

尺寸公差与形位公差
简介

魏红 编

沈阳航空工业学院

一九八五年九月

第一章 绪 论

1. 1 互换性的概念

互换性的概念在日常生活中到处都能遇到。例如，灯泡坏了，可以换个新的。自行车、缝纫机、钟表的零部件坏了，也可以换个新的。其所以这样方便，是因为合格的产品和零部件具有在尺寸、功能上能够彼

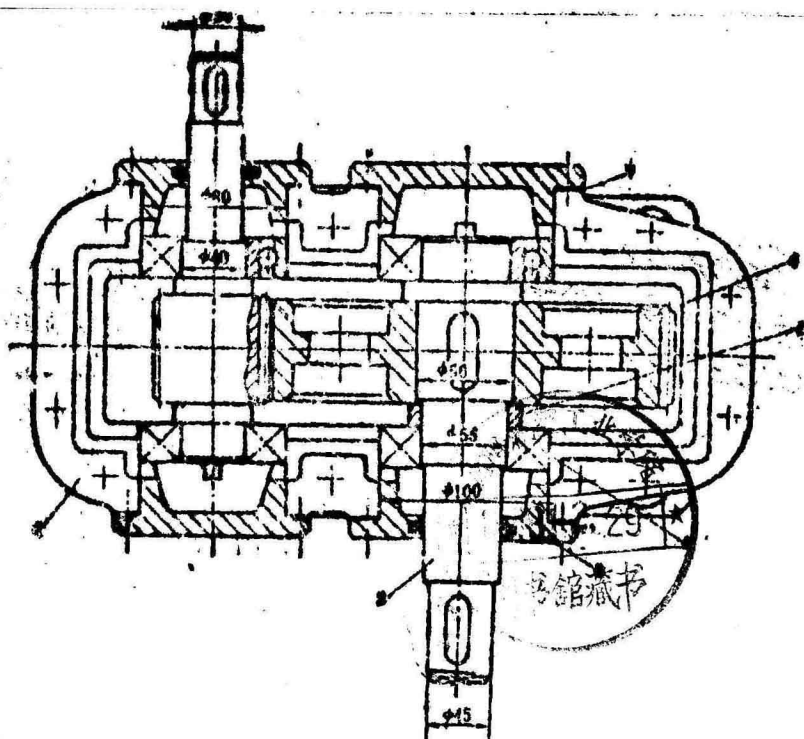


图 1-1 圆柱齿轮减速器

图 1-1、圆柱齿轮减速器

机械工业生产中，要求产品的零部件具有互换性。什么叫机械产品零部件的互换性呢？参看图 1-1 所示的圆柱齿轮减速器，它由箱体 1、轴 2、轴承盖 3、滚动轴承 4、轴套 5、齿轮 6、垫片 7 和螺钉、齿轮轴、键等许多零部件组成。而这些零部件是分别由不同的工厂和车间制

成的。装配减速器时，在制成的同一规格零部件中任取一件，若不需经过任何挑选或修配，便能与其他零部件安装在一起而成一台减速器，并且能够达到规定的功能要求，那么，这样的零部件就具有互换性。所以零部件的互换性就是同一规格零部件按规定的要求制造能够彼此相互替换使用而效果相同的性能。

1. 2 公差与标准化

加工零件的过程中，由于种种因素的影响，零件各部分的尺寸，形状、方向和位置以及表面粗糙度等几何量难以达到理想状态，而总是有或大或小的误差。但从零件的功能看，也不必要求零件几何量制造得绝对准确，而只要求零件几何量在某一规定范围内变动，保证同一规格零件彼此充分近似，这个允许变动的范围叫做公差。

设计时要规定公差，而加工时会产生误差，因此要使零件具有互换性，就应把完工零件的误差控制在规定的公差范围内。设计者的任务就在于正确地确定公差，并把它在图样上明确表示出来，这就是说，互换性要用公差来保证。显然，在满足功能要求的前提下，公差应尽量规定得大些，以获得最佳的技术经济效益。

现代工业生产的特点是规模大、分工细、协作单位多、互换性要求高。为了适应生产中各部门的协调和各生产环节的衔接，必须有一种手段，使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的技术统一，成为一个有机的整体，以实现互换性生产。标准与标准化正是联系这种关系的主要途径和手段，是互换性生产的基础。

