带图

4. 配合的术语和定义

配合是指公称尺寸相同、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关系不同,配合分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三大类。

间隙或过盈是指孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差。此差值为零或正数时是间隙;为零或负数时是过盈。间隙的代数量用代号 X 表示,过盈的代数量用代号 Y 表示。

(1) 配合的分类

① 间隙配合 是指具有间隙(包括最小间隙为零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带之上,如图 3-4a 所示。

由于孔、轴的实际组成要素允许在各自公差带内变动,所以孔、轴配合的间隙也是变动的。当孔为 D_{\max} 而相配合轴为 d_{\min} 时,装配后形成最大间隙 X_{\max} ;当孔为 D_{\min} 而相配合轴为 d_{\max} 时,装配后形成最小间隙 X_{\min} 。 X_{\max} 、 X_{\min} 用公式表示为

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (3-5)$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (3-6)$$

X_{\max} 和 X_{\min} 统称为极限间隙。实际生产中,成批生产的零件其实际组成要素大部分为极限尺寸的平均值,所以形成的间隙大多数在平均尺寸形成的平均间隙值附近,平均间隙以 X_{av} 表示,其大小为

$$X_{av} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \quad (3-7)$$

② 过盈配合 是指具有过盈(包括最小过盈为零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带之下,如图 3-4b 所示。

当孔为 D_{\min} 而相配合的轴为 d_{\max} 时,装配后形成最大过盈 Y_{\max} ;当孔为 D_{\max} 而相配合的轴为 d_{\min} 时,装配后形成最小过盈 Y_{\min} 。用公式表示为



$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (3-8)$$

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (3-9)$$

Y_{\max} 和 Y_{\min} 统称为极限过盈。在成批生产中,最可能得到的是平均过盈值附近的过盈值,平均过盈用 Y_{av} 表示,其大小为

$$Y_{av} = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \quad (3-10)$$

③ 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3-4c所示。

当孔为 D_{\max} 而相配合的轴为 d_{\min} 时,装配后形成最大间隙 X_{\max} ;当孔为 D_{\min} 而相配合轴为 d_{\max} 时,装配后形成最大过盈 Y_{\max} 。用公式表示为

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (3-11)$$

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (3-12)$$

与前两种配合一样,成批生产中的零件,最可能得到的是平均间隙值或平均过盈值附近的值,其大小为

$$X_{av} (Y_{av}) = \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} \quad (3-13)$$

按上式计算所得的值为正时是平均间隙,为负时是平均过盈。

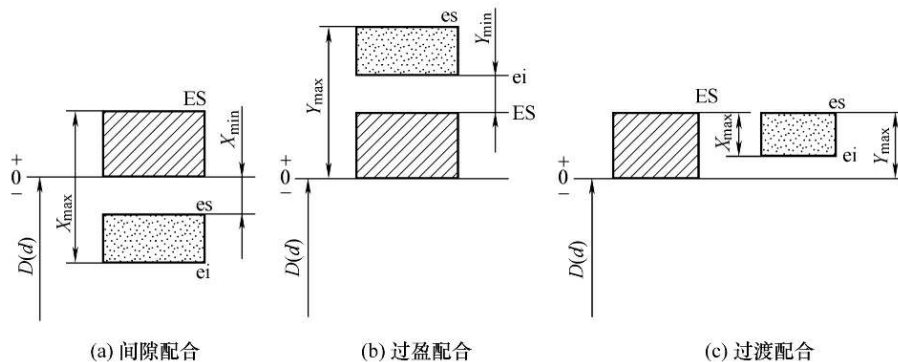


图3-4 三类配合的公差带

(2) 配合公差(T_f)

配合公差是组成配合的孔、轴公差之和。它是允许间隙或过盈的变动量。

间隙配合中

$$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = T_h + T_s \quad (3-14)$$

过盈配合中

$$T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}| = T_h + T_s \quad (3-15)$$

过渡配合中

$$T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = T_h + T_s \quad (3-16)$$



上式说明了配合精度取决于相互配合的孔和轴的尺寸精度,反映了使用要求和加工要求的关系。若要提高配合精度,则必须减小相配合孔、轴的尺寸公差,这将会使制造难度增加,成本提高。所以,设计时要综合考虑使用要求和制造难易度这两个方面,合理选取,从而提高综合技术的经济效益。

例 3.2 计算:孔 $\phi 50_{0}^{+0.025}$ mm 与轴 $\phi 50_{-0.041}^{-0.025}$ mm、孔 $\phi 50_{0}^{+0.025}$ mm 与轴 $\phi 50_{+0.043}^{+0.059}$ mm、孔 $\phi 50_{0}^{+0.025}$ mm 与轴 $\phi 50_{+0.002}^{+0.018}$ mm 配合的极限间隙或极限过盈、配合公差。

解: (1) 最大间隙

$$X_{\max} = ES - ei = [0.025 - (-0.041)] \text{ mm} = 0.066 \text{ mm}$$

最小间隙

$$X_{\min} = EI - es = [0 - (-0.025)] \text{ mm} = 0.025 \text{ mm}$$

配合公差

$$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = |0.066 - 0.025| \text{ mm} = 0.041 \text{ mm}$$

(2) 最大过盈

$$Y_{\max} = EI - es = (0 - 0.059) \text{ mm} = -0.059 \text{ mm}$$

最小过盈

$$Y_{\min} = ES - ei = (0.025 - 0.043) \text{ mm} = -0.018 \text{ mm}$$

配合公差

$$T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}| = |-0.018 - (-0.059)| \text{ mm} = 0.041 \text{ mm}$$

(3) 最大间隙

$$X_{\max} = ES - ei = (0.025 - 0.002) \text{ mm} = 0.023 \text{ mm}$$

最大过盈

$$Y_{\max} = EI - es = (0 - 0.018) \text{ mm} = -0.018 \text{ mm}$$

配合公差

$$T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = |0.023 - (-0.018)| \text{ mm} = 0.041 \text{ mm}$$

3.1.2 配合制(基准制)

在工程实践中,需要各种不同的孔、轴公差带来实现各种不同的配合。为了设计和制造上的方便,把孔的公差带(或轴的公差带)位置固定,通过改变轴的公差带(或孔的公差带)位置来形成所需要的各种配合。

用标准化的孔、轴公差带组成各种配合的制度称为配合制。

GB/T 1800.1—2009 中规定了两种等效的配合制:基孔制配合和基轴制配合。

1. 基孔制配合

基本偏差为一定的孔的公差带,与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。基孔制的孔为基准孔,其代号为 H,基本偏差 EI = 0,如图 3-5a 所示。

2. 基轴制配合

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。基轴制的轴为基准轴,其代号为 h,基本偏差 es = 0,如图 3-5b 所示。

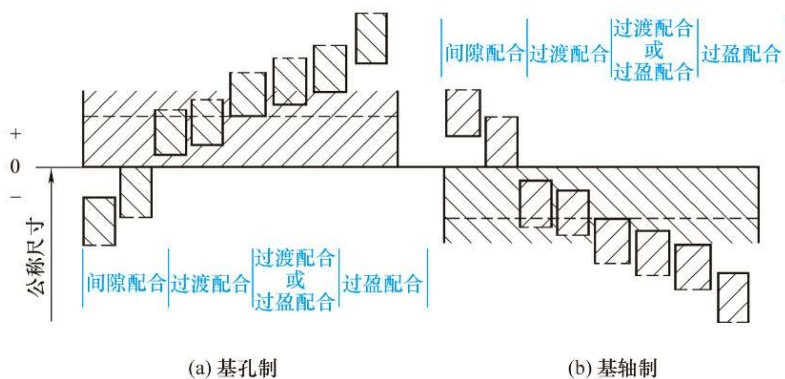


图3-5 基孔制配合和基轴制配合

3.2 极限与配合国家标准的构成

3.2.1 标准公差系列——公差带大小的标准化

标准公差系列是由不同公差等级和不同公称尺寸的标准公差值构成的。标准公差是指大小已经标准化的公差值,即在本标准极限与配合制中所规定的任一公差,用以确定公差带大小,即公差带宽度。

经生产实践和实验统计分析证明,公称尺寸相同的一批零件,若加工方法和生产条件不同,则产生的误差也不同;若加工方法和生产条件相同,而公称尺寸不同,也会产生大小不同的误差。由于公差是用来控制误差的,所以制定公差的基础就是从产生误差的规律出发,由实验统计得到计算公差的表达式为

$$T = ai = af(D) \quad (3-17)$$

式中: a ——公差等级系数(或公差单位数),零件尺寸相同而要求公差等级不同时,应有不同的公差值;

i ——标准公差因子(或公差单位);

D ——公称尺寸的几何平均值,mm。

由此可见,公差值的标准化就是如何确定标准公差因子 i 、公差等级系数 a 和公称尺寸的几何平均值 D 。

1. 标准公差因子 i 及其计算式的确定

标准公差因子 i 是计算标准公差值的基本单位,也是制定标准公差列表的基础。

由生产实践以及专门的科学实验和统计分析表明,标准公差因子与零件尺寸的关系如图3-6所示。

由图3-6可见,在常用尺寸段(≤ 500 mm)内,它们呈立方抛物线的关系;当尺寸较大时,接近线性关系。由误差与公差的关系可知,其公差必须大于或等于加工

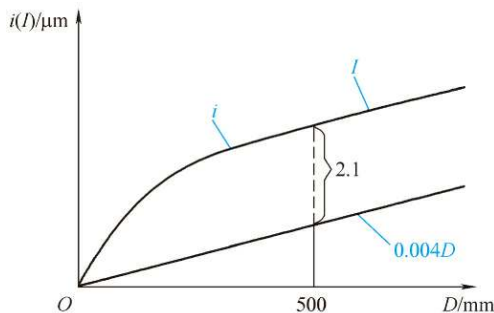


图3-6 标准公差因子与零件尺寸的关系



误差 $f_{加工}$ 和测量误差 $f_{测量}$ 之和,即

$$T \geq f_{加工} + f_{测量}$$

当 $D \leq 500$ mm 时,标准公差因子的计算式为

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D \quad (3-18)$$

式中: D 的单位为 mm, i 的单位为 μm 。

上式等号右边第一项反映加工误差随尺寸变化的关系,即符合立方抛物线的关系;第二项反映测量误差随尺寸的变化关系,即符合线性关系,它主要考虑温度变化引起的测量误差。比如,通过实验得知:加工 $\phi 30$ mm 的零件,给定标准公差值为 $13 \mu\text{m}$,当温度变化 $5 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,该零件尺寸的变化量为 $1.7 \mu\text{m}$,仅占给定公差值的 13%;但加工零件尺寸为 $\phi 3\ 000$ mm 时,其相应的标准公差为 $135 \mu\text{m}$,若温度也变化 $5 \text{ }^\circ\text{C}$,零件尺寸的变化量将达 $176 \mu\text{m}$,占给定公差值的 130%。由此可见,当尺寸较大时,由于温度的变化而产生的测量误差在给定的公差值中将占有很大的比例,所以当零件尺寸大于 $500 \sim 3\ 150$ mm 时,其公差(以 I 表示)的计算式为

$$I = 0.004D + 2.1 \mu\text{m} \quad (3-19)$$

式中: D 的单位为 mm, I 的单位为 μm 。

该式表明,对于大尺寸而言,零件的制造误差主要是由温度变动引起的测量误差,它与尺寸呈线性关系。其中,常数是考虑与常用尺寸段的衔接关系,将尺寸 500 mm 分别代入式(3-17)和“ $I = 0.004D$ ”中所得的差值,恰好为 $2.1 \mu\text{m}$,如图 3-6 所示。

2. 公差等级及 a 值的确定

规定和划分公差等级的目的是为了简化和统一对公差的要求,使规定的等级既能满足广泛、不同的要求,又能大致代表各种加工方法的精度,这样既有利于设计,也有利于制造。GB/T 1800.1—2009 中对公称尺寸至 500 mm 内规定了 01,0,1, ..., 18 共 20 个等级;在公称尺寸大于 500 mm 至 $3\ 150$ mm 内规定了 1,2, ..., 18 共 18 个等级。标准公差代号用 IT (ISO tolerance 即“国际公差”的缩写)与阿拉伯数字组成,表示为标准公差等级 IT01, IT0, IT1, ..., IT18。从 IT01 到 IT18 等级依次降低,公差依次增大。属于同一等级的公差,对所有的尺寸段虽然公差数值不同,但应看做同等精度。

《极限与配合》标准在正文中只给出 IT1 至 IT18 共 18 个标准公差等级的标准公差数值,对于 IT01 和 IT0 两个最高级公差在工业中很少用到,所以在标准正文中没有给出这两个公差等级的标准公差数值,但为满足使用者的需要,在标准的附录中给出了这些数值。

公称尺寸 $\leq 3\ 150$ mm 标准公差系列的各级公差值的计算式如表 3-1 所示。等级 IT1 至 IT18 的标准公差数值作为标准公差因子的函数。

表 3-1 标准公差的计算公式(摘自 GB/T 1800.1—2009)

| 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| — 500 | — | — | — | — | $7i$ | $10i$ | $16i$ | $25i$ | $40i$ | $64i$ | $100i$ | $160i$ | $250i$ | $400i$ | $640i$ | $1\ 000i$ | $1\ 600i$ | $2\ 500i$ |
| 500 3 150 | $2I$ | $2.7I$ | $3.7I$ | $5I$ | $7I$ | $10I$ | $16I$ | $25I$ | $40I$ | $64I$ | $100I$ | $160I$ | $250I$ | $400I$ | $640I$ | $1\ 000I$ | $1\ 600I$ | $2\ 500I$ |

从表 3-1 中可见,对 IT6 ~ IT18 的公差等级系数 a 值按优先数系 R5 的公比 1.6 逐级增加,



每隔5项数值增10倍。IT5的*a*值继承旧公差标准,因此仍取7。由表3-1可知,国家标准各级公差之间的分布规律性很强,如需要更低等级IT19时,可在IT18的基础上,乘以优先系数R5的公比1.6得到,即 $IT19 = IT18 \times 1.6 = 2\,500i \times 1.6 = 4\,000i$ 。

3. 尺寸分段及*D*值的确定

根据表3-1给出的标准公差计算公式,每一个公称尺寸都有一个相应的公差值,在生产实践中公称尺寸很多,这样就有很多数值,为了减少公差带数目,简化表格,特别是考虑方便应用,国家标准对公称尺寸进行了分段。尺寸分段后,对同一尺寸段内的所有公称尺寸,在相同公差等级的情况下,规定相同的标准公差值,如表3-2所示。

表3-2 标准公差数值(摘自GB/T 1800.1—2009)

| 公称尺寸 | | 公差值 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|
| 公差等级 IT | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 大于 | 至 | μm | | | | | | | | | | mm | | | | | | | |
| — | 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 | 25 | 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 |

