



机电工程类专业精品教材

互换性与测量技术

◎ 主编 周细林

北京出版集团公司
北京出版社

互换性 与测量技术

HUHUANXING
YU CELIANG JISHU

主编 周细林



北京出版集团公司
北京出版社

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术 / 周细林主编. — 北京 : 北京出版社, 2016. 2 (2021 重印)
ISBN 978-7-200-11921-3

I. ①互… II. ①周… III. ①零部件—互换性—高等学校—教材②零部件—测量技术—高等学校—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 034146 号

互换性与测量技术

HUHUANXING YU CELIANG JISHU

主 编: 周细林
出 版: 北京出版集团公司
北 京 出 版 社
地 址: 北京北三环中路 6 号
邮 编: 100120
网 址: www.bph.com.cn
总 发 行: 北京出版集团公司
经 销: 新华书店
印 刷: 定州市新华印刷有限公司
版 次: 2016 年 2 月第 1 版 2021 年 1 月修订 2021 年 3 月第 3 次印刷
开 本: 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张: 13
字 数: 222 千字
书 号: ISBN 978-7-200-11921-3
定 价: 38.00 元

质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

1	第一章 绪 论	
1	1.1 互换性的意义和作用	
4	1.2 标准化与优先数系	
5	1.3 本课程的性质与要求	
6	习题	
7	第二章 孔、轴的极限与配合	
7	2.1 极限与配合的基本术语	
15	2.2 极限与配合国家标准的构成	
28	2.3 极限与配合标准的选择及应用举例	
35	习题	
38	第三章 测量技术基础	
38	3.1 概述	
39	3.2 长度基准与量值传递	
43	3.3 计量器具	
46	3.4 测量误差和数据处理	
51	习题	
52	第四章 几何公差及检测	
52	4.1 概述	
54	4.2 几何公差的标注	
57	4.3 形状误差及公差	
62	4.4 方向误差及公差	
67	4.5 位置误差及公差	
70	4.6 跳动误差及公差	
73	4.7 公差原则	
81	4.8 几何公差的选择	
88	4.9 几何误差的检测	
97	习题	
101	第五章 表面粗糙度及其检测	
101	5.1 概述	
103	5.2 表面粗糙度的评定	
106	5.3 表面粗糙度的评定参数及其数值的选用	
110	5.4 表面粗糙度的符号、代号及其标注	
116	5.5 表面粗糙度的检测	
118	习题	

120	第六章	光滑工件尺寸检测和量规设计
120	6.1	光滑工件尺寸检测
124	6.2	光滑极限量规设计
133		习题
134	第七章	零件典型表面的公差配合与检测
134	7.1	滚动轴承的公差配合与检测
139	7.2	键和花键的公差配合与检测
148	7.3	螺纹的公差配合与检测
157	7.4	圆锥结合的公差配合与检测
167		习题
168	第八章	尺寸链
168	8.1	概述
171	8.2	尺寸链的确立与分析
173	8.3	用完全互换法（极值法）计算尺寸链
177		习题
179		参考答案
201		参考文献

第二章 孔、轴的极限与配合

学习指南 |

1. 学会查询标准公差数值表；
2. 学会查询孔、轴的基本偏差数值表；
3. 学会用算法设计孔、轴的公差等级及配合代号。

本章要点 |

1. 有关尺寸、公差、偏差、配合等方面的术语和定义；
2. 国家标准中有关标准公差、公差等级及基本偏差的规定；
3. 28 个基本偏差代号及它们的分布规律；
4. 国家标准中关于一般、常用和优先公差带与配合的规定；
5. 国家标准中关于未注公差的线性尺寸的公差规定；
6. 极限与配合的正确选用。

本章难点 |

1. 孔的基本偏差数值的查询；
2. 零件设计中孔、轴公差等级的分配原则；
3. 零件设计中孔、轴基本偏差代号的确定。

2.1 极限与配合的基本术语

光滑圆柱体结合是机械制造中使用最多的一种结合形式，又称为孔轴结合，几乎在任何机械结构中均不能缺少，其结合的精度，对机器的使用性能和产品质量有很大的影响。为保证互换性，应该对孔、轴配合进行标准化。

2009 年国家颁布了《产品几何技术规范（GPS）极限与配合》，该标准分为两部分，即 GB/T1800.1—2009 与 GB/T1800.2—2009。其中把 GB/T1800.1—1997，GB/T1800.2—1998，GB/T1800.3—1998 合并为第 1 部分；把 GB/T1800.4—1999 修改为第 2 部分。此标准是一项应用广泛的重要基础标准，它涉及国民经济的各个部门，在机械制造业中起着非常重要的作用。“公差”与“配合”的标准化，有利于机器的设计、制造、使用和维修；有利于保证产品的精度、使用性能和寿命等各项使用要求；也有利于刀具、量具、夹具、机床等工艺装备的标准化。

我国 1959 年颁布的国家标准《公差与配合》（GB 159～174—1959）实施以来，对统一我国的“公差与配合”制度、促进机械工业的发展起到了应有的作用。但旧国标

属于旧的公差制，已不能适应机械工业进一步发展的要求。例如，标准规定的精度等级偏低，已不能满足高精度产品的需要，配合种类偏少，已不能适应各类常见配合性能的要求等，需要进行修订。1997 年，国家颁布《极限与配合》标准，不仅借鉴了旧的国家标准，而且借鉴了 ISO 286 有关内容，使我国标准极限与配合的术语和定义尽可能与国际的一致或等同，以尽快适应国际贸易、技术和经济领域的交流以及满足采用国际标准飞跃发展的需要。2009 年，国家颁布的新标准对旧的标准进行了整合和修订，调整了部分基本术语，使之更符合生产实际的需要。本章较为详细地介绍了极限与配合的基本内容及应用的主要原则，是本课程教学中的重要内容之一。

2.1.1 有关孔、轴的定义

1. 孔 [Hole]

孔是指工件的圆柱形内表面，也包括非圆柱形内表面（由两平行平面或切面形成的包容面）。孔的标注符号用大写字母表示。

2. 轴 [Shaft]

轴是指工件的圆柱形外表面，也包括非圆柱形外表面（由两平行平面或切面形成的被包容面）。轴的标注符号用小写字母表示。

由此可见，孔和轴的概念被拓宽了，是一个广义的概念，扩大了标准的应用范围。孔和轴的区别：从装配关系看，孔是包容面，轴是被包容面；从加工过程看，随着余量的切除，孔的尺寸由小变大，轴的尺寸由大变小，如图 2-1 所示。

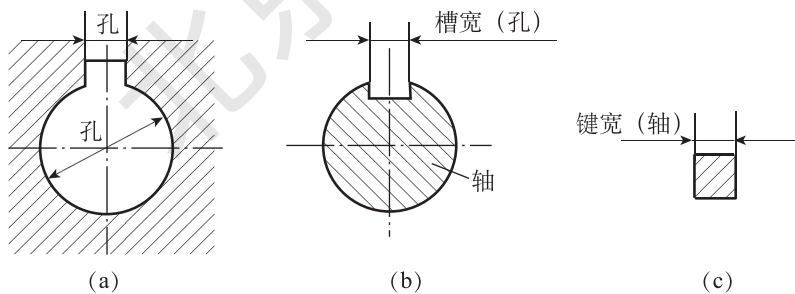


图 2-1 孔和轴

2.1.2 有关尺寸的术语及定义

1. 尺寸 [Size]

尺寸是指用特定单位表示线性尺寸的数值。尺寸为一个数值，如 20，不仅包含长度，还包括深度、宽度、直径、半径、中心距等。

有关长度的单位，包括基本单位（中华人民共和国法定计量单位）和机械制造中的常用单位，在机械制图中规定，以毫米作为单位时，可以省略单位。广义的尺寸概念包括角度尺寸，平面角的计量单位有弧度制的和角度制的两种。

2. 公称尺寸 [Nominal Size]

公称尺寸由设计给定，是图样规范确定的理想形状要素的尺寸。孔用 D 表示，轴用 d 表示，是在机械制图中零件标注的尺寸，可以理解为表征零件基本大小的尺寸。

公称尺寸的获得：设计时，根据零件的使用要求（强度、刚度、运动、工艺等），经计算、试验和类比确定零件尺寸的基本大小，然后按标准尺寸系列选择。

注意：公称尺寸虽然可以是整数，也可以是小数，但不能随意选取，不是任意的，是一个标准尺寸。如在设计时，计算出来的数据必须经过圆整，公称尺寸虽反映零件尺寸的基本大小，但并不一定是加工要求的理想尺寸。

3. 实际（组成）要素 [Real (Integral) Feature]

实际（组成）要素在旧的标准中称为实际尺寸，是通过测量所得的尺寸。孔的实际尺寸以 D_a 表示，轴的实际尺寸以 d_a 表示。

4. 极限尺寸 [Limits of Size]

允许尺寸变化的两个界限值（极端值）称为极限尺寸，它以公称尺寸为基数来确定。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸；较小的一个称为最小极限尺寸。孔和轴的最大、最小极限尺寸分别用 $D_{\max}$ 、 $d_{\max}$ 和 $D_{\min}$ 、 $d_{\min}$ 来表示，如图 2-2 所示。

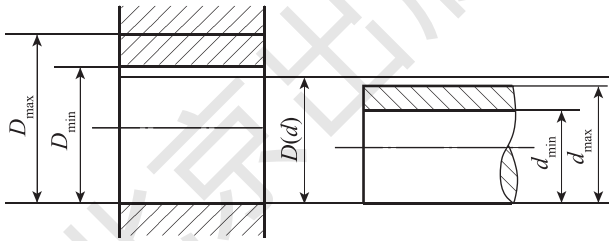


图 2-2 极限尺寸

极限尺寸的作用是控制实际尺寸。生产实践告诉我们，即使由一名技术熟练的工人，使用同一台机床、同一把刀具和量具，加工同一种零件，加工出来的所有零件的尺寸也不可能完全一样，更难做到个个都与公称尺寸完全相同。从零件的互换性要求来看，并不要求把所有的零件加工得绝对准确或完全一样，而只要将零件的实际尺寸控制在一定范围内就可以了。零件合格性的判断条件为：

$$D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max} \tag{2-1}$$

$$d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max} \tag{2-2}$$

公称尺寸可以在极限尺寸确定的范围内，也可以在其范围外。

2.1.3 有关公差和偏差的术语及定义

1. 尺寸偏差 [Size Deviation]