所谓标准是指对需要协调统一的重复性事物（如产品、零部件）和概念（如术语、规则、方法、代号、量值）所做的统一规定。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础，经有关方面协商一致，由主管机构批准，以特定形式发布，作为共同遵守的准则和依据。

所谓标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中，对重复性事物和概念通过制订、发布和实施标准，达到统一，以获得最佳秩序和社会效益。标准化包括制订标准和贯彻标准的全部活动过程。这个过程是从探索标准化对象开始，经调查、实验和分析，进而起草、制订和贯彻标准，而后修订标准。因此，标准化是个不断循环而又不断提高其水平的过程。

按照标准化对象的特性，标准分为基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准、环境保护标准等。基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础并普遍使用，具有广泛指导意义的标准，如公差与配合标准、形状和位置公差标准、渐开线圆柱齿轮精度标准等。

有了标准，并且标准得到正确地贯彻实施，就可以保证产品质量，缩短生产周期，便于开发新产品和协作配套，提高国民经济计划性和企业管理水平。而标准化是组织现代化大生产的重要手段，是联系设计、生产和使用等方面的纽带，是科学管理的重要组成部分。

1.3 优先数系

在设计机械产品和制订标准时，常常和很多数字打交道。当选定一个数值作为某种产品的参数指标时，这个数值就会按照一定的规律，向一切有关的制品和材料中有关指标传播。例如，需要设计减速器箱体上的螺孔，当螺孔的直径（螺纹尺寸）一旦确定，则与之相配合的螺钉尺寸、加工用的丝锥尺寸、检验用的螺纹塞规尺寸，甚至攻丝前的钻孔尺寸和钻头尺寸，也随之而定。且由于上述螺孔直径数值的确定，又使与之相关的垫圈尺寸、轴承盖上通孔的尺寸也随之而定。由于数值如此不断关联，不断传播，这就牵涉到许多部门和领域。在现代工业生产中，专业化程度高，国民经济各部门要协调和密切配合，因此，技术参数的数值是不能随意选择的，而必须在一个理想的、统一的数系中选择。

用统一的数系来协调各部门的生产，把各种技术参数分级，已成为现代工业生产的需要。经过探索和大量实践表明，采用等比数列作为统一的数系的优点很多。其中有两个突出的优点：数列中两相邻数的相对差为常数（相对差是指后项减前项的差值与前项之比的百分数）；数列中各数经过乘、除、乘方等各种运算后还是数列中的数。而最能满足工业要求的等比数列是十进等比数列。所谓十进，就是数列的项值中包括： $1、10、100\cdots$ ， 10^n 和 $1、0.1、0.01、\cdots、10^{-n}$ 这些数（这里 n 为正整数）。数列中的项值可按十进法向两端无限延伸，因此，十进等比数列是一种理想的数系，可以用作优先数系。

为了满足我国工业生产的需要，国家标准GB 321—80《优先数和优先数系》规定十进等比数列为优先数系，并规定了五个系列。它们分别用系列符号R 5、R 10、R 20、R 40和R 80表示，其中前四个系列是常用的基本系列，而R 80则作为补充系列，仅用于分级很细的场合。各系列的公比为：