注:公称尺寸小于1 mm时无IT14至IT18。

尺寸分段后,标准公差计算式中的公称尺寸*D*取每一尺寸分段首尾两尺寸的几何平均值。如>50~80 mm尺寸段的计算直径 $D = \sqrt{50 \times 80} \text{ mm} = 63.25 \text{ mm}$,只要属于这一尺寸分段内的公称尺寸,其标准公差的计算直径均按63.25 mm进行计算。对≤3 mm的尺寸段, $D = \sqrt[3]{1 \times 3} \text{ mm}$ 。表3-2中所列的标准公差数值就是经过计算并按规则圆整后得出的各尺寸段的标准公差值,在工程应用时以表3-2所列的数值为准。

例3.3 公称尺寸为φ30 mm,求IT6和IT7。

解: φ30 mm属于>18~30 mm尺寸分段,因此

$$\text{计算直径 } D = \sqrt{18 \times 30} \text{ mm} \approx 23.24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{公差单位 } i &= 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D \\ &= (0.45 \times \sqrt[3]{23.24} + 0.001 \times 23.24) \mu\text{m} \approx 1.31 \mu\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{标准公差 } IT6 = 10i = 10 \times 1.31 \mu\text{m} \approx 13 \mu\text{m}$$

$$IT7 = 16i = 16 \times 1.31 \mu\text{m} \approx 21 \mu\text{m}$$

表 3-2 中的标准公差值就是通过类似的计算,并按照规则圆整后得出的。

3.2.2 基本偏差系列——公差带位置的标准化

基本偏差是在标准 GB/T 1800.1—2009 中确定公差带相对零线位置的那个极限偏差,它可以是上极限偏差,也可以是下极限偏差,一般为靠近零线的那个偏差。它是决定公差带位置的,它的数值选用与公差等级无关。为了使公差带位置标准化,并满足工程实践中各种使用情况的需要,国家标准分别规定了孔和轴的 28 种基本偏差,见图 3-7。这些不同的基本偏差便构成了基本偏差系列。

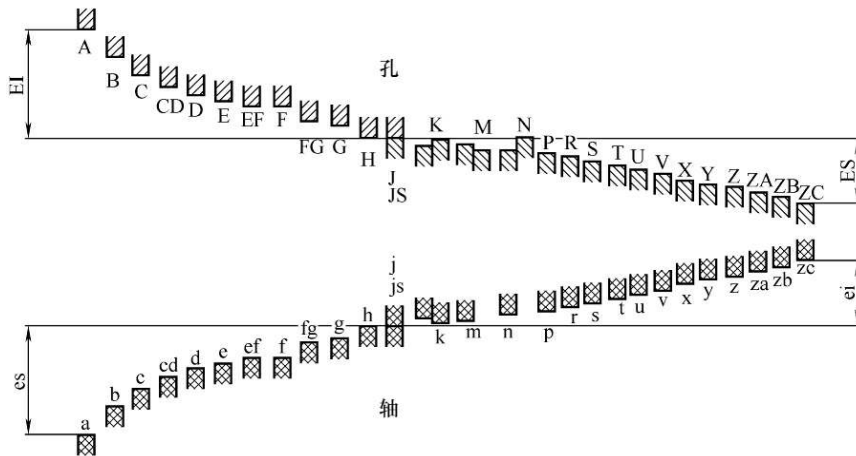


图 3-7 基本偏差系列图

1. 基本偏差代号及其特点

由图 3-7 可见,基本偏差的代号用拉丁字母表示,大写表示孔,小写表示轴。26 个字母中去掉 5 个易与其他参数相混淆的字母 I、L、O、Q、W(i、l、o、q、w),为满足某些配合的需要又增加了 7 个双写字母 CD、EF、FG、ZA、ZB、ZC(cd、ef、fg、za、zb、zc)及 JS(js),即分别得到孔、轴的 28 个基本偏差代号。

由图 3-7 可见,这些基本偏差的主要特点如下。

① 对于轴的基本偏差:从 a~h 为上极限偏差 es (为负值或零),从 j~zc 为下极限偏差 ei (多为正值)。对于孔的基本偏差:从 A~H 为下极限偏差 EI (为正值或零),J~ZC 为上极限偏差 ES (多为负值)。

② H 和 h 的基本偏差均为零,即 H 的下极限偏差 $EI=0$,h 的上极限偏差 $es=0$ 。由前述可知,H 和 h 分别为基准孔和基准轴的基本偏差代号。

③ JS 和 js 在各个公差等级中,公差带完全对称于零线,因此它们的基本偏差可以是上极限偏差 $(IT/2)$,也可以是下极限偏差 $(-IT/2)$ 。当公差等级为 7~11 级且公差值为奇数时,上、下极限偏差为 $\pm(IT-1)/2$ 。而 J 和 j 为近似对称的,但在国家标准中孔仅保留 J6、J7 和 J8,轴仅保留 j5、j6、j7 和 j8,而且将用 JS 和 js 逐渐代替 J 和 j,因此在基本偏差系列图中将 J 和 j 放在 JS 和 js 的位置上。

基本偏差是公差带位置标准化的唯一参数,除去上述的 JS 和 js 以及 k 和 K、M 和 N 外,原则上讲基本偏差与公差等级无关,如图 3-7 所示。



2. 轴的基本偏差数值

轴的基本偏差数值是以基孔制为基础的,根据各种配合的要求,在生产实践和大量实验的基础上,依据统计分析的结果整理出的一系列轴的基本偏差计算公式而计算出来的。轴的基本偏差计算公式如表 3-3 所示。

表 3-3 公称尺寸 ≤ 500 mm 的轴的基本偏差计算公式

| 代号 | 适用范围 | 基本偏差为上极限偏差(es) | 代号 | 适用范围 | 基本偏差为下极限偏差(ei) |
|----|-----------------|------------------|----|----------------------------|----------------|
| a | $D \leq 120$ mm | $-(265 + 1.3D)$ | j | IT5 ~ IT8 | 经验数据 |
| | $D > 120$ mm | $-3.5D$ | k | \leq IT3 及 \geq IT8 | 0 |
| b | $D \leq 160$ mm | $-(140 + 0.85D)$ | | m | IT4 ~ IT7 |
| | $D > 160$ mm | $-1.8D$ | n | | |
| c | $D \leq 40$ mm | $-52D^{0.2}$ | p | | IT7 + (0 ~ 5) |
| | $D > 40$ mm | $-(95 + 0.8D)$ | r | | \sqrt{ps} |
| cd | | $-\sqrt{cd}$ | s | | IT8 + (1 ~ 4) |
| d | | $-16D^{0.44}$ | t | | IT7 + 0.63D |
| e | | $-11D^{0.41}$ | u | | IT7 + D |
| ef | | $-\sqrt{ef}$ | v | | IT7 + 1.25D |
| f | | $-5.5D^{0.41}$ | x | | IT7 + 1.6D |
| fg | | $-\sqrt{fg}$ | y | | IT7 + 2D |
| g | | $-2.5D^{0.34}$ | z | | IT7 + 2.5D |
| h | | 0 | za | | IT8 + 3.15D |
| | | | zb | | IT9 + 4D |
| | | | zc | | IT10 + 5D |

$J_s = \pm IT/2$

注:①表中 D 的单位为 mm。

②除 j 和 J_s 外,表中所列的公式与公差等级无关。

例 3.4 计算 $\phi 25g7$ 的基本偏差。

解: $\phi 25$ 属于 $>18 \sim 30$ mm 尺寸段,故

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

查表 3-3,代号 g 的基本偏差计算式为

$$es = -2.5D^{0.34} \mu\text{m} = -2.5 \times 23.24^{0.34} \mu\text{m} \approx -7 \mu\text{m}$$

故 $\phi 25g7$ 的基本偏差 $es = -7 \mu\text{m}$ 。

为了方便使用,标准将各尺寸段的基本偏差按表 3-3 中所列的计算公式进行计算,并按一定规则圆整尾数后得到轴的基本偏差数值表,如表 3-4 所示。

3. 孔的基本偏差数值

公称尺寸 ≤ 500 mm 时,孔的基本偏差是从轴的基本偏差换算得到的。

换算的原则是:同名代号的孔、轴的基本偏差(如 E 与 e、T 与 t),在孔、轴同一公差等级或孔比轴低一级的配合条件下,按基孔制形成的配合(如 $\phi 40H7/g6$)与按基轴制形成的配合(如

$\phi 40G7/h6$) 性质(极限间隙或极限过盈)相同。据此有以下两种换算规则:

① 通用规则 同一字母表示的孔、轴基本偏差的绝对值相等,而符号相反,即

对于 A ~ H $ES = -es$

对于 K ~ ZC $ES = -ei$

② 特殊规则 对于标准公差 $\leq IT8$ 的 K、M、N 和 $\leq IT7$ 的 P ~ ZC, 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

$$ES = -ei + \Delta$$

$$\Delta = IT_n - IT_{(n-1)}$$

式中: IT_n ——孔的标准公差;

$IT_{(n-1)}$ ——比孔高一级的轴的标准公差。

换算得到的孔的基本偏差值列于表 3-5。实际应用时可直接查表 3-5。

4. 孔、轴的另一种偏差计算方法

孔、轴的另一种偏差计算方法根据孔、轴的基本偏差和标准公差按以下关系计算:

孔

$$A \sim H \quad ES = EI + IT \quad (3-20)$$

$$J \sim ZC \quad EI = ES - IT \quad (3-21)$$

轴

$$a \sim h \quad ei = es - IT \quad (3-22)$$

$$j \sim zc \quad es = ei + IT \quad (3-23)$$

5. 公差带代号与配合代号

① 公差带代号 由于公差带相对于零线的位置是由基本偏差确定的, 公差带的大小由标准公差确定, 因此公差带代号由基本偏差代号与公差等级数组成。如 $\phi 50H8$ 、 $\phi 30F7$ 为孔的公差带代号, $\phi 30h7$ 、 $\phi 25g6$ 为轴的公差带代号。在零件图上, 一般标注公称尺寸与极限偏差值, 如 $\phi 30^{+0.041}_{+0.020}$ 或 $\phi 30F7^{+0.041}_{+0.020}$ 、 $\phi 25^{-0.007}_{-0.040}$ 或 $\phi 25g8^{-0.007}_{-0.040}$ 。

② 配合代号 标准规定, 用孔和轴的公差带代号以分数形式组成配合代号, 其中分子为孔的公差带代号, 分母为轴的公差带代号。如 $\phi 30H8/f7$ 表示基孔制的间隙配合, $\phi 50K7/h6$ 表示基轴制的过渡配合。

6. 尺寸公差带及尺寸公差带图的画法

在认识尺寸公差带及尺寸公差带图之前首先要认识零线。在极限与配合制的示意图中, 用来表示公称尺寸的那条直线称为零线, 并以此为基准确定偏差和公差的位置。通常情况下零线水平放置, 正偏差位于零线上方, 负偏差位于零线下方。

孔和轴的公差带是指在公差带示意图中由代表上偏差和下偏差或者极限尺寸的两条水平线所限定的一个区域, 如图 3-8 所示。公差带在垂直于零线方向上的宽度代表公差值的大小, 沿零线方向的长度可适当选取。

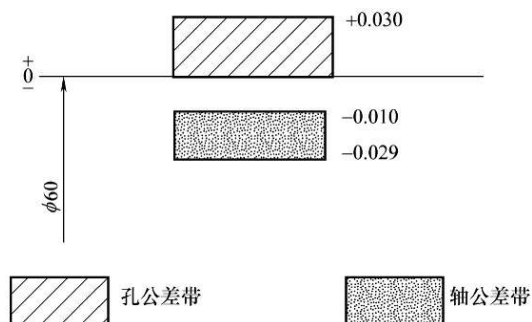


图 3-8 公差带图



表 3-4 轴的基本偏差数值

| 公称尺寸/ mm | 基本偏差/ μm | | | | | | | | | | | 下偏差 ei | | | | | | |
|------------------|---------------------|------|------|-----|------|------|-----|------|----|-----|---|--------|-----|-----|----|-----|----------|-------|
| | 上偏差 es | | | | | | | | | | | j | | | k | | | |
| | a | b | c | cd | d | e | ef | f | fg | g | h | js | 5~6 | 7 | 8 | 4~7 | ≤ 3 | > 7 |
| ≤ 3 | -270 | -140 | -60 | -34 | -20 | -14 | -10 | -6 | +4 | -2 | 0 | | -2 | -4 | -6 | 0 | 0 | 0 |
| $> 3 \sim 6$ | -270 | -140 | -70 | -46 | -30 | -20 | -14 | -10 | -6 | -4 | 0 | | -2 | -4 | - | +1 | 0 | 0 |
| $> 6 \sim 10$ | -280 | -150 | -80 | -56 | -40 | -25 | -18 | -13 | -8 | -5 | 0 | | -2 | -5 | - | +1 | 0 | 0 |
| $> 10 \sim 14$ | -290 | -150 | -95 | - | -50 | -32 | - | -16 | - | -6 | 0 | | -3 | -6 | - | +1 | 0 | 0 |
| $> 14 \sim 18$ | -300 | -160 | -110 | - | -65 | -40 | - | -20 | - | -7 | 0 | | -4 | -8 | - | +2 | 0 | 0 |
| $> 18 \sim 24$ | -310 | -170 | -120 | - | -80 | -50 | - | -25 | - | -9 | 0 | | -5 | -10 | - | +2 | 0 | 0 |
| $> 24 \sim 30$ | -320 | -180 | -130 | - | -100 | -60 | - | -30 | - | -10 | 0 | | -7 | -12 | - | +2 | 0 | 0 |
| $> 30 \sim 40$ | -340 | -190 | -140 | - | -120 | -72 | - | -36 | - | -12 | 0 | | -9 | -15 | - | +3 | 0 | 0 |
| $> 40 \sim 50$ | -360 | -200 | -150 | - | -145 | -85 | - | -43 | - | -14 | 0 | | -11 | -18 | - | +3 | 0 | 0 |
| $> 50 \sim 65$ | -380 | -220 | -170 | - | -170 | -100 | - | -50 | - | -15 | 0 | | -13 | -21 | - | +4 | 0 | 0 |
| $> 65 \sim 80$ | -410 | -240 | -180 | - | -190 | -110 | - | -56 | - | -17 | 0 | | -16 | -26 | - | +4 | 0 | 0 |
| $> 80 \sim 100$ | -460 | -260 | -200 | - | -210 | -125 | - | -62 | - | -18 | 0 | | -18 | -28 | - | +4 | 0 | 0 |
| $> 100 \sim 120$ | -520 | -280 | -210 | - | -230 | -135 | - | -68 | - | -20 | 0 | | -20 | -32 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 120 \sim 140$ | -580 | -310 | -230 | - | -240 | -145 | - | -72 | - | -20 | 0 | | -20 | -32 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 140 \sim 160$ | -660 | -340 | -240 | - | -260 | -155 | - | -78 | - | -21 | 0 | | -21 | -33 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 160 \sim 180$ | -740 | -380 | -260 | - | -280 | -170 | - | -85 | - | -22 | 0 | | -22 | -34 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 180 \sim 200$ | -820 | -420 | -280 | - | -300 | -185 | - | -92 | - | -23 | 0 | | -23 | -35 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 200 \sim 225$ | -920 | -480 | -300 | - | -330 | -200 | - | -100 | - | -24 | 0 | | -24 | -36 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 225 \sim 250$ | -1050 | -540 | -330 | - | -360 | -220 | - | -110 | - | -25 | 0 | | -25 | -37 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 250 \sim 280$ | -1200 | -600 | -360 | - | -400 | -240 | - | -125 | - | -26 | 0 | | -26 | -38 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 280 \sim 315$ | -1350 | -680 | -400 | - | -440 | -260 | - | -135 | - | -27 | 0 | | -27 | -39 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 315 \sim 355$ | -1500 | -760 | -440 | - | -480 | -280 | - | -145 | - | -28 | 0 | | -28 | -40 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 355 \sim 400$ | -1650 | -840 | -480 | - | -520 | -300 | - | -155 | - | -29 | 0 | | -29 | -41 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 400 \sim 450$ | | | | - | -560 | -320 | - | -165 | - | -30 | 0 | | -30 | -42 | - | +5 | 0 | 0 |
| $> 450 \sim 500$ | | | | - | -600 | -340 | - | -175 | - | -31 | 0 | | -31 | -43 | - | +5 | 0 | 0 |