某一尺寸减去其公称尺寸所得的代数差称为尺寸偏差。

2. 极限偏差 [Limit Deviation]

极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差，称为极限偏差。极限偏差有两个，上（极限）偏差和下（极限）偏差。上极限偏差为最大极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差，孔的上偏差用 ES 表示，轴的上偏差用 es 表示；下（极限）偏差为最小极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差，孔的下偏差用 EI 表示，轴的下偏差用 ei 表示，如图 2-3 所示。

$$\text{对于孔: } ES = D_{\max} - D, EI = D_{\min} - D \quad (2-3)$$

$$\text{对于轴: } es = d_{\max} - d, ei = d_{\min} - d \quad (2-4)$$

偏差值除零外，前面必须标有正号或负号。上偏差总是大于下偏差。

3. 尺寸公差 [Size Tolerance]

允许尺寸的变动量称为尺寸公差，简称公差。孔公差用 T_h 表示；轴公差用 T_s 表示。

公差是最大极限尺寸和最小极限尺寸之差，也是上偏差与下偏差之差，如图 2-3 所示，公差只能为正值，不可能为负值和零。公差是用于限制误差的，工件的加工误差在公差范围内即为合格；反之，则不合格。

$$\text{孔公差: } T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI \quad (2-5)$$

$$\text{轴公差: } T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei \quad (2-6)$$

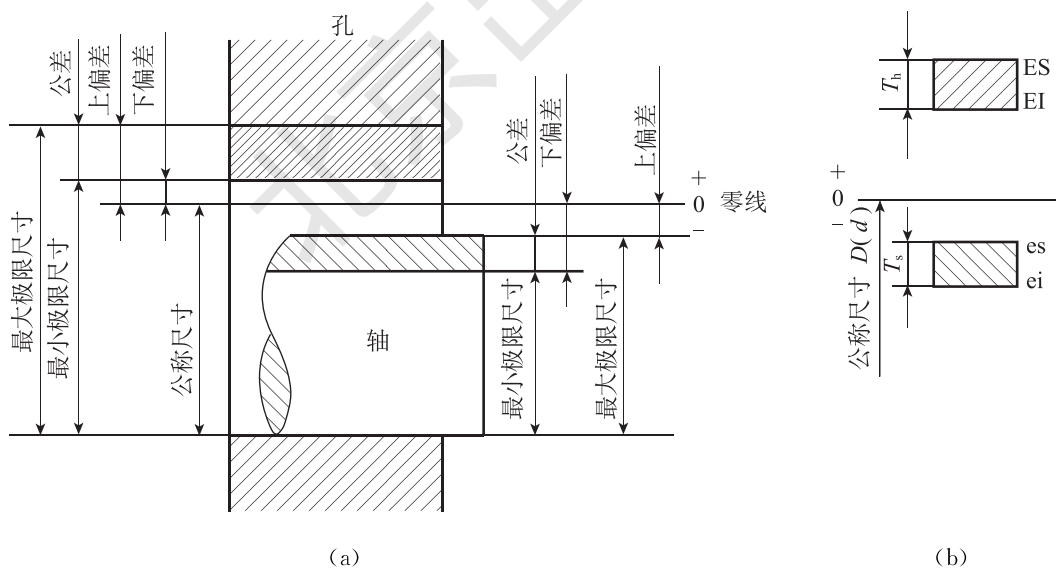


图 2-3 极限偏差与尺寸公差

偏差与公差是两个不同的概念，不能混淆。

从意义上看，偏差是相对于公称尺寸而言的，是指对公称尺寸偏离的大小数值，它包括实际偏差和极限偏差，而极限偏差（即上、下偏差）是用于限制实际偏差的，公差只是用来限制尺寸变动范围大小的一个数值。从作用上看，极限偏差用来限制（尺寸）公差带的位置，也就是反映零件配合的松紧程度；公差用来限制公差带大小，

反映了零件的配合精度。从数值上看，偏差可以为正值、负值或零；尺寸公差是一个没有符号的绝对值，且不能为零。

4. 尺寸公差带图，零线 [Tolerance Zone, Zero Line]

为了方便解释孔、轴的配合性质，常用的工具是公差带图。公差带图就是用图形的方式来较为直观地表达公称尺寸、极限偏差与公差之间的关系。

公差带图包括以下两个要素：

尺寸公差带：由代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域，称为尺寸公差带，它以公称尺寸为零线。

零线：零线主要表示的是公称尺寸，是确定极限偏差的一条基准线，是偏差的起始线，零线上方表示正偏差，零线下方表示负偏差。

由于尺寸公差的数值都很小，与公称尺寸比较相差悬殊，若在图样上将公称尺寸与公差值采用同一比例绘制，则公差带就表示不出来。为了能够清楚地表现出公差带，通常是将公差值单独进行放大，而公称尺寸不放大，从而可以很直观地显示出上述各尺寸、偏差与公差之间的关系。

例 1 公称尺寸 $D = 25 \text{ mm}$ ，孔的极限尺寸 $D_{\max} = 25.021 \text{ mm}$ ， $D_{\min} = 25 \text{ mm}$ ，轴的极限尺寸 $d_{\max} = 24.980 \text{ mm}$ ， $d_{\min} = 24.967 \text{ mm}$ 。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

$$ES = D_{\max} - D = (25.021 - 25) \text{ mm} = +0.021 \text{ mm}$$

$$EI = D_{\min} - D = (25 - 25) \text{ mm} = 0 \text{ mm}$$

轴的极限偏差

$$es = d_{\max} - d = (24.980 - 25) \text{ mm} = -0.020 \text{ mm}$$

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

孔的公差

$$T_h = ES - EI = 0.021 - 0 = 0.021 \text{ (mm)}$$

轴的公差

$$T_s = es - ei = -0.020 - (-0.033) = 0.013 \text{ (mm)}$$

公差带图如图 2-4 所示。

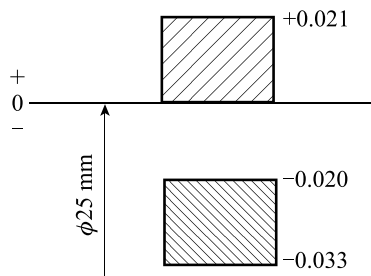


图 2-4 公差带图

2.1.4 有关配合的术语及定义

公差和偏差是为了控制零件的尺寸，而控制零件尺寸是为了保证零件的配合。

1. 配合 [Fit]

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。旧标准是一定公称尺寸的轴装入相同公称尺寸的孔。新标准从公差带角度解释配合的实质。配合是反映组成机器的各零件之间的结合性质，所谓配合性质就是指配合的松紧状态，它是保证机器工作时，保持各零件结合部位之间协调工作，以满足互换性要求的必要条件。

注意：相互配合的孔和轴的公称尺寸应该是相同的。不同公称尺寸的孔和轴有时也可通过某些形式安装在一起，但是它们之间的关系不能称为配合。

2. 间隙 (X) 或过盈 (Y)

在轴与孔的配合中，孔的尺寸减去轴的尺寸所得的代数差，当差值为正时称为间隙，用 X 表示；当差值为负时称为过盈，用 Y 表示。

各种不同用途的零件，其相互结合部位间的配合，有着不同松紧程度的要求。如发动机的曲轴轴颈与轴瓦之间，它们在工作时要相对地转动，因此，两者之间必须保持一定的间隙；而机车车轮的轮毂与外轮之间，则要求能够牢固地结合成一个整体，不得产生松动现象；对滚动轴承的内孔与其相结合的轴颈之间，则要求一方面具有较稳固的结合，同时在装配时又要保持较好的装配精度。根据公差带的位置不同，配合分为间隙配合、过盈配合和过渡配合。

3. 间隙配合 [Clearance Fit]

具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合称为间隙配合。在间隙配合中，孔的公差带在轴的公差带之上，如图 2-5 所示。使用场合：孔与轴之间需要产生相对运动。

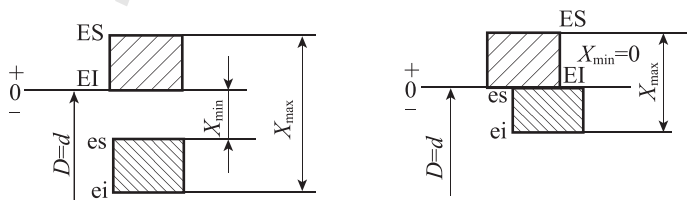


图 2-5 间隙配合

表征间隙大小的指标用最大间隙 $X_{\max}$ 、最小间隙 $X_{\min}$ 和平均间隙 X_{av} 表示：

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

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (2-8)$$

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

4. 过盈配合 [Interference Fit]

具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合称为过盈配合。在过盈配合中，孔的公

差带在轴的公差带之下,如图 2-6 所示。使用场合:孔与轴牢固结合,一般不用拆卸,在规定载荷下不会产生相对运动。孔、轴无相对运动,如何装配?一是借助外力(如用铜锤敲打);二是需要加压(压力机,受力均匀);三是将孔件加热使孔增大,或将轴冷冻使轴缩小,才能将轴装入孔内。

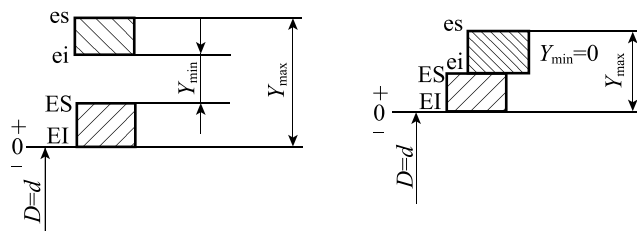


图 2-6 过盈配合

表征过盈大小的指标用最大过盈 $Y_{\max}$ 、最小过盈 $Y_{\min}$ 和平均过盈 Y_{av} 表示:

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (2-10)$$

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (2-11)$$

$$Y_{\text{av}} = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \quad (2-12)$$

5. 过渡配合 [Transition Fit]

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 2-7 所示。在过渡配合中,孔和轴的实际配合性质应该根据孔、轴的实际尺寸计算。使用场合:要求拆装方便,孔、轴对中性好,能精确定位的场合。如机床轴与轴承的内圆之间的配合,要求轴的回转精度高,要求轴磨损后轴承能够拆卸。