$$R\ 5\ 的\ 公\ 比:\ 45 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60;$$

$$R\ 10\ 的\ 公\ 比:\ 410 = \sqrt[10]{10} \approx 1.25;$$

$$R\ 20\ 的\ 公\ 比:\ 420 = \sqrt[20]{10} \approx 1.12;$$

$$R\ 40\ 的\ 公\ 比:\ 440 = \sqrt[40]{10} \approx 1.06;$$

$$R\ 80\ 的\ 公\ 比:\ 480 = \sqrt[80]{10} \approx 1.03.$$

第二章 尺寸公差与孔、轴配合

2.1 基本术语及定义

一、有关孔和轴的定义

孔是指圆柱形的内表面及由单一尺寸形成的内表面。

轴是指圆柱形的外表面及由单一尺寸形成的外表面。

由单一尺寸形成的内、外表面如图2-1所示。

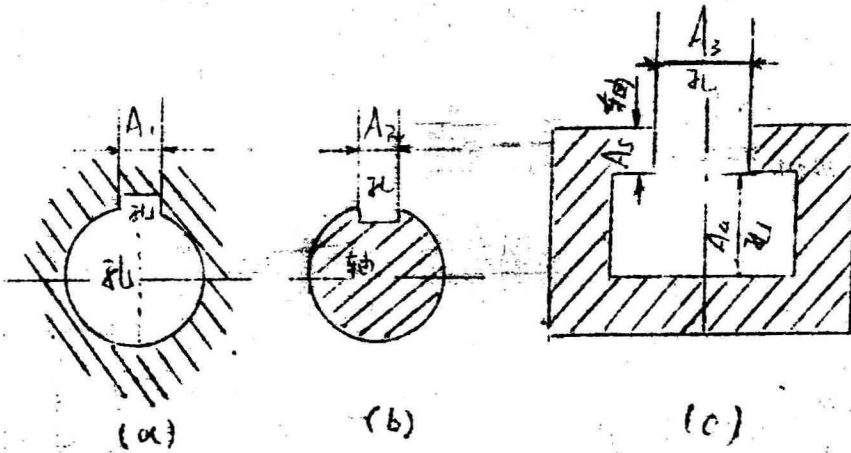


图2-1. 孔和轴的定义示意图

孔和轴的定义明确了《公差与配合》国家标准的应用范围。例如，键联结的配合表面为由单一尺寸形成的内、外表面，即键宽表面为轴，孔槽和轴槽宽表面皆为孔。这样键联结的公差与配合可直接应用《公差与配合》国家标准。

二、有关线性尺寸的定义

1、线性尺寸

线性尺寸（简称尺寸）是指两点之间的距离，如直径、半径、宽度、深度、高度及中心距等。

2、基本尺寸

基本尺寸是设计给定的名义尺寸，用 D 表示。它是根据零件的设计

与计算以及工艺要求（定值刀具、量具的规格、结构工艺性等）经圆整后确定的，并应尽量采用标准尺寸。

3. 极限尺寸

极限尺寸是指允许尺寸变化范围的两个界限尺寸。两个界限尺寸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。孔和轴的最大极限尺寸分别用 D_{max} 和 d_{max} 表示，孔和轴的最小极限尺寸分别用 D_{min} 和 d_{min} 表示，如图 2—2 所示。