偏差
等于
 $\pm IT/2$



续表

| 基本偏差/ μm | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| 下偏差 ei | | | | | | | | | | | | | | | |
| 所有公差等级 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 公称尺寸/ mm | m | n | p | r | s | t | u | v | x | y | z | za | zb | zc | |
| ≤ 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 | |
| $>14 \sim 18$ | +8 | +15 | +22 | +28 | +35 | — | +41 | +47 | +54 | +63 | +73 | +98 | +136 | +188 | |
| $>18 \sim 24$ | +8 | +15 | +22 | +28 | +35 | +41 | +48 | +55 | +64 | +75 | +88 | +118 | +160 | +218 | |
| $>24 \sim 30$ | +9 | +17 | +26 | +34 | +43 | +48 | +60 | +68 | +80 | +94 | +112 | +148 | +220 | +274 | |
| $>30 \sim 40$ | +9 | +17 | +26 | +34 | +43 | +54 | +70 | +81 | +97 | +114 | +136 | +180 | +242 | +325 | |
| $>40 \sim 50$ | +11 | +20 | +32 | +41 | +53 | +66 | +87 | +102 | +122 | +144 | +172 | +226 | +300 | +405 | |
| $>50 \sim 65$ | +11 | +20 | +32 | +43 | +59 | +75 | +102 | +120 | +146 | +174 | +210 | +274 | +360 | +480 | |
| $>65 \sim 80$ | +13 | +23 | +37 | +54 | +79 | +104 | +144 | +172 | +210 | +256 | +310 | +400 | +525 | +690 | |
| $>80 \sim 100$ | +13 | +23 | +37 | +54 | +79 | +104 | +144 | +172 | +210 | +256 | +310 | +400 | +525 | +690 | |
| $>100 \sim 120$ | +13 | +23 | +37 | +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 | |
| $>140 \sim 160$ | +15 | +27 | +43 | +65 | +100 | +134 | +190 | +228 | +280 | +340 | +415 | +535 | +700 | +900 | |
| $>160 \sim 180$ | +15 | +27 | +43 | +68 | +108 | +146 | +210 | +252 | +310 | +380 | +465 | +600 | +780 | +1 000 | |
| $>180 \sim 200$ | +17 | +31 | +50 | +77 | +122 | +166 | +236 | +284 | +350 | +425 | +520 | +670 | +880 | +1 150 | |
| $>200 \sim 225$ | +17 | +31 | +50 | +80 | +130 | +180 | +258 | +310 | +385 | +470 | +575 | +740 | +960 | +1 250 | |
| $>225 \sim 250$ | +20 | +34 | +56 | +84 | +140 | +196 | +284 | +340 | +425 | +520 | +640 | +820 | +1 050 | +1 350 | |
| $>250 \sim 280$ | +20 | +34 | +56 | +94 | +158 | +218 | +315 | +385 | +475 | +580 | +710 | +920 | +1 200 | +1 550 | |
| $>280 \sim 315$ | +21 | +37 | +62 | +98 | +170 | +240 | +350 | +420 | +525 | +650 | +790 | +1 000 | +1 300 | +1 700 | |
| $>315 \sim 355$ | +21 | +37 | +62 | +108 | +190 | +268 | +390 | +475 | +590 | +730 | +900 | +1 150 | +1 500 | +1 900 | |
| $>355 \sim 400$ | +23 | +40 | +68 | +114 | +208 | +294 | +435 | +530 | +660 | +820 | +1 000 | +1 300 | +1 650 | +2 100 | |
| $>400 \sim 450$ | +23 | +40 | +68 | +126 | +232 | +330 | +490 | +595 | +740 | +920 | +1 100 | +1 450 | +1 850 | +2 400 | |
| $>450 \sim 500$ | +23 | +40 | +68 | +132 | +252 | +360 | +540 | +660 | +820 | +1 000 | +1 250 | +1 600 | +2 100 | +2 600 | |

注:① 公称尺寸小于 1 mm 时,各级的 a 和 b 均不采用。

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



表 3-5 孔的基本偏差数值

| 公称尺寸/ mm | 基本偏差/ μm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|-----|------|------|--------|-----|----|-----|---|------------------------|---|-----|-----|----------|--------------|----------|---------------|-----|-----|
| | 下偏差 EI | | | | | | 上偏差 ES | | | | | | | | | | | | | | |
| | A | B | C | CD | D | E | EF | F | FG | G | H | JS | J | K | M | | | | | | |
| ≤ 3 | +270 | +140 | +60 | +34 | +20 | +14 | +10 | +6 | +4 | +2 | 0 | 偏差 等于 $\pm IT/2$ | 6 | 7 | 8 | ≤ 8 | > 8 | ≤ 8 | > 8 | | |
| $> 3 \sim 6$ | +270 | +140 | +70 | +36 | +30 | +20 | +14 | +10 | +6 | +4 | 0 | | 6 | +2 | +4 | +6 | 0 | 0 | -2 | -2 | -2 |
| $> 6 \sim 10$ | +280 | +150 | +80 | +56 | +40 | +25 | +18 | +13 | +8 | +5 | 0 | | 6 | +5 | +6 | +10 | -1+ Δ | - | -4+ Δ | -4 | -4 |
| $> 10 \sim 14$ $> 14 \sim 18$ | +290 | +150 | +95 | - | +50 | +32 | - | +16 | - | +6 | 0 | | 6 | +6 | +10 | +15 | -1+ Δ | - | -7+ Δ | -7 | -7 |
| $> 18 \sim 24$ $> 24 \sim 30$ | +300 | +160 | +110 | - | +65 | +40 | - | +20 | - | +7 | 0 | | 6 | +8 | +12 | + | -2+ Δ | - | -8+ Δ | -8 | -8 |
| $> 30 \sim 40$ $> 40 \sim 50$ | +310 +320 | +170 +180 | +120 +130 | - | +80 | +50 | - | +25 | - | +9 | 0 | | 6 | +10 | +14 | +24 | -2+ Δ | - | -9+ Δ | -9 | -9 |
| $> 50 \sim 65$ $> 65 \sim 80$ | +340 +360 | +190 +200 | +140 +150 | - | +100 | +60 | - | +30 | - | +10 | 0 | | 6 | +13 | +18 | +28 | -2+ Δ | - | -11+ Δ | -11 | -11 |
| $> 80 \sim 100$ $> 100 \sim 120$ | +380 +410 | +220 +240 | +170 +180 | - | +120 | +72 | - | +36 | - | +12 | 0 | | 6 | +16 | +22 | +34 | -3+ Δ | - | -13+ Δ | -13 | -13 |
| $> 120 \sim 140$ $> 140 \sim 160$ $> 160 \sim 180$ | +440 +520 +580 | +260 +280 +310 | +200 +210 +230 | - | +145 | +85 | - | +43 | - | +14 | 0 | | 6 | +18 | +26 | +41 | -3+ Δ | - | -15+ Δ | -15 | -15 |
| $> 180 \sim 200$ $> 200 \sim 225$ $> 225 \sim 250$ | +660 +740 +820 | +340 +380 +420 | +240 +260 +280 | - | +170 | +100 | - | +50 | - | +15 | 0 | | 6 | +22 | +30 | +47 | -4+ Δ | - | -17+ Δ | -17 | -17 |
| $> 250 \sim 280$ $> 280 \sim 315$ | +920 +1 050 | +480 +540 | +300 +330 | - | +190 | +110 | - | +56 | - | +17 | 0 | | 6 | +25 | +36 | +55 | -4+ Δ | - | -20+ Δ | -20 | -20 |
| $> 315 \sim 355$ $> 355 \sim 400$ | +1 200 +1 350 | +600 +680 | +360 +400 | - | +210 | +125 | - | +62 | - | +18 | 0 | | 6 | +29 | +39 | +60 | -5+ Δ | - | -21+ Δ | -21 | -21 |
| $> 400 \sim 450$ $> 450 \sim 500$ | +1 500 +1 650 | +760 +840 | +440 +480 | - | +230 | +135 | - | +68 | - | +20 | 0 | | 6 | +33 | +43 | +66 | -5+ Δ | - | -23+ Δ | -23 | -23 |



续表

| 公称尺寸/ 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 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| ≤ 3 | ≤ 8 | ≤ 7 | -6 | -10 | -14 | -18 | -18 | - | -20 | -26 | -32 | -40 | -60 | 0 | | | | | | | | |
| $>3 \sim 6$ | $-8+\Delta$ | 0 | -12 | -15 | -19 | -23 | -23 | - | -28 | -35 | -42 | -50 | -80 | 1 | 1.5 | 1 | 3 | 4 | 6 | | | |
| $>6 \sim 10$ | $-10+\Delta$ | 0 | -15 | -19 | -23 | -28 | -28 | - | -34 | -42 | -52 | -67 | -97 | 1 | 1.5 | 2 | 3 | 7 | 9 | | | |
| $>10 \sim 14$ | $-12+\Delta$ | 0 | -18 | -23 | -28 | -33 | -33 | - | -40 | -50 | -64 | -90 | -130 | 1 | 2 | 3 | 3 | 7 | 9 | | | |
| $>14 \sim 18$ | 0 | | -22 | -28 | -35 | -41 | -41 | -47 | -54 | -73 | -98 | -136 | -188 | 1.5 | 2 | 3 | 4 | 8 | 12 | | | |
| $>18 \sim 24$ | $-15+\Delta$ | 0 | -26 | -34 | -43 | -54 | -54 | -68 | -80 | -112 | -148 | -200 | -274 | 1.5 | 3 | 4 | 5 | 9 | 14 | | | |
| $>24 \sim 30$ | 0 | | -32 | -41 | -53 | -66 | -66 | -87 | -102 | -172 | -226 | -300 | -400 | 2 | 3 | 5 | 6 | 11 | 16 | | | |
| $>30 \sim 40$ | $-17+\Delta$ | 0 | -37 | -43 | -59 | -75 | -75 | -102 | -120 | -210 | -274 | -360 | -480 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>40 \sim 50$ | 0 | | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>50 \sim 65$ | $-20+\Delta$ | 0 | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>65 \sim 80$ | 0 | | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>80 \sim 100$ | $-23+\Delta$ | 0 | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>100 \sim 120$ | 0 | | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>120 \sim 140$ | $-27+\Delta$ | 0 | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>140 \sim 160$ | 0 | | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>160 \sim 180$ | 0 | | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>180 \sim 200$ | $-31+\Delta$ | 0 | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>200 \sim 225$ | 0 | | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>225 \sim 250$ | 0 | | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>250 \sim 280$ | $-34+\Delta$ | 0 | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>280 \sim 315$ | 0 | | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>315 \sim 355$ | $-37+\Delta$ | 0 | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>355 \sim 400$ | 0 | | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>400 \sim 450$ | $-40+\Delta$ | 0 | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |
| $>450 \sim 500$ | 0 | | -43 | -51 | -71 | -92 | -92 | -124 | -146 | -258 | -335 | -445 | -585 | 2 | 4 | 5 | 7 | 13 | 19 | | | |

注:① 公称尺寸小于 1 mm 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= $\pm(\text{IT}-1)/2$;

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



(1) 公差带的表达含义

从图 3-8 中可以清楚地分析出公差带所表达的各种含义:

- ① 表示公差的大小 它由上偏差和下偏差两直线段之间的垂直距离来表示。
- ② 表示偏离零线的位置 它可以由公差带距离零线最近的上偏差或者下偏差来表示。

(2) 公差带图的作图步骤

公差带图的作图步骤如下:

① 画零线,标出“+”、“-”、“0”,用单向箭头指向表示公称尺寸线,以 mm 或者 cm 为单位标明公称尺寸的数值。

② 按适当比例分别画出孔、轴的公差带,通常选用 1 000:1 或 500:1 的比例。

③ 标出孔、轴的上偏差、下偏差数值(根据示意图基本单位选择标注上下偏差的长度单位)及其他要求标注的数值。为了区别孔和轴的公差带,应注意用不同方式区分孔和轴的公差带,并标出公差带代号,如图 3-9 所示。

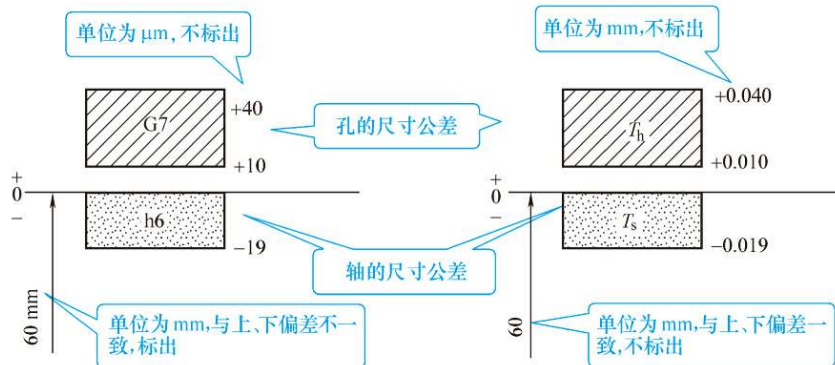


图 3-9 孔、轴尺寸公差带示例

例 3.5 查表确定 $\phi 30H8/f7$ 和 $\phi 30F8/h7$ 配合中孔、轴的极限偏差,计算两对配合的极限间隙并绘制公差带图。

解:(1) 查表确定 $\phi 30H8/f7$ 配合中孔、轴的极限偏差

公称尺寸 $\phi 30$ 属于 $>18 \sim 30$ mm 尺寸段,由表 3-2 得 $IT7 = 21 \mu\text{m}$, $IT8 = 33 \mu\text{m}$ 。