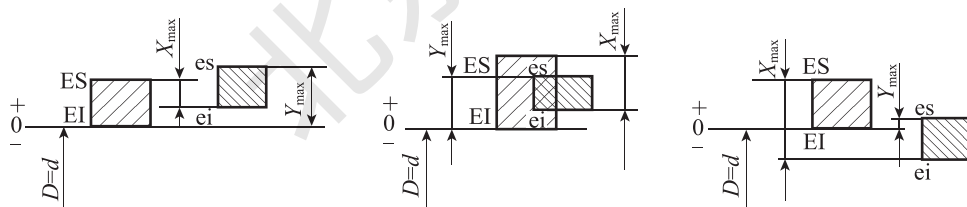


图 2-7 过渡配合

表征过渡配合大小的指标用最大间隙 $X_{\max}$ 、最大过盈 $Y_{\max}$ 和平均间隙 X_{av} 或平均过盈 Y_{av} 表示:

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (2-13)$$

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (2-14)$$

$$X_{\text{av}} \text{ 或 } (Y_{\text{av}}) = \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} \quad (2-15)$$

在过渡配合中,平均间隙或平均过盈为最大间隙与最大过盈的平均值,所得值为正,则为平均间隙;所得值为负,则为平均过盈。

配合种类的几点说明:

(1) 间隙配合、过盈配合或过渡配合是对于一批孔和一批轴之间的关系而定义的。

间隙配合是一批孔比一批轴大，任意一个孔的尺寸均大于（或等于）任意一个轴的尺寸，此差值为正值（或零），因此任意一个孔和任意一个轴的配合均形成间隙（或零间隙）。因此，此处突出的是共性，即指某一批孔和某一批轴的关系。对于过盈配合和过渡配合也存在着类似的共性问题。

（2）如何判断配合类型？一种是根据孔和轴的公差带图之间的位置关系来判断配合的种类，另一种是根据图样上或技术文件中标注的孔和轴的极限偏差来判定孔和轴的配合性质。判断条件是：当 $EI \geq es$ 时，为间隙配合；当 $ES \leq ei$ 时，为过盈配合；当以上两条件均不成立时，为过渡配合。用极限偏差表示的配合性质的条件可由配合中孔、轴公差带的相互位置推导出来。

（3）对零间隙和零过盈的理解：一是采用极限间隙或极限过盈来表达某种配合的特性时，当孔的某个极限尺寸减轴的某个极限尺寸的代数差为零时，此零值是零间隙还是零过盈（因为在间隙配合的定义中强调了包括最小间隙等于零的配合；在过盈配合的定义中强调了包括最小过盈等于零的配合），此时要看这批孔与轴的配合是属于间隙配合还是过盈配合。二是对某一个具体的孔与某一个具体的轴，其尺寸的代数差为零时，此零值是表示间隙为零还是表示过盈为零，则要看这一具体孔和轴所处的一批孔和轴的配合性质。在间隙配合中，当一个孔的实际尺寸等于其最小极限尺寸，一个轴的实际尺寸等于其最大极限尺寸，且两实际尺寸的代数差为零时，则此零值表示此孔与此轴配合的间隙为零，即零间隙。

6. 配合公差 [Variation Fit]

允许间隙或过盈的变动量称为配合公差，它表明配合松紧程度的变化范围。

配合公差用 T_f 表示，是一个没有符号的绝对值。

$$\text{对间隙配合} \quad T_f = T_h + T_s = X_{\max} - X_{\min} \quad (2-16)$$

$$\text{对过盈配合} \quad T_f = T_h + T_s = Y_{\min} - Y_{\max} \quad (2-17)$$

$$\text{对过渡配合} \quad T_f = T_h + T_s = |X_{\max} - Y_{\max}| \quad (2-18)$$

配合公差要注意以下几点：

（1）配合公差是对配合松紧变动程度给定的允许值，是一个绝对值，不能为零。

（2）配合公差的大小反映配合精度的高低。配合公差大，则配合精度低，相应的孔、轴公差要求大；配合公差小，则配合精度高，相应的孔、轴公差要求小。配合种类反映配合性质。

（3）配合件的配合精度与各配合件的加工精度有关，提高配合精度的措施是提高孔和轴的加工精度。

7. 配合公差带图

配合公差带：组成配合的孔、轴公差带之和，是允许间隙或过盈的变动量。

（1）零线：间隙和过盈的分界线。

（2）配合公差带图：代表极限间隙和极限过盈两条直线所限定的区域。

（3）大小和位置：配合公差带的大小取决于配合公差的大小，位置取决于极限间

隙和极限过盈的大小。大小表示配合精度，位置表示配合松紧。

例 2 计算 $\phi 25_{-0.033}^{+0.021}$ 孔与 $\phi 25_{-0.020}^{+0.033}$ 轴配合的极限间隙、平均间隙及配合公差，并画出公差带图。

解： 极限间隙

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

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

$$\text{平均间隙 } X_{\text{av}} = (X_{\max} + X_{\min})/2 = (0.054 + 0.020) \text{ mm}/2 = +0.037 \text{ mm}$$

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

公差带图如图 2-8 (a) 所示。

例 3 计算 $\phi 25_{-0.028}^{+0.021}$ 孔与 $\phi 25_{+0.002}^{+0.041}$ 轴配合的极限过盈、平均过盈及配合公差，并画出公差带图。

解： 极限过盈

$$Y_{\min} = ES - ei = 0.021 \text{ mm} - 0.028 \text{ mm} = -0.007 \text{ mm}$$

$$Y_{\max} = EI - es = 0 \text{ mm} - 0.041 \text{ mm} = -0.041 \text{ mm}$$

$$\text{平均过盈 } Y_{\text{av}} = (Y_{\max} + Y_{\min})/2 = (-0.041 - 0.007) \text{ mm}/2 = -0.024 \text{ mm}$$

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

公差带图如图 2-8 (b) 所示。

例 4 计算 $\phi 25_{-0.002}^{+0.021}$ 孔与 $\phi 25_{+0.002}^{+0.015}$ 轴配合的极限间隙、平均间隙或平均过盈及配合公差，并画出公差带图。

$$\text{最大间隙 } X_{\max} = ES - ei = 0.021 \text{ mm} - 0.002 \text{ mm} = +0.019 \text{ mm}$$

$$\text{最大过盈 } Y_{\max} = EI - es = 0 \text{ mm} - (+0.015) \text{ mm} = -0.015 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{平均间隙 } X_{\text{av}} \text{ 或平均过盈 } Y_{\text{av}} &= (X_{\max} + Y_{\max})/2 = (0.019 - 0.015) \text{ mm}/2 \\ &= +0.002 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

公差带图如图 2-8 (c) 所示。

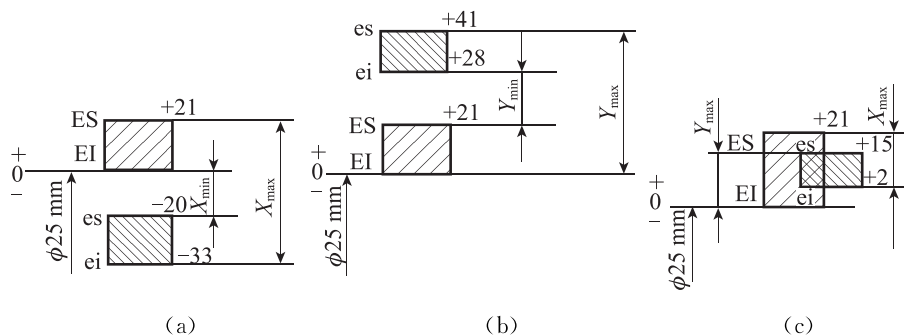


图 2-8 公差带图 (偏差单位: μm)

2.2 极限与配合国家标准的构成

标准公差系列是由国家标准规定的一系列标准公差数值，它取决于孔或轴的公差

等级和公称尺寸这两个因素。

2.2.1 标准公差系列

1. 标准公差等级

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是不同的。标准公差是由国家标准规定的，用于确定公差带大小的任一公差。公差等级确定尺寸的精确程度，GB/T 1800.1—2009 把公差等级分为 20 个等级，分别用 IT01、IT0、IT1~IT18 表示，称为标准公差，用 IT（International Tolerance）表示。

2. 标准公差因子

标准公差因子 i （单位： μm ）是制定标准公差数值表的基础，在尺寸 $\leq 500\text{ mm}$ 时，
$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D \tag{2-19}$$

式中： D 为公称尺寸段的几何平均值，mm。

3. 标准公差的计算及规律

GB/T 1800.1—2009 中对各个公差等级的标准公差，在公称尺寸 $\leq 500\text{ mm}$ 时的计算公式为：

$$IT = ai \tag{2-20}$$

式中： a 为公差等级系数，其数值见表 2-1。

表 2-1 IT5~IT18 的公差等级系数

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

标准公差 IT01~IT4 级的公差值，因主要考虑测量误差等影响，故采用其他公式计算，本处不再赘述。

4. 公称尺寸分段

首先，根据标准公差公式计算，每个公称尺寸都对应一个公差值，而在实际生产中，公称尺寸数值很多，这就要求与其对应的标准公差数值有很多，这将使定值尺寸工具数量增加，生产成本提高，使用也不方便。其次，公差等级相同而公称尺寸相近的公差数值计算结果相差很小。因此，为减少标准公差数量，国家标准将公称尺寸分成若干段，以简化表格，如表 2-2 所示。在同一尺寸段内，按首尾两个尺寸（ D_1 和 D_2 ）的几何平均值作为 D 值（ $D = \sqrt{D_1 \times D_2}$ ）代入式（2-19）和（2-20）来计算公差值。

例 5 已知某孔零件公称尺寸为 $\phi 30\text{ mm}$ ，求其 IT6。

解： $\phi 30\text{ mm}$ 属于 18~30 mm 尺寸分段。

计算直径： $D = \sqrt{D_1 \times D_2} = \sqrt{18 \times 30} \approx 23.24(\text{mm})$

标准公差因子： $i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D = 0.45 \times \sqrt[3]{23.24} + 0.001 \times 23.24 \approx 1.31 (\mu\text{m})$

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

表 2-2 标准公差数值

公称尺寸/mm		标准公差等级																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	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	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7

表 2-2 中的标准公差值就是经过计算，并按规则圆整后得出的。

2.2.2 基本偏差系列

基本偏差是用来确定公差带相对于零线位置的上极限偏差或下极限偏差，一般指最靠近零线的那个偏差。因此，当公差带位于零线上方时，其基本偏差为下极限偏差；当公差带位于零线下方时，其基本偏差为上极限偏差。基本偏差是国家标准中使公差带位置标准化的唯一指标。