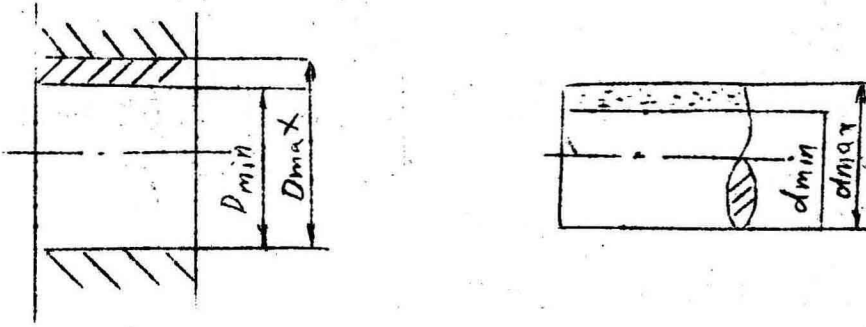


图 2—2 极限尺寸

4. 实际尺寸

实际尺寸是通过测量得到的尺寸 d_a 。

上述尺寸中基本尺寸和极限尺寸是设计给定的尺寸，而实际尺寸是完工零件实际测得的尺寸，极限尺寸用于控制实际尺寸。

三、有关偏差、公差及公差带的定义

1. 尺寸偏差

某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差（简称偏差）。

实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差，或以公式表示如下：

$$\text{孔的实际偏差} \quad E_d = D_a - D$$

轴的实际偏差 $e_a = d_a - D$

由于实际尺寸可能大于、小于或等于其基本尺寸，所以实际偏差可以为正值、负值，也可以为零。在利用实际偏差进行计算时，必须带有正、负号。

极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为极限偏差。

最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上极限偏差，简称上偏差，或以公式表示如下：

孔的上偏差 $ES = D_{max} - D$

轴的上偏差 $es = d_{max} - D$

最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下极限偏差，简称下偏差，或以公式表示如下：

孔的下偏差 $EI = D_{min} - D$

轴的下偏差 $ei = d_{min} - D$

极限偏差具有和极限尺寸相同的性质。用极限偏差代替极限尺寸主要是为了计算和图样标注的方便。

根据极限尺寸与基本尺寸的关系不同，极限偏差也可以为正、负或零。但是，由于最大极限尺寸总大于最小极限尺寸，所以，上偏差总大于下偏差。

极限偏差用于控制实际偏差。用公式可表示为：

孔的尺寸合格条件 $ES > e_a > EI$

轴的尺寸合格条件 $es > e_a > ei$

2. 尺寸公差

尺寸公差（简称公差）是指尺寸的允许变动量。孔和轴的公差分别用 T_h 和 T_s 表示。公差、极限尺寸及极限偏差的关系如下：

$$T_h = D_{max} - D_{min} = ES - EI \quad (2-1)$$

$$T_s = d_{max} - d_{min} = es - ei$$

由式(2-1)可知,公差值不可能为负值和零。
公差用于控制实际尺寸的变动范围。

3. 公差带图及公差带

前面分析尺寸、偏差和公差的关系时,将三者画在一个图上,是不成比例的。为了说明三者关系,GB1800-79提出了公差带图,如图2-4所示。偏差以基本尺寸为零线,零线以上的偏差为正偏差,零线以下的偏差为负偏差。在公差带图中,由代表上、下偏差的两条直线段形成的区域称为公差带。公差带在垂直零线方向的宽度代表公差值,公差带沿零线方向的长度可适当任取。

公差带是由公差值和极限偏差(上偏差或下偏差)决定的,为了使公差带标准化,GB1800-79将公差值和极限偏差进行了标准化,相应地提出了标准公差和基本偏差两个概念。

标准公差为国家标准规定的公差值。

基本偏差为国家标准规定的上偏差或下偏差。

公差带的大小由标准公差确定,公差带的位置由基本偏差确定。

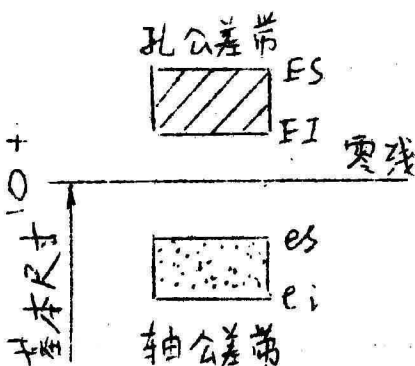


图2-1 公差带图

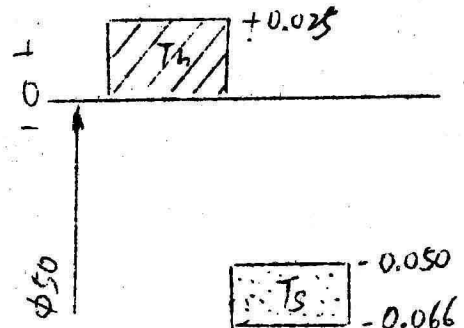


图2-2 公差带图

例1、基本尺寸 $D=50\text{mm}$ ，孔的极限尺寸 $D_{max}=50.025\text{mm}$ ， $D_{min}=50\text{mm}$ ；轴的极限尺寸 $d_{max}=49.950$ ， $d_{min}=49.934\text{mm}$ 。现测得孔、轴的实际尺寸分别为

$D_a=50.010\text{mm}$ ， $d_a=49.946\text{mm}$ 。求孔、轴的极限偏差、实际偏差及公差，并画出公差带图。

解：孔的极限偏差 $ES = D_{max} - D = 50.025 - 50 = +0.025\text{mm}$

$EI = D_{min} - D = 50 - 50 = 0$

轴的极限偏差 $es = d_{max} - D = 49.950 - 50 = -0.050\text{mm}$

$ei = d_{min} - D = 49.934 - 50 = -0.066\text{mm}$

孔的实际偏差 $E_a = D_a - D = 50.010 - 50 = +0.010\text{mm}$

轴的实际偏差 $e_a = d_a - D = 49.946 - 50 = -0.054\text{mm}$

孔的公差 $T_h = D_{max} - D_{min} = 50.025 - 50 = 0.025\text{mm}$

轴的公差 $T_s = d_{max} - d_{min} = 49.950 - 49.934 = 0.016\text{mm}$

公差带图如图2-4所示。

四、有关配合的定义

1、配合

配合是指基本尺寸相同的相互结合的孔、轴公差带之间的关系。不同的配合就是不同的孔、轴公差带之间的关系。

2. 间隙或过盈

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。此差值为正时叫做间隙，用 X 表示；为负时叫做过盈，用 Y 表示。