对于基准孔, H8 的 $EI = 0$, 其 ES 为

$$ES = EI + IT8 = 33 \mu\text{m}$$

对于 f7, 由表 3-4 得 $es = -20 \mu\text{m}$, 其 ei 为

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

由此可得

$$\phi 30H8 = \phi 30 \begin{matrix} +0.033 \\ 0 \end{matrix}, \quad \phi 30f7 = \phi 30 \begin{matrix} -0.020 \\ -0.041 \end{matrix}$$

(2) 查表确定 $\phi 30F8/h7$ 配合中孔、轴的极限偏差

对于 F8, 由表 3-5 得 $EI = 20 \mu\text{m}$, 其 ES 为

$$ES = EI + IT8 = +53 \mu\text{m}$$

对于基准轴, h7 的 $es = 0$, 其 ei 为

$$ei = es - IT7 = -21 \mu\text{m}$$

由此可得

$$\phi 30F8 = \phi 30_{+0.020}^{+0.053}, \quad \phi 30h7 = \phi 30_{-0.021}^0$$

(3) 计算 $\phi 30H8/f7$ 和 $\phi 30F8/h7$ 配合的极限间隙

对于 $\phi 30H8/f7$

$$X_{\max} = ES - ei = 74 \mu\text{m}$$

$$X_{\min} = EI - es = 20 \mu\text{m}$$

对于 $\phi 30F8/h7$

$$X'_{\max} = ES - ei = 74 \mu\text{m}$$

$$X'_{\min} = EI - es = 20 \mu\text{m}$$

(4) 绘制公差带图

用上面计算的极限偏差值绘制公差带图,如图 3-10 所示。

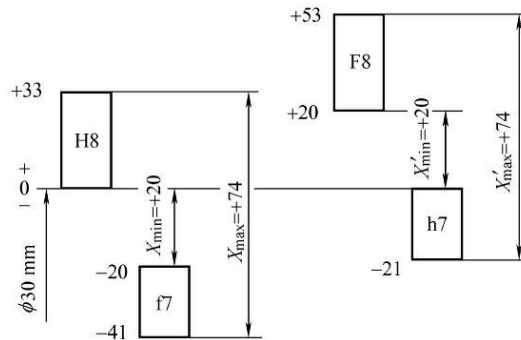


图 3-10 $\phi 30H8/f7$ 和 $\phi 30F8/h7$ 两对配合的公差带图

由上述计算和图 3-10 可知, $\phi 30H8/f7$ 和 $\phi 30F8/h7$ 两对配合的最大间隙和最小间隙均相等,即配合性质相同。

7. 公差带与配合及其在图样上的标注

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,如图 3-11 所示。

装配图上,在公称尺寸之后标注配合代号,例如基孔制的间隙配合 $\phi 50H8/f7$,如图 3-12 所示。

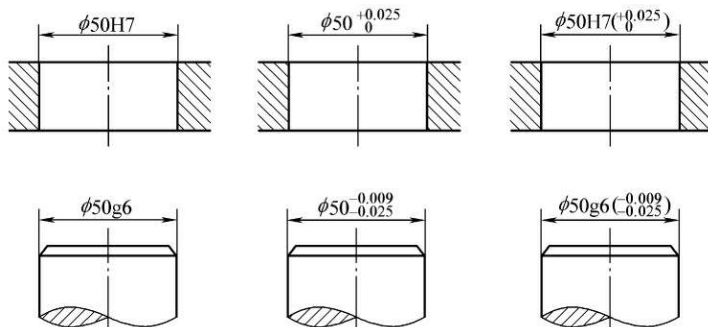


图 3-11 孔、轴公差带在零件图上的标注

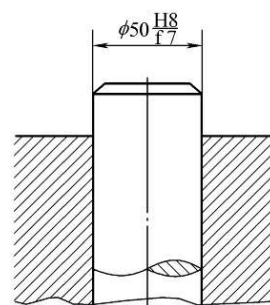


图 3-12 孔、轴配合在装配图上的标注



3.3 尺寸精度设计

尺寸精度设计实际上就是圆柱结合的公差与配合的选用。它是机械设计与制造中至关重要的一环。公差与配合的选用是否恰当,对机械的使用性能和制造成本有着很大的影响。圆柱结合的精度设计包括配合制的选用、公差等级的选用和配合的选用。

3.3.1 配合制的选用

1. 一般情况下应优先选用基孔制配合

① 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。例如, H7/k6 与 K7/h6 的配合性质基本相同,称为“同名配合”。所以,配合制的选择与功能要求无关,主要考虑加工的经济性和结构的合理性。

② 从制造加工角度考虑,两种基准制适用的场合不同;从加工工艺的角度考虑,对应用最广泛的中小直径尺寸的孔,通常采用定尺寸刀具(如钻头、铰刀、拉刀等)加工和定尺寸量具(如塞规、心轴等)检验。而一种规格的定尺寸刀具和量具,只能满足一种孔公差带的需要。对于轴的加工和检验,一种通用的外表面尺寸量具也能方便地对多种轴的公差带进行检验。由此可见:对于中小尺寸的配合,应尽量采用基孔制配合。

2. 下列情况下应选用基轴制配合

① 用冷拉光轴作轴时 冷拉圆形材,其尺寸公差可达 IT7 ~ IT9,能够满足农业机械、纺织机械上的轴颈精度要求,在这种情况下采用基轴制,可免去轴的加工。只需按照不同的配合性能要求加工孔,就能得到不同性质的配合。

② 采用标准件时 滚动轴承为标准件,它的内圈与轴颈的配合应是基孔制,而外圈与外壳孔的配合应是基轴制。

③ 同一公称尺寸的轴与多孔相配合且配合性能要求不同时 在图 3-13 所示的活塞连杆机构中,活塞销分别与活塞、连杆配合,根据功能要求,活塞销和活塞的配合应为过渡配合,而活塞销与连杆的配合则应为间隙配合。

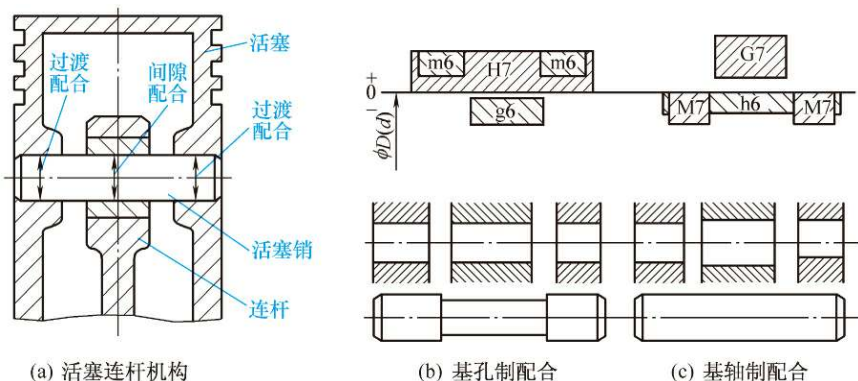


图 3-13 活塞连杆机构

3. 与标准件配合时,必须按标准件来选择基准制

如图 3-14 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

在实际生产中,由于结构或某些特殊的需要,允许采用非配合制配合,即非基准孔和非基准轴配合。如图 3-14 所示,当机构中出现一个非基准孔(轴)与两个以上的轴(孔)配合时,其中肯定会有一个非基准制配合。如减速器某轴颈处的轴向定位套用来作轴向定位时,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制配合 $\phi 55F9/j6$,以满足使用要求。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 $\phi 100K7/H9$,如图 3-14 所示。

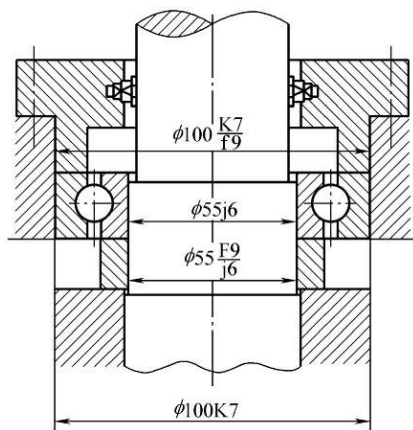


图 3-14 减速器中箱体孔与端盖定位圆柱面的配合

3.3.2 标准公差等级的选用

公差等级选择的实质就是尺寸制造精度的确定,尺寸的精度关系着机械加工的难易程度、加工的成本以及零件的工作质量。公差等级越高,合格尺寸的大小越趋一致,配合精度就越高,但加工的成本也越高。

公差等级选择的基本原则是:在满足使用性能的前提下,尽量选择较低的精度等级。图 3-15 所示为在一定的工艺条件下,零件加工的相对成本、废品率与公差的关系曲线。由图可见,尺寸精度愈高,加工成本愈高;高精度时,精度稍微提高,成本和废品率都急剧增加。因此,选用高精度零件公差时,应特别慎重。

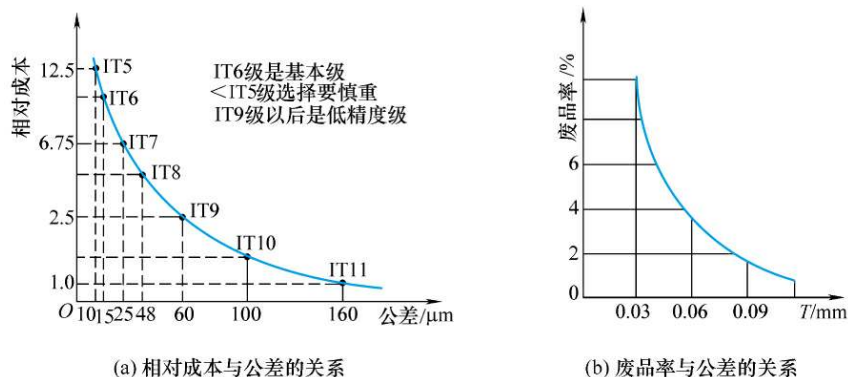


图 3-15 零件加工的相对成本、废品率与公差的关系

选用公差等级时,应从工艺、配合及有关零件、部件或机构等特点出发,并参考已被实践证



明合理的实例来考虑。表3-6所示为20个公差等级的应用范围,表3-7所示为各种加工方法可能达到的公差等级范围,可供选用时参考,表3-8所示为常用公差等级的应用实例。

表3-6 标准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 | | | | | | | | | | | — | — | — | — | — | — | | | | |

表3-7 各种加工方法可能达到的标准公差等级

| 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 | | | | | | | | | | | — | — | — | — | | | | | | |



续表

| 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 |
| 滚压、挤压 | | | | | | | | | | — | — | | | | | | | | | |
| 冲压 | | | | | | | | | | | | — | — | — | — | — | | | | |
| 压铸 | | | | | | | | | | | | | — | — | — | — | | | | |
| 粉末冶金成形 | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | | |
| 粉末冶金烧结 | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | | |
| 砂箱铸造、气割 | | | | | | | | | | | | | | | | | | — | — | — |
| 锻造 | | | | | | | | | | | | | | | | | — | — | | |

表3-8 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场合,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和精密丝杠轴径等 |
| IT6 (孔为IT7) | 配合性质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;夹具中的固定转套;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的尺寸,9至12级齿轮基准孔,11至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的间隙,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 |

3.3.3 配合的选用

配合的选用主要是根据使用要求确定配合类别和配合种类。



1. 配合类别的选用

标准规定有间隙、过渡和过盈三大类配合。在机械精度设计中选用哪类配合,主要取决于使用要求。若孔、轴间有相对运动要求时,应选间隙配合;当孔、轴间要求无相对运动时,根据具体工作条件不同,可以从三大类配合中选取;若要求传递足够大的扭矩且又不要求拆卸时,一般应选过盈配合;当需要传递一定的扭矩,但又要求能够拆卸的情况下,应选过渡配合;若对同轴度要求不高,只是为了装配方便,应选间隙较大的间隙配合。后两种情况应该加键,以保证传递扭矩。

2. 配合种类的选用

当配合制和公差等级确定后,配合的选择就是根据所选部位松紧程度的要求确定非基准件的基本偏差代号。国家标准规定的配合种类很多,设计中应根据使用要求尽可能地选用优先配合,其次考虑常用配合,然后是一般配合等。

(1) 配合种类选用的基本方法

配合种类选用的方法有计算法、试验法和类比法三种。

计算法是根据配合部位的使用要求和工作条件,按一定理论建立极限间隙或极限过盈的计算公式。如根据流体润滑理论,计算保证处于液体摩擦状态所需要的间隙,根据弹性变形理论,计算出既能保证传递一定力矩而又不使材料损坏所需要的过盈量,然后按计算出的极限间隙或过盈量选择相配合孔、轴的公差等级和配合代号。由于影响配合间隙和过盈量的因素很多,所以理论计算往往是把条件理想化和简单化,因此所得结果不完全符合实际,也较麻烦。故目前只有计算公式较成熟的少数重要配合才有可能用计算法。但这种方法理论根据比较充分,有指导意义,随着计算机技术的发展,将会得到越来越多的应用。目前,我国已经颁布 GB/T 5371—2004《极限与配合 过盈配合的计算和选用》国家标准,其他配合的计算与选用也在研究中。故计算法将会日趋完善,其应用范围也将逐渐增多。

例 3.6 公称尺寸为 $\phi 40$ mm 的某孔、轴配合,由计算法设计确定配合的间隙应在 $+0.022$ mm \sim $+0.066$ mm 之间,试选用合适的孔、轴公差等级和配合种类。

解:(1) 选择公差等级

由 $T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = T_h + T_s$ 得

$$T_h + T_s = |66 - 22| \mu\text{m} = 44 \mu\text{m}$$

查表 3-2 知:IT7 = 25 μm , IT6 = 16 μm ,按工艺等价原则,取孔为 IT7 级,轴为 IT6 级,则

$$T_h + T_s = (25 + 16) \mu\text{m} = 41 \mu\text{m}$$

接近 44 μm ,符合设计要求。

(2) 选择基准制

由于没有其他条件限制,故优先选用基孔制,则孔的公差带代号为 $\phi 40\text{H7}(\begin{smallmatrix} +0.025 \\ 0 \end{smallmatrix})$