1. 基本偏差的种类、代号及其规律

基本偏差的数量将决定配合种类的数量。为了满足各种不同松紧程度的配合需要，国家标准对孔和轴分别规定了 28 种基本偏差。基本偏差的代号都以一个或两个英文字母表示，大写表示孔，小写表示轴，在 26 个字母中，除去容易与其他含义相混淆的 I (i)、L (l)、O (o)、Q (q)、W (w) 外，采用了 21 个单字母和 7 个双写字母 CD (cd)、EF (ef)、FG (fg)、JS (js)、ZA (za)、ZB (zb)、ZC (zc)，这 28 种基本偏差构成了基本偏差系列，如图 2-9 所示。

基本偏差系列图中，仅绘制出了公差带一端的界线，而公差带另一端的界线未绘制出，它取决于公差带的标准公差等级和这个基本偏差的组合。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。

对所有公差带，当位于零线上方时，基本偏差为下偏差 EI（对孔）或 ei（对轴）；当位于零线下方时，基本偏差为上偏差 ES（对孔）或 es（对轴）。

除 J、j 与某些高的公差等级形成的公差带以外，基本偏差都是指靠近零线的，或绝对值较小的那个极限偏差。JS、js 形成的公差带在各个公差等级中，完全对称于零

线，故上偏差或下偏差均可以为基本偏差。

孔的基本偏差从 A 到 H 为下偏差 EI，从 J 到 ZC 为上偏差 ES。轴的基本偏差从 a 到 h 为上偏差 es，从 j 到 zc 为下偏差 ei。

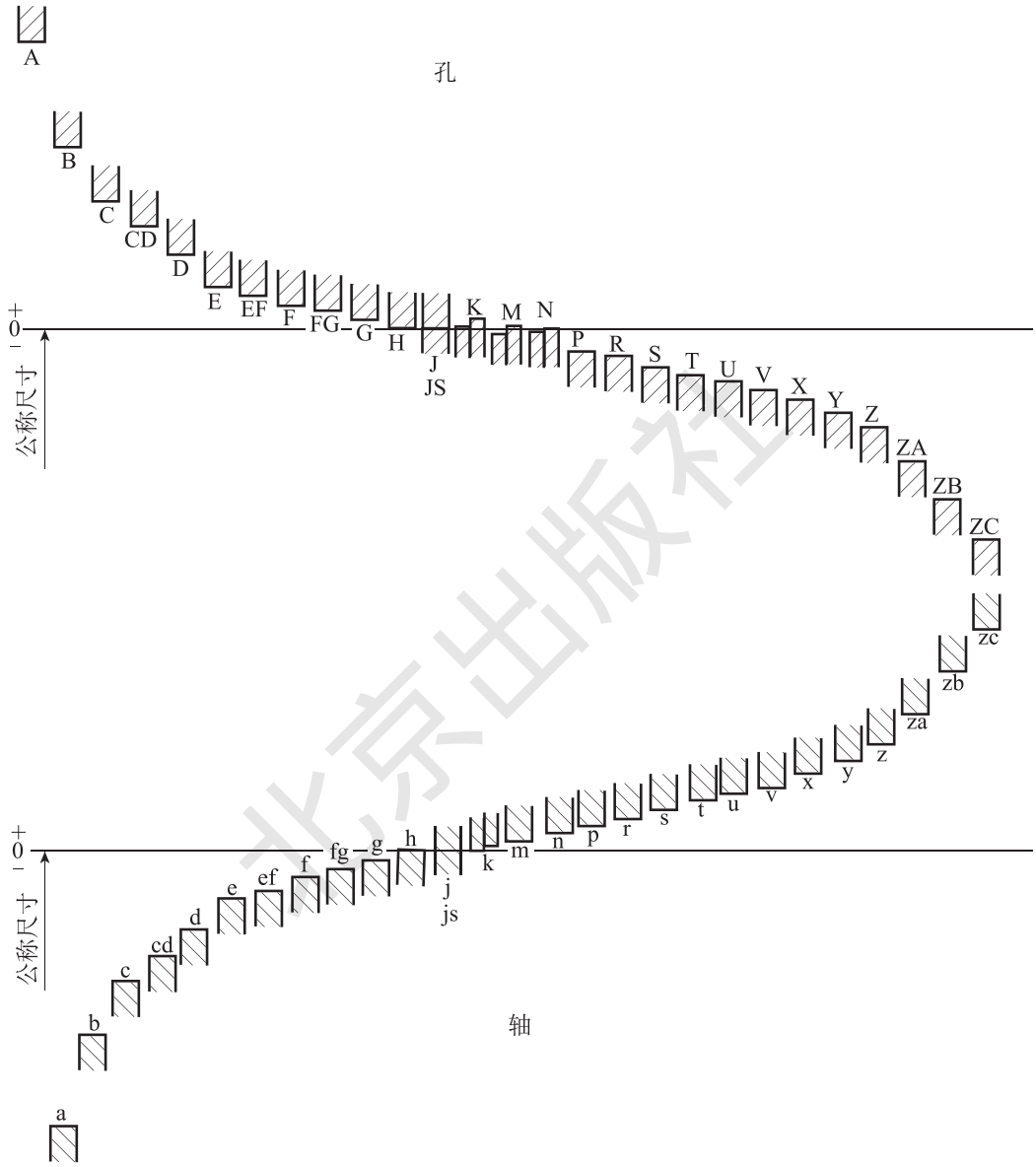


图 2-9 基本偏差系列

2. 轴的基本偏差的确定

轴的基本偏差数值是以基孔制配合为基础，根据各种配合性质经过理论计算、实验和统计分析得到，见表 2-3。

当轴的基本偏差确定后，轴的另一个极限偏差可根据下式计算：

$$es=ei+T_s \text{ 或 } ei=es-T_s$$

表 2-3 轴的基本偏差数值

[illegible]

续表

公称尺寸/mm		基本偏差/ μm													
		下极限偏差 ei													
		所有标准公差等级													
大于	至	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	6	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80
6	10	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97
10	14	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130
14	18								+39	+45		+60	+77	+108	+150
18	24	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
24	30								+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
30	40	+9	+17	+26	+34	+43		+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
40	50								+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
50	65	+11	+20	+32	+41	+53		+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
65	80								+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
80	100	+13	+23	+37	+51	+71		+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
100	120								+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
120	140	+15	+27	+43	+63	+92		+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
140	160								+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
160	180								+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1 000
180	200								+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1 150
200	225	+17	+31	+50	+80	+130		+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1 250
225	250								+340	+425	+520	+640	+820	+1 050	+1 350
250	280								+385	+475	+580	+710	+920	+1 200	+1 550
280	315	+20	+34	+56	+94	+170		+350	+425	+525	+650	+790	+1 000	+1 300	+1 700
315	355								+475	+590	+730	+900	+1 150	+1 500	+1 900
355	400								+530	+660	+820	+1 000	+1 300	+1 650	+2 100
400	450	+23	+40	+68	+126	+232		+490	+595	+740	+920	+1 100	+1 450	+1 850	+2 400
450	500								+660	+820	+1 000	+1 250	+1 600	+2 100	+2 600

注: 1. 基本尺寸小于或等于 1mm 时, 基本偏差 a 和 b 均不采用;

2. 公差带 js7~js11, 若 IT_n 数值是奇数, 则取偏差 = $\pm \frac{IT_n - 1}{2}$ 。

3. 孔的基本偏差的确定

孔的基本偏差是由轴的基本偏差换算得到的, 见表 2-4。一般同一字母孔的基本偏差与轴的基本偏差相对于零线是完全对称的, 如图 2-9 所示。所以, 同一字母的孔与轴的基本偏差对应, 孔和轴的基本偏差的绝对值相等, 而符号相反, 即

$$EI = -es \text{ 或 } ES = -ei$$

上述规则是一般规则, 特殊规则如下:

基本尺寸为 3~500 mm, 标准公差等级 $\leq IT8$ 的 K~N 和标准公差等级 $\leq IT7$ 的 P~ZC, 孔和轴的基本偏差的符号相反, 而绝对值相差一个 Δ 值, 即

$$\begin{cases} ES = ES(\text{计算值}) + \Delta \\ \Delta = IT_n - IT(n-1) = T_h - T_s \end{cases} \quad (2-21)$$

当孔的基本偏差确定后, 孔的另一个极限偏差可以根据下式计算:

$$ES = EI + T_h, EI = ES - T_h$$

例 6 使用查表的方法确定 $\phi 20H7/p6$ 和 $\phi 20P7/h6$ 孔和轴的极限偏差。

解: (1) 查表确定孔和轴的标准公差

查表 2-2 得: $IT7 = 21 \mu\text{m}$, $IT6 = 13 \mu\text{m}$ 。

(2) 查表确定孔和轴的基本偏差

孔: 查表 2-4, H 的基本偏差 $EI = 0 \mu\text{m}$, P 的基本偏差 $ES = -22 \mu\text{m} + \Delta = (-22 + 8) \mu\text{m} = -14 \mu\text{m}$ 。

轴: 查表 2-3, h 的基本偏差 $es = 0 \mu\text{m}$, p 的基本偏差 $ei = +22 \mu\text{m}$ 。

(3) 计算孔和轴的另一个极限偏差

孔: H7 的另一个极限偏差 $ES = EI + IT7 = (0 + 21) \mu\text{m} = +21 \mu\text{m}$,

P7 的另一个极限偏差 $EI = ES - IT7 = (-14 - 21) \mu\text{m} = -35 \mu\text{m}$ 。

轴: h6 的另一个极限偏差 $ei = es - IT6 = (0 - 13) \mu\text{m} = -13 \mu\text{m}$,

p6 的另一个极限偏差 $es = ei + IT6 = (22 + 13) \mu\text{m} = +35 \mu\text{m}$ 。

2.2.3 极限与配合在图样上的标注

在零件图上, 一般有三种标注方法:

1. 只标数值: 这种标注方法较简单, 数值明确, 便于在生产中进行加工和检验, 是零件图上最常用的一种标注方法, 如 $\phi 25_{-0.021}^{+0.021}$ 。但这种标注不容易判别配合性质及公差等级, 所以在成批生产中, 选用标准刀具和量具比较困难。