3. 配合的种类

根据孔、轴公差带之间关系不同，配合分为三类。

(1). 间隙配合

间隙配合是指具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带的上面（图 2-5）。

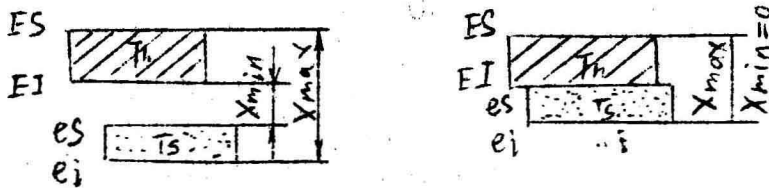


图 2-5 间隙配合

孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差称为最大间隙，用 X_{max} 表示，即

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

孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差称为最小间隙，用 X_{min} 表示，即

$$X_{min} = D_{min} - d_{max} = EI - es \quad (2-3)$$

孔和轴都为平均尺寸 D_{av} 和 d_{av} 时，形成的间隙称为平均间隙，用 X_{av} 表示，即

$$X_{av} = D_{av} - d_{av} = \frac{X_{max} + X_{min}}{2} \quad (2-4)$$

(2). 过盈配合

过盈配合是指具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。此时，孔

的公差带在轴的公差带的下面。(如图2-7所示)

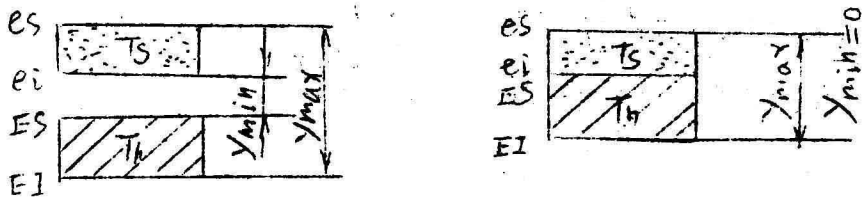


图2-7 过盈配合

孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差称为最大过盈, 用 Y_{max} 表示, 即

$$Y_{max} = D_{min} - d_{max} = EI - es \quad (2-5)$$

孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差称为最小过盈, 用 Y_{min} 表示, 即

$$Y_{min} = D_{max} - d_{min} = ES - ei \quad (2-6)$$

孔和轴都为平均尺寸时, 形成的过盈称为平均过盈, 用 Y_{av} 表示,

即

$$Y_{av} = D_{av} - d_{av} = \frac{Y_{max} + Y_{min}}{2} \quad (2-7)$$

(3). 过渡配合

过渡配合是指可能具有间隙或过盈的配合。此时, 孔的公差带与轴的公差带相互交迭(图2-8)。

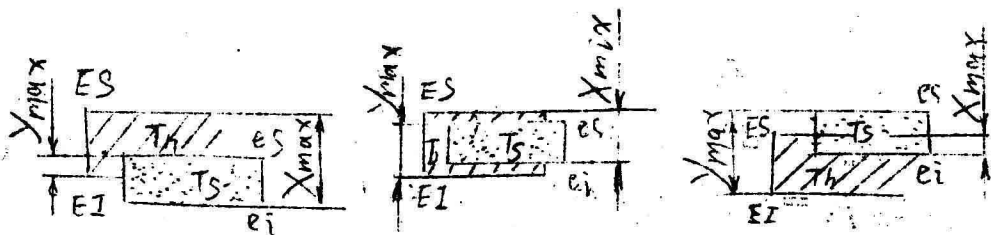


图2-8 过渡配合

孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差称为最大间隙，

即

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

孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差称为最大过盈，

即

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

孔和轴都为平均尺寸时，形成平均间隙或平均过盈，即

$$X_{av} \text{ (或 } Y_{av}) = D_{av} - d_{av} = \frac{X_{max} + Y_{max}}{2} \quad (2-8)$$