(3) 选择配合种类,即选择轴的基本偏差代号

因为是间隙配合,故轴的基本偏差应在 a ~ h 之间,且其基本偏差为上偏差(es)。

由 $X_{\min} = EI - es$ 得

$$es = EI - X_{\min} = (0 - 22) \mu\text{m} = -22 \mu\text{m}$$

查表 3-4 选取轴的基本偏差代号为 f(es = -25 μm) 能保证 X_{\min} 的要求,故轴的公差带代号为 $\phi 40\text{f6}(\begin{smallmatrix} -0.025 \\ -0.041 \end{smallmatrix})$ 。

(4) 验算



所选配合为 $\phi 40H7/f6$, 其

$$X_{\max} = ES - ei = [25 - (-41)] \mu\text{m} = 66 \mu\text{m}$$

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

两者均在 $0.022 \text{ mm} \sim 0.066 \text{ mm}$ 之间, 故所选符合要求。

试验法用于与产品性能关系较大的关键配合, 可采用多种方案进行试验比较, 从而选出具有最理想的间隙或过盈量的配合。这种方法较为可靠, 但成本较高, 一般用于大量生产的产品的关键配合。

类比法是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, 选用配合种类的一种方法。用类比法选择配合, 必须掌握各类配合的特点和应用场合, 并充分研究配合件的工作条件和使用要求, 进行合理选择。下面分别加以阐述。

① 了解各类配合的特点与应用情况, 正确选择配合类别。

对使用要求和工作条件类似的配合件, 用参照类比的方法确定配合, 这是目前选择配合的主要方法。

$a \sim h$ (或 $A \sim H$) 11 种基本偏差与基准孔 (或基准轴) 一般形成间隙配合, 主要用于结合件有相对运动或需方便装拆的配合。

$js \sim n$ (或 $JS \sim N$) 5 种基本偏差与基准孔 (或基准轴) 一般形成过渡配合, 主要用于需精确定位和便于装拆的相对静止的配合。

$p \sim zc$ (或 $P \sim ZC$) 12 种基本偏差与基准孔 (或基准轴) 一般形成过盈配合, 主要用于孔、轴间没有相对运动, 需传递一定的扭矩的配合。过盈不大时主要借助键连接 (或其他紧固件) 传递扭矩, 可拆卸; 过盈大时, 主要靠结合力传递扭矩, 不便拆卸。

表 3-9 提供了三类配合类别选择的大体方向, 可供参考。

表 3-9 配合类别选择的大体方向

| | | | | |
|-------|--------------|-------|---|---|
| 无相对运动 | 要传递扭矩 | 要精确同轴 | 永久结合 | 过盈配合 |
| | | | 可拆结合 | 过渡配合或基本偏差为 $H(h)$ ^① 的间隙配合加紧固件 ^② |
| | 不要求精确同轴 | | 间隙配合加紧固件 | |
| | 不需要传递扭矩 | | 过渡配合或轻的过盈配合 | |
| 有相对运动 | 只有移动 | | 基本偏差为 $H(h)$ 、 $G(g)$ ^① 的间隙配合 | |
| | 转动或转动与移动复合运动 | | 基本偏差为 $A \sim F(a \sim f)$ ^① 的间隙配合 | |

① 指非基准件的基本偏差代号。

② 紧固件指键、销和螺钉等。

配合类别大体确定后, 再进一步类比选择确定非基准件的基本偏差代号。表 3-10 所示为各种基本偏差的特点及应用, 表 3-11 所示为尺寸至 500 mm 的基孔制常用和优先配合的特征和应用, 均可供选择时参考。



表 3-10 各种基本偏差的特点及应用

| 配合 | 基本偏差 | 配合特点及应用 |
|------|----------------|--|
| 间隙配合 | a(A) b(B) | 可得到特别大的间隙,应用很少。主要用于工作时温度较高,热变形较大的零件的配合,如发动机中活塞与缸套的配合为 H9/a9 |
| | c(C) | 可得到很大的间隙,一般用于工作条件较差(如农业机械),工作时受力变形较大及装配工艺性不好的零件的配合,也适用于高温工作的零件的动配合,如内燃机排气阀与导管的配合为 H8/c7 |
| | d(D) | 与 IT7 ~ IT11 对应,适用于间隙较大的间隙配合(如滑轮、空转皮带轮与轴的配合),以及大尺寸滑动轴承与轴的配合(如涡轮机、球磨机等滑动轴承),如活塞环与活塞槽的配合可用 H9/d9 |
| | e(E) | 与 IT6 ~ IT9 对应,具有明显的间隙,用于大跨距及多支点的转轴与轴承的配合,以及高速、重载的大尺寸轴与轴承的配合,如大型电机、内燃机的主要轴承处的配合为 H8/e7 |
| | f(F) | 多与 IT6 ~ IT8 对应,用于一般转动的配合,受温度影响不大,采用普通润滑油的轴与滑动轴承的配合滑动轴承,如齿轮箱、小电机、泵等的转轴与滑动轴承的配合为 H7/f6 |
| | g(G) | 多与 IT5、IT6、IT7 对应,形成配合的间隙较小,用于轻载精密装置中的转动配合,最适合不回转的精密滑动配合,也用于插销等定位配合,如精密连杆轴承、活塞及滑阀、连杆销等处的配合 |
| | h(H) | 多与 IT4 ~ IT11 对应,广泛用于无相对转动的零件,作为一般的定位配合。若没有温度、变形的影响,也可用于精密滑动配合,如车床尾座孔与滑动套筒的配合为 H6/h5 |
| 过渡配合 | js(JS) j(J) | 多用于 IT4 ~ IT7 具有平均间隙的过渡配合,用于略有过盈的定位配合,如联轴节、齿圈与轮毂的配合,滚动轴承外圈与外壳孔的配合多用 JS7 或 J7。一般手工装配或用木槌装配 |
| | k(K) | 多用于 IT4 ~ IT7 平均间隙接近零的配合,用于定位配合,如滚动轴承的内、外圈分别与轴颈、外壳孔的配合,用木槌装配 |
| | m(M) | 多用于 IT4 ~ IT7 平均过盈较小的配合,用于精密定位的配合,如蜗轮的青铜轮缘与轮毂的配合为 H7/m6 |
| | n(N) | 多用于 IT4 ~ IT7 平均过盈较大的配合,很少形成间隙。用于加键传递较大扭矩的配合,如冲床上齿轮与轴的配合 |



续表

| 配合 | 基本偏差 | 配合特点及应用 |
|------|------------------------------|--|
| 过盈配合 | p(P) | 小过盈配合。与 H6 或 H7 的孔形成过盈配合,而与 H8 的孔形成过渡配合。碳钢和铸铁制零件形成的配合为标准压入配合,如卷扬机的绳轮与齿圈的配合为 H7/p6。对弹性材料(如轻合金等)往往要求很小的过盈,故可采用 p(或 P)与基准件形成的配合 |
| | r(R) | 用于传递大扭矩或受冲击负荷而需加键的配合,如蜗轮与轴的配合为 H7/r6。配合 H8/r7 在公称尺寸小于 100 mm 时,为过渡配合 |
| | s(S) | 用于钢和铸铁制零件的永久性和半永久性结合,可产生相当大的结合力,如套环压在轴、阀座上用 H7/s6 的配合。尺寸较大时,为避免损伤配合表面,需用热胀或冷缩法装配 |
| | t(T) | 用于钢和铸铁制零件的永久性结合,不用键可传递扭矩,需用热胀或冷缩法装配,如联轴节与轴的配合为 H7/t6 |
| | u(U) | 大过盈配合,最大过盈需验算材料的承受能力,用热胀或冷缩法装配,如火车轮毂和轴的配合为 H6/u5 |
| | v(V) x(X) y(Y) z(Z) | 特大过盈配合,目前使用的经验和资料很少,需经试验后才能应用,一般不推荐 |

表 3-11 尺寸至 500 mm 基孔制常用和优先配合的特征和应用

| 配合类别 | 配合特征 | 配合代号 | 应用 |
|------|------|---|--|
| 间隙配合 | 特大间隙 | H11/a11 H11/b11 H12/b12 | 用于高温或工作时要求大间隙的配合 |
| | 很大间隙 | (H11/c11) H11/d11 | 用于工作条件较差,受力易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 | H9/c9 H10/c10 H8/d8 (H9/d9) H10/d10 H8/e7 H8/e8 H9/e9 | 用于高速、重载的滑动轴承或大直径的滑动轴承,也可用于大跨距或多支点支承的配合 |
| | 一般间隙 | H6/f5 H7/f6 (H8/f7) H8/f8 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 |



续表

| 配合类别 | 配合特征 | 配合代号 | 应用 |
|------|----------|--|--|
| 间隙配合 | 较小间隙 | (H7/g6) H8/g7 | 用于精密滑动零件或缓慢间歇回转的零件的配合部件 |
| | 很小间隙或零间隙 | H6/g5 H6/h5 (H7/h6) (H8/h7) H8/h8 (H9/h9) H10/h10 (H11/h11) H12/h12 | 用于不同精度要求的一般定位件的配合及缓慢移动及摆动零件的配合 |
| 过渡配合 | 大部分有微小间隙 | H6/js5 H7/js6 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 | H6/k5 (H7/k6) H8/k7 | 用于稍有振动的定位配合,加紧固件可传递一定载荷,装配方便,可用木锤敲入 |
| | 大部分有微小过盈 | H6/m5 H7/m6 H8/m7 | 用于定位精度较高且能抗振的定位配合,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 | (H7/n6) H8/n7 | 用于精确定位或紧密组合件的配合,加键能传递大力矩或冲击性载荷,只在大修时拆卸 |
| | 大部分有较小过盈 | H8/p7 | 加键后能传递很大力矩且承受振动和冲击的配合,装配后不再拆卸 |
| 过盈配合 | 轻型 | H6/n5 H6/p5 (H7/p6) H6/r5 H7/r6 H8/r7 | 用于精确的定位配合,一般不能靠过盈传递力矩,要传递力矩需加紧固件 |
| | 中型 | H6/s5 (H7/s6) H8/s7 H6/t5 H7/t6 H8/t7 | 不需加紧固件就可传递较小力矩和轴向力,加紧固件后可承受较大载荷或动载荷的配合 |
| | 重型 | (H7/u6) H8/u7 H7/v6 | 不需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 | H7/x6 H7/y6 H7/z6 | 能传递和承受很大力矩和动载荷的配合,需经试验后方可应用 |

注:① 括号内的配合为优先配合。

② 国家标准规定的 44 种基轴制配合的应用与本表中的同名配合相同。

② 分析零件的工作条件及使用要求,合理调整配合的间隙与过盈。

零件的工作条件是选择配合的重要依据。用类比法选择配合时,当待选部位和类比的典型实例在工作条件上有所不同时,应对配合的松紧作适当的调整。因此,必须充分分析零件的具体工作条件和使用要求,考虑工作时结合件的相对位置状态(如运动速度、运动方向、停歇时间、运动精度要求等)、承受载荷情况、润滑条件、温度变化、配合的重要性、装卸条件以及材料的物理和机械性能等,参考表 3-12 对结合件配合的间隙量或过盈量的绝对值进行适当的调整。



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 | | | | | | | | |
| H9 | | | $\frac{H9}{c9}$ | $\frac{H9}{d9}$ | $\frac{H9}{e9}$ | $\frac{H9}{f9}$ | | $\frac{H9}{h9}$ | | | | | | | | | | | | | |
| H10 | | | $\frac{H10}{c10}$ | $\frac{H10}{d10}$ | | | | $\frac{H10}{h10}$ | | | | | | | | | | | | | |
| H11 | $\frac{H11}{a11}$ | $\frac{H11}{b11}$ | $\frac{H11}{c11}$ | $\frac{H11}{d11}$ | | | | $\frac{H11}{h11}$ | | | | | | | | | | | | | |
| H12 | | $\frac{H12}{b12}$ | | | | | | $\frac{H12}{h12}$ | | | | | | | | | | | | | |

注:① $\frac{H6}{n5}$, $\frac{H7}{p6}$ 在公称尺寸不大于 3 mm 和 $\frac{H8}{r7}$ 在公称尺寸不大于 100 mm 时,为过渡配合。

② 标注 \blacktriangledown 的配合为优先配合。

表 3-14 基轴制优先、常用配合(摘自 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 | | | | | | $\frac{F6}{h5}$ | $\frac{G6}{h5}$ | $\frac{H6}{h5}$ | $\frac{JS6}{h5}$ | $\frac{K6}{h5}$ | $\frac{M6}{h5}$ | $\frac{N6}{h5}$ | $\frac{P6}{h5}$ | $\frac{R6}{h5}$ | $\frac{S6}{h5}$ | $\frac{T6}{h5}$ | | | | | | |
| h6 | | | | | | $\frac{F7}{h6}$ | $\blacktriangledown \frac{G7}{h6}$ | $\blacktriangledown \frac{H7}{h6}$ | $\frac{JS7}{h6}$ | $\blacktriangledown \frac{K7}{h6}$ | $\frac{M7}{h6}$ | $\blacktriangledown \frac{N7}{h6}$ | $\blacktriangledown \frac{P7}{h6}$ | $\frac{R7}{h6}$ | $\blacktriangledown \frac{S7}{h6}$ | $\frac{T7}{h6}$ | $\blacktriangledown \frac{U7}{h6}$ | | | | | |
| h7 | | | | | $\frac{E8}{h7}$ | $\frac{F8}{h7}$ | | $\blacktriangledown \frac{H8}{h7}$ | $\frac{JS8}{h7}$ | $\frac{K8}{h7}$ | $\frac{M8}{h7}$ | $\frac{N8}{h7}$ | | | | | | | | | | |
| h8 | | | | $\frac{D8}{h8}$ | $\frac{E8}{h8}$ | $\frac{F8}{h8}$ | | $\frac{H8}{h8}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| h9 | | | | $\blacktriangledown \frac{D9}{h9}$ | $\frac{E9}{h9}$ | $\frac{F9}{h9}$ | | $\blacktriangledown \frac{H9}{h9}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| h10 | | | | $\frac{D10}{h10}$ | | | | $\frac{H10}{h10}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| h11 | $\frac{A11}{h11}$ | $\frac{B11}{h11}$ | $\blacktriangledown \frac{C11}{h11}$ | $\frac{D11}{h11}$ | | | | $\blacktriangledown \frac{H11}{h11}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| h12 | | $\frac{B12}{h12}$ | | | | | | $\frac{H12}{h12}$ | | | | | | | | | | | | | | |

注:标注 \blacktriangledown 的配合为优先配合。



例 3.7 设有一公称尺寸为 $\phi 110$ 的配合,经计算,为保证连接可靠,其过盈不得小于 $40 \mu\text{m}$; 为保证装配后不发生塑性变形,其过盈不得大于 $110 \mu\text{m}$ 。若已决定采用基轴制,试确定此配合的孔、轴公差带代号,并画出公差带图。