2. 只标公差代号: 这种标注方法也很简单, 便于判别配合性质及精度要求, 如 $\phi 25H7$, 但不便于在生产中加工和检验, 一般零件图上很少应用。

3. 数值代号都标: 标注较复杂, 如 $\phi 25H7(^{+0.021}_{-0})$ 。

孔、轴配合在零件图和装配图上的标注如图 2-10 和图 2-11 所示。

表 2-4 孔的基本偏差数值

公称尺寸/mm		基本偏差/μm																			
		下极限偏差 EI											上极限偏差 ES								
		所有标准公差等级																			
		A	B	C	CD	D	E	DF	F	FG	G	H									JS
大于	至	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	N	>IT8
—	3	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	+5	+6	+10	-1+Δ		-4+Δ	-4	-8+Δ	0
3	6	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	+5	+8	+12	-1+Δ		-6+Δ	-6	-10+Δ	0
6	10	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0	+6	+10	+15	-1+Δ		-7+Δ	-7	-12+Δ	0
10	14																				
14	18																				
18	24	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0	+8	+12	+20	-2+Δ		-8+Δ	-8	-15+Δ	0
24	30								+25		+9	0	+10	+14	+24	-2+Δ		-9+Δ	-9	-17+Δ	0
30	40	+310	+170	+120		+80	+50		+30		+10	0	+13	+18	+28	-2+Δ		-11+Δ	-11	-20+Δ	0
40	50	+320	+180	+130		+100	+60		+36		+12	0	+16	+22	+34	-3+Δ		-13+Δ	-13	-23+Δ	0
50	65	+340	+190	+140		+120	+72		+43		+14	0	+18	+26	+41	-3+Δ		-15+Δ	-15	-27+Δ	0
65	80	+360	+200	+150		+145	+85														
80	100	+380	+220	+170																	
100	120	+410	+240	+180																	
120	140	+460	+260	+200																	
140	160	+520	+280	+210																	
160	180	+580	+310	+230																	
180	200	+660	+340	+240																	
200	225	+740	+380	+260		+170	+100		+50		+15	0	+22	+30	+47	-4+Δ		-17+Δ	-17	-31+Δ	0
225	250	+820	+420	+280																	
250	280	+920	+480	+300		+190	+110		+56		+17	0	+25	+36	+55	-4+Δ		-20+Δ	-20	-34+Δ	0
280	315	+1 050	+540	+330		+210	+125		+62		+18	0	+29	+39	+60	-4+Δ		-21+Δ	-21	-37+Δ	0
315	355	+1 200	+600	+360					+68		+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ		-23+Δ	-23	-40+Δ	0
355	400	+1 350	+680	+400																	
400	450	+1 500	+760	+440		+230	+135														
450	500	+1 650	+840	+480																	

续表

公称尺寸/mm		基本偏差/ μm											Δ 值							
		上极限偏差 ES																		
		所有标准公差等级											标准公差等级							
大于	至	$\leq\text{IT7}$	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZH	ZC	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8
—	3		—6	—10	—14		—18		—20		—26	—32	—40	—60	0	0	0	0	0	0
3	6		—12	—15	—19		—23		—28		—35	—42	—50	—80	1	1.5	1	3	4	6
6	10		—15	—19	—23		—28		—34		—42	—52	—67	—97	1	1.5	2	3	6	7
10	14		—18	—23	—28		—33		—40		—50	—64	—90	—130	1	2	3	3	7	9
14	18						—39	—45			—60	—77	—108	—150						
18	24		—22	—28	—35		—41	—47	—54	—63	—73	—98	—136	—188	1.5	2	3	4	8	12
24	30			—28	—35	—41	—48	—55	—64	—75	—88	—118	—160	—218						
30	40		—26	—34	—53	—48	—60	—68	—80	—94	—112	—148	—200	—274	1.5	3	4	5	9	14
40	50	在大于 IT7 的相应数		—34	—43	—54	—70	—81	—97	—114	—136	—180	—242	—325						
50	65			—41	—43	—66	—87	—102	—122	—144	—172	—226	—300	—405	2	3	5	6	11	16
65	80			—43	—59	—75	—102	—120	—146	—174	—210	—274	—360	—480						
80	100			—51	—71	—91	—124	—146	—178	—214	—258	—335	—445	—585	2	4	5	7	13	19
100	120			—54	—79	—104	—144	—172	—210	—254	—310	—400	—525	—690						
120	140	字上增加一个 Δ 值		—63	—92	—122	—170	—202	—248	—300	—365	—470	—620	—800						
140	160			—65	—100	—134	—190	—228	—280	—340	—415	—535	—700	—900	3	4	6	7	15	23
160	180			—68	—108	—146	—210	—252	—310	—380	—465	—600	—780	—1 000						
180	200			—77	—122	—166	—236	—284	—350	—425	—520	—670	—880	—1 150						
200	225		—50	—80	—130	—180	—258	—310	—385	—470	—575	—740	—960	—1 250	3	4	6	9	17	26
225	250			—84	—140	—196	—284	—340	—425	—520	—640	—820	—1 050	—1 350						
250	280			—94	—158	—218	—315	—385	—475	—580	—710	—920	—1 200	—1 550	4	4	7	9	20	29
280	315			—98	—170	—240	—350	—425	—525	—650	—790	—1 000	—1 300	—1 700						
315	355			—108	—190	—268	—390	—475	—590	—730	—900	—1 150	—1 500	—1 900	4	5	7	11	21	32
355	400		—62	—114	—208	—294	—435	—530	—660	—820	—1 000	—1 300	—1 650	—2 100						
400	450			—126	—232	—330	—490	—595	—740	—920	—1 100	—1 450	—1 850	—2 400	5	5	7	13	23	34
450	500			—132	—252	—360	—540	—660	—820	—1 000	—1 250	—1 600	—2 100	—2 600						

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

2. 公差带 JS7~JS11,若 IT_n 数值是奇数,则取偏差 = $\pm \frac{\text{IT}_n - 1}{2}$;

3. 对于小于或等于 IT8 的 K、M、N 和小于等于 IT7 的 P 至 ZC,所需 Δ 值从表内右侧选取,例如,18~30 mm 段的 K7: $\Delta = 8 \mu\text{m}$,所以 ES = $(-2 + 8) \mu\text{m} = +6 \mu\text{m}$; 18~30 mm 段的 S6: $\Delta = 4 \mu\text{m}$,所以 ES = $(-35 + 4) \mu\text{m} = -31 \mu\text{m}$;

4. 特殊情况:250~315 mm 段的 M6,ES = $-9 \mu\text{m}$ (代替 -11 μm)。

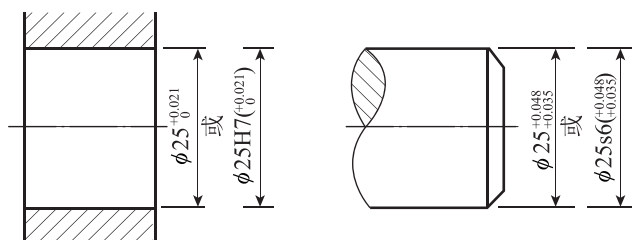


图 2-10 孔、轴公差在零件图上的标注

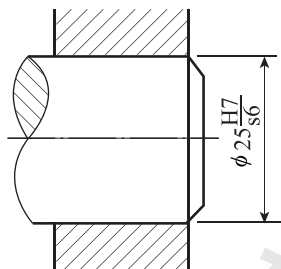


图 2-11 装配图上的标注

2.2.4 孔、轴公差带与配合的选择

配合制是以两个相配合的零件中的一个零件为基准件，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基准制——基孔制和基轴制。

配合的性质有三种，即间隙配合、过盈配合和过渡配合，三种配合性质的实现，主要在于正确地安排孔和轴的公差带位置。方法一基孔制，固定孔的公差带位置靠改变轴的公差带位置来获得三种配合；方法二基轴制，固定轴的公差带位置靠改变孔的公差带位置来获得三种配合；方法三，既改变孔的公差带位置又改变轴的公差带位置来获得三种配合。

1. 基孔制

基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。基孔制配合中的孔为基准孔，是配合的基准件。如图 2-12 (a) 所示。

标准规定：基准孔的基本偏差为下偏差 EI，数值为零，即 $EI=0$ ；上偏差为正值，其公差带偏置在零线上侧。基准孔的代号为 H。

2. 基轴制

基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。基轴制配合中的轴为基准轴，是配合的基准件。如图 2-12 (b) 所示。

标准规定：基准轴的基本偏差为上偏差 es，数值为零，即 $es=0$ ；下偏差为负值，其公差带偏置在零线下侧。基准轴的代号为 h。

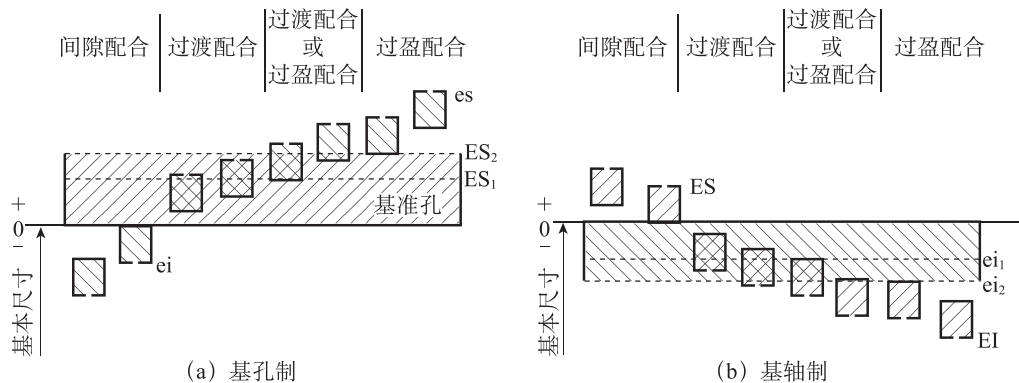


图 2-12 基准制

3. 一般、常用和优先的公差带与配合

国家标准规定的 20 个公差等级的标准公差和 28 个基本偏差可组合成 543 个孔公差带和 544 个轴公差带。这么多公差带可相互组成近 30 万种配合。实际上，并不需要这么多种配合。因此为了简化和统一，以利于互换，并尽可能减少定值刀具、量具的品种和规格，GB/T 1801—2009 对尺寸至 500 mm 的孔、轴规定了一般、常用和优先公差带，如图 2-13 和图 2-14 所示。