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。

例2、计算孔 $\phi 50^{+0.025}_0$ 与轴 $\phi 50^{-0.041}_{-0.025}$ 配合的极限间隙和平均间隙。

解：极限间隙

$$\begin{aligned} X_{max} &= ES - ei = (+0.025 - (-0.041)) = \\ &= 0.066 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{平均间隙 } X_{av} &= \frac{X_{max} + X_{min}}{2} = \frac{(+0.066) + (+0.025)}{2} \\ &= +0.0455 \text{ mm} \end{aligned}$$

例3 计算孔 $\phi 50^{+0.025}_0$ 与轴 $\phi 50^{+0.059}_{+0.043}$ 配合的极限过盈和平均过盈。

解：极限过盈

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

$$\begin{aligned} Y_{min} &= ES - ei = (+0.025) - (+0.043) = \\ &= -0.018 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{平均过盈 } Y_{av} = \frac{Y_{max} + Y_{min}}{2} = \frac{(-0.059) + (-0.018)}{2} = -0.0385 \text{ mm}$$

例4. 计算孔 $\phi 50^{+0.025}_0$ 与轴 $\phi 50^{+0.018}_{+0.002}$ 配合的最大间隙和最大过盈, 平均间隙或平均过盈。

解: 最大间隙和最大过盈

$$X_{max} = E_s - e_i = (+0.025) - (+0.002) = +0.023 \text{ mm}$$

$$Y_{max} = E_i - e_s = 0 - (+0.018) = -0.018 \text{ mm}$$

平均间隙或平均过盈

$$\frac{X_{max} + Y_{max}}{2} = \frac{(+0.023) + (-0.018)}{2} = +0.0025 \text{ mm}$$

即: $X_{av} = +0.0025 \text{ mm}$

5. 基准制

GB 1800-79 规定了两种平行的基准制: 基孔制和基轴制。

基孔制是指基本偏差为一定的孔的公差带, 与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度, 如图2-9所示。