解:(1) 由题设要求为基轴制配合,则 $es = 0$ 。

(2) 选择孔、轴公差等级

由 $T_f = T_h + T_s = |Y_{\min} - Y_{\max}|$, 根据使用要求配合公差 $T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}|$,

即 $T_f' = |-40 - (-110)| \mu\text{m} = 70 \mu\text{m}$, 即所选孔、轴公差之和 $T_h + T_s$ 应最接近 T_f' 而不大于它。

查表 3-2 得:孔和轴的公差等级介于 IT7 和 IT6 之间,取孔比轴大一级,故选为 IT7 级, $T_h = 35 \mu\text{m}$, 轴为 IT6 级, $T_s = 22 \mu\text{m}$, 即配合公差 $T_f = T_h + T_s = (35 + 22) \mu\text{m} = 57 \mu\text{m}$, 它小于且最接近于 T_f' ($70 \mu\text{m}$)。因此,满足使用要求。

(3) 确定孔、轴公差带代号

因为是基轴制配合,且轴的标准公差等级为 IT6 级,所以轴的公差带代号为 $\phi 110h6(^0_{-0.022})$, 又因为是过盈配合,所以 $Y_{\min} = ES - ei$ 。

由已知条件 $Y'_{\min} = -40 \mu\text{m}$, 则 $ES' = Y'_{\min} + ei = [-40 + (-22)] \mu\text{m} = -62 \mu\text{m}$,

即孔的基本偏差 ES 应最接近于 $-62 \mu\text{m}$ 。查表 3-5, 取基本偏差

$$ES = -79 + \Delta = (-79 + 13) \mu\text{m} = -66 \mu\text{m}$$

则 $EI = ES - T_h = (-66 - 35) \mu\text{m} = -101 \mu\text{m}$

所以孔的公差带代号为 $\phi 110S7(^{-0.066}_{-0.101})$ 。

(4) 验算设计结果

$$Y_{\max} = EI - es = (-0.101 - 0) \text{mm} = -0.101 \text{mm}$$

$$Y_{\min} = ES - ei = [-0.066 - (-0.022)] \text{mm} = -0.044 \text{mm}$$

它们介于 $-40 \sim -110 \mu\text{m}$ 之间,画出的公差带图如图 3-18 所示。

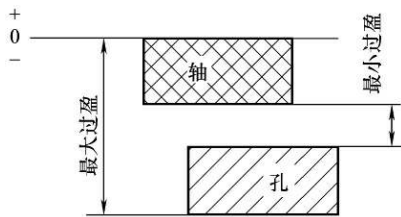


图 3-18 公差带图

3.3.4 一般公差——线性尺寸的未注公差

国家标准 GB/T 1804—2000《一般公差 未注出公差的线性和角度尺寸的公差》是等效采用国际标准 ISO 2768—1:1989《一般公差 第 1 部分:未注出公差的线性和角度尺寸的公差》对 GB/T 1804—1992《一般公差 线性尺寸的未注公差》和 GB/T 11335—1989《未注公差角度的极限偏差》进行修订的一项标准。

1. 线性尺寸的一般公差的概念

线性尺寸的一般公差是在车间普通工艺条件下,机床设备一般加工能力可保证的公差。在正常维护和操作情况下,它代表车间的一般加工的经济加工精度。

采用一般公差的尺寸和角度,在正常车间精度保证的条件下,一般可不检验。

应用一般公差,可简化图样,使图样清晰易读。由于一般公差无需在图样上进行标注,则突出了图样上注出公差的尺寸,从而使人们对这些注出尺寸进行加工和检验时给予应有的重视。

2. 标准的有关规定

线性尺寸的一般公差规定有 4 个公差等级。从高到低依次为: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。而对尺寸也采用了大的分段。线性尺寸的未注极限偏差的数值见表 3-15 所示。这 4 个公差等级相当于 IT12、IT14、IT16 和 IT17。

表 3-15 线性尺寸的未注极限偏差的数值(摘自 GB/T 1804—2000)

mm

| 公差等级 | 尺寸分段 | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
| | 0.5~3 | >3~6 | >6~30 | >30 ~120 | >120 ~400 | >400 ~1 000 | >1 000 ~2 000 | >2 000 ~4 000 |
| 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 | ±1 | ±1.5 | ±2.5 | ±4 | ±6 | ±8 |

由表 3-15 可知,不论孔和轴还是长度尺寸,其极限偏差的取值都采用对称分布的公差带,因而与旧国家标准相比,使用更方便,概念更清晰。标准同时也对倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差的数值作了规定,如表 3-16 所示。

表 3-16 倒圆半径与倒角高度尺寸的极限偏差的数值(摘自 GB/T 1804—2000)

| 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) | | | | |

3. 线性尺寸的一般公差的表示方法

线性尺寸的一般公差主要用于较低精度的非配合尺寸。当功能上允许的公差等于或大于一般公差时,均采用一般公差。采用国家标准规定的一般公差,在图样上的尺寸不注出极限偏差,而是在图样的技术要求或有关文件中用标准号和公差等级代号作出总的表示。例如,选用中等级时,表示为 GB/T 1804—m;选用粗糙级时,表示为 GB/T 1804—c。

3.4 孔、轴精度的检测

3.4.1 用普通测量器具检测

用普通计量器具测量工件应参照国家标准 GB/T 3177—2009 进行。该标准适用于通用计量器具(游标卡尺、千分尺及车间使用的比较仪、投影仪等量具、量仪),主要用于检测公称尺寸至 500 mm,公差等级为 IT6~IT18 的光滑工件尺寸,也适用于检测一般公差尺寸。



1. 尺寸误检的基本概念

由于各种测量误差的存在,若按零件的最大下极限尺寸验收,当零件的实际组成要素处于最大下极限尺寸附近时,有可能将本来处于零件公差带内的合格品判为废品,或将本来处于零件公差带以外的废品误判为合格品,前者称为“误废”,后者称为“误收”。误废和误收是尺寸误检的两种形式。

2. 验收极限与安全裕度(A)

国家标准规定的验收原则是:所用验收方法应只接收位于规定的极限尺寸之内的工件。为了保证这个验收原则的实现,保证零件达到互换性要求,规定了验收极限。

验收极限是指检测工件尺寸时判断其合格与否的尺寸界限。国家标准规定,验收极限可以按照下列两种方法之一确定。

① 方法1:验收极限是从图样上标定的上极限尺寸和下极限尺寸分别向工件公差带内移动一个安全裕度 A 的大小的距离来确定,如图3-19所示。即

上验收极限尺寸 = 上极限尺寸 - A

下验收极限尺寸 = 下极限尺寸 + A

安全裕度 A 由工件公差 T 确定, A 的数值一般取工件公差的1/10,其数值可由表3-17查得。

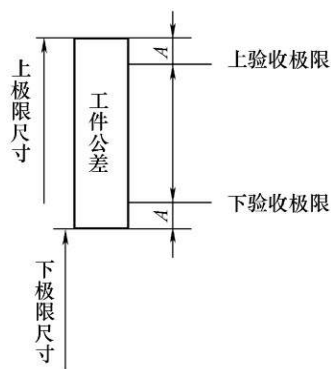


图3-19 安全裕度 A

表3-17 安全裕度(A)与计量器具的测量不确定度允许值(u_1)

μm

| 公差等级 | | IT6 | | | | | IT7 | | | | | IT8 | | | | | IT9 | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| 公称尺寸/mm | | T | A | u_1 | | | T | A | u_1 | | | T | A | u_1 | | | T | A | u_1 | | |
| 大于 | 至 | | | I | II | III | | | I | II | III | | | I | II | III | | | I | II | III |
| — | 3 | 6 | 0.6 | 0.54 | 0.9 | 1.4 | 10 | 1 | 0.9 | 1.5 | 2.3 | 14 | 1.4 | 1.3 | 2.1 | 3.2 | 25 | 2.5 | 2.3 | 3.8 | 5.6 |
| 3 | 6 | 8 | 0.8 | 0.72 | 1.2 | 1.8 | 12 | 1.2 | 1.1 | 1.8 | 2.7 | 18 | 1.8 | 1.6 | 2.7 | 4.1 | 30 | 3 | 2.7 | 4.5 | 6.8 |
| 6 | 10 | 9 | 0.9 | 0.81 | 1.4 | 2 | 15 | 1.5 | 1.4 | 2.3 | 3.4 | 22 | 2.2 | 2 | 3.3 | 5 | 36 | 3.6 | 3.3 | 5.4 | 8.1 |
| 10 | 18 | 11 | 1.1 | 1 | 1.7 | 2.5 | 18 | 1.8 | 1.7 | 2.7 | 4.1 | 27 | 2.7 | 2.4 | 4.1 | 6.1 | 43 | 4.3 | 3.9 | 6.5 | 9.7 |
| 18 | 30 | 13 | 1.3 | 1.2 | 2 | 2.9 | 21 | 2.1 | 1.9 | 3.2 | 4.7 | 33 | 3.3 | 3 | 5 | 7.4 | 52 | 5.2 | 4.7 | 7.8 | 12 |
| 30 | 50 | 16 | 1.6 | 1.4 | 2.4 | 3.6 | 25 | 2.5 | 2.3 | 3.8 | 5.6 | 39 | 3.9 | 3.5 | 5.9 | 8.8 | 62 | 6.2 | 5.6 | 9.3 | 14 |
| 50 | 80 | 19 | 1.9 | 1.7 | 2.9 | 4.3 | 30 | 3 | 2.7 | 4.5 | 6.8 | 46 | 4.6 | 4.1 | 6.9 | 10 | 74 | 7.4 | 6.7 | 11 | 17 |
| 80 | 120 | 22 | 2.2 | 2 | 3.3 | 5 | 35 | 3.5 | 3.2 | 5.3 | 7.9 | 54 | 5.4 | 4.9 | 8.1 | 12 | 87 | 8.7 | 7.8 | 13 | 20 |
| 120 | 180 | 25 | 2.5 | 2.3 | 3.8 | 5.6 | 40 | 4 | 3.6 | 6 | 9 | 63 | 6.3 | 5.7 | 9.5 | 14 | 100 | 10 | 9 | 15 | 23 |
| 180 | 250 | 29 | 2.9 | 2.6 | 4.4 | 6.5 | 46 | 4.6 | 4.1 | 6.9 | 10 | 72 | 7.2 | 6.5 | 11 | 16 | 115 | 12 | 10 | 17 | 26 |
| 250 | 315 | 32 | 3.2 | 2.9 | 4.8 | 7.2 | 52 | 5.2 | 4.7 | 7.8 | 12 | 81 | 8.1 | 7.3 | 12 | 18 | 130 | 13 | 12 | 19 | 29 |
| 315 | 400 | 36 | 3.6 | 3.2 | 5.4 | 8.1 | 57 | 5.7 | 5.1 | 8.4 | 13 | 89 | 8.9 | 8 | 13 | 20 | 140 | 14 | 13 | 21 | 32 |
| 400 | 500 | 40 | 4 | 3.6 | 6 | 9 | 63 | 6.3 | 5.7 | 9.5 | 14 | 97 | 9.7 | 8.7 | 15 | 22 | 155 | 16 | 14 | 23 | 35 |

由于验收极限向工件的公差带内移动是为了保证工件验收时合格,所以在生产时不能按原有的极限尺寸加工,应按由验收极限所确定的范围生产,这个范围称为“生产公差”。

② 方法2:上、下验收极限分别等于图样上标定的上极限尺寸和下极限尺寸,即安全裕度 A



的值等于零。

验收极限方式的选择要结合尺寸功能要求及其重要程度、尺寸公差等级、测量不确定度和工艺能力等因数综合考虑。具体原则如下：

① 对符合包容要求的尺寸,标准公差等级高的尺寸,其验收极限按方法 1 确定。

② 对工艺能力指数 $C_p \geq 1$ 时,其验收极限可以按方法 2 确定。但对要求符合包容要求的尺寸,其最大实体极限一边的验收极限仍按方法 1 确定。这里的工艺能力指数 C_p 是工件公差 (T) 值与加工设备工艺能力 (C) 的比值。 C 为常数,工件尺寸遵循正态分布时 $C = 6$, σ 为加工设备的标准偏差。显然,当工件遵循正态分布时, $C_p = T/6\sigma$ 。

③ 对偏态分布的尺寸,其验收极限可以仅对尺寸偏向的一边按方法 1 确定。

④ 对非配合和一般的尺寸,其验收极限按方法 2 确定。

3. 计量器具的选择

为了保证测量的可靠性和量值的统一,标准中规定,按照计量器具所引起的测量不确定度允许值 (u_1) 选择计量器具。 u_1 值列在表 3-17 中。 u_1 值大小分为 I、II、III 挡,分别约为工件公差的 1/10、1/6、1/4。对于 IT6 ~ IT11, u_1 值分为 I、II、III 挡;对于 IT12 ~ IT18, u_1 值分为 I、II 挡。选用时,一般情况下优先选用 I 挡,其次选用 II、III 挡。

表 3-18 和表 3-19 给出了在车间条件下,常用的千分尺、游标卡尺和比较仪的不确定度 u'_1 。在选择计量器具时,所选用的计量器具的不确定度 u'_1 应小于或等于计量器具的测量不确定度允许值 (u_1) 即 $u'_1 \leq u_1$ 。

表 3-18 千分尺和游标卡尺的不确定度 u'_1

mm

| 尺寸范围 | | 计量器具类型 | | | |
|------|-------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | | 分度值为 0.01 的 外径千分尺 | 分度值为 0.01 的 内径千分尺 | 分度值为 0.02 的 游标卡尺 | 分度值为 0.05 的 游标卡尺 |
| 大于 | 至 | 测量不确定度 u'_1 | | | |
| 0 | 50 | 0.004 | 0.008 | 0.020 | 0.05 |
| 50 | 100 | 0.005 | | | |
| 100 | 150 | 0.006 | | | |
| 150 | 200 | 0.007 | 0.013 | | 0.100 |
| 200 | 250 | 0.008 | | | |
| 250 | 300 | 0.009 | | | |
| 300 | 350 | 0.010 | 0.020 | 0.150 | |
| 350 | 400 | 0.011 | | | |
| 400 | 450 | 0.012 | | | |
| 450 | 500 | 0.013 | 0.025 | | |
| 500 | 600 | 0.030 | | | |
| 600 | 700 | | | | |
| 700 | 1 000 | | | | |