图 2-13 中，列出了 105 种孔的一般公差带，方框内为 44 种常用公差带，圆圈内为 13 种优先公差带。

图 2-14 中，列出了 116 种轴的一般公差带，方框内为 59 种常用公差带，圆圈内为 13 种优先公差带。

表 2-5 中，列出了基孔制常用配合 59 种，优先配合 13 种。

表 2-6 中，列出了基轴制常用配合 47 种，优先配合 13 种。

选用公差带或配合时，应按优先、常用、一般公差带的顺序选取。

对于某些特殊需要，若一般公差带中没有满足要求的公差带，则国家标准允许采用两种基准制以外的非基准制，如 M8/n7 等。

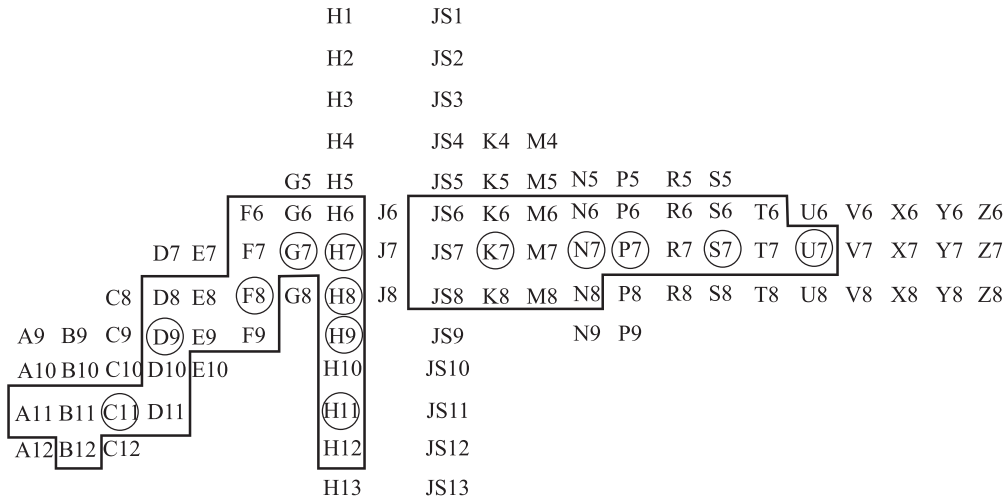


图 2-13 一般、常用和优先孔公差带

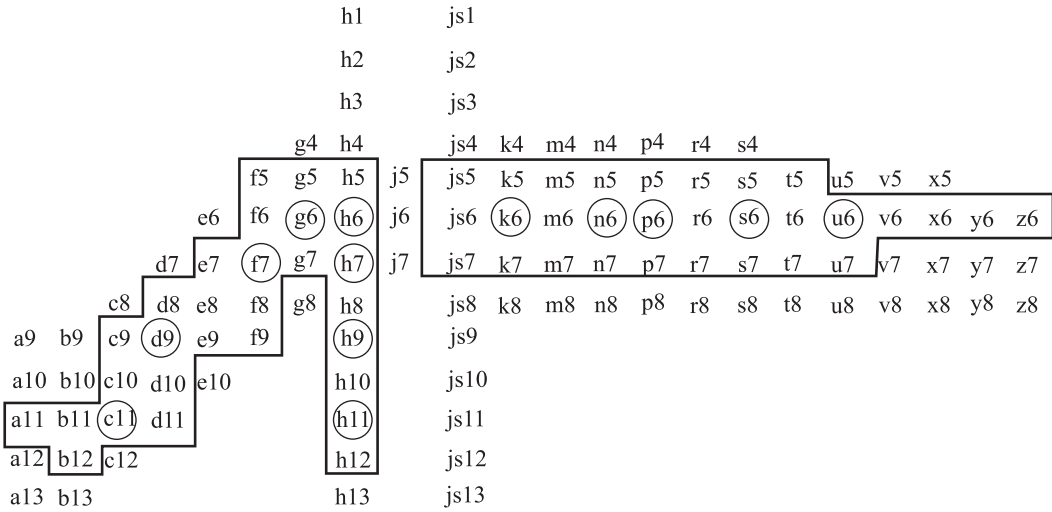


图 2-14 一般、常用和优先轴公差带

表 2-5 基孔制优先、常用配合

基准孔	轴																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
H6						$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H6}{t5}$					
H7						$\frac{H7}{f6}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u6}$	$\frac{H7}{v6}$	$\frac{H7}{x6}$	$\frac{H7}{y6}$	$\frac{H7}{z6}$
H8					$\frac{H8}{e7}$	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{g7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H8}{p7}$	$\frac{H8}{r7}$	$\frac{H8}{s7}$	$\frac{H8}{t7}$	$\frac{H8}{u7}$				
				$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h8}$													
H9			$\frac{H9}{c9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h9}$													
H10			$\frac{H10}{c10}$	$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$													
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$													
H12		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：1. $\frac{H6}{n5}$ 、 $\frac{H7}{p6}$ 在基本尺寸小于或等于 3 mm 和 $\frac{H8}{r7}$ 在小于或等于 100 mm 时，为过渡配合；
2. 用黑三角标注的配合为优先配合。

表 2-6 基轴制优先、常用配合

基准轴	孔																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
h5						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{JS6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$	$\frac{R6}{h5}$	$\frac{S6}{h5}$	$\frac{T6}{h5}$					
h6						$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{JS7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	$\frac{U7}{h6}$				

续表

基准轴	孔																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z
	间隙配合								过渡配合				过盈配合								
h7					$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{JS8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$									
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$													
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H9}{h9}$													
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$													
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$													
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$													

注：用黑三角标注的配合为优先配合。

2.2.5 一般公差、线性尺寸的未注公差

1. 线性尺寸的一般公差的概念

线性尺寸的一般公差是指在车间普通加工工艺条件下，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。

应用一般公差时可简化图样，使图样清晰易读。一般公差无须在图样上进行标注，这样突出了图样上的注出公差的尺寸，从而使人们在对这些注出尺寸进行加工和检验时给予应有的重视。

2. 国家标准的有关规定

《一般公差 未注公差的线性 and 角度尺寸的公差》(GB/T 1804—2000)对线性尺寸的一般公差规定了四个公差等级，从高到低依次为：f（精密级）、m（中等级）、c（粗糙级）、v（最粗级），同时对尺寸也采用了大的分段。线性尺寸未注公差极限偏差数值见表 2-7。这四个公差等级相当于 IT12、IT14、IT16 和 IT17 级。

表 2-7 线性尺寸未注公差极限偏差数值 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	>2 000~3 000
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	±0.1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

2.3 极限与配合标准的选择及应用举例

尺寸公差与配合的选择及应用是机械设计与制造中的一个重要环节，其选择是否恰当，对机械的使用性能、质量、互换性及制造成本都有很大的影响，因此必须给予足够的重视。

尺寸公差与配合选择的原则：应使机械产品的性能优良、制造经济，即使其使用价值与制造成本的综合经济效果良好。

极限与配合标准的应用主要包括三个内容，即基准制的选择、公差等级的选择和配合的选择。

2.3.1 基准制的选择

基准制是规定配合系列的基础。基准制的选择主要是从经济方面考虑，同时兼顾功能、结构、工艺条件和其他方面的要求。设计人员可以通过国家标准规定的基孔制或基轴制来实现配合。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值刀具，而加工轴则用一把车刀或砂轮就可以加工不同的尺寸。因此，采用基孔制可以减少备用定值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的孔，虽然一般不采用定值刀具、量具加工与检验，但从工艺上来讲，采用基孔制或基轴制都一样，为了统一，也优先选用基孔制。

但有些情况特殊，需要特殊考虑。

1. 采用冷拔棒料直接作为轴时，选用基轴制。由于棒材本身的精度（可达 IT8）已能满足设计要求，其本身不需要再进行切削加工，可直接与其他零件相配合，在农业、建筑业、纺织机械等行业中应用较为广泛。

2. 与标准件配合时，基准制的选取则根据标准件而定。如滚动轴承外圈与箱体上的基座孔配合时，必须采用基轴制，而轴承内圈与轴配合时，必须采用基孔制。

3. 在同一基本尺寸的轴上不同部位装配几个不同配合要求的孔件时，应采用基轴制。

例如，如图 2-15（a）所示为发动机活塞销（轴）与连杆衬套（孔）、活塞销孔之间的配合。活塞销与连杆衬套孔间应能相对转动，所以采用间隙配合（G6/h5）；活塞销的两端与活塞销孔间不要求有相对运动，但为了便于装拆又不宜太紧，因此采用过渡配合（M6/h5）。图中，同一基本尺寸的轴需在不同部位与三个孔形成不同松紧的配合，如选用基孔制，则活塞销必须做成两头粗（m5）、中间细（h5）的阶梯形轴，如图 2-15（b）所示。这种形状的活塞销加工不方便，而且装配时容易将连杆衬套挤坏。从强度方面考虑，受力最大的截面，轴径反而细，也不符合设计要求。所以这种情况下采用基轴制较为合理，如图 2-15（c）所示。活塞销可制成光轴，这样加工方便，也解决了装配上的问题。

4. 为满足装配需要，必要时可采用任何适当的孔和轴公差带组成非标准的配合。

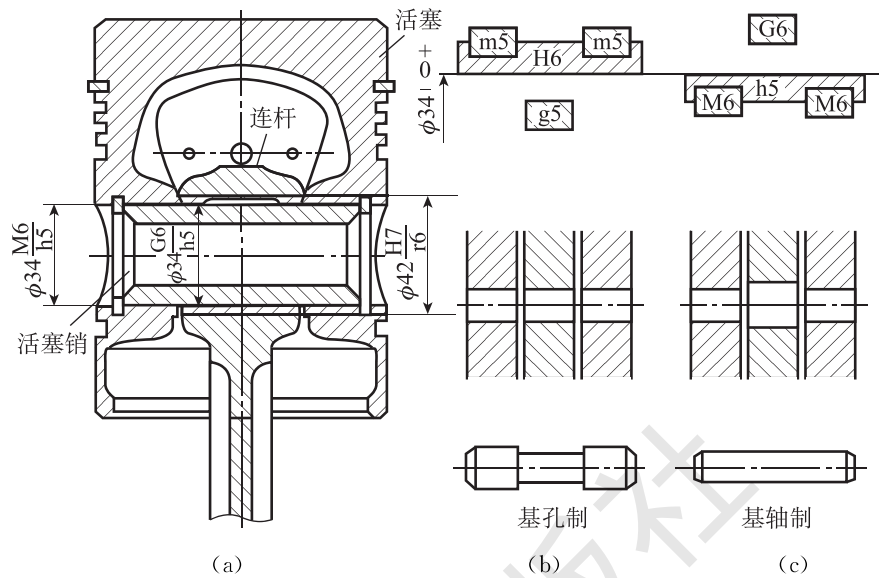


图 2-15 基轴制配合选择示例

2.3.2 公差等级的选择

选择公差等级的原则是，在满足使用要求的前提下，尽可能选择较大的公差等级。为了保证配合精度，对配合尺寸选取适当的公差等级是极为重要的。因为在很多情况下，它将决定配合零件的工作性能、使用寿命及可靠性，同时又决定零件的制造成本和生产效率。公差等级与生产成本的关系如图 2-16 所示。在低精度区，精度提高成本增加不多，而在高精度区，精度略为提高成本将急剧增加。因此，选用高精度时应特别慎重。