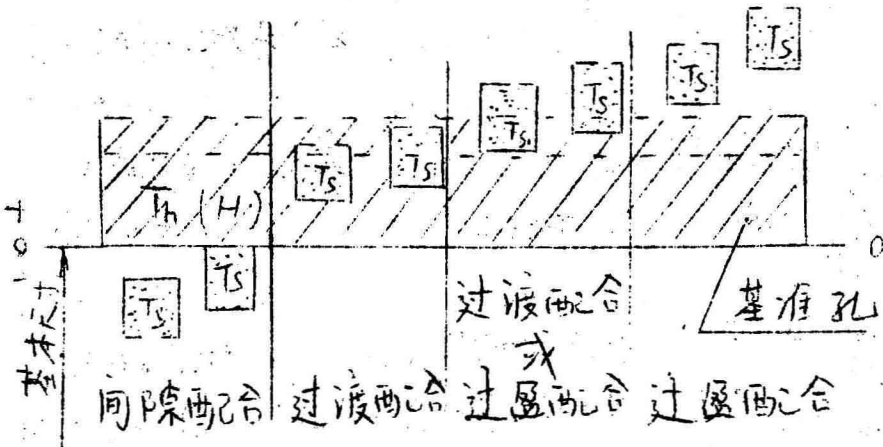


图 2-9

基准制的孔为基准孔，它的公差带在零线的上方，且基本偏差（下偏差）为零，即 $E I = 0$ 。

基轴制是指基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度，如图 2—10 所示。

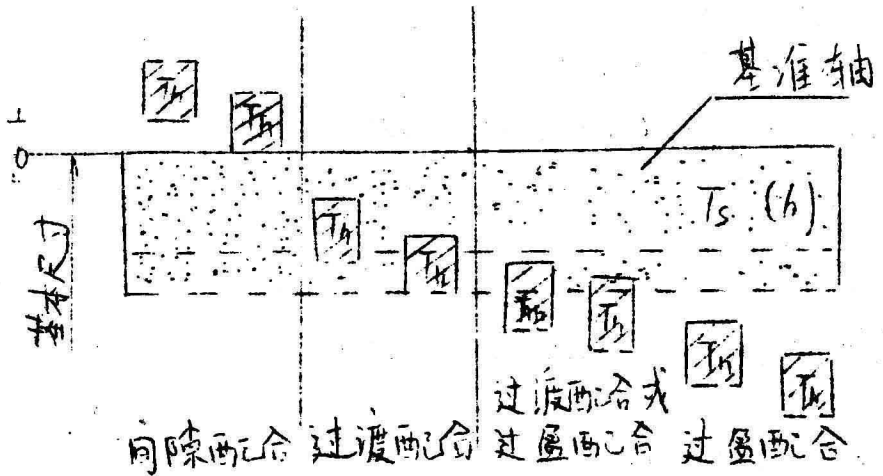


图 2—10

基轴制的轴为基准轴，它的公差带在零线的下方，且基本偏差（上偏差）为零，即 $e s = 0$ 。

基准制确定后，基准孔（或轴）的公差带的位置就相应确定，则可用非基准轴（或孔）公差带的不同位置（基本偏差）来建立各种配合。

2、2 常用尺寸的公差与配合

《公差与配合》国家标准是一项用于尺寸精度设计的基础标准。在机械产品中，常用尺寸为小于或等于 500mm 的尺寸，该尺寸段在生产实践中应用最广。

从上述术语及定义可知，各种配合是由孔和轴公差带之间的关系决定的，而公差带的大小和位置则分别由标准公差和基本偏差决定，所以

GB 1800—79 提出标准公差系列和基本偏差系列。

一、标准公差系列

1、公差等级

GB 1800—79 中，标准公差用 IT 表示，将公差等级分为 20 级，用 IT 和阿拉伯数字表示为 $IT01$ 、 $IT0$ 、 $IT1$ 、 $IT2$ 、 $IT3$ 、…、 $IT18$ 。其中 $IT01$ 最高，等级依次降低， $IT18$ 最低。

2、尺寸分段

设计时，为方便起见，标准公差数值不直接用公式计算，而从公差表格中查取。公差表格可按标准公差计算公式求出。但是按公式计算标准公差数值，对于每一个公差等级，有一个基本尺寸，就要计算出一个公差值，这样编制的公差表格将非常庞大，甚至不可能。而且实践证明，公差等级相同而基本尺寸相近的公差数值差别不大。因此，GB 1800—79 将基本尺寸分成若干段（见附表 2—1）。

例 5、基本尺寸为 90 mm ，查表求 $IT7$ 的标准公差数值。

解：由附表 2—1 查得： 90 mm 在 $80\sim120\text{ mm}$ 分段内，
 $IT7 = 35\ \mu\text{m}$ 。

二、基本偏差系列

在规定了标准公差以后，为了确定公差带的位置，只需要规定一个极限偏差就可以了。

基本偏差就是本标准表列的，用以确定公差带相对于零线位置的极限偏差（上偏差或下偏差）。

在一般情况下，标准规定的基本偏差是高零线较近的极限偏差。也就是说，当尺寸公差带在零线以上时，规定以下偏差（ EI 或 e_i ）作为基本偏差；当尺寸公差带在零线以下时，规定以上偏差（ ES 或 e_s ）

作为基本偏差，如图2-11所示，孔的基本偏差为下偏差（ EI ），轴的基本偏差为上偏差（ es ）。

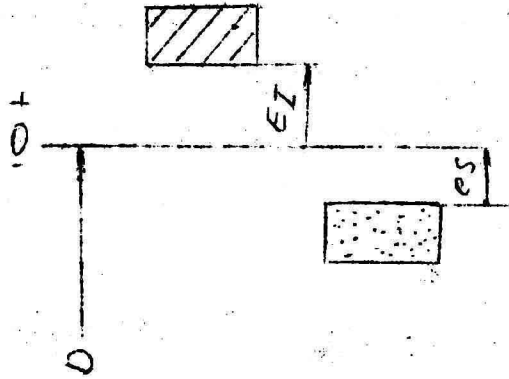


图2-11 基本偏差

为了满足各种不同配合的需要，GB1800-79对孔和轴分别规定28种基本偏差，它们用拉丁字母表示（孔用大写字母表示，轴用小写字母表示）。在26个字母中除去5个容易与其他含义混淆的字母I（i）、L（l）、O（o）、Q（q）及W（w），剩下的21个字母加上7个双写的字母CD（cd）、EF（ef）、FG（fg）、JS（js）、ZA（za）、ZB（zb）、ZC（zc），作为28种基本偏差的代号。这28种基本偏差构成基本偏差系列，如图2-12所示。