注:当采用比较法测量时,千分尺的不确定度可小于本表规定的数值,一般可减小 40%。

表 3-19 比较仪的不确定度 u'_1

mm

| 尺寸范围 | | 所使用的计量器具 | | | |
|------|-----|---|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | | 分度值为 0.000 5 (相当于放大倍数 2 000倍)的比较仪 | 分度值为 0.001 (相 当于放大倍数1 000 倍)的比较仪 | 分度值为 0.002(相 当于放大倍数 400 倍)的比较仪 | 分度值为 0.005 (相 当于放大倍数 250 倍)的比较仪 |
| 大于 | 至 | 不确定度 u'_1/mm | | | |
| — | 25 | 0.000 6 | 0.001 0 | 0.001 7 | 0.003 0 |
| 25 | 40 | 0.000 7 | | 0.001 1 | |
| 40 | 65 | 0.000 8 | | | |
| 65 | 90 | 0.000 8 | | | |
| 90 | 115 | 0.000 9 | 0.001 2 | 0.001 9 | |
| 115 | 165 | 0.001 0 | 0.001 3 | | |
| 165 | 215 | 0.001 2 | 0.001 4 | 0.002 0 | 0.003 5 |
| 215 | 265 | 0.001 4 | 0.001 6 | 0.002 1 | |
| 265 | 315 | 0.001 6 | 0.001 7 | 0.002 2 | |

例 3.8 被检验零件尺寸为轴 $\phi 65\text{e}9\text{E}$, 试确定验收极限并选择适当的计量器具。

解: (1) 由极限与配合标准中查得 $\phi 65\text{e}9$ 的极限偏差为 $\phi 65_{-0.124}^{-0.050}$ 。

(2) 由表 3-17 查得安全裕度 $A = 7.4 \mu\text{m}$, 测量不确定度允许值 $u_1 = 6.7 \mu\text{m}$ 。

因此此工件尺寸遵循包容要求, 应按照方法 1 的原则确定验收极限, 则

$$\text{上验收极限尺寸} = \phi(65 - 0.050 - 0.007 4) \text{ mm} = \phi 64.942 6 \text{ mm}$$

$$\text{下验收极限尺寸} = \phi(65 - 0.124 + 0.007 4) \text{ mm} = \phi 64.883 4 \text{ mm}$$

(3) 由表 3-18 查得分度值为 0.01 mm 的外径千分尺在尺寸为 $>50 \sim 100 \text{ mm}$ 范围内, 不确定度 $u'_1 = 0.005 \text{ mm}$ 。因 $0.005 \text{ mm} < u_1 = 0.006 7 \text{ mm}$, 故可满足使用要求。

例 3.9 被检验零件为孔 $\phi 130\text{H}10\text{E}$, 工艺能力指数 $C_p = 1.2$, 试确定验收极限并选择适当的计量器具。

解: (1) 由极限与配合标准查得 $\phi 130\text{H}10$ 的极限偏差为 $\phi 130_{+0.16}^0$ 。

(2) 由表 3-17 查得安全裕度 $A = 16 \mu\text{m}$, 因 $C_p = 1.2 > 1$, 其验收极限可以按方法 2 确定, 即一边 $A = 0$ 。但因该零件尺寸遵循包容要求, 因此, 其最大实体极限一边的验收极限仍按方法 1 确定, 则有

$$\text{上验收极限尺寸} = \phi(130 + 0.16) \text{ mm} = \phi 130.16 \text{ mm}$$

$$\text{下验收极限尺寸} = \phi(130 + 0 + 0.016) \text{ mm} = \phi 130.016 \text{ mm}$$

(3) 由表 3-17 中按优先选用 I 挡的原则, 查得计量器具测量不确定度允许值 $u_1 = 15 \mu\text{m}$, 由表 3-18 查得, 分度值为 0.01 mm 的内径千分尺在尺寸 $>100 \sim 150 \text{ mm}$ 范围内, 不确定度为 0.008 mm 。因为 $0.008 \text{ mm} < u_1 = 0.015 \text{ mm}$, 故可满足使用要求。

3.4.2 用光滑极限量规检验

光滑极限量规是指被检验工件为光滑孔或光滑轴所用的极限量规的总称,简称量规。在大批量生产时,为了提高产品质量和检验效率常常采用量规进行检验,量规结构简单,使用方便,省时可靠,并能保证互换性。因此,量规在机械制造中得到了广泛的应用。

1. 量规的作用

量规是一种无刻度定值的专用量具,用它来检验工件时,只能判断工件是否在允许的极限尺寸范围内,而不能测量出工件的实际组成要素。当图样上被测要素的尺寸公差和形位公差按独立原则标注时,一般使用通用计量器具分别测量。当单一要素的尺寸公差和形状公差采用包容要求标注时,则应使用量规来检验,把尺寸误差和形状误差都控制在极限尺寸范围内。

检验孔用的量规称为塞规,如图 3-20a 所示;检验轴用的量规称为卡规(或环规),如图 3-20b 所示。塞规和卡规(或环规)统称为量规,量规有通规和止规之分,量规通常成对使用。通规控制工件的作用尺寸,止规控制工件的实际尺寸。

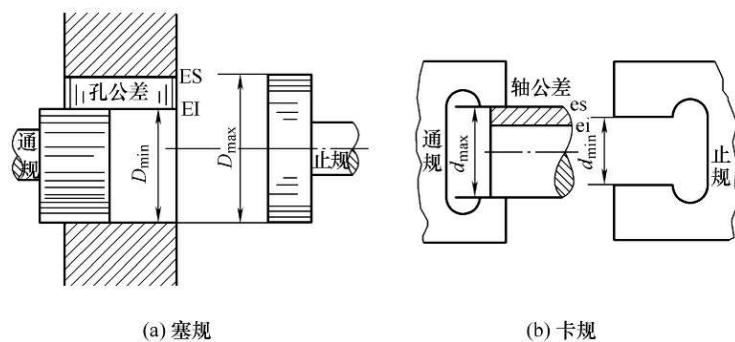


图 3-20 光滑极限量规

塞规的通规按被检验孔的最大实体尺寸(下极限尺寸)制造,塞规的止规按被检验孔的最小实体尺寸(上极限尺寸)制造。检验工件时,塞规的通规应通过被检验孔,表示被检验孔的体外作用尺寸大于下极限尺寸(最大实体边界尺寸);止规应不能通过被检验孔,表示被检验孔实际组成要素小于上极限尺寸。当通规通过被检验孔而止规不能通过时,说明被检验孔的尺寸误差和形状误差都控制在极限尺寸范围内,被检验孔是合格的。

卡规的通规按被检验轴的最大实体尺寸(上极限尺寸)制造,卡规的止规按被检验轴的最小实体尺寸(下极限尺寸)制造。检验轴时,卡规的通规应通过被检验轴,表示被检验轴的体外作用尺寸小于上极限尺寸(最大实体边界尺寸);止规应不能通过被检验轴,表示被检验轴的实际组成要素大于下极限尺寸。当通规通过被检验轴而止规不能通过时,说明被检验轴的尺寸误差和形状误差都控制在极限尺寸范围内,被检验轴是合格的。

综上所述,量规的通规用于控制工件的体外作用尺寸,止规用于控制工件的实际组成要素。用量规检验工件时,其合格标志是通规能通过,止规不能通过;否则即为不合格。因此,用量规检验工件时,必须通规和止规成对使用,才能判断被测孔或轴是否合格。



2. 量规的种类

量规按其用途不同可分为工作量规、验收量规和校对量规三种。

(1) 工作量规

工作量规是生产过程中操作者检验工件时所使用的量规。通规用代号“T”表示,止规用代号“Z”表示。

(2) 验收量规

验收量规是验收工件时检验人员或用户代表所使用的量规。验收量规一般不需要另行制造,它的通规是从磨损较多但未超过磨损极限的工作量规中挑选出来的,验收量规的止规应接近工件的最小实体尺寸。这样,操作者用工作量规自检合格的工件,当检验人员用验收量规验收时一般也会判定合格。

(3) 校对量规

校对量规是检验工作量规的量规。因为孔用工作量规便于用精密仪器测量,故国家标准未规定校对量规,而只对轴用量规规定了校对量规。

校对量规有三种,其名称、代号、功能及判断合格的标志等见表3-20。

表3-20 校对量规的名称、代号、功能及判断合格的标志

| 量规形状 | 检验对象 | | 量规名称 | 量规代号 | 功能 | 判断合格的标志 |
|------|--------|----|------|------|-------------|---------|
| 塞规 | 轴用工作量规 | 通规 | 校通-通 | TT | 防止通规制造时尺寸过小 | 通过 |
| | | 止规 | 校止-通 | ZT | 防止止规制造时尺寸过小 | 通过 |
| | | 通规 | 校通-损 | TS | 防止通规使用中磨损过大 | 不通过 |

3. 量规设计原则

设计量规应遵守泰勒原则(极限尺寸判断原则),泰勒原则是指遵循包容要求的单一要素(孔或轴)的实际组成要素和几何误差综合形成的体外作用尺寸不允许超越最大实体尺寸,在孔或轴的任何位置上的实际(组成)要素不允许超越最小实体尺寸。符合泰勒原则的量规要求如下:

① 量规的设计尺寸 通规的设计尺寸应等于工件的最大实体尺寸(MMS),止规的设计尺寸应等于工件的最小实体尺寸(LMS)。

② 通规形状要求 通规用来控制工件的体外作用尺寸,它的测量面应是孔或轴形状相对应的完整表面(即全形量规),且测量长度等于配合长度。止规用来控制工件的实际组成要素,它的测量面应是非完整表面(即不全形量规),且测量长度尽可能短些,止规表面与工件是点接触。

用符合泰勒原则的量规检验工件时,若通规能通过并且止规不能通过,则表示工件合格;否则即为不合格。

如图3-21所示,孔的实际轮廓已超出尺寸公差带,应为不合格品。用全形量规检验时不能通过;而用点状止规检验,虽然沿 x 方向不能通过,但沿 y 方向却能通过。于是,该孔被正确地判断为废品。反之,若用两个点状通规检验,则可能沿 y 轴方向通过,用全形止规检验,则不能通

过。这样一来,由于量规的测量面形状不符合泰勒原则,结果导致把该孔误判为合格。

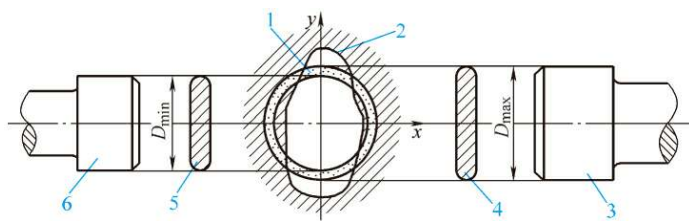


图 3-21 量规形式对检验结果的影响

1—孔公差带;2—工件实际轮廓;3—全形塞规的止规;4—不全形塞规的止规;
5—不全形塞规的通规;6—全形塞规的通规

在量规的实际应用中,由于量规制造和使用方面的原因,要求量规形状完全符合泰勒原则是有一定困难的。因此,国家标准规定,在被检验工件的形状误差不影响配合性质的条件下,允许使用偏离泰勒原则的量规。例如,对于尺寸大于 100 mm 的孔,为了不让量规过于笨重,通规很少制成全形轮廓。同样,为了提高检验效率,检验大尺寸轴的通规也很少制成全形环规。此外,全形环规不能检验已装夹在顶尖上的被加工零件以及曲轴零件等。当采用不符合泰勒原则的量规检验工件时,应在工件的多方位上作多次检验,并从工艺上采取措施以限制工件的形状误差。

4. 量规公差带

虽然量规是一种精密的检验工具,量规的制造精度比被检验工件的精度要求更高,但在制造时也不可避免地会产生误差,不可能将量规的工作尺寸正好加工到某一规定值,因此对量规也必须规定制造公差。

由于通规在使用过程中经常通过工件,因而会逐渐磨损。为了延长通规的使用寿命,应当留出适当的磨损储备量,因此对通规应规定磨损极限,即将通规公差带从最大实体尺寸向工件公差带内缩一个距离;而止规通常不通过工件,所以不需要留磨损储备量,故将止规公差带放在工件公差带内紧靠最小实体尺寸处。校对量规也不需要留磨损储备量。

(1) 工作量规的公差带

国家标准 GB 1957—2006 规定量规的公差带不得超越工件的公差带,这样有利于防止误收,以保证产品质量与互换性。但有时会把一些合格的工件检验成不合格,实质上缩小了工件公差范围,提高了工件的制造精度。工作量规的公差带分布如图 3-22 所示。图 3-22 中 T 为量规制造公差, Z 为位置要素(即通规制造公差带中心到工件最大实体尺寸之间的距离), T 、 Z 的大小取决于工件公差的大小。国家标准规定的 T 值和 Z 值见表 3-21。通规的磨损极限尺寸等于工件