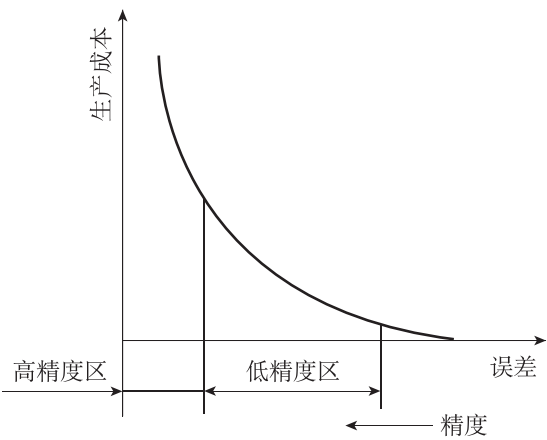


图 2-16 公差等级与生产成本的关系

表 2-9 公差等级的应用

应用 \ 公差等级	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																				
特别精密零件																				
非配合尺寸																				
原材料																				

表 2-10 常用配合尺寸公差等级 5~12 级的应用

公差等级	应用
5	主要用在配合公差、形状公差要求甚小的地方，它的配合性质稳定，一般在机床、发动机、仪表等重要部位应用。如与 5 级滚动轴承配合的箱体孔；与 6 级滚动轴承配合的机床主轴、机床尾座与套筒、精密机械及高速机械中的轴径、精密丝杠轴径等
6	配合性质能达到较高的均匀性，如与 6 级滚动轴承相配合的孔、轴径；与齿轮、涡轮、联轴器、带轮、凸轮等连接的轴径、机床丝杠轴径；摇臂钻立柱；机床夹具中导向件外径尺寸；6 级精度齿轮的基准孔，7、8 级精度齿轮的基准轴
7	7 级精度比 6 级稍低，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。如联轴器、带轮、凸轮等的孔径；机床夹盘座孔；夹具中固定钻套，可换钻套；7、8 级齿轮基准孔，9、10 级齿轮基准轴
8	在机器制造中属于中等精度。如轴承座衬套、可换钻套；7、8 级齿轮基准孔，9、10 级齿轮基准轴
9、10	主要用于机械制造中轴套外径与孔、操纵件与轴、空轴带轮与轴、单键与花键
11、12	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。如机床上法兰与止口、滑块与滑移齿轮、加工中工序间的尺寸、冲压加工的配合件、机床制造中的扳手孔与扳手座的连接

2.3.3 配合的选择

1. 配合类别的选择

对孔、轴配合的使用要求，一般有三种情况：装配后有相对运动要求的，应选用间隙配合；装配后需要靠过盈传递载荷的，应选用过盈配合；装配后有定位精度要求或需要拆卸的，应选用过渡配合或小间隙、小过盈的配合。

确定配合类别后，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。如仍不能满足要求，可以按孔、轴公差带组成相应的配合。

2. 非基准件基本偏差代号的选择

选择方法有：计算法、试验法和类比法。

(1) 计算法。根据零件的材料、结构和功能要求，按照一定的理论公式的计算结

果选择配合。用算法选择配合时，关键是确定所需的极限间隙或极限过盈量。按算法选择比较科学。

(2) 试验法。通过模拟试验和分析选择最佳配合。按试验法选择配合最为可靠，但成本较高，一般只用于特别重要的、关键性配合的选择。

(3) 类比法。参照同类型机器或机构中，经过实践验证的配合的实际情况，通过分析对比来确定配合的方法。该方法应用最广。用类比法选择配合时，不应简单地搬用。首先要掌握各种配合的特征和应用场合，应尽量采用国家标准规定的优先和常用配合。表 2-11 所示为尺寸至 500 mm 基孔制常用和优先配合的特征及应用。此外，还要考虑以下一些因素：工作时结合件间是否有相对运动、承受载荷情况、温度变化、润滑条件、装配变形、装拆情况、生产类型以及材料的物理、化学、力学性能等。根据具体条件不同，结合件配合的间隙量或过盈量必须相应地改变，表 2-12 可供参考。

3. 各类配合的特性与应用

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。因此，各类配合的特性与应用，可根据基本偏差来反映。表 2-13 列出了基孔制轴的基本偏差的特性及其应用，供选用时参考。

表 2-11 尺寸至 500 mm 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	$\frac{H_{11}}{a_{11}} \frac{H_{11}}{b_{11}} \frac{H_{12}}{b_{12}}$	用于高温或工作时要求大间隙的配合
	很大间隙	$(\frac{H_{11}}{c_{11}}) \frac{H_{11}}{d_{11}}$	用于工作条件较差、受力变形或为了便于装配需要大间隙的配合或高温工作的配合
	较大间隙	$\frac{H_9}{c_9} \frac{H_{10}}{c_{10}} \frac{H_8}{d_8} (\frac{H_9}{d_9}) \frac{H_{10}}{d_{10}} \frac{H_8}{e_7} \frac{H_9}{e_9}$	用于高速重载的滑动轴承或大直径滑动轴承，也可用于大跨距或多支点支承的配合
	一般间隙	$\frac{H_6}{f_5} \frac{H_7}{f_6} (\frac{H_8}{f_7}) \frac{H_8}{f_8} \frac{H_9}{f_9}$	用于一般转速的动配合。当温度影响不大时，广泛用于普通润滑油润滑的支承处
	较小间隙	$(\frac{H_7}{g_6}) \frac{H_8}{g_7}$	用于精密滑动零件或缓慢间歇回转的零件的配合部位
	很小间隙和零间隙	$\frac{H_6}{g_5} \frac{H_6}{h_5} (\frac{H_7}{h_6}) (\frac{H_8}{h_7}) \frac{H_8}{h_8}$ $(\frac{H_9}{h_9}) \frac{H_{10}}{h_{10}} (\frac{H_{11}}{h_{11}}) \frac{H_{12}}{h_{12}}$	用于不同精度要求的一般定位件的配合与缓慢移动和摆动零件的配合

续表

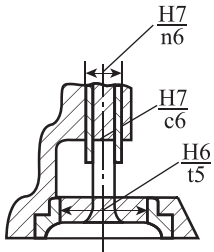
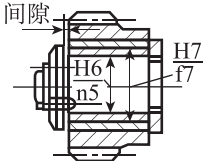
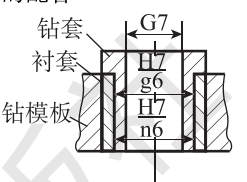
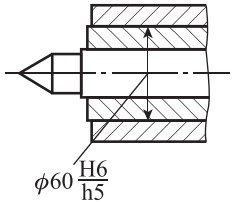
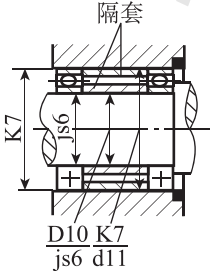
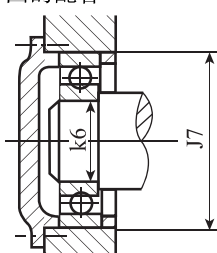
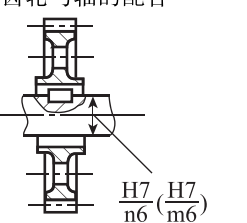
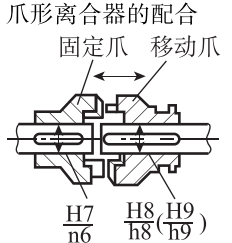
配合类别	配合特征	配合代号	应用
过渡配合	绝大部分有微小间隙	$\frac{H6}{js5} \frac{H7}{js6} \frac{H8}{js7}$	用于易于装拆的定位配合或加紧固件后可传递一定静载荷的配合
	大部分有微小间隙	$\frac{H6}{k5} \left(\frac{H7}{k6} \right) \frac{H8}{k7}$	用于稍有振动的定位配合。加紧固件可传递一定载荷，装拆方便，可用木槌敲入
	大部分有微小过盈	$\frac{H6}{m5} \frac{H7}{m6} \frac{H8}{m7}$	用于定位精度较高且能抗振的定位配合，加键可传递较大载荷，可用铜锤敲入或小压力压入
	绝大部分有微小过盈	$\left(\frac{H7}{n6} \right) \frac{H8}{n7}$	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
	绝大部分有较小过盈	$\frac{H8}{p7}$	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	$\frac{H6}{n5} \frac{H6}{p5} \left(\frac{H7}{p6} \right) \frac{H6}{r5} \frac{H7}{r6} \frac{H8}{r7}$	用于精确的定位配合。一般不能靠过盈传递力矩。要传递力矩尚需加紧固件
	中型	$\frac{H6}{s5} \left(\frac{H7}{s6} \right) \frac{H8}{s7} \frac{H6}{t5} \frac{H7}{t6} \frac{H8}{t7}$	不需要紧固件就可传递较小力矩或轴向力。加紧固件后可承受较大载荷或动载荷的配合
	重型	$\left(\frac{H7}{u6} \right) \frac{H8}{u7} \frac{H7}{v6}$	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	$\frac{H7}{x6} \frac{H7}{y6} \frac{H7}{z6}$	能传递和承受很大力矩与动载荷的配合，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。

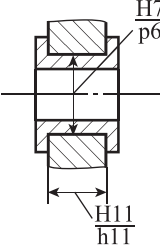
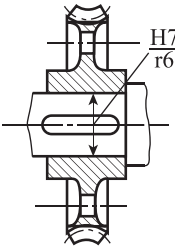
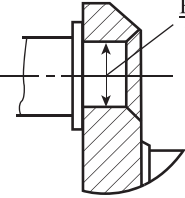
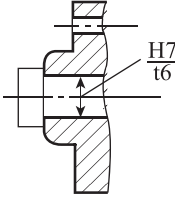
表 2-12 工作状况对间隙或过盈的影响