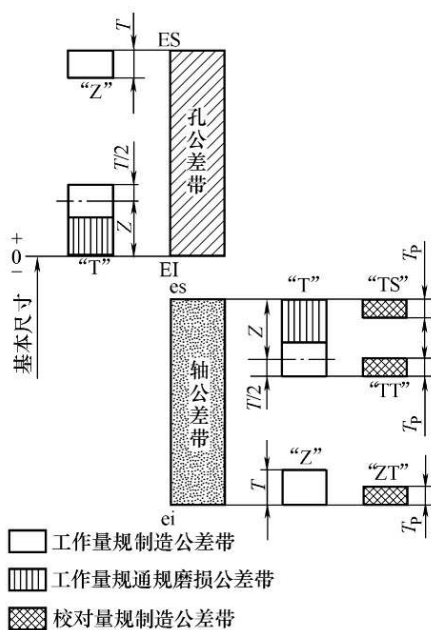


图 3-22 工作量规的公差带分布



的最大实体尺寸。

表 3-21 工作量规制造公差 T 值和位置要素 Z 值(摘自 GB 1957—2006) μm

| 工件公称 尺寸/mm | IT6 | | | IT7 | | | IT8 | | | IT9 | | | IT10 | | | IT11 | | | IT12 | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| | IT6 | T | Z | IT7 | T | Z | IT8 | T | Z | IT9 | T | Z | IT10 | T | Z | IT11 | T | Z | IT12 | T | Z |
| ~3 | 6 | 1 | 1 | 10 | 1.2 | 1.6 | 14 | 1.6 | 2 | 25 | 2 | 3 | 40 | 2.4 | 4 | 60 | 3 | 6 | 100 | 4 | 9 |
| >3~6 | 8 | 1.2 | 1.4 | 12 | 1.4 | 2 | 18 | 2 | 2.6 | 30 | 2.4 | 4 | 48 | 3 | 5 | 75 | 4 | 8 | 120 | 5 | 11 |
| >6~10 | 9 | 1.4 | 1.6 | 15 | 1.8 | 2.4 | 22 | 2.4 | 3.2 | 36 | 2.8 | 5 | 58 | 3.6 | 6 | 90 | 5 | 9 | 150 | 6 | 13 |
| >10~18 | 11 | 1.6 | 2 | 18 | 2 | 2.8 | 27 | 2.8 | 4 | 43 | 3.4 | 6 | 70 | 4 | 8 | 110 | 6 | 11 | 180 | 7 | 15 |
| >18~30 | 13 | 2 | 2.4 | 21 | 2.4 | 3.4 | 33 | 3.4 | 5 | 52 | 4 | 7 | 84 | 5 | 9 | 130 | 7 | 13 | 210 | 8 | 18 |
| >30~50 | 16 | 2.4 | 2.8 | 25 | 3 | 4 | 39 | 4 | 6 | 62 | 5 | 8 | 100 | 6 | 11 | 160 | 8 | 16 | 250 | 10 | 22 |
| >50~80 | 19 | 2.8 | 3.4 | 30 | 3.6 | 4.6 | 46 | 4.6 | 7 | 74 | 6 | 9 | 120 | 7 | 13 | 190 | 9 | 19 | 300 | 12 | 26 |
| >80~120 | 22 | 3.2 | 3.8 | 35 | 4.2 | 5.4 | 54 | 5.4 | 8 | 87 | 7 | 10 | 140 | 8 | 15 | 220 | 10 | 22 | 350 | 14 | 30 |
| >120~180 | 25 | 3.8 | 4.4 | 40 | 4.8 | 6 | 63 | 6 | 9 | 100 | 8 | 12 | 160 | 9 | 18 | 250 | 12 | 25 | 400 | 16 | 35 |
| >180~250 | 29 | 4.4 | 5 | 46 | 5.4 | 7 | 72 | 7 | 10 | 115 | 9 | 14 | 185 | 10 | 20 | 290 | 14 | 29 | 460 | 18 | 40 |
| >250~315 | 32 | 4.8 | 5.6 | 52 | 6 | 8 | 81 | 8 | 11 | 130 | 10 | 16 | 210 | 12 | 22 | 320 | 16 | 32 | 520 | 20 | 45 |
| >315~400 | 36 | 5.4 | 6.2 | 57 | 7 | 9 | 89 | 9 | 12 | 140 | 11 | 18 | 230 | 14 | 25 | 360 | 18 | 36 | 570 | 22 | 50 |
| >400~500 | 40 | 6 | 7 | 63 | 8 | 10 | 97 | 10 | 14 | 155 | 12 | 20 | 250 | 16 | 28 | 400 | 20 | 40 | 630 | 24 | 55 |

(2) 校对量规的公差带

校对量规的公差带如图 3-22 所示。

① 校通-通(代号“TT”) 用在轴用通规制造时,其作用是防止通规尺寸小于其下极限尺寸,故其公差带是从通规的下极限偏差起,向轴用通规公差带内分布。检验时,该校对塞规应通过轴用通规,否则应判断该轴用通规不合格。

② 校止-通(代号“ZT”) 用在轴用止规制造时,其作用是防止止规尺寸小于其下极限尺寸,故其公差带是从止规的下极限偏差起,向轴用止规公差带内分布。检验时,该校对塞规应通过轴用止规,否则应判断该轴用止规不合格。

③ 校通-损(代号“TS”) 用于检验轴用通规在使用时的磨损情况,其作用是防止轴用通规在使用中超过磨损极限尺寸,故其公差带是从轴用通规的磨损极限起,向轴用通规公差带内分布。检验时,该校对塞规应不通过轴用通规,否则应判断所校对的轴用通规已达到磨损极限,不应该继续使用。

校对量规的尺寸公差取被校对轴用量规制造公差的 1/2,校对量规的形状公差应控制在其尺寸公差带内。由于校对量规精度高,制造困难,因此在实际生产中通常用量块或计量器具代替校对量规。

5. 量规工作尺寸的计算

量规工作尺寸的计算步骤如下:

① 查出被检验工件的极限偏差。

② 查出工作量规的制造公差 T 和位置要素 Z 值,并确定量规的形位公差。



- ③ 画出工件和量规的公差带图。
 ④ 计算量规的极限偏差。
 ⑤ 计算量规的极限尺寸以及磨损极限尺寸。

6. 量规设计应用举例

例 3.10 设计检验 $\phi 30H8$ 孔用工作量规。

解: (1) 查表得 $\phi 30H8$ 孔的极限偏差为 $ES = 0.033 \text{ mm}$, $EI = 0$ 。

(2) 由表 3-21 查出工作量规制造公差 T 和位置要素 Z 值,并确定形位公差。

$T = 0.0034 \text{ mm}$, $Z = 0.005 \text{ mm}$, $T/2 = 0.0017 \text{ mm}$

(3) 画出工件和量规的公差带图,如图 3-23 所示。

(4) 计算量规的极限偏差。

通规 上极限偏差 $= EI + Z + T/2 = (0 + 0.005 + 0.0017) \text{ mm} = +0.0067 \text{ mm}$

下极限偏差 $= EI + Z - T/2 = (0 + 0.005 - 0.0017) \text{ mm} = +0.0033 \text{ mm}$

磨损极限偏差 $= EI = 0$

止规 上极限偏差 $= ES = 0.033 \text{ mm}$

下极限偏差 $= ES - T = (0.033 - 0.0034) \text{ mm} = 0.0296 \text{ mm}$

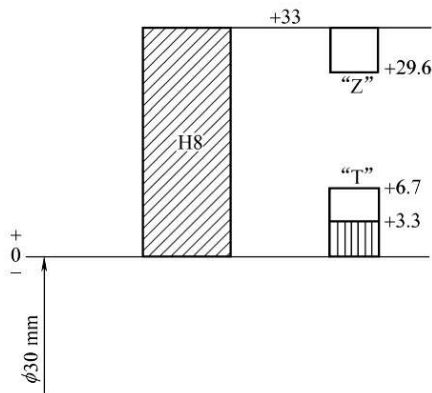


图 3-23 $\phi 30H8$ 孔用工作量规公差带图

(5) 计算量规的极限尺寸和磨损极限尺寸。

通规 上极限尺寸 $= (30 + 0.0067) \text{ mm} = 30.0067 \text{ mm}$

下极限尺寸 $= (30 + 0.0033) \text{ mm} = 30.0033 \text{ mm}$

磨损极限尺寸 $= 30 \text{ mm}$

所以塞规的通规尺寸为 $\phi 30_{+0.0033}^{+0.0067} \text{ mm}$,一般在图样上按工艺尺寸标注为 $\phi 30.0067_{-0.0034}^0 \text{ mm}$ 。

止规 上极限尺寸 $= (30 + 0.033) \text{ mm} = 30.033 \text{ mm}$

下极限尺寸 $= (30 + 0.0296) \text{ mm} = 30.0296 \text{ mm}$

所以塞规的止规尺寸为 $\phi 30_{+0.0296}^{+0.0330} \text{ mm}$,同理按工艺尺寸标注为 $\phi 30.033_{-0.0034}^0 \text{ mm}$

将上述计算结果列于表 3-22。

表 3-22 量规工作尺寸的计算结果

mm

| 被检工件 | 量规种类 | | 量规极限偏差 | | 量规极限尺寸 | | 通规磨损极限尺寸 | 量规工作尺寸的标注 |
|-------------|------|----|---------|---------|----------------|----------------|-----------|----------------------------|
| | | | 上极限偏差 | 下极限偏差 | 最大 | 最小 | | |
| $\phi 30H8$ | 塞规 | 通规 | +0.0067 | +0.033 | $\phi 30.0067$ | $\phi 30.033$ | $\phi 30$ | $\phi 30.0067_{-0.0034}^0$ |
| | | 止规 | +0.0033 | +0.0296 | $\phi 30.0033$ | $\phi 30.0296$ | — | $\phi 30.033_{-0.0034}^0$ |

在使用过程中,量规的通规不断磨损,通规尺寸可以小于 30.0033 mm ,但当其尺寸接近磨损极限尺寸 30 mm 时,就不能再用作工作量规,而只能转为验收量规使用;当通规尺寸磨损到 30 mm ,通规应报废。



(6) 按量规的常用形式绘制并标注量规图样。

绘制量规的工作图样,就是把设计结果通过图样表示出来,从而为量规的加工制造提供技术依据。上述设计例子中孔用量规选用锥柄双头塞规,如图3-24所示。

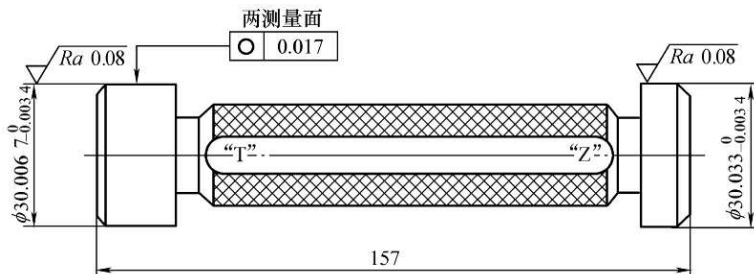


图3-24 检验 $\phi 30H8$ 孔用工作量规工作图

思考与练习三

一、思考题

1. 对圆柱结合的使用要求有哪些?为什么要制定“极限与配合”标准?其标准的基本结构如何?
2. 什么是标准公差因子(公差单位)?公称尺寸小于等于500 mm,IT6~IT18的标准公差因子是如何规定的?
3. 什么是公差等级系数?如何判断某一尺寸公差等级的高低?
4. 什么是标准公差?国家标准规定了多少个标准公差等级?
5. 什么是基孔制配合与基轴制配合?为什么要规定基准制?广泛采用基孔制配合的原因是什么?在什么情况下采用基轴制配合?
6. 试分析尺寸分段的必要性和可能性。在国家标准中按什么规律进行尺寸分段?
7. 什么是基本偏差?为什么要规定基本偏差?轴和孔的基本偏差是如何确定的?
8. 什么是配合制?为什么要规定配合制?在什么情况下采用基轴制配合?
9. 选用标准公差等级的原则是什么?是否公差等级愈高愈好?
10. 为什么要规定优先、常用和一般孔、轴公差带以及优先、常用配合?设计时是否一定要从中选取?
11. 什么叫一般公差?未注公差的线性尺寸规定了几个公差等级?在图样上如何表示?

二、判断题(正确的打√,错误的打×)

1. 加工尺寸愈靠近基本尺寸就愈精确。()
2. 偏差数值可以为正、负或零,公差也是。()
3. 靠近零线的那个偏差一定是基本偏差。()
4. 过渡配合可能具有间隙或过盈,因此过渡配合可能是间隙配合或是过盈配合。()
5. 某孔的实际尺寸小于与其结合的轴的实际尺寸,则形成过盈配合。()
6. 同一公差等级的孔和轴的标准公差数值一定相等。()
7. 基本尺寸不同的零件,只要它们的公差等级相同,即使公差数值不同,通常也认为它们具



有相同的尺寸精确程度。()

8. 配合公差的数值愈小,则相互配合的孔、轴的公差等级愈高。()

9. 配合 H7/g6 比 H7/s6 要紧。()

10. 工作时孔温高于轴温,设计时配合的过盈量应加大。()

三、作业题

1. 查表确定下列各尺寸的公差带代号。

(1) $\phi 18_{-0.011}^0$ (轴) (2) $\phi 120_0^{+0.087}$ (孔)

(3) $\phi 50_{-0.075}^{-0.050}$ (轴) (4) $\phi 65_{-0.041}^{+0.005}$ (孔)

2. 已知某零件的公称尺寸为 $\phi 50$ mm,试用计算法确定 IT7 和 IT8 的标准公差值。

3. 有一孔、轴配合为过渡配合,孔尺寸为 $\phi 80_0^{+0.040}$ mm,轴尺寸为 $\phi 80 \pm 0.015$ mm,求最大间隙和最大过盈,画出配合的孔、轴公差带图。

4. 在某配合中,已知孔的尺寸标准为 $\phi 20_0^{+0.013}$, $X_{\max} = +0.011$ mm, $T_f = 0.022$ mm,求出轴的上、下极限偏差及其公差带代号。

5. 公称尺寸为 $\phi 50$ mm 的基准孔和基准轴相配合,孔轴的公差等级相同,配合公差 $T_f = 78 \mu\text{m}$,试确定孔、轴的极限偏差,并写成标注形式。

6. 已知公称尺寸为 $\phi 40$ 的一对孔、轴配合,要求其配合间隙为 $41 \sim 116 \mu\text{m}$,试确定孔与轴的配合代号,并画出公差带图。

7. 试用标准公差、基本偏差数值表查出下列公差带的上、下极限偏差数值,并写出在零件图中采用极限偏差的标注形式。

(1) 轴:① $\phi 32d8$,② $\phi 70h11$,③ $\phi 28k7$,④ $\phi 80p6$,⑤ $\phi 120v7$ 。

(2) 孔:① $\phi 40C8$,② $\phi 300M6$,③ $\phi 30JS6$,④ $\phi 6J6$,⑤ $\phi 35P8$ 。

8. 已知两根轴,其中 $d_1 = 5$ mm,其公差值为 $5 \mu\text{m}$, $d_2 = 180$ mm,其公差值为 $25 \mu\text{m}$ 。试比较以上两根轴加工的难易程度。

9. 用通用计量器具检测 $\phi 40K7$ 孔,试确定验收极限并选择计量器具。

10. 被检验零件尺寸为轴 $\phi 60f9$,试确定验收极限并选择适当的计量器具。

11. 按下表给出的数值计算表中空格的数值,并将计算结果填入相应的空格内(表中数值单位为 mm)。

| 孔或轴 | 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 $\phi 28$ | $\phi 28.041$ | $\phi 28.020$ | | | | |
| 孔 $\phi 50$ | | | -0.026 | | 0.025 | |
| 轴 $\phi 60$ | | $\phi 60.00$ | | | 0.046 | |
| 轴 $\phi 30$ | | | | | | $\phi 30_{-0.028}^{-0.007}$ |
| 轴 $\phi 120$ | $\phi 120.140$ | | | 0 | | |

12. 某轴的尺寸要求为 $\phi 50h8$,因是用试切法加工的,其尺寸分布偏向于上极限尺寸,试确定验收极限。

13. 某孔为 120 mm,未注公差的线性尺寸,其加工精度 GB/T 1804—f。试确定其验收极限



并选择适当的计量器具。

14. 已知某孔的尺寸为 $\phi 30M8$, 画出工作量规的公差带图, 计算量规的尺寸和极限偏差, 并确定磨损极限尺寸。

15. 计算检验轴 $\phi 18p7$ 用的工作量规及其校对量规的工作尺寸及极限偏差, 画出量规公差带图。

16. 已知表中的配合, 试将查表和计算结果填入表中。

| 公差带 | 基本偏差 | 标准公差 | 极限间隙 (或过盈) | 配合公差 | 配合类别 |
|-------------|------|------|---------------|------|------|
| $\phi 80S7$ | | | | | |
| $\phi 80h6$ | | | | | |