工作状况	间隙应增或减	过盈应增或减
材料许用应力小	—	减
经常拆卸	—	减
有冲击载荷	减	增
工作时孔的温度高于轴的温度（零件材料相同）	减	增
工作时轴的温度高于孔的温度（零件材料相同）	增	减
结合长度较大	增	减
配合表面几何误差大	增	减
零件装配时可能偏斜	增	减
选择速度较高	增	增
有轴向运动	增	—
润滑油的黏度较大	增	—
表面粗糙	减	增
装配精度较高	减	减
装配精度较低	增	增

表 2-13 基孔制轴的基本偏差的特性及其应用

间隙配合				
基本偏差	a, b, c	d, e, f	g	h
特性及应用说明	可以得到很大的间隙。适用于高温下工作的间隙配合及工作条件较差、受力变形大,或为了便于装配的缓慢、松弛的大间隙配合	可以得到较大的间隙。适用于松的间隙配合和一般的转动配合	可以得到的间隙很小,制造成本高,除很轻载荷的精密装置外,不推荐用于转动的配合	广泛用于无相对转动与作为一般定位配合的零件。若没有温度变形的影响也用于精密的滑动配合
应用举例	柴油机气门与导管的配合 	高精度齿轮衬套与轴承套的配合 间隙 	钻夹具中钻套和衬套的配合;钻头与钻套之间的配合 钻套 衬套 钻模板 	尾座套筒与尾座体之间的配合 
过渡配合				
基本偏差	js	k	m	n
特性及应用说明	偏差完全对称,平均间隙较小,且略有过盈的配合,一般用于易装卸的精密零件的定位配合	平均间隙接近零的配合。用于稍有过盈的定位配合	平均过盈较小的配合。组成的配合定位好,用于不允许游动的精密定位	平均过盈比 m 稍大,很少得到间隙。用于定位要求较高且不常拆卸的配合
应用举例	与滚动轴承内、外圈的配合 隔套 	与滚动轴承内、外圈的配合 	齿轮与轴的配合 	爪形离合器的配合 固定爪 移动爪 
过盈配合				
基本偏差	p	r	s	t, u, v, x, y, z
特性及应用说明	对钢、铁或铜钢组件装配时为标准压入配合,对非铁类零件为轻的压入配合	对铁类零件为中等打入配合,对非铁类零件为轻打入配合。必要时可以拆卸	用于钢和铁制零件的永久性和半永久性装配,可产生相当大的结合力。尺寸较大时,为了避免损坏配合表面,需用热胀法或冷缩法装配	过盈配合依次增大,一般不采用

续表

过盈配合				
基本偏差	p	r	s	t, u, v, x, y, z
应用举例	对开轴瓦与轴承座孔的配合 	蜗轮与轴的配合 	曲柄销与曲拐的配合 	联轴器与轴的配合 

例 7 已知孔、轴配合的基本尺寸 $D = \phi 70 \text{ mm}$ ，要求平均间隙 $X_{av} = +3.5 \mu\text{m}$ ，最大间隙 $X_{\max} = +28 \mu\text{m}$ ，试采用基孔制确定孔和轴的公差带代号和极限偏差以及配合公差和配合代号与标准公差。

解：（1）由 $Y'_{\max} = 2X_{av} - X_{\max} = -21 \mu\text{m}$
先假设孔、轴取同级，则有 $T'_h = T'_s = T_f/2 = (X_{\max} - Y_{\max})/2 = 24.5 \mu\text{m}$
查表有 $IT7=30 \mu\text{m}$ ， $IT6=19 \mu\text{m}$ ，则孔取 7 级 $T_h=30 \mu\text{m}$ ；轴取 6 级， $T_s=19 \mu\text{m}$
（2）选择基孔制，则孔为 H7， $EI=0 \mu\text{m}$ ， $ES=+30 \mu\text{m}$
（3）轴的基本偏差的确定

$$ei' = ES - X_{\max} = 30 - 28 = +2 (\mu\text{m})$$

查轴的基本偏差表得取 k 时， $ei=+2 \mu\text{m}$

则 $es = ei + T_s = +2 + 19 = +21 (\mu\text{m})$ ，轴的公差带代号为 k6

（4）验算

$$\begin{aligned} X_{\max} &= ES - ei = +28 \mu\text{m} = X'_{\max} \\ Y_{\max} &= EI - es = -21 \mu\text{m} = Y'_{\max} \end{aligned}$$

习 题

1. 判断下列说法是否正确，正确用“T”示出，错误用“F”示出，字母一律写在括号内。
- （1）公差是零件尺寸允许的最大偏差。 ()
 - （2）公差通常为正值，在个别情况下也可以为负值或零。 ()
 - （3）孔和轴的加工精度越高，则其配合精度也越高。 ()
 - （4）配合公差总是大于孔或轴的尺寸公差。 ()
 - （5）过渡配合可能有间隙，也可能有过盈。因此，过渡配合可以是间隙配合，也可以是过盈配合。 ()
 - （6）零件的实际尺寸就是零件的真实尺寸。 ()

- (7) 某一零件的实际尺寸正好等于其基本尺寸, 则这个尺寸必合格。 ()
- (8) 间隙配合中, 孔的公差带一定在零线以上, 轴的公差带一定在零线以下。 ()
- (9) 零件的最大实体尺寸一定大于其最小实体尺寸。 ()
- (10) 基本尺寸一定时, 公差值越大, 公差等级越高。 ()
- (11) 不论公差值是否相等, 只要公差等级相同, 尺寸的精确程度就相同。 ()
- (12) $\phi 75 \pm 0.060$ 的基本偏差是 $+0.060$ mm, 尺寸公差为 0.06 mm。 ()
- (13) 因 J_s 为完全对称偏差, 故其上、下偏差相等。 ()
- (14) 基准孔的上偏差大于零, 基准轴的下偏差的绝对值等于其尺寸公差。 ()
- (15) 因配合的孔和轴基本尺寸相等, 故其实际尺寸也相等。 ()
- (16) 由于零件的最大极限尺寸大于最小极限尺寸, 所以上偏差的绝对值大于下偏差的绝对值。 ()
- (17) 尺寸偏差可以为正值、负值或零。 ()
- (18) 尺寸误差是指一批零件上某尺寸的实际变动量。 ()
- (19) 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。 ()

2. 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何在? 在什么情况下采用基轴制配合?

3. 更正下列标注的错误:

- (1) $\phi 80 \begin{smallmatrix} -0.021 \\ -0.009 \end{smallmatrix}$; (2) $30 \begin{smallmatrix} -0.039 \\ 0 \end{smallmatrix}$; (3) $120 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ -0.021 \end{smallmatrix}$; (4) $\phi 60 \frac{f7}{H8}$; (5) $\phi 80 \frac{F8}{D6}$; (6) $\phi 50 \frac{8H}{7f}$;
(7) $\phi 50 H8^{0.039}_0$ 。

4. 下面三根轴哪根精度最高, 哪根精度最低?

- (1) $\phi 70 \begin{smallmatrix} +0.105 \\ +0.075 \end{smallmatrix}$; (2) $\phi 250 \begin{smallmatrix} -0.015 \\ -0.044 \end{smallmatrix}$; (3) $\phi 10 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.022 \end{smallmatrix}$ 。

5. 根据下表给出的数据求出空格中应有的数据, 并填入空格内。

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	

6. 查表计算下表各题, 并填入空格内。

项目配合代号	基准制	配合性质	公差代号		公差等级	公差/ μm	极限偏差		极限尺寸		间隙		过盈		X_{av} 或 Y_{av}	T_f
							上	下	最大	最小	最大	最小	最大	最小		
$\phi 30 \frac{P7}{h6}$	基轴制	过盈配合	孔													
$\phi 20 \frac{K7}{h6}$	基轴制	过渡配合	孔													
$\phi 25 \frac{H8}{f7}$	基孔制	间隙配合	孔													
			轴													

7. 查表确定下列各尺寸的公差带代号。

- (1) $\phi 18 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.011 \end{smallmatrix}$ (轴); (2) $\phi 120 \begin{smallmatrix} +0.087 \\ 0 \end{smallmatrix}$ (孔);

(3) $\phi 50 \begin{smallmatrix} -0.050 \\ -0.075 \end{smallmatrix}$ (轴); (4) $\phi 65 \begin{smallmatrix} +0.005 \\ -0.041 \end{smallmatrix}$ (孔)。

8. 有一孔、轴配合为过渡配合, 孔尺寸为 $\phi 80 \begin{smallmatrix} +0.046 \\ 0 \end{smallmatrix}$, 轴尺寸为 $\phi 80 \pm 0.015$, 求最大间隙和最大过盈, 画出配合的孔、轴公差带图。

9. 有一组相配合的孔和轴为 $\phi 80 \frac{N8}{h7}$, 做如下几种计算并填空。

- (1) 孔的基本偏差是_____ mm, 轴的基本偏差是_____ mm。
- (2) 孔的公差为_____ mm, 轴的公差为_____ mm。
- (3) 配合的基准制是_____, 配合性质是_____。
- (4) 配合公差等于_____ mm。
- (5) 计算出孔和轴的最大、最小实体尺寸。

10. 在某配合中, 已知孔的尺寸标准为 $\phi 20 \begin{smallmatrix} +0.013 \\ 0 \end{smallmatrix}$, $X_{\max} = +0.011$ mm, $T_f = 0.022$ mm, 求出轴的上、下偏差及其公差带代号。

11. 基本尺寸为 $\phi 50$ 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。

12. 画出 $\phi 15\text{JS9}$ 的公差带图, 并求出该孔的极限尺寸、极限偏差、最大实体尺寸和最小实体尺寸 (已知基本尺寸为 15 mm 时, $\text{IT9} = 43 \mu\text{m}$)。

13. 已知 $\phi 40\text{M8}(\begin{smallmatrix} +0.005 \\ -0.034 \end{smallmatrix})$, 求 $\phi 40 \frac{\text{H8}}{\text{h8}}$ 的极限间隙或极限过盈。

14. 已知基本尺寸为 $\phi 40$ mm 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。

15. 设有一基本尺寸为 $\phi 110$ mm 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。